

首都圏近郊の大学における計画停電の影響と対策

小川 康一^{1,a)} 吉浦 紀晃^{1,b)}

受付日 2012年6月29日, 採録日 2012年12月7日

概要: 2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方を中心に大きな被害をもたらした。大震災によって、信頼していた通信手段であるインターネットや固定電話や携帯電話の利用に支障が出た。Webサーバが稼働せずに情報発信ができないことも問題となった。震源地から遠く離れた埼玉大学では、地震による直接の被害はなかったものの、その後のエネルギー問題に起因する計画停電などによって間接的に影響が出た。通常、停電への対応としては発電機の利用があるが、計画停電への対応を発電機で行うことは困難であった。そこで、埼玉大学ではデータセンターとVirtual Private Serverを活用することで計画停電に対応した。そのため情報基盤が停止することはなく、学生や教職員はメールやWebによる情報の伝達を継続することができた。このようなコミュニケーション基盤は大学のような教育機関だけでなく、企業や公共機関における安否確認や連絡手段の確保に重要な機能となっている。本論文では、埼玉大学における震災への対応、今回の震災から得た教訓、震災対策について述べる。

キーワード: 計画停電対応, データセンター, Virtual Private Server

Effects and Plans of Rolling Black Outs of University in the Metropolitan Area on Great East Japan Earthquake

KOHICHI OGAWA^{1,a)} NORIAKI YOSHIURA^{1,b)}

Received: June 29, 2012, Accepted: December 7, 2012

Abstract: The Great East Japan Earthquake, which occurred on March 11th 2011, caused significant damage around Tohoku region in Japan. The earthquake was detrimental to reliable communication means such as the Internet, land phones and mobile phones. The earthquake also caused unavailability of web servers; inability to put out information on the Internet became a serious problem. Saitama University is far from the epicenter of the earthquake and the damage at the university was small. However, the university was indirectly affected by rolling blackouts due to energy problems. One of the countermeasures of blackouts is to use power generators, but it is difficult to deal with rolling blackouts only by power generators. The university responded to rolling blackouts by Data Center and Virtual Private Server and could maintain communications among students and staff of the university via e-mail or web servers during blackouts. Maintenance of communication infrastructure such as e-mail or web servers is important for safety confirmation system and communication means not only at education institutions such as universities but also at corporations and public institutions. This paper describes the handling of the earthquake at the university and lessons from earthquake, and discusses earthquake countermeasures for information infrastructure.

Keywords: countermeasures against the rolling blackouts, Data Center, Virtual Private Server

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方を中心に大きな被害をもたらした。大震災によって、信頼していた通信手段であるインターネットや固定電話や携帯電話の利用に支障が出た。これは地震と津波の被害をうけ

¹ 埼玉大学情報メディア基盤センター
Information Technology Center, Saitama University,
Saitama, Saitama 338-8750, Japan

a) kogawa@mail.saitama-u.ac.jp

b) yoshiura@fmx.ics.saitama-u.ac.jp

た東北地方だけではなく、首都圏においても地震による通信手段への影響は深刻であった [1].

日本国内においては、インターネットはファイバ網や海底ケーブルを利用しており、これらが震災により断絶した。また、震災直後は固定電話の利用者が瞬間的に殺到したために、つながりにくい状況も発生した。

一方、携帯電話は基地局の倒壊や津波の影響で利用できなくなった [2]。東北地域では、一帯で起きた停電により電気が利用できず基地局のバッテリーが底をつき、震災後の数日後から利用できない状況も発生した。また、利用者が殺到したことにより、電話会社が規制を行ったため携帯電話がつながりにくい状況も発生した。

埼玉大学（以下、本学）もその渦中にあった。本学は、東北地方から約 200 km 離れた場所に位置している。震源地から離れていたため、震度 5 弱程度の揺れが数回あったものの、建物が倒壊するなどの直接的被害はなかった。しかし、予想もしていなかった様々な問題が起きた。本学にとって最大の問題は、計画停電時のサーバの起動や停止の繰り返しや、計画停電終了時の過電流によるサーバの故障が多発したことであった。このため、情報発信に重要な役割を果たす Web・メール・DNS などが一時的に利用できなくなった。

そこで、本学はデータセンターやインターネットサービスプロバイダが提供する VPS (Virtual Private Server, 以下 VPS) を活用することによって、重要な Web サーバやメールサーバ、メーリングリストサーバなど、IT を活用したコミュニケーションを維持することに努めた。

今回の震災で得た教訓によって、コミュニケーション基盤が重要であることを改めて認識することとなった。また、ディザスタリカバリのようデータに遠隔地に保存しておくことだけでなく、データを利用可能とするサービスの維持が重要であることが分かった。このことをふまえ、本論文では、本学における震災への対応、今回の震災から得た教訓、震災対策について述べる。この知見は他の組織で同様の対策をとるとき判断の一助になるとと思われる。

2. 本学の情報基盤について

2.1 本学の規模と特徴

本学では情報メディア基盤センター（以下、センター）が全学情報基盤システムを運用している。具体的には基幹ネットワーク、メール・Web・DNS・認証などの各種サーバや、教育用端末の管理運用を行い、全学の教育研究支援にあたっている。本学の規模は学生が約 10,000 人、教職員は約 1,000 人である。センターの組織は、センター長 1 名、専任教員 2 名、併任教員 2 名、運用スタッフ 3 名で構成されている。本学は 1 つのキャンパスに 5 つの学部（工学部・理学部・教育学部・教養学部・経済学部）が集中している。

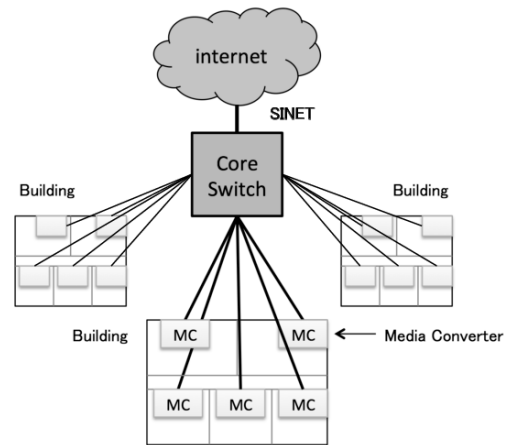


図 1 学内ネットワーク構成 [3]

Fig. 1 Network topology in our university [3].

2.2 全学情報基盤システム

震災当時は、2007 年に調達した全学情報基盤システムが稼働していた。システムのネットワークポロジを図 1 に示す。本学では 2007 年より FTTL (Fiber To The Laboratory) と称し、大学の中心部に位置するサーバ室と約 1,800 カ所の部屋を光ファイバで接続している。各部屋には 100Base-Tx もしくは 1000Base-T で接続できるメディアコンバータがあり、サーバ室には対向のメディアコンバータを設置して接続している。サーバ室には、6 台のレイヤ 3 スイッチで構成されている全学情報基盤システムの基幹ネットワークがある。各部屋とサーバ室の間は直接接続されており、各部屋にはセンターが管理するネットワーク機器はなく、メディアコンバータだけがある。つまり、各部屋のパソコンなどは基幹スイッチに直接接続することとなり、間にレイヤ 2 スイッチやレイヤ 3 スイッチを必要としないネットワークとなっている。このような集中管理の形態はネットワークの状態を可視化するだけでなく、管理運用を容易にしている。

この 6 台のレイヤ 3 スイッチでは、VLAN を設定することで物理的な配線とは独立してネットワークを構成することができ、Web ブラウザによる端末認証を行う動的認証 VLAN を提供することで、不特定者にネットワークを利用させることがないようにセキュリティを確保している。また、学内 80 カ所に無線 LAN アクセスポイントを設置している。

全学情報基盤システムでは約 40 台のサーバが稼働しており、すべてサーバ室に設置されている。このことも集中管理の形態を可能にしている。これらのサーバは、DNS サーバ、Web サーバ、メールサーバ、LDAP サーバ、教育用端末のブートサーバなどである。

センターでは、学部・学科などが利用するサーバのハウジングサービスを行っており、サーバ室にはこれらのサーバも収容している。従来は、学部・学科・研究室でサーバ

の運用管理を行っていたが、セキュリティ対策や管理運用コストの問題から、学部・学科・研究室でのサーバの運用管理は難しくなってきた。このため、WebサーバやDNSサーバ、メールサーバについてはセンターがホスティングサービスを提供しており、ほとんどの学部・学科・研究室はホスティングサービスを利用している。ホスティングサービスのサーバもサーバ室に設置されている。

3. 震災後の本学の状況

3.1 震災直後の状況

前章のとおり、本学のサーバ室には多くのサーバがある。サーバやネットワーク機器は19インチのラックに設置されていたため、震度5という比較的大きな地震にもかかわらず、サーバやネットワーク機器が倒れるなど、地震が直接の原因となる機器の故障はなかった。また、サーバ室内の約1,800対の光ファイバも切断されるなどの物理配線に関する障害は発生しなかった。

3.2 計画停電について

今回の地震は、発電所に大きな被害をもたらした。特に福島県にある2つの原子力発電所の被害は甚大であった。電力の供給不足を憂慮した政府は、計画停電を実施すると発表した。計画停電は、情報基盤のオペレーションに影響を与え、情報システムの管理者は想定外の状況に直面することになった。計画停電の実施は、東京電力の電力管内を4つのグループに分け実施された[4]。本学は第4グループに該当し[5]、計6回の停電を経験した。図2に実際のタイムテーブルを示す。本学の運用スタッフは計画停電に対処しなければならなかった。多くの発電機は被災地に送られたが、権利上東北地方へ移送できない発電機(図3(左))をレンタルすることができた。しかし、その後の燃料の供給不足によって、発電機を稼働させる燃料の確保が難しくなった。

時刻	3/14 (月)	3/15 (火)	3/16 (水)	3/17 (木)	3/18 (金)	3/19 (土)	3/20 (日)	3/21 (月)	3/22 (火)	3/23 (水)
0:00										
6:00		9:20 ~ 12:30	6:20 ~ 10:00 ※			待機	待機	待機		
12:00	13:50 ~ 17:30				15:20 ~ 18:40					15:50 ~ 18:45
18:00				18:50 ~ 21:45					18:20 ~ 21:00	

* 実際には計画停電は実施されなかったが、念のため発電機に切り替えた

図2 計画停電のスケジュール

Fig. 2 The schedule of rolling blackouts.

3.3 計画停電時の運用について

本学では1年に1回、電源設備の点検の際に停電があるため、サーバやネットワーク機器のインターネットの接続性を確保し、必要最低限のサービスを維持するためにサーバ室には臨時の発電機を接続するための電源接続盤(図3(右))が用意されている。

計画停電はある程度の開始時刻と終了時刻が発表されていたものの、実際にいつ行われるかが不正確で予測できなかったため、本学の運用スタッフは予定開始時刻よりも前に発電機を稼働させ、常用電源から発電機へ切替えを行わなければならなかった。計画停電の終了時には開始時に行った作業の復元作業を行う必要があったが、一連の作業は重労働であった。運用スタッフは計画停電が行われていた期間中、計画停電の開始と終了の作業に従事した。本学では3名の運用スタッフがこの作業に対応したが、ときには計画停電にあわせて勤務時間外の対応を要することもあった。特に、2011年3月16日に実施された計画停電は、午前6:20から開始が予定されていたが、早朝であるがために移動手段がなく、このような時間帯に計画停電が予定された場合には、前日から帰宅せずに大学に常駐するなどの困難をともなった。しかも、このような対応が長期間にわたって行われる懸念があった。発電機を動かす運用スタッフのスケジュール調整や健康管理、交通移動手段の問題、発電機の燃料の枯渇問題など、日を迫るごとに深刻なものとなっていった。

3.4 計画停電の影響

計画停電は約4時間にわたって継続して送電されない状態となる。情報システムの管理者は、停電時の急な電源断によるデータの損失や、サーバやネットワーク機器の故障を未然に防ぐため、事前に機器の電源断をしておく必要に迫られた。しかし、電源の頻繁なオン・オフはサーバやネットワーク機器の故障の原因となるため、一般には推奨されていない。実際、計画停電の最中に本学でもいくつかの機器故障に見舞われた。2011年3月22日には、常用電源から仮設電源に切り替える際の突発電流によって、2つのサーバと3つのUPSが故障した。このとき故障したサーバがDNSサーバであったため、ユーザはWebサーバ

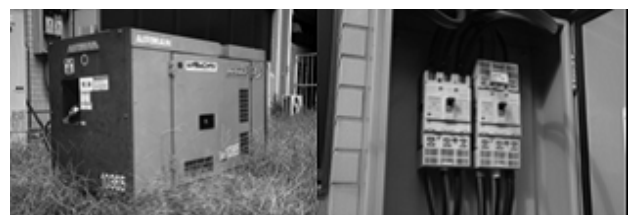


図3 レンタルした発電機(左)と非常電源接続盤(右)

Fig. 3 Rented power generator (left) and temporary power connection board (right).

やメールサーバにアクセスできないという障害に見舞われた。また、故障したUPSから別の正常なUPSにつなぎかえる作業時に数時間サービスが中断し、ユーザの利用に影響があった。さらに、UPSのバッテリーが経年劣化により弱っており、発電機への切替え時に突然UPSが止まってしまうというトラブルも発生した。

また、2011年3月23日には別のトラブルが発生した。計画停電終了後の復電時に、基幹ネットワークを支えるレイヤ3スイッチの処理エンジンに障害が発生した。故障の原因は計画停電にともなう電源のオン・オフであった。スイッチの障害によって、学内の一部ネットワークは約3日間にわたって、インターネットへの到達性が失われ、教育研究や大学運営業務に影響が出た。

4. 本学における震災後の対策とその分析

4.1 データセンターとVPSの利用

計画停電開始から1週間後、発電機の燃料が枯渇する事態となった。その後計画停電は実施されなくなったが、またいつ災害が発生するか、計画停電が予定されて前節で記述したようなトラブルが発生しないかが不明であった。このままでは大学の情報基盤の維持が難しいと判断し、本学はデータセンターに特に重要なサーバを移設する案を計画した。通常はデータセンターを探すことから始まり、仕様確認や要件定義などを行う必要がある。そのため、短期間で利用を開始することは難しいが、地震発生前の3月上旬にセンターのスタッフがデータセンターを訪問して、おおよその概要を知っていたため短期間で利用開始にこぎつけることができた。データセンターの選定方針を以下のとおりとした。

- データセンターは大学からアクセスするのが簡単であること
- データセンターは計画停電などが起きても電源供給に問題がないこと（自家発電設備が備わっていること）
- データセンターは物理セキュリティが確保でき、耐震性があること
- データセンターの費用が低コストであること

この方針に基づき、本学ではデータセンターを利用するとともに、VPSを活用することにした。

震災当時、大学内にはメール、メーリングリスト、認証、DNS、およびWebに利用するサーバが数十台あった。データセンター利用の最初の計画では、データセンターにすべてのサーバを移設する予定であった。しかし、すべてのサーバをデータセンターに移設するにはサーバの数が多すぎるため、物理的に移設の必要がないWebサーバについてはVPSを使用することにした。Webサーバをデータセンターに移設しなかった理由は、物理的に同一の場所に移動させることが万一の災害やトラブルを考えた場合に危険であると判断したためである。一方、メールサービスに

についてはスパムメールフィルタ専用のハードウェア装置があり、メールサービスをVPS上ですぐに実現することは難しいと判断したため、データセンターに移設することにした。他の方法についても検討を行ったが、ユーザの負担が大きいと考えた。理由は、新しい利用方法の周知に時間がかかり、混乱を引き起こしかねないという懸念があったためである。

認証サーバはデータセンターに移設した。理由は、メールサービスに認証サーバが不可欠だったためである。大学のドメインの名前解決に利用するDNSサーバは、メールサービスやWebサービスに必要であった。対策としては、VPS上にスレーブDNSサーバを構築することでメールサービスやWebサービスを維持するようにした。このように本学ではデータセンターとVPSの使い分けを行った。

4.1.1 データセンター

データセンターは大学から徒歩圏内にある。データセンターの利用を決定しても、実際には契約から利用までに多くの時間を要する。しかし、運用スタッフの1人がデータセンターを利用したシステムの展開や移設などを企業で経験していたため、移設を迅速かつ順調に行うことができた。これは、今回の移設が成功した重要な要素の1つである。もし、慎重な移設計画をとっていたら、多くの時間がかかり、移設する意味が薄れた可能性があった。計画停電や、震災が再び起きる不安があったため、一刻も早く移設を完了してサービスを稼働させる必要があった。

また、データセンターのインターネット接続の帯域幅は帯域保証のない100Mbpsであった。この帯域幅は大学で利用している基幹ネットワークと比べて細いために、パフォーマンスが落ちる懸念があったが、高品質な回線を準備する時間や予算はなかった。

データセンターに移設したシステムとサーバは、以下のとおりである。

- (1) メールシステム（外部送信サーバ・スパムメールフィルタ・スプールサーバ）
- (2) メーリングリストサーバ
- (3) 認証サーバ
- (4) DNSホスティングサーバ
- (5) メールホスティングサーバ

4.1.2 VPS

Webサーバの継続的な運用は大学にとって重要である。本学ではさくらインターネット社によって提供されているVPSを使用することにした[6]。VPSはオンラインですぐに申し込むことができ、短時間で利用を開始できる。ハードウェアの用意や保守メンテナンスを考慮する必要がない。申し込みから1週間程度は試用が可能で、あらかじめ動作を確認できる点も評価できた。また、本サービスが大阪のデータセンターで稼働している点も決定要因の1つとなった。

VPSは大学のDNSサーバとして使われ、かつセカンダリメールプールサーバとしても稼働した。大きなストレージを持つプランを選択し、いくつかのサーバをVPS上で仮想化した。

VPSに移設したシステムやサーバは以下の4つである。

- (1) セカンダリメールプールサーバ
- (2) DNSサーバ (スレーブサーバ)
- (3) 大学ホームページ Webサーバ
- (4) Webホスティングサーバ

4.2 データセンターとVPS活用の効果

データセンターとVPSの利用によって新たな費用が発生したが、サーバを移設させたために学内サーバ室の電気使用量は減少した。詳しい金額を記載できないが、電気使用量の削減分が予想以上に大きく、データセンターなどの利用費用を埋め合わせることができた。

データセンターとVPSの利用は、電源維持のためのオペレーションをなくし、安定したWebやメールのサービス維持に役立っている。また、データセンターの利用当初は、データセンターのインターネット回線の帯域幅は十分に思えなかったが、2012年の現在もそのままの帯域幅で運用しているが、問題は発生していない。しかし、データセンターやVPSの活用にはあらかじめSLA (Service Level Agreement)を確認しておくなど、注意が必要である。特に、データセンターの自家発電設備については、今回の震災のように燃料問題があるときには自家発電設備を動かす燃料の備蓄量がどれぐらいかを調達時に確認しておく必要がある。あわせて、万一燃料が枯渇した場合の対策も検討が必要である。

4.3 大学構成員間でのコミュニケーション

震災後、教員や職員、学生とのコミュニケーションはより重要なものとなった。電源喪失や燃料枯渇に起因する交通の混乱により、教職員が大学にたどり着くことは困難をきわめた。そのため、教職員間でのコミュニケーションは日常業務においても重要であった。特に、学生や教職員の安否確認は重要な業務の1つであった。震災後の計画停電時には、たびたびメールサーバが停止し、Webサーバも不安定になったことは安否確認に支障をきたした。しかし、センターが継続的な情報基盤の維持に努力したため、結果的に大学の本部はすべての学生に安否確認のメールを送ることができた。幸い、本学では地震による直接の被害に直面した学生はいなかった。このとき、メールを送るだけで安否確認を行うことは困難であったため、場合によっては直接電話をかけて安否を確認する必要があった。

静岡大学では震災以前から安否確認の方法をクラウド上に構築していた[7]。本学ではこのような備えがなかったため、震災の後にVPS上に簡易的な安否確認のシステムを

構築した。このように、データセンターとVPSを利用したことで、安定したコミュニケーション基盤を確立でき、ユーザに不安のないサービスを提供できるようになった。

5. 震災から学ぶべき教訓

5.1 集中管理と分散のバランス

本学では、多くのサーバとネットワークで利用する機器はサーバ室に集中しており、ネットワークトポロジは集中化を可能にしている。また、集中化はサーバとネットワーク機器の管理やメンテナンスを容易にしている。さらに、センターは学内の研究室などでサーバを運用している管理者にWebホスティングサービスおよびメールホスティングサービスの利用を推奨している。これらのホスティングサービスは、学内におけるシステムのダウンタイムを短くすることに役立っている。しかしながら、メディアコンバータの電源供給問題がある。各部屋は電源を用いメディアコンバータでサーバ室のネットワークスイッチに接続されている。停電中、たとえ仮設電源によってセンターのサーバとネットワーク機器が稼働したとしても、各部屋側のメディアコンバータには電気が行きわたらないため、ユーザがセンターのサービスを利用することは不可能である。部屋に電源がないと端末を利用することは不可能だが、計画停電時にノートパソコンを用いて作業を行っている人も見受けられた。

5.2 一時的な電源設備

震災直後、本学は権利上東北地方に配備ができない発電機をレンタルすることができた。しかし、電源の確保が必要であるということは、いかにいえば大学の情報基盤が一時的な電源なしでは運用不可能で、機能停止してしまうことを示している。また、情報システムの管理者は発電機を動かす操作方法を熟知しておく必要がある。発電機の電圧や周波数が適切であるか、残燃料が十分であるかについて気を配る必要がある。

また、電気がない場合に本学のネットワークは利用しにくい環境であるといえる。メディアコンバータは電源を必要とし、電源を必要とするワイヤレスLANアクセスポイントは計画停電では利用できなかった。このことから、組織の危機管理本部などは、パソコンなどからのインターネットの接続性を維持するために、PoEなどを活用するような緊急時のネットワークのあり方を検討すべきである。今回、本学が利用した発電機の問題点は燃料を必要とする点である。震災後、燃料の調達を必要としない充電式の大容量バッテリーが各社から発売されている。これらのバッテリーは一時的な電源として有効である。

5.3 情報発信の重要性

震災当時、情報発信は被災地だけでなく広範囲の地域に

わたって困難となった。東北地方の大学では震災により Web ページなどによる情報発信が困難であった [8]。本学においても Web サーバの稼働を維持する必要があった。理由は、震災の翌日 3 月 12 日が本学の入学試験日であり、受験生などに入試情報を通知する必要があったためである。また、本学の震災に対する姿勢表明や学生や教職員との連絡に Web サーバを活用する必要があった。首都圏では携帯電話がつながりにくい状況の中で Twitter などが活用された。以上のことから情報基盤が情報発信の重要な役割を担っていることが分かった。

5.4 データセンターと VPS の活用

データセンターの利用は、情報基盤に対する新しい管理手法とオペレーションを必要とした。まず 1 つにはセキュリティの維持があげられる。認証サーバはデータセンターに移設した。これは、メールを送受信する際に、認証アカウントが正しいものかを確認するためである。本学のように大学にマスタ認証サーバがある場合には、セキュリティを考慮したうえでデータセンターと大学間のデータ同期が必要となる。

また、これまで大学内にあったメールサーバや Web サーバを外部に移設したため、大学内のユーザはインターネットを経由して各サーバに接続する必要性が出てきた。各サーバへのアクセスについては、セキュリティを確保するために適切なアクセスコントロールを実施する必要があった。

運用管理で考慮すべきもう 1 つの点は、データセンターにあるサーバのデータをバックアップすることである。震災後のデータセンターへの移設は十分な計画を行う時間もなく、すぐにサービスを稼働させる必要があったため、バックアップシステムをデータセンターに準備できなかった。しかし、現在でもデータセンターのネットワーク帯域はあまり大きくないため、データのバックアップを大学内のネットワーク上のストレージに取得することは困難となっている。

5.5 DNS トラブル

サーバの IP アドレスを変える際には、DNS サーバの設定は重要なポイントの 1 つである。今回はデータセンターに移設するサーバの IP アドレスを変える必要があった。サーバの IP アドレスを変えた後、一部のユーザは、DNS キャッシュが働いたために、IP アドレスを変更したサーバにアクセスすることができなくなった。このようなトラブルを防ぐために、いくつかの技術がある。たとえば、DNS のキャッシュの生存期間を短くする設定 (TTL) がある。しかし、今回のサーバの移設は震災直後であったため、IP アドレスを変更した場合のトラブルを未然に防止する対策をとる余裕がなかった。

また、学内の研究室などではブロードバンドルータの DNS サーバ機能を利用していたため、メールサーバにアクセスできないというトラブルに見舞われた。ブロードバンドルータには、長い間 DNS キャッシュデータを保持するものもあるため、使用するユーザはサーバの IP アドレスが変更されたことを知るできないのである。このようなトラブルの解決のためには DNS サービスを提供する機器は再起動すべきである。

6. 震災対策における問題点

本章では、情報基盤の運用面から災害対策の問題点を分析する。

6.1 震災対策に影響を与えた条件

6.1.1 組織形態による影響

本学では、震災から 2 週間後には、物理的なサーバやシステムをデータセンターに移設した。あわせて、インターネットサービスプロバイダが提供する VPS を活用することができた。しかし、このような施策はすべての組織が行えるものではない。

本学では、学長を本部長とする危機対策本部が震災後すぐに設置され [9]、連日、学内で発生した各種問題の対応策を協議していた。その中で、情報インフラの維持も議題として話し合われており、重要項目の 1 つであると認識されていた。このようにセンターの構成員である実務者と学長をはじめとする大学の上部の意識が合致していた点が組織として対応するうえで重要である。

一方、大きな組織では情報収集や意見の集約に時間がかかり、震災という大きな災害には迅速な対応が難しい可能性が考えられる。また、大学によっては、移設を行う際には技術的な作業を内部の人員だけで行うことが難しい場合があるため、業者に作業を依頼する必要がある。しかし、依頼を受けた業者はリスクがあるため、移設作業の実施計画を綿密に行う必要があり、作業着手までに多くの時間を必要とする。今回のように急に発生した災害の場合には、対応をすぐ開始しなければ手遅れになるため、平常時の移設作業のように時間をかけることは致命傷となる。

本学では内部の人員で移設作業が可能であったため、万一移設後に何らかの問題があっても学内にシステムを元に戻す「切り戻し作業」が可能であった点も重要である。

6.1.2 キャンパスの地理的条件

本学はキャンパスが 1 つであったため、組織がコンパクトにまとまっており、身動きがとりやすかった点が震災対応に有利に働いたと考えられる。実際、本学の危機対策本部は各部署の被害状況について直接ヒアリングが可能であったため、一元的に問題対処を行うことができた。情報伝達の観点からも、意思決定が早まり迅速な対応につながったと考えられる。

6.1.3 対策にかかるコスト

本学では、上層部が今回の移設に関して意思決定する際に、データセンターなどのコストの見通しがあらかじめ立っていた点は決定要因の1つであった。

センターの運用スタッフが、前職においてデータセンターを用いたインフラ構築やシステムの移行を経験しており、手順を把握していた。このことは、移設を適切にかつ迅速に実施できた大きな要因となった。また、学内の人員だけで作業を完了できたことは、コスト面からも移設を成功させた1つの要因であった。

現実問題として対策にはコストを重視する必要がある。昨今、利用が本格化しつつあるクラウドサービスも災害対策の1つとして活用できる。しかし、大学のような非営利組織や情報基盤に十分な投資が難しい組織では、従量課金制となっている商用クラウドサービスへの移行はコスト面からも難しいと考えられる。

そこで、GoogleAppsなど無料で利用可能なクラウドサービスの利用も考えられるが、組織にあわせたカスタマイズが必要となる。たとえば、組織内にある認証サーバとの連携や管理方法の検討が必要である。無料サービスを利用する場合には、責任の所在の曖昧さ、データの保管先などの情報がユーザには明らかにならないなどの問題がある。大学によっては個人情報保護の観点からセキュリティポリシーなどの運用規則を変更する必要も考えられる。また、サービス提供側の都合で無料サービスの打ち切りや提供方法の変更などが行われることが考えられ、この影響を考慮しておく必要がある。このように無料サービスの利用には検討すべき点が多く、十分な議論が必要である。

6.2 データの保全に関する問題

今回の震災においても津波でサーバのハードディスクが塩水につかり、戸籍データなど重要なデータが失われた事例がある。データを1カ所で保持している場合、今回のような震災ではデータの全損が想定される。

本学では、幸いなことに今回の震災ではデータが失われるような被害はなかったが、情報基盤を1カ所で集中管理しているため、機器と同じ場所にバックアップデータを保管していた場合、災害後の復旧時にデータが取り出せず問題となる可能性がある。これは、サーバ室を収容している建物が倒壊し、利用不能となるような事態を想定していなかったためである。

6.3 協力関係の確立に障壁となる問題

今回の震災のような大きな災害に対応するために、自組織内だけでデータのバックアップを安全に保持しておくことは難しい。つまり、自組織が大きな被害を受けた場合、バックアップデータ自体も被害を受け利用できなくなってしまう。よって、遠隔地にバックアップを取得する必要があるが、

セキュリティやコストの問題がある。そこで、他の組織にデータを一時的に渡しておくことや、連携をとることが考えられる。すでにDNSサーバのセカンダリDNSの引受け対応や、Webサーバのホスティングなどを通じて組織間で連携する例は出始めている。このとき、セキュリティや情報保全の問題から、他の組織にデータを渡すこと自体がセキュリティポリシーや規則上難しい場合が存在する。また、セキュリティを保ちながら地理的にデータを移動させるリスクなどを考慮する必要がある。

6.4 人に依存した情報基盤の弊害

今回の震災では、電力の喪失によって、計画停電が実施された。この場合、サーバを停止させないために、発電機を稼働させておく必要がある。また、発電機を用意することができない場合には、サーバを停止してデータを守る必要がある。これには管理者の手が必要となる。しかし、災害で管理者自身が事故に遭遇し、対応する場所に駆け付けることができず、連絡がとれないことが考えられる。よって、管理者がいなくても情報基盤の維持が行えるような仕組みが必要である。

6.5 大学が果たすべき地域貢献の可能性

震災以降、インターネットを利用したコミュニケーションはますます重要性を増している。大学は周辺地域に開かれた存在であるべきである。そこで、災害が起きた場合に、大学の資源を活用してもらうことが想定できる。今回の震災では、交通機関が麻痺したことで帰宅困難になった人々がいた。携帯電話もつながらず、情報を取得できずに混乱することもあった。このような場合に大学のネットワークを開放し、利用してもらうことが有効ではないかと考えている。

7. 震災後の対策

本章では前章にあげた各問題点に対する対策を述べる。

7.1 震災対策の条件

7.1.1 組織の規模にあわせた危機管理

組織の規模が大きい場合、管理しているサーバの台数など情報基盤の規模も大きい可能性があり、移設先のデータセンターをすぐに見つけにくいことが考えられる。移設のために多くのラックをレンタルする必要があり、作業も大がかりなものになるため、コストが増大する可能性がある。このため、情報基盤をコンパクトにし、管理しやすいサイズに整理しておくことが重要である。これには仮想化技術を用いたサーバの仮想化を進めるなど、管理するハードウェアの絶対数を少なくすることが有効である。あわせて、どのシステムが重要であるか優先順位をつけ、どのような手段で対応するか検討しておくことが重要である。

運用管理においては、危機状況を意識した技術的な対応がとれるように、対策を検討しておくことが重要である。今回の震災対応の経験から、実際に危機管理に対応できるように運用スタッフの技術レベルを日頃から維持することに努めるべきである。また、日頃から情報基盤の重要性を認識し、上層部と実務者との間で問題提起や情報交換を行い、組織全体で危機管理体制を整える環境作りが重要である。

一方、本学が経験した一部の障害やその根本的な原因は、震災や計画停電によるものばかりではなく、組織のマネジメントにあったことにも注意が必要である。たとえば、UPSのバッテリーの劣化は、震災前に指摘されており、交換年数を定めておくなどの管理策を採用、実施しておけば、防ぐことができた可能性がある。普段からチェックを怠らないように点検が必要である。一見、小さく見える事象であっても、本学のように後から大きな問題に発展する可能性があるため、懸案事項を先送りせず、早期に解決しておくことが重要である。また、中長期的なマネジメントの視点からもデータセンターやVPSの利用について議論を深めておく必要があると考えている。

7.1.2 物理配置に対する検討と意思疎通の対策

本学の場合はキャンパスが1カ所にまとまっているが、分散した拠点を持つ組織では、情報伝達に問題が起きる場合がある。キャンパスが分かれているような場合は、意思疎通がとりにくく、被害状況を十分に把握できない可能性がある。今回のような震災があった場合には、テレビ会議や電話回線の信頼性は低下する。突発的な災害のような特殊事情を考慮して対策を検討しておく必要がある。キャンパス間での連携が重要であるならば、イリジウム衛星携帯電話 [10] などを各キャンパスに配備することなどが対策として考えられる。

7.1.3 コストを抑えた情報基盤の信頼性強化

本学では、2011年3月からデータセンターを利用することにしたが、要求要件に合致し、かつ月額費用が安価なデータセンターを利用することができた。また、データセンターにハードウェアとして収容しなくてもよいWebサーバなどはVPSに移設する方法をとった。

また、全学情報基盤システムを2012年3月に更新した [11]。震災時に、センターではこの新しい全学情報基盤システムの仕様策定を行っていた。今回の震災はこの仕様策定にも影響を与え、震災に対応できるような情報基盤システムとなるように仕様策定を行うこととなった。仕様策定においては今後5年間、データセンターやVPSを活用した情報基盤となるよう設計を行った。具体的には、信頼性の向上と、データセンターやVPSを利用した機器の最適な配置を考慮する必要があった。また、仮想化技術は震災前から検討してきたが、震災後は消費電力の削減や震災などの災害対策の新しい視点を取り入れた。新しい情報基

盤システムでは災害対策に備えて電力の削減とUPSを装備し、機器は冗長化構成をとっている。

データセンターとVPSを活用することで、災害時でも安定したサービス提供が可能であり、大学の停電時においても学内で稼働を維持しなければならないサーバがなくなった。このため、停電時における管理者の作業の減少や大学に発電機などを用意する必要がなくなるなど、トータルでメリットが得られる点が大きいと考えられる。以上のことから、データセンターやVPSなどを利用することがコストを抑えた情報基盤の信頼性強化につながると考えられる。

7.2 データの保存とデータを活用するアプリケーションのバックアップ

データ紛失の対策の1つとして離れた場所にバックアップを取得しておくことが考えられる。しかし、これは単なるデータのバックアップにすぎず、データを利用する手段がなければ、データを利用することは難しい。今回の震災のように、コミュニケーションを情報基盤上で行う場合、単なるデータのバックアップでは不十分でサービスの維持が重要である。震災時にはデータのバックアップだけでなく、データを利用するアプリケーションのバックアップが望まれる。

7.3 組織間での相互協調

組織間での相互協調についてはすでに大学間でいくつかの試みがある [12]。複数の組織間でデータをバックアップすることや、互いのWebサーバのデータをバックアップすることなどがある。しかし、別々の組織間でWebやメールのデータをバックアップすることは困難がともなう。これはサーバ間でシステムの違いなどがあるためである。また、セキュリティ上の理由もある。他の組織にデータを渡した場合のリスクや危険性を考慮する必要がある。そこで我々は、継続的にバックアップを取得し、サービスを維持するコミュニケーションフレームワークと本フレームワークを具体化した災害対策ネットBOXを提案した [13]。データをただバックアップするだけでなく、地理的に離れた場所に転送し、同時にサービスを稼働させてデータを利用できるようにするものである。これと同様の研究に、P2Pを用いた災害情報を共有する研究例がある [14]。

7.4 震災時における管理者の負担軽減

重要なサーバをデータセンターに移設した結果、仮に計画停電が実施されても大学で発電機を準備して切り替える必要はなくなった。また、システムのほとんどをリモートで制御可能になり、管理者が物理的にシステムに張り付くことなく管理ができるようになった。結果として管理コストが軽減され、日々のサービスに専念でき、万一の災害時も、管理者が大学にいなくても対処が可能となった。この

ようなりモート管理体制を整備する対策も有効である。

7.5 大学周辺地域との協力体制

大学は地域の避難所に指定されており、大学のネットワークを災害時に一時的に開放し、大学に避難してきた人にもスマートフォンやタブレットなどでアクセス可能なインフラを提供することが必要である。災害時には携帯電話各社が提供する携帯用メールアドレスや Twitter などのソーシャルメディアは、急激な利用増加により通信に障害が発生する可能性がある [15]。よって、一時的に利用可能なメールアドレスを用意し、情報交換が可能な仕組みを提供することが必要である。実際、本学では無線 LAN アクセスポイントを 300 カ所設置し学内全体を網羅している。我々は災害時にキャンパスネットワークを開放し、無線ネットワークなどでの避難者の情報の収集や発信を支援することを検討している。しかし、いくつか考慮すべき点がある。1つは不特定多数の人々に対して、セキュリティを考慮しつつ、どのように大学のネットワークを提供するかである。そしてもう1つは、デマなどの有害な情報を発信させないような防止策を検討することである。我々はこれらの課題を考慮して、震災などの災害時に地域の防災拠点として情報基盤の利活用の対策を練っていきたいと考えている。

8. おわりに

本論文は震災後に起きた計画停電の対応などを通じて、本学がとった対応策をまとめたものである。データセンターや VPS を活用すれば、情報システムの担当者に大きな負担を強いることなく情報システムを運用することができる。昨今の電力供給問題が懸念される現状では、いつ計画停電が必要となっても不思議ではない。そのときに本学が得た運用経験は役立つものと信じている。本学では、物理的に1つのキャンパスで組織間の意思疎通がとれたこと、サーバが集中管理されていたこと、運用スタッフが日常業務以外の最新技術の修得を怠らなかったことが結果としてコストを抑えた対策につながり、今回の震災対応をうまくしのげた要因であると考ええる。

また、今回の震災を通じて、コミュニケーションを支える情報基盤の重要性を認識した。国立大学は各都道府県に必ずある。これらを拠点とした災害情報拠点としての活用が期待されている。災害時の地域の情報基盤としての利活用が可能となる仕組み作りを進めていきたい。

参考文献

[1] 樋地正浩：東日本大震災における情報通信技術の利用と課題，電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J95-D, No.5, pp.1070-1080 (2012).
 [2] 東日本大震災における情報通信の状況，平成 23 年版情報通信白書，pp.2-9，総務省。
 [3] 田邊俊治，小川康一，伊藤和人，吉浦紀晃：光直取ネッ

トワークによるキャンパスネットワークの管理運用，第 9 回インターネットテクノロジーワークショップ論文集，pp.1-8 (2008).

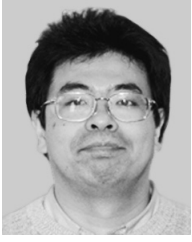
[4] 東京電力：平成 23 年 3 月 14 日プレスリリース (online)，需給逼迫による計画停電の実施と一層の節電のお願いについて【3 月 14 日 9 時改訂版】，入手先 <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/11031404-j.html>> (参照 2012-09-12).
 [5] 東京電力：平成 23 年 3 月 14 日プレスリリース添付資料 (online)，平成 23 年 3 月 14 日 (月) の計画停電エリア ※ 3 月 14 日 9 時改訂，入手先 <<http://www.tepco.co.jp/cc/press/betu11-j/images/110314d.pdf>> (参照 2012-09-12).
 [6] さくらの VPS：(online)，入手先 <<http://vps.sakura.ad.jp/>> (参照 2012-06-26).
 [7] 長谷川孝博，井上春樹，八巻直一：低コスト運用でユーザーフレンドリな安否情報システムの開発，学術情報研究，No.13, pp.91-98 (2009).
 [8] 曾根秀昭：情報通信ネットワーク社会の震災と復旧，電子情報通信学会技術研究報告，SITE，技術と社会・倫理，Vol.111, No.240, pp.19-24 (2011).
 [9] 埼玉大学：平成 23 年 3 月 22 日お知らせ (online)，埼玉大学東北地方太平洋沖地震危機対策本部の設置について，入手先 <<http://www.saitama-u.ac.jp/announce/2011-0322-1329-2.html>> (参照 2012-09-12).
 [10] KDDI 衛星通信 (online)，入手先 <<http://www.kddi.com/business/service/ther/index.html>> (参照 2012-10-02).
 [11] 小川康一，橋本浩樹，吉浦紀晃：大規模認証 VLAN を考慮したキャンパスネットワーク，第 13 回インターネットテクノロジーワークショップ論文集 (2012).
 [12] 西村浩二：電子情報の大学間相互保持に向けた遠隔バックアップ技術の研究，学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点第 3 回シンポジウム，口頭発表 10-IS04 (July 2011).
 [13] Ogawa, K. and Yoshiura, N.: A framework for communication infrastructure against disasters, *Proc. World Telecommunication Congress 2012* (Mar. 2012).
 [14] Kang, W. and Shibata, Y.: Performance Evaluation of Disaster Information System based on P2Pnetwork, *2010 IEEE 24th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (WAINA)*, pp.710-715 (Apr. 2010).
 [15] NEC Biglobe プレスリリース (online)，入手先 <<http://www.biglobe.co.jp/pressroom/release/2011/04/27-1>> (参照 2012-06-26).



小川 康一 (学生会員)

1974 年生。産業技術大学院大学産業技術研究科情報アーキテクチャ専攻在学中。商社，ソフトウェア開発企業勤務を経て，2007 年より埼玉大学情報メディア基盤センター勤務。ネットワークの運用管理の業務および研究

に従事。電子情報通信学会，ソフトウェア科学会，IEEE，ACM 各会員。



吉浦 紀晃 (正会員)

1968年生。1991年東京工業大学工学部情報工学科卒業。1997年同大学大学院博士課程単位取得退学。博士(学術)。東京工業大学助手、群馬大学助教授を経て、現在、埼玉大学理工学研究科准教授。ソフトウェア検証やネットワーク運用技術の研究に従事。社会情報学会, IEEE-CS, ACM 各会員。

トワーク運用技術の研究に従事。社会情報学会, IEEE-CS, ACM 各会員。