

# 対外接続の冗長化運用とその評価

## Redundancy Operation of External Network and It's Evaluation.

平沼賢次 †, 柳沼匠 †, 清水悦郎 †

Kenji HIRANUMA †, Takumi Yaginuma †, Etsuro SHIMIZU †

kh@ xi.kaiyodai.ac.jp, yaginuma@m.kaiyodai.ac.jp, shimizu@ kaiyodai.ac.jp,

† 東京海洋大学情報処理センター

† Information Processing Center, Tokyo University of Marine Science and Technology

### 概要

旧東京商船大学（現：海洋工学部）と旧東京水産大学（現：海洋科学部）が、2003年10月に統合して誕生した東京海洋大学では、学外への対外ネットワーク接続に、学術情報ネットワーク SINET3 を利用している。大学の立地条件や統合時の対外接続用回線の契約状況等の様々な問題のため、対外接続回線はキャンパスごとに保有し利用している。そこで、対障害性の向上、回線の有効活用を考え、現在、学外と2つのキャンパスとの接続には、冗長化による対障害性の向上を目的とした三角形の接続方式を用いている。これは国立大学法人では東京海洋大学のみでの接続方式である。本稿では、この冗長化方式の構築と、対障害性の実証実験、及び今後について述べる。

### キーワード

冗長化, 対障害性

#### 1. はじめに

近年進む電子化などの社会の情報化に伴い、電子情報やその運用システムの重要性が益々増している。特に情報集約と発信の拠点のひとつである大学では、メールやブラウジングは、授業、研究以外にも、学生の就職など広く利用されている。そのため基盤となるネットワークは安定した運用と高い信頼性が求められる。しかし、実際には様々なネットワーク障害が発生しており、特に本年発生した東日本大震災に代表される地震や津波などの大規模災害による通信施設の破損・停電等による情報通信

網の切断などの被害によって、ネットワークの維持やその早期回復が困難な状況が現実には発生している。また、近年の国公立大学を取り巻く状況は、法人化や予算減少に伴う経費節減ため、ネットワークの運営環境は厳しいものになってきている。東京海洋大学では、ネットワークの安定運用・高信頼性等のため、2005年以降の6年間、のように、対外接続用ネットワークを冗長性化することで、情報通信網の切断等障害後の早期復旧による対障害性の向上や諸問題に対応してきた。本稿では、この冗長化方式とその構築法について述べるとともに、実際の大学のネットワーク用いた実験と運用実績から、この方式の冗長性と対障害性を示す。

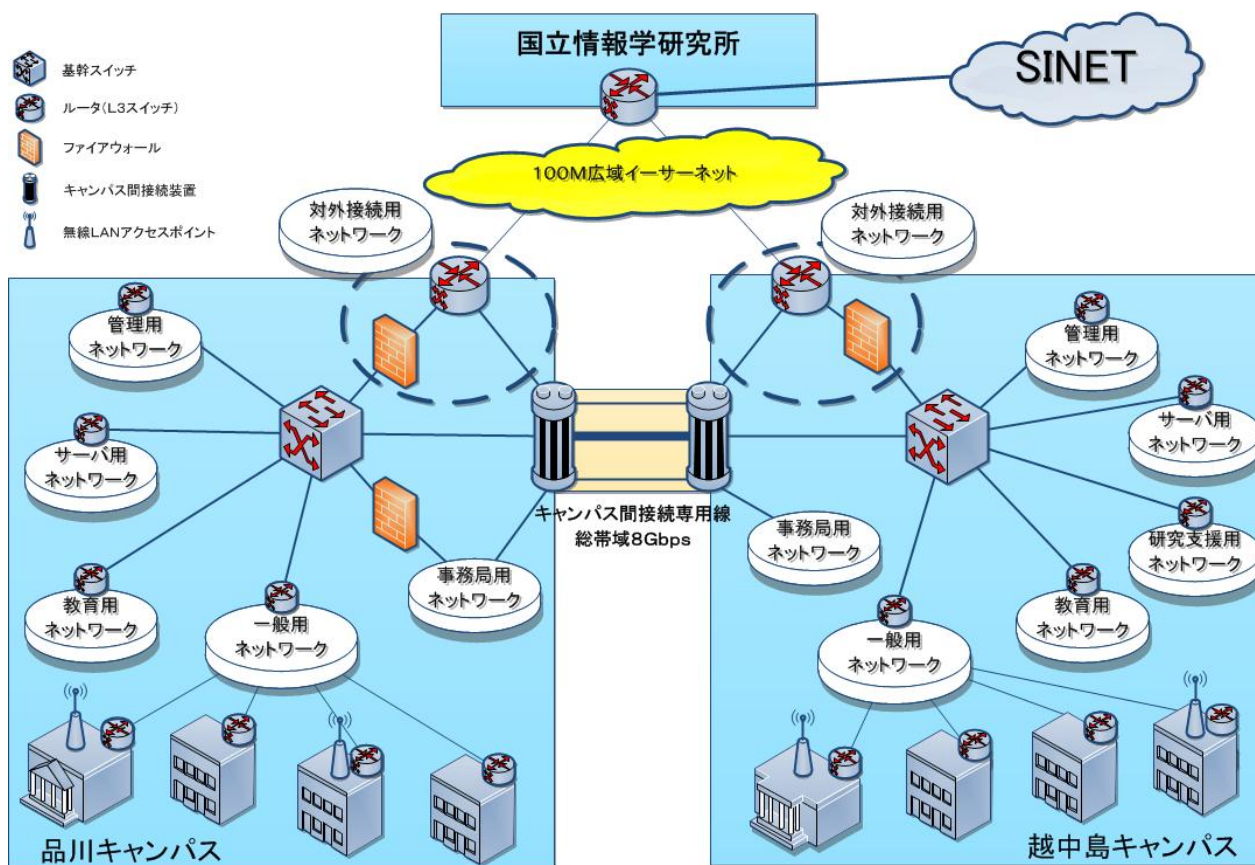


図 1：ネットワーク構成図

合後もしばらくの間はそれぞれ別仕様のものを使用していた。

## 2. 従来のネットワーク構成と問題点

東京海洋大学のような複数のキャンパスを持つ大学の場合、経費や保守管理などの都合上、図 2 のような対外接続 1 ラインの大学が多い。このような場合、上流のキャンパスが工事や障害等で対外接続が停止した場合、下流のキャンパスは対外接続を失うことになる。一方、このようなことは、下流が工事などの場合では発生しないので、情報通信に関するキャンパス間格差という問題も含むことになる[1]。このような接続方式による問題点以外にも、東京海洋大学には、立地など地理的問題が存在している。越中島・品川、両キャンパスとも東京湾に面し、四方を河川や運河に囲まれた島状の埋立地に立地している。このため、地震等の災害により、橋脚が損傷すると孤立する危険性がある。また、そのような緊急災害時において大学は、災害対応の拠点（越中島：江東区指定広域避難所、品川：東日本大震災時、帰宅困難者受け入れの実績）となるため、情報通信手段の確保はより重要な案件となる。

他にも、異なる別々の大学が統合した東京海洋大学特有の課題が存在する。学生証などは統合時に統一化が進められたが、教育用情報機器は契約期間の関係により統

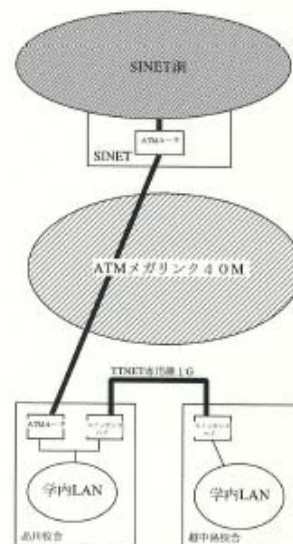


図 2：第 1 期対外接続図（1 ライン）

その後、情報ネットワークは管理や経費圧縮も兼ね、統合が進められた。統合前は、それぞれ対外接続は直接 SINET に接続していたが、統合後は、図 2 のようにネットワークの統合が行われ、SINET への接続は、統一した対外セキュリティポリシーのファイアウォール（以

後：FW) を用いた1ライン方式に変更された(第1期構成)。それまで、各キャンパス別に対外接続(計2ライン)を行ってきたものが、同じ回線速度の1ラインに統合されたため、1本の対外接続を2キャンパスで共用することになり、多少の通信速度低下などが生じた。また、それ以上に、共通のセキュリティーポリシーでの運用が問題となった。元々別大学でありセキュリティーポリシーやその利用方法などで多くの点が異なっていたため、共通のFWの利用を始めたところ、それぞれの授業・研究等に支障がでるなどの様々な問題点が明るみになった。

2005年の学内情報機器の更新による学生証と情報機器の統合を機に、限られた予算や設備で、これらの課題に対応して、利用者に情報網の維持と品質を提供する必要があった。

### 3. 対外接続の冗長化

#### 3.1. 冗長化方式の構成

前述したような様々な問題を考慮した検討の結果、2005年の第2期構成(図3)では対外接続の冗長化をベースに、これらの問題の解決にあたることにした。対外接続の冗長化には様々な方式があるが、以下のようなことから、冗長化の方式を決定し、その設計をおこなった。

元々スタンスの異なる別々の大学であった各キャンパスを、同時に全ての統合することが困難であるならば、統合する部分と、別にする部分とにあえて分離することにした。更新により導入される統合認証システムと深くかかわる学生証(ICカード型)や教育用端末機などは同じ仕様に統合し、異なるセキュリティーポリシーに関わるFWを2つ分けて、それぞれをキャンパス別の仕様を設定した。これによりシステムの共通化を進めつつ、ポリシーの違いによる課題に対応することにした。回線は上流の品川キャンパスで分岐し、その下流にFWを配置するのが、最も安価であるが、先に述べた地理的問題やキャンパス間の格差や災害などの様々な障害に対応する必要があった。そこで、図3のように統合以前と同じく、各キャンパスがそれぞれSINETに接続することによって、片方が対外接続を失う状態になったとしても、もう一方は接続を保てるようにした。また、これまで用いていた高価で専用大型機器を用いるATM(asynchronous transfer mode: 非同同期転送モード)と比較して、技術向上によって非常に安価で構成できる高速なイーサネットに切り替えた。これにより、学内外のネットワークは、速度が40M→100Mbpsに増速、通信品質は100TXと向上した上、ネットワーク費用を大幅に圧縮することができた[2]。

これにより、SINET側に設置していた、ATMルーターを100TXのL3スイッチに変更した。各キャンパスにおける対外接続用スイッチも同様の100TXのL3スイッチを設置し、その下に、FWを置いた。更に既存のキャンパス間ネットワーク(1000SX×8本)の内、1本用いて、両キャンパスの対外用L3スイッチを接続して、図3のように三角形のネットワークを構成した(第2期構成)。

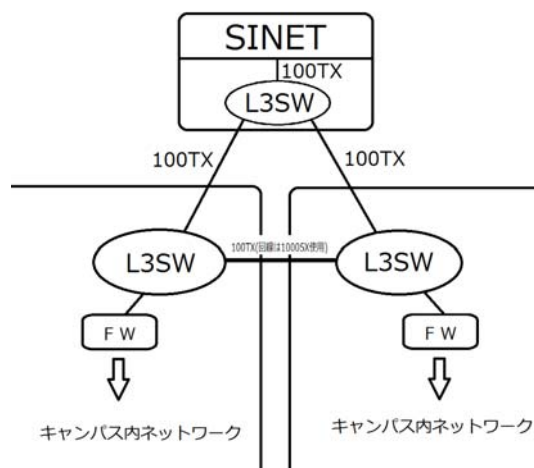


図3: 第2期構成(冗長化)

このように設計された三角形構成は、片方のキャンパスのネットワーク障害時にも、他方のキャンパスでは、問題なくネットワークを利用できる上、更に片方の対外接続に障害が発生して学外ネットワークが切断されたとしても、キャンパス間接続を用いて他方のキャンパスを迂回して、対外接続を維持する冗長性を持つ方式である。

迂回路は各FWの上流にあるので、それぞれの対外セキュリティーポリシーを保ちながら迂回すること可能となる。また、両キャンパス間での通信は、FW内の既存のキャンパス間ネットワーク(1000SX×7本)を用いる。

また、既存の学内設備の変更を最小限に止めることによって、経費を抑えることができた。東京海洋大学はこの冗長化の方式を採用した構成により、対外接続の対障害性が向上することができた。

#### 3.2. 運用と改修

第2期構成に移行後、運用により何点かの問題が浮かびあがった。その一つは、経路の探査・管理の方式として通信業者が強く推進めたPINGを用いた業者方式の問題であった。業者方式は、通常通信網で実績があり多くの利点を有する方式であるが、実際に大学の対外接続で運用したところ、各キャンパス間で通信速度差異、通信速度のバラつき、仕様やテストと異なる障害時の切り替え時間(数時間から数日)などが判明した。また、システム業者が納入したL3スイッチやPING方式の切り替

システム等が完全にブラックボックスとなっていた。このことは、大学でのネットワークやそれらを用いた他の研究等において支障を生じた。そこで、2006年のSINETの仕様変更（1000T対応）を機に、更なる効率的なルーティング・プロトコルを使用して、効率的な経路制御を目指した改修をおこなった。また、これにより、将来の回線の増速対応を考慮してスイッチをギガ対応のMRV製L3スイッチに変更した（第3期構成）。

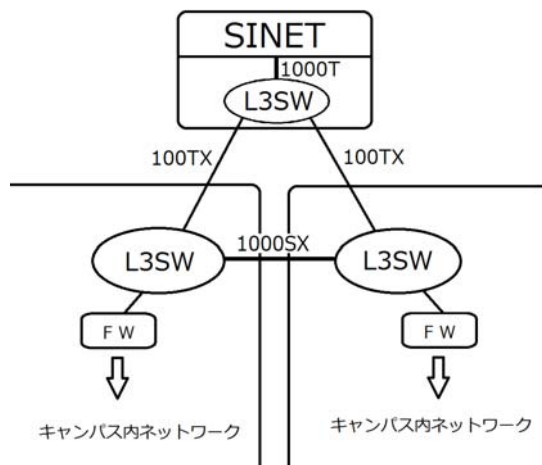


図 4：第3期構成

第3期構成はMRV製L3スイッチを、SINET・越中島キャンパス・品川キャンパスにそれぞれ1台設置した計3台で構成される。通信速度はSINET（一橋）とSINET側のL3スイッチ間が1000T、SINET側L3スイッチと各キャンパス間は100TX、キャンパス間は1000SXで接続されている。各キャンパスのスイッチの下流に、FWを通して学内ネットワークに接続されている。SINET側の規格の変更に対応して交換したL3スイッチが、ギガ対応になったため、これまでより余裕ができ、SINETと両キャンパス間の通信が安定するようになった。このため、それまでやや不安定であったこの通信が安定することで、100TXでも十分な通信をおこなうことができるようになった。これによって、SINETと両キャンパス間のメトロイーサの契約を、料金が高い1Gbpsに切り替えることなく、従来の100TXの契約を継続することによって、通信経費を抑制することに成功した。また経路のネットワーク探索・感知・管理の方式には、研究の自由度をあげるため、ブラックボックス化した業者方式に換えて、OSPF（Open Shortest Path First）を用いた方式に変更したところ、障害時の切り替え時間（切断時の回復：10秒程）も大幅に短縮され、システムのブラックボックス化も解消された。このOSPFにおいて3つのL3スイッチは、互いにネイバーとして情報を交換している。その後、2011年2月の学内情報機器更新まで、大きなトラブルもなく、接続を維持して有効に機能した。その後、2011年2月の

学内情報機器更新により、三角形対外接続の内、キャンパス間接続の機器の入れ替えが行われたが、対外接続の基本構造は維持された（第4期）。

## 4. 実験と考察

### 4.1. 対障害性の実験

今回、2011年2月の情報システム更新による新システムでのネットワークを用いた、対障害性の実験をおこなった。方法は、実際に対外接続を行っている状態で、その接続経路情報データをモニター&記録し、各キャンパスで通常（図5）の対外接続に用いられている対外用L3スイッチ上のSINETへの直接回線を物理的に取り外すことで回線切断障害（図6）を発生させ、迂回ルートの構築（図7 エラー! 参照元が見つかりません。）などへの自動切り替え動作や、回線を元にはめ戻すことによる障害復旧後の動作について実験をした。

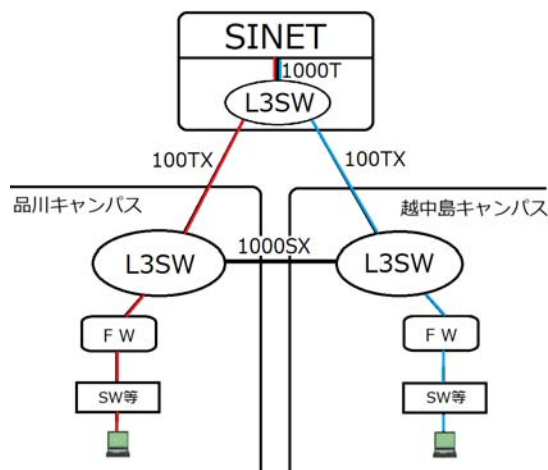


図 5：対外接続（通常）

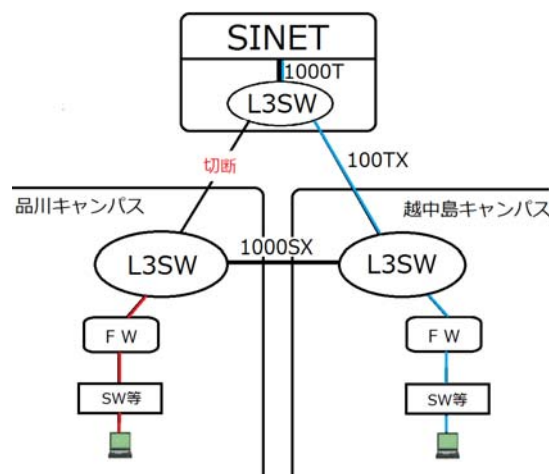


図 6：対外接続1ライン切断

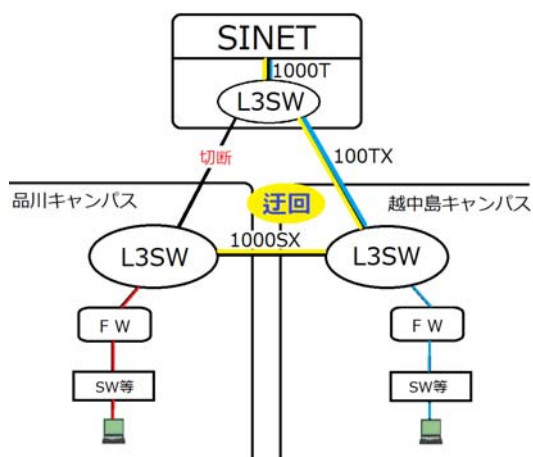


図 7：迂回経路

## 4.2. 結果と考察

結果の一例をあげる。品川キャンパス側の対外接続を図 6 のように切断した場合、平均 15 秒ほどで**エラー! 参照元が見つかりません**。のような迂回経路に自動で切り替えて接続は回復した。また、図 5 のように品川側の対外回線が回復後は、迂回経路による対外接続を維持した状態で、回線回復後 20 秒ほどで、元の通常経路である SINET 直接回線に自動で切り替わった。この切り替えは瞬時に行われ、WEB サイトの閲覧をおこなっている利用者には、切り替えを気づかせることなく切り替わったことが確認された。(実験の一部は、昼休みに行われたが、情報処理センターには、接続できないなどのネットワークの不調を示す報告はなかった。)

このことから障害時・復旧時の切り換わり時間も十分な速さであることが確認することができた。この実験結果より、本稿で用いた冗長化方法の実用での有効性が示された。

## 5. 今後の予定

本稿で述べた冗長化方式は、実験においても、実運用においても良好な結果を示しているので、この方式は実用に耐えうる対障害接続方式といえる。このような実績より、2010 年の学内無線 LAN 本格運用開始、2011 年 2 月の学内情報機器更新においても、この方式は引き続き用いられた。また、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災時においても、対外ネットワークは切れることなく維持をした。だが、近年は、通信インフラの整備が進み、また技術の開発・向上による機器の機能向上と価格低下、

IP の有料化、大学予算の減少による情報経費の削減などから、来年度からの SINET 4 切り替えを機に対外回線の 1 ライン化が検討されたが、東日本大震災やその後の

電力事情による停電への対応などを考慮して引き続き同じ冗長性方式を用いることが決定した。しかし、SINET 4 では、SINET 側に L3 スイッチを設置できないため、図 8 のような構成となる。この場合スイッチ同士の通信が必要な OSPF が利用できないため、これまでの対障害性のための冗長方式用いることができない。そこで OSPF の代わりになる冗長化方式を検討中である[3].

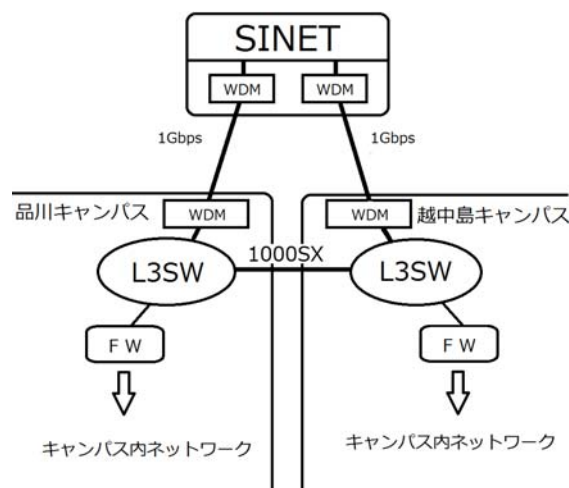


図 8：次期構成案

その他にも、学外からの VPN を使った学内サービスを利用するシステムの導入などが検討中であり、将来予想される通信量の増加にも対応していく予定である[4].

このように、実際に導入・運用されて、対障害性、大学統合による課題の解決、コスト削減、通信速度向上など安定的な運用と高い信頼性確保し、実現してきた実績は、ネットワーク技術に貢献してきたと考える。この冗長方式を元に、新たな要望や現在の電力事情と学内のポリシーを踏まえ、次期システム構成に活かしていく予定である。

## 参考文献

- [1]山井成吉, 岡山聖彦, 金 勇, 河野圭太, 大隅淑弘: 岡山大学における地域 IX と SINET を利用したネットワーク冗長化, 情報処理学会研究報告 4, 113-118, 2009
- [2]漆谷重雄, 松方純, 阿部俊二, 計宇生, 福田健介, 鯉渕道紘, 中村素典, 山田茂樹: 多様なサービスを支える sinet3 の詳細ネットワーク設計, 電子情報通信学会論文誌 B Vol. J91-B No10 pp. 1136-1146, 2008
- [3]嶋野逸生, 伴好弘, 佐々木博史: 神戸大学におけるネットワークシステムの構築, 情報処理学会研究報告 7 No1, 1-5, 2009
- [4]曾根直人, 林 秀彦, 菊地 章: Proxy サーバによる HTTP トラフィックのルーティング, 鳴門教育大学情報教育ジャーナル 5, 1-6, 2008