

大分県の高速度通信ネットワークとそれを用いた 地域IXの構築について

宮部博行²、吉田和幸^{1,2}、西野浩明^{1,2}、青木栄二¹、凍田和美^{1,3}、宇津宮孝一^{1,2}

1 ハイパーネットワーク社会研究所

2 大分大学

3 大分県立芸術文化短期大学

情報通信技術の普及と行政・公共サービスの電子化推進などに伴い、ギガビット級の帯域を有する自治体ネットワークの整備が各地域で進んでいる。大分県では、自設の光ファイバ網で全県域をカバーする豊の国ハイパーネットワークを構築している。また、近年、ADSLをはじめとするブロードバンド通信サービスがエンドユーザに普及し、国内のインターネットの相互接続点 National IX では負荷の急増によりパケット損失や通信遅延が引き起こされ、National IX から離れた地域の通信環境に影響を与えている。この問題を解決するため、大分に地域IXを実装した。本稿では、豊の国ハイパーネットワークを基盤とした大分県域の地域IXの設計と現状について紹介する。

Construction of Regional IX on a High-Speed Communication Network in Oita Prefecture

Hiroyuki Miyabe²、Kazuyuki Yoshida^{1,2}、Hiroaki Nishino^{1,2}、

Eiji Aoki¹、Kazuyoshi Korida^{1,3}、Kouichi Utsumiya^{1,2}

1 Institute for Hyper Network Society

2 Oita University

3 Oita Prefectural College of Arts and Culture

As information networking technologies and computerized public services become popular, regional gigabit networks have been put into place all over the country. In Oita prefecture, an ultra high-speed regional network called "Toyo-no-Kuni Hyper Network" connecting all local authorities by fiber optics has been developed. We introduce about the design and the present stage of the Regional IX(Internet eXchange) of Oita Prefecture on the Toyo-no-Kuni Hyper Network.

1. はじめに

地域ネットワークは、1980年代後半から1990年代初頭にかけて学術研究機関の連携による草の根ネットワークとして誕生した。これらは、バックボーンネットワークに接続する地域内のアクセスネットワークとしての役割を担っていた[1][2]。その後、地域での商用ISP(Internet Service Provider)による事業展開が進み、これらが地域の学術系ネットワークに取って変わる結果となった。1990年代後半には、個々のISPが有機的に相互接続されるようになり、インターネットは急速な勢いで巨大化・複雑化の道をたどる事になる。各ISPは、東京や大阪に所在する

NSPIXP[3]やJPIX[4]などのNational IX(Internet eXchange)を介してトラフィック交換を行うことで相互接続を実現した[5]。このため図1(a)に示すように、たとえ同一地域内の通信であっても異なるISPに加入したために全てのトラフィックが東京や大阪経由になるという事態が生じた。大都市経由の迂回転送は、インターネットバックボーンのトラフィックを増大させるのに加えて、伝送距離に比例したデータ転送遅延を引き起こす。

さらに、域外の中継網の障害による回線断など、地域ネットワークの安定運用が外部網の信頼性に左右されるという状況が問題になってきた。ま

た、近年、ADSLをはじめとするブロードバンド通信サービスがエンドユーザに普及し、National IX の負荷増大は、これらの問題をさらに助長する。このような状況を改善するために、図 1(b) に示すように地域内のトラフィックをローカルに交換できる地域 IX (Regional IX) の考え方が登場した。地域 IX の実現により、上述の問題に加えて、これまで National IX の近隣で運用せざるを得なかった各種コンテンツサーバを地域独自で管理し、地域からの情報発信が可能となる。さらに、地域内での高速なデータ転送の実現とともに、実時間 P2P (Peer to Peer) 通信を基盤とする分散協調型応用システムの開発や利活用に関する実証実験を独自に行うことが可能になる。

これまで、地域 IX を基盤とする高速な地域ネットワークが山梨[2]、岡山[6]、沖縄[7]、富山[8]などの多くの地域で実現・運用されてきた。大分県は、1990 年に電話網による地域ネットとして「豊の国情報ネットワーク」を構築して以来、イ

ンターネットへの対応や高速化を順次行ってきた。2000 年 5 月には、ブロードバンド対応の新しい地域高速網の検討グループを立上げ、翌 2001 年 3 月に「豊の国ハイパーネットワーク基本構想」[9]をまとめた。豊の国ハイパーネットワークは、大分県全域を自設の光ファイバ網で結び、地域 IX をその基本アーキテクチャとする新しい地域高速網である。その利用用途は、行政・公共サービスから医療・福祉、学校教育、実験・研究まで多岐に及ぶ。

本稿では、豊の国ハイパーネットワークの位置付け、豊の国ハイパーネットワークを基盤とした大分県域の地域 IX の設計と現状について述べる。

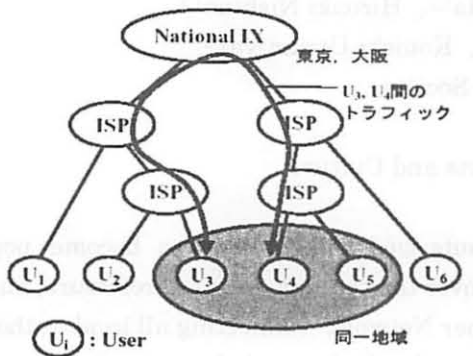
2. 豊の国ハイパーネットワークの位置付け

e-Japan 戦略に代表される電子政府や電子自治体を実現するための高速・大容量ネットワークの構築は国家レベルでの課題となっている。さらに、有数の高齢県であり人口の少ない町村が山間部等に点在する大分県では、電子化が進む行政・公共サービスや僻地医療・遠隔生涯教育などを全地域に等しく提供できる独自の超高速ネットワーク構築が極めて重要である。

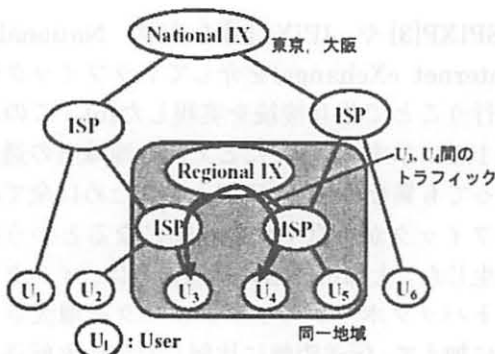
豊の国ハイパーネットワークの設計に際して、従来の National IX 中心型インターネットの発展により拡大してきた地域格差(大都市部と地方都市間格差)および地域内格差(大分・別府市などと山間部地域間の格差)の是正を第一の課題と位置付けた。さらに、地域独自のコンテンツサービスの育成や新たな地域ネットワーク構築方法の研究開発・実証実験用のテストベッド、P2P・多人数協調型の次世代高速通信向け利活用技術の研究開発用基盤としても利用できるネットワークの構築を目指した。

このために、県下の主要な接続拠点を自設の光ファイバ網で結んだギガビット級の地域ネットを構築してきた。

図 2 に豊の国ハイパーネットワークの基幹ネットワーク構成を示す。県内を「県北」、「国東」、「大分・別府」、「日田・玖珠」、「大野・竹田」、「県南」の 6 圏域に分け、各エリアに所在する県総合庁舎を基幹ネットへの接続拠点である POP(Point Of Presence)と位置付ける。大分市内に基幹ネットおよび地域 IX の中心拠点となるデ



(a)従来のインターネット接続



(a) 地域 IX による地域 ISP の相互接続

図 1. インターネット接続の形態

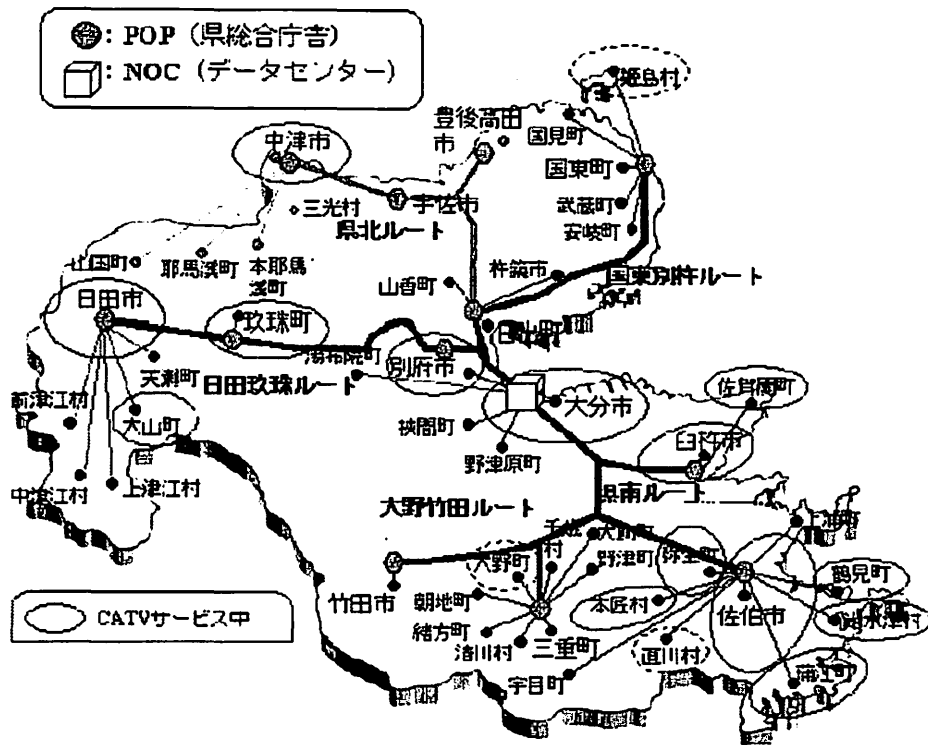


図2. 豊の国ハイパーネットワークの基幹ネットワーク構成

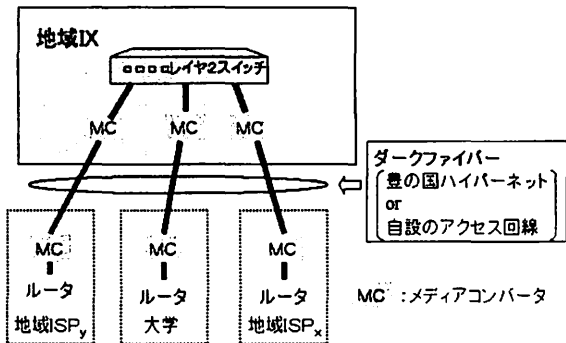


図3. 豊の国 IX の構成

ータセンター (NOC; Network Operations Center)を設置して、ここから各エリアの県総合庁舎までを自設の光ファイバ網で放射状に接続している。図2にも示したように、CATVによるインターネットサービスが開始されており、エンドユーザから基幹ネットへの主要アクセス網としてこれらを利用している。

3. 豊の国 IX の設計

地域内 ISP 間のトラフィック交換を行うことで、県内での高速なデータ通信とコンテンツ創作推進、上流のバックボーンへの負荷軽減などを目的とし、豊の国 IX を設計した。豊の国 IX の特徴を以下に示す。

① ダークファイバーの使用

各ISPとNOCまでのアクセス回線には原則として、ダークファイバーを使用している。ダークファイバーは、両端のメディアコンバータの変換のみで、広帯域幅への変更が可能である。従来多く使用されているシリアル専用線を利用したアクセス回線では、帯域幅を変更する際には、回線を変更するとともに終端装置も変更しなければならず、コストがかかる。回線帯域としては、当

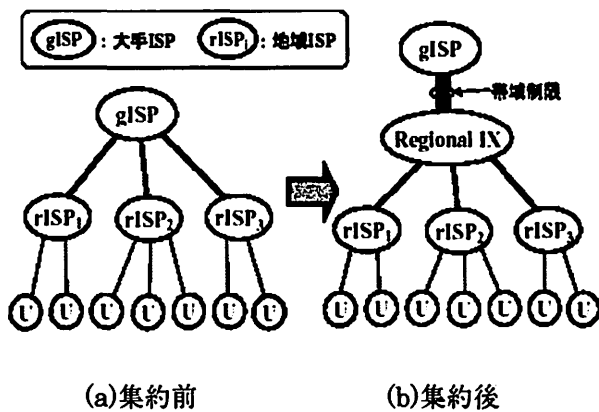


図4. 地域IXによる上流回線の集約と管理

初は遠隔会議ができるよう、100Mbpsとした。また、ダークファイバーは、VLAN、WDMなどを利用することで、一つの回線を複数の論理ネットワークとして利用することができる(②参照)。

図3に地域IXの機器構成を示す。各ISPは、NOCまでのアクセス回線と1対のメディアコンバータ(1つはNOCに、他方はISP局内に設置)を用意して地域IXに接続している。

② レイヤ2スイッチの導入

IXで相互接続するネットワークのポリシを、各ネットワークごとに個別に制御できるよう、各ネットワークの接続にレイヤ2スイッチを導入した。

これにより、トラフィック交換用のVLAN、回線集約VLANなどを個別に設定することができ、これらのVLAN間のトラフィックの分離が可能になる。これは、豊の国IXは、商用の大手ISPに加えて、JGN (Japan Gigabit Network)[10]、九州ギガポップ(QGPOP)[11]、玄海(Genkai/Hyunhae)プロジェクトの日韓共同研究用超高速ネットワーク回線[12]等の実験研究用超高速バックボーンへのアクセス網としても位置付けるためにも必要な機能である。

③ BGP4の導入

各ネットワークの相互接続には、BGP4 (Broader Gateway Protocol version 4)を用いている。

BGP4とは、おもに、ISP間での通信に使用されている経路選択(ルーティング)プロトコルの1つである。インターネットのような大規模なネットワークは、各プロバイダが保有・運用するネットワークである「AS」(Autonomous System: 自律システム)を単位として、これらを相互に接続した形態となっている。各ネットワークの境界には、ルータなどの接続機器が配置され、相互に接続するためには、接続機器同士で経路情報を交換する必要がある。BGP4は、この情報交換を行うプロトコルの1つである。BGP4の特徴を以下に示す。

- ・一般には、一つのASがインターネットへ接続する際に、信頼性を高めるため2つの接続点を持つ。このとき、2つの回線に負荷を分散させるかまたは、片方をメイン、もう片方をバックアップとして使うのが考えられる。このような、ASの持つポリシにしたがって、AS間の経路制御を行うことができる。

- ・TCPを利用することで経路の情報交換に信頼性がある。

- ・ルーティング・テーブル(経路状態)に変化があった時だけ、その差分データを更新情報として交換する。これにより、CPUの負荷の軽減や帯域の浪費を最低限に抑えることが可能である。

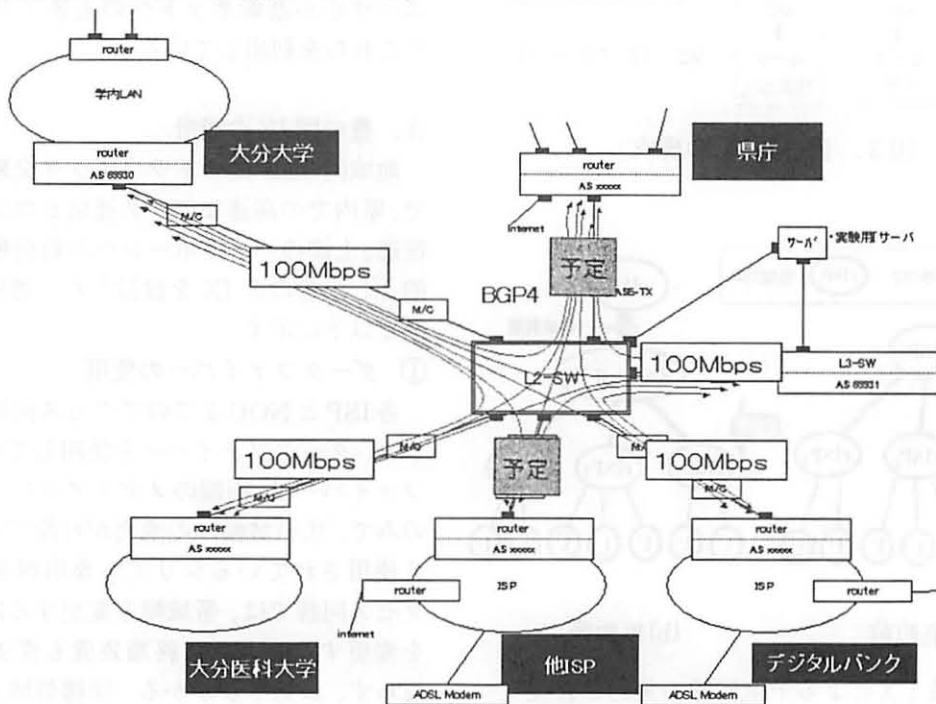


図5. 豊の国IXの接続状況

・インターネット上で広く用いられている CIDR (Classless Inter-Domain Routing) に対応している。これにより、個別のユーザの経路情報が各プロバイダの経路情報にまとめられるため、経路情報を大幅に削減することができる。

IX の相互接続では、経路情報にポリシーを反映させてトラフィックを制御する。BGP4 は、授受する経路情報を柔軟に操作することが可能であり、ISP は授受する経路情報を適切に制御することによりポリシーをトラフィックに反映させることができる。このため、豊の国 IX において BGP4 を採用した。

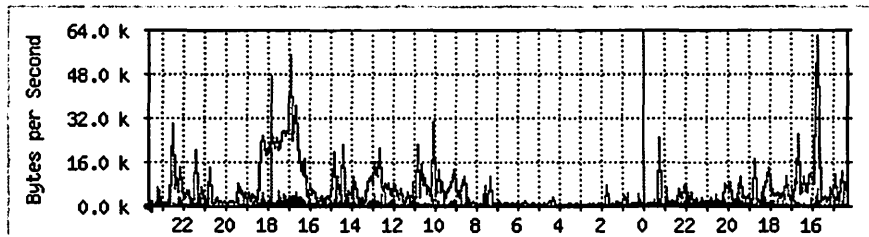
4. 豊の国 IX の現状

現在の接続状況を図 5 に示す。2003 年 3 月、NOC 内に豊の国 IX センタースイッチを設置した。2003 年 7 月現在、豊の国 IX には、大分大学、大分医科大学 (2003 年 10 月大分大学と統合)、デジタルバンク (ISP)、実験用サーバの 4 つが接続されている。各接続の帯域幅は 10

0 Mbps である。今後の接続予定として、県庁、ISP などがある。大分大学～大分医科大学間のトラフィックをネットワーク負荷監視ツール MRTG (Multi Router Traffic Grapher) [13] で計測した結果を図 6～図 8 に示す。この区間の最大転送速度は 100 Mbps (12.5MByte/sec) である。2003 年 7 月 29 日までの 1 ヶ月の平均転送速度は、大分大学→大分医科大学は 4.951kByte/sec、大分医科大学→大分大学は 1.708kByte/sec 程度である。

大分医科大学は、豊の国 IX をインターネットへのアクセスラインとして使用している。豊の国 IX～大分大学を通り SINET に出て、インターネットへ接続を行う。豊の国 IX を JGN IPv6 のアクセスラインとして使用できるよう計画している。JGN IPv6 のアクセスポイントと豊の国 IX を接続し、豊の国 IX に接続されている各ネットワークが JGN IPv6 を利用できるようにするものである。

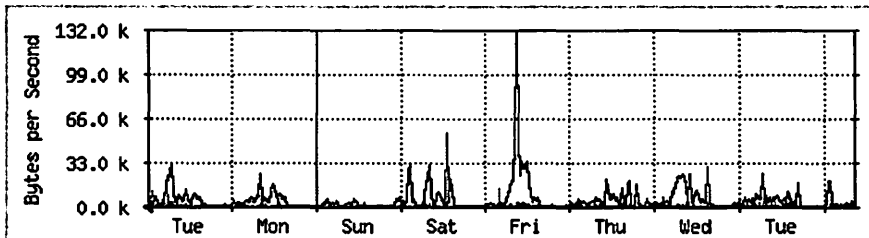
'Daily' Graph (5 Minute Average)



Max In:47.9 kB/s (0.4%) Average In:1799.0 B/s (0.0%) Current In:1127.0 B/s (0.0%)
Max Out:61.9 kB/s (0.5%) Average Out:5572.0 B/s (0.0%) Current Out:693.0 B/s (0.0%)

図 6. 大分大学～大分医科大学間の 1 日のトラフィック

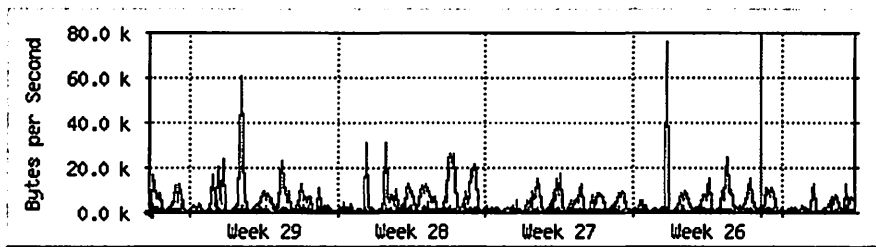
'Weekly' Graph (30 Minute Average)



Max In:14.9 kB/s (0.1%) Average In:1726.0 B/s (0.0%) Current In:2384.0 B/s (0.0%)
Max Out:130.6 kB/s (1.0%) Average Out:5783.0 B/s (0.0%) Current Out:1696.0 B/s (0.0%)

図 7. 大分大学～大分医科大学間の 1 週間のトラフィック

Monthly Graph (2 Hour Average)



Max In:6461.0 B/s (0.1%) Average In:1708.0 B/s (0.0%) Current In:1636.0 B/s (0.0%)
Max Out:75.2 kB/s (0.6%) Average Out:4951.0 B/s (0.0%) Current Out:6216.0 B/s (0.0%)

図 8. 大分大学～大分医科大学間の 1 ヶ月間のトラフィック

5. おわりに

本論文では、豊の国ハイパーネットワークの位置付け、豊の国ハイパーネットワークを基盤とした豊の国 IX の設計と現状について述べた。豊の国 IX の設計において、ダークファイバーの使用、レイヤ 2 スイッチの導入、BGP 4 の導入が主な特徴であった。

本プロジェクトにおいては、豊の国ハイパーネットワークがもたらすブロードバンド環境を有効に活用できる革新的な応用システムの研究開発と実証実験が今後の重要な課題である。このためには、本稿で述べた QGPOP[11]や玄海プロジェクト[13]などの先進的研究活動との緊密な連携と共同研究が必須である。また、実験研究ネットワークや地域ネット上での IPv6 ネットワークの構築と実証実験が盛んに行われており、豊の国ハイパーネットでの IPv6 対応も課題である。豊の国 IX の特性を活かすには、より多くの ISP などのネットワークを相互接続する必要がある。

参考文献

[1] 林英輔：我が国における地域ネットワークの誕生, 情報処理 Vol.35, No8, pp.699-707, 1994.
[2] 林英輔：地域ネットワークの目的と新しい展開－学術系から民間主導へ－, 情報処理, Vol.41, No.1, pp.3-7, 2000.
[3] NSPIX (Network Service Provider Internet eXchange Point), <http://nspixp.sfc.wide.ad.jp/>
[4] JPIX (JaPan Internet eXchange), <http://www.jpix.ad.jp/>

[5] 中川郁夫：地域 IX の現状と展望－新しい相互接続のかたち－, 情報処理, Vol.41, No.1, pp.8-13, 2000.
[6] 小林和真：岡山情報ハイウェイの構築－自治体主導による光ファイバー網の敷設と地域の活性化－, 情報処理, Vol.41, No.1, pp.20-25, 2000.
[7] 長田智和, 谷口祐治：ブロードバンド通信対応の地域 IX 実現に向けた実証実験と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.11, pp.3509-3517, 2002.
[8] 富山地域 IX 研究会, <http://www.toyama-ix.net/>
[9] 大分県：豊の国ハイパーネットワーク基本構想, <http://www.pref.oita.jp/10900/kousou/>, p.129, 2001.
[10] 齊藤忠夫：JGN (Japan Gigabit Network) の概要, 情報処理, Vol.43, No.11, pp.1151-1157, 2002.
[11] 岡村耕二, 平原正樹, 大森幹之, 浅原雄一, 渡辺健次：九州ギガポッププロジェクト, 情報処理, Vol.43, No.11, pp.1198-1203, 2002.
[12] 岡村耕二, LEE Jeahwa：日韓共同研究用超高速ネットワークの構築, 火の国情報シンポジウム 2002 論文集, p.345-352, 2002.
[13] <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/mrtg/mrtg.html>
[14] 西野浩明, 吉田和幸, 青木栄二, 福田保, 植木宏一郎, 林昌人, 凍田和美, 宇津宮孝一：地域 IX を基盤とする大分県高速ネットワークの構築, 火の国情報シンポジウム 2003 論文集, pp.153-160, 2003