

第2部 インターネット資源の国際的な管理体制と  
その在り方に関する議論の動向



## 第1章 インターネット資源概説

## 第1章 インターネット資源概説

### 1.1 ドメイン名

#### 1.1.1 ドメイン名の種類と性質

ドメイン名は、トップレベルドメイン (TLD) で分類すると、分野別トップレベルドメイン (generic Top Level Domain: gTLD) と、国コードトップレベルドメイン (country code Top Level Domain: ccTLD) に大別される。

gTLDは本来分野別に割り当てられたTLDであり、一般的に地理的制限なく世界のどこからでも登録することができる<sup>87</sup>。現在gTLDは、従来からある.com / .net / .orgなどに2001年以降新たに11種類が加わり、計18種類存在する(2006年2月時点)。この11の新gTLDのうち、.museum / .aero / .coop / .jobs / .travel / .mobi / .catの9つは「スポンサー付きTLD」(sponsored TLD: sTLD)と呼ばれ、それぞれの業界・分野を代表するスポンサー組織が定める方針の下、関係メンバーのみに登録が制限されている。こうした制限のないその他のgTLDは、「スポンサーなしTLD」(unsponsored TLD: uTLD)と呼ばれていて、.com/.net/.orgなどの従来から馴染みのあるgTLDは、スポンサー無しのgTLDである。

一方、ccTLDは、ISO (国際標準化機構) のISO3166-1 リストで規定されている2文字の国コードを基にして<sup>88</sup>各国・地域に割り当てられたTLDであり、現在248種類<sup>89</sup>存在する(2006年2月時点)。ccTLDは、各国・地域の事情や管理機関の方針により、その性質はさまざまであるが、大きく分類すると、登録を国・地域内に限定しているccTLD (.jp / .au / .usなど) と、登録を全世界にオープンにしているccTLD (.tv / .to / .ccなど) に分けることができる。

gTLDとccTLDの他に、インターネットインフラ用のトップレベルドメイン (Infrastructure TLD) が存在するが、これはユーザの登録対象とはなっていない。

---

<sup>87</sup> .edu / .gov / .milについては、歴史的経緯により米国内の (もしくは米国を中心とした) 関係者/組織に使用が限定されている。

<sup>88</sup> これはあくまで原則であり、UK (本来ならばGB) などの例外も存在する。

<sup>89</sup> 新たに.euが加わり248種類となった。

(表 11：ドメイン名の種類)

gTLD	ccTLD	Infrastructure TLD
《従来からある gTLD》 .com (商業組織用) .net (ネットワーク用) .org (非営利組織用) .edu (教育機関用) .gov (米国政府機関用) .mil (米国軍事機関用) .int (国際機関用)	.jp (日本) .au (オーストラリア) .kr (韓国) .uk (イギリス) .us (米国) .de (ドイツ) .ca (カナダ) .cc (ココス諸島)	.arpa e164.arpa ip6.arpa in-addr.arpa  (いずれも インターネット インフラ用)
《新 gTLD》 .info (制限なし) .biz (ビジネス用) .name (個人名用) .pro (専門家用) .museum (博物館、美術館等用) .aero (航空運輸業界用) .coop (協同組合用) .jobs (人事管理業務関係者用) .travel (旅行関連業界用) .mobi (モバイル関係用) .cat (カタロニアの言語 / 文化コミュニティ用)	.to (トンガ) .tv (ツバル) . . . .	

### 1.1.2 ドメイン名の登録状況

現在、全世界におけるドメイン名の登録総数は約 8000 万件以上になっている<sup>90</sup>。そのうちの約半数を占めるのが.comであり、2004 年 10 月時点での登録数は約 4,300 万件となっている。その他、登録数の多い大規模なTLDとしては、.de(ドイツ)、.net、.uk(イギリス)、.orgなどが挙げられる。依然として根強い人気の.comを除くと、.deの躍進ぶりが顕著である。.deはドイツに割り当てられたccTLDであるが、登録にあたっての制限が緩く、世界中に登録をオープンにしている点が特徴的である(ただしいくつかの制限事項はある)。.deが世界第2の登録数を誇る要因には、このように登録にあたっての制限が少ない点や、gTLD並みに比較的安価に登録が可能であることなどが大きく影響しているものと思われる。新gTLDの中では.infoが健闘しているが、2001年に登録を開始して以降、低調な成長が続いていた中、2004年9月に大々的なプロモーションを実施した結果登録数が前月から一気に倍増し、ようやく200万件を超えたという経緯がある。しかしながら、このプロモーションを利用してドメイン名を登録したユーザの内のかなりの数がこれらのドメイン名を更新しなかったのか、一時は400万件に迫ろうかという勢いだった.infoの登録数が、2005年9月には前月比で100万件程度減少している。

従来からある.com/.net/.orgについては、2001年10月前後をピークに一時減少傾向が続いていたが、2003年以降は再び増加傾向に転じ、現在に至っている。

---

<sup>90</sup> 出典：“Registrar Connections August 2005”  
[http://www.verisign.com/Resources/Naming\\_Services\\_Resources/Registrar\\_Connections/page\\_031411.html](http://www.verisign.com/Resources/Naming_Services_Resources/Registrar_Connections/page_031411.html)

(表 12 : gTLD別登録数ランキング (2005 年 10 月現在)<sup>91</sup>)

順位	gTLD		登録数
1	.com	(商業組織用)	43,228,923
2	.net	(ネットワーク用)	6,573,768
3	.org	(非営利組織用)	4,025,388
4	.info	(制限なし)	2,681,469
5	.biz	(ビジネス用)	1,277,134
6	.name	(個人名用)	277,369
7	.coop	(協同組合用)	6,209
8	.aero	(航空運輸業界用)	3,837
9	.museum	(博物館、美術館等用)	2,877
10	.pro	(専門家用)	6,420

データが公開されていない .edu/.gov/.int/.mil は除く。

(表 13 : ccTLD 別登録数ランキング (2006 年 2 月現在))

順位	ccTLD	国/地域	登録数
1	.de	(ドイツ)	9,490,771
2	.uk	(イギリス)	4,698,065
3	.nl	(オランダ)	1,745,976
4	.it	(イタリア)	1,391,257
5	.cn	(中国)	1,096,924
6	.be	(ベルギー)	1,050,327
7	.us	(米国)	965,177
8	.br	(ブラジル)	868,249
9	.jp	(日本)	786,124
10	.ch	(スイス)	759,183

<sup>91</sup> 登録数データは各レジストリ(またはスポンサー組織)がICANNに提出する月間報告書<<http://www.icann.org/tlds/monthly-reports/>>に基づくが、報告書の公開が数ヶ月遅れとなるため、2005年10月時点(.aeroと.museumについては2005年9月時点)のデータが最新のものとなっている。

## 1.2 IP アドレス

### 1.2.1 IP アドレスの種類と性質

インターネットプロトコル (IP) は、インターネットに接続されたコンピュータ同士がデータをやりとりするための通信規約である。大きな特徴として、データをパケットと呼ばれる単位に分割して扱うこと、パケツリレー式にルータという機械で中継されることが挙げられる。またそれぞれのコンピュータを区別するために個々に番号をつけてあり、この番号を IP アドレスという。現在 IP はバージョン 4 とバージョン 6 が混在して利用されており、以降はこれらのバージョンを区別して、バージョン 4 は IPv4、バージョン 6 は IPv6 と表記し、それぞれのバージョンで使われるアドレスを IPv4 アドレス、IPv6 アドレスと表記する。

#### 1.2.1.1 IPv4 アドレス

IPv4 アドレスは 2 進数で 32 桁の数字で表される。従って、アドレス総数は 2 の 32 乗個、つまり約 43 億個<sup>92</sup>となる。

(図 6 : IPv4 アドレス 2 進数表記)

1100000010101000000000000000000001      32 桁 (32 ビット) の 2 進数
--

この 32 ビットの IPv4 アドレスを表記する場合、8 ビットごとに 4 つに区切って 10 進数に直し、ピリオドで区切った表記が広く用いられる。

(図 7 : IPv4 アドレス 10 進数表記)

11000000.10101000.00000000.00000001 = 192.168.0.1
---

また、IPv4 アドレスは、ネットワークを識別する部分 (ネットワーク部) と、そのネットワーク内のホストを識別する部分 (ホスト部) に分かれている。

以前はこの境界を IPv4 アドレスの上位数ビットによって決定する方式が採られていた。これがクラスと呼ばれる概念である。

---

<sup>92</sup> 正確には、 $2^{32}=4,294,967,296$  個となる。



クラスはその規模によって、「クラスA」「クラスB」「クラスC」に分けられる。<sup>93</sup>これらを10進数のアドレスで表記した場合、それぞれのクラスの上位ビット、アドレス範囲、ネットワーク部のビット数と利用できる最大ホスト数は以下の表のようになる。このような方式を「クラスフル」と呼ぶ。以前は、ネットワークの規模すなわちネットワークに接続されるコンピュータの数に応じ、クラスがアドレスが分配されていた（これを「クラスフル」の割り当てという）。

(表 14: クラス)

クラス	上位ビット	アドレス範囲	ネットワーク部のビット数	最大ホスト数
A	0	0.0.0.0 - 127.255.255.255	8 ビット	16,777,214
B	10	128.0.0.0 - 191.255.255.255	16 ビット	65,534
C	110	192.0.0.0 - 223.255.255.255	24 ビット	254

しかし、この方式は世の中のネットワークの規模をあまりに大雑把に分けており、実際には膨大な余剰アドレスを生む原因となった。そこで現在では、8ビットごとという単位に縛られることなく、任意のビットでネットワーク部とホスト部の境界を定めることができる「クラスレス」と呼ばれる技術が用いられるようになった。

クラスレスでは、ネットワーク部のビット長（プリフィクス長という）を明示する必要があるため、アドレスのあとに / で区切って プリフィクス長を表記する。

(例)

192.168.0.0/28 = 192.168.0.0 ~ 192.168.0.15 (16 ホスト)

ネットワーク部 28 ビット、ホスト部 4 ビット

同様に、「/27」はホスト部 5 ビットなのでホスト数は 32 となり、「/26」だとホスト数は 64 となる。以下にプリフィクス長とホスト数の対応表を示す。

<sup>93</sup> この他にマルチキャスト通信用のクラスD、実験用のクラスEという分類もある。

(表 15 : プリフィクスとホスト数の対応表)

ホスト部のビット長	プリフィクス表記	ホスト数 (アドレス数)
0	/32	1
1	/31	2
2	/30	4
3	/29	8
4	/28	16
5	/27	32
6	/26	64
7	/25	128
8	/24	256
9	/23	512
10	/22	1,024
11	/21	2,048
12	/20	4,096
13	/19	8,192
14	/18	16,384
15	/17	32,768
16	/16	65,536
17	/15	131,072
18	/14	262,144
19	/13	524,288
20	/12	1,048,576
21	/11	2,097,152
22	/10	4,194,304
23	/9	8,388,608
24	/8	16,777,216
25	/7	33,554,432
26	/6	67,108,864
27	/5	134,217,728
28	/4	268,435,456
29	/3	536,870,912
30	/2	1,073,741,824

このクラスレスによってネットワークの規模に応じた適切なアドレスの分配ができるようになり、クラスフルの概念は過去のものとなった。現在 IPv4 アドレスは、クラスレスの考え方によって分配されている。

また、IPv4 アドレスにはプライベートアドレスとグローバルアドレスという概念があり、前者はインターネットに直接接続されていないネットワークで自由に使って良いとされるアドレスで、以下の通り範囲が定められている。

(プライベートアドレスの範囲)

10.0.0.0 ~ 10.255.255.255 ( 10.0.0.0/8 )

172.16.0.0 ~ 172.31.255.255 ( 172.16.0.0/12 )

192.168.0.0 ~ 192.168.255.255 ( 192.168.0.0/16 )

これらとは別に、マルチキャストアドレスと呼ばれるアドレスがある。IPv4 アドレスでは以下の範囲がマルチキャストアドレスとして定義されている。

(マルチキャストアドレスの範囲)

224.0.0.0 ~ 239.255.255.255

### 1.2.1.2 IPv6 アドレス

IPv4 が 32 ビットからなるアドレスである一方、IPv6 アドレスは 128 ビットからなるアドレスであり、単純計算ではおよそ 43 億の 4 乗個のアドレスが利用可能となる。32 ビットからなる IPv4 アドレス（約 43 億個）よりも格段に多くのアドレスが利用可能であることがその最大の特徴である。

IPv4 アドレスは 8 ビットごとに 4 つに区切って 10 進数に直し、ピリオドで区切った表記を行うが、IPv6 アドレスではこの表記だと長くなり過ぎるので、16 ビットごとに 8 つに区切って 16 進数に直し、コロンで区切った表記を行う。その際、連続して 0 が続く場合、表記を省略できるというルールがある。また、IPv4 と同様にプリフィクス長を表すための「/」を使った表記も使われている。

( 2 進数表記 )

```
0010000000000001:0000110110111000:0000000000000000: 0000000000000000:  
0000000000000000: 0000000000000000: 0000000000000000: 0000000000000000/32
```

( 16 進数表記 )

```
2001:0DB8:0:0:0:0:0/32
```

( 連続の 0 を省略 )

```
2001:0DB8::/32
```

IPv6 アドレスで「/32」と標記した場合、ネットワーク部が 32 ビット、ホスト部が 96 ビットとなるので、ホスト数（アドレス数）としては、 $2^{96}$ 個となる。

一般の ISP が受ける IPv6 アドレス割り振りで最も小さな単位がこの「/32」である。

また、IPv6 アドレスは一般的には以下に挙げる 3 つに大別される。

#### (1) ユニキャストアドレス

単一のネットワークインタフェースに対して使用されるアドレス。

(2) エニキャストアドレス

複数のネットワークインタフェースに対して使用され、そのうち 1 つのホストのみと通信を行うためのアドレス。

(3) マルチキャストアドレス

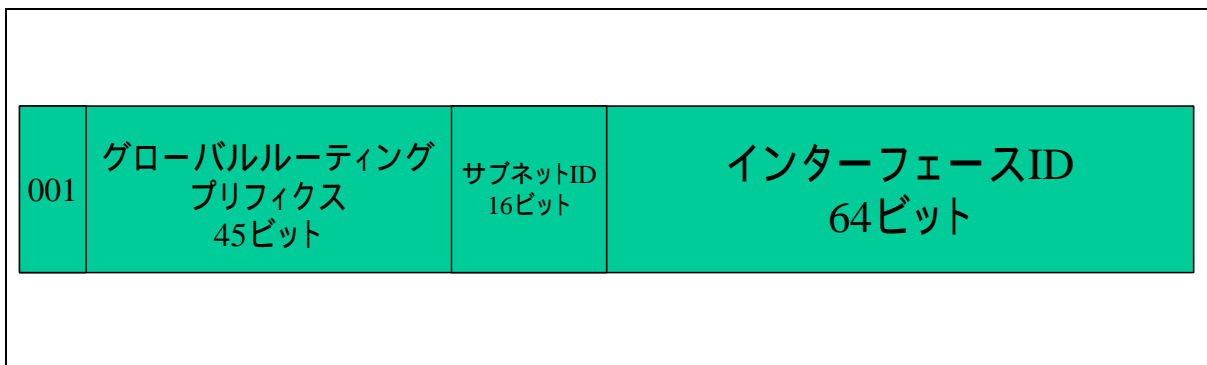
複数のネットワークインタフェースに対して使用され、同一アドレスを持つすべてのホストと通信を行うためのアドレス。

(1)のユニキャストアドレスには、集約可能なグローバルユニキャストアドレス（以下、グローバル IPv6 アドレス）とリンクローカルユニキャストアドレス（以下、リンクローカルアドレス）とがある。このうち、前者のグローバル IPv6 アドレスが、IP アドレスレジストリからの分配の対象になる。具体的には、アドレスの先頭 3 ビットが「001」のアドレス（2000::/3）が目下レジストリによって分配されているアドレスとなる。

後者のリンクローカルアドレスは、接続された同一セグメント内でホストを一意に識別するためのアドレスで、「FE80::/10」という専用のプリフィクスが用意されている。

IPv6 の 128 ビットアドレスのうち、16 ビットのサブネット ID はエンドユーザ組織が内部ネットワークのセグメント分けのために自らの判断で利用できる部分である。また、下位 64 ビットのインタフェース ID は、それぞれの端末のネットワークインタフェース毎に対してつけられる部分である。IPv6 に備わっているアドレス自動設定機能を活用する場合、EUI-64 という MAC アドレスを利用したルールによって自動生成される。したがって、正確にはグローバル IPv6 アドレスの上位 48 ビットが IPv6 の階層的なアドレス分配メカニズムの対象となり、下位 80 ビットが、割り当てられたサイト内で決定されることとなる。

（図 8：現在レジストリによって分配されている IPv6 アドレスのフォーマット）



上図から分かる通り、IPv6 では 1 サイトあたり  $2^{16}$ 個 (65,536 個) のサブネットを設定することができ、さらにそのサブネット内で  $2^{64}$ 個 (42 億 × 42 億個) の端末が収容できることとなる。現時点では実利用上、全く問題の無い数であるということができる。

しかし一方では、これだけの数のアドレスを本当に個人ユーザが必要としているのか、大きすぎるのではないかといった意見が2005年夏あたりから世界各地で見られるようになり、現在の分配ルールを変更しようという提案も提出された。2006年1月末現在ではこの提案が承認された地域はなく当面は現行のルールに沿って分配が続けられるが、今後の動向に注目する必要がある。

(2)のエニキャストアドレスには、それ専用のプリフィクスが用意されているわけではない。エニキャストアドレスはユニキャストアドレスの特殊なものとして定義されており、具体的にはインタフェース ID のビットがすべて「0」となっているアドレスとなる。

(3)のマルチキャストアドレスには、上位 8 ビットがすべて「1」となっている「FF00::/8」というプリフィクスが用意されており、上位9ビット目から 12 ビット目までの4ビットで、そのマルチキャストアドレスの意味を表現している。12 ビット目が「0」であれば、そのアドレスは IANA によって割り当てられた固定のマルチキャストアドレスとされる。また、11 ビット目が「1」であれば、そのマルチキャストアドレスを割り当てたプロバイダに割り振られているプリフィクスが埋め込まれることになる。

IPv4 アドレスでは、インターネットに直接接続しないホストに割り当てるアドレスとして、10.0.0.0/8 や 192.168.0.0/16 などのプライベートアドレスが規定されている。これと同じように使える IPv6 アドレスとして、「FEC0::/10」というプリフィクスを持ったサイトローカルアドレスと呼ばれるアドレスが規定されていたが、今ではこれは廃止されている。

このサイトローカルアドレスに代替するアドレスとして、ユニークローカル IPv6 ユニキャストアドレスの仕様策定の議論が IETF ( The Internet Engineering Task Force ) を中心に行われている。このアドレス用のプリフィクスとしては、「FC00::/7」が用意されている。

ここまでで説明した内容をまとめたものとして、次頁の表に IPv6 アドレスのフォーマットプリフィクス別の割り振り状況を示す。

(表 16 : IPv6 アドレスのフォーマットプリフィクス毎の割り振り状況)

プリフィクス	割り振り状況 (用途)	全 IPv6 アドレス空間に 占める割合
0000::/8	未指定アドレス、ループバックアドレス、IPv4 互換アドレス等	0.39% (1/256)
0100::/8	未割り振り	0.39% (1/256)
0200::/7	未割り振り (以前の NSAP 用アドレス)	0.78% (1/128)
0400::/6	未割り振り	1.56% (1/64)
0800::/5	未割り振り	3.13% (1/32)
1000::/4	未割り振り	6.25% (1/16)
2000::/3	グローバルユニキャストアドレス	12.5% (1/8)
4000::/3	未割り振り	12.5% (1/8)
6000::/3	未割り振り	12.5% (1/8)
8000::/3	未割り振り	12.5% (1/8)
A000::/3	未割り振り	12.5% (1/8)
C000::/3	未割り振り	12.5% (1/8)
E000::/4	未割り振り	6.25% (1/16)
F000::/5	未割り振り	3.13% (1/32)
F800::/6	未割り振り	1.56% (1/64)
FC00::/7	ユニークローカルユニキャストアドレス	0.78% (1/128)
FE00::/9	未割り振り	0.20% (1/512)
FE80::/10	リンクローカルユニキャストアドレス	0.10% (1/1024)
FEC0::/10	未割り振り (以前のサイトローカルアドレス)	0.10% (1/1024)
FF00::/8	マルチキャストアドレス	0.39% (1/256)

## 1.2.2 IP アドレスの分配状況

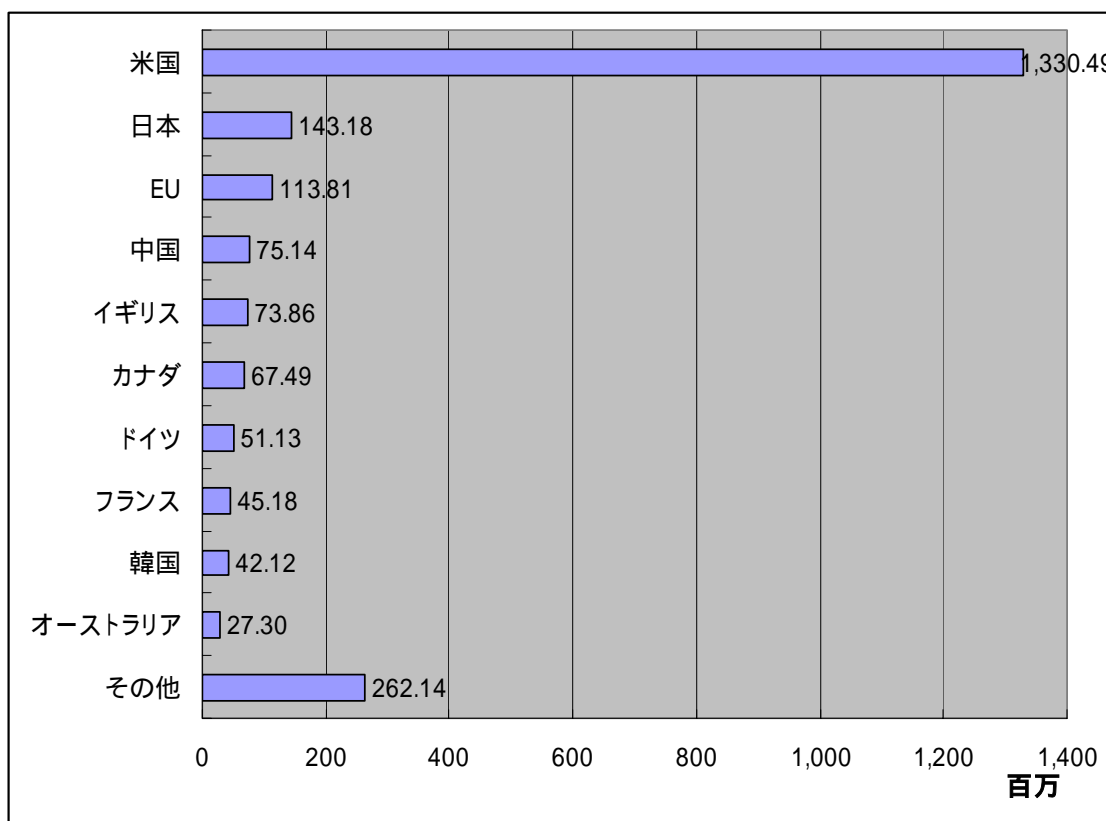
### 1.2.2.1 IPv4 アドレス

IPv4 アドレスは、IANA から RIR へは/8 を最小単位として割り振りが行われ、RIR から LIR へは/22 もしくは/21 (地域によって大小がある。日本は/21。)を最小単位として割り振りが行われる。特殊用途用に RIR からエンドユーザに直接アドレスを割り当てるサービスもあり、この場合の最小割り当てサイズは実質/24 である。

現行の RIR システムが整う前に、直接レジストリからアドレスの割り当てを受けた組織もある。このような割り当てを「歴史的な割り当て (historical assignment)」と呼ぶことがあり、現行の割り振り・割り当てとは区別されている。

歴史的な割り当てはクラスフルでの割り当てが行われていたため、/24、/16、一部は/8 という広大なアドレスの割り当てが行われた。インターネットの草創期の割り当て先はインターネット発祥の地である米国の組織が多かったこともあり、その後の割り当てを含めても米国の割り当てが群を抜いて多い。

以下に IPv4 アドレス割り振り量が多い上位 10 カ国を示す。詳細については第 3 部第 2 章の統計資料をあわせて参照いただきたい。



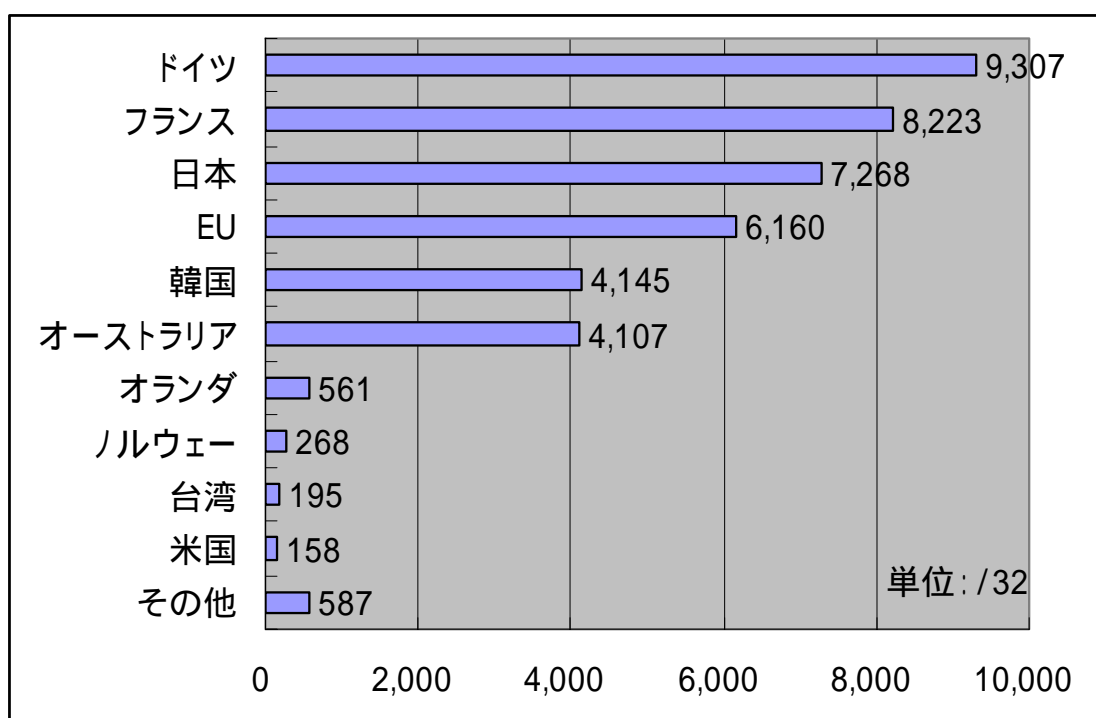


### 1.2.2.2 IPv6 アドレス

IPv6 アドレスは、IANA から RIR へは/23 を最小単位として割り振りが行われ、RIR から LIR へは/32 を最小単位として割り振りが行われる。LIR へ IPv6 アドレスの割り振りが始まった初期の頃は最小単位である/32 の割り振りが行われていたが、2003 年秋頃から最小単位を超える割り振りが見られるようになってきた。特に欧州地域でこの傾向が顕著である。

IANA から RIR への IPv6 アドレス割り振りについては、2006 年 1 月末現在ポリシーの制定中である。この新ポリシーが採用されると、RIR への最小割り振り単位は現在の/23 から /12 へと格段に大きくなる。

以下に IPv6 アドレス割り振り量が多い上位 10 カ国を示す。詳細については第 3 部第 2 章の統計資料をあわせて参照いただきたい。



## 1.3 AS 番号

### 1.3.1 AS 番号の性質

AS とは「Autonomous System」の略であり、「自律システム」とも呼ばれる。AS は、統一された運用ポリシーによって管理されたネットワークの集まりであり、BGP のような外部経路制御プロトコルによる管理対象となる。通常、規模の大きい ISP のネットワークは、固有の AS を形成する。AS 番号はこの AS に割り当てられた識別番号である。AS 番号は 16 ビット（10 進数で 0 から 65535 まで）からなる。

AS 番号の中には個別の AS 内部で自由に使用することのできるプライベート AS 番号があり、範囲が以下の通り定められている。

（プライベート AS 番号の範囲）

64512 ~ 65534（1,023 個）

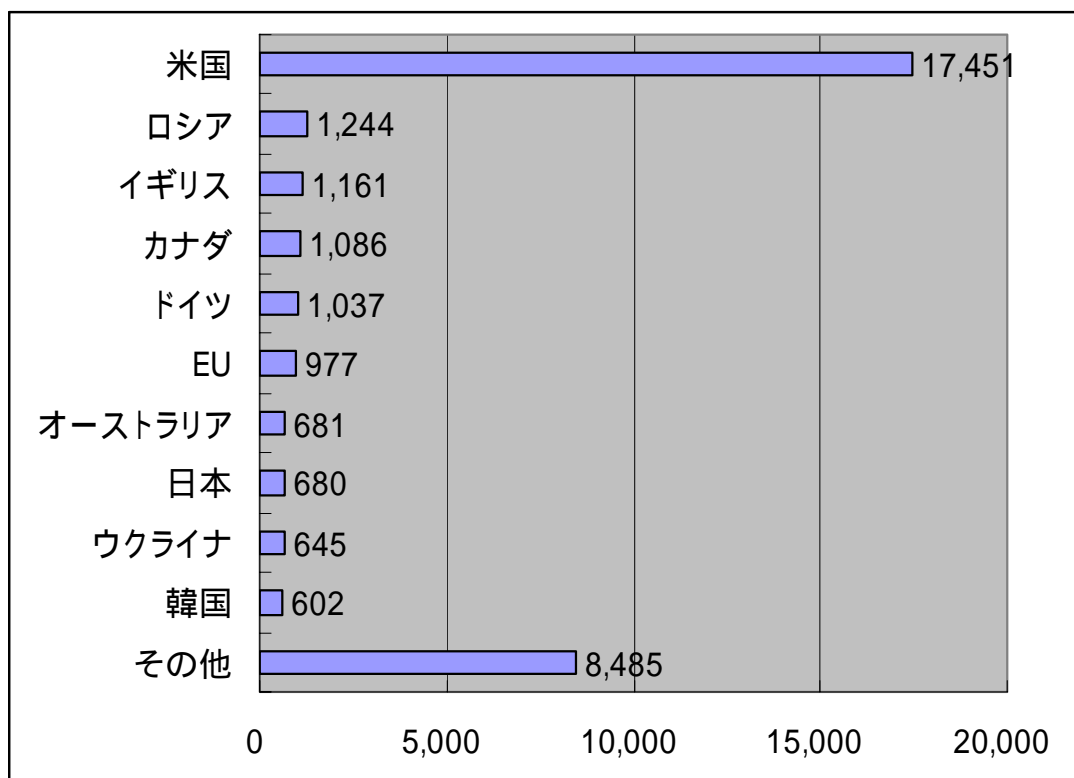
またこれ以外に 0、23456、65535 が IANA によって予約されており、これらの番号をユーザが使うことはできない。

現在は 16 ビットの AS 番号であるが、これを 32 ビットに拡張する動きもある。2006 年 1 月末現在ではまだ 32 ビット AS 番号の運用には入っていないが、32 ビット AS への移行をどのように行うかという提案が一部地域で提出されている。今後 32 ビット化へ向けての議論が深まってくることが予想される。

### 1.3.2 AS 番号の分配状況

IANA から RIR への AS 番号割り振りに関しては明確なポリシーは今のところ無いが、ここ数年は 1,024 個ずつの割り振りが行われているようである。RIR からは直接 AS 番号を必要としているユーザに対して割り当てが行われるケースが多いが、NIR、LIR へ再割り振りをを行い、それを受けた NIR、LIR がユーザに割り当てを行うこともある。

以下に AS 番号割り当て量が多い上位 10 カ国を示す。詳細については第 3 部第 2 章の統計資料をあわせて参照いただきたい。



## 1.4 ルートサーバ

### 1.4.1 ルートサーバの性質

ルートサーバとは DNS(Domain Name System)の最上位に存在し、「ルートゾーン」を管理するネームサーバである。ルートゾーンとは、トップレベルの各ゾーンを管理するネームサーバがどこに位置しているのかを管理しているゾーンのことで、ここには.jp や.com などの最上位のドメイン名(TLD)の DNS サーバとその IP アドレスが設定されている。

このルートサーバは、DNS の仕組み上非常に重要なサーバであり、ドメイン名を利用する際には必要不可欠な存在である。一般のユーザのほとんどは、Web サイトの閲覧やメールの送受信など、インターネットを利用する際に IP アドレスではなくドメイン名を利用していると思われるが、実際の通信を行う段階では通信相手の IP アドレスを知ることが必要不可欠であり、そのドメイン名と IP アドレスの対応関係を調べる（これを名前解決という）ために DNS は利用される。したがって、ルートサーバの存在はインターネットの運用においても大変重要であると言える。

なぜルートサーバが DNS の仕組みにおいて非常に重要かということを説明すると、一般に名前解決を行おうとするアプリケーション等のクライアントはまず自組織のネームサーバに問い合わせを行うが、通常、ネームサーバは自分が管理を行っているゾーンについてしか正しい答えを返すことが出来ない。DNS は分散型データベースであるので、各ネームサーバは自分が管理しているドメイン以外の情報は持っておらず、これは正しい挙動である。しかし、これでは自組織以外についての名前解決が出来ないので、ネームサーバは自分が管理しているドメイン以外に関する問い合わせが来た際には、IP アドレスとドメイン名の対応を返答として返す代わりに、ルートサーバの名前と IP アドレスを返すのである。すると次にクライアントはルートサーバに対して同じ問い合わせを行う。ルートサーバは、ルートゾーンの情報だけを管理しているので、直接問い合わせの答えを返すことは出来ないが、各 TLD を管理しているネームサーバについては答えることが出来るので、問い合わせを行ったドメイン名の TLD を管理しているネームサーバの名前と IP アドレスを返答として返す。それを受け取ったクライアントは、次に TLD を管理しているネームサーバにまた同じ問い合わせを行い、問い合わせを受けたネームサーバは、今度はその TLD にあるセカンドレベルドメイン(SLD)を管理しているネームサーバの名前と IP アドレスを返答として返す。このようにクライアントは次々と問い合わせを繰り返していき、最終的には目的の名前を解決することが出来るようになっている。

ちなみに、上記のような「自分が管理していないドメインに関する問い合わせに対しては、

ルートサーバの名前と IP アドレスを返答として返す」という挙動を実現するために、世の中に存在する全てのネームサーバはルートサーバの名前と IP アドレスを設定したファイルをローカルに持っている。これは分散型 DB という DNS の仕組みの中で見ると、例外的ではあるが、このようにローカルにルートサーバの情報を持っていないと「ルートサーバの名前を解決するためにルートサーバに問い合わせる」「ルートサーバに問い合わせをしたいけれどルートサーバの IP アドレスがわからない」という一種のジレンマが発生してしまうためである。したがって、自ドメイン以外の情報を管理する必要がない DNS の仕組みにおいてこのルートサーバの名前と IP アドレスを設定したファイルだけは別で、ルートサーバの IP アドレスが変更されたりした場合は、手動でこのファイルを更新する必要がある。

ここまでの説明でわかるように、インターネット上で名前解決を行う際に、自ドメイン以外の名前を解決する際には、必ずルートサーバへの問い合わせが必要となり、そのルートサーバから順次下位のサーバに問い合わせを繰り返していくことで名前の解決が可能となっている。そのため、ルートサーバは非常に重要であると同時に負荷が高く、その負荷を下げるために DNS にはキャッシュという仕組みが採用されており、各ネームサーバやクライアントは一度問い合わせを行ったらその結果をしばらく保存しておき、同じ問い合わせが発生した場合には、保存してある結果を利用して実際には問い合わせのための通信を行わないようになっている。このキャッシュという仕組みによって、ルートサーバを初めとした各ネームサーバの負荷が下がり、より安定した DNS の運用が可能となっている。

一方、安定性という意味ではルートサーバの運用が停止しないことも非常に重要で、上記のキャッシュという仕組みがあるので数時間程度なら特に大きな問題が起らない可能性が高いとはいえ、ルートサーバが停止すると最終的にはインターネット上の名前解決は自ドメイン内を除いて出来なくなってしまう。

そのため、ルートサーバは世界で 13 用意されており、その全てが停止しない限り名前解決が出来るように配慮されている。13 のサーバは A サーバ(a.root-servers.net)から順番に M サーバ(m.root-servers.net)までアルファベット順に名前が付けられており、A サーバのデータがマスターであり、B から M サーバまでの残りの 12 のサーバは A サーバのデータのミラーが置かれている。

この 13 という数字は DNS のプロトコルによる技術的制限の上限であり、かつては実際に 13 台のサーバしか設置することが出来なかった。もっとも、13 台しか設置できないと言っても、実際に全てルートサーバが止まったことは一度もないわけではあるが、近年はさらなる安定性の向上を目指して、IP Anycast などの技術を利用することによってこの 13 台という制限はなくなっている。この IP Anycast という技術は、同一サービスを提供するノー

ドに同一の IP アドレスを割り当てる技術であり、技術的制限であるルートサーバとして 13 の IP アドレスしか設定できないという制限はそのまま、実際には 13 台以上のサーバを稼働させることが出来るようになり、ルートサーバの稼働率をより高め、また各サーバの負荷を下げる事が可能となった。

また、13 台という制限が無くなったことにより、世界各地にルートサーバを設置することが出来るようになり、その結果各クライアントは（ネットワーク的に）距離の近いネームサーバに対して問い合わせが出来るようになることから、応答性を高めるという目的にも IP Anycast は一役買っている。

なお、上記の IP Anycast などの技術により各地にルートサーバが置かれるようにはなったものの、インターネットがアメリカ合衆国において発達した歴史的経緯から、ルートサーバの大半はアメリカ国内に置かれている。ちなみに、日本国内においては以前から M サーバが WIDE Project により運用されており、また近年では IP Anycast の導入によって、F サーバおよび I サーバ、J サーバ、K サーバなどが日本国内でも運用されるようになっていく。

#### 1.4.2 ルートサーバの配置状況

2006年2月時点でのルートサーバの配置状況は以下の通りとなっている。

(表 17: ルートサーバの配置状況<sup>94</sup>)

サーバ	オペレータ	所在地	IP アドレス
A	VeriSign Naming and Directory Services	ダレス (米国)	198.41.0.4
B	Information Sciences Institute	マリナ・デル・レイ (米国)	IPv4: 192.228.79.201  IPv6: 2001:478:65::53
C	Cogent Communications	ハーンドン、ロサンゼルス、ニューヨーク、シカゴ (以上米国)	192.33.4.12
D	University of Maryland	カレッジパーク (米国)	128.8.10.90
E	NASA Ames Research Center	マウンテンビュー (米国)	192.203.230.10
F	Internet Systems Consortium, Inc.	オタワ、トロント (カナダ) パロアルト、サンノゼ、ニューヨーク、サンフランシスコ、ロサンゼルス (以上米国) マドリード、バルセロナ (スペイン) 香港 (香港) ローマ、トリノ (イタリア) オークランド (ニュージーランド) サンパウロ (ブラジル) 北京 (中国) ソウル (韓国)	IPv4: 192.5.5.241  IPv6: 2001:500::1035

<sup>94</sup> 出典: <http://www.root-servers.org/>

サーバ	オペレータ	所在地	IP アドレス
		モスクワ (ロシア) 台北 (台湾) ドバイ (UAE) パリ (フランス) シンガポール (シンガポール) ブリスベン (オーストラリア) モントレー (メキシコ) リスボン (ポルトガル) ヨハネスブルグ (南アフリカ) テルアビブ (イスラエル) ジャカルタ (インドネシア) ミュンヘン (ドイツ) 大阪 (日本) プラハ (チェコ) アムステルダム (オランダ) ナイロビ (ケニア) チャンナイ (インド) ロンドン (イギリス) サンチアゴ (チリ) ダッカ (バングラデシュ) カラチ (パキスタン)	
G	U.S. DOD Network Information Center	ビエナ (米国)	192.112.36.4
H	U.S. Army Research Lab	アバディーン (米国)	IPv4: 128.63.2.53  IPv6: 2001:500:1::803f:235
I	Autonomica /NORDUnet	ストックホルム (スウェーデン) ヘルシンキ (フィンランド) ミラノ (イタリア) ロンドン (イギリス) ジュネーブ (スイス) アムステルダム (オランダ)	192.36.148.17



サーバ	オペレータ	所在地	IP アドレス
		オスロ (ノルウェー) バンコク (タイ) 香港 (香港) ブリュッセル (ベルギー) フランクフルト (ドイツ) アンカラ (トルコ) ブカレスト (ルーマニア) シカゴ、ワシントン DC、パロアルト、サンフランシスコ、ニューヨーク、マイアミ、アシュバーン (以上米国) 東京 (日本) クアラルンプール (マレーシア) ジャカルタ (インドネシア) ウェリントン (ニュージーランド) ヨハネスブルグ (南アフリカ) パース (オーストラリア) シンガポール (シンガポール) ムンバイ (インド) 北京 (中国)	
J	VeriSign Naming and Directory Services	ダレス (4箇所)、マウンテンビュー、シアトル、アトランタ、ロサンゼルス、マイアミ、サンバベル (以上米国) アムステルダム (オランダ) スtockホルム (スウェーデン) ロンドン (イギリス) 東京 (日本) ソウル (韓国) シンガポール (シンガポール) シドニー (オーストラリア)	192.58.128.30
K	Reseaux IP Europeens - Network	ロンドン (イギリス) アムステルダム (オランダ) フランクフルト (ドイツ)	IPv4: 193.0.14.129

サーバ	オペレータ	所在地	IP アドレス
	Coordination Centre (RIPE NCC)	アテネ (ギリシャ) ドーハ (カタール) ミラノ (イタリア) レイキャビク (アイスランド) ヘルシンキ (ポーランド) ジュネーブ (スイス) ポズナン (ポーランド) ブダペスト (ハンガリー) アブダビ (UAE) 東京 (日本) ブリスベン (オーストラリア) マイアミ (米国) デリー (インド) ノボシビルスク (ロシア)	IPv6: 2001:7fd::1
L	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)	ロサンゼルス (米国)	198.32.64.12
M	WIDE Project	東京 (日本) ソウル (韓国) パリ (フランス)	IPv4: 202.12.27.33  IPv6: 2001:dc3::35