

第16部

ネットワーク相互接続の実証実験

関谷 勇司、山本 成一、石原 知洋、遠峰 隆史、豊田 安信、加藤 良輔、西野 大

第1章 はじめに

本研究では、商用インターネットを相互に接続する場合の問題点を明確にし、それを解決するための技術や手法の研究開発ならびに実証実験を行う。特に、近年成長し続ける動画系のインターネットトラフィックや、スマートフォンのファームウェア更新などによる突発的なトラフィック増大、スマートフォンアプリの流行にともなう一時的なトラフィック増大等の傾向に対して、トラフィックの輻輳を防ぎ、ユーザへの応答性を保つためのトラフィックエンジニアリング手法の検討と検証を行う。また、大規模災害等の障害にも対応できるための強固なインターネットバックボーンの形成に関する実証実験を行う。

NSPIX WGとして近年注力している研究テーマは、新しいIXアーキテクチャとIX技術の追求である。DIX-IEは、従来の基盤を100Gbpsを基本とした構成とし、従来の構成を発展させ、さまざまなIXにおける検証を推進するテストベッドとしてdix-ie3を構成する議論を開始した。WGとしては、ここまで議論してきたPIX-IEだけではなく、多くの検証を受け入れる構成の検討を開始した。本年度は、dix-ie3の基本コンセプトと、そこで検討されているいくつかの検証について述べる。

本研究は、WIDE ProjectのサブプロジェクトであるNetwork Service Provider Internet exchange Point (NSPIX)プロジェクトとして行われている。NSPIXプロジェクトは、日本初のIXを構築・運用したプロジェクトであり、現在はDIX-IE、NSPIX-3、NSPIX-23と呼ばれるIXを運用し、インターネットがより信頼性を有した高度情報インフラストラクチャとして機能するために必要

となる機能の検証や開発、ならびにその実証実験を行っている。PIX-IEはこれらのIXに続く、実験的なIXとして構築・運用されている。

本報告書では、第2節にてプロジェクトの背景と現在の構成を述べ、第3節にて本年度の研究成果を報告する。最後に第4節にてまとめとこれからの展望について述べる。

第2章 プロジェクトの背景と現状

NSPIXプロジェクトは、1994年のNSPIX-1運用開始、1996年のNSPIX-2運用開始、1997年のNSPIX-3運用開始を経て、現在は、東京エリアに分散配置されたDIX-IEと、大阪に配置されたNSPIX-3、ならびにこの2つのIXを結合した、NSPIX-23、SDN技術を導入したIXであるPIX-IEという、4つのIXを運用している。全てのIXはIPv4/IPv6デュアルスタックにて運用されている。表1に2023年12月時点での、各IXの実証実験拠点を示す。

また、2023年12月時点での、DIX-IEならびにNSPIX-23の構成トポロジを図1に示す。2023年度は、100Gbpsベ-

表1 各IX拠点一覧

|          |                     |
|----------|---------------------|
| DIX-IE   | KDDI 大手町拠点          |
|          | NTT コミュニケーションズ大手町拠点 |
|          | 大手町ブレイス拠点           |
| NSPIX-3  | NTT テレパーク堂島拠点       |
| NSPIX-23 | KDDI 大手町拠点          |
|          | NTT コミュニケーションズ大手町拠点 |
|          | NTT テレパーク堂島拠点       |
|          | 大手町ブレイス拠点           |
| PIX-IE   | KDDI 大手町拠点          |
|          | NTT コミュニケーションズ大手町拠点 |
|          | 大手町ブレイス拠点           |

スの基盤の構築のため、機材の刷新および構成の変更を実施した。これによりDIX-IEにおける機材はすべて置き換えられると同時に、ユーザ収容ポートの冗長化、拠点間接続の冗長化を実現した。2024年度は引き続き更新作業を実施し、拠点間の接続をIP-CLOSによるファブリック構成とする。これにより、DIX-IEはより冗長性が高まり耐故障性が上がることが期待される。また、DIX-IE利

用者の100Gbpsポートの利用開始、および、後述する新しいIX技術の研究開発環境の実現を予定している。

このように、本研究においては拠点障害に対応するための分散IXアーキテクチャの構築と運用に関する実証実験を行っている。

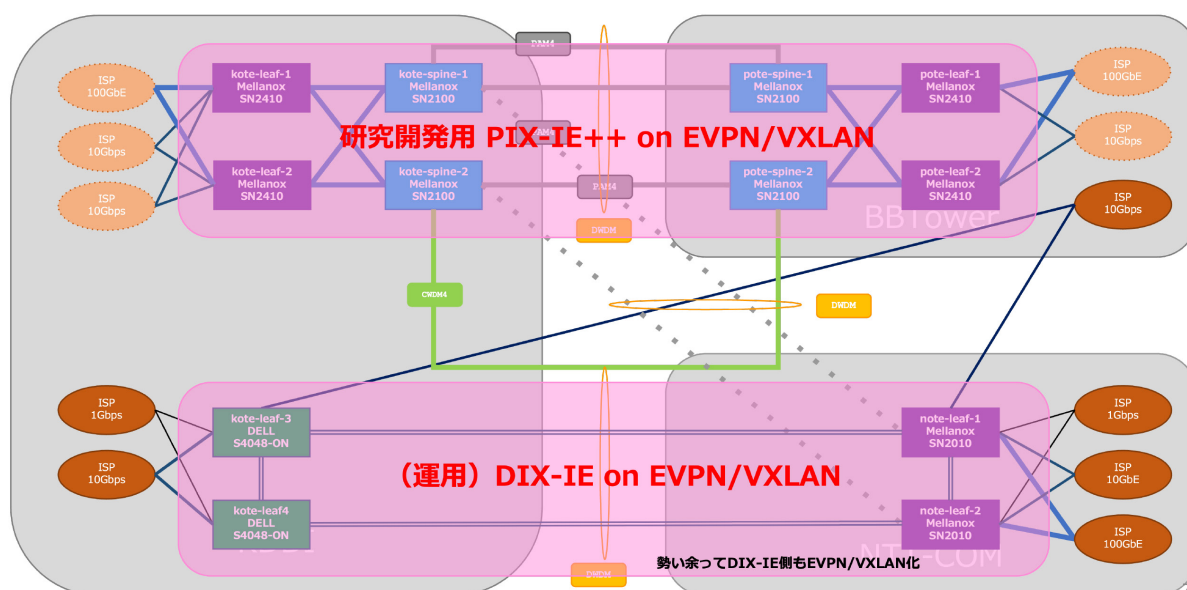


図1 DIX-IEならびにNSPIXP-23構成図

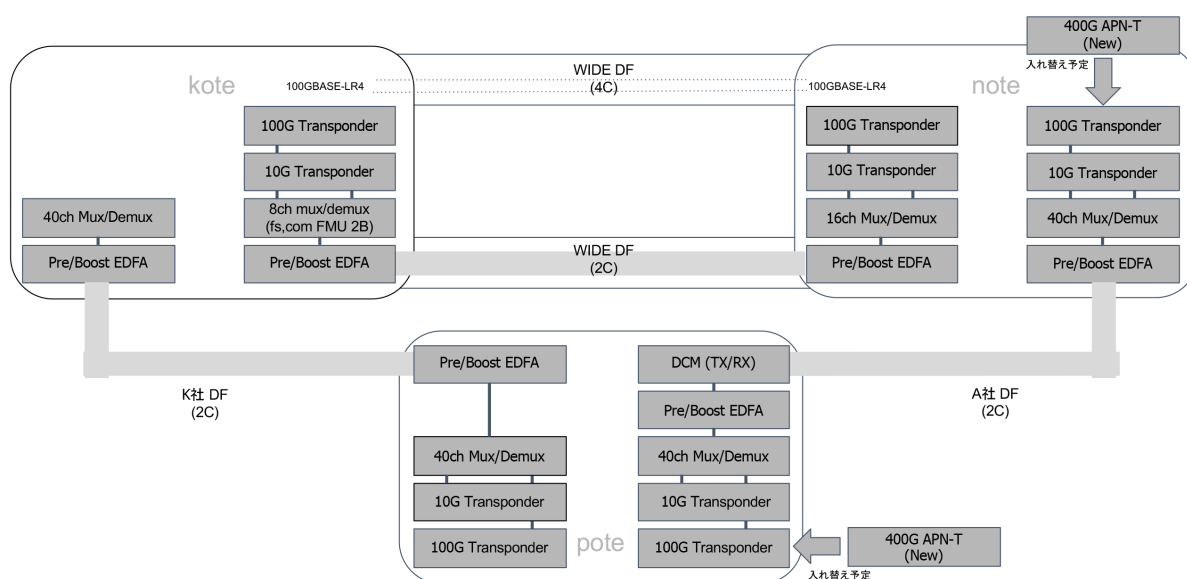


図2 拠点間伝送構成完成図

### 第3章 研究成果

#### (1) 次世代IX技術テストベッドを標榜したIXサービスアーキテクチャの研究

近年では国内でも複数の商用IXが運用され、そこでのトラフィック交換が一般におこなわれるようになってきた。DIX-IEは、その前身のNSPIX-2の時代からIXの提案から新たなIX技術の検証までさまざまな先駆けた検証の役割を担ってきた。近年のDIX-IEは商用IXとの比較の中で、単純なトラフィック交換や、拠点間をまたいだIX構成など、商用IXでも取り入れられた技術と横並びになる中でその存在感を再考する時期にある。

NSPIX WGは、2022年12月に実施されたWIDE研究会でのBoFを皮切りとして、継続的に次世代のIXについて議論を継続している。NSPIX WGの議論では、100GbpsベースのIXへの移行の提案、IXに求められる品質の計測や、細かい経路やそれぞれのポリシーの交換のための新しいBGPの必要性などが挙げられた。そのためにDIX-IEは、新しい検証を実施するためのテストベッド基盤としてdix-ie3を計画し、100Gbpsのユーザー接続ポートを基盤とした複数階層による構成をとり、それぞれの階層でさまざまな検証を実現する基盤を構築することが提案された。

2024年度は前項で説明したDIX-IE基盤の更新を完了させ、IXにおける様々な課題や研究を実践するテストベッド基盤としての運用を開始する予定である。また、基盤の100Gbpsベースの構成への移行を完了して、希望する利用者から100Gbpsポートへの収容変更を進めていく。

#### (2) パス交換を目的としたIXの提案

本研究プロジェクトにおいては、dix-ie3への移行やNTTコミュニケーションズ大手町拠点の引越による拠点間接続の再構成にともない、新たな光パスを活用したパス交換の可能性を検討している。

IXにおいては、従来ISP間の経路交換によるパケットのやりとりが中心であった。近年では、さまざまな主体がAS運用をすることになり、BGPによる経路交換だけでなく、IX参加AS間でのLayer 3以外での接続の要望が出てきた。代表的な例が、パブリッククラウドとの接続である。パブリッククラウドは、それぞれの事業者のインターネット接続以外に、閉域接続することでネットワーク利用料を抑制できるプランを提供している。そのため近年の商用IXではVLANなどでパブリッククラウド事業者との接続サービスを提供している。しかし、それらの接続はVLANによる共有回線の利用であるため、帯域をすべて利用できるわけではない。それ以外にも映像を取り扱うような事業者では共有回線では必要な品質を得られない

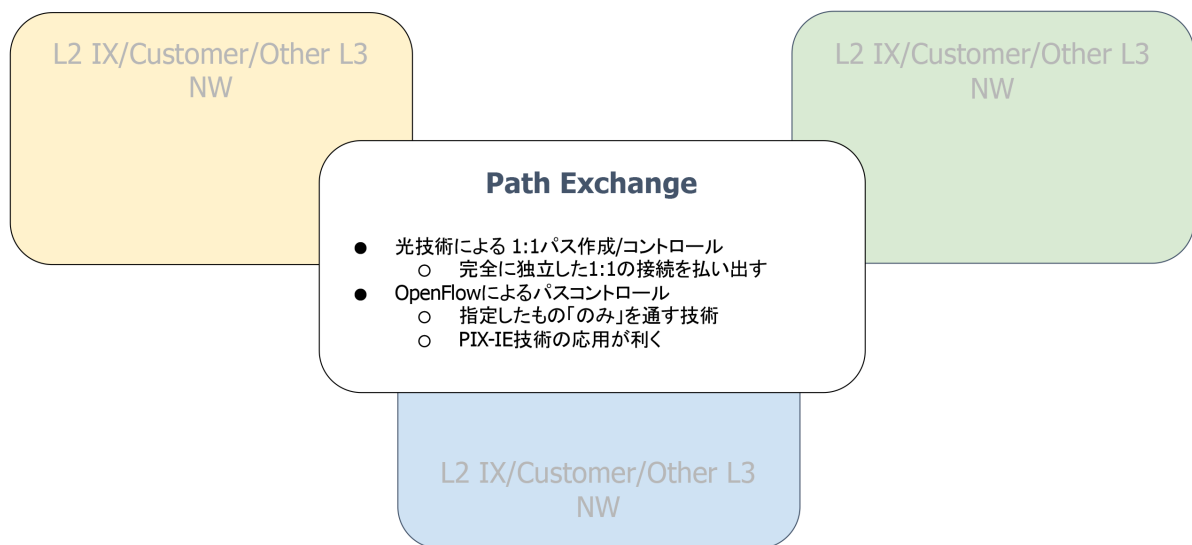


図3 パス交換IXの概念図

ことがある。そのため、光技術を活用したパス交換サービスへの潜在的な要望はあると考える。それを、SDN技術を活用することで動的に構成できる可能性の検討を始めたところである。

### (3) IXにおけるRPKI検証基盤の提案

近年では、インターネットの経路ハイジャックなど不正な経路広告を抑制するため、AS間での接続の際に受け取る経路の検証をおこなうことが一般的になりつつある。従来はIRRなどに登録された情報を元にフィルタを適用する手法が中心であった。IRRはASの運用者が自ASから広告する経路を自己申告して登録するデータベースである。運用者は、IRRと経路フィルタを連携させることにより、予期しない経路広告があった際にその経路を受け取ることを避けることができた。しかし、この仕組みでは、悪意を持って経路をIRRに登録し、その経路を広告することも可能である。そのため、広告する経路とその広告元を証明する必要があった。

RPKIでは、IPアドレスの割当主体から証明書を発行することにより、IPアドレスブロックの割当証明と、送信元ASの証明をできる。その証明書を利用することにより、受け取る経路の真正性を検証できる。この仕組みを活用することにより、ハイジャックされた経路を受け取る可能性を抑えることが可能である。しかし、RPKIを利用した経路検証の手法は、さまざまなサーバや仕組みを用意する必要があり、証明書の発行は進みつつあるが、経路検証の導入はあまり進んでいない。本年度は、現状の経路検証を実施した際の影響について評価を実施し、その対応について議論した。

本プロジェクトでは、IXがRPKIに関する技術に導入を支援する可能性を検討するとともに、そのためのRPKIに関する調査を国内IXと連携して進めていく。

### (4) IXにおけるRFC8950検証基盤の提案

近年RIRでは、IPv4アドレスの枯渇により、RIRからのIXへのIPv4アドレスの割り当てサイズの縮小が検討され、議論を呼んでいる。また、いくつかのIXでは、利用者の増大により既存のネットワークのIPv4アドレスが不足し、IXのIPv4ネットワークのリナンバと利用者のIPv4アドレ

スの変更や、外的要因によりIPv4ネットワークの変更が求められる事象が発生している。IXにおけるIPv4アドレスのリナンバは、利用者すべての対応が必要となり、IX事業者、IX利用者双方において大きな負担となっている。

RFC8950は、BGPにてIPv4アドレスの経路をIPv6基盤の上で広告する手法である。この技術が普及すると、IXの利用者はIXでIPv4アドレスを使うことなく、IPv4/IPv6双方の経路を交換できる。しかし現状では、RFC8950への機器の対応が始まったばかりであり、機器間の相互接続やIXのルートサーバを使った経路交換の検証は不十分である。

そこで、本プロジェクトでは、dix-ie3基盤上にRFC8950の相互接続検証を実施できる環境を構築し、国内IXと連携して検証を進める検討を開始した。DIX-IE基盤の更新が完了したのちに実証実験を開始する予定である。

---

## 第4章 まとめ

---

本報告書では、2023年度におけるNSPIXプロジェクトでの研究開発と実証実験に関して、その成果をまとめた。DIX-IEでは、そのアーキテクチャを再考し、今後のIXの発展のため、さまざまなIX技術の検証基盤としてdix-ie3構想を検討し、2024年度の実現を目指している。その上でさまざまな検証が検討されており、今後WIDEプロジェクト内にとどまらず、国内IXとも連携をして検証を推進していく。NSPIXプロジェクトでは、これからのISPやコンテンツ事業者求められる、高度情報インフラストラクチャとしてのIXサービスのありかたを常に念頭におき、より強固なインターネットバックボーンとサービスを実現するための、高度な運用技術の研究開発ならびに実証実験を行っていく所存である。