

次世代 I P インフラ研究会
第一次報告書（案）

バックボーンの現状と課題

2 0 0 4 年 4 月 2 6 日

目 次

序章 はじめに

第1章 我が国におけるブロードバンドの普及状況 . . . 1

- 1. ブロードバンド通信の「安さ」と「速さ」 . . . 2
- 2. ブロードバンドの「加入可能」世帯数 . . . 3
- 3. ブロードバンドの実加入者数 . . . 4
- 4. 携帯電話からのインターネット接続のブロードバンド化 . . . 4
- 5. サービスの一層のブロードバンド化 . . . 6
- 6. 法人によるブロードバンド利用の拡大傾向 . . . 8
- 7. ブロードバンドの実利用率 . . . 9

第2章 e-Japan 戦略 による戦略の進化 . . . 10

- 1. 「IT利活用」への戦略の進化 . . . 11
- 2. 将来的なトラフィック増加とバックボーンの現状把握の必要性 . . . 11
- 3. 高品質 / 高信頼性と情報セキュリティの確保 . . . 12

第3章 我が国のバックボーンの現状 . . . 13

- 1. 各ISPのバックボーンへの関わり . . . 14
- 2. IXにおけるトラフィックの増勢傾向 . . . 15
- 3. トラフィックの現状調査 . . . 16
 - (1) IXにおけるパブリック・ピアリング . . . 17
 - (2) プライベート・ピアリング . . . 18
 - (3) トランジット . . . 18
 - (4) トラフィックの把握の意義 . . . 19
 - (5) 地域間トラフィック . . . 23

(6) 今後の課題	・・・ 23
4 . 国際的なトラヒック交換の変化	・・・ 24
第 4 章 バックボーンにおけるトラヒックの将来予想	・・・ 25
1 . トラヒックの将来予想の有意性	・・・ 26
2 . 将来のトラヒックの試算	・・・ 26
3 . 将来的なトラヒック増加への 3 つの対応策	・・・ 28
第 5 章 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	・・・ 29
1 . バックボーンのネックになる部分	・・・ 30
2 . 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）	・・・ 30
(1) 技術開発の現状と課題	・・・ 30
(2) 技術的なブレイクスルーの必要性	・・・ 32
(3) ルータ、スイッチ、インターフェースに関する開発要望	・・・ 32
(4) 政府による研究開発の総合的・計画的な取組	・・・ 33
(5) I S P 等の対処	・・・ 34
(6) 通信機器メーカ側の考え方	・・・ 34
(7) ネットワーク形態の検討	・・・ 34
3 . 伝送機能を担う部分	・・・ 34
(1) 中継系光ファイバの投資規模と利用状況	・・・ 34
(2) I S P や I X 事業者の懸念	・・・ 37
(3) 上記懸念に対する考え方	・・・ 37
第 6 章 トラヒック制御と品質保証	・・・ 42
1 . トラヒックに関する考え方	・・・ 43
2 . 加入者系光ファイバ（ F T T H ）サービスにおけるトラヒックの特徴	・・・ 43

3．一部の利用者による回線容量の占有	・・・ 44
4．P 2 P 型ファイル転送のインパクト	・・・ 45
5．トラヒック制御に関する I S P のジレンマ	・・・ 46
6．技術的な対応	・・・ 47
7．契約上の対応	・・・ 47
(1) 大容量のトラヒックを発生させる利用者への対応	・・・ 47
(2) 課金体系の工夫	・・・ 48
8．複数事業者間でのトラヒック制御・品質保証	・・・ 49
第7章　トラヒック分散とネットワーク形態	・・・ 50
1．トラヒックの東京一極集中	・・・ 51
2．トラヒックの東京一極集中の要因	・・・ 51
3．トラヒックの東京一極集中に係る問題点	・・・ 52
(1) 地域におけるブロードバンド・サービスの品質低下	・・・ 52
(2) サイバー攻撃や大規模災害等に対する脆弱性	・・・ 52
(3) 通信設備に関する過剰負荷	・・・ 52
4．トラヒック分散に当たっての課題	・・・ 53
(1) 地域における技術者の不足	・・・ 53
(2) I S P 側にとっての費用増	・・・ 53
(3) I S P 間の協調の不足	・・・ 53
(4) I S P のネットワーク以外のネットワークの積極的活用	・・・ 53
5．ネットワーク形態に関する考え方	・・・ 55
(1) 危機管理の観点	・・・ 55
(2) 地域におけるブロードバンド・サービスの遅延防止	・・・ 56
6．実証実験プロジェクトの推進による諸課題の検証	・・・ 57
第8章　障害連鎖防止	・・・ 59

1．通信障害連鎖の事例	・・・ 60
2．通信障害の定義と種類	・・・ 61
3．連鎖する通信障害の種別と原因	・・・ 61
4．通信障害が発生した場合における対処の実状	・・・ 61
(1) 経路情報の誤り	・・・ 62
(2) D o S 攻撃やウイルス	・・・ 62
5．障害連鎖の予防	・・・ 63
(1) フィルタリングの活用	・・・ 63
(2) I R R (Internet Routing Registry) の活用	・・・ 63
(3) I S P 間の協調	・・・ 64
6．障害連鎖防止に向けての課題	・・・ 64
(1) 不適切な経路情報による障害連鎖に対する予防	・・・ 64
(2) D o S 攻撃やウイルスへの対応	・・・ 66
第9章 総括	・・・ 67
1．トラヒックの現状把握	・・・ 68
2．ネットワークの増強	・・・ 68
(1) 交換機能を担う部分	・・・ 68
(2) 伝送機能を担う部分	・・・ 69
3．トラヒック制御	・・・ 69
4．トラヒック分散	・・・ 70
5．障害連鎖防止	・・・ 70

凡例

年次は原則として西暦を使用している。

企業名については、「株式会社」の記述を省略している。

補助単位については、以下の記号で記述している。

1,000兆(10^{15})倍 ・ ・ ・ P (ペタ)

1兆(10^{12})倍 ・ ・ ・ T (テラ)

10億(10^9)倍 ・ ・ ・ G (ギガ)

100万(10^6)倍 ・ ・ ・ M (メガ)

1,000(10^3)倍 ・ ・ ・ K (キロ)

単位の繰上げは、四捨五入によっている。単位の繰上げにより、内訳の数値の合計と合計欄の数値が一致しないことがある。

出典が明記されていない図表等は、総務省作成資料である。

序章 はじめに

電気通信事業者間の活発な競争とインフラ整備及び政府による環境整備により、現在、我が国は世界最安・世界最速のブロードバンド利用環境を実現している。

これを受け、２００３年７月に策定された「e-Japan 戦略」においても、我が国のＩＴ戦略の目標を、第１段階のインフラ整備及び競争政策から、第２段階のＩＴの利活用に移行させている。

具体的には、「医療」、「食」、「生活」、「中小企業金融」、「知」、「就労・労働」及び「行政サービス」という７つの先導的分野において、情報通信技術（ＩＴ）を利活用していくための施策を展開することとしている。

ブロードバンドの実利用が依然として少ない状況において、まず、先導的取組分野におけるブロードバンドの実利用率を高めることは、「２００５年までに世界最先端のＩＴ国家を実現する」という我が国のＩＴ戦略の目標を達成する上で極めて重要である。

他方で、先導的取組分野をはじめ、社会生活の様々な場面でＩＴを利活用することは、ネットワーク上に大容量の通信量（トラヒック）を発生させるものである。

そこで、当研究会では、次の３つの論点について検討を行った。

第１の論点は、現時点ではブロードバンド利用率が依然として低いことから処理できているものの、将来的に国民の大半がブロードバンドを利用した場合に、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切れるのか、今後ネットワークを増強すべきなのか、必要な技術開発は何か、という点である。

第２の論点は、大容量のトラヒックを発生させるＩＴの利活用の中には利用者から高い信頼性を期待されている分野もあることから、このような信頼性に関する利用者からの期待に応えられるだけの用意がネットワーク側にあるのか、という点である。

第３の論点は、多数のネットワークが多様に接続することによって成り立っているインターネットにおいては、１つのネットワークにおける通信障害が全体に波及するおそれがあり、インターネットの安定した運用を確保する観点から、障害連鎖を防止するためにどのような方策（事業者間の運用ルール、技術開発等）が必要かつ有効か、という点である。

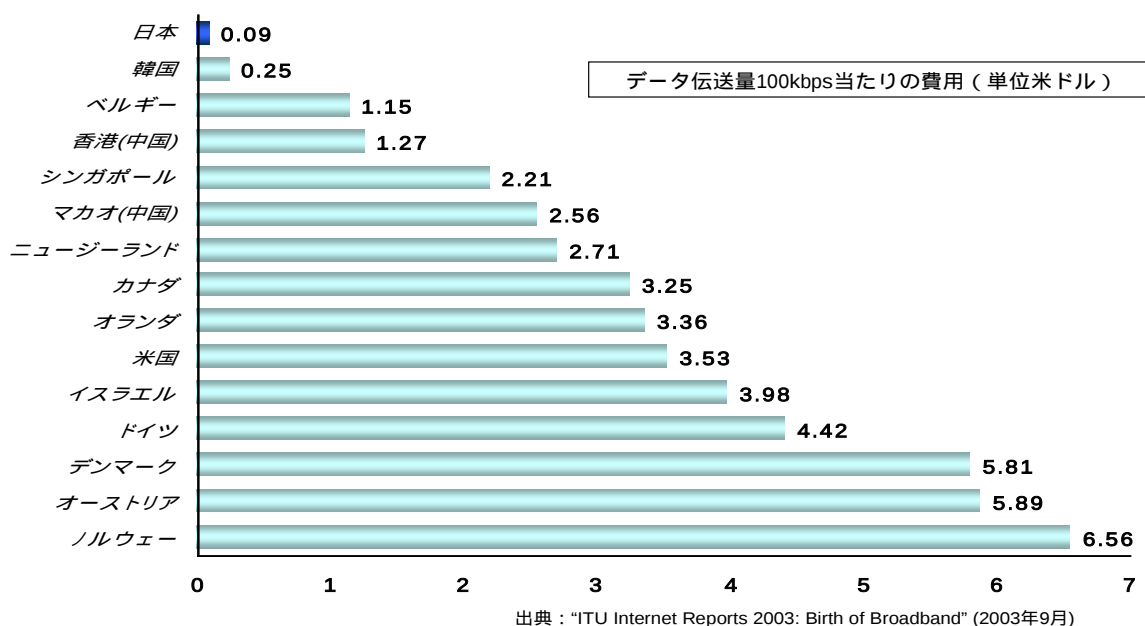
これら３つの論点については、研究会構成員間で、見解の一致している事項もあれば、一致していない事項もある。本資料は、見解の一致していない事項については異なる見解を併記し、これまでの議論を取りまとめたものである。

第 1 章 我が国におけるブロードバンドの普及状況

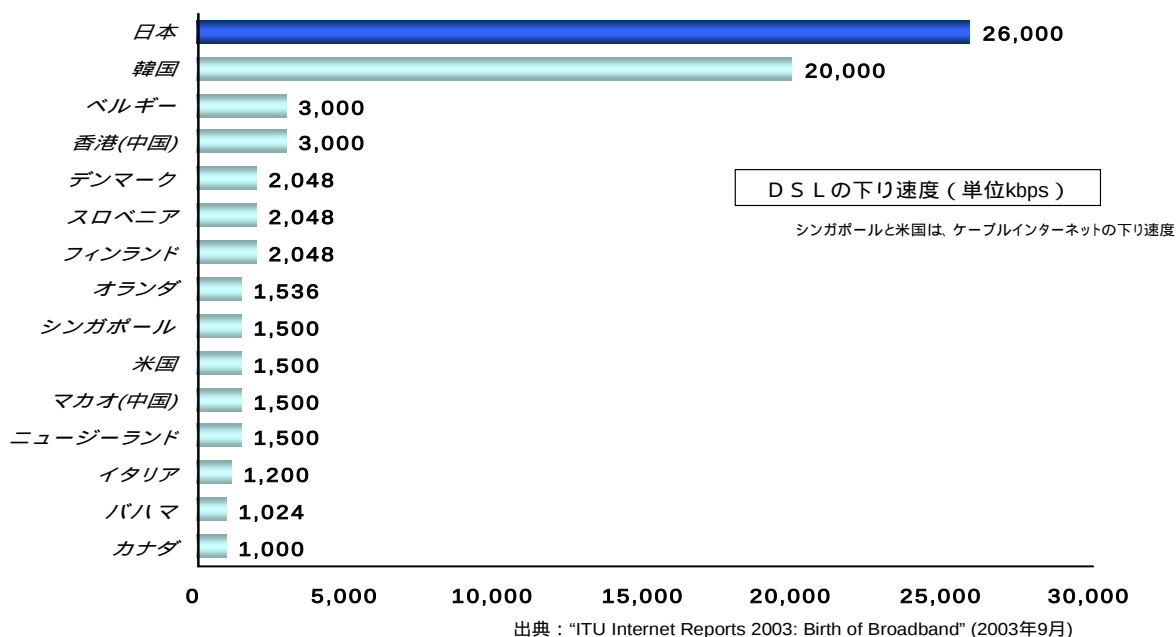
1. ブロードバンド通信の「安さ」と「速さ」

電気通信事業者間の活発な競争と政府による公正競争促進のための環境整備等により、我が国のブロードバンド料金は、世界的に最も低廉な水準を実現するに至っており、2003年の国際電気通信連合（ITU）の調査によれば、ブロードバンド通信の「安さ」と「速さ」の総合評価において、我が国は世界一という評価を受けているところである（「ITU Strategic Planning Workshop on Promoting Broadband Background Paper」）。

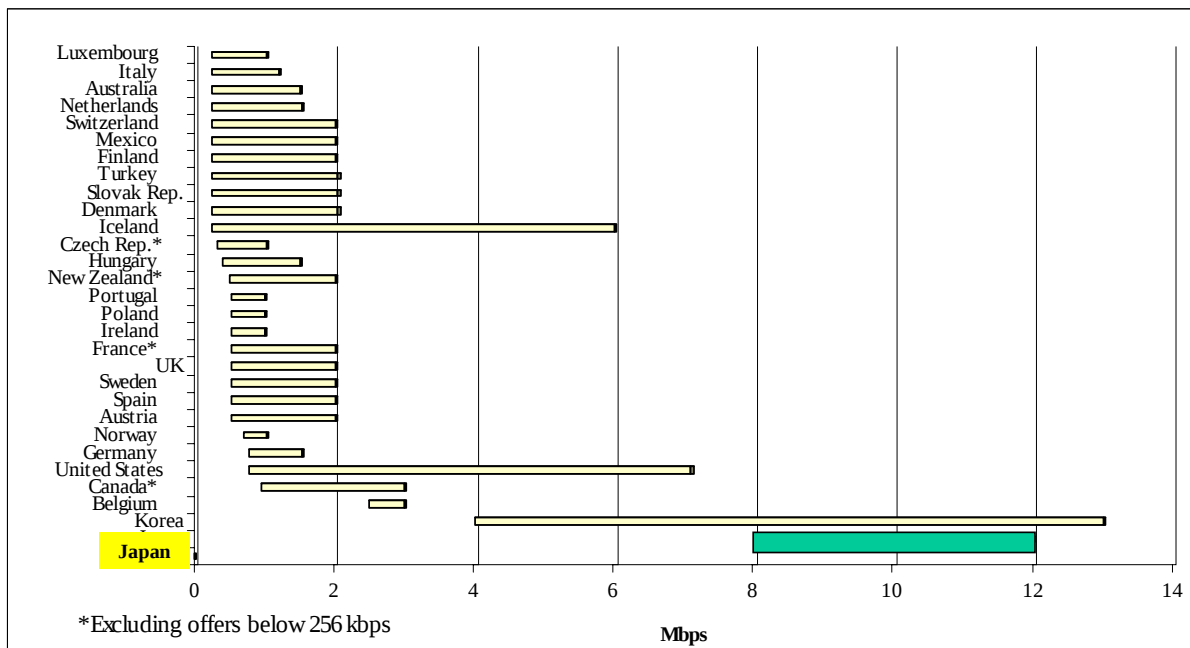
通信速度当たりのブロードバンド料金



ブロードバンド通信速度



DSL速度の国際比較



(注1) 日本の光ファイバ(100Mbps)及び韓国のVDSL(20Mbps)は除く。

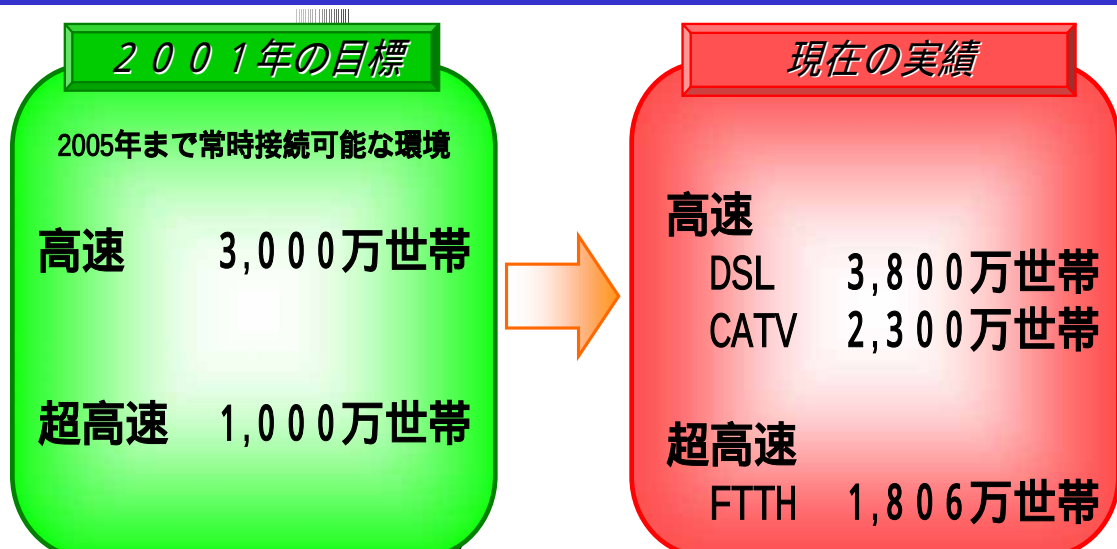
(注2) アイスランド、アメリカで最大容量のサービスは、ビジネス利用者向け(例: ベライゾン: 7.1Mbps = 204ドル)。

(出典: 「ITU Strategic Planning Workshop on Promoting Broadband Background Paper (2003年4月)」により総務省作成)

2. ブロードバンドの「加入可能」世帯数

電気通信事業者によるインフラ整備も進んでおり、「加入可能」世帯数でみると、DSLで3,800万世帯、ケーブルインターネットで2,300万世帯、加入者系光ファイバ(Fiber To The Home: FTTH)については1,806万世帯に達しており、2001年1月に策定された「e-Japan 戦略」の目標を大幅に上回っている。

ブロードバンドの「加入可能」世帯数



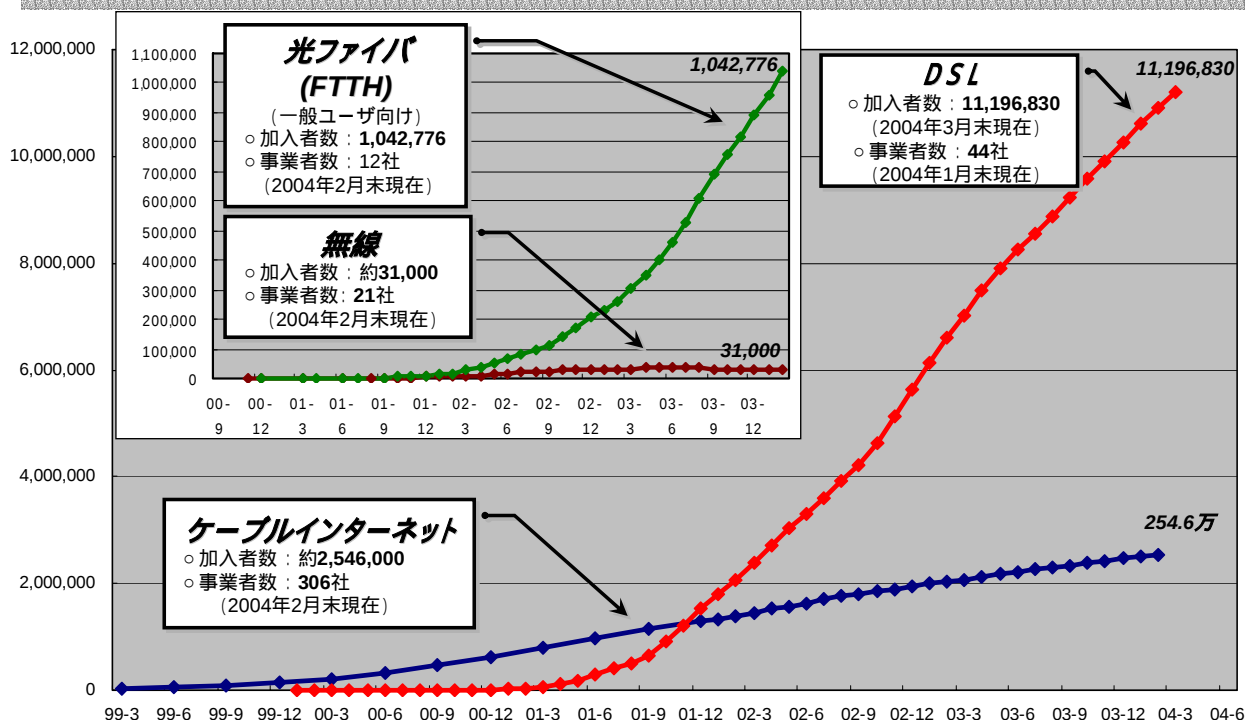
3. ブロードバンドの実加入者数

料金の低廉化とインフラ整備の進捗を受けて、ブロードバンド加入者も急速に増加しており、DSL加入者は1,000万を超え、ケーブルインターネット加入者は約250万、加入者系光ファイバ（FTTH）加入者は約100万に達している。

また、現状では加入者数が少ないものの、FWA（Fixed Wireless Access）や屋外又は屋内の無線LAN等無線系のアクセスサービスも、ブロードバンド・サービスの一つとして期待されている。

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。
（ブロードバンド総加入者数は2月末で約1,450万、DSLは12月末に1,000万突破）
- 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。

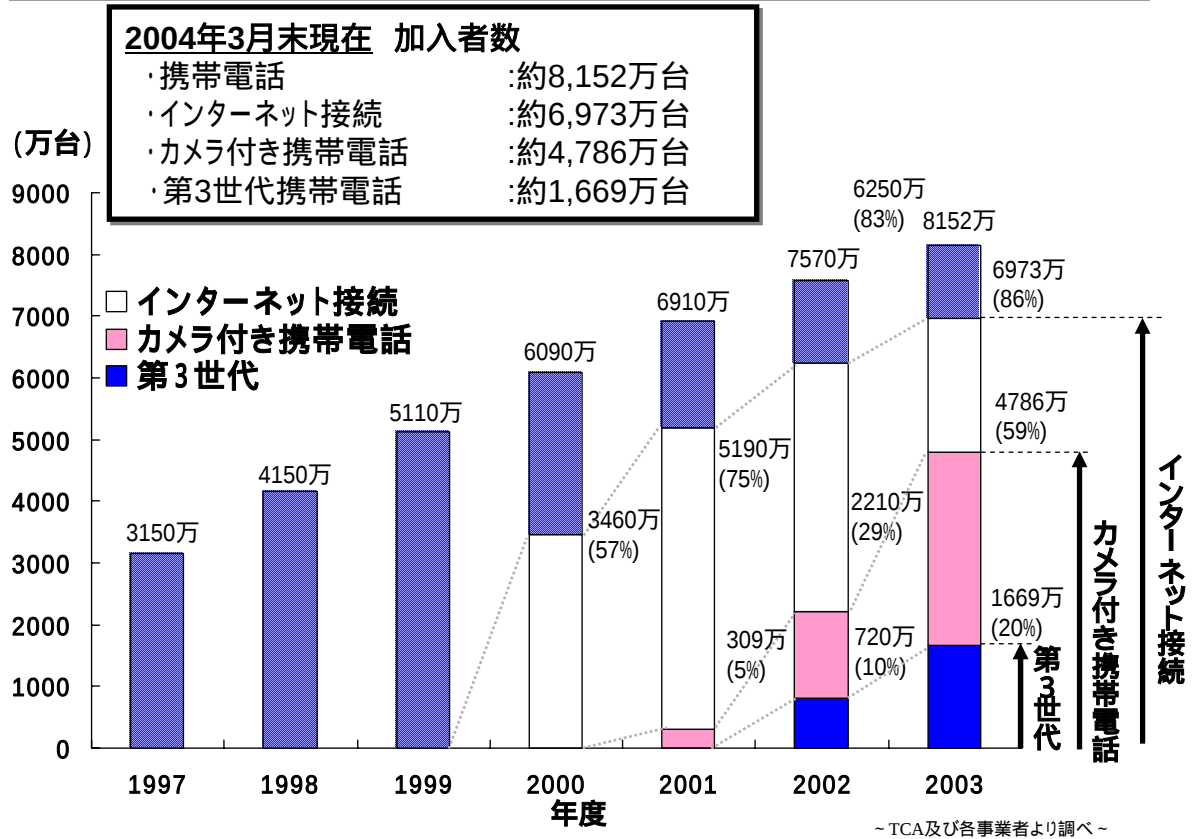


4. 携帯電話からのインターネット接続のブロードバンド化

また、我が国では、インターネット接続が可能な携帯電話が8割を超え、第3世代携帯電話（3G）では写真のみならず動画も送ることができるまでにブロードバンド化している。

更に、2010年頃の実用化を目指して開発・標準化が進められている第4世代携帯電話（4G）では、100M（メガビット毎秒）クラスの伝送を可能とすることが企図されており、有力なブロードバンド・アクセスの手段になるものと期待されている。

高機能携帯電話の普及の推移



携帯電話サービスの高度化

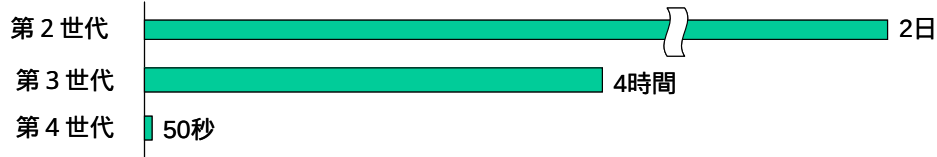


携帯電話における技術の進歩

	サービス 開始	データ伝送速度
第1世代	1979年	アナログ方式
第2世代	1993年	28.8kbps
第3世代 IMT-2000	2001年	W-CDMA：384kbps、最大 14Mbps(HSDPA) CDMA2000 1x：144kbps CDMA2000 1x EV-DO：最大 2.4Mbps
Systems Beyond IMT-2000	2010年 頃	100Mbps

現在、情報通信審議会において審議中

音楽CD（10曲分）のダウンロードに要する時間



5. サービスの一層のブロードバンド化

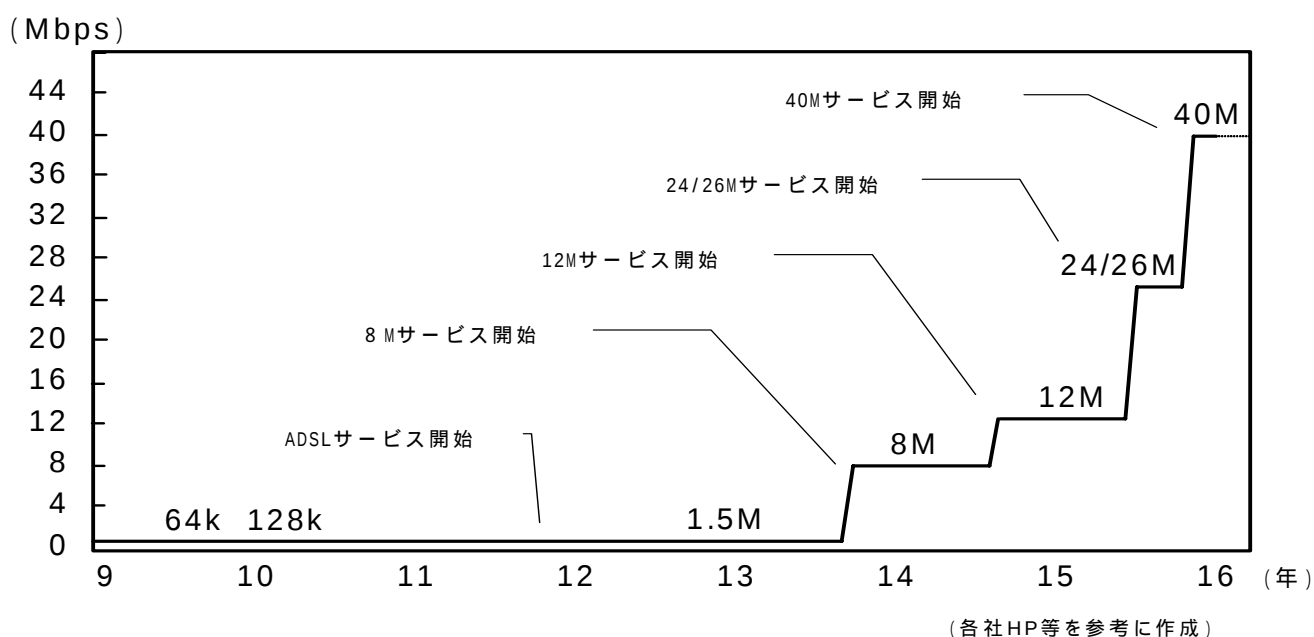
一般に、ブロードバンドの加入者は、「速さ」や「品質」等のブロードバンドに対する要求水準を徐々に上げてくるものであり、インフラ整備とアプリケーションの関係は、インフラが整備されると今度はアプリケーションが進化し、アプリケーションが進化すると今度はそれに見合うインフラ整備への要望が生じるという関係にあると考えられるため、インフラの整備とアプリケーションの開発・振興は継続的に行われることが重要であると言える。

実際、電気通信事業者は、そのサービスを一層ブロードバンド化させており、DSLでベストエフォート^(注)ベースで45M（メガビット毎秒）クラス、加入者系光ファイバ（FTTH）で100Mクラスのサービスが登場している状況にある。

（注）ベストエフォート：

可能な限り、高品質の情報伝送サービスの提供を行うこと。電話は、最低限のサービス品質（遅延や帯域幅など）を保障するものであるのに対し、ベストエフォートのサービスは、品質保証をするものではないが、品質保証がないために低品質のサービスを意味するものではない点には留意を要する。

アクセス網（メタル回線）のブロードバンド化



主な加入者系ネットワークの種類と伝送速度

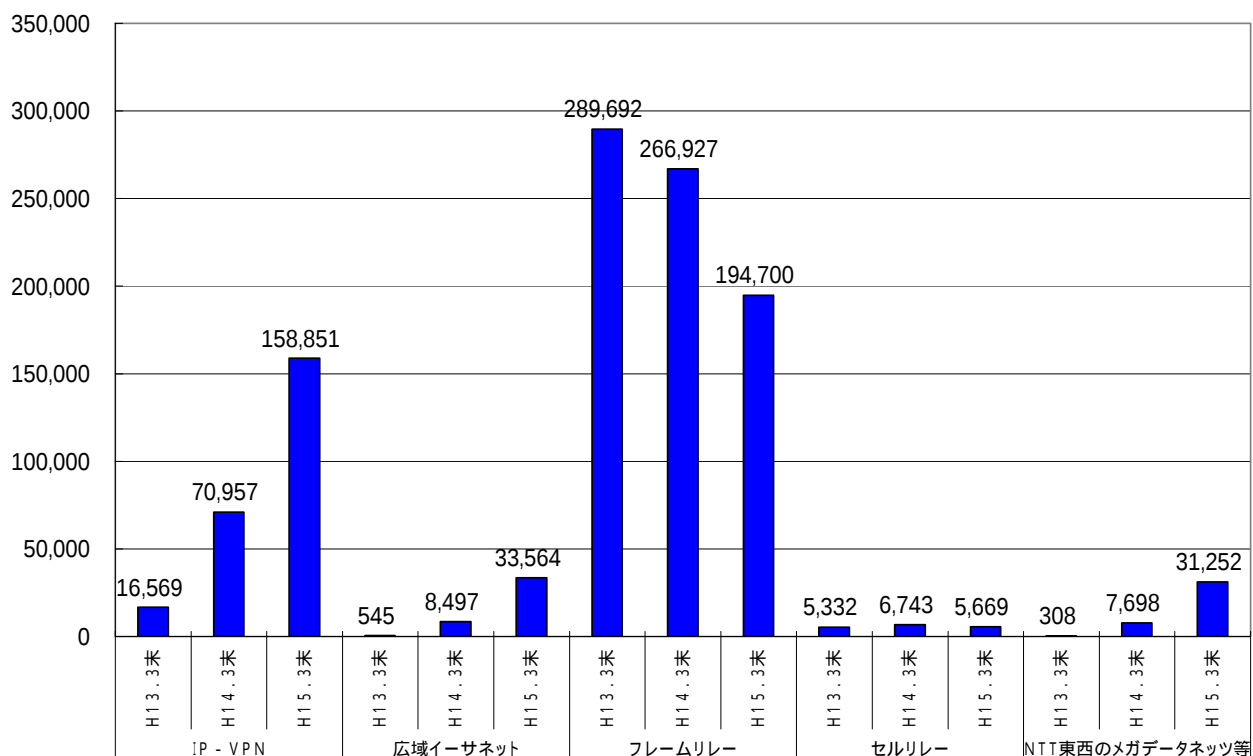
分類	名称	伝送速度	サービス開始年
固定系	固定電話	電話サービス：上り33.6kbps / 下り56kbps	1890年
	ISDN(64kbps)	64kbps	1988年
	xDSL	ADSL：上り最大1Mbps / 下り最大45Mbps程度 SDSL：1対で最大2Mbps HDSL：2対で最大2Mbps VDSL：上り2.3Mbps程度 / 下り52Mbps程度	1999年
	光メタル併用(HFC)	ケーブルインターネット	最大30Mbps程度
	光ファイバ	FTTH	最大100Mbps
	無線系	FWA	最大156Mbps
移動系	地上系	携帯電話・PHS PHS：32kbps～128kbps 携帯電話：28.8kbps(PDC)～64kbps(cdmaOne) IMT-2000：384kbps(DS-CDMA)、2.4Mbps(MC-CDMA)	携帯電話：1987年 PHS：1995年 IMT-2000：2001年
		無線LAN(2.4G)	最大54Mbps
	衛星系	衛星携帯電話	最大64kbps
		衛星通信	数kbps (データ通信)

出典：総務省「平成15年度情報通信白書」(一部加工)

6. 法人によるブロードバンド利用の拡大傾向

ブロードバンドによるＩＰ－ＶＰＮ等の品質向上に伴い、専用線やフレームリレーからＩＰ－ＶＰＮ、更にはより安価なインターネットＶＰＮに移行する法人利用者が増加している。国内のみならず海外拠点とのＩＰ－ＶＰＮ等の導入を検討する法人利用者もあり、ブロードバンドは個人利用者によるインターネット利用だけでなく、法人の業務用にも活用され、社会経済活動の基盤となっている状況にある。

データ通信サービスのサービス別契約回線数の推移



出典：総務省「平成 15 年度 電気通信事業分野における市場の現況」

フレームリレー：転送するデータを可変長の「フレーム」という単位に分割して送受信する通信サービス。

ＩＰ－ＶＰＮ：Internet Protocol-Virtual Private Network の略。電気通信事業者の閉域ＩＰ網を経由して構築することによってセキュリティを高めた仮想的な閉域網サービス。

インターネットＶＰＮ：公衆網であるインターネットに接続する回線の両端に装置（ＶＰＮ装置）を接続すること等によって、インターネットを仮想的な閉域網として利用する。

広域イーサネット：ＩＥＥＥ（米国電気電子技術者協会）８０２．３委員会により標準化されたＬＡＮ規格であるイーサネットで使用されているスイッチング・ハブを組み合わせで構築した通信サービス。

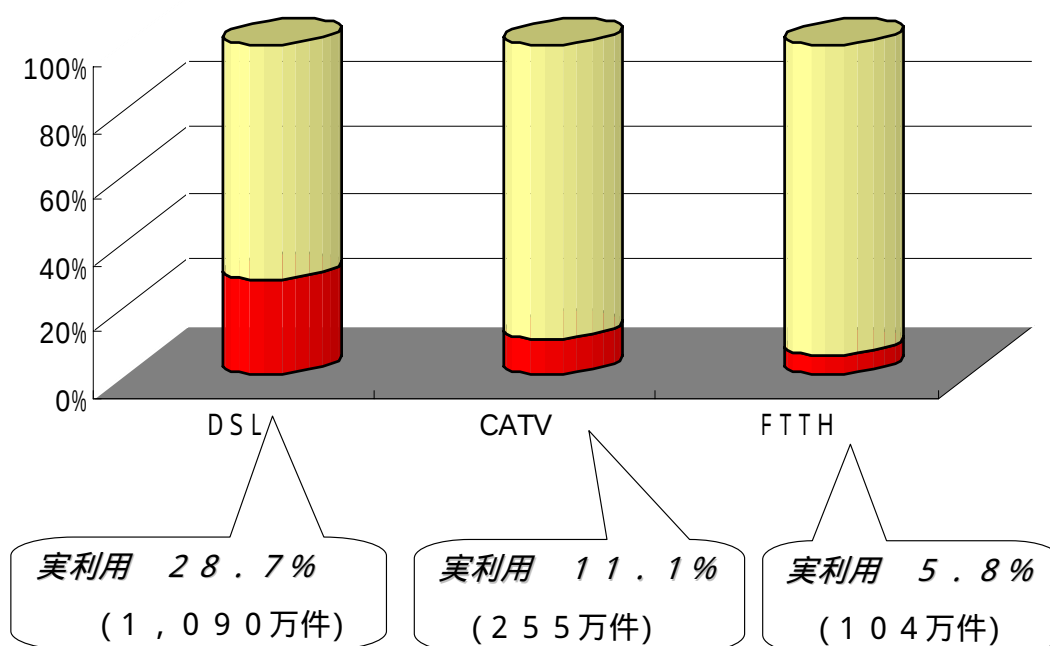
セルリレー：ＡＴＭ（非同期転送モード）により、伝送するデータを固定長の「セル」という単位に分割して送受信する通信サービス

7. ブロードバンドの実利用率

他方、実利用という観点からみれば、ブロードバンドの「実際の加入者数」は、「加入可能」数に比べると未だ低いと言わざるを得ない。例えば、F T T HとD S Lの「実際の加入者数」は、それぞれ「加入可能」数の6 %及び2 9 %に過ぎず、多くの人々にとって、ブロードバンドは、「利用可能だが、実際に対価を支払って利用するまでには至っていない」という状況にあると言える。

我が国におけるブロードバンドの実利用率

(2004年2月末現在)



(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)

第2章 e-Japan 戦略 による戦略の進化

1. 「IT利活用」への戦略の進化

こうしたブロードバンドの普及状況をも踏まえ、2003年7月に策定された「e-Japan 戦略」においては、第一期の「IT基盤整備」から、第二期の「IT利活用」へと、戦略を進化させている。

具体的には、「医療」、「食」、「生活」、「中小企業金融」、「知」、「就労・労働」、「行政サービス」という7つの分野において、ITの高度利活用の取組を民と官が連携して実践することにより、ITの利活用の成果を国民に広く提示することが提案されている。

このような先導的取組は、ITの利活用を通じて、例えば、無駄な支出や待ち時間の縮減、安心して便利な生活環境の実現、一人一人の能力の発揮、効率的な資金調達、業務改善による生産性の向上、高付加価値化による新たなサービスと市場の創出等、社会的に大きな効果が期待できるものであり、民と官を挙げて取り組むべき課題と言える。

2. 将来的なトラヒック増加とバックボーンの現状把握の必要性

他方、こうした先導的な取組は、大容量のトラヒックをネットワーク上に発生させるものである。

また、ユビキタス・ネットワーク社会のもとで、ブロードバンドの利用主体が、「ヒト」だけではなく「モノ」にまで拡張され、「モノ」と「モノ」との通信が24時間行われる社会が想定されている点にも、留意しなければならない。

第1章で述べたとおり、アクセス網（加入者系ネットワーク^(注)）におけるDSL、ケーブルインターネット及びFTTHの「実際の加入者数」と「加入可能」数とを対比してみると、確かにブロードバンドの実利用率は依然として低いと言える。

しかし、「e-Japan 戦略」に盛り込まれた先導的取組により、「実際の加入者数」が増え、かつ、個々の加入者が大容量のトラヒックを発生させた場合に、バックボーン（中継系ネットワーク^(注)）はそれに対応し得るのか、ということは検証されていない。

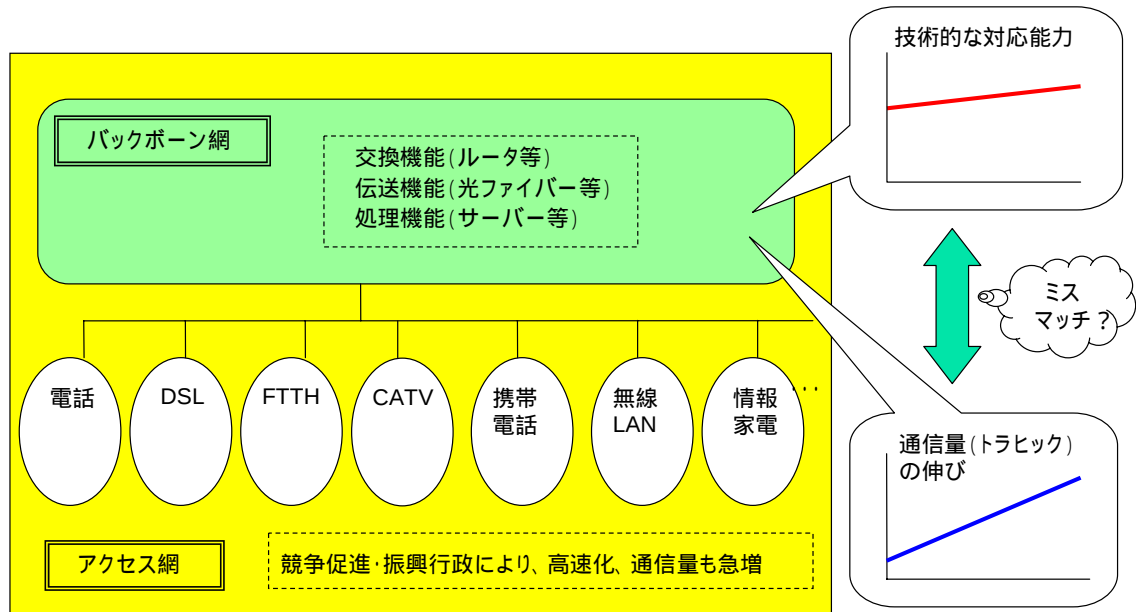
そこで、我が国のバックボーンの現状と課題を、第3章以下で見ていくこととする。

（注）「加入者系ネットワーク」とは、「加入者系配線」（集線点から加入者宅内の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端局装置までの間の端末系幹線路）をいう。

「中継系ネットワーク」とは、「加入者系ネットワーク」を除く、電気通信事業者のネットワーク内の中継系伝送路、交換設備等をいう。

アクセス網とバックボーン

アクセス網から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



3. 高品質 / 高信頼性と情報セキュリティの確保

また、「e-Japan 戦略」では、「安全・安心な利用環境の整備」も提唱され、高品質 / 高信頼性と、情報セキュリティの確保が求められている。

そこで、トラフィック制御と品質保証及び障害連鎖防止策について、第6章及び第8章で検討することとする。

第 3 章 我が国のバックボーンの現状

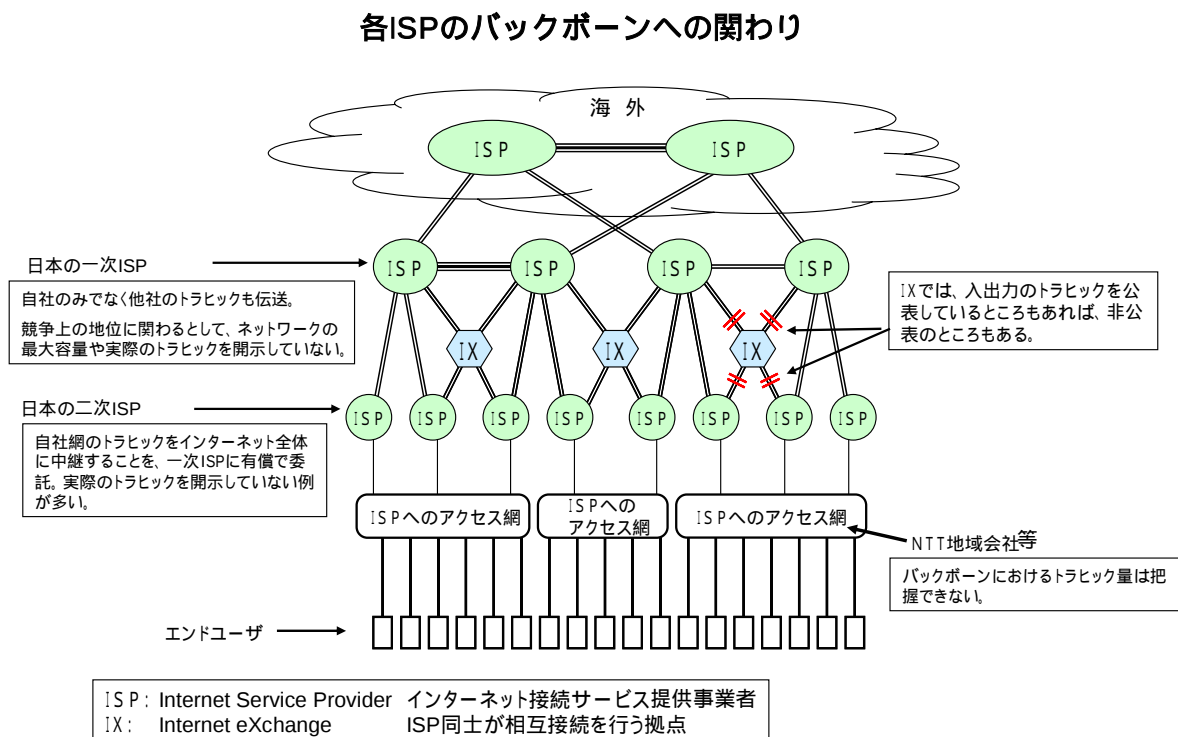
1. 各ISPのバックボーンへの関わり

「インターネット」は、インターネット接続サービス提供事業者（ISP；Internet Service Provider）のネットワーク、企業ネットワーク、学術ネットワーク、官公庁ネットワーク等々、多種多様なネットワークがInternet Protocol（IP）によって接続された、ネットワークの総称である。

ISPのネットワークだけを見ても、日本全国及び国際的にネットワークを展開している一次ISP、局所的に大きなネットワークをもつ二次ISP、非常に小規模なISPなど、そのレベルは様々であり、現在、8,000社以上のISPが林立している。

この他に、企業ネットワーク、学術ネットワーク、官公庁ネットワーク等があり、ネットワークによっては、小規模なISPよりも遙かに大規模なものもあって、インターネットの構造は複雑になっている。

ISPに限ってISPとバックボーンへの関わりを模式的に示してみたのが下図であるが、各ネットワークの容量やピーク時のトラフィックについては、競争上の地位に関わることもあって、各ISPが情報を開示していないことから、我が国のインターネット上でトラフィック量がどの程度あるのか、ネットワーク容量にどの程度余裕があるのかについては、これまで明らかにされていない。



2. I Xにおけるトラフィックの増勢傾向

しかし、I X (Internet eXchange; インターネット接続事業者間を相互に接続する相互接続点)の中には、トラフィックを公表しているところがあり、これにより増勢の「傾向」をうかがうことはできる。

日本の3大I XであるJ P I X、J P N A P、N S P I X Pの合計値の推移をみると、ここ数年、年間2～3倍のペースで増加しており、2003年には最大で90 G b p s (ギガビット毎秒)に達している。

我が国のI Xにおけるトラフィックの最大値 (単位: G b p s)

	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	14.0	43.6	90.6

各年度におけるトラフィックの最大値

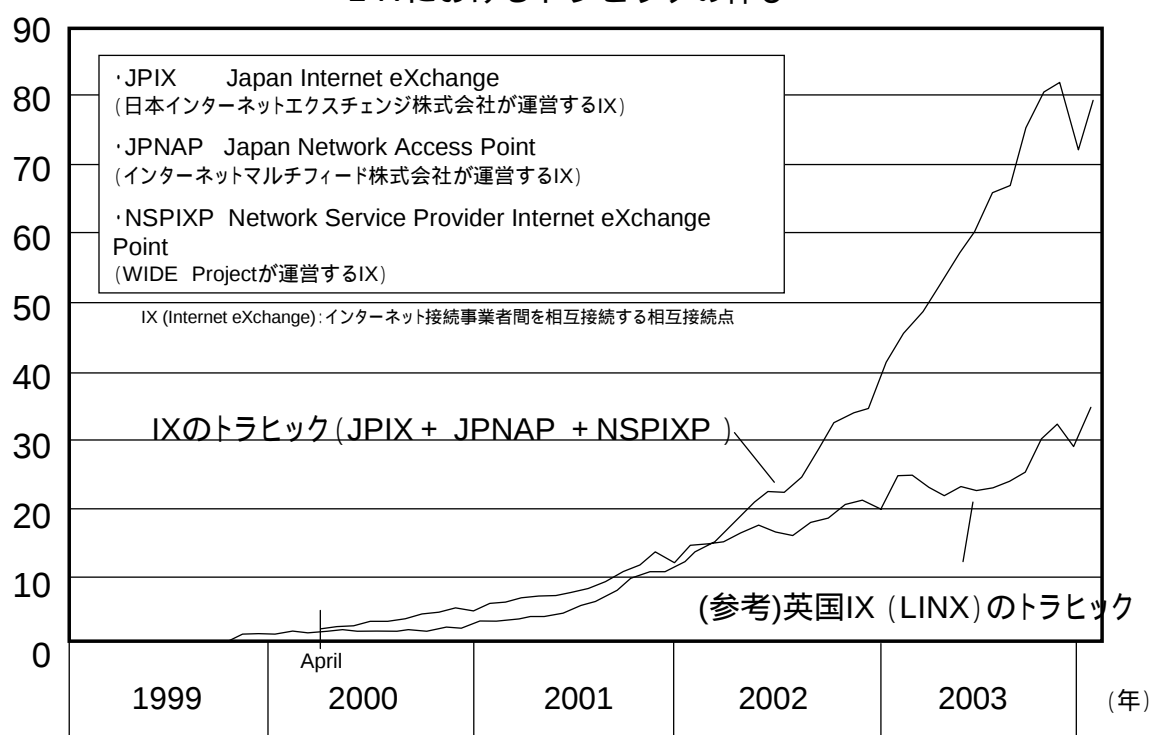
約3倍

約2倍

米国の大手I Xがトラフィック情報を開示していないため、米国との単純な比較は困難であるが、欧州最大のI XであるL I N X (London I N t e r n e t e X c h a n g e)はトラフィック情報を開示しており、L I N Xと比較してみると、我が国のバックボーンにおけるトラフィックの増勢傾向がより強いことがうかがえる。

(Gbps)

I Xにおけるトラフィックの伸び



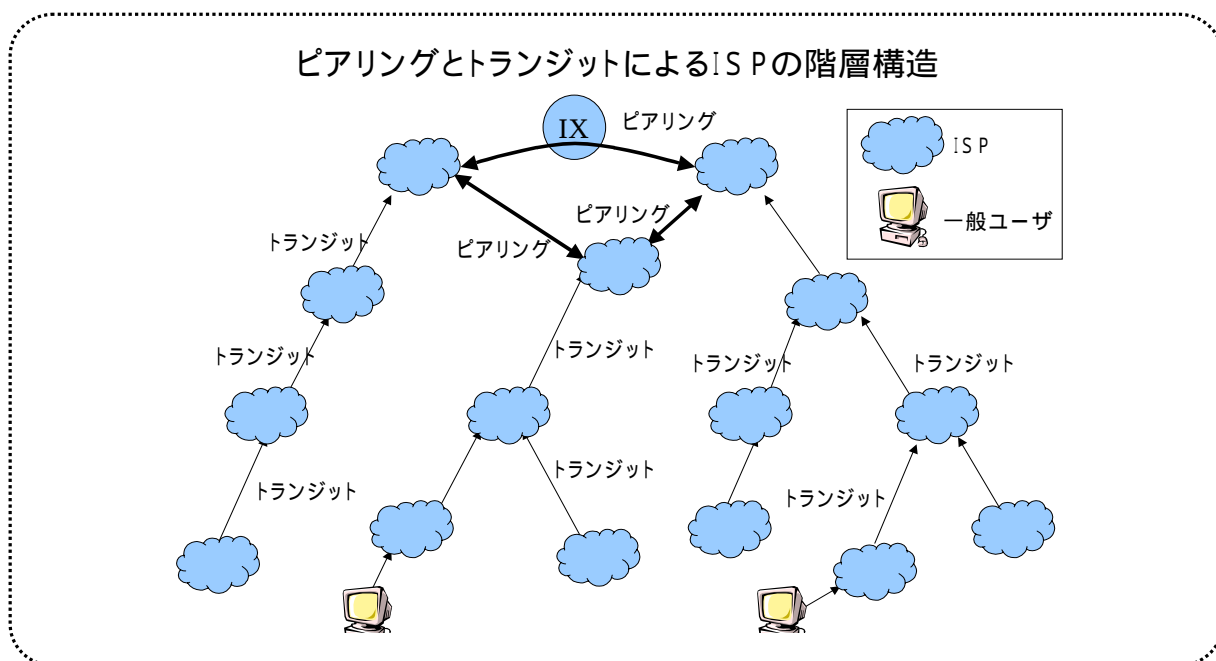
出典: 各IXのデータを参考に作成。なお、英国IX (LINX)については、HP等を参考に作成

LINX : The London Internet Exchange
1日のピークトラフィックの一ヶ月の平均値

なお、インターネット上のトラフィックは、IXで行われるパブリック・ピアリング^(注)だけではなく、IXを介さないプライベート・ピアリング^(注)やトランジット^(注)によって伝送されるものもあり、実際には、より大量のトラフィックが伝送されていると考えなければならない。

(注)「ピアリング」: ISP間でお互いに相手方ISPあてのトラフィックを交換しあうこと。一般的には無償接続。IXで行われるピアリングを「パブリック・ピアリング」、IXを介さないピアリングを「プライベート・ピアリング」という。

「トランジット」: 他のISPからのトラフィックをインターネット全体に中継すること(他のISPに対してインターネットの経路を提供すること)。一般的には有償サービス。



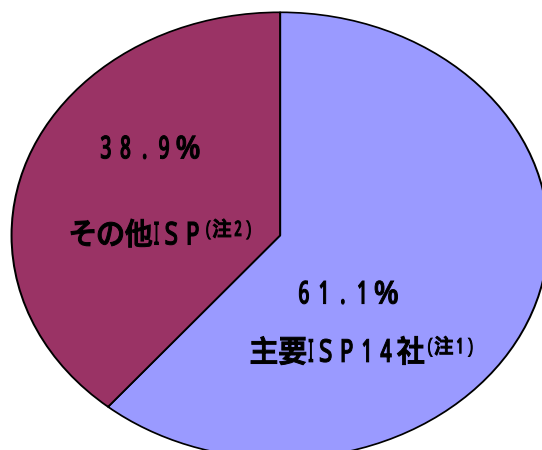
3. トラフィックの現状調査

当研究会では、我が国の主要なISP14社^(注)に対して、IXにおけるパブリック・ピアリングだけでなく、プライベート・ピアリング及びトランジットにおけるピーク時のトラフィックもアンケート調査した。

(注) インターネットイニシアティブ、NTTコミュニケーションズ、ケイ・オプティコム、ケーブル・アンド・ワイヤレスIDC、KDDI、JENS、ソフトバンクBB、ドリーム・トレイン・インターネット、日本テレコム、日本電気、ニフティ、パワードコム、ぷららネットワークス、松下電器産業

この主要ISP14社のトラフィックが我が国インターネット全体に占める割合を正確に計測することは困難であるが、1事業者のデータセンターから伝送されるトラフィックの割合という限定された形では、この主要14社へのトラフィックが6割超を占めている状況にあり、ある程度の類推を働かせることは可能である。

データセンター事業者から発信されるデータの発信先比率



(注1) インターネットイニシアティブ、NTTコミュニケーションズ、ケイ・オプティコム、ケーブル・アンド・ワイヤレスIDC、KDDI、JENS、ソフトバンクBB、ドリーム・トレイン・インターネット、日本テレコム、日本電気、ニフティ、パワードコム、ぶらなネットワークス、松下電器産業

(注2) その他ISPのAS数は7,110

(注3) ASとは、ある経路制御方針によって運営されるネットワークのことをいう。

全国展開しているISPもインターネット全体からみると一定の経路制御方針によって運営されている1つのネットワークであり、1つのASとして捉えられ、AS番号を割り当てられている。

出典：エスアールエス・さくらインターネットの調査結果(2004年4月8日 0時～1時、池袋データセンタ)を総務省にて加工

主要ISP 14社へのアンケート調査結果は次のとおりである。

(1) IXにおけるパブリック・ピアリング

IXにおけるパブリック・ピアリングについては、主要ISPは東京地区のIX、大阪地区のIX及び海外のIXでのみ接続している状況にあり、IXにおいて接続している各ISPの電気通信回線設備の容量(以下「回線容量」という。)の合計値は、東京地区で182G(ギガビット毎秒)、大阪地区で43G、海外で5Gとなっており、東京と大阪の比率は4:1となっている。

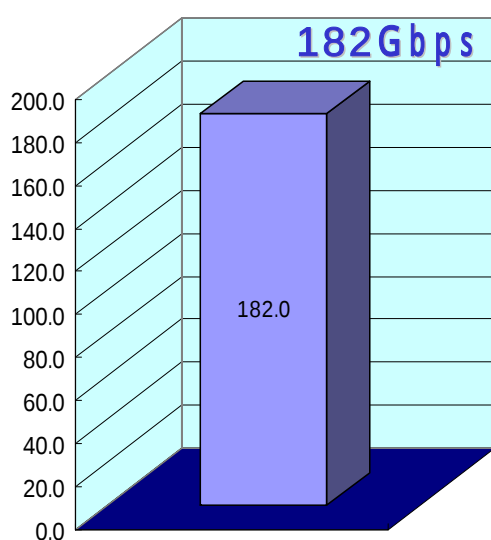


図 東京地区IX接続回線容量

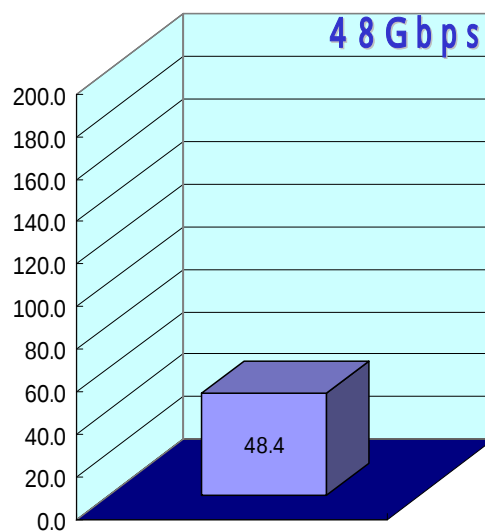


図 大阪地区及び海外でのIX接続回線容量

また、IXにおけるピーク時のトラフィックを回線容量の半分程度と見込んでいるISPが多いことを勘案すると、主要ISPがIXにおいて見込んでいるピーク・トラフィックの合計値は115Gと試算される。

(2) プライベート・ピアリング

プライベート・ピアリングについては、ほとんどのISPが東京で行っており、各社の回線容量を単純に合計した278Gのうち、247G(89%)が東京でのものとなっている。

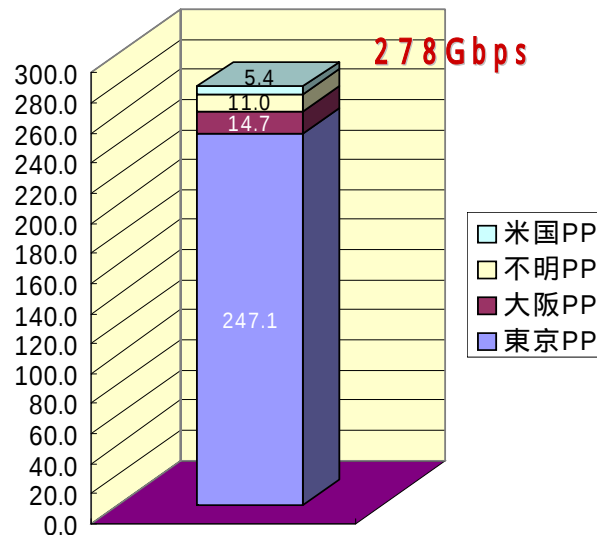


図 プライベート・ピアリング 回線容量

プライベート・ピアリングについても、ピーク時のトラフィックを回線容量の半分程度と見込んでいるISPが多いことを勘案すると、回線容量の合計値にあまり重複がないとすれば、主要ISPがプライベート・ピアリングにおいて見込んでいるピーク・トラフィックの合計値は120～130G程度と試算される。

(3) トランジット

トランジットについては、購入と販売について集計した。販売については、販売地点が不明な回答が多いが、購入については、各社の回線容量の合計値115G中東京地区でのトランジット購入が78Gと68%を占めている状況にある。

主要ISPにおいては、購入したトランジット115Gと販売したトランジット153Gに重複は少ないと考えられることから、トランジットの回線容量の合計値は200～250G程度と見込まれる。

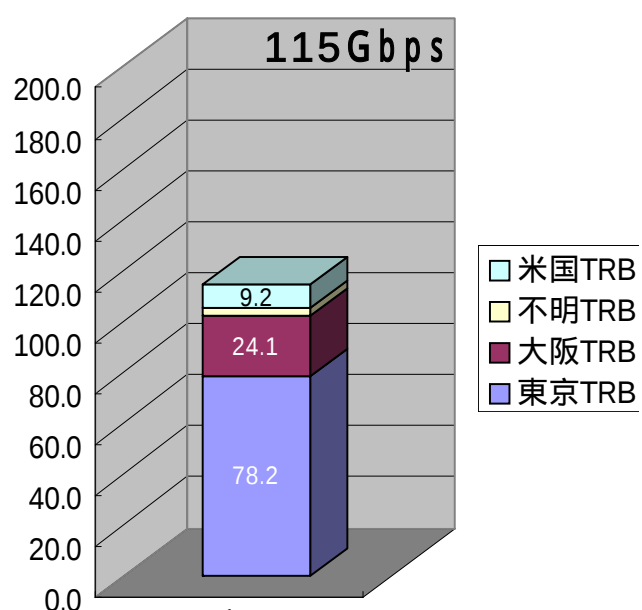


図 Transit 購入接続回線容量

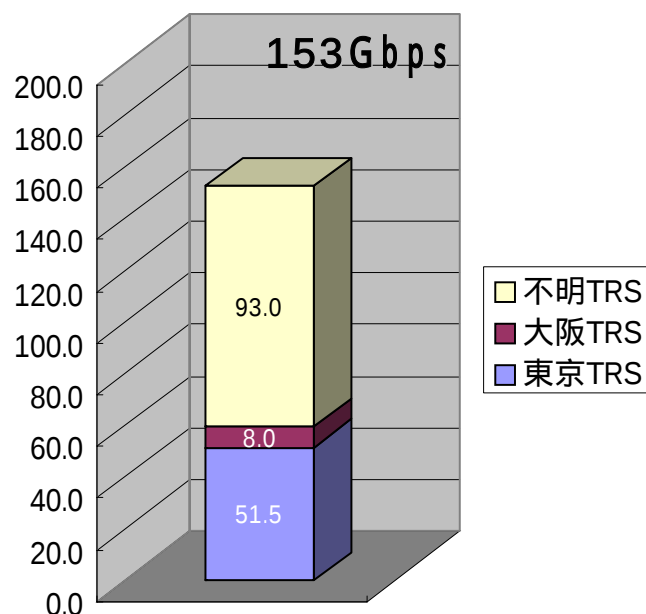


図 Transit 販売接続回線容量

また、ピーク時のトラヒックについてもIX及びプライベート・ピアリングと同様に回線容量の半分程度と見込んでいるISPが多いと仮定すれば、トランジットにおいて見込まれているピーク・トラヒックの合計値は100Gと試算される。

(4) トラヒックの把握の意義

(ア) 主要ISPが他のISPとの間で接続している回線容量の合計値は、プライベート・ピアリング278G、トランジット267G、IXにおけるパブリック・ピアリング230Gとなっており、プライベート・ピアリング及びトランジットにおける各社間の重複を勘案すれば、概ね1：1：1となっている。

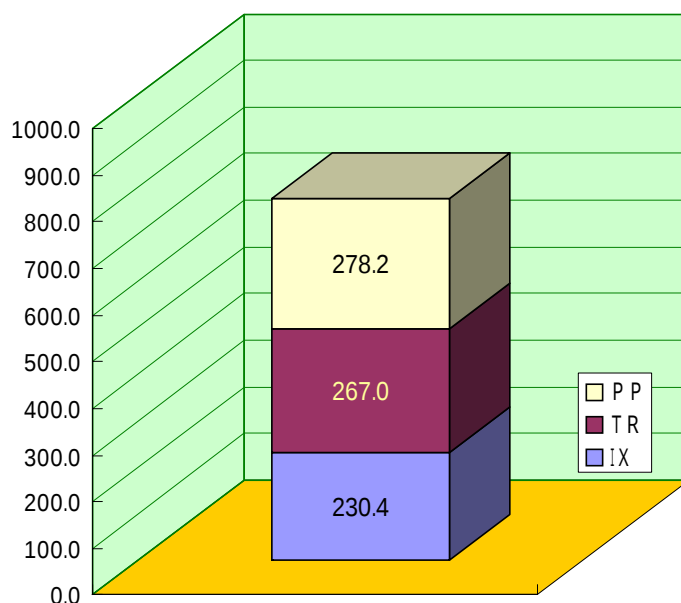


図 主要ISP間の接続回線容量 (Gbps)

(イ) また、2004年2月における主要ISP各社の実際のピーク・トラフィックを合計してみると、IN（主要ISPへの上りのトラフィック）で61%、OUT（主要ISPからの下りのトラフィック）で55%をプライベート・ピアリングが占めている状況にあり、

主要ISP間のトラフィック交換については、プライベート・ピアリングがトランジットやIXにおけるパブリック・ピアリングよりも大きな役割を果たしていること、

公表されている主要IXのトラフィック情報だけではインターネット全体におけるトラフィックを把握できず、プライベート・ピアリングやトランジットを含めてトラフィックを把握する必要があること、

が明らかになった。

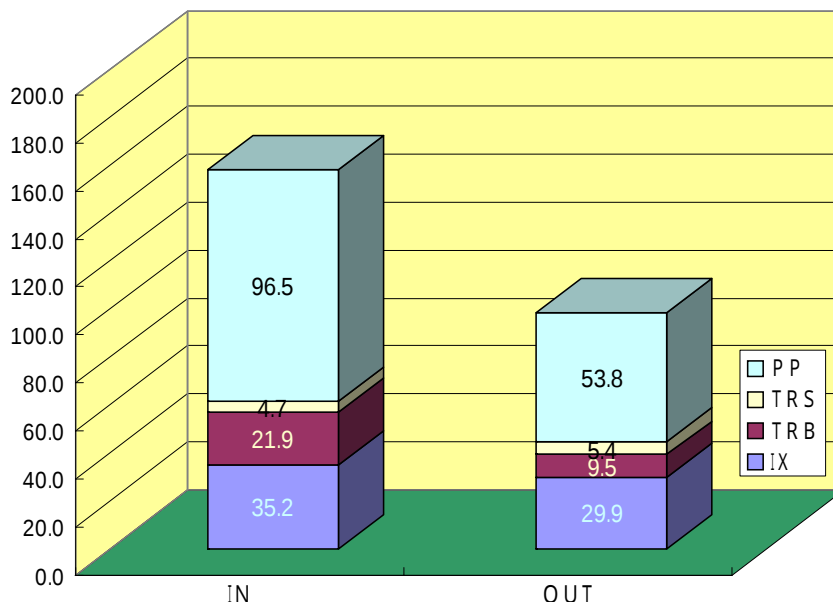
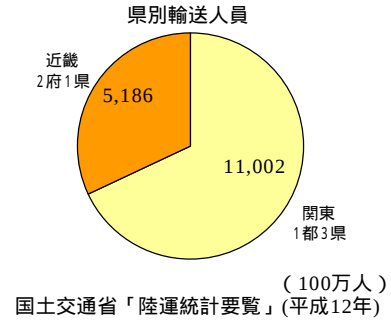
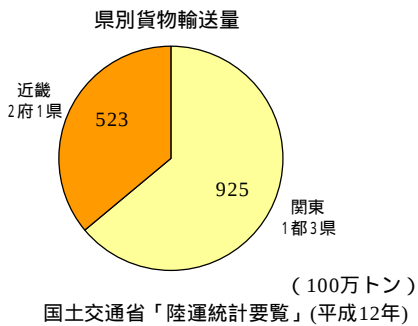
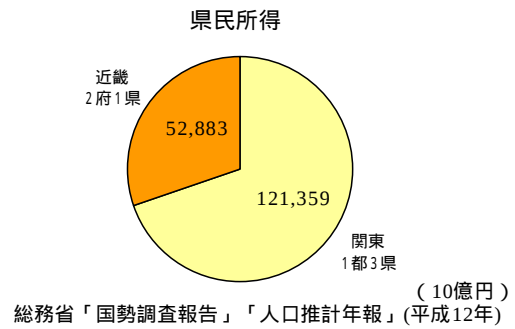
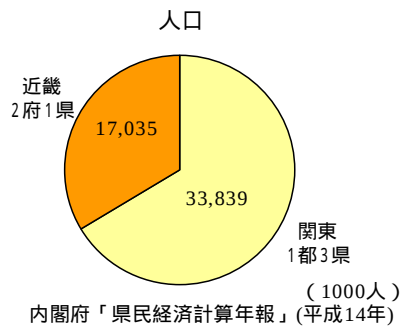


図 主要ISP間のピーク・トラフィックの合計値(2004年2月、回答事業者のみ集計、Gbps)

(ウ) また、回線容量の合計値を東京と大阪とで比較してみると、IXにおけるパブリック・ピアリングで東京：大阪 = 4：1、プライベート・ピアリングで東京：大阪 = 17：1、トランジット購入で東京：大阪 = 3：1と、いずれも東京一極に集中している状況にある。

人口、県民総所得、県別自動車輸送量、県別輸送人員を見ても、関東の1都3県（東京・神奈川・埼玉・千葉）と近畿の2府1県（大阪・兵庫・京都）の比率は概ね2：1となっていることからしても、インターネットのトラフィックの東京一極集中は顕著であると言える。



(エ) 更に、固定電話や携帯電話のトラヒックと比較してみても、

同一都道府県内に終始するトラヒックは、固定電話発のトラヒックで74.1% (2002年度全国平均)、携帯電話発のトラヒックで80.6%(同)となっていること、

地域ブロックに終始するトラヒックは、固定電話発のトラヒックで83.6%以上(2002年度)、携帯電話発のトラヒックでは86.6%以上(同)となっていること、

から、東京を中心にトラヒックが交換されるインターネットは、固定電話や携帯電話とは、トラヒック・パターンを大きく異にしていると言える。

図 固定電話発：同一都道府県内に終始する通信回数の比率

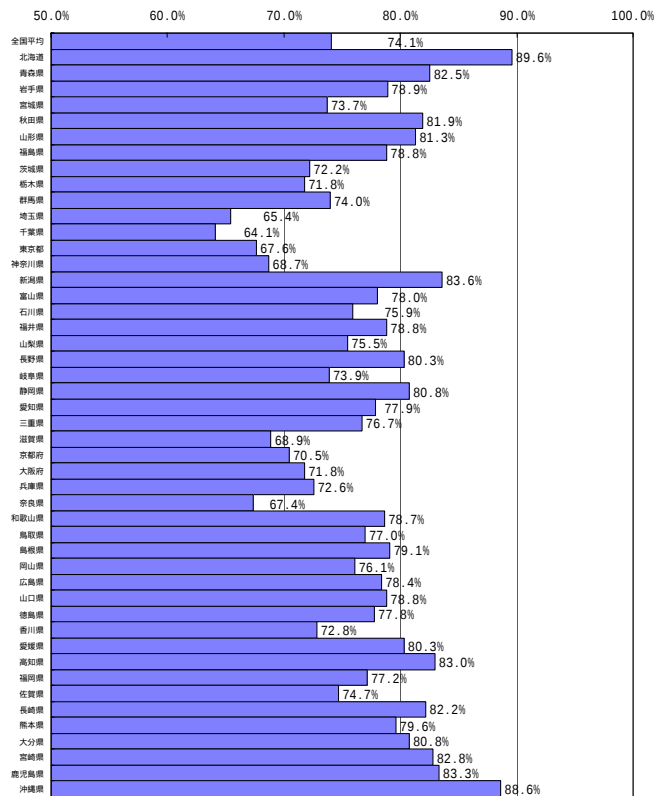
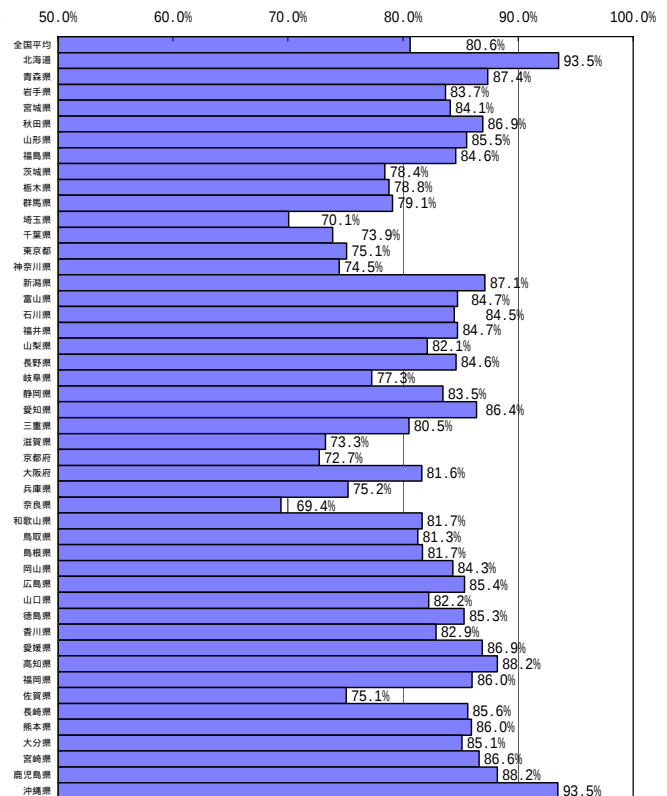


図 携帯電話発：各都道府県別同一都道府県内に終始する通信回数の比率



出典：総務省「トラフィックからみた我が国の通信利用状況（平成14年度）」

図 固定電話発：地域ブロック間トラフィック交流状況

(単位：百万回)

	北海道	東北	関東	信越	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄	発信計
北海道	2,769 (89.6%)	44 (1.4%)	181 (5.9%)	7 (0.2%)	4 (0.1%)	20 (0.7%)	39 (1.3%)	8 (0.3%)	4 (0.1%)	12 (0.4%)	1 (0.0%)	3,089 (100.0%)
東北	26 (0.5%)	4,224 (88.2%)	399 (8.3%)	25 (0.5%)	7 (0.1%)	32 (0.7%)	50 (1.1%)	9 (0.2%)	4 (0.1%)	12 (0.3%)	1 (0.0%)	4,789 (100.0%)
関東	172 (0.7%)	423 (1.6%)	22,792 (88.6%)	279 (1.1%)	97 (0.4%)	595 (2.3%)	769 (3.0%)	172 (0.7%)	82 (0.3%)	308 (1.2%)	26 (0.1%)	25,715 (100.0%)
信越	4 (0.2%)	22 (1.0%)	254 (10.9%)	1,947 (83.6%)	15 (0.6%)	39 (1.7%)	32 (1.4%)	6 (0.3%)	2 (0.1%)	6 (0.3%)	0 (0.0%)	2,326 (100.0%)
北陸	3 (0.2%)	5 (0.4%)	84 (5.4%)	15 (1.0%)	1,300 (84.1%)	42 (2.8%)	82 (5.3%)	5 (0.4%)	2 (0.2%)	5 (0.3%)	0 (0.0%)	1,543 (100.0%)
東海	16 (0.2%)	31 (0.4%)	551 (6.8%)	45 (0.6%)	43 (0.5%)	7,082 (87.1%)	260 (3.2%)	24 (0.3%)	24 (0.3%)	49 (0.6%)	4 (0.0%)	8,129 (100.0%)
近畿	33 (0.3%)	52 (0.4%)	748 (6.1%)	42 (0.3%)	78 (0.6%)	287 (2.3%)	10,588 (85.9%)	202 (1.6%)	108 (0.9%)	184 (1.5%)	11 (0.1%)	12,333 (100.0%)
中国	5 (0.1%)	8 (0.2%)	171 (4.3%)	7 (0.2%)	6 (0.2%)	37 (0.9%)	181 (4.6%)	3,418 (86.2%)	49 (1.2%)	82 (2.1%)	1 (0.0%)	3,965 (100.0%)
四国	3 (0.1%)	4 (0.2%)	82 (4.2%)	2 (0.1%)	3 (0.1%)	16 (0.8%)	103 (5.3%)	62 (3.2%)	1,668 (85.1%)	17 (0.9%)	1 (0.0%)	1,961 (100.0%)
九州	11 (0.2%)	17 (0.2%)	310 (4.3%)	11 (0.1%)	9 (0.1%)	62 (0.9%)	181 (2.5%)	96 (1.3%)	23 (0.3%)	6,395 (89.7%)	17 (0.2%)	7,132 (100.0%)
沖縄	2 (0.3%)	2 (0.3%)	27 (4.3%)	1 (0.2%)	1 (0.1%)	4 (0.6%)	10 (1.6%)	2 (0.4%)	1 (0.2%)	21 (3.3%)	546 (88.6%)	617 (100.0%)

(注) 上段は発信通信回数、下段は発信通信比率。

図 携帯電話発：地域ブロック間トラフィック交流状況

(単位：百万回)

	北海道	東北	関東	信越	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州	沖縄	発信計
北海道	2,014 (93.5%)	16 (0.7%)	84 (3.9%)	3 (0.1%)	3 (0.1%)	9 (0.4%)	13 (0.6%)	3 (0.1%)	4 (0.2%)	4 (0.2%)	1 (0.0%)	2,154 (100.0%)
東北	15 (0.5%)	2,999 (91.5%)	202 (6.2%)	13 (0.4%)	6 (0.2%)	14 (0.4%)	16 (0.5%)	4 (0.1%)	5 (0.2%)	5 (0.2%)	0 (0.0%)	3,279 (100.0%)
関東	64 (0.3%)	170 (0.9%)	18,799 (94.6%)	109 (0.5%)	34 (0.2%)	236 (1.2%)	225 (1.1%)	60 (0.3%)	31 (0.2%)	120 (0.6%)	18 (0.1%)	19,867 (100.0%)
信越	3 (0.2%)	14 (0.8%)	145 (8.7%)	1,441 (86.6%)	9 (0.6%)	26 (1.6%)	16 (1.0%)	3 (0.2%)	1 (0.1%)	4 (0.3%)	1 (0.0%)	1,663 (100.0%)
北陸	2 (0.2%)	6 (0.4%)	48 (3.7%)	9 (0.7%)	1,125 (88.1%)	37 (2.9%)	39 (3.0%)	4 (0.3%)	3 (0.3%)	3 (0.3%)	1 (0.0%)	1,276 (100.0%)
東海	10 (0.1%)	16 (0.2%)	293 (4.0%)	26 (0.4%)	25 (0.4%)	6,109 (91.6%)	126 (1.9%)	20 (0.3%)	20 (0.3%)	22 (0.3%)	5 (0.1%)	6,672 (100.0%)
近畿	13 (0.1%)	16 (0.2%)	290 (3.0%)	15 (0.2%)	32 (0.3%)	139 (1.4%)	9,011 (92.2%)	96 (1.0%)	69 (0.7%)	47 (0.5%)	7 (0.1%)	9,734 (100.0%)
中国	3 (0.1%)	7 (0.2%)	86 (2.7%)	3 (0.1%)	5 (0.2%)	29 (1.0%)	102 (3.2%)	2,885 (89.6%)	31 (1.0%)	67 (2.1%)	2 (0.1%)	3,217 (100.0%)
四国	2 (0.1%)	2 (0.1%)	42 (2.4%)	1 (0.1%)	2 (0.1%)	10 (0.6%)	55 (3.2%)	31 (1.8%)	1,554 (91.0%)	8 (0.5%)	1 (0.0%)	1,707 (100.0%)
九州	6 (0.1%)	7 (0.1%)	159 (2.7%)	4 (0.1%)	7 (0.1%)	30 (0.5%)	77 (1.3%)	64 (1.1%)	13 (0.2%)	5,503 (93.6%)	11 (0.2%)	5,881 (100.0%)
沖縄	1 (0.1%)	1 (0.1%)	22 (2.7%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	4 (0.5%)	8 (1.0%)	2 (0.2%)	7 (0.8%)	12 (1.4%)	746 (92.8%)	804 (100.0%)

(注) 上段は発信通信回数、下段は発信通信比率。

出典：総務省「トラフィックからみた我が国の通信利用状況（平成14年度）」

(5) 地域間トラヒック

全国主要地点間のトラヒックについても情報を集計した。地域間のトラヒックを計測するとしても、ルータで測る以上、トラヒックの始点・終点を特定しにくく、トラヒックの一部でしかない場合も多い。また、東京を経由してから戻ってくる折り返しのトラヒックもあり、集計された情報の解釈に困難な面はあるものの、報告されたデータのうち、東京 - 大阪間が上り（大阪→東京）下り（東京→大阪）とも約 70 % を占めている。

次に多いのは、大阪 - 福岡間であり、東北・北海道地区よりも西日本地域に人口 100 万人規模の都市が多いこと等を反映したものと考えられる。

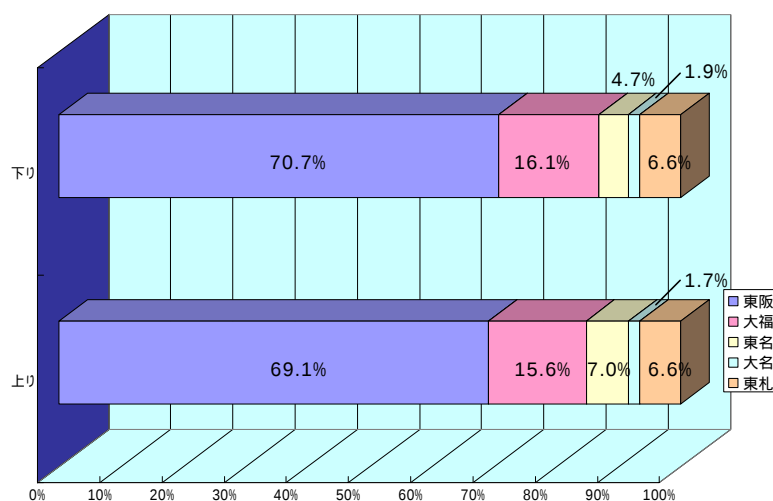


図 主要な地域間のトラヒックの割合
(回答事業者のみ集計)

(6) 今後の課題

今回の調査は、我が国インターネットのバックボーンにおけるトラヒックを調査した初めての試みであり、主要各 I S P 間のトラヒック交換について、I X におけるパブリック・ピアリング、プライベート・ピアリング及びトランジットに分けて回線容量等をアンケート調査したものである。

この結果、

I X におけるパブリック・ピアリング、プライベート・ピアリング、トランジットについては、それぞれ同程度の回線容量が用意されていること、

主要 I S P 間のトラヒック交換には、プライベート・ピアリングが多用されていること、

トラヒック交換は東京に集中していること、

地域間トラヒックについても東京 - 大阪間が 7 割を占めていること、

等が明らかになった。

今後、我が国のインターネットの在り方を考える上では、国内全体でどの程度のトラヒックがどのように発生しているのかを把握すべきであるとの意見もある。

他方、トラヒック情報は、各 I S P の経営情報に属するものであり、情報の開示を求めることが困難であることに加え、実際のトラヒックは、各 I S P のネットワーク形態に依存しており、集計するトラヒック情報の様式を統一することにも難しい面がある。

このため、各 I S P からのトラヒック情報を積み上げる方法ではなく、これまでに得られた情報と公開情報やサンプル調査を基に統計的な手法を駆使して、一定の仮定を置いてトラヒックの総量とパターンを推計するという方法を開発すべきであると考えられる。

また、トラヒック情報は定期的に集計し、分析してこそ意義をもつものであり、どのような情報をどこまでなら出せるかという点について、I S P 間で意思疎通を図ることが望ましい。

しかしながら、開示してよい情報と社外秘とすべき情報の区別については、各 I S P の経営に関わる事項であり、I S P 相互間のトラヒック情報の交換には熟考が必要であろうし、その実施に当たっては、各 I S P の経営者層のリーダーシップに基づく I S P 間のコンセンサスが必要である。

特に各 I S P がトラヒック情報の開示に踏み出しにくい初動期において、今回のトラヒックの現状調査のように、産官学で協力して個別のトラヒック情報の秘匿性を維持しつつ、各社のトラヒック情報を合計する形でインターネット全体としてのトラヒック情報を把握することは、重要な施策の1つであると考えられる。

4．国際的なトラヒック交換の変化

国内のトラヒック交換から国際的なトラヒック交換に目を転じると、1994年から95年の時点では国内2割、国際8割であり、トラヒックの大半はF T P (File Transfer Protocol) 等であったものが、1999年から2000年の時点では国内6割、国際4割と逆転し、トラヒックの8割をW e b が占めるようになり、2003年から04年の現時点では国内7割、国際3割であり、P 2 P (Peer to Peer) 型ファイル転送のトラヒックが急増しているといったように、トラヒック構造の変化を把握することが必要との指摘も出されている。

なお、国際的なトラヒック交換の中では、アジア、特に韓国や中国とのトラヒック交換が増加しており、その背景として、韓国のブロードバンドの高い普及率と同国のゲームサイトとのトラヒックの増勢傾向、経済好況の続く中国で事業展開を図る法人利用者の急増等が指摘されている。

第4章 バックボーンにおける トラヒックの将来予想

1. トラヒックの将来予想の有意性

将来的なトラヒック増加に対応し得るバックボーンの在り方について検討する際には、トラヒックや、インターネットの利用方法ごとのトラヒック・パターンについて予想することが有効と考えられるが、これについては、当研究会の下に設置された「次世代IP網WG」の構成員にアンケート調査を行ったところ、以下のとおり、意見が分かれた。

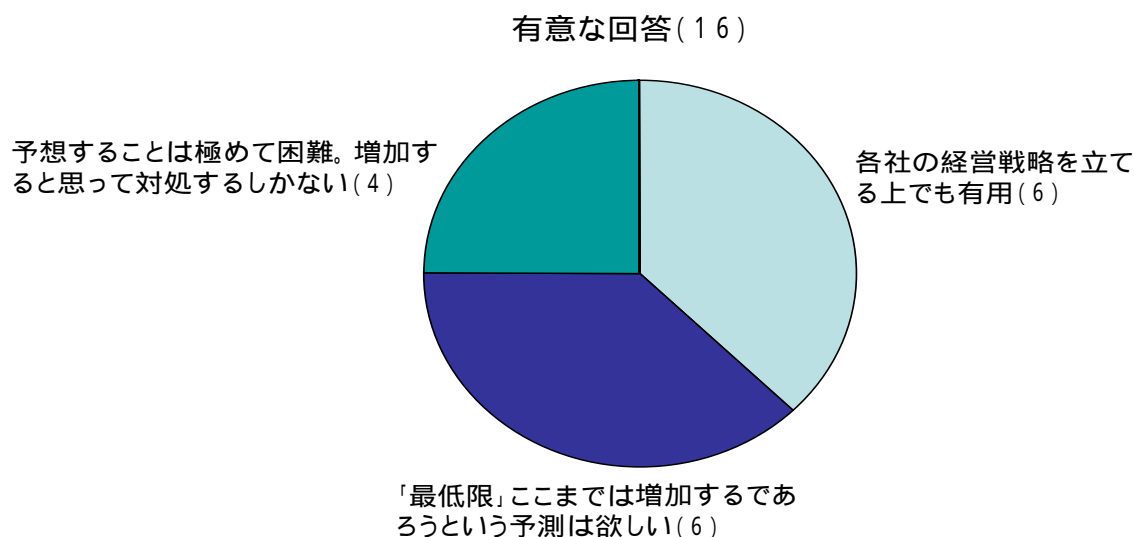
第1に、トラヒックやトラヒック・パターンは、利用者によるインターネットの使い方によって決まるものであり、利用者が今後どのようなインターネットの使い方をするかを、ISPが予想することなど到底できない、とする意見があった。

この意見は、トラヒックはむしろ予想を超えて増加するものであり、その時々で実用化されている技術を組み合わせ、それでも処理できない場合には、トラヒックを分散させ又は制御するしかない、とするものである。

第2に、過去のトラヒックの増勢傾向やDSL、ケーブルインターネット、FTTH等の利用人口の推移を踏まえ、将来的に、「最低限ここまではトラヒックは増加するであろう」という予想が欲しい、とする意見もあった。

第3に、現時点で想定される将来の主要なアプリケーションを勘案し、幾つかのシナリオのもとで、将来のトラヒックやトラヒック・パターンを検討しておくことは有用、とする意見もあった。

【トラヒックの将来予想についての意見】



2. 将来のトラヒック試算

当研究会では、以上のアンケート結果を受け、日本の3大IX（NSPIXP、JPIX、JPNAP）の公開情報である5分間平均トラフィックのピーク値を基に、次の前提のもとで、将来のトラヒック試算を試みた。

D S L 及び C A T V インターネットの利用者数については、合計値としてトラヒックを試算。

F T T H の利用者数については、D S L や C A T V インターネットの利用者数とは独立させて試算。

利用者 1 人当たりの通信容量については、C P U クロック^(注)を説明変数として使用。新聞等で 1 0 G (ギガヘルツ毎秒)、2 0 G の C P U クロックが公表されていることから、それらを参考に、トラヒックを試算。

(注) Central Processing Unit の略。パソコンにおいてあらゆる計算処理を行う部分。クロック周波数が C P U の処理速度を表し、この数値が大きいほど、パソコンの動作スピードは速い。

新しい利用方法が登場することは考慮しない。

ヒト対ヒトの通信のみならず、ヒト対モノ、モノ対モノの通信が普及することによる影響は考慮しない。

利用者数について、次の 2 つの想定を用意。

想定 1 D S L 及び C A T V インターネットの利用者数については、これまでの増加スピード(年間 5 0 0 万件増)が当面継続し、後に F T T H 利用者数の増加速度がこれらを上回ると想定。また、両者を合わせたブロードバンドの世帯普及を 3 , 8 0 0 万世帯で頭打ちと想定(2 0 1 0 年の総世帯数 4 9 1 4 万と推計)。

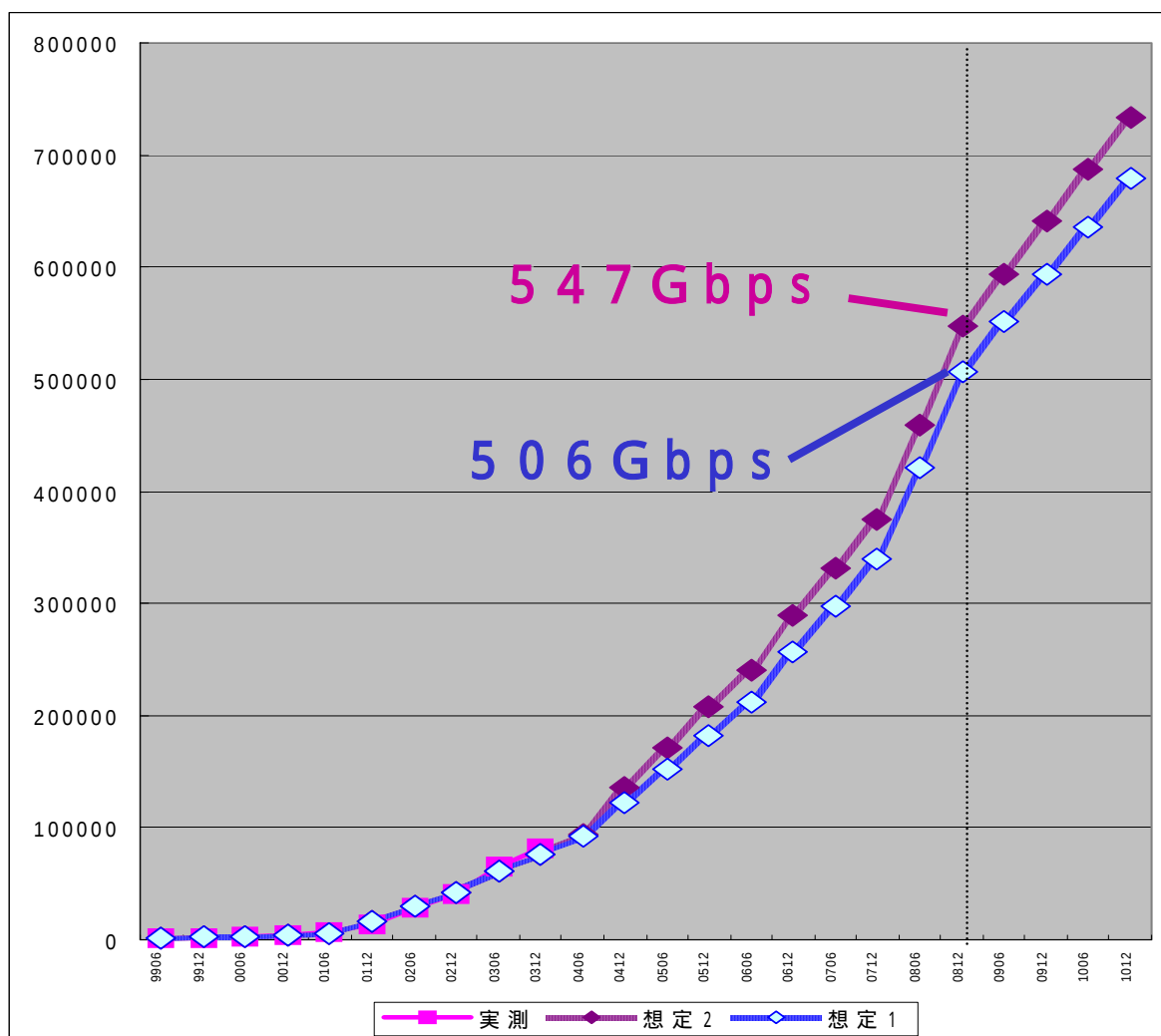
想定 2 e-Japan 評価専門調査会中間報告(2 0 0 4 年 3 月 3 0 日)に基づき、3 0 M (メガビット毎秒)以下(主として D S L 及び C A T V インターネット)の利用者が 4 0 0 0 万、3 0 M 超(主として F T T H)の利用者が 1 0 0 0 万と想定。

上記の前提及び想定の下で 3 大 I X におけるトラヒック合計を試算すると、想定 1 の下で 2 0 0 8 年末に 5 0 6 G (ギガビット毎秒)、想定 2 の下では 5 4 7 G となった。これまでの 3 大 I X におけるトラヒックは 9 0 G であるので、その 5 ~ 6 倍の水準ということになる

しかしながら、上記の試算値は、新しい利用方法が登場することを考慮していないことや、ヒト対モノ、モノ対モノの通信が普及することによる影響も考慮していないことから、これらのインパクト次第では、トラヒックはより一層増大するものと考えられるところであり、堅目の見積もりによる試算値と位置付けることが適当と考えられる。

また、第 3 章のトラヒックの現状調査にみたように、I X でのパブリック・ピアリングと同等又はそれ以上のトラヒック交換がプライベート・ピアリングやトランジットによって行われており、実際のトラヒック総量はより大きいものと捉える必要がある。

図 3 大IXにおけるトラフィック合計の推計結果



3．将来的なトラフィック増加への3つの対応策

2．において将来のトラフィック試算を行ったが、「トラフィ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、研究会構成員の意見に大きな差異はない。

次に問題となるのは、将来的なトラフィックの増加に対してどのように対応するか、という点である。

これについては、次の3つの対応策があると考えられる。

ネットワークを増強する

トラフィックを制御する

トラフィックを分散させる

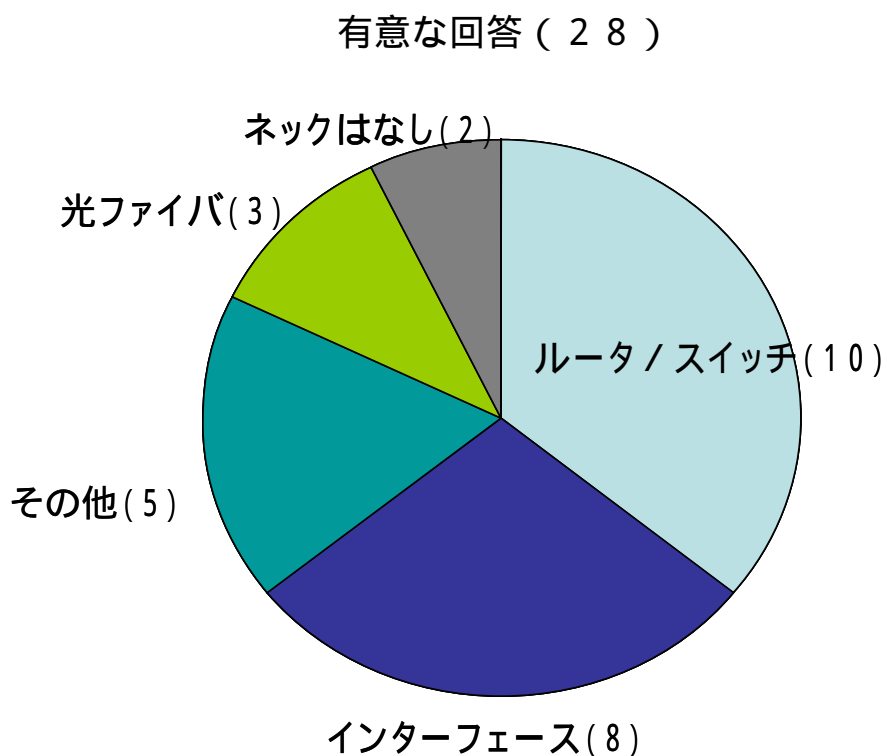
そこで、以下、 については第5章で、 については第6章で、 については第7章で、それぞれ検討を行うこととする。

第 5 章 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

1．バックボーンのネックになる部分

将来的なトラヒックの増加に対して、バックボーンのどの部分がネックになるのかについて、当研究会の下に設置された「次世代ＩＰ網WG」構成員の意見を聴取したところ、その結果は次のとおりである。

【将来的なトラヒック増に対してバックボーンのどの部分がネックになるか】



なお、「その他」の意見の中には、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である、設備投資資金をどうやって確保するかがネックである、等の意見があった。

そこで、バックボーンのうち交換機能を担う部分と伝送機能を担う部分とに分けて現状と今後の課題を検討してみたところ、以下のとおりである。

2．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）

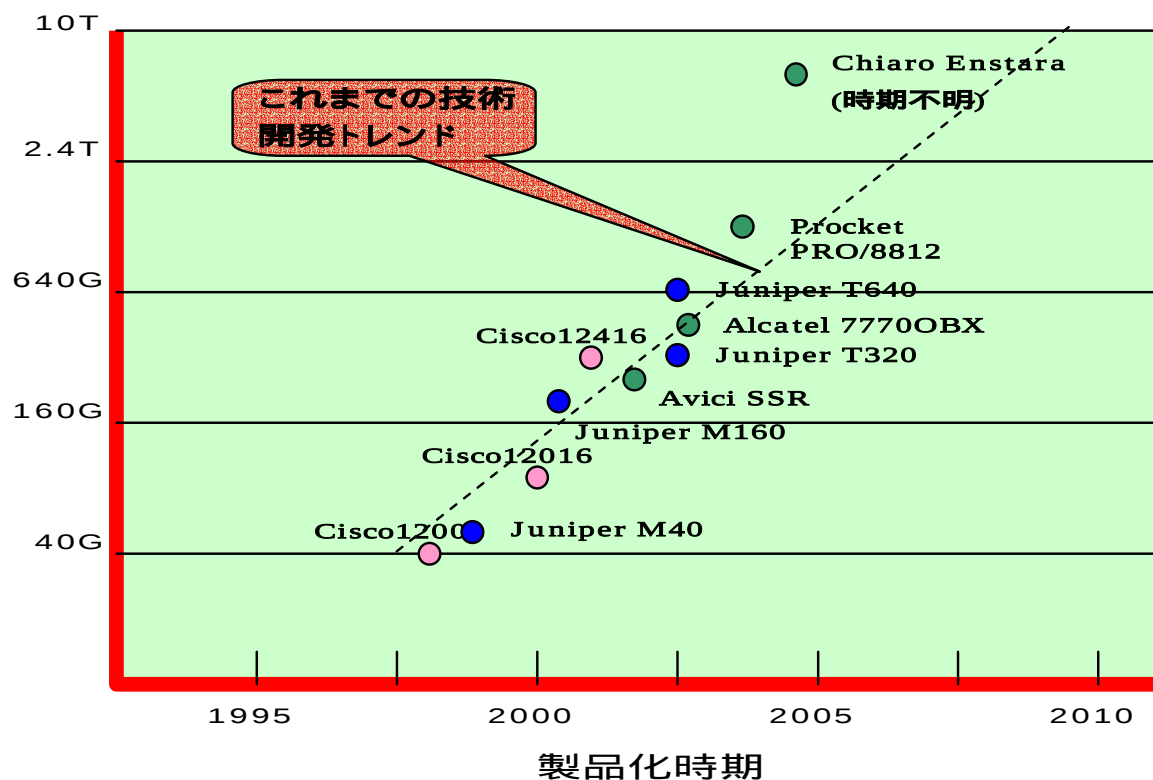
（１）技術開発の現状と課題

インターネットの交換機能を担うルータ、スイッチ、インターフェース等について、技術開発の現状と課題をまとめてみると、次のとおりである。

要素技術	現状	課題
ルーティング	現在のネットワーク規模でも、安定した対応はできていない。	○プロトコルのチューニングを含め、開発が必要。 ○ルーティング情報をリアルタイムでバックアップする技術も必要。
大容量スイッチ	電気スイッチ：1～2T 光スイッチ：～100T	光スイッチによるパケットスイッチングについては、技術が確立していない。
パケット処理	10G	10Gで高度な処理を行うネットワーク・プロセッサは製品化されていない。
インターフェース	～40G：開発済み 40G超：未開発	40G超のインターフェースの開発
(参考)伝送技術 波長分割多重 (WDM)	～2T：製品化済み 10T：実験レベルで開発済み	

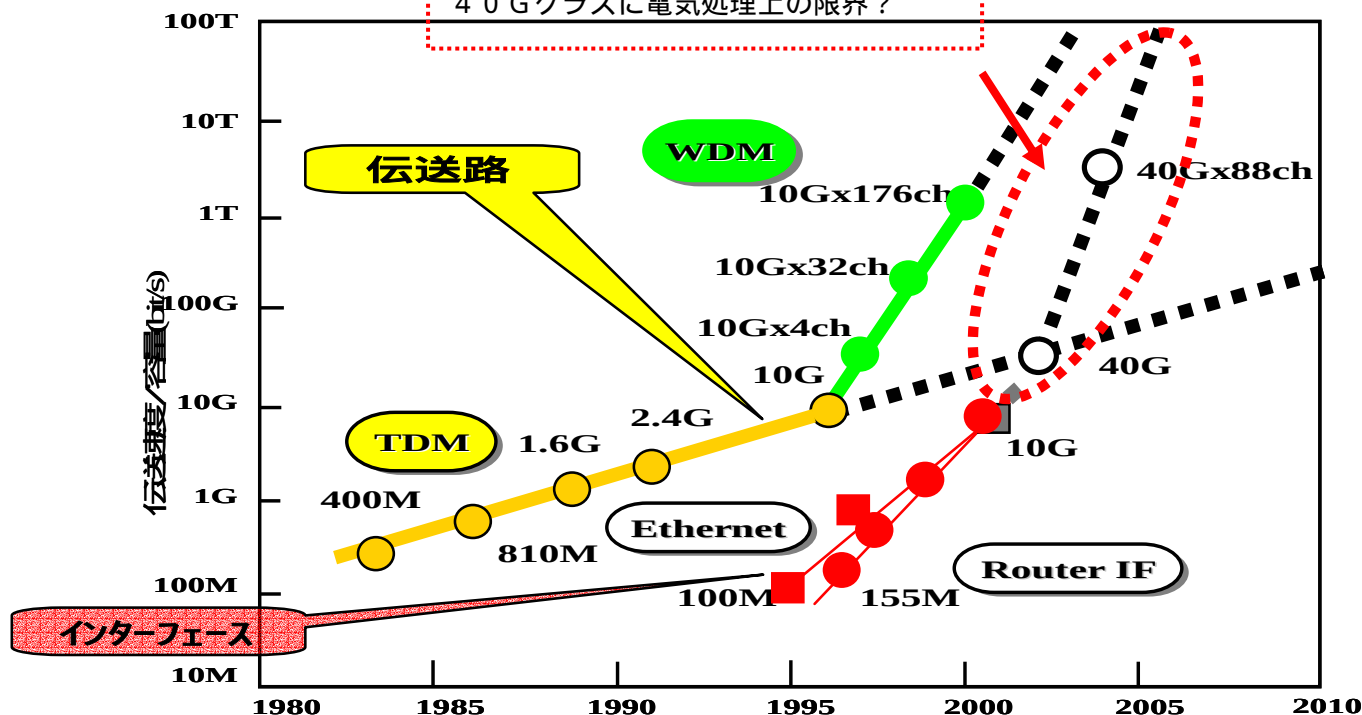
ルータ

容量(bps)



インターフェース / 伝送技術

40Gクラスに電気処理上の限界？



(2) 技術的なブレークスルーの必要性

以上のように、インターネットの交換機能を担うルータ、スイッチ、インターフェースの部分については、電気処理上の限界が見えてきているとの意見もあり、光技術との融合も含め、これまでの延長線上にとどまらない実用化及び商用化に向けた研究開発が必要である。なお、既に米国のいくつかの通信機器メーカーにおいては、製品化に向けた具体的な研究開発が推進されているところである。

(3) ルータ、スイッチ、インターフェースに関する開発要望

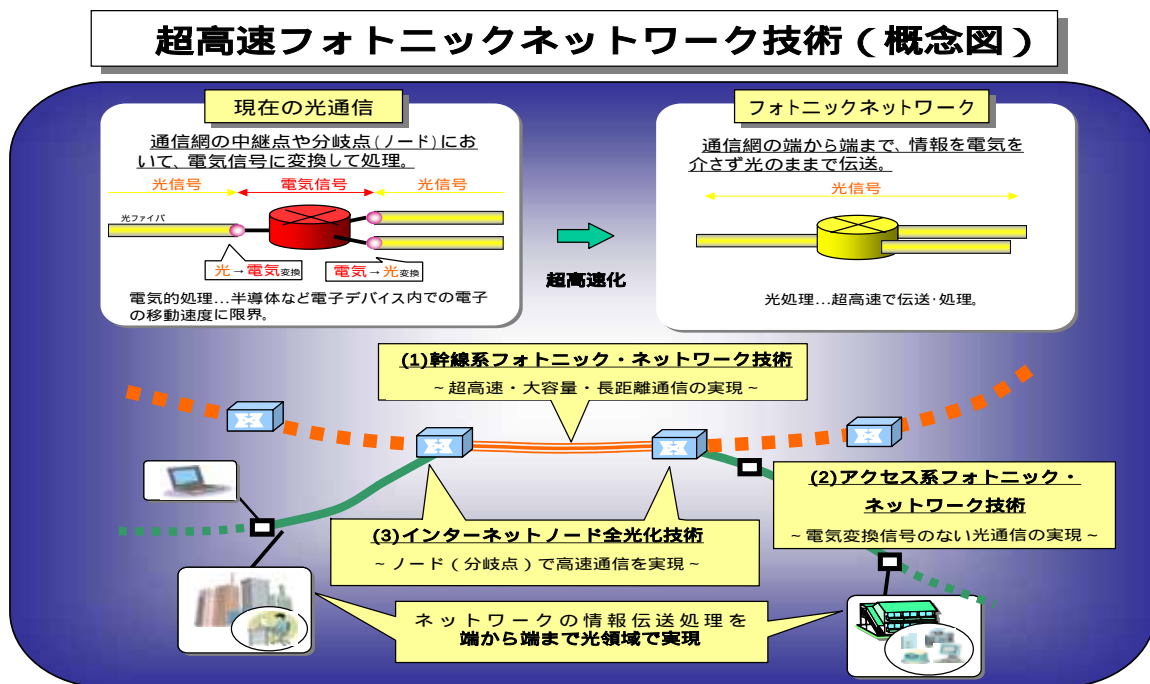
実際、当研究会において、ISPやIX事業者から、ルータ、スイッチ、インターフェースの開発・実用化に関し、次のような要望が寄せられた。

【ルータ、スイッチ、インターフェースに関する開発要望】

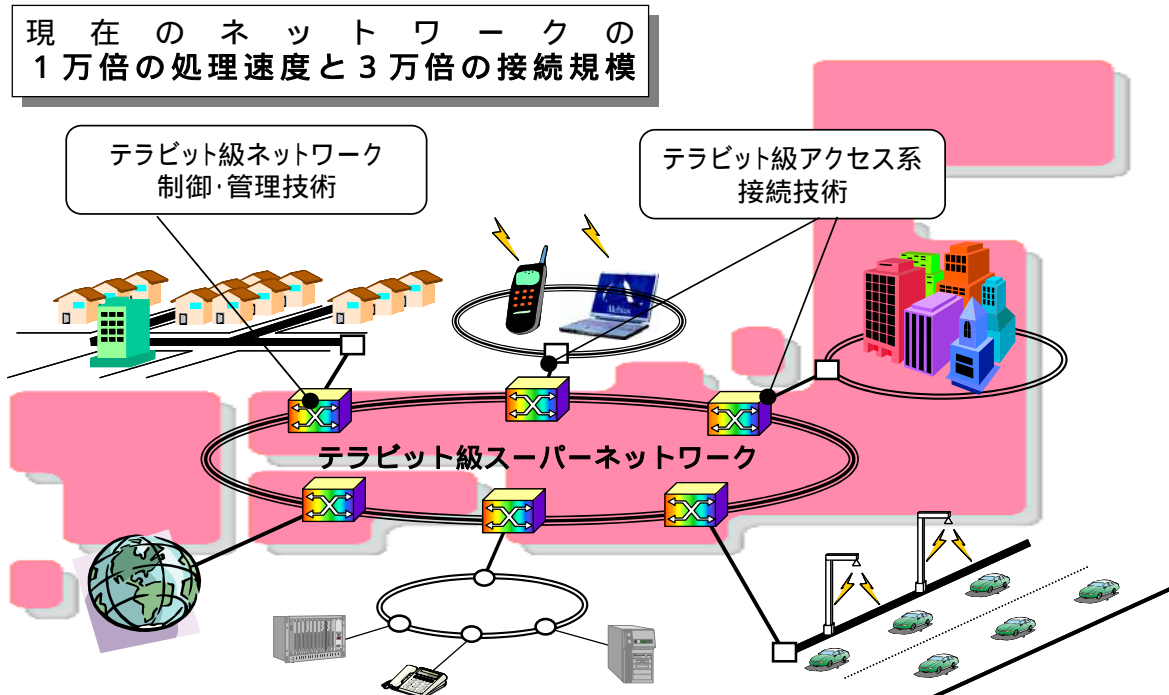
2006年 40G（ギガビット毎秒）のインターフェースを持つ装置の出荷
 2007年 40Gのインターフェースの実用化
 2008年 40Gルータの単価が2004年時点の10Gのものと同一の単価まで低下
 2010年 40Gルータの単価が2004年時点の1Gのものと同一の単価まで低下
 米国等の海外メーカの最高性能ルータやスイッチと同等もしくは同等以上の性能・機能を持つ機器を、国内メーカにおいても開発することで、選択肢の幅が広がることが望ましい。

(4) 政府による研究開発の総合的・計画的な取組

また、光ルータや光スイッチの研究開発については、総務省においても、2001年度より「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」を5ヶ年で、ネットワークの制御・管理技術等の開発については、2002年度より「テラビット級スーパーネットワークの開発」を4ヶ年で推進しており、今後とも、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活動にも反映させていくことが必要と考えられる。



テラビット級スーパーネットワークの開発（全体図）



また、(3) に掲げた開発要望に応えられるよう、 1 0 0 T (テラビット毎秒) 程度の情報の伝送を実現するスイッチ技術、 1 0 G (ギガビット毎秒) を超えるインターフェース実現のための超高速パケット処理技術、 高速大容量の情報の伝送を低消費電力で実現する技術等についても、研究開発を推進していくことが必要と考えられる。

(5) I S P 等の対処

しかし、こうした基礎的な研究開発には、多額の費用と長い期間を要するもの、また事実である。

このため、I S P や I X 事業者にとっては、研究開発を待ってはられないのが実状であり、トラヒックの増加に対して、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対応しているが、設置台数と処理能力は単純な倍数関係ではなく、台数を 2 倍にして処理能力は 1 . 5 倍程度、台数を 4 倍にして処理能力は 2 倍程度にすぎない。

また、デバイス数の増加により通信機器からの発熱が増大しており、発熱は機器の動作に悪影響を与えるため、空調を 2 4 時間稼働させることが不可欠となっていることから、スペース当たりが必要となる電力消費量が増え、I S P や I X 事業者にとって大きな負担となっているとの指摘がある。

(6) 通信機器メーカ側の考え方

他方、開発を担当する通信機器メーカ側には、我が国の現在のインターネットのように、トラヒックを東京一極に集中させる極端なスター型のネットワーク形態のもとでは、極めて高性能なルータやスイッチを開発したとしても、一次 I S P や主要な I X 事業者の中核機器として販売できるにすぎず、基礎研究レベルからの開発費をごく少数のルータの販売収入で賄うことは困難であるとの意見がある。

(7) ネットワーク形態の検討

このため、各 I S P 側においても、極端なスター型のネットワーク形態を採用することはできず、高性能なルータを「ある程度」分散配置してメッシュ型のネットワーク形態を採用し、トラヒックを分散させることが求められる。

この点については、第 7 章で取り上げることとする。

3 . 伝送機能を担う部分

(1) 中継系光ファイバの投資規模と利用状況

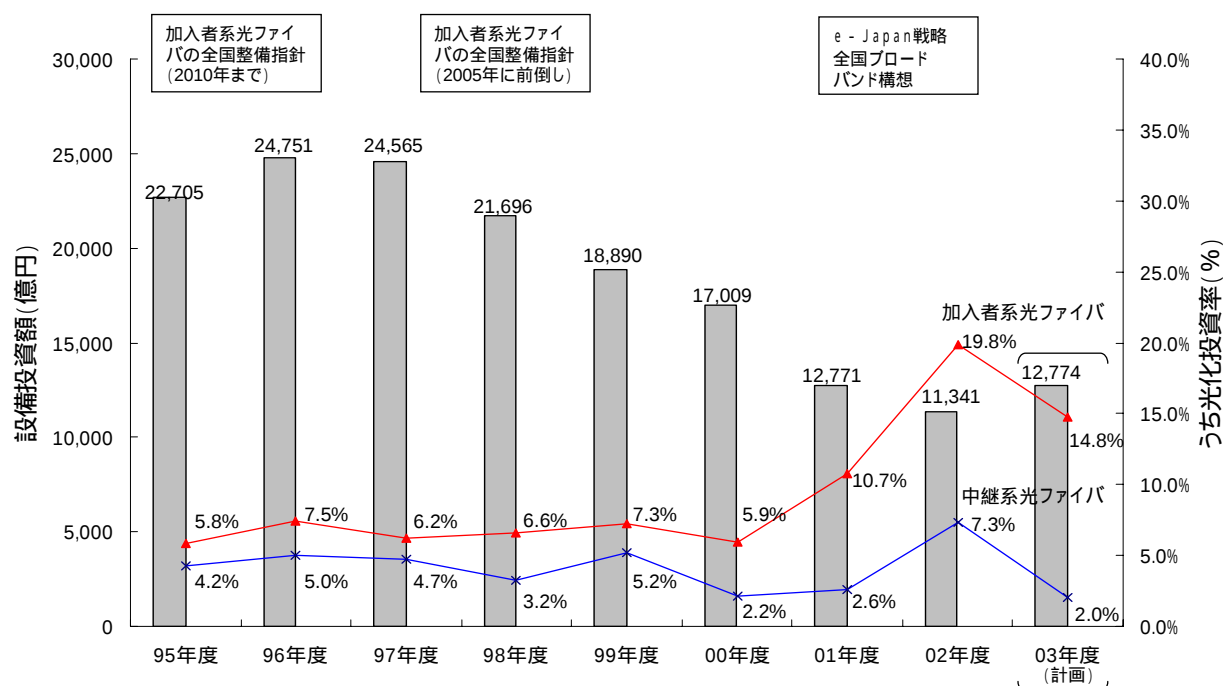
(図 1) は、設備投資の総額並びに加入者系光ファイバ及び中継系光ファイバへの投資率を示したものであり、これを見ると次の 3 点がうかがわれる。

設備投資の総額は1996年度の24,751億円をピークに減少傾向が続いていること。

中継系光ファイバよりも加入者系光ファイバへの投資率が高いこと。

設備投資の総額に占める中継系光ファイバへの投資率は数%であり、しかも逡減傾向にあること。

(図1)電気通信事業者の設備投資の推移



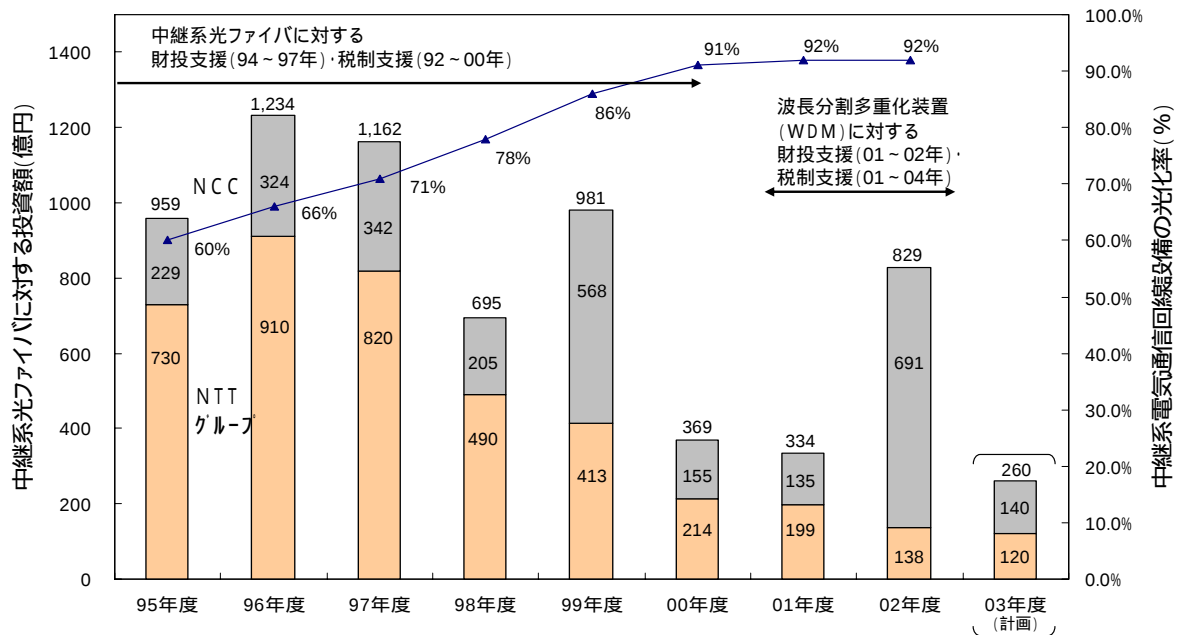
- (注) 1. 電気通信事業者へのアンケート調査による。衛星系事業者、移動系事業者及びCATVを兼営する電気通信事業者を除く。
 2. 光化投資率は、光ファイバ及び管路に対する投資額の全設備投資額に占める割合。
 3. 中継系光ファイバとは、加入者系配線(集線点から加入者宅内の光端末回線終端装置までの配線)及び加入者系幹線(加入者配線に分岐する集線点から加入者収容局内の端末系光端末装置までの間の端末系幹線路)を除く中継系伝送路のうち、光ファイバで敷設されているものをいう。

(図2)は、「中継系光ファイバに対する投資額」及び「中継系電気通信回線設備の光化率」を示しているものであり、これを見ると次の2点がうかがわれる。

中継系光ファイバに対する投資額も、1996年度の1,234億円をピークに、総じて減少していること。

これは、中継系電気通信回線設備の光化率が2000年度には90%を超え、回線設備に関する光化投資が一巡したことによるものであると考えられること。

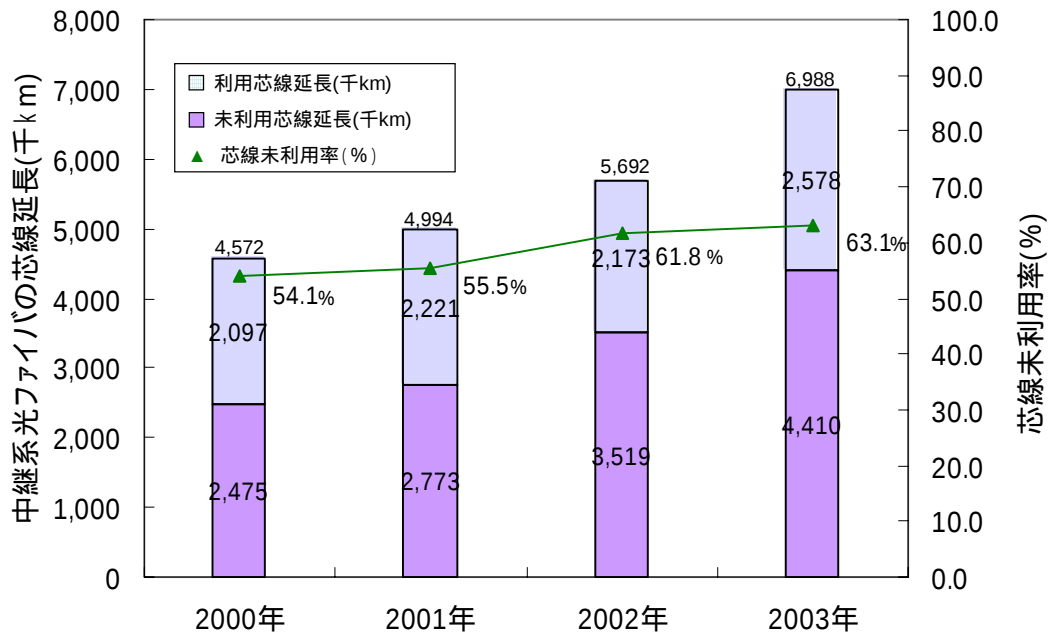
(図2) 中継系光ファイバに対する投資規模の推移



- (注) 1. 電気通信事業者へのアンケート調査による。衛星系事業者、移動系事業者及びCATVを兼営する電気通信事業者を除く。
 2. 光化投資率は、光ファイバ及び管路に対する投資額の全設備投資額に占める割合。
 3. 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。

(図3) は、中継系光ファイバの「芯線延長」及び「芯線の未利用率」について、2000年度以降の推移を示したものであり、これを見ると「芯線の未利用率」が54% ~ 63%で推移していることがわかる。

(図3) 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20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22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23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。

このように「芯線の未利用率」が6割前後で推移していることは、商用ネットワークの運用上、中継系光ファイバに関する需給逼迫感をもたらさないという観点からは、

健全なことと考えられる。

また、1990年代半ば以降、波長分割多重（WDM）技術が開発・実用化され、光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、中継系光ファイバの需給を逼迫させないことに寄与しているものと考えられる。

（２）ＩＳＰやＩＸ事業者の懸念

しかし、それにもかかわらず、特に、電気通信回線設備を自ら設置している電気通信事業者（以下「通信キャリア」という。）から中継系光ファイバを借りて事業を運営しているＩＳＰや、ＩＸ事業者の中には、次のような懸念が存在することも、また事実である。

（ア）マクロでは余裕があるにしても、東名阪などトラヒックが集中する肝心なところは足りなくなるのではないか。

（イ）光はエネルギーなので、出力を上げるとファイバに負担がかかることなど多重化には様々な制約がある。10Gの光ファイバを多重化するにしても、現在商用化されているものは160波までであり、せいぜいT（テラビット毎秒）クラスの伝送しか実現できないことから、いずれ限界を迎えるのではないか。光ファイバ1芯あたりの伝送容量を上げるには、現在使われていない波長を使う、波長多重の高密度化を図る、という方法が考えられるが、これらを実現するためには基礎研究が必要であり、将来のトラヒック増加を睨んで今から取り組んでおく必要があるのではないか。

（３）上記懸念に対する考え方

こうした懸念については、次のように考えることができる。

（ア）まず、主要通信キャリア^{（注）}が東名阪で確保している電気通信回線設備の容量並びに自己設置している光ファイバの芯線数及び未利用率を調査してみると次のとおりであり、全国主要地点間のうち最もトラヒックの多い東京－大阪間において、光ファイバの未利用率は74％となっている。

主要通信キャリア^{（注）}の東名阪の電気通信回線設備・自己設置光ファイバ

2003年 12月末	回線容量	自己設置光ファイバ	
	（音声＋データ＋専用）	芯線数	未利用率
合計値	1.7T(テラビット毎秒)	798芯	74％

（注）NTTコミュニケーションズ、ケイ・オプティコム、ケーブル・アンド・ワイヤレスIDC、KDDI、日本テレコム、パワードコムの6社。

このように、トラヒックが集中するような特定区間であれば、通常は、トラヒックの増大に応じて、中継系光ファイバに対する投資が行われるものと期待されるところである。

更に、既設の光ファイバを波長分割多重（WDM）技術で増幅させることにより、トラヒックの増大に対応することも考えられる。

ただし、新規に中継系光ファイバを設置しなければならない場合には、区間にもよるが、既設の局舎のない地域に光ファイバを設置するときには、工事計画協議から工事完了に至るまでに約2年、場合によっては3年以上を要することもあるので、中継系光ファイバを設置する通信キャリアにおいては、将来的なトラヒック増を見越して投資することが求められる。

新規設置を判断する際の基準は、各通信キャリアによって様々であるが、これまでの経験則に基づき、特定の区間で実際に発生したトラヒックが当該区間に設置されている電気通信回線設備の最大容量の5割に達する等一定の割合を占めるようになれば新設のための手続を開始する、という対応をとっている通信キャリアが多いようである。

しかしながら、今後は、ブロードバンド化の一層の進展やITの高度利活用により、予想を超えてトラヒックが急増する事態も想定され得るところである。

このため、各通信キャリアにおいては、これまでの経験則のみにとらわれずに電気通信市場の動向を十分に見極め、中継系光ファイバへの投資が後手に回らないように留意することが求められる。

他方で、我が国は、米国におけるITバブル崩壊の歴史にも学ばなければならない。

米国のITバブル崩壊は2000年3月に始まり、インターネット関連の株価指数は2002年11月までに93%下落したが、その要因の1つに1997年以来のバックボーンへの過大な設備投資の反動があったと指摘されている。

その投資ブームの1つの契機となったのが、自社のバックボーンにおけるトラヒックが「100日で倍増」したというUUNetの幹部による1997年の発言であり、この説は、米国商務省「新生デジタル・エコノミー98」という報告書にも引用された。

商務省の報告書にも取り上げられたことが投資ブームに与えた影響は定かではないが、投資リスクを負うのは、あくまで通信キャリアであって政府ではない。

本研究会によるトラヒックの将来予想も、一定のシナリオのもとでの数値であり、各通信キャリアにおいては、あくまで1つの参考値として利用することが適当と考えられる。

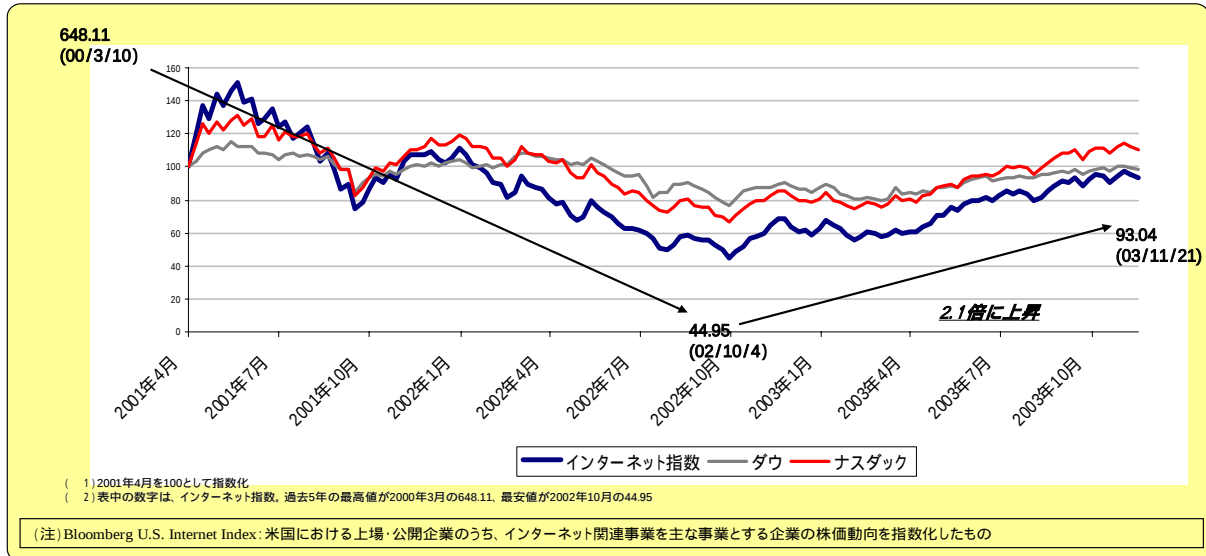
今後求められるのは、むしろ、トラヒックの増加を実感しているISPやIX事業者から、通信キャリアに対して、中継系光ファイバの将来需要をきちんと伝えることである。

また、中継系光ファイバを設置しているのは通信キャリアだけではなく、地方公共団体や電気事業者、鉄道事業者、国等も存在しているが、これらの主体の光ファイバを利用するに当たっては、接続可能な地点が少ない、利用希望区間から先の光ファイバを用意することが困難な場合がある等、利用に当たっての利便性に改善の余地を残していると考えられることから、これらの主体とISPとの間で、中継系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に値すると考えられる。

更に、光ファイバの設置場所となる電柱・管路等の設備の使用については、電柱・管路等を保有する公益事業者（電気通信事業者、電気事業者、鉄道事業者等）と電柱・管路等を使用したい電気通信事業者とが遵守すべき標準的な取扱方法が「公益事業者の電柱・管路等使用に関するガイドライン」（平成13年4月総務省策定、平成16年4月改定）として取りまとめられており、このガイドラインの運用の徹底等を通じて、光ファイバの設置を更に円滑化していくことが求められると考えられる。

米国IT不況(2000～2002年)

インターネット関連の株価指数は、2000年3月をピークに2002年10月までに93%下落



米国IT不況の要因

- 通信事業者のリストラ・倒産、収益悪化

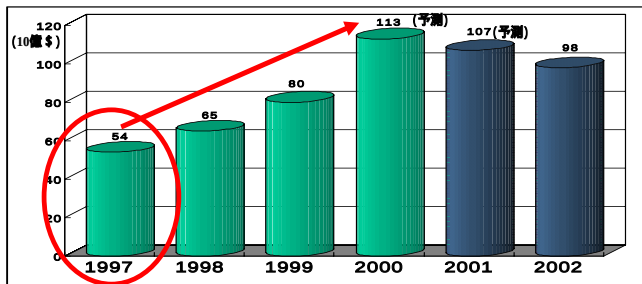
要因 → 競争の激化による通信料金の低廉化(注)、長距離通信需要の低迷等

(注) 新興通信事業者淘汰後、既存地域通信事業者はDSL等の通信料金を値上げ(例 ヘライゾン DSL料金を\$39.95→\$49.95(2001.3))

- 長距離通信事業者の設備投資減

要因 → 97年以来のバックボーンへの過大な設備投資の反動等

【米国通信事業者の設備投資の動向】



【ビジネスモデルの機能不全】

- 広告収入依存型ビジネスモデルが中心
- 巨額の先行投資を行い、ブランド力の確立を期待
- 商品の保管・配送等におけるノウハウの欠如

巨額の先行投資により市場シェアを奪うというビジネスモデルはトップ・グループを除くと明らかに「間違い」。
ブランドネームは金で買えない。

(Thomas Eisenman教授(Harvard Business School))

米国商務省"THE EMERGING DIGITAL ECONOMY" (April 15, 1998)より抜粋

INTRODUCTION

Examples showing the growth of the Internet and electronic commerce this past year are numerous:

- Traffic on the Internet has been doubling every 100 days.

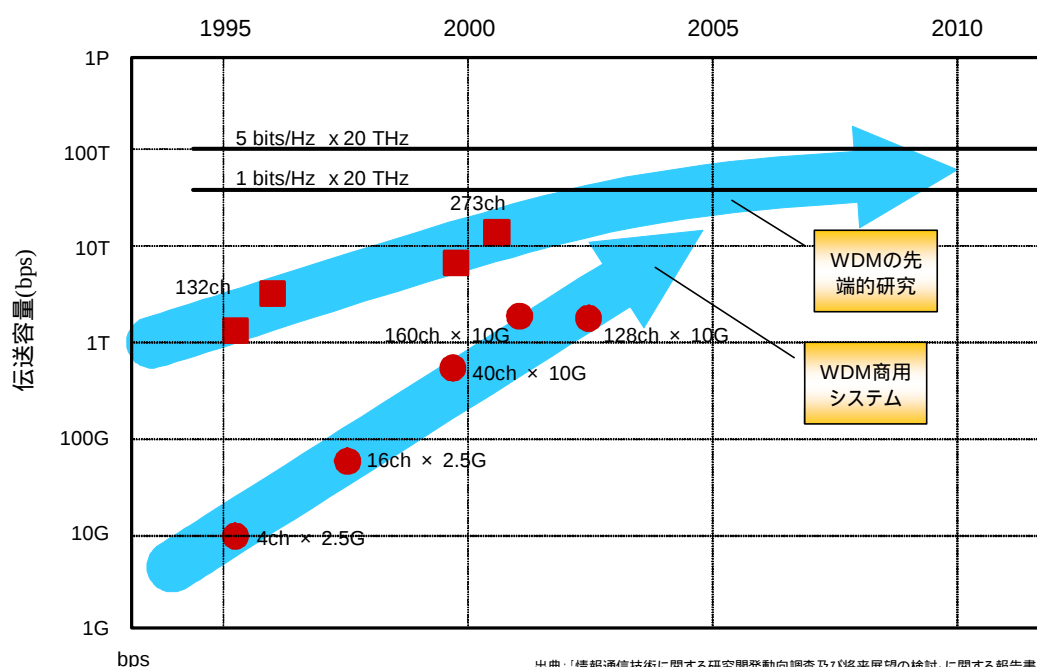
CHAPTER TWO : BUILDING OUT THE INTERNET

UUNET, one of the largest Internet backbone providers, estimates that Internet traffic doubles every 100 days.

(イ) 次に、光ファイバネットワーク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という懸念については、2. で述べた「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」(2001年度～2005年度)の中で既に取り組まれているところであり、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活動にも反映させていくことが必要と考えられる。

また、研究開発の目標も時間軸とともに示されているところであり、今後とも、ベンチャー企業における動向も含めた研究開発の進捗状況や電気通信市場におけるニーズを踏まえて、こうした目標を適時に更新していくことが必要であると考えられる。

光ネットワークの高度化ロードマップ



特に、ISPの中には、ブロードバンドが普及する以前から整備されてきた10G(ギガビット毎秒)クラスまでの光ファイバによってバックボーンを構築するのではなく、今後一層普及するブロードバンド・サービスを展望して、40G超の光ファイバでバックボーンを構築することが必要であるとの意見がある。

こうしたニーズを踏まえて研究開発を推進していくとともに、商用ネットワークだけでなく、研究開発ネットワークや地方公共団体のネットワークを含めて、総合的な視点に立った通信インフラの設計及び運用の協調についても検討を行う必要がある。

第 6 章 トラヒック制御と品質保証

1. トラヒックに関する考え方

第5章では、「将来的な」トラヒックの増加に対してバックボーンのどの部分がネックになるのかという点について検討したが、各ISPは、「将来的な」問題としてではなく、まさに「足許の」問題として、トラヒック増加にどのように対処すべきかについてジレンマを抱えている。

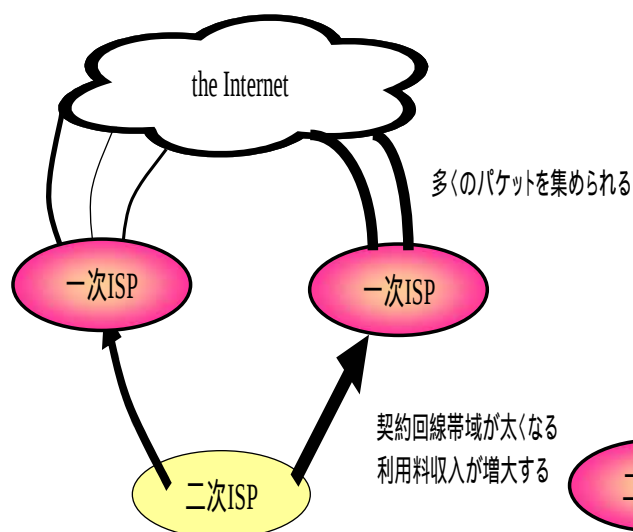
そこで、当研究会では、インターネットの利用方法に応じたトラヒック制御と品質保証に関してどのように考えるべきかについても検討を加えた。

その内容は、以下のとおりである。

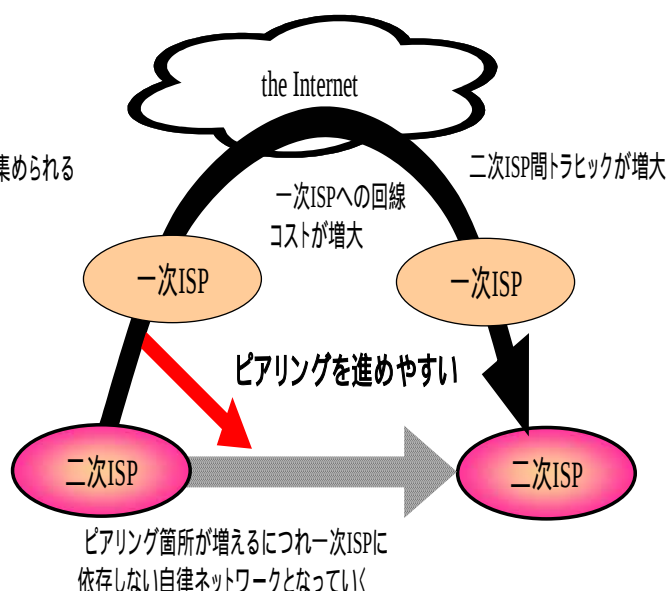
まず、一般論として、電気通信事業者が多くの顧客と多くのトラヒックを獲得することにより、ネットワークの規模を大きくし、スケール・メリットを活かして低廉なサービスを提供することは、電気通信の健全な発達及び国民の利便の確保の観点から望ましいことと考えられる。

特に、より多くのトラヒックを取り扱うことは、一次ISPにとっては下位ISPからのトランジット料金収入の増大が見込めることとなり、また、二次ISP等にとっても、トランジットからプライベート・ピアリングへの移行を進め、一次ISPに依存しないネットワーク形態の構築が可能となる点で、事業運営上のメリットがあるものである。

(一次ISPの場合)



(二次ISPの場合)



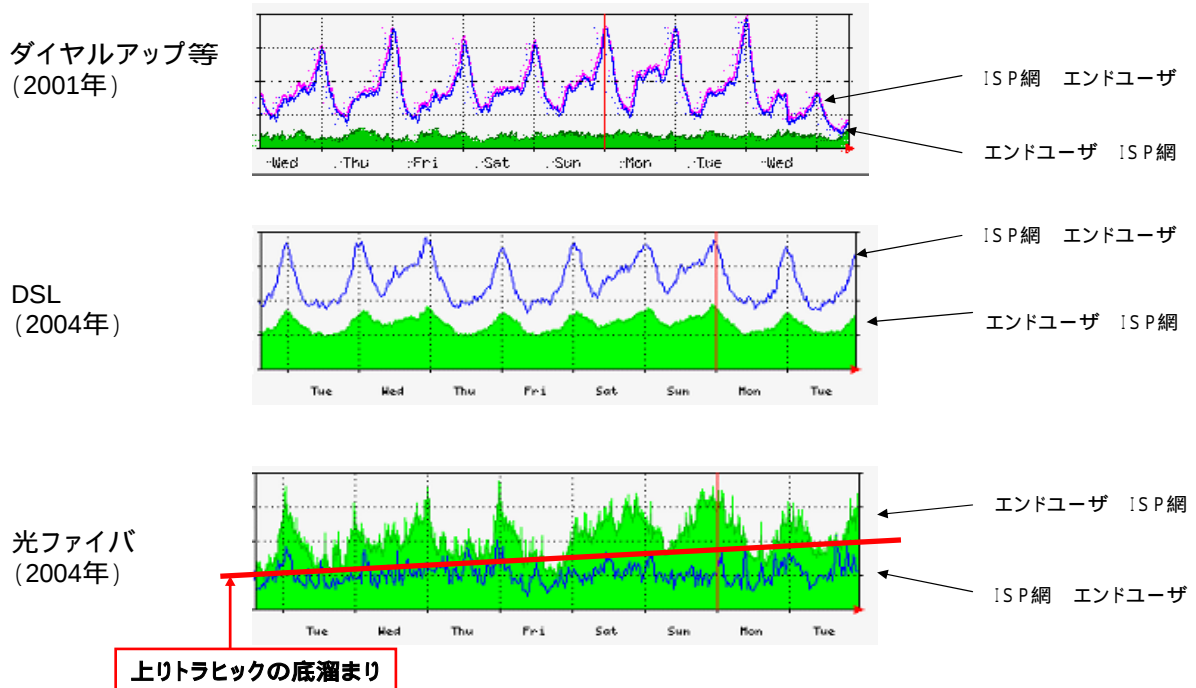
2. 加入者系光ファイバ(FTH)サービスにおけるトラヒックの特徴

しかし、光ファイバサービスを開始しているISPの中には、ダイヤルアップやDSLとは異なる次の特徴を持つ利用者・利用形態が出てきているところである。

ISPから利用者への「下り」のトラフィックよりも、利用者からISPへの「上り」のトラフィックの方が上回る利用者が出てきていること。

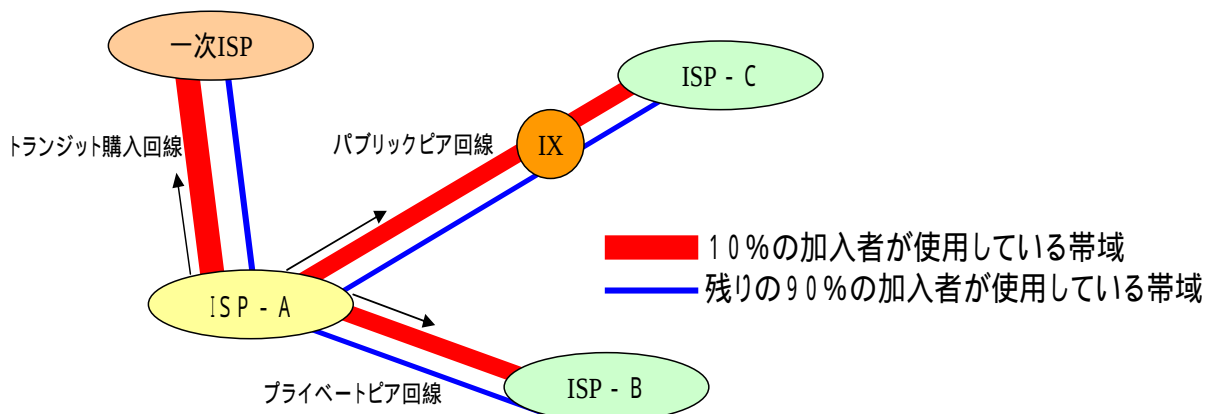
時間軸を通してみても、「上り」のトラフィックが一定水準以下には落ち込まず、トラフィックの大きな「底溜まり」ができていること。

あるISPにおけるトラフィック・パターンの変化



3. 一部の利用者による回線容量の占有

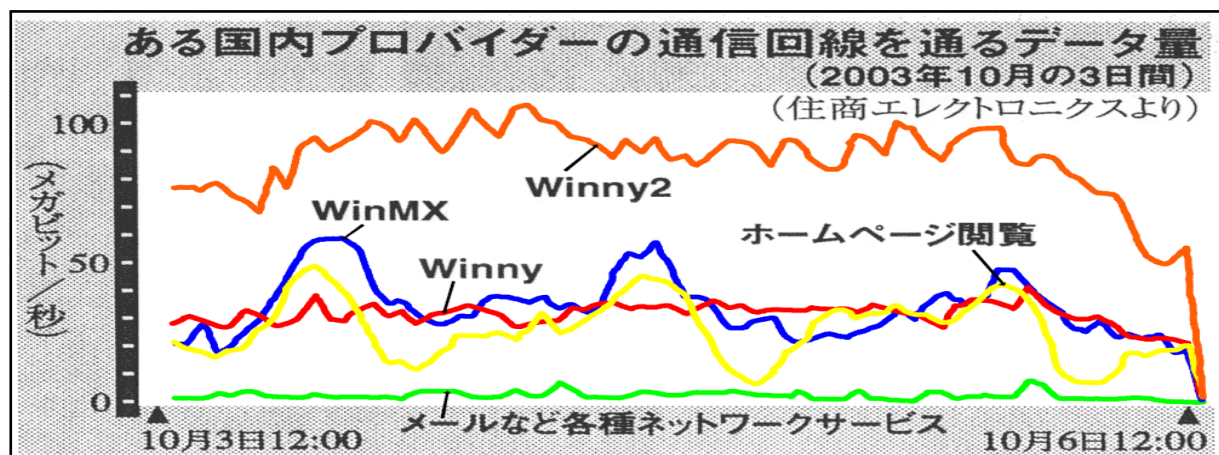
光ファイバサービスの提供によるトラフィック・パターンの変化は、上記にとどまらない。「上り」が「下り」のトラフィックよりも多い利用者は、光ファイバの全利用者の約1割しか占めないにもかかわらず、この約1割の利用者がバックボーンへの全転送量の8割以上を占め、利用者によっては1月当たり7T（テラビット）を超えるトラフィックを発生させているという指摘が、一部のISPからなされている。



4. 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、利用者間でコンテンツ等やりとりするP2P (Peer to Peer) 型のファイル転送を行っている利用者であると指摘されている。

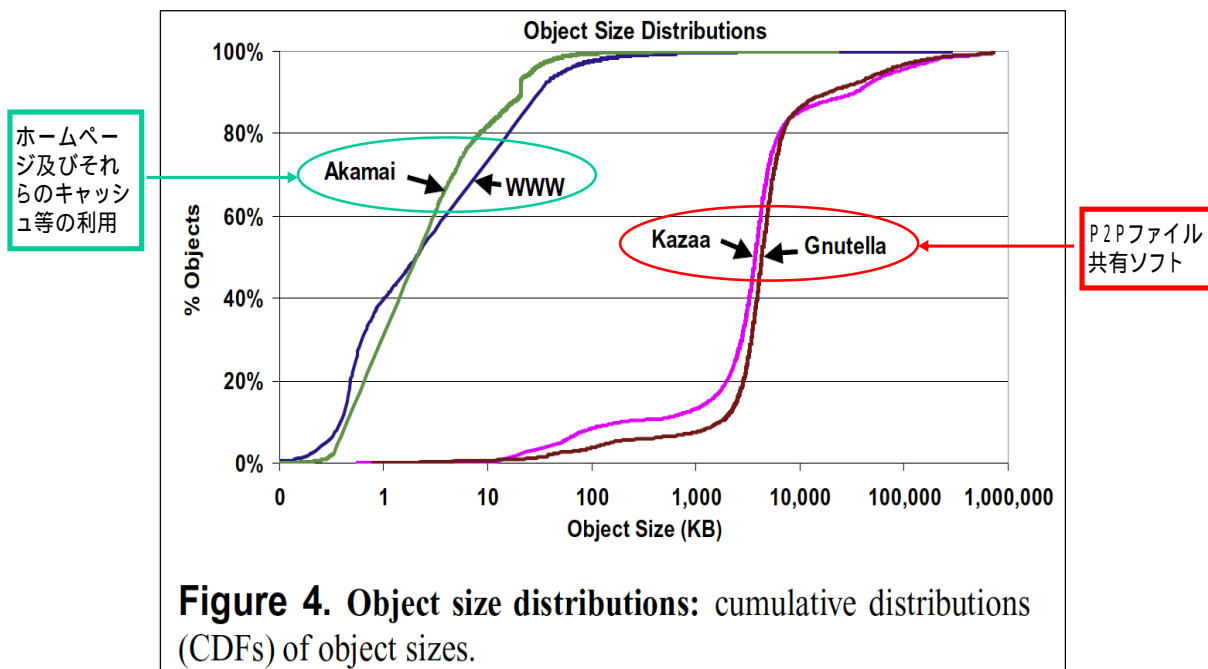
P2P型のファイル転送は、あるコンテンツの配信を既に受けているコンピュータから他の利用者のコンピュータに直接配信するもので、ISPが明示的に介在しない形で行われる場合もある。



(2004年1月27日読売新聞夕刊8面より抜粋・加工)

P2Pファイル共有ソフトの扱うデータサイズ(米国調査)

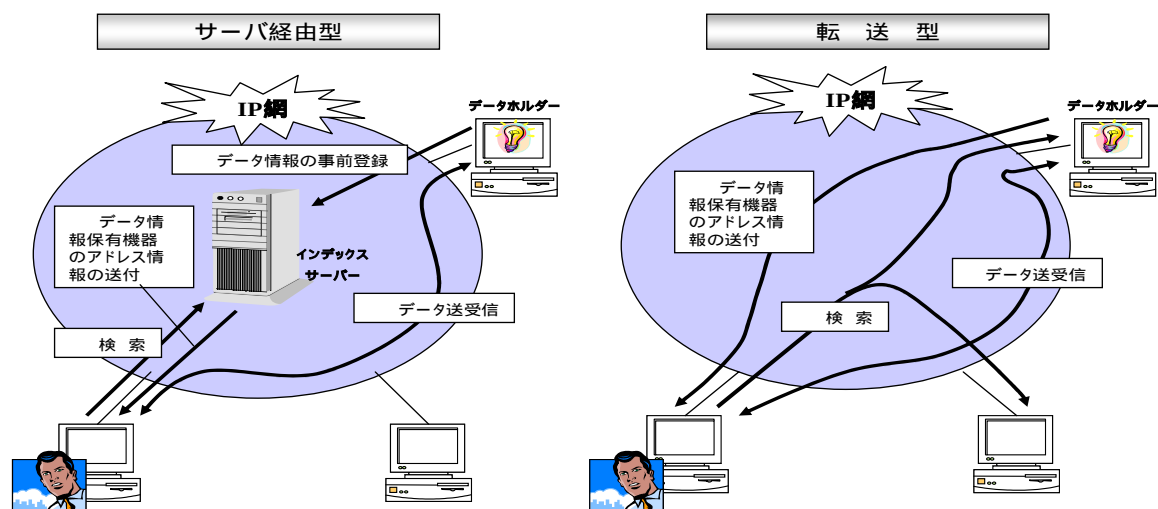
Univ. of Washingtonでの実測 - ファイルサイズ分布



- 調査範囲: 大学と外部との接続点で測定。学生、職員数計6万人9日間(2002.5.28-6.6)のトレース、5億個のデータ。
- 調査方法: SWのモニタリングポートを利用してパケットをキャプチャ。アプリケーションの識別にはポート番号を利用。
- 出典: Proceedings of the 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation, December 2002 (<http://www.usenix.org/events/osdi02/tech/saroiu/saroiu.pdf>)

P 2 P (Peer to Peer)通信の概念図

- ファイルなどの必要な情報(データ)が保管されている場所を突き止め、直接その場所にアクセスし、情報(データ)を入手すること。
- サーバ経由型のほか、サーバへの負荷集中を回避する転送型がある。



(注) 日経コンピューター(02年2月25日号)等を基に作成。

5. トラフィック制御に関するISPのジレンマ

このような大容量のトラフィックを発生させる一部の利用者に対して、トラフィック制御を実施すべきか否かについて、多くのISPは次のようなジレンマを抱えているのが実状である。

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
○「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すれば、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。 ○大容量トラフィ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フィ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。	○トラフィ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。

6．技術的な対応

この点に対する技術的な対応としては、ＴＶ会議やＩＰ電話などリアルタイムでのサービス提供が求められるものと、Ｐ２Ｐファイル転送のように蓄積系のサービスとに分けて、前者には品質保証をかけ、後者についてはそのパケットの長さや識別子により分別し、トラヒックの状況によっては、これを制御して、他のサービスへの悪影響が出ないようにするという方法が考えられている。

しかし、こうした技術を事業として実装するための投資が多額に上ることに加え、仮に技術を実装できたとしても、利用者はＩＳＰ側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。

実際、１９９０年代前半には、ＦＴＰ（File Transfer Protocol）がトラヒックの大宗を占め、ネットワーク資源を浪費していると指摘された。ネットワーク利用上のマナーとして、ファイル交換はネットワーク上ではしないで、フロッピーディスクで行うべきと指摘された程である。その後、１９９０年代後半にＷｅｂの利用が広まると、そのトラヒックが大宗を占めた。

現在はＰ２Ｐファイル交換によるトラヒックが大宗を占めていると言われているが、今後ユビキタス・ネットワーク社会が進展してくると、ヒト対ヒトだけでなく、ヒト対モノ、モノ対モノの通信にまで拡大してくるので、Ｐ２Ｐファイル交換だけに焦点を当てて議論しても、ネットワークの新たな利用方法が登場し、いわゆる「いたちごっこ」に終わるおそれがある。

7．契約上の対応

（１）大容量のトラヒックを発生させる利用者への対応

このため、一部の利用者が大容量のトラヒックを発生させている点について、技術的な対応ではなく、制度上又は契約上の対応をとるべきとの指摘もなされている。

まず、Ｐ２Ｐファイル転送を行っている利用者が、非合法のコンテンツ転送を行っているのであれば関係法令に基づき規制されるべきものであるが、それ以外でも、業としてファイル転送を行っているのであれば、法律でそうした行為を規制すべきではないかとの意見も、当研究会では提示された。

しかし、法規制によって保護される法益が特定されにくいことに加え、実際にＰ２Ｐファイル転送を行っている者は、一般的な個人利用者であることから、法による規制は困難であるとの意見が多い。

他方、ＩＳＰによっては、下表のような対応をとり始めたところも散見されるようになってきている。

I S P 各社の対応

	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。

（２）課金体系の工夫

上記（１）のような対応に関しても、やはり対症療法的な対応であり、P2Pファイル転送のような大容量のトラフィックを発生させる利用方法に対しては、ネットワークを増強する、課金体系を見直す、という2つの方法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、I S Pの中には存在する。

しかし、I S P間の競争が激しい現状において、他のI S Pが定額料金によってサービスを提供している以上、対抗上、自社のみが課金体系を見直すことは困難であるとの意見や、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、I S P各社は課金体系の採否においても、ジレンマを抱えているのが実態である。

また、いざ電話サービスのような従量課金をブロードバンドで広く採用しようとしても、

通信の伝送処理（トランザクション）の回数が既存の電話に比べて格段に多いため、既存の電話と同様の課金システムでは巨大になりすぎる、

発信側なのか受信側なのかを検知しないデータ転送システムの場合、発信者以外の利用者に対しても課金が発生してしまうおそれがある、

常時接続のサービスの場合、通信「時間」に応じた従量課金は採用できず、あくまで通信「量」に応じた従量課金となることから、そのための課金システムを整備しておく必要がある、

等の問題がある。

いずれにしても、課金体系の採用は各 I S P のビジネス・モデルやコスト・モデルに関わる事項であるが、定額料金は次の課題を抱えており、利用者間の公平性と正当性の確保の観点から、各 I S P において課金体系に工夫を加えることが適当と考えられる。

「使い放題」であるがゆえに、迷惑メールや D o S（サービス否定）攻撃のような利用も出てきている側面がある。

一部の利用者によるトラヒック増によりバックボーンの増強を迫られる場合、定額料金では、利用者が増えない限り収入が増えず、また、全ての利用者に費用負担を求めることになってしまう。

そこで、例えば、トラヒックを大量に発生させる契約者に対しては、一定のトラヒック量を超えたら追加料金を徴収するというように、他の契約者とは異なる料金体系を採ることも 1 つの方策と考えられる。

8．複数事業者間でのトラヒック制御・品質保証

他方、T V 会議や I P 電話などリアルタイム系のサービスの提供のために品質保証をかける場合については、現在は 1 つの事業者のネットワーク内でのみ可能であり、今後は、複数事業者間でのトラヒ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と考えられる。

その際には、帯域保証や遅延保証といった側面だけでなく、パケットが損失した場合でも利用可能性を確保する技術の研究開発に取り組むことが必要である。特に、最近急速に普及している V o I P（Voice over IP）等について、通信機器相互間及びネットワーク相互間の接続性の確保のための取り組みを強化することが重要である。

更に、有線網と無線網と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。

第7章 トラヒック分散と ネットワーク形態

1．トラヒックの東京一極集中

将来的なトラヒックの増加への対応策のうち、ネットワーク増強については第5章で、トラヒック制御と品質保証については第6章で、それぞれ検討を加えた。

ここでは、将来的なトラヒック増加への第3の対応策として、トラヒック分散とトラヒック分散に対応するためのネットワーク形態について検討することとする。

第3章3．のトラヒックの現状調査で見たとおり、プライベート・ピアリング、IXにおけるパブリック・ピアリング、トランジットいずれについても、トラヒックは東京に集中している状況にある。

すなわち、既存の電話網は、ネットワーク形態としては統合型のツリー型ネットワークであるが、トラヒックは市内や県内に閉じるものが多く、ツリーの上部まで上ってくる呼数は相対的に減少するのに対し、インターネットは、ネットワーク形態としては非統合型の分散型ネットワークと言われるが、トラヒックは東京一極に集中しているのが実情である。

2．トラヒックの東京一極集中の要因

このように、インターネットのトラヒックが東京一極に集中する要因としては、次のような点が指摘されており、各要因の相乗効果で集中化のスパイラルが生じている状況にある。

トラヒックの東京一極集中の要因

(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・運営できる技術者も、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、回線費用節減のため、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最も効率的となっており、地方のISPとの間でも、東京でのみプライベート・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。

3．トラヒックの東京一極集中に係る問題点

しかしながら、上記のようなトラヒックの東京一極集中に対しては、次のような問題点も指摘されている。

(1) 地域におけるブロードバンド・サービスの品質低下

本来、地域内に終始するトラヒックが東京を経由することは、トラヒックの伝送効率だけを考えれば非効率である。

例えば、本来は北海道内に終始するトラヒックを東京で折り返す現在のネットワーク形態の下では、往復の転送時間に30ミリ秒を要しているとの指摘が、一部のISPからなされている。

50ミリ秒以内の遅延であれば、現在提供されているサービスについては、利用者からの苦情を招くものではないと言われているが、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ことになるのであれば、東京とそれ以外の地域における新たなデジタル・デバイド問題になるおそれがある。

(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り、危機管理の観点から、最低限、大阪等との分散は必要であると指摘されている。実際、主要なISPやIX事業者の中には、危機管理の観点から、東京だけでなく大阪等でもトラヒック交換を行っているところが多い。

(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(ソフトウェアの不具合)等の信頼性が、従前から変わっていないとの指摘が、一部のISPからなされている。

過去にも、トラヒックの増加に通信設備の機能が追いつかずに、処理速度の低下やパケットの損失を起こしたことがあるが、今後も、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機能向上が見られないとすれば、障害が発生した際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。

このため、通信機器メーカーにおいては、通信機器の容量向上、高速化だけでなく、信頼性向上のための開発も求められている。

4．トラヒック分散に当たっての課題

3．に挙げた問題点は、トラヒックが東京に集中すればするほど、より大きな問題になるが、他方、トラヒックを分散させるためには、次の点が課題となっている。

(1) 地域における技術者の不足

地域においてトラヒ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ことが必要であるが、地方においてはこのような人材が不足している。

(2) I S P 側にとっての費用増

一般に、全国規模の I S P は、次の理由から、プライベート・ピアリングにしても、I X におけるパブリック・ピアリングにしても、地方では行わない場合が多いと言われている。なお、その結果として、東京以外の地域を拠点とする I S P は、東京でトラヒック交換をするため、東京までの回線費用を負担している状況にある。

仮にプライベート・ピアリングや I X におけるパブリック・ピアリングを地方でも行うとすれば、相互接続拠点の分散化に伴う拠点間バックボーンを増強する必要があるが、トラヒックの交換量について東京と地方との間で大きな差がある現状では、拠点間バックボーンの増強は、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。したがって、相互接続拠点の分散については、危機管理の観点から、大阪等との間で分散させる程度しか意義を見出せない。

I P v 4 (Internet Protocol Version 4 : インターネットで現在使われているアドレス) のもとでは、I S P のアクセス・ポイントに細分化されたアドレスが割り当てられている場合が多く、I S P の中には、地域性を考慮してアドレスの経路情報を集約し、他の I S P と交換するためには、各アクセス・ポイントでのアドレスの地域分けを改めて行う必要があり、相当の費用がかかることもある。

(3) I S P 間の協調の不足

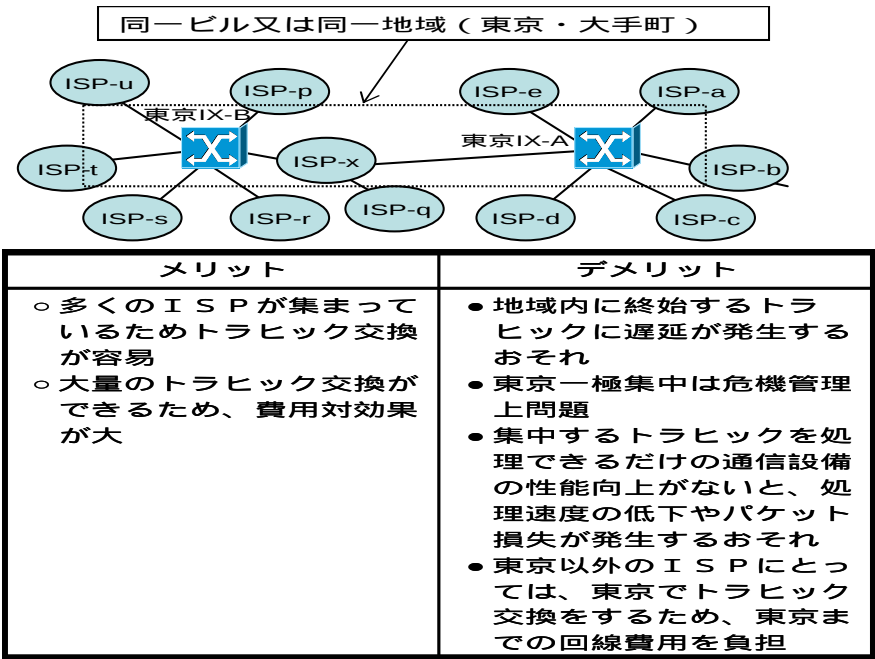
トラヒックを分散させるに当たっては、トラヒックの流れを制御し、ネットワークの利用効率を最適化するトラヒック・エンジニアリングの分析をはじめとして、地域性を考慮した経路制御等、技術的に検証が必要な課題があり、こうした課題検証には I S P 間の協調が必要であるが、これまでのところ I S P 間の協調は必ずしも十分ではない状況にある。

(4) I S P のネットワーク以外のネットワークの積極的活用

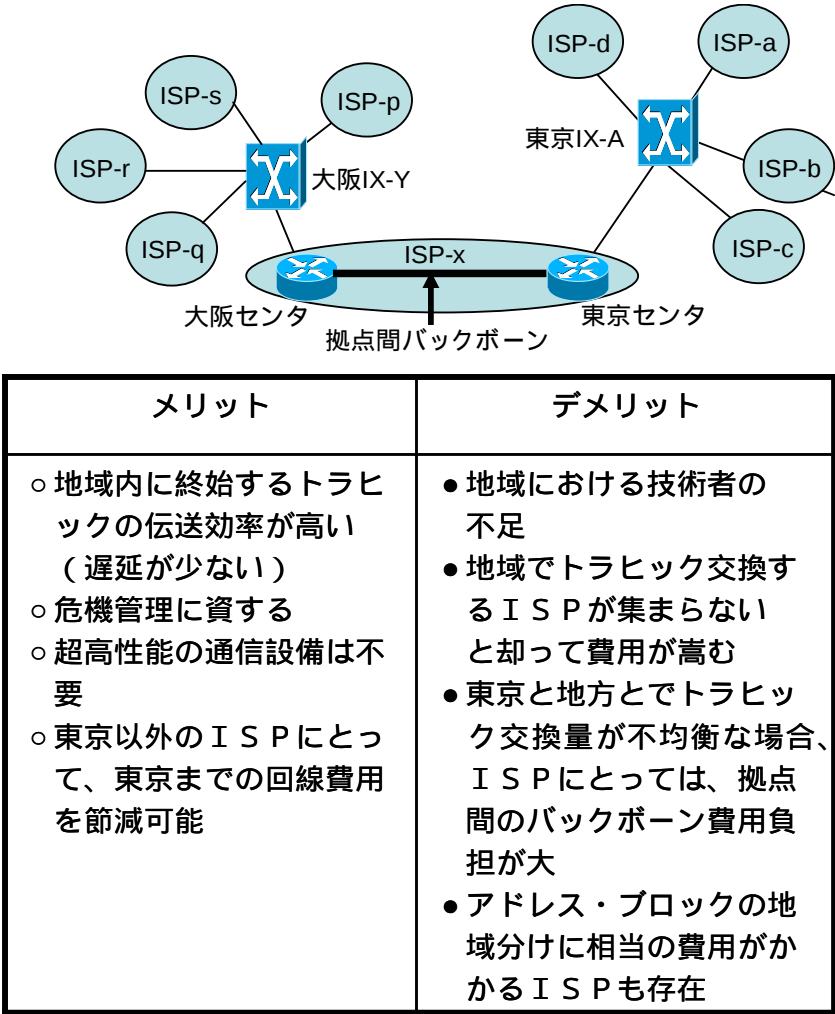
インターネット全体で効率的なトラヒック分散を図るには、光ファイバや D S L を中心とする、いわゆる有線ネットワークだけではなく、衛星等の無線ネットワークや I S P の商用ネットワーク以外の通信インフラを含めた、総合的な視点に立った通信インフラ全体の設計や運用、運用の協調についても検討を行う必要がある。

以上を踏まえて、東京一極集中型ネットワーク形態と分散型ネットワーク形態のメリット/デメリットを整理すると、以下のとおりである。

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



分散型ネットワーク形態のメリット/デメリット



5. ネットワーク形態に関する考え方

4. でトラフィック分散に当たっての課題、東京一極集中型ネットワーク形態と分散型ネットワーク形態のメリット/デメリットを整理した。

しかしながら、「ではどの程度分散型にすべきなのか」、また「最適なネットワーク形態はどのようなものなのか」、という点については、一律には論ぜられないところである。

というのも、各ISPが現在採用しているネットワーク形態は、利用者の分布、コンテンツの配置、アプリケーション、更にはこれらを受けたトラフィックの状況等に大きく依存しており、経営上の必然性があるからである。

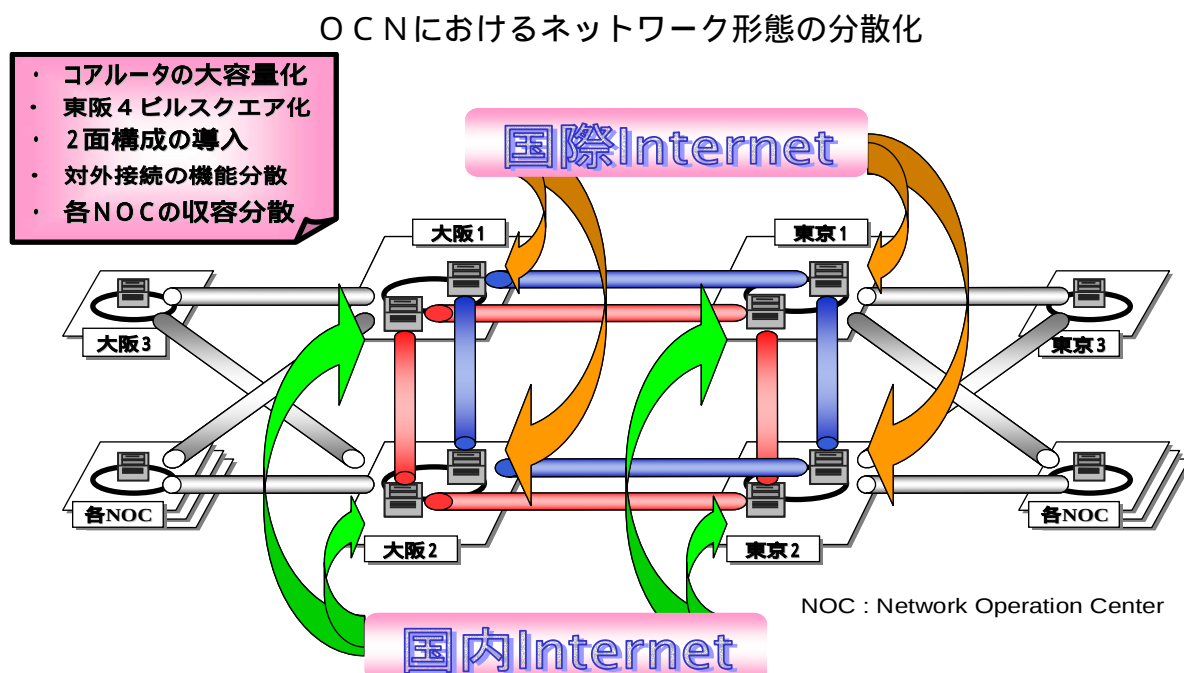
ISP、IX事業者及び通信機器メーカーのために求められるのは、むしろ、第3章に記述したトラフィックの現状や第4章に記述した将来のトラフィック予想について、信頼するに足る情報が今後とも提供されることであり、これらを踏まえてどのようなネットワーク形態を採用すべきかについては、各ISPの経営判断に委ねられるべき事項であると考えられる。

その上で、ここでは、インターネット全体の安定運用の観点から、次の点を各ISP側の課題として指摘しておくこととする。

(1) 危機管理の観点

東京でサイバー攻撃や大規模災害が発生する場合に備え、東京の中でトラフィック交換拠点を分散するとともに、例えば大阪など東京以外の地域でもトラフィック交換を可能とするネットワーク形態を採用することが必要と考えられる。

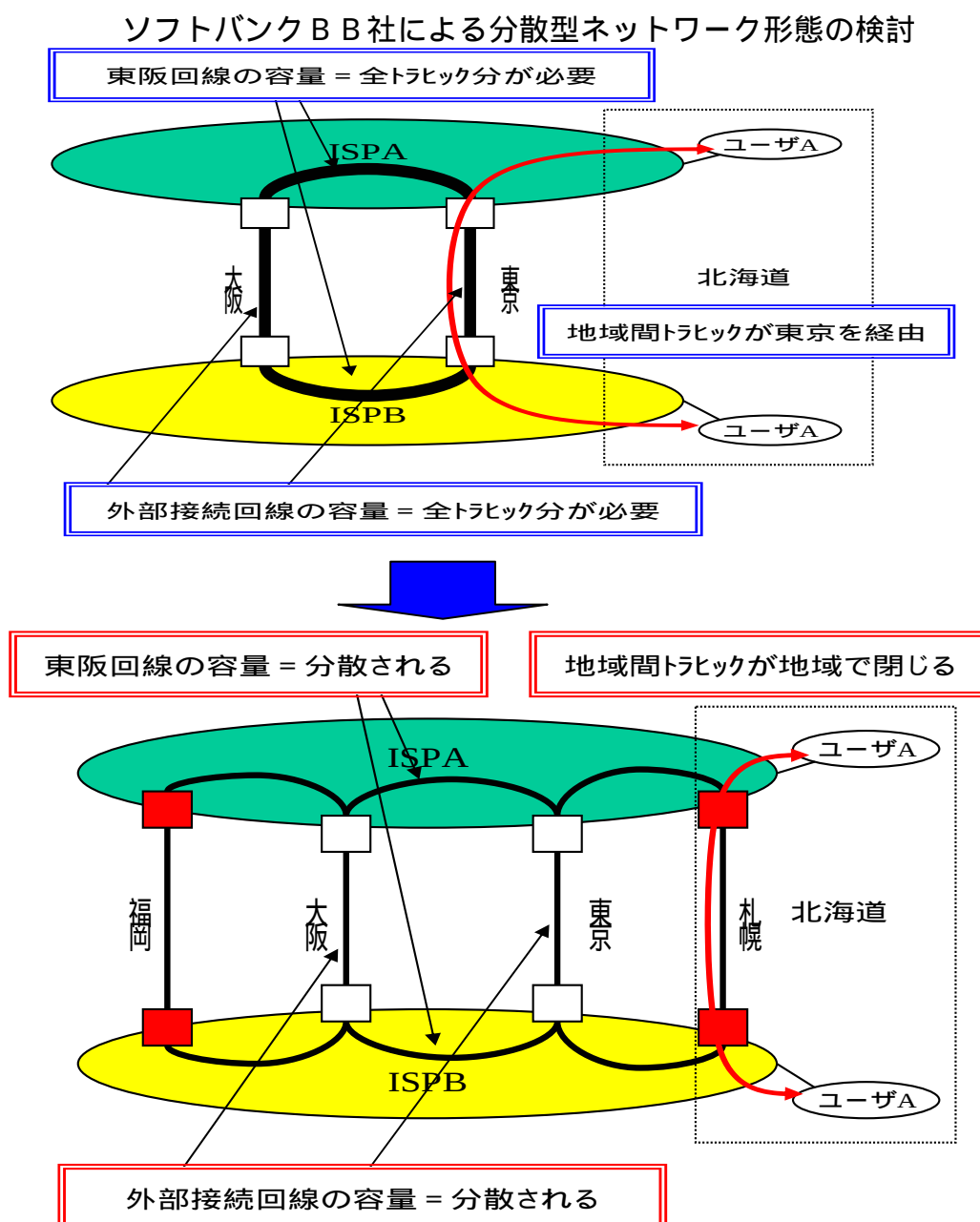
既に主要なISPでは、このような危機管理の観点から、分散型のネットワーク形態を採用している。



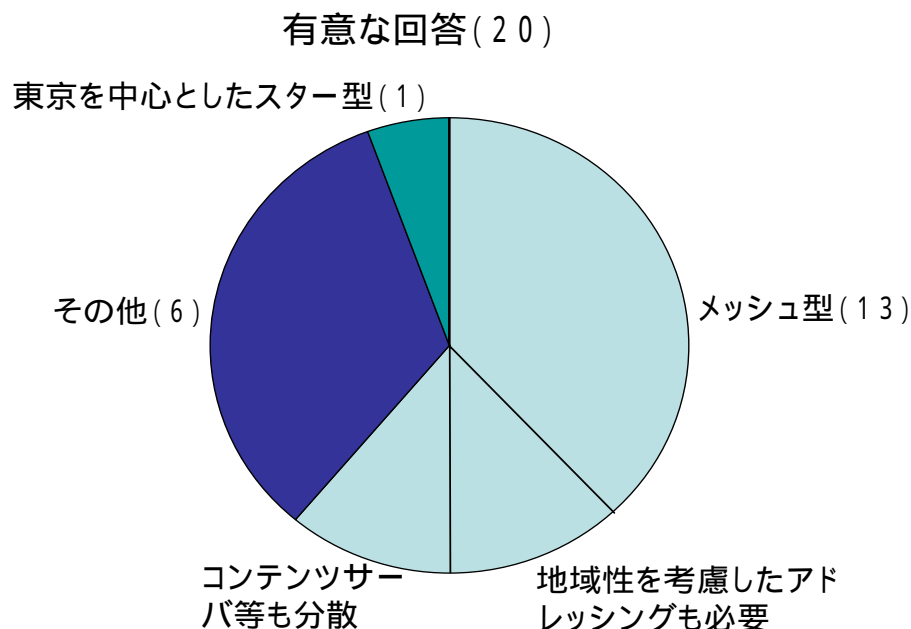
(2) 地域におけるブロードバンド・サービスの遅延防止

3. で述べたとおり、東京一極集中のネットワーク形態を採用しているがために、本来は地域内に終始するトラフィックも東京を経由し、結果として、地域の利用者に遅延を実感させることになる。とすれば、東京と地方における新たなデジタル・デバイド問題になるおそれがあることから、各ISPにおいては、このような事態を招かないよう、ブロードバンド・サービスの進展に応じてトラフィック・エンジニアリングの分析を行い、適時適切にネットワーク形態の分散化を進めていくことが必要と考えられる。

既に一部のISPでは、最短経路でのトラフィック交換による遅延の防止、トラフィックの集中回避、バックアップ用回線容量の分散の観点から、分散型ネットワーク形態の採用が検討されている。



実際、将来的なトラヒックの増加に対してどのようなネットワーク形態が有効かについて、本研究会の下に設置された「次世代IP網WG」の構成員の意見を聴取したところ、「地域性を考慮したアドレッシングも必要」、「コンテンツサーバ等の分散も必要」といった一定の条件を付したものも含めて、分散型（メッシュ型）のネットワーク形態を挙げる意見が多数を占めた。



また、そのうち、ネットワーク形態をどの程度まで分散させるべきかについては、地域ブロック単位まで分散させるべきではないかとの意見が多かったところである。

6．実証実験プロジェクトの推進による諸課題の検証

上記のように、アンケート調査では分散型ネットワーク形態が将来的には適当とする意見が多いところであるが、東京を中心としたスター型の形態となっている現在の我が国のインターネットの構造を分散型ネットワーク形態に移行させて行くためには、トラヒックの流れを制御し、ネットワークの利用効率を最適化するトラヒック・エンジニアリングの分析をはじめとして、IPアドレスの割当て、地域性を考慮した経路制御、アドレスによる識別機能と経路制御機能とを分離した階層型のトラヒック制御技術の開発等の技術上の課題を検証する必要がある。

また、分散の程度についても、将来的には、地域ブロック単位ではなく、例えば都道府県単位まで進めた方が適当となる事態も想定されるところであり、ネットワーク形態の分散化を議論する際には、より詳細な分散化が進む可能性を考慮する必要がある。

更に、ネットワーク形態の分散化を進めるに際しても、単に東京を中心としたスター型のネットワーク形態から分散型のネットワーク形態に一律に移行するものではないと考えられる。

すなわち、現在の東京規模の設備が全国で展開されるということは想定し難く、各

地域のトラヒック規模に応じた設備が、全国レベルでは分散型ネットワーク形態の一部を構成し、各地域ではスター型のネットワーク形態を構成するという事態も考えられる。

いずれにしても、インターネットは、これまでも多くの課題を克服し発展してきたネットワークであり、今後も更なる発展に向けて、各 I S P 共通の課題として、次の事項を検証する必要がある。

トラヒック・エンジニアリングの分析、I P アドレスの割当て、地域性を考慮した経路制御、アドレスによる識別機能と経路制御機能とを分離した階層型のトラヒック制御技術の開発等の技術上の課題

の検証を踏まえたネットワーク形態の分散化の程度（ネットワーク形態の最適化）

このため、第 6 章で取り上げたトラヒック制御と品質保証に関する技術的な課題とともに、分散型ネットワーク形態に移行するに当たっての技術的な課題についても、I S P 間で協調して検証していくとともに、必要に応じて、その解決に必要な支援を国が行うことが有効と考えられる。

第 8 章 障害連鎖防止

1. 通信障害連鎖の事例

第2章で述べたとおり、「e-Japan 戦略」に盛り込まれたITの利活用を進めていくためには、将来的なトラフィック増加に対応するだけでは十分ではない。

多数のネットワークが多様に接続することによって成り立っているインターネットにおいては、一つのネットワークにおける通信障害が全体に波及するおそれがあり、インターネット全体の安定した運用を確保する観点から、障害連鎖を防止するためにどのような方策（ISP間の連携、技術開発等）が必要かつ有効か、という点も検討しておかなければならない課題である。

インターネットは、発展を続けるオープンなネットワークであり、様々なサービスやコンテンツが生まれるワークベンチであるというメリットを有する一方、「隣人が信じている隣人（第三者）を信用する」ということを前提として成り立っているネットワークであり、適切な対策を講じなければ障害や攻撃に対して無防備であるというデメリットを有している。

実際、インターネット上では、様々な通信障害が起こっており、各ISPでは、いわゆる「モグラ叩き」のように対策を講じてきているのが実状である。

通信障害連鎖の事例

原因	内容
経路情報の誤り （海外）	1997年4月、ある米国ISPから大量の経路情報が逆流。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が誤った経路情報を大量に広報。
	2003年2月、ある海外ISPから日本のあるISPの誤った経路情報が広報されたため、当該ISPのネットワークオペレーションに支障を来した。
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を含む経路情報を誤って広報。1つの誤った経路情報でIXにおけるパブリック・ピアリングがダウン。
	2002年1月、ある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否定攻撃)	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。

(*)通常のコンピュータ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。

2．通信障害の定義と種類

通信障害とは、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いい、障害により、通信ができなくなる、回線容量に対して過度のトラヒックが集中し輻輳が発生する、といった事態を招く場合が多い。

通信障害には、障害の範囲が1つのISP内にとどまり他のISPに影響が波及しないものと、他のISPに障害が連鎖して被害が拡大するものがあるが、本研究会では、後者の通信障害への対応策について検討した。

3．連鎖する通信障害の種別と原因

通信障害の原因には、ISP側で不適切な経路情報を広報してしまう場合と、端末設備からのDoS攻撃やウイルスによる場合とがある。

連鎖する通信障害の種別をその原因ごとに整理すると、下表のとおりである。

通信障害の種別と原因

種別	内容	原因
経路障害	・ 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。	・ 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	・ 異常なトラヒックが発生することにより、回線が輻輳する。	・ 利用者の端末設備がウイルス等に感染し、不正なトラヒックを送出 ・ DoS攻撃 等
アプリケーション障害	・ 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）。	・ ISPの運用ミスや不正アクセス、不正制御

4．通信障害が発生した場合における対処の実状

それでは次に、通信障害が発生した場合に、実際にどのような対処がとられているかを見ておくこととする。

通信障害が発生した場合には、何よりもまず障害の状況を把握しなければならない。

障害状況把握の手段としては、接続している I S P 同士での情報交換、I X 事業者や J A N O G (J A p a n N e t w o r k O p e r a t o r s ' G r o u p) で運営しているメーリング・リストの活用等があるが、実際には、各 I S P のシステム担当者同士が携帯電話等で直接連絡し合うことにより、緊急対応している場合が多い。

障害が実際に発生した場合に、各 I S P が講じている主な対処方法を挙げると、次のとおりである。

(1) 経路情報の誤り

経路情報の誤りには、電気通信設備の障害とは異なり、アラームが出ないことから監視が困難である、「経路が不安定」という点に関する定義や認識が I S P ごとに異なる、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である、という課題を抱えている。

こうした中で、各 I S P においては、次のように対処している。

経路情報の誤りへの I S P の対処

(ア) 他の I S P のネットワークとの責任分界点に設置されるゲートウェイにおいて、不適切な経路情報を分別 (フィルタリング) して廃棄する。

(イ) 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った場合には当該ルータでのプライベート・ピアリングそのものを一時停止する。

しかしながら、この方法を採用するためには、正常なトラヒックまで止めてしまわないようにするため、バックアップとして他の I S P への通信経路を複数確保しておく必要があり、I S P にとっては費用が嵩む 1 つの要因となっている。

また、正常か異常かの判断自体が困難な場合が多いことに加え、約款上接続を一時停止できる旨の規定があったとしても I S P には営業上の配慮も働くことから、上記のうち、(ア) のフィルタリングはまだしも、(イ) のプライベート・ピアリングの一時停止については実施しにくいとの指摘が、一部の I S P からなされている。

(2) D o S 攻撃やウイルス

D o S 攻撃において、攻撃先が I S P のネットワーク内にある場合は、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するという対処がなされている。

また、攻撃元が特定でき、かつ I S P のネットワーク内にある場合には、攻撃元の端末の管理者に対応を依頼するとともに、攻撃元の特定アドレスからのパケットを I S P 側で破棄するという対処がなされている。

5．障害連鎖の予防

上記4．では、通信障害が発生した場合の「対処の実状」を見た訳であるが、それだけではなく、障害連鎖をどのように「予防」するかという点も重要である。

現在、各ISPに採用されている主な予防策は、以下のとおりである。

(1) フィルタリングの活用

連鎖する通信障害のうち、予防の対策を講じることが可能なものとしては、不適切な経路情報の受信の予防がある。

実際には、BGPに一定のフィルタリング機能を設定することにより、予防策を講じているISPが多い。

フィルタリングの種類とその内容

種類	内容
AS-path フィルタリング	AS-path 情報を交換し、AS(Autonomous System)(*)間の責任分界点に置かれるルータの設定において、AS-path 情報にあった経路のみを受け取るようフィルタリング。
Prefix フィルタリング	Prefix(**)情報を交換し、AS 間の責任分界点に置かれるルータの設定において、Prefix 情報にあった経路のみを受け取るようフィルタリング。
Maximum prefix フィルタリング	受信する Prefix 数の上限を設定し、それを超える経路を受け取った場合に、アラーム発出又は接続停止を行うようフィルタリング。
不適切情報の フィルタアウト	デフォルトルート、プライベートアドレス、マルチキャストアドレス、ループバックアドレス等インターネット上へ流すべきでない経路をフィルタリングして破棄。

(*) ASとは、ある経路制御方針によって運営されるネットワークのことをいう。全国展開しているISPもインターネット全体から見ると一定の経路制御方針によって運営されている1つのネットワークであり、1つのASとして捉えられ、AS番号を割り当てられている。

(**) Prefix 情報とは、ISP間で経路情報の交換を行う場合、アドレス空間を指定するための情報。アドレス空間の開始位置とアドレス空間の大きさの2つを組み合わせで指定される。

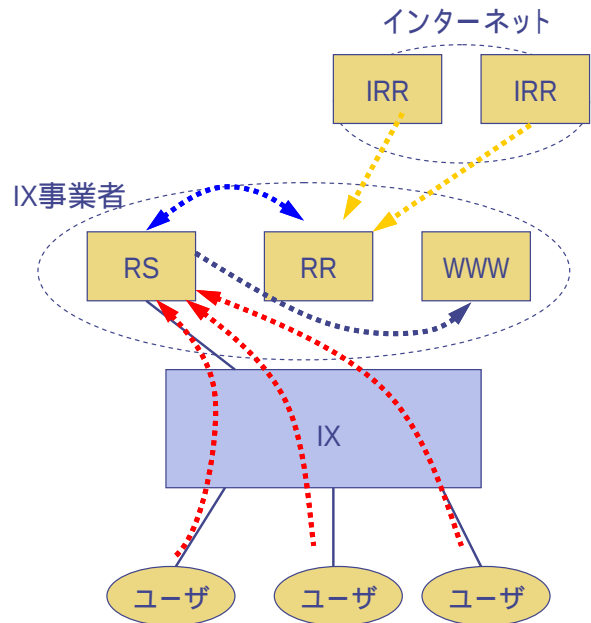
(2) IRR (Internet Routing Registry)の活用

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。

ISPにとってIRRは、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して経路情報を確認する場合や、ISP間でフィルタリングを行う場合等に活用されている。

IRRを活用した経路情報の確認の仕組み(JPIXにおける事例)

- ◆ IRRに登録されている正しい(と思われる)経路情報をIXのRouting Registry(RR)にコピー
 - ◆ IXのRoute Server(RS)は、ISPから経路情報を受信
- ↓
- ◆ RSで受信した経路とRR上の経路情報とを比較
 - ◆ 比較した結果をWebサイトにてISPに提供



http://www.nic.ad.jp/ja/materials/irr/20030724/05_jpirr-bof-research.pdf

(3) ISP間の協調

障害の連鎖を予防するためには、ISP間の情報共有や連携が不可欠である。

現在では、NANOG (North American Network Operators' Group) JANOG等の任意団体で情報交換が行われているほか、IX事業者が主催するメーリング・リストやミーティングなどにおいて、障害情報や障害連鎖防止のためのノウハウに関する技術交流等が行われている。

6. 障害連鎖防止に向けての課題

(1) 不適切な経路情報による障害連鎖に対する予防

第1に、各ISPにおいて経路情報の設定ミスや運用ミスにより、障害連鎖が発生しないようにすることが求められる。

このためには、Prefix フィルタリングを導入することが望ましいと考えられるが、その導入にはコストがかかる等、ISP側に運用面で負担がある。

第2に、我が国においては、IXを経由した経路情報の広報による障害連鎖が多いことから、相互接続における運用や接続方針を明確化することも求められる。

第3に、IRRの活用も有効であると考えられているが、全てのISPが登録している訳ではないので、その適用範囲が限定されている状況にあることから、多くのISPがIRRに登録するよう、インターネットの安定運用のためにIRRがどれほど有効かという点についての普及・啓蒙活動を行うこと等により、未登録ISPにIRR登録へのインセンティブを与えていくことを検討すべきであると考えられる。

また、ＩＲＲの情報が適切に更新されていないため、ＩＲＲのデータベースの信憑性の向上自体が課題であるとの指摘もある。

この点については、ＩＲＲのデータベースの維持・更新・管理を随時行うこと等により、その信頼性を高めていくことが必要である。

この点については、我が国でＩＰアドレスの管理を行っているＪＰＮＩＣ（JaPan Network Information Center）において、ＩＲＲ企画策定専門家チームが設立され、ＩＲＲの活用促進策が検討されているが、今後とも、こうした活動が充実・強化されていくことが期待される。

第４に、ＩＳＰとして最低限守るべき運用方針やネットワーク品質の明確化を図ることも有効であると考えられる。

この点については、例えば、現在ＪＡＮＯＧ等の任意団体において情報交換や技術交流が行われているが、事業を開始したばかりのＩＳＰやこれから事業を開始しようとするＩＳＰに対して、障害連鎖防止のための運用のノウハウを普及・啓蒙させていくための施策も必要と考えられる。

インターネットの安定運用は、各ＩＳＰやＩＸ事業者の技術者がＪＡＮＯＧ等の民間団体における活動等を通じて情報交換や技術交流を行うことにより支えられてきているのが実情であり、こうした活動を肯定的に認知し支援することは、インターネットの信頼性を向上させていく上で重要である。

また、障害発生時には、自社の情報を他社と共有することが必要となるが、他方で、インターネット全体の安定運用を確保する観点から、自社の情報をどこまで出して良いか、また出すべきかについての基準は明確ではなく、各ＩＳＰやＩＸ事業者の技術者はジレンマに陥る場合も多い。

このため、障害発生時に自社情報をどこまで出して良いかについて、各ＩＳＰやＩＸ事業者において経営者レベルまで話を上げて、一定の考え方を整理しておく必要があるのではないかと考えられる。

いずれにしても、ＪＰＮＩＣやＪＡＮＯＧ等の活動は、費用がかかる一方で収益には直結せず、にもかかわらずインターネット全体の安定運用に資するものであることから、政府による政策支援の在り方を検討すべきであると考えられる。

第５に、インターネットにおける障害連鎖は、国境を越えて広がり得るものであり、国内のみならず、国際的な連携も必要である。

この点については、例えば、我が国で行われているＩＳＰ間の協調を国際間でも行い、国際レベルでのＩＲＲのデータベースの信憑性の確保や、障害連鎖防止のための運用ノウハウの途上国ＩＳＰへの提供等を推進していくこと等を検討すべきである。

(2) DoS 攻撃やウイルスへの対応

DoS 攻撃への対応としては、まず攻撃元の検出方法を確立することが有効であると考えられる。

しかしながら、攻撃元がアドレスを偽れば、技術的な対処をとりようがないのが実情であり、DoS 攻撃やウイルスに対応できるシステムの導入について、研究開発・実証実験の推進をするとともに、DoS 攻撃やウイルスが発生した際の I S P 間の協力体制についても検討すべきである。

また、端末設備側のセキュリティの向上も重要であり、端末設備やアプリケーション・ソフトそれ自体のセキュリティを高めるとともに、I S P、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出す必要がある。

第 9 章 総括

以上、当研究会におけるこれまでの検討を総括すると、次のとおりである。

1．トラヒックの現状把握

当研究会では、我が国のインターネットのバックボーンにおけるトラヒックについて現状把握を行った。

こうした作業を進めるに当たっては、どのような情報をどこまでなら出せるかという点について、I S P間で意思疎通を図っておくことが望ましい。

しかしながら、開示してよい情報と社外秘とすべき情報の区別については、各I S Pの経営に関わる事項であり、トラヒック情報の交換には熟考が必要であろうし、その実施に当たっては、各I S Pの経営者層のリーダーシップに基づくI S P間のコンセンサスが必要である。

特に各I S Pがトラヒック情報の開示に踏み出しにくい初動期においては、今回のトラヒックの現状調査のように、産学官で協力して個別のトラヒック情報の秘匿性を維持しつつ、各社のトラヒック情報を合計する形でインターネット全体としてのトラヒック情報を把握することも、1つの手法として有効と考えられる。

また、実際のトラヒックは、各I S Pのネットワーク形態に依存しており、集計するトラヒック情報の様式を統一することにも難しい面がある。

そこで、これまでに得られている情報と公開情報やサンプル調査を基に統計的な手法を駆使して、一定の仮定を置いてトラヒックの総量とパターンを推計するという方法を開発する必要がある。

また、トラヒック情報の定期的な集計と蓄積が重要であり、これを基に継続的な分析が求められる。

2．ネットワークの増強

当研究会では、将来的なトラヒックの増加にどのように対応すべきかについても検討を行った。

第1に考えられる方策は、ネットワークの増強である。

この点については、ルータ等交換機能を担う部分と光ファイバ等伝送機能を担う部分とに分けて検討を行った。

(1) 交換機能を担う部分

ルータ/スイッチ/インターフェースの大容量化が懸念事項であるとの指摘が当研究会の多数を占めた。

この点については、総務省においても2001年度から研究開発に取り組んでいる

ところであるが、今後は、実用化及び商用化に向けたニーズをこうした研究開発活動にも反映させていくことが必要である。

(2) 伝送機能を担う部分

当研究会では、中継系光ファイバの芯線の未利用率についても調査を行い、未利用率が6割を超えているという点を確認した。

このように芯線の未利用率が高いことに加え、波長分割多重(WDM)技術が開発・実用化され、光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をも勘案すれば、総量としての光ファイバには、まだ余裕がある。

しかしながら、将来的なトラヒック増加に対応するには、中継系光ファイバの需要に関する情報交換を行うことや、光ファイバ1芯当たりの伝送容量を上げるための研究開発を、実用化及び商用化に向けたニーズを反映しつつ引き続き推進することが重要である。

3. トラヒック制御

将来的なトラヒックの増加に対して第2に考えられる方策は、トラヒックの制御である。

この点については、一部の利用者が大量のトラヒックを発生させ、回線を占有している場合において、そもそもトラヒックを制御すべきなのか、また、インターネットにおいてトラヒック制御は可能なのか、技術的な対応や契約上の対応として何が有効か、といった点に関し、多くのISPが事業運営上の悩みを抱えていることが確認された。

課金体系に工夫を加えることもトラヒック制御の1つの手段であり、トラヒックを大量に発生させる契約者に対し、例えばトラヒックの上限値を超えたら追加料金を徴収するというように、他の契約者とは異なる料金体系を採ることも考えられる。

いずれにしても、課金体系の採否は、各ISPのビジネス・モデルやコスト・モデルに関わる事項であるが、一部の利用者が発生させる大量のトラヒックに伴うネットワーク増強費用を、利用者全体で負担することは、却って公平を失うと考えられることから、各ISPにおいては、利用者間の公平性と公正性を確保し得る料金モデルを採用することが求められる。

また、トラヒック制御のため、IP電話やIPテレビ電話等のリアルタイム系サービスの提供のために品質保証をかける場合についても、現在は1つの事業のネットワーク内でのみ品質保証が可能であり、今後は複数事業者間でのトラヒ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。

その際には、帯域保証や遅延保証といった側面だけでなく、パケットが損失した場

合でも利用可能性を確保する技術の研究開発に取り組むことが必要である。特に、最近急速に普及しているV o I P (Voice over IP) 等について、通信機器相互間及びネットワーク相互間の接続性の確保のための取り組みを強化することが重要である。

4．トラヒック分散

将来的なトラヒックの増加に対して第3に考えられる方策は、トラヒックの分散である。

この点については、まず、多くのI S Pが東京を中心としたスター型のネットワーク形態を採用しており、トラヒックが東京一極に集中している現状が確認された。

しかしながら、ネットワーク形態は、利用者の分布、コンテンツの配置、アプリケーション、更にはこれらを受けたトラヒックの状況等に大きく依存するものであり、各I S Pの経営判断に委ねられるべき事項であると言える。

また、一部のI S Pでは、危機管理の観点又は地域におけるブロードバンド・サービスの遅延防止の観点から、既に分散型ネットワーク形態を採用している又は採用を検討していることも確認された。

実際、将来的なトラヒックの増加に対してどのようなネットワーク形態が有効かについて、当研究会の下に設置された「次世代I P 網WG」構成員の意見を聴取してみると、分散型ネットワーク形態が有効とする意見が多い。

しかしながら、東京を中心としたスター型のネットワーク形態から分散型ネットワーク形態への移行を進めて行くためには、トラヒックの流れを制御し、ネットワークの利用効率を最適化するトラヒック・エンジニアリングの分析をはじめとして、I P アドレスの割当て、地域性を考慮した経路制御、アドレスによる識別機能と経路制御機能とを分離した階層型のトラヒック制御技術の開発等の技術上の課題を検証する必要がある。

また、光ファイバやD S Lを中心とする、いわゆる有線ネットワークだけでなく、無線ネットワークやI S Pの商用ネットワーク以外の通信インフラを含めた、総合的な視点に立った通信インフラ全体の設計や運用、運用の協調についても検討を行う必要がある。

いずれにしても、インターネットは、これまでも多くの課題を克服し発展してきたネットワークであり、今後も更なる発展に向けて、各I S P共通の課題として、こうした技術上の課題やネットワーク形態の分散化の程度を検証していくことが必要である。

5．障害連鎖防止

インターネット全体の安定した運用を確保する観点から障害連鎖を防止するためには、各ISP間の情報共有、経路情報のフィルタリング、経路情報等のデータベースであるIRRの活用が必要である。

なお、このうちIRRについては、データベースの維持・更新・管理を随時行うこと等により、その信頼性を高めていくことが必要である。

更に、ISPとして最低限守るべき運用方針やネットワーク品質の明確化については、現在JANOG等の任意団体において継続されている情報交換や技術交流が行われているが、事業を開始したばかりのISPやこれから事業を開始しようとするISPに対して、障害連鎖防止のための運用のノウハウを普及・啓蒙させていくための施策も必要と考えられる。

端末設備側のセキュリティの向上も重要であり、端末設備やアプリケーション・ソフトそれ自体のセキュリティを高めるとともに、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出す必要がある。

以上