

次世代インターネットバックボーン計画

浅見 徹

(株) KDD 研究所

最近次世代インターネットバックボーン計画についての関心が高いため、通常の「コンピュータと通信」の連載の枠を越えた頁数で、参考文献も豊富に記載した。(エディタ)

●さらに発展するインターネット

インターネットはデータを送受する伝送インフラからデータが形作る情報を扱うアプリケーションまで種々の側面を併せ持っており、インターネットが何であるかと規定するのは、なかなか難しいタスクである。インターネットを回線接続サービス (IP 配送サービス) として捉えた場合、インターネットは (1) ネットワークのリソースを予約しないデータグラムに基づくベストエフォート型サービスであり、(2) 通信距離に依存しない料金体系を持つことに特徴がある。この結果、どこかのアクセスポイントにアクセスできれば世界中と同一料金で通信できるようになり、このことが、インターネットが飛躍的に普及した要因の1つとなったと考えられている。インターネットは、初期段階で持っていたこの特徴を変質させながら近年急速に発展を続けている。ここでは、このようなインターネットの現状と課題を各国の次世代インターネットバックボーン計画から概観してみたい。

●これまでのインターネットの発展経緯とトラフィック需要

インターネットは、アメリカ国防総省 (DOD) が1967年に設立したDARPA (Defense Advanced Research Agency) の援助下に、1969年に開始したARPANETプロジェクトに起源を持ち、大体5年ごとに大きな変革を遂げてきている。第1期ともいえる1969～1975年は、ARPANET等データ通信の黎明期であり、日本では大学間のネットワークであるN1プロジェクトなどが検討され、また、異機種コンピュータ間通信のためのOSI (Open Systems Interconnection) 標準化が開始されている。次の第2期 (1976～1980) は、UNIX, Ethernet等、今日のインターネットの中核となる技術が開発された時期である。

第3期 (1981～1985) では、CSNET (Computer Science Network) 等世界各地の学術ネットが、ARPA-

NETと非TCP/IPプロトコルを使って、メールやニュースによる通信ができるようになり、またBSD UNIXによるTCP/IPプログラム等、以後の技術的基盤も作られた。また、「通信の自由化」を目指した米国通信施策の下、1984年1月1日にAT&Tが分割された事件は、高速化と商用化の波の始まりでもある。第4期 (1986～1990) には、それまでの56kbpsの伝送速度から脱却し、T1 (1.5Mbps) 以上のバックボーン構築を目指して、NSFNET (National Science Foundation Network) が開始された。一方で、世界各国の学術系ネットワークがARPANETにTCP/IP接続できるようになり、実験ネットワークとしてのARPANETが完成した。また、ルータやLANが普及するとともに電話網経由で小規模ユーザがインターネットにTCP/IP接続できるPPP (Point to Point Protocol) 技術が確立し、インターネットの大衆化が始まっている。

1990年代に入った第5期 (1991～1995) は、NSFNETの完成期で、バックボーン間をT3 (45Mbps) 専用線で接続した後、1995年4月30日に実験終了し、インターネットの大衆化・商用化が加速した。この時期に、CIX (Commercial Internet eXchange) 等インターネット接続サービスの開始や、MCI, Sprint等の通信キャリアによるバックボーンサービスが開始されている。一方、WWW, MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions) 等のマルチメディア化が進展し、大量通信需要が喚起され、FDDIの導入等LANの高速化が進むとともに、公衆網でもフレームリレー, SMDS (Switched Multi-MegaBit Data Service), ATM等の高速通信サービスが出現し、データ通信から、マルチメディア通信への移行準備が完了した時期とも見なすことができる。日本でも国家規模の省際ネットワーク (IMNET) が発足し、IJ等の商用プロバイダや、KDD等の通信キャリアによるインターネットサービスが現れている。

インターネットの発展の中で、現在は第6期 (1996～2000) にあたり、バックボーン速度はさらに高速化し、商用サービスで155Mbps～622Mbps、学術系で2.4Gbps程度に至っている。アプリケーションもこれまでのFTP

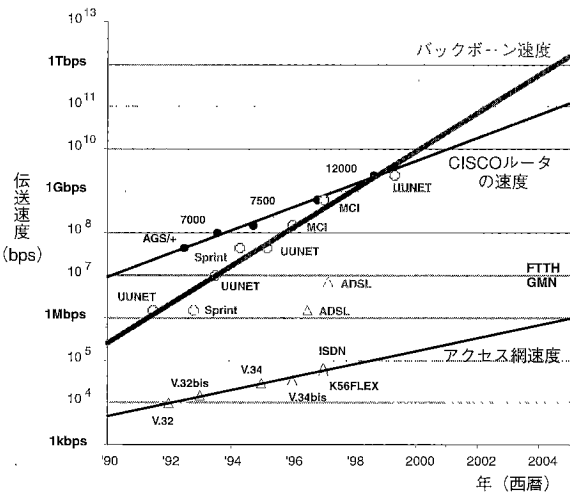


図-1 インターネットのバックボーン速度とアクセス網速度の発達

(ファイル転送)やWWWのような1対1のアプリケーションだけでなく、1対Nのマルチキャスト型の画像配信のような、より高速広帯域のアプリケーションが普及しつつある。また、通信品質に厳しい電話で新たにインターネット電話がサービスされるなど、これまでと質的に異なったアプリケーションも普及しつつある。

1990年代以降のインターネットの商用化の時代では、一般加入者用アクセス網に限っても、通信速度の高速化が目覚ましい。図-1に示すように、日本の場合、1992年前後のV.32モデム(9600kbps)から1995年のV.34モデム(33.4kbps)を経て、1996年のINS-64(64kbps)の普及へと進んできている。したがって、この技術革新が続いた場合、2005年には10Mbps以上の速度のサービスが可能と予測でき、FTTH(Fiber To The Home)やGMN(Global Mega-media Networks)が現実味を帯びてきている。1997年に開始されたNTTのOCNサービスも、一般加入者用アクセス・ラインの高速化に対して、日本の通信キャリアが提示した1つの回答と見なすことができる。一方、米国ではすでに1998年からADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)やCATVによるアクセスサービスが普及しつつあり、21世紀を待たずに一般加入者によるメガビット通信が実現しつつある。

UUNETやMCIなどのプロバイダが提供するバックボーン速度とルータ(特に主要ルータであるCISCO社のルータ)の速度を年度別にプロットして示してみたのが図-1である。アクセス網速度の向上よりバックボーン速度の向上が高速なのは、利用ユーザ数も指数関数的に増加していることを物語っている。このような利用ユーザ層の増大とアクセス速度の指数関数的増大はバックボーンへの負荷をますます大きくしており、1990年代を通じて、需要の増加速度がルータ速度の向上を上回ってきている。この結果、21世紀初頭にはトラフィック的観点から新しい技術を導入して、ネットワークを再構築しなければならない状況にある。このような、「高速アプリケーション」、「大容量バックボーン」の流れに加えて、新しく出現したVoIP(Voice over IP)等の「通信品質」を問題

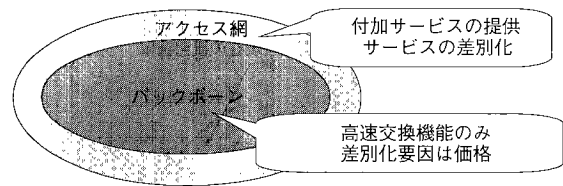


図-2 次世代インターネットを構成する2つの要素ネットワーク

とする流れをも考慮して、各国政府レベルあるいは民間レベルで次世代インターネットバックボーン計画が始まっている。

●広帯域化、高品質化に向けての技術

大容量通信の時代を迎えたインターネットは、基幹となる交換機能を持つルータ自体と、高速大容量の伝送路の確保という課題に直面している。これまでは、バックボーンに使われているルータであろうと、アクセス網で使われているルータであろうと、基本的に汎用コンピュータと同じハードウェア構造を持ち、ソフトウェアで実現した経路制御を通常単一のCPUで実行するのが一般的であった。過去10年間はコンピュータの処理速度の向上も速かったため、このような構造でもなんとか間に合っていたが、必要とされるデータ通信速度が155Mbpsを超えるあたりからアーキテクチャの限界が指摘されるようになった。また、VoIPのようなエンド・エンド通信品質が問題になってきた現在、さらに伝送遅延、ジッタ、パケット損失といった伝送品質も問題とされるようになってきており、従来型のアーキテクチャの限界は明らかである。ここでは、伝送路とルータを例に技術開発の現状を紹介することにしたい。

◎バックボーンとアクセス網の分離

高速化と高機能化という2つの条件を満足させるため、インターネットは図-2に示すようにバックボーンとアクセス網に技術が分裂しつつある。アクセス網の要求条件は、ユーザごとにカスタマイズした多様なサービスを提供できることにある。プロバイダによるサービスの差別化は主としてここで実現されるが、対象トラフィックが比較的小さいこと、種々の機能を短期間で開発する必要があることから、これまでの汎用コンピュータ型のルータ(交換ノード)が引き続き利用されるはずである。

一方、バックボーンは高速のIPパケットの配送に特化したルータ(交換ノード)で実現することになるが、比較的ユーザからサービス品質や機能面が見えにくいことから高速交換機能を実現しつつ、かつ低価格化を図る必要がある。また、超高速交換性能が要求されるため、ハードウェアに頼ったパケット処理を行う必要があり、ユーザに合わせたカスタマイズは難しくなる。これが逆に高速交換等に機能を限定して機器開発する傾向を生み出している。

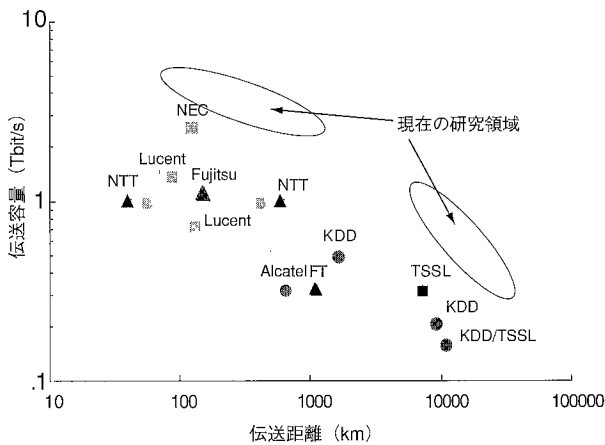


図-3 伝送路の開発動向

このような2種類の異なったアーキテクチャのネットワークを用いて、伝送遅延、ジッタ、通信帯域、セキュリティの保証といった新たな課題を満足しなければならないのが次世代のインターネットである。帯域予約の導入は、インターネットが旧来のベストエフォート型から電話網寄りに変質しつつあることを意味し、インターネットの利点を保持しつつどこまでの通信品質をサポートできるかが、技術的課題である。

◎アクセス網とバックボーンの大容量・高速化

アクセス網での伝送路の大容量化は、ADSL (8Mbps以下)、CATV (10Mbps以下)、FWA (155Mbps以下)、SONET/SDH光リング (155Mbps以下)、ギガビットイーサネット (1Gbps以下) と種々のメディアで種々の速度の通信がユーザに開放されつつある。それぞれ、建設コスト、信頼性等にばらつきがあり、商用化にあたっては、ユーザがどの程度の通信料金でどのようなサービス品質を希望するかにかかっている。これは、ユーザの利用するアプリケーション、地理的条件等がからんでいて、これまでの通信サービスの延長では把握しがたい面がある。現在世界各国で企画されている種々の次世代インターネット計画も、実験を通じて新たなニーズの開拓と新たなユーザモデルの考案を行うことを目指している。

一方、バックボーンにおける伝送路の開発は、トラフィックの集中する大都市間や国際海底ケーブル向けに波長多重技術 (WDM) による高速化が顕著である。図-3に1998年末時点でのファイバ1本あたりの伝送容量を縦軸に、伝送距離を横軸に示してみた。1万kmの伝送が必要な海底ケーブルですら、160Gbpsが実現されていること、伝送距離の短い陸上ファイバでは技術的には1Tbpsが実現されていることに留意して欲しい。

◎テラビットルータの開発動向

伝送路の高速化に伴って顕在化してきたのが、既存の多重・分離端局を用いた場合、端局装置が大規模かつ高価格になることであり、設置スペースの問題も含め、サービスの低価格化の障害になってきている。ルータに光ファイバケーブルを直結してサービス提供するIP over WDMの試みは、(1) 単一アーキテクチャ、(2) 汎用機器 (ルータ) の使用、(3) 1種類の運用保守要員、(4) 設置

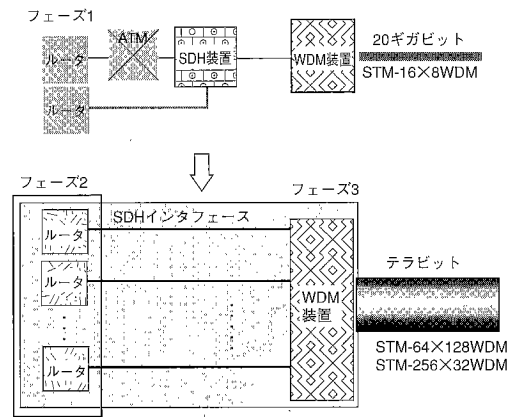


図-4 端局統合集約化のシナリオ

スペースの削減、(5) 電力消費量の削減により交換ノードの低コスト化を目指すことにある。また、OC48やOC192インタフェースのルータが出現していることを鑑みると、端局設備の歴史からも、インターネットは既存の電話端局設備やATM交換機群にルータが加わった図-4のフェーズ1の時代から、フェーズ2へすでに進みつつあると考えられる。これが、IP over WDMと称されるフェーズ3へいつ移行するかは議論のあるところかもしれないが、端局の統合集約化は経済原則の観点からも歴史の流れである。

このような背景から、俗にいうテラビットルータに向けた開発が、AVICI⁹⁾、Pluris⁴⁹⁾、NEXABIT⁴²⁾、JUNIPER³⁶⁾ 等米国のベンチャー企業を中心に行われている。それぞれの発表スペックは、AVICIのTSR (Terabit Switch Router) でOC48×2,240またはOC192×560まで、PlurisのTNS (Terabit Network System) でOC48×1,024、OC192×256まで (スイッチ速度は1ポートあたり2.5Tbps)、NEXABITのNX6400でOC3072まで収容可能 (スイッチ速度は6.4Tbps) と高速である。NX6400の場合、現在コアルータとして使われているCISCO 12012の1455倍の速度を実現している。JUNIPERのM40は、やや小ぶりでも40Mpps (40Gbps) であるが、それでもCISCO 12012 (4.4Mpps) の10倍の交換速度を実現していて、いち早くCalREN-2¹²⁾ のような学術系や、UUNET等の商用ネットで利用が始まっている。これらの高速ルータは、たとえばNX6400を例にとると、通常のルータより一回り大きいのが、OC192を256回線収容できるため、前述の端局設置スペース (同時に電力消費料、端局価格も) の技術課題が解けることが分かる。

●世界各国の学術インターネットワーク

インターネットの母体となった学術インターネットの活動は現在では世界的に多岐に渡っており、全体の方向性を一括することは至難である。また、すでにInternet²³⁰⁾ に関する軌跡の解説もある³⁷⁾、⁵⁰⁾。このため、ここでは動向を把握するのに中核となる標準化機関、ネットワークプロジェクト別に、主要組織がどのような目的を持っ

国名	機関名称	業務内容
米国	CENIC	The Corporation for Education Network Initiatives in California: 超高速次世代インターネット通信サービスの実現を目指したカリフォルニア州の学術研究団体で、カリフォルニア大学の全キャンパス、Caltech, CSU, JPL, Stanford 大学、USC から構成 ¹⁴⁾ 。
米国	CAIDA	The Cooperative Association for Internet Data Analysis: ローバスタかつスケーラブルな広域インターネットの構築を目指し、技術的あるいは運用上の課題解決のため、カリフォルニア大学サンディエゴ校 (UCSD) が 1997 年 9 月に設立した団体。Cisco, DARPA, Digital, NSF をスポンサに、活動の主体は、BBN, CANARIE ¹³⁾ , Invisible Worlds, MCI/vBNS ⁵⁷⁾ , Merit/U. of Michigan, MFS/Worldcom, NASA Ames, NCAR, PSC/Carnegie Mellon U., Qwest, Sun Microsystems, Verio, Xerox PARC など ¹¹⁾ 。
米国	CNRI	The Corporation for National Research Initiatives: 米国の情報通信技術の研究開発推進のため 1986 年に設立された非営利組織。NII のアーキテクチャと技術要求仕様を決めるため XIWT (Cross Industry Working Team) ⁵⁹⁾ を組織、管理し、IOPS ³²⁾ 設立支援、D-Lib (デジタル図書館) プロジェクトなどの活動を行っている ¹⁶⁾ 。
米国	FNC	The Federal Network Council: 連邦政府関係機関のネットワークを相互接続し、教育、研究、運用上の目的を合わせ、かつ FNC 関連機関で開発した新通信技術を商業ネットワークで成熟させるために、National Science and Technology Council の CCIC (Committee on Computing, Information and Communications) が 1995 年 9 月に設立 ²¹⁾ 。
米国	NLANR	The National Laboratory for Applied Network Research: Internet 2, STAR TAP ^{18), 52)} , NGI ⁴³⁾ , vBNS に代表される NSF の HPNSP (High-Performance Network Service Providers) 接続組織の技術的支援やトラフィック解析を行うために 1995 年に設立され、MOAT (Measurement and Operations Analysis Team) や DAST (Distributed Applications Support Team) や NCNE (National Center for Network Engineering) を含んでいる ³⁹⁾ 。
米国	NANOG	The North American Network Operators' Group: NSFNET の "regional-techs" 会合から 1994 年に Merit 中心に技術情報交換の場として生まれた組織。会議収入とベンダからの寄付により運営している ⁴¹⁾ 。
米国	UCAID	The University Corporation for Advanced Internet Development: 大学レベルのネットワーク開発のため設立された非営利コンソーシアム。Internet 2 プロジェクトの推進母体でもある ⁵⁵⁾ 。
カナダ	CANARIE	カナダ連邦政府と民間企業がカナダの情報ハイウェイ開発促進のために 1993 年設立したコンソーシアム ¹³⁾ 。
EU	DANTE	Delivering Academic Networks to Europe: NRN (European National Research Networks) が、1993 年に設立した非営利企業で、ヨーロッパ諸国の研究者への国際ネットワーク接続サービスを提供している。Q-MED や Quantum (TEN-155 ¹⁷⁾) といった国際プロジェクトを持っている ¹⁶⁾ 。
EU	TERENA	The Trans-European Research and Education Networking Association: 1994 年に RARE (Réaux Associés pour la Recherche Européenne) と EARN (European Academic and Research Network) が合同して教育研究機関用に高品質の国際情報通信網を開発するために設けられたヨーロッパの組織 ⁵³⁾ 。
英国	UKERNA	United Kingdom Education and Research Networking Association: 教育研究機関向けに JANET (Joint Academic Network) ³⁵⁾ を含むコンピュータネットワークサービスを提供している英国の組織 ⁵⁰⁾ 。
日本	JAIRC	Japan Advanced Internet Research Consortium: WIDE, SINET, iMnet, JGN 等日本の 9 つの学術ネットワークが 1998 年に相互接続してできたコンソーシアム。UCAID との共同研究を 1999 年 2 月 18 日に発表している ³⁴⁾ 。
日本	NACSIS	National Center for Science Information Systems: 1986 年設立の文部省学術情報センター。日本の大学間を結ぶ情報通信ネットワーク SINET を運用している ⁴⁰⁾ 。
日本	郵政省/ TAO	郵政省/通信・放送機構 (TAO): 1999 ~ 2003 年度の間、「研究開発用ギガビットネットワーク」JGN (Japan Gigabit Network) プロジェクトを推進 ²⁾ 。
アジア	APAN	Asia-Pacific Advanced Network: 1997 年に高速ネットワークの研究開発と国際共同実験のため、日本、韓国、シンガポール、オーストラリアを中心に、設立された非営利コンソーシアム ⁴⁾ 。
アジア	APNG	Asia Pacific Networking Group: 1991 年から活動を始めたアジア太平洋地域の相互接続を促進するためのボランティア・グループ。APNIC (Asia Pacific Network Information Centre), APLe (Asia Pacific Policy and Legal Forum), APIA (Asia & Pacific Internet Association), APAN, APTLD (Asia-Pacific Top Level Domain Forum) や APRICOT (Asia Pacific Regional Internet Conference on Operational Technologies) の母体となった活動である ⁶⁾ 。
アジア	SINGAREN	Singapore Advanced Research and Education Network: 高速バックボーン・ネットワークの開発のために 1997 年に設立したシンガポールの団体 ⁵¹⁾ 。
アジア	IUCC	エルサレム、テルアビブ、ハイファ大学等イスラエルの 8 大学を中心とする学術インターネットプロジェクト。イスラエル Internet 2 推進母体で、北米の STAR TAP や、DANTE の TEN-155 につながっている ³¹⁾ 。

表-1 ネットワークプロジェクト運用組織

て活動しているかを基本に、概要とネットワーク構成をまとめ、関連情報への URL 情報を参考文献にリストアップすることにする。ただし、関連機関も数多いため、すべてを網羅しているわけではないことに留意して欲しい。

表-1 に米国、カナダ、EU、英国、日本、およびアジアの主な学術インターネット運営組織をリストアップした。また、各国で遂行されている次世代インターネットプロジェクトあるいは関連ネットワークを表-2 に示した。

米国における次世代インターネットの計画は相互に関係してはいるが、大きく Internet 2³⁰⁾ と NGI⁴³⁾ とに分けることができる。Internet 2 は UCAID⁵⁵⁾ により遂行されている次世代インターネットプロジェクトであり、大学や研究機関だけでなく多くのキャリアや機器ベンダが参加している。日本のキャリアでも NTT や KDD がメンバーになっているように国際的にも開放されている。ただし、Internet 2 自体は実験協議会であり、実験そのものを遂行するネットワークインフラに関しては、広域ネットは図-5

に示す UCAID の Abilene¹⁾ と NSF の vBNS⁵⁷⁾ (図-6) を、地域ネットは図-7 に示す CENIC¹⁴⁾ の CalREN-2¹²⁾、国際接続は NSF の STAR TAP^{18), 52)} などを用いている。

一方、NGI は、DARPA, DOE, NASA, NIH, NIST, NSF 合同プロジェクトであり、通常の 100 倍の速度を実現する 100 × テストベッドと 1000 倍の速度を目標とする 1000 × テストベッドの構築が主たる目的である。前者は、vBNS, DREN⁴³⁾, NREN⁴³⁾, Esnet²⁰⁾ を利用したテストベッドであるが、後者は SuperNet⁴³⁾ と呼ばれ、図-8 に示すように、地域 WDM テストベッドである ATDNet⁸⁾, BossNet¹⁰⁾, NTONC II^{45), 48)}, ONRAMP⁴⁷⁾ などを 2.5 ~ 10Gbps (IP/SONET/WDM) の HSCC²⁴⁾ で相互接続した実験網である。

Internet 2 や NGI の関連機関として、NGI のトラフィックの収集やパフォーマンス解析を行っている CAIDA¹¹⁾ や、HPNSP (Internet 2, STAR TAP, NGI, vBNS 等) 接続組織の技術支援とトラフィック解析を行う

米国	Abilene	Qwest, Cisco および Nortel のサポート下で UCAID が行っているプロジェクト。GigaPoP と呼ばれる米国各地に散在する地域ネットワーク集中局間を結ぶ超高速バックボーンを構築することを目指している ¹⁾ 。
米国	CalREN-2	The California Research and Education Network 2 : CalREN (1993 年に Pacific Telesis Group (Pacific Bell) が \$25M の基金で作ったカリフォルニア州の 365 学術研究機関を結んでいるネットワークプロジェクト) 後継プロジェクトとして GENIC が遂行しているプロジェクト。全米規模で展開されている「Internet 2」プロジェクトの中でカリフォルニア地区の 15 の大学・研究機関をつないだ非商業ネットワーク ¹²⁾ 。
米国	DREN	DoD (Department of Defence) の Defence Research and Education Network。NGI の 100 × テストベッドを構成する ⁴³⁾ 。
米国	Esnet	米国エネルギー省が設立したエネルギー科学研究のための広域ネットワーク。NGI の 100 × テストベッドを構成 ²⁰⁾ 。
米国	Internet 2	高度な通信アプリケーションや通信サービスの開発、導入、運用、技術移転を促進して米国の研究開発教育分野でのリーダーシップを助長し、インターネット上の新しいサービスやアプリケーションの普及を促進するために設立 ³⁰⁾ 。
米国	MirNET	米国とロシアの科学者や教育者間の共同研究のために次世代インターネットサービスを提供するために 1997 年に設立された米露共同プロジェクト ³⁸⁾ 。
米国	NGI	Next Generation Internet Initiative: 現状の 100 ~ 1000 倍高速のネットワークとアプリケーションを開発・デモンストレーションすることを目的に、DARPA, DOE (Department of Energy), NASA, NIH (National Institutes of Health), NIST (National Institute of Standards and Technology), NSF 合同で 1997 年に作ったプロジェクト ⁴³⁾ 。
米国	NREN	NASA の Research and Education Network。NGI の 100 × テストベッドを構成する vBNS, DREN, NREN, Esnet の 1 つ ⁴³⁾ 。
米国	STAR TAP	Science, Technology And Research Transit Access Point: NSF (The National Science Foundation) CISE Networking and Communications Research and Infrastructure division が国際ネットワークの相互接続性のために設けたアクセスポイント ⁵²⁾ 。
米国	SuperNet	NGI の中で現状の 1000 倍のスループットを目指す DARPA のプロジェクト。ATDNet ⁹⁾ , BossNET ¹⁰⁾ , NTONC (The National Transparent Optical Network Consortium) ⁴⁵⁾ , ONRAMP ⁴⁷⁾ などの WDM テストベッドとこれらを結ぶ HSCC (High Speed Connectivity Consortium) ²⁴⁾ からなる ⁴³⁾ 。
米国	vBNS	The National Science Foundation Very High Speed Backbone Network Service: 1995 年に高速 ATM 網 (622Mbps) をインフラに使って始まった NSF 主導の高速 IP 接続実験。Internet 2 や NGI の実際のネットワークインフラの一部 ⁵⁷⁾ 。
カナダ	CA*net 2/ CA*net 3	次世代インターネット、アプリケーション、サービスの開発をサービス品質 (QoS) 保証の観点から促進するため設立されたカナダ CANARIE のネットワークプロジェクト ¹³⁾ 。
EU	DFN	The Deutsche Forschungsnetz: ドイツの学術ネットワークで DANTE の出資者の 1 つ ¹⁹⁾ 。
EU	GARR	The Italian Academic and Research network: イタリアの学術ネットワークで DANTE の出資者の 1 つ ²³⁾ 。
EU	Nordunet	デンマーク、フィンランド、アイスランド、ノルウェイ ²²⁾ 、スウェーデンを結ぶバックボーン・ネットワークで DANTE の出資者の 1 つ ⁴⁴⁾ 。
EU	TEN-155	1997 年から 1998 年までヨーロッパの学術ネットワークを 34Mbps のバックボーンで接続した TEN-34 の後継に DANTE が作ったプロジェクトで、バックボーンを 155Mbps に高速化 ¹⁷⁾ 。
英国	JANET	The Joint Academic Network: UKERNA が運用する英国の学術ネットワーク ³⁵⁾ 。
日本	JGN	Japan Gigabit Network (「研究開発用ギガビットネットワーク」): 郵政省および通信・放送機構 (TAO) による 1999 年から 2003 年度までの研究開発プロジェクト。全国 45 カ所のアクセスポイントを最大 2.4Gbps の回線で結ぶネットワークと全国 5 カ所の共同利用型研究開発施設 (岡山県、京都府には WDM テストベッドを整備予定) を大学、研究機関等に開放 ²⁾ 。
日本	SINET	Science Information Network: 文部省学術情報センター (NACSIS) の運用する日本の国立大学、研究機関間を結ぶ情報通信ネットワーク ⁴⁰⁾ 。
日本	WIDE	Widely Integrated Distributed Environment: 1988 年発足。コンピュータ科学・工学に関する研究の実証実験の場としてネットワークの構築運用を目指して 1988 年に発足したプロジェクト ⁵⁶⁾ 。
アジア	APII	第 14 回 APEC TEL 会合で決まった国際共同プロジェクト。日本、韓国、シンガポールが参加して APII テストベッドを作り、ネットワークのインターオペラビリティを実験している。日本では郵政省通信総合研究所 (CRL) が担当している ⁵⁾ 。
アジア	TransPAC	APAN (The Asia Pacific Advanced Network) を北米の STAR TAP 経由で vBNS やその他の国際ネットワークにつなぎ、国際共同研究を行うプロジェクト ⁵⁴⁾ 。

表-2 ネットワーク&ネットワークプロジェクト

NLANR³⁹⁾ などがある。対象ユーザやアプリケーションの違いはあるが、ネットワークレベルでみると、NGI や Internet 2 の目的は、Reliability, Robustness, Security, QoS/DiffServ (MultiCast, Video), Network Management にあり、エンド・エンドの通信品質の確保が前面に出ている点が既存のインターネット技術との相違点である。

同様な試みは、図-9 に示すカナダの CA*net³⁷⁾ や EU の DANTE¹⁶⁾ が推進する TEN-155¹⁷⁾ (図-10) などでも行われている。カナダのインターネット開発は、バックボーン構築 CA*net (1990 ~ 1996)、世界最大の ATM テストベッド NTN (1996 ~ 1997) の実験、OC3 ベースのインターネットバックボーン CA*net 2 (1997 ~ 2000) の構築、WDM ベースでは世界初の広域バックボーン CA*net 3 (1998 ~ 2002) の構築と、順次 CANARIE¹³⁾ 主導で進められてきている。国家規模もあつてか技術革新は急速であり、また米国と比べて IPv6 への取り組みも前向きである。

●国際標準化機関と商用インターネットの動向

次世代インターネットの開発に関しては、IETF²⁸⁾ 等の従来の標準化機関に加えて、OIF⁴⁶⁾ のような物理レイヤの標準化団体をも考慮に入れる必要がある。主な関連機関を表-3 に示す。

次世代インターネットの商用レベルでの取り組みに関しては、UUNET, Qwest, VERIO 等で OC48 レベルの高速ルータの導入が始まっている。SLA (Service Level Agreement) の導入により、プロバイダがあらかじめ提供ネットワークの品質を保証する動きも始まっている。プロバイダ間の運用課題は従来 IOPS (Internet Operators)³²⁾ 等で議論されてきているため、この種の傾向が広まるのも速いはずである。表-4 には、IOPS 以外に興味深い事例として全米自動車工業界向けのインターネットインフラ構築プロジェクトである ANX (The Automotive Network eXchange)³⁾ を含めた。図-11 に示すように、



Abilene Network February 1998

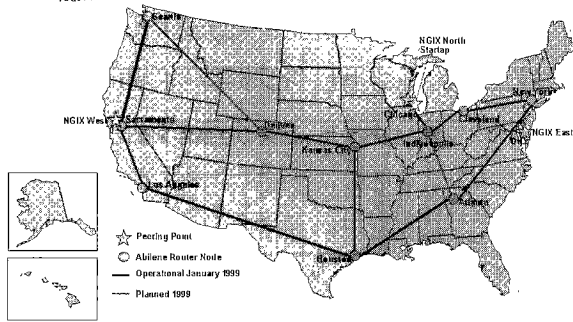


図-5 Abilene ネットワーク構成図¹⁾

93 Initiatives Connected
18 Connections to 11 Peer Networks

vBNS Logical Network Map

Last Updated 05/26/99

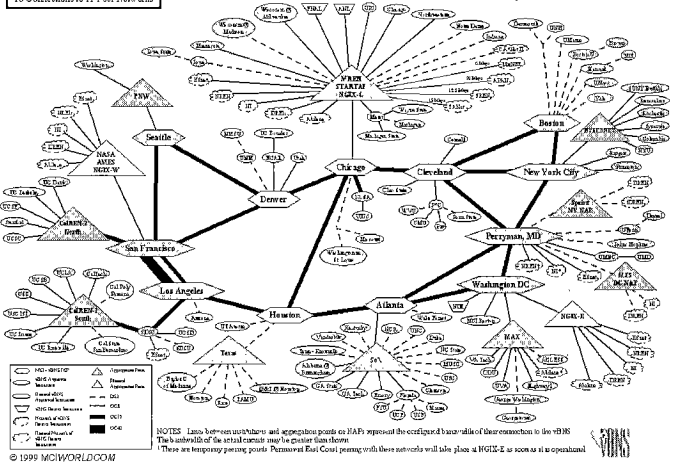


図-6 vBNS 構成図⁵⁾

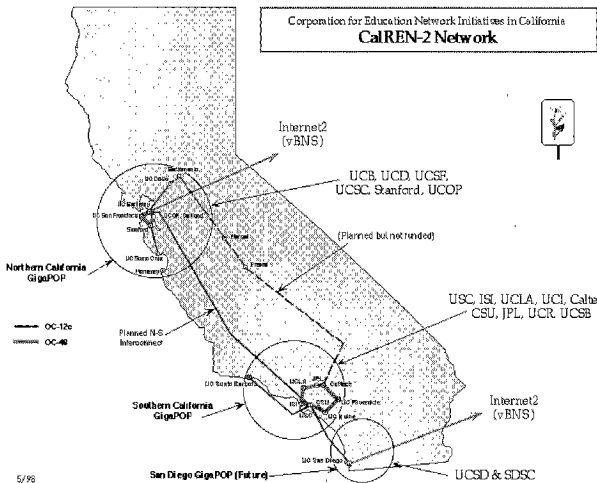


図-7 CalREN-2 ネットワーク構成¹²⁾

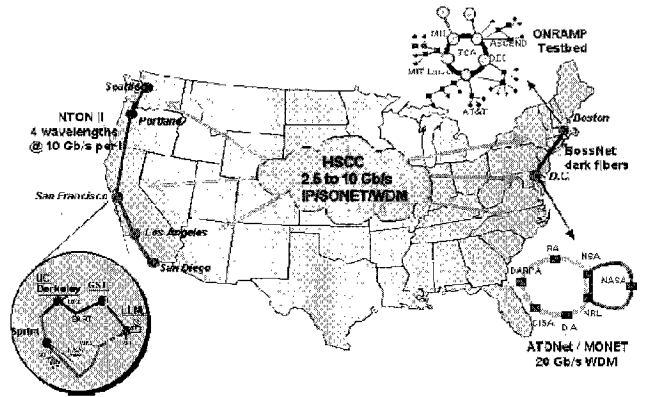


図-8 SuperNet ネットワーク構成図⁴³⁾

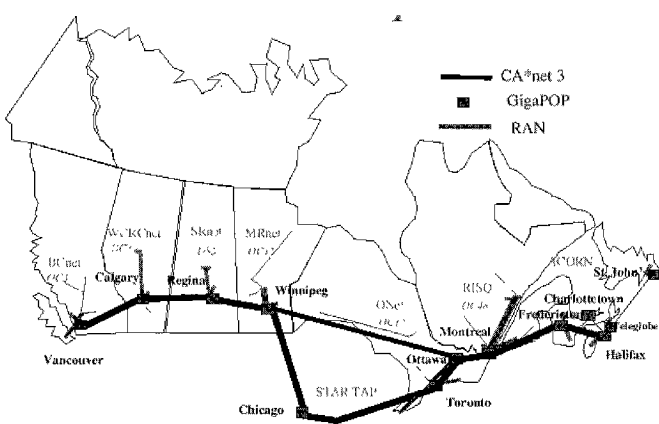


図-9 CA*net 3 ネットワーク構成⁷⁾

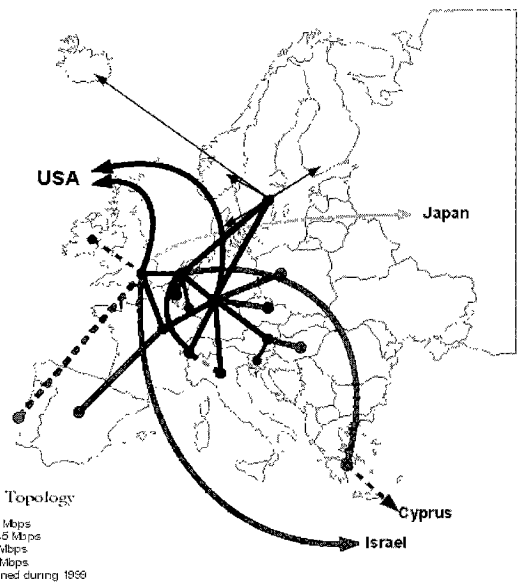


図-10 TEN-155 ネットワーク構成¹⁷⁾

IPSec (IP Security) の導入により、自動車工業界がインターネットを商取引の場として積極的に使っていこうという意味で次世代インターネットへの影響は大きいと考える。

●日本における次世代インターネット実験計画と国際協調

日本のインターネット関連プロジェクトは、IMNET (Inter-Ministry research information NETwork)²⁹⁾ ,

機関名	業務内容
IAB	Internet Architecture Board : インターネット技術上の諮問機関 ²⁵⁾ .
ICANN	The Internet Corporation for Assigned Numbers and Names : IANA (Internet Assigned Number Authority) ²⁶⁾ 等が米国政府との契約の下に実行している IP アドレス割り当て, プロトコルパラメータの割り当て, DNS 管理, ルータサーバシステムの管理を責任を持って遂行するために 1998 年に設立された非営利企業 ²⁷⁾ .
IETF	The Internet Engineering Task Force: インターネットのアーキテクチャの開発, インターネットの運用に関係した研究者, 運用者, ベンダからなる国際団体 ²⁸⁾ .
ISOC	The Internet SOciety: 世界 100 カ国以上の会員を持つ団体. IETF や IAB の活動と密接な関係も持ち, インターネット技術関連の新技術の主導的立場にあり, 国際会議 INET の主催でも知られている ³³⁾ .
OIF	Optical Internetworking Forum: 光ネットワーク技術をベースにしたスイッチ, ルータ等の機器やサービスの互換性を確保するために設立された標準化団体 ⁴⁶⁾ .

表-3 国際標準機関

ANX	the Automotive Network eXchange: AIAG (Automotive Industry Action Group) 内の ITF (The AIAG Implementation Task Force) の TPT (The Telecommunications Project Team) が企画しているプロジェクトで, 全米自動車工業界向けに EC やデータ授受が可能な安全なネットワークを構築する ³⁾ .
IEPG	全世界のインターネットにおける ISP 間のインターオペラビリティを支援することを目指して, RFC1690 で規定して 1994 年に設立されたインターネット運用団体.
IOPS	Internet Operators: 1997 年 5 月にインターネットの広域的な運用課題を解決するために設立された ISP 団体で, AGIS, ANS, AT&T, EarthLink Network, Epoch Internet, GTE/BBN, IBM, MCI, NETCOM, PSINet, Sprint や UUNET が参加している ³²⁾ .

表-4 商用インターネットにおける取り組み

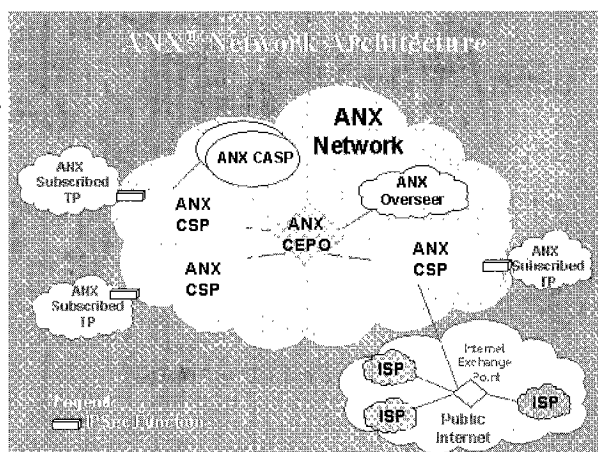


図-11 ANXネットワーク構成図³⁾

WIDE (Widely Integrated Distributed Environment)⁵⁸⁾, SINET (Science Information Network)⁴⁰⁾, MAFFIN (Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries Research Network), CRL (Communication Research Laboratory), RWC (Real World Computing Partnership) のような個々の機関の持つネットワークインフラをベースに研究が進められてきた。このため, 昨年までは高速ネットワーク環境という面では, SINET を除くと次世代インターネットへの取り組みが遅れていた。郵政省および通信・放送機構 (TAO) が整備して今年の春から稼働を開始した「研究開発用ギガビットネットワーク」(JGN: Japan Gigabit Network)²⁾ は, 全国45カ所のアクセスポイントを最大 2.4Gbps の回線で結び, 全国5カ所の共同利用型研究開発施設 (岡山県と京都府には WDM テストベッドを整備中) を 2003 年度まで研究開発用に大学, 研究機関等に開放している。図-12 に示すように日本にも欧米並みの研究開発用高速ネットワーク環境が整ったことになる。

カナダ, ヨーロッパ, 日本, イスラエル等の主要学術ネットワークが, MoU (Memorandum of Understand-

ing: 覚書) に基づいて, STAR TAP 経由の高速な国際回線で, 米国の次世代インターネットプロジェクト下のネットワークと相互接続するようになったため, 国際共同研究が活発化しつつある。

各国レベルでも, イスラエルや米国への相互接続を促す Q-MED プロジェクトがある DANTE, APEC 主導下に始まった日本, 韓国, シンガポール共同実験プロジェクト APII⁵⁾, APAN⁴⁾ 関連のアジア諸国のネットワークを STAR TAP に接続する TransPAC⁵⁴⁾ (米国インディアナ大学と APAN 共同プロジェクト) のように, 相互に共同研究体制が整いつつある。日本も JGN の発足により, ようやく欧米のネットワークインフラに肩を並べられる研究環境が整ったため, 有意義な共同研究の推進により次世代インターネットの構築に向けて寄与できることを期待したい。

参考文献

- 1) Abilene Project, <http://www.internet2.edu/abilene/>
- 2) Amemiya, A., Hoshino, T. and Nakagawa, S.: Private Letters on JGN.
- 3) ANX, <http://www.anxo.com/spindex.html>
- 4) APAN, <http://www.apan.net/>
- 5) APII, <http://www.apii.or.kr/>
- 6) APNG, <http://www.apng.org/>
- 7) Arnaud, B.S.: Update on CA*net 2 & CA*net 3, CANARIE's 3rd Annual Advanced Networks Workshop, Ottawa (1998). <http://www.canarie.ca/eng/networks/optical/Plenary15/CAnetIICAnet3.pdf>
- 8) ATDNet, http://www.dyncorpcis.com/darpa/meetings/ngi98oct/Files/Dardy_DARPA_talk.pp4.ppt
- 9) AVICI, <http://www.avici.com/>
- 10) BossNet, <http://www.dyncorpcis.com/darpa/meetings/ngi98oct/Files/Rauschenbac.ppt>
- 11) CAIDA, <http://www.caida.org/>
- 12) CalREN-2, <http://www.CalREN-2.net/>
- 13) CANARIE & CA*net 2, <http://www.canarie.ca/>
- 14) CENIC, <http://www.cenic.org/>
- 15) CNRI, <http://www.cnri.reston.va.us/>
- 16) DANTE, <http://www.dante.net/>
- 17) de Arce, J. M. and Sabatino, R.: The Implementation of the Pan-European Academic Research Network TEN-155, The TERENA/NORDUnet Conference in Lund, Sweden (1999). <http://www.dante.net/pubs/dip/39/39.pdf>
- 18) DeFanti, T.: The STAR TAP, CANARIE's 3rd Annual Advanced Networks Workshop, Ottawa (1998). <http://www.canarie.ca/eng/networks/optical/Tech15/>

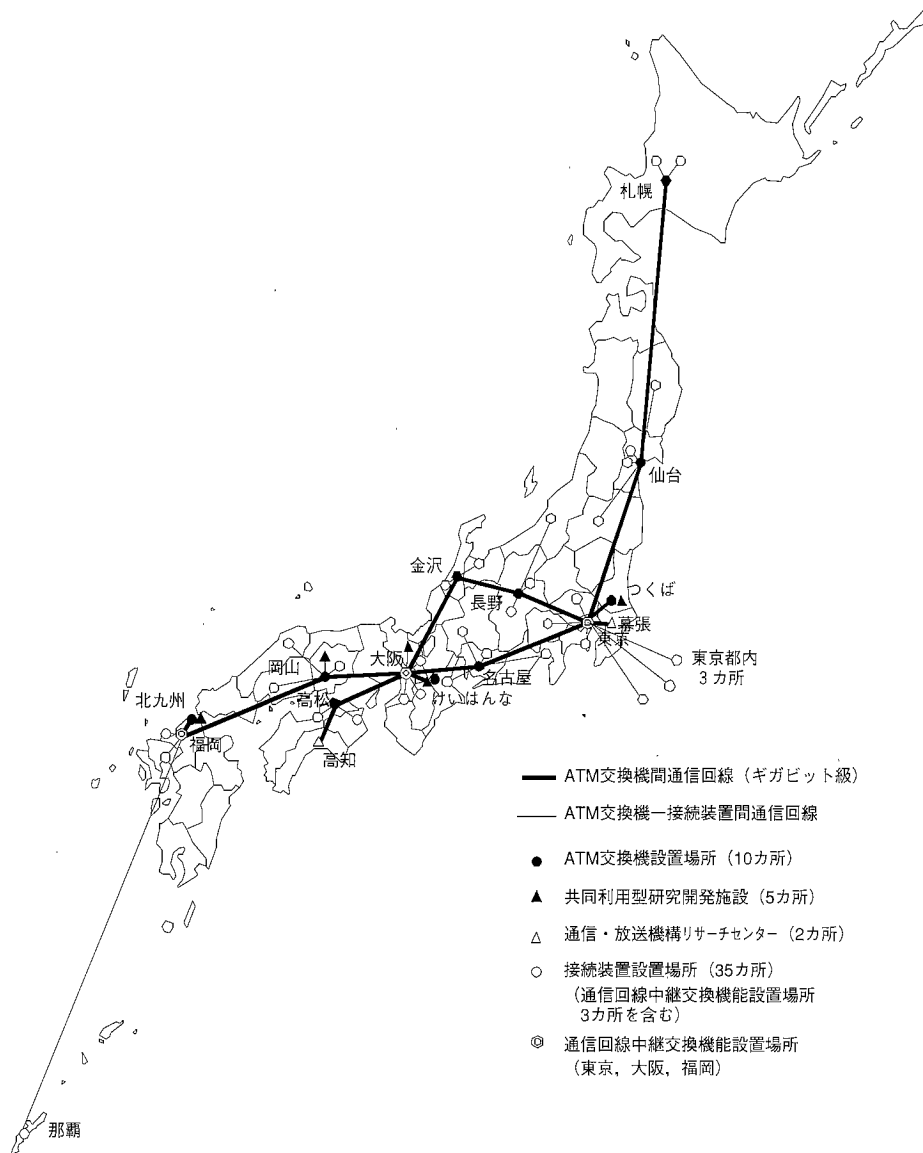


図-12 研究開発用ギガビットネットワーク (JGN) 構成図²⁾

defanti-tech15.pdf

19) DFN, <http://www.dfn.de/>

20) Esnet, <http://www.es.net/>

21) FNC, <http://www.fnc.gov/>

22) Forskningsnett, <http://www.uninett.no/forskningsnett/index.en.html>

23) GARR, <http://www.garr.net/>

24) HSCC, <http://www.dyncorpis.com/darpa/meetings/ngi98oct/Files/Reddy%20hscc1026.ppt>

25) IAB, <http://www.iab.org/>

26) IANA, <http://www.iana.org/>

27) ICANN, <http://www.icann.org/>

28) IETF, <http://www.ietf.org/>

29) IMNET, <http://www.imnet.ad.jp/>

30) Internet 2, <http://www.internet2.edu/>

31) Internet-2 in Israel, <http://www.internet-2.org.il/>

32) IOPS, <http://www.iops.org/>

33) ISOC, <http://www.isoc.org/>

34) JAIRC, 次世代インターネットいよいよ日米共同研究がスタート, 日経コミュニケーションズ, p.92 (1999.3.1).

35) JANET, <http://www.ja.net/>

36) JUNIPER, <http://www.juniper.net/>

37) 小西和憲: インターネット2と次世代インターネット, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, Vol.2, No.1 (1998). <http://www.ieice.or.jp/cs/jpn/magazine/98-1/I2-1.html>

38) MirNET, <http://www.friends-partners.org/friends/mirnet/home.html>

39) NLANR, <http://www.nlanr.net/>

40) NACSIS, <http://www.nacsis.ac.jp/>

41) NANOG, <http://www.merit.edu/~nanog/>

42) NEXABIT, <http://www.nexabit.com/>

43) NGI, <http://www.ngi.gov/>, http://www.ccic.gov/ngi/implementation/ngi_ip.pdf, <http://www.ngi.gov/sc98/about.pdf>

44) Nordunet, <http://www.nordu.net/>

45) NTONC, <http://www.ntonc.org/>

46) OIF, <http://www.oiforum.com/>

47) ONRAMP, <http://www.dyncorpis.com/darpa/meetings/ngi98oct/Files/Chan%20NGIVU.ppt>

48) Optical Networks - The Wave of the Future, Science and Technology Review (Apr. 1997), <http://www.llnl.gov/str/Lennon.html>

49) Pluris, <http://www.pluris.com/>

50) 済賀宣昭: 第2世代のインターネット整備, <http://www.lib.niigata-u.ac.jp/~saiga/html/internet2.html>

51) SINGAREN, <http://www.singaren.net.sg/>

52) STAR TAP, <http://www.STARTAP.net/>

53) TERENA, <http://www.terena.nl/tech/TTC/>

54) TransPAC, <http://www.transpac.org/>

55) UCAID, <http://www.ucaid.edu/>

56) UKERNA, <http://www.cs.ukc.ac.uk/moved/stork/TAU/SLA/sla95.html>

57) vBNS, <http://www.vbns.net/>

58) WIDE, <http://www.wide.ad.jp/>

59) XIWT, <http://www.xiwt.org/>

(平成11年6月8日受付)