

# キャンパスネットワークにおける WAN 接続環境の変更

松田 勝敬\*

## Replace of a Campus Network WAN Connection

Masahiro MATSUDA \*

### abstract

WAN connection line of the Tohoku Institute of Technology had connected to the Internet via the TOPIC and SINET. For SINET4 shift to SINET5 in 2016, the WAN connection line, it had to connect directly to the SINET DC. Campus network core system and infrastructure server system of Tohoku Institute of Technology was replaced in April 2015. At the replace of infrastructure server system, the system design incorporates a broadband connections and WAN connection line to the SINET DC. A result of analyzing the traffic on the WAN connection line, it became clear that there were many ratios of communication of the update of the OS. The WAN connection line was used to the limit of the ability. The traffic jam of the WAN connection line traffic became severely than before. Traffic of the OS update, had caused the failure in the connection line. At the time of OS update, an alert occurred on the Internet VPN line with the satellite campus.

Under the managed of Information Network Center, the WAN connection line was changed to the SINET DC direct connection with broadband line. As a result, the WAN connection line became the bandwidth of 1Gbps. We will analyze of the WAN connection line traffic and continue the measurement of the WAN connection line amount of traffic in future.

### 1. はじめに

東北工業大学は、「東北学術研究インターネットコミュニティ(Tohoku Open Internet Community: TOPIC)[1]」(以下 TOPIC)の参加校であり、キャンパスネットワークの WAN 回線は、TOPIC ネットワークを経由して、SINET に接続していた。

TOPIC は東北地区の学術ネットワークとして、各県の NOC(Network Operation Center)を中心に大学・高専・学術研究機関等のネットワークを相互接続し、国立情報学研究所の学術情報ネットワーク(Science Information Network 4:SINET4)[2](以下 SINET)への接続環境を提供してきた。SINET は 2016 年度から SINET4 から SINET5 に移行する。これに伴いノード校が廃止され、SINET の加入機関は SINET DC(Data Center)に各機関からアクセス回線を用いて接続することになる。2014 年 4 月の第 24 回 TOPIC 総会にて、TOPIC ノード校の廃止によって地域

ネットワークとしての TOPIC の終息と、2015 年度までの SINET DC への直接接続の移行について、説明がなされた。

本学も TOPIC 経由の WAN 接続から、SINET への直接接続への移行をすることになり、本学の基盤ネットワークを運用・管理している、東北工業大学情報センターを中心に移行準備を進めてきた。本学は TOPIC ノード校までは、100Mbps の帯域で接続されていた。本学の学内 LAN は、「基盤サーバーシステム」として基幹部分と 2009 年 9 月に更新され、学内の部屋までは 1Gbps 以上の帯域となっている。また、2015 年 4 月の「基盤サーバーシステム」の更新[3]により、本学のキャンパスネットワークの WAN 接続部分の機器が更新され、学内 LAN の広帯域化に対応した機器が導入され、将来的な WAN 接続の広帯域化に備えた機器が導入された。

国立情報学研究所では SINET5 への移行に関連して、「SINET5 第 1 期 アクセス回線共同調達[4]」をおこなった。これは、SINET5 への各 SINET 加入機関からの SINET DC へのアクセス

---

2015 年 10 月 22 日受理

\* 情報通信工学科 准教授

回線について共同調達をおこない、経済的にアクセス回線を調達するものである。本学も TOPIC ノード校から SINET DC へのアクセス回線の変更に伴い、国立情報学研究所のアクセス回線共同調達への参加について検討をおこなった。その結果、移行および運用コストや、契約時期や契約年数などを総合的・長期的に判断し、独自に SINET DC までのアクセス回線を調達することとなった。特に本学では、WAN 接続回線のトラフィックの増加[5]や機器の老朽化などの理由から、2015 年度中に TOPIC 接続から SINET 接続への変更が必要であった。そのため、2016 年度からの SINET5 の運用に合わせた、国立情報学研究所のアクセス回線共同調達への参加は、時期が合わないことから独自調達することとなった。

本論文では、本学のネットワーク環境について述べ、WAN 接続の広帯域化が必要となった経緯、広帯域化前の環境と広帯域化後の環境について説明し、検討と考察をおこなう。

## 2. 東北工業大学のネットワーク環境

### 2.1 東北工業大学の概要

東北工業大学は、学部は工学部とライフデザイン学部の 2 学部 8 学科、大学院は博士前期課程と博士後期課程について 2 研究科 7 専攻で構成される。「八木山キャンパス」と、「長町キャンパス」の 2 キャンパスに、学生約 2,700 人、教職員約 200 名で構成される大学である。「八木山キャンパス」と「長町キャンパス」間は、直線で約 2.3km 離れている。両キャンパスの主な建物は合わせて 14 棟あり、その他に仙台市街のサテライトキャンパスである一番町ロビーや附属施設などからなる。両キャンパスと一番町ロビーを含めて半径 3km 以内の範囲に施設が存在している。

### 2.2 学内ネットワーク

本学の学内ネットワークの概要を図 1 に示す。学内ネットワークの構成は、基幹 L3 スイッチを中心とし、主な建物毎に建物基幹 L2 スイッチを設置、各建物のフロア毎に L2 スイッチをエッジスイッチとして配置している。コア層、ディストリビューション層、アクセス層の 3 階層の構成である。フロア毎のエッジスイッチから各部屋へは、1Gbps の帯域の接続となっている。

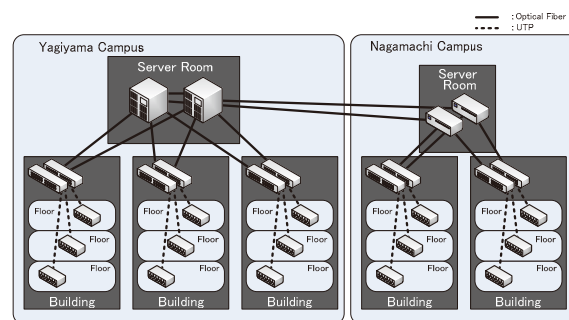


図 1 基盤ネットワークの構成概要

八木山キャンパスと長町キャンパスの 2 キャンパスは、自営のシングルモード光ファイバーで接続されている。キャンパス間の通信帯域は 10Gbps であり、長町キャンパスの建物も八木山キャンパスの建物と同等の通信帯域で接続されている。両キャンパスを合わせて、一つのネットワークとして構成されている。

本学では、全学的な無線 LAN のサービスはおこなっておらず、食堂やホールなど学内の一部の場所で情報センターによる無線 LAN 接続サービスが提供されている。各研究室などで、自前の無線 LAN-AP の運用は許可しており、多くの無線 LAN-AP が学内ネットワークに接続されて稼働していると思われる。

### 2.3 サーバ環境

本学の情報機器は、多くが八木山キャンパス 8 号館にあるサーバ室に設置されている。学内ネットワークの基幹システムや WAN 接続に関係する機器、またそれらの監視・管理システムなどから、各学科が運用しているサーバ、事務システムなどがオンプレミスで設置されている。2015 年から、プライベートクラウドシステムも稼働し、大学 Web サイトサーバやコンピュータ演習室の管理サーバなどが、仮想マシン上で稼働している。今後は多くのサーバを、プライベートクラウドの仮想マシンで稼働に移行する予定である。

教職員用の電子メールシステムは、プライベートクラウド上に実装されているが、2015 年度からは学生用の電子メールシステムは、クラウドメールシステムに移行した。その他一部の学科の WWW サーバが学外のホスティングサービスを利用しているが、ほとんどの学内情報システムのサービスはサーバ室に設置されているサーバをはじめとして、学内ネットワークに接続されているサーバから提供されている。

### 2.4 TOPIC 接続の WAN 環境

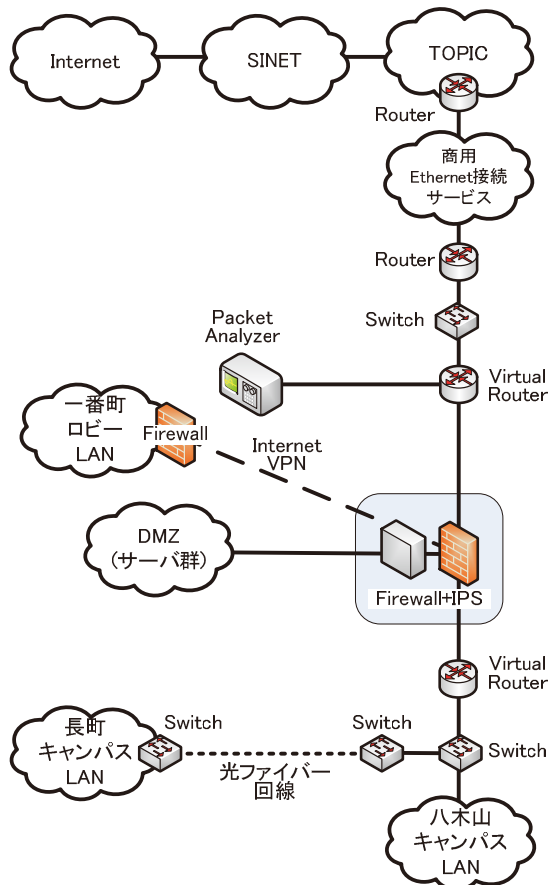


図2 TOPIC 経由接続時の  
WAN 接続ネットワーク

SINET DC に直結する以前、本学のキャンパスネットワークの WAN 接続回線は、本学学内 LAN から TOPIC[1], SINET[2]を経由してインターネットに接続されていた。2015 年 4 月以降の TOPIC 接続時の本学の基幹ネットワークおよび WAN 接続ネットワークの概要を図 2 に示す。

TOPIC ネットワークとのアクセス回線は、商用の Ethernet 専用線サービスを利用して、仙台 NOC と八木山キャンパス間を接続していた。TOPIC の NOC と本学の間の商用 Ethernet 専用線サービスは、100Mbps の帯域であった。専用線サービスのため、上り下りとも 100Mbps を本学のトラフィックのみで専有することができた。

### 3. WAN 接続トラフィック

#### 3.1 トラフィックの増加

本学では、多くの情報システムが学内ネットワークの中にオンプレミスでサーバを設置している。そのため、100Mbps の WAN 回線の帯域でも十分であると思われていた。TOPIC ネットワークのノード校の廃止のため、本学も WAN 回線の環

境の見直しが必要となり、WAN 回線のトラフィックについて詳細な測定と検討をおこなった[5]。その結果、2014 年 9 月時点では瞬間的に WAN 回線のトラフィックが帯域の限界まで増加していることがわかり、将来的に帯域増強が必要であることがわかった。

2015 年 4 月からは、本学の WAN 接続基幹やインターネットに関係するサービスをおこなうサーバ群の更新[3]がおこなわれた。

これにともない、学内に設置されたオンプレミスのサーバで提供していた、学生用の電子メールのサービスが、クラウドメールになった。授業などで学内のコンピュータ演習室などからレポートや課題を電子メールの添付ファイルで提出する場合には、

①学内ネットワークの端末から学外のクラウドメールシステムに対し、添付するファイルのアップロード

②学外のクラウドメールシステムから、教員の電子メールシステムが稼働している、学内のオンプレミスメールサーバへのメール送信の通信が発生する。これまでは学内の電子メールサーバ内でおこなわれていたメールの送受信であったが、WAN 接続回線を使った学外と往復の通信が必要となり、WAN 接続回線のトラフィック量が増加する。

また、授業用のファイル共有システムとして、Net Commons[6]による Web サービスを、学内のプライベートクラウド上の仮想サーバで開始している。このサービスでは、登録した授業毎に掲示板やお知らせ、小テスト等の機能を Web サービスとして実装することができる。授業で使うスライドや配布資料などのファイルを、アップロードしておき、学生がダウンロードしたり、Web ブラウザで閲覧できる機能も実装することができる。さらに、課題やレポートなどのファイルの提出を Web サービスでおこなうことも可能である。これらの機能は、学内のコンピュータ演習室など学内ネットワークからだけでなく、自宅などの学外からもアクセスして、利用することができる。

最近のコンテンツの大容量化によって、電子メールシステムの添付ファイルでは送信できない大容量のファイルの送受信への需要が高まっている。これに対応するために、オンラインファイルストレージサービスも開始している。学内のオンプレミスサーバに、ファイルをアップロードし、ダウンロード用のアドレスとパスワードを用いて、Web ブラウザやスマートフォン、タブレットのアプリケーションからファイルをダウンロードすることができる。このサービスも学外ネットワークから学内のサーバにアクセスしてファイル

をダウンロードすることになる。

以上のようなサービスが開始されることから、2015年度からはWAN接続回線のトラフィックがさらに増加することが予想された。

### 3.1 トラフィック解析

WAN接続回線のトラフィックについて、IPSにてアプリケーション解析をおこない、トラフィックが多いアプリケーションや通信内容について調査をおこなった。本学の学内ネットワークを通信元(from)とする、学外ネットワークへのトラフィックについて、解析をおこなった。2014年9月2日のアプリケーション毎のトラフィックの割合を図3に示す。この日はMicrosoft社のセキュリティ情報公開日[7]ではないが、OSなどのアップデートと分類されたアプリケーションのトラフ

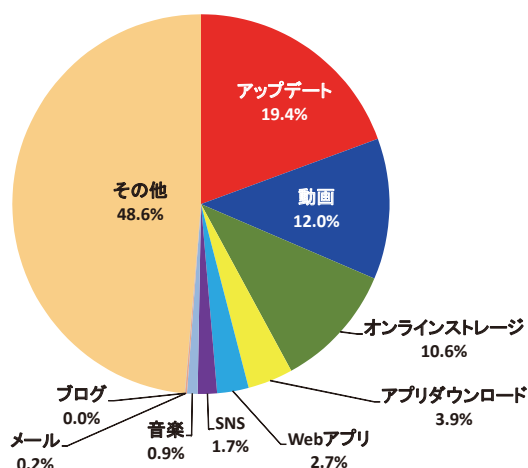


図3 アプリケーションによるトラフィック量の割合 (通常時)

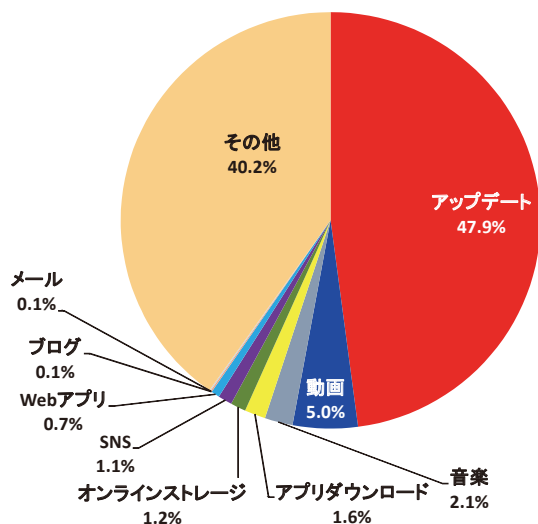


図4 アプリケーションによるトラフィック量の割合 (OSアップデート時)

フィックが、その他を除くと19.4%と最も高い割合を示している。その他には、通信が暗号化されており識別できないSSLや、特定のアプリケーションに依らない一般的なWebページ閲覧などである。またMicrosoft社のセキュリティ情報公開日であった、2014年9月9日のアプリケーション毎のトラフィックの割合を図4に示す。この日のトラフィックは、アップデートが47.9%とおおよそ半分の割合を占めている。

### 3.2 トラフィック測定

3.1より、Microsoft社のセキュリティ情報公開日に本学のWANアクセス回線のトラフィック状況が大きく変化することがわかった。そこで、Microsoft社のセキュリティ情報公開日一週間前の2015年10月7日のトラフィック量(図5, 6)と、当日である2015年10月14日のトラフィック量(図7, 8)を測定し、比較をおこなった。図2におけるPacket Analyzerにて、1s毎のトラフィック量を測定した。一般的には、数分から数十分の平均トラフィック量を測定することが多い。1s毎の測定の方が、瞬間的なトラフィックの増加を捉えられ、ネットワークのトラフィック状況がより詳細に把握でき、測定値も高いトラフィック量

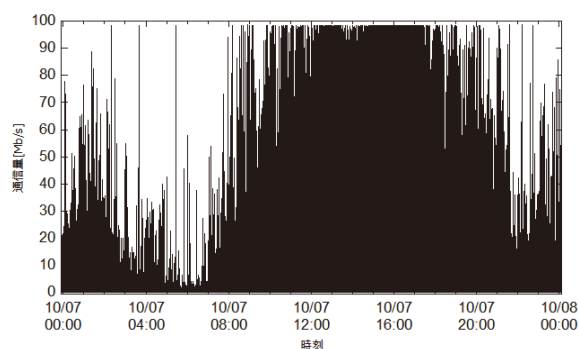


図5 1日のトラフィック量の変化  
WANから学内 (通常時)

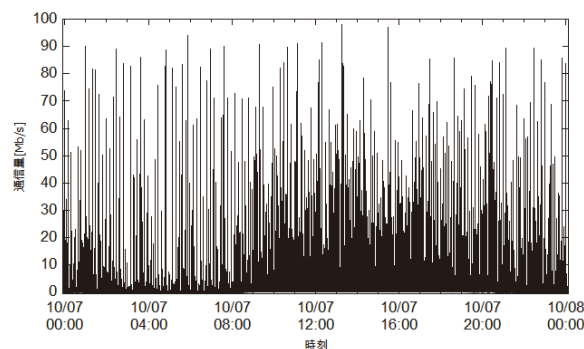


図6 1日のトラフィック量の変化  
学内からWAN (通常時)



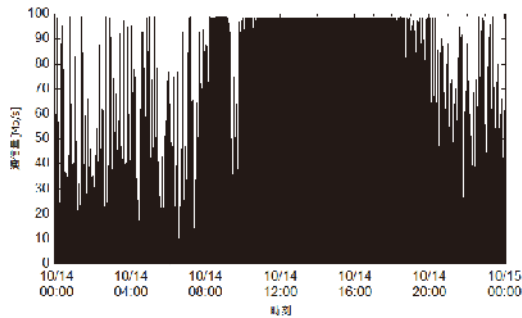


図7 1日のトラフィック量の変化  
WAN から学内 (OS アップデート時)

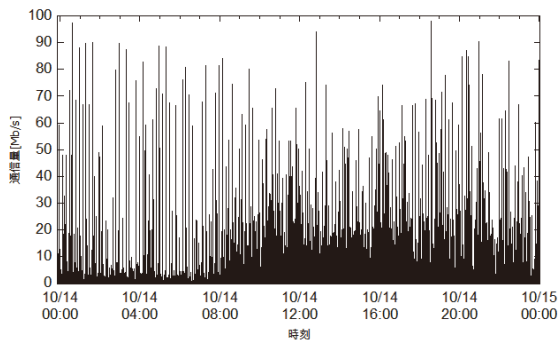


図8 1日のトラフィック量の変化  
学内から WAN (OS アップデート時)

を示すことがわかっている[5][8]。それぞれ横軸は時刻を表しており、縦軸はトラフィック量をMbpsで表している。図5と図7はWANから学内ネットワークへのトラフィックの測定値であり、図6と図8は学内ネットワークからWANへのトラフィックの測定値である。本学のWANから学内ネットワークへのトラフィックは、業務や講義が始まる前の8時頃から増加し、12時頃に最もトラフィック量が多くなる。業務や講義終了後の18時頃からトラフィック量が減ってくるという特徴がある[5]。

図5と図7を比べてみると、Microsoft社のセキュリティ情報公開日である図7の方が全体のトラフィック量が多いことがわかる。特に12時頃から17時頃にかけては、ほぼWANアクセス回線の最大帯域の100Mbpsを使い切っている。

また図5から、Microsoft社のセキュリティ情報公開日でなくても、日中帯はWANアクセス回線のトラフィック量が100Mbpsかまたはそれに近い値で推移している。

これらから、本学のWAN接続回線は日中帯は継続的に接続帯域を使い切っていたことがわかった。

### 3.3 一番町ロビー機器のアラート発生状況

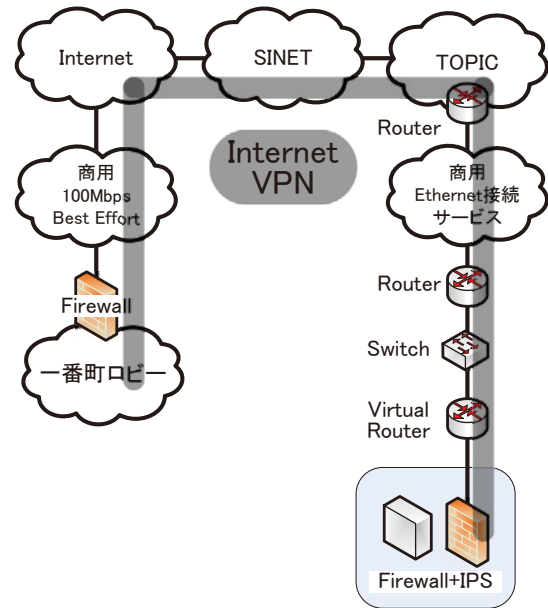


図9 一番町ロビーの Internet VPN 接続

本学はサテライトキャンパスとして、仙台市内に一番町ロビーがある。ビルの1階のギャラリーと4階にホールがあるが、端末数も少ないためインターネットVPNを用いて、本学の学内ネットワークと接続している(図2, 9)。商用100Mbpsベストエフォートの回線を用いてインターネット接続されており、本学へはインターネット、SINET、TOPICを経由しWAN接続回線をとおり通信されている。

一番町ロビーに設置されているファイアウォールなどのネットワーク機器は、pingによる死活監視システムによって監視されている。ping不到達が発生すると、機器や通信に異常が発生したとしてアラートが発報される。

2015年4月からの一番町ロビー設置機器のアラート発生状況を表1に示す。監視システムからアラートが発生した日付と時刻、またその日の

表1 一番町ロビー機器のアラート発生状況

日付	時刻	備考
2015/07/08	13:59	
2015/07/13	12:42	
2015/07/15	13:12	セキュリティ情報公開日
2015/07/15	14:06	セキュリティ情報公開日
2015/07/21	9:28	
2015/07/26	20:05	
2015/09/09	8:49	セキュリティ情報公開日
2015/09/09	8:52	セキュリティ情報公開日
2015/09/09	9:19	セキュリティ情報公開日
2015/09/10	11:46	セキュリティ情報公開日翌日
2015/10/14	10:40	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	10:58	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	11:01	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	11:28	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	11:31	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	12:49	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	13:49	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	14:22	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	15:49	セキュリティ情報公開日
2015/10/14	16:43	セキュリティ情報公開日

Microsoft のセキュリティ情報公開日との関係について記載した。通常アラートが発生する原因としては、機器の故障、通信回線や機器のメンテナンスによる停止、ソフトウェアの異常による機器の再起動などが考えられる。表1からアラートが発生した8日の内、4日はセキュリティ公開日とその翌日になっている。またその4日でアラートが発生した時刻は、本学の WAN 回線のトラフィックが増大する時間帯であった。

よって、本学学内ネットワークと一番町ロビーのネットワークの接続回線は、Microsoft のセキュリティ情報公開日に本学の WAN 接続回線のトラフィックが増大すると、通信環境に障害が発生していたことがわかった。

### 3.4 考察

3.1 ~ 3.3 より本学の WAN 接続回線は、特に Microsoft のセキュリティ情報公開日に、OS のアップデートによるトラフィック量が増大し、日中帯は常に接続帯域を使い切っていたことがわかった。このため、Internet VPN 接続の一番町ロビーとの通信にも影響し、通信障害が発生していた。

さらに、顕著な通信障害が発生が発生していなくても、本学の日中帯の WAN 接続回線は、トラフィック量に比べ帯域が不足していた。

以上のことから、学内ネットワークの高速化や学外のクラウドサービスの利用、学外ネットワークからアクセスできるサービスの開始などにより、本学の WAN 接続回線のトラフィックが増大し、回線帯域を圧迫していたことがわかった。特に OS のアップデートによるトラフィックの増加が顕著であり、WAN 接続回線の通信に障害が発生する程の影響があった事が明らかになった。

## 4. WAN 回線接続環境の変更

### 4.1 回線工事

SINET5 への移行による、TOPIC ノード校の廃止などにより、本学の WAN 接続環境を SINET DC に直接接続する接続環境の変更を実施した。WAN 接続回線の広帯域化を考慮した、本学の基幹サーバ群の更改や、国立情報学研究所による SINET5 アクセス回線共同調達への参加の検討などから、SINET DC への接続変更は2015年10月19日となった。この日は、本学の大学祭の翌日であり、創立記念日で休校の日である。そのため、インターネット接続などが停止する影響が少ないこと、また平日で関連システムの保守業者が作業をし易

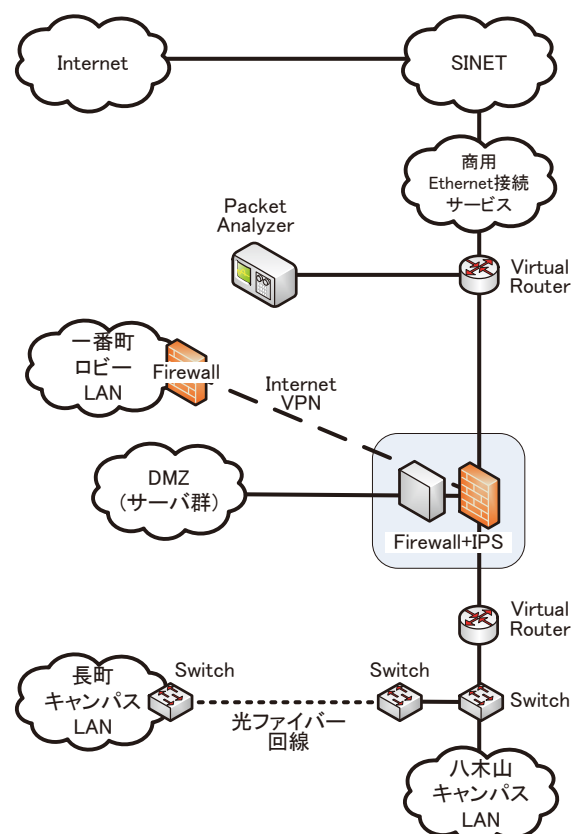


図10 現在の SINET DC 直結  
WAN 接続ネットワーク

いことなども考慮している。

WAN 接続回線の工事は、本学の複数の情報システムに係る工事である。それぞれのシステムの保守を担当している業者も含めて、移行計画を作成する必要がある。そのため、工事全体のマネジメントは、情報センターが中心となって実施をした。詳細な設定項目の一覧や作業手順、確認事項など、作業内容を線表にまとめ、各業者との情報共有や作業割り振りをおこなった。

情報センターが中心となって、工事をすすめた結果、業者間の作業分担が明確になり、工事も順調に実施された。また、各業者とも保守契約の中で作業実施となり、外注した場合に比べ大幅な予算節減となった。

2015年4月に導入した基盤サーバシステムでは、TOPIC 接続から、SINET DC 接続に変更すること、WAN 接続回線の帯域を増強することを前提として、設計・構築を実施していた。そのため、物理的な機器の入替えや配線・接続変更は最低限で済み、多くの変更すべき機器の設定も予め用意してあった。そのため、工事当日の作業の大幅な軽減を図ることができた。

これらの綿密な準備などもあり、当日の工事作業は順調に実施された。

### 4.2 SINET DC 直結の WAN 環境

SINET DC に直接接続した，本学の WAN 接続環境を図 10 に示す。TOPIC 接続時の図 2 と比べると，Firewall + IPS の上流の Virtual Router から上流部分が変更になっていることがわかる。

WAN 接続回線も 100Mbps から 1Gbps に帯域が增強された L2 専用線接続となった。

WAN 環境の変更による広帯域化により，Virtual Router を実装している基幹 L3 スイッチや Firewall，IPS での処理負荷が増えることになるため，ACL (Access Control List) の見直しや，ボトルネックが発生していないかなどの調査が必要である。

## 5. まとめ

本学の WAN 接続回線について，TOPIC ネットワークへの接続から，SINET DC への接続に変更することになった。それに伴い，詳細なトラフィック解析，トラフィック量の調査をおこなった。その結果，学内ネットワークの一広帯域化や新しいサービスの提供，特に OS のアップデートの影響で，WAN 接続回線のトラフィック量は接続帯域をほぼ使い切っており，障害も発生していたことがわかった。

また，本学情報センターが中心となり，SINET DC に直結した WAN 接続環境にスムーズに移行をすることができた。その結果，WAN 接続回線の広帯域化が実現した。

今後は，接続環境変更後のトラフィック解析や帯域の測定・調査を実施し，WAN 接続回線の広帯域化の影響やさらなる広帯域化の時期についての検討などをおこなっていく。

最後に，ネットワークシステムの管理運営および本論文の作成に協力していただいた，東北工業大学情報センターの黒澤佳利氏，早川修司氏，佐々木宏幸氏，高橋秀和氏に感謝いたします。

## 参 考 文 献

- [1] 東北学術研究インターネットコミュニティ：TOPIC，入手先<<http://www.topic.ad.jp/>>(参照 2015-10-20).
- [2] 国立情報学研究所：Science Information Network 4 (学術情報ネットワーク サイネット・フォー)，入手先 <http://www.sinet.ad.jp/>(参照 2015-10-20).
- [3] 松田勝敬，鈴木健一，中山英久，河野公一，角田裕，工藤栄亮：東北工業大学基盤ネットワークシステムの更改，東北工業大学紀要 I 理工学編，第 33 号，(March 2013)，pp.69-76.
- [4] 国立情報学研究所：SINET5 第 1 期 アクセス回線共同調達について，国立情報学研究所アクセス回線共同調達説明会資料，(April 2015).
- [5] 松田勝敬：キャンパスネットワークにおける WAN 接続回線の広帯域化，東北工業大学紀要 I 理工学編，第 35 号，(March 2015)，pp.51-58.
- [6] The Net Commons Project：NetCommons2 公式サイト，入手先<<http://www.netcommons.org/>>

(参照 2015-10-20).

- [7] Microsoft TechNet：セキュリティ情報リリース スケジュール，入手先<<https://technet.microsoft.com/ja-jp/security/hh224643.aspx>>(参照 2015-10-20).
- [8] 松田勝敬：キャンパスネットワークにおけるトラフィック量によるネットワーク構成の検討，情報処理学会第 77 回全国大会講演論文集，vol.3，pp.39-40(2015).