

第1部

特集1 アジア太平洋インターネット基盤の構築と運用

村井 純、浅井 大史

第1章 ARENA-PACの挑戦

1.1 WIDE国際接続への軌跡

1984年に開始したダイアルアップベースのJUNETの研究グループを基盤として始動したWIDEプロジェクトは、リアルタイムにパケット交換をする、大規模で広域に渡る分散処理環境の研究グループとしてスタートした。大規模性と広域性に制限をイメージしたことは無いので、スケラブルな処理系がグローバルなカバレッジの分散システムを研究対象としていることは現在に至るまでプロジェクトの理念として不変である。

そのための初期の課題はグローバル空間を実現するためのネットワークの国際接続となる。接続のための国際回線は高価なのでリソースの確保には常に工夫が必要だった。JUNET時代には費用負担部分を担当してくれたKDD研究所との連携でX.25のサービスを利用したバッチ処理で主にARPANETやUSENETなどの米国ネットワークの電子メールと電子掲示板を相互接続した。次に東京大学大型計算機センターのVAX-11を国際X.25を用いてCSNETに接続し電子メールの交換を開始した。この費用は石田晴久教授に割り当てられていた研究費で支払っていた。エラーが発生し、結果として日米での無限ループが発生した事故の際にはセンターの研究費が払底する課金が行われ、石田教授に後始末のために奔走していただいたことは苦渋の記憶として残っている。

Mt. Fuji

TCP/IPで運用していたWIDEインターネットは、CMUの徳田英幸教授からのダイアルアップ(CMUでは一定の国際「電話」が許容されていた)に、SIPを仕込んで実験を行っていた。

次の機会は思わぬところから訪れた。1989年に米国NSF(国立科学技術財団)とNII国立情報学研究所によるワシントンDCと東京を結んだ両者のデータベースアクセスの共同プロジェクトに、当時東京大学にいた私へ電子メールの交換の部分の依頼があった。データベースのアクセスは遠隔端末を9.6Kbpsの専用回線を使うプロジェクトだった。そこで、端末アクセスをX.25で行い、IP over X.25を用いてパケットレベルで9.6Kbpsの専用線を共有し、IPを用いた電子メールでの交換を実現しようと提案をした。当時はOSIの研究開発と標準化が公式には進んでいたので、当初の使命はX.400ベースの電子メールだったと考えられるが、米国の担当がNSFだったので受け入れを含め提案は承認され、手動での経路設定で経路情報のトラフィックを抑制しつつも、しかし、WIDE Internetは結果として、1989年の1月15日に米国インターネットと連結してグローバルなインターネットを形成することになった。Mt. FujiというSUNワークステーションを持ち込んでいたので、このプロジェクトはMt. Fujiプロジェクトとして知られていた。

PACCOM

1991年、NSFは、ハワイ大学に対して、PACCOMと呼ばれる、今で言う、インターネットエクステンションのプロジェクトをアワードした。このプロジェクトは斬新で、ハワイ大学に対してはインターネットの交換拠点の運用を委託し、米国部分の回線はDOE(Department of Energy)とNASAと共同で進めたことにある。そして対地の使命は、日本、オーストラリア、ニュージーランド、韓国の4カ国であった。DOEはエネルギー関係で最も研究データの交換を必要とした高エネルギー分野の連携を根拠に、NASAは、天文分野と宇宙分野の膨大な研究データの交換を根拠に、TPC3という1989年に敷設されたハワイ経由のデジタル同軸回線海底ケーブル(総容量は(たっ

たの) 280Mbps)を用いて、64Kbps(目を疑うかもしれませんが、当時の「夢の国際大量データをリアルタイム高速インターネット」の速度です)のインターネット接続を実現した。当時のパソコンのLANが10Mbpsだったことを考えると、科学研究コミュニティの需要をいかに満足させていなかったかがわかる。一方、64Kbpsは音声電話にとっては完全音質の帯域であることを考えると、学術研究コミュニティの要求が国際海底ケーブル網をいかに牽引しているかもわかる。

このプロジェクトの各国のメンバーたちは、後にそれぞれの国を率いる情報通信産業と情報通信政策のリーダーとなった。PACCOMのプロジェクトを支えたハワイ大学エンジニアは、現ハワイ大学学長のDavid Lassnerであり、現在の国際インターネット資源管理組織IANAのディレクターとなっている当時の大学院学生であったDavid Conradであった。

David Conradには、オーストラリアと日本を結ぶもう一つの歴史的な役割を演じてもらった。筆者は当時インターネットの資源と運用を担っていたJohn Postelと相談して、当時シンクタンクSRIに拠点を置いていたSRI-NIC(Network Information Center)を通じて、番号や名前の資源の分散管理に関する世界で初めての分散型NICを実験運用することにした。言語やルールの多様性をインターネットの運用にも導入しないといけないという私の主張を受け入れていただいたことになる。こうして日本での分散資源管理は東京大学の私の研究室でWIDEプロジェクトの運用の一環として行われ、やがて、JPNICとして法人化して順調な成果を上げた。インターネットが世界に広がる途上にあったので、JPNICの運用モデルをアジア太平洋全体に広げるために、地域を担う上位機構を作るために、APNICを東京に設立した。このディレクターをPACCOMの仲間であったDavid Conradに依頼したのである。David率いるAPNICは、WIDEプロジェクトとIIJ社などと協力し、アジア太平洋全域にその運用や支援を展開した。APNICは法人化を目指し、域内での外国人雇用や非営利団体関連の法規の調査を行い、その結果オーストラリアでの法人化となった。

こうして、学術研究ネットワークの協調に加えて、成長

するアジア太平洋地域のインターネットの発展は、産業領域をまきこみながら、日本からオーストラリアにその拠点を広げたのである。

AI3

WIDEプロジェクトはJSAT社との共同研究を中心に、東南アジア諸国の大学を衛星回線でつなぐAI3プロジェクトを1995年から開始している。奈良先端大学に移った山口英は、まず、インドネシアのバンドン工科大学をKUバンドの回線でつなぎ、運用を開始した。衛星のトランスポンダーを操作して衛星からのマルチキャストと、帰りの地上接続をデータリンクとして合成して、バーチャルに双方向リンクを形成する技術、UDLRを開発して運用を挙げた。東南アジア諸国のインターネットの多くはAI3によってスタートアップした。やがて、EUのTEINがASI@NETというプロジェクトで陸回線での接続を開始し、今では東南アジア各国のインターネットも安定的に供給するようになった。この基盤で大学連携をすすめるWIDEプロジェクトのサブプロジェクトがSOI-ASIAである。

Pacific Wave

ハワイ大学学長のDavid Lassnerの呼びかけで、米国のREN(Research and Education Network)コミュニティがハワイ大学で1月に開催されるPTC(Pacific Telecommunication Conference)を機会に会議を開くようになった。ここでWIDEの紹介をしていたら、TYCO社の回線を用いたシアトルのワシントン大学を拠点とするPacific WaveプロジェクトとWIDEの接続が提案された。基本的にはWIDEの多様な活動が認識された結果の回線寄付であった。同回線は、NSFのTransPACプロジェクトの一部として利用され、2021年からスタートするTransPAC5という新しい5年のNSFプロジェクトにも継続して(現在はTYCO社のアセットを引き継いだTATA社の寄付)100Gbpsの帯域が運用されることになった。ただし、Pacific Waveの担当者、Ron Johnson教授は「2、3年で400Gbpsを計画しよう」と話しているので、100Gbpsが基本帯域となっている現在のWIDEまわりの国際REN接続が増加していく計画となるだろう。

APANとAPR

学術研究ネットワークは、それぞれのファンディングモデルがある。厳密に言えばそれぞれの用途の範囲があるので、可能な限り学術研究というくくりで、協調的に運用するのが重要である。そのために、RENの関係者はインターネット初期の頃から会議体を作り、その合意形成の場としてきた。ときには、MoUを結びそれを公式に確認している。

APANもそのような会議体の一つで、アジア太平洋の国際学術研究ネットワークが集会的に会議を開催する中で運用上の調整も行っている。我が国はAPAN-JPという支部構造を持ち、NII、NICT、WIDE、MUFFIN、国立天文台などの日本の学術研究ネットワークが可能な限りの運用上の協調を図っている。

APR (Asia Pacific Ring)は、シンガポールのナンヤン大学を中心とした国際的な呼びかけで、北のPacific Wave とWIDEの回線(TransPAC/PacificWave)、NIIの日米回線、SingARENのシンガポール—米国回線、NICTの日本—香港—シンガポール回線を合成したグループとなっている。このプロジェクトはシンガポール政府の支援を基盤としているために、2021年を期に、後述するGOREXを利用した新しい構造を模索している。

PIRENとGOREX

米国はハワイ大学を拠点に2018年PIREN (Pacific Islands Research and Education Network)のプロジェクトを開始した。ハワイとグアムを2つの拠点として、南太平洋諸島の学術研究教育ネットワークを、米国、オーストラリア、ニュージーランド、日本の学術ネットワークによって発展させるプロジェクトである。グアムには、新たにGOREX (Guam Open Research and Education Exchange)という交換拠点を運用開始して、米国、日本、オーストラリアの資本でシンガポール、香港、インドネシア、フィリピンなどの太平洋の新たな海底ケーブル中継拠点を創設することになった。

2020年3月、RTI社、オーストラリア国立学術研究ネットワーク(AARNet)、グーグル社の3社のコンソーシアムによる、RTIが敷設を担うJGA (Japan Guam Australia)の

南ケーブル、すなわちグアムからオーストラリア部分の利用開始がアナウンスされた。7月にはRTI社とNEC社によってJGA北ケーブル、すなわちグアムから千葉県千倉の完成がアナウンスされた。グアムを経由して日本とオーストラリアを結ぶ最短距離の最新ケーブル、JGAは、デジタル時代の日本とオーストラリアの関係の動脈となる新しい絆となる。

しかし、このようなコンソーシアムに国の研究機関が直接関与するのは異例である。「自分たちでやらなければ、他の国を頼っているわけにはいかなかないのがオーストラリアだ」。私が「なぜオーストラリアの学術ネットワークが海底ケーブル投資まで担うのか?」と聞いたときに、オーストラリア国立学術研究ネットワークの国際担当理事のステーブマドックはそう答えた。ちなみにJGA北部ケーブルはコンソーシアム無しで、RTI社単独で投資をした。南半球としてのオーストラリアの海底ファイバーに対する真剣度が伺い知れる。

1.2 ARENA-PACの誕生

WIDEプロジェクトは、現在ではHistorical Resourceと呼ばれるIPv4アドレスの分散型の割当業務の実験を担っていた。このような経験を基に、Regional Internet Registryを運用する組織が確立して、地域ごとのアドレス割当のルールが確立した。WIDEが管理を担当していたアドレスは、この推移によりアジア太平洋のRIRであるAPNICと共同で、IPv6への移行を促進するプロジェクトなどに利用されてきた経緯がある。2020年、IPv6の普及がある程度進んでいく中、WIDEが管理を委託されていたIPv4アドレスを、アジアのサービス発展のために必要な組織に還元し、その入札結果をアジア太平洋のインターネットのこれからの発展に供する仕組みをAPNICに提案した。

APNICはこれに呼応し、オーストラリアにファンド、APIDT (Asia Pacific Internet Development Trust)を設立し、その資金の一部をアジア太平洋地域の海底ケーブル計画に利用することになった。これが、ARENA-PAC (Arterial Research and Educational Network in Asia Pacific)である。

ARENA-PACはAPNICとWIDEの運用を中心に、AI3、APR、

TransPAC、PIRENなどのWIDEがこれまで参加してきた国際学術研究ネットワークに、より積極的に、かつ、永続的に関わるためのプロジェクトとなる。資金源がファンドとなるので、国の予算や企業の寄付を保管する財務モデルとなり、上記に説明した学術研究ネットワークに多様性を加えることになる。

ARENA-PACは、当面、3つの使命がある。ひとつは、AI3などのパートナーを中心とした域内のインフラを発展である。次に、GOREXへの参加により、米国と新しい太平洋トポロジーの運用と発展を推進する必要も。第3に、アジア太平洋地区が他の地区とグローバルに接続するためのAsia Pacific Rimへの使命もある。

1.3 ARENA-PAC新しい使命

EUとアジア太平洋の接続は南回り、ロシアケーブルがある。南回りはシンガポールや香港を拠点として、EUの各国と接続されている。このコーディネーションを担っているのがTEINのASI@NETである。

また、EUはNIIによるロシア越しの陸上ケーブルを用いた回線がある。これはEUとの最短距離となるが、陸路であるための価格や保守などの課題もある。

これに加えて、北欧のRENであるNORDUnetは、北極海に敷設されるCINIAの海底ケーブルを用いた、日本やアメリカへの全く新しい経路を模索している。

また、2020年の関連報道として、7月にチリとオーストラリアをつなぐケーブルが、チリから中国をつなぐ経路などの候補の中から、日本企業を含めたコンソーシアムが採択された件が挙げられる。この際の競合の候補は、中国ファーウェイ・マリン社でその陸揚げ対地は上海だったと言われている。採択が決定すると、陸揚げはニュージーランドのオークランドかシドニーとなり、JGAを介した日本との接続性が確保できる。このようにどこどこがつながるのか、新しい接続はどのように完成するのかがより重要となる。チリには、国立天文台のアルマ望遠鏡が標高5千メートルのアタカマ砂漠にあり、66台からなる集合型の電波望遠鏡の心臓部も日本のスーパーコンピュータ技術が担っている。光ファイバーの

ネットワークは、このデータを加盟している22カ国をはじめとする世界の天文・宇宙科学者が参加できる研究基盤の重要な動脈となる。

このような、これまでにWIDEとの連携を会議体だけで進めてきたグローバルな学術研究ネットワークの構造や役割により積極的に推進することも、ARENA-PACを通じたWIDEの新しい使命となる。

第2章 ARENA-PAC運用への参画

2.1 はじめに

本稿では、アジア太平洋地域の研究教育目的広帯域バックボーンネットワークであるARENA-PAC (Arterial Research and Educational Network in Asia Pacific) の運用について説明する。今後、WIDE Projectは、このARENA-PACのネットワーク運用に主体的に携わり、ARENA-PACを活用した研究教育プロジェクトに参画・協力する予定である。また、WIDE Projectでは長年に渡り、AI3/SOI-ASIAプロジェクトにより、衛星通信技術を用いたアジア太平洋地域への教育コンテンツ配信や災害時のインターネットアクセス技術を開発・運用・提供してきた。これらの衛星通信技術と海底ケーブル網による広帯域バックボーンネットワークであるARENA-PACの相互補完により、グローバルなインターネットアクセスのさらなる発展を目指している。本稿では、ARENA-PACについて概説し、ARENA-PACにおけるWIDE Projectとしての活動予定について報告する。

2.2 ARENA-PAC運用への参画

ARENA-PACは、アジア太平洋地域のインターネットの発展のための基金であるAsia Pacific Internet Development Trust (APIDT)により長期使用契約された海底ケーブル網による研究教育目的の広帯域バックボーンネットワークである。ARENA-PACは、APIDTにより長期使用契約された海底ケーブル網に加え、他の研究教育ネットワークとの相互接続などにより、ARENA-PACの名前が示すようにアジア太平洋地域に広がる「動脈(Artery)」とも言える広域大容量バックボーンネットワークを目指している(図1)。ARENA-PACは、現時点では、100 Gbpsの通信帯域

をベースに計画されているが、将来は回線増強や他の研究教育ネットワークとの連携・相互接続により200 Gbpsや400 Gbpsといったさらなる大容量のバックボーンネットワークへと拡張されていくことも期待している。

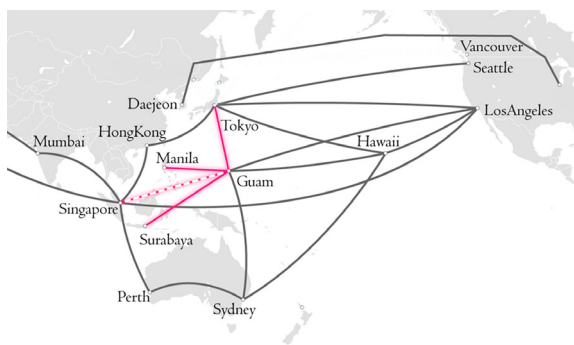


図1 ARENA-PACのバックボーンネットワーク構想
(<https://arena-pac.net>より引用)

WIDE Projectは、これまで取り組んできた広域分散ネットワーク運用の知見を生かし、このARENA-PACのネットワーク運用に参画する。また、WIDE ProjectのバックボーンネットワークであるWIDE-BB(AS 2500)もARENA-PACとの相互接続を行う予定である。この相互接続を通じて、WIDE ProjectからもWIDE-BBおよびARENA-PACを活用した研究教育プロジェクトの提案や研究開発・実証実験が行われることにも期待している。

2.3 AI3/SOI-ASIAとの連携

ARENA-PACは、海底ケーブル網によるアジア太平洋地域の研究教育目的広帯域バックボーンネットワークを目指している。ARENA-PACにより海をまたいだ大容量通信が実現されることが期待されるが、光ファイバ網が発展途上の地域のデジタルインクルージョンや災害時の通信においては衛星通信が必要不可欠であると考えられる。

WIDE ProjectではAI3/SOI-ASIAプロジェクトにより、衛星通信技術を用いたアジア太平洋地域への教育コンテンツ配信や災害時のインターネットアクセス技術を開発・運用・提供してきた。ARENA-PACとAI3/SOI-ASIAの連携を通じ、海底ケーブルによる広帯域バックボーンと衛星通信の相互運用を実現する技術を研究開発することで、広域にサービスを提供する国際的な研究教育ネットワー

クを構築することを目指す。

AI3/SOI-ASIAでは、これまで主に使用してきたCバンドの第5世代移動通信システム(5G)のSub-6GHz帯が拡張された場合の干渉懸念などから、Kuバンドを用いたVery Small Aperture Terminal (VSAT)への移行を検討している。VSTAは可搬型の基地局であり、ARENA-PACとの相互運用を含め、通信ネットワークのアーキテクチャやその運用技術に関する研究開発を行っていく予定である。

2.4 まとめ

本稿ではアジア太平洋地域の研究教育目的広帯域バックボーンであるARENA-PACについてまとめ、ARENA-PACの運用へのWIDE Projectの参画計画について報告した。また、AI3/SOI-ASIAとの連携についても述べた。WIDE ProjectはARENA-PACの運用を通じて国際的なインターネットの発展に貢献していく予定である。