

IPv4アドレス在庫枯渇への対応方策について (検討結果報告)

1. IPv4アドレス枯渇への対応方策

(1) 検討の基本的方針

第2回会合への報告の通り、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、2008年初頭からの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終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を行うものとする。

(2) 枯渇対応方策の主な分類

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、対応方策は存在しえない。

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。

2. 考えられる対応方策

(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ることが可能となれば、原理的には無限のノードをインターネットに接続する事ができる。

この場合、共有アドレスを割り当てられている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。

また、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やUDP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事が適当である。

(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、余すところ無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43単位(7.2億個)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(プライベートアドレス、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(177単位弱:約29.7億個)

状態である。

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、最近の割り振りについては概ね最密化が図られていると考えられる。

したがって、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」ことが必要であり、すなわち「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事が適当である。

(3) 「新たなアドレス資源の利用」について

IPv4の標準化を行ったIETF(Internet Engineering Task Force)では、既にIPv4の後継プロトコルとして、IPv6の標準化を行っている。

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、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である。

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」を検討する事が適当である。

3. 各方策の概要及び評価

(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 addressを、LAN側ではPrivate IP addressを用いることで一つのIPアドレスを、複数のノードで共有する方策である。

Global IP addressとPrivate IP address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。

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(詳細は別紙1)

a) 対応方策としての効果

- － 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
- － 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怖れがある
- － 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

b) 対応方策として選択するに当たり考慮すべき事項

- － アドレスの節約が果たされる者と、引き続きアドレスが必要となる者が合致しない
- － 「大規模なNAT」の運用経験が薄いことから、ノウハウ構築が必要な可能性がある
- － 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
- － 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事ができない

c) 対応方策として選択した場合に発生する問題点

- － 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
- － 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

(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、その実現に当っては、

- ・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を
- ・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・構築される事が多いため、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事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(詳細は別紙2)

a) 対応方策としての効果

- － 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
- － 過去に割り振られたアドレスについてJPNIC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
- － 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
- － 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まかなうためには、既に割り振られているアドレスの1/3が回収される事が必要であり、単独では対応方策足りえない

b) 対応方策として選択するに当たり考慮すべき事項

- － 実施に当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
- － 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事が必要である。即ち、あるIPアドレス宛の通信をどこへ中継する事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事が必要である
- － 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怖れがある。現状の2倍程度に細かくなった場合、既存ルータでは対応できない可能性が高い

c) 対応方策として選択した場合に発生する問題点

- － 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) 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。

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。

この前提の元、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(詳細は別紙3)

a) 対応方策としての効果

- － 恒久的な対策と言いうる

b) 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
- － 運用経験が全般的に薄く、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

・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

4. 選択すべき対応方策

(1) 基本的な考え方

1. (1) に記したように、本検討は、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、それぞれ実現に当って解決すべき課題が存在するが、その選択に当っては、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（期限内での解決可能性）。

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事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もまで及ぶ事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事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する必要がある。

(2) 期限内での解決可能性

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という解決不可能な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いえる。

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。

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ともに、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) サービスの継続性

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。

(4) 効果の永続性

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い得る。

(5) 選択すべき方策

上述(2)～(4)をまとめると、以下のようになる。

	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
期限内での解決可能性	○	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当たっては相当に多額の費用が発生すること予想されることから、実施される対応方策はより少ない事が望まれる。

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」がなされるに当たっては、3. (2)に述べた問題点などを念頭に対応を進める事が必要である。

3つの対応方策に対する評価

NAT/NAPTの利用

	肯定的意見	否定的意見
利用スタイル	<p>① 外部からのアクセスに制限が生じるため、セキュリティ対策の一部として機能する。</p>	<p>① Private IP Addressのみを払い出された利用者間の通信が困難になる 【理由】 NAT/NAPTのLAN内にあるノードをWAN側から特定することが困難なため。ただし、Global IP Addressをもつサーバに中継させることによって、ある程度解決可能である。</p> <p>② アドレス変換実施に伴う通信速度低下 【理由】 NAT/NAPTではアドレス変換用の情報を管理する必要があるが、大規模な運用をした場合、当該情報が膨大になり、アドレス変換に要する時間が増大する。</p> <p>③ アドレス情報埋め込み型の通信について個別に対処が必要となる 【理由】 SIP、IPsec等のアドレス情報が埋め込まれた、あるいはGWで変更困難なプロトコルに対しては、NAT/NAPTを超えた通信のためには個別のALGが必要となる。しかしながら、全ての通信アプリケーションについて対応することは実質不可能である。</p> <p>④ アドレスの重複が起きる 【理由】 NAT/NAPT内に配置されたノード間の通信の際に、複数のノードが同一のPrivate IP Addressを利用している可能性があり、通信アプリケーションによっては、通信が不能となる怖れがある。</p> <p>⑤ 悪い意味で匿名性が向上する 【理由】 NAT/NAPTのログ保存コストは非常に高いため、短期間で破棄せざるを得ない。そのため同一Global IP Addressを共有している利用者のうち、悪意の行為を行った利用者を特定する事が困難となる。</p>

ネットワーク構成	<p>① 現在の機器をそのまま利用できる 【理由】現在と同様にIPv4アドレスを利用するため、NAT/NAPT用設備の追加もしくは設定変更で対応可能である。</p>	<p>⑥ IPアドレスのリナンバリングが必要になる 【理由】NAT/NAPTの導入に伴いアドレス体系を変更する必要が生ずる。</p> <p>⑦ Private IPv4 Addressの拡張の検討が必要である 【理由】大規模にNAT/NAPTを利用することを考慮すると、Private IPv4 Addressを増加させることを予め検討しておくことが望まれる。</p>
運用	<p>② 技術的な蓄積がある 【理由】NAT/NAPTは現時点で広く使われている技術であるため。</p>	<p>⑧ 大規模ネットワークをNAT/NAPTを用いた場合の運用可能性が不明 【理由】現在はCATVや企業内での利用等の比較的小規模ネットワークでの利用が殆どであり、大規模ネットワークでの運用経験が薄い。このため、どの程度の大規模集約化が可能であるか不明であると共に、ノウハウ構築が必要な可能性がある。</p> <p>⑨ 多段NATについては、運用可能性が不明である 【理由】現在、多段NATを利用した大規模ネットワークの運用経験が薄いため、実現性が不明である。</p> <p>⑩ アドレス節約ができる者と、できない者が存在する 【理由】Webサイトなど、広く一般からのアクセスを求める者には利用できないが、それらの者が別の部門等でNAT/NAPTを利用できない。その一方で、インターネット接続事業者などはNAT/NAPTの利用により、多量のGlobal IPv4 Addressの余剰を生み出すことが出来る可能性がある。</p> <p>⑪ 特許問題への注意が必要である。 【理由】NAT/NAPTは、個別通信アプリケーションに対するALGと組み合わせる必要が生じることから、技術のつぎはぎの結果、予想外の特許に抵触する可能性がある。</p>

コスト	<p>③ プロトコルを変更するコストがかからない 【理由】今までと同様にIPv4アドレスで運用するため。</p>	<p>⑫ 事業者の投資負担が大きくなる 【理由】一定数の配下ユーザ毎に装置を設置する必要がある。また、集約が進む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事が困難。</p>
-----	---	---

割り振り済みのIPv4アドレスの再配分

	肯定的意見	否定的意見
利用スタイル		
ネット構成	<p>① 現在の機器をそのまま利用できる 【理由】今までと同様にIPv4アドレスで運用するため。</p>	<p>① 正当なアドレス利用者を知らせる仕組みの構築が必要 【理由】通信中継の判断の正当性を担保するため、アドレス利用者が誰であるか担保し続けるための仕組みを新たに構築する事が必要。</p>
運用	<p>② アドレス割り振りポリシーの変更に伴い、利用可能なアドレスが増加する可能性がある。</p>	<p>② アドレス需要への対応力が低い 【理由】現在の全世界における新規アドレス需要はアドレス全体の5%にも達しており、直近の需要を満たすことも困難。特に余剰アドレスの返還に際しては相当なシステム回収コストが必要と見込まれるため、相当に強力なインセンティブ若しくは強制力が必要。</p> <p>③ アドレス割り振りポリシーの変更に係る合意形成時期が不明</p> <p>④ アドレスがいつかは無くなる 【理由】現在の全世界における新規アドレス需要はアドレス全体の5%にも達しており、配分を効率化してもいつかはアドレスが無くなる。</p> <p>⑤ ルーティング経路のマネージメントが困難になる 【理由】アドレスが細分化され、かつ、地域に関係なく割り当てられるようになると、経路情報のマネージメントが困難になる。</p>

コスト	③ プロトコルを変更するコストがかからない 【理由】今までと同様にIPv4アドレスで運用するため。	⑥ ルーティング経路のマネージメントが困難になる 【理由】アドレスが細分化され、かつ、地域に関係なく割り当てられるようになると、経路情報のマネージメントが困難となり、全てのネットワーク運用者にとってコスト増となる。
-----	--	--

IPv6への移行

	肯定的意見	否定的意見
利用スタイル	<p>① IPv6アドレスを潤沢に利用することが可能になる 【理由】IPv6アドレスは2の128乗個という膨大な数があるため。</p> <p>② End to Endで運用することを前提とした機器/アプリケーションが利用しやすくなる</p>	<p>① IPv6に対応していない機器/アプリケーションがある 【理由】特に古い機器やアプリケーションなどでは、IPv4にのみしか対応していないものが多い。また、IPv6化が行われている機器でも、基本機能は実装されているが、冗長化などの実環境ネットワークで必要な機能が実装されていないことが多い。</p> <p>② IPv6の実装がまだ枯れておらず、安定していない。</p>
ネット構成	<p>④ IPv6導入の際に、現在の利用方法に適した効率的で使いやすいネットワークを作成できる 【理由】IPv4のネットワークは旧来のものにつぎはぎで作り続けてきたネットワークであるが、新技術への移行にあわせて、現在の利用方法に適したものを作成することができるため。</p> <p>⑤ ネットワーク設計(アドレス設計)が容易になる 【理由】IPv6アドレスは潤沢に存在するため。</p> <p>⑥ より大規模なネットワーク利用への発展が容易になる 【理由】アドレス管理やルーティング管理がシンプル化されるため。</p>	<p>③ ネットワークの再デザインが必要になる。 【理由】ネットワーク機器にIPv6機能を追加することによって増加する負荷に見合ったサイジングをする必要がある。</p> <p>④ サーバ側には引き続きIPv4が必須という課題がある 【理由】クライアント側にIPv4が存在する限り、サーバ側はグローバルIPv4が引き続き必要となる。</p>
運用	<p>⑦ ネットワーク管理が容易になる 【理由】IPv6ネットワークはアドレスを潤沢に利用し、機能を活かした管理しやすいネットワークとして構築することが可能であるため。</p>	<p>⑤ IPv4ネットワークとIPv6ネットワークを並行して運用する期間が存在する 【理由】IPv4アドレスが瞬時にIPv6アドレスに切り替わるとは想定できず、数年から数十年の移行期間が発生すると考えられる。それまでの期間、ISP等は、IPv4/IPv6デュアルスタックのネットワークを運用するか、もしくは、IPv4ネットワークとIPv6ネットワークを接</p>

続するためのトランスレータ等を運用するかを考える必要がある。IPv4/IPv6デュアルスタックネットワークを運用する場合は、設計・構築・試験の稼働が(倍にはならなくても)多くかかる。

⑥ 利用者への影響が最も大きくなるので、事業者側の対応が必要

【理由】利用者の対応負担に応じて、サービスを提供する事業者側の対応も必要になるが、現状では事業者側でIPv6対応するコストの回収が見込めないため、IPv6対応が進まないことが起こり得る。

⑦ IPv6導入の方法を考える必要がある

【内容】既存のIPv4ネットワークを積極的に排除しつつIPv6へ移行するか、あるいは細々とリファインしつつ共存させていき、やがてはニーズがなくなった時点で終焉させるのかを考える必要がある。

⑧ 技術的な蓄積が薄く、技術者の数も少ない

【理由】IPv6の運用はまだ広く行われているとはいええないため、運用経験が十分蓄積されていない。また、IPv4/IPv6ネットワークの設計や構築は可能でも、障害切り分けができる運用管理エンジニアが殆どいない。そのため、技術者の教育等が必要になる。

⑨ ユーザサポートに手間がかかる

【理由】ユーザにはIPv4を使用しているという認識は無い。そのため、IPv6に変わることの説明及び変わった後の技術的なサポートを実施する必要がある。

⑩ 運用面、セキュリティ面での対応に時間がかかる

【理由】IPトランスポートそのものよりも、ネットワークセキュリティの考え方や保守・運用面でIPv4との差が大きくなると考えられるものがあり、その周知徹底や環境構築に時間がかかる。

		<p>⑪ サービス差が出ないように配慮する必要がある 【理由】 経営的には、IPv6接続ユーザが受けられるサービスとIPv4接続ユーザが受けられるサービスについて、差が出ないようにする必要があります。</p>
コスト		<p>⑫ ネットワーク機器の値段がIPv4に比して高価 【理由】 IPv6対応機器は、IPv4にも対応しているため、IPv6対応機器のコストはIPv4のみに対応した機器よりも高い。</p> <p>⑬ 移行費用が多額である 【理由】 機器やアプリケーションのIPv6仕様への対応度により、機材等の新規導入/改修費用、機器導入にかかるチェック費用などが移行費用としてかかる。</p>