インターネット計測とデータ解析 第2回

長 健二朗

2010年10月6日

前回のおさらい

本授業のテーマ

- いろいろな切口からインターネットの実態を考える
  - 容易に計測できないものをどう計るか
  - 大量データからいかに情報を抽出する

ネットワーク計測とインターネット計測
ネットワーク管理ツール

今日のテーマ

インターネットのサイズを計る

- ユーザ数、ホスト数
- ウェブページ数
- DNS の仕組み、IP アドレス割り当ての仕組み
- 精度 誤差 有効数字

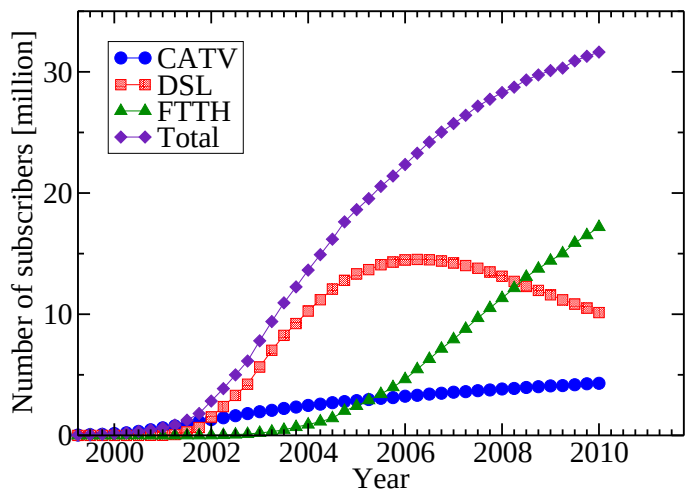
最近の話題

国勢調査

- 人口統計の基礎データ
- 5 年に一度の全数調査
  - 全数調査の意義
    - 人口推計の基準となる数値
    - 標本調査を設計する際の基礎データ
- 住民基本台帳人口と国勢調査人口

インターネットのユーザ数 (日本)

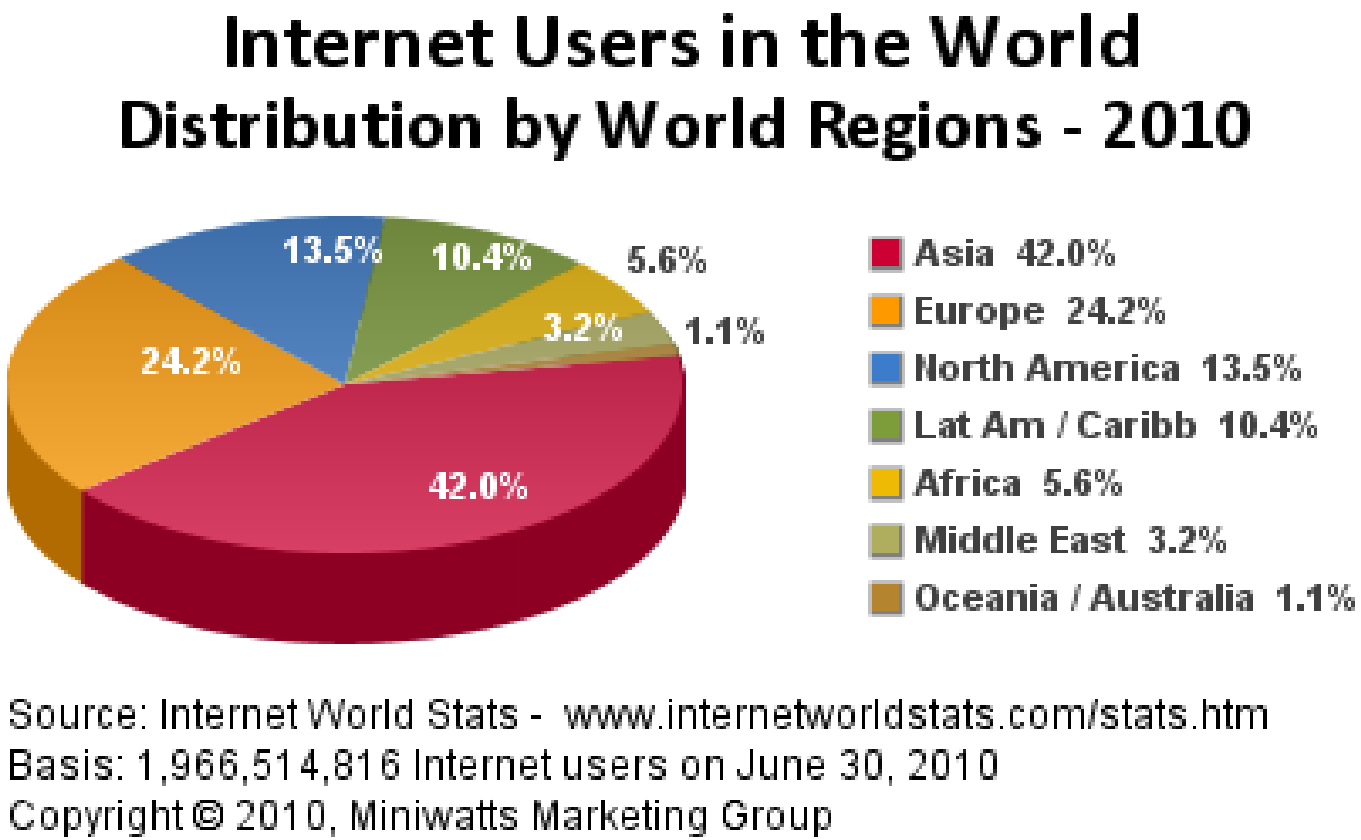
- 総務省 通信利用動向調査
  - 9408 万人 人口普及率 78.0% (2009 年末)
  - 無作為抽出アンケート方式
    - 地域及び都市規模を層化基準とした層化二段抽出
  - 世帯調査 サンプル数 6,256 世帯 有効回答数 4,547
  - ちなみに全国世帯数 5336 万 (2010/03)
- 総務省 ブロードバンド契約数
  - 電気通信事業者からの報告
  - 契約数 3171 万 (2009 年末)



出典: 総務省 ブロードバンド契約数の推移

世界のインターネットユーザ数

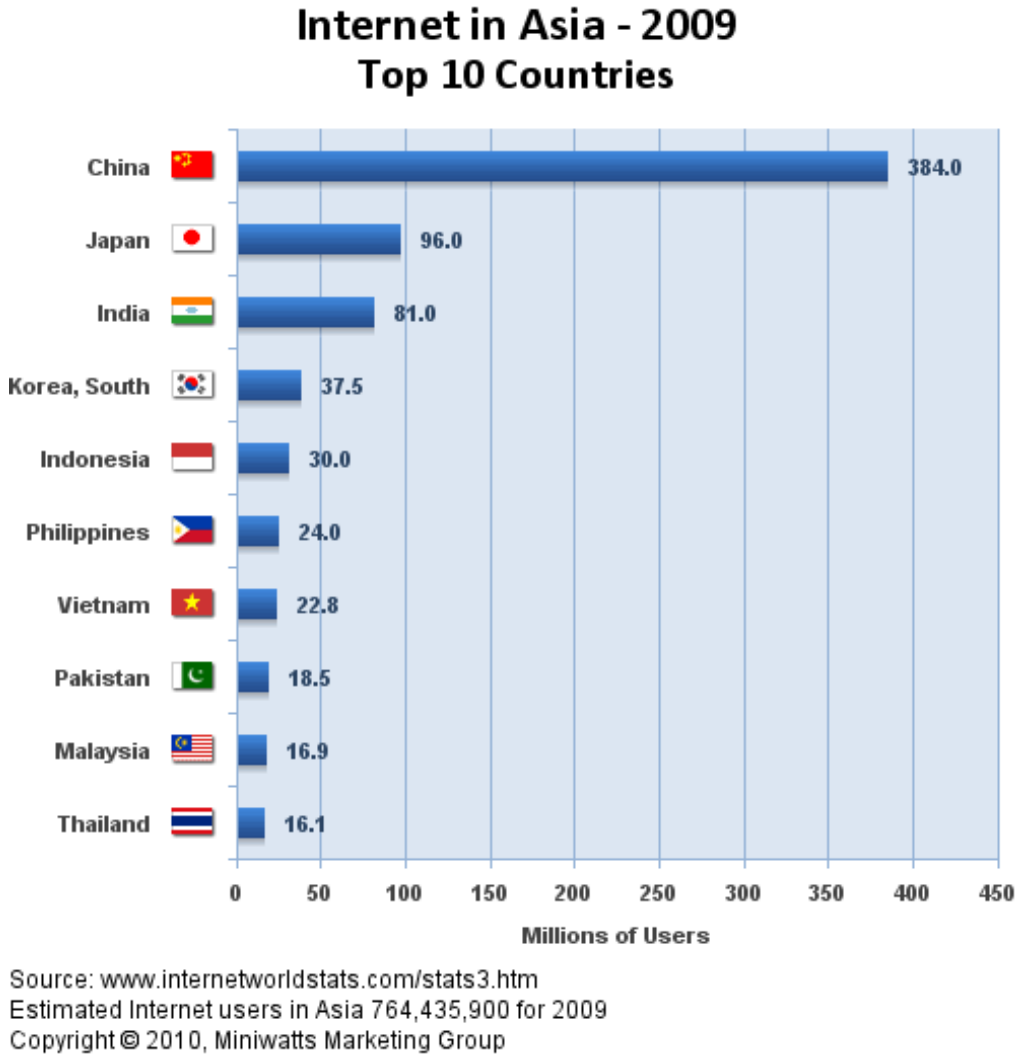
- 世界 19.7 億人 人口比普及率 28.7% (2010/06)



出典: Internet World Stats http://www.internetworldstats.com/

アジアのインターネットユーザ数

- 中国が圧倒的 4.2 億人 人口比普及率 31.6% (2010/06)



出典: Internet World Stats http://www.internetworldstats.com/

インターネットに繋がっている端末数

インターネットに繋がっているという定義は？

- なんらかの形でインターネット上のデータにアクセスできる
  - web が見られる
  - 電子メールが届く
  - 技術的にはかるのは難しいが、
    - 2010 年 世界の携帯電話契約数: 50 億
    - 米 IDC 社調査 2009 年 世界 PC 出荷台数 約 3 億台
- IP プロトコルで通信できる (NAT の裏側の端末を含む)
- グローバル IP アドレスを持つ (双方向で IP 通信可能)

ホスト数をはかる

目的

- インターネットに繋がっているコンピュータ数の把握
  - NAT の普及で困難
- IP アドレス利用状況を把握する
  - IP アドレスは限られた資源
  - 割り当て (回収) ポリシーへの反映
    - IPv4 アドレスの枯渇問題

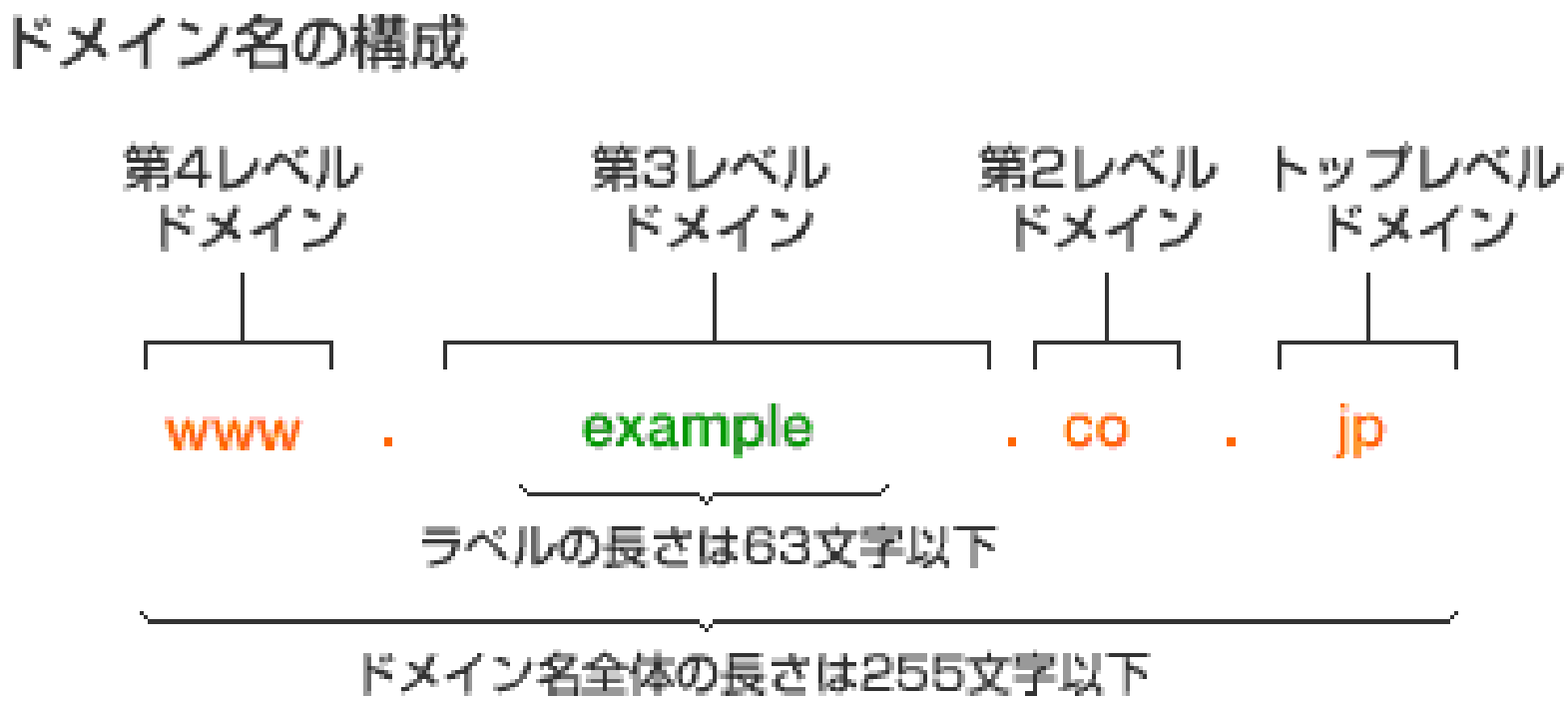
方法

- DNS から網羅的に調べる
- IP アドレス空間 (2^{32}) を網羅的に調べる
- サンプリングして推測
  - アドレスブロックの利用形態の違いから容易ではない

Domain Name System(DNS) の仕組み (1/3)

JPNIC 「ドメイン名のしくみ」より

- http://www.nic.ad.jp/ja/dom/system.html

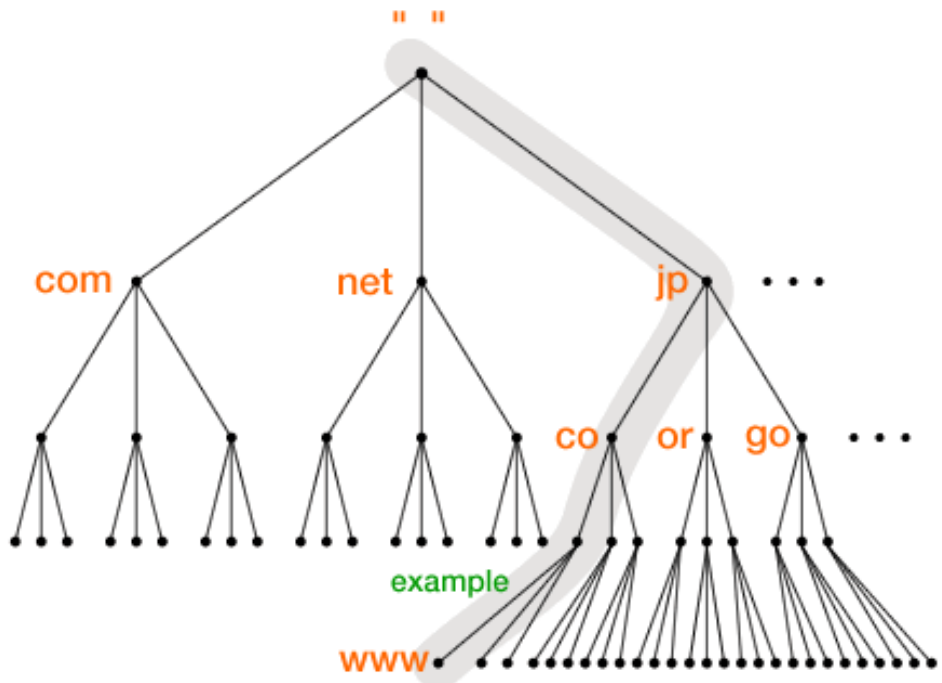


出典:JPNIC

Domain Name System(DNS) の仕組み (2/3)

DNS の構造

- root を頂点としたツリー構造
- 各ドメインには「ネームサーバー」がいてデータベースを分散管理
  - 配下のドメイン名と IP アドレスの関係を管理
  - 下位ドメインのネームサーバーへの参照管理

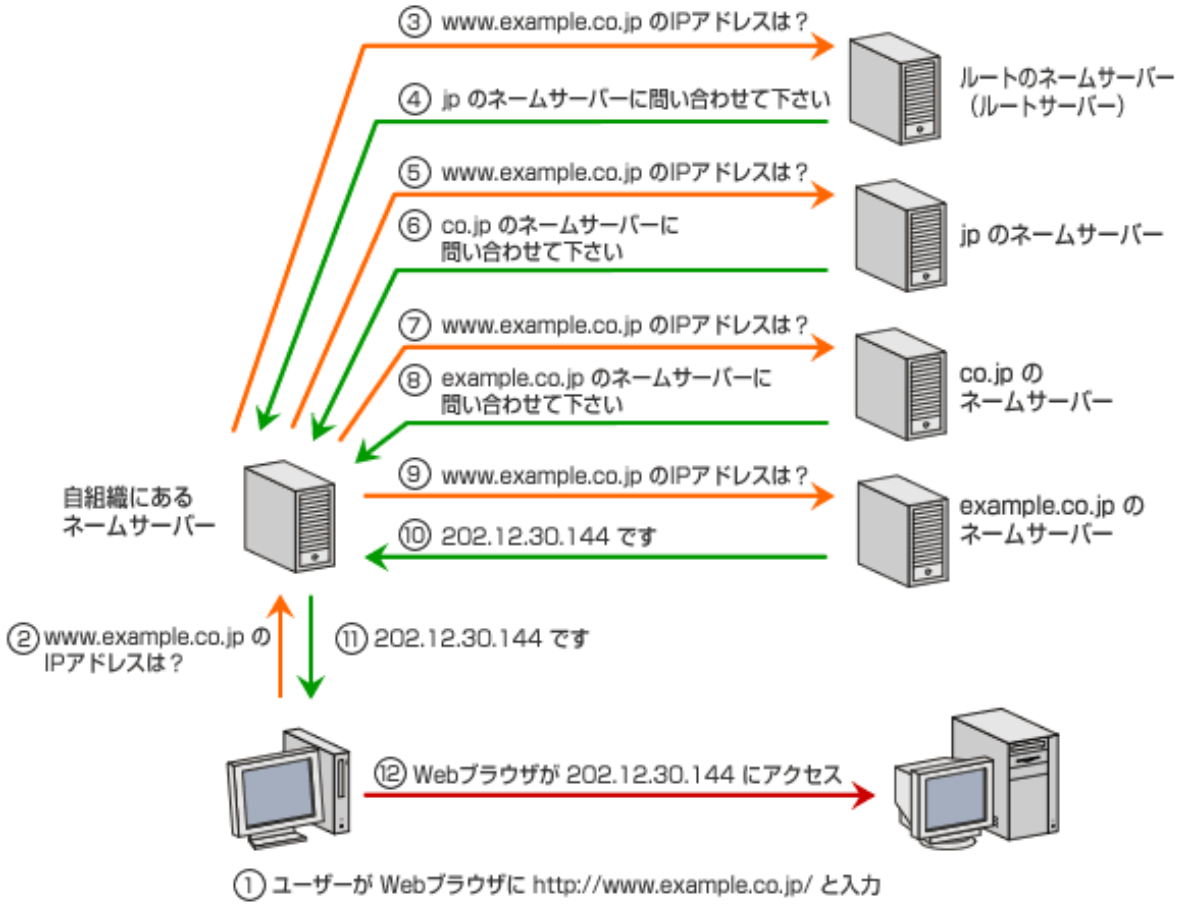


ドメイン名空間 出典:JPNIC

Domain Name System(DNS) の仕組み (3/3)

DNS における名前解決の方法

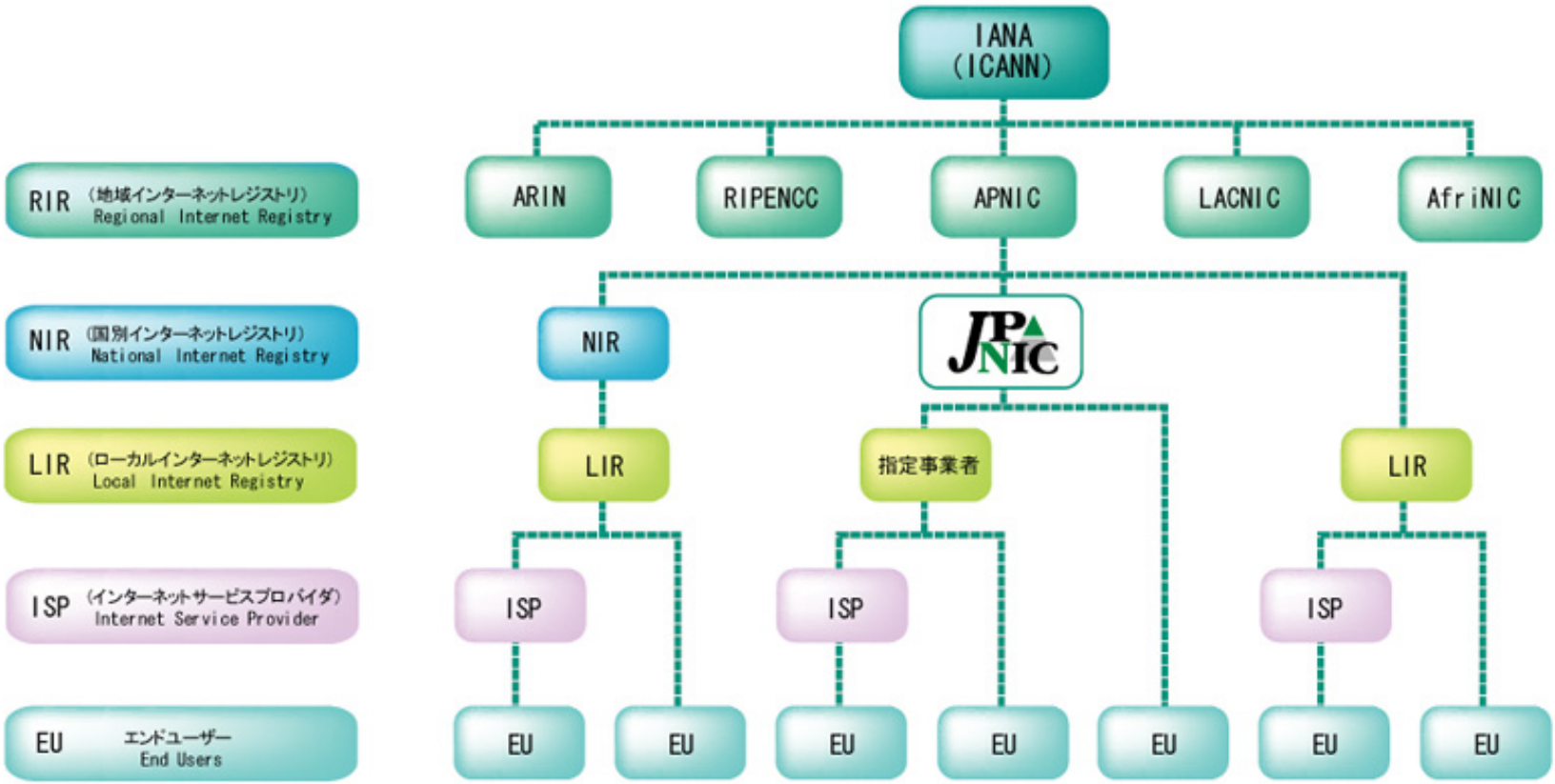
- 名前解決: ドメイン名を対応する IP アドレスに変換
  - 逆引き: IP アドレスをドメイン名に変換 (逆引きツリー)



名前解決の流れ (www.example.co.jp の例) 出典:JPNIC

IP アドレスの割り当て管理

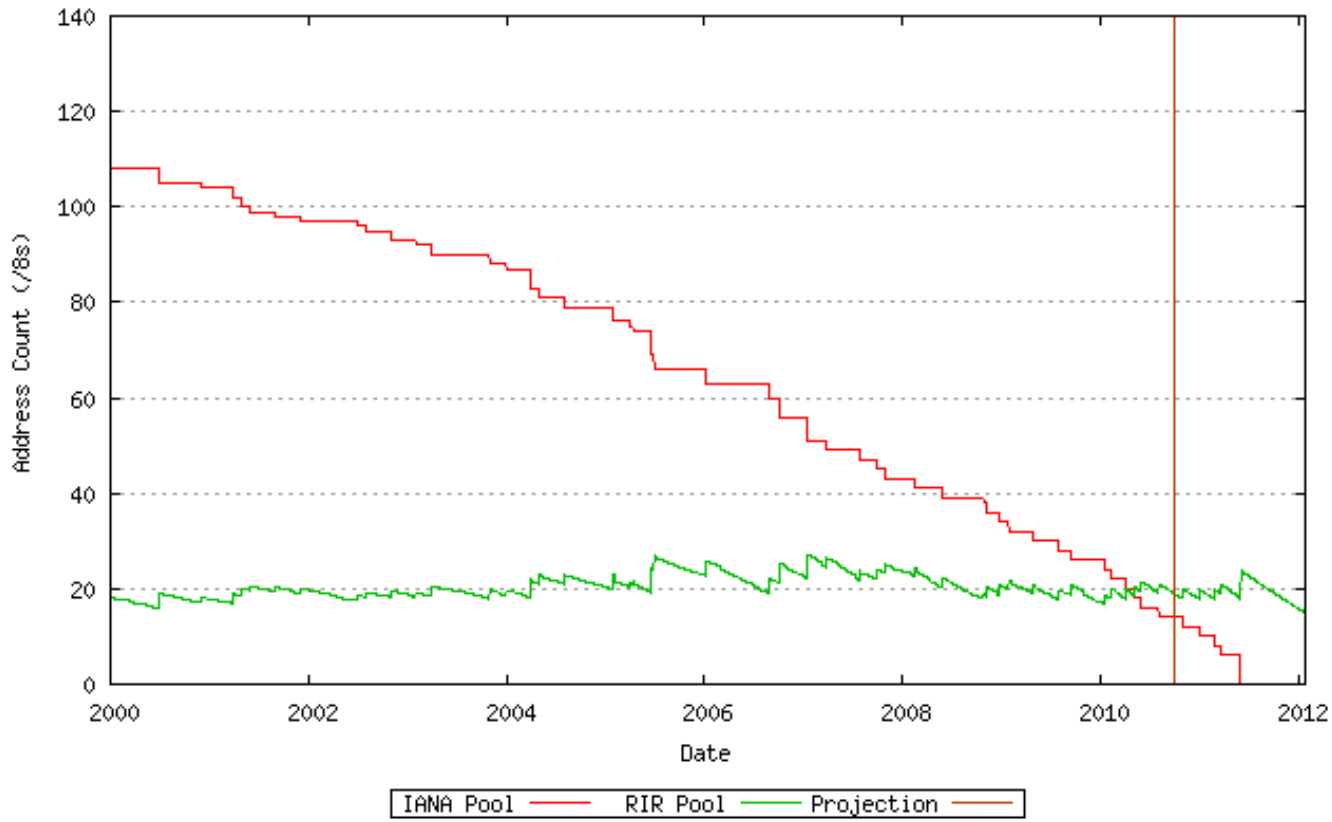
- IANA → RIR → NIR → LIR



IP アドレス管理の階層構造 出典:JPNIC

IPv4 アドレス在庫の枯渇

- APNIC の Geoff Huston の予測
  - /8 blocks red:IANA, green:RIR

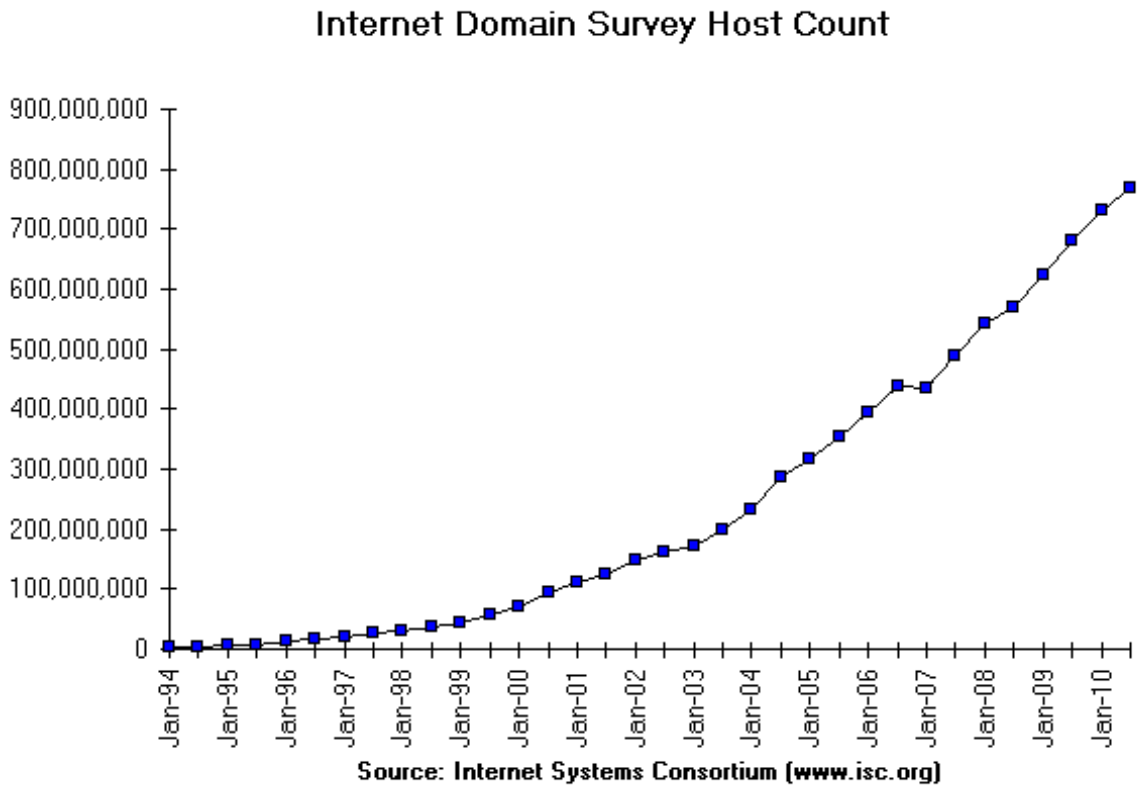


IPv4 アドレス在庫枯渇予測 出典:http//ipv4.potaroo.net/

古典的なホスト数推計方法

The ISC Domain Survey (DNS による調査)

- 6.8 億ホスト (2009/07)



出典: ISC domain survey http://www.isc.org/solutions/servey

The ISC Domain Survey

計測方法

- 1987-1997:DNS に登録されたホスト数をカウント (RFC1296)
  - DNS の委譲ツリーを辿って、各ゾーンからゾーンデータ転送を試みる
  - ゾーンデータ中の「A レコード」を数える
  - ゾーンデータ転送を許可しない分を補正するため、ゾーン転送の成功率を使う
- 1998-:DNS に登録されたユニークな IP アドレス数をカウント
  - 逆引きの委譲ツリーを辿って、存在する /24 を見つける
  - 見つかった /24 の全ての IP アドレス (1-254) を逆引きし「PTR レコード」の登録があるか調べる
  - PTR レコードがあるが存在しないホストがあるため、発見したアドレスの 1%をランダムサンプリングして ping、成功率を補正に使う

制約

- DNS に登録されていないものはカウントされない
- DNS に登録だけされて存在しないホストの補正精度
- NAT の背後にいるホスト数はカウントできない

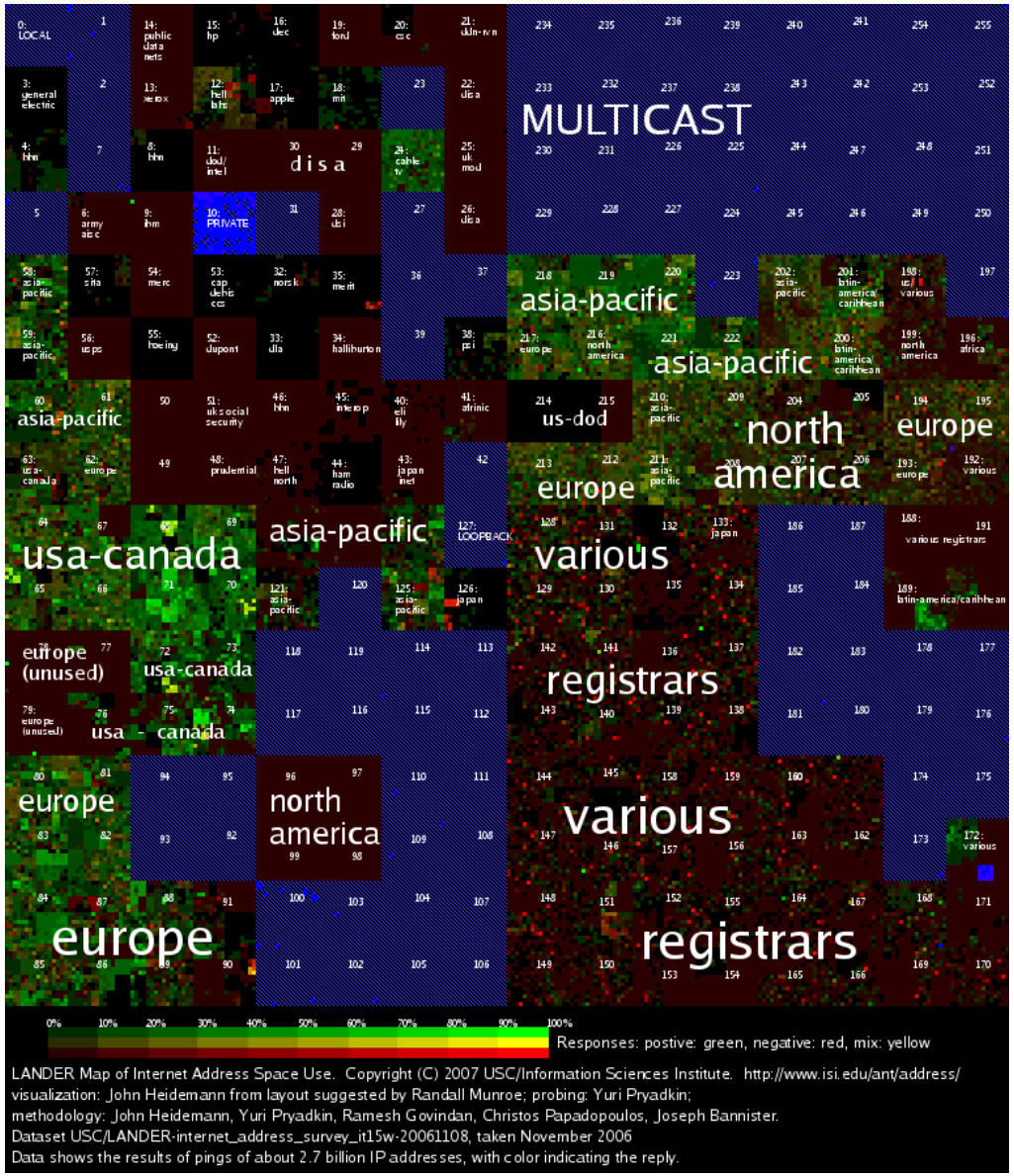
IP アドレス空間の網羅的調査

- Heidemann らの 2006/11 の計測データ
- 割り当て済みの IP アドレス全てに ping
- 調べたアドレスの 93%は応答なし (firewall, etc)

address type	number	% of addrs	% of probed
IPv4 addresses	4,290M	100%	
reserved	1,160M	27%	
allocated	3,140M	73%	
unprobed (mcast, etc)	342M	8%	
probed	2,800M	65%	100%
replies	187M	4.4%	6.7%
positive replies	103M	3.6%	3.7%
negative replies	84M	2.0%	3.0%
non-replies	2,610M	61%	93%

J. Heidemann, Y. Pradkin, R. Govindan, C. Papadopoulos, G. Bartlett, J. Bannister.
Census and survey of the visible internet.
ACM IMC'08. pp169-182. Vouliagmeni, Greece. October 2008.

IP アドレス空間の利用状況の可視化

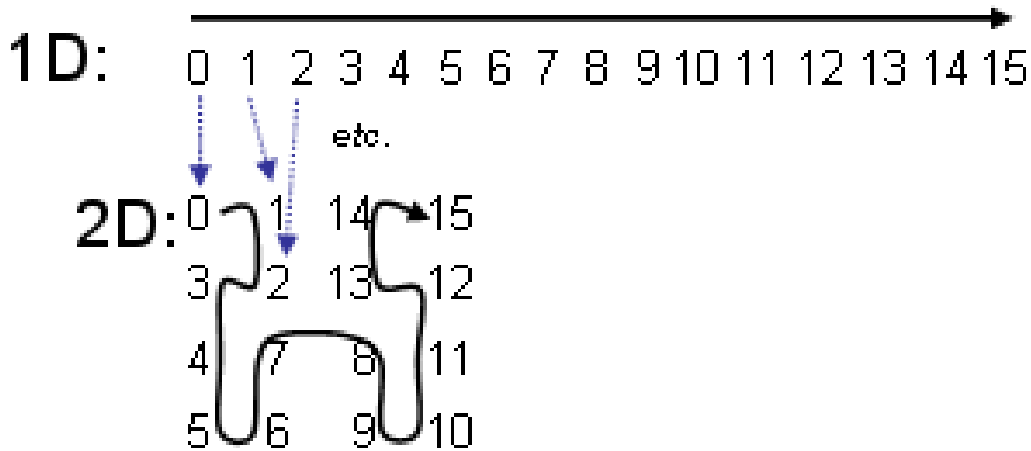


http://www.isi.edu/ant/address/

IP アドレス空間の利用状況の可視化 (つづき)

可視化手法

- Hilbert Curve による空間表現 (連続空間が隣接する、再帰的)
- 各点は/16 ブロック (64k addrs) の平均
- positive:green, negative:red, mix:yellow



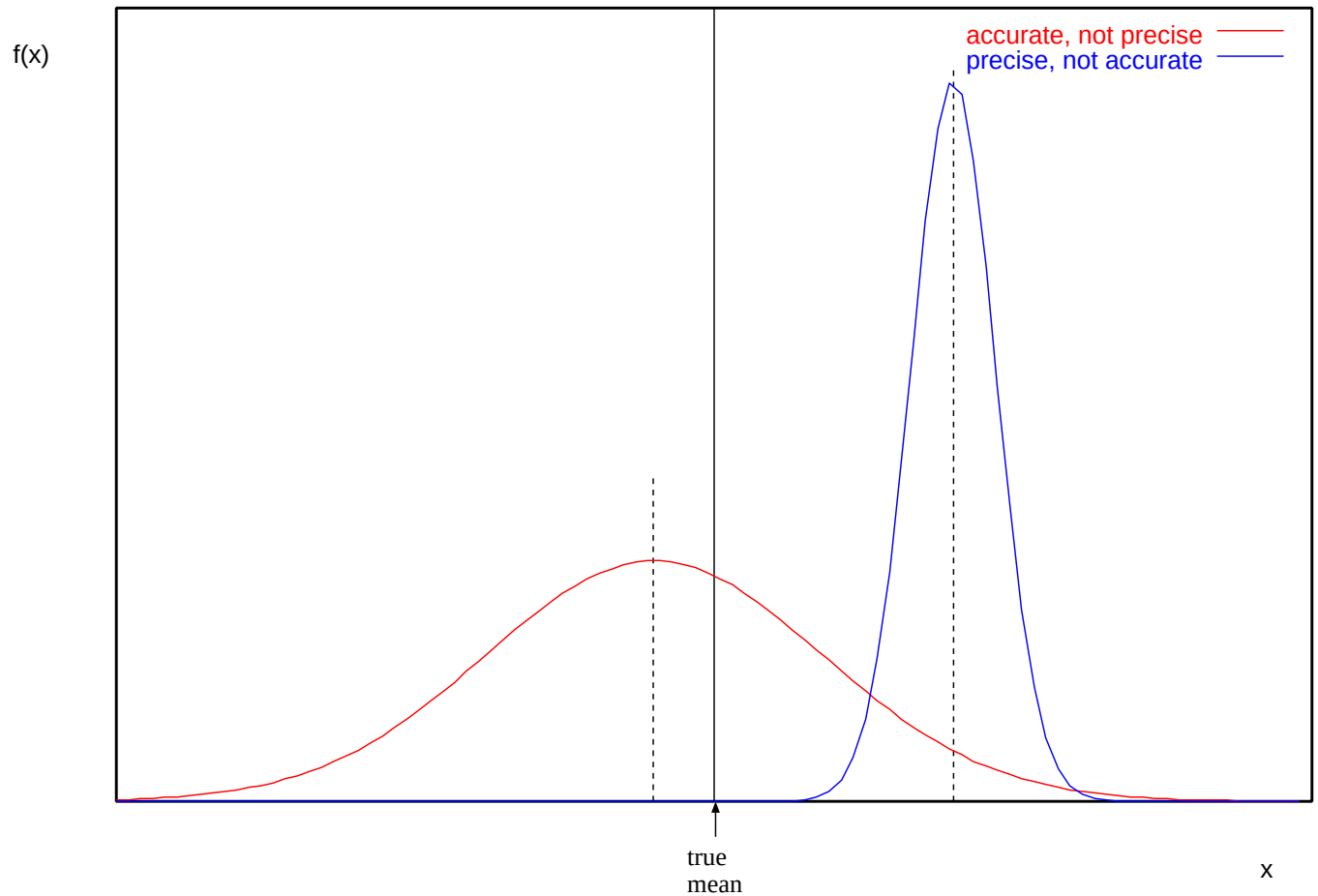
Hilbert Curve

ウェブページ数をはかる

- ウェブページの定義? 動的ページ (calendar, etc) が増加
- crawling robot によりデータ収集可能
  - 人気サイトから始めてリンクを辿る
- 大規模検索システムはある程度情報を持っている、公開はされていない
- netcraft: web server survey 227 million sites in 2010/09
- google: indexed 1 trillion (10^{12}) unique URLs in 2008
  - `http://googleblog.blogspot.com/2008/07/we-knew-web-was-big.html`

正確度と精度、誤差

正確度 (accuracy): 測定値と真値とのずれ
精度 (precision): 測定値のばらつきの幅
誤差 (error): 真値からのずれ、その不確かさの範囲



いろいろな誤差

測定誤差

- 系統誤差 (条件を把握できれば補正可能)
  - 器械的誤差、理論的誤差、個人的誤差
- 偶然誤差 (ノイズ、観測を繰り返せば精度向上)

計算誤差

- まるめ誤差
- 打ち切り誤差
- 情報落ち
- 桁落ち
- 誤差の伝搬

サンプリング誤差

- 標本調査を行う場合、普通は真値は不明
- 標本誤差: 真値との差の確率的なばらつきの幅

有効数字と有効桁数

1.23 の有効数字は 3 桁 ($1.225 \leq 1.23 < 1.235$)

表記

表記	有効桁数	
12.3	3	
12.300	5	
0.0034	2	
1200	4	(あいまい、$1.200x10^3$)
$2.34x10^4$	3	

計算

- 計算途中は桁数が大きいまま計算
  - 筆算などの場合は 1 桁多く取ればよい
- 最終的な数字に有効桁数を適用

基本ルール

- 加減算: 桁数が少ないものに合わせる
  - $1.23 + 5.724 = 6.954 \Rightarrow 6.95$
- 乗除算: もとの有効数字が最も少ないものに合わせる
  - $4.23 \times 0.38 = 1.6074 \Rightarrow 1.6$

コンピュータの計算精度

- integer (32/64bits)
  - 32bit signed integer (2G までしかカウントできない)
- 32bit floating point (IEEE 754 single precision): 有効桁数 7
  - sign:1bit, exponent:8bits, mantissa:23bits
  - $16,000,000 + 1 = 16,000,000$!!
- 64bit floating point (IEEE 754 double precision): 有効桁数 15
  - sign:1bit, exponent:11bits, mantissa:52bits

まとめ

第 2 回 インターネットのサイズを計る

- ユーザ数、ホスト数
- ウェブページ数
- DNS の仕組み、IP アドレス割り当ての仕組み
- 精度 誤差 有効数字

次回予定

第 3 回 インターネットの構造を計る (10/13)

- インターネットアーキテクチャ
- ネットワーク階層
- 経路制御
- トポロジー
- グラフ理論