

IPv6 の普及予測

2002MT087 土谷 ひかり 2002MT090 山田 恭子

指導教員 長谷川 利治

1. はじめに

インターネットの普及に伴い、IPアドレスの不足が問題になっている。現在使われている標準的なインターネットプロトコルはIPv4 (Internet Protocol version 4) である。IPv4 のアドレスの数は 2^{32} 個 (約43億個) であり、インターネットの利用者数は全世界で5億4000万人を超えている。インターネットの端末もパソコンだけでなく携帯電話や、ネット家電など様々なものが増えてきた。ネット家電など様々なところでインターネット接続が可能になるとこのままではIPアドレスが不足することが懸念される。そこでIPv4 に替わるIPv6 (Internet Protocol version 6) が開発された。IPv6 は政府が発表した「e-Japan戦略」においても、「インターネット端末やインターネット家電が普及し、それらがインターネットに常時接続されることを推定し、十分なアドレス空間を備え、プライバシーとセキュリティの保護がしやすいIPv6 を備えたインターネット網への移行を推進する」ことが目標の一つとしてあげられている[1]。

IPv4 において、CIDR (Classless Inter-Domain Routing) や NAT (Network Address Translation)、プライベートIPアドレスの利用など IP アドレス不足の対応を行っているが、近年のインターネットの普及により、このままではIPアドレスは不足し大きな問題になることが予測される。インターネットの普及は図1の「JPドメイン名の登録件数の推移」からわかる[2]。

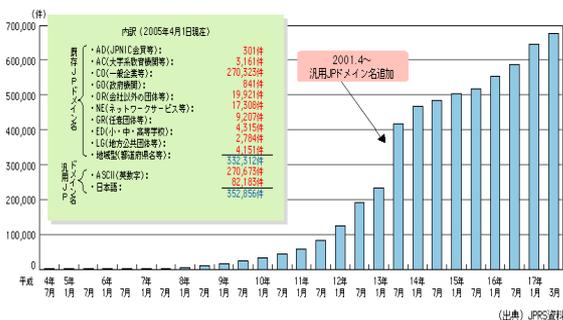


図1 JPドメイン名の登録件数の推移

2003年までの「主要国のIPv6アドレスブロック割当て組織数の推移」を図2に示す。1999年から2003年にかけて

日本は3組織から約20倍の62組織と増加の推移をたどっている。同様にアメリカでは2組織から約40倍の79組織と増加している。この図からIPv6は増加傾向にあることがわかる。

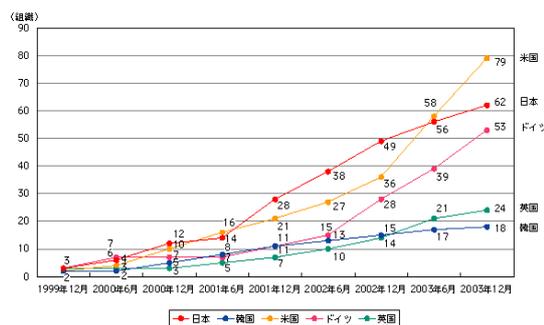


図2 主要国のIPv6アドレスブロック割当て組織数の推移

本研究では、IPv6にはどういった魅力があるのかを考慮しシミュレーションを行い、IPv4からIPv6への普及予測を行う。

2. モデリング

2.1. STELLA [3][4][5][6]

今回、シミュレーションを行うためにSTELLAを使用する。STELLAとは、「システムダイナミクス」を利用したシミュレーション用ソフトウェアである。

「システムダイナミクス」とは、時間の経過によって変化するシステムを数式モデルや表、グラフとして表現し、コンピュータの中で仮想的なモデルを作る。そして作成したモデルをコンピュータでシミュレーションし、時間の経過による変化を分析することである。

2.2. モデル作成にあたって

今回のシミュレーションではIPv6の普及をIPv6のアドレスブロックを取得した組織数で表す。IPv6が普及するためにはまず、インターネットサービスプロバイダなどの基盤となる組織が、IPv6への対応を進めなくてはならない。そこでアドレスブロックを取得する基盤となる組織を、ネットワークプロバイダと企業の二つに分けた。

IPv6を導入する一番の理由は、IPアドレスの枯渇が問題になっているからである。そのため IPv6 が普及する要因として、インターネットの普及は欠かせない要因である。ネットワークプロバイダは、サービスを提供するためには多くの IP アドレスを必要とする。ネットワークプロバイダが IPv6 を導入するにはインターネットの普及が大きな影響を与えるため、インターネットの普及をネットワークプロバイダにかかるとした。

先にも述べたように、政府は「e-Japan 戦略」において IPv6 の普及を推進している。IPv6 が普及するためにはまず、IP アドレスを割り当てるネットワークプロバイダが IPv6 を導入しなければいけない。そのため、政府の推進をネットワークプロバイダにかかるとした。

IPv6の普及が伸び悩んでいる理由として、他国の普及が影響を与えていると考えられる。インターネットは世界規模のネットワークであり、IPv6 が普及するためには他国の普及が大きな影響を与えると考えた。

ここでいう企業とはアドレスブロックを取得し、そのアドレスを主に自社のネットワークなどに使用する企業である。また、研究機関も企業のうちとした。企業が IPv6 を導入するためには、IPv6 に対する魅力がなければいけない。IPv6 を導入するにあたって一番大きな影響を与える要因は、IPv6 が開発された一番の要因でもある、IP アドレスのアドレス空間の拡張である。これによって様々な端末に IP アドレスを付与できるようになる。

IPv6 の魅力としてそのほかにセキュリティ強化があげられる。また、ルータなどの企業向け IPv6 対応製品の普及が進めば IPv6 の導入がしやすくなるため、IPv6 対応製品の普及も IPv6 普及のためには欠かせない要因である。

2.3. フローダイアグラム

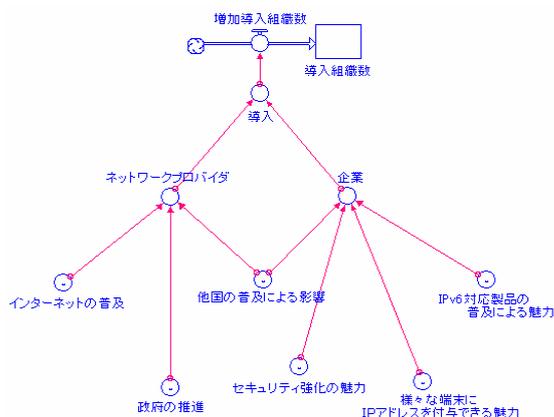


図3 フローダイアグラム

2.4. レベル-レイト方程式

ここでは、実際にシミュレーションを行うにあたり、図3に示したフローダイアグラムの各要素間の関係を示す。

(1) インターネットの普及 = グラフ (TIME)

単位時間毎に値を変化させる TIME 関数を用いて、2006年までは図1の「JPドメイン名の登録件数の推移」の半年毎の増加分の数値を基にインターネットの普及を表し、ネットワークプロバイダにかかるとした。2006年7月以降は、A:インターネットの普及が増加したとき、B:インターネットの普及が一定であるとき、C:インターネットの普及が減少したとき、の3パターンを予測した。

(2) 政府の推進 = グラフ (TIME)

TIME 関数を用いて、IPv6 対応ネットワークへの速やかな移行を図るための政府の推進を表し、ネットワークプロバイダにかかるとした。2002年4月1日から2003年3月31日までの1年間は政府の IPv6 支援制度により政府の推進の値が増加している。基本的な IPv6 技術の普及準備が完了した2004年以降は低迷していく。

(3) 他国の普及による影響 = グラフ (TIME)

TIME 関数を用いて、他国の IPv6 アドレスブロックの普及による影響を表し、企業とネットワークプロバイダにかかるとした。2005年7月まで、我が国は他国の普及による影響をほとんど受けないものとして考える。2006年以降は、D:他国の普及による影響>1、E:他国の普及による影響=1、F:他国の普及による影響<1、の3パターンを予測した。

(4) セキュリティ強化の魅力 = グラフ (TIME)

TIME 関数を用いて、企業がセキュリティを強化できることに、どの程度魅力を感じるかを表し、企業にかかるとした。年が経つにつれセキュリティ強化への魅力が徐々に認識され、魅力の増加が緩やかになっていく。

(5) 様々な端末に IP アドレスを付与できる魅力 = グラフ (TIME)

TIME 関数を用いて、IP アドレスの不足を気にせずに様々な端末にも IP アドレスを割り当てることが出来ることに、どの程度魅力を感じるかを表し、企業にかかるとした。年が経つにつれ、様々な端末に IP アドレスを付与できる魅力が増加し、IP アドレス対応製品が普及する。その後、認識され、魅力の増加が緩やかになっていく。

(6) IPv6 対応製品の普及による魅力 = グラフ (TIME)

TIME 関数を用いて、IPv6 に対応している製品の普及による魅力を表し、企業にかかるとした。2002年ま

では対応製品がほとんど普及していないため、1 以下になる。2002 年以降は IPv6 対応製品が普及し、2004 年までにインフラ機器面ではほぼ普及準備が完了した段階に達した。そのため、2004 年以降は魅力が低下していく。

(7) ネットワークプロバイダ = インターネットの普及 / 20000 * 政府の推進 * 他国の普及による影響

ネットワークプロバイダとは、インターネットの普及、政府の推進、他国の普及による影響により、IPv6 アドレスブロックを取得する組織を表し、導入にかかる要素の一つとした。

(8) 企業 = セキュリティ強化の魅力 * 様々な端末に IP アドレスを付与できる魅力 * IPv6 対応製品の普及による魅力 * 他国の普及による影響

企業とは、セキュリティ強化の魅力、様々な端末に IP アドレスを付与できる魅力、IPv6 対応製品の普及による影響、他国の普及による影響により、IPv6 アドレスブロックを取得する組織を表している。導入にかかる要素の一つとした。

(9) 導入 = ネットワークプロバイダ + 企業

導入とは、半年毎のネットワークプロバイダと企業を合わせた組織数を表し、増加導入組織数フローにかかる要素とした。

(10) 増加導入組織数 = 導入 * 2

増加導入組織数は、半年毎の IPv6 を導入する組織数を表している。

(11) 導入組織数(t) = 導入組織数(t-dt) + (導入) * dt
初期値 導入組織数 = 3

単位時間あたりの IPv6 を導入した組織数を表している。

図 2 の「主要国の IPv6 アドレスブロック割当て組織数の推移」から初期値を 3 とした。

3. シミュレーション

3.1. シミュレーションの流れ

本研究の目的は、今後 IPv6 がどのくらい普及するのか 2020 年までシミュレーションすることである。3.4 で述べたインターネットの普及が A: 増加, B: 一定, C: 減少である場合と、他国の普及による影響が D: 他国の普及 > 1, E: 他国の普及 = 1, F: 他国の普及 < 1 である場合を用意し、全部で 9 パターンのシミュレーションを行う。

3.2. 他国の普及による影響が D パターンの場合

他国の普及による影響が D パターンの場合において、インターネットの普及を変化させシミュレーションを行った結果を図 4 に示す。

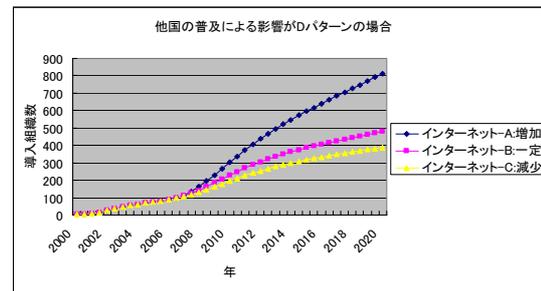


図 4 他国の普及による影響が D パターン場合

インターネットの普及が B や C の場合よりも、A の場合の方が導入組織数の増加が大きく伸びることがわかる。このことから、インターネットの普及が進むにつれて、IP アドレスの枯渇が進み、IPv6 を導入する組織が増えることがわかる。2020 年の時点で、インターネット普及の C と A では、389 組織から 811 組織で約 400 組織の差がある。

また、他国の普及による影響が D パターンの場合では、2008 年から 2010 年前後かけて他国の普及による影響が大きな影響を与えている。そのため、導入組織数も 2008 年から 2010 年前後に急速に増加している。

3.3. 他国の普及による影響が E パターンの場合

他国の普及による影響が E パターンの場合において、インターネットの普及を変化させシミュレーションを行った結果を図 5 に示す。

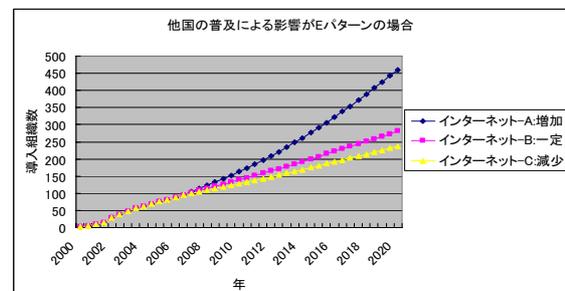


図 5 他国の普及による影響が E パターンの場合

2020 年の時点では、インターネットの普及の C と A では、237 組織から 460 組織で約 220 組織の差があり、他国の普及による影響が D パターンの場合の半分の伸びである。また、他国の普及による影響が D パターンの場合よりも、組織数が急激に増加しないことがわかる。

3.4. 他国の普及による影響が F パターンの場合

他国の普及による影響が F パターンの場合において、インターネットの普及を変化させシミュレーションを行った結果を図 6 に示す。

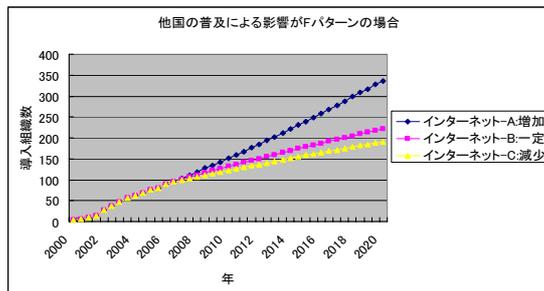


図6 他国の普及による影響がFパターンの場合

2020年の時点で、インターネットの普及のCとAでは、191組織から336組織で約150組織の差があり、他国の普及による影響がEパターンの場合に比べ、組織数はあまり増加しない。インターネットの普及がBやCの場合は、足踏み状態である。他国の普及による影響がFパターンの場合には、IPv6が普及するにはインターネットの普及のAが欠かせない要因である。

3.5. 考察

JPNIC (Japan Network Information Center) が管理するIPv4のIPアドレス管理指定事業者は、2005年12月の時点では381事業者である。IPアドレス管理指定事業者とはIPアドレスの割り当て業務およびそれに付随する業務の一部をJPNICから委託された事業者のことである[7]。現在IPv4が普及しているように、IPv6が普及するには同じぐらいの事業者がIPv6を導入している必要がある。

今回のシミュレーションではIPv6導入組織数が最初に400を超えたのが2011年7月で、他国の普及による影響がDパターンの場合かつインターネットの普及がAの場合である。

次に大きな普及を示したのが、他国の普及による影響がDパターンの場合かつインターネットの普及がBの場合である。導入組織数が400を超えたのは2016年1月である。

同様に、他国の普及による影響がEパターンの場合かつインターネットの普及がAの場合には2018年7月に400を超えた。他国の普及による影響がDパターンの場合かつインターネットの普及がCの場合には2020年1月までには約389と400に近い組織数を示している。

以上のことより、IPv6が普及するには他国の普及による影響が最も大きく影響することがわかる。他国においてIPv6が普及することにより、今後日本においてもIPv6が普及することが予測できる。

また、導入組織数が400を超えない場合はインターネットの普及がCの場合である。このことはインターネットがこの先普及しなければ、現在のIPv4においてCIDR, NAT, プライベートアドレスなどの対策を行い、現状を維持できるか

らと予測できる。

4. まとめ

本研究では、IPv4の枯渇問題の対策として、IPv6を取り上げてきた。IPv6が普及するためには今後、他国の普及が進むことが不可欠であり、また、インターネットの普及もIPv6が普及するための大きな影響を与えていることがわかった。

ネットワークプロバイダなどがIPv6を導入するための機器等はすでにそろっているので、導入する魅力が増えることでIPv6の普及は進むと考えられる。ネットワークプロバイダにおける魅力だけでは、IPv6がエンドユーザには浸透しない。今後はエンドユーザが魅力に感じるサービスの提供がIPv6普及の鍵になると考えられる。

また、IPv6が開発された目的はIPv4アドレスの枯渇問題であり、今後のインターネットの普及によってアドレス枯渇が問題となることがIPv6普及の大きな要因となる。アドレス枯渇を引き起こす要因として、ネット家電の普及、モバイルIPの普及、常時インターネット接続の普及などがあげられる。これらは魅力的な要素となるため、今後の普及は十分期待できると考えられる。

IPv6の普及は既存のIPv4環境と共存しながら進むため、サービス、アプリケーションを含めたIPv4ネットワーク、機器のスムーズな移行も重要となっていく。

謝辞

本研究を進めるにあたって、たくさんの助言、ご指導いただいた長谷川利治教授、大学院生の岩田亮一氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 総務省「情報通信統計データベース」(2006/1), <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/>
- [2] ㈱日本レジストリサービス(2006/1), <http://jprs.co.jp/>
- [3] STELLA, 「STELLA 活用のための手引き」, ㈱パーシティブューブ, ニューハンプシャー州ハノーバ, 1997
- [4] STELLA, 「STELLA 使用説明書」, ㈱パーシティブューブ, ニューハンプシャー州ハノーバ, 1997
- [5] STELLA, 「さあ、はじめましょう」, ㈱パーシティブューブ, ニューハンプシャー州ハノーバ, 1997
- [6] Barry M. Richmond, システム思考入門□教育編, ㈱パーシティブューブ, ㈱カットシステム東京都, 2004
- [7] 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(2006/1), <http://www.nic.ad.jp/>