Network Service Provider
Internet eXchange Point
WIDE Project

高度情報インフラストラクチャの構築に関する研究

ネットワーク相互接続の実証実験

2011 年研究報告書

WIDE Project NSPIXP WG
関谷 勇司、遠峰 隆史、堀場 勝広、宇多 仁

wide-memo-nspixp-2011report-00

1. 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洗い出し、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ことを目的とする。また、近年成長し続けるインターネットのトラフィックに対して、トラフィック輻輳を防ぎ、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や、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ことを目的とする。

具体的には、WIDE Project のサブプロジェクトである NSPIXP (Network Service Provider Internet exchange Point) プロジェクトにて行われている、DIX-IE ならびに NSPIXP-3 の運用を通じて、新技術の研究開発や実証実験を行う。

1994 年の NSPIXP-1 運用開始、1996 年の NSPIXP-2 運用開始、1997 年の NSPIXP-3 運用開始を経て、東京に分散配置した DIX-IE、大阪に分散配置した NSPIXP-3、IPv6 に特化した NSPIXP-6 の運用を基盤とした実証実験を行ってきた。2008 年 6 月に NSPIXP-6 の運用を終了し、現在は DIX-IE、NSPIXP-3 におけるプロダクション品質の IPv6/IPv4 デュアルスタック運用に取り組んでいる。

Internet eXchange Point を物理的に配置した環境での ISP 間のトラッフィク交換において、高信頼性および高効率性を考慮した上での分散ネットワークアーキテクチャに着目し、メディアおよび制御技術の実証および展開の検討と議論をおこなっている。現在、今後のトラフィックボリュームを考えた新規ネットワークトポロジへの移行を終え、IPv6/IPv4 デュアルスタック運用、Root DNS や Teredo、6to4 などの、個々の組織のみではコスト的に運用メリットが存在しないものをとりまとめ、IX として公共的なサービスを提供することに重点をおいた実証実験を行なっている。また、東日本大震災を受け、より強固な、拠点単位の災害に対応することのできるインターネットバックボーンと IX のアーキテクチャに関する実証実験に取り組んでいる。

2. 本年の研究計画

2011 年初頭に計画した、本年の研究課題は以下の 5 項目である。

(1) 災害等の地域障害にも対応できる IX アーキテクチャの研究

本研究課題においては、今までにもトラブルを極力低減し、万が一の障害発生時においても自動的に回復することのできるようなIXアーキテクチャに関する実証実験を行なってきた。本年は、これをさらに加速させる形で、より障害に強い IX アーキテクチャとしての、DIX-IE と NSPIXP-3 を相互接続するための IX アーキテクチャならびに要素技術に関する研究に取り組む。

具体的には、ISP が両拠点に接続点を有することによって、東京エリアの一部の拠点に災害や障害が発生したとしても、自動的に他の拠点のバックアップ接続ポイントを利用してトラフィック交換を継続して行うことを目指す。もちろん、バックアップのための鵜飼であるため、その伝送路には輻輳が生じやすく、計画的に帯域制御を行う必要がある。

そのため、広域拠点間でのトラフィックバックアップのためのアーキテクチャ考察と検討をはじめ、トラフィック品質管理技術、ならびにトラフィック成分分析結果を利用した QoS 技術等を用いた動的な迂回路構成技術が必要となる。

これらアーキテクチャ構築の第一歩として、平成 23 年は、DIX-IE と NSPIXP-3 相互接続実験を開始する。東西に分散する ISP が、どのように効率的にトラフィック交換やバックアップを行うことができるかのアーキテクチャを検討し、実証実験を行う。実証実験を行うにあたっては、参加組織からの有志を募った分科会を開催し、アーキテクチャに関する議論を進める予定である。

(2) IPv4/IPv6 トラフィック成分分析に関する研究

IPv4 から IPv6 への移行が進むにつれて、IX における IPv6 での BGP peering も増加している。平成 23 年 12 月現在、35 組織が IPv6 における BGP peering を行っており、平成 22 年の 22 組織から比べて、組織数が増加している。これは IPv4 アドレス枯渇にともなう IPv6 への移行が本格化してきたことを反映していると考えられる。

DIX-IE, NSPIXP-3 では、sflow を利用したトラフィック成分分析を平成 22 年から開始した。NSPIXP-3 では、実運用レベルとしてすべての拠点、ならびに参加組織を対象として sflow データの収集を開始し、IPv6 のトラフィックに関しても、その成分分析を行なっている。平成 23 年は、これをさらにすすめ、DIX-IE においても全拠点にて sflow データの取得を開始すべく、各拠点間の接続を Tagged VLAN にする等の構成変更を進めている。平成 24 年には、すべ

ての拠点、すべての参加組織のトラフィックに関して、sflow を利用した成分分析を実現する予定である。
また、研究目的にても述べたとおり、インターネットにおける IX の果たす役割が変わりつつある。これにともない、IX 上にて交換されるトラフィックの流量も成分も変化しつつある。この変化の傾向をとらえるために、sFlow を用いた成分分析を行う。

成分分析結果を参加組織に公開することも考えており、これに関しては公開ポリシーも含めた検討を行うための分科会を開催する予定である。

(3) IX における公共的サービスの展開アーキテクチャに関する研究

ISP 同士のトラフィック交換が、パブリックピア接続からプライベートピア接続に移行するにあたって、公共的なサービスを提供するためのインフラが問題となっている。例えば、Root DNS や ccTLD DNS、また逆引きゾーンを受け持つ APNIC 管理 DNS に代表されるような公共的なサービスである。これらの公共的な DNS サービスは、効率よく多組織に対して提供することが求められており、ある特定のユーザに対する利益ではなく、インターネットを利用するすべてのユーザの利益のために提供されているサービスである。したがって、これらサービスに接続性を提供するためには、プライベートピア接続よりパブリックピア接続の方が適している。

また、インターネットユーザ全体に対する公共的なサービスは、各 ISP がそれぞれ独自にサービスを提供する類のものではなく、直接利益に結びつくサービスでもない。そのため、各 ISP が独自に行うのではなく、公的な役割を持つ IX にて提供される形態が望ましい。

そこで、DIX-IE ならびに NSPIXP-3 では、これら公共的サービスを効率的に展開するための、独自 AS 番号を含めたサービスアーキテクチャに関する研究を開始する。具体的には、DNS サーバに限らず、公共的な ftp サーバや P2P ソフトウェアのキャッシュといったものも含め、参加組織のプライベートピアのトラフィック流量を減らし、IX を通じて公共的なサービスを効率的に提供するアーキテクチャを検討する

(4) 6to4 や Teredo といった IPv6 移行に関する公共サービスの提供

前述(3)の研究課題でも述べたとおり、IX の役割の変化に伴う公的なサービス

提供がこれからの IX 研究課題のひとつとなっている。その流れをうけて、IX において IPv6 移行サポートサービスを提供することを計画している。

DIX-IE においては、平成 21 年から 6to4 サービスの提供を開始しており、平成 22 年は Teredo サービスの提供も開始した。これは NSPIXP プロジェクトと Tokyo6to4 プロジェクトの協力によって行われているサービスである。平成 22 年ならびに 23 年には、順次他の主要 IX でも 6to4 サービスならびに Teredo サービスが開始されたが、DIX-IE はその研究的な性格から、主要 IX の中でも最大の 6to4 ならびに Teredo トラフィック流量が存在する。この特色を生かし、研究課題(1)も含め、DIX-IE のみならず NSPIXP-3 も含めた 6to4 サービスならびに Teredo サービスの提供に関する実証実験を行うことを予定している。この実証実験を通じて、公共的サービスを効率よく広域に展開し、広域 IX にまたがるトラフィックをどう制御するか、また拠点障害に対応するためのアーキテクチャに関しての実験を行う。

(5) EtherOAM の検証

IX におけるサービス品質の向上と定常監視技術として、EtherOAM がどのように利用出来るか、その運用モデルを含めた検証を開始する。

IX アーキテクチャが広域になるにしたがって、その品質監視が従来の技術では難しくなってくる。そこで、EtherOAM を利用した品質管理と監視アーキテクチャを検討し、検証を行う。これは、研究課題(1)にも関連するものであり、より信頼性のおけるサービス展開や、効率的な迂回路の確立のために必要な要素技術となる。

3. 研究成果

本節では、(1)～(5)の各研究項目に関する、研究成果を報告する。

(1) 災害等の地域障害にも対応できる IX アーキテクチャの研究

平成 23 年は、平成 22 年に引き続き、広帯域化によるトラフィック増加に対応するための、IX アーキテクチャの研究と運用を通じたその実証を行った。表 1 に平成 23 年 12 月時点での、DIX-IE ならびに NSPIXP-3 の実証実験拠点を示す。

表 1：DIX-IE / NSPIXP-3 実証実験拠点一覧

DIX-IE	KDDI 大手町拠点（WIDE）
	NTT 大手町拠点（NTT Communications）
	NF 西大井拠点（MIND）
	ComSpace-1 拠点（Vectant）
	@Tokyo 拠点（@Tokyo）
NSPIXP-3	NTT 堂島拠点（WIDE）
	K-Opti 湊町拠点（WIDE）

西大井拠点を除く他の拠点では FE（FastEthernet）接続サービスが公式には終了した。既に NTT 大手町拠点においては、全ての実験参加者が GbE（Gigabit Ethernet）以上の接続に移行完了した。KDDI 大手町拠点は、まだ数組織残っているため、引き続き FE 接続からの移行を促していく。

次に、図 1 に 2011 年 9 月における DIX-IE の拠点構成図を示す。NTT 大手町拠点において、機材の保守終了に伴う機材更新が予定されている。平成 24 年初頭の更新を目指して、技術的な検証を進めている。

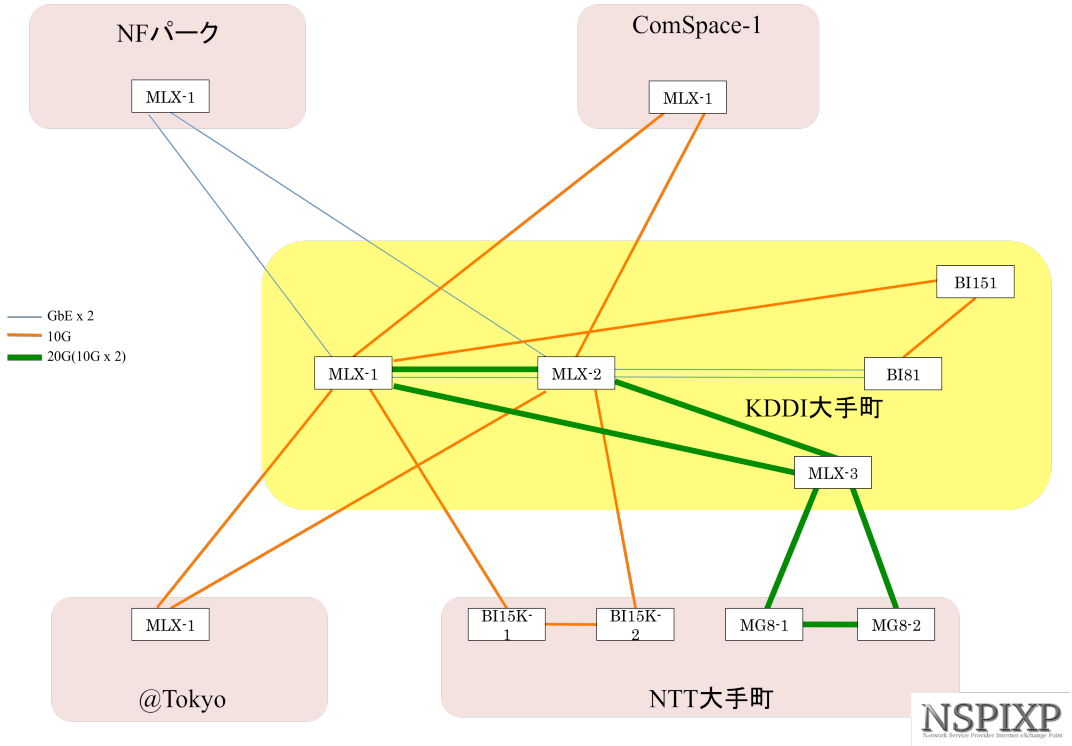

図 1：DIX-IE 拠点構成図

また、NSPIXP-3 においても、機材更新が行われた。2011 年 11 月 24 日に、Brocade 社 MG8 から、既に設置済みであった同じく Brocade 社の MLXe-4 に機材更新を行った。なお、これは NTT 拠点の機材更新であり、OMP 拠点は引き続き既存の機材を利用している。

次に、2011 年 12 月時点における、DIX-IE ならびに NSPIXP-3 にて交換されたトラフィック総量の推移を図 2 に示す。

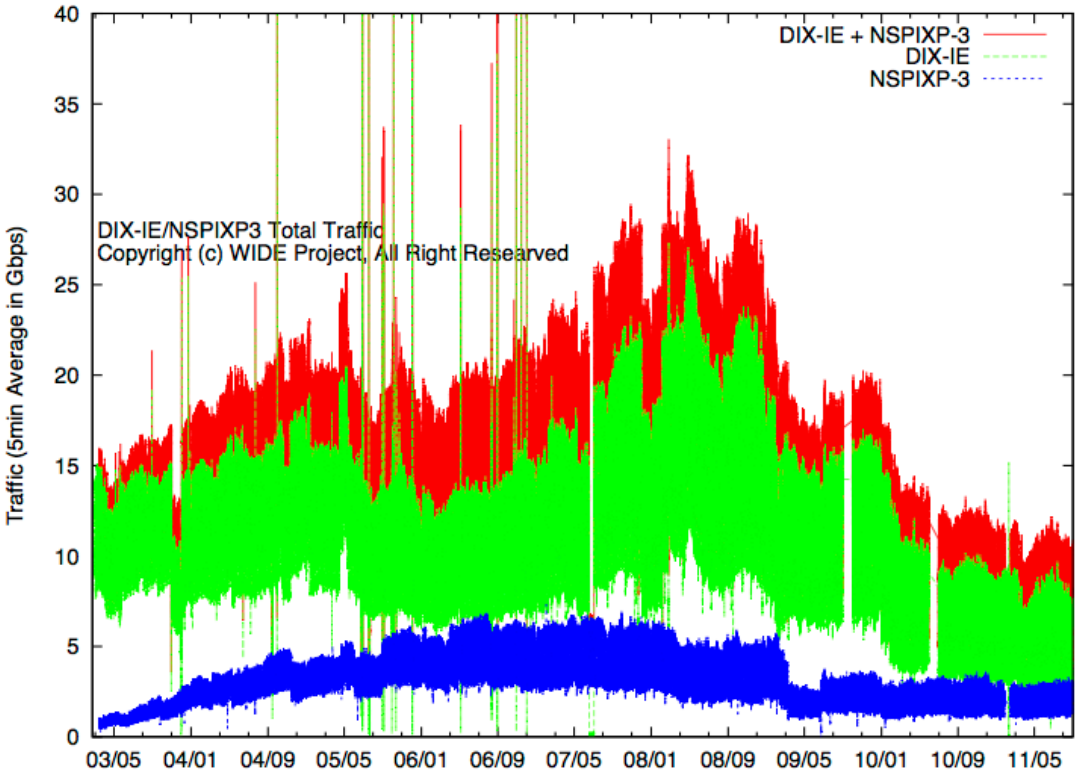

図 2：DIX-IE ならびに NSPIXP-3 におけるトラフィック総量の推移

本年も、前年に引き続きトラフィック総量の減少が顕著に見て取れる。これは、ISP の統廃合による日本国内の ISP 数の現象、ならびにパブリック IX における BGP peering から、プライベート BGP peering への移行が原因となっていると考えられる。この傾向は、前年の報告書においても紹介した、総務省「我が国のインターネットにおけるトラヒックの集計・試算[1]」においても同様の傾

[1] http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_01000001.html

向が示されており、また 2011 年 3 月に発生した、東日本大震災の影響もあると考えられる。

東日本大震災のような、拠点単位の障害においても対応することのできるアーキテクチャを構築し、実証実験するために、DIX-IE と NSPIXP-3 を接続した広域 IX を形成することを計画している。これは平成 22 年の研究報告書においても述べたとおり、現在そのアーキテクチャに関する議論を行なっている段階である。今年は、参加組織からの意見を募り実行段階に移すための、分科会が開催された。この分科会は、2011 年 9 月 14 日に品川インターシティにて開催され、実験参加を予定している組織から、いくつかの意見を集めることができた。広域 IX の用途としては、次のような意見が出された。

- IPv6 に特化した高度商用 IPv6 IX
- CDN や FTP サーバといった、コンテンツキャッシュに特化した IX
- 障害時に東京 – 大阪間にて動的なバックアップ構成をとることのできる IX

これらの意見を元に、運用モデルとアーキテクチャを決定するための議論を進めていく。

(2) IPv4/IPv6 トラフィック成分分析に関する研究

前年の報告書において報告した通り、DIX-IE ならびに NSPIXP-3 ともに、sflow を用いたトラフィック成分分析を開始している。DIX-IE においては KDDI 拠点のコアスイッチ 2 台と参加者収容収容スイッチ 1 台の全インタフェースにおいて sflow を有効にしている。NSPIXP-3 では、NTT 堂島拠点のスイッチにおいて、sflow を有効にしている。今後は、DIX-IE においては全拠点にて sflow 計測を行うことができるよう準備を進めていく予定である。

sflow を用いたトラフィック成分分析の解析例として、2011 年 8 月 13 日のトラフィック動向を示す。2011 年 8 月 13 日は、Firefox の新バージョンがリリースされた日であり、自動更新機能によって、ユーザが一斉に新バージョンの Firefox をダウンロードした日となっている。WIDE Project 参加組織である、北陸先端科学技術大学院大学に、ftp.jaist.ac.jp という FTP サーバが設置されており、この FTP サーバは世界でも有数の性能を持った Firefox を提供する公共的な FTP サーバとなっている。DIX-IE を経由して、この FTP サーバから

Firefox のダウンロードを行ったユーザのトラフィック動向を分析したものを、図 3 に示す。

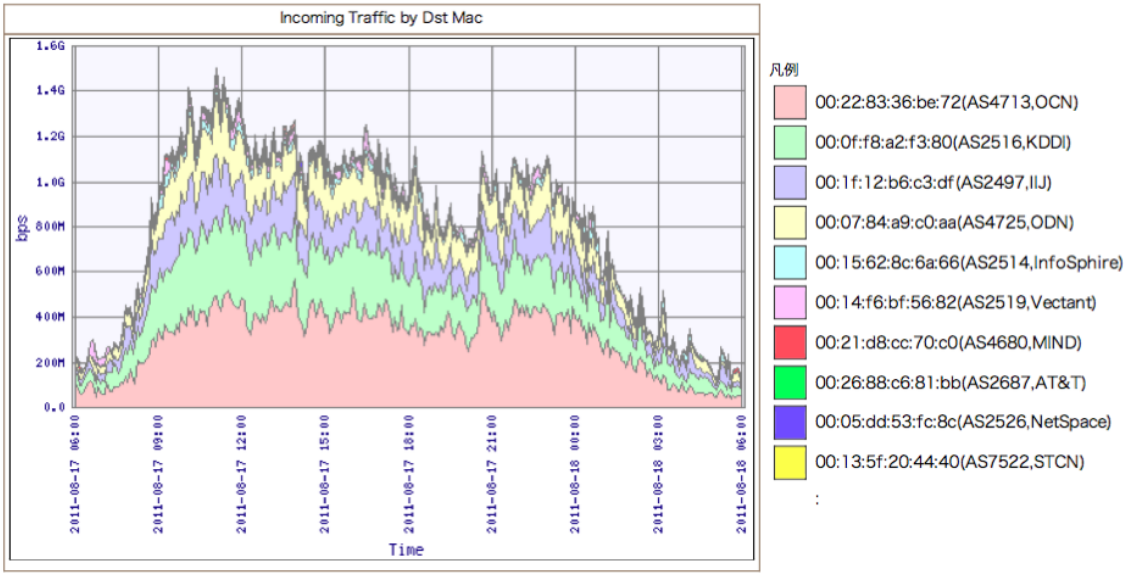

図 3：DIX-IE を経由した ftp.jaist.ac.jp からのトラフィック

この図からわかる通り、大手 ISP に対するトラフィックが多く発生していることが見て取れる。また、2011 年 8 月 13 日のトラフィックがいかに突発的なトラフィック動向であったかを示すために、前日とのトラフィックを比較した分析結果を、図 4 に示す。

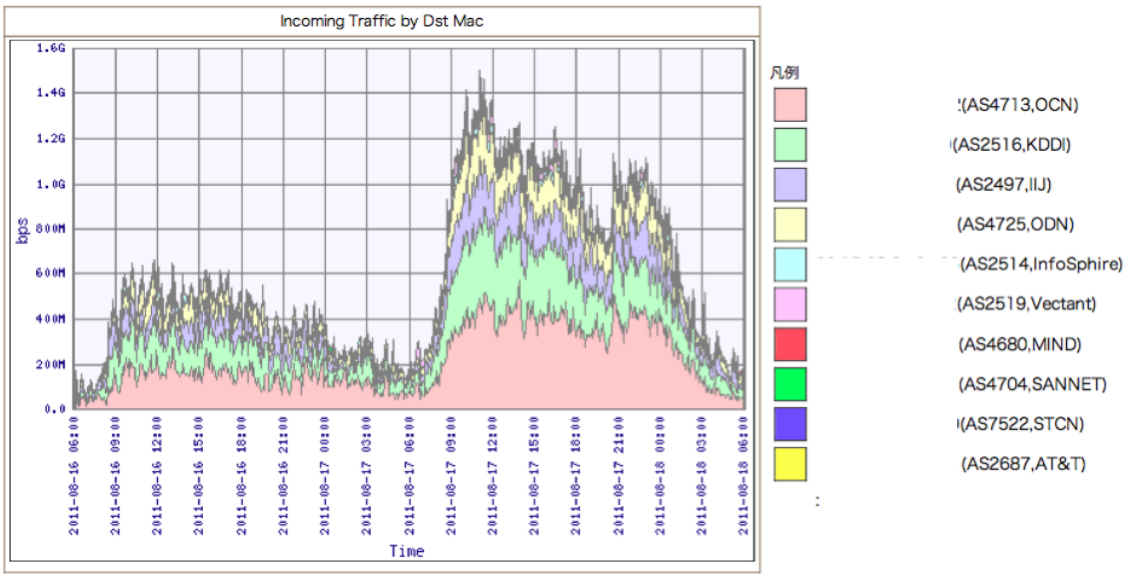

図 4： 前日との比較

また、図 3 におけるトラフィックに関して、IPv4 と IPv6 のトラフィック割合を分析した結果を、図 5 に示す。

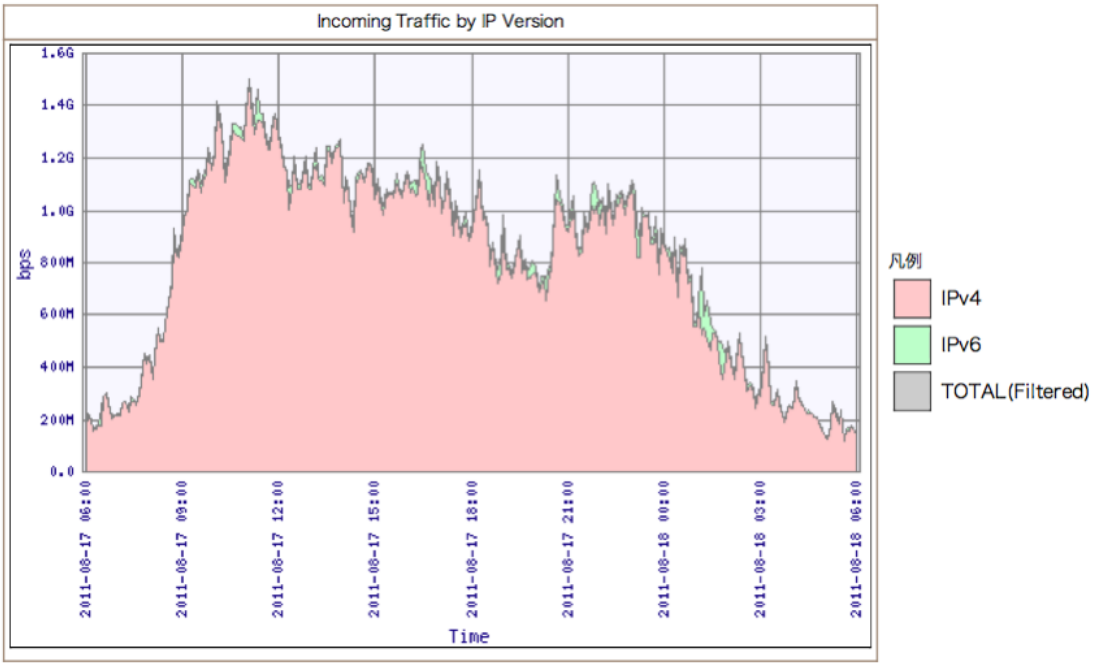

図 5：IPv4 と IPv6 のトラフィック割合

図 5 からわかる通り、IPv4 トラフィックが大勢を占めている。しかしその一方で、IPv6 トラフィックもわずかながらグラフに現れる結果を示しており、IPv6 への移行が机上の空論ではなく、現実のものとして進行していることがわかる。

(3) IX における公共的サービスの展開アーキテクチャに関する研究

DIX-IE ならびに NSPIXP-3 においては、いくつかの公共的なサービスを提供する実証実験を行っている。IX にて公共的なサービスを提供することは、日本ならびに世界のインターネットの健全な運営のためにこれからの IX が担う必要な役割であると考える。

公共的なサービスを提供するのは、これからの IX の役目であると考え、DIX-IE ならびに NSPIXP-3 では、今までにおいても、積極的に公共的なサービス展開を行ってきた。その例として、 Root DNS や ccTLD DNS、ならびに 6to4 や Teredo といったサービスがあげられる。今後もその流れをさらに発展させるために、具体的には、次の 2 項目に対して取り組みを行なっている。

- FTP サーバ等の大量トラフィックを発生させるサーバの誘致
- 動画やファイル等、多数のユーザがダウンロードするコンテンツのキャッシュサーバ設置

具体的なアーキテクチャとしては、図 6 に示すようにコンテンツを送出するための専用 AS を DIX-IE 内部に設置し、その AS を利用して様々なコンテンツサーバやキャッシュサーバを設置することを計画している。

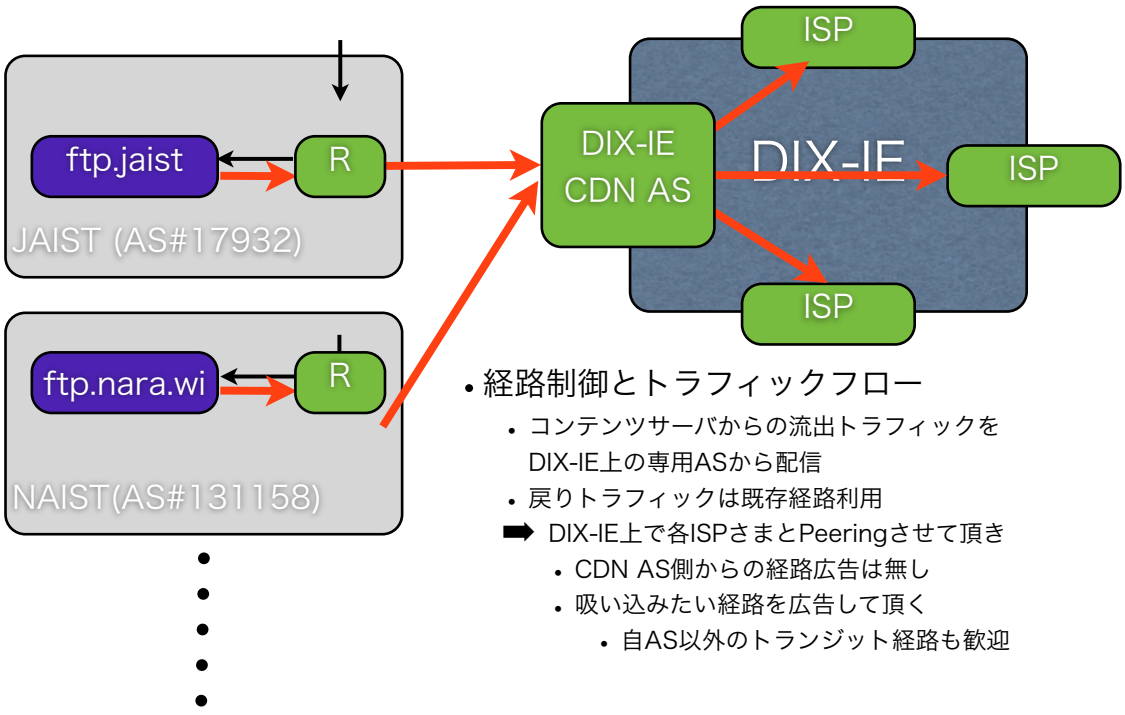

図 6： コンテンツ専用 AS

(4) 6to4 や Teredo といった IPv6 移行に関する公共サービスの提供

2011 年 6 月 8 日午前 9:00 から 6 月 9 日午前 8:59(日本時間)まで、World IPv6 Day というイベントが開催された。これは、主だった Web サーバに一日だけ IPv6 アドレスを付与し、IPv6 対応とすることで、ユーザにどのような影響を与えるかということを実環境で実験するという世界的なイベントである。イベントの詳細や参加組織については、主催組織である ISOC の World IPv6 Day サイト[2]を参照して欲しい。

このイベントに関連して、DIX-IE にて提供されている、6to4 と Teredo のイベント当日のトラフィック動向を、図 7 に示す。

[2] http://www.worldipv6day.org/

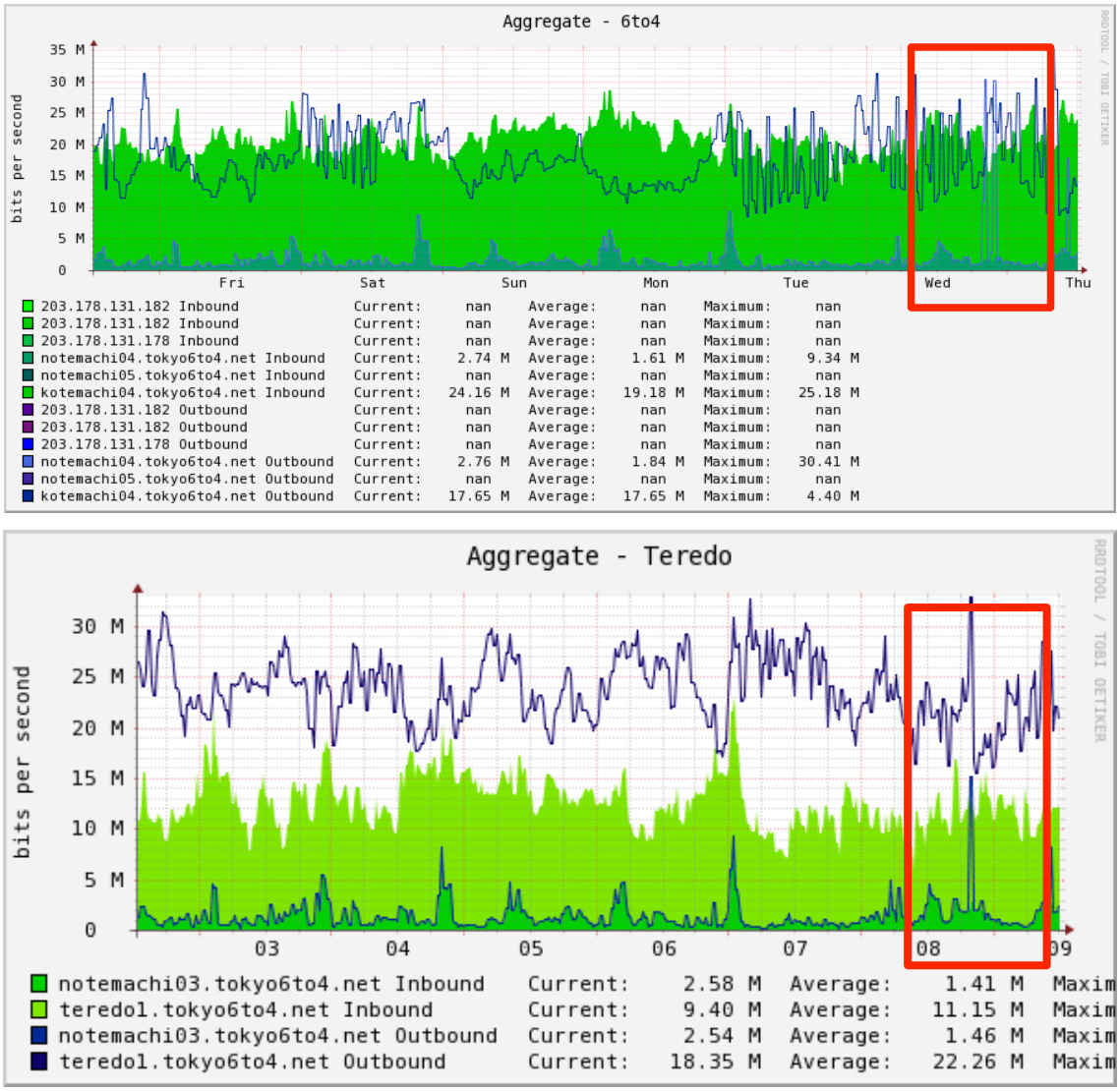

図 7：World IPv6 Day における 6to4 と Teredo のトラフィック動向

6to4 ならびに Teredo 共に、特に大きな変化は発生しなかった。Teredo には多少のトラフィック増が見て取れるが、これが本当に World IPv6 Day の影響によるものかに関しては、今後さらに解析を進めていく。

(5) EtherOAM の検証

DIX-IE ならびに NSPIXP-3 は、Layer 2 IX として運用されている。そのため、従来から利用されている ping などをベースとした Layer 3 における監視、および、機器のインタフェースなどから得られる情報だけでは、IX としての品質監視という観点では、すべての情報を網羅できているとは言えない。そのた

め、Layer 2 レベルでの監視を行うことが、IX の安定運用を行う上では重要になっている。

EtherOAM は、Ethernet レベルで監視を行うための技術である。Ethernet レベルで、回線の死活監視の他に、遅延やスループット、回線品質などの監視を行うことが出来る。EtherOAM は IEEE 802.3ag、IEEE 802.3ah、ITU-T Y.1731 などで標準化されている。

DIX-IE では、Layer 2 の監視にこの EtherOAM を利用することを検討している。その事前検証として、WIDE-BB に於いて EtherOAM 監視機器、および、EtherOAM の運用に関する検証を開始した。WIDE-BB に於ける EtherOAM トポロジを図 8 に示す。

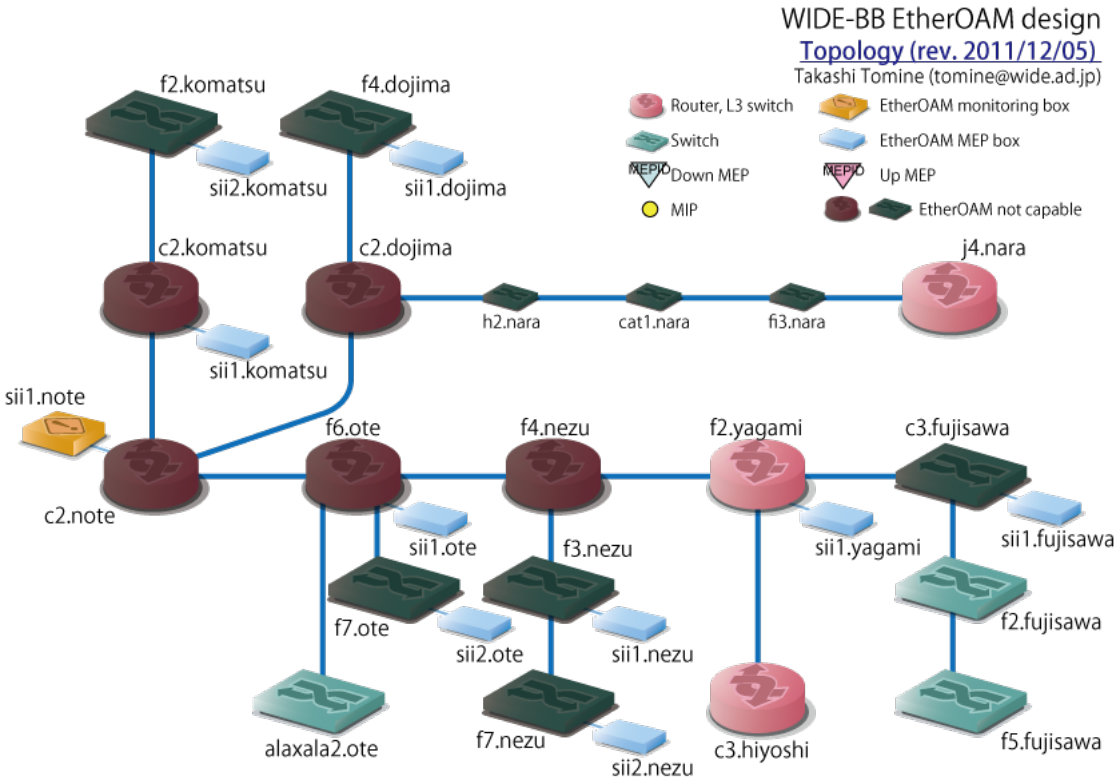

図 8：WIDE-BB における EtherOAM 検証トポロジ

DIX-IE では、WIDE-BB に於ける検証結果を踏まえ、DIX-IE に於ける EtherOAM 運用計画を立て、来年度中には DIX-IE 内で EtherOAM による監視を開始する予定である。

4. おわりに

本報告書では、2011 年に行った、実証実験に関する成果報告について述べた。2010 年に引き続き、これからの ISP やエンドユーザに求められる高度情報インフラストラクチャとしてのパブリック IX サービスのありかたというものを念頭に、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方針である。

具体的には、トラフィック成分分析による IPv6 移行支援や、公共的サービスを展開するためのアーキテクチャの形成、DIX-IE と NSPIXP-3 の結合による広域 IX アーキテクチャの研究、キャッシュサーバを利用したトラフィックの効率化、EtherOAM による品質検証等、商用 IX とは異なった性格の実証実験を推進していく。