

計算機通信基礎(9)

九州工業大学 情報工学部
電子情報工学科
川原憲治、尾家祐二



5.1 歴史: (a) インターネットの始まり 1969年~1990年

■ ARPANET (1969年~1990年)

- APRA(Advanced Research Projects Agency)
米国国防省(DoD)の研究機関主導のネットワーク
- 1969年: 4カ所の研究施設の接続
 - カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)
 - カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)
 - SRI International
 - ユタ大学
- 構成要素
IMP(Interface Message Processor, パケット交換機)とホスト
- NCP(Network Control Protocol/Program) ※ X.25の原型
~「分散システム」として設計、ネットワーク技術の公開
- AUP(Acceptable Use Policy): 商業的利用の禁止

計算機通信基礎

4



5章 インターネットの始まりと発展

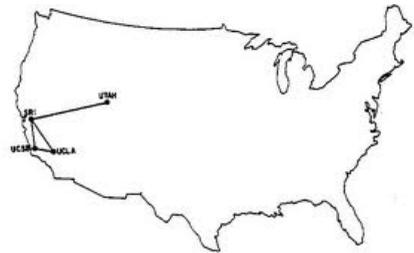
- 歴史
- インターネットの利用状況
- 標準化および管理機構
- 社会基盤としてのインターネット

計算機通信基礎

2



初期のARPANETトポロジ



計算機通信基礎

5



5.1 歴史: 構築のきっかけ

ホブズのインターネット年表
"Hobbes' Internet Timeline" RFC 2235 (FYI 32) 日本語訳 田中 克範

- 1957年
ソ連: 最初の人工衛星「スプートニク」の打ち上げ
↓
アメリカ: 国防総省 (DoD) 内に高等研究計画局 (ARPA) を編成
~ 目的は、軍事利用可能な科学技術の先行
- 1962年
Paul Baran, RAND 「分散通信ネットワークについて」
- パケット交換 (PS) ネットワーク; no single outage point
- 1965年
ARPA 「時分割コンピュータの協調ネットワーク」に関する研究後援

計算機通信基礎

3



5.1 歴史: (a) ARPANETの発展

- 1970年: ハワイ大学 Norman Abrahamson, ALOHAnet の開発
 - ホストの無線接続、通信
 - 1972年 ARPANET に接続
- 1972年 国際会議でARPANETの公開実験
 - 長距離のデータ通信が可能であることを実証
 - IMP: 20台、ホスト: 50台
- 1970年代 TCPの研究、雛型の実装、UNIXの普及
- 1974年: Vint Cerf, Bob Kahn
「パケット・ネットワークの相互接続ためのプロトコル」の発行
[IEEE Trans Comm]
~ Transmission Control Program (TCP) の設計の詳細
- 1980年代 BSD UNIXの登場

計算機通信基礎

6



5.1 歴史:(a) インターネットへ

- 1983年
 - ARPANETプロトコルの変更:NCP → TCP/IP
 - NCP:ホスト間で仮想回線(VC)確立、パケット転送はIMP
 - TCP/IP:ホスト間はTCP、ルータの相互接続はIPで実現
 - ARPANET → ARPANETとMILNET(軍用)に分割
- ワークステーションの登場(SUN Microsystems)
 - 大型計算機並の機能を個人利用
 - TCP/IPプロトコルの標準装備 ~ 接続ホスト数の増加
- 1990年以降:ARPANET → インターネット
 - The Internet: 固有名詞としてのインターネット
 - internet/internetworking: ネットワークの相互接続、運用

計算機通信基礎

7



5.1 歴史:(b) NAP、経路サーバ

- NAP(Network Access Points)の実現技術
 - FDDI(Fiber Distributed Data Interface)
 - 100Mb/s、光ファイバ接続
 - パケット転送は制御型(送信許可権(トークン)の取得)
 - ATM(Asynchronous Transfer Mode)
 - 155Mb/s~、光ファイバ接続
 - 53バイト固定長セルを単位とした非同期時分割転送
- 経路サーバ
 - IETF(Internet Engineering Task Force)フォーマット
 - Meritの経路情報データベースを参照、ルータ設定

計算機通信基礎

10



5.1 歴史:(a) 商用利用

- 接続台数の増加~名前(ホスト名)の衝突
 - sail.arpa → sail.stanford.edu のように階層化
- 1987年:全米科学財団(National Science Foundation)がNSFNETをスタート
- 1990年 ARPANETが運用を停止
 - ARPANET → NSFNET 引き継ぎ
 - 商用の事業者によるインターネット開始
 - ~ 商取引などの商用利用により接続ホストの爆発的な増加

計算機通信基礎

8



5.1 歴史:(c)次世代インターネット NGIの登場 - 1995~1996年

- 電話会社系商用ISPがバックボーンサービス引き継ぎ
 - ビジネストラヒックの急増
 - 次世代技術開発のための高速サービス提供が困難
 - 研究用機材の接続が困難
 - ~ 次世代インターネット研究は産学官が協力し推進すべき
- ↓
- 1996年 vBNS(very highspeed Backbone Network Service)を研究用として開放
- 大学関係者によるコンソーシアム Internet2 の組織化
- 1996年:
アメリカ政府 NGI(Next Generation Internet) を提唱

計算機通信基礎

11



5.1 歴史:(b) NSFNETの停止と新 ネットワークアーキテクチャー 1990~95年のアメリカの状況

- 1987年: NSFはMerit(ミシガン州の8大学により設立の非営利法人)と基幹ネットワーク(バックボーン)の5年間運用管理委託契約
- 1992年: NSF、次期ネットワークアーキテクチャ構想
 - 基幹ネットワークをNSFNETから商用インターネット事業者(Internet Service Providers, ISPs)のネットワークに移行
- 1993年: 公開調達
 - 利用制限のない相互接続点(Network Access Points, NAPs)の実用化
 - 経路サーバ設置とサーバ統合のための経路情報登録システムの開発
- 1995年: NSFNETの停止、商用ネットワークへの切り替え

計算機通信基礎

9



5.1 歴史:(d) Abileneの登場と発展

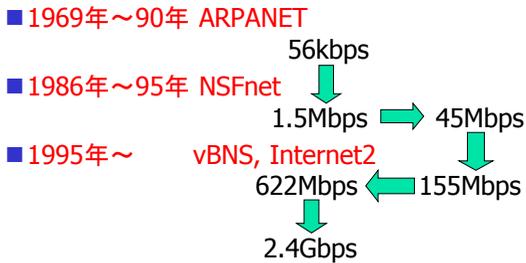
- vBNSのさらなる高速化
 - IP over SONET(Synchronous Optical NETwork)
- 1998年:ゴア副大統領
「5億ドルの次世代インターネットAbileneを開始」
~ NGIのひとつという位置付け

計算機通信基礎

12



インターネットの歴史と転送速度



計算機通信基礎

13



5.1 歴史:(g) 日本の発展 - JUNETのスタート

- 1981年 N1ネットワーク:大学の計算機センター統合
- 東北大学などがALOHANETに参加
- JUNET
 - 慶應義塾大学 村井純氏らによる草の根的な活動
 - メッセージの日本語化、ネットワーク運用管理技術などをリードする研究グループ

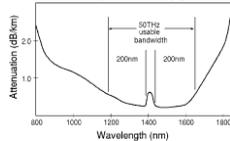
計算機通信基礎

16



5.1 歴史:(e) IP over WDMへ

- SONET
 - 光強度によるデジタル情報通信
 - 本来は電話会社向けのため、装置が高価
- WDM(Wavelength Division Multiplexing)
 - 低減衰広帯域の「光波」に情報重畳
 - 長距離通信向け
- ギガビットイーサネット
 - LANとの親和性を考慮した長距離利用



計算機通信基礎

14



5.1 歴史:(h) 日本と海外との接続

- 1985年:KDD研究所
 - ヨーロッパの代表的なゲートウェイに接続
 - さらにJUNETと相互接続 ~ インターネット接続
- 1985年:東京理科大学
 - 専用回線によりIBMと接続(9.6kb/s)
- 1987年:NTT研究所などがインターネット接続
- 1988年:IPによる接続に成功
- 1989年:TCP/IPプロトコルを用いたはじめての専用線でのインターネット接続

計算機通信基礎

17



5.1 歴史:(f) ヨーロッパの状況

- TCP/IPでなくOSI(7階層モデル)の普及に注力
 - EUNET、EARN、HEPnet
 - UUCP(Unix-to-Unix CoPy)
 - UNIX OSの計算機間のデータパケットリレー
 - 公衆データ網における従量制のため高額、低速
- ↓
- 後にはほぼすべてがTCP/IPで置換

計算機通信基礎

15



5.1 歴史:(i) WIDE, TISN

- WIDE
 - 1989年 慶應義塾大学 村井純氏が構築
 - IPv6、衛星回線を利用するインターネットの研究など、現在も活発に活動
- TISN
 - 1989年 東京大学理学部 釜江常好氏が構築
 - 1995年 省際研究情報NW(IMNet)に吸収され、発展的に解消

計算機通信基礎

18



5.1 歴史:(j) SINET

- 1992年
 - 国立情報学研究所が大学や図書館などと接続するネットワークとして運用を開始
- プロトコルは、X.25からTCP/IPへ
- 主要大学を複数のバックボーンループで接続
- アメリカはじめ、ヨーロッパ、タイとも国際接続

計算機通信基礎

19



5.2 (b) 経路表、(c) 宛先の分布

- 経路表
 - ルータ(router)が保持する宛先ネットワークとそれに適した出口(インターフェース)の組
 - ルータの自動的な経路制御で接続全ホストとの通信が可能
- 宛先の分布
 - パケットヘッダからIPアドレスを取り出しカウント(実際はIPアドレスの集合を表すAS番号を利用)
 - 20%の相手との通信が、分量では80%以上
 - ～ 限られた相手との通信が大半を占める

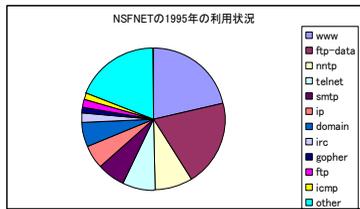
計算機通信基礎

22



5.2 インターネットの利用状況 (a) インターネットの利用

- インターネット初期:電子メールによるトラフィックが最大
- 1990年:ファイル転送が電子メールを追い越す
- 現在:WWWのデータが最大



<http://www.cc.gatech.edu/gvu/stats/NSF/9504.html>から作成

計算機通信基礎

20



5.3 標準化および管理機構

- (a) インターネットソサイエティ
 - インターネットに関わる諸活動を世界的に推進
- (b) IETF(Internet Engineering Task Force)
 - インターネットの標準化はIETFが推進
 - 課題ごとにWG(ワーキンググループ)が存在
 - アプリケーション、一般、インターネット、運用と管理
 - 経路制御、セキュリティ、トランスポート、ユーザサービス
 - 年3回会議、各WGの活動はメーリングリストで確認
- (c) RFC(Request For Comments)
 - インターネットの標準規約を文章化
 - IETFのウェブページから無料で入手可能
 - WGで討議中の資料はドラフト(draft)として公開

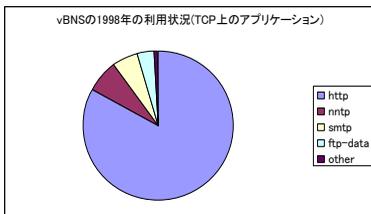
計算機通信基礎

23



5.2 (a) WWW(World Wide Web)

- 1989年:スイスCERN研究所 Tin Berners-Lee氏が考案
- 1993年:NCSA Mosaic(ブラウザ)開発 ~ 爆発的に普及
- 1994年:日本においてもウェブの利用が急増



http://www.isoc.org/inet98/proceedings/6g/6g_3.htmlから作成

計算機通信基礎

21



5.3 (d) ICANNとIANA

- IANA(Internet Assigned Numbers Authority)
 - IETFでRFCとして決定された仕様について、具体的な割り当ての規則を決め、**管理, 実行**
 - アメリカ国防総省のプロジェクトとして運用
- ICANN(Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
 - IANAの仕事は現在、ICANNが遂行
 - ドメイン名、IPアドレス、プロトコルの**管理, 実行**

計算機通信基礎

24

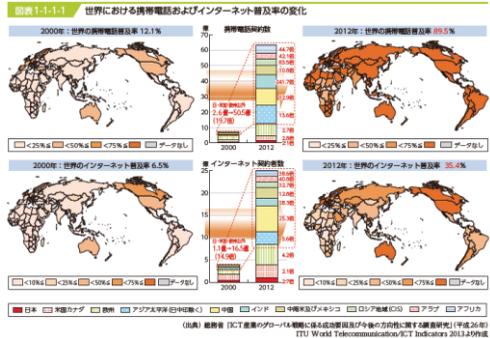


5.3 (e) IPアドレスの割当

- 地域ごとにRIR(Regional Internet Registry)が割当
- アジア太平洋では、APNIC(www.apnic.net)がRIR
 - 日本: JPNIC(www.nic.ad.jp)
 - 韓国: KRNIC
 - 中国: CNNIC
- RIRに申請して、IPアドレスを取得



5.4 社会基盤としてのインターネット 情報通信白書(2014年度)

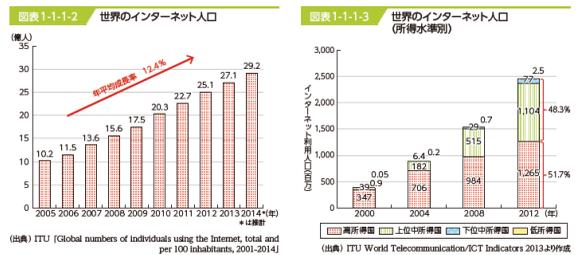


5.3 (f) ドメイン名の管理

- APNICはドメイン名の割当はしない
→ JPNICがjpドメインの管理
- ドメインの種類
 - gTLD(generic top level domain)
com, org, net のような世界中で利用
 - ccTLD(country code top level domain)
jp, kr, cn など国別のもの
- ドメイン名に関しては、紛争がおきやすい
～ ICANNによる調停



5.4 世界のインターネット人口

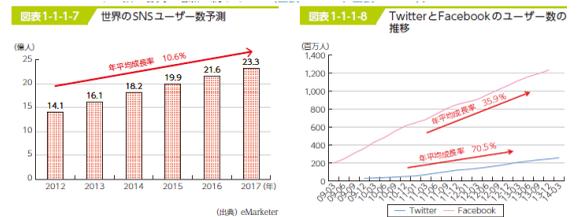


5.3 (g) インターネットにも秩序と規則

- インターネットはボランティアが運営
- 初期のころは問題は少なかった
- 今は世界的に利用されている
 - 人間社会を反映
問題, 犯罪, 紛争...
- インターネットにおいても社会的な姿勢が必要



5.4 SNSユーザー数の推移





5.4 途上国の携帯電話加入者数

図表 1-2-1-11 アフリカ携帯電話加入者数の推移と普及率

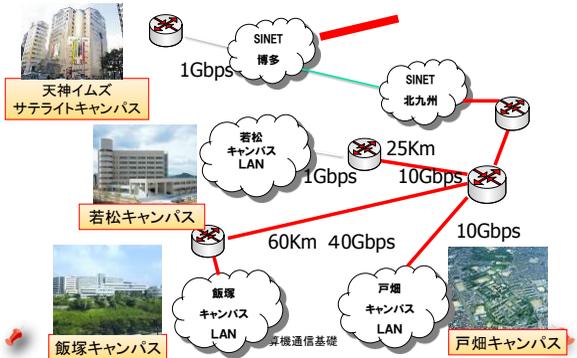


計算機通信基礎

31



九州工業大学ネットワーク環境



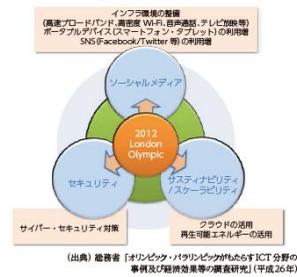
計算機通信基礎

31



5.4 ロンドンオリンピックとICT

図表 2-1-2-8 ロンドンオリンピックにおいて活用されたICT

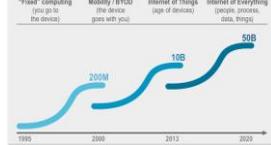


計算機通信基礎

32



5.4 ICT社会の近未来 : IoE(Internet of Everything)



- 現実世界に存在するモノの99.4%はインターネットに接続されていないと推定(CISCO)
 - IoT(Internet of Things) ⇒ IoE(Internet of Everything)
 - 2000年:インターネットに接続可能なモノの数 ~ 約 2億個
 - 2013年 100億程度に増加(モバイル技術の進歩が主因)
 - 2020年予想: 500億
- インターネットは、人、プロセス、データ、モノを組み合わせることで大きく成長

計算機通信基礎

35



5.4 ロンドンオリンピックの統計

図表 2-1-2-9 ロンドンオリンピックにおけるWebサイトアクセス

統計データ	備考	Webサイトアクセス数のチャネル別利用推移
総データ量	1.3ペタバイト	
総ページビュー	47.3億回	
ピーク時1秒あたりのHTTP要求数	19.9万回	
ユニークユーザー数	1.1億人	
ピーク時の同時アクセスユーザー数	49.3万人	
1秒あたりの最大ページビュー数	10.5万回	
サイト平均滞在時間	8分	
ツイート数	1.5億回	1日のツイート数が大会の総数を超える日もあった

計算機通信基礎

33



5章 まとめ:これからのネットワーク

- IoT/IoE : 何でも繋がる時代に
- Cyber-Physical Networks:
 - サイバー空間が実空間(我々の社会生活)と密接に繋がりが、支える時代に
- Big data 生成、収集、蓄積、解析:
 - 多様で膨大な量の機器(センサ等)からデータ生成され、それを活かす知恵が求められる
- 人を中心としたネットワークへ
 - ⇒ 接続性/信頼性を提供する技術に加えて
 - 多様性を吸収し生活支援を実現する技術/研究が必要

計算機通信基礎

36