

# 地域IXにおける人為的障害による耐災害性の検証

岡村 健志<sup>1</sup> 菊池 豊<sup>2</sup> 福本 昌弘<sup>2</sup> 豊永 昌彦<sup>1</sup> 佐々木 正人<sup>1</sup> 今井 一雅<sup>3</sup> 山田 覚<sup>4</sup> 風間 裕<sup>4</sup>  
一色 健司<sup>4</sup> 名和 真一<sup>4</sup> 高畑 貴志<sup>5</sup>

**概要:** ネットワークに障害が起こった際に想定通りに冗長性が機能するか、事前に規定したBCP通りに人的ネットワークが機能するのか、災害や障害が起こる前に机上で検討するのは限界がある。このため実際に障害を発生させて検証することが有効であると考えられる。しかしながら、運用中のネットワークにおいて実施するには多くの課題があり、現実的には実施が困難である。そこで今回、高知の学術組織で構成しているネットワークと運用者コミュニティにより、人為的に障害を起こすネットワーク防災訓練を実施したので、報告を行う。

## A Study of Disaster Registration Inspection by Intentional Faults to the Interconnected Networks with a Regional Internet eXchange

OKAMURA KENJI<sup>1</sup> KIKUCHI YUTAKA<sup>2</sup> FUKUMOTO MASAHIRO<sup>2</sup> TOYONAGA MASAHIKO<sup>1</sup>  
SASAKI MASATO<sup>1</sup> IMAI KAZUMASA<sup>3</sup> YAMADA SATORU<sup>4</sup> KAZAMA HIROSHI<sup>4</sup> ISSHIKI KENJI<sup>4</sup>  
NAWA SHIN'ICHI<sup>4</sup> TAKABATAKE TAKASHI<sup>5</sup>

### 1. 背景

インターネットを含むICT環境は生活にも業務にも不可欠になっており、特に近年、南海大地震等の災害に対する堅牢性の確保が重要になっている。各組織では事業継続計画(BCP)の整備が進み、災害時の対応の準備がなされている。また著者らは、地域IXを用いた高知学術ネットを構成することで、高知県内においてICT環境を堅牢にする活動を行っている [1][2]。

高知学術ネットは、各組織がキャンパス間接続やインターネット接続を行う際に、第2層(Ethernet層)や第3層(IP層)の接続構造が冗長になるようなネットワーク構成を作ることを目的としている(図1、図2)。これにより、一部の障害や事故に対する堅牢性を上げることが出来ており、地域IXの有効性に関する一つの証左となっている。

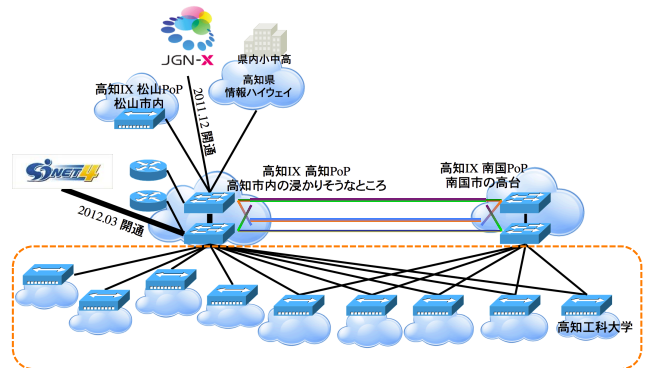


図1 高知学術情報ネットワークのL2構造

### 2. 課題と目的

しかしながら、現状では災害クラスの障害が発生したような状況には対応できない。それは以下の理由による。

- (1) 高知市中心部が被災すると県外との通信が不通となる可能性がある
- (2) 地域内でIPデータグラムが交換できてもDNSが機能しなくなる可能性がある
- (3) バックアップトランジット側の費用が過大になる可能

<sup>1</sup> 高知大学, Kochi University  
<sup>2</sup> 高知工科大学, Kochi University of Technology  
<sup>3</sup> 高知工業高等専門学校, Kochi National College of Technology  
<sup>4</sup> 高知県立大学, University of Kochi  
<sup>5</sup> 高知学園短期大学, Kochi Gakuen College

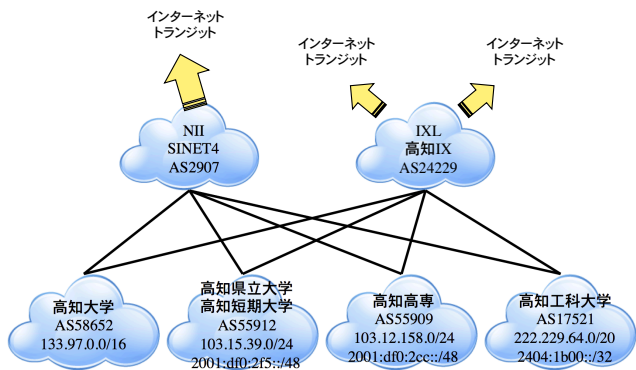


図 2 高知学術情報ネットワークの L3 構造

性がある

- (4) 検討個所が広範囲でかつ複雑な依存関係を持つため全体を把握できない可能性がある
- (5) 設計した耐障害性や策定した計画が災害時に適切に適用できるかを平時には十分に確認できない可能性がある。

このうち (4)~(5) は、各組織内各部署の ICT システムごとに対策を施し、通信ネットワークについては各層ごとに冗長性を検討して設計していたとしても、複雑に障害を起こした場合に全体として不都合なく動作するのか、総合的に試験を行うのが困難なこともあり確認を得難いという問題である。また、各組織で BCP 等の災害対策の準備をしても、被災時に総合的に機能するのか机上の検討だけでは確認を得難いという問題を持つ。加えて、検討対象が広範囲でかつ複雑な依存関係をもっているために、運用担当者毎に課題に対する認識もまちまちである。このため、どのような対策がどの問題を解決するのかと言った課題構造に置いて共通の認識をもち難いという問題もある。

そこで、

- 課題を持つ全体構造を運用担当者全員が共有できるようにすること。さらに個別に施した対策がどの部分に効果を与えるのかを可視化すること。
- ICT システムの耐障害性や災害時の運用計画の妥当性を平時に確認すること

を目的とし、以下の手法で堅牢性を高めるための実証実験を実施した。

- 運用担当者に対するヒアリングを行い、ロジックモデル手法 [3][4] を適用することで、問題構造を可視化する。また、これによりどういう対策がどういう課題に適用できるか検討し、BCP 等を策定している組織の場合は反映を試みる。
- 障害や災害のシナリオを作成し、事前の計画に従って人為的に障害を発生させる。これに対応する様子の記録を採り、機能や計画が正しく動いているかの確認を行う

### 3. 実施内容

前節での (4) および (5) について、具体的にどのような手法で実施したのかを述べる。

#### 3.1 ロジックモデルを用いた運用上の課題の分析および構造の可視化

まず、高知県内の 5 大学等のネットワーク管理者や東日本大震災経験者らに対して、災害時のインターネット通信に対する障害理由や有効な対策案についてヒアリング調査を実施した。運用担当の教員全員に対するヒアリングは、運用上で懸念を抱いている課題と、それがなぜ問題として認識されているかについてリストアップを行った。次に、各組織における活動環境を調査し、運用者が置かれている状況を調査した。

以上を元に、ロジックモデルを構築した。暗黙の事項の顕在化を実施するなどして課題の要素に対して依存関係を設定し、依存関係が循環構造を持たない様に半順序構造を決定する。半順序構造に対して、運用上で適用可能な措置を当てはめ、どういった措置がどのような運用上の課題を解決するのかを有向グラフにした。

この結果、「インターネット通信がつかまらない」「迅速にインターネット通信を復旧できない」の 2 点を最終アウトカムとするロジックモデルが構成できた (図 3)。

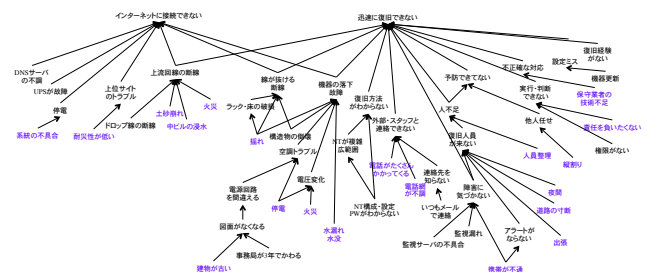


図 3 構成したロジックモデル

このロジックモデルをみてみると、問題構造は幅広い理由で構成されており、問題解決には多様な機能や対策が必要されることがわかった。ロジックモデルでは、17 の中間アウトカム (DNS サーバの不調など最終アウトカムに直接関連している問題)、20 の機能、それらの機能を持った 41 の対策を検討できた。検討した機能や対策は、図面管理・書類整理・予防体制・権限明確化など情報管理部門内部で対応できる範疇を超えていることが判明し、災害時のネットワーク保全のためには部門間またがった全学的な対応やタスクフォースによる対応が必須であることが言える。また、一部の機能については、対策を検討できていないことも判明した。

### 3.2 人為的な障害の発生による防災運用訓練

まず事前に、訓練を実施する日を決定した。これは利用者が影響をできるだけ受けたくないような日時とした。訓練参加者の調整により大学等の冬休みが終わる直前の早朝に設定した。つぎに、この日程や訓練の内容さらに想定しうる影響について組織のエンドユーザに対して周知を徹底した。後者について、関係する事務職員や一般ユーザにわかりやすいように「ネットワーク防災訓練」と称して実施した [5][6]。

このような訓練は経験者がいないため、今回は本格的な訓練を企画することはせず、2回目以降への経験を積むことができるような基本的な内容の訓練とすることにした。このため、防災訓練による影響を十分にコントロールできる様に、限定的な障害だけを発生させることとした。

なお、事前にいくつかのコミュニティに提示して意見を求めた。エンジニアの立場ではユーザが利用している運用ネットワークでこのような活動を行うのは障壁が高いという意見が多かった。また、発生させる障害の内容についてはあまりはっきりした要求はでてこなかった [7][8][9]。

#### 3.2.1 障害の内容

計画した障害の内容は以下である。

##### (1) リンク障害 (図 4)

光ファイバが断線したことを想定した障害で、実際は各組織を収容する地域 IX のスイッチの光インタフェースのコネクタを外して実施した。

##### (2) SINET4 障害 (図 5、図 6)

主たるトランジットとして利用している SINET4 に障害が発生したことを想定した。実際は地域 IX と SINET4 との相互接続点の光インタフェースのコネクタを外して実施した

##### (3) ノード障害 (図 7、図 8)

各組織を収容するコアスイッチが障害を起こす想定で、実際はスイッチの電源を落として実施した。

##### (4) 複合障害

(図 9、図 10)

災害によって複数の箇所が被害を受け、冗長な構成でも通信不能になるような状況を想定した。実際には各組織を収容する高知 IX の複数のスイッチの機能を手動で停止して行った。

#### 3.2.2 障害発生の結果

2014 年 1 月 6 日の早朝に人為的に障害を発生させ、想定通りに通信機能が維持されるかどうか、運用体制が御諷いできるかどうかを観察した。各障害は 05:00~09:00 の間の各 1 時間の間のどこかで発生するものとし、それ以上の具体的な発生時刻は事前に決めずに障害を発生させた。

各参加組織には管理者（教員と事務職員）とエンドユーザに相当する人員を配置し、システムからのアラートの発

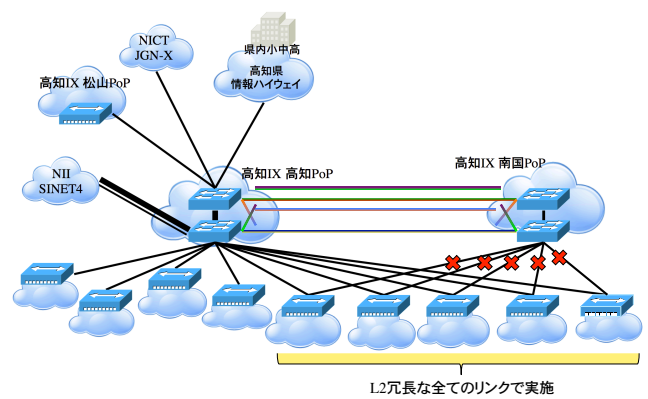


図 4 リンク障害 (L2)

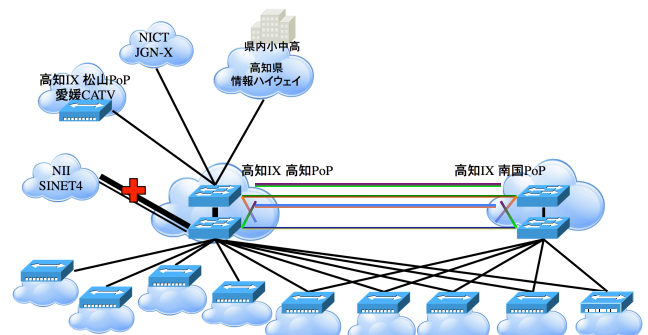


図 5 SINET4 障害 (L2)

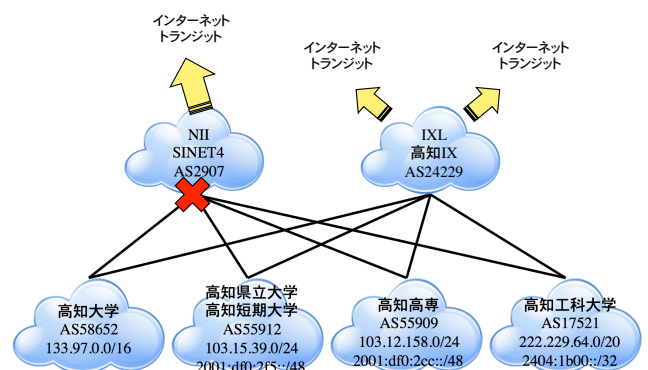


図 6 SINET4 障害 (L3)

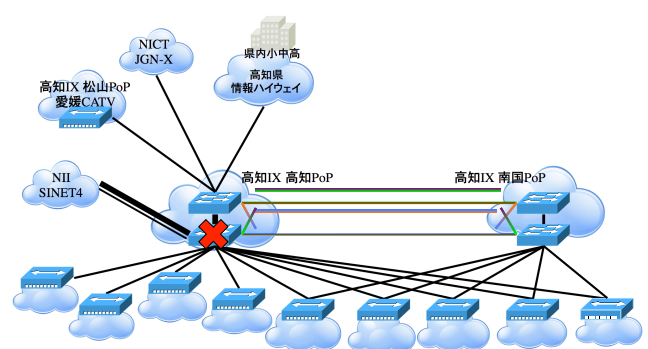


図 7 ノード障害 (L2)

生を監視すると同時に、ユーザの使い勝手の変化を観察した。

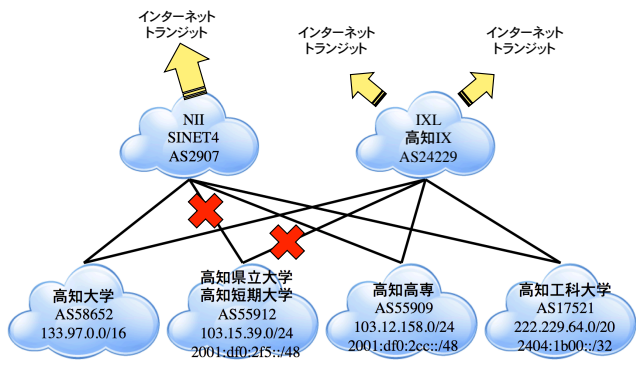


図 8 ノード障害 (L3)

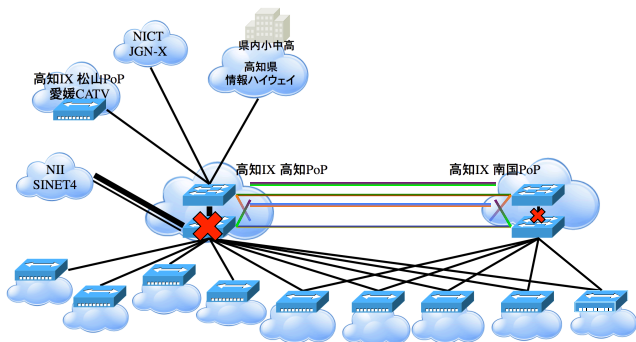


図 9 複合障害 (L2)

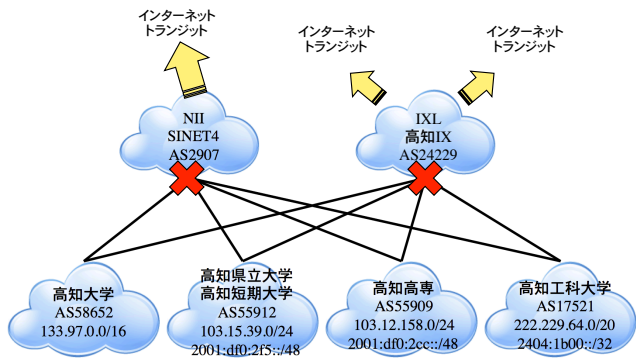


図 10 複合障害 (L3)

(4) 複合障害 (図 14)

大部分の組織で想定通り通信が不能となり、これに伴い管理者がBCPによる障害対応プロセスを実施できるかを確認できた。なお1組織のみ通信が維持され、さらなる冗長な構成を持っていることを参加者が正しく認識していないことが判明した。

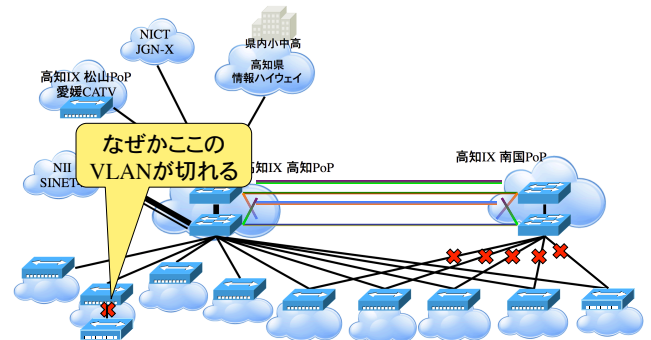


図 11 リンク障害実験の結果 (L2)

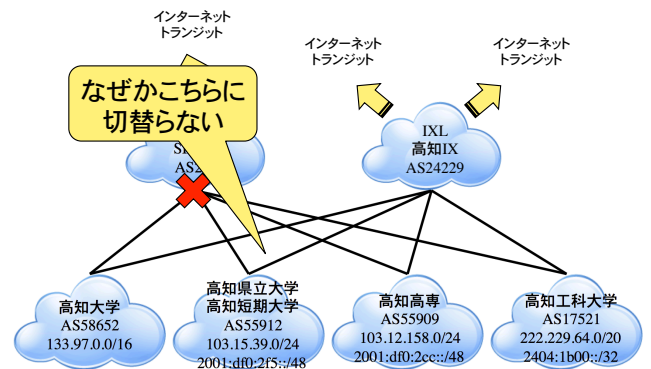


図 12 SINET4 障害実験の結果 (L3)

これにより以下が判明した。

(1) リンク障害 (図 11)

L2の冗長構成により、ユーザや監視システムには検知されずに通信を維持することが可能であることが確認できた。

(2) SINET4 障害 (図 12)

L3の冗長構成により、いくつかの組織は通信を維持することができた。ユーザや監視システムにはBGPによる経路変更が起こっている間の不通が検出された。さらに一部の組織では冗長トランジット側にうまく切替ることが出来なかつた。

(3) ノード障害 (図 13)

想定通りに、通信に障害が起こる場合とそうでない場合が発生した。

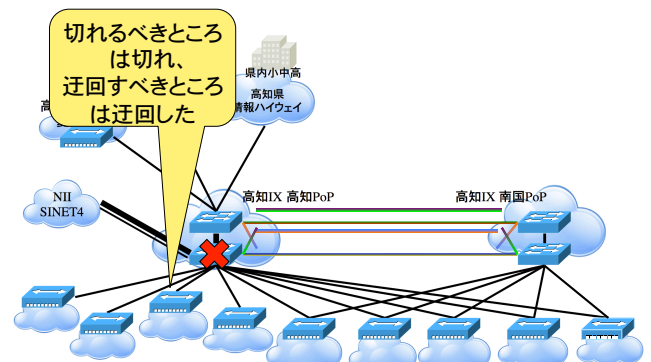


図 13 ノード障害実験の結果 (L2)

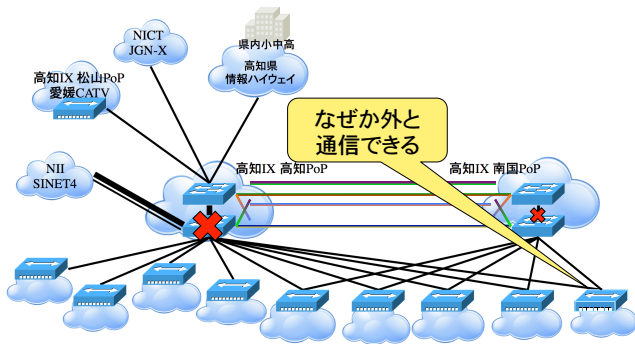


図 14 複合障害実験の結果 (L2)

#### 4. まとめ

運用の課題分析を行い可視化をしたことで、運用に携わる管理チームで課題を共有し、さらに現在抱えている課題の重要な点がどこにあるのかを認識しやすくなった。これは従前は暗黙になっていた事項が明示的に示されたということで、管理プロセスの改善に繋がると期待できる。

また、実際に障害を発生させることで、ネットワーク構成に対する認識の間違いや、ネットワーク設定上の不具合を発見することが出来た。これは独立した AS の集合として構成されるインターネットにおいてトラブルを未然に防ぐ有効な手段と考える。

今後は、よりロジックモデルを精査し、運用管理に携わるメンバーに有効なモデルにしていく。また、より広い範囲で人為的な障害を発生させて有効性を確認するとともに、他地域や国レベルでも訓練の実施を推奨する活動を行う所存である。

#### 謝辞

本プロジェクトの一部は総務省 SCOPE で「災害時に事業継続性を発揮する情報通信インフラのための運用計画改善手法および冗長化技術の研究開発 (受付番号: 132309010)」として支援を受けている。

#### 参考文献

- [1] 菊池 豊：高知学術ネットワークの構築，第 1 回地域間インターネットクラウドワークショップ in 佐賀 (2012)。
- [2] 菊池 豊：高知における丈夫なネットワークの構築について (2013)。高知学術情報ネットワーク運用開始記念【災害に備える地域 ICT インフラ技術シンポジウム】。
- [3] 岡村健志，菊池 豊，那須清吾：ロジックモデルを用いた地域 ICT の機能設計方法の提案，情報処理学会研究報告，No. 2011-IOT15-8 (2011)。
- [4] Okamura, K., Nasu, S. and Kikuchi, Y.: Proposition for a Functional Design Method of Regional ICT by Using a Logic Model, *Journal of Society for Societal Management Systems* (2012)。
- [5] 菊池 豊：ネットワーク防災訓練 ～怖くて誰も出来なかった訓練の実現～ (2014)。第 5 回地域防災情報シンポジウム @高知県立大学永国寺キャンパス。
- [6] 菊池 豊ほか：地域 IX で恣意的な障害を発生させること

による耐障害性の検証 (2014)。第 4 回地域間インターネットクラウドワークショップ @おきでんふれあいホール。

- [7] 菊池 豊：地域でなんとかする試み Part2 高知で地域 IX (2013)。JAIPA セミナー in 丸亀。
- [8] 菊池 豊：防災訓練！ 本当に切るとしたら何処を切りたい何を知りたい？ (2013)。裏ジャノ 2013 @ミクシィ。
- [9] 菊池 豊：高知学術系組織の高知 IX の利活用について (2012)。越後ネットワークオペレータズグループ第 17 回会合。