

4 先端グローバルR&D網の構築と 国際協調アプリケーションの展開 —JGN2の国際連携活動—

池田佳和*1 田中 仁*2 平木 敬*3 岡村耕二*4

*1 大谷大学文学部人文学科 *2 KDDI (株) 大手町テクニカルセンター

*3 東京大学情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻

*4 九州大学情報基盤研究開発センター

// 国際テストベッドネットワークの概要 //

ネットワーク技術に関する最先端の研究と開発は、常に国際的な連携と競争が必要である。机上で行える理論的な研究に加えて、国際間のテストベッドネットワークを活用して、実際の超遠距離通信への適用や最適化の実験的な研究開発と海外研究者コミュニティへの実務的な参画や、異なる文化、習慣、言語、経済を有する外国との国際協調アプリケーションの開発などを推進することはきわめて重要である。

JGN2 国際ネットワークは、2004年8月より順次、米国へ10Gbps、タイへ45Mbps、シンガポールへ155Mbpsの回線を構成した(図-1)。各々、相手国の国内へは当該国の研究開発ネットワークと相互接続の協定を結び、接続地点以外の研究パートナーとも研究が可能な形態とした。また、国際的な研究連携や相互バックアップ等を推進した結果、GLIF、ONT3、APAN、Intern2、GEANT2、TEIN2等の国際研究コミュニティと人的関係を深めることができた¹⁾。

JGN2の国際回線を利用した研究プロジェクトは24件にのぼり、JGN2利用プロジェクトの15%に相当した(表-1)。それらに従事した研究者の総数は延べ264人となった。

本稿では、JGN2の国際への延長ネットワークの回線構成と運用技術とその成果を述べるとともに、国際アプリケーションの代表例として、TCP (Transmission Control Protocol) プロトコルの高速伝送実験と遠隔医療の国際アプリケーションの2件を取り上げる。

// 国際ネットワークの構築と運用 //

【JGN2 国際ネットワークの構成】

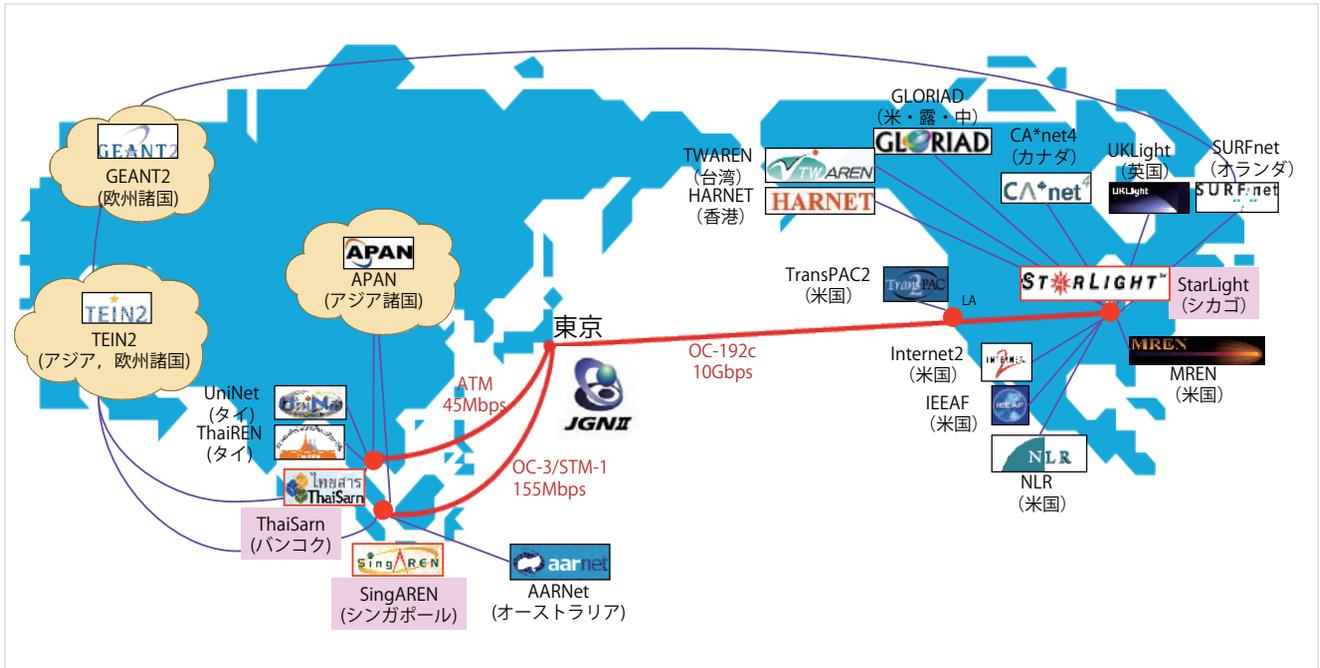
NICT (情報通信研究機構) では2004年8月から、JGN2による国際的な共同研究を推進するために、共同研究の基盤となる超高速テストベッドネットワークとして、10Gbps回線(OC-192 SONET)を日本(東京)と米国(シカゴ)間に新設した。本回線の主な目的は、米国ノースウェスタン大学に配備されている国際的な相互接続ポイント StarLight に接続し、米国、欧州などの研究用高速ネットワークとの接続を可能にすることであった。これにより、JGN2に接続する国内研究機関と海外の研究機関による共同研究基盤が整備されることとなった。

アジア向けには、東京—タイ (バンコク) 間45Mbps/ATM、および東京—シンガポール間155Mbps/SDHが新設された。NICTはタイの学術組織NECTEC/ThaiSarn、シンガポールの学術組織SingARENとのMOU (覚書) を締結し、JGN2国際回線を活用した国際テストベッド機能が充実された。

【回線の機能】

JGN2の特色であるレイヤ2ネットワークを国際的に展開するため、シカゴ・シンガポール・タイそれぞれの拠点にはJGN2専用の機材を設置し、国際専用線をイーサネットに変換する技術を駆使した。米国回線は当時として最新のイーサネット規格の機器で構成し、研究ネットワークとして日米間初の10GbE WAN PHY 接続を実現させた。

また、シンガポール・タイ回線はMPLS技術を用いたEOS (Ethernet over SONET/ATM) 機能を用い、国内側のイーサネットVLANを海外研究ネットワークまで



●図-1 JGN2 国際ネットワーク構成

拡張させた。

各国際回線は、海区間は2重化、もしくは、セルフヒーリング機能を持った専用回線で構築されており、比較的障害に強い構成とした。

【国際運用とその実務】

欧米との時差を考慮し、JGN2 日米・アジア回線を円滑に運用するため、24 時間体制の NOC (Network Operation Center) 国際担当を配備した。24 時間の監視および一次対応を行うフロント担当と、二次対応・イベント対応等を行うバックオフィスに分け合理化を図った。このような体制を敷くことで、通常の障害対応はもちろんイベント等の事前テストや設定調整の際も迅速な対応が可能となった。

2006 年末に台湾沖地震が発生し当該地域の海底ケーブルの損傷被害の範囲が広く、タイ・シンガポール回線とも障害となったが、NOC から通信事業者に強力に迂回の依頼を行い早期に暫定復旧をさせることができた。並行して他の学術系ネットワークの NOC とも連携して、IP バックアップパスを確保した。レイヤ間・国境間を越えた NOC のサポートにより JGN2 ユーザばかりでなく、他の学術ネットワークへの影響をも最小限にいとめたことは特筆できよう。

ネットワーク系国際共同研究は、各国ドメインをまたいだ端末間の実験が多い。そのような実験に柔軟かつ迅速に対応するためにも、NOC 運用担当者が GLIF, APAN 等の国際コミュニティイベントに参加し、各国エンジニアと人的交流を深め連携を強化した。重要なデ

モ、イベント時は、現場サポートを強化するため、可能な限り運用担当者を国内外の会場へ派遣し特別な体制を敷いた。

【国際間のインタードメイン間通信】

国際ネットワークは、通例、IP パケット通信が主流であり、中間ルータはルーティングテーブルによりエンド間の到達性を確保できた。しかし、レイヤ2イーサネットの場合は、パス上に存在するすべてのレイヤ2スイッチの設定と、接続されるすべてのドメインにて VLAN ID を調整する必要があった。これら調整業務を一般の研究者が行うにはかなりの負担になるため、運用者が他ドメインとの間に入り、調整およびプロビジョニング業務を積極的に行った。

ネットワーク技術が専門ではないアプリケーション系研究者のために、海外ネットワークの構成や利用状況を常に把握し、存在するさまざまなパスからアプリケーションにあった最適なパスを選定するコンサルティングも積極的に行った。

【超長距離通信】

伝送遅延が大きい国際通信は、性能が出にくい環境にある。特に TCP プロトコル通信においては、少ないパケットロスも伝送性能に大きく影響する。パケットロスの原因にはさまざまな要因が挙げられるが、輻輳やクロストラフィックによるパケットロスは極力運用により避けるよう努めた。その主な手法は、所要にある通信機器のインタフェース Queue を長く設定することであった。

- ◆ 米国回線では、JGN2の特長である広帯域、広域を活かしたネットワーク関連基盤技術の研究が多く実施され、この分野において世界の最先端をリードする研究成果が創出された。
- ◆ アジア回線では、特に教育・医療という公共性の高い分野の研究が多く実施され、アジア地域におけるブロードバンド活用の普及促進に資するとともに、技術格差是正・技術移転を推進した。

	研究テーマ	利用回線			
		米国	タイ	シンガポール	
ネットワーク	ネットワーク基盤関連技術	国内および国外研究機関におけるデータの高効率伝送運用実験	○	○	
		多様性・可変性に適応するエンドツーエンド通信制御	○		
		衛星データの高速転送および保存、配布技術の研究開発	○		
		高速ネットワーク上のマルチキャスト等の運用管理に関する技術開発	○		
		超高速インターネットを利用した次世代国際共同研究に関する研究		○	○
		GMPLS 国際接続性検証	○		
		GMPLS ネットワークアーキテクチャに関する研究	○		
		VoIP 国際相互接続検証			○
	低軌道周回衛星の IP 運用システムの研究	○			
	セキュリティ関連技術	インターネット広域観測による次世代攻撃検知技術に関する研究開発	○		
ミドルウェア	グリッド研究	高速ネットワーク上のグリッド環境構築に関する研究開発	○		
		KEK-CERN 間高速データ GRID のための L2 接続	○		
	ヒューマンインタフェース	JGN2 を利用した遠隔臨場感通信に関する研究開発支援環境の構築	○		
アプリケーション	教育関連分野	遠隔講義のためのコミュニケーション状況とネットワーク状況に動的に適應する品質制御方式に関する研究開発	○		
		IPv6 を活用した遠隔教育の実証実験(高度 IT 共同実験)		○	○
		高速ネットワークを用いる国際遠隔教育の実践と評価		○	
		国際間多数地点間での同時双方向遠隔授業の実証実験		○	
	医療関連分野	スケーラブル MPEG4 を用いた遠隔医療の実証実験(高度 IT 共同実験)		○	
		3D-HD 方式とブロードバンドを活用した眼科医療における遠隔医療の検証(高度 IT 共同実験)		○	○
		国際遠隔医療に向けたブロードバンドネットワーク実験システムの構築		○	
	コンテンツ分野	分散共有型研究データ利用基盤の整備	○		
		超高精細デジタル映像のネットワーク応用(CineGrid)	○		
	環境・科学分野	e-VLBI 実験	○		
Live! オーロラ		○			

●表-1 国際共同研究テーマ一覧

これは日米回線を使った高速 TCP 実験において非常に効果的であった。

もう1つはスケジュール管理によるクロストラフィックの回避である。そのため NOC ではスケジューリングツールを独自に作成した。スーパーコンピューティング実験等で参加研究者が活用し、ネットワークリソースを事前に調整する有効な手段となった。

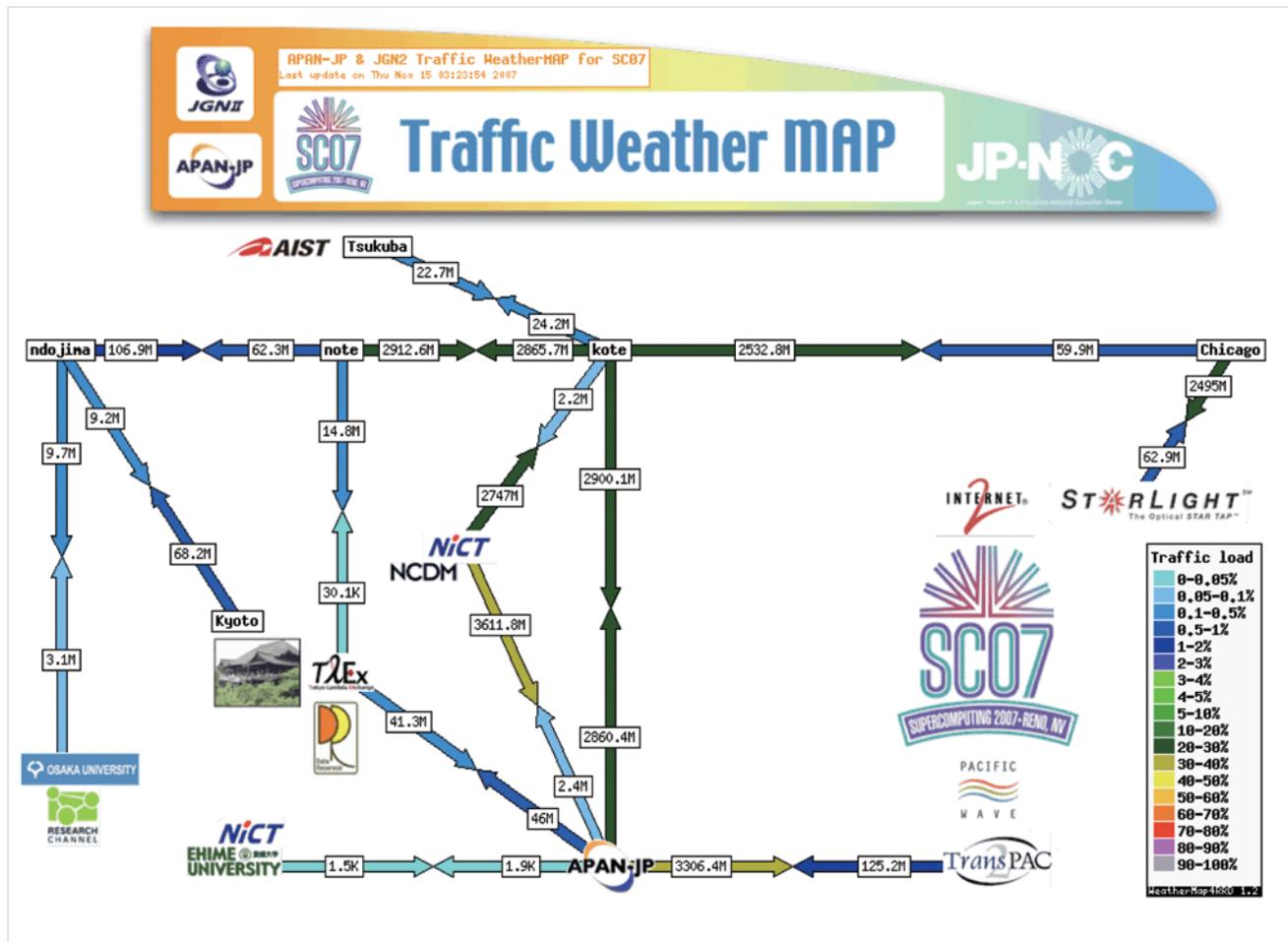
【高度運用ツールと情報共有】

NOC ではさまざまな運用ツールを作り、ネットワークの稼働状況、および計測データを Web 上に「JGN2 高速 Traffic WeatherMap」として公開した(図-2)。

リモートから通信機器のインタフェースや VLAN 情

報などが確認できるコマンドラインインタフェースも用意した。「JGN2 Router Proxy」Web を作成し、JGN2 NOC 運用者自らの障害対応と動作確認に役立てるだけでなく、他国の運用者へネットワーク運用情報を公開した。こういった点は、他国ドメインとの接続を重視する国際ネットワーク運用ならではの特徴である。JGN2 の大規模ネットワークの計測データをネットワーク研究者に公開して、研究を促進する狙いもあった。

NOC では重要な実験開催時には情報共有ページを Wiki にて作成し、「実験内容」「必要帯域」「実験スケジュール」等といった実験計画情報を掲載し常時更新することにより、国内外の研究者間およびネットワーク運用者と共有した。



● 図-2 JGN2 高速 Traffic WeatherMap

こうした情報共有は国際間の時差や言語といった障害を取り除くだけでなく、海外側研究ネットワークのリソースの確保と迅速な対応を得るのにも効果的であった。さまざまなドメインが繋がり、互いにネットワークリソースを共有して成り立っている国際ネットワークの中で、こうした運用方法や NOC 間の連携が国際研究の推進に貢献できたと考える。

// 高速 TCP 実験 //

【背景】

近年のネットワーク技術の進歩に伴い、ネットワークは現在の社会基盤として欠くべからざるものになってきている。しかしながら、インターネットにおけるデータ通信で中心的な役割を果たす TCP 通信は、ネットワークの高速化、遠距離化に伴い困難が増してきた。私たちは、超高速データ共有システム Data Reservoir⁶⁾の研究の基礎として、遠距離 TCP 通信速度、特にシングルストリーム TCP 通信速度向上の研究開発に取り組んできた⁷⁾。遠距離・高バンド幅ネットワークでは、RTT (Round Trip Time) が大きいため、単純な AIMD

(Additive Increase and Multiplicative Decrease) 制御では遠距離ネットワークが不利となり、通信バンド幅が出にくい。また、エンドホスト間の通信だけを情報として制御するため、偶発的のケットロスと輻輳によるケットロスが区別できず、本質的でない性能低下が発生する。

これらの問題点を克服するため、数多くの改良された TCP プロトコルが提案され、過去の LSR 実験で使用された。たとえば、私たちの直接の競合相手であった、カリフォルニア工科大学の Harvey Newman のグループは、遅延時間の増加から輻輳を検出する FAST TCP³⁾を提案し、使用した。High-Speed TCP⁴⁾、Scalable TCP⁵⁾も、長距離ネットワーク用 TCP プロトコルとして知られている。しかしながら、本質的には AIMD 制御の係数が変わる以上のメリットを出すことは困難であり、遠距離・高バンド幅ネットワークでは不安定な振舞いを示し、高い性能を得ることができず、またバッファサイズ、キュー長などのパラメータ最適化が困難を極めた。

遠距離高バンド幅 TCP 通信性能が低下する原因は(1) Inflight のデータ量が、 $(RTT \cdot BW) / 2$ であり、非常に大きい量となること。いったん輻輳が発生すると多量のデータが失われること、(2) Inflight のデータ量が大き

いため、中間のスイッチ・ルータのバッファ量が不十分であり、TCP 特有のバースト的通信によりパケットロスが生じること、(3) TCP プロトコルを処理する CPU 資源が不足すること、特に、受信側で不足するとパケットロスが発生すること、(4) エンドツーエンドの通信プロトコルであるため、輻輳によるパケットロス、中間スイッチ・ルータのバッファサイズが不十分であるため発生するパケットロス、受信側の CPU 資源の不足によるパケットロス、ネットワーク本来のランダムなエラーに基づくパケットロスを見分けることが困難であり、不必要に通信バンド幅が低下すること、(5) 通信バンド幅が、微視的に見ると変動し、平均バンド幅がパケットロスを起こす最大バンド幅より小さくなること、変動原因は、中間スイッチにおけるブロッキング、WAN PHY と LAN PHY の変換時における ACK Packet のバッキングが原因であること、(7) I/O バスの最大バンド幅がネットワークバンド幅以下である場合に、受信側 NIC のバッファ量が不十分で、パケットロスが発生すること、(8) 通信に伴う送信側、受信側のホスト上のバッファメモリがキャッシュサイズを越し、CPU の実行速度が著しく低下し、プロトコル処理速度が低下すること、特に、ユーザ空間からカーネル空間へのコピー操作が多大な CPU オーバーヘッドを生じることである。

これらの問題点が明らかになったきっかけは、JGN2 等の長距離ネットワーク利用で① 10Gbps の NIC より、1Gbps の NIC、さらには 100Mbps の NIC のほうが、実現するバンド幅が高いことが多いこと、②クロックサイクルレベルで正確な疑似遅延装置を用いると、適切にバッファサイズを増加させれば、ローカル通信とほぼ同じ性能が出ることに對し、実ネットワークでは性能が低下することが観察されたことである。つまり、一般的に知られている TCP 通信パラメータの最適化は、本質を突いてなく、それ以外の要因が重要であるということに気がついたからである。

上記要因は、ネットワークパケットの振舞いを精密に観察することにより、初めて明らかになったものである。これらの要因を、さまざまな方法で回避することにより、安定した超遠距離・高バンド幅 TCP 通信を実現することに成功した。

【LSR (Land Speed Record) への挑戦】

Internet2 Land Speed Record²⁾ は、遠距離・高速 TCP 通信技術の向上を目的として、2000 年に創設された賞である。LSR の特徴は、評価をバンド幅ではなく、TCP 通信の距離・バンド幅積で行うこと、評価が、ネットワークではなくエンドホスト・エンドホスト間であることを特徴としている。使用するネットワークは科学技術用のパ

ブリックネットワークを区間として含み、2 カ所以上ルーティングされたネットワークであり、距離はルーティングポイント間の大圏距離の和として計算し、30,000km を上限とすることが規定されている。賞は IPv4、IPv6 の2つのカテゴリにおいて、TCP の単一ストリームと複数ストリームの4クラスに分けられている^{☆1}。

私たちは、開発した高速 TCP 技術を試す場として、LSR を利用し、JGN2 および国内外の多数の研究用ネットワークを相互に接続してシングルストリームの TCP データ転送を行った。最初の挑戦では日本から米国を経由してオランダを接続し 20,645km 上でシングルストリーム 7.2Gbps のメモリ間転送を実現し、私たちとして最初の LSR を得た。ここでのボトルネックはネットワークでも NIC でもなくホスト内 PCI-X 1.0 のバス約 8Gbps であったが、我々はこのボトルネックの約 9 割の通信を達成した。

以後、IPv4、IPv6 ともにさまざまな工夫により性能向上を実現し、合計 10 回の記録更新が実現した。最後に行った、IPv6 の実験に用いた経路を図-3 に示す。

【連携と発展】

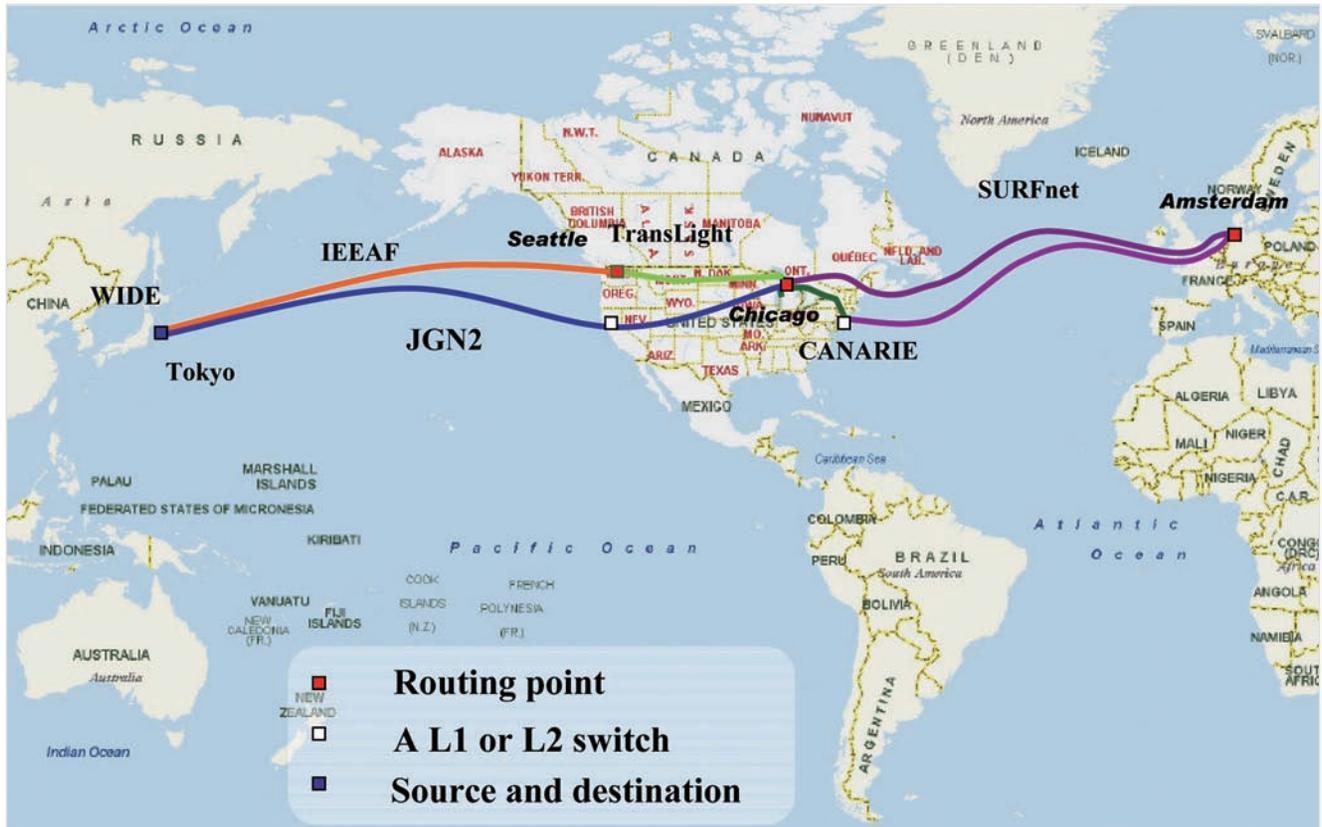
LSR への挑戦に限らず、世界一への挑戦は、新しい技術を生み出す良い機会である。4 年間にわたる TCP 性能向上は、単一の技術で実現したものではなく、TCP 通信にかかわる多くの技術開発の集大成といえるものと感じている。さらに、TCP 通信技術だけでなく、ネットワーク構築・デバッグ技術、国際的なネットワーク機関間の連携、ストリーム間協調技術からネットワークインタフェース・メーカーやスイッチ・メーカーとの技術連携など、今後のネットワーク技術研究開発の基礎を固める結果となった。

// アジア太平洋における遠隔医療実験支援 //

【日本韓国間での実験】

福岡と韓国釜山間に光海底ケーブルが敷設され、これを利用した学術研究が検討されていたが、2002 年に九州大学病院の清水周二助教授(当時)、中島直樹講師が日本でも採り入れ始められてきた内視鏡手術の日韓での術式の情報交換の手段にインターネットが利用できないかと九州大学情報基盤研究開発センターに問合せがあった。高精細メディア通信の具体的な応用事例を探索していたところであったので、日韓線のことを説明しこの取り組

☆1 これは、複数ストリームのほうが単一ストリームより容易と考えられていたからであるが、実際には、単一ストリームのほうが容易であることが経験的に分かっている。



●図-3 LSR ネットワークの経路

みへの参加を要請した。

その後日韓線は 2003 年に 1Gbps という当時の国際回線では驚異的な速度で、利用が可能になった。清水助教授らはさっそく日韓の病院間での内視鏡の勉強会などに活用したのでインターネットを用いた新しい国際的な応用として着目され始めた⁸⁾。これが思いのほか好評で、韓国以外のパートナーの国を増やしていった。

この遠隔医療実験では約 30Mbps の帯域を必要とする DVTS (Digital Video Transport System) を用いるが、この DVTS を用いて遠隔医療実験を行ったアジア太平洋の国々は、韓国、中国、タイ、オーストラリア、シンガポール、台湾、ベトナム、インドネシア、フィリピン、マレーシア、インドに及んでいる⁹⁾。また、最近ではアジア太平洋だけではなく、欧米の諸国のパートナーも増えている^{10), 11)}。

【JGN2 の活用】

これらの海外諸国との実験で、特に JGN2 の回線を活用したのは、シンガポールとタイである。タイとは、九州大学とマヒドン大学の交流協定もあり、2005 年の 7 月に最初の遠隔医療実験を試みていた。この時はタイへの高速回線は SINET (学術情報ネットワーク) しかなく、しかも回線速度は十分ではなかったため、DVTS はおろか汎用 TV 会議システムも使用できない状況であっ

た。一方、シンガポールは、韓国のソウル大学ブندان病院の Han Ho Seong 助教授からの紹介でシンガポール国立大学病院と実験を始めた。

シンガポールとは、当初、台湾経由で接続したが、経路調整などが容易ではなかった。2006 年 3 月には、JGN2 によるタイとシンガポールへの高速回線が利用可能になったので、タイの ThaiSarn と、シンガポールの SingAREN と、直接 BGP (Border Gateway Protocol) Peering をすることを試みた。

この活動を始めた 2001 年に比べると研究テーマは、国際遠隔医療実験支援の経験から、安定した経路制御や高度な経路操作がアプリケーションにはきわめて重要であるとの認識から、インターネット運用の分野に変わっていった。そして、ThaiSarn, SingAREN との L2 ネットワークが JGN2 により用意され、先方と連絡を密にとりながら、BGP Peering ができたときの感動は忘れ難いものであった。JGN2 は、単に潤沢な回線があるというだけでなく、このような機能的な面での貢献が多々あったことは忘れるべきではないであろう。

【経路制御問題】

タイ・マヒドン大学、シンガポール・シンガポール国立大学との遠隔医療実験に関して、この BGP Peering によってあとは簡単になったかという点、実はそうではな



● 図-4 遠隔医療実験デモ会場（於ベトナム、現地運用スタッフの中央が岡村）

かった。問題は、マヒドン大学、シンガポール国立大学の ThaiSarn, SingAREN への接続、経路制御であった。実はこれは、いまでも、問題が起きることが多々ある。DVTS を流してもさっぱり流れないと思ったら、トラブルがすべて商用を回っていた、などである。

さらに最近では、欧州とアジアを結ぶ TEIN2 によって、アジア太平洋諸国内の高速回線が整備され、選択肢が広がった分、経路制御も複雑になってきた。

シンガポールの場合は、ナンヤン工科大学の方が JGN2 アクセス性はよいのであるが、パートナーとなる医師あつての研究活動であるので、今でも経路制御に苦慮しながらマヒドン大学とシンガポール国立大学と遠隔医療の実証実験を行っている。

JGN2 を用いて高速通信をする場合エンド間で、L2 の VLAN を張って行う例が多いが、あえて L3 のインターネットで実験を行っている。九州大学病院は必ず九州大学のアドレスブロックを用いている。これによる実証実験の難易度は増しているが、JGN2 の高速インターネットの実用化への貢献という意味では、我々のアプローチは間違っていないと信じている。

今後も JGN2Plus を使ってさらに研究活動を広げていきたいと考えている。図-4 はベトナムの TEIN2 会所式での医療デモ写真である(2006年6月)。

/// むすび //

2004年8月から2008年3月まで、JGN2 国際ネットワークは日本と米国、タイ、シンガポールを結んで多数の研究教育プロジェクトに活用された。個々の研究成果に加えて、諸外国の先端ネットワーク研究者やネットワーク運用者のコミュニティに人脈を築くことができた。また、多くの若手研究者と運用技術者の人材育成の機会

を提供することができた。これらの成果は新世代ネットワークの国際連携の環に活かされている。

参考文献

- 1) 池田佳和：JGN2 の総括，JGN2 + AKARI シンポジウム，東京 (Jan.17, 2008).
- 2) <http://lsr.internet2.edu/>
- 3) Jin, C., Wei, D. X. and Low, S. H. : FAST TCP for Highspeed Long-distance Networks, Internet Draft, <http://netlab.caltech.edu/FAST/> (June 2003).
- 4) Kelly, T. : Scalable TCP : Improving Performance in HighSpeed Wide Area Networks, First International Workshop on Protocols for Fast Long-Distance Networks (2003).
- 5) Floyd, S. : HighSpeed TCP for Large Congestion Windows, RFC 3649 (Dec. 2003).
- 6) Kamezawa, H., Nakamura, M., Tamatsukuri, J., Aoshima, N., Inaba, M. and Hiraki, K. : Inter-layer Coordination for Parallel TCP Streams on Long Fat Pipe Networks, SC2004 (Nov. 2004).
- 7) Hiraki, K., Inaba, M., Tamatsukuri, J., Kurusu, R., Ikuta, Y., Koga, H. and Zinzaki, A. : Data Reservoir : Utilization of Multi-Gigabit Backbone Network for Data-Intensive Research, SC2002 (Nov. 2002). <http://www.sc-2002.org/paperpdfs/pap.pap327.pdf>
- 8) 岡村耕二：日韓次世代インターネットの共同研究，学術振興会 平成17年度拠点大学交流発表会 (Oct. 2005).
- 9) 中島直樹，清水周次，岡村耕二：アジア太平洋地域におけるブロードバンド遠隔医療ネットワークの普及活動，インターネットコンファレンス 2005 論文集 (Oct. 2005).
- 10) Okamura, K. : Case Studies of Education and International Collaboration on the Cyber Infrastructure, JGN2 and PRAGMA (Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly) Joint Symposium (Oct. 2006).
- 11) 岡村耕二：超高速インターネットを利用した次世代国際共同研究に関する研究，JGN2+AKARI シンポジウム 2008 (Jan. 2008).
(平成 20 年 8 月 4 日受付)

池田佳和

ikedai@ieee.org

大谷大学文学部人文情報学科教授。1969年東京大学工学部電気工学科卒業，1971年同大学院修士課程修了，KDD 研究所，KDD 執行役員，日本インターネットエクスチェンジ社長等を経て，2003～07年東京工業大学特任教授。2008年より現職。IEEE フェロー会員。総務大臣表彰(2004年)。

田中 仁

tanaka@kddnet.ad.jp

KDDI (株) 運用統括本部大手町テクニカルセンター。1997年KDD入社，国内ISPのネットワーク設計と運用を担当。2000年以降，学術ネットワーク APAN, JGN2, TEIN2 等の運用に携わる。2006年情報通信研究機構特別研究員。

平木 敬(正会員)

hiraki@is.s.u-tokyo.ac.jp

東京大学情報理工学系研究科教授。1976年東京大学理学部物理学科卒業，1982年同大理学系研究科物理博士課程単位取得退学，電子技術総合研究所，IBM T.J.Watson 研究センターを経て，1991年東京大学理学部，2003年同大情報理工学系研究科。並列アーキテクチャ，超高速インターネット等の研究に従事。

岡村耕二(正会員)

oka@ec.kyushu-u.ac.jp

九州大学情報基盤研究開発センター准教授。1965年生。九州大学大学院工学研究科修了。博士(工学)。三菱電機(株)，奈良先端科学技術大学院大学，神戸大学を経て現職。インターネット運用技術，広域なインターネット上でのマルチメディア通信応用の研究に従事。