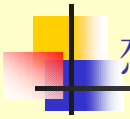
インターネットの基礎知識
―各種プロトコルからWeb関連技術まで―

(社)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)
森下 泰宏(MORISHITA, Yasuhiro)
yasuhiro@nic.ad.jp

はじめに

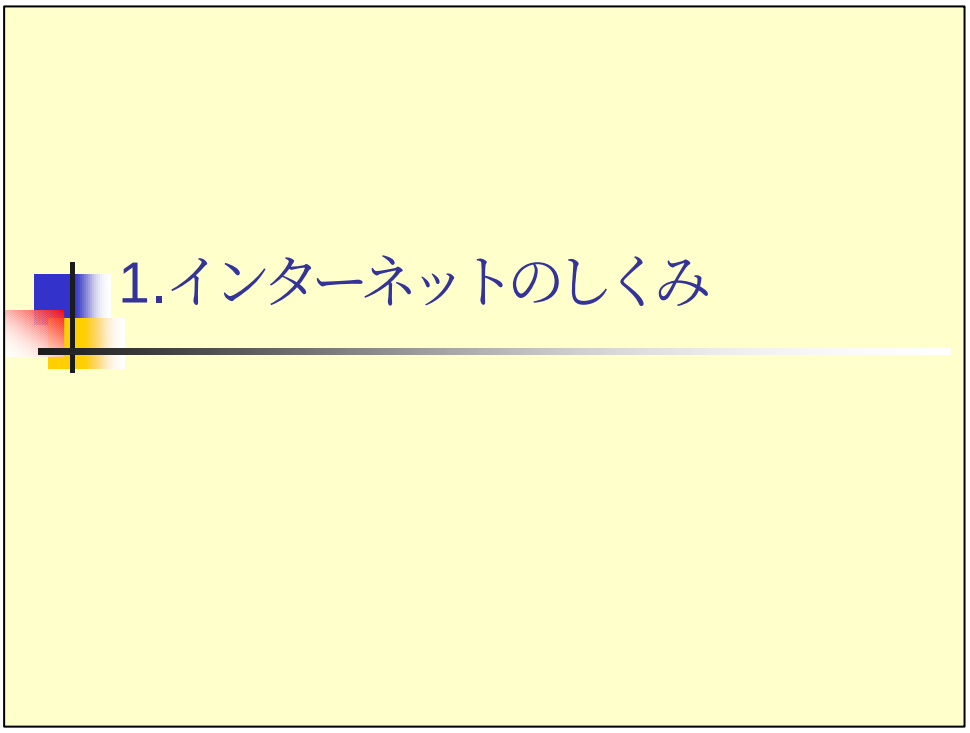


想定している人

- インターネットは普段から使っているが、インターネット自身のしくみについてもう少し詳しく知りたい
- 今度社内のシステム管理部門に配属になり、インターネットや社内ネットワークの管理をしなければならなくなった
- 社内のユーザ向けに、インターネットの基礎について講義することになった

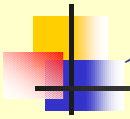
構成

- インターネットのしくみ
  - プロトコルとインターネット
- インターネット上のさまざまなプロトコル
- 商用化以降のインターネット技術動向



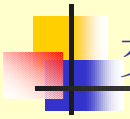
インターネットのしくみを知る

- 動作のしくみをくわしく知らなくても、世の中のたいていのものは使える
  - 自動車
  - 電化製品(テレビ、冷蔵庫など)
- しかし、しくみを知っていると、より効率よく使うことができる
  - うまく動かないときの原因の究明に役立つ
  - よりかしこい使い方ができる



インターネットのしくみを考える

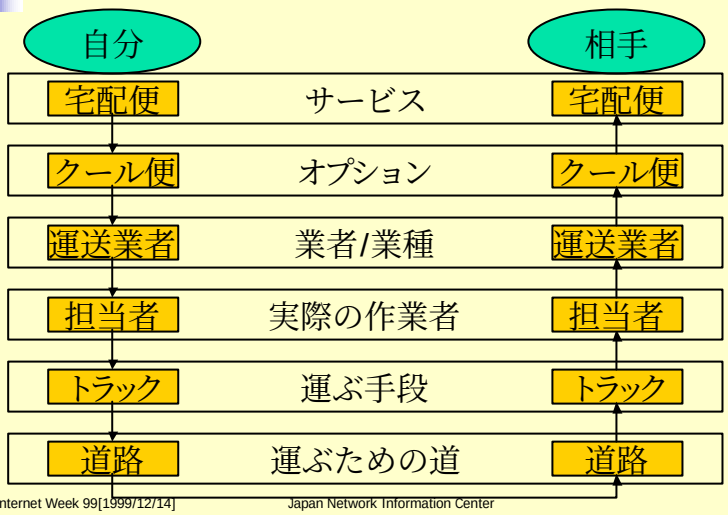
- より身近な「交通網モデル」で考えてみる



交通網モデルにおけるやりとり

- 送り主が宅配便に荷物の配送を頼む
- クール便オプションをつけることにする
- 宅配業者は荷物を受け付ける
- 担当者(運転手など)が実際の作業を行う
- トラックは道路を走っていく

交通網モデルの例(宅配便の利用)



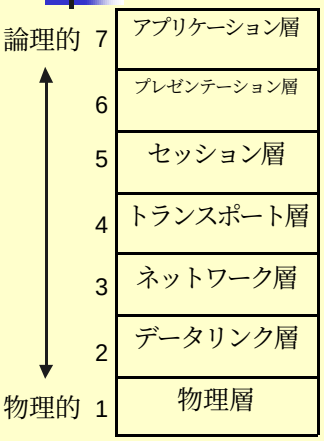
階層的な考え方

- 上の層により論理的なもの(宅配便、クール便)を位置付け
- 下の層により物理的なもの(トラック、道路)を位置付け
- インターネットのしくみ(プロトコル)を考える場合に重要となる

プロトコルとは

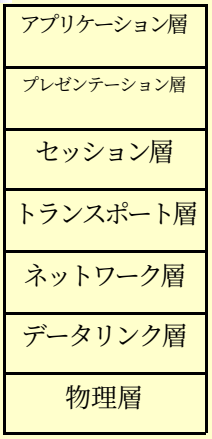
- 「コンピュータシステムで、データ通信を行うために定められた規約。情報フォーマット、交信手順、誤り検出法などを定める。(広辞苑 第4版)」
- コンピュータで通信を行う際の約束事
- 日常生活の「ルール」に相当

プロトコルの枠組み「OSI7層モデル」



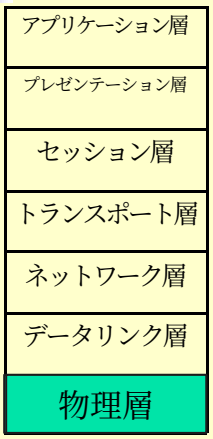
- ISO(国際標準化機構)が提案したプロトコルに関する階層的な枠組み
- すべてのプロトコルはこの枠組みに従って分類することができる
- 物理層(第1層)からアプリケーション層(第7層)までの7つの階層に分けられる
- 数字の大きいほうがより上位(論理的)な層を表す
- 数字の小さいほうがより下位(物理的)な層を表す

OSI7層モデルの実例



- OSI7層モデルを理解するため、以下の2つのモデルをOSI7層モデルにあてはめながら考えてみる
- 交通網で宅配便を送る
- インターネットで電子メールを送る

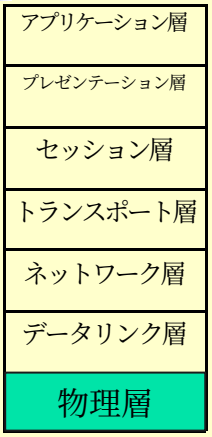
物理層



「物理的なつながり」

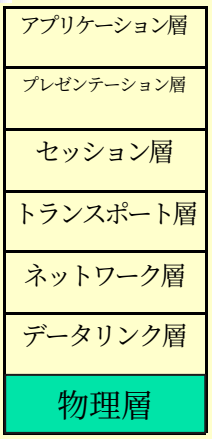
- 最も下位レベルにあたる取り決め
- 電気的な接続条件
- コネクタの形状、各信号ピンの配列
- データ信号のON/OFFの定義など

物理層(交通網)



- 信号の青(緑)、黄色、赤の定義
  - 青、黄色、赤の光の波長
  - 「点滅」の秒数
- 道路の材質
  - アスファルト
  - コンクリート
  - 砂利道

物理層(インターネット)



- 使用するケーブルの規格
- 流れるデータの電気的な規格など
  - LANケーブル
  - 専用線
  - 公衆回線

データリンク層

「隣までデータを届ける」

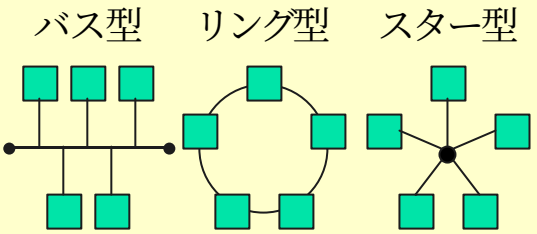
- 隣接する装置(ノード)間における通信手順に関する取り決め
- 隣接する装置との接続形態
- 送受信されるデータのフォーマットの定義
- 装置間におけるデータの誤りの検出、訂正方法などの定義

データリンク層(交通網)

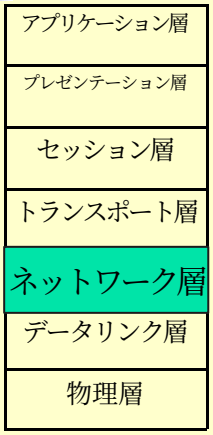
- 交通の最も基本的なルール
  - 左側通行
  - 青は進め、黄色は注意、赤は止まれ
  - 赤点滅は一時停止せよ
- トラック1台あたりの最大積載量
- トラックが実際に走る速度

データリンク層(インターネット)

- Ethernet、FDDI、専用回線等の実際のデータ形式
- ネットワークの形態



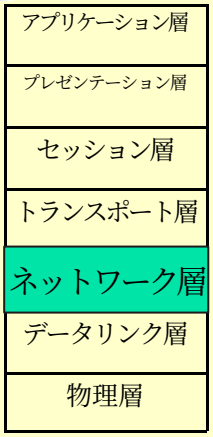
ネットワーク層



「隣同士以外の相手との通信手順」

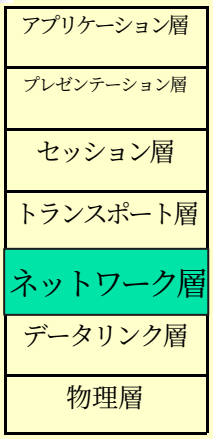
- 装置(ノード)間の経路制御(ルーティング)に関する取り決め
- データのやりとりをする相手までの通信経路の決定に関する定義
- アドレスによる仮想的な接続の確立

ネットワーク層(交通網)



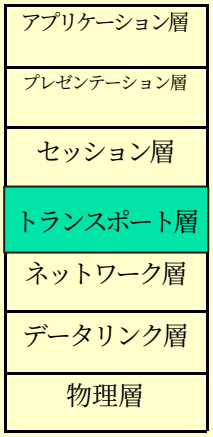
- ある地点からある地点まで車を走らせる場合の通り道の決定
- 住所による場所の特定
  「東京都千代田区神田小川町1-2」

ネットワーク層(インターネット)



- あるコンピュータから別のあるコンピュータまでの通信経路の決定
- IPアドレスによるコンピュータの特定
  「202.12.30.131」

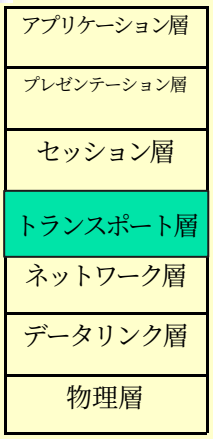
トランスポート層



「担当者の手元までちゃんと届く」

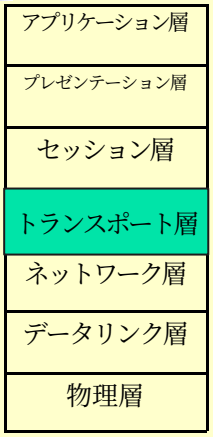
- 始点⇔終点間のデータの信頼性の確保
- エラー訂正(データ到着順の訂正、エラーになったデータの再送要求等)
- フローコントロール(流量制御)

トランスポート層(交通網)



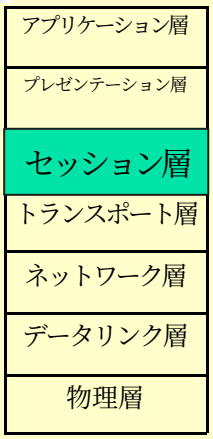
- 最終到達先の決定
  「風雲堂ビル3Fの受付」
- 荷物の個数、荷物がこわれていないか等の確認
- 大量に搬入がある場合、荷物を片付けながら少しずつ運びこむ

トランスポート層(インターネット)



- ポート番号の確定
  「TCPポートの25番」
- IPパケットの順番の整列、エラーパケットの再送等の処理
- 回線の速度、データの処理速度に合わせたデータ送信速度の調整

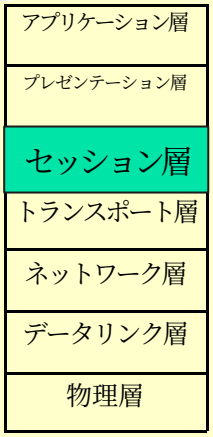
セッション層



「相手は誰?部屋に入れてもいい?」

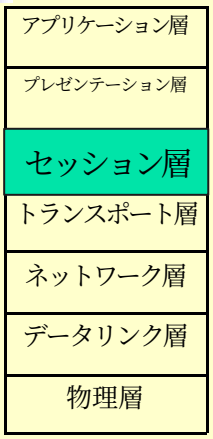
- 目的装置における通信手段の提供に関する取り決め
- Authentication(認証)
  - 「あなたは○○さんですね」
- Authorization(権限)
  - 「○○さんは××というサービスを使ってもいいですよ」
- Synchronization(同期)
  - データのやりとりの際の同期の方法
    (全二重、半二重)

セッション層(交通網)



- ○○さんからの荷物であるという確認
- ○○さんからの荷物は受け取っても問題ないという判断
- 留守の場合の不在票の処理

セッション層(インターネット)



- 接続相手のIPアドレスから接続相手のホストを確定
- IPアドレスによるアクセス制限
- SPAMメールの受け取り拒否
- 接続を拒否された場合のエラーの通知

プレゼンテーション層

「何語でしゃべるの?」

- 目的装置とのデータのやりとり(表現方法)に関する取り決め
- データの暗号/復号方法
- データの圧縮/展開方法
- 使用する文字コード、データフォーマット等の決定

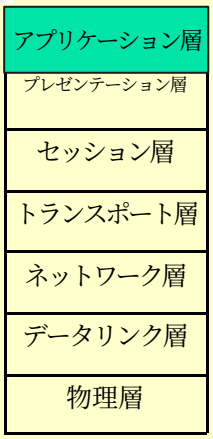
プレゼンテーション層(交通網)

- いろいろなオプション
  - 「クール便」
  - 「取り扱い注意」
  - 「天地無用」
- 荷物の中身そのものは同じ(持ってくるときの取り扱いが違うだけ)

プレゼンテーション層(インターネット)

- 日本語メールの文字コードの指定(ISO-2022-JP)
- PGP(Pretty Good Privacy)を用いたメールの暗号化
- MIME(Multipurpose Internet Mail Extensions:RFC1521) を使った画像ファイルの転送

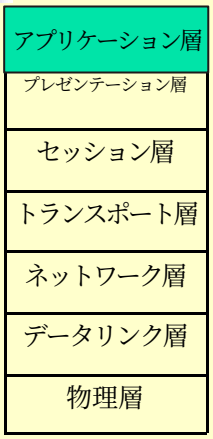
アプリケーション層



「やりたいこと」

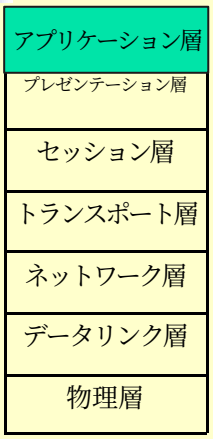
- 実際のサービスの内容に関する取り決め
- 実際にユーザに見える部分
- 利用可能なサービスそのもの

アプリケーション層(交通網)



- 宅配便
- バイク便
- 観光バスツアー
- タクシー
- 運転代行サービス
- …

アプリケーション層(インターネット)



- 電子メール
- WWW(World Wide Web)
- ファイル転送
- 電子掲示板
- ファイルの共有
- …

交通網とインターネットの比較

OSI7層モデル	交通網の例	インターネットの例
アプリケーション	宅配便	電子メール
プレゼンテーション	クール便	文字コード
セッション	運送業者	SMTP(RFC821)
トランスポート/ネットワーク	担当者	TCP(RFC793),IP(RFC791)
データリンク	トラック	モデム
物理	道路	電話回線
運ばれるもの	荷物	データパケット
利用の取り決め	各種ルール	各種プロトコル
取り決めの根拠	法律など	RFC

階層構造のメリット(1)

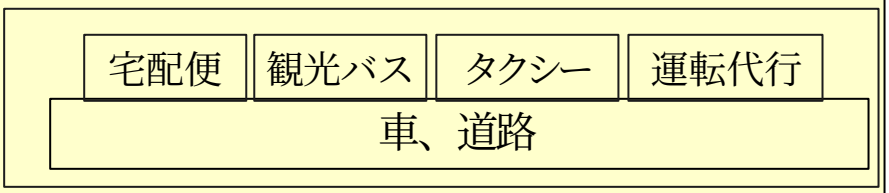
- 下の層がどうやって頼んだ仕事を実現しているかを考えなくてもよくなる
  - 下の層にはデータを渡して命令を出すだけでよい

階層構造のメリット(2)

- 下の層は、上の層との約束(インタフェース)どおりに仕事が実現できればよい
  - 上の層で結果がどう使われるかを考える必要がない

階層構造のメリット(3)

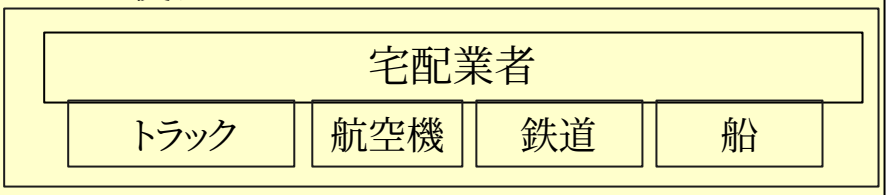
- 一つの層の上に、いろいろなサービスを作ることができる



- いずれも車と道路を使っている
- 目的に応じたサービスを容易に作成可能
- 可能性が広がる

階層構造のメリット(4)

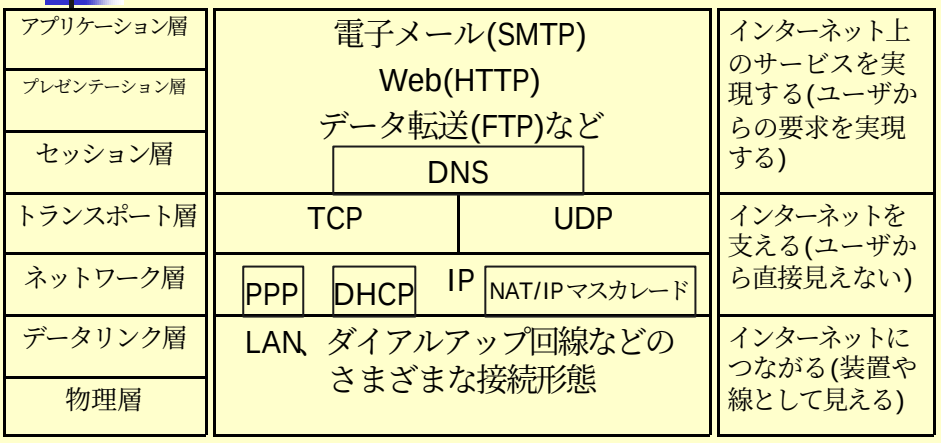
- サービスに応じていろいろな手段(下の層)を使うことができる



- 最も適した(時間、安全性、コスト等を考慮)手段を選択可能
- 「宅配便」サービスそのものには影響なし

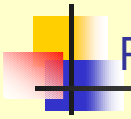
2.インターネット上のさまざまなプロトコル

各種プロトコルの概観図



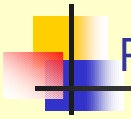
インターネットのプロトコルの決め方

- インターネットのユーザ(技術者)自身が話し合うことにより決められている
- 話し合いには誰でも参加できる
- 話し合いはインターネット上での電子メールおよび、定例の会合によって行われる
  - IETF(Internet Engineering Task Force)
  - 年3回
- 話し合った結果は、RFC(Request for Comments)としてまとめられる



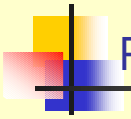
RFC

- Request For Comments
  - 「コメント求む」
- 最初のRFCは1969年に発行(今年で30周年)
- すべて英語
- 現在も発行されつづけている
- 現時点(1999年10月26日)の最新のRFC: RFC2719
- インターネット上で利用されるさまざまなプロトコルの仕様を決定
  - インターネットの「教科書」的な扱い



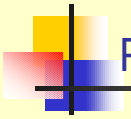
RFC

- Jon Postel博士(以下敬称略)(1998年逝去)により、現在でも利用されている基本的な100以上のRFCが編纂された
  - 「インターネットの神様」と呼ばれている



RFC

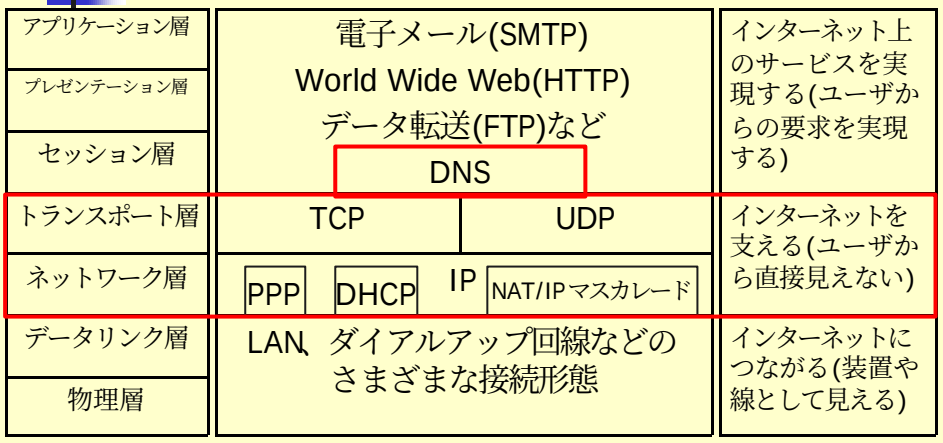
- 常に改良、更新されている
- 不備の修正
- 要求に応じた改良など
- 例: HTTP(HyperText Transfer Protocol)
  - RFC1945(HTTP/1.0)、RFC2068(HTTP/1.1)、RFC2616(HTTP/1.1)の3本のRFCが発行されている
- 仕様のチェックの際にはプロトコル名だけではなく、どのRFCに準拠したものであるかも確認する必要あり



RFCの入手方法

- 以下の関連URLで公開
  - http://www.ietf.org/rfc.html
  - http://www.rfc-editor.org/
- rfc-index.txtファイルにより確認可能

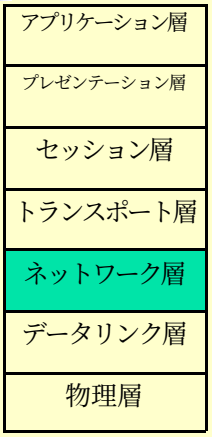
インターネットを支えるプロトコル



インターネットを支えるプロトコル

- インターネットの基本部分を構成
  - ユーザに「見えない」部分
- 各種の「インターネットでできること」を支えている
- OSI7層モデルの第3層と第4層(ただし、DNSは第5層)に相当

IP



- Internet Protocol
- インターネットにおける基本プロトコル
- RFC791(Jon Postel編)で定義
- TCP(後述)とともに、インターネットを形作る基本プロトコルとして「TCP/IP」と呼ばれている

IPアドレス

- TCP/IPでは通信相手を指定・識別するために「IPアドレス」が用いられる
- 通信元、通信先の双方の機器にIPアドレスが割り当てられている必要がある
- インターネット上には、同じIPアドレスを持つ機器が2台以上存在してはならない
- 「電話番号」に相当

IPアドレスの概要

- IPアドレスは32ビットの符号なし整数で表現される
- 2^{32}＝4,294,967,296
  - 43億弱

IPアドレスの表記のしかた

- IPアドレスは8ビットずつ分割した上で、ピリオドで区切った形で表記される
- 例: 202.12.30.131の場合

3389791875				本来のアドレス
11001010000011000001111010000011				2進数に変換
11001010	00001100	00011110	10000011	8ビット毎に分割
202	12	30	131	10進で表現
202.	12.	30.	131	ピリオドで区切る

IPアドレス割り当てのしくみ

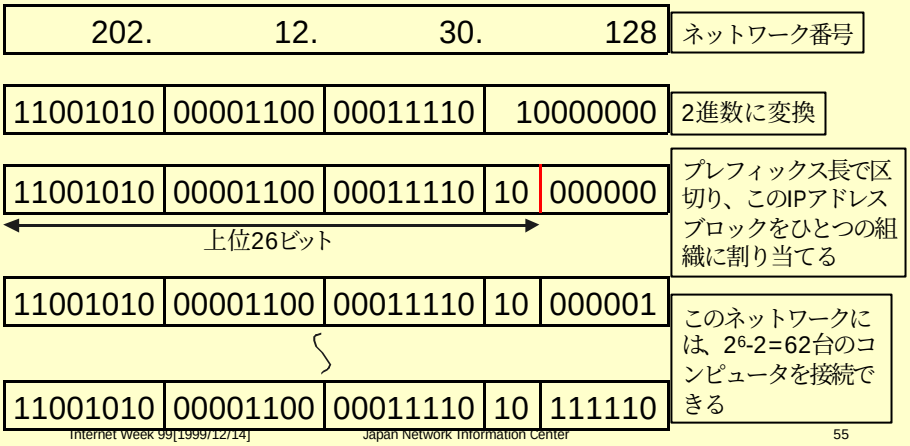
- インターネット上には同一のIPアドレスを持つ機器が複数存在してはならないため、IPアドレスが重複しないように管理するしくみが必要
- 現在のインターネットでは、CIDR(Classless Inter-Domain Routing)(RFC1519)による効率的なIPアドレス管理が行われている

CIDRによるIPアドレスの管理

- 「プレフィックス長」という概念の導入
- ひとつの組織に割り当てるIPアドレスの数(ネットワークの大きさ)をプレフィックス長で決定
- 「ネットワーク番号/プレフィックス長」でひとつのネットワークを表現

CIDRによるIPアドレスの管理

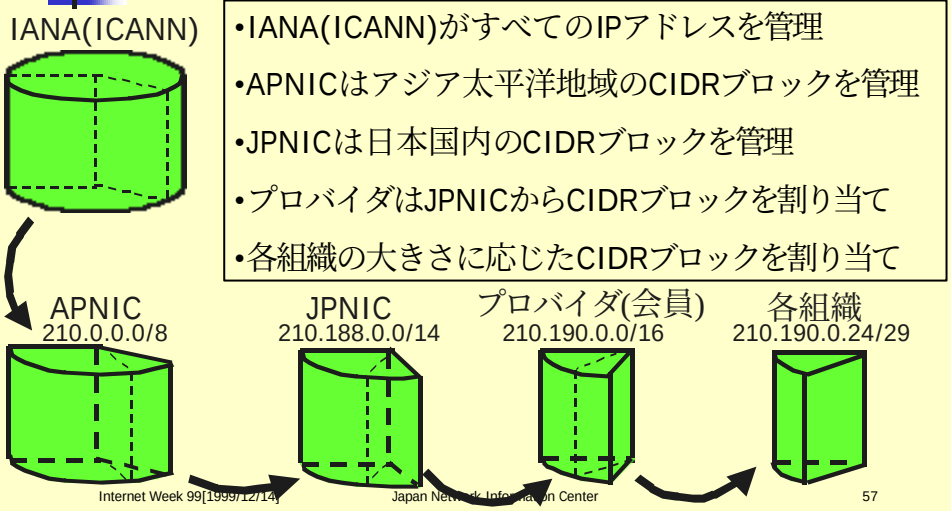
- 例: 202.12.30.128/26の場合



CIDRによる階層的な管理体系

- CIDRを利用することで、IPアドレスを階層的に管理することができる
- ケーキの切り分けのイメージ(次ページ)

IPアドレスの管理構造



IPアドレスの有効利用

- 使用可能なIPアドレスの数
  - 2^{32}＝4,294,967,296(43億弱)
- 多いようだが、世界人口(約60億)や携帯電話の桁数で表せる電話番号(10^{11}=1000億）よりも少ない
- インターネットの爆発的な普及に伴い、21世紀前半には枯渇すると言われている
- 限りある資源を有効利用する必要性

アドレス有効利用のためのプロトコル(1)

- 動的なIPアドレス割り当て
- ネットワーク接続時にのみ、IPアドレスを割り当てる
- IPアドレスをインターネット利用時に動的に割り当てるように設定することで、IPアドレスの有効利用が可能となる

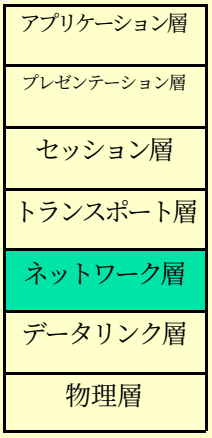
アドレス有効利用のためのプロトコル(2)

- プライベートアドレスの利用
- インターネットに直接接続されないネットワーク(組織内ネットワークなど)に、インターネットで使用されていないIPアドレスを割り当てる
- インターネットと組織内ネットワークの両方を同時に利用する場合「インターネット上で使用されていないIPアドレス」であることを保証する必要がある

アドレス有効利用のためのプロトコル

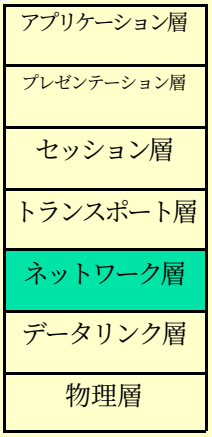
- 動的なIPアドレス割り当て
  - DHCP(RFC2131)
  - PPP(RFC1661)
- プライベートアドレス
  - プライベートネットワークへのアドレス割り当て(RFC1918)

DHCP



- Dynamic Host Configuration Protocol
- RFC2131で定義
- 従来、社内ネットワーク等で利用されていた
- 近年、インターネット(特にケーブルテレビ配線を用いたインターネット接続)でも利用されるようになってきた
- ネットワーク上にDHCPサーバを設置
- 動的に割り当てるIPアドレスはDHCPサーバ上で集中管理
- 接続するだけで使える(Plug & Play)環境を実現

PPP



- Point-to-Point Protocol
- RFC1661で定義
- 専用回線、電話回線等で利用される
- ダイヤルアップIPのためのプロトコルとして広く普及
- 動的に割り当てるIPアドレスはアクセスサーバ(プロバイダ側のネットワーク接続機器)で集中管理

プライベートアドレス

- アドレスの枯渇を防止する手段の一つ
- 組織内で自由に使ってよいIPアドレス

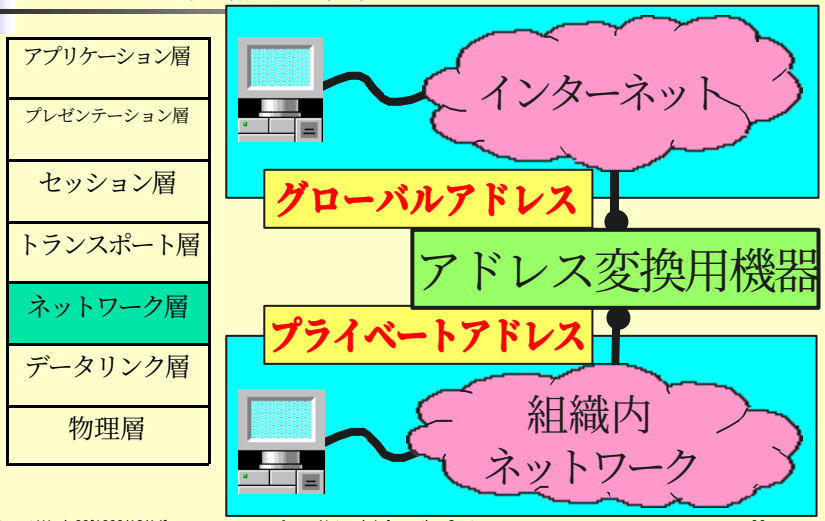
→ インターネット上で「使われていない」ことが保証されている

- RFC1918で定義
  - 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)

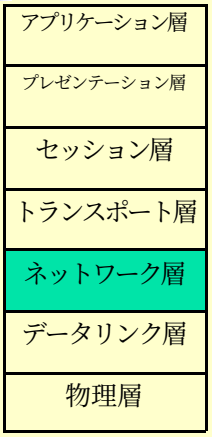
プライベートアドレスからのインターネットの利用

- プライベートアドレスを持つネットワークからそのままインターネットを利用することは不可能
- IPアドレスの変換(次で説明)を行うことで、プライベートアドレスを用いたネットワークからもインターネットを利用することが可能

アドレス変換の例

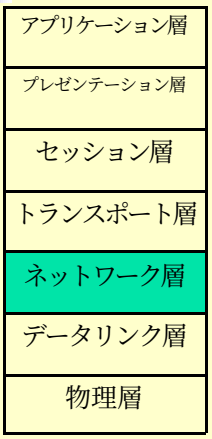


アドレス変換



- IPアドレスを相互に変換する機能
  - NAT(Network Address Translation)
  - IPマスカレード(IP masquerade)
- プライベートアドレスとグローバルアドレス間の相互変換
- プライベートアドレスがつけられた組織内のマシンからもインターネットを利用可能
- 最近のルータには標準で装備

IPアドレスと経路制御

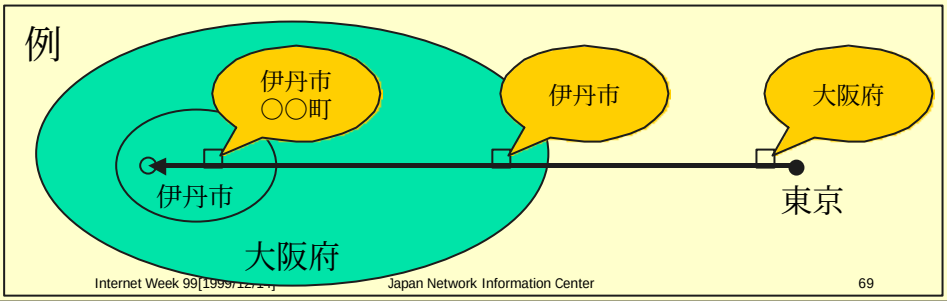


- 経路制御(ルーティング)
- 指定されたIPアドレスから、適切な行き先を割り出すためのしくみ
- 経路制御が正しく行われない場合、インターネットを利用することができない
- IPの重要な基本機能のひとつ

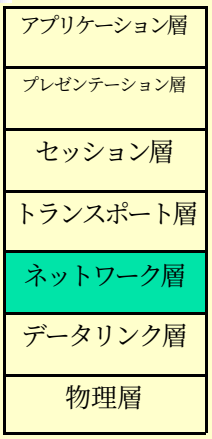
より効率的な経路制御

- 経路制御を行う場合、
  - 最初は大まかな経路を指示
  - 徐々に細かい経路を指示
  - 最終的に番地で確認

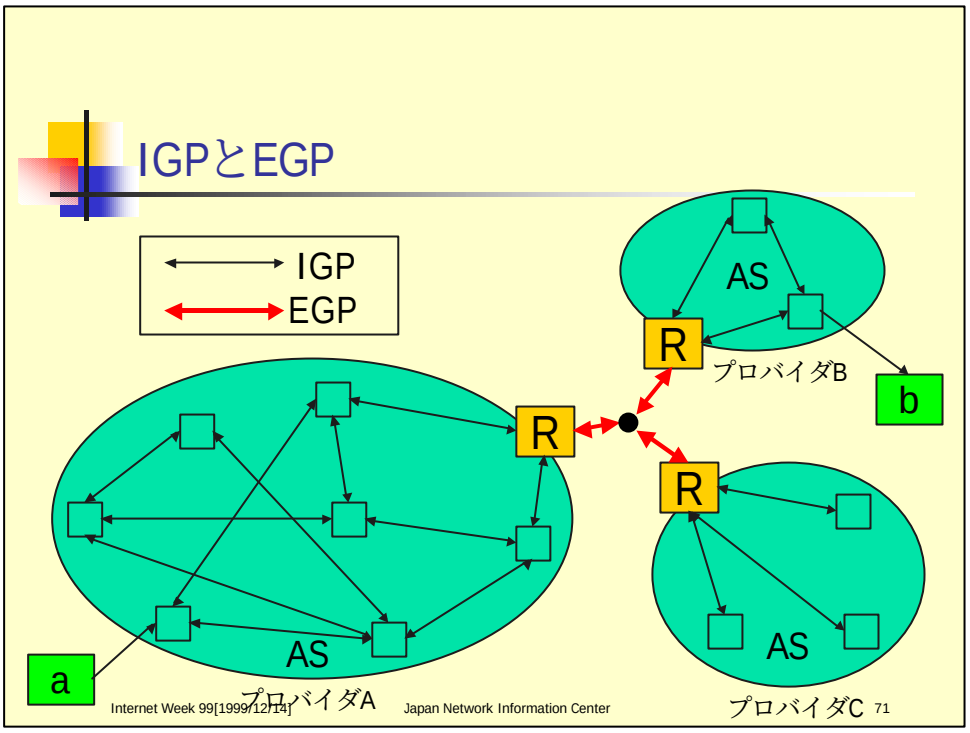
といった形での制御が可能

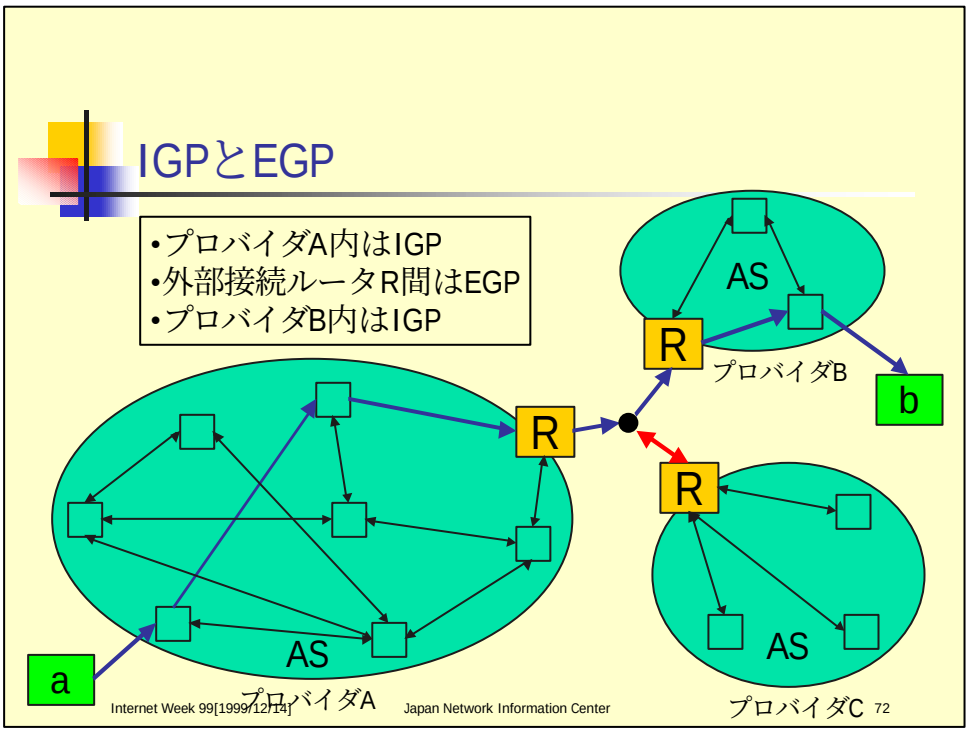


IGPとEGP

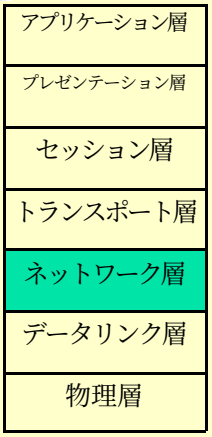


- Interior Gateway Protocol(IGP)
  - 組織内における経路制御
  - より細かな経路制御
  - 「大阪府伊丹市○○番地」
- Exterior Gateway Protocol(EGP)
  - 組織間における経路制御
  - 大規模ネットワーク(例えばプロバイダ)間での経路制御に使用
  - 「大阪府」「伊丹市」


IGPとEGP
IGP
EGP
AS
R
プロバイダB
b
R
R
a
AS
AS
プロバイダA
プロバイダC
Internet Week 99[1999/12/14]
Japan Network Information Center
71

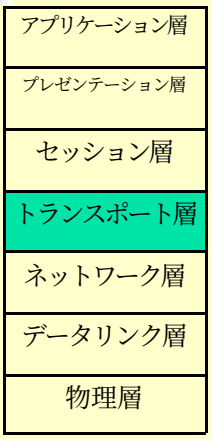

IGPとEGP
•プロバイダA内はIGP
•外部接続ルータR間はEGP
•プロバイダB内はIGP
AS
R
プロバイダB
b
R
R
a
AS
AS
プロバイダA
プロバイダC
Internet Week 99[1999/12/14]
Japan Network Information Center
72

代表的な経路制御プロトコル



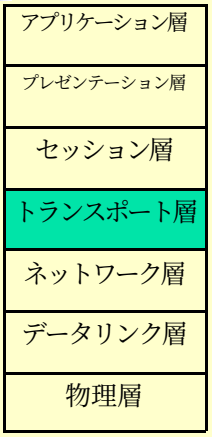
- 組織内で使用
  - RIP(RFC1058)
  - OSPF(RFC2328)
- 大規模ネットワークで使用
  - BGP4(RFC1771)

TCP



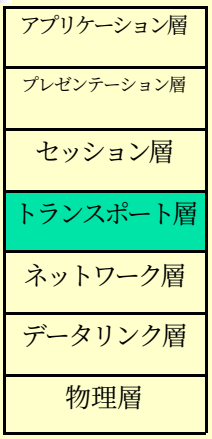
- Transmission Control Protocol
- RFC793(Jon Postel編)で定義
- データの「信頼性」(後述)が保証されている
- インターネット上のさまざまなプロトコルがデータ通信手段としてTCPを使用
- IPとともに「TCP/IP」として、インターネット上の標準プロトコルして長年にわたり利用

データの信頼性



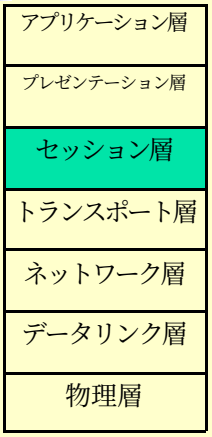
- データは失われたり内容が変化したりすることなく、送信相手に送信された順番で正しく到達することが保証されている
- 相手に正常に受信されたかどうかが送信側で判別可能
- 流量(フロー)制御が可能
- 「水道管の中を水道水が流れる」イメージを浮かべるとわかりやすい

UDP



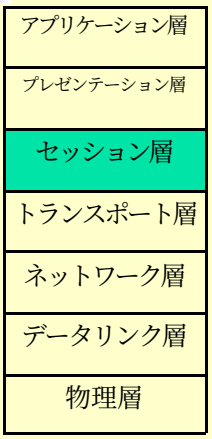
- User Datagram Protocol
- RFC768(Jon Postel編)で定義
- データの「信頼性」を保証しない
- TCPよりもプロトコル自体のオーバーヘッドが少ない(処理内容が簡単)ため、処理速度が重要なデータや到着確認が必ずしも必要ないデータのやりとり等の場合に利用されている

インターネットにおける名前解決



- インターネットではすべての通信がIPアドレスを用いたTCP/IPにより行われる
- IPアドレスだけで通信自体は可能
- ただしこの場合、通信の際に相手先のIPアドレスを覚えておく必要がある
- 電話の「アドレス帳」のような、番号(IPアドレス)と名前を対応させる仕組みが必要
  - 電話番号よりも名前の方が覚えやすい

DNSとは

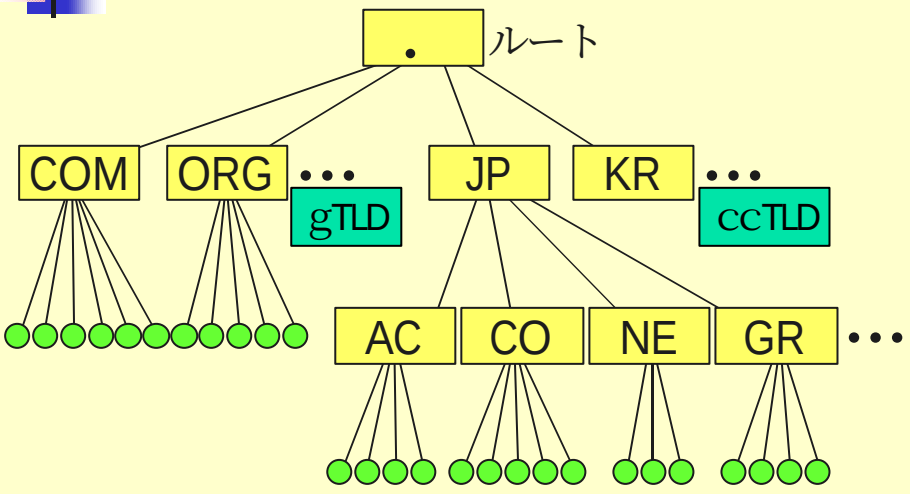


- Domain Name System
- RFC1034、RFC1035で定義
- IPアドレスとドメイン名を結びつけるための仕組み
- ドメイン名を階層的に管理することが可能

DNSの特徴

- 自動的に更新される分散型データベース
- 階層構造(木構造)を持つ
- 「名前空間」と呼ばれている

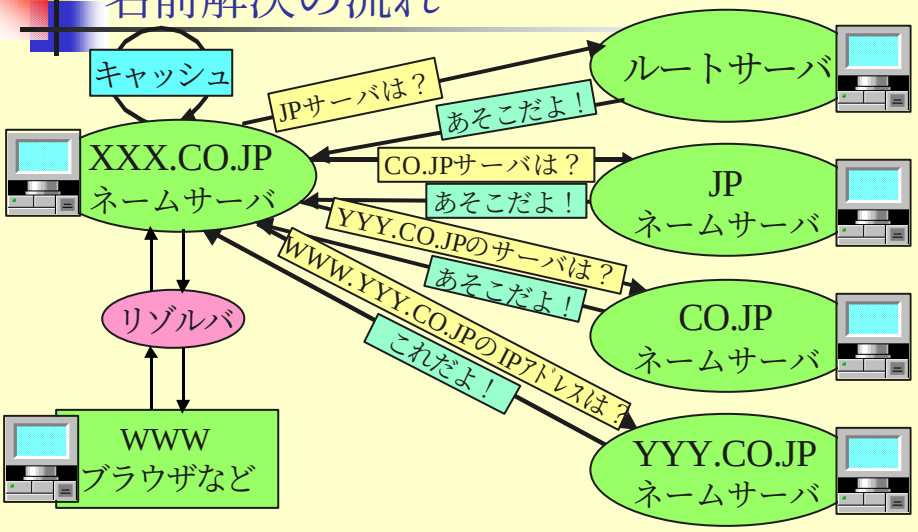
DNSにおける木構造



DNSにおける木構造

- 最上位にルート(.)ゾーンを持つ
- ルートゾーンはルートサーバにより管理される
- 各ゾーンのネームサーバは、一つ上位のサーバから指し示される
- ドメイン名の木構造に相当

名前解決の流れ



名前解決の流れ

- まず自分が「知っている」名前かどうか調べる
- 知らなければ、ルートサーバに問い合わせる
- ルートサーバは、一つ下位のサーバの場所(IPアドレス)を返す
- ネームサーバは、そのサーバに問い合わせる
- 以下順に各サーバに問い合わせることで、最終的に目的のIPアドレスを得る

ルートサーバの重要性

- DNSでは自分が解決できない名前の場合、必ずルートサーバに問い合わせる
- すなわち、最低1台のルートサーバへの到達性は保証されていなければならない
- m.root-servers.net(1997年設置)が日本にない頃は、海外リンクがダウンするとルートサーバへの到達性が失われていた

DNSにおける正引きと逆引き

- 正引き:ドメイン名からIPアドレスを得ること
  - 主にサービスを利用する場合に使用される

→ ns0.nic.ad.jp⇒202.12.30.131

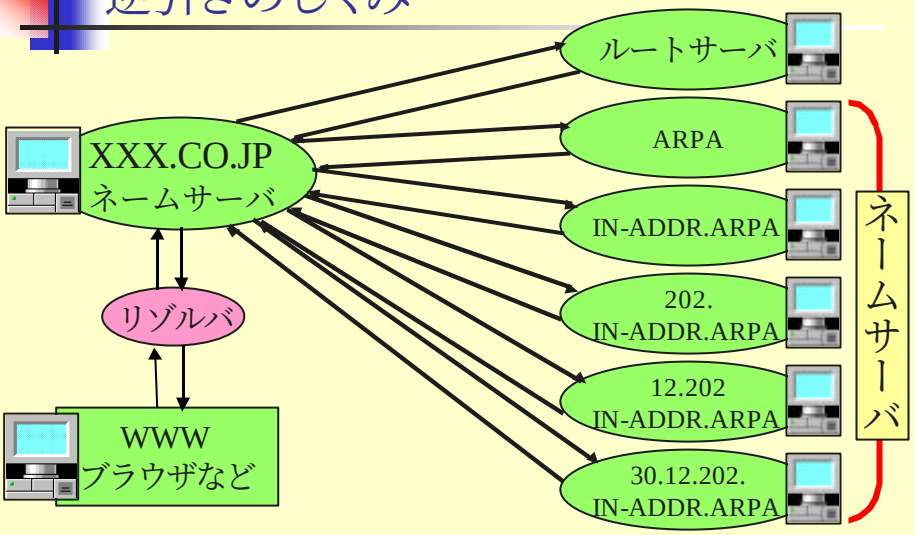
- 逆引き:IPアドレスからドメイン名を得ること
  - 主にサービスを提供する側で、統計情報等を管理する際に使用される

→ 202.12.30.131⇒ns0.nic.ad.jp

逆引きのしくみ

- “IN-ADDR.ARPA”という特殊なドメイン名を使用
- 例えば202.12.30.131というIPアドレスを逆引きする場合、“131.30.12.202.IN-ADDR.ARPA”というドメイン名に対して問い合わせが行われる
- つまり、必ずルートサーバが参照されることに注意

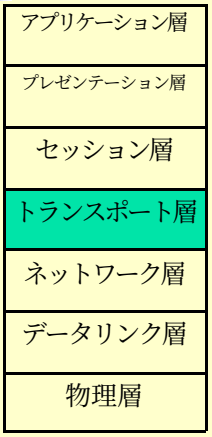
逆引きのしくみ



「できること」を実現するプロトコル

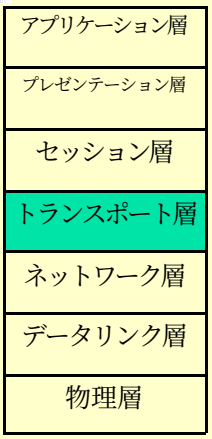
OSI7層モデル	インターネット	役割
アプリケーション層 プレゼンテーション層 セッション層	電子メール(SMTP) World Wide Web(HTTP) データ転送(FTP)など DNS	インターネット上のサービスを実現する(ユーザからの要求を実現する)
トランスポート層	TCP / UDP	インターネットを支える(ユーザから直接見えない)
ネットワーク層	PPP / DHCP / IP / NAT/IPマスカレード	
データリンク層 物理層	LAN、ダイアルアップ回線などのさまざまな接続形態	インターネットにつながる(装置や線として見える)

ポート番号とサービス



- TCP/IPでは各サービス毎の接続に一定の「ポート番号」という受け付け番号をつけて管理することで、各サービスの判別を行っている
- 役所の窓口番号のようなもの
  - 住民票は○番窓口
  - 印鑑登録は×番窓口

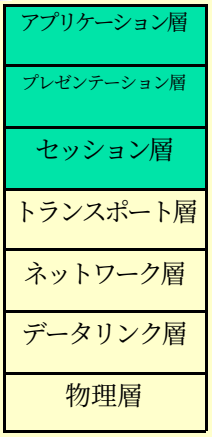
Well-known port



- インターネット上のサービスのうちの代表的なものについては、IANAによって定められたポート番号(Well-known port)が使用されている
- Well-known Portの例

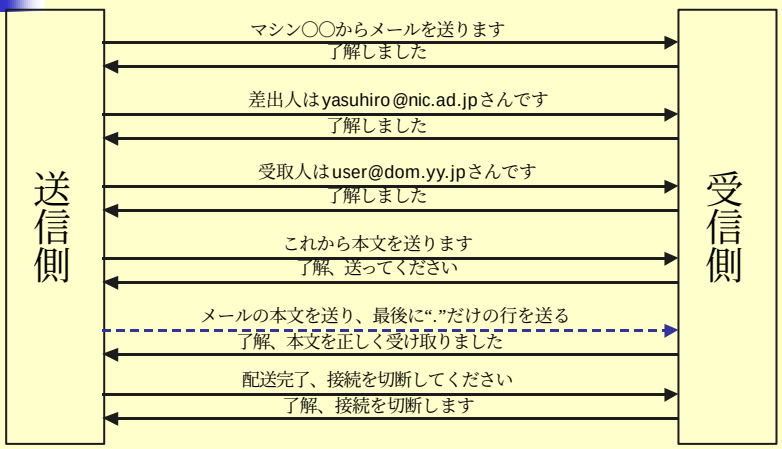
プロトコル	ポート番号
SMTP	TCP/25
HTTP	TCP/80
DNS(domain)	TCP/53, UDP/53
FTP	TCP/20(ftp data) TCP/21(ftp command)

電子メールの配送のためのプロトコル



- SMTP(RFC821)
- Simple Mail Transfer Protocol
- Jon Postelが編集
- インターネットのメッセージの形式(RFC822)とともに、電子メール配送における重要なプロトコルのひとつ

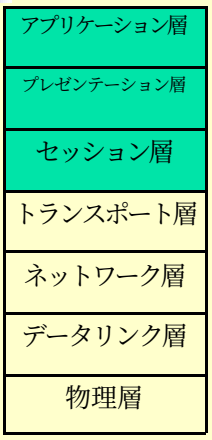
SMTPのしくみ



SMTPの例

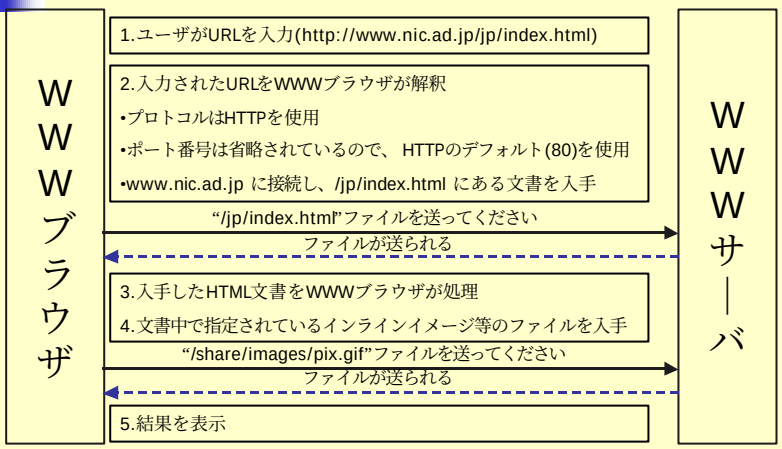
```
% telnet ns1.dom.yy.jp 25
220 ns1.dom.yy.jp ESMTP Sendmail 8.9.3+3.2W/3.7W; Fri 12 Nov 1999 13:25:40 +0900 (JST)
HELO mx1.nic.ad.jp
250 ns1.dom.yy.jp Hello mx1.nic.ad.jp [202.12.30.137], pleased to meet you
MAIL From:< yasuhiro@nic.ad.jp>
250 <yasuhiro@nic.ad.jp>... Sender ok
RCPT To:<user@dom.yy.jp>
250 <user@dom.yy.jp>... Recipient ok
DATA
354 Enter mail, end with "." on a line by itself
This is test.
.
250 NAA20561 Message accepted for delivery
QUIT
221 ns1.dom.yy.jp closing connection
```


WWW(World Wide Web)を利用するためのプロトコル



- HTTP(Hypertext Transfer Protocol)
- RFC2616で定義
- 「ハイパーテキスト」の転送に使用
  - HTML(HyperText Markup Language)文書など
  - テキストだけでなく、いろいろなものを送ることが出来る
- 現在のインターネット隆盛の立役者となったプロトコル

HTTPのしくみ



HTTPの例

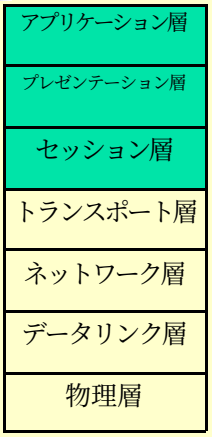
```
% telnet www.nic.ad.jp 80
GET /jp/index.html

<HTML>
<HEAD>
        <META HTTP-EQUIV="Content-Type" CONTENT="text/html;CHARSET=iso-2022-jp">
        <META NAME="Resource-type" CONTENT="Document">

        <TITLE>Japan Network Information Center</TITLE>
(中略)
</TR>
</TABLE>
<!-- footer table end -->

<!-- bottom margin --><BR><BR><BR>
</BODY>
</HTML>
```

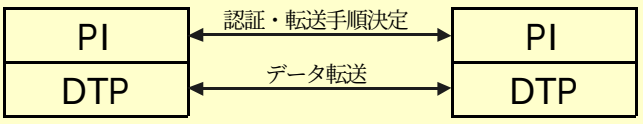
ファイル転送のためのプロトコル



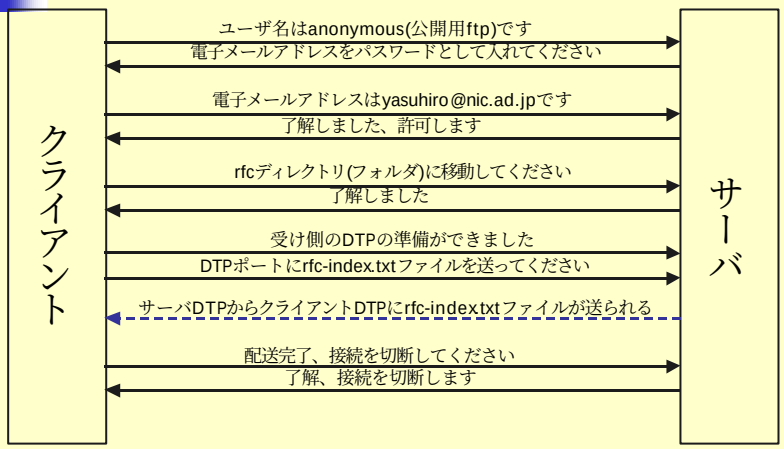
- FTP(File Transfer Protocol)
- RFC959で定義(Jon Postel編)
- 従来から、インターネットでのファイル転送に使用されてきた
- 現在でもソフトウェアの配布(ダウンロード)等のためのプロトコルとして広く利用されている

FTPにおける階層構造

- 相手側FTPサーバとのやりとりを行うためのPI(プロトコルインタプリタ)とDTP(データ転送プロセス)の2つの部分に分かれている
- まずPIどうしがやりとりし、認証、転送手順などを決定する
- その後、DTPによりデータ転送を行なう



FTPのしくみ



FTPの例

```
% ftp -d ftp.nic.ad.jp
Connected to www1.nic.ad.jp.
220 www1.nic.ad.jp FTP server (Version wu-2.6.0(1) Thu Sep 2 15:31:24 JST 1999)  ready.
Name (ftp.nic.ad.jp:yasuhiro): anonymous
---> USER anonymous
331 Guest login ok, send your complete e-mail address as password.
Password:
---> PASS yasuhiro@nic.ad.jp
230 Guest login ok, access restrictions apply.
ftp> cd rfc
---> CWD rfc
250 CWD command successful.
(続く)
```

FTPの例(続き)

```
ftp> get rfc-index.txt
---> PORT 202,12,30,131,163,72
200 PORT command successful.
---> RETR rfc-index.txt
150 Opening ASCII mode data connection for rfc-index.txt (411086 bytes).
226 Transfer complete.
local: rfc-index.txt remote: rfc-index.txt
420717 bytes received in 10 seconds (40.12 Kbytes/s)
ftp> quit
---> QUIT
221 Goodbye.
```


商用化以降の インターネット技術動向

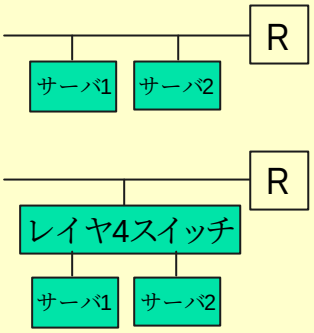
インターネットの商用化

- 1992年に接続サービススタート（IIJ,Spin)
- 商用化により商用化以前のインターネットとは異なるユーザ層からの要求が求められるようになった
- その結果として何がどのように変化したか

商用化以降の技術的な動き

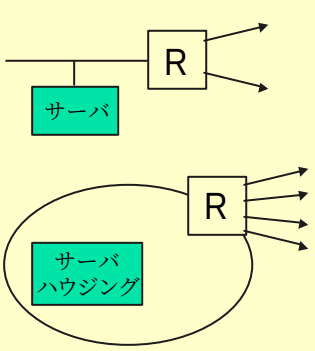
- 信頼性向上の必要性
- より強固なセキュリティの必要性
- Web関連技術の充実
  - CGI,Java,JavaScript,ActiveX,DHTML,XML…
- 標準化に対する実装(商品化)の先行
  - 独自仕様のアプリケーションの出現
  - 従来の標準化の枠組みの限界

信頼性を向上させるための各種手法



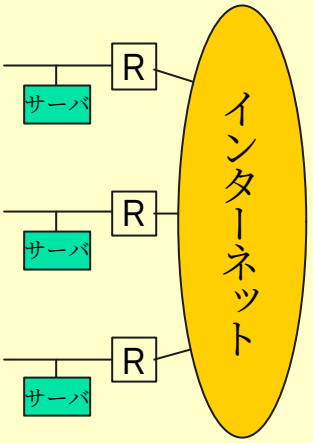
- サーバの二重化
  - 単純な二重化
    - IPアドレスを2個公開
    - DNSの手法で二重化
  - レイヤ4スイッチの導入
    - 代表IPアドレスを公開
    - レイヤ4スイッチ自体の二重化も考慮する必要あり

信頼性を向上させるための各種手法



- 複数の経路の確保
  - マルチホーム接続
    - 自力で複数の接続先を確保
  - ハウジングサービス
    - 複数の接続先を持つ接続業者(プロバイダ)にサーバハウジングを依頼

信頼性を向上させるための各種手法



- ミラーサーバ
  - インターネット上に複数のサーバを配置
  - 各サーバ間でデータの矛盾が生じないように配慮する必要あり

より強固なセキュリティの確保

- SPAMメールの防止
  - SPAMメールとは
    - 網羅的に送りつけられるダイレクト(コマーシャル)メール
    - 設定に不備のあるホストが踏み台として使用される場合がほとんど
  - メール配送プログラム(MTA: Mail Transfer Agent)へのSPAM防止機能の実装
  - 最新のsendmail, qmail等では標準装備
  - ただし、設定を誤ったり古い設定ファイル(sendmail.cf)を使用した場合、SPAM防止機能が生かされないので注意が必要

より強固なセキュリティの確保

- サーバへの不正侵入の防止、早期発見
- 各種ファイアウォールの出現
  - フィルタ型
  - アプリケーションゲートウェイ
- 侵入を防止することも重要だが、侵入を早期発見すること、他のホストや内部ホストへの踏み台として利用され難いように設定を行うことがより重要

より強固なセキュリティの確保

- 通信路の安全の確保
- データの剽窃(盗み見)の防止
- データの改ざん、なりすましの防止
  - SSL(Secure Socket Layer)
  - SSH(Secure Shell)
- 今度ますます重要となる技術

  ⇒EC(Electronic Commerce)を実現するための技術

Web関連技術の充実

- CGI(Common Gateway Interface)による対話的な利用
- WWWサーバ側で処理プログラムを実行し、結果をクライアント(相手)に返す
- 処理数によってWWWサーバ側の負荷が増加するため、WWWサーバを設計する場合に配慮する必要がある

Web関連技術の充実

- クライアント側でのプログラムの実行
- Java/JavaScript/VBScript等が代表的
- サーバ側からプログラムをWWWブラウザ側に送付し、WWWブラウザ側でプログラムが実行される
- 処理数が増加してもWWWサーバ側の負荷はそれほど増加しない
- セキュリティに配慮する必要がある

Web関連技術の充実

- プラグイン機能
- ブラウザへの動的な機能付加
- Internet ExplorerやNetscape Communicator等のブラウザは、早い段階からこの機能を実装
- WWWブラウザにさまざまな機能を動的に追加することが可能

さまざまなアプリケーションの出現

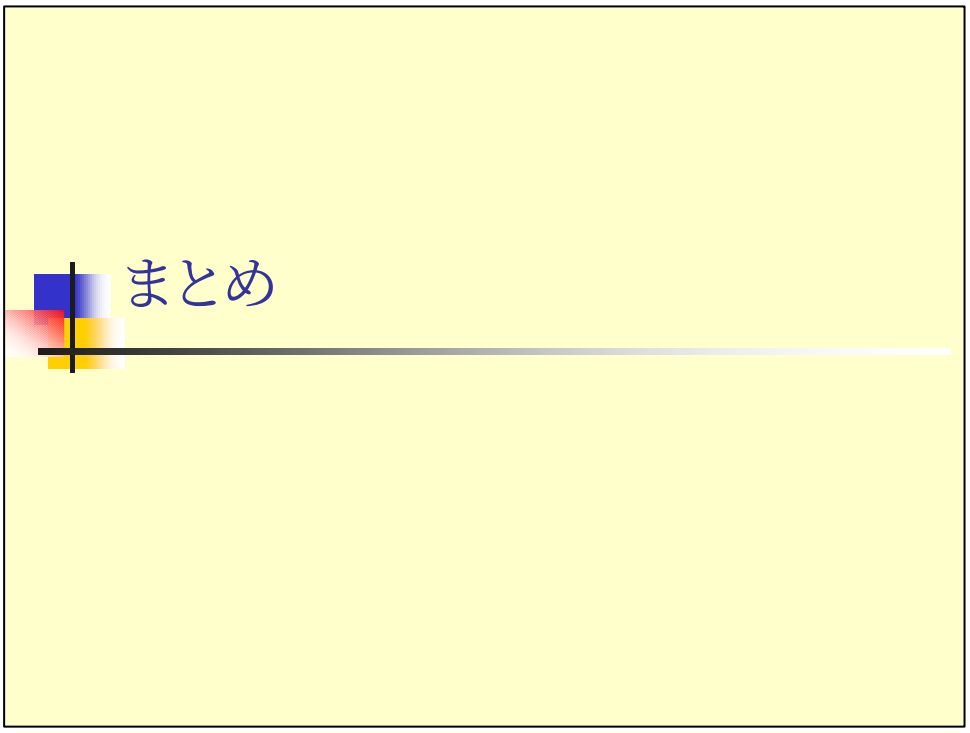
- プッシュ型アプリケーション
  - サーバ側からクライアント側に受動的に情報を配布
  - イベント(例えば情報が更新された際)に応じて、情報をサーバ側から送出
  - 天気予報、株価情報等に応用可能

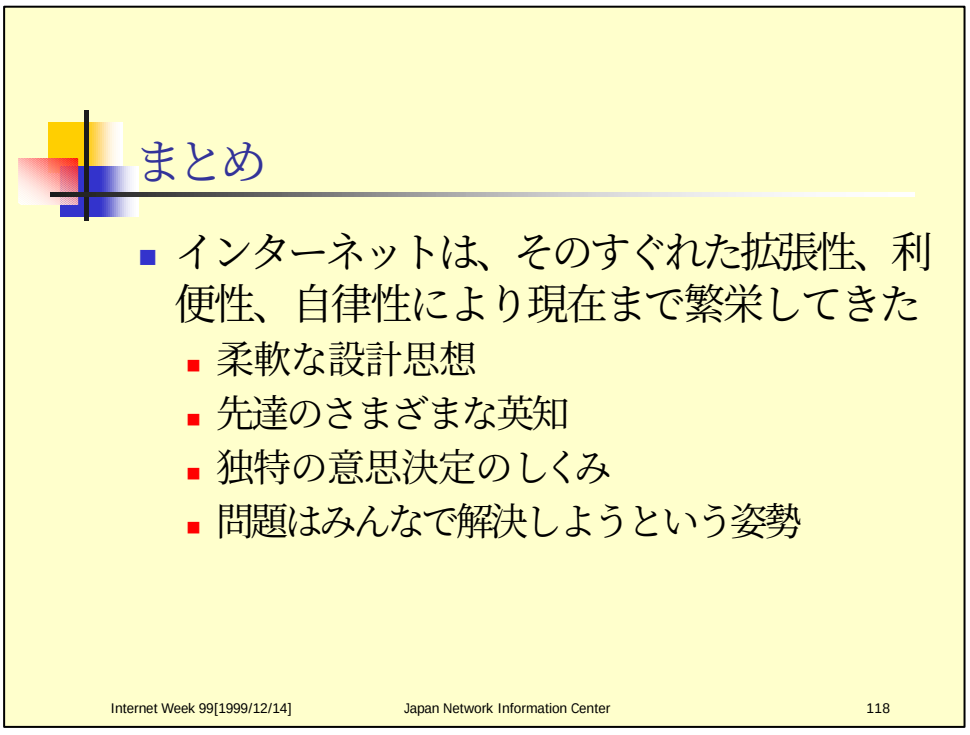
さまざまなアプリケーションの出現

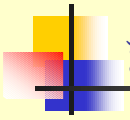
- ストリーム型アプリケーション
- 従来のアプリケーションでは、ダウンロード(転送)が完了した後にデータを処理
  - 大量のデータの処理に不向き
  - リアルタイム処理は不可能
- ストリーム型アプリケーションでは、ダウンロードを行いながらデータを処理
  - 画像の再生や音声のリアルタイム処理が可能
  - インターネットテレビ・ラジオ等に応用可能

従来の枠組みの限界

- 競争の原理
  - たくさん売れたものが勝つ(標準になる)
- 商品の先行
  - 多少使用上の問題(例えば他の機種で正しく処理できない結果を出力する)があっても、商品として先行してしまったものが結局普及する
- IETF+RFCの限界
  - 従来の標準化プロセスを経ない商品化等が行われるようになってきた


まとめ


まとめ
インターネットは、そのすぐれた拡張性、利便性、自律性により現在まで繁栄してきた
柔軟な設計思想
先達のさまざまな英知
独特の意思決定のしくみ
問題はみんなで解決しようという姿勢
Internet Week 99[1999/12/14]
Japan Network Information Center
118



まとめ

- しかし、現在のインターネットではこれらのしくみも含め、技術的にも社会的にも曲がり角(ターニングポイント)に差しかかっている
- 今後のインターネットがどのような方向に発展していくかは予想できないが、このようなすぐれた面は今後も大切にしていきたい(と少なくとも筆者は考えている)

質疑応答