

1 インターネット資源に関する概説、概況

1 インターネット資源に関する概説、概況

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) を基準として分類すると、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、一般的に登録者の居住する地理的制限無しに世界のどこからでも登録することができる¹。現在gTLDは、従来からある.com / .net / .org などに2001年以降新たに13種類が加わり、計20種類存在する(2009年2月時点)。この13の新gTLDのうち、.museum / .aero / .coop / .jobs / .travel / .mobi / .cat / .asia/.tel 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、「スポンサー無し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文字の国コードをもとにして²各国・地域に割り当てられたTLDであり、現在252種類³存在する(2009年2月時点、.su/旧ソビエト連邦、.tp/ティモール、.yu/ユーゴスラビアなど削除予定のものも含む)。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、全世界からオープンに登録できる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、これはユーザーの登録対象とはなっていない。

¹ .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。

² 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。

³ .eu の追加やセルビア・モンテネグロの分離など、状況の変化に併せ適宜増減している。

表 1 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) .asia (アジア太平洋地域の企業／ 個人／団体等用) .tel (IP ベースの電話番号用)	.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 1 億 7,400 万件以上になっている⁴。これは昨年の 1.2 倍ほどの数字である。一昨年から昨年にかけては前年比で 1.3 倍ほどの伸び、さらに一昨年から一昨年にかけては 1.5 倍ほどの伸びを示していたので、ここ 2～3 年は徐々に増加のペースが落ち着いて来ていると言える。この 1 億 7,400 万件強のうちの約半数を占めるのが .com であり、2008 年 10 月時点での登録数は約 7,990 万件で、8,000 万件突破は時間の問題となっている。 .com は 1 か月あたり 50～70 万件程度のペースで増加しているので、おそらく 2008 年 11 月の統計では 8,000 万件を超えるものと思われる。なお、昨年度の調査では約 6,900 万件であり、この 1 年で約 1,000 万件程度増加したことになる。なお、 .com が全体に占める割合については、昨年度の調査に引き続き、今年度もほんの僅かながら減少しており、 .com の登録数が増加した以上に、他のドメイン名の登録が増えた形である。

その他、登録数の多い大規模な TLD としては、 .cn (中国)、 .de (ドイツ)、 .net、 .uk (イギリス)、 .org など挙げられる。依然として根強い人気の .com を除くと、 .cn と .de、 .net の登録数がほぼ同程度で続いており、そこからまたやや間が開いて、 .uk と .org がこれまたほぼ同程度で並んでいるような状況である。昨年度の調査時点では、 ccTLD の中で唯一 1,000 万件以上の登録数があったのは .de だけであるが、今年度の調査では .cn も 1,000 万件を突破するとともに、 .de どころか、昨年度の時点で 1,000 万件を超える登録数に達していた .net まで軽々と追い抜き、全 TLD の中で .com に次いで第 2 位の登録数となっている。また、3 位の .de も、 .cn ほどでは無いものの順調に登録数を増やし、昨年度の調査時点から 200 万件ほどの増加となっている。

.cn と .de の登録が好調な理由だが、 .cn については、中国政府が中国語ドメイン名の普及を目指して積極的に活動を行っていることや、CNNIC が昨年度から引き続き実施している、初年度の登録料を 1 元とするキャンペーンを度々延長したことなどが大きく影響しているものと思われる。また、北京オリンピックと絡めて、ドメイン名関連のイベントやキャンペーンが多く実施された影響も考えられる。

一方、 .de については特に大きな動きは見あたらないが、従来通り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ことや、また、ISP などと提携してユーザのドメイン名登録にも力を入れていることなどが主な原因と考えられる。

⁴ “Registrar Connections November 2008”
http://www.verisign.com/Resources/Naming_Services_Resources/Registrar_Connections/page_044338.html

今後の.cn と.de の動きであるが、CNNIC が実施していた登録料を 1 元とするキャンペーンが、昨年末をもって終了したこともあり、これまでと同様のペースで増加し続けることは難しいのではないかと考えられる。この 1 年で.de に追いつくどころか 100 万件ほどの差を付けた.cn であるが、今後は.cn の登録ペースが落ち、じわじわと.de との差が詰まってくるのではないと思われる。もしかすると、2009 年度中に再び ccTLD の登録数首位の座が入れ替わることもあるかもしれない。ただ、仮にそのような展開になったとしても、.cn の登録数は一昨年度の調査では 180 万件であり、ccTLD 全体の中でも 5 番目に過ぎなかったことを考えると、この 2 年ほどの間に登録数を 7 倍以上に増やした増加ペースはまったくもって驚異的なものである。

新 gTLD の中では、.pro が順調に登録数を伸ばし始めたのが特徴である。これまでは、どちらかというとなんか登録数の少ない部類に入る gTLD で、登録に際して要件として定められているいくつかの資格の中のどれかを、実際に持っていることを証明しなければならないという制約から、この状況は当分変わらないものと思われていた。しかし、昨年後半に要件が緩和され、資格の証明が紙ベースではなくオンラインベースで良いことになったということと、エンジニアを意味するセカンドレベルの「.eng」など、いくつか新しいセカンドレベルドメインが新設されたことから、登録数を伸ばし始めたようである。登録数自体は、2008 年 10 月時点で 2 万 5,000 件程度とまだまだだが、日本からの登録も徐々に増えているようで、今後の増加に期待が持てる。

また、.pro だけでなく.travel も大きく登録数を増やしている、これも登録数全体では約 20 万件程度ではあるが、2007 年 10 月時点の登録数が 3 万件程度であることを考えると、かなりの増加ペースであると言えよう。

それ以外の gTLD については、大幅な増加も無い代わりに、大きく登録数が落ち込んだ TLD もなく、微増程度の TLD も含め、全体としては増加基調という感じである。昨年登録が開始された.asia についても、当初の数ヶ月はかなりの増加ペースを見せたものの、ある程度需給のバランスが取れたのか、そのペースは鈍りつつある。

ただ、登録数の増減傾向については特に TLD ごとの有意な差異はないとはいえ、登録数自体にはやはり TLD によって大きな差があり、二極化の傾向が見られるという点ではこれまでの調査とあまり変わらない。下記の表でいうと.cat までと.coop から大きく傾向が異なっている。前者はどの TLD に関しても、多少の程度の差はあれ順調に登録数を伸ばしているが、後者に関しては、昨年度の調査時点からほぼ横ばいの登録数となっている。これは、後者の TLD が新 gTLD の中でも比較的狭い範囲を登録対象としていることから、ある意味当然の状況と言えなくもない。したがって、今後も傾向としては変わらないので

はないかと思われる。

表 2 gTLD別登録数ランキング (2008年10月現在) 5

順位	gTLD		登録数
1	.com	(商業組織用)	79,898,475
2	.net	(ネットワーク用)	12,185,364
3	.org	(非営利組織用)	7,277,897
4	.info	(制限なし)	5,029,779
5	.biz	(ビジネス用)	2,086,460
6	.mobi	(モバイル関係用)	958,976
7	.name	(個人名用)	294,038
8	.asia	アジア太平洋地域の企業/ 個人/団体等用	236,805
9	.travel	(旅行関連業界用)	203,670
10	.cat	(カタロニア言語/文化用)	32,065
11	.pro	(専門家用)	24,901
12	.coop	(協同組合用)	5,917
13	.aero	(航空運輸業界用)	5,802
14	.museum	(博物館、美術館等用)	544

※データが公開されていない.edu/.gov/.int/.mil は除く。

⁵ 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、2008年10月時点 (.aero については2008年9月時点) のデータが最新のものとなっている。

表 3 ccTLD別登録数ランキング (2009年1月現在)⁶

順位	ccTLD	国/地域	登録数
1	.cn	(中国)	13,572,326
2	.de	(ドイツ)	12,590,112
3	.uk	(イギリス)	7,312,276
4	.nl	(オランダ)	3,234,134
5	.eu	(欧州連合)	3,025,548
6	.ru	(ロシア)	1,714,682
7	.it	(イタリア)	1,635,500
8	.br	(ブラジル)	1,551,184
9	.us	(アメリカ)	1,436,713
10	.fr	(フランス)	1,322,351

⁶ 登録数データは各レジストリの公開データに基づく。

1-2 IPアドレス

IP を使用してインターネットに接続するコンピュータを識別するための番号が、IP アドレスである。「IP」とは「Internet Protocol」の略であり、インターネットで用いられる、OSI のネットワーク層に対応するプロトコルである。現在広く用いられている IP は、「バージョン 4(IPv4)」と呼ばれるものであるが、アドレスの空間を大幅に拡張した「バージョン 6(IPv6)」の利用も進んできている。

IP アドレスは、コンピュータのネットワークインターフェース毎に割り当てられる。IP のバージョン毎に特に区別する際は、IPv4 アドレス、IPv6 アドレスと呼ぶこととなる。IPv4 は 32 ビットのアドレス空間 (2^{32} 個のアドレス) を持つが、IPv6 は 128 ビットのアドレス空間 (2^{128} 個のアドレス) を持つ。

1-2-1 IPv4 アドレス

前項で述べた通り、IPv4 アドレスは 32 ビットのアドレス空間を持つ。2 進数では 32 桁の数字 (0 か 1) で表されるので、IPv4 アドレスの総数は 2^{32} 個となり、10 進数表記すると、約 43 億個⁷となる。IPv4 アドレスの表記は、一般に、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用いられる。

例えば、11000000.10101000.00000000.00000001 は、192.168.0.1 と表記される。この表記で表すと、IPv4 アドレスの範囲は 0.0.0.0 から、255.255.255.255 までということになる。

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 2 つの概念がある。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あり、それ故に複数の利用者で重複があっても問題はない。一方、後者はインターネットに直接接続されているネットワークで、コンピュータを一意に識別するために付けられるアドレスであり、それ故に複数の利用者間での重複は許されない。グローバルアドレスの一意性を保つことは、IP アドレス管理組織の重要な役割である。

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 アドレスの上位の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

⁷ 正確には、 $2^{32}=4,294,967,296$ 個となる。

ある。

クラスはその規模によって、主に「クラス A」「クラス B」「クラス C」に分けられる。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。

表 4 クラスフルの割り当て

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 (ホスト数)
A	0	0.0.0.0 – 127.255.255.255	8 ビット(16,777,216)
B	10	128.0.0.0 – 191.255.255.255	16 ビット(65,536)
C	110	192.0.0.0 – 223.255.255.255	24 ビット(256)

この他に、マルチキャスト用の「クラス D」、実験用の「クラス E」というアドレスも存在する。クラス E は将来的な利用のために予約されたアドレスだが、IPv4 アドレスの枯渇が叫ばれるようになった 2005 年以降、このクラス E アドレスをグローバルアドレス、もしくはプライベートアドレスとして利用できないかという議論がなされるようになり、2007 年 8 月よりユニキャストアドレス空間として再定義するインターネットドラフトが提出されている。

表 5 クラス D、クラス E

クラス	上位ビット	アドレス範囲
D	1110	224.0.0.0 – 239.255.255.255
E	1111	240.0.0.0 – 255.255.255.255

上記で説明したような方式を「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、クラスの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）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。こうした分配は「歴史的な割り当て (historical assignment)」とも呼ばれ、現在の分配とは区別して語られている。

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

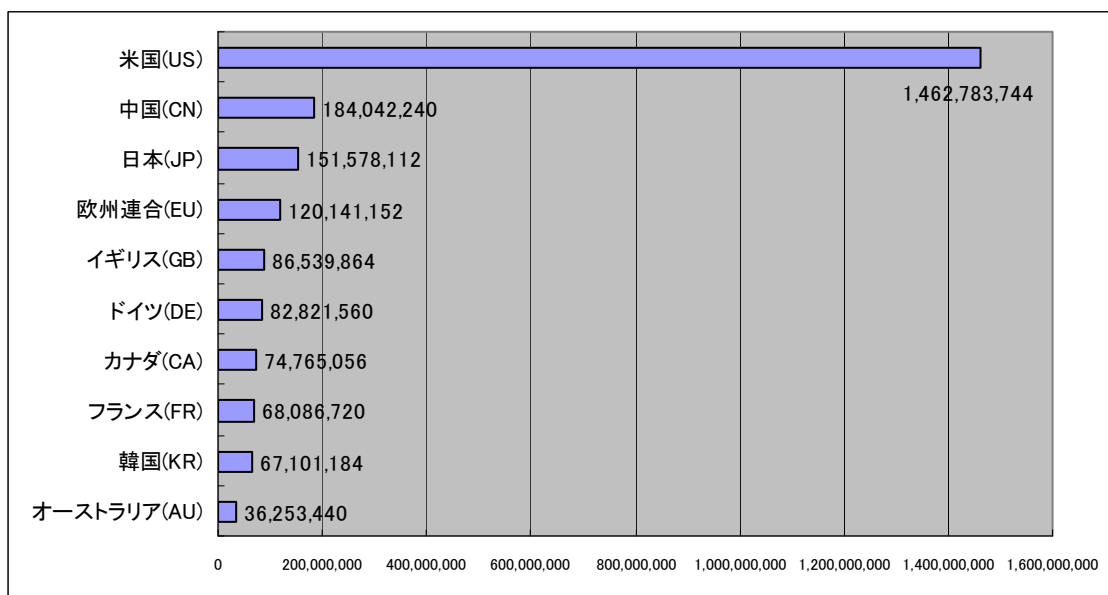
明示する必要があるため、アドレスのあとに / で区切ってプリフィクス長を表記する。

表 6 クラスフル表記の例

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
192.168.0.0/27 = 192.168.0.0~192.168.0.31 (32 ホスト) →ネットワーク部 27 ビット、ホスト部 5 ビット

この技術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おり、IPv4 アドレスの節約に大きく貢献している。しかし 2005 年前後から、IPv4 アドレスの枯渇時期についての予想及びその分析が各方面から発表されるようになり、再び IPv4 アドレスの枯渇が現実感を帯びて語られるようになった。

以下に IPv4 アドレス割り振り量が多い上位 10 ヶ国を示す。詳細については第 4 部の参考資料に詳しくまとめているので、そちらもあわせて参照いただきたい。



1-2-2 IPv6 アドレス

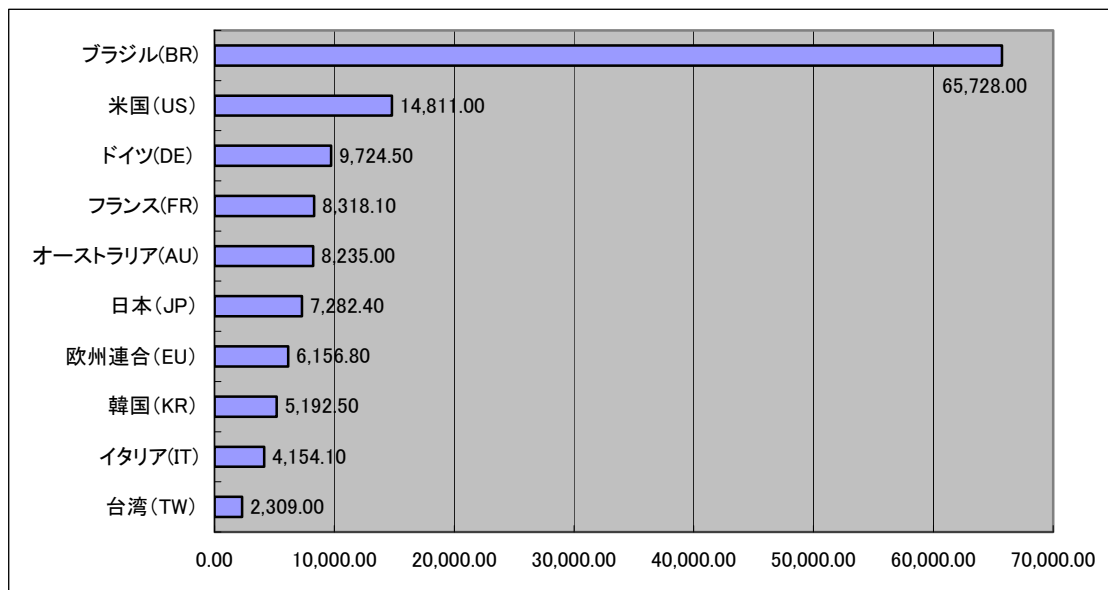
IPv6 アドレスは 128 ビットからなるアドレスであり、単純計算ではおよそ 43 億の 4 乗個のアドレスが利用可能となる。32 ビットからなる IPv4 アドレス（約 43 億個）よりも格段に多くのアドレスが利用可能であることがその最大の特徴である。

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。IPv6 アドレスで「/32」と表記した場合、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。現在、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、レジストリから直接 IPv6 アドレスを割り当てることも行われており、現在、その最も小さな単位は「/48」（/32 の 65536 分の 1 のサイズ）である。

当初、ISP からユーザーへの割り当てサイズは一般的には「/48」とアドレス管理ルール（アドレスポリシー）で定められていた。しかし個人ユーザーや企業ユーザーの別を問わず一律に /48 (2^{80} 個) を割り当てることが果たして本当に妥当なのかという疑問が呈され、2006 年にはこのアドレスポリシーを変更する提案が出され、APNIC 地域においても変更が承認されている。

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 4 部の統計資料をあわせて参照いただきたい。

(単位 : /32)



1-3 AS番号

「AS」とは「Autonomous System」の略であり、日本語では「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(Border Gateway Protocol)のような外部ネットワークとの経路制御を行う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 AS に割り当てられた識別番号である。AS 番号は従来 2 バイト（10 進数で 0～65535）の範囲で運用されてきたが、AS 番号への需要の増加に伴い 4 バイト（10 進数で 0～4294967295）に拡張された。4 バイト AS 番号は 2007 年 1 月 1 日から各 RIR で配布が始まっており、既にいくつかの組織が拡張された 4 バイト AS 番号の割り当てを受けている。

4 バイト AS 番号は、現在の 2 バイト AS 番号のようにそのまま 10 進数で表記すると桁数が多くなってしまいうため、[(上位 2 バイトの 10 進数表記).(下位 2 バイトの 10 進数表記)]のように、2 バイト毎に区切ってそれぞれをピリオド「.」でつなぐ表記方法(ASDOT)が取られていたが、ルーターなどの機器における互換性のため 2008 年 12 月に 10 進数表記(ASPLAIN)とするよう IETF で定められた。このように表記すると、4 バイト AS 番号の範囲は ASPLAIN では 0 から 4294967295、ASDOT では 0.0 から 65535.65535 と表される。

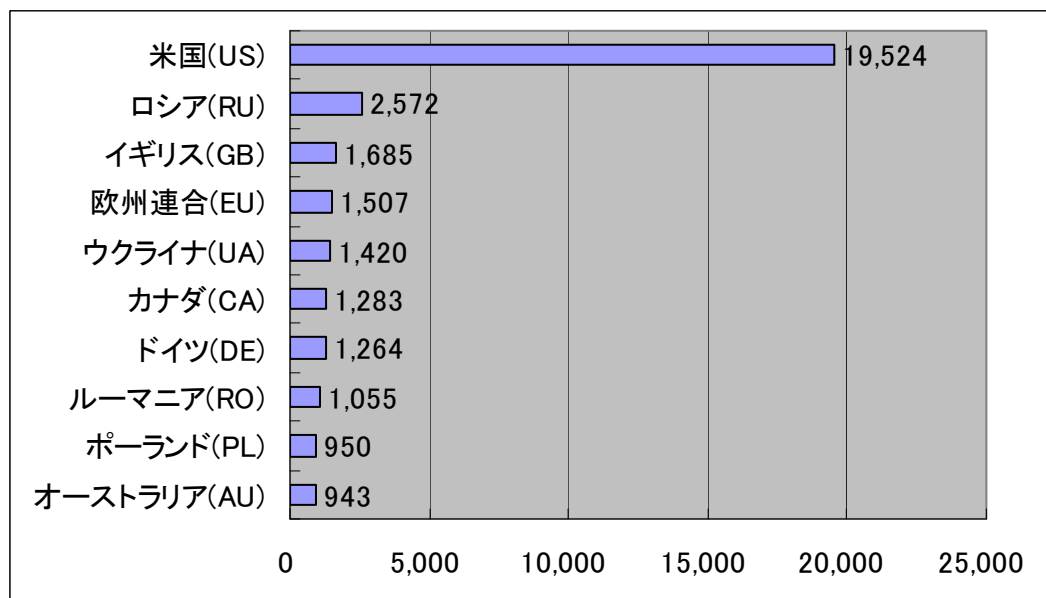
以下にいくつか例を示す。

表 7 4 バイト AS 番号表記方法

10 進数表記(ASPLAIN)	ドット表記(ASDOT)
0	0.0
23456	0.23456
65535	0.65535
65536	1.0
63346	1.10
4294967295	65535.65535

従来の 2 バイト AS 番号で 23456 と表記されたものは、4 バイト AS 番号表記では 23456(ASPLAIN)、0.23456(ASDOT)と表される。逆に、4 バイト AS 番号表記(ASDOT)で x.y と表されるものは、10 進数表記(ASPLAIN)では、65536*x+y となる。

以下に AS 番号割り当て数が多い上位 10 ヶ国を示す。AS 番号の配布状況については、第 4 部の参考資料に詳しくまとめているので、そちらも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 アドレスなどが設定されている。

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の説明すると、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を 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場合などは、手動でこのファイルを更新する必要がある。

ルートサーバの IP アドレス変更は、頻繁にはではないものの、これまでも何度か実施されており、最近では 2007 年 11 月に Lサーバの IP アドレスが変更された。この変更にともない、それぞれの DNS サーバ管理者による、各 DNS サーバがローカルに持つルートサーバの IP アドレスを設定したファイルの更新が行われた。ただ、実際には全ての DNS サーバ管理者が更新を行っているとは限らず、一部には更新忘れられた DNS サーバも存在するものと思われる。とはいえ、そのことがすぐに名前解決が出来なくなる事態に繋がるわけではなく、13 あるルートサーバのうち 1 つの IP アドレスが変更されたとしても、残りの 12 の IP アドレスが正しければ、到達できないルートサーバに問い合わせしてしまう確率は 12 分の 1 に過ぎず、また、問い合わせに失敗した場合は引き続き別のルートサーバに問い合わせが行われるので、利用者から見れば名前解決にかかる時間がやや増加したように見える程度である。また、DNS にはラウンドロビンと呼ばれる仕組みがあり、応答に時間がかかるルートサーバを避け、より応答の速いルートサーバを選んで問い合わせをするようになっているため、名前解決が遅くなるのも最初の 1 回の問い合わせだけである。さらに、ルートサーバの IP アドレス変更については、移行にかかる時間を越して十分に並行運用の期間が取っており、しばらくは古い IP アドレスを利用しても問い合わせが行えるようになっている。Lサーバの場合だと、IP アドレスの変更が行われたのは 2007 年 11 月であるが、変更前の IP アドレスを用いた問い合わせが出来なくなるのは、最低でも 6 ヶ月後と事前に通知されていて、実際、2008 年 5 月 1 日に古い IP アドレスでの応答を終了する旨のアナウンスが ICANN から出された⁸。

ここまで説明したように、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

⁸ <http://l.root-servers.org/ip-change-01may08.htm>

ために DNS にはキャッシュという仕組みが採用されている。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こ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る。

1-4-2 ルートサーバの配置状況

2009 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 8 ルートサーバの配置状況⁹

サーバ	オペレータ	所在地	IP アドレス
A	VeriSign, Inc.	Dulles; Ashburn	IPv4: 198.41.0.4 IPv6: 2001:503:BA3E::2:30
B	Information Sciences Institute	Marina Del Rey	IPv4: 192.228.79.201 IPv6: 2001:478:65::53
C	Cogent Communications	Herndon; Los Angeles; New York City; Chicago; Frankfurt; Madrid	192.33.4.12
D	University of Maryland	College Park	128.8.10.90
E	NASA Ames Research Center	Mountain View	192.203.230.10
F	Internet Systems Consortium, Inc.	Ottawa; Palo Alto; San Jose CA; New York City; San Francisco; Madrid; Hong Kong; Los Angeles; Rome; Auckland; Sao Paulo; Beijing; Seoul; Moscow; Taipei; Dubai; Paris; Singapore; Brisbane; Toronto;	IPv4: 192.5.5.241 IPv6: 2001:500:2f::f

⁹ <http://www.root-servers.org/>

		Monterrey; Lisbon; Johannesburg; Tel Aviv; Jakarta; Munich;Osaka; Prague; Amsterdam; Barcelona; Nairobi; Chennai; London; Santiago de Chile; Dhaka; Karachi; Torino; Chicago; Buenos Aires; Caracas; Oslo; Panama; Quito; Kuala Lumpur; Suva; Cairo	
G	U.S. DOD Network Information Center	Columbus	192.112.36.4
H	U.S. Army Research Lab	Aberdeen Proving Ground	IPv4: 128.63.2.53 IPv6: 2001:500:1::803f:235
I	Autonomica /NORDUnet	Stockholm; Helsinki; Milan; London; Geneva; Amsterdam; Oslo; Bangkok; Hong Kong; Brussels; Frankfurt; Ankara; Bucharest; Chicago; Washington DC; Tokyo; Kuala Lumpur; Palo Alto; Jakarta; Wellington; Johannesburg; Perth; San Francisco; New York; Singapore; Miami; Ashburn (US); Mumbai; Beijing; Beijing; Manila;	192.36.148.17

		Doha; Colombo	
J	VeriSign, Inc.	Dulles (3 sites); Vienna; Miami, Atlanta; Seattle; Chicago; New York; Los Angeles; Mountain View (2 sites); San Francisco (2 sites); Dallas; Amsterdam; London; Stockholm (2 sites); Tokyo; Seoul; Beijing; Singapore; Dublin; Kaunas; Nairobi; Montreal, Quebec; Sydney; Cairo; Warsaw; Brasilia; Sao Paulo; Sofia; Prague; Johannesburg; Toronto; Buenos Aires; Madrid; Vienna; Fribourg; Hong Kong; Turin; Mumbai; Oslo; Brussels; Paris; Helsinki; Frankfurt; Riga	IPv4: 192.58.128.30 IPv6: 2001:503:C27::2:30

K	Reseaux IP Europeens Network Coordination Centre	London; Amsterdam; Frankfurt; Athens; Doha; Milan; Reykjavik; Helsinki; Geneva; Poznan; Budapest; Abu Dhabi; Tokyo; Brisbane; Miami; Delhi; Novosibirsk	IPv4: 193.0.14.129 IPv6: 2001:7fd::1
L	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers	Los Angeles; Miami	IPv4: 199.7.83.42 IPv6: 2001:500:3::42
M	WIDE Project	Tokyo (3sites); Seoul; Paris; San Francisco	IPv4: 202.12.27.33 IPv6: 2001:dc3::35

