

平成 14 年度
修士学位論文

高知 IX の実現手法の研究

A Study of Building Kochi IX

1055106 西内 一馬

指導教員 菊池 豊

2003 年 2 月 24 日

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻
情報システム工学コース

要 旨

高知 IX の実現手法の研究

西内 一馬

インターネットのトラフィックを交換する仕組みの一つに IX (Internet Exchange) がある。IX は自律的に運営されている複数のネットワーク同士を相互接続する仕組みである。IX には多数の ISP (Internet Service Provider) が接続し、互いの経路情報を交換し相互接続をおこなっている。

日本では、東京を中心に IX の構築・運営がおこなわれている。一方、数年前前から富山や山梨などのいわゆる地方で IX の構築と運営がおこなわれはじめた。これらの地域で構築された IX を一般に地域 IX と呼ぶ。

地域に IX が構築される以前は、地域内で交換されるべきコンテンツであっても東京などに構築された IX を経由してコンテンツの交換がおこなわれていた。地域 IX を構築することで、この問題を解決することができる。また、地域に特化したコンテンツを地域内で交換することもできるようになるため、ISP やコンテンツ事業者の立場から見て地域に新たなビジネスチャンスを見出すこともできるだろう。しかし、IX を構築するにはイニシャルコストやランニングコストなど非常に多くの費用が必要となる。

この IX を高知県で構築しようとする試みが起こっている。本論文では、高知県に IX を構築した際に採用する IX のアーキテクチャを提案した後、高知 IX がインターネットへ接続する方法を述べる。また高知 IX の発展として、四国広域分散 IX の仕様を挙げ、構成例を示す。

キーワード IX, MPLS-IX, 地域 IX

Abstract

A Study of Building Kochi IX

NISHIUCHI, Kazuma

The IX is a contrivance which exchange the Internet traffic and Interconnected each autonomous system. A lot of ISP's which were Internet Service Provider's connect to IX. And their exchange each routing table.

In Japan, IX's are constructed and operated at the Tokyo. On the other hand, IX's are starting constructed and operate at Toyama and Yamanashi where are locality prefecture in Japan about decade ago. Generally we call for regional IX.

Even where, under ordinary circumstances, an internet traffic should be exchange within region that exchange at a Tokyo before constructed regional IX. It problem can resolve to construct regional IX. Therefrom ISP's and WWW contents providers will be able to get business chance because of internet traffic can exchange within regional. But IX need many fee which are initial cost and running cost.

IX will be builded in Kochi. I propose architecture and then method of connection to the Internet in this paper. Finally, technical specification expand on Shikoku widely distributed IX which is shown typical example of it.

key words Internet exchange, MPLS-IX, Regional IX

目次

第1章	はじめに	1
第2章	IX とは	3
2.1	IX のアーキテクチャ	4
2.1.1	ATM 技術を使用した IX	5
2.1.2	LAN 技術を使用した IX	6
2.1.3	MPLS 技術を使用した IX	6
	MPLS とは	7
	MPLS-IX の特徴	8
2.2	既存の IX アーキテクチャの問題点	11
2.3	地域 IX	16
2.3.1	地域 IX のインターネット接続方法	19
2.3.2	日本の地域 IX	21
2.3.3	TOYAMA-IX	21
2.3.4	Y-NIX	21
2.3.5	OKIX	23
2.3.6	地域 IX の比較	24
第3章	日本のインターネットの動向	26
3.1	インターネット利用人口	26
3.2	アプリケーション	30
3.3	インフラストラクチャー	33
3.3.1	FTTH	33
3.3.2	DSL	34

目次

3.3.3	CATV 網	34
3.3.4	無線 LAN	35
3.4	高知県のインターネットの動向	36
3.4.1	高知県のインターネット利用者	36
3.4.2	高知県のインフラストラクチャー	38
	光ファイバ	38
	CATV インターネットと DSL	39
	無線 LAN	40
	情報スーパーハイウェイ	41
3.5	インターネットの動向予測	41
3.5.1	日本のインターネットの動向予測	42
3.5.2	高知県のインターネットの動向予測	44
第 4 章	高知 IX の実現手法	45
4.1	高知 IX 構築の背景	45
4.2	高知県の持つ資源	46
4.2.1	新情報スーパーハイウェイ	47
4.2.2	ダークファイバ	48
4.2.3	インフラストラクチャーの評価	50
	拡張性	51
	利用料金	51
	評価	52
4.3	高知 IX の実現手法の提案	52
4.3.1	高知 IX のアーキテクチャ	53
4.3.2	高知 IX のインターネット接続方法	54
4.3.3	実現手法の提案	55

目次

4.3.4	高知 IX 構築後の展開	55
	アーキテクチャの移行	55
	インターネット接続方法の移行	58
4.4	四国広域分散 IX	59
第 5 章	まとめ	62
	謝辞	63
付録 A	次世代 IX 研究会	64
A.1	年表	64
A.2	ワーキンググループ紹介	64
A.2.1	ルータ相互接続ワーキンググループ	65
A.2.2	IX プロバイダワーキンググループ	65
A.2.3	IX ユーザワーキンググループ	66
A.3	Reference	66
付録 B	ルータ相互接続試験	68
	参考文献	71

目次

2.1	プライベートピアリング	4
2.2	IX	4
2.3	MPLS ネットワーク	8
2.4	データリンクの異なる構成の MPLS-IX	9
2.5	広域分散した MPLS-IX	10
2.6	異なる IX アーキテクチャ同士の接続	11
2.7	JPIX の一日のトラフィック	13
2.8	東京経由の通信	17
2.9	地域 IX 経由の通信	18
2.10	ルートサーバを用いた IX の経路制御	22
2.11	Y-NIX の構成	23
2.12	OKIX のおおまかな構成	24
3.1	日本のインターネット利用者数推移（インターネット白書 2002 より）	27
3.2	ブロードバンド/ナローバンド比率（インターネット白書 2002 より）	27
3.3	日本のブロードバンド利用者数推移（四国総合情報通信局統計より）	28
3.4	家庭からのナローバンド/ブロードバンド利用者数推移（ネットレイティング社調査報告より）	29
3.5	ブロードバンド/ナローバンド利用者別 現在利用中のサービスまたはコンテンツ	32
3.6	ADSL 加入者数推移（四国総合情報通信局統計より）	35
3.7	高知県のブロードバンド利用者数推移	37
3.8	KCAN 網	40
3.9	JPIX のトラフィック推移	42

目次

3.10 将来の地域 ISP の状況	43
4.1 各々の ISP が独自にトランジット	46
4.2 地域のトラフィックを IX で集約	47
4.3 高知県のダークファイバ（高知県次期情報通信基盤基本構想書より）	49
4.4 国土交通省が開放していたダークファイバ	50
4.5 四国電力の光ファイバ網（四国電力ホームページより）	51
4.6 高知 IX 構築後初期の状況	57
4.7 各地の IX と高知 IX が接続	58
4.8 各地の IX が MPLS-IX で接続	59
4.9 四国広域分散 IX の構成例	61
A.1 次世代 IX 研究会活動記録	65
A.2 次世代 IX 研究会ロゴ	65

表目次

2.1	LAN メディアと最大ケーブル長	14
2.2	四国の県間発着信率（四国総合通信局統計データより）	18
2.3	回線維持費用の比較	20
2.4	地域 IX の比較	25
3.1	ナローバンド/ブロードバンド利用者のインターネット接続時間（ネットレ イティング社調査報告より抜粋）	30
3.2	接続方法別インターネット利用者数の推移（インターネット白書 2002 より）	30
3.3	主な IEEE 802.11 シリーズ比較	36
3.4	県別情報化指標（四国総合通信局統計資料から抜粋）	37
3.5	四国と全国の光ファイバ整備率（NTT の光ファイバ）	39
3.6	高知県のブロードバンド接続可能地域（2002 年 12 月）	39
3.7	SAP 所在地	41
3.8	インターネットトラフィックの過去・現在・未来	44
4.1	高知 IX のインターネット接続方法評価	55
4.2	高知県の人口の多い 10 市町	56
B.1	ルータ相互接続ワーキンググループ活動表	68
B.2	ルータ相互接続試験参加組織	69

第 1 章

はじめに

インターネットのトラフィックを交換する仕組みの一つに IX (Internet Exchange) モデルがある。IX は自律的に運営されている複数の組織のネットワーク同士を相互接続する仕組みである。IX には多数の ISP (Internet Service Provider) が接続し、互いの経路情報を交換し相互接続 (ピアリング) をおこなっている。

日本では、東京を中心に IX の構築・運営がおこなわれている。一方、数年前から富山や岡山などのいわゆる地方で IX の構築と運営がおこなわれはじめた。これらの地域で構築された IX を一般に地域 IX と呼ぶ。さらに 2002 年度はじめから、MPLS 技術を利用した IX が構築されはじめており、MPLS 技術を利用した商用のサービスも始まっている^{*1}。

地域に IX が構築される以前は、地域内で交換されるべきコンテンツであっても東京などに構築された IX を経由してコンテンツの交換がおこなわれていた。地域 IX を構築することで、この問題を解決することができる。また、地域に特化したコンテンツを地域内で交換することもできるようになるため、ISP やコンテンツ事業者の立場から見て地域に新たなビジネスチャンスを見出すこともできるだろう。しかし、IX を構築するにはイニシャルコストやランニングコストなど非常に多くの費用が必要となる。

この IX を高知県で構築しようとする試みが起こっている。本論文ではまず第 2 章で IX の説明をおこなう。その中で、IX のアーキテクチャと地域 IX のインターネットへの接続方法、日本の地域 IX の動向を述べる。第 3 章では、日本のインターネットの動向として利用人口・アプリケーション・インフラストラクチャーに焦点を当てる。また、高知県のイン

^{*1} <http://www.associo.jp/>

ターネット利用状況についても述べる。

第 4 章では、高知県に IX を構築するに至る背景を述べる。次に、高知 IX を構築した際に採用する IX のアーキテクチャを決定し、インターネットへの接続方法を示す。また、高知 IX の発展として MPLS 技術を応用した MPLS-IX を四国で構築する提案をし、アーキテクチャの提案と実現手法について述べる。

最後に第 5 章でまとめを述べる。

付録 A では、MPLS-IX を提唱した次世代 IX 研究会の活動記録をまとめる。次に、付録 B では、次世代 IX 研究会のワーキンググループの一つであるルータ相互接続ワーキンググループがおこなったルータ相互接続試験の概要・結果について述べる。

第 2 章

IX とは

本章では、はじめに IX について簡単に述べた後、IX のアーキテクチャについて述べる。その後、それら IX の問題点を述べる。そして、MPLS 技術を利用した IX の説明をおこなひ、最後に日本各地で構築されている IX 紹介し、比較する。

IX とは、自律的に運用されている複数の組織のネットワーク同士を相互に接続する仕組みである。IX には多数の ISP が接続し、互いの経路情報を交換しあい、ピアリングをおこなっている。現在のインターネットでは、数百にも及ぶ IX が構築・運営されており [2]、ISP 間のトラフィック交換を実現するうえで極めて重要な役割を果たしている。一貫したポリシーを持ち、自律的に運用されている組織のネットワークのことを AS (Autonomous System) と呼ぶ。

世界の代表的な IX としては、PAIX^{*1}や MAE^{*2}、NYIIX^{*3}などがある。日本国内では、NSPIXP2^{*4}や JPIX^{*5}などの大規模な IX の他、TOYAMA-IX^{*6}や Y-NIX^{*7}など多くの IX が構築・運営されている。

*1 <http://www.paix.net/>

*2 <http://www.mae.net/>

*3 <http://www.nyiix.net/>

*4 <http://jungle.sfc.wide.ad.jp/NSPIXP/>

*5 <http://www.jpix.ad.jp/>

*6 <http://www.toyama-ix.net/>

*7 <http://www.yamanashi-ken.ac.jp/kaz/research/y-nix/>

2.1 IX のアーキテクチャ

一般的な IX では、ISP がピアリングをおこなう場合、何らかの手段で物理的な接続をし、BGP4 (Border Gateway Protocol version 4) を用いて経路情報の交換、およびトラフィックの交換をおこなう。この際、ピアリングに使用する物理的な回線の形態により、ピアリングの方法はプライベートピアリング (図 2.1) と IX (図 2.2) に分類できる [4]。

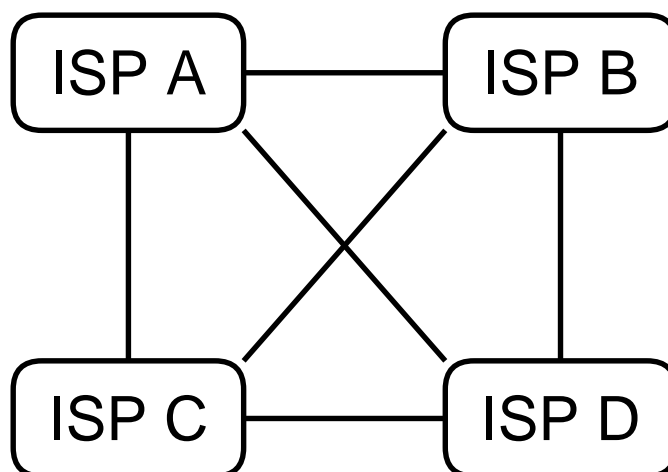


図 2.1 プライベートピアリング

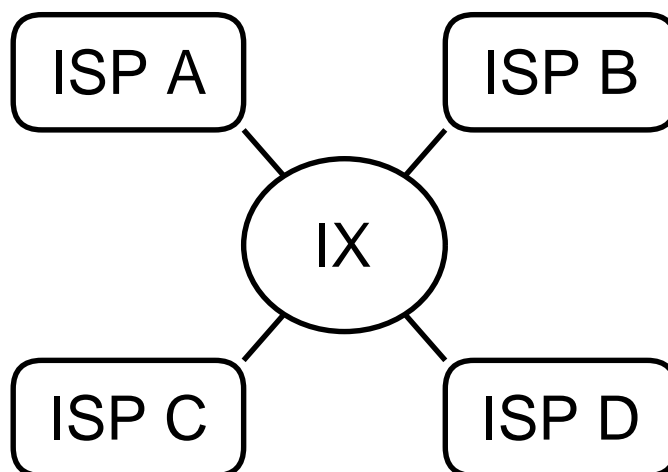


図 2.2 IX

プライベートピアリングでは、ピアリングをおこなおうとする二つの ISP 間に専用の物理回線を準備して直接ピアリングをおこなう。プライベートピアリングは独立した環境で二つ

2.1 IX のアーキテクチャ

の ISP 間のピアリングをおこなうため、物理的な構成やトラフィック制御などの面で自由度が高い。しかし、一つの ISP はピアリング先の ISP 毎に専用の回線を準備しなければならないため、回線敷設のコストや回線維持のコストが多くかかることになる。

また、プライベートピアリングで ISP 間の完全なメッシュ状のピアリング環境を実現するためには、ISP の数を N とすると、全体で $N \times (N - 1) / 2$ 本の回線を準備する必要がある。このため、全体の回線数のオーダーは $O(N^2)$ にも及び、拡張性に欠ける。

IX はプライベートピアリングに比べ効率良く ISP 間のピアリング環境を実現することができる。なぜなら、IX はピアリングの「場」を提供し、各 ISP は IX に接続するための回線を準備するだけでよいためである。IX 内では各 ISP 間でピアリングをおこなうことができ、前述のプライベートピアリングによるフルメッシュのピアリングと同等の環境を実現することができる。このため、IX 上でのピアリングはパブリックピアリングとも呼ばれる。

IX を用いて ISP 間のピアリングを実現する場合、回線数のオーダーは全体で $O(N)$ になる。そのため、プライベートピアリングと比較して効率的で拡張性に優れているといえる。また、一つの ISP を起点にした場合、単一の物理回線で複数の ISP とピアリングすることができるため、トラフィックを集約することができる。このため、回線の敷設や維持にかかるコストを抑えることが可能である。

2.1.1 ATM 技術を使用した IX

現在のインターネットでは、ATM (Asynchronous Transfer Mode) 技術を使用している IX が数多く存在する。ATM 技術を使用した IX は、ATM スイッチもしくは ATM スイッチからなる ATM 網で構成する。ISP は ATM インタフェースを持ったルータを IX に接続することで IX に接続することができる。IX は接続する ISP のルータ間に PVC (Permanent Virtual Connection) と呼ばれる仮想的な回線を作り、ISP 間のピアリングを実現し、Peer to Peer の仮想的な回線としてみなすことができる。このため、各ルータは仮想回線上で BGP4 による経路制御をおこなうとともに、トラフィックの交換をおこなうことができる。

2.1 IX のアーキテクチャ

MAE-ATM や StarTap^{*8}などの IX がこの技術を用いた手法により相互接続環境を提供している。本論文では、ATM 技術を使用した IX のことを ATM-IX と呼ぶ。

2.1.2 LAN 技術を使用した IX

LAN (Local Area Network) の技術を使用する IX は、最も多く実現されている IX のモデルである。PAIX、NYIIX、NSPIXP2、JPIX などの IX がこの技術を用いた手法により相互接続環境を提供している。IX に接続する ISP はそれぞれの ISP が持ち寄ったルータを LAN メディアで接続するため、LAN スイッチは論理的に一つの LAN セグメントとみなされる。そのため IX に接続するすべてのルータは同一のサブネットとして機能する。各 ISP のルータは同サブネット上で BGP4 による経路情報の交換とトラフィックの交換をおこなう。LAN 技術を使用した IX に用いる機器は他の 2 つのアーキテクチャに用いる機器に比べ、安価であることが多い。本論文では、LAN の技術を使用した IX のことを LAN-IX と呼ぶ。

2.1.3 MPLS 技術を使用した IX

MPLS 技術を使用した IX とは、MPLS (Multiprotocol Label Switching) 技術の仮想的な通信経路である LSP (Label Switched Path) を用いて、各 ISP がピアリングしている IX を指す。本論文では、MPLS 技術を使用した IX のことを MPLS-IX と呼ぶ。

MPLS-IX では、IX サービス事業者が MPLS を用いて LSP を ISP に提供する。IX サービス事業者は MPLS のシグナリングプロトコルを ISP に開放し、MPLS-IX に接続する ISP 間で LSP の確立をおこなう場を提供する。各 ISP は LSP を用いたピアリングをし、BGP4 による経路情報の交換とトラフィックの交換をおこなう。

本節では、はじめに MPLS について簡単に述べた後、MPLS-IX の特徴について述べる。

^{*8} <http://www.startap.net/>

2.1 IX のアーキテクチャ

MPLS とは

MPLS とは、パケット転送技術の一つである。様々なプロトコルのヘッダにラベルを付与することで、IP のネットワークでおこなわれている hop by hop のパケット転送ではなく、ラベル値に基づいた高速なパケット転送をおこなう技術である。

MPLS のネットワークは、コアルータとエッジルータで構成される。MPLS による通信はエッジルータ間で LSP を確立することによりおこなうことができる。図 2.3 ではコアルータを「CR」、エッジルータを「ER」と表し、ユーザ A からユーザ B に対して通信をおこなっている一般的な MPLS ネットワークの構成を表している。

MPLS ネットワークでは、MPLS ネットワークを構成する機器をパケットを転送する動作よりコアルータとエッジルータに分類することができる。以下にコアルータとエッジルータの動作を示す。

- コアルータ

コアルータは MPLS ネットワークの中心にあり、パケットに付与されたラベル値に基づいたパケット転送をおこなう。コアルータは転送されたパケットを受信すると、パケットに付与されたラベル値と FEC (Forwarding Equivalence Class) に基づき、新たなラベルをパケットに付与する。そして、パケットを次のコアルータまたはエッジルータに転送する。ラベルを付け変える処理のことを“Label Swap”という。

- エッジルータ

エッジルータは MPLS ネットワークと IP ネットワークの境界に位置するルータである。エッジルータがおこなう処理は大きく分けて 2 つある。一つはパケットにラベルを付与すること (Label Push)、もう一つはパケットからラベルを取り除くこと (Label Pop) である。エッジルータは IP ネットワークから転送を要求されたパケットを受け取ると、FEC に基づいたラベル値をパケットに付与しコアルータに転送する。逆に、コアルータからラベル付きパケットを受け取った場合、ラベルを取り除いた後、自らが持つルーティングテーブルに基づきパケットを転送する。

2.1 IX のアーキテクチャ

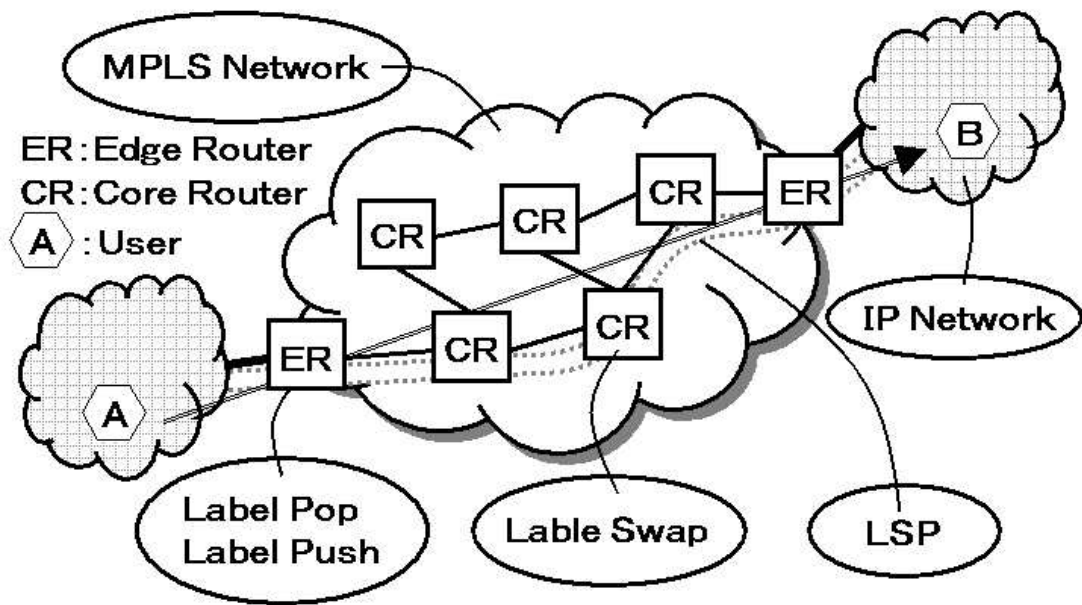


図 2.3 MPLS ネットワーク

MPLS ネットワークにおいて、エッジルータ間は LSP と呼ばれる仮想的な通信経路を用いて通信をおこなう。LSP は片方向のパスでしかないので、双方向の通信を実現するためには、それぞれの通信方向に対する 2 つの LSP を確立する必要がある。

MPLS-IX の特徴

MPLS-IX の特徴として、データリンクメディアに依存していないことと、コアルータ間のデータリンクメディアに広域分散環境に向く POS (Packet Over SONET) などを用いることで広域分散環境によるピアリング環境の提供を実現できることなどがある。また、他の IX アーキテクチャとの相互接続性に優れる特徴も持つ。

データリンクメディアに非依存 MPLS の技術を利用しているため、MPLS-IX を構成する機器に任意のデータリンクメディアを利用することができる。そのため、任意のデータリンクメディアを使用してコア LSR 間、あるいはコア LSR とエッジ LSR 間を接続することができる。図 2.4 はコア LSR 間を ATM で接続し、エッジ LSR とコア LSR の間は POS

2.1 IX のアーキテクチャ

とギガビットイーサネットで接続している例である。従来の IX では、IX を複数のデータリンクメディアで構成することはできない。

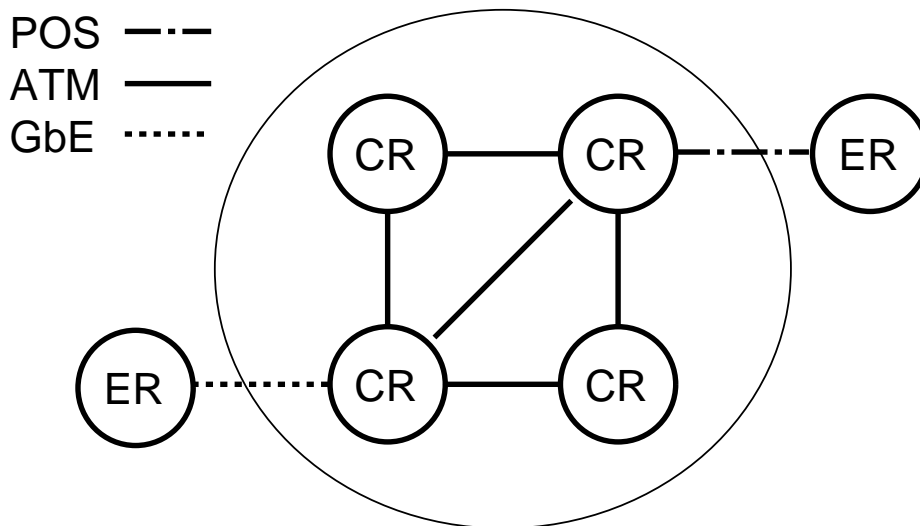


図 2.4 データリンクの異なる構成の MPLS-IX

さらに、データリンクメディアに依存していないため、時代に合ったデータリンクメディアを選択することができる。例えば、ATM OC-192(およそ 10Gbps)から POS OC-768(およそ 40Gbps)への移行を従来よりスムーズにおこなうことができる。そのため、MPLS-IX は拡張性に優れていると言える。

広域分散環境でピアリングできる ATM-IX や LAN-IX は、IX に接続する ISP が IX のある場所にルータを設置している場合がほとんどである。しかし MPLS-IX では、広域分散環境に合ったデータリンクメディアを使用することで IX を形成するコアルータを広域分散させて構築できる。そのため、IX に接続する ISP は物理的にもっとも近い MPLS-IX のコアルータに接続するだけでよい。

これにより、より柔軟な IX の設計が可能になる。また接続 ISP から見た場合、IX へ接続する物理的な回線の敷設に必要なイニシャルコストやランニングコストが安くなるメリットがある。

図 2.5 は、広域分散した MPLS-IX のモデルを表している。高知県の ISP-A が東京都の ISP-B と相互接続する場合、ISP-A は高知県にある MPLS-IX のアクセスポイントまでの

2.1 IX のアーキテクチャ

回線費用を支払うだけで良い。

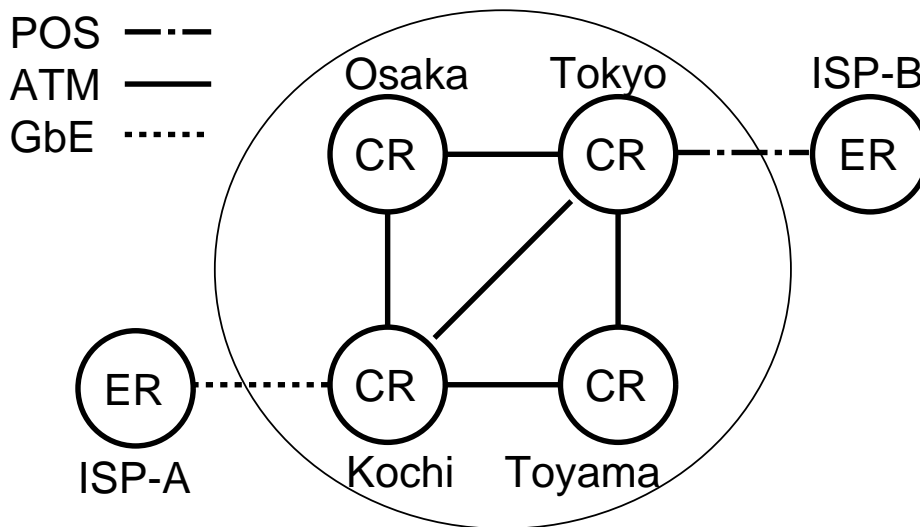


図 2.5 広域分散した MPLS-IX

MPLS-IX はデータリンクメディアに依存していないため、様々なデータリンクメディアで構成されることが予想される。この場合、MPLS-IX の管理者および MPLS-IX に接続するルータの管理者は MTU (Maximum Transmission Unit) の値に注意しなければならない。ユーザの使用する端末はイーサネットに接続することが多いため、ユーザのデータが通る通信路では MTU を 1500 バイト以上になるように設定した方が良い。MPLS-IX のコアルータ間の接続に用いるデータリンクメディアであっても同様に、MTU が 1500 より大きいもの、あるいは MTU が可変であるものを使用した方が良い。

他 IX との相互接続性が良い これまで、IX 同士を相互に接続する場合、双方の IX アーキテクチャが同じものでないと接続が困難であった。しかし MPLS-IX を構築することにより、他 IX のアーキテクチャを気にすること無く相互接続することができるようになる。図 2.6 は、MPS-IX と ATM-IX、LAN-IX が相互に接続している例である。

2.2 既存の IX アーキテクチャの問題点

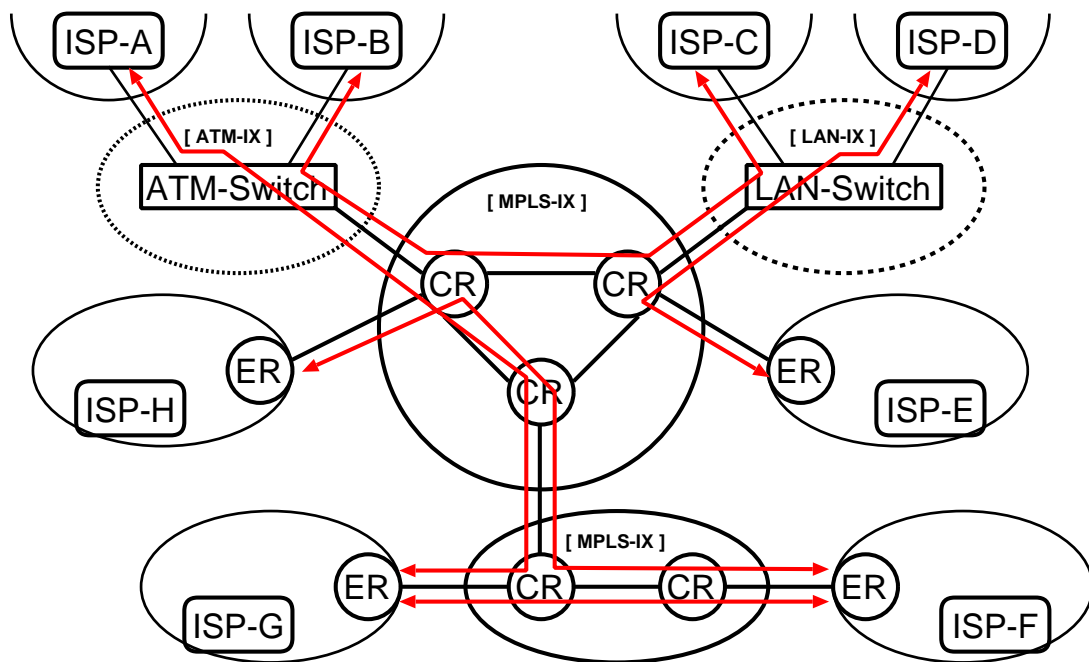


図 2.6 異なる IX アーキテクチャ同士の接続

2.2 既存の IX アーキテクチャの問題点

これまで挙げた 3 つの IX アーキテクチャにはそれぞれ問題がある。本節でははじめに ATM-IX と LAN-IX の共通の問題点を述べ、次に ATM-IX の問題点、LAN-IX の問題点、最後に MPLS-IX の問題点を述べる。

- ATM-IX と LAN-IX 共通の問題点

従来の IX アーキテクチャである ATM-IX と LAN-IX には、共通の問題点があることが分かっている。

- データリンクメディアに依存

ATM-IX・LAN-IX 共にデータリンクメディアに強く依存した仕組みである。そのため、IX に接続するユーザはデータリンクメディアを自由に選択することはできない。

- 回線コスト

ATM-IX・LAN-IX 共に、IX が構築されている場所まで回線を敷設する必要がある

2.2 既存の IX アーキテクチャの問題点

る。例えば、東京に構築された IX に高知から接続しようとする高知から東京までの回線を準備しなくてはならない。これには、多くのコストが必要である。

● ATM-IX の問題点

一般に TCP/IP の通信を ATM 上でおこなうことは転送速度やオーバーヘッドなどの問題があるとされている [8]。ATM-IX においても同様に、ATM を使用することによる問題がある。

－ オーバヘッド

ATM 上で TCP/IP の通信をおこなう場合、パケットを分割するためのオーバーヘッドが大きな問題となる。ATM では、送り側の ATM スイッチでパケットを 48 オクテットのデータと 5 オクテットのヘッダからなる固定長のセルに分割し送信する。この際、データが 48 オクテットの倍数でない場合、データ部分に 48 オクテットの倍数になるように意味の無いデータをパディングするため、回線の利用効率の面で問題となる。

－ スイッチングスピード

ATM は 53 オクテットのセル単位で通信をおこなう。そのため IP パケットの転送をおこなう場合、ATM スイッチの転送テーブルの検索やパケットの分割、再構成の処理能力などに応じてスイッチングの速度や通信速度が問題となることがある。

－ 運用コスト

ATM-IX における ISP 間の PVC の設定は、完全な自動化はできていない。ISP の数を N とした場合の PVC の数は最大で $O(N^2)$ となり、ATM-IX が複数の ATM スイッチなどで構成される場合は運用コスト、および拡張性が問題となる。

● LAN-IX の問題点

LAN-IX は共通のサブネットを用いてピアリングをおこなう。この場合、データリンク層の設定や隣接ルータとのピアリングの設定は非常に容易におこなうことができる。そのため、接続 ISP はピアリングの準備を容易におこなうことができる。しかし一方で、スイッチングスピードの問題やセキュリティの問題などが存在する。

2.2 既存の IX アーキテクチャの問題点

– スイッチングスピード

現在、一般的な LAN 技術ではギガビットイーサネットを用いたとしても、1Gbps がスループットの限界である。日本の大手 IX 事業者である JPIX の一日の最大スループットはおよそ 20Gbps であるため（図 2.7）、最大転送速度が 1Gbps の LAN 技術では明らかに転送速度が不足している。このため、LAN-IX は大規模 ISP が接続する IX におけるトラフィック交換には不向きであると言える。しかし近

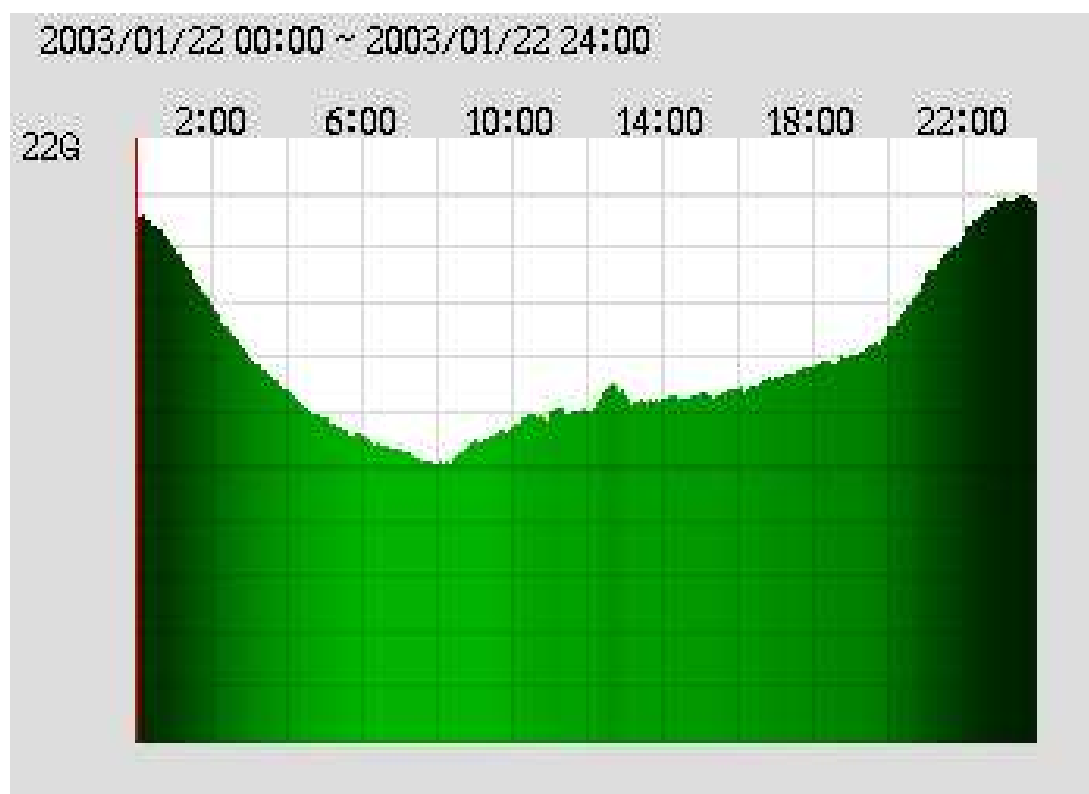


図 2.7 JPIX の一日のトラフィック

年、標準化が進められている 10 ギガビットイーサネットの技術を利用すれば、この問題は解決できる。

– セキュリティ

LAN-IX では、すべてのルータが共通のサブネットに接続するため、ピアリングをおこなっていないルータからパケットを送出される可能性がある。例えば、IX に接続する ISP のルータが BGP4 に関係なく他のルータをネクストホップとし

2.2 既存の IX アーキテクチャの問題点

て設定することにより、トラフィックを意図的に流すことが可能になる。これは thirdparty next-hop と呼ばれ、LAN-IX の大きな問題の一つと言われている。

－ ボーダルータの増設

LAN-IX では、LAN スイッチに接続するためのファイバまたはケーブルの物理長が制限される（表 2.1）。そのため、IX に接続する ISP は IX と物理的に同じ場所にルータを増設・設置する場合が多い。この場合、ハウジング料金や設置したルータまでのアクセス回線の維持費の増大につながるため、一つの ISP が複数の IX に接続するには多くのコストが必要となる。

LAN メディア	最大ケーブル長 (m)	タイプ	コア径 (μm)	備考
100Base-TX	100	UTP Cat. 5		
1000Base-T	100	UTP Cat. 5		
100Base-FX	412	MMF		半二重のスイッチ間
	2000	MMF		全二重のスイッチ間
	20000	SMF		全二重のスイッチ間
1000Base-SX	220	MMF	62.5	帯域 160/500MHz·km
	275	MMF	62.5	帯域 200/500MHz·km
	500	MMF	50.0	帯域 400/400MHz·km
	550	MMF	50.0	帯域 500/400MHz·km
1000Base-LX	550	MMF	62.5	帯域 160/500MHz·km
	550	MMF	62.5	帯域 200/500MHz·km
	550	MMF	50.0	帯域 400/400MHz·km
	550	MMF	50.0	帯域 500/500MHz·km
	5000	SMF		

表 2.1 LAN メディアと最大ケーブル長

－ 拡張性

LAN-IX では、共通に使用しているサブネットの規模により拡張性が制限される。また、ネットワークアドレスの拡張は IP アドレスやネットマスクの変更を伴うため、ピアリングの一時的な停止をおこなわなければならないなど、IX や ISP の品

2.2 既存の IX アーキテクチャの問題点

質の問題につながる場合がある。

- MPLS-IX の問題点

MPLS-IX は、近年考案された IX アーキテクチャである [7]。そのため、MPLS の機能を実装しているルータなどの機器が高価であったり、各機器ベンダ毎の相互接続性が問題になることがある。また、MPLS-IX のオペレーションノウハウが不足している等の問題もある。

- 構成機器が高価

LAN-IX や ATM-IX を構成できる機器であっても、MPLS の機能を実装されていない機器や、ソフトウェアのバージョンにより使用できない場合がある。一般に MPLS の機能を実装している機器は、機能を実装していない機器に比べ高価である。そのため MPLS-IX の構築は、LAN-IX や ATM-IX を構築する場合に比べコスト高である。

大規模な IX を構築するために準備した大部分の機器は、MPLS の機能を持ち合わせているため、この問題は発生しない。しかし、小規模な IX を構築する場合には、構築費用が大規模 IX の構築費用と比べ少ないため、この問題は大きなものとなる。

- 相互接続性

MPLS-IX の構築・運営に必要な機能の実装は、まだ完全ではない。そのため、MPLS-IX を介してピアリングをおこなう際、LSP を設定するためのプロトコルなどに注意する必要がある。また、特殊な設定により問題を回避できるルータもある。

- オペレーションノウハウの不足

MPLS-IX は、LAN-IX や ATM-IX に比べ新しい IX アーキテクチャである。そのため、MPLS-IX に対するノウハウが蓄積されていないため、トラブルが起こった際、迅速な対応ができない場合などが予想される。この問題は、今後 MPLS-IX が各地で構築・運営されることで解決できる問題である。

2.3 地域 IX

– プロトコルの制限

現在の段階では、MPLS-IX は IP マルチキャストを利用することができないなどの使用プロトコルの制限を受ける。

2.3 地域 IX

日本の ISP や学術ネットワーク間の相互接続のほとんどが、東京などの大都市でおこなわれている。また、地域 ISP のほとんどが大手 ISP に接続しているため、地域内で交換されるべき通信であっても東京などの大都市経由になる。図 2.8 では同一地域内のユーザのトラフィックが東京の IX を経由してやり取りされている。大都市経由の通信をおこなうため、通信時に経由するルータの数が増加する。そのため、通信の遅延が発生する、通信が不安定になるなどの影響がある。また、大都市や大都市までの経路で障害が発生した場合、地域内の通信ができなくなることもある。

地域 IX を構築することで、通信時に経由するルータの数を減少させることができるため、通信の遅延を抑えることができ、通信が安定する。また、大都市や大都市までの経路で障害が起こった場合であっても、地域内の通信は確立できる。図 2.9 は同一地域内のユーザのトラフィックが地域 IX を通じて交換される様子である。

この他、地域に IX を構築することで以下の効果があると言われている。

● 人材の育成

地域 IX の構築・運営をおこなう技術者には、経路制御に高い技術レベルが要求される。そのため、地域 IX の構築・運営をおこなうことで、地域の技術者のスキルアップやノウハウの蓄積につながる。この他、地域 ISP などが IX の構築・運営をすることで顧客に対して ISP の持つ技術力を宣伝する効果もある。

● 通信コストの低減

地域にある ISP はほとんどの場合、大手 IX や大手 ISP までの回線を借り、トランジットを購入している。地域 ISP から大手 IX や大手 ISP までの回線料金は、東京などの大

2.3 地域 IX

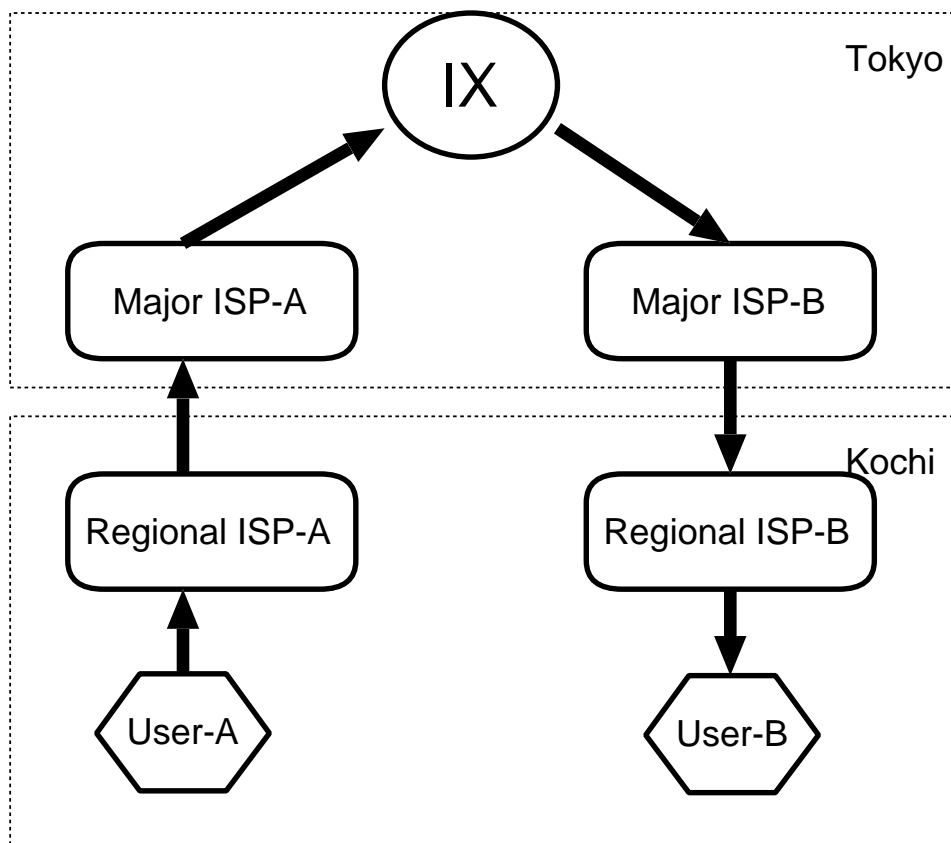


図 2.8 東京経由の通信

都市周辺の ISP の回線料金と比べ非常に高額である。大都市周辺の ISP は、NSPIXP2 や JPIX などの IX や大手 ISP に地理的に近いため、回線維持費用や光ファイバ敷設費用を安価にできる。

そのため、ISP に接続する利用者への利用料金を安価に設定することが可能になる。例えば、秋田県に構築される予定の地域 IX に接続する ISP の場合、従来の 20～30%程度安価な ADSL サービスを提供できるようになると言われている^{*9 *10}。

- 新サービスの展開

地域 IX を構築することにより、地域情報に特化した新たなサービスやコンテンツが登場する可能性がある。例えば、インターネット環境を前提としたゲームや IP 電話、ストリーミング系コンテンツの提供がある。表 2.2 は四国の加入者電話からの県間発着信

^{*9} <http://www.pref.akita.jp/system/ix/result.pdf>

^{*10} <http://internet.watch.impress.co.jp/www/article/2003/0124/akita.htm>

2.3 地域 IX

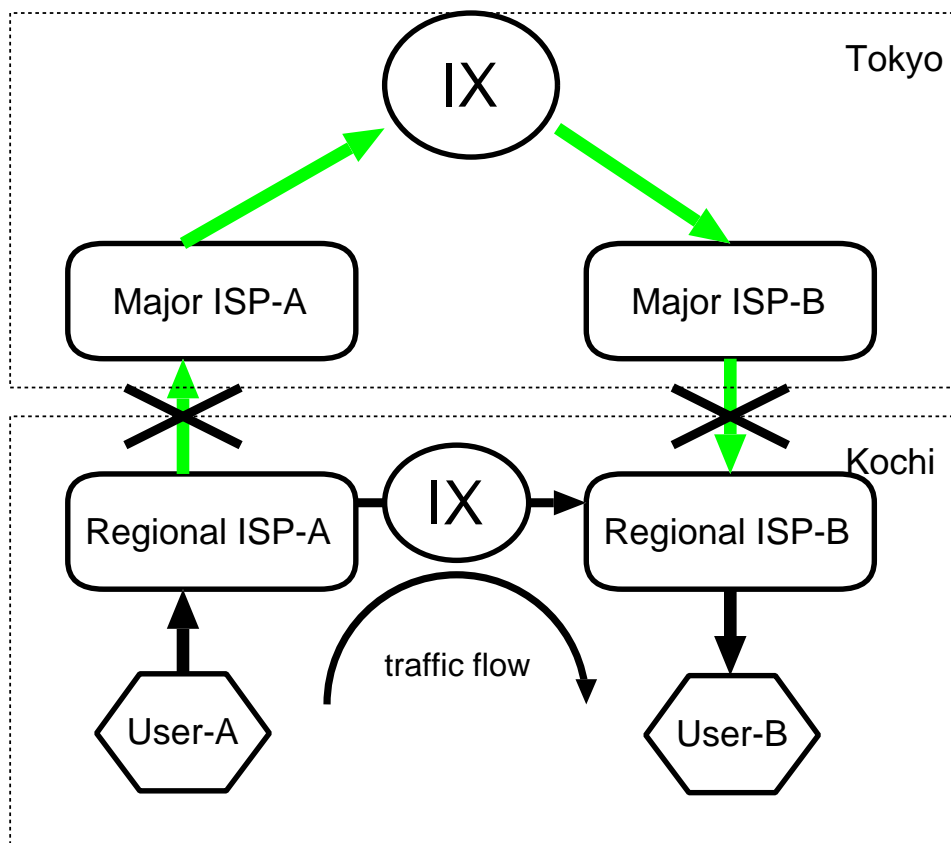


図 2.9 地域 IX 経由の通信

率である。加入者電話の同一県内の発着信率が非常に多いため、IP 電話が広く利用されるようになると、表 2.2 の様な発着信率になると予想できる。そのため、IP 電話は地域に強く根付いたサービスになると言える。

発信県	着信都道府県 (%)		
	1 位	2 位	3 位
徳島県	徳島県 (80.2)	香川県 (5.3)	大阪府 (4.3)
香川県	香川県 (75.8)	大阪府 (5.0)	愛媛県 (3.6)
愛媛県	愛媛県 (82.4)	香川県 (3.7)	大阪府 (2.7)
高知県	高知県 (84.7)	香川県 (3.0)	大阪府 (2.5)

表 2.2 四国の県間発着信率 (四国総合通信局統計データより)

2.3 地域 IX

本節では、前半に地域 IX がインターネットに接続するにはどのような方法があるかを述べ、後半で日本で構築されている地域 IX について述べる。最後に、日本各地の地域 IX を比較する。

2.3.1 地域 IX のインターネット接続方法

地域 IX がインターネットへ接続する方法には、地域 IX が大手 IX・大手 ISP・広域分散 IX に接続する方法と、地域 IX に大手 IX・大手 ISP・広域分散 IX が接続する方法がある。この他、インターネットに接続せず、地域 IX に接続する組織が各々準備したトランジットを利用して通信する方法がある。

大手 IX とは、JPIX や MEX などのような一日に交換されるトラフィックが 10Gbps を超える IX を指す。大手 IX に接続することで、大手 IX に接続する多数の ISP とピアリングすることが可能になる。

大手 ISP とは、ニフティ株式会社が運営する@nifty や日本電気株式会社が運営するBIGLOBE などの ISP サービス加入者数 200 万人以上を持つ ISP を指す。大手 ISP とプライベートピアリングすることで、地域 IX の持つユーザが大手 ISP の持つコンテンツに効率良くアクセスすることができるようになる。

広域分散 IX とは、IX へのアクセスポイントを広域に分散させて構築した IX のことを指す。以前は広域分散 IX のアーキテクチャに ATM-IX が用いられていたが、IX の規模拡大に伴う運用コストが増大する問題があるため、近年構築される IX は MPLS-IX が多い傾向にある。広域分散 IX は、IX に接続しようとする ISP などの組織が負担する回線維持費用を従来の IX と比較して大幅に低減できる特徴を持つ。MPLS-IX アーキテクチャを使った代表的な広域分散 IX には次世代 IX 研究会^{*11}の DISTIX と日本テレコム株式会社の商用 MPLS-IX サービスである mpls ASSOCIO がある。

表 2.3 に地域 IX がインターネットへ接続するための方法と接続に必要な物理的な回線の

^{*11} <http://www.distix.net/>

2.3 地域 IX

維持費用の関係を示す。一般に IX や ISP が相互接続をおこなう場合、IX や ISP が持つユーザの数やコンテンツの量などにより優劣が決定する。そのためユーザ数やコンテンツ量で劣る IX や ISP は、ユーザ数やコンテンツ量に優る IX や ISP に対して接続料金を支払わなければならない。この料金をトランジット料金という。トランジット料金を支払う組織は、物理的な回線の維持費についても同様に料金を支払うことが一般的である。

接続方法	費用	接続方法	費用
大手 IX から接続	無し	大手 IX に接続	高い
大手 ISP から接続	無し	大手 ISP に接続	高い
広域分散 IX から接続	無し	広域分散 IX に接続	安い
接続しない	無し		

表 2.3 回線維持費用の比較

「大手 IX から接続」、「大手 ISP から接続」、「広域分散 IX から接続」は地域 IX にこれら事業者が地域 IX に対して接続を申し込むことを表す。そのため回線の費用はこれら事業者が負担することになるため、地域 IX が負担する回線費用は必要ない。また接続しない場合は、地域 IX からトランジットを持たないことを表している。この場合、地域 IX は地域内で交換されるべき情報のみを交換する。

「大手 IX に接続」、「大手 ISP に接続」、「広域分散 IX に接続」は地域 IX がこれらの事業者に接続をおこなうことを表す。そのため回線の維持費用は地域 IX が負担することになる。大手 IX に接続する場合、IX を構築している地域から東京などの大都市までの回線を準備しなければいけないため回線の維持費は高くなる。大手 ISP に接続する場合は、接続する大手 ISP の数に比例して回線維持費用が必要になるため、回線維持費用は非常に高くなる。

広域分散 IX に接続する場合、東京などの大都市よりも近い場所にアクセスポイントがあることが多いため、回線維持費用は前述の大手 IX に接続、大手 ISP に接続に比べ安価になる。

2.3 地域 IX

2.3.2 日本の地域 IX

現在日本には、IX を構築している地域が幾つかある。本節でははじめに富山県で構築された TOYAMA-IX を紹介した後、山梨県で構築された Y-NIX (Yamanashi Network Information Exchange) を紹介する。最後に岡山県で構築された OKIX(Okayama Internet Exchange) を紹介する。

2.3.3 TOYAMA-IX

1998 年、効率的な地域内通信網確立のための相互接続実験と技術蓄積・地域型アプリケーションの実証実験と可能性の検討を目的に富山地域 IX 研究会が設立され、TOYAMA-IX が構築された。富山地域 IX 研究会の参加組織は、オブザーバとして富山県が参加し、研究会員 5 名、組織会員 34 組織で構成している。

TOYAMA-IX は、LAN-IX アーキテクチャにルートサーバを置くことで、技術者の管理・運営コストを軽減しているモデルである。ルートサーバを用いることにより、BGP の経路供給元及び供給先を一箇所に集中することができる。そのため、フルメッシュに接続する場合と比較して、技術者の作業量を大幅に軽減することができる。図 2.10 では ISP-A から ISP-E がルートサーバを介して経路情報を一元管理している。TOYAMA-IX では、ルートサーバとして RADIX^{*12}を開発し、運営をおこなっている。

TOYAMA-IX に接続する組織は互いに BGP4 を利用してピアリングをおこなう。この際、各組織で交換する経路情報に BGP4 のコミュニティ属性である “no-export” を付加することで、IX に直接接続している AS でのみ有効になるように設定されている。

2.3.4 Y-NIX

1997 年以降、山梨県では山梨県における異なるネットワーク間の相互接続を確保することによりネットワークの発展に寄与することを目的として山梨地域情報ネットワーク機構を

^{*12} <http://www.toyama.net/~ikuo/radix/>

2.3 地域 IX

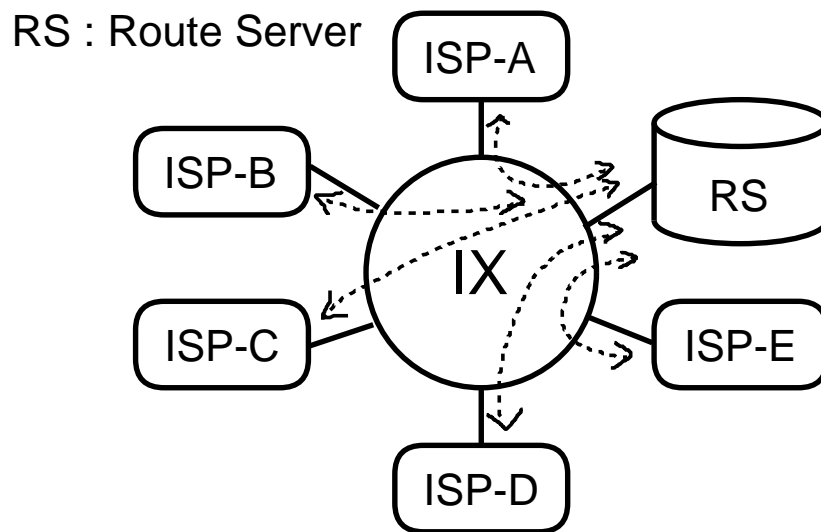


図 2.10 ルートサーバを用いた IX の経路制御

組織し、Y-NIX^{*13} の運営をおこなっている。Y-NIX の参加組織には、山梨県をはじめ山梨県内にアクセスポイントを持つ ISP 及び地域インターネット団体など計 20 組織が参加している。

Y-NIX は、接続組織間相互接続のための基本的な経路制御プロトコルに BGP4 を使用している [11]。BGP4 を運営することのできない ISP は、IGP (Interior Gateway Protocol) を運営する他の ISP と同一セグメントに接続することで AS を構成する。具体的には、図 2.11 の RIP2 と書かれたセグメントに ISP が接続することになる。このセグメントが AS を持ち BGP4 を運営することで、他の ISP とピアリングをおこなうことができる。また、このセグメントを構築することにより、セグメントに接続する組織は BGP の機能を持つルータやソフトウェアを準備する必要がないため、IX への導入コストを抑えることができる。

Y-NIX は、TOYOMA-IX と同じ LAN-IX モデルにルートサーバを置くことで、管理・運営コストを軽減しているモデルである。Y-NIX で用いているルートサーバは、Merit/ISI による Routing Arbiter Project で開発された Routing Server Daemon^{*14}を使用している。また、経路情報の Registry Data Base も同様に Routing Arbiter Project で開発された

^{*13} <http://www.yamanashi-ken.ac.jp/~kaz/research/y-nix/>

^{*14} <http://www.isi.edu/div7/ra/RSD/>

2.3 地域 IX

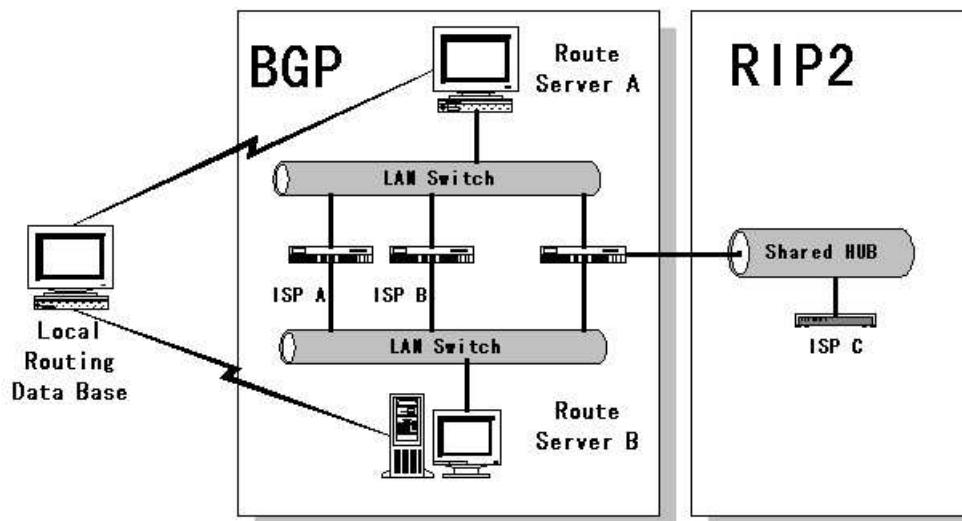


図 2.11 Y-NIX の構成

RADB^{*15}と RTConfig^{*16}を利用している。これら 2 つのソフトウェアを利用することにより、データベースに対する問い合わせに対する情報をもとに、経路及びフィルタリングに関するコンフィグレーションファイルを再構築することができる。

Y-NIX の運営のポリシーも TOYAMA-IX とほぼ同じで、Y-NIX で交換している経路を他の IX にトランジットしない。この他、LAN スイッチを二重化することで対障害性を上げている。

2.3.5 OKIX

OKIX^{*17}は、1996 年から 1998 年まで岡山県が実施した岡山情報ハイウェイモデル実験の中から実用化された IX であり、1998 年から実運用がはじまっている。図 2.12 は OKIX の構成を簡単にしたものである。

OKIX は、基幹回線を OC-12 (およそ 622Mbps) または OC-3 (およそ 155Mbps) で接続した ATM-IX アーキテクチャの IX である。これらの回線は現在一部借り上げであるが、将来すべて岡山県が自設する予定である。また、基幹回線の増加に伴い、現在の ATM から

*15 <http://www.radb.net/>

*16 <http://www.isi.edu/ra/RAToolSet/RtConfig.html>

*17 <http://www.okix.ad.jp/>

2.3 地域 IX

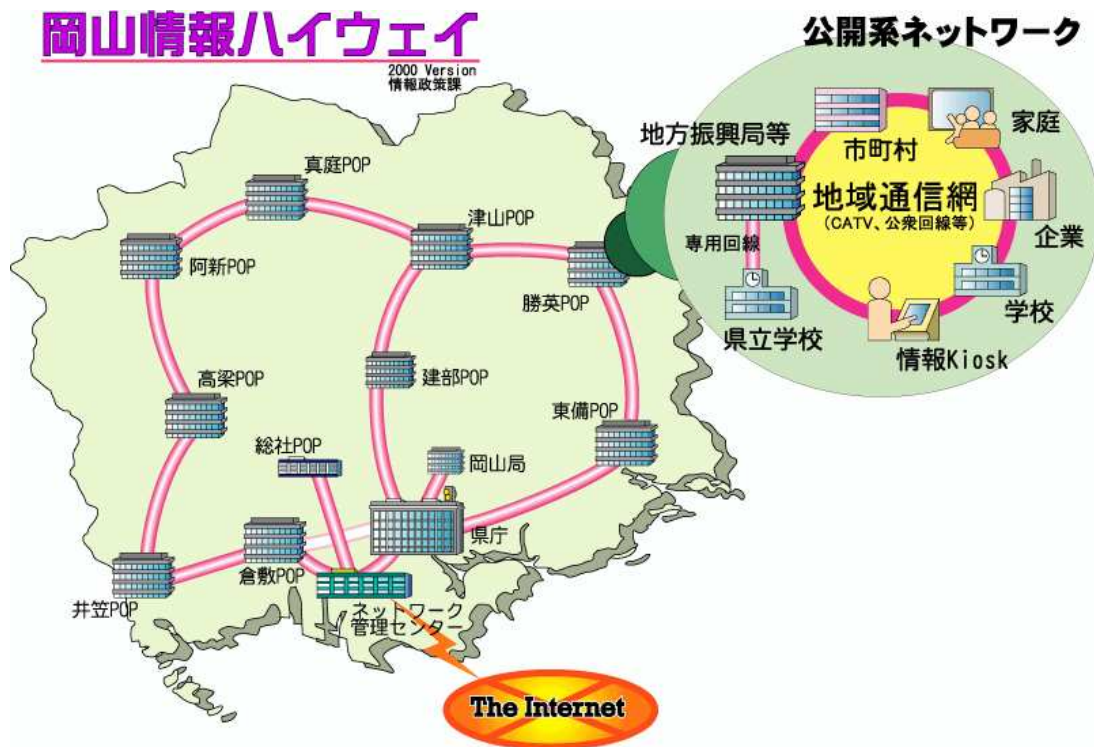


図 2.12 OKIX のおおまかな構成

10 ギガビットイーサネットへの乗り換えを計画している。

OKIX の特徴には、IX の運営を県がおこなっていること、もう一つは、@nifty や BIGLOBE などの大手 ISP が接続していることがある。この他、OKIX へ接続している組織は地元ケーブルテレビ局、地元 ISP、地方公共団体、大学などがある。

2.3.6 地域 IX の比較

本節では、日本各地に構築されたいくつかの地域 IX を構築年、IX 接続料金の有無、アーキテクチャ、インターネット接続方法で比較する。表 2.4 は、それぞれの項目について比較した結果を表す。

表 2.4 より、2000 年以前に構築された地域 IX は広域分散を目的とした IX は無く、IX 接続料金が必要な IX は少ない。また、採用されたアーキテクチャは LAN-IX が多く、地域 IX がインターネットへ接続しない場合が多い。2000 年以前に構築された地域 IX は、全体的に見て規模が小さな IX が多いことも特徴である。

2.3 地域 IX

一方、2000 年以降に構築された IX は、IX 接続料金が必要であり、アーキテクチャが MPLS-IX である場合が多い。また、地域 IX がインターネットへ接続しないということではなく、何らかの方法で必ずインターネットに接続している。2000 年以降に構築された地域 IX は、2000 年以前に構築された地域 IX と比較して規模が大きい IX が多いことも特徴の一つである。

データセンター（以下、iDC）の有無を見た場合であっても、2000 年以降は地域 IX 構築と同時に iDC 構築されている。2000 年以前に構築された地域 IX と iDC との関係は、岡山が 2002 年度から開始しているだけである。

構築場所	構築年	接続料金	アーキテクチャ	接続方法	iDC の有無
山梨	1997	不要	LAN-IX	接続しない	無し
広島	1998	必要	ATM-IX	大手 IX へ接続	無し
岡山	1998	不要	ATM-IX	大手 ISP から接続	2002 年度始めから開始
沖縄	1998	不要	LAN-IX	接続しない	無し
富山	1998	不要	LAN-IX	接続しない	無し
北海道	2001	必要	LAN-IX	大手 IX へ接続	有り
秋田	2003	必要	MPLS-IX	大手 IX へ接続	有り
岐阜	2003	必要	MPLS-IX	大手 ISP から接続	有り

表 2.4 地域 IX の比較

表 2.4 のうち富山と岡山は成功した地域 IX として有名である。富山と岡山を比べると、様々な共通点があることが分かった。以下に共通点を示す。

- IX に接続する回線に費用がかからない
- 参加組織には地域のケーブルテレビ事業者と ISP がほぼすべて IX に接続している
- IX の恩恵を受けることができる環境がほぼ県内全域にある
- 活動が活発なこと

両県の地域 IX は IX に接続する回線に費用を発生させないことで、地域の組織が参加しやすい環境を整えている。そのため、地域のケーブルテレビ事業者や ISP がほぼすべて地域 IX に接続する状況になったと言える。このため、県全域にわたって地域 IX の恩恵を受けることができる環境が整ったと言える。この他この 2 つの地域 IX は、時代に合った回線速度を保っており、地域で地域に特化したコンテンツを作り配信している。

第 3 章

日本のインターネットの動向

本章では、はじめに日本のインターネットの利用人口に述べた後、インターネットで一般的に利用されているアプリケーションをナローバンドとブロードバンドに分けて紹介する。また、FTTH (Fiber To The Home) や DSL (Digital Subscriber Line)、ケーブルテレビの持つ光ファイバ網 (以下、CATV 網) などのインフラストラクチャーについて述べ、最後に高知県のインターネットの動向について述べる。

3.1 インターネット利用人口

本節では、日本のインターネットの利用人口と日本のインターネット利用者の接続速度・接続方法を述べた後、日本のインターネットの普及状況を述べる。

2002 年 2 月での日本国内のインターネット利用者数は 4619.57 万人と言われており、今後も急速に増加すると言われている (図 3.1) [12]。この数は、携帯電話 / PHS からの利用者 2900.17 万人、勤務先 / 学校からの利用者 2156.56 万人、自宅機器からの利用者数 3122.30 万人の重複を省いた利用人口を表している。インターネット利用者数のうち、ブロードバンド / ナローバンドの利用比率は、ブロードバンドおよそ 33%、ナローバンドはおよそ 64% である。残りの 3% は通信速度を把握していない利用者である (図 3.2)。本論文では、ADSL による接続、CATV 事業者が提供するインターネット接続、光ファイバによる接続のことをブロードバンド接続、これ以外のインターネット接続のことをナローバンド接続と呼ぶ。

インターネット利用者がインターネットへ接続する手段には、

- モデムによるダイヤルアップ

3.1 インターネット利用人口

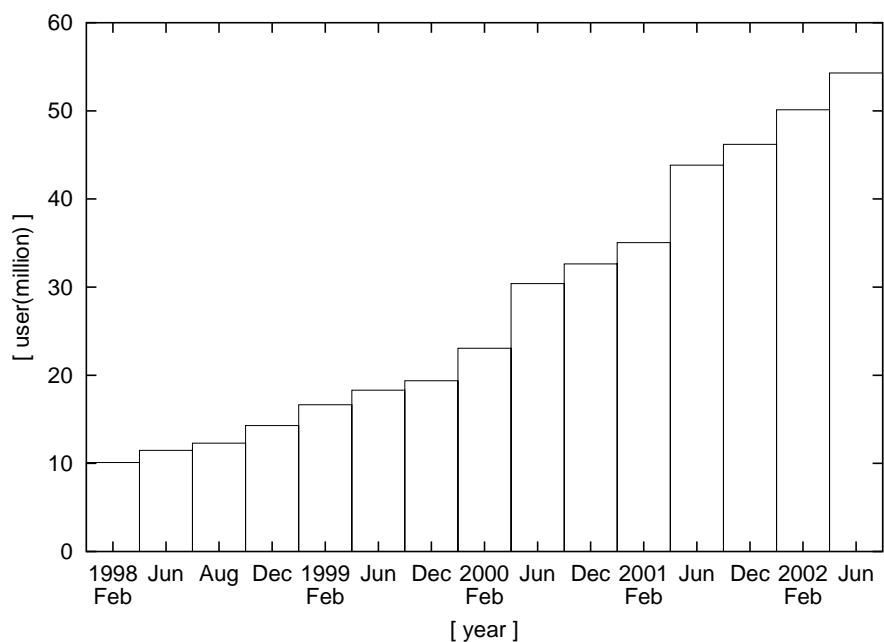


図 3.1 日本のインターネット利用者数推移（インターネット白書 2002 より）

- ISDN によるダイヤルアップ
- ADSL を代表とする DSL 接続
- CATV 事業者が提供するインターネット接続（以下、CATV インターネット）
- PHS によるダイヤルアップ

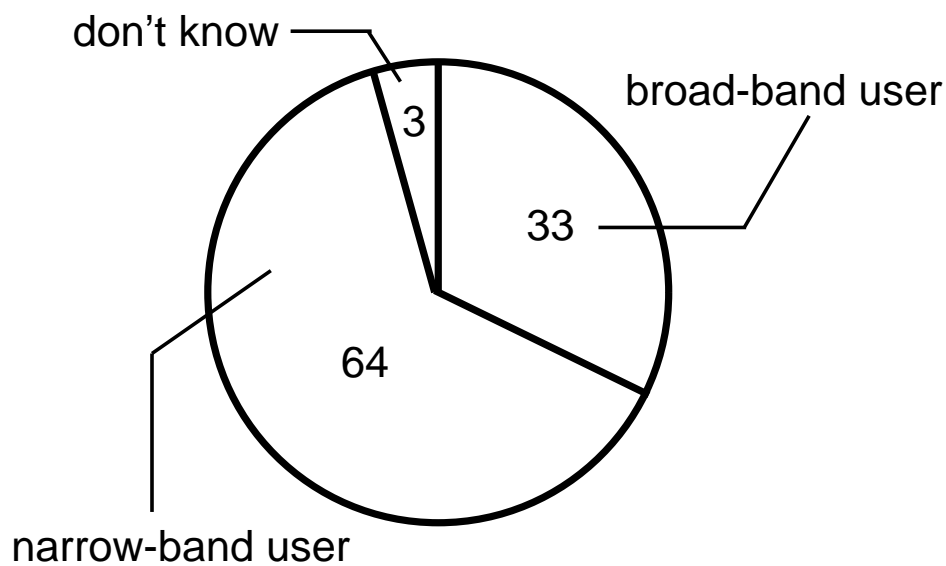


図 3.2 ブロードバンド/ナローバンド比率（インターネット白書 2002 より）

3.1 インターネット利用人口

- 専用線による接続
- 光ファイバによる接続

などがある。これらの接続方法うち利用者が最も多く利用する接続方法は、モデムによるダイヤルアップ接続である。次いで、ISDN によるダイヤルアップとなる。モデムによるダイヤルアップ接続は、インターネット利用人口のおよそ半数が利用しているが DSL による接続へと推移している。

図 3.3 に日本のブロードバンド利用者数の推移を示す。図 3.3 より、日本のブロードバンド利用者数が急激に増加していることが分かる。ブロードバンド利用者がこのまま順調に増加したとすると、数年後にはナローバンド利用者数とブロードバンド利用者数が入れ替わるであろう。

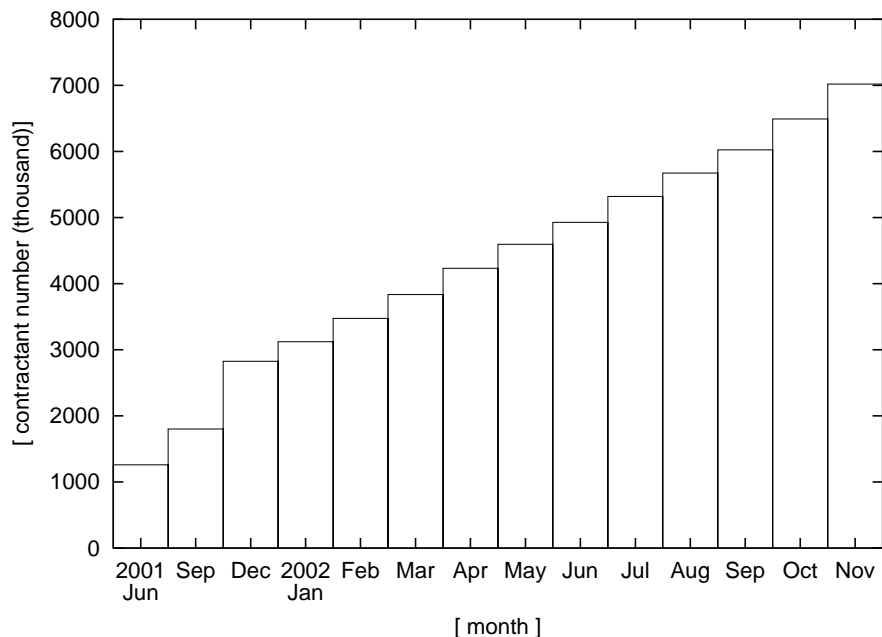


図 3.3 日本のブロードバンド利用者数推移（四国総合情報通信局統計より）

図 3.3 とはインターネット利用者の統計を取った組織が異なるが、ナローバンドの利用者とブロードバンドの利用者は急激に縮まってきており、このまま順調に推移すると 2003 年 4 月までには、ナローバンド利用者とブロードバンド利用者の比率が入れ替わることとなる（図 3.4）。

3.1 インターネット利用人口

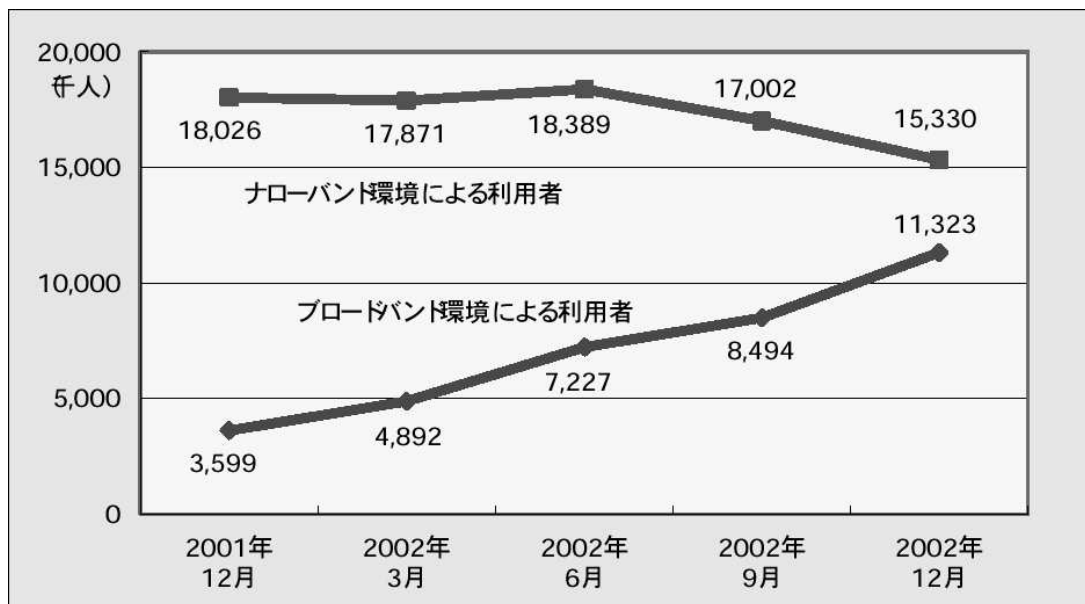


図 3.4 家庭からのナローバンド/ブロードバンド利用者数推移 (ネットレイティング社調査報告より)

表 3.1 は一般家庭からの一人あたりの一月のインターネット平均利用時間を表している。ナローバンド/ブロードバンド利用者のインターネット接続時間を比較すると、ナローバンド利用者に比べブロードバンド利用者の方が長時間インターネットに接続している。これは、以下の理由があるためだと考える。

- ナローバンド環境に比べブロードバンド環境の方がインスタントメッセージによる利用者が多い
- ストリーミング等の映像コンテンツを閲覧する
- ウェブブラウジングなどの待ち時間が少ないため飽きが来にくい

以上のことより、ブロードバンド利用者のインターネット平均利用時間はナローバンド利用者の平均利用時間を上回る結果となっている。

表 3.2 は、日本国内のインターネット利用者の推移を接続方法別にまとめたものである。2000 年から携帯電話 / PHS からのみインターネットへ接続する利用者が増加しはじめ、特に、2000 年 6 月から 2000 年 12 月の利用者数は急速に増加している。しかし、2000 年 12

3.2 アプリケーション

	利用者数	月あたりの平均利用時間 / 人
ナローバンド利用者	1533 万人	7 時間 44 分
ブロードバンド利用者	1132 万人	17 時間 28 分
全体	2665 万人	11 時間 44 分

表 3.1 ナローバンド / ブロードバンド利用者のインターネット接続時間（ネットレイティング社調査報告より抜粋）

月以降は、携帯電話 / PHS の普及が進んだこともあり、大幅な増加には至っていない。一方、自宅の機器からインターネットを利用する場合の利用者は、2001 年 6 月から 2001 年 12 月にかけて大幅に増加している。これは、ADSL や CATV インターネットといったブロードバンド接続環境が徐々に整備され、これまで勤務先や学校でのみ使用できていた環境が家庭で実現できるようになったことが原因と考えることができる。

	自宅から利用	自宅、勤務先 / 学校から利用	勤務先 / 学校から利用	携帯電話 / PHS から利用
1998 年 2 月	251.0	209.9	548.0	
1998 年 6 月	349.0	245.0	553.0	
1998 年 8 月	408.0	261.3	558.7	
1998 年 12 月	570.0	280.0	580.0	
1999 年 2 月	631.2	287.5	589.8	
1999 年 6 月	700.0	313.0	653.0	
1999 年 12 月	780.0	415.0	635.0	
2000 年 2 月	821.5	746.8	366.4	3.0
2000 年 6 月	895.0	802.0	465.0	145.1
2000 年 12 月	1125.5	873.5	543.0	498.0
2001 年 2 月	1152.4	893.1	565.6	652.5
2001 年 6 月	1173.1	1018.2	649.5	663.5
2001 年 12 月	1665.0	1260.0	785.0	673.0
2002 年 2 月	1785.6	1336.7	819.9	677.4
2002 年 6 月	1890.0	1510.0	815.0	697.0
2002 年 12 月	2030.0	1690.0	990.0	720.0

表 3.2 接続方法別インターネット利用者数の推移（インターネット白書 2002 より）

3.2 アプリケーション

インターネット利用者が最も多く利用しているサービスまたはコンテンツは、電子メールである。次いで趣味のための情報収集、タウン情報やグルメガイド等の生活情報、ニュー

3.2 アプリケーション

ス・天気予報である。

図 3.5 はブロードバンド/ナローバンド利用者別の利用中のサービスまたはコンテンツである。ブロードバンド/ナローバンド利用者別で見ると、電子メールや趣味のための情報収集は通信速度にあまり関係なく利用されているサービスまたはコンテンツであることがわかる。ブロードバンド/ナローバンドで差が顕著に現れるのが、フリーソフトのダウンロードや音楽のダウンロードなど通信速度によって利用者の待ち時間が短縮されるコンテンツやサービスである。

インターネット接続者同士のコミュニケーションの手段には、掲示板やチャット、インスタントメッセージなどがある。コミュニケーション手段の利用率は掲示板、チャット、インスタントメッセージの順である。近年、ブロードバンド接続をする利用者のインスタントメッセージの利用率が増加の傾向にある。一方、IP 電話・インターネット電話・テレビ電話を今後利用したいコミュニケーション手段として挙げる利用者が多くなってきている。そのため、今後、現在の様なサーバ・クライアントモデルでなく、Peer to Peer のアプリケーションが増加すると予想できる。

音声や動画などのストリーミングコンテンツを視聴する方法には、マイクロソフト社の Windows Media Player やリアルネットワーク社の Real Player、アップル社の Quick Time Player などがある。これらのソフトウェアを用いて視聴できる代表的なものには、プロモーションビデオのクリップや映画・TV の広告がある。ブロードバンド利用者とナローバンド利用者を比較すると、ブロードバンド接続の利用者の方が音声や動画の情報を積極的に活用している。

音楽のダウンロードや Peer to Peer のアプリケーションの増加、また、ストリーミングコンテンツの視聴など、今後ブロードバンド利用者の急増によりインターネットトラフィックは急激に増加すると予想できる。

3.2 アプリケーション

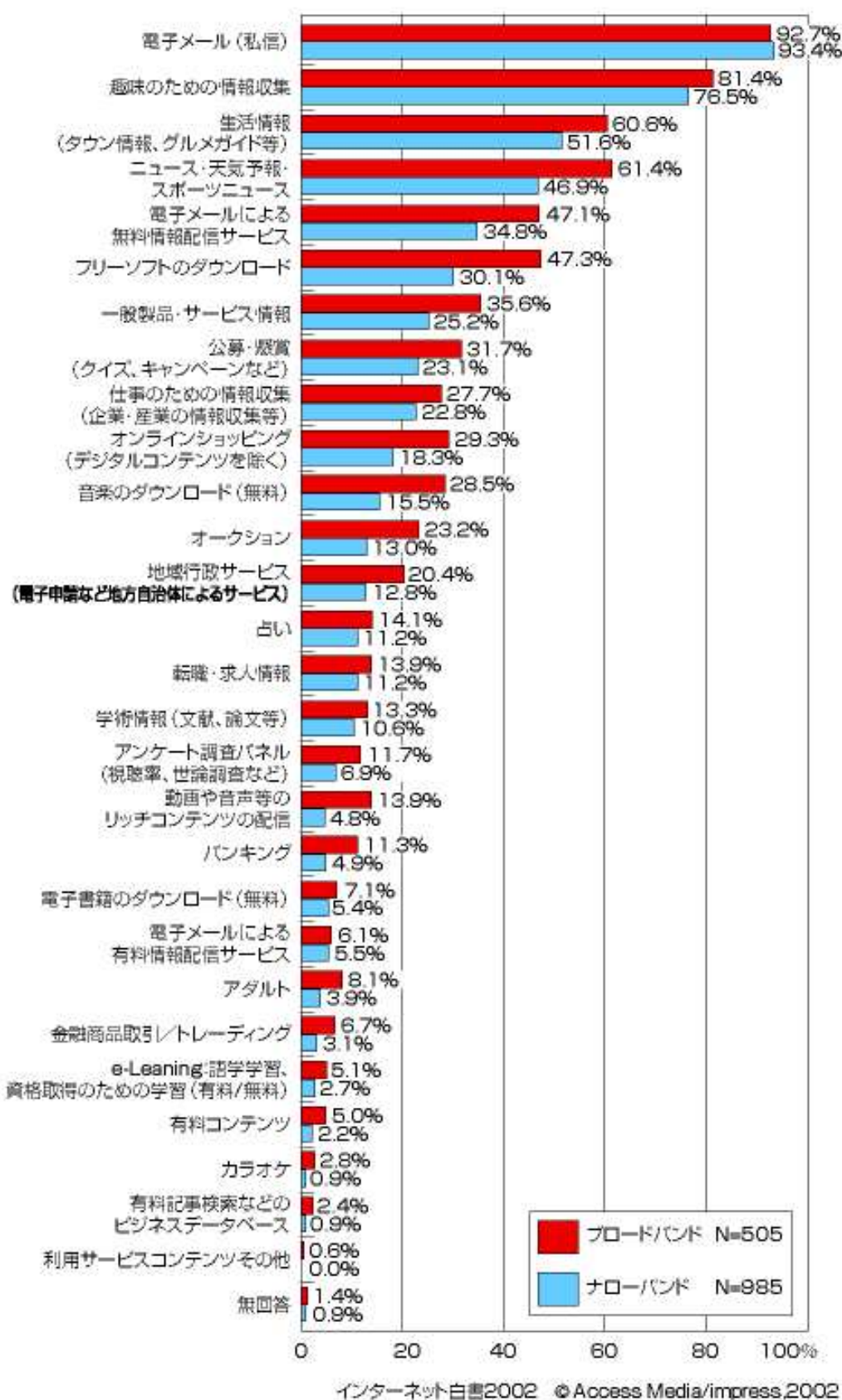


図 3.5 ブロードバンド/ナローバンド利用者別 現在利用中のサービスまたはコンテンツ

3.3 インフラストラクチャー

本節では、インターネット利用者のラストワンマイルに用いられるインフラストラクチャーについて述べる。本節では特に、FTTH・DSL・CATV 網・無線 LAN インターネットの4つのインフラストラクチャーに焦点をあてる。

3.3.1 FTTH

FTTH は利用者宅まで直接光ファイバを引き込み、インターネットに接続するサービスを指す。日本では、2001 年 3 月に有線ブロードネットワークスが 100Mbps の商用 FTTH サービスを東京の一部地域から開始して以来、全国でも徐々に FTTH のサービスエリアが拡大している。

FTTH の利用率はインターネット利用者のおよそ 0.6% と低い(式 3.1)。式 3.1 は、2002 年 11 月時の総務省の報道資料から FTTH の利用率を求めたものである。FTTH サービス加入者を 172344 人、インターネット接続サービス利用者を 28484151 人として算出した。

$$(172344/28484151) \times 100 \approx 0.605 \quad (3.1)$$

FTTH 利用率の低さは、DSL などと比較して初期工事費や維持費が高価であることが原因と考えられる。また、現在のブロードバンド向けコンテンツが DSL の通信速度で十分である物が多いため、あえて FTTH を利用しなくても現段階では、様々なブロードバンド向けコンテンツを利用することができるためである。

しかし、FTTH サービスが低料金で利用できるようになってきている。例えば、有線ブロードネットワークスの個人向け 100Mbps FTTH サービスの月額使用料金は 3800 円からになってきている。今後業界内での利用料金の低価格化が促進され、利用者の増加に繋がると予想されている。

3.3 インフラストラクチャー

3.3.2 DSL

DSL は電話線を利用して高速なデータ通信を可能にする技術である。既存の電話線を利用することができるため、光ファイバが普及するまでのつなぎのサービスとして位置付けられている。本節では、幾つかある DSL 技術のうち最も一般的な ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) に焦点をあてる。

ADSL は、電話局から利用者の通信速度と利用者から電話局の通信速度が異なる特徴を持つ。一般に前者を下り、後者を上りと呼ぶ。下りは 1.5 ~ 12Mbps、上りは 0.5 ~ 1.0Mbps の通信速度である。ADSL が使用する周波数帯は電気信号の劣化が激しいため、電話線の長さがおよそ 6 ~ 7km までに限られている。また、実際の通信速度は、電話線を収容している電話局から利用者までの距離や電話回線の質により大きく異なる。電話局から利用者までの電話回線の距離が短い方が、最高通信速度に近い通信速度を利用できる。

ADSL 利用者数は、2001 年 3 月末はおよそ 7 万人であったのに対し、一年後の 2002 年 3 月末にはおよそ 240 万人に急増している (図 3.6)。2002 年 11 月の段階では、インターネット利用者のおよそ 10% が ADSL を利用していることになる。ADSL 市場の競争の結果低価格・高速化・サービスエリアの拡大が急速に進展したことから、技術的障害や政治的障害が成長のボトルネックにならなかったことが原因であると考えられている。一方、ADSL 市場の競争激化により ADSL 事業者の淘汰や急激な利用者増・市場ルールの不備による市場の混乱が起こった。

3.3.3 CATV 網

CATV 網とは、ケーブルテレビ事業者が持つ光ファイバ網を指す。CATV インターネットによるインターネット接続は、利用者宅から最寄りのノードまでは同軸ケーブルを用いた通信をおこない、ノードからは光ファイバを用いてインターネットへ接続する FTTN (Fiber To The Node) 方式が一般的である。この時利用者宅に引き込まれたケーブルには、インターネットトラフィックの他に、ケーブルテレビ事業者の本来のサービスである他チャ

3.3 インフラストラクチャー

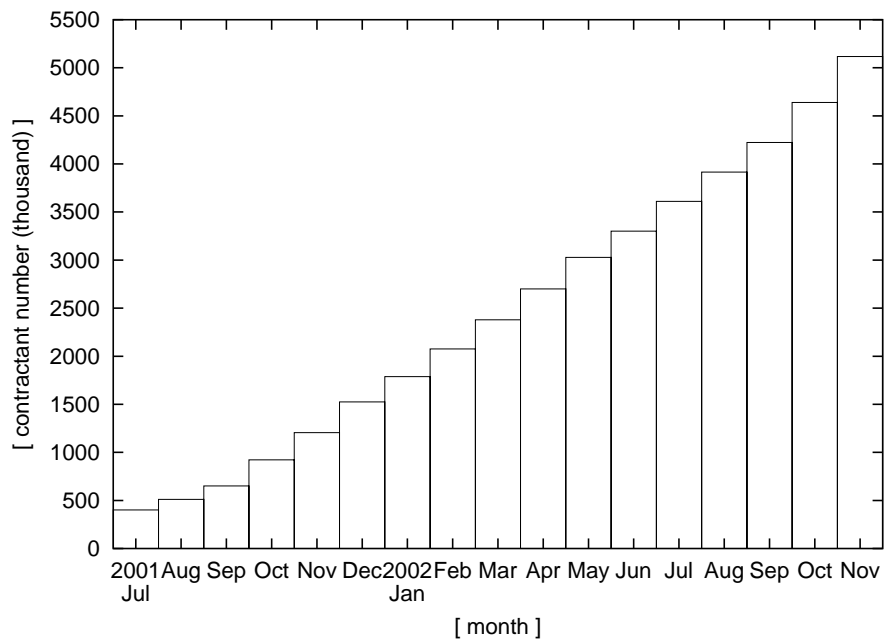


図 3.6 ADSL 加入者数推移（四国総合通信局統計より）

ンネルテレビ番組のアナログデータが流れる。

CATV インターネットは、ADSL の様に接続地域による通信速度の変化がないため、サービスエリア内であればどの地域でも通信速度や品質が同じサービスを受けることができる特徴を持つ。

3.3.4 無線 LAN

無線 LAN は、インターネットへの接続を有線ではなく無線でおこなう技術である。無線 LAN の規格には、IEEE 802.11a や IEEE 802.11b などの IEEE 802.11 シリーズがある。IEEE 802.11 シリーズはそれぞれの規格毎に、通信に使用する周波数帯や通信速度が異なる。表 3.3 に主な IEEE 802.11 シリーズの使用する周波数帯と最大伝送速度を示す。IEEE 802.11b を利用できる機器は多く市場に出回っており、IEEE 802.11a や IEEE 802.11g を利用できる機器は徐々に市場に現われてきている。

IEEE 802.11 シリーズは、大規模な無線局設備や免許を必要としないことと、設定・設置の容易さから急速に利用者が拡大している。この他、ホットスポットと呼ばれるサービスエ

3.4 高知県のインターネットの動向

名称	周波数帯	最大伝送速度
IEEE 802.11a	5.2GHz 帯	54Mbps
IEEE 802.11b	2.4GHz 帯	11Mbps
IEEE 802.11g	2.4GHz 帯	54Mbps

表 3.3 主な IEEE 802.11 シリーズ比較

リアに IEEE 802.11b を利用していることも利用者増加の要因となっているホットスポットとは、喫茶店やファーストフード店などに設置された無線 LAN の機器を通じてインターネットにアクセスすることのできるエリアの総称である。ホットスポットの数は、2002 年 7 月時点では 651 箇所あり、2002 年末には 6120 箇所に拡大されている*¹。

無線 LAN は、ホットスポットの様な利用の他に、電話線が敷設されていない、または、敷設の困難な山間部などのインフラストラクチャーとして利用することもある。

3.4 高知県のインターネットの動向

本節では、前半に高知県のインターネットの普及率やインターネットを利用する環境について述べる。後半では、高知県のインターネット利用者が利用できるインフラストラクチャーについて述べる。

3.4.1 高知県のインターネット利用者

全国平均と四国四県についての地域情報化の指標を表 3.4 に示す。

図 3.7 は、高知県のブロードバンド利用者の推移である。高知県のブロードバンド利用者は年々急激に増加している。高知県の人口をおよそ 80 万人とすると、およそ 64000 人がインターネットを利用していることになる。また、高知県の世帯数をおよそ 33 万世帯とすると、およそ 8580 世帯がブロードバンドによるインターネット接続をおこなうことになる。

*¹ <http://japan.internet.com/wmnews/20020806/5.html>

3.4 高知県のインターネットの動向

	全国平均	徳島県	香川県	愛媛県	高知県
インターネット人口普及率（％）	34.0	35.4	38.5	23.9	8.0
ブロードバンド世帯普及率（％）	7.3	5.3	4.8	4.5	2.6
地方公共ネットワーク事業実施率（％）	18.5	2.0	16.3	25.7	71.7
教育用 PC 1 台あたりの生徒数（人 / 台）	13.3	10.4	12.9	11.2	8.4
学校のインターネット接続率（％）	81.1	85.2	99.7	83.2	100.0
普通教室の LAN 整備率（％）	8.3	16.9	6.5	5.2	29.8
PC で指導できる教員数（％）	40.9	36.8	45.3	44.2	38.0

表 3.4 県別情報化指標（四国総合通信局統計資料から抜粋）

しかし、高知県のインターネット利用者は 8.0%と全国平均の 34.0%を大きく下回る。また、ブロードバンド世帯普及率も 2.6%と全国平均の 7.3%と比べ下回っている。

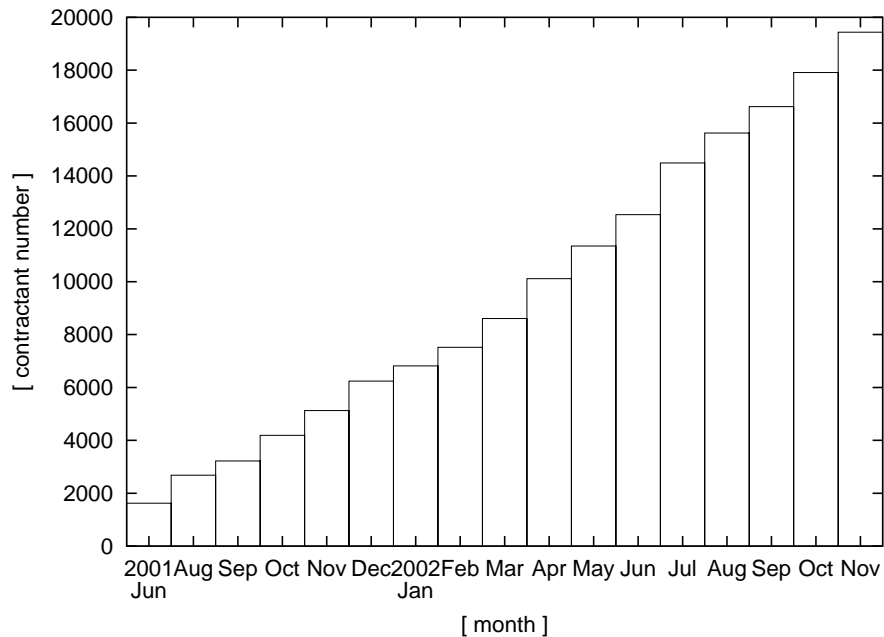


図 3.7 高知県のブロードバンド利用者数推移

一方、地方公共ネットワーク事業実施率が 71.7%と全国平均の 18.5%と比較して大幅に上回る値となっている。この他、学校のインターネット接続率は 100%、普通教室の LAN 整

3.4 高知県のインターネットの動向

備率 29.8%と全国平均を大きく上回っている。また、教育用 PC 1 台あたりの生徒数も 8.4 人/台となっており、一校あたりの教育用 PC が多いことがわかる。

他方、高知県では県下の学校のインターネット環境を整えているが、PC で指導できる教員数が 38%と全国平均を下回っている。そのため高知県では、学校の持つ資源は十分にあるが、それを使いこなして授業をおこなっているとは言えないと予想できる。

3.4.2 高知県のインフラストラクチャー

本節では、高知県のインターネット利用者がインターネットに接続する際に利用するインフラストラクチャーについて述べる。はじめに、高知県の光ファイバ整備率を述べ、CATV インターネットと DSL サービスについて述べる。その後、無線 LAN・情報スーパーハイウェイについて述べる。

光ファイバ

現在、四国の光ファイバの整備率は 19~26%と全国平均の 36%より低い傾向にある（表 3.5）。総務省^{*2}は、2000 年度までは光ファイバの先行整備期間として都道府県庁所在地・市内・主要地域を整備することで全国の 20% を整備し、2000 年度から 2005 年度にかけて本格的整備期間に移行し人口 10 万人以上の都市を整備することで全国の 60%を整備、そして、2010 年度までにはカバー率を 100%にする目標を立てている。

高知県においては、徐々に各 ISP が FTTH サービスを開始している。しかし、サービスエリアは高知市の一部の地域のみとなっており、FTTH サービスがどの家庭でも受けることのできる状態になるまでには時間がかかるであろう。

^{*2} <http://www.soumu.go.jp/>

3.4 高知県のインターネットの動向

県名	整備率 (%)
徳島県	22
香川県	26
愛媛県	19
高知県	21
全国平均	36

表 3.5 四国と全国の光ファイバ整備率 (NTT の光ファイバ)

CATV インターネットと DSL

高知県で FTTH を除いたブロードバンド接続が可能な地域は、主に太平洋に面した市町である。このため高知県では、中山間地域と太平洋に面した地域では情報格差があると言える。しかし例外として十和村がある。十和村は、高知市内などとの情報格差の解消として、ケーブルテレビをほぼ全家庭に設置している。そのため、ケーブルテレビを利用したインターネットがほぼ全家庭で利用できるようになっている。

表 3.6 は高知県の 53 市町村のうちブロードバンド接続が可能な市町を示す。

CATV インターネットと DSL	高知市、須崎市、中村市、宿毛市、土佐清水市 伊野町、赤岡町、香我美町、夜須町、吉川村、野市町 春野町、赤岡町、吉川村
CATV インターネットのみ	十和村、本山町、土佐町
DSL のみ	南国市、安芸市、室戸市、土佐市、田野町、 窪川町、大方町、越知町、佐川町、土佐山田町
ブロードバンド接続未提供	その他

表 3.6 高知県のブロードバンド接続可能地域 (2002 年 12 月)

3.4 高知県のインターネットの動向

無線 LAN

高知県の無線 LAN のインフラストラクチャーは、高知県の地域情報化プロジェクトである KOCHI 2001 PLAN の下、組織された KCAN (Kochi City-size Area Network) 実験研究協議会*³が中心となり高知市及び南国市の整備・運営をおこなっている。この無線網は東西およそ 20 キロメートル、南北およそ 10 キロメートルの広範囲に渡り構築されている (図 3.8)。

この他、幾つかの市町村で無線 LAN をインフラストラクチャーとしたネットワークの構築がおこなわれている。



図 3.8 KCAN 網

*³ <http://www.kcan.ne.jp/>

3.5 インターネットの動向予測

情報スーパーハイウェイ

高知県は、以下の4つを構築の目的として高知県情報スーパーハイウェイ（以下、情報スーパーハイウェイ）を構築した。

- 県内どこからでも格差なく、公共情報や公共サービスが受けられる通信環境の実現
- 多様な公共的情報システムを有機的に連係させる基幹通信網
- 先進的な情報化プロジェクトを実現するための前提となる通信基盤
- 情報通信分野中心とした、県内の産業振興に向けての基盤

情報スーパーハイウェイのバックボーンの最大スループットは50Mbpsで構成し、中村市から土佐山田町までおよそ100キロメートルをカバーする。また、利用目的毎にVPN（Virtual Private Network）を構築することによりセキュリティを向上させている。さらに、高知県下11箇所にSAP（Service Access Point）を設置することで、情報スーパーハイウェイへのアクセス性を向上させている。表3.7にSAP所在地を示す。

高知県東部	安芸、室戸
高知県中部	須崎、佐川、高知、大豊、土佐山田
高知県西部	宿毛、土佐清水、中村、窪川

表 3.7 SAP 所在地

3.5 インターネットの動向予測

本節ではまず、日本のインターネット利用人口、利用されるアプリケーション、そして利用者のインフラストラクチャーについて述べる。これらの要素より、今後、日本のインターネットがどのようなようになるのか予測する。

次に高知県のインターネットがどのようなようになるのか予測する。

3.5 インターネットの動向予測

3.5.1 日本のインターネットの動向予測

今後インフラストラクチャーなどの整備が進み、日本のインターネット利用者はさらに増加するだろう。特に、一般家庭でのインターネット利用者が増加すると考えられる。また、インターネット利用者のほとんどがブロードバンド接続に移行するだろう。利用者のブロードバンド接続増加に伴い、利用者が閲覧するコンテンツや利用するアプリケーションも現在より高帯域な物が求められるようになる。そのため、日本のインターネットへ流出するトラフィックは急激に増加するだろう。図 3.9 は、JPIX のインターネットトラフィックの増加を表している。2002 年 1 月と 2003 年 1 月を比較すると、JPIX で交換されるトラフィックが一年でおよそ 12Gbps 増加していることが分かる。日本のすべてのインターネット利用者が JPIX に接続していると仮定すると、日本のインターネット利用者はおよそ 4620 万人であるので、一人あたりのトラフィックはおよそ 433bps になる。

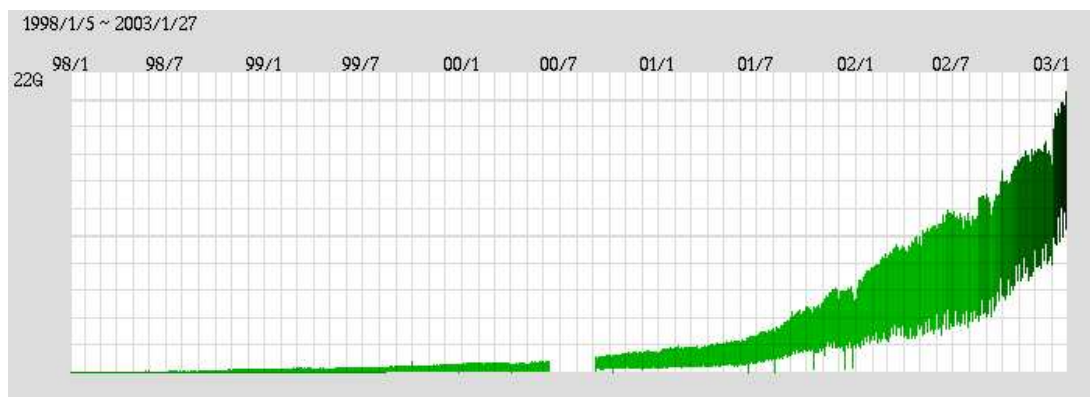


図 3.9 JPIX のトラフィック推移

インターネットトラフィックの増加は、インターネット利用者のブロードバンド化に伴う利用方法の変化にも起因しているだろう。これまでのインターネットの利用方法は主に、電子メールやホームページの閲覧が主な利用方法であった。しかし、ブロードバンド化に併せてコンテンツサービスプロバイダ（以下、CSP）の提供するコンテンツも徐々にストリーミング技術を用いた物に移行してきている。ブロードバンド利用者向けのストリーミングコンテンツのエンコード率は概ね 300～500kbps 程度であるため、ブロードバンド利用者が増加する今後、インターネットに流れるトラフィックは急増するだろう。この他、IP 電話のサー

3.5 インターネットの動向予測

ビスをおこなう事業者も増加している。

以上のことより、文字と静止画で構成されていたインターネットのコンテンツは今後、音声と動画で構成されるようになるだろう。

一方、CSP やアプリケーションプロバイダ(以下、ASP)のコンテンツが集約される iDC では、基本的な iDC のサービスであるホスティングやハウジングに新たなサービスを付加するビジネスが展開されるだろう。例えば、CSP の持つサーバのセキュリティを確保するサービスや、アクセスを解析しマーケティング情報として CSP に提供するといったサービスが考えられる。

この他、インターネット利用者のラストワンマイルの高帯域化が急速に進む一方で、ISP 間の帯域はトラフィックの増加に追従できていない。そのため、現在までは利用者宅からの回線速度がインターネット接続へのボトルネックとなっていたのが、将来、ISP のトランジットする速度がボトルネックとなる可能性が高いと予測する(図 3.10)。このような状況になった場合 ISP はインターネットへのトランジットを多くするだろう。しかし、トランジット料金はラストワンマイルの料金に比べ非常に高額であるため、地域 ISP は経営を圧迫されるだろう。

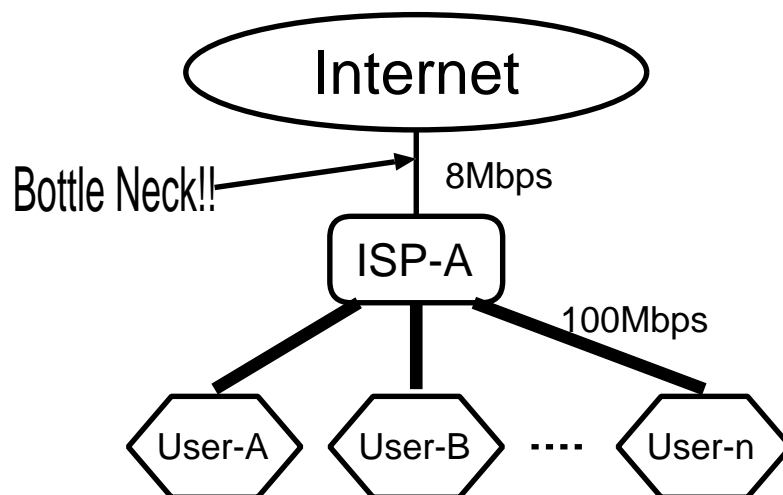


図 3.10 将来の地域 ISP の状況

3.5 インターネットの動向予測

3.5.2 高知県のインターネットの動向予測

高知県は表 3.4 で挙げた様にインターネット利用者が少ない県である。またブロードバンド世帯普及率も低いため、今後、他の地域よりもインターネットトラフィックが増える可能性を持つ県であると言える。

この他のインターネットの動向は、3.5.1 節で述べた日本のインターネットの動向とほぼ同じものになると予測する。特に今後、インターネットトラフィックの増加が予測されているため、高知の地域 ISP は図 3.10 で述べた様な状況になるだろう。

日本の全インターネット利用者が JPIX に接続していると仮定した場合、図 3.9 より 2000 年の JPIX で交換されるトラフィックはおよそ 500Mbps である。そして 3 年後の 2003 年の JPIX で交換されるトラフィックは 20Gbps である。3 年間で 40 倍の増加になっている。2003 年から 2006 年まで同様にトラフィックが増加したとすると、JPIX で交換されるトラフィックは 500Mbps になるだろう。さらに 3 年間同様のインターネットトラフィックの伸び率を保ったとすると 2009 年に JPIX で交換されるトラフィックは 32Tbps になると予測できる。高知県のトラフィック総量は、同様の計算をおこなった場合、2003 年のトラフィックは 28Mbps、2006 年は 1120Mbps、2009 年は 45Gbps となる。計算の結果を表 3.8 に示す。

	2000 年 (3 年前)	2003 年 (現在)	2006 年 (3 年後)	2009 年 (6 年後)
JPIX	500Mbps	20Gbps	800Gbps	32Tbps
高知県		28Mbps	1120Mbps	45Gbps

表 3.8 インターネットトラフィックの過去・現在・未来

第 4 章

高知 IX の実現手法

本章では、高知県に IX を構築するための手法を述べる。まずはじめに 4.1 節で高知県に IX を構築するに至る背景を述べる。次に 4.2 節で高知県にある資源のうち、IX を構築するために必要であるとする資源を挙げる。4.3 節で高知県に IX を構築する場合のアーキテクチャの提案とインターネットへの接続方法について述べる。最後にまとめを述べる。

4.1 高知 IX 構築の背景

第 3 章で述べたように、全国的にインターネットのトラフィックが急速に増加している。高知県においても同様のことが言える。また、インターネット接続者宅までのブロードバンド化も急速に進んできているため、今後さらにインターネットトラフィックの増加が予想される。

そのため ISP は、トランジットの拡大を余儀なくされており、高額なトランジット料金が必要となっている。ISP がインターネット接続サービスをおこなうためのに必要な維持費には、トランジット料金、トラフィックが通る回線の維持費がある。今後、トラフィックが通る回線の維持費を単に回線維持費と言う。

ところで現在一般的な地域 ISP は、地域にある各々の ISP が独自にトランジットをおこない、インターネットへの接続性を確保している（図 4.1）。この構成の場合、地域としてのまとまりがとれておらず、それぞれの ISP が高額なトランジット料および回線維持費用を接続業者に対して支払っている。

ここで、地域に IX を構築することで地域のインターネットトラフィックを IX で集約し、

4.2 高知県の持つ資源

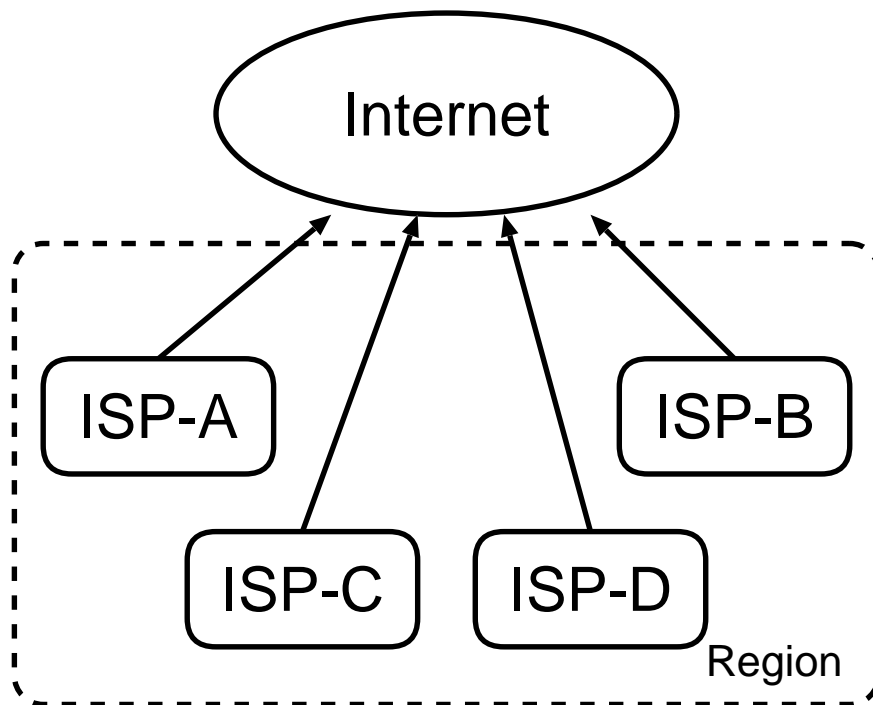


図 4.1 各々の ISP が独自にトランジット

上流へのトランジットでのみやりとりする構成を示す（図 4.2）。IX 上流へのトランジット料金および回線維持費用は IX に接続する地域 ISP がそれぞれ持ち寄ることとする。この構成では、基本的に地域 ISP は地域内にある IX までの回線を準備するだけで良いため、回線維持費用を非常に安価にすることができる。また、地域 ISP 単独でトランジットを購入していた場合に比べ、より大きなトランジットを利用することができるようになる。

4.2 高知県の持つ資源

高知 IX を構築した際、高知 IX に接続する ISP などの利用者はなんらかの物理的な回線を使用して接続しなければならない。本節で述べる資源とは、高知県で IX を運用・構築・接続するために必要なネットワークインフラストラクチャーのことを指す。これには、高知県が推進する KOCHI 2001 PLAN の情報基盤として整備された情報スーパーハイウェイや次期情報スーパーハイウェイである新情報スーパーハイウェイ（仮称）がある。その他、地元ケーブルテレビ事業者の CATV 網やダークファイバ、国土交通省や NTT 西日本が所有

4.2 高知県の持つ資源

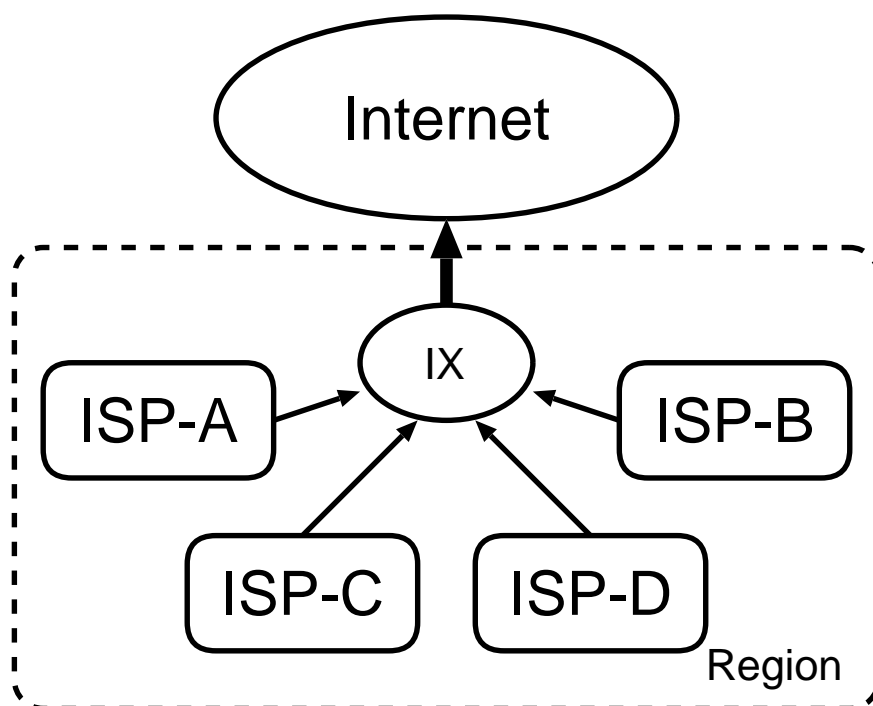


図 4.2 地域のトラフィックを IX で集約

するダークファイバがある。

4.2.1 新情報スーパーハイウェイ

既存の情報スーパーハイウェイは以下の問題があるため、高知県は新情報スーパーハイウェイ構築の準備を進めている。新情報スーパーハイウェイの物理的な回線は情報スーパーハイウェイで使用していた回線を利用すると言われている。

- 情報スーパーハイウェイのアーキテクチャが複雑な構成となっているため、スループット低下の問題がある。
- 情報スーパーハイウェイのアーキテクチャが複雑な構成となっているため、高度な管理技術が必要である。
- バックボーン回線の 50Mbps は容量不足である。
- 基幹回線や支線回線に専用線を利用しているため、ランニングコストが高額である。

4.2 高知県の持つ資源

2003年01月の段階ではバックボーンのリ線など公式な発表がないため、詳細な情報を得ることができないが、バックボーンは POS OC-48 を使用し RFC 2547bis MPLS/VPN Draft Martini (以下、MPLS/VPN) を用いて構築されると言われている。MPLS/VPN を用いることにより、ユーザは以下の利点を持つ。

- MPLS 機能を持つルータを準備しなくてよい
- ATM などのパス管理が必要ない
- IP アドレスは任意に設定可能
- 同一 VPN 同士の通信は ATM と同等のセキュリティを持つ

また、バックボーンを管理・運営する側から見ると以下の特徴を持つ。

- 複数の VPN を一つのルータに収容できるため、効率の良いサービスを提供することができる
- 異なる VPN 間で同じプライベートアドレスを使用することができる
- QoS などのサービスが実現が容易な論理的に分離されたネットワークを持つ

しかし、MPLS/VPN には以下の問題点もある。

- 複雑なルーティングの処理が困難になる場合がある
- IP マルチキャストをサポートしていない

高知 IX への接続に新情報スーパーハイウェイを使用する場合には、以上のことの理解が必要である。

4.2.2 ダークファイバ

ダークファイバとは、敷設されているが使用されていない光ファイバのことである。高知県の持つダークファイバには、国土交通省が河川管理などのために敷設したものの、地元ケーブルテレビ事業者の持つ CATV 網のうち使用されていないもの、NTT 西日本が B フレッ

4.2 高知県の持つ資源

サービス等の事業展開のために敷設し使用されていないもの、四国電力が敷設したものがあ
る。図 4.3 は高知県に NTT 西日本、STnet、四国電力、高知県内ケーブルテレビ事業者
が敷設している光ファイバ網を表す。

高知県内の民間通信事業者中継系光ファイバー敷設状況（平成14年1月現在）

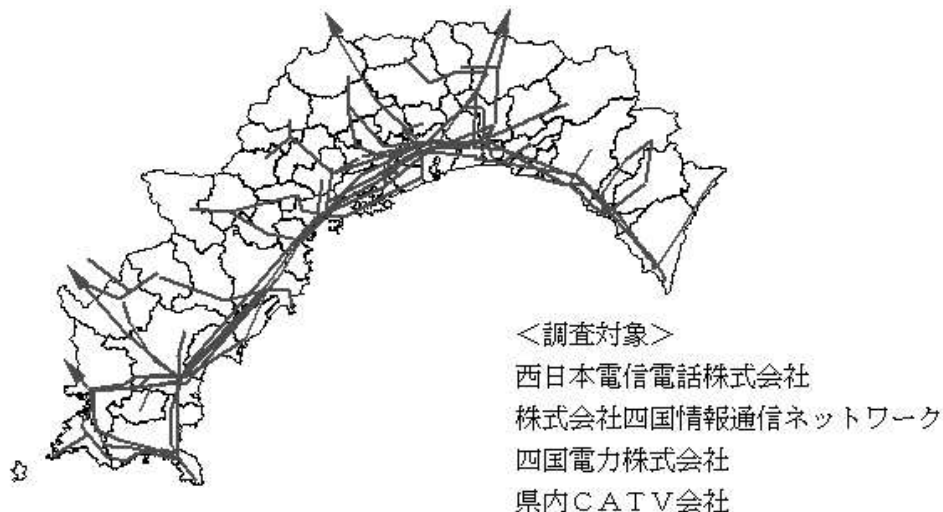


図 4.3 高知県のダークファイバ（高知県次期情報通信基盤基本構想書より）

従来、国土交通省の光ファイバは、河川や道路を管理するために敷設されたものであるた
め、主要な河川や国道を中心に光ファイバが整備されている。平成 14 年度の国土交通省の
持つダークファイバ利用の申し込みは既に終了しているため、平成 14 年度は利用申請をす
ることができない。また次回、いつダークファイバの貸し出しがあるのかは定かでない。平
成 14 年度のファイバ利用区間は国土交通省四国地方整備局のホームページ*1から詳細な情
報を得ることができる。平成 14 年度は、高知県にある主要な国道である国道 32・33・55・
56 号線沿いに敷設されたファイバを開放していた（図 4.4）。

地元ケーブルテレビや NTT 西日本の持つダークファイバは一般に公開されていないた
め、実際にダークファイバを利用して高知 IX へ接続する際には各事業者を確認を取るこ
とが必要となる。ケーブルテレビ事業者や NTT 西日本は、一般家庭に光ファイバを敷設する

*1 <http://www.skr.mlit.go.jp/fiber/kaiho/kaiho.html>

4.2 高知県の持つ資源



図 4.4 国土交通省が開放していたダークファイバ

サービスをおこなっているため、サービス利用区間内であると膨大な数のダークファイバがある場合が多い。

四国電力は芯線貸し出しサービスをおこなっているため、ホームページからダークファイバについての情報を得ることができる。図 4.5 は四国電力が芯線貸し出しサービスをおこなっている光ファイバ網である。四国電力のダークファイバの多くは、四国の海岸線沿いにあることが分かる。

4.2.3 インフラストラクチャーの評価

高知 IX を構築した場合、新情報スーパーハイウェイとダークファイバのうち、拡張性と利用料金を比較し、どちらが高知 IX のインフラストラクチャーとして容易に利用できるかを評価する。

4.2 高知県の持つ資源

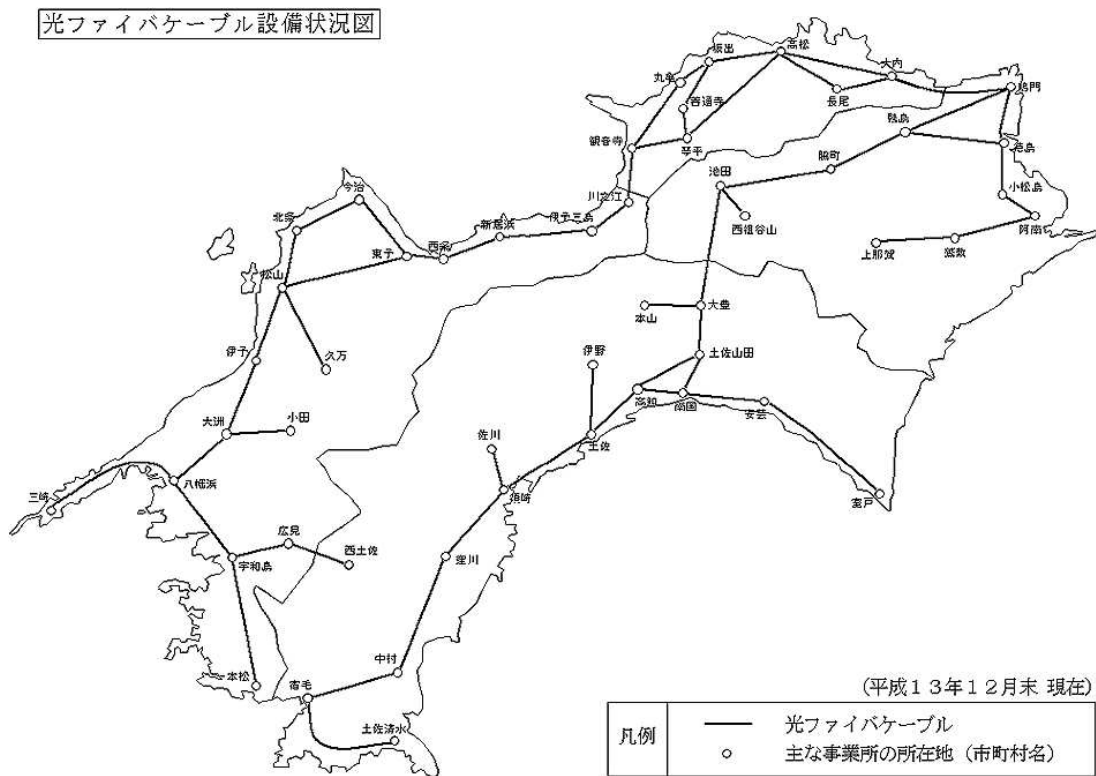


図 4.5 四国電力の光ファイバ網（四国電力ホームページより）

拡張性

新情報スーパーハイウェイは高知 IX と管理の主体が異なる。そのため、新情報スーパーハイウェイの設定変更を伴うネットワークの変更をおこなう場合、新情報スーパーハイウェイの管理者と連絡を取らねばならず、設定変更にかかる。さらに、MPLS/VPN を利用しているため、IP マルチキャストを使用することができない。

一方ダークファイバは、芯線を持つ事業者から芯線貸しサービスを受けるだけであるため、非常に自由にネットワークを構築することができる。また、様々なプロトコルを使用する上での制限は無い。

利用料金

第 4.2.1 節で述べたように、新情報スーパーハイウェイの仕様等の公式発表がおこなわれていないため、利用料金などの情報は分からない。現行の情報スーパーハイウェイは、高

4.3 高知 IX の実現手法の提案

知県内どこからアクセスした場合であっても 3 分 10 円で通信するすることができるようになっていた。そのため、新情報スーパーハイウェイの利用料金はこの料金を踏襲するかさらに安くなるだろうと考える。

高知県次期情報通信基盤基本構想書によると、「次期情報通信基盤の利用者はすべての県民であり、また県民が働く公共機関、教育機関、企業・団体などである」と書かれているため次期情報通信基盤の利用者の資格はあると言える。

一方、ダークファイバの利用料金は 1km あたり月額およそ 10 万円である。高知県は東西に長い特徴を持つため、高知県東部や西部に位置する ISP などの事業者が高知市に構築された高知 IX を利用する場合、非常に多くの回線維持費用が必要となる。

評価

以上の結果、新情報スーパーハイウェイは未確定な部分がある、接続料金が安価、使用プロトコルに制限があるといった特徴を持ち、ダークファイバは新情報スーパーハイウェイに比べ回線維持費用が高価であるが、使用プロトコルに制限がないため、拡張性が高いことが分かった。

4.3 高知 IX の実現手法の提案

本節では、はじめに高知 IX を構築する場合のアーキテクチャについて述べた後、高知 IX がインターネットへ接続する方法について述べる。最後に評価をおこなう。

今回、高知県で構築する IX の基本形態は図 4.2 であるとする。高知県は東京などの大都市から地理的に非常に離れた場所にあるため、非常に多くの回線維持費用が必要である。そのため、図の構成を取ると IX に接続する各地域 ISP にとって回線維持費を非常に安価にすることができ、かつ、単独でトランジットを購入していた場合と比べより大きなトランジットを利用することができるようになるためである。

4.3 高知 IX の実現手法の提案

4.3.1 高知 IX のアーキテクチャ

IX を構成するアーキテクチャには大きく分けて ATM-IX・LAN-IX・MPLS-IX の 3 つの種類がある。以下に高知 IX に適したアーキテクチャを述べる。

高知 IX のアーキテクチャに ATM-IX を採用した場合、接続組織の増加に伴う運用コストの増加が問題になる。この他、近年 ATM-IX をアーキテクチャとした IX は稀であるため、高知 IX が ATM-IX を採用した場合、相互接続性に欠ける問題もある。さらに、ATM を収容する機器は一般に高価である。

高知 IX のアーキテクチャに MPLS-IX を採用した場合、運営できる技術者が少ないことや構築費が多くかかることが問題となる。

- 接続機器が高価

MPLS-IX を構成する、または、MPLS-IX に接続する機器は MPLS-IX を構成するために必要な機能を持つ機器でなければならない。この機器は MPLS 機能を持たない機器に比べ高価である場合が多い。そのため、高知 IX 利用者が MPLS-IX に接続するためには MPLS-IX に必要な機能を持つ機器を準備しなければならず、現実的ではない。

- 技術者不足

MPLS-IX に接続し運営するためには、非常に高度な技術を持った技術者が必要である。MPLS-IX は新しい技術であるため、全国的に管理・運営をおこなうことのできる技術者が少ない。これは、高知県においても同様のことが言える。そのため、高知県に MPLS-IX を構築した場合であっても管理や運営のコストが少数の技術者に集中してしまうため、技術者に多くの負担がかかることとなる。

これらの理由より高知 IX には、IX を構成する機器が他の 2 つと比べ比較的安価で運営が容易な LAN-IX を構築すると良い。しかし LAN-IX を構築する場合、IX に接続するための IP アドレスのセグメントを多く取り、運営中にできるだけ構成の変更をおこなわないように注意を払わなければならない。

4.3 高知 IX の実現手法の提案

4.3.2 高知 IX のインターネット接続方法

IX がインターネットに接続する方法には表 2.3 で挙げた 7 つの種類がある。限段階では高知県内で交換されるべきコンテンツのトラフィックが見込めないため、高知 IX では図 4.2 の構成を取ることとする。このため、地域 IX がインターネットに接続しない場合は考えない。

さらに、高知は東京からの距離が遠いため回線維持に多くの費用が必要である。また、高知は第 3.4.1 節より全国的に見てインターネット利用人口が少ない県である。さらにブロードバンド接続をするインターネット利用者が少ないため、インターネットトラフィックが少ないと予想できる。これらの問題より、大手 IX・大手 ISP・広域分散 IX から高知 IX に接続することは無いと判断する。

高知から東京などにある大手 IX や大手 ISP に接続するためには、回線維持費用が多く必要である。大手 ISP への接続は、接続する ISP の数に比例して回線維持費用が発生するため、現実的ではなく採用することができない。

大手 IX へ接続した場合の回線維持費は、大手 ISP へ接続した場合と同様に接続する IX の数に比例して回線維持費用が発生する。しかし、大手 IX には多くの大手 ISP が接続しているため、各大手 ISP と接続する程の回線維持費用は必要で無い。

また、広域分散 IX への接続は回線維持費が安価であるため魅力的ではあるが、接続するために必要な機器が高価なことと技術者が不足していることより、高知 IX 構築の初期段階においては考えないこととする。

回線維持費で見た場合、高知 IX 構築の初期段階においては高知 IX のインターネット接続は、大手 IX へ接続する方法が良いことが分かる。しかし将来、回線維持費用を大幅に削減できる広域分散 IX への接続に移行していくと良い。表 4.1 に高知 IX のインターネットへの接続方法とその評価を示す。

4.3 高知 IX の実現手法の提案

接続方法	評価	接続方法	評価
大手 ISP から接続	高知までの回線維持費が高価	大手 IX に接続	最も妥当
大手 ISP から接続	高知までの回線維持費用が高価	大手 ISP に接続	回線維持費用が ISP 数に比例するため高価
広域分散 IX から接続	高知のトラフィックが少ない	広域分散 IX に接続	機器が高価、技術者不足
接続しない	高知 IX の構成と一致せず		

表 4.1 高知 IX のインターネット接続方法評価

4.3.3 実現手法の提案

第 4.3.1 節と第 4.3.2 節より、高知 IX のアーキテクチャには構築費用が比較的安価で運用が容易な LAN-IX を用いる。また、高知 IX 構築の初期段階においては大手 IX へ接続をおこなった方が容易に構築することができる。その後、回線維持費を大幅に削減できる広域分散 IX への接続に移行すれば良いことを示した。広域分散 IX への移行の判断については次節で述べる。

また、IX に接続する機器を物理的に IX と同じ場所に置くことのできない組織は、ダークファイバを用いて IX に接続する方法が良いことが分かった。

4.3.4 高知 IX 構築後の展開

本節では、高知 IX 構築後の高知県における展開について述べる。高知 IX 構築後の展開には、高知 IX のアーキテクチャを MPLS-IX に移行することと、高知 IX のインターネット接続方法を広域分散 IX への接続に移行することがある。これら 2 つの展開を順に説明する。

なお、高知 IX は高知市に構築したこととする。なぜなら高知県にある市町村のうち、最も人口が多いためインターネットトラフィックが多く発生すると予想したためである。

アーキテクチャの移行

図 3.7 より高知県のブロードバンド利用者は年々急激に増加するだろう。また表 3.8 より、インターネットトラフィックが急激に増加することも分かる。本節では、高知県で発生するインターネットトラフィックにあった高知 IX のアーキテクチャを示す。

4.3 高知 IX の実現手法の提案

表 4.2 は高知県にある市町を 2002 年 12 月時点での人口の多い順に並べ、市や町あたりのインターネットトラフィックを求めた物である。インターネットトラフィックは単純に高知県のトラフィックと人口の割合から求められている。この表より高知県の人口は高知市に密集していることが分かる。また、表に挙げた人口の多い市町では ADSL サービスが始まっているため、市町民はブロードバンド環境を準備できることが分かる。

本論文では、表 4.2 にある市町を西部・中部・東部に分類する。西部には中村市と宿毛市、東部には安芸市と室戸市、中部はそれ以外の 6 市町とする。

市町名	人口		トラフィッ	ブロードバンド
	人口(人)	割合(%)	ク(Mbps)	接続方法
高知市	332850	41.4	11.4	CATV, ADSL
南国市	50381	6.2	1.7	ADSL
中村市	34628	4.3	1.2	CATV, ADSL
土佐市	30091	3.7	1.0	ADSL
須崎市	27136	3.3	0.91	CATV, ADSL
宿毛市	25639	3.2	0.89	CATV, ADSL
伊野町	24154	3.0	0.8	CATV, ADSL
土佐山田町	22236	2.7	0.75	ADSL
安芸市	20971	2.6	0.72	ADSL
室戸市	18756	2.3	0.63	ADSL

表 4.2 高知県の人口の多い 10 市町

表 4.2 より、高知 IX を構築する場合は人口が多くインターネットトラフィックが多いであろう高知市に構築するのが適当である。

表 3.8 より 2003 年の段階では、高知県に発生するインターネットトラフィックは 28Mbps であることが分かる。この状況では、高知県中部の ISP は高知 IX に直接接続し、高知県西部や東部の ISP は新情報スーパーハイウェイやダークファイバを利用して高知 IX に接続す

4.3 高知 IX の実現手法の提案

ると良い。なぜなら、発生するトラフィックがあまり多くなく高知県に 1 つの IX で十分トラフィックを交換できるからである。図 4.6 は高知 IX 構築後、初期段階の ISP の接続状況を表している。

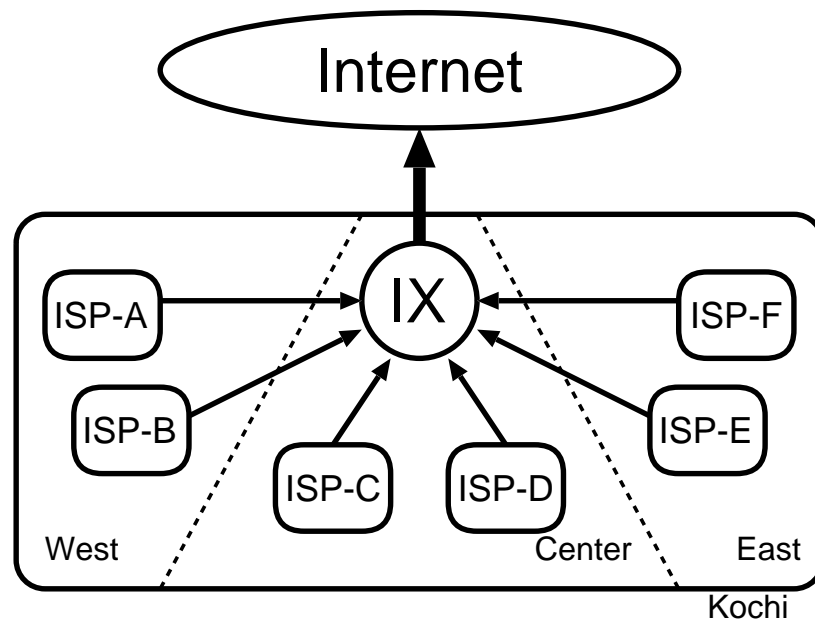


図 4.6 高知 IX 構築後初期の状況

2006 年になると高知県のインターネットのトラフィックは 1120Mbps に増加する。これは、高知県西部で 84Mbps、高知県東部で 55Mbps のトラフィックが発生していることとなる。このような状況になった場合、高知県西部や東部に IX を構築すると良い。この場合これら IX は構築の容易な LAN-IX で構築し高知 IX と接続する。そして、地域に閉じたネットワークを形成することとする。図 4.7 は、西部・東部に IX が構築され高知 IX と接続している様子を表す。西部・東部に構築される IX は、新情報スーパーハイウェイの SAP があり、かつ、インターネット利用人口が多いと思われる中村市と安芸市に構築すると良い。また、この 2 つの IX は中部の IX へ接続し、トランジットを共有する接続方法を取ることとする。この際、西部または東部の IX が高知 IX と接続する方法は高知 IX の機器にもよるが、LAN もしくは MPLS で接続すれば良い。

この状態は現在から 6 年後の 2009 年に至るまでの以降期間の状態であると考える。

2009 年になると、高知県内で発生するインターネットトラフィックは 45Gbps になる。

4.3 高知 IX の実現手法の提案

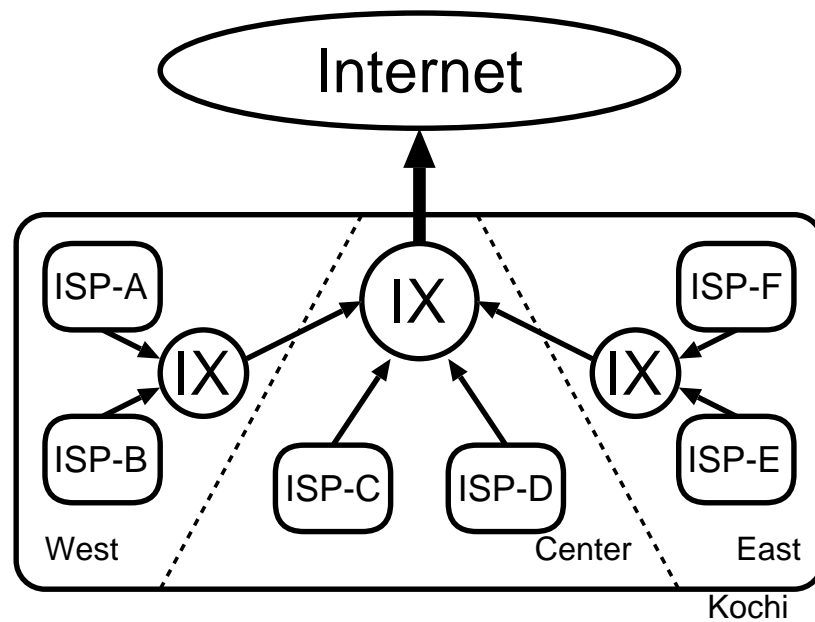


図 4.7 各地の IX と高知 IX が接続

高知県西部では 3.4Gbps、東部では 2.2Gbps のトラフィックが発生していることになる。

高知県内に幾つかの IX が構築され、各 IX で交換するトラフィックが急増している状態になった場合、各 IX を急激なネットワーク構成の変更に耐え得る MPLS-IX で接続すると良いだろう。ATM は OC-192 が限界であるとされているため、45Gbps のトラフィックの交換が予測される各 IX の接続には不向きである。また東西に長い特徴を持つ高知県では、物理長に制限を持つ LAN-IX での接続も不向きであると言える。

MPLS-IX はデータリンクメディアに依存していないため、データリンクの構成変更に要するコストが安くなる。更に ATM-IX の様な PVC の管理・運営コストが発生しないため、運営コストも安くなる。図 4.8 は、各 IX を MPLS-IX の技術を用いて接続する状況を表す。

インターネット接続方法の移行

高知 IX を構築し運営を続けていると、

- インターネットトラフィックの増加
- 技術者のスキルアップ

4.4 四国広域分散 IX

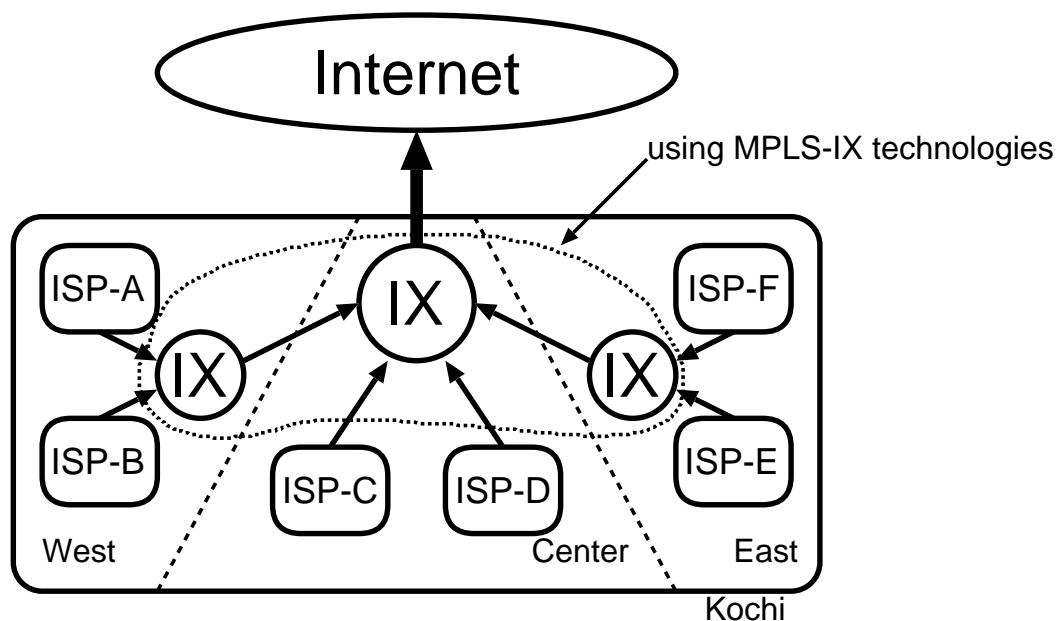


図 4.8 各地の IX が MPLS-IX で接続

- 技術者の増加

が予想できる。

インターネットトラフィックの増加により、高知 IX の維持に必要なトランジット料金が增加する。しかし、技術者の増加とスキルアップに伴い、高知 IX 構築当初のインターネット接続方法の候補から外れた広域分散 IX への接続が可能になるため、回線維持費を削減することができるようになる。そのため、インターネットトラフィックの増加により必要になった高知 IX 維持費用の増加を抑えることができると考える。

接続する広域分散 IX のアーキテクチャが MPLS-IX であるとする、高知 IX から広域分散 IX へ接続するためのデータリンクを任意なものにすることができるため、高知 IX の構成の自由度が高まることとなる。

4.4 四国広域分散 IX

四国外の企業がインターネットを利用した新たなサービスを展開しようとする場合、四国外の企業は県単位ではなく四国という大きな単位でサービス展開の有無を決定する場合は

4.4 四国広域分散 IX

とんどである。

しかし、プラットフォームの使用料金が高額であるため、四国ではインターネットを利用したサービスはあまり展開されていなかった。

四国で広域分散 IX を構築することにより、例えば高知市と松山市をインターネットで結ぶ新たなサービスを容易に展開することができるようになる。四国に広域分散 IX を構築すると以下のメリットがある。

- 四国のいくつかの組織や企業が共同でトランジットを購入できる

例えば、高知県でトランジットを共同で購入することができない場合であっても、四国の組織や企業に呼びかけることでトランジットを共同で購入できる可能性があがる。

- 四国でインターネットを利用したサービスが容易になる

四国 MPLS-IX が構築されることで、四国外にある事業者が四国でインターネットを利用したサービスをおこないやすくなる。また、四国の県間発着信率（表 2.2）は、1位の同一県以外のほとんどの場合、四国のいずれかの県に向けてであるため、インターネットを利用した IP 電話サービスをおこなうには有用であると言える。

以上のことより、四国に広域分散 IX を構築することは有用であると言える。

以下に、四国広域分散 IX の仕様案を挙げる。

- 四国各県には IX が構築されている。
- IX は四国各県の県庁所在地に作られている。
- 四国各県の IX を構成する機器は MPLS-IX 対応の機器。
- 各 IX は何らかの方法でインターネット接続している。
- 四国広域分散 IX のアーキテクチャには MPLS-IX を用いる。
- 四国各県の IX を構成する機器はコアルータになる。
- コアルータ間は冗長な構成にする。

図 4.9 は、仕様に基づいた四国広域分散 IX の構成例である。この図ではコアルータ間の冗

4.4 四国広域分散 IX

長性を取るため、高知-香川間を接続している。愛媛-徳島間に比べ物理回線の距離が短くなるため、高知-香川間を接続することとした。図中の「 」は、四国広域分散 IX に接続するためのアクセスポイントを示す。

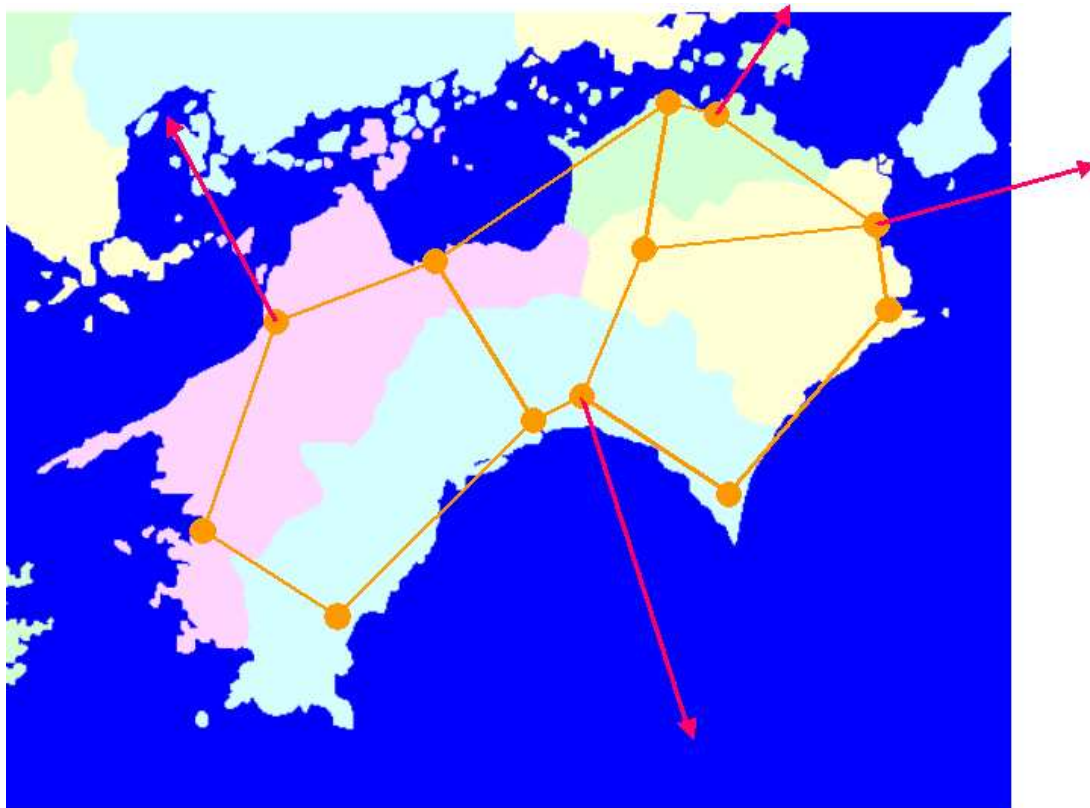


図 4.9 四国広域分散 IX の構成例

図 4.9 の構成を取ることで、四国外の企業から見た場合、四国を一つの大きなマーケットとして見るようになる。

第 5 章

まとめ

全国で IX を構築する動きが活発になってきている。高知県においても同様に IX を構築する活動が起こっている。本論文では、まず IX のアーキテクチャについて述べた後、地域 IX がインターネットに接続する方法と回線維持費用の関係を示した。また、日本と高知県のインターネットを取り巻く動向を調査した。そして高知県に IX を構築する場合、初期段階においてはアーキテクチャに LAN-IX を採用し大手 IX へ接続すれば良いことを示した。しかし将来は、回線維持費を大幅に削減できる広域分散 IX への接続に移行した方がよいという結論を得た。

今後の課題として、より詳しい高知 IX の仕様を決定するとともに、高知 IX 構築に必要なイニシャルコストやランニングコストについて算出する必要がある。さらに、どのタイミングで大手 IX 接続から広域分散 IX 接続に移行するかの客観的根拠を挙げることが重要であると考えられる。

謝辞

次世代 IX 研究会コアメンバーのインテックネットコアのいくおさん、永見さん、東京大学の江崎先生、インテックウェブアンドゲノムインフォマティクスの楠田さん、東芝の石原さん、ネクステックの菱岡さん、三菱総合研究所の磯部さん、大野さん、入江さんに次世代 IX 研究会の活動で大変お世話になりました。ありがとうございます。

また次世代 IX 研究会のルータ相互接続では、各ルータベンダの皆様到大変お世話になりました。IX ユーザワーキンググループにおいても、皆様には大変お世話になりました。特に、あやめ開発者である宇夫さん、仁先生、小柏さん、スクウェアの伊勢さん、ニスカの笹本さんにはお世話になりました。ありがとうございます。

大学生生活 6 年間苦楽を共にした高知工科大学一期生のみなさんに感謝します。

最後に、菊池 豊助教授には 4 年間大変お世話になりました。ここに、感謝の意を表します。

次世代 IX 研究会は、通信・放送機構の委託研究「TAO I121-401」です。

付録 A

次世代 IX 研究会

本付録では、まず次世代 IX 研究会のこれまでの活動記録を時系列に示した後、次世代 IX 研究会の下に設置された各ワーキンググループの紹介をする。その後、次世代 IX 研究会の成果をまとめる。

A.1 年表

次世代 IX 研究会の活動を図 A.1 に示す。図中の「 」はミーティングを表し、「—」は実験期間またはイベント期間を表す。「 」や「—」に付随する数字は日付を表す。

また general は全体の活動を、router-wg はルータ相互接続ワーキンググループの活動を、ixp-wg は IX プロバイダワーキンググループの活動を表している。また、図中にはないが 2002 年 8 月 26 日におこなわれた全体ミーティングにおいて、次世代 IX 研究会のロゴ (図 A.2) が発表された。

A.2 ワーキンググループ紹介

次世代 IX 研究会は、活動を円滑に進めるためテーマ毎にワーキンググループを設置し研究活動をおこなっている。

A.2 ワーキンググループ紹介

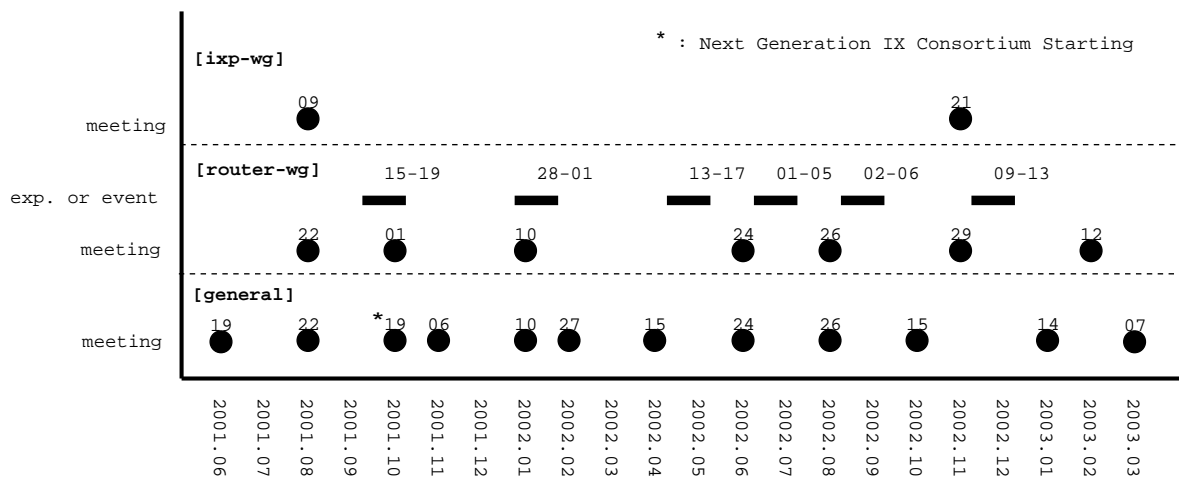


図 A.1 次世代 IX 研究会活動記録



図 A.2 次世代 IX 研究会ロゴ

A.2.1 ルータ相互接続ワーキンググループ

マルチベンダ環境で MPLS-IX アーキテクチャを構成した場合の相互接続性について、試験や検証をおこなうためのワーキンググループである。相互接続のための要件・検証項目の検討、相互接続試験などを実施する。主に、MPLS ルータベンダの参加を想定している。

ルータ相互接続ワーキンググループの詳しい実験内容は、付録 B で述べる。

A.2.2 IX プロバイダワーキンググループ

MPLS-IX を提供する IX プロバイダの技術的な要件や課題などについて検討するワーキンググループである。MPLS-IX をサービスとして実現するために必要な機能・接続仕様の

A.3 Reference

検討・設計・実証試験などをおこなう。また、運用に必要な機能やツールの開発などもおこなう。主に、本研究会で提案する技術を用いて IX を提供しようとする組織の参加を想定している。

2003 年 1 月の段階においては、日本テレコム株式会社の提供する MPLS-IX である mpls ASSOCIO と相互接続をおこなっている。

A.2.3 IX ユーザワーキンググループ

次世代 IX 研究会で実現する IX に接続する参加者の立場から、トラフィックを交換するために必要な技術や課題などについて検討し、実証試験をおこなうワーキンググループである。実証試験では、実際にネットワークを IX 実験網に接続し、経路情報及びトラフィックの交換をおこなう。実証試験に参加する ISP や CSP などの組織が同ワーキンググループに参加している。

IX ユーザワーキンググループの活動は主にメーリングリストによりおこなわれている。そのため、図 A.1 には、IX ユーザワーキンググループの活動が書かれていない。

A.3 Reference

以下に、次世代 IX 研究会に関係する論文を挙げる。

- ラベルスイッチを用いた分散 IX の設計 [9]
- New Regional IX Architectures in Japan[5]
- MPLS-IX - New IX Architecture[7]
- 次世代インターネットエクステンジの技術動向 [8]
- A Design of a Next Generation IX using MPLS technology[3]
- MPLS を用いた分散 IX アーキテクチャの設計 [13]
- MPLS を用いた分散 IX アーキテクチャの設計 [14]
- 光スイッチを用いた次世代インターネットエクステンジの設計 [10]

A.3 Reference

- Direction of Internet eXchange technology using MPLS[6]
- MPLS を用いた次世代 IX における転送能力評価 [15]
- MPLS を用いた広域分散 IX の実現 [4]
- A consideration of IX architecture using MPLS based on router performance and QoS requirements[1]

付録 B

ルータ相互接続試験

本付録は、次世代 IX 研究会のワーキンググループであるルータ相互接続ワーキンググループの活動についてまとめたものである。

表 B.1 に相互接続試験をおこなった期間と場所を示す。

イベント名称	期間	場所
第 1 回ルータ相互接続試験	2001.10.15~2001.10.19	TAO 大手町 IPv6 システム運転技術開発センター
第 2 回ルータ相互接続試験	2002.01.28~2002.02.01	TAO 幕張ギガビットリサーチセンター
第 3 回ルータ相互接続試験	2002.05.13~2002.05.17	(株) ネットマークス品質管理センター
N+I 2002 TOKYO	2002.07.01~2002.07.05	幕張メッセ
第 4 回ルータ相互接続試験	2002.09.02~2002.09.06	TAO 北陸 IT 研究開発支援センター
第 5 回ルータ相互接続試験	2002.12.09~2002.12.13	南国オフィスパークセンタービル
第 6 回ルータ相互接続試験	2003.04.14~2003.04.16	(株) ネットマークス(予定)

表 B.1 ルータ相互接続ワーキンググループ活動表

これらの試験に参加したルータベンダおよび組織を表 B.2 に示す。表 B.2 の上段の 13 組織はルータベンダである。下段の 2 組織はいわゆるルーターテスターのベンダであり、ルータ相互接続試験ではよくトラフィックジェネレータとして利用されている。表中の「N+I」とは、Networld + Interop 2002 の略である。N+I には、TAO のブースとして次世代 IX 研究会が出展し、MPLS-IX を構築した。

ルータ相互接続試験では、各参加組織の機器の情報を収集している。これらの情報は、ルータ相互接続ワーキンググループのホームページ^{*1}からすべて閲覧することができる。閲覧できる情報の概要を以下に示す。

- ハード&ソフト情報

^{*1} <http://www.distix.net/router-wg/>

組織名	第 1 回	第 2 回	第 3 回	N+I	第 4 回	第 5 回
Ayame Project						
Cisco Systems						
Digital Magic Labs.						
Extreme Networks						
Foundry Networks						
Fujitsu						
Furukawa Electric						
Hitachi						
Juniper Networks						
NEC (CX)						
NEC (IX)						
Netmarks						
RiverStone Networks						
Agilent Technologies						
TOYO Technica						

表 B.2 ルータ相互接続試験参加組織

機器のメモリ、ハードウェア、OS のバージョンに関する情報

- 光情報

光インタフェースの出力、入力レベルに関する情報

- LDP モード情報

各機器がサポートする LDP のモードに関する情報

- FEC 情報

各機器の FEC に関する情報

- TTL 情報

各機器の TTL の扱いに関する情報

- ルータの設定ファイル

各試験におけるルータの設定ファイル

参考文献

- [1] Takeshi Ishihara, Tomohiko Kusuda, Kenichi Nagami, Ikuo Nakagawa, Yutaka Kikuchi, and Hiroshi Esaki. A consideration of IX architecture using MPLS based on router performance and QoS requirements. 電子情報通信学会論文誌, February 2003.
- [2] Bill Manning. Exchange point information. <http://www.ep.net/>.
- [3] Ikuo Nakagawa, Hiroshi Esaki, Yutaka Kikuchi, and Kenichi Nagami. Design of next generation ix using mpls technology. 電子情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 11, pp. 3280 – 3290, November 2002.
- [4] 中川郁夫, 江崎浩, 菊池豊, 永見健一. MPLS を用いた広域分散 IX の実現. 電子情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 11, pp. 3519 – 3529, November 2002.
- [5] Ikuo Nakagawa. New regional IX architectures in japan. In *IWS2000, Tsukuba*, Feb 2000.
- [6] Ikuo Nakagawa, Hiroshi Esaki, Yutaka Kikuchi, and Kenichi Nagami. Direction of Internet eXchange technology using MPLS. In *CQR2002, Okinawa*, May 2002.
- [7] Ikuo Nakagawa, Hiroshi Esaki, and Ken'ichi Nagami. MPLS-IX - new IX architecture. In *APRICOT2001, Kuara Lumpur*, Feb 2001.
- [8] 中川郁夫, 林英輔, 高橋徹, 江崎浩. 次世代インターネットエクステンジの技術動向. 情報処理 (IPJS Magazine), Vol. 42, No. 7, 2001.
- [9] 中川郁夫, 江崎浩, 永見健一. ラベルスイッチを用いた分散 IX の設計. 情報処理学会 分散システム / インターネット運用技術研究会 研究報告, No. 99-DSM-14, Jul 1999.
- [10] 中川郁夫, 江崎浩, 菊池豊, 永見健一. 光スイッチを用いた次世代インターネットエクステンジの設計. 電子情報通信学会論文誌, Vol. 85, No. 5, May 2002.
- [11] 八代一浩, 笹本正樹, 平川寛之, 山本芳彦, 林英輔. 地域内 IX 技術の運用と地域情報化

参考文献

- への適用. 情報処理学会研究報告, pp. 11–18. 分散システム運用技術研究会シンポジウム'98, 1998.
- [12] 財団法人インターネット協会監修. インターネット白書 2002. 株式会社インプレス, July 2002.
- [13] 永見健一, 中川郁夫, 菊池豊, 江崎浩. MPLS を用いた分散 IX アーキテクチャの設計. 電子情報通信学会, Vol. 101, No. 634, pp. 35 – 42, January 2002.
- [14] 永見健一, 中川郁夫, 菊池豊, 江崎浩. MPLS を用いた分散 IX アーキテクチャの設計. 情報処理学会研究報告, Vol. 2002, No. 11, pp. 69–76, February 2002.
- [15] 楠田友彦, 中川郁夫, 石原丈二, 永見健一, 西内一馬, 菊池豊, 江崎浩. MPLS を用いた次世代 IX における転送能力評価. 情報処理学会研究報告, Vol. 2002, No. 58, pp. 15–22, June 2002.