

# SINET4 への移行に伴う対外接続回線の冗長化構成の構築と評価

## Construction of Redundancy of External Network with the shift to SINET4 and it's Evaluation.

柳沼匠†, 清水さや子†, 吉岡諭†, 吉田次郎‡

Takumi YAGINUMA†, Sayako SHIMIZU†, Satoshi YOSHIOKA†, Jiro YOSHIDA‡

yaginuma@m.kaiyodai.ac.jp, smz@kaiyodai.ac.jp, yoshioka@kaiyodai.ac.jp,  
jiroy@kaiyodai.ac.jp

†東京海洋大学情報処理センター

‡東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科

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

‡Graduate School of Marine Sciences and Technology, Tokyo University of Marine Science and Technology

### 概要

東京海洋大学では、学外への通信に利用する対外接続回線に関して、2012年 SINET4 アクセス回線の共同調達（以降、共同調達）への参加に伴って、これに対応する規格へと回線を変更した。その際、これまでの冗長化による対障害性の向上を目的として運用してきたネットワーク構成を用いることができなくなり、接続トポロジーとルーティング方式の変更を行うことにした。これに並行して、キャンパス間接続回線の見直しも行い、ネットワークの強化とコスト削減を実現した。本稿では、この変更におけるネットワーク構成の構築と移行の過程や、それらの評価について述べる。

### キーワード

冗長化, SINET4

### 1. はじめに

東京海洋大学は2003年10月に旧東京商船大学（越中島キャンパス）と旧東京水産大学（品川キャンパス）が統合して設立された新しい大学である。大学の越中島・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。このような大学の立地条件、災害対策を含む対障害性の向上、回線の有効活用を考え、対外接続回線およびキャンパス間接続回線には、冗長化による対障害性の向上を目的とした図1のような三角形の接続方式を用いてきた。この方式は良好であったため、2011年2月の情報処理センターシステムのリプレースの際にもそのまま継続して用いた（参考文献[1]）。しかし、これまで対外接続回線用に使用していた機器が、既にメーカーサポートが終了しており、保守契約なしで運用していたため、早急に更新しな

ければならなかった。さらに、対外接続回線用に利用しているSINET3のSINET4への移行とその仕様変更への対応、コスト削減・ネットワーク充実の求めなどがあり、これらに対応するため、2012年3月に共同調達に参加し、対外接続回線をSINET4に対応する仕様へ変更した。それに伴い、回線高速化とキャンパス同士の接続トポロジーとルーティング方式の変更を行うことにした。また、

これに並行して、回線機能の向上とコスト削減を兼ね、キャンパス間接続回線の更新も行った。本稿では、対外接続回線とキャンパス間接続回線の切替に伴う、ネットワークトポロジーやルーティング方式の変更のために行ったネットワーク構成の構築・移行過程などについて述べ、機能面・コスト面・試験結果などから、その評価を行う。

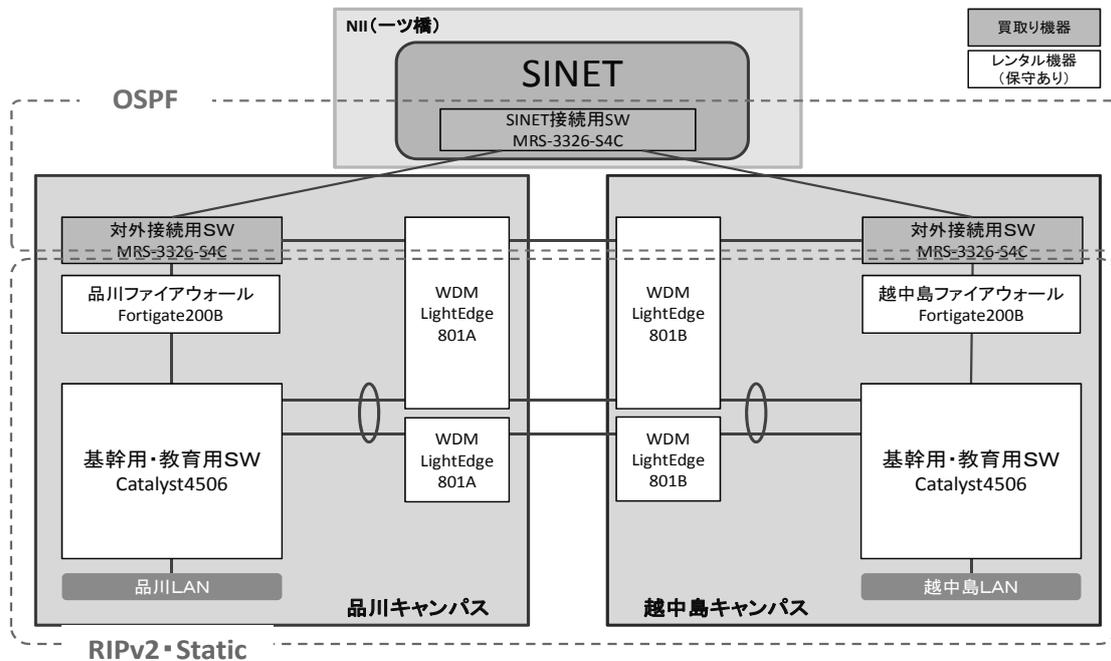


図 1：ネットワーク構成概略図（2011年2月～2012年3月）

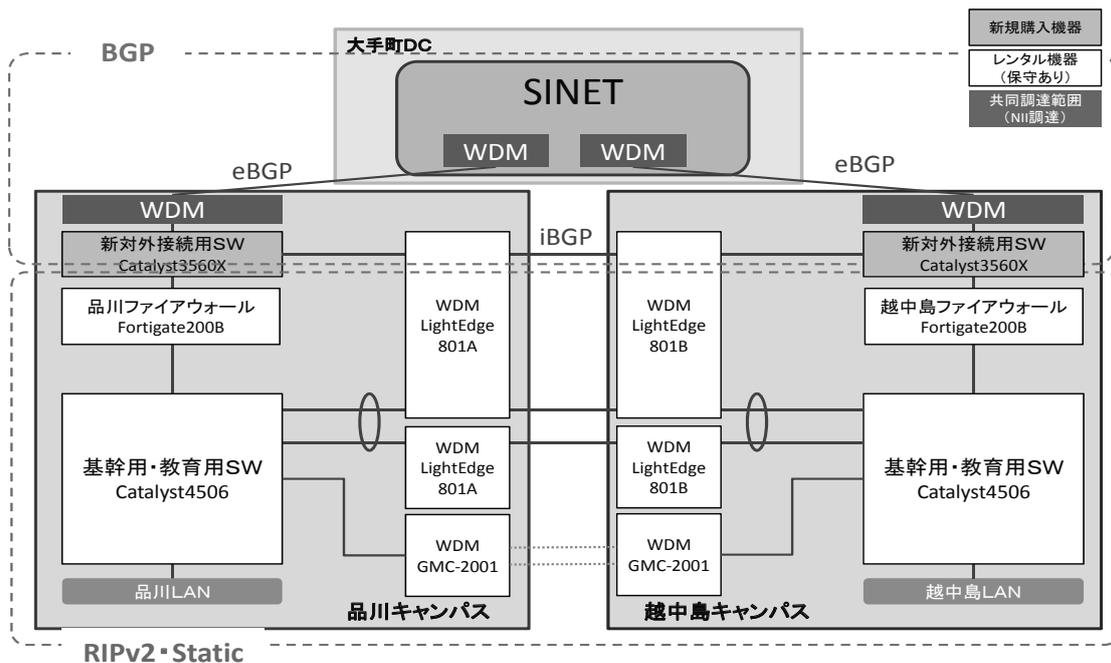


図 2：ネットワーク構成概略図（～現在）

## 2. 従来の対外接続回線とキャンパス間接続回線の構成

### 2-1. これまでの対外接続回線とキャンパス間接続回線

ここでは、2012年3月までの東京海洋大学の回線構成について述べる。

図1のように、SINET (NII 一ツ橋) と品川・越中島両キャンパスに対外接続用 L3 スイッチ (以降、SW) を設置していた。対外接続回線の概形は、これらの SW をそれぞれ接続した三角形構造で構成していた。SW 間の回線速度は SINET と各キャンパス間が 100Mbps、両キャンパス間が 1Gbps であった。本大学の対外接続回線は、このような構造のネットワークを構成して、OSPF によるルーティングを行っていた。

東京海洋大学のファイアーウォール (以降 FW) は、歴史的な経緯より、各キャンパス別に異なった設定である (参考資料[1])。各キャンパスでは、対外接続用 SW から各々の FW を経由して各々のコアスイッチに接続している。両キャンパスは、WDM を用いた 8Gbps 専用回線で接続している。この回線は 2 回線で冗長化を行い、片系の回線または WDM で障害が発生しても、他方の回線でキャンパス間通信を維持する。この回線の内、1Gbps 分を前述した対外接続回線用に、残りは、両地区のコアスイッチ間を接続して、キャンパス間通信に用いている。このキャンパス間接続回線は、コアスイッチおよび WDM を介して、RIPv2・Static ルーティングで接続を行っていた。

通常時、学外との通信には SINET と各キャンパスを相互に結ぶ回線を、キャンパス間の通信には両キャンパスを結ぶ専用線であるキャンパス間接続回線を用いる。また、一方のキャンパスと SINET 間でのネットワーク障害時には、OSPF によるルーティングによって、この障害の影響下のキャンパス内からそのキャンパスの FW を通過後、キャンパス間接続回線を経由し、他方のキャンパスの対外接続回線用 SW を経由して SINET (学外) との通信を行う。これによって、他方のキャンパスを経由する場合でも、個々のキャンパスの FW の設定を維持しながら対外接続回線を確保することができる。このような冗長性を持つことで対障害性を実現してきた。この三角形の接続方式の回線構造は、運用中に東日本大震災などあったが、これまで安定して稼働を続け、接続を維持した。

### 2-2. SINET4 仕様への対応と回線共同調達の仕様による問題点

昨今の通信高速化への対応や大学を取り巻く経済状況等の諸事情から、本大学もコストを抑えることができる

共同調達を利用して SINET 4 への対応を行うことにした。コスト面を考慮したネットワーク構成は、「SINET～一方のキャンパス～もう一方のキャンパス」の 1 ラインの線形トポロジーとなるが、この構成はこれまでのような冗長性を持たないため、対障害性、災害対策等の面で問題点があった。また、冗長性を持つ従来の接続方式では SINET 側のラックに大学の機器を設置することが必須である (図 1 参照)。しかし、共同調達の場合では、SINET 側のラックを利用するオプションを選択できないため、これまでの冗長化方式を用いられないなどの、いくつかの問題点が浮かび上がった。これらの問題に対応するため、新たな方式を検討することにした。

## 3. SINET4 への移行にむけての対外接続回線とキャンパス間接続回線の再構築

### 3-1. SINET4 への移行に伴う対外接続回線の構成の計画案

#### 3-1-1 品川ベースの 1 ライン (線形トポロジー) 案 (SINET～品川～越中島)

当初は、コストの面等から SINET への接続 (対外接続回線) をすべて品川キャンパス経由の 1 ラインとした線形のトポロジーとして設計を行うこととした。

SINET 側を上流とすると、SINET と下流の品川キャンパスに設置した対外接続用 SW 間の回線は、WDM を用いて接続する。この対外接続用 SW で品川側と越中島側に回線を分岐する。品川キャンパスでは、品川の FW を経由して、対外接続用 SW と品川キャンパスのコアスイッチを接続する。対外接続用 SW とさらに下流の越中島キャンパスのコアスイッチ間の回線は、WDM を用いたキャンパス間接続回線と越中島の FW を経由して接続する。このような回線構成によって、各地区別の FW の設定を維持する。このように、SINET - 品川キャンパス - 越中島キャンパスを線形に接続をして、対外接続回線を構成する。

しかし、このような線形のトポロジーを用いた案では、SINET と品川キャンパスとの間の回線・キャンパス間接続回線の切断や、回線上流での通信機器の故障や停電などによる障害が発生した場合、障害箇所の下流のネットワークが外部との通信ができなくなる問題があった。さらに、東日本大震災以降、災害や停電への対応を想定した冗長性の高いネットワーク構成を求められたことなどの事情により、この案の採用を見送った。

#### 3-1-2 冗長化 (マルチトポロジー) 案 (SINET—品川, SIEN—越中島)

前述のように冗長性の高いネットワーク構成を求められたことにより、これまで用いてきた冗長性を持つネットワーク構成を継続して用いることにした。SINET 側に機器を設置せずに、冗長性を持たせるためのネットワーク構成の概要は以下のように検討した。

対外接続構成として、SINET 側および各キャンパスの対外接続用 SW を撤去し、新たに各キャンパスに対外接続用 SW を設置し、これらと SINET 間は WDM を用いて接続する。また、東京海洋大学としてプライベート AS (Autonomous System) 番号を一つ取得し、SINET と各キャンパス間は BGP によるルーティングを行う。この方式により、SINET と個別キャンパス間でのネットワーク障害時においては、これまでと同様に、障害がおこったキャンパスの対外通信を、そのキャンパスの FW を通過後、対外接続 SW 間を渡り他方のキャンパスを経由して SINET へ接続して行う。

キャンパス間構成として、キャンパス間接続回線は RIPv2・Static によるルーティングの変更はせずに、これまでと同様に障害等に対応する。また、この回線において、2 系統ともに障害が発生した場合、Firewall で許可されている通信については、障害側の対外接続用 SW から SINET (学外) を経由して他方の対外接続用 SW と接続をすることでキャンパス間通信を行う。

コスト面としては、対外接続回線を従来と同じ 2 ラインとしたため、1 ラインの場合と比較してコストは高くなる。しかし、回線自体のコストが下がったことと、そのコストがデータセンターからの距離に比例することから、両キャンパスとデータセンター (大手町) が非常に近い距離 (直線距離で、品川 : 7km, 越中島 : 3km 程) にある本大学では、これまでよりコストを抑えることができる。東京海洋大学の立地条件が、ネットワークコスト削減にとっては有利となった。

### 3-2. キャンパス間接続回線の構成案

本大学では、キャンパス間接続回線にダークファイバーを用いている。キャンパス間接続回線は、大学合併時に敷設されたものであるが、当初から回線の見直しが行われていなかったため、対外接続回線の切替を機に見直すことになり、図 2 のようなネットワーク構成の変更を、2012 年 6 月に行うことにした。従来の契約は回線のみ契約であり、WDM 機器などはレンタル機器を利用していた。新しい契約でも、従来と同様に回線のみ契約を行う予定であったが、現在、WDM 回線のみ契約はほとんどなく、あってもコストが高くなるため、これまでの契約よりコストが抑えられる指定の WDM 付契約に変更した。回線自体のコストも以前より下がっていたことも相まって、コストは半減した。

また、現状の構成の変更を最小限に止めることを前提

にレンタルの WDM を使用すると、障害時に問題切り分けがとても困難となることから、キャンパス間接続回線のトラブル時に指定の WDM に切替られるように図 2 のように指定の WDM (WDM-GMC-2001) も設置した。但し、普段は使わずに、レンタルの WDM のバックアップ用として、レンタルの WDM の障害時に自動で指定の WDM に切替できるように設定した。これにより、現状の構成の変更を最小限に止め、冗長性も向上させながらコストを大幅に抑えることに成功した。

## 4. SINET4 への移行に伴う対外接続回線の冗長化構成およびキャンパス間接続回線の切替によるネットワークの構築および評価

本大学では図 1 のように SINET、品川キャンパス、越中島キャンパスのそれぞれに、対外接続用 L3 スイッチを設置し、それらを接続することによって三角形のネットワーク構成し、動的な経路制御を行うことによって冗長性を持たせ、有効な耐障害性を実現してきた。しかし、前述したように、SINET4 の仕様により SINET 側のスイッチの撤去が必要になったため、これまでの OSPF を用いた動的な経路制御を行なうことができなくなった。そこで、新たな動的な経路制御を行うため、(3-1-2) のように動的経路制御方式として BGP を利用することとした。

### 4-1. 対外接続回線の構成について

SINET4 への対応に伴い、対外回線速度を従来の 100Mbps より 1Gbps に高速化した。また各キャンパスからそれぞれ SINET に接続する構造には変更はないが、OSPF の代わりに動的経路制御方式として用いる BGP では、組織内部 (学内) と外部 (学外) の AS が通信を行うため、別途 AS 番号を手配することにした。組織内部用に大学として AS 番号を取得し、外部のものは SINET の AS 番号を利用することにした。

### 4-2. キャンパス間接続回線切替に伴う問題と対応

キャンパス間接続回線に関しては、WDM の切替も行うことにしたが、レンタル WDM から指定の WDM への切替後、品川基幹スイッチ上で ipv6 default route が消失する現象が発生した。そのため ipv6 による通信ができないなど、いくつかの問題が発生した。そこで、改善策として次の 2 つの方法が考えられた。一つは両キャンパスの対外接続用 SW を MBGP (ipv6 の BGP) 対応機器に変更し、ipv6 についてもマルチホーミング化すること、もう一つは、ipv6 default route がキャンパス間を通過する様に設定変更することである。しかし、ipv4 と ipv6 ではネットワ

ーク設計思想が異なるため、非推奨とされたことと、改善策のコストが高く、一方、指定の WDM を利用する可能性は低いため、現状の設定での運用とした。これらより、最終的に図2のようなネットワーク構成とした。

### 5. 対障害性の試験および評価

SINET4 対応と WDM の切替を 2012 年に行い、その切替の際、回線試験を行った。試験は、外部にサーバーを設置して、そのサーバー（学外サーバー）と各キャンパス間の通信性能を、通常状態と障害状態（SINET と品川間、SINET と越中島間、キャンパス間）について、切替の前後で計測した。以下の表は、その回線試験の結果である。

表 1：FTP パフォーマンス (Download/Upload) 計測結果[KB/s]

回線状態	正常状態時			
	Down		Up	
	前	後	前	後
品川端末 ⇔越中島端末 ・学外サーバー	2124.59	9591.51	3338.74	5593.20
越中島端末 ⇔品川端末 ・学外サーバー	5449.32	9730.51	4535.43	5174.15
回線状態	障害状態時			
	品川-SINET間			
	Down		Up	
品川端末 ⇔越中島端末 ・学外サーバー	7608.67	1413.74	6374.13	3474.35
越中島端末 ⇔品川端末 ・学外サーバー	7404.41	8376.43	4996.95	3313.47
回線状態	障害状態時			
	越中島-SINET間			
	Down		Up	
品川端末 ⇔越中島端末 ・学外サーバー	5604.06	8376.43	4105.78	3313.47
越中島端末 ⇔品川端末 ・学外サーバー	5249.70	8065.97	4134.84	5242.18

表 2：RTT 計測結果 (経路別平均) [ms]

回線状態	正常状態時				障害状態時					
	越→学外		学外→越		越中島-SINET間		キャンパス間			
	前	後	前	後	前	後	前	後		
品川端末 ⇔越中島端末 ・学外サーバー	3.8	1	5	4	4.6	2.2	7	5.4	3.4	1
越中島端末 ⇔品川端末 ・学外サーバー	5	1	5	4	4.8	1	6.6	5	4	1

表 3：障害切替りダウンタイム計測結果 [s]

通信区間	品川-SINET間		越中島-SINET間		品川-越中島	
	前	後	前	後	前	後
品川端末 ⇔越中島端末 ・学外サーバー	24	82	0	0	0	0
越中島端末 ⇔品川端末 ・学外サーバー	0	0	24	93	0	0

計測結果より、回線の高速化については良好であった。特に学内から外部に対しての遅延時間 (RTT) が大幅に短縮された。一方、障害時のルーティングの切替時間は、以前より時間が掛かるようになった。これは動的経路制御方式を OSPF から BGP と変更したため、計測結果は想定範囲内に収まっている。これらの結果より、冗長性の保持と、通信速度の向上のという目的を達したと評価できる。

### 6. まとめ

今回の SINET4 対応のための対外接続回線とキャンパス間接続回線の変更に伴う、ネットワークトポロジーやルーティング方式の変更において、これまでの対障害性等を実現してきた冗長性の保持とコストの大幅削減を、実現することができた。

東京海洋大学では 2 つのアドレスブロックをまとめて AS とし、SINET 側の AS と 2ヶ所のエッジルーターで接続している。SINET には海洋大 AS の接続情報とエッジルーター 2 台の IP アドレスを通知し、海洋大内部ではエッジルーター同士の経路交換により、片側が切断された場合でも外部との接続を維持するようになっている。今回、BGP を利用することで、学外への接続について外部に依存しない自律構成を得ることができたことは、現在 2ヶ所のキャンパスのみではあるが、対象が広がった場合でもこれを応用することで、最適なネットワーク構成を取ることが可能となるといえる。このことは、他の関連施設への拡張のみならず、他の組織への拡張など今後の発展の可能性を持つといえる。

### 参考文献

[1]平沼賢次,柳沼匠,清水悦郎: 対外接続の冗長化による対障害性の向上, 学術情報処理研究 No.15,pp.145-149,2011  
 [2]伊藤智博,高野勝美,田島靖久,吉田浩司: 災害時に備えた分散キャンパスによる情報基盤の整備, 学術情報処理研究 No.15,pp.005-011,2011  
 [3]八代一浩,大西康雄,二戸麻砂彦,中俣賢司,笹本正樹,岡裕人,林英輔: BGP 情報を用いたアプリケーションレベルのマルチホームを実現するシステムの構築, インターネット運用技術研究会シンポジウム 2002,pp.123-128,2003