

# IPv6 の大学等における利用状況

前野譲二<sup>1)</sup>, 鈴田伊知郎<sup>2)</sup>, 小林貴之<sup>3)</sup>

1) 早稲田大学 情報教育研究所

2) アラクサラネットワークス株式会社

3) 日本大学 文理学部

jojji@aoni.waseda.jp

概要：IPv4 アドレスは世界的に枯渇しつつあり、IPv6 の併用を真剣に考えなければならぬ。大学等がインターネットの研究と普及にあたって果たしてきた役割を考えれば、すでに導入して知見を蓄積していかねばならない。IPv6 は実装の問題もあり、大学ですら普及しているとはいえない状況である。そこで、本稿では IP アドレスをめぐる状況について報告するとともに大学等の IPv6 の利用状況について述べる。

## 1 はじめに

IPv6 は実用段階だ、普及期だ、状況は変化しつつあるなど、さまざまな機会に前向きな宣伝が続けられて久しい。IPv6 はその名称を得てから既に 20 年を迎えており、何回も「狼少年」を繰り返している。いまだに IPv6 を巡って RFC がいくつも発行され、RA や DHCP、ルーティングやセキュリティといった根幹といえる機能すら、設計から揺らいでいるようにみえる。

とはいえ、後述するように IPv4 アドレスがいよいよ枯渇しつつあるなど、IP アドレスを巡る状況は消極的・漸進的ではあるが変化しつつある。この問題に直面して、来るべき将来について何も考えないのは無責任であると考えられる。

そこで、本稿では IP アドレスを巡る状況の変化について述べる。著者らは大学において実際にネットワーク教育を担当しており、現在でも多少は大学の果たすインターネット教育の役割があると考えている。そこで、ここでは大学などの IPv6 アドレス等を巡る最近の状況について調査をした結果を報告する。

## 2 IP アドレス環境の変化

### 2.1 ARIN での IPv4 アドレス枯渇

北アメリカ、とりわけアメリカ合衆国を担当する地域インターネットレジストリ (Regional Internet Registry、以下 RIR) である American Registry for Internet Numbers (ARIN) は、IPv4 アドレスの枯渇について 4 つの段階 (フェーズ) を設定しており[1]、2014 年 4 月からは、その最終段階にある。これは、最後の /8 ブロックの割り当てを開始した時点で始まるものとされている[2]。

これらの Web ページを参照すると、2015 年 9 月 13 日現在、/8 のブロックのうち残っているアドレスは /24 が 54 ブロックであり、ARIN でも既にほぼ枯渇したと言える。実際、その後同年 9 月 24 日に枯渇した[3]。

一方、データセンターやクラウド等で IP アドレスに対する需要は旺盛であるが、後述するようにブローカーや市場を作ろうとする動きもあり、RIR を跨いだアドレスの譲渡も行われているようである。しかし、これらは必ずしも安全かつ確実に保証のある取引であるとは言えない。

いため、解決手段として根本的ではない。

## 2.2 Apple による IPv6 の強制

Apple は、WWDC15 において「純粋な」IPv6 の APN (Access Point Name) に移行することを発表した[4]。これは iOS9 および OS X 10.11 以降が「最新の」TCP 標準をサポートするというが、OS X は別として、iOS9 を搭載した iPhone は IPv6 アドレスのみを持ち、DNS64/NAT64 によって IPv4 ネットワークに接続しなければならない[4]。通信機能を持つアプリケーションがこの仕様を満たしているかどうかは、iTunes Store で審査されるという[5]。

Apple 一社の方針にインターネット全体が引きずられる必要はないが、過去の販売実績[6]を考えると、仮にすべてのアップデート可能な iPhone が移行すると 3 億台以上の IPv6 ネイティブな通信端末が出現することとなる。

このようなドラスティックな変化が本当に起きるのか、また誰がどのように対応すべきなのかということは別途議論が必要であるが、現在のように IPv6 のトラフィックがほとんど無い[7]という状況は変化する可能性がある。

## 2.3 IPv4 アドレスの売買

RIR をはじめとして IP アドレスの割り振りや割り当てを行ってきた主体は、IP アドレスは移転するものであって、そこに金銭授受が発生したかについては関知しない[8]。実務上は、例えばアメリカでは主に Chapter 11 (企業再生) の過程で IP アドレスが競売にかけられることがあり、有名なところでは Microsoft 社が Nortel の持つ IP アドレスを 750 万米ドルで落札したことが知られている[9]。その他のケースも合わせると、おおよそ IP アドレスあたり 11 から 12 米ドル程度で売買が行われているようである。もっとも、これは 2011 年前後の価格であり、現在どの程度の価格で取り引きが行われているかは明らかにされないことが多いようである。

一般論として、利用されていない IP アドレスは返却すべきである。無償で割り当てを受けた IPv4 アドレスの取り引きによって利益を得るのは、電波帯を勝手に取り引きしているようなものであって、移転することそのものをグローバルに禁止するべきであると考えるが、事業譲渡や買収・合併等と合わせて考えると難しい面もある。

いずれにしても、IPv4 アドレスを買いいたいとしても、任意のブロックの IPv4 アドレスの移転に応じてくれる組織が出てくるまで待つ必要がある、またそのコストも経済的であるとは考えられない。

以上のことを考えると IPv4 にこれ以上投資し続けるよりは、IPv4 を利用しながら緩やかに IPv6 へと移行することを考え、IPv4 のみの技術には投資をしないのが色々な観点から望ましいものとする。Apple の動きもこの点をビジネスライクに反映したものと言える。

## 3 調査結果

### 3.1 トラフィックの状況

現在でも、IPv6 は本格的に利用されているとはいえないのが現状である。例えば、Google における IPv6 トラフィックは全体の 10% にも満たない[10]。Google によれば、国別統計でアメリカは比較的 IPv6 の採用が進んでいるため、日本から見た実感よりも多く感じられるかもしれない。ほかの指標、例えば h.root-servers.net は、2015 年 10 月現在、DNS サーバの移行を予定している関係で、新旧の DNS コンテンツサーバへの IPv4 および IPv6 による問い合わせ数を公表している[11]。これを参照しても、IPv4 の 10% 以下に留まっていることがわかる。

### 3.2 IPv6 アドレスの利用状況

「IPv6 を利用している」といっても様々である。アドレスの割り当てを受けているだけという組織もあれば、DNS コンテンツサーバで名

前を IPv6 アドレスに割り当て、IPv6 ネイティブのアクセス手段を提供しているなど、様々である。

調査に当たって、事前の検討として(1)IPv6 アドレスの割り当てを受けている、(2)DNS コンテンツサーバが IPv6 アドレスの問い合わせに対応している、(3)各組織の Web サーバが IPv6 によるリクエストに応答するという 3 つの観点から調査を行った。

調査の結果、国立大学法人では(3)に該当するものが 6、公立大学法人では 2、私立大学では 13、短期大学では 3 のみであった。

#### 4 ホスティング・クラウドの利用

大学の IPv6 対応状況の調査過程で明らかになったのは、「大学の顔」とも考えられる Web ページについて、何らかの形で学外に設置されているケースが多いようだということである。それぞれの理由は様々なものがあり得る。地方の単科大学から数万人の学生を数える大学までを一律に扱うのは無理である。また、20 年前は大学や研究機関しか使っていなかった「インターネット」も、商業開放されて以降目覚ましい親展を遂げており、大学はむしろ後塵を拝しているといっている状況である。

とはいえ、インターネットを「教育のインフラ」と位置づけている大学は多いはずで、学生への連絡は電子メールまたは Web 上で行う事が多いであろう。また、講義で資料を提示し、レポートを提出させるのも、また講義そのものをインターネットを利用して行っているケース [12] もある。

そこで、1 つの指標として電子メールのサービスを学内で提供しているかどうか、より技術的には MX レコードとして指定されているのが、(多くの場合 ac.jp ドメインである)その大学か、あるいは外部の別組織によって運営されているサービスを利用しているかについて調べることとした。調査の結果、国立大学法人で 10%、公

立大学で 20%、私立大学で 40%ほどが別組織によって運営されているサーバに MX レコードを指定していることがわかった。

#### 5 議論

著者らで議論を行った結果、現時点で大学において IPv6 を利用していない場合、人員も実装もノウハウも蓄積が足りているとは考えにくい現状を踏まえれば、すぐにもでも利用を開始し、また教育するべきであろうか、という問いに結論を出すことはできなかった。

一方で、これまで「今後は IPv6 を教えておかないと将来困るはずである」と言い続けてきたが、いまだに未完成であるまま IPv4 が本格的な枯渇を迎えてしまったことは痛切に反省をするべきである。

今後、必要性に引きずられる形で民間企業によって IPv6 がゆっくりと普及していくのかもしれないが、研究・教育機関としての大学がイニシアチブを失っているのは由々しき問題であるという認識が必要であると考ええる。

#### 6 結論

日本の大学等における IPv6 の普及はまだこれからである。多くのユーザが良くも悪くもスマートフォンを入り口としてネットワークに触れているのが現状であるが、本格的な教育を受ける初めての機会は大学である。したがって、大学におけるインターネットの教育内容も変更を求められると考える。

なお、IPv6 アドレスの割り当てにあたって、SINET<sub>4</sub> が大きな役割を果たしていることが分かった。また、その多くが AXIES の会員でもあるので、AXIES が主導して、大学への IPv6 の導入をサポートすることを検討するべきかもしれない。

#### 参考文献

- [1] ARIN, ARIN IPv4 Countdown Plan,  
[https://www.arin.net/resources/request/ipv4\\_c](https://www.arin.net/resources/request/ipv4_c)

- ountdown\_plan.html、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [2] ARIN、ARIN IPv4 Countdown □ Phase 4、  
[https://www.arin.net/resources/request/countdown\\_phase4.html](https://www.arin.net/resources/request/countdown_phase4.html)、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [3] American Registry for Internet Numbers、ARIN IPv4 Free Pool Reaches Zero、  
<https://www.arin.net/announcements/2015/20150924.html>、最終アクセス 2015 年 10 月 10 日。
- [4] Apple、Your App and Next Generation Networks、  
<https://developer.apple.com/videos/wwdc/2015/?id=719> (映像資料)、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [5] Apple、Supporting IPv6 DNS64/NAT64 Networks、  
<https://developer.apple.com/library/prerelease/ios/documentation/NetworkingInternetWeb/Conceptual/NetworkingOverview/UnderstandingandPreparingfortheIPv6Transition/UnderstandingandPreparingfortheIPv6Transition.html>、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [6] statista、Global Apple iPhone sales in the fiscal years 2007 to 2014 (in million units)、  
<http://www.statista.com/statistics/276306/global-apple-iphone-sales-since-fiscal-year-2007/>、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [7] NRI セキュアテクノロジーズ、「8.3 NCSIRT 調査レポート IPv6 その後」、pp58-59.、2015 年。
- [8] JPNIC、IPv4 アドレス移転履歴、  
<https://www.nic.ad.jp/ja/ip/ipv4transfer-log.html>、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [9] Networkworld、Microsoft pays Nortel \$7.5 million for IPv4 addresses、  
<http://www.networkworld.com/article/2228854/microsoft-subnet/microsoft-pays-nortel--7-5-million-for-ipv4-addresses.html>、最終アクセス 2015 年 9 月 13 日。
- [10] Google、Google IPv6 Statistics、  
<https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html>、最終アクセス 2015 年 10 月 10 日。
- [11] U.S. Army Research Laboratory、H.ROOT-SERVERS.NET TRANSITION、  
[http://h.root-servers.org/old\\_vs\\_new.html](http://h.root-servers.org/old_vs_new.html)、最終アクセス 2015 年 10 月 10 日。
- [12] 前野譲二、早稲田大学におけるオンデマンド型授業の実施と評価、2001 年 10 月、文部科学省・和歌山大学、平成 13 年度情報処理教育研究集会講演論文集。