

## 第3章 グリーン分野(エコ)への貢献と課題

WG2(THzとグリーン)では、環境やグリーンに対するテラヘルツ無線の応用について検討を進めてきた。ICT技術、特にテラヘルツ無線技術のグリーンへの貢献としては、無線がテラヘルツ化することによる機器の省エネ・省資源効果(Green of ICT)と、テラヘルツがもたらすケーブルレスでの大容量伝送を通じたCO<sub>2</sub>削減、グリーン効果(Green by ICT)があげられ、特に後者の効果が期待される。

本ワーキングにおいては、無線機器の省エネ化の技術動向(Green of ICT)、ICTの活用による省エネ化(Green by ICT)、及びICTによるGreenへの貢献シナリオという3つの切り口で、グリーン分野(エコ)への貢献と課題について検討を行った。

Green of ICTについては、川西氏よりテラヘルツ化によるエネルギー削減効果をデバイスの消費電力等からご講演いただいた。Green by ICTについて、小豆川氏よりICTを活用し、仕事と家庭生活の両立による就労確保、就業機会の増加等による地域活性化、通勤混雑の緩和等に伴う環境負荷低減など、様々な効果が期待される可能性について講演いただいた。引き続き、テレワーク等を支えるブロードバンド通信・高速移動体通信技術について、小西氏にご講演をいただいた。またこれらを通じたICTによるGreenへの貢献シナリオについて、染村氏にご講演いただくとともに、テラヘルツ無線がもたらす効果をWGにて概観した。

### 3-1 無線機器の省エネ化の技術動向(Green of ICT)

(テーマ)ICT 無線端末機器の消費電力に関する一検討

(講 師)独立行政法人 情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター

先端 ICT デバイスグループ 光波プロジェクト プロジェクトリーダー 川西 哲也

○ICT 無線端末を高速化することにより Green にどれくらい貢献できるかを、消費電力という観点から概観した。

・現在の各種無線機器の消費電力について

・大容量データの取扱い:

「低速だがじっくり時間をかけて伝送」v.s.「高速無線で瞬時に伝送」

・情報流と物流:

「海底ケーブル」v.s.「航空貨物」どちらがお得か?

・THz 無線実現に向けた課題

○現在、WiFi・Bluetooth・低消費電力 WiFi・UWB など様々な方式の無線機器がある。これをエコと

いう観点から見た際、単純な「消費電力(W)」の比較はfairではなく、伝送速度や伝送の形態も考慮する必要がある。例えば、ビット当たり消費電力(nJ/bit)を指標とすると、Bluetooth の消費電力は WiFi より小さいが、ビット当たりでは逆に桁で大きくなっている。また、低消費電力 WiFi として出ている GainSpan 社のチップでは、ビット当たり消費電力は従来の WiFi より大きいが、使用形態として非伝送時には(非常に低消費電力な)スタンバイ状態にすることにより、正味の消費電力を下げている。UWB 無線もビットレートがそれほど高くないにも関わらず、3 nJ/bit という値を実現している。

- THz 無線の想定利用形態に近いものとして、60 GHz ワイヤレス HD があるが、2.5 nJ/bit という驚異的な値となっている。消費電力(6~7 W)で見ると、大きすぎるというイメージがあるが、これを覆し得る値である。一方、やはり盛んに Green が議論されている光伝送においては、10 GbE の光トランシーバで 50 pJ/bit という値がでている。但し、この場合、有線・無線の違いがあるので、接続性などの利便性と消費電力とのバランスも考慮しなければならない。
- 光以外の無線機器について、縦軸をビット当たり消費電力(nJ/bit)、横軸をビットレートでプロットすると、基本的にビットレートが上がれば、ビット当たり消費電力は下がっていき、THz 無線にとって期待できる傾向となっている。
- ストレージと伝送速度の関係についても一考の余地があり、例えばコンピュータにデータをダウンロードする際に必要な電力を、あるモデルを使って計算すると、伝送速度が速いほど有利という結果になる。
- また、参考として最新の光ファイバケーブルによるデータ伝送と航空貨物(MicroSD を物理的に運ぶ)によるデータ伝送を比較すると、伝送速度は航空貨物が圧倒的だが、CO<sub>2</sub> 排出量も桁違いに大きい。伝送速度と Green を考えるうえで非常に興味深い例である。
- 以上で見てきたように、THz 帯無線はエネルギー効率のトレンドが今そのまま維持できのであれば、非常に魅力的であるし、間欠動作による瞬時的なデータ通信が可能であれば利便性はもとより、Green にも十分貢献できる技術である。但し、人・モノの流れとの連携や使い勝手の良い低消費電力モードは、非常に重要となる。
- 現在光通信の分野では、非常に高度な変調フォーマットを用いることがトレンドとなっている。しかし、それを実現するための高速 DSP の消費電力は大きく、トータルの消費電力が増大する危険性がある。一方の 60 GHz ワイヤレス HD では、このような高度な変調方式を利用しているが、それでもビット当たり消費電力は低い。そのため、THz 帯で帯域をゆったりと使うようすれば、より効率的な(すなわち、より Green に貢献できる)無線通信が可能になると期待している。
- ビットレートとビット当たり消費電力のフィッティングが見事に直線的である。データ処理の部分では、光の分野でも 2.5 Gbps と 10 Gbps では、10 Gbps の方がビット当たり消費電力が下がる傾向だと言われている。しかし、直線になる要因として、一般的なデジタル処理の部分が効いているのか、RF の部分が効いているのか、分析できておらず、何か物理的な意味はあるのかも不明な状況である。
- 多値化でのデジタル信号処理に関して、光通信ではこの信号処理の部分で電力を消費すること

とになる。無線においても同様で、多値変調(例えば 16QAM、64QAM)してビットレートを上げる場合があり、その際には DSP、FPGA の消費電力が無線機自体よりもはるかに上回ることになる。特にミリ波の 10 mW 空間出力の場合、効率は悪くても無線部分では 100~200 mW 程度であるのに対し、DSP で数 W 消費しているのが実態と思われる。また、熱などの問題からデジタルにしたいと思っても、フルデジタルにしてしまうと重量・消費電力の問題が非常に大きくなる。これが THz 通信ではなく THz イメージングであれば受信だけなのでまだよいのかもしれないが、それでもやはり解析の際デジタル信号処理のところが電力的に一番問題になるだろう。

○ホームネットワーク、オフィスネットワークを無線技術や有線技術で構築した場合、効率・利便性が悪いと、いくら省エネといってあまり意味がない。光の例も含めて、これからモデルケースを考える上では、次のようなことを注意した方がよいと思われる。まず実際に大容量データをどのように扱うかというアプリケーションを考える必要がある。消費電力を調べる際、ピーク値しか書いていないことがあるため、議論がなかなか難しい。「瞬発力はすごいが平均スピードがあまり出せない」や「ずっと割合高い平均スピードを出せる」など、それらを良く考えた上で、トータルな議論をしないと、常にデータを送りっぱなしの状況を前提にした消費エネルギーで議論がされてしまい、一方的なものとなってしまう。やはり、「このようなアプリがあると、在宅で医療ができるかもしれない」、「そうすると物流が少し減る」とか、先ほどトレーラーでいろいろな機器を運ぶ話をしたが、「そのうちのトレーラーが半分に減るので、ICT でこれぐらいエネルギーを使ってもよい」とか全体を見る必要があるだろう。なかなか精度良く議論をすることは難しいかもしれないが、局所的に見てもあまり社会のためにならないので、多面的な見方をするほうがよいと思う。

※ 次のページに説明資料を掲載する。

# ICT無線端末機器の消費電力に関する一検討

独立行政法人情報通信研究機構  
新世代ネットワーク研究センター  
川西哲也



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 無線機器消費電力の例



消費電力: 1.3W => 4.3nJ/bit

※インターフェース込み

<http://www.iodata.jp/product/network/adp/wn-g300u/spec.htm>



消費電力: 350mW => 170nJ/bit

※インターフェース込み

<http://www.planex.co.jp/product/bluetooth/bt-micro3e2x/spec.shtml>

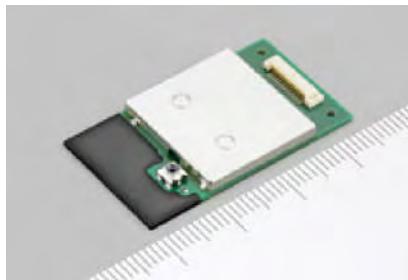


NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 低消費電力WiFi

[http://www.alps.com/j/news\\_release/2010/0427\\_01.html](http://www.alps.com/j/news_release/2010/0427_01.html)



GainSpan社チップ「GS1011」

製品名	UGFZ1シリーズ
外形サイズ(W×D×H)	35.0mm×20.0mm×3.4mm
無線規格	IEEE802.11b/g Compatible
I/Oインターフェース	ADC、I <sup>2</sup> C、PWM、GPIO
ホストインターフェース	UART
周波数レンジ	2412 ~ 2484MHz
動作電圧	+2.8V ~ +3.6V
消費電流	Tx:140mA、スタンバイ:5μA
送信出力	+9.0dBm typ.
伝送速度	11Mbps max.
セキュリティ	WEP / WPA / WPA2 (TKIP / AES)

消費電力: 0.39-0.50W => 36-46nJ/bit

※インターフェース込み



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

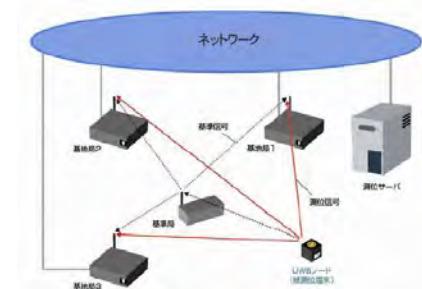
## 低消費電力UWB無線

<http://www.ubin.jp/press/pdf/UNL060704-02.pdf>

2006年7月4日YRP ユビキタス・ネットワーキング研究所 発表資料より



消費電力: 3.2nJ/bit



### ■超低消費電力

- 3nW/bpsの超低電力通信
- 微弱無線方式のDice(既開発)に比べ1000倍の高効率
- ボタン型電池で9年以上の電池寿命を達成  
(5分に一度の間欠動作)



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

# ワイヤレス機器の消費電力の例

<http://www.ubin.jp/press/pdf/UNL060704-02.pdf>

2006年7月4日YRP ユビキタス・ネットワーキング研究所 発表資料より

	Diceシリーズ		市販品の一例	
	Dice	UWB Dice	ZigBee	無線LAN
周波数帯	3.15MHz	4.1GHz (帯域幅1.4GHz)	2.4GHz	2.4GHz
通信速度	19.2kbps	250kbps～10Mbps	250kbps	11Mbps
消費電流	ピーク:24mA 待機時:2μA	ピーク:19mA 待機時:1μA	ピーク:48mA 待機時:2μA	600mA
ビットあたりの消費電力(nW/bps)	3.750nW/bps	3.2nW/bps	580nW/bps	180nW/bps
測位精度	(10m程度)	30cm	1.5m	1～5m



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## Si-Beamプライベートベース(CES2009)でのデモンストレーション(送信側)



- 消費電力: 6-7W(次世代はさらに低消費電力化) [Panasonic社TU-WH1\(TX\):10W](#)
- 伝送速度: **4Gbps**(双方向のときには半分に、複数の機器と接続可)
- 伝送距離: 2.2m(HD伝送可能距離)
- ミリ波デバイス: Si-CMOS、アンテナの裏にフリップチップボンディング
- 周波数帯域、出力: 各国の制限に適合 日本、韓国が出力制限厳しい(10mw)
- アンテナ: 64素子

消費電力: 2.5nJ/bit

30



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 光伝送における低消費電力化の取り組み例

<http://www.sei.co.jp/newsletter/2007/05/4a.html>



10GbE規格に準拠したSFP+光トランシーバ

▲光トランシーバの流れ 消費電力1ワット以下 1W/10Gbps×2= 50pJ/bit



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 各機器の伝送速度とビットあたり消費電力

	MBit/s	nJ/Bit		
Zigbee (TYP)	0.25	580		
Bluetooth3.0+EDR (Planex)	2.1	170	製品	BT-Micro3E2X
802.11b (TYP)	11	180		
802.11b/g (iodata)	54	26	製品	WN-G54/CB3L
UWB Dice	10	3.2	研究開発	
802.11b/g/n (iodata)	300	4.3	製品	WN-G300U
802.11b GainSpan (Alps)	11	36	評価用キット	UGFZ1
WirelessHD SiBeam (Panasonic)	4000	2.5	製品	TU-WH1
Optical transceiver 10GbE(SEI)	20000	0.05	製品	SPP5000

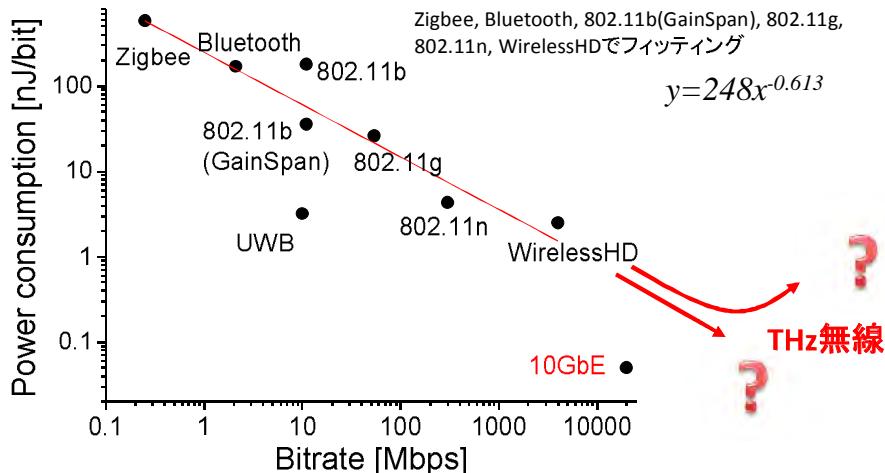
ミリ波帯通信が伝送速度、情報量あたりの消費電力の両面で他の無線技術を圧倒している



NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 各機器の伝送速度とビットあたり消費電力



NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## データを持ち歩くライフスタイル

大容量(ストレージ、伝送速度とも)携帯端末の普及で  
人の動きとデータの流れが絡み合う



移動途中・待機中に大量のデータをダウンロード?

→遅い伝送でOK

瞬間に高速伝送でダウンロード?

→すぐ低消費電力モードに入ることができる

1c

NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## データダウンロードに必要な電力

- PC動作に必要な電力:  $P_0$

- データサイズ:  $L$

- 伝送速度:  $B$

- 無線通信に必要な電力:  $Prf = K \cdot B$

K: [J/Bit] ビットあたり消費エネルギー

- ダウンロードにかかる時間:  $T = L/B$

必要な電力  $P_a = T \cdot (P_0 + Prf)$

総電力  $P_a = (P_0 + K \cdot B) \cdot L/B = L \cdot (P_0/B + K) = P_0 \cdot T + K \cdot L$

データあたり電力  $P_a/L = P_0/B + K \Rightarrow K$  ( $B \Rightarrow \text{infinity}$ )

K:一定と仮定した場合伝送速度が速いほど有利

実際の傾向はKは伝送速度の減少関数なので、さらにメリット大

NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## データダウンロードに必要な電力

- 1GB=8Gbitのダウンロードを想定

- PC消費電力(スリープモード消費電力は無視)

  - ThinkPadX200s(性能重視モード)

  - 約12W(無線OFF時:実測値)、約19W(無線ON時:実測値)

- 802.11g, 802.11n, WirelessHDで比較

	802.11g	802.11n	WirelessHD
所要時間	146秒	27秒	2秒
所要エネルギー(無線部分)	208J	34J	20J
所要エネルギー	1960J	358J	44J
エネルギー効率(11gを基準に)	1	4.5	45

NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 最新の海底ケーブルの例 Unity(日米間)

- 容量: 10Gbpsx96WDMx5FP => **4.8Tbps** (双方向)
- 総延長 約9,620km  
ロサンゼルス(カリフォルニア)=千倉(千葉)
- 消費電力  
 $+/-10kV, 1A \Rightarrow 20kW$   
(推定値※一般的な海底ケーブルの例)
- CO2排出  
 $- 480kWh \Rightarrow CO2 0.27t \quad (0.555kg-CO2/kWh)$



NICT

NICT Proprietary

調査協力: KDDI研究所

Dec. 20, 2010

## 航空貨物でデータを運ぶと…？

- 太平洋横断航路: 通関・荷役を含めて所要24時間
- 搭載能力 **最大積載重量 約94t 最大積載容積 約80m<sup>3</sup>**  
– 密度 1.175を下回る場合に容積で制限される
- CO2排出量 **350t**  
– 成田-ロスの西行き、東行きの平均
- 伝送メディア: MicroSD  
– 1枚あたりの容量: 32GB=256Gbit  
– 1枚あたりの重量: 0.4g 密度2.42
- $94e6/0.4 = 2.35e8$ 枚 **→ 60Ebit**
- $24h=86400sec \rightarrow 700Tbps$
- 包装のオーバーヘッド40% (/1.4)、双方向通信換算 /2  
→ **250Tbps**



調査協力: 電子航法研究所

32

NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## 海底ケーブルVS航空貨物

すべて推定値、概算値

	海底ケーブル	航空貨物	貨物／通信
伝送容量	約5Tbps	約250Tbps	約50倍
CO2排出	約0.3t	約350t	約1200倍
CO2/Tbps	0.06t	1.4t	約23倍
導入コスト		約150億円	
運用コスト		2000万円	

調査協力: KDDI研究所／電子航法研究所

NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

## まとめ

- 高速無線データ伝送における消費電力
  - ビットあたりエネルギー効率が高い
  - 通信時間を減らすことができる
    - 端末を低消費電力モードに切り替えることで更なる省電力化が可能
- 携帯端末の場合、モノとしての流れも重要
- 物流によるデータの流れ
  - 伝送速度としては高い性能を持つ
  - CO2排出が問題？
- 今後の課題
  - THz帯高速無線でエネルギー効率の高さが維持できるか
  - 人・モノの流れとの連携(短距離無線では重要)
  - 使い勝手のいい低消費電力モード

NICT

NICT Proprietary

Dec. 20, 2010

### 3-2 ICTの活用による省エネ化（Green by ICT）

（テーマ）「ICTを活用した働き方、テレワークの可能性」

（講 師）（株）NTTデータ経営研究所 ソーシャルイノベーションコンサルティング部

シニアスペシャリスト 小豆川 裕子

- テレワークとは、ICTの活用により場所・時間にとらわれない「柔軟な働き方」をいい、これを利用することにより就労者（テレワーカー※）は、自宅、外部オフィス、公共施設、お客様先など様々な場所で、最も都合の良い時に業務を推進することができる。
- テレワークは、情報端末のダウンサイジング化と高機能化、並びに通信回線のブロードバンド化などの“ICT関連技術の高度化”や、業務革新・生産性向上、働き方の選択肢の増加、ワーク・ライフ・バランスの実現を目指した“企業と従業員のニーズの高まり”を背景に、政府の普及・推進施策による後押しを受けながら普及してきた。
- テレワーカーには、雇用型テレワーカーと、自営型／内職副業型テレワーカーが存在し、さらにモバイル勤務（外勤型）と在宅勤務（内勤型）に分類される。日本国内のテレワーカー比率は、2009年末時点で15.3%（参考：2002年度 6.1%）で、在宅型テレワーカーは5.2%となっている。2008年（15.2%）と比較すると、テレワーカー比率はほぼ横ばいの状況である。
- テレワークの効果には、①社会環境変化への対応（少子化問題への対応、都市部への人口集中の緩和など）、②企業改革（事業継続性の確保など）、③ワーク・ライフ・バランスの向上（育児・介護等への対応など）④社会全体への効果（交通量・混雑の緩和、防災、危機管理力の向上、環境負荷の低減など）⑤地域活性化（地方での就業機会の増加など）が挙げられる。特に、①社会環境変化への対応や、③ワーク・ライフ・バランスの向上については、2003年度に次世代育成支援対策推進法が制定されたことにより、仕事と育児の両立支援策としてテレワークが活用されるなど、最も進んだ取り組みとなっている。
- 国土交通省が実施したテレワーカーの満足度調査によると、在宅勤務を週1日以上実施するテレワーカーの仕事全般に対する満足度は高く、集中可能な時間数についてもオフィス勤務時より長いとする回答が多い。しかし、国内企業側のテレワーク導入状況をみると、「文書の電子化」、「ネットワーク上での情報共有」、並びに「アクセス性の向上」等のテレワーク利用環境の整備が進んでいる企業は少ない。これは、テレワークの導入に伴う生産性や営業効率の向上等の企業メリットを明確化することが難しいことや、情報が企業の外に引き出されることについてセキュリティ上の危機意識が、テレワーク環境の整備推進の阻害要因になっているためであ

---

※ テレワーカーとは、仕事を複数の場所か自宅で、一週間にテレワークを8時間以上実施する人をいい、テレワーカー率とは、15歳以上の就業者に占めるテレワーカーの割合をいう（国土交通省「テレワーク・SOHOの推進による地域活性化のための総合的支援方策検討調査報告書（2003）」より）

る。

- テレワークセキュリティについては、テレワーカーがオフィスにいる場合と同等の利用環境を構築することが望ましい。例えば、シンクライアント端末を利用すれば、オフィスと同様の環境を構築することができる。もし端末を紛失しても情報が一緒に漏洩することは無い。また、データ盗聴については、数年前に無線 LAN の暗号化方式「WEP」の脆弱性が話題になったが、テラヘルツ波帯の利用により、無線通信の高速化が進み、より堅牢な暗号方式をユーザが遅延を感じることなく利用できるようになれば、テレワーク環境への無線利用もより積極的に進むことだろう。
- その他、テレワークでは TV 会議システムなどコミュニケーションを充実させるツールの導入が欠かせない。外資系企業ではよく活用されているテレビ会議だが、国内企業では導入判断に出張経費の削減額などを念頭においたコスト分析がなされる様子を見受け。費用削減効果のみを期待するとなかなか導入が進まない。導入検討にあたっては、仕事の質の向上や、働き方の柔軟性に目を向けて価値を見いだすようにすべきではないだろうか。
- 企業へのテレワーク導入事例について説明する。テレワークを成功させるためには、企業側が従業員のニーズをしっかりと把握して、いかに利用シーンを作れるかがポイントになる。NTT データでは、自社の目標である「ワークスタイル・イノベーション」宣言の達成に向け、すべての社員が仕事と生活のバランスをとりながら、生きがいを持って働く環境づくりを目指してテレワークの導入に取り組んだ。当初は社員有志の提案からスタートした取り組みであったが、経営幹部の承認のもと社内関連部署の全面的な協力を得て取り組みを進めることとなった。業務形態については、既存の枠組みを極力変更せず、テレワークによって新たに得られるスピード感に着目しつつ検討を進めた。また、セキュリティ機能については、具体的な脅威を一つ一つ洗い出し対応策の検討を行った。検討結果をもとにシンクライアント環境を整え、全社的なトライアルを行ったのち本格導入に踏み切った。
- 米国におけるテレワークは、当初は大気汚染や交通渋滞の防御策など主に環境保護対策として普及してきた。しかし、1994 年のカリフォルニア州の大地震を契機とした、米国政府初のテレワーク・センタの設置や、SARS や、インフルエンザなどの感染症流行時における職員の被災リスク軽減策としてテレワークが活用されたことなど、テレワークの業務継続性確保に関わるメリットが注目されてきている。
- 地震の多い日本にとっても、防災対策は看過することはできない課題である。ここでもテレワークを活用することにより公共サービス等の業務継続性を高めることが期待できる。特に、ケーブル等の敷設が不要な無線アクセス環境を利用したテレワークは、被災地でも柔軟な対応が可能になると思われる。ただし、防災対策については、システムや業務形態にたよるだけでなく、有事に備えて平常時から事前にトレーニングしておくことが大切である。
- その他、日欧米におけるテレワークの導入状況を比較する際、日本におけるテレワークの普及が進まないのは、企業の管理体制が違う事を原因とする声を聞く。日本の管理者は離れている部下のマネジメントに慣れていないし、部下が自分の近くにいないと適切な管理が行えないとする意見である。だが、実際のところ管理者の方がテレワークを行っている事例も多い。結

局は遠隔地からのマネジメントは困難であるとする既成概念に捕らわれて、行動を起こしていないだけなのではないだろうか。

○今後のテレワークをめぐる期待として、テレワーカーからはもっと便利に接続させたい、通信回線が遅い、業務中にフリーズする、サーバ上の PDF の閲覧は不便、自宅では大型モニターが使えないなどの声が聞こえてくる。自宅でテレワークを実施する場合、入手する情報に制限が設けられることがある。オフィスでは複数の大画面モニターを活用している人も、自宅で複数のモニターを用意するのは困難なため業務効率が低下する。また、仕事によっては対面のコミュニケーションが必要となるケースもあるが、自宅で実現するのは難しい。このような課題に対し、テラヘルツ波帯を用いた高速広域無線によって接続環境がさらに高度化され、高精細画像によるコミュニケーションがスムーズ実施できるようになれば、テレワークの普及をより促進できるであろう。

○また、環境負荷低減が期待できるICTソリューションの一つとしても、テレワークは期待されている。「平成 21 年度 テレワーク人口実態調査(国土交通省)」によると、在宅型テレワーカーが倍増した場合 には、東京都市圏(1 都 3 県)の公共交通手段の通勤交通量の約 2.7%が削減され、通勤目的の自動車は年間約 1,350~2,100 万台程度削減される見込みとされている。

○またグリーン IT のポテンシャルについて Smart 2020 の分析によると、テレワークによる CO<sub>2</sub> 削減効果は 0.26GtCO<sub>2</sub>e と予測されている。

※ 次のページに説明資料を掲載する。

## 「ICTを活用した働き方、テレワークの可能性」

2010年11月16日(火)  
(株)NTTデータ経営研究所  
小豆川裕子

### 本日の構成

- ① テレワークの基礎知識
  - ② 導入事例
    - ①日本企業
    - ②米国連邦政府
  - ③ 今後のテレワークをめぐる期待
- <参考>次世代テレワークの定義と提言

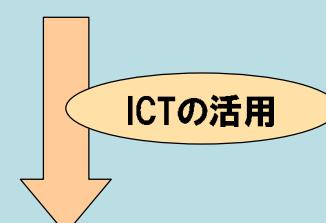
## 1. テレワークの基礎知識

### テレワークとは①

ICTを活用した、場所・時間にとらわれない柔軟な働き方

本社ビルなど決まった「勤務場所」

9~17時など決まった「勤務時間」

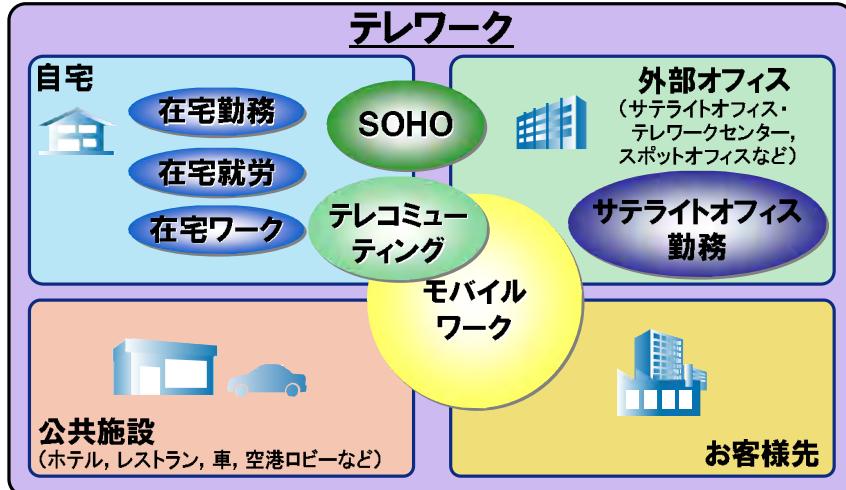


場所と時間を、働く人が柔軟に選べる

## テレワークとは②

情報通信技術(IT)を活用した場所や時間にとらわれない柔軟な働き方

2007年7月 (社)日本テレワーク協会「テレワーク白書2007」より



4

## テレワークの推進施策

政府による普及・推進施策がテレワークを後押し

「e-Japan戦略Ⅱ」(03年):

2010年までにテレワーカーを従業員人口の2割に  
「経済財政改革の基本方針2007」:

テレワーク人口倍増アクションプラン(07年5月)の推進  
「i-Japan戦略2015」(09):

2015年までに在宅型テレワーカーを倍増し700万人に

●総務省:「テレワーク環境整備税制」(固定資産税を減税)

●厚生労働省:テレワーク相談センター、『在宅勤務ガイドライン』

●経済産業省:『中小企業のためのテレワーク活用ガイドブック』

●国土交通省:テレワークセンター実証実験、テレワーク人口調査、  
普及のためのシンポジウム開催 等

6

## テレワークの普及が進む背景

ICTの進展と企業・従業員ニーズからテレワークが普及

ICT(Information and Communication Technology)

<情報機器>ダウンサイ징と高性能化

<通信>プロードバンド環境の一般化

テレワークの普及

【企業ニーズ】業務革新、生産性向上

【従業員ニーズ】働き方の選択肢の増加  
ワーク・ライフ・バランス(仕事と生活の調和)の実現

37

5

## 「新たな情報通信技術戦略」におけるテレワークの位置づけ

### テレワークの推進 工程表

	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2020年度
環境整備	企と、企とに随分が利用できるテレワークシステムの確立 [既存]	コミュニティ型テレワークセンター(仮称)の全国展開 (全国3か所) [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	各ブロック毎 [各県毎] [生活圏での整備]			各センター情報の集約・公開 [2015年までに在宅型テレワーカーを700万人とする。]
普及啓発	地域の中小企業等での雇用の創出や地域活性化等への貢献 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	大都市圏問題に対応した推進施策の検討 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	大都市圏外縫等におけるテレワークセンター等の普及に向けた取組 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]			
	実証実験等による必要な機能の検証 [実証実験]	大都市圏の機能改善実現に向けた具体的な取組の検討 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	定量化された効果を踏まえた普及啓発活動 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	ガイドブックの改訂 テレワークセンターを通じた雇用データ等に基づく普及啓発 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]		
	地域テレワーク拠点整備の推進 [地域拠点整備]	地域テレワーク拠点整備の推進 [地域拠点整備]	定量化された効果を踏まえた普及啓発活動 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	ガイドブックの改訂 テレワークセンターを通じた雇用データ等に基づく普及啓発 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]		
	テレワーク相談センターでの相談 セミナーを実施するとともに、在宅就業者に対するスキルアップ支援 及び介護機関のネットワーク形成支援等を実施 [既存]	テレワーク相談センターでの相談 セミナーを実施するとともに、在宅就業者に対するスキルアップ支援 及び介護機関のネットワーク形成支援等を実施 [既存]	定量化された効果を踏まえた普及啓発活動 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]	ガイドブックの改訂 テレワークセンターを通じた雇用データ等に基づく普及啓発 [地域での雇用の創出や地域活性化等への貢献]		
			『在宅勤務ガイドライン』、『在宅ワークの適正な実施のためのガイドライン』の周知・啓発 [既存]			33

高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(2010.6.22)

7

## 日本のテレワーク人口比率

2009年、テレワーカー比率は15.3%。在宅型テレワーカーは5.2%

### 狭義のテレワーカーの推移

	2002年	2005年	2008年	2009年		2008年	2009年
雇用型	5.7%	9.2%	14.3%	14.5%	在宅型テレワーカー率	5.1%	5.2%
自営型	8.2%	16.5%	21.0%	20.8%			
全体	6.1%	10.4%	15.2%	15.3%			

### <参考>広義のテレワーカーの推移

	2002年	2005年	2008年	2009年
雇用型	13.7%	36.0%	43.0%	42.3%
自営型	24.2%	54.0%	66.4%	64.6%
全体	15.6%	38.9%	46.0%	45.2%

8

## テレワークの種類

### モバイル勤務(外勤型)と在宅勤務(内勤型)

#### 雇用型テレワーカー

外勤型テレワーカー

→モバイル勤務



内勤型テレワーカー

通勤困難型テレワーカー

(妊娠、育児、介護、怪我、身体障害…)

在宅勤務

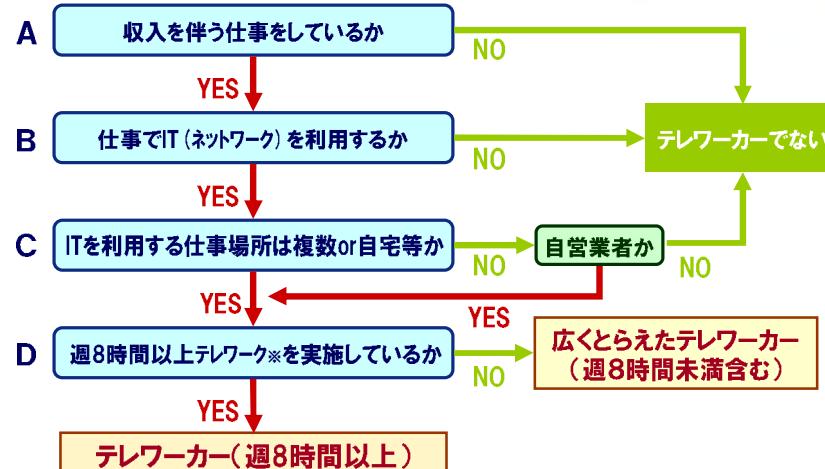


#### 自営型テレワーカー、内職副業型テレワーカー

(出典)『THE Telework GUIDEBOOK』(2009) 2章

10

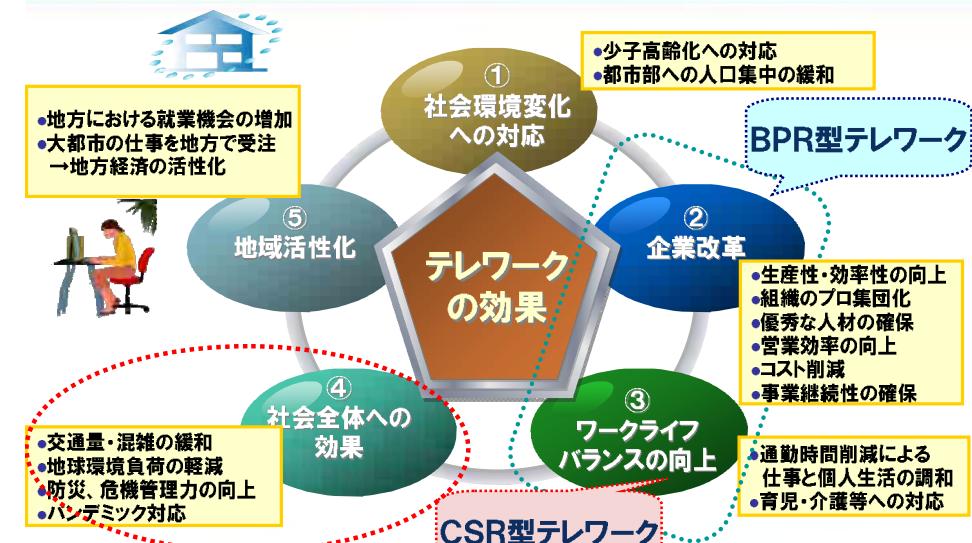
### <参考>テレワーカーの定義



(出典)国土交通省(2003)「テレワーク・SOHOの推進による地域活性化のための総合的支援方策検討調査報告書」 4

9

## テレワークの効果

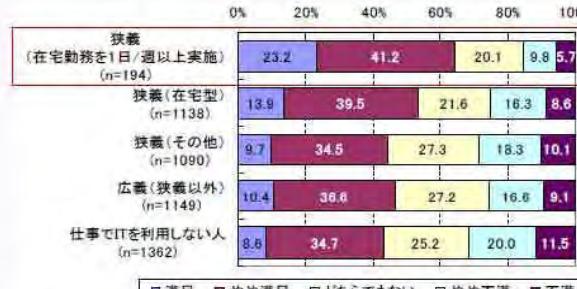


(出典)(社)日本テレワーク協会「テレワーク白書2007」を基に作成 11

## 在宅型テレワーカーの仕事全般に対する満足度(雇用型テレワーカー)

在宅勤務を週1日以上実施するテレワーカーは、仕事全般に対する満足度が高い。

仕事全般に対する満足度



(注)実態調査に基づくサンプルベースの集計値である。  
カッコ内は、各カテゴリの全サンプル数である。

(出典)国土交通省都市・地域整備局都市・地域政策課『平成21年度テレワーク人口実態調査  
—調査結果の概要』

12

## テレワークセキュリティの考え方

テレワーカーにオフィスにいる場合と同様の環境を作る

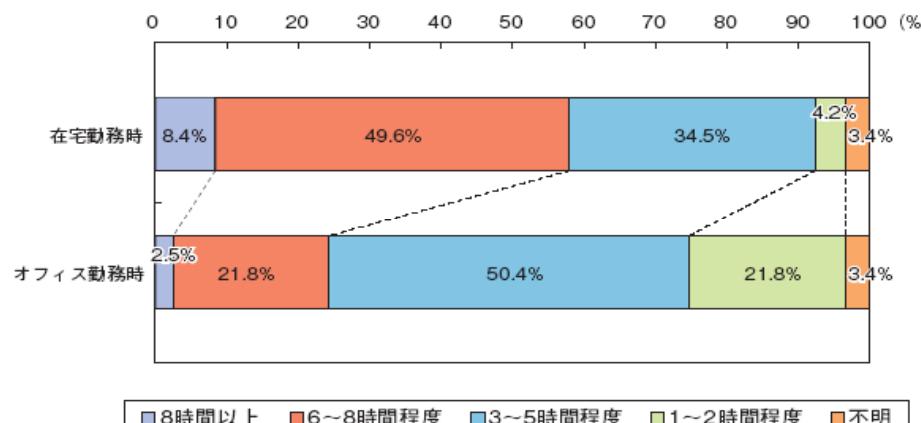


(出典)『THE Telework GUIDEBOOK』(2009) 7章

14

## テレワークの効果・効用:集中可能な時間数

集中可能な時間数の比較(在宅勤務時とオフィス勤務時)



(資料)(社)日本テレワーク協会「平成17年度「在宅勤務実証実験」の調査結果  
(出典)『THE Telework GUIDEBOOK』(2009) 3章

39

13

## テレワーク導入とセキュリティ対策

テレワーク導入は「情報セキュリティ対策」整備のチャンス!

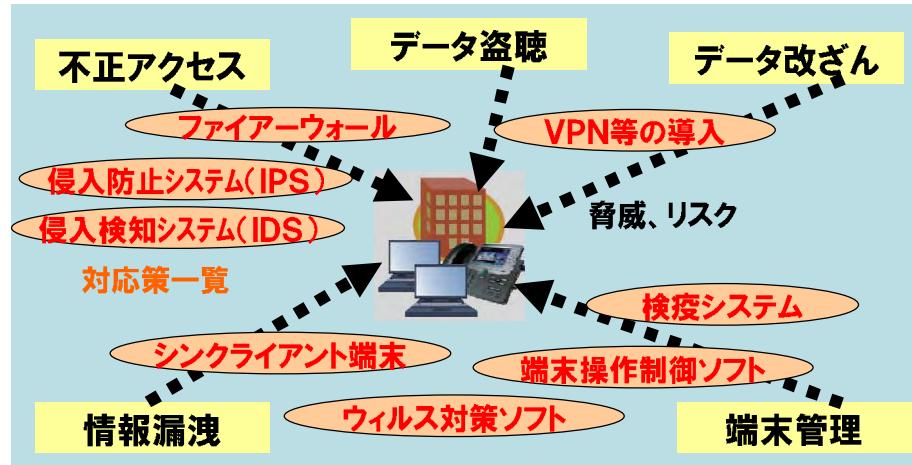


(出典)『THE Telework GUIDEBOOK』(2009) 7章

15

## セキュリティ面のリスクと対策

### テレワーク環境における様々な脅威に対する対応策



(出典)『THE Telework GUIDEBOOK』(2009) 7章

16

## コミュニケーション充実のツール

### ICTの様々なツールがテレワークを円滑にする

電話、電子メール、チャット

ツールの連携による円滑なコミュニケーション

TV電話、TV会議



Web会議

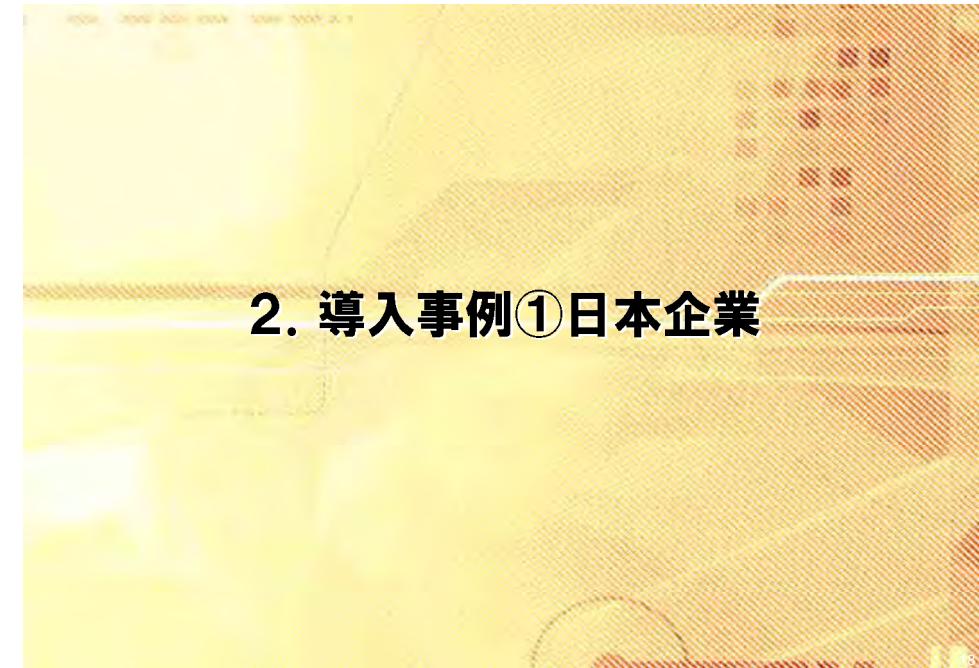


画像は『THE Telework GUIDEBOOK』より引用

(出典)『THE Telework GUIDEBOOK』(2009) 7章

17

## 2. 導入事例①日本企業

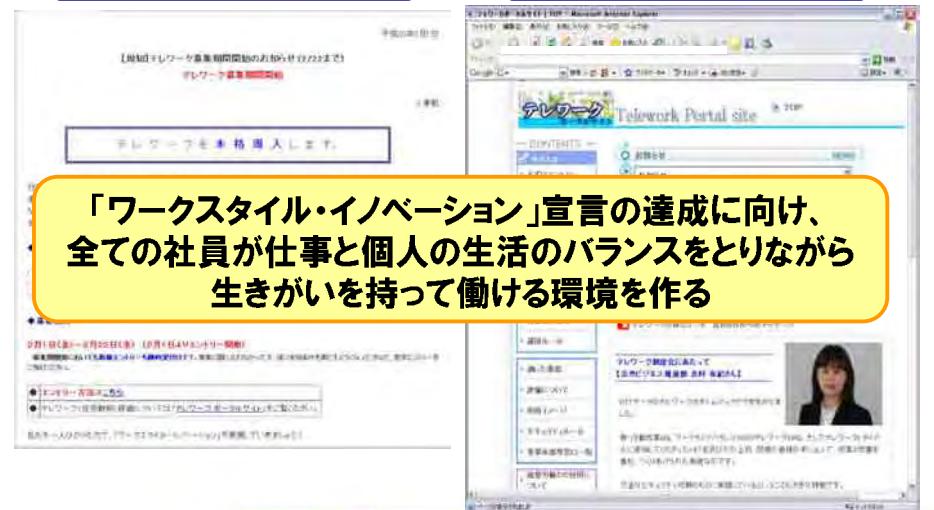


18

### ①NTTデータ

社員周知・募集のお知らせ

テレワークポータルサイト



「ワークスタイル・イノベーション」宣言の達成に向け、  
全ての社員が仕事と個人の生活のバランスをとりながら  
生きがいを持って働ける環境を作る

19

## NTTデータのテレワークの特徴

### ①ボトムアップ発の施策

社員有志の自発的・ボランティアな提案によりスタート  
経営幹部の承認のもと、社内関係部署で全面的に協力

### ②セキュリティ面に最大限配慮

当社事業の生命線 具体的な脅威を一つ一つ洗い出し検討  
→紙媒体の使用禁止、シンクライアント環境、運用徹底 etc.

### ③社内全組織でトライアル

全役員に説明  
極力既存の枠組みを変えずにスピード感を重視  
組織毎に2パターン選択でトライアル 改善要望の検討実施

### ④実施日は月8日で本格導入 トライアルでの 月5日より拡大

職種毎の対応可能業務を洗い出し、平均値として設定  
勤務場所は自宅 アウトプットとプロセスによる評価

全ての社員の豊かな自己実現を目指す

20

## ③シグマシス

業種	ビジネスコンサルティングサービス
実施目的	テレワークによる経営効率の向上及び改善
実施時期	2008年5月(創業時)より
対象	全社
実施人数	270名
概要・内容・効果	デジタル／モバイル・ワークプレイス(200席、在席率70%のフリーアドレス)、プロジェクト制、プロフェッショナル人事制度 ライフワークバランス、環境への貢献、事業継続性の確保などの効果
推進体制	(実施責任者)CEO、人事部、総務部、テクノロジーマネジメント等、全部門が推進部門 (トップとの関わり)トップ自らがビジョン達成に必要な施策の1つにワークスタイルを考慮。人事制度、オフィス・ITインフラ作りまでコラボレーションにて行っている

(出典)日本テレワーク協会『第10回テレワーク推進賞』(2009.9.29)

22

## ②アクセンチュア

業種	経営コンサルティング／テクノロジー・サービス／アウトソーシング・サービス
実施目的	テレワークによる経営効率の向上及び改善
実施時期	トライアル導入:2007年9月～ 本導入:2008年7月
対象	経営管理本部の正社員(入社6ヶ月以上)および障がい者(契約社員)225名*正社員は基本的に理由、業務に関わりなく利用可能
実施人数	111名(2009年7月1日)
概要・内容・効果	サテライト(スポット)オフィス、クライアントサイト、外部プロジェクトスペース、フリーアドレスの活用、KMシステム、電子文書管理システム、全社員ノートPC、新ICTツール(テレビ会議システム、Web会議システム等)、アウトソーシング、オフィス2拠点体制、ペーパーレス環境の整備 生産性の向上、人件費(残業減)、スペース減、離職率の低下などで効果
推進体制	(実施責任者)経営管理本部長(トップとの関わり)導入を円滑に進めるために、制度導入に関して、承認だけではなく、検討についてもトップマネジメントを巻き込む体制で実施

(出典)日本テレワーク協会『第10回テレワーク推進賞』(2009.9.29)

21

## ④富士通ワイエフシー

業種	情報処理サービス
実施目的	テレワークによるワークライフバランスの向上
実施時期	2006年10月より(2007年4月より本格導入)
対象	社内の全部門、入社3年未満の社員を除く、237名
実施人数	79名(申請)(33%、2009年7月1日現在)
概要・内容・効果	必要なセキュリティを設定したテレワーク用PCを無料配布。 事前に上司に申請・承認を得ることにより、業務を計画的に進めることにより、生産性向上に繋げる テレワーク適用率の上昇(20%→33%) 優秀な人材の確保:採用面で受験希望者が増加、低炭素社会実現への貢献
推進体制	(実施責任者)ワークライフバランス推進室(社長直下) (トップとの関わり)社内イントラネット及び幹部社員会議を通じて周知徹底を実施

(出典)日本テレワーク協会『第10回テレワーク推進賞』(2009.9.29)

23

## ⑤KDDI

業種	電気通信事業
実施目的	テレワークのためのソリューションの開発や活用
実施時期	試行導入:2005年11月～ 正式導入:2009年4月～
対象	育児・介護短時間勤務社員:全社の短時間勤務社員 フルタイム勤務社員:ソリューション事業、情報システム、総務・人事各部門 ＊育児・介護短時間勤務社員ー約200名、フルタイム勤務社員ー約3000名
実施人数	約150名(2009年4月)(在宅勤務者とリモートアクセス利用者)*毎月約30名増加
概要 内容・効果	2つのVPNシステム、2つのシンクライアントシステムを用途で組み合わせて利用。在宅勤務用は自宅に限定する代わりに利用システムはほぼ制限なし。外出・出張用のリモート環境についてはUSBメモリからLinuxのOSを起動させることで汎用のPCをシンクライアント化させた上で、社内のシンクライアントサーバへ接続する構成。場所を制限しない代わりに、利用できるシステムを制限。 育児支援、ワークライフバランスの実現。
推進体制	(実施責任者)人事・総務部門を中心、情報システム部門、ソリューション部門でWGを組成 (トップとの関わり)社内にダイバーシティ推進室を設置し、積極的にワークライフバランスの推進に取組む

(出典)日本テレワーク協会『第10回テレワーク推進賞』(2009.9.29)

24

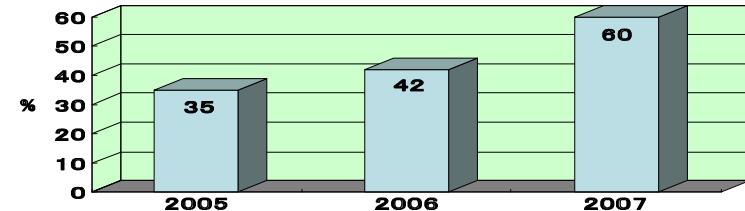
## 2. 導入事例②米国連邦政府

42

## 連邦政府のCOOPにおけるテレワークの位置づけ

- 連邦省庁の60%はCOOPとテレワークを完全に一体化

テレワークがCOOPと完全に一体化している  
連邦省庁の割合



\*COOP (Continuity of Operations):業務継続計画

パンデミックなど長期間にわたる危機の際にテレワーク可能な職員数=20万3,856人

(備考)NTT DATA AgileNet L.L.C.調査

26

## 米国連邦政府におけるテレワーク拡大の経緯

### 第1段階：経費節減や職員の待遇改善策として拡大

- 1994：カリフォルニア州ノースリッジ地震に対応するため、緊急措置として連邦政府初のテレワークセンターが設置
- 1995：連邦政府が公金で職員の自宅にテレワーク機器を整備することを可能とする連邦法が成立
- 1998：連邦省庁は年間最低5万ドルのテレワーク予算枠を確保することを義務づけられる
- 2000：連邦議会は法改正によって(1)テレワーク実施の障害を取り除き、(2)テレワーク適格職員にテレワーク実施を認め、(3)そのためのテレワークポリシーの制定をすることを連邦省庁に義務づける

- 事務所内の混雑軽減
- 事務所賃料や維持費の低減
- 欠勤者数の低減
- 自動車燃料の消費抑制  
(環境保護・公害低減)
- 都心部の交通渋滞緩和
- 身体障害者の雇用機会拡大
- 仕事と私生活の高度な両立
- 職員の個人支出軽減

『各官庁は、適格な職員が、その職員の業績を妨げない範囲で最大限のテレワークが可能となるような方針を立てなければならない』（公法106-346第359節）

テレワークを積極的に推進する時代が始まる

(備考)NTT DATA AgileNet L.L.C.調査

27

## 米国連邦政府におけるテレワーク拡大の経緯（続き）

### 第2段階：災害時における業務継続性向上に不可欠な手段に

- 2001：（9・11前）FEMA（連邦緊急事態管理庁）が業務継続性確保に「自宅勤務を最大活用せよ」との通達（連邦準備態勢通達67号）。連邦人事局がテレワーク実施の手引きを作成・公開
- 2003：『テレワークは職場が業務継続不能な状態に陥る可能性への対処に役立つ』（連邦人事局長官から連邦議会への報告書）
- 2004：『業務継続のための人材確保の1手段として、テレワークを検討せよ』（連邦準備態勢通達65号）
- 2004：連邦議会は商務省・司法省・國務省に対して、テレワーク適格職員が希望してもテレワークできないという状況が解決されるまでそれぞれ500万ドルの予算を差し押さえる
- 2004：テレワーク適格職員数と実際にテレワークしている職員数を報告すること、および、テレワークコーディネーターの設置が義務づけられる
- 2005：テレワーク普及促進団体“Telework Exchange”が官民共同で設置される
- 2005：ハリケーン「カトリーナ」で地元の行政機関や連邦首府の現地事務所に深刻な業務の中断が発生。連邦議会のFrank Wolf下院議員がツイッタ大統領に書簡を送り、「民間事業者に比べて政府機関の復旧が遅いのはテレワークの有無によるところが大きい」としてテレワークを通じた業務継続性向上を求める
- 2005：アジアやヨーロッパなどで鳥インフルエンザによる被害が相次ぎ、人間の感染・死亡にも多数報告されたことから、大統領府は米国に拡大した場合の対応戦略はテレワークなどによって人間同士の接近を必要最小限にとどめること（Social Distancing）であると発表
- 2006：FEMA等と協力してOPM（連邦人事局）がインフルエンザ大流行対策の実施計画やそのためのテレワーク導入の手引きなどを発表
- 2007：連邦省の60%は業務継続計画とテレワークを完全に一体化済み  
『災害によって職場が閉鎖されても、テレワークによって業務継続ができる』と答える割合は民間企業従業員では33%だが、連邦政府職員は75%に達する。（CDW-G社）

（備考）NTT DATA AgileNet L.L.C.調査

28

- 感染症の流行に対しては、**テレワークがほぼ唯一の業務継続策である。**
  - 2003年のSARSでは、感染を恐れた職員が大勢欠勤し、だれも病気にかかっていないのに業務が停滞した。
  - 政府職員266名を対象に2006年に実施した調査では、**インフルエンザが流行した場合は73%が出勤しない**と回答した。  
(テレワークを推進する官民パートナーシップ「Telework Exchange」)
- 災害への耐性・粘り強さ（Resiliency）が高まる。
  - 長期災害に強い。例えば、IRS（内国歳入庁）では、6ヶ月間にわたる庁舎の閉鎖をテレワークで乗り越えた。
  - テレワークが日常化している場合、COOPが発動されても普段通りに勤務するだけよい。
  - 職員が庁舎に出勤することを期待するということは職員に被災リスクを負わせてしまうということを意味するが、テレワークではそのような**リスクを回避できる**

（備考）NTT DATA AgileNet L.L.C.調査

29

## 3. 今後のテレワークをめぐる期待

### 技術の向こうに拡がる可能性

ネットカフェにあるPCからでも業務が行えるようにするUSBアダプターなど

	基本装備	拡張装備	
パソコン／ソフトウェア	●パソコン	●シンクライアント ●コラボレーションツール ●SaaS, Paas, クラウド	電子メール・電話・FAX インスタントメッセージ ホワイトボード共有 テレプレゼンス Web上の共同作業環境
データ通信手段	●インターネット接続 ●VPN等のアクセス手段	●モバイルブロードバンド	電子メール送受信 スケジュール管理 静止画や動画の撮影
音声通話手段	●電話機 ●専用の電話回線	●スマートホン ●VoIP ●ビデオ＆音声コミュニケーションツール	地理的な移動や転送が自在 テレビ会議 ホワイトボード共有
事務機器	●プリンター、コピー機、 スキャナー、FAX		
セキュリティ	●ウイルスやスパイウェア 対策 ●ファイアウォール ●データ暗号化 ●自動バックアップ ●ハッサク適用	●生体認証 ●機器認証 ●定期的な再認証（スクリーンセーバー等） ●OS等の完全性確認	
サポート	●システムサポート、ヘル プデスク ●構成管理	●ログ管理	
導入コンサルティング	●診断・評価、EM、ソリューション、導入、BPRコン サルティング、研修、組織開発		

31

### 環境負荷軽減が期待されるソリューション

- IT機器を利用することで環境負荷を軽減するソリューションは、幅広い分野(カテゴリー)で普及が期待されている。

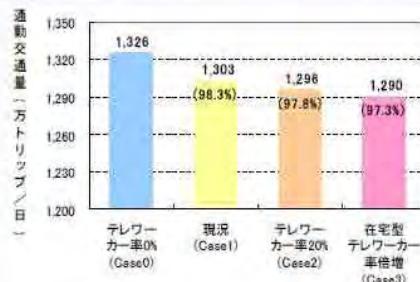
カテゴリー	サブカテゴリー	ITソリューション
産業	生産プロセス	FEMS、照明・空調・モーター／発電機の高効率化、生産プロセスの効率化
業務	建物、屋内	BEMS、電子タグ・物流システム、ペーパーレスオフィス、業務へのITの導入、テレワーク、TV会議、遠隔医療・電子カルテ、電子入札・電子申請
家庭	建物、屋内	HEMS、電子マネー、電子出版・電子ペーパー、音楽配信・ソフト配信、オンラインショッピング
運輸	インフラ、アクティビティ	信号機のLED化、自動車の燃費改善、輸送手段（鉄道、航空、海運）の効率向上、ITS、エコドライブ、SCM

(出典)グリーンIT 推進協議会調査分析委員会「2009年度グリーンIT 推進協議会調査分析委員会 報告書」

32

## テレワーク推進による環境負荷削減効果（推計）

- 東京都市圏(1都3県)の通勤交通量について、テレワーカー率が0%の場合(Case0)と比較して、現況(Case1)では約1.7%、テレワーカー率が20%に増加した場合(Case2)は約2.2%、在宅型テレワーカーが倍増した場合(Case3)は約2.7%の削減と推計される。



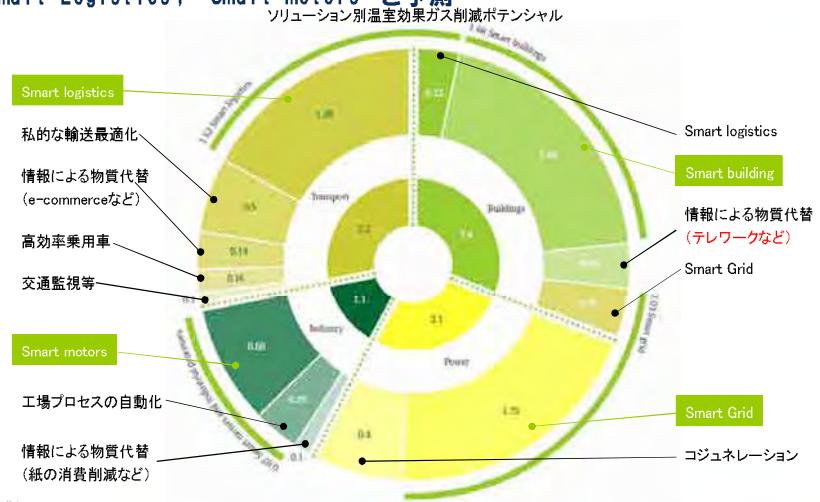
(注) 東京都市圏: 東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県  
テレワーク率(現況): は、2009年テレワーク人口実態調査結果による1都3県の値。  
推計は、在宅勤務日数別就業者数×通勤目的単原位を乘じ、通勤目的交通量を推計した。  
通勤目的の自動車前座台数は、通勤目的の交通量に通勤目的の自動車分担率を乗じることで推計した。  
通勤目的の単原位および自動車分担率は、平成20年度東京都市圏バーコードリバウド調査の都市圏平均値を適用した。

(出典)国土交通省都市・地域整備局都市・地域政策課『平成21年度テレワーク人口実態調査－調査結果の概要』

34

グリーンITのポテンシャル (SMART2020)

- グリーンITの効果のうち大きいのは、“Smart Grid”, “Smart Building”, “Smart Logistics”, “Smart motors”と予測



(出典)“SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age”(GeS)

33

#### ＜参考＞次世代テレワークの定義と提言

©日本テレワーク学会 Telework 2.0 研究部会

35

## テレワーク2.0の新定義

### ● テレワーク2.0とは

知識創造社会において、情報通信技術を活用し、（時間と場所を超えた）相互の発信・啓発により、「個」を強め、個人・組織・社会間の連携強化により、組織には「新たな経営手段」を、個人には「生きる力」を与えるものである



- ・ テレワークを新たな枠組みで捉えなおすことで、可能性にあふれた社会を目指す

©日本テレワーク学会Telework2.0研究部会

36

## 次世代テレワークの提言マトリックス

	LIFE	WORK	SOCIETY
元気	自律的な働き方で「生きる力」の実現 ③	「新たな経営手段」による競争力強化 ⑥	可能性にあふれた社会の実現 ⑨
知恵	多様な交流を通じた知性と感性の充実 ②	ネットワーク知による新価値の創出 ⑤	ICT活用と事業創造による地域活性化 ⑧
安心	育児・介護ニーズを充足した豊かな生活 ①	事業継続性の確保 ④	災害・過疎化・環境課題への挑戦 ⑦

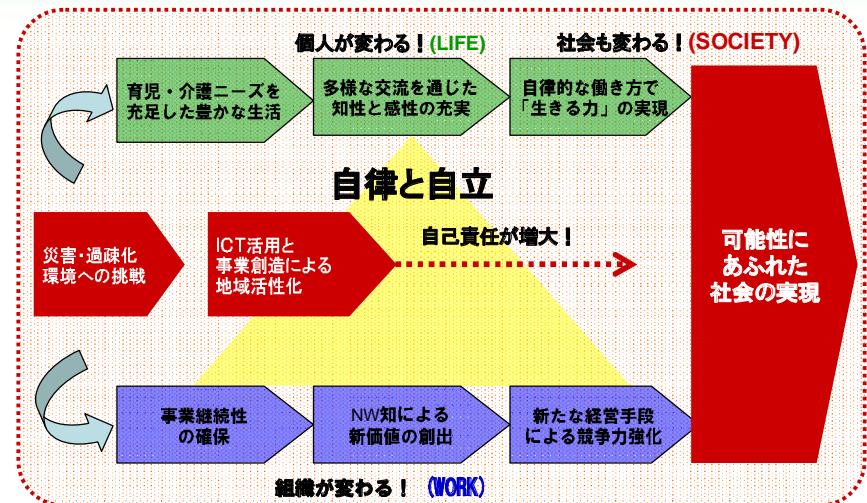
TW1.0がカバーしている領域

45

©日本テレワーク学会Telework2.0研究部会

37

## テレワークによる可能性にあふれた社会の実現



©日本テレワーク学会Telework2.0研究部会

38

ご清聴ありがとうございました!

39

(テーマ) ミリ波ブロードバンド通信・高速移動体通信技術

(講 師) 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 アンテナ技術部長 小西善彦

## ○ミリ波ブロードバンド通信・高速移動体通信技術について

- ・Green By ICT について、有効と考えているテレワークを支える技術として、ブロードバンド通信・高速移動体通信について紹介。
- ・60GHz 帯ミリ波を用いた、ミリ波ブロードバンド通信技術として、多ビームアンテナを用いたミリ波無線通信システムによる屋内無線 LAN に関する研究開発成果と、ミリ波高速移動体通信技術として、航空機内におけるユビキタス環境の実現に向け、地上と航空機間の無線リンクの実現を目指とした研究成果について紹介。

## ○ミリ波ブロードバンド通信技術の研究成果について

- ・無線 LAN として利用可能な通信システムで、確実に 1Gbps 級の伝送をコンスタントに双方向で行えることが目標。
- ・特徴として、一つのアクセスポイントからは 16 本のビームを出し、時系列に切り替えながら通信を行う。1 対 1 の通信を瞬時に切り替えて通信し、最大 1 対 16 を実現している。
- ・ミリ波は、ブロードバンド性であり 60GHz 帯域で帯域幅 320MHz を利用。また、アンテナを小さくすることが可能であり、ビームを絞ることができる。テラヘルツ波ではミリ波よりも小さいアンテナが利用可能。
- ・多ビームアンテナ技術としては、低損失基板にポスト壁導波路で構成したビームチルト型導波管スロットアレーインテナを作成して実現しており、低コスト化を可能としている。
- ・広帯域通信・アクセス制御技術としては、伝送方式を BPS 方式から、多値変調方式まで可能としており、さらに OFDM 変調により効率を上げることができる。これにより最高 1.2Gbps での通信を提供可能である。
- ・アクセス制御として、端末がいるところのみビームを送出し低消費電力化と伝送効率を向上。
- ・実証試験では、アクセスポイントを 1 台のときに、実行レートで 739Mbps を達成し、2 台のアクセスポイント、複数端末を用いた場合においても 583Mbps を達成した。

## ○ミリ波高速移動体通信技術について

- ・高速移動体通信では、最大 1Mbps 程度が限界であったが、100Mbps を実現可能な通信系を研究開発。
- ・高速移動体では、ビームを絞って飛行機に電波を送る必要があり、ミリ波アクティブフェーズドアレイアンテナを開発。これにより伝送速度 100Mbps、飛行高度 8000m、飛行速度 280km/h での無線リンク確立を確認した。
- ・飛行機では、進行方向への追尾は容易であるが、横方向への揺れへの対応が難しく、フェーズドアレイによって電子的に追尾可能とした。

## ○想定アプリケーションについて

・アプリケーションとしては、高速無線LANシステム、電車内などに情報を提供するミリ波コンテナツ伝送等の地上-車上間通信システム、航空機などの高速移動体向け大容量データ転送用無線システムを想定。

○課題について

・テラヘルツ波への展開として課題と想定しているのは、アンテナ材料であり金属ではコストがかかる。ミリ波で実現した樹脂射出成形の技術が利用できないと低コスト化が難しい。

※ 次のページに説明資料を掲載する。

# ミリ波ブロードバンド通信・ 高速移動体通信技術

## —ミリ波ブロードバンド通信システム用アンテナ技術の研究開発— —ミリ波高速移動体通信システムの研究開発—

本研究開発は、総務省委託研究「電波資源拡大のための研究開発」にて、平成17~21年度に実施を行ったものです。

平成22年12月20日  
三菱電機株式会社  
小西 善彦

## システムイメージ

## 多ビームアンテナを用いたミリ波無線通信システムによる屋内無線LAN

- 1アクセスポイントアンテナ16ビームを高速切替制御、4m×4mエリアの端末と通信
- 1userあたり100Mbps × max. 10users(トータル1Gbps)
- アンテナ拡張(下図は6アンテナ)により、エリア形状・面積を柔軟化
- アンテナ間協調制御による、100ビーム超の無線システム

## 研究課題一

## ①多ビームアンテナ技術に関する研究開発

- ・アンテナ素子のビーム指向性の確保、ビームの最適配置、低損失多接点切り替えスイッチの研究開発
- ・16素子程度の素子アンテナで構成される複雑性の高い、小型の多ビームアンテナを実現

## ②小型・低成本アンテナ技術に関する研究開発

- ・多ビームアンテナと対向するユーザ側アンテナの小型・低成本・高性能化の研究開発
- ・ミリ波帯のアンテナの低サイドローブ化、高効率(低損失)化、低成本化の実現

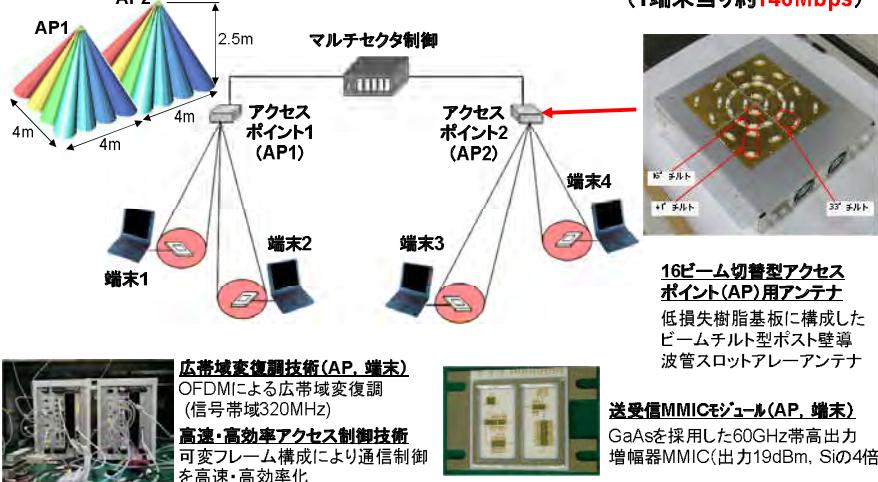
## ③広帯域通信・アクセス制御技術に関する研究開発

- ・位置検知技術、高速・高効率アクセス制御技術、広帯域変調技術の研究開発
- ・トータル実効レート1Gbps、12ユーザあたり100Mbps程度の実効レート(ユーザ数7~10程度)を有するブロードバンド通信技術の実現

AP : Access Point

本研究開発による  
要素技術の確立とともに、  
各要素技術の  
組み合わせ試験による  
システムとしての動作検証・評価

世界最速の「多ビーム切替型アクセスポイント—複数端末間60GHz帯双方向通信」を実証  
1AP-1端末間最大実効レート:739Mbps, 2AP-4端末間合計実効レート:583Mbps  
(1端末当り約146Mbps)



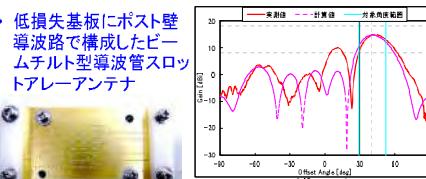
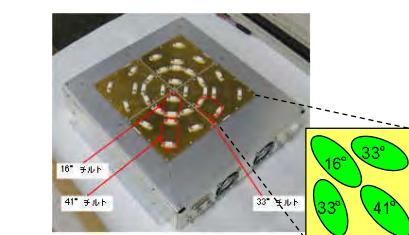
OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing, MMIC : Monolithic Microwave Integrated Circuits

3

番号	目標	達成状況	得られた成果
1	1アクセスポイントアンテナ 16ビームを高速切替制御	1アクセスポイントアンテナ 16ビームを高速切替制御	1アクセスポイントあたり16ビームで 面的エリアをカバーできることを実証
2	天井高さ2.3mで 4m×4mエリアの端末	天井高さ2.3mで 3.5m×3.5mのエリアでの 通信を確認	当初の想定エリアで通信ができる 見込みを確認
3	1ユーザ(端末)あたり 146Mbps@4端末時	1ユーザ(端末)あたり 146Mbps@4端末時	端末数とスループットとの関係を 明確化
4	1ユーザ(端末)あたり 100Mbpsで 最大10ユーザ(端末)を 想定し、トータル1Gbpsの スループットを実現	システム試験では 最大4ユーザ(端末)	ユーザ(端末)の増加時のシミュレー ションにより、10ユーザ以上でも対応 できることを確認
5	1Gbpsの伝送速度を実現 するモデムを用いた1対1 伝送で最大739Mbps のスループットを確認	1Gbpsの伝送速度を実現 するモデムを用いた1対1 伝送で最大739Mbps のスループットを確認	システム効率:74%を達成
6	アンテナ拡張により、エリ ア形状・面積を柔軟化	2アクセスポイントでのシ ステム試験により、アンテナ 拡張できることを実証	シミュレーションにより、アクセスポイ ントの増加に対応できることを確認
7	アンテナ間協調制御によ る、100ビーム超の無線 システム	2アクセスポイントでのシ ステム試験により、32ビーム の無線システムを構築	シミュレーションにより、アクセスポイ ントの増加に対応できることを確認

4

◇研究成果(多ビームアンテナ技術)

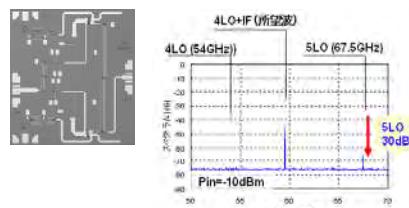


アンテナ利得(41° テルトのセルエッジ48° 方向利得)

目標値:13.6dBを達成

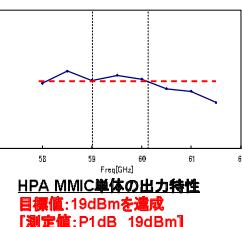
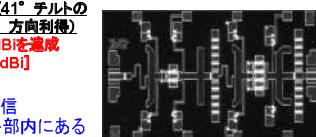
[測定値:14.3dB]

- ・60GHz帯での4次高調波形低スパースミクサ構成
- 目標:新規構成のミクサの開発を実現[5LOを30dB改善]



HPA : High Power Amplifier, IRM : Image Rejection Mixer,

5

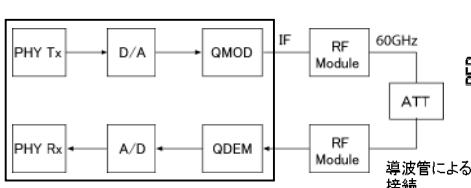


◇研究成果(広帯域通信・アクセス制御技術)

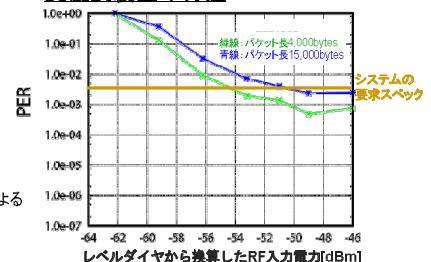
広帯域変復調装置(PHY)の諸元

変調方式	OFDM	FFT帯域幅	400MHz
伝送路符号化	置込み符号	信号帯域幅	320MHz
OFDMシンボル時間	2.72 μsec	FFTポイント数	1024
伝送速度	150Mbps~1.2Gbps	所要パケット誤り率	PER<1e-2@1Gbps

変復調装置の評価系



変復調装置の特性



パケット長15,000bytesの場合、-54dBm以上で1Gbpsが達成可能

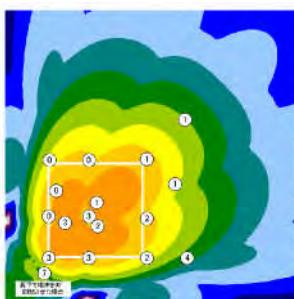
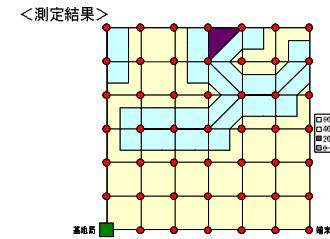
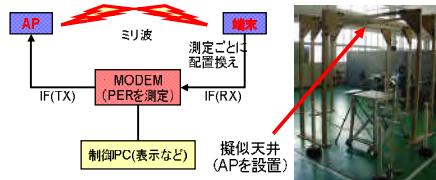
PHY : Physical Layer, OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing, PER : Packet Error Rate  
QMOD : Quadrature Modulator, QDEM : Quadrature Demodulator

7

◇研究成果(多ビームアンテナ技術)

- 多ビームアンテナのカバーエリアにおける面的特性評価
- <試験系>

(基礎データ取得)  
広帯域アクセス制御装置と組み合わせた  
端末位置認識・通信確認結果



- ・設計どおり、ほぼ全体にわたって、均一な特性を取得

システム的な動作を実証

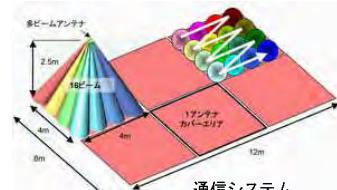
49

6

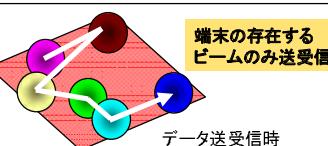
◇研究成果(広帯域通信・アクセス制御技術)

- 端末位置認識・通信確認(システム実証)

(基礎データ取得)



通信システム



ユーザデータ領域の情報(タイミング、割当量、変調方式)は、ビーコンで通知

ピーコン領域

端末応答領域

ユーザデータ領域

時間

ビーコン送信時

時間

データ送受信時

時間

TDMA制御とビーム制御を同時に実現するフレーム

フォーマット、および接続シーケンスにより、アクセス

ポイント・端末間の検知と可変帯域割り当てを実現

最大15,000byte(1500byte×10フレーム)

のフレーム多重により、伝送速度に対する

システム効率:74%を達成

TDMA : Time Division Multiple Access

8

◇研究成果(システム実証)

以下の様々なシステム系統にて、通信システムとしての動作を検証・評価



APの数量・配置や端末(MT)の数量・配置に依存しない柔軟な通信システムの確立を実証



1アクセスポイント・1端末の環境で**最高スループット: 739Mbps**を達成

複数アクセスポイント・複数端末による同時通信環境で  
**583Mbps(1端末あたり145.75Mbps相当)**を達成

◇研究成果(実証実験)

ミリ波APAAによる地上局の追尾・通信確認

高速ミリ波無線リンク確立

伝送速度: 100Mbps  
飛行高度: 8000m  
飛行速度: 280km/h

地上局にて航空機の捕捉・追尾・通信確認



e-mail, webカメラ, skypeなどの  
アプリケーションの現地デモ  
(動作確認)についても確認

晴天時のみならず  
降雨時(小雨)においても通信確認

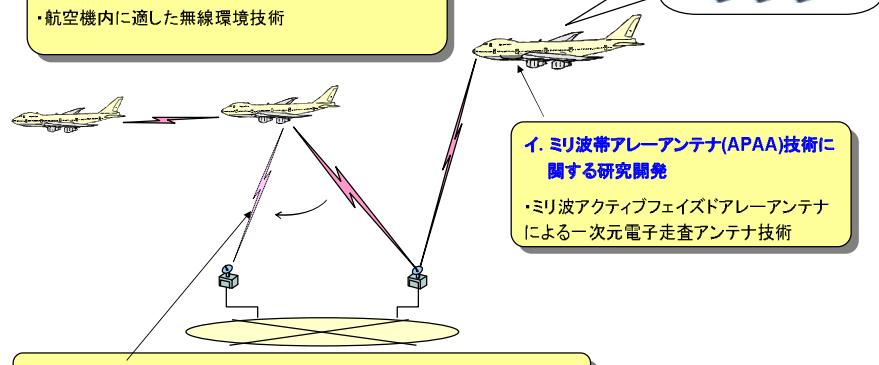


インターネット回線

「航空機内におけるユビキタス環境の実現に向け、地上と航空機間の無線リンクを実現する」  
ことを目標とし、以下のサブテーマに分類し、研究開発を実施

ア. 航空機広帯域無線システムに関する研究開発

- ・航空機に適したアクセス制御、捕捉・追尾制御技術  
(長距離通信に対応したアクセス制御、高指向性ビームを用いた捕捉・追尾)
- ・航空機内に適した無線環境技術

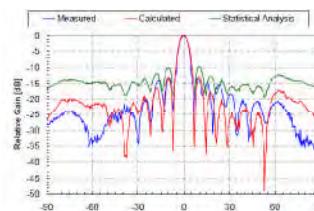


◇研究成果(アーレーアンテナ(APAA)技術)



航空機搭載用の  
**ミリ波帯アクティブラーフェーズド  
アーレーアンテナ(APAA)**を開発

アンテナパターン等の電気性能  
確認のほか、動搖試験にて  
追尾機能を確認



アンテナパターン  
測定結果



○動搖試験での確認フロー

- 送信局からの電波をスペアナでレベル確認
- あらゆる姿勢に対してもレベルがほぼ一定
- 自己の姿勢を把握し、ビーム指向方向を制御可能であることを確認

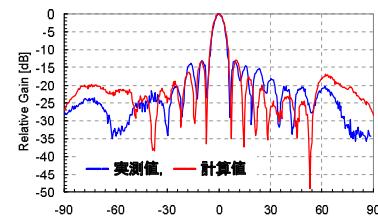
## ◇研究成果(アレーアンテナ(APAA)技術)



40GHz帯16素子樹脂射出成形導波管ホーンアレーアンテナ



40GHz帯16素子×16列APAA

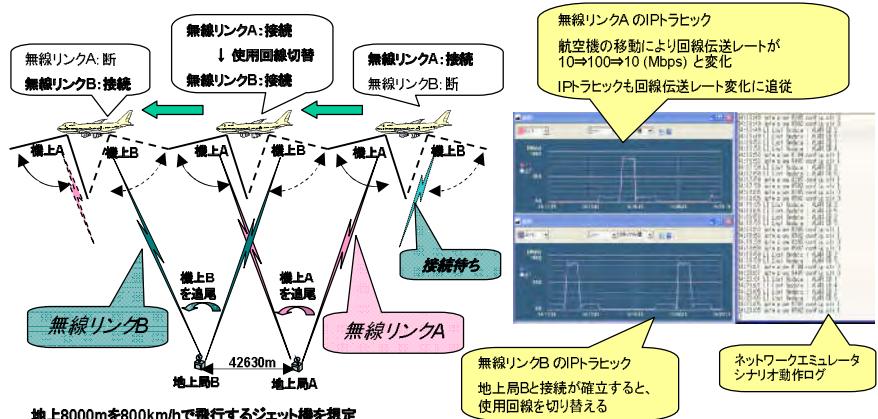
ビーム正面時の放射パターン(周波数: 46.9GHz)  
40GHz帯APAA試作評価結果

13

## ◇研究成果(高速移動ネットワーク技術)

課題: ハンドオーバにより秒単位の通信断続のある環境や伝送距離に応じて無線帯域が変更される環境において、無線帯域を有効に利用可能とする無線連携によるハンドオーバ制御機能の実現

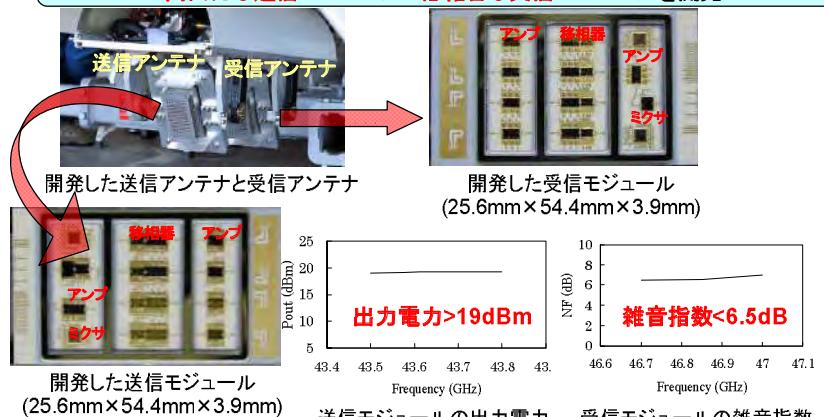
成果: ミリ波無線装置との連携機能を具备したネットワークエミュレータを用いて、航空機実験におけるミリ波接続環境と同等の実験環境を構築し、ハンドオーバ動作を確認した。



15

## ◇研究成果(アレーアンテナ(APAA)技術)

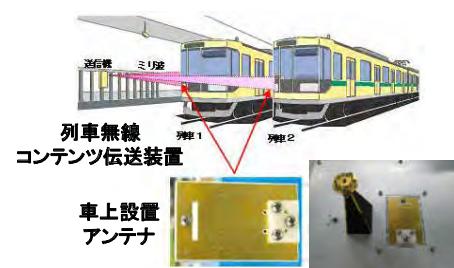
通信速度向上と高速なビーム指向方向制御のために移相器を備えた  
高出力な送信モジュールと低雑音な受信モジュールを開発

業界トップクラスの高出力特性(送信モジュール)と  
低雑音特性(受信モジュール)を実現

14

以下のようなアプリケーションへの展開を想定

- ◆ ミリ波無線LANシステム
- ◆ 電車内などに情報を提供するミリ波コンテンツ伝送等の地上一車上間通信システム  
→ 鉄道事業者向けに実用化(車上設置アンテナ、送受信機MMIC)を実施
- ◆ 航空機等の移動体向けの大容量データ転送用無線システム



60GHz帯列車無線コンテンツ伝送システム



非着陸スポット・ブロードバンド

航空測量データ転送

16

### 3-3 ICT による Green への貢献シナリオ

(テーマ) グリーン ICT の現状と NTT グループの取り組み

(講 師) NTT 環境エネルギー研究所 環境推進プロジェクト 染村 庸

- 地球温暖化問題への対応策として CO<sub>2</sub> 削減が世界的課題となっている。ICT セクタとして、これに貢献することが不可欠である。
- ICT の急速な普及に伴い、ICT の製造段階のエネルギー消費や使用段階での消費電力等が増加し、e 廃棄物の越境問題や貴重資源の採掘など、環境負荷は増大している。
- ICT の取組が環境に与える影響には2面性がある。まず1つ目は、ICT 機器自体によって発生する環境負荷に対し、この環境へのマイナス要因を省エネ等によって削減するものである (Green of ICT)。ICT セクタの CO<sub>2</sub> 排出比率は全セクタの約2%(2007 年)であるが、これを抑えていくことになる。
- 2つ目は、ICT サービスの導入による環境負荷の削減であり、情報の電子化や産業・生活の効率化を行い、環境へのプラス要因を拡大させるものである (Green by ICT)。これは他セクタの CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献することになるが、ICT の活用によって他セクタ全体の CO<sub>2</sub> 排出量削減効果は大きく、Green by ICT の効果は Green of ICT の効果以上に期待されている。
- 世界全体では、スマートグリッドやスマート物流、スマートモーター等の ICT による CO<sub>2</sub> 削減効果が、2020 年には 78 億トン(世界全体の 15%)という試算がある。このうちテレワーク、テレビ会議、電子ペーパー、電子商取引といった脱物質化、移動削減の効果については 30 億トン(世界全体の 6%)と見積もられている。
- 日本全体に対する CO<sub>2</sub> の削減効果は、総務省のタスクフォースの報告書に、ICT の新対策を実施することで、(ICT 機器自体の CO<sub>2</sub> 排出量を含めて)2020 年には 12,500 万トンの CO<sub>2</sub> 排出量の削減が見込まれるという試算が出ている。さらに Green by ICT の CO<sub>2</sub> 削減効果は、2020 年で最大 1.5 億トンになる可能性も示されている。これは 1990 年の排出量と比較した場合、約 12.3% の削減効果となる。Green of ICT については、光通信技術等の開発、クラウドの推進といった対策を通して、2012 年の排出量とほぼ同水準が維持できると見込まれている。
- ICT 機器の環境影響評価手法として、一般に、ライフサイクルアセスメント (LCA) という、原材料の採取から製造使用及び廃棄に至る全ての過程を通して、製品が環境に与える負荷の大きさを定量的に整理評価する手法が用いられている。
- 固定電話網の LCA 評価を行ったところ、環境負荷の 70% が使用段階のものであり、さらにその 70% (全体の半分) が端末機器の消費電力であった。中でも待機時間の消費電力が支配的であるため、これを削減する技術開発が求められる。
- IP 電話についても、同様に端末における待機時の消費電力が大きなウェートを占めており、機器の省エネ化が特に重要となる。
- インターネット接続について、ISDN、ADSL、光ファイバをそれぞれ評価すると、光ファイバが

最も省エネで効率的であるという結果になった。さらに、環境効率という観点では、光ファイバーの情報伝送は、ISDNの約2000倍に向上する。

- 低炭素社会に向けた取り組みとして、NTTグループ全体で環境問題への対策を行っている。環境配慮型のデータセンターの導入やスマートグリッド、直流給電等、環境負荷削減に向けた研究開発を進めている。中でも、AC/DC の変換に伴う電力損失が抑えられる高電圧直流給電方式、エネルギーネットワークの最適制御やスマートコミュニティの研究開発に力を入れている。
- NTTにおいて、テレワーク、音楽の電子配信、電子図書を実施した時のCO<sub>2</sub>排出削減量について、それぞれ大胆な評価モデルにより算出を試みた。テレワークを首都圏で週2回実施すると、年間で従来手段の35%の削減でき、音楽の電子配信で年間25万トンのCO<sub>2</sub>削減、電子図書により、年間2800万トンのCO<sub>2</sub>削減が見込めるという結果が出た。但し、いずれも大まかな算出ではある。
- ICT に関する環境負荷を定量的に算出する評価手法については、国内でガイドライン化されている。これまでには、このような環境影響評価手法については国際標準化されたものがなかったことから、ITU-Tに提案して国際標準化を目指しており、現在、SG5「環境と気候変動」で勧告化に向けた議論を進めている。
- 国際標準化の曉には、環境経営の観点からグリーン ICT の取り組みを定量的に評価することが可能となり、環境ソリューションビジネスの普及や ICT による CO<sub>2</sub> 排出削減効果の「見える化」にも弾みがつく。また異なる企業の製品やサービスによる CO<sub>2</sub> 排出削減効果を定量的に比較できるようになるため、企業が製品やサービスを導入するときに、性能や価格だけでなく、CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果という新たな評価軸での検討が可能となる。
- 評価方法の国際標準化については、実質、日本がイニシアティブをとっている。日本だけでなく、英国、米国、仏国、韓国なども参加しているが、日本のガイドラインをベースに議論している状況である。
- マクロ評価モデルによる算出効果の精度であるが、各種の統計データをベースに算出している。音楽配信サービスの算出値については、業界から異論も出ているが、算出根拠や目的を明示することで業界には納得いただいている。
- 通信ネットワークの性能向上(高速化)が、省エネ効果に与える影響について、精度の高い算出をすることは今後の課題である。ビットレートあたりの効果を算出した結果についての学会発表などがあるので、それが参考事例になると考えられる。
- 総務省の推計による2020年の CO<sub>2</sub> の10%削減効果であるが、その中に通信ビットレートの高速化の要素も算出に含まれている。但し具体的な速度まで踏み込んでいるかは把握していない。総務省の報告書にも、そこまでの記載は無かったように思われる。
- 最近のネットワークは常時接続が主流になっているがこの算出効果においては、評価の機能単位として、個々のネットワークサービスを1日あたり何時間利用といったデータについては、アンケート結果や各種統計データを使っている。また、ICT の普及によって、これまで紙の手紙だと年に1通も出していなかった人が、1日に何通も不要な電子メールを出すことによるエネルギー消費量が逆に増加するといった問題や、移動の削減によって、空いた時間に不要な ICT 利用による余分なエネルギー消費を誘発するなどのリバウンド効果が考えられるが、その効果の算定については今後の課題である。なお、テレワークやテレビ会議をオフィスの異なる社

員達が行つても、移動手段が自動車であれば、ガソリン消費が減るため環境負荷を実質的に削減することができるが、電車やバスなどの公共交通機関を利用していた場合には、少人数が利用しないことで公共交通機関の運行頻度が削減されるものではない。これは、将来的にTV会議システムが普及し、ライフスタイルやビジネススタイルの変革が進展することにより、運行頻度の見直しなど活動量の実質的な削減が誘発されるという「削減ポテンシャル」や「みなし効果」と呼ばれている。これらの効果をどう削減効果に反映し、精度を上げていくかは、今後の課題になる。

※ 次のページに説明資料を掲載する。



テラヘルツ波帯の情報通信利用に関する調査検討会  
第3回会合  
2010年11月16日

## グリーンICTの現状とNTTグループの取り組み

日本電信電話株式会社  
NTT環境エネルギー研究所 環境推進プロジェクト  
染村 庸

つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 0

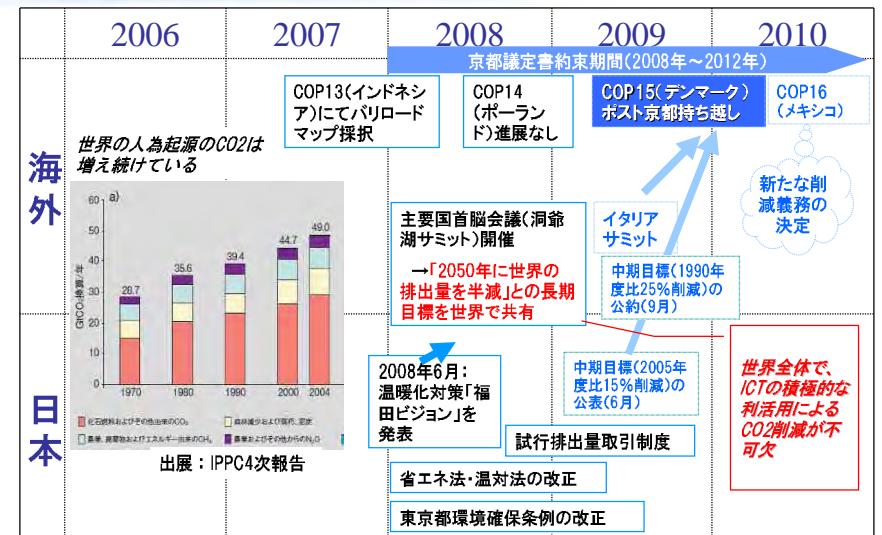
## 講演内容

1. ICTと環境に関わる国内外の状況
2. ICTインフラの環境影響(CO<sub>2</sub>排出量)評価方法
3. ICTの省エネに関する取り組み(Green of ICT)
4. ICTの利活用による環境負荷低減効果(Green by ICT)
5. ICTの環境影響評価手法に関する国際標準化について
6. まとめ

つなぐ。それは、ECO

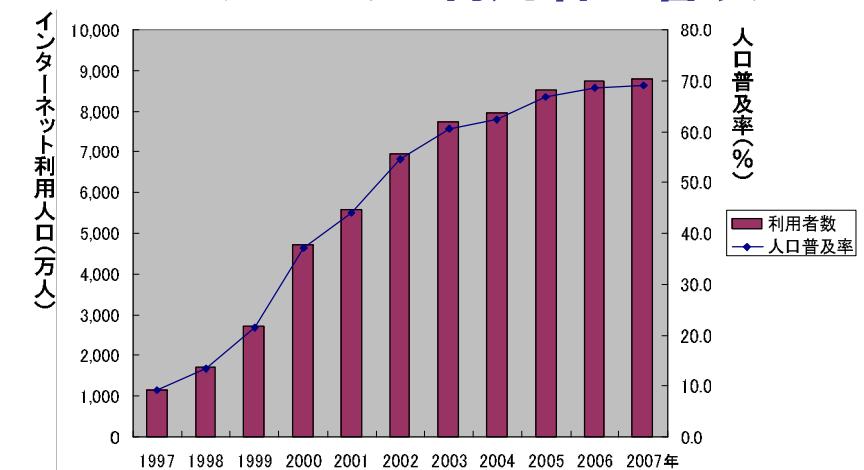
Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 1

## 地球温暖化問題に関する世の中の動き



Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 2

## インターネット利用者の普及



Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 3

つなぐ。それは、ECO

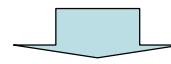
## ICTの普及と環境問題

ICTは急速に普及し、その環境負荷も増大している。

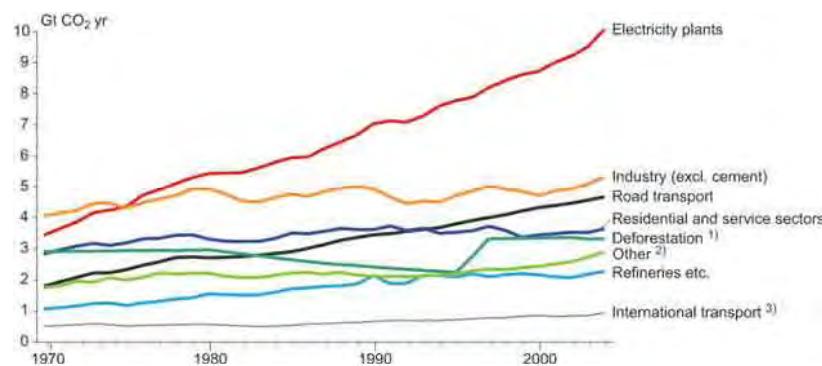
- 製造段階でのエネルギー消費が大きく、長寿命化や、リユース・リサイクルの推進が課題
- 使用段階での消費電力の削減が課題
- e廃棄物の越境問題(発展途上国での廃棄)
- 貴重資源の採掘(タンタルなど)
- 鉛など有害物質の除去
- 再生可能資源の採用

気候変動という観点では、地球温暖化問題が人類が直面する喫緊の課題。

つなぐ。それは、ECO



## CO<sub>2</sub> 排出量推移(1970～2004年)



出展:IPCC AR4 WG3 Fig-1-2

つなぐ。それは、ECO

## CO<sub>2</sub>を削減するには

- エネルギー消費量の削減(省エネ)
- エネルギー源の低炭素化(原子力、水力…)
- 炭素固定(光合成)
- 炭素貯蔵(地中、深海…)

つなぐ。それは、ECO

## 16 November 2010 NTT

## ICTが環境に与える影響

Green of ICT

ICT自身の  
環境負荷

ICTサービスによる  
環境負荷の削減

Green by ICT

地球環境に対するマイナスの要因

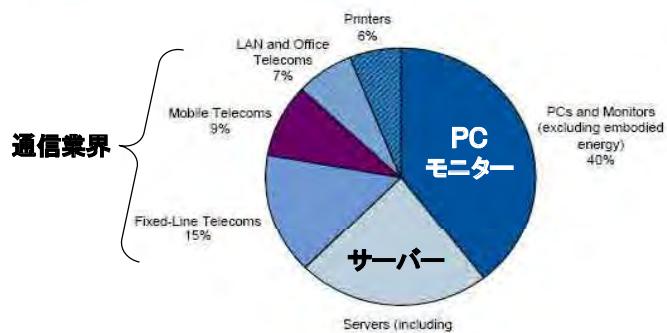
- エネルギーの使用 (ICT機器やNWの増加に伴う電力消費など)
- ICT機器の生産や設備構築による資源利用
- ICT機器の廃棄や設備撤去に伴う廃棄物の発生

地球環境に対するプラスの要因

- 脱物質化(情報の電子化)
- 移動の削減(人流や物流の効率化など)
- 産業・生活の効率化
- 環境啓発・環境教育へのICTの活用
- 環境センサや環境モニタリング

つなぐ。それは、ECO

## ICTセクターにおけるCO<sub>2</sub>排出比率



Source: Gartner Group (2007)\*

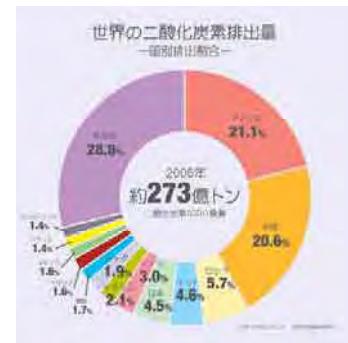
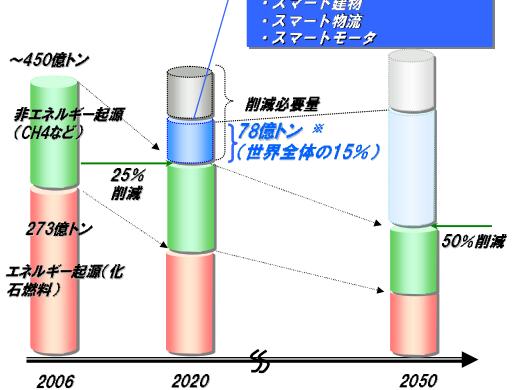
\* Rakesh Kumar and Lars Mieritz, "Conceptualising 'Green IT' and Datacentre Powering and Cooling Issues", Gartner Research paper ID number G00150322, 7 Sept. 2007.

- ちなみに、ICTセクター(放送分野を除く)のCO<sub>2</sub>排出比率は全セクターの約2%。2007年度で約0.9Gt-CO<sub>2</sub>。(通信業界はICTセクターの24%、全セクターの0.5%)
- しかし、ICTセクターは他セクター(CO<sub>2</sub>排出比率98%)から排出されるCO<sub>2</sub>量を抑制可能(Green by ICT)。

つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 8

## CO<sub>2</sub>削減に貢献するICT(世界全体)

全国地球温暖化防止活動推進センターウェブサイト(<http://www.jcca.org/>)より

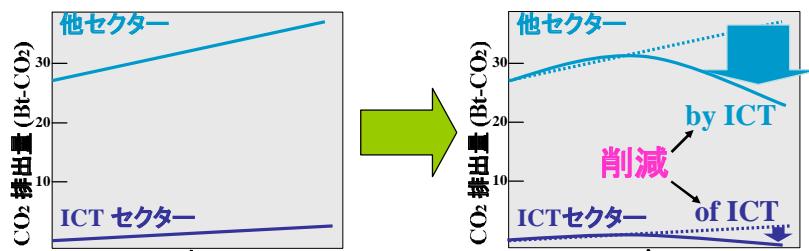
\*GeSI SMART2020より。このうち、テレワーク、テレビ会議、電子ペーパー、電子商取引関連の脱物質化、移動削減などの効果は30億トン程度(6%)

GeSI SMART2020, IPCC資料などから作成

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 10

つなぐ。それは、ECO

## ICTが社会全体に及ぼす影響



### ICTによる他セクターのCO<sub>2</sub>排出削減量

- ICTセクターは、他のセクターに対し、CO<sub>2</sub>排出量の削減に貢献できる
- ICTセクター自らの省エネ(Green of ICT)とともに、ICTの活用による社会全体のCO<sub>2</sub>削減効果(Green by ICT)が注目

つなぐ。それは、ECO

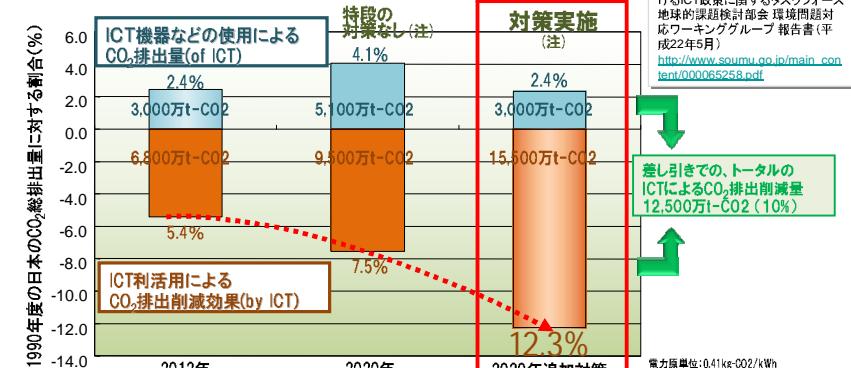
Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 9

## CO<sub>2</sub>削減に貢献するICT(日本全体)

○ICTによるCO<sub>2</sub>削減効果(by ICT)は、2020年には、最大約1.5億トンになる可能性。これは、1990年の総排出量と比較した場合には約12.3%の削減効果に相当し、25%削減の中期目標達成に大きく貢献。

○一方、ICT機器などの使用によるCO<sub>2</sub>排出量は、光通信技術等の開発やクラウドの推進等の対策(of ICT)により、約3000万t-CO<sub>2</sub>まで排出を抑えることが可能。これは、2012年の排出量とほぼ同水準。

### ICT分野全体のCO<sub>2</sub>排出量とICTの利活用によるCO<sub>2</sub>削減効果



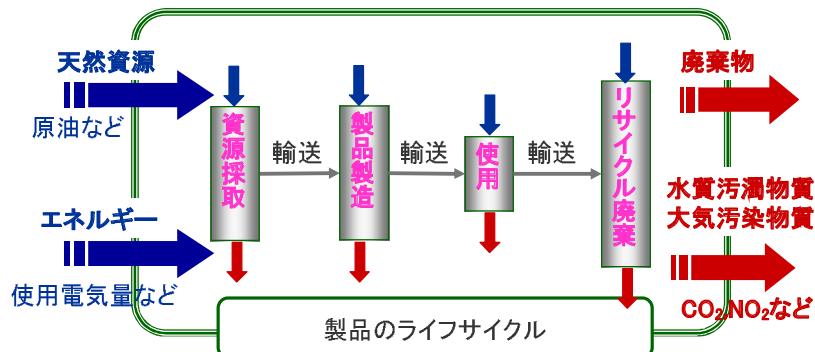
つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 11



## LCAによる環境影響評価技術

LCA:ライフサイクルアセスメント(Life cycle assessment)



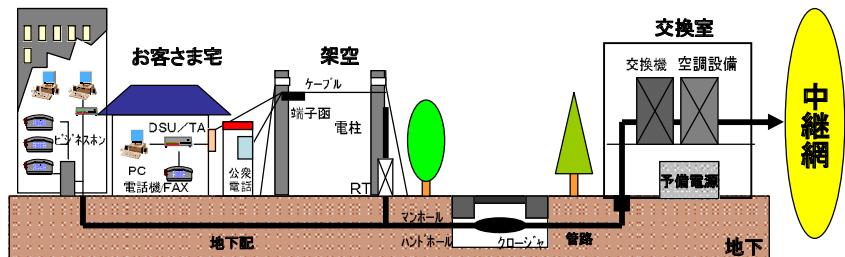
原材料の採取(鉄鉱石の採掘等)から、製造、使用及び廃棄に至るすべての過程(即ち、人間に例えるならばゆりかごから墓場までの全生涯)を通して、製品が環境に与える負荷の大きさを定量的に整理、評価する手法。

つなぐ。それは、ECO



## 固定電話網の評価モデル

【市内電話サービスモデル】



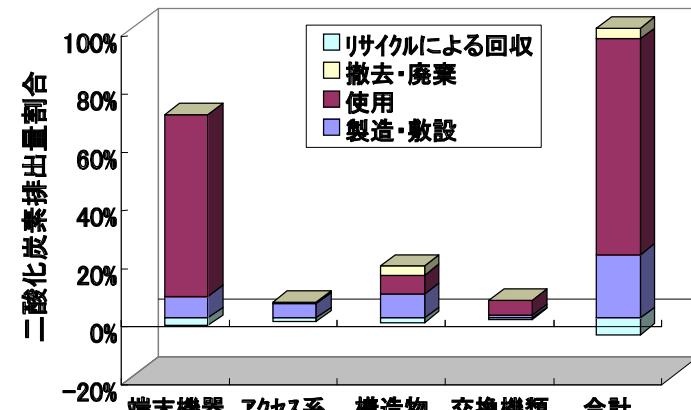
- モデル条件:
- ①首都圏1万回線規模の加入者系設備(端末～アクセス系設備～交換機)を想定した。
  - ②H10現在の設備を標準とする。
  - ③代表的な装置、構造物を対象とする。
  - ④人の稼動、保守用の装置類は対象外とする。
  - ⑤環境負荷は二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量で換算する。

つなぐ。それは、ECO



## 固定電話網の評価結果

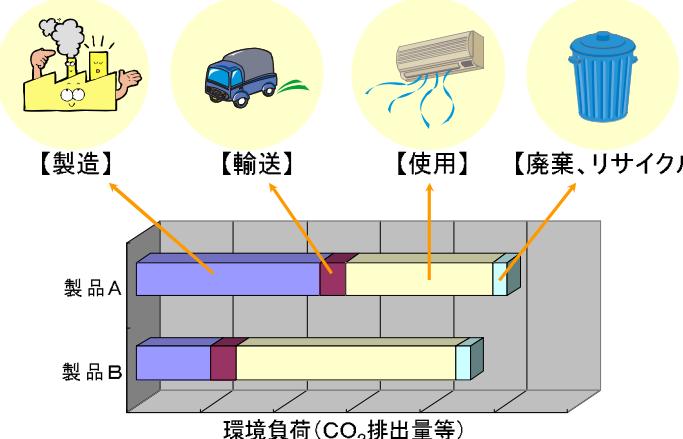
全体の70%が使用段階であり、さらにその70%(全体の半分)が端末機器の電力消費に起因、中でも待機時間の消費電力が支配的



つなぐ。それは、ECO



## 何がわかる?

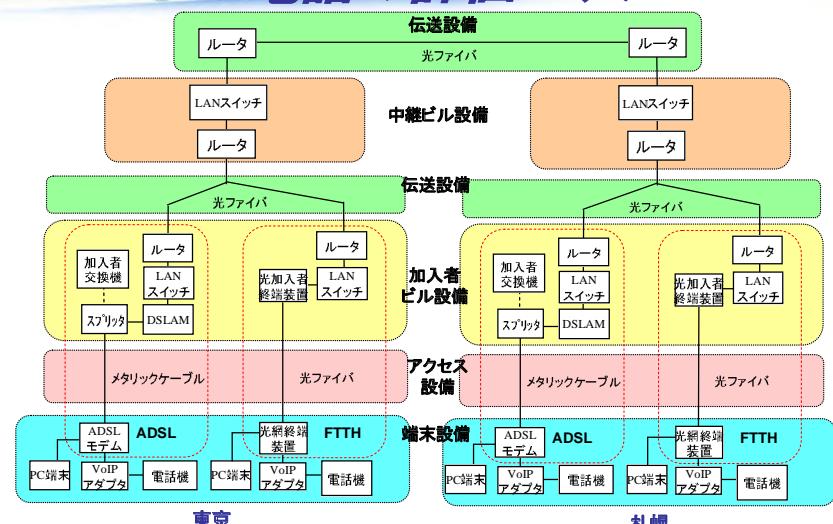


製品Aのように、使用時の環境負荷が製品Bより小さくても、  
ライフサイクル全体では製品Bより環境負荷が大きくなることがある。

つなぐ。それは、ECO

# IP電話の評価モデル

16 November 2010 NTT

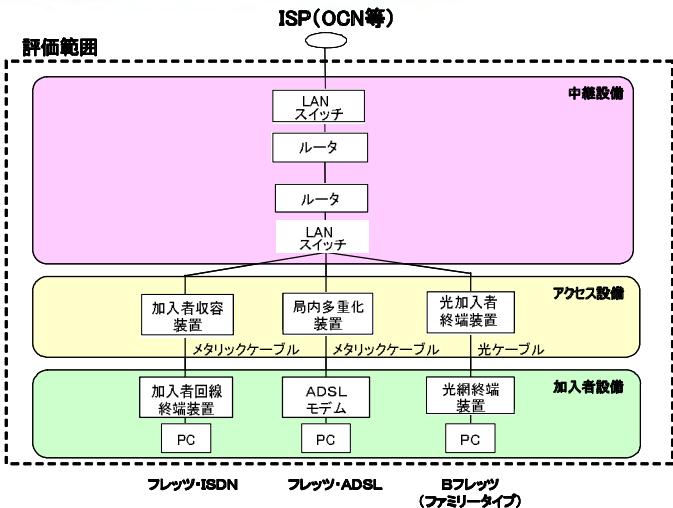


\*FTTHは1ファイバで8加入使用  
つなぐ。それは、ECO

前田他、SETAC/ISIE/Swiss Discussion Forum(2003年スイス)  
Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 16

# インターネット接続の評価モデル

16 November 2010 NTT



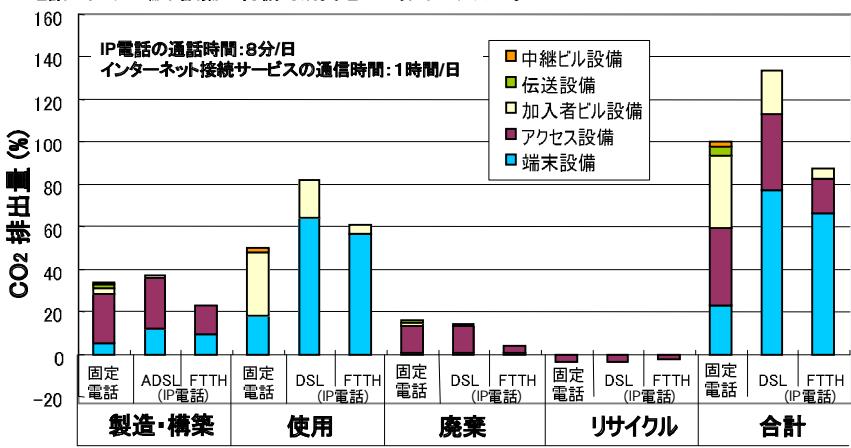
折口ら エコバランス2006国際会議  
Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 18

つなぐ。それは、ECO

# IP電話の評価結果

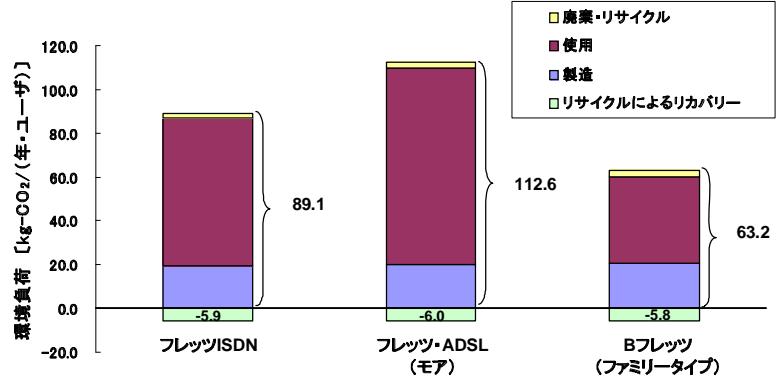
16 November 2010 NTT

FTTHアクセスサービスのアクセス設備と加入者ビル設備による環境負荷は、他のアクセスサービス(固定電話、ADSL)に較べて小さい。  
伝送設備と中継ビル設備からのCO2排出量は、固定電話(7%)、IP電話(0.1%以下)とともに小さい。  
IP電話における端末設備の待機時消費電力が非常に大きい。



# インターネット接続の評価結果

16 November 2010 NTT



つなぐ。それは、ECO

折口ら エコバランス2006国際会議  
Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 19

## IP接続サービスのエネルギー消費の効率化

- IP系設備の設置にあたっては、直流給電の推進、高効率空調設備の導入等、エネルギー消費削減に努めているものの、IP接続サービス、携帯電話等の加入者数の増大に伴い、消費エネルギーは増大
- 一方、IP接続サービスの高速化が進んだが、アクセス網を光化することにより、ISDN、ADSLと比較して、お客様一人あたりの環境負荷は最大1/2程度に削減されるとともに、情報伝送の環境効率は約2000倍に向上

2005年度NTTグループCSR報告書より抜粋

### IP接続サービスの環境効率とファクター

指標	単位	IP接続サービス		
		フレッツISDN	フレッツADSL (モア)	Bフレッツ (ファミリータイプ)
価値 (最大伝送速度)	kbps	64	6,500 <sup>*3</sup>	100,000
環境負荷 (CO <sub>2</sub> 排出量)	kg-CO <sub>2</sub>	78.2	101.7	52.3 (PON方式)
環境効率 <sup>*1</sup>	kbps/kg-CO <sub>2</sub>	0.81	63.9	1,912.0
ファクター <sup>*2</sup>	-	1	79	2,360

※1 環境効率 =  
(最大伝送速度)  
÷(環境負荷(CO<sub>2</sub>排出量))

※2 ファクター =  
(ADSL、Bフレッツの環境効率)  
÷(フレッツISDNの環境効率)

※3  
上り速度(1Mbps)と下り  
速度(12Mbps)の平均値

(注)  
環境負荷には、お客様設置  
設備を含む(DSU、ADSLモ  
デム、ONU等)

つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 20

## 環境に配慮したデータセンタへの取り組み

### 太陽光発電システム



最新の省エネ技術を  
集結したデータセンタビジネス

### 環境に配慮した データセンタ

### 高電圧直流給電技術



電力接続口の少ない高電圧  
直流給電システムの開発・導入

### 仮想化技術



仮想化技術を活用しIT機器リソースを  
シェアすることでIT機器を削減

### 高効率空調技術



空調解析による最適な高効率  
空調システムの導入

### ICT装置と空調の連係制御技術



ICT装置のワークロードの平準化と  
空調機設定温度の連係制御

つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 22

## NTTグループの低炭素社会へ向けた取り組み

NTTグループ全体で、(1)Green of ICT、(2)Green by ICT、(3)Green with Team NTT、  
に積極的に取り組む

### 1 Green of ICT

NTTグループの事業活動に伴うCO<sub>2</sub>排出量の削減

▶通信設備等の省電力化  
(データセンタ、電力・空調装置等)



▶グリーンNTT(自然エネルギー発電の導入)  
▶「チーム・マイナス6%」への参加



### 2 Green by ICT

お客様のCO<sub>2</sub>削減に貢献する  
ソリューション等の提供

▶テレワークを支えるICTソリューションや、  
デジタルコンテンツ流通等の提供



### 3 Green with Team NTT

NTTグループ社員の家庭や地  
域におけるCO<sub>2</sub>削減

▶エコドライブの実践、森林保護活動、地域  
清掃活動への参加、ビルの屋上緑化、等



つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 21

## 環境負荷削減に向けたNTTの研究開発

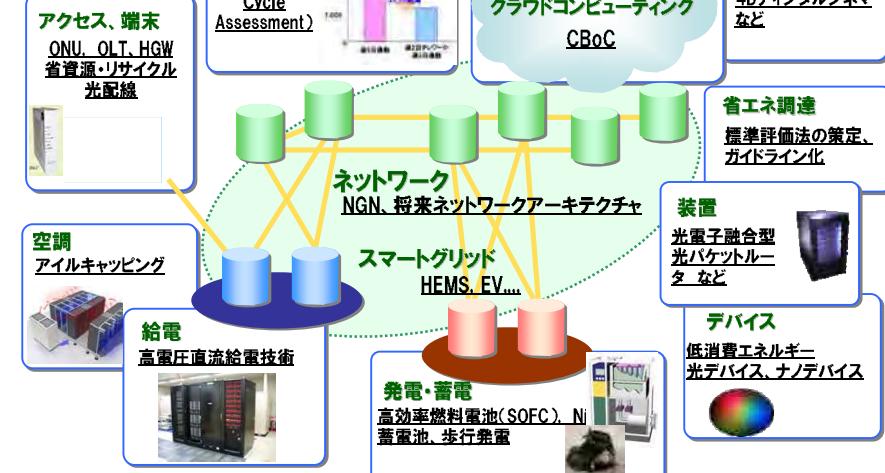
### 環境影響評価

LCA(Life  
Cycle  
Assessment)



クラウドコンピューティング  
CBoC

PF,  
アプリケーション  
4Dデジタルシネマ  
など



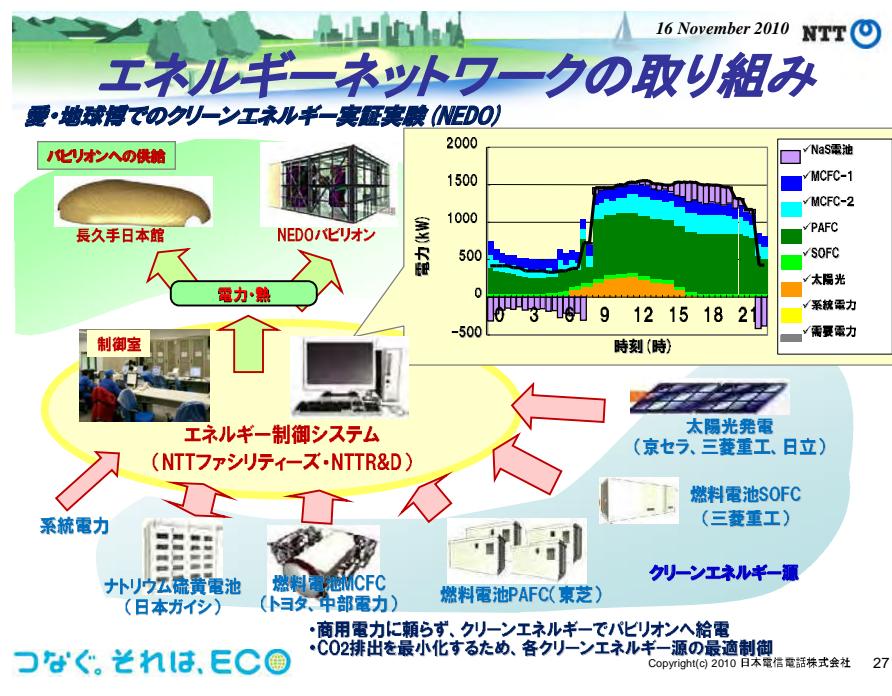
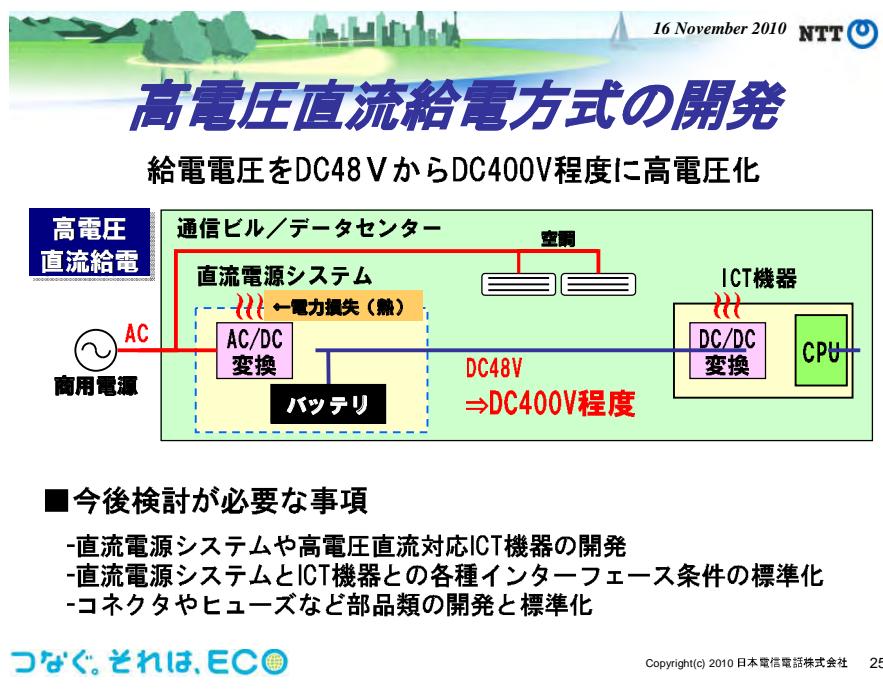
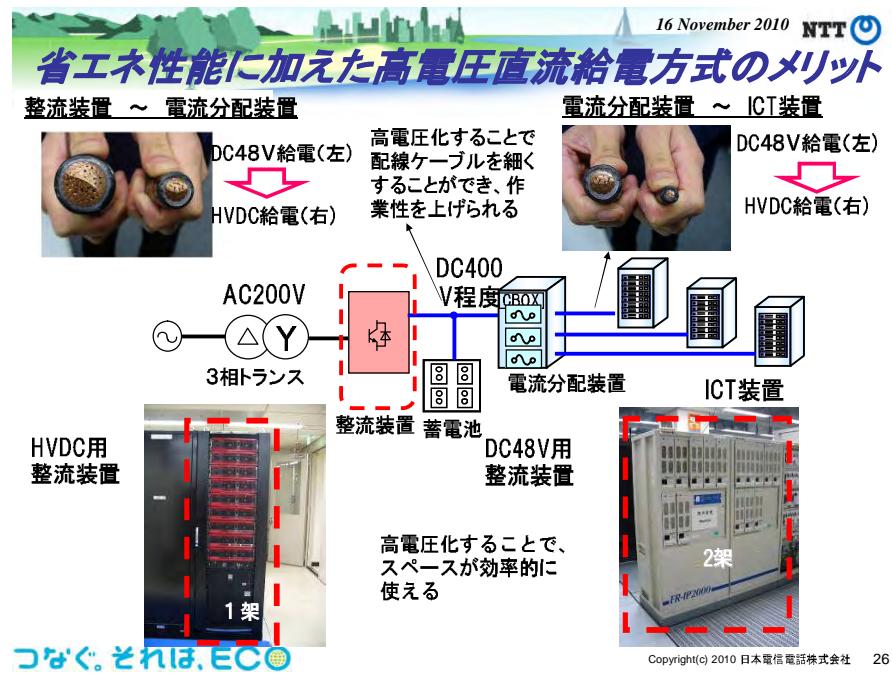
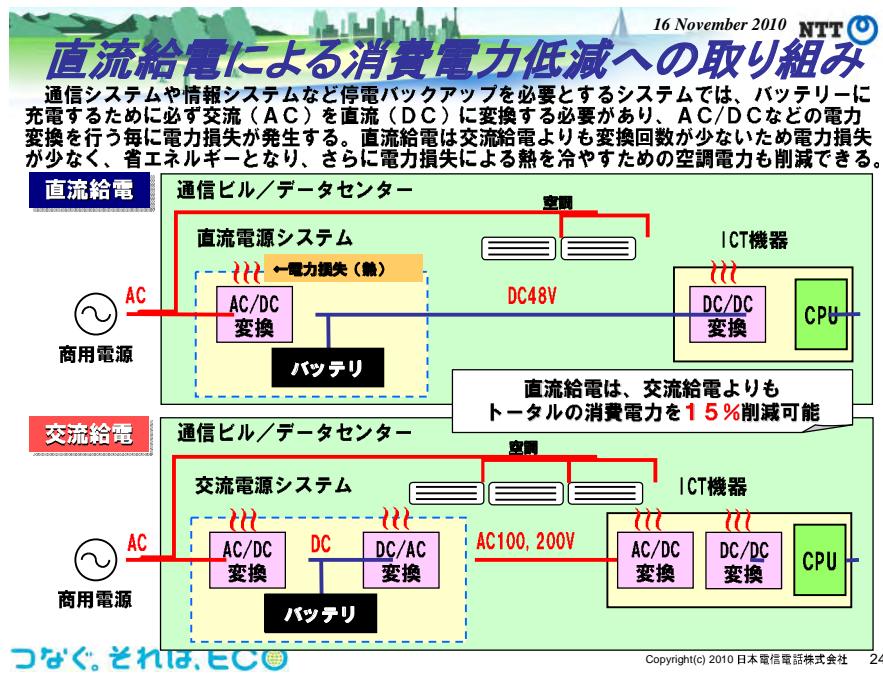
省エネ調達  
標準評価法の策定、  
ガイドライン化

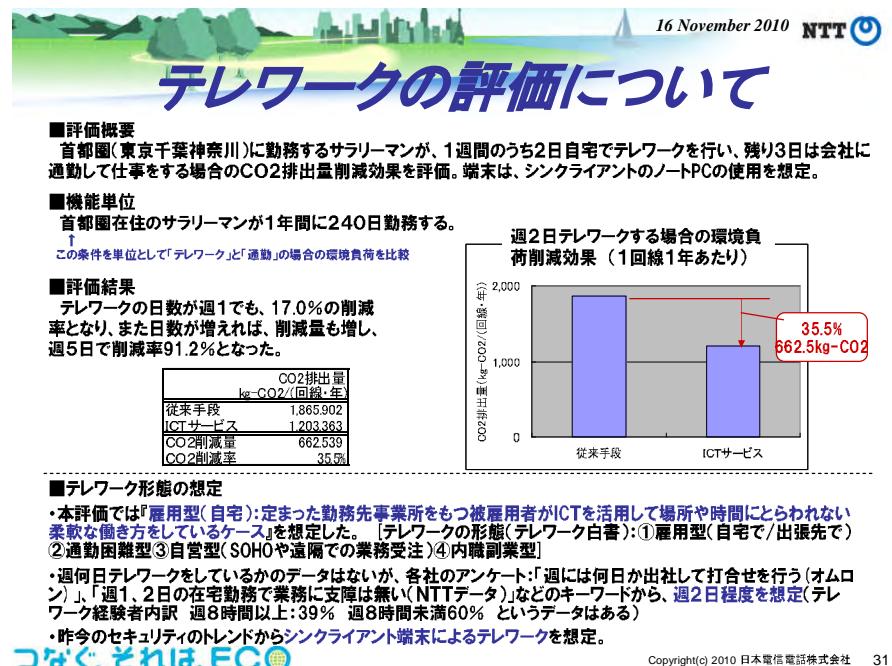
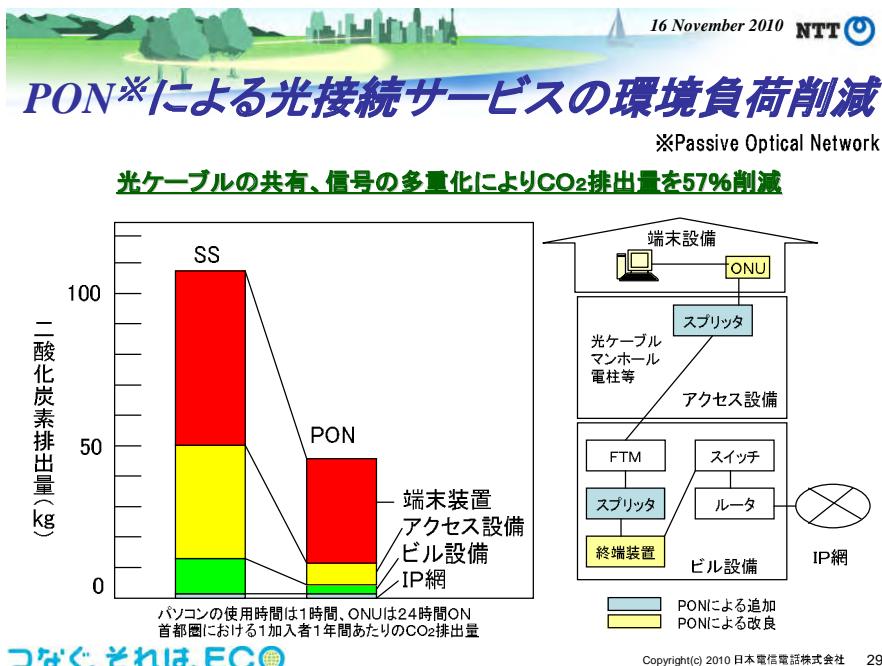
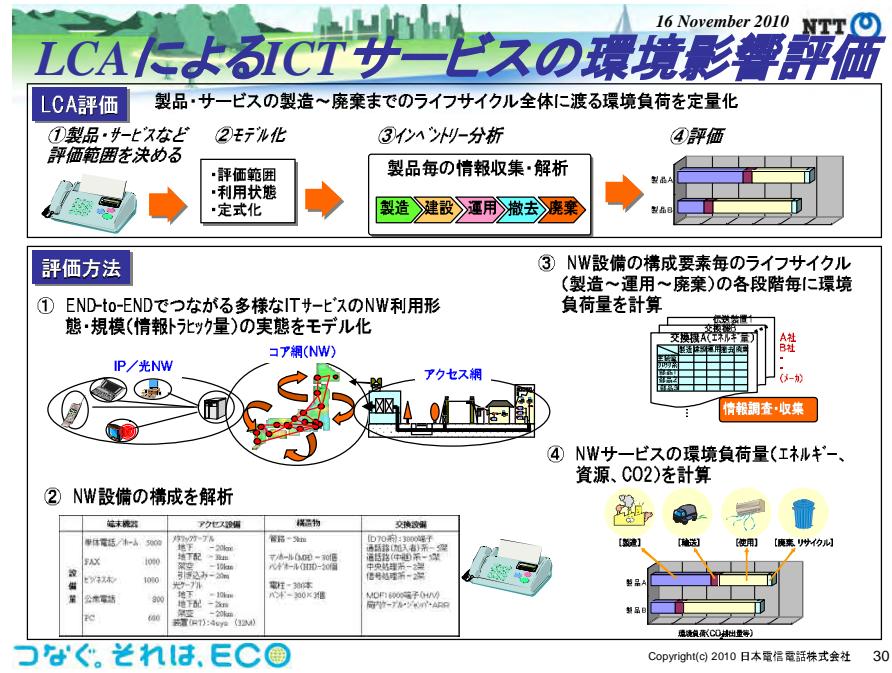
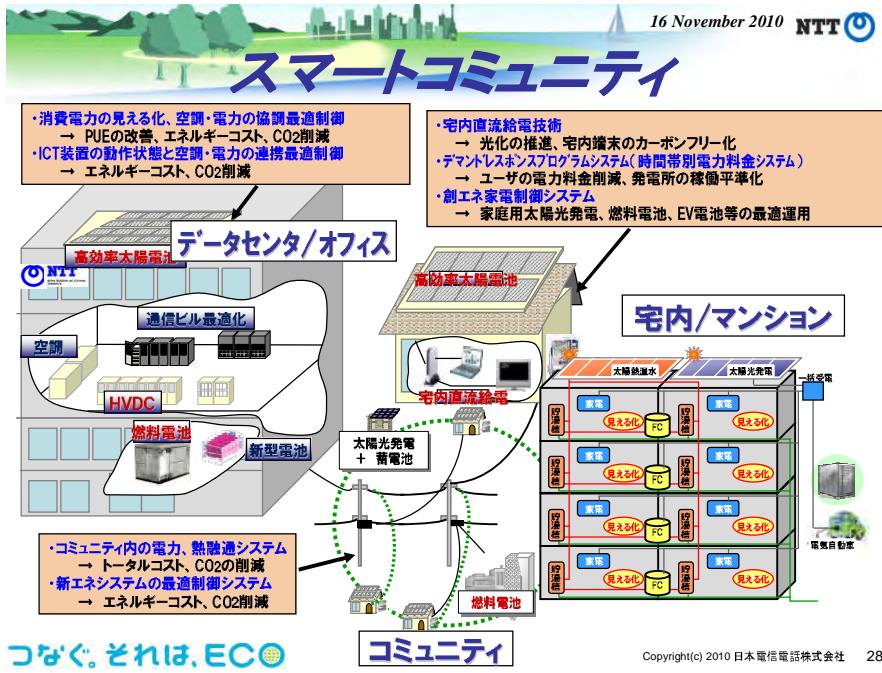
装置  
光電子融合型  
光パケットル  
ーターなど

デバイス  
低消費エネルギー  
光デバイス、ナノデバイス

発電・蓄電  
高効率燃料電池(SOFC), Ni  
蓄電池、歩行発電

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 23

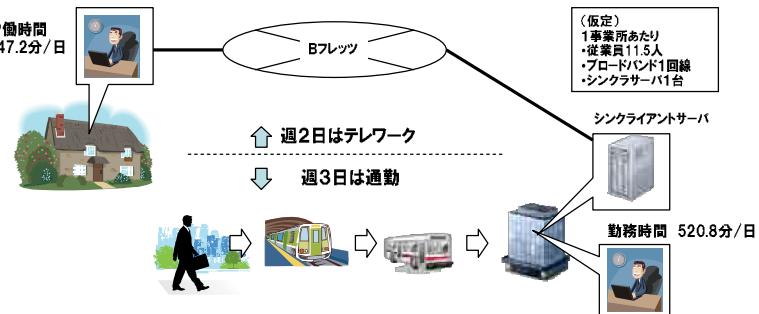




## 評価モデル(テレワークの場合)

首都圏(東京千葉神奈川)に勤務するサラリーマンが、1週間のうち2日自宅でテレワークを行い、残り3日は会社に通勤して仕事をする。

- ・自宅および職場で同じノートPC(シンクライアントPC:消費電力5W)を使用し業務を行う。
- ・ノートPCは業務のみに使用し、自宅のNWはプライベートでも使用する。
- ・1日あたりのテレワークの労働時間は547.2分、職場での勤務時間は520.8分/日とした。(テレワーク白書2007より)
- ・通勤手段および距離は、首都圏主要3圏(東京千葉神奈川)在住者の平均的な値を用いる。(平成11年全国都市パーソントリップ調査:国土交通省)
- ・自宅とのNWはBフレッツファミリーで評価。
- ・オフィスでは、ブロードバンド1回線あたりを11.5人の従業員で使用していると仮定。(東京千葉神奈川の1事業所あたりの平均従業者数を11.5人と推計、1事業所にブロードバンドが1回線、シンクライアントサーバが1台あると仮定した。)



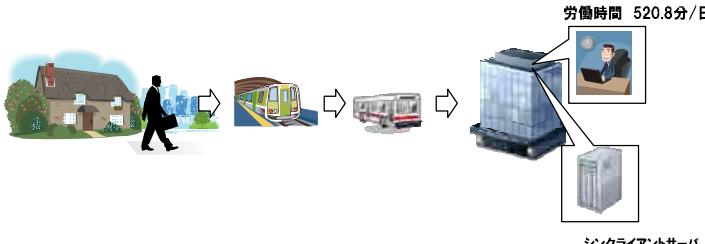
つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 32

## 評価モデル(通勤の場合)

首都圏(東京千葉神奈川)に勤務するサラリーマンが、会社に通勤して仕事をする。

- ・職場でノートPC(シンクライアントPC:消費電力5W)を使用し業務を行う
- ・職場での労働時間は520.8分/日とした(テレワーク白書2007より)
- ・通勤手段および距離は、首都圏主要3圏(東京千葉神奈川)在住者の平均的な値を用いる(平成11年全国都市パーソントリップ調査:国土交通省)



つなぐ。それは、ECO

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 33

## 音楽配信サービスによるCO2排出削減可能量のマクロ試算

- ・音楽CDを全て、その他の音楽配信により代替した場合を想定。それにより削減されるものは、CDとその販売店である。
- ・日本での音楽CDの生産枚数は、(社)日本レコード協会のデータにより、237,116千枚(2005年、12cmCDアルバム生産数量)である。また音楽CD販売店の数は、日本コンパクトディスク・ビデオレンタル商業組合の会員数(2004.3現在)より3,869店舗とした。また店舗の面積については、(社)日本レコード協会CDレンタル店調査2004年度より、390.1m<sup>2</sup>/店舗とした。
- ・原単位にはCDの製造から配送までの負荷は松野らの文献を利用し、0.33kg-CO2/枚とした。また、店舗は113kg-CO2/m<sup>2</sup>・年を利用した。これらの原単位に上記の変数を掛け合わせて環境負荷を求めた。

⇒ この結果、CD製造の削減量は8万t-CO2/年、音楽CD販売店削減による効果は17万t-CO2/年となり、あわせて一年あたり25万t-CO2の削減効果が最大値として期待できる。

折口ら エコデザイン2008 ジャパンシンポジウム(2008年12月)

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 34

## 電子図書によるCO2排出削減可能量のマクロ試算

- ・電子図書により、購入する書籍、書店、図書館(図書館の蔵書、図書館の運営)が全て削減できると仮定。
- ・現在日本で販売されている書籍は、(社)日本印刷技術協会印刷界OUTLOOK2006により、36.1億冊と推定。(推定販売額は22千億円)
- ・書店は日書連加盟店数(2005.4.1.現在)と同等すると約7千店である。次に全国出版協会、「出版指標年表」(2001)より求めた総店舗面積が475万m<sup>2</sup>であることから一店舗あたり675m<sup>2</sup>とした。
- ・図書館は日本図書館協会の「日本の図書館統計」によれば、2005年には2,953箇所あり、蔵書冊数は345百万冊、年間の購入蔵書数は17百万冊、面積は1606m<sup>2</sup>。エネルギー消費量は、福岡市総合図書館をモデルとし、1,262MJ/m<sup>2</sup>とした。

⇒ この結果、書籍(製造)削減により約2,200万t-CO2、書店店舗削減により約54万t-CO2、図書館の削減により約500万t-CO2となり、合計で最大約2,800万t-CO2の削減効果と試算。

折口ら エコデザイン2008 ジャパンシンポジウム(2008年12月)

Copyright(c) 2010 日本電信電話株式会社 35

## 環境影響評価手法の標準化

- 「Green of ICT」及び「Green by ICT」を定量的に算出する国際標準の環境影響評価手法がなかった。
- 手法の課題として、
  - 妥当性、公平性、透明性
  - 国際標準(他国間での比較可能性)
  - 他セクターからの納得性



- 環境影響評価手法の国際標準化が必要

つなぐ。それは、ECO

## ITU-T での標準化の取り組み

ICTと気候変動に関するフォーカスグループ  
(Focus Group on ICTs and Climate Change) 2008.9～2009.3  
Webサイト(<http://www.itu.int/ITU-T/focusgroups/climate/>)

⇒ ICTが気候変動を抑制する効果を客観的に評価する手法等を国際標準化の観点から検討

### SG5「環境と気候変動」2009.5～

WP1「過電圧保護と安全」

WP2「エミッション、イミュニティと人体暴露」

WP3「ICTと気候変動」

課題 17/5 -「ICTと気候変動」の標準化に関するコーディネイトと計画

課題 18/5 - ICT環境影響評価手法

課題 19/5 - 給電システム

課題 20/5 - ICTのライフサイクル全体にわたるエネルギー効率に関するデータ収集

課題 21/5 - ICT機器や設備の環境保護とリサイクル

(SG15課題19「屋外設備の環境保護と安全」から移管)

つなぐ。それは、ECO

## まとめ

- ICTは急速に普及し、その環境負荷も増大しており、情報通信システムやデータセンタの省エネが急務になっている。
- その一方、ICTを活用することにより他のセクタの環境負荷を削減することが期待され、ICTは環境負荷を低減可能な技術としての認識が広がっている。
- ICTに関わる環境負荷を定量的に算出する評価手法が国内でガイドライン化されており、国際標準化を目指している。
- 国際標準化の曉には、環境経営の視点からグリーンICTの取り組みを定量的に評価することが可能になり、環境ソリューション・ビジネスの普及やICTによるCO<sub>2</sub>排出削減効果の“見える化”にも弾みがつく。また、異なる企業の製品やサービスによるCO<sub>2</sub>排出削減効果を定量的に比較できるようになるため、企業が製品やサービスを導入する時に、性能や価格だけでなく、CO<sub>2</sub>排出量の削減効果という新たな評価軸での検討が可能となる。

つなぐ。それは、ECO

## グリーンICT関連ガイドライン情報

ITの環境効率ガイドラインおよびインフレットの公開について

社団法人 産業環境管理協会 ホームページ  
(<http://www.jemai.or.jp/japanese/eco-efficiency/ict.cfm>)



### IT社会を環境で測る グリーンIT

松野泰也、近藤康之 編著

産業環境管理協会(2007年)



本ガイドラインをベースに総務省が調査報告書およびガイドブックを出版した。

・環境負荷低減に資するICTシステム及びネットワークの調査研究会報告書(2007年3月)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/data/gt070406.pdf>

・ガイドブック「ICTを環境にやさしく活用するために」

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/2007/pdf/070406\\_1\\_1.pdf](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/2007/pdf/070406_1_1.pdf)

「Green of ICT」及び「Green by ICT」を定量的に算出する国際標準の環境影響評価手法がなかったため、ITU-Tで標準化活動が始まっている。

ICTと気候変動に関するFG  
(2008年9月～2009年3月)

FGでの検討を踏まえ、SG5での評価  
手法等の動向化に向けた検討中。

SG5  
(2009年5月～)

つなぐ。それは、ECO

(テーマ) THz 無線導入による低炭素化への貢献シナリオについて

(担当) 調査検討会ワーキンググループ グリーン分野担当

○THz 無線導入による低炭素化への貢献シナリオについて概観を行った。

○THz 無線においては、スーパーハイビジョンといった高精細映像のリアルタイム伝送にも対応できる超広帯域の無線伝送が実現でき、今後のデバイスの高度化に伴い、ビットあたり単価や消費電力は、光通信など有線系と同等になっていくと考えられる。また無線の場合、必要時のみ回路を駆動するといった省電力技術が重点的に検討され、装置や製品にも積極的に採用されており、省エネルギーに貢献する形となっている。

○THz 無線について、以上のような Green of ICT の効果は考えられるが、低炭素化への貢献という観点では、他の伝送方式の省エネルギー化も進むと考えられる。ICT セクタの低炭素化の流れの中で、無線分野の環境負荷低減の重要な役割を担っていくことになると考えられる。

○以上を踏まえつつ、ケーススタディとして家庭やオフィスでの情報伝送ニーズへの THz 無線の適用について、以下のようなシーンを挙げて有線系との対比も含めて簡単な検討を行った。

#### (シーン1) 家庭内での映像配信

一戸建て住宅で、ホームゲートウェイから各部屋に高精細映像を伝送するケース

- ・有線の場合 : GW から光を配線し、大型の映像端末に映像を出す。
- ・THz 無線の場合 : GW から THz 無線で配信する。
  - 電力的には有線と無線に大きな差はなくなる。  
配線やそれに伴う部材を含めると無線の低環境負荷が注目される。  
無線になるとヘッドマウントディスプレイなど、さらに没入感のある映像端末が使われ、  
大画面TVよりも省電力となっていく。

#### (シーン2) 集合住宅、オフィス

集合住宅において、共通サーバと各戸の端末間に十分な帯域を確保し、オンデマンドで各戸へ高精細映像を配信するケース。オフィスでリッチコンテンツを取り扱うために、各端末との伝送容量をアップするケース。

- ・有線の場合 : [サーバ]—[SW]—[端末]という構成で伝送する。  
(SWには端末数に応じたトランスポンダが必要)
- ・THz 無線の場合 : [サーバ]—[無線機]—[端末]という構成で 1:N 配信を行う。
  - THz 無線では装置(トランスポンダ)数が削減でき、電力的に有利となる可能性が高い。  
配線やそれに伴う部材を含めると無線の低環境負荷が注目される。

#### (シーン3) 工場内、ビル間伝送

構内の建物間やビル間で、大容量のデータリンクを設ける場合。

- ・有線の場合 : 建物間やビル間にケーブルを敷設し、両端に伝送装置を設置する。
- ・THz 無線の場合 : 各建物に無線機を設置し、リンクを張る。

→ 有線と無線で装置規模に差はなく、消費電力的には同等になる可能性が高い。  
配線やそれに伴う部材を含めると無線の低環境負荷が注目される。

特に、ケーススタディとしてオフィスについて THz無線導入による CO<sub>2</sub> 排出量削減効果について見積もりを行った。

日本の部門別 CO<sub>2</sub> 排出量に注目すると、商業・サービス業・事業所等の民生業務部門からの CO<sub>2</sub> 排出量は増加傾向にあり、1990 年度の 1 億 6400 万トンから 2 億 3500 万トンにまで 43%も増加した。これは他のどの部門よりも大きな伸びとなっている。地球温暖化防止のためにには民生業務部門における CO<sub>2</sub> 排出削減が大きな鍵を握っている（国立環境研究所 温室効果ガス 2008 年度確定値）。業務用ビルからの CO<sub>2</sub> 排出量の内、約半分の 118 百万トンが電力消費に伴う排出であり、その内 70%が空調や照明によるものである。現在、企業内ネットワークを流れる通信トラフィックの増加に伴い、ネットワークを構成するルータや LAN スイッチなどのネットワーク機器の消費する電力が急増している。日本の省エネルギー対策の一環として進むトップランナー規制では、ルータやスイッチが対象品目に加えられる動きがあるなど、ネットワーク機器の消費電力量の増加は社会的な問題にもなっている。

業務用ビルをモデルケースにして 100 人規模のオフィスを想定した。今後、企業内ネットワークを流れる通信トラフィックの増加が予想されるので、オフィスフロアに光アクセス網につながる ONU が設置され、LAN スイッチなどのネットワーク機器を介して、各人の端末まで 1Gbps のイーサーネットがつながっているとする（図 3-1 参照）。この時、ネットワーク機器による年間消費電力は 100 人規模のオフィスでは、一般的なギガビットルータのカタログ値から 1880kWh と見積もられる。

次に、ヒアリングの対象になった「ミリ波多ビームアンテナを用いた 60GHz ミリ波無線通信システムによる屋内無線 LAN」で実証されている様に、指向性ビームを制御して各個人の端末と無線接続する THz 無線アクセス基地局を天井に設置する。この基地局は 8 人の端末をカバーし、有線 LAN におけるギガビット・インテリジェント・スイッチの代わりをして、ギガビットイーサーネット接続を提供する。ビームを制御して、各端末と通信確立するが、端末側の THz 無線機がオフ状態の時はスキップして、次の端末との通信確立を図る。ビーム制御せず、8 台の端末の設置エリアをカバーする指向性アンテナを用いるケースもオプションとしてある。

基地局は 8 台の端末を時分割多重で収容する。動作している端末を確認して、動作している端末にタイムスロットを割り当てる通信制御時間をもち、次に動作している端末との通信時間が続く。基地局は 8 台の端末が全て動作している時はフル稼働するが、動作していない端末があるとその間はスリープ状態に入る。基地局は動作している端末があれば、通信制御時間に続いて順次、通信時間を割り当てていく。従って、動作している端末が 1 台の時は約 1/8 の動作率となる（通信制御時間のオーバーヘッドが短いとした場合）。動作率は動作台数に応じて、1/8 から 8/8 まで変化する。基地局は端末側の無線機が全てオフの時はスリープ状態に入るものとする。

THz 無線アクセス基地局の消費電力は、RF フロントエンドの消費電力を 1W、ベースバンド処

理で 1W としてトータル 2W であると見積もる。オフィスの 1 日を①始業前時間帯(7 時～10 時)、②操業時間帯(10 時～19 時)、③残業時間帯(19 時から 24 時)、④非使用時間帯(24 時から 7 時)に分ける。②では常に動作状態、④ではオフ状態。①と③では働いている人の数(動作状態にある端末側の THz 無線機の数)がリニアに増減するため 50% とすれば、 $3 \times 1/2 + 9 \times 1 + 5 \times 1/2 + 7 \times 0 = 1.5 + 9 + 2.5 = 13$  時間となり、1 日を通しては 13 時間/24 時間 = 0.54 の動作率となる。100 人規模のオフィスで THz 無線を使用した場合、年間の消費電力量は 2W(消費電力) × 12(THz 無線機の数) × 8,800h(約 24 時間・365 日) × 0.54(動作率) = 114,048Wh ≈ 114kWh となり、ギガビット・インテリジェント・スイッチを使う場合は、前述の値に動作率を考慮し、同様に計算すると 594kWh となり、 $594 - 114 = 480$  kWh の削減効果になる。

全国の 3000 m<sup>2</sup> を超える大規模ビルの棟数は全国で約 36,000 棟が存在する(事務所 15,965、店舗 5,607、百貨店 2,124、学校 2,597、旅館 5,597、その他 3,308 で総数は 36,319 棟。出所: 厚生労働省 平成 15 年度衛生行政報告例)。1 人当たりの占有面積を 10 m<sup>2</sup> として 100 人規模のオフィスフロアは 1,000 m<sup>2</sup> とすると、100 人規模のオフィスフロア数に換算すると 36,000 棟 × 3,000 m<sup>2</sup> ÷ 1,000 m<sup>2</sup> = 108,000 となり、最低でもこのフロア数が存在する。THz 無線アクセス基地局が全てのフロアに導入されると、 $480 \text{ kWh} \times 108,000 = 51,840,000 \text{ kWh}$  の電力削減効果になる。電力原単位: 0.41kg-CO<sub>2</sub>/kWh とすると、 $51,840,000 \text{ kWh} \times 0.41 \text{ kg-CO}_2/\text{kWh} = 21,254,480 \text{ kg} \approx 21,300$  トンの CO<sub>2</sub> 排出量の削減効果がある。

この数値は低炭素化への貢献という観点では、インパクトのある結果ではないが、ICT セクタの低炭素化の流れの中で、無線分野の環境負荷低減の重要な役割を担っていくことになると考えられる。また、オフィスのネットワークアクセスの観点からは、省エネルギーだけでなく、オフィスレイアウトの変更に対する柔軟性、指向性ビームによる情報漏えいの抑止、設備の設置・運用コストメリットなどの効果が期待される。

#### ・100名規模のオフィスの場合

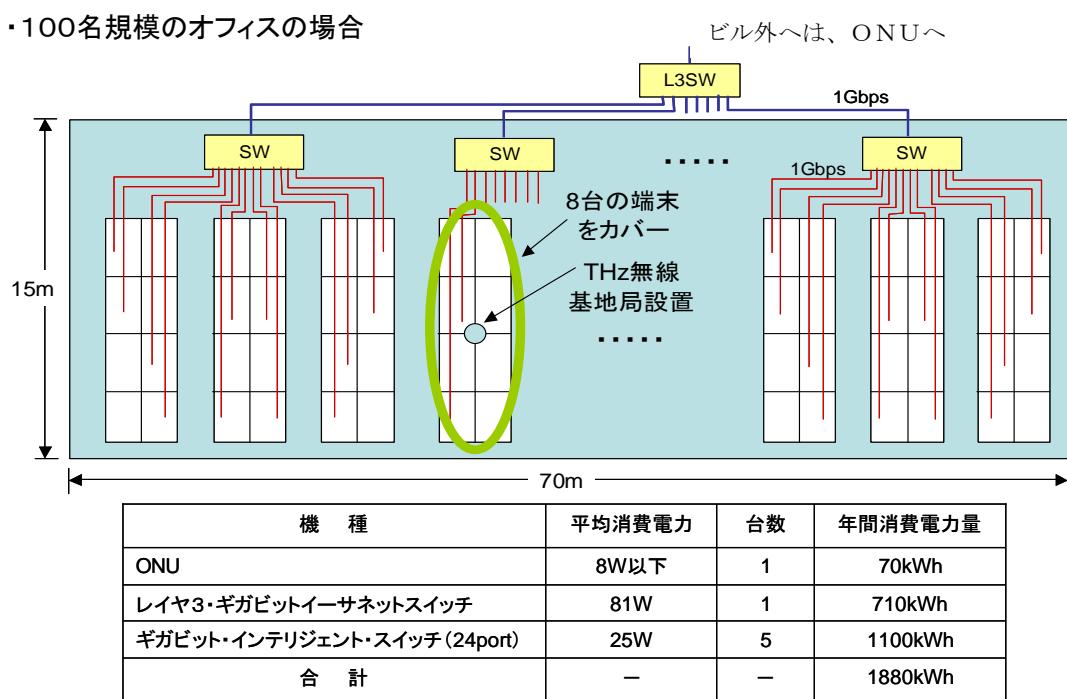


図 3-1 オフィスにおける有線 LAN の消費電力について