

## 2 IPv6 の今

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。2019 年 11 月に欧州地域の IP アドレスを管理している RIPE NCC は、最後となる IPv4 アドレスブロックの割り振りを行い、IPv4 アドレスを使いきったことを発表した。しかし、IPv4 アドレスの枯渇は、新規 IPv4 アドレスを割り振ることができなくなっただけで、インターネットを利用できなくなるというわけではない。そのため、IPv6 対応の必要性を感じにくく、コンテンツ側の IPv6 対応が進まないと言われている。IPv6 の今を海外の動向と国内の動向に分けて以下に示す。

### 2.1 海外の動向

IPv6 普及率の高い諸外国において、政府指針が公開されている国の動向、Google および Apple における IPv6 に関するトピックについて記載する。また、IETF<sup>1</sup>が定義した IPv4 インターネットとの接続サービスの提供についても記載する。

#### (1) アメリカの動向

2003 年に国防総省が購入機器の IPv6 対応を義務付けた。2008 年には、国立標準技術研究所 (NIST) が政府調達仕様で IPv6 対応を必須化した。2010 年には、連邦政府 CIO 発行の覚書により、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 対応を義務付けた。2020 年 3 月 2 日には、2025 年の終わりまでに、アメリカ政府のネットワークやサービスの最低 80%を IPv6 シングルスタックにする目標を公表した<sup>2</sup>。

#### (2) インドの動向

2010 年に「National IPv6 Deployment Roadmap ver 1.0」、2013 年には「National IPv6 Deployment Roadmap ver II」を公表した。その中で、2017 年度末までにすべての政府組織は IPv6 に完全移行する目標を策定した。2021 年 2 月に「National IPv6 Deployment Roadmap ver II」に対するリビジョンが行われ、政府組織は 2022 年 6 月 30 日に IPv6 移行を完了すべきであるとされた。政府目標のほかに、2013 年 6 月以降にインターネット接続する LTE ユーザは IPv6 対応すること、2014 年以降新たにインターネット接続するすべての企業および個人回線ユーザは IPv6 対応すること、2014 年 1 月以降に新たに利用が始まるすべての .in ドメイン<sup>3</sup>は IPv6 対応すること、2014 年 6 月以降に新たに提供されるすべてのコンテンツは IPv6 対応することも目標として策定している。

---

<sup>1</sup> The Internet Engineering Task Force

<sup>2</sup> <https://www.federalregister.gov/documents/2020/03/02/2020-04202/request-for-comments-on-updated-guidance-for-completing-the-transition-to-the-next-generation>

<sup>3</sup> 南アジアのインドに割り当てられた ccTLD (国別トップレベルドメイン) である。

上記リビジョンでは、2022年12月31日までにサービスプロバイダによって現在提供されているCPEのうちIPv6対応されていないものをリプレースすること、2020年12月から有線によって提供される回線サービスをIPv6対応することを目標としている。モバイルデバイス等に関しては、すべての機器がIPv6対応済みであることが記述されている。コンテンツプロバイダ、データセンタ、クラウドコンピューティングに関しては、市場の自由競争によるとしている<sup>4</sup>。

### (3) フランスの動向

2011年に産業・エネルギー・デジタル経済省は、2015年までに政府システムのIPv6対応を完了し、2020年までに民間企業のIPv6利用を一般化する目標を設定した。2016年に情報通信・郵政規制庁(ARCEP)がIPv6対応状況の点検に関する最終報告書を公表し、今後の対応の方策の1つとして、政府自身がIPv6対応を進め、事例を示すことを提言している。2016年に、デジタル国家のための法律において、2018年より、政府情報システムを構成する機器について、IPv6対応機器へのマイグレーション促進を提唱している。他方で、2020年の情報通信・郵政規制庁による報告書では、IPv6対応が進んでいない分野として、モバイルオペレータ、企業等の組織内部の情報システム、PCやモバイルデバイスを除くネットワーク接続機器が指摘されている。また、メールやWEBホスティングのIPv6対応も進んでいないことが指摘されている。

### (4) Googleの統計情報

Googleは、同社サービスに対するIPv6での接続に関する統計情報を公開している。そこで公開されている情報は、実際に同社サービスに対してIPv6で通信が行われた割合である。この情報から、各国におけるおおよそのIPv6普及率を推測することができる。Googleの統計情報によると、図2.1-1に示すとおり、IPv6での接続は徐々に増加している。2022年3月12日時点で世界全体でのIPv6普及率は約35%、日本の普及率は約45.27%であり、2021年3月時点(約38%)と比べると、約7%増加し、世界的に見ても普及が進んでいる。世界全体で最もIPv6普及率が高いのは、インドで約65%である。IPv6普及率が高い国を図2.1-2に示す。IPv6普及率が増加する一方で、10%以下の国も非常に多く、IPv6普及率は国ごとに大きな差があると言える。

---

<sup>4</sup> <https://dot.gov.in/ipv6-transition>

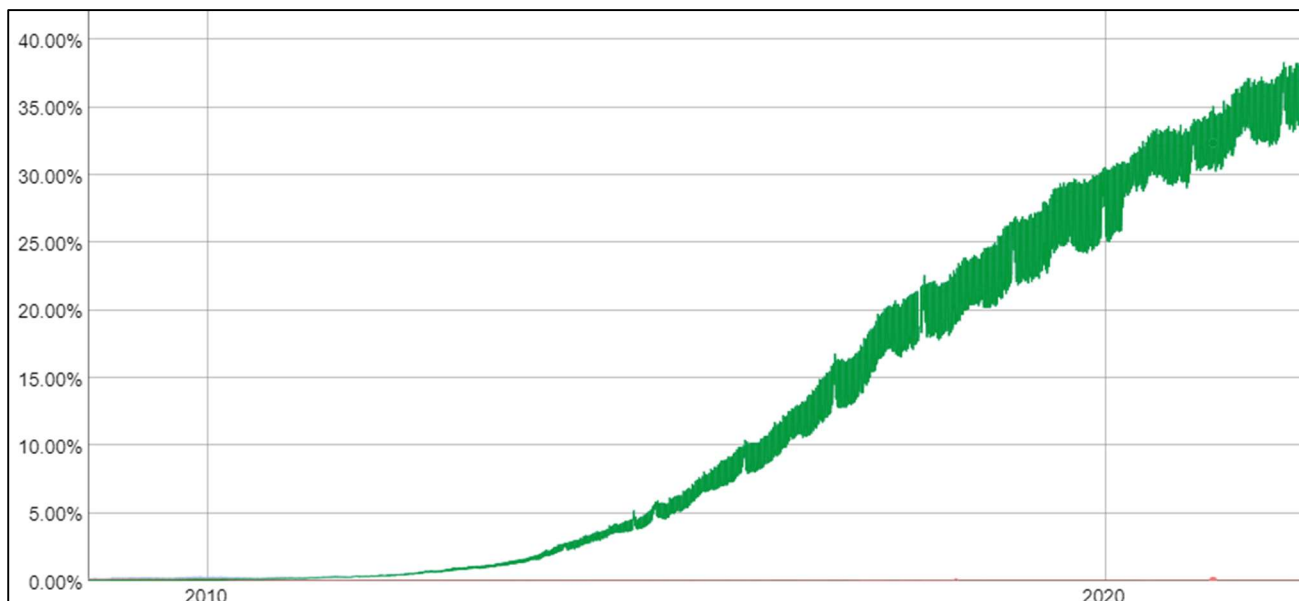


図 2.1-1 世界全体の IPv6 普及率  
 (「Google 統計情報」より引用)

国	普及率 (%)
インド	64.73
マレーシア	56.85
サウジアラビア	55.90
ベルギー	55.54
ドイツ	55.49
フランス	53.64
ギリシャ	51.22
ベトナム	50.72
台湾	49.93
アメリカ	45.88
日本	45.27

図 2.1-2 IPv6 普及率が高い国  
 (「Google 統計情報」を参考に作成)

#### (5) Apple iOS の IPv6 必須化

2016 年 6 月から、Apple による iOS アプリの審査基準として IPv4 に依存するコードの禁止が追加された。IPv6 のみのシングルスタック環境で正しく動作することが求められるようになり、IPv6 対応が iOS アプリの義務となっている。また、Apple の iOS アプリ開発者は、IPv6 対応を行うとともに、NAT64 と DNS64 環境<sup>5</sup>でもアプリが正しく動作することを求められている。Apple のサイトでは、NAT64 と DNS64 は OS X 10.11 から標準搭載されるようになっているため、Mac を使って iOS アプリの動作確認をすることを推奨している<sup>6</sup>。

#### (6) IPv4 as a Service の必要性

IPv4 と IPv6 のデュアルスタック環境運用は、プラットフォーム提供者だけでなくコンテンツ提供者の運用コストも上昇する。しかし、2020 年現在、IPv4 インターネット上のコンテンツが数多くあるため、IPv6 シングルスタックの実現はまだ先になりそうである。そこで運用コスト上昇を防ぐため、提供者が構築する基幹ネットワークを IPv6 シングルスタックにしつつ、エンドユーザに対しては IPv4 インターネットからの接続性を実現する手法が提案されている。IETF では、SaaS、IaaS、PaaS のように、IPv4 との接続をサービスとして提供することを IPv4 as a Service と定義している。2019 年 5 月に、IPv4 as a Service を提供する CE ルータが満たすべき機能を紹介した RFC8585 が発行されている。その中で、IPv4 as a Service を実現する IPv6 移行技術として、464XLAT、DS-Lite、lw4o6、MAP-E、MAP-T が紹介されている。

---

<sup>5</sup> エンドユーザのネットワークが IPv6 シングルスタックで、IPv4 インターネット上のコンテンツを利用できるようにする変換技術である。例えば、IPv6 シングルスタックのスマートフォンで、IPv4 インターネット上の Web サーバからコンテンツを取得できるようになる。

<sup>6</sup>

<https://developer.apple.com/library/content/documentation/NetworkingInternetWeb/Conceptual/NetworkingOverview/UnderstandingandPreparingfortheIPv6Transition/UnderstandingandPreparingfortheIPv6Transition.htm>

1

## 2.2 国内の動向

### (1) モバイルキャリアの対応

IPv4 アドレスの中央在庫 (IANA 在庫) が枯渇した当時に比べると、日本国内において IPv6 を提供しているインターネット接続サービスは増加している。2017 年度から、モバイルキャリアである、NTT ドコモ、KDDI、ソフトバンクは、スマートフォンの IPv6 対応を開始した。モバイルキャリアから 2018 年度以降に発売されるスマートフォン全機種が、原則 IPv6 対応となっている<sup>7</sup>。また、2022 年 2 月より、NTT ドコモより IPv6 シングルスタック方式によるサービス提供を開始している。

### (2) 個人向け MVNO サービスにおける IPv6 普及率

IIJ<sup>8</sup>は 2012 年から個人向けの MVNO サービスで IPv6 の提供を行っていたが、IPv6 普及率は 3%程度に留まっていた。しかし、2017 年 9 月以降から普及率は増加し、同年 10 月には普及率が 25%に達した。これは iOS 11 が配信されたためと推測される。iOS 11 では契約中の MVNO が IPv6 提供していれば、利用者が何も設定しなくても IPv6 で通信を行うためである<sup>9</sup>。

### (3) NTT NGN における IPv6 IPoE 普及率

NTT NGN<sup>10</sup>における IPv6 IPoE 普及率は、2019 年 12 月時点で約 56%であった。これは前年同月比 134%であり、急激に増加している。また、NTT NGN での IPv6 トラフィックも急激に増加しており、同時点における全トラフィックの約 49%が、IPv6 IPoE によるものであった<sup>11</sup>。2021 年 3 月には、フレッツ光ネクスト<sup>12</sup>の IPv6 普及率が 80%に到達している。iOS11 配信やスマートフォン全機種が IPv6 対応したことが大きな要因の一つと推測される。

---

<sup>7</sup> [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000517037.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000517037.pdf)

<sup>8</sup> Internet Initiative Japan Inc

<sup>9</sup> [https://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/1801/08/news008\\_2.html](https://www.itmedia.co.jp/mobile/articles/1801/08/news008_2.html)

<sup>10</sup> Next Generation Network

<sup>11</sup> [https://www.janog.gr.jp/meeting/janog45/application/files/8215/7950/7604/025\\_nttngn\\_02-yamaguchi.pdf](https://www.janog.gr.jp/meeting/janog45/application/files/8215/7950/7604/025_nttngn_02-yamaguchi.pdf)

<sup>12</sup> [https://www.v6pc.jp/jp/spread/ipv6spread\\_03.phtml](https://www.v6pc.jp/jp/spread/ipv6spread_03.phtml)

## 2.3 IPv6 未対応時の問題

IPv6 未対応時の問題として考えられる点を 2 つ示す。

### (1) 品質低下

IPv6 対応を行っていないことによって通信品質が低下する可能性がある。その結果、安定したサービスを提供することができなくなる。IPv6 が IPv4 よりも通信品質が高いと言われる理由はいくつかある。

- IPv6 は Happy Eyeballs の仕様として優先されるため
- IPv6 は通信経路上のフラグメント化やチェックサム計算によるオーバーヘッドがなくなるため
- IPv4 は飽和状態で回線が混雑しているため
- IPv4 は CGN(大規模 NAT)によるオーバーヘッドがあるため

### (2) 国際競争力の懸念

2.1(4)で述べたとおり、IPv6 普及率は国別で大きな差があり、その差が将来的に何らかの国際競争力における優位性に繋がる可能性がある。

現時点では IPv4 で問題なくインターネット上のコンテンツを利用できるため、IPv6 を導入するモチベーションは低いと言える。しかし、時間の経過と共に、IPv6 普及率は増加し、相関して IPv6 対応の必要性も増加する可能性が高い。IPv6 対応が喫緊の課題となる前に、先んじて IPv6 対応する意義は十分あると言える。

## 2.4 IPv6 対応時の課題

先んじて IPv6 対応する意義はあるが、課題もある。

### (1) 企業等のメリットが見えにくい

将来的に IPv6 の必要性が高くなることが推測される。しかし、現時点で、企業等は IPv6 対応することによる直接的なメリットを見いだせないことから導入に積極的ではないと言える。更に、IPv4 と IPv6 の並行運用に伴うコスト増加<sup>13</sup>や、IPv6 に関連する障害が発生するリスク増加等の問題があることから、本格導入に向けた決断が難しい。

### (2) IPv6 人材不足

RFC7381 では、IPv6 のデプロイにおける最大の脅威は、IPv6 に関する運用経験の不足であるとし、IPv6 に関連する教育が非常に大事であるとも指摘している。ヒアリング結果としても、IPv6 対応未検討の理由として IPv6 人材不足が多く挙げられていた。IPv4 と IPv6 は互換性がなく、まったく別のプロトコルのため、IPv6 の知識を新たに習得する必要がある。しかし、IPv4 環境では、IPv6 に関する知識や経験を得ることはできない。IPv6 環境が少ないため、IPv6 人材が不足しており、IPv6 人材が不足しているため、IPv6 環境を増やしていくという鶏と卵の関係になっている。このまま IPv6 普及率が増加し、IPv6 対応が必須になった場合、IPv6 対応の経験がない、あるいは少ない人材が無理な IPv6 対応を行うことになる。結果、非効率な設計を行い、セキュリティホールを生み出してしまう等の問題が発生する。

### (3) IPv6 セキュリティ情報不足

IPv6 セキュリティ情報の不足もある。これは、中小企業等の内部環境の IPv6 対応と相関する。中小企業等の内部環境を IPv6 対応しないと、IPv6 に特化したサイバー攻撃は (IPv4 と比較して) 発生しにくい。サイバー攻撃者は、攻撃手法を流用する傾向があるため、攻撃対象の母数が増えない限り、IPv6 はターゲットになりにくく、脆弱性が発見されない。IPv6 のセキュリティについて、「IPv6 普及・高度化推進協議会 IPv6 対応セキュリティガイドライン」が公表されているが、当該ガイドラインは、主に外部向けサービスの IPv6 対応を対象としており、企業 LAN のデュアルスタック化に関しては対象外としている。

### (4) IPv6 対応が不十分な機器/サービスの存在

IPv6 対応を謳う機器やサービスであっても、限定的な対応となっており、実際に使うと正常に動作しないことがある。IPv6 の利用者が少なく、IPv6 通信による利用がされない状況では、不具合が含まれていても発見されない。本実証試験でも IPv6 通信で複合機や IoT 機器、外部サービス等が利用できないという事象が発生した。

---

<sup>13</sup> 通常運用だけでなく、システム修正変更時の試験コストも含む。従来の IPv4 環境における試験だけでなく、IPv6 環境における試験も必要になる。