

地域情報化サイクル研究室の活動2013

菊池 豊*

(受領日：2014年5月17日)

高知工科大学地域連携機構連携研究センター
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

* E-mail: kikuchi.yutaka@kochi-tech.ac.jp

要約：地域情報化サイクル研究室は、地域情報化の円滑な推進手法を調査研究するのみならず、情報化のプロセスや進展による新しい地域のあり方を探求するものである。さらに近年は再生可能エネルギー関連活動を活発化させるべく活動範囲を広げている。本稿では10年目に入った2013年度の活動について報告する。

1. 再生可能エネルギー関連活動

再生可能エネルギーに関する活動の高まりと地域における大学の関与のあり方については過去の紀要¹⁾で述べた。

著者自身は小水力発電に強い興味をいだき、非営利団体の高知小水力利用推進協議会¹⁾で活動しており、事務局長に2012年に就任した。さらに同年、有志と共に地域小水力発電株式会社²⁾を立上げた。これは法人格のない非営利団体では、各種の事業の受け手や支援を行うのに支障をきたすためである。

1.1 高知小水力利用推進協議会

協議会ではおおよそ10kW未満の売電に至らない規模の案件を中心に、市民ベースでの活動を支援している。活動の状況やノウハウの提供については外部発表を通して活発に行なっている²⁻¹³⁾。

この他、大学の講義¹⁴⁾や高校の授業の教材¹⁵⁾としても利用している。さらに、広くICT関係者にも理解を深めるための活動を行った¹⁶⁻¹⁸⁾。これは著者世代のICT研究者や技術者には一般に知識や経験のベースに電気系の素養があり理解が早いことや、電気通信事業の開放が日本ではこの四半世紀に起こっており、これから進んでいくであろう電気事業の開放政策とのアナロジーが強いことがある。

1.2 地域小水力発電株式会社

ベンチャー事業会社では非営利団体のターゲットとは異なり、売電クラスの規模で支援事業や調査事業を実施している。ここで売電クラスとは、低圧

(200V)の系統連系においては50kWクラス、高圧(6600V)の系統においては主に200kWクラスの水力発電事業を指す。

会社の目的としては直接発電事業を行うことを目指しているのではなく、地域住民が主体となって事業を興す際に、地域住民だけでは解決が困難な以下の様な支援を行うことを目的としている。

- 可能性調査
- 主体組織形成
- 資金調達
- 設計・構築支援
- 運用・利活用支援

これまでに以下の委託事業を受注し、高知県を中心とするいくつかの適地に対しての事業形成について検討を行った。

- 資源エネルギー庁平成24年度「新エネルギー等共通基盤整備促進事業（再生可能エネルギー発電を通じた地域活性化モデル開発支援調査事業）」：小水力発電SPVの設立運営を地域住民主体で可能にするモデルの構築
- 環境省平成24年度地域主導による再生可能エネルギー導入のための緊急支援事業
- 資源エネルギー庁平成25年度「新エネルギー等共通基盤整備促進事業（再生可能エネルギー発電を通じた地域活性化モデル開発支援調査事業）」：地域資源〈住民・水・薪〉をローエミッション・ローテク・ローカルで地域再生の原動力とする地域モデルの実証

¹⁾<http://www.kochi-shp.org/>

²⁾<http://www.communalhydro.com/>

2. 地域指向ネットワーク技術

これまで当研究室は、地域における情報通信インフラについて地域IXの利活用を含めて活動して来ている。

著者は福本昌弘教授とともに、四国地域や高知地域における学術目的の情報通信インフラを検討してきた¹⁶⁾。この結果、2011年末に高知県内高等教育機関による高知学術情報ネットワーク連絡会が設立された。この会では、高知県内の高等教育機関のJGN-XおよびSINET4利用を含め、地域内で全ての組織が接続されて業務や研究活動に適したインフラを構築する検討が進められ、現在は4つの大学と高専が高知IXにつながる構造を構築している¹⁹⁻²²⁾。

地域IXにつながることでL2やL3の冗長性を確保できるようになった。しかしながら、以下の理由によりまだ十分とはいえない。

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

我々はこれらを解決するための研究開発プロジェクトを立ち上げTEReCo4 (Traffic Engineering for Regional Communities, version 4) と命名した。

2.1 課題

上に述べた課題はおおよそ以下である。

1. 高知市中心部が被災した場合の課題
地域外へのトランジット回線を複数通信キャリアを用いて冗長にしている、トランジット回線を収容する大手通信キャリアの拠点がどれも高知市内中心部を経由すると想定できるため、高知市内が被災した場合に全断となる状況が起きやすいと考えられる。
2. DNSの課題
DNS (Domain Name Server) の基本動作上、地域内でDNSサーバが正常に稼働していて、アクセスが可能な状態であっても、ルートDNSサーバから始まるドメイン名ツリーの権威サーバにアクセスできないと、再帰検索が出来ずに全体としてURLやメールアドレスのドメイン検索が失敗する。このため、Webや電子メー

ルを使う一般ユーザにとっては事実上機能不全状態になると想定される。

3. バックアップトランジットの費用の課題
バックアップ側のトランジットの伝送速度を固定で確保しておくときから費用がかかる。しかしながら、従量課金にしておくとき主トランジット回線の障害が長引くと課金が過大になるという問題がある。
4. 事業継続性の課題
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。

2.2 目的と解決手法

上述の課題に対して以下の目的と手法を持って解決を試みる。

1. 地理的に高知市内を経由しない通信路を含めた、県外への冗長なインターネットトランジット接続の確保を行う
地理的に経路が判明している光ファイバを用いた伝送路を複数準備して、県外トランジッタとBGP接続する。通信キャリアの伝送路等で、地理的な経路が判明しない場合や、経路がキャリアの都合で変更になるような場合はこれに含めない。
2. インターネットトランジットが完全に失われた場合でも機能するDNSシステムを構成する
インターネットトランジットが失われ、通常のDNSルートサーバやドメイン名ツリーの各権威サーバに到達できない状況において、仮想的な権威サーバに接続する、冗長なサーバにアクセスできるようにする、等の手段を用いてDNSクエリが失敗しないようにする。
3. 平時および障害時のどちらでも妥当な範囲に経費を押さえることの出来る冗長構成を提供する技術を実現する95パーセント課金方

式を前提に、バックアップ用トランジットトラフィックが95パーセントに計算に影響を与えない様に、トラフィックを自動で絞るようにする。

4. 課題が持つ全体構造を運用担当者全員が共有できる様にし、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
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を適用することで、問題構造を可視化する²³⁾。また、これによりどのような対策がどのような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。
5. 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
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。

2.3 成果

以下の2013年度の成果が出ている。なお後二者については岡村健志助教(当時)が主に主導したもので、総務省への研究報告書から引用している。

2.3.1 高知市中心部を経由しない県外通信路

まず、通信キャリア等の光ファイバを調査し、高知市内を経由せずに県外への通信系を構成できるものを検討した。

一般に通信事業者はダークファイバの状態に貸し出すサービスについては相対での検討となる。設備の場所は公開されておらず、L2サービスに対して収益性の低いファイバ貸しは嫌がる傾向にあるので不適當と判断した。おおまかな情報が公開されているのは電力事業者と国土交通省であり、通信事業者相手に情報を公開しているのがNTT東西である。このうち、NTT東西については都道府県内に収まる光ファイバについてはタリフによる貸し出しであるものの、県間は入札であり費用が高くなる。電力会社の光ファイバについては貸し出しの調査にかかる費用が請求され、予算と時期をあらかじめ想定することが困難である。よって現状では、県間を越えて調達するには国土交通省の光ファイバがもっとも扱いやすいとの結論になった。

次に、国交省のファイバを用いた先でトランジットを提供できる事業者を検討した。瀬戸内海のCATV事業者は自設網による映像/IP伝送網を持っており、これらに参加するCATV事業者に接続することで、さらに先のL2リンクやL3トランジット接続が技術的には容易に可能である。これらの事業者の

中で高知IX南国PoPに最も近いのが池田ケーブルネットワークである。これにより、今回は、国道32号沿いのファイバを用いて、高知IX南国PoPから徳島県の池田CATVに至るリンクを構成することとした。国交省との協議やNTT西日本への調査を経て、以下の構成とした。

- 高知IX南国PoPから国道32号のハンドホールまではNTT西日本のダークファイバ
- 国道32号領石交叉点において、NTT西ダークファイバと国交省ダークファイバを相互接続
- 領石交叉点より国交省池田国道維持出張所までが国交省ダークファイバ
- 出張所より池田ケーブルネットワークまでは池田ケーブルネットワークのダークファイバ

池田ケーブルネットワークは国道の道のりで70km程度であり、光接続コネクタも含めた全体の減衰が25~35dBと見積り、41dBの損失許容があるCWDM対応のSFPを用いることとした。なお波長は1470/1490nmを利用した。

池田ケーブルネットワークから先、四国中央テレビまでのL2リンクの確保の方法と、さらに先の愛媛CATVまでのL2リンクの確保の方法について、各事業者との調整を進めた。池田ケーブルネットワークと四国中央テレビの間には自設の光ファイバがあるものの、余剰芯線がない状況であったため、CWDM装置を入れてもらい、2波長の光を通してもらうことで了解を得た。これは来年度に双方を接続するのに用いる。四国中央テレビから愛媛CATVまではL2リンクに余剰帯域があるため、来年度に帯域の一部を使わせてもらうこととしている。

国土交通省光ファイバの利用の手続き、池田CATVとの接続に関する協議、高知県南国市での32号での工事に伴い利用する電柱の利用許可および私有地占有手続きを進め、3月18日にL2リンクが完成し、その上でIPデータグラムが交換できることを確認した。1550nmの試験では、OTDRでは24dBの、パワーメータによる実測値で31dBの減衰であった。

2.3.2 インターネットトランジットが途絶しても機能するDNS

DNSは名前解決プロセスの先頭でルートサーバにアクセスする。このため、インターネットへの到達性が途絶すると名前解決が全くできなくなってしまう。この状況においては地域内でIP到達性があってもFQDNやURLを使えなくなり、一般ユーザに取っては事実上全く利用不能になる。

日本のインターネット黎明期には全てのドメインが必ずしも海外にIP到達可能ではなかった。このため、到達性の有無によりアクセスできるDNSコンテンツが変わるような手法が用いられた時代があった。これは出版されていないドキュメント（ネームサーバとその設定について（第1.5版）高田広章）に記載されている。これを地域に応用することを検討した。当時のversion4系列のBINDでの実施例があるものの、この技術は永く継承されておらず、現在のversion10系列のBINDで構成する手法を検討した。

この手法を実現・検討するために、まず地域内の各組織が権威サーバを互いに持ち合う構造が必要であり、組織内に物理的に設置してあるサーバ上に仮想サーバとしてDNSサーバを立ち上げて相互に権威サーバを保持するような構造を構築した。

この他、上述の手法の他に、ルートサーバを模倣するサーバを地域内に設置して地域外には公開しないような手法を検討している。非常に長いAS-PATHの先にサーバがあるような経路制御を設定し、外部との接続が切れた際には事前に準備してあるサーバにAnycast的に到達するような手法をとることを検討している。

2.3.3 低コストでバースト通信を許容するバックアップ用リンク機能

基本特許をどう実装するかを検討を行った。ルータのメーカーや機種からの依存性を減少させるため、トラフィックデータをSNMPで、設定の投入をSSH上のNetConfで行う設計として基本機能の実装をした。管理用画面の設計と基本機能とのAPIの設計・実装を行った。実験室レベルでトラフィックデータとして高知IXの実際のものを利用し、トラフィック制御対象に実験用ルータを用いて、想定通り動作することを確認した。

2.3.4 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。その結果をロジックモデル構築経験者らによって、ロジックモデルを構築した後、ロジックモデルをフィードバックし改善を試みた。また、高知県内の5大学等のネットワーク管理者にロジックモデルを提供し、各機関での対策の実現性について検討頂いた。その結果、「インターネット通信が繋がらない」「迅速にインターネット通信を復旧できない」を最終アウトカム

とする2つのロジックモデルを構築した。

ロジックモデルをみてもみると、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も明らかで、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ろう。また、一部の機能については、対策を検討できておらず、今後は高知県内の5大学等以外からも意見を募りロジックモデルを充実させることが必要であろう。

2.3.5 人為的な障害の発生による防災運用訓練

本年度の防災運用訓練では、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た。前述の問題構造から訓練計画を立案した。防災訓練では、上位サイトや回線にトラブルが発生した場合、各機関が障害発生に気づけるか、あるいは設定通りに冗長回線に切り替わるかなどを検証した。その結果、いくつかの想定外の結果が得られた。これをそれぞれの運用機関において改善を図ってもらうようフィードバックできた。

このように、ロジックモデルに従って防災訓練を実施することで、各機関の耐災性を部分的に検証することができた。また、冗長リンクに切り替わらない、切断されないなどの想定外の事態を引き起こした原因も追及することができた。あらかじめこのような問題を解決できたことは大変有用であろう。

なお本訓練を実施するにあたり、どのような実験が望まれるかの希望をいくつかの管理コミュニティで募った^{21,22,24)}。しかしながら、あまり有益なコメントが得られず、ロジックモデルで検討した内容に限定して実験を行った。

今回の成果は広く運用コミュニティに提供し、より本格的な防災訓練に拡張していきたいと考えている^{25,26)}。

謝辞

これまで多くの地域連携や研究を行ってきた岡村健志助教が、この4月より高知大学に移籍しました。今後は同大の地域連携推進センターの地域コーディネータを担う特任講師として、地域貢献に関わることになりました。これまで苦楽を共に出来たこ

とを感謝すると同時に、新天地でのご活躍を祈念すると共に、今後も変わらぬコラボレーションができることを楽しみにしております。県内事業者とライブカメラコンソーシアムを立ち上げ、その活動の成果として出願した特許が成立したのが良い記念となりました²⁷⁾。

TEReCo4 プロジェクトは総務省 SCOPE より「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）」として研究開発の一部の費用の助成を受けています。

文献

- 1) 菊池豊, “地域情報化サイクル研究室の活動 2011.” 高知工科大学紀要, 2012.
- 2) 菊池豊, 古谷桂信, 篠和夫, “高知小水力利用推進協議会の主な活動～2011 年度～.” 公開シンポジウム『関西でも小水力発電を！』, 2012.
- 3) 菊池豊, 篠和夫, “高知の小水力発電と産官学民地域連携.” 四万十・流域圏学会予稿集, 2012.
- 4) 菊池豊, “再生可能エネルギーの展望と ICT が地域で果たす役割.” 情報処理学会研究報告, No. 2012-IOT17-24, 2012.
- 5) 菊池豊, “小水力発電と地域の環境整備の考え方.” 公開シンポジウム『森からの恵み、自然エネルギー』, 2013.
- 6) 菊池豊, “小水力発電と地域再生の考え方.” スマートコミュニティセミナー in 松山, 2013.
- 7) 菊池豊, “小水力発電でビジネスを…できるかな.” 第 3 回新エネ産業交流会, 2013.
- 8) 菊池豊, “小水力発電と地域再生の考え方.” 木頭村セミナー, 2013.
- 9) 菊池豊, “高知小水力利用推進協議会～活動ご紹介～.” 高知小水力利用推進協議会セミナー, 2013.
- 10) 菊池豊, “農家での ICT 利活用と田舎での小水力発電～持続可能な地方経済に向けて高知県での事例から～.” 愛生館セミナー in 札幌市, 2013.
- 11) 菊池豊, “高知小水力利用推進協議会のプロジェクト形成.” 流域圏学会発表原稿, 2013.
- 12) 菊池豊, “地域での小水力発電事業の進め方.” 岡山県小水力利用推進協議会勉強会, 2013.
- 13) 菊池豊, “高知小水力利用推進協議会.” 四国地域エネルギーフォーラム 2014 小水力発電セッション, 2014.
- 14) 菊池豊, “高知工科大学白熱教室.” 平成 25 年度現代科学の最先端／理工学のフロンティア, 2013.
- 15) 菊池豊, “小水力発電と地域活性化.” 土佐塾高校 SPP in 高知工科大学, 2013.
- 16) 菊池豊, 福本昌弘, “再生エネルギー指向の地域 ICT プラットフォーム構想, 2011.” アカデミッククラウドシンポジウム 2011@北海道.
- 17) 菊池豊, “地域でなんとかする試み Part1 小水力発電.” JAIPA セミナー in 丸亀, 2013.
- 18) 菊池豊, “地域の価値を増やす試み～小水力発電～.” 第 33 回 ITRC 研究会, 2013.
- 19) 菊池豊, “高知学術ネットワークの構築.” 第 1 回地域間インタークラウドワークショップ in 佐賀, 2012.
- 20) 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.” 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】 , 2013.
- 21) 菊池豊, “高知学術系組織の高知 IX の利活用について.” 越後ネットワークオペレータズグループ第 17 回会合, 2012.
- 22) 菊池豊, “地域でなんとかする試み Part2 高知で地域 IX.” JAIPA セミナー in 丸亀, 2013.
- 23) Kenji Okamura, Seigo Nasu, and Yutaka Kikuchi, “Proposition for a functional design method of regional ICT by using a logic model.” Journal of Society for Sociel Management Systems, 2012.
- 24) 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？” 裏ジャノ 2013 @ ミクシィ, 2013.
- 25) 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～.” 第 5 回地域某再情報シンポジウム@高知県立大学永国寺キャンパス, 2014.
- 26) 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.” 第 4 回地域間インタークラウドワークショップ 2014 @ おきでんふれあいホール, 2014.
- 27) 岡村健志, 菊池豊, 西村俊夫, “カメラ映像配信システム, 2014.” 特願 2010-195192, 特許第 5453691 号.

RICT Center Annual Report 2013

Yutaka Kikuchi*

(Received: May 17th, 2014)

Research Collaboration Center, Kochi University of Technology,
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782-8502, JAPAN

* E-mail: kikuchi.yutaka@kochi-tech.ac.jp

Abstract: This paper reports the activities of RICT Center of KUT in FY 2013. The purpose of the center is how to deploy the growth cycle of information communication technologies in regional areas. The major of the center is not only methods that make deployment smooth but also what regions should be in the result of the deployment.