

第 1 章 IPv4 アドレスの消費状況と、枯渇に関する
議論の動向

第1章 IPv4 アドレスの消費状況と、枯渇に関する議論の動向

1 IPv4 アドレスの消費状況と、枯渇に関する議論の動向

1-1 IPv4 アドレス枯渇予測の歴史

IPv4 アドレスの枯渇予測は過去に何回も議論の対象となってきた。古くは1994年にIETFのALE(Address Lifetime Expectations)ワーキンググループによって、2008年±3年に枯渇するという予測¹⁵¹がされたのを始めとして、2001年にはJawad Khaki氏が2009年に枯渇するとの予測を発表¹⁵²、他にも様々な説があり、果たしてどれが妥当な予測なのか判断に苦しむ状況であった。

この状況は、2003年にGeoff Huston氏が独自の予測を出した頃を境に変わり始める。Huston氏は、RIRが公開しているIPアドレスの過去の割り振りデータ、及び自身が採取しているアドレス広報状況データを用い、独自の分析を行って、IANAの在庫アドレスの枯渇は2021年に到来するという予測を行った¹⁵³。これまでの様々な予測とは異なり、アドレス管理者としてのRIR(APNIC)に籍を置き、インターネットのパイオニアの一人でもある¹⁵⁴実績ある技術者が、それまでに蓄積された割り振りデータ、アドレス広報状況データを元にした予想で根拠も明確に示されており、信頼の置ける予想として広く受け入れられた。

しかし、その後2004年、2005年とIPv4アドレスの割り振り量が伸びたのに伴い、Huston氏はこの従来の予想を見直すこととなる。新たにこの2年の割り振りデータを根拠に加えて計算したところ、2005年12月時点では2013年1月にIANAの在庫アドレスの枯渇到来するという結果となり、従来から8年ほど枯渇予測時期が早まることとなった。

この頃Tony Hain氏も独自の計算を行い、IANA在庫アドレスの枯渇は2009年から2016年頃と予測している。複数の信頼おける技術者の予想がほぼ同時期の枯渇を予測したことで、2010年代初頭の枯渇予測時期が信頼おけるものとしてRIR関係者の間で語られるようになった。

Huston氏はさらに、日々更新される割り振りデータを元に自身の枯渇時期予測を毎日自身

¹⁵¹ <http://www3.ietf.org/proceedings/94dec/ipng/ale.html>

¹⁵² <http://www.jp.ipv6forum.com/2001/program/slides/K1.ppt>

¹⁵³ <http://www.potaroo.net/ispcol/2003-08/ale.html>

¹⁵⁴ インターネットのアーキテクチャ全般について責任を負い、IETFに対して大きな方向性を示すIAB(Internet Architecture Board)のメンバーだったこともある。

のウェブサイト上¹⁵⁵で更新している。2007年3月6日時点では、IANA在庫アドレス枯渇時期は上記よりさらに早まっており、2012年7月15日とされている。

1-2 IPv4 アドレスの消費状況

前項でも触れたが、IPv4アドレスの消費ペースが落ちている兆しは今のところ見られない。IANAからRIRへの割り振り状況を見ても、2004年には8が9個、2005年には13個が割り振られている。2006年には10個とややペースが落ちたように見えるが、2007年には1月に早くもAPNICへ5個の8が割り振られており、概ね年間で10個の8が消費し続けられている状況と言える。

一方で実際にグローバルアドレスとして利用できる8の、IANAにおける在庫数は2007年1月末現在で49となっている。このまま年間10個の8が消費され続けるとすると、5年未満で在庫が無くなるということとなり、このことから前項で見てきた枯渇予測が、少なくとも外的外れでないとは言えるだろう。

ただ実際には、途上国のインターネットインフラ整備が今後どれだけ進むのか、先進国のアドレス消費は頭打ちになるのか、使用されていないアドレスの回収がどれだけ進むのか、また、枯渇間近の駆け込み需要がどれほどあるかなど不確定要素は多く、枯渇時期は前倒しになる可能性もあれば、先に伸びる可能性も残っている。

以下に参考として、2007年1月末現在でIANA予約アドレスとされているIPv4アドレスを示す。この空間には実際にはグローバルアドレスとして利用できない空間が含まれている。グローバルアドレスとして使えないものにはその旨注記したので確認いただきたい。

¹⁵⁵ <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>

| アドレスブロック | 利用状況、備考 |
|-----------------------------|--|
| 0.0.0.0 – 0.255.255.255 | IANA 予約空間。グローバルアドレスとしては利用不可。 |
| 1.0.0.0 – 2.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(2 * /8) |
| 5.0.0.0 – 5.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 23.0.0.0 – 23.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 27.0.0.0 – 27.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 31.0.0.0 – 31.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 36.0.0.0 – 37.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(2 * /8) |
| 39.0.0.0 – 39.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 42.0.0.0 – 42.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 49.0.0.0 – 50.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(2 * /8) |
| 92.0.0.0 – 95.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(4 * /8) |
| 100.0.0.0 – 115.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(16 * /8) |
| 173.0.0.0 – 187.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(15 * /8) |
| 197.0.0.0 – 197.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 223.0.0.0 – 223.255.255.255 | IANA 在庫。利用可。(1 * /8) |
| 224.0.0.0 – 239.255.255.255 | IANA 予約空間(マルチキャスト)グローバルアドレスとしては利用不可。 |
| 240.0.0.0 – 255.255.255.255 | IANA 予約空間。グローバルアドレスとしては利用不可。 |

1-3 IPv4 アドレス枯渇に関する議論の動向

1-3-1 日本国内での議論

前項までの状況を受け、IPv4 アドレスの枯渇に対しどう準備するかの議論が始まりつつある。JPNICでは2005年12月、インターネット運用に携わる国内の有識者による「番号資源利用状況調査研究専門家チーム」を設立し、既存の枯渇予想の精査と現在の利用状況の把握を行い、その内容を踏まえて、IPv4 アドレスが枯渇した時に向けて準備が必要と考えられる事項について検討を行った。検討結果は「IPv4 アドレスの枯渇に向けた提言という報告書にまとめられ、2006年4月に公開¹⁵⁶されている。この報告書は英語にも翻訳¹⁵⁷され、APNICのミーティング等で海外の関係者にも配布された。

¹⁵⁶ <http://www.nic.ad.jp/ja/topics/2006/20060403-01.html>

¹⁵⁷ http://www.nic.ad.jp/en/research/IPv4exhaustion_trans-pub.pdf

この報告書では、以下の事項が主張、提言されている。

- IPv4 アドレスの割り振り・割り当てはそう遠くない将来において終了することは明らかであるが、これによって直ちに IPv4 を基盤としたインターネットが終了する訳ではない。
- しかし、新しい IPv4 アドレスが割り当てられないことから、IPv4 を基盤としたインターネットの成長は停止あるいは縮退していくことになる。インターネットを利用するすべての者は、この事実を受け止め、必要な対策を順次講じるべきである。
- IPv4 アドレスの枯渇に向けて、インターネットに関わる者は、特に IPv6 インターネットへの対応を検討・実施することが急務であると考えられる。今後、ユーザに向けて何らかの新しいサービスを提供する場合は、IPv4 を基盤としたインターネット上のみで提供されるのではなく、IPv6 を基盤としたインターネット上でも提供するべきである。
- IP アドレスを管理するインターネットレジストリ、インターネットサービスプロバイダー、インターネット上の各種サービス提供者、インターネットを利用する企業ユーザ、一般ユーザ、ベンダーを含む技術開発者など、インターネット上のあらゆるプレイヤーは、IPv4 アドレス枯渇に向けた対応と、枯渇の後には必ず必要となる IPv6 インターネットへの準備を行うべきである。

この提言に関しては賛同もあったが、一方で「単なる IPv6 への煽動だ」というような批判もあった。IPv4 アドレスの枯渇への対策としては「IPv6 インターネットへの移行」「既割り当てアドレスの有効利用による IPv4 インターネットの継続利用」「NAT 技術による IPv4 インターネットの継続利用」などが考えられるが、少なくとも日本においては今のところ「IPv6 インターネットへの移行」をどのように行うかの議論が先行していると言える。

この提言を受け、2006 年 12 月に開催された JPNIC オープンポリシーミーティングでは、IPv4 アドレス枯渇への対策と題して会場の参加者を巻き込んだパネルディスカッションが行われた¹⁵⁸。このミーティングでの会場の意見を総合すると、IPv4 アドレスの割り振りを終了する時期を前もって決め、その時期をアナウンスすること、全ての IPv4 アドレスを割り振り切らずに残しておくことなど、混乱を避けるためのポリシーを議論、検討していく必要があるとの方向で収束した。この議事録は公開¹⁵⁹されているのであわせて参照いただきたい。

¹⁵⁸ <http://venus.gr.jp/opf-jp/opm11/opm11-program.html>

¹⁵⁹ <http://venus.gr.jp/opf-jp/opm11/jpopm11-minutes.html#080>

1-3-2 海外での議論

前項の活動を受け、JPNIC では IPv4 アドレス枯渇を混乱無く乗り切るためのポリシーを検討する「IPv4 アドレス枯渇期ポリシー検討専門家チーム」を 2007 年 1 月に設立し、実際のアドレスポリシーの検討に入った。検討の結果、2007 年 2 月に開催される第 23 回 APNIC ミーティングに「IPv4 Count Down Proposal」と題した新しいアドレスポリシー提案を提出することとなった。提出されたポリシー提案は以下の通りである。

IPv4 Count Down Policy Proposal

1. はじめに

IPv4 アドレスの枯渇が間近に迫ってきている。Geoff Huston 氏の最新予測 (<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>)によれば、IANA pool の exhaustion date は 2011 年 5 月 31 日、RIR の exhaustion date は 2012 年 7 月 14 日となっている (2007 年 1 月 6 日現在の予想)。また、Tony Hain 氏も独立な予測式に基づき、ほぼ同様の枯渇時期を提示している。これにより、現在の割り振り傾向が続けば早ければ 5 年未満で IPv4 アドレスが枯渇すると考えられる。

このような状況を踏まえ、本提案では IPv4 アドレスの割り振りを「なるべく公平な形」で、「混乱を最小限に留めて」終息させるための考え方と具体的なポリシー例を示すものである。

ICANN/IANA および地域レジストリは IP アドレスを管理し、円滑に配布する責務があり、IPv4 アドレス枯渇対応についても関係者の調整を含め、スムーズな終息を目指すべきである。

IPv4 アドレス枯渇までの「早ければあと 5 年」という年月は決して先のことではない。本提案をはじめとする IPv4 アドレス枯渇対応ポリシーに関する十分な議論に最低 1 年、および LIR の準備・移行期間を最低 2 年とすると、今この時期に議論を開始する必要がある。

2. 現在の問題

現在、割り振り可能な IPv4 アドレスが早ければ数年後にも枯渇するという予測が各所でなされているにもかかわらず、実際に枯渇が近づいて来た際の割り振り様態については APNIC を含むいずれの RIR ポリシーフォーラムでも全く議論がなされていない状況である。このまま割り振り終末期のポリシーを何も決めないままにどのような問題が生じるか、以下に列挙する。

2-1 LIR

LIRにおいてはそもそも IPv4 アドレスの枯渇が切迫感を持って受け止められていないのが現状であり、このまま実際に枯渇に迫ってきてからようやく状況に気がつき、限られた時間でアドレス設計のやり直しを行ったり、駆け込みで追加割り振り申請を行ったりと相当の混乱が生じる可能性がある。場合によっては、同じ日に申請を行っただにもかかわらず割り振りを受けることができないようなケースが生じることも考えられる。また、いずれは LIR から顧客へ割り当てる IPv4 アドレスが無くなるので LIR は顧客へその旨アナウンスする必要があるが、この時期の計画も立てづらくなってしまふ。

新規で割り振られる IPv4 アドレスが無くなってしまふ以上、現状の技術では新たなインフラは IPv6 アドレスベースで構築せざるを得ないが、上述のようにアドレス設計のやりなおしや追加割り振りで少々の時間を稼いだとしても、その時点からインフラの IPv6 化の検討を始めるのではかなりの拙速感があり、トラブルを招くリスクが大きい。

また、最後のブロックまで含めて全ての IPv4 アドレスを使い切ってしまうと、IPv4 と IPv6 を共存させるトランスレータのようなサービス継続のために不可欠と思われる機器へのアドレス割り当てもできなくなってしまふ、IPv6 への移行もできないという事態が生じかねない。

2-2 RIR/NIR

レジストリ側においても、割り振り終末期における申請、問い合わせの集中による稼働増が生じ、スムーズな割り振りが妨げられる可能性がある。

2-3 エンドユーザ

エンドユーザは原則として ISP からインターネットへの接続とともに IP アドレスの割り当てを受けるが、ISP がユーザへ割り当てる IPv4 アドレスを持っておらず、IPv6 のサービスも提供できない場合、ユーザはその ISP のサービスを利用できないことになってしまう。

また、割り振り終了期日が不明確だとエンドユーザにおいても IPv6 への準備が滞ってしまう危険性がある。

3. 提案による利点

ここで提案する IPv4 アドレス枯渇対応ポリシーを決定しておくことにより、以下のようなメリットが生じると考えられる。

3-1 LIR

最終割り振り時期が明確になるので、LIR においては計画的なアドレッシングを行うことが可能となる。後述の通りある程度のブロックを残して通常の割り振りを停止することにより、通常の割り振り終了後でもそのアドレスを用いてクリティカルインフラへの IPv4 アドレス割り振り / 割り当てを受けることが出来る。これにより、万一将来的にグローバルインターネットを支える上で不可欠となる機器・ネットワークに対して IPv4 アドレスの割り振り、割り当てが必要となった場合にも対応できる。

3-2 RIR/NIR

予め最終割り振り時期を告知し、その日までに行われた申請についてはその時点のポリシーに合致する限りにおいて割り振りを行うことを保証することにより、LIR、エンドユーザの混乱、不公平感を招かずに最後の割り振りを行うことができる。また、RIR 統一のポリシーとするので、地域的な偏り、不公平感を排除することができる。IPv6 対応を完了する時期の目安が明確になるので、それに向けた準備も進めて行くことができる。

3-3 エンドユーザ

LIR が余裕を持って割り振り終末期の対応を行うことができるため、LIR からエンドユーザへの IP アドレス割り当てが滞る危険が減り、エンドユーザは継続して LIR からサービスの提供を受けることができる。また、LIR 同様割り振り終了期日が明確になることで、それに向けた IPv6 対応の計画ができる。加えて、LIR における割り振り終末期対応によって、IPv6 コネクティビティ、割り振り終末期に必要な IPv4 アドレスの双方が円滑に確保される。

以上の通り当事者において重要なメリットが生じるため、早期に枯渇期におけるアドレス割り振り様態の議論を開始し、IPv4 アドレス枯渇に対する認知度を上げたうえで枯渇までのロードマップを明確に示し、LIR においていつ頃までにアドレス設計、申請を行うようにすれば良いか、IPv6 アドレスへの切り替えをどう行うか等の検討を行う時間的余裕を確保し、IPv6 アドレスへのスムーズな移行を図ることがインターネットの安定を損なわないためにも必要である。

4. 提案

4.1 原則的な事項

IPv4 アドレス枯渇対応を議論するにあたり、まずは基本的な下記 4 つの原則について合

意をとりたい。

(1) IPv4 アドレス枯渇対応は 5 RIR において同時に進める

IPv4 アドレス枯渇対応はすべての RIR において同時に進めるべきである。

単に異なる地域の LIR 間を公平にしようというだけでなく、それまで割り振りを受けた RIR とは別の RIR から割り振りを受けようと試みるなどの混乱が起こらないようにするためである。

ICANN ASO や NRO のリーダーシップのもと、5 つの RIR でボトムアップで議論を行い、互いの議論が上手に調整される必要がある。

(2) すべての /8 ブロックを割り振りきらずに、いくつかのブロックを残す

IPv4 アドレスブロックは最後のピースまで割り振れると考えるのは現実的ではない。いわゆる「タッチの差」で割り振りが受けられたり、あきらめざるをえなかったりするというのは混乱を招くだろう。「この日までに申請をすれば割り振りを受けられる」という期日を設定することが、この混乱を避ける適切な策だと考えられる。

また、将来的にも IPv4 アドレスの割り振り・割り当てがどうしても必要なケースがいくつか考えられる。たとえば、IPv4-IPv6 ネットワークのトランスレータサービスを開始したいという要求には応えるべきであるし、現在想定できないような必要性が枯渇後に出てこないとも限らない。

以上の理由から、すべての IPv4 アドレスブロックを割り振るのではなく、それなりの数のブロックが残るように、現行ルールでの割り振りを停止する期日を設定するべきである。

(3) 最後の割り振りまでは現行のルールを維持する

割り振り停止の時までは、基本的に現行ポリシーの延長で割り振りを継続するべきであると考え。今や IPv4 インターネットは多くのビジネスを支えて社会インフラに成長してきたため、現行ポリシーを 1、2 年で大幅に節約型に変えることは、逆に大きな混乱を招き、実質的に困難であると考えられる。この点については 5 章で再度取り上げる。

(4) 割り振り（割り当て）済みアドレスブロックの回収は別議論とする

既に割り振り・割り当て済みで、使われていないアドレスブロックを回収することは重要なポイントであり、実際、今までも各地域レジストリを中心に議論が行われ、対応も取られてきている。ただし、/8 が数個返却されるだけでは枯渇時期への影響は 1 年未満しかないこと、更なる回収努力にはかなりの時間がかかることなどから、本提案とは独立に対応を考えていくべきである。

4.2 具体的な提案

上記 4.1 の基本的な事項が合意された場合の、具体的な提案内容を例示する。

・ 割り振り停止日およびアナウンス開始日の決定

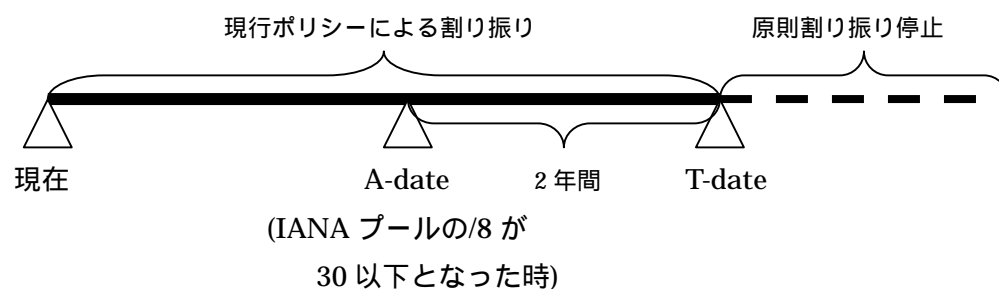
原則割り振りを停止する日付を決定し、それをその日付の一定期間前にアナウンスする。アナウンス日を「A-date」、原則割り振り停止日を「T-date」とし、この2つの日付を以下のよう

- A-date (Announcing Date) :
 - + IANA のプールが「 $30 * /8$ 」を切った日付とする
 - + この日をもって、以下「T-date」がいつになるかを RIR はアナウンスしなければならない。

A-date 時点においてはポリシー変更を行わない

- T-date (Termination Date) :
 - + A-date (IANA のプールが「 $30 * /8$ 」を切った日付)から 2 年後
 - + 最終的に $10 * /8$ 程度のブロックを残すこととし、現在の割り振りペースから判断し、A-date から T-date の間を 2 年間とする
 - + 但し、2 年間の間に想定以上の消費が行なわれた場合、その時点で T-date を前倒しすることもあり得る

T-date において、RIR からの新規割り振り・割り当てを原則停止する。T-date 以降の「クリティカルインフラ」に対する割り振り / 割り当ては、別途ポリシーで定めるものとする。



A-date の日付を設ける意味は次のとおり。

- ・ 原則割り振り停止までの猶予期間 / IPv6 準備期間とする
- ・ 期日を明示することによりわずかなタイミングの違いで割り振りを受けられないなど

の LIR 間の不公平感をなくす

A-date を「IANA プールが 30*/8 を切ったとき」とした理由は以下の通りである。

2000 年以降、IANA から RIR への割り振り量は以下の通りとなっている。

2000 年：4*/8

2001 年：6*/8

2002 年：4*/8

2003 年：5*/8

2004 年：9*/8

2005 年：13*/8

2006 年：10*/8

2004 年以降の傾向ではほぼ 1 年に 10*/8 のペースだが、駆け込み需要等のことを考慮すると、これよりも早いペースで消費が進むものと思われる。IANA にも最小限のプールは残しておいた方がよいと思われるため 30*/8 を閾値として設定し、この値を切った時から 2 年間で割り振りを原則停止させ、IANA/RIR にクリティカルなインフラへの割り振り/割り当てを行うためのアドレスを確保させることとする。

4.3 APNIC メンバー/NIR への影響

APNIC メンバーにおいては割り振り停止の予定日を確実に把握し、それに向けた自社内での対応が求められる。

NIR は APNIC と歩調を合わせ、NIR 配下の LIR への割り振りを停止することとなる。従い、APNIC 同様、NIR は配下の LIR へ割り振り停止日について十分に周知を図ることが必要である。

本提案は、2007 年 3 月 1 日の APNIC ポリシーSIG において議論された。会場からの意見としては、以下のようなものが挙げられる。

- 人為的に IPv4 アドレスの寿命を短くしているのではないか。
- 現在禁止している IP アドレスの移管をポリシーで認めるようにすれば、必要な組織にアドレスが移管されるのではないか。
- 枯渇に伴って起こることが予測される IP アドレスの売買に備え、RIR で IP アドレス

取引市場の仕組みを整備して提供するべきではないか。

- 経済原理に基づくほとんどの ISP が IPv6 への移行を進めるよりも IPv4 での NAT を続けるのではないか。
- この提案を採用することによって、独占禁止法(Anti-Trust Law)に抵触する恐れがあるのではないか。

総じて、ミーティングの間では IPv4 アドレスの枯渇が起こるにつれ IPv6 への移行が起こると予想している人は少数派で、逆に IPv4 アドレスを使い続けようとする立場からの意見が多かったようである。

質疑応答を経て、提案事項の中の原則事項に対し会場の賛否を問うた結果、「IPv4 アドレス枯渇対応は 5 RIR において同時に進める」、「最後の割り振りまでは現行のルールを維持する」、「割り振り（割り当て）済みアドレスブロックの回収は別議論とする」の 3 点においては概ね賛成を得た。しかし、「全ての IPv4 アドレスを割り振ってしまうことはせずに、残しておく」、「前もって割り振り終了日を決め、告知する」の 2 点は、いずれも反対する声が強かった。結果、本提案は会場の同意を得られず、引き続きメーリングリスト上で議論が継続されることとなった。

本提案は JPNIC から ARIN にも提出されていたが、3 月に ARIN の AC から独占禁止法への抵触の恐れがあることを理由に一旦却下された。しかしその後 Petition（請願）のプロセスにかけられ、3 月 19 日現在、ARIN のメーリングリスト上で、IPv4 の枯渇後使われるのは本当に IPv6 なのか、IP アドレスの市場取引の是非等、非常に活発な議論が行われている。

しかし、総じて IPv4 アドレスの枯渇に際して何らかのポリシーを議論しなくてはならないという認識が RIR 側にあるということは本提案の議論の中で明らかになってきている。APNIC 事務局長の Paul Wilson 氏からは、2007 年は全ての RIR で IPv4 アドレス枯渇への対策を議論することになるだろうとのコメントもあった。また、RIR の集合体である NRO では、IPv4 アドレス枯渇に対する見解表明書(Position Paper)を出す予定で作業が進んでいるとの情報もあり、2007 年も引き続きこの話題が大きく取り扱われるであろうことは想像に難くない。

