

**IPv6 によるインターネットの
利用高度化に関する研究会
第四次報告書**

～IoT 時代を拓く新たな戦略～

**2016 年 1 月
IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会**

目次

はじめに.....	1
第1章 インターネットの進展と IPv6 の利用.....	3
1. インターネットの利用高度化と課題.....	3
(1) インターネット利用形態の変遷.....	3
(2) 利用高度化を巡る新たな課題.....	3
2. IPv4 アドレスの枯渇と再利用の現状.....	5
(1) 国内外の枯渇状況.....	5
(2) CGN による IPv4 グローバルアドレスの共用.....	6
(3) 移転による IPv4 アドレスの再利用.....	7
(4) IPv4 利用を継続するリスク.....	7
第2章 IoT 時代の幕開け.....	9
1. IoT の出現と新たな経済社会.....	9
(1) モノとモノをつなぐ新たなデバイスの出現.....	9
(2) IoT を支えるインターネットの新たな潮流.....	10
(3) IoT で実現される新たな経済社会の姿.....	10
2. IoT 社会の実現に向けた IPv6 の役割.....	11
(1) IoT の実現に向けた取組.....	11
(2) 2020 年に向けた我が国の施策動向.....	12
(3) IoT 社会で IPv6 の果たす役割.....	12
3. IoT 推進における課題.....	13
第3章 IPv6 対応の現状と課題.....	15
1. 諸外国の IPv6 対応とグローバル展開.....	15
(1) 諸外国の IPv6 対応の状況.....	15
(2) 世界規模上位レイヤー事業者の新たな展開.....	17
2. 我が国の IPv6 対応状況.....	18
(1) 我が国におけるインターネット接続サービスの利用状況.....	18
(2) 第三次報告書の課題への対応状況.....	18
(3) IPv6 対応の主体別状況と課題.....	21
第4章 IoT 社会の実現に向けた新戦略.....	28
1. IPv6 推進の基本的な考え方.....	28
(1) IoT 社会の構築に向けた IPv6 対応への転換.....	28
(2) オープンでセキュアな IPv6 対応の推進.....	28
(3) IPv6 対応による国際競争力の強化.....	28
2. IPv6 対応の新たな展開と方向性 ～今後のアクションプラン～.....	29
(1) 2020 年に向けた明確な目標策定.....	29
(2) 事業等分野毎のアクションプラン.....	29
(3) 分野横断的に実施すべき取組.....	32
おわりに.....	35
IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会 構成員名簿.....	36
IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会 開催状況.....	37

はじめに

- ICT の発展は、インターネットの世界的な普及や引き続き登場した携帯電話の高速化・多機能化に象徴され、これらの進展によって情報サービスや流通・金融等を含めて世界の経済社会の全般で創出・享受された社会的・経済的な価値や恩恵は計り知れない¹。人類の多くがこのような恩恵を享受できたのは、世界のどこからでもいつでも誰とでもつながるネットワーク社会を目指して、ネットワークが絶えず進化し続けてきたからに他ならない。
- インターネットは、国境を越えたオープンなネットワークとして、情報の自由な流通が確保されることで、インフラとその上で動作するアプリケーションやサービスが相互に発展し続けた。それらの間で論理的な基盤として機能する IP アドレスやドメインネームなどのインターネット資源の安定した供給は、インターネットの発展及び普及に不可欠であった。
- インターネットの世界的な普及と飛躍的な発展は、インターネット黎明期の想定をはるかに上回り、世界的な IPv4 アドレスの枯渇という状況を招いた。本格的にその危機が指摘されたのは 2006 年頃からであったが、その後、2011 年 4 月 15 日にはその危機が現実化し、アジア太平洋地域で IP アドレスを分配している APNIC (Asia Pacific Network Information Centre) 及び我が国の IP アドレスを管理する JPNIC (Japan Network Information Center : 日本ネットワークインフォメーションセンター) において、IPv4 アドレスの通常在庫が枯渇した。
- 総務省で開催された本研究会(「IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会」)では、2009 年から IPv4 アドレスに替わる IPv6 アドレスへの対応促進に向けた課題や普及方策を検討し、IPv4 アドレス枯渇後の 2011 年 12 月には、第三次報告書を取りまとめ、公表した。
- 同報告書に記載された課題等については、IPv6 インターネット接続サービスの利用拡大及び IPv4/IPv6 共存環境(いわゆる「デュアルスタック」)への対応に向けた取組が着実に実施されるよう、引き続き本研究会で進捗状況の検証等を行い、2012 年 7 月及び 2013 年 7 月にそれぞれプロGRESSレポートを取りまとめ、公表した。
- 多くの固定通信事業者(アクセス回線事業者)や大手インターネット接続サービス提供事業者(ISP)等で IPv6 対応に向けた取組が進められ、IPv6 に対応したサービス等の展開は徐々に拡大した。一方、IPv6 を使用した実際の利用は、提供サービスやエリアが限られることや、利用者が意識せず IPv6 グローバルアドレスを利用している状況(デフォルト)が提供されていないなど十分とはいえない状況もある。

¹ 2011 年 5 月に米国のコンサルティング会社であるマッキンゼーが公表した、インターネット・エコノミーに関する報告書“Internet matters: The Net's sweeping impact on growth, jobs, and prosperity”によれば、2009 年における主要 13 か国のインターネット市場の GDP に占める割合は 3.4%であり、インターネットの GDP 成長に対する寄与は過去 5 年平均で先進国平均 21%となっているとしている。

http://www.mckinsey.com/insights/high_tech_telecoms_internet/internet_matters

- ICTの進展は、「モノ」のインターネット、いわゆるIoT (Internet of Things) の出現によって大きな飛躍を遂げようとしており、新たなパラダイムシフトを引き起こすと言われている。IoTは、従来の人と人との結びつきを中心としたインターネット社会を超え、例えば、ロボットや車などあらゆるモノがインターネットにつながり、情報のやり取りをすることで、モノのデータ化やそれに基づく自動化等が進展し、新たな付加価値や新規産業を創出する可能性がある。このようなモノとネットワーク (ICT) が融合する社会 (本報告書では、「IoT社会」という。)が進むなかで、世界の社会経済システムを更に大きく変革し得るものと考えられる。
- IoT社会では、無限に近い数の様々なデバイスが一つ一つインターネットにセキュアかつトランスペアレントにつながる環境が実現されなければならないため、それらのつながりを媒介するIPアドレスは無尽蔵なアドレス空間を有するIPv6を用いることが不可避となる。すなわち、これまでのIPv4アドレスの枯渇対策に加え、新たなIoT社会の構築のためにもIPv6アドレス活用への転換が必要となる。このようなIPv6アドレスの活用は、研究会発足当初から、センサーや組み込み機器などの非PC機器から構成されるシステムやネットワークの相互接続性やセキュリティ確保の重要性の観点から議論されてきており、その具現化が近年加速された結果ともいえる。
- 社会経済システムのあらゆる側面でグローバル化が進展し、モノとモノとが国境を越えてインターネットでつながる時代にあっては、我が国がそこから享受しうる恩恵を最大限のものとするため、オープンでセキュアな相互接続を確保する必要がある。また、IoTの実装に向けては、グローバル社会における利用を意識したインフラやプラットフォームの開発・展開を行うことが重要である。
- 上記を踏まえ、本研究会では、これまでのIPv6対応を踏まえながら、IoT社会の実現に向けた戦略のなかでIPv6対応の在り方やこれを着実に実施していくための方策を検討し、その結果を第四次報告書として取りまとめた。この際、第三次報告書及びその後のプログレスレポートに課題として取り上げられた事項の進捗状況を検証した上で、今後のIPv6対応の基本的な考え方や事業主体ごと、あるいは分野横断的に取り組むべき方策等について検討した。
- 最後に、本報告書のとりまとめに当たり、研究会においてプレゼンテーションをしていただいた有識者、企業、関係団体等の関係者の皆様方に心から御礼を申し上げますとともに、本報告内容が、総務省をはじめ、関係企業や団体等で広く理解・実行され、オープンでセキュアなIoT社会の構築を早期に実現することで、我が国が世界でイニシアティブをとることを強く期待するものである。

第1章 インターネットの進展とIPv6の利用

～インターネット利用高度化とIPv4枯渇～

1. インターネットの利用高度化と課題

インターネットの利用技術はこの30年にわたる発展の過程で、いくつかの大きな進化を遂げてきており、ここでは、インターネットの利用形態の変遷を概観するとともに、インターネットの利用高度化の反面、顕在化してきた課題や、IPv4アドレスの枯渇の状況等についてまとめる。

(1) インターネット利用形態の変遷

- インターネットは、人と人とのコミュニケーションツールとしての電子メール等での利用から、1990年頃に商用プロバイダやWWW（World Wide Web）により個人がネットワーク上にアップロードされた情報を幅広く入手、活用できるようになった。また、1990年代後半からWWWを対象とした検索エンジンが普及し、ネットワーク上のあらゆる情報を検索し、結果を瞬時に入手できるようになり、インターネットの利便性は格段に向上した。
- 2010年頃には個人や企業等が外部のコンピュータリソースを使うクラウドサービスが本格的に立ち上がった。また、これと並行して、企業等が個人に対して様々な情報をプッシュ型で配信する仕組みや映像等を放送型で配信するサービスの提供も始まった。
- これらのサービス等は、他方で発展してきた携帯電話（3GやLTE等）やBWA（Broadband Wireless Access）のほか、Wi-Fi、Bluetooth等を経由したインターネット接続サービスにも適用が拡大され、スマートフォンやタブレット端末からいつでもどこでも接続し、情報を受発信して各種サービスを利用できる環境が構築された。我が国の移動体通信の契約数は既に約1億5800万と人口総数を超えており、主要なインターネット接続手段となっている。
- また、我が国の固定通信においては、2015年からNTT東西による光回線の卸売サービス（以下「光コラボサービス」という）が始まったことでインターネット接続サービスの提供主体が拡大しており、インターネットの利用者は、これまで以上に多様なサービスからの選択が可能となっている。
- 最近では、機械と機械が通信をするM2M（Machine to Machine）通信の始まりとともに、モノとモノとがP2P（Peer to Peer）でつながる形態が広まりつつある。さらに、あらゆるモノや人がインターネットとつながるIoTの時代が始まり、IoTの活用により収集された大量のデータ（ビッグデータ）から関連するデータを選択的に分析し、実際の社会経済システムに有用なデータをフィードバックする「ソーシャルICT」が注目されている。

(2) 利用高度化を巡る新たな課題

① インターネット・トラフィックの増大

- 2015年5月時点の我が国のブロードバンド契約者の総ダウンロードトラフィック(携帯電話ネットワークでのダウンロードを除く)²は、推定で4.4Tbpsとなり、前年同月比での増加率は53.5%と過去最大の伸びを示した。これは映像配信などリッチコンテンツのダウンロードや、世界規模でトラフィックが集中するGoogle、Facebook、Apple等の世界規模の上位レイヤー事業者(いわゆるハイパージャイアント)が提供するサービスの利用拡大、携帯電話ネットワークのトラフィックをWi-Fi経由で固定通信網に流すオフロード通信の増加などが要因と考えられる。
- また、ブロードバンドサービス契約者の時間帯別トラフィックのピークは21～23時であるが、近年は、スマートフォンのOSやアプリケーションの更新(アップデート)等が深夜から早朝にかけて行われることが多く、この時間帯のトラフィックも増加傾向にある。
- 国内ISP等の中のトラフィック(956Gbps³)はここ数年大幅に増加する一方で、海外ISPからの流入トラフィック(942Gbps)の増加は鈍化し、国内ISP等の中のトラフィックが海外からの流入を上回った。これは海外のコンテンツ配信事業者(CDN事業者)が国内にキャッシュサーバを設置することで、本来海外のサーバにあるコンテンツの複製をそのキャッシュサーバに蓄積し、海外のサーバに代わって当該キャッシュサーバから配信するサービスが増えたことなども一因と考えられる。
- リッチコンテンツや世界規模の上位レイヤー事業者に関わるトラフィックの拡大、端末やアプリケーションのアップデート頻度の増大、CDN事業者からのコンテンツ配信サービスの拡大等により、インターネット・トラフィックは増加し続けており、これらのトラフィックの収容や分散が課題となる。

② 安全・信頼性の確保

- 東日本大震災では、通信設備の損壊や大規模な停電・輻輳等により、携帯電話や固定電話が広範囲で利用できなくなり、国民の社会経済活動に大きな影響が出た。これを踏まえ、電気通信設備の安全・信頼性を強化する対策が実施されてきた。
- 巨大地震や火山噴火、ゲリラ豪雨などが多発し、災害大国とも呼ばれる我が国においては、経済社会システムの基盤を担うインターネットが災害時等においても継続的に接続が確保されるよう、電気通信設備の安全・信頼性の確保に努めていくことが重要である。

③ サイバーセキュリティ対策

- 近年、官公庁や大企業等に対する標的型攻撃等のサイバー攻撃が増加・高度化し、また個人に対しても、スマートフォン等の急速な普及やSNS等の利用の拡大を狙ったマルウェアが増加するなど、サイバーセキュリティ上の脅威への対策が課題となっている。

² 総務省「我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算 2015年5月の集計結果の公表」：http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_02000098.html

³ 集計への協力ISP5社の合計。海外ISPからの流入トラフィックも同様。

- 2012年のロンドンでのオリンピック・パラリンピック競技大会では、約2億件のサイバー攻撃が発生したとされている⁴。2020年東京大会の安全・安心な開催はもとより、同大会が我が国の最先端のICTをショーケースとして世界に発信する絶好の機会であることを踏まえれば、サイバーセキュリティ対策は喫緊の課題である。

④ オープンなネットワークを前提とした対応

- 一般的にクローズドなネットワークとは、物理的に隔離されているネットワークのことを指し、インターネットとの一定の独立性が保たれることでサイバーセキュリティ上、安全であると考えられる場合がある。
- しかし、実際の運用では、アプリケーションゲートウェイやNAT（Network Address Translation）技術などを用いてインターネットとクローズドなネットワークとの相互の間に情報交換が行われていたり、運用管理や利用者の利便性などのために、クローズドなはずのネットワークが明示的または暗示的にインターネットに接続されていたりすることもある。また、インターネットはそもそもオープンなネットワークとして利用されることで利便性が高まるものであり、現時点で独立性を保っていても今後オープンなネットワークとの接続が必要となる場合も考えられる。
- インターネットは本来オープンでグローバルなインフラであり、既存のネットワーク、あるいは新たに設置するネットワークがクローズドだから安全との思い込みは、かえってリスクを高める場合もある。また、クローズドなネットワークが増大していくと、データやシステムのフラグメント（断片）化が拡大し、インターネット本来の姿を損ね、結果として、オープンなインターネットの利便性やそこから得られる便益を享受することができず、インターネットの健全な発展を阻害する恐れもある。
- このため、個々のネットワークは、十分なサイバーセキュリティの対策をとった上で、IPv6グローバルアドレスに対応したオープンなネットワークとすることが望ましい。

2. IPv4 アドレスの枯渇と再利用の現状

インターネットの飛躍的な発展とグローバルな普及は、世界的なIPv4アドレスの枯渇という事態を招いた。このような事態に対応する方策の一つとして、CGN⁵を用いたIPv4アドレスの共用化等の対策がとられてきたが（参考資料1）、このようなIPv4アドレスを今後も引き続き使用していく上でのリスクも存在する。ここでは、IPv4アドレスの枯渇の状況や再利用の実態について記載した上で、IPv4利用を継続するリスクについても触れる。

（1）国内外の枯渇状況

⁴ <http://www.v3.co.uk/v3-uk/news/2279265/bt-reveals-over-200-million-hack-attempts-on-london-olympics-2012-website>

⁵ Carrier Grade Network Address Translation：キャリアグレード NAT

- IPv4 アドレスの枯渇は世界的に進展している。2011 年 4 月に APNIC の IPv4 アドレス在庫が枯渇⁶して以来、2012 年 9 月には RIPE NCC⁷が、2014 年 6 月には LACNIC⁸が、2015 年 9 月には ARIN⁹の IPv4 アドレス在庫が枯渇した¹⁰（参考資料 2¹¹）。これにより、世界に 5 つある RIR（Regional Internet Registry：地域インターネットレジストリ）のうち、AFRINIC¹²を除く 4 つの地域 RIR において、IPv4 アドレスの在庫が枯渇したことになる。
- 一方、使用されている IPv4 アドレスを有効に活用するための IPv4 アドレスの移転等も行われている。RIR 間の IPv4 アドレス移転については、APINC と ARIN 間、APNIC 配下の一部 NIR（National Internet Registry：国別インターネットレジストリ）と APNIC 間において可能となっている。また、2015 年 10 月には、RIPE NCC と ARIN 間、及び RIPE NCC と JPNIC を含む APNIC 配下の NIR との移転も可能となった（参考資料 3¹³）。ただし、アドレス移転制度により利用可能となるアドレス数は限られていることから、IPv4 アドレス枯渇の根本的な解決策とはならない。
- APNIC 及び JPNIC においては、最後の /8 ブロック（103.0.0.8/8）から IPv4 アドレスを分配している。その在庫は 2015 年 6 月時点で約 1,100 万アドレスであるが、およそ 3～4 年でこの在庫も尽きることが予想されている（参考資料 4）。

（2）CGN による IPv4 グローバルアドレスの共用

- IPv4 アドレスの枯渇対策として、CGN を用いた IPv4 グローバルアドレスの共用が、移動通信事業者を中心に行われている。CGN は、IP アドレスを変換する技術である NAT を用い、1 つの IPv4 グローバルアドレスを複数のプライベートアドレスで共用する仕組みを大規模に構築するものである。
- NAT においては、同一の IPv4 グローバルアドレスを、ポート番号を活用して複数の利用者で共用する¹⁴。利用者のプライベートアドレスをルータでグローバルアドレス上のポート番号に紐付け、ルータを通過する際に IP アドレスとポート番号の変換を行うことで、同一の IPv4 グローバルアドレスで複数の端末がインターネット側と通信することが可能となる（図 1）。

⁶ 在庫枯渇の定義は RIR ごとに異なっており、例えば APNIC においては、在庫が最後の /8 ブロック（約 1,670 万アドレス）となったことを持って枯渇したとしている。

⁷ Réseaux IP Européens Network Coordination Centre：ヨーロッパ、中近東、アジアの一部を管轄する RIR

⁸ Latin American and Caribbean Internet Address Registry：中南米地域を管轄する RIR

⁹ American Registry for Internet Numbers：北米地域を管轄する RIR

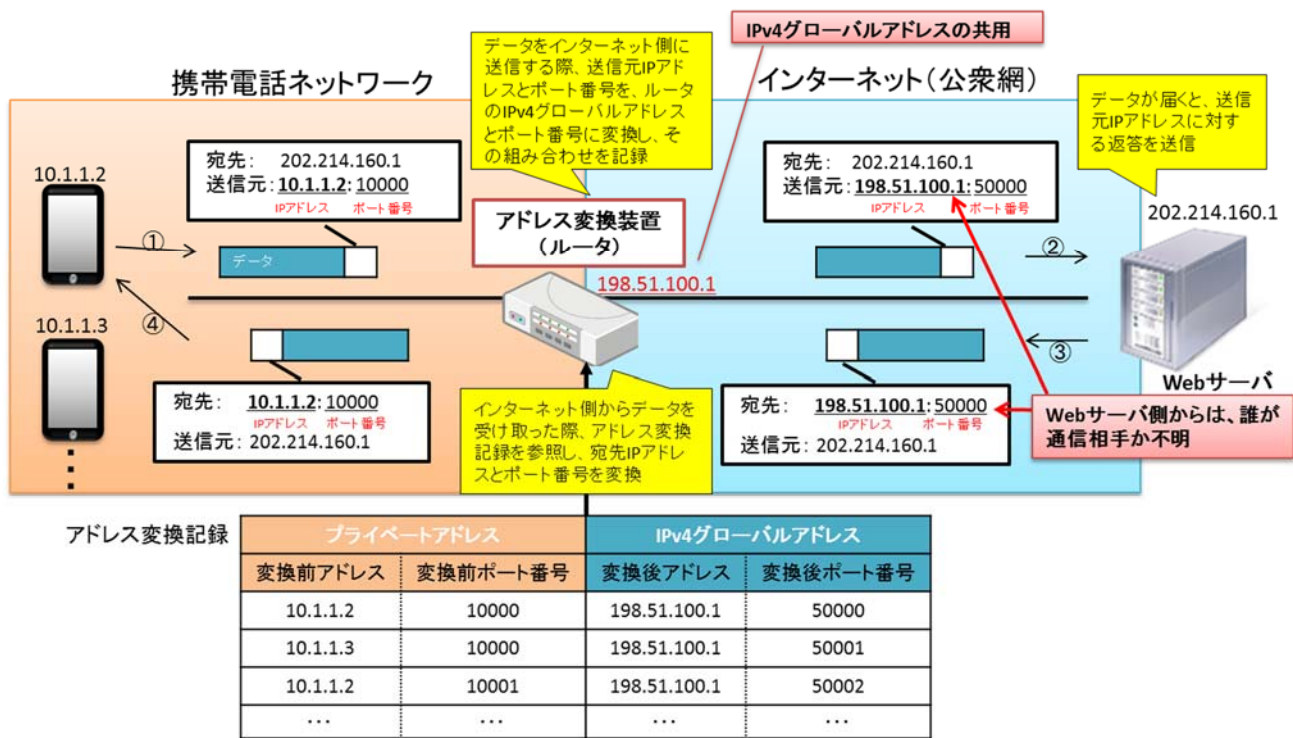
¹⁰ <https://www.arin.net/announcements/2015/20150924.html>

¹¹ 資料作成時点（2015 年 7 月）では、「近日中に枯渇する見込み」。

¹² African Network Information Centre：アフリカ地域を管轄する RIR

¹³ 資料作成時点（2015 年 7 月）では、「移転可能となる予定」。

¹⁴ ポート番号も含めたアドレス変換は NAPT（Network Address Port Translation）と呼ばれるが、ここでは総称して NAT と呼ぶ。



(<http://www.itbook.info/study/nat4.html> を参考に総務省作成)

図 1 NATによるIPv4 グローバルアドレス共有の仕組み

- CGNにより当面のIPv4アドレスの枯渇対策が可能であったこと、更なるIPv6対応で発生するコストへの見返りが不明なこと、IPv6対応のために追加的な設備投資が必要なこと等を背景に、移動通信事業者などの事業者では、CGNを活用したIPv4によるサービスの提供が行われているのが現状である。

(3) 移転によるIPv4アドレスの再利用

- IPv4アドレスの枯渇が世界的に進むなか、我が国におけるIPv4アドレスの入手方法は、APNICにおける枯渇後の限定在庫の中から少数の分配を受けるか、既に分配されたIPv4アドレスを保有する組織からの移転により調達する方法に限られる。
- しかしながら、APNICのアドレス分配は上述のとおり数年で終了すると予測されており、IPv4アドレスを利用して新たな事業展開等を図ることは既に困難な状況にある。
- 組織間のアドレス移転に関しては、APNIC、ARIN、RIPE NCCにおいて、移転希望者が仲介業者にコンタクトできるようにするなど移転支援策を講じている。しかしながら、移転可能なアドレス量には、RIR間のアドレス移転が増えたとしても限界があり、またIPv4アドレスの流通量が減少するに従って、移転による取引価格の上昇も予想される。

(4) IPv4利用を継続するリスク

- CGNの導入が進むと、IPアドレスだけでは送信元を特定できない上、ポート番号を加えたログ管理を行う必要があり複雑となる。多段NAT等によるアプリケーションの動作不良が発生するリスクも高まる。また、IPv6に対応しない事業者においては、デ

フォルトで IPv6 が動作する機器のふるまいによりセキュリティ上の問題等が発生する恐れもある。

- 実際に、ポート番号を固定して通信する一部の電話会議システム等が正常に作動しなくなるなどの影響も出ている（参考資料 5）。また、一利用者当たりが使えるポート数が制限されることで、地図等のリッチな Web ページの閲覧など複数のセッションを張る通信においてその数が制約となり、表示に支障が出る場合も想定される¹⁵。
- このように CGN は IPv4 アドレスの枯渇対策として一時的な対応を可能とするものではあるが、システムが複雑になるなど上述のような課題を新たに生じさせる恐れがあるため、本質的な解決策とはならない。
- また、IPv4 アドレスの再利用において、サイバー攻撃で使われた等の理由で、過去にリスト化された IP アドレスがフィルタリングされたままの状態である場合や、IP アドレスに紐付いた属性によりグループ化されたままの状態ですらサービス提供が継続されている場合に、正常に通信できないといった問題が発生するケースがある。
- さらに、世界的に IPv6 利用が拡大していくなかで、顧客や企業等から IPv6 接続サービスを要求された場合のインフラ輸出等を含む国内外のビジネス上の機会の損失や、IP アドレスの資源不足による事業展開が妨げられる等の将来的なリスクも挙げられる。

¹⁵ <https://www.nic.ad.jp/ja/newsletter/No41/0800.html>

第2章 IoT時代の幕開け

～新たな付加価値の創造とIPv6の役割～

1. IoTの出現と新たな経済社会

IoTが普及する社会では、PCやスマートフォンなどの従来の端末だけでなく、ウェアラブル機器やロボット、車など、様々なモノがインターネットにつながる。また、より現実世界との関わりを意識しながらサイバー空間のコンピューティング能力を組み合わせることで社会課題を解決する、いわば「サイバーフィジカル融合社会」を目指す取組も行われている。

このような新たな社会の訪れとして、ネットワークとつながる新たなデバイスやIoTを支えるネットワーク技術を紹介するとともに、これらの活用により可能となる将来の社会像について述べる。

(1) モノとモノをつなぐ新たなデバイスの出現

- ヘッドマウントディスプレイや腕時計型スマートフォンなどウェアラブル機器、インターネット家電、ドローン、コミュニケーションロボット等が既に市場で販売されているが、近い将来には、自動走行車や介護/案内ロボット等が出現するものとみられている。また、産業用としては、スマートメーターや水道管の漏水検知センサーなどが商用化されているほか、橋梁の老朽化や崖崩れの検知センサー、ゲリラ豪雨に対応した雨水レーダなどが実証されるなど、様々な端末/デバイスが出現しつつある。
- 情報通信白書（2015年版）では、IoT時代の到来を示す指標として、2013年時点でインターネットにつながるIoTデバイスの数は約158億個、2020年までには約530億個まで増大するとされている。一方で、現実世界に存在する1.5兆個のモノのうち、99.4%はインターネットに接続されていないことから、IoTのコンセプトが持つ潜在的な価値の大きさがうかがえるとしている。
- 以上のように、従来通信機能を備えていなかったあらゆる機器やデバイス（モノ）がICTを活用してつながり情報のやりとりを行うことで、様々なモノの情報がデータ化され、それらの分析により、新たな付加価値の創造や社会経済システムの自動化・自律化等が進展するものと考えられる。
- なお、民間の調査¹⁶（参考資料6）によれば、ネットワークへ接続されるデバイスが増加し、タイプも多様化するなかで、2019年までに32%のデバイスがIPv6による接続に対応するとの試算もある。

¹⁶ Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2014–2019 :
http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/ip-ngn-ip-next-generation-network/white_paper_c11-481360.pdf

(2) IoTを支えるインターネットの新たな潮流

- インターネットを支えるネットワーク技術も技術革新により常に進化を続けている。新たなネットワーク構成をソフトウェアで柔軟に設定する SDN (Software Defined Networking) やウェブコンテンツを利用者に近いキャッシュサーバ経由で提供する CDN (Contents Delivery Network) などネットワーク技術が高度化し、商用化されてきた。
- IoT 社会では、モノの制御や自律化のための画像処理などあらゆる所でリアルタイムのデータ処理が継続して行われるものと考えられる。この場合、ネットワーク上で端末の近くに配置したサーバ等で処理を行うエッジコンピューティング等により、低遅延・低負荷なリアルタイム処理が可能となる。
- 携帯電話ネットワークについては、第 4 世代移動通信システム (4G) によるサービスが開始されるなか、更に高速かつ低遅延の第 5 世代移動通信システム (5G) について 2020 年の実用化を目指し、研究開発等が進められており、携帯電話のネットワーク技術も更なる発展が見込まれている。
- 車と ICT の融合においては、自動運転支援システムや自動車が様々なモノと通信をする V2X (Vehicle to X) システムの開発など、自動走行の実現に向けた様々な取組が加速している。
- このような通信の高速化や負荷分散等を図るネットワーク技術の進展により、大容量で即応性のある通信から災害時等のアドホック通信まで、インターネットに求められる様々な要件を実現することが可能となってきた。

(3) IoT で実現される新たな経済社会の姿

- IoT は、情報の収集・蓄積、解析、反映・応用のあらゆる面において革新をもたらすことから、ビッグデータの活用を具現化するとともに、各産業のビジネスや産業構造そのものを大きく変革する可能性を秘めている¹⁷。
- 例えば、ロボットや車がネットワークとつながり、人とコミュニケーションできる社会や、スマートグリッドや交通システム等を含めた都市のシステム全体をスマート化するスマートシティの実現が想定されている。
- また、3D プリンタなどの最新のデジタル工作機械が従来製品より低価格化・小型化したことで、一般の市民の間でも「デジタル・ファブリケーション」と呼ばれる新たな形態でのモノづくりが始まっており、これらの製品やそのノウハウがオンラインで公開・共有されて利用される「オープンソース・ハードウェア」や「オープン・イノベーション」の進展が期待されている。
- 製造、農業・漁業、流通、医療・健康、金融など様々な産業分野においても、IoT により、個々の製品等の製造・品質管理など生産から流通、消費に至る新たなバリューチェーンを創出しながら、様々な業態の企業等が各種データを広くそれぞれのビジネ

¹⁷ <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc254120.html>

スに活用するといった、Win-Win の関係が周辺の業者/業界まで広がる「Win^x」の関係を構築するエコシステムの創出等が期待されている。

- 公的分野においては、花粉や粉塵等を検知するセンサーを使った環境モニタリングや橋梁の振動や水道管の破損の検知、ゲリラ豪雨を探知する気象レーダの活用など、住民サービスや災害対策の向上に向けた取組が広がりを見せつつある。
- これらのシステムを構成する様々な要素が、端末やデバイス単位で自律的に制御され、実社会におけるそれらの挙動や状態がデータとしてサイバー空間におけるビッグデータ分析等にフィードバックされることで、集合知の活用や新たな予測が可能となり、従来にはない新しい発想のサービスや革新的なビジネスの展開がひらけると考えられる。

2. IoT 社会の実現に向けた IPv6 の役割

IoT 社会の実現に向けては、既に国内外で ICT イノベーションを戦略的に創出し、IoT 時代の新しい社会経済システムの実現を目指す様々な検討や取組が始まっており、それら動向を踏まえた上で、IoT を推進する上での IPv6 の役割及び課題について述べる。

(1) IoT の実現に向けた取組

- IoT 社会の構築に向けて、欧米の先進諸国を中心に IoT 化の動きが加速している。例えば、米国では、2014 年より、各都市が導入を計画するスマートシティに必要な様々な IoT の機能の実現に取り組むグローバル・シティ・チームズ・チャレンジ (Global City Teams Challenge : GCTC)¹⁸が進められている。ここでは、自治体や企業等で構成されるチームのベストプラクティスを米国の各都市や国際間で共有するため、標準仕様の策定に向けた取組が検討されている。
- ドイツにおいては、「Industrie4.0 戦略」の下、「モノとサービスのインターネット (Internet of Things and Service)」の製造プロセスへの応用が進められている。生産プロセスの上流から下流まで垂直的にネットワーク化し、注文から出荷までをリアルタイムで管理するなど、新たなバリューチェーンを構築しようとするものである。
- 総務省では、IoT/ビッグデータ時代が到来し、多種多量に収集されるデータの利活用が新しい価値を創造し、その成否が、国際競争力・社会的課題の解決のみならず、生産性の向上や成長分野への投資を通じた雇用の創出にとって決定的に重要であるとの認識から、2015 年 9 月 25 日に「IoT/ビッグデータ時代に向けた新たな情報通信政策の在り方」について情報通信審議会に諮問し、検討を開始している。
- また、これに先駆けて開催された、「ICT サービス安心・安全研究会 近未来における ICT サービスの諸課題展望セッション」(座長：平野晋 中央大学総合政策学部教授)では、本年 10 月に「近未来における ICT サービスの発展を見据えた諸課題の展望」を発表し、ウェアラブル端末、ドローン、コミュニケーションロボットなどの出現、IoT や車の ICT 化の進展、ビッグデータの一層の利活用の進展などを踏まえ、5~10 年先の ICT サービスの将来動向を見据えた ICT サービスの今後の課題の整理や政策に

¹⁸ <https://www.us-ignite.org/globalcityteams/>

必要な観点等について取りまとめた。

(2) 2020 年に向けた我が国の施策動向

- 「世界最先端 IT 国家創造宣言」(2015 年 6 月 30 日閣議決定)においては、今後 5 年間程度の期間に、世界最高水準の ICT 利活用社会の実現と、その成果を国際展開することを目標として取り組むべきとされており、その際、2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の機会を積極的に活用することとされている。
- 我が国はこれまでも世界最先端の ICT 環境の実現を目標に掲げてきており、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会は、我が国の ICT インフラ及びサービスの高度化を図り、その利活用を通じて、最先端の ICT をショーケースとして世界に発信する絶好の機会である。また、その成果は 2020 年以降の国内外の資産として、維持・発展させることを前提に、整備・活用されることが不可欠である。
- 総務省では、2020 年に向けた社会全体の ICT 化を図るため、無料公衆無線 LAN 環境の整備促進、第 5 世代移動通信システムの実用化等の世界最高水準の ICT インフラの構築とともに、多言語音声翻訳システムの高度化やデジタルサイネージの機能拡大等の高度な ICT 利活用の実現に向けて取り組んでいる。
- また、総務省が 2015 年 7 月に取りまとめた「2020 年に向けた社会全体の ICT 化アクションプラン (第一版)」においては、これらの取組の着実な実施に加え、利用者視点に立ち、誰もが利便性を実感できる具体的なサービスを目に見える形で示していくことが重要であるとしており、例えば「都市サービスの高度化の推進」として、スマートフォンや交通系 IC カードの ID を活用した母国語等個人の属性情報に応じた情報提供など、入国から滞在、出国まで訪日外国人のスムーズな行動を実現する方策を進めようとしている。

(3) IoT 社会で IPv6 の果たす役割

- IoT は、製造、農業・漁業、流通、医療・健康、金融など様々な分野において大量のセンサーやアクチュエータがインターネットにつながることで実現される。それらのつながりを媒介する IP アドレスは、枯渇状態にある IPv4 では確保が困難であり、無尽蔵なアドレス空間を有する IPv6 を活用することによって可能となる。
- また、ビッグデータ分析等により新たな付加価値を生み出す IoT 社会の構築においては、これらの大量のセンサー等を直接つなぐことができるワイヤレス・モバイル通信の役割が重要となり、同様に IPv6 アドレスの活用が不可欠となる。

<IPv6 対応の提供者メリット>

- ・ IPv6 は電気通信事業者等が新事業を展開する上で拡張性に優れており、大規模ネットワークの設計が容易となり、サービスのラインナップの充実や先行者メリットの享受で有利となる。
- ・ 多段 NAT 等を前提とした複雑なサービス・システムの設計・運用のシンプル化が可能となるため、中長期的には、運用管理等においてコスト削減につながると期待される。

- ・ IPv6 アドレスを各デバイスに直接割り振ることができるため、きめ細やかな環境制御や安全な遠隔操作・監視による業務集約化が可能となり、これを前提とし、全てが IPv6 で統合された新たなネットワークプラットフォームの構築が可能となる。
- ・ NAT を介さない通信によるスループットの向上や、送信元 IP アドレスの特定による位置情報の活用及びセキュリティの確保で有利となり、これらを活用した新たなビジネス展開が可能となる。
- ・ プラットフォームのオープン化によるベンダー参入の機会拡大により、運用や改修におけるコスト削減も期待できる。
- ・ 途上国を含めた諸外国において IPv6 に対応した設備導入が前提となる時代において、IPv6 対応は、今後の ICT 機器・システム等の国際展開に必須となる。

<IPv6 対応の利用者メリット>

- ・ IPv6 対応を利用者の視点から考察すると、そもそも利用者はこれまでも IPv4 であるか IPv6 であるかどうかを意識したことはなく、今後もそのような必要はない。むしろ、IPv6 であることを意識せずに対応を終わらせることが利用者の利得となる。
- ・ 膨大な数の IoT 機器の利活用が促進されることで、これまでにない新たなサービス等を享受できるようになり、利用者の利便性が高まる。
- ・ 多段 NAT が回避されたシステムの簡素化に伴う事業者コストの低減により、サービスの向上や利用料の低廉化等への期待が高まる。
- ・ 企業ユーザーとしては、海外拠点と VPN 接続する際に海外での IPv4 アドレスの枯渇 (IPv6 対応) により IPv4-VPN 接続が困難となるケースも出てきており、グローバルに展開する企業の社内ネットワークや生産・運用管理システムの自動化等において IPv6 対応は戦略的な意味をもつ。

3. IoT 推進における課題

- 今後 IoT が進展すると、映像等を大量に処理するクラウドサービスやビッグデータの利用増、車など IoT でつながる様々なデバイスのアップデート等の増加等により、これまで以上に、インターネット・トラフィックが急増することが想定されるが、これに対応した世界をリードする積極的投資は課題である。
- スマートシティやロボットの普及など IoT が進展した社会においては、社会経済システムの安定性や人の安全に関わるデータの交換も増加すると考えられるため、IoT を提供するための電気通信設備の安全・信頼性の確保がより一層重要となる。また、サイバー攻撃の脅威が増大する可能性があることから、IoT 時代におけるサイバーセキュリティの確保はこれまで以上に重要な課題となる。
- スマートグリッドやスマート工場では、IPv6 に対応したシステムを構築する取組が一部で進んでいるが、クローズドなネットワークを構築すれば安全という誤認や、セキュリティ上の漠然とした不安などから、グローバルアドレスではなく、安易にプライベートアドレスを割り当てるケースがある。インターネットはオープンでグローバルなインフラであることから、クローズドなネットワークの増加やプライベートアドレスの割当が進むことで、インターネットの利便性やそこから得られる便益の享受等の

観点から、インターネット本来の姿を損ねる可能性がある。

- このため、インターネット上で展開される様々な IoT アプリケーション/プラットフォームのイノベーションを促進するため、インターネットと接続される可能性のある個々のネットワークは、グローバルアドレスに対応し、サイバーセキュリティ対策を図った上でのオープンでセキュアな IPv6 対応を推進することが重要である。

第3章 IPv6 対応の現状と課題

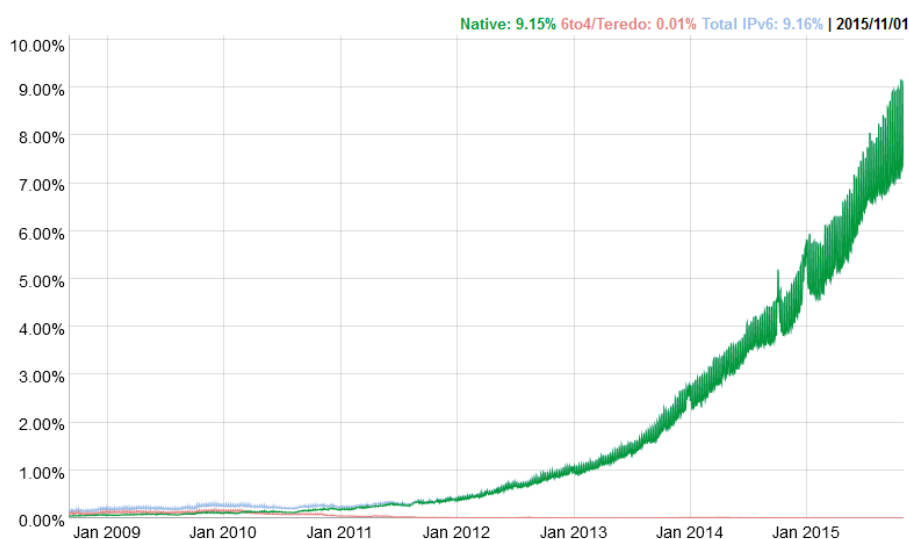
～転換期を迎えた IPv6 対応と我が国への警鐘～

1. 諸外国の IPv6 対応とグローバル展開

ここでは、諸外国の IPv6 対応の状況や、世界規模の上位レイヤー事業者の動向を紹介し、IPv6 の世界的な潮流を把握することとする。

(1) 諸外国の IPv6 対応の状況

- Google の統計によれば、Google サービスへの IPv6 によるアクセス割合は毎年約 2 倍のペースで増加しており、2015 年 11 月時点では全世界の約 9.15%¹⁹の利用者が IPv6 でアクセスしている (図 2)。



(Google ウェブサイト²⁰より)

図 2 Google サービスへの IPv6 アクセス割合

- 同統計における主要国の IPv6 利用率は表 1 のとおりである。我が国は 2012 年度まではトップクラスにあったが、近年は大きく順位を下けている (参考資料 7)。
- IPv6 への対応促進のため、World IPv6 Day²¹、World IPv6 Launch²²といった世界的な IPv6 関連イベントが開催された。

¹⁹ 2015 年 11 月 1 日 (日) 時点。ただし曜日による変動が大きく、土日にアクセス割合が増加する傾向にある。例えば 2015 年 10 月 30 日 (金) の値は 7.67%。

²⁰ <https://www.google.com/intl/ja/ipv6/statistics.html>

²¹ 世界の Web サイトが 24 時間限定で、IPv6 に対応するイベント (2011 年 6 月 8 日開催)。

²² 世界の Web サイト、ISP、通信機器ベンダー等が恒久的な IPv6 対応を開始するイベント (2012 年 6 月 6 日開催)。

表 1 Google サービスへの国別 IPv6 アクセス割合²³

	国名	IPv6 利用率		国名	IPv6 利用率
1	ベルギー	36.83%	7	ペルー	15.55%
2	スイス	24.59%	8	ルクセンブルク	14.49%
3	アメリカ	22.51%	9	エストニア	9.88%
4	ドイツ	19.45%	10	チェコ	9.84%
5	ポルトガル	18.12%	11	日本	8.51%
6	ギリシャ	16.51%	12	マレーシア	8.07%

(Google ウェブサイトより総務省作成)

- Cisco では、各国の IPv6 対応率を、トランジット AS、コンテンツ、利用者の 3 つの対応率から算出している²⁴。この統計においても、欧米を中心に IPv6 対応が進展し、一部途上国・中進国でも対応が進んでいるが、我が国はこれらの国に後れをとり始めている²⁵ (参考資料 8)。APNIC、akamai 等においても同様の統計が公開されており²⁶、傾向は類似している。
- IPv6 対応率が上位の国では、ケーブル事業者、モバイル事業者も含め IPv6 対応が進展している。特に米国では、ベライゾン・ワイヤレス、T-モバイル US などの移動通信事業者の IPv6 対応率が高い (参考資料 9、参考資料 10)。
- このように IPv6 対応を進める各企業の戦略はその事業分野ごとに異なるが、多くの場合、ネットワークの効率的な運用や将来的なコスト低減等を図るために IPv6 対応を進めている。LTE や光ファイバ等の新規ネットワークの敷設の際に IPv6 対応を実施する例も多い (参考資料 11)。
- 諸外国においては、政府による IPv6 推進政策が進められており、IPv6 対応を推進する上で、一定の政府の役割が求められている (表 2)。例えばベルギーでは、政府が通信事業者に対し、IPv6 対応のスケジュールの提示を奨励する等により、2014 年に IPv6 対応が急速に進展した。また、米国では、業務効率や行政サービスの改善等を目的として、政府機関の情報システムの IPv6 対応を早期から計画的に推進することで IPv6 対応を加速させている。

表 2 主要国の IPv6 政策

アメリカ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国防総省は、購入製品の IPv6 対応を義務づけ (2003 年) ・ 国立標準技術研究所(NIST)は政府調達仕様で IPv6 必須化(2008 年) ・ 予算管理局は連邦政府に対し 2012 年度末までに外部向けシステム、2014 年度末までに内部システムの IPv6 対応を義務づけ (2010 年)
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ・ 普及率 25%の数値目標を設定 (2010 年)

²³ 2015 年 11 月 1 日時点。

²⁴ <http://6lab.cisco.com/stats/>

²⁵ IPv6 対応率の相対インデックス (1 位を 10 とした際の相対値) は、例えばベルギー10、米国 7.5、ドイツ 7.3、ペルー6.8、マレーシア 5.5、日本 4.8。(2015 年 6 月 25 日時点)

²⁶ APNIC <http://stats.labs.apnic.net/ipv6>

akamai <https://www.stateoftheinternet.com/trends-visualizations-ipv6-adoption-ipv4-exhaustion-global-heat-map-network-country-growth-data.html>

英国	・大手通信事業者が 2016 年末までの IPv6 全対応を表明 ²⁷ (2015 年)
フランス	・政府システムの IPv6 全面移行完了目標を 2015 年に、民間機関の IPv6 移行目標を 2020 年に設定 (2011 年)
ドイツ	・ 2015 年までの連邦政府機関全体に通信インフラ統合 ・ 民間普及団体において、2010 年までに国内インターネット利用者の 25%に IPv6 を普及させる目標を設定 (2009 年)
ベルギー	・ 2013～2015 年に政府システムの IPv6 全面移行完了を目標 (2012 年) ・ 通信事業者に対して 2014 年までの IPv6 対応を奨励 (2012 年)
韓国	・ 政府システムに 2015 年から段階的な IPv6 対応を義務づけ。2017 年までにネットワーク 100%・サービス 30%、2022 年までにサービス 100% (2014 年) ・ 2017 年までに主要 ISP の対応完了を目標。税制優遇措置を導入 (2014 年)
中国	・ 2015 年までに 7 割の県レベル以上の政府サイトの IPv6 対応を目標 (2012 年) ・ 2016 年末までに LTE での IPv6 利用者 3000 万以上を目標 (2014 年)
インド	・ 2017 年末までに、政府システムの IPv6 移行計画を策定 (2013 年)
マレーシア	・ 政府方針戦略において IPv6 への対応を明言 (2006 年)

(総務省調査)

(2) 世界規模上位レイヤー事業者の新たな展開

- 諸外国におけるコンテンツの IPv6 対応率²⁸は、北米、欧州、中南米等の一部では 40～50%に達している (参考資料 12)。実際に IPv6 に対応しているサイト数としては少ないと考えられるが、Google、Facebook、Apple 等の世界規模の上位レイヤー事業者 (いわゆるハイパージャイアント) の IPv6 対応が大きく影響しているものと考えられる。
- このようにグローバル展開している上位レイヤー事業者は、例えば、CGN による IP アドレス管理の追加的なコストや位置情報の活用、低遅延・セキュリティ面での優位性等の理由から戦略的に IPv6 対応を実施している (参考資料 13)。
- 特に、Apple は、2015 年 6 月、iOS9 以降、全てのアプリケーションに対し IPv6 に対応することを要件とすることを発表した²⁹。さらに同年 7 月、iOS 及び OS X における IPv4 通信は IPv6 通信と比べ 25 ミリ秒遅延させることも表明した³⁰。
- これらの事業者が IPv6 化へ大きく舵を切ることで、世界的な IPv6 対応の潮流はますます加速していくものと考えられる。

²⁷ BT 社はネットワークの IPv6 対応を 2016 年 4 月までに 50%、12 月までに 100%とする方針を表明。(2015 年 9 月 23 日) <http://www.bbc.com/news/technology-34346803>

²⁸ 前述の Cisco によるコンテンツ IPv6 対応率。

²⁹ <http://www.internetsociety.org/deploy360/blog/2015/06/apple-will-require-ipv6-support-for-all-ios-9-apps/>

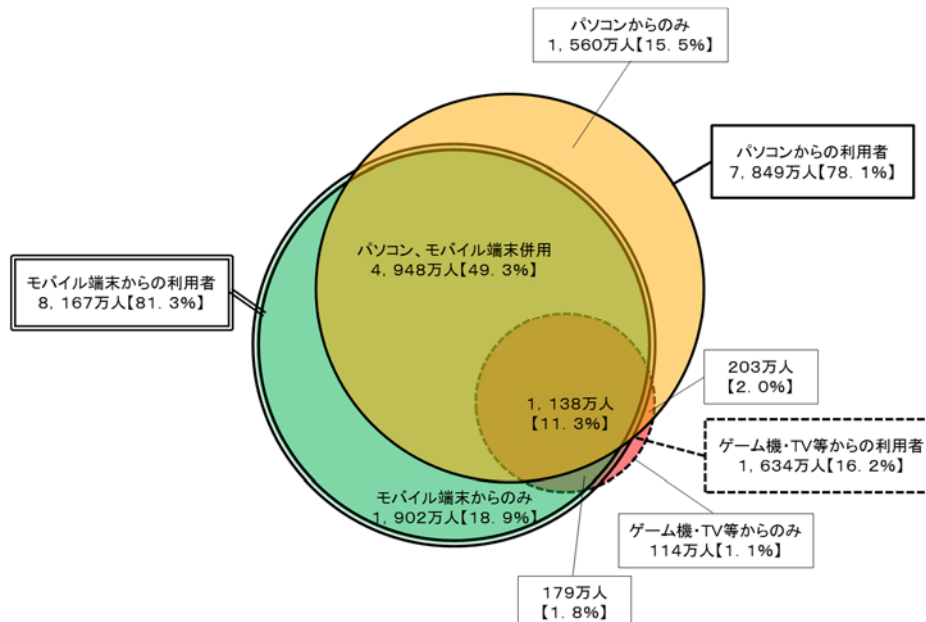
³⁰ <https://www.ietf.org/mail-archive/web/v6ops/current/msg22455.html>

2. 我が国の IPv6 対応状況

我が国の IPv6 対応状況を整理するため、インターネットサービスの利用状況、第三次報告書の課題に対する対応状況、事業主体別の IPv6 対応状況についてまとめる。

(1) 我が国におけるインターネット接続サービスの利用状況

- 総務省の調査では、2015 年 6 月末時点での我が国の固定系ブロードバンドサービスの契約数は 3,724 万であり、前年同期比で 3.0%増加している。また、移動系通信（携帯電話、PHS 及び BWA）の契約数は 1 億 5,816 万であり、前年同期比で 4.6%増加している³¹。
- また、インターネットを利用する際に使用する端末としては、スマートフォンやタブレットといったモバイル端末の割合が増加しており、パソコンを使用したインターネット利用を超えるボリュームとなっている³²（図 3）。
- このようにインターネット接続サービスの利用状況に鑑みると、我が国の IPv6 対応³³を進める上では、固定系、移動系の双方において推進していく必要があることが分かる。



（出典：総務省「平成 25 年通信利用動向調査の結果」）

図 3 インターネット利用端末の種類（2013 年度末）

(2) 第三次報告書の課題への対応状況

- 第三次報告書³⁴（2011 年 12 月）で示された課題について、そのプログレスレポート

³¹ http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_02000096.html

³² <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a.html>

³³ IPv6 に対応したサービス提供が IPv4 と同等に行われているとは言えない現状において、当面は IPv4 と IPv6 の双方での通信が可能となるような環境（デュアルスタック環境）を維持することが必要となる。以下、インターネット接続サービスにおける「IPv6 対応」とは、IPv4 に加えて IPv6 を導入することを指す。

³⁴ 本研究会ではこれ以前に、

(2012年7月)及び第二次プログレスレポート(2013年7月)で述べられた進捗状況を含めたこれまでの主な対応状況は表3のとおりである。

- これらの進捗状況を踏まえると、我が国のIPv6対応は着実に進展しつつあるが、IPv6インターネット接続サービスの利用を更に拡大させるためには、未対応の事業者やサービス・地域等におけるIPv6対応のより一層の拡大に向け、戦略的な見直しを行う必要がある。
- なお、フォールバック問題³⁵については、IPv6ネットワークの進展等に伴いその影響は小さくなっているが、引き続き関係事業者においては本問題の解決に向け取り組んでいく必要がある。

表3 第三次報告書において指摘された課題と主な対応状況

課題	対応状況
【課題1】 本格提供が始まったIPv6インターネット接続サービス³⁶の利用拡大	
(対応1-1) 利用者に配慮したIPv6インターネット接続サービスの提供	(1) PPPoE(トンネル)方式 ○ 申し込み不要化(IPv6接続IDの標準発行)(ソネット、NTTコム) ○ HGWへのIPv6アダプタ機能の内蔵化、及び自動設定機能の提供(NTT東西、JAIPA、2014年11月) ○ IPv6 PPPoEアダプタ機能実装に係るガイドラインを公開し、市販の機器ベンダーの対応をサポート(NTT東西) (2) IPoE(ネイティブ)方式 ○ 新規申込回線へのフレッツ・v6オプションの標準提供(NTT東日本、2012年5月)、及び工事費無料化(NTT東、2012年5月/NTT西、2012年6月) ○ 既存利用者に対する光コラボサービスでの転用時のIPv6デフォルト提供(NTT東西、VNE及び一部ISP、2015年2月以降順次) ○ 相互接続点(東京POI)を増設、100Gbpsメニューの提供、接続料を低廉化(NTT東西)
(対応1-2) IPv6インターネ	(1) フレッツ光ネクスト利用者に対するIPv6

中間報告書(2009年6月策定:http://www.soumu.go.jp/main_content/000028133.pdf)、
第二次中間報告書(2010年3月策定:

http://www.soumu.go.jp/main_content/000058238.pdf)

を取りまとめた。

³⁵ フォールバックとは、IPv6とIPv4の双方が利用可能なデュアルスタック環境において、何らかの要因でIPv6による通信ができない場合に、IPv4での通信を試みる動作であり、その際、通信の遅延や通信不能になる場合がある問題を指す。

³⁶ 「IPv6インターネット接続サービス」とは、IPv6によるインターネット接続が可能となるサービスを指すが、一般利用者はこれを利用することにより、当面はIPv4とIPv6のデュアルスタックでの通信環境が実現される。

課題	対応状況
ット接続サービスの提供範囲の拡大	インターネット接続サービスの提供 ○IPv4 over IPv6 サービスの提供開始 (JPNE、2013年4月) ○HGW を持たないユーザー、B フレッツ/光プレミアムユーザーへの IPv6 インターネット接続の提供 (NTT 東西、JAIPA、JPNE) ○フレッツ光ネクストを B フレッツ/光プレミアムと同等価格で提供、変更工事費無料化 (NTT 西) ○B フレッツ等のユーザーについては、フレッツ光ネクスト (NGN) へのマイグレーションで対応。2014 年中にほぼ移行完了 (NTT 東) (2) モバイル事業者 ○mopera U において IPv6 接続サービスを提供 (NTT ドコモ、2011年6月) ○LTE NET for DATA について IPv6 サービスを開始 (KDDI (au)、2012年11月) ○IPv6 対応端末及び IPv6 接続サービスの提供開始 (ソフトバンク、2015年6月) (3) CATV 事業者 ○IPv6 対応ガイドラインを活用した周知啓発 (日本ケーブルラボ等) ○全国のケーブル事業者を対象にセミナーを開催し、周知・広報を実施。IPv6 対応ガイドラインのアップデートを実施 (日本ケーブルラボ、2015年3月)
(対応1-3) IPv6 の対応に伴う技術的諸課題への対応	○IPv4 アドレス共用技術を利用した際の課題解決の実証実験を実施「IPv4 アドレスの枯渇時に生じる諸課題に適切に対処するための手順書」を HP で公表 (総務省、2013年度) ○ユーザーの IPv6 接続有無に合わせた DNS 利用のための開発・設定工事 (NTT 東西、2012年9月) ○IPoE 利用するユーザーが VNE の DNS を利用するための HGW のファームウェアリリース (NTT 東西、2013年1月) ○IPv4/IPv6 併存環境での運用やサイバーセキュリティ確保に係る課題解決の実証実験を実施。結果を元に、中小通信事業者、企業及び地方自治体向けに IPv6 対応ガイドライン及び IPv6 調達仕様書モデルを HP で公表。成果を活用して国内各地でセミナーを実施 (総務省、2013年度)
【課題2】 中小 ISP/データセンター等の対応促進に向けた対応	
(対応2) 中小 ISP/データセン	○事業者の協力の下 IPv6 普及状況を取りまとめ、

課題	対応状況
ター等における IPv6 対応促進に係る情報共有	継続的に情報公開を実施（IPv6 普及・高度化推進協議会） ○IPv6 対応状況についてのアンケート結果を、プログレスレポート等において公表（総務省、2012 年度、2013 年度） ○企業等における IPv6 対応ガイドライン及び IPv6 調達仕様書モデルを HP で公開（総務省、2014 年 7 月） ○実機での実習も含めた人材育成のための IPv6 対応セミナーを実施（IPv4 枯渇対応タスクフォース、JPNIC 等）
【課題 3】 IPv6 利活用サービスの普及に向けた環境整備	
（対応 3-1）IPv6 を基盤とした新産業の創出に向けた環境整備	○mopera U において IPv6 接続サービスを提供（NTT ドコモ、2011 年 6 月）（再掲） ○LTE NET for DATA について IPv6 サービスを開始（KDDI (au)、2012 年 11 月）（再掲） ○IPv6 対応端末及び IPv6 接続サービスの提供開始（ソフトバンク、2015 年 6 月）（再掲）
（対応 3-2）先進的な IPv6 対応事例の共有	○J-LIS 主催の地方自治情報化推進フェアにおいて、IPv6 対応について情報提供（総務省） ○地方公共団体向け IPv6 対応ガイドライン、IPv6 対応調達仕様書モデルを作成し、説明会により周知・広報を実施（総務省）

（3）IPv6 対応の主体別状況と課題

① 固定通信事業者(アクセス回線事業者)

- NTT 東西は、フレッツ光ネクスト（NGN）上で、PPPoE 方式（トンネル方式）と IPoE 方式（ネイティブ方式）の 2 つの方式で IPv6 インターネット接続サービスを提供している。また、2015 年 2 月より、NGN 上の光回線を他事業者へ卸提供する「光コラボサービス」を開始している。
- KDDI は、au ひかり上で IPv6 接続サービスを提供しており、2014 年 9 月より全ての加入者に対してデフォルトで IPv6 対応している（参考資料 14）。

② ISP(CATV 事業者を除く)

- IPv6 インターネット接続サービスの提供について、「既に提供中（商用サービス）」と回答した ISP は、約 30%（2014 年 3 月）から約 32.5%³⁷（2014 年 12 月）へと徐々に

³⁷ 第二次プログレスレポート（2013 年 7 月）と比較する対応率が減少しているが、これはアンケート回収数が増加したことによる。なお、比較に当たっては、事業者単位で各年の回答状況を並べ、回答のない年の状況を別の年の情報から補完しており、過去に回答があり、最近の回答がないケースでは、IPv6 対応状況を Web 検索により調査し、最新の情報を補完している。また、過去に回答がなく、最近の回答があるケースでは、IPv6 対応開始

に増加した（図 4、総務省アンケート³⁸）。

- 規模別に見ると、100 万契約以上は全ての ISP、10 万契約以上 100 万契約未満は 76.9%の ISP が、「既に提供中（商用サービス）」と回答した³⁹。一方、1000 契約未満では、約 12.5%の ISP が「既に提供中（商用サービス）」と回答しており、大規模 ISP に比べると IPv6 対応が遅れている（図 5、総務省アンケート）。
- IPv6 未対応の ISP において、対応の必要性を認識しているものの未対応である理由として多いのは「同業他社の動向を見て考える」（約 30%）、「コンテンツ事業者の動向を見て考える」（約 21%）、「検討するための情報が足りない」（約 17%）等である（参考資料 15）。
- 大規模 ISP のうち、NTT コミュニケーションズ、ソネット、TOKAI コミュニケーションズ等は、PPPoE 方式による IPv6 接続サービスをデフォルト提供している。同様に、ニフティ等は、新規及び光コラボサービスでの転用利用者に対して IPoE 方式による IPv6 接続サービスをデフォルト提供している（参考資料 16）。
- 実際に IPv6 でアクセスできている割合（IPv6 利用率）は、国内 ISP の場合、例えば、KDDI が 21.64%、OCN が 0.99%、Softbank が 3.30%と、いずれも諸外国と比べて低い値となっている（参考資料 9）。

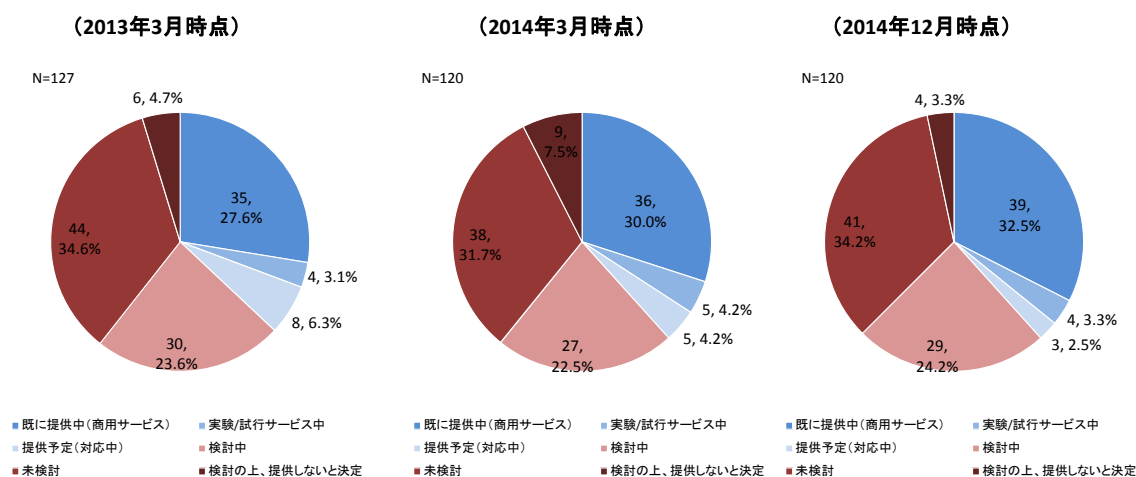


図 4 ISP（CATV 事業者を除く）における IPv6 サービスの対応状況

年の回答をもとに、過去の情報を補完している。3 年の間に合併や廃業した事業者については、合併/廃業年以降について除外を行っている。以下、他の業種の統計についても同様である。

³⁸ 2014 年 12 月に総務省が実施したアンケート調査。以下同様。

³⁹ 10 万契約以上の ISP のうち IPv6 インターネット接続サービスを既に提供中の ISP 全体で、ブロードバンド契約者全体の約 86.7%に達する。

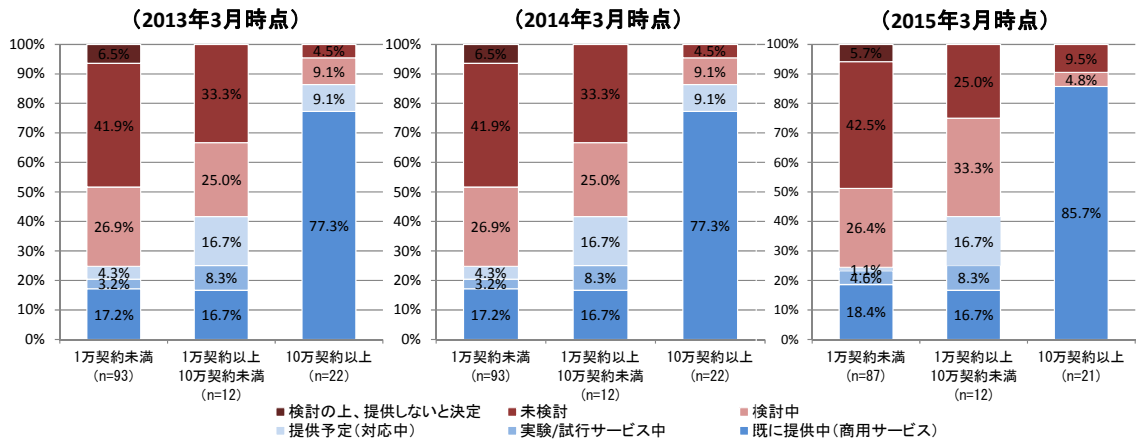


図 5 ISP (CATV 事業者を除く) における IPv6 サービスの対応状況 (規模別)

③ CATV 事業者

- IPv6 インターネット接続サービスの提供について、「既に提供中 (商用サービス)」と回答した CATV 事業者は、約 2% (2014 年 3 月) から約 4.2% (2014 年 12 月) へと徐々に増加した (図 6、総務省アンケート)。
- 規模別に見ると、10 万契約以上では、25% の CATV 事業者が「既に提供中 (商用サービス)」と回答した。10 万契約未満の CATV 事業者においても、IPv6 対応は徐々に進展している (図 7、総務省アンケート)。
- CATV のインターネット契約者数のうち IPv6 サービスを利用可能な契約者数の割合は、約 53% (2013 年度) から約 69% (2014 年度) に増加 (参考資料 17)。
- 大規模 CATV 事業者のうち、イッツ・コミュニケーションズ及びコミュニティネットワークセンター (スターキャット) は、一部のコースで IPv6 接続サービスをデフォルト提供している (参考資料 18、参考資料 19)。また、ジュピターテレコムは、一部のコースで利用者からの申込みにより IPv6 接続サービスを提供している (参考資料 20)。

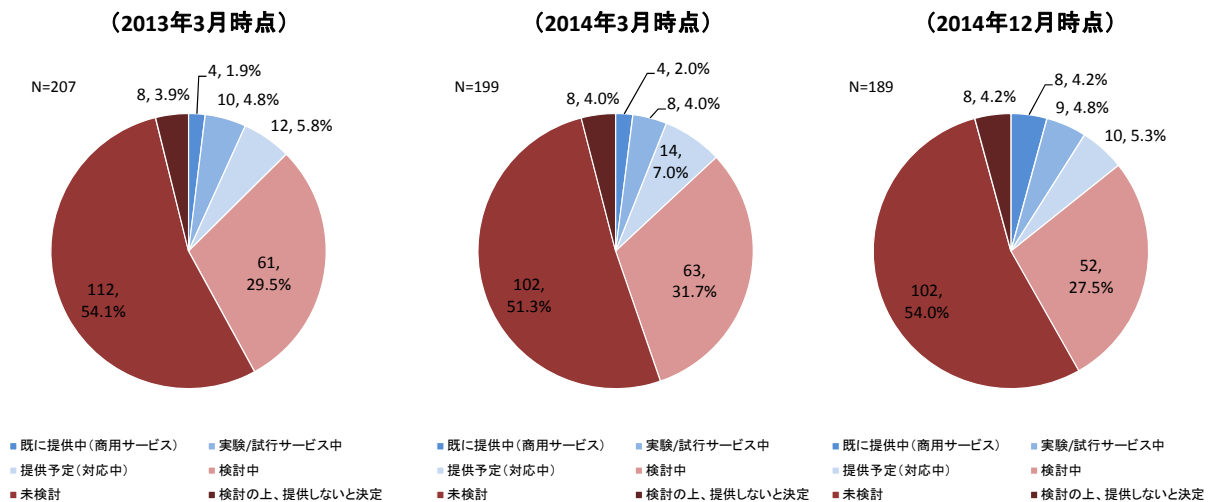


図 6 CATV 事業者における IPv6 サービスの対応状況

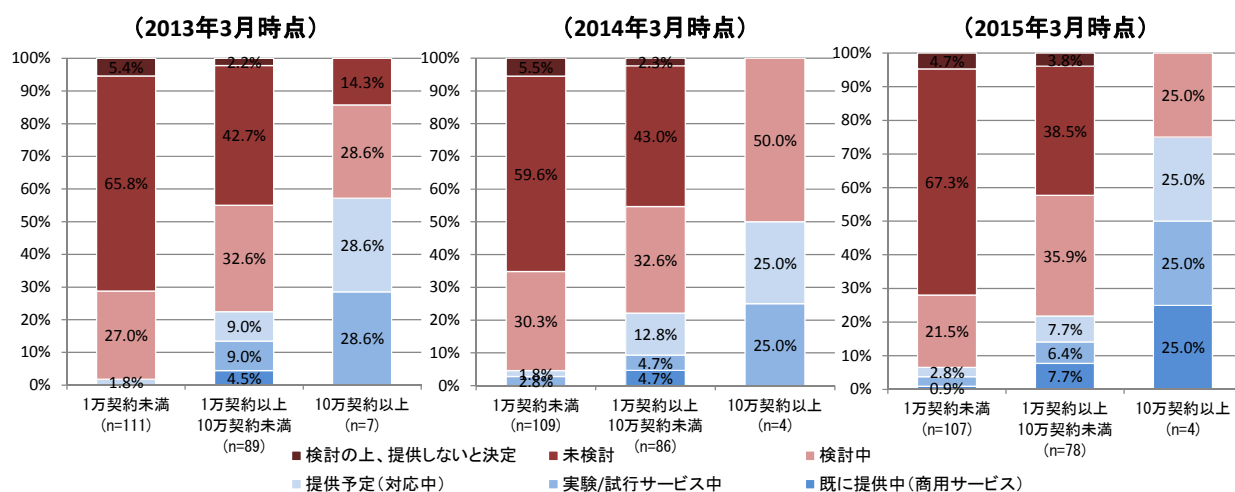


図 7 CATV 事業者における IPv6 サービスの対応状況（規模別）

④ 移動通信事業者(MVNO(Mobile Virtual Network Operator)を除く)

- NTT ドコモでは、2011年6月より、LTEでのmopera Uの契約者が、データ通信端末を使用する場合にIPv6が利用可能となっている。一方、spモードを使用する通常のスマートフォンについては、IPv6インターネット接続は開始されていない。APNICの統計によれば、同社のネットワークにおけるIPv6利用率は約0.01%⁴⁰である。
- KDDIでは、2012年11月より、データ通信サービスLTE NET for DATAにおいて、IPv6インターネット接続サービスが利用可能となっている。一方、LTE NETを使用する通常のスマートフォンについては、IPv6インターネット接続は開始されていない。APNICの統計によれば、同社のネットワークにおけるIPv6対応率は約51.8%⁴¹であるが、これは同社の固定系インターネット接続も含めた数値となっている。
- ソフトバンクでは、2015年6月より一部IPv6対応端末とIPv6インターネット接続サービスの提供を開始している。一方、APNICの統計によれば、同社のネットワークにおけるIPv6対応率は約18.9%⁴²であるが、これは同社の固定系インターネット接続も含めた数値となっている。

⑤ データセンター(DC)事業者

- IPv6対応サービスの提供について、「既に提供中(商用サービス)」と回答したデータセンター事業者は、約23.6%(2014年3月)から約24.5%(2014年12月)へと徐々に増加している(図8、総務省アンケート)。

⁴⁰ <http://stats.labs.apnic.net/ipv6/JP> 「AS9605 DOCOMO NTT DOCOMO, INC. 0.01%」(2015年10月時点)

⁴¹ <http://stats.labs.apnic.net/ipv6/JP> 「AS2516 KDDI KDDI CORPORATION 51.81%」(2015年10月時点)

⁴² <http://stats.labs.apnic.net/ipv6/JP> 「AS17676 GIGAINFRA Softbank BB Corp. 18.94%」(2015年10月時点)

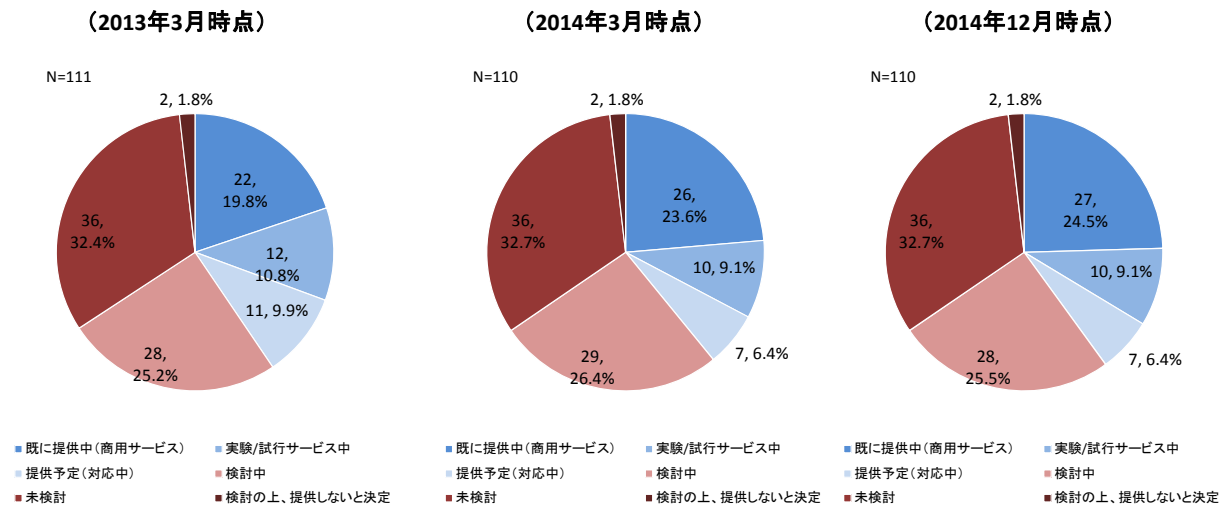


図 8 データセンター事業者における IPv6 サービスの対応状況

⑥ コンテンツ事業者(ASP/CSP)等

- IPv6 対応サービスの提供について、「既に提供中（商用サービス）」と回答した ASP/CSP は、約 8.7%（2014 年 3 月）から約 10.1%（2014 年 12 月）へと徐々に増加している（図 9、総務省アンケート）。
- 企業の自社ウェブサイトの IPv6 対応について、「既に対応済み（一部対応を含む）」とする事業者の割合は、ISP 事業者が 11.4%（26 社）、データセンター事業者が 21.1%（12 社）、コンテンツプロバイダが 10.6%（7 社）となっている（図 10、総務省アンケート）。
- 地方公共団体の IPv6 対応状況について、全国の都道府県、市区町村、広域連合、共同事務システム等の自治体システムのうち、IPv6 アドレスを取得し、DNS に登録しているものの割合は、約 25.6%（総務省アンケート）となっている。しかし、実際に IPv6 に対応したウェブサイトの割合は 1.1%である。

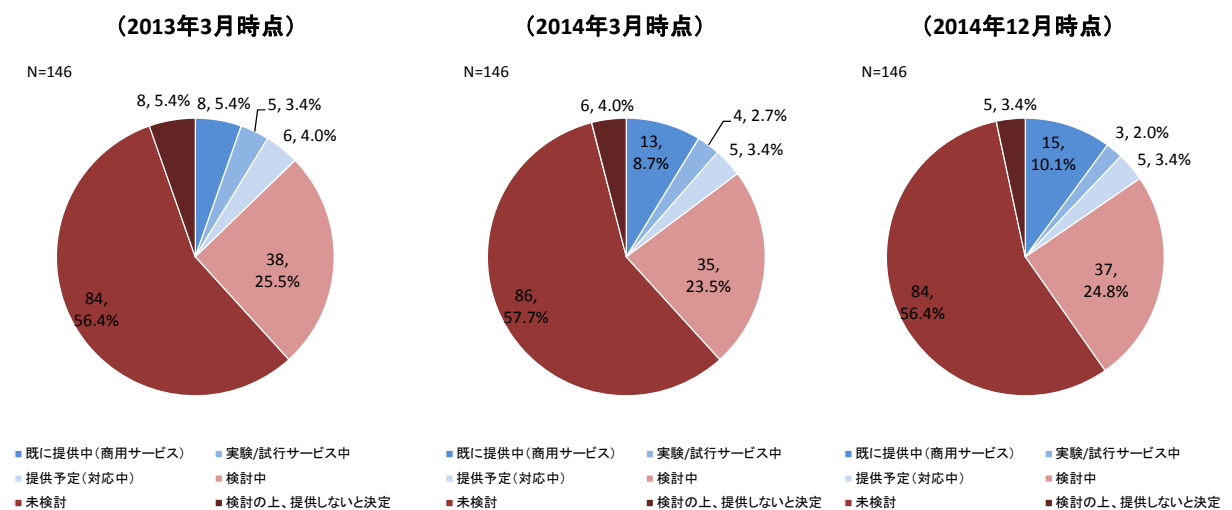


図 9 ASP/CSP における IPv6 サービスの対応状況

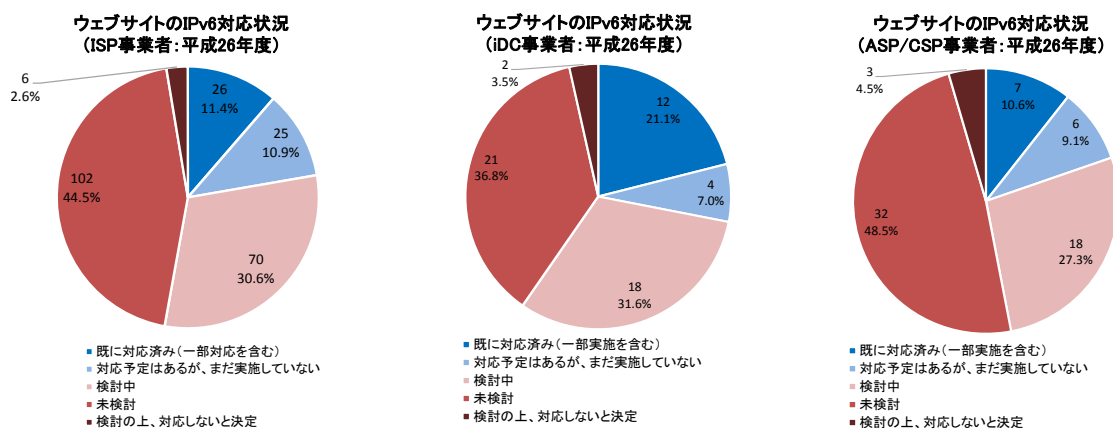


図 10 ウェブサイトの IPv6 対応状況

⑦ クライアント環境(OS)

- Windows⁴³、MacOS、Android、iOS といった現在主流となっている OS については、大半が IPv6 に対応済みとなっている。
- 特に Apple は、前述のとおり、iOS 9 (2015 年 9 月) 以降、App store に掲載するアプリケーションには IPv6 対応を必須化することを発表した。また、iOS 9 及び OS X (10.11) (2015 年 9 月) 以降、IPv4 によるアクセスには 25ms の遅延を挿入する⁴⁴ことも発表した⁴⁵。

⑧ 情報通信機器(ルータ等)

- CIAJ 会員企業の販売中(2015 年 9 月 1 日現在)のルータにおける IPv6 対応状況は、一般法人・企業向けが 92.5% (37 機種) であるのに対し、家庭・個人向けは 41.4% (12 機種) となっている (参考資料 21)。そのうち、フレッツ光ネクスト接続専用の IPv6 トンネルアダプタ機能を有するものは、一般法人向けで 18.9% (7 機種)、家庭・個人向けで 8.3% (1 機種) と、対応は十分には進んでいない (参考資料 22)。
- IPv6 対応製品として IPv6 Ready Logo の認定製品が幅広く公開されている⁴⁶が、例えば上記ルータにおいては、一般法人・企業向けが 86.5% (32 機種) であるのに対し、家庭・個人向け 12 機種で IPv6 Ready Logo を取得した製品は存在しない (参考資料 23)。

⁴³ 2012 年頃までシェア 1 位を占めていた Windows XP は、IPv6 に対応しているものの既定では無効であったが、2014 年 4 月 9 日にサポートが終了し、現在ではシェアを大きく落としている (参考: <https://netmarketshare.com/>)。Windows Vista 以降では IPv6 が既定で有効となっており、インターネットの IPv6 化を進める環境が一段と整ってきたといえる。

⁴⁴ IPv6 と IPv4 の双方が利用可能なデュアルスタック環境において、通信開始当初から IPv6 と IPv4 の両方のプロトコルを用いて通信先と接続を行い、先に接続に成功した方のプロトコルから得られた結果をユーザーへ出力する「Happy Eyeballs」の仕組みにおいて、IPv4 接続が先に成功した場合であっても、25ms 以内に IPv6 接続が成功した場合は、IPv6 を用いる。

⁴⁵ <https://www.ietf.org/mail-archive/web/v6ops/current/msg22455.html>

⁴⁶ http://ipv6.jate.jp/approved_list

- また、国・地域別の IPv6 Ready Logo の取得状況を見ると、2008 年頃までは我が国がトップにあったが、2015 年現在、米国、台湾、中国に続く 4 位にまで落ち込んでいる（図 11）。
- なお、米国では、政府調達仕様として NIST が IPv6 Ready Logo を採用している（図 11）。

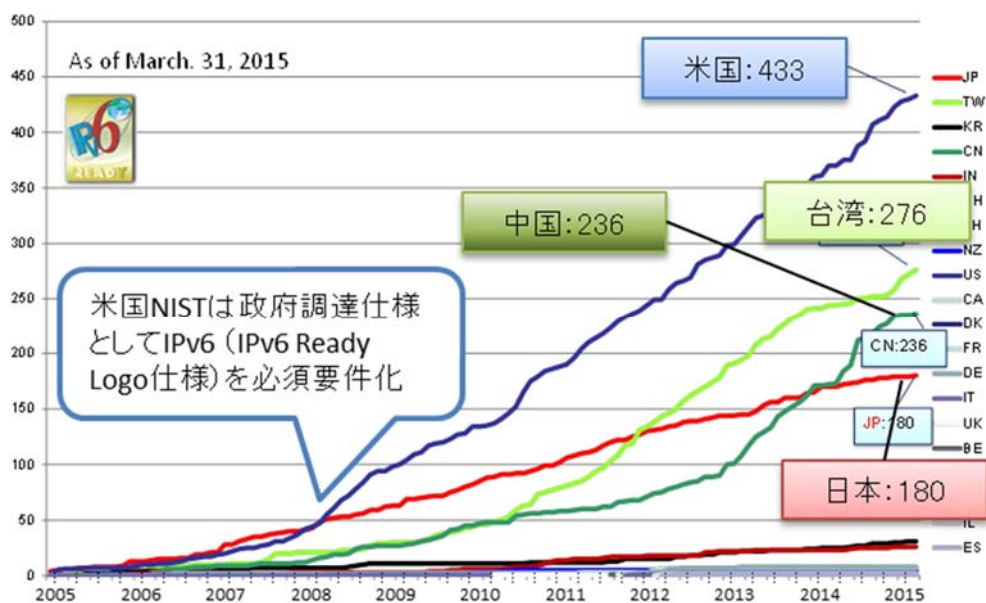


図 11 国・地域別 IPv6 Ready Logo 取得件数 (累計)

⑨ MVNO

- 現在 IPv6 による接続サービスを提供している MVNO は、SIM カード型 MVNO の場合、IIJ のみであり、他の企業では、提供にむけて準備中や検討中の段階にある（参考資料 24）。
- MVNO は MNO (Mobile Network Operator) とレイヤー 2 で接続すれば、MNO における IPv6 の提供状況にかかわらず、MVNO 側の準備で IPv6 の提供は可能である。単純再販や卸で提供を受ける MVNO の場合は、MNO のネットワークに依存することとなる。

第4章 IoT社会の実現に向けた新戦略

～IPv6 でつながる世界のフロントランナーに向けて～

1. IPv6 推進の基本的な考え方

第3章までの議論を踏まえ、今後 IPv6 対応を推進する際の基本的な考え方について、以下にまとめる。

(1) IoT 社会の構築に向けた IPv6 対応への転換

- 社会経済システムの世界的なイノベーションをもたらす IoT の進展が見込まれるなか、IoT でつながる社会経済を支える基盤として IPv6 の役割はますます拡大している。すなわち、IPv6 対応は、これまでの単なる IPv4 アドレスの枯渇対策から、IoT 時代に不可欠なインターネット資源としての IPv6 の活用へとその役割の大きな転換期を迎えている。
- このような IoT 社会の構築に向けては、IoT を含むインターネットのインフラ及びプラットフォーム等の IPv6 対応を着実かつ迅速に実装していくべきである。また、IoT に密接に関わる移動性や可容性を提供する移動通信ネットワークを含め、端末から無線通信、コアネットワーク、コンテンツに至るシステム全体の IPv6 対応を一体的かつ強力で推進すべきである。
- なお、IPv6 対応の推進に当たっては、これまでの対策を振り返り、IPv6 対応が進展していない要因等を分析した上で、効果的な対策を総合的に講じていくべきである。

(2) オープンでセキュアな IPv6 対応の推進

- IoT の進展に伴い、サイバー攻撃の脅威に対するサイバーセキュリティ対策が重要となる。一方で、IoT で IPv6 を適用する際、セキュリティ上の漠然とした不安等から安易にクローズドなネットワークが構築される場合がある。インターネットはグローバルなインフラであり、クローズドなネットワークを構築すれば安全であると思込み、かえってリスクを高める恐れもある。
- 今後の IoT の普及に当たっては、グローバルに進展する競争環境において世界の大手事業者と対等に競争していく上でも、セキュリティや接続性を含めた品質を確保した上で、グローバルアドレスを利用したオープンでセキュアな IPv6 対応を推進すべきである。

(3) IPv6 対応による国際競争力の強化

- 我が国が IoT 社会の構築に当たりグローバルな視点をもって IPv6 対応を推進していくことは、結果としてグローバル市場における競争力の確保にもつながる。IoT の本格始動を前に我が国の IPv6 対応は欧米の後塵を拝する状況に後退したが、このような視点から、IPv6 対応の包括的な対策の検討とその早期実施を行うことで、今後も IPv6 先進国の地位を維持し、グローバルな IoT 社会を主導していくことが可能となる。
- また、IPv6 化へ大きく舵を切る世界規模上位レイヤー事業者の動向や IPv4 枯渇を受けた海外拠点や利用者とのシームレスな IPv6 接続の確保など、世界的な IPv6 対応の

潮流からは、国際競争力の強化等の観点からも、今後の IPv6 対応の戦略的な見直しが必要である。このような IPv6 対応を総合的かつ戦略的に推進するとともに、その成果を新たな産業の創出やグローバルな展開等に結びつけていくべきである。

- 特に、移動通信ネットワークは、IoT との親和性が非常に高いことから、移動通信ネットワークの IPv6 対応で国際的な主導権をとることは、IoT に関わる様々な分野の産業の発展に大きく寄与すると考えられ、ピンチをチャンスに変える好機と捉えていくべきである。

2. IPv6 対応の新たな展開と方向性 ～今後のアクションプラン～

前述の IPv6 推進の基本的な考え方にに基づき、今後の IoT 社会の構築等に向けた目標設定ならびに事業分野毎のアクションプラン及び分野横断的に実施すべき取組についてまとめるとめる。

(1) 2020 年に向けた明確な目標策定

- IPv6 対応及び IoT の進展を促進し、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会において、最先端 ICT のショーケースとして世界に発信していくため、その基盤となる IPv6 の利用拡大の取組については 2017 年を一つの大きな目標として設定すべきである。

(2) 事業等分野毎のアクションプラン

① 固定通信事業者

- 多くの固定通信事業者により新規利用者へのデフォルト提供が開始されているが、既存利用者については、IPv6 インターネット接続サービスはオプション設定となっているため、IPv6 利用に係る利用者の同意や理解を得るための機会を拡大し、IPv6 サービスを利用料の追加的負担なく早期に実施すべきである。
- NTT 東西は、光コラボサービスでの転用時に利用者が自らルータを用意しなければならない場合があることから、ベンダーにおける IPv6 ルータ（PPPoE 対応、IPoE 方式で用いられる IPv6 ルーティングや IPv6 パススルー対応、IPv4 over IPv6 対応等）の開発を積極的にサポートするなど、対応ルータの普及を促進すべきである。
- なお、ルータベンダーは今後発売する家庭用ルータの IPv6 化（PPPoE 対応、IPoE 方式で用いられる IPv6 ルーティングや IPv6 パススルー対応、IPv4 over IPv6 対応等）とその利用者へのデフォルト設定を推進するとともに、それらの安価な提供が期待される。
- なお、IPv6 対応に当たっては、Wi-Fi 利用の IPv6 対応についても関係者間で協力して推進すべきである。

② ISP

- 大規模 ISP は、IPv6 に対応したサービスの拡大とともに、対応エリアの拡大及びデフォルト提供への対応を更に進めるべきである。また、利用者の光コラボサービスでの転用の機会などを捉え、IPv6 のデフォルト提供を推進すべきである。

- AAAA フィルタ⁴⁷は、フォールバック問題に対する短期的な対策であり、IPv6 対応の根本的な解決策とはなっていない。他方、IPv6 ネットワークの進展等に伴いフォールバックの影響は小さくなっており、不必要な設定があることで長期的な解決が進まない恐れも生じる。IPv6 の利用者に AAAA フィルタが適用されないよう配慮するとともに、今後は IPv6 対応の拡大に向け、根本的な解決を目指すべきである。
- なお、IPv6 の対応サービスの拡大等については、大規模 ISP が率先して行い、IPv6 の導入事例や対応・運用ノウハウの共有等を通じて、中小規模 ISP への波及を図るべきである。
- なお、IPv6 対応に当たっては、Wi-Fi 利用の IPv6 対応についても関係者間、場合によっては利用者も含めた関係者間で、セキュリティやネットワークの利用方法などについて協議し、協力して推進すべきである。

③ 移動通信事業者(MVNO を除く)

- 今後の IoT の発展や IPv6 に舵を切る国際的なトレンドに対応するため、移動通信ネットワークを提供する通信事業者の責務として、移動通信ネットワークの IPv6 対応を早期に実現・展開することが急務である。
- IPv6 対応を円滑に推進する上で、
 - ・ 端末 (IPv6 非対応ネットワーク接続時やローミング時の端末の動作検証等)
 - ・ 無線アクセス系 (アクセス系のシグナリングの動作検証等)
 - ・ コアネットワーク系 (コアネットワークのシグナリング動作検証等)
 - ・ バックエンドシステム (各種センター機能の性能検証および動作検証等)
 - ・ ゲートウェイセンタ (フィルタリング機能その他機能の動作・性能検証等)
 - ・ インターネット接続 (セキュリティ機能・サービスフィルタリング機能の動作検証・性能検証等)

等について、技術面、運用上等の課題の解決を早急に図り、2017 年にはスマートフォンの利用者に対する IPv6 のデフォルト提供が、利用料の追加的負担なく展開されている状況 (「IPv6 Mobile Launch」) を実現すべきである。また、IPv6 のデフォルト提供があまねく利用者に提供されるよう、継続的かつ積極的に対応していくべきである。

- そのため、移動通信事業者は、直ちに IPv6 対応を実現するための議論の場を形成し、各社状況の共有や海外事業者の状況調査やヒアリングを実施しつつ、課題の解決に取り組むべきである。
- また、新しいテクノロジーや設備の更改・導入時に IPv6 対応を実施すべきであり、同時に移動通信ネットワークを利用する他産業の事業者やコンテンツ事業者等が IPv6 対応を計画的に進められるよう必要な情報の公開等を行うことで、我が国の

⁴⁷ アクセス先のホスト名に A レコード (ホスト名と IPv4 アドレスの関連づけを定義するレコード) と AAAA レコード (ホスト名と IPv6 アドレスの関連づけを定義するレコード) が両方設定されている場合、IPv4 の通信による DNS への問い合わせには、A レコードのみを返答し、AAAA レコードを返さない DNS の機能。

https://www.ij4u.or.jp/guide/ipv6/ipv6_fallback/

IPv6 対応を牽引すべきである。

- この際、IoT を含めたグローバルな ICT 環境の変化に対応し、強固な IPv6 通信基盤の構築を実現するとともに、こうした成果を活用したショーケースとして、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会での IPv6 通信基盤を活用した先進的あるいは独創的な IoT の実現を推進すべきである。
- また、同競技大会に向け、Wi-Fi 利用における IPv6 対応についても関係者間で協力して推進すべきである。

④ MVNO

- MVNO の多くで IPv4 グローバルアドレスによる接続サービスが提供されている。MVNO の利用者の増加及び IPv4 アドレスの枯渇を背景に、最近では更にプライベートアドレスを活用してのサービス提供が増えつつあり、携帯電話事業者 (MNO) と同様に IPv6 への対応が容易ではない状況に陥る可能性がある。
- IPv6 対応へ早期に軌道修正がされるよう、他の MVNO における IPv6 対応の先行事例や MNO の今後の取組を共有しながら IPv6 のデフォルト提供にシフトしていくべきである。
- なお、MNO は自らのネットワークを利用する MVNO に対して MVNO が IPv6 のデフォルト提供をするために必要な情報を適宜提供すべきである。

⑤ CATV 事業者

- 大規模 CATV 事業者は、対象サービスやデフォルト提供の更なる拡大を図るとともに、IPv6 の導入事例や対応・運用ノウハウの共有等を通じて、中小規模 CATV 事業者への波及を図るべきである。
- 業界団体においても、2015 年 3 月に改定された IPv6 対応ガイドラインを活用し、対応事例の周知等による普及啓発を引き続き行うべきである。
- なお、IPv6 対応に当たっては、Wi-Fi 利用の IPv6 対応についても関係者間で協力して推進すべきである。

⑥ データセンター事業者

- クラウドサービスや IoT の進展に伴い、ビッグデータ分析や知能情報処理を担うデータセンターの役割・意義が今後ますます高まると考えられ、グローバルな社会経済システムにおいて、クラウドサービスの提供を含め、我が国のデータセンター及びそのプラットフォームの IPv6 化を推進すべきである。
- また、地域の産業や医療・介護等のスマート化やエッジコンピューティングによるプラットフォームの分散が進展することへの対応や、大規模災害時等の業務継続の観点からもデータセンターの地域分散化を促進する必要がある。

⑦ コンテンツ事業者

- ISP や移動通信事業者の IPv6 デフォルト提供に合わせて、IPv6 対応を進めるべきである。

- この際、特に移動通信事業者は、コンテンツ事業者がIPv6対応を計画的に進められるよう必要な情報の公開等を行うことで、我が国のIPv6対応を牽引すべきである。

⑧ 情報通信機器ベンダー

- 情報通信機器ベンダーは、今後発売する家庭用ルータ等のネットワーク機器及び端末機器のIPv6対応（PPPoE対応、IPoE方式で用いられるIPv6ルーティングやIPv6パススルー対応、IPv4 over IPv6対応等）及び利用者へのデフォルト設定を推進すべきである。
- その際、最近では1万円を切るような比較的安価なルータも販売されつつあるが、一般的には高価なものとなっており、利用者や事業者がIPv6対応機器を容易に購入できるよう、安価に提供される機器が増えることが期待される。
- IoT時代には様々なモノとモノが任意に情報を交換することとなることから、多様なデバイス間での相互接続性の確保が重要となり、マルチベンダー間の相互接続性が確保された機器等が利用者に容易に認識されるよう、IPv6対応の「見える化」を推進すべきであり、ベンダー等はIPv6 Ready Logoの取得を推進すべきである。

⑨ 政府機関・地方公共団体

- IPv6によるインターネット接続が増加するなか、国や地方公共団体は、国民や住民への責任あるサービス提供という観点からは、IPv6によるコンテンツ提供の拡大や、構築する情報システムやWi-FiネットワークのIPv6対応を推進すべきである。
- 国や地方公共団体が調達等に係るガイドライン等の作成・周知広報活動等においてIPv6対応に積極的な姿勢を示すことで、民間事業者等におけるIPv6対応を先導すべきである。

⑩ 一般企業等

- 一般の企業等が、社内情報システムを構築/更改する場合やホームページ等で情報サービスを提供する場合等においては、上述の事業者や政府機関等の取組に合わせてIPv6に対応した機器及びシステムの導入を推進することが望ましい。
- また、IPv6によるインターネット利用整備が急速に進展するなか、海外からあるいは海外への情報サービス等との接続など、グローバルな事業展開の観点からもIPv6対応を推進することが望ましい。
- 情報通信のソフトウェア提供やシステムインテグレーションを行う企業においても、IPv6対応を推進し、インターネットの一般利用者、利用企業などが特段の支障なく利用できるよう努めるべきである。

(3) 分野横断的に実施すべき取組

① IPv6を活用したIoTの実装の推進

- モノや人と繋がるグローバルなインターネットの恩恵を最大限に享受するため、IoTの推進においては、研究段階からシステムやサービスの開発・実装に至る段階まで、IPv6に対応したネットワークやデバイスの開発等を前提に進めるべきで、特に実装

においては、グローバル IP アドレスの使用を推進すべきである。

- IoT が実際の社会経済システムに着実に実装され、世界をリードしていくため、IoT 時代の典型的あるいは汎用的なプラットフォームが社会経済システムで実際に機能し、受け入れられることを明らかにする実証が実用化促進のための起爆剤として有効と考えられる。
- 例えば、ロボット等の自律歩行等を想定すると、必要なネットワークとの通信の帯域幅や安定性の確保、遅延時間等が課題としてあげられるが、実際に社会システムとして組み入れられ、正常に機能するかどうか、通信の信頼性の検証等を推進すべきである。
- IoT の着実な社会実装のためには、実証されたプラットフォームがエコシステムを構成する形で、実際の社会経済システムにおいて展開・普及させていくことが肝要である。このため、国際展開も見据え、戦略的なビジネスモデルの事前検討を推進すべきである。

② IPv6 対応の見える化と政府調達の要件化

- IoT 時代の多様なデバイス間の相互接続性が重要であることから、その相互接続性が容易に認識されるよう、IPv6 対応の「見える化」を推進すべきである。このため、事業者等は、IPv6 Ready Logo を取得した機器の使用を前提とすべきである。
- 国や地方公共団体の情報システムや情報通信機器の調達等における IPv6 対応の促進を契機として民間事業者等における IPv6 対応を誘導すべく、政府調達等において IPv6 対応や IPv6 Ready Logo 取得機器の活用を要件化することなどにより、IPv6 の普及を牽引すべきである。
- なお、IPv6 Ready Logo は国際的に IPv6 フォーラムが発行しており、IPv6 Ready Logo の審査は同フォーラムから認定された一般財団法人電気通信端末機器審査協会が行っているが、今後増加が見込まれる審査業務に適切に対応できるよう我が国の審査体制の整備等について早急に検討すべきである。

③ 政府政策等を踏まえた IPv6 対応の推進

- IPv6 対応の推進に当たっては、情報通信審議会 IoT 政策委員会における議論や 2015 年 10 月に設立された IoT 推進コンソーシアムの取組も踏まえて取り組む必要がある。また、他のネットワーク資源に係る施策等との連携を推進すべきである。例えば、情報通信審議会電気通信番号政策委員会において指摘されている M2M 等専用番号の運用の在り方やその他電気通信番号等に係る施策の検討とも連携すべきである。
- IoT における IPv6 の実装においては、2020 年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会に係る国や地方公共団体の取組などと連携を図りながら推進していくことも検討すべきである。
- 各事業者や地方公共団体等が Wi-Fi を利用したネットワークあるいは情報システムを構築する場合には、IPv6 の専門家も交え、総務省とも連携しつつ、関係する事業主体間で協力して IPv6 対応を推進すべきである。

④ 人材育成・普及啓発の推進

- インターネットはグローバルなインフラであり、IoT の普及に当たっても、セキュリティや接続性を含めた品質を確保した上で、オープンでセキュアな IPv6 対応を推進すべきである。このような IPv6 対応の基本的な考え方等について、IPv6 普及・高度化推進協議会等における IPv6 普及に向けた取組のなかで、より一層の普及啓発を推進していくべきである。
- また、IPv6 対応の成功事例、システム構築・維持管理コストや運用管理者の教育コスト等の低減を図る取組等の情報共有や、関係業界の実態調査に基づく、実際に IPv6 でシステムを構築可能な人材の育成が重要であり、IPv4 アドレス枯渇対応タスクフォースや関係業界において人材育成や普及啓発を図る取組をより一層推進していく必要がある。

⑤ 我が国の取組の国際的な発信

- インターネットの普及促進のため、発展途上国を含めた諸外国に我が国の IPv6 対応に向けた取組を発信することは、国際貢献の一環として我が国に求められる責務である。
- このため、我が国の IPv6 対応に関するベストプラクティスや関連データを積極的に公開し、世界に対しても発信していくべきであり、このような取組は、結果として将来の IPv6 対応システムの海外展開等にも資するものである。

⑥ 継続的な調査及び PDCA の実施

- 大規模 ISP 事業者等の IPv6 対応は、契約者ベースでは多くの利用者が IPv6 接続を利用できる環境にある一方で、実際の IPv6 アクセス率は低いとの統計もある。我が国においても IPv6 の実際の利用状況が客観的かつ定量的に把握できる仕組みを検討すべきである。
- 我が国が今後も IPv6 先進国の地位を引き続き維持するためには、国内及び海外の IPv6 対応状況や動向について継続的に調査を行い、その結果を、次項に示す PDCA の過程における我が国の IPv6 対応の進捗状況の把握等で活かしていくべきである。
- 本報告書で掲げた課題を確実に遂行するために、着実な PDCA を実施すべきである。具体的には、本報告書について毎年度進捗状況を把握し、その結果を公表する。また、隔年でプロGRESSレポートを策定し、進捗状況を踏まえた課題の見直し等を行う。

おわりに

- モノとモノをつなぐIoTは、社会経済システムに新たな付加価値を萌芽させ、産業構造を大きく変革することが期待されている。利用者には利便性の向上だけでなく、モノに対する意識や価値観の変化をもたらし、雇用や労働スタイルも変える。災害対策や公共インフラの維持にも活用され、人々の安全・安心に貢献すると考えられる。
- 超高齢化社会における介護・見守りや労働力不足、地震、豪雨等の災害対策など世界規模課題の先進国でもある我が国が、IoTによる社会経済システムの変革のリーダーシップをとり、ロボットやAI、車の自動走行など社会基盤の自律化や生産能力の向上、災害対策の高度化等で実践し、国際貢献を果たしていくことが求められている。
- このようなIoTが今ある経済社会に受け入れられていくためには、人とのコミュニケーションの充実や、人の安全やサイバーセキュリティの確保、プライバシーの保護等が重要であり、社会的な信頼を得ながら普及が進められなければならない。
- 本研究会では、世界の社会経済システムをつなぐインターネットについて、その重要な論理基盤の一つであるIPv4アドレスの枯渇対策のためIPv6対応を推進してきたが、IoTの出現によるパラダイムシフトを好機と捉え、IPv6対応を新たなイノベーション等に積極的に活用していくための今後のIPv6対応の基本的な考え方や具体的な取組方策について議論・検討を行った。
- そこで共有された認識は、グローバル化が加速する国際経済社会において、インターネット先進国であった我が国のインターネット関連産業が内向きを指向し、国際的な展開戦略を見失っているうちに、IPv6対応の普及においても後れをとりはじめていたということであった。そして、今後始まるIoT社会の構築において我が国の強みを発揮し、世界をリードしていくためには、こうした経緯についての率直な反省を行い、インターネットの源泉であるIPv6への対応を国家戦略の一環として位置づけ、加速していかなければならないというものであった。第3章の統計データは我が国への警鐘の役割を果たしているともいえる。
- 2020年には東京オリンピック・パラリンピック競技大会が迫っており、ここで世界最先端のICTをショーケースとして世界に発信していく機運が高まっている。本研究会ではこの機をチャンスととらえ、IPv6でつながるIoT社会のフロントランナーとして世界に発信していくため、2017年をIPv6利用拡大の取組の一つの重要な通過点とした。
- また、2020年は、我が国が5Gの実現を目指す年でもあり、これに呼応する形で、モバイル分野のIPv6デフォルト化を具現化するため「IPv6 Mobile Launch」の旗を揚げた。
- 今後、このような我が国のIPv6対応が着実に遂行され、結実した結果としてのベストプラクティスを国際経済社会に発信することで、我が国が国際貢献の責務を果たすとともに、IoTのグローバルマーケットで優位に立つこととなることを切に期待している。

IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会 構成員名簿

(敬称略、五十音順)

	会津 泉	多摩大学 情報社会学研究所 教授
	有木 節二	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事
	依田 高典	京都大学大学院 経済学研究科 教授
	今井 恵一	一般社団法人テレコムサービス協会 政策委員会委員長 (第 32 回まで)
	江崎 浩	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授
	木下 剛	一般財団法人インターネット協会 副理事長
座長代理	國領 二郎	慶應義塾大学 総合政策学部 教授
座長	齊藤 忠夫	東京大学 名誉教授
	佐藤 和彦	一般財団法人電気通信端末機器審査協会 理事長
	立石 聡明	一般社団法人日本インターネットプロバイダー協会 副会長
	永見 健一	一般社団法人テレコムサービス協会 政策委員会委員長 (第 33 回から)
	中村 修	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
	西岡 邦彦	一般財団法人日本データ通信協会 情報通信セキュリティ 本部 本部長
	藤崎 智宏	一般社団法人日本ネットワークインフォメーションセンター 常務理事
	松村 敏弘	東京大学 社会科学研究所 教授
	松本 修一	一般社団法人日本ケーブルラボ 専務理事

IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会 開催状況

開催年月日		主な議事
第 27 回	2015 年 7 月 13 日	①事務局説明 <ul style="list-style-type: none"> ・ 研究会の進め方 ・ IPv6 対応に伴う技術的諸課題への対応 ②民間事業者等からのプレゼンテーション <ul style="list-style-type: none"> ・ (一財)マルチメディア振興センター ・ (株)三菱総合研究所 ・ (一社)日本ネットワークインフォメーションセンター ・ NTT コミュニケーションズ(株) ・ (株)インテック
第 28 回	2015 年 8 月 19 日	民間事業者等からのプレゼンテーション <ul style="list-style-type: none"> ・ 東日本電信電話(株)及び西日本電信電話(株) ・ KDDI(株) ・ 日本ネットワークイネーブラー(株) ・ (一社)日本インターネットプロバイダー協会
第 29 回	2015 年 9 月 28 日	民間事業者等からのプレゼンテーション <ul style="list-style-type: none"> ・ IPv4 アドレス枯渇対応タスクフォース ・ BBIX(株) ・ ソフトバンク(株) ・ KDDI(株) ・ (株)NTT ドコモ ・ (一社)情報通信ネットワーク産業協会 ・ (一財)電気通信端末機器審査協会
第 30 回	2015 年 9 月 30 日	民間事業者からのプレゼンテーション <ul style="list-style-type: none"> ・ グーグル(株) ・ シスコシステムズ(同) ・ 東京電力(株) ・ 清水建設(株) ・ (一社)日本ケーブルラボ ・ 地方公共団体情報システム機構
第 31 回	2015 年 10 月 28 日	①民間事業者からのプレゼンテーション <ul style="list-style-type: none"> ・ 江崎構成員 ・ (株)インターネットイニシアティブ ・ (一社)日本インターネットプロバイダー協会 ・ (株)インテック ・ ソフトバンク(株)、KDDI(株)、(株)NTT ドコモ ②取りまとめに向けた論点整理について
第 32 回	2015 年 11 月 25 日	報告書案について
第 33 回	2016 年 1 月 20 日	①パブリックコメントの結果について

		②第四次報告書取りまとめについて
--	--	------------------