
IPv4アドレス枯渇の状況と提言

JPNIC 番号資源利用状況調査研究専門家チーム

まほろば工房 近藤邦昭

kuniaki@ate-mahoroba.jp

本発表でお話しすること

- ✎ 「IPv4アドレス枯渇に向けた提言」
その検討内容と公開の意義
- ✎ IPv4アドレスはいつ枯渇するのか
- ✎ IPv4アドレス枯渇に向けて何が起こるのか
- ✎ IPv4アドレス枯渇とインターネットの持続可能性
- ✎ 誰がIPv4アドレス枯渇を克服するのか
- ✎ IPv4アドレス枯渇に向けて我々は何をすべきか

報告書

「IPv4アドレス枯渇に向けた提言」

『IPv4アドレス枯渇に向けた提言』

✎ 経緯

- ✎ 2005年に発表された複数のIPv4アドレス寿命予測の精査検証のため、2005年12月に専門家チームを設立して検討

✎ 報告書の公開 2006年4月3日

- ✎ <http://www.nic.ad.jp/ja/topics/2006/20060403-01.html>
- ✎ <http://www.nic.ad.jp/ja/research/ipv4exhaustion/>
- ✎ 淡々と、IPv4アドレス枯渇に関する周辺状況を示す。
 - ✎ IPv4アドレスの枯渇時期予測に関する研究成果を示す
 - ✎ IPv4アドレス枯渇に際して何が起こるかを予測する

報告書の立ち位置

- ✎ IPv6への移行を推奨するためのものではない
 - ✎ IPv4の枯渇に向けた考察をするためのもので、IPv4が枯渇した後IPv6を使うことを推奨している訳ではない。
 - ✎ ただし、考察の結果、次世代として現段階ではIPv6が最良のソリューションであることは言及している。
 - ✎ 矛盾しているが、あくまで考察の結果であり、IPv6より良いソリューションがあれば、それでよいという立ち位置である。
- ✎ 提言はあくまで提言である
 - ✎ 各分野に対する提言が書かれているが、これらは、各分野の関係者がそれらのことについて更に深く熟慮し、それぞれの立場で最適な対応を取るためのヒントであるという立ち位置である。

番号資源利用状況 調査研究専門家チーム

- ✎ 近藤邦昭 (チェア まほろば工房)
- ✎ 芦田宏之 (イツツ コミュニケーションズ)
- ✎ 河野志行 (早稲田大学大学院)
- ✎ 塚本 彰 (UCOM)
- ✎ 外山勝保 (NTT)
- ✎ 豊野 剛 (NTT)
- ✎ 中川あきら (KDDI)
- ✎ 吉田友哉 (NTTコミュニケーションズ)

- ✎ 前村昌紀 (担当理事 フランステレコム)

IPv4アドレスは いつ枯渇するのか

枯渇予測のメカニズム

報告書で扱った枯渇予測一覧

ドキュメント名	発行年月	筆者	予測の特徴	IANA プール	RIR プール	BGP
The ISP Column (How long have we got ?)	2003年 7月	Geoff Huston	・過去10年間の傾向を 将来に延長して予測 ・BGPの経路数を考慮	2021年	2022年	2029年
IPv4 Address Report (Potaroo)	2005年 12月28日 (*1)	Geoff Huston	・過去10年間の傾向を 将来に延長して予測 ・BGPの経路数を考慮	2013年 1月 (*)	2016年 1月 (*)	2022年 8月
Internet Protocol Journal (A Pragmatic Report on IPv4 Address Space Consumption)	2005年 9月	Tony Hain	・過去5年間の傾向を将 来に延長して予測	2009年 ~ 2016年		-
The ISP Column (Numerology)	2005年 11月	Geoff Huston	・過去3年間の傾向を 将来に延長して予測 ・BGPの経路数を考慮	2012年 1月 24日	2013年 3月 23日	2027年 1月 16日

(*) Web上で日々データが更新されているため、日々枯渇予測日が変わる

2大枯渇予測

✂ Geoff Huston – ISP Column

✂ <http://ipv4.potaroo.net/>

✂ 枯渇時期 :2013年3月23日 (RIR Pool)

✂ ただし 自動計算により 日々予測日が異なる。

✂ Tony Hain – Internet Protocol Journal

✂ A Pragmatic Report on IPv4 Address Space Consumption

✂ 2009年 ~ 2013年

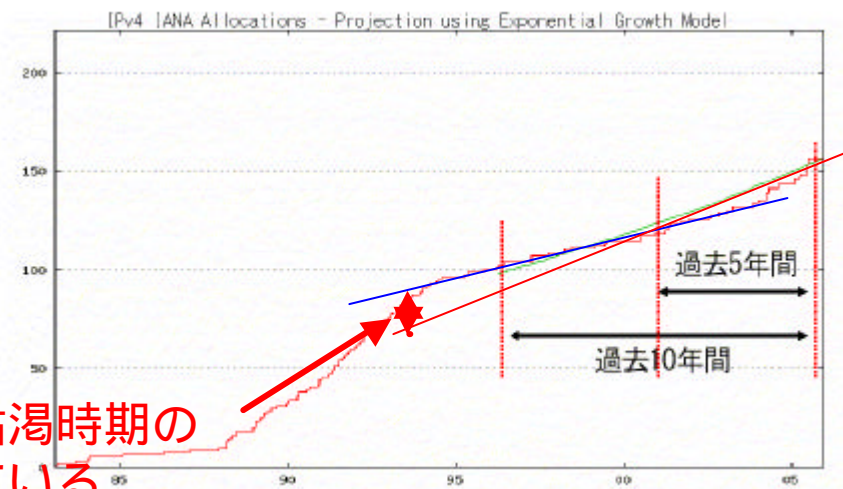
各枯渇予測の違いのポイント

- Geoff Hustonの枯渇予測はもともと2022年だった。
- 枯渇予測は、過去の需要の伸びを数学的に延長して予測している。
- つまり 過去の需要をどのように採用するかで予測枯渇時期は決定される。

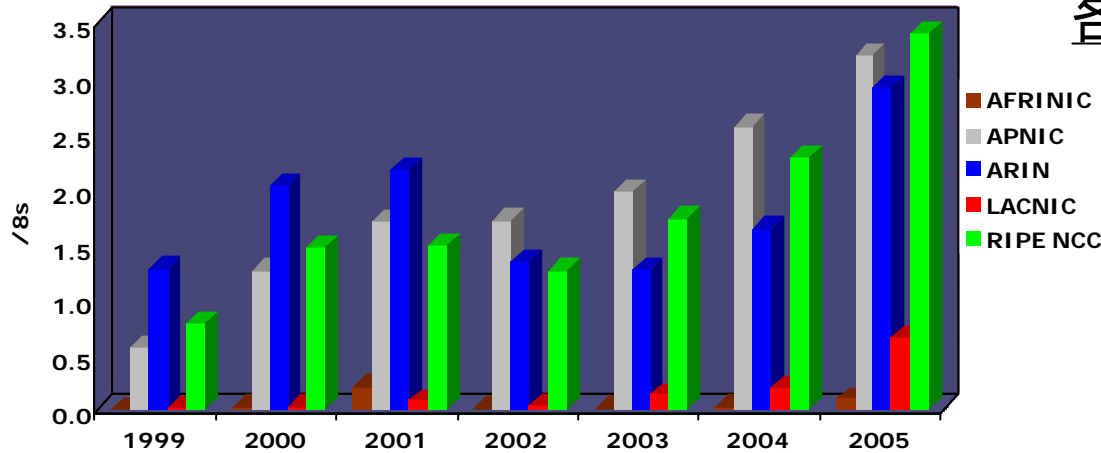
- Geoffの古い予測 10年
- Tonyの予測 5年
- Geoffの新しい予測 3年
- この違いで何がおきているか？

**実は枯渇予測は
統計的に正しくとも
かなりあいまいなもの**

この差が予測枯渇時期の
差に結びついている



そんなに早く枯渇しますか？

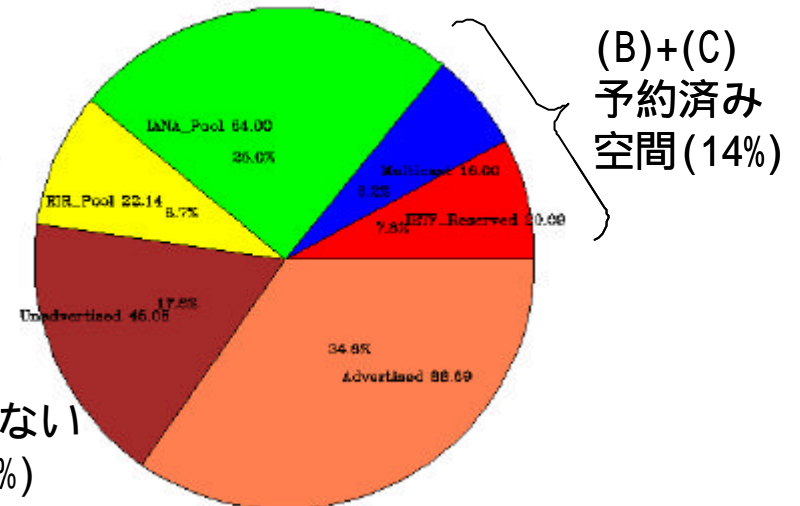


各RIRの年間割り振り総量の推移

年間 /8 * 10 , 増加傾向

全IPv4アドレスの中の消費状況 (H)RIRプール(9%)

(F) IANAプール(25%)



(B)+(C) 予約済み空間 (14%)

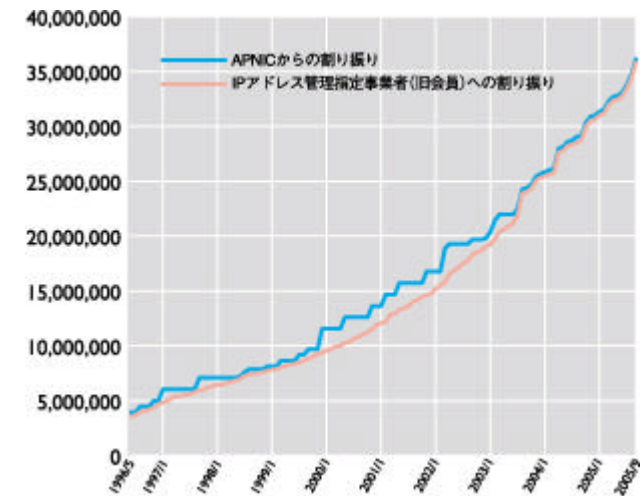
(J) RIR配下に割り当て済み且つ広報されていない (18%)

(I) RIR配下に割り当て済み且つ広報されている (34%)

未割り当て： /8 * 87
 割当済未利用： /8 * 46

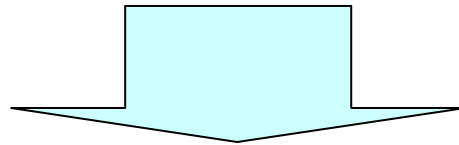
今後のIPv4アドレス需要動向

- ✂ 割り当て件数は、いまだ順調に伸びている。
 - ✂ 総務省のレポートでは、ブロードバンド契約者数の伸びは鈍化方向
- ✂ つまり 1加入者契約で、複数のサービスごとにグローバルアドレスが割当てられているか、複数アドレスで契約する人が増えている。
 - ✂ 電話サービスなどの影響か？
- ✂ この方向性が崩れなければ、さらに早い時期に枯渇する可能性もある。
 - ✂ ただし、日本だけの状況であれば、さほど影響が無いかもしれない…。



予測枯渇時期をどのように考えるか

- ✎ 統計的には正しいが、かなりあいまいである。
- ✎ とはいえ、枯渇時期が大幅にずれているともいえないさそうである。



- ✎ **大まかな、枯渇時期を捉えるための基礎資料として考える。**
 - ✎ **いついつ枯渇するというよりも、その時期が近いということを知り、準備を始める根拠となる資料と考える**

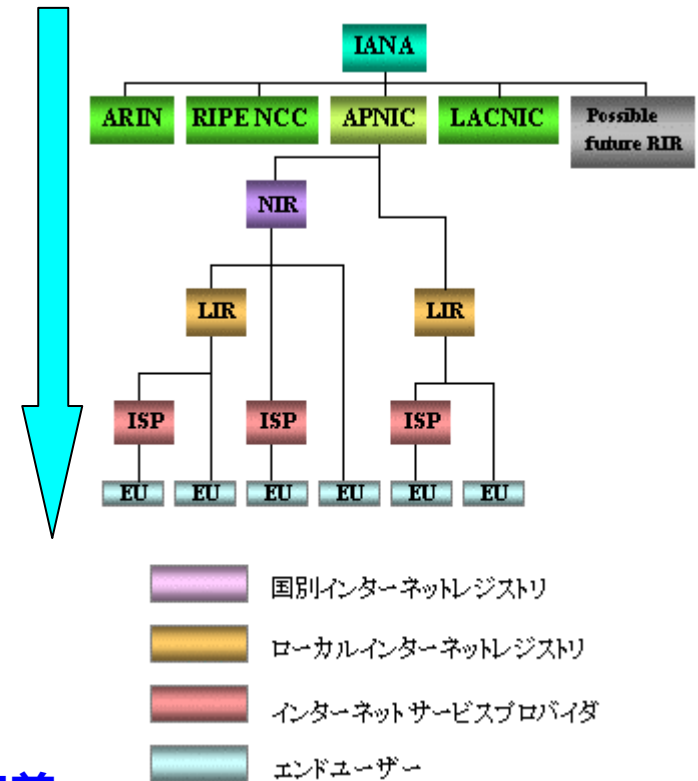
IPv4アドレス枯渇に向けて 何が起こるのか

問題を予想し、対策を考える

何を持って枯渇というか？

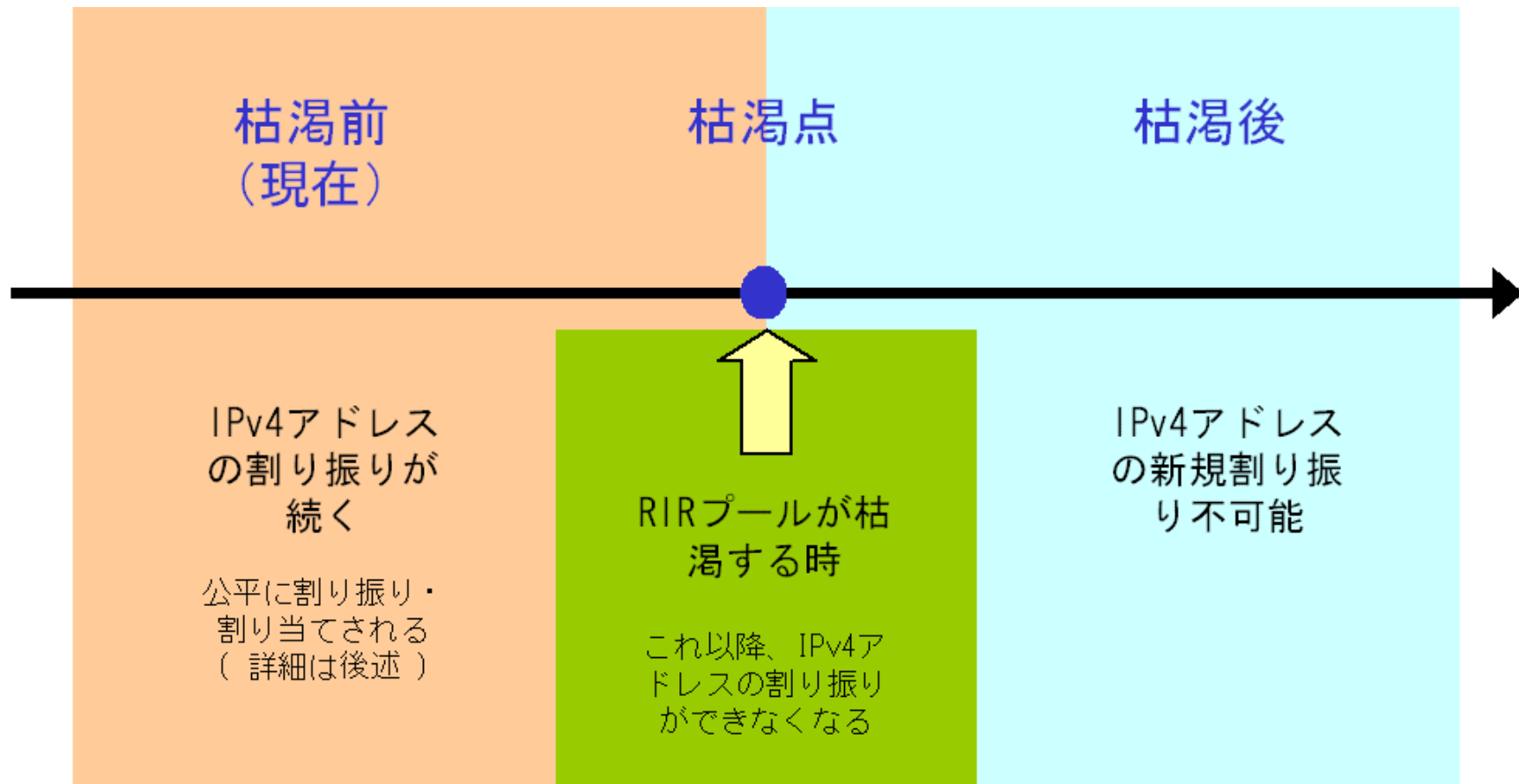
- ✎ IANA在庫がなくなる
 - ✎ RIR在庫は残っているが、新規のRIR割り振りができなくなる
 - ✎ RIR間で融通しあうことはできそう。

- ✎ RIR/NIR在庫が底をつく
 - ✎ LIRに在庫が多少残っている
 - ✎ LIRは経路制御の単位でありビジネスの単位なので、相互に融通することは難しい。



RIR/NIR在庫がなくなる時点を「枯渇点」と定義

枯渇を中心とする言葉の定義



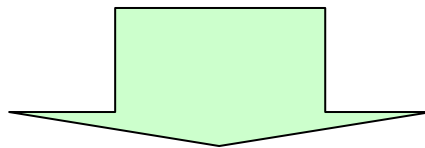
注)あくまで、報告書の中の定義です。本講演もこの定義に従って進めます。

IPv4アドレス枯渇期の流れ



レジストリが粛々と考えるべき

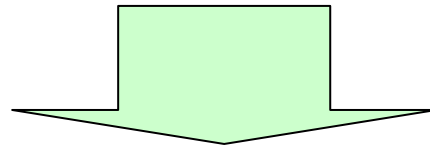
- ✎ RIR間での在庫の融通
- ✎ 割当て済み未利用領域の活用活発化
- ✎ 歴史的割り当てに対する調整活発化



**ISPやエンドユーザのレベルでの調整は困難
レジストリレベルでの調整を期待するほかない**

技術者レベルか、それとも諦めか

- ✎ 代替ソリューション検討の活発化と利用促進
- ✎ 代替ソリューション利用の高度化

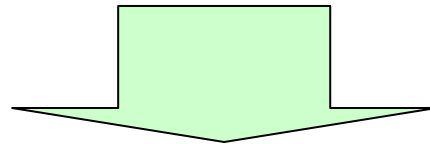


**IPv4延命の技術的検討により枯渇回避か？
一方で、
検討し利用促進段階で枯渇を迎えるか？**

**利用技術の促進によって多少の延命は期待できても
将来的につながる抜本的な解決は難しい**

ISPなど利用者が考えるべきことは

- ✎ アドレスポリシーの調整
- ✎ 駆け込み需要 と 枯渇後を見込んだ需要減
- ✎ IPv4ブラックマーケット化



**利用者レベルで対応可能、
かつ
放っておくと後から面倒くさくなりそう**

アドレスポリシーの調整

- ✎ なぜアドレスポリシーの調整が必要か？
 - ✎ 公平な分配によって枯渇を迎えられるように
 - ✎ RIRによって有利・不利があってはならない
 - ✎ LIRからの先だしによって分配されるのは公平か？
 - ✎ IPv4が完全に枯渇しないように
 - ✎ IPv4ネットワーク維持に必要なクリティカルインフラ用アドレスは残す必要がある DNS用アドレスなど
- ✎ なぜ利用者レベルでやる必要があるのか？
 - ✎ レジストリは利用者ではない。
 - ✎ ISPやエンドユーザが必要としていることを言わなくては、レジストリが良いと思っていることでポリシーが決まってしまう。
- ✎ 利用者レベルでポリシーの調整ができるのか？
 - ✎ できます。
 - ✎ JPOPM / APOPM、指定事業者説明会さまざまな窓口がある。

駆け込み需要と 枯渇後を見込んだ需要減

📌 駆け込み需要の必要性

- 📌 現在のIPv4サービスの継続性維持
- 📌 大規模プライベート空間を補うためのアドレス需要
 - 📌 ARINなどでは、プライベートアドレスが足りなければグローバルアドレスが割り振られる。プライベート空間をIPv4で継続する可能性があり、その場合に駆け込み需要がある可能性がある。

📌 枯渇前末期の需要減

- 📌 枯渇点が現実に見える段階になれば、新たにIPv4でネットワークを構成する必要性も薄れてくる。これによって、IPv4需要は鈍化する。
 - 📌 この鈍化によって、IPv4は枯渇しないと予想する説もある。

IPv4 ブラックマーケット化

✎ ブラックマーケット化はいけないことか？

- ✎ 必要に応じ適正な価格で取引扱われるのであれば、適正な取引と言える可能性はある。
- ✎ ただし、価格が高騰することによってアドレスコストがサービスに影響するようになる可能性がある。
 - ✎ これによって差別化が発生する可能性があり、それが良いのか悪いのかはわからない、ただし、アドレス取得の公平性は失われる。

✎ 適正にするために

- ✎ ブラックマーケット化の阻止
 - ✎ オープンマーケット化へ
 - ✎ オープンマーケット化するためには、現行のアドレスポリシーの変更も必要
- ✎ そもそも、アドレスの取引という結論は正しいのか？

IPv4アドレス枯渇と インターネットの持続可能性

IPv4から次世代への移行期の問題

IPv4アドレス枯渇に対して どのように対応するのか？

✂ IPv6インターネットへの移行

- ✂ そもそも枯渇問題解決のための技術であり、かなり安定してきた
- ✂ 全世界的にIPv6利用可能な状態に移行するのは至難の業

✂ NATを積極的に利用してIPv4のまま対応

- ✂ 広く普及し安定している。スケーラビリティも良好
- ✂ エッジ以外にもNATを設置し、IPv4インターネットのアーキテクチャを大きく変ようと言う案もある。
 - ✂ 全世界的コーディネーションを考えるとIPv6導入並みに大変ではないか？

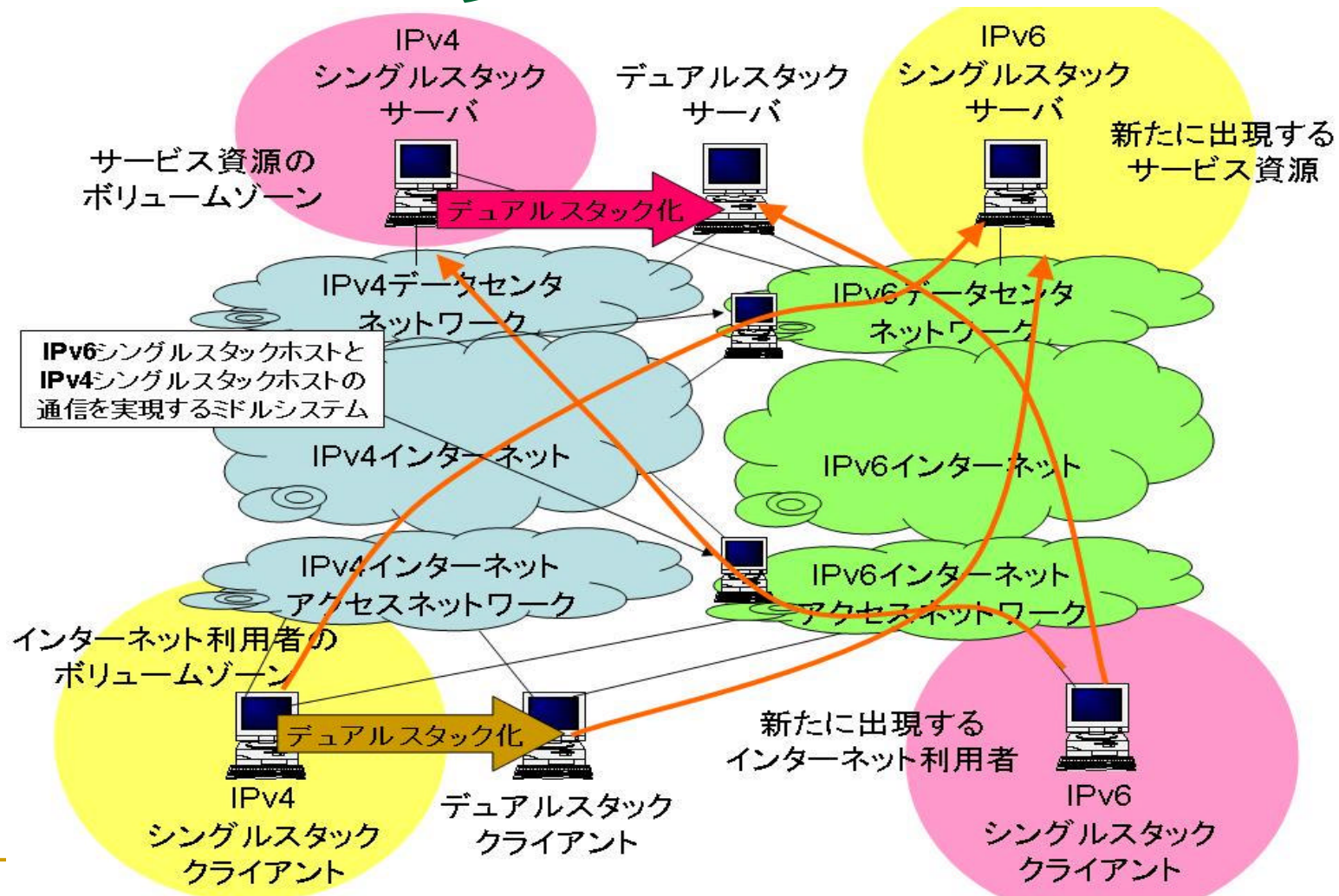
✂ 歴史的割当の効率的再利用で枯渇回避

- ✂ 新たなシステムやプロトコルの導入が全く不要
- ✂ 回避可能性あるいは延命期間の見積もりは困難

IPv6移行への様々な問題

- ✎ IPv4ホストはIPv6ホストにアクセスできる必要はあるのか？
- ✎ IPv6ホストはIPv4ホストにアクセスできる必要はあるのか？
- ✎ 企業網もIPv6へ移行したほうがよいのか？
- ✎ トランスレーターって必要なの？

IPv6がIPv4インターネットにつながるということ



最低限解決しておくべき問題

- ✎ IPv4が枯渇するとIPv4アドレスは取得できない。
 - ✎ 新たに追加されたIPv6ホストにIPv4は割当てられない。つまり、デュアルスタック運用は出来ない。
- ✎ 一方で、IPv4ホストは残る可能性がある。
 - ✎ サーバレベルであれば、サービス維持のためIPv6とのデュアルスタック化も可能。
 - ✎ クライアントレベル、つまりエンドユーザはOSの入れ替えなども必要であり、デュアルスタック化は困難化？
 - ✎ Windowsをこんなに最新に維持するのは日本だけだとか・・・
- ✎ いずれにせよ、どこかにトランスレータが必要そうなので、置く場所は検討しておく必要がある。

何がIPv4アドレス枯渇を
克服するのか

本質は、 インターネットの運営問題

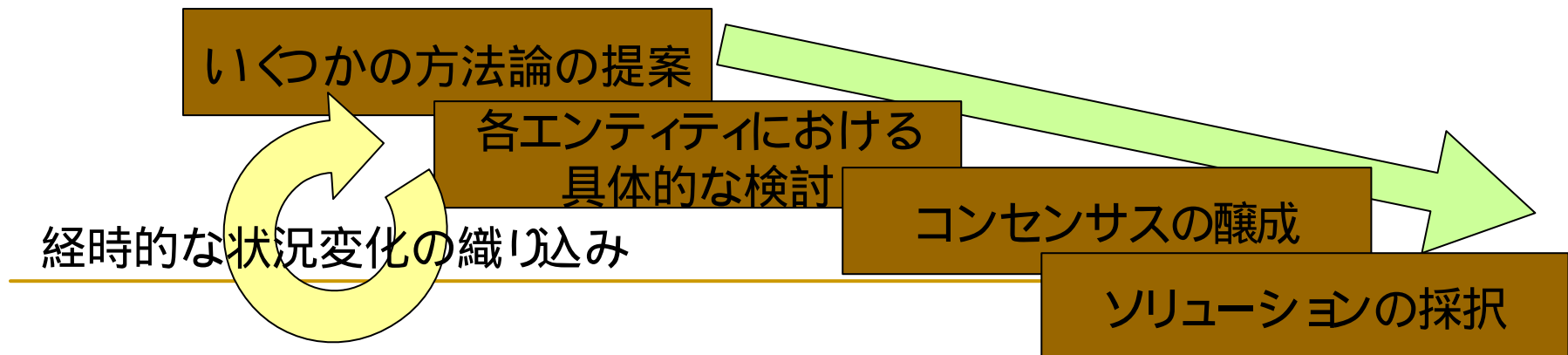
✎ 今までに我々が学んだこと

✎ De Facto Standardはどう形成されるのか？

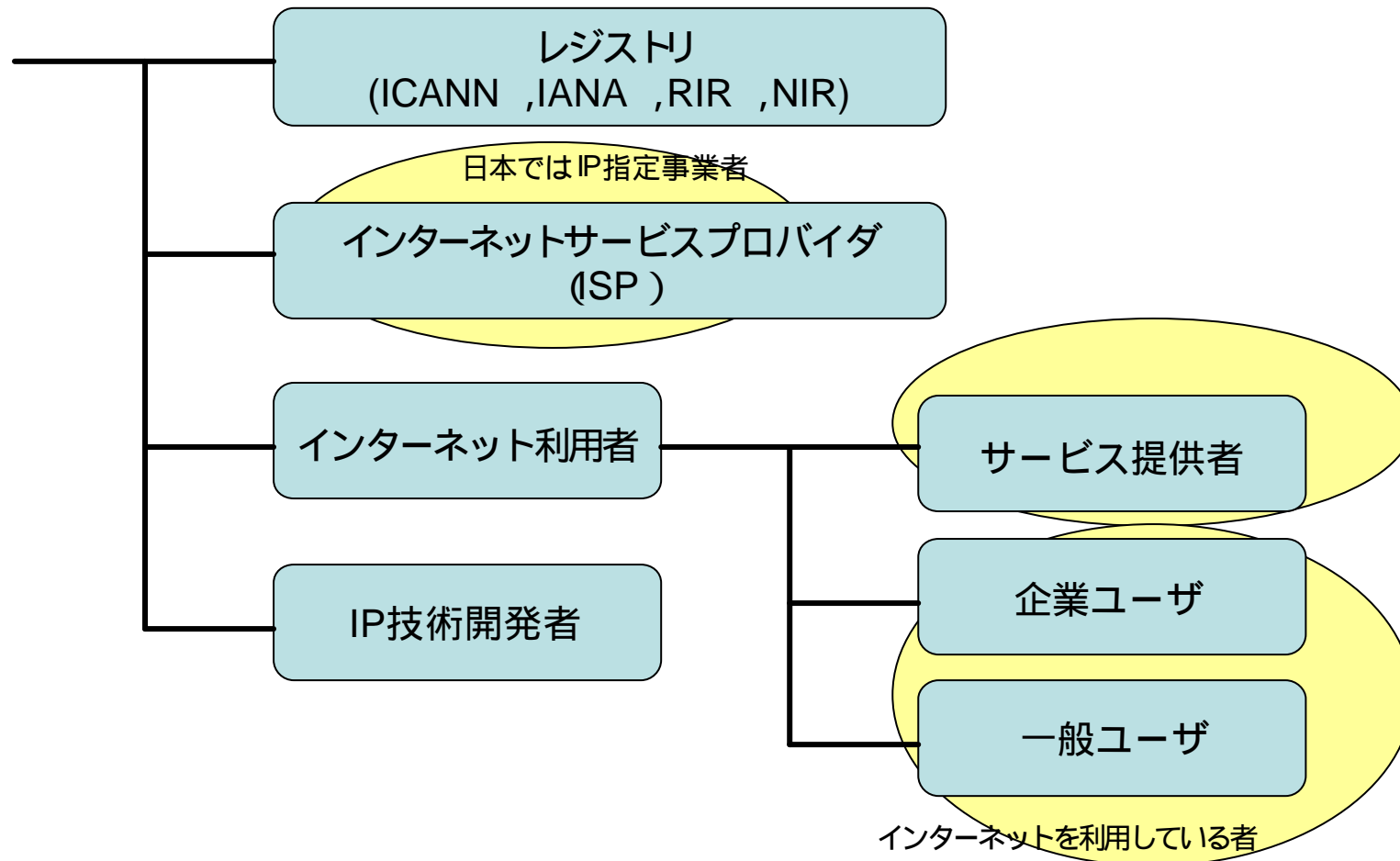
✎ インターネット運用は今までに統制されたことがあるか？

✎ BGP経路数爆発問題 , SPAM問題

✎ つまり、 **DeFactoStandardを生み出すことが運営を活化させる**



インターネット参加者全体での 取り組みが必要



レジストリ(JPNIC)の果たす役割

- ✎ より精度の高い情報をコミュニティに提供する
 - ✎ 継続的な検討や情報精査を行って、定期的に報告書をアップデートする
- ✎ 国内だけでなく海外にも情報流通を行う
 - ✎ 報告書の英訳 , 周知 , 議論 , 問い合わせ対応
 - ✎ 国際的なコンセンサス醸成に寄与
- ✎ 技術と運営コーディネーションが一体となった先進例を目指して取り組む
 - ✎ ポリシーの整備、公平性の検討

ISP

- ✍ 駆込み需要の自粛してください
 - ✍ 現行ルールでも、余分な申請は受け付けていないので、それが変わるとは思いません。
 - ✍ そもそも駆込み需要とあからさまな申請は出来ません。
- ✍ IPv6サービスの準備を開始してください
 - ✍ エンドユーザにとってISPが全ての入り口です。
 - ✍ IPv6の入り口を用意してあげることが、移行促進の第一歩であって、速やかな移行は、移行に必要なコストを低減させます。

利用者（サービス提供者）

- ✎ 今から、IPv6対応機器の購入を促進してください。
 - ✎ 設備償却期間中にIPv4の枯渇が起きれば、サービスの継続性に重大な問題を生じる可能性があります。
 - ✎ すでに、多くのIPv6機器が販売され、それらのほとんどはデュアルスタックで動作するでしょう。IPv6を即座に使わなくても、対応している機器を選択することは重要です。
- ✎ IPv6サービスの準備を開始してください
 - ✎ デュアルスタックでちゃんと動くか、セキュリティは万全か？
 - ✎ 駄目なところがあれば早めにベンダ、メーカーに訴えることで、本格稼動したときのリスクを低減できます。

利用者（企業ユーザ）

- ✎ IPv6へ移行すべきネットワークを設計しておいてください。
 - ✎ 企業ユーザによって、全てのネットワークをIPv6に行こうする必要があるかどうかは、それらのネットワークが外界とどれだけの関連性を持つかによって決まります。
 - ✎ どのホスト、どのネットワークが外界との通信が必要か、そして、それらネットワークのどれだけをIPv6にすべきかを検討して置いてください。
- ✎ 今から、IPv6対応機器の購入を促進してください。
 - ✎ とはいえ、IPv4は縮小方向に働くといえます。
 - ✎ IPv4が割当てられなくなれば、事業継続性に問題を及ぼす可能性があります。IPv6対応機器を機器更新に合わせて購入しておくことは重要です。

IP技術開発者

- ✎ 現在考えられる課題に対する検討・開発をより一層進めてください。
- ✎ IPv4/IPv6併存環境における課題
- ✎ すでにIPv6を利用している人たちからのフィードバックを迅速に解決する体制
- ✎ 特にセキュリティ製品に関しては、現在のインターネットでは大変重要な要素になっています。IPv6への移行にとってセキュリティ製品の対応は大変重要です。

