

## FTTH 市場の進展とその課題

山 本 雅 昭\*

### 目 次

- 1 問題提起
- 2 ブロードバンド化の進展状況
- 3 総務省予想にみる現状と今後
- 4 ADSL 方式の技術的課題
- 5 FTTH の技術的課題
- 6 ブロードバンド化進展への課題
- 7 ブロードバンド化の抱える矛盾
- 8 FTTH 普及への条件
- 9 本稿のまとめと今後の研究について

### 1 問題提起

2001年から始まったインターネット接続通信速度の急速なブロードバンド化に伴い、今後予想される社会的変化について多くの報道・記事が掲載され、政府調査、市場調査レポートや学術論文なども発表されている。ところが、それらの内容と予想の共通点の一部に重大な誤認が生じ、かつその誤認によって、今後の社会的変化の予想を信頼性に欠けるものとしてしまっている。本研究への着手は、この訂正の必要性と、特に FTTH (Fiber To The Home) 普及に係わる本質的矛盾について指摘する必要がある、と判断したためである。

約1年前に遡り、平成13年11月に総務省より公表された「全国ブロードバンド構想」の概要中<sup>(1)</sup>には、疑問符を投げかけざるをえない、いくつかの予測<sup>(2)</sup>が掲載されている。特に、ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) と FTTH の今後の普及については、政府官邸 IT 戦略本部推進する「e-Japan 戦略」<sup>(3)</sup>と総務省の通信基

---

\* 広島経済大学経済学部助教授

本政策に基づいた希望的な予想値が挙げられている（本稿中では3を参照）。ここで「希望的な予想値」と記すのは、ブロードバンド通信市場そのものが、昨年春期頃から急激に立ち上がり、現時点においても、精度の高い予測を算出できる状況にはないためである。また、日本国内のインターネット通信市場では電気通信事業者と大手ISPが混成している上に、特定地域のみを対象とするローカルISP事業やCATVまで参入している、極めて複雑な状況下にある。これらの全ての要素を踏まえて、企業間の利害関係まで厳密に調査した上で、インターネット通信市場の動向を予測することはほぼ不可能に近い。

政府官邸と総務省が政策上において、FTTH普及を強力に推進する立場を採り、かつこの支援策を打ち出すのであれば、（本稿3中でも論及されている）インターネット通信市場の予測を「全国ブロードバンド構想」中に意図的に加える必要はなかったはずである。また、2005年までにFTTHがブロードバンド通信市場のトップシェアを獲得できるかどうかについて、技術的な側面からも検証すべきであった。予測の困難な通信市場について、不確実な要素から推定するよりも、指標を得易い技術的側面から、FTTHの可能性を検証する手法のほうが遥かに正当性を伴う予想を導き出せたはずであるし、同様に、FTTH普及に向けた支援政策を導き出せたはずである。

本研究は、「ブロードバンド通信」に関する技術的な問題や課題について整理し、FTTH普及への条件を探るものである。本稿は、現段階における本研究の調査活動経過を報告するものであり、また現時点におけるFTTH普及への問題や課題などについて整理し、今後の普及に向けた要点を提言するものである。

## 2 ブロードバンド化の進展状況

1995～2000年までをインターネット普及期とすれば、国内では2001年に解禁されたADSL技術と劇的に低価格化した利用料金が国内のインターネット事情に大きな変革を齎そうとしている。アナログ電話回線の周波数帯を最大活用し、特別な工事を要することなく、最大8Mbps<sup>(4)</sup>の通信速度を可能としたADSL方式の通信接続サービスが登場した。このADSL技術の解禁は、それまで高額な回線使用料の問題によって普及が遅れていた光ファイバー通信にも大きな影響を与え、FTTH利用料金の低価格化も進み、この普及も現実的なものとなってきた。今後、このブロードバンド化の波はさらに加速するはずである。一般家庭から10Mbps以上の通信速度で安定したインターネット利用環境が整備されるまでにはまだしばらく時

表1 接続方式別の契約者数の推移予測 (2002年2月 ECR 調査)<sup>(6)</sup>

(単位:1000人)

	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
xDSL	0	0	10	1,524	4,417	8,120	10,750	12,630
CATV	17	154	625	1,300	2,625	4,683	5,758	6,366
FTTx	0	0	0	9	238	707	1,647	3,033
FWA	0	0	1	17	223	337	402	450
計	17	154	636	2,851	7,503	13,847	18,557	22,479

間を要するが、この実現は遠い未来ではない。

2001年に入り、他国では主流になりつつあった ADSL が国内でもようやく解禁され、同時に、驚異的な低利用料金とともに突然参入を表明した Yahoo!BB によって、国内のインターネット事情は急変することとなった。総務省通信基盤局の調査<sup>(6)</sup>では、2001年7月以降、毎月10万人を超える新規利用者となり、同年9月以降からは14万人以上に加速し、同年末には150万人の契約者数を突破している。

ECR の調査報告によれば、今後、インターネット接続のブロードバンド化は、ADSL と CATV の利用者数の増加によって、2003年まで現在のペースが維持され、この利用者数の増加傾向に頭打ちの見え始める2004年からは FTTH が本格的な普及期に入ると予測している。そして、この2005年中にはインターネット利用者の大多数がブロードバンドに移行しているとも予測している。

ECR のブロードバンド通信市場規模の予想については、現状を踏まえた上で、将来的な市場成長率の予想を算出したものである。この予想では、ADSL 利用契約者数は2005年まで順調な伸びで推移することになっている。また、FTTH についても、ADSL 利用者数の増加によって生じるブロードバンド・コンテンツ市場の成長に合わせ、ADSL を追従しながら、2004年から本格的な普及期に入ると予想している。この予想中では、2005年時点では ADSL 利用契約者数に対し、FTTH 利用契約者数は約24%程度となっており、ブロードバンド通信市場全体では約13%にすぎない。

ただし、この ECR 予想の中で、2005年までの CATV に関する成長率については理解し難い。本来、地域密着型事業を核とし、資本金体的にも問題のある CATV が、ブロードバンド化の進展スピードを追従し、かつブロードバンド通信市場で競争力を維持し続けられるものかどうか、疑問を抱かざるをえない。CATV 事業者は様々な支援・振興策<sup>(7)</sup>を受けながら、その約4分の3が累積赤字<sup>(8)</sup>を抱えてお

り、その中で現在進行中の放送のデジタル化<sup>(9)</sup>と並行しながら、十分な競争力を有するインターネット事業を同時展開できる、とは想定し難い。特に、大きな経費負担となるインターネット・バックボーン回線容量を、今後も競争力を維持可能なレベルで増強し続けられるものかどうか、疑問である。この点に関しては、総務省情報通信政策局「ブロードバンド時代のケーブルテレビの在り方に関する検討会」の平成14年7月発表の報告書中<sup>(10)</sup>にも、「利用者が安心してケーブルインターネットを利用できる環境を整えるために、センターモデムの設置数やバックボーン回線容量等のネットワークの条件に関する指針をケーブルテレビ業界として策定し公表することが必要である」との指摘がなされている。

### 3 総務省予想にみる現状と今後

2002年7月末のADSL利用契約者数は360万人<sup>(11)</sup>に到達し、また過去4ヶ月連続で一月に約30万人を超える新規利用契約者を獲得している。このペースで順調に新規契約者数が増加すれば、ECRの2002年予想(上表1)を超える数値を示すことになろう。もし仮に、本年中に利用契約者数が500万人を突破すれば、昨年から、実に350~370万人の利用契約者数の増加となり、2003年もこの増加ペースを順調に維持すると想定すれば、ECRの予想の通り、2004年末までに1000万人の利用契約者数を突破しかねない。

この驚異的な利用契約者数の伸びは、平成13年10月に発表された総務省の「全国ブロードバンド構想<sup>(12)</sup>」中の予想とも合致するが、総務省の2003年以降の予想についてはECRの予想と大きな開きがみられる(下表を参照)。特に、表2中のECRと

表2 接続方式別の契約者数の推移予測 (ECRと総務省の予想比較)

(単位:万人)

接続方式	予想社名	2002年	2003年	2004年	2005年
xDSL	ECR	441	812	1075	1263
	総務省	481	749	722	695
CATV	ECR	262	468	575	636
	総務省	323	388	417	429
FTTH	ECR	24	71	166	303
	総務省	97	335	593	773
FWA	ECR	22	34	40	45
	総務省	16	41	65	80

表3 総務省によるインターネット普及世帯数の予想<sup>(14)</sup>

(単位：万人)

	2002年	2003年	2004年	2005年
インターネット普及世帯数 <sup>(13)</sup>	2311	2708	3052	3340

表4 総務省による接続方式別の利用料金予想<sup>(15)</sup>

年度	光ファイバー	xDSL	CATV	無線
2003年度末	6000円程度	3000円程度	3000円程度	3000円程度
2005年度末	4000円程度	3000円程度	3000円程度	3000円程度

総務省の2005年の予想は大きな食い違いをみせている。今後も ADSL 利用契約者数の堅調な伸びを予想する ECR に対して、総務省は2004年から減少傾向を示すと予想している。この結果、両者の2005年についての予想では、実に約570万人もの開きが生じている。

この2つの2005年の予想では、ブロードバンド接続世帯総数が ECR の約2250万人に対し、総務省では約1980万人となっており、250万人以上もの差が見られる。このブロードバンド接続世帯総数の差は、総務省では xDSL と FTTH の利用契約者数の逆転現象を2004年に予想していることによって生じる。これは後述することとなるが、将来的に ADSL は利用契約者数の増加傾向に歯止めが掛かり、予想外に早く増加傾向の頭打ちが生じる可能性もある。しかし、それでも2004年からの減少傾向には疑問を投げかけざるをえない。この総務省による ADSL 利用契約者数の減少予想は、今後インターネット普及世帯数の予測（予想）と接続方式別の利用料金の今後の予想の2つを根拠としている。

総務省の予想では、2005年末の光ファイバーによる通信接続サービスの月額利用料金は4000円程度にまで低料金化が進み、ADSL 接続サービスの月額利用料金との差が1000円程度にまで縮まるとしている。この FTTH サービスの低料金化により、ADSL 方式に対し、速度面における優位性を有する FTTx 方式への移行が加速する、との考えである。つまり、ブロードバンド通信市場における FTTH の優位性を、月額利用料金と通信速度の2点からのみで判断していることになる。

上表4中の利用料金予想で注目されるのは、FTTH サービスの利用料金のみが2005年までに下落し、その他の通信接続サービスについては低利用料金化しない、との予想である。しかし、商業的な市場には競争原理が働く、と想定するのが一般

的であるが、この予想中ではそれがなされていない。仮に、2005年時の FTTH サービスの一般的な月額利用料金を4000円程度と想定すれば、ADSL 通信接続サービスの利用料金については2000～2300円程度が想定されるべきはずである。値下げ競争の特に厳しいブロードバンド通信市場において、表4中の総務省予想はあまりにも妥当性に欠ける、と指摘せざるをえない。

#### 4 ADSL 方式の技術的課題

現状に見られる ADSL 契約者数の急増の要因として、低利用料金と定額制、従来のアナログ電話線の流用、この3点が挙げられる。従来のアナログモデム接続サービスでは通話料金が生じていたのに対し、ADSL 通信方式では電話音声帯域外を最大活用する通信方式であり、インターネット通信接続時に電話料金は課金されない。このため、劇的な低価格化を可能とした。インターネット・バックボーン回線、もしくはインターネット・バックボーン回線への接続経路さえ有していれば、NTT 回線収容局へのコロケーションスペースの確保と通信装置機器の整備だけで、新規通信事業と ISP 事業が行える。従来の通信事業の中でコスト負担の大きい、

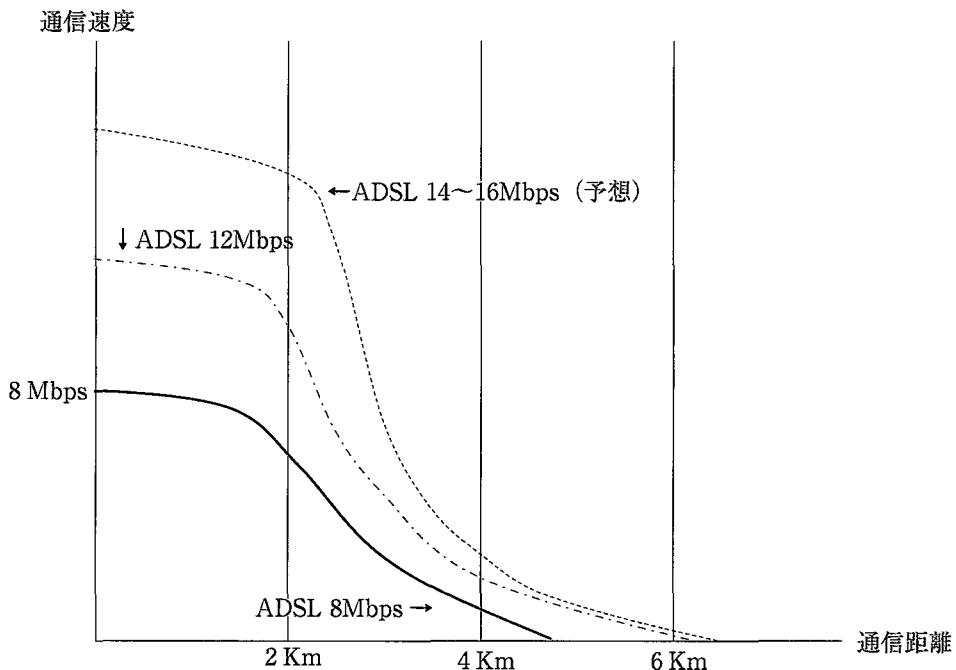
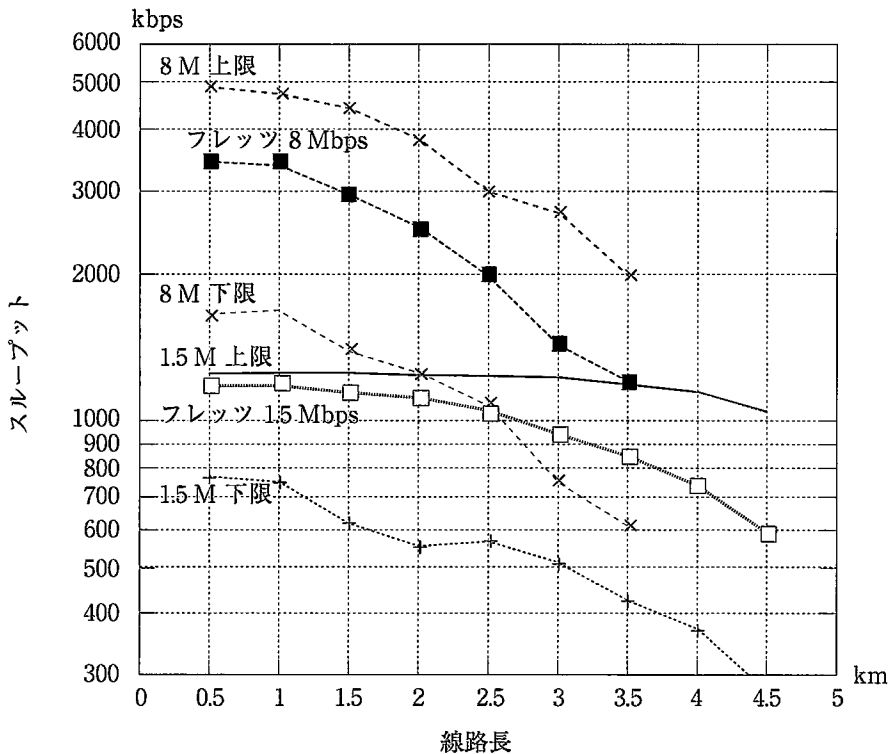


図1 経路線長と ADSL 通信速度減衰

収容局から各家庭への敷設工事と管理維持費を要さない点が、新規通信事業者の参入を容易にした。

現在主流である 8 Mbps の ADSL 通信接続サービスも、一部の通信事業者では、今秋に 12 Mbps 程度にまで引き上げられ、同時に、有効経路線長も若干ではあるが延びている。しかし、光ファイバー通信方式とは異なり、経路線長による伝送損失に大きく影響される ADSL では、収容局からの経路線長が 4 Km 程度までの電話利用契約者が主な対象となる（図 1 を参照）。今後、周波数帯を最大活用した 12 Mbps 以上の ADSL サービスを導入する ISP も登場するであろうが、ADSL 方式の特性上の問題から、それでも収容局から最大 5~6 Km の経路線長をカバーするにすぎない。ただし、この有効経路線長内であっても、利用目的に要する実通信帯域を得られないようなケースでは、FTTH などの選択肢も検討することになる。

電話回線を流用する ADSL 方式は、基本的に長経路線長向けではない。上図 1



(出典：WebArena (NTTPC))

図 2 フレックス ADSL 8 Mbps の実効スループット分布 (2002年 6月)<sup>(22)</sup>

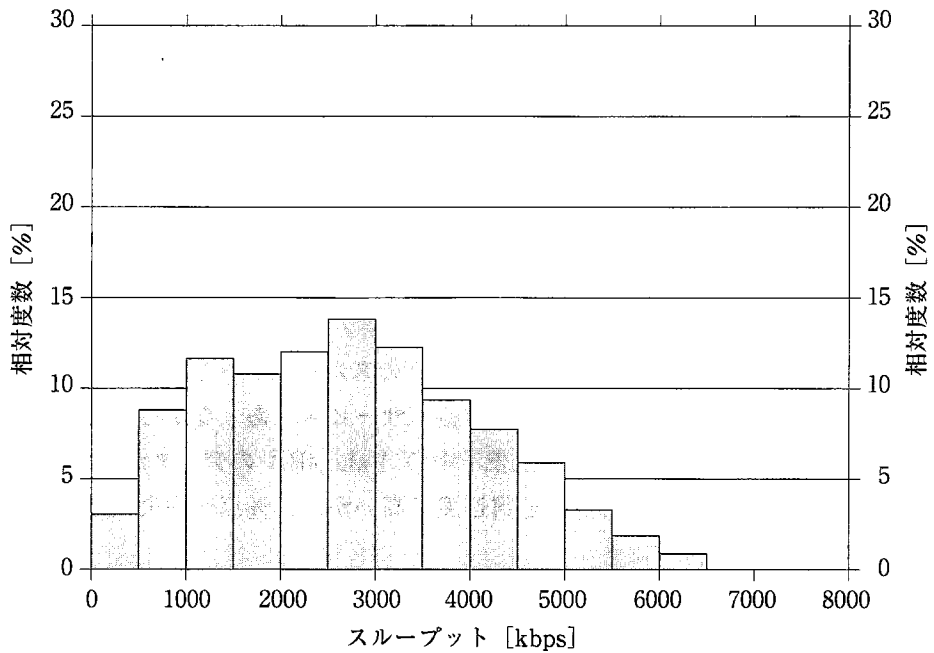
の示すように、ADSL方式の通信接続サービスの最大の課題は、同一利用契約料金にも拘らず、収容局から各家庭までの経路線長の違いによって、得られる通信帯域に大きな較差が生じる。同一料金を支払いながら、短経路線長の利用契約者は5～6 Mbps以上もの高速通信帯域を得ることができる反面、長経路線長や高伝送損失の利用契約者は1 Mbps以下の通信帯域しか得られないこともある。多くのADSL利用契約者にとって、既にこの事実は常識化しており、その常識があるがゆえに問題視されることもないが、対通信速度比の料金体系を大原則としてきた通信事業<sup>(19)</sup>の中では、本質的な矛盾を抱える事業として映る。現実には、図2に見られるように、ADSL接続サービスの各利用者間には大きな格差が発生している。

上図1中の「ADSL 14～16 Mbps」の通信速度減衰率については、現行の「Annex.A」と「Annex.C」の規格と、新たに採用された12 Mbps ADSLに対応する「eXtremeDSL」「Annex.A.ex」「Annex.C.x」の通信速度減衰率を基に、チャネル伝送能力の向上と周波数帯域の拡張を想定し、予想したものである。今秋に登場した12 Mbps ADSLと同様に、収容局から一定経路線長内（図1中では2.2 Km前後まで）では高い通信速度を供給可能と予想されるが、これ以降の通信速度減衰率はさらに悪化し、4 Km以降では利用上の利点は失われるものと予想される。つまり、今後も、収容局から短経路線長内の利用者ほどxDSL技術革新の恩恵を受け、長経路線長の利用者との格差がますます拡大する傾向となろう。

上図2は「フレッツ ADSL」の実効スループット分布である。図1に従い、ADSL方式の経路線長の課題が明確に浮き彫りにされている。上図には示されていないが、現在主流となっている8 Mbps通信接続サービスの4 kmを超えるケースでは、低速な1.5 Mbps通信接続サービスのほうが速度面において優位となりかねない。詳細は後述するが、ここで課題として指摘すべき点は、8 Mbps ADSL通信接続サービス利用者の得られる平均的な実効スループットの低さである。最大8 Mbpsの通信速度をセールスポイントとしながら、上図の示すように、経路線長500 m地点での平均実効スループットがその半分にも満たない。また、この500 m地点での上限速度を得ている利用者ですら、その実効スループットは5 Mbps程度にすぎない。

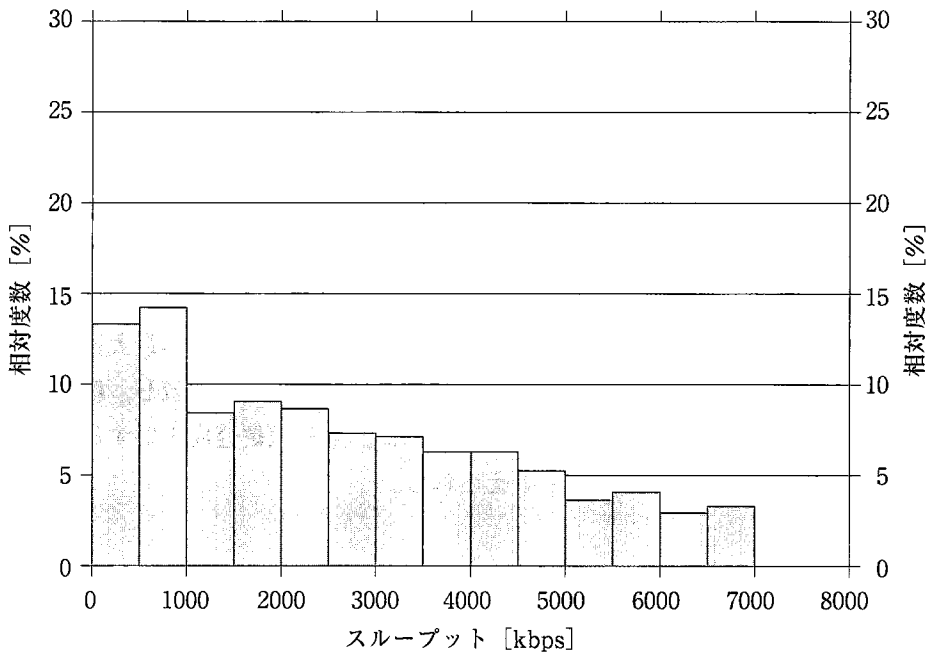
ADSL方式で得られる実通信帯域は、電気通信事業者によっても大きな差を生じる（下図3と4を参照）。NTTの提供する「フレッツ ADSL」の公称最大通信速度は8 Mbpsであるが、図2でも示されるように、現実には「Annex.C」の物理層を採用するフレッツ ADSLでは8 Mbpsの実速を得られていない。NTTの採用している「Annex.C G992.1」規格上の最高通信速は、記載上でも「6.144 Mbps以上」





(出典：WebArena (NTTPC))

図3 フレッツ ADSL 8 Mbps のスループット分布 (2002年6月)<sup>(23)</sup>



(出典：WebArena (NTTPC))

図4 Yahoo!BB ADSL 8 Mbps のスループット分布 (2002年6月)<sup>(24)</sup>

の規格であり、厳密には「6.144 Mbps 以上から 8 Mbps 未満」となる。<sup>(25)</sup>この最高通信速度の設定は、採択している通信装置機器により若干変化するが、上図3の示す最高スループットはその規格上の下限域の最高速に近い。傾向として、実速 5 Mbps を超えるスループットを得られている利用者が極めて少ないが、反面 1 Mbps 以下の実速しか得られない利用者の比率も少ない。

これに対して、使用周波数帯の広い「Annex.A」を採用している Yahoo!BB の ADSL 方式では、最高 7 Mbps 近いスループットを得ている利用者もあり、また 5 Mbps 以上の実速を得ている利用者の比率もフレッツ ADSL と比較して高い。ところが、フレッツ ADSL と比べ、1 Mbps 以下のスループットしか得られない利用者の比率も高い。同じ ADSL 方式の通信接続サービスでありながら、実速値の示す傾向が正反対となる。結果的に、別表1中の Yahoo!BB のデータが示すように、「フレッツ B」と比較し、90%点の通信速度は高いが、20%点～中央点までの通信速度は低くなる傾向を示す。

また、ADSL 方式では通信干渉も避けられない問題となる。特に「Annex.A」では、8 Mbps の ADSL 方式の利用する周波数帯域が、その仕様上で ISDN や AM ラジオなどと一部干渉しており、<sup>(26)</sup>利用者の環境によっては深刻な影響を受けるケースもある。eAccess の社内調査では、「Annex.C」でも、1500 m の経路線長において最大通信速度は半減し、2000 m の経路線長では最高通信速度が実に約 5 Mbps も下落している。また、ISDN と通信帯域干渉率の高い「Annex.A」は、1500 m の経路線長において既に 2 Mbps を割り込み、2000 m の経路線長では実に 500 Kbps 程度にまで大きく落ち込んでいる。<sup>(28)</sup>

もう一つ技術的課題として挙げられるのが、ADSL 方式の高速性は「下り」に限定したものであり、「上り」では高速性を発揮できない点である。これは、一般的なインターネット利用の主用途が受信サービスに傾斜しており、ADSL 方式の高速性もこれに合わせ、受信側に傾斜配分した通信帯域仕様となっているためである。本年度から開始された 12 Mbps の ADSL 接続サービスでも上りの最大通信速度の向上は施されていない。ADSL 方式の上り通信帯域は、下りと比較し、経路線長の拡大による通信速度減衰率は低い<sup>(29)</sup>が、将来的には、上り通信速度を要する双方向通信用途では帯域不足を生じること<sup>(30)</sup>も考えられる。

## 5 FTTH の技術的課題

FTTH の通信接続サービスを通信技術の側面から検証すれば、現状では革新的

な技術は何一つ存在しない。NTT の「フレッツ B」のインターフェイス仕様<sup>(31)</sup>でも、物理層とデータリンク層で ISO/IEC8802 と IEEE802.3 に準拠しており、標準の 10/100 BASE 規格を採用していることが確認できる。IP 基幹通信網とバックボーン回線の制御方式と管理を除けば、従来の Ethernet 方式の活用であり、事実上、LAN の経路線を拡張したレベルにすぎない。換言すれば、FTTH 通信接続サービスにおける通信技術面の問題や課題は、LAN 構成の通信環境と同質であり、標準的なネットワーク構成で表出する問題と課題に共通している。

NTT の提供する「フレッツ B」では、100 Mbps の高速通信接続サービスも提供しているが、現実には、正確に「100 Mbps」の実効スループットを得られるわけではない。この 100 Mbps のサービスとは、汎用通信規格上（100 BASE 規格）の最高速度を意味し、フレッツ B から得られる実通信帯域は最高速でも 15～30 Mbps 程度である（下表 5 を参照）。ところが、市場シェアではフレッツ B に劣るが、実測の高速性で勝ると言われる有線ブロードバンドの提供する「BROAD-GATE01」では、25～50 Mbps 程度の実効スループットを計測している。この 2 社を単純に比較できない側面<sup>(32)</sup>もあるが、あまりにも大きな通信速度差となっている。

FTTH サービスについて検証する際には、これまで解説してきた経路線長にみる ADSL の技術的課題とは別視点を要する。何故なら、ADSL の経路線長にみるスループット低下の傾向と同一視しながら、光ファイバーによる通信サービスの検証は行なえない。光ファイバーによるデジタル通信は、規定の伝送経路線長内まで定速度となる。このため、通信部に何らかの技術的障害が生じていない限り、理論上、規定距離内では利用者に同一通信速度を供給できることになる。ところが、表 5 に見られるように、利用者の得られる実速のスループットには大きな格差が存在する。現実には、表 5 中のフレッツ B における 20%点と 30%点では、12 Mbps の ADSL 接続サービスの最高速にも劣る残念な結果を示している。また、このケースでは公称最高通信速度の 10分の 1 にも満たないスループットしか得られていないことになる。この問題については次項で詳述するが、現実には、光ファイバーによる通

表 5 主要 ISP の光通信速度統計 (2002年 5 月末)<sup>(33)</sup>

(単位：Mbps)

アクセス回線	20%点	30%点	40%点	50%点	60%点	70%点	80%点	90%点
BROAD-GATE01 (全体)	10.31	15.46	20.58	24.04	27.62	31.22	40.94	50.91
bitcat 100M (全体)	7.04	9.13	11.17	14.54	16.84	20.11	23.15	30.16
NTT B (全体)	6.58	8.33	10.73	13.49	16.01	19.29	23.35	32.35

信方式が利用者へ絶対的な高速性を保証するわけではない。

FTTH サービスの最大の課題として挙げられるのは、電話回線を流用する ADSL 方式に対し、各利用者宅への光ファイバー敷設工事を要することである。このため、各通信事業者のサービスエリア内であっても、敷設経路を拡大しながらサービスを展開する方式となる。また、マンションなどの集合住宅では、建造物構造上から様々な問題が生じ、管理組合との交渉が難航することもある<sup>(34)</sup>。この他にも、硝材である光ファイバーには耐衝撃性と許容曲げ半径の課題<sup>(35)</sup>、ONU (Optical Network Unit) の耐久性や信頼性<sup>(36)</sup>、遅延時間の課題<sup>(37)</sup>、などが挙げられる。

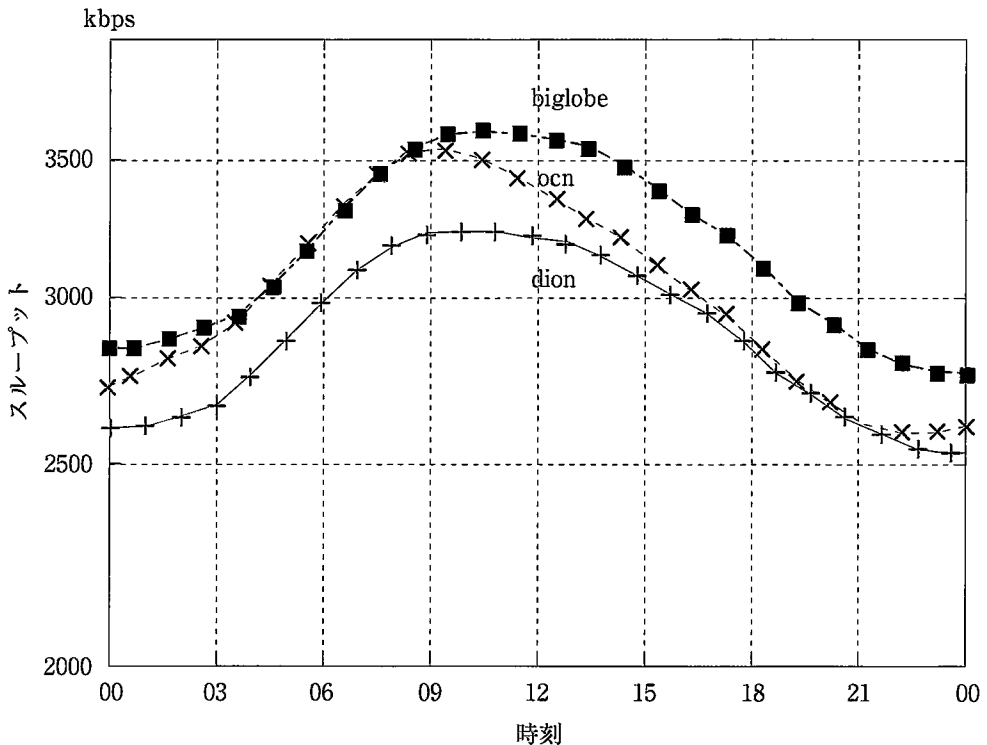
## 6 ブロードバンド化進展への課題

通信のブロードバンド化は、ブロードバンド市場の側面において、通信事業者同士や ISP による「ラスト・ワンマイル」の競争と称されるが、実際には、「ラスト・ワンマイル」を巡る通信技術規格の攻防を意味するものではない。何故なら、この「ラスト・ワンマイル」の競争は、「収容局～各家庭」間の顧客の争奪戦を意味するもので、この「収容局～各家庭」間の通信速度とインターネット利用時に実際に得られる通信速度は同一とはならない。つまり、「電話回線よりも、光ファイバーによる通信方式のほうが勝る」のような議論は、インターネット利用時の通信実速を基準としなければ、全く意味をなさない。現実には、LAN における通信環境と同様に、採用している伝送媒体がネットワークの実効スループットの優劣を直ちに決定するものではない。LAN 内においても、経路線長の問題から光ファイバーとメディア・コンバーターを使用し、経路線を延長する方法も採られる。ただし、この経路線間の通信速度が、標準仕様のカテゴリ 5 ケーブルの上限速度を超えるわけではない。また、LAN 内のクライアント PC に 1000BASE の NIC が採用されていれば、その LAN 環境全体が高速であるとも限らない。通信事業者が通信媒体に光ファイバーを採用するのは、各家庭への有効経路線長の確保と通信安定性の確保を主としており、高速通信性を最優先としている、と一概に言い切れるものではない。これは、別表 1 中、100 Mbps の「フレッツ B ファミリー」の下りスループット実速値にも表れている。別表 1 中でも示されるように、一般的なインターネット用途において重視される下り通信速度においても、FTTH が絶対的な高速性を示しているわけではない。特に、別表中 1 の FTTH の「20%点」から「中央値」に属する実効スループットしか得られなければ、新たに登場する 12 Mbps の ADSL 通信接続サービスに対する優位性は、それほど高いものではない。

主要通信事業者は勿論のことながら、ADSL や FTTH による通信事業は地域企業などの参入もみられ、この全てが横並びの同レベルの通信サービスを謳っている。ところが、ADSL 方式であれ、光ファイバー通信方式であれ、通信接続サービスの「品質」については横並びどころか、現実には大きな較差が生じていることもある。本章では、この通信接続サービスの品質に係わる問題についての解説を行う。

インターネット・バックボーンに関する問題

各家庭単位で安定した高速通信環境を得るためには、現在の ISP が有するインターネット・バックボーンではあまりに貧弱である。これはあまりに単純な計算ではあるが、常時 6 Mbps のスループットを10000家庭に安定供給するためには、最低でも実帯域で 66~72 Gbps 程度のバックボーンを有していなければならない<sup>(38)</sup>。つまり、現状の ISP 各社のブロードバンド通信接続サービスは、事実上インターネット・バックボーンのリソース不足のまま、保証のない「瞬間最大通信速度」を



(出典：WebArena (NTTPC))

図6 8 Mbps ADSL (ACCA) にみる時刻別の実効スループットの変移<sup>(39)</sup>

看板とし、ビジネスを展開していることになる。図6に見られるように、Biglobeでもピーク時間帯に約22%、OCNでは約25%も実効スループットが低下している。

上図は8MbpsのADSL通信接続サービスの例であるが、インターネット・バックボーン回線容量の不足している現状では、FTTHでもピーク時間帯には実効スループットが同様に大きく低下するはずである。例えば、インターネット・バックボーン回線を運営するJPIXのトラフィック統計資料<sup>(40)</sup>でも、ピーク時間帯(PM10:00~AM1:00)には14Gbpsの回線容量のほぼ全てが使われている。また、このインターネット・バックボーン回線の帯域消費容量は、ブロードバンド化の進展に合わせ、確実に増大していることも示している。

特にFTTHについては、上述の点についての誤認が蔓延しているようであるため、事例としてNTTのフレッツBのFTTHを取り上げてみる。NTT東日本・西日本ともに、厳しい事業規制下にあり、インターネット・バックボーン回線とISPを直接的に事業運営しているわけではない。つまり、NTTの提供するFTTHサービスも、インターネット通信接続時に得られる実効スループットについては、ISPとインターネット・バックボーン回線事業者、この2社間の相互通信接続容量に大きく依存している。また、各ISPによって異なる通信事業戦略のために、FTTHサービス利用者向けのバックボーン回線への優先割当容量も異なる。事業戦略上からADSL利用契約者の獲得を最優先し、このバックボーン回線への優先割当容量を高めれば、インターネット利用のピーク時間帯において、FTTHの通信速度面の優位性は比例的に低下してしまう<sup>(41)</sup>。

ここまで、技術的側面からブロードバンド化の進展と問題や課題などについて概説してきた。技術的な側面からの課題点や問題点は、現時点ではまだ多数残されている。しかし、これらは時間経過とともに徐々に解決されていくであろう。本年度に入り、大手ISPも積極的にインターネット・バックボーンの増強に着手し、OCNのように2002度中にも20Gbpsの内部バックボーンと、20Gbpsを超える対外インターネット接続回線を設置しようとしているケースもある<sup>(42)</sup>。大手ISPによるインターネット・バックボーンの通信容量強化は十分とは言えないが、今後の需要拡大に追従していくはずである。「e-Japan重点計画」中にも見られるように、2006年までに30Mbps以上のインターネット接続を可能にし、10Tビットのバックボーン回線用の光通信技術の実用化を図るとなっている<sup>(43)</sup>。

#### ベストエフォート方式の問題

普及率の高いADSLを一例としてみても、この8Mbps以上という高速な通信

方式にも技術的・商業的な課題がいくつか残されている。その一つが、「ベストエフォート方式」に関わる課題である。現実的視点に立てば、ベストエフォート方式の齎す利用者への恩恵は、利用料金の低価格化への貢献、これ以外には何一つ存在しない。この点に関して、ISP 各社の1ノードに対しての接続者数と基幹通信帯域の制御設定などについて問い合わせたが、当然の事ながら、全てのISPから「社外秘」との返答があっただけである。ベストエフォート方式の通信接続サービスでは、この点に関する各社の営業方針の違いが、利用契約者に対して少なからず影響を与えていることは間違いない。

しかし、厳しい価格競争の進行する現状では、大手ISPでも利用契約者の全てに対し、常時、高実効スループットを供給し続けることは困難であろうし、一般利用者に提供しているベストエフォート方式の弱点は既に浮き彫りとなっている<sup>(44)</sup>。ISP各社のインターネット・バックボーン回線容量の不足は、結果的に、ノード単位の接続利用者数の増加を招く。ADSLとは異なり、光通信方式では経路線長による通信速度差が表出し難いはずであるが、別表1が示すように、各利用者の接続ノードによって通信速度に大きなバラつきを生じている。

ここでの論点とは僅かにズレの生じる問題ではあるが、FTTHとは密接な関係があるため、Ethernet規格上の課題についても、ここで触れておきたい。

Ethernet規格には大別して、10BASE、100BASE、1000BASEの3種が存在し、利用者側では主に10BASEと100BASEが利用される。しかし、実用上の問題として、LAN環境においても10Mbpsと100Mbpsの2種類の規格だけでは、詳細な通信帯域管理に支障を生ずることもある。何故なら、LAN環境においても、バックボーン通信帯域に対する100BASEの帯域消費率は、現状では高過ぎる<sup>(45)</sup>。購入可能なほぼ全通信装置製品群とNIC製品の標準仕様がこの10BASEと100BASEであることは、結果的に、バックボーン回線容量の通信帯域管理には効率的である、とは断言できない。現実的な視点に立てば、ATM方式のような厳密性を要求するものではないが、通信装置機器と100BASE-NICの両方で10～100Mbps間の可変速方式を物理標準仕様としてサポートすべきである。これは勿論、QoSなどによって実現可能ではあるが、物理的にもう少し柔軟な帯域管理可能な仕組みを仕様として加えるべきではある。表5中のBROAD-GATE01のサービスでは、50.91Mbpsを90点域で記録しているが、現時点では30%点～40%点(15～20Mbps)の実効スループットでも十分に高速である。安価な100BASE通信装置機器群を最大活用したベストエフォート方式であれ、もう少し全平均的なスループットを安定化させるように取り組むべきである。

### PC の通信処理能力

ここで、現在約 1.1 Mbps の通信実効スループットを得ている ADSL 利用契約者がいると仮定し、この利用者が新たに有線ブロードバンドの提供する「Broad-Gtae01」と契約し、実効スループットが約 24 Mbps（表 5 中の50%点）にまで向上したものとしてみよう。当然のことながら、この契約者はインターネット利用時の快適性が劇的に向上することを期待するはずであるし、この期待から FTTH への乗り換えを決断したはずである。

表 6 通信速度別にみる WebMark 2001のスコア<sup>(46)</sup>

プラットフォーム	通信速度 1 (56 Kbps)	通信速度 2 (450 Kbps)	通信速度 3 (1100 Kbps)	通信速度 4 (100 Mbps LAN)
Pentium III 500 MHz	6.52	37.18	47.09	57.78
Pentium4 2.53 GHz	Not Tested	81.24	152.39	375.49

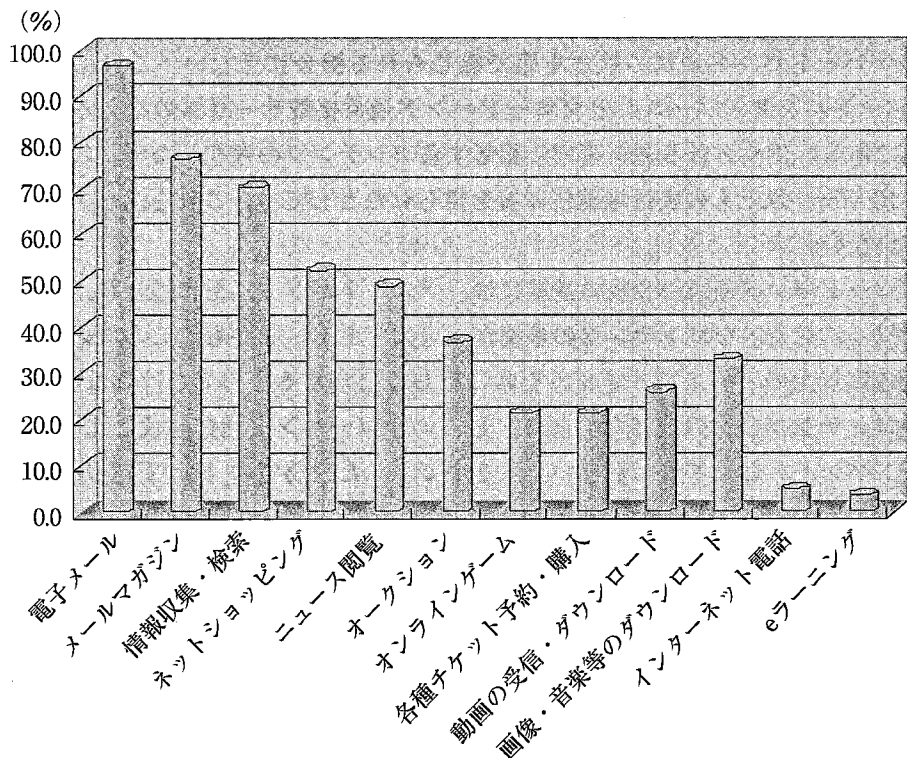
ところが、通信速度の大幅な向上を得たとしても、各家庭での PC プラットフォーム次第では、この通信環境の向上は、全く効力を発揮しない（上表 6 を参照）。上表中 6 の「Pentium III 500 MHz」は、家庭内は勿論のこと、企業内でもまだ使用されているプラットフォームである<sup>(47)</sup>。また、省電力性重視のノート PC や B5 サイズのサブノート PC などの CPU 処理能力も高いものではなく、上表中の Pentium III の示すスコアに近い。仮に、Celeron 600 MHz 程度の PC やサブノート PC を使用しているとすれば、新たに乗り換えた「Broad-Gtae01」の FTTH 通信環境から、その恩恵を得られる機会は皆無に等しい。上表中のスコアを基にすれば、1.5 Mbps の ADSL 通信環境下において、Pentium4 プラットフォームを使用している利用者のほうが、本例としている FTTH 利用契約者よりも遥かに快適なインターネット利用環境を得ていることになる。

この課題については本稿中の 8 でも取り上げるが、高速な通信実効スループットを得られるブロードバンド通信環境では、最低 Pentium4 1.7~1.8 GHz 相当以上をプラットフォームとする PC を使用していなければ、通信データの受信時に降に、得られているはずの通信実効スループットの効力も失われてしまう。現実には、CPU 処理能力不足の PC プラットフォームからインターネットを利用しているケースでは、通信実帯域の大幅な向上が実現されたとしても、現実には、その速度向上分の恩恵が受けられるのは、CPU 負荷の低い FTP によるファイル・ダウンロードなど、単純データ転送時の機会のみに限定されてしまう。



## 7 ブロードバンド化の抱える矛盾

これまでのインターネットの社会的・経済的な付加価値を生み出す源泉として、(a) 地球規模の唯一の「グローバルネットワーク」であること、(b) ISP の利用料金以外の基本費用が生じないこと、(c) 双方向通信であること、そして (d) 膨大なデジタル・コンテンツ容量などが挙げられる。しかし、インターネット利用者側の実用性の視点に立てば、インターネット利用の主目的は電子メールと HP（ホームページ）の2つである（下図を参照）。しかも、ゲーム目的とインターネット電話を除き、また通信接続時間の短い電子メール・サービスの利用を除外すれば、PC からインターネット利用のほぼ全時間が HP を基点としたサービスによって独占される<sup>(48)</sup>。つまり、一般の利用目的上では、インターネットを一定時間以上アクセスする場合には、Web システム（HP）を基点とした何らかのサービスを利用していることになる。



(出店：総務省情報通信白書平成14年度版)

図7 用途別のインターネット利用率<sup>(49)</sup>

ところが、標準 Web コード (HTML, XML など) はブロードバンド化の恩恵を高く受けえるものではなく、画像や動画を多用する HP の表示レスポンス向上以外には大きな貢献度も生じない。<sup>(50)</sup> この利用範囲内においては、1 Mbps 前後程度の実速でも利用者は大きな不満を感じることはない。別表 1 に示されるように、ブロードバンド接続時の下りスループットがベストエフォート方式の最大値を大幅に下回る結果であれ、利用者から事実上容認されえる状況となっているのは、このためでもある。次項において再度概説するが、体感される HP の表示レスポンス速度だけに着目するならば、現状の ADSL のままでも実用上の支障は生じない。現実には、ファイルのダウンロードを試みても、接続したドメインの通信帯域不足、サーバの通信処理能力不足のようなケースでは、1 Mbps 前後の実効スループットを安定して得られるものではない。<sup>(51)</sup> アクセスの集中する Web サーバでは、大規模なサーバの負荷分散構成と十分な通信回線容量を備えていなければ、利用者に対し、快適性を供与できるものではない。現状では、通信処理能力に余裕のある FTP サーバからのファイル・ダウンロード、もしくは複数台の PC から通信回線を共有利用する家庭内 LAN 環境などを除けば、FTTH からの高速通信環境を得られたとしても、このブロードバンド通信の恩恵を肌で感じられる機会に乏しい。これは、現状の「ブロードバンド・ブーム」とブロードバンド通信接続サービスの抱える本質的な矛盾である。供給される通信帯域に相応するコンテンツの存在しない現状では、例えば、10 Mbps 以上もの広帯域通信環境を得られたとしても、これを活かす術が存在していない。

ブロードバンド通信の今後の進展には、ブロードバンド通信に適合し、かつこれまで以上に魅力的なコンテンツの整備が不可欠である。しかも、このコンテンツは一定速度以上の実効スループットを常に厳しく要求するものでなければならない。このコンテンツ整備の進まない限り、過去のナローバンド通信時代と比較し、「ブロードバンド」と称するしかない。表 2 中で示した総務省の FTTH 利用契約者数の予想値に対する正誤についても、この鍵となるのは、今後のブロードバンド・コンテンツの「質」と「量」の拡充であろう。

## 8 FTTH 普及への条件

これまでの検証結果などを総括すれば、総務省の主張する FTTH 利用契約者数予想を現実化するためには、以下の条件を要する。

- (a) インターネット・バックボーン回線容量の大幅な増強
- (b) ノード単位での接続利用者数の低減とコリジョン発生率の抑制
- (c) (ADSL サービスエリア外への) サービスエリアの拡大
- (d) 普及価格帯 PC の通信処理能力と表示処理能力の向上
- (e) FTTH 向けのブロードバンド・コンテンツの整備
- (f) 無償のブロードバンド・コンテンツ供給量の確保

上記中の(a), (b), (c)に関しては、通信事業各社と ISP 各社の今後の事業戦略と努力に期待するしかないわけであるが、総務省でもダークファイバー借用経費の更なる低減措置など、通信事業者や ISP への追加的な支援策を講じることも可能であろう。このインターネット・バックボーン容量の課題が改善されない限り、(b)の課題も改善されない。各ノード単位の利用者収容数は、インターネット・バックボーン帯域の消費容量を抑制する上で決定されるものであり、バックボーン回線容量の不足している状況では、迅速な改善が図れるものではない。これまで本稿中で述べてきたように、「ラストワンマイル」の通信方式の違いと各通信接続方式の公称最大通信速度は、インターネット利用時に得られる実効スループットへ直接的に反映されるものではない。この点を踏まえれば、政府官邸が推進している「e-Japan 構想」に基づく現在の通信政策は誤りではないが、単に国内のデジタル通信回線容量の総量のみを増強する政策ではなく、通信事業者各社や ISP 各社のインターネット・バックボーン回線容量の大幅な増強へと結び付く具体的な政策を要する。<sup>(52)</sup>

次に(d)と(e)の課題についてであるが、この2つは密接な関係にある。<sup>(53)</sup>この2つの関連性についての理解を深めるために、表7を参照してもらいたい。

この表7は、Intel による実験検証であり、Pentium4 2.2 GHz をプラットフォームとした PC のネットワーク処理能力を測定し、スコア化したものである。Pentium4 2.2 GHz 搭載の PC は、現状でもプラットフォームとしては高度な処理能力を有する。しかし、このスペックレベルの PC でさえも、10 Mbps 以上の通信実効スループットでは明らかに処理能力不足を示している。実際には、1100 Kbps から 10 Mbps の処理能力向上率を考えれば、このスペックレベルの PC でも 10 Mbps 前後（厳密に言えば、7~8 Mbps 前後と推定される）までの通信実効スループットが処理能力相当であろう。これは、Amdahl が1967年の時点で既に指摘しているように、全体中的一部分のみに限定されたパフォーマンスの向上だけで、コンピュータの総合処理能力の向上を実現できるわけではない。つまり、FTTH について、実効スループット 10 Mbps 以上の高速通信環境として、実用面上の理

由から普及させるためには、FTTH 利用契約者の CPU プラットフォームへの要求も今以上に高じる<sup>(55)</sup>。しかし、PC の買換え需要まで促進させながら、FTTH の普及を図ることは容易ではなからう。

表7 通信速度別にみる PC のネットワーク処理能力<sup>(54)</sup>  
(Pentium4 2.2 GHz による WebMark 2001)

通信速度	Flash Animation (ops/sec)	3D Visualization (ops/sec)	XML Processing (ops/sec)	Network Java (ops/sec)	Network Video Encoding (ops/sec)	Page Loading (sec)	VML (sec)	Flash Interactive (sec)
450Kbps	35.76	38.92	3.49	0.76	6.77	2.14	0.42	0.42
1100Kbps	48.81	39.81	3.56	1.52	49.98	1.06	0.42	0.32
10Mbps	60.01	40.12	3.66	3.66	75.24	0.51	0.42	0.27
100Mbps	66.55	39.91	3.66	4.24	75.88	0.45	0.42	0.26

本稿中の7でも述べ、図7で示されているように、社会における従来のインターネット利用用途だけでは FTTH 通信市場への需要は創出され難い。また、PC の処理能力が不足している現状では、10 Mbps を大きく超えるような過度な通信帯域を要求する動画・映像コンテンツも意味をなさない。表7中では、「Network Java」のスコア値だけは、10 Mbps 以上でも伸びを見せているが、Java ベースの巨大なブロードバンド・コンテンツを開発するのも無謀であろうし、市場からのニーズがあるわけでもない。通信処理とサーバ処理などの情報発信側の問題<sup>(56)</sup>から、結局のところ、FTTH 市場の需要を創出する上で、ブロードバンド・コンテンツとして最も相応しいのは、6 Mbps 前後の映像コンテンツとなろう。また、FTTH の双方向への通信帯域の高さは、ADSL 方式では得られないものである。このため、PC 使用に限定されない、双方向の映像コミュニケーションも FTTH 普及への柱の一つとするのが妥当であろう。ただし、この点については<sup>(57)</sup>、NTT の「フレッツ B」サービスでは、原則として半2重通信方式となっており、有線ブロードバンドのように全2重通信方式を採用していない点は課題として残ろう。

## 9 本稿のまとめと今後の研究について

これまでの検証と議論を踏まえれば、総務省の公表している来年からの FTTH 通信市場の急成長については、極めて「高いハードル」であると結論付けられよう。

今後も、FTTH が通信速度面において絶対的な優位性を維持し、低価格化すれば、同様に ADSL 通信接続サービスの低価格化も並行するものと予想される。Yahoo!BB のように、ADSL 通信接続サービスを主力商品とする通信事業者兼 ISP は、FTTH に対する価格的な優位性を維持し続けるしかない。<sup>(59)</sup>表 4 で示した総務省の2005年時の利用料金予想には、電気通信事業者間と ISP 間の激しい価格競争の観点<sup>(60)</sup>が欠落しており、正当性に乏しい。FTTH 普及への援護射撃となるべきはずのブロードバンド・コンテンツも、現時点では不在の状態であり、<sup>(60)</sup>実用面を前提とすれば、FTTH の普及は総務省の予想から数年程度のズレを想定すべきであり、ECR の予想のほうが妥当性を有している。ただし、家庭レベルのインターネット利用者が本稿の内容を重視し、ブロードバンド通信契約の選択肢について常に冷静な判断を下すわけではない。このため、何らかの形で「FTTH ブーム」に火が着けば、2005年前後までに ADSL 利用契約者数と肩を並べるまでに成長する可能性は残る。

また、純粋に映像用途とは定義し難いが、ストリーミング技術を活用したサービスについては、今年末以降から各所で急速な立ち上がりを見せる可能性は極めて高

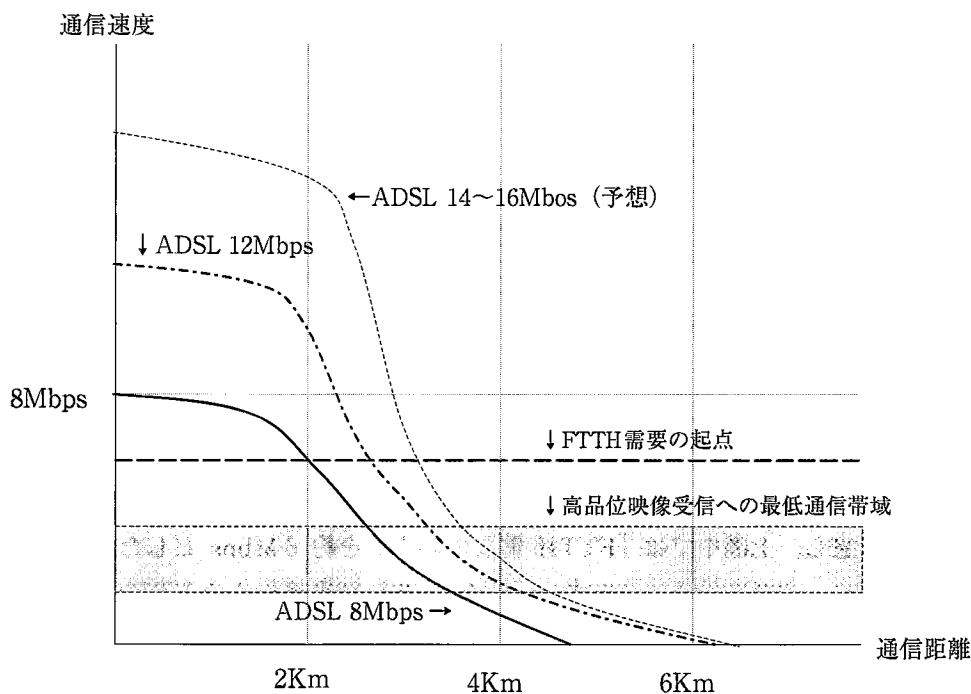


図8 ADSL 通信速度減衰とストリーミング映像受信

<sup>(61)</sup>い。本稿中では、ストリーミング技術の詳解などは行わないが、今後の FTTH 需要への起爆剤となりえる。特に、3.5 Km 以上の経路線長上に位置する 1.5 Mbps ADSL 通信接続サービスの利用契約者は、ストリーミング・コンテンツ受信時の通信帯域にも不足が生じる上に、上位 ADSL 通信接続サービスにも移行し難いため、FTTH サービスへの乗換えも検討せざるをえない。

図 8 は、8 Mbps 以上の ADSL 通信接続サービスと初期のストリーミング実用帯域を重ね合わせ、FTTH 需要の起点を示したものである。ブロードバンド・コンテンツの中でも、ストリーミングを活用した様々なサービスについては、Windows Media 9 シリーズの登場を機会に急速な立ち上がりを見せると予想される<sup>(62)</sup>。2004~2005年頃までにおいて、ストリーミング技術で利用されると予想される汎用的な通信帯域は、500 Kbps~1.5 Mbps 程度であり、高品位映像のものでも 3~4 Mbps 程度、最大でも約 6 Mbps 前後までと推定される。つまり、1.5 Mbps 以下の通信帯域を利用する汎用的なストリーミング・コンテンツ整備だけでは、FTTH 需要を特に高める要因とはならない<sup>(64)</sup>。

図 8 中に示される「FTTH 需要の起点」については、ストリーミング・コンテンツ市場の規模の増大によって浮き彫りにされる、ADSL 方式に係わる最大の課題を考慮して算定したものである。この ADSL 方式の最大の課題とは、ADSL 技術そのものが短経路線長（2 Km 程度まで）において最も有効な通信方式であり、本質的に短経路線長のサービス利用者ほど実帯域向上の際にその恩恵を受け、この短経路線長のサービス利用者によって各ノードの通信帯域の大半が消費されてしまうことである。これを概説すれば、単一ノード中に高実効スループットを得るサービス利用者数が多いほど、このサービス利用者がノードを占有するため、通信トラフィック率が増大し、ノード全体の実効スループットも低下する。つまり、このトラフィック増大に伴う影響は、ADSL 方式では短経路線長外のサービス利用者ほど大きくなる。これに対して、FTTH の場合、単一ノード中のサービス利用者は全て定速通信接続となるため、長経路線長のサービス利用者に対して特に不利に作用することはない。換言すれば、ADSL 通信接続サービスは、最大通信速度が向上すればするほど、経路線長の違いによって通信速度に格差の生ずる通信方式でもある<sup>(65)</sup>。この点を考慮し、上図中では「FTTH 需要の起点」を約 6 Mbps とした。ただし、これは同時に、短経路線長に位置する賢明な ADSL 利用契約者の FTTH への乗り換え猶予期間を長期化する、との予想も成立させてしまう。

### 本研究の今後について

ブロードバンド化の進展については今後も継続することになるだろうが、2003～2004年以降では、本研究を継続する必要性は徐々に薄れていくことになるだろう。ブロードバンド通信市場の将来的な動向に関して、技術点側面からの「予想」を導出しなくとも、今後は、過去のデータを基に「予測」することも可能になるであろうし、民間シンクタンクの予測精度も徐々に向上してゆくであろう。このため、FTTH 市場に関する研究については、継続の必要性は低いものと判断し、本稿の執筆をその最後としたいと考えている。

別表1 主要 ISP の通信速度統計 (2002年6月)<sup>(66)</sup>

(出典: WebArena (NTTPC 社))

種別	会社・サービス名	下りスループット			下り公称回線容量
		20%点	中央値	90%点	
光	B フレッツ ベーシック	4.9Mbps	9.9Mbps	20.0Mbps	100Mbps
光	B フレッツ ニューファミリー	3.9Mbps	8.3Mbps	15.1Mbps	100Mbps
光	B フレッツ ファミリー	3.1Mbps	5.6Mbps	9.2Mbps	10Mbps
光	B フレッツ マンション HomePNA 利用	2.1Mbps	4.1Mbps	6.7Mbps	10Mbps
ADSL8	フレッツ ADSL 8Mbps/iij4u	1.7Mbps	3.0Mbps	4.8Mbps	8Mbps
CATV	J-COM NetHome	1.3Mbps	2.4Mbps	4.4Mbps	8Mbps
ADSL8	eaccess 8Mbps/asahi-net	1.2Mbps	2.4Mbps	4.5Mbps	8Mbps
ADSL8	J-DSL 8Mbps/odn	1.1Mbps	2.2Mbps	4.8Mbps	8Mbps
CATV	ZAQ	1.1Mbps	1.9Mbps	3.5Mbps	10Mbps
ADSL8	ACCA 8Mbps/so-net	1.1Mbps	2.5Mbps	5.2Mbps	8Mbps
ADSL8	ACCA 8Mbps/ocn	1.1Mbps	2.4Mbps	5.3Mbps	8Mbps
CATV	iTSCOM (東急 CATV)	1.0Mbps	2.1Mbps	3.0Mbps	8Mbps
CATV	一般	920kbps	1.8Mbps	3.9Mbps	64kbps~30Mbps
CATV	J-COM 関西地区	820kbps	1.8Mbps	3.8Mbps	8Mbps
ADSL8	YahooBB	610kbps	1.9Mbps	5.2Mbps	8Mbps
ADSL	J-DSL 1.5Mbps/odn	570kbps	1.0Mbps	1.3Mbps	1.5Mbps
無線	SpeedNet 無線サービス	500kbps	840kbps	1.3Mbps	1.5Mbps
ADSL	フレッツ ADSL 1.5Mbps/iij4u	500kbps	1000kbps	1.2Mbps	1.5Mbps
組織	大学	490kbps	1.4Mbps	6.0Mbps	-
ADSL	eaccess 1.5Mbps/all	490kbps	900kbps	1.3Mbps	1.5Mbps
ADSL	フレッツ ADSL 1.5Mbps/zero	430kbps	730kbps	1.3Mbps	1.5Mbps
ADSL	ACCA 1.5Mbps/all	410kbps	790kbps	1.3Mbps	1.5Mbps
組織	企業	230kbps	1.0Mbps	5.1Mbps	-
ADSL	フレッツ ADSL 1.5Mbps/alphainet	190kbps	430kbps	1.1Mbps	1.5Mbps
ISDN	128kbps	34kbps	64kbps	100kbps	128kbps
ISDN	64kbps	26kbps	44kbps	55kbps	64kbps
アナログ	56kbps モデム	13kbps	24kbps	38kbps	56kbps



## 注

- (1) [http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016\\_2.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016_2.html)
- (2) ただし、総務省の「予測」は、技術的側面からの検証に欠けており、実際には全て「予想」の域を超えない。
- (3) <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/010122honbun.html>
- (4) 現状では、最大通信速度 12 Mbps の新たなサービスも提供されている。
- (5) 総務省電気通信基盤局の「インターネット接続サービスの利用者数等の推移」を参照。  
[http://www.mha.go.jp/s-news/2002/020603\\_3.html](http://www.mha.go.jp/s-news/2002/020603_3.html)
- (6) 「ブロードバンドインターネット通信市場規模」,  
<http://www.ec-r.co.jp/press/pdf/20020218.pdf> を参照。
- (7) 総務省情報通信の「ケーブルテレビの現状」,  
[http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/top/catv.html#3](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/top/catv.html#3) を参照
- (8) 総務省「事業戦略ワーキンググループ報告」,  
[http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/pdf/020705\\_8\\_h2.pdf](http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/pdf/020705_8_h2.pdf) を参照。
- (9) 平成14年度版情報通信白書中の「第3章情報通信政策の動向」を参照。  
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h14/html/E3032400.html>
- (10) [http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020705\\_8.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2002/020705_8.html)
- (11) 最新情報に関しては、総務省情報通信統計データベースの「DSL 普及状況公開ページ」を参照していただきたい。  
([http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/whatsnew/dsl/index.htm](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/whatsnew/dsl/index.htm))
- (12) [http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016\\_2.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016_2.html)
- (13) この「インターネット普及世帯数」にはナローバンド利用者数も含まれる。
- (14) [http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016\\_2.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016_2.html)
- (15) [http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016\\_2.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2001/011016_2.html)
- (16) ただし、線経路周辺に ISDN や送電線などの干渉物が少なく、伝送損失が著しく低いケースでは、通信帯域を十分に確保できることもある。
- (17) ADSL 方式でも短線長であれば、12 Mbps を超える高速化は可能である。しかし、線長減衰率を著しく改善することは容易ではなく、単に短経路線長の利用契約者の通信帯域のみが高速化されてしまうことになりかねない。この点に関しては、今後の ITU-T の判断が注目される。
- (18) 12 Mbps ADSL で採用されている方式では、上り通信用の周波数帯に下り通信をオーバーラップさせ、通信安定性の高い上り通信用の周波数帯を活用し、最大通信速度と有効経路線長を同時に延ばせる。
- (19) ただし、固定速度回線契約の通信接続サービスであれ、インターネット利用目的では結局のところ「ベストエフォート方式」と大きな差異がないことを指摘しておきたい。巨大な複合通信環境であるインターネットでは、固定回線の通信速度設定を実速とはできない。特に、貧弱なインターネット・バックボーン回線容量しか有していない小規模通信事業者では、回線契約速度と実速に著しい差が生じることも少なくない。
- (20) この2つの方式による通信速度の高速化については、実際に DSL Forum や TTC (情報通信技術委員会) でも検討対象に含まれている。
- (21) 「S=1/2」をさらに拡張し、シンボル数を減らす方式での通信速度向上も想定してみた

が、エラー訂正機能の縮小は結果的に通信安定性を大きく損なうために、有効な方式ではないと判断した。

- (22) [http://speed.on.arena.ne.jp/stat1\\_5.html](http://speed.on.arena.ne.jp/stat1_5.html)
- (23) <http://speed.on.arena.ne.jp/stat3.html>
- (24) <http://speed.on.arena.ne.jp/stat3.html>
- (25) 西日本電信電話株式会社 (2002b, p. 32)
- (26) Starr *et. al.* (1999), Valenti and Kerpez (1994), Barton *et. al.* (1991)
- (27) この調査データに関しては、eAccess から掲載の許可を得ていないため、同社の HP から直接参照していただきたい。  
(<http://www.eaccess.net/company/press/2001/011101.html>)
- (28) このため、「Annex.A」を採用している Yahoo!BB は、新たに「Annex.C」方式も選択可能にしている。
- (29) 経路線長 4 km でも 700 Kbps 程度。  
(<http://www.acca.ne.jp/information/release/010831/>)
- (30) 今後予想される ADSL 方式の最大通信速度に関する技術向上においても、下り通信速度の向上が優先され、上り通信速度が大幅に改善される可能性は極めて低い。
- (31) 西日本電信電話株式会社 (2002b, p. 44)
- (32) 同様に Ethernet 規格製品を使用している、採用している通信装置機器の処理能力は異なる。また、1ノード当りの接続利用者数の配分にも、各社によって運用方針に開きがある。
- (33) BNR 調査 (<http://www.musen-lan.com/speed/htmldata/>)  
表中の各%点 (20%点~90%点) は、複数の測定データを速度によってソートした場合の位置を示している。仮にデータが100個ある場合、20%点は、遅いデータから20番目のデータとなる。また、各アクセスラインの表示順位は、50%点での数値が高いものからとなっている。
- (34) このため、国土交通省ではこの問題を円滑に解決するためのマニュアルなどを策定している。  
([http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/07/070719\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/07/070719_.html))
- (35) 詳細は、満永 *et. al.* (1983) を参照。
- (36) 詳細は、TTC (2002) を参照
- (37) 湊 *et. al.* (2002, pp. 30-31)
- (38) これは ISP の使用している通信装置機器と採用している通信方式にもよるが、通信制御によるロス分と通信トラフィック制御などの諸問題から、単純に 6 Mbps×10000の計算では実際の通信は成立しない。
- (39) <http://210.239.46.164/stat2.html>
- (40) <http://www.jpix.ad.jp/jp/technical/traffic.html>
- (41) 現状では、FTTH 利用契約者数は少数派であるため、この問題も表出していない。
- (42) <http://www.atmarkit.co.jp/ad/nttcom/nttcom1.html>
- (43) 「e-Japan 重点計画2002」中の「II 重点政策 5分野」を参照。  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/020618-2-1.html>
- (44) 別表1を参照すれば、各ISPの提供する通信接続サービスの公称最高速度と実速の格差がどの程度生じているか、また各ノードの通信処理能力と同時利用者接続数の高低、インターネットバックボーン接続部に関する強弱などについても推察できる。

- (45) GigaEthernet を基幹通信部に採用していたとしても、利用者500人に対して、30 Mbps の安定供給を図るには、単純計算でも6.66%の同時利用者率となってしまう。
- (46) Intel Corporation (2002, p. 6)
- (47) Pentium III 500 MHz の処理性能は、この当時の Celeron 667 MHz と大差ない。
- (48) 現在でも、TCP/IP ネットワークとしてインターネットを活用している利用者も多数いるわけだが、利用者総数からは今や極めて少数派と言えよう。
- (49) <http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h14/html/E1041200.html>
- (50) しかも、本稿中6でも述べたように、PC の通信処理能力と表示処理能力が低い場合では、体感速度は向上しない。
- (51) このようなケースでは、通信速度の実効スループットのみが向上したところで、状況は改善されない。
- (52) 例えば、国土交通省単独でも、平成14年度の光ファイバー整備関連事業予算は2100億円を超過しているが、これらも道路関連事業であり、直接的な支援・振興政策ではない。関連事業予算の詳細については、[http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/others/14siryu\\_2.html](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/others/14siryu_2.html) を参照。国土交通省の詳細については、[http://www.mlit.go.jp/yosan/yosan02/gaisan02/images/gaisan02\\_02.pdf](http://www.mlit.go.jp/yosan/yosan02/gaisan02/images/gaisan02_02.pdf) 中の概算要求を参照。
- (53) ただし、(d) も含め、これらは、政府政策や各省庁政策の対象外となる課題でもある。
- (54) Intel Corporation (2002, p. 6)
- (55) ただし、表7の示すように、100 Mbps 環境下において、パフォーマンスが僅かに向上している一部項目もあり、10 Mbps 以上の通信速度を全く「無意味」と結論付けることもできない。この僅かなパフォーマンス向上分を重視する利用者もいるであろう。
- (56) Web サーバ処理は技術的側面から、通信高速性に特化した最適化は施し難い。ただし、この問題は本稿の対象外でもあるため、参考文献中の山本 (2002a) を参照していただきたい。
- (57) 西日本電信電話株式会社 (2002b, p. 44)
- (58) 有線ブロードネットワーク (2002, p. 17)
- (59) 平成電電のように、月額1250円または年間15000円固定の挑戦的な料金体系を提示する ADSL 事業者も登場している。
- (60) 通信帯域 1.5 Mbps 以上のブロードバンド・コンテンツも存在するが、現時点では ISP 各社のドメイン内のみ利用が限られている。NTT と NTT-BB ではフレッツ利用契約者向けに、6 Mbps のハイビジョン・レベルのコンテンツも配信しているが、このサービスは NTT の地域 IP 通信網内からしかアクセスできない。
- (61) この詳細については、山本 (2002a) を参照していただきたい。
- (62) これまでのストリーミング市場は、個人レベルに限定され、かつ商業展開を目的とした場合には不備も多い。Windows Media 9 シリーズの登場以降では、ビジネス市場においてのストリーミング技術を活用したサービス展開が予想される。なお、ストリーミング技術のビジネス応用についての詳細は、山本 (2002a) を参照していただきたい。
- (63) 現在、NTT と NTT-BB から既に 6 Mbps のブロードバンド・コンテンツの配信が行われている。
- (64) ただし、一回線を複数の利用者や装置機器で共有利用するようなケースでは、FTTH への乗換え需要が生じる。

- (65) この問題は、収容局に設置される通信制御装置を高度化し、経路線長別に利用者の通信帯域優先を設定すれば、ある程度まで解消されるが、これも現実的な措置とは考えられない。この措置を講じれば、ピーク時間帯における短経路線長のサービス利用者の実効スループットが大幅に落ち込み、結果的に、ADSL方式の利点も消失させかねない。
- (66) [http://speed.on.arena.ne.jp/stat1\\_2.html](http://speed.on.arena.ne.jp/stat1_2.html)

## 参 考 文 献

- DSL Forum (1996) *ADSL Forum System Reference Model*, Technical Report TR-001, May.
- DSL Forum (2000b) *Protocol Independent Object Model for ADSL EMS-NMS Interface*, Technical Report TR-035, May.
- DSL Forum (2001a) *Aspects of VDSL Evolution*, Technical Report TR-040, June.
- DSL Forum (2001b) *Auto-Configuration for Basic Internet (IP-based) Services*, Technical Report TR-044, November.
- DSL Forum (2002a) *PPP Static Interoperability Testing*, Technical Report TR-045, February.
- DSL Forum (2002b) *DSL Service Flow-Through Fulfillment Management Interface*, Technical Report TR-047, February.
- Amdahl, G.M. (1967) Validity of the single-processor approach to achieving large scale computing capabilities. In *AFIPS Conference Proceedings* vol. 30, AFIPS Press, Reston.
- Barton, M., Gottlieb, A.M. and Kerpez, K.J. (1991) Simulation Results Using Measured Impulse Noise Data on ADSL Transceivers, *IEEE Workshop on High Rate Digital Subscriber Lines*, HDSL' 91, Session B. 6.
- Chen, T. and Liu, S. (1994) Management and Control functions in ATM Switching System, *IEEE Network*, July/August.
- Chen, W.Y. and Waring, D.L. (1994) Applicability of ADSL to Support Video Dial Tone in the Copper Loop, *IEEE Communication*, July.
- Farkouh, S. (1993) Managing ATM-based Broadband Networks, *IEEE Communications*, May.
- Ferrero, A. (1999) *The Eternal Ethernet*. M.A.: Addison-Wesley.
- Hancock, B. (1995) *Advanced Ethernet/802.3 Management and Performance*, 2nd ed. Digital Printing.
- Intel Corporation (2002) *The Effect of Connection Speed & Processor Performance on the Internet Experience*, Intel Corporation.
- Izzo, P. (1999) *Gigabit LANs: Standards and schemes for next-generation networks*. N.Y.: Wiley.
- Jones, J.R. (1994) Baseband and Passband Transport Systems for Interactive Video Services, *IEEE Communications*, January.
- Kurose, E.T. (1993) Open Issues and Challenges in Proving Quality of Service Guarantees in High-Speed Networks, *ACM Computer Communication Review*, January.

- Mandeville, R. and Shah, D. (1997) Lab Test: Mix - and - Match ATM, *Data Communications*, July.
- Puri, A. (1995) Status and direction of MPEG-4 standard, *Symposium on Multimedia Communication and Video Coding*, N.Y., October.
- Starr, T., Cioffi, J.M. and Silverman, P.J. (1999) *Understanding Digital Subscriber Line Technology*, Prentice Hall.
- Valenti, C.F. and Kerpez, K. (1994) Analysis of Wideband Noise Measurements and Implications for Signal Processing in ADSL Systems, *Proceeding of the 1994 IEEE International Conference on Communications, ICC '94*.
- TTC (2002) 「光加入者線インタフェース-100Mbit/s 一心 WDM 方式」, TS-1000, TTC.
- 稲垣美穂, 東正美, 岩本幸治 (2002) 「インターネット放送とストリーミング技術」, *Matsushita Technical Journal*, February, Vol. 48, No. 1.
- 奥田治雄 (2000) 「デジタル放送とホームサーバー」, 『NHK 技研 R & D』, 1月号, No. 59.
- 数藤崇 (2001) 「光高速データ通信サービス」, 『NTT 技術ジャーナル』, Vol. 13, No. 8.
- 西日本電信電話株式会社 (2001a) 『ATM 専用サービスの技術参考資料 (ATM メガリンクサービス, ATM シェアリンクサービス)』, 第3版, 西日本電信電話株式会社.
- 西日本電信電話株式会社 (2001b) 『一般専用サービスの技術参考資料』, 第7版, 西日本電信電話株式会社.
- 西日本電信電話株式会社 (2002a) 『ATM データ通信網サービスの技術参考資料』, 第1.1版, 西日本電信電話株式会社.
- 西日本電信電話株式会社 (2002b) 『IP 通信網サービスのインターフェースフレットシリーズ』, 第4版, 西日本電信電話株式会社.
- 東日本電信電話株式会社 (2001) 『LAN 型通信網サービスの技術参考資料 (メトロイーサ)』, 第1版, 東日本電信電話株式会社.
- 東日本電信電話株式会社 (2002a) 『LAN 型通信網サービスの技術参考資料 (スーパーワイド LAN サービス)』, 第1版, 東日本電信電話株式会社.
- 東日本電信電話株式会社 (2002b) 『高速デジタル伝送サービス (SONET/SDH インタフェース) の技術参考資料』, 第1版, 東日本電信電話株式会社.
- 東日本電信電話株式会社 (2002c) 『高速デジタル伝送サービス (SONET/SDH インタフェース) の技術参考資料』, 第2版, 東日本電信電話株式会社.
- 満永豊, 勝山豊, 小林敬和 and 石田之則 (1983) 「光ケーブル強度の信頼性設計」, 『電子通信学会論文誌』, J66-B, No. 8.
- 湊透, 横本徹哉, 船本浩志, 島田裕一, 野沢毅 (2002) 「光イーサネットにおける遠隔保守管理方式」, *Fujitsu Denso Review*, Vol. 11, No.1.
- 有線ブロードネットワークス (2002) 『ブロードゲートサービス約款』, 有線ブロードネットワークス.
- 山野誠一, 堺和則, 三好清司, 松本一也 (2001) 「xDSL アクセス技術」, 『電子情報通信学会誌』, Vol. 84, No. 2.
- 山本雅昭 (2002a) 「ストリーミング技術とビジネス・ストリーミング」, 『広島経済大学経済研究論集』, Vol. 25, No. 3.
- 山本雅昭 (2002b) 「メディア変革のシナリオとビジネス・ディバイド」, 『広島経済大学経済研究論集』, Vol. 25, No. 3.
- 渡辺隆市, 山口一雄 (2001) 「光アクセス技術」, 『電子情報通信学会誌』, Vol. 84, No. 2.