

地域情報基盤としての地域 IX の現状と展望

中川 郁夫^{†1} 菊地 豊^{†2} 大石 憲且^{†3}
八代 一浩^{†4} 樋地 正浩^{†5}

1997 年以降, 地域 IX を構築・運用することにより, 地域内の通信を効率的に実現するための技術の研究が進められてきた。これらの地域 IX は, 地域内に閉じたトラフィックを交換するために各地で構築・運用されているが, 同時に, 各地域の情報基盤整備の中で重要な位置付けを持つようになってきている。本稿では, 国内における地域 IX について, 技術的な視点からサーベイを行い, 現状を整理するとともに今後の地域 IX の展望について議論する。

Current Status and Direction of Regional IXes in Japan

IKUO NAKAGAWA,^{†1} YUTAKA KIKUCHI,^{†2} NORIKATSU OHISHI,^{†3}
KAZUHIRO YATSUSHIRO^{†4} and MASAHIRO HIJI^{†5}

Since 1997, in several regional area, researchers have been researching about regional IX technologies. Implementing regional IXes has benefits of achieving efficiency, stability, and redundancy. Nowadays, lots of regional IXes exist and are under operation, and these regional IXes also act important role in regional information infrastructures. In this paper, we survey about regional IXes in Japan, from technical point of view. We also summarize current status of regional IXes and discuss about future direction of regional IXes.

1. はじめに

国内の各地において地域 IX(Internet eXchange)¹⁾²⁾ を構築するケースが増えている。1997 年頃から東北, 山梨, 岡山, 富山などで地域 IX が構築され, その後も, 全国各地で積極的に地域 IX を構築・運用しようとする動きが活発化している。その目的も, 当初は研究・実験を目的とするものが多かったが, 近年では, 実用化・商用化を前提にしたものも増えてきている。図 1 に, 現在, 国内で地域 IX が構築・運用されている, あるいは構築が計画されている地域と地域 IX 名称を示す。

地域 IX は通信遅延の縮小や安定性の向上などの通信品質の向上を実現するだけでなく, 地域内通信の耐障害性の向上, 実験・イベント的な地域内通信の利用



図 1 国内の地域 IX
Fig.1 Regional IXes in Japan

など多くの効果が期待されている⁴⁾⁵⁾⁸⁾。また, 地域 IX の実現は社会的な面でも人的コミュニティの確立や産業の誘致などに効果があるとされている³⁾。

さらに近年では, 各地の地域情報化戦略の中で, 地域情報基盤 (地域インフラ) の機能のひとつとして地域 IX が重視されるようになってきた。地域情報基盤は地域における通信基盤として構築・運用が進められている。地域 IX は, その中で, 地域内の組織, 地域内のコンテンツ, あるいは, 地域の住民などを結びつけ

^{†1} 株式会社インテック・ネットコア
Intec NetCore, Inc.

^{†2} 高知工科大学
Kochi University of Technology

^{†3} 株式会社ネクステック
Nextech Co., Ltd.

^{†4} 山梨県立女子短期大学
Yamanashi Women's Junior College

^{†5} 株式会社日立東日本ソリューションズ
Hitachi East Japan Solutions, Ltd.

る役割として重要な役割を果たす。

本稿では、各地で構築・運用が進められている地域 IX について、技術的な視点から機能を分類し、モデル化する。また、各地で取り込まれている地域 IX のサーベイを行い、各地域 IX が提供する機能モデルについてまとめる。さらに、地域 IX のメリットを活用する地域型のアプリケーションや地域コンテンツ、あるいは地域間連係などの取り組みについても報告する。

第 2 節は、地域 IX が必要とされる背景について触れ、地域 IX の目的、および地域 IX が地域にもたらすメリットについて述べる。第 3 節では、地域 IX が提供する機能を域内接続、および対外接続に分類し、それぞれについて実現技術によってモデル化を行う。第 4 節では、地域 IX を活用した取り組み事例について報告する。地域 IX は地域情報化の取り組みの中で、地域コンテンツの流通などの面でも重要な役割を果たしている。ここでは、事例をもとに、地域 IX の利活用の方向性について述べる。

2. 地域 IX の必要性とメリット

本節では、各地で地域 IX が必要とされた背景と地域 IX の必要性、および地域 IX が地域にもたらすメリットについてまとめる。

2.1 地域 IX の必要性

国内におけるインターネットは東京一極集中型の構造を形成している。全国をサービス提供エリアとするほとんどの大手プロバイダは東京を拠点としており、海外への接続点も東京に設置する場合が多い。これらのプロバイダ間のトラフィック交換を実現するため、DIX-IE(旧 NSPIXP2) や JPPIX、JPNAP などが IX(Internet eXchange) として相互接続環境を提供しているが、これらの IX も東京や大阪などの特定の都市でのみ運用されている。

地域のプロバイダや大学などは各地域において大手プロバイダのアクセスポイントに接続するのが一般的である。しかし、大手プロバイダ間は東京でのみ接続されているため、地域ユーザ間の通信は接続するプロバイダが異なる場合には東京経由で行われる。

図 2 に、典型的な地域内のユーザ間通信の例を示す。図中で点線で囲まれた領域は、地域の地理的な範囲を示している。National ISP および Regional ISP はそれぞれ全国をサービス範囲とする大手プロバイダ、および地域プロバイダを表す。大手プロバイダは東京

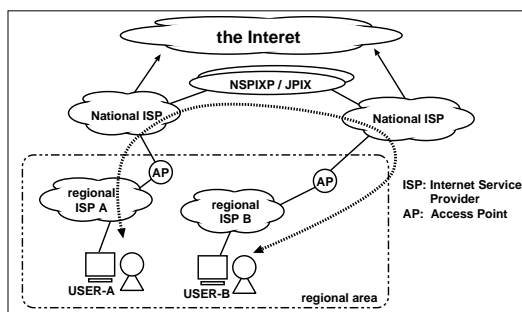


図 2 地域内の通信

Fig. 2 Communication in a region

で他のプロバイダと相互接続を行う。地域プロバイダは、地域内に設置された大手プロバイダのアクセスポイント AP に接続する。USER-A および USER-B はそれぞれ地域内のユーザであるが、この例ではそれぞれが接続する地域プロバイダが異なっているため、結果的に東京を経由して通信が行われることになる。

地域内のインターネット環境を考えた場合、地域内の通信を行うための通信経路が東京などの地域外の都市を経由することは様々な問題を引き起こす。例えば、本来なら地域内で終始するトラフィックが他の地域を経由するために通信の無駄が発生すること、地理的に離れた場所を経由するため伝搬遅延や転送遅延が発生すること、地域外の障害や通信状態により地域内の通信に影響が出ることなど通信品質に関する問題が大きいことが指摘されている⁴⁾¹⁰⁾。また、通信路に関する決定権が地域内にないため特別な用途でのインターネット利用ができないこと、あるいは産業の地域外流出や人的コミュニティの喪失など社会的な問題についても指摘されている³⁾。

このように地域内の通信が東京などを經由することにより発生する数多くの問題に対処するため、地域のプロバイダや大学、民間企業などを相互に接続する仕組み、すなわち「地域 IX」が必要となる。

2.2 地域 IX のメリット

地域 IX を構築することによる技術的なメリットは、地域内の通信の効率化、および通信品質の向上にある。地域内のユーザ間の通信を地域 IX を介して行うことは、それらの通信が東京経由で行われる場合に比較して、通信帯域、遅延、安定性、拡張性などの面で優位である。地域 IX による通信品質の向上に関して八代らは地域内の通信に関する品質について定量的に調査を行い¹⁰⁾ 伝搬遅延やジッタ、パケット損失率などの面から地域 IX が有効に機能していることを具体的な数値で示している。また、中川らは地域 IX による経路の

<http://jungle.sfc.wide.ad.jp/NSPIXP/>
<http://www.jpix.ad.jp/>
<http://www.mfeed.ad.jp/>

安定性の向上を定量的に評価し、地域 IX により地域内の通信が安定することを示した¹²⁾。

なお、地域 IX を構築することによるメリットは、技術面以外でも、コミュニティ形成、技術者の育成、地域コンテンツの育成、地域情報産業の育成、あるいは、広く地域活性化につながるとされる。ただし、本稿ではこれらについて詳細は割愛する。

3. 地域 IX の機能モデル

本節では、地域 IX の機能について、技術的な視点から分類する。地域 IX は利用する技術、相互接続を行うレイヤ、トラフィックの交換範囲、あるいは実施主体が自治体が民間か、などで分類される。以下では、地域 IX で交換されるトラフィック、および地域 IX が提供する機能、およびその実現技術によって分類し、その特徴について述べる。

3.1 域内接続

地域 IX のもっとも基本的な機能は、地域内の通信で発生するトラフィックを交換することである。本稿では、この機能を「域内接続」と呼ぶ。域内接続では、地域プロバイダ、あるいは大学、企業などの地域の組織らが相互接続することにより、地域内の 2 者間で行う通信を地域 IX 経由で行うことを可能にする。

地域接続を実現する手段としては、データリンクメディア層で相互接続を可能にする Layer 2 モデルと、MPLS を用いた Layer 2.5 モデル、および、ネットワーク層で相互接続を行う Layer 3 モデルがある。Layer 2 モデルでは、相互接続のための機器として Ethernet Switch などを用いることが一般的である。地域 IX に接続する組織は、Layer 2 接続上で BGP4 (Border Gateway Protocol version 4) などによる経路制御を行う。TRIX, TOYAMA-IX, BeX-J などは Layer 2 モデルによる域内接続を行っている。図 3 に Layer 2 モデルによる域内接続の仕組みを示す。現在、多くの地域 IX が Layer 2 モデルによる域内接続の機能を提供している。

Layer 3 モデルでは、地域 IX、もしくは地域の中核的な組織が準備するルータに他組織が接続することにより、地域内の経路情報を交換する。地域 IX に接続する組織は、同ルータに接続し、静的な経路制御、もしくは動的な経路制御を行う。Layer 3 モデルとしては OIX などがあげられる。

なお、最近では MPLS-IX¹³⁾ モデルによる相互接続を行う地域 IX もでてきた。本稿では、これを Layer 2.5 モデルと呼ぶ。秋田地域 IX などが Layer 2.5 モデルをサポートしている。

域内接続 — Layer 2 モデル

- ・地域IXはL2 Switch等を準備
- ・接続組織はルータを接続
- ・BGP4などで経路情報を交換
- ・地域内の通信を効率的に交換



図 3 Layer 2 モデルによる域内接続の仕組み
Fig. 3 Layer 2 model of local exchange

その他、アプリケーションレイヤでトラフィックを交換することを目的とする Layer 7 IX の実験も高知の PKIX などを中心に行われている。

地域内のトラフィックを地域 IX で交換する場合、そのトラフィックは、インターネット全体との通信のうち 10%~20% であるといわれている。全体のトラフィック量から考えた場合、地域で交換されるトラフィックは必ずしも大きくはないが、コンテンツのローカライズ、ブロードバンドコンテンツや P2P コミュニケーションの増加、後述の地域型アプリケーションの利用、などによって、地域の通信の重要性は高くなってきているといえる。

3.2 外部接続

地域 IX において、トランジット、すなわち、インターネットへの接続性を提供するケースも増えてきている。本稿では、地域 IX においてトランジット提供を伴う場合、この機能を「外部接続」と呼ぶ。地域の組織は、地域 IX に接続することで、インターネットとの通信など外部組織との通信も可能になる。

外部接続モデルに対応する地域 IX では、地域内で交換されるトラフィックのみではなく、インターネット全体との通信を地域 IX 上で行うことによって、地域 IX でより多くのトラフィックを交換する。すなわち、地域 IX は「域内接続」の機能を含んだうえで、さらに外部との通信についても地域 IX を介して行うことを可能にする。

外部接続のメリットのひとつは、地域 IX に接続する際のリソースを有効に活用することにある。地域 IX 経由で外部接続が可能な場合、プロバイダや地域内の組織が地域 IX に接続する回線や機器を活用して、同時にトランジットを利用できる。

外部接続では、トランジットを提供する組織とトラ

ンジットを利用する組織の間で、地域 IX が提供する接続性のレイヤによって以下の 3 つに分類される。

- (1) Layer 2 モデル / データリンク層で仲介
- (2) Layer 2.5 モデル / MPLS を用いて仲介
- (3) Layer 3 モデル / ネットワーク層で仲介

Layer 2 モデルでは、地域 IX はデータリンク層のみを提供し、トランジットプロバイダ、および地域のプロバイダは個別に交渉、契約を行う。したがって、地域 IX はトランジットに関する契約については一切関与しない。一方、Layer 3 モデルでは、地域 IX は一種のプロバイダとして機能する。このモデルでは地域のプロバイダは地域 IX と接続することによりトランジットの提供を受ける。なお、Layer 2.5 モデルでは、MPLS-IX モデルによってトランジットの提供を受けることが可能である。2002 年から、MPLS-IX の機能を提供する商用サービスが開始されたため、いくつかの地域 IX でも、MPLS を用いた Layer 2.5 モデルの外部接続をはじめている。外部接続機能については、OKIX が Layer 2 モデル、GCIX、CWJ などが Layer 3 モデル、ATNAP は Layer 3 モデルに分類される。

3.3 各地の地域 IX の分類

以下では、国内の各地で構築・運用されている地域 IX を、前述のモデル化にしたがって分類する。表 1 に、各地域 IX について、本稿で定義した地域 IX の機能分類にしたがってまとめる。表では、地域名、地域 IX 名称、域内接続機能の提供方法、外部接続機能の提供有無と提供方法、参照 URL、などについて記載する。

4. 地域 IX の取り組み

地域 IX では、近年、アプリケーションやコンテンツなどとの関係、あるいは他地域との関係などを積極的に推進する動きが活発になってきている。これらの取り組みは、地域のコンテンツを地域内で提供、配信、交換することで技術的なメリットがあると同時に、地域情報化の面では、地域のコンテンツ育成や情報集積にもつながる。

4.1 地域型アプリケーション

地域型アプリケーション、特に、ブロードバンドコンテンツを活用した地域向けのアプリケーションは、通信品質、通信コストの両面から、地域 IX のメリットを最大限に活用することができる。

地域ポータルサイトは、地域向けの情報提供サイトとして運営され、地域型アプリケーションとして利用されている。近年では、ブロードバンドコンテンツを提供していることも多い。TOYAMA-IX では、富山

地域向けのポータルサイトである i-Toyama を地域 IX に直結するデータセンターに設置し、地域向けのコンテンツ提供を行っている。

また、地域向けの生涯学習の仕組みについても、地域 IX を活用する事例がある。富山インターネット市民塾 では、地域内のユーザを対象にオンラインとオフラインを組み合わせた学習システムを提供している。同システムは、地域住民の誰でも講座を受けることができると同時に、誰でも講座を開設、教える立場になることができることが特徴である。

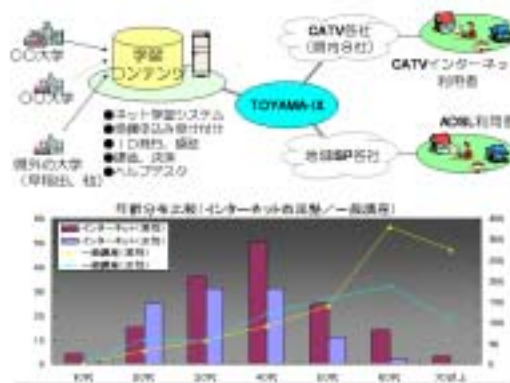


図 4 富山インターネット市民塾
Fig. 4 Toyama Internet Shiminjuku

図 4 に、富山インターネット市民塾の仕組み、およびその利用者層を示す。本システムでは、ブロードバンドコンテンツを地域のユーザ向けに提供しているが、地域 IX を用いて、地域のユーザが、効率的・高品質な環境でこれらのアプリケーションを利用できるようにしている。

4.2 コンテンツ配信

地域 IX を活用したブロードバンドコンテンツの配信として、地域型のコンテンツ配信プラットフォームの構築も、地域 IX の技術的なメリットを活かす応用として注目されている。一般に、地域 IX で利用できる総通信帯域は、地域ユーザが外部接続で利用できる総帯域に比較して大きい。例えば、1~3Mbps 程度の映像コンテンツを配信する場合、地域外のコンテンツにアクセスする場合は輻輳などの問題が表面化するが、地域内にコンテンツ配信の仕組みを構築することで、こうした問題を回避できる。

図 5 に地域型コンテンツプラットフォームの仕組み

<http://www.i-toyama.com/>
<http://toyama.shiminjuku.com/>

地域名	地域 IX 名	域内接続	外部接続	URL
北海道	NORTH-IX	L2.5/L3	—	http://www.north.ad.jp/
秋田	ATNAP	L2.5/L3	L2.5/L3	http://www.datacoa.net/
岩手	COZMIX	L2	—	http://cozmix.sgk.iwate-u.ac.jp/
山梨	BeX-J	L2/L3	—	http://www.bex-j.net/
東北	TRIX	L2	—	http://www.tia.ad.jp/trix/
新潟	エックス・チェンジ	L3	L3	http://www.ix1.co.jp/
富山	TOYAMA-IX	L2	—	http://www.toyama-ix.net/
岐阜	GCIX	L2/L3	L3	http://www.gcix.ad.jp
三重	CWJ	L2/L3	L3	http://www.cwj.ad.jp
高知	PKIX	L2/L7	—	http://www.kikuken.org/kpix/
岡山	OKIX	L2/L3	L2	http://www.okix.ad.jp/
大分	豊の国 IX 研究会	L2	—	http://www.hyper.or.jp/activity/ix/kenkyukai/
沖縄	OIX	L3	—	http://www.oix.u-ryukyu.ac.jp/

表 1 地域 IX の取り組み
Table 1 Regional IX Activities



図 5 地域型コンテンツプラットフォーム
Fig. 5 Regional Content Platform

みを示す。地域型のコンテンツは地域内のデータセンターで提供され、地域 IX を経由して地域プロバイダ、CATV などのユーザに配信される。地域ユーザが地域型のコンテンツにアクセスする場合、「なびシステム」がユーザの識別を行い、地域内のユーザに対しては、高品質・ブロードバンドコンテンツを提供する。なお、品質・コスト面で劣る、対外回線（東京経由の通信等）を経由するアクセスについてはナローバンドコンテンツのみを提供する。

既に、富山などでは地域型コンテンツ配信プラットフォームを構築しており、広い通信帯域を利用できる地域 IX 接続ユーザ向けにブロードバンドコンテンツを提供している。

4.3 地域における映像交換

地域 IX を活用した映像交換の取り組みも注目になる。TRIX や BeX-J、あるいは TOYAMA-IX などでは、地域 IX に CATV 事業者が接続し、通信と放送の間での映像交換を実験的に行っている。地元の CATV

事業者や地域に密着したローカル番組などを放送している。通信と放送の融合化に向けて、これらのコンテンツを地域のインターネットユーザ向けに配信するために、地域 IX を活用する。

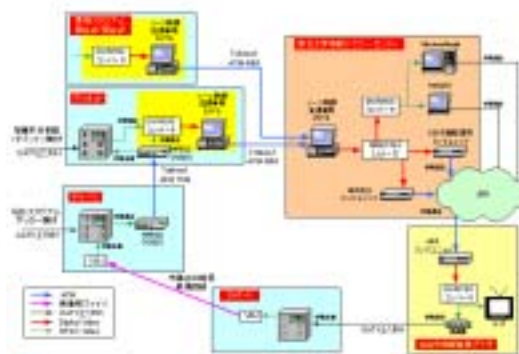


図 6 CATV との映像交換
Fig. 6 Video Source Exchange with CATV

図 6 に、2001 年の宮城国体の際に、仙台で実施された映像交換実験の構成図を示す。富山、山梨など、他地域でも、CATV で撮影した映像を地域のインターネットユーザに配信する、あるいは、逆にインターネットで中継された映像を地元の CATV の番組として放送する、などの実験が進んでいる。

4.4 地域間関係

全国各地で取り組みが行われている地域情報化、あるいは地域 IX をネットワーク的に相互接続する取り組みが、技術面から研究されている。地域間相互接続実験プロジェクト は、各地の地域ネットワークや地域

<http://www.ribb.org/>

IX 関係者らにより、広域分散環境での地域間連係に関する研究活動を推進している¹⁴⁾。また、次世代 IX 研究会では MPLS を用いた IX の技術¹³⁾を用いて広域分散型の IX の実証実験を進めている¹⁵⁾。同実証実験では、全国から 20 組織が広域分散 IX 上で相互実験を行い、地域間のコンテンツ交換や映像伝送実験などを実施している。

2000~2003 年にかけて行われた地域間での国体映像の伝送実験⁷⁾は、広域分散 IX を活用した地域間連係の取り組みの一例である。これらの取り組みは、広域分散 IX 技術を応用し、全国に分散する地域コミュニティ間で双方向のイベント中継を実現したという点で注目に値する。

5. おわりに

本論文では、1997 年以降、各地で積極的に構築・運用が進められている地域 IX の取り組みについて、特に技術的な視点からサーベイを行った。現在、国内各地の地域 IX が提供している基本機能は、技術的には次のふたつに分類される。

- 域内接続 (Layer 2, Layer 2.5, Layer 3, Layer 7)
- 外部接続 (Layer 2, Layer 2.5, Layer 3)

その一方で、近年は、地域情報基盤の一部としての地域 IX の役割が重要になってきている。各地で自治体などが推進する地域情報化政策、あるいは、地域コミュニティによる地域情報化の推進は、ますます活発になってきている。これらの取り組みの中で、地域 IX は、地域内でのコンテンツ流通の重要なプラットフォームとしての機能が求められるようになってきた。これを受けて、いくつかの地域 IX では、以下のような付加機能を実現するための取り組みが始められている。

- 地域ポータル
- 地域型アプリケーション
- 地域型コンテンツ配信

各地で推進されている地域 IX は、地域情報化における、プラットフォームの機能のひとつとして、地域情報基盤の重要な機能を提供するようになってきている。1997 年から、各地で技術的な研究・実験・検証などを目的として、立ち上がってきた各地域 IX も、今後は、地域情報化の重要な役割を果たすことが期待されている。

謝辞 本論文の執筆にあたって多くの有用なコメントをいただいた麗澤大学の林教授に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) Manning, B.: Exchange Point Information, <http://www.ep.net/>, 1999.
- 2) M. McFadden, M.: Regional Exchange Points Growing Trend in U.S., CIXTRA, Vol.2, pp.1-6, 1996.
- 3) 菅野浩徳, 樋地正浩, 布川博士: コミュニティインターネットの相互接続実験, 分散システム運用技術研究会報告, Vol.97-DSM-6, No.6, 1997.
- 4) 中川郁夫, 米田正明, 安宅彰隆: 国内における地域 IX の動向, 分散システム運用技術研究会報告, Vol.97-DSM-7, No.7, 1997.
- 5) 菊池豊, 菊地時夫: PIX: 応用層によるトラフィック交換モデル, インターネットコンファレンス'97 論文集, pp.159-162, 日本ソフトウェア科学会 (1997).
- 6) 安宅彰隆, 黒田卓, 米田政明, 小杉正貴, 中川郁夫, 河崎哲男: 地域 IX 構築及びアプリケーションインフラ技術の研究, 情報知識学会 第 7 回研究報告会講演論文集, pp.53-56, 1999.
- 7) 小杉正貴, 木村義紀: とやま国体映像中継実験, 分散システム/インターネット運用技術研究会報告, 2001.
- 8) 菊池豊, 菊地時夫: 応用層によるインターネットトラフィック交換モデル, コンピュータソフトウェア, Vol.16, No.4, pp.46-58 1999.
- 9) 小杉正貴, 木村義紀, 中川郁夫, 河崎哲男, 米田政明, 黒田卓, 安宅彰隆: 広域分散型コンテンツサーバの構築, 分散システム/インターネット運用技術研究会報告, Vol.99-DSM-16, No.16, 1999.
- 10) 八代一浩, 笹本正樹, 平川寛之, 山本芳彦, 林英輔: 地域 IX を用いた通信環境改善手法の実現と評価情報処理学会論文誌, Vol.41, No.12, 2000.
- 11) Ikuo Nakagawa, Eisuke Hayashi, Toru Takahashi: "Direction of Next Generation Internet eXchanges", Transaction: Communications Special Issue on "Internet Technology", IE-ICE Transaction of Communications, Vol.E84-B, No.8, Aug, 2001
- 12) 中川 郁夫, 米田 政昭, 安宅 彰隆: "地域 IX による安定した地域内通信環境の実現", 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.12, pl.2887-2896, Dec, 2001
- 13) Ikuo Nakagawa, Kenichi Nagami, Yutaka Kikuchi, Hiroshi Esaki: "Design of Next Generation IX using MPLS Technology", IPSJ Journal, Vol.43, No.11, Nov, 2002
- 14) 菊池 豊, 中川 郁夫, 樋地 正浩, 八代 一浩, 林 英輔: "地域間相互接続実験プロジェクト", 情報処理, Nov, 2002
- 15) 中川 郁夫, 江崎 浩, 菊池 豊, 永見 健一: "MPLS を用いた広域分散 IX の実証実験", 情報処理, Nov, 2002