

2012.3.26 無線ブロードバンド活用セミナー

# ワイヤレスコミュニケーション の現状と新たな展開

電気通信大学  
先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター

山尾 泰



# 目次

- ◆ 自己紹介
- ◆ 無線通信の過去／歴史
- ◆ 現在のワイヤレス通信
- ◆ これからのワイヤレス通信

# 自己紹介

---

氏名 山尾 泰(やまお やすし)

所属 電気通信大学**AWCC**(先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター) センター長・教授

着任日 2005年12月1日

前職 NTTドコモ 無線システム開発部長

専門 移動通信システム、無線回路、無線ネットワーク

研究室 Web <http://www.awcc.uec.ac.jp/yamaolab/>

学生へのメッセージ; Never Give Up! Try Another Way

過去

# 電気通信大学と無線通信

1918年12月8日 社団法人電信協会  
「無線電信講習所」創設  
モールス信号で通信を行う  
無線通信士を養成

1949年5月31日 国立学校設置法  
施行により電気通信大学設置

2005年4月  
先端ワイヤレスコミュニケーション  
研究センター (AWCC) 発足

教授 4名(兼務含む)  
准教授 1名  
助教 1名(4月より)  
所属学生数 約100名



# 電波の通信への応用

- 1895年 ポポフの野外公開実験 (>250m)
- 1896年 マルコーニの公開実験 (12km)  
と無線電信会社の設立
- 1901年 大西洋横断実験成功

日本では

- 1897年 逋信省内に無線電信  
開発部設置
- 1898年 実用無線電信機を公開
- 1905年 日本海海戦で実戦に使用

写真はWikipedia  
等をご覧ください。

参考文献:小池明「日本海海戦と三六式無線電信機

# 対馬海峡における索敵強化

Enhancing the ability to search around the Tsushima Strait

海戦に勝利するためには、敵艦隊を早期に発見して主導権を確保することが不可欠であり、東郷連合艦隊司令長官はバルチック艦隊の近接に備え、対馬海峡西方海域に総勢約70隻の艦船を幾重にも配備しました。

5月27日02:45 仮想巡洋艦「信濃丸」はバルチック艦隊を発見し「敵艦見ユ203地点」を発信、第3艦隊旗艦「厳島」がこれを中継し連合艦隊司令部に報告しました。その後、巡洋艦「和泉」がバルチック艦隊との接触を保って刻々とその動向を連合艦隊司令部に打電し、これより東郷連合艦隊はその敵情をもとに有利な迎撃態勢を整え、日本海海戦に大勝利することができました。



# 1905 - 日本海海戦における三六式無線電信機の運用

To attain victory in naval battle, it is vital to take the initiative by detecting the enemy fleet in the early stages. In order to prepare the approach of the enemy fleet, Admiral Togo, Commander-in-Chief of Combined Fleet and his force of more than 70 ships—including many converted cruisers—took their positions in the western approaches of the Tsushima Strait. At 02:45 on 27 May, the converted cruiser, SHINANO-MARU, detected the Russian Fleet. The cruiser sent out the message, "Enemy sighted at point 203" and the ITSUKUSHIMA, flag ship of the 3rd Fleet relayed this message to the combined fleet headquarters on board MIKASA. Shortly afterwards the cruiser, IZUMI kept contact with the enemy fleet and reported on its movement by the minute. Because Admiral Togo had such accurate information about the enemy, he could take an advantageous position against the enemy fleet, and thus achieved a decisive victory in the Battle of the Sea of Japan.

## 三六式無線機

Type 36 Wireless Telegraph

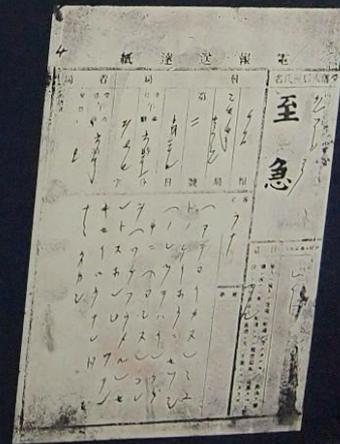
三六式無線通信機は、アンテナ直結の簡単な火花式送信機(三四式無線機)の不具合を改善した無線通信機であり、インダクションコイルの採用等により送信出力600Wで概ね80海里(約150km)での通信が可能になりました。三六式無線通信機は日露戦争直前に突貫工事により全艦艇、監視所、陸上司令部等に装備され、円滑な作戦指揮運用、適時の情報配布に大いに寄与しました。

The Type 36 Wireless Telegraph improved a problem in the Type 34 Wireless Telegraph of a simple spark transmitter directly connected to an antenna. The Type 36 was able to transmit a signal roughly 80 nautical miles (about 150km) with 600W output power. With the rush work before Japanese-Russian War, all naval ships, observation posts and land based headquarters were equipped with this Type 36 Wireless Telegraph, which contributed significantly to smooth operational command control and timely distribution of information.



木村駿吉  
Navy Engineer, Mr. Shunkichi Kimura

Professor Shunkichi Kimura of the 2nd High School (now Keio University) of Yokohama University was asked to join the navy and served on a research committee for the wireless telegraph. He devoted himself to the research and development of the Wireless Telegraph in the Yokosuka Navy Arsenal and is credited with developing the Type 36 Wireless Telegraph.



東郷司令長官の電報送達紙  
Admiral Togo's Famous Message

「敵艦隊見ユ203地点」  
コレヲ摩滅セントス本日大気晴明ナレドモ波高シ

UPON RECEIVING THE ENEMY SIGHTING REPORT SHORTLY, THE COMBINED FLEET WILL GET INFORMATION IMMEDIATELY AND THEREBY THEM BEING UNDESIRABLE TO GET THE WAYS ARE TRUE.

記念艦三笠説明図

# 三笠の無線電信室（復元状態）



受信機

印字機

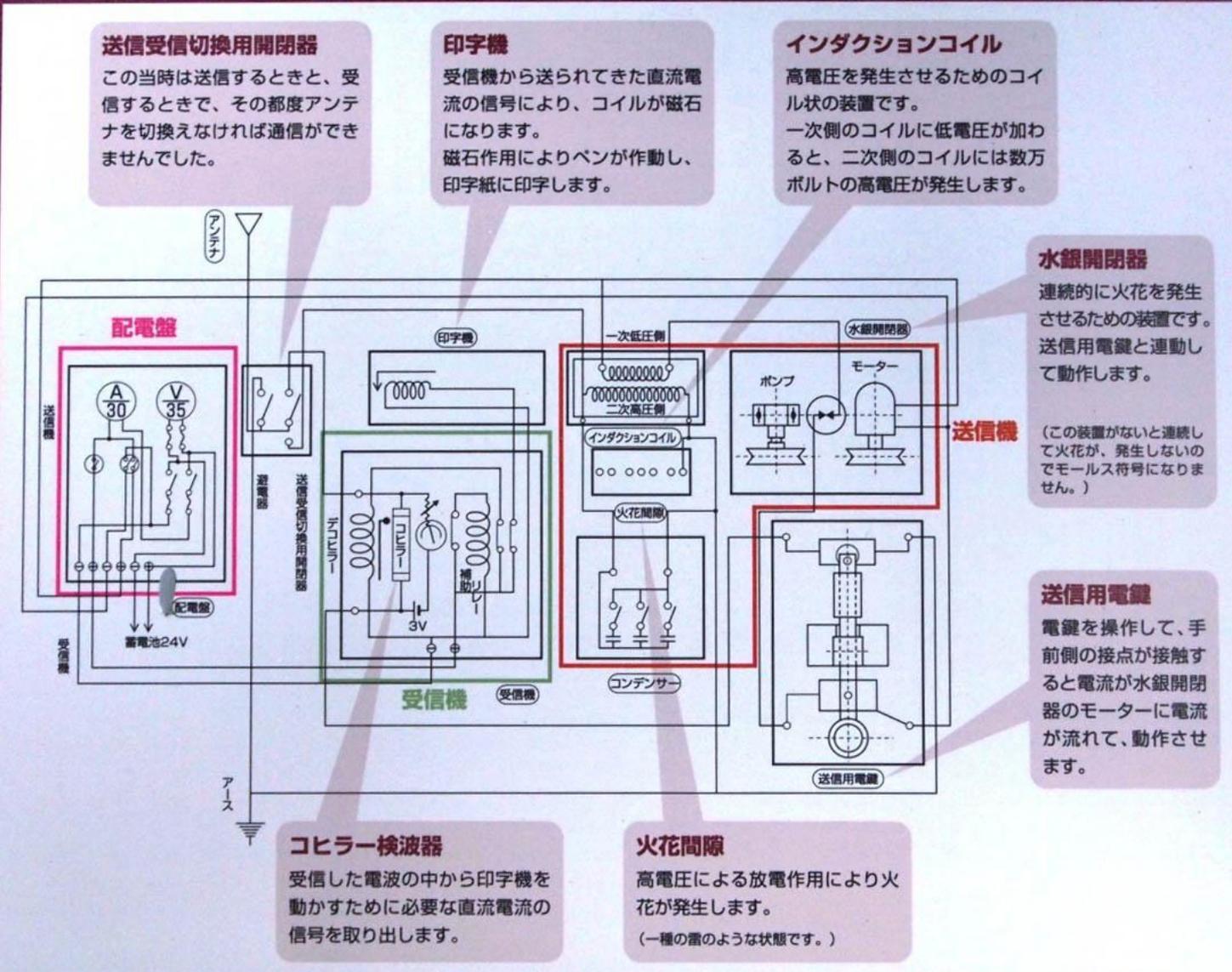
インダクションコイル  
と火花間隙

送受信切替  
開閉機

水銀開閉器（電動）

電鍵

# 三六式無線電信機(1902年)



**送信受信切替用開閉器**  
この当時は送信するときと、受信するときで、その都度アンテナを切替えなければ通信ができませんでした。

**印字機**  
受信機から送られてきた直流電流の信号により、コイルが磁石になります。磁石作用によりペンが作動し、印字紙に印字します。

**インダクションコイル**  
高電圧を発生させるためのコイル状の装置です。一次側のコイルに低電圧が加わると、二次側のコイルには数万ボルトの高電圧が発生します。

**水銀開閉器**  
連続的に火花を発生させるための装置です。送信用電鍵と連動して動作します。  
(この装置がないと連続して火花が、発生しないのでモールス符号になりません。)

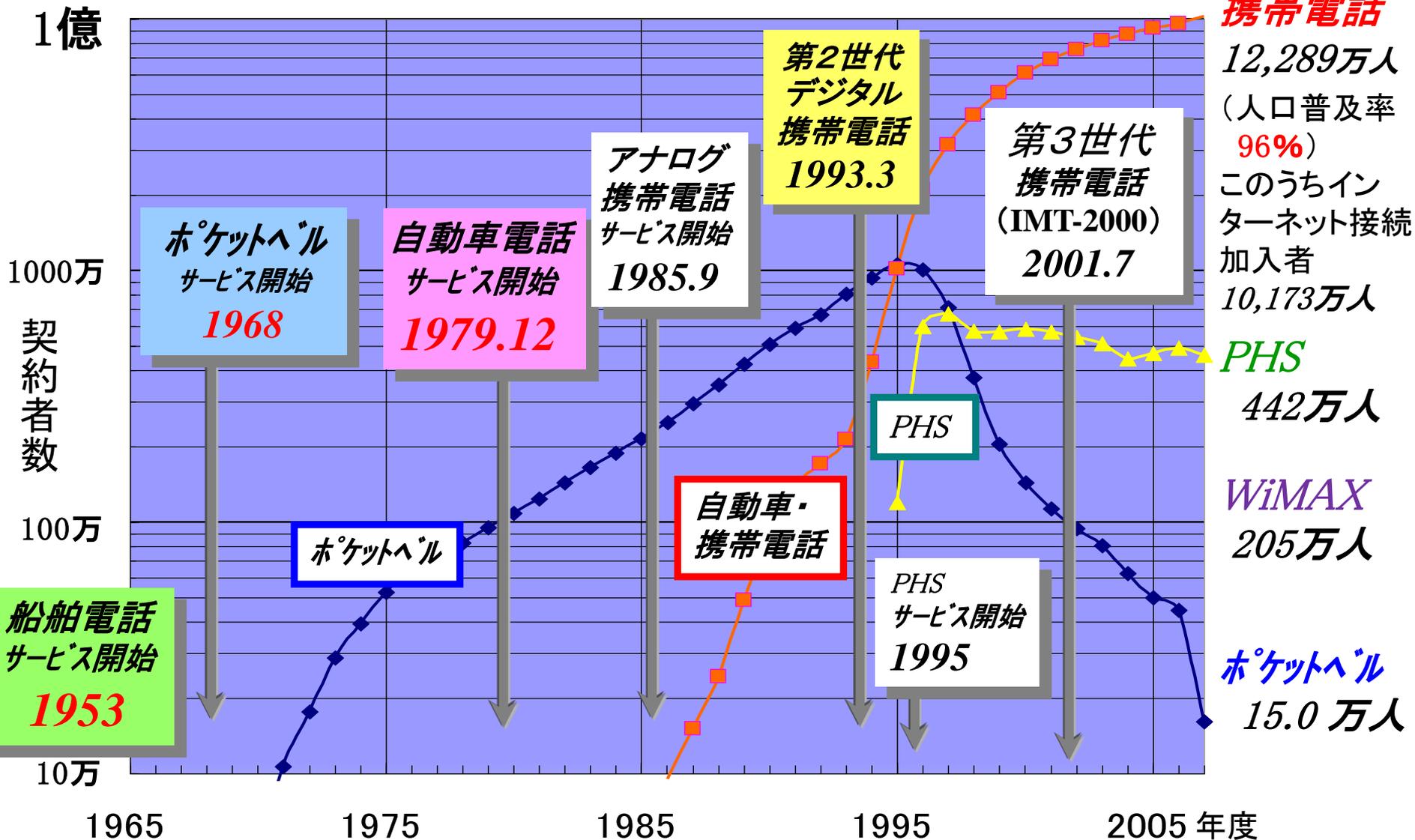
**送信用電鍵**  
電鍵を操作して、手前側の接点が接触すると電流が水銀開閉器のモーターに電流が流れて、動作させます。

**コヒラー検波器**  
受信した電波の中から印字機を動かすために必要な直流電流の信号を取り出します。

**火花間隙**  
高電圧による放電作用により火花が発生します。  
(一種の雷のような状態です。)

# 移動通信の歴史(40年前～現在)

2012年  
2月末 現在

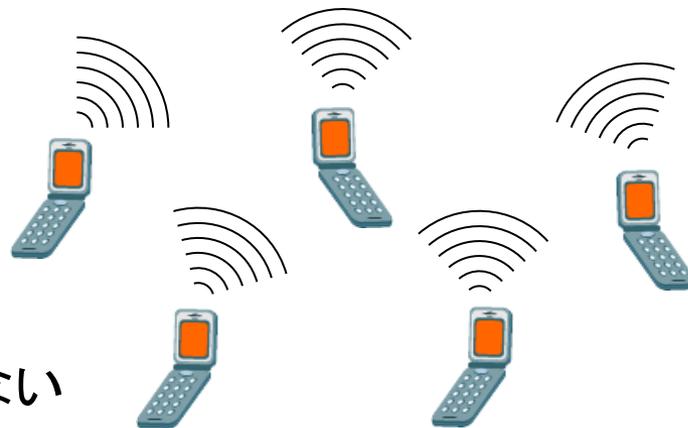


# 電波を操る難しさ = 時変確率現象

## ● 多重波伝搬(マルチパス)



## ● 電波間の干渉



電波を使うシステムは格段の進歩を遂げたが、  
その根本を支配する現象は全く変わってはいない

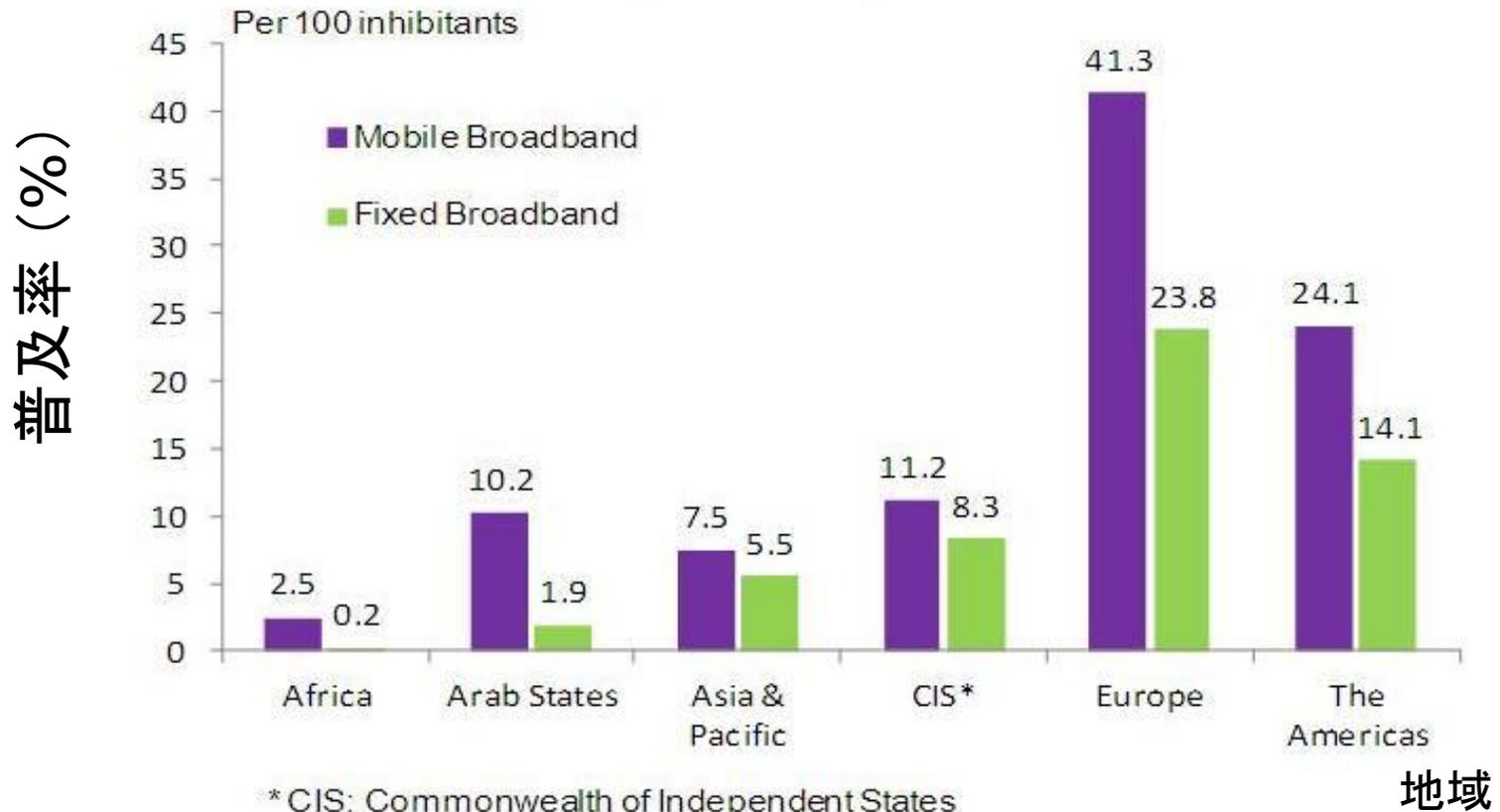
現在

# 世界のブロードバンドサービスの普及状況

## ● ブロードバンドといえばワイヤレスというのが世界の趨勢

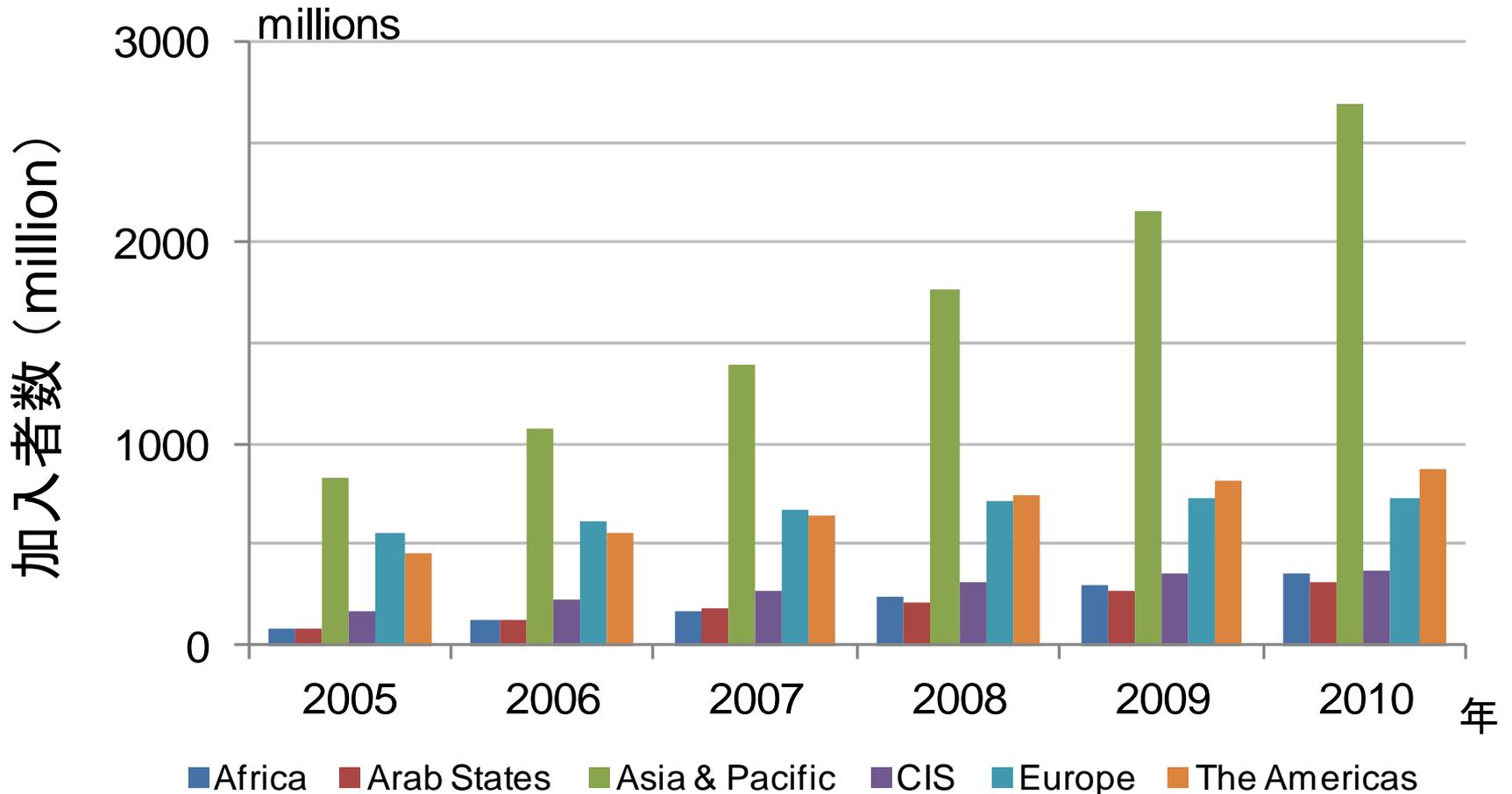
FIGURE 1

Fixed and mobile broadband penetration in 2010<sup>3</sup>



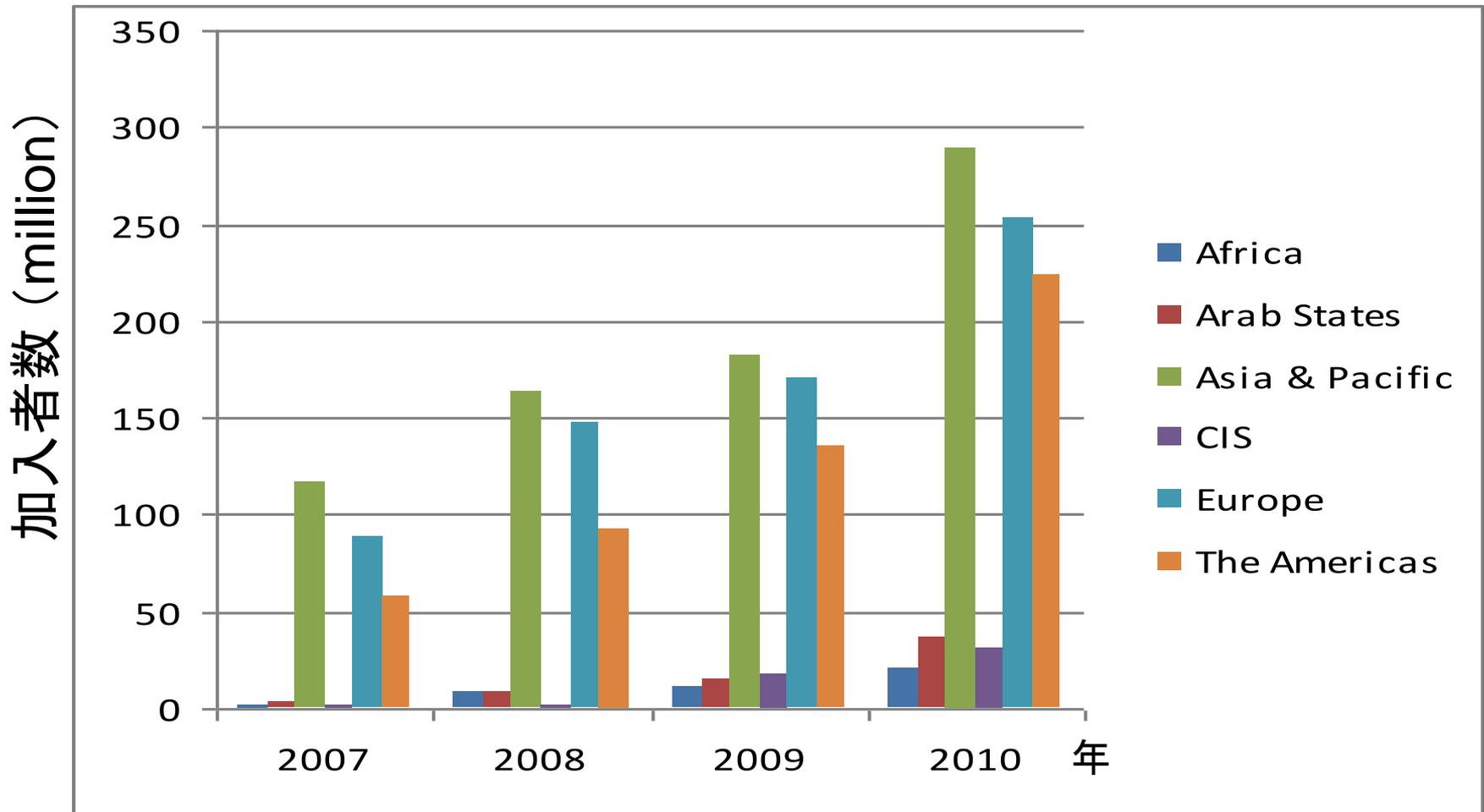
# 携帯電話サービスの普及状況

● 2011年2月における全世界の加入者総数は53億



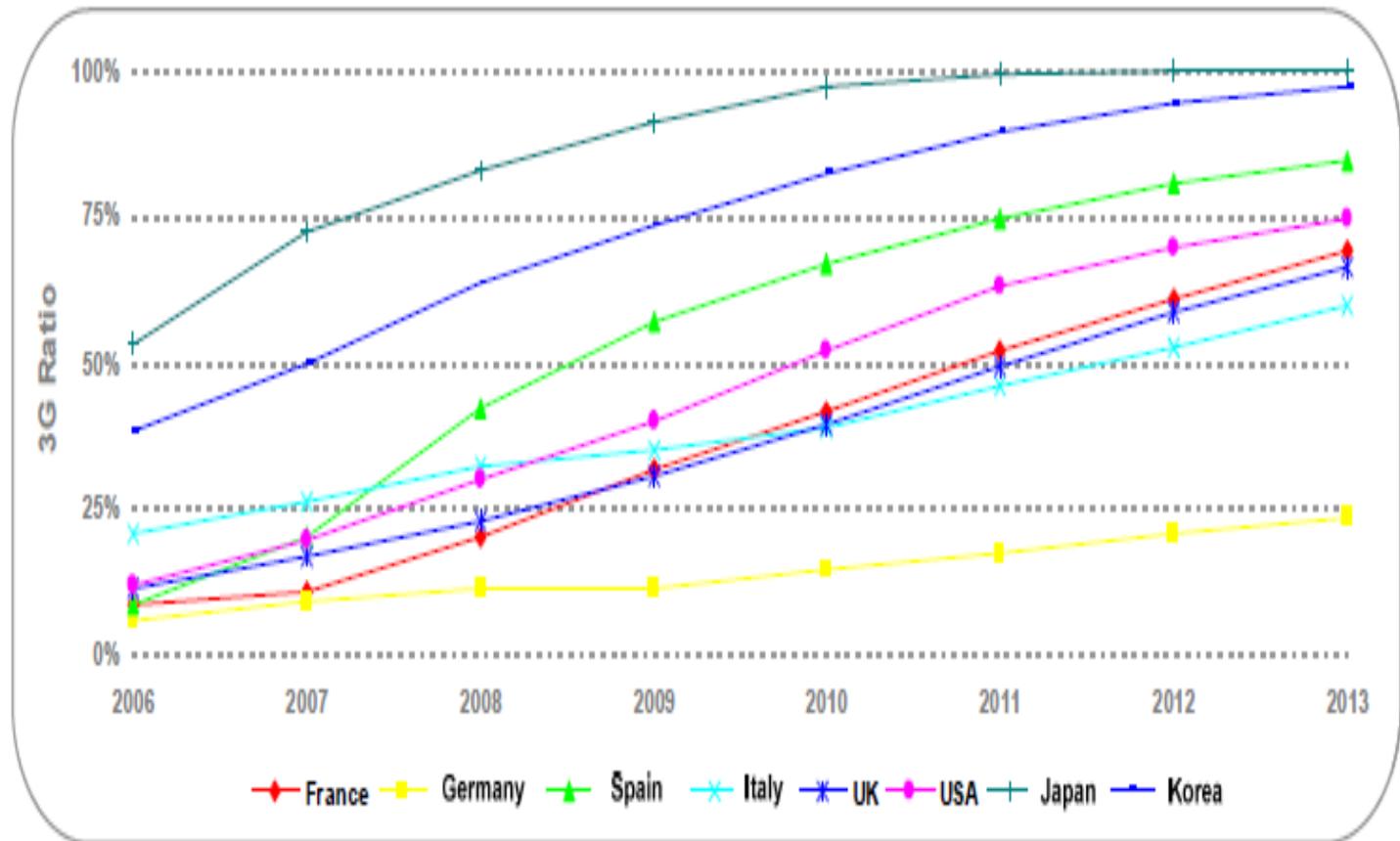
# 3Gサービスの普及状況

- 世界における3G携帯電話サービスの総加入者数は12億



# 3Gサービスの国別普及状況

- 3G比率は日本、韓国、スペインが高い

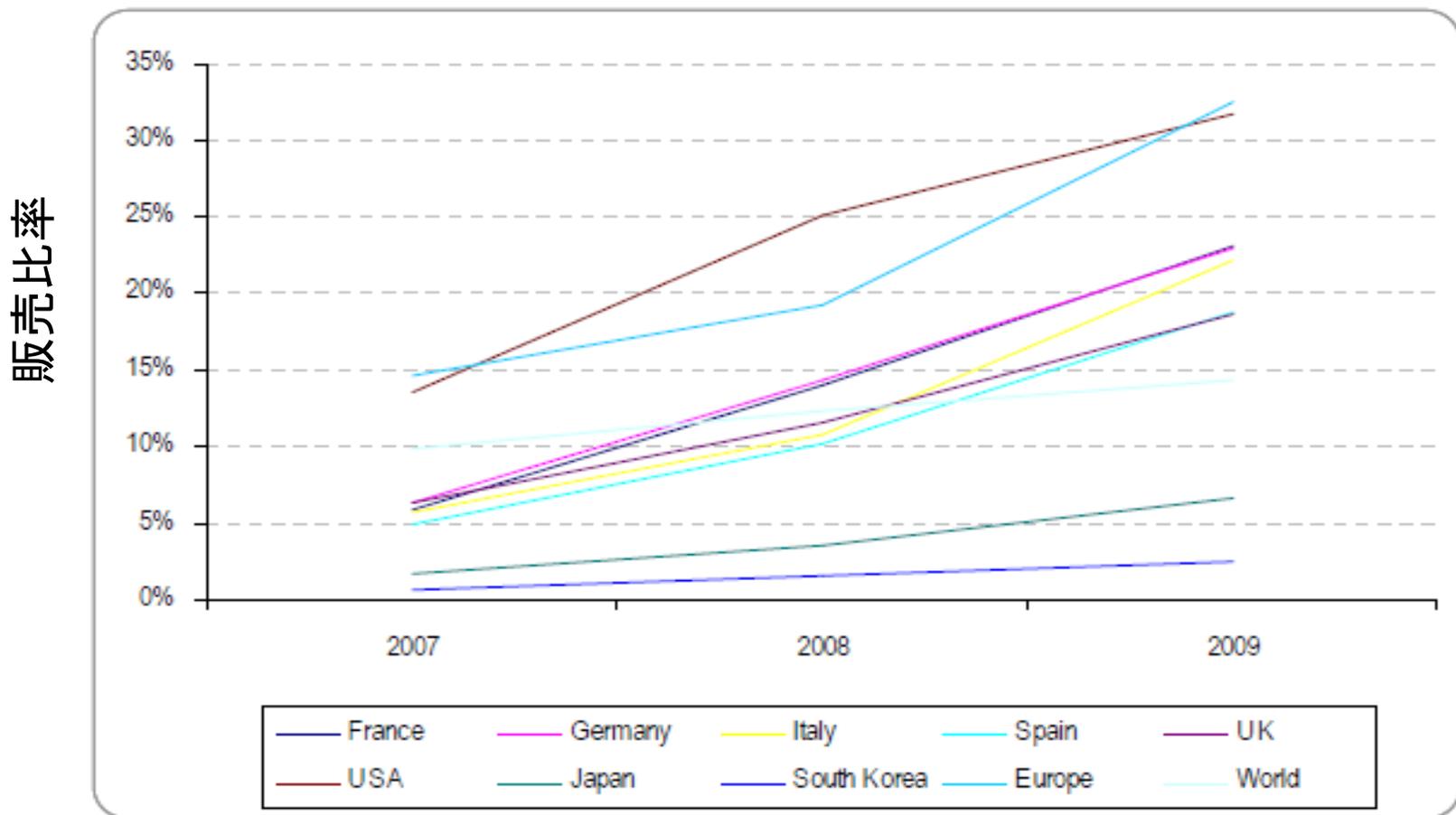


Source: IDATE

ITU-R, REP-M.2243-2011より引用

# スマートフォンの端末販売に占める比率

- スマートフォンの販売比率は各国とも高い伸びを示す  
2010年の世界での台数は5億3600万台で年率32%の増加



Source: IDATE ITU-R, REP-M.2243-2011より引用

# スマートフォンのデータトラフィックの爆発

- スマートフォンの台数増加に加えて、1台あたり送受信データトラフィックが突出（一般端末の24倍）

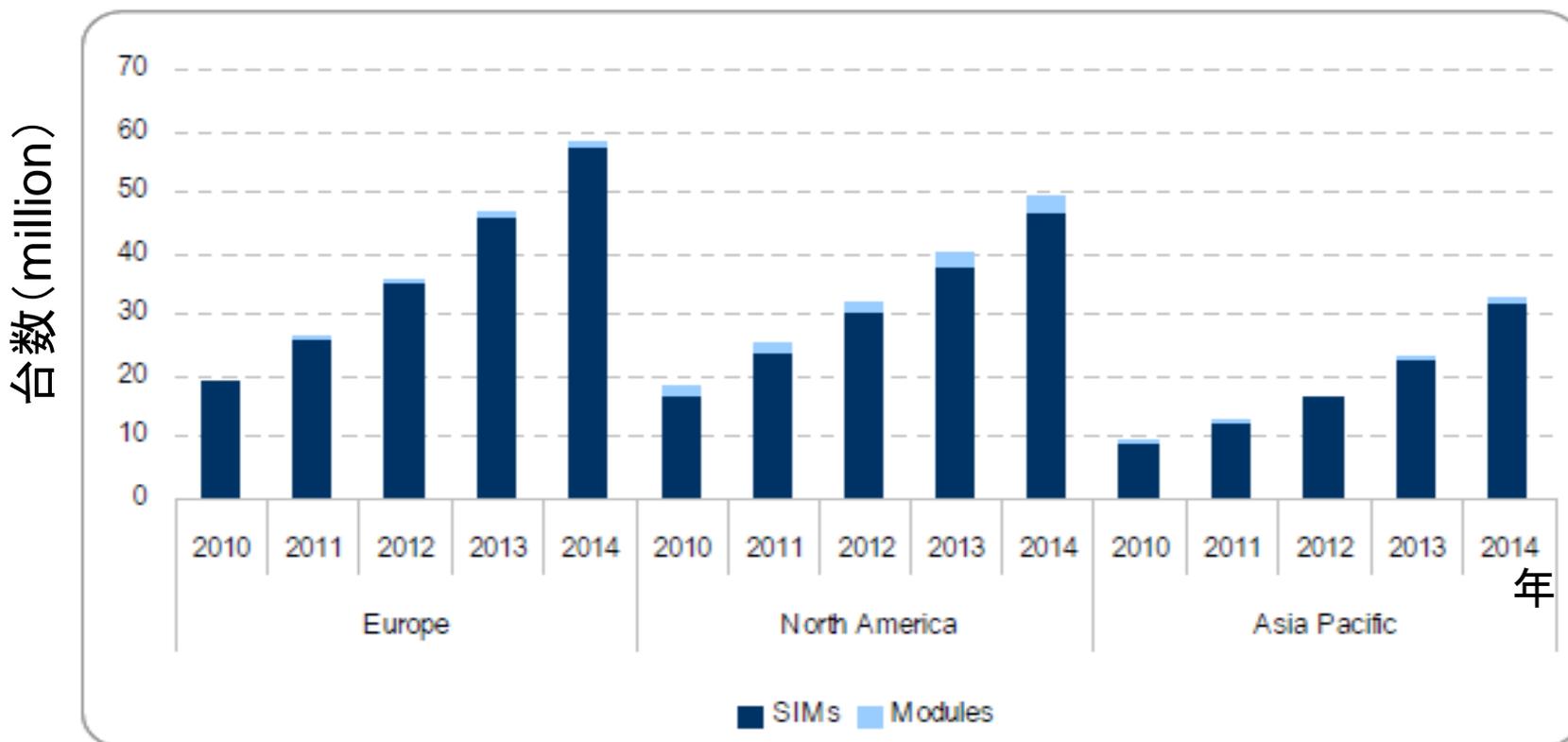
UMTS Forum/IDATE Report on Mobile Traffic forecasts 2010-2020

- スマートフォンの月間データ送受信量は1~2 GByte(2010)

Country	Time	Mobile Broadband Traffic per Day
Sweden	2009	61 MB/subscriber (average of private and corporate)
Finland	2H/2009	61 MB/subscription
Denmark	2H/2009	43 MB/subscription
Austria	Q4/2009	42 MB/subscription
Ireland	Q1/2010	42 MB/customer (average btw business and residential)
Iceland	2H/2009	31 MB
Slovak	n/a	15 MB/subscriber
Germany	2009	4.8MB/UMTS user (*as a response to Q2)
Netherlands	2H/2009	2.5MB/connection
Malta	1Q/2010	0.5MB/subscriber

# Machine-To-Machine (M2M)通信端末数

- 2010年末のM2M端末数は5300万モジュール  
年率33%で増加



Source: IDATE, 2010

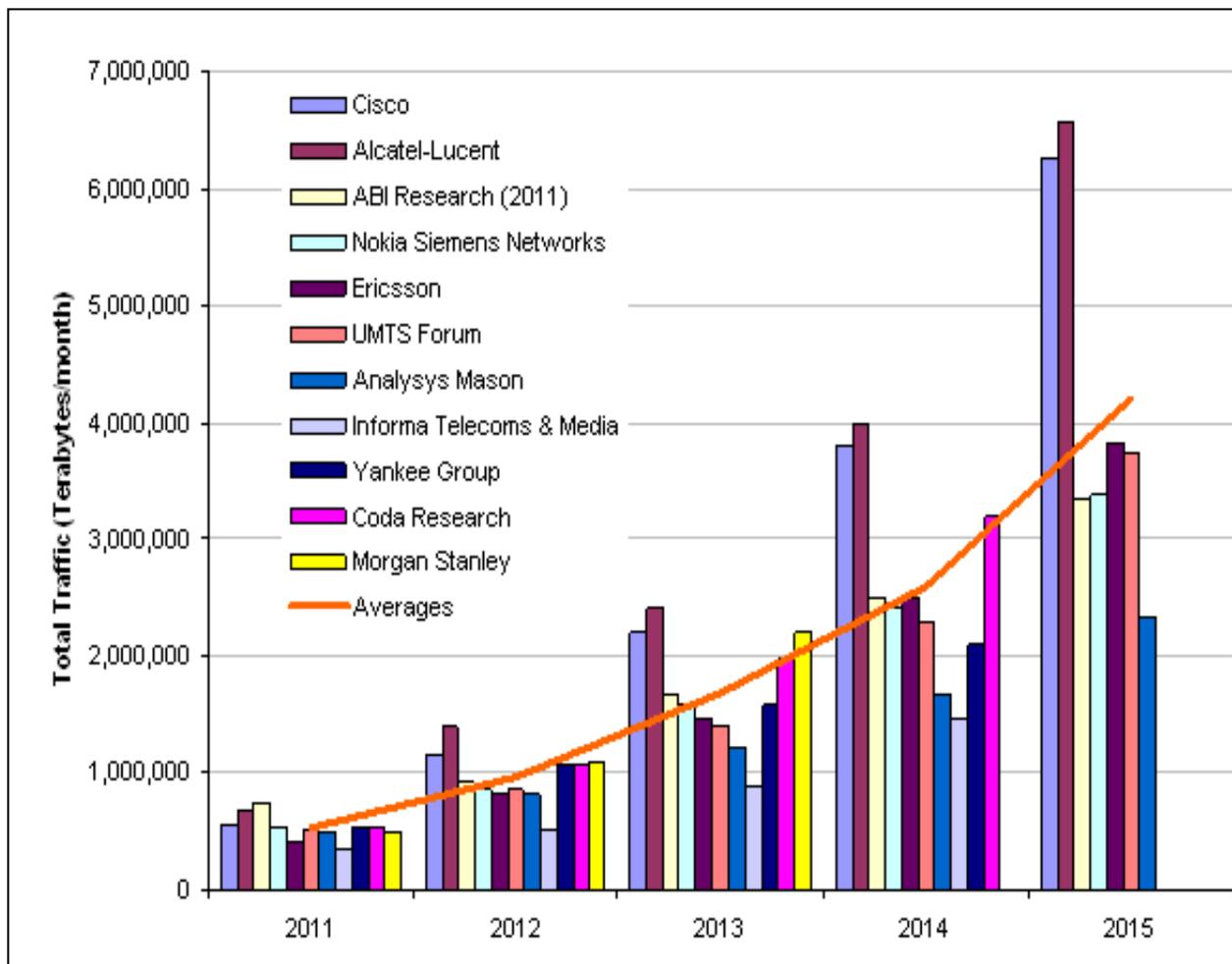
# 日本での最近の状況

- Smart Phone によるデータ系**トラヒックの爆発**
  - 各社ともNW設備の増強と3.9世代方式の展開を前倒し
  - 当面は公衆無線LANへのデータオフロードでトラヒックを分散して吸収
  - 定額料金制度の見直しは必至
    - 既に一定の情報量を超えたユーザの速度を制限
- 東日本大震災による広域・長時間の**通信障害**と**輻輳**の発生
  - 大規模災害はあらゆる通信設備インフラの機能を停止させた  
特に電源供給停止の影響が大
  - 激甚災害を受けた地域以外においても通信の広域輻輳が発生

公衆系通信インフラの限界 → 過度の依存は危険分散上問題

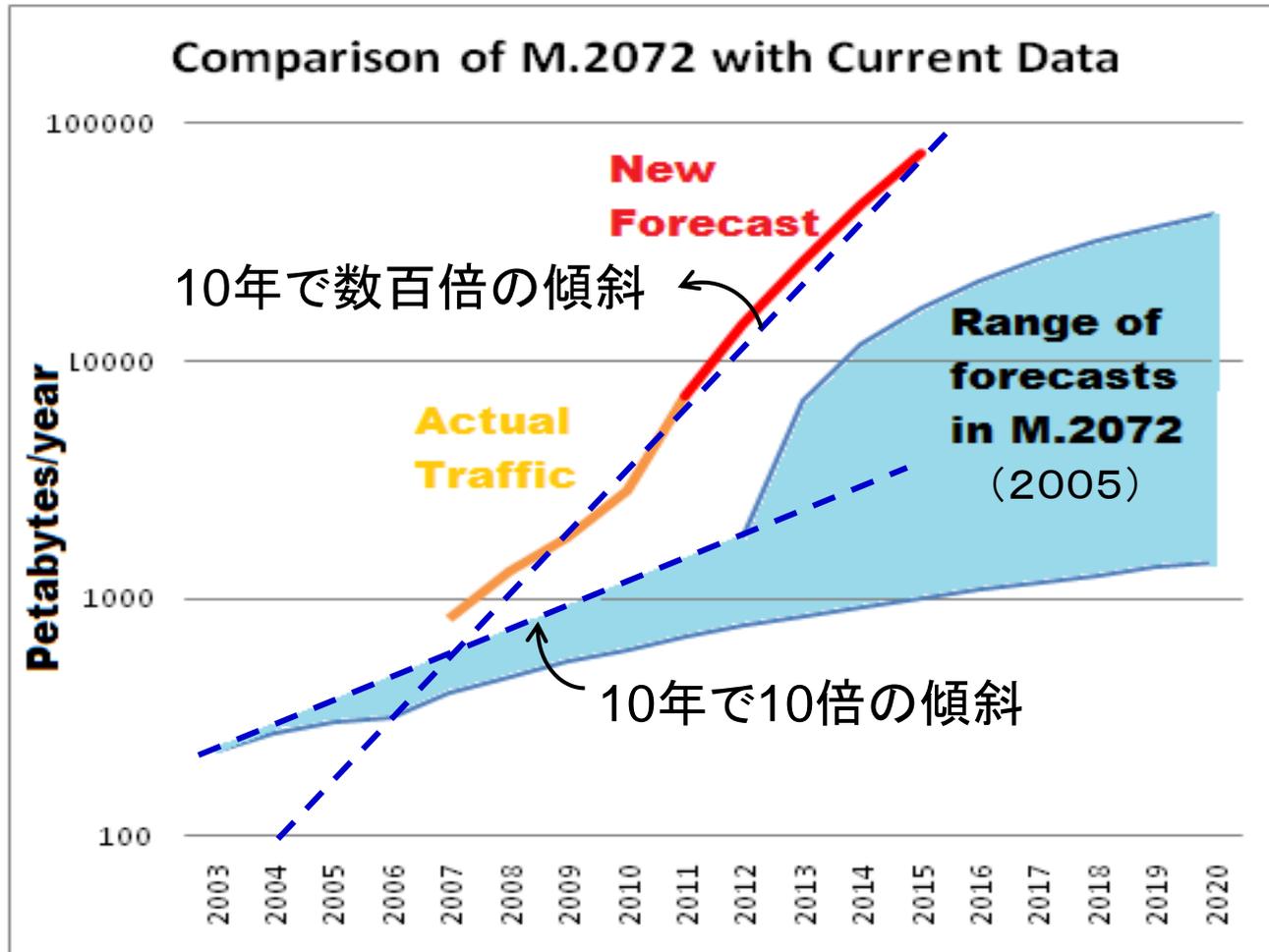
# モバイルデータトラフィックの予測

● 予測の平均は2年で約2.5倍強



# 携帯電話ネットワーク上のデータトラフィック

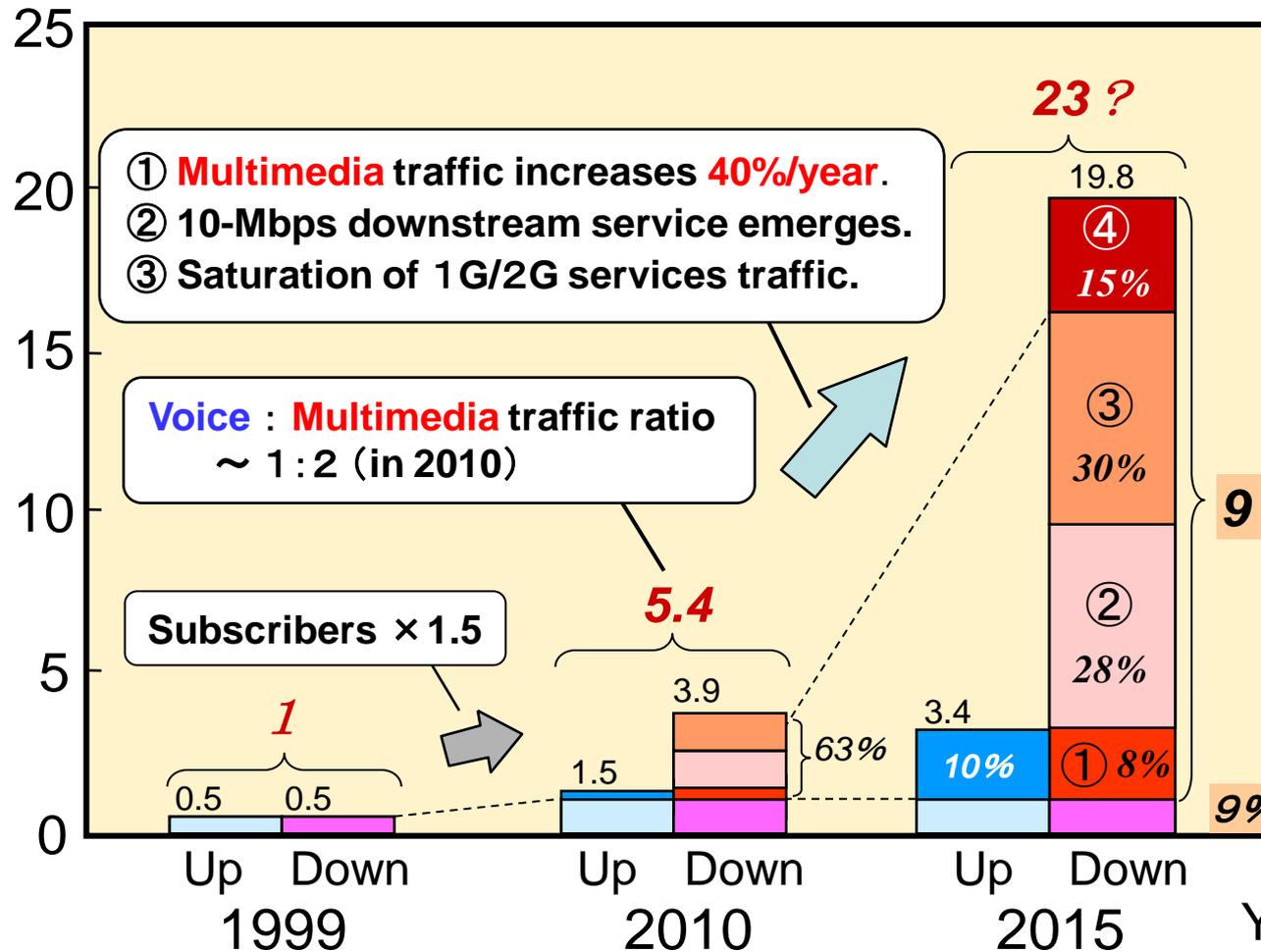
- 実際のトラフィックは2005年の予測の約2倍



# Forecasted Traffic (slide from 3G Wireless 2001)

**Multimedia traffic will dominate** after 2010.

Relative Traffic Value in Bits (Ref: 1999)



- ① **Multimedia** traffic increases **40%/year**.
- ② **10-Mbps** downstream service emerges.
- ③ **Saturation** of 1G/2G services traffic.

**Voice : Multimedia** traffic ratio  
~ 1 : 2 (in 2010)

**Subscribers** × 1.5

- Multimedia**
- ④ (U: 128k, D: 10Mbps)
  - ③ (U: 128k, D: 2 Mbps)
  - ② (U: 64k, D: 384kbps)
  - ① (U/D: 128kbps × n)

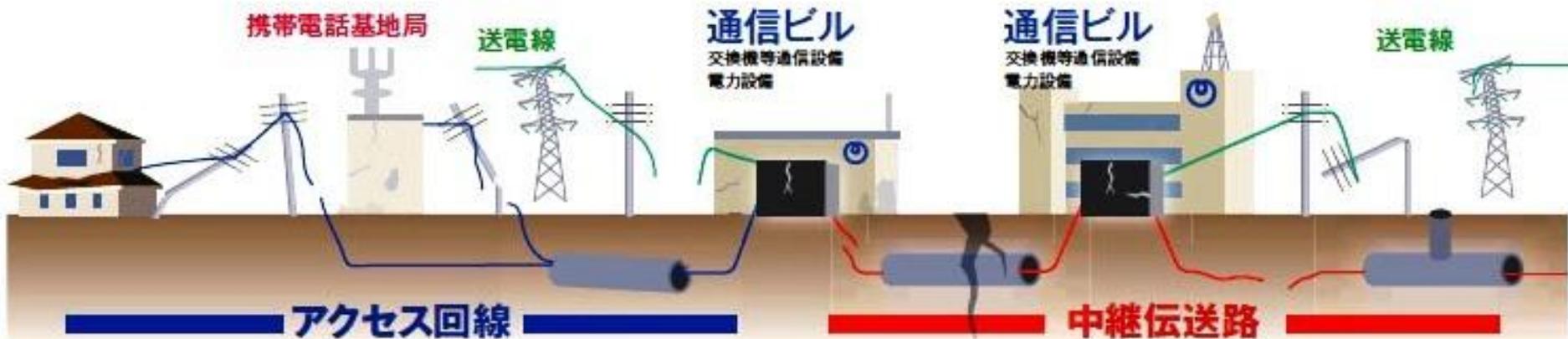
**1G/2G services**  
**Voice** (U/D: 16 k, VOX 0.5)  
Others (< 64 kbps)

(Forecast by ITU-R (Extrapolation) TG-8/1 for Asia)

# 東日本大震災による通信インフラの被害 -固定通信設備の罹災状況-

項目		東日本大震災	阪神・淡路大震災
ピーク時のトラヒック		約9倍	約50倍
機能停止ビル		385ビル	—
リ障回線数		約150万	約28.5万
サービス回復に要した期間		約50日(原発エリア、避難エリア除く)	約2週間(ビル・家屋の全壊、焼失以外)
設備被害	中継伝送路	約90ルート(原発エリア除く)	—
	通信建物	全壊16ビル、浸水12ビル <sup>※2</sup>	—
	電柱	約28,000本(沿岸部) <sup>※2</sup>	約3,600本
	架空ケーブル	約2,700km(沿岸部) <sup>※2</sup>	約330km

※2：実地調査の結果、2011年3月30日の公表値から変更しています。



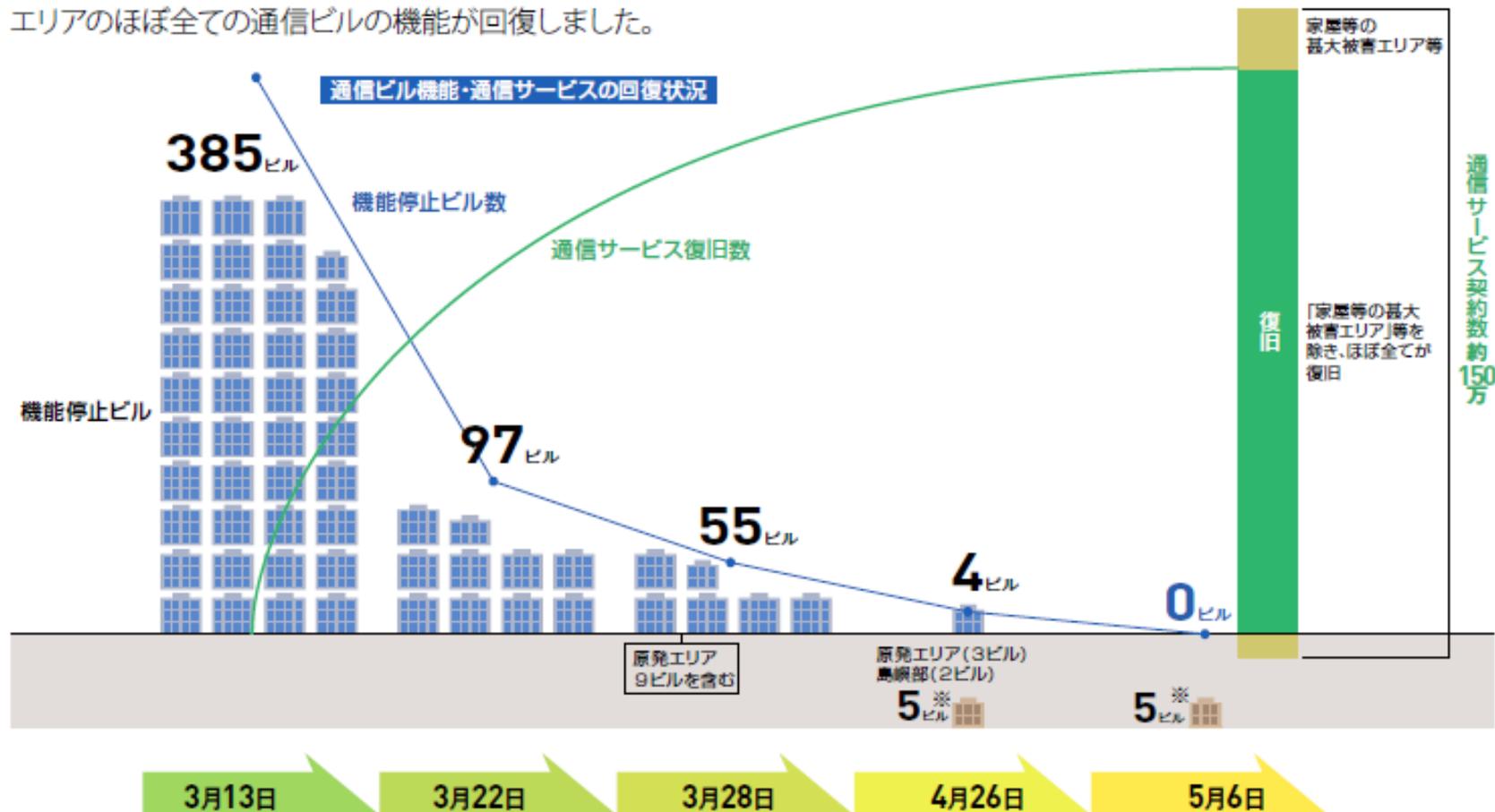
(NTT東日本公開データより抜粋)

機能停止ビル：物理的被害のほか電源供給停止を含む

# 固定通信設備の復旧状況

## 通信ビル機能は4月末までにほぼ復旧

グループ一丸となった懸命の復旧活動の結果、4月末までにはお客さまが居住しているエリアのほぼ全ての通信ビルの機能が回復しました。



※5ビルの内、宮城県の本2ビル(出島・江島)については住民の帰郷に合わせ7月～9月に分けて通信ビルの機能回復及びサービス提供開始。福島県の3ビルについては、9月に機能回復

復旧には1ヶ月以上必要

(NTT東日本公開データより抜粋)

## 通信ビルへの燃料補給を阻んだ燃料不足と道路の寸断

今回の災害では宮城や千葉等の石油貯蔵施設が炎上したことや、東北自動車道をはじめとした交通網が寸断されたことにより、発災直後から深刻な燃料不足が発生しました。NTT東日本においても、発災直後から数日間、移動電源車や自家発電装置に必要な燃料や復旧車両の燃料を確保することが困難でした。（その後、燃料は民間調達や国・自治体の協力により確保されました。）

## 100台を超える移動電源車を活用

大地震の発生と同時に、NTT西日本グループからの応援も含め、各支店の移動電源車が被災地を目指しました。各地域に配備された移動電源車は、いち早く電源回復を図る必要のある重要な通信ビルへ移動し、給電を開始しました。

なかでも東北電力管内は商用電源の復電に時間を要し、震災発生後2ヵ月経った2011年5月13日時点においても、18ビルが自家発電によって機能を保っていました。



石巻門脇ビルを支えた移動電源車と給油用タンクローリー（宮城県石巻市）



大穂ビルに設置された非常用発電機（岩手県大穂町）

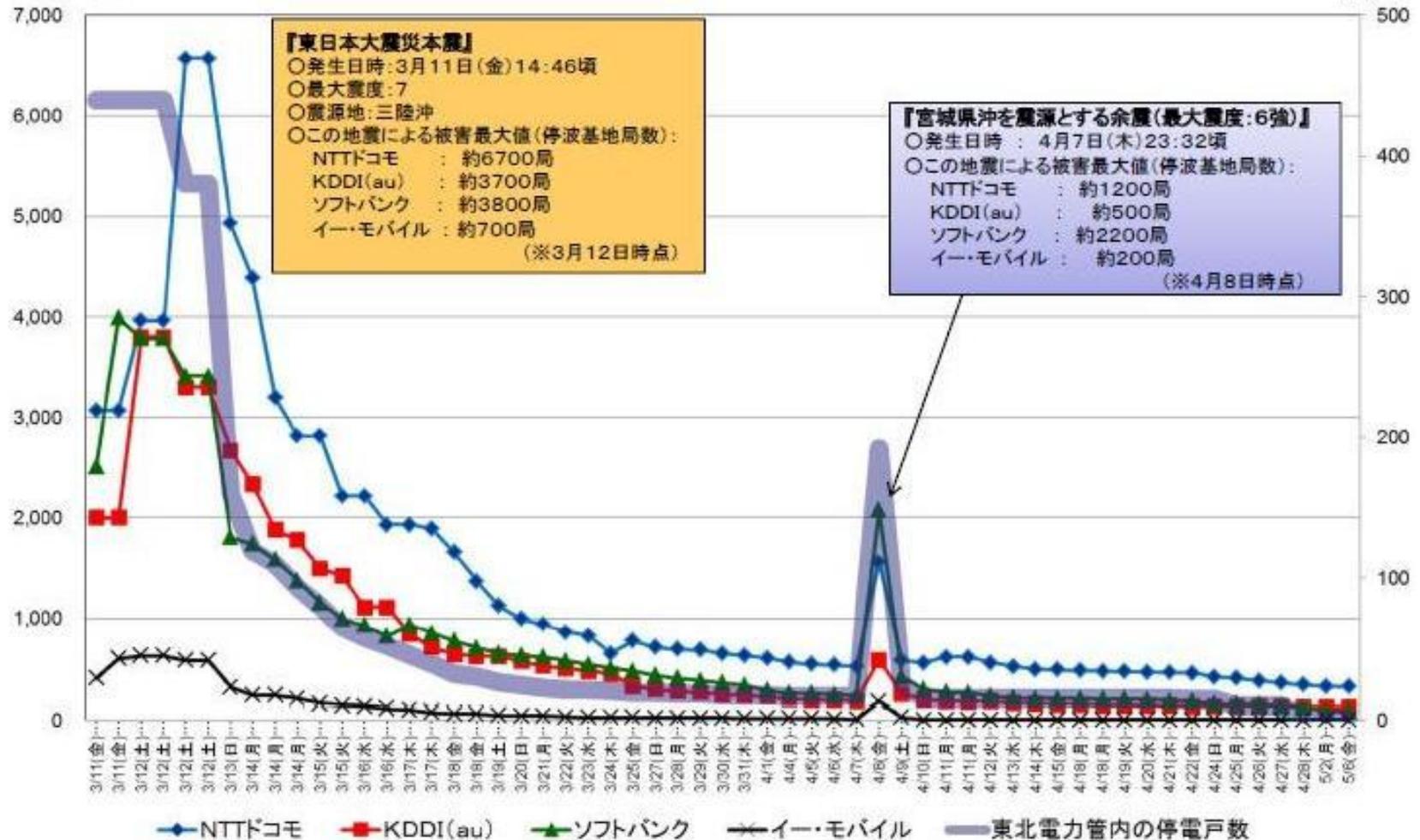


（NTT東日本公開データより抜粋）

# 携帯電話基地局の停波基地局数の推移

【停波基地局数】

停電戸数  
【万戸】



固定通信設備に比べると復旧ペースは早かったが、それでも2週間は必要

# 社会インフラ機能を早期あるいは臨時に回復するためには(1)

## 【エネルギー面から】

- 既存インフラはエネルギー依存度が高いので、エネルギーの確保が課題
  - ➡ 新たなエネルギーの発生手段・配送手段・貯蔵手段とこれらを支える政策が必要
- 通信インフラの**エネルギー消費は、送受信される情報量に比例**
  - ① 大規模災害時には省エネルギーの**ナローバンドシステム**が有効
  - ② 多くの人々が共通に必要なとするブロードバンド情報は、**ブロードキャスト無線**通信方式によって効率良く送られるべき
    - ➡ ユニキャストとブロードキャストを使い分けできる無線通信方式が望ましい

# 社会インフラ機能を早期あるいは臨時に回復するためには(2)

## 【エネルギー以外の面では】

- 被災地では必要な人、モノ、情報が絶対的に不足すると共に、これらの流通がSTOPして、局所的な不足や非効率が発生
- 人、モノ、情報の流通は相互に独立ではなく、互いに関連していることも多い 例えば
  - 1) 人が多く集まる避難所にはモノと情報が必要
  - 2) 復旧作業には人、モノ、情報の投入が必要



人、モノ、情報の流通はこれまで、独立に扱われてきたが、これらの流通を互いに関連づけることができるのではないか？  
その場合、共に位置情報への関連付けが必須であろう

# 情報途絶は死活問題 通信環境の危険分散を図るためには

- 情報の取得は生存と経済活動に必要欠くべからざるもの
- 通信環境を既存の公衆インフラのみに依存することは、危険分散の面から十分ではないことが今回の経験で判明した。
- 通信システムを個別に準備することは、平時の周波数利用や設備コストから困難が伴うが、**必要最低限の通信帯域**をそれぞれの機関がどうやって確保するかを考える必要がある。



“ワイヤレスネットワーク for サバイバル”



最低限の速度 (<100kbps) を担保できる臨時回線、この回線で対応できる“軽い”制御・情報処理システム、臨時用の柔軟な周波数割当原則と運用方法の確立

# 第2世代携帯のアプリ (2001年)

- 第2世代携帯の packet 通信能力は僅かに 28.8kbps であり、最初のアプリサイズは 10Kbyte に制限されていた。

しかしながら、これでも十分楽しく、実用性があった。

→ 得られる感動は決してアプリサイズに比例しない



プログラムサイズ: 10 Kbyte



アプリの  
サイズは  
260倍！

2,600 Kbyte

ご清聴ありがとうございました。



  
Ubiquitous & WECO