アジア太平洋の研究教育ネットワークの動向

菊池俊一¹

著者抄録 : 米国とアジアでの研究教育ネットワークの成長を解説する。まず, 1986年から1995年まで運用されたNSFNETがインターネットの普及に果たした役割を述べる。次に1995年以降の次世代インターネット計画のプロジェクト, NSFの超高速基幹回線網vBNS, 大学主導のインターネット2プロジェクトと学術ネットワークAbilineについて, それぞれの目的と運用状況, NSFの助成で行われた国際接続サービスICMとシカゴの国際接続拠点StarTAP, インターネットの国際接続プログラムHPIISの概要, アジア太平洋高度ネットワークAPANの活動とネットワーク構成について述べる。最後に, 最近の研究教育ネットワークの話題として世界を結ぶテラビット級の研究教育ネットワークの実現に向けた活動と国際協力計画GTRNを紹介する。

キーワード : 研究教育ネットワーク, アジア太平洋高度ネットワーク, インターネット, StarTAP, TransPAC, 韓国, 日本, アジア太平洋, NSFNET, 国際接続サービス, GTRN

Trends of research and educational networks in Asia and the Pacific Regions

KIKUCHI Shunichi¹

Author Abstract: This article deals with growth in research and educational networks in the U.S. and Asia. First, it describes what roles the NSFNET had played in getting the Internet spread out. NSFNET was operated by NSF from 1986 to 1995. Secondly, it describes objectives and operation status of the following matters; the next generation Internet Project since 1995, vBNS being operated by NSF, super high speed backbone communications network, Internet2 project initiated by 190 U.S. universities, and it outlines ICM which is an international connect service, StarTAP which is an international connect facility located in Chicago, HPIIS which is an international connect program on the Internet, network framework and activities of Asia and Pacific Advanced Network, APAN. Then it introduces the current topic, that is, cooperative activities to actualize global research and educational network of terabits scale, GTRN.

Key words: research and educational network, APAN, Internet, StarTAP, TransPAC, Korea, Japan, Asia and Pacific, NSFNET, international connect service, GTRN

原稿受理 (2002-05-28)

(情報管理 45 (4): 255-259)

1. インターネットはNSFNETで普及した

全米科学財団 (NSF) は, 1986年から1995年まで研究および教育ネットワークNSFNETを運営した。1986年の開始時, NSFNETはまだ, 全米の5つのスーパーコンピュータセンターを56 kbps基幹回線で結

ぶネットワークであった。1987年6月に, NSFはネットワークの機能をレベルアップすることを目指し, スーパーコンピュータセンターと地域のキャンパスネットワークの接続, ネットワークの運用管理, 地域ネットワークに対するインフォメーションサービスの実現を可能とするプロジェクトの公開調達を行った。1987年11月に, ミシガン州の研究・教育ネットワークを運営していた非営利コンソーシアムMerit Network社の提案が採用され, IBM社とMCI社の協力を得てプロダクションレベルのネットワーク運用管理, 通信量の増大に対処することとなる。1988年7月には基幹回線速度を56 kbpsから24倍の1.5 Mbpsに増加, 1992年12月にはさらに30倍

¹科学技術振興事業団 データベース開発部
(〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3)
Tel. 03(5214)8422 Fax. 03(5214)8470
E-mail: skikuchi@tokyo.jst.go.jp

¹Japan Science and Technology Corporation, Department of Advanced Databases (5-3, Yonban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8666)

の45 Mbpsへの増加を完了している。

NSFNETがインターネットの世界普及をもたらすプロジェクトとなったのは、次の点である。

- (1) NSFが通信規約にISOプロトコルとX.25サポートをやめて平易な「TCP/IP」のみを採用することを決断したこと
- (2) 全米規模で24時間体制の安定し信頼できるネットワーク運用を実現したこと
- (3) 研究・教育コミュニティのネットワークとして、利用規約で定められる研究と教育用途の範囲内では誰でも無料で利用できたこと

また、NSFは国際ネットワークのハブとして1991年から1997年（当初計画は1996年）まで、国際接続サービス（ICM）をSprint社への委託により運用した。米国外からのほとんどすべてのトラフィックはICMとNSFNETを中継・通過して、米国内の研究機関や他国との通信を自由に行っていた。

アジア太平洋地域においては、日本、韓国、中国は米国の西海岸にあるインターネットの接続拠点を通じてつながり、研究者の間で利用されていた。

2. 全米情報基盤構想はうまくできたジグソーパズル

1990年代に入るとインターネットは、次第に大学や研究機関以外でも商用利用されるようになった。

1993年5月、NSFはコモディティなインターネットの通信については民間の商用インターネット・サービス・プロバイダに任せる方針のもと、NSFNETの新しいアーキテクチャを公表した。まず、地域ネットワークのインターネット接続ならびに全米規模のプロバイダの相互接続を進めるため、ニューヨーク、サンフランシスコ、シカゴ、そしてワシントンDCに中立な接続拠点を設け、そこでインターネット上の経路を道案内するサーバを運用する。そして、選ばれた国立研究機関や大学だけに、従来のインターネットの水準を超えるネットワークサービスとなる超高速基幹回線網（vBNS）を提供する。NSFはインターネット組織の接続拠点の運営と、vBNSの構築に専念するという内容であった。これらは、増大するインターネットのトラフィックから研究情報を分離する1つの解でもあった。

1995年、全米各地のスーパーコンピュータセンターを結ぶvBNSの運用がMCI社によって開始された。当初、vBNSが利用できる組織はスーパーコンピュータセンターの利用者と、NSFがvBNS関連プ

ロジェクトとして研究助成を行っている研究者に限られた。開始時の基幹回線の通信容量は155 Mbpsであった。vBNSが稼働に入った1995年4月にNSFNETの基幹回線サービスは止まった。

米国連邦政府は全米情報基盤構想の実現に向け、1996年10月に次世代インターネット計画（NGI計画）を発表した。100以上のサイトを結んでエンドツーエンドで当時の100倍の速度（つまり155 Mbps程度）で情報を処理できるネットワークを1999年までに、そして10以上のサイトを結んで千倍の速度（2.4 Gbps程度）で情報を処理できるネットワークを2000年までに、それぞれ構築することを目指した。これにはNSF、国防総省、エネルギー省、NASA、NIHなどの政府機関が参加した。光伝送技術など先端ネットワーク技術の研究開発を行い、実験用テストベッドを構築し、重要な国家目標や業務を達成する革新的アプリケーション（ヘルスケア、技術計算など）の実証実験を行った。

vBNSは他の政府機関のネットワークとともに、「100倍の速度」と掲げられた次世代インターネットインフラ整備で最も重要な役割を演じることとなった。なお、vBNSはすでにその3月に、国立研究機関と先端研究を行う大学（目標は全部で100機関）に対してサービスを提供するため、ネットワークの利用規約を見直していた。基幹回線の通信速度は、1997年には622 Mbpsに、1999年1月には2.4 Gbpsに増強された^{注1）}。

連邦政府主導のNGI計画を補完する独立したプロジェクトが、大学主導のインターネット2である。インターネット2は全米で200を超す大学と研究機関が、産業界と共同して先端インターネット技術とアプリケーションを開発し、研究や高等教育に役立てるプロジェクトである。高解像度ビデオを使った遠隔教育、遠隔医療やデジタル図書館のような高度なマルチメディア・アプリケーションの実現と、それを担う通信技術を開発することが目的である。運営と企画は、大学で構成する先端インターネット開発のための非営利組織UCAIDが担当している。

インターネット2プロジェクトは2つのバックボーン上で行われている。1つはインターネット2のIP基幹伝送網となるAbilineで、Qwest社、Cisco社そしてNortel社が支援する。もう1つは、当初のスーパーコンピュータ接続以外の先端的研究用途にもサポー

注1) 2000年4月から、NSFからの助成ゼロという条件で、MCI社はvBNS+としてサービスを行っている。

トを広げていたNSFのvBNS (vBNS+) である。

3. NSFの国際接続プログラムHPIIS

1997年5月NSFは、イリノイ大学シカゴ校などがシカゴに設けた、世界と米国内の研究教育ネットワークの接続拠点“StarTAP” (Science, Technology and Research Transit Access Point) の運用に継続的な助成を行うこととした。

同年、StarTAPの接続を推進するため、NSFは海外の研究教育ネットワークとvBNSとの接続に対して研究助成を行うプログラム (High Performance International Internet Services = HPIIS) の公募を行った。1998年に日本・韓国・シンガポール・オーストラリアなどが参加するアジア太平洋高度ネットワーク (Asia Pacific Advanced Network = APAN) をStarTAPに接続するTransPAC, ロシアを接続するMIRNET, 1999年に北欧諸国・オランダ・フランス・イスラエルを接続するEURO-LINKの3つのリンクがHPIISとして設定された。いずれも2003年までの研究助成が約束されている。

国際接続拠点StarTAPには、HPIIS以外にもブラジル、ベルギー、カナダ、中国、アイルランド、日本、韓国、チリ、シンガポール、台湾の研究教育ネットワークが参加している。米国のAbiline, DREN (国防総省の研究ネット), ESnet (エネルギー省の科学研究ネット), NREN (NASA研究教育ネット), NISN (NASA統合サービスネット), そしてvBNS (vBNS+) といった研究教育ネットワークとの相互接続もここで行う。

StarTAPに接続するTransPAC回線の利用は、当初はvBNSの認定機関と共同研究を行っているAPANメンバーの公的な研究機関のみに限られた。後にAbiline, NRENやNISNと相互接続し、インターネット2に参加する大学との共同研究や、NASAとのプロジェクト実施で利用できるようになった。当初の回線速度は35 Mbps, 段階的に増速し、2001年10月からは622 Mbps回線2本での運用を行っている。TransPAC回線の経費は、米国側ではNSF予算によりインディアナ大学が、日本側では文部科学省予算により科学技術振興事業団がそれぞれ負担している。

4. APANの活動

APANはNSFのHPIISのために発足したコンソーシアムである。1996年3月に筑波で開催された「APEC

研究開発情報化シンポジウム」の会議で、アジア太平洋地域にハイエンドのインターネットあるいはハイパフォーマンスの研究教育ネットワークを確立する必要があるということが認識され、1996年にソウルで開かれたAPECのワーキンググループAPII会合で設立の話が進み、さらに会合を積み重ねて、1997年6月に関係メンバーによる覚書がまとめられた。

APANは、回線などリソースを参加メンバーが持ち寄り、人材的にもメンバーができる仕事を引き受けるという形で構成されている。APANの活動では、インフラとなる研究教育ネットワークの整備に加え、3つのエリアで研究が行われている。

ネットワーク技術のエリアではQoS^{注2)}やマルチキャスト^{注3)}, IPv6, マルチメディアの研究活動が行われている。

天然資源のエリアでは農業、地球観測、自然災害の予測、生物遺伝情報などについて、アジアの農業や自然の研究におけるネットワークの活用を目指す活動が行われている。生物遺伝情報にかかわる10以上のデータベースのミラーサイトを拡大するBio-Mirrorの運営、インターネットビデオストリームによる農業者教育の実施などを行っている。

利用者コミュニティのエリアでは、遠隔教育やグリッド^{注4)}による研究支援が研究されている。遠隔教育は、米国マサチューセッツ工科大学がシンガポール国立大学に遠隔講義を配信するなど、大容量の国際通信回線の整備に伴い、実用域に入り

注2) インターネットの通信では、基本的にパケットは平等に通信が行われる。トラフィックに優先順位を付けようという動きが“Quality of Service” (QoS) である。規約は存在しているが、ネットワーク間をまたがる利用は課題となっている。

注3) インターネットでの催事中継や遠隔教育など、特定のグループに対して同じコンテンツを送る際に、ネットワーク上の中継地点で適時パケットのコピーを作ってトラフィックを削減し、ネットワークの混雑を避けるのがマルチキャストである。

注4) Web では、HTML 文書に対してブラウザというインタフェースを適用することで、いろいろなところにある文書を自分の手元に持ってきて表示する。“HTTP”というプロトコルを規定することによって爆発的に普及した。グリッド (Grid) はそれを拡大したもので、HTML文書だけではなく、ネットワーク上に分散している計算資源、人的資源、データ資源、データベース、大規模ストレージ、特殊なデバイス等のさまざまな資源を、効率良く協調して使う手段と環境を提供する (Ian Fosterによる)。

つつある。グリッド・ワーキンググループでは、アジア太平洋地域の研究機関が参加するApGridプロジェクトとともに、まずグリッドを動かすテストベッドを作るという活動を行っている。

APANメンバーが運用する主な研究教育ネットワークの国際接続状況は次のとおりである。

- ・ **米国－日本**：TransPAC回線として622 Mbps回線2本を運用。また、ハワイ大学と東京を結ぶ155 Mbpsの回線が計画されている。
- ・ **韓国－日本**：韓国の情報通信部と日本の総務省により8 MbpsのAPII回線が設定されている。2002年3月に、韓国の釜山と福岡・北九州を結ぶ、無中継の国際光ケーブルが建設された。APANは日韓の連携を軸として組織化されてきた経緯もあり、この光ケーブルを利用して日韓のリンクを強化することは重要な課題の1つである。
- ・ **韓国－欧州**：2001年12月に、アジアと欧州域を結ぶネットワークTEIN（Trans Eurasia Information Network）の運用が開始された。韓国のKORENとフランスのRenater2を6 Mbpsで結び、欧州研究ネットワークGÉANTに接続している。

そのほか、韓国からはKORENとKREONET2が米国向け45 Mbps回線を共有してStarTAPに接続、KORENがシンガポールのSingARENに2 Mbpsで接続している。

- ・ **オーストラリア－米国**：学術研究ネットワークのAARnetがシドニーとシアトルを155 Mbps回線2本で結んでいる。うち1本はハワイを経由している。
- ・ **中国**：研究・学術機関用のネットワーク CERNETなどの国際接続点となっているドラゴン・タップ（DRAGON TAP）は、米国ロサンゼルスとAPAN東京にそれぞれ10 Mbpsの回線を設定している。
- ・ **シンガポール**：先端研究教育ネットワーク SingARENは米国サンノゼに27 Mbpで接続。APAN域内では、韓国KOREN回線とマレーシア科学大学との間に衛星2 Mbps回線を運営している。
- ・ **タイ**：NECTEC が運営する ThaiSARN と日本のSINETは2 Mbpsで接続している。この回線は日本の国立情報学研究所が共同研究のため敷設している。
- ・ **フィリピン**：フィリピン科学技術省が運営するPHnet と日本の農林水産省研究ネットワーク MAFFINは768 Kbpsで接続している。この回線は日本の農林水産省が研究推進のため敷設している。

台湾：中央研究院計算センターは 2002 年 1 月末

に、東京と香港にそれぞれ155 Mbpsの回線を設定した。また、米国に155 Mbps回線2本を設定している。

- ・ **WIDE**：AI3プロジェクトでは、衛星通信を国際バックボーンとして利用したインターネット接続をタイ、マレーシア、インドネシア、香港などに行っている。

APANは、メンバーが提供する国際回線の運用調整や、アプリケーション技術の国際共同研究の実施により、アジア太平洋地域の諸国の地域のコンピュータネットワークと利用技術のレベルアップに貢献している。また、年2回のAPAN会合では、メンバーの研究者や技術者に研究発表、議論ならびに技術移転の場を提供している。ネットワークとその利用分野の研究交流と人材育成を図り、アジア太平洋地域に研究教育ネットワークのコミュニティを実現しつつある。

5. 世界を光で結ぶラムダネットワークの時代へ

中国、韓国、オーストラリアなどの研究情報ネットワークは、ギガビットイーサ（ギガは10億）、ラムダネットワーク（ラムダは光の波長単位：通信容量は数ギガ～数十ギガ）の時代になりつつある。

日本においても、2002年1月4日に筑波、東京、名古屋、大阪を結ぶ10 Gbps超のバックボーンであるスーパー SINETが開通した。

TransPACと国立情報学研究所のSINETの米国向け回線の容量をあわせると2 Gbpsとなる。TransPACは2001年10月の増速時、シカゴ回線を光収容の国際接続拠点“StarLight”に接続した。九州では「玄海プロジェクト」の名の下に、韓国・釜山との間にギガビット線を設定しつつある。

5月に韓国の大田で開催された次世代インターネットのワークショップでは、東北アジア地域のラムダネットワークの実現がテーマとなった。韓国と中国の間の海底ケーブルの建設は、数十億円で可能と試算されている。アジア太平洋地域の研究教育ネットワーク構成として、中国、日本、そして韓国に接続拠点を置く「China-Japan-Koreaハブ構想」が検討され始めた。

米国学術ネットワークAbileneを管理するUCAIDと回線を提供しているQwest社は、2001年10月に覚書を更新し、新しい5年間のプロジェクトに入った。基幹回線は光技術などの新技術が導入される。ここでもラムダベースのネットワーク構築が進め

られている。

カナダの非営利機関である先端インターネット研究機構CANARIEは、カナダを横断する光伝送の研究教育インターネット基幹回線網CA*net3を運用している。カナダ全土の大学と政府の研究所は、地域ネットワークを経由してCA*net3に接続し、CA*net3はニューヨーク、シカゴ、シアトルで国際インターネット組織と相互接続している。2002年秋に、CA*net3の8倍のデータ転送ができるCA*net4のサービスが開始される。

欧州のDANTEは、欧州委員会と各国の助成により、欧州域の研究教育ネットワークを結ぶバックボーンサービスGÉANTを2001年12月に開始した。GÉANTは、DANTEのTEN-155に取り代わるラムダネットワークで、9区間に10 Gbps回線を、11区間に2.4 Gbps回線を運用している。12月時点で、32か国、28のネットワークを通して3千を超える研究・教育機関が接続している。

2002年2月に、北米と欧州の先端ネットワークの関係者は、国や地域の高速の研究教育ネットワークを結んで世界規模でテラビット級（テラは1兆）の研究ネットワークを実現する国際協力計画GTRN（the Global Terabit Research Network）を発表した。GTRNとして欧州と北米を結ぶ2本の2.4 Gbps回線の設定が、DANTEにより計画されている。それらの回線は、欧州GÉANTと米国Abilene、カナダのCA*net3、そして米国のESnetを結ぶ。

5月には、ブラッセルで世界の研究教育ネットワークのサミットが開催され、GTRNに参加する欧米のネットワーク関係者と政策担当者、そして日本、韓国、中国、南米、ロシアなどのネットワーク関係者、約150人が一堂に集まり、世界を結ぶラムダベースのネットワーク構築に向けての議論が行われた。

APANと米国の国際リンクTransPAC回線は、NSFからHPIISプログラムとして研究助成を得て実行されている。現在のHPIISが終了する2003年10月以降の新たなポストHPIISについて、NSFを含めた関係者での検討が行われている。当然、このネットワー

クはラムダベースのアジア—米国、米国—欧州等の国際接続の実現を目指すことになる。わが国の対応については、IT戦略本部で議論が進められている。

6. グリッドとエンドツーエンド

GTRNで構想されているラムダネットワークの統合は、世界中のさまざまな研究資源を研究者が利用するグリッドに必要なネットワーク環境の実現を目指す。

2001年8月、NSFは、全米4つの研究機関にテラスケールの高性能コンピュータとストレージを設置し、それらを結ぶプロジェクトDTF（Distributed Terascale Facility）の開始を発表した。このプロジェクトは、2003年4月までにイリノイ州とカリフォルニア州に所在する4つの研究機関それぞれにLinux クラスタコンピュータとオンラインストレージを置き、それらを40 Gbpsの光伝送路で結び、あわせて11.6テラフロップス^{注5)}の演算能力と450テラバイトのデータを蓄積できるシステム「テラ・グリッド」を実現する。全米の科学者や研究者は、気象予測や地震予知、内燃機関の効率化、生物学、物理学、材料設計などさまざまな分野で、研究に必要な情報資源を「テラ・グリッド」から入手することができる。

カナダで構築中のバックボーンサービスCA*net4は、大幅な高速化にあわせて、ネットワーク利用者がエンドツーエンドで特定の波長域を専用して利用できる「ユーザ管理ネットワーク」という新しい機能を盛り込む。ユーザ管理ネットワークはまず、エンドユーザにネットワーク技術の開発環境を提供し、研究者によるグリッド関連研究や、あるいはハイテク・カナダの通信機器メーカーによる光伝送の技術開発を推進するという。

注5) FLOPS：Floating-point Operations Per Second。1秒あたりの浮動小数点演算。計算機の処理能力を表すめやす。