

九州ギガポッププロジェクト

九州ギガポッププロジェクトとは、研究開発機関群が、日常的なインターネット利用とは独立に研究開発型インターネット接続を持ち、複数のインターネットバックボーンへ接続する際に、ギガポップと呼ぶアクセス回線集約機構を協調して準備する、次世代相互接続アーキテクチャおよび研究開発インフラ構築に関する研究開発である。この研究開発インフラを拠点として、オンラインカンファレンス実験やモバイルIP実証実験などが行われ、その共同研究は国内のみならず隣国の韓国、さらにアジア太平洋地域へと広がっている。本稿ではこの九州ギガポッププロジェクトを紹介する。

岡村耕二 九州大学
oka@ec.kyushu-u.ac.jp

平原正樹 (財)九州システム情報技術研究所
masaki@isit.or.jp

大森幹之 九州大学
ohmori@dontaku.csce.kyushu-u.ac.jp

浅原雄一 エフエム福岡
asahara@fmfukuoka.co.jp

渡辺健次 佐賀大学
watanabe@is.saga-u.ac.jp

九州におけるインターネット事情

九州地域では元来、日本におけるインターネットの黎明期における学術研究ネットワークの構築および普及を活発に推進し、大学や自治体および企業の研究者ならびに技術者からなるインターネットコミュニティの形成を行い、地域間の連携協力や交流を推進してきた。日本で最初の地域ネットワークの1つである九州地域研究ネットワーク (KARRN) の構築も行った。

その後、インターネットの普及が我が国においても急速に進み、インターネットサービスが通信業者等によって提供されるに及んで、地域ネットワークの当初の存在意義は消失し、九州地域における研究者技術者に対する求心力を失った。しかしながら、インターネット技術は急速に進展しているために、インターネット研究者技術者の連携ならびに技術交流の場は、状況に対応した新たな形で必要とされてきた。

高速研究開発型バックボーンへ接続する際の相互接続アーキテクチャに関する研究開発プロジェクトとしての九州ギガポッププロジェクトには、大学、公的研究所、情報通信関連企業、放送局など多様な組織から、多様な研究者、技術者が参加して、情報通信基盤技術およびその応用技術、デジタルコンテンツの制作や配送など多岐にわたる活動を展開している。

本稿では、まず、九州ギガポッププロジェクトの概要を説明し、我々の活動の基盤となる研究開発型のインターネットであるギガポップアーキテクチャを提示する。次に、九州ギガポッププロジェクトにおいて実施している多様な研究開発ならびに実証実験の中から、誌面の都合により、オンラインカンファレンス実験、モバイル

実験、放送局との共同研究であるストリーミング実験を紹介する。そして、日韓を軸とした国際共同プロジェクトである玄海プロジェクトへの展開について述べる。最後に、九州ギガポッププロジェクトの将来について展望する。

●九州ギガポップ (QGPOP) の概要とギガポップアーキテクチャ

インターネットの普及に伴い、研究機関でも日常的に利用できるネットワーク環境が整った。しかし、その反面、インターネットを研究開発に使うことが難しくなった。次世代のインターネットの研究開発を推進するためには、日常的な普及型インターネットとは独立、並列に構築される研究開発型インターネットが必要となったわけである。我々は、そのような研究開発型インターネットを構築する際のアーキテクチャと、その上での研究開発環境を研究するために、ギガポップアーキテクチャを持つ研究インフラとして、九州ギガポップ (QGPOP) を構築し、その上での研究開発を行っている¹⁾。

図-1に、QGPOPとその連携研究プロジェクトの概要を示す。近距離の接続には、ダークファイバを用いたギガビットイーサネット接続や100Mbpsのイーサネットサービス、遠距離の接続にはギガビットネットワーク (JGN)などを主に利用している。省際ネットなどの研究ネットやIIIなどの商業ネットとBGPで外部接続し、独立した自律システム (AS)を構成している。APANやTransPACを介してアジア太平洋地域および北米などの国際研究インターネットへとつながっている。

ギガポップは、単一のアクセス回線で複数のバックボ

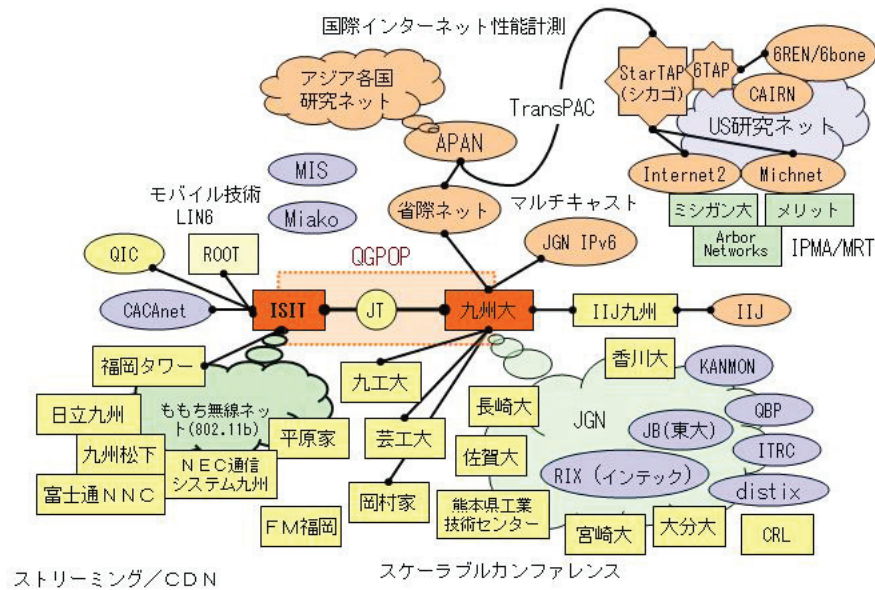


図-1 QGPOP および連携研究プロジェクト

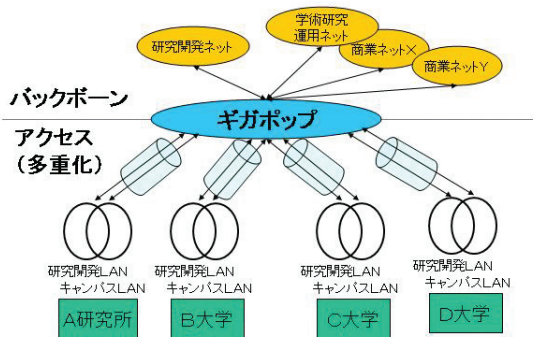


図-2 ギガポップアーキテクチャ

ーンへの接続を可能とする相互接続アーキテクチャである。通常の日常型インターネット用アクセス回線の上で、ATMの仮想回線（VC）やMPLS、タグ付きイーサネット技術（802.1Q）、波長多重（WDM）などを活用することで研究開発型トラフィック用通信路を同一物理回線上で別に確保することが可能となる。また物理回線の共有や多重化効果により経済的にも利点がある上に、各バンド幅の調節などの柔軟性も増す。

図-2で説明すると、各組織は、組織内に独立した研究開発用のLANを準備する。その研究開発LANでは、一般的に、研究開発の障害となるファイアウォールなどは設置しない。それぞれのLANを、物理的には1本、論理的には2本のアクセス回線でギガポップへ接続し、そこから、研究開発、学術研究運用、商業それぞれの目的に沿った各バックボーンへと適切に振り分ける。

学術研究ネットや商業ネットなどにより通常の研究教育環境におけるインターネット利用は普及したが、一方、超高速広帯域通信やマルチキャスト、モバイル、IPv6、QoS保証通信など、新しい技術に基づくインターネット

関連研究開発での利用が困難な研究開発機関が多い。常に通信技術が進歩することを考えれば、研究開発向けの高速先進的インターネット環境は絶えず維持改善され続けられなければならない。QGPOPは、普及型インターネット利用と研究開発型インターネット利用とを効果的に融合し、普及型インターネット利用アクセス回線しか持たなかった研究開発機関でも、JGNの上に構築されているような研究開発型高速先進インターネットを利用しやすい環境を提供する。

研究開発と実証実験

QGPOPで行われている研究開発と実証実験について紹介する。なお、本稿では誌面の都合上、オンラインカンファレンス実験、モバイル実験、ストリーミング実験を取り上げ、それらについて説明する。

●オンラインカンファレンス実験

QGPOPでは、毎月、2種類の会合を定期的に行っている。1つはメンバが会場に実際に集まるもので、もう1つはインターネット上で行うものである。我々は前者をオフライン会議、後者をオンライン会議と呼んでいる。図-3に、オンライン会議の様子を示す。現在、H.323ベースの手軽なテレビ会議システムが普及しつつあるが、一般的にはまだ玩具の域を抜けていない。一方、我々は、このようなオンラインカンファレンスがたとえば今の電子メールによるメッセージの交換のように手軽にまた当たり前利用できるような時代が来ることを念頭に、実用化を想定してこの実験を定常的に行っている。

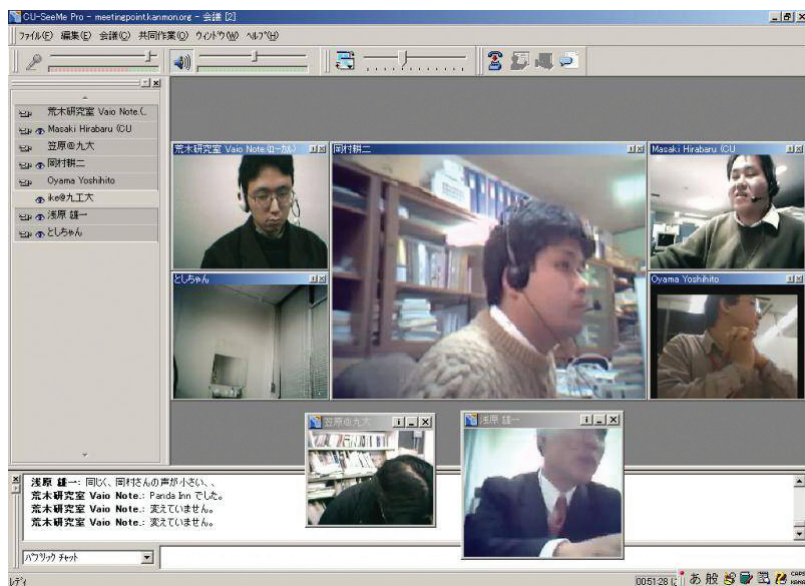


図-3 オンライン会議の様子

●モバイル実験

QGPOP では第9回世界水泳選手権大会福岡2001において、モバイルインターネットサービス (MIS, Inc.) の協力を得て、QGPOPと水泳大会の関係者に対して、MISシステムを用いたインターネットへの接続性を提供する実験を行った。水泳大会の実験では、MISシステムの実装上の問題が明らかになり、その問題を解決できた。現在、実験の範囲を北部九州を中心に展開し、その実用性の検証を行っている。ここでは、このモバイル実験について説明する²⁾。

モバイル実験の目的は、端末が物理的・ネットワーク的に移動しながらインターネットを利用するようなモバイル環境において高速で安全かつ途切れない本当のインターネットを実現し、その実用性を実証することにある。従来、モバイル環境では携帯電話やPHSを用いてインターネットに接続していたが、これは、通信速度が遅く、従量課金でコストがかかり、さらに、i-modeやEZwebなどではIPを用いていないという問題がある。一方、IEEE802.11bといった無線LAN技術を用いることによってこれらの問題は解決できるが、端末ごとの認証が不可能であり、暗号化が脆弱であるという問題がある。そのため屋外やファーストフード店といった一般の人が集まる場所などのような公共の場所での利用に無線LAN技術は適さない。

本実験ではこれらの問題を解決するためにMISシステムを用いている。MISシステムはルート、東京工業大学、京都大学、トランス・ニュー・テクノロジー、および、九州システム情報技術研究所 (ISIT) の研究グループで開発され、MISプロトコルとモバイルIPの要素からなる。MISプロトコルはこの研究グループによって独

自に開発されたプロトコルで、無線LAN上で動作し、無線LANの問題を解決する。モバイルIPはIETF (Internet Engineering Task Force) によって開発されたプロトコルで、インターネット上を移動しても途切れない通信を実現する。

MISシステムの構成を図-4に示す。図-4において、移動体端末とはIPで通信可能なノートPCやPDAといった端末である。MIS認証サーバは移動体端末の認証を行うサーバであり、認証のために必要となる移動体端末ごとの秘密鍵を管理している。ホームエージェントはモバイルIPのためのサーバである。固定インターネット網に接続した無線基地局を各地に設置することによって、移動体端末はその基地局を経由してインターネットへ接続できるようになる。

MISシステムは次のようにして動作する。まず、始めにMISプロトコルの処理が行われる。基地局はビーコンと呼ばれるパケットを一定間隔で送信しており、ユーザの持つ移動体端末はそのビーコンの電波強度を基に最適な基地局を選択する。移動体端末がその基地局に対して接続要求を送信すると、MIS認証サーバが移動体端末に対応した秘密鍵を用いて移動体端末の認証を行う。この認証が成功すると、接続する基地局によって変化する気付アドレスというIPアドレスが基地局によって移動体端末に割り当てられる。この時点で移動体端末はインターネットに接続できるようになり、強力な暗号化アルゴリズムであるAES (Advanced Encryption Standard) を用いて基地局と移動体端末間の通信路は暗号化されるようになる。次に、モバイルIPの処理が行われる。移動体端末は移動しても変化しないホームアドレスと呼ばれるIPアドレスを持っており、インターネット上のホス

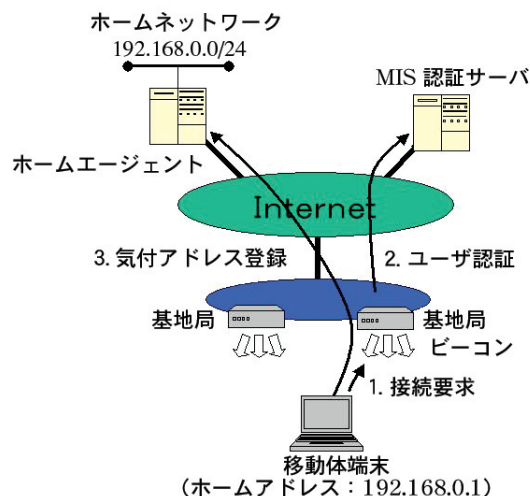


図-4 MISシステム

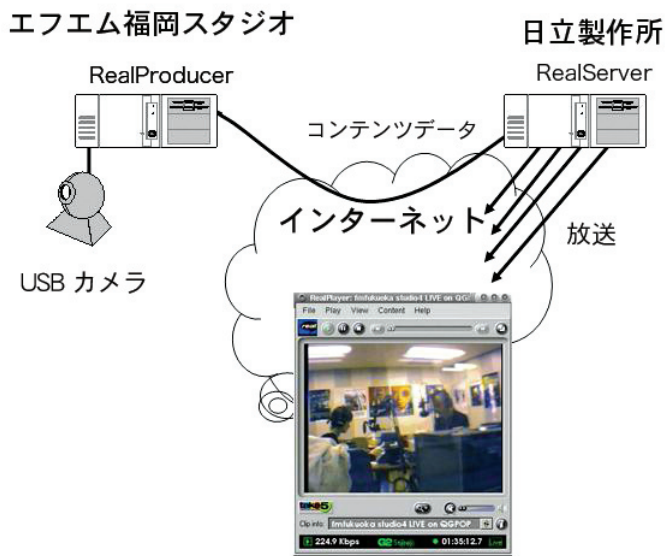


図-5 ストリーミング実験

トとの通信にはこのアドレスが用いられる。移動して気付アドレスが変化すると、移動体端末はホームエージェントへ気付アドレスの登録を行う。そして、インターネット上のホストから送信されたホームアドレス宛のパケットは、ホームエージェントを経由し、移動体端末まで気付アドレスを使って配送される。

以上のように MIS プロトコルを用いることで無線 LAN の問題を解決でき、モバイル IP を用いることで途切れない通信が実現できる。

●ストリーミング実験

QGPOP のストリーミング実験として行われた、エフエム福岡とサガテレビの実証実験についてそれぞれ紹介する。

エフエム福岡映像ストリーミング配信実験

QGPOP の参加組織の 1 つであるエフエム福岡スタジオと日立製作所を中心にして映像ストリーミング配信実験を 2001 年 8 月から約半年間の間行った。実験構成図を図-5 に示す。使用した機材は、サーバ、エンコーダともに Linux-2.2 で、エンコーダは Real Producer Basic、サーバは Real Server Basic を用いた。なお、日立製作所は QGPOP に接続しており、図-5 に示すように、インターネット経由でエフエム福岡の RealProducer で生成したコンテンツを日立製作所の RealServer へ送り、QGPOP 経由で外部に放送した。

エンコーダは、PentiumII 500MHz メモリ 128MB 程度のマシンを使用した。エンコーディングが始まると、非常に負荷が上がる事が確認された。対するサーバ側では、ストリーミングの接続数が増えても、特に目立つ変化は見られなかった。このことから、マシンの選定に

関しては、エンコーダにはとにかく処理能力の高いものをあてる必要があり、また、サーバ側は処理能力よりも、安定稼働できることを最優先するほうがよいものと思われた。また、およそ、エンコーダのターゲット帯域速度に選んだ通りのトラフィックが発生しているようであり、ほぼ理論値どおりであることが確認された。

ブロードバンド時代に向けて、放送局自体も変わっていくことが予想される中、非常に基礎的ではあるが、現在の技術で何ができるのかが実感できた。ただ、コンテンツをネットワークにのせることも大事であるが、そのための社会環境の整備、たとえば、著作権保護の問題、また保護するだけでなく、いかにうまくコンテンツ流通させ、著作権者に対するインカムを決めていくのか、など技術の周辺の問題の大きさを改めて実感したのも収穫ではあった。

サガテレビ映像配信実験

デジタル放送の開始を控え、TV 放送局は激変する時代の中にある。これは、特に地方局にとって深刻な問題であるが、同時に新しい情報通信技術を武器に、新たなシステムを構築できるチャンスでもある。高速なインターネット接続の利活用は、重要なテーマの 1 つである。そのような背景の中で、佐賀大学と、佐賀県唯一の民放 TV 放送局であるサガテレビは、共同で番組配信実験を行っている。ここでは、実験の目的、および内容について、紹介する。

すでに、甲子園中継を始めとして、多くの番組配信実験事例があり、いわゆるストリーミング業者と提携することで、容易に番組の配信ができる環境が整っている。そのような状況の中で、サガテレビとの実験では、自前で配信システムを構築し、番組の配信を行っている。実験の目的は、番組の配信そのものだけではなく、(1) 自前の番組配信を通して、番組制作や今後の展開についてのノウハウを得ること、(2) 社内や地域の啓蒙、(3) 新たな放送チャネル確立の試み、である。特に (3) については、インターネットを利用することで、佐賀を離れている佐賀出身の人に、サガテレビの番組を見る機会を提供することになる。これは従来の TV 放送網では、実現できなかったことである。

番組配信のネットワークインフラとして、QGPOP を利用している。佐賀大学は、NetCom さがに設置された JGN アクセスポイントから JGN を介して、QGPOP に接続している。サガテレビと佐賀大学は共に佐賀市内にあり、直線距離で約 1.5km の位置にある。お互いに見通しが良い位置関係にあるため、サガテレビ局舎と大学間を、無線ルータを介して接続している。エンコードサーバはサガテレビ局舎内に、配信サーバは佐賀大学内の QGPOP セグメントに設置している。このような構成

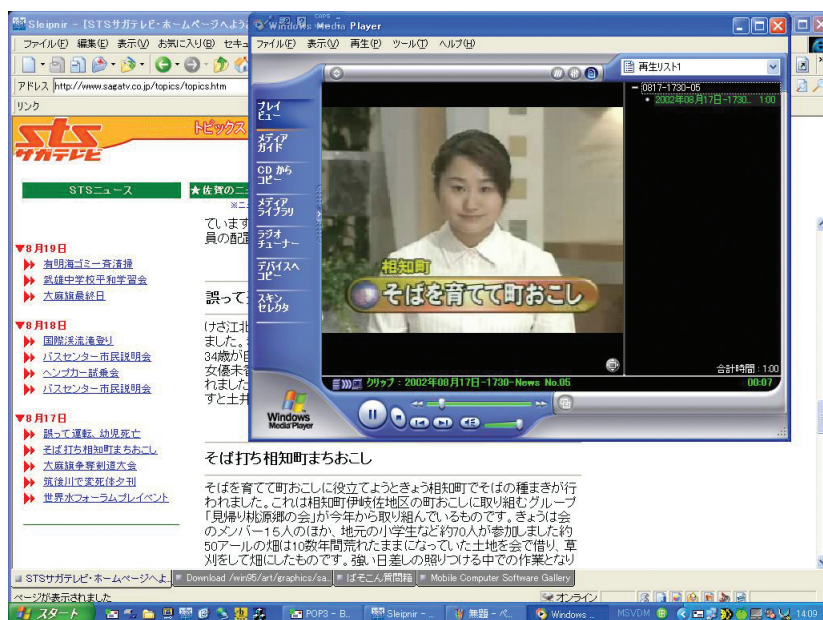


図-6 サガテレビ映像配信実験

をとることで、無線 LAN 部分はデータ転送だけに利用でき、また配信では QGPOP の広帯域を活かすことが可能となる。なお、エンコードサーバおよび配信サーバには、NEC の ISS/ES (Internet Streaming Server/Encode Server) および Delivery Server を利用しており、300 ストリームの同時配信を可能としている。

最初の実験は、2001 年 10 月 31 日 (水) ~ 11 月 4 日 (日) に行った。この時期に行われる「2001 佐賀インターナショナル・バルーンフェスタ」および「唐津くんち」を題材にした、県内向けの生放送の番組「佐賀のまつり 2001」をインターネットで配信することを通して、インターネット配信を前提とした番組制作のノウハウを得ること、および受信者の動向をリサーチし、今後の参考にすることが、実験の目的である。インターネット配信に伴い、番組中で使用する曲 (BGM) の著作権への配慮、番組に挿入される CM の扱いなどが求められる。システムが安定して動作することも必要である。最初の実験は、問題なく行うことができた。実験後のアンケートの結果から、低帯域 (56Kbps) と広帯域 (300Kbps) の 2 種類のストリーム (Windows Media) で配信を行ったが、ほとんどの利用者は広帯域を受信したことが明らかになった。また、受信者の 70% が光、CATV、あるいは ADSL の広帯域接続環境であったことは、ブロードバンド配信の将来性を示唆するものであった。

次の実験として、サガテレビの県内向けニュース (昼刊および夕刊) を、VOD として配信する実験を行っている。図-6 にその様子を示す。ニュース配信手順の確立が、この実験の目的である。放送局の放送は、タイムテーブルに厳密に従って放送されるため、まず生放送のニュースを自動的にコンピュータに録画する。次に

VOD とする部分をカットして、300Kbps と 56Kbps にエンコードを行い (共に Windows Media)、配信サーバにアップロードする。同時に、テキストとリンクして、サガテレビのホームページで公開する。ニュース番組は、以下の URL で見ることができる。現在は、ライブラリシステムの構築を行っている。

<http://www.sagatv.co.jp/>

今年度、バルーンフェスタを始めとした、いくつかの番組の「放送」を検討しているが、その中でインターネットの特質を活かした試みを予定している。インターネットと放送の連携は、従来のマスメディアではない、新たな放送システムの確立を予感させる。サガテレビとの取り組みは、それを模索するものであり、また展望するものである。

QGPOP の国際化への発展 —玄海プロジェクト—

QGPOP の流れを汲んで、九州と韓国の間のネットワークプロジェクトである玄海プロジェクトが発足した^{3)~5)}。その背景には近年の九州および山口県でもいわゆる自治体ネットワークと呼ばれる地域大容量ネットワークの整備が急速に進んだことと「日韓 IT 光コリドー・プロジェクト」によって日本と韓国がファイバ長 250Km の無中継の海底光ケーブルで接続されたことの影響もある。この海底光ケーブルは韓国の釜山—福岡、釜山—北九州を結ぶものであり、2002 年 3 月に運用が開始されている。玄海プロジェクトとは、これらの自治体ネットワークや日韓海底光ケーブルを用いた大規模また国際的な次世代超高速ネットワークプロジェクトであり、この日韓光ファイバが敷設されている海の名称にちなんで命名された。

玄海プロジェクトには研究組織や企業だけではなく、自治体も参加しているのも 1 つの特徴である。また、玄海プロジェクトへの参加はオープンであるため、今後日本側の参加組織は九州・山口を中心にして増えてゆく予定である。また韓国側も同様である。

玄海プロジェクトの日本側および韓国側のネットワーク構成については、今まで 6 回開催されてきた各会議の際にテクニカル会議を別途開催し、議論してきた。日本側は、現在北部九州を中心にして JGN をベースにしている九州ギガポッププロジェクトのネットワークを国際的に拡張するかたちで検討している。図-7 に玄海プロジェクトの日本側のネットワーク構成を中心とした図を

示す。

先に説明したように、現在、九州ギガポッププロジェクトでは、九州大学、ISIT をコア NOC としてこれらの NOC 間を 1Gbps の高速ネットワーク回線で接続し、各 NOC で参加組織を収容している。現在の九州ギガポッププロジェクトの上流ネットワークは 10Mbps で接続されている IMnet と IIJ である。玄海プロジェクトでは KJCN が提供される通信事業者の分界点に NOC を新設し、QGPOP の現在のコア NOC と高速に相互接続することによって、玄海プロジェクトの日韓高速ネットワークをギガポップの上流ネットワークの 1 つとして扱えるような設計にしている。また、福岡県内および北九州市からの接続にはそれぞれの自治体が整備している「ふくおかギガビットハイウェイ」および「北九州地域情報ネットワーク」を利用することを計画している。各 NOC には高速なレイヤ 2 スイッチと BGP4+ に対応した IPv4/IPv6 デュアルプロトコルスタックを持った高性能なルータを設置し、各参加組織に設置される実験用の機器をバックボーンに高速に接続することと IPv6 ネットワークへの対応も考慮している。なお、玄海プロジェクトの日本 NOC から韓国への相互 Peering の相手としては、韓国の研究ネットワークである KOREN を想定している。

さらに玄海プロジェクトの福岡 NOC から、東京大手町にある APAN-JP 東京 XP への高速接続も検討している。今のところの選択肢としては総務省の JGN や 10 月から九州大学が接続される文科省の SuperSINET などを利用することが候補にあがっている。APAN-JP 東京 XP との高速接続が実現できれば、APAN 全体で見たときに玄海プロジェクトが日韓の高速ネットワークの一部として機能させることが可能になるため、アジアパシフィックから玄海プロジェクトと TransPAC を経由してアメリカの Internet2 などに現在よりもさらに高速に接続できることも期待できる。これにより、アジア太平洋地域でグローバルな環境での研究を期待している研究者の研究活動を強力に支援することができるようになることが期待できる。

九州ギガポッププロジェクトの将来

九州ギガポッププロジェクトが始まったのは 2000 年の 5 月くらいで、その年の 11 月には当初のメイン NOC であった、九州大学、ISIT、NTT 天神が立ち上がり、コアが形成された。JGN を用いて国立大学や県立工業技術センターが、また、ももち浜の無線ネットワークを使って、近隣の企業が参加し九州ギガポッププロジェクトネットワークが形成された。その後 2002 年に対外接

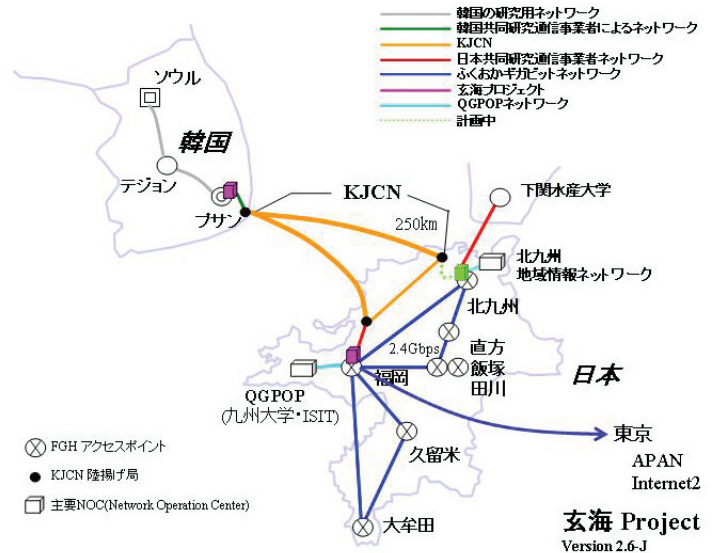


図-7 玄海プロジェクトネットワーク構成図

続の 1 つであった省際ネットワークが NTT 天神から九州大学に移ったこともあり NTT 天神 NOC を廃止したり、ISIT と九大間の NOC 接続が JT との共同研究による芯線を用いたギガビットイーサに変更したりしてそのネットワークポロジも日々、徐々に変わりつつある。また、今後も玄海プロジェクトによる韓国や東京、アメリカへの接続によって、また、その構成は大きく変わるであろう。しかし、いずれにしても九州ギガポッププロジェクトネットワークは研究者による研究用ネットワークであることは変わりなく、今後も世間をびっくりさせるような新しい技術や応用の研究開発を続けていく、ネットワークインフラおよび人と人とのつながりの研究母体でありたいと考えている。

謝辞 九州ギガポッププロジェクトならびに玄海プロジェクトにかかわってくださっているすべての方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) 岡村耕二, 平原正樹, 堀 良彰, 池永全志, 荒木啓二郎: 九州ギガポッププロジェクトの概要, 電子情報通信学会 技術研究報告 (情報ネットワーク研究会), Vol.100, No.409, pp.9-16 (Nov. 2000).
- 2) Ohmori, M., Ohta, M., Nakano, H., Fujikawa, K., Hirabaru, M. and Mano, H.: MIS: The First Public Mobile Internet Service with 802.11b, APAN 2001 Conference in Malaysia (Aug. 2001).
- 3) 岡村耕二, Jeahwa, L.: 日韓共同研究用超高速ネットワークの構築, 情報処理学会九州支部シンポジウム論文集 (Mar. 2002).
- 4) Araki, K., Okamura, K. and Hirabaru, M.: Korea-Kyushu Gigabit Network: A Frontier Network Research Project beyond the Strait, Proc. of International Workshop on Information and Electrical Engineering (IWIE2002) (May 2002).
- 5) 岡村耕二: 日韓を結ぶ次世代ネットワーク「玄海プロジェクト」の現在, IAJapan Review, Vol.2, No.2, pp. 2-4 (Sep. 2002). (平成 14 年 9 月 25 日受付)