

3時間でわかるドメイン名とIPアドレス

箱田 雅彦 ((社)日本ネットワークインフォメーションセンター)
Chong Fong 芳子 ((社)日本ネットワークインフォメーションセンター)

1999年12月14日

Internet Week 99 パシフィコ横浜

(社)日本ネットワークインフォメーションセンター編

この著作物は、Internet Week 99における箱田 雅彦氏、および Chong Fong 芳子氏の講演をもとに当センターが編集を行った文書です。この文書の著作権は、箱田 雅彦氏、Chong Fong 芳子氏および当センターに帰属しており、当センターの同意なく、この著作物を私的利用の範囲を超えて複製・使用することを禁止します。

©1999 Masahiko Hakoda, Yoshiko Okazaki Chong,
Japan Network Information Center

目次

1 概要	1
2 「ドメイン名」編	1
3 「IP アドレス」編	10
4 「DNS」編	23
5 参考資料	28

1 概要

この講演では、インターネットの基礎知識として、ドメイン名と IP アドレスについて説明します。この講演は、インターネットを普段使っているけれど、インターネットがどのように動いているのか、どんなしくみでデータが届くのか等について改めて知りたい方を対象としています。

流れとしては、まず、「ドメイン名」の概要、種類等の説明から入ります。次に、「IP アドレス」の機能やルーティングの説明に進みます。そして、ドメイン名と IP アドレスを結び付けるしくみである「DNS」について、最後に説明します。

2 「ドメイン名」編

2.1 ドメイン名とは？

日常生活の中で、太郎さん、次郎さん、三郎さんのうち、次郎さんに話しかけたいなら、「その人が次郎さんである」と識別した上で話しかけることでしょう。人を識別するときは、名前のほか、容貌、しぐさ等が識別の基準になります。郵便なら住所、氏名で相手を識別しますし、電話なら電話番号で識別します。これらと同じように、ドメイン名^{*}は、インターネットで通信を行う際に通信相手を識別するための「名前」として機能するものです。

実際にはインターネットでは、コンピュータや通信デバイスごとに「210.138.91.144」というような「IP アドレス」という数字の番地が付けられて、それを識別子としたデータ処理が行われるのですが、ユーザから見るところでは、数字よりも分かりやすい次のような文字列が使われています。

- ホームページアドレス (URL)

例 `http://www.abc.co.jp/`

- メールアドレス

例 `taro@abc.co.jp`

ドメイン名	インターネットの通信において、通信相手(ホスト、コンピュータグループ)を識別する「名前」です。ドメイン名は DNS のしくみによって階層管理されます。
-------	---

ホームページアドレスやメールアドレスのうち、図 1 に示す部分がドメイン名です。

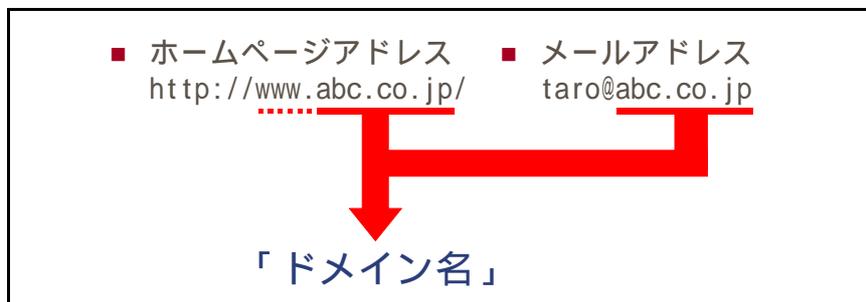


図 1：ドメイン名の使われ方

2.2 ドメイン名の構造

2.2.1 括りによる絞り込み

IP アドレスよりも人間にとってわかりやすい、「abc.co.jp」、「abc.com」等のドメイン名には、次の特徴があります。

- 英数字とハイフンで表される。
- 英字の大文字小文字は区別されない。
- ピリオド (.) でいくつかに区切られる。

ピリオドで区切られた単位を 1 つの括りとした、ドメイン名の中の括りは意味を持っています。一番右側の括りを TLD* (Top Level Domain：第 1 レベルドメイン) と呼びます。その左隣が SLD (Second Level Domain：第 2 レベルドメイン) で、順に、第 3 レベルドメイン、第 4 レベルドメイン...と続きます。

ドメイン名の括りは、右にある方が大きな括りで、左に行くにつれて括りが小さくなります。図 2 (A) に示すように、まず、ざっくりと括って、徐々に絞り込んでいく形になっているのです。「A 社の B 支店の C 部の D 課の佐藤さん」と絞り込んでいけば、特定の人を識別できるのと同じ具合に、図 2 (B) のようにインターネットでの識別が可能なのです。

TLD	「Top Level Domain」の略。ドメイン名の一番右側の括りです。たとえば、「nic.ad.jp」というような JP ドメイン名では、TLD は「jp」になります。TLD には、「jp」のほか、「com」、「net」、「org」、「uk」、「fr」のように多くの種類があります。
-----	---

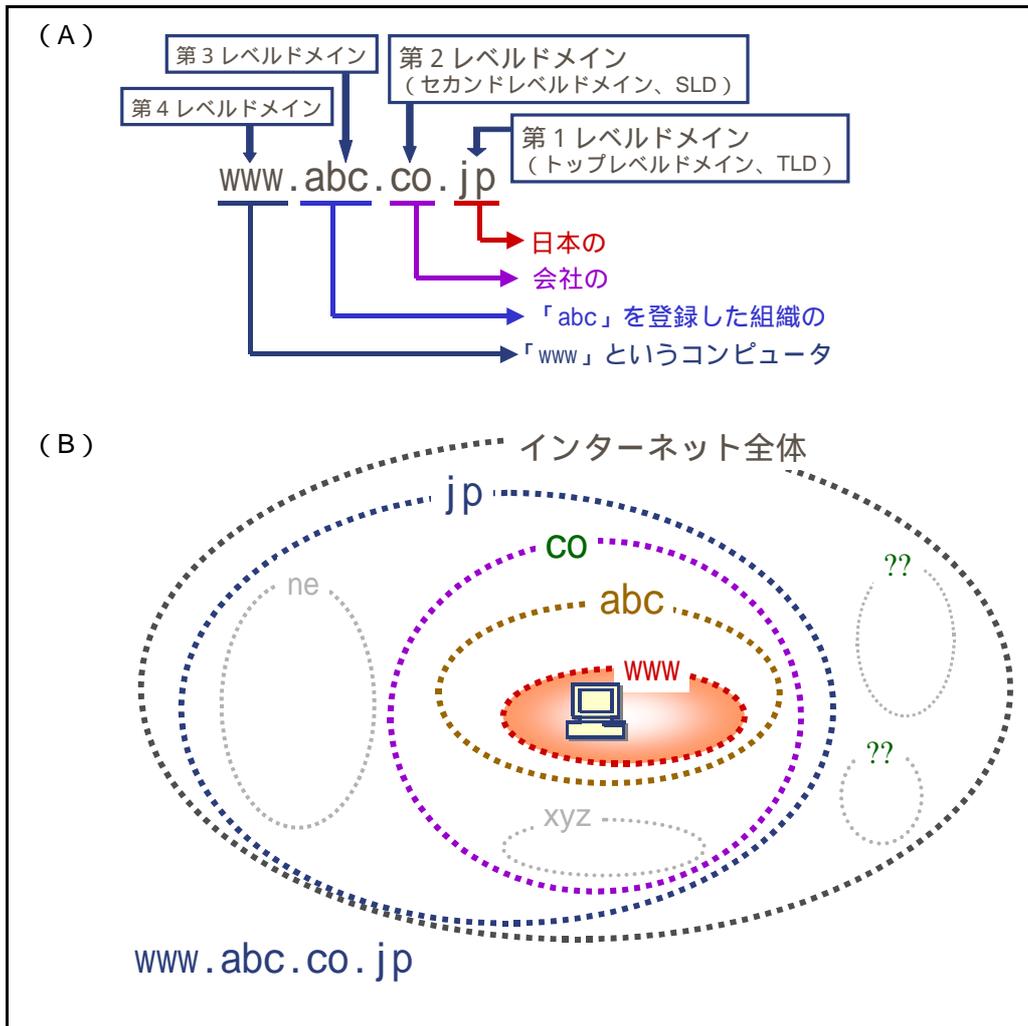


図 2：ドメイン名の括りによる絞り込み

2.2.2 TLD

ドメイン名の一番大きな括りである TLD には、大きく分けて次の 2 種類があります。

- gTLD (Generic TLD：一般トップレベルドメイン)

全世界から組織の制限なく登録できる TLD で、世界で最も沢山使われています。「com」, 「net」, 「org」等があります。

- ccTLD (Country Code TLD：国別トップレベルドメイン。表 1)

ISO3166 で定められたカントリーコードに準拠した国地域別の TLD です。日本の「jp」、韓国の「kr」等があります。イギリスは ISO3166 では「gb」ですが、慣用で「uk」が多用されています。

表 1 : ccTLD の例

ccTLD	国
jp	Japan 日本
us	United States アメリカ合衆国
uk	United Kingdom イギリス
de	Germany ドイツ
cn	China 中国
fr	France フランス
hk	Hong Kong 香港
tw	Taiwan 台湾
si	Slovenia スロベニア
fm	Micronesia ミクロネシア
tv	Tuvalu ツバル

2.2.3 ドメイン名の階層管理

ドメイン名の括りを右から左へと絞り込んでいく様子を別な形で描くと、図 3 のような階層構造となります。ドメイン名は、階層構造に合った登録管理体系がとられています。

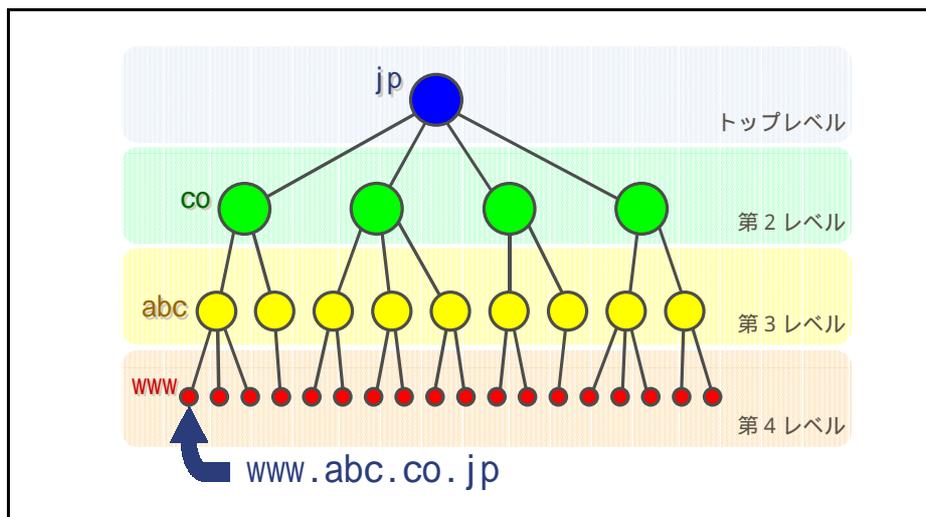


図 3 : ドメイン名の階層構造

なぜ、ドメイン名の登録管理が必要なのでしょう。最初に説明したように、ドメイン名は通信相手を識別するためのものです。ということは、ドメイン名が重複してはいけません。もし、ABC 電気株式会社と ABC 商事株式会社の両方が「abc.co.jp」を使っていたら、「www.abc.co.jp」のホームページを見ようとしたときに、どちらのことかわからなくなってしまうからです。

ドメイン名の重複を防ぐために、登録管理機関が設けられています。すべてのドメイン名を1つの登録管理機関が扱うのは大変です。とって、複数の登録管理機関がばらばらに登録を進めると、重複の心配があります。これらの問題を解決するために、「1つのTLDの括りで、1つの登録管理機関が登録管理を行う」ことになりました。その様子を図4に示します。登録管理組織ごとに、登録管理ポリシーが異なっていますし、申請の窓口も異なります。

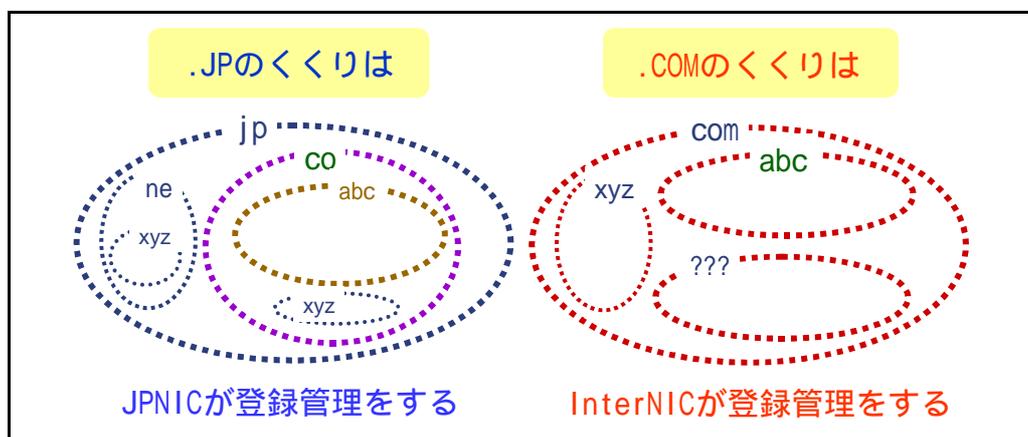


図4：TLDごとの登録管理機関

2.3 JP ドメイン名の特徴

日本の ccTLD である「jp」を持つドメイン名を「JP ドメイン名」と呼びます。ここで、日本のドメイン名である JP ドメイン名の特徴について説明しましょう。

JP ドメイン名は JPNIC* が管理しています。JP ドメイン名では、SLD がドメイン名の型を表すことになっているので、「abc」のような組織独自の文字列は、第3、第4 レベルドメインとして登録されます。

JPNIC	「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 (Japan Network Information Center)」の略。日本で、JP ドメイン名の登録管理や IP アドレス割り当て管理等の業務を行っている公益法人です。
-------	---

JP ドメイン名には型があり、いくつかの種類に分類できます。

- 属性型 : 「abc. .jp」のようなドメイン名

組織の形態によって SLD が決まるドメイン名であり、現在、8 種類あります。種類ごとに、「co」、「ed」等の属性が決まっています。組織独自の文字列は第 3 レベルドメインとして登録されます。

- AC ドメイン名 (大学、専門学校、学校法人等)
- CO ドメイン名 (株式会社、有限会社等)
- GO ドメイン名 (政府機関、特殊法人等)
- OR ドメイン名 (財団法人、社団法人等)
- AD ドメイン名 (JPNIC 会員ネットワーク等)
- NE ドメイン名 (ネットワークサービス)
- GR ドメイン名 (任意団体)
- ED ドメイン名 (小学校、中学校、高等学校等。1999 年より登録)

- 地域型 : 「.chiyoda.tokyo.jp」のようなドメイン名

その組織が存在する住所によって、SLD と第 3 レベルドメインが決まるドメイン名です。組織独自の文字列は第 4 レベルドメインとして登録されます。

JP ドメイン名の登録の流れを図 5 に示します。JPNIC に電子メールを送って直接申請することもできますし、申請代行業者に代行申請を依頼することもできます。申請代行業者は、必ずしも ISP でなくてもかまいません。

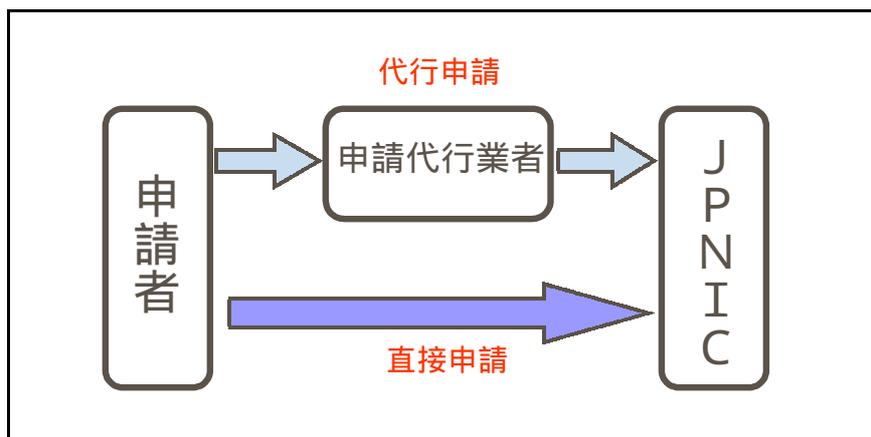


図 5 : JP ドメイン名登録の流れ

JP ドメイン名の登録数の現状と、属性別の内訳を図 6 に示します。1999 年 12 月 1 日現在、登録数は 115,492 であり、毎月 7000 ~ 8000 件のペースで増加しています。内訳としては、「co.jp」が全体の 80% を占めていることが大きな特徴です。

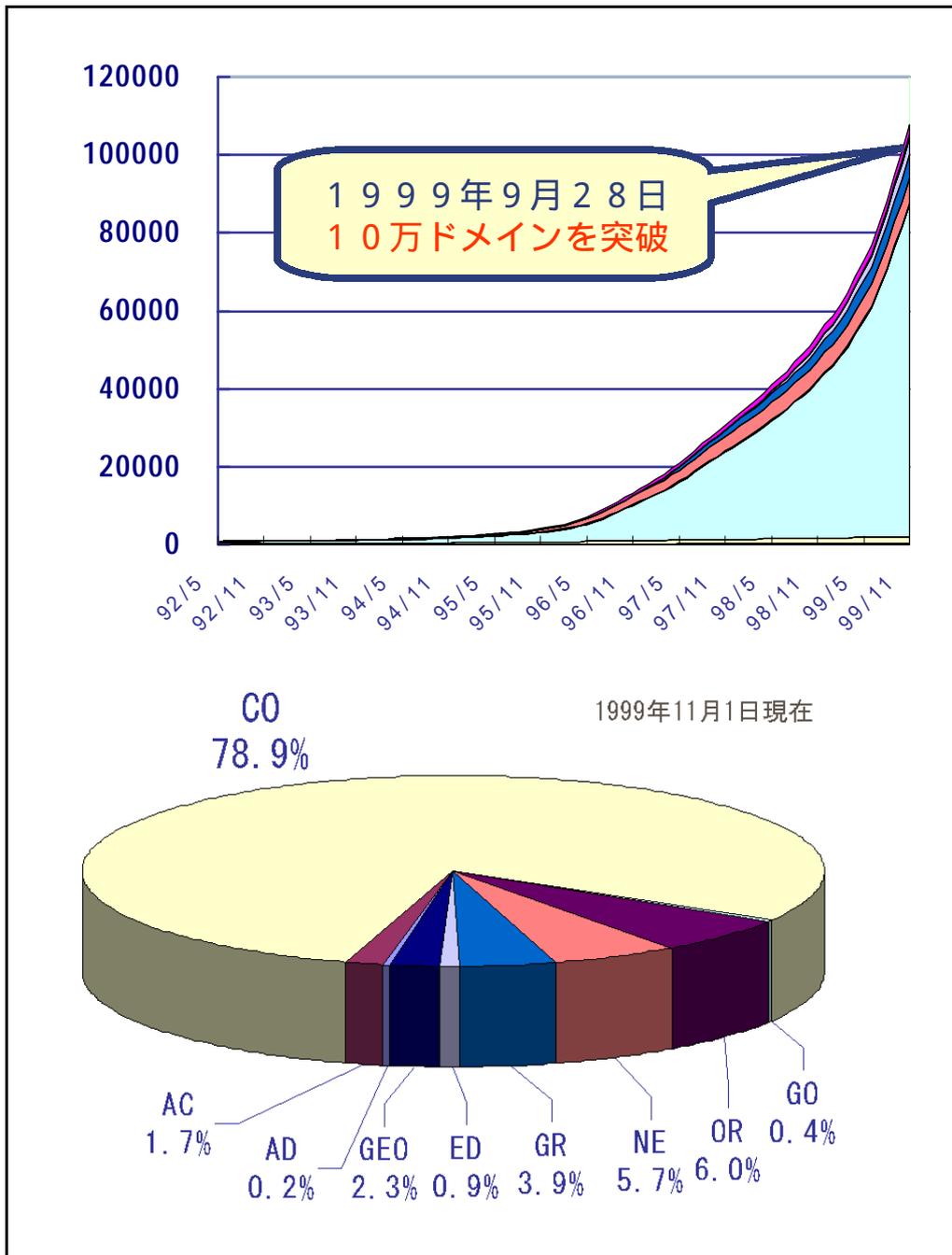


図 6 : JP ドメイン名の現状

2.4 TLD による管理ポリシーの違い

TLD ごとに設けられた登録管理機関が、それぞれの登録管理ポリシーを持っていると説明しましたが、JP ドメイン名と COM ドメイン名の場合を例にとって、登録管理ポリシーが違う様子を表 2 に示しましょう。

表 2：登録管理ポリシーの違い（JP ドメイン名と COM ドメイン名）

登録管理ポリシー	JP ドメイン名	COM ドメイン名
登録の優先順位	先願（早い者勝ち）	先願。
組織の所在地	日本国内にあること（ローカルプレゼンス）ccTLD の 1 つである JP ドメイン名としては、日本国内のユーザを優先する方針。	どこでもよい。
組織独自の文字列を登録するレベル	属性型では第 3、地域型では第 4 レベルドメイン。 属性を分けることによって、ドメイン名空間を有効に利用できる（たとえば、「keio.ac.jp」と「keio.co.jp」は別のドメイン名）。	第 2 レベルドメイン。
登録できるドメイン名の数	1 組織 1 ドメイン名。	いくつでもかまわない。
売買、譲渡	禁止。	自由。

JP ドメイン名については、「1 つの組織で沢山のドメイン名を登録したい」という要望が寄せられています。このポリシーに関して、COM ドメイン名では 1 組織で複数のドメイン名の登録が許されていますが、その結果、サイバースクワッティング* の問題が深刻化しており、どちらがより良い方針であるとは一概には言えません。

サイバースクワッティング

既存の商標と同じ、または酷似したドメイン名を悪意で登録すること、または商標の権利や正当な利権を持っていない者が、ドメイン名を悪意で登録することです。

2.5 ドメイン名と商標（知的財産権）に関する紛争

サイバースクワッティングについて触れましたが、ドメイン名と商標に関する紛争は、実際に増えてきています。ドメイン名は、本来は通信のための識別子でしかありません。ドメイン名として登録するものは「組織名」でも「組織が持っている商標」でもなく、「単なる文字列である」と JPNIC のドメイン名登録規則で規定しているのもそのためです。

インターネットが使われ始めた頃は、インターネットは社会的にはマイナーな存在でした。利用者は研究者がほとんどという限られた世界であり、商標に関する問題が存在したとしても、顕在化しませんでした。しかし、Web ブラウザが登場し、状況は一変しました。華やかな表示が可能になり、商業価値が高まってきたのです。今、インターネットはマスメディアに匹敵する価値があるとも言われています。

このような状況になると、インターネットの入り口としてのドメイン名を単なる文字列ではなく、商業価値のあるものとしてとらえ、商標と結び付ける向きも出てきます。ドメイン名の売買が自由な COM ドメイン名には、既に次のような値段が付いたと言われています。COM ドメイン名の登録にかかる費用が通常 70\$ 程度であることを考えると、大変なプレミアが付いていることになります。

- blooms.com : 2000\$ 以下 (約 22 万円)
- ad.com : 50 万 \$ ~ (約 5500 万円 ~)
- wallstreet.com : 103 万 \$ (約 1 億 1330 万円)
- linux.com : 「500 万 \$ (5 億 5000 万円) よりも低い」

ドメイン名に関する紛争には、悪意を持って特定の商標に関するドメインを登録する「サイバースクワッティング」や、善意のドメイン名登録者から、特定の商標に関するドメイン名を悪意を持って取り上げる「リバースドメインネームハイジャッキング」等があります。「悪意」は曖昧なもので判断が難しいところですが、ドメイン名や商標に関する検討等を行っている WIPO (World Intellectual Property Organization) のレポートによれば、次のような場合が「悪意」に相当するとされています。

- その商標の所有者や競合者に販売や譲渡の申し込みがあった場合
会社の合併時を狙って先に登録したドメイン名を、第三者が売りつけようとするようなケースです。
- 故意にインターネット利用者に混同を起こさせ、利得を得ようとした場合
錯覚しそうなドメイン名をわざわざ登録して、混同させるケースです。
- その商標の所有者の業務を妨害する目的で登録した場合
「利用させない」目的で、先にドメイン名を登録するケースです。

ドメイン名と商標に関する紛争については、現状では訴訟による解決手段しかありません。訴訟、裁判には費用も時間もかかります。「そんなにお金をかけるくらいなら…」とドメイン名を買い取ったり、渡さざるを得なくなったりするような事例も発生しており、サイバースクワッティングやリバースドメインネームハイジャッキングに付け込まれる際になっています。

この状況を改善するために、新たな紛争処理方針がとられるようになってきています。まず、gTLDを対象としたDRP*が、1999年12月より運用を開始しました。DRPでは、ドメイン名に関する行為が悪意であるかどうかを数人で判断する第三者機関を設け、訴訟よりも簡便な手続きで紛争を処理します。また、実際に裁判の判例も蓄積されていますので、その結果も判定の参考にされます。日本でも、ドメイン名に関する訴訟が実際にあり、JPNICはJPドメイン名に関するDRPを検討しています。

3 「IP アドレス」編

3.1 なぜ IP アドレスが必要か？

インターネットで通信を行う際に、コンピュータや通信デバイスに付けられる番地として「IP アドレス^{*}」があると、先に紹介しました。ここでは、IP アドレスの概要と、その IP アドレスを使用したインターネットでの具体的な通信方法、そして、IP アドレスが抱えている問題点とその解決方法について説明します。

インターネット(Internet)は、「inter(何かの間)」という接頭辞と「network」が組み合わさって作られた語です。ネットワークとネットワークの間を繋いで、データが送られていくというイメージです。インターネットでは、TCP/IP というプロトコル(通信に関する決め事)に基づいて通信が行われます。

TCP/IP では、データを「IP パケット」という固まりにしてやりとりするのですが、IP パケットには、送り先、送り元の情報として IP アドレスを入れる決まりになっています。

DRP	「Dispute Resolution Policy」の略。ドメイン名と商標に関する紛争を処理するためのポリシーです。DRPに基づき、第三者機関による紛争処理方針が実現されます。
IP アドレス	TCP/IP において通信相手を指定、識別するためのアドレスです。現在は、IPv4 という 32 ビットのアドレスが使われています。

「必要だ」という割には、普段インターネットを使う中では、IP アドレスはあまり見かけません。ホームページアドレスにしてもメールアドレスにしても、IP アドレスではなく、先に説明をしたドメイン名を使うことが一般的です。どうして、これで通信できるのかというと、それは DNS (詳しくは後述) というしくみで、ドメイン名を IP アドレスに変換しているからです。図 7 に示すように、利用者がドメイン名を使ったメールアドレスを指定すると、DNS がそれを IP アドレスに変換し、インターネット上では実際には IP アドレスを使って通信が行われているのです。

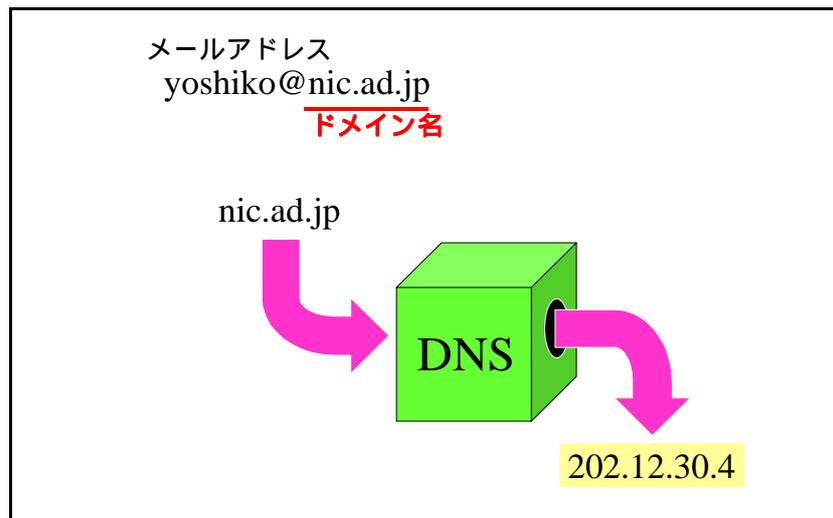


図 7 : IP アドレスとドメイン名

3.2 IP アドレスの表し方

ここで、IP アドレスの表し方を説明しておきましょう。IP アドレスは、コンピュータが扱える 0 と 1 とで表される 32 ビットの数です。ただし、表し方としては、図 8 に示すような、32 ビットを 8 ビット (= 1 オクテット) ごとに区切り、8 桁の 2 進数を 10 進数表記した上で「.」で区切る方法が使われます。この表し方は、TCP/IP で決められています。

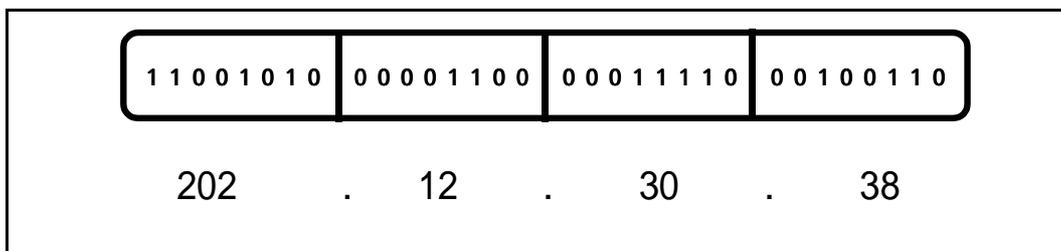


図 8 : IP アドレスの表し方

3.3 インターネットでの通信方法

3.3.1 TCP/IP

「インターネット上の通信は TCP/IP* に基づいて行われている」と説明してきましたが、ここで改めて、TCP/IP について簡単にまとめます。

TCP/IP は、インターネットプロトコルとトランスミッションコントロールプロトコルの総称で、インターネット上での通信に関する大変重要なプロトコル（決め事）です。TCP/IP は、他のインターネットプロトコルと同様、IETF（Internet Engineering Task Force）という会合で策定されたもので、RFC（Request for Comments）という文書にまとめられています。

IP アドレスについては、インターネットプロトコルで詳しく定められています。IP アドレスが必要なことも、データを一度に送り出すのではなく、IP パケットとして細切れで送ることもインターネットプロトコルで決まっています。

3.3.2 IP パケットが送られる様子

TCP/IP に基づいて、データが IP パケットとして送られていく様子を図 9 に示します。IP パケットには、送り先である「X」と、送り元である「yoshiko」の情報が、IP アドレスとして入っています。IP パケットには、1、2、3...と順番が振られます。そして、IP パケットは、図 9 の中で「R」で表した「ルータ」という装置を経て、相手方まで届けられます。

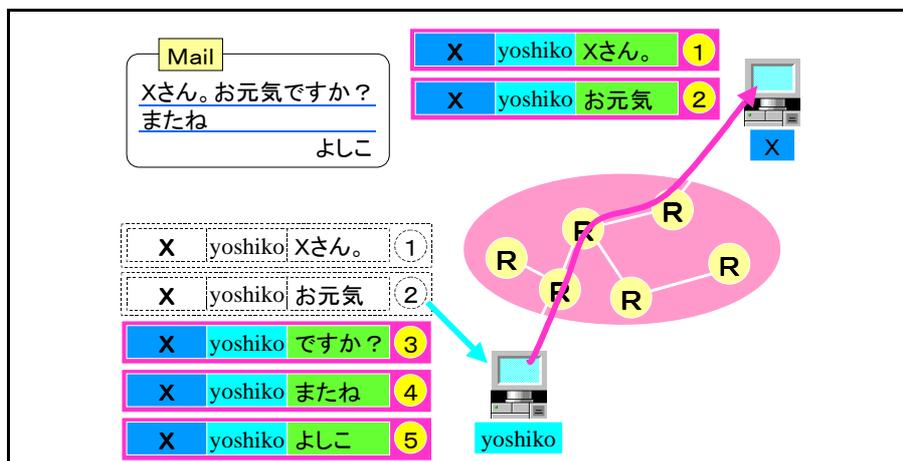


図 9 : IP パケットが届く様子

TCP/IP

TCP (Transmission Control Protocol) と、IP (Internet Protocol) の総称。インターネット上での通信方法に関する基本的なプロトコルです。TCP は RFC793 で、IP は RFC791 で規定されています。

3.4 ルーティング

インターネット上で IP パケットを相手方まで届けるためには、さまざまなネットワークを経由していかなければなりません。「どこをどう通っていけばよいか」については、ネットワーク上のルータ* という装置が、IP パケット中の IP アドレスを見て、「次にどこに渡そうか」を判断します。

このように、ルート（経路）を決めることを「ルーティング」と呼びます。ルータは「ルーティングテーブル（経路表）」と呼ばれる虎の巻を持っており、それを参照しながら次のホップ（渡し先）を決めます。

ルーティングの様子を図 10 に示します。図 10 には、一部のルーティング情報しか書いてありませんが、すべてのルーティング情報をどこかのルータが知っていないと、インターネット上で通信することはできません。すべてのルーティング情報が掲載されているルーティングテーブルを「グローバルルーティングテーブル」と呼びますが、これは大変膨大なものになります。

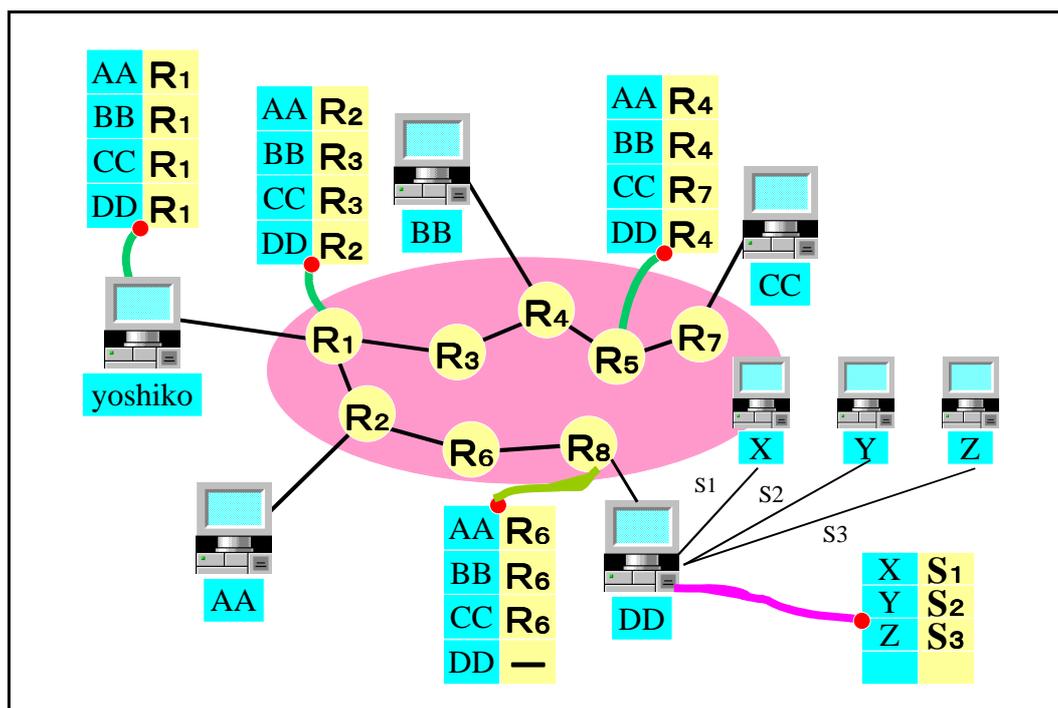


図 10 : ルーティング

ルータ	ネットワーク機器の一種。ネットワークとネットワークを接続して、IP パケットを相互にやりとりします。インターネット上で、または組織内のネットワークで、郵便局のような役割を果たします。
-----	---

3.5 IPv4 のフォーマット

現在使われている IP アドレスは、IPv4 というバージョンのもので、バージョン 1 ~ 3 もあったのですが、実用にまでは至らず、インターネットでは IPv4 の IP アドレスが使われています。

IPv4 の IP アドレスのフォーマットを図 11 に示します。ネットワーク部分とホスト部分に分かれています。ネットワーク部分は経路を決めるための情報であり、ホスト部分はコンピュータやネットワークインタフェースに付けられる個々のアドレス情報です。

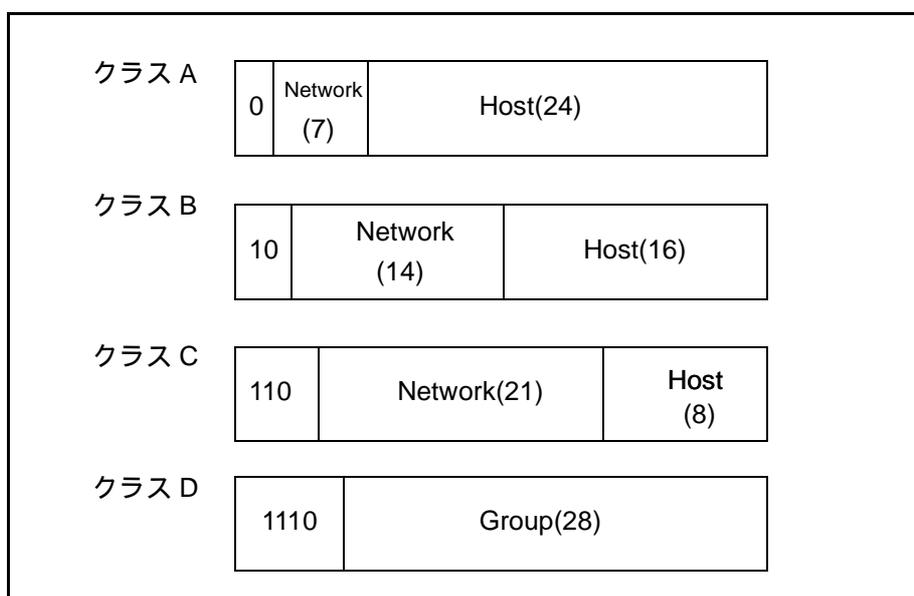


図 11 : IPv4 の IP アドレスフォーマット

また、IPv4 には、「クラス」という考え方がありました。IPv4 のクラスはネットワークの大きさの単位であると思われている方がいらっしゃいますが、本当は違います。IP アドレスの先頭部分が「0」のもの、「10」のもの、「110」のもの、「1110」のものに分けたに過ぎません。

ただし、表 3 に示すように、クラスによって接続できるホスト数が変わってくるので、小規模のネットワークを運用する組織にはクラス C のアドレスを、中規模のネットワークを運用する組織にはクラス B のアドレスを割り当ててきたのは事実です。

表 3 に、クラス A ~ C の特徴をまとめます。クラス D は、IP マルチキャストという特別な目的のために使われるアドレスです。クラス E もありますが、IP アドレスを割り当てる登録機関である IANA (後述) が予約しており、現在は使われていません。

表 3：クラス A ~ C の特徴

	クラス A	クラス B	クラス C
先頭部分	0	10	110
ネットワーク部	7 ビット	14 ビット	21 ビット
ホスト部	24 ビット	16 ビット	8 ビット
アドレス範囲	1.0.0.0 ~ 127.255.255.255	128.0.0.0 ~ 191.255.255.255	192.0.0.0 ~ 223.255.255.255
接続できるホスト数	166,777,216 - 2	65,536 - 2	256 - 2
IPv4 アドレスの中での個数	128	65,536	2,097,152

クラスを用いた IPv4 アドレスの組織への割り当てが続けられてきましたが、問題が出てきました。クラスを用いた割り当ては効率が悪いのです。IPv4 のアドレス空間では、先頭が「0」であるクラス A が半分を占めます。しかし、クラス A を割り当てられても、166,777,214 台分ものアドレスを使い切れる組織はほとんどないので、多くのアドレスが無駄になっています。また、ネットワークに 3 台しか繋がらないネットワークであってもクラス C を割り当てることになるので、やはり、200 を超えるアドレスが無駄になってしまいます。

IPv4 アドレスは 32 ビットなので、全部で 43 億弱しかありません。IPv4 設計時は、インターネットがこんなにも爆発的に普及するとは予測されなかったので、32 ビットで十分だと判断されたのですが、状況が変わってしまいました。現状のままだと、遠くない将来、IP アドレスは枯渇してしまうと言われていました。

現在、後述のようにさまざまな対応が急がれていますが、当面の間、限りある資源である IPv4 アドレスをできるだけ無駄なく使っていかななくてはなりません。この問題に対応するために、クラスを使わない(クラスレス)アドレスが使われるようになりました。

3.6 CIDR

3.6.1 CIDR とは

CIDR* (サイダーと読みます) は、クラスの括りに依らないアドレスです。CIDR では、「202.12.30/24」のように、「/(スラッシュ)」の後にプリフィックス長を入れる表記を使います。

CIDRはプリフィックス長の導入が最大の特徴です。プリフィックス長は、アドレスの中でネットワーク部が占めるビット数を表します。たとえば、プリフィックス長が30なら、ホスト部は2ビット(4台分)となります。プリフィックス長が29なら、ホスト部は3ビット(8台分)となります。このように、プリフィックス長によって、ネットワークの規模に柔軟に応じたIPアドレス割り当てが可能になります。

プリフィックス表記した場合の、プリフィックス長とアドレスの数等の対応を図12に示します。たとえば、プリフィックス長24は、クラスで言えば「クラスCが1つ」に相当し、その場合に接続できるホスト台数は256台分であることが、図12からわかります。

	bits pref	class	mask	addr	bits pref	class	mask	addr
■	0 /32		255.255.255.255	1	16 /16	1 B	255.255.0.0	64 K
■	1 /31		255.255.255.254	2	17 /15	2 B	255.254.0.0	128 K
■	2 /30		255.255.255.252	4	18 /14	4 B	255.252.0.0	256 K
■	3 /29		255.255.255.248	8	19 /13	8 B	255.248.0.0	512 K
■	4 /28		255.255.255.240	16	20 /12	16 B	255.240.0.0	1 M
■	5 /27		255.255.255.224	32	21 /11	32 B	255.224.0.0	2 M
■	6 /26		255.255.255.192	64	22 /10	64 B	255.192.0.0	4 M
■	7 /25		255.255.255.128	128	23 /9	128 B	255.128.0.0	8 M
■	8 /24	1 C	255.255.255.0	256	24 /8	1 A	255.0.0.0	16 M
■	9 /23	2 C	255.255.254.0	512	25 /7	2 A	254.0.0.0	32 M
■	10 /22	4 C	255.255.252.0	1 K	26 /6	4 A	252.0.0.0	64 M
■	11 /21	8 C	255.255.248.0	2 K	27 /5	8 A	248.0.0.0	128 M
■	12 /20	16 C	255.255.240.0	4 K	28 /4	16 A	240.0.0.0	256 M
■	13 /19	32 C	255.255.224.0	8 K	29 /3	32 A	224.0.0.0	512 M
■	14 /18	64 C	255.255.192.0	16 K	30 /2	64 A	192.0.0.0	1024 M
■	15 /17	128 C	255.255.128	32 K				

図12：プリフィックス表記

CIDR

「Classless Inter-Domain Routing」の略。クラスを使わないIPアドレスの割り当てと、ルーティング情報の集成を行う技術です。

また、CIDR を使用すると、「グローバルルーティングテーブルのエントリの増加を抑えられる」というメリットもあります。クラスによる IP アドレス割り当てを行った場合、500 台のホストを持つネットワークには、クラス C を 2 つ（たとえば、202.12.30.0 と 202.12.31.0）割り当てる必要があります。同じネットワークに CIDR による割り当てを行った場合は、「202.12.30.0/23」と表記できます。CIDR によって、グローバルルーティングテーブルのエントリが 2 つから 1 つに減らせることになります。

グローバルルーティングのエントリ数の推移を図 13 に示します。現在、エントリ数は 7 万程度に収まっていますが、もし、CIDR が導入されていなかったら、20 万を超えただろうとされています。

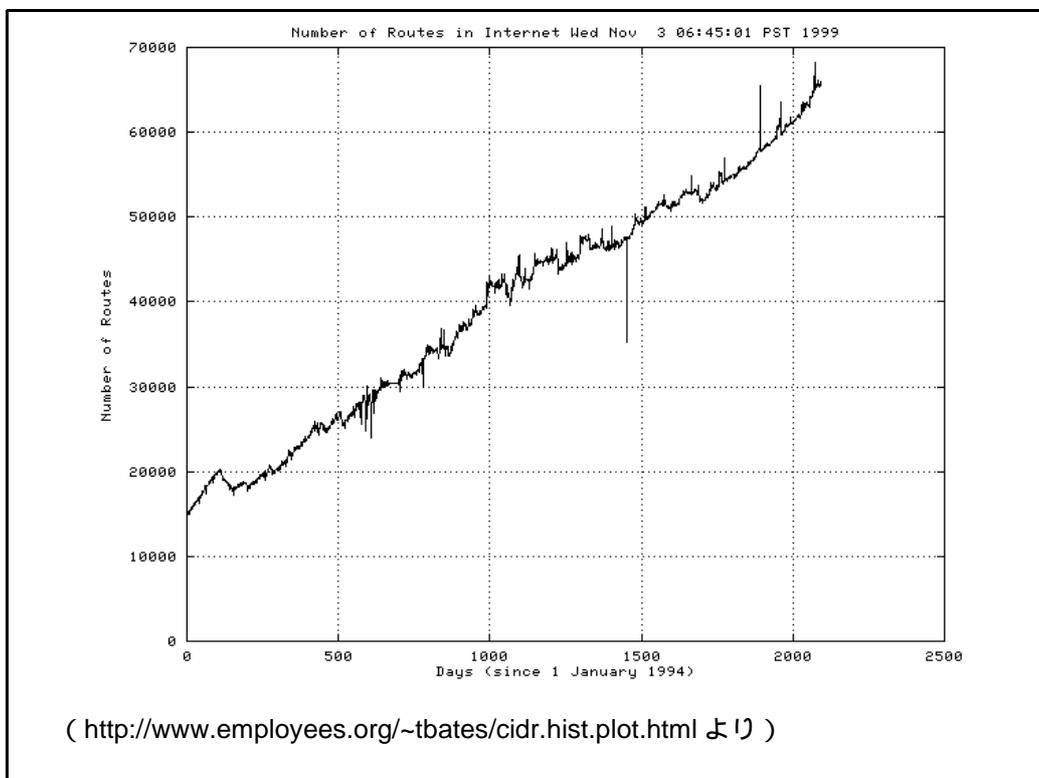


図 13 : グローバルルーティングテーブルのエントリ数推移

3.6.2 CIDR によるアドレス表記

ここで、CIDR によるアドレス表記についてまとめておきましょう。プリフィックス長が 30 と 29 の 2 つの場合について、図 14 に示します。

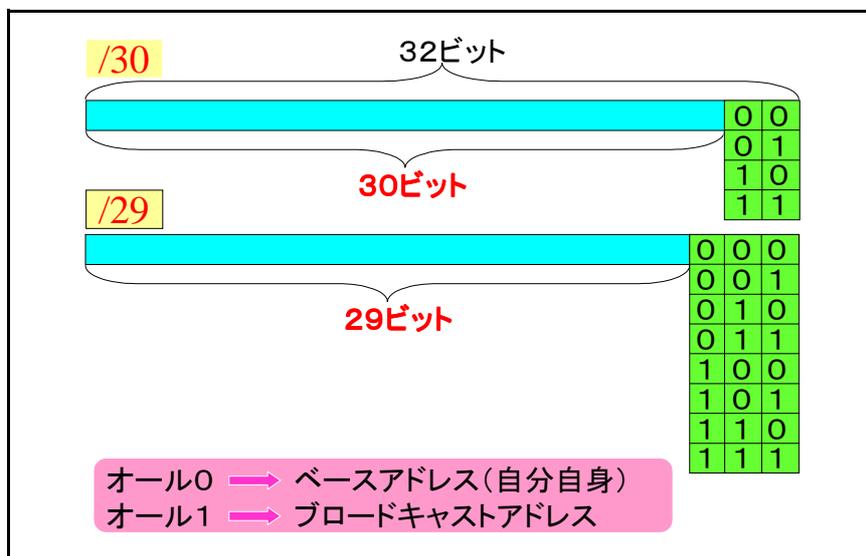


図 14 : CIDR によるアドレス表記

プリフィックス長が 29 の場合、ホスト部は 3 ビットになり、 $2^3 = 8$ 台分のアドレスを表すことができます。ただし、ホスト部がオール 0 のアドレスはベースアドレス(ネットワーク自身を表すアドレス)を、オール 1 のアドレスはブロードキャストという特殊な目的のために使うアドレスを表すと決まっているので、実際に接続できるホストの数は、 $2^3 - 2 = 6$ 台となります。

3.6.3 サブネットマスク

CIDR そのものの機能ではありませんが、「サブネット」を導入して、ネットワークの通信効率を向上させる方法がありますので、簡単に紹介しません。

図 15 に示すように、プリフィックス長が 24 の場合、ホスト部は 8 ビットになります。この 8 ビットのうち、先頭の 2 ビットを「サブネットマスク」として使用すると、ネットワークを $2^2 = 4$ つのサブネットに分けることができます。

サブネットによって、たとえば部署ごとにルータを配置して、効率よく管理を行えるようになります。図 15 で言えば、サブネットマスク「00」については、開発課のルータが面倒を見るように設定できます。こうすると、セキュリティポリシーや運用ルールも管理しやすくなります。

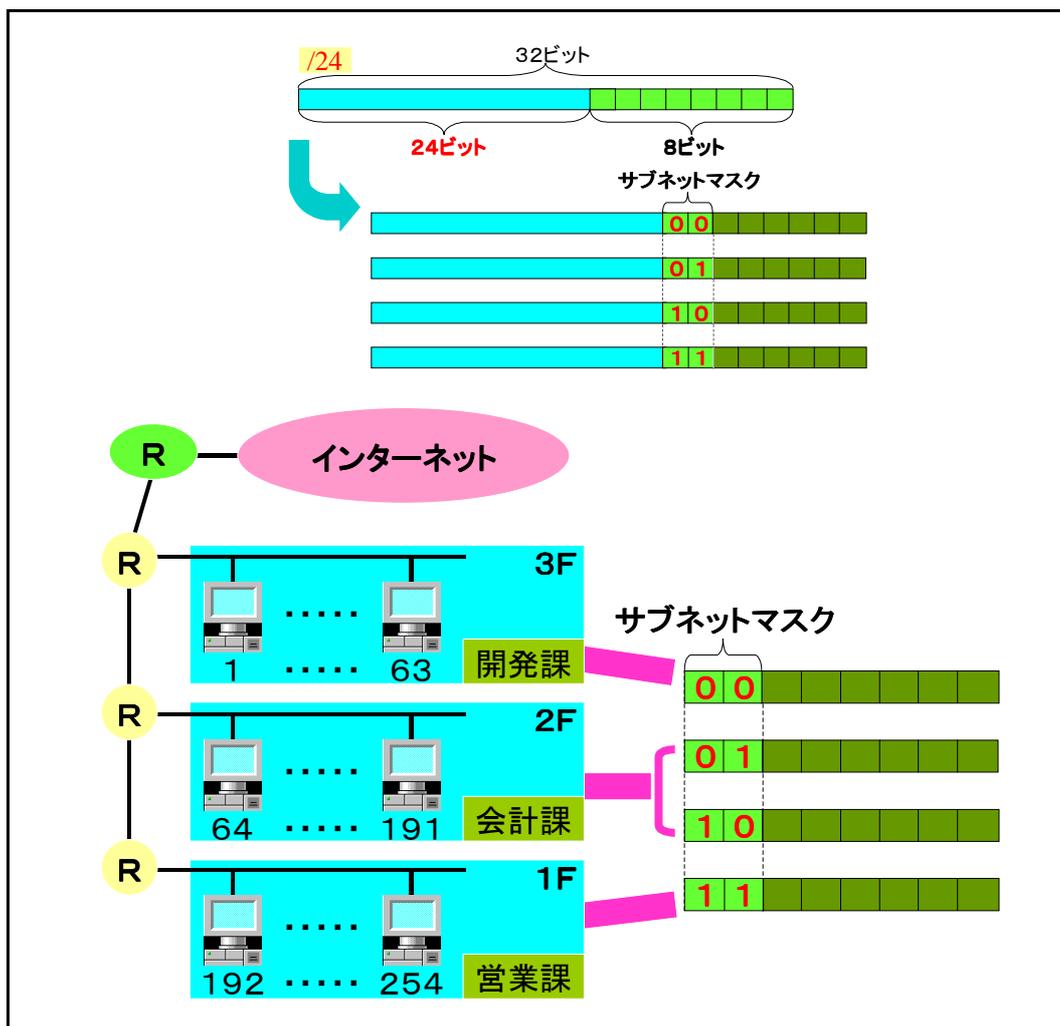


図 15 : サブネット

3.7 IP アドレスが抱える問題点と解決方法

「IPv4 アドレスが枯渇しそうだ」、「グローバルルーティングテーブルが増大してしまう」という IPv4 アドレスが抱える問題点について、既に指摘しました。問題点を解決するためには、次の 3 つの方法があります。

- アドレスを節約する CIDR (前述)
- アドレス空間を大きくする IPv6 (3.7.1 を参照)
- アドレスを使わない プライベートアドレス (3.7.2 を参照)

3.7.1 IPv6

次世代 IP として規定されたのが「IPv6^{*}」です。IPv4 では 32 ビットでしたが、IPv6 では 128 ビットのアドレスを使用します。128 ビットのアドレス空間はとても大きいので、アドレスが枯渇する心配はなくなります。IPv6 による IP アドレスの割り当ては、地域レジストリによって 1999 年 5 月より開始されています。

しかし、IPv4 と IPv6 では IP アドレスや IP パケットのフォーマットが大きく変わるので、移行は必ずしも容易ではありません。たとえば、移行が完全に終わるまでは IPv4 と IPv6 のネットワークが共存しますので、その間の相互通信も実現しなくてはなりません。そのような状況の中で、日本は、IPv6 への移行を積極的に進めています。

IPv6 の詳細については、別の講演で説明されています。

3.7.2 プライベートアドレス

インターネット上で通信するためには、世界中で一意である IP アドレス（グローバルアドレス）が必要です。しかし、社内ネットワークのように閉じたネットワークで TCP/IP を使って通信する場合には、世界中で一意のグローバルアドレスでなくてもよいわけです。このような場合のために、「プライベートアドレス^{*}」があります。プライベートアドレスを使う、言い換えればグローバルアドレスを使わないようにすれば、IPv4 アドレスを節約することができます。

プライベートアドレスは次の範囲のアドレスです。プライベートアドレスはインターネット上で使われないことが約束されており、ISP に登録を頼まなくても、閉じたネットワークでは自由に使うことができます。

- 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)

IPv6	次世代 IP として作られたプロトコルです。RFC2460 で規定されています。128 ビットのアドレス空間を持つことが大きな特徴です。1999 年 5 月よりアドレスの割り振りが始まりました。
プライベートアドレス	インターネット上で使われないことが約束されている IP アドレスです。これがインターネット上に流れると、「Illegal Addresses」として排除されることがあります。RFC1918 で規定されています。

プライベートアドレスが振られているホストからは、そのままでは、社外にメールを出す、社外の Web を見るといったインターネット上のサービスを利用することができません。しかしながら、NAT*、IP マスカレード* といった技術を用いて、プライベートアドレスをグローバルアドレスに変換すれば、プライベートアドレスのホストからもインターネットを利用できるようになります。

SPAM メール（ダイレクトメール）やハッキングを防ぎ、セキュリティを確保するために、ファイアウォールという装置を置くことが増えています。ファイアウォールは、特定のルールを満たす IP パケットしか通さない、特定のアプリケーションの IP パケットはブロックする等の方法でネットワークを守るものです。すべての IP パケットがファイアウォールを経由することになるので、そこに NAT や IP マスカレードの機能を持たせれば、社内ネットワークで使うプライベートアドレスをうまく具合にグローバルアドレスに変換できます。ファイアウォール分のグローバルアドレスが最低限あればよいことになります。

3.8 IP アドレスの管理体系

グローバルアドレスが世界で一意でなければならないことは、もうおわかりでしょう。世界で一意であることを保証するためには、きちんとした登録管理の体系が必要です。IP アドレスの登録管理を行う機関を「インターネットレジストリ (IR)」と呼びます。

登録管理すると言っても、IPv4 のアドレスでも 43 億弱あるのですから、容易なことではありません。このため、1 つの機関がすべてを管理するのではなく、階層構造を持っていくつかの機関で管理するようになっていきます。ここで、「割り振り」と「割り当て」という言葉を定義しておきましょう。

- 割り振り
再分配用として、IR に IP アドレスを供給することです。
- 割り当て
割り振られたアドレス空間から、実際のネットワークで使う分のアドレスを、ユーザや ISP のインフラストラクチャに供給することです。

NAT	「Network Address Translation」の略。プライベートアドレスとグローバルアドレスを 1 対 1 で対応づける技術です。
IP マスカレード	IP パケットをやりとりするポートの番号を識別することによって、複数のプライベートアドレスを 1 つのグローバルアドレスに対応づける方法です。

インターネットレジストリは、図 16 に示すように、IANA* を頂点とした階層構造を持っています。IANA の下には、現在、次の 3 つの地域レジストリ (Regional Internet Registry) がありますが、アフリカや中南米を担当するものが今後増えるかもしれません。IANA からアドレス空間が地域レジストリに割り振られます。

- APNIC* (アジア太平洋地域)
- ARIN (北米、南米等)
- RIPE-NCC (欧州等)

また、APNIC の下に、国別レジストリ (National Internet Registry) が置かれる場合もあります。JPNIC は国別レジストリの 1 つです。国別レジストリは地域レジストリからアドレス空間を割り振られます。地域レジストリや国別レジストリから割り振られたアドレスを、実際にユーザに割り当てるのがローカルレジストリ (Local Internet Registry) です。ローカルレジストリは、基本的には ISP となります。

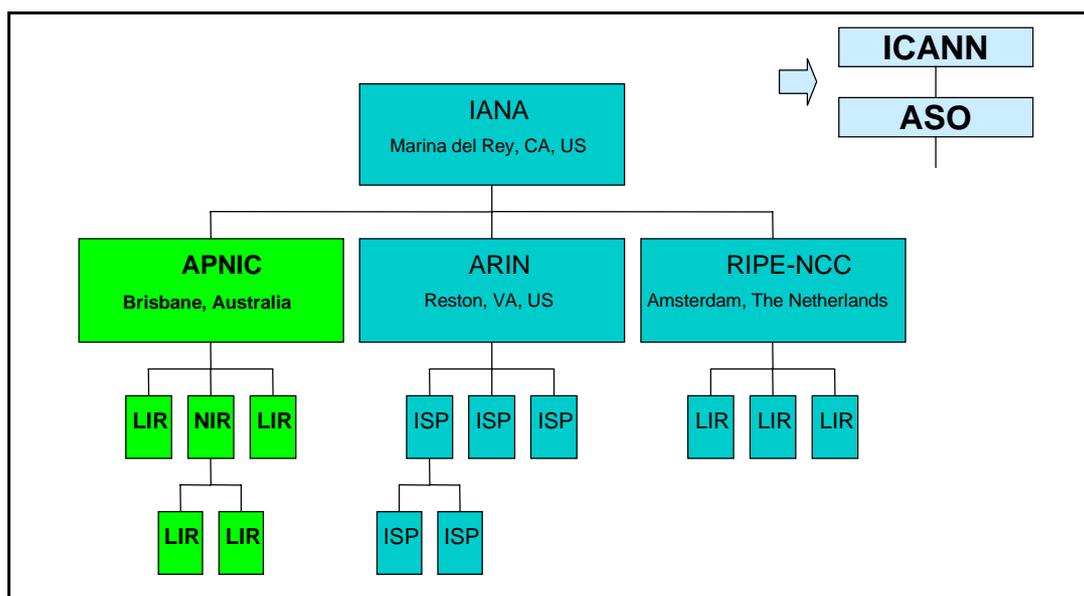


図 16 : IP アドレス管理体系

IANA	「Internet Assigned Numbers Authority」の略。IANA は、IP アドレス等インターネット上で重要なパラメータを登録、管理している組織です。現在、ICANN として再編成されています。
APNIC	「Asia Pacific Network Information Center」の略。アジア太平洋地域に対して、IP アドレスの割り振り、ポリシー策定、教育活動等を行っています。

図 16 に示した IP アドレスの管理体系は、ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) を頂点に持つ体系に移行しようとしています。ICANN の中には、ASO (Address Supporting Organization) という機関があります。この機関は IP アドレスの割り振り、割り当てに関して意見を吸い上げる機能を持ち、単なるトップダウンではない管理体系を実現しようというものです。

インターネットレジストリは、決まった管理ポリシーに従って割り振りを行っています。APNIC には APNIC の管理ポリシードキュメントがあり、JPNIC には JPNIC の管理ポリシードキュメントがあります。しかしながら、その基本方針は世界共通のものであります。また、インターネットレジストリは、自分自身が割り振ったアドレスについて、上の組織に対して報告する義務を負っています。管理ポリシーに従った割り振りをきちんと行っていないと、次のアドレスブロックをもらうことができません。

IPv6 アドレスについては、1999 年より割り振り、割り当てが始まっています。現在は、地域レジストリだけが割り振り業務を行っています。アジア太平洋地域では APNIC がこの業務を行っています。近い将来、JPNIC も申請の取り次ぎ業務を開始する予定です。

なお、IPv6 アドレスについては、大本のアドレスブロックを「sTLA (Sub Top-Level Aggregator)」と呼びます。sTLA をもらうためには、さまざまな条件が付けられており、大規模な ISP でないと実際にはもらえません。

4 「DNS」編

4.1 ドメイン名と IP アドレス

インターネット上で通信を行うためには IP アドレスが必要です。しかし、ドメイン名が登録されていれば、電子メールやブラウザで IP アドレスの代わりにドメイン名を指定することができます。携帯電話の電話帳に氏名を登録しておけば、その氏名を指定して電話をかけられるのと同じです。ここで、ドメイン名と IP アドレスを結び付けているのが DNS* です。

DNS 「Domain Name System」の略。ドメイン名と IP アドレスを結び付けるしくみです。RFC1034、RFC1035 で規定されています。

電話帳がデータを携帯電話本体に格納するのに対して、DNS ではデータを分散管理するという点が大きく異なります。インターネットを使い始めた頃は、名前の情報を 1 つのファイルで管理していたのですが、情報量が膨大になり、そのしくみは破綻してしまいました。このため、分散管理するようになりました。

既に説明したように、ドメイン名は図 17 のような階層構造を持っています。このため、上から順にたどっていけば、目的のマシンまで行きつくことになります。DNS はこれを利用して、ドメイン名が持つ階層構造に対応して、ドメイン名と IP アドレスの情報を分散管理します。

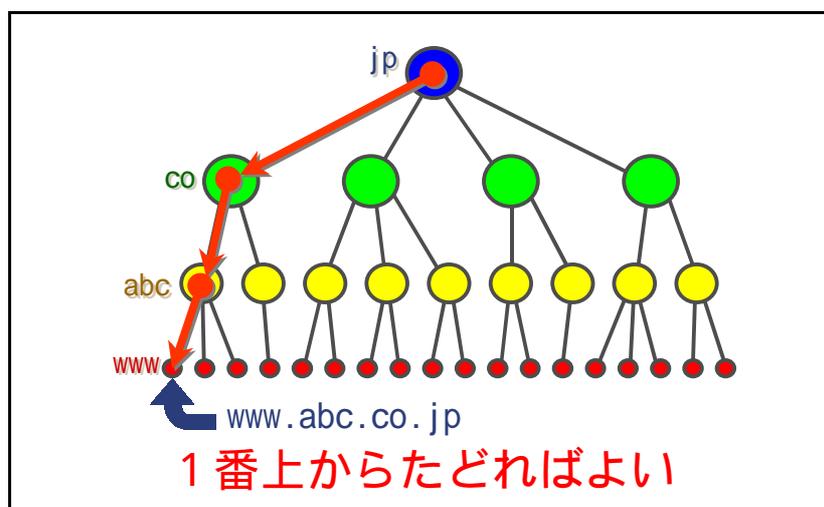


図 17：ドメイン名の階層管理

ここで、DNS に関する言葉を定義しておきましょう。

- ネームサーバ

ドメイン名のある階層の情報を管理するマシンです。「このドメイン名の IP アドレスは何ですか？」という問い合わせに答えるほかに、自分自身が知らない情報を、別のネームサーバに問い合わせる機能も持っています。

- ルートネームサーバ

TLD を管理するネームサーバです。図 18 に示すように、DNS の階層構造の一番上に位置します。ドメイン名を探するときの出発点になるので、大変重要なコンピュータであると言えます。

- リゾルバ

ブラウザ等のアプリケーションに代わって、ネームサーバに対して問い合わせを行うソフトウェアです。

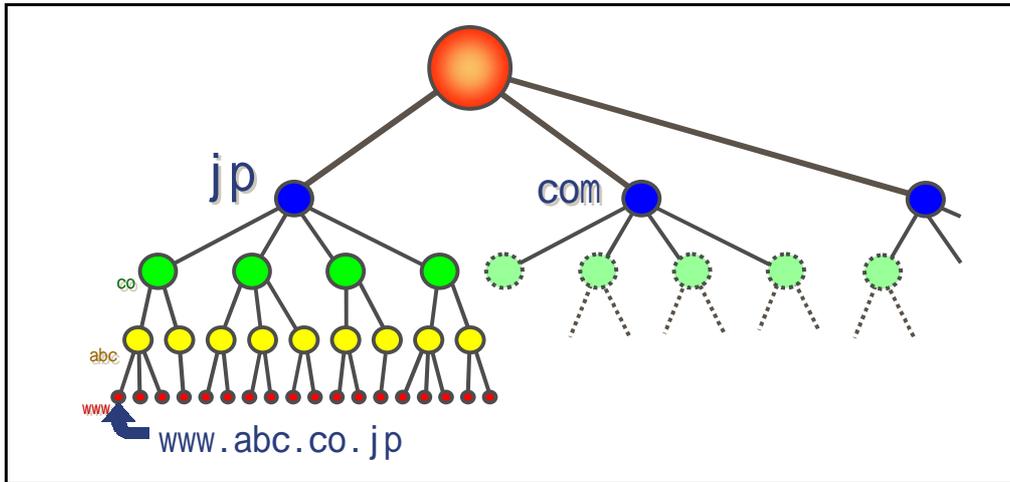


図 18 : DNS の階層構造

4.2 DNS の働き

DNS によってドメイン名に対応する IP アドレスを調べる様子を、図 19 に示します。

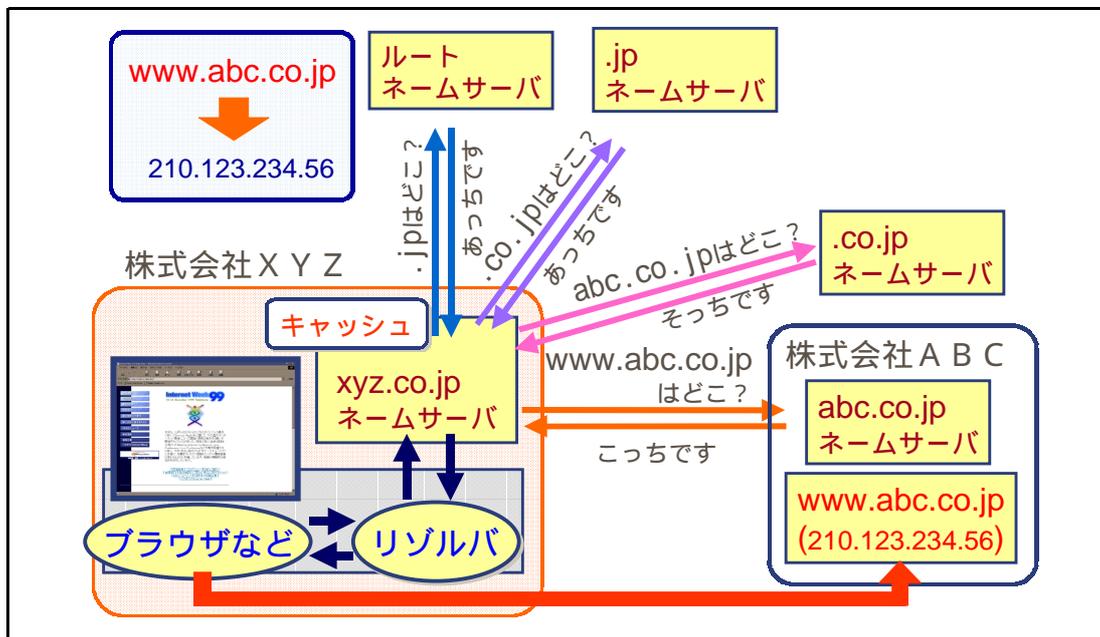


図 19 : DNS の働き

図 19 は、「xyz.co.jp」のネットワークに繋がっているホストで、「www.abc.co.jp」の Web ページを表示する場合の様子を示しています。

ブラウザでアドレスを入力すると、まず、リゾルバは xyz.co.jp のネームサーバに対して、「www.abc.co.jp の IP アドレスを知っている？」と問い合わせます。最近アクセスした場合は、ネームサーバのキャッシュに情報が残されていることがあります。

キャッシュに情報がなければ、次の順序で問い合わせが行われます。

1. xyz.co.jp のネームサーバがルートネームサーバに対して、「.jp ネームサーバの IP アドレスは？」と問い合わせます。
2. 返ってきた IP アドレスを使って、xyz.co.jp のネームサーバが .jp ネームサーバに対して、「.co.jp ネームサーバの IP アドレスは？」と問い合わせます。
3. 返ってきた IP アドレスを使って、xyz.co.jp のネームサーバが .co.jp ネームサーバに対して、「abc.co.jp ネームサーバの IP アドレスは？」と問い合わせます。
4. 返ってきた IP アドレスを使って、xyz.co.jp のネームサーバが abc.co.jp ネームサーバに対して、「www.abc.co.jp の IP アドレスは？」と問い合わせます。
5. xyz.co.jp のネームサーバからリゾルバに www.abc.co.jp の IP アドレスを返します。
6. リゾルバからブラウザに www.abc.co.jp の IP アドレスが伝えられます。

このように、DNS では、IP アドレスがわからない場合は「まずルートネームサーバに聞く」しくみになっています。ルートネームサーバの重要性がこれでおわかりいただけたでしょう。

4.3 これからのドメイン名

現在のドメイン名は、英数字とハイフンで表記される、階層構造を持つ文字の並びです。インターネット上で通信するのに必要なのは IP アドレスなので、ドメイン名が別の形に変わったとしても、対応さえ付けば問題はないはずです。

実際に、さまざまな試みも始まっています。

- iDN

ドメイン名に英数字以外の文字を使おうというものです。たとえば、「東京.学.日本」というようなドメイン名です。

- インターネット番号

電話番号のような番号を付けて、ドメイン名の代わりに使おうというものです。

- キーワード

ドメイン名の構造に縛られず、キーワードから IP アドレスを検索しようというものです。RealNames（英語）、CyberWork（日本語）等があります。

また、ドメイン名を入力すること自体が減っているとも言われています。ポータルサイトやリンク集を利用したり、ブックマーク（お気に入り）に登録したりすれば、ドメイン名を入力しなくても済むからです。

では、ドメイン名はもういらないのでしょうか？ そうは言えないと思います。

英数字によるドメイン名は多くの人に「そこそこわかりやすい」というメリットがあります。階層構造で分散管理する DNS は「そこそこのわかりやすさを保ちつつ、効率良くより多くの情報を管理できる」というメリットがあります。現在のインターネットが成り立っているのは、DNS のしくみがうまくできていたからとも言えるでしょう。その意味からも、ドメイン名、IP アドレス、DNS について知ることは、インターネットを理解するのに大変役立つのです。

5 参考資料

- ccTLD
<http://www.uninett.no/navn/domreg.html>
- WIPO : Final Report of the WIPO Internet Domain Name Process
http://ecommerce.wipo.int/domains/process/eng/final_report.html
- アドレスレジストリ管理ポリシー
RFC2050: Internet Registry Allocation Guidelines
<http://ftp.apnic.net/ietf/rfc/rfc2000/rfc2050.txt>

Policies for Address Space Management in the Asia Pacific Region
<http://www.apnic.net/policies.html>

JPNIC におけるアドレス空間管理ポリシー
<http://www.nic.ad.jp/jp/regist/ip/doc/ip-addr-ipv4policy.html>
- IPv6 関連ドキュメント
RIR's IPv6 Policy Draft
<http://www.apnic.net/policies.html>

RIR's IPv6 Policy Draft 日本語訳
<http://www.nic.ad.jp/jp/internet/doc-j/ipv6/v6-rir-policy.html>
- 「Introduction to APNIC」(Anne Lord)
<http://www.apnic.net/training/Training-Course-HK-090799/index.htm>
- 「インターネットのしくみ」(JPNIC 森下 泰宏)
IW98 レクチャーノート
- 「IP アドレスとドメイン (初級)」(広島大学 相原玲二)
IW97 レクチャーノート
- ドメイン名に関する問い合わせ先
query@domain.nic.ad.jp
- IP アドレスに関する問い合わせ先
query@ip.nic.ad.jp