4. 欧米のケーブルモデム事情

正会員 藤 原 洋[†]

1. ま え が き

CATV の普及率の高い欧米、特にアメリカでは、当初予定の約1年半遅れでケーブルモデムサービスが立ち上りつつある。これには以下のような背景がある。すなわち、1970年代から1980年代のデジタル信号処理と継続した半導体技術の進歩によってCATVを用いた高速データ通信が可能となってきたこと、また、幹線に光ファイバ、支線に同軸ケーブルを用いるHFC(Hybrid Fiber/Coax)技術が発展したことで、双方向の広帯域通信が実現しつつあることである。そこへインターネットの急成長が重なったことからCATVは、もはや単なるアナログの映像配信メディアとしてではなく、デジタルの高速・広帯域の通信インフラとして見直されてきた。そして法的にもアメリカの新電気通信法であるTelecom Act of 1996や、日本政府によるCATV事業の事業範囲や、外資規制に対する規制緩和によって、従来は有線テレビジョン放送メディアとして考えられてきたCATVこそが、通信、放送、さらにコンピュータネットワークを融合する新たなネットワークの有力な候補としての地位を築きつつあるといえる。

本稿では、CATVを用いた高速インターネットのキーコンポーネントであるケーブルモデムについての歴史、技術的要点、そして市場動向について述べる。

2. ケーブルモデムの発展経緯

ケーブルモデムは、1980年代初頭のブロードバンドLANが起源となっている。すなわち、1981年から1982年にかけて開発されたものが最初である。これが、アメリカ国防総省のプロジェクトであり、Wang Laboratories社とMITのLincoln Labsとの

共同開発によるWang Netである。当システムは、ベースバンド伝送を行うEthernetと比較して、約60kmにも及ぶ長距離伝送を可能とした。1985年には、システムはWang社内で約6000台のミニコンピュータに拡張され、ちょうどこの頃、当プロジェクトに参加し始めたApplitek社がDEC社内のブロードバンドネットワーク構築を1980年代の後半に実現した。

このApplitek社は、1990年にLANcity社に社名変更し、より積極的な活動を開始した。現在まで、このケーブルモデムのパイオニアともいえる多くの実績をもっている。そして、1996年に大手LAN/ルータ・ベンダのBay Networks社に買収され同社の一事業部門になった。

Zenith社は1990年頃、高周波技術を活かした対称型モデムの開発を始め、Ethernetプロトコルに準拠した500kb/sの対称型モデム、続いて4Mb/sの高速型を開発している。

同じ頃、IBM社から独立したエンジニアを中心に、1990年にベンチャーキャピタルなどの支援を得てHybrid Networks社が設立された。1993年に同社は世界初の非対称型モデムを完成させ、次世代の基礎を作った。この間、VOD(Vide On Demand)ブームがあり、ケーブルモデム技術は映像信号の配信技術としても発展した。

このように、LANcity社、Zenith社、Hybrid Network社など先駆的なベンチャー企業による揺籃期を第1世代と呼ぶことにする(図1参照)。

さて、広域LANシステムとして、最初はLANcityなどの対称型モデムが実績を上げたが、昨今では、WWWサービスとCATVのチャンネル構成(帯域幅は上りが狭く、下りが広い)に適した非対称型が登場し、非対称型のWebを基本とするインターネットという新たな市場形成によって、1990年代半ばには非対称型が主流となっている。この第2世代には、Hewlett Packard社、Motorola社、Com 21社などが知られている。第2世代製品は、ネットワーク管理やルーティング制御などのシステム化を指向して

[†] 株式会社グラフィックス・コミュニケーション・ラボラトリーズ 研究開発本部

"Status of Cable Modem Services in Europe and the USA"
by Hiroshi Fujiwara (R & D Headquarters, Graphics Communication Laboratories, Tokyo)

図1 ケーブルモデムの世代交代¹⁾

おり、ケーブルモデムベンダとコンピュータネットワークベンダとの連合が進行している。例をあげると、MotorolaとSun Microsystems, LANcityとBay Networks, Com 21と3Com, TrayanとCisco Systemsなどの提携がある。その後、HP社、IBM社、First Pacific Network社は、1997年3月～5月にかけて事業撤退を決めている。

今日では、第2世代のケーブルモデム製品は20社以上にのぼり（表1参照）、今後は第3世代の標準化対応製品へと移行していくものと考えられる。

3. ケーブルインターネットのシステム構成

以上に述べたケーブルモデムの登場という技術的な面だけでなく、ケーブルインターネットへと発展したいくつかの背景がある。この背景としては、以下の4点に集約することができる。

- ① アメリカにおける新電気通信法である Telecommunications Act of 96 (Telecom Act 96) の施行による法制度上の規制緩和。
- ② 1990年代前半 VOD ブームにより、デジタル映像の配信技術としてケーブルモデム技術が発展した。
- ③ インターネットの急速な普及と高速アクセス回線という市場からの要請。
- ④ デジタル信号処理と半導体技術の発展によるケーブルモデムの低コスト化という技術面での進歩。

先に述べたように、Telecom Act 96や日本政府の規制緩和で、CATV オペレータは、ほとんど無条件にデータ通信事業に参入することができるようになった。そして、今日では VOD ブームが沈静化した、インターネットの爆発的な発展によって、特に電話網

に依存してきたアクセス回線の容量不足の問題が浮き上がってきた。このボトルネックの解消の最も現実的な手段として登場したのがケーブルモデムである。

ケーブルモデムの中心的な技術となっている 64 QAM (64 値の直交振幅変調) の技術 (図2参照) は、従来から理論的には確立していたが、6 MHz 帯域で 30 Mb/s の伝送速度を実現するようになったのは、年々進歩を続ける半導体技術によっている。

このような変復調技術を基本として構築される典型的なシステムでは、図3に示すように、加入者宅には PC と 10 BASE-T で接続されるケーブルモデムを設置する。そして、双方向の HFC (Hybrid Fiber/Coax, 光ファイバ・同軸ケーブルの混在システム) を用いるか、または旧式の CATV では、下りには CATV を用い、上りには電話回線を用いる。

1 台の光ファイバ・HUB ノード (ここで光ファイバ幹線と末端の同軸ケーブルのネットワークとが結合される) で、約 500～2000 軒がサポートされる。そして、ヘッドエンドまたは、分散 HUB に設置されるヘッドエンドモデム、サーバ、ルータ、および各種の管理システムや運用支援システムなどで構成される。

ここで特にヘッドエンド側のシステムが重要で、次のような構成となっている。

狭い範囲にサービスしている独立したヘッドエンドは、今日、冗長性のある光ファイバリングによって相互に接続される傾向にある。これは、1カ所のサイトでグループ化された多くの機能を共有できることを意味し、このサイトはマスタヘッドエンドと呼ばれる。

マスタヘッドエンドとして設計されたサイトは、何よりもまず、インターネットポイントオブプレゼンス (PoP)、すなわち、ケーブルシステムが、高速のインターネットバックボーンに接続するポイントとして機能する。小規模なケーブルシステムにとっては、直接、自前のバックボーンに接続するのではなく、MCI などのインターネットアクセスプロバイダを通じて接続した方が経済的である。地域リングを構築することで、マスタヘッドエンドとインターネット PoP は、都市域全体にサービスすることができる。

マスタヘッドエンドの最初の装置群および機能セットは、マスタヘッドエンドを構成するコンピュータ群と外部のインターネットバックボーンの間でデータ/ストリームを渡すスイッチング装置類である。

IP ルータやサイト中央ルータ、企業用ルータなど、さまざまな用途に利用されるこの装置は、外部のインターネットとケーブルシステムとのインタフェースとなる。

表 1 主なケーブルモデム製品²⁾

Vendor	Product	Downstream	Upstream	Partners	Trials/Orders
3 Com	3 Com Cable Modem	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	2.6 Mbps per 6 MHz with QPSK	Com 21	Trials planned for Q 2 1997
Bay Networks	LANcity LCP	10 Mbps per 6 MHz with QPSK	10 Mbps per 6 MHz with QPSK	C-COR	More than 41,000 LANcity modems in the field. Purchases include Continental for 50,000 units and Cox for 35,000 units
Com 21	ComPORT	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	2.6 Mbps per 6 MHz with QPSK	3 Com	Trials with Prime Cable and Cablecom of Zuerich
First Pacific Networks	FPN 3000	10 Mbps per 6 MHz with AMPSK	10 Mbps per 6 MHz with SQPSK		Vendor for trials by Pacific Gas & Electric, EPB Network System (Kentucky) (撤退)
General Instrument	SURFboard	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	Telco return	FORE Systems	Continental purchased 10,000 units
Heyes	ULTRA Cable Modem	5 Mbps per 6 MHz with FSK	Telco return		Trials scheduled for Q 1 1997 with commercial availability in Q 2
Hewlett-Packard	QuickBurst	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	1.5 to 3 Mbps per 2 MHz with BPSK/QPSK		Order for up to 150,000 modems from Comcast and pending deal with Cox (撤退)
Hybrid Networks	Remote Link Adapter Model 211	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	512 kbps per 300 kHz with 2, 4, and 8 VSB	Sharp, Itochu, Alcatel	Vendor with Intel for Viacom trial Castro Valley and Comcast trial in Lower Merion, PA.
IBM	Cable Online Access System	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	2 Mbps per 1.8 MHz with QPSK		Trials scheduled for Q 1 1997 with commercial availability by mid-year for ATM system. (撤退)
Intel	CablePort	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	Telco return		Limited commercial availability in Q 1 1997 with volume shipments in second half of the year
Motorola	Cyber SURFR	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	768 kbps per 600 kHz with $\pi/4$ -DQPSK	Cascade, Sun	Orders for 500,000+ modem units from Time Warner Cable, Cox, Comcast, TCI, and others.
NEC	CM 5000	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	2 Mbps per 1.5 MHz using QPSK		Trials in February 1997 in Japan with commercial availability in mid-1997
NetGame	NeMo	6 Mbps per 6 MHz with MSK	1.5 Mbps per 1.5 MHz with MSK		500-user trial in Tel Aviv with Tevel, Israel's largest cable operator.
New Media Comm.	CyberCity	5.5 Mbps per 6 MHz channel using ASK	Telco return		Trial with Teleux-Belgium and LMDS wireless cable operator CallulaVision USA
Phasecom	SpeedDemon	30 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	12.6 Mbps per 6 MHz with QPSK		Trials beginning first quarter of 1997
Pioneer	Speed Station	28.5 Mbps per 6 MHz with 64 QAM	2.6 Mbps per 1.3 MHz with QPSK		Initial product development discontinued, plans to build new product to MCNS specs
Scientific-Atlanta	dataXcellerator	6 Mbps per 6 MHz with QBA	Telco return		Order for 20,000 units by TKA Cable
Terayon	TeraPro	10 Mbps per 6 MHz with S-CDMA	10 Mbps per 6 MHz with S-CDMA	Cisco Systems, Sumitomo	Technical trials started in Q 4 1996 with commercial availability scheduled in 1997
Toshiba	Cable Modem	8 Mbps per 6 MHz channel with QPSK	2 Mbps per 1.5 MHz channel with QPSK		Order for 50,000 units from Time Warner Cable
Zenith	HomeWorks Universal	500 kbps or 4 Mbps with BPSK	500 kbps or 4 Mbps with BPSK, or telco return	Cisco Systems, US Robotics	Deployed at more than 300 sites, including trials with Cox and TCI, and commercial deployment by Rogers Cablesystems

Source : Kinetic Strategies

図 2 64 QAM 方式の原理³⁾

図 3 CATV インターネットシステムの典型的な構成³⁾

ルータは、IP パケットを調べて、定められたルールに従ってそれらの経路制御を行う装置である。ルータは、Cisco Systems 社や Bay Network 社などのベンダ製品が主なものである。ルータは多種のプロトコルをサポートする企業ネットワーク内で、異なるサーバ・ネットワーク間でデータ交換を行うときに必要となる。

ヘッドエンドではまた、サーバ、すなわちパソコ

ン、ワークステーションなど、必要なスケールに依存するソフトやファイルを格納する装置が必要だが、その目的は次の 2 つである。

- ・1 つまたはそれ以上のコンテンツサーバは、ローカルコンテンツ、たとえばマルチメディア広告、編集可能な素材データ、電子メール、ネットニュースなどの記憶装置となる。
- ・非ローカルコンテンツを高速にアクセスするため

に、ほかのサーバのコンテンツのローカルコピーを保有するキャッシュサーバや遠隔のコンテンツサーバへの直接高速回線とのゲートウェイとなるプロキシサーバとなる。

運用支援システム(OSS)は、ネットワーク上の各顧客へのサービスの、セットアップ、カットオフ、および技術的な監視機能などを提供し、以下の項目が含まれる。

- ・ネットワーク管理
- ・帯域幅管理
- ・顧客ケア(利用者・課金管理)
- ・セキュリティ管理

商用で、このような OSS 機能を提供する装置は、ほとんどがまだフィールドテストの段階である。それは、IP ルータやスイッチング装置の集合体であったり、ボードやカード、モジュールの形態をとることもある。

ヘッドエンド設備は、ある種のコンピュータなので、OS が必要である。さまざまなベンダや MSO は、TCP/IP をコントロール言語とする 2 つの主要な OS、UNIX と WindowsNT を基本としている。

1996 年 5 月に Microsoft 社は、Microsoft Software Platform for Public Networks として知られる WindowsNT に基づいたソフトウェアパッケージを発表したが、これは HFC(Hybrid Fiber/Coax)での OSS 操作を管理するために開発されたソフトウェアである。

CATV オペレータは、OSS 機能を単なるケーブルモデムサービスだけでなく、ケーブル電話、ニア VOD など多様なデジタルサービスと統合したいと考えている。最終目標は、「エンタプライズマネージメントシステム」の開発である。

ネットワーク管理は、ネットワークがどのように機能し、どのような問題が起こり、どう解決しているかに関する管理機能である。これには、業界標準のシンプルネットワークマネジメントプロトコル(SNMP)が有効で、ケーブルモデムのかななどネットワークの各所に存在する SNMP エージェントがネットワークの状態を監視し、SNMP 管理ソフトウェアパッケージ(例えば、HP 社の OpenView や Sun Microsystems 社の NetManager など)に結果を送る。

自動装置によって、あるいは修理を要する場合には人間に通知するなどして、訂正操作が必要に応じてとられる。

帯域幅管理(RF スペクトル管理とも呼ばれる)は、

トラフィックに応じて、どのサービスに、ファイバや同軸上のどの周波数スペクトルを割り当てているのかを決定する機能のことである。ダイナミックに効率的な管理機能が求められる。

顧客ケアシステムは、要求に応じたサービス品質を管理し、オーダー処理や課金処理を行うシステムである。ユーザによって帯域保証型のプレミアムサービスと他ユーザとの競合状況で帯域が決定されるベストエフォートサービスとが考えられる。また、トラブル時のヘルプデスクシステムなども含まれる。

4. ケーブルモデムの標準化動向

公式の標準化団体として最初にケーブルモデムの標準化活動を開始したのは IEEE 802.14 のワーキンググループであった。この IEEE 802.14 の主なメンバは、HP、Zenith、GI などのケーブルモデムベンダ、および Stanford Telecom などの部品ベンダだが、70 社以上のメンバによって 1995 年初頭から開始したわりには、調整作業が遅れ、標準仕様の完成は、1997 年後半になる見込みである。慣例的には、IEEE 802 標準は、ISO 標準となる。

一方、オペレータ主導の標準化作業は、CableLabs の過去 3 年の活動成果がもととなっている。CableLabs は 1995 年 4 月に高速ケーブルデータサービス(HSCDS)についての提案依頼書(RFP)を出した。これは、どうすればエンドツーエンドの配信システムあるいは配信システムの一部分が作りだせるかをベンダに投げかけたものだった。

この取り組みをリードしたのは、TCI、Time Warner、Viacom、Comcast、Continental、Cox、Jones といったアメリカの代表的なオペレータと、Rogers と Shaw というカナダの 2 大オペレータである。

RFP の目的の中に 2 つの標準インタフェース仕様の決定があった。それはネットワークの先端部分であるインターネットバックボーンとの結合部分と、パソコンとの接続部分のインタフェースについてである。その間にはさまざまなアプローチをとる余地が残されている。最初の仕様としてはネットワークの 2 つの下位層に目が向けられており、国際標準化機構(ISO)の「プロトコルスタック」と呼ばれる 7 層の中の物理層(PHY)とデータリンク層の中の媒体アクセス制御(MAC)層に関するものである。

また、この RFP では、ケーブルオペレータにとって鍵になるいくつかのビジネス目標を明らかにしたといえる。例えば、2 つのサービスクラスを供給する道をオペレータに対して示している。ひとつはプレミア

表 2 MCNS モデムの仕様²⁾

	Downstream	Upstream
Modulation Technique	64/256 QAM	QPSK and QAM
Raw Data Throughput	30 Mbps per 6 MHz for 64 QAM 40 Mbps per 6 MHz for 256 QAM	1.6 Mbps per 1 MHz for QPSK 3.2 Mbps per 1 MHz for 16 QAM
Data Throughput with Forward Error Correction	27 Mbps per 6 MHz for 64 QAM 36 Mbps per 6 MHz for 256 QAM	1.4 Mbps per 1 MHz for QPSK 2.4 Mbps per 1 MHz for 16 QAM

ム料金を徴収してデータのスループットを保証するサービスであり、もうひとつは容量を多くのユーザーと分け合うことによる安い料金のベストエフォート型サービスである。また、それはベンダに対して、どうやって周波数を効率的に割り当てたり、音声伝送装置、双方向ビデオ会議などの先進的な機能をサポートする配信システムを提供しようとしているかについて提案するように求めている。RFP にはベンダから約 50 の回答を得た。

コロラド州のキーストンで行われた 1995 年の 8 月の会議で、CableLabs は CATV オペレータのメンバー企業にベンダからの提案や期待するプロトタイプのも機器評価についての意見を求めた。そのなかには製品が入手可能になるまでのタイムテーブル、簡潔な構成、帯域の有効利用やセキュリティといったことが含まれていた。

CableLabs は 1995 年末、主要なケーブルネット 95 の展示会(カリフォルニア州のアナハイムのウエスタンケーブルショー)でネットワークの機器やデータに合わせたアプリケーションのデモンストレーションを行うために、約 40 のベンダを集めた。

そして、1996 年に入ってすぐに、ケーブルモデムの開発と標準化を進めるためのケーブルオペレータの協同行動の中心は、以下に述べるグループとしての Multimedia Cable Network Systems Partners Ltd. (MCNS) にシフトしていったのである。

TCI, TimeWarner, Cox, Comcast の 4 つの MSO (Multiple System Operator, 複数の CATV 局を運営する統轄会社) が連合して 1996 年 2 月に結成された MCNS (Multimedia Cable Network System Partners) には、さらに Rogers (カナダ) と CableLabs (全米の MSO の共同利用研究機関) とが加わり、オペレータ主導の統一調達仕様としてのケーブルモデム仕様を 1996 年 3 月 16 日に確定した。この結果、1998 年前半には、MCNS 仕様统一到した、ケーブルモデムを前提にしたサービスを行うと MCNS メンバのオペレータは表明している。さらに、Cable Labs を中

心に ITU-T SG 9 での標準化への働きかけが行われており、ITU-T 標準になる見通しである。

MCNS の主な仕様は、表 2 に示すように、下りに 64/256 QAM、また、上りに QPSK および 16 QAM を用いている。

この他に DAVIC (Digital Audio-Visual Council) もケーブルモデムの標準化をあげていたが、基本的には ITU-T SG 9 などに追従する見込みである。

5. ケーブルインターネットの市場動向

ケーブルインターネットサービスは、電気通信法の緩和によって可能になった CATV オペレータの新通信サービスの目玉として位置づけられる。すでに 1996 年 1 月から Jones Internet Channel, 9 月から @Home と Road Runner のサービスが始まっている。このサービスには前述のように双方向の HFC 化がポイントとなるが、ケーブルインターネットサービスに熱心なオペレータは、1997 年から 1998 年にかけて急速な HFC 化を進めている。

表 3 に、1997 年から 1998 年にかけての HFC 化の計画を示す。また、このような HFC 化を前提にした市場の予測を図 4 に示す。

このように、アメリカでも従来は 10% 程度でしかなかった双方向 CATV も、新通信サービスへ向けて 30% 以上の HFC による双方向化率を達成するオペレータが多くなっている。図 4 では、1997 年末で約 2

図 4 CATV インターネットの加入者数予測²⁾

表 3 北米における HFC 化計画²⁾

Cable Operator	Service Name	HSCDS 2-Way Homes Passed February 1997	2-Way HSDCS Homes Passed as % of Cable Homes passed	HSCDS 2-Way Homes Passed January 1998	2-Way HSDCS Homes Passed, as % Cable Homes Passed
Time Warner	Road Runner	580,000	3.2 %	4,500,000	25.0 %
USWest/Continental	Highway 1	290,000	3.6 %	1,500,000	18.7 %
Rogers	WAVE	213,000	8.1 %	1,500,000	57.6 %
Videotron	WAVE	200,000	13.3 %	400,000	26.6 %
COGECO	WAVE	195,000	21.6 %	300,000	33.3 %
Adelphia	Power Link	192,000	7.6 %	400,000	16.0 %
TCI	@Home	80,000	0.3 %	1,500,000	6.2 %
GTE	Americast	40,000	36.3 %	135,000	36.3 %
Cox	@Home	30,000	0.6 %	1,500,000	30.0 %
Comcast	@Home	25,000	0.3 %	1,000,000	14.7 %
Shaw	WAVE	20,000	1.1 %	265,000	14.7 %
Cablevision Systems	Optimum Online	15,000	0.3 %	350,000	8.7 %
Jones Intercable	Internet Channel	12,000	0.7 %	60,000	3.5 %
Other		113,700	—	250,000	—
TOTAL		2,005,700		13,660,000	

万世帯がケーブルインターネットサービスに加入し、2000 年に 160 万世帯、そして 5 年後には 300 万世帯を超えるものと予測されている。

ヨーロッパでは、CATV 普及率の高いドイツ、ベルギーなどベネルクス地域、およびイギリスにおいて、商用実験サービスが始まっており、間もなく @Home などの事業が開始されようとしている。

6. む す び

ケーブルインターネットは、インターネットのボトルネックであるアクセス系の問題を解消する上で、ADSL と共に最も現実的な解として期待されている。そして欧米、特にアメリカでは、先に述べたように、すでに TCI をはじめとする MSO 連合の @Home や、Time Warner 社の Road Runner などの商用サービスが開始され、加入者が急速に増加している。解決すべき技術課題や通信事業の経験のない CATV オペレータの事業構造などの課題も多いが、伝送速度で電話線

の 100 倍以上、コストで約 10 分の 1 も可能なサービスである。今後の発展が大いに期待される分野である。
(1997 年 7 月 4 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) 藤原: “技術解説シリーズ②”, CATVnow, 42, pp. 30-35, NHK ソフトウェア (May 1997)
- 2) Kinetic Strategies, Inc. Report
- 3) 藤原, 大久保: “インターネット時代の画像圧縮技術”, アスキー (Aug. 1996)
- 4) 中川, 藤原監訳: “高速インターネットとケーブルモデム”, アスキー (Oct. 1996)

ふじわら ひろし
藤原 洋 1977 年、京都大学理学部卒業。コンピュータメーカ、エンジニアリング会社を経て、1985 年、(株)アスキーに入社。1993 年、(株)グラフィックス・コミュニケーション・ラボラトリーズに出向、常務取締役研究開発本部長となり、現在に至る。コンピュータ通信システム、画像符号化技術の研究開発に従事。工学博士。正会員。