

# ICT 先端技術に関する調査研究 報告書

2014 年 4 月



株式会社 KDDI 総研

## 目次

<b>1</b>	<b>自動車における ICT の活用の現状と動向</b> .....	<b>1</b>
1.1	自動車で授受される情報通信の現状と動向.....	1
1.1.1	自動車で授受される情報通信に関する利用の現状.....	1
1.1.2	自動車で授受される情報通信を取り巻く産業の姿.....	4
1.1.3	自動車で授受される情報通信の利活用環境の変化.....	5
(1)	GENIVI Alliance.....	7
(2)	Tizen Project (Tizen IVI).....	8
(3)	CCC.....	11
(4)	W3C Automotive and Web Platform BG.....	12
(5)	OTT プレイヤの動き.....	13
1.2	自動車の情報通信利活用に係るこれまでの政府の取組.....	13
1.2.1	ITS の推進.....	14
1.2.2	国際標準化の推進.....	16
1.3	自動車での情報通信利活用形態と利用例.....	17
1.3.1	情報利活用のための接続形態.....	18
1.3.2	利活用例.....	19
(1)	自動車における情報通信の代表的活用事例.....	19
(2)	トヨタ.....	20
(3)	Audi.....	21
(4)	BMW.....	22
(5)	Ford.....	23
(6)	Mercedes Benz.....	24
(7)	GM.....	24
(8)	利用意向の傾向.....	25
1.4	自動車×ICT の利活用により目指すべき社会の姿.....	26
1.4.1	協調型社会.....	26
1.4.2	自動走行への取り組み.....	27
(1)	安全運転支援技術の発展.....	27
(2)	自動走行の開発状況.....	29
(3)	自動走行への展開.....	33
(4)	ITS が担う役割の方向性.....	35
1.5	政府としての取組.....	35
1.5.1	安全運転を支援する 700MHz 帯車車間・路車間通信システム.....	35
1.5.2	歩行者の安全確保のための 79GHz 帯衝突防止用高分解能レーダー.....	36
1.5.3	「情報セキュリティ アドバイザリーボード ITS セキュリティ検討グループ」開催.....	37
1.5.4	ITS 関連事業成果発表会の開催.....	38
1.5.5	SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) での次世代 ITS における総務省取り組み.....	39

2	ICT 産業で再び脚光を浴びる AI (人工知能) の現状と動向.....	40
2.1	AI の現状 .....	40
2.2	AI の歴史 .....	47
2.3	ICT 産業における AI の活用事例 .....	51
2.3.1	スマートフォンなどモバイル端末における音声操作機能.....	51
2.3.1.1	Apple 「Siri」 .....	51
2.3.1.2	NTT ドコモ 「しゃべってコンシェル」 .....	52
2.3.1.3	ヤフー 「Yahoo! 音声アシスト」 .....	53
2.3.2	SMS などソーシャル・メディアに投稿された画像の自動解析機能.....	54
2.3.2.1	Facebook.....	54
2.3.3	コミュニケーションを円滑にする自動翻訳機能.....	54
2.3.3.1	成田国際空港 「NariTra」 .....	54
2.3.3.2	NTT ドコモ 「はなして翻訳」 .....	55
2.3.3.3	KDDI 「おはなしアシスタント」 .....	56
2.3.4	インターネット動画配信サービスなどにおけるリコメンデーション機能.....	57
2.3.4.1	Netflix.....	57
2.3.5	プロ棋士と対等に勝負する将棋ソフトウェア.....	57
2.3.5.1	コンピュータ将棋.....	57
2.3.6	自律制御により家事などを行うスマート家電.....	59
2.3.6.1	iRobot 「Roomba」 .....	59
2.3.6.2	Nest Labs 「Nest Learning Thermostat」 .....	59
2.3.7	自動車メーカーとの連携による自動運転機能.....	60
2.3.7.1	Google 「Self-Driving Cars」 .....	60
2.3.8	高齢者の作業や介護者をサポートするパワーアシストスーツ.....	61
2.3.8.1	CYBERDYNE 「HAL」 .....	61
2.3.9	災害時に活躍する探索用レスキューロボット.....	61
2.3.9.1	DARPA ロボティクス・チャレンジ.....	61
2.4	AI の利活用により目指すべき社会の姿.....	64

## 図表 目次

表 1	自動走行のレベル.....	34
表 2	AI の研究分野.....	40
表 3	代表的な音声認識とパーソナル・アシスタント .....	43
表 4	IBM 「Deep Blue」「Watson」 のシステム構成 .....	44
表 5	Google が買収した AI やロボット関連の企業.....	46
表 6	AI 年表 .....	51
図 1	カーナビの出荷台数.....	2
図 2	VICS 車載機の出荷台数.....	2
図 3	ETC 利用状況の推移.....	3
図 4	ETC 導入効果.....	3
図 5	コネクテッド・カーのサービスやアプリケーション .....	5
図 6	「eCall 緊急通報システム」における収集の仕組み .....	6
図 7	GENIVI のプラットフォームビジョン .....	7
図 8	Tizen IVI のプロファイル.....	8
図 9	Tizen IVI の Web アプリ動作環境 .....	9
図 10	Web アプリの動作環境.....	10
図 11	Tizen IVI のロードマップ .....	10
図 12	MirrorLink の様子 .....	11
図 13	MirrorLink の仕組み .....	11
図 14	Apple CarPlay .....	13
図 15	情報通信を活用した ITS .....	14
図 16	情報通信を活用した ITS .....	15
図 17	ISO13185 が規定する部分 — 図中黄色の部分 .....	16
図 18	自動車のセキュリティ保護対象 .....	17
図 19	スマートフォン連携のタイプ .....	18
図 20	英 Co-operative insurance 社の「Young Frivers Insurance」 .....	20
図 21	Audi 車載タブレット.....	21
図 22	スマートフォンによる Audi 自動駐車デモンストレーションの様子 .....	22
図 23	BMW i3 のダッシュボード .....	23
図 24	Ford ダッシュボード.....	23
図 25	Mercedes Benz ウェアラブルデバイスによる車両情報管理.....	24
図 26	Chevrolet Impala のダッシュボード.....	25
図 27	利用してみたい主な自動車向けアプリ（複数回答） .....	26
図 28	2030 年のありたい交通社会イメージ.....	27
図 29	衝突被害軽減ブレーキの概念.....	28
図 30	ACC（車速／車間制御機能）の基本制御パターン概念.....	28
図 31	車線維持支援システムの作動イメージ.....	29
図 32	Google 社の自動走行車 .....	30
図 33	日産自動走行デモ .....	31
図 34	ホンダの協調型自動走行デモ .....	32
図 35	ホンダの自動駐車デモ.....	33

図 36	ITS の将来イメージ .....	35
図 37	車車間通信のイメージ .....	36
図 38	路車間通信のイメージ .....	36
図 39	79Ghz 帯高分解能レーダの特徴 .....	37
図 40	ITS セキュリティ検討グループにおける主な検討事項 .....	38
図 41	ITS 関連事業成果発表会の様子 .....	38
図 42	人の脳と AI の汎用性についての比較 .....	40
図 43	AI と IA の普及 .....	41
図 44	ビッグデータのプラットフォーム .....	42
図 45	Google 音声検索 (Android 1.6) .....	43
図 46	「Watson」のハードウェア .....	44
図 47	ムーアの法則 .....	45
図 48	指数の勢い .....	45
図 49	AI とロボットとの関係 .....	46
図 50	エキスパート・システムのイメージ .....	48
図 51	ベイジアン・ネットワークのイメージ .....	49
図 52	ディープ・ラーニングの特徴抽出のイメージ .....	50
図 53	猫の特徴を学習した人工ニューロンから生成した画像 .....	50
図 54	Siri のチュートリアル .....	52
図 55	「しゃべってコンシェル」の操作方法 .....	52
図 56	「Yahoo!音声アシスト」の文字の読み上げ機能 .....	53
図 57	通信キャリアの通信キャリアの音声認識サービス .....	53
図 58	「DeepFace」の構造 .....	54
図 59	「NariTra」 .....	55
図 60	「はなして翻訳」 .....	56
図 61	「おはなしアシスタント」 .....	57
図 62	ツリー構造と探索のイメージ .....	58
図 63	プロ棋戦専用ロボットアーム「電王手くん」 .....	59
図 64	「Roomba 880」 .....	59
図 65	「Nest Learning Thermostat」 .....	60
図 66	HAL 下肢用 (MEDICAL) .....	61
図 67	DRC Trials 概要 .....	62
図 68	DRC Trials で瓦礫を撤去する「S-One」(写真右奥が進行方向) .....	63
図 69	AI を応用することによる成果への道のり .....	64
図 70	SaaS 型の AI 提供のイメージ .....	65
図 71	スマートフォン操作の家庭用品市場 .....	66
図 72	国内の非製造業向けロボット市場予測 .....	66
図 73	介護ロボット国内市場規模推移と予測 .....	67

# 1 自動車における ICT の活用の現状と動向

自動車を運転するとき、様々な情報が利用されている。スピードメータや燃料残量計のような自動車の状態を示す情報、行き先までのルート表示、推定所要時間や道路交通情報などを示してくれるカーナビのほか、高速道路の料金支払いを電子決済する ETC など、我々は自動車の内外で発生する情報を使って運転している。

本章では、情報通信技術（ICT）を活用して、安全・快適な運転を支援する取り組みについて取りまとめる。

## 1.1 自動車に授受される情報通信の現状と動向

1980年代から徐々に普及をはじめたカーナビは、1990年にはGPSを搭載し、自車位置の精度を向上させた。1996年にはVICSサービスが始まり、道路の混雑状況が車内でも把握できるようになった。2002年には通信モジュールを搭載したカーナビも登場。情報を活用することで、より効率的なドライブができることが理解され、今では7割程度の乗用車がカーナビを搭載している<sup>1</sup>。

一方、同様に1980年代後半に始まった携帯電話サービスは、1999年のモバイルインターネットサービスにより、情報サービスの利用が進み、2000年代半ばのスマートフォンにより多様なアプリの利用が進んでいる。スマートフォンによるナビアプリの利用も広まっており、運転者の約24%が利用経験があり<sup>2</sup>、車内でもスマートフォンが利用されるようになってきている。

このように、自動車におけるICTの活用は、自動車側からのアプローチとICT側からのアプローチが交差する状況となっており、今後、ますます両者が融合、発展していく様相を見せている。

### 1.1.1 自動車に授受される情報通信に関する利用の現状

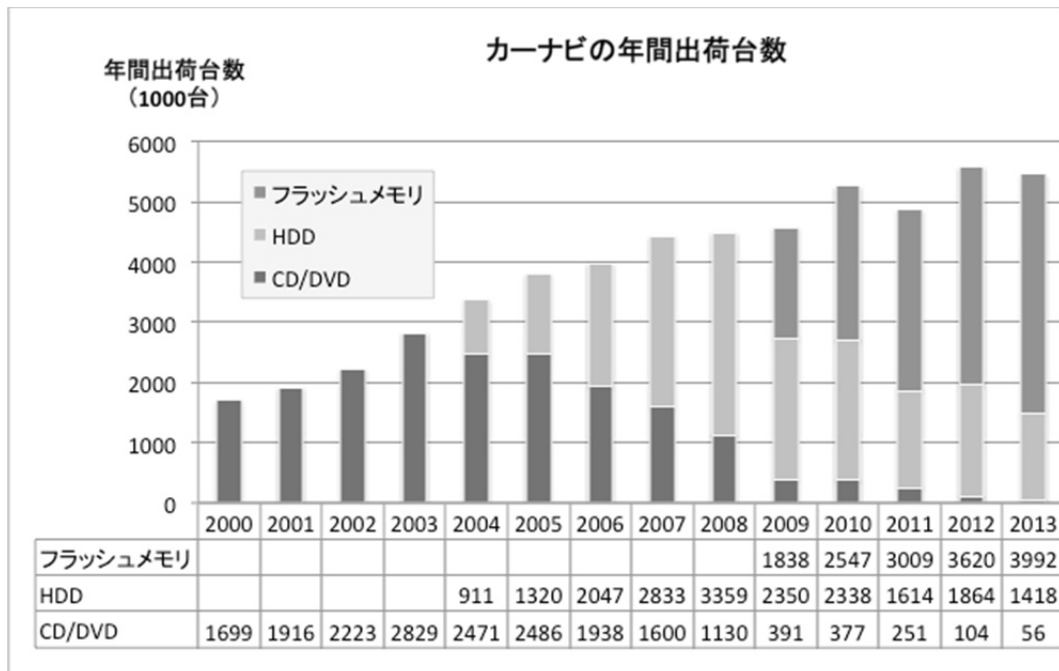
自動車における情報端末の中心となるカーナビの出荷台数の2000年からの推移を図1に示す。2000年には、年間1699（千台）の出荷台数であったが、年々増加し、2013年には5466（千台）と約3倍の出荷台数となっている。2000年代半ばまでは、CD/DVDカーナビが主流であったが、その後、ハードディスク（HDD）カーナビが主流となり、2010年頃からはフラッシュメモリカーナビがシェアを伸ばしており、2013年現在では、出荷台数の7割を超えるまでになっている。情報技術の発展に伴う、記憶媒体の性能向上およびコストダウンが、カーナビの高速かつ小型化のニーズに適合し、適用されているものである。

また、道路渋滞情報を提供するVICS車載機は、サービスがスタートした1996年には年間128（千台）であったものが2000年には989（千台）、2012年には3891（千台）と大きく伸ばしている（図2）。

<sup>1</sup> マイボイスコムアンケート調査『カーナビの利用（第6回）』（2012年12月実施）より。自動車所有者におけるカーナビ搭載率は68%。

<sup>2</sup> ソニー損保アンケート調査『全国カーライフ調査』（2013年10月実施）

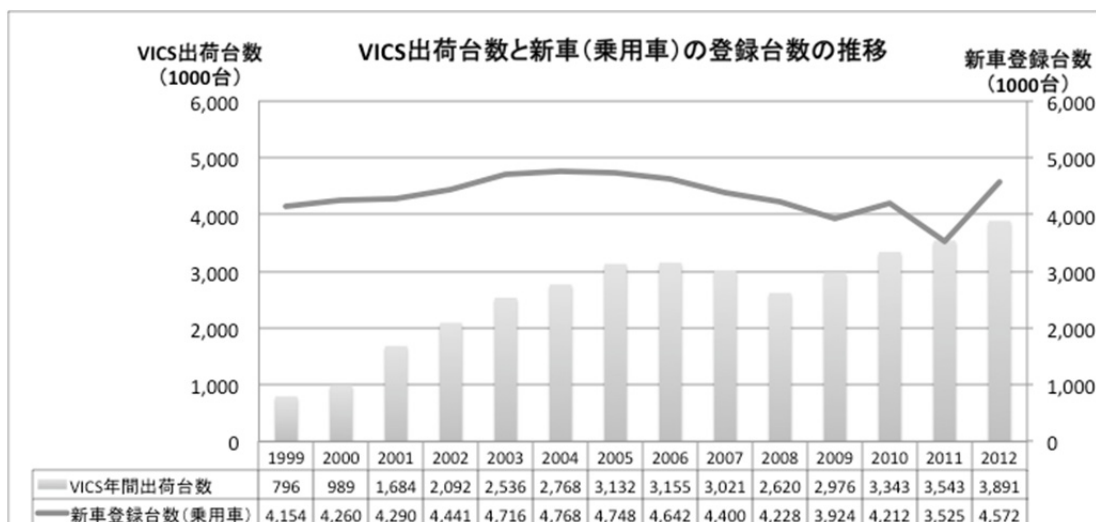
さらに高速道路における ETC の利用状況は 2014 年 3 月現在約 90% に達しており (図 3)、十分普及していると言える。高速道路渋滞の一番の原因であった料金所の渋滞は、ETC 導入により、ほぼ解消したとされており (図 4)、運転所要時間の短縮と同時に CO2 削減の点でも ICT が貢献した事例である。



グラフ注：2003 年以前の CD/DVD の数値には HDD も含まれ、2008 年以前の HDD の数値にはフラッシュメモリも含まれる。

図 1 カーナビの出荷台数

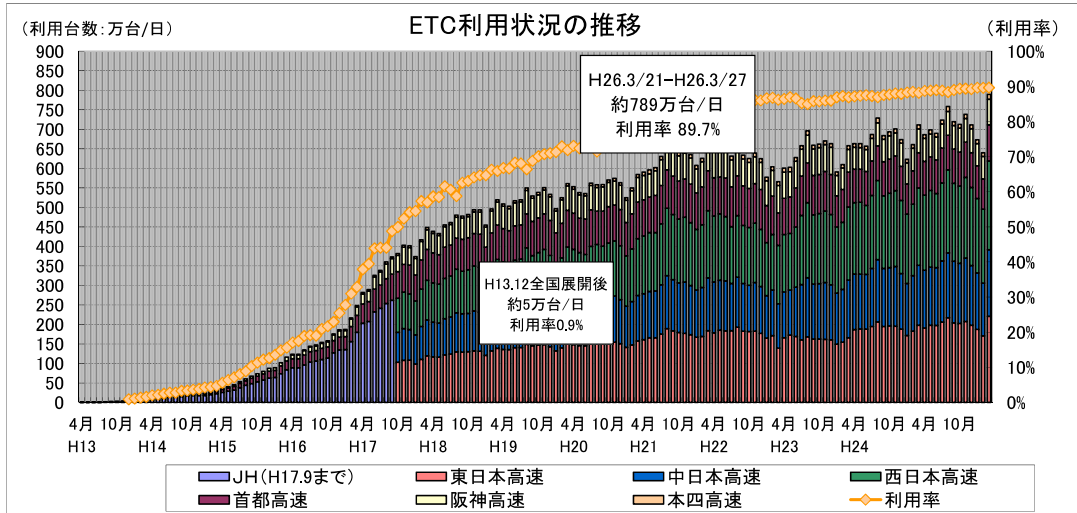
(出典) JEITA 統計資料より KDDI 総研にてグラフ作成



グラフ注：新車登録台数は、国産車（日本自動車工業会）および輸入車（日本自動車輸入組合）の合計数

図 2 VICS 車載機の出荷台数

(出典) VICS 統計資料、日本自動車工業会資料、日本自動車輸入組合資料



ETC利用率(平成26年3月21日～平成26年3月27日平均)

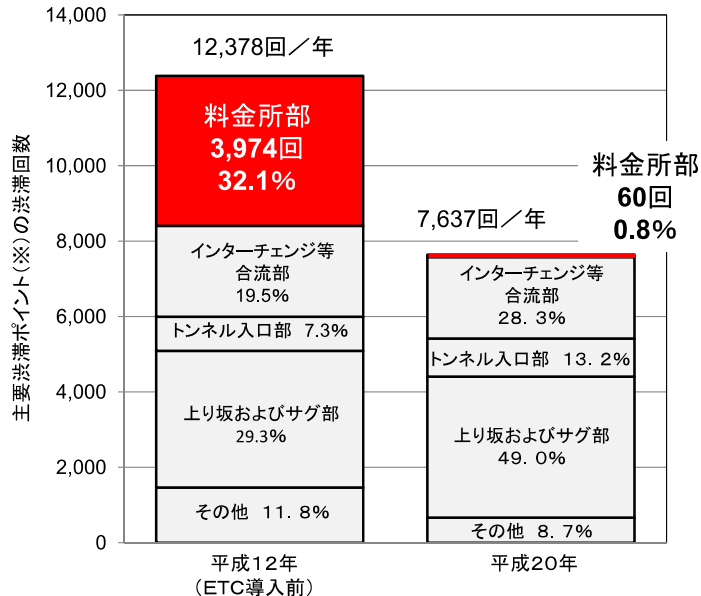
	東日本高速	中日本高速	西日本高速	首都高速	阪神高速	本四高速	各社計
平日平均	88.8%	91.3%	88.2%	92.3%	91.0%	91.8%	89.8%
土休日平均	89.1%	91.2%	87.6%	91.6%	90.1%	93.4%	89.5%
週平均	88.9%	91.2%	88.0%	92.0%	90.7%	92.6%	89.7%

※平成22年7月～平成23年6月19日は、無料化社会実験区間を除く集計  
 ※平成23年6月20日以降は、東北地方の高速道路の無料開放区間を除く集計

図 3 ETC 利用状況の推移

(出典) 国土交通省 ETC 利用案内ホームページ (KDDI 総研にてグラフ作成)

○高速道路の渋滞発生状況の変化



※年間渋滞回数が30回以上又は平均渋滞長が2km以上且つ渋滞回数が5回以上(NEXCO)

図 4 ETC 導入効果

(出典) 国土交通省 社会資本整備審議会道路分科会第2回国土幹線道路部会  
 資料 6 「ETC の利用状況、導入効果等」



### 1.1.2 自動車で授受される情報通信を取り巻く産業の姿

現状では、自動車における情報通信の活用はカーナビで表示・案内される道路交通情報の授受が主たる用途であるが、自動車自らの情報だけではなく、インターネットを利用し様々な外部情報を用いるサービスやアプリケーションが増えてきている。

インターネット接続する自動車は以前からあったが、2010年以降、コネクテッド・カー（ネット接続型自動車）と呼ぶようになった。世界的にスマートフォンの普及でインターネットを活用したビジネスが様々に展開されたのと同様に、コネクテッド・カーの将来に期待する動きが2013年から顕著となってきた。

図5は、コネクテッド・カーの将来像を描いたものである。

車内で利用するアプリケーションの例としては、インターネットラジオやSNS、より高度化されたナビゲーションシステム、駐車支援や注意喚起のような安全運転支援などがあげられる。自動車は走り回るセンサーでもあり、自動車の走行情報をクラウド等外部に蓄積し分析することで新たな付加価値が生み出される。具体的には、急発進、急ブレーキ、急ハンドルなどの運転状況から、安全運転のコーチングをするアプリケーションがある。

また、欧州では2015年から義務化される予定のeCall<sup>3</sup>では自動車が衝突事故を起こした場合に、自車位置等を車載システムが通信モジュールを使って自動的に通報するシステムである。これにより、より短時間で救急隊が救助に向かえるようにする。

このほかにも、自動車の走行情報からは、渋滞情報はもちろんのこと、路面の劣化や凍結など、リアルタイムでドライバーに危険箇所を知らせたりすることも可能となり、数多くの自動車のデータを収集、解析することにより、地域全体でのエネルギー効率や環境制御に活用できる可能性もある。

このように、自動車で授受される情報通信を取り巻く産業は多様でかつ大きな可能性を有しており、コネクテッドカーの普及とともに急速に拡大する可能性がある。

---

<sup>3</sup> <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/ecall-time-saved-lives-saved>

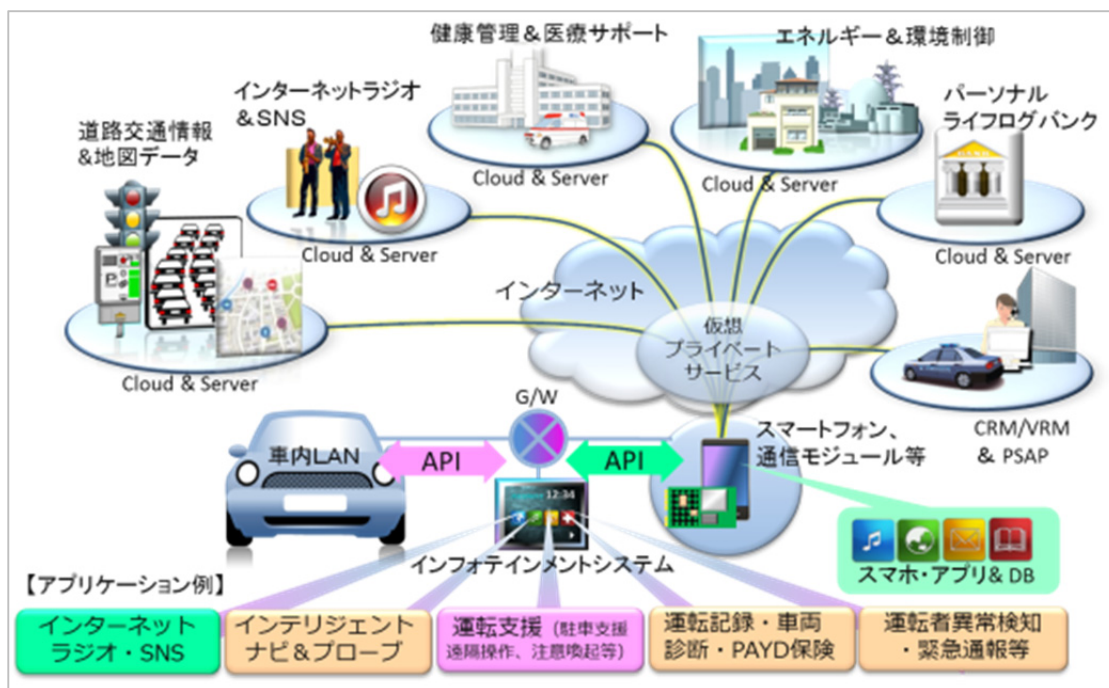


図 5 コネクテッド・カーのサービスやアプリケーション

(出典) W3C Automotive and Web Platform BG f2f 東京会合における  
KDDI 総研提出資料を基に日本語化および改訂

### 1.1.3 自動車で授受される情報通信の利活用環境の変化

コネクテッドカーは、欧米の高級車から始まった動きだが、以下のような背景・理由から、その対象車種は広がりを見せている。

- ① デジタル・ライフへの対応
- ② スマートフォンでのビジネス・モデルを参考にした事業変革
- ③ 諸外国でのテレマティクス義務化

「①デジタル・ライフへの対応」は、スマートフォン等のデバイスを自動車に持ち込み、運転中でも利用したいとする消費者のニーズに応える動きである。その代表的な例としては、欧米で早くから人気のあるインターネット・ラジオを自動車のオーディオ機器に接続するといったものが挙げられる。

「②スマートフォンでのビジネス・モデルを参考にした事業変革」は、次のような対応によって自動車メーカーの事業性を向上させたいとする動きである。

- オープン・イノベーションの活用  
(アプリケーション等ソフトウェア開発の短期間化・低コスト化)
- 自動車用アプリマーケットによる新たな収益モデル
- スマートフォンへの自動車用アプリケーション展開による利用者との接点拡大  
(①とは逆の「デジタル・ライフへの自動車情報やカーライフの持ち込み」)

とくに EV 車は、情報通信技術を活用することによって、バッテリー切れの不安や航続距離の問題を緩和し、お客様の満足度の向上と販売台数の拡大ようとしている。

多くの EV 車の 1 回の充電による航続距離は約 200km 内外であり、そのため、自動車の情報をクラウドにアップロードし、自動車から離れたところにおいても、スマートフォンを使ってバッテリー状況の確認や、リモートによる操作が行えるようになっている。

たとえば、自宅のガレージで電源に接続された状態で、乗車前にリモートで車載エアコンを操作し、あらかじめ車内を快適な温度としておくことで、乗車後（走行中）にエアコンに使うはずだった電力を走行に回し、航続距離を伸ばすことができる。その他、リモートで充電の開始やタイマーの設定、充電完了通知の受け取りなどもサポートされている。また、EV 車に搭載されるカーナビは充電スポットの探索や通知など、燃料切れを回避するための機能がいくつも組み込まれている。

「③諸外国でのテレマティクス義務化」は、欧州及びロシアにおいて、eCall 緊急通報システム<sup>4</sup>やブラジル等の新興国での SVT (Stolen Vehicle Tracking: 盗難車両追跡機能) による義務化が進められており、その他の国でも同種の民間サービスとして提供され始めている。

なお、eCall 緊急通報システムは、図 6 に示すように自動車での衝突事故が発生した場合、車両に搭載された IVS (In vehicle system) により手動あるいは自動で緊急通報「112」が発呼され、音声並びに MSD (Minimum Set of Data)<sup>5</sup> が GSM ネットワークを介し、事故現場に最も近い緊急応答センター PSAP (Public Safety Answering Point) に接続することで、救命率の向上を目指している。

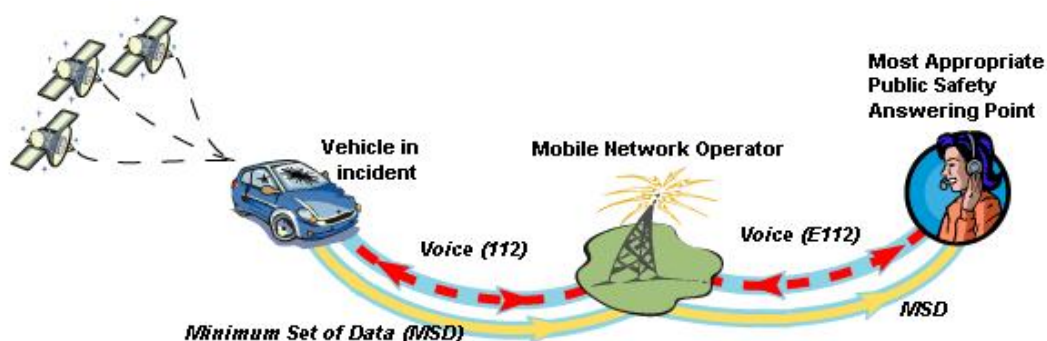


図 6 「eCall 緊急通報システム」における収集の仕組み

(出典) 欧州委員会のホームページ<sup>6</sup>

<sup>4</sup> 2002 年 3 月 7 日公布された EU の「ユニバーサル・サービス指令第 26 条」(Directive 2002/22/EC)により、EU 諸国における緊急通報番号が「112」に統一されたことを背景に、検討が開始され、長年に及ぶ法制度及び技術仕様の策定等の協議・調整を経て、欧州議会 (European Parliament) は、2012 年 7 月 3 日、2015 年から欧州内のすべての新車 (M1: 乗車定員 9 人以下の乗用車、N1: 車両総重量 3.5 トン以下の貨物車) に eCall システムを設置することを骨子とする「eCall」システムの導入を義務付ける決議を採択した。

なお、ロシアの ERA-GLONASS については、2014 年からの導入が発表されている。

<sup>5</sup> MSD には、時刻情報、車両識別番号、車種、燃料種別といった車両に関する情報や、緯度経度を含めた位置情報、サービスプロバイダ識別、手動/自動発呼の識別などが含まれる。

<sup>6</sup> <http://ec.europa.eu/digital-agenda/ecall-time-saved-lives-saved>

こうしたコネクテッド・カーへの関心が高まり、世界中で色々な民間での標準化活動や事業展開が開始されている。それらの代表的なものを、以下のとおり5つほど紹介する。

### (1) GENIVI Alliance

GENIVI Alliance は、2009年3月に自動車メーカーなどが中心となり設立したオープンソースのIVI<sup>7</sup>リファレンスプラットフォーム開発とその普及・促進を目指す非営利団体である。<sup>8</sup> 主な活動として同プラットフォームに関する「要件の整備」「リファレンスプラットフォームの実装」「認証プログラムの提供」「同プラットフォーム関連コミュニティの育成」を実施する役割を担っている。

GENIVI Alliance はこうした活動により、「開発サイクルの短縮」「製品の短期市場投入」「IVI 機器およびソフトウェア開発に掛かるコスト削減」の実現を目指している。

GENIVI Alliance が目指すオープンソースのIVI リファレンスプラットフォームが対象とする領域を、同団体のホームページでは図7のように公表している。

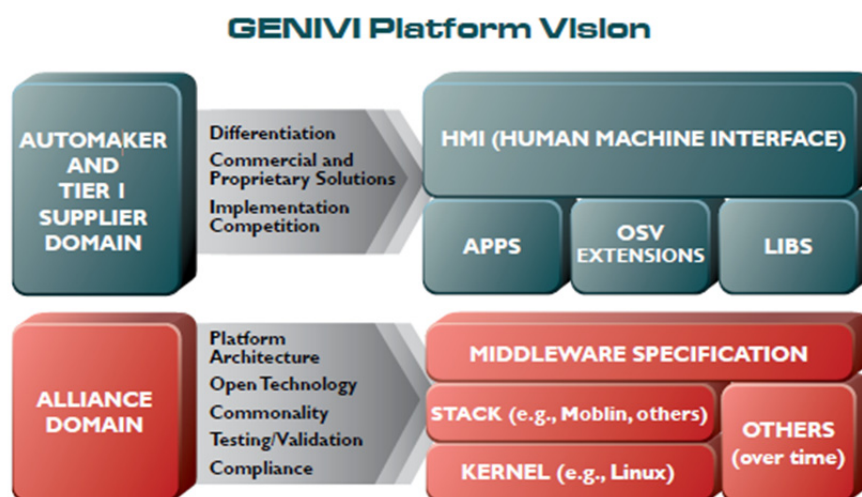


図7 GENIVIのプラットフォームビジョン

(出典) GENIVI Alliance ホームページ

図7の下半分は、“アライアンス領域”として、「カーネル(Linux)」「スタック(Moblin)」 「ミドルウェア仕様」といった共通仕様で構成されている。アライアンス領域を共通化することで、自動車メーカーおよびサプライヤがIVIシステムの差別化部分の開発に専念できるようにする他、短期市場投入、開発コスト削減、コードの透明性の担保など享受

<sup>7</sup> In-Vehicle Infotainment (車載型インフォテインメント) の略で、「インフォメーション (情報)」と「エンターテインメント (娯楽)」を統合した車載システム。通常、ナビゲーション、位置情報サービス、音声通信、音楽や動画などのマルチメディア再生やインターネット接続によるニュース配信、電子メール等が利用可能です。

<sup>8</sup>メンバー企業は、自動車メーカー、Tier1 サプライヤからハード・ミドルウェア・ソフトウェアベンダー、チップメーカーに至るまで、自動車エレクトロニクスのサプライチェーンの川上から川下まで拡大し、2014年3月現在参加は160社を超えている。自動車メーカーでは、Volvo、BMW、Jaguar Land Rover、Renault、PSA Peugeot Citroen、Hyundaiなどが参加しており、日本メーカーからも日産、本田技研工業がメンバーとなっている。

する。

一方、上半分は、IVI システムの差別化を実現する領域、つまり競争領域として、「APPS (アプリケーション)」「OSV (OS ベンダー) 機能拡張」「LIBS (ライブラリ)」「HMI (ヒューマン・マシンインタフェース)」を想定している。

“各自動車メーカーとサプライヤ領域”として、自動車メーカーやサプライヤが自由にカスタマイズし、他社の IVI システムと差別化を目指すべき領域としている。

GENIVI 準拠のプラットフォームは、必要とされるオペレーティング・システム、システム・インフラストラクチャー、ミドルウェア・エレメントを自動車メーカーに提供される。これによって自動車メーカーは、次世代 IVI システムのソフトウェア・コンポーネントを構成する差別化されたアプリケーションとその他の機能を構築することができる。

IVI の技術仕様を定めるコンソーシアムとして GENIVI Alliance のほかに、後述の Tizen IVI や AGL (Automotive Grade Linux) がある。

AGL は、Linux Foundation のワークグループの 1 つで、自動車のデジタル計器盤から IVI までの広範な自動車アプリケーション向けに最適化されたリファレンス プラットフォームを開発することを目的としており、GENIVI 準拠の Tizen IVI を開発するなど、AGL、GENIVI、Tizen IVI は Linux をベースとした協業関係にある。

## (2) Tizen Project (Tizen IVI)

Tizen Project は Linux Foundation の一つのプロジェクトとして、オープンソースによる車載 OS の開発を行っている。この OS を Tizen IVI という。Tizen Project では Tizen Mobile というモバイル機器向けの OS の開発も行っており、デバイス毎に共通の部分と、デバイス毎に変更する部分は切り分けた構造をもっている (図 8)。デバイス毎の違いを吸収する部分を「プロファイル」と呼ぶ。Tizen IVI は自動車向けのプロファイルを持った Tizen ということができる。



図 8 Tizen IVI のプロファイル

(出典) 三津江 敏之「次世代マルチプロファイル OS “Tizen” の全貌」  
(組込み総合技術展 2013 年 11 月 20 日)

Tizen IVI では当初より Web 技術を志向しており、現 v2.0 で HTML5 のサポートも行っている。2013 年秋に発表された Tizen IVIv3.0 では、さらに、Vehicle Web API がサポートされ、Web アプリ動作環境が充実してきている（図 9）。

### Tizen\* Webアプリ動作環境

- Tizen\*ではHTML5を主要なアプリ開発環境として位置づける
- Webアプリの移植性を担保するために、全てのプロファイルにおいて共通のWeb APIをサポート(プロファイル固有のWeb APIを除く)
- W3Cなどの標準Web APIをサポートし、草案の時点から積極的に実装
  - W3Cが定義するHTML5の環境やAPIは全て採用
  - W3Cの他の標準化活動にも貢献(例. バッテリー、センサー等)
- 標準Web APIが存在しない場合に限り、新しいWeb APIを追加
- 標準化の活動に積極的に関与し、影響を与えることで、仕様策定を加速

図 9 Tizen IVI の Web アプリ動作環境

(出典) 三津江 敏之「次世代マルチプロファイル OS “Tizen” の全貌」

(組込み総合技術展 2013 年 11 月 20 日)

Tizen IVI が自動車の走行情報等を WebAPI でサポートする仕組みを図 10 に示す。

まず、車載システム（ハードウェア）は、物理的に車載ネットワークに接続し、ここから自動車の走行情報等を取得する。OS の中核であるカーネルには、異なる自動車メーカー、異なる車種に応じてデバイスドライバ（車載ネットワークドライバ）が用意され、自動車メーカーや車種によって異なるデータの違いを吸収する。AMB（Automotive Message Broker）は受け取った情報を整理統合し、Tizen IVI としての車両情報インタフェースを作成する。

Tizen IVI 上で動作する C 言語等で記述されたネイティブアプリケーションは AMB の Dbus を通じて、上記の車両情報インタフェースを利用することができる。さらに、Web アプリの場合は、Tizen IVI で用意される Tizen Web Runtime を通じて WebAPI による自動車の走行情報等へのアクセスが可能となる。



### (3) CCC

CCC (Car Coonnectivity Consortium) は、スマートフォンと自動車のコネクティビティ・ソリューションの世界標準の開発に取り組んでいる。

具体的には、アプリケーション開発者支援のための技術仕様の作成、テストツール構築、会議やインターフェイス・ガイドラインを通じたサポート、およびユーザトラブル減少のための広報活動等を行っている。



図 12 MirrorLink の様子

(出典：CCC 資料)

CCC が最初に標準化した「MirrorLink」は、ダッシュボードのボタンや画面等を経由して、車載システムと接続したスマートフォンを制御するための技術標準である。本規格に対応した車載機と車内に持ち込んだ対応スマートフォンとを USB、無線 LAN、Bluetooth 等で接続することで、運転中にスマートフォンアプリを車載機から操作することが可能となる。(図 12、図 13)

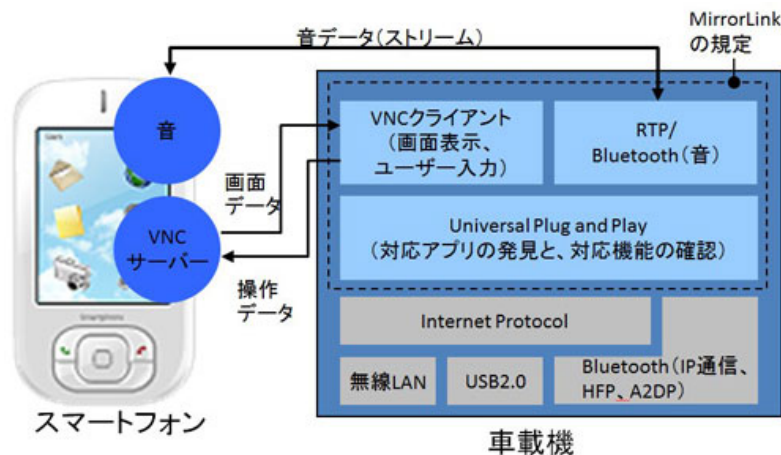


図 13 MirrorLink の仕組み

(出典：日経エレクトロニクス記事 2014/3/12)



設立は 2011 年 2 月であり、所属企業メンバーは世界をリードする自動車、モバイル通信分野の関連企業から構成されている。メンバーの自動車分野での世界的な市場シェアは 70%以上と、スマートフォン分野での世界的な市場シェアは 60%以上と、世界を代表する 94 の団体・企業が所属している（2014 年 3 月現在）。

MirrorLink 対応の車載機は 2014 年 3 月現在、アルパイン、ソニー、パイオニア、パナソニックなどが既に市場に投入済みであり、対応スマートフォンは、台湾 HTC 社の「HTC One」、韓国 Samsung Electronics 社の「Galaxy S4」、ソニーモバイルコミュニケーションズの「Xperia Z」などが製品対応している。

MirrorLink（現在のバージョン 1.1）は、2015 年にはバージョン 1.2 仕様が策定される見込みであり、これによりスマートフォンの画面を高速に転送する仕組み「Wi-Fi Miracast」に対応するほか、USB を使った画面転送での高速の通信仕様「HSML (high speed media link)」に対応する模様である。

#### (4) W3C Automotive and Web Platform BG

W3C（World Wide Web Consortium）は Web で利用される技術の標準化を行う国際的な非営利団体であるが、優れた表現力やオフライン動作のほか、プログラムが可能となる HTML5 の標準化を進める中、どの OS でも共通に動作する Web の共通プラットフォーム性が着目され、コネクテッド・カーへの適用を検討すべく Web Automotive and Web Platform Business Group（以下、略して「BG」）が 2013 年 2 月発足した。

本 BG の目的は、Vehicle データ API を手始めに Web インタフェースを策定すること、さらに、ユースケースを検討し、追加的に必要となる標準化課題や策定した仕様の適合性試験方法等を提供することにある。

自動車内で生成される走行情報や自動車の各部の状態を Web インタフェースによりアクセスできるようにするためのインタフェースが Vehicle データ API であり、提案された API のドラフトを統合する作業が進められている。

BG の参加メンバーは、2014 年 3 月現在、53 社・団体、105 名。業種としては、自動車メーカー（4 社）、サプライヤ（6 社）、IT 企業（20 社）、通信事業者（4 社）、関連団体（6 団体）等となっている。

Vehicle データ API のドラフトは、IVI の要求仕様を取りまとめる GENIVI Alliance / LG エレクトロニクス（GENIVI）、インテル（Tizen IVI）、ブラックベリー（QNX）など車載 OS のサプライヤが提案するかたちで進んでいる。

2014 年 3 月に米国 Santa Clara 市で開催された f2f 会合において、Vehicle データ API ドラフトの集中討議が行われ、残る課題は小グループを組織して整理した上で 2014 年 5 月の f2f 会合で仕様案として完成する見込みである。

Web 技術の標準化は W3C ワーキンググループで行われる。現在の Business Group は、API に対する要求仕様案が取りまとめ、BG での成果としてワーキンググループに引き継がれ、標準化の提案がなされることになる。早ければ 2014 年 10 月を目標にワーキンググループを設立される。

一方、セキュリティ問題もクルマにおける Web 技術導入にとっては避けがたい課題で

あるが、BG で扱う内容ではなく実装上の問題とする意見があるものの、W3C としての対策を検討することが必須だという意見もあり、まずは Device API WG や System Application WG と連携をとるところから始まる見通しである。

#### (5) OTT プレイヤの動き

OTT プレイヤも自動車産業に急接近している。2013 年 6 月に Apple は iPhone を車載機に接続して利用する仕組み「iOS in the Car」を発表<sup>9</sup>、iOS アプリが車内でも利用できるものとして期待を集めた。「iOS in the Car」は、2014 年 2 月に、Apple CarPlay<sup>10</sup> と名称を改めた。また、Google は 2014 年 1 月に Audi、GM、Honda、Hyundai から自動車メーカーと OAA (Open Automotive Alliance) <sup>11</sup>を発表した。OAA も CarPlay と同様にスマートフォンを車載機に接続してスマートフォンのアプリを車内で利用する仕組みを提供する。



図 14 Apple CarPlay

(出典) Apple CarPlay ホームページ

### 1.2 自動車の情報通信利活用に係るこれまでの政府の取組

自動車の情報通信利活用は、自動車の機能・性能・安全性といった側面では経済産業省が、電波の有効活用や通信規格の側面では総務省が、道路インフラの整備の側面では国土交通省が、交通安全の側面では警察庁が、それぞれ中心となって整備してきているが、政府全体の方針として世界最先端 IT 国家創造宣言の中で『世界で最も安全な道路交通社会』を目指すとされている<sup>12</sup>。

以下、ITS (ntelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) を中心にこれま

<sup>9</sup> <http://www.apple.com/pr/library/2013/06/10Apple-Unveils-iOS-7.html>

<sup>10</sup> Apple CarPlay <http://www.apple.com/jp/ios/carplay/>

<sup>11</sup> OAA <http://www.openautoalliance.net>

<sup>12</sup> 世界最先端 IT 国家創造宣言 (平成 25 年 6 月 14 日閣議決定)

での政府の取り組みを概観する。

### 1.2.1 ITSの推進

我が国の ITS の研究は 1970 年代に研究開発がはじまり、1980 年代後半から車両、道路インフラ、交通管制等個別の官民開発プロジェクトが数多く進められた<sup>13</sup>。1996 年 7 月に策定された「高度道路交通システム推進に関する全体構想」により、VICS（1996 年～）、ETC（2001 年～）等今ではごく普通に利用されているサービス展開が進んだ。

また、カーナビを通じた各種情報提供サービスが自動車メーカーにより提供されているが、これらのサービスは、自動車の走行位置や速度などの情報（プローブ情報）をもとに自社の顧客向けのサービスを提供している。

今後、自動車のセンサー（前方、後方のレーダー等）やカメラを活用して、ドライバーへの注意喚起や、出会い頭衝突回避など安全運転支援システムなど、次世代 ITS の研究開発も進められている（図 15）。

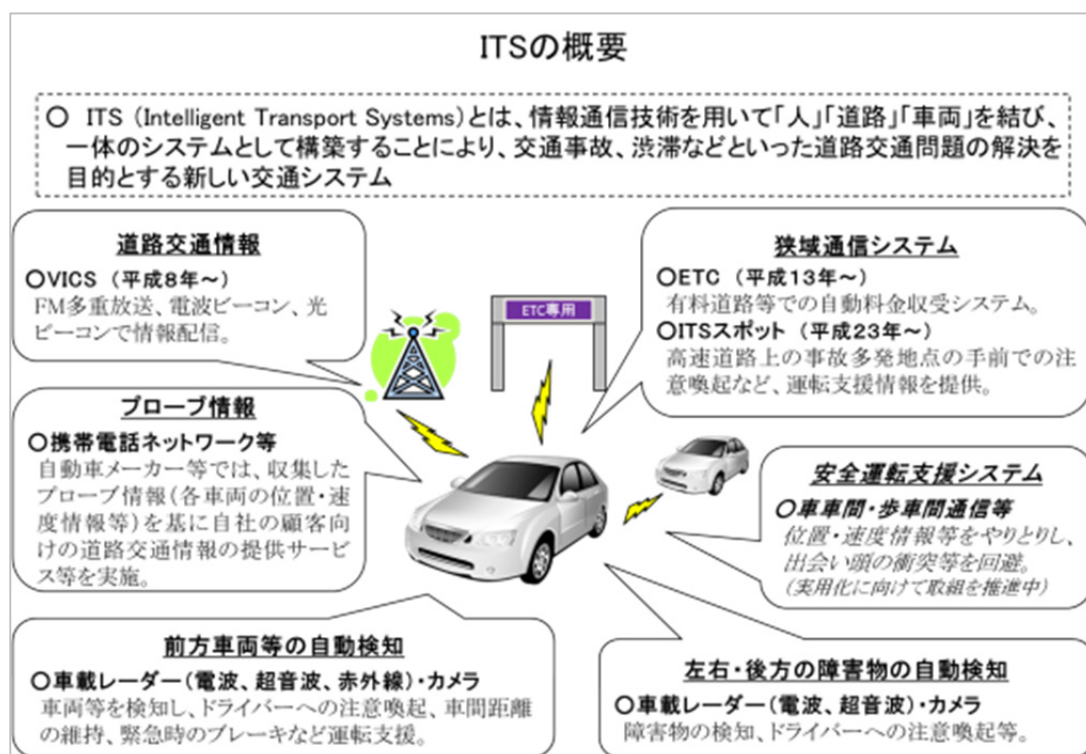


図 15 情報通信を活用した ITS

(出典) 総務省発表資料 ITS 成果発表会 2014 年 3 月 26 日

自動車の内外でやり取りされる情報は、様々な周波数帯の無線システムが利用されている（図 16）。2011 年には、狭域通信システム（DSRC・ITS スポット）がサービス開始され、道路の危険箇所等を通知する安全運転支援や、県境を越える広域な道路交通情報がリアルタイムに配信され、都度つど変化する道路状況に即した精度の高いカーナビ

<sup>13</sup> [http://www.itsworldcongress.jp/japanese/citizen/about\\_its/learn\\_more/index.html](http://www.itsworldcongress.jp/japanese/citizen/about_its/learn_more/index.html)

のルート検索が実現している。

また、より高い周波数を使う車載レーダー（ミリ波レーダー）はプリクラッシュセーフティシステム（衝突防止・軽減装置）に利用され市販の乗用車に搭載される例も増えてきており、安全性を高めるための情報通信の活用も広がり始めている。

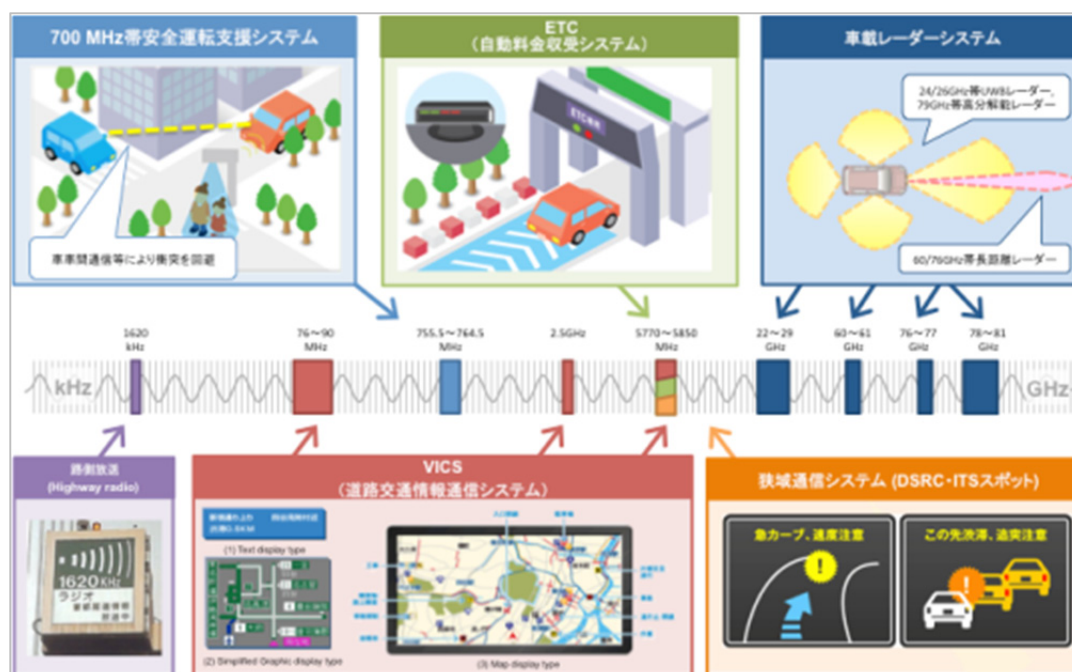


図 16 情報通信を活用した ITS

(出典) escar ASIA 2014 総務省情報セキュリティ対策室 発表資料

こうした個々の施策の背景に、政府全体として、自動車および道路に情報通信を活用し、世界に先駆けた次世代インフラの構築を目指す国家戦略がある。

2013年6月14日に閣議決定された「日本再興戦略 -JAPAN is BACK-」<sup>14</sup>では、安全・便利で経済的な次世代インフラの構築として、「車車間通信、路車間通信等を用いた安全運転支援装置・安全運転支援システム及び自動走行システム、渋滞予測システム、物流システムの構築によるヒト・モノの安全・快適な移動の実現を国家プロジェクトとして進める」と宣言されている。また、同日閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」<sup>15</sup>では、「地図情報や車・人の位置情報等の地理空間情報 (G 空間情報)、蓄積データを活用することなど、ITS (Intelligent Transport Systems) 技術の活用により、交通事故の危険や交通渋滞が回避される、安全で、環境にやさしく、経済的な道路交通社会」の実現に向けて、「2014年度から、社会実装を前提としたモデル地区での先導的な実証事業を公道上で実施するとともに、高度運転支援技術等の開発にも着手する。さらに、車の自律系システムと車と車、道路と車との情報交換等を組み合わせ、運転支援技術の高度化を図るとともに、実用化に向けた公道上での実証を実施し、2020年代中には、

<sup>14</sup> 日本再興戦略 (p.78) [http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou\\_jpn.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/saikou_jpn.pdf)

<sup>15</sup> 世界最先端 IT 国家創造宣言 (p.15) [http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/it\\_kokkasouzousengen.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/pdf/it_kokkasouzousengen.pdf)

自動走行システムの試用を開始する。これらの取組などにより、2018年を目途に交通事故死者数を2,500人以下とし、2020年までには、世界で最も安全な道路交通社会を実現する（交通事故死者数が人口比で世界一少ない割合になることを目指す）とともに、交通渋滞を大幅に削減する」と強い決意を表明している。

### 1.2.2 国際標準化の推進

自動車と情報通信に関わる標準化として、3点取り上げて説明する。

図15で説明したプローブ情報は、自動車の位置や速度といった情報項目を持ち、多数の車両のプローブ情報を蓄積・分析することで、渋滞情報や精度の高いルート検索などに利用されるものである。国際標準化機関ISOのTC204（ITS標準化）のWG16（広域通信）SWG16.3ではこのプローブ情報の標準化を行っている。SWG16.3では、プローブ情報そのものの標準化や、プローブ情報サービスにおける個人情報保護に関する標準化を担当している。なお、プローブ情報については、2009年にISO 22837として標準化が完了しており、現在、自動車のセンサの値に基づいて車両側で処理・判断した後で得られる、渋滞等イベントベースのプローブ情報の検討が進められている<sup>16</sup>。

また、同じTC204のWG17（ノーマディックデバイス）では、スマートフォンやポータブルナビゲーション（PND）などの持ち込み機器を使ったITSサービスを対象に標準化が進められている。自動車の持つ情報を利用するための車両インターフェース（ISO 13185）を規定している（図17）。

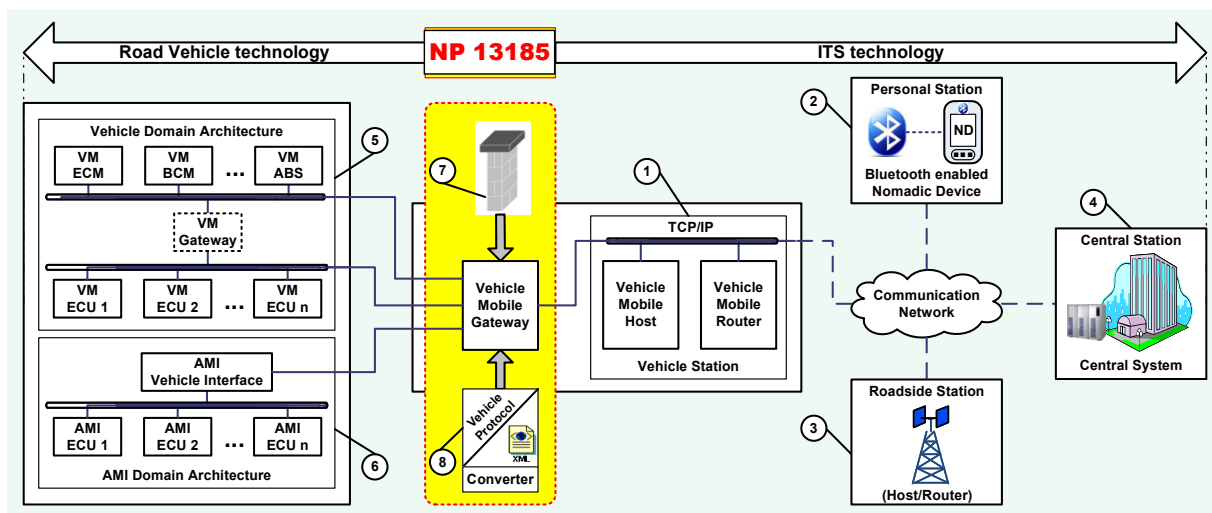


図17 ISO13185が規定する部分 - 図中黄色の部分

(出典) ISO TC204/WG17 2010/4/19 会合資料

3番目は、自動車にウェブ・インターフェース技術を活用するにあたっての標準化の動きである。ウェブ技術の世界では、HTML5の標準化が進められており、標準化の完

<sup>16</sup> 自動車技術会「TC204 活動状況」(p.31) [https://www.jsae.or.jp/01info/org/its/its\\_act.pdf](https://www.jsae.or.jp/01info/org/its/its_act.pdf)

了自体はまだしばらく時間がかかるものの、商用のブラウザにはすでに HTML5 の機能の搭載が進んでおり、普段利用するパソコンやスマートフォンのブラウザから HTML5 ベースのホームページが利用できるようになってきている。HTML5 はこれまでの表示中心のウェブサイトから、双方向性のあるウェブサイト、すなわち入出力やデータ蓄積・分析も可能となるサービスを可能とする技術であり、多様なハードウェア、OS に対して一貫したプログラミング環境を提供する側面でも期待を集める技術である。こうした最先端のウェブ技術を自動車の車載システムでも活用できないかと模索する動きがあり、ウェブ技術の標準化機関である W3C では、2013 年 2 月に「Automotive and Web Platform BG」が設立され、自動車メーカ、サプライヤ、カーナビ開発者、研究機関、ウェブ開発者などの専門家が参加して、自動車の情報をウェブインタフェースで利用する仕組み（API）について検討が進められている。

なお、自動車の情報にウェブ技術を活用する上で、自動車に対するセキュリティの対策は必須要件であり、同 BG では、利便性と安全性の両立を図るべく検討を進めている（図 18）。

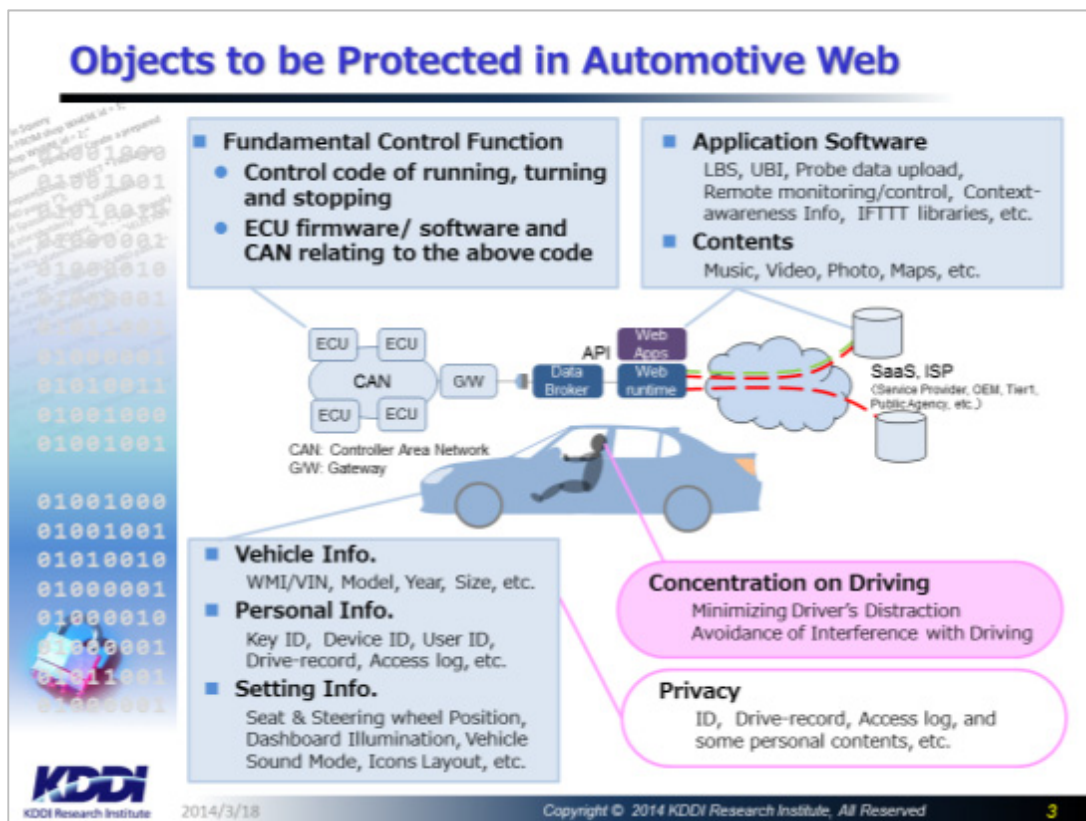


図 18 自動車のセキュリティ保護対象

(出典) 2014 年 3 月 17 日 W3C BG サンタクララ f2f 会合 KDDI 総研提案資料

### 1.3 自動車での情報通信利活用形態と利用例

自動車における情報通信の利活用が進んでいることをこれまで説明してきた。車載システムが通信を行う場合、これまで、車載システムに通信モジュールを組み込む形態

が一般的であったが、スマートフォンの普及に伴い、スマートフォンを通信手段として活用する形態が進展している。以下では、車載システムとスマートフォンを連携させる仕組みについて説明する。

### 1.3.1 情報利活用のための接続形態

自動車の利便性や快適性を向上させるため、車載システムとスマートフォンを連携させる仕組みは多くの自動車メーカーで採用されている。連携の仕組みを大別すると、スマートフォンを単に通信回線としてのみ利用するテザリング型、スマートフォンの画面を車載システムのディスプレイに表示し、車載システムからスマートフォンの操作ができるようにする UI 延長型、車載システム上のアプリとスマートフォン上のアプリが連携して動作するアプリ連携型に分けられる（図 19）。

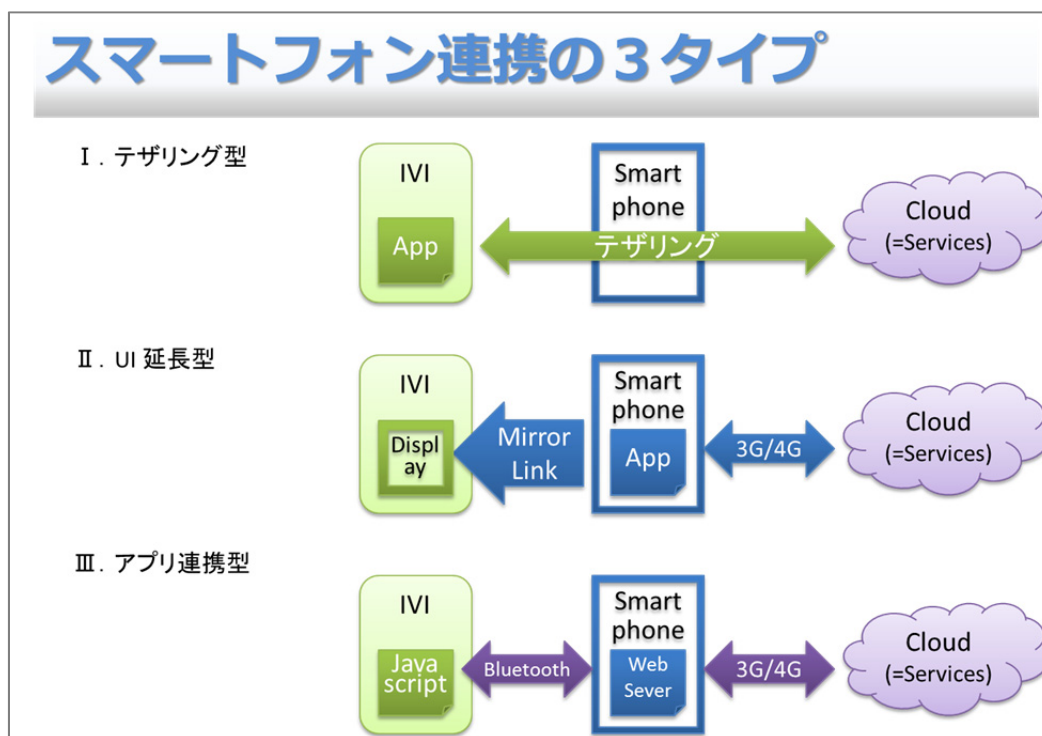


図 19 スマートフォン連携のタイプ

(出典) KDDI 総研にて作成

テザリング型は、従前の通信モジュールが組み込まれた車載システムと通信という点で同等である。スマートフォンの通信を利用するため、利用者がすでに持っている契約がそのまま利用できる利点があるが、乗車するたび接続作業を必要とする。

スマートフォンのコンテンツやサービスを車内でも利用したい、しかし、スマートフォンのユーザインタフェースは運転中に安全に操作できるような工夫が必要であり、また、音楽コンテンツなどは、自動車のスピーカーから音を出したい、そういうニーズに応えるのが UI 延長型である。スマートフォンの画面（表示機能およびタッチパネルからの入力機能）を車載システムに延長したものと考えることができる。CCC (Car

Connectivity Consortium) の MirrorLink は PC のリモートデスクトップの技術として知られる VNC (Virtual Network Computing) という技術を基盤にしており、同様の仕組みに RealVNC がある。PC やスマートフォンの世界では、離れたディスプレイに自分の端末を投影する技術として Wi-Fi Alliance の新しい規格 Miracast の採用が広がっており、旧世代の技術に比べて性能が向上している。自動車においても UI 延長型の技術として Miracast を採用しようという動きがある<sup>17</sup>。

UI 延長型は、スマートフォンのアプリを車載システムで利用する形態であり、自動車の情報を利用するアプリは作れない。あくまでもスマートフォン単独で動作するアプリが前提となる。

これに対してアプリ連携型は、車載機とスマートフォンの双方にアプリケーションを配置して、お互いのコミュニケーションによって必要な情報の授受を行い、利便性の高いサービスを実現しようというものである。将来的には、自動車が持つ情報と、スマートフォンやクラウドが持つ情報をマッシュアップする車載アプリケーションの実現が期待される。

### 1.3.2 利活用例

ここでは、自動車における情報通信の活用事例として、先ず代表的な 3 つのサービスを、次に主要な日米欧自動車メーカーの動き等を紹介する。

#### (1) 自動車における情報通信の代表的活用事例

一つ目は、リモート操作。自動車の「キー閉じ込み」は JAF (日本自動車連盟) のロードサービス出動理由の上位であり、約 10% がこの理由によるものである<sup>18</sup>。それだけ、リモートでのアンロックのニーズは高く、今では、スマートフォンアプリを提供する自動車メーカーもある。同じリモートでは、車両診断もコスト効果が高い。保守の効率化や品質保証の向上など、自動車メーカーやディーラーにとって効果的であると同時に、利用者にとっても事前に故障を防ぐことにつながる。ただし、リモートサービスはセキュリティ認証が共通の課題である。

二つ目は、自動車保険である。自動車の走行データを収集・分析することにより、事故のリスクを算定することができる。たとえば、走行距離が長い、夜間の運転が多い、急発進や急ブレーキが多い、といった傾向は事故の発生のリスクが高いと推定される。逆に言えば、運転がスムーズで走行距離も短ければ事故を起こしにくいと判断できる。こうした傾向から保険料率を算定する自動車保険を UBI (Usage based insurance) と呼ばれ、走行距離に応じた保険を PAYD (Pay As You Drive) と、また運転の仕方に応じた保険を PHYD (Pay How You Drive) と呼ばれ欧米では普及してきている。また、単に保険料率に適用するだけでなく、日頃の運転の癖や傾向を分析し、運転をコーチン

---

<sup>17</sup> MONOist 「車載 Wi-Fi がクルマを変える、Miracast による映像伝送や車車間通信に活用」  
2013 年 10 月 4 日 <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1310/04/news036.html>

<sup>18</sup> <http://www.jaf.or.jp/rservice/data/2013/year.htm>



グするアプリケーションも合わせて提供する保険会社もある（図 20）。

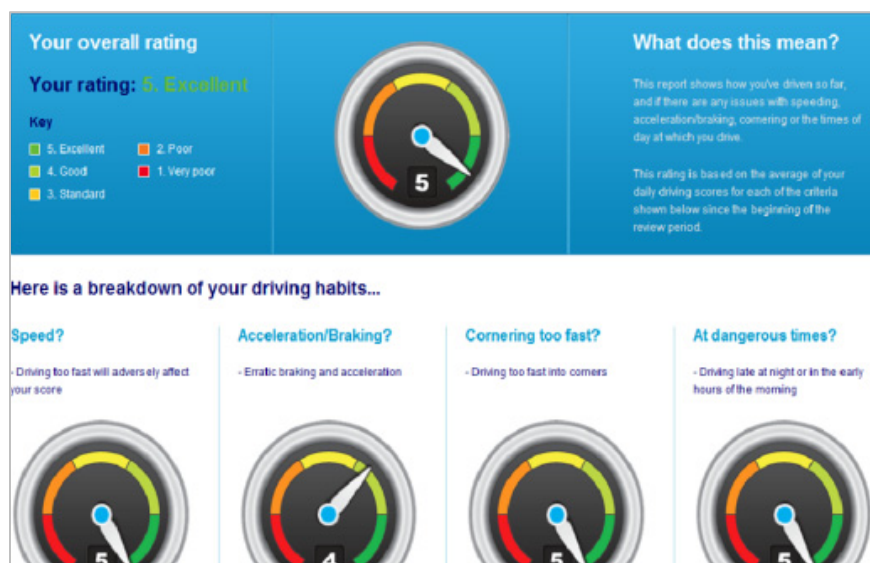


図 20 英 Co-operative insurance 社の「Young Frivers Insurance」  
(出典) co-operative insurance Facebook ページ

三つ目に紹介するのは、次世代ナビゲーションである。一部に社会実験なども開始されているが、目的地までの最適な移動手段を案内し、さらには、必要な予約までするものである。

たとえば、X 地点から Y 地点に行く場合に、X 地点から途中の A 地点までは自動車で行き、A 地点で自動車を駐車場に入れ、駐車場から徒歩 1 分の A 駅から電車に乗って Y 地点に向かうといった、複数の交通手段から最適な手段と経路を選択し、途中の駐車場の予約もできるサービスイメージである。

その他に、濃霧や集中豪雨により視界が悪くなっているところや路面凍結でスリップしやすくなっているところ、さらには EV 車として夏季において電力消費が抑えられる日蔭の多いルートなど、状況変化に応じた注意や迂回ルートの案内なども次世代ナビゲーションが目指す領域である。

## (2) トヨタ

同社は、スマートフォンとナビを Bluetooth で連携し、スマートフォンからナビの目的地に設定できる位置情報の送信を行うアプリ「Navicon」への対応を 2011 年から行っている。このようなスマートフォン連携をナビに取り入れることで、スマートフォン上のアプリの地図から周辺施設や行きたい場所を選択したり、電話帳にある住所録から選択してナビに送信するなど、簡易にナビの目的地設定を行うことが可能となっている。また、スマートフォン連携対応アプリで見つけた場所の位置情報を受け取ってナビに送信したり、スマートフォン側の地図を操作して、カーナビの地図を動かしたりすることも可能となっている。

ユーザはスマートフォンで事前に検索操作ができるので、車内に乗り込んでからの検

索操作の時間を短縮できることから、現在では日産、ホンダなど、トヨタ車以外のカーナビにも採用されている。

### (3) Audi

Audi connect として 2011 年からコネクテッドサービスを A7/A8 を対象に提供開始し、現在 A4/Q5 で展開している。ニュースのヘッドラインやメッセージ等の読み上げ、ストリートビュー機能を拡張させたナビゲーションや車内 WiFi ホットスポット機能など、アプリケーションの利便性を向上させた次世代 Audi connect を 2015 年春から展開することを計画している。

2014 年 1 月に米国ラスベガスで開催された 2014 international CES（国際家電ショー）で、Audi は、自動車購入の際、コネクテッド・カーであることが購入選定要因の 2 番目になったと発表した。

また、図 21 に示す Audi 車載用タブレット端末を 2014 年末～2015 年初に提供開始する予定とのことで、運転者や同乗者が持ち込むスマートフォン等と自動車情報との連携は本機が担うほか、HTML5 でのアプリケーションも搭載するとしている。



図 21 Audi 車載タブレット

(2014InternationalCESにてKDDI総研撮影)

その他に、屋外の会場で、車庫入れ、車庫出しをスマートフォンからのコマンドで自動で行うデモンストレーションも実施され、オンボードカメラの 360° 映像とレーザーレイドの情報をリアルタイム演算処理を行い制御し実現できることを説明していた。

(図 22)



図 22 スマートフォンによる Audi 自動駐車デモンストレーションの様子

(2014InternationalCESにて KDDI 総研撮影)

#### (4) BMW

同社は「BMW Connected Drive」を拡張した「BMW Connected Drive Plus」を 2013 年 10 月より、日本でも開始しており、スマートフォンと自動車融合した安全、利便性、快適性の向上を目指している。

サービス内容は、運転中にハンズフリー通話を利用してコールセンターに連絡すると、ドライバーにかわってオペレーターがナビゲーションを操作してくれる「BMW ドライバー・サポート・デスク」。

スマートフォン上で操作可能な専用アプリケーションを通じて、自動車から離れていてもドアのロックや解除、1.5km 以内での駐車位置の地図表示、広い駐車場などでヘッドライトを点滅させ車両位置を知らせてくれる機能を提供する「BMW リモート・サービス」。

あらかじめパソコンやスマートフォンで検索した地点をナビゲーションに転送し、目的地として設定できる機能や、現在の自車位置を友人などに転送する機能を提供する「BMW コネクテッド・ドライブ・サービス」。

主にこれら 3 つのサービスから成り立っている。



図 23 BMW i3 のダッシュボード

(2014InternationalCESにて KDDI 総研撮影)

#### (5) Ford

スマートフォンとの連携サービスとして 2013 年から AppLink を提供開始している。AppLink 用ソフトウェア開発のための SDK は iOS、Android プラットフォームに対応しており、アプリケーション開発者に開示されている。

2013 年の 1 年間で 200 万加入を獲得し、2014 年で 340 万加入を目指している。アプリケーションのラインアップも 2013 年末で約 150 に及んでいる。

上述のマイクロソフト社技術を採用しており、現時点では HTML5 の採用は未定としている。また、上記 SDK を GENIVI Alliance にも開示している。



図 24 Ford ダッシュボード

(2014InternationalCESにて KDDI 総研撮影)

## (6) Mercedes Benz

Android および iPhone/iPad から車のドアの施錠・開錠や診断など可能とする他、Mercedes-Benz App Store を 2012 年から提供している。

Google、Apple 社のほか Verizon Telematics 社の技術を実装し、サービスを提供している。

ベンツ車両情報（燃料残量・走行可能距離、ODO メータ、トリップメータ、タイヤ空気圧、点検・整備までの走行距離・日数など）が、iPhone（Digital DriveStyle app for iPhone）経由で Pebble のスマートウォッチに表示させることも可能としている。



図 25 Mercedes Benz ウェアラブルデバイスによる車両情報管理

(2014InternationalCESにて KDDI 総研撮影)

## (7) GM

北米で発売する GM の車種には、基本的に、全車種対象として OnStar のテレマティクス機能が搭載されており、エンターテインメント機能は、MirrorLink と同種の技術によってスマートフォンと連携させる MyLink を 2012 年から提供している。アプリケーションは、パートナーシップを組んだサードパーティで開発されたものを、OnStar のクラウド環境 ATOMS (Advanced Telematics Operating Systems) を経由して、車載機

と連携する仕組みとなっている。

On Star は衝突事故自動通報、ロードサービス、盗難車両支援などのサービスを究極のテレマティクス・サービスと銘打って 1996 年から提供開始している。

2014 年夏に 2015 年モデルの一部の車種から、LTE により MyLink の高速化を図り、アプリケーション提供も AppShop を通じて展開するとともに 2015 年から HTML5 アプリケーションを採用すると表明している。当初提供される予定のアプリは、ネットラジオ、ニュース、天気予報、旅行情報検索、車両情報などである。



図 26 Chevrolet Impala のダッシュボード

(出典) シボレー (GM 社) のホームページ<sup>19</sup>

#### (8) 利用意向の傾向

2014 年 3 月に開催された「国際自動車通信技術展 (ATTT14)」では、『「WEB とクルマの未来」カンファレンス 2014』と題して、自動車とアプリとの融合・連携についてディスカッションが行われた。このカンファレンスの参加者に対するアンケートでは、利用してみたい主な自動車向けアプリとして、「行先情報の自動車への転送・設定」「高度ナビ (他交通機関との組合せ等)」が 40%を超え最も期待を集めており、ナビゲーションに関わるアプリのニーズが高いことがうかがえる。

<sup>19</sup> <http://www.chevrolet.com/impala-4-door-sedan/interior-photos.html>

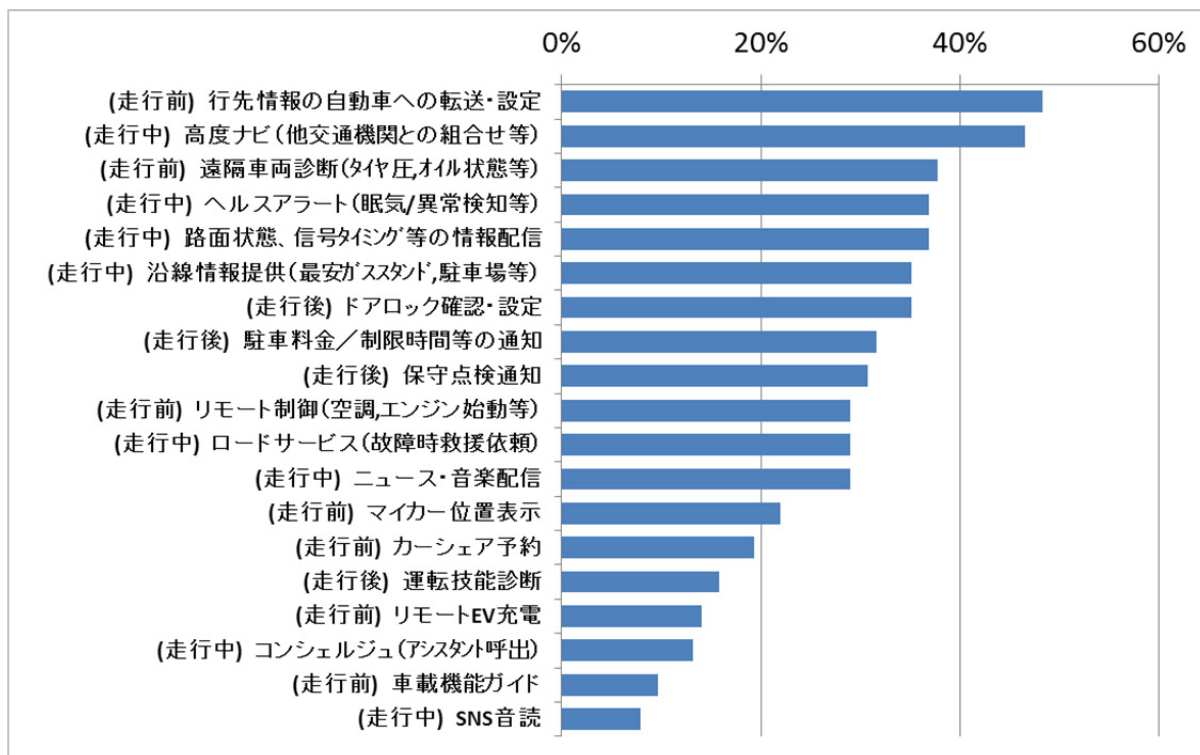


図 27 利用してみたい主な自動車向けアプリ (複数回答)

(出典) KDDI 総研による「WEB とクルマの未来」カンファレンス 2014 アンケート調査

## 1.4 自動車×ICT の利活用により目指すべき社会の姿

自動車の登場は、私たち生活向上に劇的な変化をもたらしてきた。自動車という移動手段を得ることにより、人とモノの移動能力を大きく拡張することに成功し、いつでも、どこでも、どこへでも行けるという移動の自由と利便性、移動可能な私的空間を拡大した。モビリティの発展は、経済の成長、社会・文化の発展を支えてきた大きな要素である。

近年、自動車は ICT 技術を取り入れた“つながるクルマ”化が進んでいる。さらなる ICT の利活用によって、高度な運転支援や交通事故の減少などより安心安全な移動環境の実現、道路交通情報の総合的なマネジメントによるモビリティの最適化など、よりよい道路交通社会の実現が期待されている。

また、今後普及が見込まれる電気自動車、燃料電池車においては、家や社会インフラと接続することによるエネルギー効率の最適化など、新たな環境エネルギー社会を創造してゆくことも期待されている。

### 1.4.1 協調型社会

21 世紀のわが国を取り巻く環境に関して、少子高齢化が進行することでファンダメンタルズの悪化による低成長経済が避けられない見通しであり、様々な人的物的リソースを効率的に活用することは重要な視点となる。また、世界的な人口増加が続き限られた地球資源の世界的な争奪競争が進む中、資源に恵まれないわが国において、エネルギー資源の有効活用は重要な課題であり、さらに世界的な人口増加から地球環境への影響が

問題視されていることから、いかに環境配慮型の社会を構築してゆけるかは主要国共通の課題となっている。

そのような背景の中で、車と車、道路と車、車と人等が ICT 技術を取り入れ、相互にタイムリーな情報交換ができるようにするとともに、地図情報や車・人の位置情報等の地理空間情報(G 空間情報)、蓄積データを活用する ITS (Intelligent Transport Systems) 技術は、交通事故の危険や交通渋滞の回避、安全で環境にやさしく経済的な道路交通社会を実現する上で、今後大いにその発展が期待される。

自動車の安全・安心に関しては、これまで車載レーダーやカメラなどにより、先行車や車線を把握し、車が自律的に衝突回避や車線逸脱を防ぐ、自動車単体の安全運転支援技術、どちらかと言えば自律型システムから進展してきた。さらなる交通事故の削減には、自動車、道路設備、人が共に「車車間通信・路車間通信・歩車間通信」等を用いて相互に連携し、協調しながらより高度な道路交通社会を創造することができよう。

モビリティとエネルギーの最適化においても、電動車の蓄電電力を、エネルギー源として活用し、需給バランスの一翼を担い、逼迫時や災害時の移動電源・通信基地局として自助、共助を支援することで、新たな環境エネルギー社会を創造することが視野に入れられている。



図 28 2030 年のありたい交通社会イメージ

(出典) ITS Japan 「ITS による未来創造の提言

～誰でも、どこでも快適に移動できる社会の実現～」(平成 25 年)

## 1.4.2 自動走行への取り組み

### (1) 安全運転支援技術の発展

ドライバーの疲労低減、危険認知の支援、事故回避支援、事故被害の軽減を図る自動車の安全運転支援機能は、ここ数年で目覚ましい発展を見せている。わが国にお



いては、本格的な超高齢化社会を迎えるにあたり、とくに身体的な能力が衰える高齢者ドライバーの安全運転支援は重要なテーマである。

最近では、以下のような安全・安心機能を盛り込んだ自家用車が各メーカーから販売され、世代に関係なく広く注目され利用意向も高まりつつある<sup>20</sup>。

### 【衝突被害軽減ブレーキ】

約 4～30km/h での低速走行中、車前方に設置した近距離を高精度で探知できるセンサーまたはレーダーで先行車を捉え、衝突の危険性が高いと判断するとブレーキを自動制御する機能。ドライバーがブレーキペダルを踏むと、ブレーキは即座に強い制動力を発揮。ドライバーがブレーキ操作などを行わなかった場合には、自動的にブレーキをかけて衝突回避をサポート、もしくは衝突による被害の低減を図る。



図 29 衝突被害軽減ブレーキの概念<sup>21</sup>

(出典) 本田技研工業ホームページ

### 【ACC (アダプティブ・クルーズ・コントロール)】

車に設置してあるレーダーセンサーが先行車との車間距離を計算して、適切な加減速を行い、設定車間距離を保持しながら運転者がアクセルやブレーキを操作しなくても定速で走行する機能。



図 30 ACC (車速/車間制御機能) の基本制御パターン概念<sup>22</sup>

(出典) 本田技研工業ホームページ

<sup>20</sup> トヨタ、日産、ホンダ等の上位車種などで導入が進んでいる。特に衝突被害軽減ブレーキに関しては、日本では軽自動車を含め多くのメーカー・車種で搭載されてきている。

<sup>21</sup> <http://www.honda.co.jp/ACCORD-PHEV/webcatalog/performance/details03/>

<sup>22</sup> 脚注 19 と同じ

### 【レーンキープアシスト】

車内に設置されたカメラ画像をもとに車線を認識し、方向指示器を操作されないまま車線を逸脱しそうになると警報音を鳴らしディスプレイに表示するなどしてドライバーに知らせ、さらにステアリング制御を行い、車線維持をアシストする機能。これにより軽いステアリング操作で車線維持走行が可能となる。または車線逸脱警報を行う。

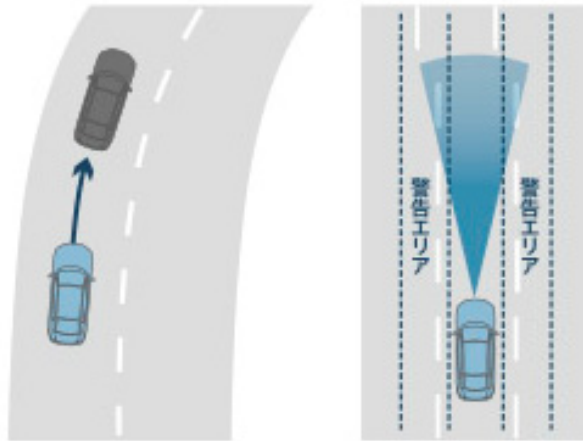


図 31 車線維持支援システムの作動イメージ<sup>23</sup>

(出典) 本田技研工業ホームページ

## (2) 自動走行の開発状況

前述の安全運転支援技術から、さらに進化させドライバーが行う知覚・認知・判断・操作の一部または全部を IT および ITS 技術を用いて機械が補助・代行することで、交通事故を減らそうという自動走行への試みがここ数年で急速に注目されてきている。

米国では Web 検索大手の Google 社が 2009 年からスタンフォード大学と共同で、自動走行技術の開発を始めており、2010 年から米国で走行実験を開始している。

Google の自動走行車は、センサーでとらえた情報を人工知能で解析し、安全な走行路を判定する方法を採用している。車両上部に Lidar (light detection and ranging) を搭載し、レーザーにより物体との距離を測定することで、車両周辺の 3D マップを作成する。車両前部と後部に Radar を搭載し、前後の物体との距離・速度を測定し、遠方の物体の位置を把握する。また、フロントガラスにはビデオ・カメラが設置され、信号機、道路標識、前方の車のテールライトなどの検知も行う。さらに屋根の GPS アンテナで位置を把握し、四つの車輪には Position Estimator が搭載され、短距離の移動を測定し、正確な位置を算定している。

各種センサーから収集した情報で、自動車の位置を正確に把握しつつ、Lidar のイ

<sup>23</sup> 脚注 19 と同じ

メージを Google の得意とするマップに重ね、どのレーンを走行し、どこに横断歩道や交差点があるかなどを把握する。この情報に、他車、歩行者、信号表示、道路標識などダイナミックな情報を重ね合わせ、マップを完成させた上で、これら情報を解析し、安全な走行路を判定する技術として人工知能が活用している。

同社によると 2014 年 4 月には無事故での走行距離が 70 万マイル（約 113 万キロメートル）に達したという。

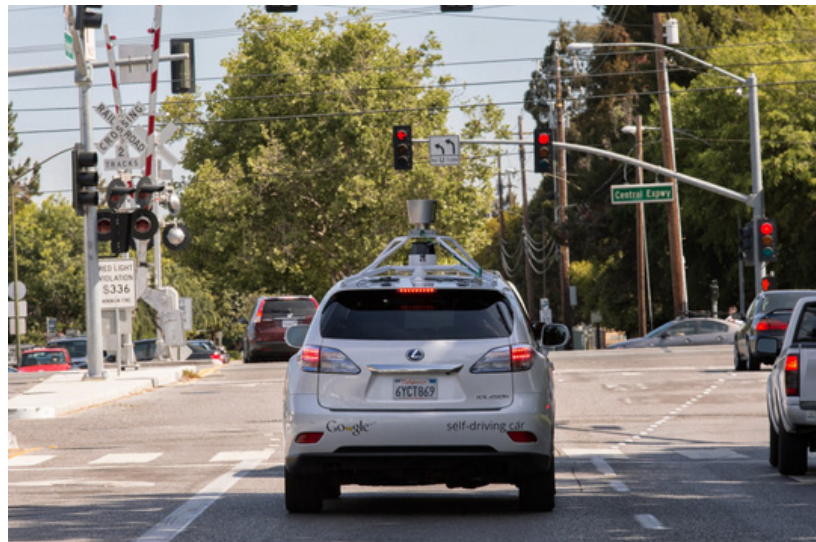


図 32 Google 社の自動走行車

(出典) Google 社 Office Blog<sup>24</sup>

他方日本では、2013 年には日系自動車メーカーであるトヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業が相次いで展示会等で自動走行車の試作車発表を行い、11 月には国会議事堂前で 3 社による公道実験が行われている。以下に自動走行に関する日本の自動車メーカーの発表内容を紹介する。

トヨタ自動車(株) (以下、トヨタ) は、自動走行技術を利用した、高速道路 (含む、自動車専用道路) における次世代の高度運転支援システム「オートメイトド ハイウェイ ドライビング アシスト」(以下、AHDA) を開発したと報じている。<sup>25</sup>

AHDA は、先行車両と無線通信しながら追従走行する「通信利用レーダークルーズコントロール」と全車速域で道路の白線などをセンサーで検出し、あらかじめ算出された最適なラインを走行するよう操舵を支援する「レーントレースコントロール(Lane Trace Control)」との連携により、安全運転の支援や運転負荷の軽減を行う。今回新開発した AHDA は、2010 年代半ばを目標に、商品化する予定としている。

<sup>24</sup> <http://googleblog.blogspot.jp/2014/04/the-latest-chapter-for-self-driving-car.html>

<sup>25</sup> トヨタ自動車プレスリリース ([http://www2.toyota.co.jp/jp/news/13/10/nt13\\_057.html](http://www2.toyota.co.jp/jp/news/13/10/nt13_057.html)) より

次に、日産自動車(株) (以下、日産) は、2013 年 8 月に自動走行の取り組みとして、2020 年までに同社の複数の車種において自動走行を実用化することを発表している。

26

自動走行技術の様々な可能性を、日本では 2013 年 10 月に開催された CEATEC Japan2013 においてデモンストレーションした。(図 33)

「日産リーフ」にレーザースキャナー、アラウンド・ビュー・モニターカメラ、先進的な人工知能やアクチュエーターを搭載し、車両の周囲 360 度の危険をモニターし、必要な場合には、ドライバーへ警告を発し、アクションを取るというセーフティ・シールドの考え方の延長線上にあり、「必要な情報は全てクルマが持っているべきで、外部からの情報のみに依存しない。」という考え方に基づくとしている。

安全が確認されるとハンドルのほか、アンダーイルミネーションも青く光り、障害物などがあり安全が確認されるまでは赤く光るなど、運転者のほか、車の外にいる人にも自動車がどのような判断をしているか分かるようになっていた。



図 33 日産自動走行デモ

(KDDI 総研撮影)

本田技研工業(株) (以下、ホンダ) は、2013 年 10 月に開催された「第 20 回 ITS 世界会議 東京 2013」において、自動走行に関して 2 件のデモンストレーションを行った。<sup>27</sup>

一つ目が協調型自動走行で、自律型の走路環境認識技術を搭載した実験車が、狭い道などでの自動走行や、車載カメラで歩行者を認識することによる自動停止および発進するもの。また、歩行者とクルマの通信や二輪車・四輪車・電動カートとの

<sup>26</sup> 日産プレスリリース (<http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2013/STORY/130828-02-j.html>) より

<sup>27</sup> 本田技研工業(株)プレスリリース (<http://www.honda.co.jp/news/2013/4131008.html>) より

通信による安全運転支援に加え、車載カメラによる路上駐車車両を検知し、後方の安全を確認したあとに、自動で車線変更を行っていた。

実験車両のフロントガラスとリアガラスの上部左右と左右のリアドアのサイドウインドウに LED が並び、これらが緑色であれば「進路上にリスクなし」、黄色なら「進路上に見えるリスクあり」、白色なら「進路上に見えないリスクあり」を表していた。



図 34 ホンダの協調型自動走行デモ

(KDDI 総研撮影)

二つ目が自動バレーパーキング<sup>28</sup>で、駐車場の四隅に設置されている監視カメラがクルマと無線通信で連携することにより、車両側に特別なセンサーを追加することなく、人がスーパーなどの駐車場の送迎エリアにクルマを停車させると、駐車場内の空きスペースの情報を受け取ったクルマが無人で走行して駐車するもの。

その後、人が用事を終えて駐車場の送迎エリアに戻ってくると、クルマは無人のまま送迎エリアまで迎えに行く。このシステムでは、複数台の車両に対して安全で効率の良い自動駐車を可能としている。

デモでは、駐車場で車両が移動している最中に大きなボールが転がってきたことを認識し、車両が停車し、ボールが取り除かれると再び動き始めていた。

<sup>28</sup> Valet Parking。ホテルやレストランの駐車サービスで、自分で運転してきた車のキーを係りの人に預けると代わりに車の駐車をしてくれ、外出時には車を出してくれるサービス。



図 35 ホンダの自動駐車デモ

(KDDI 総研撮影)

### (3) 自動走行への展開

自動走行は、運転における人間の関与を減らすことで、交通事故原因の主要因であるヒューマンエラーが減少すれば、ほとんどの交通事故は防げるという期待が大きく、その他にも高齢者や障がい者の移動範囲も広がるほか、移動中でも仕事ができ生産性の向上も期待される。

その一方で、命を掛けてまで乗車するだろうか、また公道で走行している他の手動運転車両から受容されるかという不安の声もある。

自動走行の効用も懸念も幾つものレベルがあり、その違いを認識しておく必要がある。

自動走行の定義は、世界各国、関係団体で統一されてはいないが、米国 NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration : 国家道路交通安全局) の「自律走行車に関する暫定政策提言」で述べている下表の5つに概ね分類される。

これらを見ると、最新の自動車であっても、まだレベル1 或いはレベル2 であり、Google の事例もレベル3 と言われている。

レベル4 である完全自動化までにはレベル3 での実績を重ね、その信頼性を十分に向上させることが必要である。

レベル3 でも道路を含めた状況・環境の監視が自動化され、かつ手動運転に戻す場合には十分な猶予を持たなければならない。

数十m や封百m 先の状況判断では、速度によっては数秒しかなく、十分に猶予は確保できない。

したがって、同一経路を走行している先行車両からの監視・センサー情報が重要であり、また、どのくらいの時間で運転手が運転できる状態になるのか、運転手の状況のモニタも含めた状況判断が必要となる。

すなわち、レベル3 以上の自動走行には自動車内外からの正確な情報通信技術と状況に応じた適切かつ迅速な判断を行う人工知能技術が必要不可欠と言える。

表 1 自動走行のレベル

	自動化水準	概要
レベル 0	自動化なし	運転手が、自動車の主要操縦系統(ブレーキ、ステアリング、スロットル、原動力)を常に自ら完全にコントロールし、道路状況の監視及び全操縦系統の安全な操作について全責任を負う。 運転支援機能(前方車両衝突警報、車線逸脱警報、死角モニター等)を有しても、ステアリングやブレーキやスロットルを制御する能力がない自動車は、「レベル 0」と見なす。
レベル 1	特定機能の自動化	特定の操縦機能を 1 つ以上持つ自動車。複数の機能が自動化されている場合には、それら機能が互いに独立に動作する。 運転手が全体を制御し安全操作について全責任を負うものの、運転手は主操縦系統の限定的なコントロール権限(ACC)を任せたり、自動車が電子安定制御等限られたコントロール権限を自動的に引き受けたり、自動化システムとして追突防止ブレーキなど特定の状況での付加的な運転支援を提供することが可能。 自動車の自動化システムは、主操縦系統の一つの機能により運転手を補助するのであって、運転手が物理的に運転から開放されるのではない。機能別自動化の例は、クルーズ・コントロール、自動ブレーキ、レーンキープ等。
レベル 2	複合機能の自動化	主操縦系統の最低2つが自動化され、これら機能が同時に動作し、これら機能から運転手が解放されるよう設計された自動車。 運転手は特定の限定された状況下で、自動車との共有権限を利用して、主要な操縦を自動車に任せることが可能。但し、道路状況の監視と安全操作の責任は運転手にあり、運転手は短時間に自動車を安全にコントロール可能とするよう用意しなければならない。 車線の中央走行と ACC の併用がレベル 2 の一例。レベル 1 とレベル 2 の主な違いは、レベル 2 では自動走行モードが起動すると、運転手が物理的に運転から解放されること(ハンドルから手を、ペダルから足を同時に離す)。
レベル 3	半自動化	運転手は特定の交通・環境条件において、全ての安全重視機能(safety-critical functions)のコントロールを完全に自動車に任せることが可能。運転手の操縦に戻さなければならない状況の変化を監視することも自動車に大きく依存。自動走行モードを維持できないとき、運転手による手動モードへと安全に切替えられるだけの十分な猶予を持って運転手に知らせることが出来るのがこのレベル。 レベル 2 とレベル 3 の主な違いは、レベル 3 では、走行中に運転手が道路状況を常時監視する必要がないこと。
レベル 4	完全自動化	全ての安全重視運転機能を実行し、全行程の道路状況を監視するよう設計されている自動車。人が目的地やナビへの入力を行うものの、走行中のいかなる時にも運転することがない。レベル 4 の自動車には有人と無人があり、安全運転の責任は自動走行車両システムだけにかかる。

(出典) NHTSA (米、国家道路交通安全局) の Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles (自動走行車に関する暫定政策提言)<sup>29</sup> より KDDI 総研にて作表

<sup>29</sup> [http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated\\_Vehicles\\_Policy.pdf](http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf)

#### (4) ITS が担う役割の方向性

前述のとおり安全運転支援やどのレベルの自動走行であっても、それらを実現するためには、より高度な ICT 技術を活用する将来の ITS は、自動車単独では解決困難な安全運手支援の課題への対応として、大きな貢献が期待されている。

例えば、高速道路上での走行時においては、路車間通信／車車間通信、ITS スポットからの情報配信により、車両等の検知によるドライバーへの注意喚起、車間距離の維持、緊急時のブレーキなど運転支援を行うことができる。

また、交差点などの一般道においては、路車間通信／車車間通信、さらには歩車間通信により、障害物の検知によるドライバーへの注意喚起等のほか、位置・速度情報等をやりとりし、出会い頭の衝突等を回避することが可能となる。

このように ITS 技術の高度化により、歩行者・自動車双方への交通安全に係る迅速な情報提供や支援、渋滞等の削減、利便性の向上を図りつつ、交通事故死者数ゼロを目指し、安全・快適な道路交通を実現することができよう。

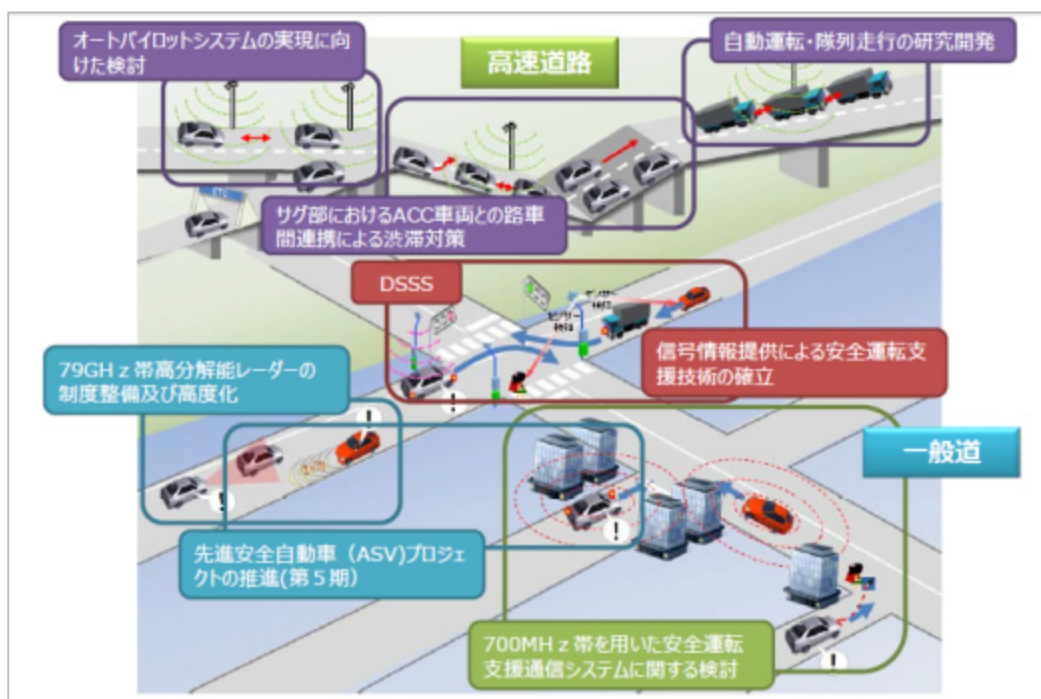


図 36 ITS の将来イメージ

(出典) 首相官邸「新戦略推進専門調査会 道路交通分科会 第2回」(平成25年)

### 1.5 政府としての取組

#### 1.5.1 安全運転を支援する 700MHz 帯車車間・路車間通信システム

総務省では、地上テレビジョン放送のデジタル化により利用可能となった 700MHz 帯について、安全運転支援を行う車車間・路車間通信システムに割り当て、その導入に必要な省令改正等の制度整備を平成 23 年 12 月に完了している。

この 700MHz 帯安全運転支援システムでは、車載器同士が直接通信を行うことにより互いの位置、速度等の情報を交換する「車車間通信」と、路側機と車載器が通信を行う



ことにより車両がインフラからの情報（信号情報、規制情報、道路情報等）を入手する「路車間通信」の二つの通信方法が用意されている。

このシステムに用いられる 700MHz 帯の電波は、ビル陰や大型車の後方等の見通し外にも回り込む特徴を持っており、運転者の死角となる位置に存在する車両の情報を入手可能となることから、見通しの悪い交差点での出会い頭衝突事故防止等への効果が高い。特に、交通量の多い交差点では路車間通信を用いて、路側機が設置されていない路地等では車車間通信を用いることにより、交通事故削減への寄与が期待されている。



図 37 車車間通信のイメージ

(出典) 総務省「情報通信審議会 情報通信技術分科会 移動通信システム委員会報告」  
(平成 23 年)



図 38 路車間通信のイメージ

(出典) 総務省「情報通信審議会 情報通信技術分科会 移動通信システム委員会報告」  
(平成 23 年)

### 1.5.2 歩行者の安全確保のための 79GHz 帯衝突防止用高分解能レーダー

近年、自動車に搭載したレーダーやカメラからの情報を解析し、自動車が周辺車両等の障害物を感知することで運転者への警告やブレーキの補助操作等を行うプリクラッシュ

ユセーフティシステムが多くの車に搭載され始めている。車両が関係する衝突事故を防止するため天候等に左右されず周囲の把握が可能な車載レーダーシステムとして、24/26GHz帯UWBレーダーや76GHz帯レーダー等が実用化されているが、総務省では、更に分解能を高めた79GHz帯高分解能レーダーの制度整備を平成24年12月に完了している。

この79GHz帯高分解能レーダーは、道路を横断中の歩行者、走行中の自転車やオートバイ等、車両よりも小さい対象物の検出が可能となることから、対人事故、出会い頭や右折時の事故回避につながると期待されている。

また、総務省では、より広い範囲の歩行者を検知する技術等推進への取組みを「79GHz帯レーダーシステムの高度化に関する研究開発」として実施しており、試作機などの製作等に関する推進を行っている。

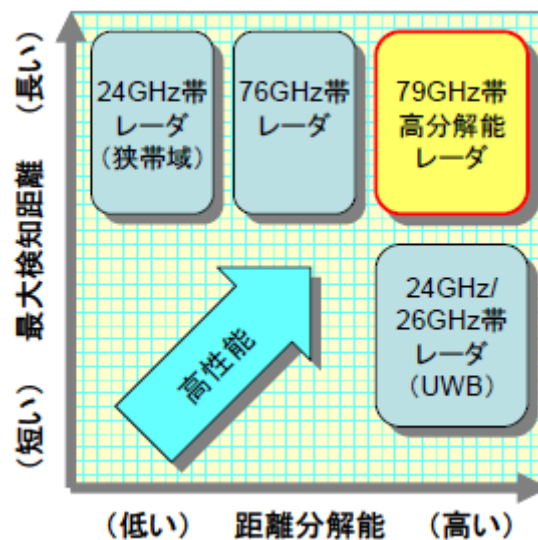


図 39 79Ghz 帯高分解能レーダーの特徴

(出典) 総務省「情報通信審議会 情報通信技術分科会 移動通信システム委員会報告」  
(平成 24 年)

### 1.5.3 「情報セキュリティ アドバイザリーボード ITS セキュリティ検討グループ」開催

我が国における交通事故による死傷者数は近年減少傾向にあるものの、依然として深刻な状態にある。このような状況を踏まえ、総務省においては情報通信技術(ICT)を活用した安心・安全で快適な交通社会を実現するシステムである ITS について、これまで実用化に向けた取組みを進めている。

今後、主に 700MHz 帯を活用した「車車間・路車間・歩車間通信」等による協調型の安全運転支援システムの早期実用化に向けて、通信される情報の真正性・完全性・機密性が担保されるための情報セキュリティが不可欠であるとの認識から、総務省では、その要件等について検討を行い、より専門的な観点から助言を得ることを目的として、平成 26 年から「情報セキュリティ アドバイザリーボード ITS セキュリティ検討グループ」を開催している。

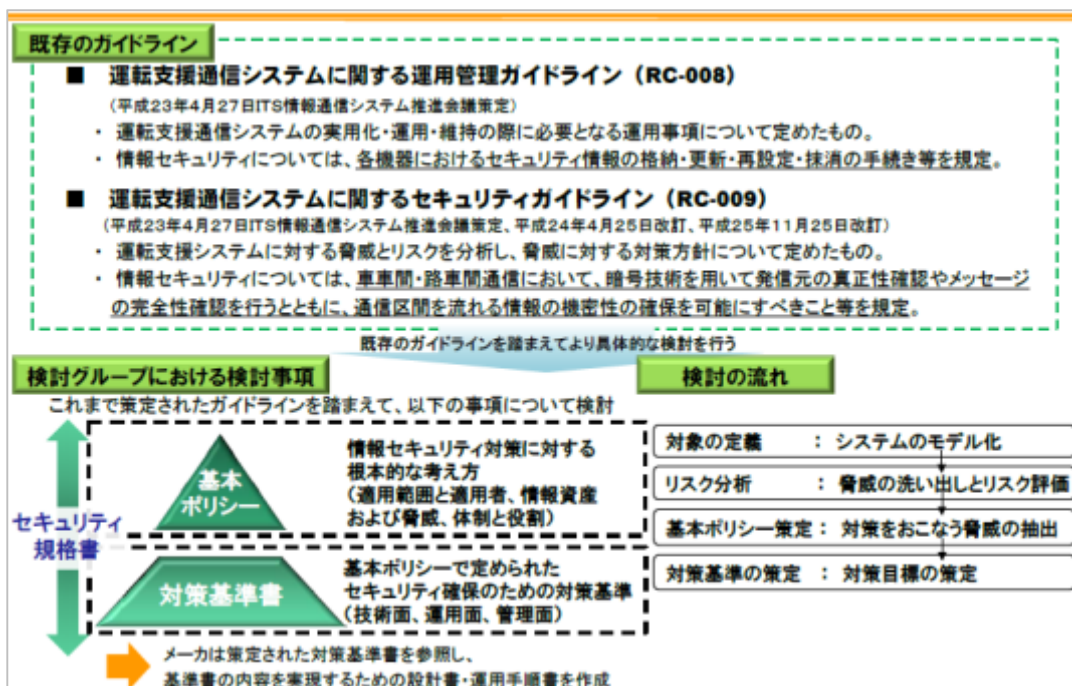


図 40 ITSセキュリティ検討グループにおける主な検討事項

(出典) 総務省「情報セキュリティ アドバイザリーボード ITSセキュリティ検討グループ 第1回会合」(平成26年)

#### 1.5.4 ITS 関連事業成果発表会の開催

総務省のITS関連事業の成果や自動車メーカー等による最新の取組状況について、講演や展示を通じて紹介する「情報通信が支える次世代のITS ～総務省ITS関連事業成果発表会～」が平成26年3月に開催された。発表会では自動車メーカ、車載機メーカ、研究機関、等からITSに関する実証研究の成果が報告され、今後の同分野での産学官連携がより積極的に進められることが目指された。



図 41 ITS 関連事業成果発表会の様子

(出典) 総務省ホームページ

### 1.5.5 SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)での次世代 ITS における総務省取り組み

戦略的イノベーション創造プログラム（略称「SIP」）は、政府の総合科学技術会議が府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たし、科学技術イノベーションを実現するために新たに創設されたプログラムである。

11 の課題のうち「自動走行（自動運転）システム」において、総務省は ICT を活用した次世代 ITS の確立を目的として、道路上での様々な交通状況においても自動走行システムの高度な安全性を確保するため、近接する車両や歩行者等の中で互いに位置・速度情報等をやり取りする車車間・路車間・歩車間通信、また、天候等、周りの環境の影響を受けずに交差点やその周辺等の車両・歩行者の存在等を把握可能なインフラレーダー（路側設置型高分解能ミリ波レーダー）等を組み合わせることにより、一般道や自動車専用道での事故回避等を図る高度運転支援システムの開発を行う開発を行う。

本研究開発は、2014 年度～2016 年度にかけて実施されるが、実際に一般道等において、状況の異なる複数の交差点等にて多数の車載器搭載の自動車や歩行者等が行き交う環境を模擬的に設け、その中でのシステム動作等の検証を行うなど、大規模実証実験を行う計画である。

## 2 ICT 産業で再び脚光を浴びる AI（人工知能）の現状と動向

### 2.1 AI の現状

AI（Artificial Intelligence、人工知能）とは、人間の思考と同じ機能を再現したソフトウェアである。AI を実現しようとする目的は大きく 2 つあり、脳の機能全体をコンピュータ上に再現しようとするものと、人間の特定の知的活動をコンピュータに代替させようとするものである。前者は「強い AI」と呼ばれるもので、サイバーパンク（サイエンス・フィクションの一つ）などのエンターテインメントの場で語られることが多いが、感情や自由意志などを含む人間の知能をコンピュータ上に再現するために、工学や認知科学、神経科学などの学際的な研究が、脳の解明と並行して行われている。一方、後者は特定の課題への対応に特化しているため、前者に対して「弱い AI」と呼ばれることがある。しかしながら、学習や推論、（音や画像の）認識といったある程度複雑な機能単位での知的活動を行うことができ、研究に留まらず、ビジネスでも実用に足る成果を得られている。ここでは主に後者について、ICT の展望にどのように関係しているか論じる<sup>30</sup>。

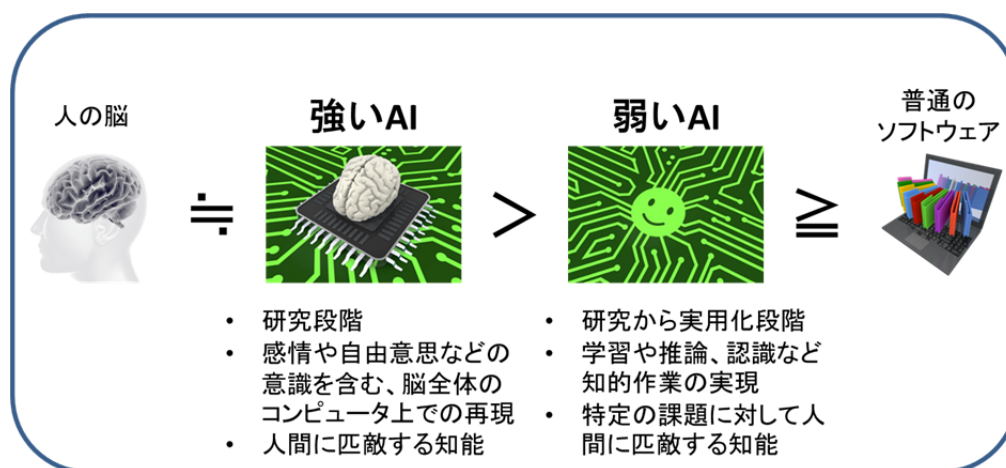


図 42 人の脳と AI の汎用性についての比較

(出典) KDDI 総研作成

表 2 AI の研究分野

ゲーム	エキスパート・システム	情報検索
ヒューマンインターフェース	音声認識	データ・マイニング
画像認識	ニューラル・ネットワーク	ロボット
感性処理	自然言語理解	マルチ・エージェント
推論	探索	プランニング
知識表現	機械学習	遺伝アルゴリズム

(出典) 人工知能学会サイト<sup>31</sup>を基に KDDI 総研作成

<sup>30</sup> 参考：John R. Searle, "Minds, Brains and Programs", 1980) (参考：人工知能学会、”<http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/AIresearch.html>”)

<sup>31</sup> <http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/AIresearch.html>

AIはUI (User Interface) の一つとしてとらえることができる。コンピュータと人間の接点であるUIは、20世紀中ごろの初期の研究で、人間のような知能を持つコンピュータが簡単な命令で作業を実行するという野心的なAI派と、コンピュータはあくまでもツールに過ぎないとする現実的なIA (Intelligence Amplification、知的増強) 派に分かれていた。

SRI (スタンフォード研究所) のダグラス・エンゲルバート (Douglas C. Engelbart) 氏を中心とするIA派はマウスやGUIなどコンピュータを一般家庭にまで普及させるための基礎を築いてきた。一方、スタンフォード人工知能研究所 (SAIL) のジョン・マッカーシー (John McCarthy) 氏率いるAI派は、なかなか成果を上げられずにいた<sup>32</sup>。人間のように優れた課題解決能力を実現しようとするAIの実現は、半世紀以上続く研究テーマであったが、計算機の発達とともに環境が変化し、ようやくAIを後押しするような環境が形成されつつある。2000年代後半にはAI研究のブレイクスルーと目される手法が考案され、AIによるコンピュータやWEBサービスの更なる進化が促されようとしている。

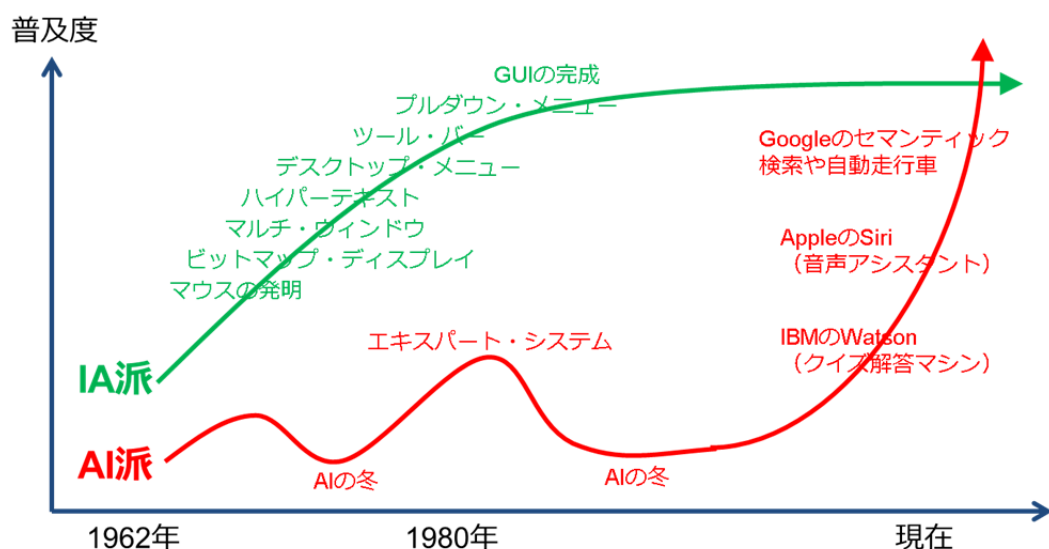


図 43 AI と IA の普及

(出典) 小林雅一「クラウドから AI へ」朝日新聞出版

今、AIが注目を集めているのは、これを取り巻く環境が変化してきたことも要因となっている。その一つはビッグデータだ。インターネットには膨大な情報が日々蓄積されているが、活用されている情報はごく一部である。解析を行うには情報が使い道に合わせてある程度まとまっている必要があり、それに対してどのような解析を行うかという指示も人が考えなければならない。このように、データ解析はデータサイエンティストの経験に頼る側面があるが、ビッグデータとは人間が把握できる限度を超えた情報の塊

<sup>32</sup> 小林雅一、「クラウドから AI へ」、朝日新聞出版、2013年7月

であり、その量と複雑さに対応できる分析能力と対応速度を得るために、AI が求められている。AI によって膨大なデータの集合から、何らかの重要な意味やパターンを抽出することができるようになる。これは、インターネット上でビジネスを行う企業にとっては、新たなデータ解析技術を得るだけでなく、広告など現在のビジネスを最適化することで直接に収益の増加が可能であるため、Facebook や Google などの企業が AI 開発の先陣を争っている。

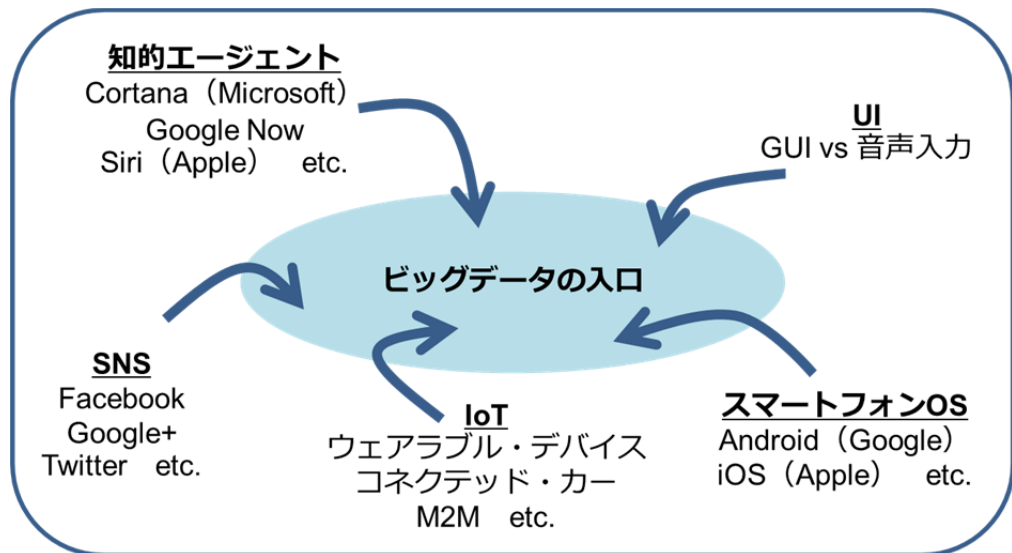


図 44 ビッグデータのプラットフォーム

(出典) KDDI 総研作成

携帯電話端末上での新たなサービスも AI の象徴的なサービスとして捉えられている。例として、パーソナル・アシスタント (知的エージェント) が挙げられる。パーソナル・アシスタントは、古くは PC の Windows に登場したイルカ (「カイル」) も、操作のヘルプ機能を GUI (Graphical User Interface) による応答によって利用者をサポートするアシスタントだった。一方、2009 年から Android OS ではスマートフォンに親和性の高い音声での検索機能が搭載され、新たな検索サービスへの入口が生まれていた。この流れを受けて、Apple は 2011 年 10 月に、iOS の機能としてパーソナル・アシスタントである「Siri」の提供を始め、人間と対話をしているかのような新しいインターフェースを実現した。このようなサービスは人間の知能そのものを再現しているわけではないが、マイクに入力された音から言葉を認識する音声認識と自然言語処理、それに対する出力の判断モデル (結果の提示方法) などの機能ごとに AI 技術が用いられ、疑似的に人間らしさを表している。パーソナル・アシスタントなどの新たなインターフェースはライフログやビッグデータの出入口ともなるプラットフォームであるため、これを押さえるべく、ここでもモバイル OS 企業などによる AI を用いたサービスの開発競争が起きている。



図 45 Google 音声検索 (Android 1.6)

(出典) Google Play (アプリ配信元) <sup>33</sup>

表 3 代表的な音声認識とパーソナル・アシスタント

提供者	サービス名	プラットフォーム	提供開始	内容
Apple	Siri	iOS	2011年10月	音声入力による検索、端末操作、文章作成、質問応答
Google	音声入力	検索機能	2009年9月	音声入力による検索、文章作成
Google	Google Now	Android iOS	2012年7月	検索履歴を元にした情報の提案
Microsoft	Cortana	Windows Phone	2014年4月	音声入力による検索、端末操作、検索履歴を元にした情報の提案
Amazon	Amazon Dash	専用デバイス	2014年4月	音声入力やバーコード読み取りによる買い物支援
NTT ドコモ	しゃべって コンシェル	Android iOS	2012年3月	音声入力による検索、端末操作、文章作成、質問応答
KDDI	おはなし アシスタント	Android	2012年11月	音声入力による検索、端末操作、文章作成、翻訳
Yahoo! Japan	Yahoo! 音声アシスト	Android	2012年4月	音声入力による検索、端末操作

(出典) KDDI 総研作成

コンピュータの計算能力の向上も AI 技術の進展に大きな影響を与えている。IBM が開発した特製のスーパー・コンピュータ「Deep Blue」はチェスの世界チャンピオンに挑戦し、1997年5月の対局で勝利した。この AI はチェスというルールの中で有限の戦局から最善の一手を選択するというものだが、1秒あたり2億パターンの指し手を計算できるようになったことが、人間のチャンピオンに勝つという結果に貢献した<sup>34</sup>。IBM は2011年2月には「Watson」で米国のテレビ番組「Jeopardy!」のクイズに挑戦し、2

<sup>33</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.voicesearch.d>

<sup>34</sup> IBM, “[http://www-06.ibm.com/ibm/jp/about/ibmtopics/year\\_1997.html](http://www-06.ibm.com/ibm/jp/about/ibmtopics/year_1997.html)”



人の歴代チャンピオンに勝利した。このクイズ番組では問題が読み上げられると同時にモニタにもその全文が表示され、早押しによって回答する形式だが、「Watson」には特別に問題の提示と同時にテキストデータの問題が送られ、これを処理して、実際に物理的なボタンを押すことで回答した。「Watson」は音声認識や画像認識は行っておらず、AIとして自然言語処理と回答の判断に特化している。「Watson」は事前に百科事典などの百万冊分のデータを学習しており、スタンドアローンの状態で、約 80 テラ FLOPS の計算能力を用いて、人間より早くクイズの設問文に回答し、正解した<sup>35</sup>。「Watson」のベースとなっているコンピュータ「Power750」は当時のスパコンランキングで 192 位にあたるが、世界 1 位を争うようなコンピュータでなくとも、AIによって課題に対して高い成果を得ることができるようになった<sup>36</sup>。

コンピュータはムーアの法則として知られているように、1.5 から 2 年でその計算能力（トランジスタ数）が 2 倍になってきた。人間の脳全体のニューロン数は千数百億個とされており、ムーアの法則が続けば、今世紀前半には計算リソースとしてコンピュータが脳を超えるとされている<sup>37</sup>。IBM のダーメンドラ・モジャ (Dharmendra S. Modha) 氏が 2008 年の Singularity Summit で語ったところによると、2018 年には 38.5 ペタ FLOPS の能力を誇る人間の脳のシミュレーションを行うことができるようになる予想している<sup>38</sup>。



図 46 「Watson」のハードウェア

(出典) IBM<sup>39</sup>

表 4 IBM 「Deep Blue」「Watson」のシステム構成

	Deep Blue (1997)	Watson (2011)
構成	RS/6000 P2SC + チェス専用チップ	Power 750 (10ノード×10ラック)
計算用コア数	480	2,880
スコア (R <sub>peak</sub> )	15.4ギガFLOPS	79.1テラFLOPS
スパコンランキング	259位 (1997年6月)	192位 (2011年6月)

(出典) <http://www.top500.org/>などを基に KDDI 総研作成

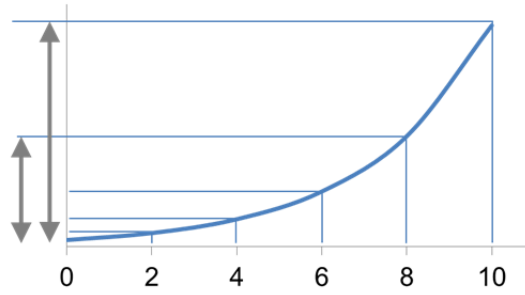
<sup>35</sup> IBM, “<http://www-03.ibm.com/history/ibm100/jp/ja/icons/watson/>”

<sup>36</sup> ランキングについて出典：Top500.org, “<http://www.top500.org/list/2011/06/?page=2>”, Jun. 2011

<sup>37</sup> 人の脳細胞数について参考：理化学研究所脳科学総合研究センター、  
“<http://www.brain.riken.jp/jp/aware/neurons.html>”

<sup>38</sup> 出典：YouTube より講演の公式映像、“<https://www.youtube.com/watch?v=tqeINGOzIZo>”、2012 年 2 月)  
(出典：Robot Watch 記事【2 次文献】、“<http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2008/10/30/1410.html>”、  
2008 年 10 月

<sup>39</sup> <http://www-06.ibm.com/ibm/jp/lead/ideasfromibm/watson/>



1.5から2年で2倍の性能

図 47 ムーアの法則

(出典) KDDI 総研作成

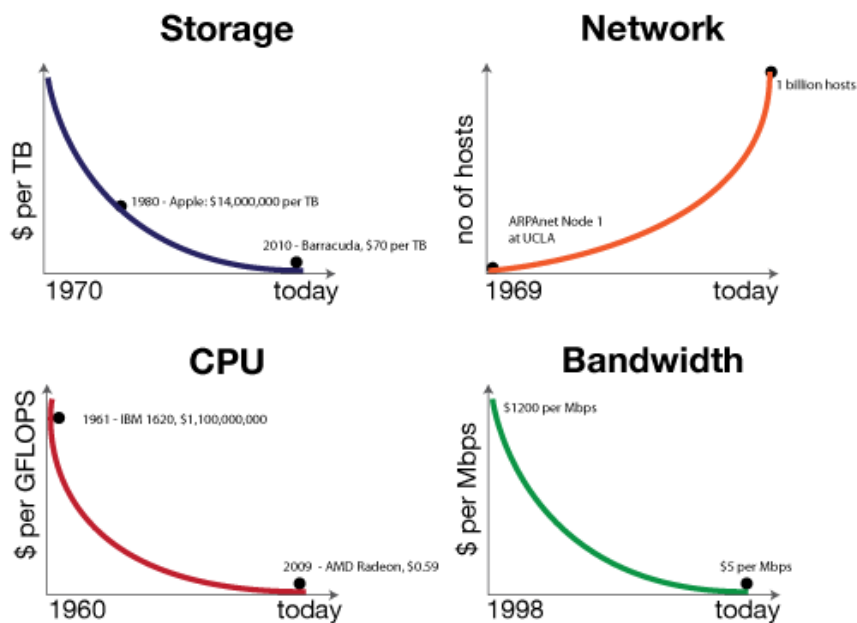


図 48 指数の勢い

(出典) Michael Driscoll 氏 (CEO, Metamarkets) の資料より引用<sup>40</sup>

AIはロボットの制御にも必要な技術となる。これまでのロボットは枠組みの定まったラボ環境や工場などの特定の場所で、単純作業を繰り返すものだったが、特に研究開発が進んでいる自走するロボットは人間と同じ外部環境の中で、あらゆる周囲の情報から必要な動作を決めなければならない。また、ロボットに搭載されるAIには、ロボットが行う作業を状況に応じて最適化することが求められている。例えば、自動車メーカーは自動走行車の開発にこぞって取り組んでいるが、走行中の周囲で起こるイレギュラーな状況にも対応できるように安全な仕組みを実現するとともに、身勝手に都市交通に渋滞を引き起こすことのないよう、車の運転において人間と同じレベルの判断能力を実現するための研究開発が行われている。ロボットは人間の活動が困難な環境での活躍も期待

<sup>40</sup> <http://strata.oreilly.com/2011/08/building-data-startups.html>

されており、米国 DARPA（国防高等研究計画局）が 2013 年 12 月に開催した災害対応ロボット・コンテストのトライアル（予選会）では、日本から参加した Schaft が 1 位で通過した（2014 年 12 月に本選を開催予定）。Google が 2013 年 12 月にこの Schaft を含むロボット関連企業を相次いで買収したことも、AI への関心を引き付ける一端となった。

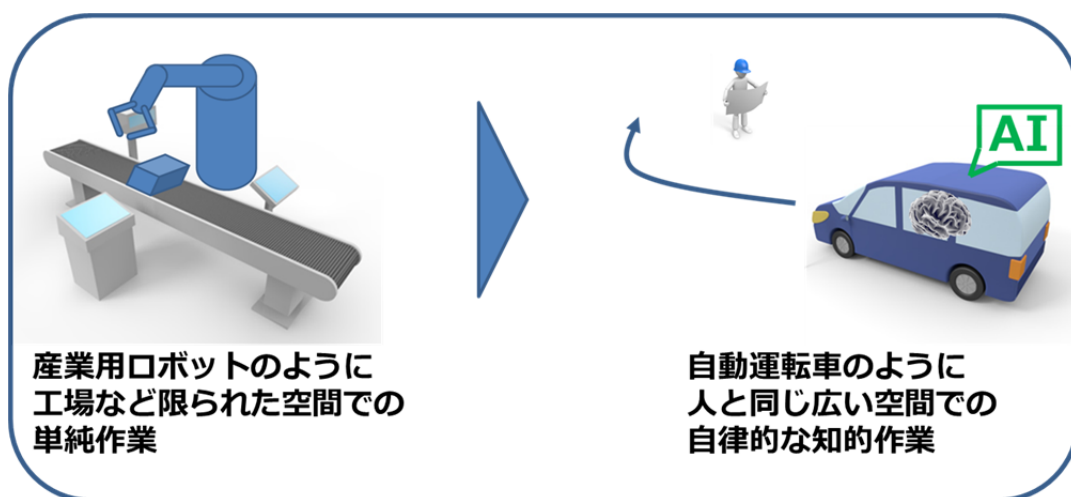


図 49 AI とロボットとの関係

（出典）KDDI 総研作成

表 5 Google が買収した AI やロボット関連の企業

年月	企業名	所在	概要
2013年3月	DNNresearch	カナダ	ジェフリー・ヒントン氏のニューラル・ネットワーク研究企業
2013年10月	Flutter	米国	ジェスチャー認識アプリケーションの提供
2013年12月	Schaft	日本	作業用の人型ロボットの開発
2013年12月	Industrial Perception	米国	物流など向けのロボットアームの開発
2013年12月	Redwood Robotics	米国	物流など向けのロボットアームの開発
2013年12月	Meka Robotics	米国	人型コミュニケーション・ロボットの開発
2013年12月	Holomni	米国	物流など向けのキャスター（車輪）の開発
2013年12月	Bot & Dolly	米国	映像向けのロボットアームの開発
2013年12月	Autofuss	米国	Bot & Dollyの関連会社である映像作成企業
2013年12月	Boston Dynamics	米国	災害や軍事向けの4足歩行ロボットの開発
2014年1月	Nest Labs	米国	知的な家庭用サーモスタットなどの開発
2014年1月	DeepMind Technologies	英国	ゲームやシミュレーション向けのAI開発
2014年4月	Titan Aerospace	米国	災害や軍事向けの無人飛行機の開発

（出典）KDDI 総研作成

## 2.2 AIの歴史

AIの研究はコンピュータの開発と並行して、常に理想として語られるテーマとなってきた。AIの概念はアラン・チューリング (Alan M. Turing) 氏によって1947年のロンドン数学学会の講演で提唱された。

“この万能機械の性質からすれば、機械による処理も、人間的な処理も元は同じものであるという事実を受け止めることができれば、万能機械はそれに適当な命令を与えれば、どんな人間的な仕事もこなすようにすることができます。”<sup>41</sup>

初めてAIという言葉を用いたのは当時米国ダートマス大学のジョン・マッカーシー氏で、1956年開催のダートマス会議 (The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence) に向けた提案書に記載された。この会議にはニューラル・ネットワーク研究のマービン・ミンスキー (Marvin L. Minsky) 氏、数学定理を証明するプログラム「Logic Theorist」を開発した計算機科学者のアレン・ニューウェル (Allen Newell) 氏と政治学から心理学まで万能の天才と言われたハーバート・サイモン (Herbert A. Simon) 氏、情報理論の提案者であるクロード・シャノン (Claude E. Shannon) 氏、IBM初の商用コンピュータ「IBM 701」の設計者であるナザニエル・ロチェスター (Nathaniel Rochester) 氏など多彩な分野の著名な科学者達が集い、後世にAIという研究分野がこの場で確立されたとしている<sup>42</sup>。ジョン・マッカーシー氏はその後、マサチューセッツ工科大学を経て、スタンフォード大学で1963年にスタンフォード人工知能研究所を設立し、実践的なAIの開発時期を10年以内とする目標を設定した。

初期のAI研究は、数学の定理を証明したプログラムのように、関係する規則を網羅的に記述することで課題を解決できると考えられていた。しかしながら、これらルール・ベースのAIは定められたルールから少しでも外れると機能しないため、期待されたスムーズな知的作業や人間らしさは再現できなかった。当初の理想に対して成果が挙がらない状況に、政府や企業の研究開発予算も縮小していき、「AIの冬」と呼ばれる停滞期に突入した。1970年代後半にはエキスパート・システムと呼ばれる推論エンジンが開発され、1980年代前半に商品が隆盛した。これはプログラムの知識によって課題対応のアルゴリズムを考えるのではなく、各産業分野における専門家の知識とその考え方をコンピュータに移植したシステムだった。例えば、医療用のエキスパート・システムであれば、医者の知識をデータベース化し、医者の判断基準で全てをプログラムすることで、患者の診断などが実現できるという発想だった。だが、専門家のルールもプログラムのために数式化していくと矛盾があることもあり、十分な結果を返してくれることは少なく、再び「AIの冬」が訪れることとなった。

<sup>41</sup> 出典：墨岡学、「ロンドン数学会においてアラン・マジンソン・チューリングが1947年2月20日に行った講演の日本語訳と注解 A Japanese Translation of "Lectures to the London Mathematical Society on 20February1947by A. M. Turing"and Some Notes」、<http://ci.nii.ac.jp/naid/110006244304> 10 ページ

<sup>42</sup> 人工知能学会、「<http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/AItopics5.html>”

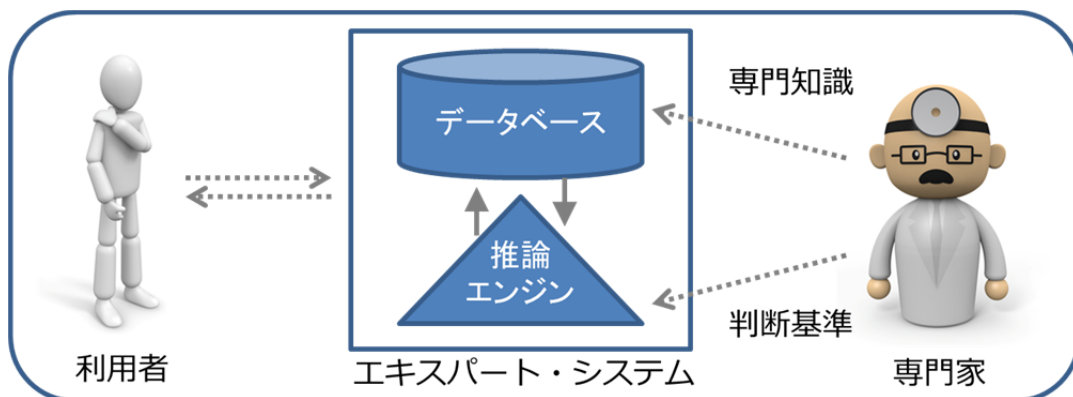


図 50 エキスパート・システムのイメージ

(出典) KDDI 総研作成

1988年に米国 UCLA のジューディア・パール (Judea Pearl) 氏が確率・統計的な手法を AI 研究に導入し、1990年代中ごろから AI 研究が再度隆盛した。ここで用いられたのはベイジアン・ネットワークと呼ばれる確率モデルで、これは様々な状態を原因と結果の関係になるようネットワークを形成し、各事象の発生を条件付き確率によって説明する。例えば、「道路が濡れている」状態の原因としては「雨が降った」状態が 70%、「水を撒いた」状態が 29%、「付近の川が氾濫した」状態が 1%などのように状態同士に関連性を持たせる。確率によって普段起こりにくい、例外的なルールをカバーできるようになった。それぞれの状態の確率はそれらしい初期値として事前確率 (精度の低い確率) を決め、後で実際のデータを用いて事後確率 (精度の高い確率) を計算して最適化する。同時期より家庭用コンピュータとインターネットの普及によってデータの集積が簡単になってきたことから、大量のデータによってその条件付き確率を実際の事象の発生割合に近づけられるようになったことも、この手法を後押しした。ただし、確率・統計的手法はそれだけで人間の思考と同じと認められるような仕組みではないため、特に発生頻度の低い事象への対応には、知能と同等の性能を実現するレベルには到達しなかった。

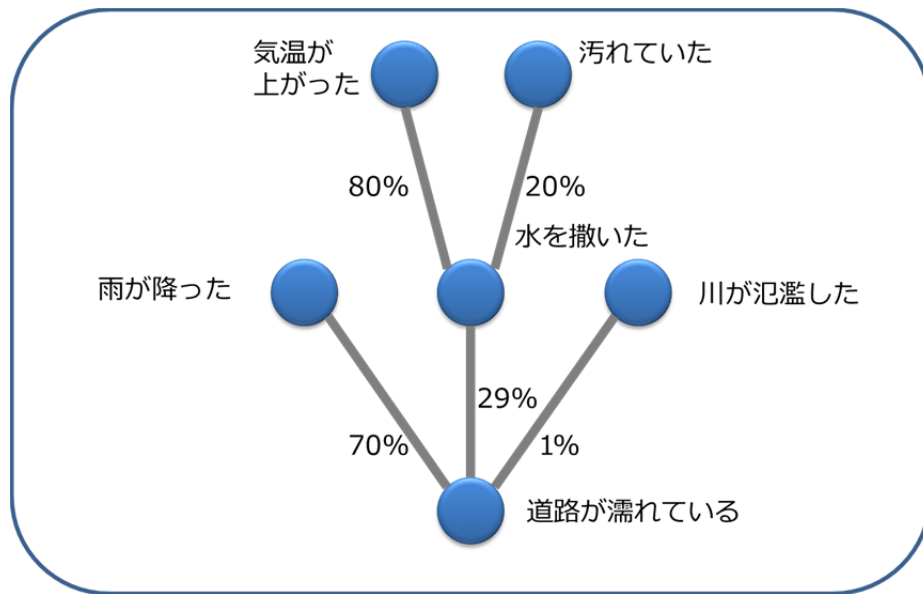


図 51 ベイジアン・ネットワークのイメージ

(出典) KDDI 総研作成

こうした AI 研究を取り巻く状況の中で、2000 年代に新たな成果が表れたのが、人間の学習能力を再現する機械学習という研究分野におけるニューラル・ネットワークという手法であった。ニューラル・ネットワークは、前述のとおり AI が提唱された初期から研究されており、当時の脳神経科学の研究成果に由来しているが、その後の AI 研究では計算機科学的に独自に研究が進められた。人は学習を行うことによって、脳の神経細胞であるニューロンのネットワークを絶えず変化させており、これによって学習した内容を記憶したり、応用したりできるようになる。これと同様に、あるデータがあったときに、そのデータの特性に合うように計算上の人工ニューロンのネットワークを変化させ、計算を最適化する手法である。しかし、機械学習の研究ではこれ以外にも効率の良い手法が考案され、ニューラル・ネットワークは長年 AI 研究の主流にはならなかった。

そうした中、2006 年にカナダのトロント大学のジェフリー・ヒントン (Geoffrey E. Hinton) 氏らの研究グループが、脳科学の仮説をニューラル・ネットワークに応用し、ディープ・ラーニング (深層学習) という画期的な手法を提案した。この手法は、何層にも重なる構造を持つニューラル・ネットワークを用いて、データの集合から段階的に特徴を抽出することで、最終的にデータ全体を定義できるような特徴を効率よく探し出すことができる。用いられた脳科学の仮説とは、元々は脳の視覚野などにおける研究成果であったが、あらゆる脳の領野に普遍的な仕組みと考えられている。また、1,000 億個以上もの脳細胞が特定の情報に対してそれら全体のごく一部のみしか反応しないようエネルギー効率を上げているように、スパース・オートエンコーダという同様のアルゴリズムも用いて、膨大なデータの量に対応すべく計算の省力化を図っている。

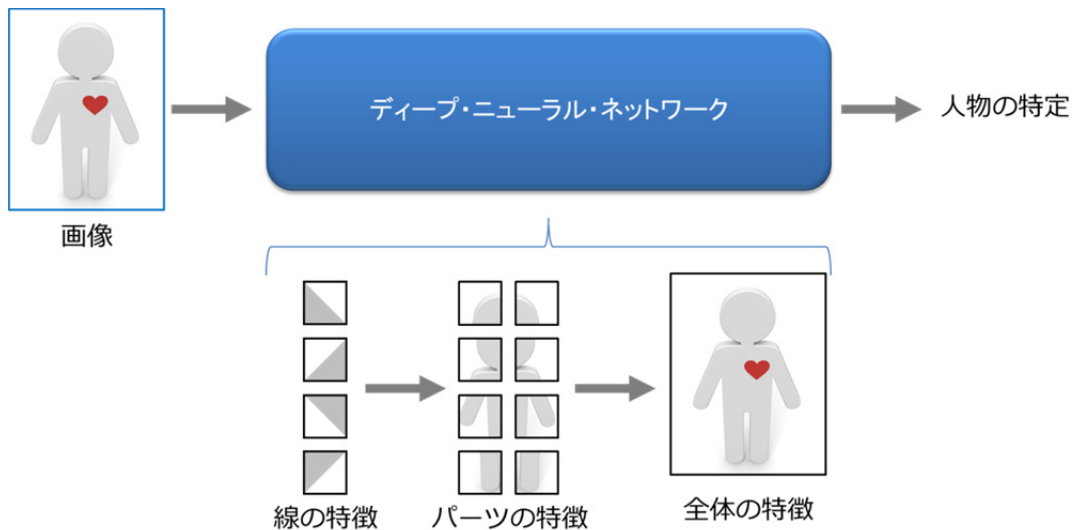


図 52 ディープ・ラーニングの特徴抽出のイメージ

(出典) KDDI 総研作成

スタンフォード大学のアンドリュー・エン (Andrew Y. Ng) 氏が主導した Google との共同研究では、2012 年 6 月にディープ・ラーニングの一つの成果が確認された。10 億のパラメータを持つ 9 層のニューラル・ネットワークにより、1,000 台のクラスターマシン (コア数 16,000) の上で、YouTube の動画からランダムに抽出した 1,000 万枚の画像を用いて 3 日間をかけて教師なし学習を行ったところ、人や猫の顔に強く反応する人工ニューロンを作ることができたというものである。すなわち、人間が事前に人や猫の顔の画像をまとめたり、画像にラベルを付けたりすることなく、ニューラル・ネットワークの一部がそれぞれ人や猫の顔に反応するようになり、認識性能の高い機械学習を自律的に実現できたのである<sup>43</sup>。



図 53 猫の特徴を学習した人工ニューロンから生成した画像

(出典) Google サイト<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Google Official Blog,

“<http://googleblog.blogspot.jp/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html>”, Jun. 2012

<sup>44</sup> <http://googleblog.blogspot.jp/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html>

表 6 AI 年表

年	出来事
1947年	アラン・チューリング氏がロンドン数学学会にて、人工知能の概念を提唱
1956年	ダートマス会議が開催され、ジョン・マッカーシー氏（米国ダートマス大学）が“Artificial Intelligence”の言葉を使用
1970年代後半	AIの冬（1）
1980年代前半	エキスパート・システムの隆盛
1980年代後半 ～1990年代前半	AIの冬（2）
1988年	ジューディア・パール氏（米国UCLA）がAIに確率・統計の手法を導入
1997年	IBMの“Deep Blue”がチェス世界王者に勝利
2006年	ジェフリー・ヒントン氏（カナダ、トロント大学）らの研究グループがディープ・ラーニングを考案

（出典）人工知能学会<sup>45</sup>などを元に KDDI 総研作成

## 2.3 ICT 産業における AI の活用事例

### 2.3.1 スマートフォンなどモバイル端末における音声操作機能

#### 2.3.1.1 Apple 「Siri」

Siri は Apple が 2010 年 4 月に買収した企業で、元は SRI インターナショナル（スタンフォード研究所）からスピンオフしたベンチャー企業だった。2011 年 10 月に発売された iPhone 4S から iOS の基本機能として提供されており、音声から言葉を認識するだけでなく、これによって端末機能を操作することができる。代表的な動作の例としては、天気予報やスポーツの試合、レストランなどの検索結果を返すもので、音声認識や自然言語処理が使われている。他に端末内のアプリケーションをこの操作のみで起動させることができ、メールや iOS と連携している Facebook 及び Twitter に至っては、音声で入力した文章をそのまま投稿することもできる。

「Siri」はそれまでの音声認識機能と比べて高い認識率や、比較的自然な合成音声で結果を返すだけでなく、人間味のある返答内容が人気を博している。この返答は現在のところ厳密には AI 技術ではなく、定型的なプログラムと考えられるが、AI に求められている人間らしさというものを疑似的に再現している。

<sup>45</sup> <http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/AIhistory.html>



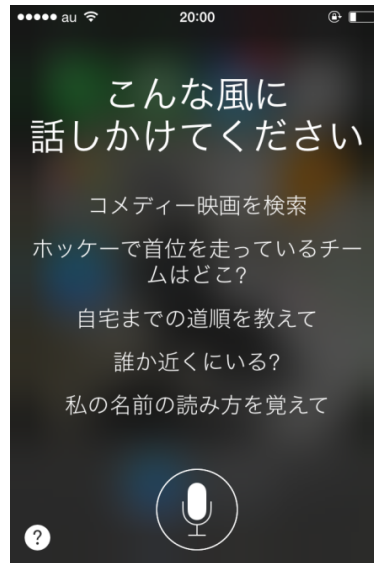


図 54 Siri のチュートリアル

(出典) KDDI 総研にてキャプチャ

### 2.3.1.2 NTT ドコモ「しゃべってコンシェル」

NTT ドコモは 2008 年 11 月にフィーチャーフォンの i-mode 利用者むけに、パーソナル・アシスタントの「i コンシェル」の提供を始めた。「i コンシェル」は GPS による位置情報などを基に、キャラクターの「ひつじのしつじくん」が天気や交通インフラの情報を自動通知するサービスだった。

2012 年 3 月にはスマートフォン向けに、音声認識に対応した「しゃべってコンシェル」の提供を開始した。このサービスでは「ひつじのしつじくん」などの「しゃべってキャラ」に対して自然発話で話しかけることで、音声認識をクラウド側で行い、自社のポータルサイトである「d メニュー」の検索結果を返したり、アプリケーションの起動などの端末操作を行ったりすることができる<sup>46</sup>。



図 55 「しゃべってコンシェル」の操作方法

(出典) NTT ドコモサイト<sup>47</sup>

<sup>46</sup> 出典：NTT ドコモ，” [https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2012/02/27\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2012/02/27_00.html)”

<sup>47</sup> [https://www.nttdocomo.co.jp/info/news\\_release/2012/02/27\\_00.html](https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2012/02/27_00.html)

### 2.3.1.3 ヤフー「Yahoo! 音声アシスト」

ヤフーは2012年4月にパーソナル・アシスタントの「Yahoo! 音声アシスト」の提供を始めた。このサービスは音声認識によってソフトバンクモバイルの対応携帯電話のアプリケーションを操作したり、別の「Yahoo!ブラウザ」アプリケーションと連携してブラウザ内の文字を読み上げたりすることができる。また、デンソーの「ARPEGGIO」と連携し、カーナビを操作することができ、車内でのフリーハンドによるカーナビの利用を実現している<sup>48</sup>。



図 56 「Yahoo!音声アシスト」の文字の読み上げ機能

(出典) Google Play (アプリ配信元)<sup>49</sup>



図 57 通信キャリアの通信キャリアの音声認識サービス

(出典) Google Play (アプリ配信元)、各社ホームページ<sup>50</sup>

<sup>48</sup> 出典：ヤフー、” <http://v-assist.yahoo.co.jp/>”

<sup>49</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.yahoo.android.vassist>

<sup>50</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.nttdocomo.voice\\_concier.main](https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.nttdocomo.voice_concier.main)  
<http://www.au.kddi.com/mobile/service/smartphone/life-support/ohanashi-assistant/>  
<http://v-assist.yahoo.co.jp/>

## 2.3.2 SNS などソーシャル・メディアに投稿された画像の自動解析機能

### 2.3.2.1 Facebook

Facebook は画像を解析して、人物を特定する顔認識技術に力を入れている。2010 年 7 月に提供を開始した「Tag Suggestions」という機能は、過去の画像を元に投稿された画像に対して自動でユーザ名のタグ付けを行うものだった。「Tag Suggestions」はプライバシーの観点から非難され、自動でタグを付けるという機能は変更することとなったが、その後も投稿される画像に対して顔認識を行っている。<sup>51</sup>

2012 年 4 月には写真共有サービスの Instagram、同年 6 月には顔認識技術の Face.com を相次いで買収した。2013 年 12 月には人工知能研究所を設立し、ニューヨーク大学の (Yann LeCun) 氏を所長に迎えた。2014 年 3 月に発表した論文では、97.25% という高い認識の、人間と同程度に個人の顔を認識することができる技術「DeepFace」を開発したとしている。「DeepFace」は画像をそのまま学習していくのではなく、画像から 3 次元の顔の形状を推定し、それを 1.2 億個のパラメータを持つネットワークに学習させることによって個人を特定する特徴を自ら生成している<sup>51</sup>。

顔認識は従来の製品やサービスでも用いられてきた。デジタル・カメラはフォーカスを自動で合わせるために顔（または笑顔の状態）がどこにあるかを検出してきたし、顔認証システムでも個人を識別して、セキュリティを高めてきた。しかしながら、これらは真正面を向いているなどの認識するための条件があった。「DeepFace」は単に認識できそうな画像から顔を検出するだけでなく、SNS に自由に投稿される画像全てから個人を特定できる高性能な画像認識を実現しようとしている。

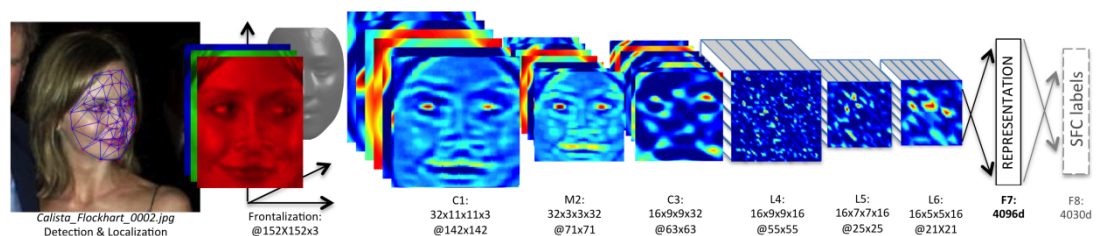


図 58 「DeepFace」の構造

(出典) DeepFace 論文<sup>52</sup>より引用 (Figure 2.)

## 2.3.3 コミュニケーションを円滑にする自動翻訳機能

### 2.3.3.1 成田国際空港「NariTra」

成田国際空港は翻訳アプリの「NariTra」を 2011 年 12 月から提供している。「NariTra」は利用者がスマートフォンなどに向かって話し、音声を認識、自然言語処理、翻訳した後、利用者の選択によって音声合成発話を行うことで、対面での会話時に翻訳機能として活用できる。日本語と 4 か国語の音声入出力に対応しており、空港や観光地などの固

<sup>51</sup> 出典：Yaniv Taigman, Ming Yang, Marc'Aurelio Ranzato, Lior Wolf, “DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification”, Mar. 2014

<sup>52</sup> <https://www.facebook.com/publications/546316888800776/>

有名詞のデータベースを充実させることで、旅行者をサポートしている。他に、日本と7か国語のテキスト翻訳にも対応している。

翻訳には NICT（独立行政法人情報通信研究機構）が開発した多言語音声翻訳エンジン「VoiceTra」を利用している。この翻訳エンジンは15語までの短文を翻訳することができ、翻訳結果を機械学習することでその精度を高めていく。NICTの多言語認識技術は2013年のIWSLT（International Workshop on Spoken Language Translation）における技術コンペで単語誤り率13.5%を記録し、このコンペでは2年連続での最高精度となった<sup>53</sup>。

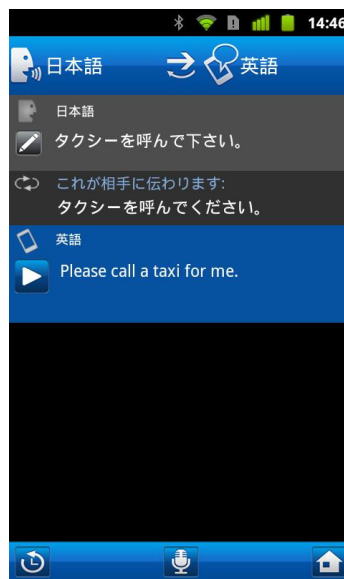


図 59 「NariTra」

(出典) Google Play (アプリ配信元) <sup>54</sup>

### 2.3.3.2 NTT ドコモ「はなして翻訳」

NTT ドコモは2012年11月より、音声通話中に日本語と3か国語との翻訳を行う、「はなして翻訳」というサービスを提供している。対面会話中に用いる音声翻訳機能では、日本語と10か国語の音声入出力に対応している。音声通話中の機能では、発信者がボタンを押してから母国語で話した言葉を認識し、音声をサーバ上で翻訳、結果を発信者と受信者にテキストと合成音声で返す仕組みとなっている。言語ごとに異なる翻訳エンジンを用いて、認識性能を高めている<sup>55</sup>。

現在はトランシーバーのように翻訳までに手順が必要だが、自然言語処理と翻訳の研究が進めば、通話中の翻訳機能として将来的に同時通訳の実現も期待できる。

<sup>53</sup> 出典：独立行政法人情報通信研究機構、「NICTユニバーサルコミュニケーション研究所の音声処理・多言語翻訳技術」、2014年1月（総務省スマートテレビ時代の字幕等の在り方に関する検討会）

<sup>54</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.narita\\_airport.android.naritra](https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.narita_airport.android.naritra)

<sup>55</sup> 出典：NTTドコモ、「[https://www.nttdocomo.co.jp/service/communication/hanashite\\_honyaku/](https://www.nttdocomo.co.jp/service/communication/hanashite_honyaku/)」（翻訳エンジンについて出典：Impressインタビュー【2次文献】、「<http://it.impressbm.co.jp/e/2013/01/30/4786>」、2013年1月）

### 通話利用イメージ



### 対面利用イメージ

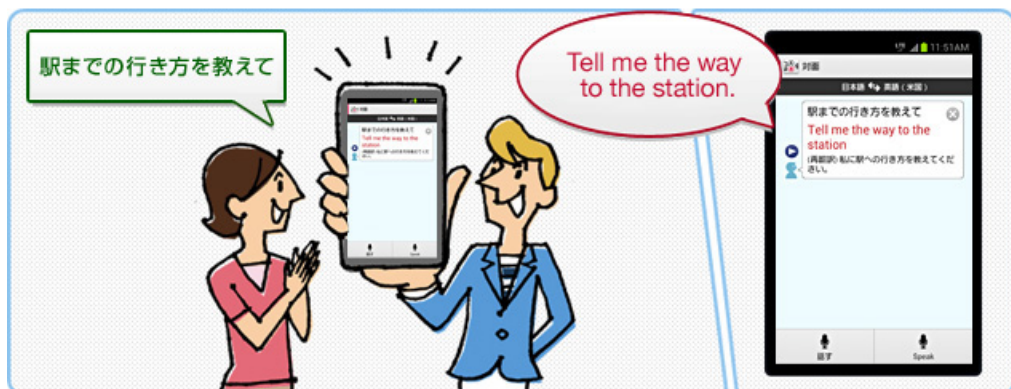


図 60 「はなして翻訳」

(出典) NTT ドコモサイト<sup>56</sup>

#### 2.3.3.3 KDDI「おはなしアシスタント」

KDDI は 2012 年 11 月より、パーソナル・アシスタントの「おはなしアシスタント」を提供開始した。音声によって電話発信、メール作成などの端末操作や、天気予報などの検索機能を利用できる。その他、食事などのライフログを音声によって簡単に記録していくこともできる。パーソナル・アシスタントにはキャラクターがあるものもないものがあるが、「おはなしアシスタント」はどちらの状態でも利用できるようになっている（キャラクターはオプションサービスとして提供）。

2013 年 7 月からは「おはなしアシスタント」の中で、自動翻訳機能を提供している。対面利用時に用いる音声翻訳では日本語と 3 か国語との翻訳に対応しており、テキストでは日本語と 18 か国語の多言語翻訳に対応している。アプリケーションを操作できる機能を活かし、翻訳結果のテキストをそのまま E メールなどにも反映することができ、翻訳を用いた文章作成もサポートする。

<sup>56</sup> [https://www.nttdocomo.co.jp/service/communication/hanashite\\_honyaku/](https://www.nttdocomo.co.jp/service/communication/hanashite_honyaku/)



図 61 「おはなしアシスタント」

(出典) KDDI サイト<sup>57</sup>

## 2.3.4 インターネット動画配信サービスなどにおけるリコメンデーション機能

### 2.3.4.1 Netflix

WEB サービスなどにおけるリコメンデーション機能は AI の機械学習や推論の領域で研究がなされており、一般的に協調フィルタリングと呼ばれる技術が使われる。様々なユーザの利用記録を元に、似た趣味嗜好のユーザの利用記録をマッチングすることで、利用者にとって新しく、かつ親和性の高い情報を提案する。

Netflix は映像コンテンツの定額配信サービスを提供しており、加入者は世界で 4,400 万人に上る (2013 年 12 月時点)。2006 年から Netflix Prize という懸賞金付きのコンテストを開催するなど、リコメンデーション機能の改良に余念がない。Netflix は同社が提供するコンテンツを独自に詳細かつ膨大な数のジャンルに分けており、これらのカテゴリと独自のリコメンデーションのアルゴリズムにより、適切な映像作品を提案できる仕組みとなっている。リコメンデーションはユーザの評価点、人気 (時系列別、地域別)、再生回数 (端末別)、メタデータ、検索などの Netflix が記録している豊富かつ詳細な作品の情報を用いている<sup>58</sup>。

## 2.3.5 プロ棋士と対等に勝負する将棋ソフトウェア

### 2.3.5.1 コンピュータ将棋

将棋は類似するチェスやオセロなどのゲームと同じく、指し手の判断以外に運の要素が入らず、すべての手順が公開されるゲームであるため、古くからコンピュータを用いた勝つためのアルゴリズムの研究がなされてきた。将棋はチェスなどに比べて、歴史的にも普及が日本国内を中心としている点や駒を再利用するルールの複雑さから、コンピュータによる研究の歴史も 1970 年代頃からと比較的新しい。一般的にこのようなゲームのアルゴリズムでは手順のツリー構造を作成し、そのツリーを探索するという AI の手法を用いることで、手順ごとに最善の一手を判断することになる。そのパターンは有限

<sup>57</sup> <http://www.au.kddi.com/mobile/service/smartphone/life-support/ohanashi-assistant/>

<sup>58</sup> 出典: Netflix Tech Blog,

“<http://techblog.netflix.com/2012/06/netflix-recommendations-beyond-5-stars.html>”, Jun. 2012

とはいえ、膨大にあることから、一部をスキップして探索を行う手法や、コンピュータの計算速度もゲームの強さ向上に必要な要素とされてきた。

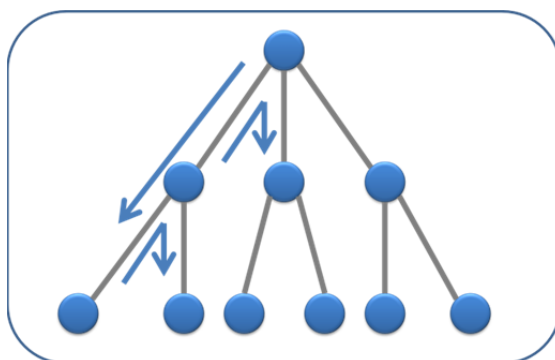


図 62 ツリー構造と探索のイメージ

(出典) KDDI 総研作成

コンピュータ将棋は 2010 年代に入ってから人間との公開対局において、頻繁に勝利を収めるようになった。2010 年 10 月には現役女流棋士に、2013 年 3 月には現役プロ棋士に初めて勝利した。これは複数のコンピュータを連結したクラスタ・コンピュータなどを用いて計算能力が向上した成果もあるが、もう一つ AI ならではの要因がある。将棋は前述のとおり全ての棋譜が公開されるゲームであるため、過去のプロ棋士の対局データをコンピュータが機械学習することで、勝率の高い指し手にどのような特徴があるのかを自ら学び、判断できるようになったことである。機械学習により、コンピュータが将棋においてプロ棋士と同等の判断能力を得たといえる。

2014 年 3 月にはドワンゴと日本将棋連盟が主催する「第 3 回電王戦」が開催された。この大会ではコンピュータ将棋とプロ棋士の対戦が 5 回戦まで行われ、コンピュータ将棋が 4 勝 1 負で勝ち越した<sup>59</sup>。今回はコンピュータ将棋のハードウェアが市販されるパソコンに統一されたが、コンピュータ将棋の優位は変わらず、AI の性能の高さが伺える結果となった<sup>60</sup>。対局ではロボットアーム「電王手くん」が初めて用いられた。このロボットは将棋ソフトウェアの計算結果により、アームについているカメラをもちいて、将棋の駒を画像認識で識別し、コンプレッサーで吸着することで個々の駒を移動させた。このロボットアームはデンソーウェーブが開発した「VS-060」がベースとなっている。

<sup>59</sup> 出典：日本将棋連盟、” <http://www.shogi.or.jp/topics/2014/04/ponanza.html>”、2014 年 4 月

<sup>60</sup> ハードウェアについて出典：サードウェーブデジノス、” [http://www.dospara.co.jp/5gamepc/cts\\_denou](http://www.dospara.co.jp/5gamepc/cts_denou)”

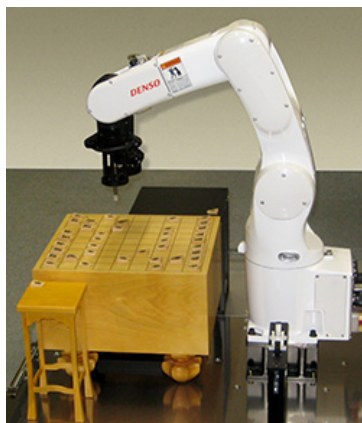


図 63 プロ棋戦専用ロボットアーム「電王手くん」

(出典) dwango サイト<sup>61</sup>

## 2.3.6 自律制御により家事などを行うスマート家電

### 2.3.6.1 iRobot「Roomba」

「Roomba」は壁や段差、設置した赤外線による区切りなどによって特定の空間を掃除し、電池が切れる前に充電のためのホームベースに戻るなどの自動制御を行う。

「Roomba」の動きは、1986年にマサチューセッツ工科大学教授のロドニー・ブルックス (Rodney A. Brooks) 氏が提唱した包摂アーキテクチャーという AI の概念に基づいており、単純な動作のみの組合せで目的を達成するように設計されている。知能とは何かということを論じると哲学になってしまうが、昆虫が単純な動作のみでその目的に叶うよう行動できるように、この概念もまた人間による複雑なルールのプログラムが必要ない AI の実現手法の一つといえる。

iRobotはロドニー・ブルックス氏らが1990年に創業したロボット開発の企業であり、2002年に家庭用掃除機「Roomba」を発売し、一般的な認知を広げた。



図 64 「Roomba 880」

(出典) iRobot サイト<sup>62</sup>

### 2.3.6.2 Nest Labs「Nest Learning Thermostat」

Nest Labs が 2011 年 10 月に発表した「Nest Learning Thermostat」は、簡単に言えば温度計である。これに AI が搭載されたことで、1 週間の中で部屋を何度か調節すれば

<sup>61</sup> <http://info.dwango.co.jp/pi/ns/2014/0312/index.html>

<sup>62</sup> <http://www.irobot-jp.com/product/index.html>



よいかを覚えて、連携しているエアコンを自動で操作してくれるようになった。この端末は一見すると丸い形状の中央に温度が表示されるのみのシンプルなものだが、本体を時計回りに回すと温度を上げ、反時計回りに回すと温度を下げ、これを人が動かすたびに学習していく。他にも、人が外出したかどうかを判断して室温を調節したり、エネルギー効率から適切な温度を提案したりするなどの知的な機能が備わっている。通信は Wi-Fi と ZigBee（近距離無線規格）で行い、スマートフォンからも操作ができる。

Nest Labs は、Apple の「iPod」を発案したトニー・ファデル（Anthony M. Fadell）氏らが 2010 年 5 月に創業した企業である。家庭向けの IoT（Internet of Things）の成功例として注目され、2014 年 1 月に Google の子会社となった。



図 65 「Nest Learning Thermostat」

（出典）Nest Labs サイト<sup>63</sup>

## 2.3.7 自動車メーカーとの連携による自動運転機能

### 2.3.7.1 Google「Self-Driving Cars」

スタンフォード大学教授のセバスチアン・スラン（Sebastian B. Thrun）氏は、Google の研究者でもあり、不可能と考えられてきたものを実現するためのプロジェクト Google X を設立し、この中で自動運転車の研究を進めている。セバスチアン・スラン氏は 2005 年 10 月に開催された自動運転車のコンテストである DARPA Grand Challenge にスタンフォード大学のチームで参加しており、優勝した。前年に開催された同コンテストでは 1 台も完走することはなかったが、1 年の経過で米国モハーヴェ砂漠の 211km（131.2 mile）のコースを計 5 台が完走するまでに当時の技術が向上した<sup>64</sup>。2007 年 11 月には同コンテストの 3 回目となる DARPA Urban Challenge が開催され、ジョージ空軍基地跡地（SCLA）に設けられた市街地を想定したコースをスタンフォード大学のチームとして 2 位の成績で完走している<sup>65</sup>。

自動運転車は、車の屋根にレーザーや GPS、車の前後にレーダーなどのセンサー機器を設置し、これにより走行中の周囲の状況をリアルタイムに 3 次元でとらえる。この情報を同社の地図データから得られる車線や規制情報と組み合わせ、時々刻々と状態を推定していくカルマン・フィルタと呼ばれる手法などを用いて状況判断を行っていく。

<sup>63</sup> <http://www.irobot-jp.com/product/index.html>

<sup>64</sup> 出典：DARPA, “<http://archive.darpa.mil/grandchallenge05/GC05winnerv2.pdf>”, Oct. 2005

<sup>65</sup> 出典：DARPA, “<http://archive.darpa.mil/grandchallenge/>”, Nov. 2007

Google は 2012 年のネバダ州を皮切りに、いくつかの州で公道を走行する許可を得ており、繰り返し走行中のデータを取得しながら、その精度を向上させている。

## 2.3.8 高齢者の作業や介護者をサポートするパワーアシストスーツ

### 2.3.8.1 CYBERDYNE 「HAL」

「HAL」は医療・福祉や重作業に用いるための外骨格型のパワードスーツで、利用者の筋力が弱い場合や筋肉を動かさない場合でも、その動作をサポートする。これには 2 つの仕組みがある。一つは「サイバニック随意制御システム」と呼ばれるもので、運動時に脳から神経を通じて送られる微弱な生体電位信号を皮膚表面から読み取って解析することで、パワードスーツによって該当部位を電動で動かし、利用者が意図した動作を実現する。信号が上手く伝達しない場合には「サイバニック自律制御システム」と呼ばれる独自のアルゴリズムにより、運動のデータベースを元にしてスムーズな運動を実現する。

筑波大学の山海嘉之氏が 1991 年より生体電位信号の基礎的な研究を始め、2004 年に企業としてスピンアウトし、2010 年 4 月に医療・福祉用の下肢タイプの「HAL」を商用化した<sup>66</sup>。「HAL」は 2013 年 12 月時点で日本国内とドイツで計 400 台が稼働している<sup>67</sup>。



図 66 HAL 下肢用 (MEDICAL)

(出典) CYBERDYNE サイト<sup>68</sup>

## 2.3.9 災害時に活躍する探索用レスキューロボット

### 2.3.9.1 DARPA ロボティクス・チャレンジ

2011 年の東日本大震災では福島第一原子力発電所にレスキューロボットが実際に投入され、被害状況の確認など災害現場での対応に貢献した。この教訓から米国 DARPA (国防高等研究計画) では災害現場で人間と同じ作業が可能なロボットを実現することを目的とし、DARPA ロボティクス・チャレンジ (DRC) を開催した。2013 年 12 月のトライアルには 16 チームが参加し、8 つの課題に対応した。

<sup>66</sup> 出典：NEDO、[http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/jyoushi\\_2010/cyberdyne/02.html](http://www.nedo.go.jp/hyoukabu/jyoushi_2010/cyberdyne/02.html)

<sup>67</sup> 出典：CYBERDYNE 決算報告書、”

[http://www.cyberdyne.jp/company/download/20140326\\_kessanjoho.pdf](http://www.cyberdyne.jp/company/download/20140326_kessanjoho.pdf)”、2014 年 3 月

<sup>68</sup> [http://www.cyberdyne.jp/products/LowerLimb\\_medical.html](http://www.cyberdyne.jp/products/LowerLimb_medical.html)

- ✓ ユーティリティ・ビークルの運転と降車
- ✓ 凹凸のある不整地の歩行
- ✓ 出入り口の瓦礫撤去
- ✓ 3つのドアを開けて通過する一連の動作
- ✓ 梯子の登攀
- ✓ ドリルによる壁の切断
- ✓ 消火ホースの引き出しと栓への接続
- ✓ 緩んでいるバルブを突き止め、閉める

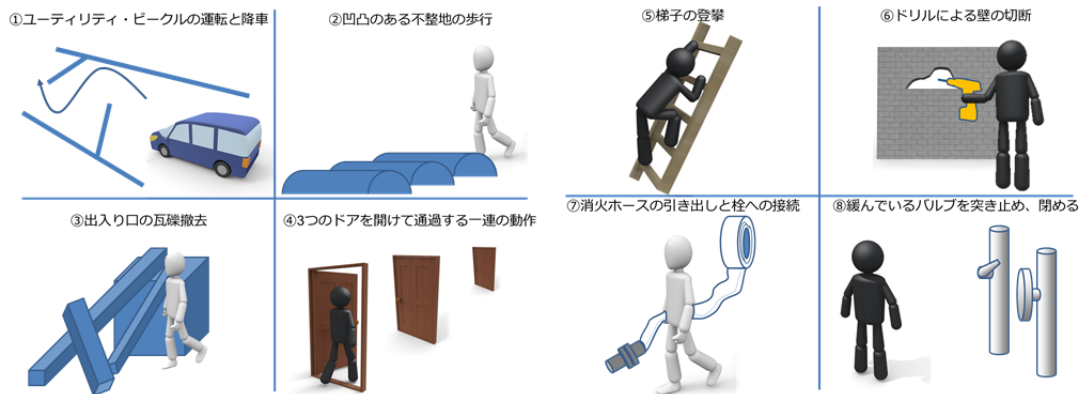
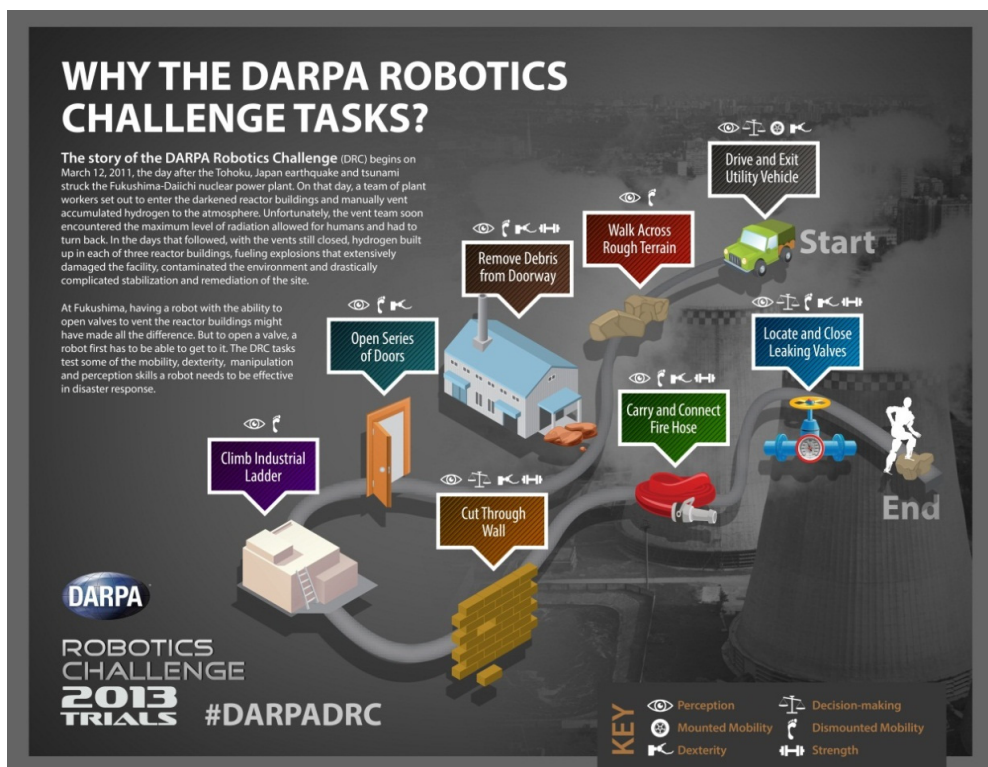


図 67 DRC Trials 概要

(出典) DARPA サイト<sup>69</sup>、一部 KRI にて作成

<sup>69</sup> <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2013/12/16.aspx>

参加チームは DARPA が貸し出すロボットのソフトウェアのみを開発するチームと、ソフトウェアと共にハードウェアを自ら用意して参加するチームがあった。トライアルでは主に遠隔操作によって課題への対応が行われたが、災害現場では無線の環境が十分でないことも想定されるため、会場の無線の通信速度が限定されるなど、ある程度ロボット側での自律的な制御が求められた。2014年12月に開催が予定されている本選に向けて、各チームの更なる AI 研究開発が進められている。

このトライアルでは、日本から参加した Schaft が 1 位で通過した。Schaft は DRC に参加するため、2012年5月に東京大学の中西雄飛氏と浦田順一氏らが創業したベンチャー企業である。開発費の提供を受けるため、このトライアルの直前に Google によって買収されていた。Schaft が開発した高さ 1.48m、重さ 95kg の 2 足歩行ロボット「S-One」は、動きの正確さだけでなく、周囲の状況を認識する速さに優れていた。8 つの課題への評価は 32 点中 27 点を獲得し、2 位には 7 点の差をつけた。このロボットは 1998 年に当時の通商産業省が始めた「人間協調・共存型ロボットシステム研究開発 (Humanoid Robotics Project)」による成果として、2002 年に川田工業、産業技術総合研究所、安川電機、清水建設が共同開発した「HRP-2」がベースとなっており、日本のロボティクス技術の高さも伺える結果となった<sup>70</sup>。

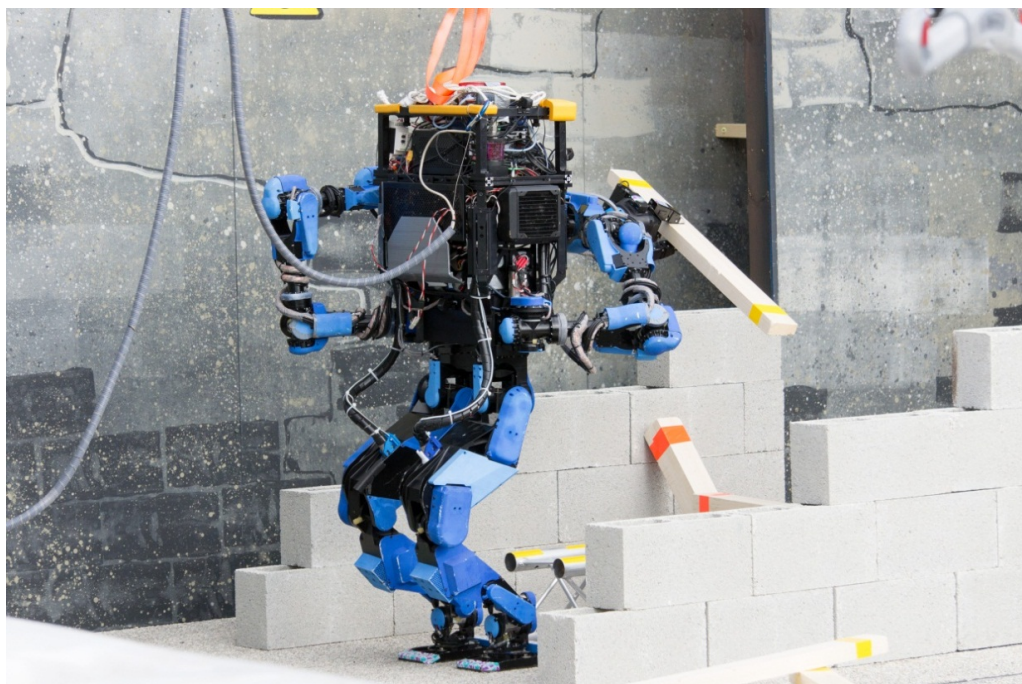


図 68 DRC Trials で瓦礫を撤去する「S-One」(写真右奥が進行方向)

(出典) DARPA サイト<sup>71</sup>

<sup>70</sup> 出典：DRC (DARPA)、<http://www.therobotichallenge.org/node/58>、  
出典：産業総合研究所、”[https://www.aist.go.jp/aist\\_j/press\\_release/pr2003/pr20030312/pr20030312.html](https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2003/pr20030312/pr20030312.html)”、  
2003

<sup>71</sup> <http://www.darpa.mil/NewsEvents/Releases/2014/03/21.aspx>

## 2.4 AI の利活用により目指すべき社会の姿

前述のようにAIの技術は既に多くのICT製品やサービスの一部として実現している。米国 Kaggle の提供する WEB 上でコンテストを開催するプラットフォームでは、2012年に製薬会社の主催で分子活性予測のコンテストが実施され、このコンテストではディープ・ラーニングを用いたチームが優勝するなど、ディープ・ラーニングは画像や音声といった分野に限らず、その応用による成果も出始めている。このコンテストの優勝者は、化学の知識による事前の認識器のパラメータ調整は行わなかったにもかかわらず、従来の手法に勝る成果を出した<sup>72</sup>。これはすなわち、これまで専門的な知識を持った人間にも難しかった課題を、コンピュータによって誰しも解析できるようになることを示しており、薬学や医療などの分野でもAIの活用により、人々をより豊かにする新たな発見が期待できる。

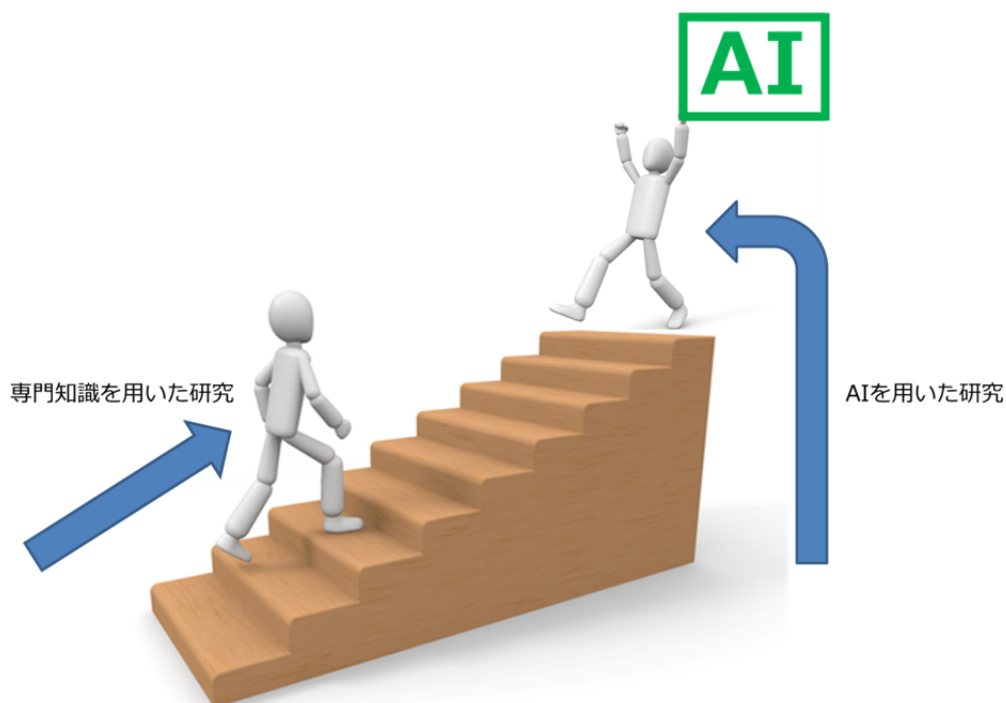


図 69 AI を応用することによる成果への道のり

(出典) KDDI 総研作成

データ解析のためのAIはSaaS (Software as a Service) としても提供され始めており、AIの技術を一般的な企業が借りることもできるようになっている。例えば、米国 Numenta が提供するプラットフォーム「Grok」は、従来のような日次のバッチ処理ではなく、リアルタイムにストリーミング・データを機械学習で分析でき、WEBサービス

<sup>72</sup> 出典：Kaggle, “<https://www.kaggle.com/c/MerckActivity>” 及び  
“<http://blog.kaggle.com/2012/11/01/deep-learning-how-i-did-it-merck-1st-place-interview/>”, Nov. 2012

などに起こる変化をすぐにとらえることができる<sup>73</sup>。また、冒頭で AI はソフトウェアであると述べたが、AI はソフトウェア産業だけでなく、ハードウェア産業でも研究開発が行われている。それはこれまでも述べてきたとおり、AI 技術は膨大な計算量を伴うためである。Intel や Qualcomm などのチップセットベンダはニューロモーフィック・チップと呼ばれる、ニューラル・ネットワークの計算に特化した補助演算装置を研究開発しており、将来的にはスマートフォンなどにも搭載して、リアルタイムの AI の処理を実現しようとしている。このように、AI は ICT 産業全体に係る基盤技術となり始めている。

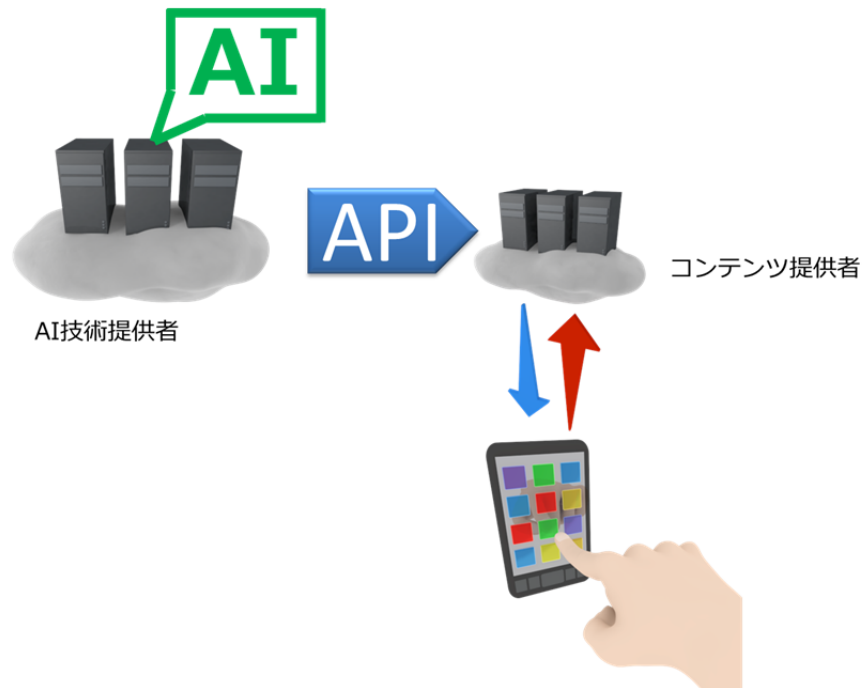


図 70 SaaS 型の AI 提供のイメージ

(出典) KDDI 総研作成

日本においては、高齢化社会に向けて生活環境を ICT によって整備していく必要がある。製品やサービスが高機能化する中、複雑な操作が受け入れ難い環境が生じつつあり、誰でも容易に製品やサービスを使えるようにすることが求められている。また、高齢者というのは人として成熟しているため、一人一人の差が大きく、なおかつ個人にとって変化の多い時期を迎えた人間の集合と捉えることができ、一概に高齢者に向けたサービスなどを展開することは難しい。こうした多様性に対応できるのが AI であり、AI が UI を改善することで、人が製品やサービスに合わせる時代から製品やサービスが人に合わせる時代になると考えられる。将来の高齢者は、ICT を活用している現役世代であり、多くのライフログを発生させながら生活している。AI がライフログを用いて利用者の人となりや利用の仕方に合わせた処理を行うことで、画一的なサービスや製品を簡単にカ

<sup>73</sup> 出典：Numenta, <http://numenta.com/grok/>

スタムメイドに仕立て直して、高齢化社会の課題をサポートしていくことができる。

Navigant Research の調査によると、前述した「Nest Learning Thermostat」などのように、スマートフォンで操作する家庭用品の市場は、2012年の6.13億ドルから2020年には349億ドルに成長すると予測されている<sup>74</sup>。

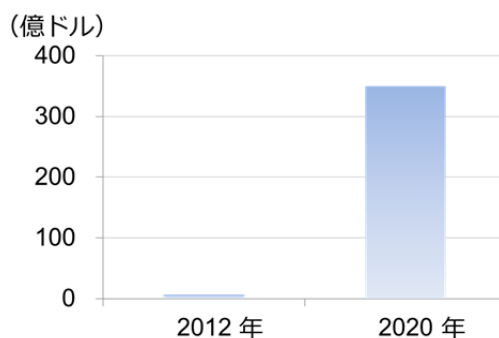
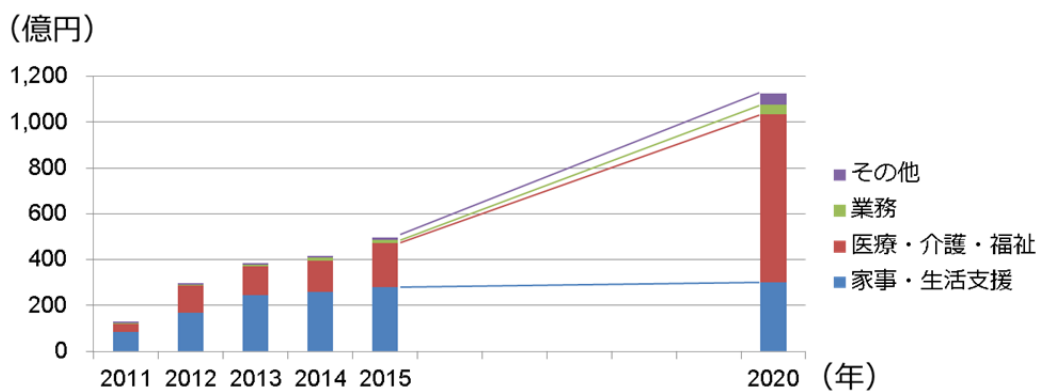


図 71 スマートフォン操作の家庭用品市場  
(出典) Navigant Research のデータを元に KDDI 総研にてグラフ作成

医療・介護の場では、ロボットが介助などの重作業を補助していくことも考えられる。富士経済のレポートによると、非製造業向けロボットの国内市場は2012年に298億円(日系メーカーの海外業績を含む)であり、2020年に1,127億円に拡大すると予測している<sup>75</sup>。



※2013年以降は予測値  
※日系メーカーの海外市場分を含む

図 72 国内の非製造業向けロボット市場予測  
(出典) 富士経済「2013 ワールドワイドロボット市場の現状と将来展望」データを元に KDDI 総研にてグラフ作成

<sup>74</sup> 出典：Navigant Research, ”  
<http://www.navigantresearch.com/newsroom/smart-appliance-market-to-reach-nearly-35-billion-annually-by-2020>”, Feb. 2013

<sup>75</sup> 出典：富士経済、「2013 ワールドワイドロボット市場の現状と将来展望」、2013年3月

矢野経済研究所によると、介護向けロボットの国内市場は2012年の1.7億円から2020年には349.8億円にまで拡大すると予測されている。

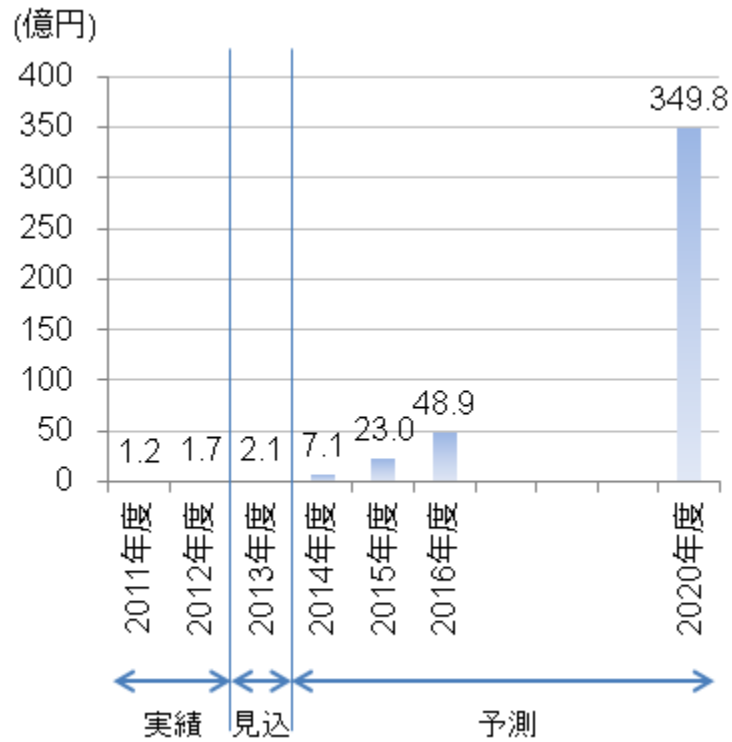


図 73 介護ロボット国内市場規模推移と予測

(出典) 矢野経済研究所「介護ロボット市場に関する調査結果 2013」<sup>76</sup>を元に  
KDDI 総研にてグラフ作成

<sup>76</sup> <http://www.yano.co.jp/press/pdf/1196.pdf>