

大規模災害に備えたキャンパス情報ネットワークの構築

Construction of the Campus Information Network for a Large-scale Disaster

青木 謙二*, 園田 誠*, 黒木 亘*
Kenji AOKI*, Makoto SONODA*, and Wataru KUROGI*

宮崎大学*
University of Miyazaki

大規模な災害が発生した場合、大学は教職員および学生の安全確保、地域住民の避難、大学や地域の復旧・復興に大きな役割を果たさなければならない。そこで重要となるのが、いかにして外部の情報を入手するかということであり、このためにはネットワークが重要である。本学では、大規模な災害が起こり一部の回線が断たれ場合であっても、ネットワークの通信機能を維持するために、学外接続回線の二重化および異経路化、キャンパス間回線の有線および無線による二重化、衛星回線の利用によってキャンパス情報ネットワークを冗長化し、耐災害性の高いネットワークを構築した。

キーワード : 大規模災害, キャンパスネットワーク, 冗長化, 耐災害性

When a large-scale disaster occurs, the university must ensure the safety of staffs, students and neighboring inhabitants. In addition, the university must play a big role in a university and regional restoration. Therefore it is important how you obtain outside information. A network is necessary for this purpose. We must keep the communication facility with the outside even if a large-scale disaster occurs. We made a campus information network redundancy and built the high disaster-resistant network.

Keywords: Large-scale Disaster, Campus Network, Redundancy, Disaster Resistance

1. はじめに

近年、日本においては1995年の阪神・淡路大震災、2011年の東日本大震災を経験したことから、防災意識が高まり災害への備えの重要性が再認識されるようになってきている。宮崎においても、過去に何度も日向灘地震が起こった歴史を持ち、今後も30年以内にマグニチュード7.6規模の日向灘地震が発生する確率は

10%程度と言われている¹⁾。さらに、最も警戒している地震が南海トラフ巨大地震である。マグニチュード8-9クラスの地震が70%程度の確率で30年以内に発生する可能性が指摘されている²⁾。このため宮崎では、地震およびこれに起因する津波の災害に対する備えを地方自治体や企業では検討しており、大学においても例外ではない。

大規模な災害が発生した場合の大学の役割としては、まず教職員および学生の安全の確保と無事を確認しなければならない。そのために、近年ではほとんどの大学で安否確認システムの導入が行われている。また、教職員・学生の

*情報基盤センター
〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1
Information Technology Center
〒889-2192 1-1, Gakuenkibanadai-nishi,
Miyazaki, JAPAN
E-mail : aoki@cc.miyazaki-u.ac.jp

安全を確保すると共に、大学周辺の住民に対しても避難場所の提供や支援を行わなければならない。さらに、震災の混乱から落ち着いた後にも、大学や地域の復旧・復興に大きな役割を果たすことが期待されている。そこで、震災発生直後から復旧・復興に至るまで重要となるのが、いかにして外部の情報を入手するかということである。外部の情報を速やかに入手し、孤立を防ぐことが避難者の不安を取り除き、早期の復旧・復興を図ることにつながる。東日本大震災の際にもインターネットから得られた情報が重要な役割を果たしたことが知られている。

さらに、近年クラウドサービスの利用が推進され、大学においても多くの情報サービスでクラウドを利用するようになってきた。クラウドサービスはネットワークを介して利用することが前提であり、ネットワークが途切れることにより学内業務が継続できないこととなる。このように、クラウドサービスがますます普及することにより、ネットワークの重要性はさらに大きくなっていく。

そこで本学では、大規模な災害が起こった場合であってもネットワーク回線ができるだけ断たれないキャンパス情報ネットワークの構築を行った。具体的には、学外接続回線の二重化および異経路化、キャンパス間回線の有線および無線による二重化、衛星回線の利用によってキャンパス情報ネットワークを構築した。

2. 大学の位置とネットワーク

2.1. 大学の位置

宮崎大学は宮崎市内の南方に位置し、中心市街地から 10km 程度離れた場所にある。木花キャンパスおよび清武キャンパスの 2 つのキャンパスから構成されており、その他、附属施設として附属学校園と 4 つのフィールドセンターがキャンパスより離れた場所にある。2 つのキャンパスは直線距離にして約 1.8km 離れており、比較的近い場所に位置している。木花

キャンパスは海拔約 22m、海岸からの直線距離約 9km、清武キャンパスは海拔約 30m、海岸からの直線距離約 10km に立地しているため、地震による津波の被害はほとんど受けないものと考えられる。

2.2. 大学の SINET 接続

宮崎県内の大学、高専、短大は宮崎地域インターネット協議会 (MAIS) という組織を構成し、MAIS のルータを介して共同で SINET4 に接続している。このルータは宮崎市街地のデータセンタ (MAIS-iDC) に置かれており、そこから SINET4 の接続ポイントがあるデータセンタ (SINET-iDC) までダークファイバで接続している。MAIS-iDC と SINET-iDC との距離は直線距離で数 100m 程度である。MAIS-iDC については、海拔約 11m、海岸からの直線距離約 3.2km、一級河川からの直線距離約 1.3km の立地であるため、直接的に津波を被ることはないと思われるが津波被害の影響を受ける可能性がある。

3. 学外接続回線

3.1. 学外接続回線の二重化

複数キャンパスで構成される大学では、その特徴を生かしてキャンパス毎にネットワーク回線を構築し、それらを冗長化する試みがなされている^{2),3)}。宮崎大学においても、木花キャンパスと清武キャンパスの 2 つのキャンパスがあるが、これまでは、木花キャンパスにある情報基盤センターからのみ宮崎市の市街地にある MAIS-iDC へダークファイバを使って接続していた。また、木花キャンパスと清武キャンパスのキャンパス間はダークファイバで接続されており、清武キャンパスからの学外接続は木花キャンパスを介して行われていた。この場合、木花キャンパスの学外接続回線が断たれた場合、清武キャンパスからの通信も途絶してしまう。そこで、清武キャンパスからも学外接続回線を引くこととした。これにより、学外接

続回線の接続ポイントが二重化され、学外接続を冗長化することができる。

学外接続回線の冗長化に用いた機器構成の概要を図 1 に示す。学外回線を冗長化するために導入した回線および機器を図中の破線で示した。MAIS-iDC の L2 スイッチと各キャンパスのルータ (Cisco 社製 ASR1002-X) を、メディアコンバータ (図 1 中 M) を介して異経路化したダークファイバで接続した。各経路のダークファイバは 2 芯を使ってそれぞれさらに冗長化されている。学内のネットワークはルータの下に L2 スイッチ (Cisco 社製 Cytalysis2960-X) を置き、ファイアウォール (図 1 中 FW) を介して学内に接続している。キャンパス間接続は L2 スイッチ Cytalysis2960-X をダークファイバで接続することにより行っている。

また、図 1 の網掛した部分を OSPF (Open Shortest Path First) 化することにより、MAIS-iDC—清武キャンパス—木花キャンパスのルーティング情報の更新を速やかに、いずれかのネットワークが切断した場合には、

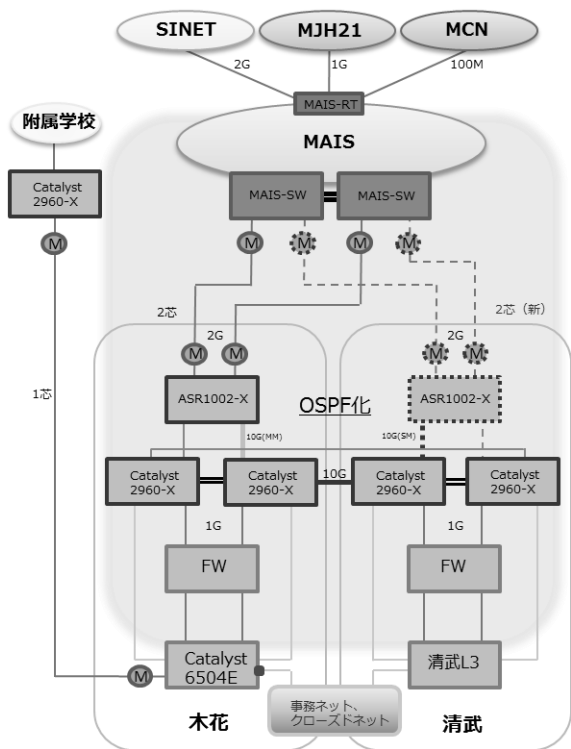


図 1 学外接続の機器構成

自動的かつダウンタイムを最小限にして経路切り替えを行える構成となっている。通常は、各キャンパスと学外の通信は各キャンパスの接続ポイントを使って学外接続し、キャンパス間の通信はキャンパス間回線を使って通信するようにルーティングしている。

以上により、学外回線のどちらかの経路が断たれた場合でも、キャンパス間回線を介してどちらかの接続ポイントから学外の通信を行うことが可能となった。



図 2 学外接続回線の各キャンパスからMAIS-iDC までの経路

3.2. 学外接続回線の異経路化

学外接続ポイントを二重化してもデータセンタまでの回線経路が重複しては、災害により途中で電柱が倒れるなど被害が発生した場合は結局、学外接続が途絶えてしまう。そこで、回線の経路を木花キャンパスと清武キャンパスでは異なるようにした。

図 2 に各キャンパスと MAIS-iDC までのダークファイバの経路を示す。実線で示した経路が清武キャンパスからの経路、破線で示した経路が木花キャンパスからの経路である。背景の地図はセキュリティ上、詳細な場所の特定を避けるため不鮮明にしてある。2つの経路が途中、非常に近づくところがあるものの、ほぼ異なる経路にすることができた。

4. キャンパス間接続回線

4.1. キャンパス間無線回線

次にキャンパス間接続の冗長化を行った。図 1 の中央に示すように、キャンパス間接続は通常ダークファイバを使って L2 スイッチ Cytalysis2960-X 間で接続されているが、災害により地上回線は断線する可能性がある。そこで、無線を使ってキャンパス間を接続することにした。無線 LAN では長距離であっても見通しさえよければ 2 点間に機器を設置するだけで通信が可能となり、低コストで構築できるネットワークである 4),5)。

無線機器には免許不要の 25GHz 帯小電力データ通信装置(株)日立国際電気製 SINELINK 2) を使用した。図 3 に無線装置の設置状況を示す。20cm 四方の指向性の高いアンテナであり、カタログスペックでは最大スループット上り 18Mbps/下り 18Mbps で最長 2.5km 程度の伝送距離の性能を持っている。この装置を木花キャンパスと清武キャンパスのそれぞれ最も高い建物である教育文化学部本館西および附属病院棟の屋上に設置した。図 4 は木花キャンパスに設置した無線装置から清武キャンパスを望んだ写真であるが、間に高压送電の鉄



図 3 キャンパス間無線装置の概観



図 4 無線装置とキャンパスの関係

塔が見えるものの、清武キャンパスを見通すことができ、問題なく通信ができた。図 5 にキャンパス間無線接続に使用した機器構成の概要を示す。各建物からネットワーク機器のある情報基盤センター(木花キャンパス)および医療情報部(清武キャンパス)へはメディアコンバータ(図 5 中 MC)により光回線に変換され、スプライシングボックス(図 5 中 SPB)を介して延伸され学内ネットワークに接続される。また、木花キャンパス側においては商用電源が途絶えた場合に備え無停電電源装置(図 5 中 UPS)を設置した。清武キャンパス側は病

院用自家発電設備からの電源供給が可能な電源コンセントを使用した。

キャンパス間通信の経路変更プロセスは以下のようになる。通常、キャンパス間の通信は各キャンパスの L2 スイッチ（図 1 中 Catalyst2960-X）を結ぶ 10Gbps 地上回線（図 1 中央 10G）により行われている。この回線が途絶した際には、まず MAIS-iDC 経由の経路（図 1 木花 Catalyst2960-X－木花 ASR1002-X－MAIS-SW－清武 ASR1002-X－清武 Catalyst2960-X）に切り替わる。さらに、この回線が途絶した場合は、木花 Catalyst2960-X－清武 Catalyst2960-X間を接続する無線回線に切り替わる。これは Catalyst2960-X の FlexLink 機能により、スイッチのポートがダウンしたことを検知して自動で切り替えが行われる。通常では、10Gbps の回線を使ってキャンパス間接続を行っており、最大スループットが 18Mbps の無線回線では滞りなく通信を

行うことができるか不安であったが、実際に設置後、接続テストを行ったが問題なく通信を行うことができた。

4.2. キャンパス間回線入線ポイント

キャンパス内に引き込むダークファイバには、学外接続回線とキャンパス間接続回線の 2 種類がある。一般的にはどちらも同一業者から借用しているものであれば、同じ位置から回線を引き込むが、入線ポイントが同じであるため、災害が発生し入線ポイントが崩壊した場合は 2 種類の回線が同時に途絶してしまう。そこで、このリスクを減らすために、学外接続回線とキャンパス間接続回線のダークファイバの入線ポイントを異なるポイントから入線するようにした。これによっても、学外接続とキャンパス間接続が同時に途絶するリスクを軽減できる。

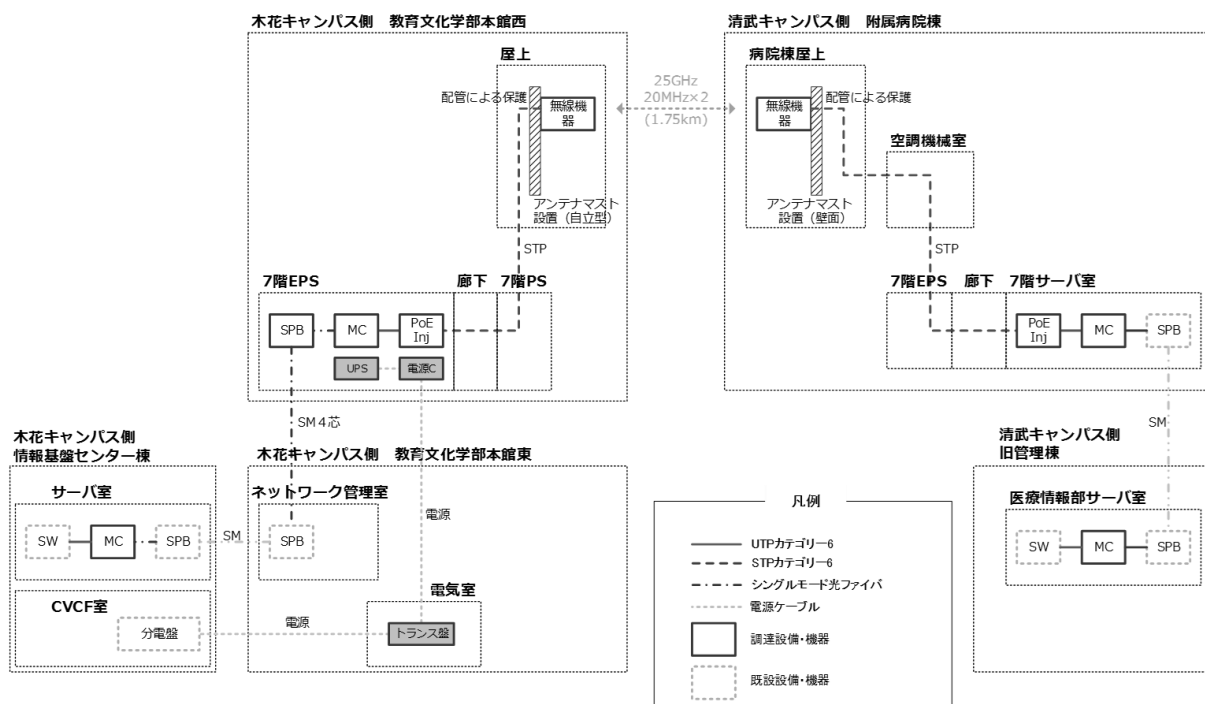


図 5 キャンパス間無線回線の機器構成

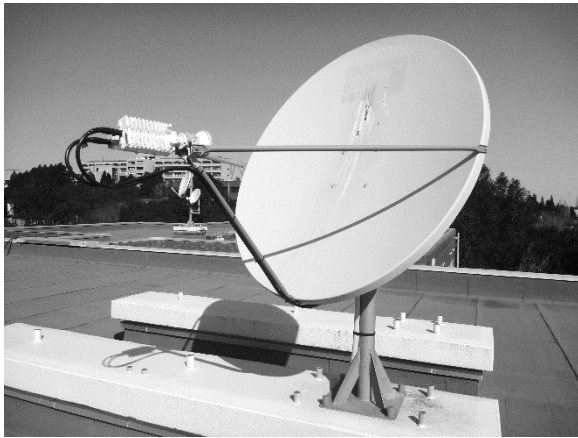


図 6 衛星インターネット回線のパラボラアンテナ設置外観

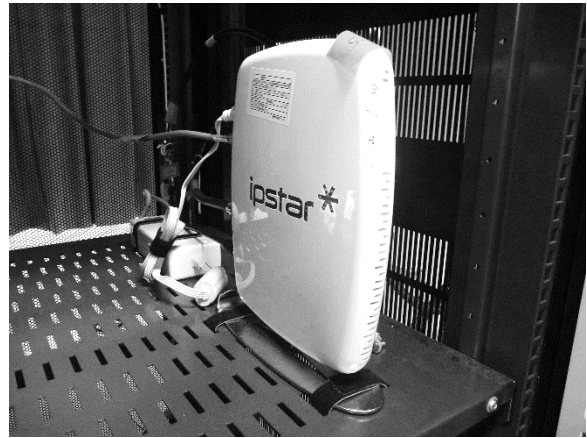


図 7 衛星インターネット回線のモデム装置外観

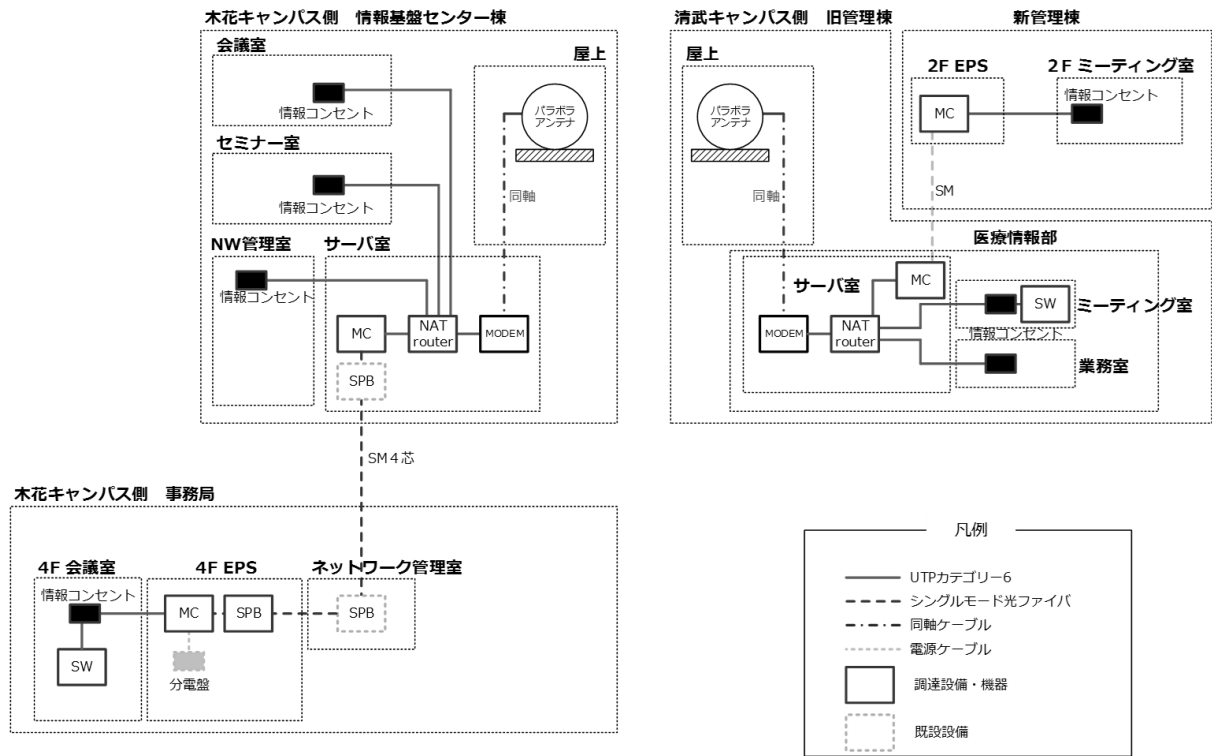


図 8 衛星インターネット回線の機器構成

5. 衛星回線

宮崎市街地のデータセンターの倒壊や途中経路の崩落などにより地上回線が途絶えた場合、大学はネットワーク的に孤立してしまう。そこで、地上回線が全て途絶えた場合でも最低限の学外との通信が行えるように人工衛星を使ったインターネットを利用することにより外部

とのネットワークを確保した。衛星インターネット回線は、ほぼ日本全土が通信圏内となっており、地理的条件に制限されにくい回線として地上回線が使えない場合に利用されている⁶⁾。

衛星インターネットには IPSTAR 社の災害対策拠点や避難所など、災害時のみの利用を想定したパッケージプラン「IPSTAR BCP」を利

用した。このプランでは、初期費用（衛星通信機器、設置費用を含む）のみで5年間利用でき、平常時は最低限の帯域が解放されており接続確認などは月額料金なしで利用できる。災害が発生するなどして他の通信回線が使えなくなった場合には、IPSTAR社に増速連絡をすることで下り4Mbps/上り2Mbpsの帯域が使えるようになる。

図6に設置した衛星インターネット回線のパラボラアンテナの概観を示す。これは120cm径のパラボラアンテナと衛星通信モデムがセットになっている。この衛星インターネット装置を清武キャンパスと木花キャンパスそれぞれに設置した。この回線は利用用途として単にインターネットに接続するためのものであり、通常の大学業務を行うことは想定していない。安否確認システムなどのホームページを見る、学外のメールサービスを使うなどの大規模災害時に必要な限られた用途に使用することを考えている。したがって、通信帯域も必要最小限としているが、場合によっては一時的に帯域を拡張することもできる。図8に衛星インターネット回線の機器構成の概要を示す。衛星通信モデムからNATルータを介して各部屋の情報コンセントに接続されている。衛星インターネット装置を設置した建物とは別棟の場所には光ファイバを使用して延伸した。この回線を利用できる場所は限定しており、災害時に発足される大学の危機管理対策本部が使用する可能性が高い部屋（情報基盤センター会議室、事務局大会議室、附属病院管理棟ミーティング室）にのみ配線した。

6. おわりに

全ての設備は電源が供給されることが前提となっているが、大規模災害時には商用電源の供給が断たれる可能性が大きい。そこで、木花キャンパスではこれらの回線設備と併せて自家発電機の設置を行った。これは、情報基盤センターのスイッチやサーバなどの主要な機器

を稼働させられるだけの発電容量を持ち、72時間動かし続けることが可能な燃料タンクを有する発電機である。発電機への切り替えには数分間かかるため、その間、給電できる定圧定周波装置(CVCF)も備えている。また、清武キャンパスは医学部および附属病院があるため、自家発電設備は既に整備されていた。このようにネットワーク回線の冗長化のみならず、電源の冗長化も災害に備える場合には必須である。

本論文では、大規模災害が起こった際に想定されるネットワーク被害に対処すべくネットワークの冗長化を行ってきたことを報告したが、実際には想定外のことが起こることも予想される。実際の災害に対してどの程度問題なく稼働するかは未知数である。また、様々な被害を想定すれば、さらに対応が必要であるが、実際にはいつ起こるともわからないものに多額の費用をかけることもできず、コストとメリットのバランスが難しいところである。今回整備したネットワークにおいても、キャンパス間無線回線と衛星インターネット回線はスタンバイ状態であり、日常的には使用していない。本設備は災害時に非常に有用であると考え、できる限り無駄なく使用するために、今後は、この回線を日常的にも有効利用できる仕組みを考える必要がある。

本論文のネットワーク構成は、本学の特有の例であり、キャンパス間が比較的近接している、キャンパス間の見通しが良い、異経路のダークファイバの提供がある、などの条件がそろったからこそ実現できたものである。これをそのまま他大学・他機関に適用することは難しいと思われるが、部分的でも参考になり、災害発生時に大学の社会的役割を果たすことに貢献できることを期待する。

参考文献

- (1) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：
<http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu>

/kyushu-okinawa/kyushu-okinawa.htm.

- (2) 江藤 博文, 大谷 誠, 廣友 雅徳, 松原 義継, 只木 進一: 可用性向上を目指した佐賀大学のネットワーク構成変更, 電子情報通信学会技術研究報告, ICM, 情報通信マネジメント, 113(23), pp.115-120, (2013).
- (3) 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, 15, pp.5-11, (2011).
- (4) 川邊 一郎, 長野 龍太, 鹿嶋 雅之, 佐藤 公則, 高橋 行俊: 長距離キャンパス間の無線 LAN 伝送特性, 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集 2006(0), pp.447-447, (2006).
- (5) 升屋正人, 青木謙二, 下園幸一: 国内最長の海上長距離無線 LAN 通信システムにおける電波伝搬特性, 大学情報システム環境研究, 15, pp.62-71, (2012).
- (6) 松浦 健二, 上田 哲史, 佐野 雅彦, 関 陽介, 松村 健, 八木 香奈枝: 徳島大学における情報システム BCP および非常時のワイヤレスアクセスラインの整備, 学術情報処理研究, 18, pp.99-107, (2014).

情報支援センター・技術職員, 2010 年 同大・情報図書部情報企画課・(兼)情報基盤センター・技術専門職員.

黒木 亘 2005 年 宮崎大学・工学部情報システム工学科 卒業, 2006 年 同大・情報広報係・事務職員, 2008 年 同大・総合情報処理センター・事務職員, 2008 年 同大・情報支援センター・事務職員, 2010 年 同大・情報図書部情報企画課・(兼)情報基盤センター・事務職員, 2013 年 同大・情報図書部情報企画課・(兼)情報基盤センター・技術職員.

著者略歴



青木 謙二 2000 年 九州工業大院・情報工学研究科・博士前期課程・情報科学専攻 修了, 2002 年 鹿児島大・工学部・教務職員, 2003 年 鹿児島大・学術情報

基盤センター・助手, 2007 年 同・助教, 2009 年 宮崎大・情報戦略室・講師, 2010 年 同・情報基盤センター・准教授, 専門は情報科学, システム開発, 博士 (工学).

園田 誠 1993 年 宮崎ビジネスコンピュータ専門学校 卒業, 1993 年 宮崎大学・情報処理センター・技術職員, 2003 年 同大・総合情報処理センター・技術職員, 2007 年 同大・