

インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会
報告書(案)

平成20年 月

インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会

● はじめに

現在、我が国では、インターネット利用者が平成 18 年末に 8700 万人（総務省「平成 18 年通信利用動向調査」）、ブロードバンド常時接続契約数が平成 19 年末に 2830 万（総務省調査）を超え、さらに平成 18 年のインターネットを通じた企業間電子商取引市場規模が 148 兆円（経済産業省「平成 18 年度電子商取引に関する市場調査」）に達するなど、インターネットは我が国の円滑な社会経済活動並びに国民生活に欠くべからざるものとなっている。

その一方で、インターネットを実現する基本技術である Internet Protocol version 4（以下「IPv4」という。）は、1981 年に方式が決定されて以来すでに四半世紀が経過し、インターネットに機器を接続するに当たり必須となる IPv4 アドレスが不足する事態が予測されるなど、インターネットの更なる発展を支え続けることが困難となり始めている。

このような状況を踏まえ、本研究会では、このような IPv4 による制約を乗り越え、インターネットがさらなる発展を遂げるために必要となる方策について、主に技術的観点から検討を進めてきた。

本研究会では、平成 19 年 8 月から本年 4 月まで 4 回の会合を開催し、また技術的詳細の検討のために設置したワーキンググループにおいては計 11 回の会合を開催するとともにその会合間にはワーキンググループ有志によるブレインストーミングを数次に渡って開催するなど、IPv4 アドレスの不足への対応方策にかかる技術的検討を極めて詳細に実施した。

本報告書は、こうした多数に及ぶ会合における検討の集大成をなすものであり、また、IPv4 アドレスの不足に対しインターネットに係る多種多様なプレイヤーが行うべきアクションについて網羅的に取りまとめた、世界初の報告書である。

我が国のみならず、全世界のインターネットの関係者が本報告書を踏まえ、IPv4 アドレスの不足に対し着実な対応を行い、インターネットの更なる発展を確実なものにすることを期待する。

目 次

1 IPv4 アドレス消費の現状	1
1.1 IPv4 アドレスとは	1
1.2 IPv4 アドレスの使用状況	1
1.3 IPv4 アドレスの新規需要	2
2 アドレス在庫枯渇の影響及びその時期の予測	4
2.1 アドレス在庫枯渇の影響	4
2.2 IPv4 アドレス在庫の枯渇時期	5
2.2.1 IPv4 アドレス新規需要の予測	5
2.2.2 IPv4 アドレス返却の可能性	7
2.2.3 IPv4 アドレス在庫の枯渇時期予測	8
3 アドレス在庫枯渇への対応方策	10
3.1 具体的対応の検討	10
3.1.1 「IP アドレスの節約」について	10
3.1.2 「IP アドレス利用の最密化」について	11
3.1.3 「新たなアドレス資源の利用」について	11
3.2 各方策の概要及び評価	12
3.2.1 NAT/NAPT の利用	12
3.2.2 割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分	13
3.2.3 IPv6 への移行	15
3.3 選択すべき対応方策	16
3.3.1 期限内での解決可能性に係る比較	16
3.3.2 サービスの継続性に係る比較	17
3.3.3 効果の永続性に係る比較	18
3.3.4 選択すべき方策	18
4 アドレス在庫枯渇への対応方策の導入手順	20
4.1 対応方策導入にあたっての考え方	20
4.1.1 インターネットを構築する基本的要素	20
4.1.2 3要素の基本的特質と当該特質による方策導入手順への影響	21
4.1.3 対応方策の特質と当該特質による方策導入手順への影響	22

4.2	対応方策導入手順	24
4.2.1	IPv4 アドレス在庫枯渇前	24
4.2.2	IPv4 アドレス在庫枯渇期初期	26
4.2.3	IPv4 アドレス在庫枯渇期中期	27
4.3	ネットワークへの対応方策導入にあたって	28
4.3.1	プレイヤーの整理	28
4.3.2	具体的な方法	28
4.3.3	留意すべき事項	30
5	移行に向けたアクションプラン	32
5.1	アクションプランの検討方針	32
5.2	プレイヤーの整理	32
5.2.1	直接関係者	32
5.2.2	間接関係者	33
5.3	直接関係者にかかるアクションプラン	33
5.3.1	アドレス在庫枯渇期に向けたアクションプラン	33
5.3.2	アドレス在庫枯渇初期におけるアクションプラン	37
5.4	直接関係者の行動に伴う波及的アクションプラン	39
5.4.1	アドレス在庫枯渇期に向けたアクションプラン	39
5.4.2	アドレス在庫枯渇初期におけるアクションプラン	41
5.5	アクションプラン推進体制の構築	42

1 IPv4 アドレス消費の現状

1.1 IPv4 アドレスとは

現在のインターネットは、IPv4 (Internet Protocol version4) という通信方式 (プロトコル) を基本技術として成り立っている。

IPv4 は、通信制御に必要な情報を収納するヘッダ部とデータを収納するペイロード部からなるパケットを、ヘッダ部に記載するソースアドレス (送信元アドレス) とディestinationアドレス (宛先アドレス) を基本情報として、送信元アドレスが割り当てられたノード (機器) から宛先アドレスが割り当てられたノードへ伝送することで通信を成立させる。

このノードに割り当てるためのアドレスを「IPv4 アドレス」といい、32bit の 2 進数と定められているため、その絶対量は 2^{32} (=4, 294, 967, 296) と不変であることから、IPv4 を利用するネットワークには、原理的に 43 億台以上のノードを接続することはできない。

したがって、インターネットが IPv4 をそのまま基本技術として用いる限りにおいて、インターネットに接続可能なノード数は有限である。

なお、IPv4 アドレスについては、8bit ずつ 4 組に区切った上で、各組を 10 進数 (0 ~255) で記載 (例 : 192. 168. 255. 0) することが慣例となっている。

また、アドレスを塊で扱う場合には、上位の数 bit を固定し、下位の bit を任意とする (例えば上位 16bit を 192. 168 とし、下位 16bit を自由に使ってよいものとする) ことが慣例となっており、その塊の大きさを固定される bit 数 x を用いて「/ x 」 (例 : 上位 16bit を固定した場合「/16」) となりアドレス数 65, 536 個の塊を示すと表現することが RFC4632 で定められている。

更にアドレス割り振りの基本ルールが「/8」 (上位 8bit を固定。アドレス数 16, 777, 216 個の塊を示す) 単位であることから、大量の IPv4 アドレスについては「/8」単位で表現することが多い。例えば、IPv4 アドレス全体のアドレス数は「/8」256 個となる。

1.2 IPv4 アドレスの使用状況

上述の通り、IPv4 アドレスは 43 億弱存在するが、実際には規格によって特定の用途が定められたアドレスが約 6.1 億個 (「/8」36 個強) 存在している。

更に、インターネットの一般利用開始以前のルールにしたがって 1995 年までに「/8」94 個分が割り振られている (うち 4 個は現在までに返却されている)。この現在の IPv4 アドレスの割り振りルールが定められる以前に割り振られたアドレスは、「歴史的 PI (Provider independent) アドレス」と呼ばれており、その多くは、インターネットの前身と言われる ARPANET の開発に関わった米国政府や米国企業に割り振られているのが現状である (参考資料 1 参照)。

その後、1996 年に現在の IPv4 アドレスの割り振りルール (参考資料 2 参照) が定め

られ、2008年3月までに「/8」89個分が割り振られ、現在のIPv4アドレスの在庫は「/8」41個分となっている。

2008年3月現在のIPv4アドレス分配状況

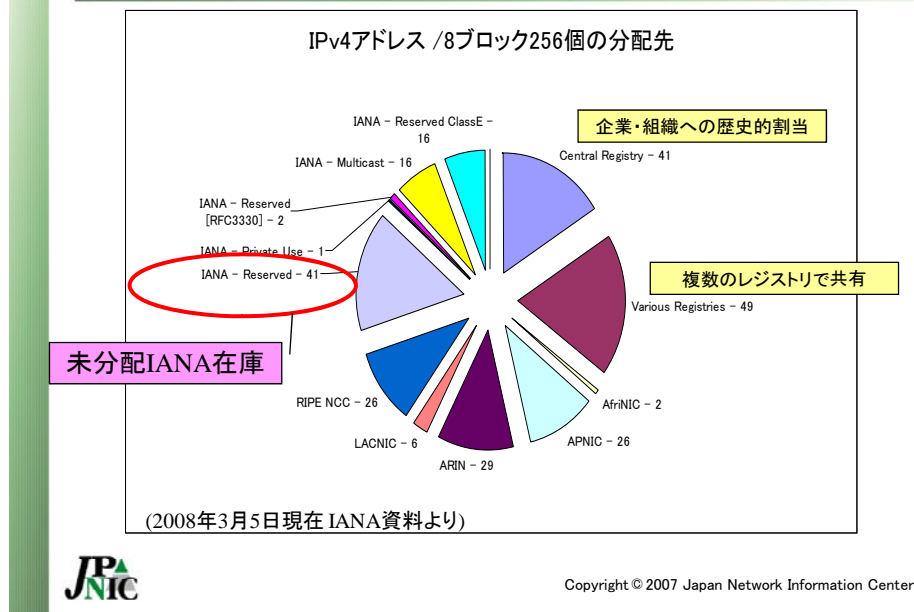


図 1-1 現在の IPv4 アドレス分配状況
(社団法人 日本ネットワークインフォメーションセンター提出資料より)

1.3 IPv4 アドレスの新規需要

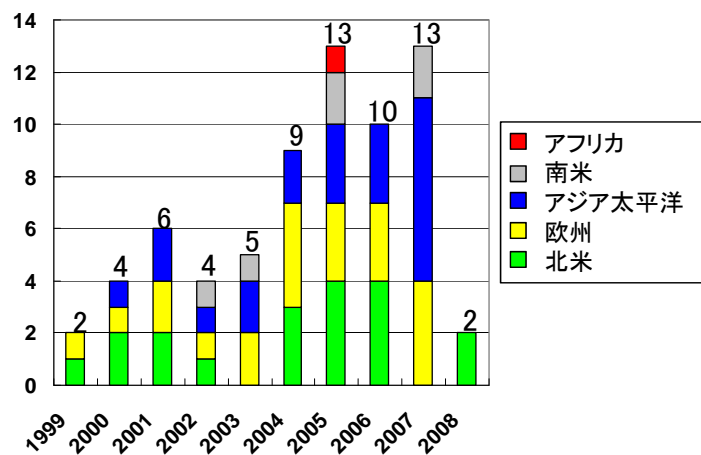
IPv4 アドレスの在庫は 1999 年から 2003 年頃までの間は、年間に「/8」5 個程度が消費されてきた。

しかしながら、2004 年頃から消費が急増し、年間に「/8」10 個程度の在庫が消費されている状況である。

IPv4 アドレスの在庫は、IPv4 アドレスの新規需要の発生に伴い消費されるものであるため、今後も現状程度の新規需要が生じる場合には、あと 4 年ほどで IPv4 アドレスの在庫が枯渇することとなる。

国際的在庫から各地域へのIPv4割り振り推移

/8の個数



(2008年3月5日現在 IANA より)



Copyright © 2007 Japan Network Information Center

図 1-2 国際的在庫から各地域への IPv4 割り振り推移
(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提出資料より)

2 アドレス在庫枯渇の影響及びその時期の予測

2.1 アドレス在庫枯渇の影響

IPv4 アドレスの在庫が枯渇した場合、その時点でのインターネットを維持することは可能であるが、それ以上インターネットを発展させることは不可能となる。

即ち、インターネットに機器を接続するにあたって必要となる IPv4 アドレスが不足するため、以下に示すような多大な悪影響が生じることとなる（詳細については、参考資料3を参照）。

●新規参入／新規利用の不能化、困難化

- ・現在アドレスを保有していない者の新規事業参入や、多量の IP アドレスが必要となるサービス提供の新規開始の不能化、困難化
- ・様々なサービスについて新規利用の受け入れの不能化、困難化

●サービス実現の困難化

- ・インターネットからユーザー側へアクセスできるよう、ユーザーに対しサービスごとにアドレスを付与する形式でのサービスの新規開始やサービス提供範囲の拡大の困難化
- ・IP アドレスのユニーク性を利用したサービス／アーキテクチャの最適化の困難化

●運用の困難化／利用コストの増大／サービスの制限

- ・同一アドレスの共用化を始めとするアドレス節約努力に伴う運用の困難化／利用コスト増大／サービスの制限

また、その影響の範囲は、インターネット接続サービスを提供する ISP に留まらず、サービス提供者、システムインテグレータ、ICT 関係機器メーカー／ベンダーなど多岐の領域にわたり、同時にユーザーがインターネットを通じて享受するサービスにも多大な影響が及ぶこととなる。

したがって、IPv4 アドレス在庫の枯渇は ICT の利用そのものを阻害するため、特段の対応を講じなかった場合、ICT 利用による生産性向上を原動力とする経済成長の鈍化を始めとして、我が国の社会経済活動に多大な悪影響を及ぼす恐れがある。

このため、IPv4 アドレス在庫が枯渇したとしてもインターネットの継続的な発展が可能となる「対応方策」を、IPv4 アドレス在庫が枯渇するまでに講じることが極めて肝要となる。

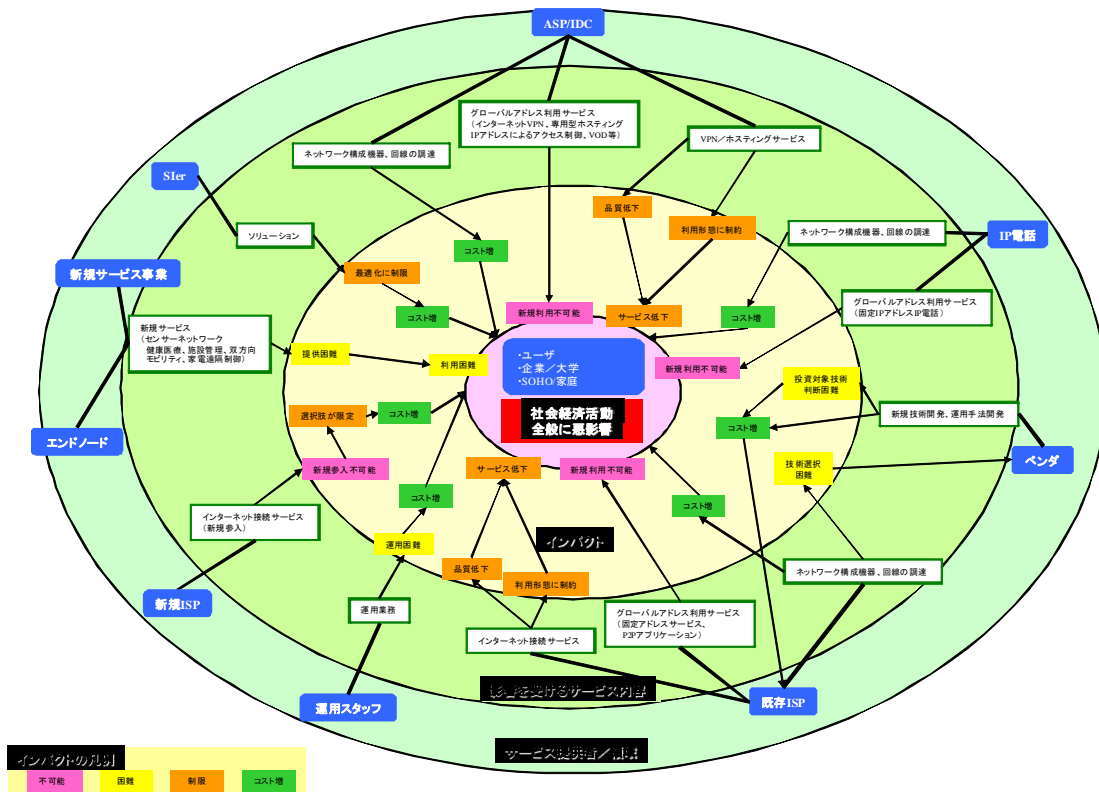


図 2-1 IPv4 アドレスの在庫枯渇の影響伝播イメージ

2.2 IPv4 アドレス在庫の枯渇時期

2.2.1 IPv4 アドレス新規需要の予測

図 1-2 に示すように、現在 IP アドレスの新規需要は、欧州、アジア・太平洋地域、南米地域に集中している。

このため、これら地域における IPv4 アドレスの新規需要の動向を予測することで、全体的なトレンドを把握することができる。

(1) アジア・太平洋地域及び南米地域

これら地域に特徴的なのは、BRICs (ブラジル、インド、中国及び欧州地域に含まれるロシア) を始めとする著しい経済発展を遂げている国を包含している点である。

これら地域では、インターネットの人口普及率が、中国で 12.3%、ブラジルでは 21% に過ぎない一方で、普及の増加率が中国では年に 20-30%、ブラジルでは年に 20% 程度と急激な伸びを示している。

日本のインターネットの人口普及率は 68.5%、日本を除く G6 諸国におけるインターネットの人口普及率も 53.7~68.0% に達していることを勘案すると、これら地域でのインターネットの普及は今後も急激に進んでいくものと考えられる。

更に、中国においては、インターネット利用者の大半はブロードバンド接続を利

用しているが、南米地域におけるインターネット利用者のうちブロードバンド接続の利用者が占める割合は18.2%（日本の場合は65.0%）であることから、南米地域においてはインターネットの普及の進展のみならず、ブロードバンド接続の利用者の占める割合も増加するものと考えられる。

なお、本調査研究会 WG 構成員からの報告によれば、利用者一人当たりに必要なIPv4 アドレス数は、常時接続であるブロードバンド接続の場合、随時接続であるダイヤルアップ接続の場合の10倍程度に達する。このため、仮にインターネット利用者が増加しないとしても、ブロードバンド接続利用者の占める割合が増加すると、IPv4 アドレスの新規需要が発生することとなる。

このため、アジア・太平洋地域及び南米地域における IPv4 アドレスの新規需要は、今後も現状と同様か、さらに伸びる方向にあると考えることが妥当である。

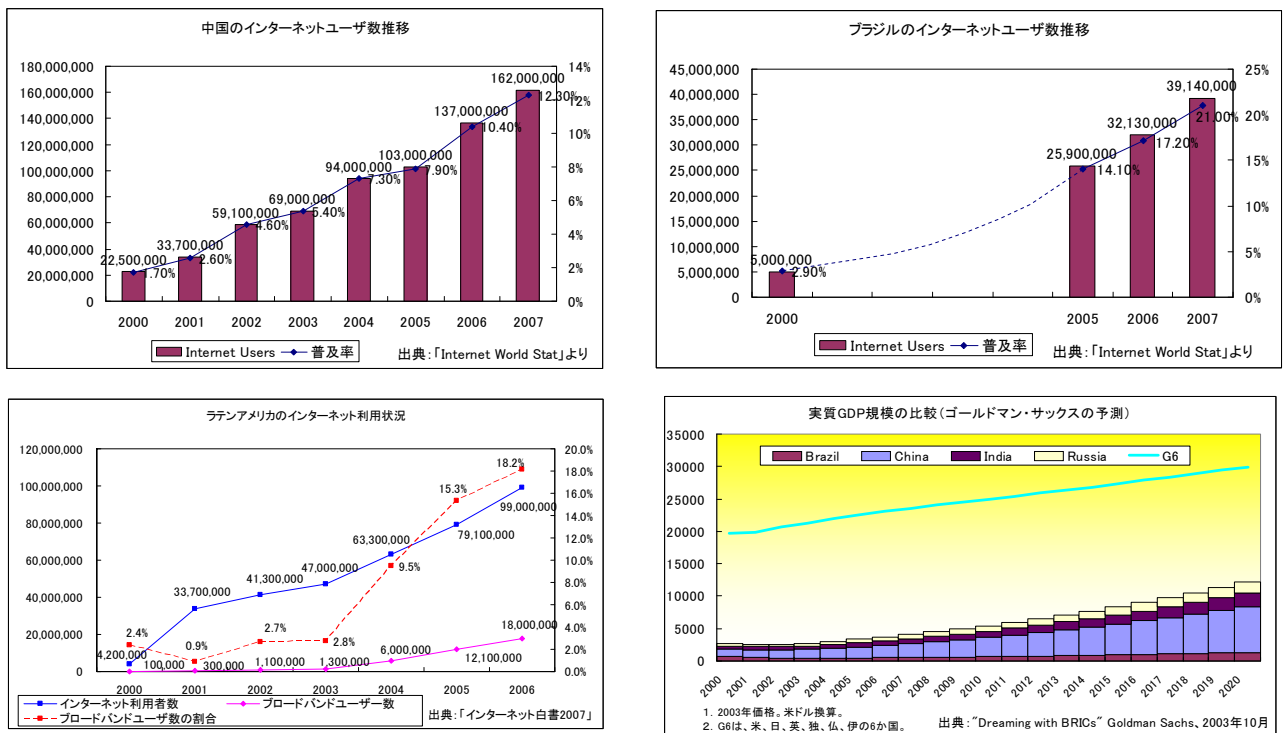


図 2-2 中国・ブラジルなどアジア・南米地域でのインターネット利用の増加状況

(2) 欧州地域

欧州地域において、インターネットの人口普及率は、ほぼ50%超の状況にあり、今後インターネットの人口普及率がさらに増加を続けることを前提とすることは適当ではない。

しかしながら、ブロードバンド接続は、各国の人口の15-23%（利用者の30-40%）が利用しているに過ぎないことから、今後もダイヤルアップ接続からブロードバンド接続への移行が順調に進んでいくものと考えられる。

このため、欧州地域における IPv4 アドレスの新規需要は、今後も現状と同様か、さらに伸びる方向にあると考えることが妥当である。

欧州のインターネット利用者数の状況（2007年）

	人口	インターネット ユーザ	普及率
France	61,350,009	32,925,953	53.70%
Germany	82,509,367	50,426,117	61.10%
UK	60,363,602	38,512,837	63.80%
Italy	59,546,696	32,190,658	54.10%
Spain	45,003,663	21,772,334	48.40%

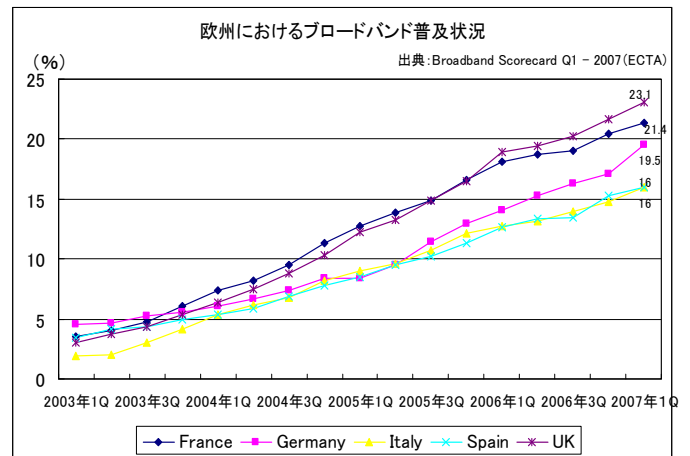


図 2-3 欧州地域でのインターネット利用の増加状況

2.2.2 IPv4 アドレス返却の可能性

2.2.1 節において IPv4 アドレスの新規需要の動向について検討を行ったが、その一方で IPv4 アドレスは消費財ではないため、仮に当該アドレスが不要になった場合には、在庫へ返却することが可能である。そのため、IPv4 アドレス在庫が増加する可能性も念頭に置く必要がある。

しかしながら、IP アドレスが割り振られた場合、割り振りを受けた者は当該アドレスをすべて使えるという前提のもとでシステム構築を行うことが一般になされている。このため、実際には利用していない IP アドレスがあったとしても、その返却のためには組織内の情報システムを再設計／再構築せざるを得ず、莫大なコスト負担が必要となることが多いため、多数の IPv4 アドレスが返却される状況にはない。

例えば、現在の IP アドレス割り振りルール制定以前に割り振られた「歴史的 PI アドレス」は「/8」94 個分あるが、このうち返却され、国際的在庫へ回収されたのは、4 個分に過ぎない。

また、日本国内に割り振られた歴史的 PI アドレスは「/8」約 2 個分あるが、日本の IP アドレス管理団体である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がこれらアドレスの割り振りを受けている者と連絡を取る努力を続けているものの、返却されたアドレスは、連絡が取れた者に割り振られた歴史的 PI アドレスの 1.9% に過ぎないのが現状である（2007 年 11 月現在）。

したがって、現状においては既に割り振られた IPv4 アドレスの返却量が増加する可能性は低いと考えられる。

歴史的PIアドレスにかかる手続進捗状況

2007年11月12日現在

	NW情報 件数(件)	NW情報 件数(%)	アドレス数 (個)	アドレス 数(%)
歴史的PIアドレス全数	3045	100.0	39537664	100.0
手続完了	2520	82.8	35998720	91.0
返却	411	13.5	765440	1.9
APNIC管理下を選択	11	0.4	332800	0.8
ID/パスワードを発行 (JPNIC管理下を選択)	2098	68.9	34900480	88.3
手続未了	525	17.2	3538944	9.0
コンタクト済み、手続中	378	12.4	3145984	8.0
コンタクト施行中	147	4.8	392960	1.0



Copyright c 2007 Japan Network Information Center

表 2-1 歴史的PIアドレスにかかる手続き進捗状況
(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提出資料より)

2.2.3 IPv4 アドレス在庫の枯渇時期予測

2.2.1 節及び2.2.2 節の検討結果を踏まえると、IPv4 アドレス消費は「今までと同様か、さらに伸びる方向にある」と考えることが適当である。

その上で、IPv4 アドレス在庫の枯渇時期を予測するにあたっては、不確定要素を排除するため、特段の事情変更がない場合、即ち、国際的なアドレス割り振りやアドレス維持に係るルールに変化がなく、またアドレス割り振りを受ける者も恣意的に余剰アドレスの確保を図らないことを前提として、過去の IPv4 アドレス在庫の消費の実績値を元に回帰分析を行い、消費動向の将来予測を行うことがもっとも適切である。

その予測手法の詳細は参考資料4に示すが、当該分析の結果、

- ・ IPv4 アドレスの国際的在庫の枯渇は、2010 年半ば～2012 年初頭
- ・ 日本国内で利用するアドレスの補充が不可能となるのは、2011 年初頭～2013 年半ば

と予測される。

- 特段の事情変更がない場合、即ち、国際的なアドレス割り振りやアドレス維持に係るルールに変化がなく、またアドレス割り振りを受ける者も恣意的に余剰アドレスの確保を図らないとした場合には、

- 国際的在庫 (IANA Pool) の枯渇は、2010年半ば～2012年初頭
- 日本国内で利用するアドレスの補充が不可能となるのは、2011年初頭～2013年半ば

と予測される。

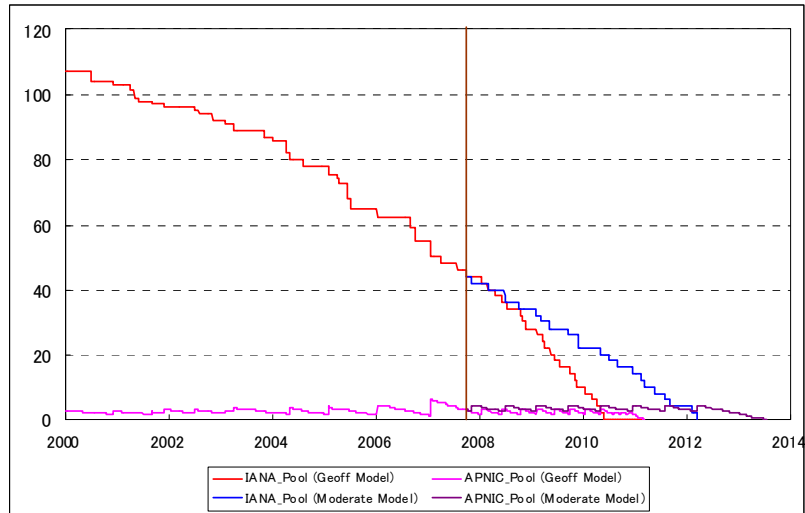


図 2-4 IPv4 アドレス在庫枯渇時期の予測結果

3 アドレス在庫枯渇への対応方策

第2章に示した通り、早ければ、2011年初頭には、日本国内でIPv4アドレスの補充が困難となる見込みである。

このため、インターネット及びその利用の継続的な発展を確保するためには、2011年初頭までの3年間で「引き続き利用者を受け入れ可能」とするための初期的な対応が完了していなければならない。

したがって、「IPv4と互換性を持つ新たな通信方式の開発」を始めとする抜本的な新規技術開発に対応を委ねた場合、その実現が間に合わない可能性が極めて高いことから、基本的に既存技術で対応可能と思われる方策を念頭に検討すべきである。

また、IPv4アドレスは、その絶対量が 2^{32} (=4,294,967,296)と厳密に定められた資源であり、この総数は不変である。

このため、「IPv4を利用し続ける」という立場をとった場合、

①1つのアドレスを複数のノードで共用する(IPアドレスの節約)

②アドレスを余すところ無く利用する(IPアドレス利用の最密化)

の2つの方策以外、対応方策は存在し得ない。

その一方で、「IPv4以外の方式を利用する」という立場をとった場合、

③新たなアドレス資源の利用

という別の対応方策も選択可能となる。

したがって、本節では上記3種類の対応方策について、既存技術での実現可能性の観点から具体的な技術的方策を抽出した上で、「IPv4アドレス在庫の枯渇への対応方策」として選択すべき方策は何かについて検討を行う。

3.1 具体的対応の検討

3.1.1 「IPアドレスの節約」について

1つのアドレスを複数のノードで共有すれば、原理的には無限のノードをインターネットに接続することができる。

この場合、共有アドレスを割り当てられたノードが通信の発出元となる場合は、基本的にNAT(Network Address Translation)/NAPT(Network Address Port Translation)を用いることで対応でき、またそれ以外の技術の利用は一般的ではない。

一方、共有アドレスを割り当てられているノードを通信の受信先とする場合には、何らかの方法で「1つのアドレスを共有する複数のノードのうち、特定のノード」を指定することが必要となる。この場合、特定のノードで利用するTCP(Transmission Control Protocol)やUDP(User Datagram Protocol)のport番号を予め定めておき、NAPTを利用することで解決できる。

したがって、IPアドレスの節約手段としては、「NAT/NAPTの利用」を方策として検討することが適当である。

3.1.2 「IP アドレス利用の最密化」について

IPv4 アドレスは原理的に 43 億個しか存在し得ないが、余すところなく利用することによって、アドレス在庫の枯渇時期の先延ばしを図ることが可能となる。

しかしながら、現状の国際的在庫は/8 単位で 41 単位(6.8 億個)しか残っておらず、その他のアドレスは、

- ・規格上、特別の用途(Private アドレス、マルチキャストアドレスなど)が定められている (36 単位強:約 6.1 億個)
- ・既に何らかの割り振りがなされている(179 単位弱:約 30.0 億個)

状態にある。

同時に、現在の割り振りルールでは、/21 単位 (アドレス 2048 個単位) で高々一年の需要を満たす程度のアドレスが割り振られるため、今後の割り振りについては概ね最密化が図られるものと考えられる。

このため、IPv4 アドレスを現状以上に密に利用するためには、「既に利用者/用途の決まっている IPv4 アドレスについて、より最密化を図る」ことが必要である。

したがって、「IP アドレス利用の最密化」の手段としては、「割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分」を方策として検討することが適当である。

3.1.3 「新たなアドレス資源の利用」について

43 億個の IPv4 アドレスとは異なるアドレスを利用可能なプロトコルへの移行が図られれば、IPv4 アドレスの在庫が枯渇したとしても、新たなアドレス資源を利用することで引き続きインターネットの発展を図ることが可能となる。

IPv4 アドレスとは異なるアドレスを利用可能なインターネット向けの通信方式としては、IPv4 の標準化を行った IETF(Internet Engineering Task Force)により IPv4 の後継プロトコルとして、IPv6(Internet Protocol version6)の標準化がなされている。

また、IPv4 アドレスの管理を行っている ICANN (The Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) や各地域のアドレス管理団体からも、既に IPv4 枯渇への対応としてネットワークの IPv6 化が推奨されている状況にある。

加えて、IPv6 以外には、他のプロトコルの機能を用いることなく IPv4 と共存できる標準化済みの通信方式は存在しないことから、新たなアドレス資源の利用手段としては、「IPv6 への移行」を検討することが適当である。

なお、インターネットの IPv6 への移行については、IPv4 アドレスがいずれ枯渇するとの前提のもと、2000 年代初頭よりその必要性が強く訴えられてきたものの、インターネットにおける 2007 年 3 月末現在での IPv6 による通信量は、財団法人インターネット協会による「IPv6 普及度調査」によれば、IPv4 による通信量の 0.1%程度に留まっている。このため、IPv6 への移行を IPv4 アドレス在庫の枯渇対応策とすること

に疑問が呈せられる可能性もある。

しかしながら、IPv6 は、既にインターネット経由での緊急地震速報の配信や、インターネットそのものではないもののNTT 東日本／西日本が提供する地域 IP 網における映像配信や次世代ネットワークに利用されるなど、その利用が広がり始めているところである（参考資料 5 参照）。

したがって、IPv6 は実用化に向け種々の研究開発がなされたことで、技術的には実利用可能な段階まで達しているものの、必要に応じて IPv4 アドレスの割り振りを受けることができる現時点では、敢えて IPv6 を利用しなくとも、利用経験やシステム構築経験が十分ある IPv4 を利用すれば足りることが殆どであるため、IPv6 の利用が広がっていないものと考えられる。

したがって、「IPv6 への移行」は、新たな IPv4 アドレスの割り振りを受けことが困難となった段階においては、インターネットの継続的な発展を支える方策として有効に機能すると考えられる。

3.2 各方策の概要及び評価

3.2.1 NAT/NAPT の利用

基本的には、ネットワークを LAN(Local Area Network) と WAN(Wide Area Network) とに切り分け、WAN 側では一つの Global IP アドレスを、LAN 側では Private IP アドレスを用いることで一つの Global IP アドレスを、複数のノードで共有する方策である。

Global IP アドレスと Private IP アドレスの変換については、主に

- ・ 予め設定されたルールにしたがって、静的に変換
- ・ 直近に行われた通信の実績にしたがって、動的に変換

の 2 つの手法によって行われる。

このため、LAN 内のノードから WAN 側へアクセスを試みる場合には、基本的に問題なく通信が成立する。一方、WAN 側から LAN 内のノードへアクセスを試みた場合には、上記の「予め設定したルール」を任意の第三者に広く知らしめる技術的仕組みが存在しないため、当該ルールを事前に知る者からのアクセスは実現可能だが、当該ルールを知らない者、即ち広く一般からのアクセスを実現することは極めて困難となる。

また、通信プロトコルやアプリケーションによってはペイロード部に IP アドレス等に係る情報を包含していることがあり、これらについては、NAT/NAPT の導入者が通信プロトコル／アプリケーション毎に ALG(Application Level Gateway)を導入しなければ、対応できない。

なお、NAT/NAPT は家庭内や事業所内で IP アドレスを共有するために現に広く用いられているが、大規模な NAT/NAPT はケーブルインターネットの一部で運用されているに留まっており、またその運用ノウハウは、家庭内や事業所内での利用とは全く異なったものであることに留意する必要がある。

この前提の元、IPv4 アドレス在庫枯渇への対応方策としての、「NAT/NAPT の利用」についての評価は、以下の通りである(詳細については、参考資料6-1を参照)。

(1) 対応方策としての効果

- ー コンシューマなど、インターネットの「利用者」へ適用した場合、一定のアドレス節約効果が見込まれる
- ー Web サイトなど、インターネット上でのサービス提供を目的に設置されたノードへ適用した場合、本来の目的である「広く一般へのサービス提供」が実現できなくなる恐れがある
- ー したがって、利用可能な領域が限定的であり、対応方策としての効果は限定的である

(2) 対応方策として選択するに当たり考慮すべき事項

- ー アドレスの節約が果たされる者(コンシューマ向けインターネット接続サービス提供者等)と、引き続きアドレスが必要となる者(サービス提供者やデータセンター等)が合致しない
- ー インターネット接続サービスの一部として用いるような「大規模な NAT」の運用経験が浅いことから、ノウハウ構築が必要な可能性がある
- ー 技術的にどの程度の大規模集約化が可能であるか、現時点では見積もれない
- ー 集約を進めるにつれコストが増加するため、最終的に必要なコストを見積もることができない

(3) 対応方策として選択した場合に発生する問題点

- ー NAT/NAPT や ALG の導入者が「通すことのできる通信」を必然的に限定することとなる。したがって、「あらゆる通信を通す」ことは原理的にできなくなり、必ず「インターネット接続サービス」の提供に制限が生じることとなる
- ー 一つのアドレスを複数のノードで共有するため、問題が生じた際に WAN 側からは原因ノードを特定できなくなる

3.2.2 割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分

基本的には、何らかの組織に割り振られたアドレス、もしくは規格として特定の用途が決まっているアドレスについて、真に必要なアドレス以外を回収し、別の者に割り振り可能とする方策である。

本方策については、自主的にアドレスが返還されることを期待する以外には、基本的に IETF や ICANN における国際的合意であるアドレス割り振りのポリシーの変更が必須であり、その実現にあたっては、

- ・ IETF において、特定用途向け IP アドレスのあるべき姿及び所要量の見直し
- ・ ICANN において、既にアドレスの割り振りを受けている者から「真に必要なアドレス以外のアドレス」を抛出させる方法
- ・ ICANN において、「真に必要なアドレス」の見積もり方法

などについて国際的合意がなされる必要がある。

また、一般的に IPv4 を用いたネットワークシステムは、割り振られた IP アドレス全てを利用可能であることを前提に設計・構築されることが多いため、アドレスを抛出するためには、相当の費用をかけてシステム改修を行うことが必要となる可能性が高い。

この前提の元、IPv4 アドレス在庫枯渇への対応方策としての、「割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分」についての評価は、以下の通りである（詳細については、参考資料 6-2 を参照）。

(1) 対応方策としての効果

- ー インターネットに接続可能なノードの絶対数が増えるわけではない
- ー 過去に割り振られたアドレスについて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が回収努力を行う中、実際に回収されたアドレスは高々 2% 程度。現在の全世界における新規アドレス需要（2007 年は/8 単位で 13 個相当。うちアジア太平洋地域は 7 個）はアドレス全体の 5% 程度にも達しており、自主的な返還では高々数ヶ月分の需要しか満たせないと見込まれる
- ー したがって、アドレス割り振りのポリシー変更について国際的合意がなされない場合は、効果は殆ど見込めない
- ー 仮に強制力が発揮されたとしても、例えば 5 年分のアドレス需要を賄うためには、既に割り振られているアドレスの 1/3 が回収されることが必要であり、単独では対応方策足りえない

(2) 対応方策として選択するにあたり考慮すべき事項

- ー 実施にあたって必須条件となる「アドレス割り振りポリシーの変更」に関するスケジュールが現時点では見えていない。少なくとも 3 年以内にポリシーが変更される担保が無ければ、対応方策として選択できない
- ー アドレス割り振りポリシーが変更される場合には、IP アドレスの割り振りを受けている者が誰であるかについて、現状と同程度の確実性を持って確認できることが必要である。即ち、ある IP アドレス宛の通信をどこへ中継することが適当であるかの判断の正当性を保証するための情報が、相当の正確性をもって更改されていることが必要である
- ー アドレス回収について強制力が発揮された場合、アドレス割り振りの細分化が助長される恐れがある。現状の 2 倍程度に細かくなった場合、ルータが記憶すべき経路の情報量がルータ内のメモリ容量を超え、既存ルータでは対応できない可能性が高い

(3) 対応方策として選択した場合に発生する問題点

- ー アドレス割り振りの細分化が起きた場合、アドレス補充を受けた者に関わらず、

全てのインターネット運用者に対してコスト増要因となり、受益者と負担者が合致しない

- － 所要コストがアドレス割り振りポリシーに依存するため、最終的に必要なコストを見積もる事ができない

3.2.3 IPv6 への移行

IPv4 とは共存はできるが互換性の無い(そのままでは相互に通信できない)通信方式へ移行する方策である。

IPv4 と IPv6 は通信機器内では別の通信方式として扱われることが一般的であり、仮に別の通信方式として扱われない場合でもパケットヘッダの冒頭 4 ビット(バージョン部)で IPv4 と IPv6 が弁別されるため、既存ネットワークへ IPv6 パケットを流したとしても問題が生じないことが保証される。

また、アドレスが 2^{128} ($=3.4 \times 10^{38}$ 、100 億人が毎秒 1 億個使い捨てたととしても 10 兆年利用可能)と膨大なため、「アドレス在庫の枯渇」への対応方策としても、十分な効果が見込まれる。

その一方で、比較的新しい技術であり、またその利用も一般化していないことから、製品がこなれていない、運用ノウハウや運用支援ツールが不足、など、即大規模な利用を開始するには様々な難点がある。

この前提のもと、IPv4 アドレス在庫枯渇への対応方策としての、「IPv6 への移行」についての評価は、以下の通りである(詳細については、参考資料 6-3 を参照)。

(1) 対応方策としての効果

- － 恒久的な対策と言いうる

(2) 対応方策として選択するに当たり考慮すべき事項

- － 何らかの追加的措置無しには、IPv4 ネットワークと IPv6 ネットワークの間で通信を行うことはできない。トランスレータ (IPv4 によるネットワークと IPv6 によるネットワークを接続する通信プロトコルの翻訳装置) を用いることで解決可能な範囲もあるが、全ての通信について確実に中継することを保証することは不可能
- － 特に、ペイロード部に IP アドレス等に係る情報を包含している通信プロトコルやアプリケーションについては、トランスレータの導入者が通信プロトコル/アプリケーション毎に ALG を導入しなければ、IPv4 ネットワークと IPv6 ネットワーク間の通信を中継できない
- － 現状利用されている機器やサービスが対応できない可能性があり、それら機器については機器そのものもしくはソフトウェアの入れ替えが必要。このため、既存の IPv4 利用者やサービスの全てを、3 年以内に IPv6 に完全移行させるこ

- とは極めて困難であり、何らかの中つなぎ策を併せて実施することが必要
- － 運用経験が一般的に浅く、運用支援ツールなども現状では不足気味である
 - － アドレス利用について節約を図る必要が無い場合、通信経路が増大する恐れがある

(3) 対応策として選択した場合に発生する難点

- － IPv4 ネットワークの運用停止ができるまでは、IPv4 ネットワークと IPv6 ネットワークという論理的に異なる 2 つのネットワークを同時運用する必要があるため、運用コストが確実に増加するが、その上限は現状運用コストの 2 倍未満と見積もることができる

3.3 選択すべき対応方策

今般行う検討は、日本国内で IPv4 アドレスの補充が困難となった場合であっても、インターネット及びその利用の継続的な発展を確保可能とするために実施するものである。

よって、選択される対応方策は、IPv4 アドレスの補充が困難となる可能性のある 2011 年初頭まで、すなわち 3 年程度で初期対応が可能なものであることが求められる。

このため、前述の 3 つの対応方策には、それぞれ実現にあたって解決すべき課題が存在するが、その選択にあたっては、当該課題が 3 年程度で解決可能なものであるかを最も優先して検討する必要がある（期限内での方策実現可能性）。

同時に、インターネット及びその利用の継続的な発展、という観点からは、現状のインターネットで実現可能な利用方法が、引き続き実現可能であることが望ましいことは言うまでもない（サービスの継続性）。

また、いずれの方策であっても、その影響が一般利用者にまで及ぶことが必至であることから、一旦着手した場合、途中で別の方策に切り替えることが困難であることも念頭に置く必要がある（効果の永続性）。

したがって、これら 3 つの観点を念頭に 3 つの対応方策について比較考量を行う。

3.3.1 期限内での方策実現可能性に係る比較

まず、「NAT/NAPT の利用」については、基本的には機器の追加で実現できるため、サービスに制限が生じる、運用経験が不足しているという、すぐに解決することはできない課題が存在するものの、原理的には即時着手可能な方策であると言える。

その一方で、「割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分」については、方策としての効果を期待するために必須となる「アドレス割り振りポリシーの変更」が、国際的合意に基づいて行われるものであることから、3 年以内に課題を解決可能であるか疑問である。特に、割り振り済みのアドレスの回収については、早期よりインターネットを利用していったことから歴史的 PI アドレスを多数確保し IPv4 アドレスが比較的潤沢な

国々（米国や欧州の一部）と、インターネットの一般利用開始以降に IP アドレスの割り振りを受け始めた国々、特に全世界においてインターネットが広く使われるようになってからインターネットの普及が始まった新興国（中国を始めとするアジア・太平洋地域やブラジルを始めとする南米地域、アフリカ地域など）との間で、その立場が大きく異なるため、数年程度の IPv4 アドレス需要を満たすだけのアドレスが回収できるようなポリシーの変更が今後 3 年で実現する見込みは殆ど無いと考えることが適当である。

国別IPv4アドレス分布

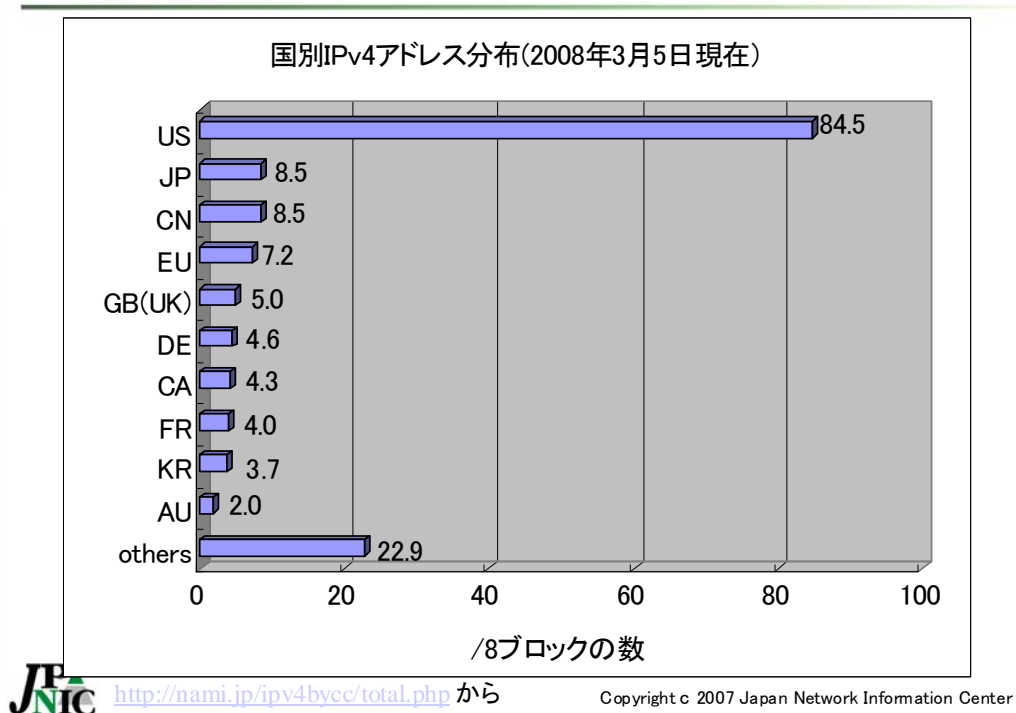


図 3-1 国別の IPv4 アドレス分布状況
(社団法人 日本ネットワークインフォメーションセンター提出資料より)

また、「IPv6 への移行」については、製品開発等一定の期間を要する課題が存在すると共に、機器やソフトウェアの入れ替えが必要となる可能性があるため、3年以内に全面的に課題を解決可能であることを担保することは極めて困難である。

3.3.2 サービスの継続性に係る比較

まず、「NAT/NAPT の利用」については、「WAN 側から LAN 内のノードへアクセス」について制限が生じることは不可避であり、方策として選択した場合、現行サービスの継続性を担保できない。

その一方で、「割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分」については、技術的には現

状と何ら変化が無いことから、方策として選択したとしても、サービスに影響を与えない。

また、「IPv6 への移行」については、機器やソフトウェア、サービスの全てが IPv6 に対応すれば、現状のインターネットで実現可能なことは全て実現可能である。

3.3.3 効果の永続性に係る比較

まず、「NAT/NAPT の利用」については、当該方策でアドレスの節約を実現できる者（一般利用者を多数収納するインターネット接続事業者など）と困難な者（広く一般からのアクセスを求めるインターネット上のサービス事業者など）とが存在するため、効果の永続性については疑問がある。

また、「割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分」については、インターネットに接続できるノードの絶対数が増加しないことから、効果の永続性は限定的であると判断せざるを得ない。

その一方で、「IPv6 への移行」については、膨大なアドレスを利用可能となることから、その効果は永続的であると言えることができる。

3.3.4 選択すべき方策

上述の 3.3.1 節から 3.3.3 節をまとめると、以下のようになる。

表 3-1 対応方策の比較

	NAT/NAPT の利用	割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分	IPv6 への移行
期限内での方策実現可能性	○	疑問	極めて困難
サービスの継続性	制限が生じる	○	○
効果の永続性	疑問	×	○

これを踏まえると、

- ・ 1つの方策のみで3つの観点を満たすことはできない
- ・ 2つの方策で3つの観点を満たすことができる組み合わせは「NAT/NAPT の利用」と「IPv6 への移行」のみである
- ・ 3つの方策を組み合わせれば、3つの観点を満たすことができる

と考えられる。

その一方で、それぞれの方策実施にあたっては相当に多額の費用の発生が予想されることから、実施される対応方策はより少ないことが望まれる。

したがって、「IPv4 アドレス在庫の枯渇への対応方策」としては、

- ・ 本質的な対応方策として、サービスの提供に制限が生じないこと、効果の永続

性が唯一見込まれることから「IPv6 への移行」を行う

- ・しかしながら、「IPv6 への移行」を IPv4 アドレス在庫の枯渇時期までに完全に実施することは困難であることから、当初対応として「NAT/NAPT の利用」を行う

ことが最も適切と考えられる。

なお、「割り振り済みの IPv4 アドレスの再配分」については、その実施を否定するものではないが、「アドレス割り振りポリシーの変更」がなされるにあたっては、3.2 節に述べた問題点などを念頭に対応を進めることが必要である。

4 アドレス在庫枯渇への対応方策の導入手順

第3章までの検討により IPv4 アドレス在庫枯渇に対応するためには、単独の方策では、期限内での解決、サービスの継続性の確保、効果の永続性という3つの観点を満たすことはできず、「NAT/NAPTの利用」によるIPv4アドレスの節約と、「IPv6への移行」を並行して実施することが必要であることが明らかになった。

しかしながら、その特質の異なる2つの方策を組み合わせる場合、導入手順を誤ると、双方のデメリットのみが現れ、対応方策として機能しなくなる恐れがある。

また、インターネットは特定の者が集中的に管理・運用しているものではないため、IPv4アドレス在庫枯渇への対応は、全てのステークホルダーが協調して推進することが必要である。

このため、IPv4アドレス在庫枯渇への対応方策の導入手順について検討を行い、当該方策が有効に機能するための導入手順を示すと共に、IPv4アドレス在庫枯渇前後におけるインターネットの通信環境の変化についての共通認識の醸成を促すこととする。

4.1 対応方策導入にあたっての考え方

4.1.1 インターネットを構築する基本的要素

インターネットは、大まかに大別すると、インターネットに繋がるノード（機器）とその機器を繋げる「ネットワーク」とで構成されている。

このうち、「機器」については、その利用形態に着目すると、インターネットを通じて便益を提供する「サービス側」と便益を受ける「ユーザー側」とに大別される。

即ち、インターネットとは、

ユーザー ⇔ ユーザー側機器

⇔ ネットワーク ⇔

サービス側機器 ⇔ サービス提供者

という形での情報の流通を介して多様な便益を提供可能とするシステムと考えることが適当である。

したがって、アドレス在庫枯渇への対応方策導入手順は、インターネットを「ユーザー」、「ネットワーク」、「サービス」の3要素に分離した上で、各要素の特質を踏まえて検討することとする。

なお、この場合、

- ・「ユーザー」は、ネットワークを通じて提供されるサービスを享受したり、もしくはユーザー同士で直接通信を行ったりする者
- ・「ネットワーク」は、ユーザーとサービス提供者、もしくはユーザーとユーザーの間の通信を媒介するもの
- ・「サービス」は、ネットワークを通じてユーザーに提供される便益

であり、現存するそれぞれの組織がいずれか一つの要素に適合するわけではないことに注意する必要がある。

例えば、一般の「インターネット接続サービス」は、

- ・ユーザーに対して、他のノードへの接続性や情報の到達性を提供する「ネットワーク」部分
- ・ユーザーに対して、メールや Web サイトのホスティング、ポータルサイトの提供などの「サービス」部分

からなり、同様に、Webサイトを保有する企業などは、

- ・ネットワークの「ユーザー」としての側面
 - ・消費者等に対して「サービス」を提供するサービス提供者としての側面
- の双方を持っていることに注意する必要がある。

4.1.2 3要素の基本的特質と当該特質による方策導入手順への影響

(1) ユーザーの特質

「ユーザー」にとって、インターネットとは便益を受ける手段に過ぎない。

すなわち、インターネットを通じてのみ受けることのできる便益とインターネットの利用に係る障壁、もしくはインターネット以外の便益を受ける手段（例えば現実の店舗経由でのサービス提供）とインターネット経由で便益を受ける際の利便性や障壁の大きさを比較考量し、インターネットを通じて便益を受けることを選択した結果、その手段としてインターネットを利用しているに過ぎない。

したがって、対応方策の導入に要する障壁が大きい場合、ユーザーは対応方策を導入するのではなく、インターネットを利用しないことを選択する可能性がある。特に、個人ユーザーなどについては、対応方策が複雑である場合、インターネットの継続的利用を希望したとしても、その実施を断念せざるを得なくなる可能性も念頭に置く必要がある。

同時に、多くのユーザーが対応方策の導入を避けるためにインターネット利用を断念するとした場合、「アドレス在庫枯渇への対応」を実施する目的であるインターネットの継続的発展が果たせなくなることから、対応方策の導入手順は、殆どのユーザーにとって、「特段の努力を要しないもの」であることが求められる。

これらを踏まえると、対応方策の導入手順は、「方策導入の過渡期においては、基本的にユーザーが対応方策の導入について積極的な対応を要するものでないこと」が求められる。

(2) サービスの特質

「サービス」にとっては、その提供する便益の種類によってインターネットの位置づけは大きく異なる。すなわち、インターネットが存在して初めて提供可能となった便益（例えばポータルサイトなど）と、インターネット以外の手段でも提供可能な便益（例えば通信販売など）とが存在する。

前者にとっては、インターネットは唯一の便益提供手段であるため、ユーザーとの間で通信を行う環境の変化が必然のものであれば、その変化への対応を柔軟に行

うことが期待できる。

その一方で、後者にとっては、インターネットは、他の手段と比して数多くのユーザーに対し低廉かつ容易に即時性をもって便益を提供するための手段として利用されているものであることから、ユーザーとの間で通信を行う環境の変化が生じ便益提供手段としての障壁が非常に高くなった場合には、インターネットを利用しないことも考えられる。

しかしながら、両者とも激しい競争にさらされている分野でもあることから、インターネットにおける通信環境の変化への対応がビジネスとしての将来性獲得に必須であることが示されれば、対応策の導入について、相応に積極的な対応を期待できる。

(3) ネットワークの特質

「ネットワーク」にとっては、アドレス在庫枯渇への対応は、その発展の継続の観点から必須である。

同時に、「ネットワーク」が対応方策を導入しない場合、「ユーザー」や「サービス」がどんなに努力したとしても、その両者がインターネットを通じて通信することができなくなる恐れがある。

このため、「ネットワーク」は、アドレス在庫枯渇までに初期対応を完了し、同時にいつでも「ユーザー」や「サービス」が本質的対応を実施可能な環境を整備する最も重要な責務を負っていると考えられる。

したがって、対応方策の導入にあたっては、可能な限り「ネットワーク」が積極的な対応を行うものとし、「ネットワーク」による対応が論理的に不可能もしくは不合理な部分に限り「サービス」や「ユーザー」の対応を要する方式であることが望ましい。

4.1.3 対応方策の特質と当該特質による方策導入手順への影響

(1) NAT/NAPT の特質

a) 双方向アクセスが困難

第3章で述べたように、NAT/NAPT を用いた場合、各ノードに払い出される IP アドレスは Private IPv4 アドレスとなり、ユニーク性が確保されなくなる。このため、NAT/NAPT 下に収容されたノードから Global IPv4 アドレスが払い出されたノードにアクセスすることは可能であるが、その逆は困難となる。

したがって、任意の者からのアクセスを期待するノード、即ち「サービス」については引き続き Global IPv4 アドレスが必要となると共に、「ユーザー」においても、例えば P2P 通信の利用などを希望する場合には何らかの形で Global アドレスを払い出さなければならない。

このことから、NAT/NAPT は「ユーザー」への適用に限られると共に、少なくとも NAT/NAPT が適用される利用者に対しては、何らかの形で Global アドレスが払

い出されることが必要となる。

b) アドレスに依存したユーザー弁別が困難

第3章に述べたように、NAT/NAPT を用いた場合、各ノードに払い出される IP アドレスは Private IPv4 アドレスとなり、ユニーク性が確保されなくなる。

このため、「サービス」が「ユーザー」を弁別するにあたり、「ユーザー」のノードに払い出されたアドレスや「ユーザー」からの通信送信元アドレスとなる Global IPv4 アドレスを利用している場合、ユーザー弁別が正常に行われなくなる恐れがある。

このことから、「サービス」は、NAT/NAPT 下に「ユーザー」が収容されている可能性を念頭に置いたサービス提供方法とする必要がある。

c) 同時通信セッション数の制限

第3章で述べたように NAT/NAPT は、LAN 側のどのノードから WAN 側のどのアドレス宛の通信がなされたかの履歴を把握することで、WAN 側からの返信を適切なノードに中継するため、必然的に同時に中継可能な通信セッション数に制限が生じる。

このため、LAN 側から一斉に多数の通信がなされた場合、正常な通信の中継がなされない可能性がある（現に 2003 年夏に MS_Blaster と呼ばれるコンピュータ・ウイルスが流行した際に、当該ウイルスに感染した PC が他の PC に伝染を試みる通信が大量発生し、一部のケーブルインターネットにおいて NAT/NAPT 装置に不具合が生じている）。

このことから、「サービス」は、NAT/NAPT 下の「ユーザー」は同時通信セッション数に制限がある可能性を念頭においたサービス提供方法とする必要がある。

d) NAT/NAPT は IP パケットのペイロード部に関与しない

第3章で述べたように NAT/NAPT は、基本的に IP パケットのヘッダ部に記される送信元アドレス若しくは宛先アドレスの変換を行うのみである。

このため、IP パケットのペイロードに収容されたデータに IP アドレスに基づく情報が記載されている場合には、原則として、別途 ALG により当該情報を変換する必要がある。しかしながら、ALG は「サービス」毎に異なったものが必須になるため、ネットワーク内に全ての「サービス」に対応した ALG を設置することは不可能である。

このことから、「サービス」は、「ネットワーク」内に NAT/NAPT が存在することを念頭に、IP パケットのペイロード部に収容されるデータに IP アドレスに基づく情報を記載しないサービス提供方法とするか、「ユーザー」に対し専用の ALG を配布するかのいずれかとする必要がある。

(2) IPv6 の特質

a) IPv4 ネットワークとは通信できない

第3章で述べたように IPv6 は IPv4 と互換性が無いため、IPv6 のみが払い出されたノードから IPv4 のみが払い出されたノードへの通信、もしくは IPv4 のみが払い出されたノードから IPv6 のみが払い出されたノードへの通信を成立させるためには、トランスレータが必要となる。しかしながら当該トランスレータはインターネットを通じて提供されるアプリケーション毎に異なったものが必須になるため、「ネットワーク」内に全ての「サービス」に対応したトランスレータを設置することは不可能である。

このことから、「サービス」は、IPv4 と IPv6 の双方に対応するか、いずれか一方に対応すると共に他方については自ら設置するトランスレータにより対応する、あるいはいずれか一方に対応し他方については「ユーザー」に対し専用のトランスレータを配布する、のいずれかとする必要がある。

また、単純な Web ページの表示等であれば、IPv4 と IPv6 の IP パケットヘッダのみを変換する単純なトランスレータで汎用的に対応できるが、そのようなトランスレータの提供は、本節の区分では「サービス」に相当するため、いずれにせよ「ネットワーク」内にトランスレータは設置されないこととなる。

なお、このようなトランスレータによってアドレス変換を行った場合、攻撃行為等の匿名化手段として悪用される恐れがあるため、このようなトランスレータを設置する場合には、アクセス解析機能の強化も必要となることに留意する必要がある。

4.2 対応方策導入手順

4.1 節に述べた考え方を踏まえると、対応方策は

- ・ IPv4 アドレス在庫枯渇前（2010 年まで）
- ・ IPv4 アドレス在庫枯渇期初期（2011 年初頭から）
- ・ IPv4 アドレス在庫枯渇期中期（早ければ 2012 年初頭）

の3段階を経て導入することが適当である。

その上で、IPv4 を利用する必要性が十分に減少した段階（IPv4 アドレス在庫枯渇最終期）で、「ネットワーク」及び「サービス」による IPv4 対応を終了し、インターネットの IPv6 への移行とすることが適当である。

なお、IPv4 アドレス在庫枯渇期中期は、現在の IPv4 アドレスの追加割り振りが、今後1年程度の需要相当分を基本になされていることから、早ければ 2012 年初頭にも到来することとなる。

4.2.1 IPv4 アドレス在庫枯渇前

IPv4 アドレス在庫枯渇前は、新規の IPv4 アドレスがなくなった後も、新規ユーザーを受け入れ可能とするための準備期間である。つまり、既存の IPv4 によるインター

ネット接続環境を維持しつつ、「ユーザー」「サービス」が本質的な対応である IPv6 への移行が可能な環境を整備する時期である。

したがって、インターネットの基本3要素は以下の対応をとることが基本となる。

(1) ネットワーク

「ネットワーク」は、IPv4 ネットワーク及び IPv6 ネットワークの双方を構築し、遅くとも IPv4 アドレス在庫枯渇前までに IPv6 による接続を基本サービスに含まれるものとして提供する。

(2) サービス

「サービス」は、可能な限り IPv4 アドレス在庫枯渇前までに、IPv4/IPv6 両対応化を図ると共に、IPv4 対応部分については、NAT/NAPT 下に收容された「ユーザー」にも対応したサービス提供方式に改めることが望ましい。なお、IPv6 への対応は、システムの変更による方法と、トランスレータを用いる方法とがある。

(3) ユーザー

「ユーザー」は、インターネットに接続する機器や当該機器に導入するソフトウェアなどについて、調達や更改、改修の時期を捉えて可能な限り IPv4/IPv6 両対応化を図ることが望ましい。

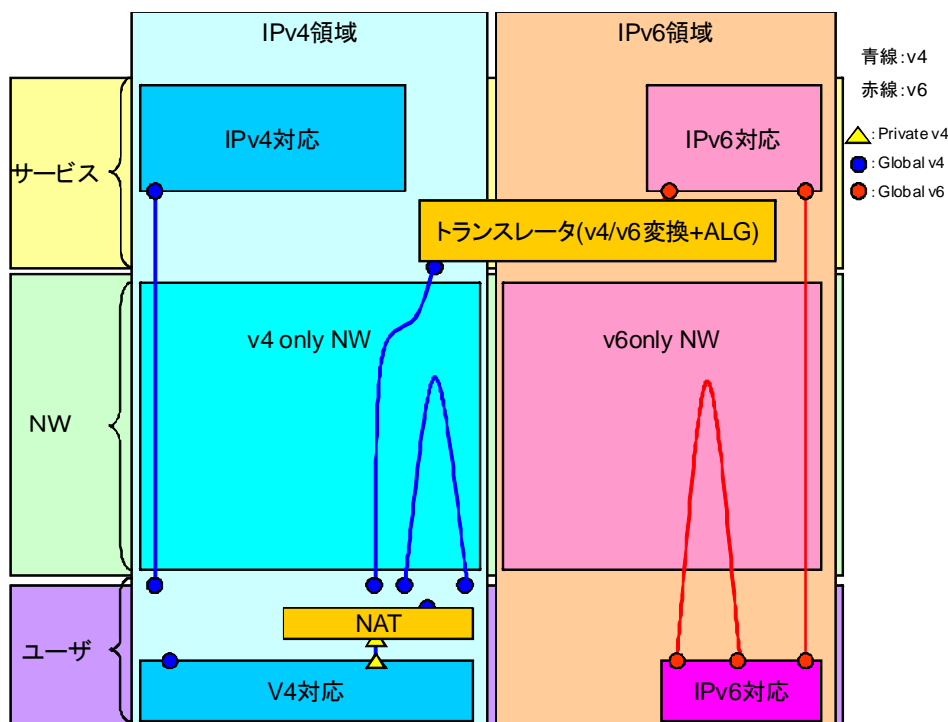


図 4-1 IPv4 アドレス在庫枯渇直前期のインターネットのモデル図

4.2.2 IPv4 アドレス在庫枯渇期初期

新規の IPv4 アドレスが無くなった段階であり、新規の「ユーザー」に対しては Global IPv4 アドレスを払い出すことが困難となり、これら「ユーザー」については NAT/NAPT 下へ収容される時期である。

したがって、インターネットの基本3要素は以下の対応をとることが基本となる。

(1) ネットワーク

「ネットワーク」は、IPv4 アドレス提供の困難度上昇に合わせ、新規顧客については NAT/NAPT 下への収容を開始する。

全てのユーザーに提供可能な Global IP アドレスは IPv6 のみとなる。

(2) サービス

「サービス」は、IPv4/IPv6 両対応化を図ると共に、IPv4 対応部分については、NAT/NAPT 下に収容された「ユーザー」にも対応したサービス提供方式とする。

なお、これが実施できない「サービス」は、IPv4 アドレス在庫枯渇期初期以降に「ネットワーク」に接続する「ユーザー」からは接続不能となり、接続不能な「ユーザー」が徐々に増加することに留意する必要がある。

(3) ユーザー

「ユーザー」は、可能な限りインターネットに接続する機器や当該機器に導入するソフトウェアなどについて、IPv4/IPv6 両対応化を早期に進める。

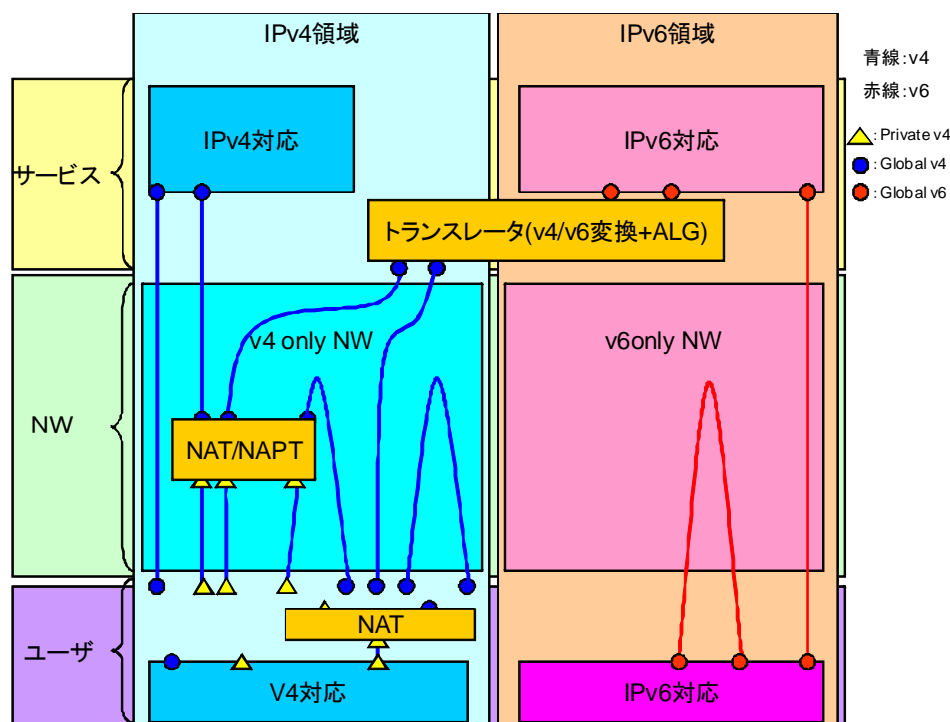


図 4-2 IPv4 アドレス在庫枯渇期初期のインターネットのモデル図

4.2.3 IPv4 アドレス在庫枯渇期中期

Global IP アドレスが必須である「サービス」に対して割り当てる Global IPv4 アドレスが逼迫し、既存顧客である「ユーザー」についても NAT/NAPT 下の収容への変更が必要となる時期である。

したがって、インターネットの基本3要素は以下の対応をとることが基本となる。

(1) ネットワーク

「ネットワーク」は、既存の顧客である「ユーザー」についても NAT/NAPT 下の収容への変更を開始する。

「ネットワーク」による接続サービスは IPv6 による提供が基本となる。

(2) サービス

「サービス」は、IPv6 による提供を基本とし、「ユーザー」に残る IPv4 のみに対応した機器/ソフトウェア向けに IPv4 による提供を継続する。

なお、これが実施できない「サービス」は、接続不能な「ユーザー」が一層増加し、接続可能な「ユーザー」数が急速にゼロに漸近することとなる。

(3) ユーザー

「ユーザー」は、可能な限り IPv6 を利用する。

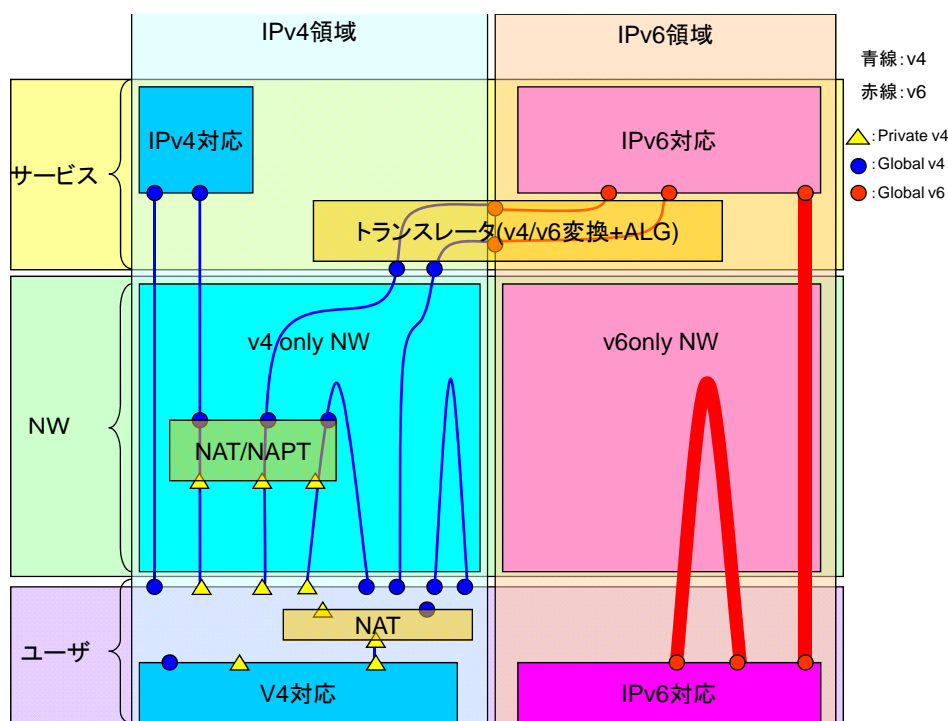


図 4-3 IPv4 アドレス在庫枯渇期中期のインターネットのモデル図

4.3 ネットワークへの対応方策導入にあたって

現在、日本国内には「ユーザー」にインターネット接続サービスを提供する多数の ISP が存在しているが、ユーザーがこれらの ISP のインターネット接続サービスを利用するにあたっては、比較的少数の事業者が提供するアクセス網を利用している場合が多い。

このため、「ネットワーク」の IPv6 化にあたっては、アクセス網を通じて IPv6 によるインターネット接続サービスを提供する方法について検討することも必要である。

4.3.1 プレイヤーの整理

インターネット接続サービスやアクセス網のサービスについては、両者間の接続の方法によってそれぞれが担うべき機能が大きく変わる。

このため、検討の汎用性を担保するため、その双方にとって最も根本的な機能のみに着目して切り分けた上で、ユーザー収容方法について検討することが最も適当である。

まず、インターネット接続サービスの根本的な機能はインターネットへの接続性の提供である。その一方で、ユーザーからの通信が別のノードに到達するにあたっては、複数の者が提供するネットワークを経由することが一般であることから、どのネットワーク提供者がインターネットへの接続性を提供したのかが一義的に定まる定義を定める必要がある。この場合、「インターネットへの接続性の提供」に必須であり、かつ「一つの提供者のみが提供する」要素は、ユーザーへの IP アドレスの払い出しのみが考えられる。このため、本報告書では「自らが利用に責任を有する IP アドレスをユーザーへ払い出す」ことをインターネットへの接続性の提供と定義し、「リーチャビリティ」の提供と呼ぶこととする。

また、アクセス網のサービスの根本的な機能は、ユーザーの通信を「リーチャビリティ」の提供者に引き渡すこと及び「リーチャビリティ」から引き渡されたユーザー宛通信をユーザーに引き渡すことであり、本報告書ではこれを「コネクティビティ」の提供と呼ぶこととする。

この場合、「リーチャビリティ」や「コネクティビティ」は、特定の事業形態を指す言葉ではないことに留意する必要がある。例えばケーブルインターネットであれば「リーチャビリティ」と「コネクティビティ」を同一の者が提供することが一般的である。

4.3.2 具体的な方法

「コネクティビティ」が一つの「リーチャビリティ」のみと結びつくのであれば、特段の技術的配慮は不要である。

しかしながら、一つの「コネクティビティ」が複数の「リーチャビリティ」に結びついている場合、あるユーザーの通信をどの「リーチャビリティ」に引き渡すべきかをコネクティビティの中で判断し、中継を行わなければならない。このため、「リー

「リーチャビリティ」と「コネクティビティ」の間の接続は、ユーザーがどの「リーチャビリティ」に中継すべきかを弁別しうる方法でなされる必要がある。

これについて、技術的方法を検討すると、「リーチャビリティ」の提供がユーザーへの IP アドレスの払い出しであることから、OSI 参照モデルにおけるどの階層で弁別を行うかによって、以下の 4 方式に分類することができる。

(1) レイヤー 1 (物理層) での弁別

物理回線レベルでユーザーを弁別し、接続すべき「リーチャビリティ」に物理的に接続する方法。

例えば、ユーザー宅に引き込まれたメタル線を、接続すべき「リーチャビリティ」向けの収容装置に直接ジャンプする方法などがこれに相当する。

この場合、「コネクティビティ」では IP レイヤーに関与しないため、「リーチャビリティ」は任意に IPv4 及び IPv6 の運用が可能となる。

(2) レイヤー 2 (データリンク層) での弁別

ユーザーの管理構内に設置する装置 (CPE : Customer Premises Equipment) に割り振られる機器 ID (Ethernet であれば MAC Address) を利用してユーザーを弁別し、レイヤー 2 レベルで接続すべき「リーチャビリティ」に接続する方法。

例えば、PPP (Point to Point Protocol) 、TAG-VLAN、MPLS などを利用する方法がありうる。

この場合、CPE が必須となるが、「コネクティビティ」では IP レイヤーに関与しないため、「リーチャビリティ」は任意に IPv4 及び IPv6 の運用が可能となる。

(3) IP アドレスによる弁別

ユーザーに払い出す IP アドレスについて、「リーチャビリティ」の弁別と、「コネクティビティ」がユーザーへ通信を引き渡すことの双方を勘案した上で決定する方法。

この場合、ユーザーに払い出す IP アドレスについて、「リーチャビリティ」側だけでは決定できないことから、ユーザーにどのような IP アドレスが払い出されるべきかに係る何らかのルールの整備が必要となる。

(4) トンネリング技術を用いた弁別

「コネクティビティ」において、ユーザーの管理構内に設置する装置 (CPE) に IP アドレスなどを払い出し「リーチャビリティ」の収容装置との接続を確保した上で、「リーチャビリティ」の収容装置からユーザーに対して改めて IP アドレスを払い出す方法。

例えば、IP-VPN、MIP (Mobile IP) 、NEMO (Network Mobility) などの IP in IP 技術や L2TP の利用が考えられる。

この場合、トンネリング技術に対応した CPE や端末が必須となると共に、IP パケットを別のパケットに収納する技術的オーバーヘッドが存在することになる。

4.3.3 留意すべき事項

(1) コスト

4.3.2 節に上げた4方式の実現に要する全体コストについては、具体的な実装方法に大きく依存するため、現時点で判断することは不可能である。

その一方で、(1)から(4)の順で「コネクティビティ」側の負担割合が大きく、「リーチャビリティ」側の負担割合が小さくなる。しかしながら、「コネクティビティ」側のコストも「リーチャビリティ」側のコストも最終的にはユーザーに転嫁されるため、負担割合の差異は方式の優劣には影響を及ぼさないことに留意する必要がある。

同時に、(1)から(4)の順で、ユーザー収容にかかる技術的オーバーヘッドが大きくなり、ユーザーの管理構内に設置する装置(CPE)の高機能化・複雑化が求められることにも留意する必要がある。

(2) 方式利用に伴う通信環境独自化のリスク

方式(1)を除くと、何らかの通信方式を用いてユーザーを弁別することとなる。この場合、国際動向と異なる方式選択がなされた場合、日本国内のユーザーの通信環境が、世界の一般的なユーザーの通信環境と別のものとなり、サービスの享受や機器の選定において、不利な通信環境となる恐れがある。

しかしながら、IPv6にかかる「コネクティビティ」と「リーチャビリティ」の接続方法及びその実現に必要な機器に関する国際標準化が十分に進んでいないことから、方式選定にあたっては、国際的な標準化動向も念頭に置きつつ、検討を行うことが必要である。

(3) 接続方法の決定

「コネクティビティ」と「リーチャビリティ」の接続方法については、両者間の事業境界を定めることにも繋がるため、双方の当事者間の協議により決定されることが適当である。

しかしながら、2010年までにIPv6によるインターネット接続が可能となるためには、接続方法の決定以降に、所要機器のメーカーによる開発、ネットワークへの設備の導入、ネットワークの検証の3工程に相応の期間を要する点に留意する必要がある。なお、これらに要する期間は接続方法に依存するが、それぞれの工程に半年から1年程度の期間を要するものと見込まれ、合計で2年半程度の期間を確保することが望まれる。

このため、「コネクティビティ」及び「リーチャビリティ」の関係者は、4.3.2 節(1)および(2)を念頭に置きつつ、速やかに両者を接続する方法に係る検討に着手し、早期に合意に達することが必要である。

なお、IPv6によるインターネット接続にかかる「コネクティビティ」と「リーチャビリティ」の接続方法の決定にあたっては、国内外の技術・製品動向等の「ネットワーク」側の観点のみならず、「ネットワーク」に接続する構成要素である「ユーザー」や「サービス」の観点も必要であり、後述する「5.2 プレイヤーの整理」

のとおり、多岐に渡るプレイヤーの利用環境、市場環境、事業環境、さらには海外インターネット事業の動向等に十分留意する必要がある。

5 アドレス在庫枯渇への対応に向けたアクションプラン

第4章に示した対応方策導入手順を実現するためには、参考資料7に示す多様な課題を解決することが必要であり、その解決のためには、インターネットに係わる全てのステークホルダーが協力して取組を進めることが必要である。

このため、個々のプレイヤーがいつまでに何をすべきかをアクションプランとして取りまとめ、我が国一体となった取組を推進することが必要である。なお、ここに示すアクションプランは、標準的な対応を想定したものに過ぎず、それぞれのプレイヤーが、自ら保有若しくは利用している機器やソフトウェア、サービスなどの全体像を見据えつつ、具体的な IPv4 アドレス在庫枯渇への対応化計画を策定する事がもっとも重要であることは言うまでもない。

5.1 アクションプランの検討方針

IPv4 アドレス在庫枯渇への対応は、一義的にはインターネットの基本的要素である「ネットワーク」、「サービス」、「ユーザー」がそれぞれ実施すべきものである。

しかしながら、IPv4 アドレス在庫枯渇への対応方策の導入にあたっては、上記3要素が独力では解決不可能な技術的課題が多数存在するため、他の要素やその他の周辺関係者の協力が必須となる（技術的課題の詳細については、参考資料7を参照）。

このため、アクションプランについては、

- ・まず導入手順にしたがって、「ネットワーク」、「サービス」、「ユーザー」（以下「直接関係者」という。）が実施すべきアクションプランを検討
- ・直接関係者が実施すべき事項のうち、当該関係者が独力では実施不能な事項について、周辺協力者や他の要素（以下「間接関係者」という。）の協力を得つつ達成すべく、当該協力事項について間接関係者のアクションプランを検討

という順を追って検討を行うこととする。

また、その検討にあたっては、直接関係者や間接関係者によって、その特質や能力が大きく異なることから、どのような関係者が存在するのかの整理も併せて行うこととする。

5.2 プレイヤーの整理

5.2.1 直接関係者

「ネットワーク」、「サービス」、「ユーザー」については、それぞれの要素内において、大きく特質の異なる者が混在しているため、下記の通り更なる細分化の上で検討を行うことが適当である。

(1) ネットワーク

4.3節に示したように、「リーチャビリティ」と「コネクティビティ」の2つに細分化して検討することが必要である。

(2) サービス

「サービス」については、その態様や技術的能力が極めて多様であり、どのような区分を図るとしても、それぞれのプレイヤーの特質をいい表すことは困難である。その一方で、実施すべき事項は「IPv6 ネットワーク経由でサービスを提供可能とする」と「NAT/NAPT 下に收容されたユーザーに対して IPv4 ネットワーク経由でサービスを提供可能とする」の2点に集約されるため、その実施にあたってのアクションプランにも大きな差は生じない。

このため、本検討は「サービス」を更なる細分化せずに行うこととする。

(3) ユーザー

「ユーザー」については、その態様や技術的能力が極めて多様である。

その中で、「ユーザー」の実施すべき事項は、「自ら保有するシステムの IPv6 対応化」が基本であることから、保有する機器/ソフトウェアの特質に応じてユーザーを細分化することで適切な間接関係者の検討が可能となる。

この観点から、「ユーザー」については、保有する機器/ソフトウェアの特質を踏まえ、以下の3つに細分化して検討することが適切である。

- ・インターネット利用に際し、「娯楽」等の側面も持つが故に、情報家電やゲームによる通信など、特殊なプロトコルを利用する蓋然性の高い「コンシューマ」
- ・パッケージ製品などを組み合わせて利用している蓋然性の高い「中規模ユーザー」
- ・自主開発や高度なカスタマイズがなされた、いわゆる一品物の情報システムを構築している蓋然性の高い「大規模ユーザー」

5.2.2 間接関係者

間接関係者については、上記直接関係者のほか、以下の4類型を検討することが適当である。

- ・全体への関与プレイヤーである「政府」
- ・IP アドレスの割り振りにかかわるアドレス管理組織や業界団体を始めとするインターネットの関連団体である「アドレス管理団体等」
- ・インターネットを形作る基本的な機器やソフトウェアを開発、製造する「メーカー/ベンダー」
- ・インターネット上のサービスを始めとする一品物を開発する「SIer (System Integrator) 及びアウトソーシングサービス事業者」

5.3 直接関係者にかかるアクションプラン

5.3.1 アドレス在庫枯渇期初期に向けたアクションプラン

(1) ネットワークに係るアクションプラン

ネットワークは、早ければ 2011 年初頭と予測される IPv4 アドレス在庫の枯渇時点において、IPv4 によるアクセスを望むユーザーのために NAT/NAPT を用いた

Private IPv4 アドレスによる接続サービスと、グローバルリーチャビリティの確保を望むユーザーのために IPv6 アドレスによる接続サービスの双方の提供が可能でなければならない。

これらの観点から、アドレス在庫枯渇期初期に向け、ネットワークは以下の対応をとることが必要となる。

a) ネットワーク（「リーチャビリティ」及び「コネクティビティ」）に係るアクションプラン

- 2010 年までに IPv6 によるインターネット接続を可能とすべく、4.3.3 節に示した留意事項を念頭に置きつつ、2008 年夏までに「リーチャビリティ」と「コネクティビティ」の接続方法について基本的な合意を得るべく、早急に共同での検討を開始する。

- 上記接続方法の合意を踏まえ、2010 年までに保有するネットワークについて、IPv4/IPv6 両対応化を図る。この場合、ルータ、スイッチなどの通信機器について、IPv4/IPv6 両対応化を図るだけでなく、監視装置やネットワーク運用システムなど、ネットワークの安定運用に必要な装置／アプリケーション類についても、IPv6 ネットワークの運用が可能となるよう対応を図る。

また、このために必要となる機器／アプリケーション類については、メーカー／ベンダー等による開発を要する可能性が極めて高く、また構築したネットワークの検証にも相応の時間を要することから、2008 年中に IPv6 対応化計画を取りまとめると共に、実運用開始期までに運用スキルの向上を図ることが必要となる。

b) ネットワーク（リーチャビリティ）に係るアクションプラン

- 2010 年までにユーザーへの IP アドレス払い出し機構について、IPv4/IPv6 双方のアドレスを払い出し可能となるよう対応を図る。この場合、IPv4/IPv6 の双方を利用するユーザーと、IPv6 のみを利用するユーザーとが混在する前提のもと、システムを構築することが必要である。

また、このために必要となる機器／アプリケーション類については、メーカー／ベンダー等による開発を要する可能性が極めて高く、また構築したネットワークの検証にも相応の時間を要することから、2008 年中に IPv6 対応化計画を取りまとめると共に、実運用開始期までに運用スキルの向上を図ることが必要となる。

- 2010 年までに保有するネットワークのうち、IPv4 部分について、NAT/NAPT を導入可能なように対応を図る。これに際し、NAT/NAPT 化を図った場合、匿名性が高まり攻撃行為などの原因者究明が困難となることが想定されることから、ログ保存装置の設置など、アクセス解析機能の強化も必要となることに留意する。

また、このために必要となる機器／アプリケーション類については、メーカー／ベンダー等による開発を要する可能性が極めて高く、また構築したネットワークの検証にも相応の時間を要することから、2008 年中に IPv4 部分の NAT/NAPT 導入計画を取りまとめると共に、実運用開始期までに運用スキルの向上を図ることが必要となる。

c) ネットワーク（リーチャビリティ又はコネクティビティ）に係るアクションプラン

- 2010年までにユーザー収容系について、ユーザーをIPv4/IPv6の双方で収容可能となるよう対応を図る。この場合、2010年以降、IPv6でのみ接続する利用者が発生する可能性が高いことに鑑み、ユーザー認証等についても、IPv4/IPv6のいずれであっても対応可能とすることが必須である。

また、このために必要となる機器／アプリケーション類については、メーカー／ベンダー等による開発を要する可能性が極めて高く、また構築したネットワークの検証にも相応の時間を要することから、2008年中にIPv6対応化計画を取りまとめると共に、実運用開始期までに運用スキルの向上を図ることが必要となる。

- 2010年までにキャッシュDNSについて、ユーザーからの問い合わせについてはIPv4/IPv6経由の問い合わせ及びIPv4/IPv6関連レコードの問い合わせに対応可能となるよう対応を図る。

また、このために必要となる機器／アプリケーション類については、メーカー／ベンダー等による開発を要する可能性が極めて高く、また構築したネットワークの検証にも相応の時間を要することから、2008年中にIPv6対応化計画を取りまとめると共に、実運用開始期までに運用スキルの向上を図ることが必要となる。

d) ネットワーク（コネクティビティ）に係るアクションプラン

- 2010年までにアクセス網について、ユーザーがISPにIPv6でアクセス可能となるよう対応を図る。

この場合、IPv4/IPv6の双方を利用するユーザーと、IPv6のみを利用するユーザーとが混在する前提のもと、システムを構築することが必要である。

また、このために必要となる機器／アプリケーション類については、メーカー／ベンダー等による開発を要する可能性が極めて高く、また構築したネットワークの検証にも相応の時間を要することから、2008年中にIPv6対応化計画を取りまとめると共に、実運用開始期までに運用スキルの向上を図ることが必要となる。

(2) サービスに係るアクションプラン

サービスのIPv6化を図るためには、IPv6対応ルータ／スイッチ等の通信機器だけでなく、サービス提供方法のIPv6化が必要となると共に、サービスを支えるバックエンドシステムのIPv6化も必要となる可能性がある。

同時に、早ければ2011年初頭と予測されるIPv4アドレス在庫の枯渇後は、グローバルIPv4アドレスの払い出しを受けられず、IPv4についてはPrivate IPv4アドレスでなければアクセスできないユーザーが発生することを考えると、それまでの間にNAT/NAPT下のユーザーからのアクセスが可能となるようなサービスの提供方法が求められる。

これらの観点から、アドレス在庫枯渇期初期に向け、サービスは以下の対応をとることが必要となる。

- 2010年までに、サービス提供方法について、IPv4についてはNAT/NAPT下に収容されPrivateアドレスのみが払い出されるユーザーに対してサービス提供が可能となるよう対応を図る。

また、この場合、サービス提供方法の変更に際しサービス提供に用いる機器/ソフトウェアの変更/改修及び検証が必要となり、その実施に時間を要することが想定されることから、サービス提供方法の変更の必要性の有無を2008年中に確認し、早急にNAT/NAPT下のユーザーからの利用への対応化計画を取りまとめることが必要となる。

- 2010年までに、サービスのIPv6化を図る。

この場合、IPv6対応ルータ/スイッチ等の通信機器だけでなく、サービス提供方法のIPv6化が必要となる。

また、外部からのIPv6による通信を受信可能とするに際しては、ファイアウォール・侵入検知/防止装置・アンチウイルスゲートウェイ等のセキュリティ関係製品のIPv6通信への対応化とIPv6通信に係るセキュリティポリシーの策定が必要となること、IPv6通信にかかるロードバランサ等の負荷分散装置による通信分散ポリシーの検討が必要となることなど、サービス提供方法の全面的な見直しが必要となる可能性が高いため、機器の更改期やサービスへの機能追加の機会を捉え、着実にIPv6対応化を図ることが必要となる。

特にサービスのIPv6化をトランスレータを用いて実現する場合には、基本的にアプリケーションごとに独自のものが必要であり、その開発及び検証に相応の期間を要することを念頭に置かなければならない。

このため、2008年中に、サービス提供に係るシステムのIPv4依存性を確認すると共に、早急にIPv6対応化計画を取りまとめることが必要となる。

(3) ユーザーに係るアクションプラン

ユーザーにとっては、IPv4アドレス在庫の枯渇時点まで、直接的な環境変化は存在しない。しかしながら、機器の入れ替え等については、長期的な対応が必要となることが多いため、計画的な対応が望ましい。

これらの観点から、アドレス在庫枯渇期初期に向け、ユーザーは以下の対応をとることが望ましい。

a) コンシューマ

- PCやPC用ソフトウェアの購入にあたっては、IPv6対応のものを選択することが望ましい。
- 通信機能が組み込まれた専用機器（ネットワーク家電やゲーム機など）については、インターネット接続機能に依存した利用を目的とする場合には、当該機器がIPv6に対応していない場合、IPv4アドレス在庫の枯渇期初期以降、受けられるサービスに制限が生じる可能性を念頭に置くことが必要となる。
- ブロードバンドルータ等の通信機器を購入する場合には、IPv6対応機器である

ことが望ましい。また、IPv6 に対応しない機器を購入する場合、IPv4 アドレス在庫の枯渇期初期以降、利用できなくなる可能性を念頭に置くことが必要となる。

b) 中規模利用者

- 外部とインターネットを経由して通信を行う PC やサーバ、ソフトウェアの調達にあたっては、IPv6 対応のものを選択することが望ましい。特にメールサーバなど、外部からの通信を受信する可能性の高い機器／ソフトウェアについては、2010 年までに IPv6 対応のものとするのが望ましい。
- 外部との通信の中継を行う可能性のあるルータ／スイッチ、VPN 装置、プロキシサーバ等の中継機器の導入／更改については、IPv6 対応のものを選択することが望ましい。
- データベースシステム、ファイル共有システムなどを含めた情報システムを、アドレス在庫枯渇期初期以降、完全に IPv6 化することを念頭に、IPv6 対応化計画の検討を開始することが望ましい。
- ファイアウォール・侵入検知／防止装置・アンチウイルスゲートウェイ等のセキュリティ関係製品の IPv6 通信への対応化が完了後に、インターネットを通じた IPv6 による通信を開始する。

c) 大規模利用者

- 外部とインターネットを経由して通信を行う PC やサーバ、ソフトウェアの調達にあたっては、IPv6 対応のものを選択することが望ましい。特にメールサーバなど、外部からの通信を受信する可能性の高い機器／ソフトウェアについては、2010 年までに IPv6 対応のものとするのが望ましい。
- 外部との通信の中継を行う可能性のあるルータ／スイッチ、VPN 装置、プロキシサーバ、帯域制御装置等の中継機器の導入／更改については、IPv6 対応のものを選択することが望ましい。
- 情報システムを、アドレス在庫枯渇期初期以降、完全に IPv6 化することを念頭に、IPv6 対応化計画の検討を開始することが望ましい。特に、データベースシステムや認証システムなど、独自システムやカスタマイズがなされたシステムについては、IPv4 に依存した実装箇所を早期に洗い出し、改修やシステム更改に合わせた IPv6 対応化を進めることが必要であることを念頭に、IPv6 対応化にはどの程度の時間を要するか、早急に把握することが必要である。
- ファイアウォール・侵入検知／防止装置・アンチウイルスゲートウェイ等のセキュリティ関係製品の IPv6 通信への対応化が完了後に、インターネットを通じた IPv6 による通信を開始する。

5.3.2 アドレス在庫枯渇期初期におけるアクションプラン

(1) ネットワークに係るアクションプラン

- アドレス在庫が枯渇した段階で、IPv4 によるアクセスについては、NAT/NAPT を用いた Private IPv4 アドレスによる接続サービスの提供を開始する。

(2) サービスに係るアクションプラン

5.2.1 節に従い、Private IPv4 アドレスのみが払い出されたユーザーに対応したサービス提供方法への変更及びサービスの IPv6 対応が完了していれば、特段の対応は不要である。

(3) ユーザーに係るアクションプラン

既にインターネット接続サービスにおいては、IPv4 グローバルアドレスの新規払い出しを受けることが困難となっていることから、IPv6 対応化を進めるべきである。

特に、ネットワーク及びサービスの IPv6 対応化がなされた場合には、個別のユーザーが意識しなくとも、IPv6 に対応した PC などは IPv4 ではなく IPv6 を自動的に選択して通信を行う可能性が高いため、IPv6 の利用度が急速に高まり、IPv4 によるインターネット接続サービスが縮小されていく可能性がある。一方でユーザーの保有する機器等の IPv6 対応化には相応の期間を有するため、なるべく早期の対応を進めることが望ましい。

これらの観点から、アドレス在庫枯渇期中期に向け、ユーザーは以下の対応をとることが求められる。

a) コンシューマ

- PC や PC 用ソフトウェアの購入にあたっては、IPv4 のみ対応のものは選択しない。
- 通信機能が組み込まれた専用機器（ネットワーク家電やゲーム機など）については、IPv4 のみに対応した機器については可能な限りサービス契約と付随する形での貸与に留めるなど、IPv6 対応のものを選択することを基本とする。
- ブロードバンドルータ等の通信機器を購入する場合には、IPv6 対応機器を選択する。

b) 中規模利用者

- 外部とインターネットを経由して通信を行う PC やサーバ、ソフトウェアの調達にあたっては、IPv6 対応のものを選択する。
- 外部との通信の中継を行う可能性のあるルータ/スイッチ、VPN 装置、プロキシサーバ等の中継機器の導入/更改については、IPv6 対応のものを選択する。
- ファイアウォール・侵入検知/防止装置・アンチウイルスゲートウェイ等のセキュリティ関係製品の IPv6 対応化をなるべく早期に行い、IPv6 の利用を可能とする。
- 情報システムの IPv6 化に向け対応化計画を推進する。

c) 大規模利用者

- 外部とインターネットを経由して通信を行う PC やサーバ、ソフトウェアの調達にあたっては、IPv6 対応のものを選択する。
- 外部との通信の中継を行う可能性のあるルータ/スイッチ、VPN 装置、プロキシ

シサーバ、帯域制御装置等の中継機器については、IPv6 対応のものを選択する。

- ファイアウォール・侵入検知／防止装置・アンチウイルスゲートウェイ等のセキュリティ関係製品の IPv6 対応化をなるべく早期に行い、IPv6 の利用を可能とする。
- 情報システムの IPv6 化に向け対応化計画を推進する。

5.4 直接関係者の行動に伴う波及的アクションプラン

5.4.1 アドレス在庫枯渇期に向けたアクションプラン

(1) ネットワークに係るアクションプラン

- ユーザーの IPv6 対応化計画検討にあたっての基本情報として、またサービスの IPv6 対応化及び NAT/NAPT 対応促進のため、ネットワークの IPv6 対応化計画及び IPv4 部分の NAT/NAPT 導入計画について、策定次第公表する。特に接続サービスの顧客に対する周知・広報を徹底する。

(2) サービス提供者にかかるアクションプラン

- ユーザーの IPv6 対応化計画検討にあたっての基本情報として、サービスの IPv6 化計画及び NAT/NAPT 下のユーザーからの利用への対応化計画について、策定次第公表することが望ましい。
- サービス提供にあたり、ユーザー側に専用機器等が必要であり、かつ当該機器が IPv4 のみに対応している場合には、当該機器は売りきりではなく貸与とすべきである。また、仮に売り切りにする場合には、IPv4 アドレス在庫の枯渇期初期以降、動作しなくなる可能性を購入者に対して十分に説明しなければならない。

(3) 機器及びソフトウェアのメーカー／ベンダー

- 機器及びソフトウェアの利用者及び SIer が IPv6 対応化計画を策定する参考となるよう、自社製品の IPv6 対応状況に係る情報について広く公表する。
- ネットワーク及びサービスの IPv6 化計画及びネットワークの IPv4 部分の NAT/NAPT 導入計画を踏まえ、必要な機器、ソフトウェア、運用ツール類の開発を加速する。

特に、性能のスケール性については、現在のトラフィック増加基調や接続ノードの増加を踏まえ、十分な余裕を持った機器の開発が求められる。

- ユーザー向け機器については、可能な限り早期に IPv6 対応化を図るべきである。また IPv4 のみに対応した機器の販売にあたっては、IPv4 アドレス在庫の枯渇期初期以降動作しなくなる可能性を購入者に対して十分に説明しなければならない。
- 機器及びソフトウェアが、IPv6 に対応しているか否かを購入者が用意に判断できるよう、IPv6 Forum による IPv6 Ready Logo Program を始めとする認証マークの積極的活用を図る。
- IPv6 による通信を用いた攻撃手法等についての研究を進め、なるべく早期に IPv6 向けセキュリティ関連製品の充実を図る

(4) Sler 及びアウトソーシングサービス事業者

- 「大規模ユーザー」や「サービス」を始めとする顧客に対し、IPv4 アドレス在庫が枯渇するため IPv6 対応化を進めることが必要であり、また IPv6 対応化を行うには相応の期間を要する旨を強く周知すべきである。
- ネットワーク、サービス、ユーザーの IPv6 対応化計画策定に向け、十分な支援体制を構築すべきである。
- 特に、データベースなどの移行には、多くの時間を要することが予想されるため、システム更改などの機会を捉え、なるべく早期に IPv6 対応化計画を策定すべき旨を広く知らしめるべく努力すべきである。
- また、IPv6 による通信を用いた攻撃手法等については、現時点では研究が十分に進んでいないため、セキュリティポリシーの検討や必要な機器／ソフトウェアの選定に相当な時間を要する旨を広く知らしめるべく努力すべきである。
- 市販のアプリケーションソフトウェア、ミドルウェア、オペレーティングシステム、ネットワーク機器の IPv6 対応状況について調査し、不足があればメーカー／ベンダーと連携して必要な環境を整えるように努力すべきである。
- アウトソーシングサービス事業者は、2010 年までに提供しているサービス（ネットワーク監視サービス、ホスティングサービスなど）の IPv6 対応を完了すべきである。

(5) アドレス管理団体等

- 「IPv4 の継続利用に限界があり、このままでは日本経済の安定した成長にも影響を及ぼすため、インターネットの IPv6 化が必要であること」、「利用者にも一定の対応が必要となること」などを広く広報する。
- 本報告書について、インターネットに係る国際的検討／調整の場において広く広報し、国際的動向が日本の方針と合致するよう努める。
- 特に、他国の団体等と相互に IPv6 に関連する情報交換を十分に行い、インターネットの IPv6 化の結果として、日本国内のユーザーの通信環境が世界の一般的なユーザーの通信環境と別のもとならないよう努める。

(6) 政府

- 本報告書について、インターネットに係る国際的検討／調整の場において広く広報し、国際的動向が日本の方針と合致するよう努める。
- 関連企業・団体とも連携しつつ、「IPv4 の継続利用に限界があり、このままでは日本経済の安定した成長にも影響を及ぼすため、インターネットの IPv6 化が必要であること」、「利用者にも一定の対応が必要となること」などを広く広報する。
- アクションプランの推進状況を注視するとともに、プレイヤー間の調整や折衝が円滑に進むよう環境整備を図る。
- 特に 5.2.1 (1) 項にある「ネットワークへの対応方策」についての「ネットワーク」関係者による調整状況を注視し、合意形成に時間を要している場合、早期決着を促す。

- 当面の対策である「NAT/NAPT の利用」や本質的対策である「インターネットの IPv6 化」に必要となる通信機器やセキュリティ関連製品を始めとする周辺製品などの製品開発について活性化を促す。この場合、IPv4 アドレス在庫枯渇対応に必須にもかかわらず、求められる性能・能力を持つ製品が存在しないものについては、予算措置・税制措置などによる開発支援も検討する。
- IPv4 アドレス在庫枯渇対応に係る初期費用負担等についての支援策について、関連団体と連携して検討を行う。
- 「ネットワーク関係者」、「サービス関係者」、「メーカー／ベンダー」、「SIer 及びアウトソーシングサービス事業者」などがインターネットの IPv6 化を確実に進めるよう、テストベッド整備など、エンジニアなどが技術習熟を図るための IPv6 教育プログラムの充実を支援する。
- 「ユーザー」や「サービス」、SIer 等にとっての選定基準となる、IPv6 対応システム開発能力にかかる技術者試験の創設を検討する。

5.4.2 アドレス在庫枯渇期初期におけるアクションプラン

(1) ネットワークに係るアクションプラン

- ユーザーの IPv6 対応化計画推進にあたっての基本情報として、IPv4 部分の NAT/NAPT 導入計画に基づく新規顧客の NAT/NAPT 下への収容や、既存顧客の NAT/NAPT 下への収容への変更等の実施予定について、随時公表する。特に接続サービスの顧客に対すしては、周知を徹底するとともに、サービス利用にあたり IPv4 を用いた場合の制限事項について広く広報する。
- ユーザーの IPv6 利用を容易化するため、その支援体制を構築する。

(2) サービス提供者にかかるアクションプラン

- NAT/NAPT 下のユーザーに対し、サービス提供にあたり IPv4 を用いた場合の制限事項について広く広報する。

(3) 機器及びソフトウェアのメーカー／ベンダー

- ユーザー向け機器について、IPv6 対応化を図る。
IPv4 のみ対応の機器については、基本的に貸与とすべきであり、仮に販売する場合には、近い将来利用できなくなる可能性を購入者に十分知らしめるべきである。

(4) SIer 及びアウトソーシングサービス事業者

- ユーザー保有システムの IPv6 対応化を支援する。

(5) アドレス管理団体等

- 引き続き「IPv4 の継続利用に限界があり、このままでは日本経済の安定した成長にも影響を及ぼすため、インターネットの IPv6 化が必要であること」、「利用者にも一定の対応が必要となること」などを広く広報する。
- 引き続き、本報告書について、インターネットに係る国際的検討／調整の場にお

いて広く広報し、国際的動向が日本の方針と合致するよう努める。

- 特に、他国の団体等と相互に IPv6 に関連する情報交換を十分に行い、インターネットの IPv6 化の結果として、日本国内のユーザーの通信環境が世界の一般的なユーザーの通信環境と別のものにならないよう努める。

(6) 政府

- 引き続き、本報告書について、インターネットに係る国際的検討／調整の場において広く広報し、国際的動向が日本の方針と合致するよう努める。
- 引き続き、関連企業・団体とも連携しつつ、「IPv4 の継続利用に限界があり、このままでは日本経済の安定した成長にも影響を及ぼすため、インターネットの IPv6 化が必要であること」、「利用者にも一定の対応が必要となること」などを広く広報する。
- アクションプランの推進状況を注視するとともに、プレイヤー間の調整や折衝が円滑に進むよう環境整備を図る。

アクションプラン全体図

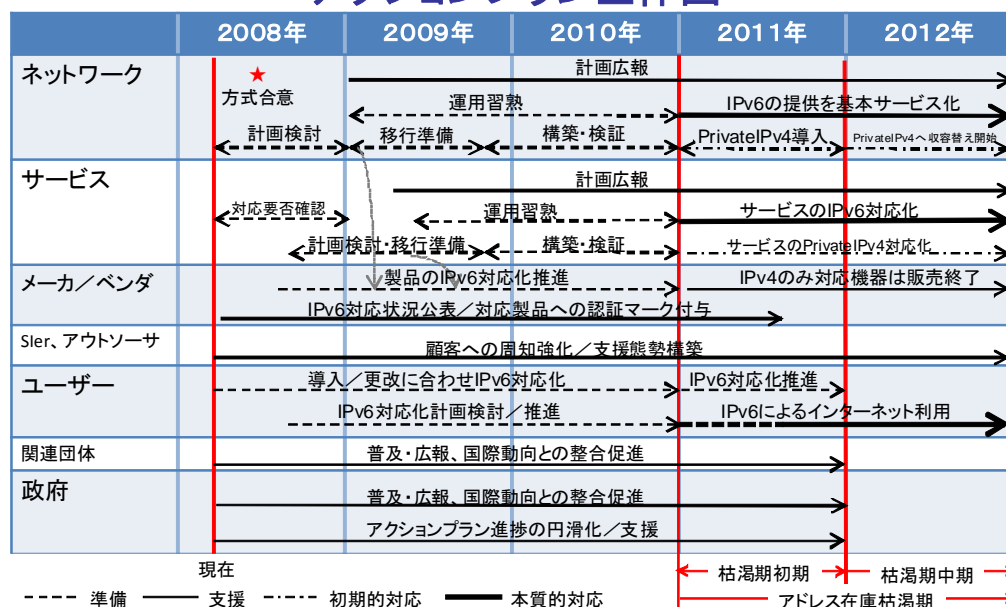


図 5-1 アクションプラン全体図

5.5 アクションプラン推進体制の構築

5.4 節に示したアクションプランについては、政府のみならず、数多くの民間団体、事業者、企業などが推進することが求められる。

同時にアクションプランに記載した事項については、国が強制力を発揮して、個々のプレイヤーに実施を強いるものではなく、個々のプレイヤーがそれぞれの果たすべき役割を十分認識した上で、自ら対応を進めることが極めて肝要である。

しかしながら、対応策の導入方法などについては、幅広い情報共有が求められると共

に、全体の進捗状況を把握しつつ、進捗が遅れている者に対応を促す体制が必要である。

このため、本アクションプランの推進に当たっては、政府に付属する組織ではなく官民一体となった推進組織の構築が求められる。

一方、インターネットの IPv6 化に関わる推進団体として「IPv6 普及・高度化推進協議会」が存在しており、類似の目的を有する推進組織を別に設立することは適当ではない。

このことから、「IPv6 普及・高度化推進協議会」について、

- ・アクションプランの進捗状況及びインターネットの IPv6 化の進捗状況の把握
- ・アクションプラン推進に係る情報共有
- ・テストベッド構築・運用などによる関係者の知見向上
- ・必要に応じたアクションプラン改定検討

などに係る機能を強化し、インターネットにおける IPv4 アドレス在庫枯渇への対応に係る我が国全体の推進体制へと再構築することが適当である。

● 終わりに

本報告書に示したように、IPv4 アドレスの国際的在庫枯渇に対する真の対応方策は、インターネットを IPv4 の後継として標準化された IPv6 に移行させることである。

インターネットの IPv6 への移行の必要性は、2000 年代初頭より繰り返し訴えられてきたものの、当面 IPv4 も使い続けることを前提として、IPv6 ならではの利点を活かしたサービスでのみ用いられているのが現状である。

しかしながら、今般の IPv4 アドレスの国際的在庫枯渇については、ICANN をはじめとする国際的 IP アドレス管理団体全てから警告が発せられている状況にあり、IPv4 を使い続けることは既にできない、という切迫感を持って対応を進めなければならない。

特に、インターネット接続サービスやインターネット上でのサービス提供者は、本年中に具体的な IPv6 対応化計画を取りまとめなければ、IPv4 アドレスの国際的在庫が枯渇するまでに対応することが困難な情勢である。

このため、本研究会は全ての関係者が本報告書を踏まえて、自らがなすべきことが何かをしっかりと見据え、着実な対処を進めることを強く期待する。

また、政府にはそれらの対処が着実に進捗しているか否かを見極め、適宜適切な対応を促すことを期待する。

また、冒頭に述べたように、本報告書は、IPv4 アドレスの不足に対しインターネットに係る多種多様なプレイヤーが行うべきアクションについて網羅的に取りまとめた、世界初の報告書であり、政府やアドレス管理団体等が中心となって、インターネットの移行モデルとして国際的検討の場にて提示し、全世界のインターネットの発展の礎とすべきものである。

これにより、インターネット政策検討の場における我が国のプレゼンス向上に結び付き、また我が国のインターネット関連産業界の国際競争力向上に資することを期待する。

インターネットの円滑な I P v 6 移行に関する調査研究会 開催要綱

1 目的

現在、我が国ではブロードバンド常時接続契約数が2500万を超え、円滑な社会経済活動並びに国民生活にインターネットが欠くべからざるものとなっている。

その一方で、インターネットを実現する基本技術である Internet Protocol version 4（以下「IPv4」という。）は、1981年に方式が決定されて以来すでに四半世紀が経過し、今後のインターネットの更なる高度化を支え続けることが困難となり始めている。

そのような中、ネットワーク上で提供される一部のサービスでは、その実現に当たり IPv4の後継として開発された「Internet Protocol version 6（以下「IPv6」という。）」を用い始めているが、インターネットそのものの IPv6 化の進展が緩やかであるために、これら先進的サービスをインターネット経由で享受することが困難な状況となっている。

このため、インターネットの速やかな IPv6 化を図るべく、インターネットを支える技術的仕組みを整理しつつ、IPv6 化の進展のための課題を明らかにすると共に、当該課題の解決方策について多様な観点から検討することを目的として、本研究会を開催する。

2 名称

本会の名称は、「インターネットの円滑な I P v 6 移行に関する調査研究会」と称する。

3 主な検討事項

本会は、以下の事項について検討する。

- (1) IPv4によるインターネットの限界に関する推計及びその対応策
- (2) 国内インターネット網の速やかな IPv6 化実現にあたっての課題及び解決方策
- (3) IPv6 関係技術の標準化対応を初めとする本分野における国際戦略のあり方
- (4) その他関連する諸課題の抽出及び整理

4 構成及び運営

- (1) 本会は、総合通信基盤局長の懇談会として開催する。
- (2) 本会の構成員は別添のとおりとする。
- (3) 本会には座長及び座長代理を置く。
- (4) 座長は、研究会構成員の互選によって定めることとし、座長代理は、座長が指名する。
- (5) 座長代理は、座長を補佐し、座長不在のときは、座長に代わって本会を招集し、主宰する。
- (6) 座長は、本会の検討を促進するため、ワーキンググループを開催することができる。
- (7) 本会は、必要があるときは、外部の関係者の出席を求め、意見を聞くことができる。
- (8) その他、本会の運営に必要な事項は、座長が定めるところによる。

5 本会の開催期間

本会は、平成19年8月に第1回会合を開催し、平成20年3月末を目途にとりまとめを行う。

6 庶務

本会の庶務は、総務省総合通信基盤局電気通信事業部データ通信課が事業政策課の協力を得てこれを行うものとする。

インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会 構成員名簿
(五十音順 敬称略)

	荒野 高志	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 理事
☆	江崎 浩	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授
	小畑 至弘	イー・アクセス株式会社 CTO
	角村 浩	独立行政法人国民生活センター 相談調査部 危害情報室 室長 (第1回会合まで)
○	國領 二郎	慶應義塾大学 総合政策学部 教授
◎	齋藤 忠夫	東京大学 名誉教授
	竹村 哲夫	株式会社日立製作所 理事 情報・通信グループ ネットワーク事業統括
	土森 紀之	株式会社ケイ・オプティコム 常務取締役
	得井 慶昌	NTTコミュニケーションズ株式会社 取締役 ネットワーク事業部長
	所 眞理雄	ソニー株式会社 業務執行役員 SVP
	内藤 俊裕	NECビックローブ株式会社 執行役員 基盤システム本部長
	中村 正孝	日本ケーブルラボ所長 (社団法人 日本ケーブルテレビ連盟 理事)
	二木 均	株式会社USEN 取締役 CTO
	花澤 隆	日本電信電話株式会社 取締役 研究企画部門長
	牧園 啓市	ソフトバンクテレコム株式会社 執行役員 ネットワーク本部長
	水谷 幹男	パナソニックコミュニケーションズ株式会社 代表取締役 副社長
	三膳 孝通	株式会社インターネットイニシアティブ 取締役 戦略企画部 部長
	安田 豊	KDDI株式会社 執行役員 コア技術統括本部長
	山上 紀美子	社団法人全国消費生活相談員協会 専務理事 (第2回会合から)
	渡邊 武経	社団法人日本インターネットプロバイダー協会 会長

◎ : 研究会座長、○ : 研究会座長代理、☆ : ワーキンググループ主査

インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会
開催経緯及び主な検討議題

- 第 1 回会合 (平成 19 年 8 月 8 日)
- ・ 国内インターネットの IPv6 移行にかかる主な論点
 - ・ IPv4 によるインターネットの限界に関する推計及び解決方策について
- 第 1 回会合 (平成 19 年 10 月 16 日)
- ・ IPv4 アドレス枯渇時期予測について
 - ・ IPv4 アドレス枯渇時の影響について
- 第 3 回会合 (平成 20 年 1 月 8 日)
- ・ IPv4 アドレス在庫枯渇への対応方策について
- 第 4 回会合 (平成 20 年 4 月 1 日)
- ・ IPv4 アドレス在庫枯渇への対応方策の導入について
 - ・ 調査研究会報告書について

インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会ワーキンググループ構成員名簿
(五十音順 敬称略)

赤木 篤志	KDDI株式会社 コア技術統括本部 IP統合技術本部 IPネットワーク部長
荒野 高志	株式会社インテック・ネットコア 代表取締役社長
井上 達	パナソニックコミュニケーションズ株式会社 通信開発センター IPセキュリティ担当リーダー
印南 鉄也	ソフトバンクBB株式会社 NW本部 高度ネットワーク部 アクセスネットワーク開発課長
鵜沢 裕一	イー・アクセス株式会社 ネットワーク技術部長
☆ 江崎 浩	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授
大泉 洋	フリービット株式会社 R&D部 ジェネラルマネージャー
大浦 輝久	株式会社USEN グループ事業統括本部 統合システム運用センター ネットワーク技術グループ グループリーダー
岡田 雅也	NTTコミュニケーションズ株式会社 ネットワーク事業部 ネットワークランドデザイン室 担当部長
川上 弥	日本電信電話株式会社 技術企画部門 次世代ネットワーク推進室 担当部長 (第9回まで)
菊池 正郎	ソネットエンタテインメント株式会社 取締役 執行役員
岸川 徳幸	NECビックローブ株式会社 基盤システム本部 統括マネージャー
小堺 昭男	アットネットホーム株式会社 アクセス事業部 ネットワークエンジニアリングアシスタントマネージャー
鈴木 伸介	アラクスラネットワークス株式会社 技術開発部 技師
高瀬 晶彦	株式会社日立製作所 ネットワークソリューション事業部 主管
瀧塚 博志	ソニー株式会社 コアテクノロジー開発本部 スタンダードシステム開発部 担当部長
立石 聡明	社団法人日本インターネットプロバイダー協会 副会長
外山 勝保	インターネットマルチフィード株式会社 取締役 技術部長
馬場 達也	株式会社NTTデータ ビジネスソリューション本部 ネットワークソリューションビジネスユニット ネットワークソリューション担当課長
林 一司	ニフティ株式会社 技術理事兼IT統括本部長
前村 昌紀	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 IP事業部長
松崎 吉伸	株式会社インターネットイニシアティブ ネットワークサービス本部 技術推進室 シニアエンジニア
松嶋 聡	ソフトバンクテレコム株式会社 ネットワーク本部 高度ネットワーク部 コアネットワーク課長
松本 佳宏	株式会社 ケイ・オプティコム 通信サービス技術本部 計画開発グループ 技術開発チーム チームマネージャー
宮川 晋	慶應義塾大学 SFC研究所 上席所員 (第3回から)
村上 守	日本電信電話株式会社 技術企画部門 次世代ネットワーク推進室 担当部長 (第10回から)

☆：ワーキンググループ主査

インターネットの円滑な IPv6 移行に関する調査研究会 ワーキンググループ
開催経緯及び主な検討議題

- | | | |
|-------|---------------|--|
| 第 1 回 | 平成19年 8 月31日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇時期予測について・ IPv4アドレス枯渇時の影響について |
| 第 2 回 | 平成19年 9 月14日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇時期予測について・ IPv4アドレス枯渇時の影響について・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について |
| 第 3 回 | 平成19年 9 月25日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇時期予測について・ IPv4アドレス枯渇時の影響について・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について |
| 第 4 回 | 平成19年10月 2 日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇時期予測について・ IPv4アドレス枯渇時の影響について・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について |
| 第 5 回 | 平成19年10月26日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について |
| 第 6 回 | 平成19年11月 9 日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について |
| 第 7 回 | 平成19年11月27日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について・ IPv4アドレス枯渇への対応方策の導入について |
| 第 8 回 | 平成19年12月17日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇への対応方策について・ IPv4アドレス枯渇への対応方策の導入について |
| 第 9 回 | 平成20年 1 月18日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇への対応方策の導入について・ 報告書骨子について |
| 第10回 | 平成20年 2 月 1 日 | <ul style="list-style-type: none">・ IPv4アドレス枯渇への対応方策の導入について・ 報告書たたき台について |
| 第11回 | 平成20年 2 月25日 | <ul style="list-style-type: none">・ 報告書素案について |