

IPv4アドレス在庫の枯渇時期の予測について

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

1. IPv4アドレス消費に関する国際動向

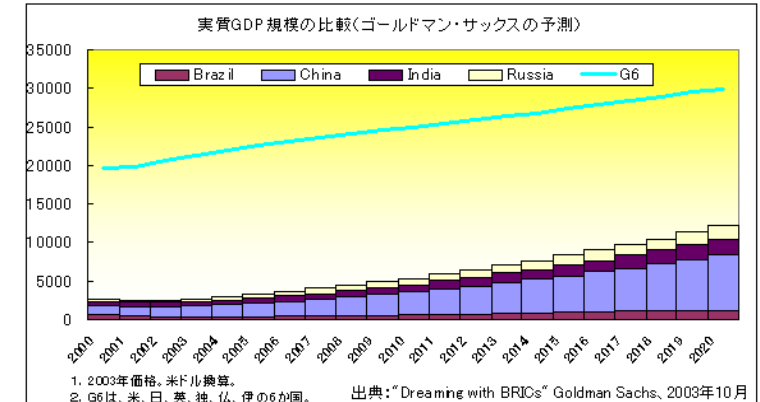
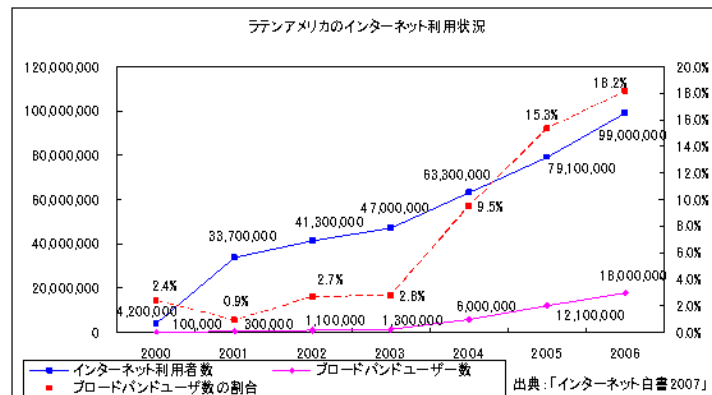
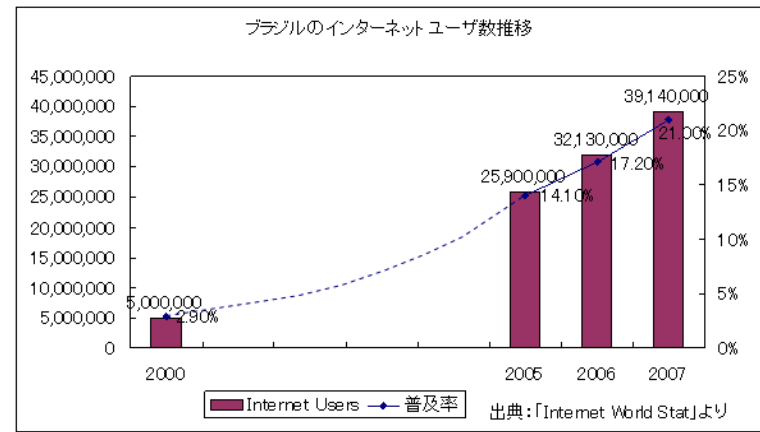
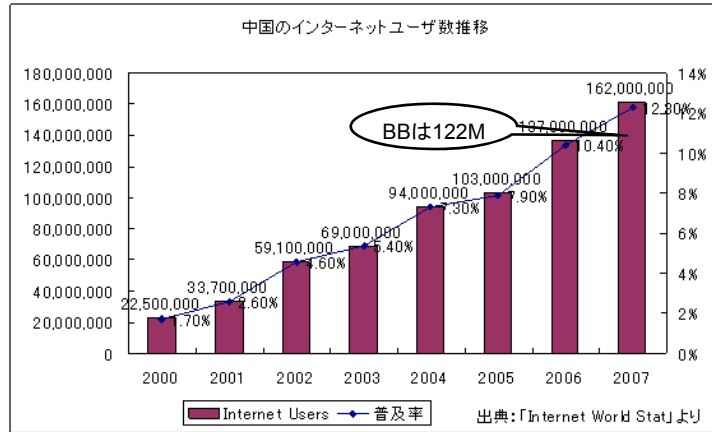
大きく下記の2つの要因により、今後のIPv4アドレスの国際的需要は、今までと同様か、さらに伸びる方向にあると考えることが妥当。

1. BRICs等でのインターネットの普及が今後拡大していくことが予測され、全体的に見て、インターネット利用人口が増加を続けると考えられること
2. 欧州のブロードバンド化の進展が今後も進むと予測されること

また、一度割り振られたIPアドレスの返却については、返却をする側に多大なコスト負担が必要となることが多いこと、過去のアドレス返却の実績も非常に少ないことを勘案すると、IPv4アドレス在庫の枯渇時期を大きく後送りするほどの寄与を期待することは難しい。

1-1. BRICsにおけるIPv4アドレス消費に関するデータ

- インターネットの人口普及率は、中国で12.3%、ブラジルでは21%に。同時に、普及の増加率は、中国では年に20-30%、ブラジルでは年に20%程度に達している。
- 一方、現在の日本のインターネット普及率は68.5%、日本を除くG6でも53.7~68.0%に達していることを考えると、インターネットユーザの伸びは当面続くと予測される。
- 中国ではインターネットユーザの大半がブロードバンド接続を利用しているが、ラテンアメリカでは、インターネットユーザの18.2%がブロードバンド接続を利用しているに過ぎず、近年急増中
→ ラテンアメリカ等でのブロードバンド接続は今後一層の拡大が予測される。



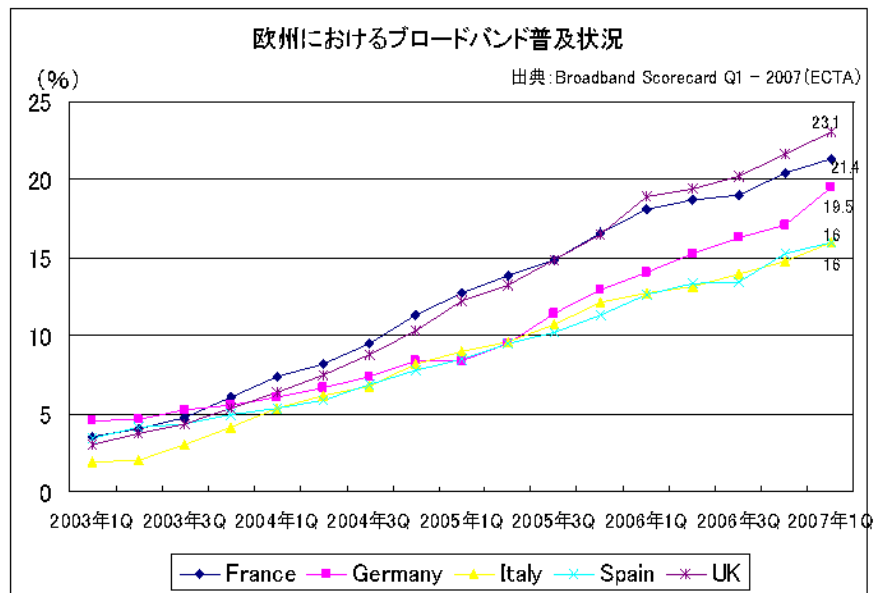
1-2. EUにおけるIPv4アドレス消費に関わるデータ

- 欧州においてはインターネットの人口普及率は、ほぼ50%超の状況にある。
 - その一方で、ブロードバンド接続は、各国の人口の15-23%（利用者の30-40%）が利用しているにすぎない。
- 日本のインターネット利用者の内、65.0%（総務省通信利用動向調査）がブロードバンド接続であることを考えると、欧州において今後もブロードバンド接続への置換が順調に進むものと予測される。

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%

出典：Broadband Scorecard Q1 - 2007 (ECTA)



1-3. IPアドレス返却の実績

- 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自由に使えるという前提の下でシステム構築を行うため、実際には利用していないIPアドレスであったとしても、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ない。
- なお、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94ブロックあるが、このうち返却され、国際的在庫へ回収されたのは、4ブロックに過ぎない。
- また、日本国内に割り振られた歴史的PIアドレスは約2ブロック。JPNIC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が、返却されたアドレスは、連絡が取れたもののうち1.8%に過ぎない(2007年7月現在)。

2. IPv4アドレス在庫の枯渇時期の予測

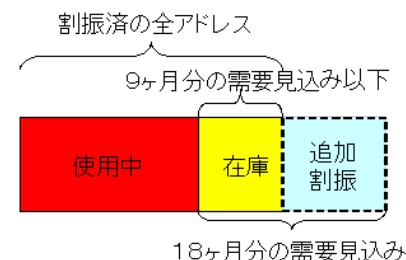
2-1. 予測の前提

- 予測に当っては、不確定要素を排除するため、特段の事情変更がないまま、粛々とアドレス割り振りがなされていくことを前提とする。すなわち、下記の3点を前提条件とした上で予測を行う。
 1. 国際的なアドレス割り振りのルール(次頁参照)が変化しないこと
 2. 割り振りを受けたIPv4アドレスを維持するためのルールが変化しないこと
 3. アドレス割り振りを受ける者が、恣意的に余剰アドレスの確保を図らないこと
- このため、下記のような事象は、今後のアドレス管理等にかかる国際的議論の結果として起こりうるものであるが、本予測ではこれら事象の影響は見込んでいない。
 - アドレス在庫の枯渇がより早まる事象
 - IPv4アドレスの国際的在庫が一定数を下回ったときに、残数全てを各地域に平等に、若しくは特定地域に優先的に配布する
 - IPv4アドレスの枯渇を見越し、恣意的に割り振り済みアドレスの無駄遣いを行うことで、「当面の必要量」を大きく見せるなど、必要以上のアドレス割り振りが要求される
 - アドレス在庫の枯渇が遅くなる事象
 - アドレス保有単価が大幅に引き上げられる
 - アドレス割り振りの際に、割り振るアドレス数が現在よりも少なくなる
 - IPv4アドレスをアドレス保持者同士が相対で取引できるようになる

2-2. 現在のIPv4アドレス割り振りのルール

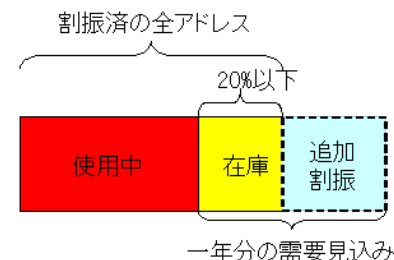
(1) ICANN(IANA)から地域管理団体(RIR : APNIC等)への割り振りは、

- ・ RIRの在庫量が「9ヶ月分の需要見込み」を下回ったときに
- ・ 「18ヶ月分の需要見込み」分を満たすまでアドレスを割り振る (/8(=IPv4アドレス約1600万個)単位)



(2) RIRから国別管理団体(NIR: JPNIC等)、またはISPなどへの割り振りは(地域によって若干のルールの差はある)

- ・ 既に割り振られたアドレスの80%以上が効率的に利用されているときに
- ・ 「1年分の需要見込み」分を満たすまでアドレスを割り振る (/21(=IPアドレス2048個)単位)



(3) 日本のNIRであるJPNICは、割り振りの必要が生じる毎に、APNICからアドレス割り振りを受けているので、国内在庫を有していない。

→ APNICの在庫がなくなると、JPNICは新規割り振りができなくなる

割振りルールを踏まえると、枯渇時期の予測に当たっては、RIR毎のアドレス在庫の予測を行い、それを積み上げたものと、IANAのアドレス残数とを照らし合わせることで行うことが適当である。

2-3. 枯渇時期予測手法

- 現在枯渇時期予測の手法としては、一般に下記の手法が用いられている。
 1. IPアドレス割り振り、経路広告に関する実績値、及びIPv4アドレスプールに関するデータ等を利用
 2. 直近の過去1200日の経路広告を元に、Fitting modelを決定
 3. 直近の過去1200日の割り振り実績データを元に、Fitting modelにあわせた推計式を導出
 4. 導出した式を元に、今後のアドレス消費量を予測
- 本予測は、アドレスの需要は「今までと同様か、更に伸びる方向にある」という検討結果を踏まえ、
 - ① 上記手法をそのまま利用することで「直近の傾向のままアドレス消費が伸びつづける」場合に相当し、また国際的にも一般的な予測として用いられているGeoff Huston氏（APNICのChief Scientist）のモデル（Geoffモデル）
 - ② アドレスの需要は「今までと同様か、さらに伸びる方向にある」という検討結果のうち、最もアドレスの消費速度が遅い「需要が一定」の場合に相当する線形モデル（モデレートモデル）の2つの方法を用いて、IPv4アドレス在庫の枯渇時期を予測するものである。

※なお、本予測にて用いている過去の実績データは、2007年9月30日（日）現在のものである

2-4. Geoffモデルによる予測(1)

(<http://www.potaroo.net/tools/ipv4/index.html>)

(1) 経路広告されたアドレス空間数の一次微分からFitting modelを絞り込み

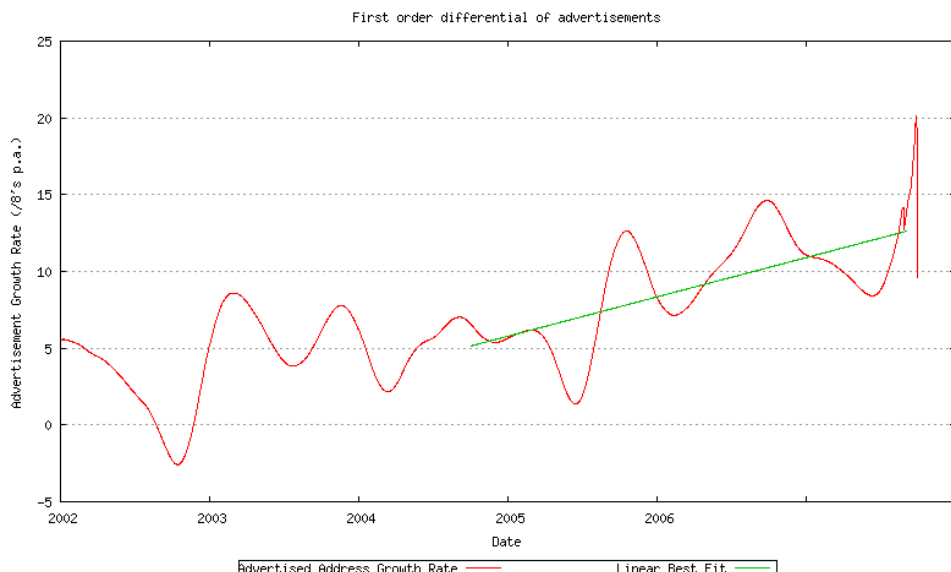
→ 実利用アドレスの増加数が増していることから、Fitting modelとして一次関数(新規需要一定)を排除

(2) さらに各RIRの割り振りブロック数の一次微分からFitting modelを決定

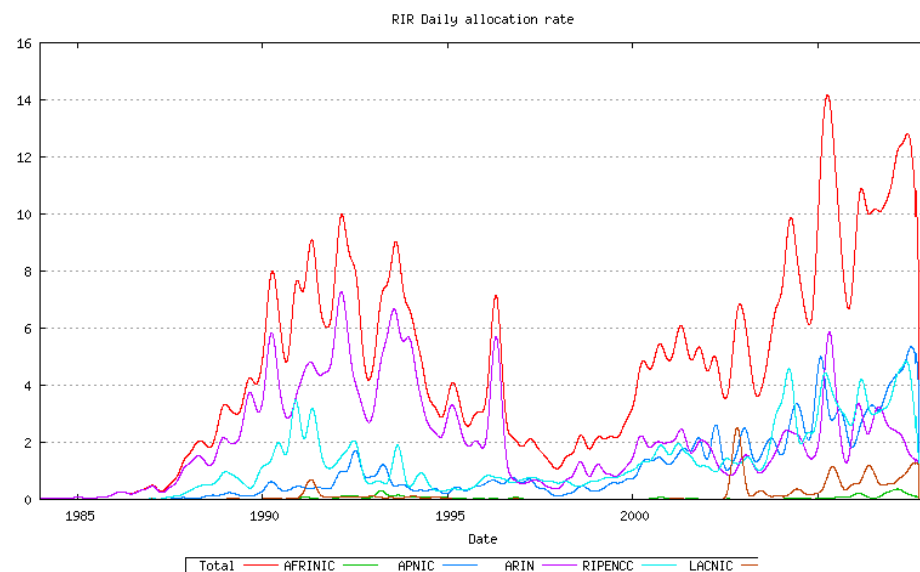
各年の伸びが一定ではない
増加数の伸びが著しい

→ 上記による一次関数排除の正当性を支持
→ n次関数よりも指数関数が適していることを示唆

→ 指数関数モデルを採用



経路広告されたアドレススペースの増加の一次微分



各RIRの割り振りブロック数の一次微分

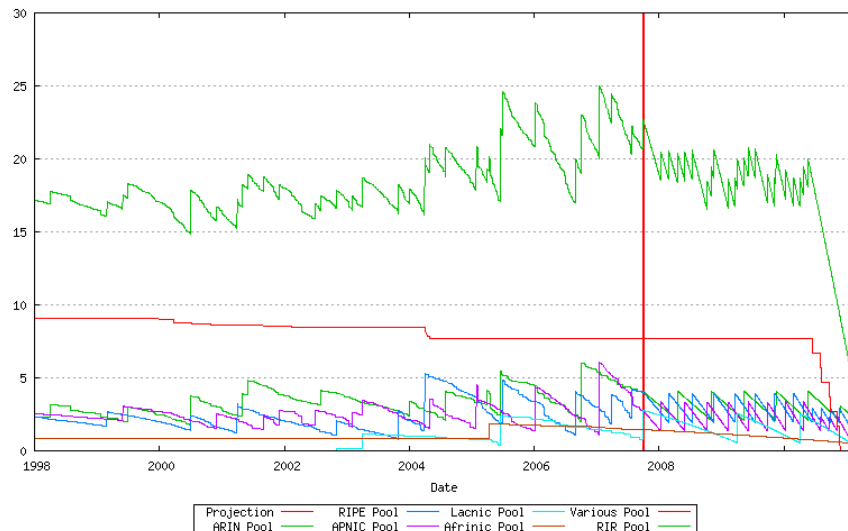
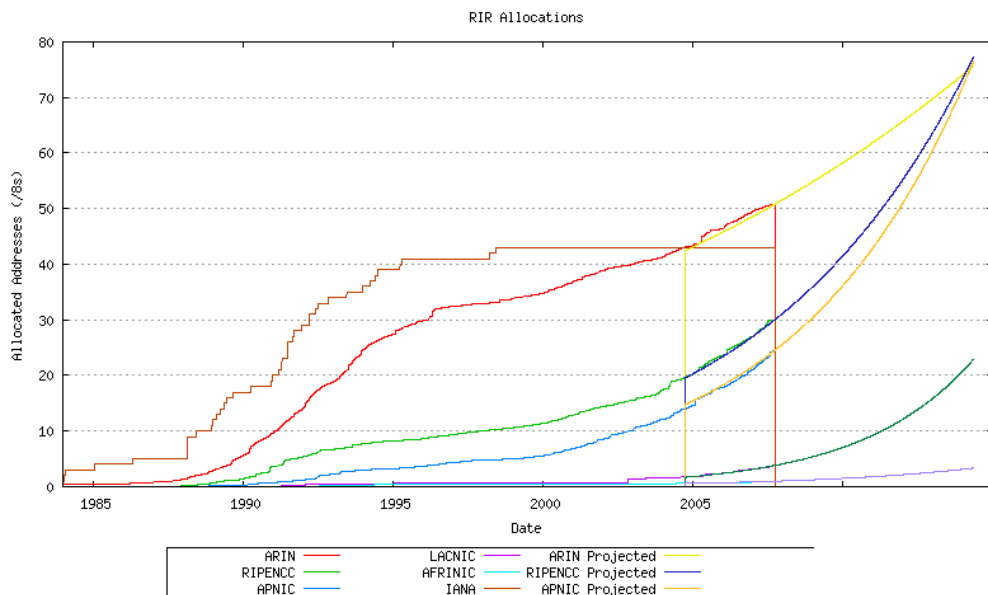
2-4. Geoffモデルによる予測(2)

(3) RIRによるアドレス割り振りの予測

指数関数モデルにより各RIRのアドレス割り振りの実績及び過去1200日のデータとのfittingにより予測したデータを左下のグラフに示す。

(4) RIRにおける在庫アドレスの挙動の予測

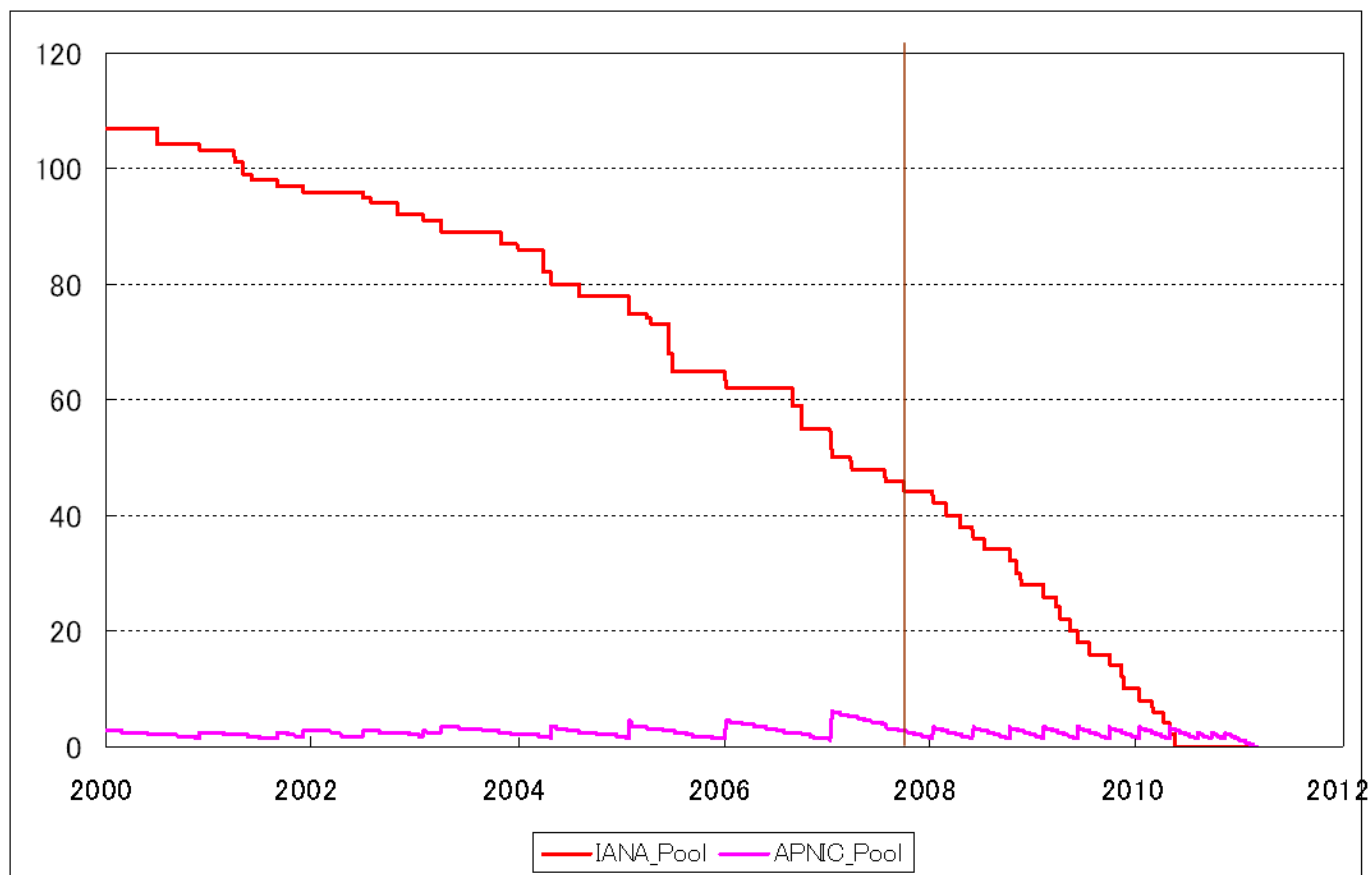
上記を踏まえ、アドレス割り振りルールを元に各RIRの在庫アドレスの挙動の予測し、あわせて全RIRの在庫アドレス数を合算したものを、右下のグラフに示す。



2-4. Geoffモデルによる予測(3)

(5) IANA残存ブロックの予測

- (4)の全RIRの在庫アドレス数の変動を、IANAの在庫アドレス状況に反映させたものを、IPv4アドレスの国際的在庫残(IANA Pool)の予測とする。
- これより、IANAにおける在庫アドレスは、2010年6月頃にゼロになると予想される。
- 同様に、APNICにおける在庫アドレスも、2011年3月末頃にゼロになると予想される。



2-5. モデレートモデルによる予測(1)

(1) 線形推計モデルによる予測

- 各RIRごとに、直近の過去1200日のIPアドレス割り振りに関する実績データから、回帰分析により推計式を導出
- 導出した式を元に、今後のアドレス消費量を予測

(2) 各RIR毎の推計式

- AFRINIC $y = 0.130109 x - 260.296$
 - APNIC $y = 3.238200 x - 6477.77$
 - ARIN $y = 2.762047 x - 5494.11$
 - RIPE $y = 3.433282 x - 6863.29$
 - LACNIC $y = 0.661448 x - 1324.38$
- (x = 西暦年)
(y = /8の個数)

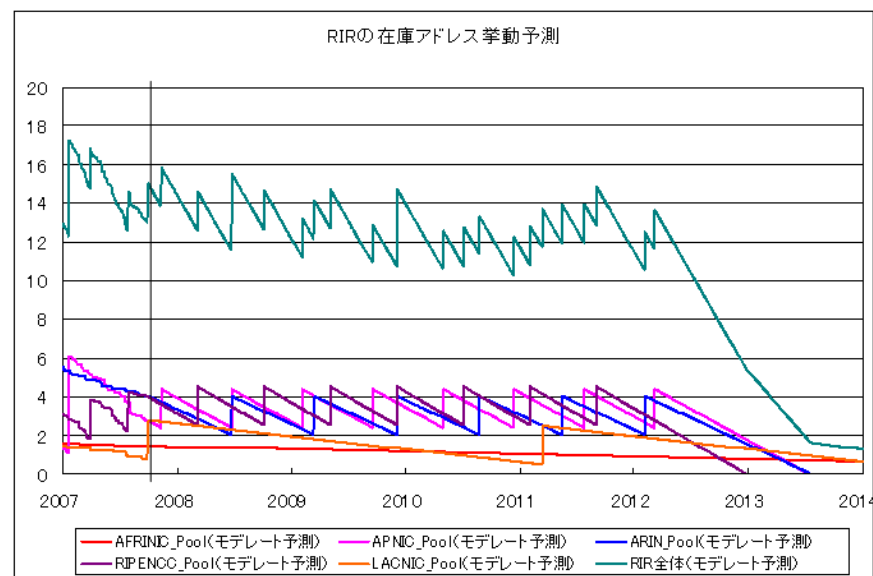
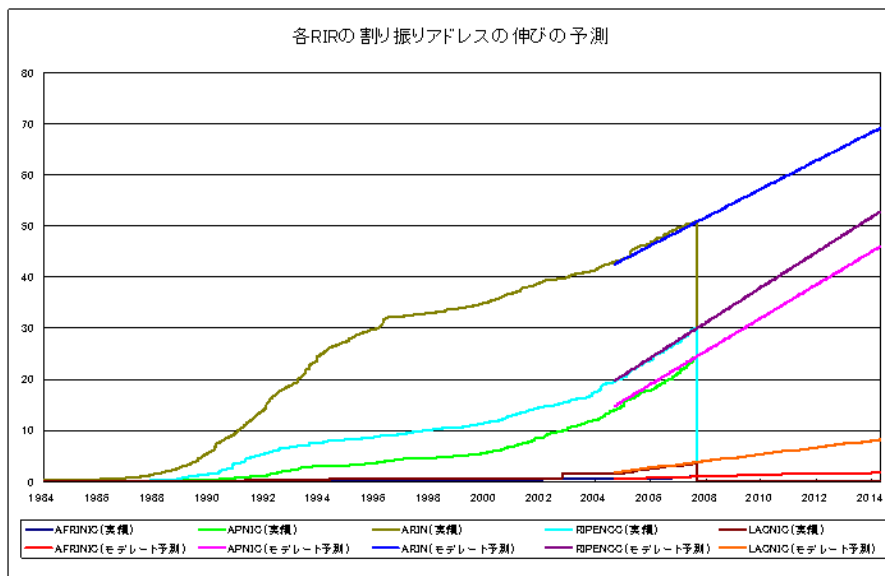
2-5. モデレートモデルによる予測(2)

(3) 各RIRの割り振りアドレスの伸びの予測

各RIRへの割り振りアドレスの実績及び(2)の推計式により予測したデータを左下のグラフに示す。

(4) RIRにおける在庫アドレスの挙動の予測

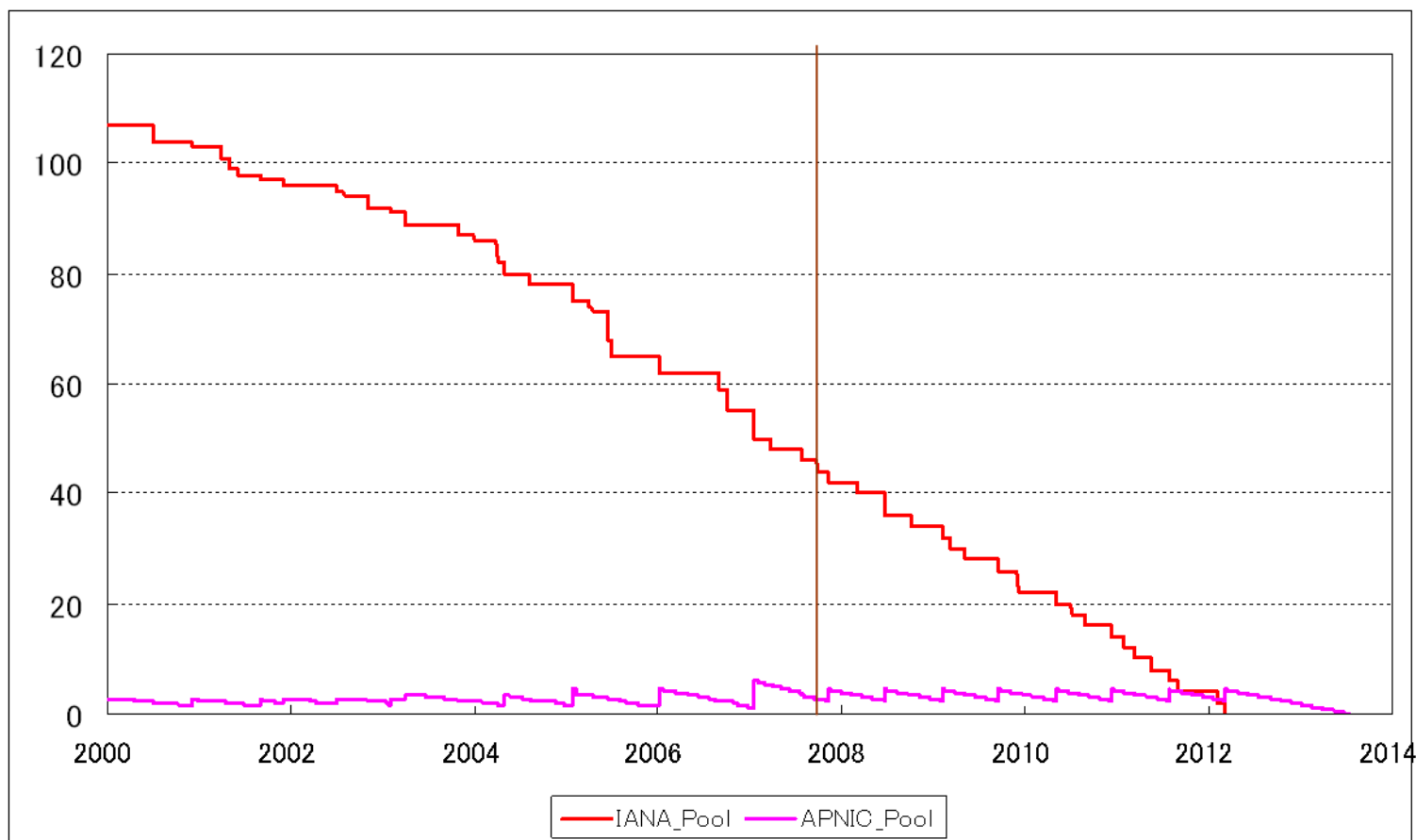
上記を踏まえ、アドレス割り振りルールを元に各RIRの在庫アドレスの挙動の予測し、あわせて全RIRの在庫アドレス数を合算したものを、右下のグラフに示す。



2-5. モデレートモデルによる予測(3)

(5) IANA残存ブロックの予測

- (4)の全RIRの在庫アドレス数の変動を、IANAの在庫アドレス状況に反映させたものを、IPv4アドレスの国際的在庫残(IANA Pool)の予測とする。
- これより、IANAにおける在庫アドレスは、2012年2月頃にゼロになると予想される。
- 同様に、APNICにおける在庫アドレスも、2013年7月頃にゼロになると予想される。



2-6. IPv4アドレス在庫の枯渇時期

- これらより、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。

