

新しいメディアとインターネット

廣 光 清次郎

(受付 1999 年 5 月 31 日)

1. ま え が き

高速のインターネット接続のため、近年、従来とは異なる様々なメディアが注目されるようになってきた。

インターネット接続という場合、ユーザが ISP (Internet Service Provider) に接続する場合のアクセス接続と ISP 同士が接続する LAN 間接続がある。従来、LAN 間接続のためには、いわゆるコモン・キャリアの提供する高速デジタル専用線がほとんど唯一の選択であった。今日、パケットサイズを小さく揃えて伝送効率を上げようとする ATM (Asynchronous Transfer Mode) サービスや、CATV、無線および通信衛星などの新しいメディアが LAN 間接続および補完的接続として利用可能となってきた。一方、インターネットなど情報ネットワークにおけるすべての通信を基本的にいわゆる IP (Internet Protocol)¹⁾ で実現しようと言う流れは既に定着しており、現状の v4 (version 4) の諸問題に対応すべく後継プロトコルとして、v6 (version 6) の研究が進められている²⁾。すなわち、インターネットは IP 技術という共通の基盤の上に立ちながら、様々なメディアによる接続を選択利用できる時代に入りつつあると言える。

本稿では、新しいメディアのうち、特に通信衛星を利用した 2 つのネットワークシステムに着目する。具体的に第 2 章では、「衛星通信ネットワーク」として、VSAT (Very Small Aperture Terminal) システムに基づく SCS (Space Collaboration System) についてその概要と問題点について述べる。SCS は現状で 1.5 Mbps の伝送速度であり、インターネットとインターフェースできない。第 3 章では、商用利用可能ないわゆる「衛星インターネット」について述べる。具体的には、1999 年 2 月、広島修道大学とアリゾナ州立大学の間で実施した通信衛星を利用したインターネット接続技術の利用実験 (ShudoSat Project) を中心に、関連するいくつかの問題について述べる。第 4 章では、大学のインターネットをとりまく周囲状況との今後の方向性についての見解を述べる。

1) 竹下他：マスタリング TCP/IP インターネットワーク編，オーム社，1995 年 5 月

2) 山村直幸：次世代インターネットプロトコル IPv6，修大論叢，20，1998 年 7 月

2. 通信衛星ネットワーク

大学設置基準の見直しにより、「遠隔授業」による単位認定が可能になり，衛星通信やインターネットなど情報通信技術を駆使した新しい授業展開が可能となった³⁾。このようなニーズに対応でき，現状で実現可能な情報通信技術の一つとしてスペースコラボレーションシステム（SCS）が上げられる⁴⁾。文部省メディア教育開発センター主催の SCS は最も規模が大きく，その整備は1998年度現在、国立大学等79組織89局，私立大学10大学11局となっている。私立大学への対応としては，複数の大学を SCS などネットワークできる「私立大学ジョイント・サテライト事業」がある。一方，全国に分散したキャンパスを持つ大規模な私立大学などでは，独自の学内ネットワークとして衛星通信ネットワークを構築・運営しているところもある。本章では，まず SCS とその課題について述べ，ついで独自に大学間で衛星通信ネットワークを構築しようとする場合について触れる。

2.1 VSAT と SCS

複数の大学が対等であつ容易に教育・研究交流ができるネットワークを目指して，1995年度より SCS の構築が開始された。SCS は，メディア教育開発センターに置かれた中央局（ハブ局，図1参照）により回線制御される参加大学の小型衛星地球局 VSAT を用いたネット

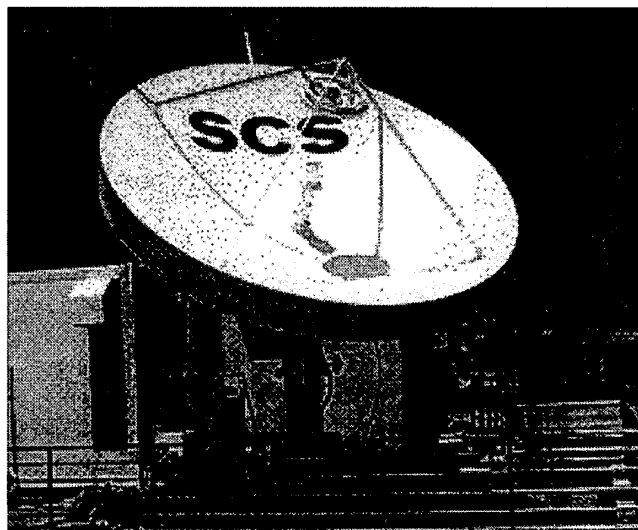


図1 SCS 中央局のアンテナ⁵⁾

3) 大学審議会：「遠隔授業」の大学設置基準における取扱い等について（答申），1997年12月

4) （財）衛星通信教育協会編：遠隔教育の統合システム，1998年10月

5) http://www.nime.ac.jp/nn1/no01/10_11p.html

ワーク構成となっている。通信衛星地球局の運用には、電波法の規定に基づき一般には無線従事者が要求されるが、アンテナ利得を押さえ、無線従事者のいる他のハブ局から制御される場合は VSAT 局として無線従事者を不要とすることが出来、参加・運用を容易にしている。その特徴は、①情報伝送速度 1.5 Mbps、②ハブ局制御の VSAT システム、③複数局による 2 チャンネルの切替共用を基本運用モードとすること、などである。コアサービスは TV 会議機能であり、圧縮方式は 1.5 Mbps H.261 方式で、VSAT 局のアンテナ径は 2.4 m となっている。

VSAT 局設置のための設備・工事費は大変高価であり、1 億円以上の投資が必要である。1 時間あたりの衛星通信回線使用料 (1.5 Mbps) は、SCS 全体で毎月平均 180 時間程度の利用がある場合には約 5 万円/時となっており、複数の私立大学による利用の場合にはそのセッションの利用料金を等分負担することになっている。現状の SCS には他の衛星ネットワークを中継する設備がハブ局に準備されておらず、またインターネットとのインターフェースは一部実験レベルではあるものの一般的でないから、相手先は SCS 参加大学に限られる。

SCS を利用するための正規の利用予約は半年前に申し込む必要があり、それ以降は予約空き時間に申し込むこととなる。年度前半 (4 月～10 月) の利用は前年度の 10 月に申し込むこととなり、カリキュラムが決定する前に利用を検討することは不可能である。

2.2 独自の衛星通信ネットワーク

大学間で独自の衛星通信ネットワークを構築して教育・研究に供する場合、実施する大学間での綿密な連携がまず前提となる。技術的には、使用する衛星、使用帯域、情報伝送速度が両者で一致していることが条件となり、原則、同一設備を整備しなければならない。多数の相手先候補から随時に合同授業を実施するには問題があるが、特定の相手先と長期にわたり連携する場合には、SCS のように事前予約申請等の手間、通信速度の制約、その他機能的な制約に拘束されることがなく期待される効果は大きい。開局のためには CSC の場合に比べて複雑な免許申請が必要となる。また、実施場所に国家資格を持った無線従事者を配置することが義務づけられている。ただし、試験は比較的平易で教職員に資格を持たせることは可能と思われる。今日では外注することも可能なので解決策は複数選択できる。

初期費用としては、使用する設備の程度等によって価格は変化するものの、アンテナ設置経費を含めると VSAT をかなり上回る経費が必要となる。衛星通信回線使用料について、使用する伝送速度と利用時間によって料金は変化するが、例えば 6 Mbps の伝送速度では約 45 万円/時程度である (随時使用契約で月 10 時間程度の利用の場合)。

2.3 今後の課題

SCS は基本設計から 5 年経過しており、最新の情報通信ネットワークへの対応に遅れがあるといわざるを得ない。現状の SCS の伝送容量は 1.5 Mbps であり、品質としては動きの少ない人物像等を取り扱うには支障の無い程度であるが、高精細動画像の伝送には容量不足で、分野によっては不十分である。SCS をあらゆる分野の授業で利活用するためには伝送容量を 3~6 Mbps に増強する必要がある。しかし、一般の遠隔授業は単に音声・画像を実時間で伝送すれば事足りるわけではなく、高品質マルチメディアデータベースなど授業のアーカイブ作成などへも配慮が必要である。また、伝送容量を増やすと、当然回線使用料の増大という問題も発生する。

今日、学内の情報資源は学内情報ネットワーク上のサーバ等に蓄積され、授業中に必要に応じて端末から情報を検索し使用することが一般化しつつある。SCS など衛星通信ネットワークを活用して遠隔授業を行う場合にも学内の情報資源を同様に扱えることが必要である。しかし、現状では送受信装置と学内情報ネットワークを結び付けるインターフェイスが一般的でないため、授業準備のための教員の負担が余計にかかっており利用促進を大きく阻害していると考えられる。学内情報ネットワークとの融合が早急に可能になることが重要である。一方、衛星通信の大きな特徴として、1 対 n の送信方法またはマルチキャストによりキー局から多数の参加局に対してデータを一齐送信（ファイル転送、授業のライブ放送等）することが挙げられる。SCS は基本的には 1 対 1 通信であり、次章で述べる「衛星インターネット」で可能なことが衛星通信ネットワークではいまだ実現されていない。

3. 衛星インターネット

現状で商業利用可能ないわゆる「衛星インターネット」は、双方向（Bi-Directional）の SCS, CATV および無線 LAN によるインターネットと異なり、ダウンリンクのみが衛星経由（Uni-Directional）である。この「行き」と「帰り」の伝送経路の違いとかなり大きい時間遅れがこの技術の問題点であったが、すべてのプロトコルにおいて一応問題は解決され、商用サービスが始まった。衛星インターネットの特徴は、

- (1) ダウンリンクデータ伝送の高速性,
- (2) 電波の特徴である一齐同報性,
- (3) 地球表面の 1/3 をカバーできる広域性

などである。衛星インターネットの教育利用はこれらの特徴に着目してさまざまに展開され

る。離島の学校での利用は広域性と高速性に基づくものである⁶⁾。また、広域に分散したキャンパスにおいて一斉遠隔授業を実施する場合にも利用できる⁷⁾。一方、同報性よりもダウンリンクの高速性に特に着目すれば、学内ユーザを対象とした大容量ファイルの安定したダウンロードサービスや急速に普及しつつあるストリーム系などのアプリケーションへの適用性が浮かび上がる。

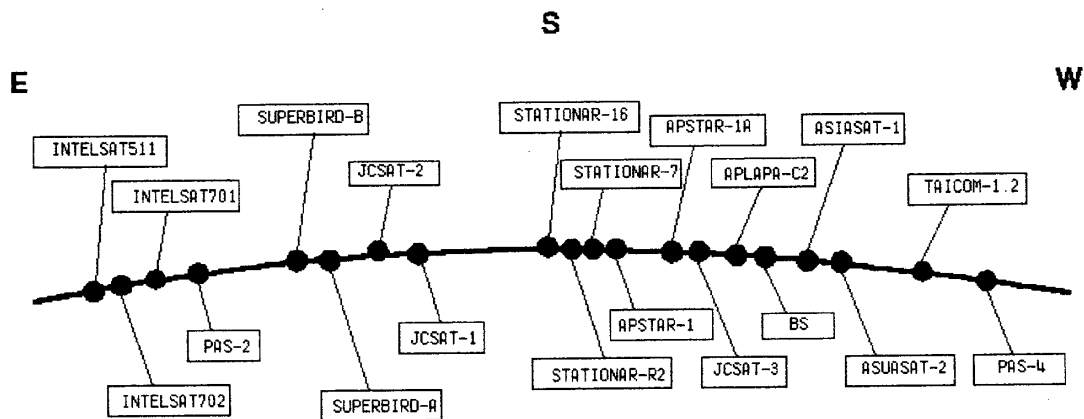


図2 日本上空の通信衛星

図2に日本上空の通信衛星の位置を示す。1996年秋以降、通信衛星を利用したいいわゆる「CS衛星デジタル多チャンネル放送」が開始され、同時にインターネットと同じプロトコルに基づく衛星データ放送サービスもリリースされるようになった。これにユーザからのアップリンクとして従来の地上回線によるインターネットを組み合わせることで非対称ではあるが双方向性を実現し、衛星インターネットとして利用する（図3参照）。今日、商用の衛星インターネットではさまざまなサービス品目を提供するようになっており、伝送速度も、数100k～数Mbpsの範囲で選択可能である。衛星インターネットを利用しようとする学内ネットワーク上のユーザは、図3のプロキシサーバを指定するとリクエストは通常のインターネットを通じて目的のサイトに達する。リクエストに対するレスポンスは衛星地球局のNOC（Network Operation Center）に送られ、衛星経由で受信アンテナに到達し、ゲートウェイを介して学内ネットワークに渡される。必要なシステムは、NTまたはLinux（図4参照）が動くDOS/Vパソコン、衛星放送受信アンテナ、インターフェースカードおよびソフトウェアである（図5参照）。

6) 沖縄県立八重山商工高校, <http://www.cosmos.ne.jp/~yaesyo/>

7) 岡永・銭・三好：衛星インターネットによる国際遠隔授業実験（速報），信学総大，D-15-48，p. 309，1999年

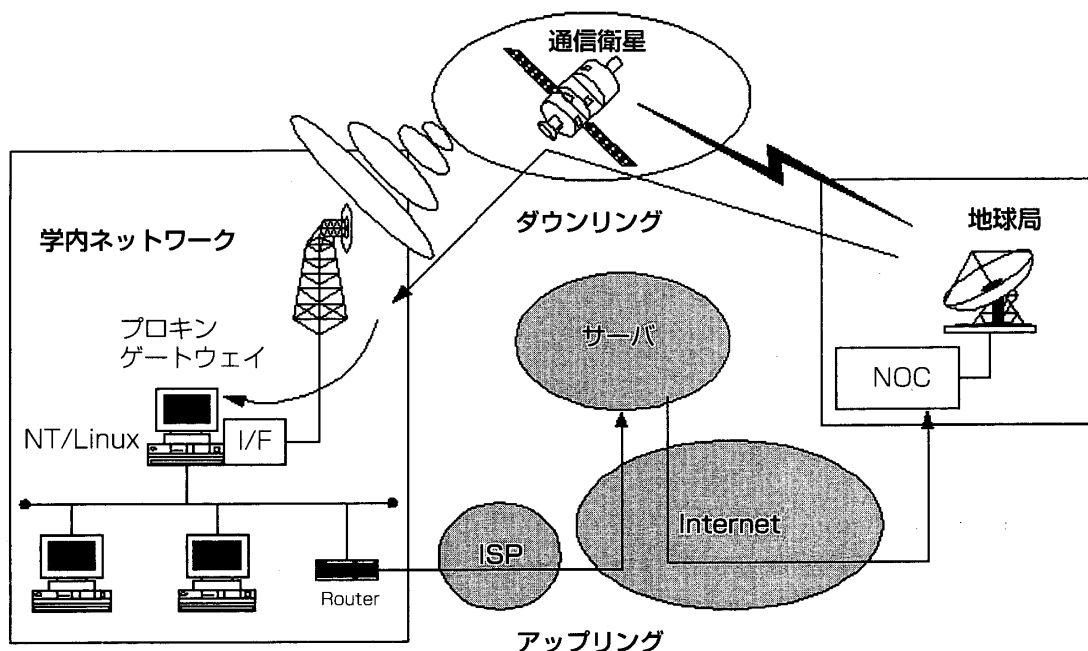
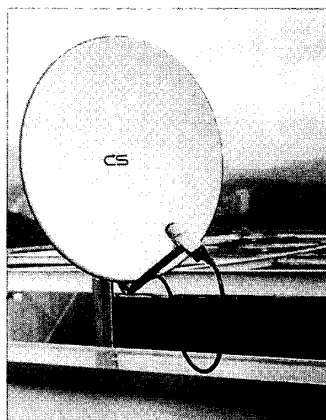


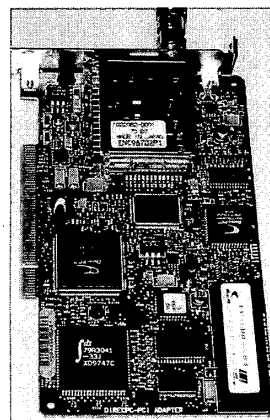
図3 衛星インターネット



図4 プロキシ・サーバー (LINUX)



(a) 受信用アンテナ



(b) インターフェースカード

図5 衛星インターネットのハードウェア

3.1 衛星インターネットの性能

ある商用衛星インターネットサービスでは最大伝送速度を 400 kbps としている。この数値は米国内のバックボーンの実効速度をもとにして定められたといわれている。1998年12月4日午後、広島修道大学（対外接続：CSI 中国・四国インターネット協議会へ 1.5 Mbps）において、FTP による比較的大きな画像データ (<http://opposite.stsci.edu/>) のダウンロード4回による実測の結果を図6に示す。通常のインターネットによる平均値 91 kbps に対して、衛星インターネットによれば平均 375 kbps の実効性能が得られた。図7は予め用意した RealVideo

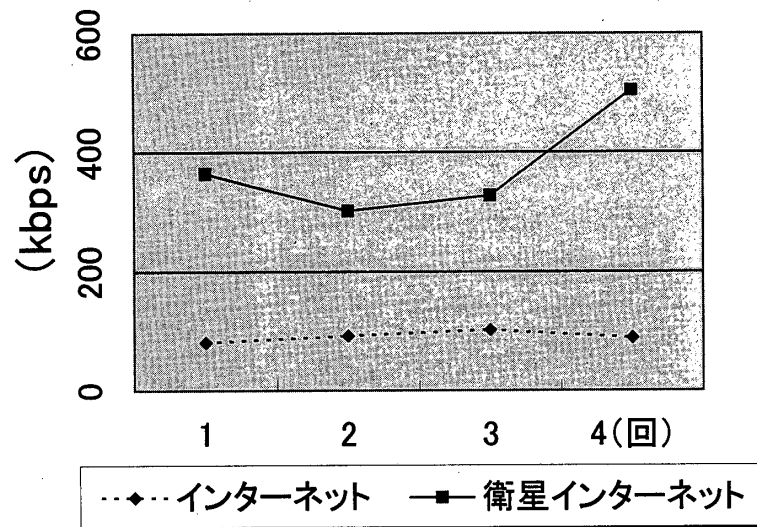


図6 ファイルのダウンロード特性

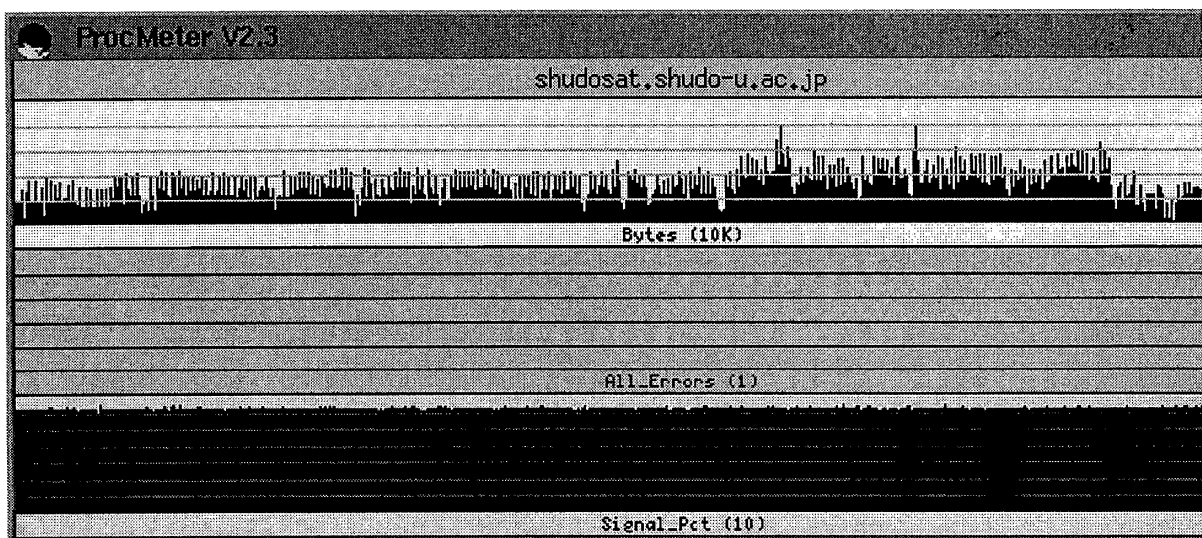


図7 受信特性

のアーカイブデータ (64 kbps エンコード) を受信しながら NASA のホームページをアクセスしたときの受信状態を示すグラフである。上から、それぞれ、受信データ (1 目盛80 kbps), エラーパケット数, 受信信号強度を与える。

3.2 ShudoSat プロジェクト

地上回線を利用したインターネットはいわゆる Best Effort であり帯域保証はない。しかし、遠隔授業などで用いる場合、安定的な高速伝送特性が不可欠である。広島修道大学とアリゾナ州立大学 (ASU) による日米間遠隔教育実験 (ShudoSat Project) を一事例として紹介する。この実験の場合、当面の問題は日米間の地上回線によるインターネットの日常的輻輳を

回避することであるから、日米間を1ホップで中継可能な「ホットバード」をもつ商用衛星インターネットサービスなわちPAS-2衛星（東経169度）が選択される。衛星地球局およびNOCは米国カリフォルニア州ナパバレーにあり、受信アンテナは広島修道大学情報センター屋上（図5(a)参照）に設置した。今回の試みは、両大学間の遠隔講義実施のための協力体制の構築と設備的調査を兼ねた予備的実験であり、筆者が米国に出張し、1999年2月23日～26日の間、アリゾナ州立大学Language Computing Lab. およびDistance Learning Technologyの協力により実施した。

具体的な実験項目は次の通りである。

- (1) インターネットカメラ（JPEG サーバプッシュ方式）+Internet 電話
- (2) ストリーム系アプリケーション（RealVideo）によるライブ（図8参照）およびアーカイブ
- (3) ASU のDistance Learning Technology 提供のインターネットコース
- (4) その他のアプリケーション



図8 Rial Video ライブ画面

アリゾナ州立大学のDistance Learning Technology⁸⁾ 提供のインターネットコースは、教材配布のためのWeb および40 kbps までのRealVideo（授業のライブ，アーカイブ）などを組み合わせたものである。Realサーバの最新版は伝送路の特性に合わせて適応的に送出速

8) <http://www.asu.edu/xed>

度を変化する。インターネットコースのアーカイブは最大 40 kbps でエンコードしたものである。今回、上記プログラムを通常のインターネット経由で受信してみると 20 kbps の伝送速度しか得られないが、衛星インターネットによれば最大の 40 kbps が安定して達成できることがわかった。また、短時間のテスト的データによれば 100 kbps エンコードのアーカイブデータの受信も可能であることが確認された。

3.3 今後の展望

以上、衛星インターネットの概要を紹介し、日米間での遠隔教育の一試みを事例として報告した。その結果、ファイルのダウンロード、サーバプッシュによる動画像の伝送、RealVideo によるライブ・アーカイブの受信などにおいて期待する性能が得られ、日米間遠隔教育への展望が開けた。衛星インターネットの最も自然な利用は、電波の利用に基づく広域同報性に着目したアプリケーションであろう。すなわち、IP マルチキャスト技術を利用するデータの一斉配信である。対象となるデータとしては、多数のネットワークにおいて共有され、大量でかつ常時自動更新されるもの、例えば、電子ニュースや WWW のキャッシュ・データなどがある。周知のように、電子ニュースのフルフィードはそれだけで 1.5 Mbps 程度の対外接続の全帯域を食いつぶす程である⁹⁾。衛星インターネットによる電子ニュースの配信については今春から一部サービスが開始されている。

4. 現状と今後の動向

大学におけるインターネットの利用は拡大の一途をたどり、今後マルチメディア・アプリケーションの利用、大学間の事業協力での利用や遠隔教育での利用などへの対応が必要である。そこでは、現状のインターネットにおいて達成される伝送速度や遅延時間では明らかに不十分であって、大学は情報ネットワーク環境の現状と様々な可能性について常に研究しておく必要がある。

(1) 本学の現状の対外接続先は、地域系学術 ISP である CSI 中国・四国インターネット協議会である。多くの地域 ISP が解散の中で、CSI は基盤強化と新しい事業展開のため、1999 年 5 月特定非営利法人 (NPO) 化を目指すことになった。周知のように、CSI のバックボーンは文部省の学術情報ネットワーク SINET および研究ネットワークである WIDE であり、通常、SINET にルーティングされている。WIDE プロジェクトに代表される研究インターネットの基本は従来も今後も「研究」であり、運用性のみを求める組織は原則参加できない。

9) 廣光清次郎：JUNET と広域コンピュータネットワーク，広島修道大学研究叢書，80，1993年 8 月

CSI の「研究」と「運用」の両立には具体的問題に望んで常に意識上のギャップが残る。

(2) SINET は慢性的なトラフィックの輻輳状態にあり、会社等、他の商用 ISP を経由しなければならない通信において応答性は劣悪である。上述のように CSI の主要なバックボーンは SINET であり、NPO 法人化されてもこれは変わることがない。なお、SINET に関しては2000年度から始まる省庁再編にからみ組織的な変更可能性も考慮しておかねばならない。

(3) 海外への接続性は大変重要な問題である。現状の CSI バックボーンは SINET では米国内の上陸地点でのトラフィックの輻輳が激しく十分な応答性が得られない。ISP がどのような海外接続ポイントを有しているかは ISP の実力を測る重要な尺度である。

(4) 対外接続方法は、多くの大学においてコモン・キャリアによる高速デジタル専用線が採用されている。最近、より高速の接続のために ATM が利用可能になり、コモン・キャリアも対応商品をリリースしている。ATM はパケット長を固定として伝送能率を向上させるものであり、またスイッチによる帯域分割が容易であるとの特徴があるが、その性能は数 10 Mbps クラスの高速伝送において始めて発揮される。ATM は高速画像伝送方式である MPEG2 との適合性に優れるが、可変長パケットの IP プロトコルに対しては変換のため能率低下が避けられない。IP 技術を基礎とする観点からすると、特別の目的を除いて ATM 技術も必ずしも最適と言うわけではなく、多数の技術的可能性の中からユーザの選択の範囲に帰すべきかもしれない。ATM 以外の高速バックボーン技術としては Sonet (Synchronous Optical Network) や WDM (Wavelength Division Multiplexing) などが既に実用化されている。後者は米国の次世代インターネットプロジェクトである Internet 2 で採用され、国内でも一部の商用 ISP のバックボーンで年内に採用予定である。

(5) 大学の対外接続方法として、従来の高速デジタル専用線や ATM の他に、CATV、無線リンク、衛星インターネットなどの新しいメディアの可能性に着目し、その採用や併用を考慮すべきである。衛星インターネットにおいては、その非対称特性（ダウンリンクの高速性）に着目してストリーム系アプリケーションへの利用が考えられ、また一斉同報性に着目して、電子ニュースのフィードや WWW キャッシュのデータ交換などへの利用が考えられる。すなわち、これらの技術は通常のインターネット接続の補完として併用すべきである。

(6) 広島修道大学の学内ネットワークにおいて、現状の FDDI 幹線（支線サブネットはバス型 10 Mbps）は1995年夏に導入されたものであり¹⁰⁾、安定して運用されているものの、一部で輻輳状態が発生するようになった。また今日パソコンのネットワークインターフェースが 10/100 Mbps 共用になっていることから判るように、既に支線は個々に 100 Mbps を保証するスイッチ接続の時代になっている。このことは教員研究室の情報コンセントはもちろん情報センター内の学生用端末においても考慮されねばならず、マルチメディア時代に対

10) 廣光清次郎：広島修道大学のネットワーク、CSI 年報1995-96、1995年 5 月

応した次世代の学内情報ネットワーク検討の時期に来ていると思われる。

(7) 1990年、当時 JUNET と呼ばれた電子メールシステムへの参加と運用は、広島修道大学第2研究棟の一研究室から始まり、これが本学のインターネットの萌芽となった⁹⁾。以来10年を経て今日ではインターネットは第1に安定的運用、第2に適切なレベルの伝送性能の確保、そして第3にマルチメディアへの対応、などが求められる時代に入っている。そして、学内ネットワークの管理・運用は、一部の教員または職員に依存する時代は終わったと言える。いまや情報ネットワークの管理は道路や電話システムの管理と同様に考えるべきであり、また日常的運用業務に関しては必要なアウトソーシングを積極的に活用すべきである。

5. あ と が き

以上、インターネットの一部として利用可能な新しいメディアのうち特に通信衛星の利用に基づく、「通信衛星ネットワーク」および「衛星インターネット」に着目してその特徴や問題点について論じた。さらにわれわれ大学のインターネットを取り巻く諸状況と今後の方向性についても見解を述べた。

大学のインターネットは既に安定的運用の時代に入っており、運用レベルでの組織間の調整や適切なレベルでの必要な協力体制が求められている。一方、各組織の独自性はその上で何を実現していくかの観点で発揮されるべきであり、これがなにより重要である。

謝 辞

本研究の実施に多大の援助を頂いた、広島修道大学情報センター、国際交流センター、商学研究科大学院生川野武氏および道面孝義氏、アリゾナ州立大学 Peter Lafford 氏、Fumiko Foard 氏および William Lewis 教授、広島建設工業(株)角田裕範氏および長瀬勝己氏、(財)私立大学情報教育協会事務局田中敦氏、経済科学部北原宗律教授および福井大学高濱徹之氏(現広島市立大学助教授)ら多数の関係者に謝意を表する。なお、本研究の一部は広島修道大学総合研究所調査研究費によるプロジェクト「インターネットにおけるマルチメディアの応用研究」(1996年～97年)によるものである。