

国内外における最新の情報通信技術の研究開発及び
デジタル活用の動向に関する調査研究の請負
成果報告書

2023（令和5）年3月

総務省情報流通行政局情報通信政策課情報通信経済室

（委託先：株式会社エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所）

目次

1. 調査研究の概要.....	1
1.1. 背景.....	1
1.2. 目的.....	1
1.3. 実施期間.....	1
1.4. 実施体制.....	2
2. 調査研究手法.....	3
2.1. 国内外における最新の情報通信技術の研究開発等動向の調査（調査1）.....	4
2.2. 国内外におけるデジタル活用の動向等の調査（調査2）.....	5
2.3. アンケート（調査3）.....	6
2.4. 外部有識者へのヒアリング（調査4）.....	16
3. 調査研究結果.....	17
3.1. 国内外における最新の情報通信技術の研究開発等動向の調査.....	17
3.1.1. 情報通信分野における主要国の政策動向.....	17
3.1.2. 情報通信分野における国内外の主要企業の動向.....	32
3.1.3. 情報通信技術の研究開発及び社会実装に関する動向.....	34
3.2. 国内外におけるデジタル活用の動向等の調査.....	143
3.2.1. 国民生活におけるデジタル活用の動向.....	143
3.2.2. 企業活動におけるデジタル活用の動向.....	223
3.2.3. 公的分野におけるデジタル活用の動向.....	274
4. 参考文献一覧.....	298
4.1. 参考文献一覧.....	298
4.2. アンケート集計結果.....	301

図表一覧

図表 1-1	本調査研究の実施体制	2
図表 2-1	仕様書上の調査項目と本報告書における対応箇所	3
図表 2-2	調査 1 全体の流れ	4
図表 2-3	調査 2 の全体像	5
図表 2-4	アンケート回収結果（国民）	6
図表 2-5	質問事項（国民）	6
図表 2-6	アンケート回答者の男女比率	9
図表 2-7	アンケート回答者の年齢比率	9
図表 2-8	アンケート回答者の居住地域特性	9
図表 2-9	アンケート回答者の世帯年収比率	10
図表 2-10	アンケート回収結果（企業）	11
図表 2-11	質問事項（企業）	11
図表 2-12	回答企業の業種グループ	14
図表 2-13	回答企業の規模	14
図表 2-14	回答企業の規模（大企業・中小企業）	15
図表 2-15	回答者の役職	15
図表 2-16	外部有識者ヒアリング実施対象（実施日順）	16
図表 3-1	経済財政運営と改革の基本方針 2022 の概要	18
図表 3-2	統合イノベーション戦略 2022 の概要	19
図表 3-3	経済安全保障重要技術育成プログラムに係る研究開発ビジョン（第一次）（案）	20
図表 3-4	宇宙・航空領域における支援対象とする技術（一部抜粋）	21
図表 3-5	主要国における研究開発費総額（名目額）の推移	28
図表 3-6	日本の総研究開発費の対 GDP 比推移	28
図表 3-7	主要国の部門別の性格別研究開発費の内訳	29
図表 3-8	主要国の研究者数の推移	30
図表 3-9	主要国への特許出願状況と主要国からの特許出願状況	31
図表 3-10	主要国の技術分野別パテントファミリー数割合の推移	31
図表 3-11	日本大手通信事業者と GAFAM との研究開発費比較	32
図表 3-12	通信事業者・通信機器・IT サービス事業者の研究開発費比較	33
図表 3-13	Beyond5G に求められる機能	34
図表 3-14	Beyond5G 推進戦略ロードマップ	36
図表 3-15	レンダリングパターンと処理イメージ	37
図表 3-16	Beyond5G 推進コンソーシアムを中心とした研究推進体制	38
図表 3-17	Beyond5G に関する国際標準化スケジュール	39
図表 3-18	国際標準化機関等における議長・副議長職の獲得推移	40
図表 3-19	Beyond5G に係る各国の進捗状況イメージ	41

図表 3-20	小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の研究開発イメージ.....	42
図表 3-21	超カバレッジ Beyond5G 無線通信・映像符号化標準化イメージ.....	43
図表 3-22	リアルタイム暗号技術とプライバシー保護イメージ.....	43
図表 3-23	デジタルツインを持続可能な状態で自己成長させるエコシステムイメージ.....	44
図表 3-24	サイバー・フィジカル連携型セキュリティ基盤イメージ.....	45
図表 3-25	高精度時刻同期に基づく超低遅延デジタルツイン処理基盤イメージ.....	45
図表 3-26	Beyond5G ユースケース（概要）.....	46
図表 3-27	ユースケースと要素技術.....	47
図表 3-28	Beyond5G に関する諸外国の政府研究開発投資の状況.....	48
図表 3-29	NextG アライアンスによる 6G の研究開発における 6 つの目標.....	49
図表 3-30	6G 中核技術の国籍別出願率.....	50
図表 3-31	量子の性質を利用した研究テーマ・領域.....	55
図表 3-32	「量子技術イノベーション戦略」における主要技術領域.....	55
図表 3-33	2030 年を見据えた量子通信・暗号ロードマップ.....	57
図表 3-34	量子領域における新たな研究拠点.....	58
図表 3-35	光・量子を活用した Society5.0 実現化技術の全体背景.....	59
図表 3-36	量子暗号に係る国際標準化団体.....	60
図表 3-37	研究開発の国際比較（量子暗号・通信）.....	62
図表 3-38	量子セキュアクラウド.....	63
図表 3-39	量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発概要.....	64
図表 3-40	量子ネットワークのユースケース（全体像）.....	65
図表 3-41	QKD により守るべき情報例.....	65
図表 3-42	衛星 QKD による安全な基幹ネットワーク概要.....	66
図表 3-43	QKD や物理レイヤ暗号によるローカル秘匿ネットワーク概要.....	67
図表 3-44	耐量子コンピュータ暗号インフラによる新たなセキュリティ基盤概要.....	67
図表 3-45	量子セキュアクラウド技術の仕組み.....	68
図表 3-46	量子技術における特許数の国際比較.....	69
図表 3-47	QKD 市場の推移.....	70
図表 3-48	量子情報技術分野における米国の研究開発費用推移.....	71
図表 3-49	DOE による国家量子情報科学研究センター「DOEQISResearchCenters」概要.....	71
図表 3-50	量子技術におけるドイツの国際的地位.....	74
図表 3-51	77
図表 3-52	移動通信衛星の種類と概要.....	80
図表 3-53	宇宙利用の発展マップ.....	82
図表 3-54	宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項概要.....	85
図表 3-55	令和 5 年度予算概算要求における宇宙関係予算.....	85
図表 3-56	令和 5 年度文部科学省：宇宙・航空分野の研究開発に関する取組.....	86
図表 3-57	宇宙光通信による高速宇宙通信ネットワークの将来像.....	89

図表 3-58	ETS-9 衛星通信プロジェクト研究推進の全体像.....	90
図表 3-59	将来像と要求条件	91
図表 3-60	宇宙技術における世界特許出願の推移.....	92
図表 3-61	宇宙産業の市場規模（2016/2040 比較）	92
図表 3-62	日欧共同実験で構築したテストベッドの構成.....	95
図表 3-63	光データリレーサービスの概要.....	96
図表 3-64	HAPS 通信サービスの概要.....	97
図表 3-65	JAXA 光地上局の受信系概要	101
図表 3-66	Web1.0～Web3 の変遷	103
図表 3-67	Web3 と呼ばれる新たなテクノロジーと将来の姿.....	104
図表 3-68	Web3 関連技術の概要と発展の方向性	104
図表 3-69	Web3 の将来像と関係府省庁の取組.....	106
図表 3-70	Web3 の健全な発展に向けたデジタル庁を中心とした環境整備	107
図表 3-71	Web3 時代におけるクリエイターエコノミーの創出に係る調査事業全体像.....	108
図表 3-72	Web3 推進に向けた環境整備の方向性	109
図表 3-73	2022 事務年度金融行政方針（概要）	110
図表 3-74	デジタル時代のコンテンツ戦略.....	111
図表 3-75	年間エネルギー消費量(TWh)	112
図表 3-76	Non-FungibleHAKUBA 特設サイトイメージ	117
図表 3-77	FurusatoDAO（ふるさとダオ）のイメージ	118
図表 3-78	NFT と VC を活用した学歴証明の仕組み.....	119
図表 3-79	Weatherxm 上での気象データ提供事例	120
図表 3-80	Socios.com で扱われるファントークンの事例.....	121
図表 3-81	情報通信産業の成長戦略「工程表」（デジタル化によるエネルギー需要の効率化）	125
図表 3-82	情報通信産業の成長戦略「工程表」（デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化）	126
図表 3-83	一施設当たりのエネルギー消費量.....	127
図表 3-84	データセンタに係る省エネ法の規制概要.....	127
図表 3-85	省エネルギー技術戦略に定める重要技術.....	128
図表 3-86	「光電融合」開発ロードマップ.....	129
図表 3-87	グリーン社会に資する先端光伝送技術の研究開発概要.....	130
図表 3-88	単原子長ゲートによる低環境負荷から成る高出力 THz 増幅器の創出イメージ.....	130
図表 3-89	「カーボンピークアウトとカーボンニュートラルを支える科学技術実施計画」の 10 項目	134
図表 3-90	カーボンニュートラルの取り組み全体像.....	135
図表 3-91	サプライチェーン排出量とは	135
図表 3-92	GreenxDigital コンソーシアムによる CO2 データ連携の技術実証イメージ図.....	136
図表 3-93	ブロックチェーンプラットフォームのイメージ	137
図表 3-94	資源循環に関する情報プラットフォームイメージ	138

図表 3-95	仮想化基地局を用いたシステム全体の CO2 排出削減イメージ	139
図表 3-96	ゼロエミッション・データセンターの概要	140
図表 3-97	ICT 施工による生産性向上イメージ	140
図表 3-98	主な情報通信機器の保有状況の推移（世帯）	143
図表 3-99	インターネット利用率の推移（個人）	144
図表 3-100	全般的なサービス利用状況	144
図表 3-101	日本におけるテレワーク及びオンライン会議利用状況	146
図表 3-102	テレワーク及びオンライン会議利用が困難である理由	146
図表 3-103	日本における年齢別テレワーク及びオンライン会議利用状況	147
図表 3-104	日本における世帯年収別テレワーク及びオンライン会議利用状況	147
図表 3-105	日本と諸外国における働く上でのデジタル活用への期待	149
図表 3-106	日本と諸外国における働く上でのデジタル活用への不安	152
図表 3-107	日本における世帯年収別働く上でのデジタル活用への期待	154
図表 3-108	日本における世帯年収別働く上でのデジタル活用への不安	157
図表 3-109	日本における年齢別デジタル活用への期待	159
図表 3-110	日本における年齢別働く上でのデジタル活用への不安	162
図表 3-111	日本と諸外国における仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス利用状況の比較	168
図表 3-112	仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスが困難である理由	169
図表 3-113	日本における年齢別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス利用状況	169
図表 3-114	日本における世帯年収別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス利用状況	170
図表 3-115	日本と諸外国における仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への期待の比較	172
図表 3-116	日本と諸外国における仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への不安の比較	175
図表 3-117	日本における世帯年収別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への期待の比較	177
図表 3-118	日本における世帯年収別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への不安の比較	180
図表 3-119	日本における年齢別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への期待	182
図表 3-120	日本における年齢別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への不安	185
図表 3-121	日本と諸外国におけるデジタル化された行政サービス利用状況の比較	188
図表 3-122	デジタル化された行政サービス活用が困難である理由	188
図表 3-123	日本における年齢別デジタル化された行政サービスデジタル利用状況	189
図表 3-124	日本における世帯年収別デジタル化された行政サービスデジタル利用状況	189

図表 3-125	日本と諸外国における公的サービスのデジタル化への期待	191
図表 3-126	日本と諸外国における公的サービスのデジタル化への不安	194
図表 3-127	日本における世帯年収別公的サービスのデジタル化への期待	196
図表 3-128	日本における世帯年収別公的サービスのデジタル化への不安	199
図表 3-129	日本における年齢別公的サービスのデジタル化への期待	201
図表 3-130	日本における年齢別公的サービスのデジタル化への不安	204
図表 3-131	デジタル利用のための教育受講状況	206
図表 3-132	攻撃・脅威に関する知識の把握状況(各国比較)	207
図表 3-133	情報にまつわる問題・懸念に関する知識の把握状況(各国比較)	207
図表 3-134	情報収集・発信におけるリテラシー	208
図表 3-135	利用規約について	210
図表 3-136	パーソナルデータ提供が必要となるサービスに対する利用意向	211
図表 3-137	パーソナルデータの提供が必要なサービスに対して抵抗を感じる理由	212
図表 3-138	目的別パーソナルデータ提供意向	212
図表 3-139	提供に当たって不安を感じるパーソナルデータ	216
図表 3-140	提供に当たって不安を感じるパーソナルデータ（前回調査）	217
図表 3-141	リテラシーレベル毎のデジタル化された公的サービスの利活用動向（日本）	219
図表 3-142	リテラシーレベル毎のパーソナルデータ提供が必要なサービスに対する利用意向(日本)	220
図表 3-143	テレワーク実施者のテレワーク継続希望意向推移	222
図表 3-144	企業の IT 予算の増減	223
図表 3-145	企業の IT 予算の増加理由	223
図表 3-146	デジタル化（DX）の取組状況（各国比較）	224
図表 3-147	デジタル化（DX）の取組状況（日本における企業規模比較）	224
図表 3-148	DX 推進の取組実施状況	225
図表 3-149	デジタル化の方針や戦略の開示範囲	226
図表 3-150	デジタル化の方針や戦略の開示範囲（企業規模別）	226
図表 3-151	デジタル化推進時の主導組織(各国比較)	227
図表 3-152	DX 推進組織の設置状況（2022 年調査）	227
図表 3-153	DX 推進状況	228
図表 3-154	DX 推進状況の開発内製化率の傾向	228
図表 3-155	製造業／非製造業における売上高別の開発内製化率の傾向	228
図表 3-156	システム開発の内製化状況	229
図表 3-157	IT 投資で解決したい短期的な経営課題	230
図表 3-158	IT 投資で解決したい中長期的な経営課題	230
図表 3-159	デジタル化としての取組事項	231
図表 3-160	デジタル化の適用範囲	232
図表 3-161	データ活用の取組状況	235

図表 3-162	サービスなどから得られる個人データの活用状況	236
図表 3-163	製品やサービスから得られる個人データ以外のデータの活用状況.....	236
図表 3-164	個人データの取扱いや利活用において想定される課題や障壁	237
図表 3-165	個人データ以外のデータの取扱いや利活用において想定される課題や障壁	238
図表 3-166	DX 取組の効果.....	239
図表 3-167	新規ビジネス創出におけるデジタル化の効果.....	241
図表 3-168	顧客体験の創造・向上におけるデジタル化の効果	241
図表 3-169	既存製品・サービスの高付加価値化におけるデジタル化の効果.....	241
図表 3-170	業務プロセスの改善・改革におけるデジタル化の効果	242
図表 3-171	業務の省力化におけるデジタル化の効果	242
図表 3-172	新しい働き方の実現におけるデジタル化の効果.....	242
図表 3-173	デジタル化に関する現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁.....	243
図表 3-174	保有するデジタル人材（CIO や CDO などのデジタル化の主導者）	244
図表 3-175	保有するデジタル人材（CIO や CDO などのデジタル化の主導者（日本：企業規模別））	244
図表 3-176	保有するデジタル人材（ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者）	245
図表 3-177	保有するデジタル人材（ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者（日本：企業規模別））	245
図表 3-178	保有するデジタル人材（デジタルシステムの実装に精通した者）	246
図表 3-179	保有するデジタル人材（デジタルシステムの実装に精通した者（日本：企業規模別））	246
図表 3-180	保有するデジタル人材（UI・UX に係るデザイナー）	247
図表 3-181	保有するデジタル人材（UI・UX に係るデザイナー（日本：企業規模別））	247
図表 3-182	保有するデジタル人材（AI・データ解析の専門家）	248
図表 3-183	保有するデジタル人材（AI・データ解析の専門家（日本：企業規模別））	248
図表 3-184	デジタル人材の不足状況（2022 調査）	249
図表 3-185	デジタル人材の不足状況（新たなビジネスを企画・立案）	250
図表 3-186	デジタル人材の不足状況（デジタル技術を事業に適用）	251
図表 3-187	デジタル人材の不足状況（データを用いて事業判断や業務最適化を推進）	253
図表 3-188	人材確保に向けた取組（新たなビジネスの企画・立案に必要な人材）	254
図表 3-189	人材確保に向けた取組（新たなビジネスの企画・立案に必要な人材（日本；企業規模別））	256
図表 3-190	人材確保に向けた取組（デジタル技術を事業に適用するのに必要な人材）	258
図表 3-191	人材確保に向けた取組（デジタル技術を事業に適用するのに必要な人材（日本；企業規模別））	260
図表 3-192	人材確保に向けた取組（データ解析や活用に向けて必要な人材）	262
図表 3-193	人材確保に向けた取組（データ解析や活用に向けて必要な人材（日本；企業規模別））	264
図表 3-194	デジタル化に関する現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁（図表 3-173	

より抜粋)	266
図表 3-195 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（新規ビジネス創出）	267
図表 3-196 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（顧客体験の創造・向上）	267
図表 3-197 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（既存製品・サービスの高付加価値化）	267
図表 3-198 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（業務プロセスの改善・改革）	268
図表 3-199 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（業務の省力化）	268
図表 3-200 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（新しい働き方の実現）	268
図表 3-201 経営者・IT 部門・業務部門の協調状況	269
図表 3-202 フェーズごとのデジタル人材の不足状況	270
図表 3-203 DX を推進する人材の獲得・確保における課題	272
図表 3-204 デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要	275
図表 3-205 デジタル原則を踏まえた規制の一括見直し施策	275
図表 3-206 デジタル田園都市国家構想実現に向けた施策	276
図表 3-207 代表的なアナログ規制である 7 項目	276
図表 3-208 地方公共団体における規制・見直しマニュアル【第 1.0 版】の概要	278
図表 3-209 マイナンバー法等の一部改正法案の概要	279
図表 3-210 公共サービスメッシュの整備に係る今後のスケジュール（案）	280
図表 3-211 マイナンバーカード機能のスマートフォン搭載によって目指す姿	281
図表 3-212 マイナポータル機能強化（デジタル庁発足以降）	282
図表 3-213 地方公共団体情報システム標準化基本方針の概要	284
図表 3-214 自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画等の概要	285
図表 3-215 自治体 DX 推進計画等 改定イメージ	286
図表 3-216 自治体の主な取組みスケジュール	286
図表 3-217 ガバメントクラウド先行事業の位置づけ	287
図表 3-218 マイナンバーカード普及状況の推移	289
図表 3-219 マイナンバーカードの健康保険証としての登録状況推移	290
図表 3-220 公金受取口座の登録状況推移	290
図表 3-221 地方公共団体における行政手続（58 手続）のオンライン利用状況	291
図表 3-222 地方自治体における AI 導入状況	292
図表 3-223 地方自治体における AI 導入状況（AI の機能別導入状況）	292
図表 3-224 地方自治体における RPA 導入状況	293
図表 3-225 地方自治体における RPA 導入状況（RPA の分野別導入状況）	293
図表 3-226 自治体におけるテレワーク導入状況	294
図表 3-227 国連（UNDESA）「世界電子政府ランキング」における日本の順位推移	296

図表 3-228 国連（UNDESA）「世界電子政府ランキング」における日本の個別指標スコア推移	296
図表 4-1 参考文献一覧.....	298

1. 調査研究の概要

1.1. 背景

1990年代後半より、パソコン、インターネットや携帯電話などの情報通信技術が急速に普及する中、我が国では、高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT基本法）の制定以降、e-Japan戦略を始めとした様々な国家戦略等を掲げ、インフラ整備やICT利活用の推進等を通じてデジタル化を推進してきた。2020年初頭以降の新型コロナウイルス感染症の世界的な流行により社会・経済課題が深刻化したこと等から、社会全体のデジタル化に向けた取組はますます重要となっている。

デジタル化の推進に当たっては、テレワークの進展等による利用者ニーズの変化、AIやビッグデータ、ブロックチェーン等の技術革新の動向等、国内外のICTを取り巻く動向を踏まえて、必要とされる取組、政策の方向性を検討することが求められる。

1.2. 目的

本調査研究では、このような背景を踏まえ、国内及び海外主要国における情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の状況を調査・分析することで、今後の情報通信政策の企画・立案等に資することを目的とする。

1.3. 実施期間

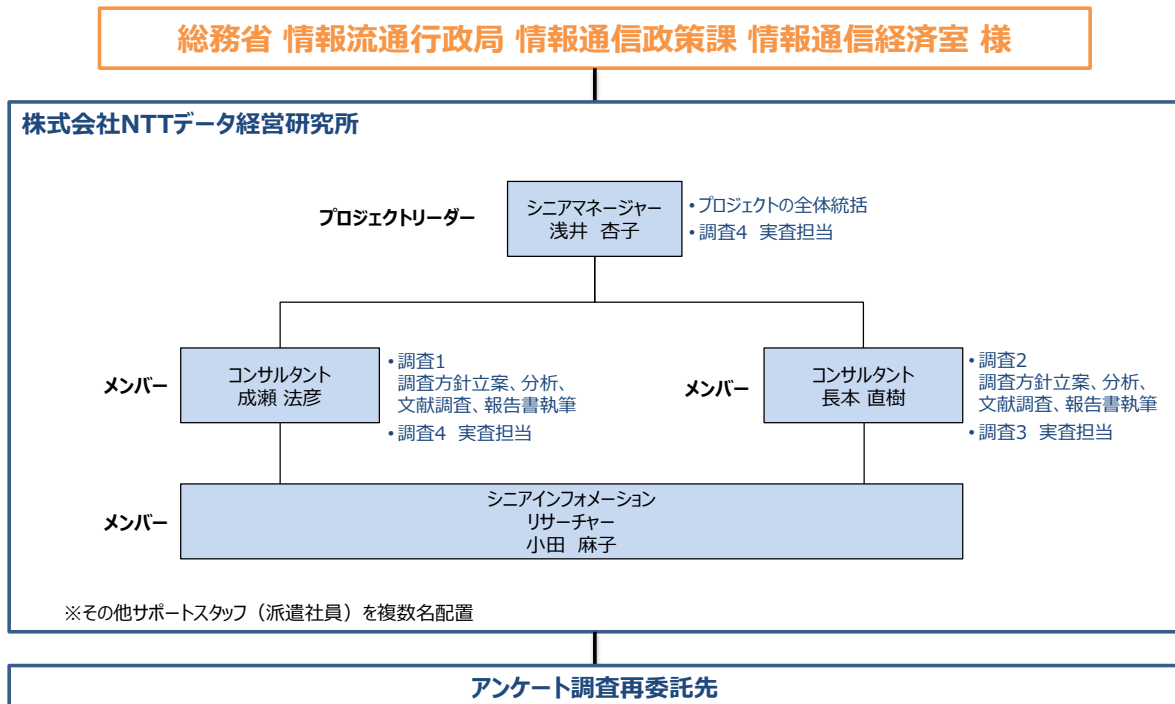
2022年10月27日から、2023年3月31日までの期間にて実施した。

1.4. 実施体制

本調査研究は、株式会社 NTT データ経営研究所が実施し、アンケート調査の一部を株式会社インテージに再委託した。

実施体制を図表 1-1 に示す。

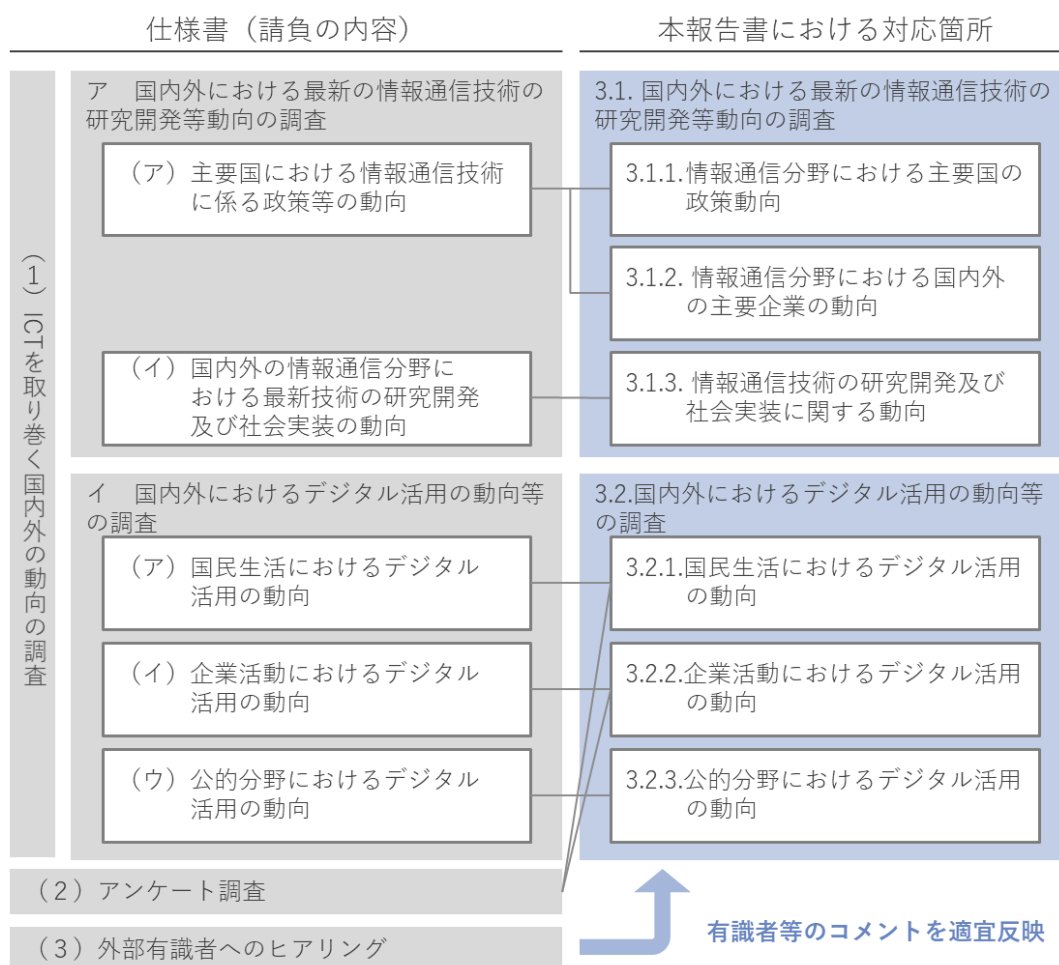
図表 1-1 本調査研究の実施体制



2. 調査研究手法

本調査は、仕様書「3. 請負の内容」に記載された調査項目に沿って実施した。調査結果は本報告書の「3. 調査研究結果」に示すが、読みやすさを考慮し、内容を一部再構成している。仕様書上の調査項目と本報告書における対応関係を図表 2-1 に示す。

図表 2-1 仕様書上の調査項目と本報告書における対応箇所



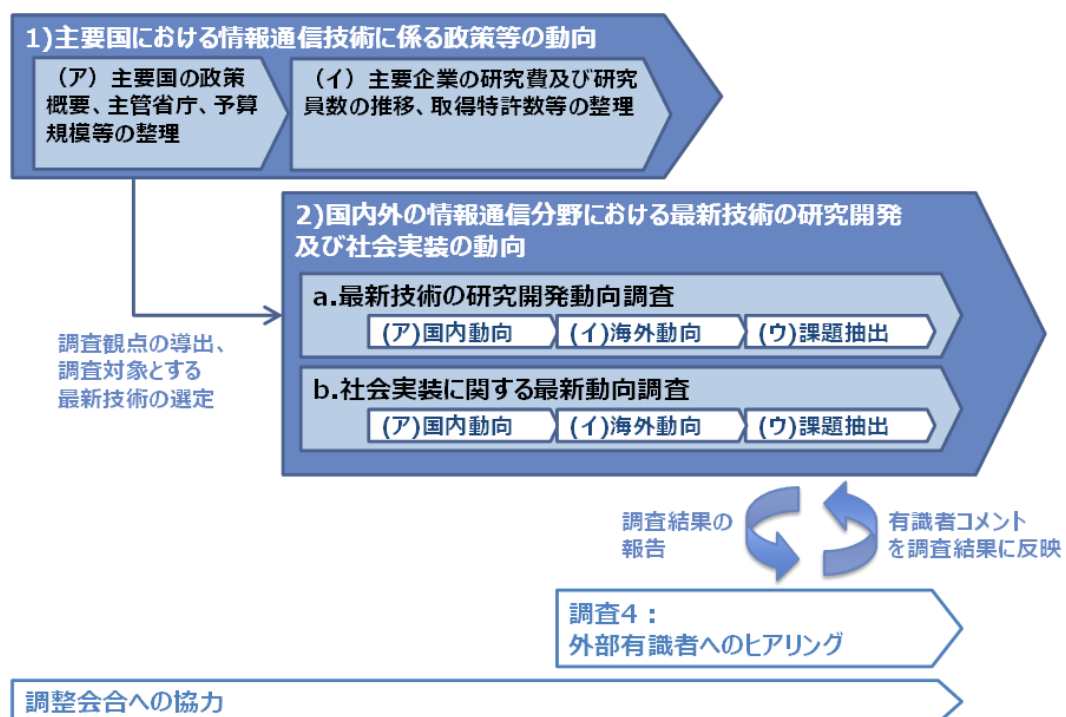
2.1. 国内外における最新の情報通信技術の研究開発等動向の調査（調査1）

調査1では、まず1) 主要国における情報通信技術に係る政策等の動向調査において、主要国の政策動向（政策概要、体制、予算など）及び国内外の主要企業の研究開発動向（研究開発費、研究員数など）を整理した。

また2) 国内外の情報通信分野における最新技術の研究開発及び社会実装の動向においては、1)の主要国政策動向をうけて着目すべき最新技術を抽出し、国内外の動向を整理した上で、日本と海外の動向を比較・分析し、情報通信分野における研究開発、及び社会実装に関する日本の課題をまとめた。

調査1の全体像を図表2-2に示す。

図表 2-2 調査1全体の流れ



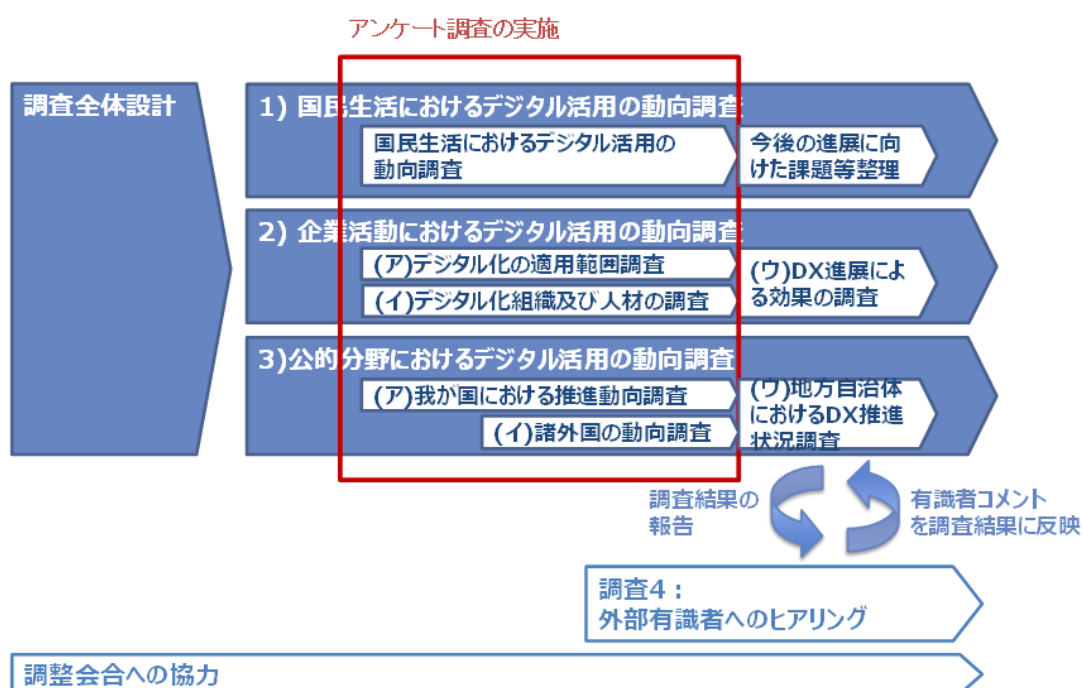
2.2. 国内外におけるデジタル活用の動向等の調査（調査2）

調査2では、国内外（日本、米国、ドイツ、中国）における1)国民生活、2)企業活動、3)公的分野のそれぞれにおけるデジタル活用の現状と課題について、国ごとの差異や、利用者の属性（年齢、世帯年収、情報リテラシーの程度）等による差異について比較分析を行い、それぞれの領域におけるデジタル活用の動向を概観するとともに、今後のデジタル社会進展に向けた展望や取組むべき課題について検討した。

なお、2.3にて詳述する調査3：アンケート調査の結果を本調査のインプットとした。

調査2の全体像を図表2-3に示す。

図表 2-3 調査2の全体像



2.3. アンケート（調査3）

国民及び企業のデジタル化の活用動向の把握のために、アンケート調査を実施した。

(1) 国民

1) 調査方法及び回収結果

調査は、株式会社マクロミルの登録モニターに対し、web アンケート方式で実施した。調査期間は2022年12月16日から2023年1月18日の間。日本は1,000件目標のところ、最終的に1,030件の回答を得た。海外に関して各国500件目標のところ、米国、ドイツ、中国共に520件の回答を得た。アンケート対象は、各対象国の居住者、及び、20代から60代の男女を対象とした。アンケートの回収結果を図表2-4に示す。

図表 2-4 アンケート回収結果（国民）

日本	米国	ドイツ	中国	総計
1030	520	520	520	2590

2) 質問事項

国民のデジタル活用の動向を利用してシーン別に比較分析できるように設問を設計した。設問内容を図表2-5に示す。

図表 2-5 質問事項（国民）

分類	No.	設問内容
基本情報	1	あなたの性別・年齢をお答えください。
	2	あなたがお住まいのエリアをお答えください。
	3	あなたのお住まいの地域の特徴についてお選びください。あてはまるものを1つお答えください。
	4	あなたの世帯年収をお答えください。
	5	あなたとあなたの同居のご家族で、以下の業種に従事されている方がいらっしゃいますか。いる方は、あてはまるものをすべてお選びください。
デジタル活用状況/ 課題	6	インターネットを利用したサービスについて、あなたが普段利用しているものをすべてお選びください。
	7	デジタルが浸透することで、働き方、民間サービス、公的サービスの在り方が変わりつつありますが、各種デジタル活用についてあなたの現在の利用状況（利用していない場合は今後の利用意向）を教えてください。

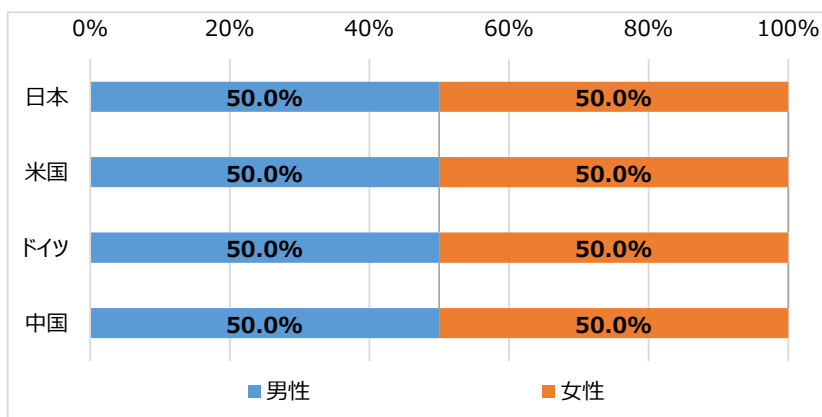
分類	No.	設問内容
	8	前問にて「利用したいが困難」あるいは「利用する気になれない」と回答された方におうかがいします。具体的にどのような課題や障壁がありますか。
デジタル化進展の期待／懸念	9	※さまざまな産業でデジタル活用が進み、テレワークやオンライン会議により時間や場所を選ばず働けるようになったり、また AI やロボットの導入によって業務を自動化・省力化したりすることが可能になってきています。 あなたは、産業のデジタル化進展による社会や働き方の変化について、どのようなことを期待しますか？以下のそれぞれの項目について、あてはまるものを1つお答えください。
	10	※さまざまな産業でデジタル活用が進み、テレワークやオンライン会議により時間や場所を選ばず働けるようになったり、また AI やロボットの導入によって業務を自動化・省力化したりすることが可能になってきています。 あなたは、産業のデジタル化進展による社会や働き方の変化について、どのようなことを不安に感じますか？以下のそれぞれの項目について、あてはまるものを1つお答えください。
	11	あなたは、オンライン上でリアルタイムに他者と関わることができるサービスのデジタル化進展について、どのようなことを期待しますか？以下のそれぞれの項目について、あてはまるものを1つお答えください。
	12	あなたは、オンライン上でリアルタイムに他者と関わることができるサービスのデジタル化進展について、どのようなことを不安に感じますか？以下のそれぞれの項目について、あてはまるものを1つお答えください。
	13	※医療や教育、行政サービスなどさまざまな公的サービスをオンラインで利用できるようになってきています。また、AIを活用した診断や将来予測なども取り入れられはじめています。 あなたは、公的サービスのデジタル化進展について、どのようなことを期待しますか？以下のそれぞれの項目について、あてはまるものを1つお答えください。
	14	※医療や教育、行政サービスなどさまざまな公的サービスをオンラインで利用できるようになってきています。また、AIを活用した診断や将来予測なども取り入れられはじめています。 あなたは、公的サービスのデジタル化進展について、どのようなことを不安に感じますか？以下のそれぞれの項目について、あてはまるものを1つお答えください。
パーソナルデータ提供への考え方・意向	15	あなたは職場、学校、地域、オンライン講座等で自分の SNS アカウントが乗っ取られるなどのトラブルに遭わないための情報提供を受けたり、教わったりしたことがありますか。あてはまるものを選択してください。
	16	あなたは、次のようなネット上での攻撃・脅威などがどのようなものかご存知ですか。あてはまるものをそれぞれ1つずつ選択してください。
	17	あなたは、次のようなインターネット上の情報にまつわる問題・懸念についてご存知ですか。あてはまるものをそれぞれ1つずつ選択してください。
	18	あなたは、各種サービスを利用する上で必要となるパスワードに関して、実際に次のような行動をとっていますか。

分類	No.	設問内容
	19	以下のインターネットの利用について、あなたはどの程度あてはまりますか。
	20	企業が提供するサービスやアプリケーションを利用する際に、あなたは利用規約を読みますか。※利用しない場合は、利用すると仮定してお答えください
	21	パーソナルデータを提供すること（収集されること）が必要であるサービスに対して、快適性・利便性などに対する期待とリスクに対する不安を踏まえてどのように感じますか。
	22	前問にてパーソナルデータの提供が必要なサービスに対して「抵抗感がある」あるいは「利用を避けたい」と回答された方におうかがいします。具体的にどのようなことを懸念して抵抗感を覚えるのか、あてはまるものを選択してください。
	23	あなたは、以下に挙げる利用目的において、あなたのパーソナルデータを提供してもよいと考えますか。公共目的及び企業等の事業目的のそれぞれについて、あてはまるものを1つお答えください。※情報の提供にあたっては適切にあなたの同意がとられ、提供した情報をあなたが識別できなくなるように加工されることを前提とします
	24	あなたは企業等が提供するサービスやアプリケーションを利用するために、パーソナルデータを提供することについてどのように思いますか。パーソナルデータの提供にあたって「不安を感じる」と思う項目全てを選択してください。

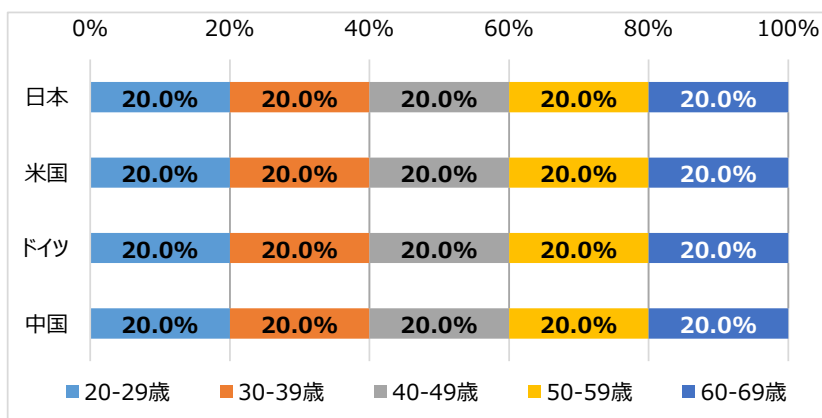
3) 回答者属性

回収したサンプルの属性は下記の通り。

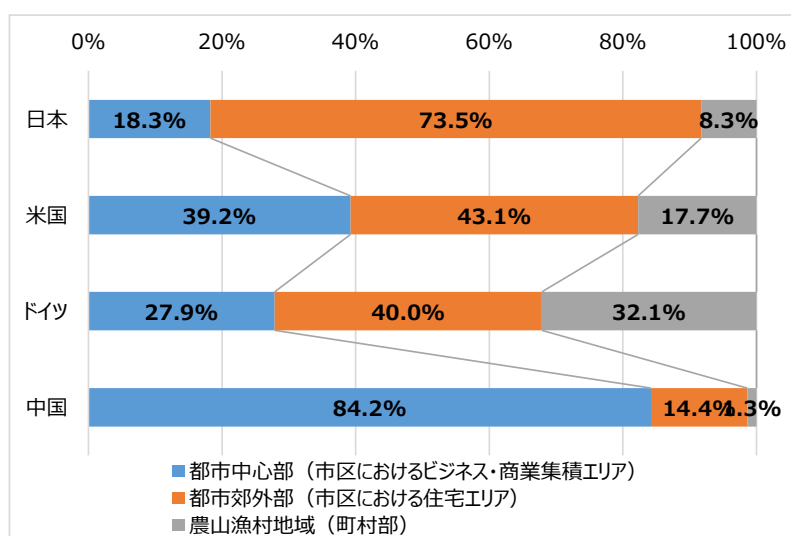
図表 2-6 アンケート回答者の男女比率



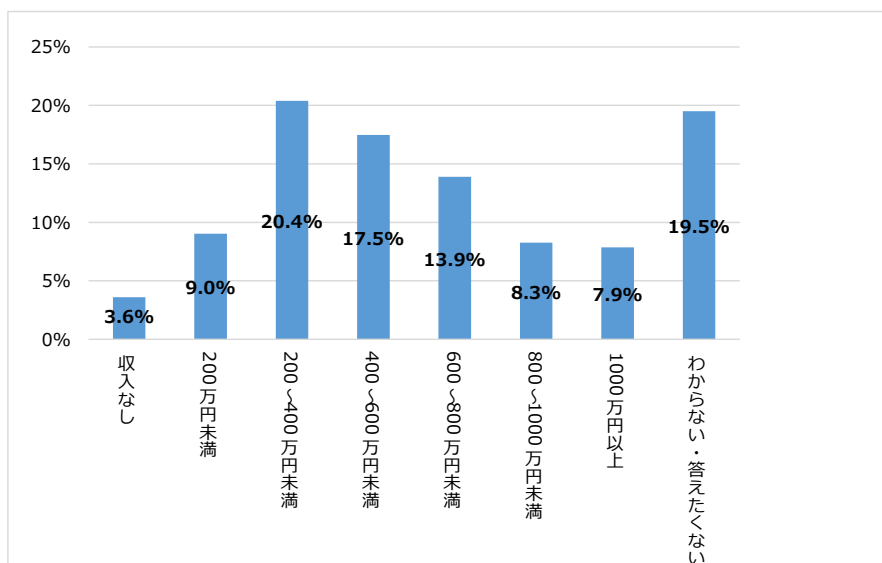
図表 2-7 アンケート回答者の年齢比率



図表 2-8 アンケート回答者の居住地域特性



図表 2-9 アンケート回答者の世帯年収比率



(2) 企業

1) 調査方法及び回収結果

調査は、株式会社マクロミルの登録モニターに対し、web アンケート方式で実施した。調査期間は 2022 年 12 月 16 日から 2023 年 1 月 18 日の間。日本は 500 件目標のところ、最終的に 515 件の回答を得た。海外に関して各国 300 件目標のところ、米国、ドイツ、中国共に 309 件の回答を得た。

アンケート対象は、対象者は各国の本籍を保有する従業員 10 名以上の企業に勤める人を対象としている。対象産業は「製造業」、「情報通信業」、「エネルギー・インフラ」、「商業・流通業」、「サービス業・その他」の 5 つのグループとした。アンケートの回収結果を図表 2-10 図表 2-4 に示す。

図表 2-10 アンケート回収結果（企業）

国	n	製造業	情報通信業	エネルギー・インフラ	商業・流通業	サービス業
日本	515	166	71	37	139	102
米国	309	34	100	48	57	70
ドイツ	309	35	75	23	100	76
中国	309	128	37	36	68	40

2) 質問事項

企業のデジタル活用の動向を組織、技術・データ、人材の観点別に比較分析できるように設問を設計した。設問内容を図表 2-11 に示す。

図表 2-11 質問事項（企業）

分類	No.	設問内容
基本情報	1	あなたの性別・年齢をお答えください。
	2	あなたの職業を教えてください。
	3	貴社の業種について、当てはまるものを 1 つお答えください。
	4	貴社の常勤従業員数（契約社員、パートタイム職員を含む）は何人程度ですか。当てはまるものを 1 つお答えください。※本社及び支店、支社、事業所をすべて合計した常勤従業員数をご回答ください。親会社、子会社、グループ会社は含みません。
	5	あなたの勤務先企業ではデジタル化に関連する取組をいつから実施していますか。当てはまるものを 1 つお答えください。※本調査におけるデジタル化の定義：「デジタル技術を活用したサービスやビジネス、組織の変革」

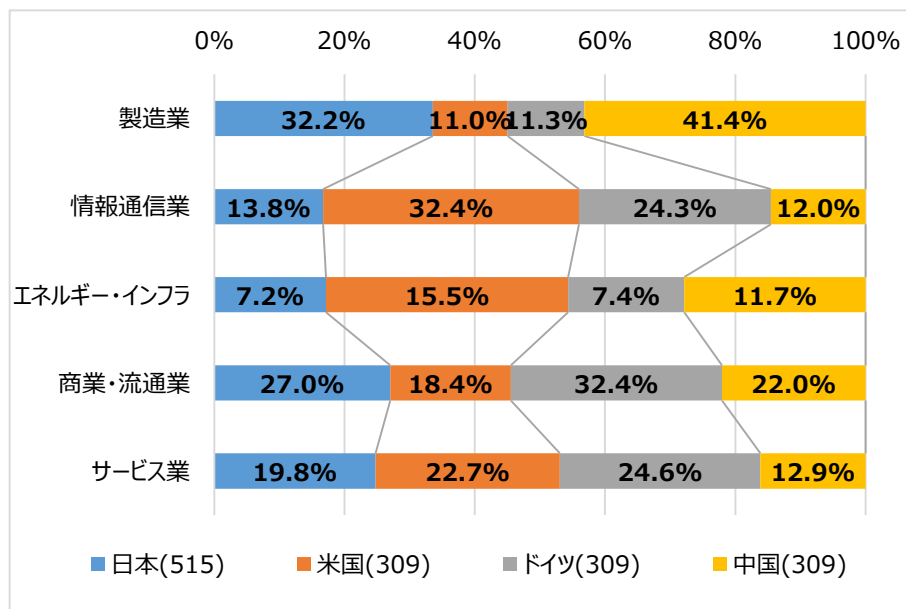
分類	No.	設問内容
	6	あなたは、現在の勤務先においてどのような役職についていますか。当てはまるものを1つお答えください。
技術・データ	7	貴社では、組織のデジタル化として何に取り組んでいますか？ あてはまるものを全て選択してください。
	8	貴社では、サービス開発・提供などのために、以下のデータを活用していますか。もしくは今後活用することを考えていますか。 ※本設問のデータ活用には他者へのデータ提供（第三者提供）も含まれます。
	9	貴社において、個人データ及び製品やサービスから収集可能な個人データ以外のデータ（製品の稼働状況、利用状況など）の取り扱いや利活用に関して、現在または今後想定される課題や障壁についてお選びください。
	10	貴社ではデジタル化に関する取組がどのような範囲で行われていますか。最もあてはまるものを選択してください。
	11	貴社では、デジタル化に取り組むことによって、どのくらい効果がありましたか。最もあてはまるものを選択してください。
組織	14	貴社ではデジタル化の方針や戦略が社内のどの範囲で示されていますか。最もあてはまるものを選択してください。
	15	貴社ではデジタル化を推進する際、主導組織はどこになりますか？あてはまるものを選択してください。
	16	貴社ではデジタル化プロジェクトに取り組む際、企画から効果測定までの各フェーズをどの組織が担当しているか、最もあてはまるものを選択してください。
	17	貴社におけるシステム開発の内製化状況として最もあてはまるものを選択してください。
人材	18	貴社ではデジタル化を推進するにあたり、専門的なデジタル人材としてどのような人材が在籍していますか。最もあてはまるものを選択してください。
	19	新たなビジネスを企画・立案する人材（専門家／部門全体）の不足状況についてお伺いします。最もあてはまるものを選択してください。
	20	貴社では新たなビジネスの企画・立案に向けて必要な人材を確保するにあたり、どのような取組を実施していますか。あてはまるものを全て選択してください。
	21	デジタル技術を事業に適用する人材（専門家／部門全体）の不足状況についてお伺いします。最もあてはまるものを選択してください。
	22	貴社ではデジタル技術の事業への適用に向けて必要な人材を確保するにあたり、どのような取組を実施していますか。あてはまるものを全て選択してください。
	23	データを用いて事業判断や業務最適化を推進する人材（専門家／部門全体）の不足状況についてお伺いします。最もあてはまるものを選択してください。
	24	貴社ではデータの解析や活用に向けて必要な人材を確保するにあたり、どのような取組を実施していますか。あてはまるものを全

分類	No.	設問内容
		て選択してください。
共通	25	貴社において、デジタル化に関して、現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁としてどのようなことが考えられますか。あてはまるものを全て選択してください。
	26	デジタル化の推進に向けて今後必要と想定される施策や工夫の取組状況についてお聞きします。貴社における各施策や工夫の現状として最もあてはまるものを選択してください。

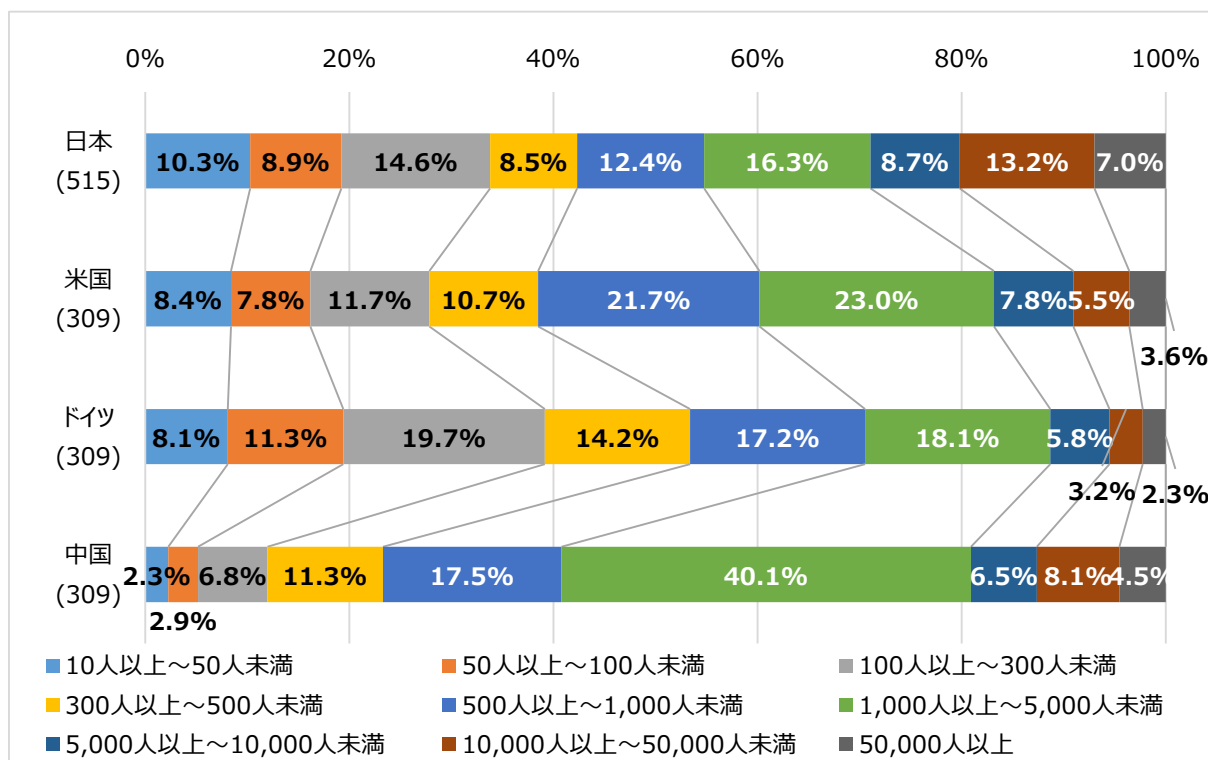
3) 回答者属性

回収したサンプルの属性は下記の通り。

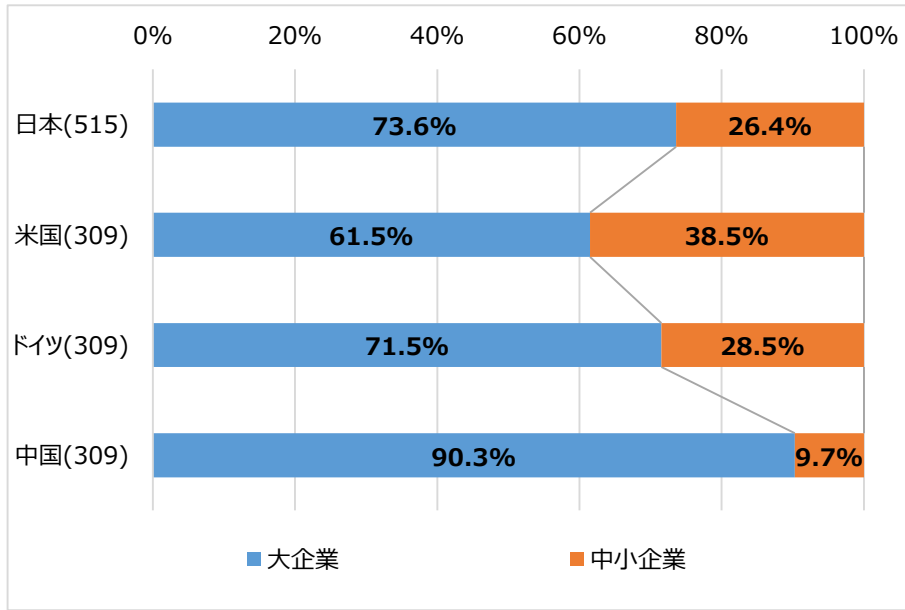
図表 2-12 回答企業の業種グループ



図表 2-13 回答企業の規模

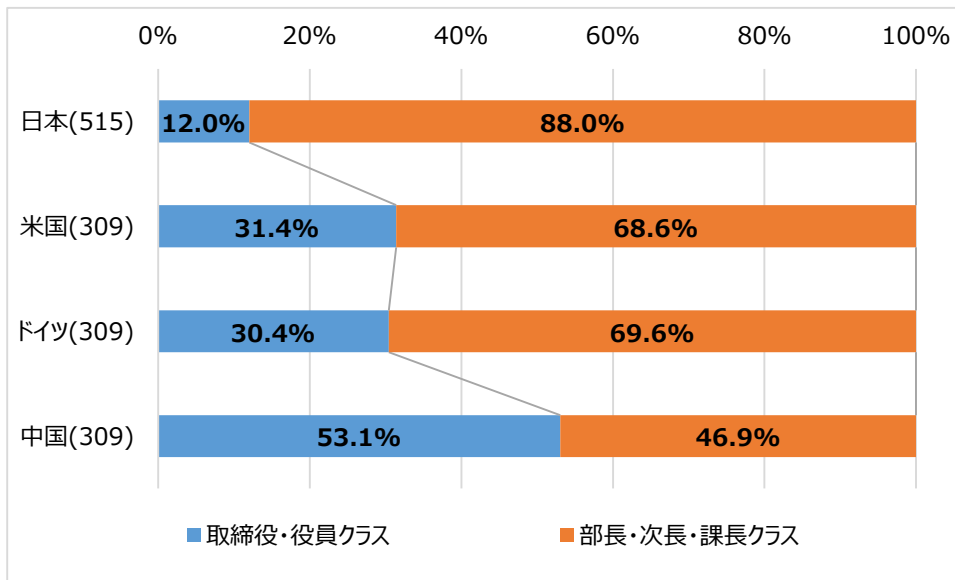


図表 2-14 回答企業の規模（大企業・中小企業）



※企業規模は中小企業庁の「中小企業の定義」¹および、昨年度の委託調査結果²を踏まえ、「製造業」、「建設業」、「電気・ガス・熱供給・水道業」、「金融業・保険業」、「不動産業・物品賃貸業」、「運輸業・郵便業」、「情報通信業」は従業員数が300人以上の企業を「大企業」、同300人未満の企業を「中小企業」として分類した。「卸売業・小売業」、「サービス業・その他」は、従業員数が100人以上の企業を「大企業」、同100人未満の企業を「中小企業」として分類した。

図表 2-15 回答者の役職



¹ 「中小企業・小規模企業者の定義」（中小企業庁）<https://www.chusho.meti.go.jp/soshiki/teigi.html>

² 「デジタル・トランスフォーメーションによる経済へのインパクトに関する調査研究」（総務省、2021）
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/r03_02_houkoku.pdf

2.4. 外部有識者へのヒアリング（調査4）

下記の3名に対してヒアリングを実施した。

図表 2-16 外部有識者ヒアリング実施対象（実施日順）

No	氏名（敬称略）	所属・役職等	実施日	ヒアリング項目（例）
1	庄司 昌彦	武蔵大学 社会学部 メディア社会学科 教授	3月20日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国民生活におけるデジタル化の課題と今後の必要とされる取組について ・ 公的分野におけるデジタル化の課題と今後の展望
2	塚田 学	情報理工学系研究 科 准教授	3月24日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 社会を変えうる新技術が浸透していく際の Beyond5G に期待される役割や機能・性能 ・ Beyond5G の機能・性能等における現状の技術的課題 ・ 現状の Beyond5G における技術的課題に対する解決の方向性及び現状の取り組み状況
3	櫻井 美穂子	国際大学グローバ ル・コミュニケーション・セン ター准教授	3月28日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 企業におけるデジタル化の課題と今後の必要とされる取組について

3. 調査研究結果

3.1. 国内外における最新の情報通信技術の研究開発等動向の調査

3.1.1. 情報通信分野における主要国の政策動向

日本、米国、欧州（EU）、中国それぞれにおける情報通信分野の最新の政策動向を調査した。

(1) 政策動向

1) 日本

● 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画（内閣官房）³

- ・ 令和4年6月7日には、新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画が閣議決定された。
- ・ 「新しい資本主義」の実現に向けて財政出動や税制改正の実施が必要としており、「新しい資本主義に向けた計画的な重点投資」として、“科学技術・イノベーションへの投資”、“GX及びDXへの投資”を含む4本柱が掲げられている。
- ・ 科学技術・イノベーションへの重点的投資では、我が国の国益に直結する科学技術分野として量子技術・AI実装・バイオモノづくり・再生/細胞医療/遺伝子治療・大学教育改革・2025年大阪/関西万博が掲げられている。
- ・ さらに、GX及びDXへの投資については、ウクライナ情勢によって、日本は、資源・エネルギーの安定的な確保に向けて、供給源の多様化・調達の高度化等を進めロシアへの資源・エネルギー依存度を低減させる必要があることを踏まえ、脱炭素の取組を加速させ、エネルギー自給率を向上させることを目標としている。
- ・ また新しい資本主義の象徴を地方・地域として、デジタル田園都市国家構想の推進により一極集中から、多極集中への転換を図ることを掲げる。その中の方向性の一つとして、デジタルプラットフォームによるデータの囲い込みにより、デジタル空間が中央集権型となっていることを懸念し、分散型デジタル社会の実現・付随した環境整備が必要として、“インターネットにおける新たな信頼の枠組みの構築”“ブロックチェーン技術を基盤とするNFTの利用等のWeb3の推進に向けた環境整備”“メタバースも含めたコンテンツの利用拡大”“Fintechの推進”が掲げられている。

³ 内閣官房「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」：
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/pdf/ap2022.pdf

● 経済財政運営と改革の基本方針 2022（内閣府）⁴

- ・ 新しい資本主義の実現に向けた計画的で重点的な投資や規制・制度改革を行い、成長と分配の好循環を実現する岸田内閣の経済財政政策の全体像を示している「経済財政運営と改革の基本方針 2022」が令和4年6月7日に閣議決定された（図表 3-1）。
- ・ 新しい資本主義に向けた改革として、科学技術イノベーションへの投資が掲げられており、量子、AI、バイオものづくり、再生・細胞医療・遺伝子治療等のバイオテクノロジー・医療分野は我が国の国益に直結する科学技術分野として重点的に研究開発を進めることが掲げられている。また官民が連携して科学技術投資の抜本拡充ができるよう研究開発投資を増加する企業に対しては、インセンティブ付与等、研究開発力の底上げに関する施策も挙げられている。

図表 3-1 経済財政運営と改革の基本方針 2022 の概要

経済財政運営と改革の基本方針2022
新しい資本主義へ～課題解決を成長のエンジンに変え、持続可能な経済を実現～

(令和4年6月7日閣議決定)

I. 我が国を取り巻く環境変化と日本経済

・我が国を取り巻く環境変化（新型コロナウイルス感染症、ロシアのウクライナ侵略、気候変動問題等）や国内における構造的課題（輸入資源価格の高騰、人口減少・少子高齢化、潜在成長率の停滞、災害の頻発化・激甚化等）など、**内外の難局が同時かつ複合的に押し寄せている。**

・世界経済の不確実性が大きく増す中、我が国のマクロ経済運営については、当面、**2段階のアプローチで万全の対応を行う。**

【第1段階】総合緊急対策を講じることにより、**国民生活や経済への更なる打撃を抑制し、厳しい状況にある方々を全力で支援、コロナ禍からの回復を確かなものに。**

予備費の活用等により**予期せぬ財政需要にも迅速に対応し、国民の安心を確保。**

【第2段階】**骨太方針2022や新しい資本主義に向けたグランドデザイン・実行計画をジャンプスタートさせるための総合的な方策を早急に具体化し、実行へ。**

・大胆な金融政策、機動的な財政政策、民間投資を喚起する成長戦略を一体的に進める**経済財政運営の枠組みを堅持**。民需主導の自律的な成長とデフレからの脱却に向け、**躊躇なく機動的なマクロ経済運営を行う。**

・持続的な経済成長に向けて、官民連携による計画的な重点投資を推進する。危機に対する必要な財政支出は躊躇なく行い、万全を期す。**経済あつての財政**であり、**経済をしっかりと立て直す**。そして、**財政健全化**に向けて取り組む。

II. 新しい資本主義に向けた改革

- **社会課題の解決に向けた取組**（自己責任を付加価値創造の源泉として成長戦略に位置づけ）
- **官と民が協力して計画的・重点的な投資と改革を行い、経済成長と分配を同時に実現**

新しい資本主義に向けた重点投資分野

1. 人への投資と分配

- ・スキルアップ、多様な働き方の推進
- ・質の高い教育
- ・賃上げ最低賃金の引上げ（全国平均1000円以上）
- ・「高産所得倍増プラン」（NISAの抜本拡充、DeCo制度の改革等）

2. 科学技術・イノベーションへの投資

- ・量子、AI、ITイノベーション・医療分野への官民が連携した投資の抜本拡充

3. スタートアップ（新規創業）への投資

- ・スタートアップ育成5か年計画を本年末に策定（5年10倍増）

4. グラントラサフオメーション（GX）への投資

- ・150兆円超の官民投資に向けた成長志向型カーボンライジング構想の具体化やGX経済移行債（仮称）の検討

5. デジタルトランスフォーメーション（DX）への投資

- ・デジタルマップの整備・実装、マイナンバーカードの普及

III. 内外の環境変化への対応

国際環境の変化への対応

- **外交・安全保障の強化**
- ・安全保障環境が一層厳しさを増す中、外交・安全保障双方の大幅な強化
- ・防衛力を5年以内に抜本的に強化
- **経済安全保障の強化**
- ・経済安全保障推進法の着実な施行
- **エネルギー安全保障の強化**
- ・省エネ促進、再エネ、原子力など脱炭素効果の高い電源を最大限活用
- **食料安全保障の強化と農林水産業の持続可能な成長の推進**
- ・食料安定供給、みどり戦略、輸出促進（2030年50億円目標）、スマート農林水産業
- **対外経済連携の促進**
- ・国際連携の強化（DFFT、TPP11、RCEP、IPEF等）
- ・対日直接投資の推進（2030年80兆円目標）
- ・外国人材の受入れ・共生

防災・減災、国土強靭化の推進、東日本大震災等からの復興

国民生活の安全・安心

IV. 中長期の経済財政運営、V. 当面の経済財政運営と令和5年度予算編成に向けた考え方

・**財政健全化の「旗」を下ろさず、これまでの財政健全化目標に取り組む。**経済あつての財政であり、現行の目標年度により、状況に応じたマクロ経済政策の選択肢が委ねられてはならない。必要な政策対応と財政健全化目標に取り組むことは決して矛盾するものではない。経済をしっかりと立て直し、そして財政健全化に向けて取り組んでいく。ただし、感染症及び直近の物価高の影響を始め、**内外の経済情勢等を常に注視していく必要がある。**このため、**状況に応じた必要な検証を行っていく。**

・官民連携による計画的な重点投資の推進、**単年度予算の弊害是正、効果的・効率的な支出（ワイススヘンディング）の推進とEBPMの徹底強化、税制改革。**

・**全世代型社会保障**をはじめとする持続可能な社会保障制度の構築、その他歳出分野（**社会資本整備、地方行財政、教育・研究活動の推進**）の取組を実施。

・令和5年度予算において、**本方針及び骨太方針2021に基づき、経済・財政一体改革を着実に推進。**ただし、**重要な政策の選択肢をせばめることがあってはならない。**

出展：内閣府（2022年6月7日閣議決定）「経済財政運営と改革の基本方針 2022【概要】」

⁴ 内閣府「経済財政運営と改革の基本方針 2022」：https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2022/2022_basicpolicies_ja.pdf

● 統合イノベーション戦略 2022 (内閣府)

- 我が国が目指す社会 (Society5.0) の実現に向けた科学技術・イノベーション政策について、2030年を見据えた 2025 年までの中長期的な方向性を示している第 6 期科学技術・イノベーション基本計画 (以下「第 6 期基本計画」) が、2021 年 3 月 26 日に閣議決定された。また第 6 期基本計画の実行計画は毎年策定され、2022 年 6 月 3 日には 2 年目の年次戦略である統合イノベーション戦略 2022 が閣議決定された⁵。
- 統合イノベーション戦略2022では、経済成長や、社会課題の解決、安心安全の観点から科学技術・イノベーションが国家の生命線であり、これを中核とする国家間の覇権争いは一層激化することが予測される。これらを踏まえ、科学技術・イノベーション政策の 3 本の柱として「知の基盤と人材育成の強化」「イノベーション・エコシステムの形成」「先端科学技術の戦略的な推進」を挙げられている (図表3-2)。
- 「先端科学技術の戦略的な推進」においては、重要技術の国家戦略の推進と国家的重要課題への対応を目指し、戦略的に取り組むべき基盤技術としては、“AI技術”・“バイオテクノロジー”・“量子技術”・“マテリアル”。戦略的に取り組むべき基盤技術では、“健康・医療”・“宇宙”・“海洋”・“食料・農林水産業”等が掲げられている。

図表 3-2 統合イノベーション戦略 2022 の概要



出展：内閣府 (2022 年 6 月 3 日閣議決定)「統合イノベーション戦略 2022【概要】」

⁵ 内閣府「統合イノベーション戦略 2022」: https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/togo2022_honbun.pdf

● **経済安全保障重要技術育成プログラム研究開発ビジョン（第一次）（内閣官房）**

- ・ 社会経済構造の変化、国際情勢の複雑化等により、安全保障の裾野が経済分野に急速に拡大する中、経済安全保障の取組を強化・推進することを目的に経済安全保障推進会議を組成
- ・ 安全保障と経済を横断する領域で様々な課題が顕在化し、世界的に科学技術・イノベーションが国家間の覇権争いの中核になる中、研究開発の強化や技術流出の防止等により、技術・産業競争力の向上や、我が国独自の優位性、ひいては不可欠性の確保に向けた取組を進める必要がある。
- ・ これらを踏まえ、「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律」が成立。法の趣旨を踏まえ、先端的な重要技術の研究開発の推進を図ることを目的とした、「経済安全保障重要技術育成プログラム」が策定された⁶。

図表 3-3 経済安全保障重要技術育成プログラムに係る研究開発ビジョン（第一次）（案）

経済安全保障重要技術育成プログラムに係る研究開発ビジョン（第一次）（案）

プログラム推進にあたっての考え方 ▶ 経済安全保障上、我が国に必要な重要技術を見極め

- 諸外国が先端技術の研究開発にしのぎを削る中で、我が国にとっての**技術における優位性・不可欠性を確保・維持**
- **市場経済のメカニズムのみに委ねては投資が不十分となりがちな先端技術を育成・支援**
- 科学技術の多義性を踏まえ、**民生利用のみならず公的利用に係るニーズを研究開発に反映していくことを指向**
- **協議会を活用し、産学官が一体となって丁寧な意見交換を行いながら研究開発を推進**
- **中長期的な視点（10年程度）で社会実装を見据えつつ、概ね5年程度のスパンを基本として研究開発を推進**
- 各種戦略や既存事業との関係で**新規補完的な役割**（中長期的には相乗効果を意図した積極的な役割）

支援対象とすべき重要技術検討の視点

- 研究開発ビジョンは、本プログラムにおいて「**支援すべき重要技術**」を示すもの
- **支援対象となり得る技術の3つの要素**（「経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律」に定める特定重要技術を前提）
 - ・ 急速に進展しつつあり、かつ様々な分野での利用が不連続に起こり得る**新興技術**
 - ・ 刻々と変化する国内外の脅威や安全・安心に対する**ニーズや課題などに対処しうる技術**
 - ・ 公的利用・民生利用において社会実装につなげる**システム技術**
- 中長期には**シンクタンクの知見等の活用、技術の獲得をグローバルに培っていく視点**

重要技術検討の枠組み

- 「**先端的な重要技術**」×「**社会や人の活動等が関わる場としての領域**」を考慮し、全体を俯瞰
- 研究開発ビジョン（第一次）において**支援対象とする技術を整理**（別紙）
 - 【先端的な重要技術】 AI技術、量子技術、ロボット工学、先端センサー技術、先端エネルギー技術
 - 【場としての領域】 海洋領域、宇宙・航空領域、領域横断・サイバー空間領域、バイオ領域

配慮すべき事項

● アカデミア、スタートアップ等からの多様な人材や先端技術の研究者の参画	● 中長期的な国内人材育成
● 情報の適正な管理等の確保	● 調達、規制緩和や国際標準化の支援検討
● システム化、ビッグデータ処理、デジタル技術の活用	● 社会実装の担い手、将来の運用枠組み、技術の優位性維持
● 他領域との連携による付加価値向上	● "責任ある研究とイノベーション"への留意

● 出展：内閣官房経済安全保障推進会議（第3回）「研究開発ビジョン（第一次）（案）概要」

- ・ 支援対象とする重要技術の見極めは、以下の通りとして、研究開発ビジョン（第一次）においては、諸外国にて研究開発等の取組が急速に加速する「AI技術」、「量子技術」に加え、領域を問わず無人化や自律化に対するニーズが顕在化してきていること等に鑑み、「ロボット工学」、「先端センサー技術」、「先端エネルギー技術」を着目する重要な技術としてとりあげる。

⁶ 内閣官房「経済安全保障重要技術育成プログラム 研究開発ビジョン」：
https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/keizai_anzen_hosyo/dai3/shiryou1.pdf

- ✓ 技術における優位性・不可欠性の確保・維持、及び確保・維持に関わる自律性の確保に繋がり得ること
 - ✓ 市場経済のメカニズムのみに委ねては投資が不十分となりがちな先端技術も対象とすること
 - ✓ 科学技術の多義性も踏まえ、民生利用のみならず公的利用に係るニーズを研究開発に適切に反映していくこと
- ・ また社会や人の活動等が関わる場としての領域は、科学技術・イノベーション基本計画等を踏まえ、社会や人の活動等に不可欠かつほぼ網羅できる領域として、「海洋領域」、「宇宙・航空領域」、「領域横断・サイバー空間領域」、「バイオ領域」の4つとする。
 - ・ なお宇宙・航空領域においては、宇宙空間を活用した情報収集、通信、測位等の各種能力を一層向上させるとともに、それらの機能保証のための能力や相手方の指揮統制・情報通信を妨げる能力を含め、平時から有事までのあらゆる段階において、宇宙利用の優位を確保するための能力の強化を目指すべき方向性として掲げている。

図表 3-4 宇宙・航空領域における支援対象とする技術（一部抜粋）

カテゴリ	支援対象技術
衛星通信・センシング能力の抜本的な強化	低軌道衛星間光通信技術
	自動・自律運用可能な衛星コンステレーション・ネットワークシステム技術
	高性能小型衛星技術
	小型かつ高感度の多波長赤外線センサ技術
民生利用のみならず公的利用における無人航空機の利活用の拡大	災害・緊急時等に活用可能な長時間・長距離等の飛行を可能とする小型無人機技術
	小型無人機を含む運航安全管理技術
優位性につながり得る無人航空機技術の開拓	小型無人機の自律制御・分散制御技術
	空域の安全性を高める小型無人機等の検知技術
航空分野での先端的な優位技術の確保	デジタル技術を用いた航空機開発製造プロセス高度化技術

出典：内閣官房経済安全保障重要技術育成プログラム研究開発ビジョン（第一次）（案）を基に
NTT データ経営研究所にて作成

- **日米韓首脳会談**

- ・ 2022年11月14日、プノンペンにて岸田文雄首相・ジョー・バイデン米国大統領・尹錫悦（ユン・ソンニョル）大統領にて、日米韓首脳会談を開催。研究開発協力の対象技術として、人工知能（AI）や量子技術、バイオ技術、開放型無線通信網（Open-RAN）などが掲げられている⁷。

2) 米国

- **バイデン政権における科学技術・イノベーション政策**

- ・ トランプ政権下では、国防分野を除く研究開発予算全般の大幅減が提案されており、研究開発費への投資に対しては消極的な姿勢を見せていた。対して、2021年5月にOMBが公表したバイデン政権初の大統領予算教書では、国防分野の一部を除く研究開発予算全般の増額が提案された⁸。
- ・ 省庁横断研究開発優先事項においては、気候、レジリエンス、人種やジェンダーの多様性・社会の公平性、重要・新興技術の研究・イノベーション促進などが注力する取り組みとして挙げられている。
- ・ また重要・新興技術の研究・イノベーション促進においては、対象となる技術としてAI、量子情報科学（QIS）、先進通信、マイクロエレクトロニクス、HPC、バイオテクノロジー、ロボティクス、宇宙技術が挙げられる。これら技術と合わせ連邦データを共有・活用し公衆衛生・気候・災害等の重要課題に対処、官民パートナーシップの積極活用を目指すとしている。

- **米国イノベーション・競争法案（USICAof2021）**

- ・ 連邦議会では、米国の製造業と重要技術に投資し競争力を強化する「米国イノベーション・競争法案（USICAof2021）」の審議が重要となっている。これにより重要技術の研究開発を推進する「エンドレス・フロンティア法案」をはじめ、半導体・通信機器の生産・研究などに総額2、500億ドルを投じるものとされている。
- ・ また本法案は中国との競争に対抗する姿勢を示している。

- **量子に係る政策動向**

- ・ 2018年9月にNSTCの量子情報科学小委員会から「量子情報科学に関する国家戦略概要」が発表された。同戦略では、「科学ファーストのアプローチ」、「技術者の確保・教育改革」、「量子産業の創出」、「重要インフラの提供」、「国家安全保障と経済成長の確保」、「国際協力の推進」の6つの政策の方向性が示された。
- ・ 更には2018年12月には大統領署名により「国家量子イニシアチブ法」が成立し、DOE、NSF、NISTにおける量子分野の取り組みに5年間で約13億ドルの投資を行う権限が付与された。

⁷ Jetro「日米韓首脳会談を開催、経済安全保障対話の新設で合意、韓国発表」；

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/11/3e429305b9f0ef3f.html>

⁸ Multi-Agency Research and Development Priorities for the FY 2023 Budget : [https://www.whitehouse.gov/wp-](https://www.whitehouse.gov/wp-content/uplo)

[content/uplo](https://www.whitehouse.gov/wp-content/uplo)
ads/2021/07/M-21-32-Multi-Agency-Research-and-Development-Priorities-for-FY-2023-Budget-.pdf

OSTP は同法に基づき、2019 年 3 月に量子研究開発に関する政策調整を担う国家量子調整室 (NQCO) を創設した。

- ・ NQCO は量子コンピュータと量子センサのリンクに焦点を当てた「米国の量子ネットワークの戦略的ビジョン」(2020 年 2 月) や量子研究の現状と優先分野を整理・特定した「量子フロンティア」(2020 年 10 月) を発表している。
- ・ 量子研究に関する日米協力を強化する「東京声明」の署名 (2019 年 12 月) を皮切りに、2021 年 11 月には英国およびオーストラリアともそれぞれ量子分野の協力を焦点を当てた共同声明を出している。
- ・ 量子分野の研究開発費は上記の NSTC 量子情報科学小委員会が取りまとめており、2021 年度は 7.9 億ドル、2022 年度予算教書 (予算に対する政権の意向) では 8.7 億ドルが示されている。

● 5G 通信に係る政策動向

- ・ 2020 年 3 月には、「5G および次世代通信の安全性確保法 (Secure5GandBeyondAct)」が成立。これに合わせ大統領府は「5G の安全性を確保するための国家戦略」を発表し、同盟国とともに、安全で信頼性の高い 5G 通信インフラの開発、設置、管理を主導する戦略目標を示した。

● 情報科学技術分野の研究開発全般動向

- ・ 情報科学技術分野の研究開発は、1991 年に開始された省庁横断型のイニシアチブ「ネットワーキング・情報技術研究開発 (NITRD)」により戦略的に取り組まれている。NITRD は、プログラム・コンポーネント・エリア (PCA) と呼ばれる研究対象領域を設定し、あらかじめ各領域への予算配分割合を決めて戦略的に投資している。PCA は、各省庁における研究開発活動や政権の優先事項を反映しており、2023 年度は以下の 12 領域⁹が設定されている。
 - ✓ 先進通信ネットワークとシステム (ACNS)
 - ✓ 人工知能 (AI)
 - ✓ 人のインタラクション、コミュニケーション、能力向上のためのコンピューティング (CHuman)
 - ✓ フィジカルシステムをネットワーク化するコンピューティング (CNPS)
 - ✓ サイバーセキュリティとプライバシー (CSP)
 - ✓ 教育と労働力 (EdW)
 - ✓ ネットワーキング・情報技術のためのエレクトロニクス (ENIT)
 - ✓ ハイケイパビリティコンピューティング・システムの研究開発 (EHCS)
 - ✓ ハイケイパビリティコンピューティング・インフラと応用 (HCIA)
 - ✓ インテリジェント・ロボット工学と自律システム (IRAS)
 - ✓ 大規模データ管理と解析 (LSDMA)
 - ✓ ソフトウェアの生産性・持続可能性・品質 (SPSQ)

⁹NETWORKING AND INFORMATION TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT (NITRD) : https://www.nsf.gov/about/budget/fy2023/pdf/60_fy2023.pdf

- ・ 2022 年度 7 月 22 日には大統領府にて、2024 年度の研究開発優先事項¹⁰を発表した。国家安全保障と技術的競争力の向上に向けて、世界をリードする研究とイノベーションを優先させるべき技術として以下を挙げられている。

【世界をリードする研究とイノベーションを優先させるべき技術】

- ✓ 信頼できる人工知能 (AI)
 - ✓ 量子情報科学 (QIS)
 - ✓ 先進的な通信技術
 - ✓ マイクロエレクトロニクス・ナノテクノロジー
 - ✓ 高性能コンピューティング
 - ✓ バイオテクノロジー
 - ✓ バイオマニュファクチャリング
 - ✓ ロボティクス
 - ✓ 先進製造業
 - ✓ 金融技術
 - ✓ 海底技術
 - ✓ 宇宙技術
- ・ 2021 年度の NITRD 予算は 72 億ドル (補正予算含む)、うち AI 関連は 17 億ドルとなっている。2022 年度予算教書 (予算に対する政権の意向) では NITRD 全体で 78 億ドル、うち AI 関連で 18 億ドルが示されている。

3) 欧州 (EU)

● 欧州のデジタル未来の形成¹¹

- ・ 欧州委員会は 2020 年 2 月 19 日、デジタル変革の促進に向けた政策文書「欧州のデジタル未来の形成 (Shaping Europe's digital future)」を発表した。
- ・ 人々の利益になるように機能するデジタル変革に向けて 5 年間に焦点を当てる 3 つの柱として”人々のために機能する技術”“公正で競争力のある経済”“開かれた民主的で持続可能な社会”を掲げられる。
- ・ 人々のために機能する技術実現に向けたアクションにおいては以下が掲げられる。
 - ✓ AI、サイバーセキュリティ、スーパーコンピューティング、量子コンピューティング、量子通信、ブロックチェーンの分野における最新のデジタル能力を構築、展開
 - ✓ 欧州量子戦略およびブロックチェーン戦略の策定
 - ✓ スーパーコンピューティングに関する理事会規則 16 の改正
 - ✓ ブロードバンドコスト削減指令 17 の改正、5G および 6G に関する行動計画の改定、無線周波数帯政策プログラムの策定によるギガビット接続への投資の加速 (2021 年)

¹⁰ 2024 年度予算複数機関研究開発優先事項；<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/07/M-22-15.pdf>

¹¹ Shaping Europe's digital future；https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/shaping-europe-digital-future_en

- ✓ コネクテッドモビリティおよび自動化されたモビリティ（CAM）のための5G回廊（鉄道も含む）を展開（2021～2030年）（2021～2023年）
- ✓ 欧州サイバーセキュリティ戦略の策定（共同サイバーセキュリティユニットの設置、NIS指令18の改正などを）

● **デジタル市場法案（DMA）¹²**

- ・ EU理事会（閣僚理事会）は2022年7月18日、EUのオンライン・プラットフォーム規制の根幹となるデジタル市場法案（DMA）を正式に採択
- ・ アマゾン、グーグル、メタ（旧フェイスブック）といった米国IT大手を念頭に、欧州委が指定する「ゲートキーパー」と呼ばれる大規模なプラットフォーム・サービスの提供事業者に対する義務と禁止事項を明確にすることで、EU域内市場でのIT大手による支配的な地位の乱用を防止し、EUの中小企業がこうしたIT大手と公平に競争できる環境を確保することを目的としている

※ゲートキーパーは、プラットフォーム・サービスの提供者であって以下が該当
 オンライン仲介サービス・オンライン検索エンジン・オンラインソーシャルネットワークサービス・ビデオ共有プラットフォーム・コミュニケーションサービス・オペレーティングシステム・クラウドコンピューティングサービス・広告サービス

- ・ ゲートキーパーに指定された実施義務・禁止措置は以下の通り

①実施義務

- ✓ プラットフォーム・サービスの定額サービスなどの解約を、登録と同程度に容易にすること
- ✓ インスタントメッセージサービスの基本的な互換性を確保することで、異なるアプリ間のメッセージのやりとりや通話を可能にすること
- ✓ ビジネスユーザーに対して、同ユーザのプラットフォームの利用により生み出されるマーケティングおよび広告データへのアクセスを認めること
- ✓ 他のデジタル企業を買収する場合は、既存の競争法の規定上、通知の対象であるかを問わず、欧州委に事前に通知すること

②禁止措置

- ✓ ランキングサービスにおいて自社が提供する商品やサービスを優遇すること
- ✓ 出荷時にインストール済みのアプリやソフトウェアを簡単にアンインストールできないようにすることや、サードパーティー製のアプリやソフトウェアをデフォルト仕様に設定できないようすること
- ✓ アプリの開発者に対して、ゲートキーパーが提供する決済システム以外の決済システムの利用を認めないこと
- ✓ ゲートキーパーが提供するサービスによって得られた個人情報を、同ゲートキーパーが提供する別のサービスに活用すること

¹² Council gives final approval to new rules for fair competition online : <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/07/18/dma-council-gives-final-approval-to-new-rules-for-fair-competition-online/>

● **デジタルサービス法案 (DSA) ¹³**

- ・ EU 理事会（閣僚理事会）は 2022 年 10 月 4 日、オンライン仲介サービスを提供する事業者に対する規制枠組みであるデジタルサービス法案（DSA）を正式に採択
- ・ ソーシャルメディアやオンライン・マーケットプレイス、検索エンジンなど、EU 域内でオンライン上の仲介サービスの提供する全事業者が規制対象となり、仲介サービスの透明性や事業者の説明責任強化、利用者の基本的権利保護などが目的。
- ・ 事業者の規模や社会的影響に応じて規制内容を強める制度設計となっており、透明性に関する報告といった基本的な義務は全ての事業者に適用されるが、違法なコンテンツの拡散や基本的権利への悪影響といったリスク評価と緩和措置の実施を含む最も厳しいルールは、EU 域内の利用者が月間平均 4、500 万人以上の事業者が該当する「非常に大規模なオンライン・プラットフォーム（VLOP）」および「非常に大規模なオンライン検索エンジン（VLOSE）」事業者のみに適用される。

● **衛星通信網の構築に向けた規則案¹⁴**

- ・ 米国や中国、ロシアなどでは政府主導による多数の衛星からなる大規模通信システムの整備が進んでいる一方で、EU 加盟国ではシステムの整備が不十分であること・衛星通信サービスに対する需要が急増していることを踏まえ、欧州委は EU 独自の衛星通信網の構築や付随する基礎記述である次世代の暗号技術の量子暗号技術の実装を目指し、2030 年までには、域内全域での高速ブロードバンドの提供も可能になることを目標として掲げる。
- ・ 2023 年から事業を開始し、2025 年までに通信サービスの一部提供を開始するとともに、量子暗号技術の軌道上試験を実施、2028 年までに量子暗号技術を含む全ての通信サービスの提供を目指すとしている。
- ・ 欧州委は、EU 独自の衛星通信網の構築計画に必要な予算を約 60 億ユーロと試算。EU 予算からは 2027 年までに 24 億ユーロを拠出する予定。

● **一般教書演説（欧州議会本会議）¹⁵**

- ・ 欧州委員会のウルズラ・フォン・デア・ライエン委員長は 2022 年 9 月 14 日に、欧州議会本会議で、今後 1 年間の欧州委の活動方針を表明する一般教書演説を行った。
- ・ 欧州委が最優先事項として掲げる「欧州グリーン・ディール」とデジタル化政策についても、積極的な財政拠出を続けるとした。

¹³ Council gives final approval to the protection of users' rights online : <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/10/04/dsa-council-gives-final-approval-to-the-protection-of-users-rights-online/>

¹⁴ Proposal for a Regulation establishing the Union Secure Connectivity Programme for the period 2023-2027 : https://ec.europa.eu/info/files/proposal-regulation-establishing-union-secure-connectivity-programme-period-2023-2027_en

¹⁵ 2022 State of the Union Address by President von der Leyen : https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/ov/SPEECH_22_5493

4) 中国

● 国民経済・社会発展第 14 次五カ年計画および 2035 年長期目標草案¹⁶

- ・ 2021 年 3 月 5 日- 11 日にかけて、全国人民代表大会が開催され、国民経済・社会発展第 14 次五カ年計画および 2035 年長期目標草案」が承認された。
- ・ 科学技術イノベーション推進の 4 つの柱として”国家科学技術戦略の強化””企業の技術イノベーション能力の強化””イノベーション・高度人材の育成””科学技術イノベーションシステムとメカニズムの改善”が掲げられている。なおイノベーション分野の数値目標としては、①デジタル経済の核心産業の GDP 増に占める割合を 10%以上②社会全体の研究開発経費を年 7%以上増加などが掲げられている。
- ・ 国家実験室を主導とする戦略的科学技術力の構築を加速することを目指し、量子情報、光工学、マイクロナノエレクトロニクス、ネットワーク通信、AI、バイオ医学、現代エネルギーシステム等のイノベーション分野における国家実験室を設置。
- ・ また基礎核心分野として人工知能、量子情報、集積回路、ライフサイエンス、脳科学、生物育種、宇宙科学技術、地層・深海等の最先端分野に照準を定め、先見性、戦略性のある一連の国家重大科学技術プロジェクトを実施する。
- ・ また新型インフラ設備の建設を統一的に推進し、システムが完備され、効率かつ実用的、スマートかつグリーンで、安全かつ信頼性の高い近代的なインフラ設備体系を構築するとして、5G ネットワークの大規模配置を加速し、ユーザ普及率を 56%まで引き上げ、ギガバイト級の光ファイバーネットワークにレベルアップし、普及させる。6G ネットワークの技術備蓄を先行して配置することが掲げられている。

● 基礎研究 10 年行動計画

- ・ 2022 年 1 月 6 日に開催された 2022 年中国全国科学技術業務会議では、中国の科学技術分野は今年、多くの項目の重大計画と行動プランをスタートさせ、科学技術計画、基礎研究、戦略的科学技術力等に力を入れて取り組み、国の発展と安全に対する科学技術の戦略的サポートの役割を発揮させることを明らかにした。

● 国家仮想現実 (VR) イノベーションセンター

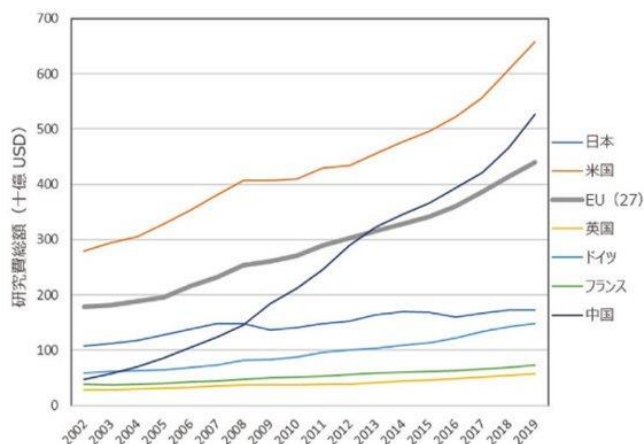
- ・ 工業・情報化部 (省) が 7 日に明らかにしたところによると、同部はこのほど国家グラフィックイノベーションセンター、国家仮想現実 (VR) イノベーションセンター、国家超高精細動画イノベーションセンターという 3 つの国家製造業イノベーションセンターの設立を承認した。新華社が伝えた。
- ・ 国家仮想現実イノベーションセンターは南昌仮想現実研究院有限公司をバックに設立され、中国の仮想現実産業の発展を制約する重要な共通的技術の難題に焦点を当て、重要な共通的技術の研究開発、実証実験、検査、技術サービスなどのプラットフォームを建設する。

¹⁶ 中華人民共和国国民経済・社会発展の第 14 次五カ年計画 および 2035 年までの長期目標綱要
https://spc.jst.go.jp/policy/national_policy/downloads/r_gvm_2022.pdf

(2) 科学技術予算規模

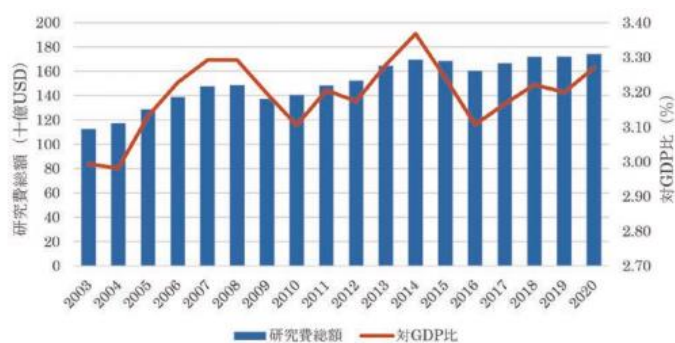
- ・ 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センターが公開した「研究開発の俯瞰報告書（2022年）¹⁷」によると、米国の2019年の総研究開発費は6,575億ドルであり、主要国の中でトップを維持。次点で研究開発費を投じている中国は研究開発費の対GDP比に関しては、2018年の2.14%から2019年には2.23%と微増であり、主要国中では平均的な比率を保っている。
- ・ またEU27ヶ国の2019年の研究開発費総額は4,403億ドルであり、米国、中国に次ぐ大きさとなっている。2020年9月に欧州委員会が採択した政策文書「研究・イノベーションのための新しい欧州研究圏（ERA）」において、2030年までに研究開発予算の対GDP比率を3%に引き上げることを目標としており、今後のEUにおける研究開発費の伸びが予想される。
- ・ 日本においては、研究開発費の対GDP比でみると、3%前半で推移とEU等と比較すると値は大きいものの、研究開発費は横ばい傾向であり（図表3-6）、他の主要国の研究開発費とで差が開いている状況である。

図表3-5 主要国における研究開発費総額（名目額）の推移



出典：国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書（2022年）」

図表3-6 日本の総研究開発費の対GDP比推移



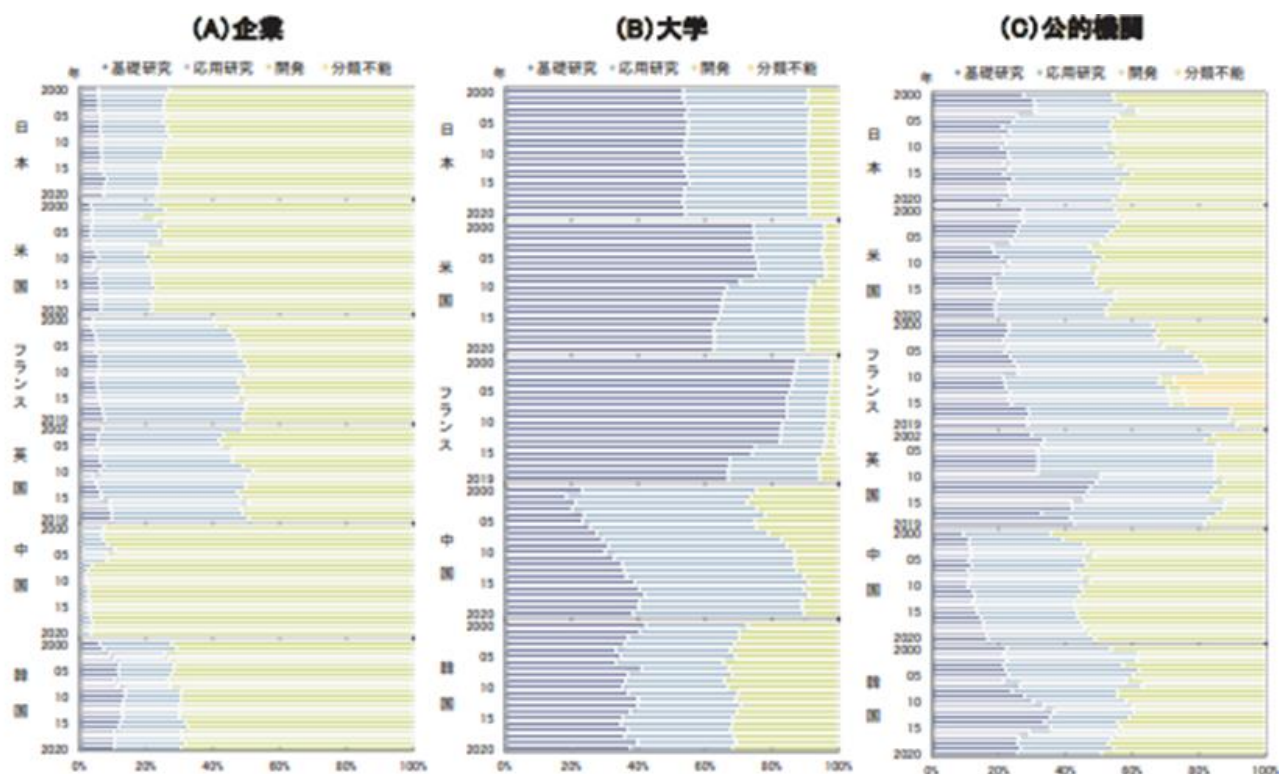
出典：国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書（2022年）」

¹⁷ 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書（2022年）」:

<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2021/FR/CRDS-FY2021-FR-02.pdf>

- ・ 科学技術指標 2022 では、基礎研究¹⁸、応用研究¹⁹、開発²⁰という研究開発費別の区分別に各国を比較している（図表 3-7）。
- ・ 「基礎研究」が最も大きいのはフランス、「応用研究」が最も大きいのは英国、「開発」が最も大きいのは中国である。2020 年 25 の日本の性格別研究開発費のうち「基礎研究」の割合は全体の 15.0%、「応用研究」は 20.4%、「開発」が 64.6%であり、他国と比べて割合の変化は小さいが、2010 年頃から、「応用研究」が減少し、「開発」が増加傾向にある。
- ・ また「公的機関」の研究開発費について、最新年では多くの国で「開発」の割合が最も大きく、中国、韓国、米国、日本は約 5 割を占める。

図表 3-7 主要国の部門別の性格別研究開発費の内訳



出典：文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2022」

¹⁸ 基礎研究：特定の応用や利用を考慮することなく、主として現象や観察可能な事実のもとに潜む根拠についての新しい知識を獲得するために実施される、試験的あるいは理論的な作業

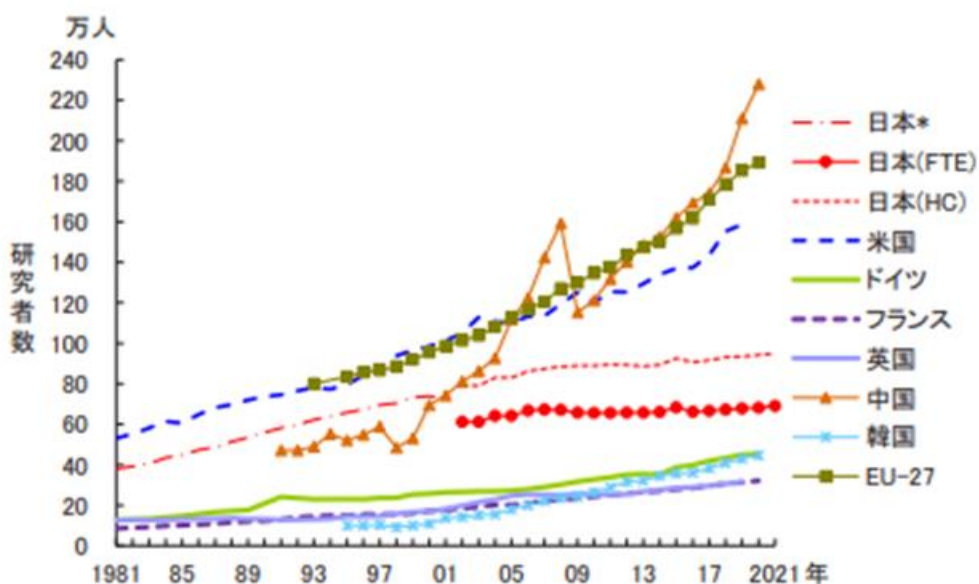
¹⁹ 応用研究：新しい知識を獲得するために企てられる独自の研究である。しかしながらそれは主として、特定の実用上の目的または目標を目指している。

²⁰ 開発：体系的な取り組みであって、研究または実用上の経験によって獲得された既存の知識を活かすもので、新しい材料、製品、デバイスの生産、新しいプロセス、システム、サービスの導入、あるいは、これらの既に生産または導入されているものの大幅な改善を目指すもの

(3) 研究員数の推移

- ・ 日本の研究者数は 2021 年において 69.0 万人、HC²¹値は 95.2 万人であり、中国（2020 年：228.1 万人）、米国（2019 年：158.6 万人）に次ぐ第 3 位の研究者数の規模である。その他の国の最新年の値を多い順に見ると、ドイツ（2020 年：45.2 万人）、韓国（2020 年：44.7 万人）、フランス（2020 年：32.2 万人）、英国（2019 年：31.6 万人）となっている。
- ・ 人口 1 万人当たりの研究者数によって各国の規模を考慮すると、2020 年の日本（FTE²²）は 54.1 人である。なお 2009 年までは、主要国の中で最も高かったが、韓国・ドイツが日本(FTE)を上回った。

図表 3-8 主要国の研究者数の推移



出典：文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2022」

(4) 取得特許数

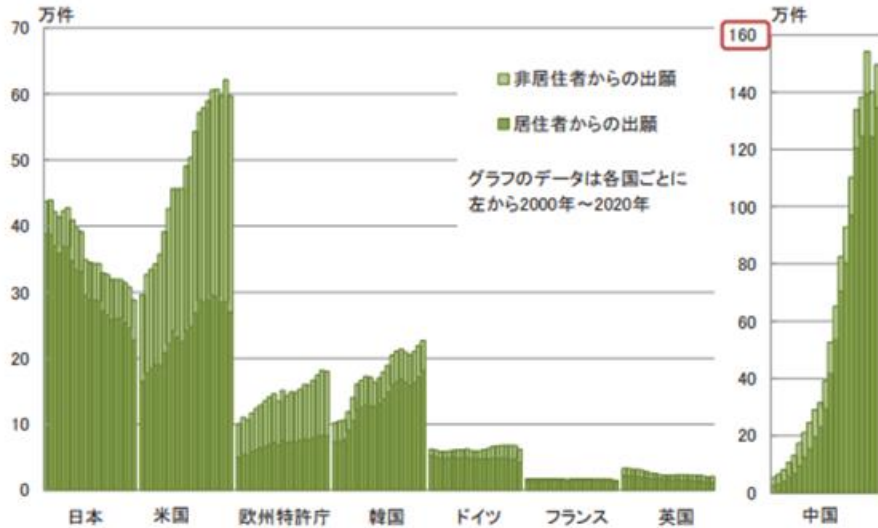
- ・ 主要国への特許出願状況と主要国からの特許出願状況についてまとめられているものが”主要国への特許出願状況と主要国からの特許出願状況（図表 3-9）”である。ここでは 2020 年時点で全世界の特許出願の約 9 割を占める日本、米国、欧州、中国、韓国、ドイツ、フランス、英国への特許出願状況を対象としている。
- ・ 日本への特許出願数は、2020 年は 28.8 万件となっている。中国、米国に次ぐ規模であるものの 2000 年代半ばから特許出願数は減少傾向にあり、差が開いている状況である。
- ・ 中国への出願数は 2000 年～2018 年にかけて、年平均成長率 20.7%で上昇していたが、2019 年、2020 年は頭打ちとなった。居住者からの特許出願数が約 9 割を占めている。

²¹ HC 値：研究開発活動・その他の活動を兼務している場合であってもすべてを研究者とカウントした値 (Head Count)

²² FTE 値：研究業務を専従換算し、計測し研究者をカウントした値(Full-Time Equivalents)

- ・ 米国への出願数は、2020年は59.7万件である。また中国とは対極的に、近年は非居住者からの出願数の割合が増加傾向にあり、米国の市場が海外にとって魅力的であることを示唆している。

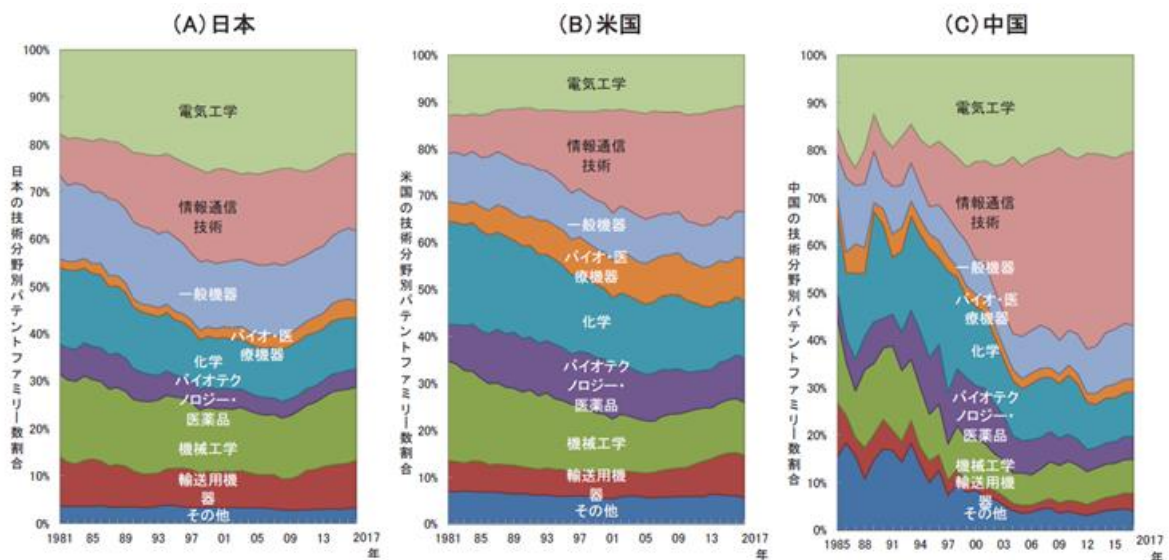
図表 3-9 主要国への特許出願状況と主要国からの特許出願状況



出典：文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2022」

- ・ 主要国内の技術分野バランスの推移を見ると、米国は2017年と比べると、「情報通信技術」が増加している。また中国においても1985年と2017年を比較すると「情報通信技術」が大きく増加しており、2017年では全体の50%程度が「情報通信分野」となっている

図表 3-10 主要国の技術分野別パテントファミリー数割合の推移



出典：文部科学省科学技術・学術政策研究所「科学技術指標 2022」

3.1.2. 情報通信分野における国内外の主要企業の動向

日本の大手通信事業者における売上高研究開発比率はNTTが2%、KDDI・ソフトバンクは1%未満である。対してGAFAMはAppleを除くと10%~25%であり、大手通信事業者と比較して研究開発に積極的であることが伺える。

GAFAMは研究開発に対し積極的な企業群であり、日本の大手通信事業者が他国と比較して研究開発費が低いわけではないが、日本企業の研究開発費向上に向けた課題としては以下が考えられる。

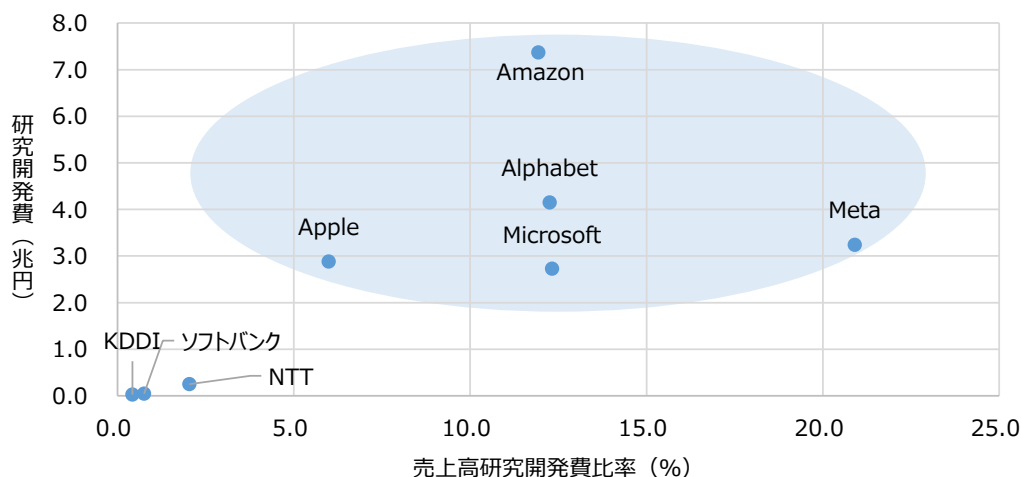
- ・ 研究開発に関する企業の費用負担が大きく、コストと時間を要する革新的な技術開発よりも、コストと時間が抑えられる短期的な研究開発を優先
- ・ 大企業においては、既存事業維持・継続に集中しているケースもあり、オープンイノベーションを通じた新規事業の創出機会の不足

※外部連携を進めるための組織が約4割程度の企業で設置されていない。²³

上記を踏まえ、スタートアップが活躍しやすい環境創出や、産官学連携だけでなく、企業間のオープンイノベーション促進も視野に入れた、イノベーション・エコシステムの構築が重要となる²⁴。

またGAFAMの投資対象について見てみると、情報通信分野に対しても積極的である。GAFAMは世界各国にデータセンタを保持しており、点在するデータセンタが蓄える膨大なデータを効率的に同期させるために海底ケーブルを使った大量の通信が必要になる。これら海底ケーブルニーズの急拡大にあわせてGoogle、Meta、Amazon、Microsoftなど、従来は大手通信事業者からリースしていた海底ケーブルを自ら建設し始めていることもあり注視が必要である。

図表 3-11 日本大手通信事業者とGAFAMとの研究開発費比較



出典：各企業のアンニュアルレポート等を基に NTT データ経営研究所にて作成

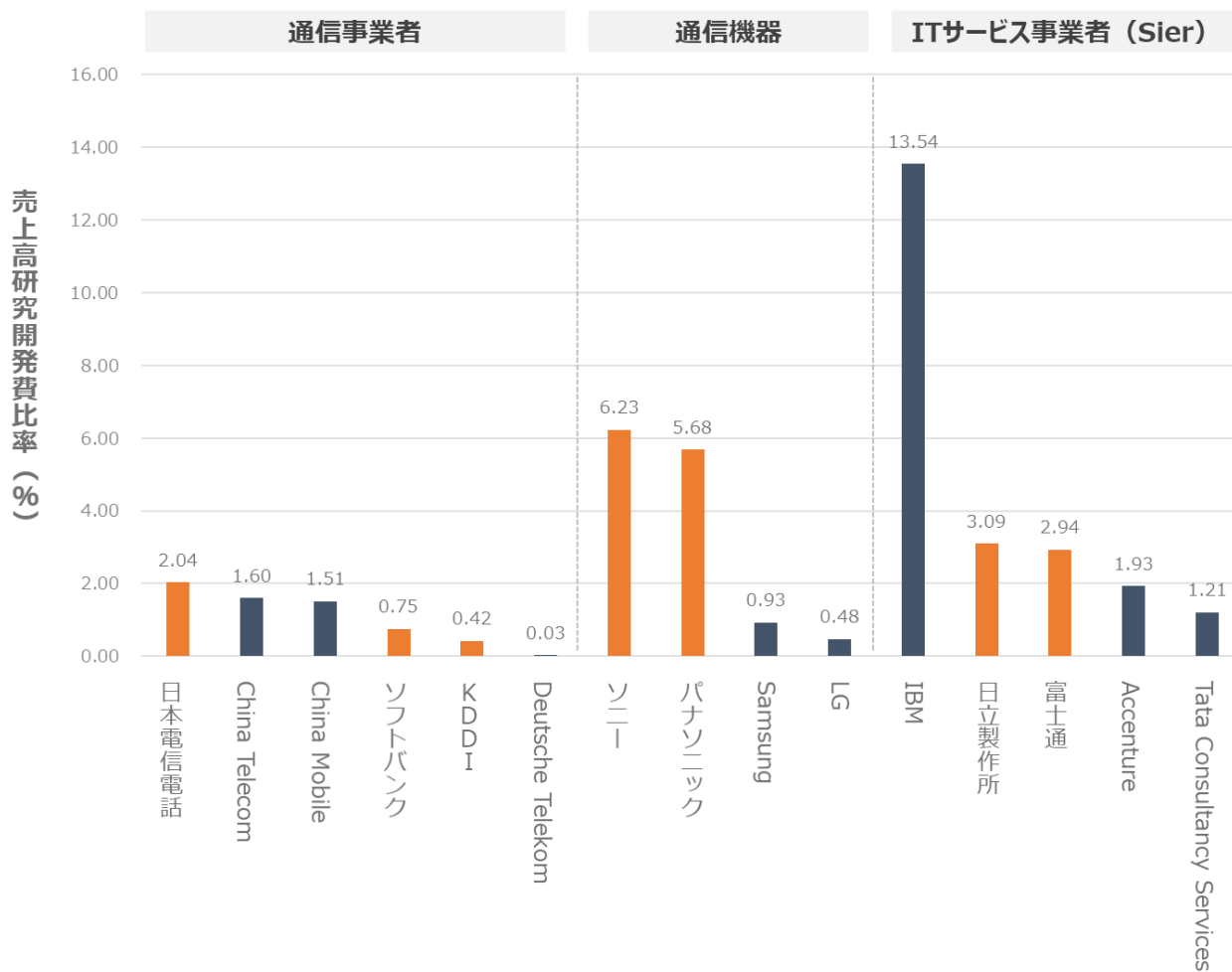
²³ 内閣官房日本経済再生総合事務局 (2019) 「基礎資料」:

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/dai31/siryou2.pdf>

²⁴ 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (2020) 「日本におけるイノベーション創出の現状と 未来への提言(概要版)」: <https://www.nedo.go.jp/content/100918465.pdf>

続いて、デジタルプラットフォームを除いた情報通信業界の研究開発費について比較したものが、図表 3-12 通信事業者・通信機器・IT サービス事業者の研究開発費比較である。IBM などの一部企業を除くと売上高研究開発比率は 10%未満となっている。

図表 3-12 通信事業者・通信機器・IT サービス事業者の研究開発費比較



出典：各企業のアニュアルレポート等を基に NTT データ経営研究所にて作成

3.1.3. 情報通信技術の研究開発及び社会実装に関する動向

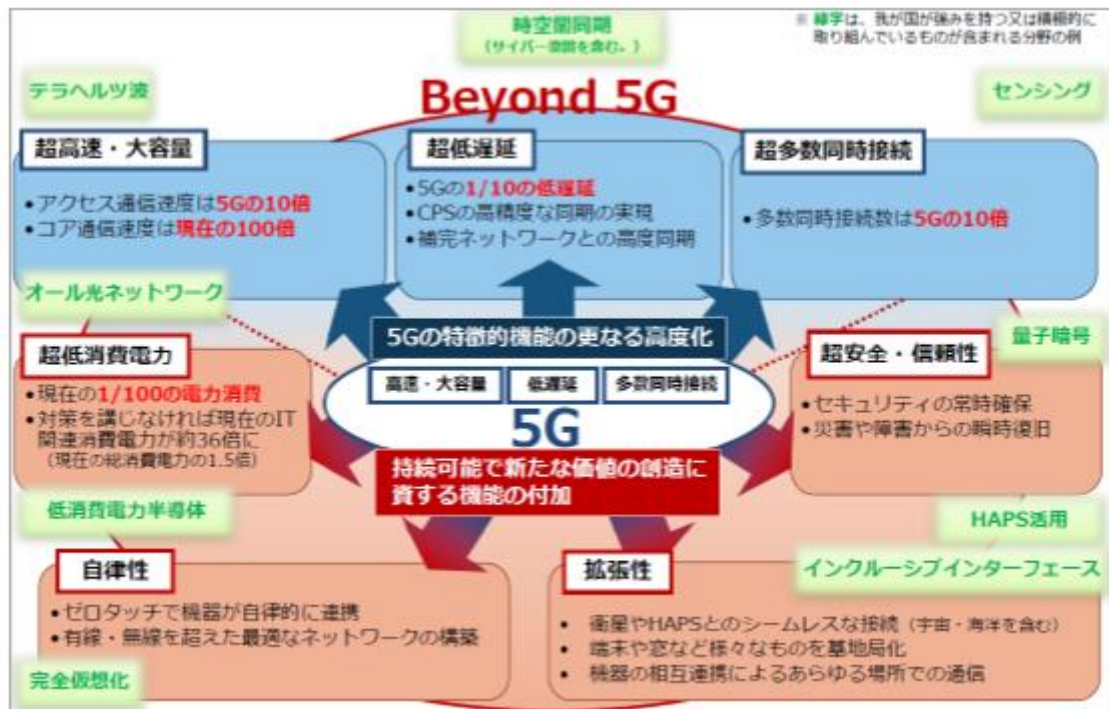
(1) Beyond5G

1) 技術概要

(ア) Beyond5G とは

Beyond5G とは、「高速・大容量」「低遅延」「多数同時接続」といった 5G の特徴的機能のさらなる高度化に加え、「超低消費電力」「超安全・信頼性」「自律性」「拡張性」といった持続可能で新たな価値の創造に資する機能をもった 5G の次世代の移动通信システムを示す(図表 1)。Beyond5G の最大の特徴は、高度化した通信が AI やロボティクスと有機的に連携する点にある。すなわち、AI やロボット、センサが通信の主体となる。人間の能力の制約を受けなくなることで、文字どおり桁違いの高度通信機能が実現することになる。「スマホの通信が速くなる」だけでなく、超高速通信は AI による圧倒的な大容量データ処理につながり、情報伝達の遅延が大幅に抑えられればロボットや移動車両の超精密制御が可能になる。これは、社会が AI やロボティクスを本格活用する環境が整うことを意味している。

図表 3-13 Beyond5G に求められる機能



出展：総務省「Beyond5G 推進戦略-6G へのロードマップ-」²⁵

Beyond5G の実現により、まず、フィジカル空間では、従来の地上系モバイルネットワークだけでなく、

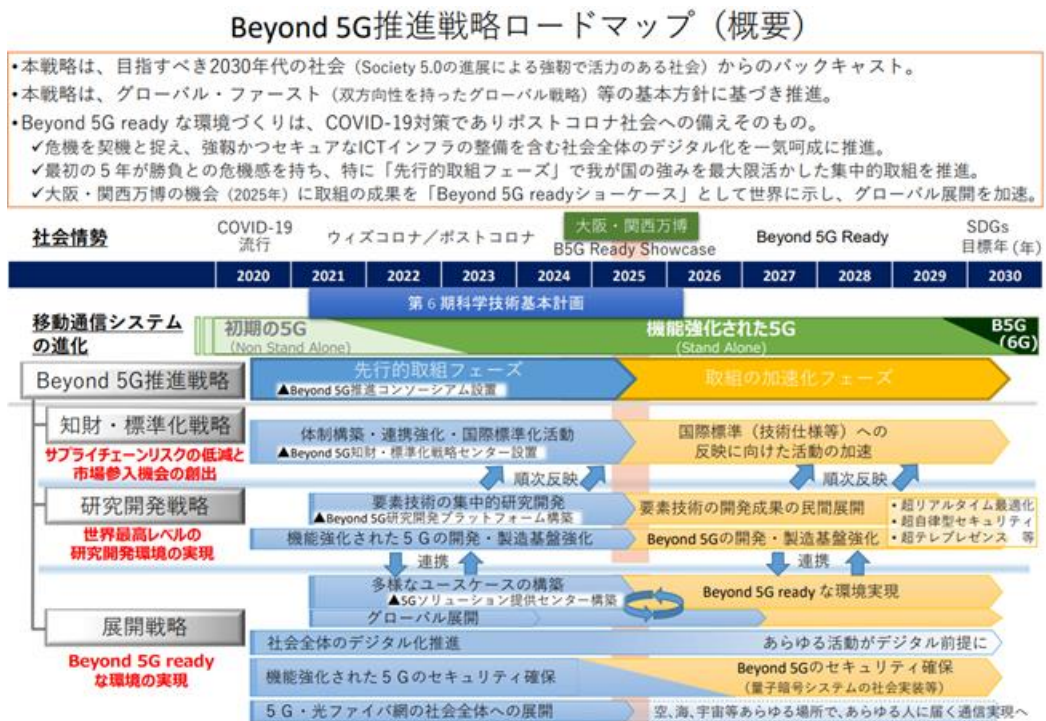
²⁵ 総務省「Beyond5G 推進戦略-6G へのロードマップ-」: https://www.soumu.go.jp/main_content/000702111.pdf

衛星系ネットワークなどを組み合わせることで柔軟で拡張性のある通信環境が提供される。サイバー空間では、アプリケーションに応じて多様な空間が併存し、蓄積された過去データや将来予想などの情報処理が行われる。Beyond5G の時代では、フィジカル空間とサイバー空間の双方において時間や空間が高度に制御され、両空間が統合されることで、これまでフィジカル空間だけでは実現できなかったことが可能となる。フィジカル空間とサイバー空間の統合により新たなアプリケーションが提供され、様々な社会課題の解決に役立つことが期待される。

(イ) 技術の発展の方向性

- ✓ 2030 年に向けサイバー空間とフィジカル空間の一体化が進展することが見込まれ「Society5.0」を支える「データ主導社会」に移行していく必要がある。これらに向けて Beyond5G も、2030 年には実装に加え、全国を網羅する光ネットワークの整備が必要となる。
- ✓ 総務省公表の Beyond5G 導入までのロードマップによると、Beyond5G 導入は以下に区分される。
 - ・ 先行的取組フェーズ（～2025 年）
世界最高レベルの研究開発環境の実現・Beyond5Gready な環境づくりに向けた成功のモデルケースを多数創出することを目指し、世界トップレベルの 1,000 億円超の国費投入を目標。
 - ・ 取組の加速化フェーズ（2025 年～2030 年）
2025 年に開催される大阪・関西万博を「Beyond5Gready ショーケース」として世界に示し、グローバル展開の加速化を目標に掲げ
- ✓ このような中で、2022 年度は、特定用途や特定エリアにおける以下技術を活用した Beyond5G の先進ユースケースを具体化する年と位置付けられている²⁶。
 - ① 通信インフラの超高速化・超省電力化を実現するための「オール光ネットワーク関連技術」
 - ② 陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張（国土 100%カバー）を実現するための「非地上系ネットワーク関連技術」
 - ③ 利用者にとって安全かつ高信頼な通信環境を確保するための「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」

図表 3-14 Beyond5G 推進戦略ロードマップ



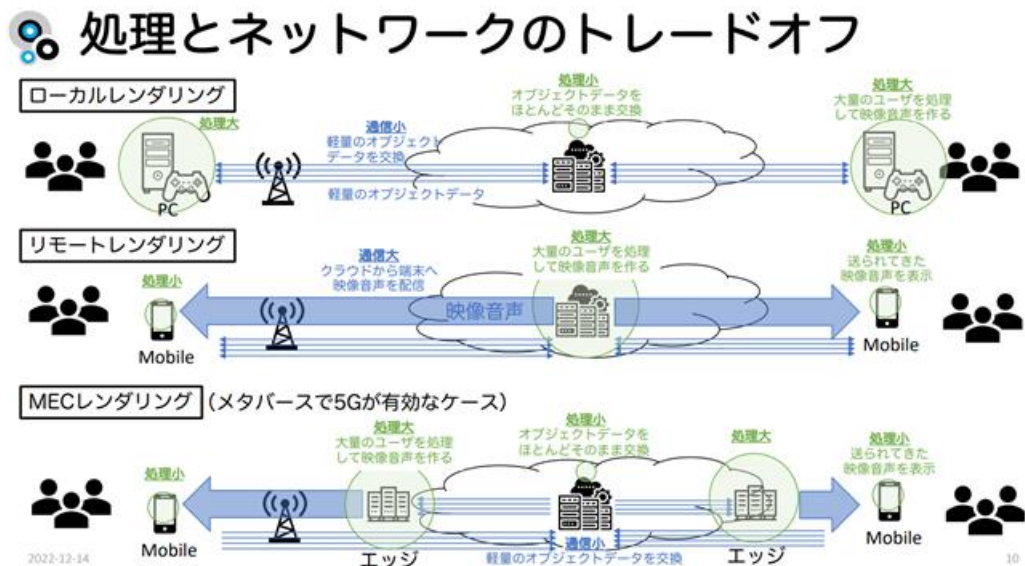
出展：総務省「Beyond5G 推進戦略-6G へのロードマップ-」

²⁶ 総務省「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方 報告書」：
https://www.soumu.go.jp/main_content/000812517.pdf

(ウ) 今後の課題

- ✓ Beyond5G 関連の研究開発にて、オール光ネットワーク、量子暗号通信、完全仮想化ネットワーク、オープンネットワーク (Open RAN) などで、現段階では我が国の産学官による研究開発が先行しているものの、研究が先行している上記分野においても、2030 年を待つことなく早期に国内で社会実装し、有用性を世界にいち早く発信することでグローバルなデファクト化を推進していくことが今後の課題となる。
- ✓ 他方で Web3・メタバース・ジェネレーティブ AI 等の新技術における社会に浸透していく観点でも 5G・Beyond 5G は重要である。5G・Beyond 5G に求められる役割や機能・性能について、東京大学 情報理工学系研究科教授である塚田 学先生によると、遅延・規模性・データ転送速度が大きなポイントになるとの事である。
- ✓ 例えばメタバースの一つの目標である”無制限なユーザがイベントを同期して満足に体験できる状況”を実現するためには、遅延を 150mm/sec 以内に収める必要がある。また演奏やゲームといったよりタイム感がシビアになるようなケースでは 20mm/sec 以内に収める必要がある。
- ✓ 塚田 学先生によると上記解決の鍵として、クラウドと端末の間にエッジコンピュータを設置する MEC レンダリングという考え方を推奨している。MEC レンダリングではエッジコンピュータがコンテンツに関するアプリケーションを動かすことになり、端末側の処理・クラウド側の処理双方をエッジコンピュータへオフロード可能となる。
- ✓ ただし MEC レンダリング実現に向けては、MEC が効率的に設置されていることが前提であり、キャリア間でコンテンツを楽しむ人たちにとっては最適なエッジコンピューティングの配置が今後、必要となっている。

図表 3-15 レンダリングパターンと処理イメージ



出展：総務省「メタバース実現に求められるデジタルインフラの課題と要件²⁷⁾」

²⁷⁾ 総務省「メタバース実現に求められるデジタルインフラの課題と要件」:

https://www.soumu.go.jp/main_content/000850859.pdf

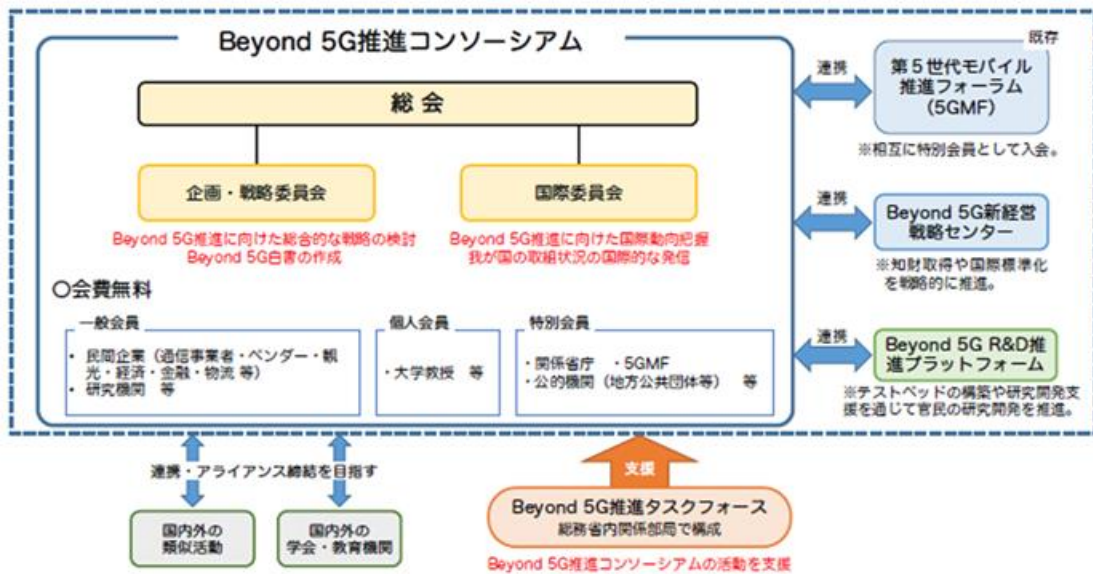
2) 国内における研究開発の動向

(ア) 研究開発を推進する国の取り組み

● Beyond5G 推進コンソーシアム設立

2020年12月にBeyond5G推進コンソーシアムが設立され、Beyond5Gに関する①各戦略に基づき実施される具体的な取組の共有、②国内外の企業・大学等による実証プロジェクトの立ち上げ支援、③国際会議の開催を担っている。Beyond5G推進コンソーシアムを中心とした我が国のBeyond5Gの推進体制を整備したのが、図表3-16 Beyond5G推進コンソーシアムを中心とした研究推進体制²⁸である。Beyond5G推進コンソーシアムは知財取得・標準化に取り組むことを目的として、「Beyond5G新経営戦略センター」や、Beyond5G/6Gの実現に向けた研究開発の司令塔を担っている「Beyond5G研究開発推進ユニット」などの外部組織と連携。またBeyond5G推進コンソーシアム内にも複数の分科会があり、Beyond5G推進に向けた総合的な戦略の検討や、Beyond5G白書の作成等を担う”企画・戦略委員会”やBeyond5G推進に向けた国際動向の把握や、我が国の取組状況の国際的な発信等の活動を担う国際委員会がある。

図表 3-16 Beyond5G 推進コンソーシアムを中心とした研究推進体制



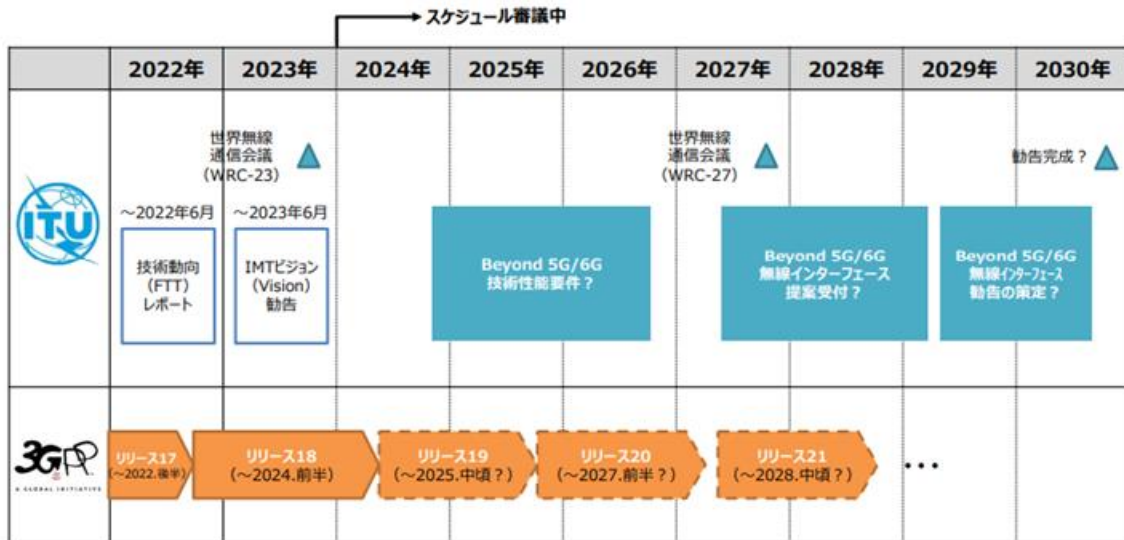
出展 Beyond5G 推進コンソーシアム「第2回総会」資料

²⁸ Beyond 5G 推進コンソーシアム「Beyond 5G 推進コンソーシアム 第2回総会」:
https://b5g.jp/doc/generalassembly_doc02-1.pdf

● Beyond5G に関する国際標準化に向けた我が国の動向

ITU（国際電気通信連合）において、IMT-2030（Beyond5G/6G）の国際標準化が進行中である。3GPP の技術仕様が ITU に入力され、勧告化（標準化）される見込みであり、5G と同様、Beyond5G/6G の要素技術の研究開発を進め、国際標準化プロセスに反映²⁹。

図表 3-17 Beyond5G に関する国際標準化スケジュール



出典：総務省（2022）「Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」

現状、国際電気通信連合（ITU）においては、SG 議長などを一定数確保している一方、3GPP における TSGWG 全体（RAN+CT+SA）の全体会議及び各 WG のおける議長について、所属企業を国別に見ると、米国と中国が並んで最も多く、この 2 カ国で全体の半数以上を占めている。

更に ITU 全権委員会会議において実施される ITU の幹部職員選挙において、ITU の電気通信標準化局長候補として、日本からは日本電信電話株式会社 CSSO（Chief Standardization Strategy Officer）の尾上誠蔵氏を擁立。これにより、①ITU 電気通信標準化局長ポストの獲得を通じ、国際機関での我が国のプレゼンスを強化②ネットワークの有・無線一体化が進む ICT 分野において、国際秩序やルール形成に積極的に関与我が国の技術を基礎とする国際標準作成を強化し、海外展開の促進を狙う。

また Beyond5G における標準化活動については、ITU や 3GPP といった標準化機関のほか、多様なフォーラムでの活動が見込まれるため、こうした状況下で研究開発の成果を踏まえた適切な標準化活動が実施できるよう、B5G 新経営戦略センターの下、標準化専門家の知見を活用し、主要な団体での標準化活動を把握・分析するためのワーキンググループを設置。

²⁹ 総務省（2022）「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」：
https://www.soumu.go.jp/main_content/000809298.pdf

図表 3-18 国際標準化機関等における議長・副議長職の獲得推移

ITU-R			ITU-T		
SG議長・副議長及びWP議長の上位国	2006年		2021年		SG議長・副議長及びWP議長の上位国
	2006年	2021年	2006年	2021年	
日本	7	4	17	15	日本
米国	14	9	15	7	米国
中国	2	6	8	19	中国
欧州	23	29	40	16	欧州
韓国	1	6	5	17	韓国
その他	25	63	31	75	その他
総数	72	117	116	149	総数

出典：総務省（2022）「Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」
を基に NTT データ経営研究所にて作成

(イ) 主な研究開発の状況

各国の Beyond5G の研究に関する要素技術別の進捗状況を有識者のヒアリングをベースに Beyond5G 推進コンソーシアムにて整理。現在、Beyond5G 関連の研究開発のうち、オール光ネットワーク、量子暗号通信、完全仮想化ネットワーク、オープンネットワーク（OpenRAN）などで、現段階では我が国の産学官による研究開発が先行している。

現段階で要素技術が先行していたとしても、これから諸外国が研究開発投資や市場獲得に向けた取組を加速し、Beyond5G 市場の主導権争いが激化していく中で、我が国が勝ち残っていけるか否かは 2030 年を待つことなく早期に国内で社会実装し、有用性を世界にいち早く発信することでグローバルなデファクト化を推進していくことが重要である。

図表 3-19 Beyond5G に係る各国の進捗状況イメージ

Beyond5G機能に必要な要素技術における各国の進捗状況					【凡例】		
		リード					
		小				大	
注目の要素技術	米国	欧州	中国	韓国・ その他アジア	日本	各国の進捗状況 及び 今後の日本としてのB5Gの取り組みへの期待	
超高速・大容量	オール光NW					<ul style="list-style-type: none"> 光技術に関しては日本は注力している 米国や中国の現状の開発力は日本に劣るが、シェアを取る力は強い 今後は特定用途・領域に特化した光技術開発を期待 	
	テラヘルツ波					<ul style="list-style-type: none"> 日本がややリード気味だが、ほぼ横並びの状況 これからの投下資金や政策の差が勝負を決めるとみられ、今後は技術開発を引き続き進め、他国に技術輸出することを期待 	
超低遅延	時空間同期					<ul style="list-style-type: none"> 米国や欧州でも研究がみられる程度 今後は電波法の規制緩和による研究開発の促進を期待 	
超多数同時接続	センシング					<ul style="list-style-type: none"> 医療分野では米国・欧州が進んでおり、技術開発領域では中国がリード まずは特定業界においてセンシングデータを収集・蓄積するプラットフォームを構築し、サービス化まで含めた取り組みを期待 	
超低消費電力	低消費電力半導体					<ul style="list-style-type: none"> 欧州では国を超えた共同研究体制が整っており、研究が進んでいる 日本は半導体が一時凋落したため、まずは低消費電力半導体に取り組む研究者・企業の増加を期待 	
超安全性・信頼性	量子暗号					<ul style="list-style-type: none"> 量子暗号技術においては中国がリードしているが、標準化に向けた取り組みは日本が最も先行している 今後は標準化に向けて国を挙げた支援・投資を期待 	
自律性	完全仮想化					<ul style="list-style-type: none"> 仮想化ではGAFaを中心とした米国がリードしているが、モバイル領域での仮想化は日本も先端を行く状況 今後は標準化に向けて国を挙げた支援・投資を期待 	
拡張性	HAPS活用					<ul style="list-style-type: none"> 成層圏での技術開発自体が新しい取り組みであり、各社研究開発を推進 米国、欧州、中国はHAPS自体の研究開発や機体開発を進めている 今後は開発コストの削減や他プレイヤーの更なる巻き込みを期待 	
	インクルーシブI/F					<ul style="list-style-type: none"> 脳情報通信分野はBeyond 5G以降でようやく世の中で使われるサービス 神経科学では米国が先行だが、脳情報通信では日本も引けを取らない GAFaもまだ掘りきれしていない生体情報を正確に蓄積していけるかに期待 	

出典：Beyond5G 推進コンソーシアム（2021）「第2回総会投影資料³⁰」

我が国の Beyond5G に関する研究開発の最新動向について、日本が先進的に研究を推進している以下、領域を中心に紹介したい。

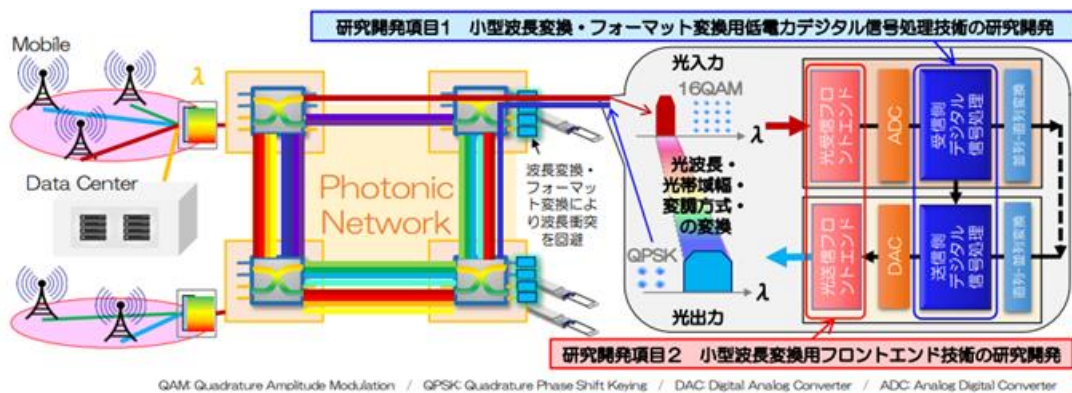
- ① 通信インフラの超高速化・超省電力化を実現するための「オール光ネットワーク関連技術」
- ② 陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張（国土 100%カバー）を実現するための「非地上系ネットワーク関連技術」
- ③ 利用者にとって安全かつ高信頼な通信環境を確保するための「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」

³⁰ Beyond 5G 推進コンソーシアム 第2回総会投影資料：https://b5g.jp/doc/generalassembly_doc02-1.pdf

✓ **Beyond5G 超高速・大容量ネットワークを実現する小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の研究開発（オール光ネットワーク関連技術）**

Beyond5G 時代における超高速・大容量光ネットワークにおいて、光信号の波長リソースの有効活用を可能とする小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の実現を目指し、小型波長変換・フォーマット変換用低電力デジタル信号処理技術、及び小型波長変換・フォーマット変換用フロントエンド技術を確立。800Gbps 以上の大容量波長パスに対応した柔軟かつ小型・低電力な波長変換・フォーマット変換機能により、現行技術（既存 100Gbps 再生中継器）と比較して、ビット当たり 1/10 の小型化および 1/10 の低電力化を目指す³¹。本研究は日本電信電話株式会社、三菱電機株式会社、日本電気株式会社、富士通株式会社との共同研究となる。

図表 3-20 小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の研究開発イメージ



出典：国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究概要」

✓ **日米豪国際連携を通じた超カバレッジ Beyond5G 無線通信・映像符号化標準化技術の研究開発（非地上系ネットワーク関連技術）**

Beyond5G システムの要求条件の 1 つである超カバレッジの実現に向けて超カバレッジ無線伝送で必要とされる伝送距離の長い無線通信技術および高圧縮の映像符号化技術の研究開発と国際標準提案・知財の獲得を日米産学機関と連携して行う。これにより高精細映像の狭帯域無線伝送つまり、超カバレッジ映像伝送を実現し、活用シーンが一気に広がることを示す。さらに超カバレッジ映像伝送用無線システムの構築を行い、Beyond5G 時代において比較的低い周波数が十分に活用可能であることを示し、日本の放送局を含む日豪産官学機関との連携を通じて本研究開発成果が幅広く活用可能であることを示す³²。本研究はシャープ株式会社、国立大学法人京都大学、学校法人早稲田大学、大分朝日放送株式会社との共同研究となる。

³¹ 国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究課題 機能実現型プログラム 基幹課題【採択番号 04601】研究概要図」

https://www2.nict.go.jp/commission/B5Gsokushin/B5G_keikaku/r04/B5G_04601_overview.pdf

³² 国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究課題 機能実現型プログラム 一般課題【採択番号 05101】研究概要図」

https://www2.nict.go.jp/commission/B5Gsokushin/B5G_keikaku/r04/B5G_05101_overview.pdf

図表 3-21 超カバレッジ Beyond5G 無線通信・映像符号化標準化イメージ

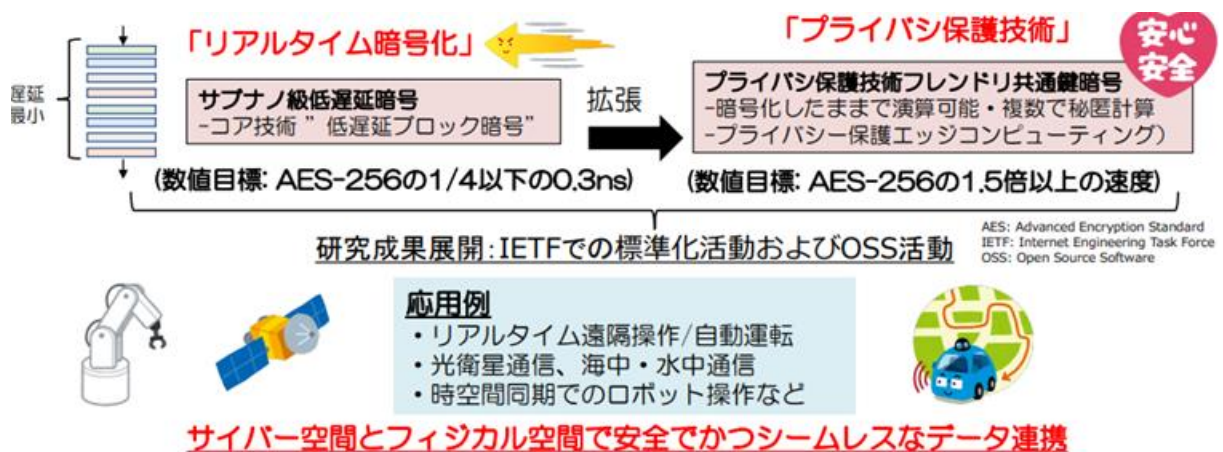


出典：国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究概要」

✓ リアルタイム暗号技術とプライバシー保護への拡張
(セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術)

「超低遅延」に貢献するセンシング機器向けの「リアルタイム暗号化技術」の開発を行う。この技術をセンシング機器に組み込みことで、フィジカル空間で取得したセンシングデータを、超低遅延でサイバー空間に転送可能となり、サイバー空間とフィジカル空間で安全かつシームレスなデータ連携が可能となる。さらに暗号化したままで統計処理等が可能な技術とのハイブリッド利用可能な技術に拡張することで、超多数接続においてもプライバシー保護を可能とする³³。本研究は兵庫県公立大学法人兵庫県立大学、GMO サイバーセキュリティ by イエラエ株式会社との共同研究となる。

図表 3-22 リアルタイム暗号技術とプライバシー保護イメージ



出典：国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究概要」

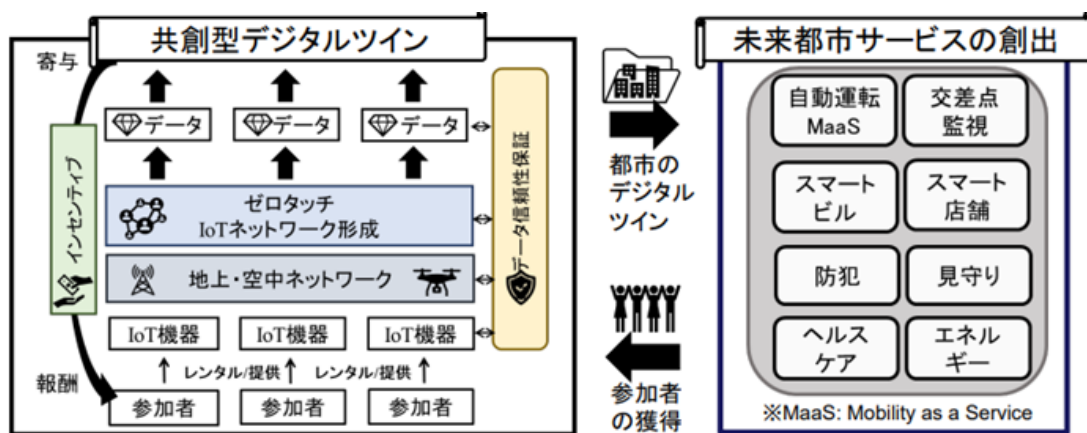
✓ CityasaService を支えるデジタルツインを持続可能な状態で自己成長させるエコシステム

³³ 国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究課題 シーズ創出型プログラム【採択番号 05801】研究概要図」

https://www2.nict.go.jp/commission/B5Gsokushin/B5G_keikaku/r04/B5G_05801_overview.pdf

Beyond5G を活用した様々な CityasaService を生み出すために、実世界を写し取るデジタルツインを、持続可能な状態で自己成長させるエコシステムの実現を目指す。自己成長するデジタルツインを構築する技術として、複雑な設定の必要なく、デバイスの接続を可能とするゼロタッチなネットワーク形成手法を考案する。さらに、データの信頼性保証技術として、データが持つ品質や危険性を推定する手法に加え、ブロックチェーンによってデータの自浄作用を促す技術を確認する。これらを具備するエコシステムの構築およびフィールド実証を通して、各要素技術の拡張性、自律性、信頼性を確立するとともに、国際標準化や実用化への展開を目指す³⁴。本研究は学校法人早稲田大学、学校法人芝浦工業大学、学校法人片柳学園東京工科大学、株式会社ガイアックス、学校法人福岡大学、イタリアの通信事業者・研究機関との国際共同研究となる

図表 3-23 デジタルツインを持続可能な状態で自己成長させるエコシステムイメージ



出典：国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究概要」

✓ デジタルツインによるサイバー・フィジカル連携型セキュリティ基盤

サイバー空間・フィジカル空間双方での検査・観測技術やデバイスプロファイリング技術を高度化することで、Beyond5G 以降の社会で不可欠なサイバー・フィジカル連携型のセキュリティ対策を目的としたデジタルツインを生成し、サイバー・フィジカルシステム全体での自律的なセキュリティ確保を実現する。モビリティサービスによる実証を通じて技術を確認し、IoT 向けの Beyond5G ネットワークスライスに適用可能なセキュリティ対策基盤を構築する。³⁵株式会社 KDDI 総合研究所、国立大学法人横浜国立大学、学校法人早稲田大学、学校法人芝浦工業大学との共同研究となる

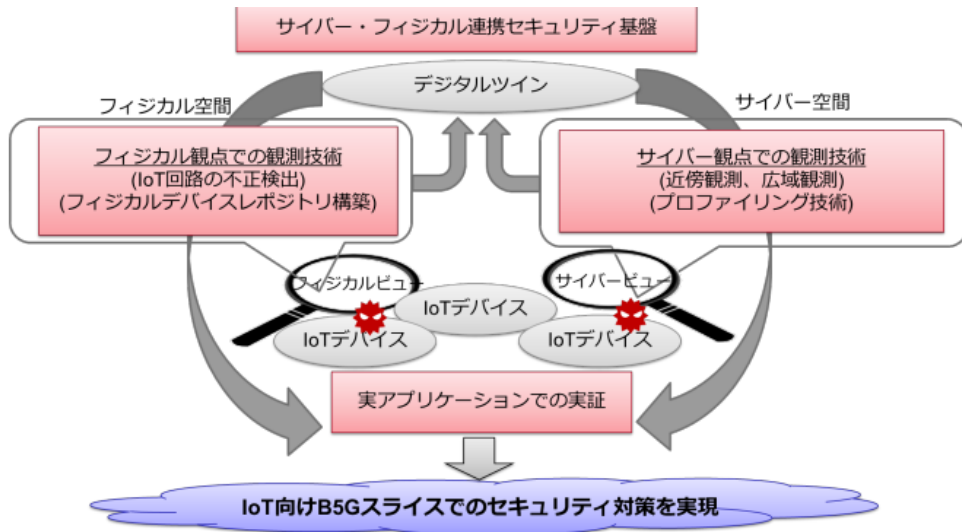
³⁴ 国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究課題 国際共同研究型プログラム【採択番号 05601】研究概要図」

https://www2.nict.go.jp/commission/B5Gsokushin/B5G_keikaku/r04/B5G_05601_overview.pdf

³⁵ 国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究課題 機能実現型プログラム一般課題【採択番号 05201】研究概要図」

https://www2.nict.go.jp/commission/B5Gsokushin/B5G_keikaku/r04/B5G_05201_overview.pdf

図表 3-24 サイバー・フィジカル連携型セキュリティ基盤イメージ

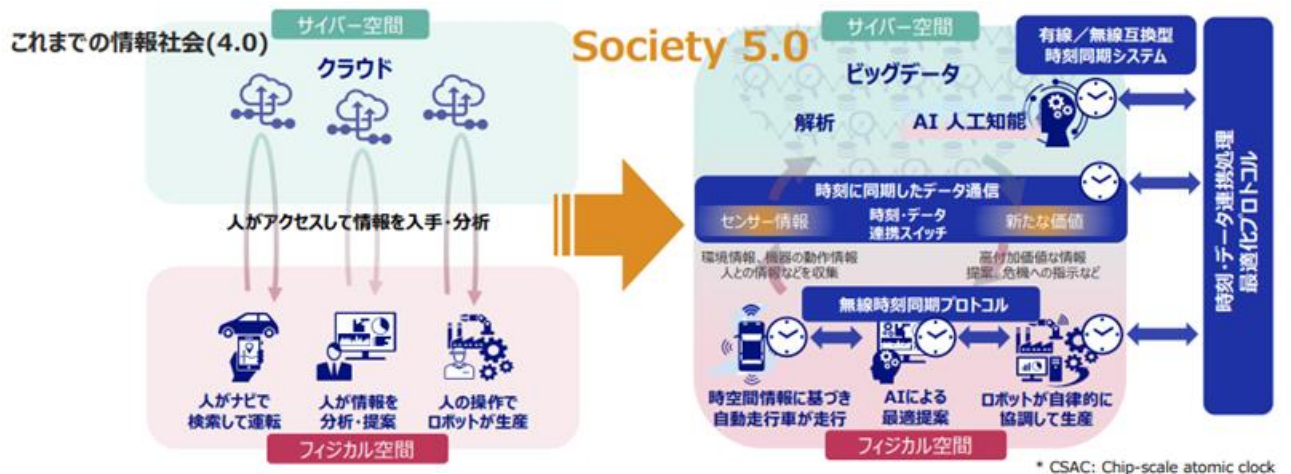


出典：国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究概要」

✓ 高精度時刻同期に基づく超低遅延デジタルツイン処理基盤の研究開発

有無線ネットワークを介して離れて分散配置されたノードクロック間の時刻同期をロバストに維持する分散時刻同期基盤、及びそれに基づく時刻同期した通信システムの研究開発を行う。各ノードは、高精度な小型原子時計(CSAC*)と高分解時刻計測／補正装置を備え、隣接ノードとのクロック時刻差をサブ ns 精度で計測することで、ノード間の時刻同期を行う。さらに、このノード間時刻同期ネットワークを通信システム基盤として、送信すべきパケットの優先度や粒度をリアルタイムで最適制御することで、Society5.0 を実現する上で必要となる、超低遅延な Beyond5G 通信や精緻な産業機器制御を可能とする³⁶。日本電気株式会社、株式会社スペクトラの共同研究となる

図表 3-25 高精度時刻同期に基づく超低遅延デジタルツイン処理基盤イメージ



出典：国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究概要」

³⁶ 国立研究開発法人情報通信研究機構（2022）「Beyond 5G 研究開発促進事業 委託研究課題 機能実現型プログラム 一般課題【採択番号 05301】研究概要図」

https://www2.nict.go.jp/commission/B5Gsokushin/B5G_keikaku/r04/B5G_05301_overview.pdf

上述の研究テーマは現在進行形で研究を進めているテーマとなっているが、次に Beyond5G に関する研究開発の将来的なニーズを紹介。

✓ 「Beyond5G ホワイトペーパー³⁷」(Beyond5G 推進 Consortium)

現状の業界別の課題を洗い出し、課題解決案、業界としてあるべき姿や夢などが整理されており、当該資料を基に Beyond5G に期待されるユースケースを以下に整理。

図表 3-26 Beyond5G ユースケース (概要)³⁸

金融	建設・不動産	物流・運輸	情報通信	メディア	エネルギー・資源
<ul style="list-style-type: none"> ◆ オンライン化・キャッチアップ化が進捗し、全顧客との接点のデジタル化 ◆ AIや取引データ等の活用による、高付加価値ビジネスや他業界との連携・融通 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ VR技術による遠隔協業・ロボット遠隔操作 ◆ IoT、無線センシングによる保守管理・監視 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 倉庫・物流における荷物の追跡・管理や機械・ロボット等の自動運転・ドローン運搬 ◆ 衛星やHAPSを利用した海上ルート含む物流支援 ◆ 航空・鉄道のシームレスな乗り換えや自動運行 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 誰一人取り残さないデジタル化 ◆ アバター等によるリアルな体感や、AIによる高精度の需要予測と供給の最適化 ◆ AIを活用した自律的で災害に強いネットワーク 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 身体所有体験を含む没入型メディア体験 ◆ 個々の視聴環境等へのパーソナライズ化 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 資源の探掘・加工の現場作業を安全に行う、没入型遠隔操作・自動化 ◆ リサイクルデータ共通利用基盤 等 
<p>自動車</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 高精度な車両の検知・予測による安全運転支援 ◆ 道路・交通状況のリアルタイム画像によるダイナミックマップ作成 等 	<p>2030年代のあらゆる産業・社会活動の基盤としてのBeyond 5G</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 超高速大容量サービス ■ 超低遅延性が求められるサービス ■ 多数のIoTセンサーが同時接続されるサービス ■ 時間・場所の制約からの解放 ■ 利用者が求めるサービス品質を安定的かつセキュアに提供 				<p>機械・電機・工場</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ IoT、ロボット導入による工場無人化 ◆ XR等を用いた高精度の機械遠隔操作 ◆ 農機の自動化・高機能化・遠隔操作による農業のスマート化 等 
<p>食品・農業</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 無人トラクターの自動走行や農業散布用ドローンの制御・遠隔監視 ◆ センサー・カメラ等による作物や家畜の遠隔モニタリング 等 	<p>流通・小売・卸</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ あらゆる地域で利便性が確保される輸送・配送の高度化 ◆ サプライチェーンにおけるデータの取得・連携・流通基盤の構築 等 	<p>医療</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 高解像度の映像・通信技術による遠隔手術 ◆ センサーによる生体情報のリアルタイム取得とAI診断による健康管理 等 	<p>公共・行政・教育</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 利用者がどこでも手続可能なUIを備えたワンストップ行政システム ◆ XR等を用いた臨場感のある遠隔教育 等 	<p>防災・地域</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 災害予測システムや、救助・避難訓練支援システム、避難誘導システム ◆ HAPS等による災害時の通信基盤確保 等 	<p>宇宙・HAPS</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ HAPS等を活用した陸海空を網羅する通信基盤によるスマートシティ実現やデジタルバイド解消 ◆ 宇宙空間での活動への地上からの遠隔操作 等 

出典：総務省 (2022) 「Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方 (中間答申)」

³⁷ Beyond 5G 推進 Consortium 「Beyond 5G ホワイトペーパー ～2030 年代へのメッセージ～」:

https://b5g.jp/doc/whitepaper_jp_1-5r1.pdf

³⁸ 総務省 「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方 -強靱で活力のある 2030 年代の社会を目指して-」:

https://www.soumu.go.jp/main_content/000822641.pdf

✓ 「Beyond5G/6GWhitePaper」(NICT)

本書では、2030-2035年頃の社会生活をイメージし「CyberneticAvatarSociety」、「月面都市」、「時空を超えて」の3つのシナリオを作り、これらのシナリオに書かれた未来社会からバックキャストすることで必要な要素技術を洗い出している。今回は「CyberneticAvatarSociety」にて想定されるBeyond5Gのユースケースを以下に記載。

① 相互理解促進システム（～文化・価値観の壁を超える～）

異なる文化や価値観を持つ多様な人々が日常の言葉のやり取りだけで真に理解し合うのは難しいが、本システムは文脈・非言語情報・脳情報を解析して相手の真意を分かりやすく伝えてくれる。海外の人とのリアルアバターを使った遠隔対話においても、文化や習慣の違いも踏まえて言葉が意味する概念を翻訳して通訳してくれるので、多様な文化を持つ人々との相互理解がより深まる。

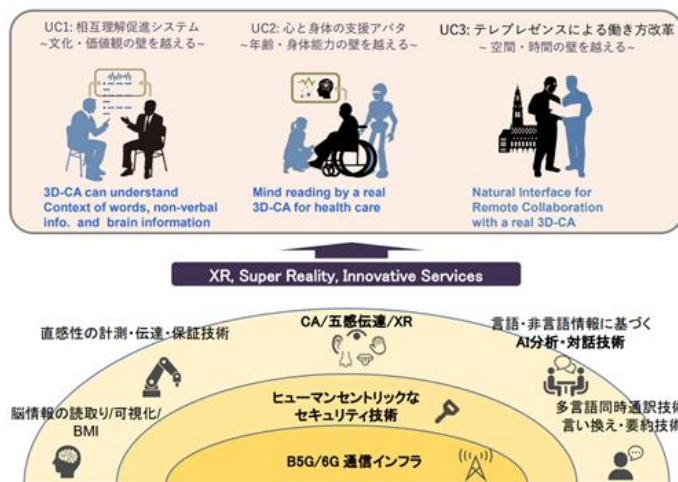
② 心と身体の支援アバター（～年齢・身体能力の壁を超える～）

介護支援アバター（AIソフト・ロボット）が高齢者や障害者の望みや気持ちを言語・非言語・脳情報を読み解き支援してくれる。また介護者が介護支援アバターを遠隔から操作して高齢者や障害者の望みに合わせて介助することもできる。国内の介護者の数には限りがあるが、外国の介護者が海外から介護支援アバターを操作し同時通訳システムを使いながら被介護者の身の回りの支援することも可能になる。

③ テレプレゼンスによる働き方革命（～距離・時間の壁を超える～）

在宅のまま国内のみならず世界各地に3Dアバターで瞬間移動。海外との打合せもXRと多言語同時通訳で楽々こなせる。海外の製造工場や農場へも瞬間移動し、遠隔作業も五感情報で直感的に行える。仕事の合間には遠くにいる親の介護もできて安心。自分のアバターが偽物でないことも保証されていてセキュリティも万全。個々の作業に特化したアバターを複数の操作者が切り替えて利用することも可能になる。

図表 3-27 ユースケースと要素技術



出典：NICT「Beyond5G 実現に向けた技術戦略³⁹⁾」

³⁹⁾ NICT「Beyond 5G 実現に向けた技術戦略」：https://www.soumu.go.jp/main_content/000778633.pdf

3) 海外における研究開発の動向

まず、Beyond5G に向けた各国の取り組みを概観する。主要国は 10 年後の情報通信について研究を積極化しており、フィンランド・米国・韓国・中国では既にテストベッド（実証実験用環境の総称）構築や、都市全体でのリビングラボ⁴⁰実装に向けた活動が本格的にスタートしている。これら研究に付随して政府研究開発投資も活発化していることが伺える（図表 3-28）。

図表 3-28 Beyond5G に関する諸外国の政府研究開発投資の状況

 米国	<ul style="list-style-type: none"> ● 米国は、日米首脳共同声明において、次世代移動体通信網等へ25億ドルの投資(日米合計45億ドル)を表明(2021年4月) ● 6G推進に向けた民間イニシアティブNext G Allianceが「グリーンG」WGを立ち上げ、6G等の新たなテクノロジーによる持続可能なエコシステムの実現に向けた検討を開始(2021年4月) ● Next G Allianceが「6G Roadmap」を策定。また、政府の支援が必要な要素として、「6Gの成功に向けた一貫性のある政策的枠組み」「6G研究開発に対する支援」「6Gに対する民間投資を促進するための基盤作り」を提言(2022年2月) ● 米国連邦通信委員会(FCC)、6Gを新たな焦点として技術諮問委員会(TAC)を再編成(2022年2月)
欧州	欧州 (EU、ドイツ、フィンランド) で18.5億ユーロ(約2,400億円)の政府研究開発投資 (2022年3月現在)
 欧州連合	<ul style="list-style-type: none"> ● 欧州連合では、次期研究開発プログラムHorizon Europe(2021-2027年)で6G研究開発に9億ユーロ(約1,200億円)の投資を決定(2021年3月)。民間からの11億ユーロを合わせ、SNS JUが合計20億ユーロ(約2,600億円)の資金を確保(2022年3月)。既に2.4億ユーロ(約310億円)をワークプログラム(2021-2022年)に拠出(2021年12月) ● 6G研究開発プロジェクトHexa-X始動(2021年1月-2023年6月)
 ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ● ドイツでは、6G技術の研究開発(2021-2025)に総額7億ユーロ(約910億円)の投資を決定(2021年4月)。そのうち2.5億ユーロ(約330億円)を6G研究開発のハブ構築に投資(2021年6月)
 フィンランド	<ul style="list-style-type: none"> ● フィンランドでは、6Genesis Flagship Programmeを開始。2019-2026年の8年間で2.5億ユーロ(約330億円)の6G研究開発予算を計上(2018年5月) ● 第1回 6G Wireless Summit を開催(2019年3月)
 中国	<ul style="list-style-type: none"> ● 中国では、6G推進団体IMT-2030(6G)を設置し、6Gの研究開発に着手(2019年6月) ● 第14次五カ年計画の一環として6G研究開発を強化するとのデジタル経済プランを発表(2022年1月) ● 精華大学、北京オリンピックの会場において1TB/secの伝送実験に成功と発表(2022年2月)
 韓国	<ul style="list-style-type: none"> ● 韓国では、6G研究開発実行計画を発表し、全体で2025年までに2,200億ウォン(約210億円)を投資(2021年6月) ● 6Gを含む「次世代ネットワーク発展戦略」策定着手(2022年1月) ● 米国、フィンランド、インドネシア各国と、6Gを含むICTでの協力を協議(2022年3月)

出典：総務省（2022）「日本の ICT 国際戦略について⁴¹」

以下、研究開発を推進するための取り組み、主な研究開発の状況について、主要国別に調査した結果をまとめた。

(ア) 米国

2020年10月、北米の官民が連携し、「NextG アライアンス」を立ち上げ、6Gの研究に関する今後の

⁴⁰ リビングラボ：市民・社会を中心に据えて、ものづくり・サービス・政策等を創り出す新しいイノベーション創出の考え方

⁴¹ 総務省（2022）「日本の ICT 国際戦略について」：

<https://www.waseda.jp/fsci/giti/assets/uploads/2022/06/dc0f675a867a21df4e281af6898d471b.pdf>

動向をまとめた「NextG ロードマップ⁴²」を作成。NextG アライアンスが6Gの研究開発においてリーダーシップを発揮するための最優先事項として、北米の社会的・経済的ニーズと、北米が世界に貢献する技術的強み等を踏まえ6つの目標を掲げた。

図表 3-29 NextG アライアンスによる6Gの研究開発における6つの目標

#	目標	概要
1	通信の信頼性、セキュリティ、レジリエンス向上	あらゆる状況下で通信の信頼性、セキュリティ、レジリエンスが担保され人、企業・政府が安心して通信を活用することが可能となる。
2	デジタル空間における UX 向上	デジタル空間上での人間同士のコミュニケーションをはじめ、人間と機械、機械-機械間でのコラボレーションを円滑化し仕事、教育、娯楽領域を変革する。
3	コスト最適化	ネットワークアーキテクチャの全体にコスト効率が最適化された機器を導入。
4	分散型クラウドと通信システムの導入	仮想化技術に分散型クラウドと通信システムを組み込み、複合現実 (MixedReality)、URLLC ⁴³ アプリケーション、インタラクティブなゲーム、五感通信をベースにしたアプリケーションなどに対するパフォーマンス、耐障害性が向上する。
5	AI-Native ネットワークの実現	通信種類の多様化などを見越して、AI-Native ネットワークの堅牢性、性能、効率性などを向上させる
6	サステナビリティの実現	2040年までに通信領域におけるカーボンニュートラルを達成するという目標に向けて、サステナビリティを考慮した次世代通信の電力利用を実現する

出展：NextGAlliance：Roadmap to 6G を基に NTT データ経営研究所にて作成

2022年8月には、米国防総省 (DoD) は Innovate Beyond 5G プログラムにて、次世代通信技術に関する同省と産業界、学会との協力関係を推進する新規の3つのプロジェクトを開始。

Innovate Beyond 5G が 177 万ドルの資金援助を行い、信頼できる拡張機能の開発やテスト、統合のための拠点となるという。同拠点の管理は、ノースイースタン大学の Kostas 研究所が陸軍研究所と協力して行う。

プロジェクトの1つである「Open6G」は、OpenRAN の6G システム研究の後押しを目的とした新たな産学連携の取り組みである。

将来の兵士のための高性能で安全、復元力のあるネットワーク運用を実現するために必要な

⁴²Next G Alliance, the Roadmap presents a 6G vision for North America :

<https://roadmap.nextgalliance.org/#:~:text=Developed%20by%20ATIS'%20Next%20G,the%20next%20decade%20%E2%80%94%20and%20beyond.>

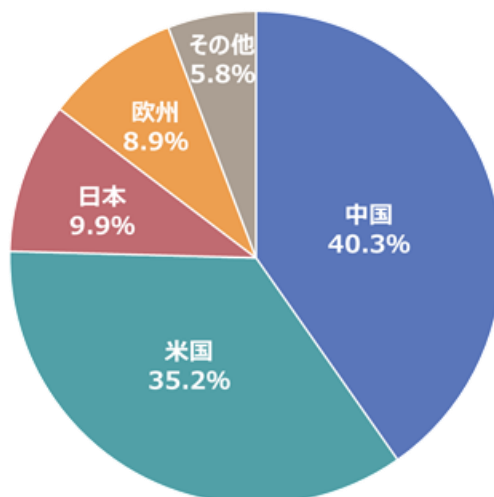
⁴³ URLLC : Ultra-Reliable and Low Latency Communications。超高信頼低遅延。

Beyond5G 技術の研究開発に対する、官民連携による継続的な投資の姿勢を示している⁴⁴。

(イ) 中国

中国情報通信研究院が 2019 年 6 月、工業・情報化部の指導の下で、中国 IMT-2030 (6G) を設立。6G のビジョン・ニーズ、キーテクノロジー、周波数帯計画、標準化開発を進める。2021 年時点の 6G 中核技術⁴⁵の特許出願比率では、中国企業が約 40%と最も多いことがわかる。

図表 3-30 6G 中核技術の国籍別出願率



出展「2021 年 9 月 17 日サイバー総研プレスリリース⁴⁶」を基に NTT データ経営研究所にて作成

中国 IMT-2030 (6G) は、2021 年 6 月には「6GVisionandCandidateTechnologies」を発表。6G の主要な開発方向として考えられている”Immersive”、“Intelligent”、“Universal”の 3 つのトレンドを基に、以下 10 の要素技術が想定されている。

- ① ネイティブ AI 活用ネットワーク技術
- ② 機能強化型無線エアインタフェース技術
- ③ 新しい物理次元を用いた無線伝送技術
- ④ THz、可視光技術
- ⑤ 通信・センシング融合技術
- ⑥ 分散・自律ネットワークアーキテクチャ
- ⑦ 確定的ジッタ・ネットワーク

⁴⁴ Three New Projects for DOD's Innovate Beyond 5G Program :

<https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/3114220/three-new-projects-for-dods-innovate-beyond-5g-program/>

⁴⁵ 6G 中核技術：6G 構成要素技術分野として、①テラヘルツ波、②衛星統合通信、③全光通信、④量子暗号・通信、⑤時空間同期、⑥エッジコンピューティング技術を、6G 無線統合技術分野から、⑦MIMO・ビームフォーミング技術、6G 高度化技術分野では⑧AI 技術、⑨ xR 技術 計 9 項目の技術を中核技術としてサイバー総研にて選定。

⁴⁶サイバー総研プレスリリース (2021) : <https://www.cybersoken.com/blog/topics/2021/09/17/2978/>

- ⑧ コンピューティング対応ネットワーク
- ⑨ 地上・非地上ネットワーク統合
- ⑩ 高信頼ネットワーク

また 2022 年 6 月には中国 IMT-2030 が欧州の 6G スマートネットワーク・サービスインダストリーアソシエーション（6G-IA）との間で 6G の推進に向けた協力覚書を締結。6G 通信ネットワーク・システムの構想をはじめとした様々な分野で協力し、世界統一の 6G 標準と 6G 産業生態圏の構築を推進している。

(ウ) 欧州

欧州委員会（EC）は 2022 年 8 月、European6GFlagship の第 2 段階である Hexa-X-II の創設を発表。欧州共通の 6G ビジョンと想定ユースケース等に焦点を当てた「Hexa-X」に対し、Hexa-X-II では、Hexa-X のパートナーリストを 44 団体に拡大し、将来の 6G 標準化にむけたインプット材料となるプレ標準化されたプラット・フォームとシステム全体図の作成に注力する⁴⁷。

また Hexa-X-II コンソーシアムは、Hexa-X の成果を踏まえ以下の社会的課題の克服に取り組むことも掲げる

- ✓ ゼロカーボンフットプリントに貢献し、エネルギーと材料の消費を制限する技術を研究。
- ✓ 発展途上国の人々や先進国社会の恵まれない人々にコネクティビティを提供
- ✓ データの透明性、セキュリティとプライバシー、およびネットワークの堅牢性確保

なお「Hexa-X-II」のプロジェクトリーダーをノキアが務めることを発表。本プロジェクトは 2023 年 1 月 1 日に開始予定で、期間は 2 年半を予定している。6G 標準化のための技術的基盤の開発に取り組む⁴⁸。

4) 国内における社会実装の最新動向

● 双方向 300GHz テラヘルツ伝送

早稲田大学、千葉工業大学、岐阜大学、日本電気株式会社、高速近接無線技術研究組合と欧州の 7 研究機関: ブラウンシュヴァイク工科大学、フラウンホーファー応用固体物理研究所、シュツットガルト大学（いずれもドイツ）、ドイツテレコム（ドイツ・チェコ）、リール大学（フランス）、SIKLUCOMMUNICATIONS（イスラエル）、VIVIDCOMPONENTS（イギリス）と共同で研究。

ドイツ・ブラウンシュヴァイク工科大学構内にて 300GHz 帯双方向リアルタイム伝送実験（伝送距離 160M）を実施。双方向通信で実際のネットワークに接続可能な無線伝送装置の動作実証はこの帯域では世界初。また、通信規格 IEEE802.15.3 に準拠した信号形式での伝送実験にも成功しており、世界初の実証例となる。

⁴⁷ Hera-X (2022) Hexa-X-II, the second phase of the European 6G flagship initiative : <https://hexa-x.eu/hexa-x-ii-the-second-phase-of-the-european-6g-flagship-initiative/>

⁴⁸ NOKIA(2022) Nokia to lead the next phase of Europe's 6G flagship project : <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2022/10/07/nokia-to-lead-the-next-phase-of-europes-6g-flagship-project/>

本移動通信システムの基地局を接続するためのネットワークにおいて、従来システムでは光ファイバが用いられることが一般的であったが、将来の移動通信ネットワークである BEYOND5G/6G システムでは莫大な数の基地局が必要となるため、その一部を高速テラヘルツ無線が担うことが期待されており、本研究成果は BEYOND5G/6G ネットワークへのテラヘルツ通信の適用可能性を示す⁴⁹。

● 「5GEVOLUTION&6GPOWEREDBYIOWN」の実用化に向けた研究開発

株式会社 NTT ドコモ、日本電信電話株式会社、富士通株式会社、日本電気株式会社、NOKIA は、6G の 2030 年頃のサービス提供開始をめざし、6G に関する実証実験で協力することに合意。

6G のサービス提供に向けては、5G で利用されている周波数帯に加えて、6GHz を超えるミリ波帯やサブテラヘルツ帯などの新たな周波数帯を含めた広帯域にわたる周波数帯を有効活用するための技術や AI 技術を活用した無線伝送方法など、多くの移動通信技術を検証する必要があるため、今後、新周波数帯での無線通信技術や AI 技術の活用を重点を当て、実証実験を行う予定。

2023 年度以降には、屋外の実証実験を開始する予定であり、実証実験の結果は、6G に関する世界の研究団体での活動や国際会議、標準化活動などの中で、ドコモと NTT が提唱する 6G の技術コンセプトの検証結果として報告するとともに、より高度な技術の創出と確立に向けた検討においても活用する見込み⁵⁰。

⁴⁹ 早稲田大学 (2022) 「世界初の双方向 300GHz テラヘルツ伝送に成功」：世界初の双方向 300GHz テラヘルツ伝送に成功

⁵⁰株式会社 NTT ドコモ 「国内外の主要ベンダと 6G の実証実験で協力

～「5G Evolution & 6G powered by IOWN」の実用化に向けた研究開発において世界をけん引～」：

<https://group.ntt.jp/newsrelease/2022/06/06/220606a.html>

5) 海外における社会実装の最新動向

(ア) 米国

● 6G 研究支援プログラム「6GForward」

ネットワークのテストや監視、保証ソリューションを手がける米 ViaviSolutions は 2022 年 8 月、将来の 6G システムに関する学術・産業界の研究を支援する新たなプログラム「6GForward」を発表。このプログラムは、次世代の無線技術のブレークスルーにつながる有望な研究に対して、重要な専門知識や技術、資金を提供するのが狙いである。

同社は既に、米国のノースイースタン大学とテキサス大学オースティン校、英国のサリー大学を支援。ノースイースタン大では、ワイヤレス IoT 研究所 (Institute for Wireless Internet of Things) および Open6G 共同研究センターを支援。テキサス大オースティン校では、ワイヤレスネットワーク通信グループ (Wireless Networking and Communications Group : WNCG) の 6G@UT 研究センターを支援。サリー大では、5G、5G+ および 6G インフラ開発における主要な課題に取り組む 5G/6G イノベーションセンターの創設メンバーとなっている⁵¹。

(イ) 欧州

Deutsche Telekom は、6G を見据えた研究プロジェクト「6GNeXt」を主導することを発表。本プロジェクトは、ドイツ連邦教育研究省 (BMBF) が資金提供する「第 6 世代移動通信のための統合システムおよびサブテクノロジーの研究のための 6G 産業プロジェクト」プログラムの一部である。本プログラムでは Deutsche Telekom の他に、DFKI、Fraunhofer FOKUS、LogicWay GmbH、SeeReal Technologies GmbH、TH Wildau、TU Berlin、TU Ilmenau、Volucap GmbH、Flugplatzgesellschaft Schönhausen mbH および IDR Fe. V がパートナーおよび関連パートナーとして名を連ねる。

要求の厳しい XR 用途において、リアルタイムかつ高信頼性の通信を実現するための要件を調査する。プロジェクトは 2025 年秋まで実施し、今後策定される 6G 標準に研究成果を盛り込むことを目指す⁵²。

(ウ) 中国

● 6G レベルの無線伝送通信

2022 年 1 月、政府が支援する紫山研究所のウェブサイトによると、主任研究員の You Xiaohu 教授が率いる研究チームが、研究所の環境で初めて 6G レベルの毎秒 206.25 ギガビットの無線通信を実現。本プロジェクトは、政府の 6G に関する特別プロジェクトの支援を受け、通信大手の中国移

⁵¹ 「VIAVI 6G Forward Program Drives Academic and Industry Research」<https://www.prnewswire.com/news-releases/viavi-6g-forward-program-drives-academic-and-industry-research-301606258.html>

⁵² Telekom leads 6G NeXt research consortium : <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/telekom-leads-6g-next-research-consortium-1020052>

動、復旦大学と共同で達成⁵³。

- **6Gに関するホワイトペーパー (Vivo)**

中国スマートフォンメーカーの Vivo は 2022 年 7 月 27 日、6G に関するホワイトペーパー第 3 弾「6G Services, Capabilities and Enabling Technologies⁵⁴」を公開。同レポートは、Vivo の専門家が 2030 年以降の人々の生活を形成すると考える 6G のフレームワークおよび実現技術について解説。6G が通信、コンピューテーション、センシングを単一のシステムに統合すると分析。統合された 6G 網が人と人だけでなく、人と機械、機械と機械をつなぎ、まったく新たなデジタル世界の創造を支援するとし、2030 年には数千億のデバイスが接続されると予想している。

⁵³ Chinese lab says it made a breakthrough in 6G mobile technology as global standards-setting race heats up : <https://www.scmp.com/tech/big-tech/article/3162411/chinese-lab-says-it-made-breakthrough-6g-mobile-technology-global>

⁵⁴ 6G Services, Capabilities and Enabling Technologies : https://asia-exstatic-vivofs.vivo.com/PSee2l50xoirPK7y/1658819482440/17ac53a732038c48803a045e8498978b.pdf?_ga=2.32357502.1318039362.1669701524-706785905.1669701524

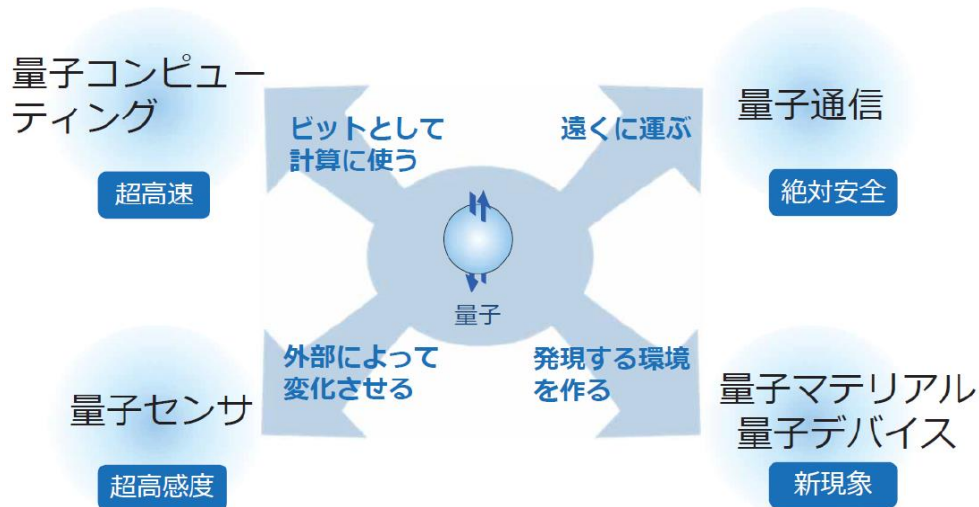
(2) 量子技術（量子暗号通信・量子情報処理）

1) 技術概要

(ア) 量子技術（量子暗号通信・量子情報処理）とは

量子技術とは、原子レベル以下のミクロの世界で成り立つ「量子力学」という特殊な物理法則を利用し、通信や計算などを行う技術。量子とは非常に小さな物質やエネルギーの単位のこと、その奇妙な性質（二重性、量子重ね合わせ、量子もつれ）の利用によってさまざまな領域で画期的な成果を達成できると期待されている。

図表 3-31 量子の性質を利用した研究テーマ・領域



出典：総務省（2020）「量子技術に関する取組状況について」

「量子技術イノベーション戦略」⁵⁵では量子技術の基盤となる技術領域として4つの技術を「主要技術領域」に設定し、それぞれの技術領域の特性に応じて、中長期・短中期を見据えた戦略的取組を展開している。本調査研究ではこのうち、量子通信・暗号分野を主な調査対象とした。

図表 3-32 「量子技術イノベーション戦略」における主要技術領域

No。	技術領域	技術要素
1	量子コンピュータ・量子シミュレーション	<ul style="list-style-type: none"> ゲート型量子コンピュータ（超伝導量子ビット）…量子力学的な状態を情報処理の単位（量子ビット）として利用したコンピュータ。 量子シミュレーション（冷却原子）…量子多体系のふるまいや相互作用に特化した問題について、人工的な多数の粒子の量子状態を制御してシミュレーション実験を行う技術。 量子ソフトウェア…量子コンピュータで計算を行うために必要となるOSやシステムアーキテクチャ、アルゴリズム、アプリケーション。

⁵⁵ 統合イノベーション戦略推進会議（2020）「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/ryoushisenryaku2020.pdf>

No.	技術領域	技術要素
		<ul style="list-style-type: none"> 量子アニーリング…量子力学的「重ね合わせ」を利用し、最適な組合せを導くことに特化したコンピュータ。
2	量子計測・センシング	<ul style="list-style-type: none"> 固体量子センサ…電子スピン状態を利用した高感度の磁場センサ。 量子慣性センサ…原子の波としての性質を利用した加速度や回転速度を測るセンサ。 光格子時計…レーザー光を活用し、従来の原子時計に比べて、桁高い精度で時間を測定できる時計。 もつれ光センサ…2つの光子が離れていても影響を与える量子もつれ状態を利用した高感度センサ。
3	量子通信・暗号	<ul style="list-style-type: none"> 量子暗号（光ファイバー）…暗号鍵データを光子に乗せ、光ファイバで量子鍵を配送する暗号方式。 量子暗号（衛星通信）…衛星間や衛星－地上局間で量子鍵配送を実施し、大陸間で高秘匿通信を可能とする技術。 量子通信…光子の重ね合わせや量子もつれ状態などの伝送・制御により、超高効率の通信を実現する技術。 量子中継…遠距離の量子通信を実現するための中継技術。
4	量子マテリアル （量子物性・材料）	<ul style="list-style-type: none"> トポロジカル量子物質…高効率なスピン－電荷変換等の実現を通じて、省エネデバイスや新物性材料等への応用が期待される物質材料。 エネルギー変換材料…スピン－電荷変換による熱電効果であるスピントロニクス効果を活用。 スピントロニクス材料…多数スピンからなるナノ粒子であるスキルミオンが、少ない電流で駆動できる情報担体となりうるとして研究が進展中。 フォトリソグラフィ材料…新概念を用いた高効率レーザーの開発が進行。

出典：統合イノベーション戦略推進会議「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」⁵⁶を基に

NTT データ経営研究所にて作成

(イ) 発展の方向性

- ✓ 量子技術を活用し社会全体のトランスフォーメーションを実現していくため、統合イノベーション戦略推進会議の下、「新たな量子技術に関する戦略量子未来社会ビジョン」を発表。量子通信・暗号領域においては、2040年までに絶対に破られない暗号サービスを実装し、セキュリティの危殆化の懸念なく高秘匿情報をインターネット上でやり取りすることのできる社会実現を目指すとしている。
- ✓ 上記実現に向けて、2030年までに衛星・地上網を統合し本格普及した、ビジネスエコシステムの確立を目指す必要がある。
- ✓ まずは直近、2030年の目標達成に向けて2023年度以降は、以下を進めていく必要があると挙げられる。

⁵⁶ 統合イノベーション戦略推進会議（2020）「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/ryoushisenryaku2020.pdf>

- ▶ ベンダ・通信事業者による、量子暗号通信テストベッドや利用実証の拡大・充実、耐量子計算機暗号も含め量子技術と従来型(古典)技術が一体となった総合的なセキュリティの実現(2023年)
- ▶ 都市圏 10Mbps の量子暗号通信網の構築・量子暗号装置の量産化、量子暗号通信技術の導入を後押しするための評価・認証制度などの支援 (2025年頃)

図表 3-33 2030 年を見据えた量子通信・暗号ロードマップ



出典：一般社団法人量子 ICT フォーラム (2022)「全精力を傾けて日本の量子鍵配送技術を世界標準に⁵⁷⁾」

(ウ) 今後の課題

- ✓ 量子 ICT フォーラム 佐々木雅英氏によると、「日本が量子技術を統合したプラット・フォーム作りに先行していると言える。」「日本を無視して、他国が次の世代の ICT を作ることはできないという地位になり得ると考えている。」と当該領域における日本の研究開発を評価している。
- ✓ 他方で「アメリカは手強い。現代暗号分野との連携など総合力がある。」「中国は量子暗号に莫大なお金を投じ現代暗号分野との融合も行い始めている。」と他国の研究開発も脅威と捉えている。
- ✓ 特に宇宙におけるインフラを整備について、衛星系と地上系の統合に日本は 10 年要すると考えられるものの、中国は衛星環境の中に量子技術を制御できるデバイスを全部自国でできるように体制を整備し始めており、「腰をすえて底上げしていかないと日本の現在地では勝機はないと思う」と言及。ロードマップ実現に向けて、宇宙におけるインフラ整備が今後の課題になると考えられる。

⁵⁷⁾ 一般社団法人量子 ICT フォーラム (2022)「全精力を傾けて日本の量子鍵配送技術を世界標準に」:
<https://qforum.org/topics/interview19>

2) 国内における研究開発の動向

(ア) 研究開発を推進する国の取り組み

我が国では、2018年より、内閣府にて「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」の第2期、文部科学省にて「光・量子飛躍フラッグシップ・プログラム Q-LEAP」、経済産業省にて量子コンピューティング（量子アニーリングマシンほか）、総務省にて衛星通信における量子暗号の研究開発を開始。

現在は、8つの量子技術の研究開発拠点において、各分野の量子技術の研究開発を進める。さらに今後、産業界における量子技術の事業化に向けた活動を活性化・本格化させるためにも、我が国としてハードウェア・ソフトウェアの両面で国際競争力を確保していくことを見据えて、産業界への支援を強化していくことが必要である。これらを踏まえ、産業競争力強化、経済安全保障、量子技術利活用、国際競争力強化等を図る観点から、新たな拠点形成・機能強化等の体制強化を行う。

また2020年からは、内閣府のムーンショット型研究開発制度において量子通信を含む量子技術の研究開発、総務省ではグローバルな量子暗号ネットワークの構築に向けた研究開発が始動⁵⁸。

図表 3-34 量子領域における新たな研究拠点

#	拠点名※仮称	拠点の位置づけ
1	グローバル産業支援拠点	有志国を含む国内外の企業等と連携して、民間企業に対して、量子チップや周辺機器等の試作・製造・評価、量子・古典のハイブリッドコンピューティング資源の利用機会の提供によるサービスビジネスを含む新たなユーザ市場の開拓、事業化等を支援する環境の整備や、標準化支援を行うなど、グローバルな視点で将来の事業化を見据えて産業界への総合的な支援を担う拠点を形成する。
2	量子機能創製拠点	高精密な量子ビーム技術による量子機能の創製・高度化を通じて、高性能な量子機能を発揮する量子マテリアルの世界最先端の研究開発や、世界をリードする高度な量子マテリアルの供給基盤の整備や安定的な供給を担う拠点を形成する。
3	量子ソリューション拠点	多くのユーザ企業・ベンダ企業と協働し、量子コンピュータの利活用支援、企業ニーズに合致した価値のあるソリューションの研究開発の支援、量子・古典のハイブリッドコンピューティング環境の構築、これらを通じた産業人材育成を行うなど、量子技術の利活用支援や産業界にとって価値のあるソリューション研究開発支援、産業人材育成を担う拠点を形成する。

⁵⁸ 情報通信研究機構（2022）「QUANTUM NETWORK WHITE PAPER」：
https://www2.nict.go.jp/idi/common/pdf/NICT_QN_WhitePaperJP_v1_5.pdf

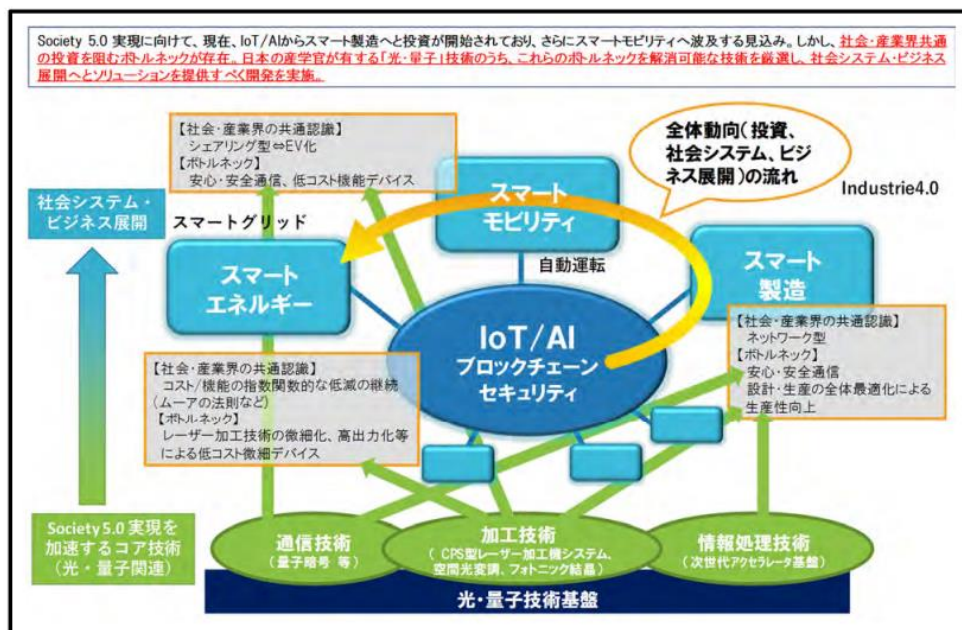
#	拠点名※仮称	拠点の位置づけ
4	国際教育研究拠点	国内外から優秀な量子研究者が集い、最先端の国際共同研究を推進するとともに、量子技術に関する国際的な教育を実施するなど、世界最先端の国際的な研究開発・教育を担う拠点を形成する。

出典：内閣府「量子未来社会ビジョン」⁵⁹を基に NTT データ経営研究所にて作成

- **戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」(内閣府)**
 総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野を超えたマネジメントにより、科学技術イノベーション実現のために創設した国家プロジェクトである戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) にて日本再生のカギを握る 12 のプログラムの一つに「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」を採用。

「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」では、我が国が強みを有す光・量子技術の中から重要かつ優先度の高い、レーザ加工、光・量子通信、光電子情報処理を選定して研究開発を実施することにより、実現を加速度的に進展させることを目標に掲げる。

図表 3-35 光・量子を活用した Society5.0 実現化技術の全体背景



出展：内閣府「SIP 光・量子を活用した Society5.0 実現化技術研究開発計画」⁶⁰

- **標準化に向けた動向**

量子技術によって、産業・社会全体をトランスフォーメーション (Quantum Transformation) していくことを目指して、産学官が一体となって、産業競争力強化/社会課題解決等に向けて量子技術を活用す

⁵⁹ 内閣府「量子未来社会ビジョン」：https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshi_gaiyo_print.pdf

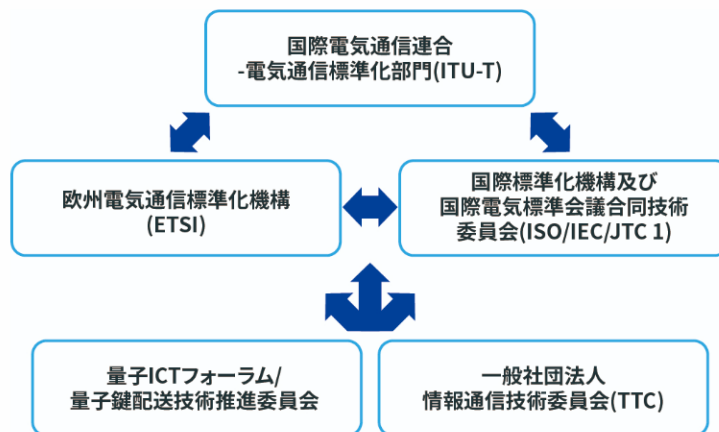
⁶⁰ 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 光・量子を活用した Society 5.0 実現化技術 研究開発計画：
https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/6_hikari.pdf

べく戦略を見直すことを目的に「量子技術イノベーション戦略の見直しの方向性中間取りまとめ⁶¹」を2022年1月に内閣府が公開。今後の対応策として量子技術の知財・標準化に向けた取り組みとして以下を掲げる。

- ✓ 将来の計算機・通信システムを見据えた量子コンピュータ・量子通信の知財化・標準化を進めるとともに、このための官民が一体となった体制の整備や政府による民間活動の支援も含めて、国際的なルールづくりを主導していく体制や仕組みを構築していくことが重要である。
- ✓ 量子暗号通信の標準化の獲得に向けては、大規模オープンテストベッドにより、ベンダ、オペレータ、ユーザが一体となって実装実証を行い、実用化技術を成長させていくことが必要である。
- ✓ 量子暗号通信の早期利用を促進することで、新たな量子技術の活用に関する知財化を進めるとともに、国際的なパテントプールの創設と主体的な運営組織を立ち上げることが重要である。
- ✓ 量子暗号通信の長距離化・小型化といったコアコンポーネントの改良だけでなく、周辺技術を含めた実用化技術（アーキテクチャ、フレームワーク、インターフェース等）の確立や標準化、デバイスの低コスト化を進めて、実用化技術においても世界のリーダーとなることが重要である。
- ✓ 量子コンピュータについてはハードウェアの方式が固まっていないため、標準化には時間を要するものの、上層のレイヤなど可能なところから標準化の取組をしていくことが必要である。

また量子 ICT に関する基礎研究から技術実証、オープンイノベーション、人材育成等に至るまで一貫して取り組む環境を整備することを目的とした組織として NICT が設立した量子 ICT 協創センターでは、量子暗号に係る国内外の主要な5つの標準化団体の全てに参画。

図表 3-36 量子暗号に係る国際標準化団体



出典：量子 ICT 協創センター「標準化」

⁶¹ 内閣府「量子技術イノベーション戦略の見直しの方向性 中間取りまとめ」：
<https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/10kai/siryoy1betten.pdf>

量子 ICT 協創センターは、以下の国際標準文書の開発に関与⁶²。

① 量子鍵配送ネットワーク(QKDN)

- ・ NICT、NEC、東芝等が中心となり、世界最高性能の QKD 装置を開発。さらには実証テストベッド「TokyoQKDNetwork」上でのネットワーク技術の開発、長期運用試験、様々なセキュリティアプリケーションの開発に着手。これらの成果を QKD ネットワークの基本構成と機能、サービス手順などに関する勧告草案としてまとめ、2018 年 9 月より ITU-TSG13 への寄書活動を開始。
- ・ 日本からの提案は QKD 関連として初の国際標準化に向けた ITU-T 勧告である Y.3800 のベーステキストとして採用され、日本の QKD ネットワーク技術が、ITU-T 初の QKD に関する国際標準の骨格を形成。

② 量子鍵配送装置(QKD 装置)

- ・ NICT は ETSI における QKD 装置のプロテクションプロファイル (ProtectionProfile、PP) 文書の開発に参加。
- ・ 量子 ICT 協創センターは、ETSI で PP 文書の開発が始まった 2019 年より現在まで、国内ベンダ及び大学研究者と協力してその改訂作業に関与。

⁶² 量子 ICT 協創センター「標準化」：<https://www2.nict.go.jp/qictcc/social/standard.html>

(イ) 主な研究開発の状況

研究開発の動向を調査するにあたり、各国の研究の進捗等を横並びで比較。科学技術振興機構研究開発戦略センターによると、各国で量子技術は社会に変革をもたらす重要な技術と位置付けられている中でも欧州は基礎研究・応用開発双方で顕著な活動成功が見られており、研究をリードしていることが伺える。日本は”顕著な活動・成果が見えている”にとどまっているものの、総務省 国際戦略局技術政策課研究推進室長の山野哲也氏（2021年当時）によると「日本の量子暗号通信は、性能や実証面で世界でもトップクラスであることは間違いない」と強調していることもあり、他国に劣らず量子暗号通信などの技術において積極的に研究・実証を進めていることが伺える。

量子暗号がよりセキュアな通信になるように①暗号化自体の研究・②量子暗号通信に向けたNWの構築に関する研究を紹介したい。

図表 3-37 研究開発の国際比較（量子暗号・通信）

量子暗号・通信				
	フェーズ	現状	トレンド	
各国の状況、評価の際に参考にした根拠など				
日本	基礎研究	○	→	<ul style="list-style-type: none"> 量子暗号通信の理論的研究は、東京大学、名古屋大学、富山大学、慶応義塾大学、NICT、NII、産総研、三菱電機などで実施。 実験的研究も、QKDではNICT、北海道大学と学研院大学で、量子中継では大阪大学と横浜国立大学で活発に進展。
	応用研究・開発	○	→	<ul style="list-style-type: none"> NICTを中心に、SIPにおいてネットワークと量子セキュアアプリケーションの研究が進められている。 衛星量子通信についても実証に向けた研究がソニー、スカパーJSATも参加して進められている。
米国	基礎研究	◎	↗	<ul style="list-style-type: none"> DOE傘下の国立研究所や大学において古くから量子技術・量子情報科学の基礎研究が続けられてきた。 最近では量子中継ネットワークについての研究も進展。
	応用研究・開発	○	→	<ul style="list-style-type: none"> Quantum XchangeがId Quantiqueと協業し、QKDネットワークサービスを開始した。 各地でフィールドテストのための量子ネットワークテストベッドが作られ、衛星量子通信も量子もつれ共有をターゲットにプロジェクトが始まっている。
欧州	基礎研究	◎	↗	<ul style="list-style-type: none"> オランダQuTechを中心とした量子ネットワーク研究Quantum Internet Allianceやジュネーブ大・東芝ケンブリッジ研究所ではQKD研究が行われている。 予算規模1300億円を超えるEU Quantum Technology Flagshipプロジェクトがスタートし、第一次の採択が決定。
	応用研究・開発	◎	↗	<ul style="list-style-type: none"> 英国Quantum Communication Hubによる量子暗号ネットワークが建設されている。EUにおけるOPENQKD、スペインでのCVQKDによるネットワーク、ドイツでのQuNet Initiativeなど各国で量子ネットワーク開発が進む。衛星量子通信の研究開発もドイツなどで行われている。 ETSIによる標準化活動も進展している。
中国	基礎研究	○	↗	<ul style="list-style-type: none"> 中国科学技術大学のグループは量子暗号でも新しいプロトコルの実証実験を素早く行っている。 Atomic ensemble量子メモリでも進んでいる。
	応用研究・開発	◎	↗	<ul style="list-style-type: none"> 世界初の衛星量子通信を成功、人工衛星と量子通信ネットワーク用いた広域量子暗号通信ネットワークが完成。 量子産業企業の様式が上場され量子が投資の対象に。 ITU-Tのネットワーク標準化、ISOの実装安全性標準化でリード。

(現状)
 ◎ 特に顕著な活動・成果が見えている
 ○ 顕著な活動・成果が見えている
 △ 顕著な活動・成果が見えていない
 (トレンド)
 ↗: 上昇傾向
 →: 現状維持
 ↘: 下降傾向

出典：国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（2021）
 「量子セキュリティ・ネットワークの研究開発・産業動向⁶³」

① 量子暗号技術に関する研究開発

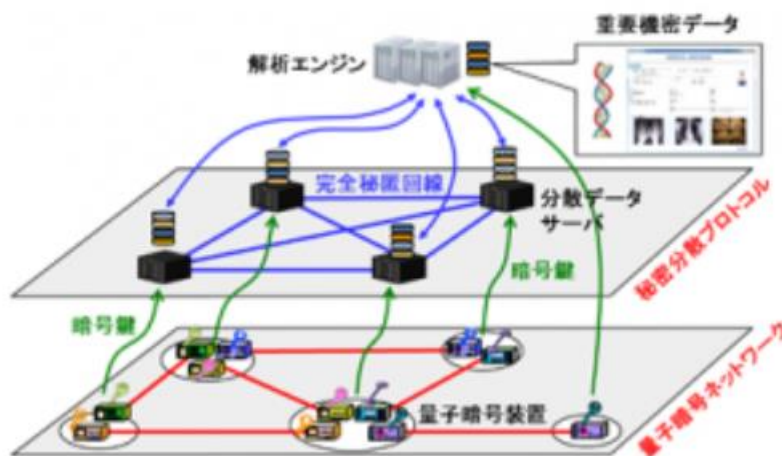
情報通信研究機構、日本電気株式会社、株式会社東芝、学校法人学習院学習院大学、国立大学法人東京大学、国立大学法人北海道大学、株式会社 ZenmuTech が共同で研究開発を進める。

機密漏洩を完全に防ぐデータ保管を実現し、Society5.0を支えるサイバー空間の超長期セキュリ

⁶³ 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター（2021）「量子セキュリティ・ネットワークの研究開発・産業動向」 https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/kento_wg/4kai/sanko2_1.pdf

セキュリティ確保を目指し、安全なデータの流通・保管・利活用を実現する世界トップレベルの性能を誇る量子暗号技術、秘密分散技術、電子署名技術、秘匿計算技術を組み合わせた、量子セキュアクラウドの開発、更にはゲノムデータ・電子カルテ等に適用可能なセキュアなデータ交換基盤を実現、市場競争力の高い量子暗号装置（コスト従来比1/4）の開発を目指す⁶⁴。

図表 3-38 量子セキュアクラウド



出典：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」

② 量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発

量子コンピュータや量子センシング等の量子技術は、従来型技術と比較して性能の飛躍的な向上が見込まれており、産業の成長機会の創出や社会課題の解決への貢献が期待されている。量子状態を維持した通信を可能とする量子ネットワークの究極の形である量子インターネットは、複数の量子コンピュータの接続による量子ビット数の大規模化・分散コンピューティング、量子センサのネットワーク接続など様々な量子技術の利活用の基盤をなす通信技術として実現が求められている。

ただし、従来の光通信とは異なり、長距離の量子通信には損失耐性・誤り耐性等、量子状態ならではの特殊な中継技術が必要であることから、技術的な課題となっている。

本研究開発では、上記技術的課題を踏まえて、①量子状態を維持して長距離の通信を可能とするための量子中継技術、②量子中継に必要な複数拠点間での高精度の時刻同期を実現する高精度時空間同期技術、③量子通信プロトコルの基本方式の検討等を含めた量子ネットワーク構築技術を確立することにより、量子情報（量子ビット）の流通及び量子通信でしか実現できない機能を可能とする量子インターネットの実現を目指す⁶⁵。

令和5年度～令和9年度を研究開発実施期間として、令和10年度に事後事業評価を行う予定。

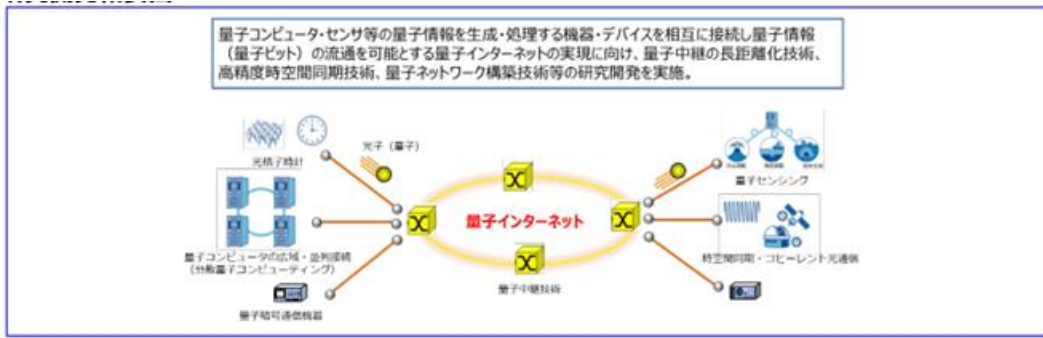
⁶⁴ 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」:

<https://www.qst.go.jp/site/sip/35678.html>

⁶⁵ 令和4年度事前事業評価書-量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発:

https://www.soumu.go.jp/main_content/000832853.pdf

図表 3-39 量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発概要



技術の種類	技術の概要
量子中継長距離化技術	<p>10kmで1ホップ以上の多ホップ量子中継ネットワークの実現に必要な、1ミリ秒以上の量子状態の保存を可能とする量子メモリ、量子波長変換、量子もつれ光源等の基本技術を確立する。</p> <p>図：量子中継技術（概略）</p>
高精度時空間同期技術	<p>光周波数標準を量子通信路上の複数拠点へ配信することにより各光源や量子デバイス等の高精度な時刻同期・周波数安定化を可能とする高精度時空間同期技術、コヒーレント光通信統合技術の基本技術を確立する。</p>
量子ネットワーク構築技術	<p>量子情報（量子ビット）の流通を可能とする量子インターネットの実現に向け、量子インターネットにおける通信プロトコルの基本方式、量子インターネットの特性を活用した認証技術や分散処理技術等、量子インターネットの構築に必要な基本技術を確立する。</p>

出典：総務省（2022）「令和4年度事前事業評価書-量子インターネット実現に向けた要素技術の研究開発」

上述の研究テーマは現在進行形で研究を進めているテーマとなっているが、次に量子分野に関する将来的なユースケースを「量子ネットワークホワイトペーパー⁶⁶」（2022年10月情報通信研究機構公表）を基に示す。

① 量子ネットワークが実現する社会像

2030年代以降は、QKDネットワークの広域化により、さらに多様な分野で安心・安全な情報の流通が可能となると予測。また、量子コンピュータや量子センサが接続された量子ネットワークの社会への展開が開始。2040年代には、複数の量子ネットワークがグローバルに相互に接続された「量子インターネット」が構築され、これまでにない新しいアプリケーションやサービスが登場し、「量子インターネット」が人々の豊かな生活や社会経済活動を支える基盤となることが期待される。

⁶⁶ 情報通信研究機構（2022）「QUANTUM NETWORK WHITE PAPER」：
https://www2.nict.go.jp/idi/common/pdf/NICT_QN_WhitePaperJP_v1_5.pdf

図表 3-40 量子ネットワークのユースケース（全体像）

ユースケース例	量子ネットワーク技術の進展	量子コンピューティング・量子センシング技術の進展
2020年代 ●医療：電子カルテやゲノム情報など、漏洩することで生涯にわたって影響がある生体情報のやり取り ●製造：企業の営業秘密・ノウハウ、重要技術など、漏洩することで企業活動に大きな影響がある情報のやり取り ●金融：金融システム等に係る情報などのやり取り	・QKD（関東圏→全国規模）	・NISQ 量子コンピュータ IBM ¹ 2020年：65qubit 2021年：127qubit 2022年：433qubit 2023年：1121qubit
2030年代 ●行政・外交・安全保障：行政における個人情報のやり取り、在外公館における機密情報の通信、機密情報のやり取り ●生活：モバイル端末向け暗号自動販売機などの活用による家庭レベルでの超セキュアインターネット（個人の医療情報・金融情報などのやり取り）	・QKD（全国規模→グローバル規模） ・衛星 QKD/物理レイヤ暗号 ・量子ネットワーク	・NISQ 量子コンピュータ ・小規模エラー耐性量子コンピュータ ・量子センサ
2040年代 ★化学・材料・創薬など：量子ネットワークに接続された量子コンピュータによる新素材・新薬等の発見 ▲防災・災害対応：量子ネットワークに接続された量子センサーによる微弱な重力変動などの監視 ●資源開発：月・火星における掘削ロボットの大容量画像伝送（シャノン限界越え量子符号化）	・QKD（グローバル規模） ・衛星量子通信 ・量子ネットワーク（グローバル規模）	・エラー耐性量子コンピュータ ・分散量子コンピューティング ・量子センサ

●：QKD、★：量子コンピュータ、▲：量子センシングによるユースケース例

出展：情報通信研究機構（2022）「QUANTUMNETWORKWHITEPAPER」

② QKD により実現する社会像

QKD の実用化により、医療・産業・サービス・行政・外交・安全保障・生活などにおいて、情報理論的に安全な通信が実現される。

図表 3-41 QKD により守るべき情報例

情報保有者	守るべき情報の例
国・自治体	・外交関連情報、防衛関連情報、安全保障情報、地理情報（インフラ、地下空洞）、戸籍・住民情報、選挙の投票情報など
組織（企業など）	・顧客名簿、新規事業計画、価格情報、対応マニュアル（営業情報） ・新規技術、製造方法・ノウハウ、設計図面等（技術情報）など
個人	・健康情報、ゲノム情報、思想・信条・嗜好、暗証番号、クレジットカード番号、パスワードなど

出展：情報通信研究機構（2022）「QUANTUMNETWORKWHITEPAPER」を基に NTT データ経営研究所にて作成

✓ 行政・外交・安全保障分野での応用～衛星 QKD による安全な基幹ネットワーク～

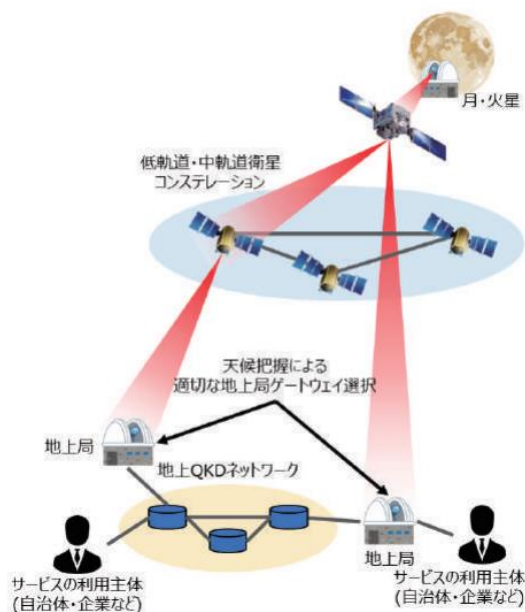
国の安全保障・機密に関わる情報や、自治体における個人の情報を都市間や国家間のように広域にまたがる拠点間で安心してやり取りするためには、QKD ネットワークが日本国内や大陸間に張り巡らされていることが必要。

しかし、QKD は原理的に信号の減衰に弱く、光ファイバによる量子暗号の長距離伝送は困難なものになり、広域な QKD ネットワークの実現には、光ファイバよりも信号の減衰が少ない宇

宙空間を使った、衛星による量子暗号通信ネットワークが重要となる。

衛星 QKD による基幹ネットワークを活用することで、静止軌道衛星と地上とのリンクに加えて、低軌道・中軌道における複数衛星（コンステレーション衛星）の活用や、地上 QKD ネットワークとの連携により、堅牢性・可用性を高め、将来的には、月や火星との間の量子通信リンクを確立することで、探査・開発のためのインフラとしての役割を果たすことが期待される。

図表 3-42 衛星 QKD による安全な基幹ネットワーク概要



出展：情報通信研究機構（2022）「QUANTUMNETWORKWHITEPAPER」

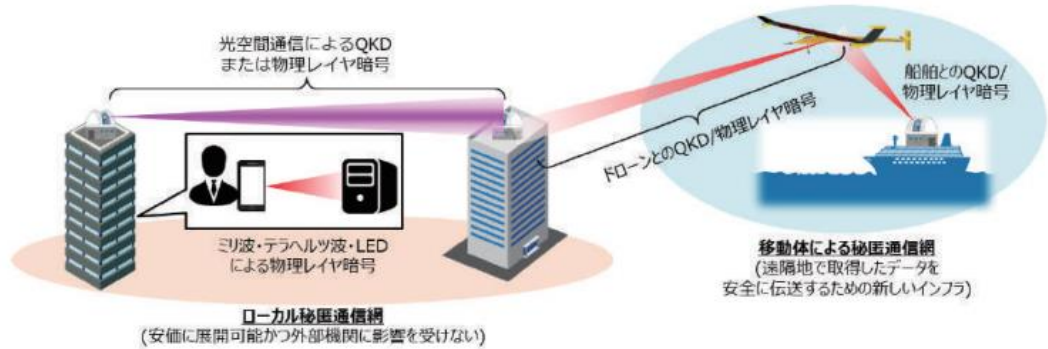
✓ 産業・サービス分野～光空間通信によるローカル秘匿ネットワーク～

企業等が長年をかけて積み重ねてきた営業秘密、ノウハウ、技術情報などは、産業・サービス分野における重要な情報である。これらの情報を産業スパイなどによる情報漏えいから守る方法の一つに、企業等が敷地・オフィスビル内や主要支社間といったスケールで独自に展開可能な、光空間通信によるローカル秘匿ネットワークが挙げられる。

ローカル秘匿ネットワークには、①外部機関と独立に構築できること、②安価に構築できること、が求められる。QKD の中でも、現行の光通信で用いられている装置や構成部品で低価格に実現可能と期待される方式である CV-QKD（連続量-量子鍵配送）を光空間通信で実施することにより、新たに光ファイバを調達・敷設せずとも、秘匿ネットワークが構築可能となる。

また、電波と比較して光は空間的な広がりが小さいため、盗聴が困難であるという光空間通信特有の性質を活用した秘匿通信と組み合わせることで、様々なユーザ要件にも対応可能なネットワークを構築可能となる。

図表 3-43 QKD や物理レイヤ暗号によるローカル秘匿ネットワーク概要



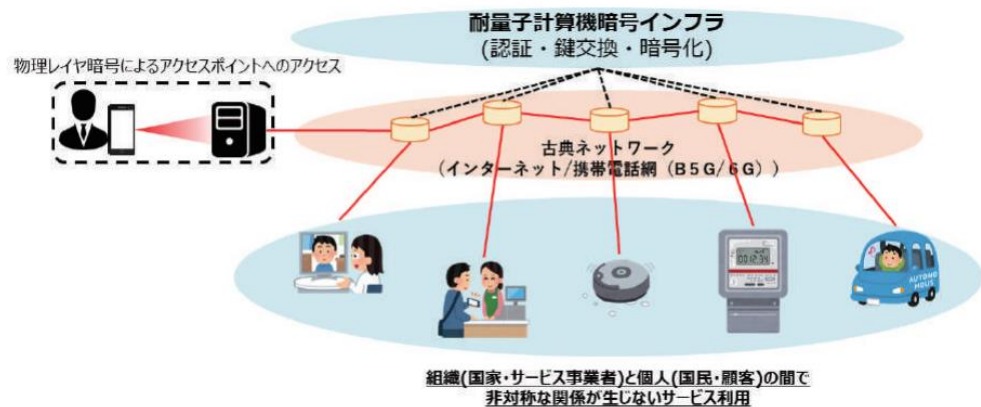
出展：情報通信研究機構（2022）「QUANTUMNETWORKWHITEPAPER」

✓ 生活分野～誰でも利用可能な高セキュリティ基盤～

5G 技術の発達により、モバイル端末を介したサービスが生活に浸透してくると、パスワード、カード番号、健康情報など生活における重要情報の漏えい、さらには家電などの遠隔制御機器の乗っ取りといった個人レベルのセキュリティリスクが表面化する。個人レベルのセキュリティを確保に向けて、セキュリティを提供する事業者のような組織と個人の間で非対称な関係が生じないよう従来以上の配慮が要求され、新しいセキュリティ基盤が必要となります。

ネットワーク上の鍵交換や認証が量子コンピュータでも解読困難な耐量子計算機暗号で行われ、さらにはモバイル端末とアクセスポイントとの間の通信を物理レイヤ暗号で行うことで、ネットワークの安全性をより高めることが可能となる。

図表 3-44 耐量子コンピュータ暗号インフラによる新たなセキュリティ基盤概要



出展：情報通信研究機構（2022）「QUANTUMNETWORKWHITEPAPER」

✓ 医療・金融分野～量子セキュアクラウドによる安全なデータ流通/保管/利活用～

現時点では、暗号技術によって安全に通信を行うことができているが、量子コンピュータの高度化により、電子決済、個人情報のやりとり等で使われる高秘匿情報通信に用いられる暗号が解読される恐れがあり、決して破られない暗号技術が将来的に求められる。

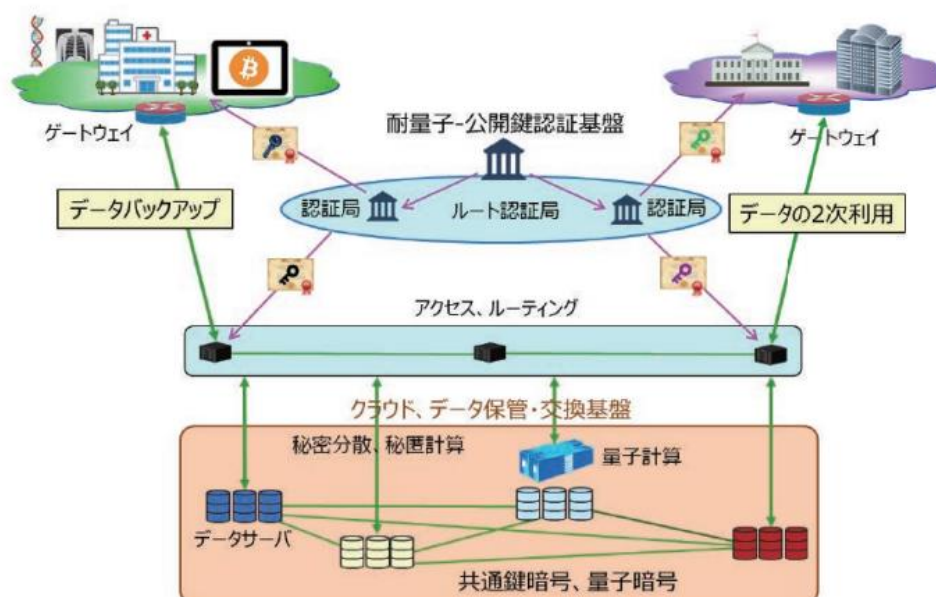
量子セキュアクラウド技術は、量子暗号技術と秘密分散技術、耐量子計算機暗号技術等を融合

し、データの安全な流通/保管/利活用を可能とするクラウド技術であり、QKD ネットワークと秘密分散により、情報理論的に安全なデータの保管・交換を実現。また、ネットワーク上のユーザ認証や改ざん防止の署名発行には、量子コンピュータでも解読に膨大な計算量を必要とすると言われる耐量子計算機暗号をベースとした認証基盤を活用。

これらにより量子セキュアクラウド技術の確立により、改ざん・解読が不可能な高いセキュリティ性を担保するだけでなく、例えば、医療、新素材、製造、金融分野で蓄積された個人情報や企業情報など秘匿性の高いデータの収集/分析/処理/利用を可能とする（図表 3-45）。

※本研究の一部は、内閣府が主導する戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「光・量子を活用した Society5.0 実現化技術」(管理法人:国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構)の一環として研究を推進（図表 3-38）

図表 3-45 量子セキュアクラウド技術の仕組み

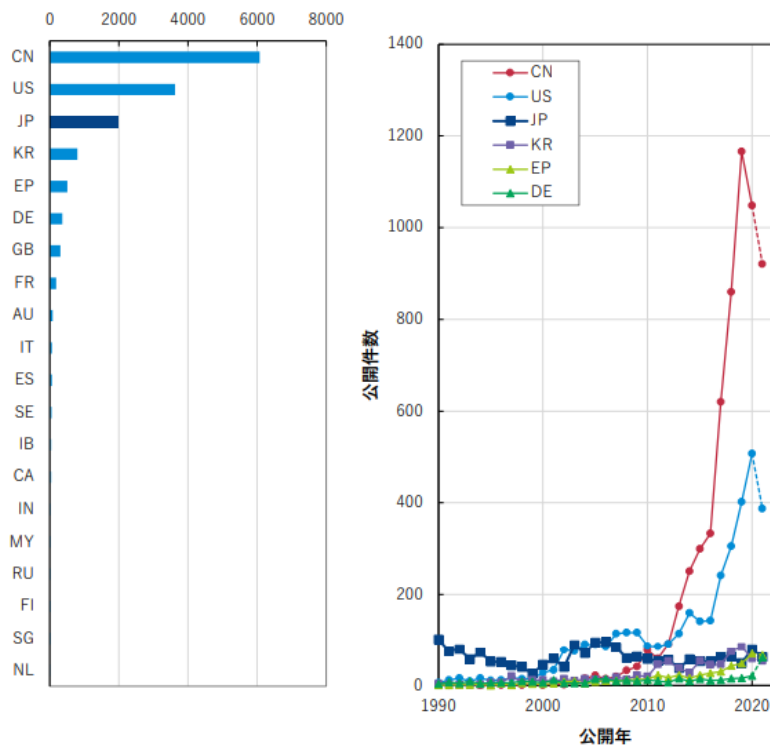


出展：情報通信研究機構（2022）「QUANTUMNETWORKWHITEPAPER」

3) 海外における研究開発の動向

量子技術関連特許の国別件数について見てみると、首位は中国、2位は米国、3位に日本となった。それ以降のランキングは韓国、EP（欧州特許庁への出願）、ドイツ、英国、フランスである。経年比較をしてみると韓国の存在が年々大きくなっている。また特許において首位中国と2位米国の差は大きく、特に直近での差が著しい。3位の日本は1990年当初首位であったが、増減を繰り返して現在に至っている。また特許でも最近のドイツの増加が目立つ。

図表 3-46 量子技術における特許数の国際比較

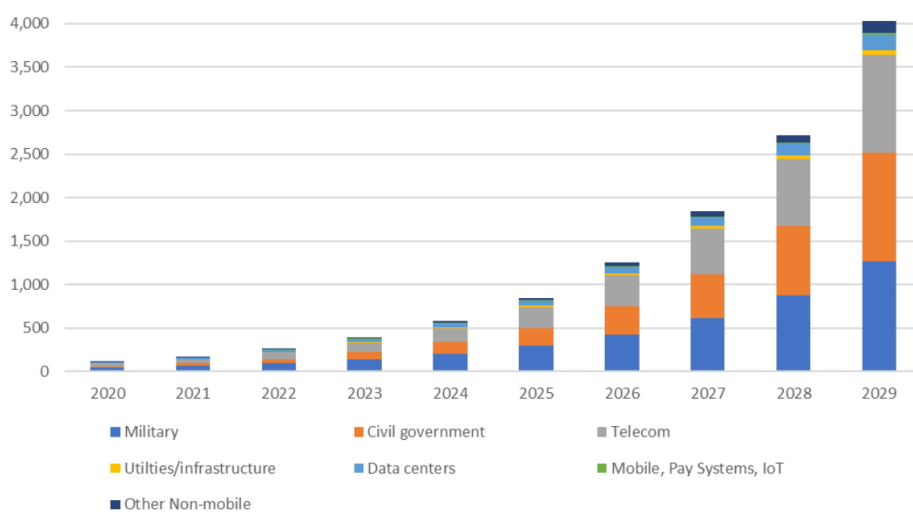


出展：国立研究開発法人科学技術振興機構（2022）「論文・特許マップで見る量子技術の国際動向⁶⁷」

また今回調査対象との一つとしている、QKDの世界市場規模は、通信・公共・軍事の部門を中心に2025年には8億5000万ドル近くに達し、2029年には約40億ドルにまで拡大する見込みである。QKDに閉じた市場規模の推移であるものの量子領域全般の温度感が今後世界全体で高くなっていくことが伺える。

⁶⁷ 国立研究開発法人科学技術振興機構（2022）「論文・特許マップで見る量子技術の国際動向」：
<https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2021/RR/CRDS-FY2021-RR-08.pdf>

図表 3-47 QKD 市場の推移



出典：QuantumTECHNOLOGY「QUANTUMTECHNOLOGY⁶⁸」

(ア) 米国

科学技術政策局(OSTP)国家量子調整室は、「米国の量子ネットワーク戦略的ビジョン」(2020年2月)において、量子インターネット構築に係る目標・集中すべき6つの研究活動領域と次の5年及び20年の目標を掲げる。

エネルギー省(DOE)は「量子インターネット・ブループリント・ワークショップ」(2020年2月)を開催し、量子インターネットに向けた研究開発の方向性やマイルストーンを取りまとめる。これらを踏まえ、DOE、NIST、国立科学財団(NSF)等は、大学、企業などと連携し、量子インターネットの実現に向けた要素技術の研究開発・実証や人材育成を進める。またNISTの支援により設立された「QED-C」など産学の量子推進団体の活動が活発化する。

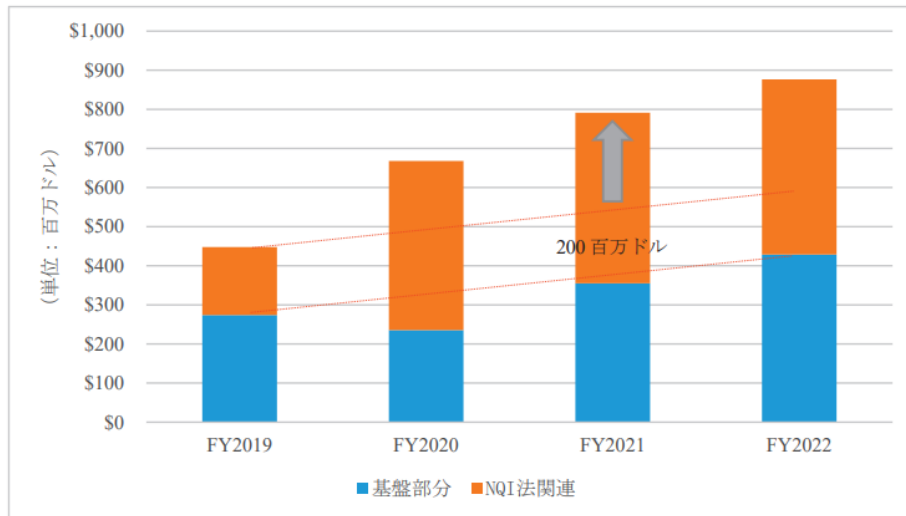
国防総省(DOD)は国防授權法(National Defense Authorization Act: NDAA)2019年及び同法2020年と米国量子イニシアチブ法⁶⁹(NQI法)による取組との整合を図り、陸海空軍に「NDAA量子情報科学研究センター」の整備を始める。2020年2月には量子ネットワーク分野の更なる強化が発表され、NQI法成立以前と比べると研究開発予算は平均で約2億ドル/年が上乘せされる。

⁶⁸ Quantum TECHNOLOGY「QUANTUM TECHNOLOGY」

<https://www.insidequantumtechnology.com/product/quantum-key-distribution-the-next-generation-a-ten-year-forecast-and-revenue-assessment-2020-to-2029/>

⁶⁹ 「米国量子イニシアチブ法(National Quantum Initiative Act)」：<https://www.congress.gov/115/bills/hr6227/BILLS-115hr6227enr.pdf>

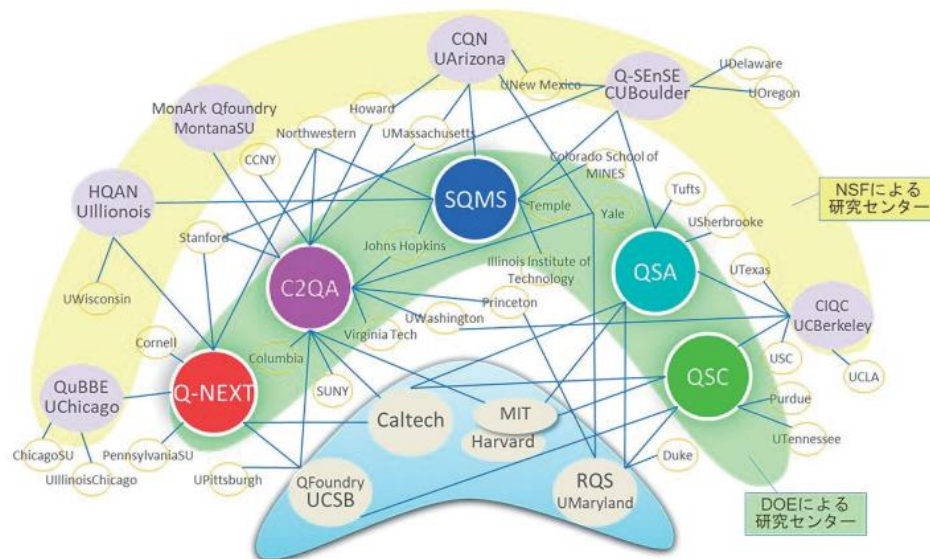
図表 3-48 量子情報技術分野における米国の研究開発費用推移



出典：国立国会図書館（2022）「世界各国の政策⁷⁰」

また DOE の国家量子情報科学研究センター（Q-NEXT、C2QA、SQMS、QSA、QSC）と NSF の量子研究教育総合センター及び量子ネットワーク工学研究センター（Q-SEnSE、HQAN、CIQC、QuBBE、RQS、CQN）に約 50 大学が重層的に参加する研究体制を構築する。

図表 3-49 DOE による国家量子情報科学研究センター「DOEQISResearchCenters」概要



出典：国立国会図書館（2022）「世界各国の政策」

2022 年 5 月、バイデン大統領は、量子情報科学（QIS）における国家イニシアチブを推進するための 2 つの行政指令に署名。量子コンピュータが米国の国家的・経済的安全保障にもたらすリスクを軽減し、

⁷⁰ 国立国会図書館（2022）「世界各国の政策」

https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_12213089_po_20210605.pdf?contentNo=1

米国のリーダーシップを継続的に確保するための基礎を構築する。

量子技術の研究開発が促進することを目的に、バイデン大統領は大統領令を発出。量子情報科学技術に係る連邦政府の主要な独立した諮問機関である国家量子イニシアチブ諮問委員会（NQIAC）を強化し、大統領府の直属の組織とする。これにより、大統領、議会、連邦省庁、一般市民が量子情報科学技術に関する最新情報を得られるようにし、政策立案と技術的優位性を推進する。

また、大統領は、量子コンピュータが米国のサイバーセキュリティに及ぼすリスクに対処するための政府の計画を概説した国家安全保障覚書にも署名。同覚書の具体的内容は以下の通り⁷¹。

✓ **米国を技術開発、特に量子情報科学の世界的リーダーであり続けるよう位置づけ**

QIS の経済的・科学的メリットや新しい暗号化システムのセキュリティ強化を実現するため、政府・社会全体の取り組みを求めよう、連邦政府機関に指示する。また、量子教育プログラムや人材育成イニシアチブの推進政策を示し、基礎的研究の協調的なアプローチを強調し、産業界、学術機関、同盟国などとの連携強化を奨励する。

✓ **連邦政府と民間部門の協力を開始**

NIST は、その傘下の「国家サイバーセキュリティ・センター・オブ・エクセレンス (NCCoE)」に研究開発プロジェクトや産業界とのオープンな作業グループを設け、量子耐性のある暗号化標準技術の創出と導入促進を進める。

✓ **連邦政府機関が暗号化システムを更新するための要件を設定**

量子耐性暗号の標準化への完全移行における複雑性や所要資金・期間を考慮し、関係機関が、移行の必要がある IT システム目録を作成し、特定の間目標を設定し、それを達成するための作業工程を提供する。

✓ **米国技術を保護**

米国の知的財産、研究開発、その他の機密技術を敵対者による取得から保護し、直面する脅威について産業界・学界を教育するための包括的な計画を策定するよう連邦政府機関に対して指示する。イノベーションと継続的な成長を促進する競争力のある公正なグローバル市場を確保するため国際連携を奨励していく。

NIST は、デジタル署名、公開鍵暗号、鍵共有の 3 つのカテゴリの暗号アルゴリズムを選定し標準化することを目的とした耐量子暗号技術標準化プロジェクトを 2016 年から始動。過去 3 回の選定ラウンドを経てアルゴリズムの絞り込みを行う。2022 年 7 月には、将来の量子コンピュータを利用したサイバー攻撃に耐え得る標準技術の候補として 4 つの暗号アルゴリズムを選定。今回選定された 4 つの暗号アルゴリズムは、NIST の「ポスト量子暗号標準」の一部となり、2023 年に標準仕様（ドラフト）が確定する予定⁷²。

⁷¹ 研究開発戦略センター「バイデン大統領が量子技術の推進に向け 2 つの行政指令を発表」:

<https://crds.jst.go.jp/dw/20220620/2022062032708/>

⁷² Status Report on the Third Round of the NIST Post-Quantum Cryptography Standardization Process :

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2022/NIST.IR.8413.pdf>

(イ) 欧州

欧州委員会は2018年10月、先行する20の研究プロジェクト（1億3200万ユーロ）、加えて130研究プロジェクトの開始とともに“QuantumFlagship”の立ち上げを正式に宣言。量子通信、量子シミュレーション、量子計測・センシング、量子コンピューティング、これらを補完する基礎量子科学の5領域を対象に支援を開始した。

EUの量子研究投資は、2018年までの20年間で5億5000万ユーロであったが、これにより年平均で約4倍に増加することとなった。なお2018～2021年の立ち上げ期間は24プロジェクトに1億5200万ユーロ、年平均で5100万ユーロを投資した。

2022年10月には、欧州高性能コンピューティング共同事業(EuroHPCJU)が、欧州初の量子コンピュータを6拠点(チェコ、ドイツ、スペイン、フランス、イタリア、ポーランド)に設置することを発表。これらの量子コンピュータは、各地で既存のスーパーコンピュータと統合し、欧州全域で幅広いネットワークを形成。総投資額は1億ユーロを超え、その半分はEUから、残りの半分はEuroHPCJUに参加する17か国から拠出される。これにより研究者と産業界は、欧州内にいる限り、6台の量子コンピュータにアクセスできるようになる。更には数か月から数年を要する保健・気候変動・ロジスティクス・エネルギー使用量管理などの分野の複雑な問題を数時間で解決でき、消費電力もはるかに少なく済む新型の量子コンピュータが2023年後半ごろをめどに利用可能になる見込みであり、以下をはじめとした様々な領域での活用が期待される。

- ・人体の「デジタルツイン」の作成による、より迅速かつ効率的な新薬開発
- ・複雑な物流やスケジューリング問題の解決による時間と燃料の節約
- ・飛行機用ポリマー、自動車用触媒コンバータ、太陽電池、エネルギーを無限に貯蔵可能な室温超伝導体など、新材料の仮想環境での開発と実証試験

● ドイツ

2018年9月、連邦政府は研究開発及びイノベーションのための包括的な戦略「ハイテク戦略2025」を発表。それに伴い連邦政府は「Quantumtechnologies:frombasicresearchtomarket」にて、ドイツを量子技術研究の分野で世界最先端に発展させ目標と2018～2022年で6億5000万ユーロの投資を示した。更に2020～2025年に11億ユーロが量子コンピューティング分野へ、8億7800万ユーロが実用的な応用分野へ追加で投じられる旨、発表。ドイツは「IMPULSE⁷³」にて、量子技術の産業化を目指す場合、基礎研究と同じような国際的に高い地位を占めているかを以下のように自己評価した。

⁷³ The innovation potential of secondgeneration quantum technologies : https://en.acatech.de/publication/the-innovation-potential-of-second-generation-quantum-technologies/download-pdf/?lang=en_excerpt

図表 3-50 量子技術におけるドイツの国際的地位

	実現化技術	量子センシング	量子通信と暗号	量子コンピューティング	量子シミュレーション
Good	○	○			
Moderate			○		○
Poor				○	

出典：「The innovation potential of second generation quantum technologies」を
 基に NTT データ経営研究所が作成

2020年3月、フラウンホーファー研究所はIBM社とドイツにおける量子コンピューティングの開発推進で合意。2021年6月には量子コンピュータ「QuantumSystemOne」が設置された。バーデン・ヴュルテンベルク州は、フラウンホーファー研究所とIBMの活動に対し2024年まで最大4000万ユーロを支援することが発表された。

● フランス

2020年に国立研究機構（ANR）と国防イノベーション庁（AID）が量子技術に焦点を当てたASTRIDプロジェクト公募を開始。フランス政府にとって優先事項と捉えている、センサ、アルゴリズム、暗号化通信の3つの軸に関するテーマ別のASTRID公募が実施される⁷⁴。

2021年1月26日付高等教育・研究・イノベーション省（MESRI）にて、フランスを欧州・国際レベルで量子技術の主要なプレイヤーとなることを狙った国家戦略を発表。量子戦略の7本の柱として以下を掲げる⁷⁵。

- NISQシミュレータ・アクセラレータの用法を開発し、普及させる（3億5、200万ユーロ）
- LSQスケールに移行する量子コンピュータを開発する（4億3、200万ユーロ）
- 量子センサの技術とアプリケーションを開発する（2億5、800万ユーロ）
- ポスト量子暗号化提案を作成する（1億5、600万ユーロ）
- 量子通信システムを開発する（3億2、500万ユーロ）
- 競争力のある実現技術の提案を作成する（2億9、200万ユーロ）
- エコシステムを横断的に構築する

(ウ) 中国

中国では、北京-上海を結ぶ量子暗号通信の基幹回線や主要都市に都市圏網を構築。量子暗号ネットワークの総延長は2018年時点で7000kmを超える規模になっており、その通信機器・デバイス・プラットフォームを提供する多数の企業が設立される。2021年1月にグローバルな量子ネットワークの構築に向けて、衛星と地上の統合量子ネットワークの実証を行うことを発表し、天地一体の量子暗号ネットワークの中国全土への展開を進める。

⁷⁴ 防衛研究イノベーション：量子技術プロジェクトに関する新しいASTRID公募の開始：
<https://crds.jst.go.jp/dw/20200710/2020071024055/>

⁷⁵ 量子技術に関するフランスの国家戦略：<https://crds.jst.go.jp/dw/20210310/2021031026342/>

4) 国内における社会実装の最新動向

● 衛星と地上間での量子暗号を見据えた原理実証実験（次世代宇宙システム技術研究組合）

- ✓ 次世代宇宙システム技術研究組合、情報通信研究機構、ソニーコンピュータサイエンス研究所、東京大学大学院工学系研究科、スカパー J S A T は、受託中の総務省研究開発案件「衛星通信における量子暗号技術^{※1}の研究開発」において、2018 年度より実施中である、超小型衛星に搭載可能な量子暗号通信技術の研究開発を進めており、盗聴不可能な暗号鍵を共有するサービスの可用性を高めるために開発された地上試験モデル（可搬型光地上局）を用いて、情報理論的安全性を持つ鍵の共有のための地上間光伝送模擬実証を実施。
- ✓ その結果、低軌道衛星（ISS など）と地上局で想定される伝送条件よりも厳しい伝送損失において 10G クロックの微弱光信号パケットの受信が確認でき、低軌道衛星 - 地上可搬局とでの光通信技術を応用した安全な暗号鍵共有技術（物理レイヤ暗号による盗聴解読の脅威のない暗号鍵共有）の実現に向けた技術検証に成功。⁷⁶

● 量子セキュアクラウドによる高速安全なゲノム解析システムの開発（情報通信研究機構）

情報通信研究機構、京都大学、東芝、ZenmuTech は、共同で量子セキュアクラウドにゲノム解析専用装置を装備し、全ゲノムデータの安全な伝送・保管・解析をリアルタイムで実施できるシステムの開発に成功。

安全なデータの解析手法として開発されている準同型暗号を用いたものやマルチパーティ計算では扱うことがほぼ不可能であった全ゲノムデータに対し、情報理論的安全な暗号化処理を施すことにより、ゲノム解析専用装置の処理速度を損なうことなく、情報理論的安全なデータ解析を実現。また、解析や治療に不必要な個人情報に対し、フィルタリング機能を実装しており、個人情報を保護しつつゲノム解析を実施できるシステムが完成した

本技術により、量子セキュアクラウドに“信頼できるサーバ”を物理的に安全な環境に組み込み、大容量非構造化データの処理も安全かつ高速に実施できることを実証。専用ハードウェアのような計算リソースを有効活用でき、また、超長期に秘匿性を必要とする情報の保管・利活用も容易となる⁷⁷。

⁷⁶ 東京大学（2023）「スカイツリー-地上可搬局での盗聴解読の脅威のない暗号鍵共有に向けた光伝送実証に成功 -衛星と地上間での量子暗号を見据えた原理実証実験-」：<https://www.t.u-tokyo.ac.jp/press/pr2023-03-16-001>

⁷⁷東芝（2022）「量子セキュアクラウドによる高速安全なゲノム解析システムの開発に成功」：<https://www.global.toshiba/jp/technology/corporate/rdc/rd/topics/22/2211-04.html>

- **量子中継の原理検証実験（大阪大学）**

大阪大学大学院基礎工学研究科、日本電信電話株式会社（NTT）、大阪大学、富山大学、トロント大学は、地球規模の量子ネットワークを光デバイスだけで実現する全光量子中継方式を採用することで、量子中継の原理検証実験に世界で初めて成功。

現在のインターネットを支えるのは、光ファイバーネットワークであるが、長距離通信を影で支えているのが中継器である。このような通信デバイス全てを光デバイスだけで実現しようとする試みは全光ネットワーク構想と呼ばれ、低消費電力で高速インターネットを実現するのに有望とされている。このような全光ネットワークの量子版「全光量子ネットワーク」は、現在の中継器を、全光量子中継器に切り替えることで実現可能である。

今回の実験により、これまでは理論提案に過ぎなかった量子中継の適応ベル測定が、全光方式を採用することで実現されただけでなく、全光量子中継の「時間反転」の原理すらも実証される。これにより、全光量子中継に基づく、低消費電力、高速、セキュアな、地球規模の全光量子ネットワークの実現は、机上の空論ではなく、量子インターネット実現への確固たる道のりであることが証明される⁷⁸。

⁷⁸ 日本電信電話（2019）

「「全光」で量子中継の原理検証実験に成功ー究極の情報処理ネットワーク「量子インターネット」実現への第一歩ー」
<https://group.ntt.jp/newsrelease/2019/01/25/190125a.html>

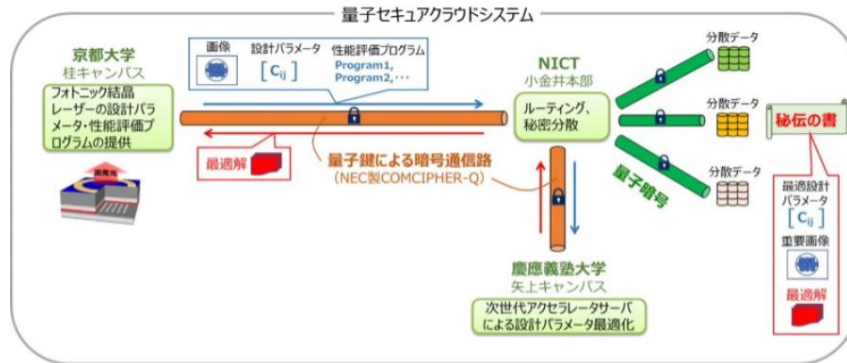
● 量子セキュアクラウドシステムによる次世代レーザー設計の最適化の処理・高秘匿伝送・分散保管

日本電気、情報通信研究機構、京都大学、慶應義塾大学は共同で、量子暗号技術と秘密分散技術を融合した量子セキュアクラウドシステムを適用した検証試験で、スマート製造分野での設計情報の最適化の処理・高秘匿伝送・分散保管に成功。

本検証試験では、量子計算技術を利用した次世代アクセラレータによって最適化された次世代レーザー(フォトニック結晶レーザー)の高度設計情報を、今回初めてインターネット回線を用いて離れた拠点間で安全に伝送できることを確認。

本検証試験の成功により、将来のスマート製造の核となると期待されるフォトニック結晶レーザーの重要な設計情報である最適設計パラメータを量子計算によって導く際に、量子セキュアクラウドシステムの適用可能性が実証できたと言え、今後、半導体産業や自動車産業など様々な製造分野への適用が期待される⁷⁹。

図表 3-51
本検証実験のシステム構成図



出典：日本電気株式会社（2022）

「量子セキュアクラウドシステムを使って次世代レーザー設計の最適化の処理・高秘匿伝送・分散保管を実現」

⁷⁹ 日本電気株式会社（2022）「量子セキュアクラウドシステムを使って次世代レーザー設計の最適化の処理・高秘匿伝送・分散保管を実現」：https://jpn.nec.com/press/202210/20221004_01.html

5) 海外における社会実装の最新動向

(ア) 米国

● QKD ネットワークリンクの実証を開始

東芝アメリカ社と量子インターネットの基盤技術開発を行う米国の研究開発推進機関 ChicagoQuantumExchange、株式会社東芝、東芝デジタルソリューションズ株式会社が、東芝の多重量子鍵配送 (QKD) システムを使用した QKD ネットワークリンクを構築し、実証を開始することを発表。QKD ネットワークリンクは、米国全体で構築が進められている量子ネットワークの一部区間を使用して構築。今後もネットワークを拡大させ、シカゴ大学と米国エネルギー省アルゴンヌ国立研究所間を接続し、CQE 参加機関、シカゴ大学の学生および CQE 研究者が実証や研究に活用する予定⁸⁰。

(イ) 欧州

● 暗号鍵の基盤技術開発 (フランス)

フランス原子力・代替エネルギー庁 (CEA)、スイス・ジュネーブ大学、英オックスフォード大学、スイス連邦工科大学のローザンヌ校、チューリッヒ校が共同となり、量子攻撃に対して耐性のある暗号鍵の基盤技術を開発。世界初の成果で、これまでにない高いセキュリティが保証された通信への道が開かれることになる。2022 年 7 月 27 日付 Nature 誌に掲載。

RSA など現在使用されているプロトコルは、古典的なコンピュータでは解読が困難であるものの、将来の量子コンピュータには非常に脆弱であるとされるのに対して、本システムで生成される暗号鍵は、暗号鍵を生成する量子デバイスに関する知識の有無によらず、データセキュリティを保証することが可能であり、鍵のセキュリティを確保し、改ざんをより困難にし、機密情報通信の安全性を確実なものとなり、今後長期にわたって機密データの保護を可能とする。

現在、光通信システムを中心に、機器間の交信距離を広げることによって、システムの商用化を目指している。これにより新興企業でも、高機密データ(外交、医療など)の高度に安全な通信を提供できるようになる⁸¹。

(ウ) 中国

● 光ファイバ量子鍵配送

中国科学技術大学によると、同大学の郭光燦院士率いるチームの韓正甫教授および協力者の王双、銀振強、何徳勇、陳巍らは、833 キロメートルの光ファイバ量子鍵配送を実現。

中国内外のその他の研究チームの成果と比較すると、同成果は光ファイバ量子鍵配送距離を 500、

⁸⁰ 東芝 (2022) 「東芝アメリカ社と Chicago Quantum Exchange が QKD ネットワークリンクの実証を開始 (2022)」：
<https://www.global.toshiba/jp/company/digitalsolution/news/2022/0428.html>

⁸¹ 研究開発戦略センター「暗号鍵の基盤技術開発 世界初の通信セキュリティ研究」：
<https://crds.jst.go.jp/dw/20220816/2022081633320/>

600 キロメートルほどから 833 キロメートルへと大幅に向上させた上、安全ビットレートを 50～1000 倍に高めた。これにより、1、000 キロメートル級地上間広域量子暗号通信ネットワークの実現に向け重要な一歩を踏み出した⁸²。

⁸² 海外学術動向ポータル「中国の光ファイバ量子鍵配送距離、833 キロの世界記録を達成」<https://www-overseas-news.jsps.go.jp/%e3%80%90%e3%83%8b%e3%83%a5%e3%83%bc%e3%82%b9%e3%83%bb%e4%b8%ad%e5%9b%bd%e3%80%91%e8%b2%b4%e5%b7%9e%e7%9c%81%e3%80%81%e5%9c%b0%e5%8c%ba%e5%88%a5%e3%83%bb%e6%ae%b5%e9%9a%8e%e7%9a%84%e3%81%ab-70/>

(3) 宇宙・衛星通信

1) 技術概要

(ア) 宇宙・衛星通信とは

衛星通信は、宇宙を経由して電波をやり取りすることで、地上の通信に比べ圧倒的に広い領域をカバーすることができる。主な用途としては、船舶・航空機との通信や災害時の通信が挙げられる。衛星通信には固定衛星通信と衛星移動通信の二種類が存在する。以下に固定衛星通信と移動衛星通信それぞれの技術の概要を示す。

まず、固定衛星通信とは、宇宙空間に打ち上げた通信衛星と、地上に設置した無線局との間の通信をいい、耐災害性、広域性、同報性等の衛星通信独自の特徴を活かした利用がされている。主な利用としては、国際電話中継やテレビ番組素材伝送等の基幹回線としての利用に加え、企業内通信や地方公共団体間の防災行政用通信等、専用回線としての利用が増えている。基幹回線として利用する場合は、直径が5m以上もある大きなアンテナを利用する。ニュース現場からの番組素材を衛星通信により伝送するときには、直径2m程度のアンテナを搭載したトラックなどが利用される。また、VSATと呼ばれる直径1m程度のアンテナは防災行政用として広く利用されている。

次に、移動衛星通信とは、地上、海上又は空中の移動体（車、船舶、航空機など）に設置した無線局（地球局）から人工衛星を経由し、他の無線局（地球局）との通信を行う（例えば、太平洋の船舶から日本の家庭や事務所との通信（電話連絡）が可能）。衛星移動通信はさまざまな人工衛星により通信を行っており、通信エリアは、全国各地域と海上のほとんどをカバーしている。また、災害に強い通信手段として注目されている。衛星の軌道によって、静止衛星、準天頂衛星、非静止衛星のいずれかの方式によって、通信（中継）している（図表-3-52）。

これまで衛星通信の主役であった静止通信衛星に加えて、低軌道や中軌道に通信衛星のコンステレーションを配置する構想が諸外国で進められている。

図表-3-52 移動通信衛星の種類と概要

No.	移動衛星通信の種類	概要
1	静止衛星による衛星移動通信システム	<p>静止衛星とは、地上から見ると衛星がいつも同じ位置に止まって見える人工衛星のことをいう。静止衛星の場合、衛星3～4機でほぼ地球全体をカバーでき、1基あたりの寿命が長い。一方で、「低速・高遅延」や「極域付近はカバー不可」といったデメリットがある。現在、実用になっている通信や放送を行うための人工衛星の多くは静止衛星による通信システムとなっている。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高度：約36,000km 2. 軌道：赤道上の円軌道。周期は地球の自転時間と同じ。 3. 衛星数：3～4機（サービスエリアを重ねるため。） 4. 主な衛星移動通信システム：インマルサット、N-S-T-A-R、スラヤ
2	準天頂衛星による衛星移動通信システム	<p>静止軌道を約40～約50度傾けた軌道に、少なくとも3機の衛星を互いに同期して配置することで、常に1つの衛星が日本の天頂付近に滞留する衛星システムの人工衛星のことをいう。地表面軌道が8の字を描くことから、別名「8の字軌道衛星」とも呼ばれ、高仰角が得られることから建築物等（ブロッキング）による影響が低減できる。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高度：約32,000～約40,000km

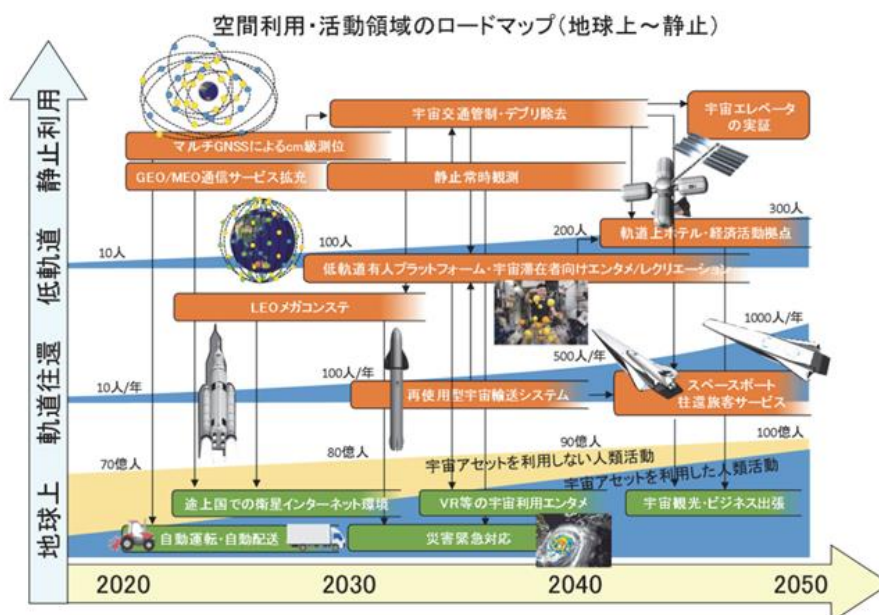
No.	移動衛星通信の種類	概要
		2. 軌道：赤道上と約 40～約 50 度に交わる円軌道。 3. 衛星数：3 機 4. 主な衛星移動通信システム：みちびき（初号機、2号機、4号機）
3	非静止衛星による衛星移動通信システム	<p>大きく分けて長楕円、中高度、低高度の3つの軌道に分けられる。低・中・高軌道は、静止軌道に比べて、衛星高度が低いため、電波の伝搬遅延を小さくすることができ、より円滑に音声などの通信が可能なのが特徴である。また、長楕円軌道は高仰角が得られるのが特徴であり、現在研究・開発が進められている。</p> <p>非静止衛星による衛星移動通信システムの主なメリットは、「高速・低遅延」や「極域を含む全球をカバー可能」だが、デメリットとして「スペースデブリ問題」「定期的な衛星交換作業が必要」などが挙げられる。</p> <p>(1)長楕円軌道(HEO)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高度：約 500～約 40、000km 2. 周期：約 12 時間 3. 衛星数：4 機以上 4. 主な衛星移動通信システム：モルニア <p>(2)中高度軌道(MEO)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高度：約 2、000～約 36、000km 2. 周期：約 5～6 時間 3. 衛星数：数十機（全世界） 4. 主な衛星移動通信システム：GPS <p>(3)低高度軌道 (LEO)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 高度：約 500～約 2、000km 2. 周期：約 5～6 時間 3. 衛星数：数十機（全世界） 4. 主な衛星移動通信システム：イリジウム、グローバルスター、オーブコム

(イ)技術の発展の方向性

- ✓ 2050 年には月への観光目的の短期滞在も可能となり、その頃には火星における居住技術も確立。各種インフラとサービスが月・火星空間まで広がることを目標として、実現に向けたロードマップを日本航空宇宙学会が整理。
- ✓ 上記実現に向け、2030 年までには宇宙・衛星通信領域では、宇宙での利用が期待される光通信技術をベースに途上国含む多くのユーザによる衛星インターネット環境・宇宙利用エンターテインメント等の宇宙アセットの利用”をはじめとした以下の実証を目指す
 - ・ 宇宙飛行士への地球上からの遠隔医療
 - ・ シームレスな通信環境のもと、宇宙ホテルでのワーケーション
 - ・ 地上からの遠隔操作又はロボットの自律化機能による ISS のメンテナンス
 - ・ 地上特有の災害が発生しない宇宙空間を利用した、地上インフラ設備の宇宙空間へのバックアップ・緊急待避場所の運用
 - ・ 宇宙空間を安全に保つためのスペースデブリとの衝突回避
 - ・ 地上のインフラに依存しない宇宙空間でのレジリエントなインフラ・通信ネットワーク
 - ・ 月・火星・深宇宙と地球上のシームレスな通信

- ・ 月面上での持続的な現地資源利用

図表 3-53 宇宙利用の発展マップ



出典：日本航空宇宙学会「JSASS 宇宙ビジョン 2050⁸³⁾

(ウ) 今後の課題

- ✓ 現在、衛星と地上との間の通信は電波が中心となっているが、電波は周波数により使い方が定められ、また干渉を避けるため、使用にあたって様々な制約がある。他方で光は電波と比べて桁違いに広い帯域を有し、より多くの情報を送ることが出来、干渉や傍受の恐れもなく、将来の宇宙での高速大容量通信の実現には光の活用が不可欠である。
- ✓ 上記背景から光衛星通信の積極的な利用が期待されており、2027年には約4,660億円規模に市場が成長すると予測される。日本では、研究開発にてNTTとJAXAが光・無線通信インフラの実現に向けた共同研究を推進⁸⁴⁾や、光学系機器が日本の得意領域であることなどもあり、光衛星通信領域におけるイニシアチブの獲得が期待される。他方で、現状、光衛星通信に関連する課題として以下が言及されており研究を進める必要がある⁸⁵⁾。

【光通信自体の課題】

- ・ 曇天・降雨など天候によっては通信を行えない。
- ・ ビームを精密に相手に向ける高精度な捕捉追尾技術が必要。一度リンクが外れると、再捕捉するまでに数十秒～数分を要する。
- ・ レーザ光を用いるので、人体への安全性（アイセイフティ）への配慮が必要

⁸³⁾ 日本航空宇宙学会「JSASS 宇宙ビジョン 2050」：https://www.jsass.or.jp/wp-content/uploads/2019/05/JSASS_SpaceVision2050_20190313_JPN.pdf

⁸⁴⁾ 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（2023）「NTTとJAXA、宇宙統合コンピューティング・ネットワークにおける宇宙データセンタの実現に向けた共同研究を開始」：https://www.jaxa.jp/press/2023/02/20230227-2_j.html

⁸⁵⁾ 総務省（2022）「Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方 参考資料集」：https://www.soumu.go.jp/main_content/000809298.pdf

- ・ 相互接続を可能とする国際標準化が必要

【光通信に係るインフラ構築の課題】

- ・ 国際協力により、雲が少なく大気が安定している等の条件を備え、宇宙機との光直接通信に適した、地理的に遠く離れた複数の場所に c を置き、受信に最適な光地上局で受信を行うことが必要
- ・ また光地上局から宇宙機などへレーザー送信を行う際の、航空機等への安全確保として、レーザーを航空機などに当てない仕組みについての光地上局への実装。

【光通信量産化に向けた課題】

- ・ 社会インフラとして光衛星通信するにあたり、人工衛星の量産が必要となる。ただし現状、人工衛星は一個一個が特注品であり量産を前提としていない。また従来の衛星は大型であり、大型衛星作成には3年程度要し、莫大なコストがかかるため光衛星通信の社会インフラ化のためには衛星の小型化・低コスト化をクリアする必要がある。
- ・ またエネルギー効率も重要である。人工衛星は太陽光を電気エネルギーに変換して稼働しているが、小型衛星は太陽光パネルを搭載できず、小さな太陽光パネルから得た電気エネルギーを効率良く使っていく必要がある⁸⁶。

⁸⁶ 量子 ICT フォーラム(2020)「小型光通信衛星で宇宙通信網のインフラ構築へ」：<https://qforum.org/topics/interview08>

2) 国内における研究開発の動向

(ア) 研究開発を推進する国の取り組み

● 宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項（内閣府）

我が国の安全保障や経済社会における宇宙システムの役割が大きくなっていることを踏まえ、宇宙政策の中でも強化していくポイントを”宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項⁸⁷⁾”（2022年5月閣議決定）にて整理。強化すべき宇宙政策としては、「安全保障」「災害対策・国土強靱化、気候変動」「宇宙探査」「経済成長やイノベーション」「宇宙活動を支える総合的基盤の強化」の5つを掲げる。

「宇宙活動を支える総合的基盤の強化」の具体的な取り組みとして通信に関する言及は、以下のようになっている。

- ・ 衛星開発・実証プラットフォームの下で、我が国の宇宙活動の自立性や国際競争力を支える基盤技術（AI・宇宙コンピューティング、光通信、量子暗号通信、衛星コンステレーションに必要な基盤技術、デジタル化、先進的なセンサ等）の開発を進める。その際、宇宙科学・探査で獲得した先端技術も活用しつつ、国際連携も含めた出口戦略を明確化して、高頻度の実証を繰り返しながら技術を進化させることにより、国際競争力を確保しつつ、スピード感を持って開発技術を社会実装する。
- ・ 小型衛星コンステレーションに関する重要基盤技術の獲得に向けた以下の技術開発、実証について、衛星開発・実証プラットフォームの下で各省の役割を整理、調整しつつ、効率的に進める。
 - ✓ Beyond5G 次世代小型衛星コンステレーション向け電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発を推進する。
 - ✓ 衛星通信における量子暗号技術について、2022年度までにその基盤技術の確立を図るとともに、2021年度に開始した衛星ネットワーク等によるグローバルな量子暗号通信網の実現に向けた研究開発等を推進する。また、「量子技術イノベーション戦略」や当該技術の利用が想定される安全保障分野などに関わる府省等において、地上量子暗号網との統合や、グローバル化を目指し早期の衛星実証・活用に向けた調整を進める。
 - ✓ 我が国の強靱で活力のある Beyond5G の実現のため、オープンアーキテクチャーに対応する宇宙ネットワーク基盤技術の獲得に向けた研究開発等を推進する。

⁸⁷⁾ 内閣府「宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項」:

https://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy04/juten_all.pdf

図表 3-54 宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項概要

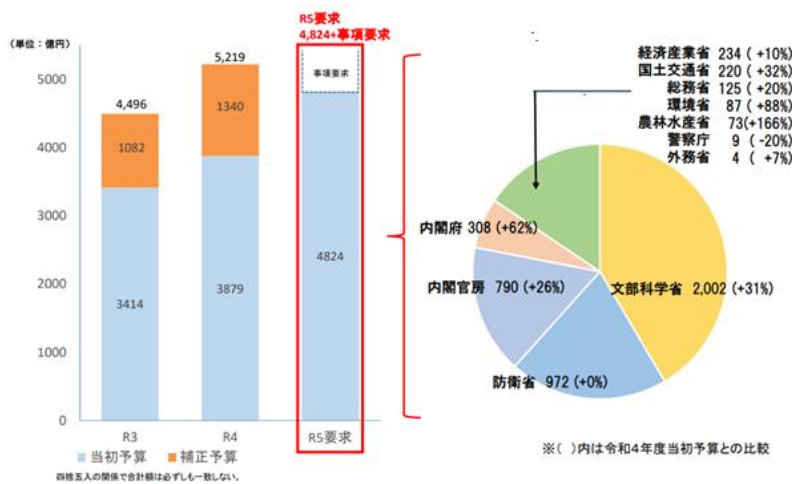
宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項のポイント	
<最近の情勢>	<重点事項のポイント>
<ul style="list-style-type: none"> 世界的にロケット打ち上げの需給がタイト化し、打ち上げ価格の上昇が見込まれる 宇宙光通信ネットワーク等の技術は今後広く活用が見込まれ、経済安全保障上も重要 技術基盤の強化には、プロジェクトを立ち上げてから研究開発の対応では不十分 	<p style="text-align: center;">我が国の宇宙活動を支える総合的基盤の強化</p> <ul style="list-style-type: none"> 小型衛星コンステレーションの構築に向け増加する衛星打ち上げを国内で実施できるよう、H3ロケットのさらなる競争力強化（複数衛星同時打ち上げを可能にするなど）に向けた研究開発や、打上げ高頻度化に向けた射場等運用システムの整備・改善を進めるとともに、政府による活用等を通じて民間小型ロケットの事業化を促進する。また、将来宇宙輸送システムを研究開発する。 小型衛星コンステレーションによる光通信ネットワーク等の技術について、できる限り早期に実証衛星を打ち上げること念頭に、我が国が先行して獲得するための取組を行う。また、量子暗号技術など宇宙ネットワーク基盤技術の研究開発を進める。 通信障害などをもたらすおそれのある太陽フレア（太陽表面の爆発現象）等を予測する宇宙天気予報の高度化に取り組む。 日米豪印の4か国による宇宙分野の協力を推進する。 小型衛星の開発等に参画する機会を提供する等を通じて、人材育成を推進する。
<p>1. 宇宙安全保障の確保</p> <ul style="list-style-type: none"> 我が国を取り巻く安全保障環境が厳しさと不確実性を増しているところ、宇宙空間を活用した情報収集、通信、測位等の能力を一層向上していくことが重要 	<ul style="list-style-type: none"> 準天頂衛星システム7機体制を2023年度目処に実現するとともに、情報収集衛星等の宇宙システムを着実に整備する。 極超音速滑空弾（HGV）探知・追尾の実証に係る調査研究など、ミサイル防衛等のための小型衛星コンステレーションについて検討を進める。 宇宙状況把握システムの実運用を2023年度から開始するとともに、宇宙状況監視衛星を2026年度までに打上げなど、宇宙状況把握の体制強化を進める。
<p>2. 災害対策・国土強靱化や地球環境課題の解決への貢献</p> <ul style="list-style-type: none"> 災害対策・国土強靱化が喫緊の課題となる中、衛星による貢献の可能性 2050年カーボンニュートラル達成に向けた宇宙からの貢献への期待 	<ul style="list-style-type: none"> 高頻度観測が可能な我が国独自の小型のレーダー（SAR）衛星コンステレーションを2025年度までに構築すべく、関係府省による利用実証を行い、国内事業者による衛星配備を加速する。 線状降水等々の予測精度向上に向け、大気の大気3次元観測機能など最新の観測技術を導入した次期静止気象衛星を、2023年度を目途に製造に着手し、2029年度の運用開始を目指す。 温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW）の2023年度打上げを目指すとともに、世界各国による協定に基づいた気候変動対策の削減効果の確認に活用されるよう、排出量推計方法等の国際標準化に向けた取組を進める。 衛星から地上へのエネルギー伝送の実証を目途に目指すなど、宇宙太陽光発電の実現に向けた取組を進める。
<p>3. 宇宙科学・探査による新たな知の創造</p> <ul style="list-style-type: none"> 月面の有人探査等を目指すアルテミス計画について、米国を中心に取組が本格化 欧米や中国等の火星探査計画が活発化 	<ul style="list-style-type: none"> アルテミス計画に参画し、ゲートウェイ（月周回有人拠点）の機器開発等を進めるとともに、有人と圧ロバ（宇宙服無しで長期滞在できる月面探査車）等の研究開発を民間と協働で推進し、米国人以外で初となることを目指し、2020年代後半に日本人の月面着陸の実現を図る。 2029年度の人類初の火星圏からのサンプルリターン実現に向け、2024年度に火星衛星探査計画（MMX）の探査機を確実に打ち上げる。
<p>4. 宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現</p> <ul style="list-style-type: none"> 宇宙産業の拡大には、宇宙利用の拡大とイノベーションの創出の好循環が重要 米国では、ベンチャー企業が宇宙ビジネスの拡大をけん引 	<ul style="list-style-type: none"> 準天頂衛星システムや衛星データを利用した製品・サービスの開発・事業化を目指すベンチャー企業等への支援を強化し、地域の課題解決につながるデータ利用ソリューションなど、宇宙利用の拡大を図る。 政府によるサービス調達等により、ベンチャー企業等の新たな取組を促進する。 宇宙港の整備などによるアジアにおける宇宙ビジネスの中核拠点化を目指して、必要な制度環境を整備する。 軌道利用ルールなど宇宙交通管理の国際的なルール整備に向けて取り組む。

出典：内閣府（2022）「宇宙基本計画重点計画概要」

● 宇宙関係予算（内閣府）

上述の「宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項」に基づき、H3 ロケットの実用化など我が国のロケット打ち上げ能力の抜本的強化や、小型衛星コンステレーションの構築、月面有人探査等を目指すアルテミス計画などの取組を強力に推進。関係府省全体の令和5年度概算要求額は、4、824億円を計上。令和4年度当初予算と比較して、約944億円（+24%）増額している。

図表 3-55 令和5年度予算概算要求における宇宙関係予算⁸⁸



出典：内閣府（2022）「令和5年度概算要求における宇宙関係予算について」

⁸⁸ 内閣府（2022）「令和5年度概算要求における宇宙関係予算について」:

<https://www8.cao.go.jp/space/budget/r05/fy05yosan.pdf>

概算要求の中でも、一番金額が高い文部科学省に注目したい。宇宙関連予算は、2021年度の予算額1558億円の1.3倍となる2034億円が提示された。以下が次年度のポイントとされている（図表3-56）。

- ✓ 宇宙基本計画等を踏まえ、「宇宙を推進力とする経済成長とイノベーションの実現」、「産業・科学技術基盤等の強化」、「宇宙科学・探査による新たな知の創造」、「宇宙安全保障の確保」、「災害対策・国土強靱化や地球規模課題の解決への貢献」及び「次世代航空科学技術の研究開発」を推進
- ✓ 経済財政運営と改革の基本方針2022において、ロケットの打上げ能力の強化、日本人の月面着陸等の月・火星探査、小型衛星コンステレーションの構築等の宇宙分野を重要分野として位置付けられているところ、その強化に取組み、必要な研究開発を推進

中でも、2021年度と比較して、要求額が増額されたのが新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）である。宇宙ステーション補給機（HTV）を改良して開発する後継機であり、将来的には月周回有人拠点「ゲートウェイ」への物資輸送等もできるように、発展性を持たせた設計になっており、1号機は2022年度、2号機は2023年度、3号機は2024年度にH3ロケットで打ち上げられ、ISSに物資を輸送する計画となっている。

図表 3-56 令和5年度文部科学省：宇宙・航空分野の研究開発に関する取組⁸⁹



出典：文部科学省（2022）「令和5年度概算要求のポイント」

⁸⁹ 文部科学省（2022）「令和5年度 概算要求のポイント」：https://www.mext.go.jp/content/20220829-mxt_kouhou02-000024712_1.pdf

● 民間宇宙システムにおけるサイバーセキュリティ対策（経済産業省）

経済産業省は、産業サイバーセキュリティ研究会ワーキンググループ1（制度・技術・標準化）宇宙産業 SWG の下で、「民間宇宙システムにおけるサイバーセキュリティ対策ガイドライン Ver1.0」を策定。本ガイドラインは、「我が国の安全保障や経済社会における宇宙システムの役割の増大」や「衛星間通信の増加、衛星と地上通信網（5G 等）との接続等、ネットワークの複雑化」などの背景をに、民間宇宙事業者のビジネス振興及びサイバー攻撃による倒産等の経営リスク軽減の観点から以下について整理⁹⁰。

- ✓ 宇宙システムに係るセキュリティ上のリスク
- ✓ 宇宙システムに関わる各ステークホルダーが検討すべき基本的セキュリティ対策
- ✓ 対策の検討に当たり参考になる参考文献、活用可能な既存施策等

● インフラシステム海外展開戦略 2025 追補（内閣官房経協インフラ戦略会議）

“質の高いインフラの海外展開の推進”を始めた我が国のインフラ海外展開の方向性を示すため、従来のインフラシステム輸出戦略を抜本的に見直し、インフラ市場をめぐる急速な環境変化を踏まえ、今後5年間を見据えた新たな目標を「インフラシステム海外展開戦略 2025⁹¹」にて掲げる。

宇宙インフラについても言及されており具体的な内容は以下の通りである。

- ✓ 宇宙機器の輸出に加え、政府衛星データプラットフォーム等の衛星データインフラ及び宇宙を利用したソリューションビジネスの海外展開、準天頂衛星「みちびき」を始めとする衛星測位技術を用いたアプリケーションの普及拡大について、官民一体となった取組を強化する。
- ✓ 特にアジア各国を始めとする宇宙新興国に対しては、法制度や人材育成等の能力構築や各種課題解決支援とのパッケージ組成を強化し、相手国のニーズに応じた持続的な宇宙産業の創出に資するよう包括的な取組を進める。また、そのような活動を主導できる人材の確保や育成にも注力する。

● 宇宙利用の現在と未来に関する懇談会（内閣府）

宇宙開発・利用が現に国民生活にもたらしている便益や、ポスト・コロナの「ニュー・ノーマル」時代の社会システムにおける宇宙の貢献の可能性等の検討の場として、内閣府が中心となり「宇宙利用の現在と未来に関する懇談会」を組成。2040-2050年頃の社会システムを支えるインフラとして、宇宙は大きな役割を果たしている可能性が高いとして情報通信に関する将来の発展の方向性として以下を掲げる⁹²。

- ✓ 今後、超高速大容量の宇宙光通信技術（衛星間、地上・衛星間）や低軌道衛星 MIMO 技術が実用化段階に至れば、費用対効果の面で衛星インフラ整備コストも地上インフラと遜色ない水準

⁹⁰ 経済産業省 製造産業局 宇宙産業室（2022）「民間宇宙システムにおけるサイバーセキュリティ 対策ガイドライン Ver 1.0 概要資料」：

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/sangyo_cyber/wg_seido/wg_uchu_sangyo/pdf/20220721_2.pdf

⁹¹ 内閣官房（2022）「インフラシステム海外展開戦略 2025」：<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keikyou/dai54/infra.pdf>

⁹² 内閣府「宇宙利用の現在と未来に関する懇談会」：https://www8.cao.go.jp/space/use_mtg/final/houkoku.pdf

となり、震災等の地上災害にも対応できるよう、相当量の通信データは衛星通信網経由でやり取りされる。

- ✓ また、量子コンピュータが実用化段階を迎えれば、量子暗号技術の活用も不可欠となる。量子暗号は中継が難しく、特に量子暗号鍵の長距離配送は衛星通信を活用することが有望である。
- ✓ 大量データの解析には、膨大なエネルギーが必要となり、今後、宇宙太陽光発電によるエネルギー供給の活用が考えられる。衛星で取得・通信するデータについては、衛星自身に AI/機械学習機能を搭載して一定の解析を行わせれば、通信容量や地上での必要エネルギーを少なくすることができる。
- ✓ 地上では、分散型マイクログリッドシステムの早期実用化が期待される。

● S-Booster (内閣府)

内閣府・宇宙航空研究開発機構 (JAXA)・エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) とともに、「S-Booster」実行委員会を組織。S-Booster は、宇宙を活用した、新たなビジネスアイデアを幅広く募集し、専門家によるメンタリングと呼ばれる、経営面での助言等を通じて、各アイデアの事業化に向けた支援を行う。最終選抜会では、スポンサー企業や宇宙分野に関心を持つ投資家や事業会社、アクセラレータなどの前でビジネスアイデアの発表を行うことで、アイデアを持った個人と企業、投資家・事業会社等とのビジネス・マッチングの機会を提供⁹³。

⁹³ S-Booster 2022 : <https://s-booster.jp/2022/>

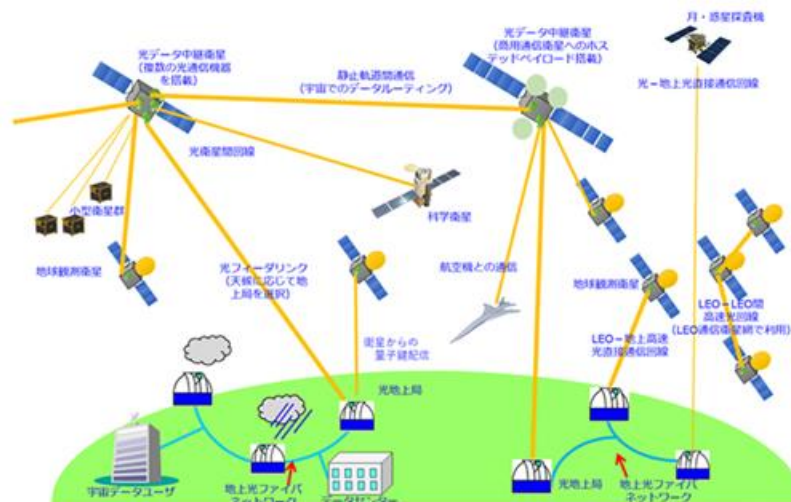
(イ) 主な研究開発の状況

- ✓ 電波より多くの情報を送ることが出来、干渉や傍受の恐れもなく、将来の宇宙での高速大容量通信の実現には光の活用が不可欠であり、光衛星通信の積極的な利用が期待されている。本章では光衛星通信を中心とした研究開発分野を紹介したい。

● Society5.0 時代の低コスト・大容量な高速通信衛星システム（光衛星通信技術の研究）

光データ中継システムのユーザ伝送レートを、10Gbps 以上に高速化すること、さらには、月・惑星探査で必要とされる超長距離通信において伝送レートの向上（月-地球間 38 万 km の伝送時には 700Mbps 以上）の実現を目指す。更に本技術の、将来の商用通信衛星での超高速光通信への活用等、光衛星通信技術による、高速な宇宙通信ネットワークの実現を目指す。光衛星間通信システムでは、1.8Gbps の光通信が実現され、地球観測衛星の取得データ量が年々増大していくことを踏まえると、大幅な高速化が必要となる。また、光衛星間通信システムのユーザは大型の地球観測衛星である ALOS-3、ALOS-4 だが、将来はより小型の衛星でも光データ中継サービスを利用できるよう、光衛星通信装置の小型軽量化が必要⁹⁴。

図表 3-57 宇宙光通信による高速宇宙通信ネットワークの将来像



出典：JAXA「光衛星通信技術の研究」

● ETS-9 衛星通信プロジェクト(途上国含む多くのユーザによる衛星インターネット環境整備)

近年、航空機、船舶、離島、災害地といった地上通信ネットワークが利用できない場所におけるブロードバンド通信の需要が高まっており、身の周りのあらゆるモノがインターネットにつながる IoT といった新しいユースケースが本格的に普及。

⁹⁴ JAXA「光衛星通信技術の研究」：https://www.kenkai.jaxa.jp/research/society5/opt_communication.html

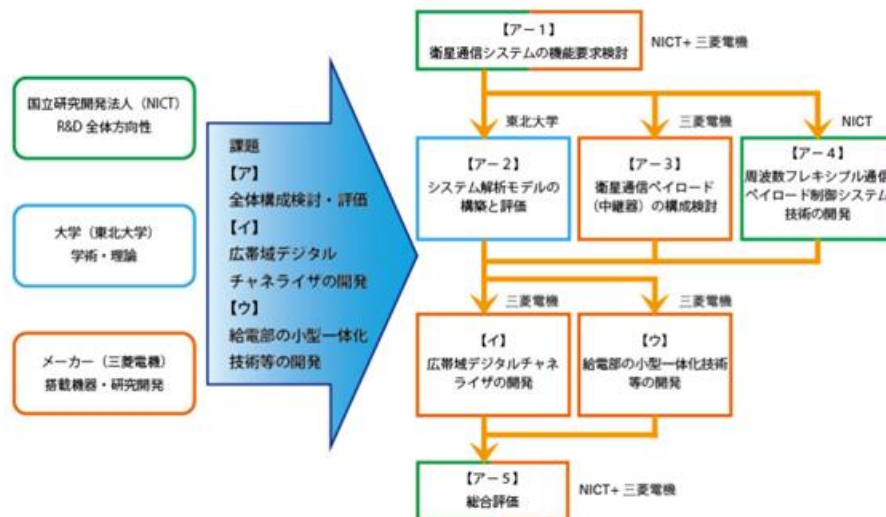
このようなニーズに応えるため、衛星通信の需要がさらに高まっており、世界中で研究開発が進められる。さらに、通信に必要な不可欠な電波の周波数資源が逼迫していることから、従来よりも周波数利用効率の高いシステムや、電波に依存しない大容量通信の実現が求められる。

このような背景から、NICT 及び関係機関は、技術目標として以下を掲げて研究開発を進めており、2023 年度打上げ予定の技術試験衛星 9 号機を用いて実証実験を行うことにより、世界市場において競争力のある、世界最先端のミッション技術の獲得を目指す。

- ✓ Ka 帯マルチビーム給電部、光フィードリンクによる大容量化
- ✓ Ka 帯広帯域デジタルチャネライザ・デジタルビームフォーマ (DBF) によるフレキシブル化
- ✓ 通信システムの統合的な運用制御による高効率化

ETS-9 衛星通信プロジェクトでは、国立研究開発法人情報通信研究機構、国立大学法人東北大学、三菱電機株式会社が共同となり研究開発課題における役割を分担することで、技術課題のクリア、周波数利用効率の目標の達成、衛星搭載を前提とした技術開発を効果的に推進⁹⁵。

図表 3-58 ETS-9 衛星通信プロジェクト研究推進の全体像



出典：情報通信研究機構「ETS-9*衛星通信プロジェクト」

上述の研究テーマは現在進行形で研究を進めているテーマとなっているが、次に宇宙に関する研究開発の将来的なニーズを紹介。「Beyond5G ホワイトペーパー⁹⁶」(2022 年 9 月 Beyond5G 推進コンソーシアム公表)にて現状の業界別の課題を洗い出し、課題解決案、業界としてあるべき姿や夢などが整理されており、当該資料を基に宇宙×通信の領域にて期待されるユースケースを以下に整理。

① 宇宙利用によるスマート通信インフラ活用

- ・ 無人物流システムや無人タクシーなどの自動運転支援・交通管制システム・物流管理システムなどへの都市間を跨ぐ、エンドツーエンドのシームレスなサービスカバレッジ拡張
- ・ 様々な陸上や海上の IoT センサによるモニタリングやトレース、およびそれら収集データ

⁹⁵ 情報通信研究機構「ETS-9*衛星通信プロジェクト」：https://www2.nict.go.jp/spacelab/pj_ets9.html#hts

⁹⁶ Beyond 5G 推進コンソーシアム「Beyond 5G ホワイトペーパー ～2030 年代へのメッセージ～」：https://b5g.jp/doc/whitepaper_jp_1-5r1.pdf

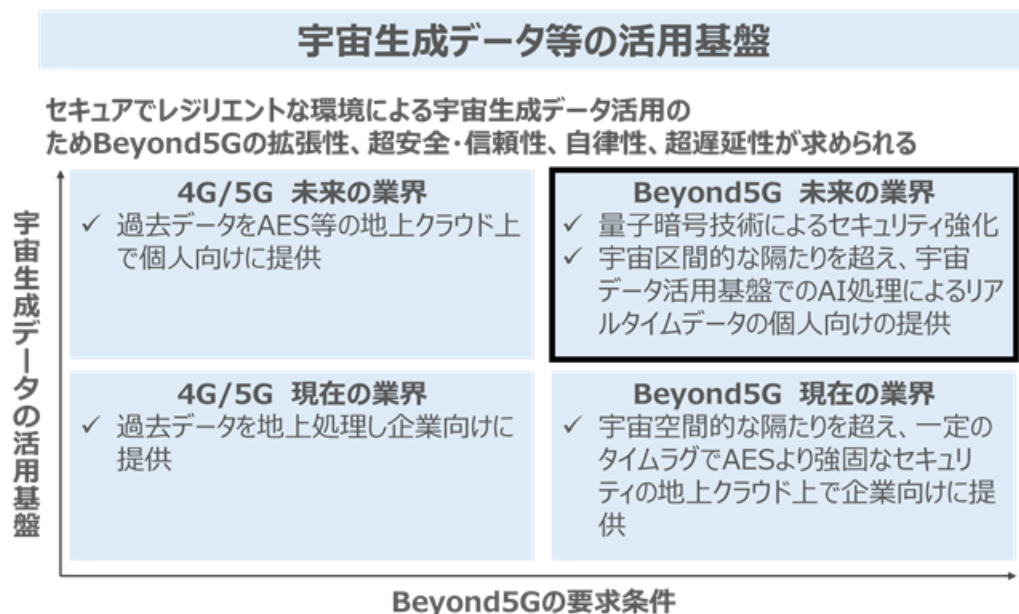
と AI 活用による農業・林業・水産業など一次産業向けの広域なロボット化・自動化システムの提供

- ・ 災害復旧対応や建設現場、イベントなど一時的な通信接続需要に対し、ブロードバンドサービスやネットワーク接続サービスの提供
- ・ 地方の 5G エリアやローカル 5G エリアなどへのバックホール・バックボーン回線を提供し、リモートワーク・遠隔教育・遠隔医療や広域生活情報や放送代替サービスの提供などのスマート化
- ・ 上空のドローンや NTN に搭載した IoT センサによる保安警備や自然災害予兆などの自動化・スマート化

② セキュアでレジリエントな環境による宇宙生成データ活用

- ・ 現在の暗号技術の危殆化を予想し、量子計算機では解読不可能な耐量子暗号技術や、光子を用いた量子暗号技術の開発が行われているが、地上ネットワークでは対応しにくい大陸間通信や移動体通信のセキュリティ向上に、将来、量子暗号鍵の NTN 光通信による配信が期待されている。また、量子暗号技術による衛星間ネットワークのセキュリティ向上も期待できる。
- ・ 現在、宇宙からのセンシング情報や陸上・海上・上空などの様々な IoT センシングデータを活用する際、それぞれ専用のネットワーク経路で集められた過去のデータは、地上のスーパーコンピュータや地上クラウド上で AI 処理した上で、主に企業向けに提供されている。今後、データ収集時間の短縮やセキュリティの向上が図られたクラウド経路で汎用化・公開化された AI 機能とともに提供され、よりリアルタイムに近いデータ活用が個人で行えるようになる可能性がある。

図表 3-59 将来像と要求条件

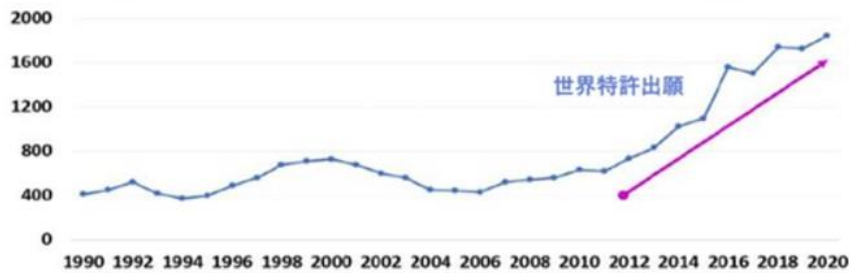


出典：Beyond5G 推進コンソーシアム「Beyond5G ホワイトペーパー～2030 年代へのメッセージ～」

3) 海外における研究開発の動向

世界的に特許出願が急増しており、宇宙技術分野においても過去とは異なって、特許争奪戦は激しくなっている。従前(1990~2010年)の世界出願は、年平均2%増加したが、最近10年間(2011~2020年)、年平均13%と急増。米国、中国、フランスなど宇宙強国は、積極的に特許を確保し、実際の特許出願件数においても1位から3位を占めており、日本は次いで4位となっている⁹⁷。

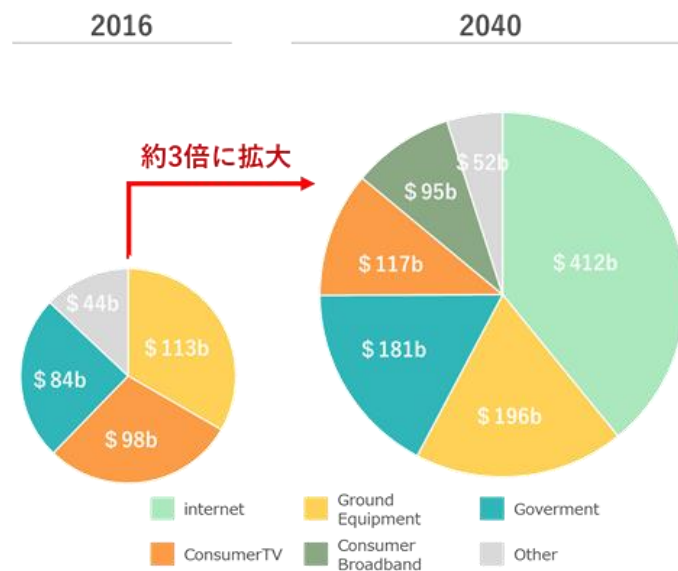
図表 3-60 宇宙技術における世界特許出願の推移



出典：日本貿易振興機構「世界で7番目の月周回衛星「タヌリ」を打ち上げ、宇宙技術特許は世界7位」

市場規模の動向においては、2016年に年間3500億ドルであるのに対して、2040年には1兆ドルにまで拡大すると想定されている。また2016年には宇宙産業の中でも未成熟であったインターネット分野は2040年に単独で4100億ドルに拡大していく。このことから宇宙に対する市場の拡大に関する期待感が伺える。

図表 3-61 宇宙産業の市場規模 (2016/2040 比較)



出典：MorganStanley「TheSpaceEconomy'sNextGiantLeap⁹⁸」を基に NTT データ経営研究所にて作成

⁹⁷ 日本貿易振興機構「世界で7番目の月周回衛星「タヌリ」を打ち上げ、宇宙技術特許は世界7位」：
<https://www.jetro.go.jp/world/asia/kr/ip/ipnews/2022/220816a.html>

⁹⁸ MorganStanley「The Space Economy's Next Giant Leap」：
<https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy>

(ア) 米国

現在、世界の政府機関が国家予算支出で宇宙開発に費やしている額は年間約 1,000 億ドルと言われている。米国で支出される予算はこのうち約 350 億ドルである。内訳は、NASA（米国航空宇宙局）が約 250 億ドル、その他の機関で 100 億ドルとなっており、全世界の中でも巨額の投資をしていることがかかえる。

NASA の 2022 年度予算によると、宇宙基地と低軌道関連などの宇宙事業に 40 億ドル（16%）、地球観測や環境保全、宇宙科学などの宇宙科学に 80 億ドル（32%）、火星や惑星探査などの深宇宙分野に 70 億ドル（28%）を費やすこととなっている。

特筆すべきは、NASA は宇宙法協定（SpaceActsAgreement）を利用したインフラの商用化を積極的に推進している。これは NASA が、開発、構築の全ての費用を負担して資産を取得・所有するいわば従来からの「インフラ調達・保有方式」ではなく、民間企業の技術開発を支援するが自らインフラは所有せず、インフラ完成後のユーザになる仕組みである。

宇宙通信をはじめとしたインフラ領域においては、NASA の参画を受けて民間資金の調達を行いながらインフラを構築し、商用サービスを提供して事業化に結びつけることとなり、民間の動向が活発化することが予測されるため注視していく必要がある⁹⁹。

(イ) 中国

2021 年 3 月に発表された「国民経済・社会発展第 14 次五か年計画及び 2035 年長期目標概要」、第一篇「社会主義近代化の全面的建設の新たな道程の開始」では、有人宇宙飛行・領事情報において、重大な科学技術成果を上げた一定の研究に関する進捗状況を評価したものの、イノベーション能力は質の高い発展の要求を満たせないとしている。

また 2022 年 3 月に開催された全人代における李克強総理の政府活動報告では、2021 年は、第 14 次五か年計画がスタートを切る重要な年として、国家戦略科技量力が増加し、革新技術とくに火星探査・有人宇宙飛行などで成果が収め、企業の研究開発費が 15.5%UP するとしている¹⁰⁰。

(ウ) 欧州

● 衛星通信網の構築計画を策定する規則案発表

衛星通信サービスに対する需要が急増し、米国や中国、ロシアなどでは政府主導による多数の衛星からなる大規模通信システムの整備が進んでいる一方で、EU や加盟国ではこうしたシステムの整備が不十分で、特に重要性が増している低軌道・中軌道の衛星に関しては、運用可能あるいは運用予定のものが全くないという現状を踏まえ、欧州委員会は 2022 年 2 月、EU 独自の衛星通信網の構築計画を策定する規則

⁹⁹ 日本貿易振興機構「米国における宇宙政策・産業動向 及び小型衛星市場の調査」:

https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/02/2022/5623113461a83aee/202203.pdf

¹⁰⁰ アジア・太平洋総合研究センター「中国における基礎研究の振興及び「科研管理」改革の行方」:

https://spap.jst.go.jp/investigation/downloads/2021_rr_01.pdf

案¹⁰¹を公表。危機対応、国境や領海の監視、重要なインフラとの接続と防衛など安全保障の観点から、EU や加盟国の政府機関向けの安全かつアクセスが保障された通信網の確保が重要であり、域外国の衛星通信網への依存を避けるためにも、EU 独自の衛星通信網の構築が必要だとしている。サイバーセキュリティなどの脅威に備えて、次世代の暗号技術の量子暗号技術の実装も重視している。また、民間にも衛星通信網の利用を開放することで、2030 年までのデジタル化目標の 1 つである域内全域での高速ブロードバンドの提供も可能になるとしている。

また欧州委は、EU 独自の衛星通信網の構築計画に必要な予算を約 60 億ユーロと試算し、EU 予算からは 2027 年までに 24 億ユーロを拠出する。加盟国からの拠出に加えて、民間の投資も呼び込みたいと考えて、EU と加盟国の利益を守ることを条件に、競争入札によるコンセッション契約を民間企業と締結するなど、官民連携による事業実施も予定している。この規則案は、EU 理事会（閣僚理事会）と欧州議会にて採択されれば、2023 年から事業を開始し、2025 年までに通信サービスの一部提供を開始するとともに、量子暗号技術の軌道上試験を実施、2028 年までに量子暗号技術を含む全ての通信サービスの提供を目指すとしている¹⁰²。

● 「新宇宙イニシアチブ」(New-Space-Initiative) 発足 (ドイツ)

2021 年 12 月、ドイツ産業連盟 (BDI) が主導して「新宇宙イニシアチブ」(New-Space-Initiative) を発足。宇宙関連企業とデータを実際に活用する企業が協力を進め、ドイツの競争力を維持・拡大することを目指したものであり、発足メンバーには、エアバス、OHB などの航空宇宙関連企業大手のほか、衛星技術関連企業、マイクロランチャーのスタートアップ企業などが名を連ねた。

また、衛星データを活用する側の企業として、森林火災の発生をモニタリングするオーロラテック外部サイトへ、新しいウィンドウで開きます (OroraTech)、地表の温度に関するデータを集計・提供するコンステラ外部サイトへ、新しいウィンドウで開きます (ConstellR) などのスタートアップ企業も参加している。さらには、機械製造のフォイト (Voith)、ソフトウェアの SAP、保険大手のミュンヘン再保険に加え、ドイツ自動車産業連合会 (VDA)、ドイツ電気・電子工業連盟 (ZVEI) などの業界団体も参画している¹⁰³。

¹⁰¹European Commission 「Proposal for a Regulation establishing the Union Secure Connectivity Programme for the period 2023-2027」: https://ec.europa.eu/info/files/proposal-regulation-establishing-union-secure-connectivity-programme-period-2023-2027_en

¹⁰² 日本貿易振興機構「欧州委、EU 独自の衛星通信網の構築に向けた規則案発表」:
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/02/4c7f986f8a05a5fb.html>

¹⁰³ 日本貿易振興機構「ドイツ産業連盟、「新宇宙」分野関連のイニシアチブを発足」:
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2021/12/0bd43e360ff8b0f1.html>

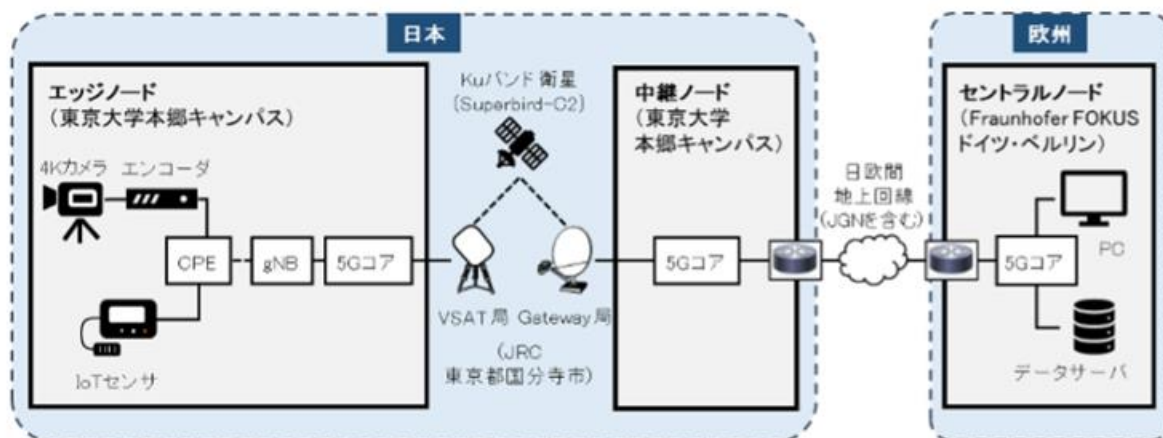
4) 国内における社会実装の最新動向

● 国際間長距離 5G ネットワークにおいて衛星回線を統合する日欧共同実験

日本無線株式会社、スカパー J S A T 株式会社、国立大学法人東京大学大学院工学系研究科及び国立研究開発法人情報通信研究機構は、欧州宇宙機関（ESA：EuropeanSpaceAgency）、Eurescom、Fraunhofer FOKUS Institute と協力し、2022 年 1 月～2 月に国内で初めて静止衛星回線を含む衛星 5G 統合制御に関する日欧共同実験を行い、日欧の国際間長距離 5G ネットワークにおいて 5G 制御信号、4K 映像及び IoT データの伝送に成功。

日欧間の長距離ネットワークにおいて Ku バンド衛星（12GHz/14GHz 帯の周波数）、ローカル 5G システム、NICT が運用する JGN など相互に接続して日欧共同実験のためのテストベッドの構築（図表 3-62 日欧共同実験で構築したテストベッドの構成図表 3-62）。本実験では、将来の国際間長距離通信での活用を念頭に、遠隔地で撮影した映像コンテンツや収集したモニタリングデータを送るというユースケースを想定し、4K 映像伝送及び IoT データ伝送の基礎実験を実施。

図表 3-62 日欧共同実験で構築したテストベッドの構成



出典：情報通信研究機構「国際間長距離 5G ネットワークにおいて衛星回線を統合する日欧共同実験に成功」

構築したテストベッドを使用し、4K 映像と IoT データの伝送に成功。本実験では、衛星回線と日欧間地上回線を含む長距離伝送による遅延等の影響下において、日本に配置した CPE

（Customer Premises Equipment）（5G 対応ゲートウェイ）と欧州に配置した 5G コア間でやり取りされる 5G 制御信号で通信セッションが確立できること、日本側の 4K カメラ及び IoT センサで取得したデータを欧州側の PC 及びデータサーバへ伝送できることを明らかにする。本実験の結果により、具体的なアプリケーション伝送の観点からも、国際間長距離通信を介した 5G ネットワークにおける衛星回線の統合が実現できることが確認¹⁰⁴。

● 無人運航船の実運用を模擬した実証実験

日本郵船株式会社、スカパー J S A T 株式会社等が加盟している DFFAS

¹⁰⁴ 情報通信研究機構「国際間長距離 5G ネットワークにおいて衛星回線を統合する日欧共同実験に成功」：
<https://www.nict.go.jp/press/2022/06/08-1.html>

(DesigningtheFutureofFullAutonomousShip) コンソーシアムは、自律航行機能を搭載したコンテナ船「すざく」と遠隔操船機能や機関の異常予知機能などの陸上から無人運航船の運航を支援する機能を有した「陸上支援センター」を衛星・地上通信回線で結び、将来の無人運航船の実運用を模擬した形で実施し、東京港～津松阪港～東京港の約790kmにおける航海を離岸操船・湾内航行・沿岸航行・着岸操船といった一連の航海を無人運航システムで成し遂げた。

「すざく」に搭載した船舶搭載衛星通信システム (VSAT) は、「すざく」と「陸上支援センター」を赤道上空 36,000km の自社の静止衛星を介して繋ぐ。本 VSAT には、仕様が異なる 2 式の衛星通信回線を組み合わせており、通信速度や通信量に応じたデータ伝送の制御や、不具合時を想定して回線を迂回する機能が実装されている¹⁰⁵。

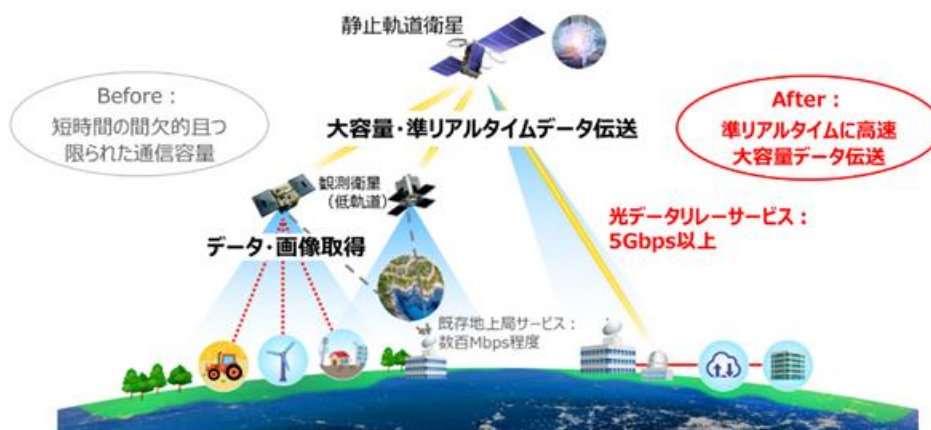
● 株式会社 SpaceCompass 設立

日本電信電話株式会社とスカパーJSAT 株式会社は、持続可能な社会の実現に向けた新たな宇宙統合コンピューティング・ネットワーク事業を担う合弁会社を 2022 年 7 月に設立¹⁰⁶。以下に従事している事業を紹介。

● 宇宙データセンタ事業：宇宙における大容量通信・コンピューティング基盤

観測衛星等により宇宙で収集される膨大な各種データを静止軌道衛星経由で地上へ高速伝送する光データリレーサービスを、2024 年度に開始。観測衛星から地上局に直接データ伝送をする既存サービスでは地上局と通信できるタイミングや電波による通信容量に制約があるのに対し、静止軌道衛星経由での光データ伝送を用いることで、大容量・準リアルタイムのデータ伝送が可能となる。

図表 3-63 光データリレーサービスの概要



出典：日本電信電話株式会社「NTT とスカパー J S A T、株式会社 SpaceCompass の設立で合意」

¹⁰⁵スカパー J S A T 株式会社「無人運航船の実運用を模擬した実証実験」:

https://www.skyperfectjsat.space/news/detail/_790km.html

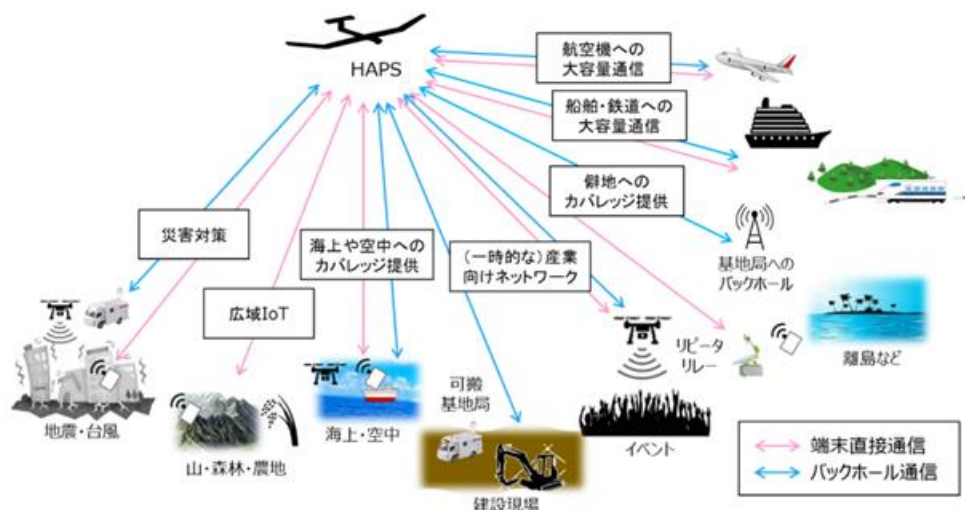
¹⁰⁶ 日本電信電話株式会社「NTT とスカパー J S A T、株式会社 Space Compass の設立で合意」:

<https://group.ntt.jp/newsrelease/2022/04/26/220426a.html>

● 宇宙 RAN 事業：Beyond5G/6G におけるコミュニケーション基盤

高高度プラットフォーム・フォーム（HAPS：HighAltitudePlatformStation）6 を用いた低遅延の通信サービスを 2025 年度に国内で開始を目指す。HAPS によりカバレッジを容易に拡張できることから、災害時の高信頼通信や、船舶や航空機等への大容量通信の提供、離島やへき地への通信サービス提供等が可能となる。携帯通信事業者にとっては、地上基地局整備によるカバレッジ拡張と並行して、HAPS を組み合わせることでモバイルネットワーク全体としてのコスト・エネルギー効率を改善。

図表 3-64 HAPS 通信サービスの概要



出典：日本電信電話株式会社「NTT とスカパー J S A T、株式会社 SpaceCompass の設立で合意」

● 低軌道衛星を活用したモバイル通信実現に向けた実証

楽天モバイル株式会社と米 ASTSpaceMobile（以下、AST）は、「SpaceMobile（スペースモバイル）」プロジェクトの実現に向けて共同で実証を進める。「スペースモバイル」プロジェクトは、AST が構築する低軌道人工衛星（LEO:LowEarthOrbit）が宇宙から送信するモバイルブロードバンドネットワークと、現在市販されているスマートフォンとの直接通信の実現を目標としている。

「スペースモバイル」プロジェクトの実現により、モバイル通信サービスの圏外となっている山岳地帯や離島などにおいても既存のスマートフォンで利用できるモバイル通信サービスの提供や、災害時における通信ネットワークの冗長性強化が実現可能となる。

2022 年 9 月には、AST が米国において試験衛星「BlueWalker3」の打ち上げに成功。更には 2022 年 11 月に「BlueWalker3」が、過去最大規模の 693 平方フィートに及ぶ商用通信アレイを地球軌道に展開することに成功。

楽天モバイルは、福島県内に設置したゲートウェイ実験試験局の運用を開始し、北海道内山間部において携帯端末と「BlueWalker3」の直接通信を試験・検証を予定¹⁰⁷。

¹⁰⁷ 楽天モバイル「楽天モバイル、低軌道衛星を活用したモバイル通信の実現に向け、通信試験・事前検証用の実験試験局予備免許を取得」：https://corp.mobile.rakuten.co.jp/news/press/2022/1118_01/

- **通信障害に備えた衛星ネットサービス利用**

首都直下地震などによる通信障害に備え、東京都は2023年度から、人工衛星を使った米宇宙企業スペースXのインターネットサービス「スターリンク」を都内に導入する方針を固めた。衛星から電波を直接受信する専用アンテナを設置し、地上の通信網が途絶しても、ネットを無料で利用できるよう通信手段の多重化を図る。

東京都は23年度から順次、伊豆諸島と多摩地域の山間部各1か所と、都心と伊豆諸島を結ぶ客船2隻の計4か所にアンテナを設置する計画であり、携帯電話の電波が届きにくい場所で、有効性を確認でき次第、都心の避難所や都有施設への設置を検討する。新年度予算案に関連費用約1億8000万円を盛り込む見通しである¹⁰⁸。

- **発展途上国等の宇宙関連技術の向上**

2023年1月6日、インドネシア共和国スーリヤ大学（SuryaUniversity）の超小型衛星（衛星名：SuryaSatellite-1(SS-1)）が「きぼう」日本実験棟より放出された。これは衛星の開発技術が確立されていない新興国・途上国に対して、超小型衛星の開発支援を行うとともに、国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟から宇宙空間へ放出することで、宇宙空間での利用・実証機会を提供し、発展途上国等の宇宙関連技術の向上と宇宙利用能力の構築に貢献するプロジェクトであるKiboCUBEの一環である¹⁰⁹。

¹⁰⁸ 読売新聞オンライン「スペースX社の衛星ネットサービス利用、東京都が高速通信導入へ」:

<https://www.yomiuri.co.jp/national/20221223-OYT1T50477/>

¹⁰⁹ JAXA「JAXAと国連宇宙部との連携協力（KiboCUBE）に基づく第3回選定のインドネシア衛星の「きぼう」からの放出について」: https://www.jaxa.jp/press/2023/01/20230111-3_j.html

5) 海外における社会実装の最新動向

(ア) 米国

● UnitedLaunchAlliance 通信衛星打ち上げ

2022年10月、UnitedLaunchAlliance社のAtlasV531ロケットは通信衛星SES-20/SES-21を打ち上げに成功。SES-20/SES-21は、連邦通信委員会の5GFastイニシアチブの先駆けとなるものである。本衛星は北アメリカ向けにデジタル放送サービスを提供するとともに、Cバンドの一部を空けることで、アメリカ全土を対象とした5Gサービスの拡大に貢献することを目的とする¹¹⁰。

● T-Mobile・SpaceX提携

T-Mobileは同社のミッドバンドでPCSに割り当てられている周波数帯の一部を、2023年に打ち上げられるSpaceX社のStarlink衛星との通信に割り当て、現在サービスエリア圏外となっているへき地との通信を可能にする計画を2022年8月に発表。早ければ2023年にも新サービスのベータ版を、マルチメディアメッセージングサービス(MMS)と特定のメッセージアプリ向けに提供する見込み¹¹¹。

● CACIによる小型衛星間の光通信実証

米CACIは2022年5月、小型衛星間の光通信実証実験に成功したと発表。米国防高等研究計画局(DARPA)及び宇宙開発局(SDA)と協力して、100km以上離れた2つの低軌道衛星の間で、200ギガビット超のデータ送信に成功した。

本実証実験は、低軌道上に宇宙空間に安全保障用のメッシュネットワーク構築する「ブラックジャック計画」に向けた「MandrakeII」プログラムの一環である。今回の実証実験では、CACIの「CrossBeam」と呼ばれる光学端末を用いて100km以上離れた距離で、40分以上にわたるデータ転送等の実証を試みる。200GB以上のデータ送受信に成功。高速な光通信を可能にするポイントツーポイントやデータ取得、追跡アルゴリズムといった機能を評価し、OpticalInterSatelliteLinks(OISLs)と呼ばれる衛星間光通信の確立に成功した。CrossBeamOISLsは、今後アメリカの防衛機関が宇宙ベースの安全な通信ネットワークを確立するのに必要な、高速データ送信技術に向けた最初のステップとされている¹¹²。

¹¹⁰ United Launch Alliance 「ATLAS V SUCCESSFULLY LAUNCHES SES-20 AND SES-21」;

<https://www.ulalaunch.com/missions/archived-launched/atlas-v-ses-20-ses-21>

¹¹¹ T-Mobile 「T-Mobile Takes Coverage Above and Beyond With SpaceX」: <https://www.t-mobile.com/news/un-carrier/t-mobile-takes-coverage-above-and-beyond-with-spacex>

¹¹² CACI Announces Successful Demonstration of Optical Intersatellite Links in Low Earth Orbit (2022): <https://investor.caci.com/news/news-details/2022/CACI-Announces-Successful-Demonstration-of-Optical-Intersatellite-Links-in-Low-Earth-Orbit/default.aspx>

(イ) 中国

● 「天宮」宇宙ステーションによる太陽光発電

宇宙開発当局は、「天宮」宇宙ステーションにて太陽光発電の実証実験をする意向を明かした。

中国は天宮の建設と運用を続けており、2022年11月には実験モジュール「夢天（むてん）」を打ち上げたことで、その基本形が完成。

現在天宮で活用されているロボットアームによって、太陽光発電モジュールが組み立てられるという。このモジュールは宇宙ステーションから分離して軌道に乗り、太陽電池パネルやその他のシステムを展開する。そして発電から電力の変換、送電などの機能がテストされる。

なお天宮を製造した中国空間技術研究院（CAST）は、2028年に低軌道で「宇宙における高電圧の伝送および、無線電力の伝送実験」を行う予定だと表明している。

(ウ) 欧州

● 光通信機搭載小型衛星と光地上局間の光通信実験

ドイツ航空宇宙センター（DLR）通信航法研究所は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）と共同で、光通信機搭載小型衛星と光地上局間の光通信実験を実施。

JAXA 入笠山光学観測所（長野県伊那市）の光地上局（60cm）と、シュトゥットガルト大学の小型衛星に搭載されたドイツ航空宇宙センター（DLR）通信航法研究所の光通信機との間の光通信実験（1.5 μm帯）において、自動捕捉追尾技術の実証に成功。

今回の実験では、JAXA 光地上局（60cm）とシュトゥットガルト大学が開発、運用した FlyingLaptop 衛星に搭載された光通信機（OSIRIS-V1）注で光通信実験を実施。本実験では、光通信機（OSIRIS-V1）からの微弱なダウンリンク光を自動で捕捉後、高精度に追尾し、その受光を確認し、その結果、自動捕捉追尾技術を実現。

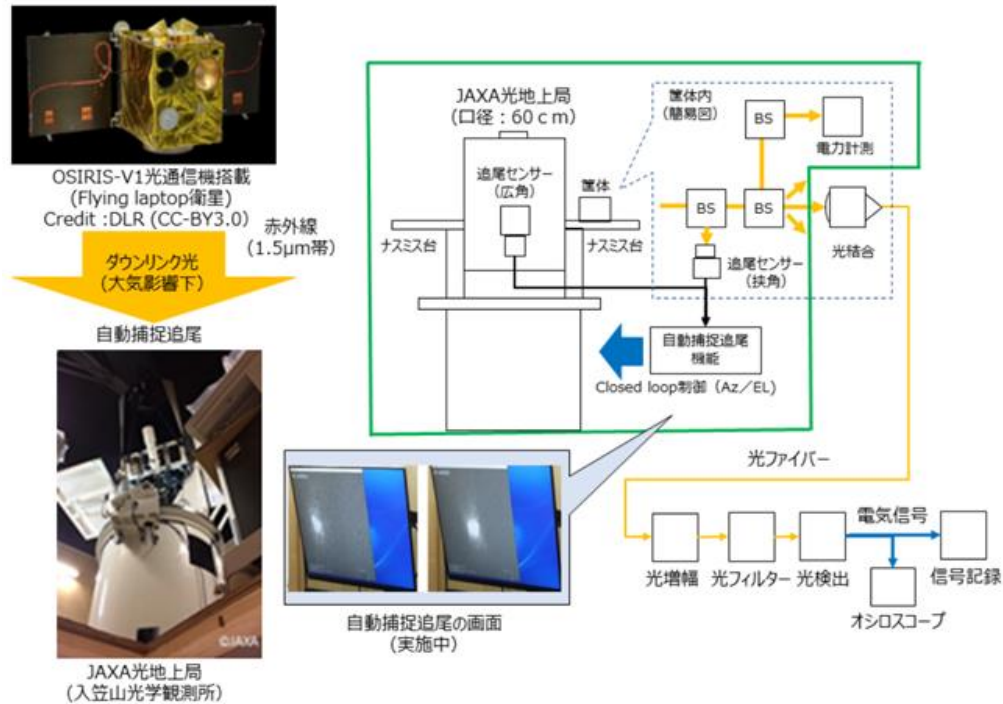
この自動捕捉追尾技術においては、JAXA が開発した画像処理技術を使い、高速で移動する飛行体からの光を光地上局の追尾センサー（広角／狭角）を通して、判別、捕捉し、望遠鏡の方位角と仰角を制御することにより、その視野中心へ、誘導し追尾を継続する一連の処理を自動で実施する機能を実証しました。

本実証により、宇宙と地上間の光通信技術は、周波数帯域等の制限を受けない大容量かつ高速な通信手段として商用衛星による高速通信や、月・惑星ミッションの高速通信での活用が期待される¹¹³。

¹¹³ JAXA 「光通信機搭載小型衛星と光地上局間の光通信実験において自動捕捉追尾技術の実証に成功」:

https://www.kenkai.jaxa.jp/research/society5/opt_topic_01.html

図表 3-65 JAXA 光地上局の受信系概要



出典：JAXA「光通信機搭載小型衛星と光地上局間の光通信実験において自動捕捉追尾技術の実証に成功」

● 「量子暗号」の通信衛星を実証実験 (ルクセンブルク)¹¹⁴

2022年9月にルクセンブルクを拠点とする宇宙関連企業のSESは国際宇宙会議(IAC)で量子暗号通信を提供する技術実証衛星を開発すると発表。SESと欧州宇宙機関(ESA)が署名した「Eagle-1」は、20社からなるコンソーシアムにより、2024年に打ち上げ予定の小型衛星を建設、運用し、を予定している。

Eagle-1の主な目的は、量子暗号の中核技術である「長距離量子暗号鍵配送(QKD)」の実験である。宇宙では、レーザー通信を利用することで地上よりも長い距離でQKDを展開できるとされている。これらに欧州連合の政府機関や重要なビジネス部門を対象に長距離QKDへのアクセスを提供。EU全域での安全なデータ伝送の実現が期待される。

Eagle-1の重量300kgとなる衛星はイタリアのSitaelが製造し、ドイツのTesatが光通信端末を提供する。ESAによれば、衛星は高度500kmの太陽同期軌道で運用され、欧州の地上局を1日に数回通過する。欧州のロケットで打ち上げる考え。衛星と地上システムを含むプログラム費用は1億3000億ユーロ(約180億円)となる。

¹¹⁴ Luxembourg Space Agency 「EAGLE-1: ADVANCING EUROPE'S LEADERSHIP IN QUANTUM COMMUNICATIONS」: <https://space-agency.public.lu/en/news-media/news/2022/eagle1.html>

- 初の衛星打ち上げ（英）

英国政府は 2021 年 9 月に「国家宇宙戦略¹¹⁵」・2022 年 2 月には「国防宇宙戦略」を発表している。国家宇宙戦略では、「宇宙経済の成長とレベルアップ」「宇宙における、また宇宙を通じた国益の保護と防衛」「英国民、世界に資する宇宙の活用」などの目標を掲げ、その目標達成に向けて複数の柱が示された。

上記戦略の目標達成に向けて、英国の国防科学技術研究所は 2022 年 5 月、2022 年夏に衛星を打ち上げ予定と発表した。衛星の打ち上げは英国で初。衛星はフランスのエアバス・ディフェンスアンドスペースが設計し、英国の国防関連企業 BAE システムズの子会社インスペースミッションズが製造した。

2 つの小型衛星を通じ、GPS などの無線信号の監視のための試験プラットフォームを提供することで、同盟国と接続された宇宙通信システムの構築を目指す。他国との協力により、高性能で柔軟なシステムを低コストで構築するための方法について理解を深めることが、今回のミッションのねらいだと説明する¹¹⁶。

¹¹⁵ HM Government 「National Space Strategy」:

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1034313/national-space-strategy.pdf

¹¹⁶日本貿易振興機構「英国初の衛星打ち上げを 2022 年夏に予定、宇宙産業は拡大」:

<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/05/463cb0b2f53109c3.html>

(4) Web3

1) 技術概要

(ア) Web3 とは

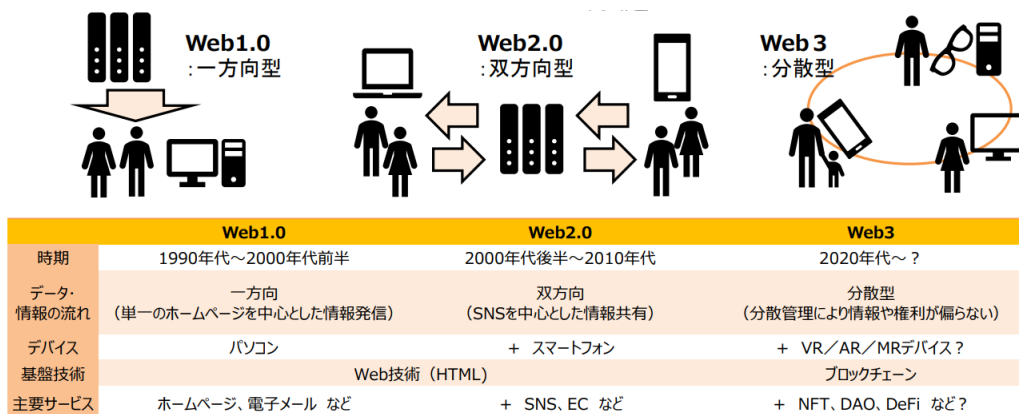
「Web3¹¹⁷」は、ブロックチェーン技術を基盤とした次世代のインターネット概念である。

Web1.0 では、情報の流れは電子メールとウェブサイトを中心とした一方通行であり、Web2.0 では、スマートフォンと SNS を中心に双方向でのデータ利用・集中管理が可能となった反面、サービス基盤はプラットフォームが提供し、個人データの独占的濫用につながると指摘されている。他方で Web3 では、プラットフォームや金融機関等の仲介者を介さずに個人と個人がつながり、双方向でのデータ利用・分散管理を行うことが可能となる。

ブロックチェーンは Web3 上で、ユーザがウェブサービスを利用する際のデータ記録・データ移動の基盤として活用される。更にはブロックチェーンに保存されたプログラムであるスマート・コントラクトを活用することで、上記のような人手を介さずに契約等のやり取りを自動的に実行させる仕組みが実現可能になる。

このように Web3 では、ブロックチェーンを基盤とする分散化されたネットワーク上で、特定のプラットフォームに依存することなく自立したユーザが直接相互につながる新たなデジタル経済圏が構築されるため「非中央集権的」と言われている。

図表 3-66 Web1.0～Web3 の変遷¹¹⁸



出典：総務省「Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会事務局資料」

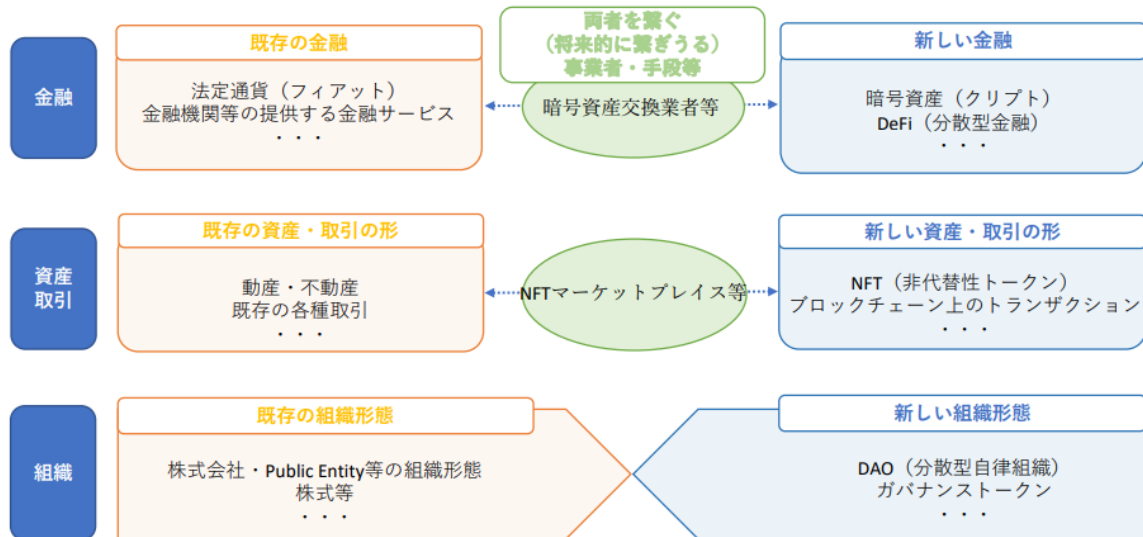
Web3 では、経済社会の中核的要素である「金融」「資産・取引」「組織」等において、ブロックチ

¹¹⁷経済財政運営と改革の基本方針 2022 など政府がブロックチェーン技術を活用した Web3 の推進を掲げていることなどを踏まえ、本書では Web3 を Ethereum 共同創設者 Gavin Wood 氏が提唱した”ブロックチェーン技術を用いた分散型ウェブ”と定義する

¹¹⁸総務省「Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会事務局資料」：
https://www.soumu.go.jp/main_content/000827944.pdf

チェーン技術を活用した暗号資産・NFT(非代替性トークン)など新しいサービス・ツールを活用することで、既存のサービス・ツールの役割を一部技術的に補完・代替する可能性があると考えられている。他方でサービス・ツールによって便益やリスク、抱える問題点は様々であり、マネーロンダリングなどのリスクも考慮されるため、将来の経済社会にどのような影響をもたらすかは慎重に考慮していく必要がある。

図表 3-67 Web3 と呼ばれる新たなテクノロジーと将来の姿¹¹⁹



出典：デジタル庁「Web3 研究会（第 1 回）事務局資料」

また 2022 年 11 月には日本経済団体連合会（以下、経団連）が「web3 推進戦略－Society5.0forSDGs 実現に向けて－¹²⁰」を公開。当該資料では、我が国が Web3 鎖国を脱し、各国の人材や企業に選ばれる Web3 先進国として地球規模課題の解決、ひいては Society5.0forSDGs の実現を目指すための国家戦略として政府に提言。本提言では、NFT、DAO、これらと親和性のあるメタバースは、今後のさらなる Web3 活用と深く関連するものであるとしている。Web3 の各概念と発展の方向性について、以下に紹介。

図表 3-68 Web3 関連技術の概要と発展の方向性

概念	概要	今後の発展の方向性
NFT	<ul style="list-style-type: none"> ✓ ブロックチェーン上で発行されるトークンであり、トークン自体に固有の値を持たせた、代替性のない (non-fungible) トークン ✓ 従来、コピーが容易かつ無料なデジタルコンテンツに特定性と希少性をもたらすことが可 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 地方創生等様々な文脈で既に活用されているほか、わが国が強みを持つアニメ等各種コンテンツの流通活性化に寄与し得る。わが国コンテンツ産業の豊富な知財や人材を最大限に駆使しながら活用することが重要である

¹¹⁹デジタル庁「Web3 研究会（第 1 回）事務局資料」:

https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/31304f21-d56a-4d15-b63e-3b9ef1b96e38/b219408f/20221005_meeting_web3_outline_03.pdf

¹²⁰日本経済団体連合会（2022）「web3 推進戦略－Society5.0forSDGs 実現に向けて－」:

https://www.keidanren.or.jp/policy/2022/096_honbun.pdf

概念	概要	今後の発展の方向性
	<p>能になる</p> <p>✓ スマート・コントラクトの活用による二次流通取引の収益還元を実現しうる</p>	<p>✓ NFT の流通をさらに活性化するうえでは、国内法令上の暗号資産への該当性や、とりわけ NFT のランダム型販売 15 について賭博罪への該当性をより明確にすることで、新たなビジネスの創出に向けた環境を整備</p>
DAO	<p>✓ ガバナンストークンを保有するメンバーがスマート・コントラクトを用いた投票システム等により意思決定を行う組織形態</p> <p>✓ 特定の管理者や主体を持たない分散型の組織で、組織内の階層構造もなく、構成員一人一人によって自律的に運営される</p> <p>✓ 管理者がいないため、組織としてのあらゆる意思決定や実行、ガバナンスは構成員の合意によりあらかじめ定められたルールに従って執行される</p>	<p>✓ ガバナンストークン等の活用により中央管理者を不在とし、組織の運営コストを大幅に低減する DAO は、資本市場や働き方等の変革に寄与し得るものであり、わが国として積極的に活用を検討すべきである。</p> <p>✓ DAO を有効活用するとともに参加者を保護すべく、DAO の法的位置づけや責任のあり方等について、各国の法制度も参考としながら継続的に検討すべきである。</p>
メタバース	<p>✓ インターネット上の仮想空間にアバター（自分の分身であるデジタルキャラクター）で参加し、他者とコミュニケーションすること</p>	<p>✓ 既に活用が進んでいるゲーム等の分野に限らず、教育や医療等あらゆる分野に多大な影響を及ぼし得る。</p> <p>✓ 日本が強みを有するゲーム産業等の知財や人材を有効に活かしつつ、メタバースの活用を通じた社会課題の解決に向けて、「メタバース大国」となるための施策を展開すべきである。</p>

出典：日本経済団体連合会（2022）「web3 推進戦略－Society5.0forSDGs 実現に向けて－」
を基に NTT データ経営研究所にて作成

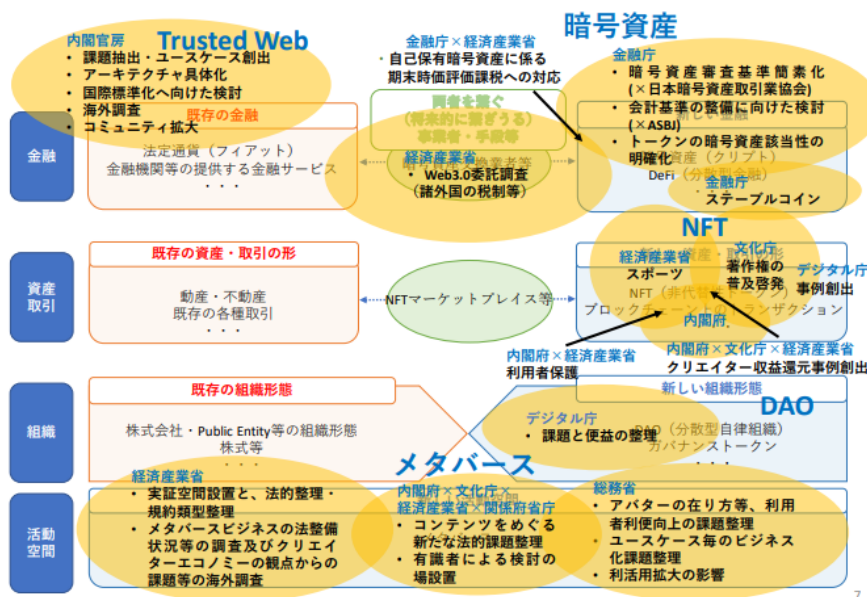
(イ) 発展の方向性

- ✓ Web3 は非中央集権的に個と個をつないでいくところに理想の姿を求める考え方があり、これまでにない形態での共創が生まれることが予測される。¹²¹
- ✓ 実際に Web3 の利用が進みクリエイターエコノミーの創出や拡充が進んでいる一方で、詐欺的な事例が数多く存在するなど、Web3 上での安全な取引が行えるよう様々な技術的・法的な観点での論点が生じている。
- ✓ このような背景を踏まえ、2023 年度以降まではデジタル庁が相談窓口を担い、課題解消に向けた関係府省庁連絡会議を開催することを通じ、様々なチャレンジが不合理な障壁なく行える環境整備を目指していく必要がある。

【対応が必要な課題 (例)】

- ・ 二次利用を含む知的財産の在り方に関する環境整備
- ・ 日本の強みである文化経済領域の更なる経済価値創出に向けた進め方
- ・ 新たな世界観の実現に向けて様々な試行錯誤が繰り返されることにより、既存の産業や組織も様々なインスピレーションを受けて変容していくことが予測される。変容の主体となり得るエンジニアやクリエイターのサポートを行っていけるような環境整備

図表 3-69 Web3 の将来像と関係府省庁の取組

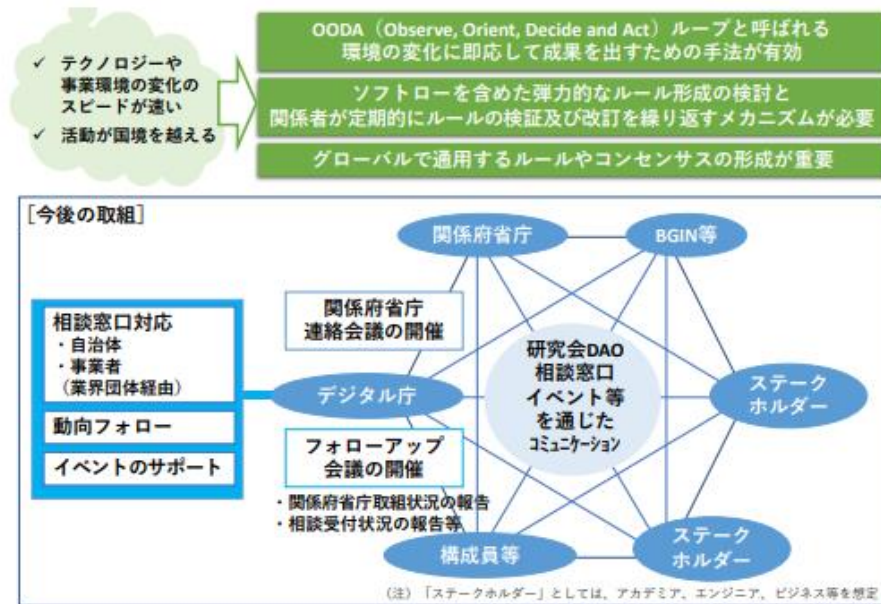


出典：デジタル庁（2022）「Web3 研究会報告書」

¹²¹ デジタル庁（2022）「Web3 研究会報告書」:

https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/a31d04f1-d74a-45cf-8a4d-5f76e0f1b6eb/a53d5e03/20221227_meeting_web3_report_00.pdf

図表 3-70 Web3 の健全な発展に向けたデジタル庁を中心とした環境整備



出典：デジタル庁（2022）「Web3 研究会報告書」

(ウ) 今後の課題

● 制度面における課題

- ✓ 国境を越えた活動が基本となる Web3 の世界では、国単位の法律や多国間の条約ではなく、グローバルで通用するルールやコンセンサスの形成が重要であり、各国の規制の同等性を確保していく視点が必要

● 技術面における課題

- ✓ 他方、ブロックチェーンを活用したサービス・ツールについては、以下のとおり、法や規制のみではコントロールが困難な領域が拡大している。
 - ・ 分散化により、仲介者が不在となり、サービス・ツールの提供に係る責任の所在と規制のターゲットが曖昧となる
 - ・ 自律性により、規制当局が介入してもサービス・ツールを停止できなくなる可能性がある
 - ・ 匿名性により、規制当局による追跡可能性が失われる可能性がある
 - ・ 耐タンパー性により、ネットワーク参加者の合意なく記録の修正や削除が不能となり、規制当局が介入しても事後補正ができなくなる可能性がある
 - ・ 開放性により、許可なく誰でも開発可能・参加可能な環境となり、責任の所在が不明確になる

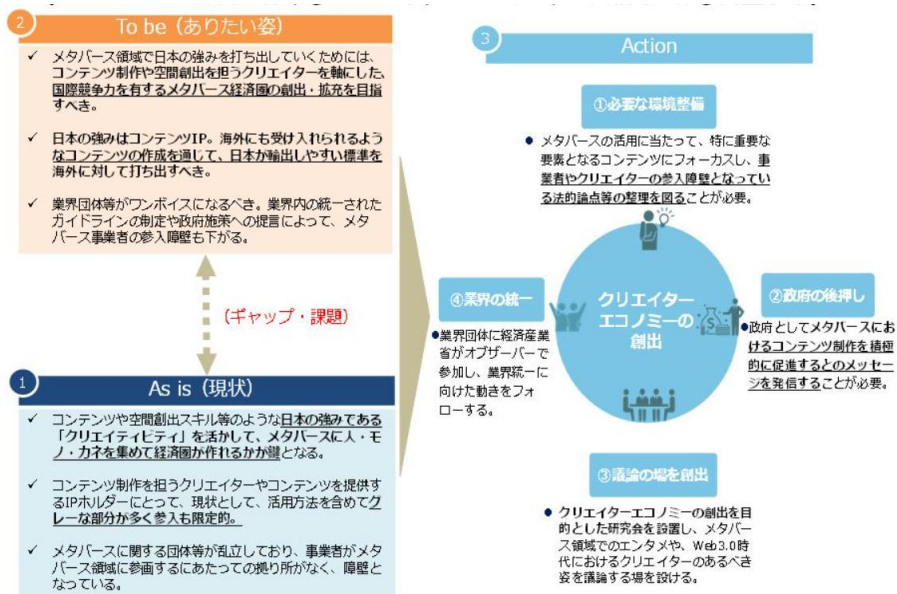
2) 国内における研究開発の動向

(ア) 研究開発を推進する国の取り組み

● Web3 時代におけるクリエイターエコノミーの創出に係る調査事業（経済産業省）

- ✓ 「Web3」の進展に伴い、「NFT」を活用したビジネスの登場やメタバース空間におけるバーチャルイベントの開催等にも見られるように、新たなビジネスモデルが登場してきている。NFTビジネスやメタバース空間ビジネスについては、コンテンツやその空間を生み出すクリエイターの存在が必要不可欠であるという認識のもと、クリエイターが価値を生み出し、その対価を得られる構造をはじめとするクリエイターエコノミー（経済圏）を作り出すことが、Web3 やメタバース関連領域を進展させていく上で必要不可欠となっている。
- ✓ しかしながら、クリエイターエコノミーの創出や普及を目指す上では、現状、国内の法的課題についても曖昧であり、NFT ビジネスを海外展開する際の諸外国の市場状況等も定かではない。
- ✓ このような背景を踏まえて、経済産業省は 2022 年 7 月に Web3 やメタバース空間における①法的論点の調査・整理、②海外事例の調査、③研究会による議論等について、論点整理を行う
- ✓ 本事業を通じて、様々なアクターの本領域への参加を促進させ、結果としてクリエイターエコノミーの創出及び拡充を実現させることを目的としている¹²²。

図表 3-71 Web3 時代におけるクリエイターエコノミーの創出に係る調査事業全体像¹²³



出典：経済産業省（2020）「Web3 時代におけるクリエイターエコノミーの創出に係る調査事業」の研究会委員及び全体ロードマップを公開します」

¹²²経済産業省「Web3 時代におけるクリエイターエコノミーの創出に係る調査事業」を開始します：

<https://www.meti.go.jp/press/2022/07/20220705003/20220705003.html>

¹²³経済産業省（2022）「Web3 時代におけるクリエイターエコノミーの創出に係る調査事業」の研究会委員及び全体ロードマップを公開します」：

<https://www.meti.go.jp/press/2022/08/20220823005/20220823005.html>

● Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会（総務省）

- ✓ メタバースの利活用や、Web3 の市場が拡大しつつある中、メタバース等の仮想空間の利活用に関して、利用者利便の向上、その適切かつ円滑な提供及びイノベーションの創出に向け、ユーザの理解やデジタルインフラ環境などの観点から、様々なユースケースを念頭に置きつつ情報通信行政に係る課題を整理することを目的として、総務省は 2022 年 8 月に「Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会」を組成¹²⁴。

【研究会での主要論点】

- ・ 多くのユーザがメタバース等を利用していくことを見据え、ユーザがメタバース等の特性を理解し、不利益なく使えるようにするためにはどのような点に留意すべきか。
- ・ 社会のデジタル・トランスフォーメーションが進んでいく中で、メタバース等の利活用が進展すると考えられるユースケースにはどのようなものがあるか。
※また、こうした仮想空間を構築・利活用する者は、その用途を踏まえてどのような点に留意すべきか。
- ・ メタバース等の利活用の進展に伴い、社会や経済にどのような影響があり、デジタルインフラやその利用環境等はどのように変わっていくのか。

● Web3 研究会（デジタル庁）

「デジタル社会の実現に向けた重点計画」（令和 4 年 6 月 7 日閣議決定）等において「ブロックチェーン技術を基盤とする NFT（非代替性トークン）の利用等の Web3 の推進に向けた環境整備」が盛り込まれたことを踏まえ、所要の検討を行うべく、2022 年 10 月にデジタル庁にて Web3 研究会を組成¹²⁵。

図表 3-72 Web3 推進に向けた環境整備の方向性

検討の方向性

Web3.0の下での新しいデジタル技術を様々な社会課題の解決を図るツールとするとともに、我が国の経済成長につなげていく、という基本的考え方の下、Web3.0の推進に向けた環境整備について検討を実施。

直ちに着手すべきイノベーション促進策

- ① 対話の場としてのプラットフォームの設置
- ② 「相談窓口」の設置と課題解消に向けた「関係府省庁連絡会議」の開催
- ③ Web3.0に係る国際的な情報発信・コンセンサス形成への関与
- ④ 研究開発・技術開発の担い手の育成

今後の方向性

- ・ 常に最新の問題意識を共有しながら、連携して課題に向き合っていくメカニズムを効率的・効果的に運用していくことが求められる。
- ・ 本研究会の議論を踏まえ、デジタル庁に相談窓口を設置するとともに、課題解消に向けた関係府省庁連絡会議を開催することを通じ、様々なチャレンジが不合理な障壁なく行える環境整備を目指す。
- ・ 「Web3.0研究会DAO」が今後も自律的に継続・発展していくことを前提にすると、当該DAOと関係府省庁が連携を図っていくとともに、日本のステークホルダーがBGIN等のグローバルの課題解決に向けた協働に主体的に参画していくことが望ましい。
- ・ このようなオープンアーキテクチャの下、Web3.0の健全な発展に向けて取り組む主体の裾野を広げ、OODAループの下で多様な人材が自ら考えて行動するとともに、これらが有機的に結合し、より合理的な制度、より良いサービス・ツールが選択されていくことを目指す。

出典：デジタル庁（2022）「Web3 研究会報告書の概要」

¹²⁴総務省（2022）「Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会」：

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/metaverse/index.html

¹²⁵デジタル庁（2022）Web3 研究会：<https://www.digital.go.jp/councils/>

● 金融行政方針 2022（金融庁）

- ✓ 金融庁が 2022 事務年度の金融行政における重点課題および金融行政に取り組む上での方針を、「金融行政方針」として策定。
- ✓ スマートフォンや API、人工知能（AI）等の新たな技術を活用した金融サービスは、決済分野をはじめ、国民生活のインフラとして重要な役割を果たしつつあり、社会のデジタル化とともにさらなる発展が期待されるとして、Web3 等の推進に向けたデジタルマネーや暗号資産等に係る取組みを取り上げる¹²⁶。

【Web3/メタバースに関する取組み】

- ・ 2022 年 6 月の改正資金決済法の成立を受け、ステーブルコインに関する制度を施行・運用する。
- ・ 暗号資産交換業者が取り扱う暗号資産の自主規制団体による事前審査の合理化や、ブロックチェーン上で発行されるアイテムやコンテンツ等の暗号資産該当性に関する解釈の明確化を進める。
- ・ 暗号資産のうち発行体保有分の課税に関する課題への対応や、信託銀行による暗号資産の信託の受託（カストディ業務）を可能とする制度整備を行う。
- ・ 証券トークンの PTS における取引に関する環境整備や、分散型金融等に関する継続的な検討、最新の技術動向等の把握、世界に向けた対外発信の強化にも取り組む。
- ・ 世界的に暗号資産市場における混乱が広がっていることを踏まえ、世界に先駆けて暗号資産等に係る制度整備・モニタリング等に取り組んできた経験を活かし、金融庁として暗号資産等に係る国際的な政策対応に貢献していく。

図表 3-73 2022 事務年度金融行政方針（概要）

I. 経済や国民生活の安定を支え、その後の成長へと繋ぐ	II. 社会課題解決による新たな成長が国民に還元される金融システムを構築する
<p>新型コロナウイルス感染症に比べ、ロシアのウクライナ侵略の影響により先行きが不透明となる中、金融面から経済や国民生活の安定を支え、その後の成長へと繋げていく。金融機関による事業者支援の取組みを後押しするとともに、金融機関に対して経営基盤の強化を促していく。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 資金繰りや経営改善・事業転換・事業再生等の事業者寄り添った支援を、金融機関に対して促す。このため、地域ごとに関係者が課題や対応策を共有する「事業者支援態勢構築プロジェクト」を発展させるほか、「中小企業の事業再生等に関するガイドライン」やREVIC等のファンドの活用を促す。 ● 事業者支援能力の向上に向け、地域金融機関がノウハウを共有する取組みの後押しや業種別の着眼点の取りまとめ、経営人材のマッチングの促進などを行う。 ● 経営者保証に依存しない融資債の確立や、事業全体に対する担保権の早期制度化に取り組む。 ● 金融機関の経営基盤の強化と健全性の確保に向け、ガバナンスの強化や、与信・有価証券運用・外貨流動性に関するリスク管理態勢の強化を促す。 ● 利用者目線に立った金融サービスの普及に向け、複雑な金融商品の取扱いを含め、金融商品の組成・販売・管理等に関する態勢整備を促す。 ● マネロン対策やサイバーセキュリティ、システムリスク管理態勢の強化に向け、世界情勢等を踏まえた対応を促す。 	<p>気候変動問題への対応、デジタル社会の実現、スタートアップ支援等の社会課題解決を新たな成長へと繋げるために金融面での環境整備を行うとともに、「貯蓄から投資」へのシフトを進め、成長の果実が国民に広く還元される好循環を実現する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国民の安定的な資産形成のため、「資産所得倍増プラン」を策定することも踏まえ、NISAの抜本的拡充や国民の金融リテラシーの向上に取り組むとともに、金融事業者による顧客本位の業務運営の確保に向けた取組みを促す。 ● スタートアップなど成長企業に対する円滑な資金供給を促すため、上場プロセスの見直し、私設取引システム（PTS）を活用した非上場株式の流通の円滑化、投資信託への非上場株式の組み入れに関する枠組みの整備等に取り組む。 ● 企業情報の開示について、中長期的な企業価値の向上に向け、人的資本を含む非財務情報の充実や四半期開示の見直しに取り組む。 ● サステナブルファイナンスを推進するため、企業と金融機関が対話をするためのガイドラインの策定、多様な投資家によるインパクト投資の促進、アセットオーナーにおける運用上の課題の把握等を行う。特に気候変動については、トランジションファイナンス推進のための環境整備を進める。 ● デジタル社会の実現に向け、Web3.0やメタバース等の発展に向けた動きを金融面から推進すべく、デジタルマネーや暗号資産等に関する環境整備を進める。 ● 国際金融センターの発展に向け、海外資産運用業者等の参入促進に向けた環境整備に引き続き取り組むほか、二重・課題を幅広く把握し、きめ細かな情報発信を行う。
III. 金融行政をさらに進化させる	
<p>内外の環境が大きく変化する中、職員の能力・資質の向上を図り、データ等に基づく分析力を高めるとともに、国内外に対する政策発信力を強化する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 金融行政の組織力向上のため、職員の専門性の向上を図るとともに、職員の主体性・自主性を重視し、誰もがいきいきと働ける環境を整備するほか、財務局とのさらなる連携・協働を推進する。また、データ活用的高度化による多面的な実態把握を推進する。 ● 国内外への政策発信力の強化のため、国際的ネットワークの強化を図るとともに、タイムリーで効果的・効率的な情報発信に戦略的に取り組む。 	

出典：金融庁（2022）「2022 事務年度金融行政方針（概要）」

¹²⁶金融庁（2022）2022 事務年度 金融行政方針：https://www.fsa.go.jp/news/r4/20220831/220831_main.pdf

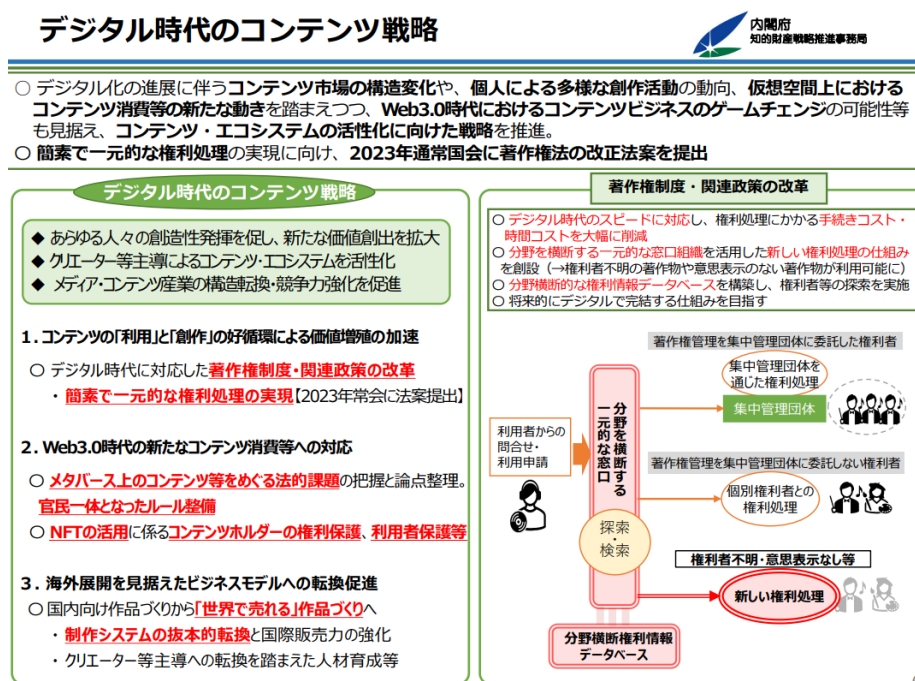
● 知的財産推進計画 2022（内閣府）

- ✓ 2022年6月に内閣府知的財産戦略本部にて「知的財産推進計画 2022」を公開。意欲ある個人や、スタートアップを始めとする新しいプレイヤーが、社会に蓄積された知財をフル活用できる経済社会へと変革していくことを目標としている。
- ✓ 本計画では、デジタル時代に対応した著作権制度の改革を進めることを重要視しており、Web3に関連して以下のような言及がされている。

【Web3に関する言及】

- ・ メタバースやブロックチェーン・NFTの活用といった新たな潮流が、仮想空間上における新たなコンテンツ消費や、デジタル経済圏の構築への動きを加速させている。
- ・ また、経済の領域では、コンテンツが、デジタルエコノミーにおける主要な「中間財」としての価値を併せ持つようになるなど、様々なビジネス領域でコンテンツの重要性が一層増大している。
- ・ デジタル化の進展は、コンテンツビジネスの潜在的市場の拡大を促し、チャンスをもたらすと同時に、市場のボーダレス化等により、これまでになかった厳しい競争環境も生じさせている。
- ・ このような状況の下、我が国が世界から愛されるコンテンツを持続的に製作していけるよう、個人による多様な創作活動等の力も取り込みながら、デジタル時代の変化を的確に捉えたメディア・コンテンツ産業の構造転換を進め、良質なコンテンツ創出のためのエコシステムの構築を図っていくことが必要である。

図表 3-74 デジタル時代のコンテンツ戦略¹²⁷



出典：内閣府（2022）「知的財産推進計画 2022（案）（概要）」

¹²⁷内閣府（2022）「知的財産推進計画 2022（案）（概要）」： <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/220603/siryou1.pdf>

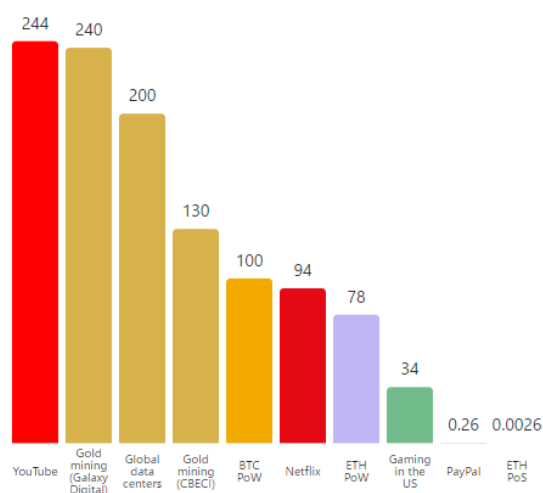
(イ) 主な研究開発の状況

本稿では Web3 の基盤技術であるブロックチェーンにおける研究開発動向を取りまとめる。

● プルーフ・オブ・ステークによる電力消費の削減 (Ethereum)

プルーフ・オブ・ワークは、ブロックチェーン上の合意形成メカニズムの一つである、プルーフ・オブ・ワークは世界中で競争している仮想マイナーが、プルーフオブワークブロックチェーンの保護や認証を競争。競争の勝者は、最新の認証されたトランザクションでブロックチェーンを更新でネットワークから事前に決められた金額の暗号資産を報酬として受け取ることが可能である。しかしプルーフ・オブ・ワークは、エネルギーを大量に消費しイーサリアムのようなスマート・コントラクトと互換性のあるブロックチェーンが生み出す膨大なトランザクションに対応するための拡張が困難である。

図表 3-75 年間エネルギー消費量(TWh)



Ethereum (2022) 「イーサリアムのエネルギー消費」¹²⁸

このような中で、電力消費量の大幅削減を可能としたのが、プルーフ・オブ・ステークである。プルーフ・オブ・ステークは、多くのコンピュータ資源を利用しないマイニング手法であることから、エネルギー消費量は大幅に削減される。またその他にもまた、新しいブロックを生成するために高価なハードウェアは必要としないため、エネルギー効率の向上、参入障壁の低下、ハードウェア要件の削減など多くの点で環境にやさしいコンセンサスメカニズムである。¹²⁹

● ブロックチェーン同士を安全につなげる技術「コネクションチェーン」(富士通)

ブロックチェーンを活用することで、トークンを様々な形で交換することで取引が可能になる「トークンエコノミー」という経済圏が生まれる。仮想通貨をはじめとする資産を相互に流通するサービスにおいて、これまで、取引や契約を自動化するスマート・コントラクトは一つのブロックチェーンに閉じ

¹²⁸Ethereum (2022) 「イーサリアムのエネルギー消費」: <https://ethereum.org/ja/energy-consumption/>

¹²⁹第一生命経済研究所 (2022) 「暗号資産 GX の衝撃」: <https://www.dlri.co.jp/report/ld/203077.html>

た範囲でしか動作せず、複数のブロックチェーンを横断した取引を実現が困難であった。これら課題を解消できるよう以下技術の研究を進める。

① スマート・コントラクトの拡張技術

発注や支払いなどの業務手続や契約処理を自動化するスマート・コントラクトを、複数のブロックチェーンが関わる処理にも適用できるように拡張。新たにブロックチェーン同士を連携させるためのノードをたて、接続用のブロックチェーンであるコネクションチェーンを構築。連携ノードを経由して2つのブロックチェーンから該当する取引処理が含まれるブロックのデータを抽出して各取引処理を紐付け、コネクションチェーン上で業務処理を含む一連の取引が一つのスマート・コントラクトとして自動実行可能になる。

アプリケーションではなく、ブロックチェーンそのものの仕組みを使って紐付けや業務処理を実行することで、透明性が確保され処理の正しさが確認可能となる。

② トランザクションの制御技術

従来のブロックチェーン取引には無い、資産の保留状態を実現する資産預託の概念を設計。システムを構成する全ブロックチェーンの取引処理に応じて資産の移動を制御する技術を開発。資産移転元では取引処理を確定させずに資産を一旦保留状態にして、移転先の通貨移動を確認してから資産移転元の取引状態を確定させるなど、各チェーンでの取引処理のタイミングを制御。これにより取引処理の待ち状態を発生させ、全体の成否に応じた取引処理の確定もしくは取消を実現。¹³⁰

¹³⁰富士通株式会社(2021)

「ブロックチェーンのセキュリティや信頼性の課題にグローバルワンチームで挑む」：
<https://www.fujitsu.com/jp/about/research/article/202101-blockchain.html>

3) 海外における研究開発の動向

(ア) 米国

● デジタル資産の研究開発加速を命じる大統領令に署名

米国のジョー・バイデン大統領は2022年3月、各省庁に対して暗号通貨などデジタル資産の研究開発の加速を命じる大統領令に署名。本大統領令では、消費者保護および金融アクセスの拡大、金融システムの安定と不正防止、国際競争力の強化と技術革新が優先事項に掲げられており、具体的には以下の事項に取り組んでいくと記述されている¹³¹。

- ✓ 財務省などはデジタル資産の拡大による金融市場への影響を評価し政策を提言する
- ✓ 金融安定監視委員会はデジタル資産の金融システムに対するリスクを特定し緩和する
- ✓ 関係省庁は協調して安全保障や不正対策に取り組み、国際的な枠組みの構築に向け同盟国と協働する
- ✓ 財務長官は関係省庁と協力して、決済システムの将来について報告書を作成する
- ✓ 米国政府はデジタル通貨に関する多国間の取り組みに参加し、国際的なリーダーシップを発揮する

今回の大統領令は、世界の中で出遅れた米国政府のデジタル通貨開発を加速させるだけでなく、ウクライナへの侵攻に伴って7つの銀行がSWIFT（国際銀行間通信協会）から除外されたロシアが、暗号資産経由で海外に送金する可能性があるため、それに対する牽制の目的もある。

● 暗号資産やブロックチェーンに関する規制方針策定（カリフォルニア州）

2022年3月にジョー・バイデン大統領が発出したデジタル資産の研究開発加速を命じる大統領令に呼応し、米国カリフォルニア州のギャビン・ニューサム知事は2022年5月、「Web3」に対応する知事令に署名。本知事例では、イノベーション促進と消費者保護の観点から、規制方針の策定プロセスを新たに開始し、今後、州政府など公的機関におけるブロックチェーン技術の活用方法のあり方についても検討していく方針。

同州は、規制方針の策定プロセスを開始するに当たり、優先事項として、ブロックチェーンで事業を行う企業に対して透明性かつ一貫性のあるビジネス環境を構築し、暗号資産を含むブロックチェーン技術のイノベーションを促進するための研究や人的環境を生み出す機会を見極めることなどを挙げている¹³²。

¹³¹日本貿易振興機構（ジェトロ）（2022）「バイデン米大統領、デジタル資産の研究開発加速を命じる大統領令に署名」：<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/03/894a8e852af3ca9b.html>

¹³²Governor Newsom Signs Blockchain Executive Order to Spur Responsible Web3 Innovation, Grow Jobs, and Protect Consumers：<https://www.gov.ca.gov/2022/05/04/governor-newsom-signs-blockchain-executive-order-to-spur-responsible-web3-innovation-grow-jobs-and-protect-consumers/>

(イ) 欧州

● 暗号資産規制枠組合意

2022年6月30日、EUの包括的な暗号資産規制枠組みであるMiCA¹³³が暫定合意。

MiCAは、金融サービスの現行規制枠組みの対象とならない暗号資産関連サービスの提供事業者を対象とし、すでに金融商品市場指令や電子通貨指令の適用対象となっている金融商品や電子通貨などには適用されない。

欧州委員会は、暗号資産が金融商品と同等のリスクが認められ、すでに金融商品として規制されている暗号資産は、引き続き金融資産として規制されるべきだとした。その一方で、特定の商品・サービスの支払いのみを目的とするなど、相対的にリスクの低い暗号資産は、金融資産と同水準の規制は過剰であり、イノベーションが阻害されると指摘。資産のリスクに相応の規制を行うべきとの立場を示した。本枠組みにより、投資者を保護し、金融安定性を確保するとともに、イノベーションを可能にして暗号資産セクターの魅力を高めるとしている¹³⁴。

なおこの規制の枠組みにおいて、NFTは現時点では新規制の対象外だが、今後の発展次第で再分類することも想定。

● 暗号資産のグローバルハブに向けた取り組み¹³⁵ (英国)

英国政府は2022年4月、英国を暗号資産技術の世界的なハブにする計画を発表。計画の一環として、暗号資産の一種であるステーブルコインを、有効な決済手段として認める方針を進めることを示す。今回発表した計画は同国の金融サービス分野が、科学技術の最前線を維持し、投資と雇用を呼び込み、消費者の選択肢を広げるためのものとしている。主な計画は以下のとおり¹³⁶。

- ✓ 企業の技術革新を支援する金融市場インフラサンドボックスを導入し、企業の実証とイノベーションを可能に。
- ✓ 暗号資産エンゲージメント・グループを設立し、金融業界と緊密に連携。
- ✓ 英国金融行為規制機構(FCA)は、2022年5月に規制政策策定にあたり金融業界関係者とのイベント「クリプトスプリント」を開催。将来の暗号資産体制に関する主な課題につき、業界から意見を直接募集。
- ✓ 暗号資産市場のさらなる発展促進のため、英国税制の競争力強化を模索。暗号資産の保有者が貸し出す分散型金融(DeFi)ローンの税務上の取り扱いなどを見直し。
- ✓ 非代替性トークン(NFT)を英国王立造幣局と共同で2022年夏に開発。

¹³³European Commission (2020) "Proposal for a Regulation on Markets in Crypto-assets": <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020PC0593>

¹³⁴日本貿易振興機構(ジェトロ)(2021)「EU デジタル政策の最新概要」:
https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/0a88cad7cdac3e5a/20210038.pdf

¹³⁵Government sets out plan to make UK a global crypto asset technology hub:
<https://www.gov.uk/government/news/government-sets-out-plan-to-make-uk-a-global-cryptoasset-technology-hub>

¹³⁶日本貿易振興機構(ジェトロ)(2022)「英国政府、世界的な暗号資産技術のハブ化に向けた計画を発表」:
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/04/7b81c7cb99fd031a.html>

(ウ)中国

● ブロックチェーン・NFT など web3 関連技術を活用した方針策定¹³⁷

中国・上海市人民政府総局は 2022 年 7 月に上海デジタル経済発展「第 14 次 5 年計画」の草案を発表した。本文書では、「デジタル技術と実体経済の深い融合を促進する」というミッションを掲げている。主な計画は以下の通り。

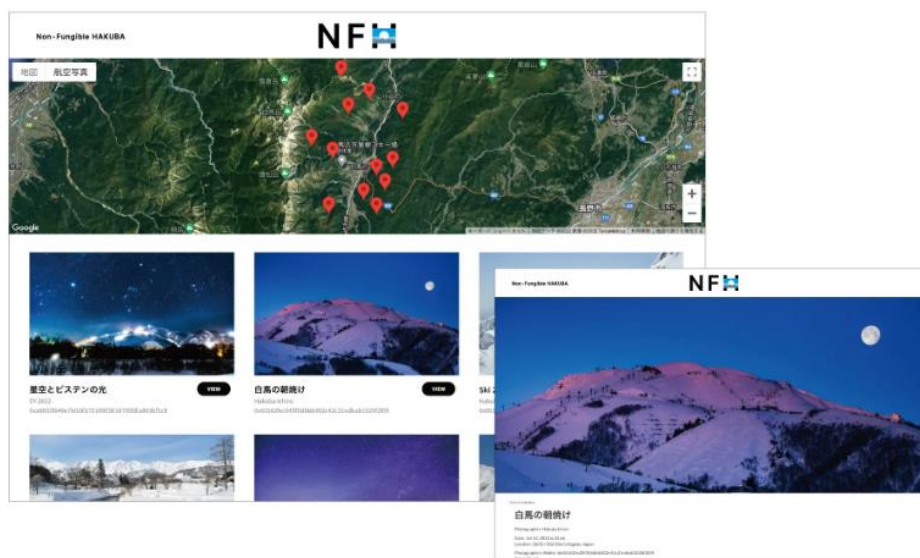
- ✓ ブロックチェーン技術のイノベーションシステムを構築し、ブロックチェーン発展エコロジーを構築する
- ✓ 国家ブロックチェーン統合インフラ「星火鎖網」の基幹ノードの構築を推進して、イノベーションとその応用に関する責務を引き受け、上海・静安区のブロックチェーン総合試験都市の建設を行う
- ✓ メタバース分野では、ボトムからアプリケーションまでチェーン全体のレイアウトを強化していく。バーチャルリアリティの技術を高め、プラットフォームの開発、バーチャルコンサートやバーチャルアイドル、バーチャルスポーツ等の新しいデジタルエンターテインメントの育成を推進
- ✓ Web3 推進に向けたインフラ整備も行っていく。高速かつ相互接続、安全、効率的なネットワーク・インフラを設計するとしており、5G ネットワークの商業規模の展開を加速し、5G 領域でのメタバースネットワークを構築
- ✓ 上海は、100 億元（約 2、055 億円）規模のメタバース支援のファンドを設立したことを 13 日に発表している。10 社の大手企業と 100 社の中小企業を育成することを目指す

¹³⁷上海市人民政府総局(2022.6.12)「上海におけるデジタル経済の発展のための第 14 次 5 年計画」：
<https://www.shanghai.gov.cn/hfbf2022/20220712/d3f5206dec5f4010a6065b4aa2c1ccce.html>

4) 国内における社会実装の最新動向

- 白馬村の写真をブロックチェーンに記録し特設サイトで公開し NFT 発行（白馬村観光局）
 - ✓ Web3 技術を活用した実証事件として、白馬村は「Non-FungibleHAKUBA」プロジェクトを実施。気候危機の影響で深刻な雪不足に直面してきた白馬村の美しい自然を改ざん不可能（Non-fungible）な記録として残すという意味を込めたプロジェクトとして、冬の白馬村の写真を募集し、写真に紐づく撮影情報（時刻・位置など）をブロックチェーンに記録し特設サイトで公開。写真投稿者へは証明書として NFT（Non-fungibleToken）を発行。
 - ✓ 今後の白馬村における本技術の活用を検討すべくファーストステップとして位置付ける。将来的には白馬村における様々なアクション（例えば環境負荷の低い観光・宿泊体験）を可視化し、その貢献度に応じて、より自然を楽しむためのインセンティブを提供することで観光業を中心とした白馬村の環境負荷低減に繋げることも構想¹³⁸。

図表 3-76 Non-FungibleHAKUBA 特設サイトイメージ



出典：NFTMedia 「Web3 技術を活用した実証実験を白馬村で開始」

¹³⁸NFTMedia 「Web3 技術を活用した実証実験を白馬村で開始」：<https://nft-media.net/nft-production/nft-hakubamura-final-ami/25563/>

- Web3 を活用した地域創成に向けた取組み（岩手県紫波町）

現在、日本国内では経済財政運営と改革の基本方針¹³⁹における多極化・地域活性化の推進に向けた取組として Web3 関連技術を推進するための環境整備を進めている。2022 年 6 月に岩手県紫波町では国内・国外様々な人材の結びつきを創り出すことで、新たな価値を創出に向けて、web3 の考え方及び技術を活用した「web3 タウン」の取組推進として複数のプロジェクトを表明した¹⁴⁰。

- ✓ 「地域課題の解決を目指す DAO の設立」

- ✓ 紫波町では web3 タウンの取組推進表明において、物理的な制約を超え、多様な人材を集結し、新たなアイデアなどによる地域課題の解決や地域通貨（トークン）の発行及び地域通貨を活用したふるさと納税などを実現した姿として「FurusatoDAO（ふるさとダオ）」を提示。

図表 3-77 FurusatoDAO（ふるさとダオ）のイメージ



出典：岩手県紫波町(2022.6.10)「Web3 タウンの表明について」

- ✓ 「ふるさと納税の返礼としたデジタルアートの NFT 化」

- ✓ 2022 年 10 月 1 日より日本初のブロックチェーンゲームとして「くりぶ豚（トン）レーシングフレンズ」にて使用できる NFT アイテムの提供を開始した。紫波町では、ふるさと納税の返礼品として、紫波町のブランド豚である「しわ黒豚」の精肉と「くりぶ豚レーシングフレンズ」ゲーム内で利用できる「紫波町オリジナルくりぶトン」の NFT とをセットにした返礼品を開発した

¹³⁹内閣府「経済財政運営と改革の基本方針 2022」（2022/6/7）（https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2022/2022_basicpolicies_ja.pdf）

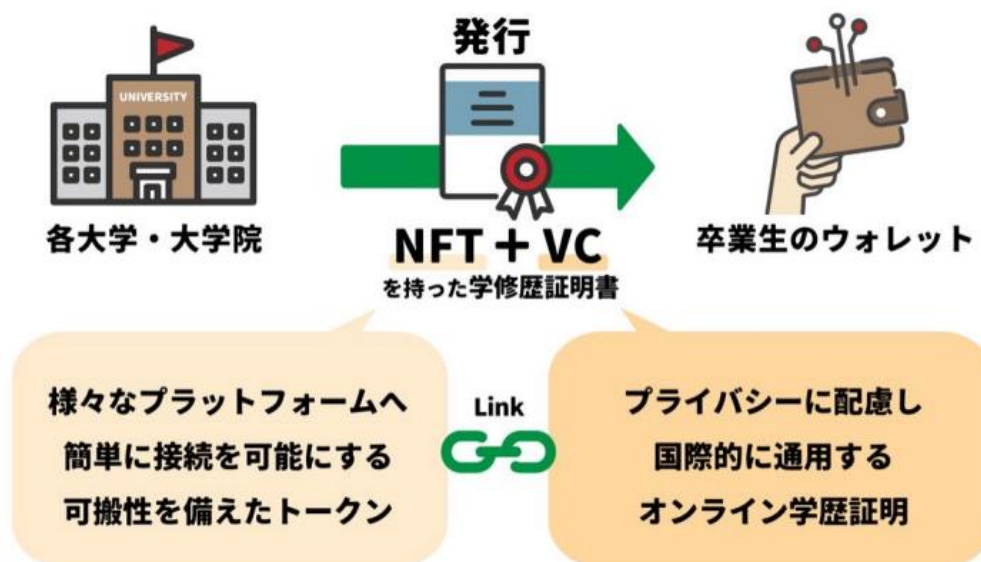
¹⁴⁰岩手県紫波町(2022.6.10)「Web3 タウンの表明について」

（https://www.town.shiwa.iwate.jp/material/files/group/26/web3town_shiwa-iwate_doc_20220610.pdf）

● **NFT を活用した個人証明の仕組み（千葉工業大学）**

- ✓ 千葉工業大学では NFT+VC(VerifiableCredentials)を持った学歴証明書を株式会社 PitPa と共同で開発。2022 年 8 月伊藤穰一がセンター長を務める千葉工業大学変革センターにて、NFT（非代替性トークン）による学修歴証明の発行を開始した。ポイントは下記の通り。
 - ・ 学修歴証明書をブロックチェーン上に記録し、改ざんを防ぎつつ、NFT として活用する証明書の発行は国内初の試み
 - ・ NFT 修得証明書は仮想通貨のウォレットで証明データを管理できるため、様々なプラットフォーム・フォームに接続し学びの成果をワンストップでアピールが可能に。ジョブ型雇用促進時代にいち早く対応
 - ・ 記録の改ざんができないブロックチェーン技術の強みを活かしつつ、学生のプライバシーにも配慮した仕様を盛り込んだことで情報漏洩リスクを軽減
 - ・ 雇用スタイルが変化する中、Web3 時代の到来に備え、世界標準のツールを用意することで国際人材の輩出を支援

図表 3-78 NFT と VC を活用した学歴証明の仕組み¹⁴¹



出典：千葉工業大大学(2022.8.18)「国内初！千葉工業大学で学修歴証明書を NFT で発行」

¹⁴¹千葉工業大大学(2022.8.18)「国内初！千葉工業大学で学修歴証明書を NFT で発行」：
<https://www.it-chiba.ac.jp/media/pr20220818.pdf>

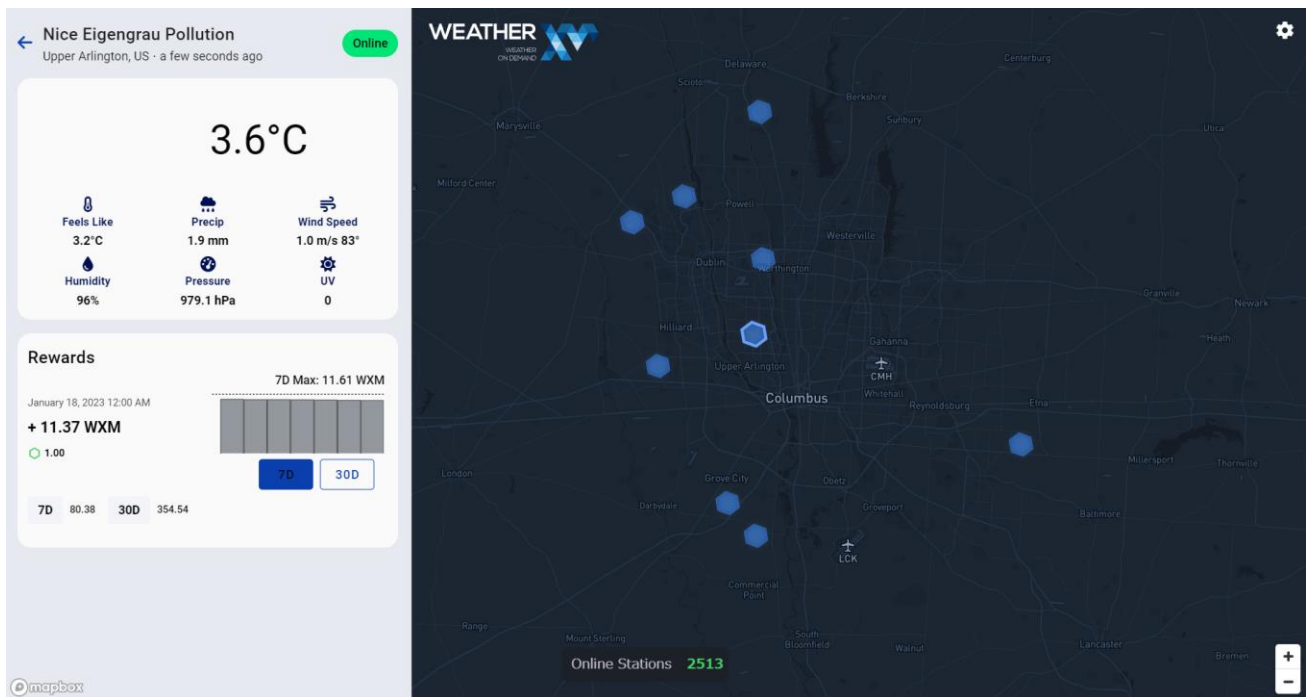
5) 海外における社会実装の最新動向

(ア) 米国

● 公共インフラサービスの分散化（気象ネットワーク weatherxm）

- ✓ 従来、インフラサービスは政府や企業がインフラを構築し、サービスを提供していたが、地域によって十分なインフラ構築が難しい課題があった。
- ✓ 近年、個人が企業からサービス提供のためのデバイスを購入し、インフラサービスを提供することでトークンを取得することが可能な分散型のインフラサービス提供の取組が行われている。
- ✓ WeatherXM は、トークンを活用した気象予測の精度を高めるサービスを開発している。ユーザは同社が販売する気象観測デバイスを購入し、自宅に設置したうえで気象データを提供することで WXM トークンを報酬として受け取れることができる。このように様々なユーザからデータを収集できるようになることで、政府や企業が提供する気象インフラが不十分な地域においても、気象予測の精度を高めることが期待されている。

図表 3-79 Weatherxm 上での気象データ提供事例¹⁴²



出典：WeatherXM

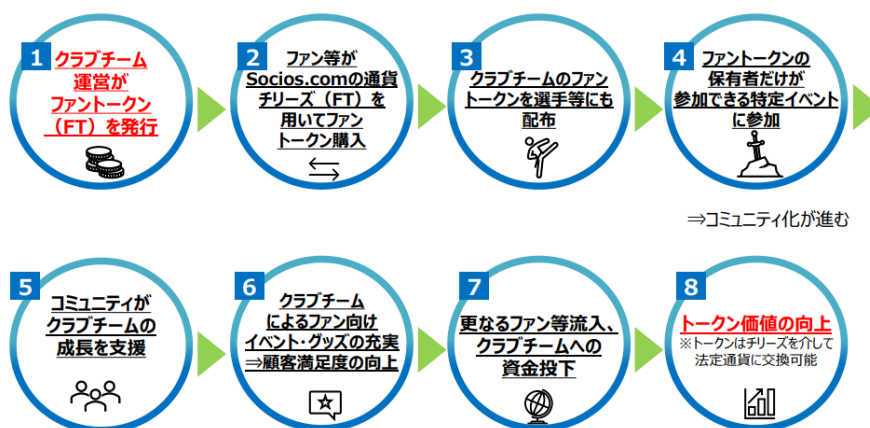
¹⁴²<https://explorer.weatherxm.com/>

(イ) 欧州

● DAO によるスポーツチーム所有

- ✓ 従来スポーツチームのオーナーとなれるのは限られた人のみであったが、Web3 の考え方のもと分散所有する形式が普及しつつある。
- ✓ 2020 年 6 月スペインのサッカーチーム FC バルセロナの公式ファントークンが発行された。トークン所有者は暗号資産のように売却益の利益だけでなく、チーム運営に携わる等の特典を受けられるようになっており、よりチームを身近に感じることができる仕組みが構築されている。

図表 3-80 Socios.com で扱われるファントークンの事例¹⁴³



出典：経済産業省(2022.12.16)「Web3 事業環境整備の考え方」

¹⁴³経済産業省(2022.12.16)「Web3 事業環境整備の考え方」:

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shin_kijiku/pdf/010_03_01.pdf

(5) グリーン ICT

1) 技術概要

(ア) グリーン ICT とは

電力需要は経済成長や情報化社会の進展などを背景に増加を続け、エネルギー消費量全体に占める電力消費量の割合（電力化率）は40%以上を占めるまで高まった。

生活水準の向上や、快適な生活を求めるなかで、冷暖房をはじめとした生活における電化機器の普及はますます進み、コンピュータや通信などIT革新による高度情報化社会が進展することもあいまって、産業、生活のあらゆる側面で、電気の役割はますます増している。このようなことから、電気を効率的に利用するための取組は、地球資源の枯渇ばかりでなく、地球環境問題、特に温室効果ガスの削減にとってますます重要になっている。

このような背景を踏まえ、環境負荷の低減に対しても、新しい技術を個別に開発や導入するだけでなく、エネルギーの生産や流通、消費を互いにネットワーク化し、システム全体を最適化することでの解決など、ICT技術を活用し、温室効果ガス削減をめざすことをグリーンICTという。

グリーンICTとは、上記電力需要の大幅増加を背景に、情報技術による脱炭素社会構築に向けた社会や企業の環境負荷低減技術のことをいい、以下の2つの観点がある。

① ICT自身のグリーン化（Green of ICT）

- ・ 新たな技術の開発・導入により、パソコンやサーバ、ルータなどのICT機器そのものやデータセンタなどのICT関連施設、さらにはネットワークを含めたICTシステム全体の環境負荷を低減

② ICTによるグリーン化（Green by ICT）

- ・ 家庭や企業など社会全体でICTを活用することで業務効率化や人・物の移動の削減などを図り、グリーン社会の実現を促進

(イ) 技術の発展の方向性

- ✓ G20 リヤドサミットにて、菅義偉総理大臣(2021年当時)は、2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」の実現を目指す決意を表明。グリーンなデータセンタ推進・次世代情報通信インフラ整備等を推進し、日本が世界一のグリーン・デジタル大国となることを目指す。
- ✓ 成長戦略実行計画によると、カーボンニュートラルは製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。これらを踏まえ、①デジタル化によるエネルギー需要の効率化と、②デジタル機器・情報通信自体の省エネ・グリーン化の2

つのアプローチを両輪として推進していく必要がある¹⁴⁴。

- ✓ 省エネ・グリーン化の目標としては、中長期的には以下のような目標が掲げられており、2023年度以降はゼロエミッション・データセンターの先行事例創出や、データセンターの国内立地促進に向けた補助事業・制度支援が必要とされる

【2030年目標】

- ・ 全ての新生設 データセンターの30%省エネ化及び国内データセンターの使用電力の一部の再エネ化
- ・ データセンターの省エネ化に向けた、サーバを構成する要素デバイスの高性能化・省エネ化技術に、光配線技術といった光エレクトロニクス技術を融合（光電融合）したシステムの開発・実証
- ・ 光通信技術を活用することによる、ネットワーク全体における100分の1の超低消費電力化（2021年比） など

【2040年目標】

- ・ 半導体・情報通信産業のカーボンニュートラル など

¹⁴⁴内閣官房（2021）「成長戦略実行計画」：<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/pdf/ap2021.pdf>

2) 国内における研究開発の動向

(ア) 研究開発を推進する国の取り組み

● 成長戦略実行計画（内閣官房）

2020年11月に開催されたG20リヤドサミットにて、菅義偉総理大臣(2021年当時)は、2050年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」の実現を目指す決意を表明。

本宣言を踏まえて政府方針として2021年6月に成長戦略実行計画を策定。情報通信産業のグリーン化に対して以下のように言及。

- ・ カーボンニュートラルは製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。
- ・ したがって、①デジタル化によるエネルギー需要の効率化と、②デジタル機器・情報通信自体の省エネ・グリーン化の2つのアプローチを両輪として推進。
- ・ 2030年までに全ての新設データセンタの30%省エネ化及び国内データセンタの使用電力の一部の再エネ化、2040年に半導体・情報通信産業のカーボンニュートラルを目指す。

またその他にも、カーボンニュートラルは電化社会が前提となりグリーン成長戦略を支えるのは、強靱なデジタルインフラであると言及。環境関連分野のデジタル化により、効率的、効果的にグリーン化を進めていき、世界のグリーン産業を牽引し、経済と環境の好循環を作り出していくことを。

● 緊急提言～未来を切り拓く「新しい資本主義」とその起動に向けて～（内閣官房）

2021年11月、「成長と分配の好循環」と「コロナ後の新しい社会の開拓」をコンセプトとした新しい資本主義を実現することを目指し、「緊急提言～未来を切り拓く「新しい資本主義」とその起動に向けて～」を内閣官房にて閣議決定。

本提言では、6Gの2030年頃の導入を見据え、現在使われている電気通信技術に代えて、ネットワークから端末まで全てに光通信技術を活用することにより、基幹ネットワークにおける現在の100倍の通信速度とネットワーク全体における現在の100分の1の超低消費電力を同時に実現する革新的な技術を今後5年程度で確立することを目指して、ネットワーク技術やコンピューティング技術に関する研究開発を支援することを掲げる¹⁴⁵。

● 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（経済産業省）¹⁴⁶

経済産業省は「成長戦略実行計画」の内容を踏まえ、「グリーン成長戦略」を具体化。①デジタル化によるエネルギー需要の効率化②デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化の2つの方向性を示す。

¹⁴⁵内閣官房（2021）「緊急提言～未来を切り拓く「新しい資本主義」とその起動に向けて～」：

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/atarashii_sihonsyugi/pdf/kinkyuteigen_honbun_set.pdf

¹⁴⁶ 経済産業省（2021）「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」：

https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/ggs/pdf/green_honbun.pdf

① デジタル化によるエネルギー需要の効率化

- ・ DX 推進、グリーンなデータセンタの国内立地推進、次世代情報通信インフラ整備を進めることで、日本が世界一のグリーン・デジタル大国となることを目指す。
- ・ 今後、社会・経済システム、企業の DX 進め、2030 年には、DX 関連の市場規模で 24 兆円獲得を目指す。
- ・ デジタル化が更に進み、新たなデジタルサービスを提供するためにも、データセンタ拠点の整備、データセンタ国内立地を進めることが重要である。また、データセンタが社会・経済の重要インフラとなる中、レジリエンスの観点がこれまで以上に重要になってきている。
- ・ 同時に、データセンタの国内立地促進に向け、データセンタのゼロエミッション化・レジリエンス強化のモデル創出や再エネなど脱炭素電源の導入を促進するための実証・補助事業・制度支援等を実施する。
- ・ また、データセンタの立地促進のためには、脱炭素電力の購入の円滑化を進める必要がある。このため、需要家の利便性向上に向け、非化石価値取引市場などの制度の在り方の検討を進める。これらの取組により、2030 年には、国内データセンターサービス市場 3 兆円、データセンタ投資 1 兆円規模を目指す。

図表 3-81 情報通信産業の成長戦略「工程表」(デジタル化によるエネルギー需要の効率化)

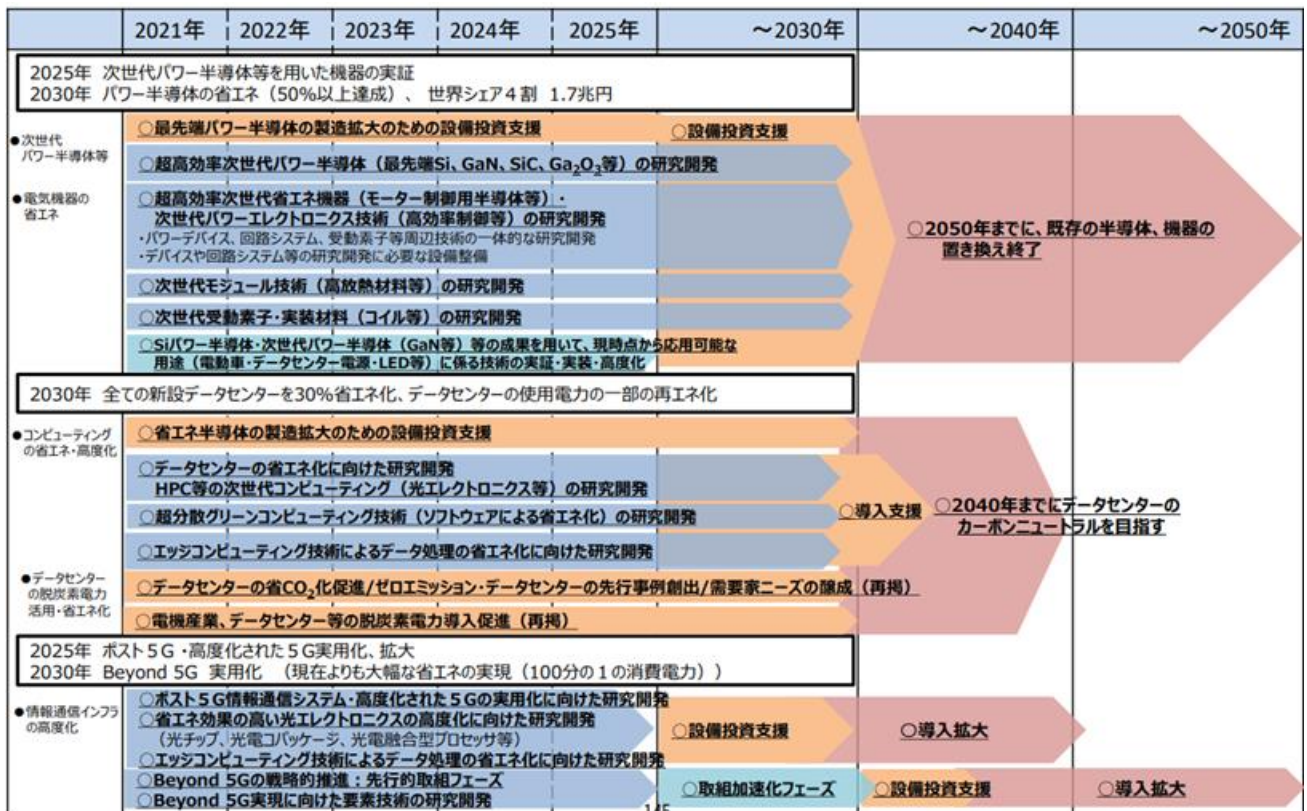
	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
2030年 DX関連市場 2.4兆円達成								
●DX推進	○各産業・企業や地域におけるDXをさらに加速するための方策の検討 ・重点領域(人・物の物理的移動を伴う産業や、大量の電力を使用する産業)のDXによる省エネ化検討						○電化、DXの更なる推進	
●ソフトウェア開発	○次世代クラウドソフトウェア、プラットフォームの研究開発、実証			○実証		○コスト低減等導入支援		
●デジタル技術を用いた省CO ₂ 促進	○デジタル技術の活用による地域の省CO ₂ 化推進のための実証						○コスト低減等導入支援	
2030年 データセンターサービス市場 3兆円、データセンター投資 1兆円規模								
●データセンター国内立地推進	○データセンターの立地促進 ・データセンターの省CO ₂ 化促進/ゼロエミッション・データセンターの先行事例創出/需要家ニーズの醸成 ・インターネットトラフィックの地域分散化						○国内グリーン・データセンターの拡大	
●データセンター早期立地に向けた検討	○データセンターの早期立地に向けた立地計画策定等の政策パッケージの検討			○データセンター国内早期立地のための新たな仕組みの運用開始				
●脱炭素電力非化石証書の購入拡大	○脱炭素電力調達促進に向けた各制度の在り方の検討							
●再エネ導入支援	○電機産業、データセンター等の再エネ導入促進							
2025年 ポスト5G・高度化された5G実用化、拡大 2030年 Beyond 5G 実用化 (現在よりも大幅な省エネの実現 (100分の1の消費電力))								
●情報通信インフラの高度化	○ポスト5G情報通信システム・高度化された5Gの実用化に向けた研究開発						○導入拡大	
	○省エネ効果の高い光エレクトロニクスの高度化に向けた研究開発 (光チップ、光電コパッケージ、光電融合型プロセス等)					○設備投資支援		
	○エッジコンピューティング技術によるデータ処理の省エネ化に向けた研究開発							
	○Beyond 5Gの戦略的推進：先行的取組フェーズ					○取組加速化フェーズ	○設備投資支援	○導入拡大
	○Beyond 5G実現に向けた要素技術の研究開発							

出典：経済産業省 (2021) 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

② デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化

- データセンタの省エネ化に向けて、サーバを構成する要素デバイス（CPU、アクセラレータ、メモリ等）の高性能化・省エネ化技術に、光配線技術といった光エレクトロニクス技術を融合（光電融合）したシステムの開発・実証や、データセンタを制御するソフトウェアによる性能・消費電力の最適化技術を開発、省エネ半導体の製造拡大のための設備投資支援を行う。
- また、データセンタでの脱炭素電力の利活用や、再エネ活用型データセンタの需要サイドでのニーズ醸成等を促進する。こうした取組により、2030年までにすべての新設データセンタの30%以上の省エネ化、国内データセンタの使用電力の一部の脱炭素化を目指す。
- IoTや自動運転、スマートシティ等の新たなサービスの普及においては、多量の機微情報を含むデータ処理が必要となる。従来のようにエッジ側で取得したすべてのデータ処理をクラウドで実施すると、ネットワークやデータセンタの電力消費が増大してしまうため、データ処理の安全性を確保しつつ複数のクラウドを効率的に相互接続する連携基盤を確立するとともに、エッジコンピューティングによってクラウドに送信するデータ量やクラウドで処理するデータ量を必要最小限として、ネットワークやデータセンタの負荷を低減させて、情報通信インフラの30%以上の省エネ化を目指す。

図表 3-82 情報通信産業の成長戦略「工程表」（デジタル機器・産業の省エネ・グリーン化）

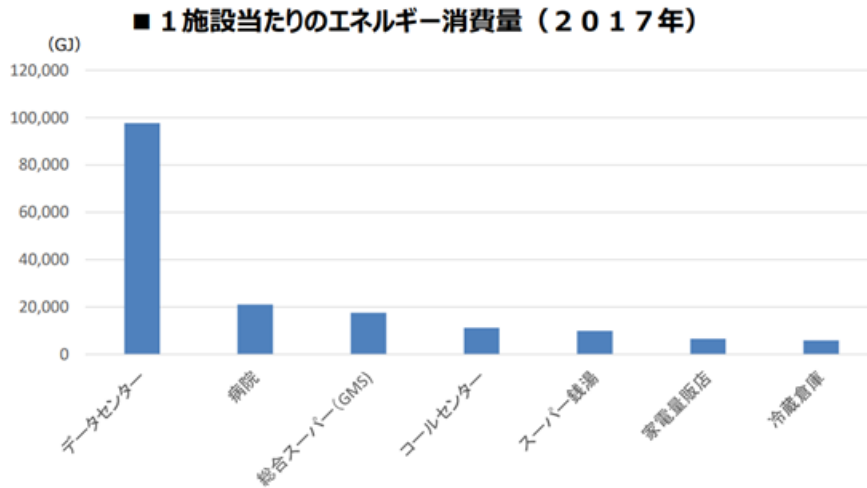


出典：経済産業省（2021）「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」

● デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会合（経済産業省）

- ① データセンタは、サーバやルータ等のIT機器が高密度に配置され、消費電力が高い構造であり、今後のデータセンタの増加に向けて、消費電力の増加が懸念され、グリーン化の取組が不可欠である。

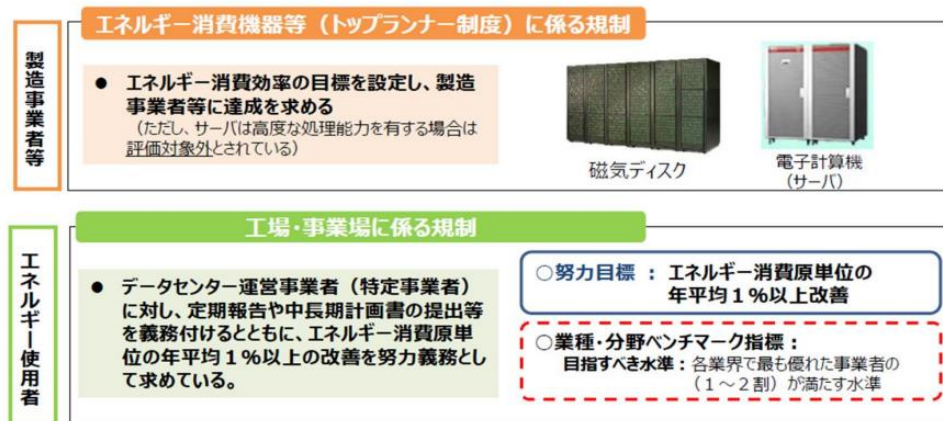
図表 3-83 一施設当たりのエネルギー消費量¹⁴⁷



出典：経済産業省（2021）「デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会合（第1回事務局説明資料）」

- ② このような状況を踏まえてデータセンタに係る省エネを進めるため、サーバ等の製造事業者等に対して機器のエネルギー消費効率基準を定めるとともに、エネルギー使用者に対してエネルギー消費原単位の年1%改善の努力義務を課している。

図表 3-84 データセンタに係る省エネ法の規制概要



出典：経済産業省（2021）「デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会合（第1回事務局説明資料）」

- ③ また省エネを更に深掘りしていくため、データセンタ業共通の省エネ目標（ベンチマーク）を定

¹⁴⁷ 経済産業省（2021）「デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会合（第1回事務局説明資料）」：
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/digital_infrastructure/0001/03.pdf

めることを「経済産業省主催の総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会工場等判断基準ワーキンググループ」が検討を進める¹⁴⁸。

● 脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム（NEDO）¹⁴⁹

- ① 「省エネルギー技術戦略」として、NEDO が特定した重点的に取り組むべき「重要技術」を中心に、2040 年に高い省エネルギー効果が見込まれる技術開発を支援し、我が国における脱炭素社会を実現しつつ、産業競争力の強化を目指すプログラムを企画。

図表 3-85 省エネルギー技術戦略に定める重要技術



※赤字は新規に追加した重要技術。青字は要素技術等を部分的に追加した重要技術。

出典：国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（2023）

「2023 年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」に係る公募について」

¹⁴⁸ 経済産業省（2022）「総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 中間取りまとめ」：

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/sho_energy/kojo_handan/pdf/20220324_1.pdf

¹⁴⁹ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（2023）

「2023 年度「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」に係る公募について」：
https://www.nedo.go.jp/koubo/DA2_100313.html

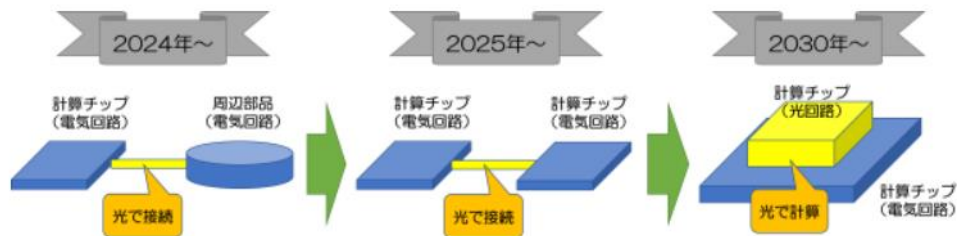
(イ) 主な研究開発の状況

グリーン ICT では、研究開発が活発である Green of ICT の動向を紹介したい。

● 光電融合技術によるデータセンタの省エネ化 (NTT)¹⁵⁰

- ① コンピュータが行う計算について、従来電気で行なっていた計算を、光を用いた処理に置き換える研究が進められている。光は電気に比べてエネルギー消費が小さく、遅延も起きにくい。エネルギーの無駄遣いや処理の遅れを大幅に減らすこと可能となる。このように電気に加えて光を用いることで消費電力を抑える技術である光電融合により、データセンタの消費電力を目指す。
- ② しかし、光から電気への変換処理には部品の追加が必要になる。このため通常の電気回路と比べて電気を余計に消費してしまい、回路が大型化しやすく、こうしたデメリットが、省エネなどのメリットを上回ってしまえば光電融合に意味はないとされている。
- ③ このような中で問題の解決に役立つ素子として半導体として使われるシリコンなどに極めて小さい穴を開けた「フォトニック結晶」である。フォトニック結晶を用いることで、計算を行うチップを超小型化が可能となり、光が通る際の発熱量はチップのサイズが小さいほど抑えられるので、大幅な省エネ化が可能となる。
- ④ NTT は計算に使うチップと周辺部品を光でつなぐ技術を確立。フォトニック結晶が計算チップの小型化をもたらし、消費エネルギーを従来の 100 分の 1 以下に低減させることに成功。次の段階ではチップ同士を光で接続した上で、2030 年の最終段階において光で計算する光電融合チップの実用化を目指す。

図表 3-86 「光電融合」開発ロードマップ



出典：リコー経済社会研究所 (2022)「データセンタを省エネ化、「光電融合」とは？」

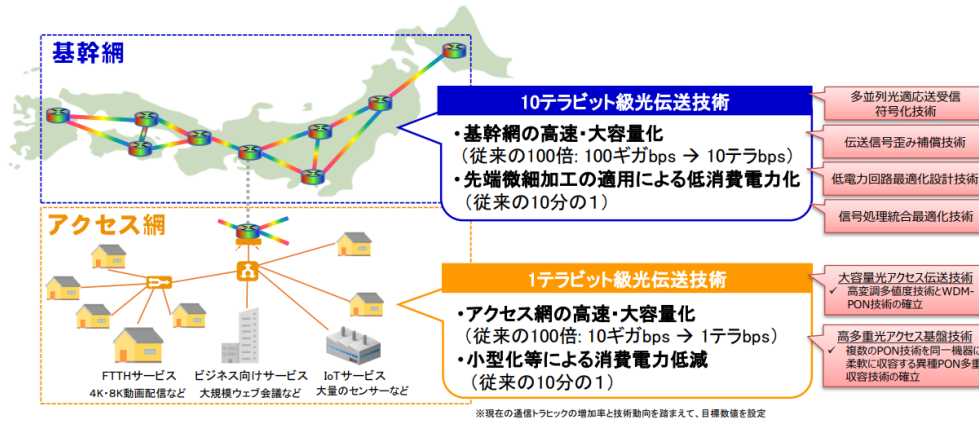
● グリーン社会に資する先端光伝送技術の研究開発 (古河電工)

- ① ICT サービスの急速な拡大による通信トラフィック及び消費電力の急速な増大に対応するため、アクセス網では 1 テラビット級の光伝送技術、基幹網では 10 テラビット級の光伝送技術等の高速大容量化、更には低消費電力化の実現に向けた研究を古河電気工業株式会社、沖電気工業株式会社、東北大学、近畿大学、慶應義塾大学、エピフォトニクス株式会社を実施。

¹⁵⁰ リコー経済社会研究所 (2022)「データセンタを省エネ化、「光電融合」とは？」:

https://blogs.ricoh.co.jp/RISB/technology/post_773.html

図表 3-87 グリーン社会に資する先端光伝送技術の研究開発概要¹⁵¹

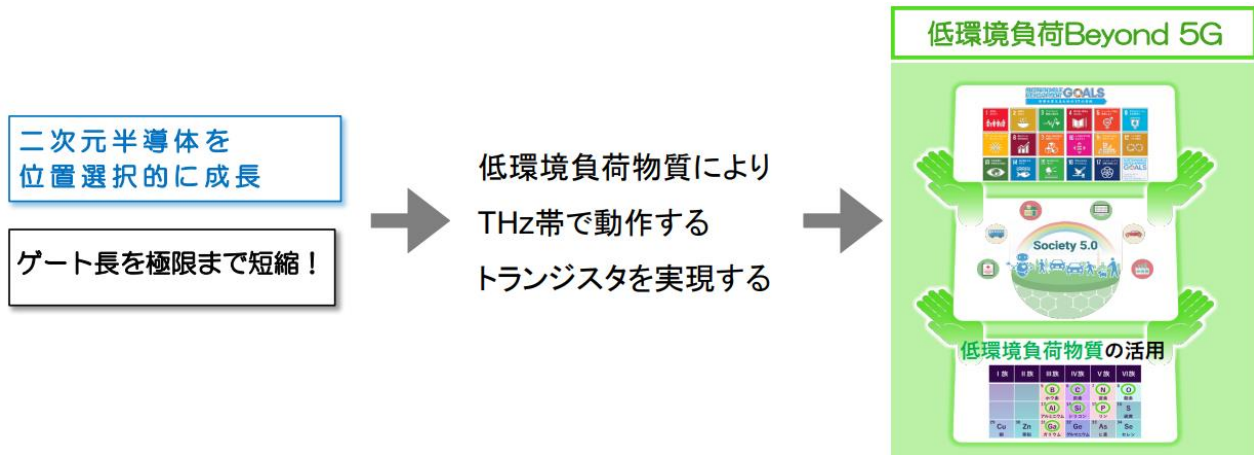


出典：総務省（2022）「グリーン社会の実現に向けた総務省の施策」

● 単原子長ゲートによる低環境負荷から成る高出力 THz 増幅器の創出

- ① 東北大学、産業技術総合研究所、東京大学、筑波大学、広島大学が共同となり、「単原子長のゲート作製技術」と「バンドギャップの大きな二次元半導体の位置選択的成長技術」を創出して組み合わせることで、低環境負荷物質から成る THz 帯トランジスタ創出を目指す。
- ② 本トランジスタが実現されれば、既存の THz 帯トランジスタよりも高出力で、5G よりも二桁以上速い情報伝送・一桁程度の低消費電力化が可能になると期待される¹⁵²。

図表 3-88 単原子長ゲートによる低環境負荷から成る高出力 THz 増幅器の創出イメージ



出典：情報通信研究機構「Beyond5G 研究開発促進事業委託研究 単原子長ゲートによる低環境負荷物質から成る高出力 THz 帯増幅器の創出」

¹⁵¹ 総務省（2022）「グリーン社会の実現に向けた総務省の施策」：

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/green_transformation/pdf/007_05_00.pdf

¹⁵² 情報通信研究機構「Beyond 5G 研究開発促進事業委託研究 単原子長ゲートによる低環境負荷物質から成る高出力 THz 帯増幅器の創出」：https://www.nict.go.jp/collabo/commission/B5Gsokushin/B5G_05901.html

- **省エネ AI 半導体及びシステムに関する技術開発¹⁵³**

- ① デジタル化の進展に伴う情報量の急増により効率的な情報処理が求められている。このような背景を踏まえ、端末側でも分散して情報処理を行う、エッジコンピューティングの開発が進んでいる。エッジコンピューティングの高性能化に向け、半導体の微細化技術に加えて、特定用途向けに特化した AI 半導体と CPU 等を組み合わせたヘテロジニアスコンピューティング技術が必要である。本事業では、主要な用途における AI 半導体の高度化及びそれを組み込んだヘテロジニアスコンピューティングチップに加えて、これらを活用したシステムの研究開発を実施する。
- ② 本研究の最終的な目標は以下の 2 点として、本事業で開発した技術の普及により、令和 14 年度約 1,373 万 t CO₂ 削減する見込み
 - ① AI 半導体若しくは AI 半導体を活用したシステムの 5 倍以上の低消費電力化
 - ② データの収集、蓄積、解析など、IoT 社会全体の高度化に資する基盤的な技術開発を推進し、当該技術におけるエネルギー効率を 10 倍以上向上

¹⁵³ 総務省「研究開発事業に係る事前評価書」：https://www.soumu.go.jp/main_content/000839750.pdf#page=48

3) 海外における研究開発の動向

(ア) 米国

大統領府 FY2024R&D 優先事項として、気候変動への取組み（気候科学、クリーンエネルギー・気候技術、気候変動への適応とレジリエンス、自然に基づく気候の解決策、GHG モニタリング）を掲げる。

また DOE エネルギー効率・再生可能エネルギー局と NSF の連携強化も掲げられており、バイオエネルギー、建物、水処理、水素・燃料電池、再生可能エネルギー、農業、クリティカルマテリアル、製造、新技術の社会・行動・経済的側面、政策などの分野での連携を目指す。

(イ) 欧州

欧州連合（EU）で 2019 年 12 月に発足したウルズラ・フォン・デア・ライエン委員長率いる新欧州委員会では、2019 年から 2024 年の 5 年間にわたって取り組む 6 つの優先課題を打ち出しており、その一つである「欧州グリーン・ディール（EuropeanGreenDeal）」は、EU からの温室効果ガスの排出を実質ゼロにする、EU 環境政策の全体像を示したものだ。

欧州グリーン・ディールでは、全ての政策分野において気候と環境に関する課題をチャンスに変えるという欧州委員会の決意の下、2030 年の温室効果ガスの削減目標の引き上げ、必要な法制、対象とする産業、投資額や手段をはじめ、具体的な行動が明示¹⁵⁴。

2020 年 3 月 11 日に発表された新たな循環型経済行動計画は、特に資源集約型分野として、電子・情報通信機器をはじめ繊維、建設・建物、プラスチック、食品、包装にも焦点を当てている¹⁵⁵。

電子・情報通信機器においては、再利用と修理の促進、早期の陳腐化防止による製品の長寿命化を目的に、既存・新規の政策手段を活用した「循環型電子機器イニシアチブ」（CircularElectronicsInitiative）を提案。

エコデザイン指令の枠組みの下で携帯電話やタブレット端末、ラップトップ・コンピューターに関する新たな規制措置を導入すること、電子機器・情報通信機器を「修理する権利」行使の優先分野とすること、携帯電話などの充電器共通化などの規制を導入すること、が盛り込まれた。さらに、使用済みの携帯電話やタブレット、充電器の回収制度も検討するとしている¹⁵⁶。

2022 月からは EU タクソノミー気候委任法（EUTaxonomyClimateDelegatedAct）が施行。EU 本法では、6 つの環境目標のうち、気候変動の緩和と気候変動への適応についての基準が示されており、情報通信は双方の基準で具体的な取り組みが掲げられる¹⁵⁷。

¹⁵⁴ EUMAG (2020) 「脱炭素と経済成長の両立を図る「欧州グリーン・ディール」」: <https://eumag.jp/behind/d0220/>

¹⁵⁵ 日本貿易振興機構（ジェトロ）(2020) 「欧州グリーン・ディールの概要と循環型プラスチック戦略にかかわる EU および加盟国のルール形成と企業の取り組み動向」 :

https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/01/a4731e6fb00a9859/20190051_01.pdf

¹⁵⁶ 日本貿易振興機構（ジェトロ）(2020) 「製品ライフサイクル全体で循環型経済を推進（EU）」:

<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2020/0601/c648d5d12f7ec61a.html>

¹⁵⁷ European Commission 「EU Taxonomy: Commission presents Complementary Climate Delegated Act to accelerate decarbonisation」: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_711

- ・ 気候変動の緩和
 - ✓ データ処理、ホスティングおよび関連業務
 - ✓ 温室効果ガス削減のためのデータ活用ソリューション
- ・ 気候変動への適応
 - ✓ データ処理、ホスティングおよび関連業務
 - ✓ コンピュータープログラミング、コンサルティングおよび関連業務
 - ✓ 番組制作および放送業務

(ウ) 中国

工業情報化部は国家発展改革委員会、財政部、生態環境部、国家エネルギー局と連名で『情報通信業界のグリーン・低炭素化発展の活動計画（2022～2025年）』を公表。情報通信産業におけるグリーン電力の導入拡大や設備更新などを中心に、情報通信産業の低炭素化に向けた具体的な取り組みと目標などを示す¹⁵⁸。

2025年までに情報通信業界における省エネ・排出削減は大きな進展を遂げ、業界全体の資源利用効率が大幅に上昇。データ通信に伴うエネルギー消費量の比率を20年比20%削減、通信業務全体のエネルギー消費量も同15%削減する。

2030年までに、情報インフラ施設のエネルギー利用効率が世界先進水準に達し、サプライチェーンのグリーン化・健全化が社会全体の低炭素化を後押しすると明記。

具体的な計画としては、以下が掲げられる。

- ・ データセンタや通信基地局、サーバールームという3種類の重点施設に照準を合わせ、低炭素化に向けた設備更新・アップグレードを推進
- ・ 情報インフラ施設の低炭素化を推進し、毎秒1テラビット以上の大容量・低損失の光ファイバ網を導入する。ネットワーク仮想化（NFV）やAI（人工知能）などの新技術の普及により計算資源（計算力）配分の最適化を図る

また2030年目標、2060年目標の達成に向けて科学技術革新が役割を十分に発揮できるようにするための計画である「カーボンピークアウトとカーボンニュートラルを支える科学技術実施計画（2022～2030）」を立案。本計画を通じて2025年までにGDPあたりCO₂排出量の'05年比65%以上削減、GDPあたりエネルギー消費量の継続的な大幅削減も目指す。

¹⁵⁸ 工业和信息化部等七部门关于印发信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025年）的通知：
https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/tz/art/2022/art_a6e264bf71ed44549904c9e27aeba472.html

図表 3-89 「カーボンピークアウトとカーボンニュートラルを支える科学技術実施計画」の10項目

目 159

1	エネルギーのグリーン・低炭素転換に向けた科学技術による支援行動 例) 石炭のグリーン・高効率な利用、新エネの系統連携と余剰電力解消、再エネ高効率利用、石炭由来グリーン燃料、ハルケミカル等に関する研究開発の推進。
2	低炭素・ゼロカーボン工業プロセスの再製造技術ブレークスルー行動 例) 鉄鋼、セメント、化学工業、非鉄金属の重点工業業界における原料燃料の代替、ショートプロセス製造、低炭素技術の統合・結合・最適化などに係る研究開発、DX推進、廃棄物の高品質リサイクル、高付加価値材料化などの研究開発。
3	都市・農村建設および交通の低炭素・ゼロカーボン技術の難関攻略行動 例) 地域・建築エネルギーシステム（電源・送配電網・負荷・貯蔵・使用）の技術・設備の研究、建築物の高効率な電化、コジェネ（新エネや火力・工業排熱の地域ネットワーク、長距離熱供給等）、モビリティへのクリーンエネルギー動力技術応用、航空機の高効率型エネルギー動力技術利用、効率的なトラクションインバータ・電子制御システム技術、グリーン・スマート交通。
4	カーボンマイナスおよびCO2以外の温室効果ガス排出削減の技術能力強化行動 例) CCUS（BECCSや海洋塩水層への貯留技術含む）、炭素吸収量算定と監視技術（衛星フィールド観測に基づく生態系炭素吸収量の重要パラメータの決定と計量技術、ビッグデータ融合に基づく炭素吸収量シミュレーション技術など）、生態系の炭素固定・吸収源増加技術（陸上・海洋生態系）、メタン・N2O・フッ素系ガスの監視・排出抑制および代替技術。
5	最先端の破壊的な低炭素技術革新行動 例) 太陽電池、新型原子力発電技術、グリーン水素製造、エネ貯蔵（電池）、エネ変換技術、CO2高付加価値化・変換利用技術、大気中CO2回収技術などの重点方向の基礎研究の支援、学際的融合の強化、破壊的技術の予測・発見・評価・早期警告メカニズムの確立。
6	低炭素・ゼロカーボン技術の実証行動 例) 技術実証プロジェクト（風力・太陽光補完、VPP、工業プロセス、グリーン・スマート交通、建築、CCUS）、地域総合実証プロジェクト、新エネ・再エネ、建築、交通、CCUS、エネ貯蔵などの技術の規格体系の構築加速。
7	CO2排出量ピークアウト、カーボンニュートラル管理の意思決定支援行動 例) 基幹技術のリスト、技術開発ロードマップ、重点研究開発任務リストの作成・更新、CO2排出量監視・計量・検査システムの構築、規格参考データベースの構築強化、気候力バランス戦略と経路の研究、総合的な意思決定支援モデルの開発。
8	CO2 排出量ピークアウト、カーボンニュートラル革新プロジェクト、基地、人材の相乗効果向上行動 例) NSFCでの「国家カーボンニュートラルに向けた重大な基礎科学問題と対策」特別プロジェクトの実施、国家重点実験室（再エネ、大規模エネ貯蔵、新エネ自動車等）、国家技術革新センター（工業分野の省エネ・グリーン生産、スマート建築・交通、CCUS等）、中小企業支援研究開発機関の設立、科学技術リーダー人材や革新チームの特定・育成。
9	グリーン・低炭素科学技術企業の育成・サービス行動 例) グリーン技術サービス産業、「ハードテクノロジー」企業の育成支援、科学技術成果の移転や実用化を支援する基金の活用。
10	CO2 排出量ピークアウト、カーボンニュートラル科学技術の革新における国際協力行動 例) 国際的な大型科学プロジェクトの立ち上げ検討など。

出典：研究開発戦略センター（2022）カーボンニュートラル実現に向けた国内外 STI 動向

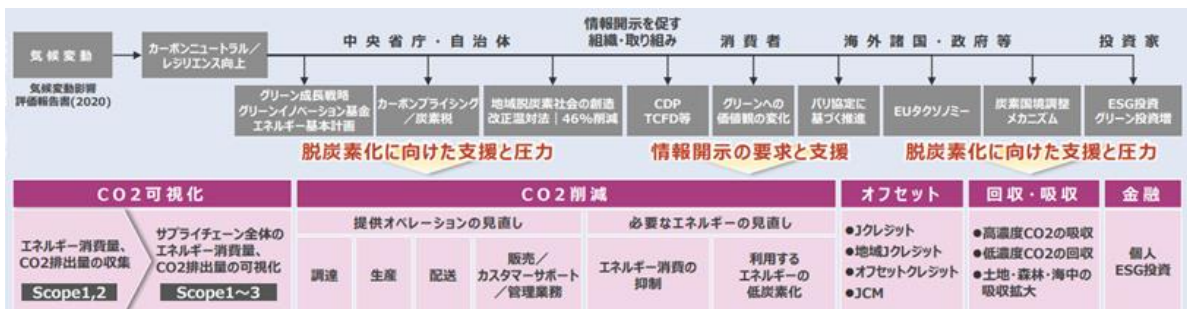
¹⁵⁹ 研究開発戦略センター（2022）カーボンニュートラル実現 に向けた国内外 STI 動向：

https://www.mext.go.jp/content/20221221-mxt_kankyoku-000026678_6.pdf

4) 国内における社会実装の最新動向

カーボンニュートラル実現に向けたプロセスとアクティビティとして、CO2 可視化に始まり、削減/吸収/オフセット/情報開示まで、多岐にわたる。ICT 技術を活用する事で、多くのプロセスでカーボンニュートラルに寄与できる可能性がある。本パートでは現状の実証実験やサービス等を紹介したい。

図表 3-90 カーボンニュートラルの取り組み全体像



出典：総務省（2022）カーボンニュートラル実現に向けた ICT の取り組みについて¹⁶⁰

● CO2 可視化

2021 年コーポレートガバナンス・コード（企業統治指針）が 2012 年 6 月の改定に伴い、主要企業に排出量開示を求めたことを契機に、CO2 可視化に関するサービスが拡大。現在は、「Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)」「Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出」可視化に向けたサービスは積極的に活用される。

また Scope3 を含めたサプライチェーンの排出量をどのように現状を評価・定量化していくかが今後の課題であり、サプライチェーン全体の排出量を可視化する実証が始まりつつある。

図表 3-91 サプライチェーン排出量とは¹⁶¹



出典：環境省「サプライチェーン排出量算定をはじめの方へ」

¹⁶⁰ 総務省（2022）カーボンニュートラル実現に向けた ICT の取り組みについて：

https://www.soumu.go.jp/main_content/000792923.pdf

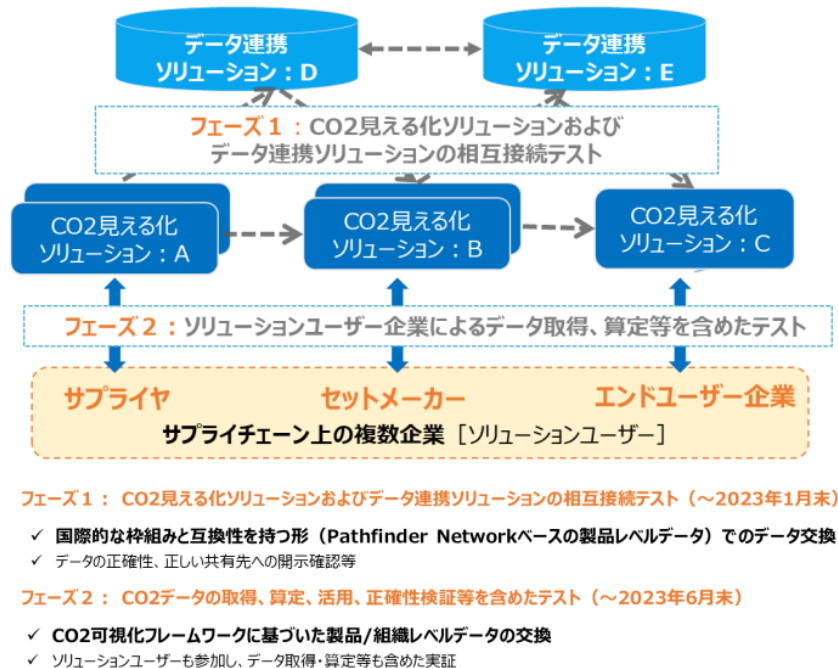
¹⁶¹ 環境省「サプライチェーン排出量算定をはじめの方へ」：

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/supply_chain.html

① 異なるソリューション間での CO2 データ連携の技術実証（一般社団法人電子情報技術産業協会）

- ✓ 一般社団法人電子情報技術産業協会が事務局を務める GreenxDigital コンソーシアムは、サプライチェーン CO2 排出量見える化に向けた企業間 CO2 データ交換の実証実験を開始
- ✓ ソリューション提供企業のみならずユーザ企業も合わせ計 35 社の企業が参画し、国際的な枠組みに基づいたソリューション間データ連携の技術的な検証とサプライチェーン CO2 算定の実務的な検証を実施。
- ✓ 「CO2 可視化フレームワーク」と「データ連携のための技術仕様」に基づき、多様な業界の企業が共通的な方法で算定した排出量データを、異なるソリューション間でデータ連携し、サプライチェーン CO2 排出量を正確かつ効率的に把握できることを確認します。データ連携の技術的な検証を行うフェーズ 1 を 2023 年 1 月末までに、ユーザ企業も交えての CO2 算定も含めた実務的な検証を行うフェーズ 2 を 2023 年 6 月末までにそれぞれ完了させる予定。

図表 3-92 GreenxDigital コンソーシアムによる CO2 データ連携の技術実証イメージ図¹⁶²



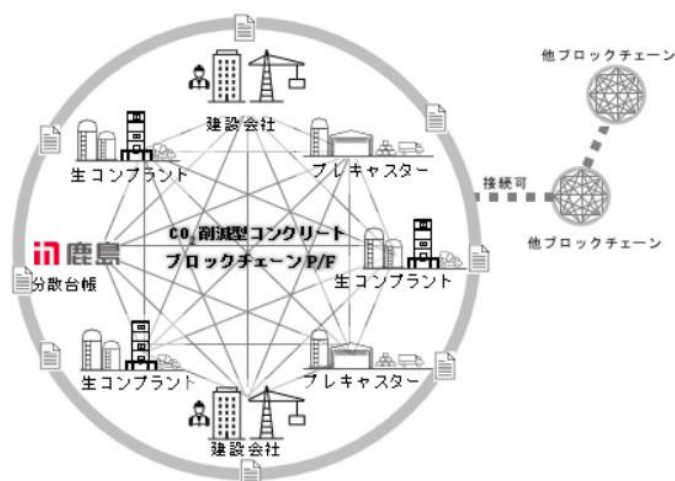
出典：一般社団法人電子情報技術産業協会「GreenxDigital コンソーシアム、サプライチェーン CO2 排出量見える化の実現に向けて 35 社と企業間データ交換の実証実験を開始」

¹⁶² 一般社団法人電子情報技術産業協会「Green x Digital コンソーシアム、サプライチェーン CO2 排出量見える化の実現に向けて 35 社と企業間データ交換の実証実験を開始」：
<https://www.jeita.or.jp/japanese/topics/2022/1209.pdf>

② ブロックチェーンを活用した CO2 排出量の可視化サービス（鹿島建設株式会社）

- ✓ 鹿島建設株式会社は、コンクリートの製造・運搬における CO2 排出量をブロックチェーン技術により可視化するプラットフォームを開発。社会実装に向けた実証を開始。
- ✓ 本プラットフォームにより、コンクリートを現場で受け入れるまでに各所で排出された CO2 排出量を可視化。併せて、環境配慮型コンクリートを使用した際には、それに伴う CO2 排出削減量をクレジットに変換することも可能となる。

図表 3-93 プロックチェーンプラットフォームのイメージ¹⁶³



出典：鹿島建設（2022）

「コンクリートの製造・運搬における CO2 排出量が見える化するプラットフォームを構築」

③ ソフトウェア開発における排出量測定（NTT データ）¹⁶⁴

- ✓ ソフトウェア開発においては製造業と比較し成熟した排出量基準がなく、現状は正しく把握ができていない。正しい基準を別途設けることで、機器の動作を決めるソフトウェアの効率化を進める。
- ✓ ソフトウェア利用時の電力とハードウェアの利用状況から炭素排出量を定量的に評価可能とする「SoftwareCarbonIntensity」を策定。これにより、炭素排出の視点からみたソフトウェアの改善点を把握できるほか、より環境負荷の少ないソフトウェア技術の開発や運用に結び付けることが可能となる。

¹⁶³ 鹿島建設（2022）「コンクリートの製造・運搬における CO2 排出量が見える化するプラットフォームを構築」：
<https://www.kajima.co.jp/news/press/202203/29c1-j.htm>

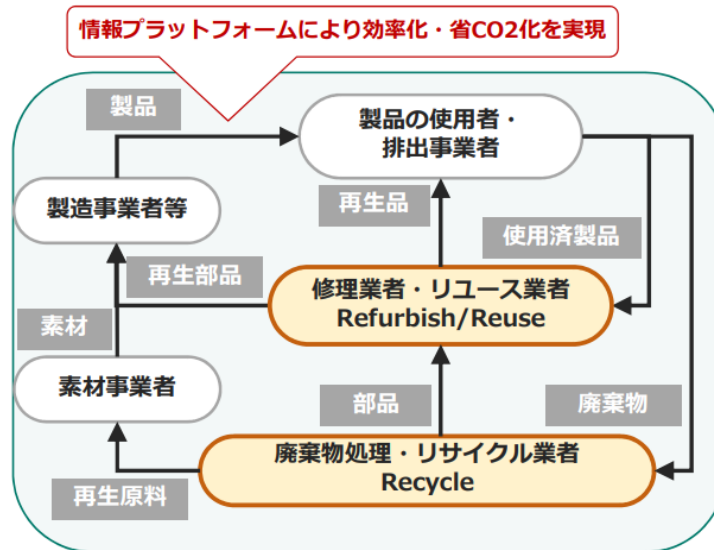
¹⁶⁴ NTT データ（2021）「Green Software Foundation がソフトウェア利用時の炭素排出量比較評価のためのスコア「Software Carbon Intensity」の α 版を策定」：
<https://www.nttdata.com/jp/ja/news/release/2021/120601/>

● CO2 削減

① 脱炭素型資源循環システム（環境省）

- ✓ 使用済製品・素材の安易な処分を防ぎ、資源循環の効率化やそれに伴う省 CO2 化を進めるためには、関係者間で使用済製品・素材に関する必要な情報を共有することが必要である
- ✓ そのため、資源循環に関する情報連携のためのプラット・フォーム等のデジタル技術を活用した民間事業者によるリユース・リサイクルに係る脱炭素型資源循環システムのモデル実証を行う。
- ✓ また収集運搬と中間処理の効率化を実現し、新型コロナウイルスにも対応した非接触型ごみ収集を最終目標として更なる CO2 排出削減を図るため、ICT を活用したごみ収集車が自動運転により作業員を追尾する実証を行うとともに、収集運搬と中間処理を ICT の活用により連携させ、廃棄物エネルギーを効率的に回収するための実証を行う。

図表 3-94 資源循環に関する情報プラットフォームイメージ¹⁶⁵



出典：環境省「デジタル技術の活用等による脱炭素型資源循環システム創生実証事業」

② 脱炭素社会実現に向けた行動変容を促す実証（川崎市）¹⁶⁶

- ✓ 川崎市と富士通株式会社は、脱炭素社会の実現に向けて、スマホアプリを活用し、市民や事業者の環境配慮型のライフスタイルへの行動変容を促す実証実験を実施
- ✓ 川崎市の居住者や在勤者を対象に、環境関連のキャンペーン・イベントへの参加やコンテンツ視聴などの行動に対して、協力事業者が提供する環境に配慮した商品のクーポンやサービス、アクティビティに交換可能なポイントを付与することで、市民や事業者の脱炭素社会に向けた自発的な行動にどの程度の影響を与えるかについて検証

¹⁶⁵ 環境省「デジタル技術の活用等による脱炭素型資源循環システム創生実証事業」:

<https://www.env.go.jp/content/900470373.pdf>

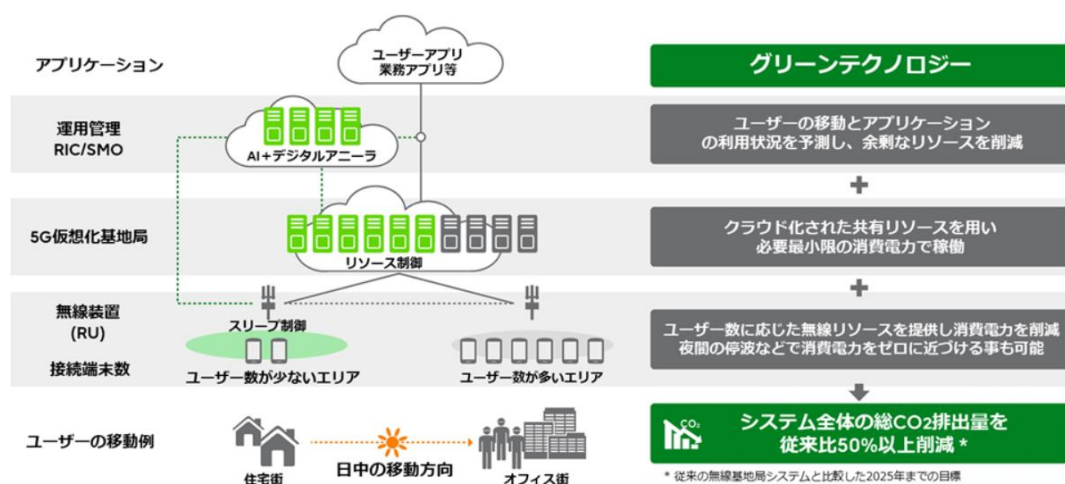
¹⁶⁶ 川崎市（2022）「川崎市と富士通、脱炭素社会実現に向けた行動変容を促す実証を開始」:

<https://www.city.kawasaki.jp/templates/press/cmsfiles/contents/0000144/144875/houdouhappyou.pdf>

③ 仮想化基地局を用いたシステム全体の CO2 排出削減（富士通）

- ✓ 富士通は 2022 年 2 月に 5GSA（Stand-Alone）方式対応のソフトウェアにより仮想化した基地局（以下、仮想化基地局）の開発に成功
- ✓ 高い通信性能や高キャパシティ、最適な演算リソースの配分を実現する当社独自技術により、従来の仮想化基地局の課題であった低消費電力化と高性能化の両立を実現。高品質かつ安定した通信を提供しながら、従来の基地局と比較してシステム全体の CO2 排出量を 50% 以上削減することが可能となる。
- ✓ 2022 年 3 月より、通信事業者の検証用として汎用サーバ上で動作するソフトウェアの提供を開始し、フィールド試験を含めた各種検証を支援。2025 年に従来型基地局システムと比較し、総 CO2 排出量を 50%以上削減することを目標とする。

図表 3-95 仮想化基地局を用いたシステム全体の CO2 排出削減イメージ¹⁶⁷



出典：富士通株式会社「低消費電力と高性能を両立した 5G 仮想化基地局を提供開始」

④ ゼロエミッション・データセンターの構築（京セラコミュニケーションシステム）

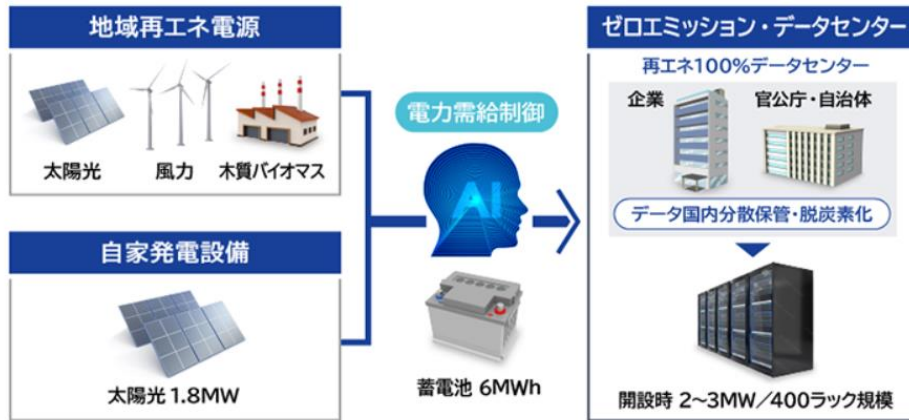
- ✓ 京セラコミュニケーションシステムは、地域の豊富な再エネ電源を活用するとともに、自社で新設する太陽光発電所の再エネ電源を直接利用することで、再エネ 100%で運営するゼロエミッション・データセンターを構築する計画。石狩市での事業を通じて、再エネの地産地消の可能性を実証するとともに、国内におけるデータの分散保管や、データセンター技術者・エネルギー関連技術者などの雇用創出による地域活性化を目指す¹⁶⁸。

¹⁶⁷ 富士通株式会社「低消費電力と高性能を両立した 5G 仮想化基地局を提供開始」:

<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2022/02/24.html>

¹⁶⁸ 京セラコミュニケーションシステム株式会社「2024 年秋 開業予定北海道石狩市で計画するゼロエミッション・データセンター」: <https://www.kccs.co.jp/news/release/2022/1124/>

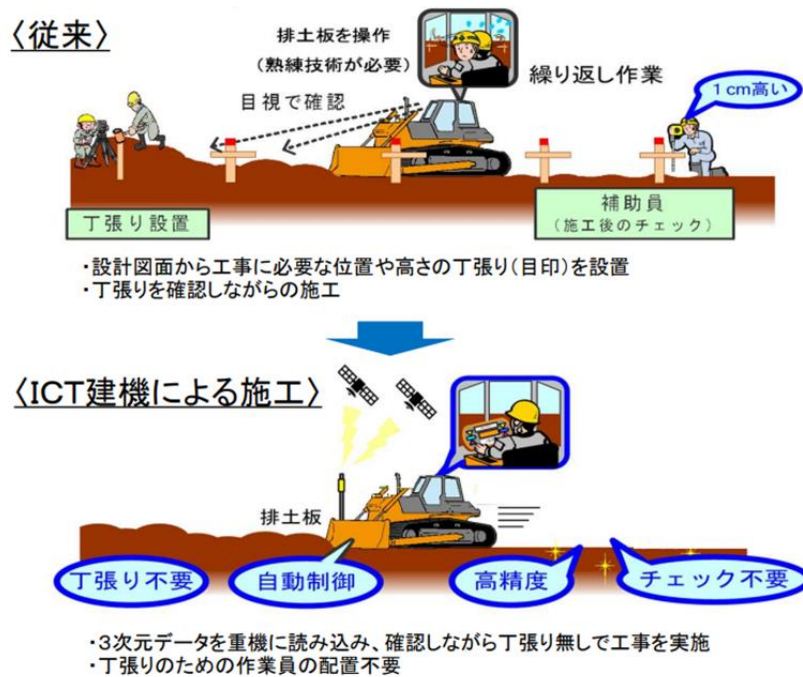
図表 3-96 ゼロエミッション・データセンターの概要



⑤ ICT 施工による施工の低炭素化

- ✓ ICT 施工の導入により、丁張り等、重機周りの作業が減少するため補助作業が不要となり、施工の効率化が実現し建設現場の生産性が向上。現場の作業時間の短縮により建設機械から排出される CO2 を削減
- ✓ ICT 施工の活用が進んでいる大規模現場だけでなく、小規模現場における ICT 施工の導入を促進し、建設現場の生産性をより一層向上

図表 3-97 ICT 施工による生産性向上イメージ¹⁶⁹



出典：国土交通省（2022）「国土交通省のインフラ分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組」

¹⁶⁹ 国土交通省（2022）「国土交通省のインフラ分野におけるカーボンニュートラルに向けた取組」：
<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001493862.pdf>

5) 海外における社会実装の最新動向

(ア) 米国

● Google

- ・ Google は 2030 年までに電力供給を完全に脱炭素化し、カーボンフリーエネルギーで事業運営を行うことを掲げる。また 2021 年には、国連と連携して「炭素エネルギーコンパクト」を立ち上げ、24 時間 365 日無炭素エネルギーを供給する取り組みを開始している¹⁷⁰

(イ) 欧州

● Ericsson

- ・ 2022 年 9 月、エリクソンは単体で無線機 9 台分の処理をこなせる新しいトリプルバンドトライセクター無線機の導入により、ネットワークの持続可能性をさらに向上させることに成功。さらに Radio6646 は、トリプルバンドシングルセクター無線と比べてエネルギー消費を 40% 削減が可能¹⁷¹。

(ウ) 中国

● HUAWEI

- ① 2021 年 8 月、ファーウェイが初めて開催したワイヤレスメディア懇談会にて、『グリーン 5G ホワイトペーパー』を発表。本ホワイトペーパーにて、グリーン 5G ネットワーク向けエネルギー効率評価システム E2 (EnergyEfficiency) やグリーン 5G ネットワークの 4 つの方向から 8 つの技術トレンドを定義¹⁷²。
- ② エネルギー効率評価システムのことである E2 では、エネルギー効率に関する業界の定義の具体化を図り、通信ネットワークエネルギー効率の理念を実用可能なエネルギー効率評価システムを策定。実際の通信ネットワーク構築の目的やシナリオに応じて、これまでデータトラフィックだけで評価してきたエネルギー効率を容量、カバレッジ、体験などの複数要素のエネルギー効率評価システムに拡充。これにより、通信網のエネルギー効率の変化を正確に反映させ、5G ネットワークのグリーン省エネへの進化を後押。
- ③ またグリーン 5G ネットワークの 8 つの技術トレンドとして以下を掲げる。
 - ✓ RF のマルチアンテナ化で、デバイスのビットあたりのエネルギー効率とエネルギー伝送効率を大幅に改善
 - ✓ デバイスの超高帯域幅対応、マルチバンドの統合で電力消費を削減
 - ✓ ハードウェアの休止の仕組みの緻密化により、中負荷と低負荷の電力消費を継続的に削減

¹⁷⁰ Google (2021) 「24/7 Carbon-Free Energy by 2030」: <https://www.google.com/about/datacenters/cleanenergy/>

¹⁷¹ Ericsson 「エリクソン、トリプルバンド トライセクターの 5G 無線機でサステナビリティの水準を向上」: <https://www.ericsson.com/ja/news/2022/9/ericsson-launches-energy-efficient-triple-band-tri-sector-5g-radio>

¹⁷² HUAWEI 「ファーウェイ、『グリーン 5G ホワイトペーパー』をリリース 8 つの技術トレンドを紹介」: <https://www.huawei.com/jp/news/jp/2021/green-5g-whitepaper-8-technical-directions-5g-networks-2021>

- ✓ サイト（基地局）の簡素化が進み、局舎と空調不要に
- ✓ サイト全体の連携で包括的なエネルギーの有効活用を可能に
- ✓ スマート・ネットワーク、省エネとネットワークパフォーマンスの両立
- ✓ 高い規格ほど5Gの高エネルギー効率の利点を活用できる
- ✓ ライフサイクルを通して循環型経済を目指し、天然資源依存度を軽減

3.2. 国内外におけるデジタル活用の動向等の調査

3.2.1. 国民生活におけるデジタル活用の動向

(1) 国民生活におけるデジタル活用に対する意識調査

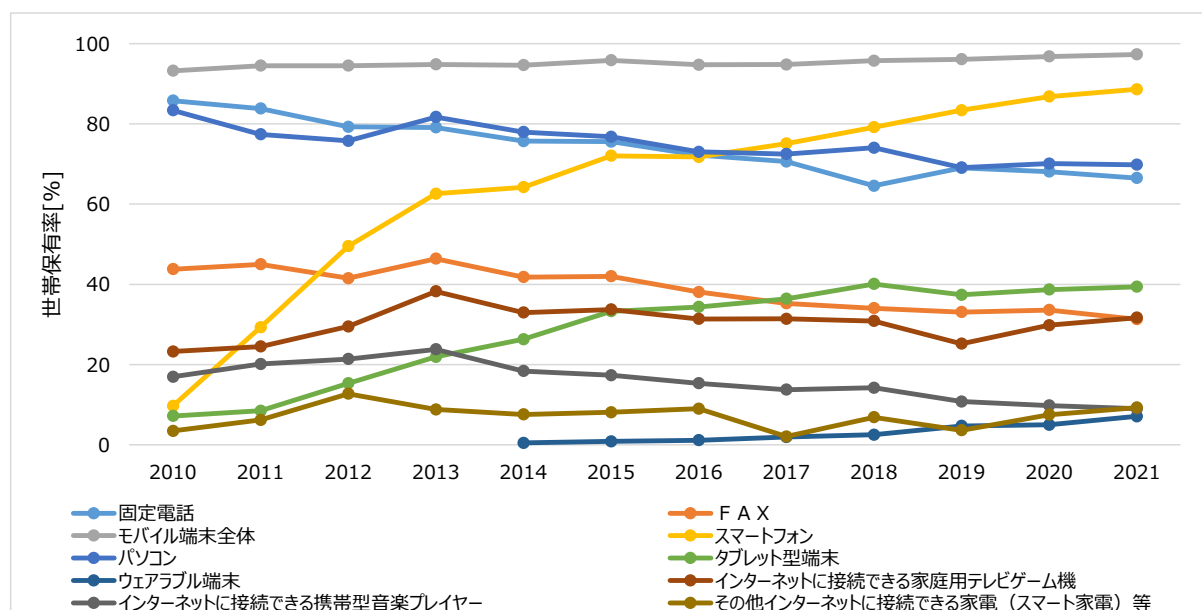
本項では、国民生活におけるデジタル活用状況や意識調査結果とそこから見えてきた課題と今後の展望について記載する。

1) デジタル活用の浸透状況

i 通信機器保有状況

総務省にて経年調査を実施している「通信利用動向調査」¹⁷³によると、デジタルを活用する際に必要となるインターネットなどに接続するための端末について、2021年の情報通信機器の世帯保有率は、「モバイル端末全体」で97.3%であった。スマートフォンを保有している世帯の割合が堅調に伸びており(88.6%)、パソコン(69.8%)・固定電話(66.5%)を保有している世帯の割合を上回っていた(図表 3-98)。

図表 3-98 主な情報通信機器の保有状況の推移(世帯)



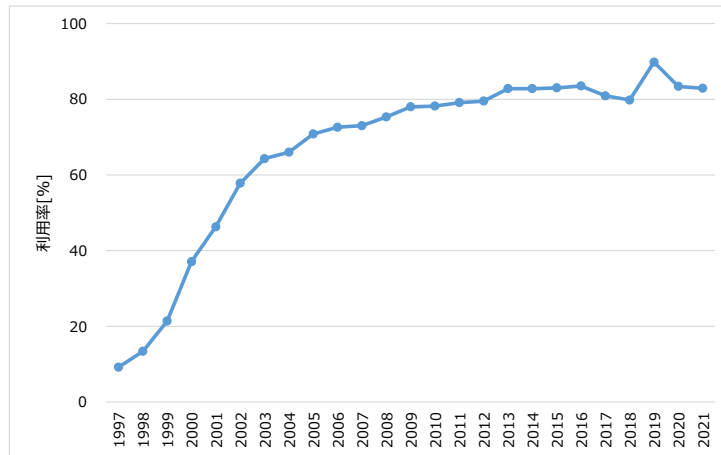
出典：総務省「通信利用動向調査」

ii インターネット利用率

総務省にて経年調査を実施している「通信利用動向調査」¹⁷³によると、個人のインターネット利用率は、増加傾向となっており、2021年は82.9%となっていた(図表 3-99)。

¹⁷³ <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05.html>

図表 3-99 インターネット利用率の推移（個人）

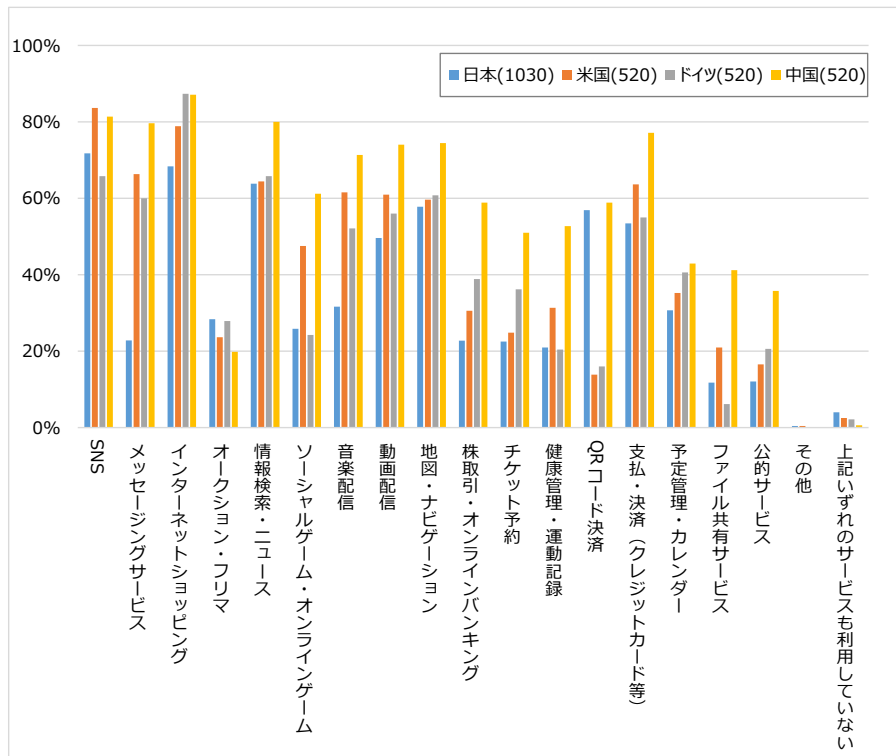


出典：総務省「通信利用動向調査」

iii 一般的なサービス利用状況

本調査にて、各国における SNS 等の情報収集・発信や買い物等の全般的な ICT サービスの利用状況について尋ねた。各国の回答者が利用しているサービスについては、国ごとに違いが出ており、全体として中国の回答者は他国と比べて各サービスの利用率が高く、特に「インターネットショッピング」、「情報検索・ニュース」や「支払・決済」の利用が多くなっていた。一方で、日本においては、「SNS」、「インターネットショッピング」、「情報検索・ニュース」といったサービスの利用者が 60%以上と他のサービスと比較して多くなっていた。また、「QR コード決済」について、日本と中国では 50%以上が回答しているのに対して、米国とドイツでは 20%未満となっていた（図表 3-100）。

図表 3-100 一般的なサービス利用状況



2) デジタル利活用動向

本節では、国民生活において働き方、民間サービス、公的サービスにおけるデジタル活用状況や意識調査結果について記述する。

(ア) 働き方

i 利活用及び利用意向の状況

テレワーク及びオンライン会議といった、働く上でのデジタルサービスの利用状況について尋ねた。テレワーク及びオンライン会議を利用したことがあると回答した割合（「生活や仕事のうえで活用している＋利用したことがある」の割合）として、海外では50%以上となっていたのに対して、日本では32.4%と海外より低くなっていた。一方で、利用意向が低いと考えられる回答の割合（「必要としていない＋利用する気になれない」の割合）は海外で最も大きい36.5%に比べ、日本では50.5%となっていた（図表3-101）。このことから、日本では海外に比べ、テレワークなど働く上でのデジタル活用が遅れているかつ今後の利用意向が低い状態である様子が伺えた。

テレワーク及びオンライン会議を「利用したいが困難」あるいは「利用する気になれない」と回答した方に対して、具体的にどのような課題や障害があるか尋ねた。

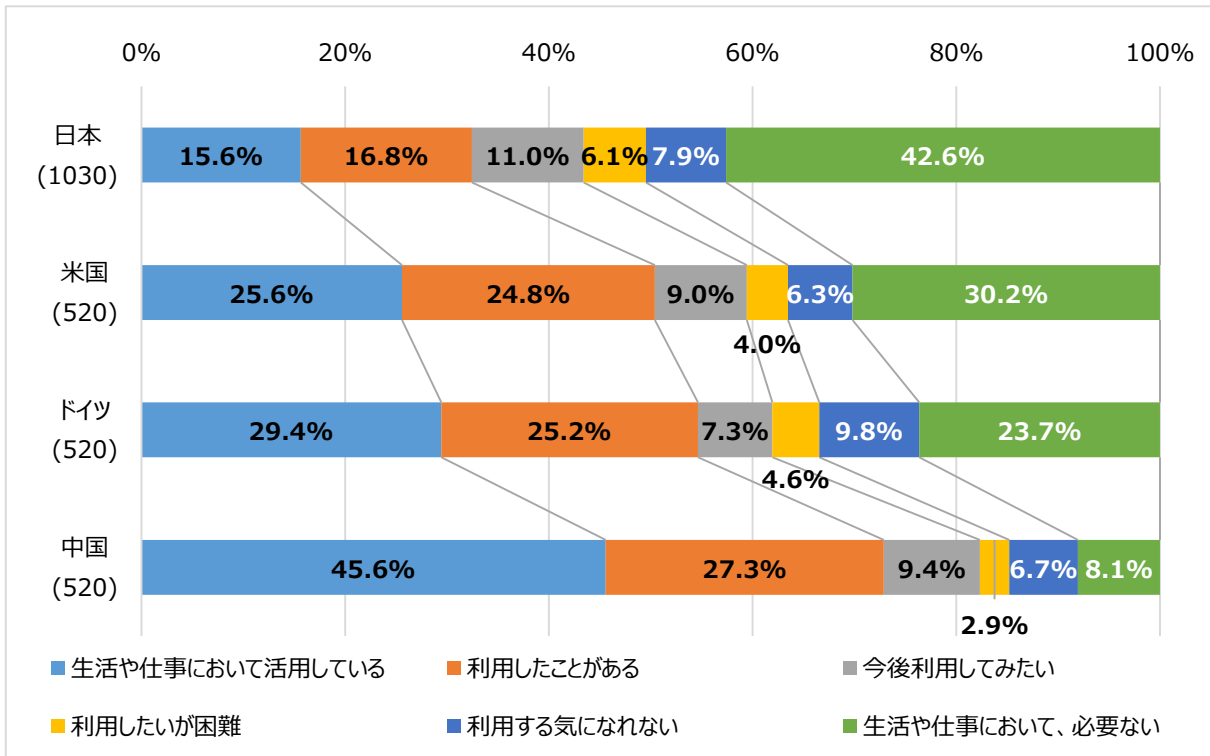
日本では、「使いたいサービスがない」や「サービスを利用するまでの方法や操作方法が分からない」とサービスに対する課題を挙げた割合が多かった。一方で諸外国では、「使いたいサービスがない」に加え、「セキュリティに不安がある」や「サービスを利用するための環境が整っていない」などのインフラ面に対する課題を挙げた割合も多くなっていた（図表3-102）。

日本における年齢別、世帯年収別での利活用動向について整理した。

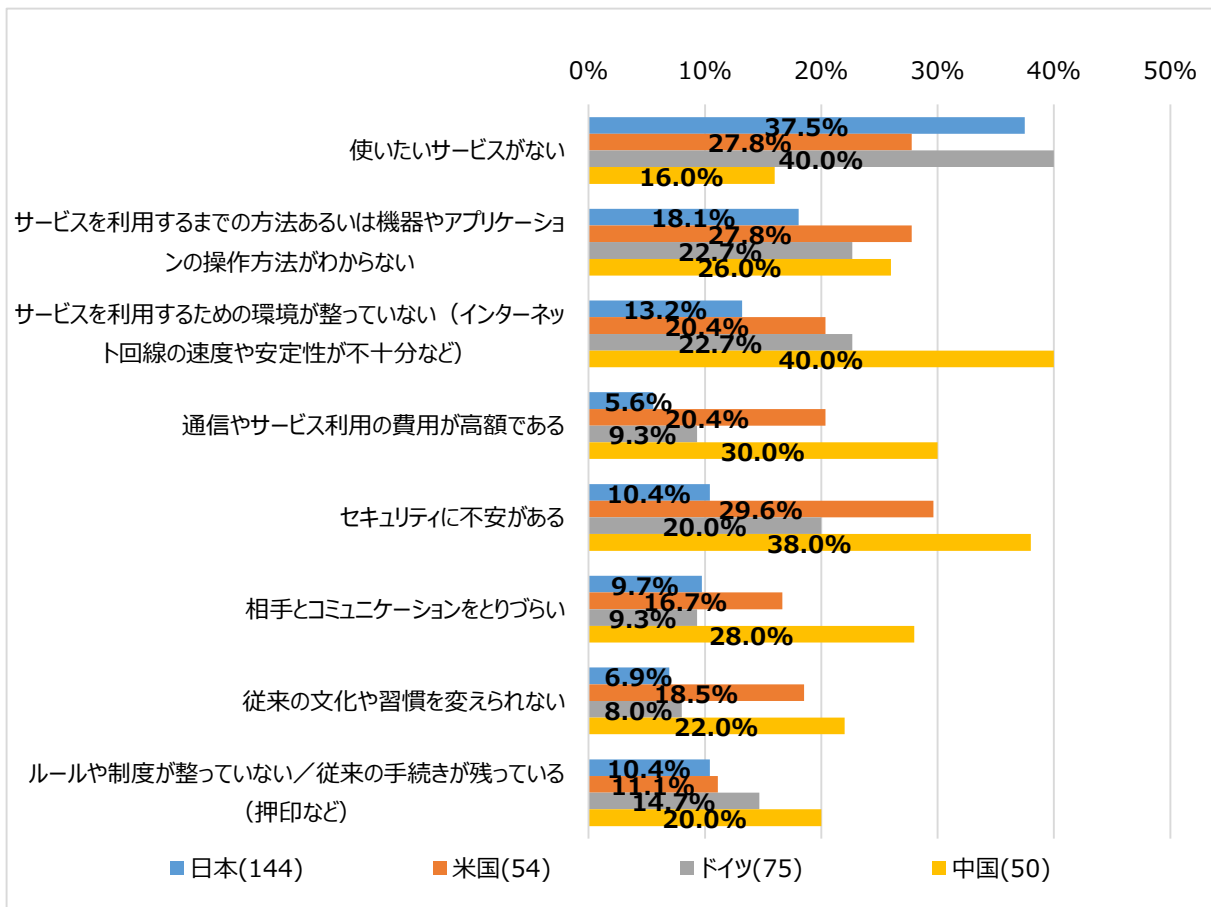
年齢別に見ると、テレワーク及びオンライン会議を利用したことがあると回答した割合は、20歳代が37.8%程度と最も利用率が高かった。また、「今後使用してみたいと思う」と回答した割合が多くなる傾向があることから利用意向が高いことが伺えた。一方で、「必要ない」と考える割合が、20歳代は28.6%と最も低かったことに対して、年齢層が上がると本回答の割合が増加し、60歳代では54.9%となっていた（図表3-103）。

世帯年収別に見ると、世帯年収が高い層であるほど、利用したことがある（「生活や仕事において活用している＋利用したことがある」）と回答した割合が多くなる傾向があった。特に、世帯年収が800万円以上～1000万円未満及び1000万円以上の層は、働く上でのデジタルサービスを利用したことがあると回答した割合が50%以上となっていた。一方で、世帯年収が低い層ほど、働く上でのデジタルサービスに対して「必要としていない」と回答する割合が多くなっており、世帯年収200万円未満の層では52.3%となっていた（図表3-104）。

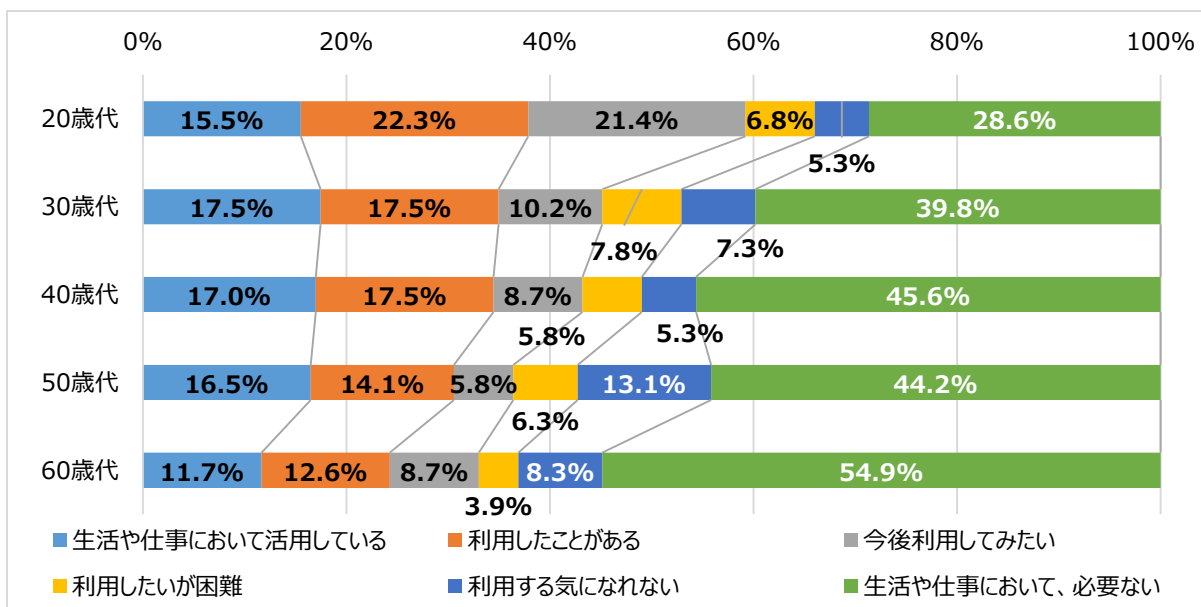
図表 3-101 日本におけるテレワーク及びオンライン会議利用状況



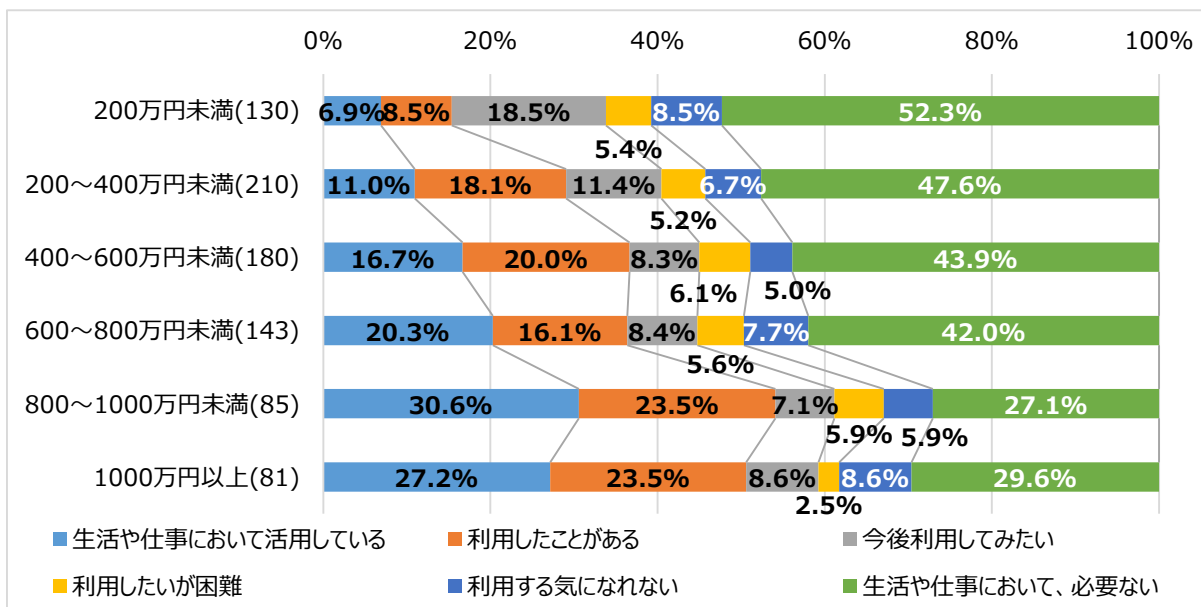
図表 3-102 テレワーク及びオンライン会議利用が困難である理由



図表 3-103 日本における年齢別テレワーク及びオンライン会議利用状況



図表 3-104 日本における世帯年収別テレワーク及びオンライン会議利用状況



ii デジタル化に伴う期待・不安

テレワークなど働き方におけるデジタル化が進展することに対する期待と不安について尋ねた。

期待することとして、日本では「時間や場所などの制約が無くなることによる柔軟な働き方ができるようになること」と「業務効率・生産性を高めることができること」のみ、期待すると答えた割合が50%以上となっていた。諸外国と比較すると、諸外国の方が全体的に期待すると回答した割合が多かった。特に、「関係者とのコミュニケーションが円滑になること」に対して、日本では期待すると回答した割合が42.6%であったのに対して、諸外国の中で最も低いドイツであっても58.0%となっており、15%以上の差があった(図表 3-105)。

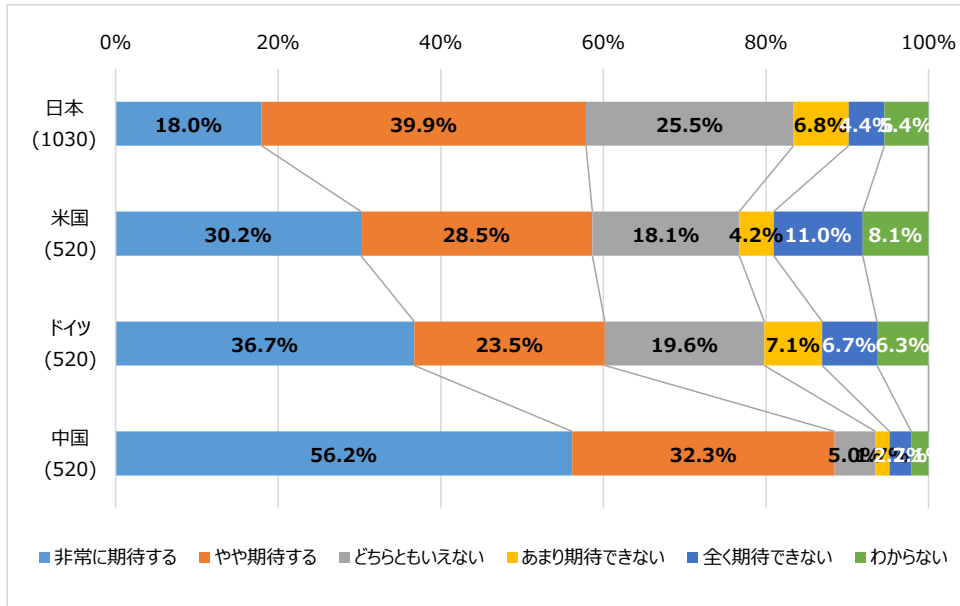
不安に感じることとしては、「機器やシステム不具合に対する損害が発生すること」が最も多く挙げられており、56.6%となっていた。次点で「人との繋がりや会社への帰属意識が希薄になること」、49.1%となっていた。諸外国と比較すると、「雇用が奪われたり、経済格差が拡大したりすること」や「エネルギーや環境の問題が深刻化すること」については、諸外国のほうが不安を感じると回答した割合が多くなっていた(図表 3-106)。

年別に比較すると、20歳代の層が最も働く上でのデジタル化が進展することに対して期待する割合が多くなっていた。一方で、不安に関しては全体的に年齢間で差は無かった(図表 3-109、図表 3-110)。

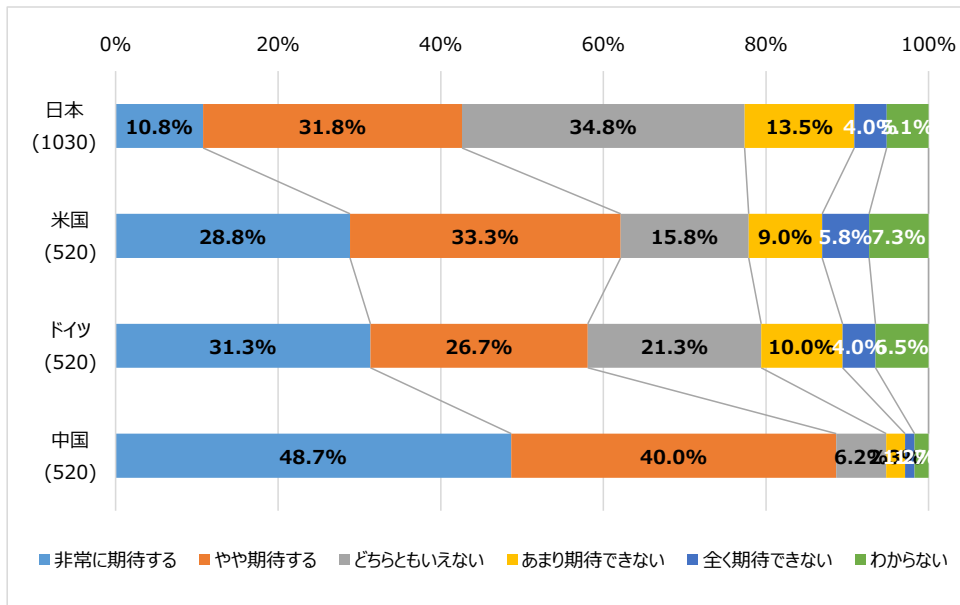
世帯年収別に比較すると、世帯年収が高い層が最も働く上でのデジタル化が進展することに対して「非常に期待する」と回答する割合が増加しており、期待する割合が多くなっていた。一方で、不安に関しては、世帯年収間で不安を感じる割合(「とても不安を感じる」と「やや不安を感じる」の総計)については差が無かったものの、「労務管理や作業指示が行き届かなくなること」と「雇用が奪われたり、経済格差が拡大したりする」において世帯年収が200万円未満の層は「とても不安を感じる」と回答した割合が、その他の世帯年収の層に比べて、大きくなっていた(図表 3-107、図表 3-108)。

図表 3-105 日本と諸外国における働く上でのデジタル活用への期待

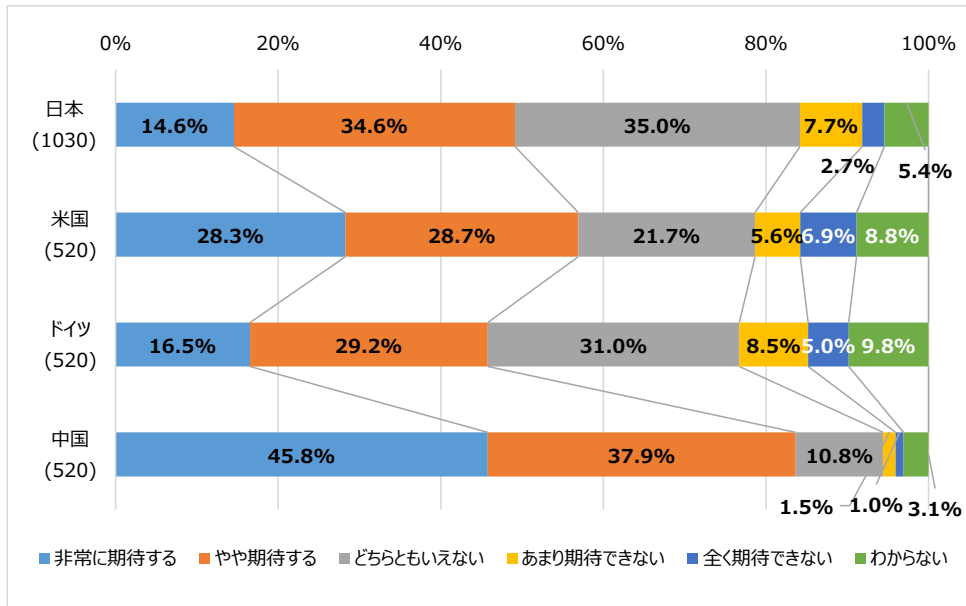
(a) 時間や場所、障害の有無などによる制約がなくなり、柔軟な働き方ができるようになる



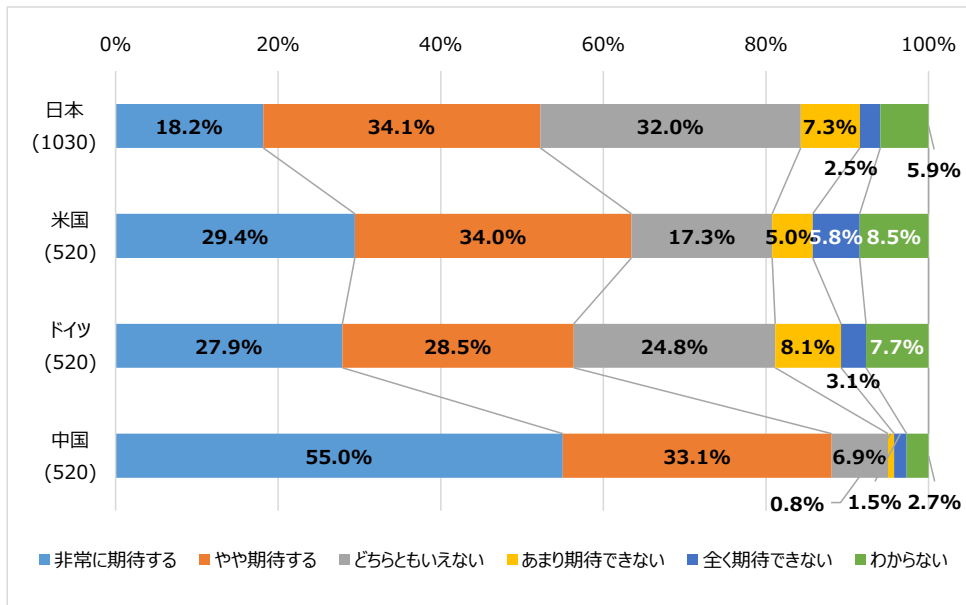
(b) 関係者とのコミュニケーションを円滑に図れるようになる



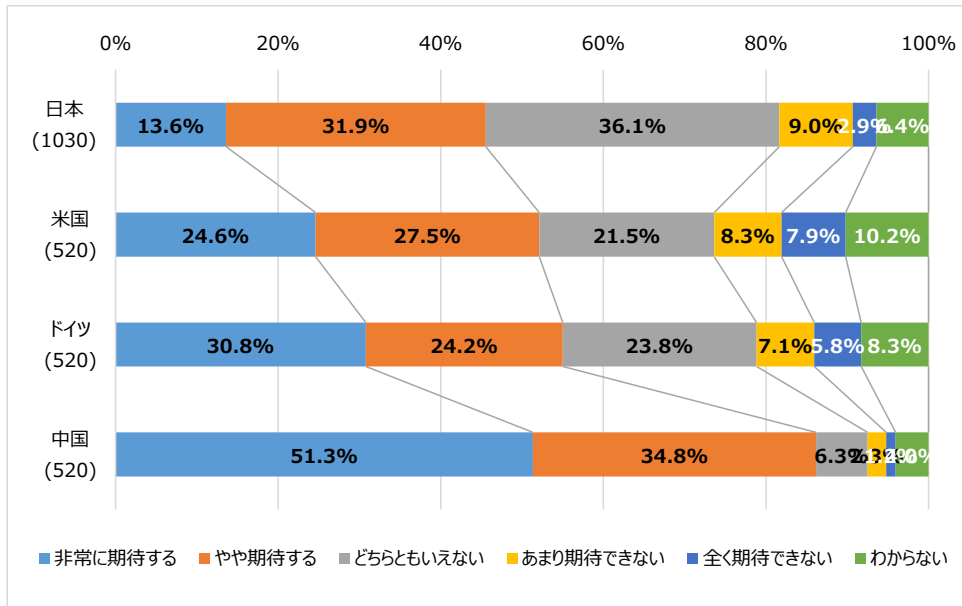
(c) 新しい価値をもった業務を創出できる



(d) 既存の業務効率・生産性を高めることができる

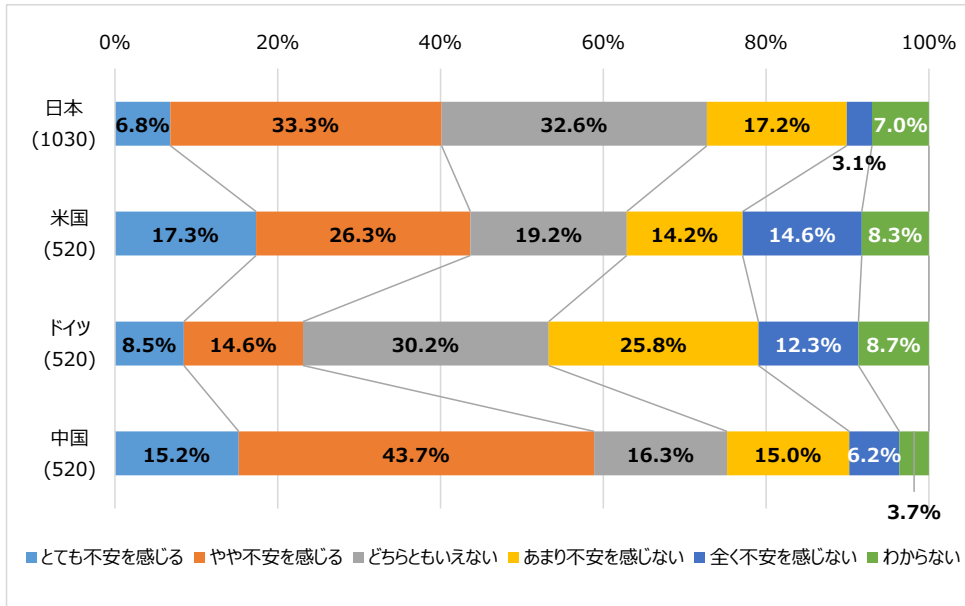


(e) エネルギーや環境の問題を改善してくれる

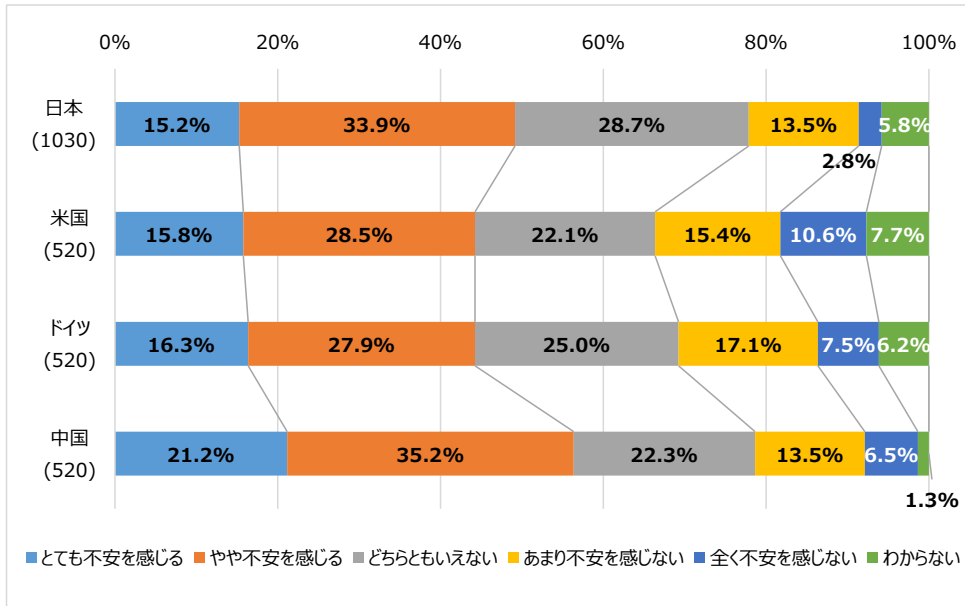


図表 3-106 日本と諸外国における働く上でのデジタル活用への不安

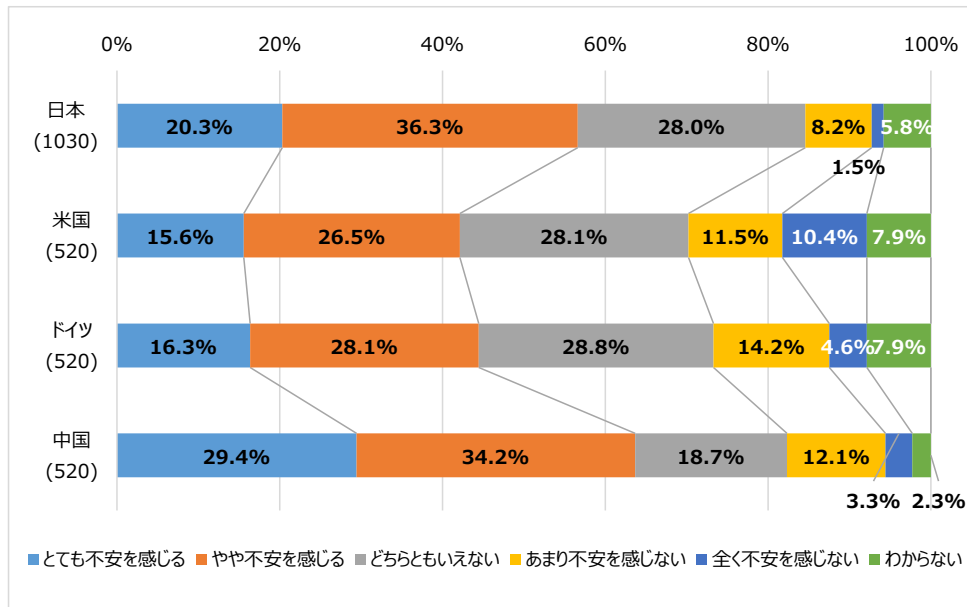
(a) 労務管理や作業指示が行き届かなくなる



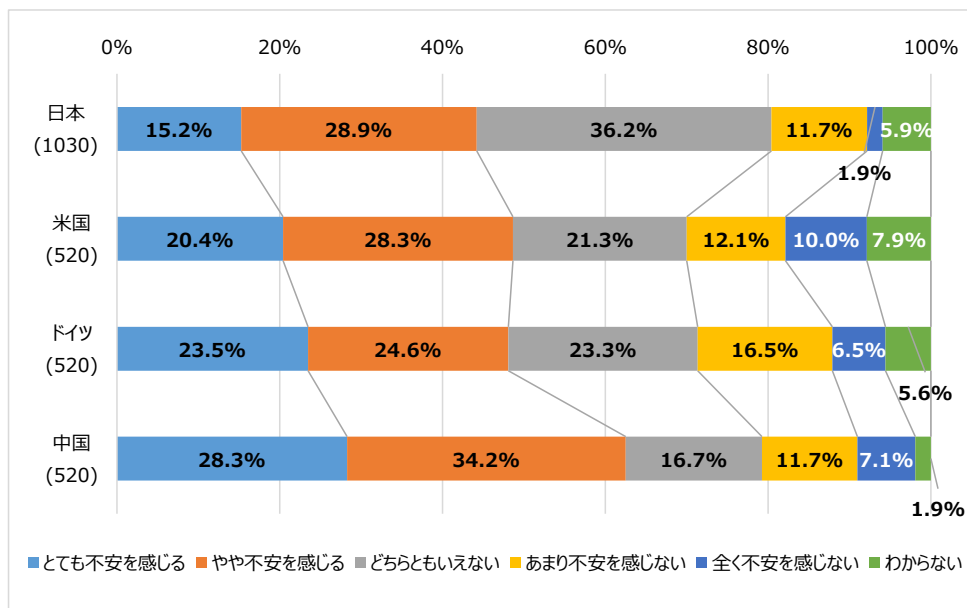
(b) 人との繋がりや会社への帰属意識が希薄になる



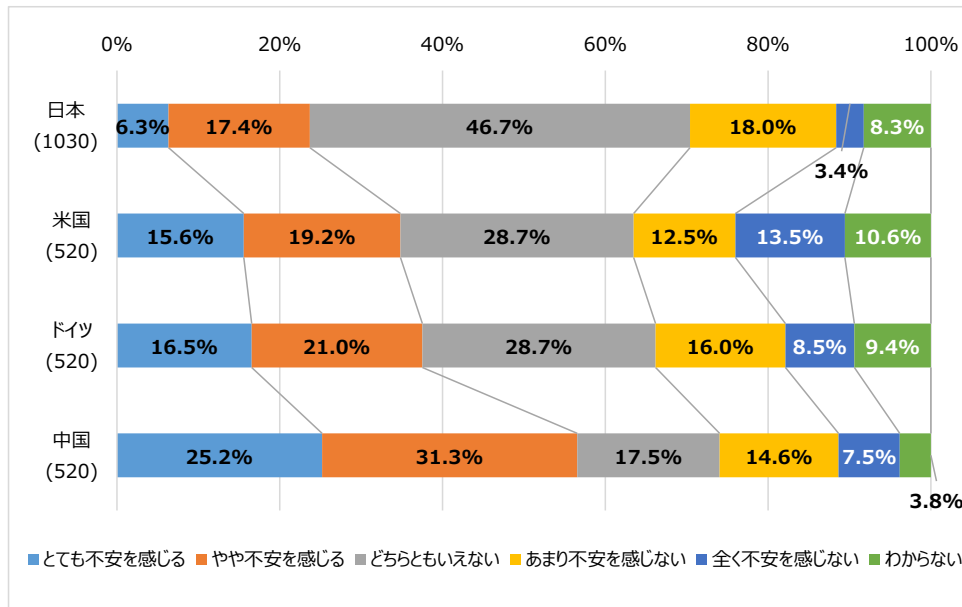
(c) 機器やシステムの不具合により大きな損害が発生



(d) 雇用が奪われたり、経済格差が拡大したりする

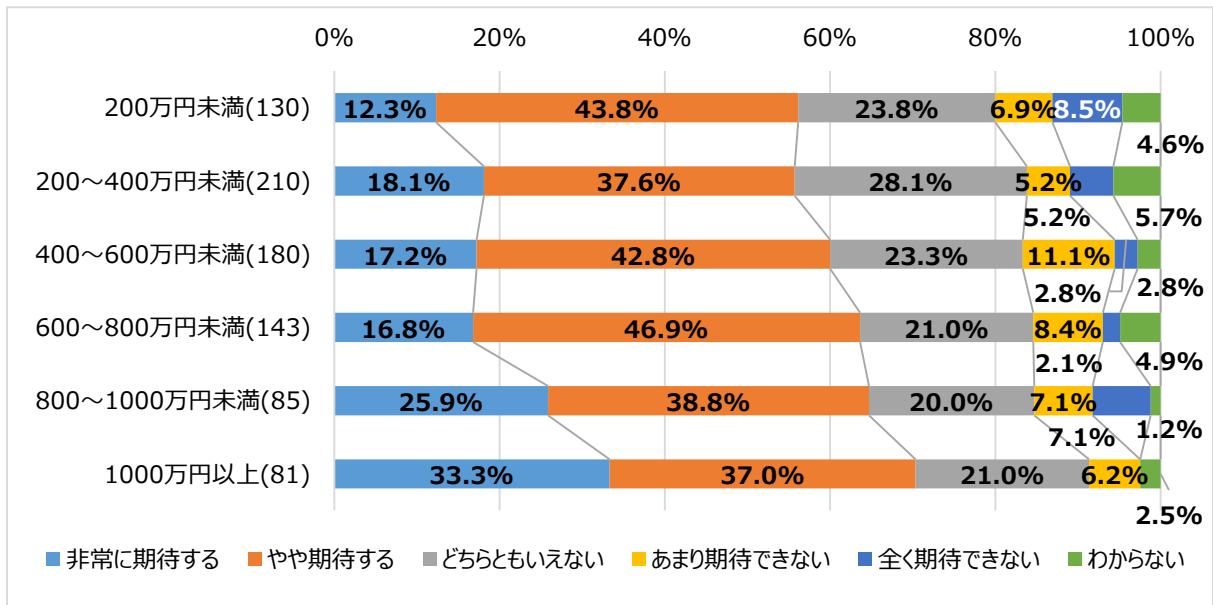


(e) エネルギーや環境の問題が深刻化する

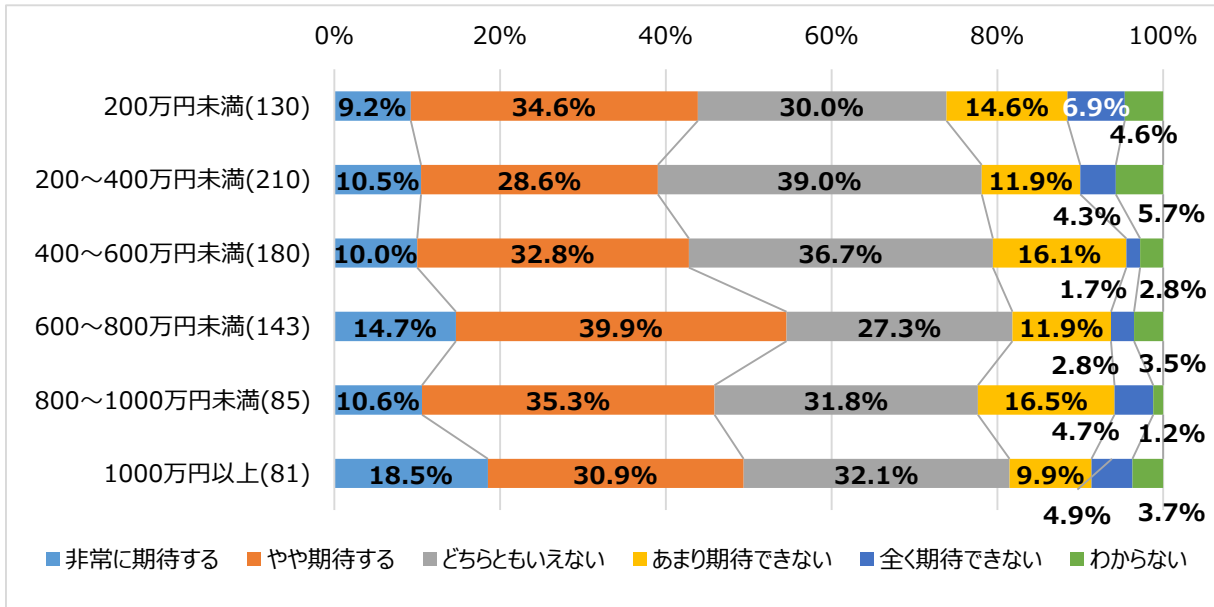


図表 3-107 日本における世帯年収別働く上でのデジタル活用への期待

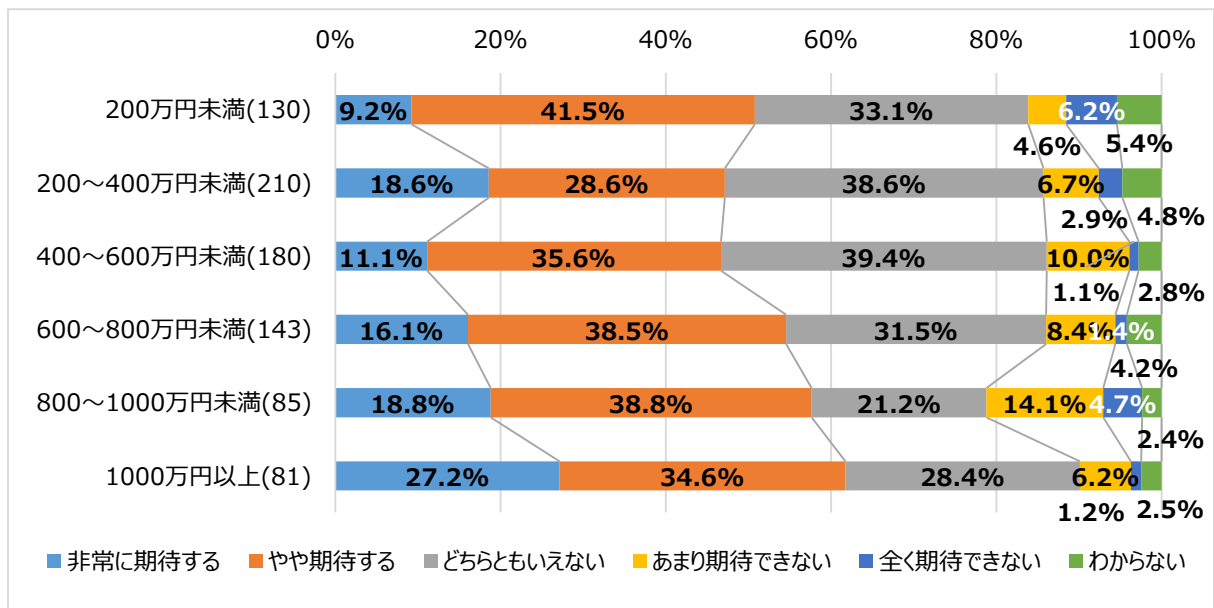
(a) 時間や場所、障害の有無などによる制約がなくなり、柔軟な働き方ができるようになる



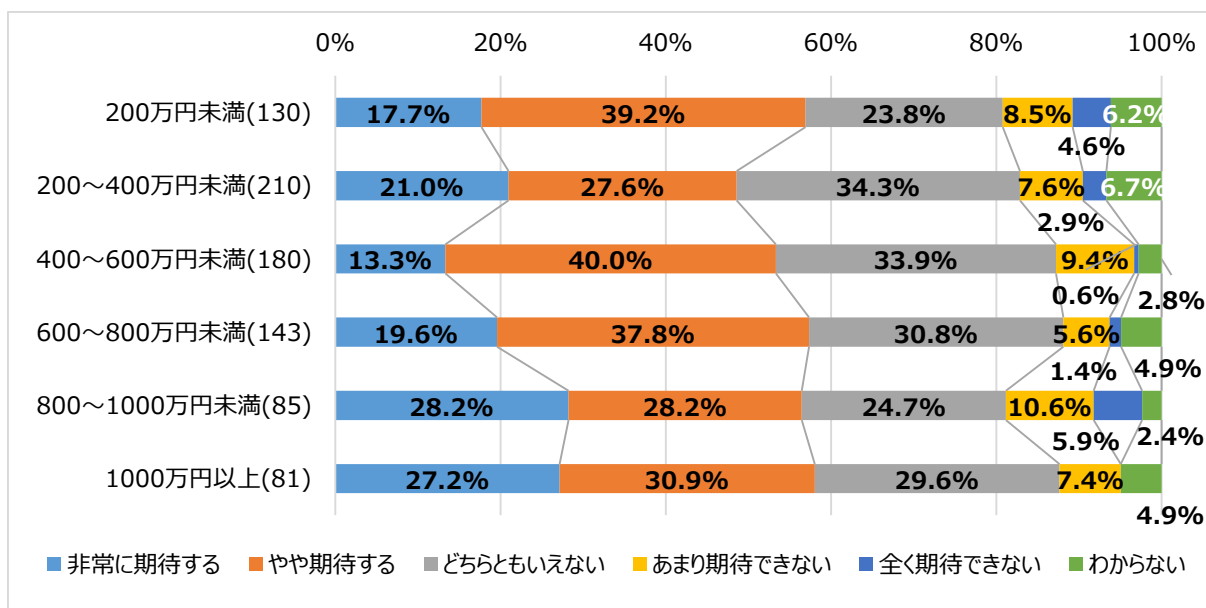
(b) 関係者とのコミュニケーションを円滑に図れるようになる



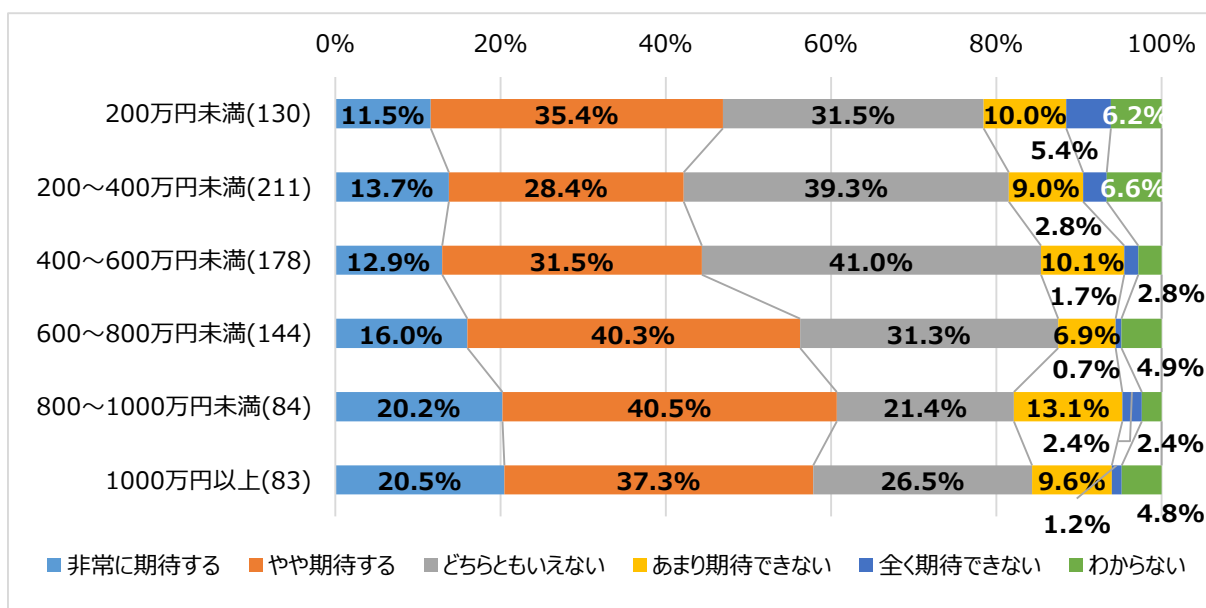
(c) 新しい価値をもった業務を創出できる



(d) 既存の業務効率・生産性を高めることができる

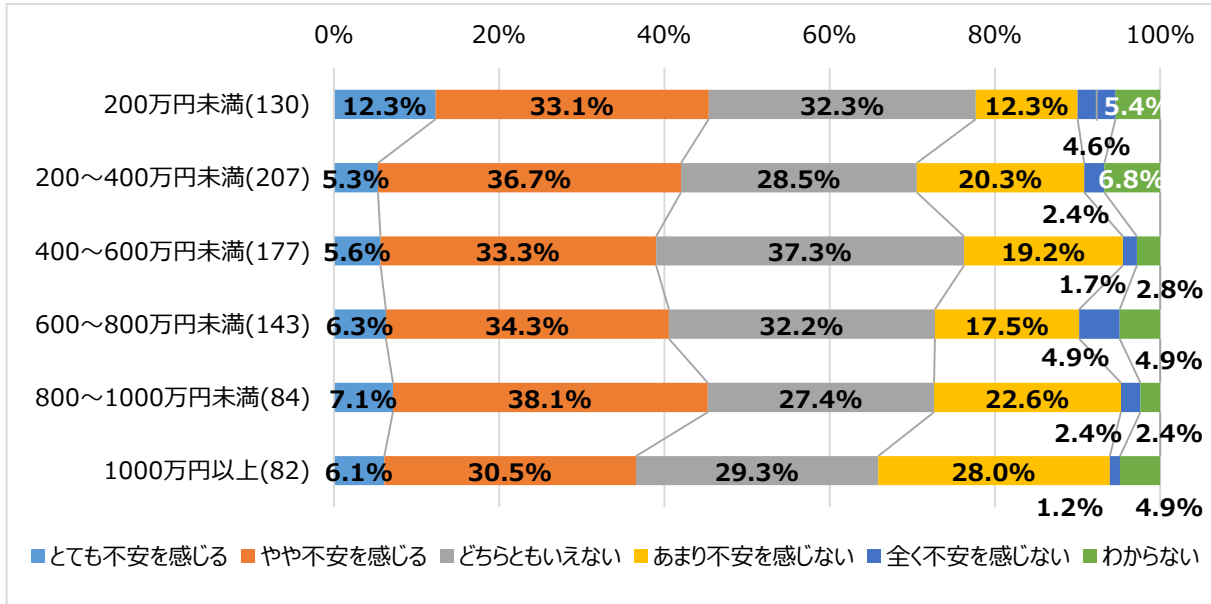


(e) エネルギーや環境の問題を改善してくれる

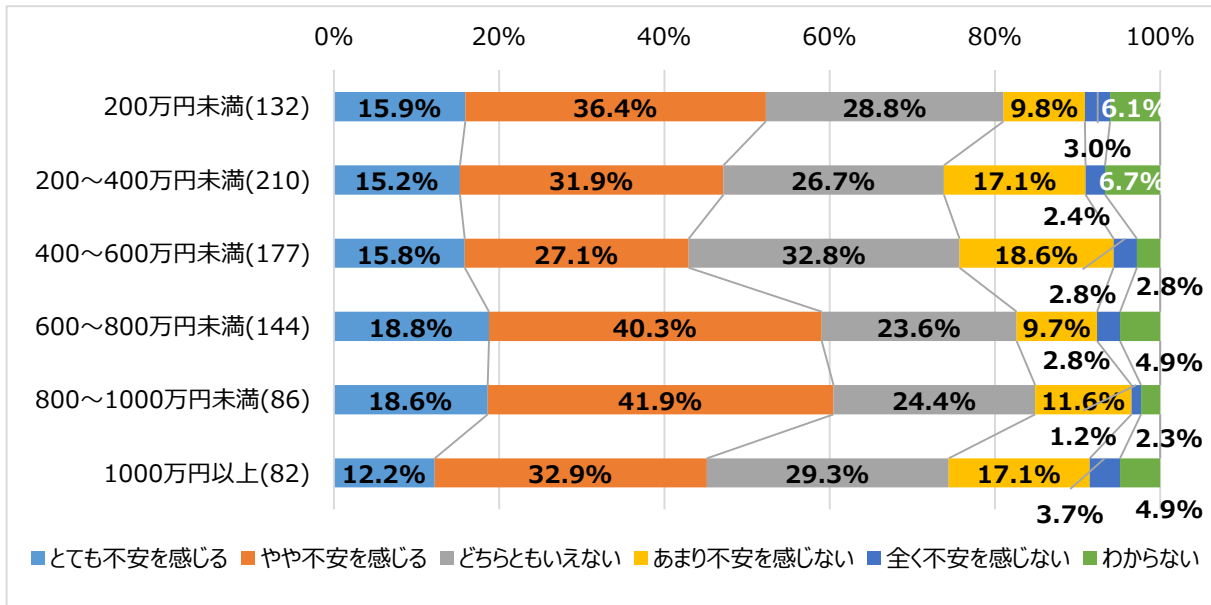


図表 3-108 日本における世帯年収別働く上でのデジタル活用への不安

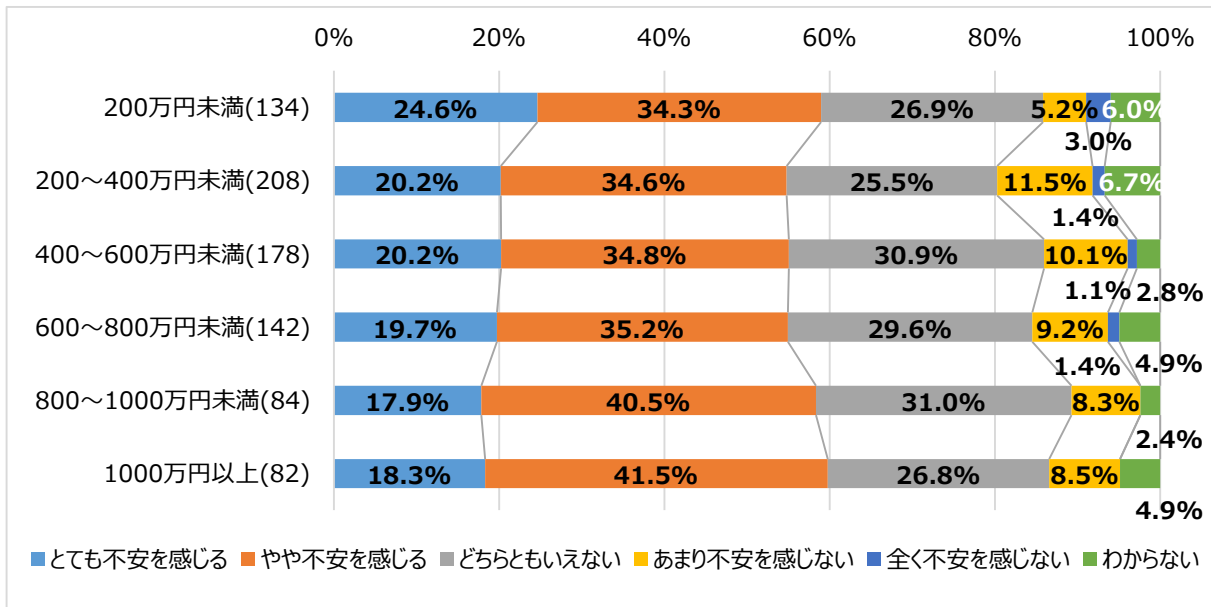
(a) 労務管理や作業指示が行き届かなくなる



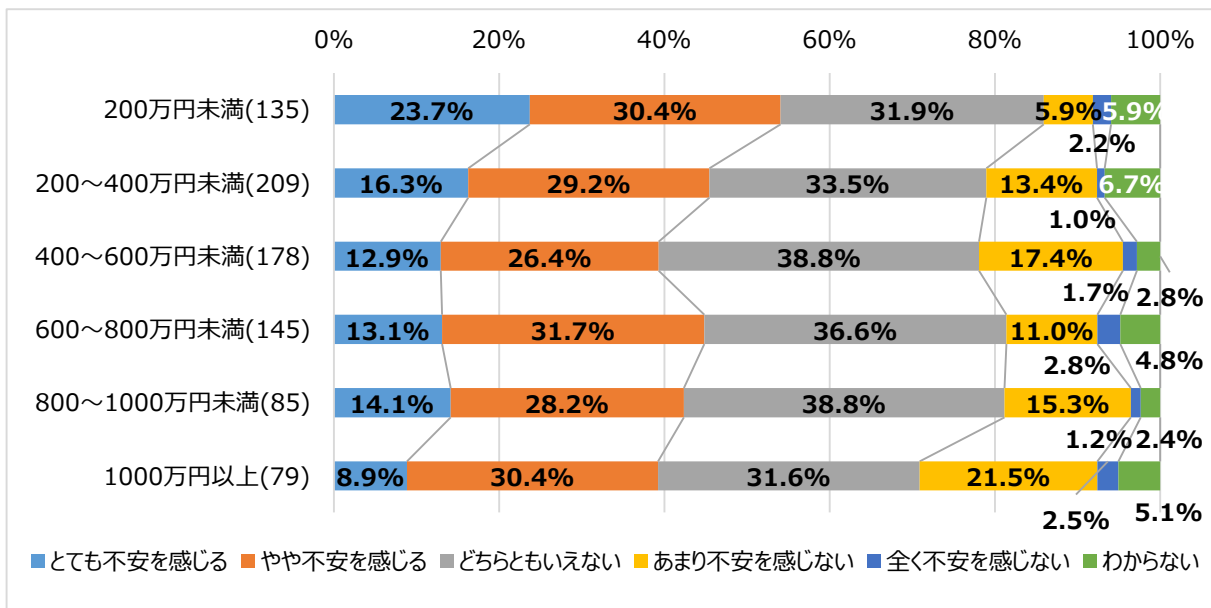
(b) 人との繋がりや会社への帰属意識が希薄になる



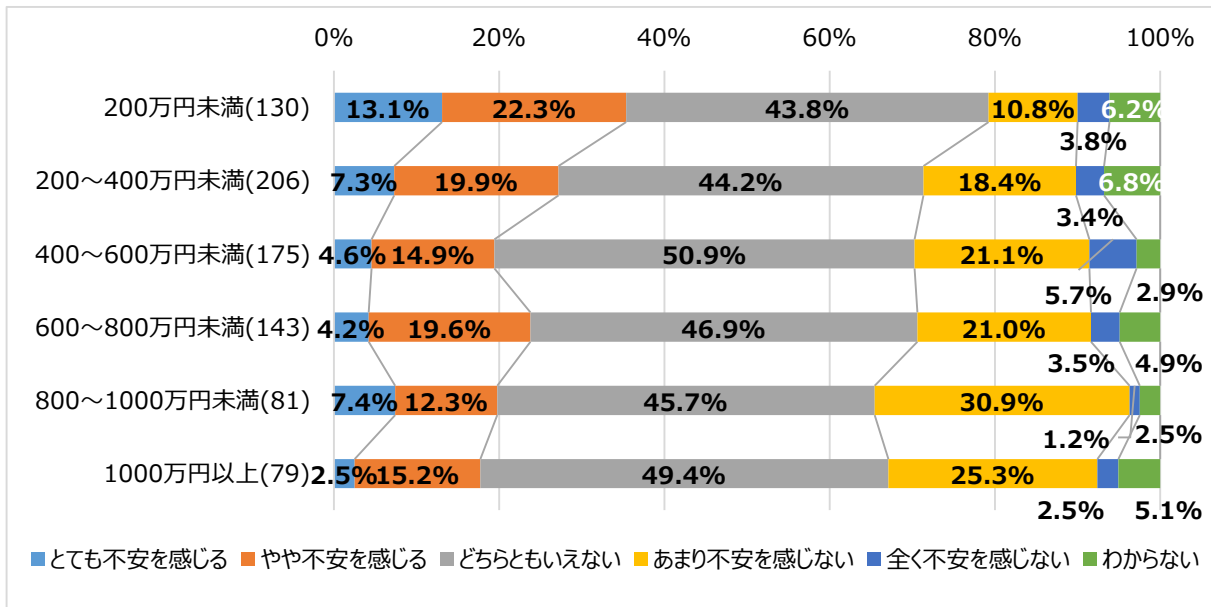
(c) 機器やシステムの不具合により大きな損害が発生



(d) 雇用が奪われたり、経済格差が拡大したりする

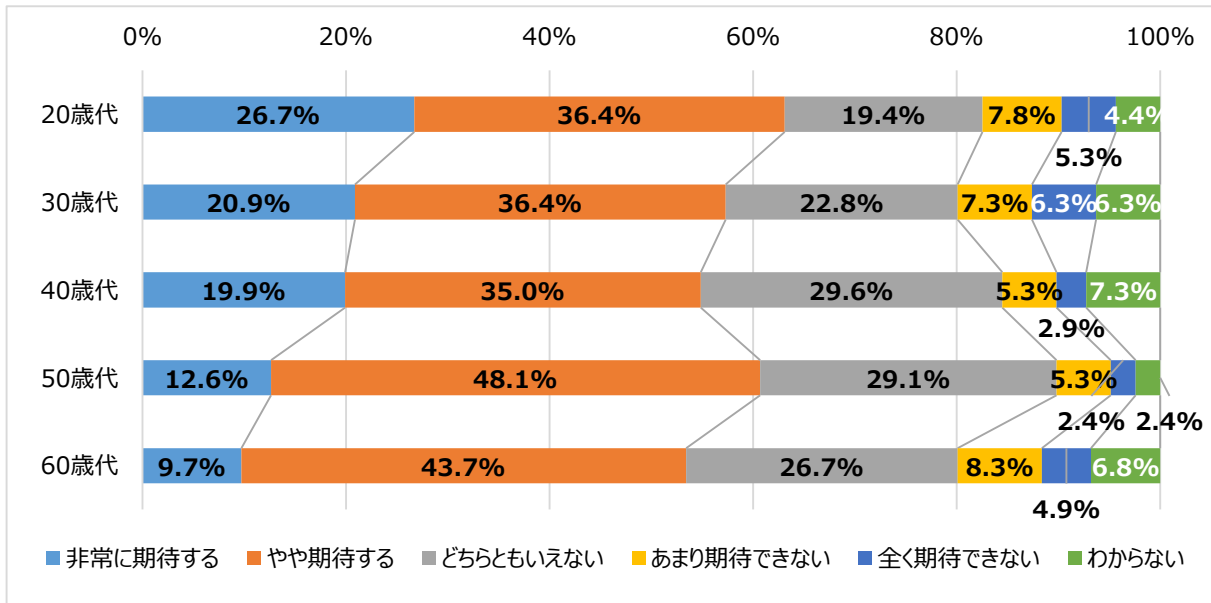


(e) エネルギーや環境の問題が深刻化する

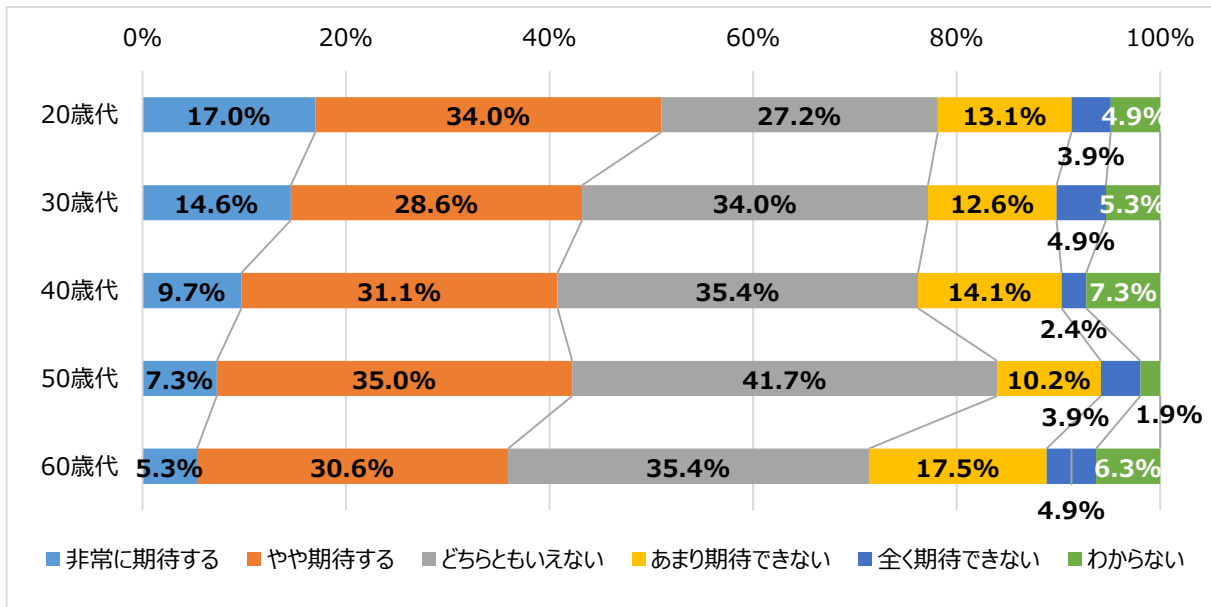


図表 3-109 日本における年齢別デジタル活用への期待

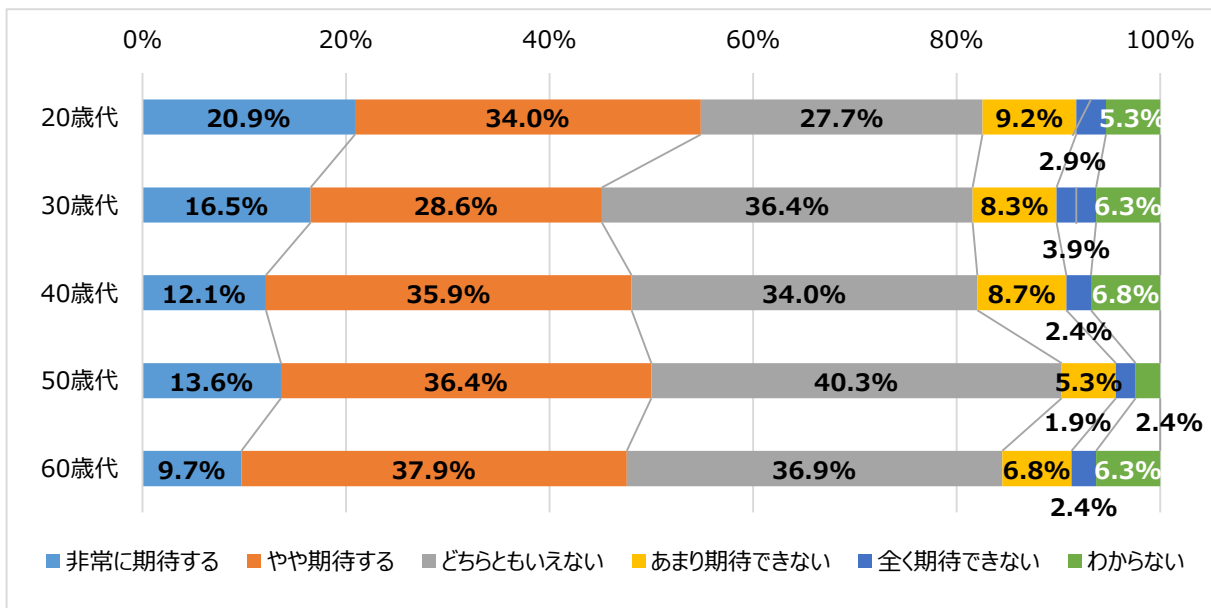
(a) 時間や場所、障害の有無などによる制約がなくなり、柔軟な働き方ができるようになる



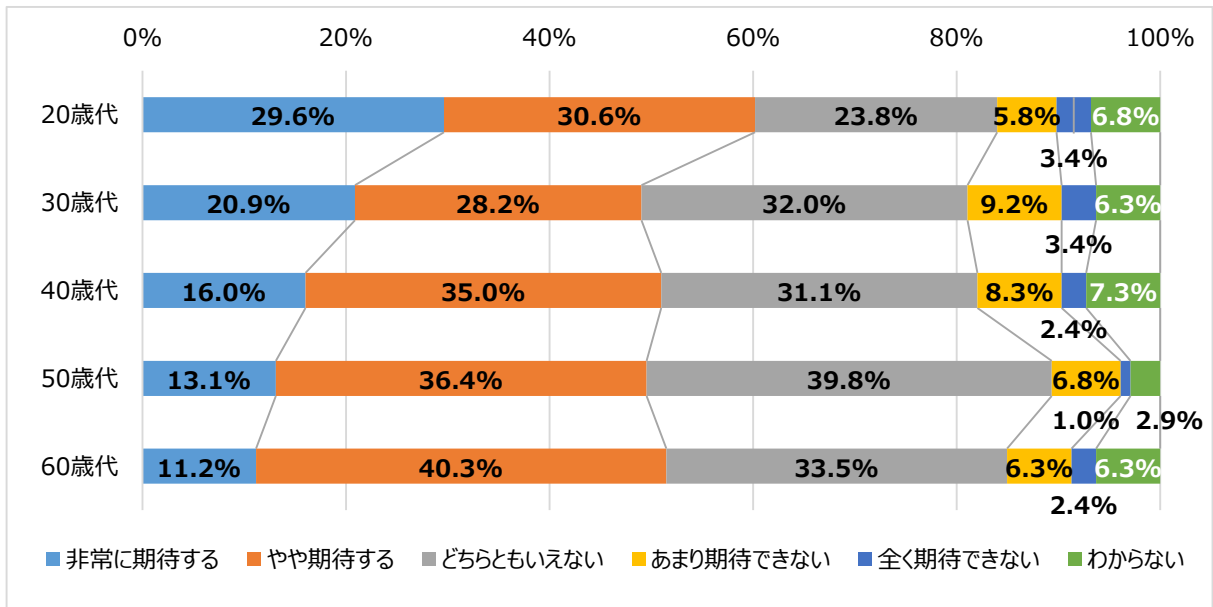
(b) 関係者とのコミュニケーションを円滑に図れるようになる



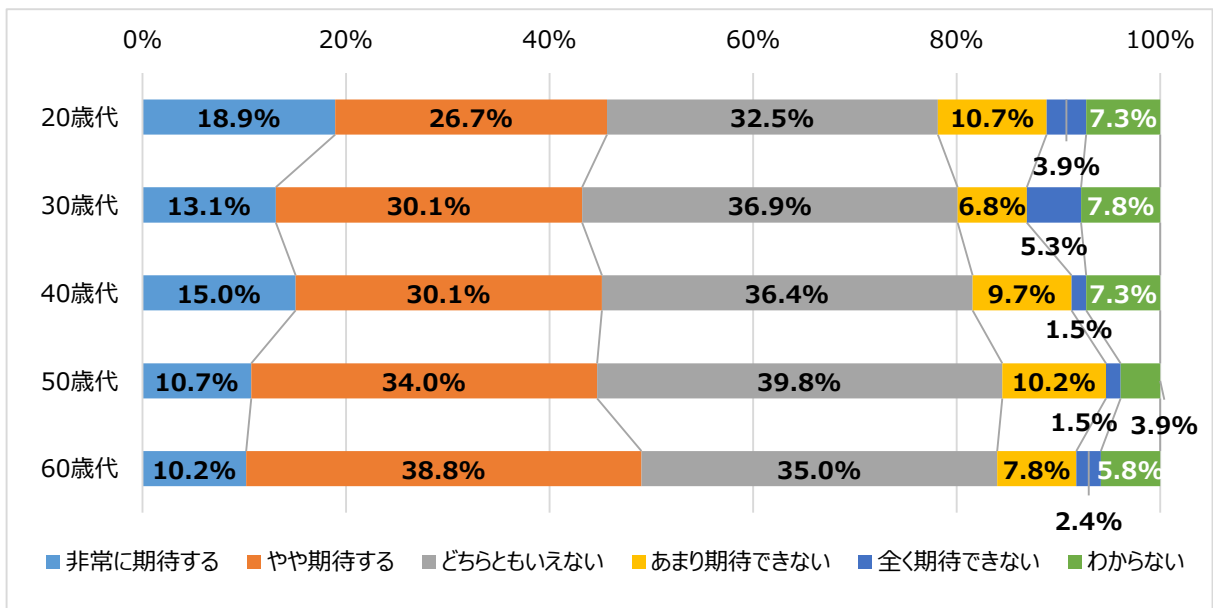
(c) 新しい価値をもった業務を創出できる



(d) 既存の業務効率・生産性を高めることができる

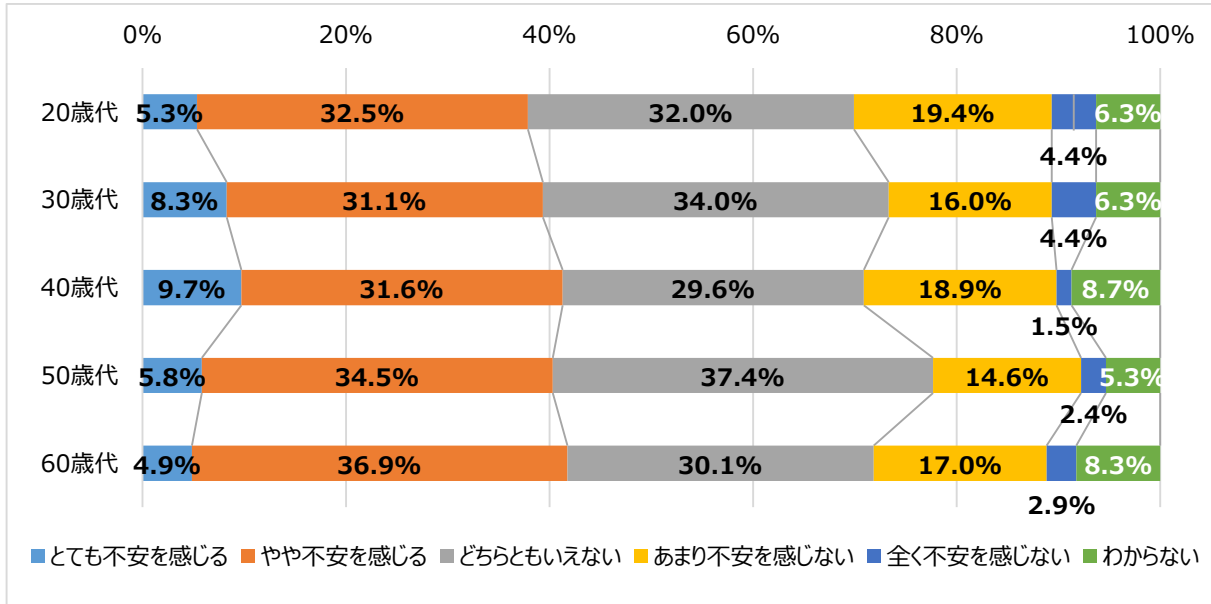


(e) エネルギーや環境の問題を改善してくれる

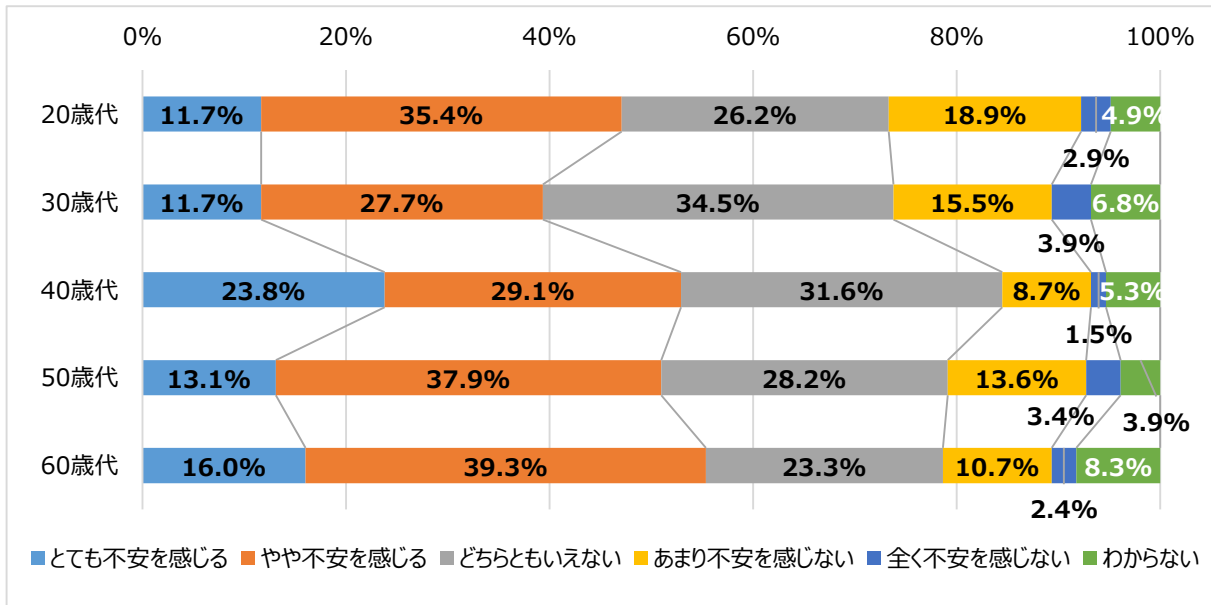


図表 3-110 日本における年齢別働く上でのデジタル活用への不安

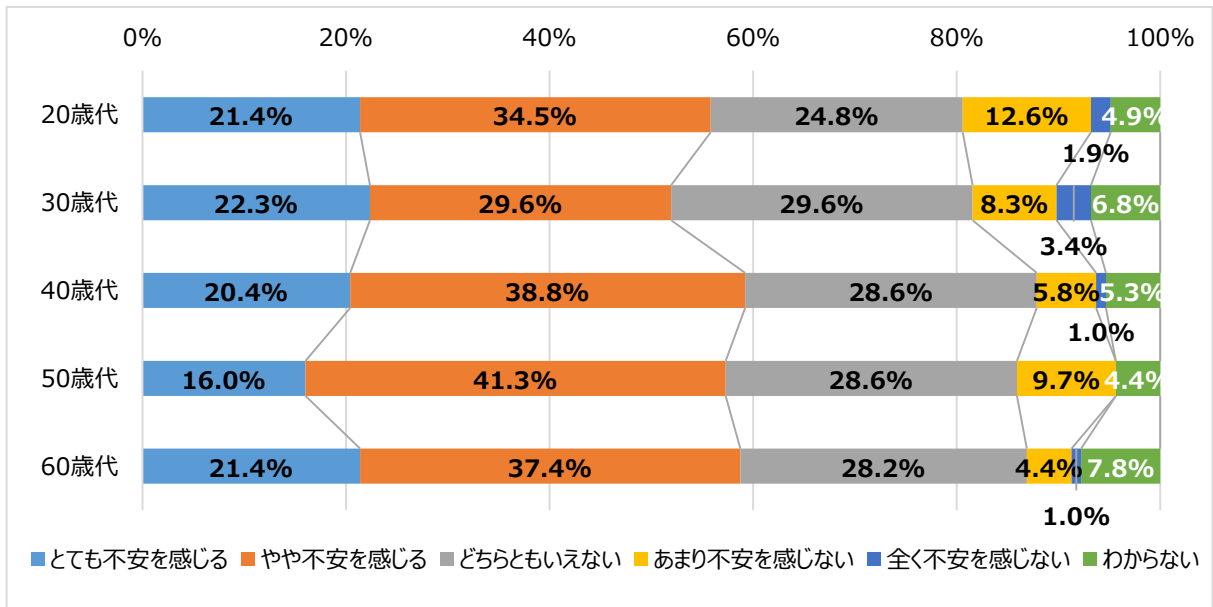
(a) 時間や場所、障害の有無などによる制約がなくなり、柔軟な働き方ができるようになる



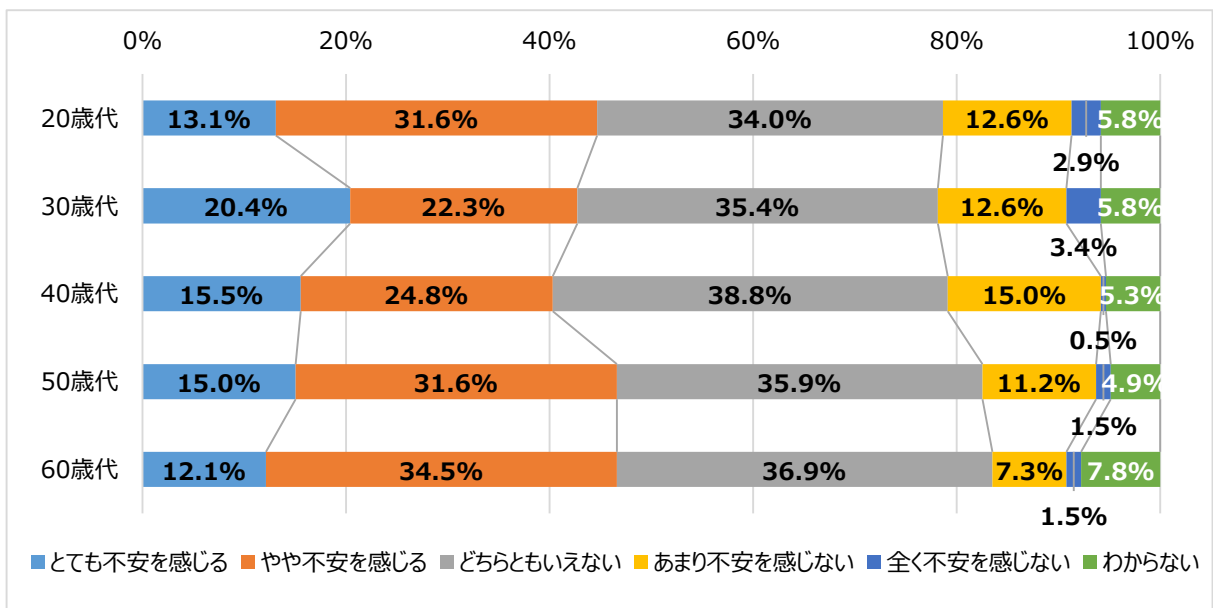
(b) 関係者とのコミュニケーションを円滑に図れるようになる



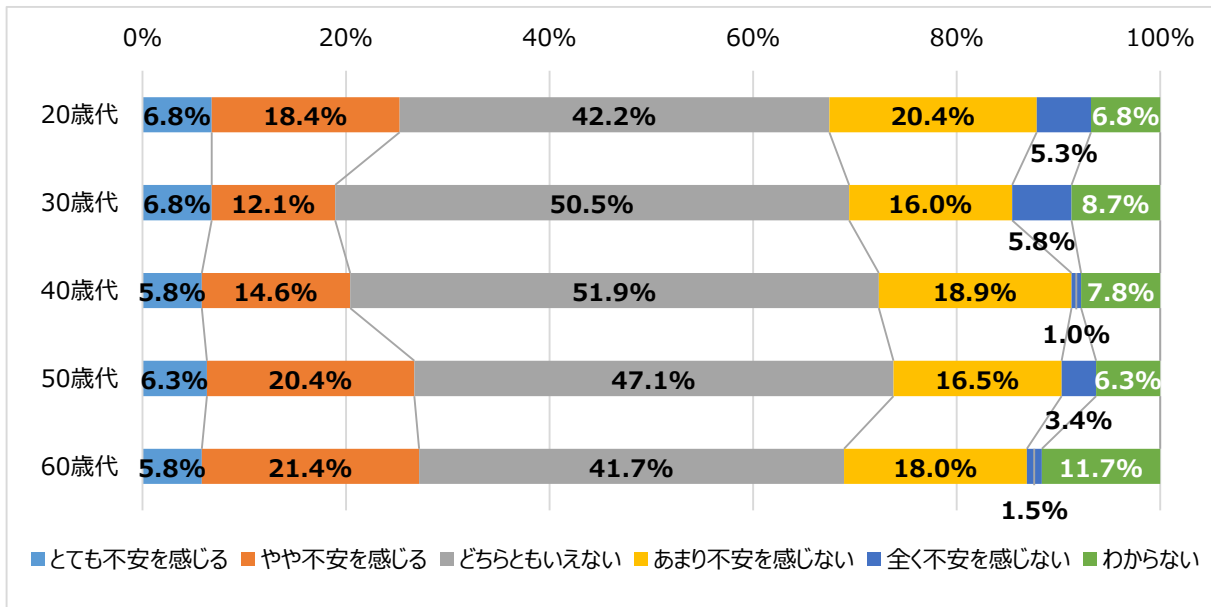
(c) 新しい価値をもった業務を創出できる



(d) 既存の業務効率・生産性を高めることができる



(e) エネルギーや環境の問題を改善してくれる



(イ) 民間サービス

i 利活用及び利用意向の状況

民間のデジタルサービスとして、フォートナイトなどのオンラインゲーム、バーチャルイベントなどのXRコンテンツ等の仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスの利用状況について尋ねた。

仮想空間上の体験型エンターテインメントサービスを利用したことがあると回答した割合（「生活や仕事のうえで活用している+利用したことがある」の割合）として、海外では約30-50%程度となっていたのに対して、日本では7.4%と海外より低くなっていた。一方で、利用意向が低いと考えられる回答の割合（「必要としていない+利用する気になれない」の割合）は海外で最も大きいドイツの54.3%に比べ、日本では67.2%となっていた（

図表 3-111)。このことから、日本では海外に比べ、テレワークなど働く上でのデジタル活用が遅れているかつ今後の利用意向が低い状態である様子が伺えた。

仮想空間上の体験型エンターテインメントサービスを「利用したいが困難」あるいは「利用する気になれない」と回答した方に対して、具体的にどのような課題や障害があるか尋ねた結果、日本、諸外国共に「使いたいサービスがない」とサービスに対する課題を挙げた割合が多かった（図表 3-112）。

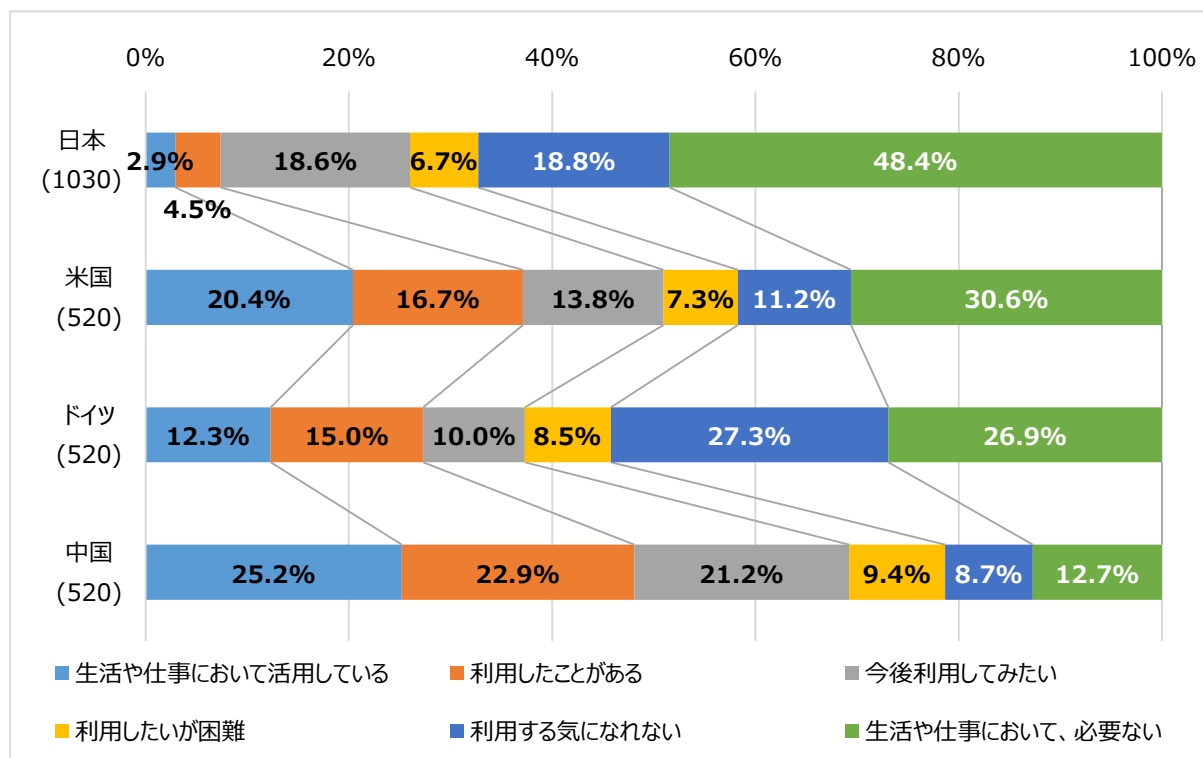
日本における年齢別、世帯年収別での利活用動向について整理した。

年齢別に見ると、仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスを利用したことがあると回答した割合は、20歳代が12.6%程度と最も利用率が高かった。また、「今後使用してみたいと思う」と回答した割合が30.6%と最も大きくなっており、利用意向が高いことが伺えた。一方で、「必要ない」と考える割合が、20歳代は36.4%と最も低かったことに対して、年齢層が上がると本回答の割合が増加し、60歳代では61.7%となっていた（図表 3-113）。

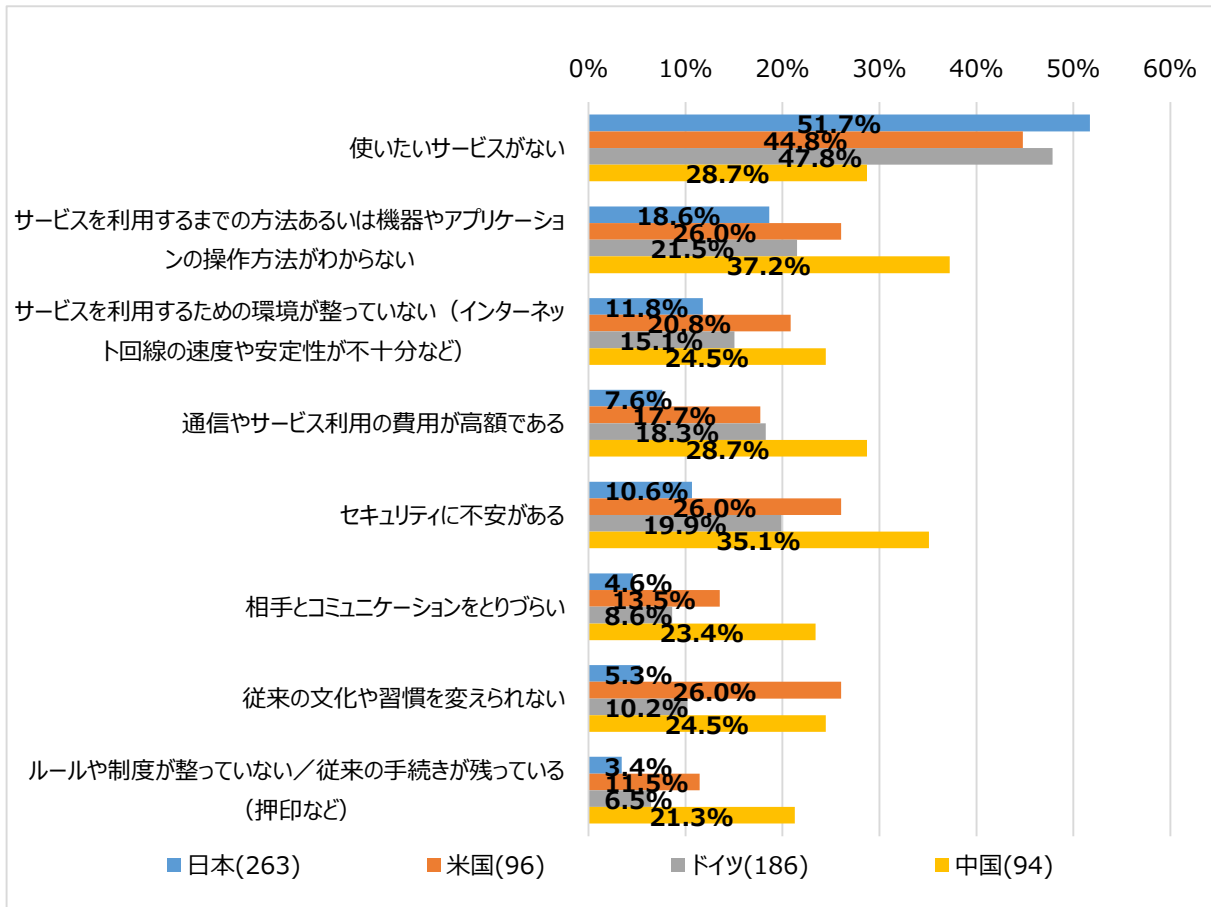
世帯年収別に見ると、世帯年収が高い層であるほど、利用したことがある（「生活や仕事において活用している+利用したことがある」と回答した割合が多くなる傾向があった。特に、世帯年収が800万円以上～1000万円未満の層は、仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスを利用したことがあると回答した割合は12.9%となっていた。一方で、その他の世帯年収の層では、仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスの利用状況は10%未満となっており、大きな差は無かった（

图表 3-114)。

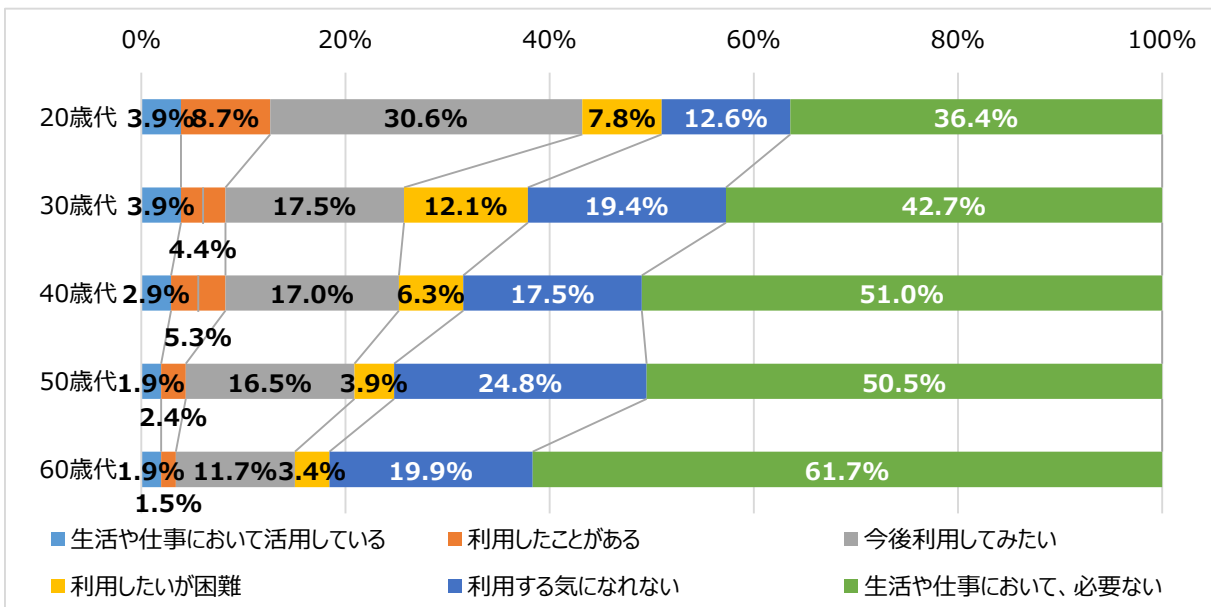
図表 3-111 日本と諸外国における仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス利用状況の比較



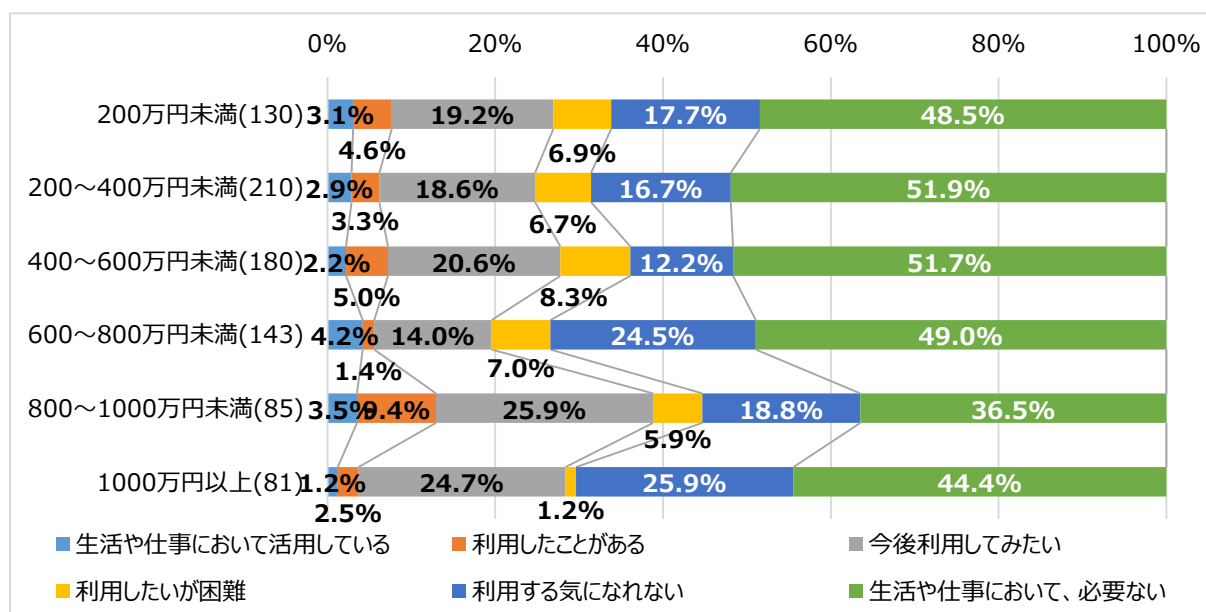
図表 3-112 仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスが困難である理由



図表 3-113 日本における年齢別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス利用状況



図表 3-114 日本における世帯年収別仮想空間上の体験型エンターテインメントサービス利用状況



ii デジタル化に伴う期待・不安

仮想空間上での体験型エンターテインメントサービスのデジタル化が進展することに対する期待と不安について尋ねた。

期待することとして、日本では「時間や場所の制約なく、買い物やサービスを受けられること」、「障害などで外出困難な人がサービスを受けやすくなる」、「人と接触せずにサービスを受けられること」に対して、期待すると答えた割合が60%以上となっていた。諸外国と比較すると、諸外国の方が全体的に期待すると回答した割合が多かった。「時間や場所の制約なく、買い物やサービスを受けられること」、「障害などで外出困難な人がサービスを受けやすくなる」、「人と接触せずにサービスを受けられること」に対して期待すると回答した割合は日本度同程度であった。一方で、「自宅に居ながら旅行やイベントを仮想体験できること」、「現実空間では難しい新たな体験をできる」については、日本に比べ約10%以上期待すると回答する割合が大きくなっていた（図表 3-115）。

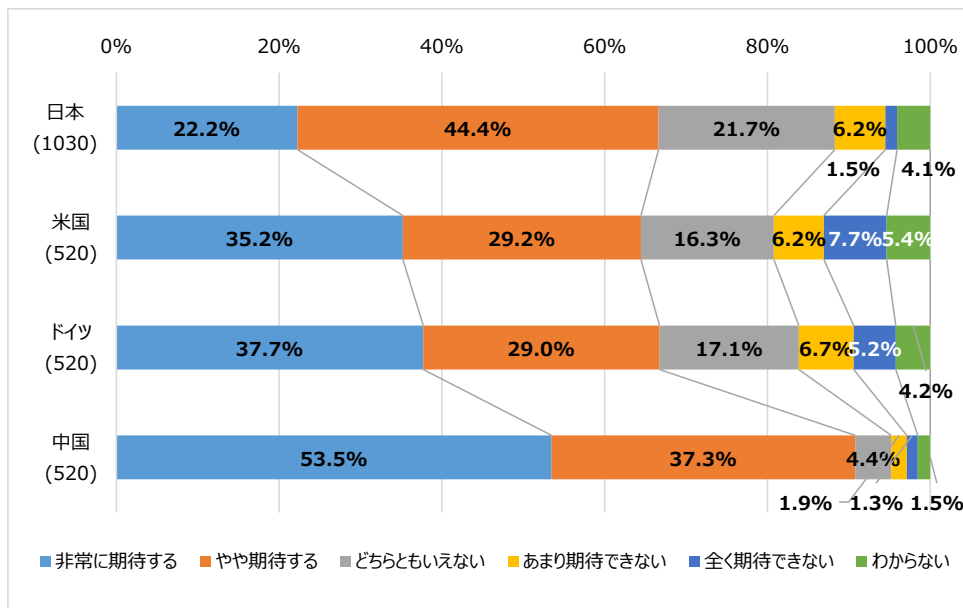
不安に感じることとして、日本と諸外国では不安を感じると回答したのは同程度であった。しかし、「個人情報流出し、プライバシーが侵害される」、「デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれる」については、日本の方が米国・ドイツに比べて不安を感じている割合が大きくなっていたのに対して、「人との会話や社会との繋がりが希薄になる」、「外出や旅行の機会が減る」については日本より米国・ドイツの方が不安を感じている割合が大きくなっていた（図表 3-116）。

年齢別に見ると、民間サービスのデジタル化が進展することにおいて、「自宅に居ながら旅行やイベントを仮想体験できる」、「現実空間では難しい新たな体験をできる」の仮想空間でのデジタルサービスに対して、20歳代の層が最も期待すると回答しており、年齢層が上がるほど期待する割合が下がる傾向にあった。一方で、不安に関しては、情報流出やデジタルが利用できるかによる格差、社会との繋がりが希薄になることについては、年齢層が高くなるほど不安を感じると回答していた（図表 3-119、図表 3-120）。

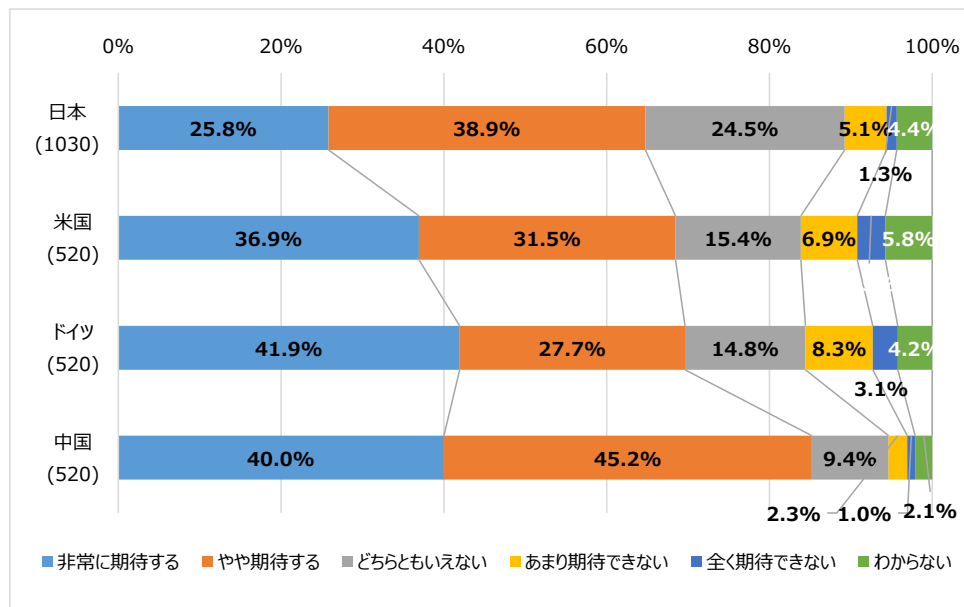
世帯年収別に見ると、期待・不安年齢によって大きな違いは見られなかった（図表 3-117、図表 3-118）。

図表 3-115 日本と諸外国における仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への期待の比較

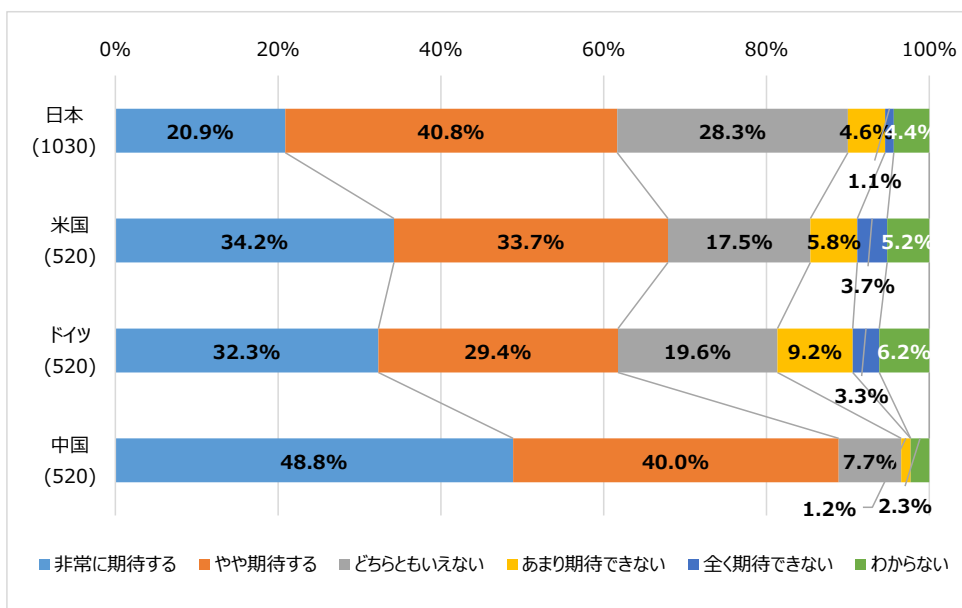
(a) 時間や場所の制約なく、買い物やサービスを受けられる



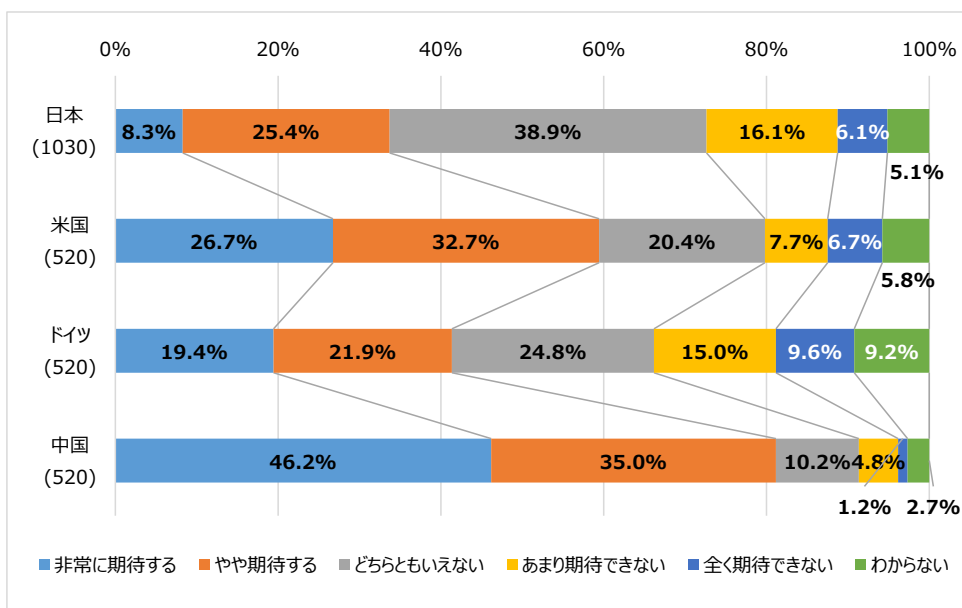
(b) 障害などで外出困難な人がサービスを受けやすくなる



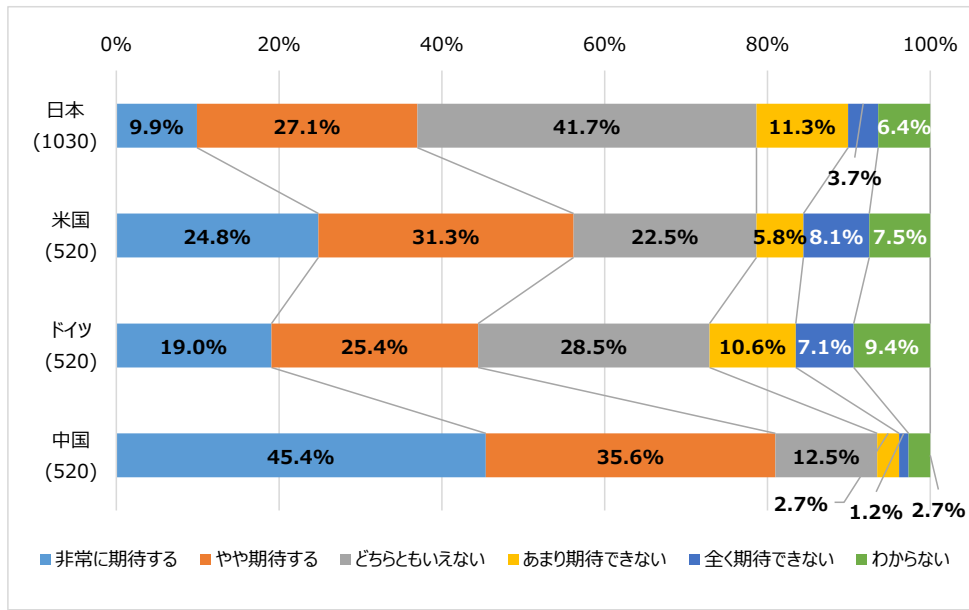
(c) 人と接触せずにサービスを受けられる



(d) 自宅に居ながら旅行やイベントを仮想体験できる

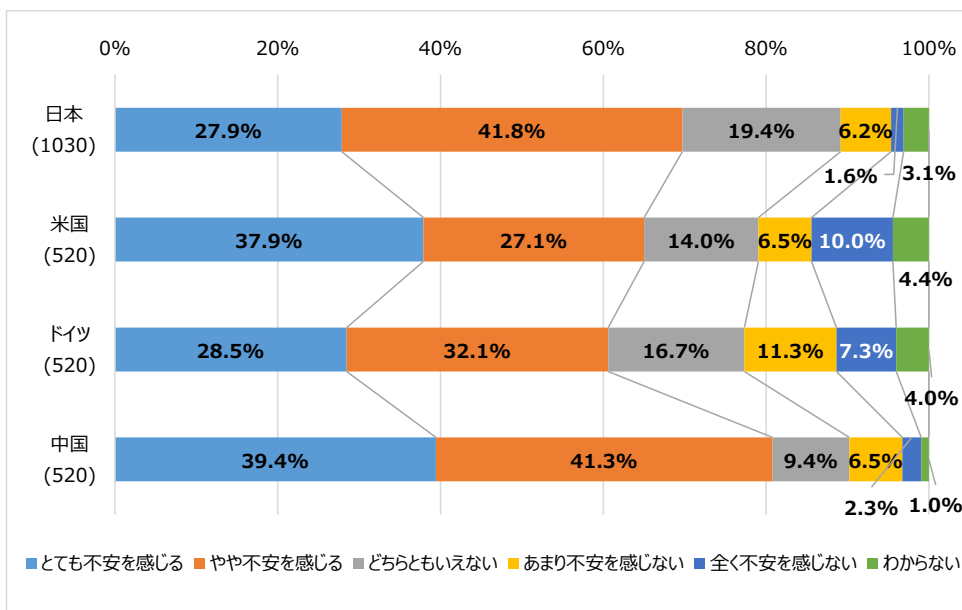


(e) 現実空間では難しい新たな体験をできる

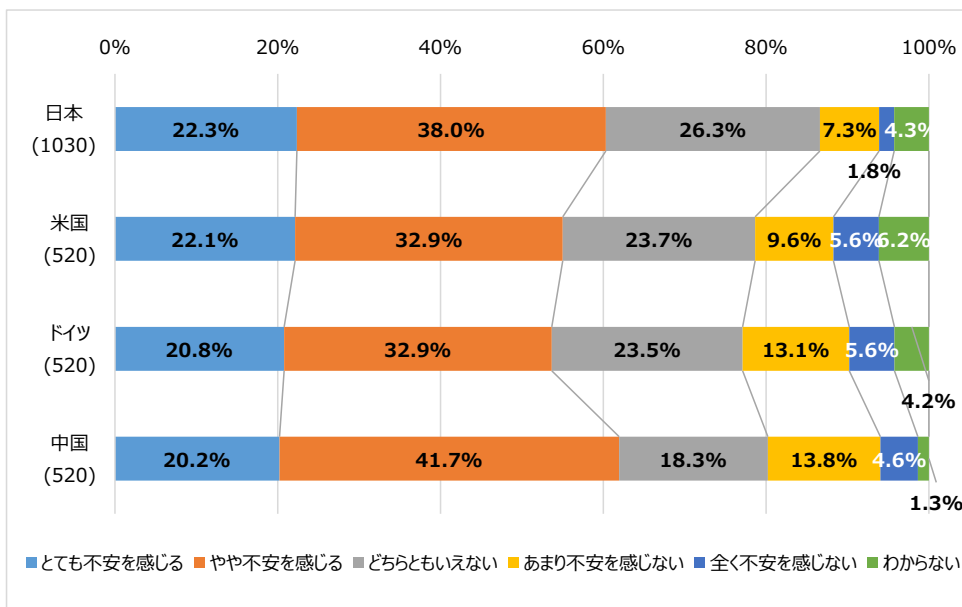


図表 3-116 日本と諸外国における仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への不安の比較

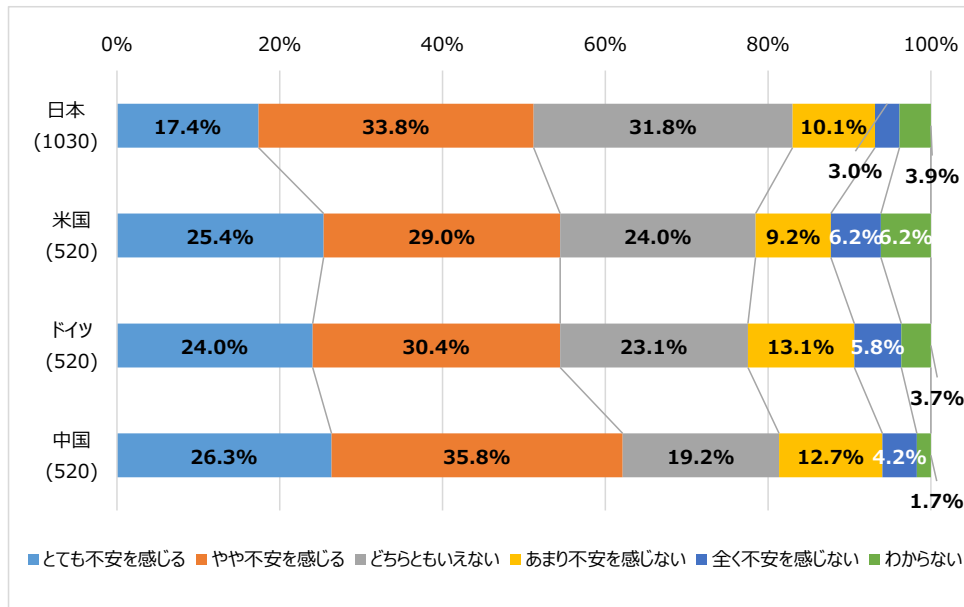
(a) 個人情報が流出し、プライバシーが侵害される



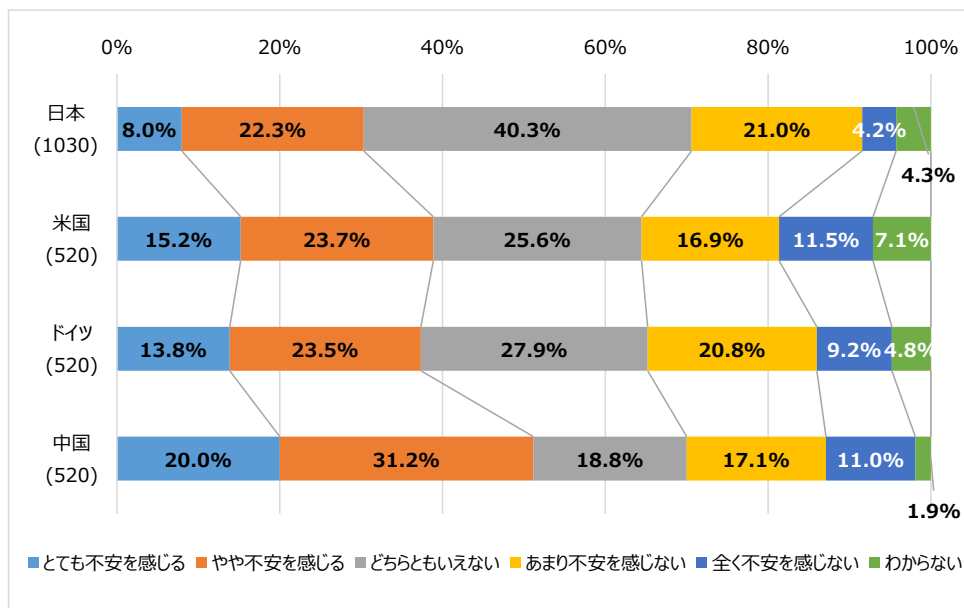
(b) デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれる



(c) 人との会話や社会との繋がりが希薄になる

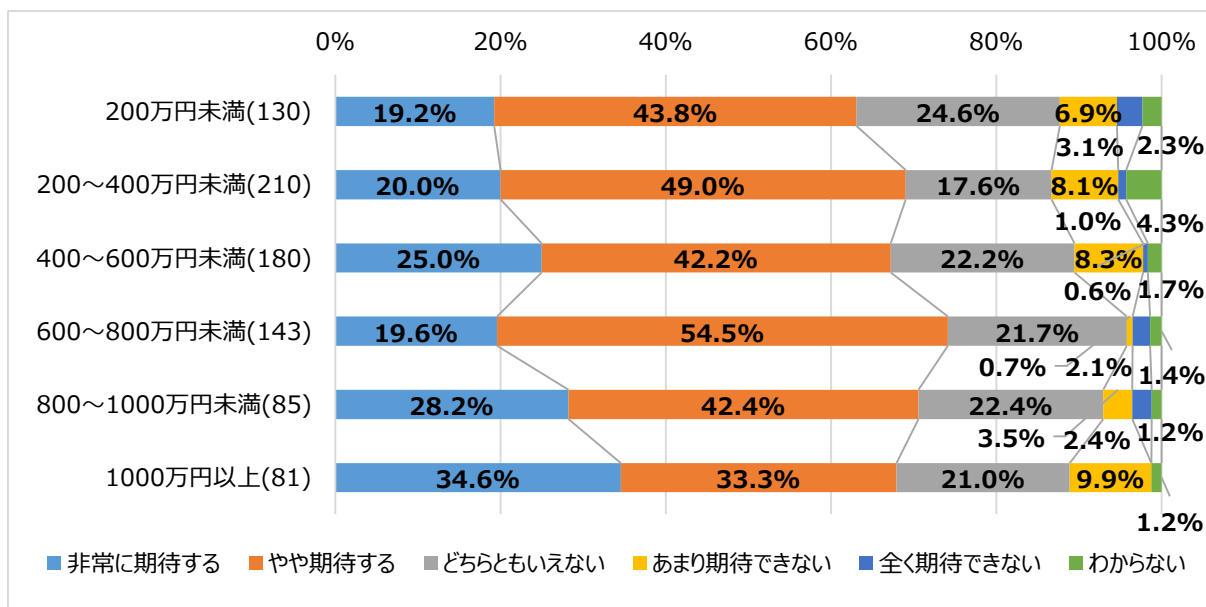


(d) 外出や旅行の機会が減る

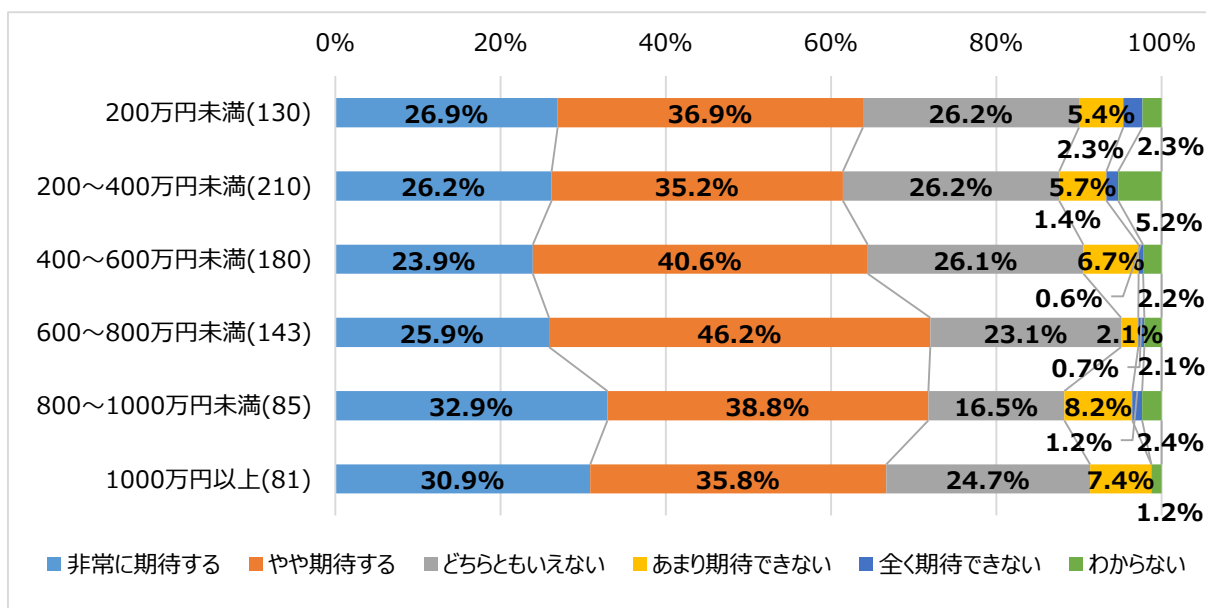


図表 3-117 日本における世帯年収別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への期待の比較

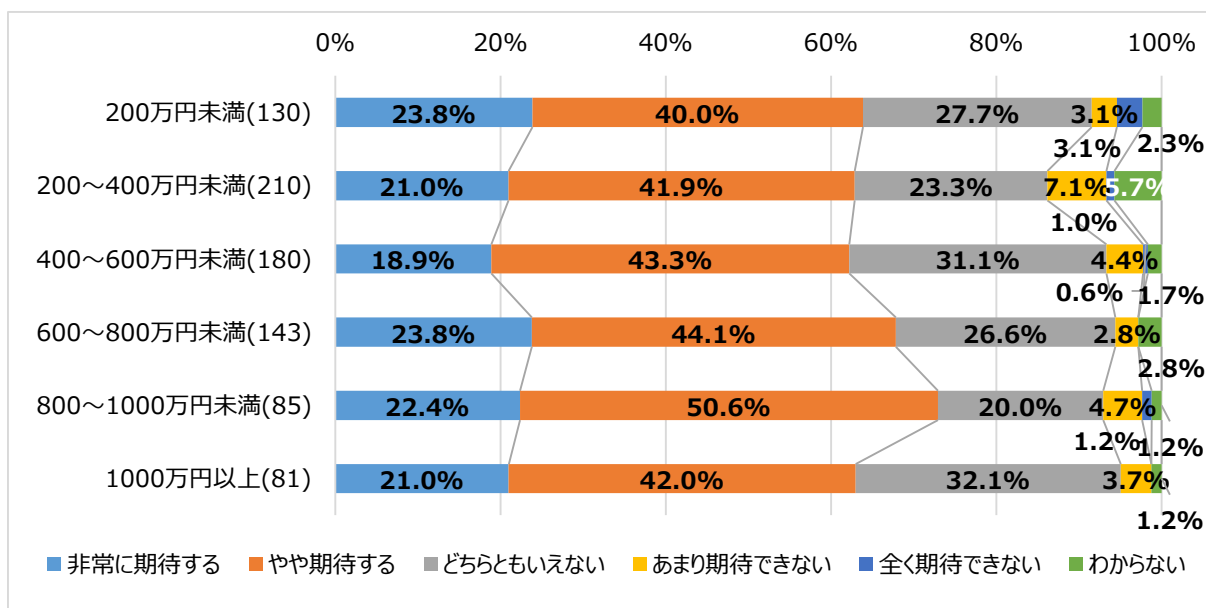
(a) 時間や場所の制約なく、買い物やサービスを受けられる



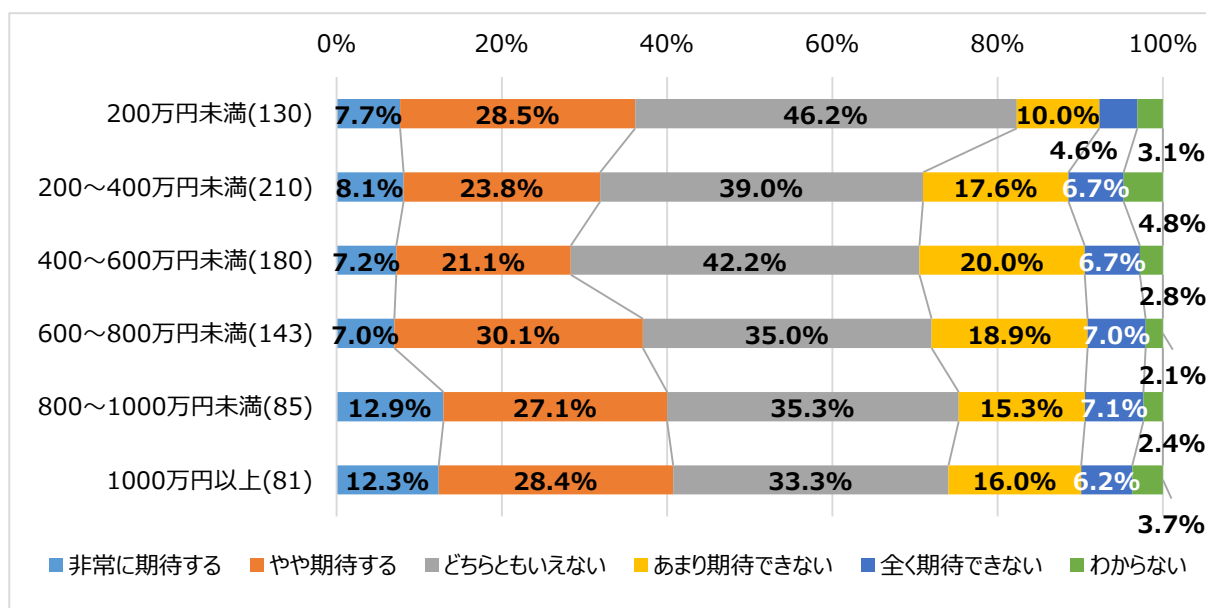
(b) 障害などで外出困難な人がサービスを受けやすくなる



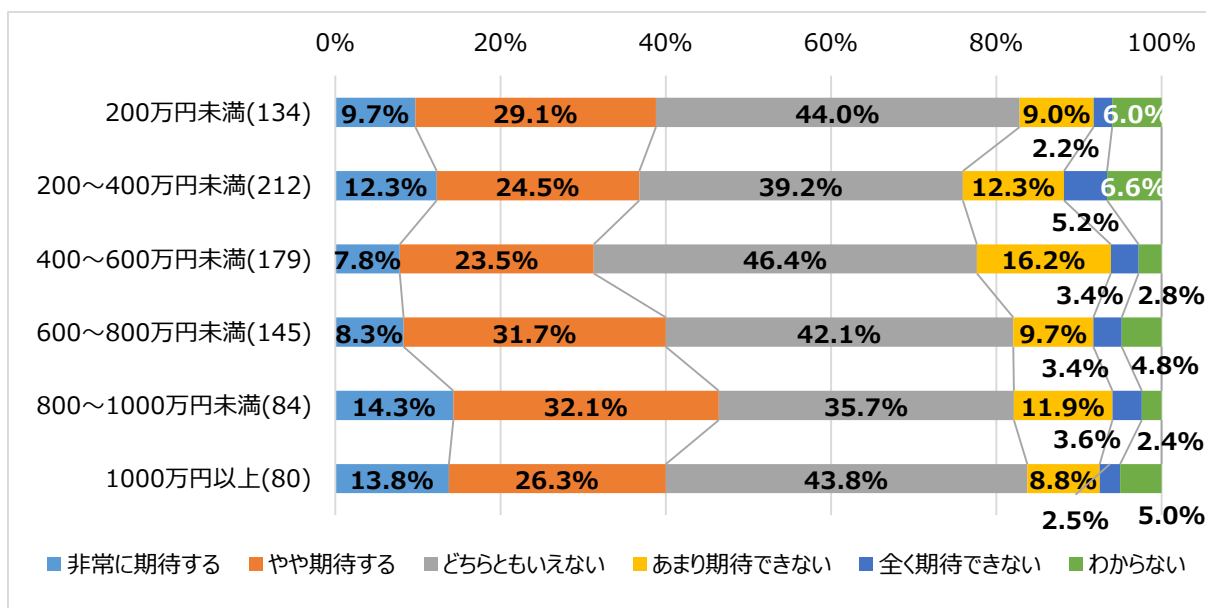
(c) 人と接触せずにサービスを受けられる



(d) 自宅に居ながら旅行やイベントを仮想体験できる

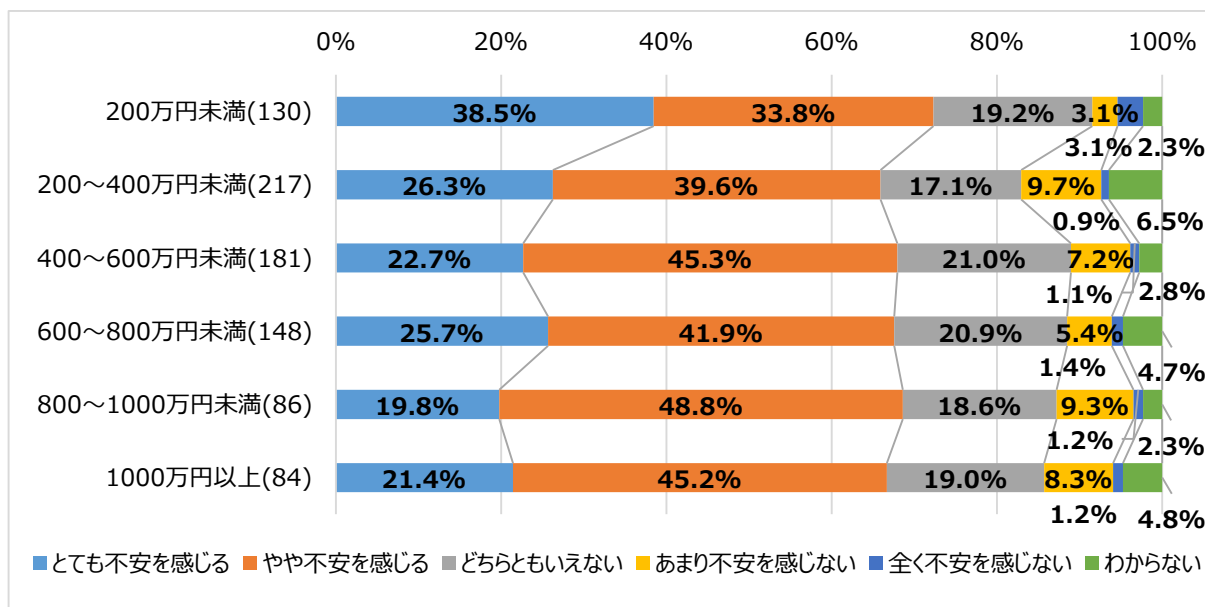


(e) 現実空間では難しい新たな体験をできる

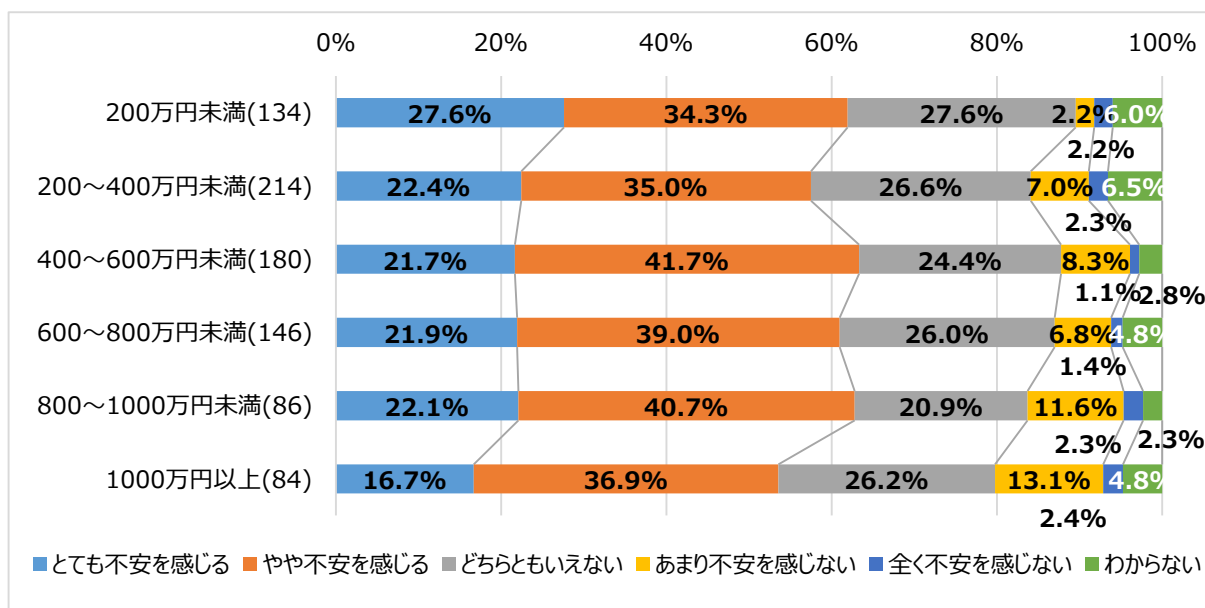


図表 3-118 日本における世帯年収別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への不安の比較

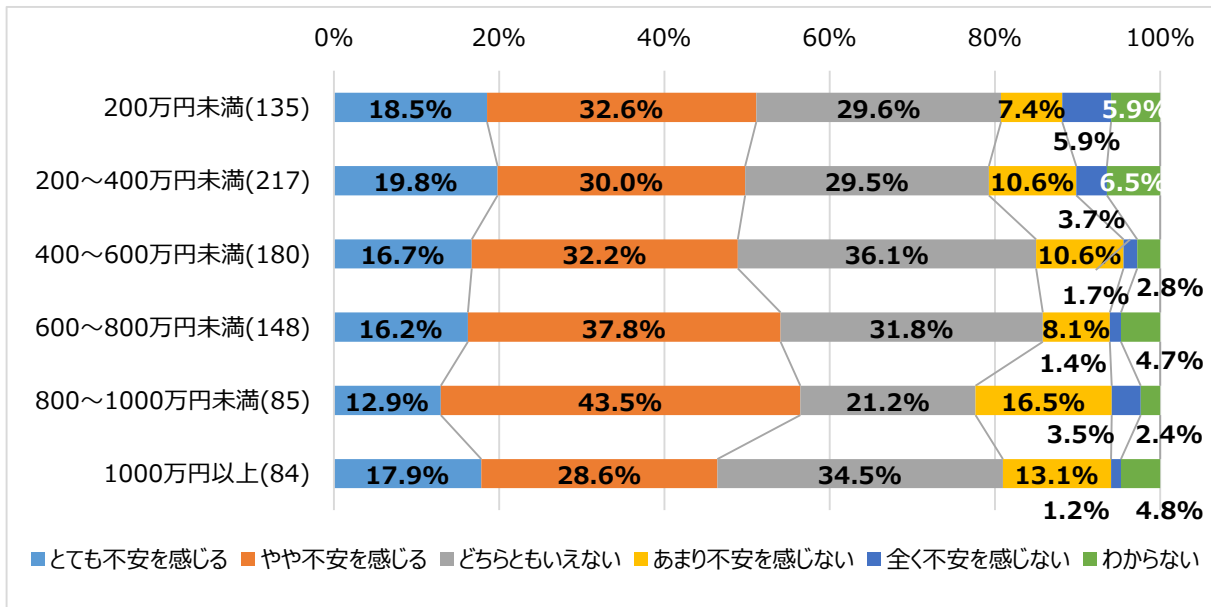
(a) 個人情報が流出し、プライバシーが侵害される



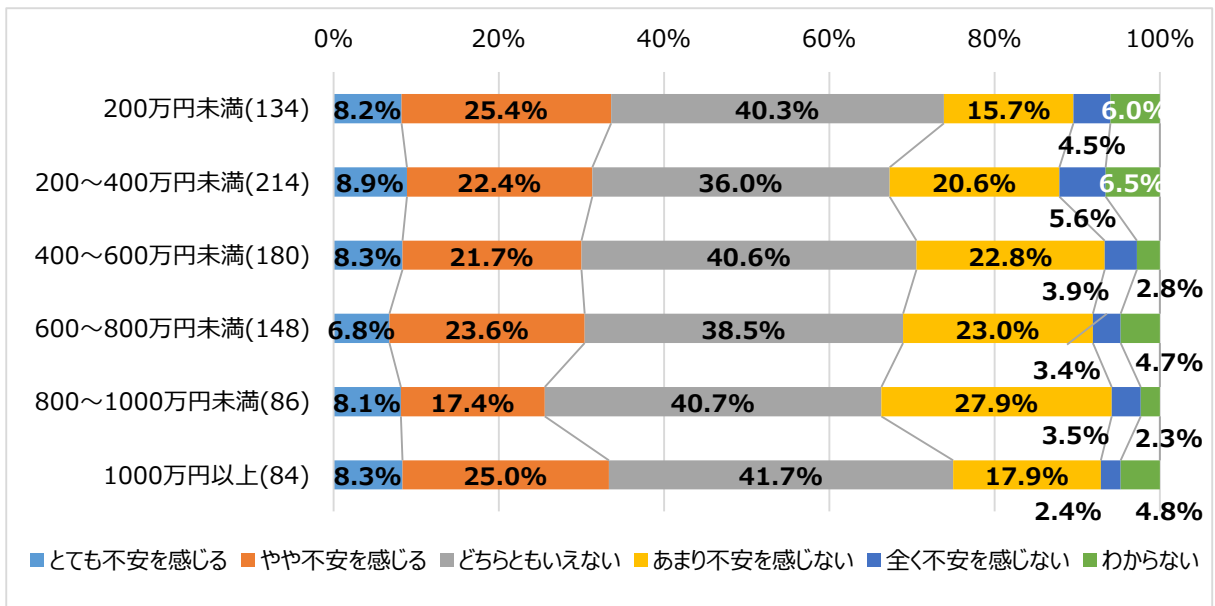
(b) デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれる



(c) 人との会話や社会との繋がりが希薄になる

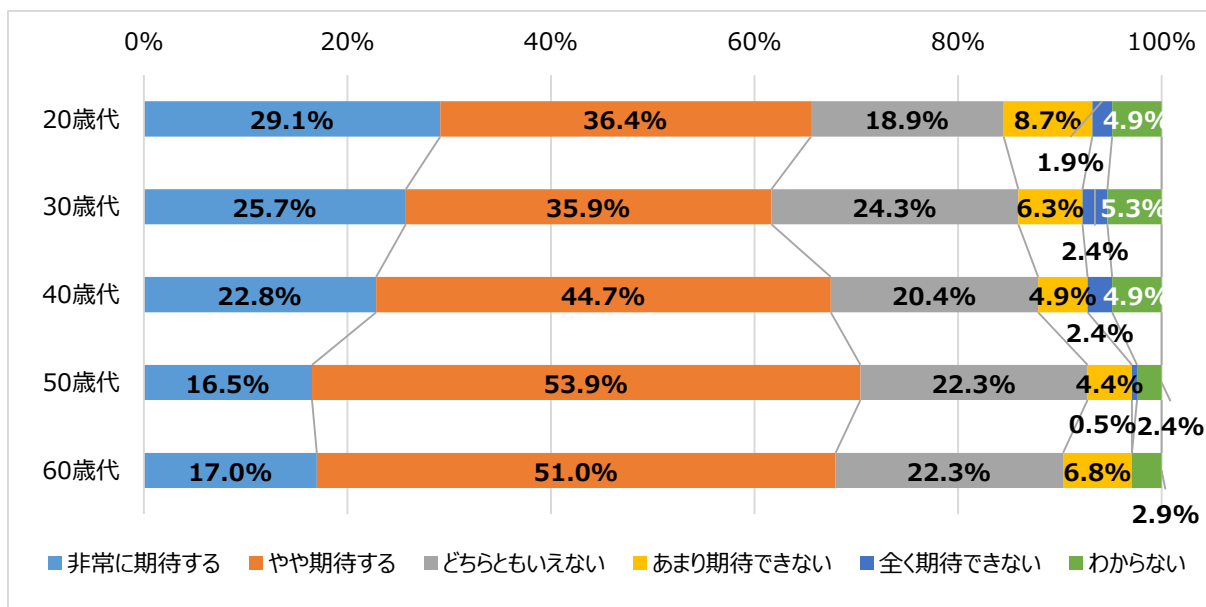


(d) 外出や旅行の機会が減る

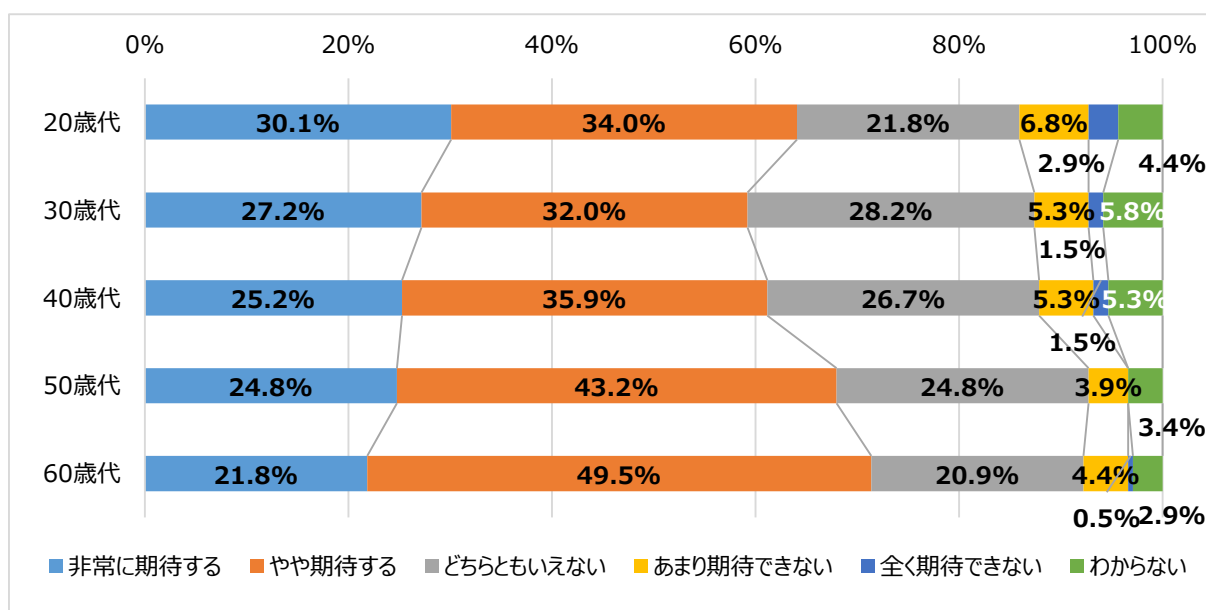


図表 3-119 日本における年齢別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への期待

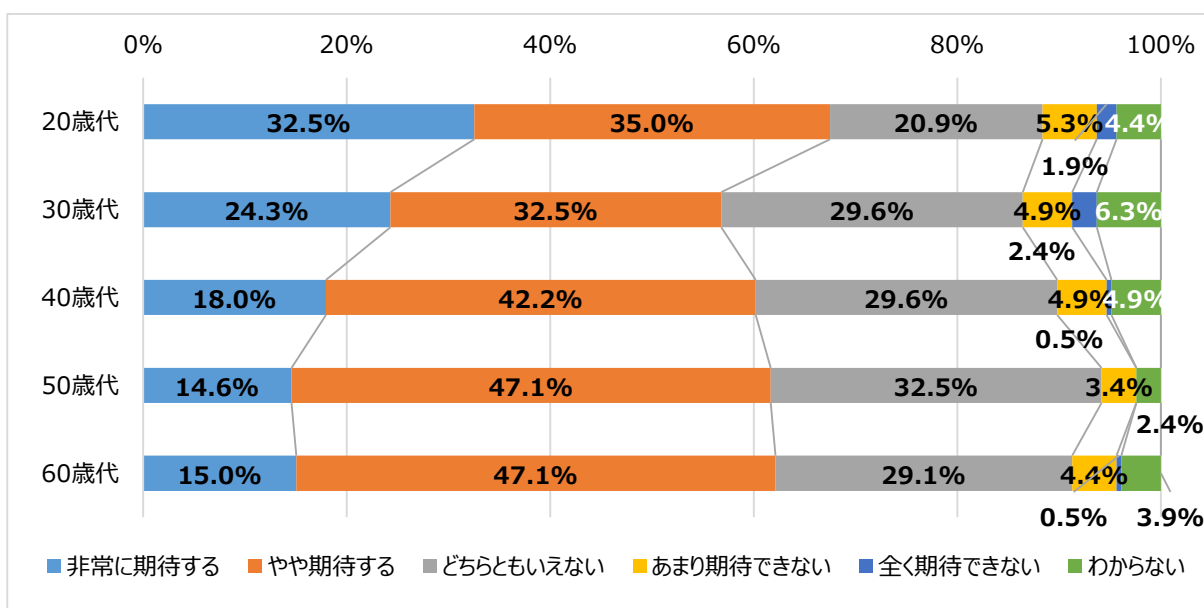
(a) 時間や場所の制約なく、買い物やサービスを受けられる



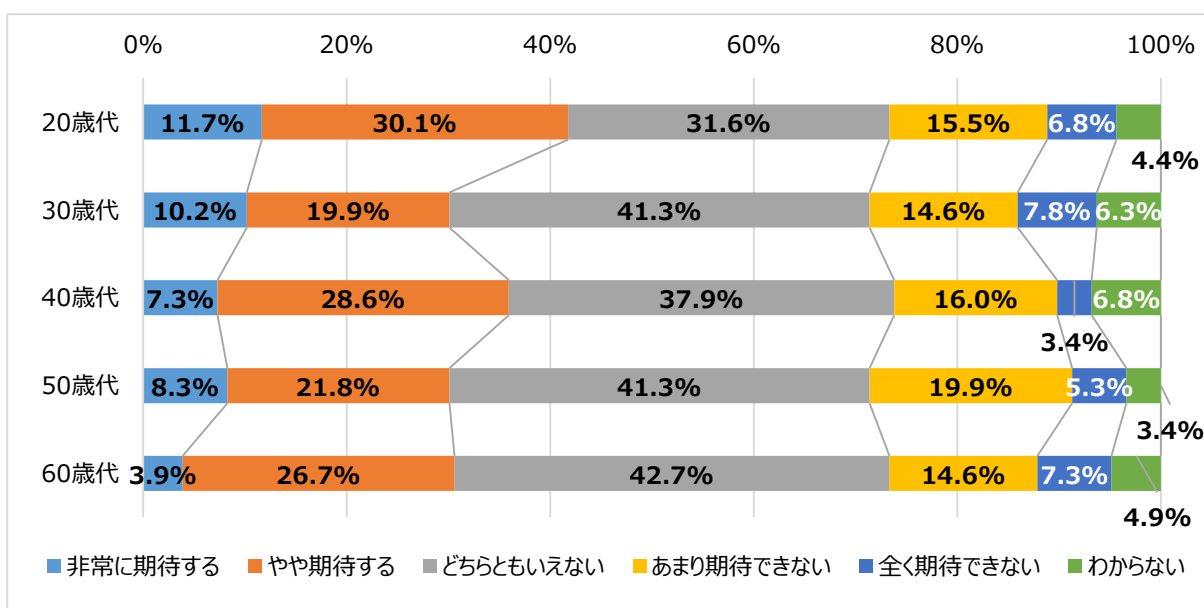
(b) 障害などで外出困難な人がサービスを受けやすくなる



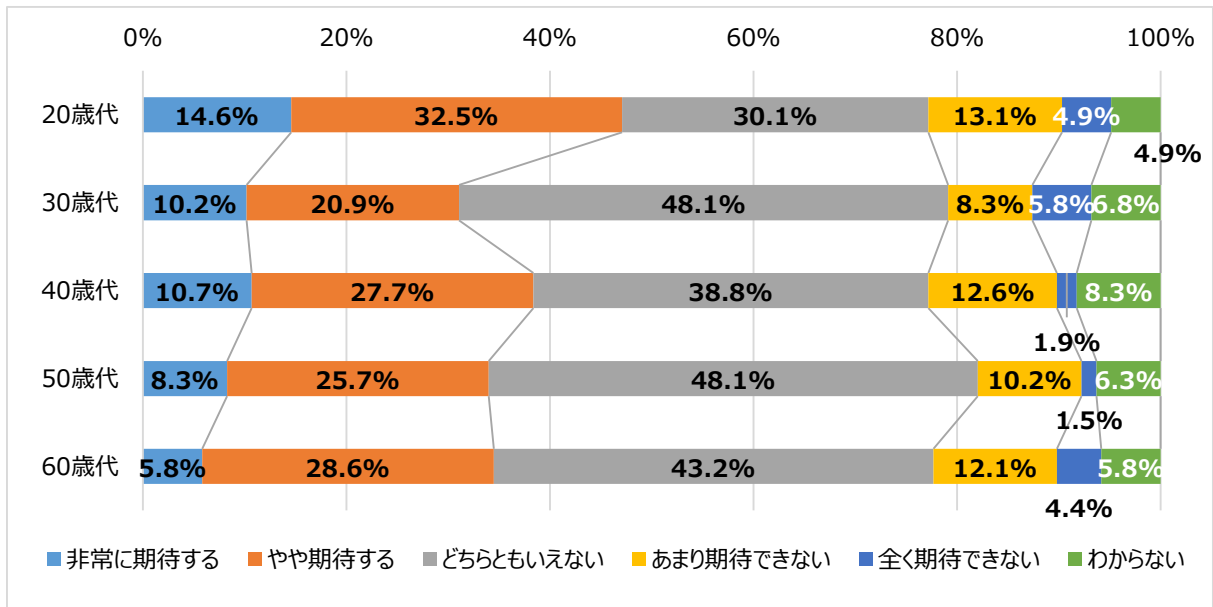
(c) 人と接触せずにサービスを受けられる



(d) 自宅に居ながら旅行やイベントを仮想体験できる

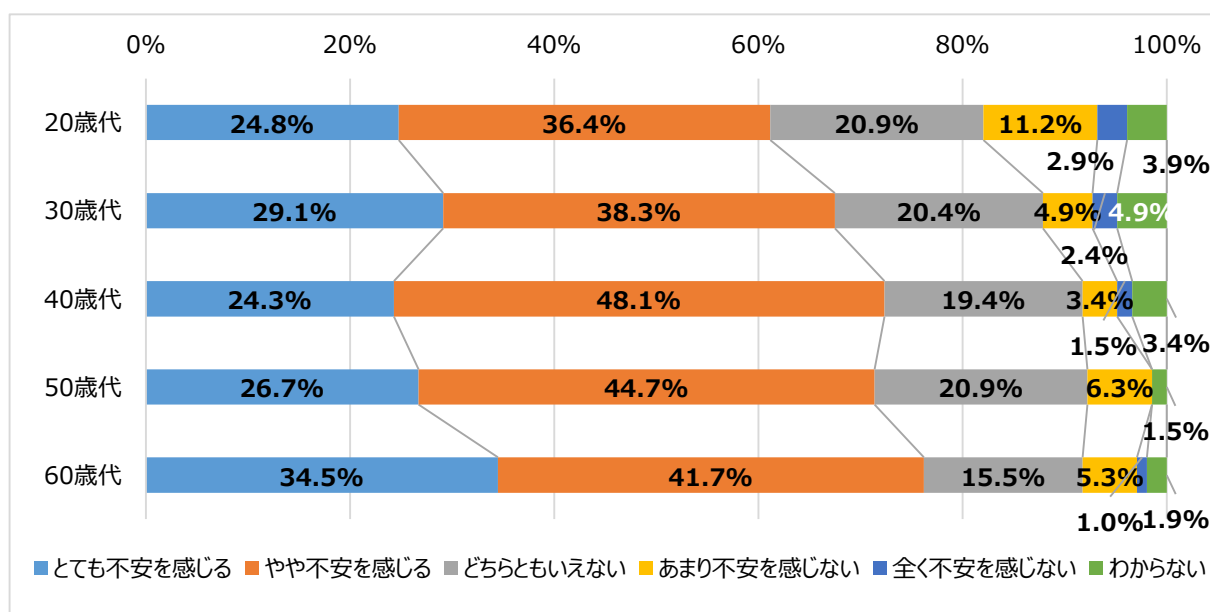


(e) 現実空間では難しい新たな体験ができる

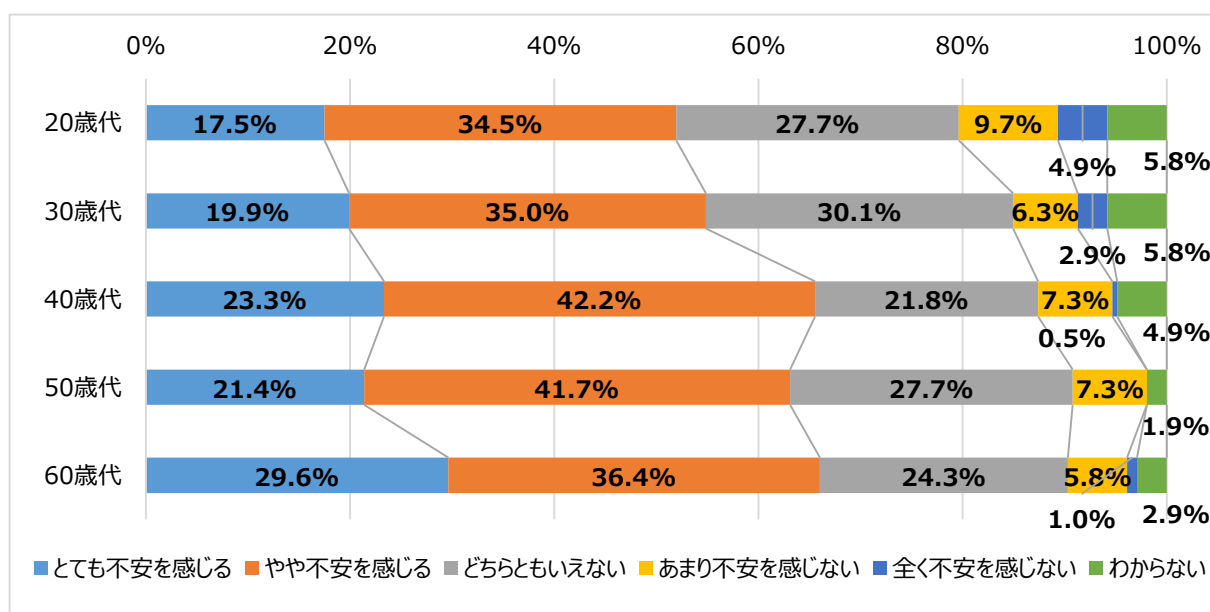


図表 3-120 日本における年齢別仮想空間上での体験型エンターテインメントサービス活用への不安

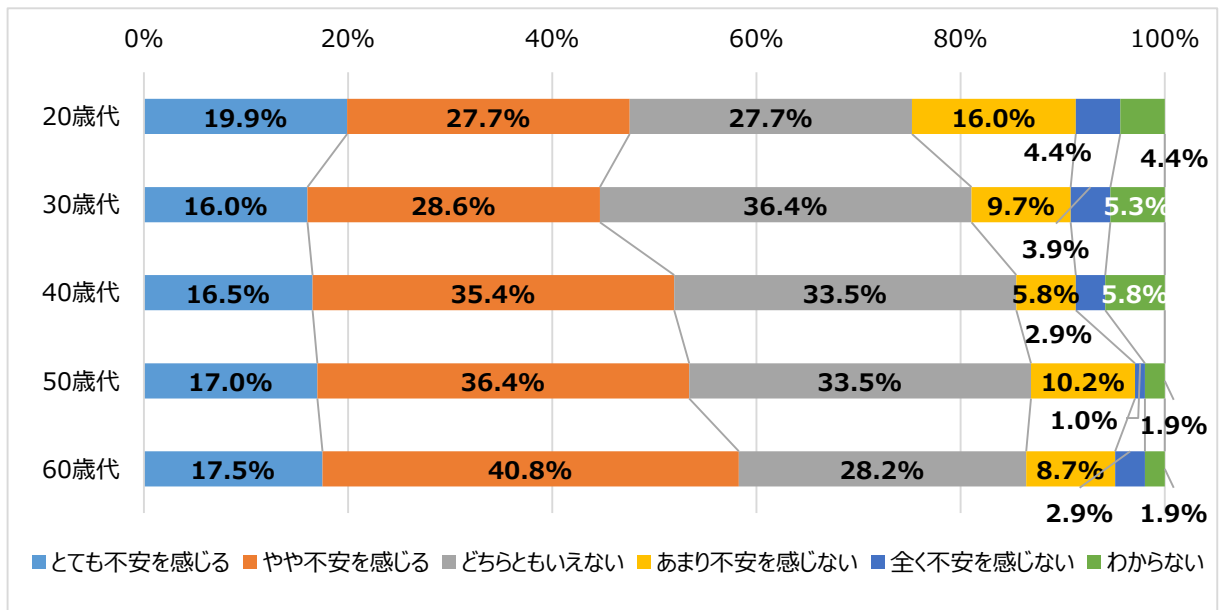
(a) 個人情報が流出し、プライバシーが侵害される



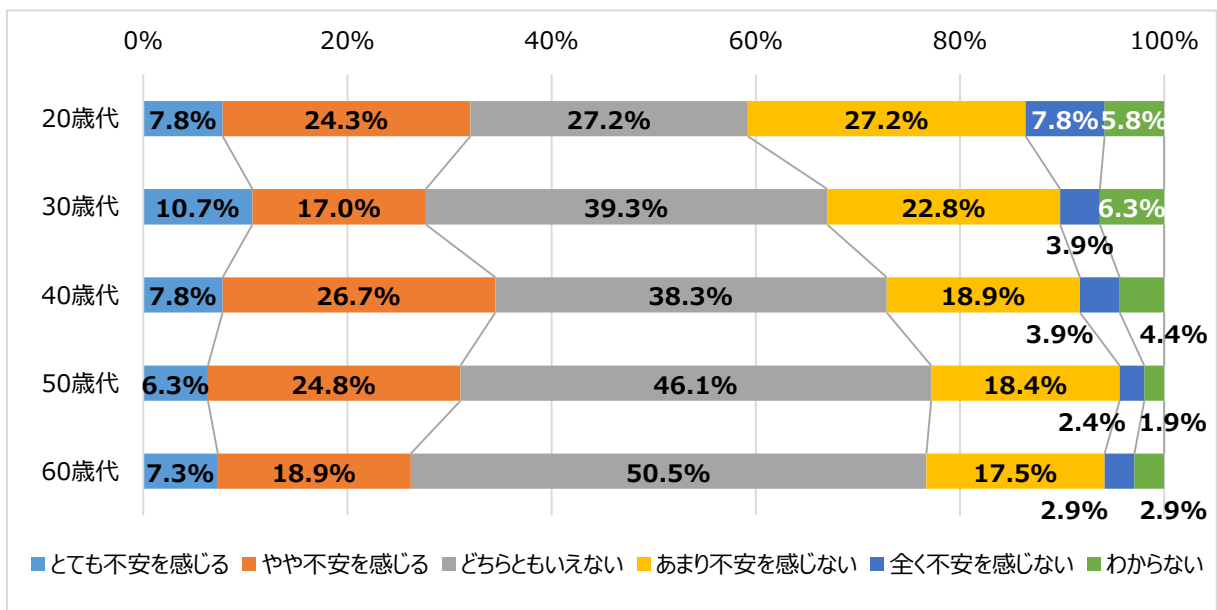
(b) デジタルを伝える人とそうでない人の格差が生まれる



(c) 人との会話や社会との繋がりが希薄になる



(d) 外出や旅行の機会が減る



(ウ) 行政サービス

i 利活用及び利用意向の状況

デジタル化された行政サービスの利用状況について尋ねた。

デジタル化された行政サービスを利用したことがあると回答した割合（「生活や仕事のうえで活用している＋利用したことがある」の割合）が、海外では約50%以上となっていたのに対して、日本では34.7%と海外より低くなっていた。一方で、利用意向が低いと考えられる回答の割合（「必要としていない＋利用する気になれない」の割合）は米国と日本が約30%と大きくなっていったのに対して、ドイツ、中国では20%以下となっていた（図表 3-121）。このことから、日本では海外に比べ、テレワークなど働く上でのデジタル活用が遅れているかつ今後の利用意向が低い状態である様子が伺えた。

デジタル化された行政サービスを「利用したいが困難」あるいは「利用する気になれない」と回答した方に対して、具体的にどのような課題や障害があるか尋ねた。

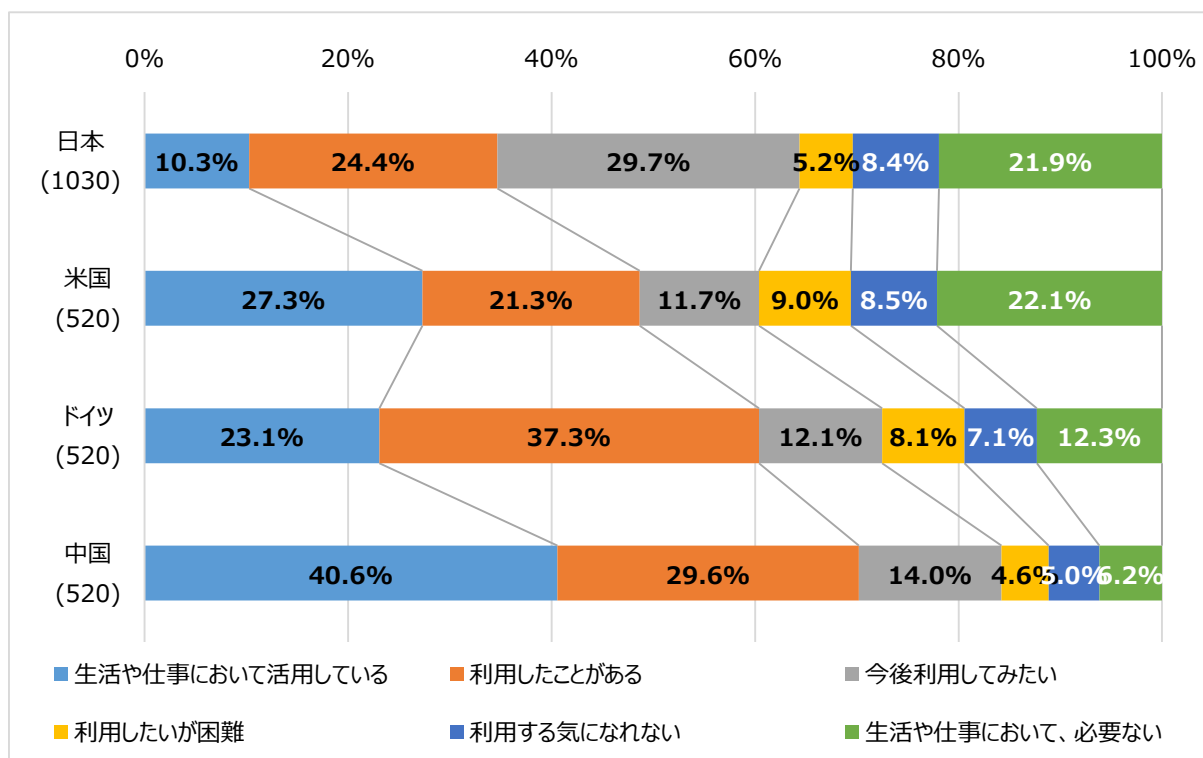
日本では、「使いたいサービスがない」、「サービスを利用するまでの方法や操作方法が分からない」、「セキュリティに不安がある」とサービスとセキュリティに対する課題を挙げた割合が多かった。諸外国でも、日本と同様の傾向であったが、「サービスを利用するための環境が整っていない」といったインフラ面に対する課題も日本に比べ多く挙げられた（図表 3-122）。

日本における年齢別、世帯年収別での利活用動向について整理した。

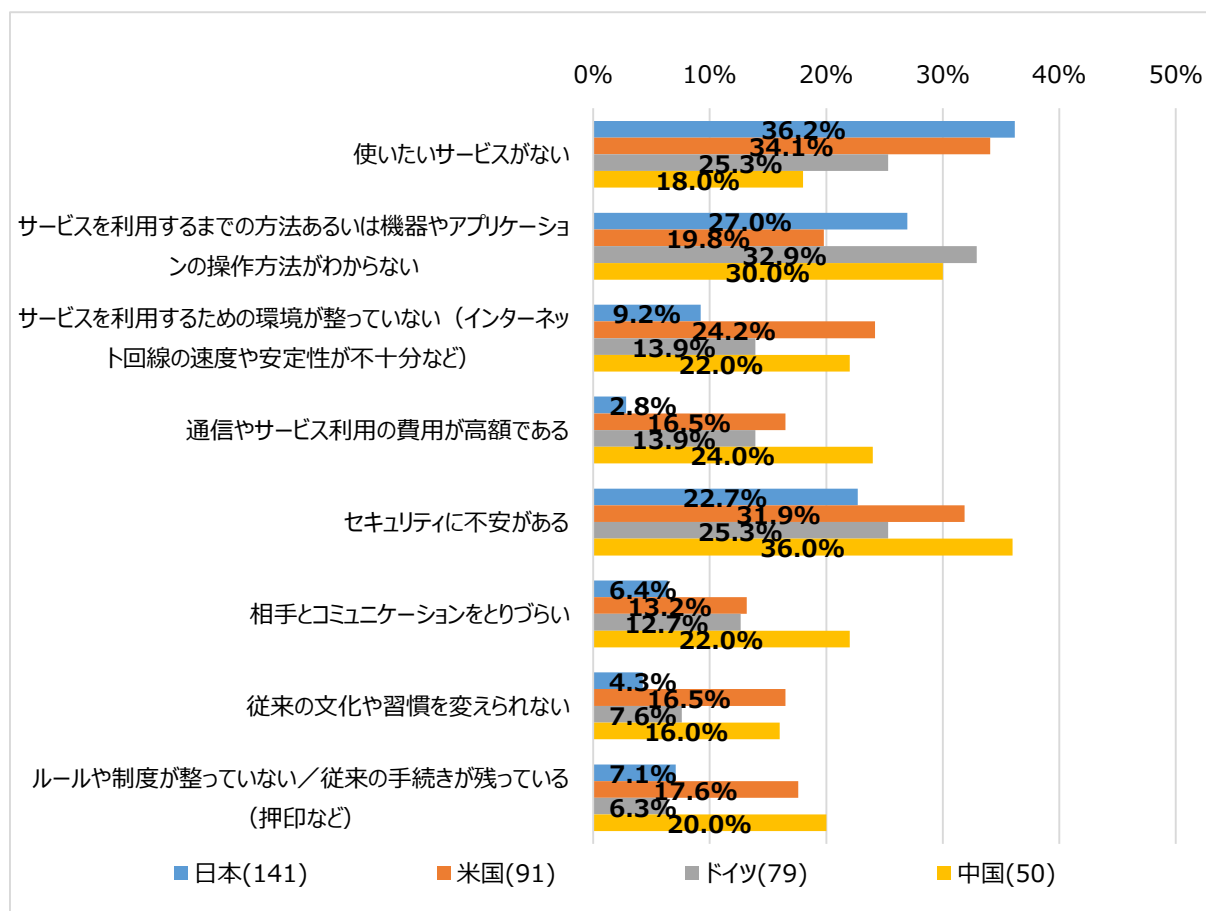
年齢別に見ると、デジタル化された行政サービスを利用したことがある（「生活や仕事において活用している＋利用したことがある」）と回答した割合は、60歳代が41.7%程度と最も利用率が高かった。また、「今後使用してみたいと思う」と回答した割合は20歳代で38.8%と最も大きくなっており、若年層に利用意向が高いことが伺えた（図表 3-123）。

世帯年収別に見ると、世帯年収が高い層であるほど、デジタル化された行政サービスを利用したことがある（「生活や仕事において活用している＋利用したことがある」）と回答した割合が多くなる傾向があった。特に、世帯年収が800万円以上～1000万円未満の層は、デジタル化された行政サービスを利用したことがあると回答した割合は40%以上となっていた。一方で、世帯年収が低い層は、デジタル化された行政サービスを「必要ない」と回答した割合が大きくなる傾向があった。特に、世帯年収が200万円未満及び200万円以上～400万円未満の層は、デジタル化された行政サービスは「必要ない」回答した割合は25%以上となっていた（図表 3-124）。

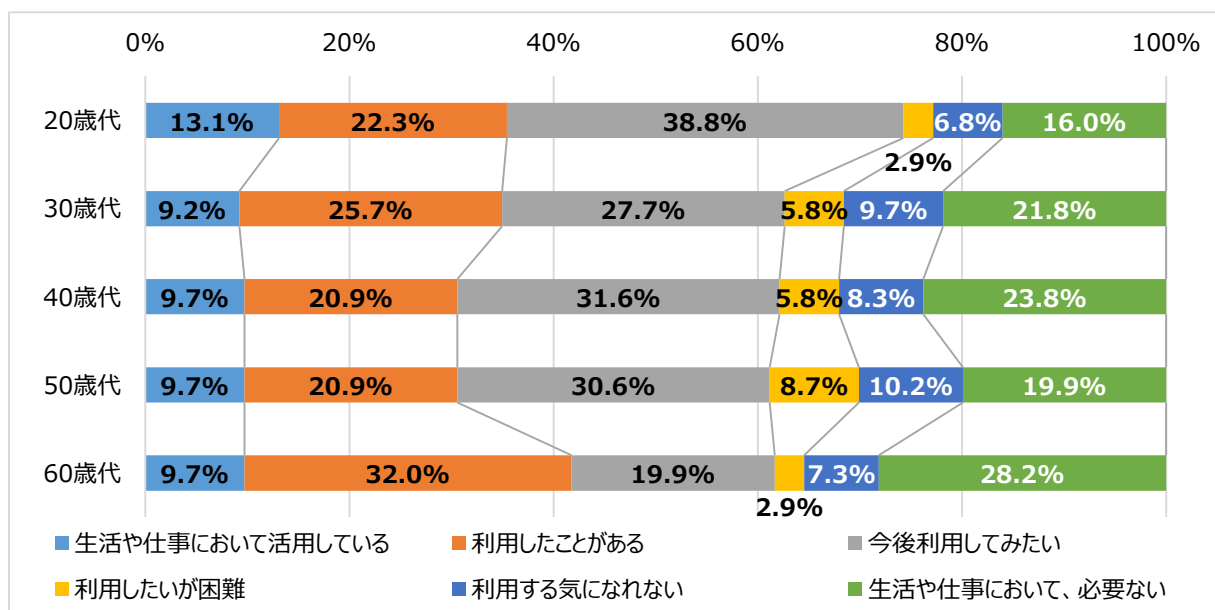
図表 3-121 日本と諸外国におけるデジタル化された行政サービス利用状況の比較



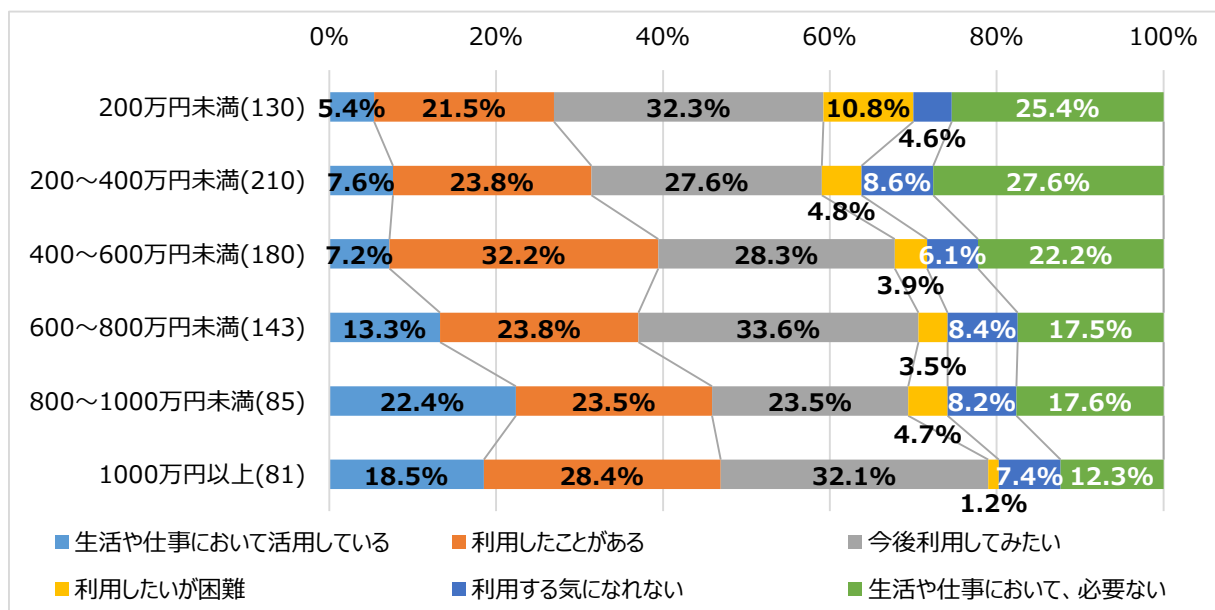
図表 3-122 デジタル化された行政サービス活用が困難である理由



図表 3-123 日本における年齢別デジタル化された行政サービスデジタル利用状況



図表 3-124 日本における世帯年収別デジタル化された行政サービスデジタル利用状況



ii デジタル化に伴う期待・不安

公的サービスのデジタル化が進展することに対する期待と不安について尋ねた。

期待することとして、日本では「時間や場所の制約なく、医療や教育、行政サービスを受けられること」、「人と接触せずに医療や教育、行政サービスを受けられること」、「障害などで外出困難な人が医療や教育、行政サービスを受けやすくなること」に対して、期待すると答えた割合が60%以上となっていた。また、「AI技術によって個人の状態に最も適した医療や教育、行政支援等を受けられること」、「AI技術によって災害や犯罪を予測・検知することで、安全に暮らすことができること」についても期待すると答えた割合が50%を超えていた。諸外国と比較すると、中国は日本と比べて期待する割合が全体的に高くなっていたが、米国・ドイツについては期待する割合が日本と同程度となっていた（図表 3-125）。

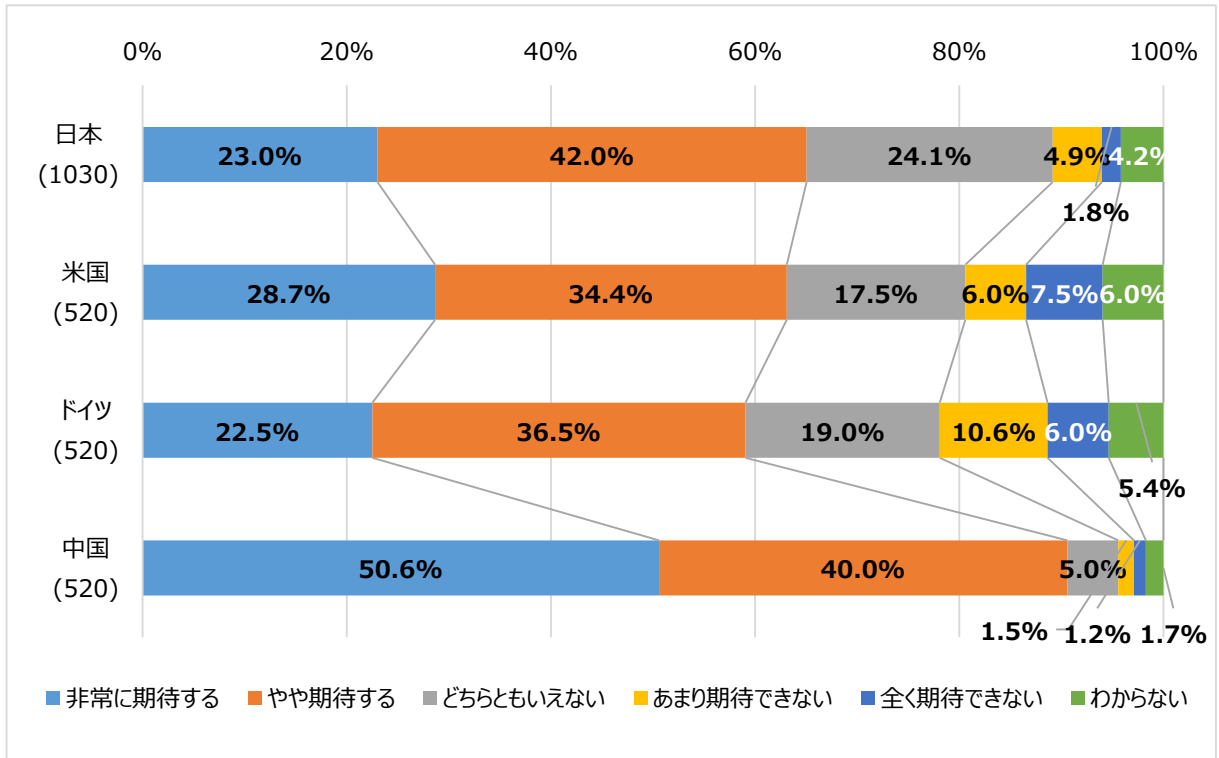
不安に感じることとして、日本では「デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれること」について60%以上が不安を感じると回答した。一方で、「AI技術によって犯罪者識別が行われたり監視社会となること」については不安を感じると回答した割合は最も低くなっており、45.7%となっていた。諸外国と比較すると、全体的に中国が不安を感じると回答した割合が高くなっていた。米国・ドイツについては期待する割合が日本と同程度となっていた（図表 3-126）。

世帯年収が高いほど、公的サービスのデジタル化が進展することに対して期待すると回答する割合が多くなった。特に、「人と接触せずに医療や教育、行政サービスを受けられること」と「AI技術によって個人の状態に最も適した医療や教育、行政支援等を受けられること」において、世帯年収が200万円の層と1000万円以上の層で15%以上の差があった。一方で、不安に関しては、世帯年収によって大きな差は無かった（図表 3-127、図表 3-128）。

年齢別に見ると、期待については大きな差は無かったものの、不安については年齢が上がるほど個人情報の侵害や社会とのつながりが希薄になること、監視社会になることに対して不安を感じると回答する割合が多くなった（図表 3-129、図表 3-130）。

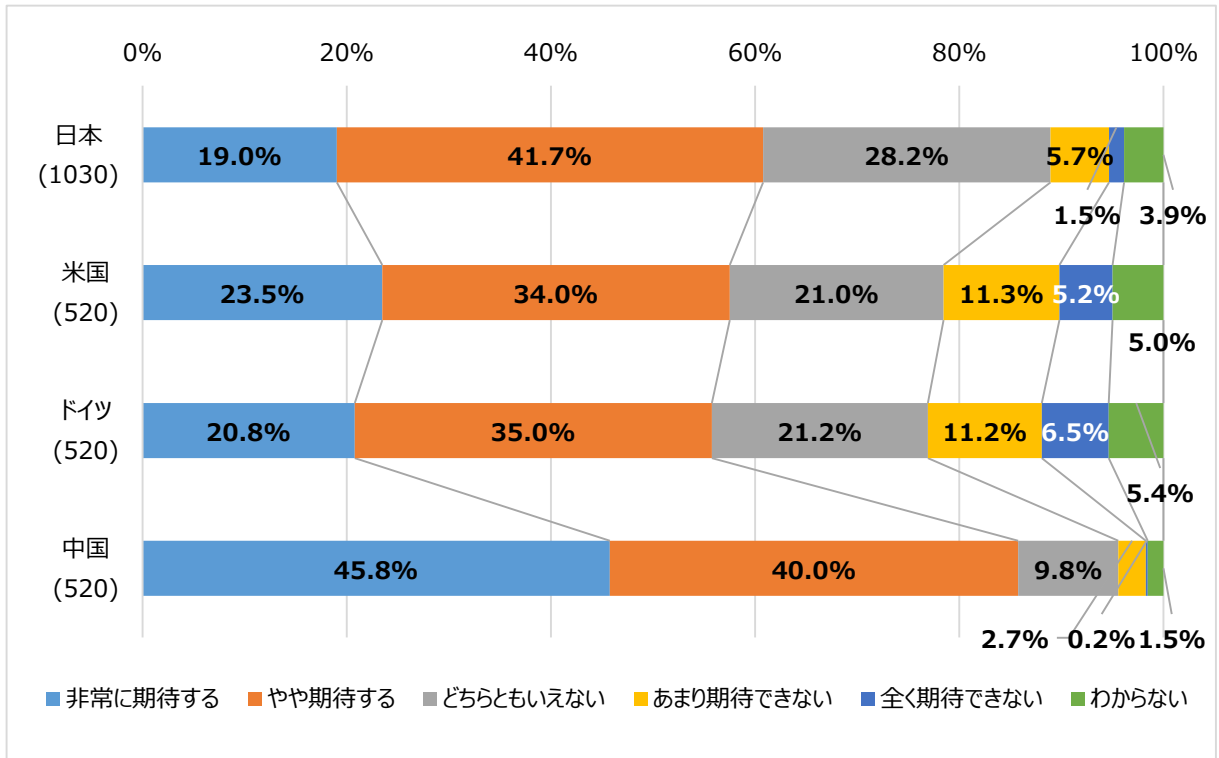
図表 3-125 日本と諸外国における公的サービスのデジタル化への期待

(a) 時間や場所の制約なく、医療や教育、行政サービスを受けられる

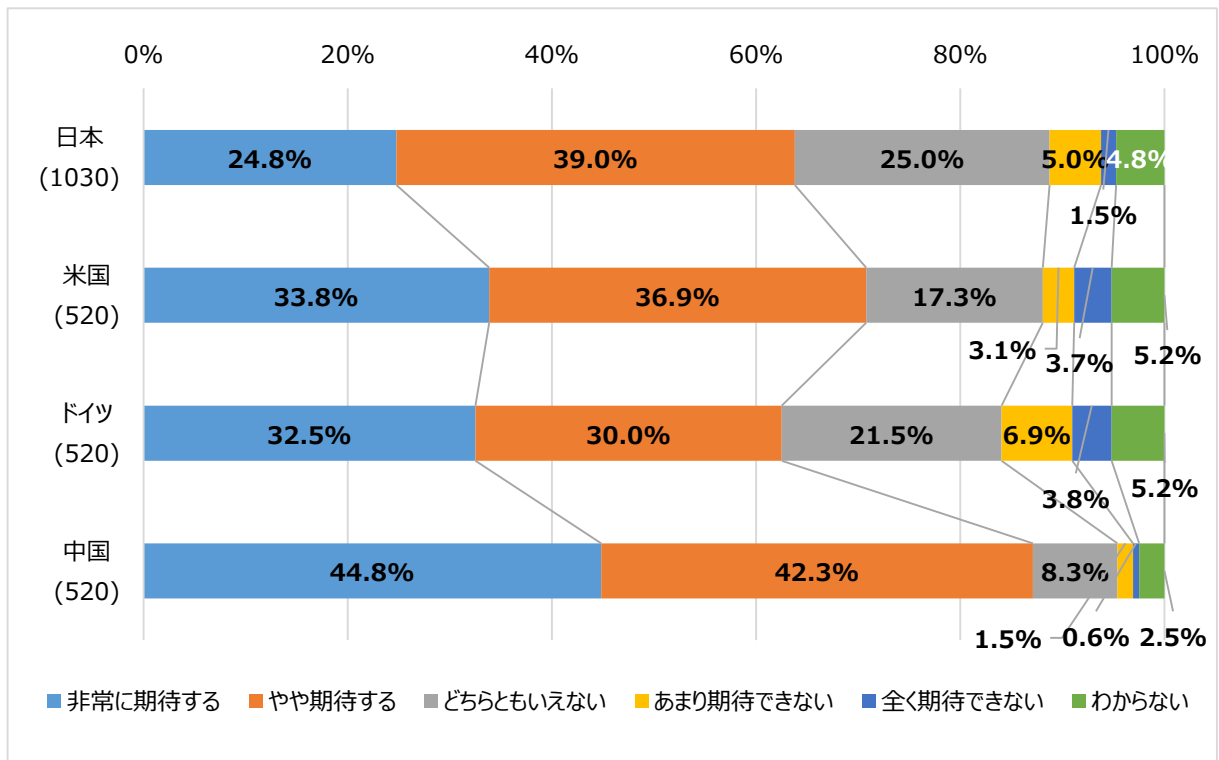


(b)

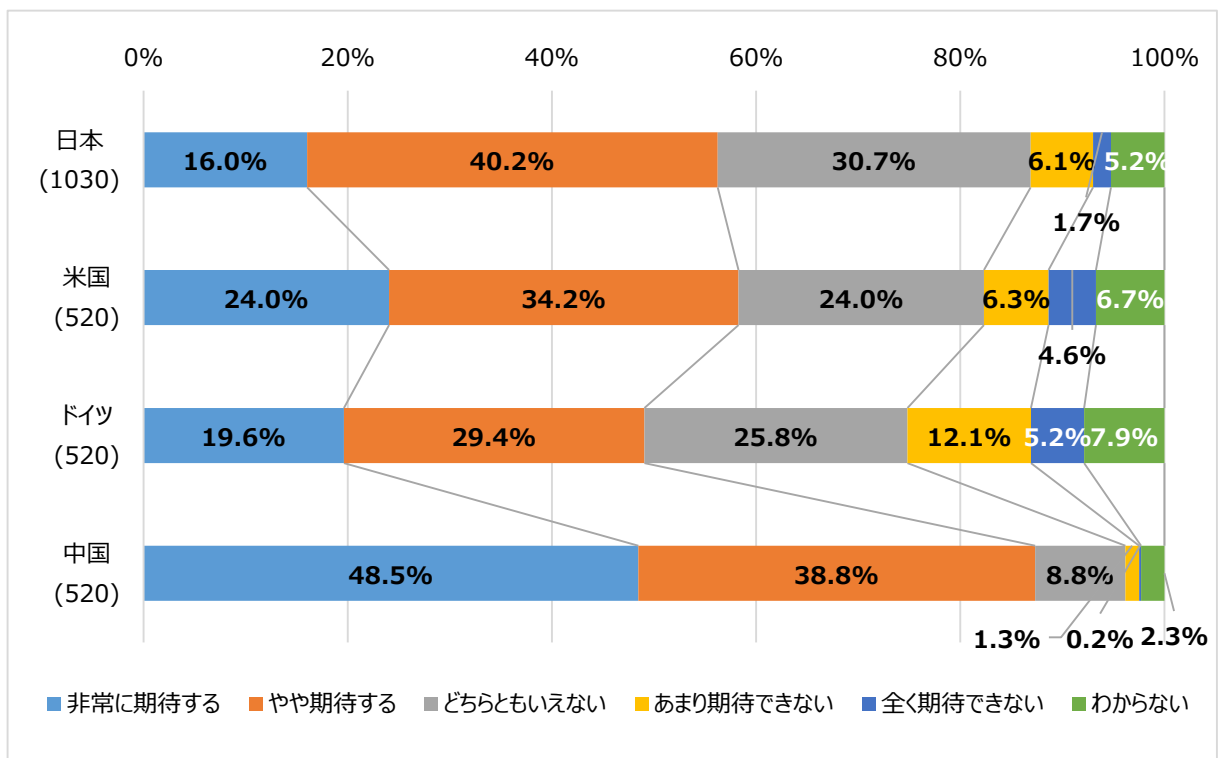
(c) 人と接触せずに医療や教育、行政サービスを受けられる



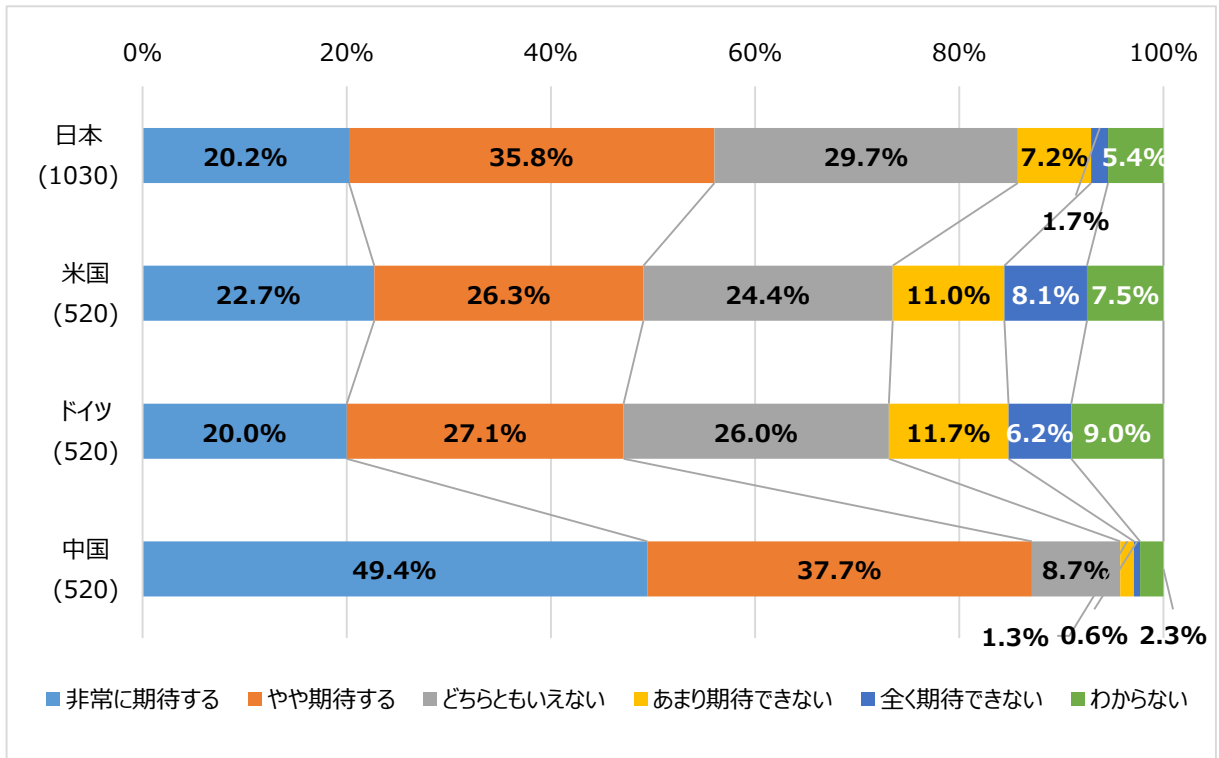
(d) 障害などで外出困難な人が医療や教育、行政サービスを受けやすくなる



(e) AI 技術によって個人の状態に最も適した医療や教育、行政支援等を受けられる

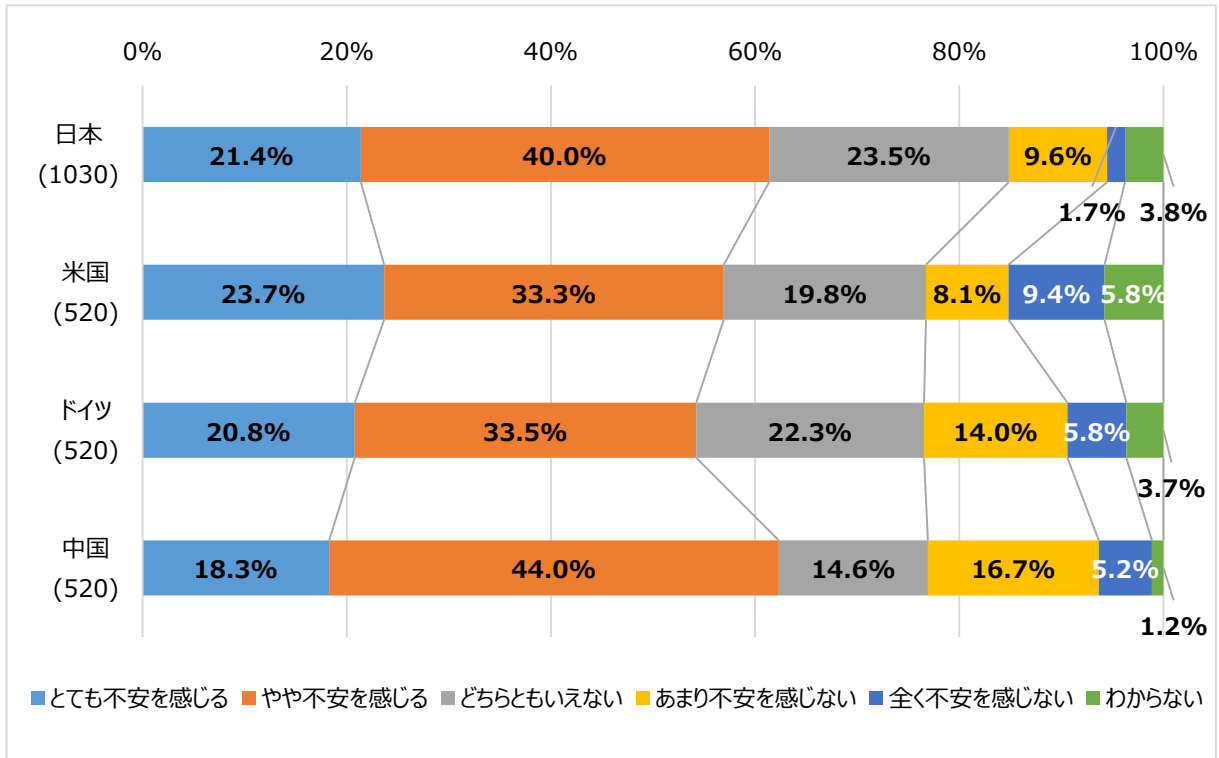


(f) AI 技術によって災害や犯罪を予測・検知することで、安全に暮らすことができる

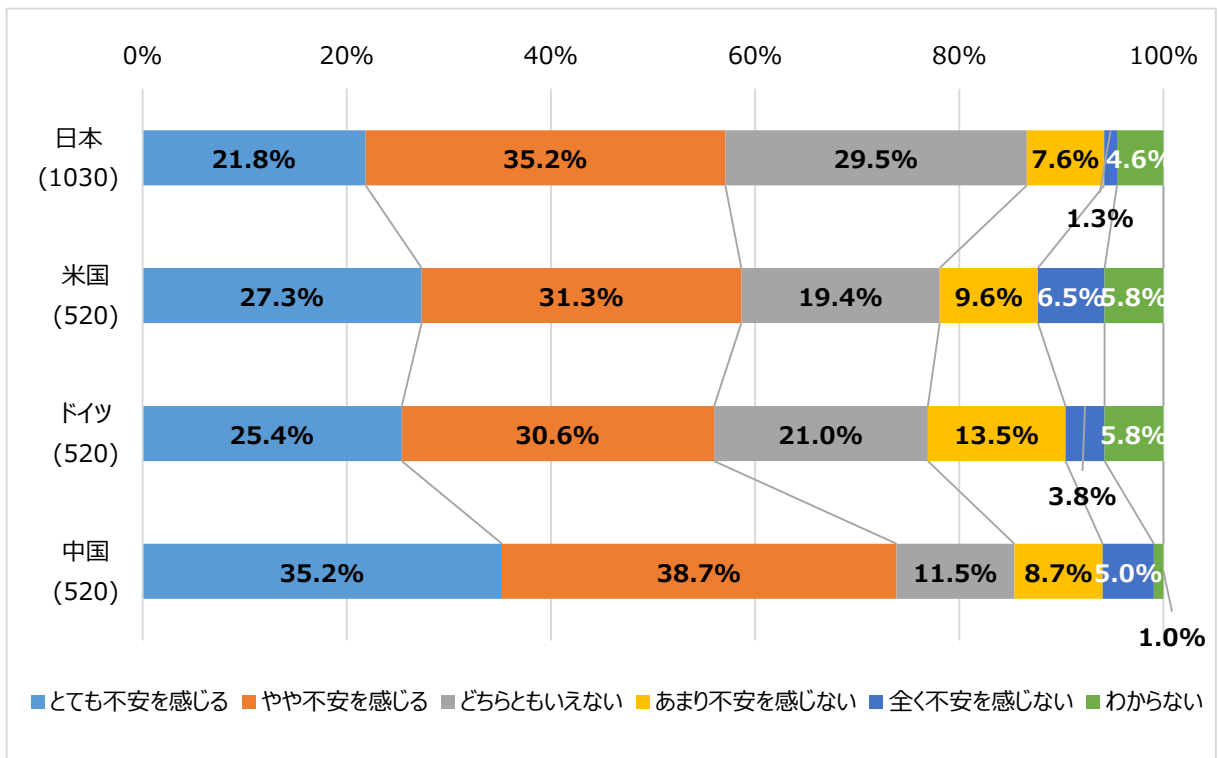


図表 3-126 日本と諸外国における公的サービスのデジタル化への不安

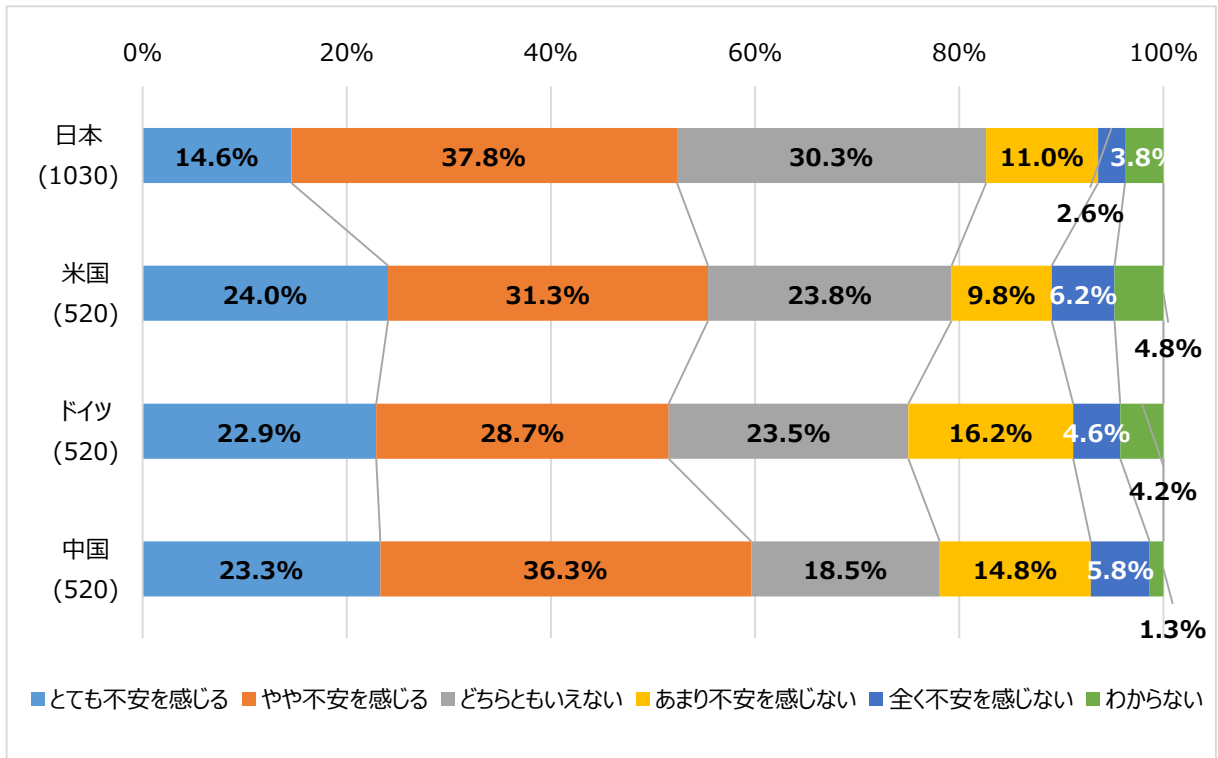
(a) デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれる



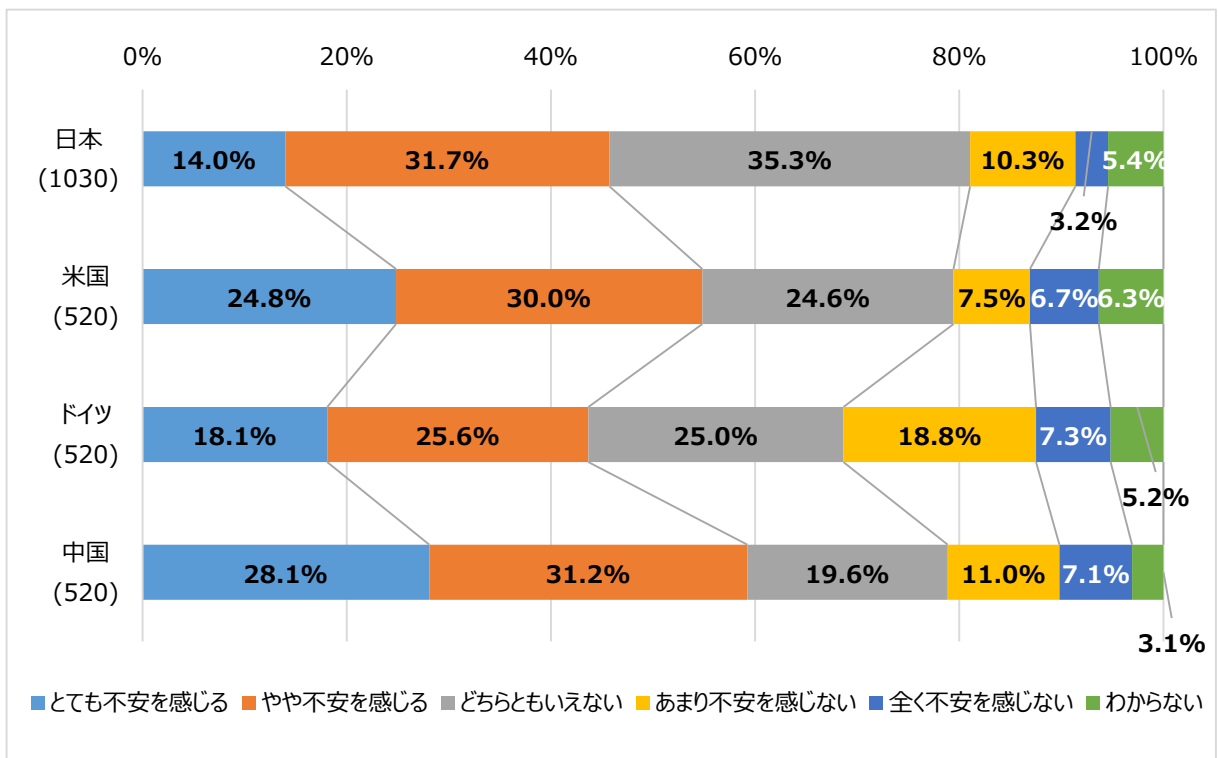
(b) ビックデータを利用する AI 技術によって、個人情報侵害される



(c) 人との会話や社会との繋がりが希薄になる

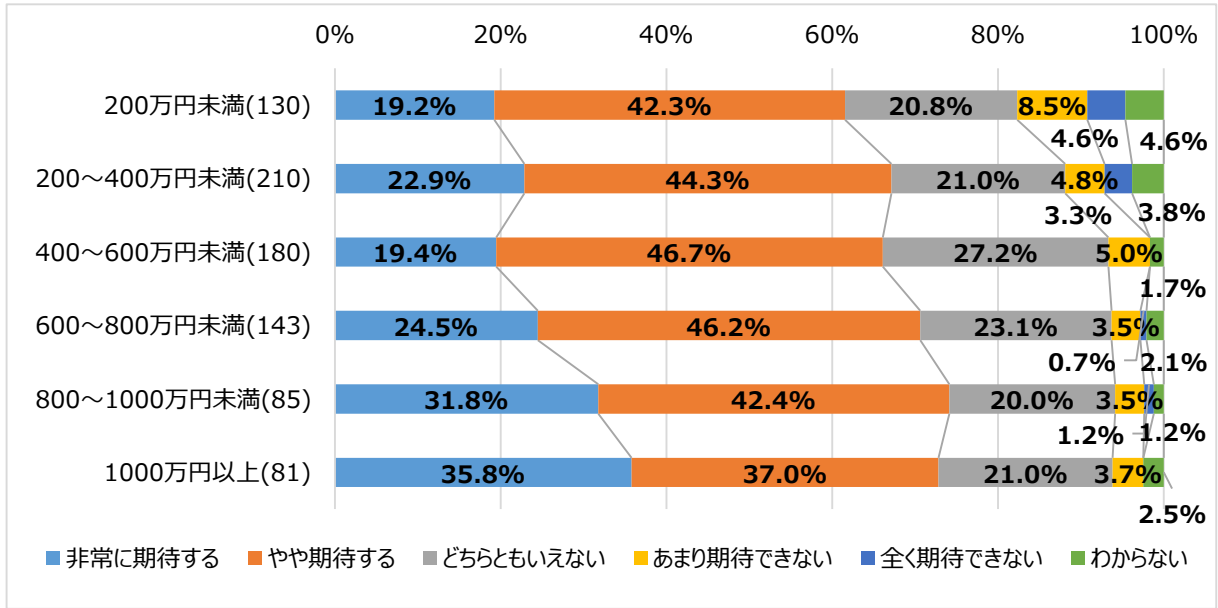


(d) AI 技術によって犯罪者識別が行われたり監視社会となる

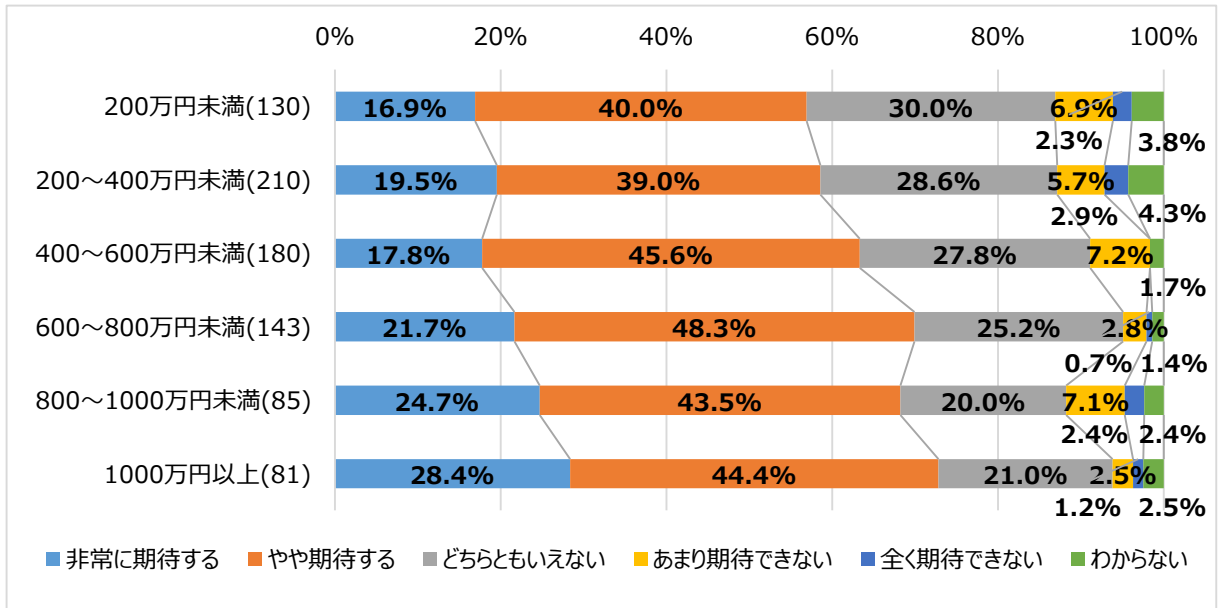


図表 3-127 日本における世帯年収別公的サービスのデジタル化への期待

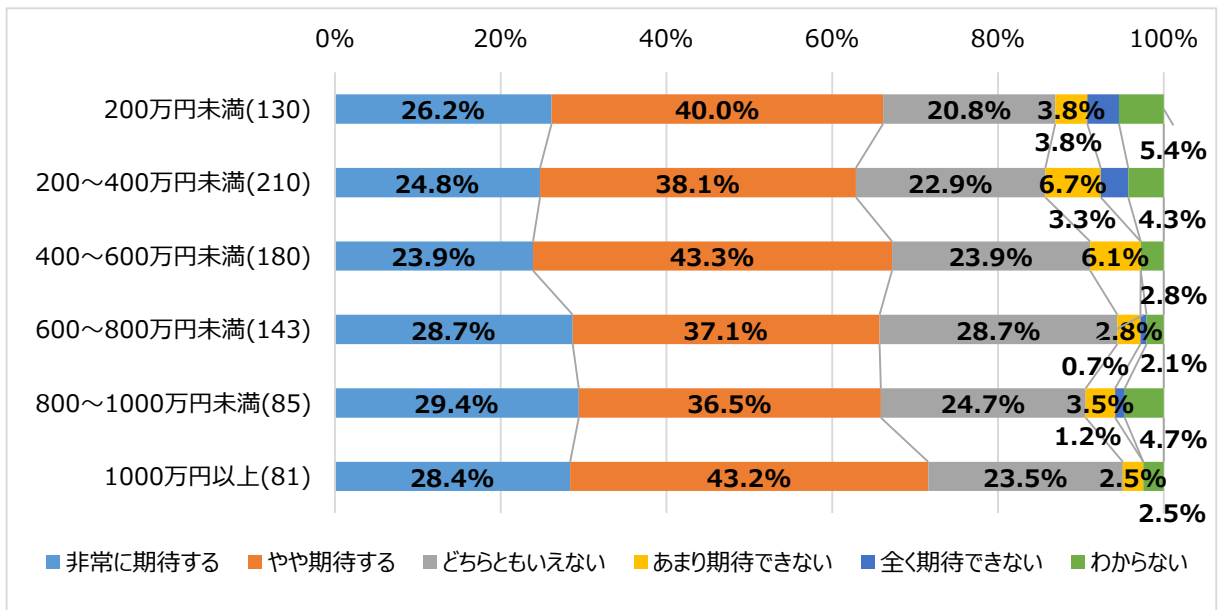
(a) 時間や場所の制約なく、医療や教育、行政サービスを受けられる



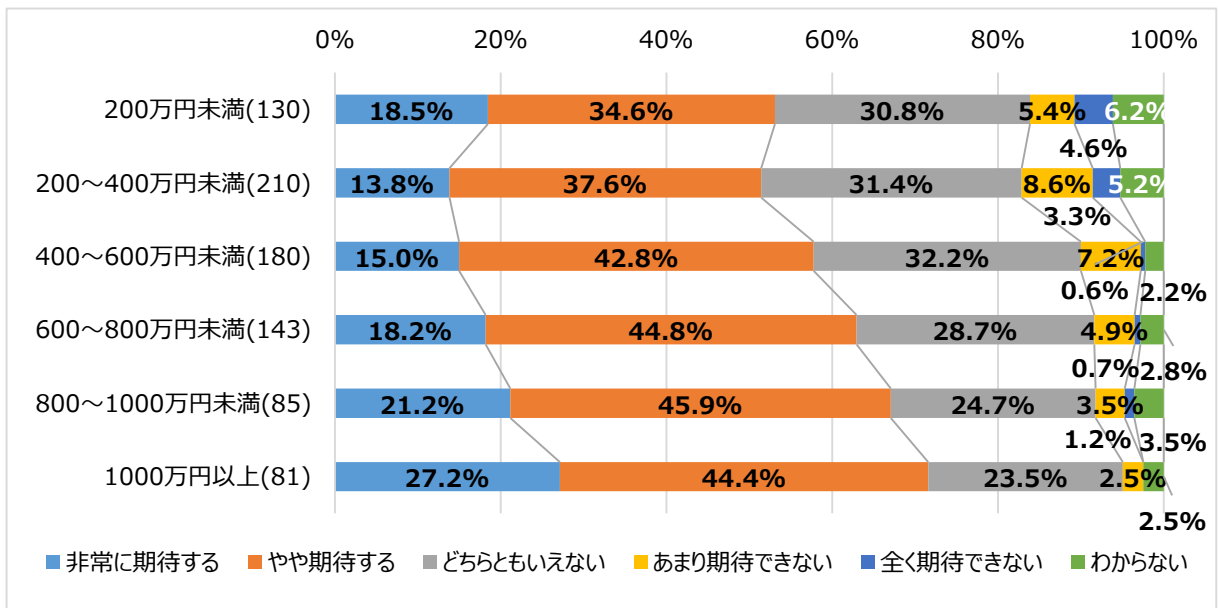
(b) 人と接触せずに医療や教育、行政サービスを受けられる



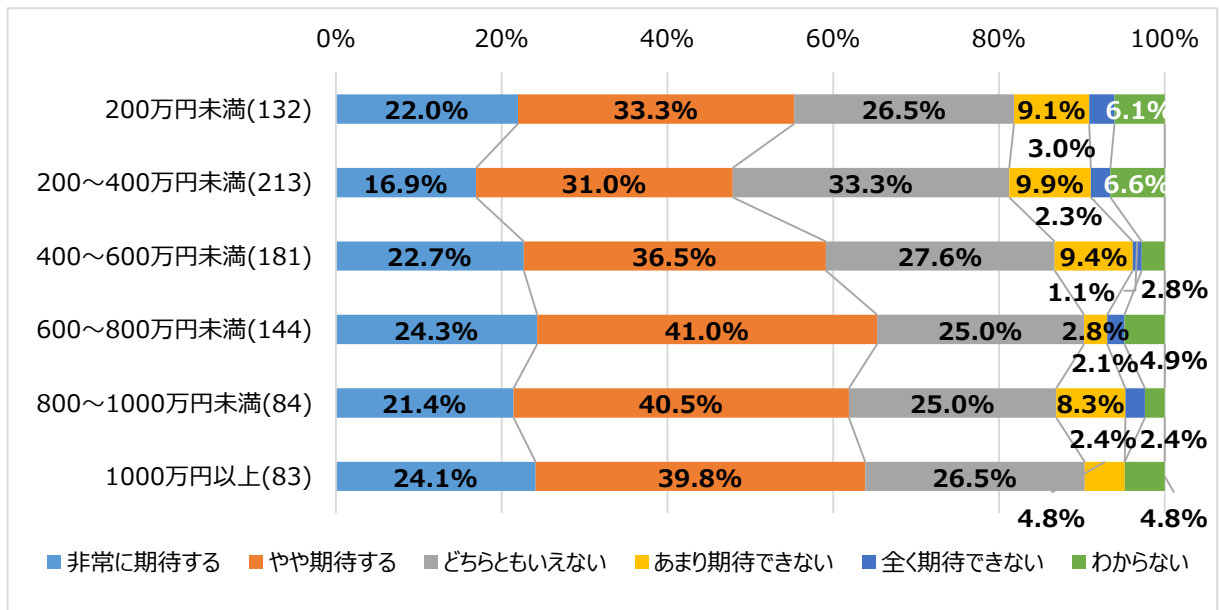
(c) 障害などで外出困難な人が医療や教育、行政サービスを受けやすくなる



(d) AI 技術によって個人の状態に最も適した医療や教育、行政支援等を受けられる

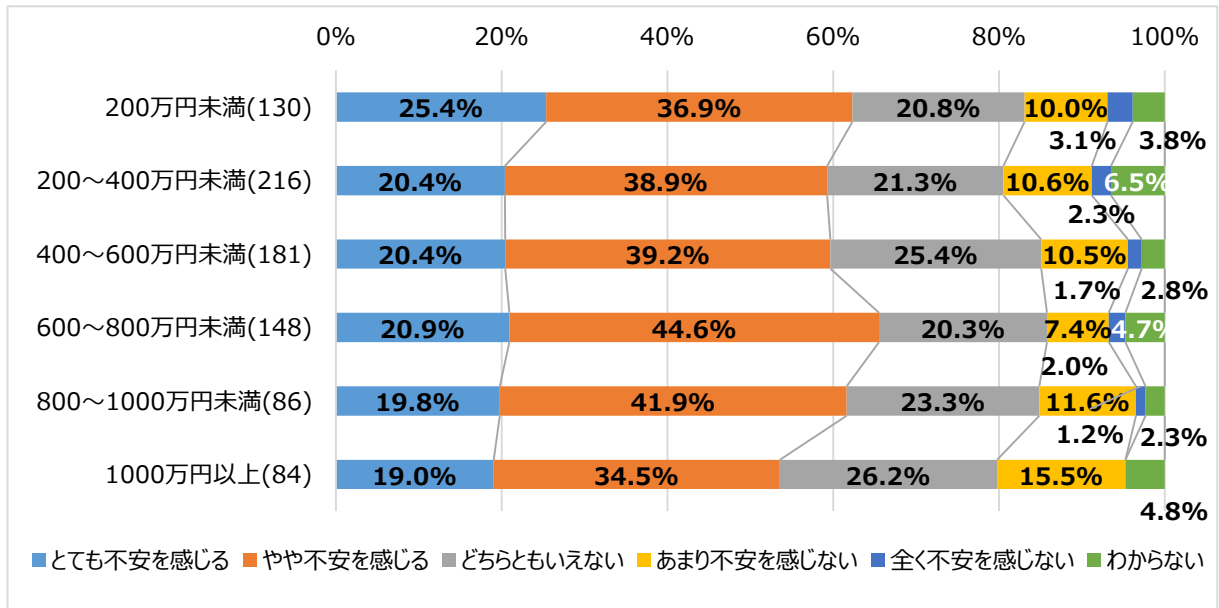


(e) AI技術によって災害や犯罪を予測・検知することで、安全に暮らすことができる

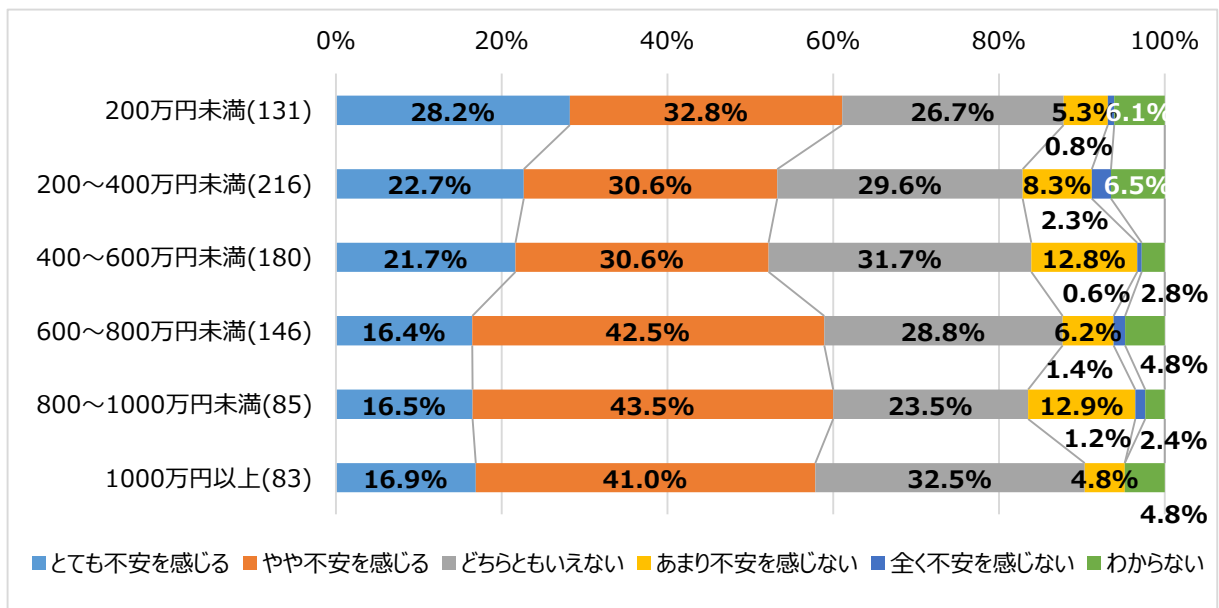


図表 3-128 日本における世帯年収別公的サービスのデジタル化への不安

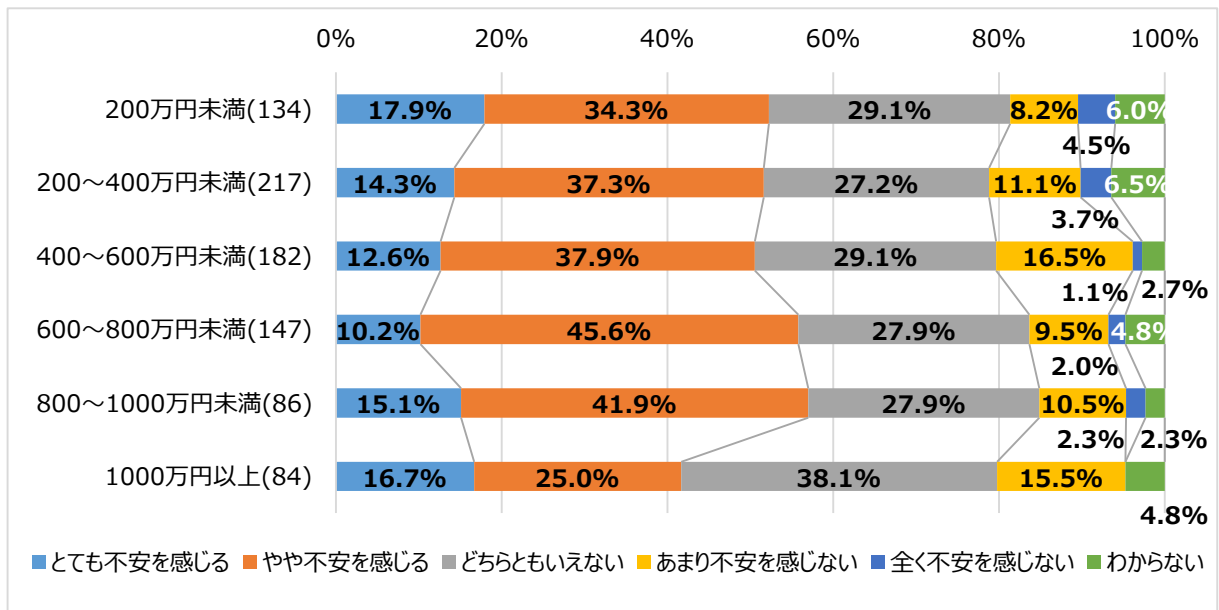
(a) デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれる



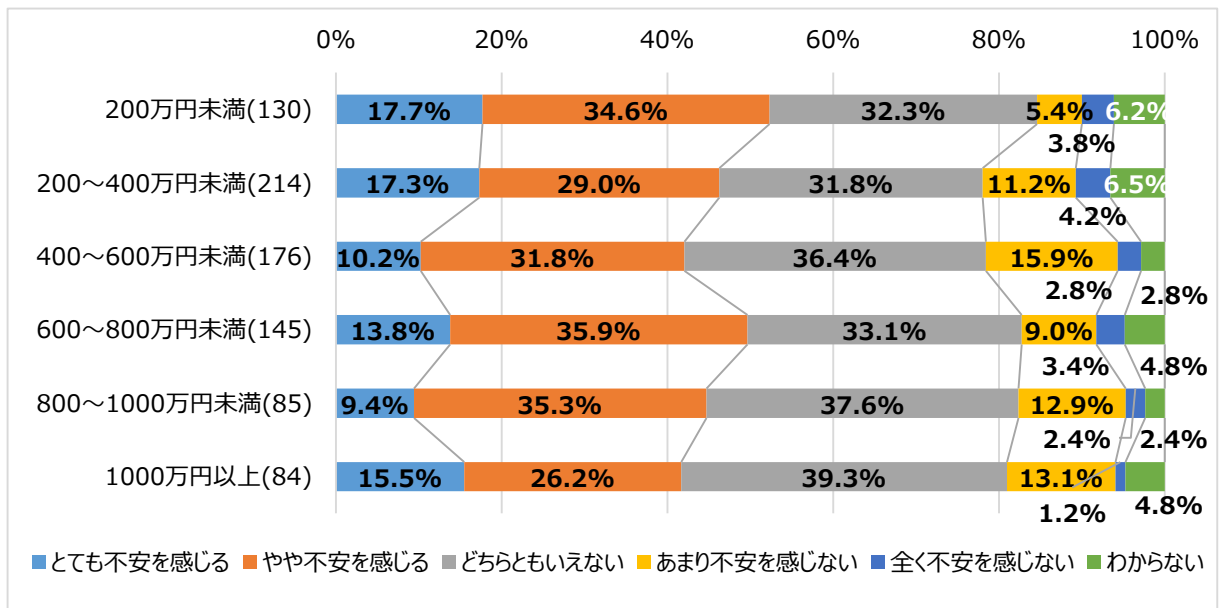
(b) ビックデータを利用する AI 技術によって、個人情報侵害される



(c) 人との会話や社会との繋がりが希薄になる

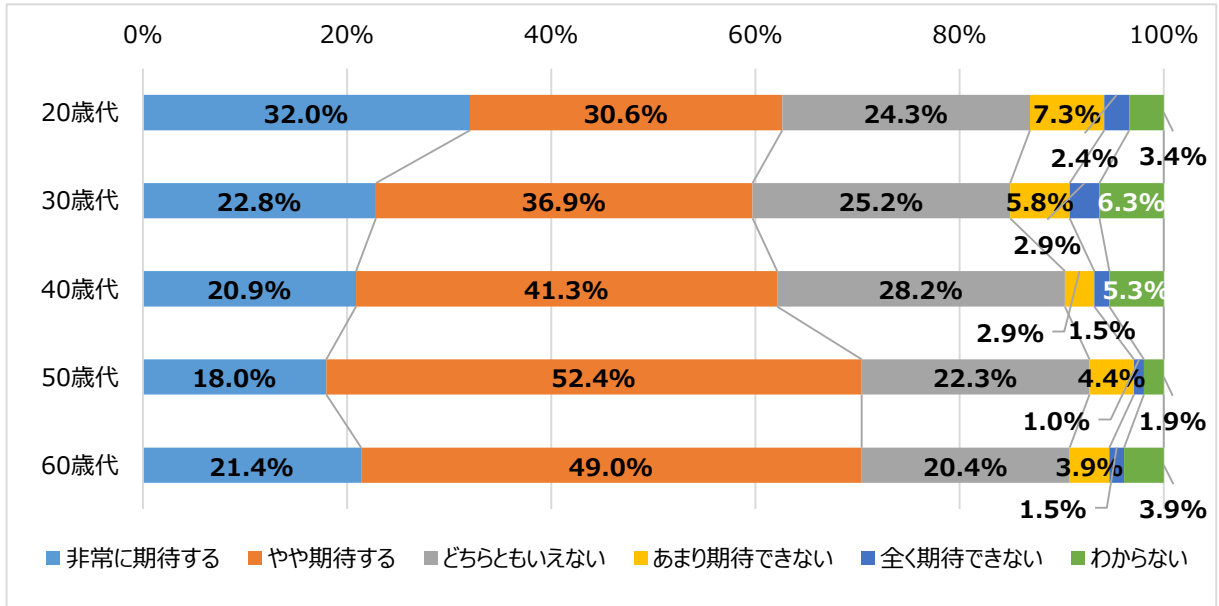


(d) AI 技術によって犯罪者識別が行われたり監視社会となる

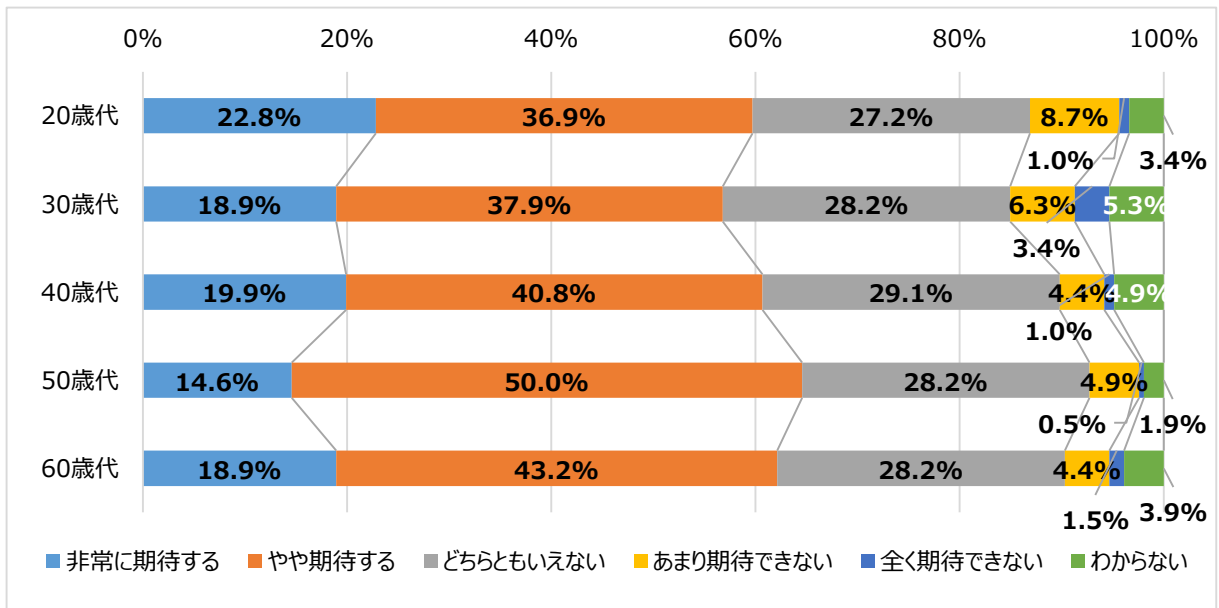


図表 3-129 日本における年齢別公的サービスのデジタル化への期待

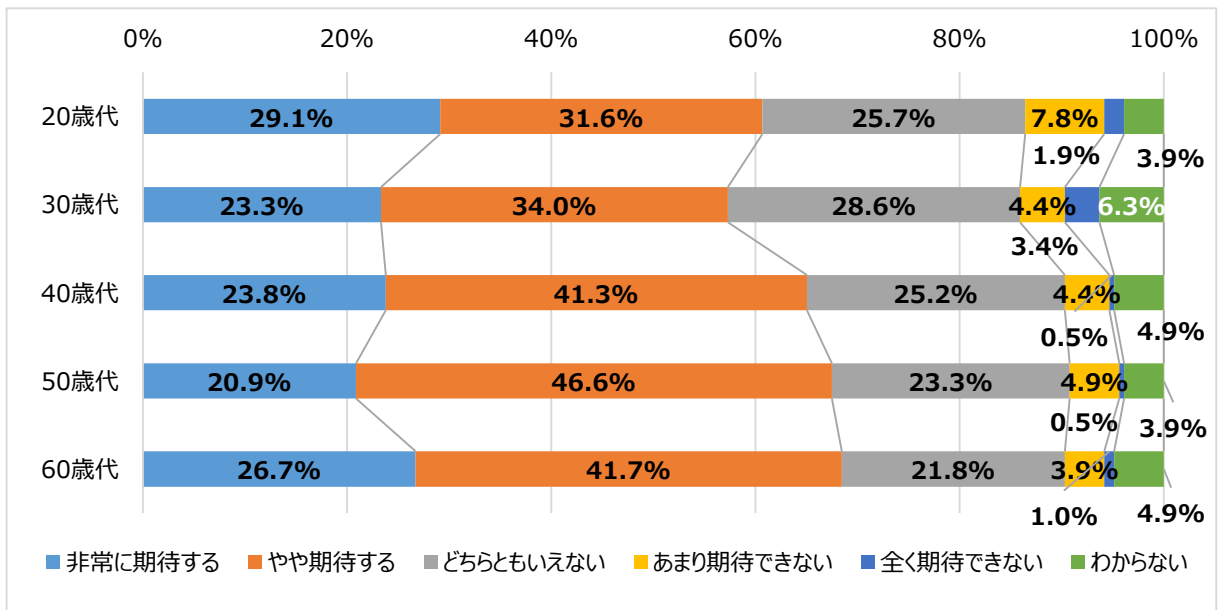
(a) 時間や場所の制約なく、医療や教育、行政サービスを受けられる



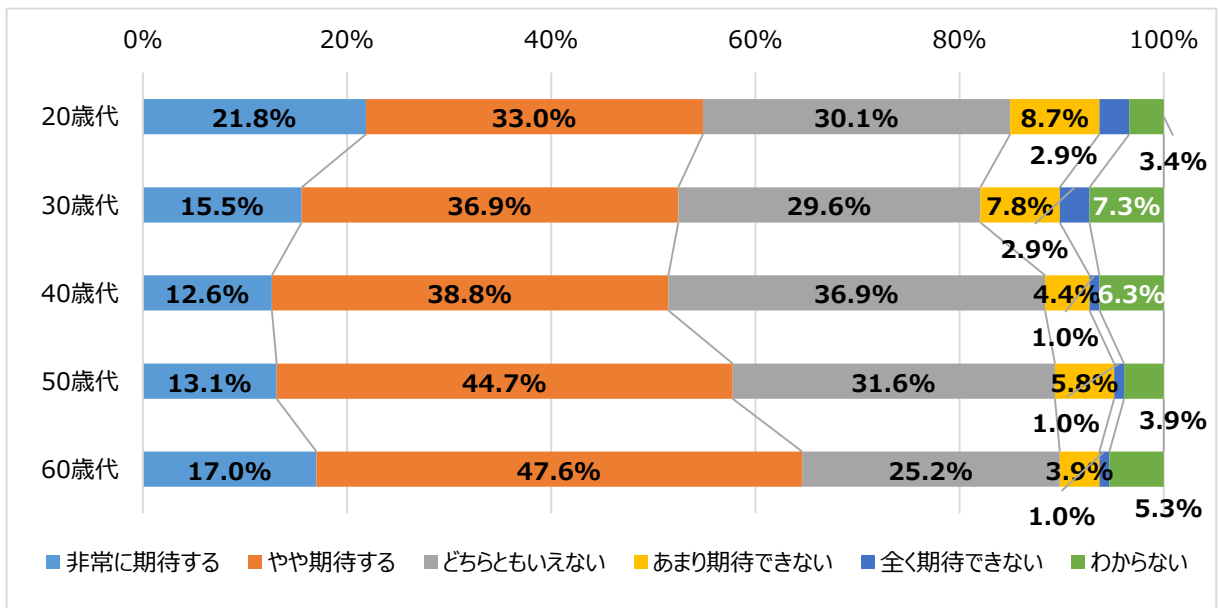
(b) 人と接触せずに医療や教育、行政サービスを受けられる



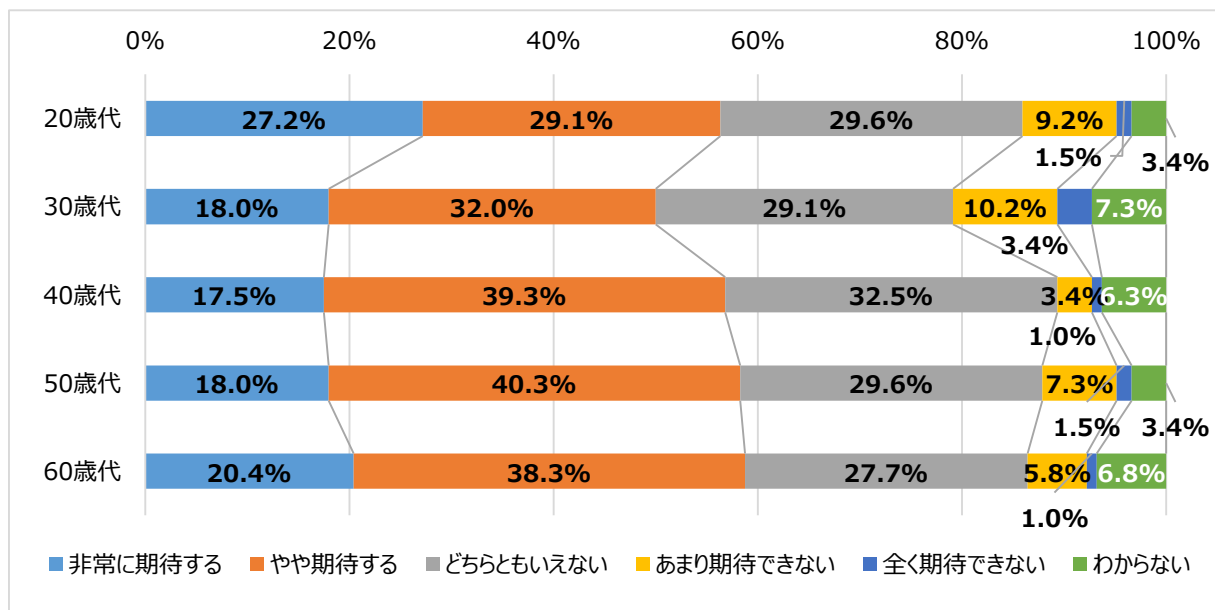
(c) 障害などで外出困難な人が医療や教育、行政サービスを受けやすくなる



(d) AI技術によって個人の状態に最も適した医療や教育、行政支援等を受けられる

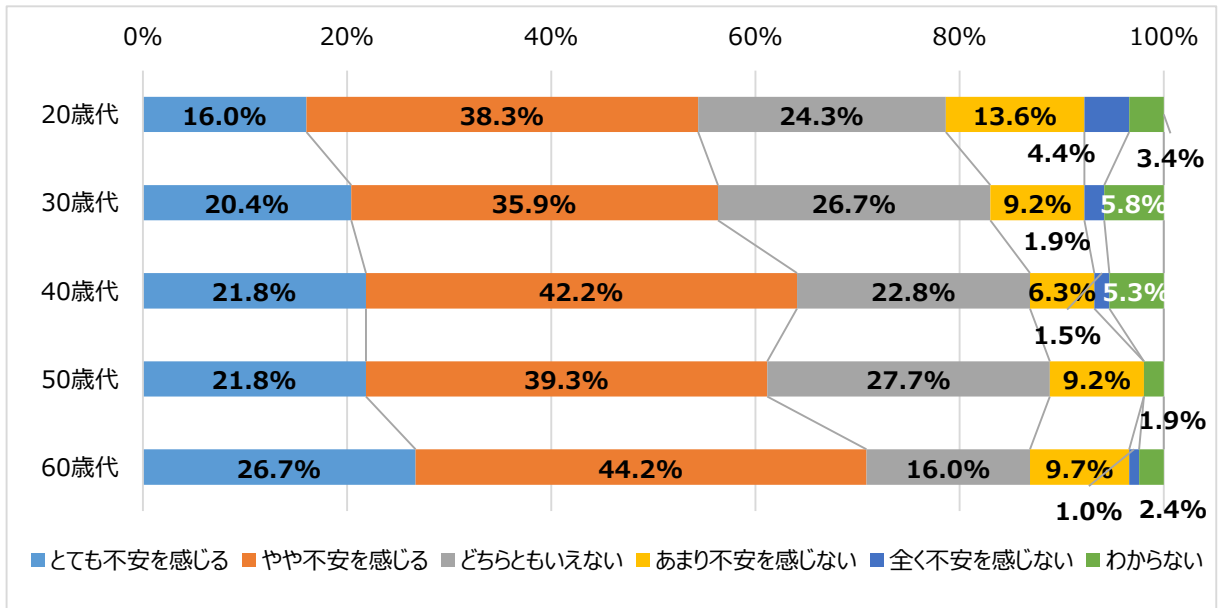


(e) AI 技術によって災害や犯罪を予測・検知することで、安全に暮らすことができる

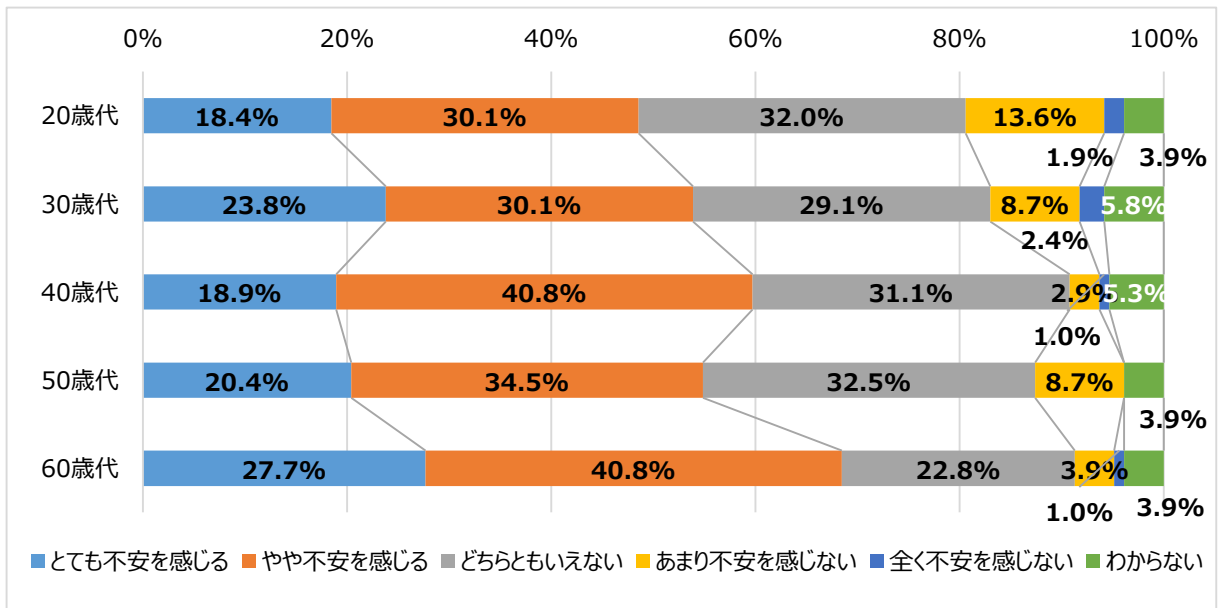


図表 3-130 日本における年齢別公的サービスのデジタル化への不安

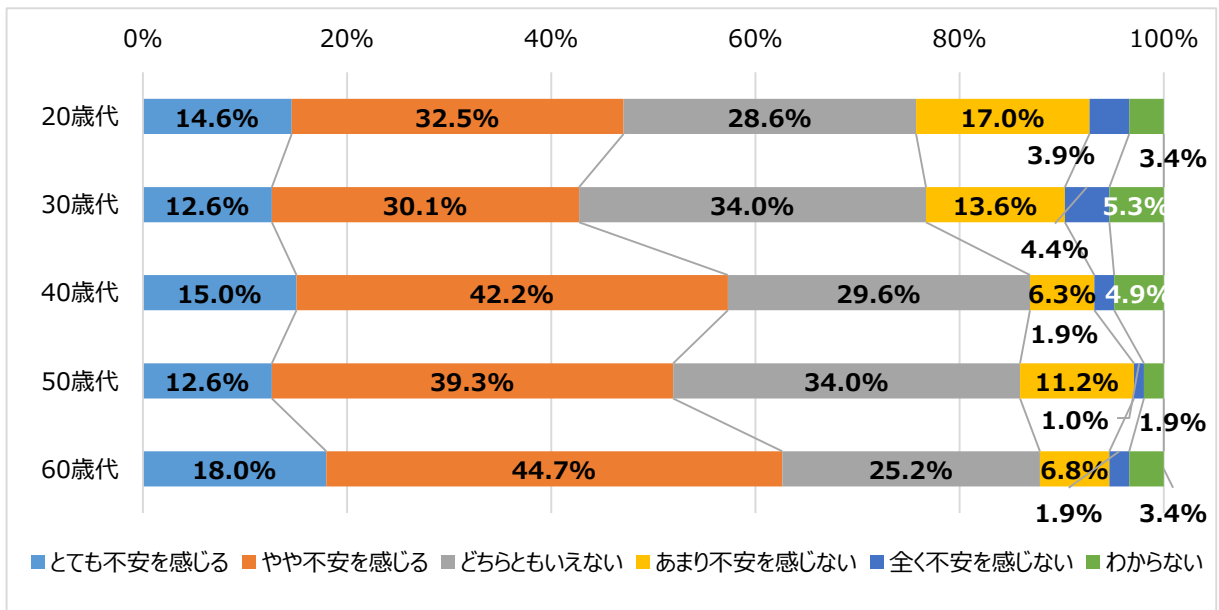
(a) デジタルを使える人とそうでない人の格差が生まれる



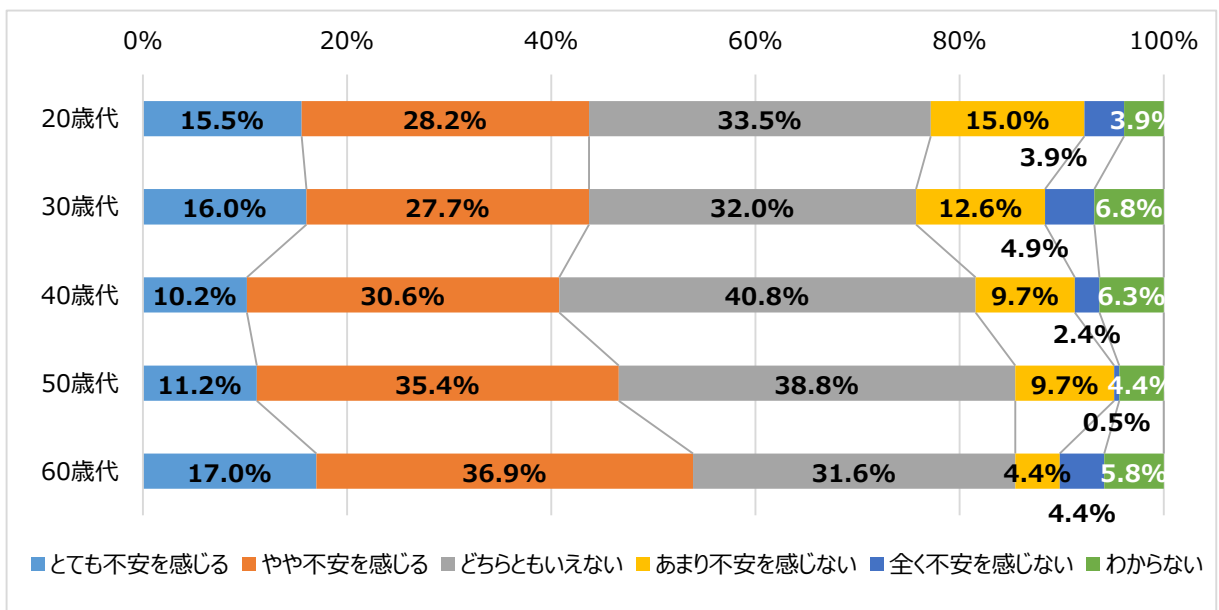
(b) ビックデータを利用する AI 技術によって、個人情報侵害される



(c) 人との会話や社会との繋がりが希薄になる



(d) AI 技術によって犯罪者識別が行われたり監視社会となる



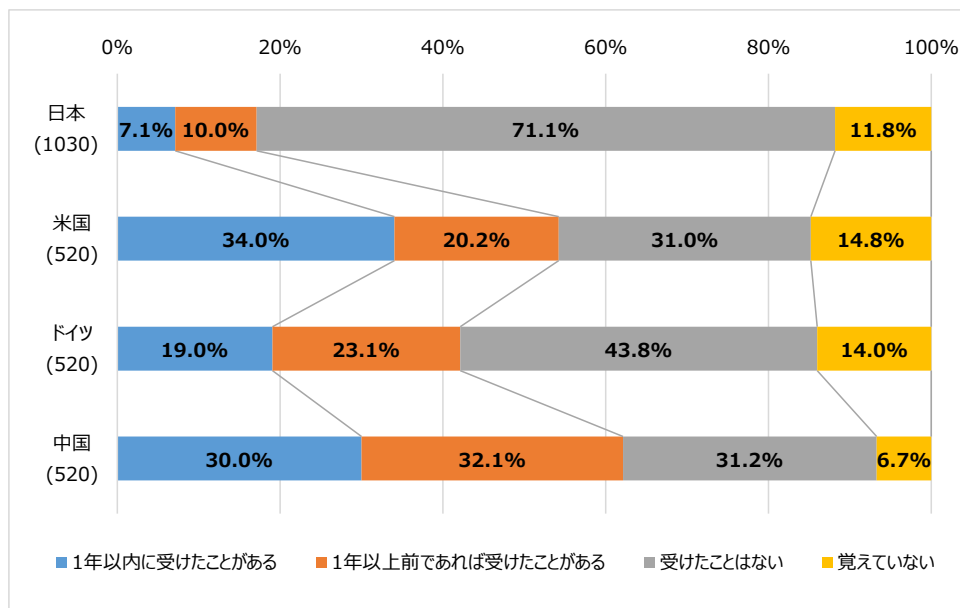
(エ) 情報リテラシーについて

- ネット利用における様々な脅威に対する正しい認知・理解の有無

インターネット上でのトラブル回避のための講座受講経験について尋ねた。

日本では、受講経験があると回答した割合は 17.1%となっていた。一方で、諸外国では受講経験があると回答した割合は 40%以上となっており、日本では受講経験があると回答した割合が諸外国と比べて低くなっていた（図表 3-131）。

図表 3-131 デジタル利用のための教育受講状況

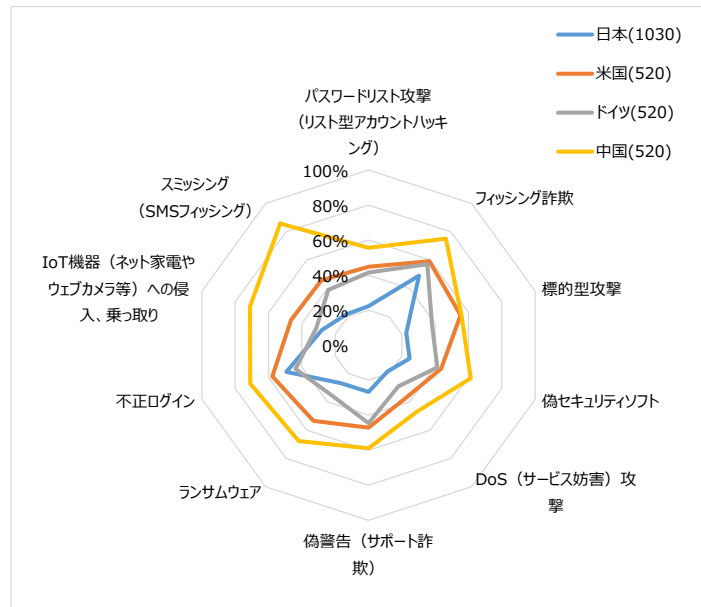


インターネット上での攻撃・脅威に関する知識や情報にまつわる問題・懸念に関する知識について尋ねた。

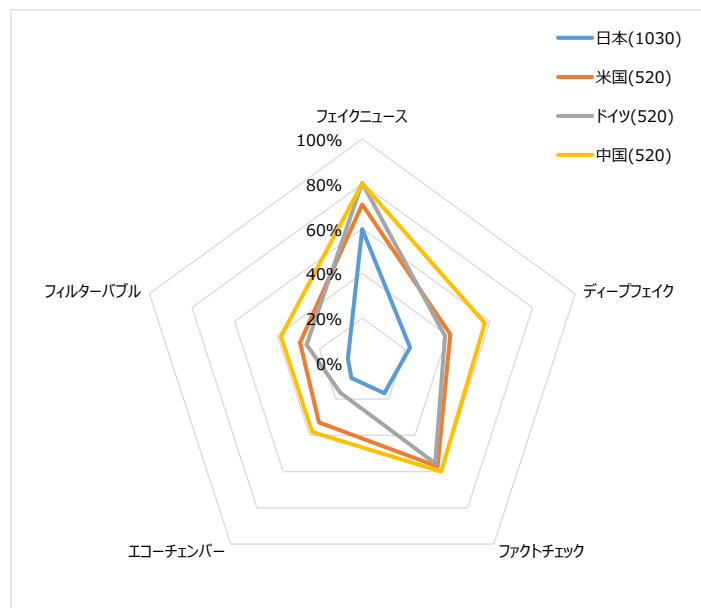
攻撃・脅威に関する知識について日本では、「フィッシング詐欺」や「不正ログイン」といった生活に身近な攻撃・脅威について把握している割合は 50%弱となっており、米国・ドイツと同程度となっていた。一方で、その他の用語についての把握率は、米国・ドイツと比べ約 10~20ポイント低くなっていた(図表 3-132)。

情報にまつわる問題・懸念に関する知識について日本では、「フェイクニュース」については 59.7%が把握していたが、その他の用語について約 10~20%程度の把握率であった。諸外国と比較すると全体的に把握率が低くなっていた（図表 3-133）。

図表 3-132 攻撃・脅威に関する知識の把握状況(各国比較)



図表 3-133 情報にまつわる問題・懸念に関する知識の把握状況(各国比較)



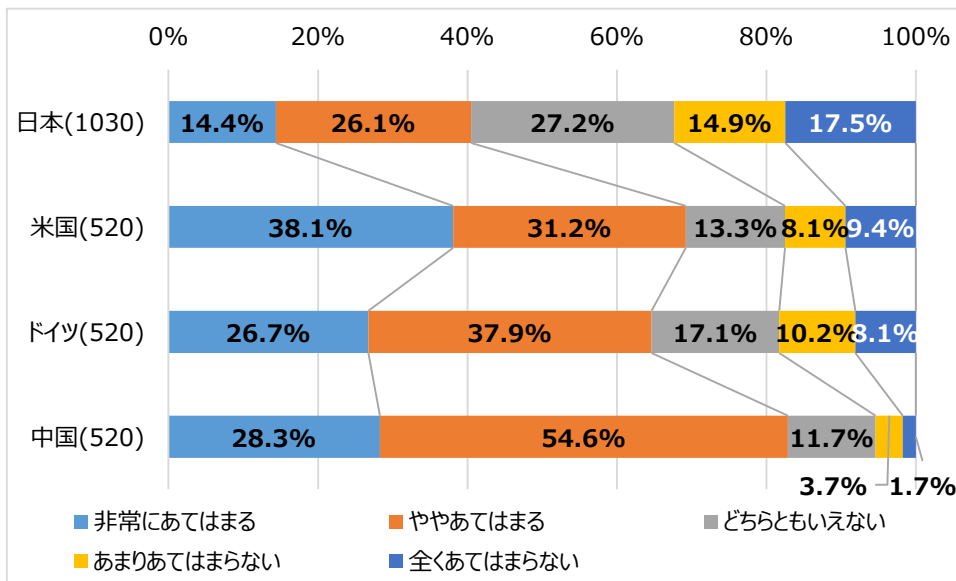
● web サービス利用時の情報リテラシー

インターネット上で情報収集・発信におけるリテラシーについて SNS 利用時の設定についての把握状況や情報発信・収集時の対処状況を尋ねた。

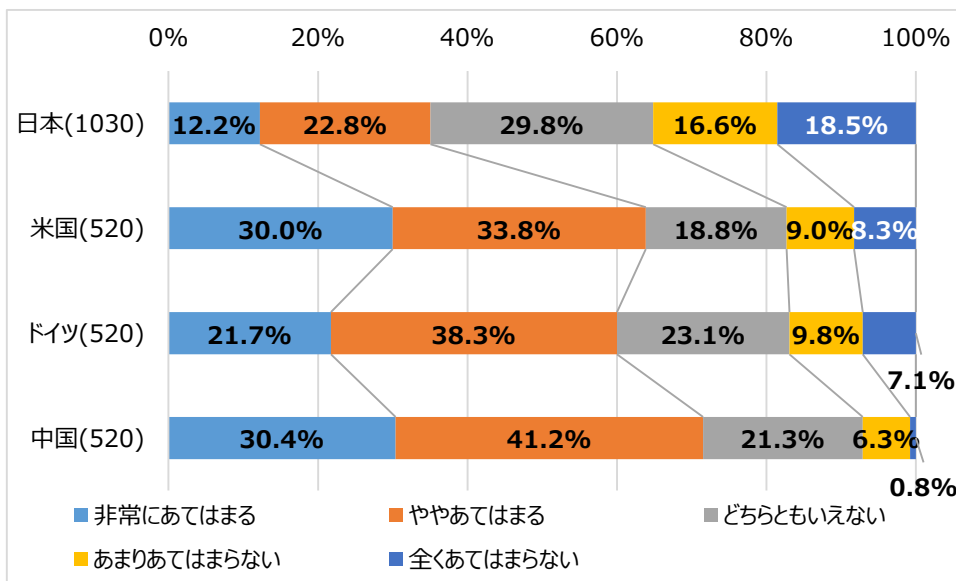
日本に比べ諸外国の方が、全体的にリテラシーが高い傾向となっていた。特に、「情報の発信者を特定でき、その信頼性を判断することができる」について、日本では当てはまる（「非常に当てはまる」+「やや当てはまる」の総計）と回答した割合が 23.0% と他の回答に比べて低くなっていた（図表 3-134）。

図表 3-134 情報収集・発信におけるリテラシー

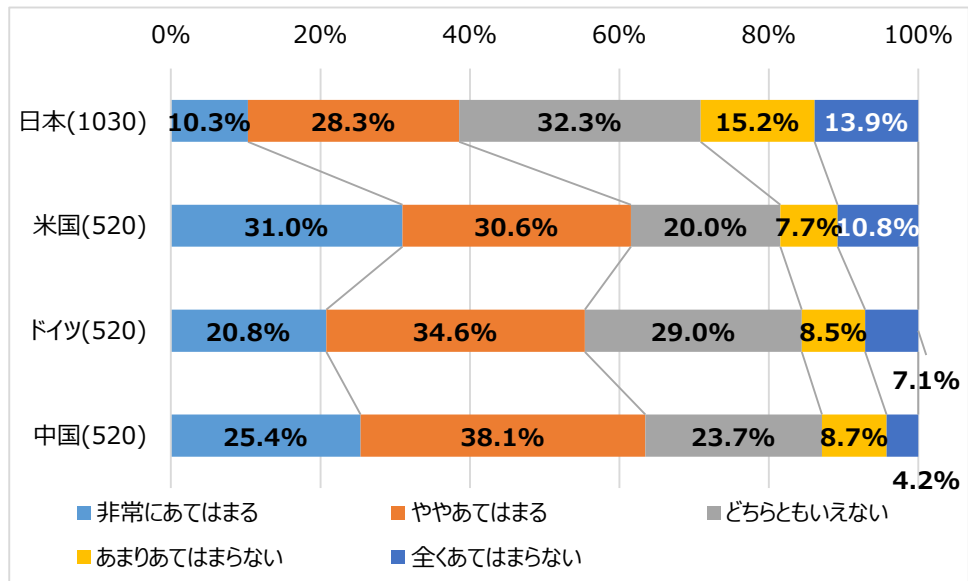
(a) SNS 等で、自分の発信した情報を誰に見せるかの設定を変える方法を知っている



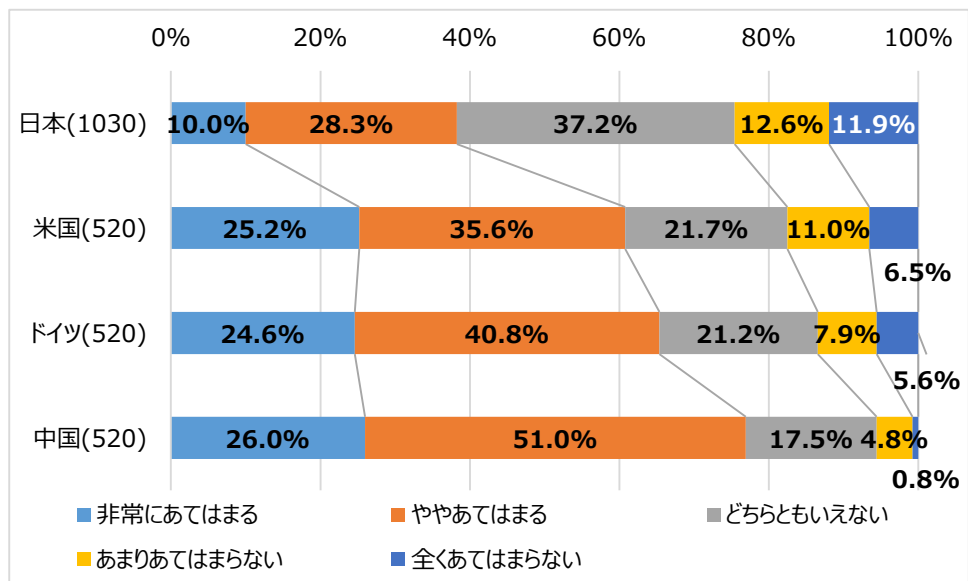
(b) SNS 等で、情報を発信する際に、自分の位置情報を示す機能をオフにする等情報を加工する方法を知っている



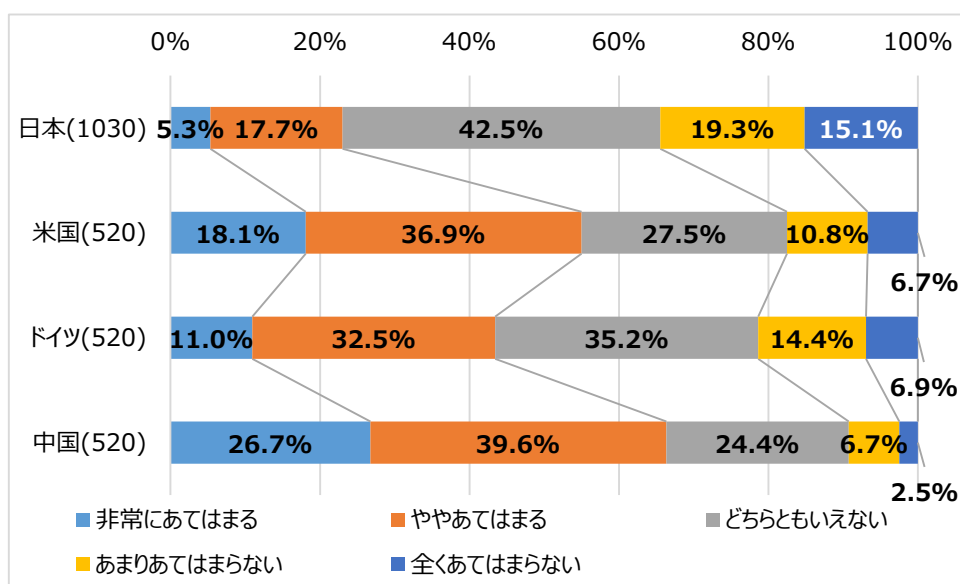
(c) どのような場合に他の人が写っている写真や動画をオンライン上に投稿してよいか分かる



(d) 情報の真偽を確かめるために、複数の情報源を比較することができる



(e) 情報の発信者を特定でき、その信頼性を判断することができる

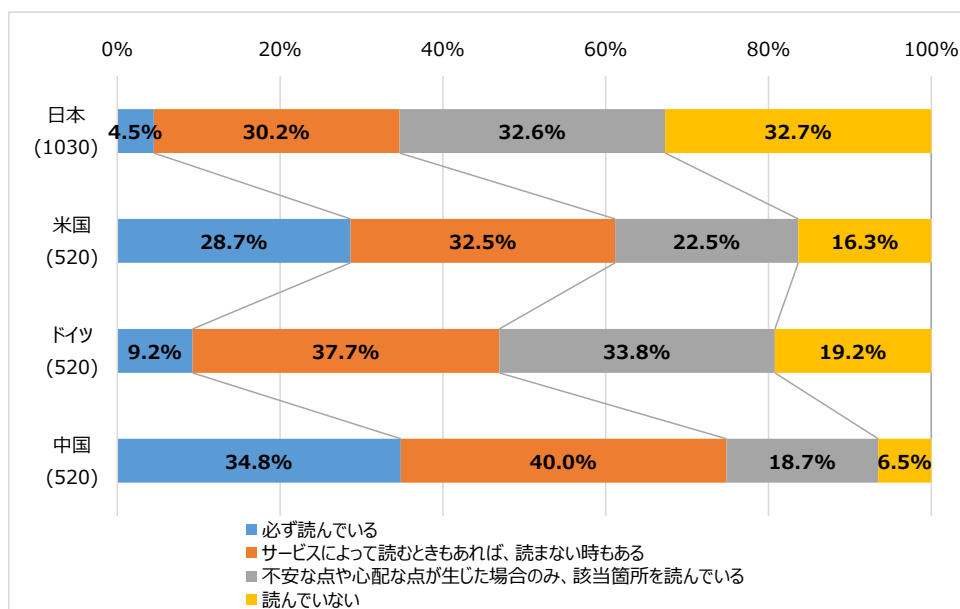


● web サービス利用時の利用規約に対する理解

web サービス利用時に利用規約の閲覧状況について尋ねた。

日本では、読んでいると回答した割合は 67.3%となっていたのに対して、諸外国では 80%以上となっていた (図表 3-135)。

図表 3-135 利用規約について



(オ) パーソナルデータ提供に対する考え方・態度

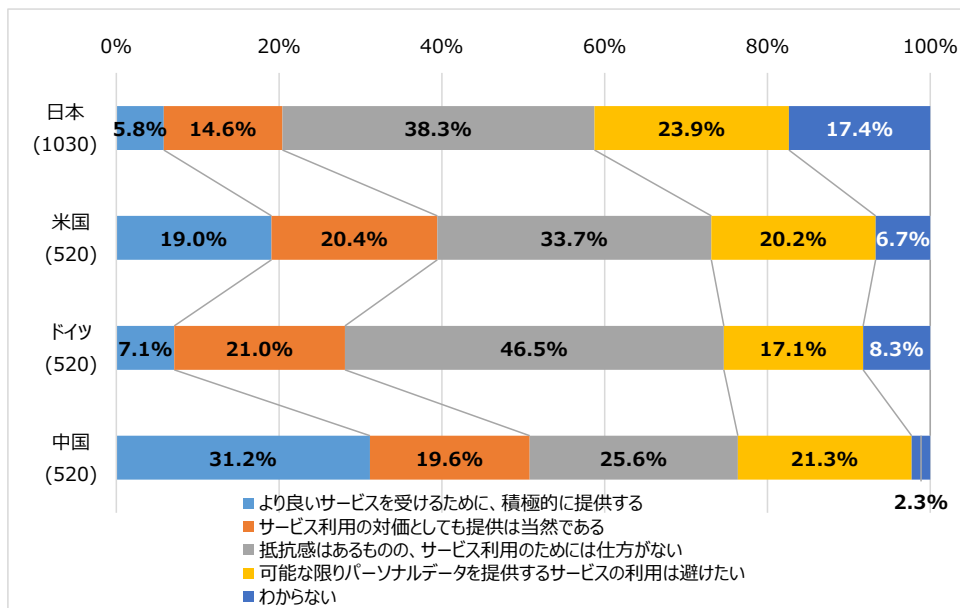
● パーソナルデータの提供が必要となるサービスの利用意向について

企業等が提供するサービスやアプリケーションを利用するにあたり、パーソナルデータを提供が必要となった場合、パーソナルデータ提供・活用されることによるメリットとデメリットを比較したうえで、サービス利用意向について、どのように感じるか尋ねた。日本において、積極的にパーソナルデータを提供する層から抵抗感じつつもサービス利用のために提供する層は 58.7%となっており、諸外国に比べ、約 15%低くなっていた。また、日本では「わからない」と回答した割合が、諸外国に比べ、約 10%高くなっていた（図表 3-136）。

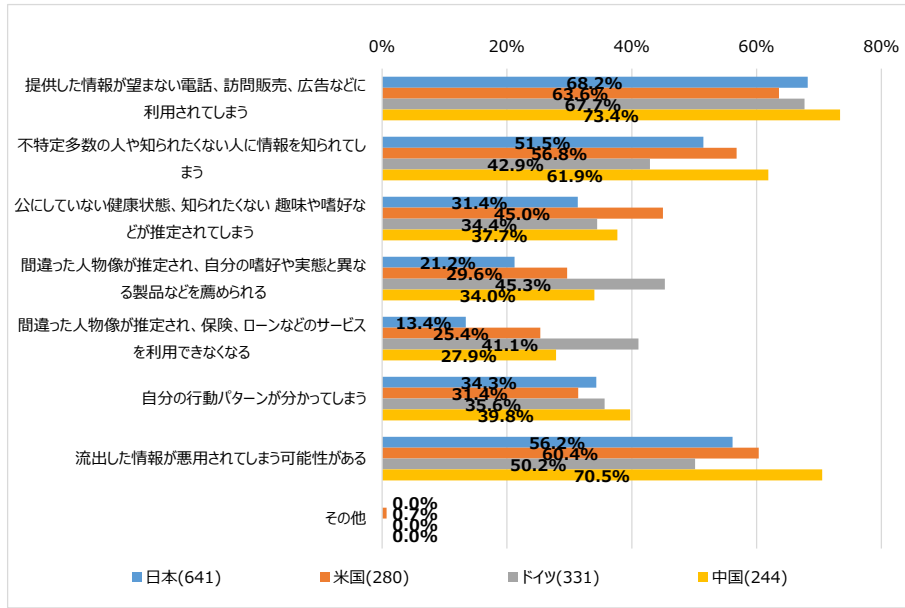
パーソナルデータの提供が必要なサービスに対して「抵抗感がある」あるいは「利用を避けたい」と回答した方に対して、どのようなことを懸念して抵抗感を感じるのか尋ねた。日本、諸外国共に、半数が意図せぬ情報流出やその情報が望まない形で利用されることを理由として挙げていた（図表 3-137）。

目的別パーソナルデータ提供意向について質問したところ、全ての項目で提供してもよいと 50%以上が回答した。特に、災害等の緊急時や健康・福祉に関わる場合、経済的なメリットがある場合のような、国民にとってメリットが分かりやすい場合ほどパーソナルデータ提供意向が高くなる傾向が見られた（図表 3-138）。

図表 3-136 パーソナルデータ提供が必要となるサービスに対する利用意向



図表 3-137 パーソナルデータの提供が必要なサービスに対して抵抗を感じる理由

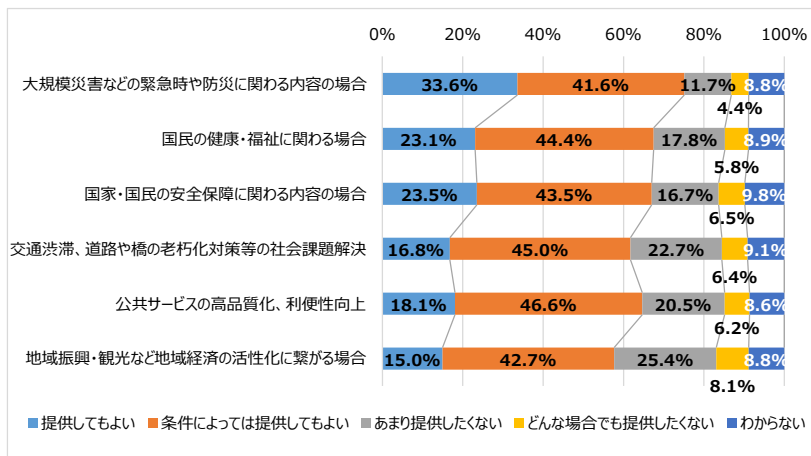


● 目的別パーソナルデータ提供意向

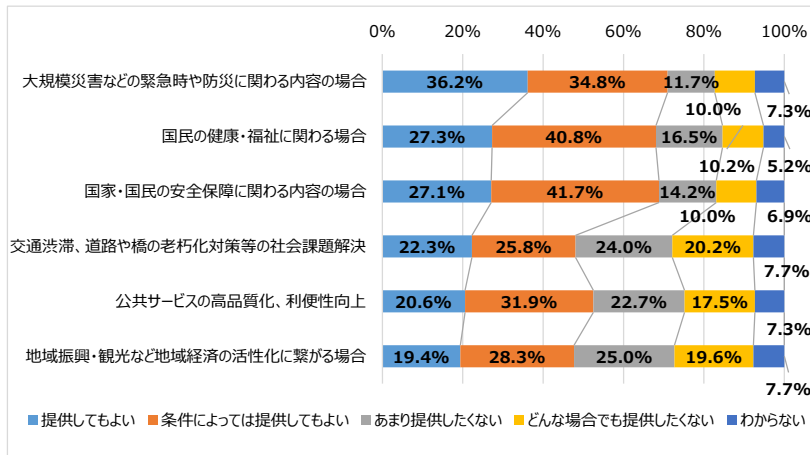
図表 3-138 目的別パーソナルデータ提供意向

(a)行政サービスに係るパーソナルデータ提供意向

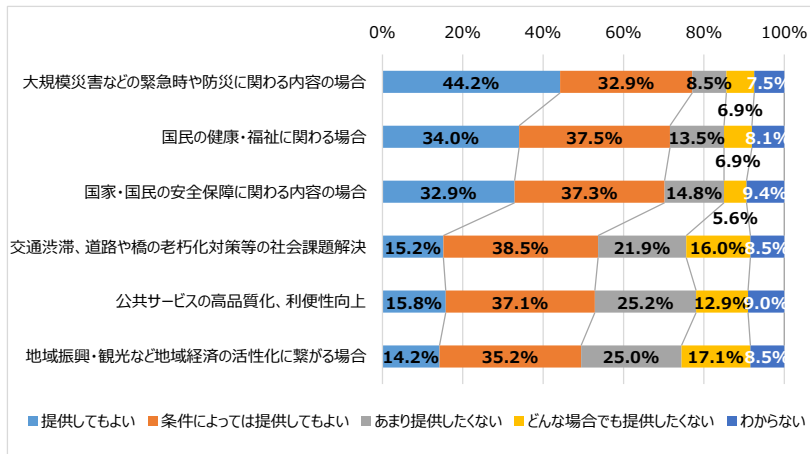
(i)日本



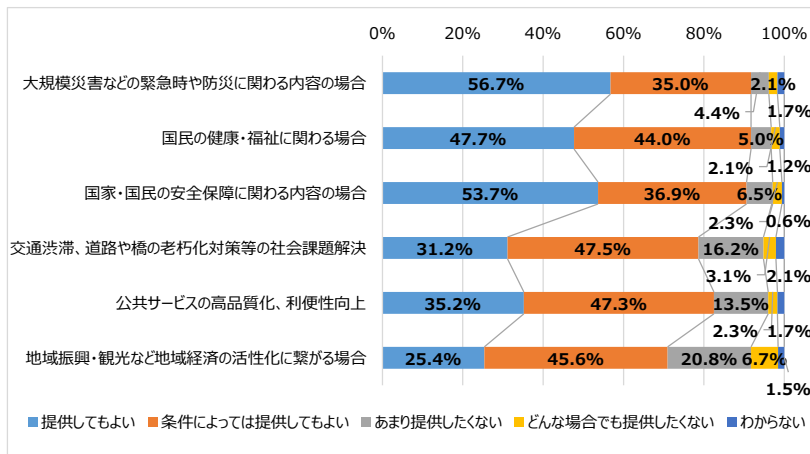
(ii) 米国



(iii) ドイツ

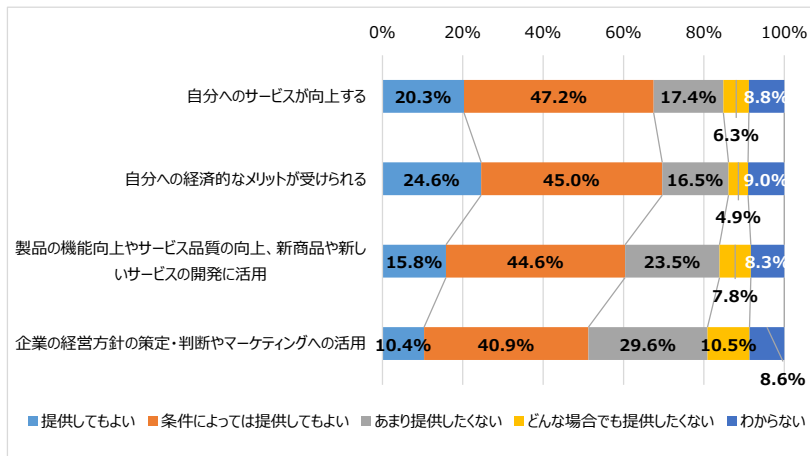


(iv) 中国

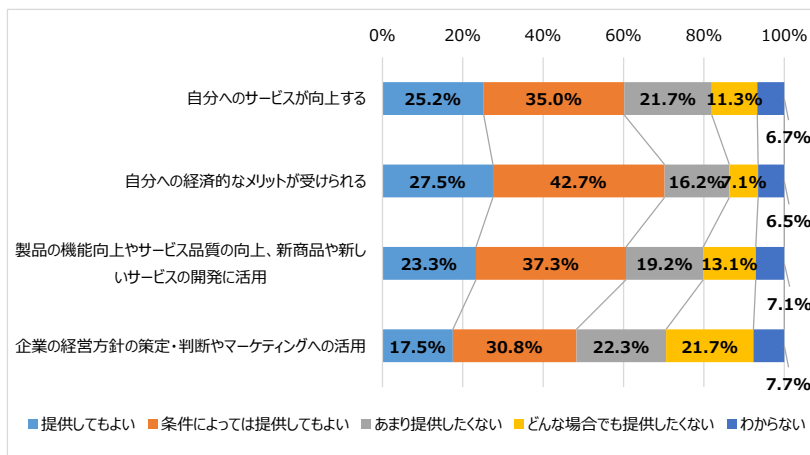


(b) 企業サービスに係るパーソナルデータ提供意向

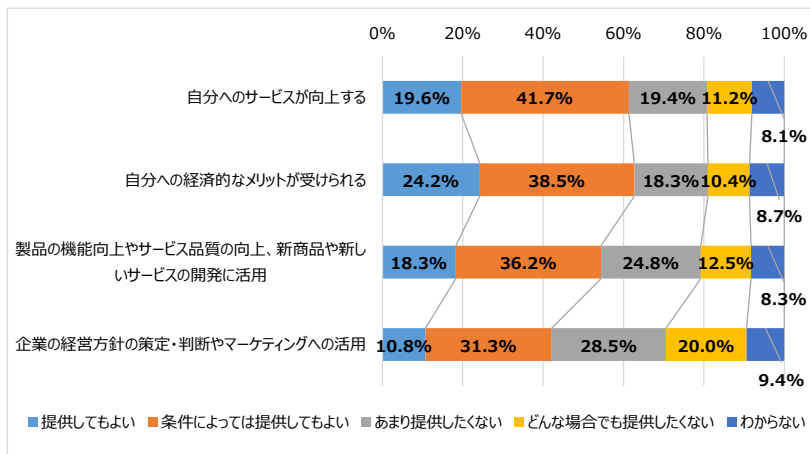
(i) 日本



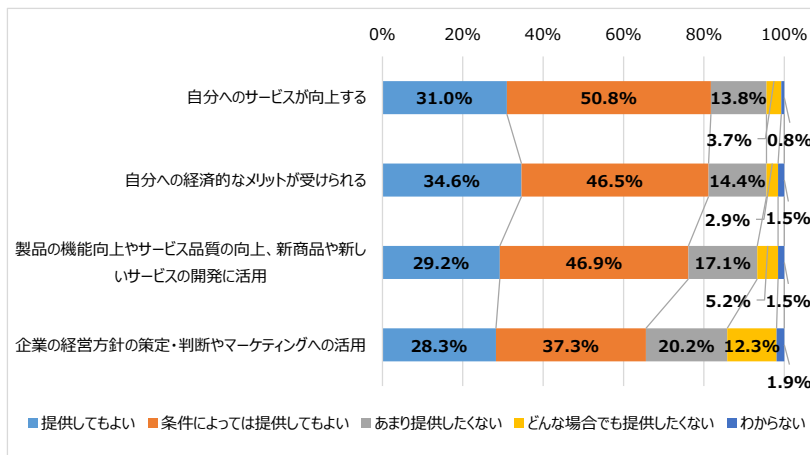
(ii) 米国



(iii) ドイツ



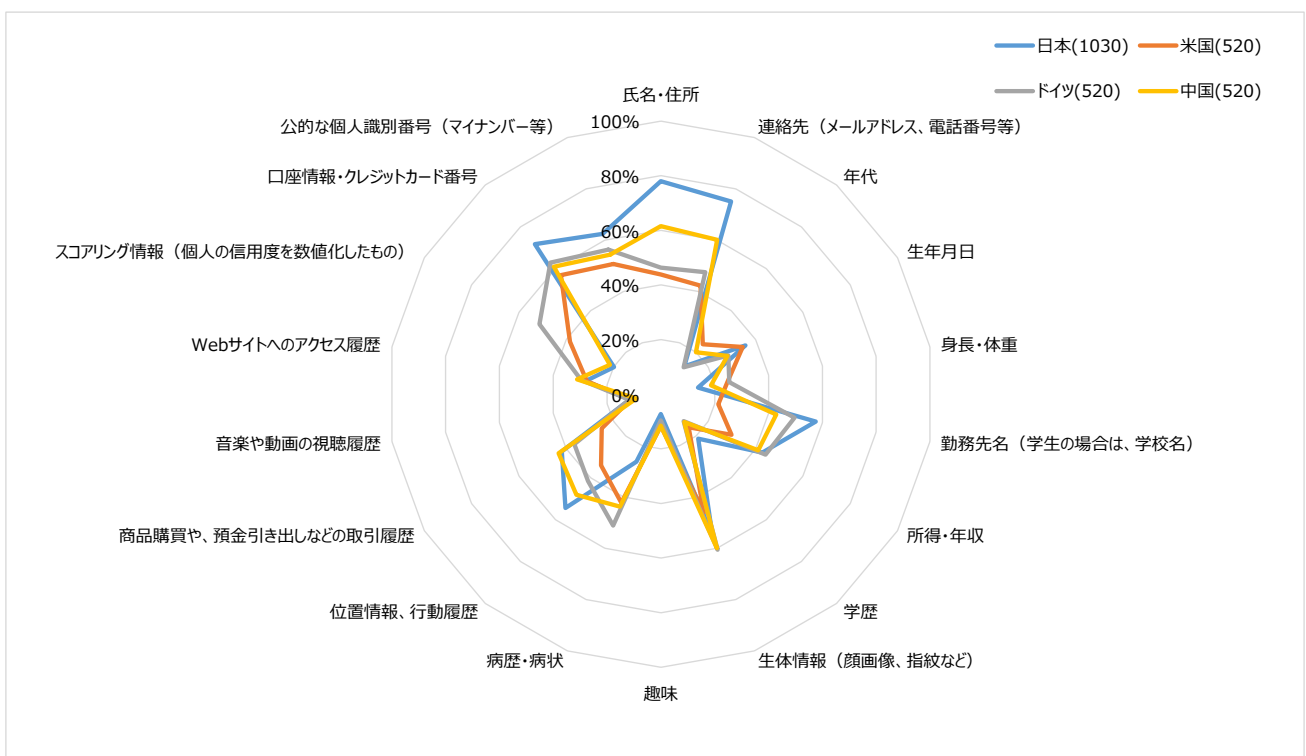
(iv) 中国



● 提供時に不安を感じるパーソナルデータ

パーソナルデータの提供について、特にどのデータの提供に不安を感じているか調べるため、データの種別ごとに尋ねたところ、各国ともに「氏名・住所」、「連絡先」、「生体情報」、「位置情報」、「口座情報」、「公的な識別番号」が多く挙げられた。日本については、特に「氏名・住所」、「連絡先」、「公的な識別番号」で他国より約 10%程度多く挙げられた。ただし、前回調査時には日本において「口座情報」及び「個人識別番号」の提供に対して 80%以上が不安を感じると回答していたのに対して、今回の調査では 60%程度となっていた。前回調査ではパーソナルデータ提供に対する考え方として、口座情報・クレジットカード番号や公的な個人識別番号については、80%以上が不安を感じると回答していたが、今回はそれぞれ 60%を下回っており、前回調査¹⁷⁴よりも低くなっていた（図表 3-139、図表 3-140）。

図表 3-139 提供に当たって不安を感じるパーソナルデータ



¹⁷⁴ 総務省 (2022) 「国内外における最新の情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の動向に関する調査研究」
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/r04_03_houkoku.pdf

図表 3-140 提供に当たって不安を感じるパーソナルデータ（前回調査）



出典：総務省（2022）「国内外における最新の情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の動向に関する調査研究」

3) 国民生活におけるデジタル活用推進に向けた課題と展望

前節にて実施したアンケート結果と文献調査等をもとに国民生活におけるデジタル活用推進における課題と今後の展望を記述する。

i 日本におけるデジタル活用推進における課題

本調査にてリテラシーレベル毎のデジタル利活用状況について整理した。

リテラシーが低い方はデジタルサービスに対して、「必要ない」と考えている傾向があった。また、パーソナルデータの提供が必要となるサービス利用意向について、「わからない」と回答する層が多くなっていた（図表 3-141、図表 3-142）。この結果から、デジタルサービスの浸透を阻害する要因としてリテラシーが低いことが1つの要因であると考えられる。そのため、総務省では「デジタル活用支援推進事業」¹⁷⁵として、デジタルデバイドを解消し、デジタル活用の不安を解消するために、オンラインによる行政手続等のスマートフォンの利用方法に対する説明・相談等の支援を行う「講習会」を令和3年度から全国の携帯ショップ等、マイナポータルの使い方やe-Taxの利用方法等の助言や相談を実施している。

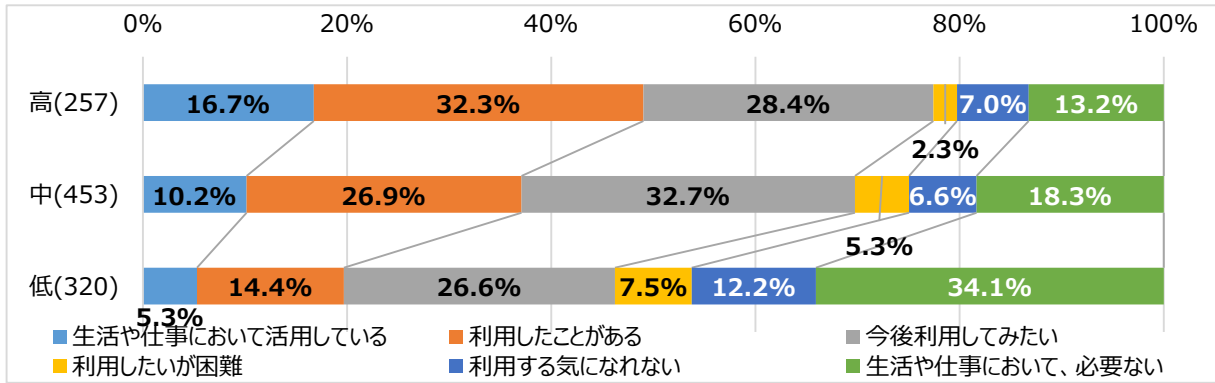
一方で、リテラシーが低くなってしまいう要因として、デジタルサービスにおいて、どのようなことができるのか把握できていないことから、デジタルサービスを活用する必要が無いと認識されてしまい、デジタルに触れる機会が少なくなることえられる。例えば、デジタル庁にて実施した「業種別マイナンバーカード取得状況等調査」¹⁷⁶においては、マイナンバーカードの未取得理由として、「情報流出が怖いから」が35.2%、「申請方法が面倒だから」が31.4%、「マイナンバーカードにメリットを感じないから」が31.3%となっており、セキュリティの面だけではなく、必要性を感じていない回答も多く挙げられた。公共サービスにおいては、民間サービスとは異なり、利用者に認知のうえ、利用してもらう必要がある。株式会社サイバーエージェント他による調査によると、デジタルに対して肯定的な意見を持ちつつも、デジタル進展についていけないと考えている置き去り層において、「使ってみようと思ったが分かりにくくて使えなかった」「オンラインでどのような行政サービスを提供しているか知らない」と回答した割合が2割を占めていたことから、公共サービスはデジタル化以前に仕組みや制度が複雑であることからデジタル推進の必要性を理解が難しいことも課題であると考えられる。

¹⁷⁵ 総務省「令和4年度デジタル活用支援推進事業の実施状況」（2022.9.16）
（https://www.soumu.go.jp/main_content/000838998.pdf）

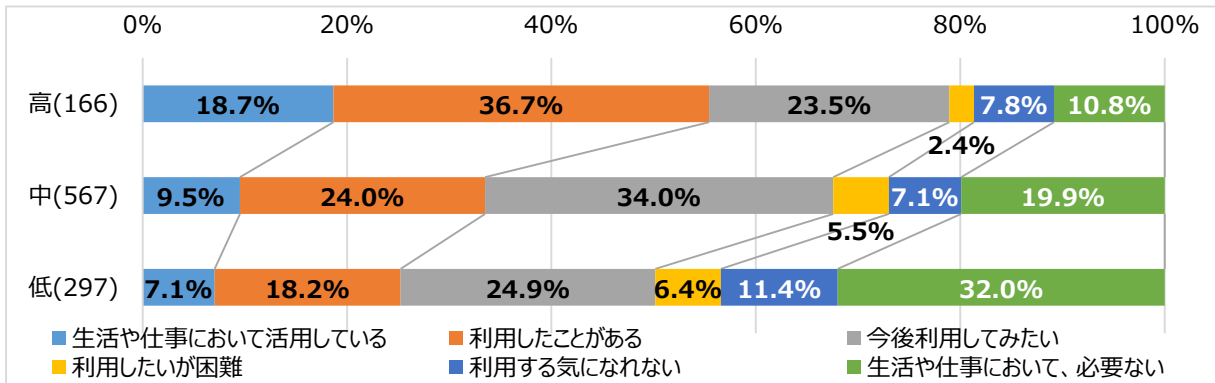
¹⁷⁶ デジタル庁「業種別マイナンバーカード取得状況等調査（ネット調査）」（2022.10.13）
（https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/4fcf576b-fc90-4dfb-b02d-88cc1e8a41ac/83d42865/20220324_meeting_my_number_survey_04.pdf）

図表 3-141 リテラシーレベル毎のデジタル化された公的サービスの利活用動向（日本）

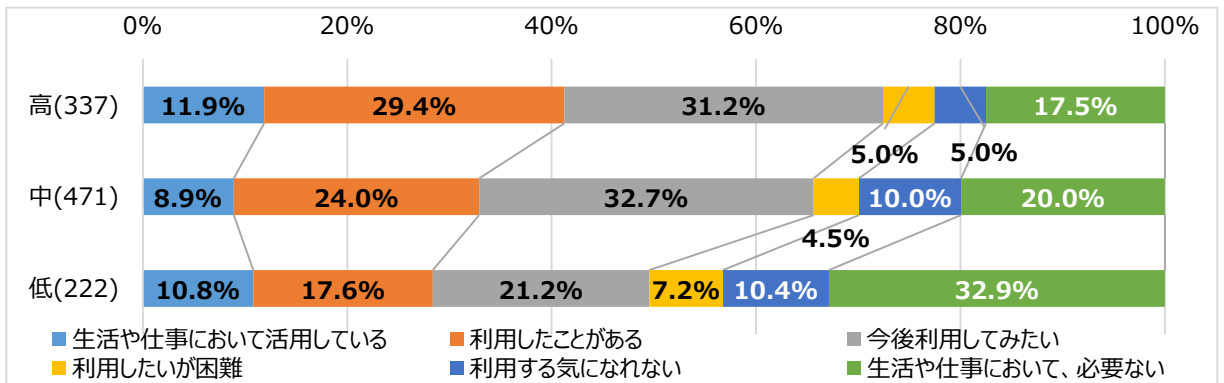
(a) ネット上での攻撃・脅威に関する知識の有無



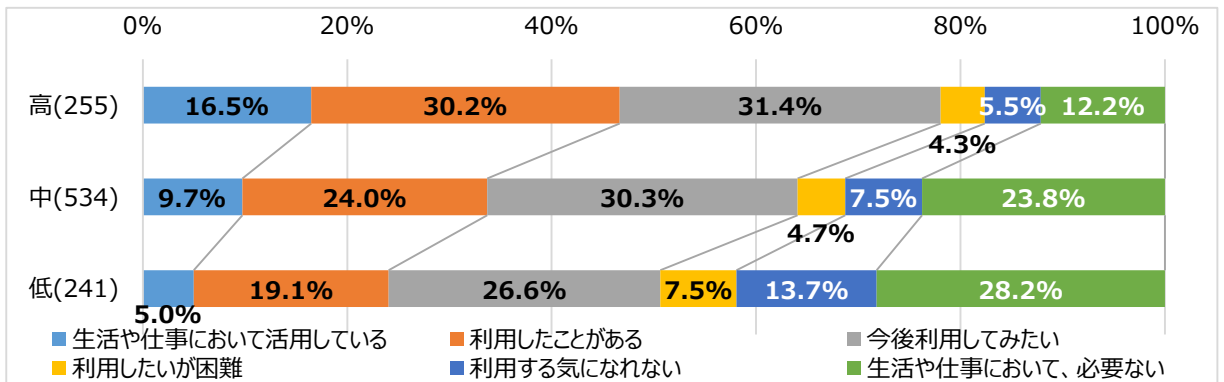
(b) インターネット上の情報にまつわる問題・懸念に関する知識の有無



(c) パスワード設定時の対処状況

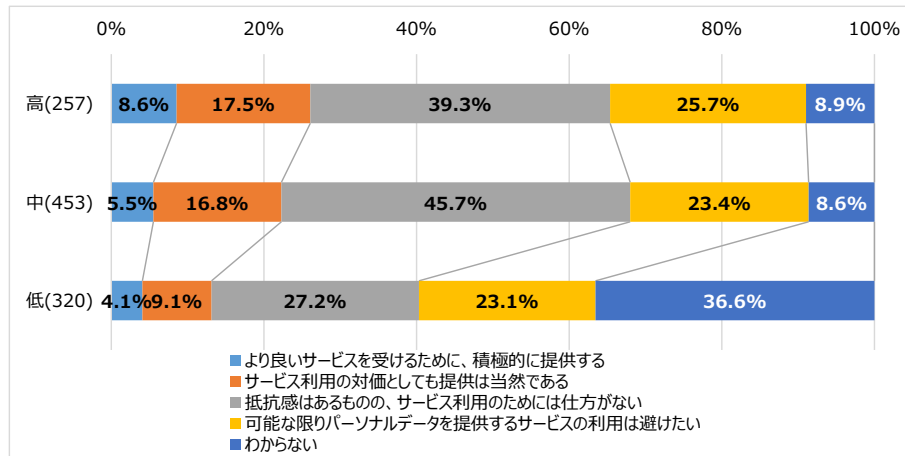


(d) インターネット利用時の情報収集・発信時の対処状況

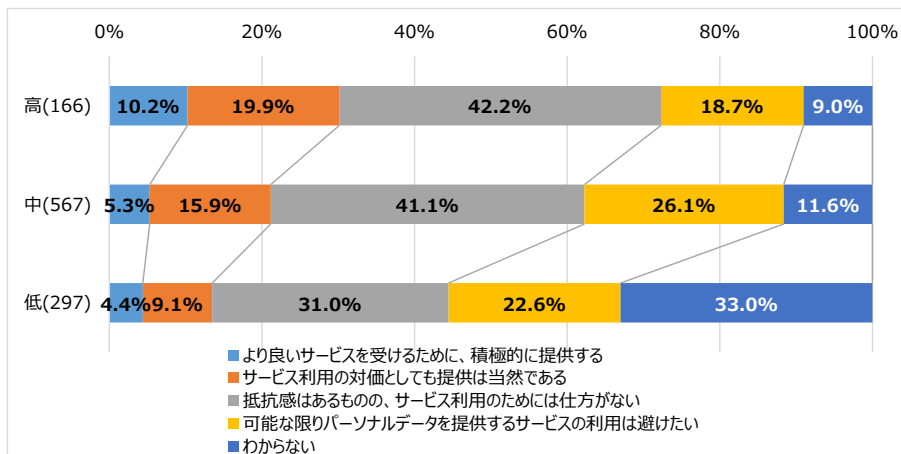


図表 3-142 リテラシーレベル毎のパーソナルデータ提供が必要なサービスに対する利用意向(日本)

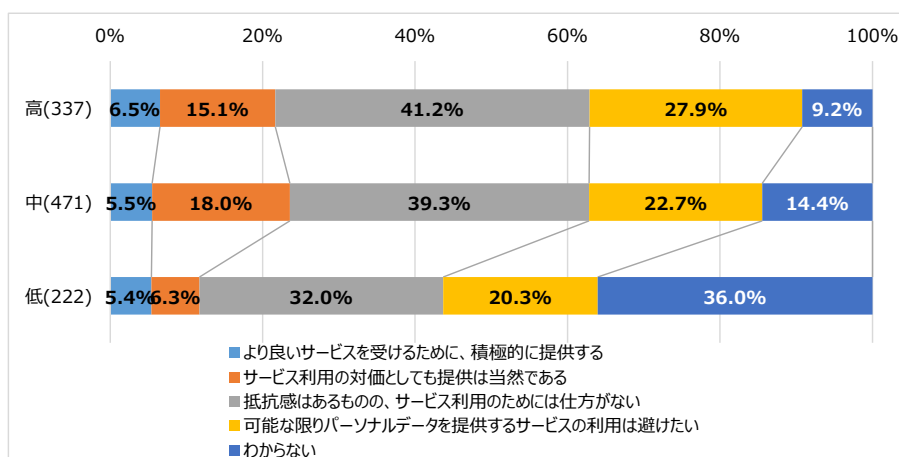
(a) ネット上での攻撃・脅威に関する知識の有無



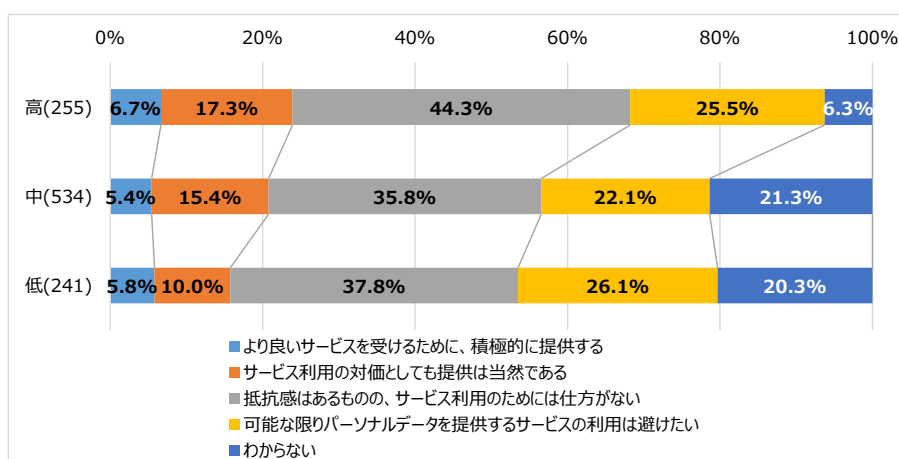
(b) インターネット上の情報にまつわる問題・懸念に関する知識の有無



(c) パスワード設定時の対処状況



(d) インターネット利用時の情報収集・発信時の対処状況



※各設問におけるリテラシーレベルは下記のように設定した。

(a) ネット上での攻撃・脅威に関する知識の有無

各設問において、知っている 4 点、ある程度知っている 3 点、名前を聞いたことがある 2 点、名前も内容も知らない 1 点とし、低：10-14 点、中：15-24 点、高：25-40 点と分類した。

(b) インターネット上の情報にまつわる問題・懸念に関する知識の有無

各設問において、知っている 4 点、ある程度知っている 3 点、名前を聞いたことがある 2 点、名前も内容も知らない 1 点とし、低：5-6 点、中：7-11 点、高：12-20 点と分類した。

(c) パスワード設定時の対処状況

各設問において、常にしている 3 点、しているときもある 2 点、常にしていない 1 点、わからない 1 点とし、低：4-6 点、中：7-9 点、高：10-12 点と分類した。

(d) インターネット利用時の情報収集・発信時の対処状況

各設問において、非常にあてはまる 5 点、ややあてはまる 4 点、どちらともいえない 3 点、あまりあてはまらない 2 点、まったくあてはまらない 1 点とし、低：5-11 点、中：12-18 点、高：19-25 点と分類した。

ii 国民生活におけるデジタル利活用推進に向けた展望

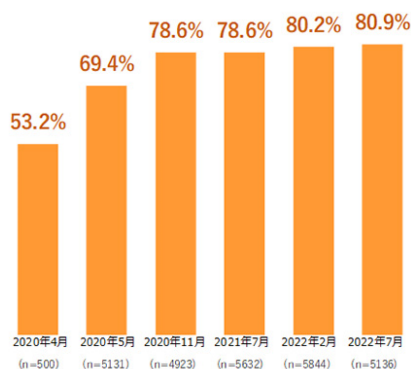
前述した通り、国民生活においてデジタル利活用を推進において、リテラシーが低いことと公的サービスにおいてはデジタル以前に制度が複雑で難しいことから、デジタル化によってどのようなことができるかわからないことが課題であることを挙げた。この結果を踏まえて、武蔵大学の庄司昌彦教授は、「リテラシー教育も必要だが、そもそも『知らない、わからない』という人たちに、デジタルサービスを分かりやすく、知っていただく、使っていただく、慣れていただく機会を作っていく必要がある。」と述べる。

例えば、株式会社パーソル総合研究所のテレワークに関する調査¹⁷⁷によると、テレワーク導入直後は継続意向が53.2%であったのに対して、利用することで利用意向が高まり、現在は80.9%まで向上している。このことから、働き方など、民間においては、体験を積み重ねることで有用性を実感することで、デジタルサービスが浸透していく様子が伺える（図表 3-143）。

公的サービスのデジタル化については、制度を分かりやすく整理することに加えて、利用者に触れてもらえるように、利用者にとって優しいデジタル化を進める必要があると考えられる。例えば、北海道音更町ではデジタル利用に対してハードルを感じる方向けに、模擬画面によるオンライン手続きを体験する仕組みを構築している¹⁷⁸。

デジタル利活用を国民生活へ浸透させるためには、リテラシーだけではなく、サービスを提供する側もデジタル以前に制度設計などを分かりやすいものとする必要がある。誰一人取り残さないデジタル社会実現のためには、UIなどのユーザビリティの観点も重要であるが、制度やデジタル化を進めるうえでのビジョンを分かりやすくしたうえで、人にやさしい形でサービス提供を行い、デジタルサービスの利用を通して利便性等を感じる体験を積み重ねていけるようにするべきである。

図表 3-143 テレワーク実施者のテレワーク継続希望意向推移



出典：株式会社パーソル総合研究所（2022.8.30）「第七回・新型コロナウイルス対策によるテレワークへの影響に関する調査」

¹⁷⁷ 株式会社パーソル総合研究所（2022.8.30）「第七回・新型コロナウイルス対策によるテレワークへの影響に関する調査」（<https://rc.persol-group.co.jp/thinktank/data/telework-survey7.html>）

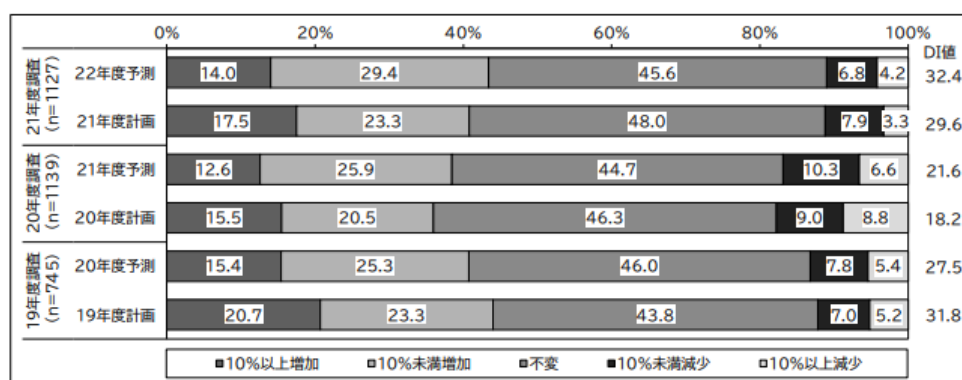
¹⁷⁸ 北海道音更町 広報広聴課「広報おとふけ2月号 No.1045」（2022.1.25）（https://www.town.otofuke.hokkaido.jp/files/koho/pdf/510_47199745.pdf）

3.2.2. 企業活動におけるデジタル活用の動向

(1) 企業におけるデジタル化の位置づけ

日本情報システム・ユーザー協会（以下、JUAS）が実施した企業 IT 動向調査 2022¹⁷⁹によると、IT 予算は「10%以上増加」と「10%未満増加」の合計値から「10%未満減少」と「10%以上減少」の合計値を差し引いた DI 値（ディフュージョンインデックス）が 21 年度計画、20 年度計画、19 年度計画と正の値となっていた（図表 3-144）。

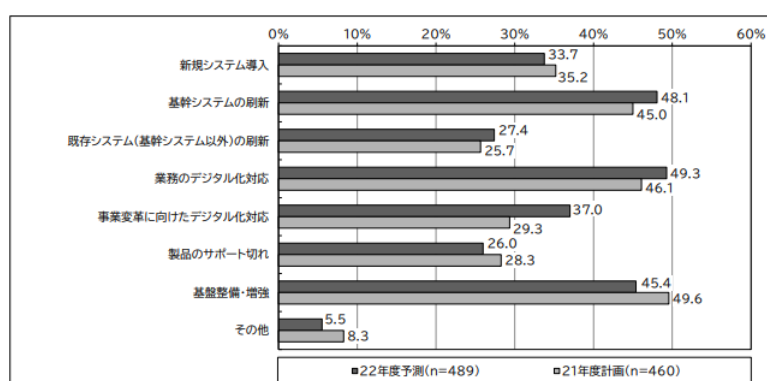
図表 3-144 企業の IT 予算の増減



出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業 IT 動向調査 2022」

次に企業の IT 予算の増加理由を見てみると、2022 年度の IT 予算（予測）の増加理由は「業務のデジタル化対応」、「基幹システムの刷新」、「基盤整備・増強」が多く挙げられており、デジタル推進に向けた基盤整備に関する投資はしばらく堅調に推移することが予想される（図表 3-145）。

図表 3-145 企業の IT 予算の増加理由



出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業 IT 動向調査 2022」

¹⁷⁹ 「企業 IT 動向調査 2022」(JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）、2022)

URL : https://juas.or.jp/cms/media/2022/04/JUAS_IT2022.pdf

(2) 企業のデジタル化の実態

文献調査およびアンケート調査の結果から国内外の企業におけるデジタル化の動向の実態を調査した。

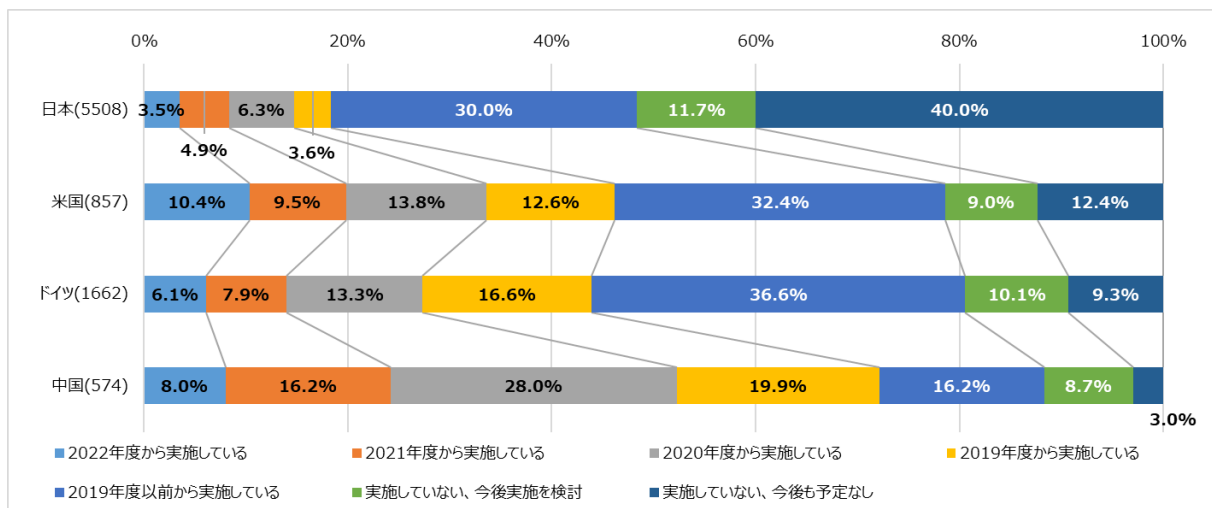
1) 国内外の企業におけるデジタル化の適用の動向

(ア) デジタル化の推進に向けた組織の取組

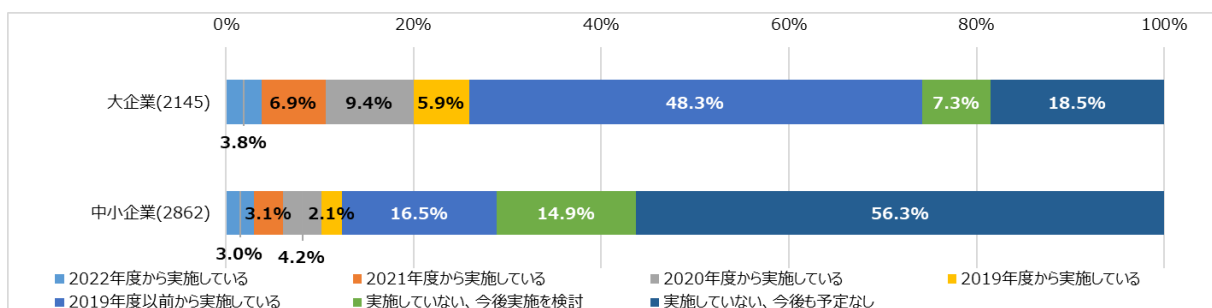
i デジタル化の取組状況（日米比較）

本調査において、DXの実施状況について調査した結果¹⁸⁰、日本ではデジタル化に関連する取組を未実施と回答した割合が50%を超えており、海外に比べてデジタル化推進が遅れていた。特に、中小企業では70%以上がデジタル化に関連する取組を未実施と回答していた(図表 3-146、図表 3-147)。

図表 3-146 デジタル化（DX）の取組状況（各国比較）



図表 3-147 デジタル化（DX）の取組状況（日本における企業規模比較）

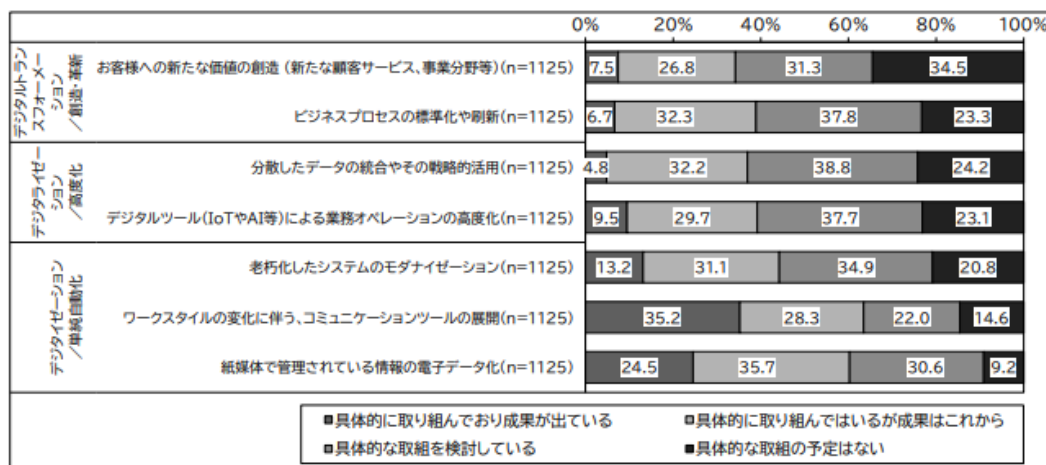


¹⁸⁰ 本調査サンプル数確保まで収集したスクリーニングデータをもとに集計した。

ii 国内企業のデジタル化の実施レベル

JUAS が実施した企業 IT 動向調査 2022¹⁷⁹ では企業のデジタル化の実施レベルを「デジタルイゼーション（単純自動化）」、「デジタルライゼーション（高度化）」、「デジタル・トランスフォーメーション（創造・革新）」の3段階で定義したうえで、それぞれの実施状況を調査した。国内企業におけるデジタル化の実施状況としてはデジタルイゼーションにおける「ワークスタイルの変化に伴うコミュニケーションツールの展開」、「紙媒体で管理されている情報の電子データ化」については成果が出ていると回答した割合が、それぞれ 35.2%、24.5%となっていたのに対して、デジタルライゼーションやデジタル・トランスフォーメーションについては成果が出ていると回答した割合は全ての項目で 10%を切っていた。このことから、デジタルイゼーションは成果を実感、デジタルライゼーション以降については今後取組を進めていく必要がある様子が伺えた（図表 3-148）。

図表 3-148 DX 推進の取組実施状況



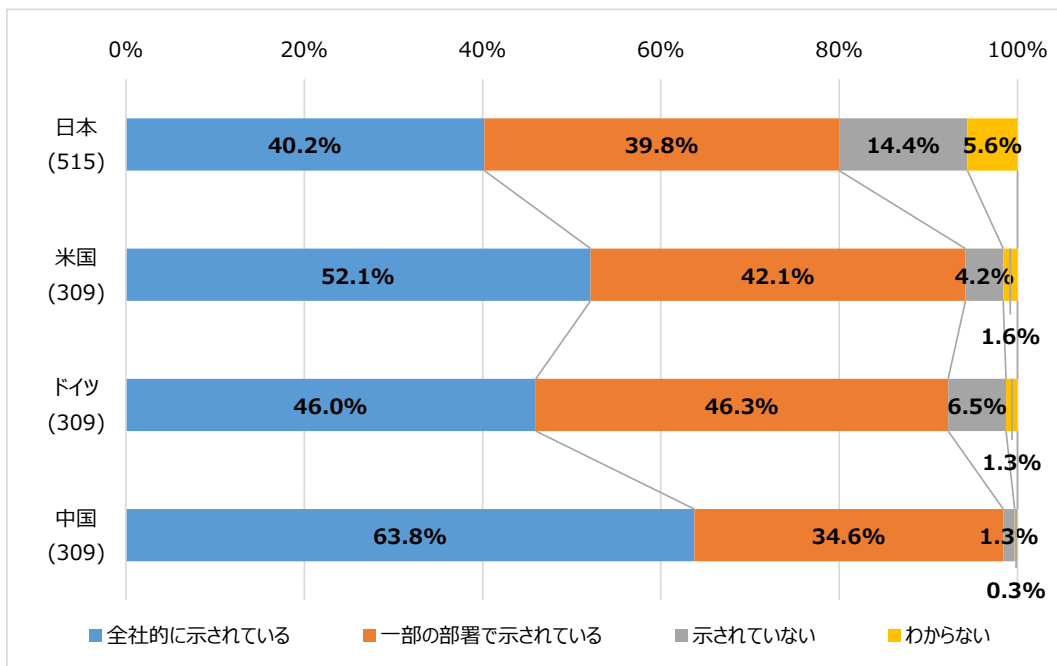
出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2023）「企業 IT 動向調査 2022」

iii デジタル化の方針や戦略の開示範囲

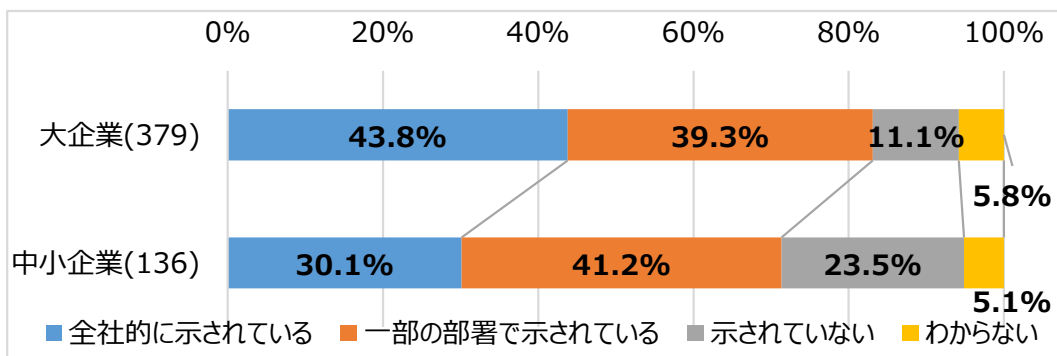
デジタル化の戦略や方針が組織の中でどの範囲までに開示されているかをアンケート調査で確認したところ、日本の企業は「全社的に示されている」の回答が40.2%と米国の52.1%に比べて約10%低い値となっていた。(図表 3-149)。

また、日本企業において企業規模別にみると大企業の方が、中小企業よりも「全社的に示されている」と回答する割合が多くなっていた(図表 3-150)。

図表 3-149 デジタル化の方針や戦略の開示範囲



図表 3-150 デジタル化の方針や戦略の開示範囲 (企業規模別)

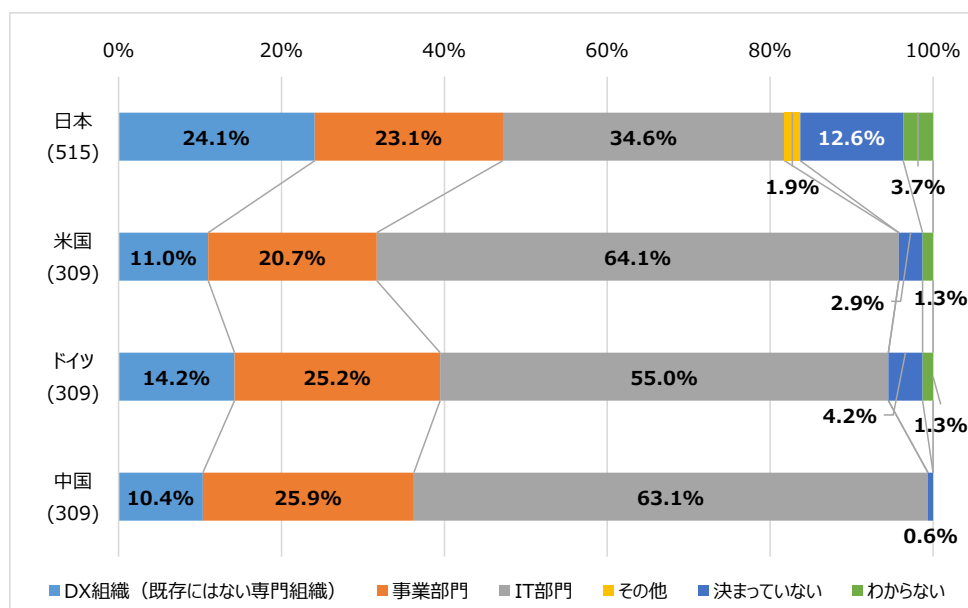


iv デジタル化推進時の主導組織

本調査では、デジタル化を推進する際の主導組織について尋ねた。

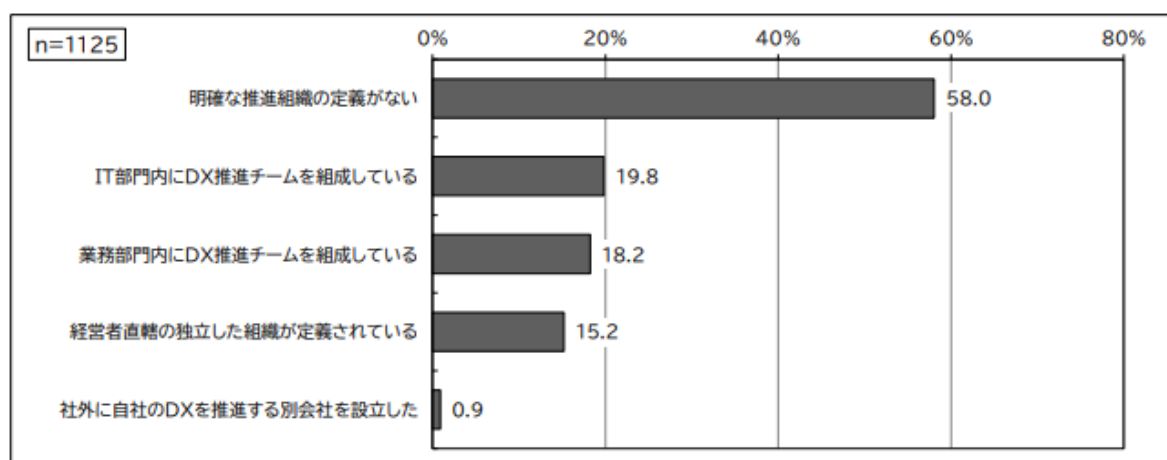
日本ではデジタル化推進する際、新規立ち上げを行った専門組織が主導している割合が 24.1%となっており、諸外国に比べて約 10%高くなっていた。一方で、諸外国では既存の IT 部門がデジタル化推進を主導しており、日本に比べて約 20%高くなっていた（図表 3-151）。

図表 3-151 デジタル化推進時の主導組織(各国比較)



JUAS の「企業 IT 動向調査 2022」¹⁷⁹によると、DX 推進組織の設置状況について、「明確な推進組織の定義がない」が最も多くなっていたが、定義できている企業については回答が分かれていた。このことから、現時点では各企業において、DX 推進組織をどのように設置し、DX 推進のための役割を設定するか検討している段階であると推察される（図表 3-152）。

図表 3-152 DX 推進組織の設置状況（2022 年調査）



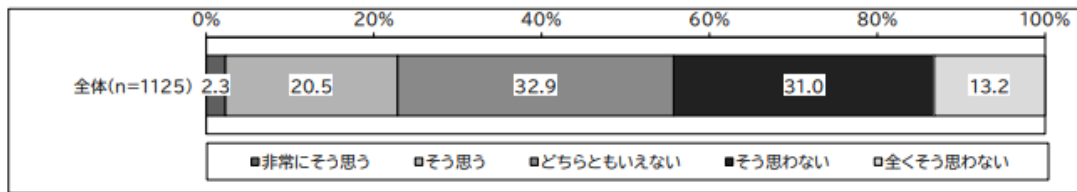
出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業 IT 動向調査 2022」

v システム開発の内製化動向

JUASの「企業IT動向調査2022」¹⁷⁹によると、DX推進度別に開発内製化の増減の傾向を調査した結果、DXを推進している意識が強い企業ほど内製化率を「増やす予定」と回答する割合が増加していた(図表3-153、図表3-154)。

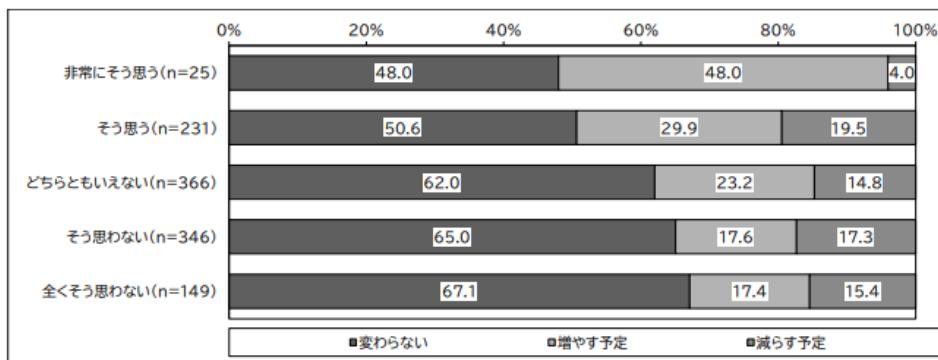
さらに、製造業/非製造業における売上高別の状況を調査したところ、製造業/非製造業共に売上高規模が多い企業ほど内製化率を「増やす予定」と回答していた。このことから、内製化については今後2極化が進んでいくことが推察される(図表3-155)。

図表 3-153 DX 推進状況



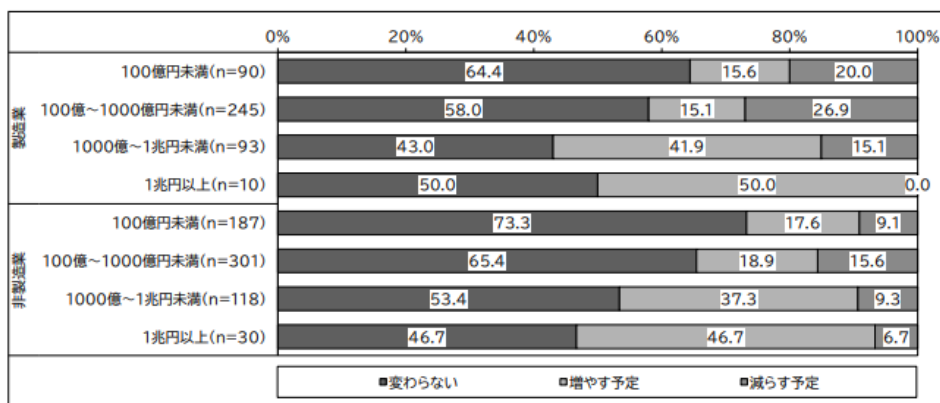
出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業IT動向調査2022」

図表 3-154 DX 推進状況の開発内製化率の傾向



出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業IT動向調査2022」

図表 3-155 製造業/非製造業における売上高別の開発内製化率の傾向

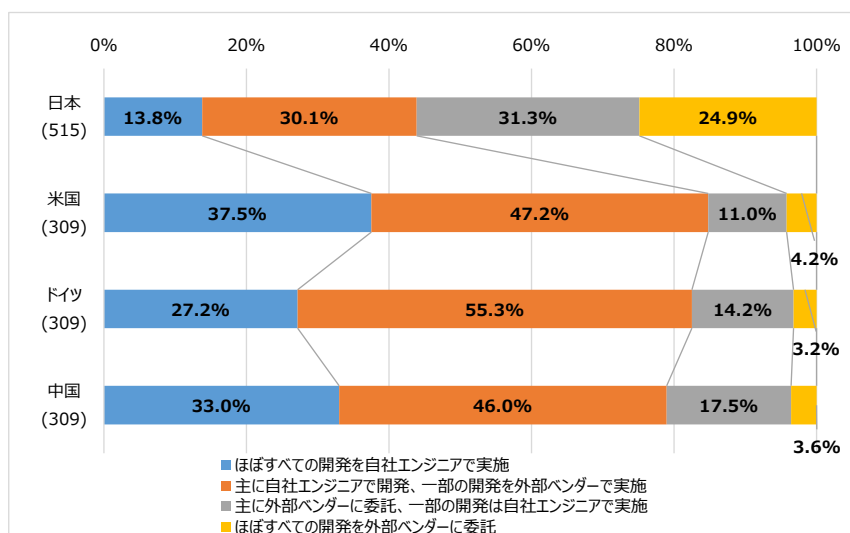


出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業IT動向調査2022」

本調査では、システム開発における内製化状況について尋ねた。

日本では、システム開発を自社主導で実施している（「ほぼすべての開発を自社エンジニアで実施」と「主に自社エンジニアで開発、一部の開発を外部ベンダーで実施」の合計）と回答したのは 43.9%となっていた。一方で、海外では自社主導での開発を行っているとは約 80%となっており、日本と大きな差があった（図表 3-156）。

図表 3-156 システム開発の内製化状況



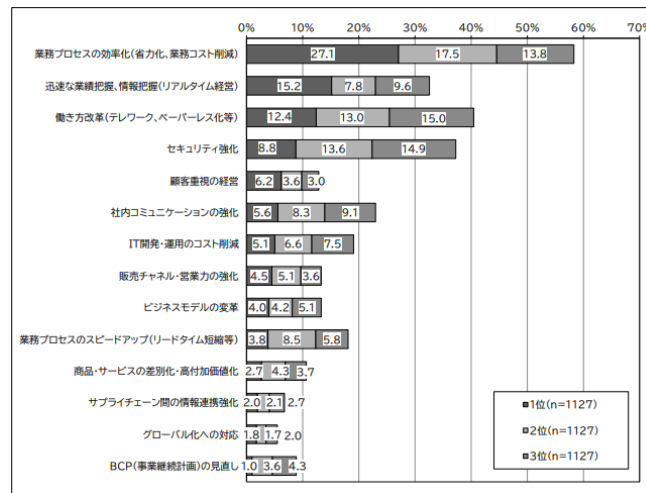
(イ) デジタル化の内容

i デジタル化の目的

JUAS の企業 IT 動向調査 2022¹⁷⁹ では、企業が IT 投資で解決したい課題を短期的、中長期的に分け、且つ、優先度 (1 位~3 位) も含めて調査した。短期的な経営課題の 1 位から 3 位までの合計として最も多く上がった課題は「業務プロセスの効率化 (省力化、業務コスト削減)」であり、次いで、「働き方改革 (テレワーク、ペーパーレス化等)」であった (図表 3-157)。

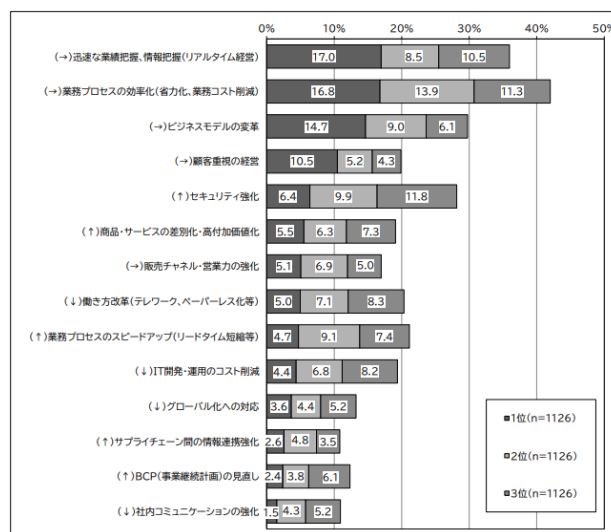
中長期的な課題の 1 位から 3 位までの合計として最も多く上がったものは「業務プロセスの効率化 (省力化、業務コスト削減)」であり、次いで、「迅速な業務把握、情報把握 (リアルタイム経営)」であった (図表 3-158)。

図表 3-157 IT 投資で解決したい短期的な経営課題



出典：JUAS (日本情報システム・ユーザー協会) (2022) 「企業 IT 動向調査 2022」

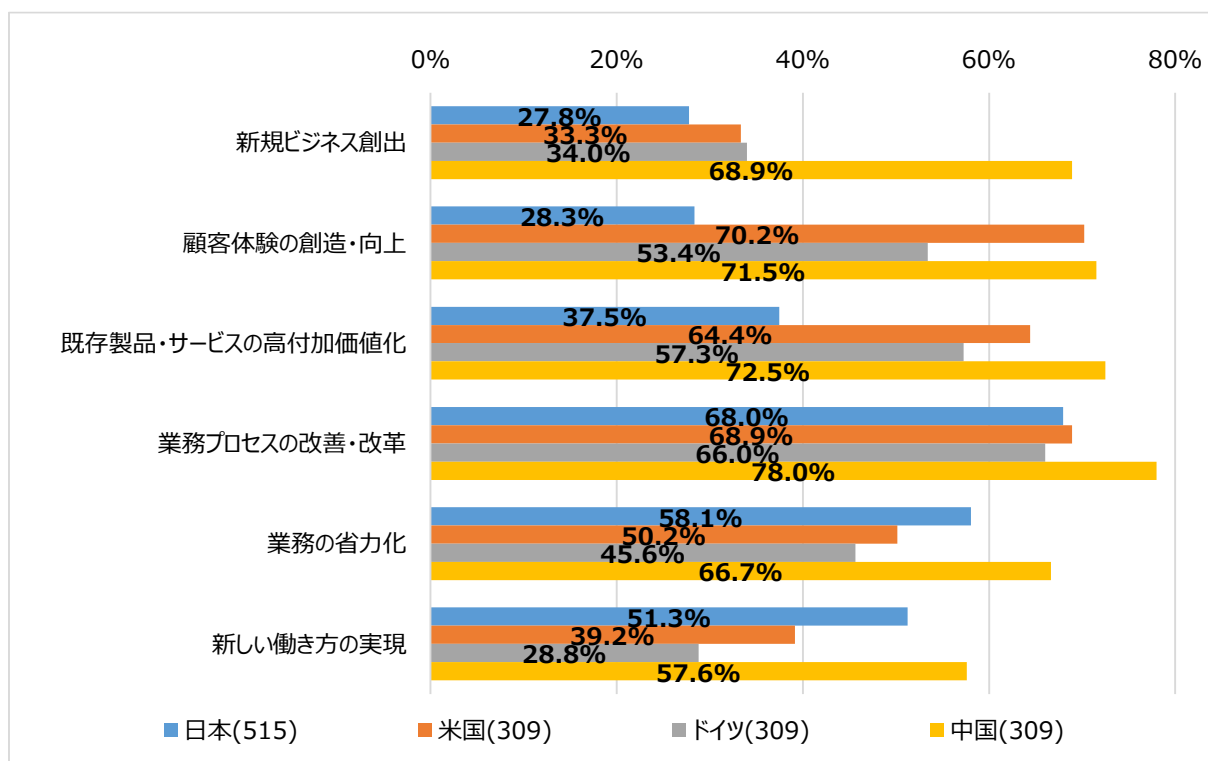
図表 3-158 IT 投資で解決したい中長期的な経営課題



出典：JUAS (日本情報システム・ユーザー協会) (2022) 「企業 IT 動向調査 2022」

本調査のアンケートで尋ねたデジタル化として取り組みを行っている内容を見ると、日本企業は「業務プロセスの改善・改革」(68.0%)が最多であり、次いで「業務の省力化」(58.1%)となっており、自社でコントロールできる改革である守りのDXを中心に取り組みを行っていた。一方で諸外国では「顧客体験の創造・向上」や「既存製品・サービスの高付加価値化」となっており、顧客を中心とした改革である攻めのDXにも取り組みを行っていた(図表 3-159)。

図表 3-159 デジタル化としての取組事項



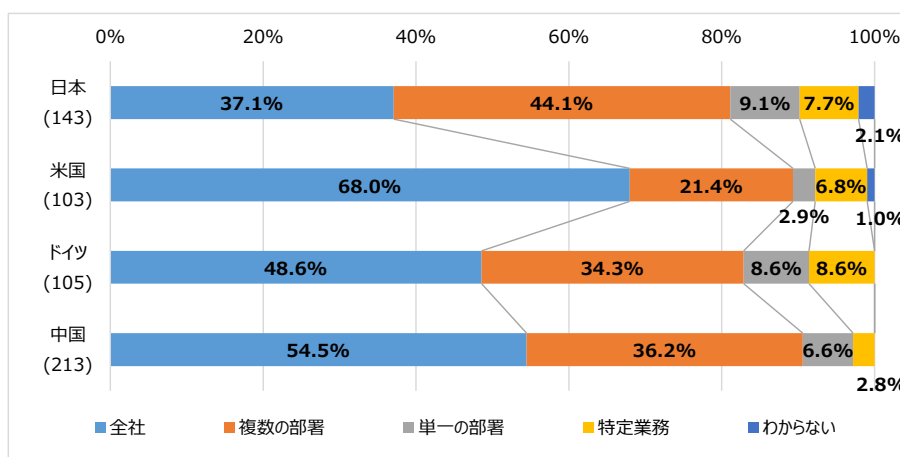
ii デジタル化の適用範囲

本調査のアンケートではデジタル化の各取組事項（図表 3-159）がどのような範囲で行われているか調査した。

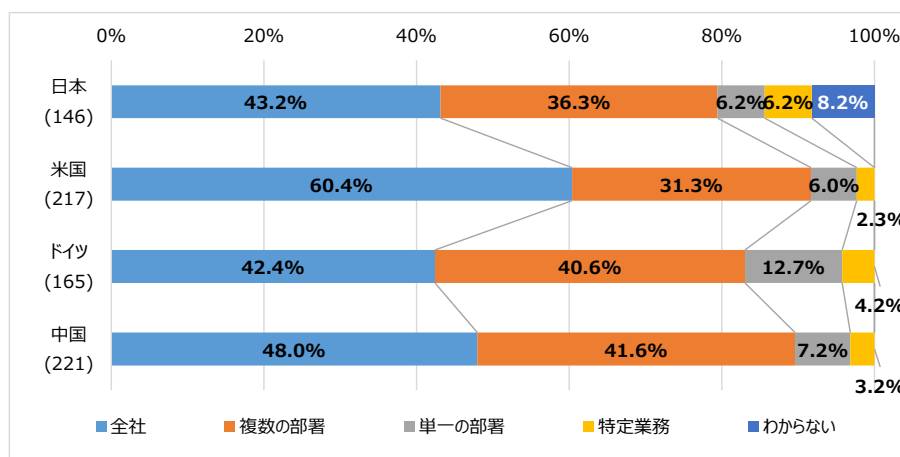
テレワークを中心とした「新しい働き方の実現」を除き、全般的に、米国が最も全社的にデジタル化に取り組んでいる様子が伺えた（図表 3-160）。

図表 3-160 デジタル化の適用範囲

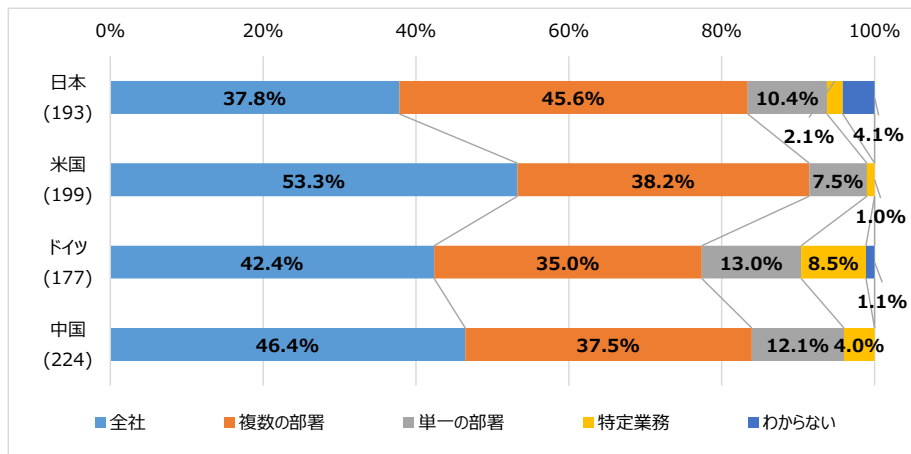
(a) 新規ビジネス創出



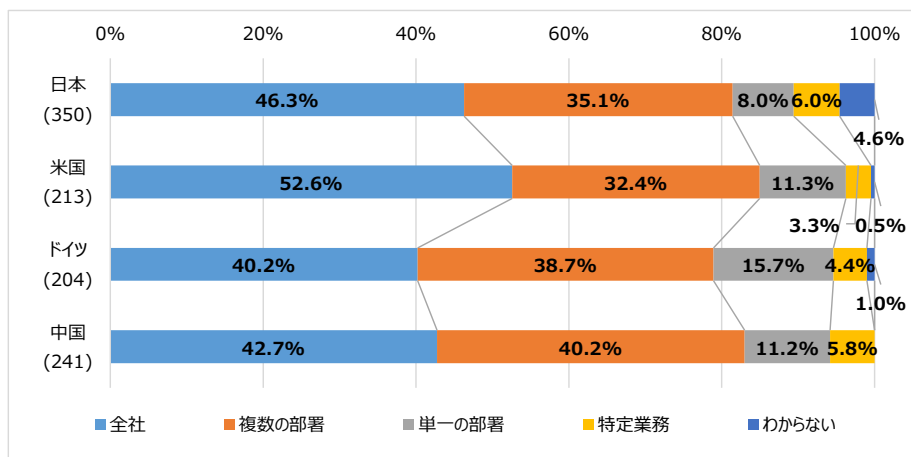
(b) 顧客体験の創造・向上



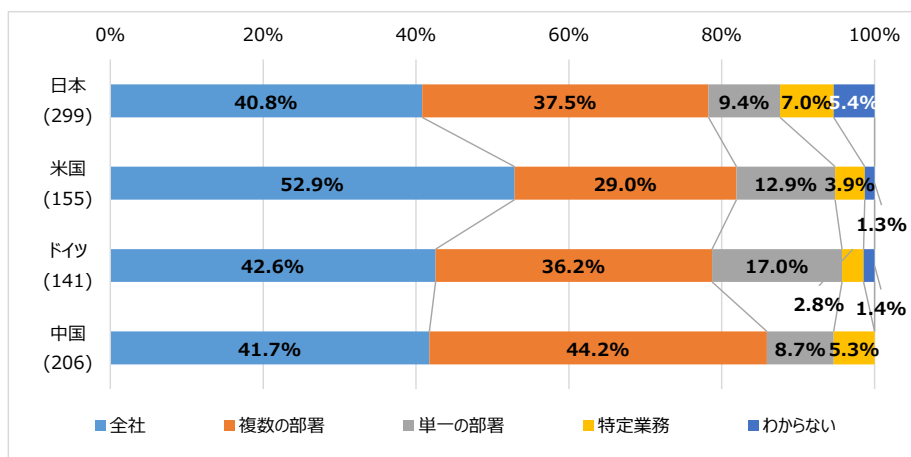
(c) 既存製品・サービスの高付加価値化



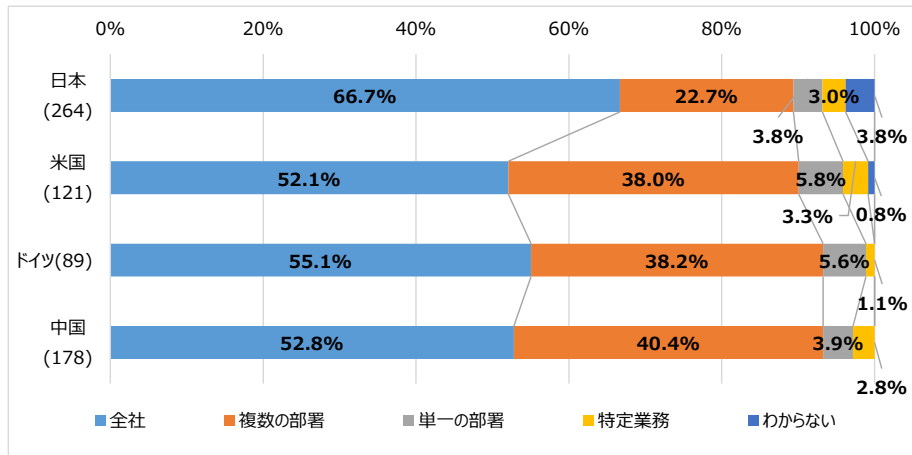
(d) 業務プロセスの改善・改革



(e) 業務の省力化



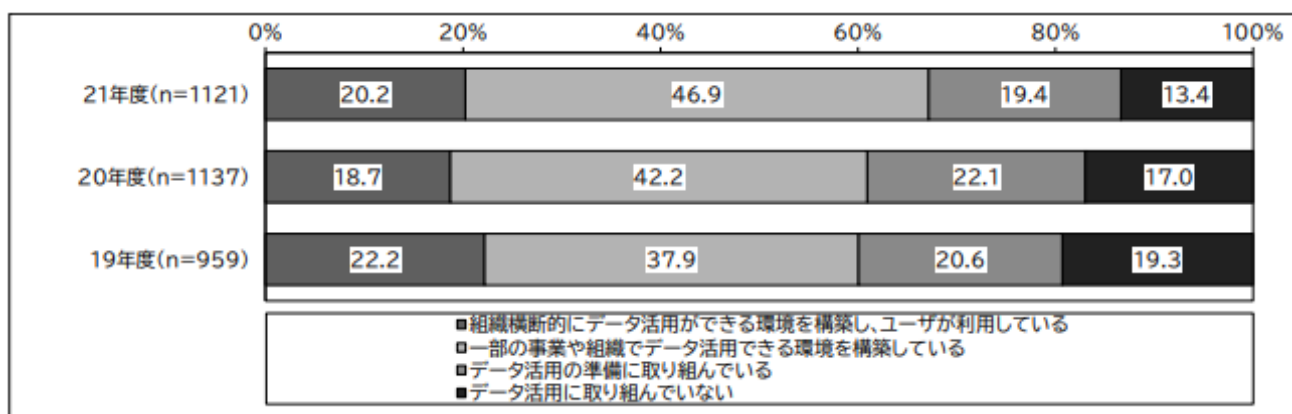
(f) 新しい働き方の実現



iii デジタル化で活用するデータ

JUAS の企業 IT 動向調査 2022¹⁷⁹ によれば、「組織横断的にデータ活用ができる環境を構築し、ユーザが利用している」と回答した企業は当該調査の前年度の結果と大きな変化がなく、データ活用が進展していないことが分かる（図表 3-161）。

図表 3-161 データ活用の取組状況

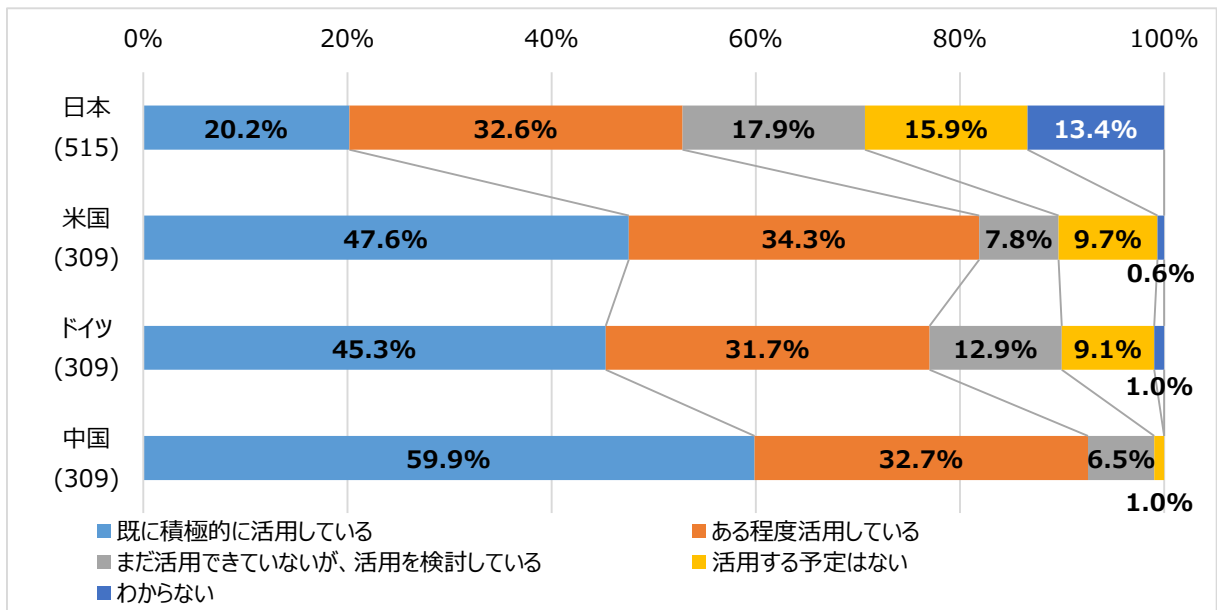


出典：JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）（2022）「企業 IT 動向調査 2022」

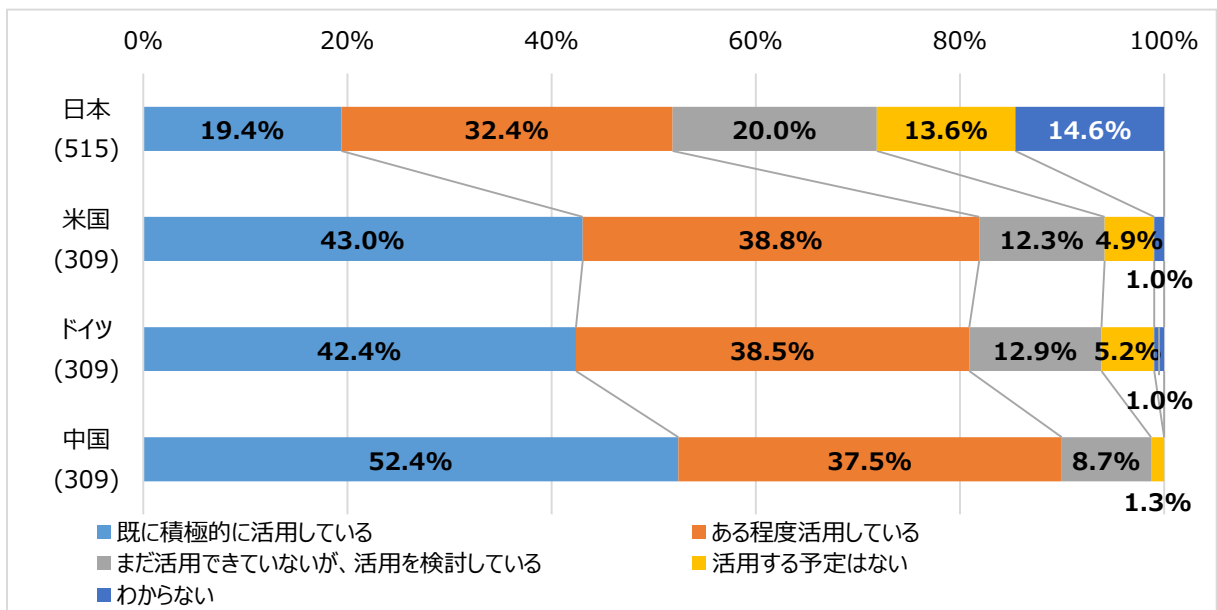
本調査では、顧客の基本情報等の「個人データ」及び製品の利用状況などの「個人データ以外のデータ」の利用状況について調査した。日本企業における個人データ及び個人データ以外を活用できている割合はそれぞれ、52.8%、51.8%となっていたものの、諸外国と比較すると低くなっていた（図表 3-162、図表 3-163）。

「個人データ」及び製品の利用状況などの「個人データ以外のデータ」の取り扱いや利活用における課題や障壁を尋ねた。日本企業は海外企業に比べ「データの利活用方法の欠如、費用対効果が不明瞭」、「データを取り扱う（処理・分析等）人材の不足」を課題・障壁として多く挙げられた。一方で、海外企業では日本企業に比べ、「データの取扱いに伴うレピュテーションリスク（法的には問題なくとも、消費者からの反発など）」、「データの所有権の帰属が自社ではないまたは不明な場合があること」が課題障壁として多く挙げられた（図表 3-164、図表 3-165）。

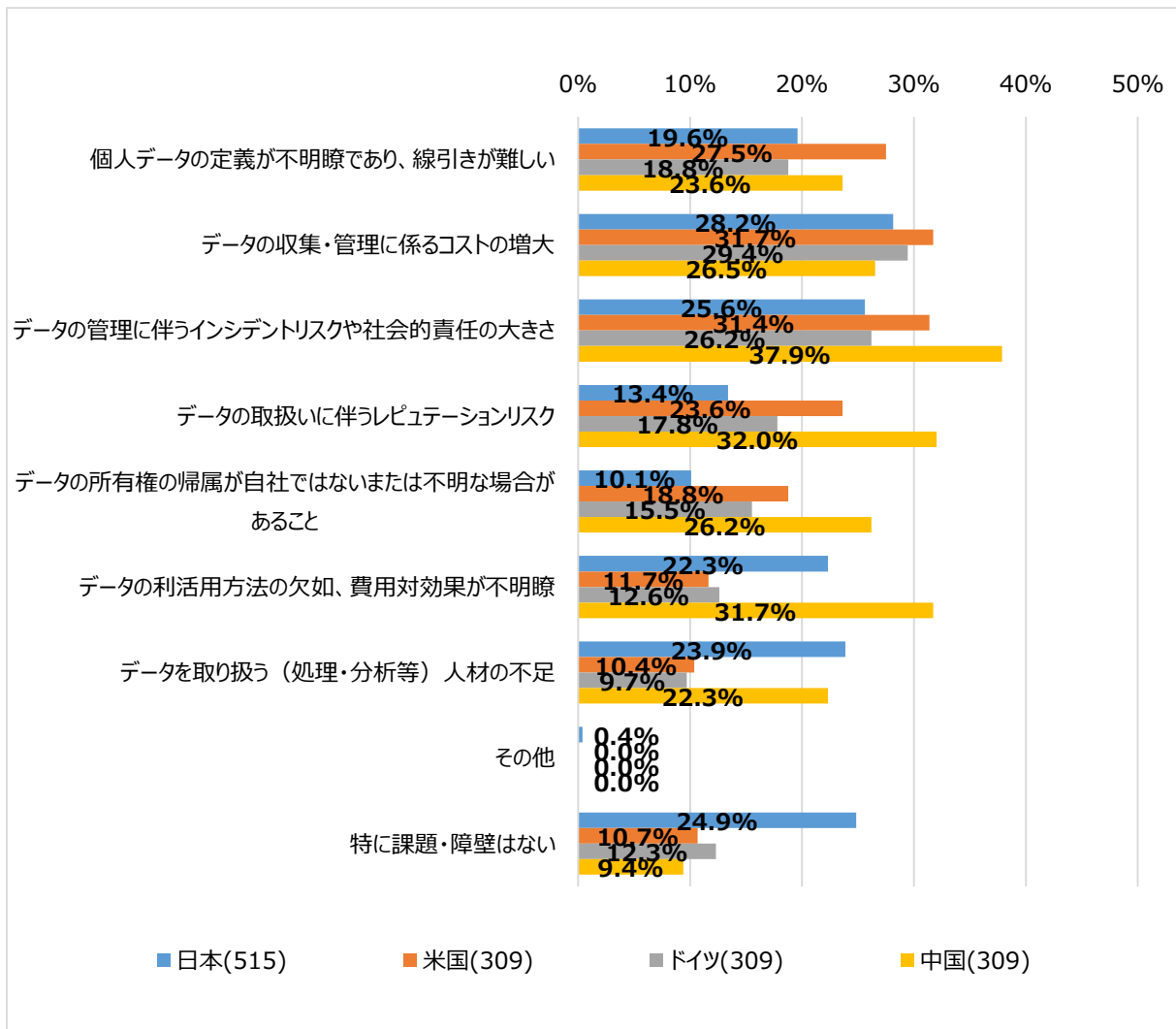
図表 3-162 サービスなどから得られる個人データの活用状況



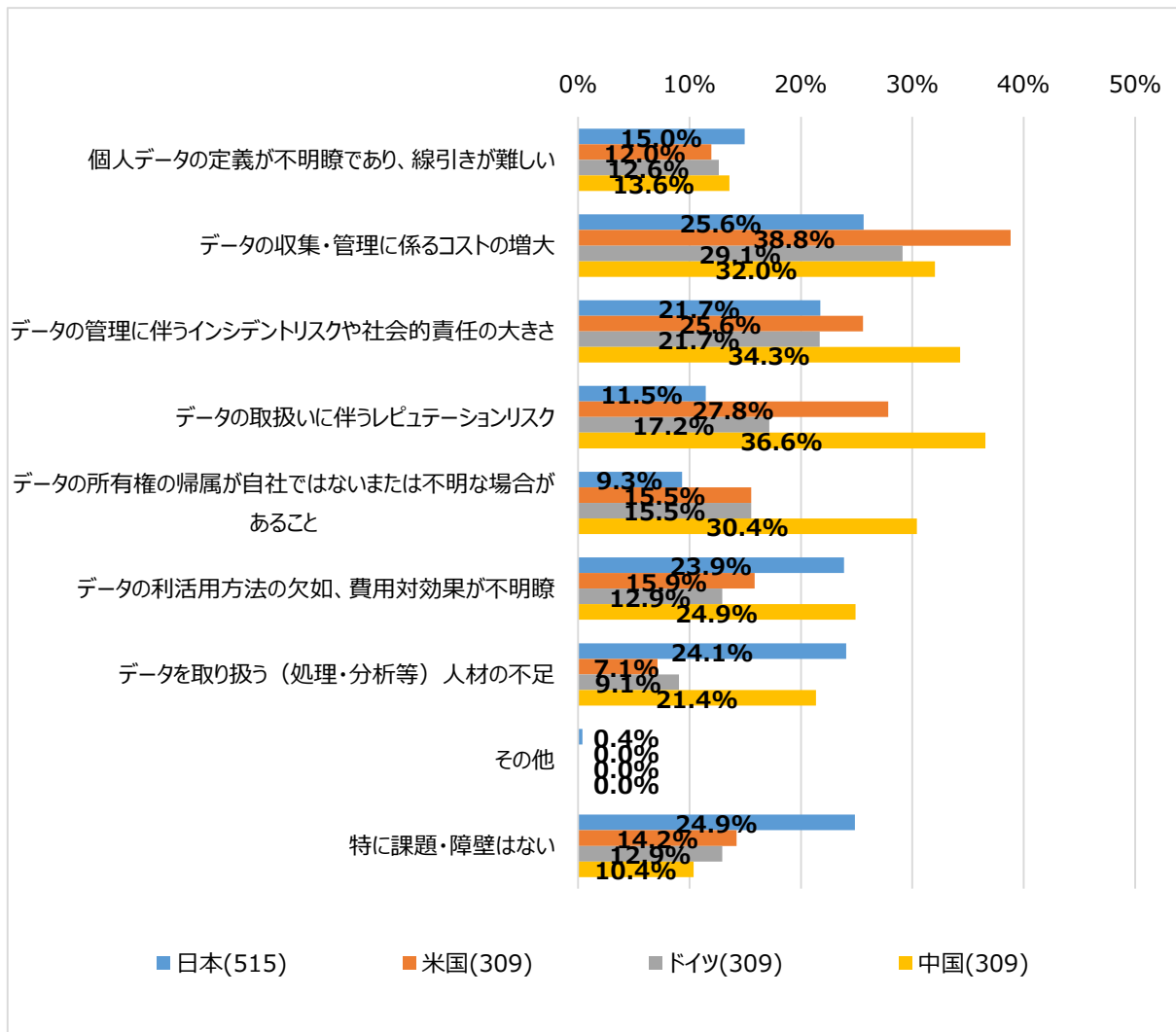
図表 3-163 製品やサービスから得られる個人データ以外のデータの活用状況



図表 3-164 個人データの取扱いや利活用において想定される課題や障壁



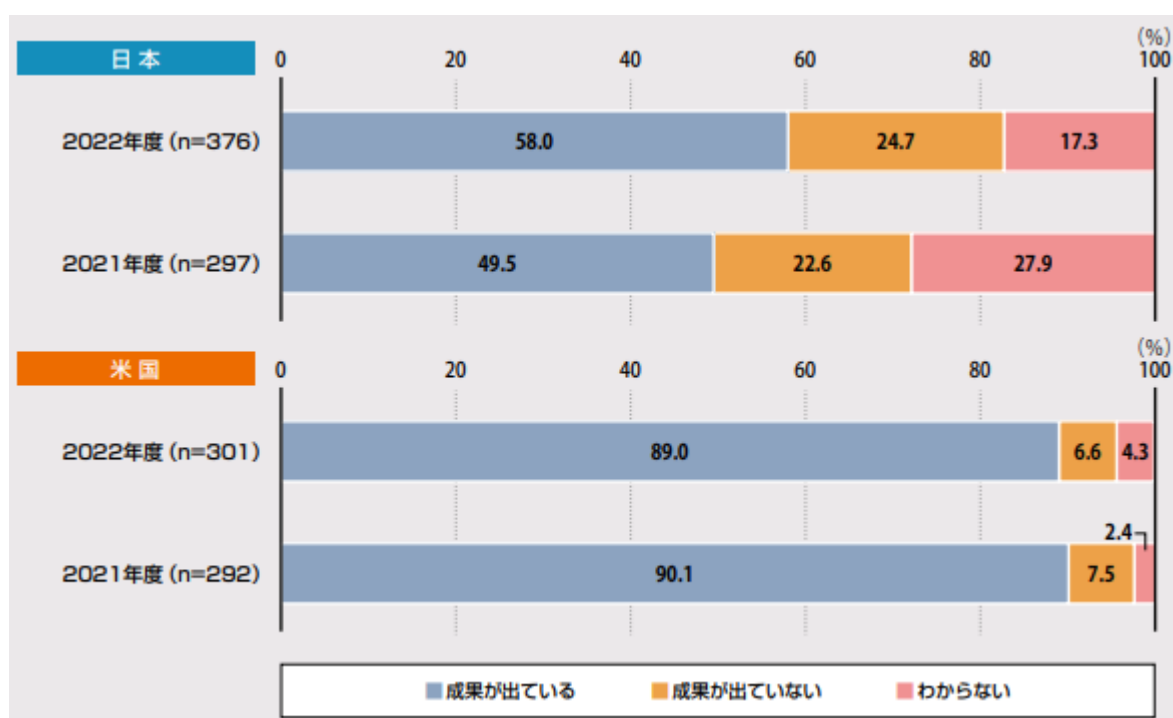
図表 3-165 個人データ以外のデータの取扱いや利活用において想定される課題や障壁



iv デジタル化の効果

IPAのDX白書2023¹⁸¹によると、DX（デジタル化）の取組において、設定した目的に対する成果状況を確認したところ、「成果が出ている」と回答した結果は日本（58.0%）と米国（89.0%）で大きな差があった（図表 3-166）。

図表 3-166 DX 取組の効果



出典：IPA（2023）「DX 白書 2023」

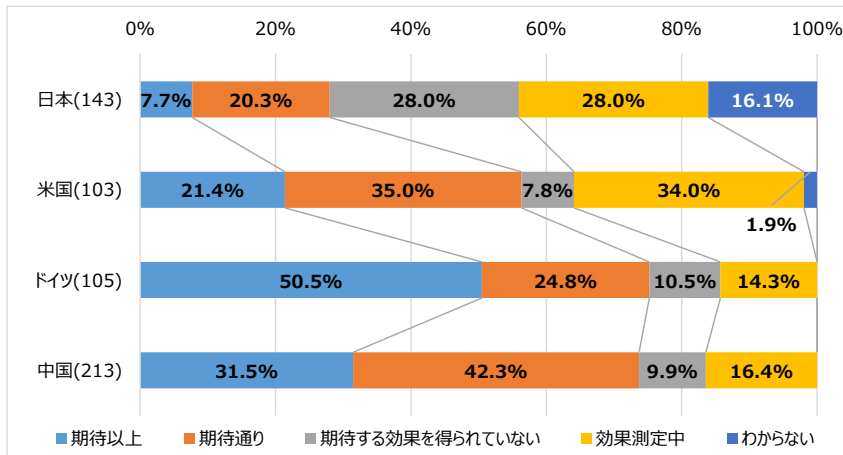
本調査のアンケートではデジタル化の各取組事項（図表 3-159）におけるデジタル化の効果について調査した。なお、調査対象はデジタル化の各取組事項を選択した企業とし、取組事項ごとの回答結果を集計している。

各取組事項に共通して、日本企業は「期待以上」の回答が最も少なく、一方で「期待するほどの効果を得られていない」は4か国の中で最も多くなっていた。各取組事項の調査結果を

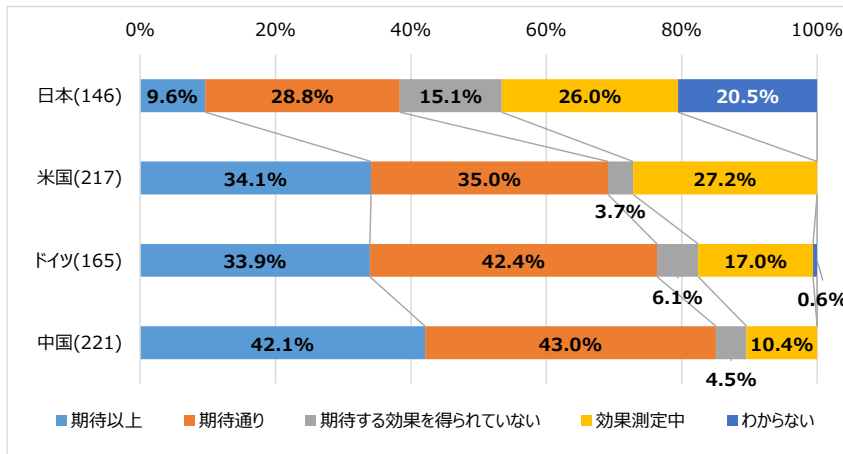
¹⁸¹ IPA（独立行政法人情報処理推進機構）（2023）「DX 白書 2023」（<https://www.ipa.go.jp/files/000108044.pdf>）

図表 3-167 図表 3-167～図表 3-172 に示す。

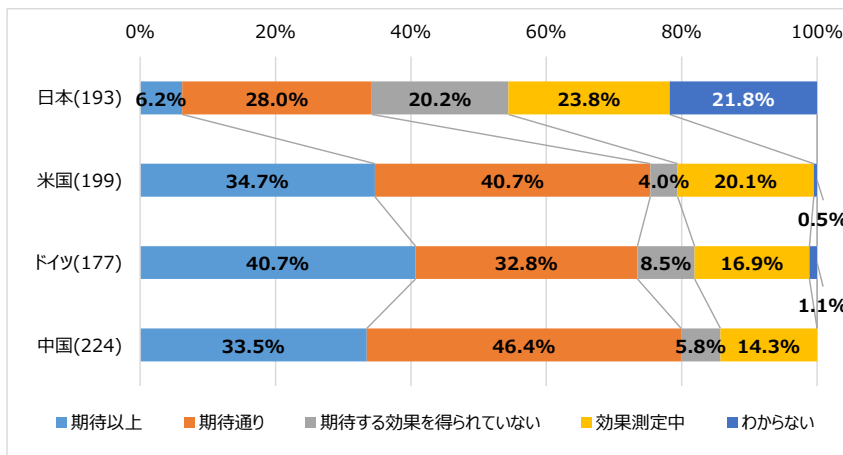
図表 3-167 新規ビジネス創出におけるデジタル化の効果



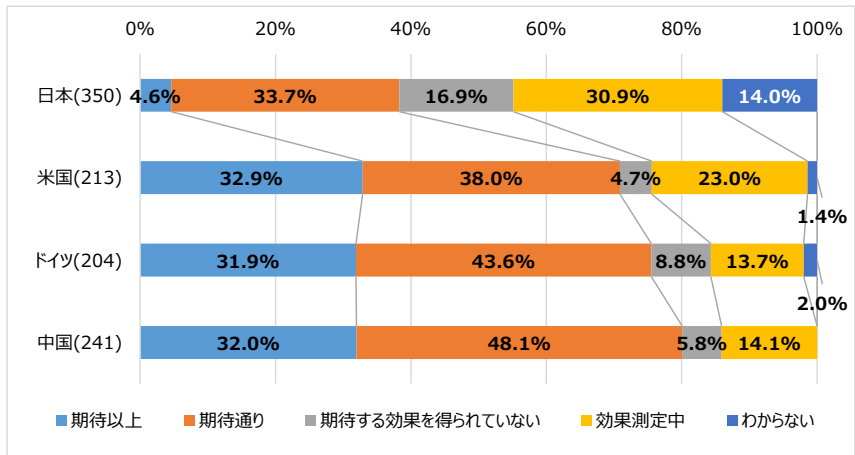
図表 3-168 顧客体験の創造・向上におけるデジタル化の効果



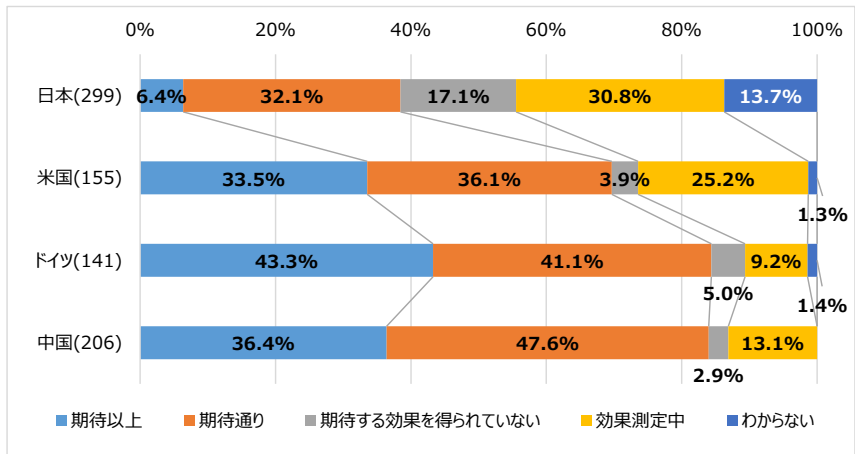
図表 3-169 既存製品・サービスの高付加価値化におけるデジタル化の効果



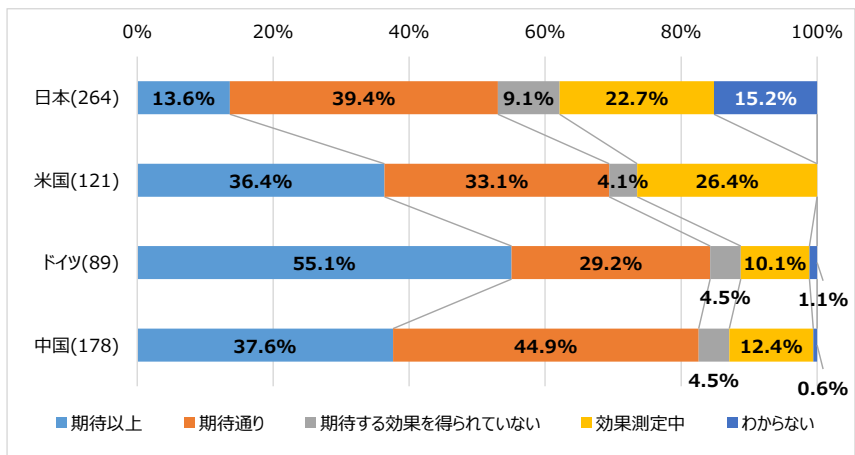
図表 3-170 業務プロセスの改善・改革におけるデジタル化の効果



図表 3-171 業務の省力化におけるデジタル化の効果



図表 3-172 新しい働き方の実現におけるデジタル化の効果

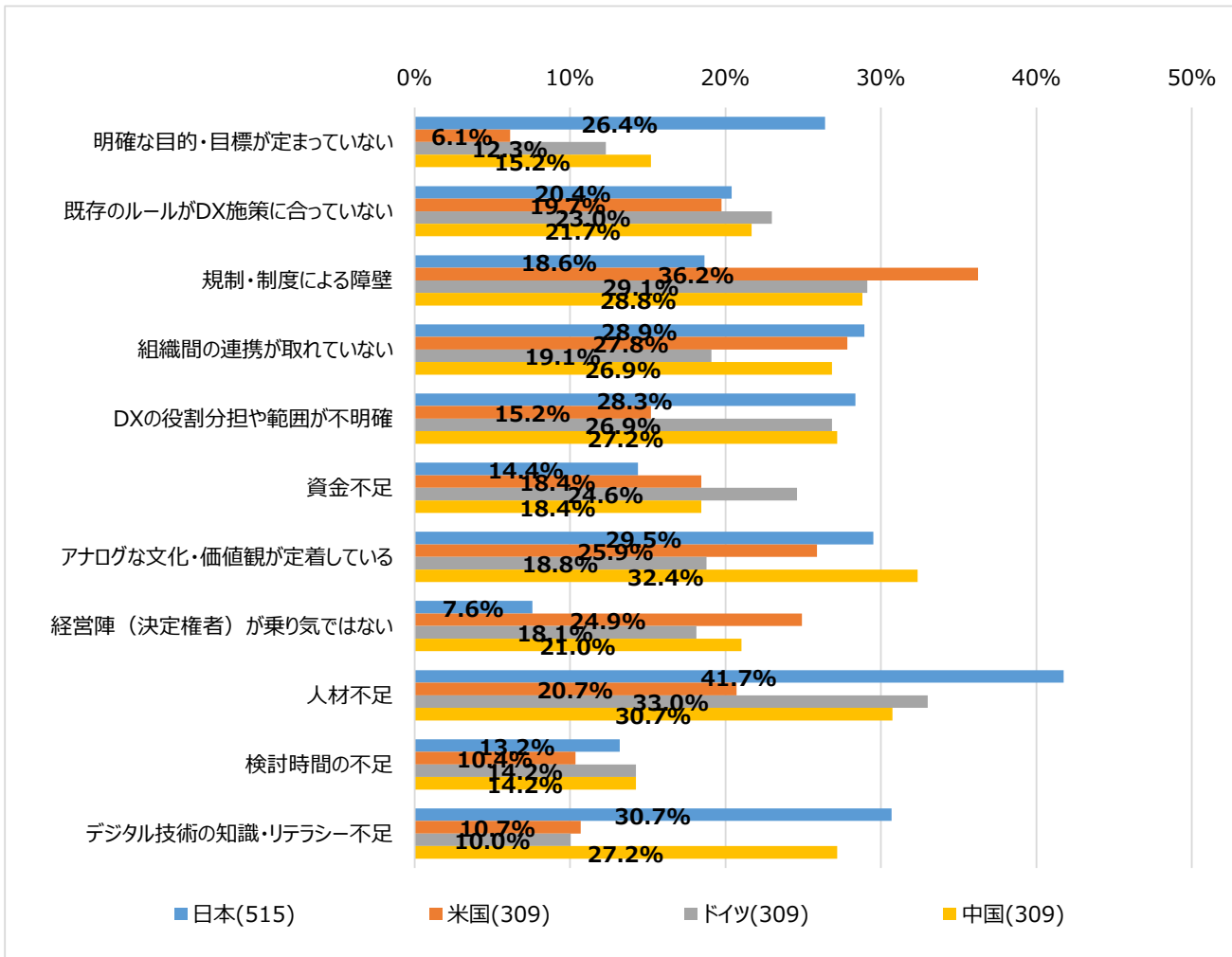


(ウ) 人材の動向

i デジタル化を推進する上での課題

本調査のアンケートにて、デジタル化に関する現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁を尋ねた。日本企業は「人材不足 (41.7%)」が最多であり、他の海外の3か国に比べて非常に多く、次いで「デジタル技術の知識・リテラシー不足 (30.7%)」であった。(図表 3-173)。

図表 3-173 デジタル化に関する現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁

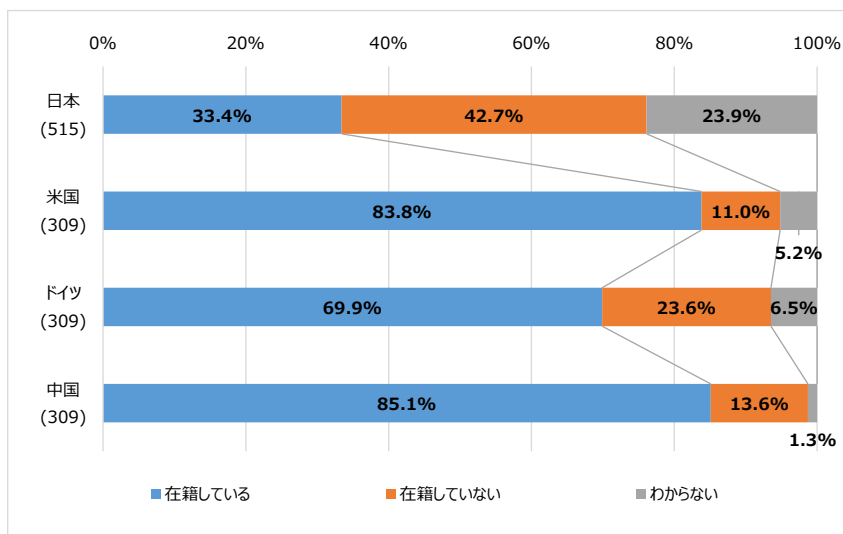


ii 企業が保有するデジタル人材

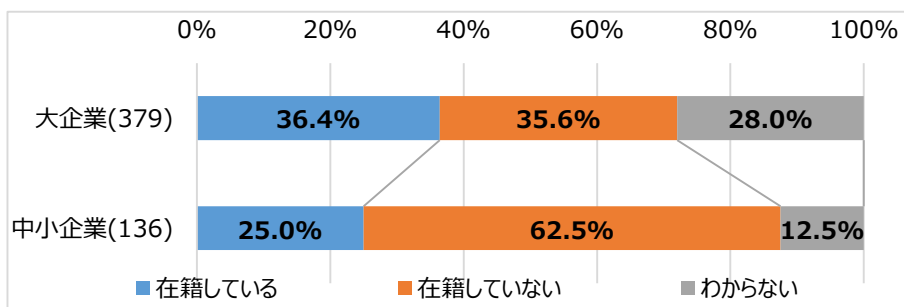
本調査では企業が保有するデジタル人材（「CIO や CDO などのデジタル化の主導者」、「ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者」、「デジタルシステムの実装に精通した者」、「UI・UXに係るデザイナー」、「AI・データ解析の専門家」）の有無について尋ねた。

「CIO や CDO などのデジタル化の主導者」に関しては、海外の3か国は「在籍している」と回答した割合が70%から80%程度である一方で、日本企業の回答は33.4%に留まっていた（図表 3-174）。企業規模別にみると、日本の中小企業は62.5%が「在籍していない」と回答する結果となった（図表 3-175）。

図表 3-174 保有するデジタル人材（CIO や CDO などのデジタル化の主導者）

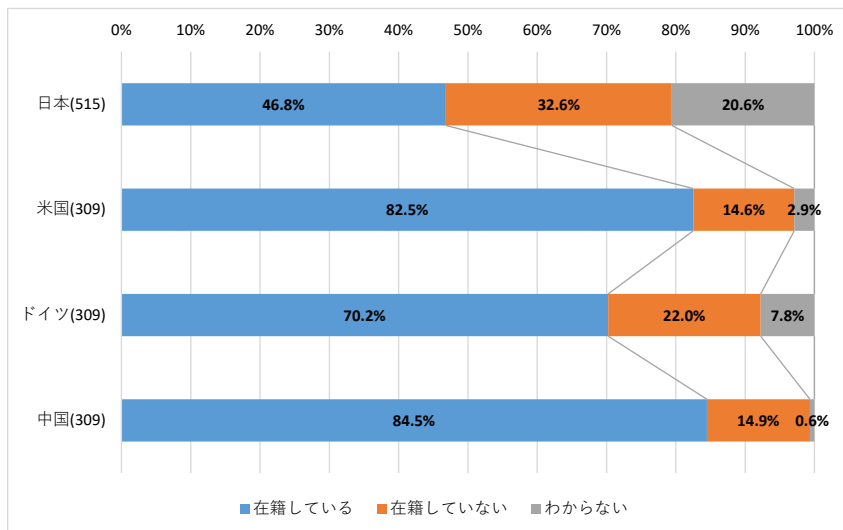


図表 3-175 保有するデジタル人材
（CIO や CDO などのデジタル化の主導者（日本：企業規模別））

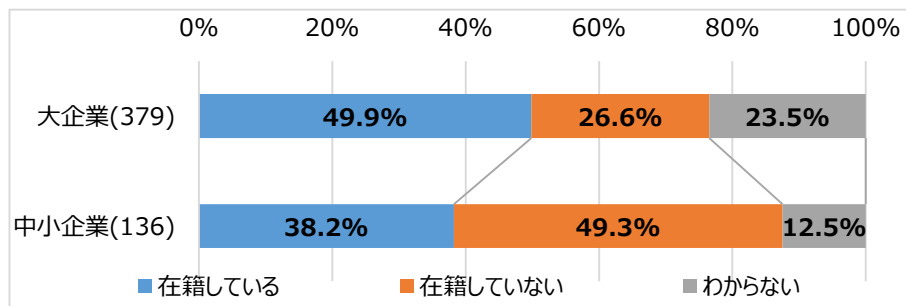


「ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者」に関して、海外の3か国は「在籍している」と回答した割合が70%以上である一方で、日本企業の回答は46.8%に留まっていた（図表 3-176）。企業規模別にみると、日本企業では大企業では49.9%と半数が「在籍している」と回答した一方、中小企業では38.2%に留まった（図表 3-177）。

図表 3-176 保有するデジタル人材（ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者）

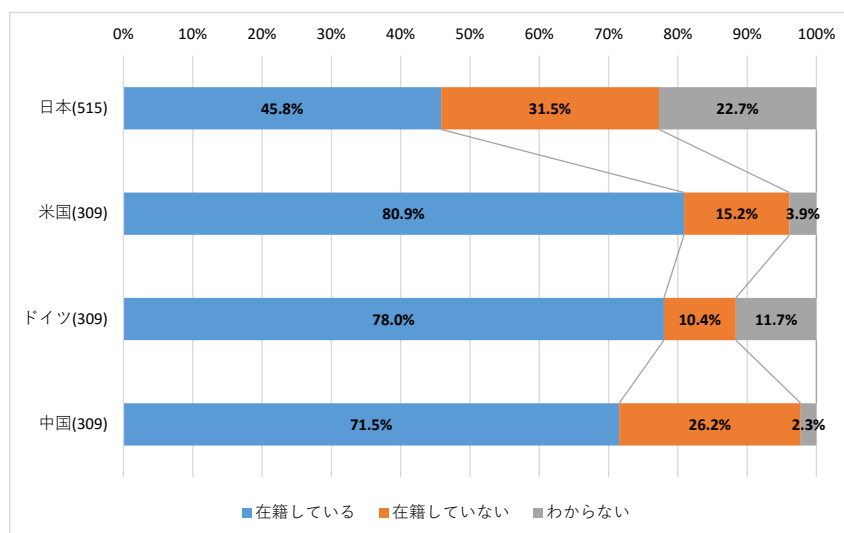


図表 3-177 保有するデジタル人材
（ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者（日本：企業規模別））

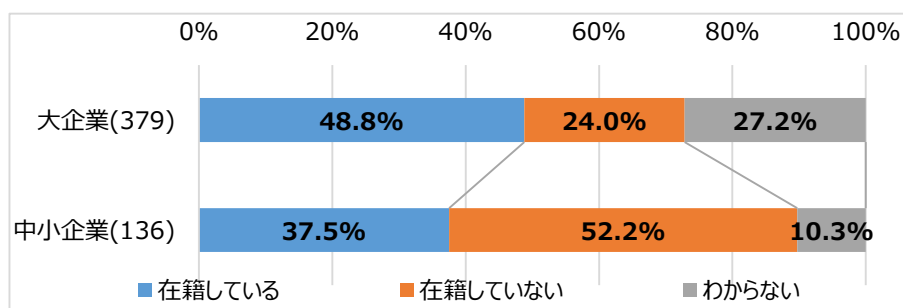


「デジタルシステムの実装に精通した者」に関して、海外の3か国は「在籍している」と回答した割合が70%以上である一方で、日本企業の回答は45.8%に留まっていた（図表 3-178）。日本企業では大企業では48.8%と半数が「在籍している」と回答した一方、中小企業では37.5%に留まった（図表 3-179）。

図表 3-178 保有するデジタル人材（デジタルシステムの実装に精通した者）

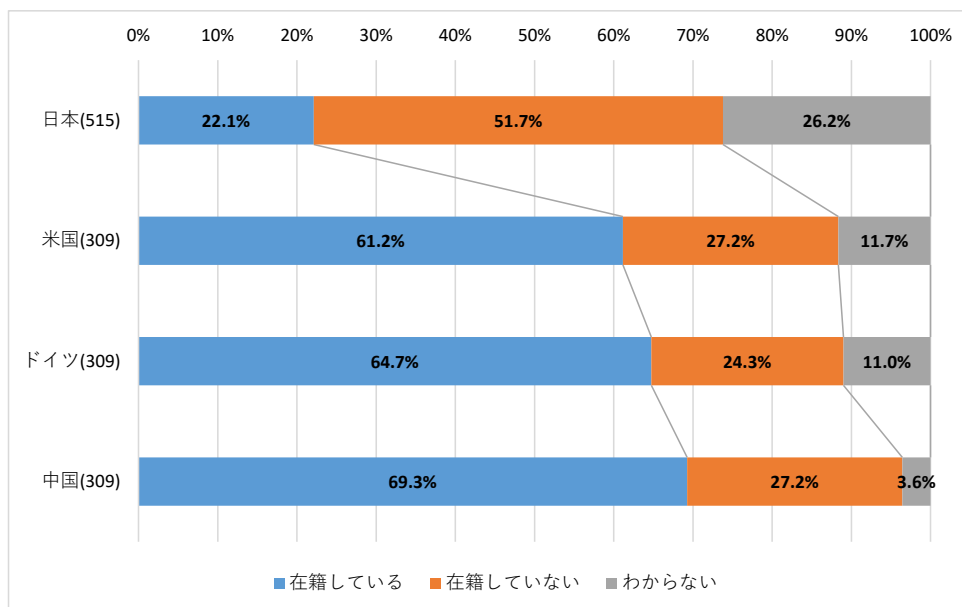


図表 3-179 保有するデジタル人材（デジタルシステムの実装に精通した者（日本：企業規模別））

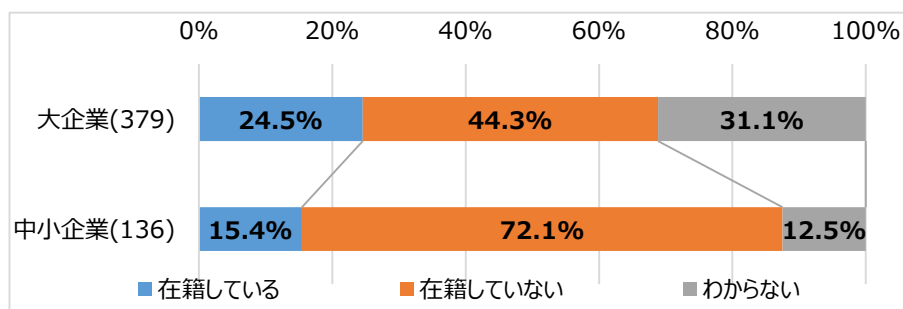


「UI・UXに係るデザイナー」に関しては、日本企業は「在籍している」(22.1%)の回答の割合は海外の3か国の3分の1程度であった(図表 3-180)。企業規模別にみると、大企業と中小企業間で「在籍していると回答した割合に10ポイント弱大企業の方が「在籍している」と回答した割合が大きかったが、大企業、中小企業ともに「在籍していない」が最も多くなっていた(図表 3-181)。

図表 3-180 保有するデジタル人材 (UI・UXに係るデザイナー)

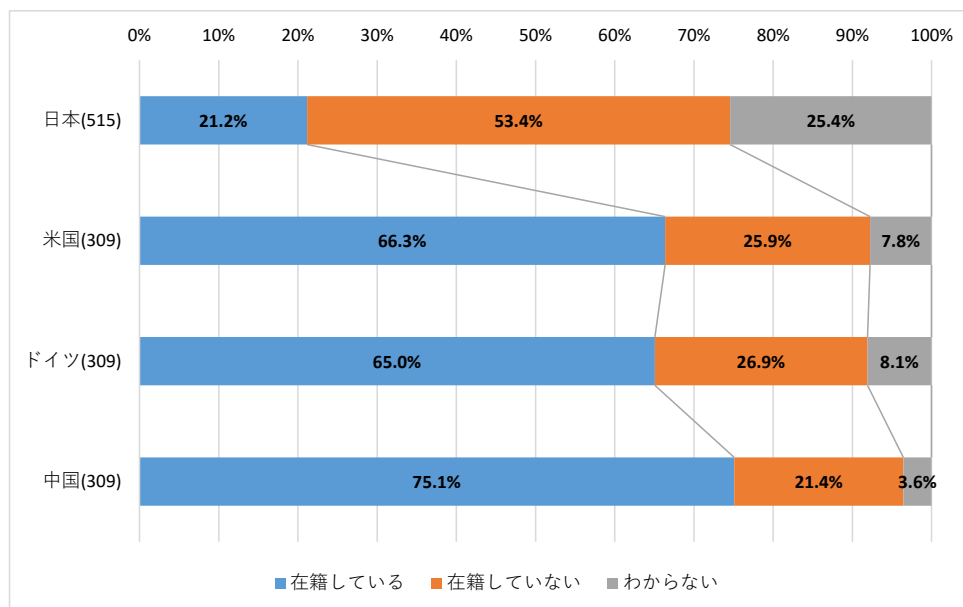


図表 3-181 保有するデジタル人材 (UI・UXに係るデザイナー (日本:企業規模別))

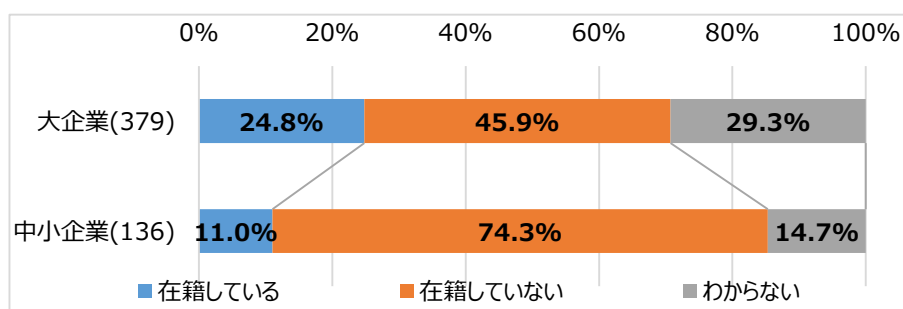


「AI・データ解析の専門家」に関しては、日本企業は「在籍している」(21.2%)の回答の割合が海外の3か国に比べ低い(図表 3-182)。企業規模別にみると、大企業と中小企業間で「在籍していると回答した割合に10ポイント強、大企業の方が「在籍している」と回答した割合が大きかったが、大企業、中小企業ともに「在籍していない」が最も多くなっていた(図表 3-183)。

図表 3-182 保有するデジタル人材 (AI・データ解析の専門家)



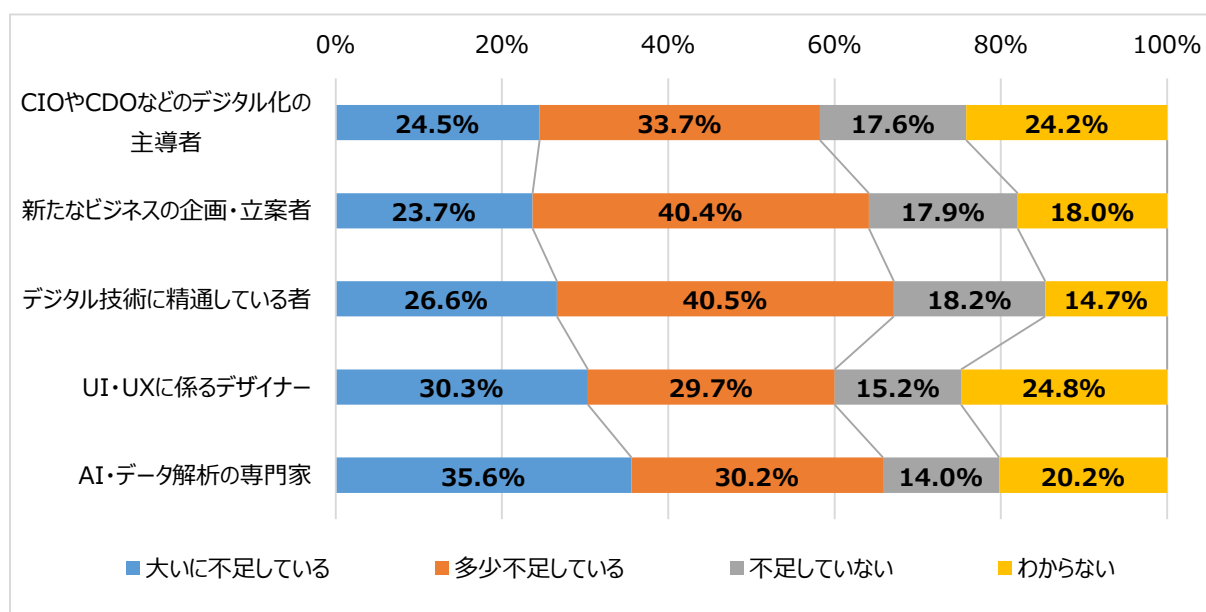
図表 3-183 保有するデジタル人材 (AI・データ解析の専門家 (日本：企業規模別))



iii デジタル人材の不足状況

2022年の総務省の「国内外における最新の情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の動向に関する調査研究」¹⁸²によれば、日本企業におけるデジタル（DX）人材の不足状況を調査した結果、「UI・UXに係るデザイナー」、「AI・データ解析の専門家」に関しては「大いに不足している」は約30%となっておりその他のデジタル人材種別に比べ高くなっていたが、「多少不足している」も含めると不足していると回答した割合はデジタル人材種別ごとに差は無く約60%となっていた（図表 3-184）。

図表 3-184 デジタル人材の不足状況（2022 調査）



出典：総務省（2022）「国内外における最新の情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の動向に関する調査研究」をもとに NTT データ経営研究所にて作成

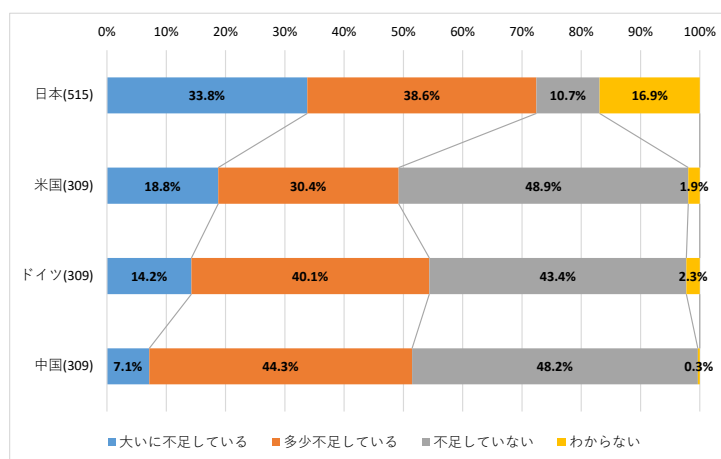
¹⁸² 総務省(2022)「国内外における最新の情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の動向に関する調査研究」
https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/r04_03_houkoku.pdf

本調査のアンケートでは企業においてデジタル化を推進していくうえでの組織全体の人材状況を把握するため、フェーズ（「新たなビジネスを企画・立案」、「デジタル技術を事業に適用」、「データを用いて事業判断や業務最適化を推進」）を分解したうえで専門人材、事業部門と専門人材を繋ぐ仲介人材、事業部門の人材それぞれの不足状況について尋ねた。

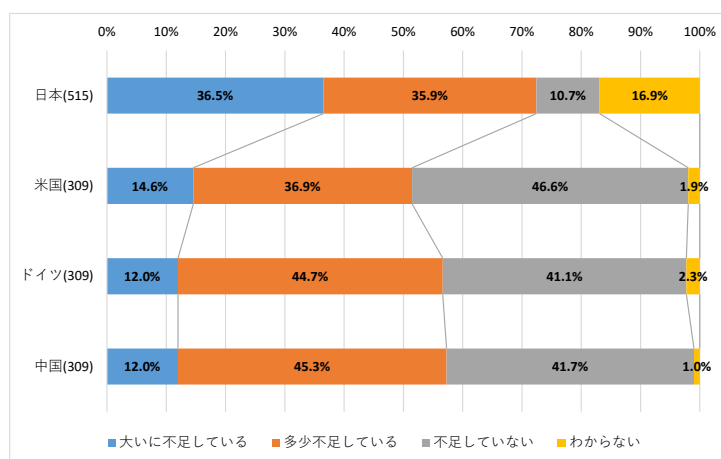
日本は各フェーズ、人材種別に共通して、「大いに不足している」と「多少不足している」を合計すると60%を超える結果となり、米国やドイツと比べると不足状況が深刻である状況が伺えた。調査結果を図表 3-185～図表 3-187 に示す。

図表 3-185 デジタル人材の不足状況（新たなビジネスを企画・立案）

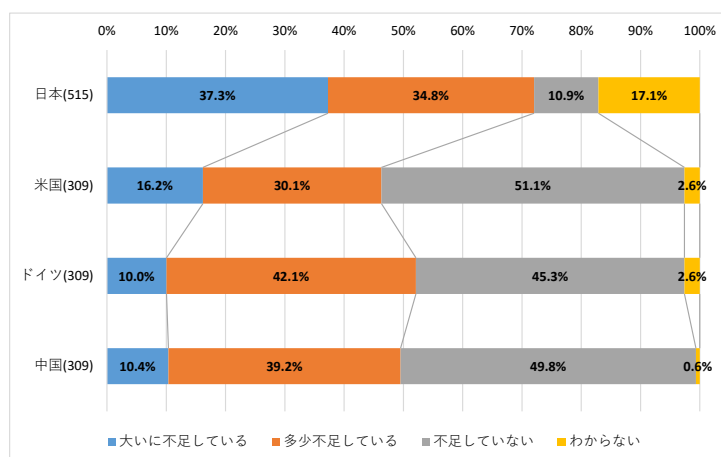
(a) 専門人材（ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者）



(b) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DXに取り組み体制を構築できる人材）

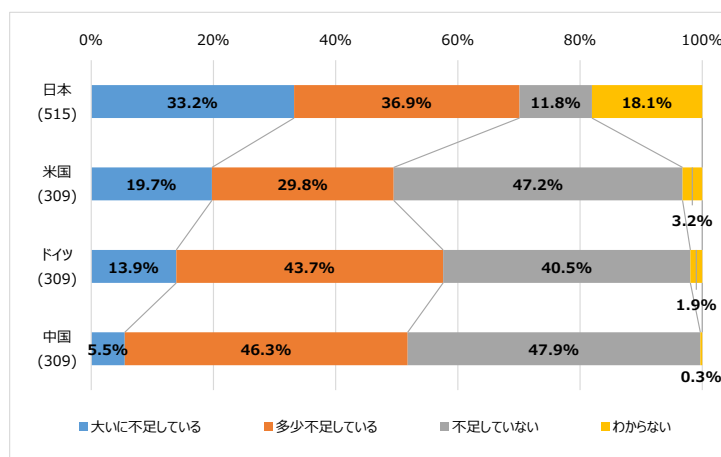


(c) 事業部門の人材（デジタルトレンドを把握し、業務やビジネスの課題を抽出できる人材）

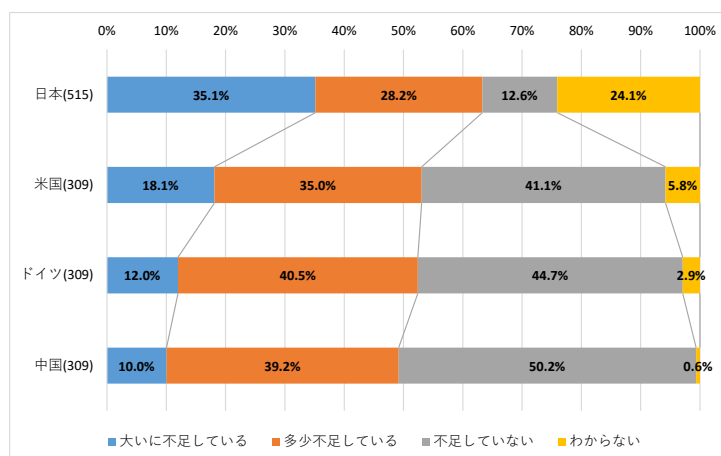


図表 3-186 デジタル人材の不足状況（デジタル技術を事業に適用）

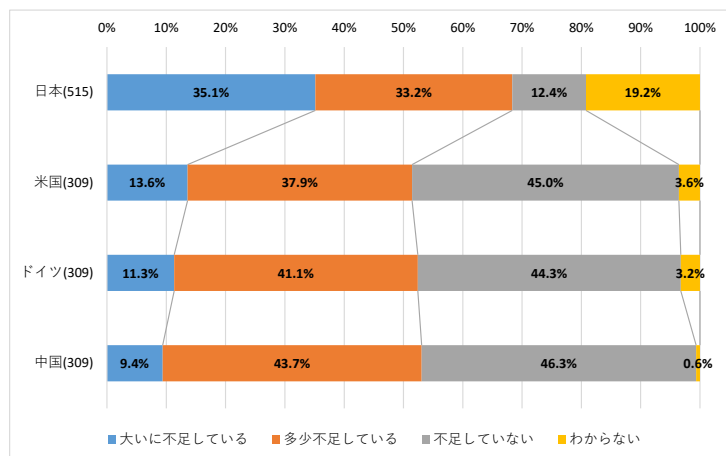
(a) 専門人材（デジタルシステムの実装に精通した者）



(b) 専門人材（UI・UXに係るデザイナー）

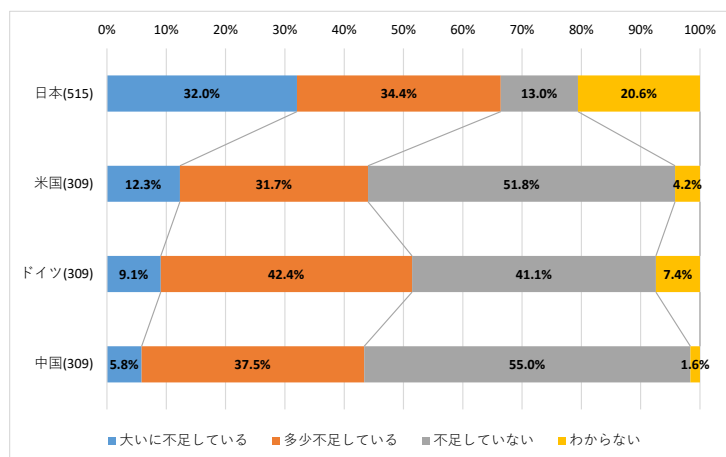


(c) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DXに取り組み体制を構築できる人材）



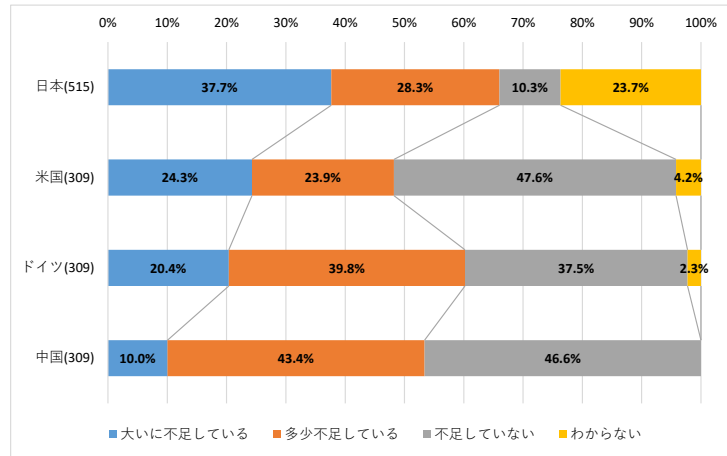
(d) 事業部門の人材

(ノーコードツールなどの簡易的なツールを用いた日常業務の改善・検討ができる人材)

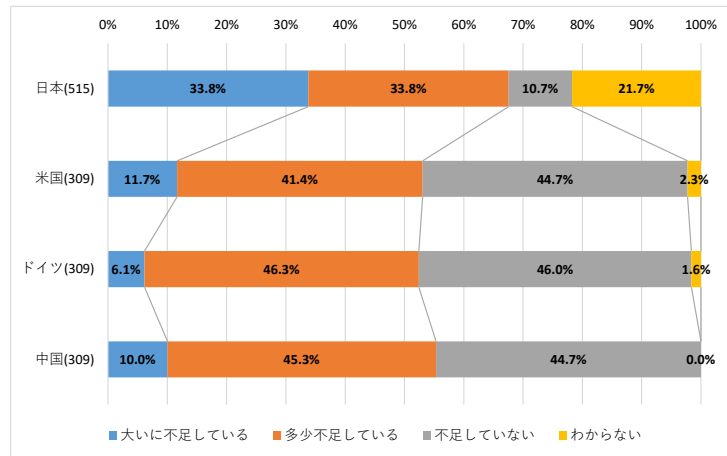


図表 3-187 デジタル人材の不足状況（データを用いて事業判断や業務最適化を推進）

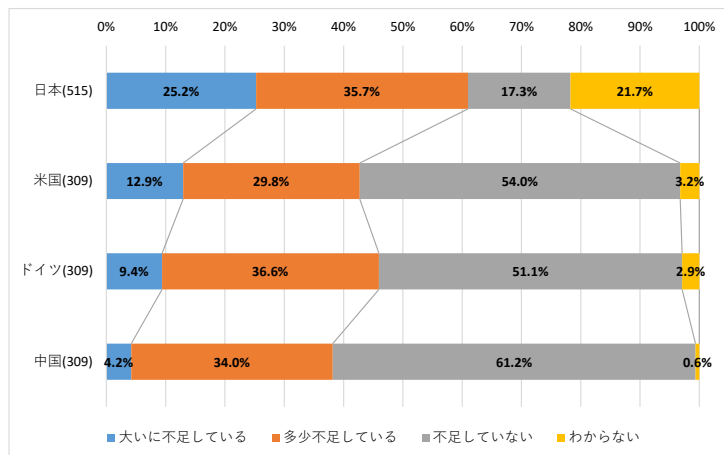
(a) 専門人材（AI・データ解析の専門家）



(b) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DXに取り組み体制を構築できる人材）



(c) 事業部門の人材（社内外のデータについて、excel や一般的な統計ツールを用いて可視化や簡易的な分析を行い、事業判断や業務改善に活用できる人材）



iv 人材の確保に向けた取組状況

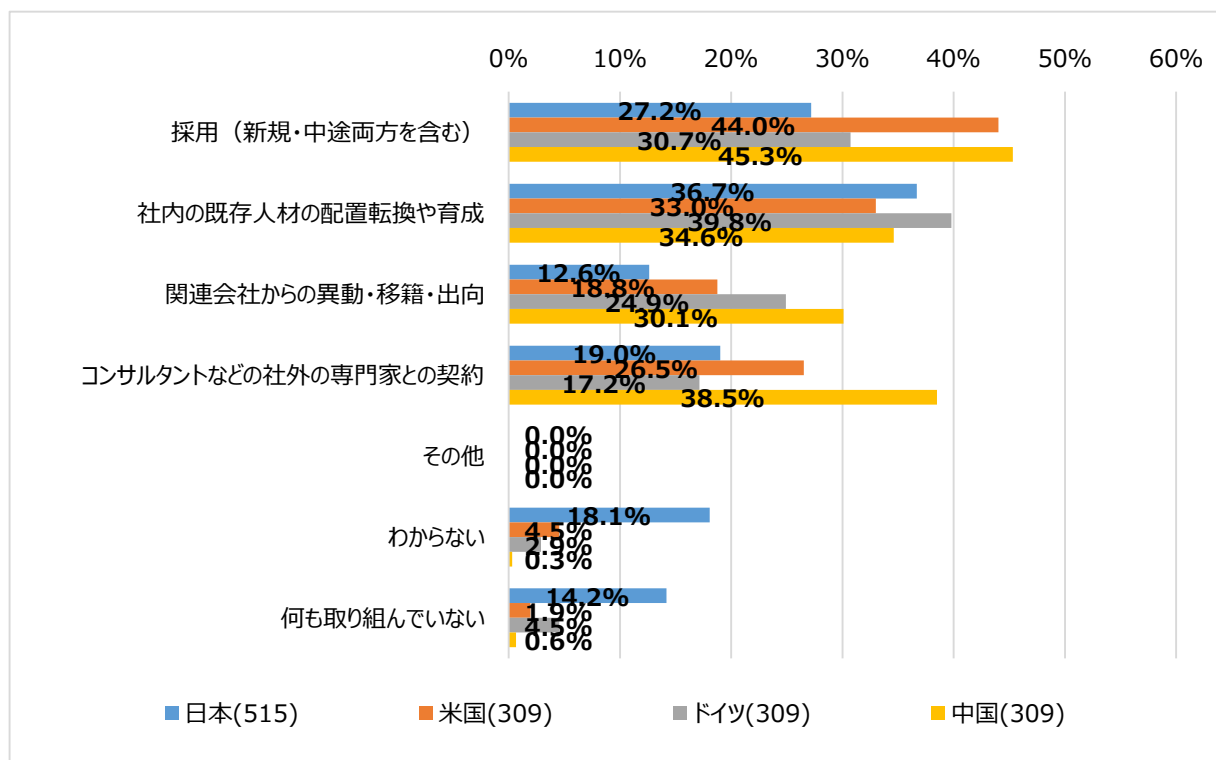
本調査のアンケートでは企業においてデジタル化を推進していくうえで、フェーズ（「新たなビジネスを企画・立案」、「デジタル技術を事業に適用」、「データを用いて事業判断や業務最適化を推進」）を分解したうえで専門人材、事業部門と専門人材を繋ぐ仲介人材、事業部門の人材それぞれの確保に向けた取組み状況を尋ねた。

各人材に共通することとして、日本企業は量的・質的に「社内の既存人材の配置転換や育成」が最も多く、次いで「採用（新規・中途両方を含む）」となった。一方で米国は、仲介人材や事業部門の人材については日本と同様の傾向であったが、専門人材については「採用（新規・中途両方を含む）」が最も多く、日米間の人材の流動性の違いが要因となっていることが推察される。

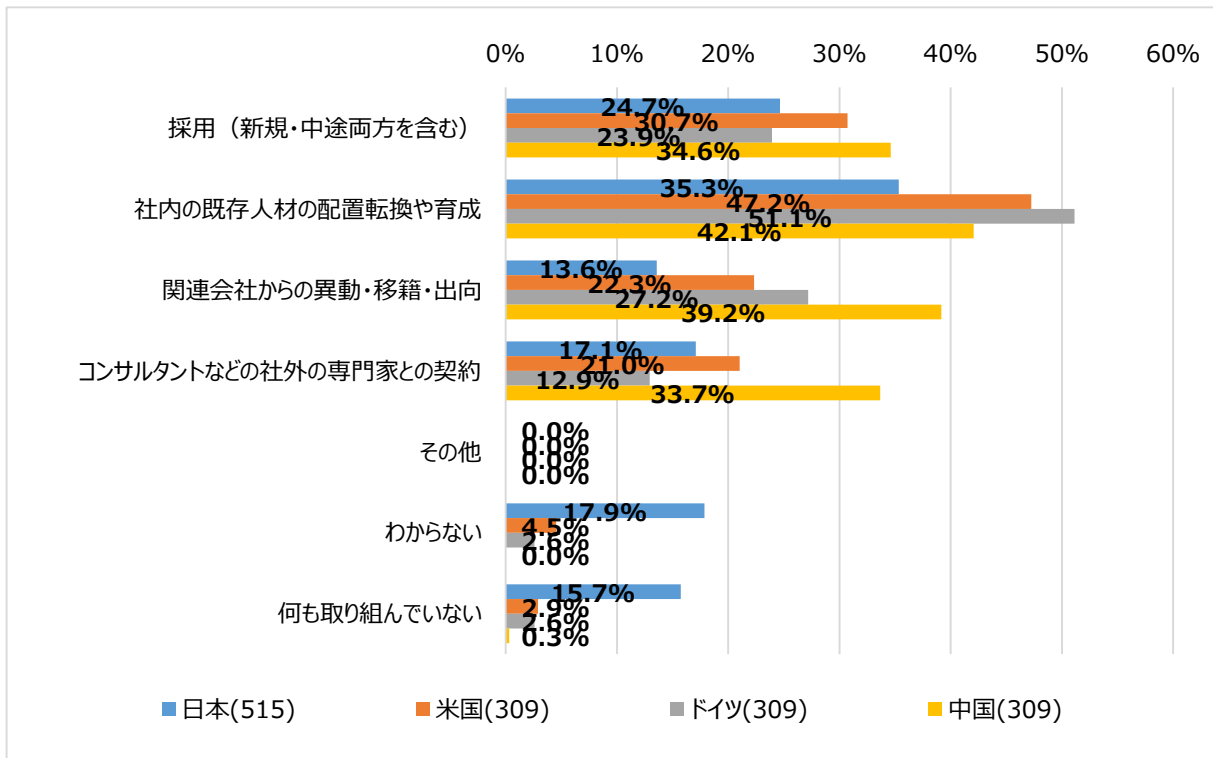
また、企業規模別でみると、日本は大企業の方が中小企業よりも各取組に関する回答が多くなっているが、「何も取り組んでいない」に関しては中小企業の方が多く回答している。調査結果の詳細を図表 3-188～図表 3-193 に示す。

● 新たなビジネスの企画・立案に必要な人材の確保に向けた取組状況

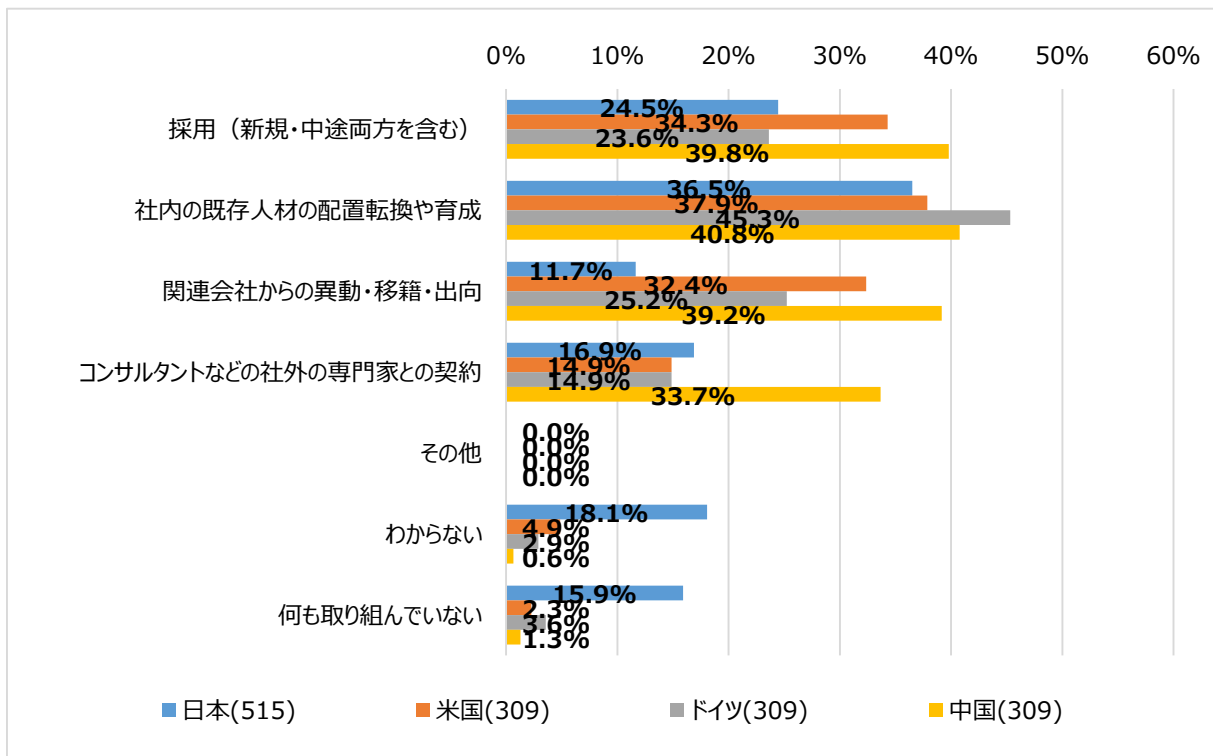
図表 3-188 人材確保に向けた取組（新たなビジネスの企画・立案に必要な人材）
 (a) 専門人材（ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者）



(b) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DX に取り組み体制を構築できる人材）



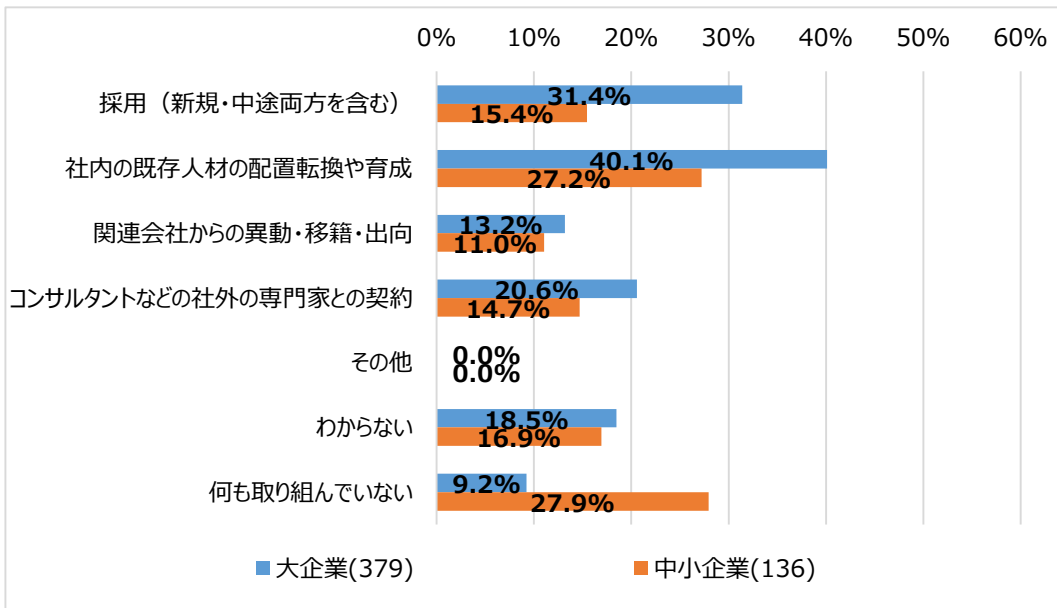
(c) 事業部門の人材（デジタルトレンドを把握し、業務やビジネスの課題を抽出できる人材）



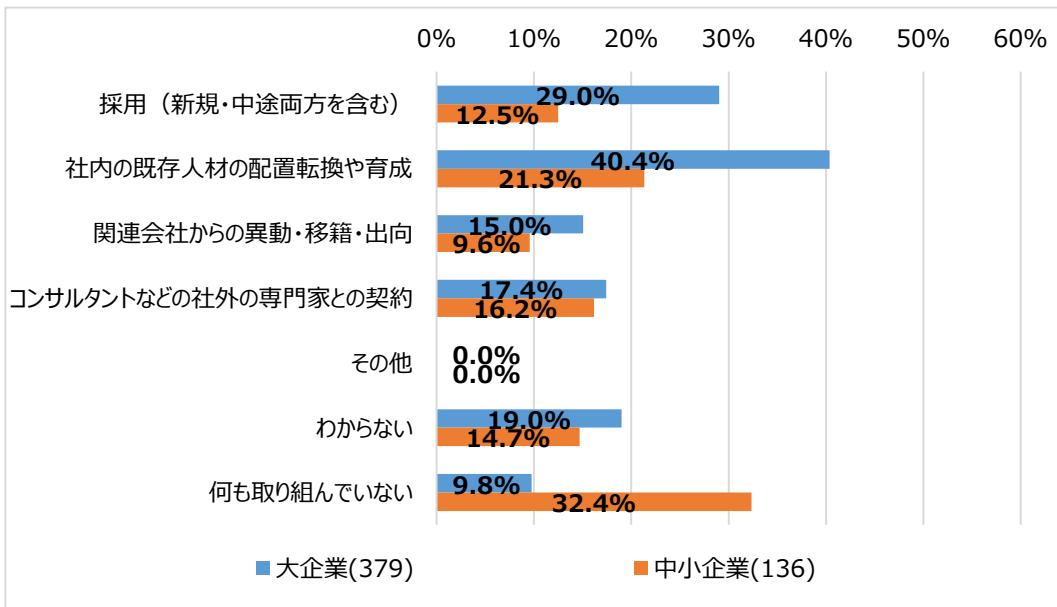
図表 3-189 人材確保に向けた取組

(新たなビジネスの企画・立案に必要な人材 (日本; 企業規模別))

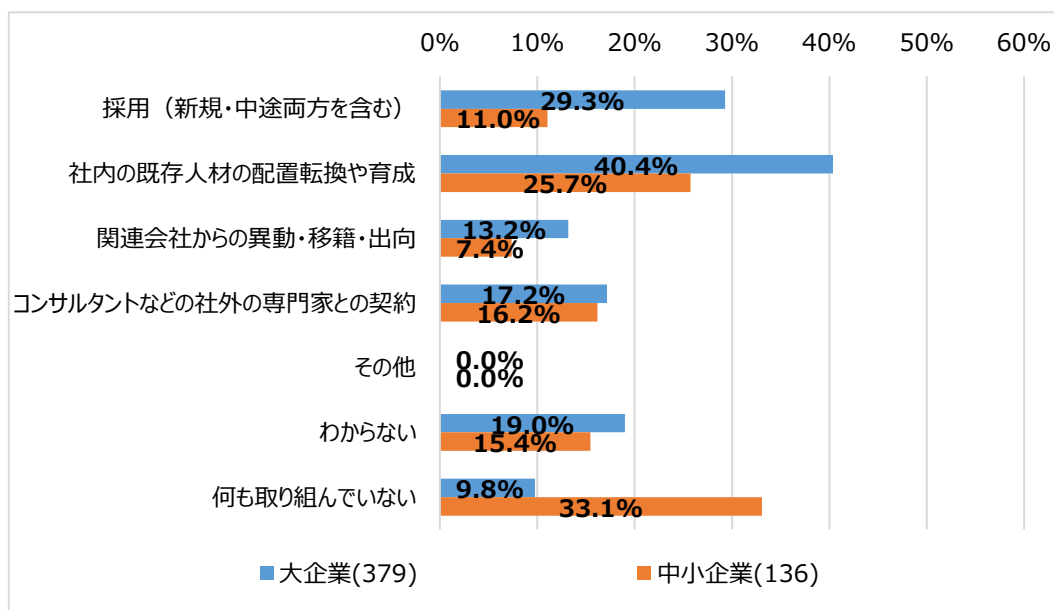
(a) 専門人材 (ビジネスのデジタル化に精通した、企画・立案者)



(b) 仲介人材 (デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DX に取り組み体制を構築できる人材)



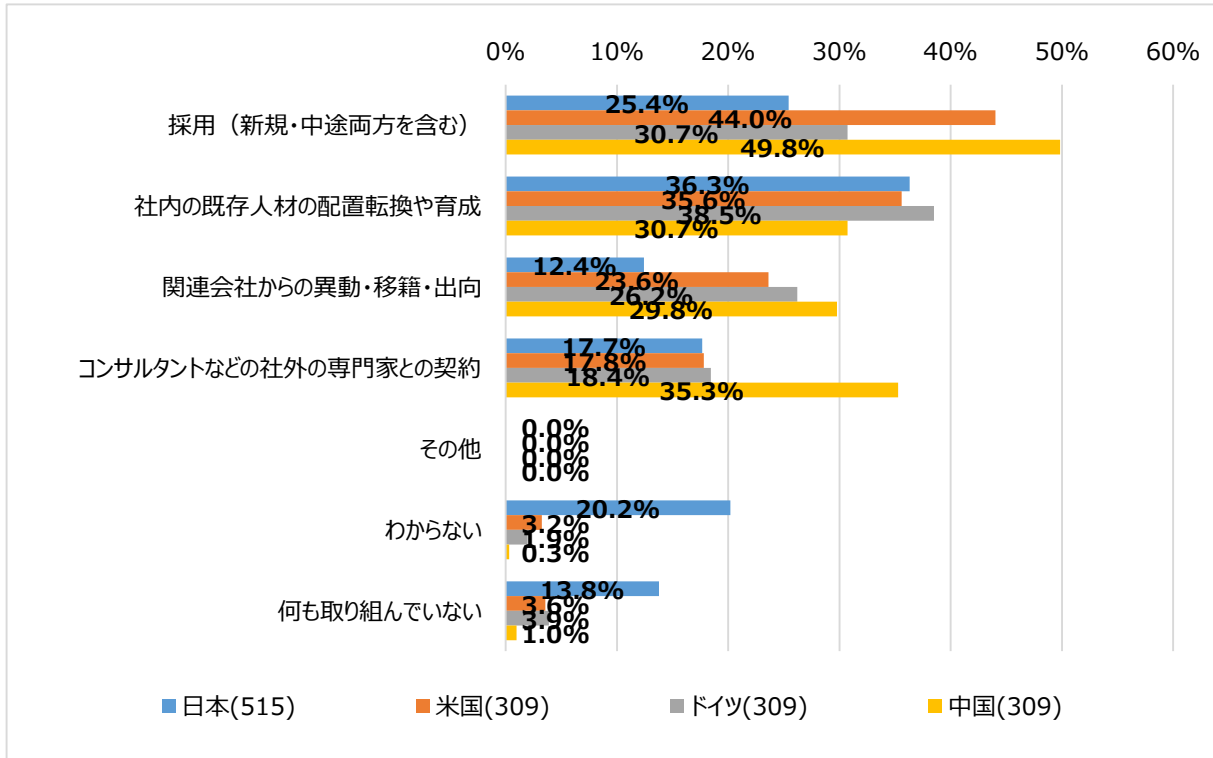
(c) 事業部門の人材（デジタルトレンドを把握し、業務やビジネスの課題を抽出できる人材）



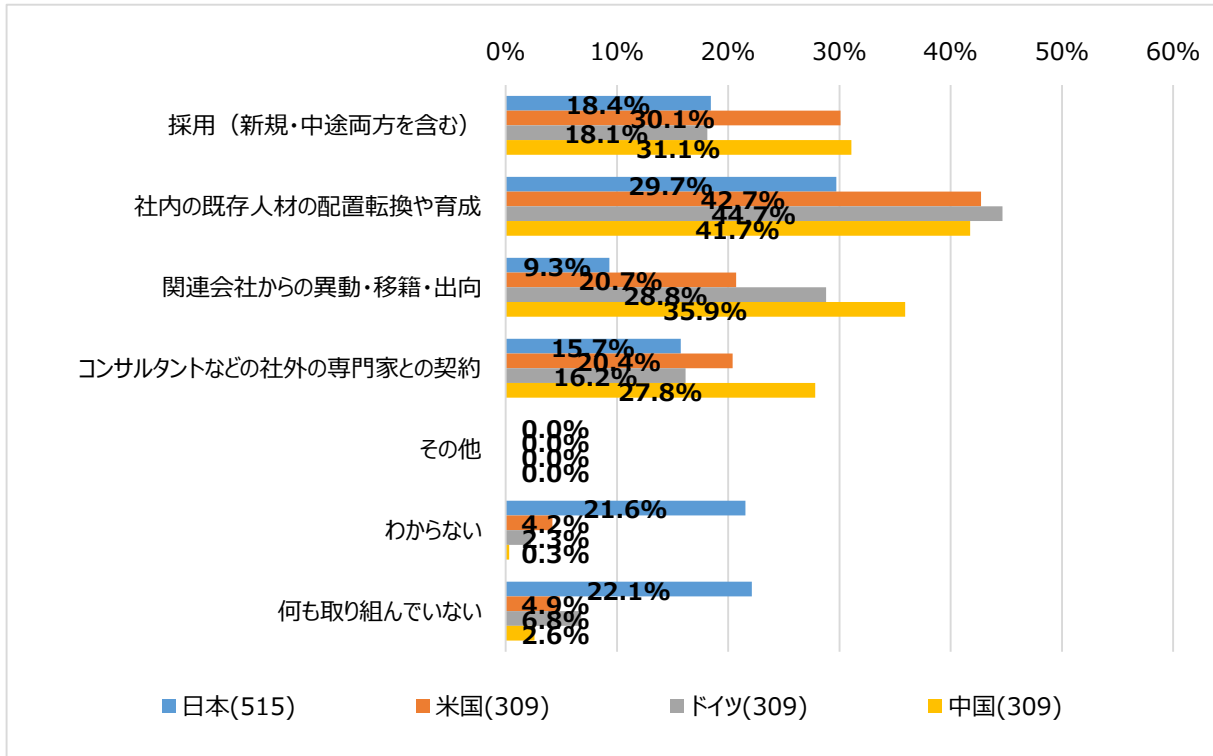
● デジタル技術を事業に適用するのに必要な人材の確保に向けた取組状況

図表 3-190 人材確保に向けた取組（デジタル技術を事業に適用するのに必要な人材）

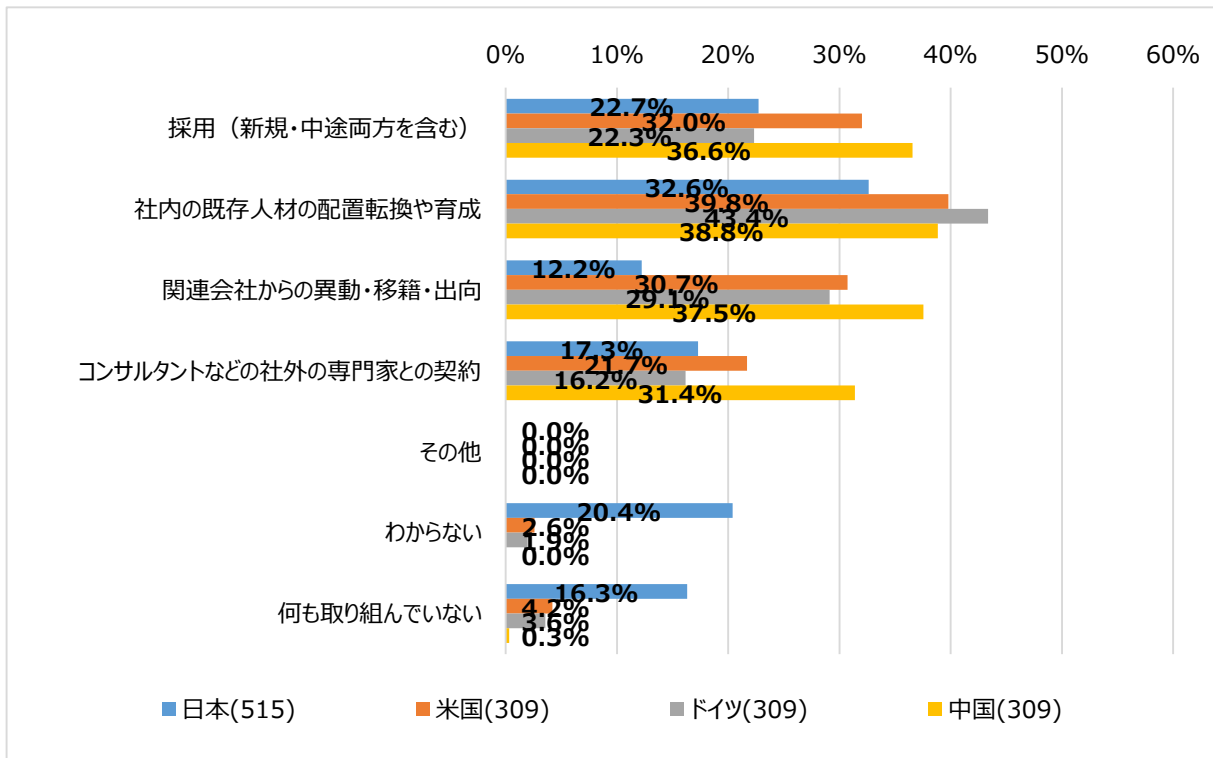
(a) 専門人材（デジタルシステムの実装に精通した者）



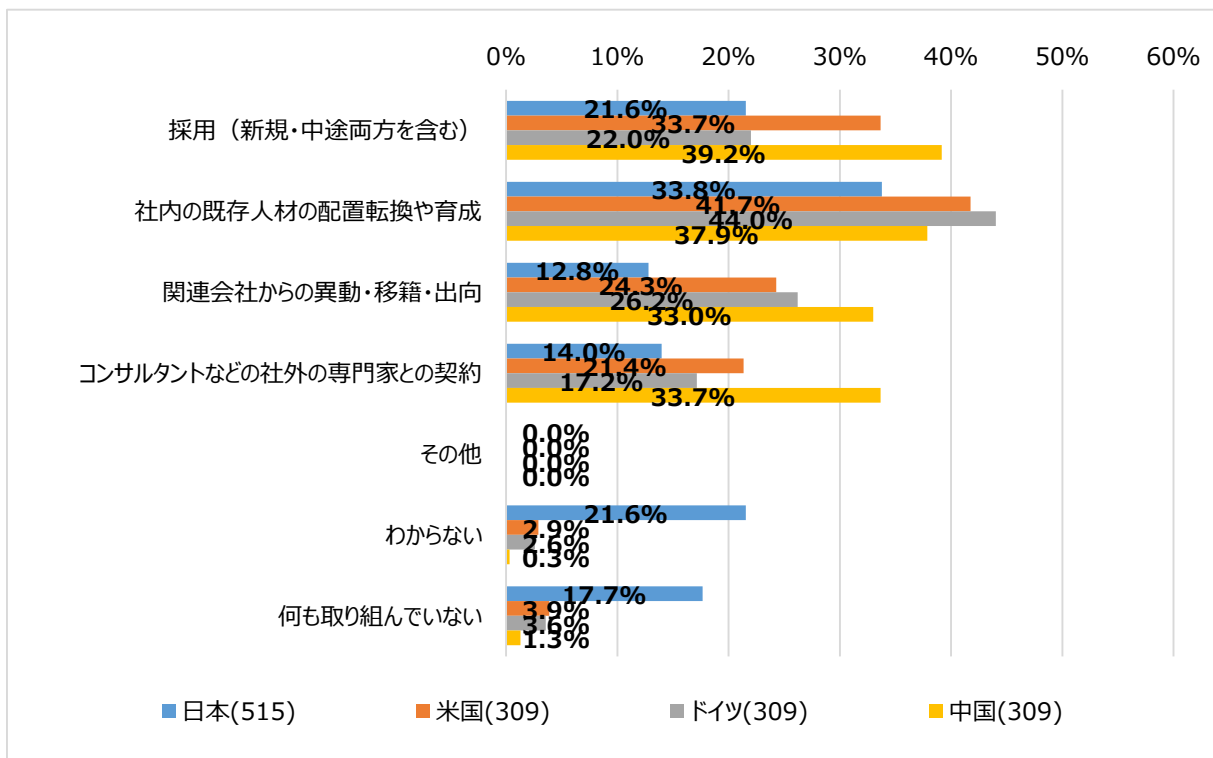
(b) 専門人材（UI・UXに係るデザイナー）



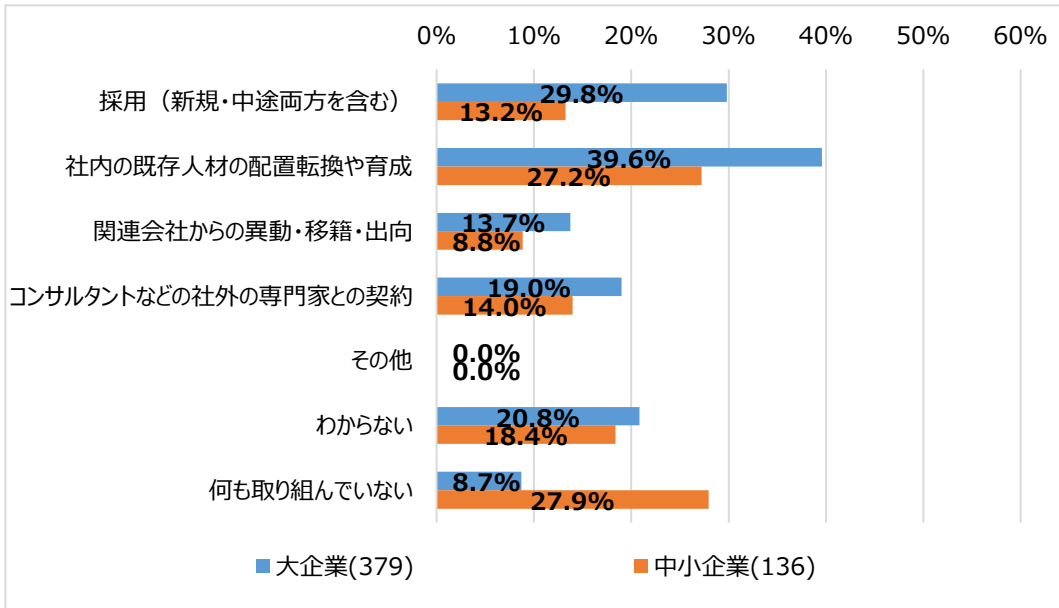
(c) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DX に取り組み体制を構築できる人材）



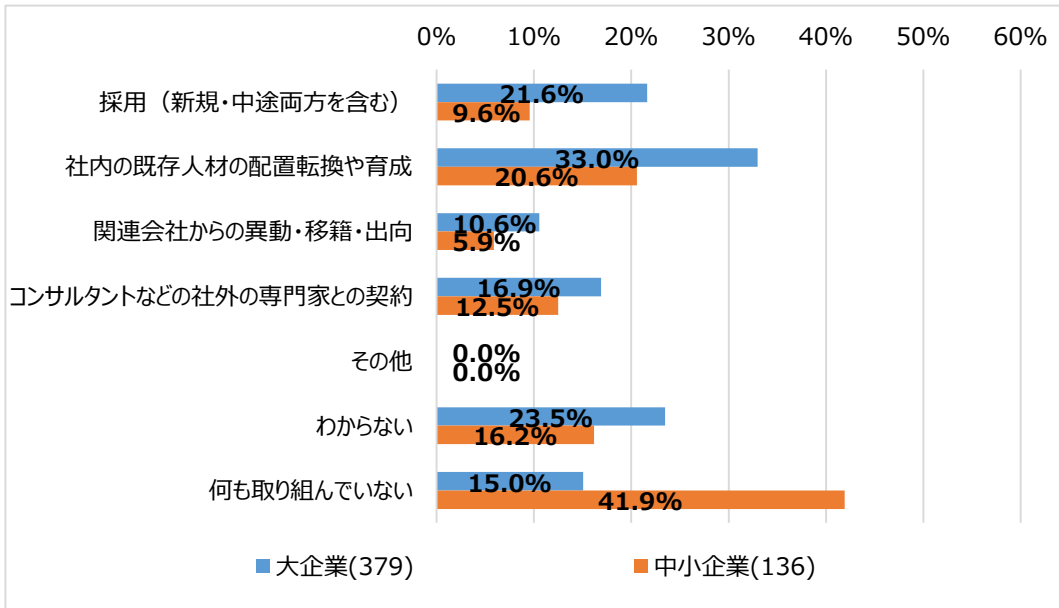
(d) 事業部門の人材（ノーコードツールなどの簡易的なツールを用いた日常業務の改善・検討ができる人材）



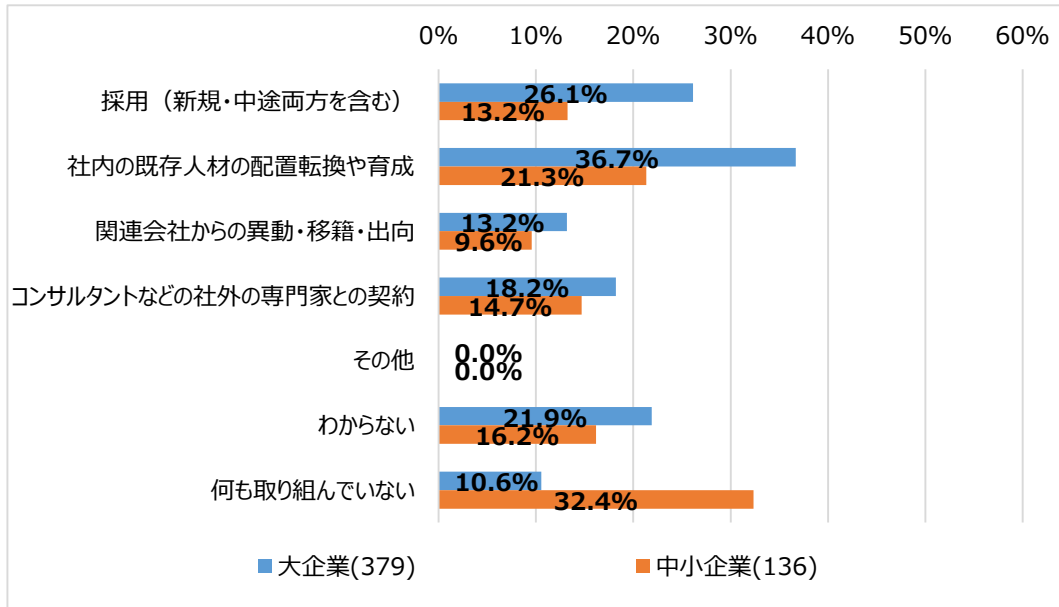
図表 3-191 人材確保に向けた取組
 (デジタル技術を事業に適用するのに必要な人材 (日本; 企業規模別))
 (a) 専門人材 (デジタルシステムの実装に精通した者)



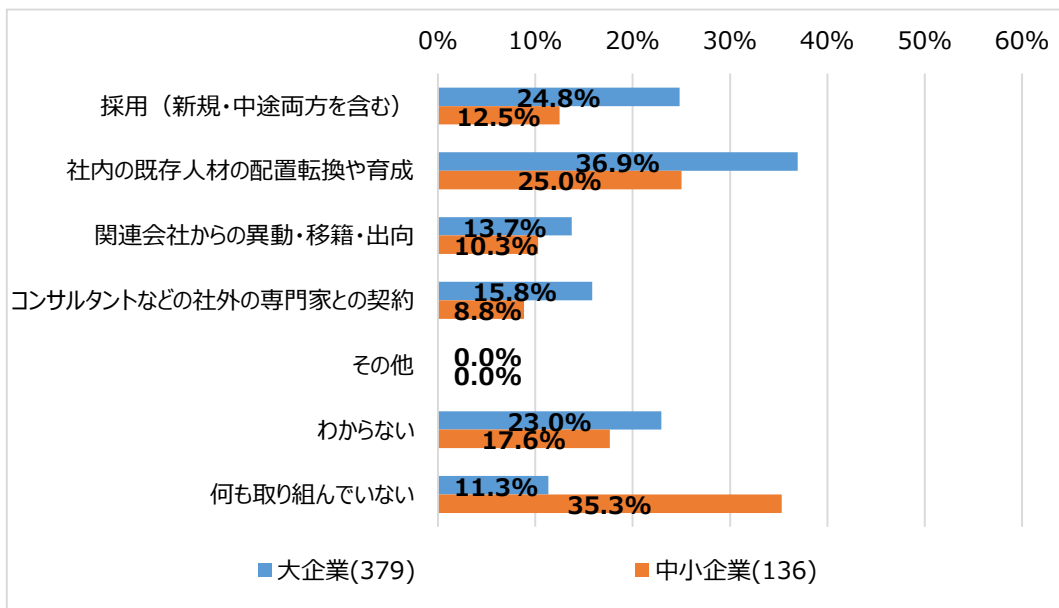
(b) 専門人材 (UI・UXに係るデザイナー)



(c) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DXに取り組み体制を構築できる人材）



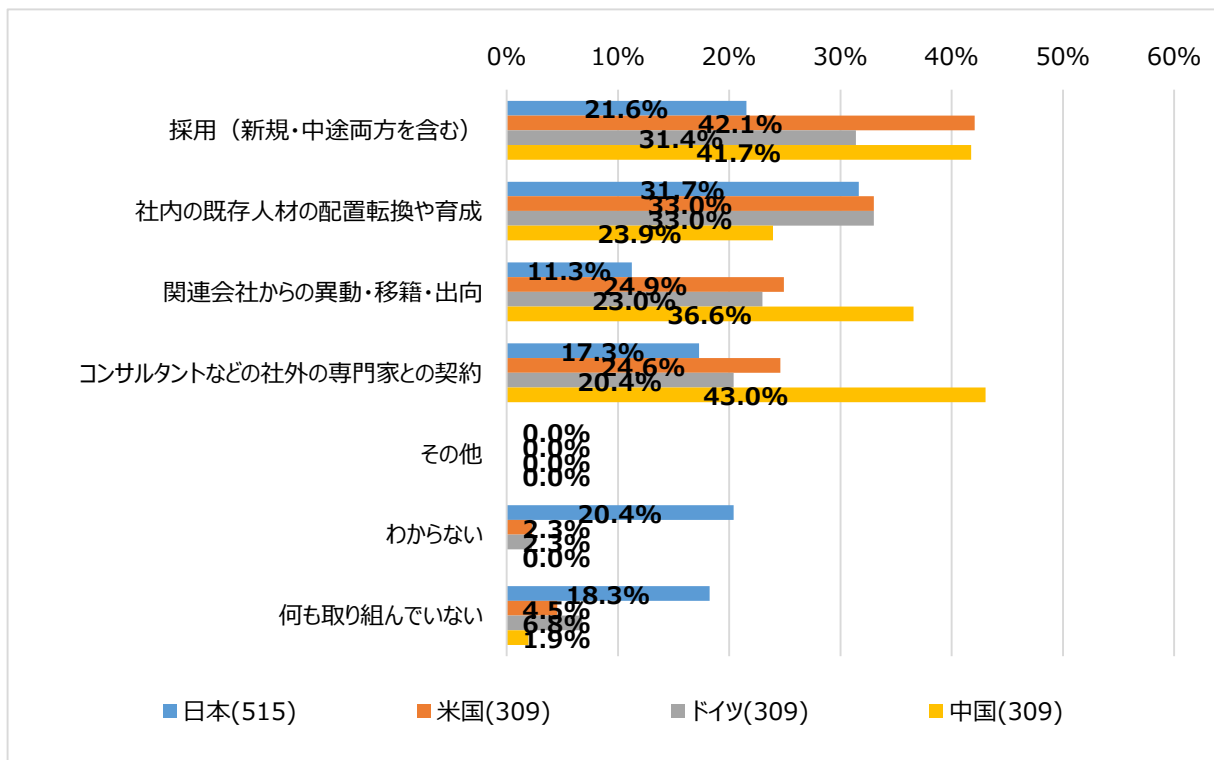
(d) 事業部門の人材（ノーコードツールなどの簡易的なツールを用いた日常業務の改善・検討ができる人材）



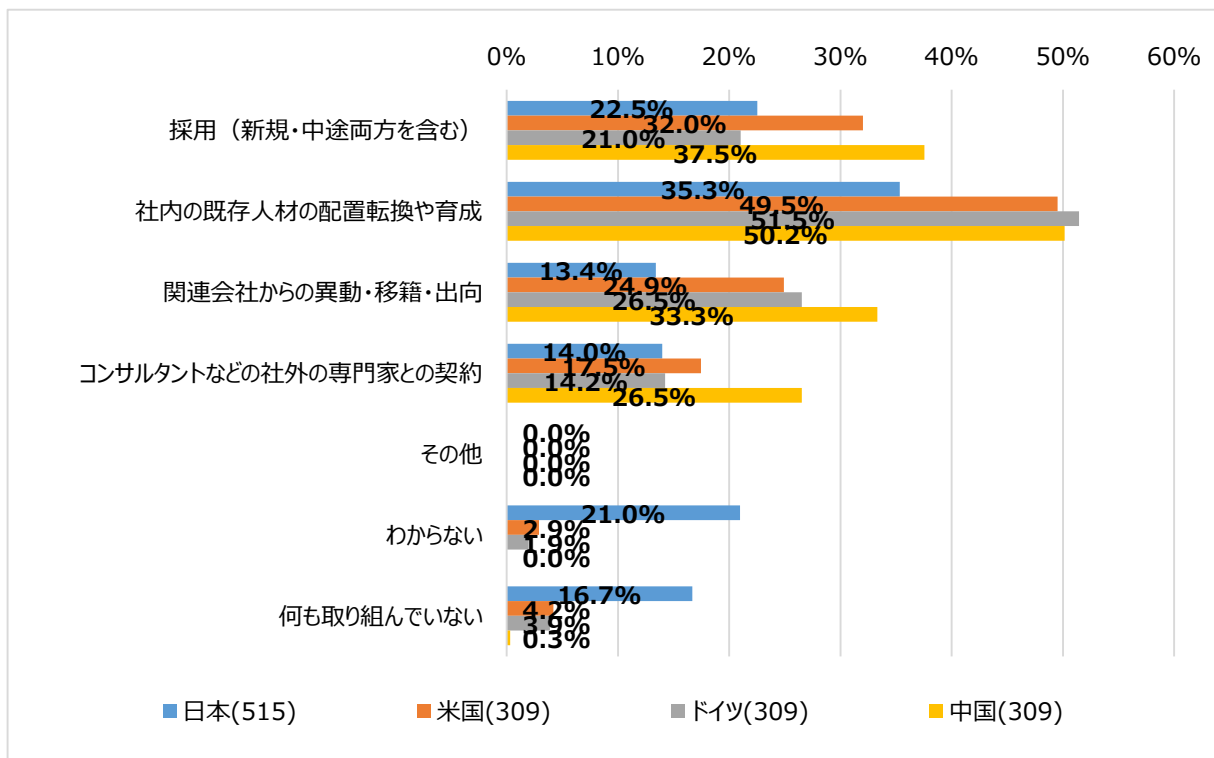
● データ解析や活用に向けて必要な人材の確保に向けた取組状況

図表 3-192 人材確保に向けた取組（データ解析や活用に向けて必要な人材）

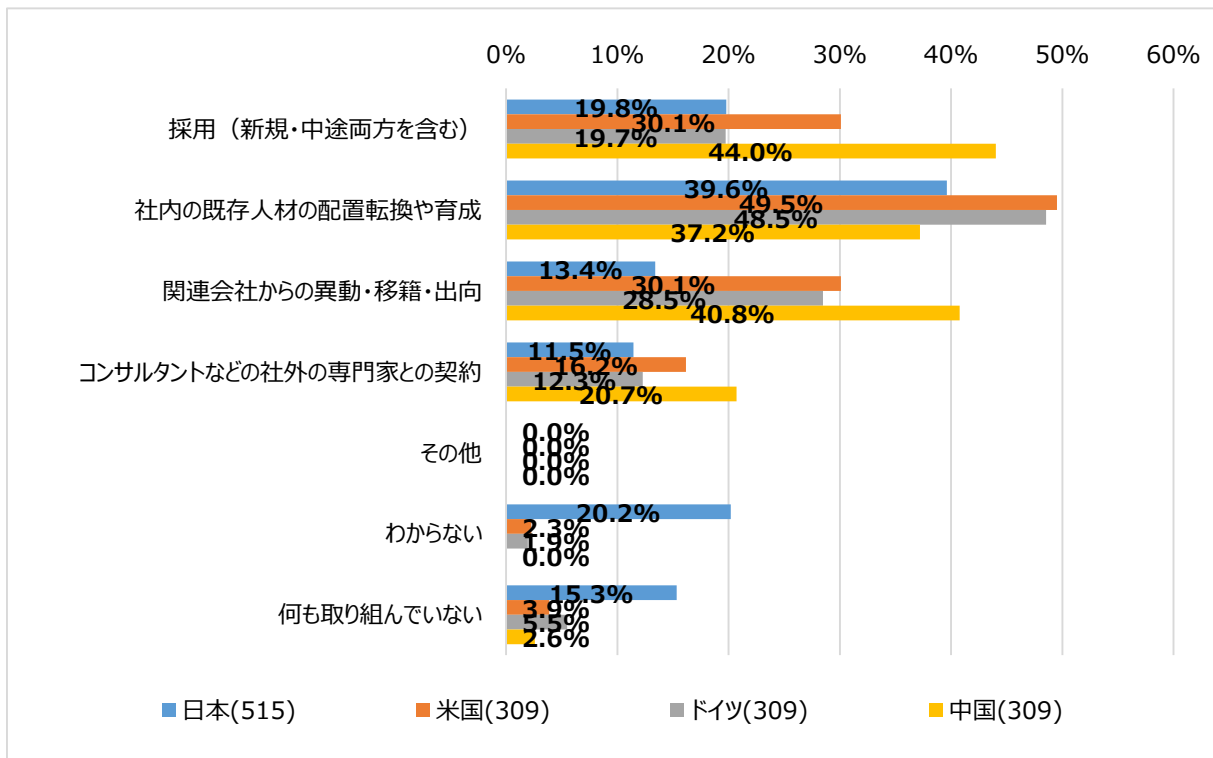
(a) 専門人材（AI・データ解析の専門家）



(b) 仲介人材（デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DX に取り組み体制を構築できる人材）

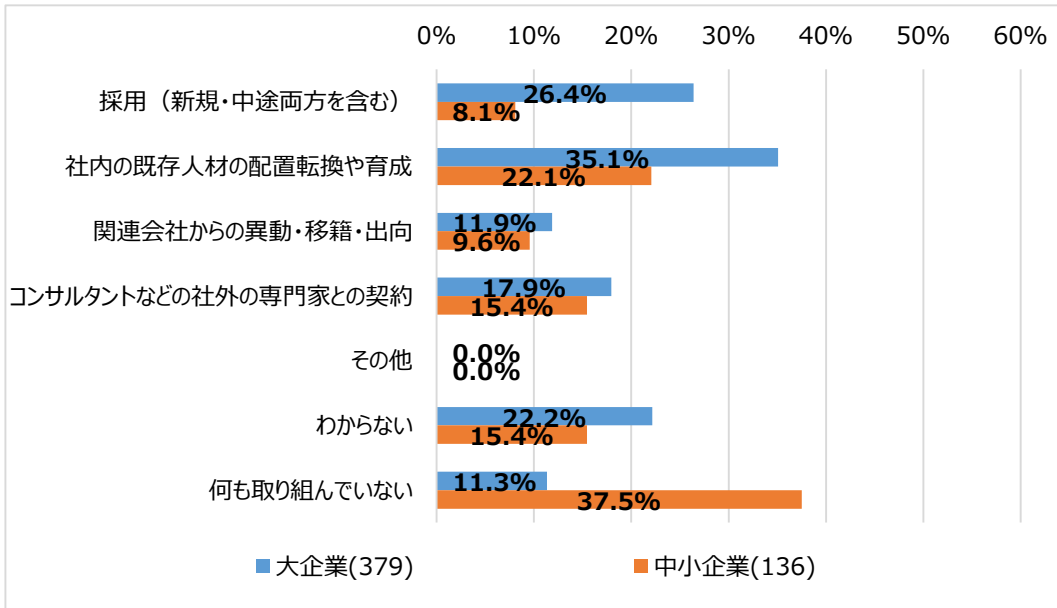


(c) 事業部門の人材（社内外のデータについて、excel や一般的な統計ツールを用いて可視化や簡易的な分析を行い、事業判断や業務改善に活用できる人材）

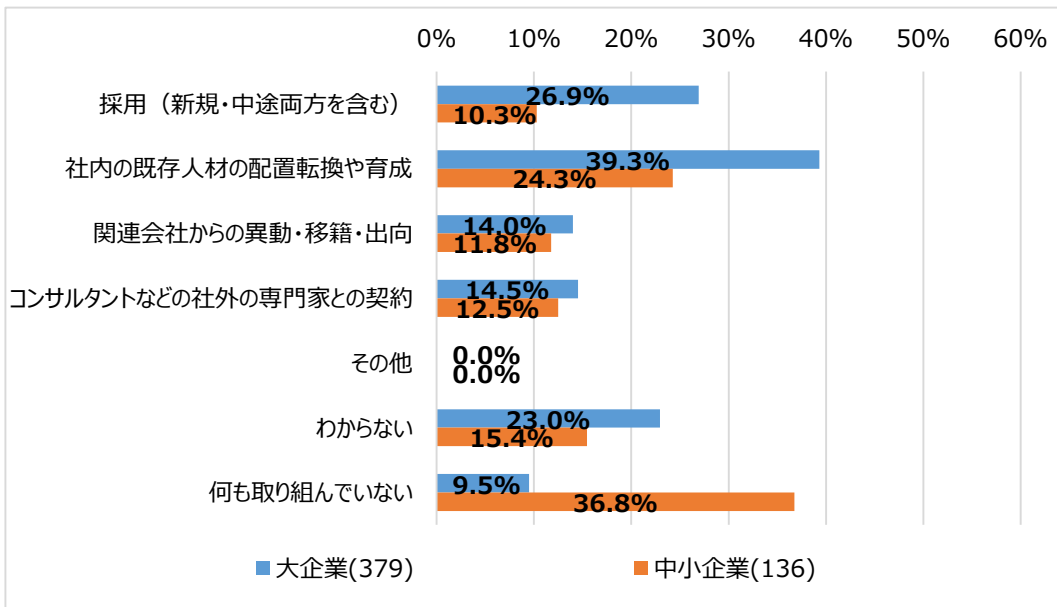


図表 3-193 人材確保に向けた取組
 (データ解析や活用に向けて必要な人材(日本;企業規模別))

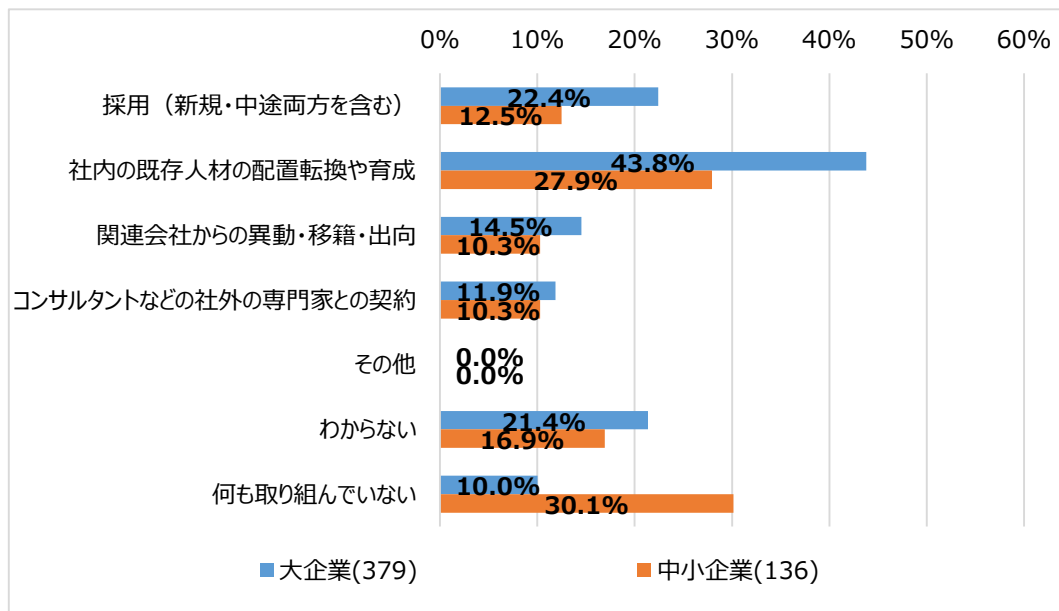
(a) 専門人材 (AI・データ解析の専門家)



(b) 仲介人材 (デジタル人材と事業部門の人材を融合させ、DXに取り組み体制を構築できる人材)



(c) 事業部門の人材（社内外のデータについて、excel や一般的な統計ツールを用いて可視化や簡易的な分析を行い、事業判断や業務改善に活用できる人材）



(3) 日本企業におけるデジタル活用の課題と今後の展望

本調査のアンケート結果から、日本企業は海外 3 か国と比較して、デジタル化による成果をあげられていないと回答した（図表 3-167～図表 3-172）。日本企業においてデジタル化が期待するほどの効果を得られない要因と今後日本企業においてデジタル化を推進するうえでの、組織の在り方を考察する。

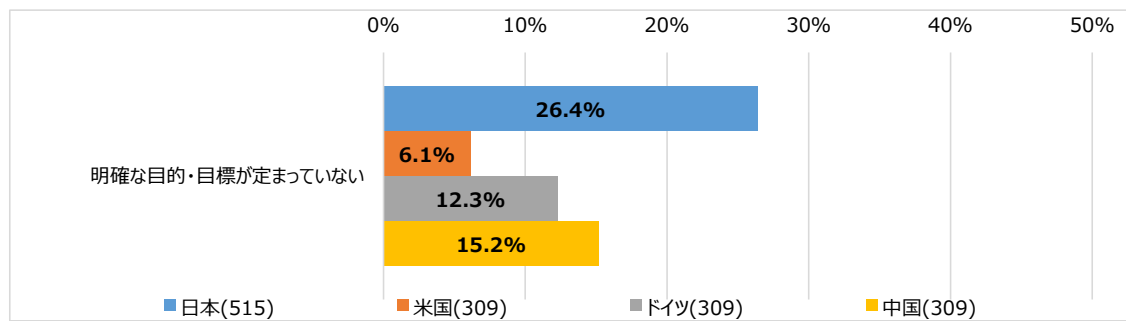
i 日本企業における課題

● 戦略面の課題

本調査にて、デジタル化に関する現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁を尋ねた結果、「明確な目的・目標が定まっていない」と回答した割合が海外企業に比べて 10%以上多く回答されていた（図表 3-194）。

このことから、目的・目標の明確化ができていないことが、1つの要因であると考えられる。

図表 3-194 デジタル化に関する現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁（図表 3-173 より抜粋）



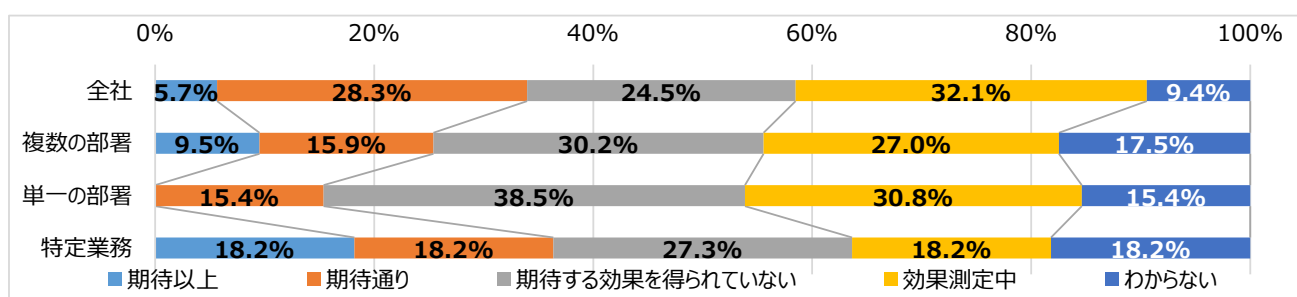
● 組織面の課題

デジタル化を推進するうえでは全社横断的に取り組むことが多く求められる。本調査の結果においても、全社的に取り組みを行っている組織が最も期待する効果を得られている傾向にあった（図表 3-195～図表 3-200）。

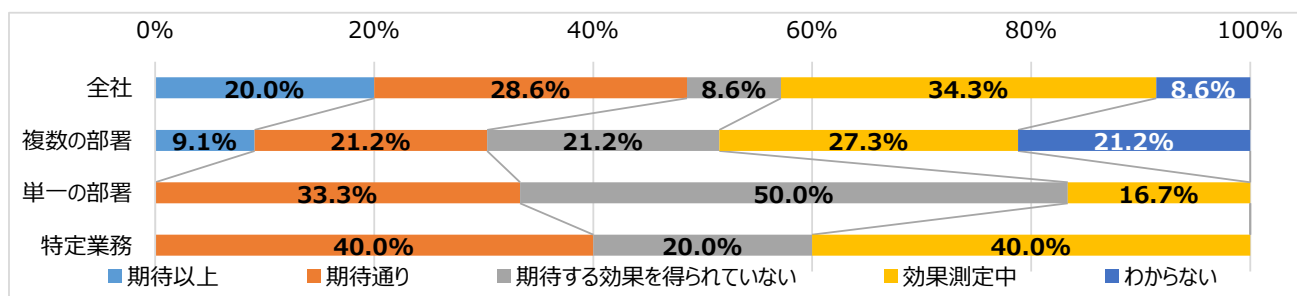
IPA が経営者・IT 部門・業務部門が協調できているか尋ねた結果¹⁸¹、日本企業は「十分にできている」と「まあまあできている」を合わせて 37.1%となっている。一方で米国企業は「十分にできている」と「まあまあできている」を合わせると全体の 8 割以上となっていた（図表 3-201）。

日本企業においては、成果を上げるうえで全社的に取り組む必要があるものの、IT 部門・業務部門間にて協業ができていないことが課題であると考えられる。

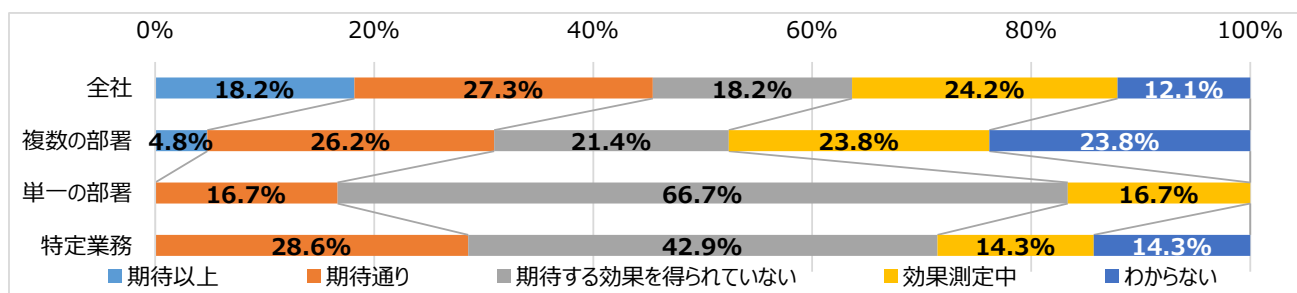
図表 3-195 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（新規ビジネス創出）



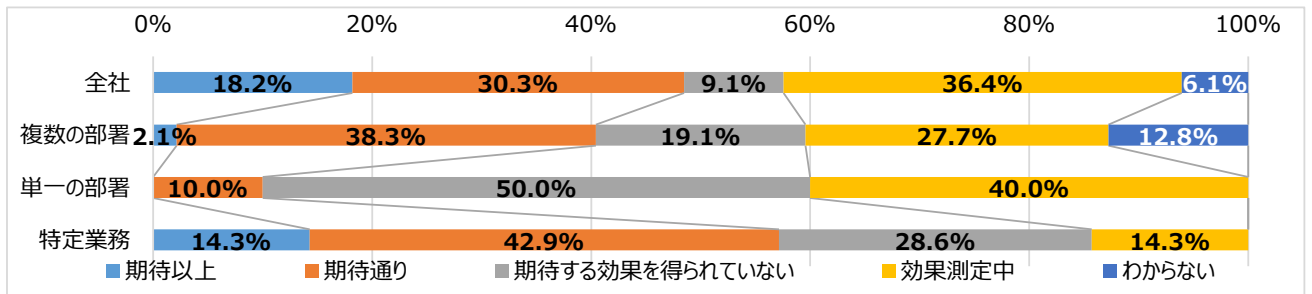
図表 3-196 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（顧客体験の創造・向上）



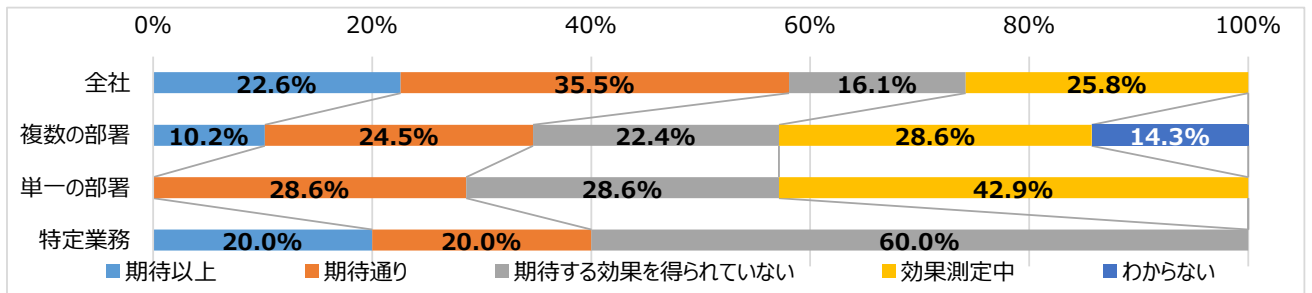
図表 3-197 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（既存製品・サービスの高付加価値化）



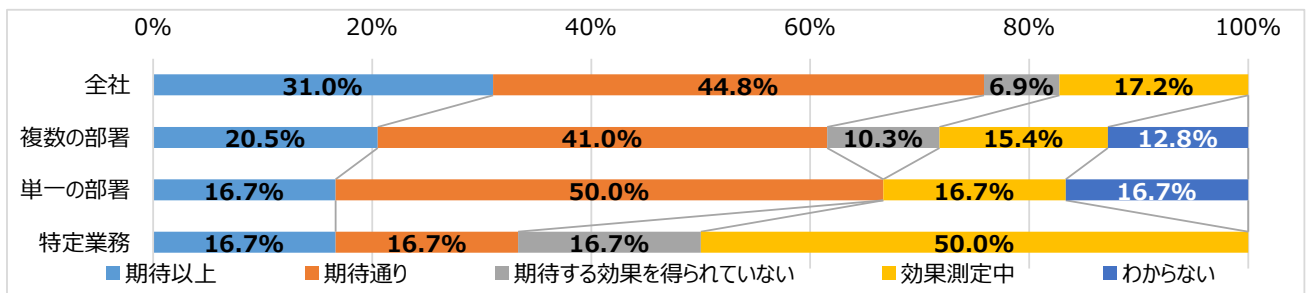
図表 3-198 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（業務プロセスの改善・改革）



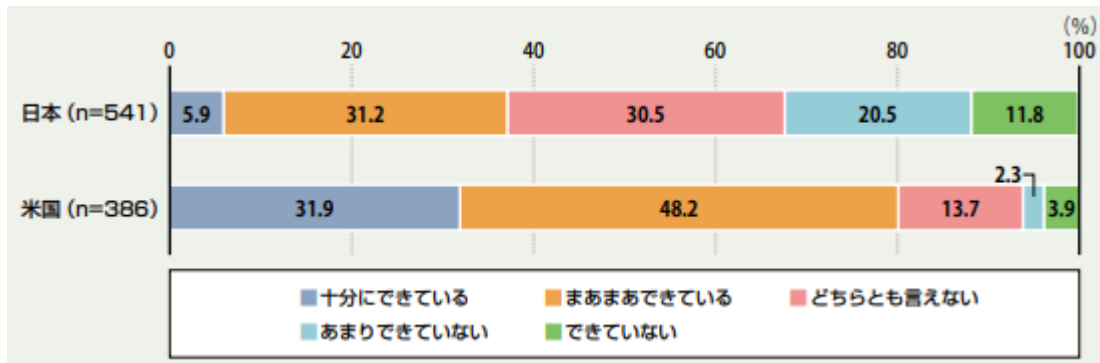
図表 3-199 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（業務の省力化）



図表 3-200 デジタル活用による効果有無別のデジタル化における取組範囲（新しい働き方の実現）



図表 3-201 経営者・IT部門・業務部門の協調状況



出典：IPA（独立行政法人情報処理推進機構）（2023）「DX 白書 2023」

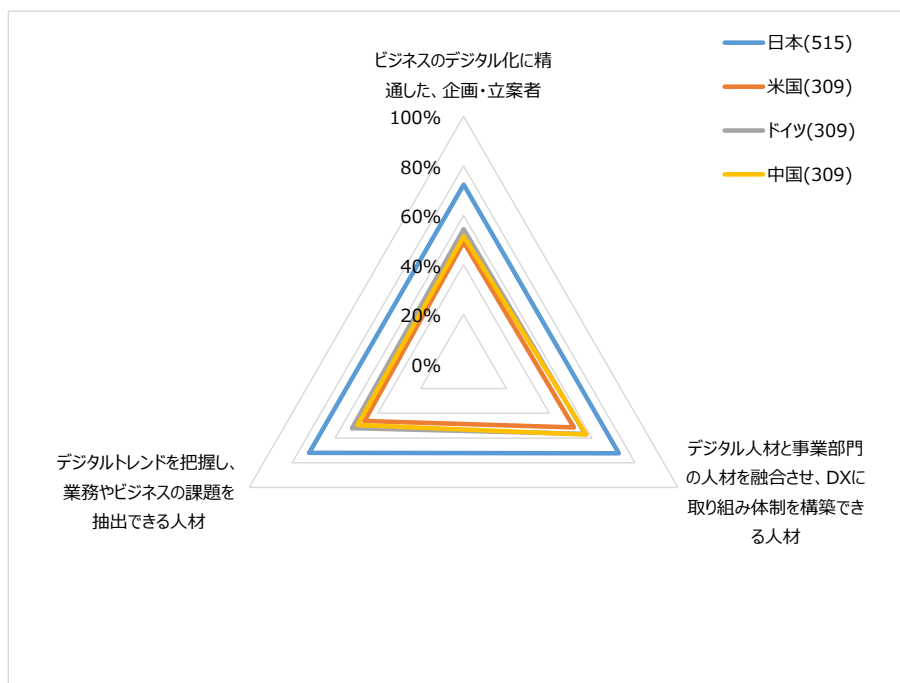
● 人材面の課題

本調査のアンケートでデジタル化に関して、現在認識している、もしくは今後想定される課題や障壁を尋ねた結果、昨年度の調査と同様に、日本は「人材不足」が41.7%と最も多い回答となっていた（図表 3-173）。本調査のアンケートでは企業においてデジタル化を推進していくうえでの組織全体の人材状況を把握するため、フェーズ（「新たなビジネスを企画・立案」、「デジタル技術を事業に適用」、「データを用いて事業判断や業務最適化を推進」）を分解したうえで専門人材、事業部門と専門人材を繋ぐ仲介人材、事業部門の人材それぞれの不足状況について尋ねた。その結果、各フェーズにおいて、専門人材、仲介人材、事業部門の人材それぞれにおいて、不足していると回答した割合は同程度となっていた（図表 3-202）。そのため、人材不足以前にどのような人材が必要であるか明確化できていないのではないかと考えられる。

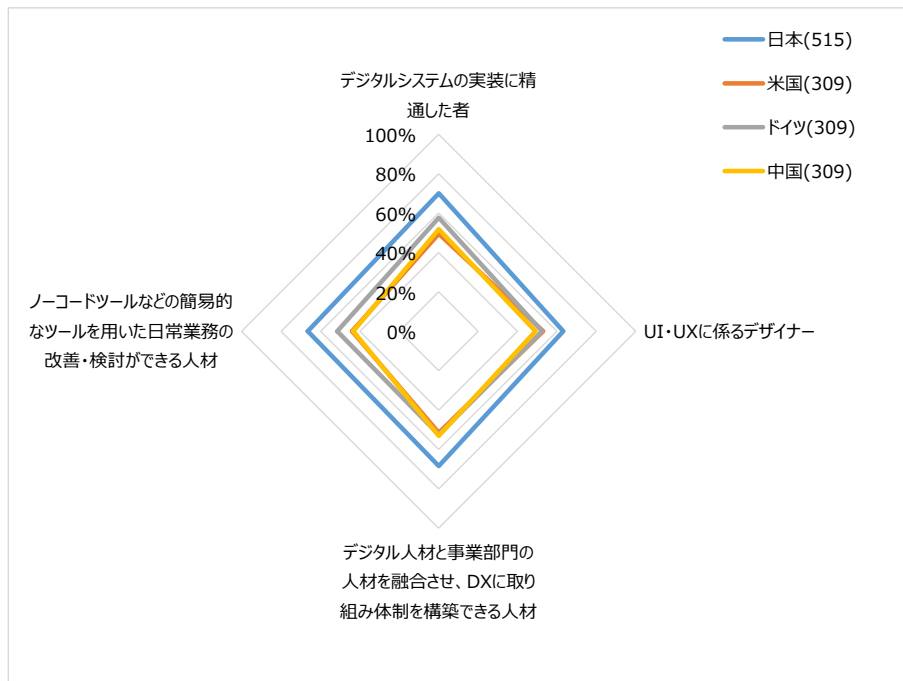
IPA の調査¹⁸¹によると、DX を推進する人材確保における課題として、日本企業は「戦略上必要なスキルやレベルが定義できていない（47.6%）」や「採用したい人材のスペックが明確でない（42.2%）」が多く挙げられていた（図表 3-203）。

このことから、日本企業では、人材不足を感じつつも、人材の解像度をあげられていないことが課題であると考えられる。

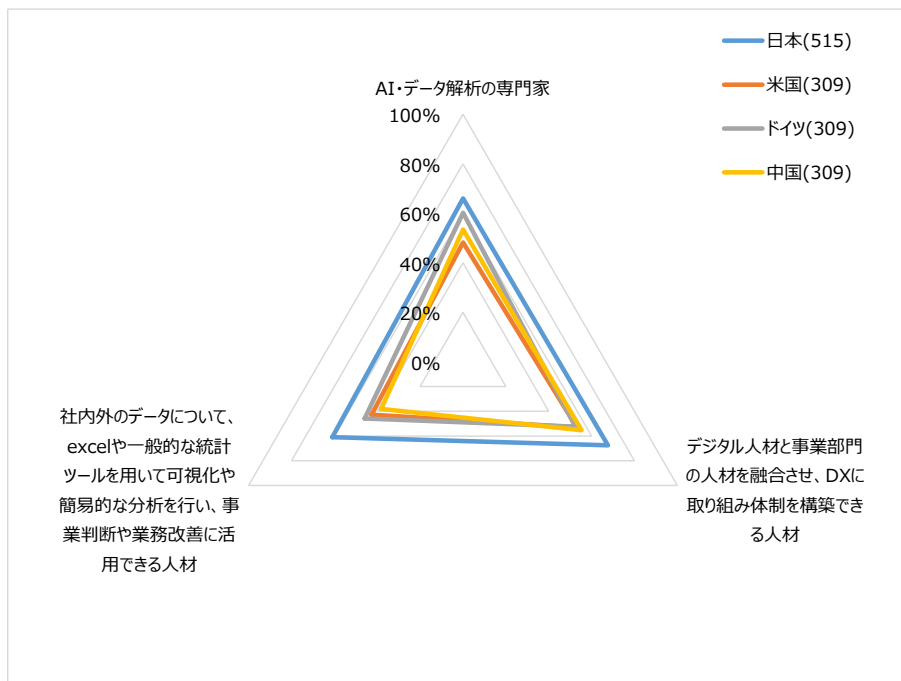
図表 3-202 フェーズごとのデジタル人材の不足状況
(a) 新たなビジネスを企画・立案



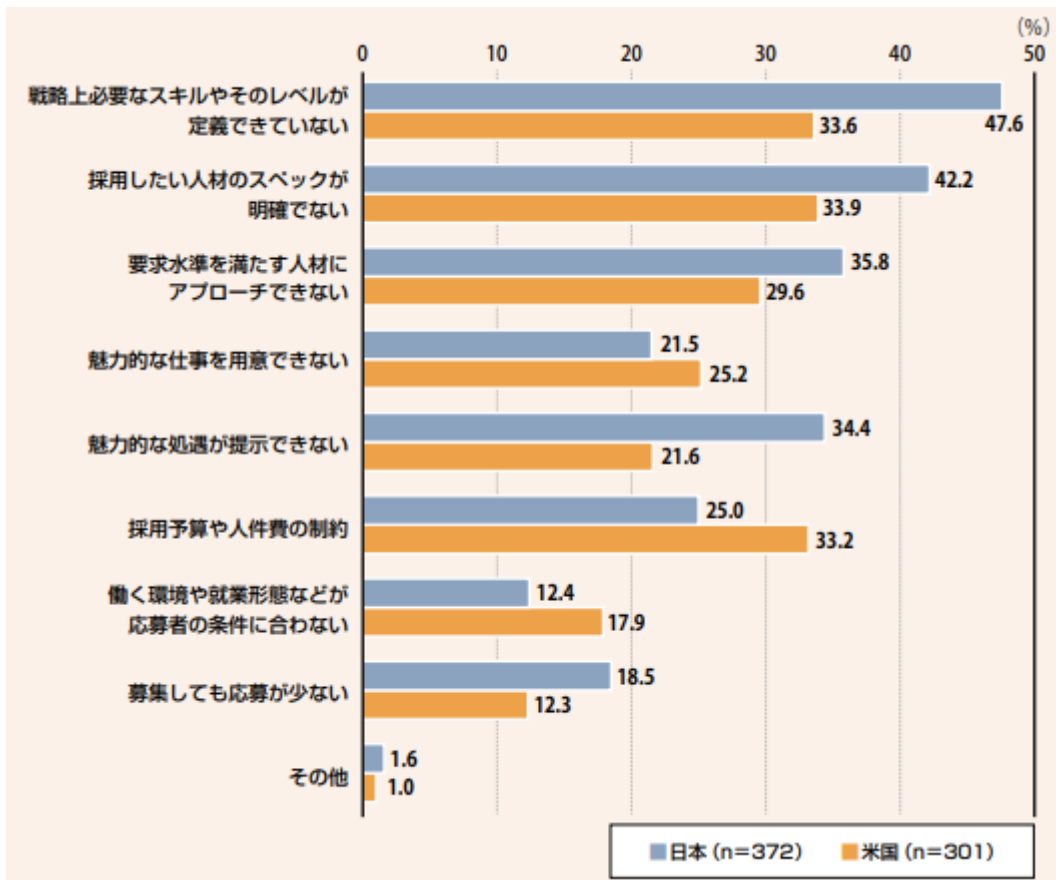
(b) デジタル技術を事業に適用



(c) データを用いて事業判断や業務最適化を推進



図表 3-203 DX を推進する人材の獲得・確保における課題



出典：IPA（独立行政法人情報処理推進機構）（2023）「DX 白書 2023」

● 日本組織における課題

これらの結果を踏まえて、国際大学グローバル・コミュニケーション・センターの櫻井美穂子准教授は、「日本企業は海外企業と比較して組織が硬直的で人材の流動性が低いという構造的な特徴から、環境の変化に対して柔軟にアジャストするための機動力や適応力が弱い傾向にある。これはデジタル化推進に限った問題ではなく、アップデートが必要な局面への対応全体に言えることである。」と指摘している。

櫻井准教授は、併せて、日本企業におけるデジタル化推進に係る課題として「ここまでデジタルに注目が集まっていること自体は素晴らしいが、経営・ビジネスの目標に対してデジタルを適用するといった全体設計がなされず、ツール導入やデータ分析といった部分的な話が議論の主眼となってしまっている」ことを挙げ、「企業ではまず DX 室を立ち上げ、「デジタルで何か新しいことをやる」ことが目的化されてしまうケースがしばしば見られるが、これでは問いの立て方がそもそも違う。経営層の意識変革も重要であり、また経営層のデジタルに対する理解をサポートする人材も求められる」と指摘している。

ii 日本企業におけるデジタル利活用推進に向けた展望

日本企業において、デジタル化推進をするものの効果を得られない要因として、デジタル以前に環境の変化に適応することが難しい組織構造が課題であることを先述した。そのうえで、今後、日本企業がデジタル化を推進するためにどのような考え方・取組が必要であるか、国際大学グローバル・コミュニケーション・センターの櫻井美穂子准教授は以下のように述べている。

● 戦略面

企業の規模によらず、環境変化に対していかにレスポンスでいられるかという課題認識を持ち、経営・ビジネスの目標に対して必要なシステムやデータ、また協業先などを俯瞰して全体設計できることが必要。アーキテクトと呼ばれる役割の人材がどの組織にも不可欠といえる。

● 組織面

企業がDX室を立ち上げる場合、現状ではIT部門との兼業となっているケースが多い。しかし、従来のIT部門の役割である情報システムの運用保守やセキュリティ施策の推進等は、DXの考え方と相容れないものであり、これがDX推進を阻害する要因となってしまう。

また、組織の規模にもよるが、DX推進には一定の投資が必要であることを踏まえ、DX推進に必要な予算を執行できる権限をアーキテクトに持たせることも重要である。

● 人材面

日本企業は、企業内で人材を育成していくための内部研修等の制度は充実しているが、環境の変化が激しい昨今では、既に体系立てられた理論や知識だけでは十分といえず、これまでの企業内研修やeラーニングで習得できるものだけでは対応困難といえる。

こうした状況下においては、大学が提供している実践的な教育プログラム、また異業種・多業種の人材との議論等の機会が活路となりうる。例えば、今デジタルによりどのようなパラダイムシフトが起きつつあるのか、異業種・他業種との協業によりどのようなビジネスの機会が生まれるかなど、企業内研修だけでは得られない知識や発想を得ることが期待できるであろう。

これらを踏まえて、日本企業はデジタル化を推進するうえで、デジタル以前に組織全体としてのビジネス上の目的・目標を明確化したうえで、デジタルを手段として活用していけるような組織となり、環境の変化に適応していくために、異業種・他業種との交流などを通じた人材育成に取り組むことが必要であると考えられる。

3.2.3. 公的分野におけるデジタル活用の動向

(1) 我が国におけるデジタル・ガバメント推進の動向

本項では、2022年6月に改定された「デジタル社会の実現に向けた重点計画」に記載された施策を中心に、我が国における近年のデジタル・ガバメント推進の動向についてとりまとめた。

1) デジタル社会の実現に向けた重点計画の改定

我が国では、新型コロナウイルス感染症への対応で明らかになった課題等を踏まえ、国、地方公共団体、事業者が連携・協力しながら社会全体のデジタル化を推進していくため、2020年「デジタル社会の実現に向けた改革の基本方針」が策定され、2021年9月に日本のデジタル社会実現の司令塔としてデジタル庁が創設された。

「デジタル社会の実現に向けた重点計画」は、デジタル社会形成基本法第37条1項に基づき、デジタル社会の形成のために政府が迅速かつ重点的に実施すべき施策に関する基本的な方針等を定めるため2021年12月に閣議決定され、2022年6月に最新版が改定された。

重点計画は、「デジタル社会の実現に向けた取組の全体像について、司令塔であるデジタル庁のみならず、各省庁の取組も含め、工程表などスケジュールと併せて、明らかにするもの」であり、また「我が国の目指すデジタル社会の姿やデジタル原則を明らかにし、「デジタル臨時行政調査会」、「デジタル田園都市国家構想実現会議」などにおける検討や取組の道しるべとなるもの」と示されている。今回の改定では、デジタル庁を始めとした霞が関のデジタル改革体制強化などを新たに盛り込み、また、いわゆる「アナログ規制」の一括見直しや政府のデジタル田園都市国家構想実現に向けた施策などが具体化して盛り込まれた。

図表 3-204 デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要

デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要		
<p>■ デジタル社会の形成のために政府が迅速かつ重点的に実施すべき施策等を定めるもの。(デジタル社会形成基本法37②等)</p> <p>■ デジタル社会の実現の司令塔であるデジタル庁のみならず各省庁の取組も含め工程表などスケジュールとあわせて明らかにするもの。</p>		
<p>我が国が目指すデジタル社会「デジタルの活用により、一人ひとりのニーズに合ったサービスを選ぶことができ、多様な幸せが実現できる社会」</p>		
<p>デジタル社会で目指す6つの姿</p> <p>① デジタル化による成長戦略</p> <p>② 誰一人取り残されないデジタル社会</p>	<p>③ デジタル化による地域の活性化</p> <p>④ 誰一人取り残されないデジタル社会</p> <p>⑤ デジタル人材の育成・確保</p>	<p>⑥ DFFTの推進を始めとする国際戦略</p>
<p>※進捗把握指標の設定</p>		
<p>具体策を考える上で前提となる理念・原則</p> <p>誰一人取り残されないデジタル社会の実現 誰一人取り残されないデジタル社会の実現 誰一人取り残されないデジタル社会の実現</p>		
<p>目指す姿を実現する上で有効な戦略的な取組 (基本戦略)</p> <p>デジタル臨時行政調査会</p> <p>サイバーセキュリティ等の安全・安心の確保</p>		
<p>デジタル社会の実現に向けた基本的な施策</p> <p>国民に対する行政サービスのデジタル化</p> <p>暮らしのデジタル化</p> <p>デジタル社会を支えるシステム・技術</p>		

出典：「デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要」¹⁸³

図表 3-205 デジタル原則を踏まえた規制の一括見直し施策

デジタル社会の実現に向けた構造改革		
<p>デジタル原則</p> <p>全ての改革(デジタル改革、規制改革、行政改革)に通底する5つの原則からなる構造改革のためのデジタル原則を策定。</p>		
<p>① デジタル完結・自動化原則</p> <p>書面・目視等の義務付けを見直し 行政内部を含めたデジタル対応を実現 等</p>	<p>② アジャイルガバナンス原則 (機動的で柔軟なガバナンス)</p> <p>リスクベースで性能等を規定 データに基づくEBPMを徹底 等</p>	<p>③ 官民連携原則</p> <p>公共サービス提供において、ベンチャーなど民間の力を最大化する 新たな官民連携 等</p>
<p>④ 相互運用性確保原則</p> <p>国・地方公共団体や準公共といった主体・分野間のばらつきを解消し システム間相互運用の確保 等</p>	<p>⑤ 共通基盤利用原則</p> <p>官民で広くデジタル共通基盤を利用 調達仕様の標準化・共通化を推進 等</p>	
<p>デジタル原則を踏まえた規制の横断的見直し</p> <p>デジタル原則に沿って、4万以上の法令等を対象に、アナログ規制を横断的に見直し、規制・制度のデジタル原則への適合を目指す。</p> <p>「デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン」において、今後の集中改革期間(R4年7月～R7年6月)における以下に関する政府の取組を明示。</p>		
<p>【主な取組(抜粋)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 7項目*の点検・見直し 規制の類型とデジタル技術の適用度合いのフェーズに基づき横断的に見直し。一括的に見直せる法令を整理し、一括的な法令改正に取り組む。 ※目視規制、定期検査・点検規制、実地監査規制、常駐・専任規制、書面提示規制、対面講習規制、往訪問視・縦覧規制 ● 地方公共団体における取組の支援 全国の地方公共団体においても、アナログ規制の点検・見直しを実施できるよう、見直し手順や地方公共団体による先進的な取組事例などを含むマニュアルを作成・公表。 ● テクノロジーマップの整備 デジタル技術と規制の見直し事項の対応関係を整理したテクノロジーマップを更新し、見直しに活用可能な企業の技術や活用事例の詳細の情報を整理したカタログの試行版を速やかに提示。 		
<p>各府省庁は、デジタル臨時行政調査会と連携し、一括見直しプランに基づき、規制・制度の見直し等を実施。</p>		

出典：「デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要」

183 「デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要」

(https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/5ecac8cc-50f1-4168-b989-2bcaabffe870/527fa887/20220607_policies_priority_outline_01.pdf)

図表 3-206 デジタル田園都市国家構想実現に向けた施策



出典：「デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要」

2) デジタル・ガバメント推進に係る具体的取組

重点計画に記載されている「デジタル社会の実現に向けた施策」のうち、特にデジタル・ガバメント推進に係る直近の取組について以下に記載する。

(ア) デジタル原則を踏まえた規制の横断的な見直し

デジタル臨時行政調査会では、デジタル原則に沿って、4万以上の法令等を対象にアナログ規制を横断的に見直し、3年間で規制・制度のデジタル原則への適合の実現を目指している。

2022年6月開催の第4回デジタル臨時行政調査会において策定された「デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン」では、代表的なアナログ規制として7項目を示し、7項目に関する法律、政令及び省令等の規定として洗い出した約5,000条項のうち、約4,000条項について見直しの方針を確定させた。

図表 3-207 代表的なアナログ規制である7項目

目視規制	人が現地に赴き、施設や設備、状況等が法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、目視によって判定すること（検査・点検）や、実態・動向などを目視によって明確化すること（調査）、人・機関の行為が遵守すべき義務に違反していないかどうかや設備・施設の状態等について、一定期間、常時注目すること（巡視・見張り）を求めている規制
------	---

実地監査規制	人が現場に赴き、施設や設備、状況等が法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、書類・建物等を確認することによって判定することを求めている規制
定期検査・点検規制	施設や設備、状況等が法令等が求める一定の基準に適合しているかどうかを、一定の期間に一定の頻度で判定すること（第三者検査・自主検査）や、実態・動向・量等を、一定の期間に一定の頻度で明確化すること（調査・測定）を求めている規制
常駐・専任規制	（物理的に）常に事業所や現場に留まることや、職務の従事や事業所への所属等について、兼任せず、専らその任にあたること（1人1現場の紐付け等）を求めている規制
対面講習規制	国家資格等の講習をオンラインではなく対面で行うことを求めている規制
書面提示規制	国家資格等、公的な証明書等を対面確認や紙発行で、特定の場所に掲示することを求めている規制
住訪閲覧縦覧規制	申請に応じて、又は申請によらず公的情報を閲覧・縦覧させるもののうち、公的機関等への訪問が必要とされている規制

出典：「デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン」¹⁸⁴

さらに、2022年12月に公表された「デジタル原則を踏まえたアナログ規制の見直しに係る工程表」¹⁸⁵では、一括見直しプラン等に基づき、我が国にける法令の中で、7項目のアナログ規制及び「FD等の記録媒体を指定する規制」に該当するアナログ行為を求める場合があると解される条項のうち、当該条項に係る規制の見直しを実施することとされた9,669条項全ての見直し方針及び見直しに向けた工程表を示した。

また、2022年11月には、国民がデジタル化の恩恵を一層実感できるようにする観点から、地方公共団体においてもアナログ規制について点検・見直しを実施できるよう、「地方公共団体におけるアナログ規制の点検・見直しマニュアル【第1.0版】」を公表し、全国の都道府県・市町村への周知やウェブ説明会の実施等を通じて取組の検討を呼び掛けているほか、デジタル田園都市国家構想交付金の活用による後押しにも取り組む予定である。

¹⁸⁴ デジタル臨時行政調査会「デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン」（2022年6月3日）

(https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/34a225ed-03be-4408-b00d-f9b88a5a2543/7f6adee4/20230314_policies_digital-extraordinary-administrative-research-committee_outline_01.pdf)

¹⁸⁵ デジタル臨時行政調査会「アナログ規制の見直しに係る工程表」（2022年12月21日）

(https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/34a225ed-03be-4408-b00d-f9b88a5a2543/3efc9637/20230314_policies_digital-extraordinary-administrative-research-committee_itinerary_07.pdf)

図表 3-208 地方公共団体における規制・見直しマニュアル【第 1.0 版】の概要

地方公共団体における規制の点検・見直しマニュアル【第1.0版】の概要

本マニュアルの趣旨 (第1章)

- 国民がデジタル社会の恩恵を一層実感できるようにするため、暮らしに関連する行政サービスを担う地方公共団体による規制の見直しが重要。
- デジタル臨調における国の法令等の見直しの考え方や先行団体の取組を紹介するとともに、地方公共団体が条例等の見直しに取り組むための推進体制や作業手順の案を示す。

デジタル臨時行政調査会における国のアナログ規制の点検・見直し (第2章)

- 内閣総理大臣の下に関係省庁及び専門家を結集し、国の法令等の点検・見直しの基準や対象範囲(※)等の考え方を決定。
- ※アナログ規制7項目(目視、実地監査、定期検査・点検、常駐・専任、対面講習、書面揭示、往訪問覧・縦覧)のほか、フロッピーディスク等の記録媒体を指定する規定等
- 事務局(デジタル庁)と各規制所管府省が連携して、各規制の見直し方針について「規制の一括見直しプラン」を策定
- 具体的な見直しの内容、スケジュール等について、2022年末までに「見直し工程表」を公表。

地方公共団体のアナログ規制の点検・見直し (第3章)

規制の点検・見直しの手順

Step 1
組織の意思統一・推進体制構築

- 規制の点検・見直しの推進には、**首長等のリーダーシップ**により庁内の前向きな機運の醸成が重要。
- 見直し方針の策定や規制所管部門等の調整を行う**推進部門を設置し、全庁的な協力体制を構築。**

Step 2
方針の決定

- デジタル臨調の取組や規制所管部門の意見を踏まえ、推進部門が**規制の点検・見直し方針**を策定。
- ✓規制の点検・見直しの目的、推進体制 ✓点検・見直しのスケジュール etc.

Step 3
規制の洗い出し
類型・フェーズの当てはめ

- 推進部門は、**規制の洗い出しのための照会様式を作成し**、規制所管部門に照会を実施。
- 規制部門は、規制の洗い出しや類型、現在のフェーズ、根拠の分類(※)等を確認し照会に回答。
- ※規制根拠の分類 (a) 国等における規制の見直しを踏まえた上で対応する規制 (b) 地方公共団体が自らの判断で主体的に見直しを進められる規制

Step 4
規制の見直しの検討

- 推進部門は、規制所管部門の回答を「**適合性点検対象リスト**」として取りまとめ、一覧化する。
- 推進部門と規制所管部門が連携の下**、見直し後のフェーズや方法等を検討し、見直しの方向性を確定。

Step 5
規制の見直し

- 規制所管部門は、要見直しの規制について、**条例や様式の改正、運用等の必要な見直し**を行う。
- ✓規制に係る複数の条例改正を一括して議会に提出することも考えられる。
- ✓必要な技術の選定には事務局が作成する「テクノロジーマップ」(※)の活用を推奨。

【参考】見直しの先行事例

- ドローンの活用により、森林整備事業における目視検査を代替できるよう訓令を改正して措置(A町)
- オンライン会議システムの活用により、介護相談員による介護施設等への訪問をオンラインで実施できるよう訓令を改正して措置(B町)

※ テクノロジーマップ (イメージ)

規制類型	データ取得	データ解析
目視	カメラ	画像診断
調査	センサー	ビッグデータ分析
巡視・見張		

類似の趣旨・目的の規制をまとめた類型とデジタル技術の対応関係を整理し、一般に公表

出典：「地方公共団体におけるアナログ規制の点検・見直しマニュアル【第 1.0 版】」¹⁸⁶

(イ) 国民に対する行政サービスのデジタル化


i マイナンバー制度の利活用の推進

マイナンバーの利用や情報連携については、行政側の都合や行政縦割りの従来の発想ではなく、徹底的に国民視点(利用者視点)に立って、セキュリティの確保や個人情報保護の確保を図ることを前提に、「国民にとって利便性を感じてもらふこと」を第一に考えるべきものであるとの方針の下、従来のマイナンバー利用事務からの拡大を図り、利用者のアクセシビリティを確保しつつ、デジタル完結を図るため、各制度を所管する関係府省庁においてその業務の在り方の見直しを進めている。

2023年3月7日、国民の利便性を高める観点から、従来のマイナンバーを利用できる事務を拡大するため「行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律等の一部を改正する法律案」が閣議決定された。この法改正により、国家資格に関する手続き等、社会保障制度、税制及び災害対策以外の行政事務にマイナンバーの利用範囲が拡大されるほか、マイナンバーカードと健康保険証の一体化が実現する。

¹⁸⁶ デジタル庁デジタル臨時行政調査会事務局「地方公共団体におけるアナログ規制の点検・見直しマニュアル【第 1.0 版】」(2022年11月)(<https://www.digital.go.jp/policies/digital-extraordinary-administrative-research-committee/manual-analog-regulation-review/>)

図表 3-209 マイナンバー法等の一部改正法案の概要

<h2 style="text-align: center;">マイナンバー法等の一部改正法案の概要</h2>	
<p>今般の新型コロナウイルス感染症対策の経験により、社会における抜本的なデジタル化の必要性が顕在化。デジタル社会の基盤であるマイナンバー、マイナンバーカードについて国民の利便性向上等の観点から、行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律（マイナンバー法）等の一部改正を行う。</p>	
<p>【改正のポイント】</p>	
<p>1. マイナンバーの利用範囲の拡大 <small>（マイナンバー法、住民基本台帳法）</small></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 理念として社会保障制度、税制及び災害対策以外の行政事務においてもマイナンバーの利用の推進を図る。 <small>※具体的な利用事務の追加は、従来通り法律改正で追加</small> ■ 具体的には、理容師・美容師、小型船舶操縦士及び建築士等の国家資格等、自動車登録、在留資格に係る許可等に関する事務において、マイナンバーの利用を可能とする。 <p>⇒ 各種事務手続における添付書類の省略等</p>	<p>4. マイナンバーカードの普及・利用促進 <small>（マイナンバー法、公的個人認証法、住民基本台帳法、郵便局事務取扱法）</small></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 在外公館で、国外転出者に対するマイナンバーカードの交付や電子証明書の発行等に関する事務を可能とする。 ■ 市町村から指定された郵便局においても、マイナンバーカードの交付申請の受付等ができるようにする。 ■ 暗証番号の入力等を伴う電子利用者証明を行わずに、利用者の確認する方法の規定を整備する（例：図書館等での活用）。 <p>⇒ マイナンバーカードを申請・取得できる選択肢の拡大及び利用の促進</p>
<p>2. マイナンバーの利用及び情報連携に係る規定の見直し <small>（マイナンバー法、住民基本台帳法）</small></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 法律でマイナンバーの利用が認められている事務に準ずる事務（事務の性質が同一であるものに限る）についても、マイナンバーの利用を可能とする。 <small>※個別の法律の規定に基づく事務は、従来通り法律改正で追加</small> ■ 法律でマイナンバーの利用が認められている事務について、主務省令に規定することで情報連携を可能とする。 <small>※情報連携が行われた記録は、マイナポータル上で照会可能</small> <p>⇒ 新規で必要とされる機関間の情報連携のより速やかな開始が可能に</p>	<p>5. 戸籍等の記載事項への「氏名の振り仮名」の追加 <small>（戸籍法、住民基本台帳法、家事事件手続法、マイナンバー法、公的個人認証法）</small></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 戸籍、住民票等の記載事項に「氏名の振り仮名」を追加。 ■ マイナンバーカードの記載事項等に「氏名の振り仮名」を追加。 <p>⇒ 公証された振り仮名が各種手続での本人確認で利用可能に </p>
<p>3. マイナンバーカードと健康保険証の一体化 <small>（マイナンバー法、医療保険各法）</small></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 乳児に交付するマイナンバーカードについて顔写真を不要とする。 ■ 健康保険証を廃止するとともに、マイナンバーカードによりオンライン資格確認を受けることができない状況にある方が、必要な保険診療等を受けられるよう、本人からの求めに応じて「資格確認書」を提供する。 <p>⇒ すべての被保険者の円滑な保険診療を可能に</p>	<p>6. 公金受取口座の登録促進（行政機関等経由登録の特例制度の創設） <small>（公金受取口座登録法等）</small></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 既存の給付受給者等（年金受給者を想定）に対して書留郵便等により一定事項を通知した上で同意を得た場合又は一定期間内に回答がなく、同意したものと取り扱われる場合、内閣総理大臣は当該口座を公金受取口座として登録可能に。 <small>（※1）公金受取口座は給付のみに利用。 （※2）事前・事後の本人通知に加え、広報で制度の周知徹底を図る。</small> <p>⇒ デジタルに不慣れな方も簡易に登録が可能及び給付の迅速化</p>
<p>施行期日：公布の日から1年3月以内の政令で定める日（一部を除く。）</p>	

出典：「地方公共団体におけるアナログ規制の点検・見直しマニュアル【第1.0版】」¹⁸⁷

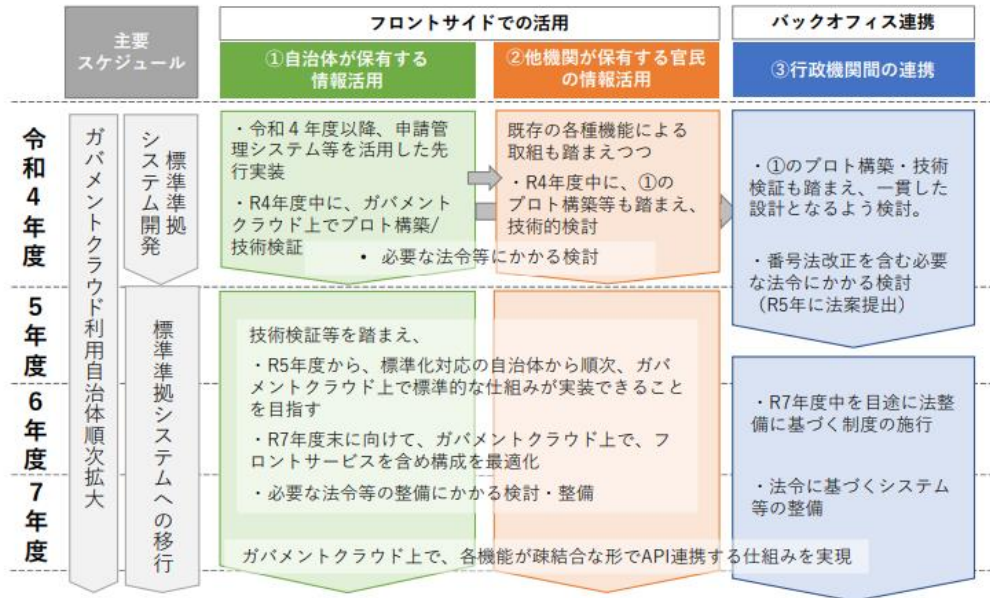
また、「スマートフォンで60秒で手続が完結」「7日間で行政サービスを立ち上げられる」「民間並みのコスト」等の実現に向け、令和7年度を実装のターゲットとして、情報連携の基盤である公共サービスメッシュの実装に向けた検討が進められている。

¹⁸⁷ デジタル庁「行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律等の一部を改正する法律案」（2023年3月）（<https://www.digital.go.jp/laws/8db62cdf-8375-4c4f-b807-8d98595b67e8/>）

図表 3-210 公共サービスメッシュの整備に係る今後のスケジュール（案）

公共サービスメッシュの整備にかかる今後のスケジュール（案）

- 令和7年（2025年）を当面の実装ターゲットとし、利用者目線を徹底した行政サービスの実現に向け、制度的・技術的検討を進める。



31

出典：「利用者目線の行政サービス実現に向けたトータルデザインとマイナンバー法改正の検討について」¹⁸⁸

ii マイナンバーカードならびにマイナポータルの利用拡大

総務省及びデジタル庁では、重点計画に基づき、マイナンバーカードの機能（電子証明書）のスマートフォン搭載の実現に向けて取組を進めている。公的個人認証サービスの電子証明書の機能をスマートフォンに搭載することによって、スマートフォンひとつで、いつでもどこでもオンライン行政手続等を行うことができる環境の構築を目指すとともに、公的個人認証サービスのユースケースの拡大を促進し、安心・安全な本人確認等の手段として日常の様々なシーンで同サービスが利用される社会の実現を目指す。

2022年度中の実装を目指していたが、2022年10月13日の河野デジタル大臣記者会見において、Androidによるサービスの提供開始が2023年5月11日となることが発表された。

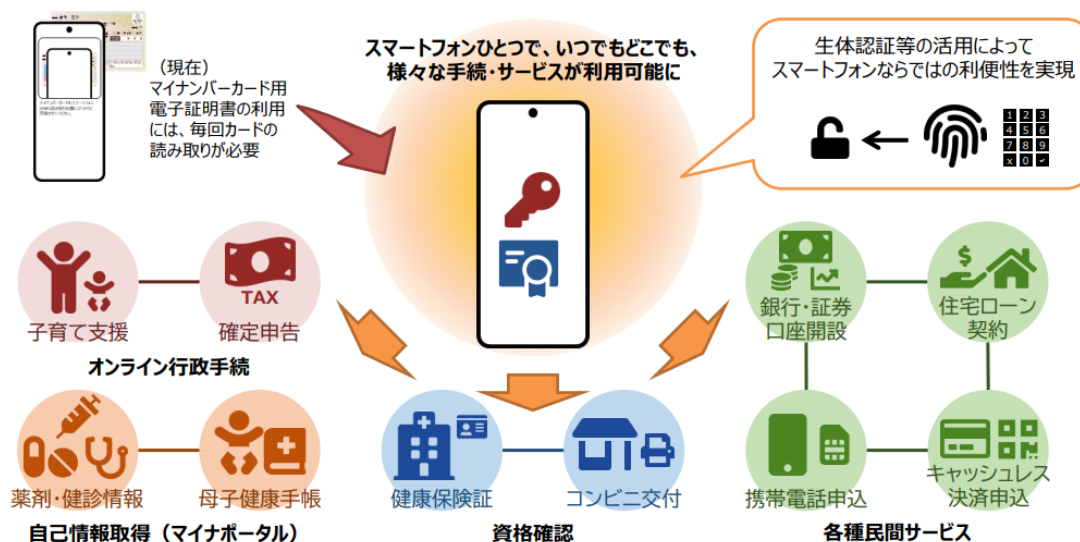
¹⁸⁸ マイナンバー制度及び国と地方のデジタル基盤抜本改善ワーキンググループ（第4回）資料1「利用者目線の行政サービス実現に向けたトータルデザインとマイナンバー法改正の検討について」（2023年3月）

(<https://www.digital.go.jp/councils/mynumber-digital-basis-wg/67c1bfe0-5b2d-4c28-a7a1-5d864f72d1f1/>)

図表 3-211 マイナンバーカード機能のスマートフォン搭載によって目指す姿

「マイナンバーカード機能のスマートフォン搭載」によって目指す姿 4

- 公的個人認証サービスの電子証明書の機能をスマートフォンに搭載することによって、スマートフォンひとつで、いつでもどこでもオンライン行政手続等を行うことができる環境の構築を目指す。
- また、スマートフォン搭載による利便性の向上等を通じて公的個人認証サービスのユースケースの拡大を促進し、安心・安全な本人確認等の手段として日常の様々なシーンで同サービスが利用される社会の実現を目指す。



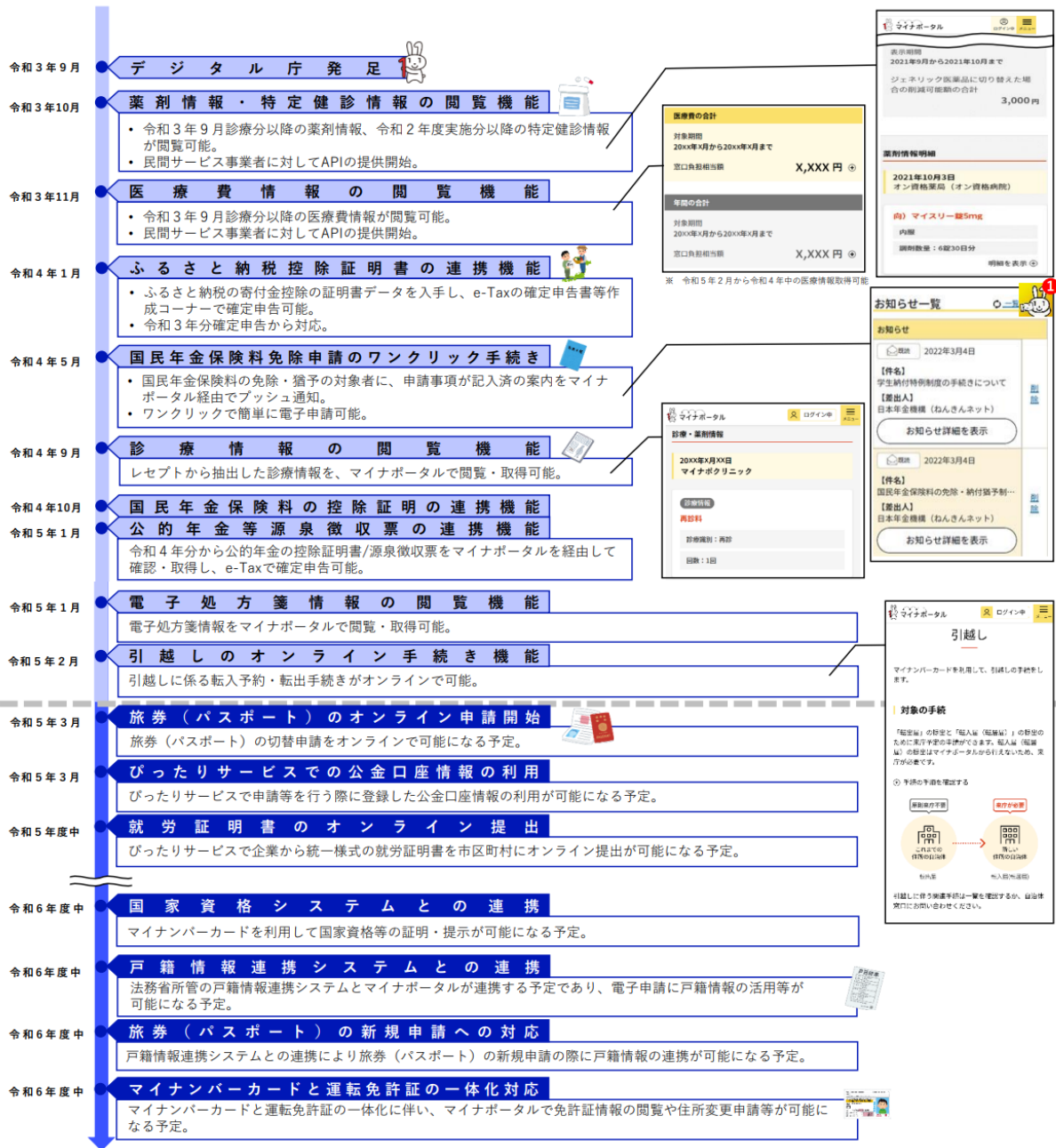
出典：「マイナンバーカードの機能（電子証明書）のスマートフォン搭載行政機関・民間事業者等向け説明資料」¹⁸⁹

また、マイナポータルの機能強化も随時進められている。

2023年2月には、引越しのオンライン手続き機能が開始され、引越しに係る転入予約・転出手続きがオンラインで可能になった。2023年3月27日からは、旅券（パスポート）更新のオンライン申請も開始され、パスポートの残存有効期間が1年未満となった場合、または査証欄の余白が見開き3ページ以下になった場合のいずれかに該当する場合、パスポート更新の申請がオンラインで実施可能となった。

¹⁸⁹ マイナンバーカードの機能のスマートフォン搭載に関する検討会（第1回）資料3「スマホ搭載 行政機関・民間事業者向け説明資料」（2022年8月3日）（<https://www.digital.go.jp/councils/mynumber-digital-basis-wg/67c1bfe0-5b2d-4c28-a7a1-5d864f72d1f1/>）

図表 3-212 マイナポータル機能強化（デジタル庁発足以降）



出典：「令和4年度重点計画策定以降の状況と取組について」¹⁹⁰

¹⁹⁰ 第6回デジタル社会構想会議 資料1「令和4年度重点計画策定以降の状況と取組について」（2023年3月1日）
 (https://www.digital.go.jp/councils/social-concept/fb284364-ada8-454e-9c49-110085a995dd/)

(ウ) デジタル社会を支えるシステム・技術

i ガバメントクラウドならびにガバメントソリューションサービス（GSS）の整備

デジタル庁では、クラウドサービスの利点を最大限に活用することで迅速、柔軟、セキュアかつコスト効率の高いシステムを構築し、利用者にとって利便性の高いサービスを提供するため、複数のクラウドサービスを相互に接続する「マルチクラウド方式」でガバメントクラウドを整備し、デジタル庁と一部の地方公共団体で利用を開始した。

2023年度以降、各府省・地方公共団体のシステムについてガバメントクラウドの利用を本格的に開始する予定であり、ガバメントクラウドテンプレートや各府省庁向け利用ガイド等の整備、クラウド移行支援体制の整備等を進めている。

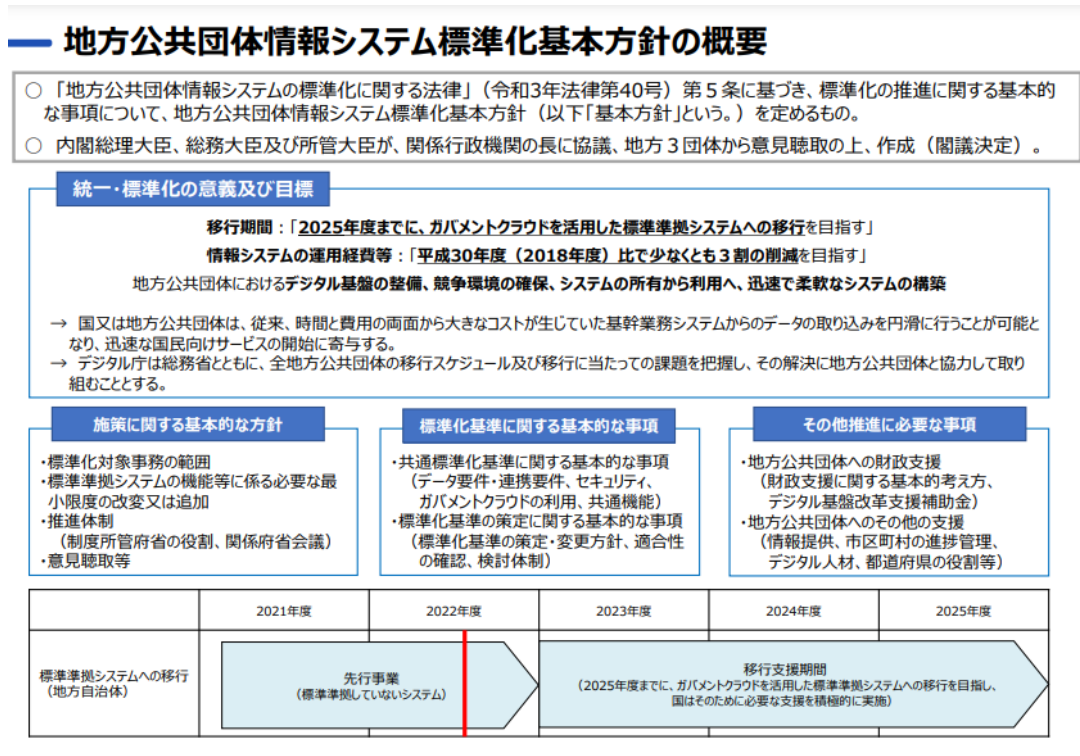
また、行政機関における、生産性やセキュリティの向上を図るため、政府共通の標準的な業務実施環境を提供するサービスである「ガバメントソリューションサービス（GSS）」の提供も開始する。ネットワークについては、現在利用している「政府共通ネットワーク」を廃止し、広帯域、高品質、低コストかつ高セキュリティな新たな府省間ネットワークを構築し、2023年度中に移行を完了する予定である。また、国と地方支分部局等との接続に際しては、国自ら既設の全国広域通信網を活用して直接管理する独自の回線網の整備を進めている。また政府共通の標準的な業務実施環境を提供。各府省庁はネットワーク更改を契機にこの環境に統合し、また公的機関の職員、施設、機器等の統一的なID管理を可能とする基盤の構築を進める。

ii 地方公共団体情報システム標準化

国民が行政手続において情報通信技術の便益を享受できる環境を整備するとともに、情報通信技術の効果的な活用により持続可能な行政運営を確立することが国及び地方公共団体の喫緊の課題であることに鑑み、2021年9月1日、地方公共団体情報システムの標準化を推進するために必要な事項を定めた「地方公共団体情報システムの標準化に関する法律」が施行された。本法に基づき、2022年10月、標準化の推進に関する基本的な事項について定めた「地方公共団体情報システム標準化基本方針」が閣議決定された。

基本方針では、全20業務の基幹業務システムについて、2025年度までにガバメントクラウドを活用した標準準拠システムへの移行を目指すことと定め、これにより2018年度比で少なくとも3割の情報システムの運用経費削減を目指すとの目標を提示した。

図表 3-213 地方公共団体情報システム標準化基本方針の概要



出典：「地方公共団体情報システム標準化基本方針の概要」¹⁹¹

基幹業務システムを利用する原則全ての地方公共団体が、目標時期である2025年度までに、ガバメントクラウド上に構築された標準準拠システムへ移行できるよう、環境整備等が進められている。

2022年8月までに、関係府省は対象20業務の標準仕様書を策定又は改定し、またデジタル庁は、データ要件・連携要件等の共通事項に関する標準仕様書を策定した。

総務省は、2023年1月10日、全自治体が円滑にシステムの標準化・共通化を進めるため、標準化・共通化に向けた標準的な作業項目やフェーズ毎に想定される主な作業体順等を掲載した「自治体情報システムの標準化・共通化に係る手順書【第2.0版】」を改定し、自治体に対し、本手順書を参考にしながら、積極的な情報収集に努めるとともに、標準化・共通化の取組を推進してほしいと呼びかけている。

¹⁹¹ デジタル庁「地方公共団体情報システム標準化基本方針の概要」（2022年10月）

(https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/c58162cb-92e5-4a43-9ad5-095b7c45100c/dac15f8f/20221007_policies_local_governments_outline_01.pdf)

3) 自治体 DX 推進計画の改定

総務省は、2020年12月に策定した「自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画」について、政府にて2022年6月に示された「デジタル社会の実現に向けた重点計画」や「デジタル田園都市国家構想基本方針」を踏まえ、2022年9月、「自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画【第2.0版】」として改定を行った。併せて、「自治体DX推進手順書」について、「自治体DX全体手順書【第2.0版】」「自治体の行政手続のオンライン化に係る手順書【第1.1版】」として、それぞれ改定を行った。また、2023年1月には、「地方公共団体情報システム標準化基本方針」等を踏まえ「自治体DX全体手順書【第2.1版】」「自治体情報システムの標準化・共通化に係る手順書【第2.0版】」「自治体の行政手続のオンライン化に係る手順書【第2.0版】」として、それぞれ改定を行った。

改定版「自治体DX推進計画」においては、重点計画やデジタル田園都市国家構想基本方針等における理念等を盛り込むとともに、重点取組事項においては、情報システムの標準化・共通化における市区町村の進捗管理等支援ツール構築の取組や、マイナンバーカードの更なる普及促進に向けた自治体への支援策等を記載している。

図表 3-214 自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画等の概要

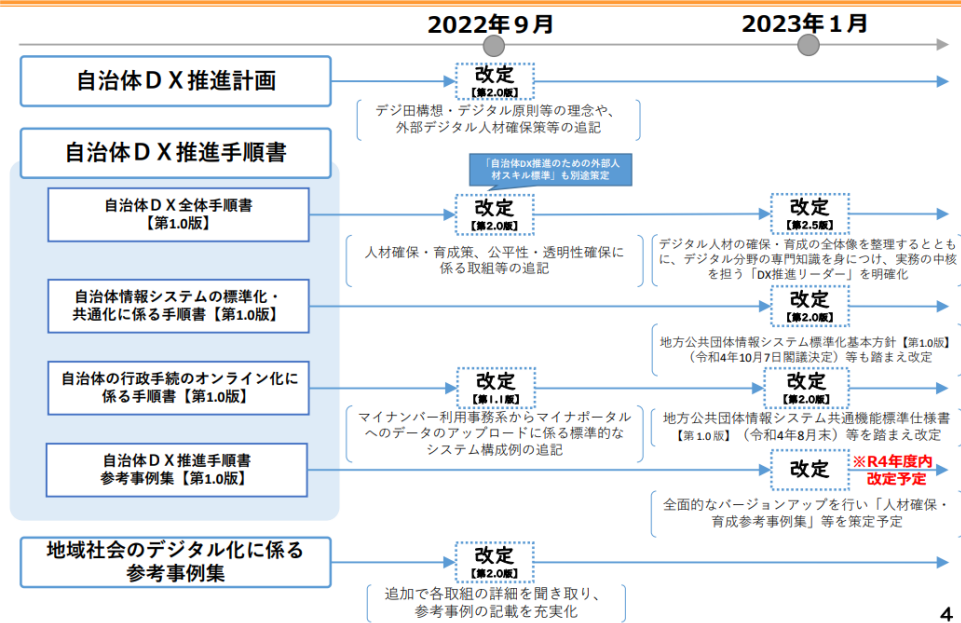
自治体DX推進計画等の概要	
<p>自治体DX推進計画の趣旨</p> <ul style="list-style-type: none"> ○『デジタル・ガバメント実行計画』（R2.12）に掲げられた各施策のうち、自治体が重点的に取り組むべき事項や国による支援策等を取りまとめ、令和2年12月に計画を策定。 ○その後、『骨太の方針2022』において「自治体DX計画改定により、国の取組と歩調を合わせた地方自治体におけるデジタル化の取組を推進する」とされたことを受け、令和4年9月、『デジタル社会の実現に向けた重点計画』『デジタル田園都市国家構想基本方針』（令和4年6月閣議決定）において国が掲げる理念や支援策等を盛り込む改定を実施。 	
<p>自治体DX推進計画（2022.9.2改定） ※計画期間：2021.1～2026.3</p> <ul style="list-style-type: none"> ■自治体におけるDXの推進体制の構築 <ol style="list-style-type: none"> ① 組織体制の整備（全庁的・横断的な推進体制） ② デジタル人材の確保・育成 ③ 計画的な取組み（スケジュール策定等） ④ 都道府県による市区町村支援 ■重点取組事項（※）自治体の業務システムの改革 <ol style="list-style-type: none"> ① 自治体情報システムの標準化・共通化 <ul style="list-style-type: none"> ・2025年度までに基幹系20業務システムを標準準拠システムへ移行 ・マイナンバーカードの普及促進 ・2022年度未だに殆どの住民が保有することを目指し申請・交付促進等 ② 行政手続のオンライン化 <ul style="list-style-type: none"> ・住民に身近な31手続をマイナポータルでオンライン手続可能に ③ AI・RPAの利用推進、④ テレワークの推進 ⑤、⑥による業務見直しなどに併せ導入・活用を推進 ⑥ セキュリティ対策の徹底 ■自治体DXの取組とあわせて取り組むべき事項 <ol style="list-style-type: none"> ① デジタル田園都市国家構想の実現に向けたデジタル実装の取組の推進・地域社会のデジタル化 ② デジタルデバイス対策 ③ デジタル原則に基づく条例等の規制の点検・見直し 	<p>自治体DX推進手順書（2022.9.2一部改定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ■自治体DX全体手順書（2022.9.2改定） <ul style="list-style-type: none"> ・DXを推進に必要と想定される一連の手順を0～3ステップで整理 ステップ0：認識共有・機運醸成 ステップ1：全体方針の決定 ステップ2：推進体制の整備 ステップ3：DXの取組みの実行 ■自治体情報システムの標準化・共通化に係る手順書 <ul style="list-style-type: none"> ・自治体情報システムの標準化・共通化の意義・効果や、自治体における作業手順等を示すもの ■自治体の行政手続のオンライン化に係る手順書（2022.9.2改定） <ul style="list-style-type: none"> ・自治体の行政手続のオンライン化の取組み方針や、自治体における作業手順等を示すもの ■参考事例集 <ul style="list-style-type: none"> ・DXの認識共有・機運醸成、推進体制の整備、個別のDXの取組み等について、先行する自治体の事例を集めたもの <p>地域社会のデジタル化に係る参考事例集（2022.9.2改定）</p> <ul style="list-style-type: none"> ○これから事業に取り組む団体の参考となるよう、各団体の事業概要を写真やイラストとともにまとめたもの。令和4年9月、取組に至った経緯・課題意識、活用した国等の支援制度等を盛り込むバージョンアップを実施。

出典：「自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画等の概要」¹⁹²

¹⁹² 総務省「自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画等の概要」（2022年9月）
https://www.soumu.go.jp/main_content/000835261.pdf

図表 3-215 自治体 DX 推進計画等 改定イメージ

(参考) 自治体DX推進計画等 改定イメージ



出典：「自治体 DX 推進手順書の概要」¹⁹³

図表 3-216 自治体の主な取組みスケジュール

自治体の主な取組スケジュール						
	2020年度 (令和2年度) 1~3月	2021年度 (令和3年度)	2022年度 (令和4年度)	2023年度 (令和5年度)	2024年度 (令和6年度)	2025年度 (令和7年度)
推進体制の構築	体制の整備					
	人材の確保・育成等					
自治体情報システムの標準化・共通化	ガバメントクラウド利用地方公共団体 順次拡大					
	先行事業の実施		標準準拠システムへの移行(※) (地方公共団体はガバメントクラウドを活用し、標準準拠システムを利用)			
	PMO支援ツールの作成		PMO支援ツールの提供			
	補助	※取組においては地方公共団体の意見を丁寧に聴いて進める。				
	住民に関する事務処理の基盤となる基幹系情報システムについて、ガバメントクラウドへの移行のために必要となる準備経費(現行システム分析調査、移行計画策定等)・システム移行経費(接続、データ移行、文字の標準化等)を補助					
自治体の行政手続のオンライン化	利便性向上に資する手続のオンライン化			その他手続のオンライン化		
	補助	子育て、介護等の手続について、マイナポータルと自治体の基幹システムのオンライン接続を行うため、マイナポータルへの接続に当たっての機器設定、連携サーバー等の設置に要する経費に対して補助				
セキュリティ対策の徹底	次期自治体情報セキュリティクラウドへの移行					
	補助	総務省が設定した高いセキュリティレベルのセキュリティクラウドへの移行を補助				

出典：「自治体 DX 推進手順書の概要」

¹⁹³ 総務省「自治体 DX 推進手順書の概要」(2023年1月)(https://www.soumu.go.jp/main_content/000857207.pdf)

(2) 地方公共団体における DX の成果・推進状況

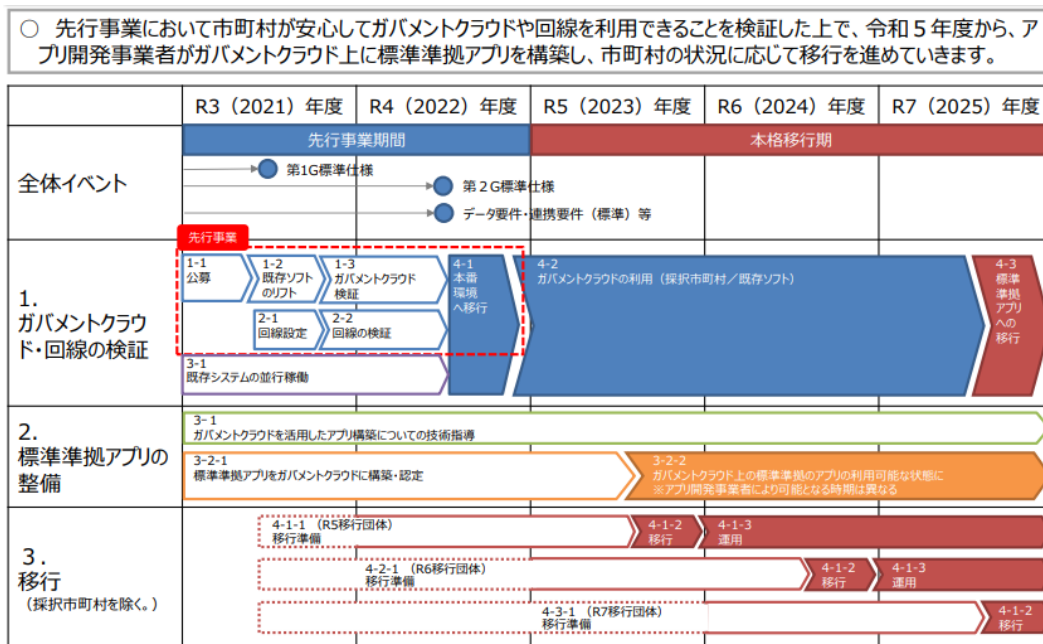
(1)にて示したデジタル・ガバメント推進に係る取組の成果・推進状況について、統計データ等を踏まえて現状の成果・推進状況を概観する。

1) ガバメントクラウドならびに地方公共団体情報システム標準化

(ア) ガバメントクラウド先行事業

デジタル庁は2021年10月26日、ガバメントクラウドへの移行に係る課題の検証を行う先行事業（市町村の基幹業務システム等）について8件の採択結果を公表した¹⁹⁴。先行事業では、2022年度末にかけて、ガバメントクラウドのテスト環境に、市町村が現に利用する基幹業務等システム又は市町村が導入を希望する基幹業務等システムのアプリケーションをリフトし、市町村が安心してガバメントクラウドや回線を利用できることを検証した。

図表 3-217 ガバメントクラウド先行事業の位置づけ



出典：内閣官房 情報通信技術（IT）総合戦略室「地方自治体によるガバメントクラウドの活用（先行事業）について」（2021.8）¹⁹⁵

¹⁹⁴ デジタル庁「ガバメントクラウド先行事業（市町村の基幹業務システム等）の採択結果を公表しました」（2021.10.26）（<https://www.digital.go.jp/news/ZYzU5DYY/>）

¹⁹⁵ 内閣官房 情報通信技術（IT）総合戦略室「地方自治体によるガバメントクラウドの活用（先行事業）について」（2021.8）

（<https://cio.go.jp/sites/default/files/uploads/documents/senkoujigyougaiyou20210831.pdf>）<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai80/siryou2-1.pdf>

ガバメントクラウド先行事業は2023年度も継続して実施され、主に深堀フェーズとして主に以下の事項を検証する予定となっている。

- ・ コストメリットや運用効率性が享受できる構成への移行検証
- ・ 運用における目標管理指標の検証
- ・ 標準準拠システムのシフト検証
- ・ ネットワーク接続の在り方検証
- ・ 投資対効果の検証

(イ)2025年の完全移行に向けた現状と課題

「自治体情報システムの標準化・共通化に係る手順書【第2.0版】」では、今回の標準化の取組は、以下の点で従来のシステム更改と異なることを踏まえて対応する必要があると示している。

- ・ 令和7年度を目標時期として標準準拠システムへ移行する必要があること。
- ・ 全ての標準化対象システムが移行の対象であること。
- ・ 全自治体において短期間に集中してシステムの移行がなされること。
- ・ 標準仕様書やガバメントクラウドへの移行など、国の動きと密接に関連していること。
- ・ 標準仕様書に基づく業務フロー等の見直しの検討が生じ得ること。

上記のような特徴により、業務システム開発が間に合わないこと、また事業者のリソースの確保が困難になること、また、各自治体におけるデータ移行や周辺システムとの情報連携などを考慮した導入準備の作業時間が十分に確保できないことなどが懸念点として挙げられている。

武蔵大学社会学部メディア社会学科の庄司昌彦教授は、「今後2025年度までの3年間で、具体的な課題や不具合はこれから数多く発覚するだろう。ただし、そこで批判にさらされたとしても、問題を先送りにしたり、費用を絞ったりせず、逃げずにやり続けることが必要である。」と指摘している¹⁹⁶。その理由は、「標準化は終わることのない取組だから」であるという。

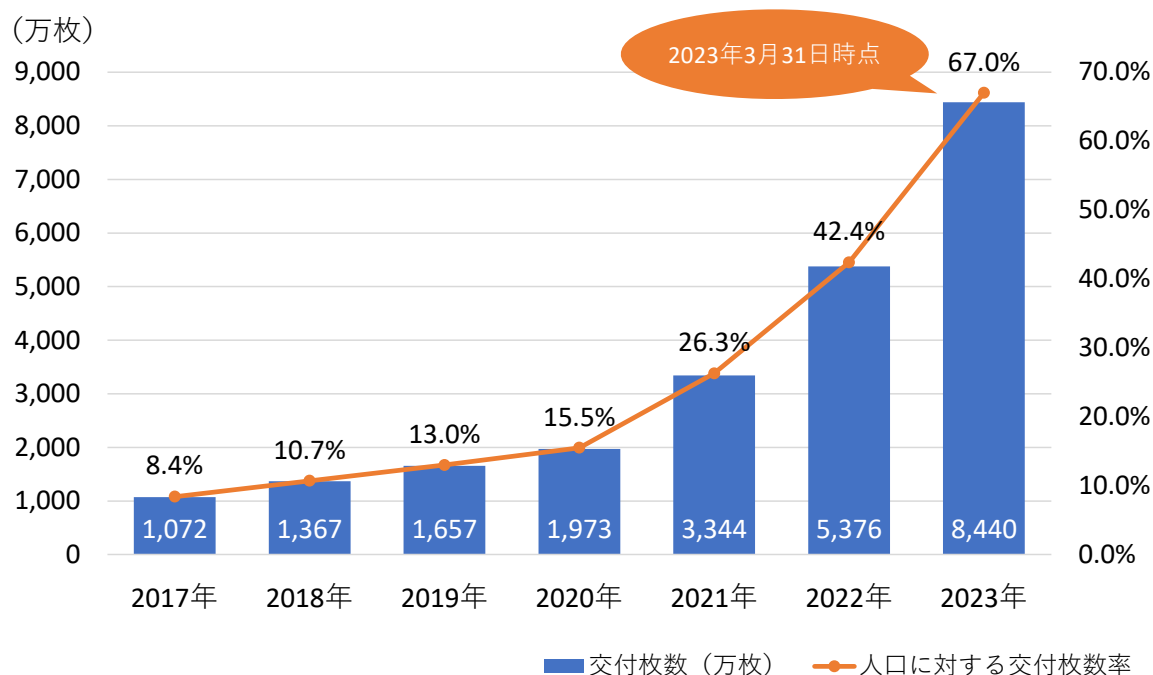
「現在公開されている標準仕様書は、まずは現行制度を基に、現状の仕組みの最大公約数のような形でつくられた。全国の自治体業務システムがガバメントクラウドに移行した後にこそ、一気にバックヤードのシステム連携等の改革に着手できる、いわば第二ラウンドが始まる。そのために、今から2026年度以降の改革に向けて議論を開始していかなければならない。デジタル庁や各府省は仕様書の改定を継続し、必要に応じて制度の見直しを進めることで、連携のメリットを享受できるよう仕組みづくりを進めていく必要がある。また自治体は、これまでのように独自のカスタマイズをするのではなく、標準仕様を前提とした業務の見直しを進めていく必要がある。」と、政府と自治体それぞれにおける継続的な取組の必要性を示している。

¹⁹⁶ 有識者ヒアリング（武蔵大学社会学部メディア社会学科 庄司昌彦教授）に基づく。

2) マイナンバーカード普及促進

マイナンバーカードの累計交付枚数ならびに人口に対する割合の推移を図表 3-218 に示す。マイナンバーカードの人口に対する交付枚数は、2022年3月時点で42.4%であったのに対し、1年間で大きく向上し、2023年3月31日時点で67.0%まで到達している。

図表 3-218 マイナンバーカード普及状況の推移



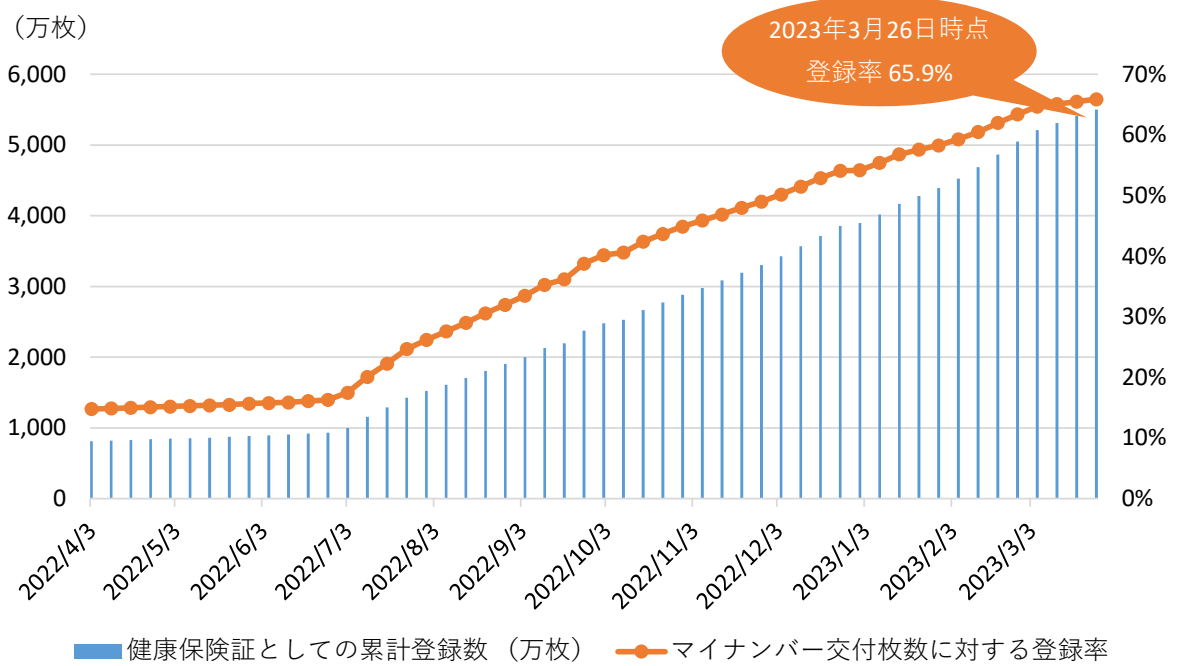
※各年3月時点（2019年は4月時点）の交付枚数

出典：総務省「マイナンバーカード交付状況について」¹⁹⁷をもとに NTT データ経営研究所作成

また、マイナンバーカードの健康保険証としての登録は、2023年3月26日時点で、累計約5,505万枚、マイナンバーカード累計発行数に対する登録率は65.9%である。公金受取口座の登録については、同じく2023年3月12日時点で、累計登録数が約4,853万件、マイナンバーカード累計発行数に対する登録率は58.1%である。

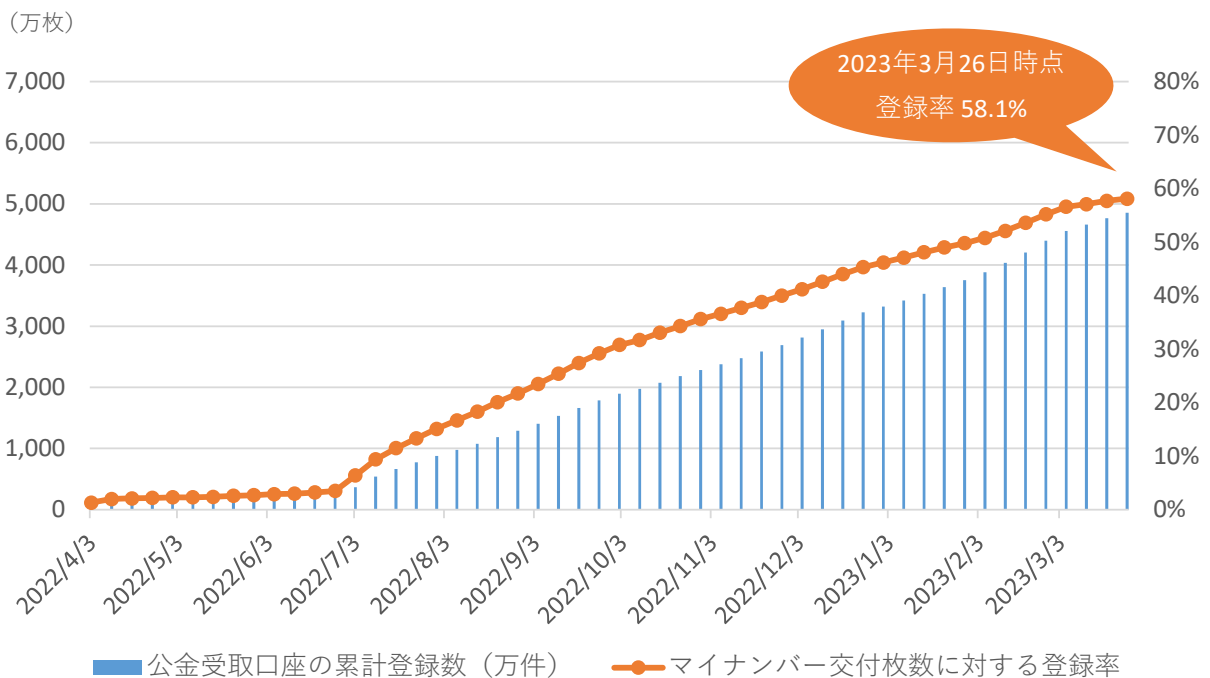
¹⁹⁷ 総務省「マイナンバーカード交付状況について」(https://www.soumu.go.jp/kojinbango_card/kofujokyo.html)

図表 3-219 マイナンバーカードの健康保険証としての登録状況推移



出典：デジタル庁「政策データダッシュボード（ベータ版）」¹⁹⁸をもとに NTT データ経営研究所作成

図表 3-220 公金受取口座の登録状況推移



出典：デジタル庁「政策データダッシュボード（ベータ版）」をもとに NTT データ経営研究所作成

¹⁹⁸ デジタル庁「政策データダッシュボード（ベータ版）」(<https://www.digital.go.jp/resources/govdashboard/>)

3) 行政手続のオンライン化

「デジタル・ガバメント実行計画」において、地方公共団体が優先的にオンライン化を推進すべき手続とされている 58 手続におけるオンライン利用実績はに示す通り。

図表 3-221 地方公共団体における行政手続（58 手続）のオンライン利用状況

地方公共団体における行政手続のオンライン利用の状況

地方公共団体における行政手続のオンライン利用の状況については、「地方公共団体におけるオンライン利用促進指針」（令和 2 年 3 月 4 日最終改正）に基づき、毎年度、オンライン利用率の把握を行った上で公表しており、今般、令和 2 年度の状況を取りまとめました。令和 2 年度の状況については、「デジタル・ガバメント実行計画」（令和 2 年 12 月 25 日閣議決定）において、地方公共団体が優先的にオンライン化を推進すべき手続とされている 58 手続の実績を公表します。

地方公共団体が優先的にオンライン化を推進すべき手続（58 手続）のオンライン利用状況

年度	年間総手続件数 ※ 1	オンライン利用件数 ※ 2	オンライン利用率
令和 2 年度	469,638 千件	247,915 千件	52.8 %
令和元年度	472,618 千件	240,074 千件	50.8 %
平成30年度	473,848 千件	215,065 千件	45.4 %

※ 1 :対象手続に関して既にオンライン化している団体における、総手続件数と人口を基に算出した全国における推計値である。

※ 2 :より精緻なオンライン利用率の算出を行うため、今回から、年間総手続件数と同様、推計値とした。

出典：総務省「令和 2 年度地方公共団体における行政手続のオンライン利用の状況（R4/3/29 公表）」¹⁹⁹

4) AI・RPA の利用推進

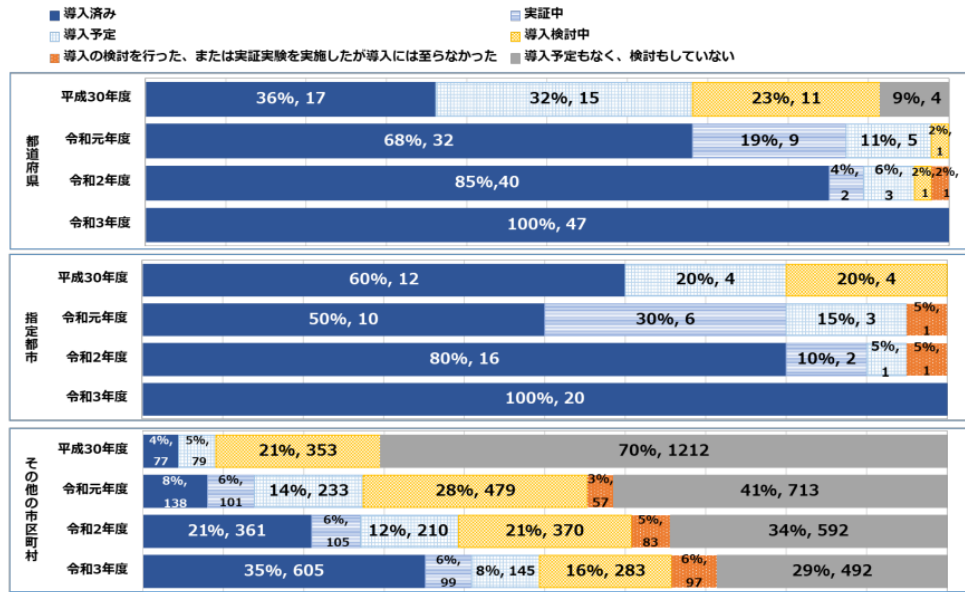
AI の導入済み団体数は、2021 年度時点で、都道府県・指定都市で 100%となった。その他の市区町村は 35%となり、実証中、導入予定、導入検討中を含めると約 66%の自治体が AI の導入に向けて取り組んでいる（図表 3-222）。機能別にみると、上位 3 分野（音声認識、文字認識、チャットボットによる応答）は全ての規模の自治体で導入が進んでいる。下位 4 分野（マッチング、最適解表示、画像・動画認識、数値予測）は都道府県レベルでも導入事例が少ないものの、調査開始以降一貫して増加している。

¹⁹⁹ 総務省「令和 2 年度地方公共団体における行政手続のオンライン利用の状況（R4/3/29 公表）」

(https://www.soumu.go.jp/main_content/000857235.pdf)

図表 3-222 地方自治体における AI 導入状況

- 導入済み団体数は、都道府県・指定都市で100%となった。その他の市区町村は35%となり、実証中、導入予定、導入検討中を含めると約66%の自治体がAIの導入に向けて取り組んでいる。



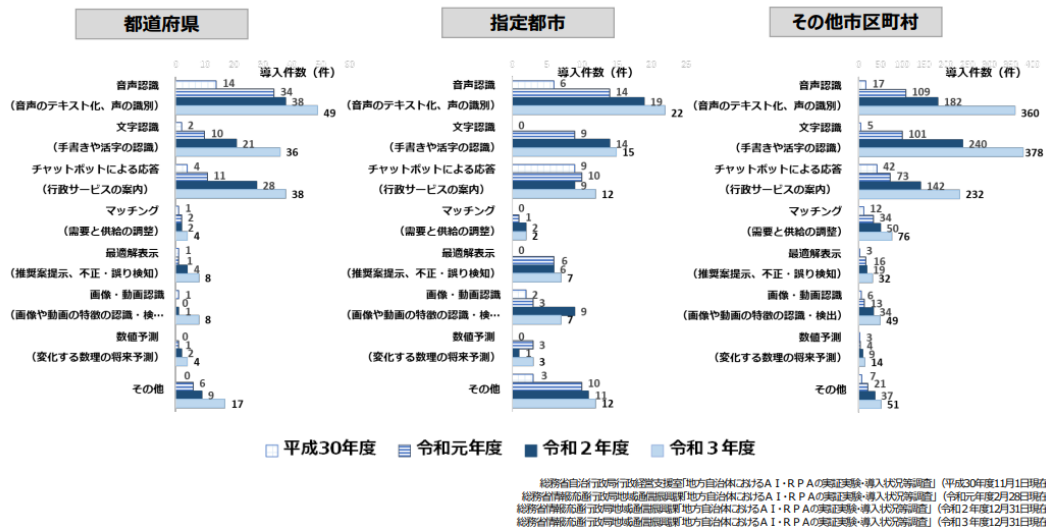
※平成30年度の「導入済み」には実証中を含む

総務省自治行政局行政運営支援部 地方自治体におけるAI・RPAの実証実験・導入状況等調査（平成30年度11月1日現在）
 総務省情報政策局行政局行政運営支援部 地方自治体におけるAI・RPAの実証実験・導入状況等調査（令和元年度2月28日現在）
 総務省情報政策局行政局行政運営支援部 地方自治体におけるAI・RPAの実証実験・導入状況等調査（令和2年度12月31日現在）
 総務省情報政策局行政局行政運営支援部 地方自治体におけるAI・RPAの実証実験・導入状況等調査（令和3年度12月31日現在）

出典：総務省「自治体における AI・RPA 活用促進」（令和4年6月27日版）²⁰⁰

図表 3-223 地方自治体における AI 導入状況（AI の機能別導入状況）

- AIの機能別導入状況を自治体類型別（都道府県・指定都市・その他の市区町村）でそれぞれ経年比較すると以下のとおりとなる。
- 上位3分野（音声認識、文字認識、チャットボットによる応答）は全ての規模の自治体で導入が進んでいる。下位4分野（マッチング、最適解表示、画像・動画認識、数値予測）は都道府県レベルでも導入事例が少ないものの、調査開始以降一貫して増加している。

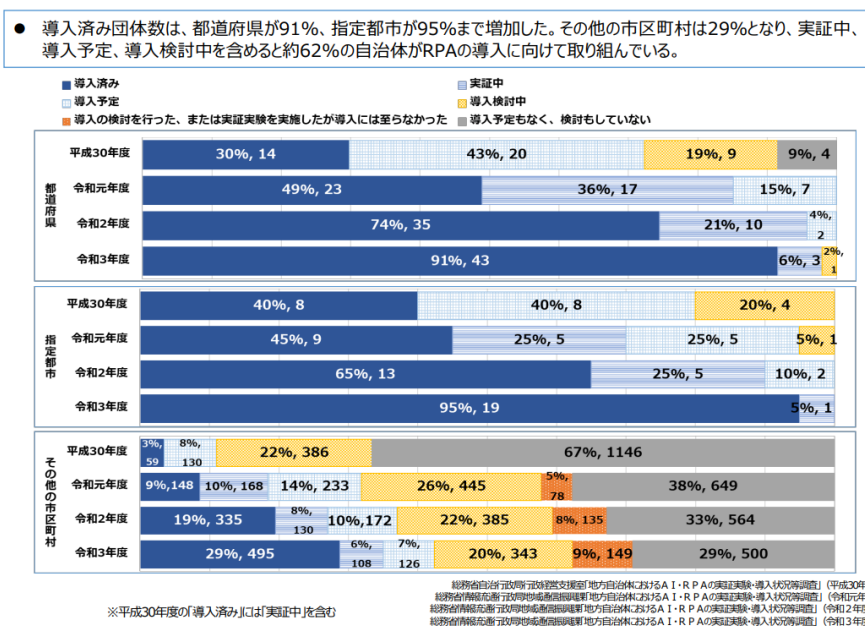


出典：総務省「自治体における AI・RPA 活用促進」（令和4年6月27日版）

²⁰⁰ 総務省「自治体における AI・RPA 活用促進」（令和4年6月27日版）
 (https://www.soumu.go.jp/main_content/000822108.pdf)

また、RPA 導入済み団体数は、都道府県が91%、指定都市が95%まで増加した。その他の市区町村は29%となり、実証中、導入予定、導入検討中を含めると約62%の自治体がRPAの導入に向けて取り組んでいる（図表 3-224）。分野別にみると、「財政・会計・財務」、「児童福祉・子育て」、「組織・職員（行政改革を含む）」への導入が多い（図表 3-225）。

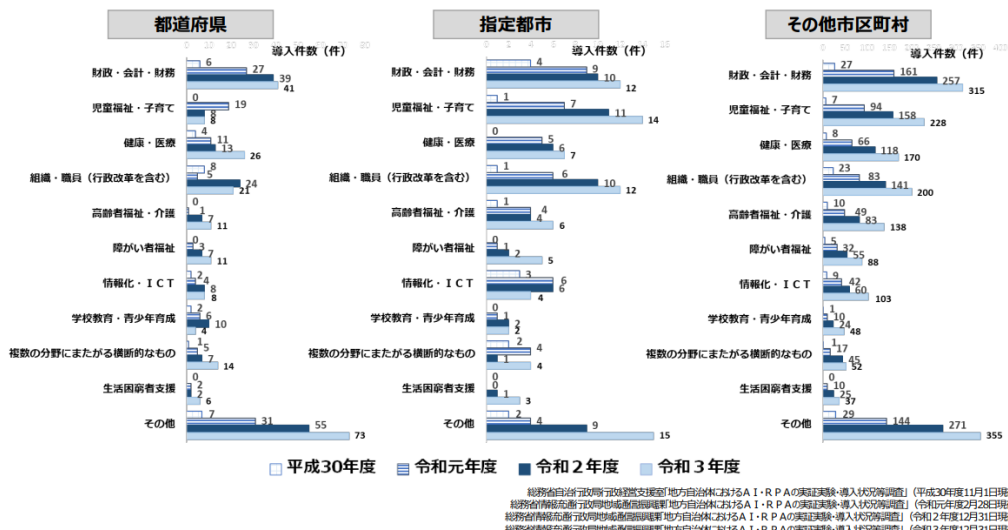
図表 3-224 地方自治体における RPA 導入状況



出典：総務省「自治体における AI・RPA 活用促進」（令和4年6月27日版）

図表 3-225 地方自治体における RPA 導入状況（RPA の分野別導入状況）

- RPAの分野別導入状況を自治体類型別（都道府県・指定都市・その他の市区町村）でそれぞれ経年比較すると以下のとおりである。
- 全体の傾向と概ね同様であるが、その他市区町村での導入が増加している。

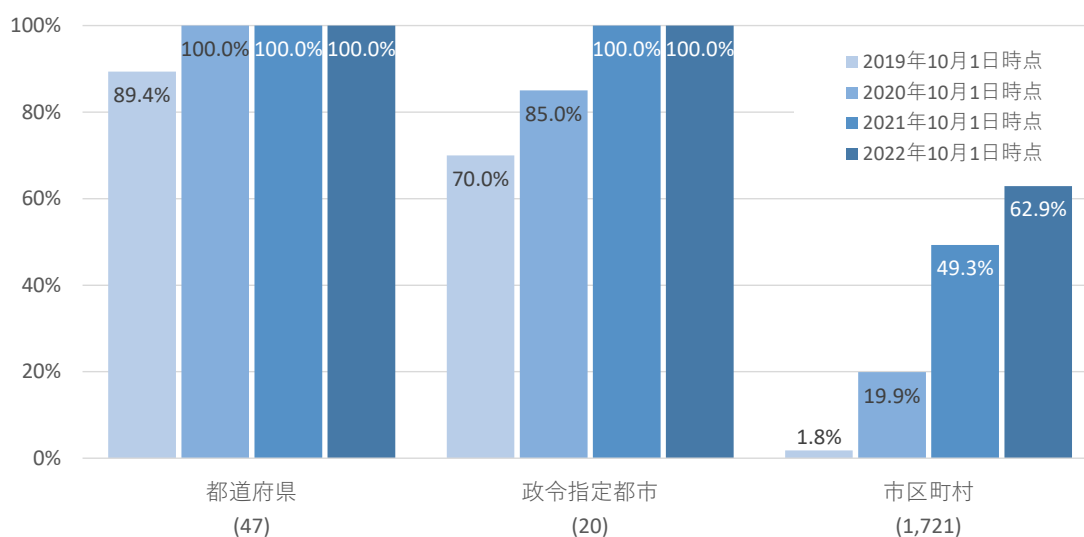


出典：総務省「自治体における AI・RPA 活用促進」（令和4年6月27日版）

5) テレワークの推進

新型コロナウイルス感染症拡大前後における自治体のテレワーク実施状況推移は、図表 3-226 に示すとおりである。1 回目の緊急事態宣言を経た 2020 年 10 月時点の調査では、政令市以外の市区町村で 20% 未満であったが、2022 年 10 月時点では 6 割以上まで増加している。

図表 3-226 自治体におけるテレワーク導入状況



出典：総務省「地方公共団体におけるテレワーク取組状況」をもとに NTT データ経営研究所作成²⁰¹

²⁰¹ 総務省「地方公共団体におけるテレワーク取組状況」（令和元年 10 月 1 日時点、令和 2 年 10 月 1 日時点、令和 3 年 10 月 1 日時点、令和 4 年 10 月 1 日時点）(https://www.soumu.go.jp/main_content/000853597.pdf)

(3) 国際的に比較した際の日本の電子政府の現状と課題

(ア) 国連 (UNDESA) 「世界電子政府ランキング」

国連経済社会局 (UNDESA) による電子政府調査は、国連加盟国における ICT を通じた公共政策の透明性やアカウントビリティを向上させ、公共政策における市民参画を促す目的で実施され、2003 年から始まり、2008 年以降は 2 年に 1 回の間隔で行われている。この調査では、オンラインサービス指標 (Online Service Index)、人的資本指標 (Human Capital Index)、通信インフラ指標 (Telecommunications Infrastructure Index) の 3 つの指標を元に平均して EGD I (電子政府発展度指標) を出して順位を決めている。

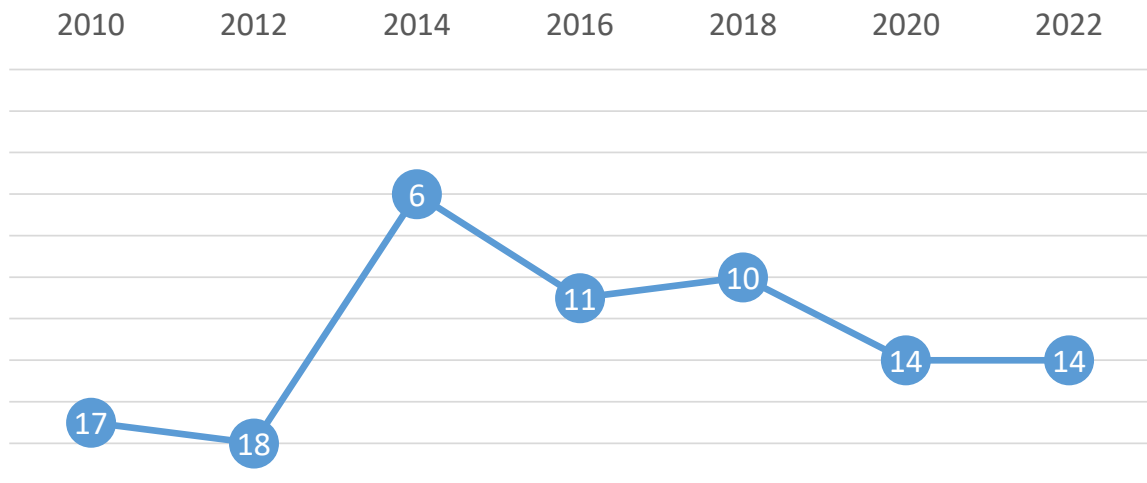
この電子政府ランキングによれば、最新調査時点の 2022 年における日本の順位は 14 位であり、前回調査 (2020) と同じだが、スコア は前回調査より上昇 (0.8989→0.9002) した。過去からの推移をみると、日本は概ね 18 位から 10 位の間で推移している。

個別指標のスコアをみると、日本は「eParticipation Index (電子行政参加)」部門において、前回の 4 位から順位を上げ、1 位を獲得した。eParticipation Index では、「e-information (情報提供)」「e-consultation (対話・意見収集)」「e-decision-making (意思決定)」という 3 つの分野の調査結果をもとにスコアリングされるが、日本は、Information 0.9818、Consultation 1.0000、Decision-making 1.0000 で、すべてにおいて高い評価を受けている。

デジタル庁によれば²⁰²、日本のオープン・ガバメントは、2011 年の東日本大震災を機に急速に取り組みが進められ、これまでも 2 位から 5 位と高い評価を受けていた。今回、オープン・データに関する取り組みや、意見やアイデアを収集するプラット・フォームを活用して国民の皆様と「対話」をする入り口を作ったこと、リーダーシップの発揮、寄せられた意見を計画の中に反映したことなどが高い評価につながったという。

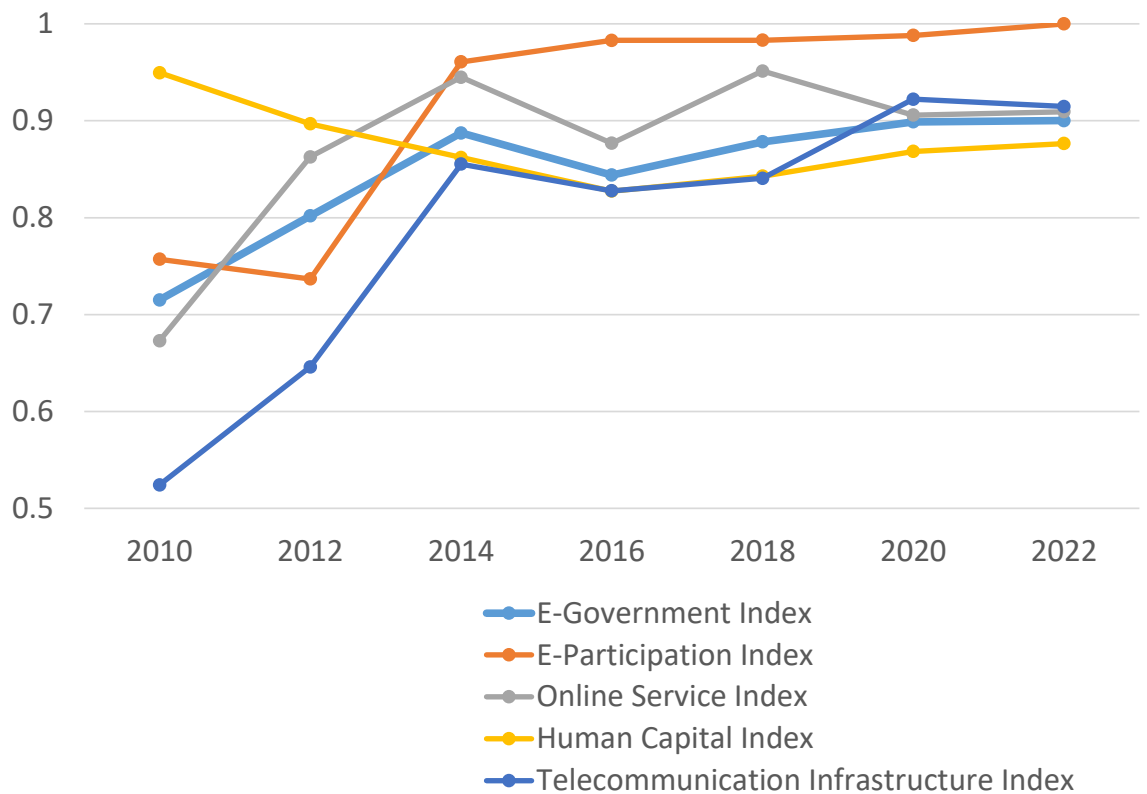
²⁰² デジタル庁 Data strategy team 「日本はなぜ国連の e-Participation Index で世界 1 位なのか」 (2022 年 10 月 4 日)
(<https://data-gov.note.jp/n/nb11a924f4f00>)

図表 3-227 国連（UNDESA）「世界電子政府ランキング」における日本の順位推移



出典：UN e-Government Surveys²⁰³をもとに NTT データ経営研究所作成

図表 3-228 国連（UNDESA）「世界電子政府ランキング」における日本の個別指標スコア推移



出典：UN e-Government Surveys をもとに NTT データ経営研究所作成

²⁰³ UN e-Government Surveys (<https://publicadministration.un.org/en/Research/UN-e-Government-Surveys>)

(イ) 早稲田大学世界デジタル政府ランキング

早稲田大学電子政府自治体研究所は、世界の ICT 先進国 64 カ国を対象に、各国のデジタル政府推進について進捗度を主要 10 指標（35 サブ指標）²⁰⁴で多角的に評価する「世界デジタル政府ランキング」を、2005 年から毎年公表している。

17 回目となる 2022 年度の調査結果によれば、上位から 1 位：デンマーク、2 位：ニュージーランド、3 位：カナダ、4 位：シンガポール、5 位：米国です。デンマークは 2 年連続で 1 位となりました。9 位の台湾、10 位の日本は昨年と順位が逆転した²⁰⁵。日本の課題と構造的弱点として、コロナ対応で露呈した官庁の縦割り行政、DX（デジタル変革）やスピード感の欠如、電子政府（中央）と電子自治体（地方）の法的分離による意思決定の複雑性、都道府県、市区町村の行財政・デジタル格差の拡大等が指摘されており、ポスト・コロナ時代のデジタル政府の最優先事項として次の 4 項目が提言として挙げられている。

- ・ 17 年間の時系列分析・評価分析を踏まえた将来のデジタル政府像（モデル）に必要な施策案、および確実な急成長を続ける“テクノロジー”が人類社会に挑戦する歴史的教訓の活用。
- ・ 直面する少子・超高齢・人口減少社会を見据えた、デジタル活用による官民連携やデジタル・イノベーションの推進、行財政のコスト削減や効率化、積極的且つ最適なデジタル投資による、“シルバー・エコノミー”を基調とした国民生活の利便性向上に寄与する施策の牽引。
- ・ 3 大先端技術「5G、AI、8K」の統合力を基軸とした、日本におけるポスト・コロナ時代のデジタル・イノベーション成長戦略の新総合ロードマップの策定。
- ・ 5G/6G の開発・普及、AI・ブロックチェーン利活用をベースとする情報通信インフラをコア（中軸）とした「第 5 世代デジタル政府」（当研究所提唱）の構築、および電子政府（中央）と電子自治体（地方）の法的分離の解消によるシームレスなワンストップ・サービスの提供。

²⁰⁴ 主要 10 指標は、「NIP（ネットワーク・インフラの充実度（公的ネットワークの構築・整備）」、「MO（行財政改革への貢献度、行政管理の最適化）」、「OS（各種オンライン・アプリケーション・サービスの進捗度（オンライン・サービス活動の種類や進捗度）」、「NPR（ホームページ、ポータルサイトの利便性（ナショナル・ポータルの状況）」、「GCIO（政府 CIO（最高情報責任者）の活躍度（権限や人材育成）」、「EPRO（電子政府の戦略・振興策（計画の達成度）」、「EPAR（ICT による市民の行政参加の充実度（市民の電子参加）」、「OGD（オープン・ガバメント（オープン・データ）」、「CYB（サイバーセキュリティ）」、「AIU（先端 ICT（クラウド、IoT、ビッグデータ）の利活用度）」である。

²⁰⁵ 早稲田大学電子政府自治体研究所「世界デジタル政府ランキング」（https://idg-waseda.jp/ranking_jp.htm）

4. 参考文献一覧

4.1. 参考文献一覧

図表 4-1 参考文献一覧

著者等	発行/発表年	タイトル	出版社/掲載誌
内閣官房	2022	新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計	
内閣府	2022	経済財政運営と改革の基本方針 2022	
内閣府	2022	統合イノベーション戦略 2022	
内閣官房	2022	経済安全保障重要技術育成プログラム研究開発ビジョン	
文部科学省科学技術・学術政策研究所	2022	科学技術指標 2022	
国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター	各年	研究開発の俯瞰報告書主要国の研究開発戦略	
国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター	2021	研究開発の俯瞰報告書システム・情報科学技術分野（2021年）	
国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター	2021	研究開発の俯瞰報告書ライフサイエンス・臨床医学分野（2021年）	
国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター	2021	EUの研究・イノベーション枠組みプログラム HorizonEurope	
堀越功	2022	Google や Meta がのみ込む海底ケーブル、超巨大 IT のイントラ網に	日経 XTECH
総務省	2020	Beyond5G 推進戦略－6G へのロードマップ－	
総務省	2022	Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方報告書	
Beyond5G 推進コンソーシアム	2021	Beyond5G 推進コンソーシアム第 2 回総会	
総務省	2022	Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方	
国立研究開発法人情報通信研究機構	2022	Beyond5G 研究開発促進事業委託研究課題	
Beyond5G 推進コンソーシアム	2022	Beyond5G ホワイトペーパー～2030 年代へのメッセージ～	
総務省	2022	Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方－強靱で活力のある 2030 年代の会を目指して－	

著者等	発行/発表年	タイトル	出版社/掲載誌
国立研究開発法人情報通信研究機構	2021	Beyond5G 実現に向けた技術戦略	
総務省	2022	日本の ICT 国際戦略について	
統合イノベーション戦略推進会議	2020	量子技術イノベーション戦略（最終報告）	
一般社団法人量子 ICT フォーラム	2022	全精力を傾けて日本の量子鍵配送技術を世界標準に	
内閣府	2022	量子未来社会ビジョン	
国立研究開発法人情報通信研究機構	2022	QUANTUMNETWORKWHITEPAPER	
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	2021	量子技術イノベーション戦略の見直しの方向性中間取りまとめ	
国立研究開発法人科学技術振興機構	2022	論文・特許マップで見る量子技術の国際動向	
日本航空宇宙学会	2019	JSASS 宇宙ビジョン 2050	
総務省	2022	Beyond5G に向けた情報通信技術戦略の在り方参考資料集	
内閣府	2022	宇宙基本計画工程表改訂に向けた重点事項	
内閣府	2022	令和 5 年度概算要求における宇宙関係予算について	
文部科学省	2022	令和 5 年度概算要求のポイント	
経済産業省	2022	民間宇宙システムにおけるサイバーセキュリティ対策ガイドライン	
内閣官房	2022	インフラシステム海外展開戦略 2025	
内閣府	2020	宇宙利用の現在と未来に関する懇談会	
総務省	2022	Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会事務局資料	
デジタル庁	2022	Web3 研究会（第 1 回）事務局資	
日本経済団体連合会	2022	web3 推進戦略－Society5.0forSDGs に向けて－	
デジタル庁	2022	Web3 研究会報告書	
金融庁	2022	2022 事務年度 金融行政方針	
内閣府	2022	知的財産推進計画 2022	
内閣官房	2021	成長戦略実行計画	
内閣官房	2021	緊急提言～未来を切り拓く「新しい資本主義」とその起動に向けて～	
経済産業省	2021	2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略	

著者等	発行/発表年	タイトル	出版社/掲載誌
経済産業省	2021	デジタルインフラ（DC等）整備に関する有識者会合	
経済産業省	2022	総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会省エネルギー小委員会 工場等判断基準ワーキンググループ 中間取りまとめ	
総務省	2022	カーボンニュートラル実現に向けた ICT の取り組みについて	
総務省	2022	通信利用動向調査	
JUAS（日本情報システム・ユーザー協会）	2022	企業 IT 動向調査 2022	
総務省	2022	国内外における最新の情報通信技術の研究開発及びデジタル活用の動向に関する調査研究	
IPA（独立行政法人情報処理推進機構）	2023	DX 白書 2023	
デジタル庁	2022	デジタル社会の実現に向けた重点計画の概要	
デジタル庁	2022	デジタル原則に照らした規制の一括見直しプラン	
デジタル庁	2022	アナログ規制の見直しに係る工程表	
デジタル庁	2022	地方公共団体におけるアナログ規制の点検・見直しマニュアル【第 1.0 版】	
デジタル庁	2023	行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律等の一部を改正する法律案	
デジタル庁	2023	利用者目線の行政サービス実現に向けたトータルデザインとマイナンバー法改正の検討について	
デジタル庁	2023	令和 4 年度重点計画策定以降の状況と取組について	
デジタル庁	2022	地方公共団体情報システム標準化基本方針の概要	
総務省	2022	自治体デジタル・トランスフォーメーション（DX）推進計画等の概要	
総務省	2023	自治体 DX 推進手順書の概要	
内閣官房	2021	地方自治体によるガバメントクラウドの活用（先行事業）について	
総務省	2022	自治体における AI・RPA 活用促進	
デジタル庁	2022	日本はなぜ国連の e-Participation Index で世界 1 位なのか	

4.2. アンケート集計結果

「別紙 1_アンケート単純集計結果」参照