



次世代IPインフラ研究会 次世代IP網WG 検討報告(素案)

平成16年3月19日



項 目

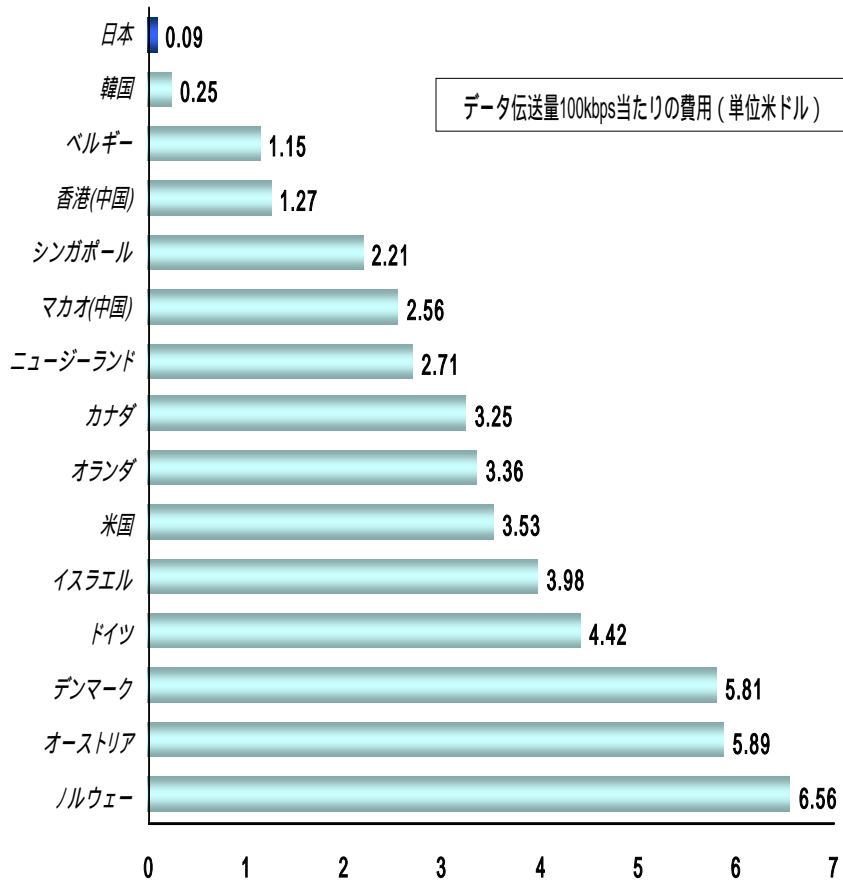
1. 我が国におけるブロードバンドの普及状況
2. e-Japan戦略 による戦略の進化
3. 我が国のバックボーンの状態
4. バックボーンにおけるトラヒックの将来予想
5. トラヒック増加に対応するためのネットワークの増強と技術開発
6. トラヒック制御と品質保証
7. トラヒック分散とネットワーク形態
8. 障害連鎖防止



1. 我が国におけるブロードバンドの普及状況

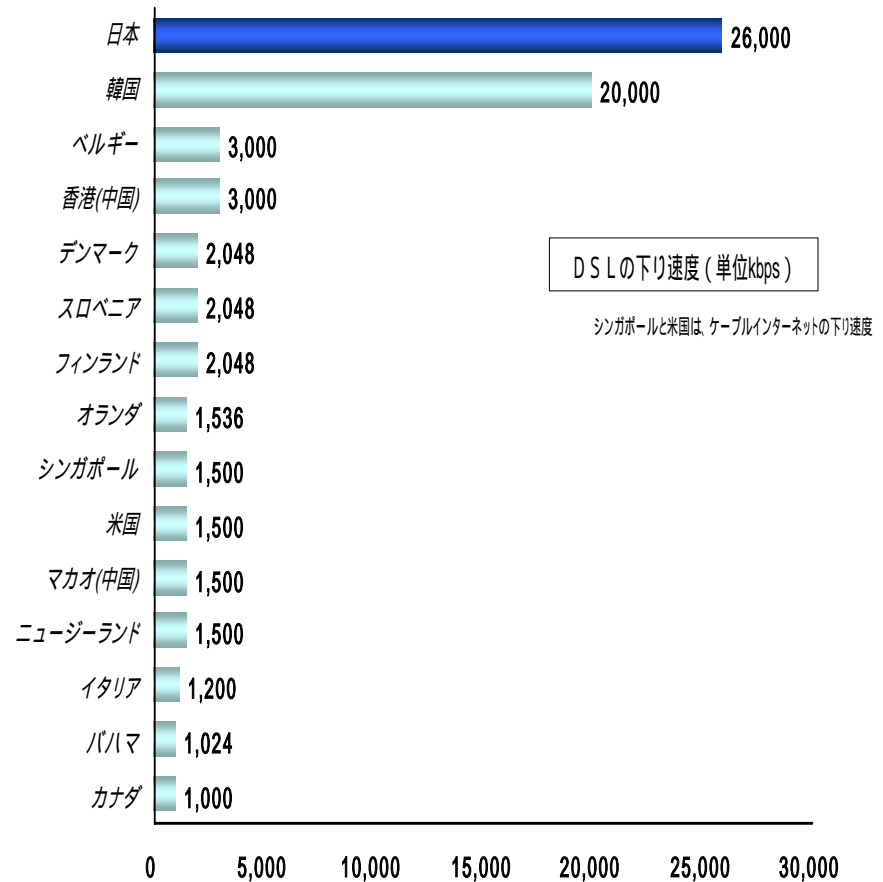
「安さ」、「早さ」において、世界1との評価

通信速度当たりのブロードバンド料金



出典: "ITU Internet Reports 2003: Birth of Broadband" (2003年9月)

ブロードバンド通信速度



出典: "ITU Internet Reports 2003: Birth of Broadband" (2003年9月)

ブロードバンドの「加入可能」世帯数

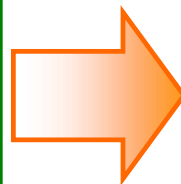
・2001年1月に策定された「e-Japan戦略」の目標を大幅に上回る

2001年の目標

2005年まで常時接続可能な環境

高速 3,000万世帯

超高速 1,000万世帯



現在の実績

高速

DSL 3,800万世帯

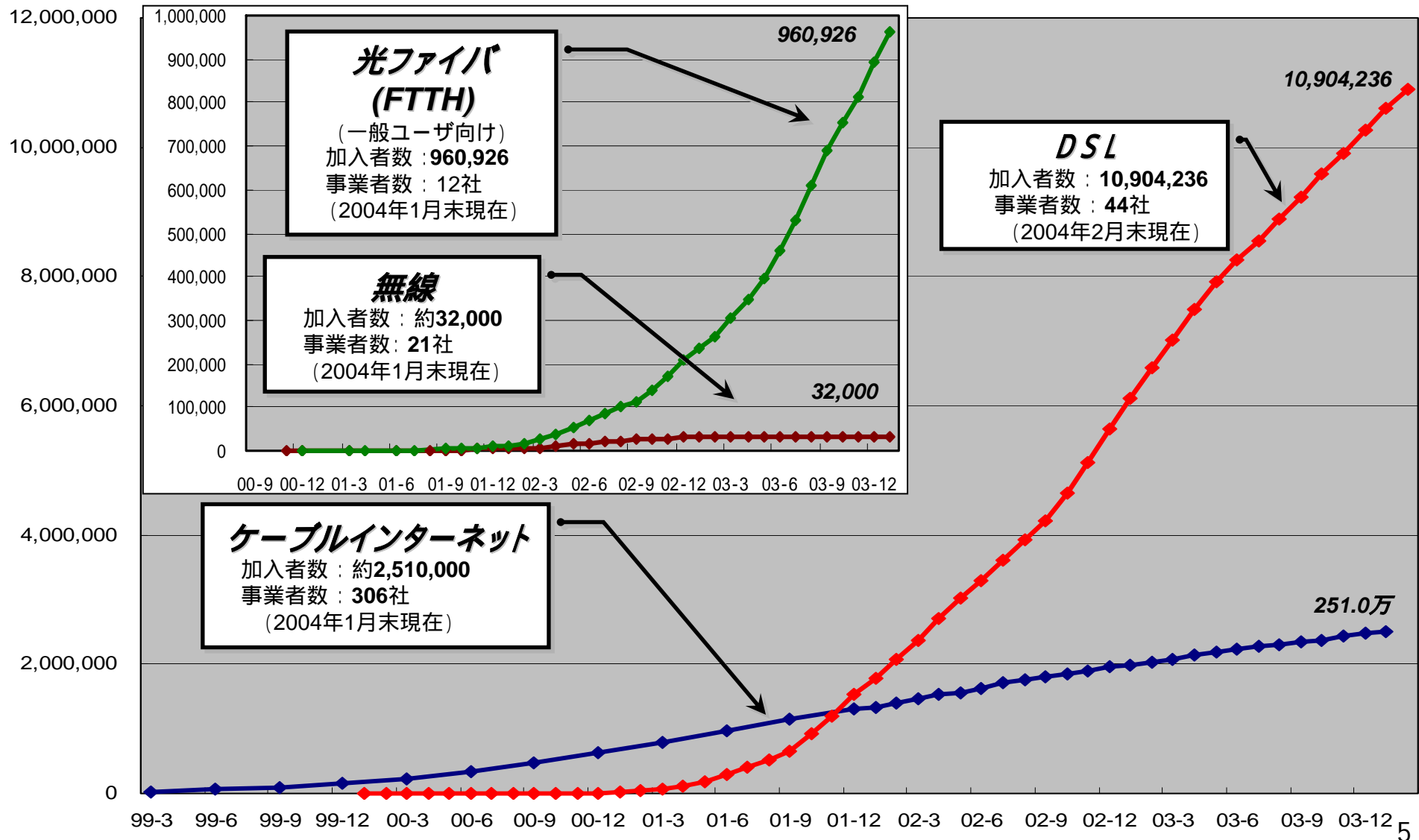
CATV 2,300万世帯

超高速

FTTH 1,806万世帯

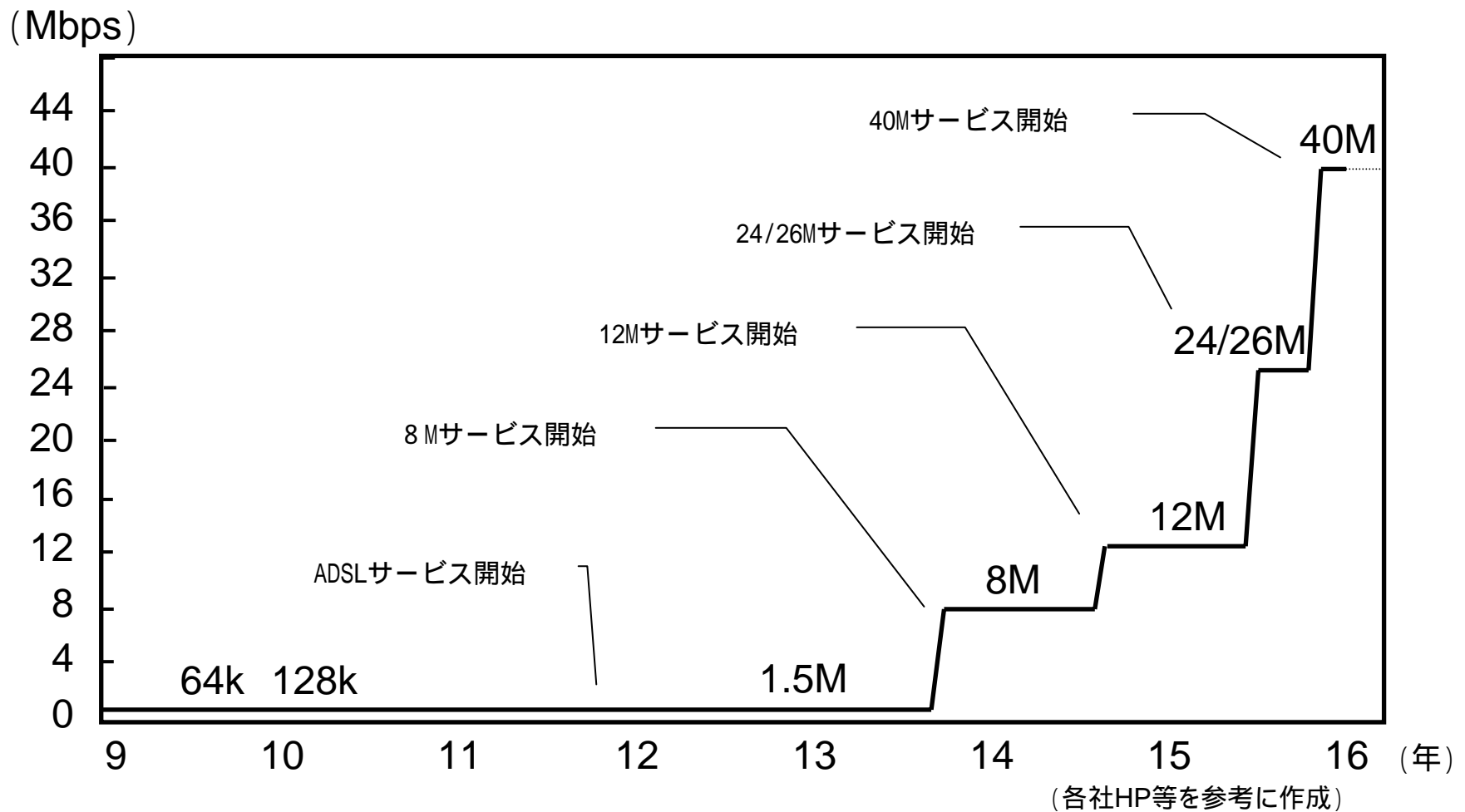
我が国におけるブロードバンド加入者数の推移

- ・ブロードバンドの加入者については近年急激に拡大。
- ・一般家庭向け光アクセスサービスについては、日本が世界に先駆けて2001年3月より提供開始。

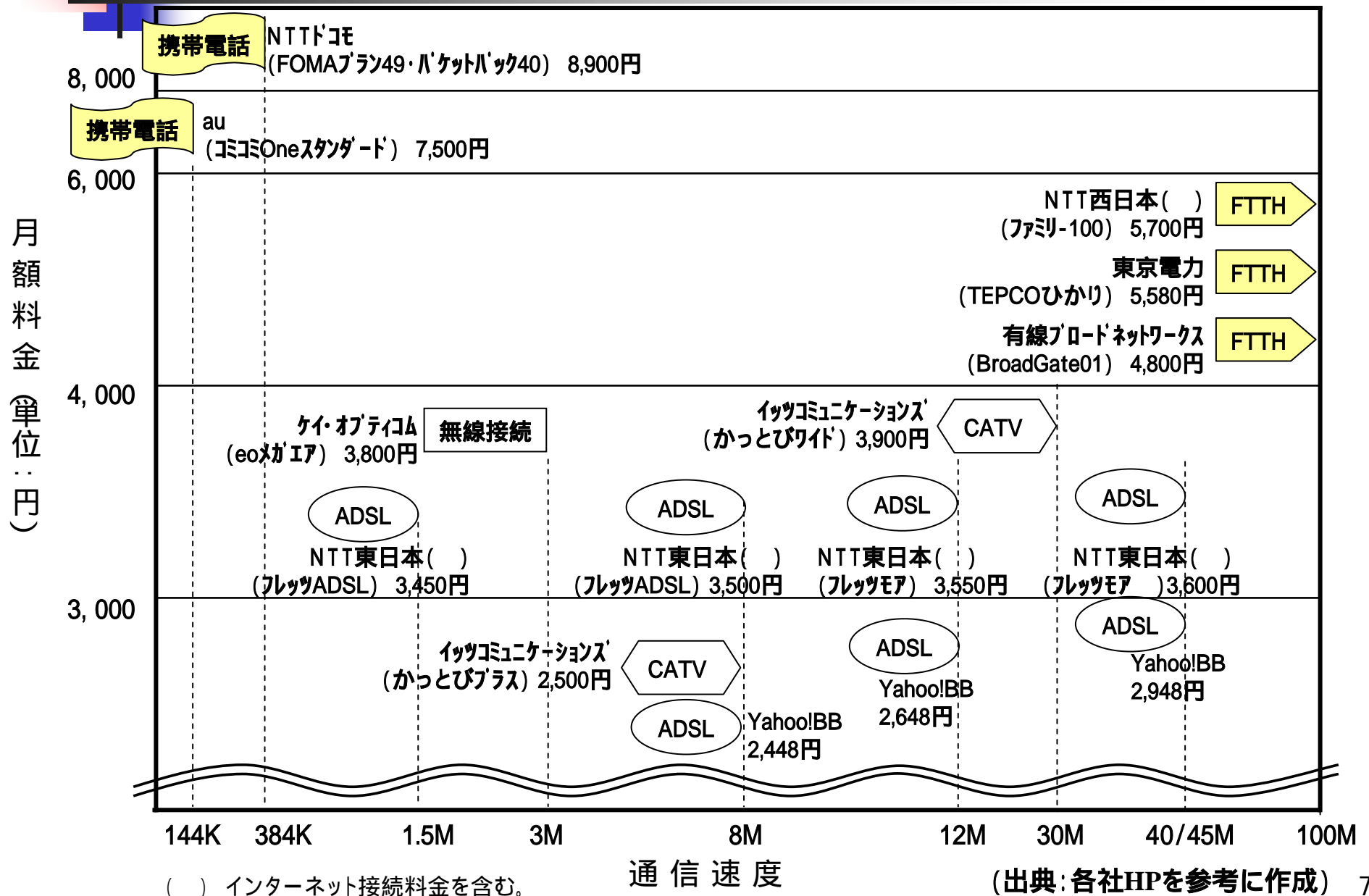


アクセス網(メタル回線)のブロードバンド化

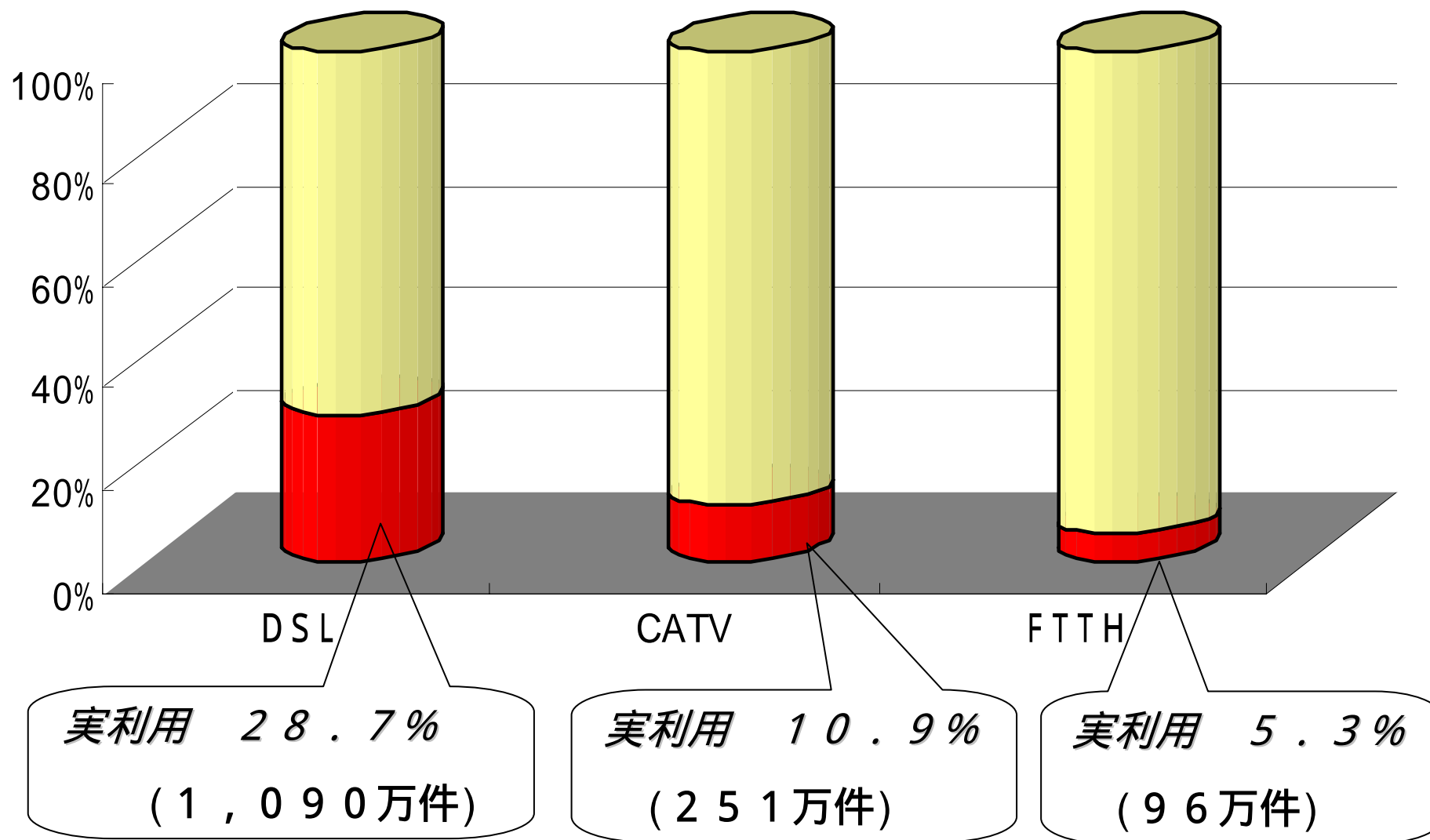
・ADSLによりアクセス網(メタル回線)において急速に大容量化が進展



我が国における通信速度と利用料金の種類

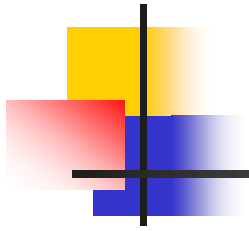


我が国におけるブロードバンドの実利用率



(注) ブロードバンド加入者数の加入可能数に対する割合。

(出典: 総務省調べ)





2 . e - Japan戦略 による戦略の進化

e-Japan戦略

e-Japan戦略 (平成15年7月2日決定)

【 IT戦略の転換 】

「IT基盤整備」 → 「IT利活用」へ。

基本理念

IT戦略第二期：IT利活用により
「元気・安心・感動・便利」社会を
目指す

IT基盤を活かした社会経済
システムの積極的な変革

先導的取組み

7分野でのIT利活用の先導

1. 医療
2. 食
3. 生活
4. 中小企業金融
5. 知
6. 就労・労働
7. 行政サービス

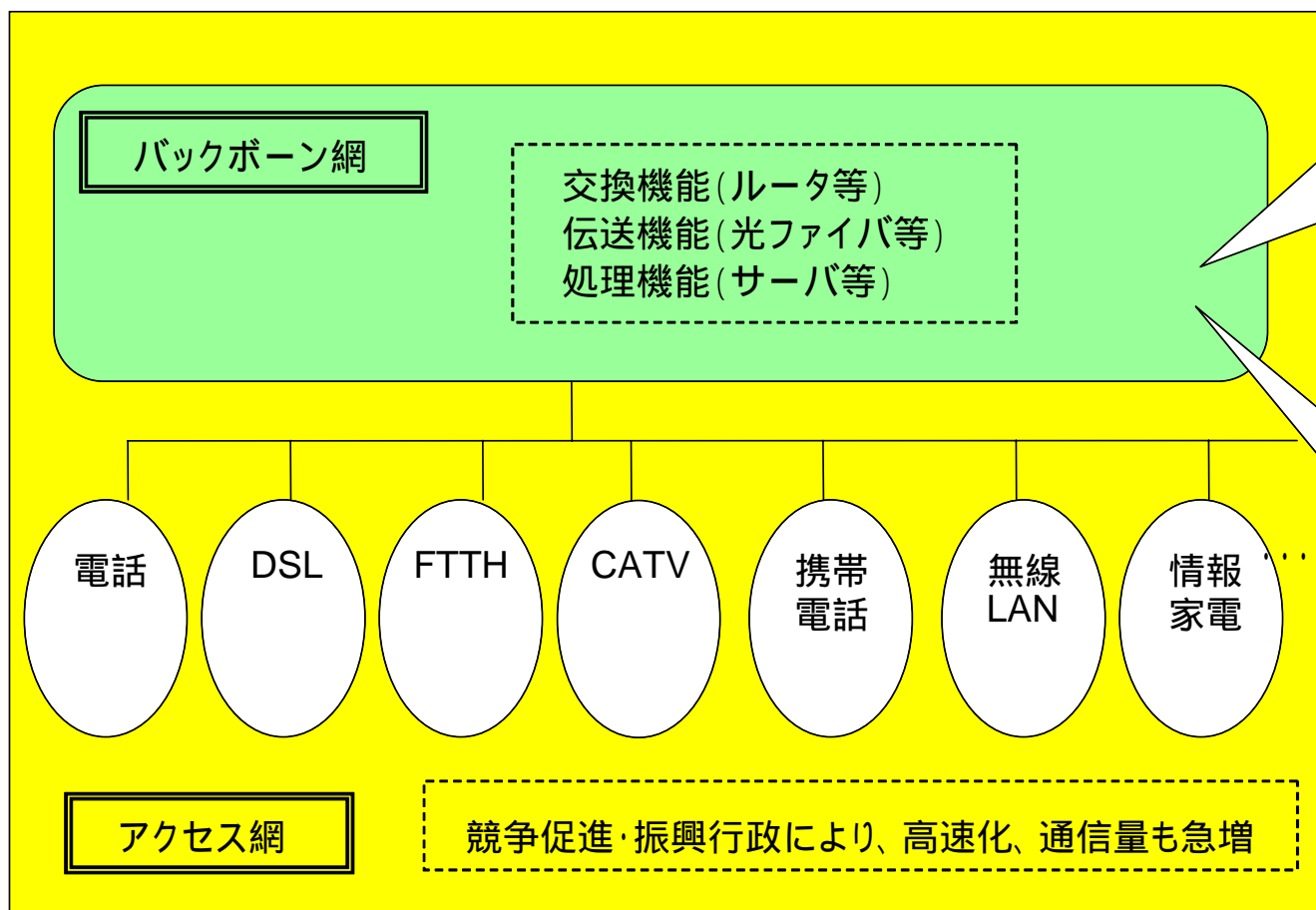
7分野の成果を他のIT利活用分野へ展開

新しいIT社会基盤整備

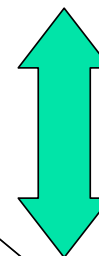
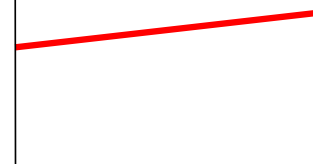
1. 次世代情報通信基盤の整備
2. 安全・安心な利用環境の整備
3. 次世代の知を生み出す研究開発の推進
4. 利活用時代のIT人材の育成と学習の振興
5. ITを軸とした新たな国際関係の展開

アクセス網とバックボーン

将来のトラフィック急増に対応できるバックボーンの確保が必要

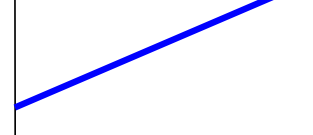


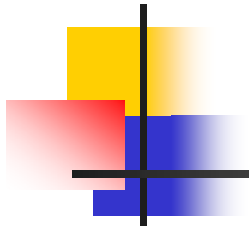
技術的な対応能力



ミスマッチ

通信量 (トラフィック) の伸び

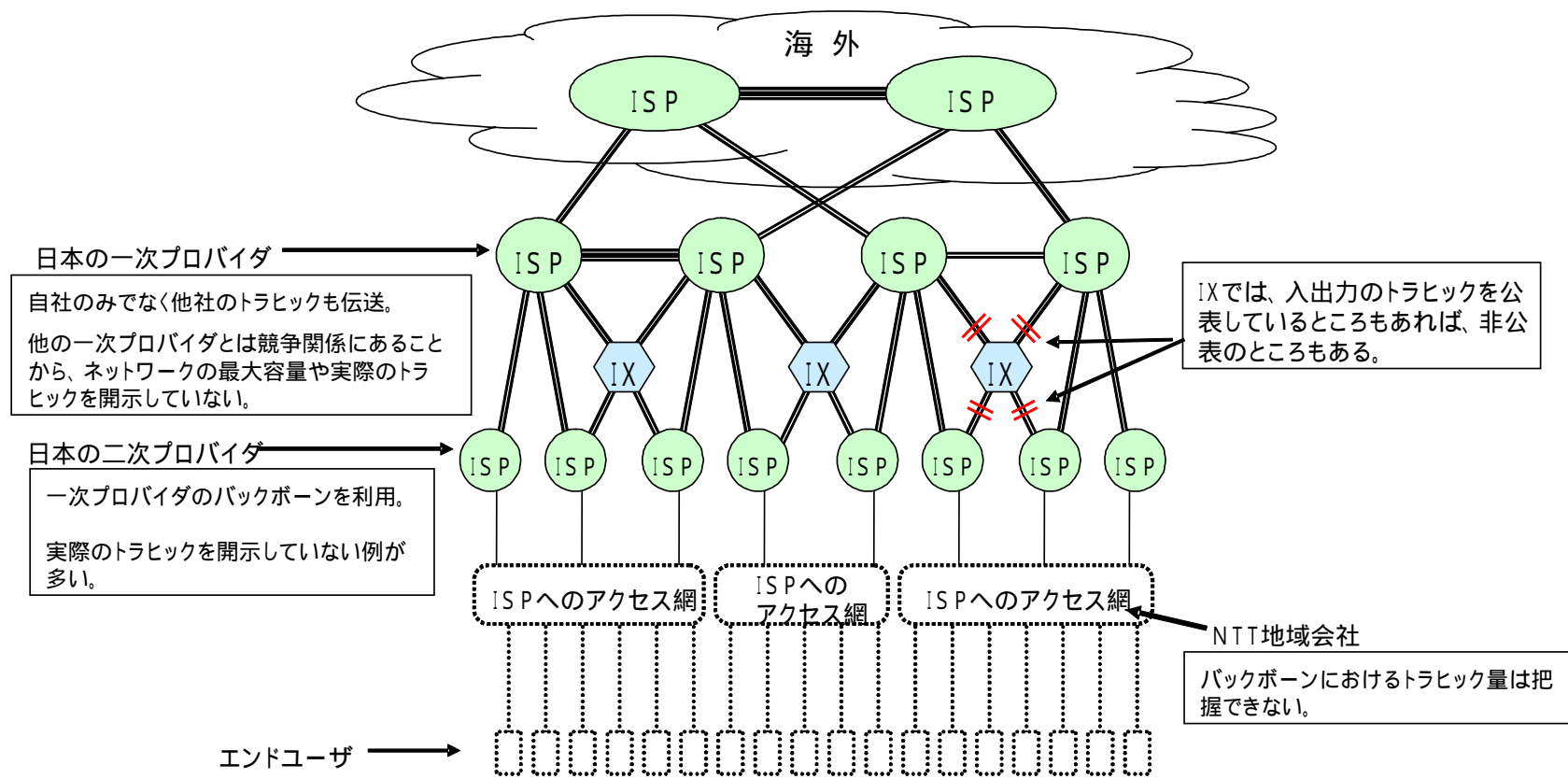






3. 我が国のバックボーンの状態

各ISPのバックボーンへの関わり



日本の一次プロバイダ
 自社のみでなく他社のトラフィックも伝送。
 他の一次プロバイダとは競争関係にあることから、ネットワークの最大容量や実際のトラフィックを開示していない。

日本の二次プロバイダ
 一次プロバイダのバックボーンを利用。
 実際のトラフィックを開示していない例が多い。

IXでは、入出力のトラフィックを公表しているところもあれば、非公表のところもある。

NTT地域会社
 バックボーンにおけるトラフィック量は把握できない。

ISP: Internet Service Provider インターネット接続サービス提供事業者
 IX: Internet eXchange ISP同士が相互接続を行う拠点

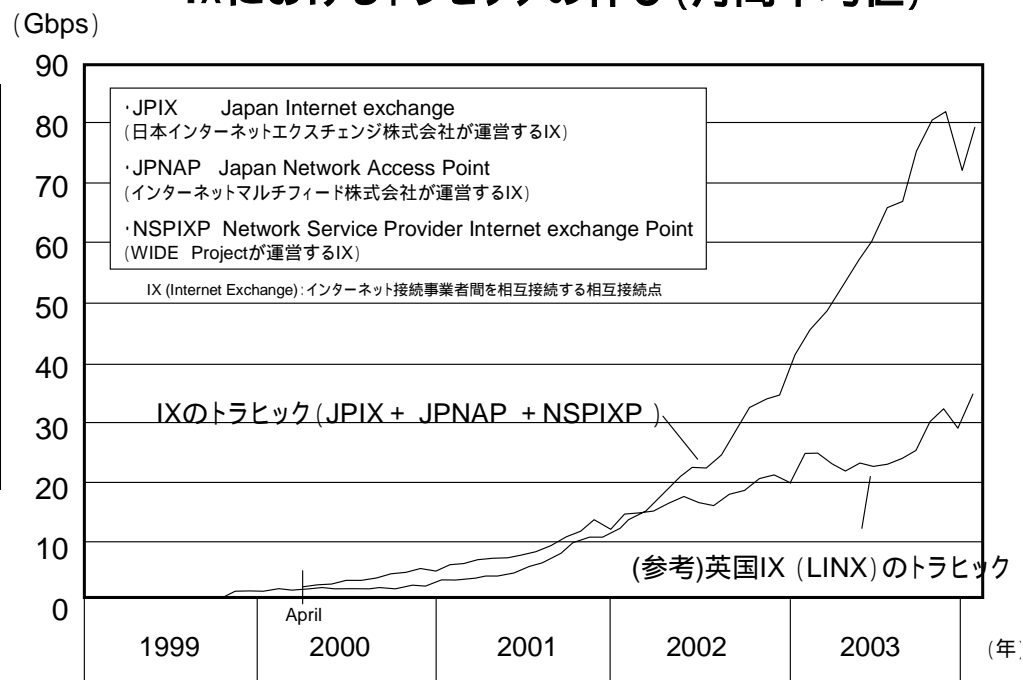
IXにおけるトラフィックの増勢傾向

我が国のIXにおけるトラフィックの最大値(単位: G)

	2001年末	2002年末	2003年末
NSPIXP (東京 + 大阪)	5.5	13.0	18.6
JPIX (東京)	6.5	20	32
JPNAP (東京 + 大阪)	2	10.6	40
合計	14	43.6	90.6

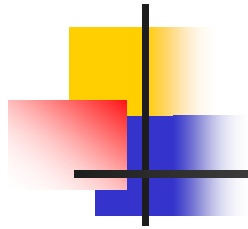
約3倍 約2倍

IXにおけるトラフィックの伸び(月間平均値)



出典: 各IXのデータを参考に作成。なお、英国IX(LINX)については、HP等を参考に作成

LINX : The London Internet Exchange
1日のピークトラフィックの一月の平均値



トラヒックの現状調査

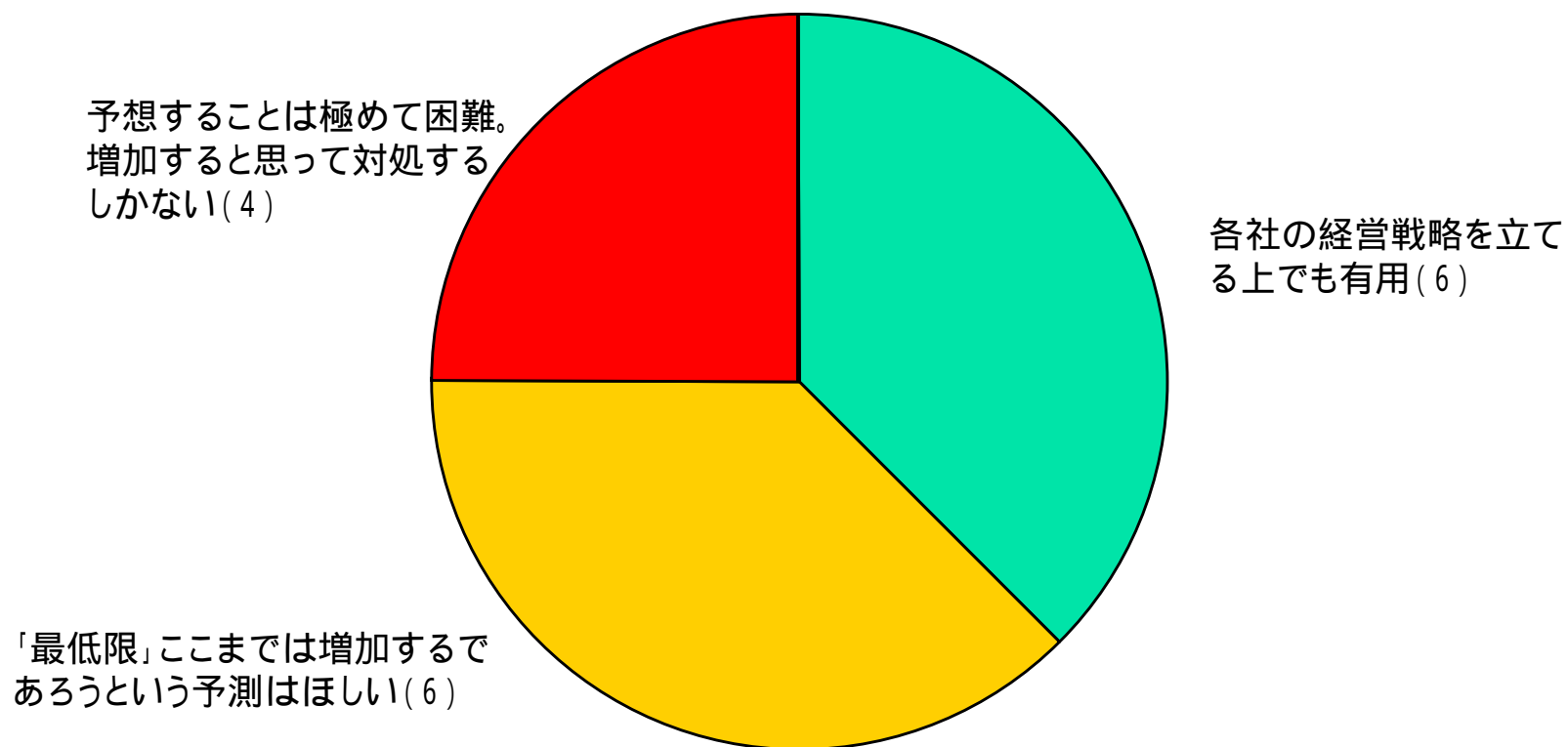




4 . バックボーンにおけるトラヒックの将来予想

トラヒックの将来予想の有意性

【WG構成員の意見(有意な回答16)】



➡ 「トラヒックは増えることはあっても減ることはない」、又は「予想を超えて増える」という点では、大きな意見の異同は見られない。



将来のトラヒック予想



P



将来的なトラヒック増加への対応策

【3つの対応策と検討課題】

ネットワークの増強

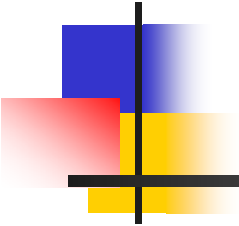
将来的に国民の大半がブロードバンドを利用するようになった場合に、大量に発生するであろうトラヒックをネットワークは処理しきれなのか、今後ネットワークのどの部分を増強すべきなのか、また必要な技術開発は何か。

トラヒック制御

そもそもトラヒックを制御すべきか、技術上又は制度上の対応として何ができるのか、それらは有効か、またリアルタイム系サービスに対する品質保証はどこまで可能か。

トラヒック分散

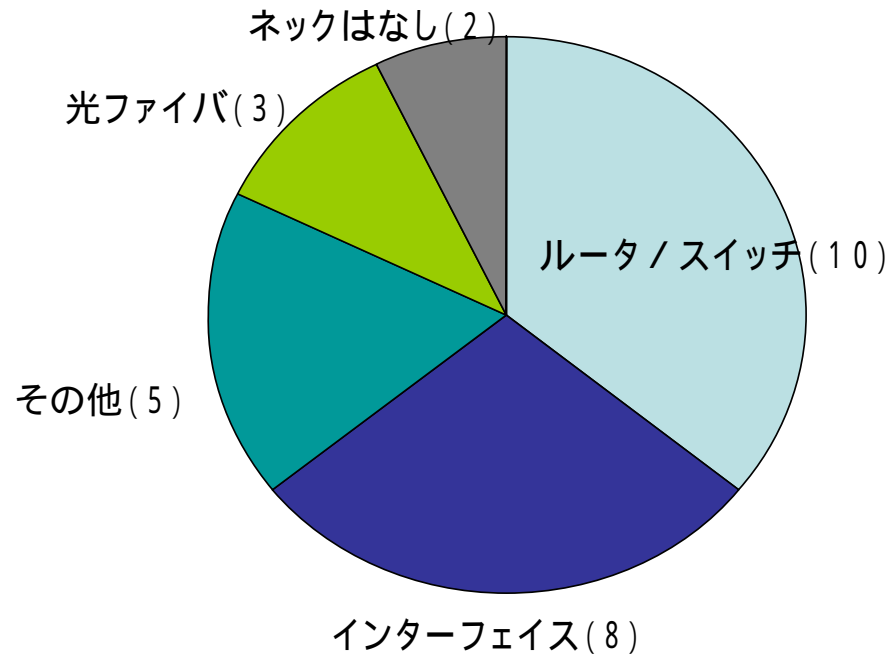
トラヒックの東京一極集中に係る問題点は何か、トラヒック分散に当たっての課題は何か。



5. トラヒック増加に対応するための ネットワークの増強と技術開発

ネックになる部分はどこか

【WG構成員の意見(有意な回答28)】

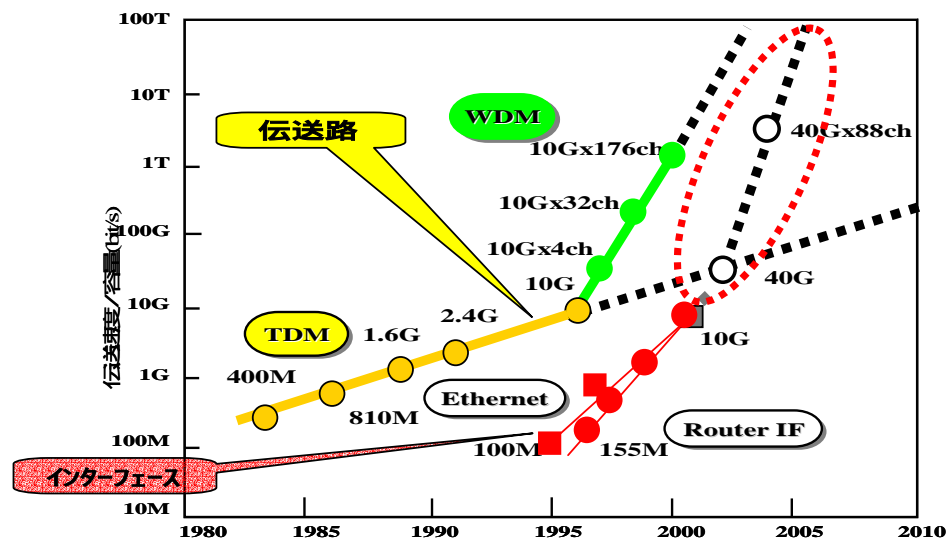
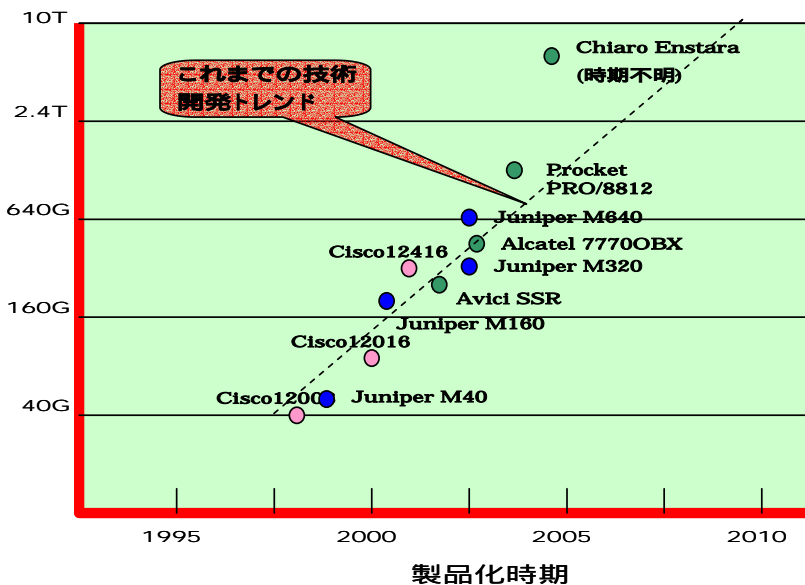


「その他」の中には、
通信容量の大容量化に伴う設置スペースや給電・空調設備等の機器環境がネック
設備投資資金をどうやって確保するかがネック
等の意見あり。

交換機能を担う部分（ルータ / スイッチ / インターフェース等）

電気処理上の限界が見えてきており、光技術を活用した技術開発のブレイクスルーが必要。

容量(bps)



【ルータ / スイッチ / インターフェースに関する開発要望】

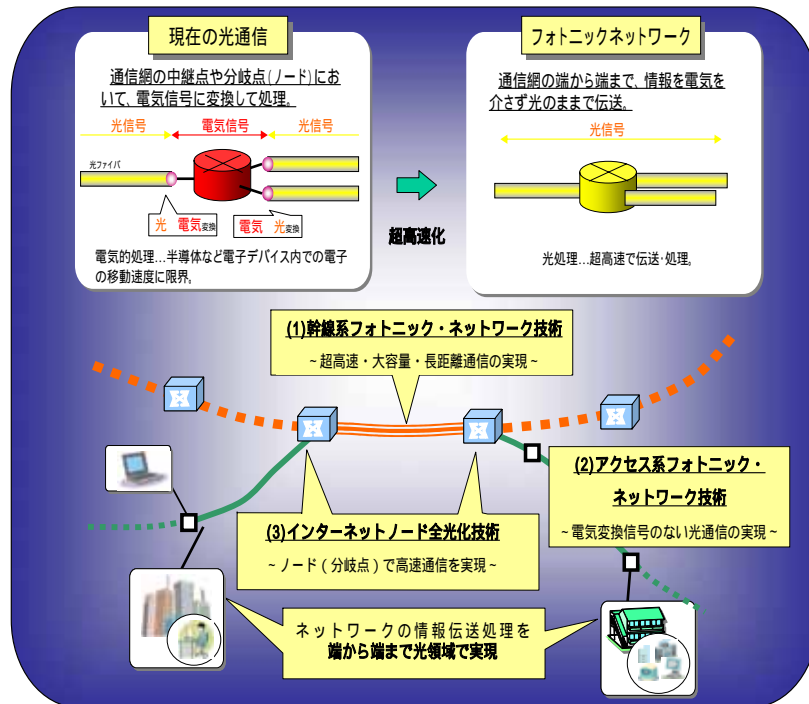
- 2006年 40G（ギガビット毎秒）のインターフェースを持つ装置の出荷
- 2007年 40Gのインターフェースの実用化
- 2008年 40Gルータの単価が2004年時点の10Gのものと同一の単価まで低下
- 2009年 1T（テラビット毎秒）クラスの超高速インターフェースをもつ光スイッチングルータの出荷
- 2010年 40Gルータの単価が2004年時点の1Gのものと同一の単価まで低下

米国等の海外ベンダの最高性能ルータやスイッチと同等もしくは同等以上の性能・機能を持つ機器を、国内ベンダにおいても開発することで、選択肢の幅が広がることが望ましい。

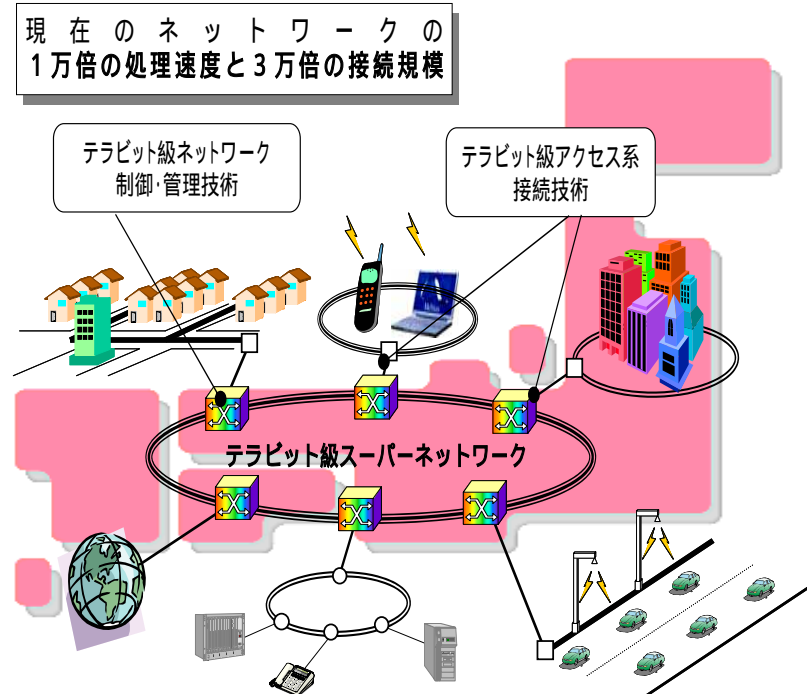
研究開発の推進

政府においても、「超高速フォトニック・ネットワーク技術に関する研究開発」や「テラビット級スーパーネットワークの開発」を推進しており、今後とも、こうした研究開発を充実・強化することが必要。

超高速フォトニックネットワーク技術 (概念図)



テラビット級スーパーネットワークの開発(全体図)

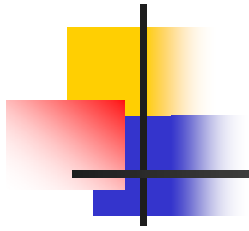




技術開発の実用化に至るまでの問題

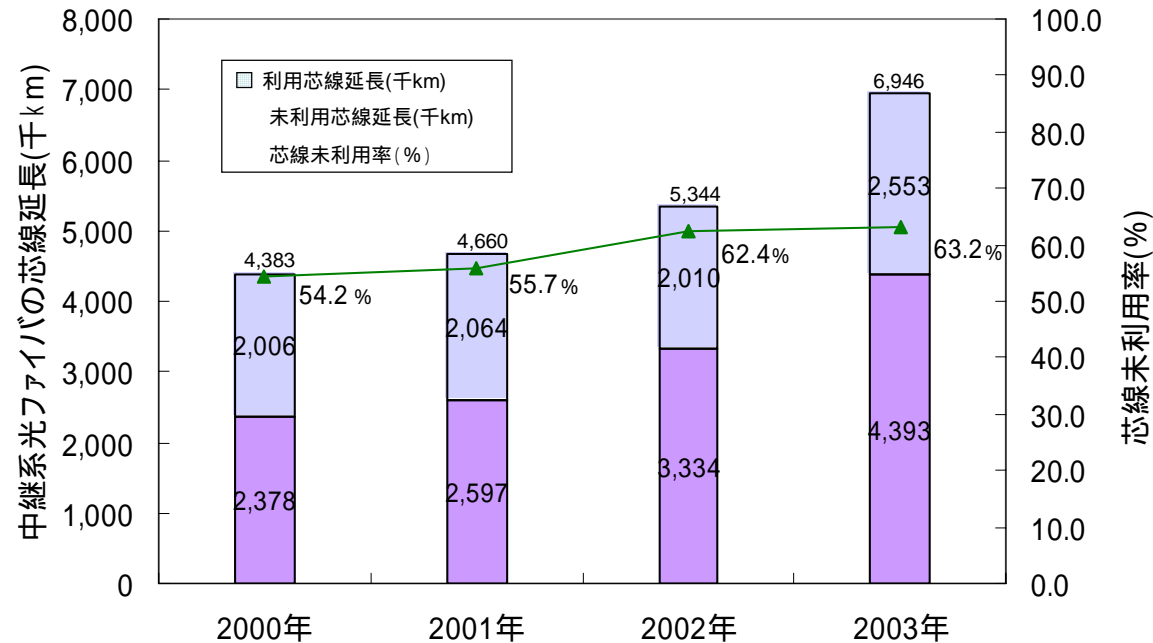
研究開発には多額の費用と長い期間を必要とする。

このため、各ISPやIX事業者では、既に実用化されている製品を束ね、並列処理させること等によりトラフィック増に対応しているが、設置スペースや給電・空調設備等による電力消費量の増大が負担。



伝送機能を担う部分

中継系光ファイバの「芯線の未利用率」は6割以上。
中継系光ファイバの利用状況の推移



- (注) 1. 光ファイバを設置 (IRUによる設置は含まない) している電気通信事業者へのアンケート調査による。
2. 中継系光ファイバとは、加入者系配線 (集線点から加入者宅内の光端末回線終端装置までの配線) 及び加入者系幹線 (加入者配線に分岐する集線点から加入者収容局内の端末系光端局装置までの間の端末系光幹線) を除く中継系伝送路のうち、光ファイバで敷設されているものをいう。
3. 2000～2001年における芯線延長及び未利用芯線延長は18社の合計値、2002年における芯線延長及び未利用芯線延長は20社の合計値、2003年における芯線延長及び未利用芯線延長は22社の合計値。
4. 芯線延長及び未利用芯線延長には、各社の設備投資計画等に基づき算出した概算値を含む。
5. 芯線延長及び未利用芯線延長は四捨五入により算出しているため合計値と一致しないことがある。

波長分割多重 (WDM) 技術が開発・実用化され、ファイバの容量を増幅させることが可能となっていることも勘案すれば、総量としての中継系光ファイバには、まだ余裕。



光ファイバに関する I S P 等の懸念とそれに対する考え方

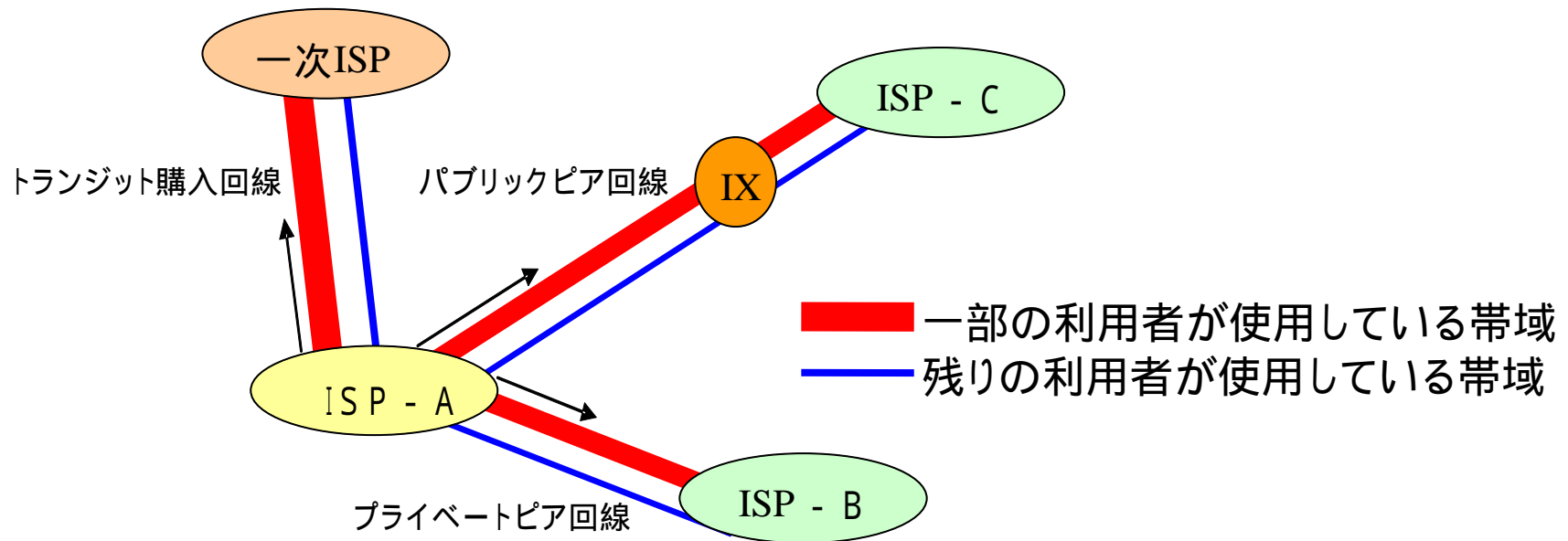
I S P 等の懸念	それに対する考え方
<p>トラヒックが集中する肝心なところの光ファイバは足りなくなるのではないか</p>	<p>通常は、トラヒックの増大に応じて、投資が行われるものと期待。</p> <p>既設のファイバをWDM技術で増幅させることによっても対応可。</p> <p>市場の動向を十分に見極め、投資が後手に回らないよう留意することが必要。</p> <p>光ファイバを設置している非電気通信事業者と光ファイバを使用したいISPとの間で、光ファイバの需要に関する情報交換を行う枠組みを設けることも検討。</p>
<p>光ファイバの伝送容量を上げるための基礎研究に今から取り組んでおく必要があるのではないか</p>	<p>「超高速フォトリック・ネットワーク技術に関する研究開発」の中で既に取り組みされているところ。</p> <p>今後も、こうした研究開発に総合的かつ計画的に取り組むとともに、実用化及び商用化に向けたニーズをこうした研究開発に反映させていくことが必要。</p>



6. トラヒック制御と品質保証

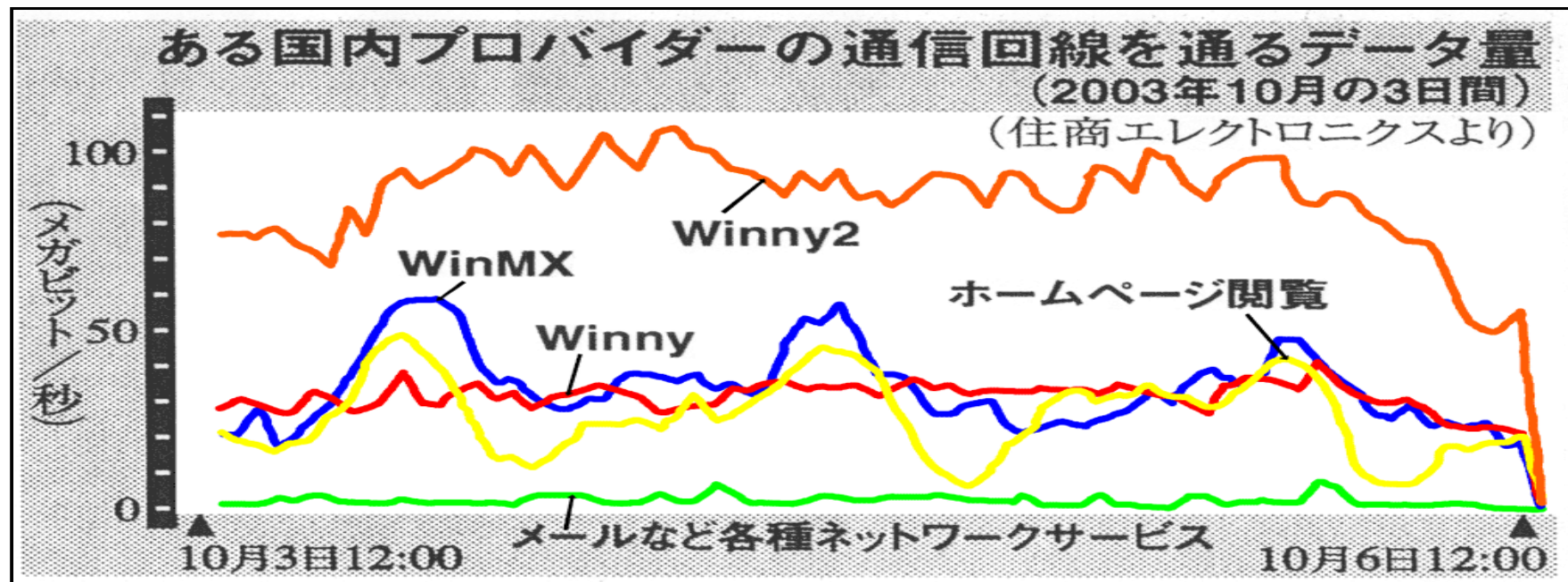
一部の利用者による回線容量の占有

「上り」が「下り」のトラフィックよりも多い一部の利用者が、バックボーンへの全転送量の大宗を占めている。



P2P型ファイル転送のインパクト

上りのトラフィックが下りのトラフィックを上回っている利用者の多くは、現状ではP2P型のファイル転送を行っている。



(2004年1月27日読売新聞夕刊8面より抜粋・加工)



トラヒック制御に関するISPのジレンマ

大容量のトラヒックを発生させる一部の利用者に対して、トラヒック制御を実施すべきか否かについて、多くのISPは以下のようなジレンマを抱えている。

ISPのジレンマ（各考え方の はメリット、 はデメリット）

制 御 す べ き	制御すべきではない
<p>「使い放題」ではなく「使った者勝ち」になる。 他の利用者へのサービスに遅延等が生じかねない。 「ベスト・エフォート」という言い訳にも限界。 仮にネットワークを増強するとなれば、一部の利用者が発生させた費用を全ての利用者で負担することになる。 大容量トラヒックを発生させる利用方法をそもそも想定しておらず、事業性の問題も発生。 制御すれば、既存のネットワーク資源には余裕ができ、料金を引き下げて利用者を拡大させることもできる。 利用方法は大容量のトラヒックを発生させないものに限定され、多様な利用方法が発展する可能性を摘んでしまう。</p>	<p>トラヒックを制御しないことによって、ブロードバンド化は益々進展し、ネットワークの高度利用も進み、多様な利用方法が発展する。 ネットワーク増強のための投資が必要になる。</p>

技術的な対応

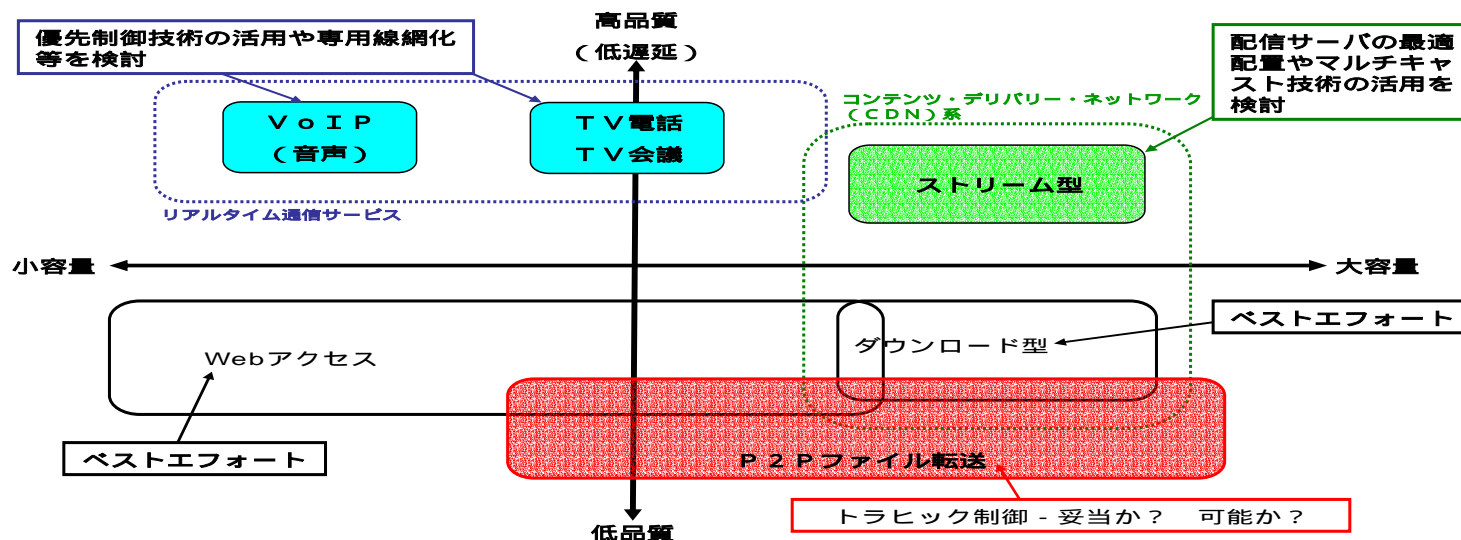
リアルタイムでのサービス提供が求められるものと、蓄積系のサービスとに分けて、前者には品質保証をかけ、後者についてはパケットの長さ等により分別し、トラヒックの状況によっては、制御して他のサービスへの悪影響を回避する方法が考えられている。

しかし、こうした方法については、

(ア) 事業として実装するための投資が多額に上る。

(イ) 利用者はISPには予想のつかない新たな利用方法を生み出すものであり、対症療法でしかない。

との指摘がある。





契約上の対応

ISPの中には、以下のような対応をとり始めたところも散見される。

	概 要
A社	平均的な利用を大幅に超えて利用し、本サービス（インターネット接続サービス）の運用に支障を来すと判断した場合は、当該会員に事前に連絡し、改善しない場合は30日以上前に通知して、個別サービス契約を解除できるものとする。
B社	月間転送量が100Gを超えた場合は契約者に警告し、効果がなければサービスを停止し、状況によっては契約解除もあり得る。
C社	24時間当たり15G以上のトラフィックを送信するなど、サービスに重大な支障を与える場合に、利用を停止又は制限することがあり、その場合、速やかに理由及び期間を通知する。
D社	本サービスの運営上必要であると判断したときなどに、契約者の当該通信に割り当てる通信を制限することがある。



従量課金についての考え方

技術的な対応に関しても制度上の対応に関しても、やはり対症療法的な対応であり、ネットワークを増強するか従量課金を採用するかしか根本的な解決はあり得ないのではないかという意見が、ISPの中には存在。

しかし、

「自社のみが従量課金を導入することは困難。」

「利用者に定着している定額料金制を維持すべきである。」

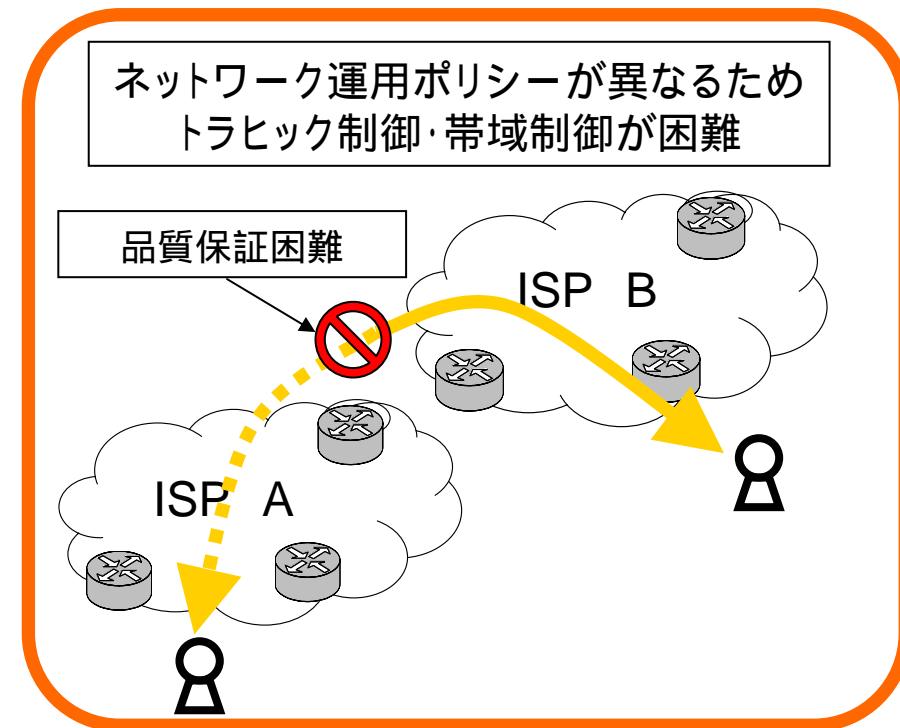
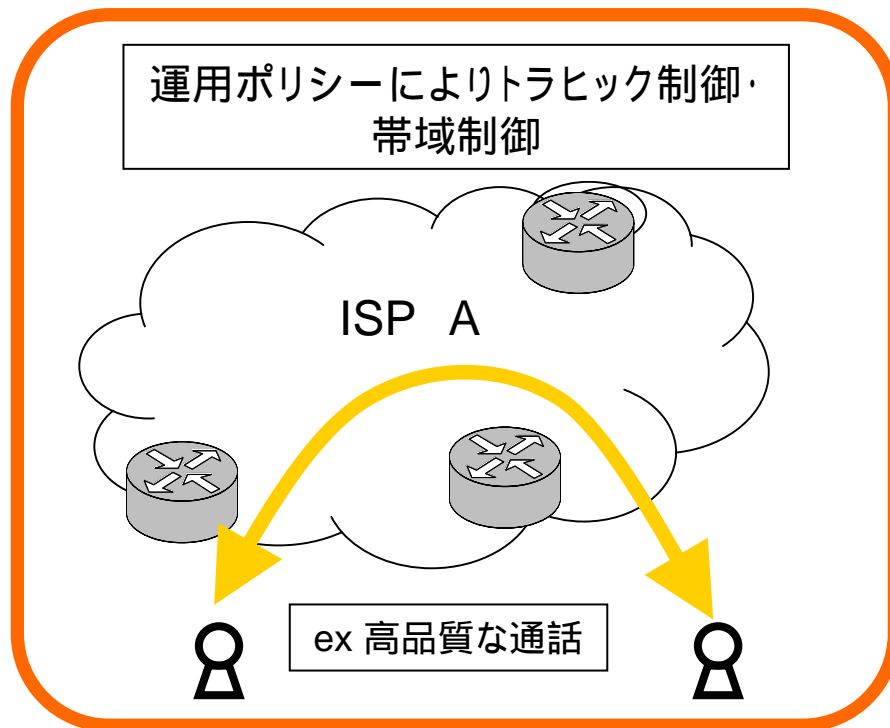
との意見もあり、課金体系の採否においても、ISPにはジレンマ。

従量課金を採用するとしても、どのような技術開発が必要か、課金システムの標準化をどのように進めるかという点について、国内だけでなく国際レベルでの検討が必要。

複数事業者間でのトラフィック制御・帯域保証

IP電話などリアルタイム系のサービスについても、今後、複数事業者間でのトラフィック制御や品質保証に関する技術の研究開発を進めていく必要がある。

異なる事業者間ではトラフィック制御や品質保証は困難



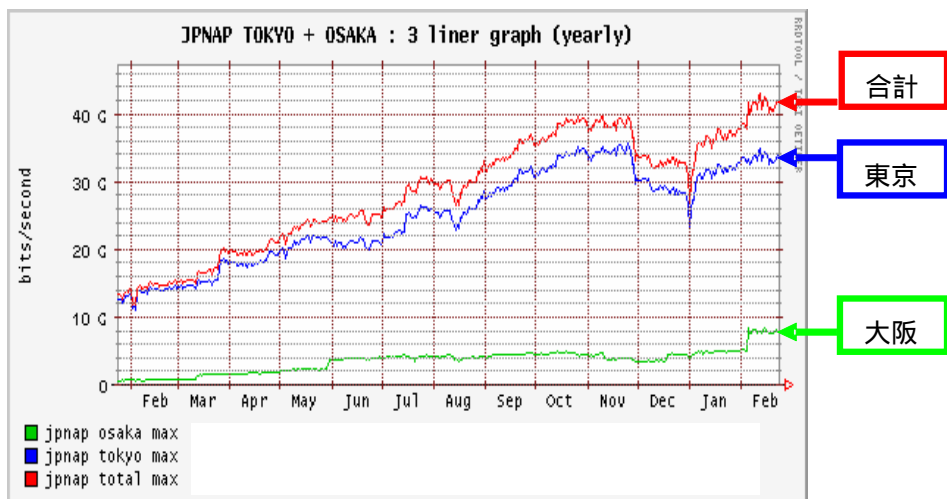
また、有線 / 無線の相互統合運用や協調の実現に関する研究開発を進める必要がある。



7. トラヒック分散とネットワーク形態

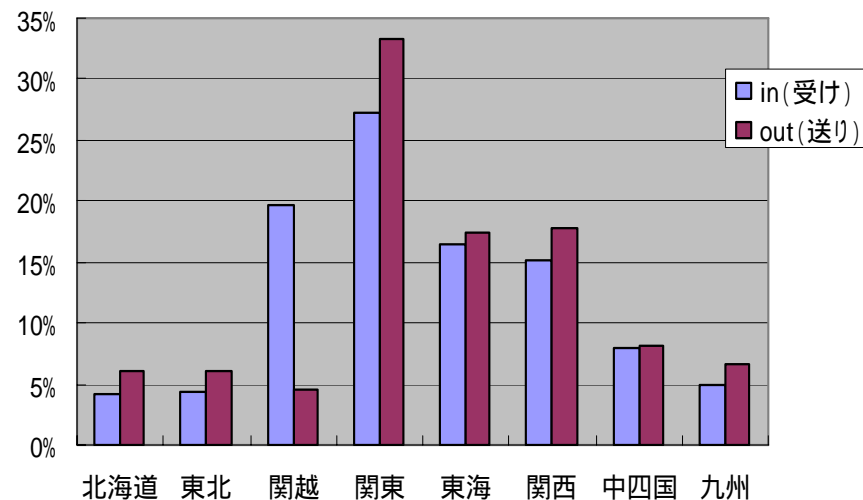
トラヒックの東京一極集中

JPNAP東京とJPNAP大阪のトラヒックの推移



接続NW数: JPNAP東京:JPNAP大阪 = 36:15 = 2.4:1
 ピークトラフィック: JPNAP東京:JPNAP大阪 = 34:8.5 = 4:1

あるISPにおけるトラヒックの流れ





トラヒックの東京一極集中の要因

次の各要因の相乗効果で集中のスパイラルが生じている。

- (1) 人口も利用者数も東京が圧倒的に多いこと。
- (2) 我が国の経済機能が東京に集中していること。
- (3) 魅力あるコンテンツが東京や米国・アジア等の外国に集中しており、コンテンツや国際回線が集中している東京にアクセスする必要があること。
- (4) コンテンツや各種アプリケーションを設定・運用できる技術者も、東京に集中していること。
- (5) 電話では一呼当たりのトラヒック量が決まっているためトラヒック理論に基づくトラヒック予想が可能だが、インターネットではアプリケーションに応じてトラヒック量が大きく変動するため、トラヒック需要に応じたネットワーク設計・構築が困難であったこと。
- (6) 上記(1)～(5)を受けて、全国規模のISPのネットワークも東京を中心に構成され、他のISPとのトラヒック交換も、回線費用節約のため、できるだけ短い距離で伝送したいとの観点から、東京の主要IX及びその近辺で行うことが効率的となっており、地方のISPとの間でも、東京でのみピアリングに応じている場合が多いこと。
- (7) 我が国最初のIXが東京に実験用として設置され、商用IXも上記(1)～(5)を受けて、まず東京に設置され、発展したこと。



トラヒックの東京一極集中に係る問題点

(1) 地域におけるブロードバンド・サービスの品質低下

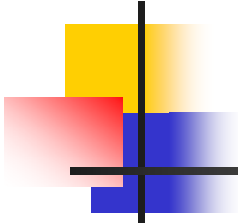
今後、テレビ電話等のリアルタイム性が求められ、かつ、大容量のサービスが提供される場合に、本来は地域内に終始するトラヒックが東京経由で伝送されることにより、地域の利用者に遅延を実感させるおそれがある。

(2) サイバー攻撃や大規模災害等に対する脆弱性

サイバー攻撃や大規模災害の発生等により、東京のトラヒック交換機能に障害が発生した場合には、我が国のインターネット全体に影響が及ぶおそれがある。

(3) 通信設備に対する過剰負荷

1つの通信設備が処理しなければならないトラヒックが増大しているにもかかわらず、故障やバグ等の信頼性が従前の性能のままであり、今後、例えば障害が発生した場合の復旧時間の短縮等といった通信設備の性能向上が見られなかった場合、障害発生時に処理速度の低下やパケットの損失が発生するおそれがある。



トラフィック分散に当たっての課題

(1) 地域におけるコンテンツの未集積

東京以外の地域においては、地域内に終始するトラフィック、地方から発信するトラフィックが少なく、結果として、東京以外の地域において交換されるトラフィックが少ない。

(2) ISP側にとっての費用増

東京と地方ではトラフィック交換量に大きな差があるため、相互接続拠点の分散化に伴う拠点間バックボーンの増強には、東京におけるルータ等の増強よりも却って費用がかかる。

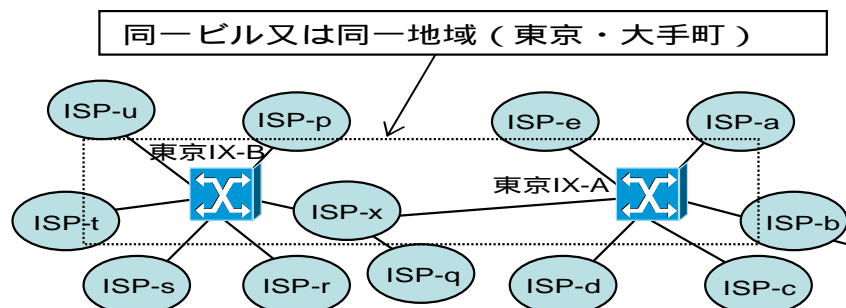
地方での相互接続のため、アドレス・ブロックの地域分けを改めて行う必要があるISPもあり、相当の費用を要する。

(3) 地域における技術者の不足

地域でのトラフィック交換を行うためには、一定レベル以上の能力を有する技術者を相当数確保する必要があるが、地方においてはこのような人材が不足している。

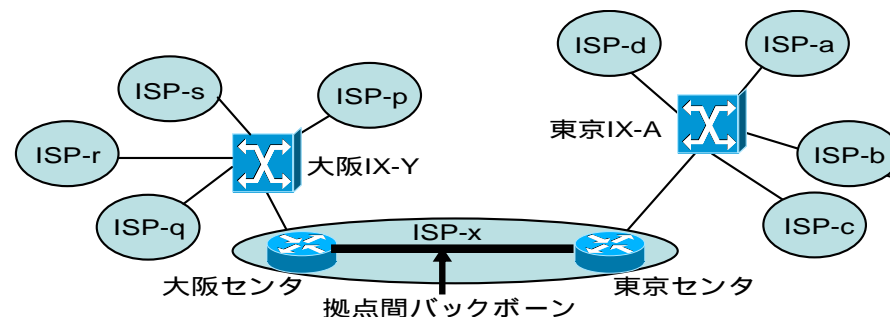
ネットワーク形態によるメリット/デメリット

東京一極集中型ネットワーク形態のメリット/デメリット



メリット	デメリット
<p>多くのISPが集まっているためトラフィック交換が容易 大量のトラフィック交換ができるため、費用対効果が大</p>	<p>地域内に終始するトラフィックに遅延が発生するおそれ 東京一極集中は危機管理上問題 集中するトラフィックを処理できるだけの通信設備の性能向上がないと、処理速度の低下やパケット損失が発生するおそれ 東京以外のISPにとっては、東京でトラフィック交換をするため、東京までの回線費用を負担</p>

分散型ネットワーク形態のメリット/デメリット



メリット	デメリット
<p>地域内に終始するトラフィックの伝送効率が高い（遅延が少ない） 危機管理に資する超高性能の通信設備は不要 東京以外のISPにとって、東京までの回線費用を節減可能</p>	<p>地域のコンテンツと技術者が不足 地域でトラフィック交換するISPが集まらないと却って費用が高む 東京と地方とでトラフィック交換量が不均衡な場合、ISPにとっては、拠点間のバックボーン費用負担が大 アドレス・ブロックの地域分けに相当の費用がかかるISPも存在</p>



ネットワーク形態に関する考え方

危機管理の観点

- 東京内でのトラフィック交換拠点の分散が必要
- 東京以外の地域でのトラフィック交換を可能とするネットワーク形態が必要

地域におけるブロードバンド・サービスの遅延防止

- ブロードバンド・サービスの進展とそのトラフィックパターンを勘案し、一定地域内でトラフィックを折り返せるよう、ネットワーク形態の分散化が必要。



技術的課題の検討

技術的課題の検討の必要性

- ・東京を中心としたスター型ネットワーク形態の下では、ブロードバンドサービスの品質において東京とそれ以外の地域とで格差が生じるおそれ。
- ・分散型ネットワーク形態への移行に際しての問題点
(経路表の増大、地域性を考慮したアドレッシング等)



8 . 障害連鎖防止

通信障害連鎖の事例

原因	内容
経路情報の誤り (米国)	1997年4月、ある米国ISP(AS番号7007)からの大量の経路情報の逆流。これにより、インターネットは12時間以上にわたり経路が混乱。
	1997年10月、UUNET(AS701)が誤った経路情報を大量に広報。
経路情報の誤り (日本)	1994～95年、NSPIXPにおける誤った国際経路情報の広報により、ルータに過負荷。
	2000年9月、あるISPからIXの経路情報を誤って広報。1つの誤った経路情報でIXの機能が停止。
	2002年1月、ISPから誤った国際経路情報が大量に広報。
DDoS攻撃 (分散拠点からの サービス拒否攻撃)	1997年、Cisco社のルータの工場出荷時設定の不備をついた攻撃
	2001年、Yahoo、Microsoft等、特定の有名サイトを狙ったDoS攻撃
	2002年10月、インターネットのドメイン・ネームを管理する13台のルートサーバを狙った攻撃
	2003年、メールやセキュリティ・ホールをついたワーム ^(*) が流行。韓国では、インターネットの大規模な停止が発生。

(*) 通常のウイルスは感染の対象となるファイルといっしょになってパソコン間を移動するが、そのようなファイルを必要とせずに、自力で多くのパソコンに感染するウイルスのことを「ワーム」という。

通信障害の種別と原因

・通信障害は、ISPの電気通信設備の故障やネットワーク運用時のオペレーションミス等により通信に支障が生じることを指す。

・通信障害の種類は、ISP側の不適切な経路情報交換による経路障害、 端末設備からのDoS攻撃などによるパケット転送障害などがある。

通信障害の種別と原因

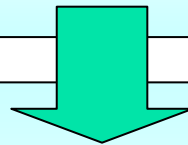
種別	内容	原因
経路障害	<ul style="list-style-type: none">・ 不適切な経路情報が広報され、通信ができなくなる。・ 経路の確立・切断が頻繁に行われる等により、ルータ間の接続が不安定になる。	<ul style="list-style-type: none">・ 通信装置の故障やバグ・ ISPの運用ミス・ 不正アクセス、不正制御
パケット転送障害	<ul style="list-style-type: none">・ 異常なトラフィックが発生することにより、回線が輻輳する。	<ul style="list-style-type: none">・ 利用者の端末設備がウィルス等に感染し、不正なトラフィックを送出・ DoS攻撃 等
アプリケーション障害	<ul style="list-style-type: none">・ ドメインネーム・サーバの障害により、名前解決ができなくなる（実際には希少）。	<ul style="list-style-type: none">・ ISPの運用ミスや不正アクセス、不正制御



通信障害への対処の実状

通信障害が発生、まずは情報共有。

- ・接続しているISP同士での情報交換(携帯電話等で緊急対応している場合も多い。)
- ・IX事業者やJANOG(Japan Network Operators' Group)で運営しているメーリング・リストの活用 等



通信障害への対処

(ア)経路情報の誤りの場合

- ・ルータで不適切な経路情報を分別(フィルタリング)して破棄
- ・ルータ間の接続が不安定になった場合にはピアリングそのものを一時停止

(イ)パケット転送障害(DoS攻撃やウィルス)

- ・攻撃先である特定アドレス向けのパケットを一時的に破棄
- ・攻撃元の特定アドレスからのパケットをISP側で破棄

通信障害の対処の課題

- ・経路情報の誤りによる通信障害はアラームが出ないことから監視が困難
- ・障害の認識とその対策について人間の判断が介在するため、迅速な対応が困難
- ・「経路が不安定」という点に関する定義や認識がISPごとに異なる



障害連鎖の予防策と課題

障害連鎖防止のための予防策

(ア) フィルタリングの活用

ルータに一定のフィルタリング機能を設定する。

(イ) I R R (Internet Routing Registry)の活用

IRRを活用し他のネットワークから受信した経路情報をIRRに登録されているものと比較。

(ウ) I S P間の協調

ISP間の情報共有や連携により、障害連鎖防止等のノウハウに関する技術交流等が行われている。

障害連鎖防止のための課題

(ア) 不適切な経路情報による障害連鎖に対する予防

- ・相互接続における運用や接続方針を明確化
- ・IRRの有効活用・信頼性の向上
- ・ISPが最低限守るべき運用方針やネットワーク品質を明確化
- ・国際的な連携の強化

(イ) D o S 攻撃やウィルスへの対処

- ・D o S 攻撃やウィルスに対応できる研究開発・実証実験の推進、ISP間の協力体制の強化
- ・ISP、通信機器メーカー、システムインテグレータ等において、利用者のセキュリティ意識を高め、セキュリティ対策が適切に実行されるための方策を見いだすことが必要

IRR (Internet Routing Registry)とは、インターネット上でのデータの経路情報、どの接続からどのようなデータをどのように優先的に流すかについての情報、また、その経路が誰に管理されているかについての情報を蓄積したデータベースのことをいい、既に多くのIRRが存在している。