

# IP アドレス管理ポリシー調整による課題解決

藤崎 智宏<sup>1,a)</sup>

**概要：**IP アドレスや AS 番号といったインターネット番号資源の配布ルールは、利用者によるボトムアップ議論により決定されている。インターネットにおける大きな課題となっている IPv4 アドレス在庫の不足についても、アドレス共有など技術的な解法と同時に、アドレス配布ルール（アドレスポリシー）の変更によっても対応されてきた。本論文では、IPv4 アドレス在庫不足の対応策として導入された「IPv4 アドレス移転」について、発生した課題と、アドレスポリシーの変更による課題への対応について述べる。

**キーワード：**インターネット資源管理, IP アドレスポリシー

## Modification of IP resource management policy for final /8 IPv4 address distribution

TOMOHIRO FUJISAKI<sup>1,a)</sup>

**Abstract:** Internet resources (e.g. IP address, Autonomous System numbers, etc.) management policy has been discussed and defined by community with a bottom-up manner, and many issues raised in the Internet was solved not only technically, but politically using the policy modification. This paper describes IP policy modification to resolve illegal use of IPv4 address transfers.

**Keywords:** Internet Resource Management, IP address Policy

### 1. はじめに

インターネットは世界中に普及し、社会に必要なインフラストラクチャの一つとなっているが、普及に伴い、種々の課題が発生している。課題の一つとして、接続される機器数の増大により、インターネットに接続するために必要な識別子の絶対数の不足が上げられる。インターネットで利用される識別子は IP アドレスと呼ばれ、従来から広く使われて来たプロトコルバージョンである IPv4 では、IP アドレスが 32 ビットの固定幅であり、数にして 43 億個ほどとなっており、この数は現在の世界の人口より少ない。実際のところ、2011 年 2 月 3 日に世界的な IP アドレス等インターネット資源の管理組織である ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) は、IPv4

アドレス在庫をすべて配布し終わったことを宣言している。

IPv4 アドレス不足などの課題に対応し、インターネットの継続的な発展を支えるため、IPv4 の後継のプロトコルである IPv6 が標準化され、1990 年代後半には商用利用も始まっている。IPv6 は IPv4 アドレス数の不足に伴い、昨今、世界的に普及が進展しているが、普及においては、IPv6 技術の開発、及び、IPv6 アドレスの管理が同時に実施されてきた。このように、インターネットは、プロトコルの標準化に関連する技術的な検討、IP アドレスのようなインターネット資源の管理ポリシー調整といった 2 つの検討軸が相互に影響し合いながら発展してきており、今後のインターネットにおける課題解決や、さらなる発展においても、この 2 軸の同時検討が必要である。

本稿では、検討軸の一つであるインターネット資源管理ポリシー調整について、具体的な対応例を挙げ、その重要性について述べる。

<sup>1</sup> 日本電信電話株式会社  
NTT, Musashino-shi, Tokyo 180-8585, Japan  
<sup>a)</sup> fujisaki.tomohiro@lab.ntt.co.jp

## 2. インターネット資源管理

インターネットは米国の研究プロジェクトとして開始された ARPANET がその原型である。インターネットに接続される組織が増加し、インターネット上で利用されるプロトコルは、IETF (Internet Engineering Task Force)<sup>\*1</sup>にて標準化が実施されるようになった。また、インターネットが国際的に広く利用されるようになり、米国主導であったインターネットの標準化・管理が国際化し、インターネットの世界的な普及推進を実施している団体である ISOC (Internet Society)<sup>\*2</sup>のもとに設立された IAB (Internet Architecture Board)<sup>\*3</sup>により、その全体の方向性が議論されるようになった。

現在のインターネット管理組織は、

- 資源管理組織
- 技術標準化組織
- 普及推進組織

の3つに大別することができる。図1に、現在のインターネット管理組織の概略構造を示す。

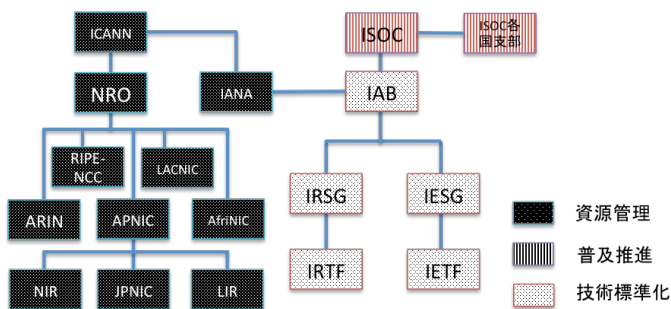


図1 インターネットの管理組織構造

### 2.1 インターネット資源管理の構造

IP アドレスをはじめ、AS 番号、プロトコル番号といった、インターネットで利用されている番号資源（インターネット資源）は、世界中で一意になるよう、管理が必要である。この管理は、非営利の国際組織 ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)<sup>\*4</sup> の子会社である PTI (Public Technical Identifiers)<sup>\*5</sup> が、「IANA (Internet Assigned Numbers Authority)<sup>\*6</sup> 機能」として実施している。資源の管理を効率的に実施するために、IP アドレス、AS 番号資源の分配は、下位組織に位置づけられる地域レジストリ (RIR: Regional Internet Registry, 現在、世界に

\*1 <https://www.ietf.org>  
 \*2 <https://www.isoc.org>  
 \*3 <https://www.iab.org>  
 \*4 <https://www.icann.org/>  
 \*5 <https://pti.icann.org/>  
 \*6 <https://www.iana.org>

5 組織 (北米地域の ARIN(American Registry for Internet Numbers)<sup>\*7</sup>, ヨーロッパ地域の RIPE-NCC(Rseaux IP Europeans Network Coordination Centre)<sup>\*8</sup>, アジア太平洋地域の APNIC(Asia Pacific Network Information Centre)<sup>\*9</sup>, 南米地域の LACNIC (Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry)<sup>\*10</sup>, アフリカ地域の AfrNIC (Latin American and Caribbean Internet Addresses Registry)<sup>\*11</sup> 存在する) に委譲している。RIR は、各地域の ISP 等の LIR (Local Internet Registry) からのインターネット資源要求に対して、必要量の資源を割り振っている。地域によっては、国別インターネットレジストリ (NIR: National Internet Registry) が存在し、資源要求を中継している。JPNIC (Japan Network Information Center) は、NIR の一つである。図2に、インターネット資源管理構造を示す。IP アドレスと AS 番号については、IANA と RIR がそれぞれ資源の“在庫”を保有している。

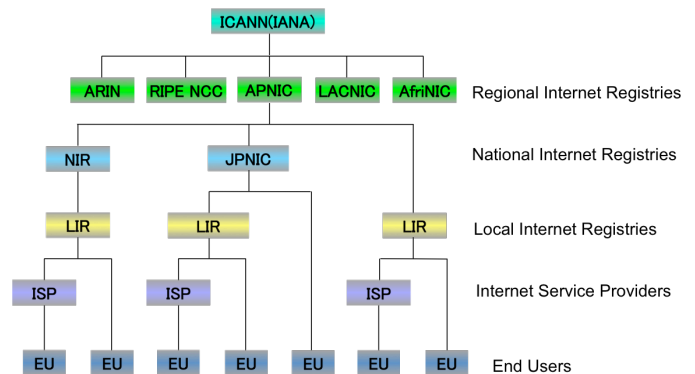


図2 インターネットの資源管理組織構造

### 2.2 インターネット資源管理とアドレスポリシー

IP アドレス、AS 番号資源を配布するための規約を、「アドレスポリシー」と呼ぶ。RIR を含むインターネットレジストリでは、アドレスポリシーを文書化し、このポリシーに基づいてアドレス、AS 番号の配布を実施している。アドレスポリシーには、IANA と RIR 間のアドレス配布ポリシーである「グローバルポリシー」、各 RIR 間で調整を実施して制定される「グローバルコーディネーテッドポリシー」、各 RIR ごとに、RIR コミュニティ内のアドレス配布に使用される「ローカルポリシー」が存在する。各アドレスポリシーは、インターネットレジストリが策定するものではなく、各地域のコミュニティによるボトムアッププロセスにより決定されている。各 RIR は、それぞれアドレスポリシーの制定プロセ

\*7 <https://www.arin.net>  
 \*8 <https://www.ripe.net>  
 \*9 <https://www.apnic.net>  
 \*10 <https://www.lacnic.net>  
 \*11 <https://www.afrinic.net>

ス (Policy Development Process: PDP) を制定しており、このプロセスに基づいてポリシーを議論する「ポリシフォーラム」を設置している。アドレスポリシ案はこのポリシフォーラムに提案、議論され、合意が得られた場合に有効なアドレスポリシとして制定される。このポリシフォーラムには、誰でも提案が可能となっている。

アジア・太平洋地域においては、APNIC が年二回、APNIC Open Policy Meeting を開催しており、APNIC 地域のアドレスポリシはこのミーティング、及び、APNIC Policy SIG メーリングリスト上で議論され、決定される。

日本国内においても、インターネット資源管理を議論するポリシフォーラム JPOPF (Japan Open Policy Forum)<sup>\*12</sup> が構成されており、有志の集まりである JPOPF 運営チームが運営、国内でのポリシーの議論を主導している。

### 2.3 インターネット運用組織における意思決定

本節では、インターネット運用管理組織における意思決定の方法について述べる。

#### 2.3.1 アドレス管理コミュニティ (RIR) におけるアドレスポリシの策定

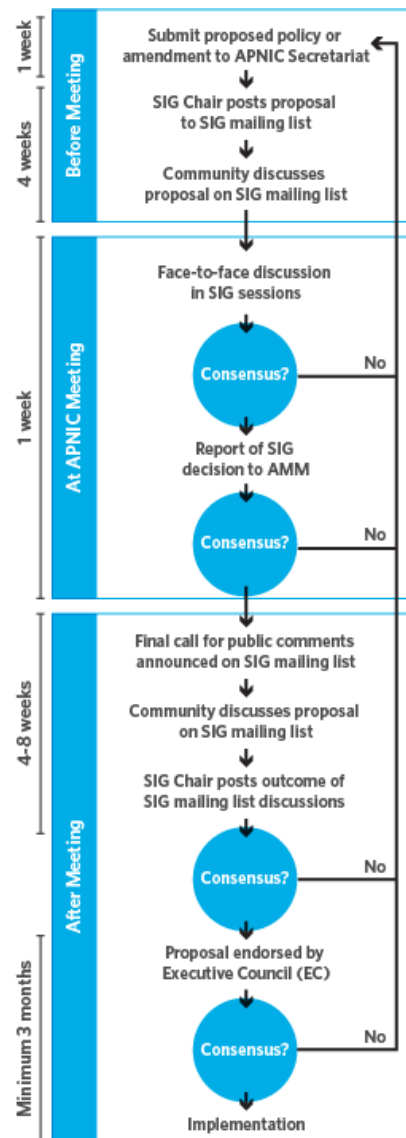
第 2.2 節で述べたように、IP アドレスや AS 番号といったインターネット資源の配布ポリシは、各 RIR ごとに制定されている PDP に基づいてボトムアップで議論、制定される。各地域における PDP には違いがあるが、各地域のコミュニティ内での合意に基づいて意思決定が実施されるという観点では同様である。

APNIC におけるポリシ制定プロセスは、2003 年に提案され、2004 年に、"APNIC Policy deployment process"[1] として規定されている。このプロセス提案は、提案番号 1(prop-001) となっており、以降のポリシ提案には、通番がつけられている。ポリシ議論には、年二回の APNIC カンファレンスで実施される face-to-face ミーティング (APNIC オープンポリシミーティング, APOPM), メーリングリストが利用される。

ポリシ制定プロセスは、以下の三点を重要視している。

- オープンであること
  - 誰でもポリシを提案できること
  - 誰でもポリシ提案の議論に参加できること
- 透明性
  - APNIC が、全てのポリシ議論と意思決定を一般に文書として公開すること
- ボトムアップ
  - ポリシの議論・決定がコミュニティによって運用されること

APNIC におけるポリシ制定プロセスの概略を図 3 に示す。



<https://www.apnic.net/community/policy/process/policy-development-process/> より抜粋

図 3 APNIC におけるポリシ制定プロセスダイアグラム

APNIC のポリシ制定プロセスは、ミーティング前、ミーティング中、ミーティング後の 3 大フェーズから構成される。

#### ● ミーティング前フェーズ

提案実施者は、ミーティング前に、APNIC におけるポリシ議論の実施舞台であるポリシ SIG (policy special interensted group) のチェアが指定した締め切り日までに、問題を提起する。提案は、face-to-face ミーティングの少なくとも 4 週間前に、提案を議論する APNIC ポリシ SIG メーリングリストに投稿されねばならない。

ポリシ SIG のチェアは提案を受領した後、コミュニティで議論するために、提案をメーリングリストに投稿する。提案に対しては誰でも意見を提起して良い。メーリングリスト上での議論は、face-to-face に参加で

\*12 <http://www.jpopf.net>

きないコミュニティメンバの意見を聞くために重要である。メーリングリスト上での議論は全て、APOPMMでの提案議論実施の際に考慮される。

- ミーティング中フェーズ

APOPMMにおいて、ポリシー提案のプレゼンテーションが実施される。コミュニティは、APOPMMにおいても、提案に対してコメントを実施する。提案が合意に達した場合、ポリシー SIG チェアは、決定事項について、APNIC メンバミーティング (AMM) 報告する。AMMにおいても提案に対する合意の是非が図られる。このように二段階になっている理由は、APNIC はメンバ組織であり、組織としての意思決定が必要なためである。APOPMM は、インターネットコミュニティ全体での合意形成、AMM は APNIC メンバでの合意形成となる。

- ミーティング後フェーズ

AMM での提案合意後一週間以内に、メーリングリストにおいて、4~8 週間の意見募集が実施される。この意見募集にて、APOPMM で議論中に提案に変更があった場合、コミュニティが変更された提案にコメントをいう機会を提供する。コメント期間中に、提案が合意に達したと判断された場合、ポリシー SIG のチェアは、APNIC 理事会に対し、提案の承認を依頼する。APNIC 理事会によりポリシー提案が承認された後、APNIC 事務局にて、ポリシーが実装される。提案の実装は通常、理事会承認の後、最短で3ヶ月後となる。

### 3. インターネット資源管理ポリシーの現状

インターネットはグローバルな空間であり、国の枠を超えてネットワークが相互に接続されている。このため、インターネット上で利用される標準技術、資源管理ポリシーはグローバルな共通性をもつ必要がある。例えば、地域ごとに使用している技術標準に差がある場合、相互接続性に問題が発生する可能性がある。資源管理ポリシーにおいても、地域ごとに IP アドレス等のインターネット資源取得の容易性が異なる場合、公平性が問題となり、地域間の格差に結びつく可能性がある。

しかしながら、現状、国や地域ごとに習慣、法を含んだ各種制度、インフラストラクチャの発展度に差があり、ローカルな状況への対処も必要となる場合がある。資源管理ポリシーは、グローバルな共通性を保ちながら、ローカル性を最小限にすることが望ましいと考えられる。

#### 3.1 インターネット資源管理ポリシーのグローバル性とローカル性

インターネット黎明期、IP アドレスや AS 番号などのインターネット資源は中央集権的に管理されており、管理ポリシーは一つであった。インターネットの発展に伴い、商用

にも利用されるようになり、資源管理に対して迅速性、確実性、効率性などが求められるようになり、資源管理構造が整備された。

第 2.1 節で述べたように、IP アドレスや AS 番号の配布は、ICANN を頂点とし、実際の配布を地域 5 つのインターネットレジストリ (RIR) が、また、地域によっては、国ごとに設けられた国別インターネットレジストリが実施する階層構造となっている。この階層構造により、インターネット資源管理を効率的に実施できるようになったが、一方で、資源管理ポリシーに地域ごとのローカル性を持たせることにもなった。

##### 3.1.1 IPv4 アドレス管理ポリシー

第 2.2 節で述べた現在の IP アドレスポリシー検討体制は、2000 年前後に整備された。それ以前は、IPv4 アドレスは IETF によって制定された RFC2050[2] に基づいて配布されていた (RFC2050 はその後改訂され、現在は RFC7020[3] となっている)。RFC2050 はグローバルな文書であり、配布方法に地域ごとの差は存在しなかった。

現行の IP アドレスポリシー検討体制整備後、各地域の RIR によって個別に IPv4 アドレス配布ポリシーが制定された。当初は RFC2050 がベースとなっており、各地域ごとに大きな差異は存在しなかったが、その後、各地域ごとにポリシー改訂が実施され、細部が異なったものとなった。

特に、IPv4 アドレスの在庫不足が進展するにつれ、この差異は大きくなり、現在、IPv4 アドレスの「枯渇」の定義、IPv4 アドレス配布の方法などは各 RIR ごとにまちまちとなっている。

##### 3.1.2 IPv6 アドレス管理ポリシー

IPv6 アドレスの配布は 1999 年 7 月に開始されているが、この際の配布ポリシーは、IETF における IPv6 テストベッドでの割り振り経験に基づき規定されたポリシー ([4]) を利用、地域ごとの差は存在しなかった。現行の IP アドレスポリシー検討体制整備後、IPv6 ポリシの見直しが行われたが、この改定は各 RIR 間で調整を実施して制定される「グローバルコーディネータードポリシー」であり、制定直後はかく RIR で同一のポリシーが施行された。

その後、IPv6 アドレスポリシーにおいても各地域ごとにポリシーが改訂され、現状の配布ポリシーは、地域ごとに異なったものとなっている。

### 3.2 現在施行中の IPv4 アドレス配布ポリシー

IPv4 アドレス在庫が少なくなるにつれ、その配布を混乱なく終了させることが必須であると考えられた。従来の IANA から RIR への IPv4 アドレス配布ポリシーでは、IPv4 アドレスは RIR における IPv4 アドレス在庫が残り 5 割を切った時点、もしくは、在庫が今後 9 ヶ月の割り振りに満たなくなった時点で、追加の割り振りを申請することができた [5]。この際、IANA から RIR に渡されるアドレス

は、/8 単位で2 個であった。このポリシーを最後の在庫まで使用した場合、最後のブロックについて、RIR 間で取り合い状態になり、競合の結果、IPv4 アドレスを取得できなかった RIR ではアドレス在庫が突然に無くなり、当該地域内で混乱が発生することが想定された。

この混乱を避けるため、「最終 IPv4 アドレス在庫配布ポリシー」[6] が提案され、施行された。このポリシーでは、IANA の IPv4 在庫が残り /8 単位のアドレスブロックが5 つとなった時点で、それぞれの RIR に /8 のアドレスブロックを一つずつ配布し、IANA 在庫を払拭する。これにより、各 RIR は最後の IPv4 アドレスとして、/8 一つを確実に確保できることになり、このアドレス空間の利用方法について独自に決定することができるようになった。このポリシーは 2011 年 2 月に実行され、各 RIR に /8 を一つずつ配布、IANA における IPv4 アドレス在庫はなくなった。

また、このポリシー制定後、APNIC 地域でも”最後の/8 配布ポリシー” [7] を制定した。IANA から最後の /8 として委譲された 103/8 の空間について、2011 年 4 月より以前とは違った方向で配布を実施している\*13。「最後の /8 配布ポリシー」では、主に今後インターネット関連事業に参入する組織に対し、長期間にわたりサービスに必要な IPv4 アドレスを配布可能とすることを要件の一つとし、各組織に対し、/22 までのアドレスを取得可能としている。

#### 4. IPv4 アドレス配布における課題と資源管理ポリシー調整による解決

##### 4.1 IPv4 アドレス配布ポリシーの不正利用

3.2 節で述べたように、新規参入者を考慮し、長期間にわたり IPv4 アドレスの配布を可能とするため一組織ごとに、IPv4 アドレスを/22 まで配布、としたポリシーであるが、2011 年にはじまった配布からしばらく後、不正と思われる取得が散見されるようになった。図 4 に、不正と思われる取得の例を挙げる。

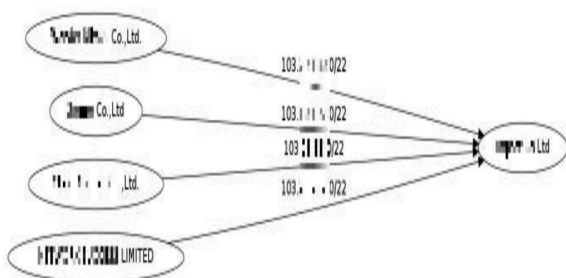


図 4 不正と思われる IPv4 アドレス移転の例

IPv4 アドレスについては、有効利用を図るために、不

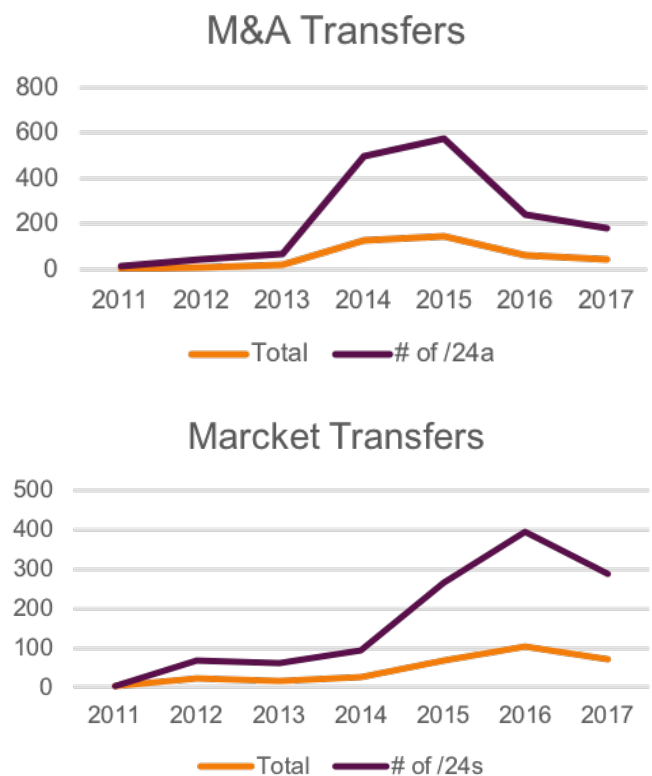
\*13 APNIC では、この「最後の /8 配布ポリシー」実施を以て、IPv4 アドレス在庫枯渇としている

要になったアドレスを他組織に「移転」することが可能となっている。また、企業の買収の際にも、IPv4 アドレスを他組織に移管することができる。不正と思われる事象は、この移転や買収の際の移管を利用し、一組織が 103/8 の空間から、多数の IPv4 アドレスを取得する、というものであった。この例では、4 つの組織が取得した 103/8 以下からの /22 のアドレスを、一組織に移転していた。

##### 4.2 ポリシ調整による課題解決

このような利用を防ぐことを目的とし、2013 年 2 月に、最後の /8 ブロックからのアドレス移転を抑制するポリシーの策定を提案した [8]。しかしながら、APNIC ミーティングでの議論において、移転数がそれほど多くないこと、また、提案した実装方法に対する問題から、合意を得ることができなかった。

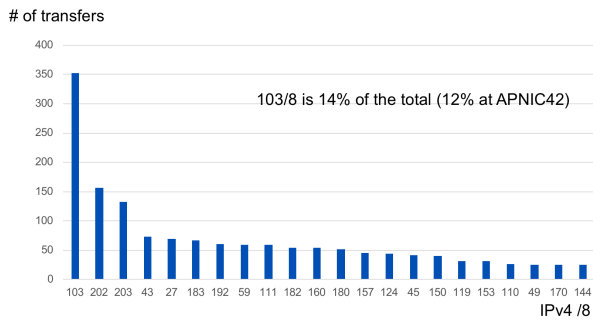
その後も IPv4 アドレスに対する需要は増大し、「最後の /8」ブロックの消費量が大きくなるにつれ、103/8 ブロックからの移転数も増大した。図 5 に、2017 年 9 月時点での移転数の変遷を示す。



APNIC 事務局提供：2017 年 9 月時点でのデータ

図 5 最後の/8 空間からの移転数推移

市場における、「最後の/8 ブロック」アドレスの移転は、年々増加していることがわかる。また、「最後の /8 ブロック」からの移転数は、他の空間に比べ、非常に数が多くなっていった。図 6 に、移転数の分布を示す。



Produced from

ftp://ftp.apnic.net/public/transfers/apnic/transfer-apnic-latest  
on 10 Sep. 2017

図 6 アドレス移転数の分布

「最後の /8 ブロック」の IPv4 割り当てアドレスサイズは最大で /22 であり、保有されているアドレス数も非常に多いが、移転件数についても、他の /8 ブロックに比べ突出して多いことがわかる。

2017 年 9 月 10 日時点での「最後の /8 ブロック」の利用は、

- ブロックアドレスの総移転件数は 352 であり、総移転件数の 14% を占める。
- 移転件数は、年々増加傾向にある。
- 移転の中には、取得後、1 年以内での移転や、複数ブロックが一組織に移転されている例が見られる。中には、一組織に 12 ブロックが移転されている例もあった。といった状況であり、移転のために「最後の /8 ブロック」からアドレスを取得していることが想定された。この状況を改善するため、2016 年 2 月に、「最後の /8 ブロック」からのアドレス移転を禁止する提案を実施した [9]。

当初は、

- 「最後の /8 ブロック」からのアドレス移転を禁止
- 企業買収による移転は可能とする

という形であったが、企業買収による移転を許可することは、抜け道を作ることになるため禁止すべき、禁止の期限を設けるべきといった意見を得た。しかしながら、全体的には、移転を多用している国からの参加者や、移転仲介業者から反対意見が多く、議論は難航した。最終的に、2017 年 9 月に台湾で開催された APNIC ミーティングに於いて、特に新興国からの多くの賛同を得、

「最後の /8 ブロック」からのアドレスは、アドレス取得後 5 年間は移転を禁止する

という形で、最終的な合意を得た。

## 5. まとめ

本稿では、インターネット資源管理の仕組みと、資源管理ポリシーの策定について解説し、資源管理ポリシー調整による不公正なアドレス利用の是正の実現について述べた。IP アドレスや AS 番号などインターネット番号資源配布に関

するポリシーや、インターネット関連技術に関する標準は、インターネットコミュニティによるボトムアップで決められており、多くの国、組織が関連し合って動作しているインターネットにおいて、統一的な決定をすることは難しいことが多い。しかしながら、誰でも参加可能で、イノベティブな環境を維持し、インターネットを健全に運用していくためには、多くの人が関連可能な、ボトムアップシステムを維持していくことが必要である。

## 参考文献

- [1] “APNIC policy deployment process”, <http://www.apnic.net/publications/media-library/documents/policy-development/development-process>, February 2004
- [2] K. Hubbard et al, “Internet Registry IP Allocation Guidelines”, RFC 2050, November 1996.
- [3] R. Housley et al, “The Internet Numbers Registry System”, RFC 7020, August 2013.
- [4] Provisional IPv6 assignment and allocation policy, <http://www.apnic.net/docs/drafts/ipv6/ipv6-policy-280599.html>
- [5] Internet Assigned Numbers Authority (IANA) Policy For Allocation of IPv4 Blocks to Regional Internet Registries, <https://www.icann.org/resources/pages/allocation-ipv4-rirs-2012-02-25-en>
- [6] “Global Policy for the Allocation of the Remaining IPv4 Address Space”, <https://www.icann.org/resources/pages/remaining-ipv4-2012-02-25-en>, Feb 2012.
- [7] P. Smith, J. Martin, R. Bush, “prop-062: Use of final /8”, <http://www.apnic.net/policy/proposals/prop-062>
- [8] S. Shirahata, Tomohiro Fujisaki, “prop-106: Restricting excessive IPv4 address transfers under the final /8 block”, <https://www.apnic.net/community/policy/proposals/prop-106/>
- [9] T. Fujisaki, “prop-116: Prohibit to transfer IPv4 addresses in the final /8 block”, <https://www.apnic.net/community/policy/proposals/prop-116/>