

ネットワーク研究開発の現状と課題

九州工業大学大学院
情報工学研究院
尾家 祐二





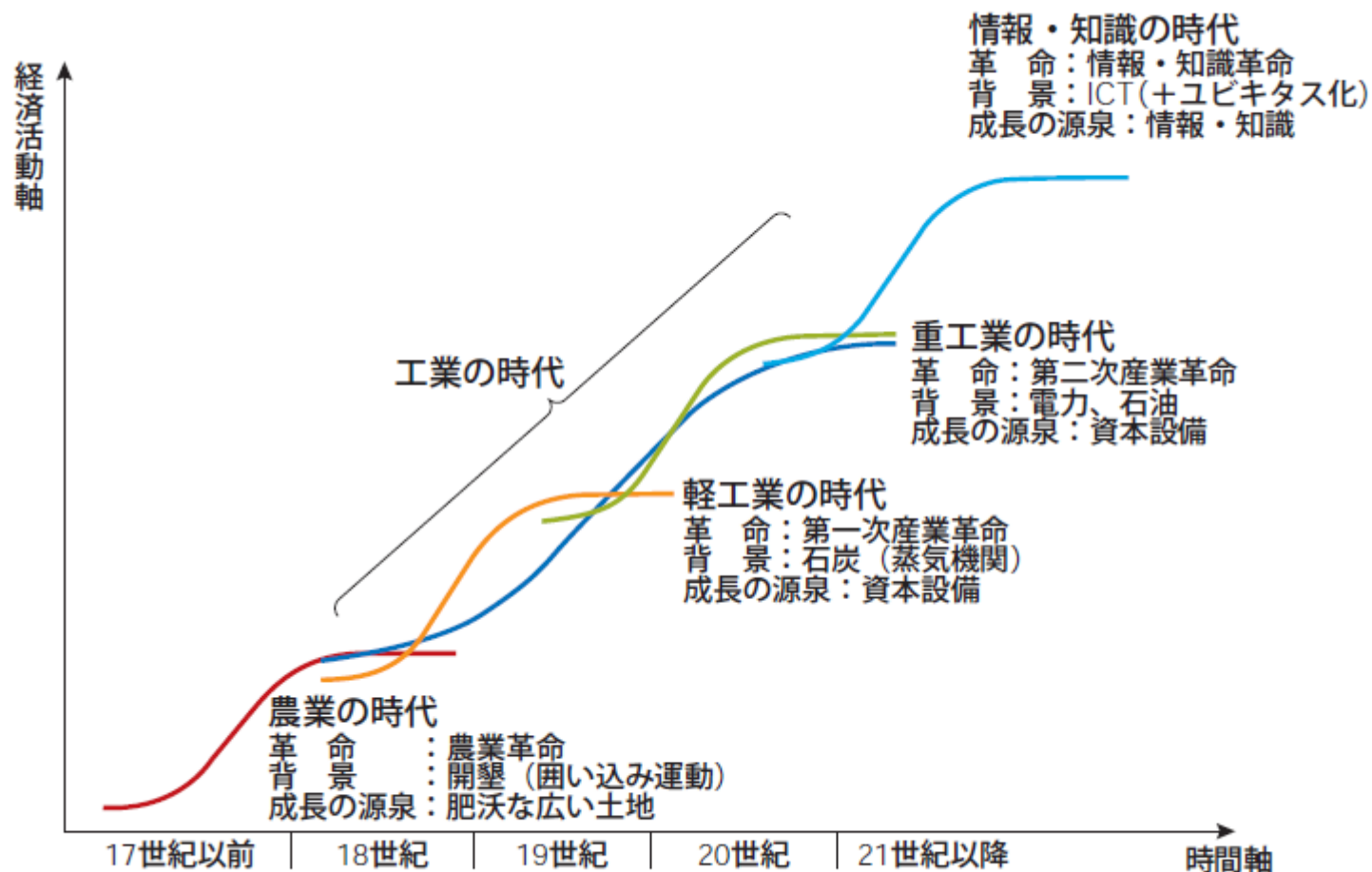
Network Design
Research Center

-ネットワークの最近の状況-

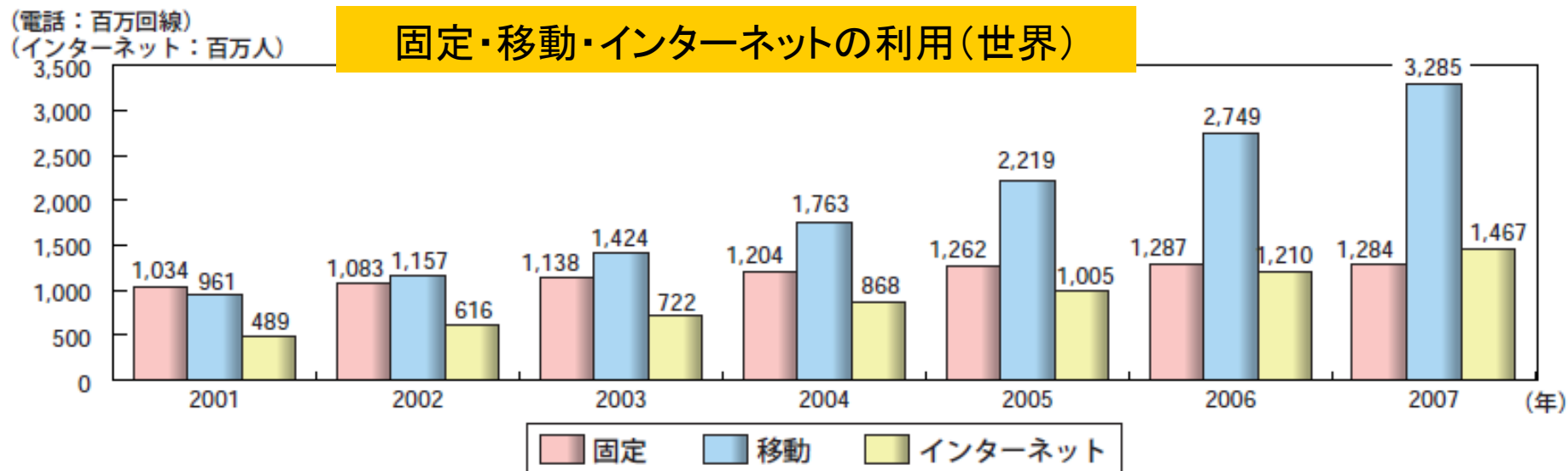
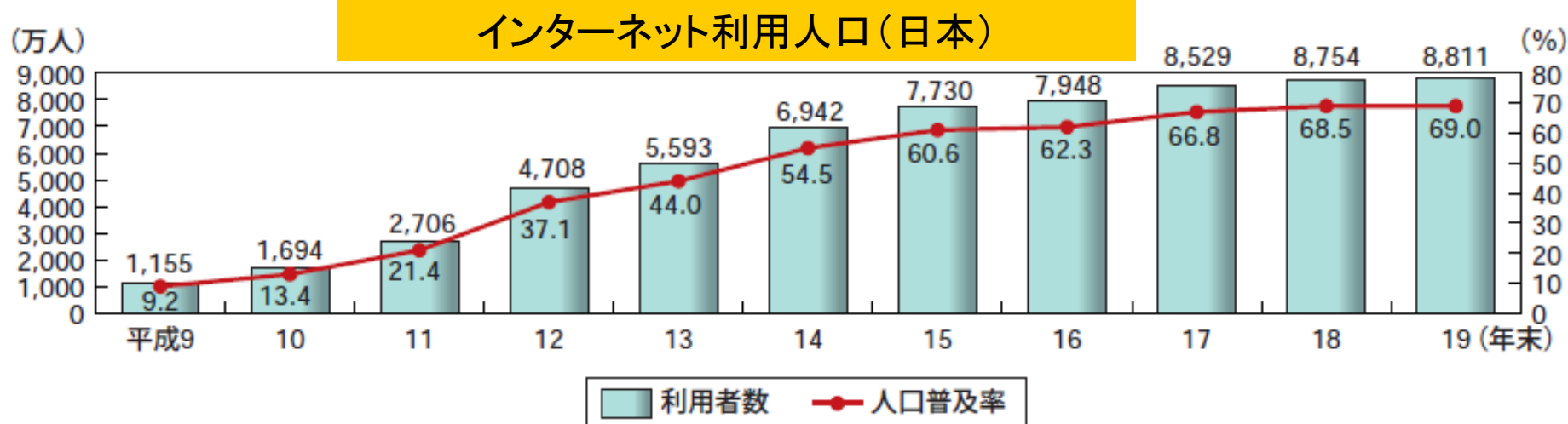


経済成長とICT

-「H19年度情報通信白書」から-

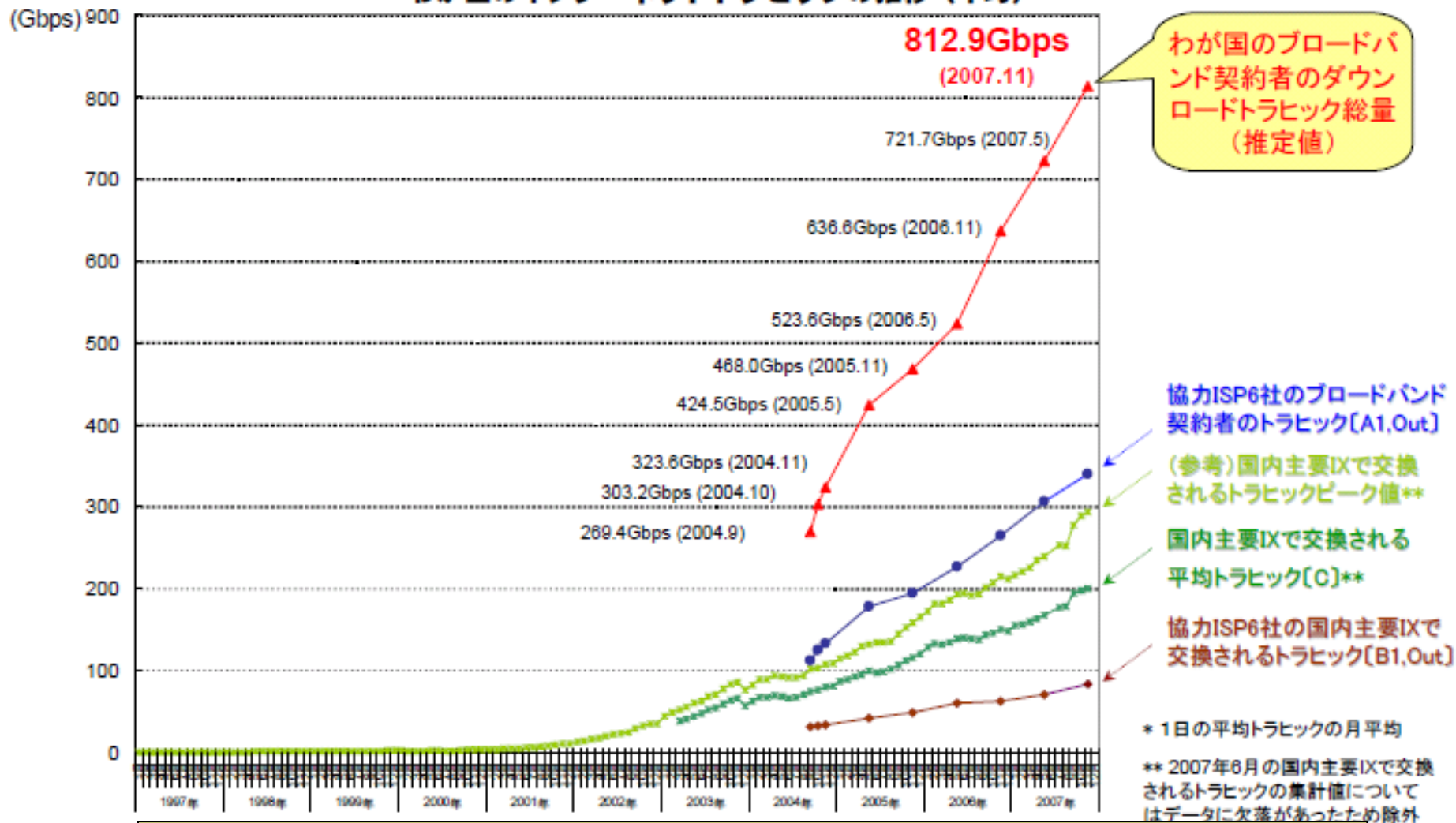


固定・移動・インターネット利用状況 (「H20年度情報通信白書」)



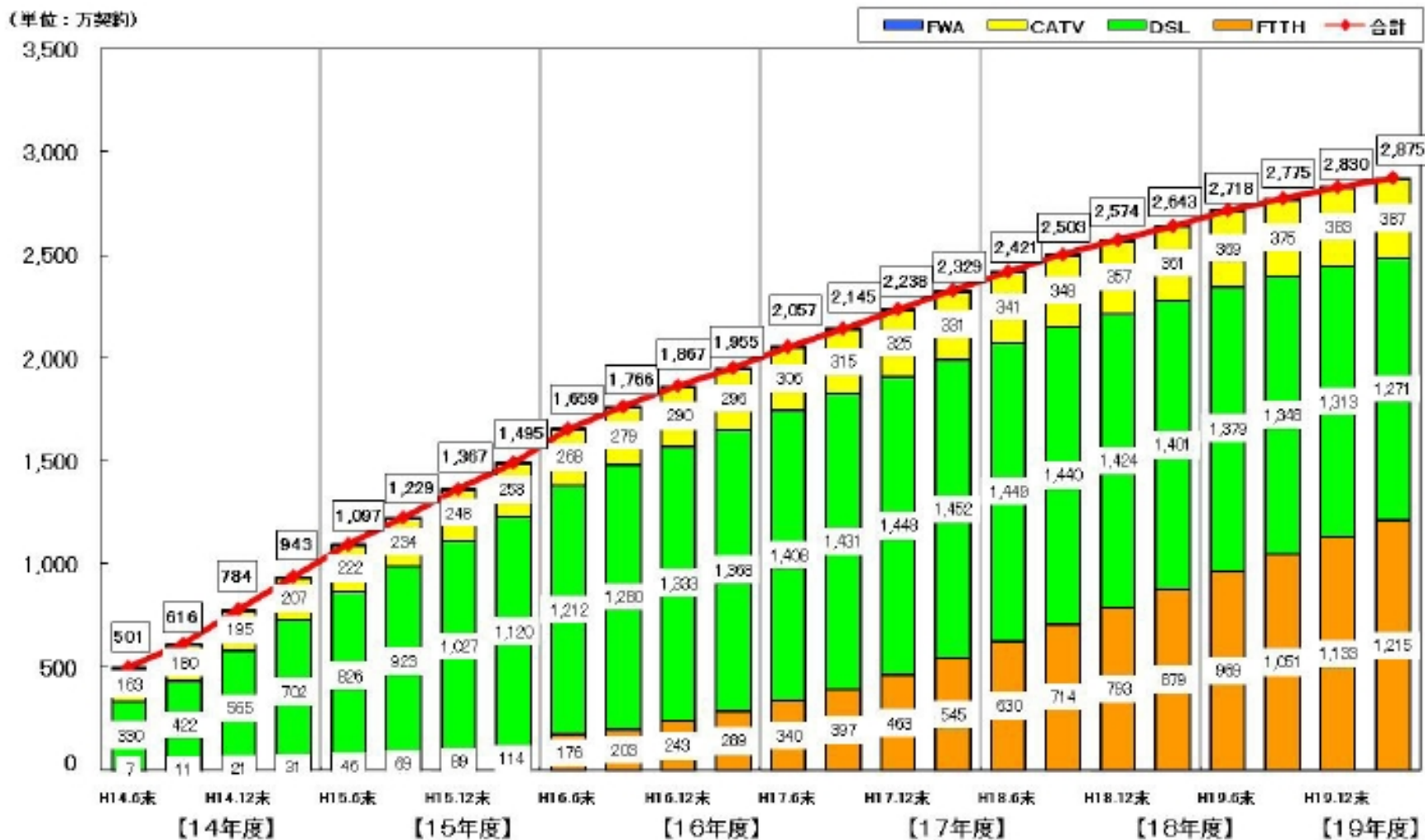
インターネットトラフィックの増大

わが国のインターネットトラフィックの推移 (平均)



平成20年5月頃には、我が国のブロードバンド契約者のトラフィック規模が、1T(テラ)bpsに達する見込み(平成19年11月末時点、総務省発表)

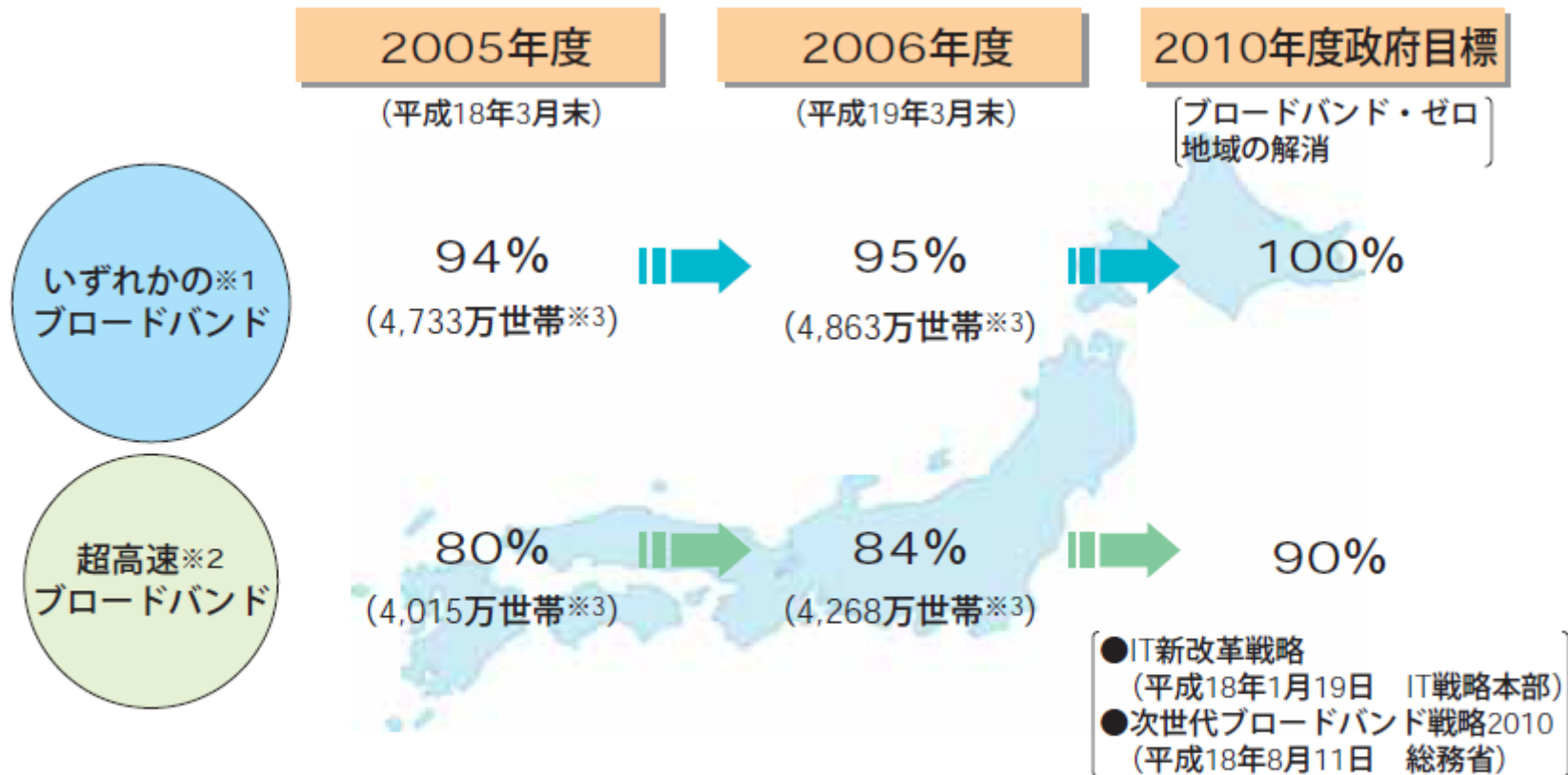
アクセスネットのブロードバンド化



(注) 平成16年6月末分より電気通信事業報告規則の規定により報告を受けた契約数を、それ以前は事業者から任意で報告を受けた契約数を集計。

平成20年6月頃には、FTTHがADSLを超える見込み(平成20年3月末、総務省発表)

ブロードバンド世帯カバー率 -「H19年度情報通信白書」から-



- ※1 いずれかのブロードバンドとは、FTTH、DSL又はケーブルインターネット等を指す
- ※2 超高速ブロードバンドとは、上り下り30Mbps級以上のブロードバンドを指す
- ※3 総世帯数は各年度末現在の住民基本台帳に基づく世帯数



Network Design
Research Center

-最近のアプリケーション状況-



電子商取引

B to B EC

	2005年	2006年	2007年 (前年比)
日本	140兆円	148兆円	162兆円 (9.3%増)
米国	92兆円	95兆円	104兆円 (8.7%増)

B to C EC

	2005年	2006年	2007年 (前年比)
日本	3.5兆円	4.4兆円	5.3兆円 (21.7%増)
米国	15.9兆円	19.3兆円	22.7兆円 (17.6%増)

「平成19年度我が国のIT利活用に関する調査研究」
(電子商取引に関する市場調査)H2-8.18経済産業省

インターネット関連ビジネス2兆円

H20情報通信白書

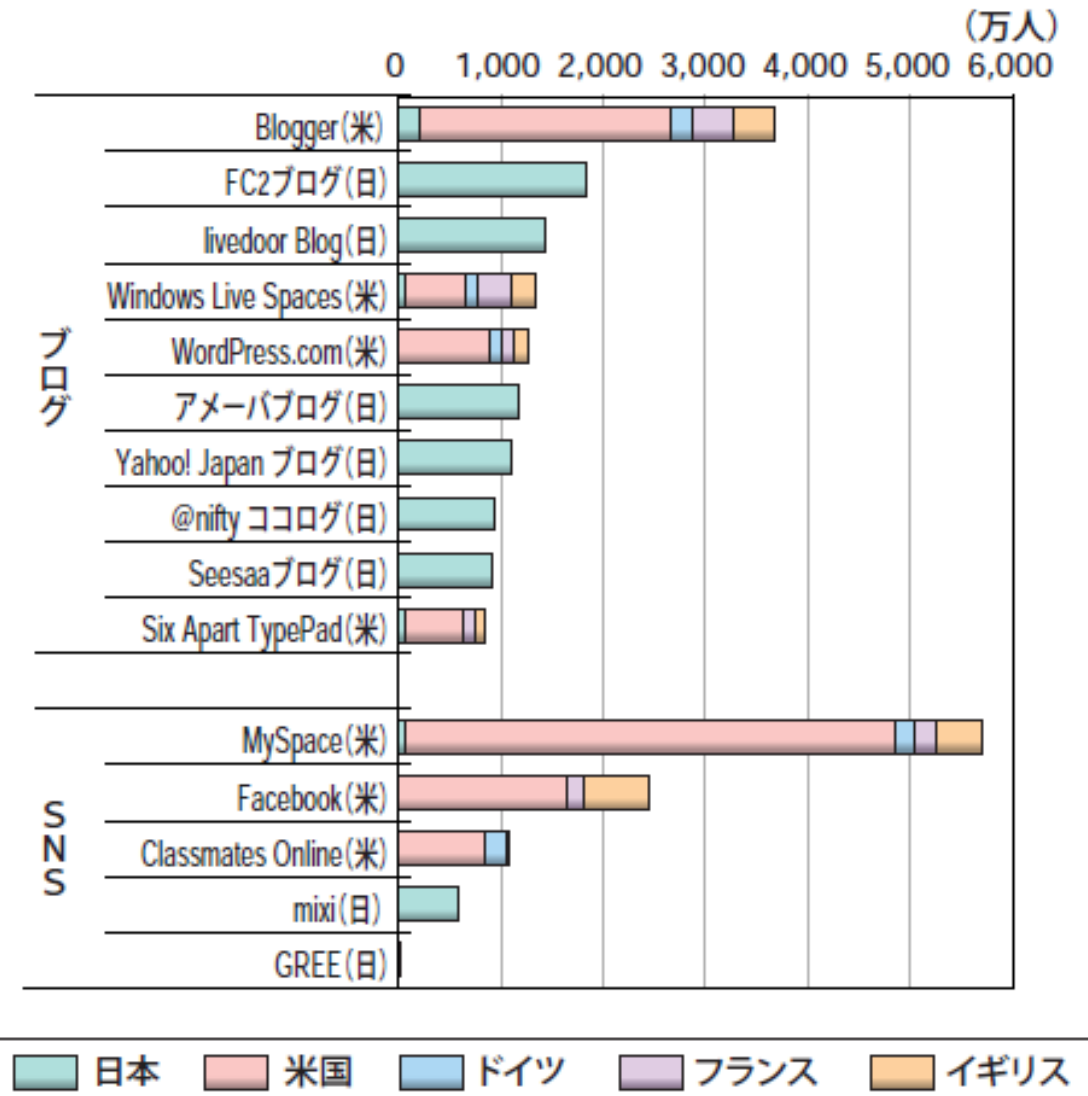
市場セグメント	2007年
	市場規模 (億円)
消費者の「検索」行動支援ビジネス	
検索・ポータル	2,450
消費者の「コミュニケーション」行動支援ビジネス	
ブログ	230
SNS	210
その他CGM	40
消費者の「販売促進」行動支援ビジネス	
アフィリエイト	5,510
ドロップ SHIPPING	20
CtoC EC	9,170
BtoC事業者支援ビジネス	
サイト構築支援 (EC)	1,890
サイト構築支援 (CGM)	60
サイト運営支援	140
合計	19,720

『mixi』のユーザー数

- 2004.5:1万人
- 2004.9:10万人
- 2005.8:100万人
- 2006.10:600万人
- 2008.7:1,500万人を突破

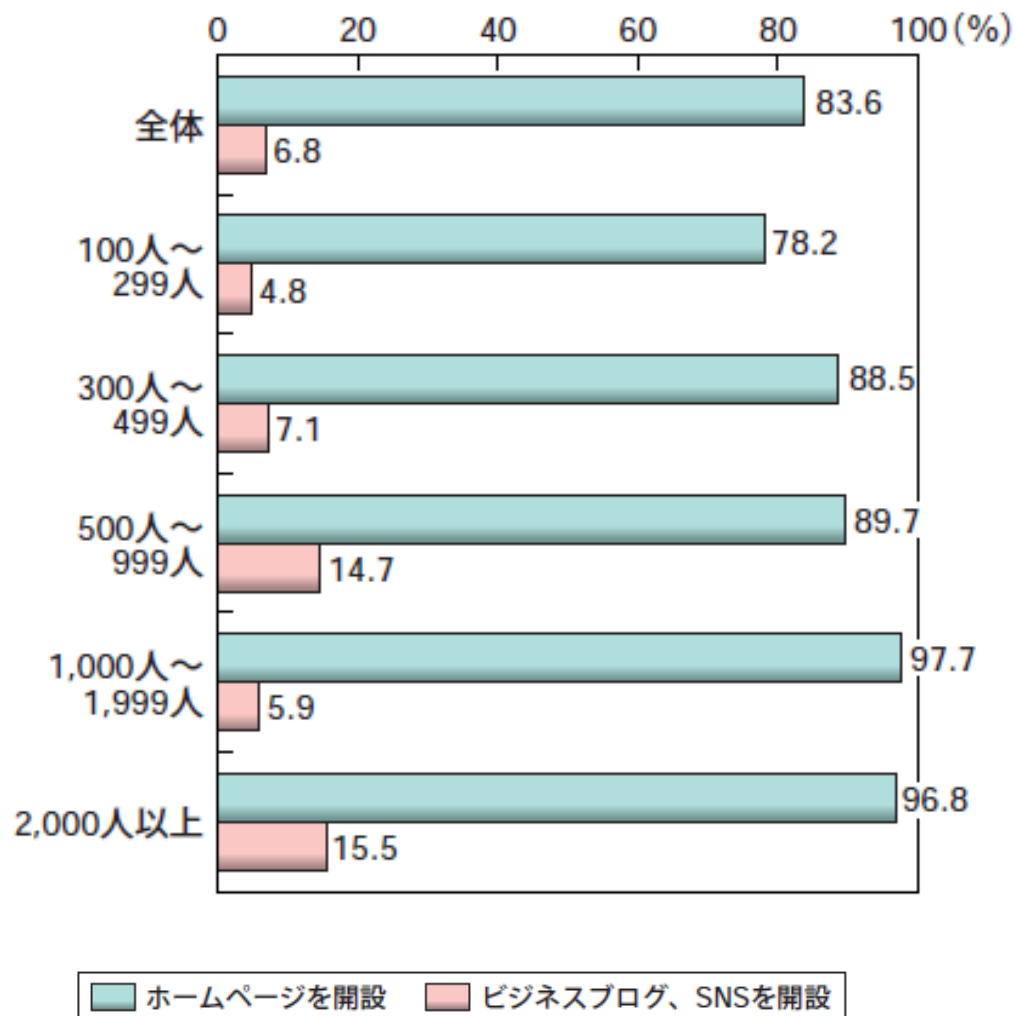
日米主要ブログ、SNS利用人口

H20情報通信白書



企業のホームページ、ビジネスブログ、SNS

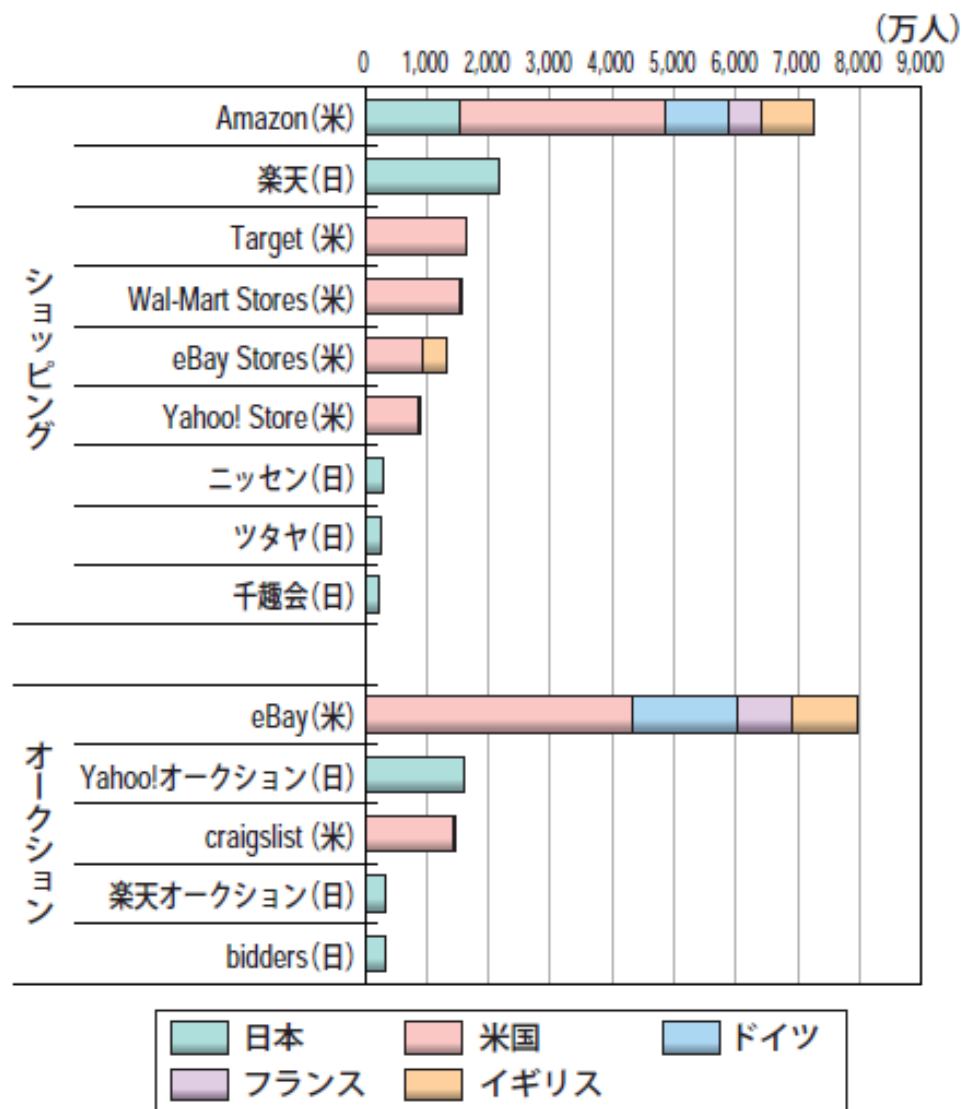
H20情報通信白書



(出典) 総務省「平成19年通信利用動向調査」

日米主要ショッピング、オークションサイト利用

H20情報通信白書



Skype:P2Pアプリケーション

- Skypeとは？
 - P2P技術を利用したIP電話サービス
 - 非常に高音質
 - メッセージ交換, ファイル交換も可能
 - 電話会議機能(カンファレンスコール)
 - KaZaAの作者(Niklas Zennstrom)がSkype社を設立
 - 階層化P2Pネットワーク
 - 高いスケールビリティ
 - 1000万ユーザの同時アクセス時も高い通話品質を保つ

公表登録者: 3億4000万人

2009.1 某日
900万人以上が
同時接続





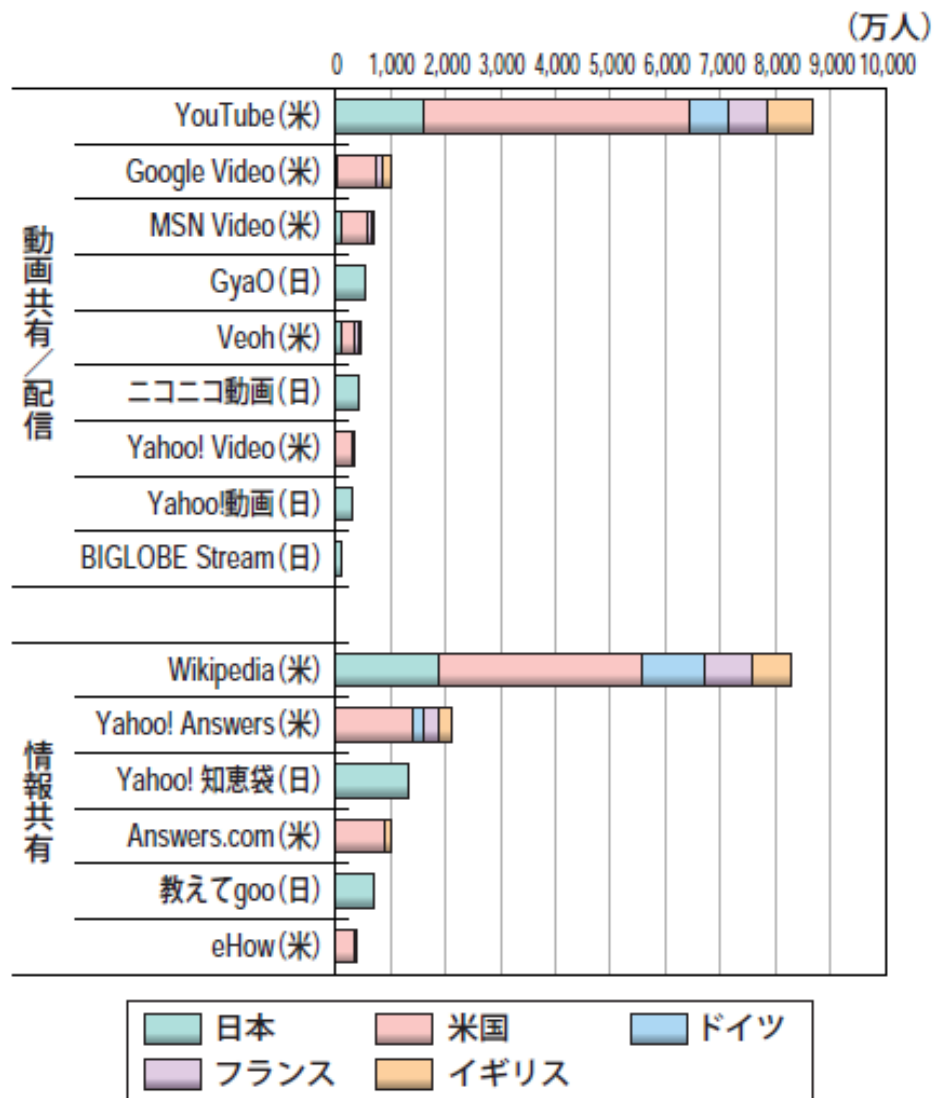
Network Design
Research Center

-ビデオストーリーミング-



日米主要動画共有/配信、 情報共有サイト利用

H20情報通信白書



ビデオストリームの情報量

- YouTubeはフルHD(1920X1080)へ対応。ある映像では約8.5Mb/sの情報量。
- 一方、Skype(音声)はGIPS社の独自コーデックを利用しており、通信状況に応じて28 ~ 128 Kb/s のビットレートを動的に切換.

2009年 2月 2日 (月)

番組ネット配信 フジが本格化

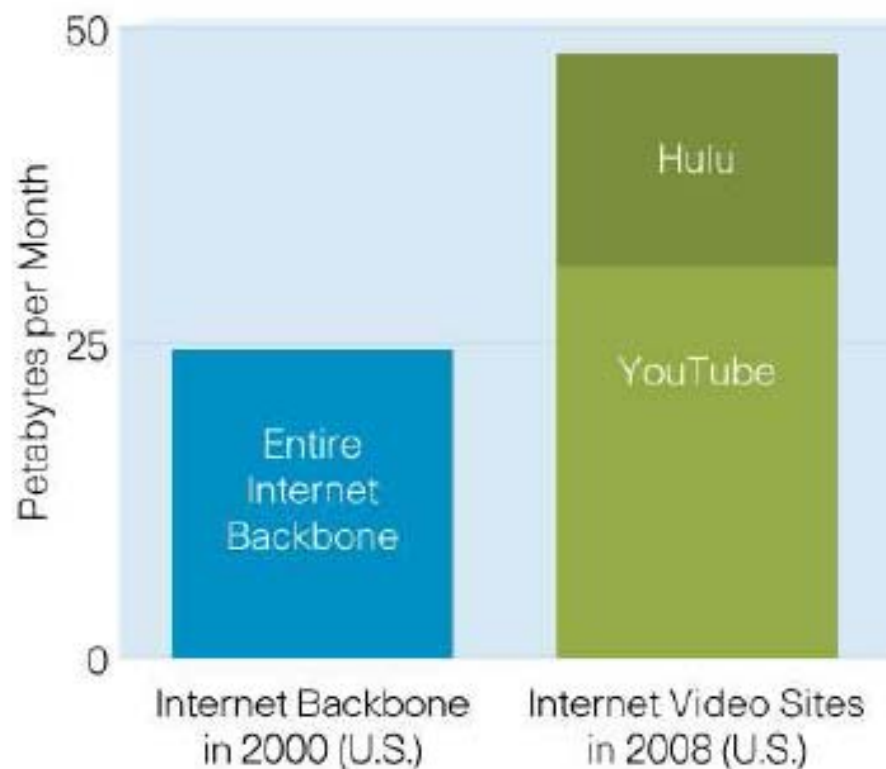
KDDIなど10社と提携

フジテレビジョンは月で番組を棄しめる仕組み内にも、KDDIやNTTを盛える。番組のネットTBSらも、シユビターテ配信はNHKも始めていレコム(JCOM)などが、携帯電話などを含十社と提携し、テレビ番組配信体制を盛える放送組をインターネット経由局はフジが初めて。広告で携帯電話や薄型テレビ収入が低迷するなか、収など多様な機器に有料配信するサービスを始めKDDIなどのほか、視聴者の居場所や時間に応じて、様々な手段NTTコミュニケーションズ、NECビッグロー

携帯やTVに有料で

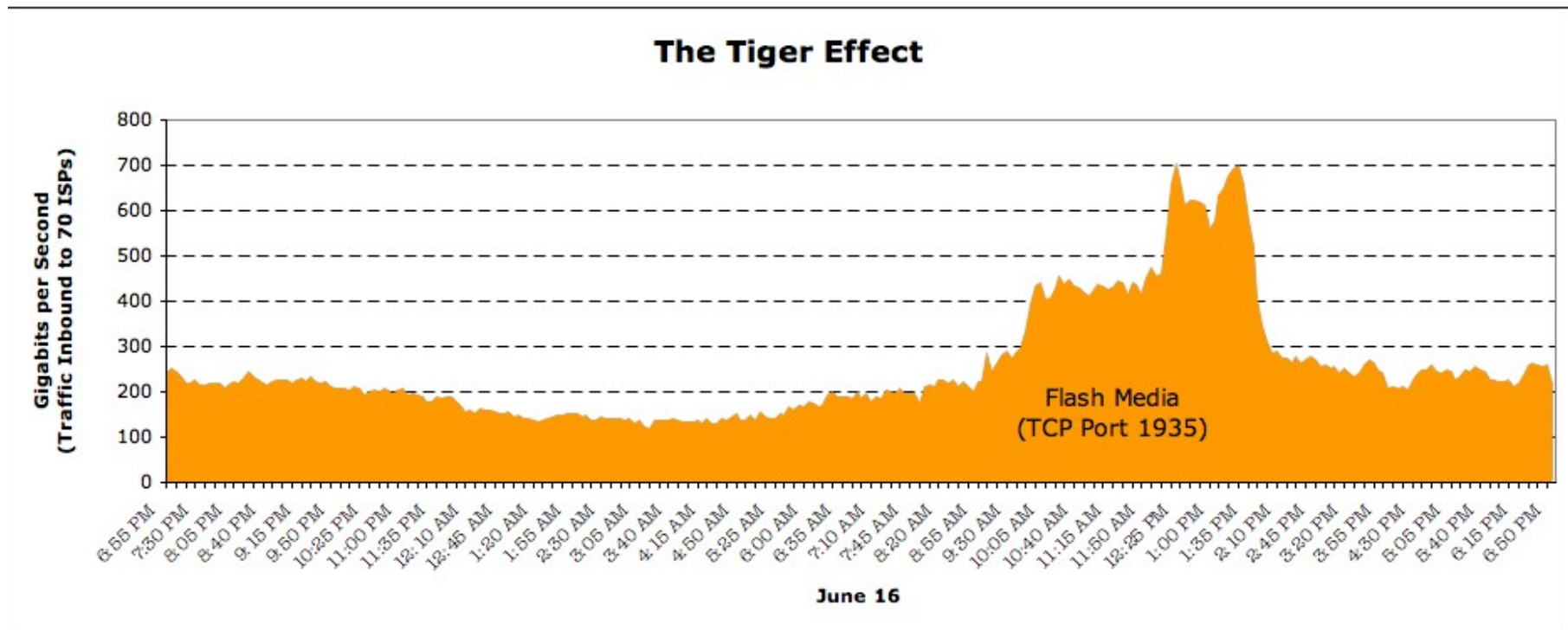
フ、ビー・ビー・ケーブ(東京)など十社程度と提携する。主要な携帯会社の電話端末やCATV、ネットにつながった薄型テレビでも視聴できるようにする。従来はパソコンや一部の携帯電話に限り配信していた。料金は一話三百円前後に設定。広告は入れず、視聴者への課金で収益を上げる事業方式とする。

ビデオストリームの増加



2008年5月のビデオ配信回数
 Hulu:8800万回
 YouTube:42億回
 Huluは有料コンテンツ
 YouTube: 広告収入は全体のわずか3%.42億の3%=1億2600万

Tiger 效果 : US Open 2008.6.16



9:15 AM Tiger Tees Off

9:30 AM Third hole

10:00 AM Fifth hole

11:30 AM 11th hole. Tiger is one up.

12:30 PM Tiger misses. Rocco is now one up.

1:15 PM First Sudden Death

1:45 PM Tiger wins!

ビデオストリームの著しい増加

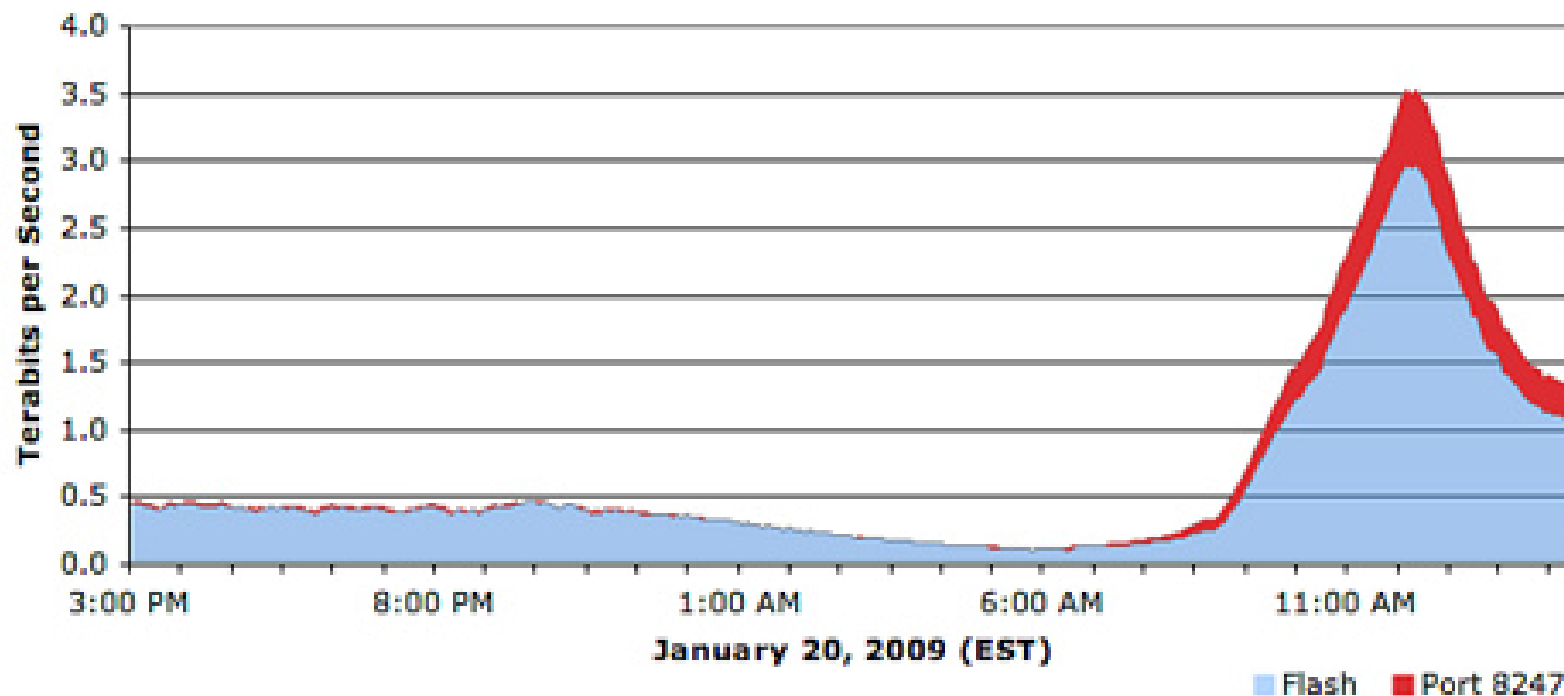
2008 Video Highlights

- Internet video traffic in North America and Europe in October 2008 exceeded the amount of traffic that crossed the entire global Internet in October 2001. According to comScore, Internet video minutes consumed in North America, France, Germany, and the UK surpassed 100 billion minutes per month.
- In 2008, commercial video began to drive significant Internet traffic. Although it accounted for less than one quarter of the video streams and less than half of the video minutes consumed on YouTube,¹ commercial video generated an equal amount of video traffic in the U.S.
- Hulu became the second largest source of Internet video traffic in the U.S. at over 15 petabytes per month. YouTube remained the largest U.S. video source at over 30 petabytes per month.
- The volume of monthly Internet video traffic in 2008 is nearly an exabyte higher than Internet video traffic during any month in 2007. In other words, monthly Internet video traffic in 2008 is 230 million DVDs higher than any month in 2007.

Obama大統領就任式 2009.1.20

Obama Inauguration Streaming Video Traffic

Arbor ATLAS Data from 10 US Consumer ISPs



Akamailは700万以上のストリーミングを処理

(通常は1日に100万以下)

<http://www.techworld.jp/channels/network/102967/>



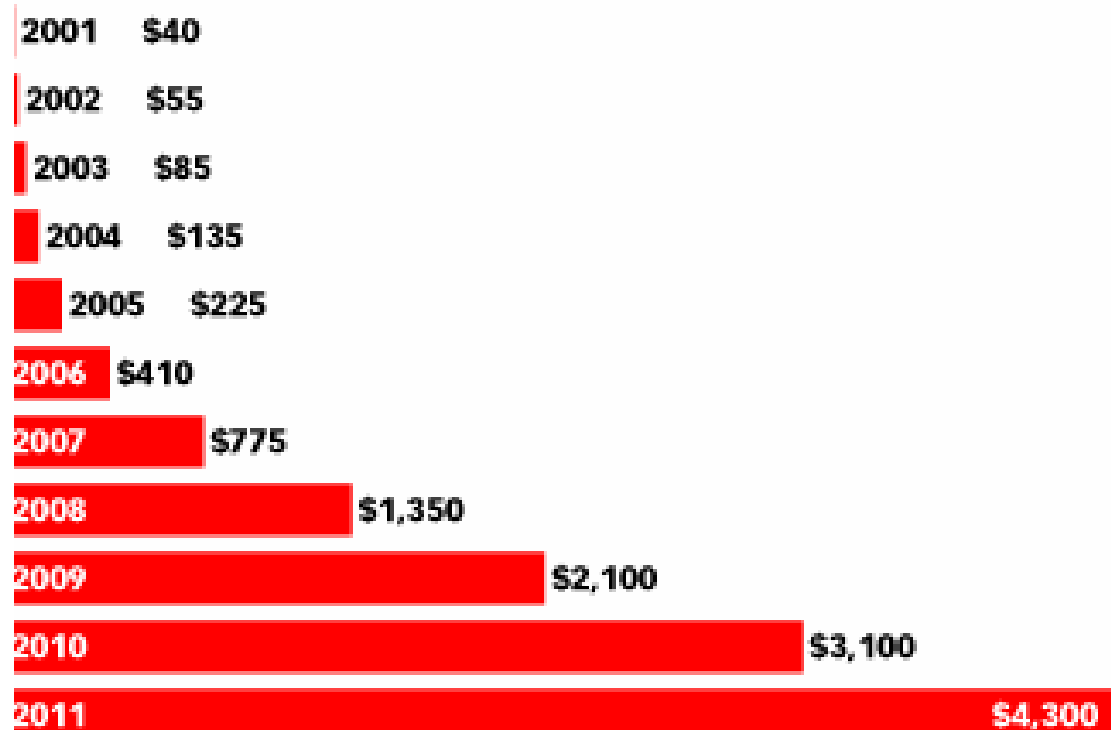
Network Design
Research Center

広告とインターネット



Online Video廣告費用

JS Online Video Advertising Spending, 2001-2011 (millions)

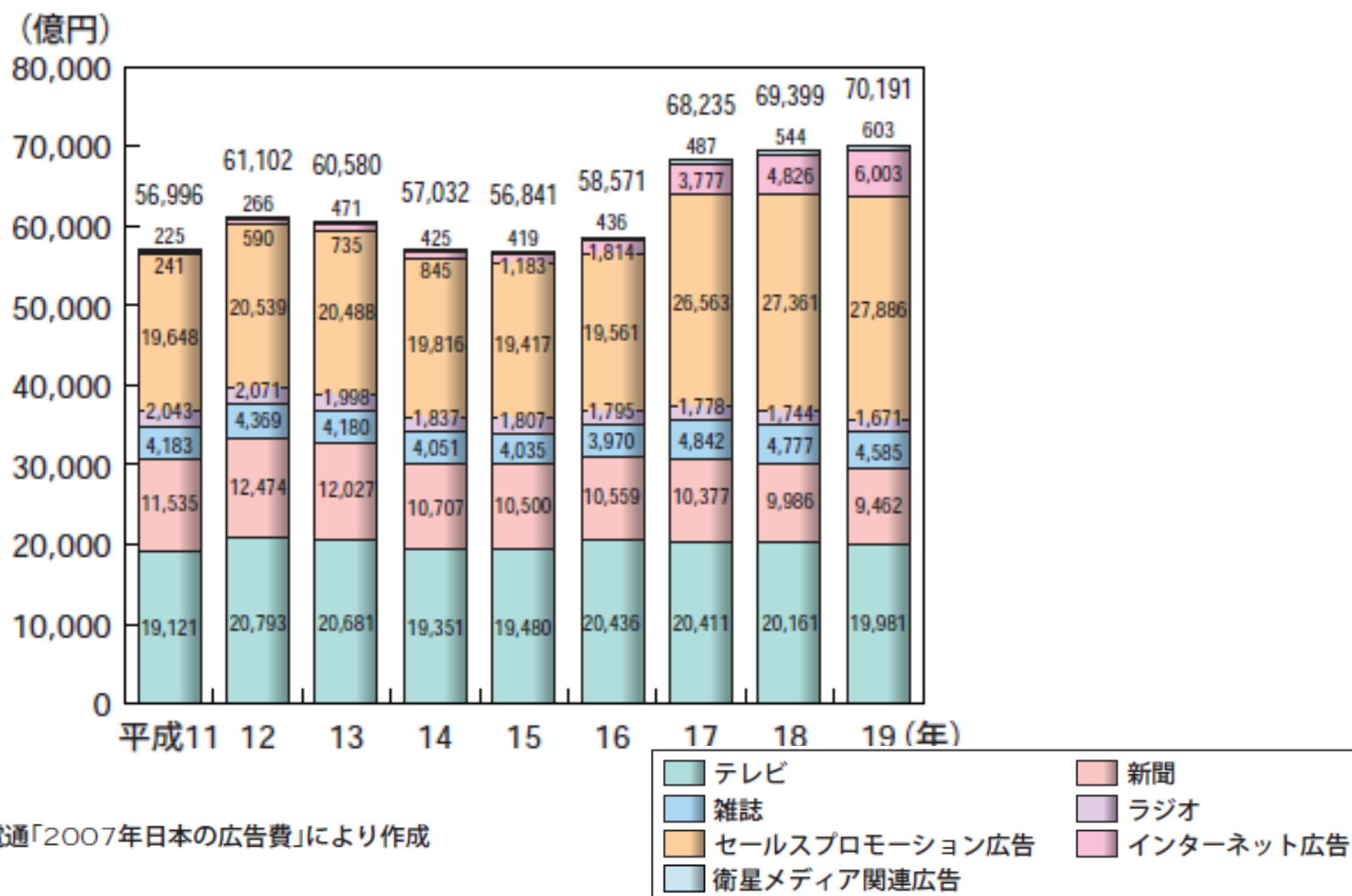


Note: eMarketer benchmarks its US online advertising spending projections against the Interactive Advertising Bureau (IAB)/PricewaterhouseCoopers (PwC) data, for which the last full year measured was 2006; online video includes in-page and streaming video
source: eMarketer, June 2007

日本の広告費の推移

H20情報通信白書

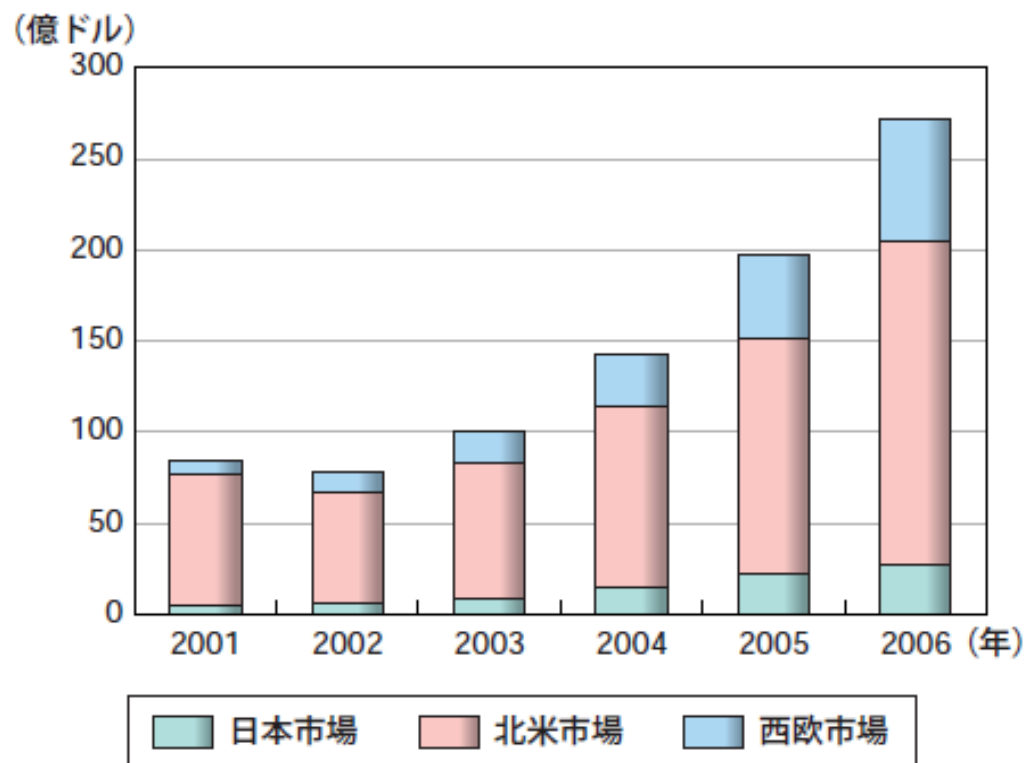
図表1-3-3-9 日本の広告費の推移



インターネット広告市場

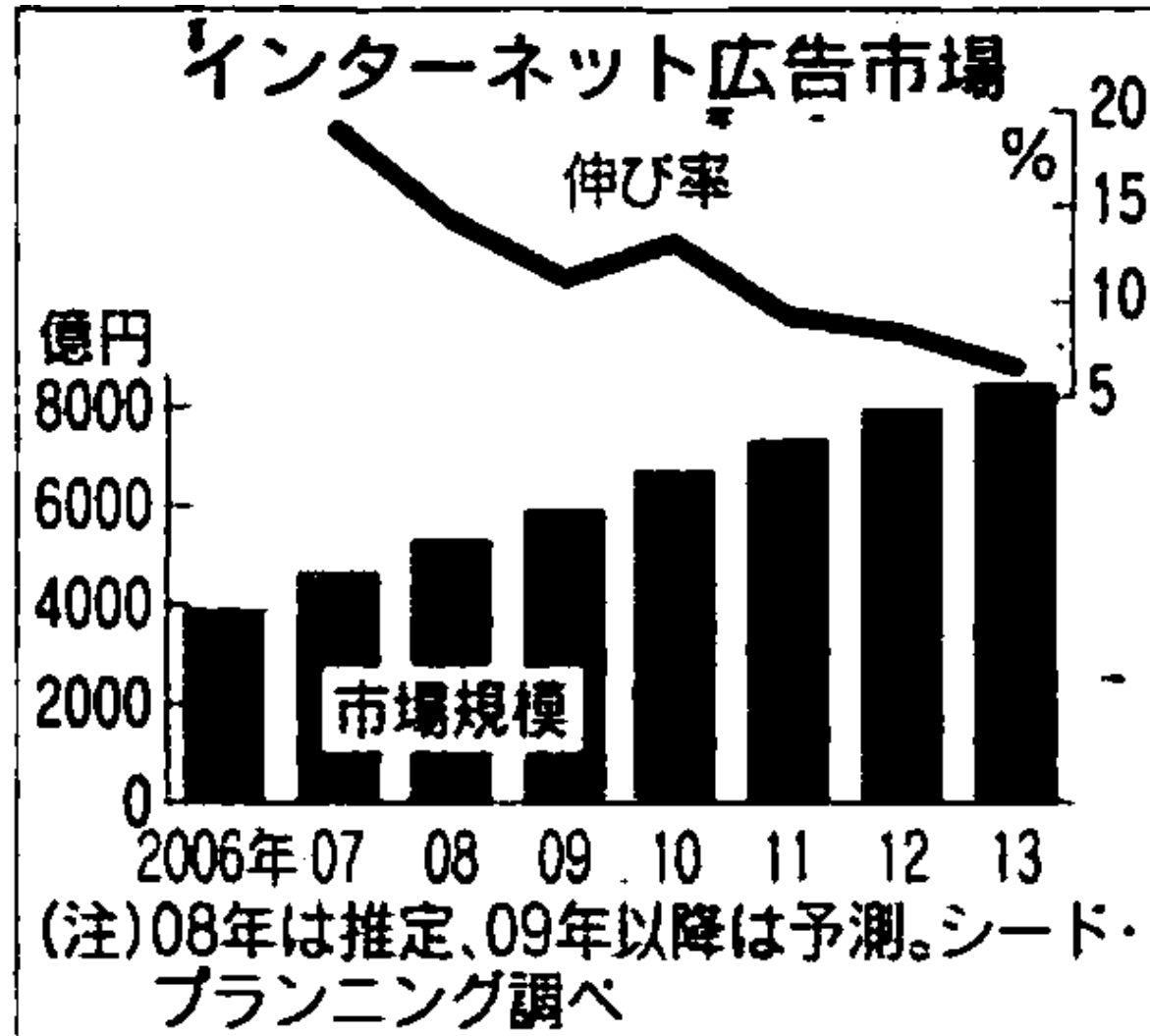
H20情報通信白書

図表1-2-2-6 日米欧インターネット広告市場の推移



World Advertising Research Center 資料により作成

インターネット広告国内市場 (日経新聞2/10)



ネット広告の最近の動き (日経2/10)

新 月報

2009年(平成21年)2月10日(火曜日)

NTTとマイクロソフト

国内のインターネットサイトの月間
閲覧数(08年12月) ページビュー(単位:百万)

ヤフー! ジャパン	23,710
→ (NTT-マイクロソフト陣営の7サイト合計)	4,958
グーグル	3,738
楽天市場	3,277
ユーチューブ	1,822
ミクシィ	1,774
MSN/ウィンドウズ・ライブ	1,615
goo	1,152
ニコニコ動画	765
@nifty	692
OCN	355
So-net	293
plala	83

(注) ネットレイティングス調べ、グーグルの閲覧数には他サイトに提供している地図サービスの閲覧数を含む

有力サイト結集

一斉配信可能に

ネット広告販売で提携



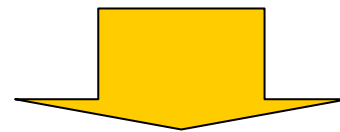
Network Design
Research Center

ワイヤレスネットワークの 新たな動き



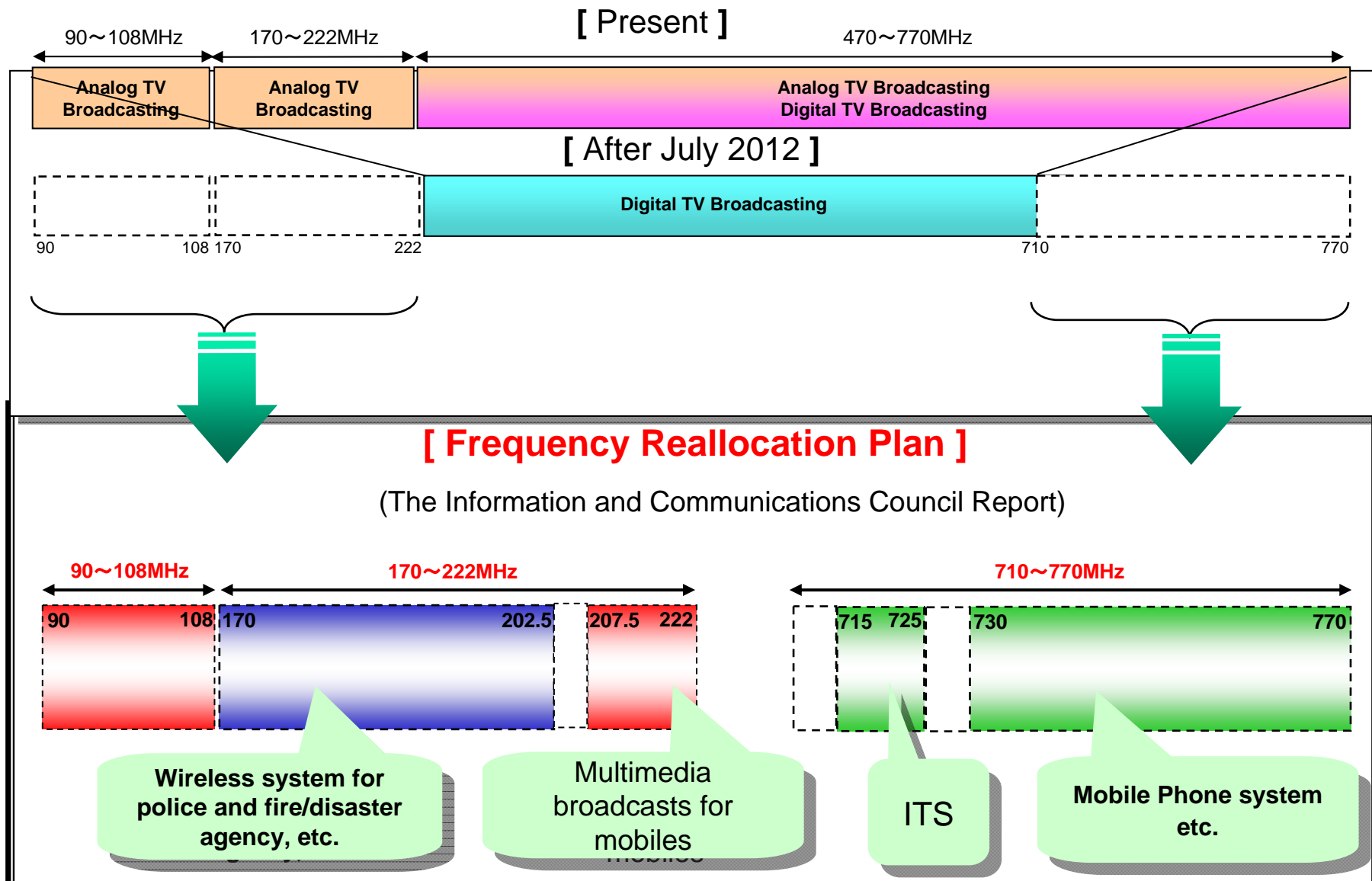
無線資源の有効な利用へ向けて

- 限られた無線資源の有効利用が必要
 - 新たな無線周波数の割当
 - ライセンス周波数の利用方法の見直し
- シームレスではない通信環境の想定が必要
 - 物理的にすべてのエリアをカバーすることはコスト高



Cognitive Radio networks
&
DTN
(Delay/Disruption/Disconnection Tolerant Networks)

日本におけるデジタルTV後の周波数有効利用



米国における放送用周波数再編



図表1 米国の地上TV放送用周波

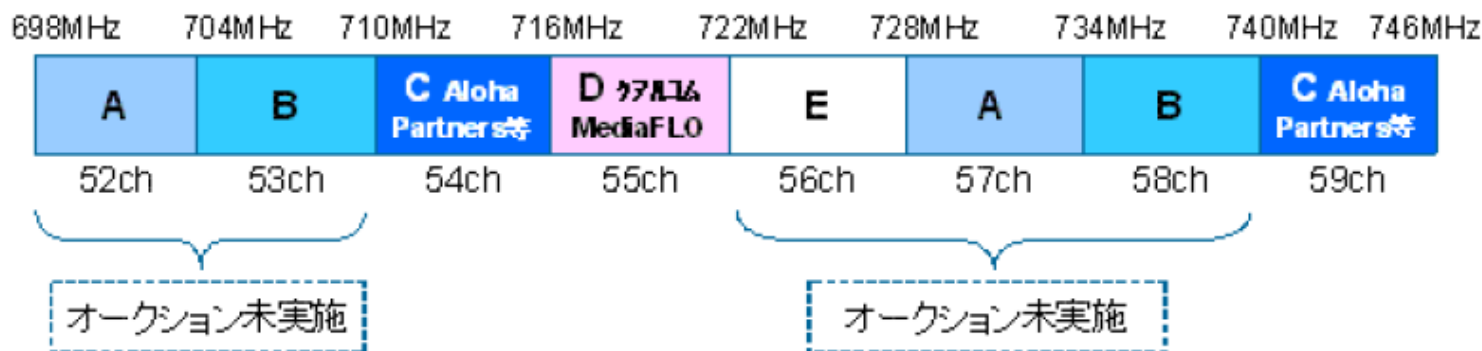


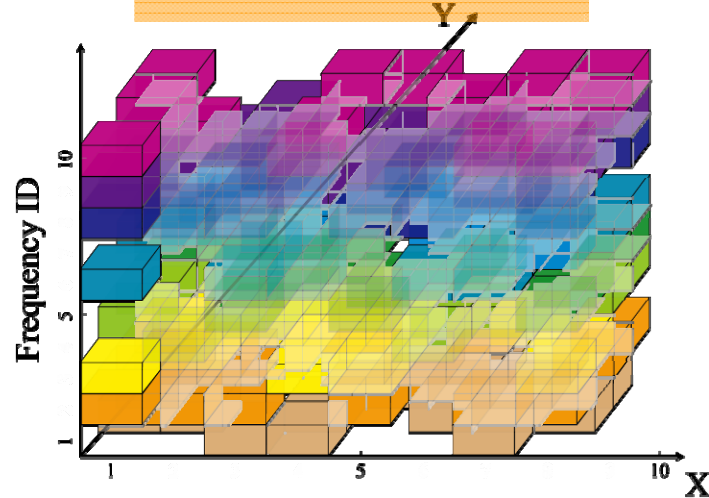
図2 700MHz低帯域のオークション実施状況

オープンアクセスの認可(米FCC): 700MHz

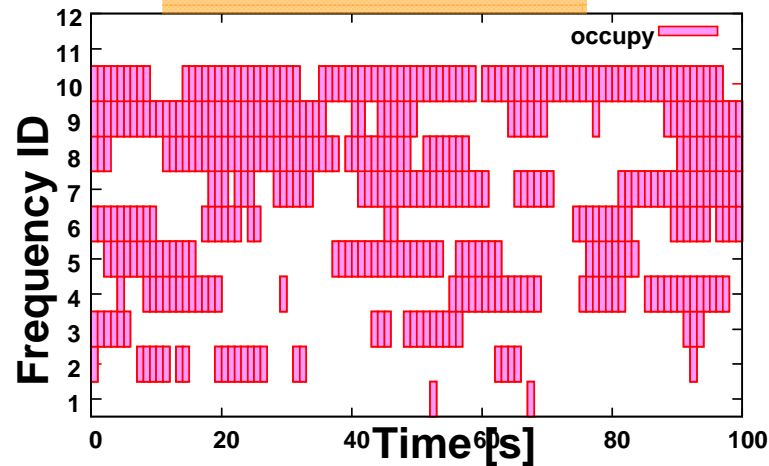
- 米連邦通信委員会(FCC)は3月20日(現地時間)、700MHz帯の周波数オークションの結果を公表した:
 - 同オークションはAからEまで5つのブロックに分けて実施され、Cブロックでは、落札事業者に無線ネットワークの開放(オープンアクセス)を義務付け
 - オープンアクセスは、Googleを中心とした新規参入者が求めた。

無線周波数利用状況： 空間的・時間的な周波数の利用状況

空間的变化



時間的变化



- 地域によって周波数の利用状況は異なる

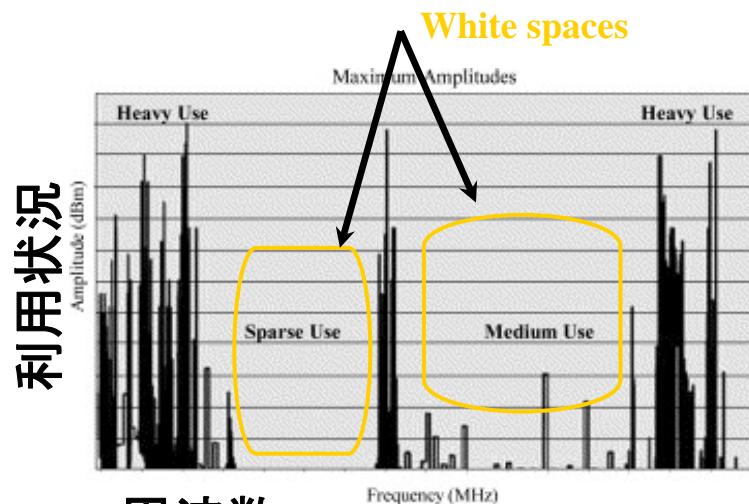
例：・都心や繁華街ではセルラー等の帯域は多く使用されている
・山や海では周波数の利用は少ない

- 同一の地域でも時間によって利用可能な周波数が変化する

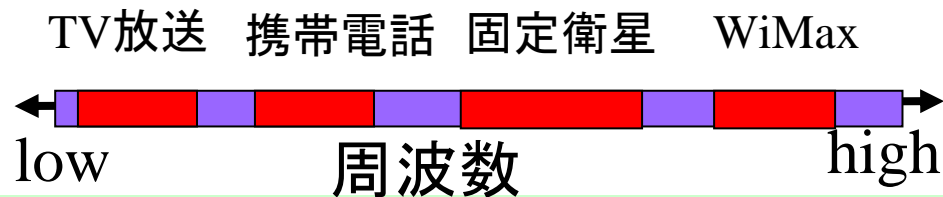
例： 昼：セルラー等の周波数が多く使用されている
夜：あまり使用されていない

空いている周波数を適切に使う技術が重要

無線周波数利用状況：ある例



周波数 図：周波数利用状況 [1]



異種無線ネットワークにおける周波数資源利用状況の
管理と効果的な利用技術に関する研究開発が必要

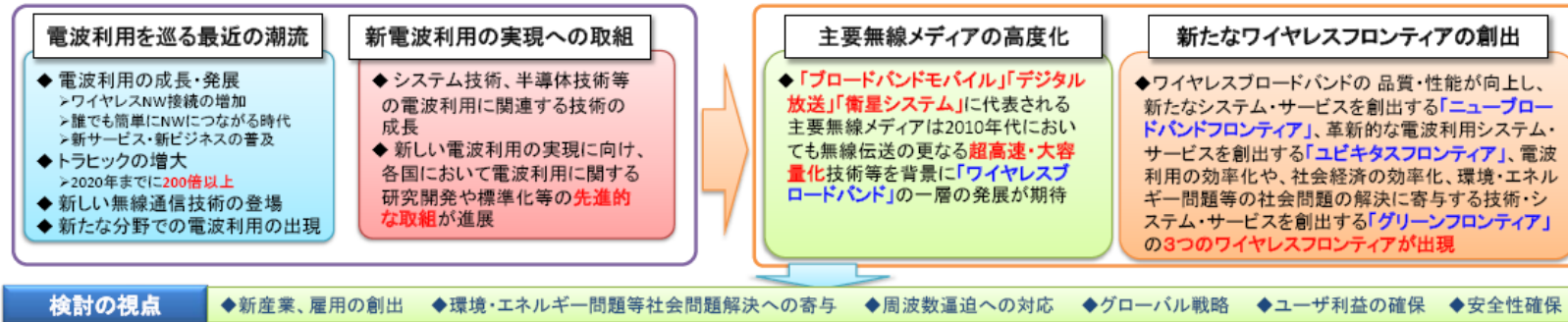
DSA (Dynamic Spectrum Access) Networks技術

[1] Akyildiz et al., "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: a survey,"
"Computer Networks, v. 50, pp. 2127-2159, 2006

総務省電波政策懇談会

電波政策懇談会報告書(案) 概要

参考資料



2010年代の電波利用システム・サービスの将来像



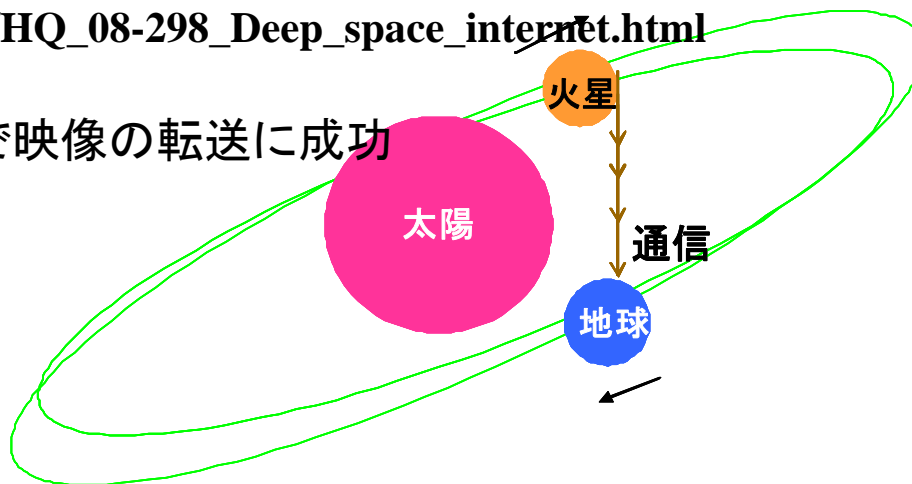
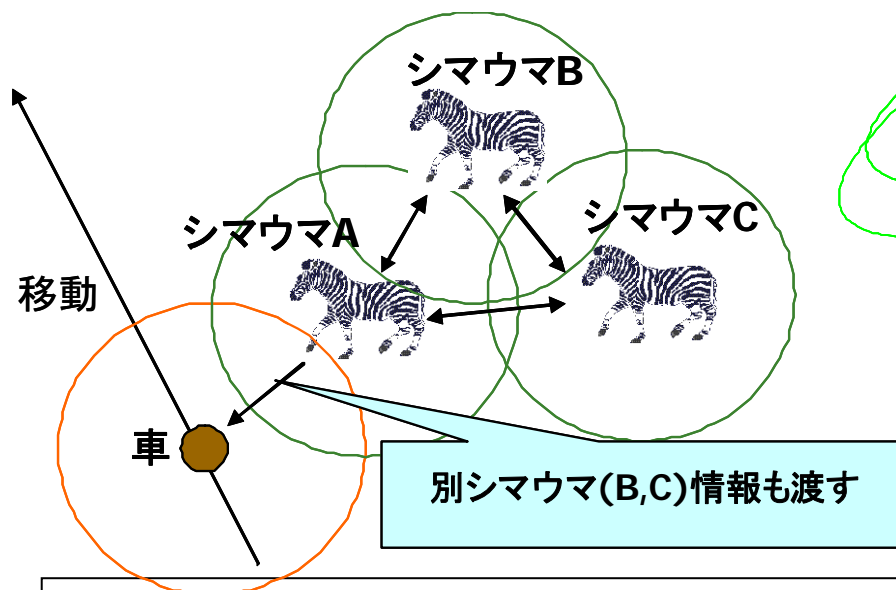
当初のDTN技術の適用例

惑星間インターネット (IPN: Interplanetary Network) : 惑星は周期的に軌道を描く為に、太陽の陰から現れる時間を想定 (予測出来る接触型ネットワーク) して、惑星や衛星間で通信実行。

http://www.nasa.gov/home/hqnews/2008/nov/HQ_08-298_Deep_space_internet.html

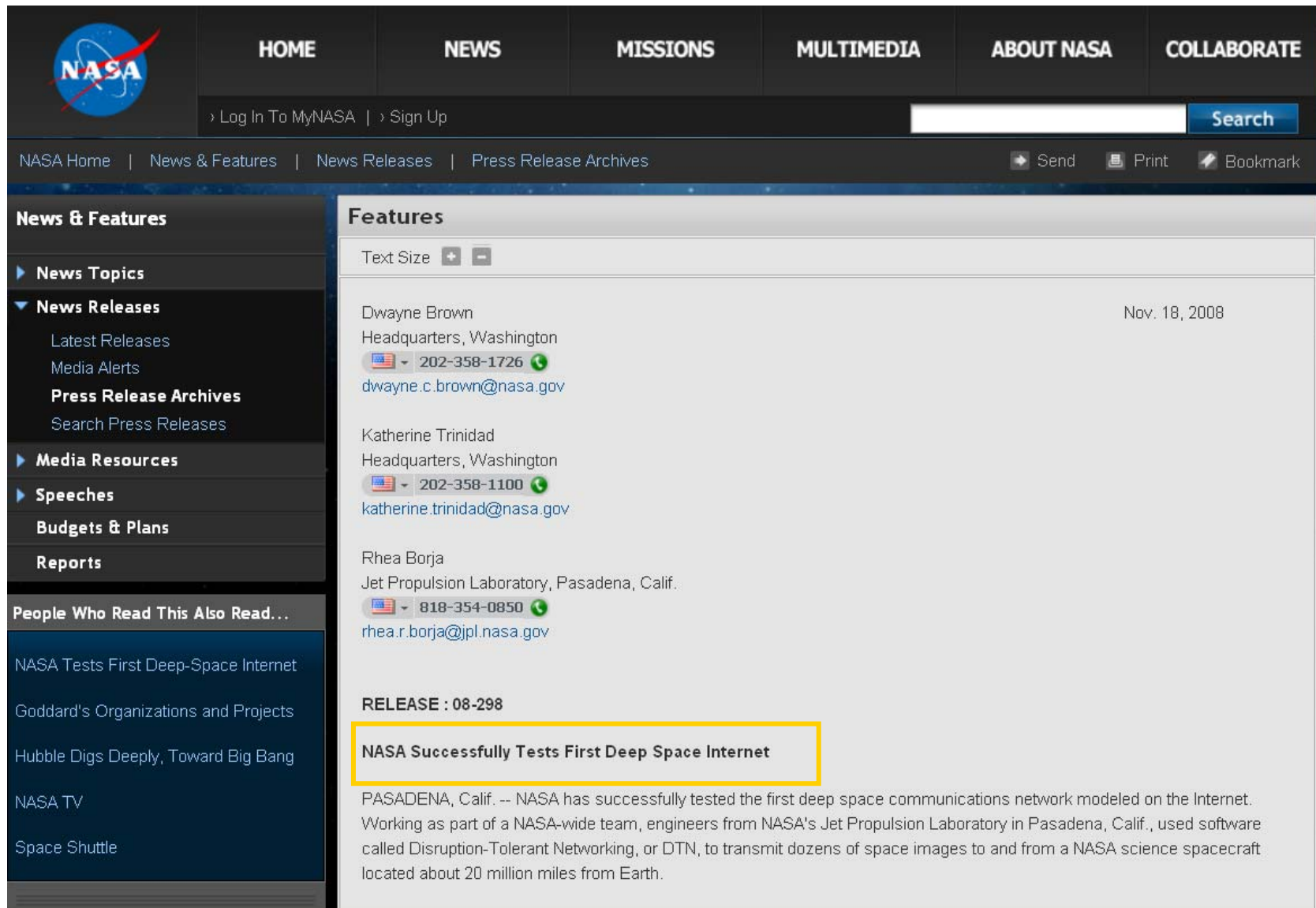
NASAによる実験: 2008年11月

地球と3219万キロ離れた宇宙船との間で映像の転送に成功



ZebraNet: ケニアの高原で35000頭のシマウマの生態情報を収集するプロジェクト。首輪にセンサーをつけ、シマウマAはBやCに擦れ違ふことでBとCから生態情報を受け取る。通りかかった観測車がシマウマAから3頭分の生態情報を受け取り、基地へ→MANET+WSNET

NASAにおける深宇宙のDTN実験



The screenshot shows the NASA website's navigation bar with links for HOME, NEWS, MISSIONS, MULTIMEDIA, ABOUT NASA, and COLLABORATE. Below the navigation bar is a search bar and a secondary navigation bar with links for NASA Home, News & Features, News Releases, and Press Release Archives. The main content area is divided into a left sidebar and a main content area. The sidebar contains sections for News & Features, Media Resources, and People Who Read This Also Read... The main content area features a 'Features' section with contact information for Dwayne Brown, Katherine Trinidad, and Rhea Borja. A news release titled 'NASA Successfully Tests First Deep Space Internet' is highlighted with a yellow box. The release text describes the successful testing of the first deep space communications network modeled on the Internet, using Disruption-Tolerant Networking (DTN) to transmit space images to and from a NASA science spacecraft located about 20 million miles from Earth.

News & Features

- News Topics
- News Releases
 - Latest Releases
 - Media Alerts
- Press Release Archives
 - Search Press Releases
- Media Resources
- Speeches
- Budgets & Plans
- Reports

People Who Read This Also Read...

- NASA Tests First Deep-Space Internet
- Goddard's Organizations and Projects
- Hubble Digs Deeply, Toward Big Bang
- NASA TV
- Space Shuttle

Features

Text Size + -

Dwayne Brown Nov. 18, 2008
 Headquarters, Washington
 🇺🇸 - 202-358-1726 📞
dwayne.c.brown@nasa.gov

Katherine Trinidad
 Headquarters, Washington
 🇺🇸 - 202-358-1100 📞
katherine.trinidad@nasa.gov

Rhea Borja
 Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, Calif.
 🇺🇸 - 818-354-0850 📞
rhea.r.borja@jpl.nasa.gov

RELEASE : 08-298

NASA Successfully Tests First Deep Space Internet

PASADENA, Calif. -- NASA has successfully tested the first deep space communications network modeled on the Internet. Working as part of a NASA-wide team, engineers from NASA's Jet Propulsion Laboratory in Pasadena, Calif., used software called Disruption-Tolerant Networking, or DTN, to transmit dozens of space images to and from a NASA science spacecraft located about 20 million miles from Earth.

NASA, 深宇宙で 「惑星間インターネット」実験に成功

- 米航空宇宙局(NASA)は米国時間2008年11月18日, 深宇宙における「惑星間インターネット(Interplanetary Internet)」の実験に成功したと発表した。この通信ネットワークでは, TCP/IPの代わりに「DTN(Disruption-Tolerant Networking)」と呼ぶソフトウェア・プロトコルを採用した。
- DTNは, NASAと“インターネットの父”として知られるVint Cerf氏が共同開発した。同プロトコルは, 探査機が惑星の裏側に移動した場合や, 太陽風の発生などによる信号の遅延, 中断や切断など, 送信先への経路が見つからなかった場合でも, データ・パケットを破棄することはない。ネットワーク・ノードは, ほかのノードと安全に接続できるまでパケットをノードで保持するため, 情報は失われずに送信される。
- NASAは今年10月にDTNのテストを開始した。ハートレイ2彗星への途上にある「Epoxi」探査機を火星へのデータ中継衛星として利用したほか, 地上にあるNASAのジェット推進研究所(JPL)に火星着陸探査機, 軌道衛星, ミッション運用センターに見立てた9つのノードを設置して, 実験を行った。この10カ所のノードを介して週2回送信を行い, 地球から約2000万マイル(3219万キロ)離れた宇宙船と, 宇宙の画像のやり取りに成功したという。

DTN技術の適用

従来のインターネット技術(TCP/IPやDNS)の 前提条件が満足できない環境

- 山間・離島、都会の死角、高速移動体、海上・宇宙・深海等での通信
- 低電力短距離通信による広域情報収集・配布(センサ、アクチュエータ等)
- 災害で通信インフラが損傷を受けた場合の通信



いつでもどこでも情報流通が可能な環境を実現するためには

- 遅延が極めて大きく、パケットロスや回線中断が極めて頻繁に起きる、従来の前提条件を満足しないネットワークが途中にあっても、効率的・経済的にEnd-to-Endの情報伝達を実現できる新しい技術が必要

DTN (Delay/Disruption/Disconnection Tolerant
Network)技術

NICT九州RCでのDTN研究プロジェクト

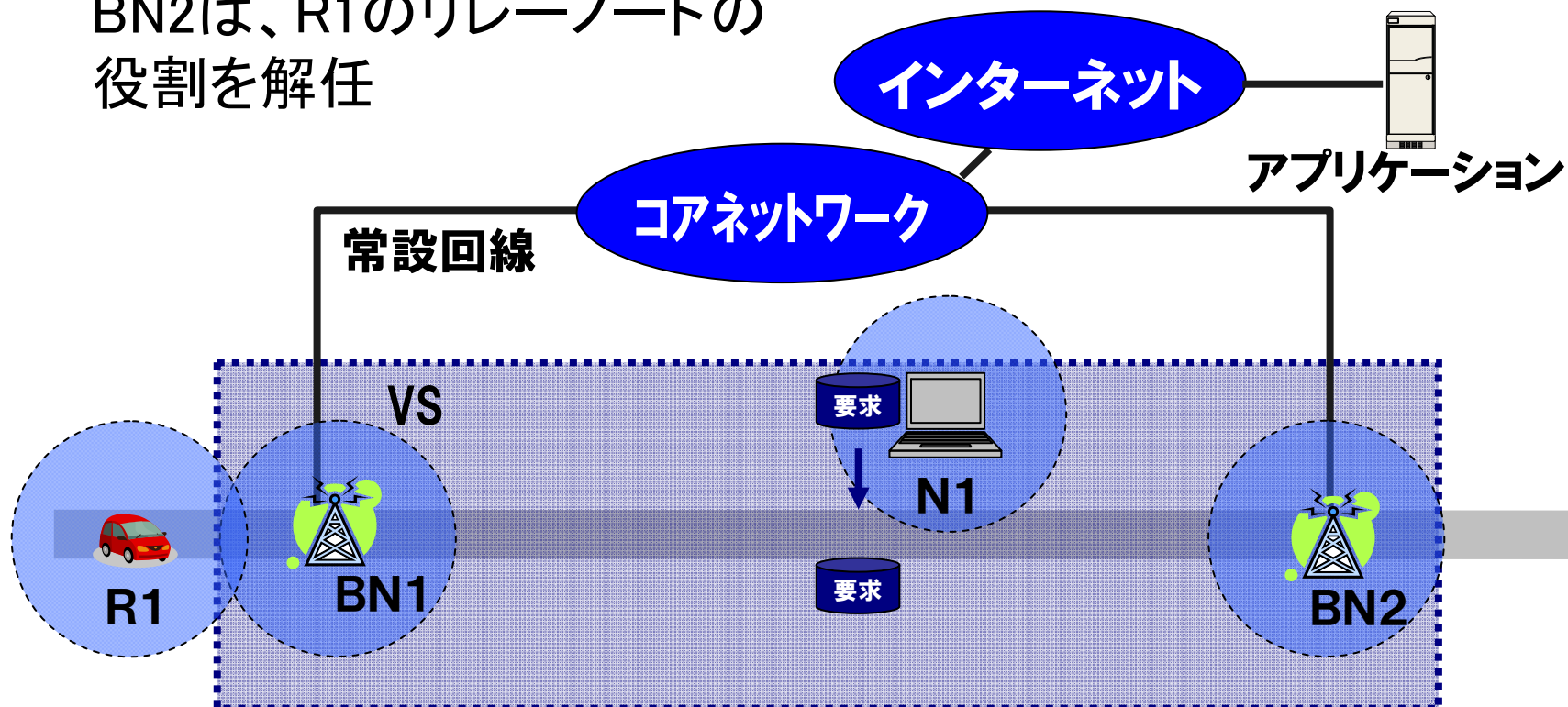
- ユニバーサルアクセスのための仮想アクセス環境技術の研究開発
- 英語名: Virtually Sustainable Access Technology (ViSA)
- 期間: **2006.6 – 2009.3**
- 目標: 通信資源制約が極めて厳しい環境(劣通信環境)を含む時間的・空間的に不均一なネットワークにおいて、現実的なコストと少ないユーザ・ストレスで情報流通を提供する技術
 - 極めて特性変動が大きい「環境」(例: 移動する物同士の通信)
 - 従来は通信をあきらめていたような通信資源の厳しい「環境」
 - 一時的に通信できないような「状況」
- 広義のDTN技術
 - DTN技術の重要性に着目したプロジェクト(おそらく国内で初めて)
 - 要素技術の研究とシステム化の試作・実証実験
- 九工大、阪大、関学、地元企業、自治体との協力

仮想セグメントシステム ーノードの説明ー

- **レギュラーノード**
固定又は、移動の通信サービスを利用するユーザ
- **リレーノード**
レギュラーノードとデータ送受信を行い、ベースノードまでデータを運搬する道路を移動する車両
- **ベースノード**
近くを通過する車両をリレーノードとして制御するコアネットワークのゲートウェイノード
- **仮想セグメント**
道路に配置された複数のベースノードで囲まれた地理的な領域。

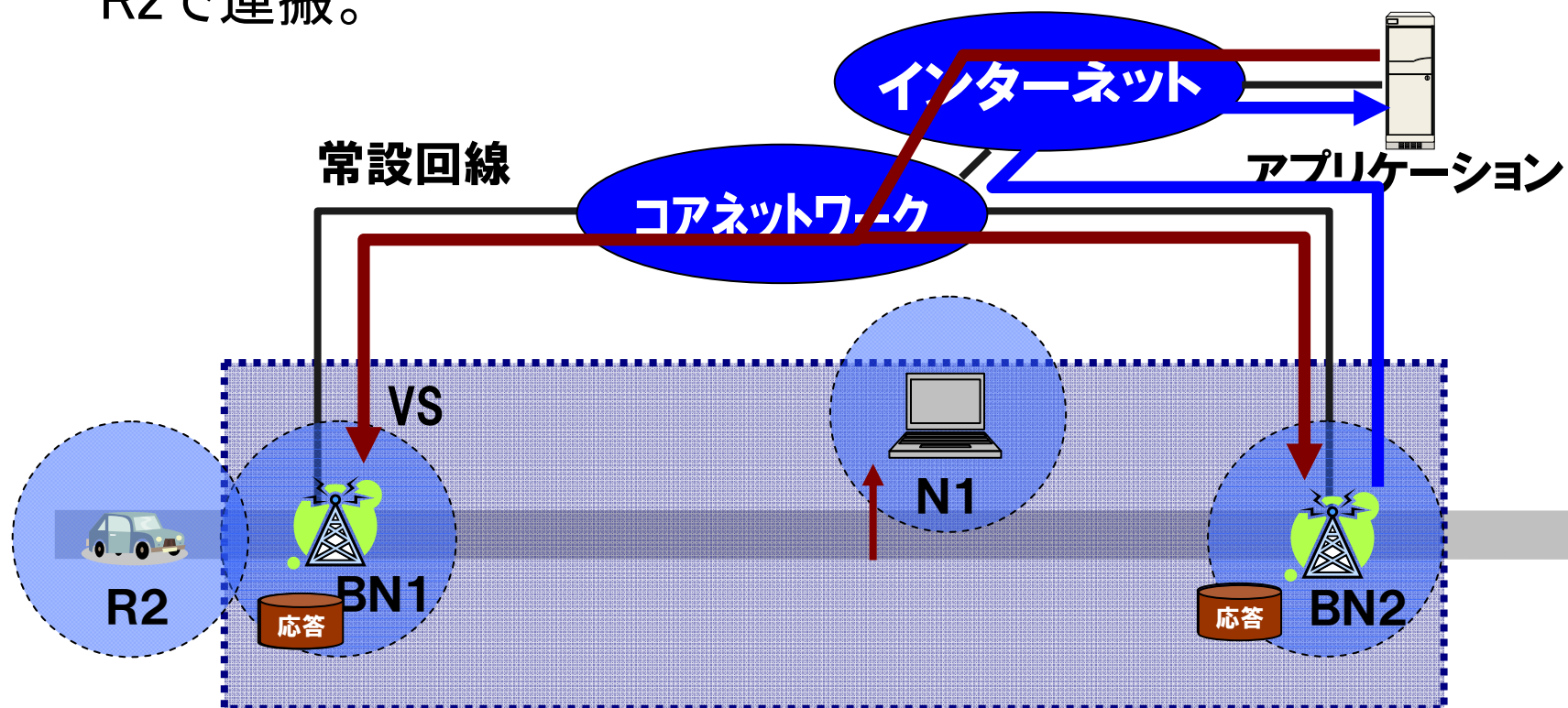
仮想セグメントシステム - 動作その1 -

1. N1がメッセージを宛先に送信。N1ノードでバッファに格納
2. R1がBN1に遭遇。N1は、R1をVSのリレーノードに任命
3. R1がN1に到達。N1はR1にデータを転送
4. R1がBN2に遭遇。R1は運搬データをBN2に転送
5. BN2は、R1のリレーノードの役割を解任



仮想セグメントシステム - 動作その2 -

6. BN2は、メッセージをアプリケーションに回送
7. 応答メッセージがアプリケーションからBN1とBN2に返送。
8. BN1とBN2は、応答メッセージをバッファに格納
9. 応答メッセージは、セグメントに進入した別のリレーノード R2で運搬。





Network Design
Research Center

九州広域ICTプラットフォーム 調査研究 20年度実証実験

①条件不利地域で発生した災害における
現場周辺での臨時的なインターネット
環境の構築を可能にする仕組みを検証

無線LAN機能付
小型バルーン



災害現場で必要な
情報収集後、直ちに【仮想発生現場】
対策本部へ移動

【データ送信機能付 仮想公用車】

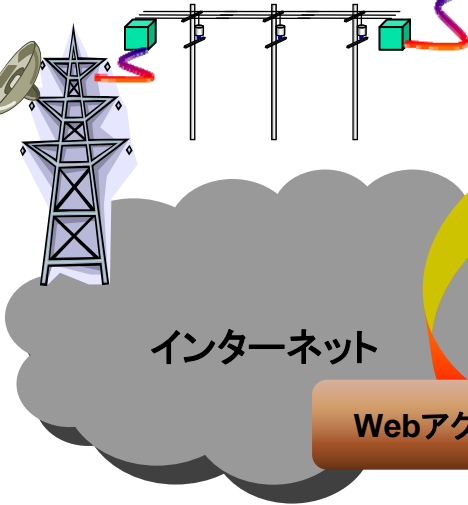


移動中の公用車内において、収集データ
の内容を整理し、適宜対策本部サーバー
へアップしていく

無線LANエリア通過中に送信できなかった
データは携帯通信エリア内に入った段階で
自動的にデータ通信を開始

無線LAN網

携帯通信網



Webアクセス

最寄の役場
(インターネット接続中継拠点)



宮崎情報
ハイウェイ
21

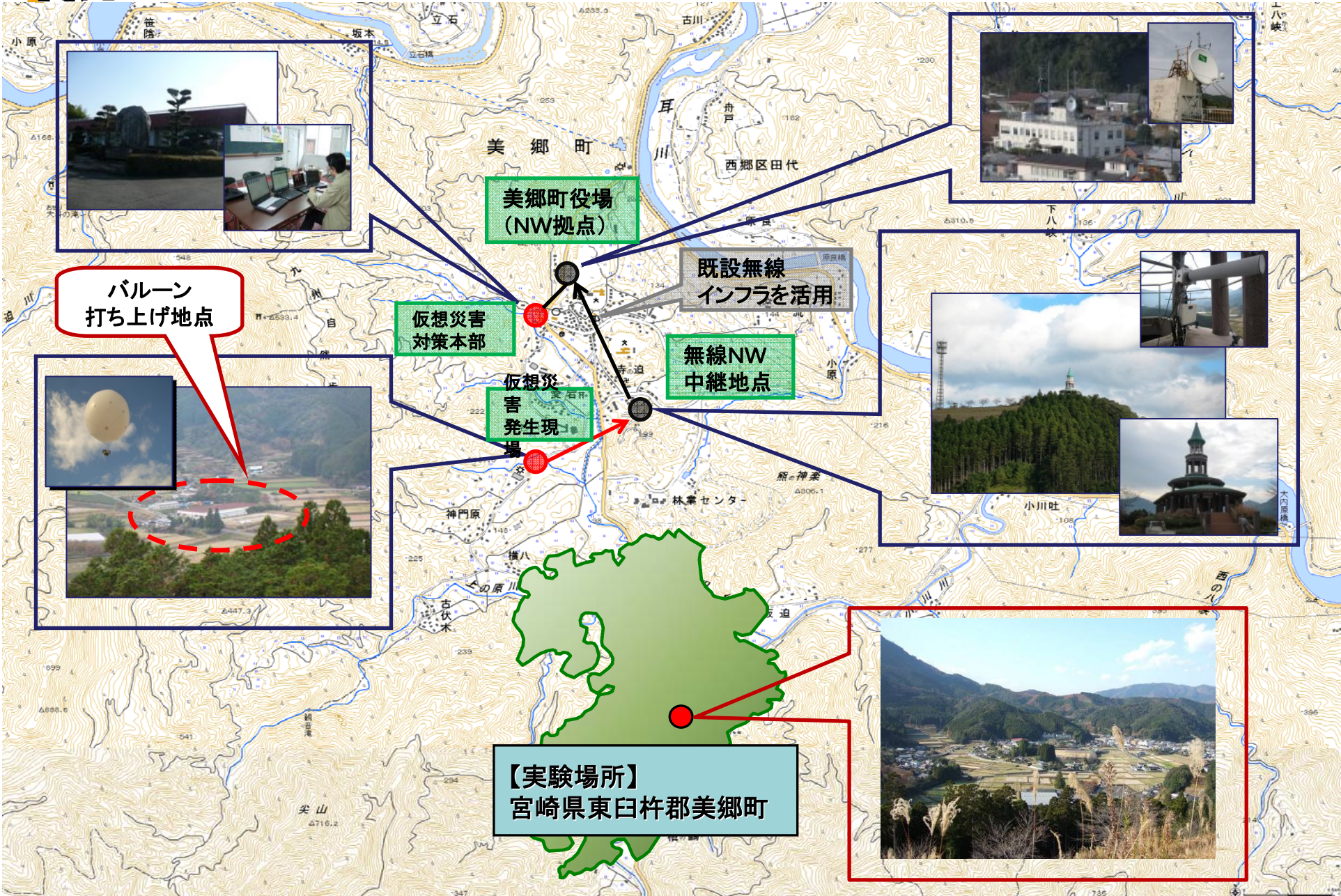


【仮想対策本部】

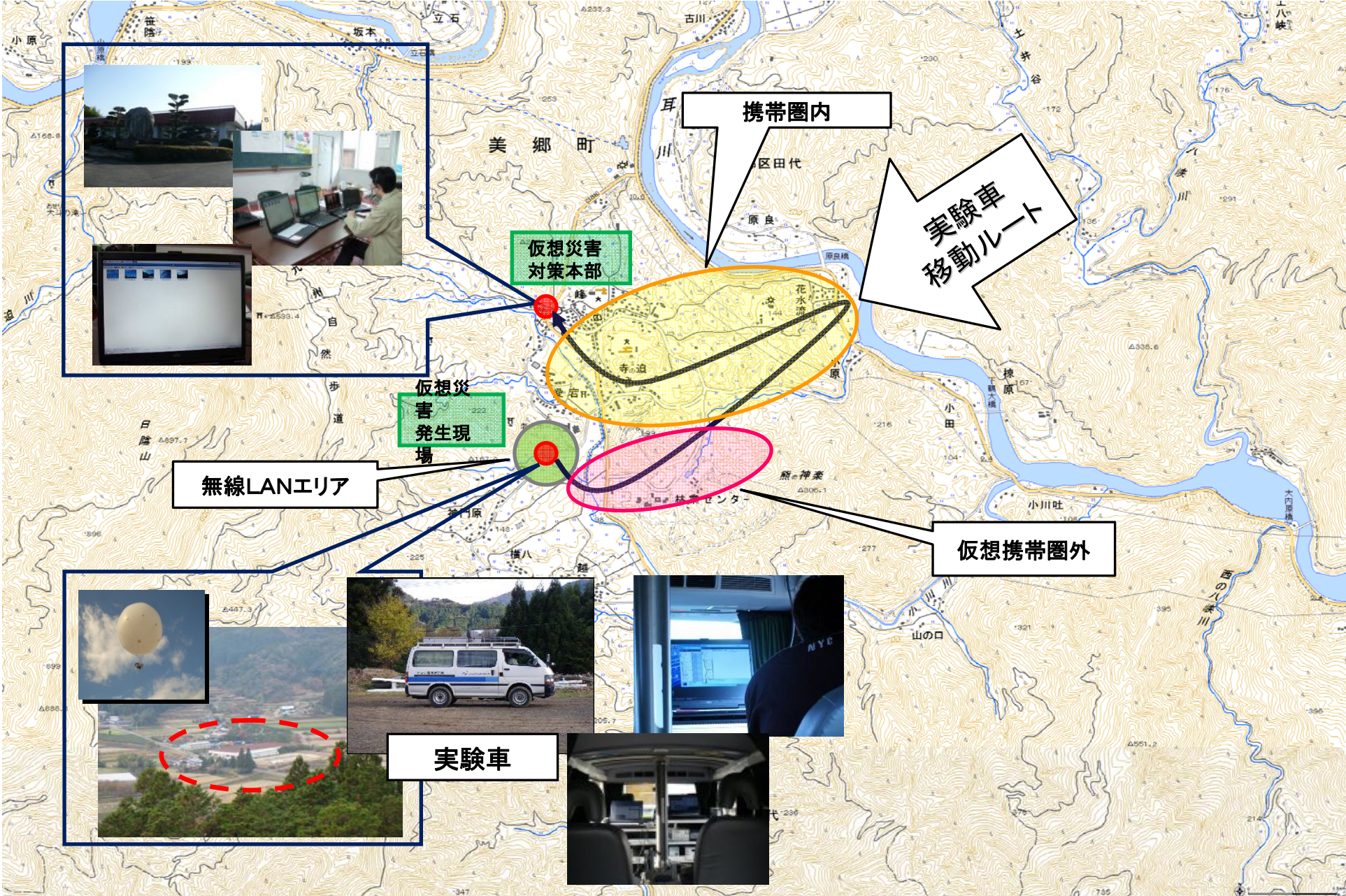
Mobile
アクセス

②対策本部への帰還
前に、全ての報告
データの送信を可能
にする仕組みを検

実証実験 実験フィールド [全体構成]



実証実験 実験フィールド [実験車ルート]



ネットワークとエネルギー問題

インターネットにおける消費電力

- インターネットにおける電力消費は、普及とともに急激に増加

アメリカの2000年におけるインターネット機器電力消費量

Device	Device Number	Total Electricity Consumption
Hubs	93.5 Million	1.6 TW-h
LAN Switch	95,000	3.2 TW-h
WAN Switch	50,000	0.15 TW-h
Router	3,257	1.1 TW-h
Total		6.05 TW-h

原子力発電所のリアクター1基分に相当

Kurt W. Roth et al, "Energy Consumption by Office and Telecommunications Equipment in Commercial Buildings Volume I: Energy Consumption Baseline"

インターネットにおけるエネルギー消費

インドにおける電力消費
量: 509TWh, インター
ネット関連電力消費予測
(インターネット普及率か
ら) = 4.75% (2000年)

原子力発電: 7 TWh
USにおけるネット関連
機器電力消費: 10基分

One central baseload
power plant
(about 7 TWh/yr)





ITU-T Symposia on ICTs and Climate Change

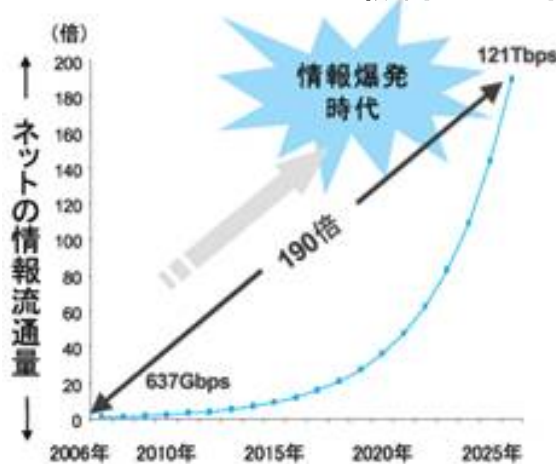
The screenshot shows the ITU-T website header with the logo and navigation links in multiple languages. The main content area features a sidebar with categories like 'Standardization' and 'Activities'. The main text area is titled 'ITU Symposia on ICTs and Climate Change' and provides details for two events: one in Kyoto, Japan (April 2008) and one in London, UK (June 2008). It includes a contact email and a detailed paragraph explaining the impact of ICTs on climate change and the role of the symposia.

- 地球温暖化対策におけるICTの利活用とともに、どのようにICT分野での電力消費を削減できるか、議論

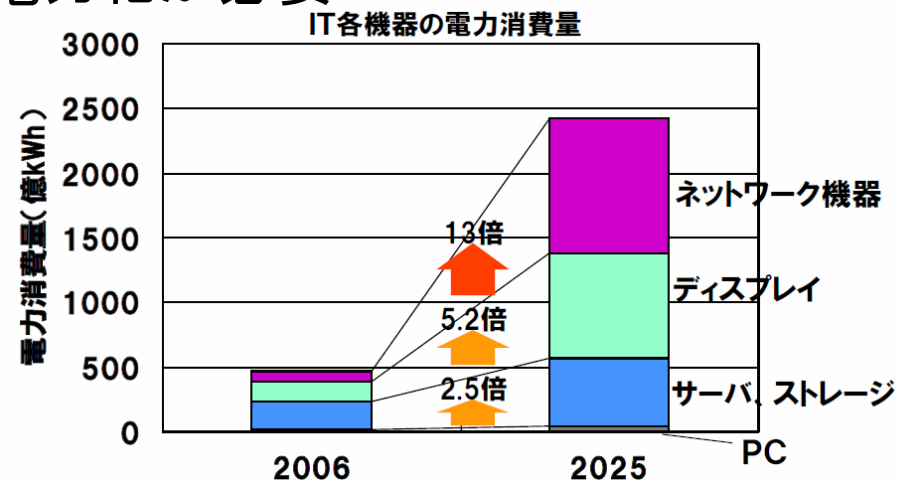
<http://www.itu.int/ITU-T/worksem/climatechange/index.html>

ネットワーク機器の省電力化に関する研究

- インターネットトラフィックの増加と共に、ネットワーク機器の消費電力が急増 → ネットワーク機器の省電力化が必要



【インターネットトラフィックの増加予測とIT機器の増加予測】



- 2008年度までの取り組み: LANスイッチの省電力化

- スイッチバッファ中にパケットが無い場合のスリープ制御
- トラフィック変動に応じて

- 1ポートのリンク速度を動的に変更(リンク帯域固定の場合の消費電力は表に示すとおり)
- Link Aggregation 機能における集約リンク数を動的に変更

【リンク帯域とポート毎の電力消費量】

Link Bandwidth [Mb/s]	10	100	1000
Power Consumption [W]	0.1	0.4	3.6

- 新たな取り組み:

- トラフィック変動に応じたネットワーク機器省電力制御のためのトラフィック量推定に関する検討
- 機器の省電力化を考慮したトラフィックエンジニアリング

Product Energy Efficiency



省電力ギガビ
省電力テクノ
た、ファンレス

Cisco has incorporated power-reduction features into many of our consumer products.

これまでのスイッチングハブでは、使っていないポートでも使用中のポートと変わらないくらいの電力を消費していました。本商品では未使用ポートへの電気出力を制限することにより、最大65.8%(*)の省電力を実現しました。例えば夜間、本スイッチに接続されたPCやネットワーク機器がシャットダウンしていたり、ケーブルのささっていない空きポートがある場合に、ポートのリンク状態を自動判別し電気出力をコントロールします。PCやネットワーク機器の電源を ON にすれば自動的に通常の電気出力に復帰しますので、ユーザが対策を意識する必要はありません。

※ 全ポート未使用時のエコピタスイッチ「DG-SW6GTX」と従来品「DG-SW6GTR」との比較になります。

DOWNLOAD

「Green Ethernet」省電力機能

D-Linkの「Green Ethernet」DG-S-1000シリーズは、リンクの稼働/非稼働や使用されているケーブル長を自動認識し、スイッチの消費電力を最適化することで、電力消費を大幅に削減します。これにより、地球環境負荷の削減を実現するとともに、運用コストの削減を実現します。



「おまかせ節電」機能で省エネを実現

ケーブルが繋がれていなかったり、パソコンの電源がOFFの未使用ポートを自動判断し、自動で電力供給を調節します。また、LANケーブルの長さによって供給電力を調節し、使用中のポートも適切な省エネが実現できます※。

※一部機種は除く

未使用ポートへの供給電力を制限



従来のスイッチ (パワーコントロール機能非搭載)



パワーコントロール機能搭載スイッチ



- 省電力化機能を組み込んだ製品群の市場への供給が始まっている



Network Design
Research Center

新たな課題



工学とは?デザインとは?

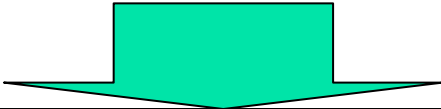
- A most elegant description is that **engineering is about design under constraint.** Technology is the outcome of engineering. in *“The Engineer of 2020”* by National Academy of Engineering, U.S.A. (2004)
- 「デザインは(アートと異なり)基本的には個人の自己表出が動機ではなく、その発端は社会にある。社会の多くの人々と共有出来る問題を発見し、それを解決していくプロセスにデザインの本質がある。」
(原研哉著「デザインのデザイン」、岩波書店)

ネットワーキング・リデザインの背景

- 拘束条件(環境)の変化
 - 技術の変化、利用方法の変化
- 目的の変化
 - 多様な要求への対応
 - 人、地域、社会の多様な要求
- 持続的な発展を目指して
 - ネットワークと人の良好な関係: 共生関係

多様性の尊重、多様性への対応

- Will engineering reflect and celebrate the diversity of all the citizens in our society? *in “The Engineer of 2020” by National Academy of Engineering, U.S.A. (2004)*

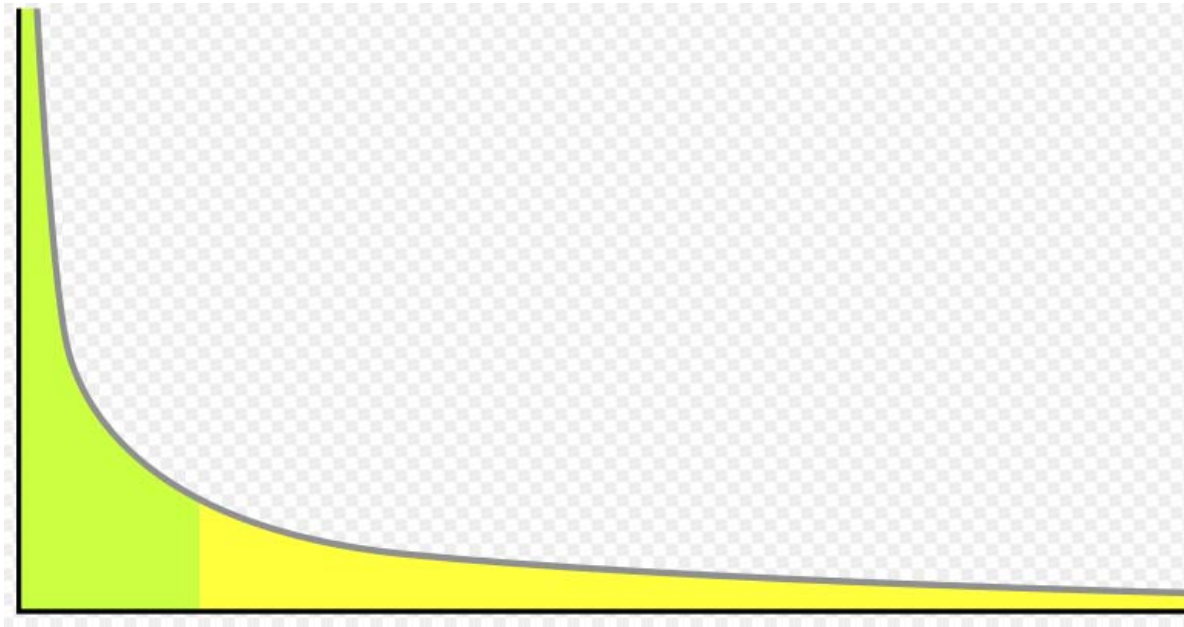


人間の多様性(多様な特性、多様な要求)に
対応できるサービス

個人、地域からの情報発信の支援

個人の要求に合った情報検索
サービス提供

べき乗則： 別の表示(ロングテール)



ロングテール、80:20の法則(パレートの法則)

20%の大規模要求に応える技術ではなく、残りの数%に応える技術
(例) 放送→インターネット(Google, Amazon, SNS)、さらには?)

インターネットで観測される べき乗則

- 物理トポロジ
 - ASレベル
 - PoP (Point of Presence)レベル
 - Routerレベル
- 論理トポロジ
 - WWW (World Wide Web)
 - Webページ同士のリンク関係
 - 各ページへのアクセス数など
 - P2P (Peer-to-Peer)
 - ファイルの人気ランキング
- トラフィック特性 (WWWとP2P)
 - フロー到着間隔, フローサイズ, フロー持続時間, フローレート

調査内容

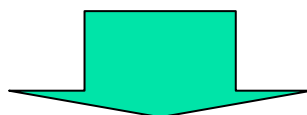
まず試しに、筆者のmixi IDから残りの各ユーザ(2008年1月時点でmixi全体で約1300万人)までの最短距離(マイクシィをたどった回数)を求めて、各距離ごとのユーザ数の分布を求めてみました。

距離	その距離のユーザ数	到達できるユーザ数	到達できるユーザの割合(%)
0	1	1	0.0000
1	37	38	0.0003
2	1103	1141	0.0087
3	58042	59183	0.4519
4	1896588	1955771	14.9341
5	7524544	9480315	72.3910
6	3046429	12526744	95.6533
7	338875	12865619	98.2410
8	33520	12899139	98.4969
9	5658	12904797	98.5401
10	2043	12906840	98.5557
...
160	1	12912255	98.5971
161	0	12912255	98.5971

6ホップでつながる人の数
例) $23^6=148,035,889$ 人
(日本総人口を超える)

共通した特徴

- 多くの現象は、平均的な振る舞いでは十分説明がつかない
- 多くの場合は、ある頻繁に生じる一群の事象と極めて多様な振る舞い(裾野が長い、太い)
- 頻繁に生じる事象と裾に位置する事象に対し、異なる対応(手法)が必要



イノベーションが必要

- ネットワーク利用の変化：
 - ビデオ・ストリーミングは急速に伸びている
 - その他、多様な応用が普及
 - インターネット広告が増加
 - ネットワークが重要なメディアに
- 今後のネットワーク
 - 多様な要求に応える：個性
 - 多様な情報を伝える：個人、地域
 - 様々な拘束から開放：
 - 持続的発展を可能にする技術・仕組