

# 震災時における安定した エネルギー供給・通信ネットワークの確保

関 秀廣\*・花田一磨\*\*・佐々木崇徳\*\*・柴田幸司\*\*・栗原伸夫\*\*\*・山口広行\*\*\*\*

## 要 旨

東日本大震災以来、大規模災害における人的・物的被害を最小限に抑えるための防災システムの構築が特に求められている。本研究では被災時の電力エネルギーの確保から始まり、広域被災情報の取得、そして緊急に必要な情報通信の確保の課題に取り組んだ。スタンドアローン電力確保については、可搬型太陽光給電システムを提案し、発電電力や電力を供給する負荷の消費電力等各種情評価を行い、その有用性を示すことができた。また、人工衛星による環境解析技術を開発し、大規模且つ広域の災害状況を把握することができた。さらに、強いロバストネスな通信により情報収集・伝達を行うことが可能なスマートデバイスの開発をすることができた。

キーワード：東日本大震災、独立型太陽光発電システム、非常用電源、衛星情報、  
広域環境解析、ミクセル分解、ad hoc、VPN、PICNIC

## Stable Energy Supply and Secure Communication Network at the Earthquake

Hidehiro SEKI\*, Kazuma HANADA\*\*, Takanori SASAKI\*\*, Koji SHIBATA\*\*, Nobuo KURIHARA\*\*\* and Hiroyuki YAMAGUCHI\*\*\*\*

## ABSTRACT

The construction of disaster prevention system are particularly sought in order to minimize the human and material damage in large-scale disasters. This research project contained ensuring disaster of power energy, the acquisition of wide-area disaster information, securing urgently needed information and communication. For securing stand-alone power source, a portable solar power supply system was proposed and the power consumption of various electric loads was evaluated. The results shows the usefulness of the system. Also an environmental analysis technology of the satellite information was developed. It was possible to grasp the disaster situation of the large and wide area. Furthermore, it was possible to develop a smart devices that perform reliable communication with strong robustness for the information acquisition and transfer.

**Key Words** : great east Japan earthquake, stand-alone solar power system, emergency power source, satellite information, wide-area environmental analysis, mixed pixel decomposition, ad hoc, VPN, PICNIC

---

平成 27 年 1 月 8 日受理

\* 大学院工学研究科電子電気・情報工学専攻・教授

\*\* 工学部電気電子システム学科・講師

\*\*\* 大学院工学研究科機械・生物化学工学専攻・教授

\*\*\*\* 大学院工学研究科電子電気・情報工学専攻・准教授

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、地震による被害に加え、想定以上の大津波によって東北地方沿岸部の広大な地域に亘って、甚大な人的・物的被害をもたらした。さらに、ライフラインの大規模な分断により、救援・復旧活動にも大きな支障となった。こうしたことから、大規模災害における人的・物的被害を最小限に抑えるための防災システムの構築が急務である。

震災に対する対策としては十勝沖地震等の被災を受けて防災マップの整備等、個別の情報収集も進んでいるが、そうした中での対応を統合化、あるいは情報の共有化を図る必要がある。本研究では図1に示すように被災時の電力エネルギーの確保から始まり、広域被災情報の取得、そして緊急に必要な情報通信の確保に連携して課題に取り組んだ。

防災システムとしては、大きく分けて災害発生前の準備・対策と、災害発生直後の対応との2つに分けられる。前者については主に防災、後者は被害を拡大させないための情報収集と伝達が主な対象となる。そこで大規模自然災害発生時の迅速な状況把握・通信システムの構築を行なった。

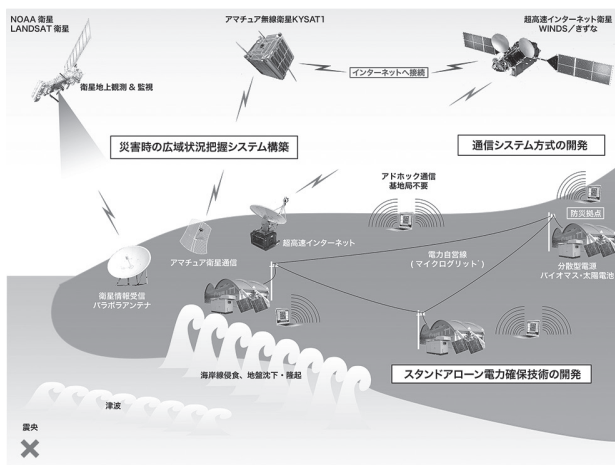


図1 本プロジェクトの研究テーマの概念

東日本大震災の経験を基にした防災・減災対策システムの構築を目的とし、危機管理対応に必要な情報の収集・伝達システムのために、災害という外界の変化に対しても機能を維持するロバストネスで情報収集・伝達を行うことが可能なスマートデバイスを開発した。

これまで電力については太陽電池を電源として実用的な応用について、屋形船、小型漁船等を製作して実証試験を行っており、その内容を明確にしている。<sup>1)</sup> また、本学に設置されている衛星情報収集システムはこれまで田子町不法投棄に関するリモートセンシングで実績を挙げてきた。国内大学でも希有な施設であり、震災時の広域情報収集には有力な方法である。<sup>2), 3)</sup> また、災

害発生時には多くの情報交換が必須になるが、防災無線だけでは限界がある。本研究ではこれを改良する方法を構築した。

研究組織の役割分担を表1に示す。電力エネルギーと衛星情報、そして通信システムは相互に補完しあう内容であることから、組織全体とともに各テーマ間での内容の連携を図る。特にいずれのテーマにおいても、アドホックなど情報通信技術が関わっていることから、連携を密にする必要があった。

表1 プロジェクト研究の役割分担

分担者	分担内容
関 秀廣	プロジェクト成果統括
花田 一磨	スタンドアローン 電力確保技術の開発
佐々木崇徳	災害時の広域状況 把握システム構築
柴田 幸司 栗原 伸夫 山口 広行	通信システム方式の開発

## 2. スタンドアローン電力確保技術の開発

### 2.1 電力確保技術の背景

気候変動問題などの地球環境問題やオイルピーク論に代表されるエネルギー資源問題の解決のため、再生可能エネルギーの利用が期待されている。再生可能エネルギーを利用する発電方式の一つに太陽光発電があり、太陽光発電システムには太陽電池により発電した電気をバッテリーに蓄えながら利用する独立型太陽光発電システムと商用の電力系統と連系し電気の融通を行う系統連系型太陽光発電システムがある。

原田は独立型太陽光発電システムを応用し、災害時や大規模停電時など商用系統の電力が得られない場合でも太陽光で発電し最低限の電力を供給することができる非常用可搬型太陽光給電システムを開発している。<sup>4)</sup>

本学ではこれまで、電力エネルギーに関しては既に学内電力需給システム等を構築するなど電力の把握に関するスキルを構築してきた。また、太陽電池を用いたスタンドアロンシステム（独立電力発生）を屋形船、小型漁船、LED照明システムで実績を積んでいる。ここでは、このシステムによって動作させることを想定している家電機器について、インバータを介してバッテリーの電気で動作させたときにどの程度の電流を消費するのかを測定した。

### 2.2 非常用可搬型太陽光給電システム

本システムは表2と図2のように電力を発生させる太陽電池パネル、電力をためる鉛蓄電池、蓄電池に充電す

るためのチャージコントローラー、蓄電池の電力を交流に変換するインバータから構成される独立型太陽光発電システムとなっている。<sup>4), 5), 6)</sup> また、このシステムを住宅や避難所などに簡単に持ち運んで設置できるよう、図2のように4輪車に装置一式を搭載させている。

表2 システムの仕様

部 品	仕 様
太陽電池パネル	最大電圧：15.81V 最大電流：4.43A 出 力：70 W
鉛蓄電池	電 圧：12V 電流容量：40Ah
チャージ コントローラー	電 圧：12V 最大充電電流：15A
インバータ	電 圧：12V 定格出力：500W

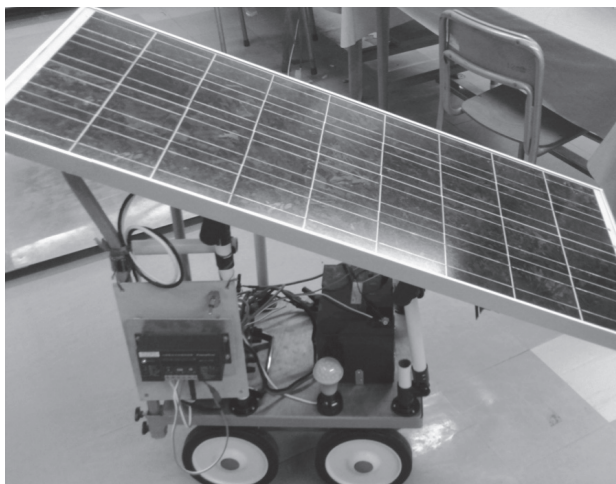


図2 試作した可搬型太陽光給電システム

### 2.3 電気的特性の測定結果

電気的特性の測定においては、図3のようにGS ユア

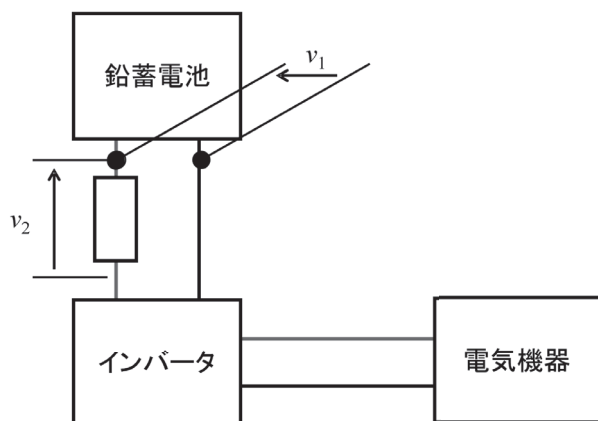


図3 電気的特性測定図

サ製の12V40Ahの鉛蓄電池にメルテック製インバータCD-500を介して家電機器を接続し動作させた。その結果を以下に示す。

#### (1) インバータの待機電力

図4に鉛蓄電池にインバータCD-500を接続し、電源スイッチを入れたときの測定結果を示す。

図より、今回使用したインバータは電源スイッチを入れただけで鉛蓄電池から電流をとることがわかる。このため、不使用時には電源スイッチをオフにしておいた方が良いといえる。なお、本節での測定結果における放電電流は家電製品で消費される電流の他、インバータの消費電流も含まれている。

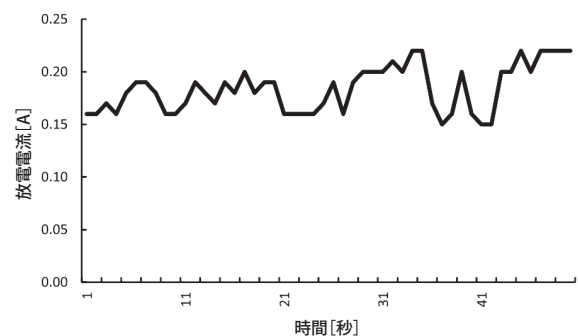


図4 インバータの電力特性

#### (2) 電球

図5に白熱電球、電球型蛍光灯、LED電球の測定結果を示す。図より白熱電球は放電電流が約5.5[A]と大きいため長時間の使用は難しいことがわかる。また、電球型蛍光灯とLED電球は両者とも放電電流が約2[A]でありそれほど差がないこともわかる。なお、ここで測定したLED電球は交流100[V]用のLED電球であり、直交変換、交直変換が介されるので効率的な使用方法ではない。そのため、直流用のLED電球を活用した方が良いといえる。

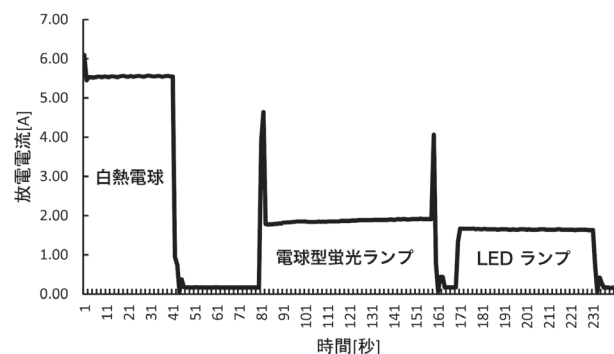


図5 各種の照明器具の電流特性

### (3) 直管型 LED 照明

通常の 40 形蛍光灯の放電電流は 4[A] 程度であった。夜間時間の点灯には耐えうるが、他の省エネ照明を活用する方が良いと思われる。図 6 に直管型 LED 照明の測定結果を示す。この直管型 LED 照明は通常の蛍光灯と同様の 40 形照明であるが、放電電流が 3A 程度と少ないことがわかる。

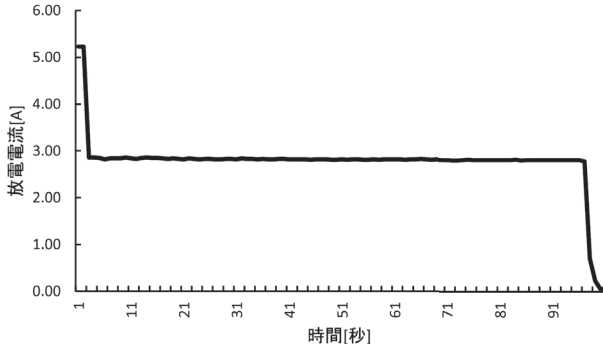


図 6 40 型直管型 LED 照明の電流特性

### (4) 直流型扇風機

図 7 に風量を最小、中、最大に変化させたときの直流型扇風機の測定結果を示す。図より、最大風量でも 2[A] 程度であるので、長時間の動作は可能である。また、従来型扇風機と風量を比較すると、それほど差がないので、限りのある電力量で動かすという場合には直流型扇風機の方が適していることがわかる。なお、この機器もバッテリーの直流の電気をインバータで交流に変換し、さらに AC アダプタで直流に変換しているため、直接直流給電した方が効率的である。

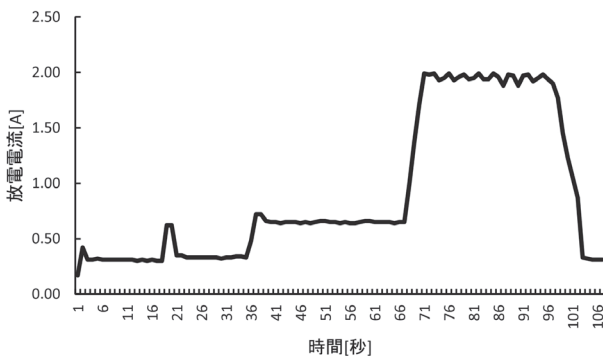


図 7 直流型扇風機の電流特性

### (5) ノートパソコン

図 8 にノートパソコンの測定結果を示す。測定開始から 77 秒経ったところでディスプレイを暗くしており、図を見ると消費電流が減ったように見える。省エネ設定で動かし、ノートパソコン自体のバッテリーを活用することである程度の時間動作させることができるとと思われる。なお、この機器も直流給電した方が効率的である。

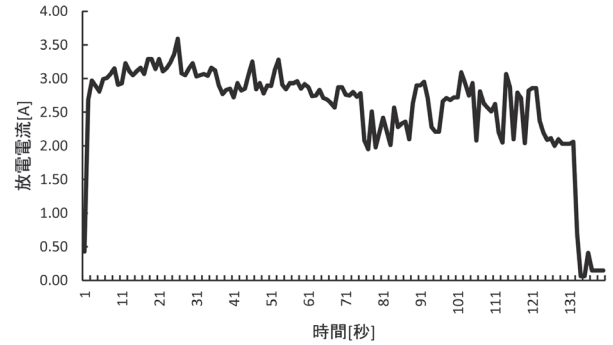


図 8 ノートパソコン使用時の電流特性

### (6) スマートフォンの充電

図 9 にスマートフォンを充電したときの測定結果を示す。放電電流はごく小さいことが確認できる。この機器も直流給電した方が効率的である。

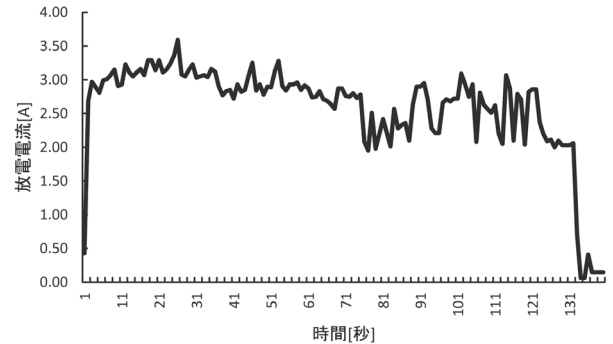


図 9 スマートフォン充電時の電流特性

## 2.3 電力使用シミュレーション

以上のように、非常用可搬型太陽光給電システムで動作させることを想定している家電機器について、インバータを介してバッテリーの電気で動作させたときにどの程度の電流を消費するのかを測定した。この結果、照明機器、情報機器などは動作することが確認できたものの、冷蔵庫や石油ファンヒータといった始動時に大電流が流れる機器に関しては動作させることができないことが確認できた。また、交流を直流に変換して動作する機器も多いため、直流機器の普及の必要性も感じられた。今後は、今回動作しなかった機器への対策として、疑

表 3 電気機器の使用シミュレーション

機器名称	消費電力 [W]	使用時間帯[h]
LED電球	11.2	17時～8時
電気毛布	11.7	17時～8時(冬季)
直流扇風機	16.8 (強)	9時～21時(夏季)
	1.3 (弱)	22時～8時(夏季)
エールフ°(4本)	2.2[Wh]	8時、17時
スマートフォン	7.0[Wh]	8時、17時



似正弦波インバータと正弦波インバータでの動作比較、バッテリーに電気二重層キャパシタを並列に接続し、急激な電圧低下を防ぐ等の対策を行う必要がある。

表3には避難状態を想定した際の電気機器の使用シミュレーション条件を示す。仮定として用いた消費電力と使用時間帯を示している。

この条件で夏季晴天時の鉛蓄電池残量、充電電力、消費電力を図10に示す。00:00の時点で鉛蓄電池は100%の充電状態となっている。夜間は照明負荷で残量が低下するが、日中は太陽発電の充電により残量が100%まで回復する。17:00以降は照明等の負荷により40%まで低下する。

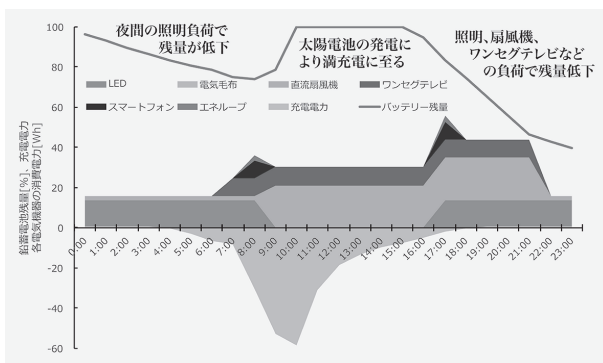


図10 電力使用シミュレーション：夏季晴天時

図11には発電には厳しい条件である冬季雨天時の結果を示す。太陽電池の発電が制限されることから、この条件下では更に使用電力を制限する必要がある。こうした手法を用いて、非常時の使用電力の設定を行うことができる。

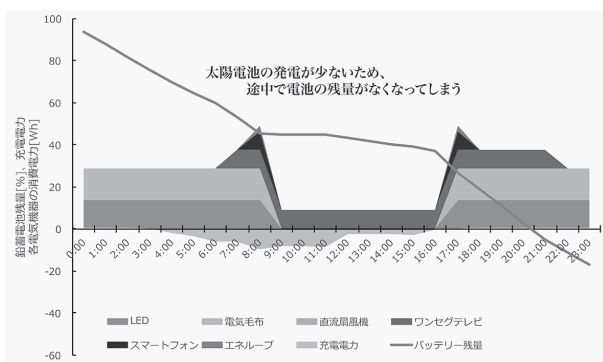


図11 電力使用シミュレーション：冬季雨天時

### 3. 災害時の広域状況把握システム構築

#### 3.1 広域状況把握技術の必要性

東日本大震災において浮き彫りとなった課題の一つに、広域災害における状況把握の困難さが挙げられる。同災害においては、通常規模の災害発生時には状況把握

の中心となるべき自治体等各機関が直接被災し、しかも近隣自治体も含めその機能が麻痺したこと、さらには数日にわたる東北地方全域における停電などが原因となり、状況把握に長い時間を要してしまった。被害状況の把握は、救助や二次災害防止、さらにはその先の復旧復興においても重要であり、迅速な全容把握の手段が求められている。

本学では田子町の産業廃棄物処理に関して衛星情報による広域情報を把握する実績を積んできており、リアルタイムでの衛星情報解析システムは他には希有な設備を有して成果は高く評価されている。<sup>2), 3)</sup>

そこで本研究では、衛星リモートセンシング技術を用い、広域の被害状況把握を行う解析手法の開発に取り組んだ。衛星情報関係では、広域被害状況把握の解析システムの構築を行なった。本来人工衛星は、そのほとんどが特定目的のために運用されているが、本学では以前から複数の人工衛星のデータを複合的に用いたり、搭載センサー特性を生かした新たなアルゴリズムを開発するなどして、これまで人工衛星での観測が行われてこなかった産業廃棄物不法投棄や微量火山性ガスの検出などを行ってきた実績があり、それらで培った技術を用いて被害状況の一括把握のための解析手法を開発した。<sup>7)</sup>

#### 3.2 衛星リモートセンシング技術の特徴

大規模災害における状況把握に関する課題は、被害範囲の広さと電源等のインフラが不安定になることが挙げられる。これらの課題に対して、人工衛星を用いた環境観測技術を被害状況把握に転用することは有効な手段である。人工衛星は地上の状況にかかわらず、定期的かつ広域の観測を続けることが可能であり、しかも受信設備を有していれば、対象地域外でも観測が可能であるなど、災害発生時に状況把握の妨げとなっている多くの要因をクリアできる潜在性がある。

#### (1) 環境観測衛星の能力

本研究には図12に示すような、主として環境観測用



図12 パラボラアンテナと衛星情報解析装置

の人工衛星を用いた。これは状況把握の自動化のため、多様な環境変化を総合的に解析する必要があるため、必要に応じて高解像度衛星による光学影像を併用することもあるが、基本的には環境衛星による解析を主とした。

本研究で主として用いていた人工衛星および搭載センサーは、米国 NASA の運用する地球観測衛星 Terra および Aqua 両機に搭載されている中分解能撮像分光放射計 (MODIS) と、米国大気海洋局の運用する気象観測衛星 NOAA シリーズに搭載されている改良型超高解像度放射計 (AVHRR) であった。これらは可視光から長波長赤外光までの広い観測波長帯を有しており、MODIS は 36 バンド、AVHRR は 7 バンドの波長分解能を有している。これらは空間分解能が 1 km と高くはないが、地表の温度、植生を測定できるだけでなく、マルチスペクトルセンサとして用いることで様々な環境観測を行うことが出来る。

## (2) 人工衛星による環境情報の解析

人工衛星により行うことが出来る地表の環境解析のうち、災害把握に用いることが出来るものとして、本研究で検討したのは、植生、地表温度、海面温度、クロロフィル-a さらに、スペクトル分析である。

### 1) 植生指数

植生の解析として広く用いられている指数に NDVI (正規化植生指数) がある。植生の特徴として、葉緑体に由来する赤色の吸収と細胞構造に由来する近赤外線の強い反射を兼ね備えていることが挙げられる。この性質を利用し、以下の式で計算される。

$$NDVI = \frac{I_{IR} - I_R}{I_{IR} + I_R} \quad \begin{cases} I_{IR} & : \text{Infrared Band} \\ I_R & : \text{Red Band} \end{cases} \quad (1)$$

NDVI 値は -1 から +1 までの値をとる。0 以上が植生の存在を示し、その活性度に応じて数値が高くなる。

### 2) 地表温度

地表の被覆、土壌等の変化等により影響を受けるパラメータとして、地表温度の観測が有効である。地表の構成物の変化は熱容量の変化をもたらすため、昼夜の地表温度変化に違いが生ずることが知られている。

人工衛星で地表温度を測定する場合、Planck の黒体放射則に基づき、輻射赤外線分布を元に温度を計算する方法が用いられており、10-12mm (MODIS:31,32Band, AVHRR:4,5Band) を中心にして、大気補正および表面放射率を考慮した上で以下の式により求める。

$$T_s = \frac{hc}{\lambda k_B} \left\{ \ln \left[ \varepsilon_\lambda \tau_\lambda \left( e^{\frac{h}{\lambda k_B T_B}} - 1 \right) + 1 \right] \right\}^{-1} \quad (2)$$

## 3.3 差分衛星画像による被害状況の把握

災害発生時の概況を把握する手段として、震災前後の環境解析を行い、差分をとることが有効であると考え、解析を行った。植生指数と地表温度の差分解析結果について以下に述べる。

### (1) 植生指数の差分

震災発生前 (3月8日) と発生後 (3月12日) における NDVI (正規化植生指数) を計算し、雲領域の除去と輝度補正を行った上で差分を求めた。植生指数の差分画像による解析結果を図 13 に示す。影響が見られた地点は沿岸部に広く分布しており、多くの地点が津波による影響を受けたことが示されている。実際に影響が残っていた箇所について現地調査を行った結果、土壌が削り取られていたり、海水の進入による植生の枯死などが見られた。

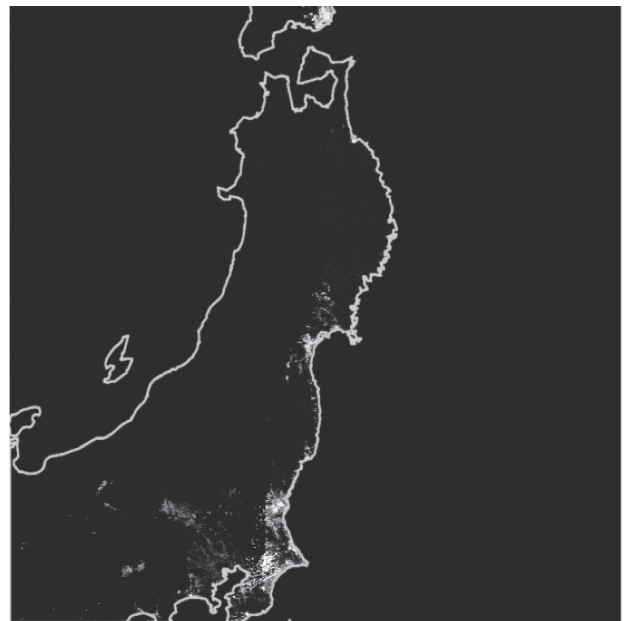


図 13 植生差分解析結果  
(2011 年 3 月 8 日と 12 日の差分)

### (2) 地表温度解析の差分

Day-Night アルゴリズムにより、日中の地表温度上昇傾向の差分をとり解析した結果を図 14 に示す。影響の見える場所は、比較的人口の多い都市部に分布しており、建造物の倒壊等による地表被覆の変化や、避難等による人間の生活活動の減少による影響とみられる。これらの箇所については、実際の調査においても建造物倒壊等が確認された。

## 3.4 ミクセル分解による土地被覆変化の解析

地震や津波、土石流等の災害により、家屋の倒壊や道路の覆土など、地表環境の変化が発生した場合、地表面の太陽光反射および熱輻射の傾向に変化が現れる。通常、低解像度の環境観測衛星の画素 (1km × 1km) は、そ



図14 地表温度差解析結果  
(2011年3月8日と12日の差分)

の画素が内包するエリアの種々の表面被覆による影響の平均値としての情報が得られていると考えられる。こうした状態をミクセルとよび、土壌やコンクリート、水などのエンドメンバー成分の当該画素中における占有率を推定することで、地表の状況を推定できる。災害の被害を把握するためには、災害前後におけるこれらの相対的な変化を求め、状況を推定することが有効であると考えられる。

図15は岩手県大船渡市および釜石市のミクセル解析結果である。例えば、アスファルトの占有率を見ると、震災前と比較して震災直後に減少しており、その一年後には回復しているように見られる。これは、地震や津波による建造物の倒壊等により発生した瓦礫が、道路を覆うことによってアスファルトの占有面積が減少したこと、一年後には瓦礫の撤去が完了したために再び道路が露出したことを示していると考えられる。コンクリー

トの変化については、建造物倒壊後に瓦礫撤去により更に減少している傾向にある。また、木材の露出については、人工衛星ではあくまで表面の観測しか出来ないことから、通常時では家屋は屋根に使われる後半の反射および放射が観測されるが、倒壊したことにより柱や壁材に用いられている木材が露出したことなどが、震災後の増加の原因として考えられる。これらの解析結果から、各エンドメンバーの占有率の変化が実際の被害およびその後の変化と対応していると考えられるため、変化の傾向を更に詳細に分析・分類することで、被害のタイプを判別できるようになると考えられる。<sup>8), 9)</sup>

#### 4. 通信システムの方式の開発

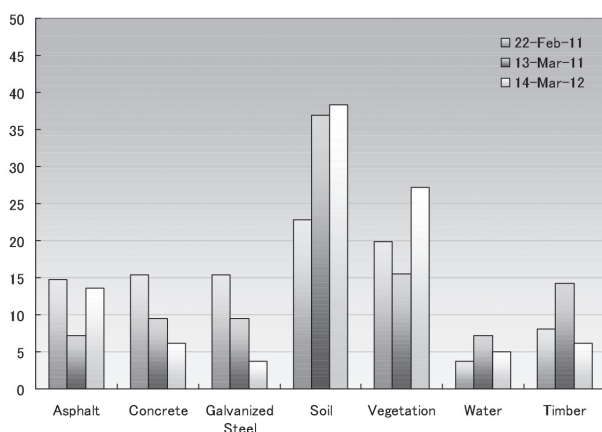
##### 4.1 はじめに

通信システムに関しては実業において取り組んできた実績があり、ここでは現行防災無線システムでの課題を捉えながら、解を求める。

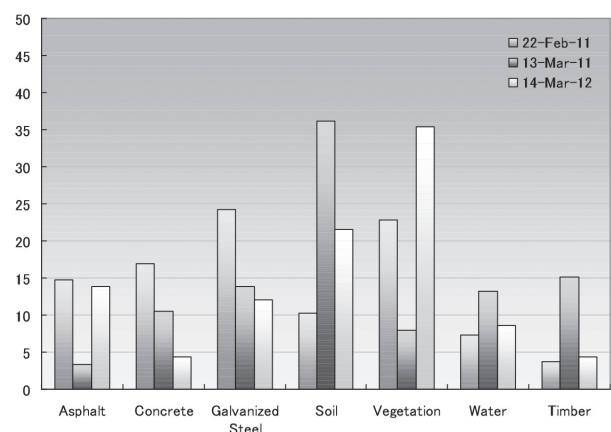
従来型の移動体通信（携帯電話など）では、基地局、およびそれらを繋ぐ固定網などの基盤設備が必須である。しかし、無線アドホックネットワークでは、固定ネットワークは不要であり、各端末自身が自律的にルーティングを行って通信を行うことが特徴である。

近年のインターネットの普及により、従来は専用回線が必要であった遠隔地からのセンサ情報の取得システムが安価にて構築可能となってきた。一方、携帯電話網を用いたデータ通信もここ数年で大きな進化を遂げ通信速度が年々高速化され、従来は可能であった大きなデータをやり取りするカメラの高解像度な動画情報でさえも、移動体からインターネットへ無線にて伝送が可能となった。通信ネットワーク関係に関しては災害時におけるニーズ調査や課題を明らかにする。

通信ネットワーク関係に関しては通信システムの方式検討と合わせて、通信システム（ソフトウェア）の開発を行なう。通信ネットワーク関係に関しては通信機



(a) 釜石市



(b) 大船渡市

図15 ミクセル解析結果



器（ハードウェア）の選定を行い、フィールド実験に取り組む。そこで本研究では携帯電話を用いたデータ通信端末と VPN（Virtual Private Network）アクセスルータとの組み合わせにより、たとえば山中など電話線の敷設が不可能な地域でも利用可能なインターネットに無線で接続する独立型 VPN を構築した。そして、この VPN にセンサ取得装置を接続し、実際にタブレットコンピュータなどのスマートデバイスを用いセンサから遠く離れた場所からでも Web ブラウザにて温度情報が取得可能であることを確認した。<sup>10), 11)</sup>

#### 4.2 システムの概要

本システムは図 16 および図 17 に示すとおり、3G 回線対応 VPN ルータ、モバイル回線端末およびイーサネットに対応したセンサ情報取得装置からなる。

ここでルータには Web ブラウザにて各種設定を容易に行うことができるヤマハの RTX810 を選定した。また、モバイル回線端末には送信最大 5.7Mbps / 受信最大 7.2Mbps の通信速度での docomo 回線によるデータ通信が可能となる LG の L-05A を選んだ。さらに、センサ情報取得装置には NIC（Network Interface Card）および Web サーバを内蔵しており、イーサネット経由に

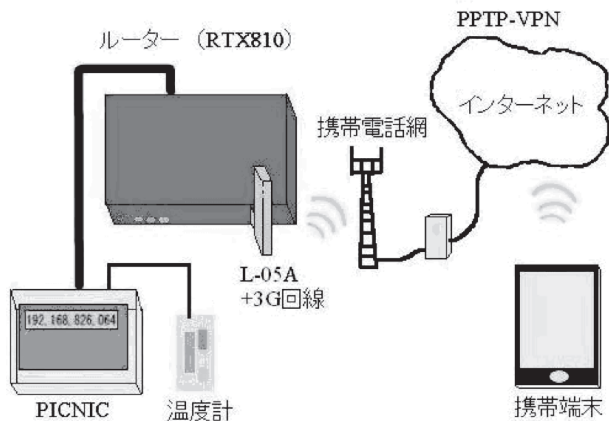


図 16 システムの構成

て Web ブラウザより各種センサ情報の取得やスイッチ回路の制御が容易に行えるトライステートの PICNIC を採用した。このシステム一式を任意の場所に配置すれば、携帯電話回線およびインターネットを介し、センサから得られた情報を世界中どこにいてもスマートフォンなどで確認が可能となる。

実際の構成は VPN ルータである RTX810 の USB 端子にモバイル回線端末の L-05A を差し込み、LAN 端子には 10BASE-T のイーサネットケーブルを介しセンサ情報取得装置である PICNIC を接続する。なお、この LAN 端子に Web サーバを内蔵したネットワークカメラを取り付ければ、遠く離れた場所にて画像情報も取得可能となる。

本来 VPN ルータである RTX810 は WAN 端子に FTTH や ADSL などの固定ブロードバンド回線を接続し、インターネットにアクセス可能な SOHO などでの小規模な LAN の構築を想定した製品であり、USB 端子に取り付けられたモバイル回線端末は固定の WAN 回線が使用不可など非常時の代替手段としての運用が想定されているが、今回の構成ではこれを独立型 VPN の構築のため積極的に利用している。なお、家庭向けの安価なブロードバンド回線対応の Wi-Fi ルータにも携帯電話網への接続が可能なタイプも存在するが、現時点ではそれらはダイナミック DNS や VPN が利用できない物がほとんどであり、IPSec などへの拡張も視野に入れている今回の用途には適さないと判断した。実際のルータの設定は RTX810 の LAN 端子に取り付けられたノート PC などで行うことができるが、本来の用途よりこの端子に複数のパーソナルコンピュータや Wi-Fi ルータを接続すれば、安定した電源さえ確保されれば災害などによる非常時にもインターネットに接続可能となる自立した VPN-LAN が構築され、情報収集や連絡手段として有用なシステムとなる。

#### 4.3 センサ情報取得装置

ルータの LAN ポートに接続するセンサ情報取得装置

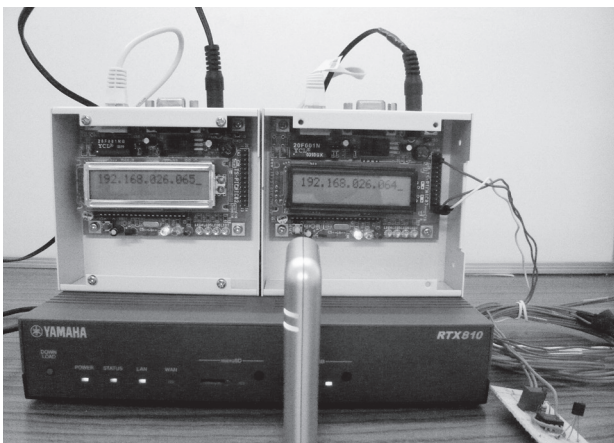


図 17 製作したシステムの外観

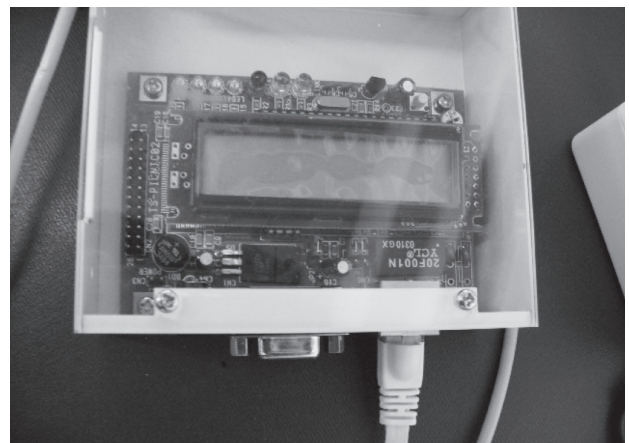


図 18 WEB でセンサ情報が取得可能な PICNIC



は、図 18 に示す NIC および Web サーバを内蔵したトライステートの PICNIC を用いた。この装置は PIC により NIC を制御し、内蔵の A/D および D/A コンバータを駆使してイーサネットに接続された端末の Web ブラウザにてセンサ情報の監視や制御を可能とする。

温度センサ部の回路図は図 19 に示すとおり、センサ素子として集積回路の LM35DZ を用い、出力電圧をオペアンプ IC の LM358 を使用した非反転増幅回路により増幅して PIC のアナログ端子に入力させた。

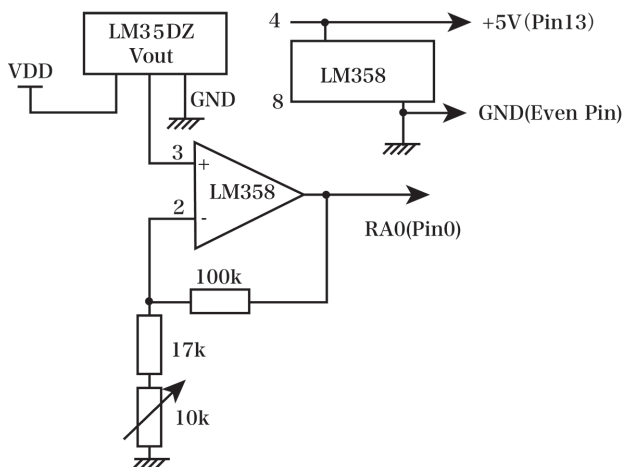


図 19 温度センサ部の回路図

実際製作した温度センサー回路を図 20 に示す。オペアンプの増幅率は 4 倍としたが、この設定ではセンサ IC の温度が 100℃ の時に最大出力電圧が 4V となるので、理論上の分解能は 0.122℃ となる。一方、気象庁の温度データの分解能は 0.1℃ であるため実用上問題ないと考えた。なお、1 つの PICNIC で複数点での温度を測定したい場合には同じ回路を作成し、オペアンプからの出力電圧を RA1 ～ RA3 のアナログ端子に入力すれば良い。

#### 4.4 インターネット関連の設定

本システムでは外部からスマートフォンなどにより

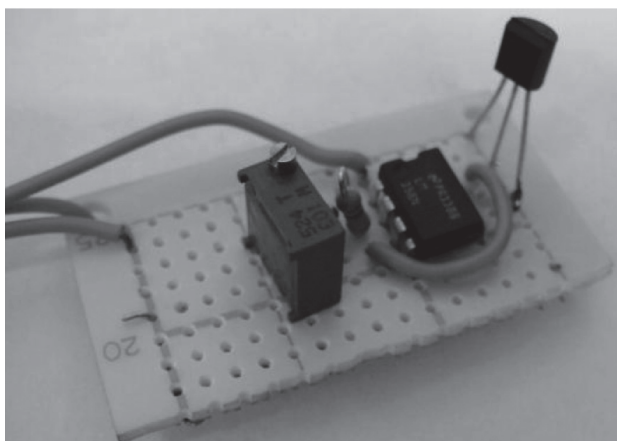


図 20 試作した温度センサ

インターネットを介して自立した LAN 内部にアクセスさせるため、ルータの WAN 側のポートにはグローバル IP アドレスを割り当てる必要がある。さらにインターネットへの接続に携帯電話網を想定していることから、モバイル回線端末である L-05A に挿入する SIM はモバイルルネッサンスのプリペイドタイプとした。この SIM は機器に固定グローバル IP アドレスを割り当てることから、ネットボランチ DNS などのサービスを利用することなくルータの NAT 機能のみにより公衆回線であるインターネットから LAN 内部へのアクセスが可能となる。これを実際に実現するためには VPN によりクライアントの LAN または端末とホストとの間にトンネルを構築する必要があり、センターと拠点のトンネリングにて、おのおのの LAN に多くの端末が接続される場合には一般に VPN ルータを 2 つ必要とする IPSec プロトコルを用いるが、ここでは安価な構成が可能でスマートフォンやタブレットコンピュータなどのスマートデバイスとも親和性の高い PPTP (Point to Tunneling Protocol) を採用した。さらに RTX810 は PPTP サーバを内蔵しているため別途サーバを立ち上げる必要がなく、1 つのルータのみで外部から LAN への VPN でのアクセスが可能となり、クライアント側もプライベート IP アドレスでの利用が可能であることから大幅なコスト削減が見込める。

PPTP の具体的な設定では、暗号鍵生成の認証方式としてセキュリティの実績を有する MS-CHAP v2 を採用した。また、ルータの LAN 端子に接続された各機器への IP アドレスの割り当てに関して、まず、LAN 側のネットワークアドレスは 192.168.26.0/24 すなわち、ネットマスクを 255.255.255.0 とした。ここで LAN 端子に接続される機器としては、設定のためのパーソナルコンピュータ、センサ情報取得システム、ネットワークカメラ等が考えられるが、VPN が確立している状態で外部から LAN 内部にアクセスするには、ポート開放などを行わない場合はセンサ情報取得装置に割り当てる各プライベート IP アドレスを固定する必要がある。そのため、設定用のパーソナルコンピュータ等へは DHCP サーバからプライベート IP アドレスを 192.168.26.32 ～ 192.168.26.63 の範囲で配布し、外部からのアクセスを必要とする 2 台の PICNIC はそれぞれ 192.168.26.64、192.168.26.65 の固定プライベート IP アドレスを設定した。これにより、任意の場所から各端末の情報が Web ブラウザにて同時に確認が可能となる。この状態にて、さらにインターネット経由で PPTP にて得られた本システムに接続時の管理画面をより 3G 回線にてルータの WAN 側に固定されたグローバル IP アドレス 49.243.23.\*\* が割り当てられていること、また、VPN 接続での通信が行なわれていることも確認できた。

#### 4.5 遠隔監視の実例

これらのシステムにより外部からセンサ情報を監視制御するためには、さらにインターネットに接続された端末側の VPN の設定が必要であり、今回は Windows XP を搭載したノート PC および Android OS 3.1 を搭載したタブレット PC を用意した。なお、両端末とも学内の LAN に頼らずシステムを完結させるため、いずれも携帯電話回線からアクセスしている。これらの設定の後、Windows XP より監視制御システムの LAN 内に入り込み、Web ブラウザにて 2 つの PICNIC のセンサ情報を表示した結果を確認した。これより、192.168.26.64、192.168.26.65 の固定プライベート IP アドレスを割り当てた PICNIC の情報が同時に確認できていることが分かる。さらに、アドレスが 64 の PICNIC の RA1 端子から 121 なる値が出力されており、これは製作した外付け温度センサの測定値である。PICNIC はセンサで取得した電圧値を基準電圧を 5V として 10bit で A/D 変換し 0 ~ 1023 の値として出力する。これより 1bit は  $5/1023V$  であり LM35DZ の出力電圧は  $10mV/^{\circ}C$  であるから、出力電圧の 100 倍が実際に観測した温度となる。また、今回はオペアンプを用いて出力電圧を 4 倍に設定しているため、PICNIC の表示値  $\times (5/1023) \times (100/4)$  にて温度が計算できる。これより 121 の時には  $14.9^{\circ}C$  と計算され、RA5 端子にて観測された内蔵の温度センサーによる測定値である  $14^{\circ}C$  との差異は  $0.9^{\circ}C$  となり概ね一致した。今回は準備の都合上、LAN 端子に接続したセンサ情報取得機器は 2 台としたが、ネットワークカメラなどさらに多くの機器を接続すれば、遠隔地にてそれらの情報を同時に取得が可能となる。

また近年、スマートフォンやタブレット PC が普及し、これらを用い出張先などからインターネットへのアクセスにより、ノート PC などを立ち上げなくても手軽に情報取得が可能となっており、遠隔監視制御システムへの応用も期待される。そこで、一例として Android OS 3.1 を搭載したタブレット PC でも VPN の設定をしてセンサ情報の取得が可能かを確認した。その結果、適

切な設定により異なる OS の端末からも携帯電話網を介して本システムにアクセスが可能であることを確認できた。

また、これらの応用として図 21 に示すように端末で取得した情報を Windows 上で Excel に書き出し、演算処理等で温度の異常を監視したり、Web ブラウザとの併用により機器の ON および OFF の制御も可能となった。<sup>12), 13)</sup>

#### 5. まとめ

スタンドアローン電力確保については非常用可搬型太陽光給電システムの評価を行うために、避難所における電力需要の調査を行った。また、可搬型太陽光給電システムの電力供給能力の把握のため、発電電力や電力を供給する負荷の消費電力等各種情データの測定を行った。結果としてその有用性を示すことができた。

次に衛星による地上観測と広域環境評価については解析アルゴリズムを基礎的な物理学的視点から構築しており、汎用的な状況把握に応用することを想定して開発を進めた。さらに、災害発生時の迅速な状況把握と救助、復旧計画の策定に資するため、基本的な状況判別の自動化をめざした。大規模且つ広域の災害における状況把握のために、人工衛星による環境解析を取り入れる事の有効性を示すことが出来た。昨今では数多くの環境観測衛星が運用されており、搭載センサーを複数組み合わせることで、解析内容の多様化や空間分解能の向上を行うことで、さらに正確な状況の把握につながると考えられる。

最後に通信システムの方式検討においては、災害等非常時を想定した 3G 回線対応 VPN アクセスルータを用いて独立型 VPN を構成し、ネットワーク対応のセンサ情報送受信装置との組み合わせにより、インターネット上に張られた暗号化された閉じた回線による遠隔地のセンサ情報取得システムを構築した。さらに、外部の任意の場所からインターネットを介してスマートデバイスにより本システムに接続し、センサ情報が取得可能であることを確認した。その際、WAN ポートに携帯電話回線を用いることにより、山間部など固定電話の敷設が不可能な場所に設置された本システムが他人に盗聴されることなくセンサ情報の確認およびスイッチ回路の制御が可能であることを示すことができた。

電力エネルギーに関しては実際のフィールドでの使用を前提にシステムを築く課題を盛り込んでいる。衛星情報に関しては観測情報の提供などで地域との連携が構築されており、同様なネットワークで成果の有効利用が図ることができる。通信システムに関してはローカルでありながら、危機管理上の情報収集、交換には不可欠なものとなる。このような実使用を前提とした研究内容であり、今後の災害対応としては成果とともに地域ネットワークと相俟って、地域復興に繋がるものと期待される。

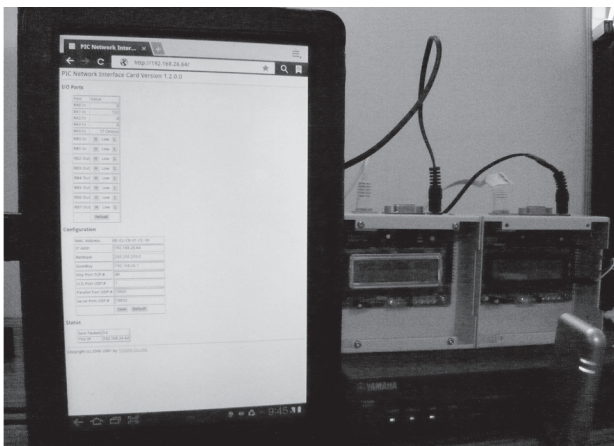


図 21 タブレット PC によるセンサ情報の表示

社会的にも震災時における諸対策の必要性が高まっており、本研究プロジェクト成果は喫緊の課題に対する解となり、高い貢献度が期待できる。

## 謝 辞

本研究は平成 24 年度八戸工業大学特別研究助成（プロジェクト研究）として採択され、平成 26 年度まで 3 カ年間実施されたものである。関係各位に謝意を表する。また、電気電子システム学科川又憲教授（現東北学院大学）には、平成 24, 25 年度に可搬型独立電源システムの開発に加わっていただいた。謝意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 花田一磨、藤田成隆：「ソーラー小型船の開発」、八戸工業大学紀要、Vol.30、pp.107-110（発行日：2011 年 3 月 31 日）。
- 2) 佐々木崇徳：「産廃不法投棄現場および周辺における水質のリモートセンシングシステムの構築とデータ収集」水処理技術、Vol.47, No.4, pp. 9-13 (2006)。
- 3) T. Sasaki, et al.: "Analysis of Detailed Geographical Features using Shadow of Satellite Images in the Case of Illegal dumping site on the Border between Aomori and Iwate Prefectures," Int. J. Soc. Mater. Eng. Resour., Vol. 14, No.1/2, pp. 65-68 (2006)。
- 4) 原田一輝：災害時対応用の可搬型独立電源システムの試作，平成 24 年度八戸工業大学工学部電子知能システム学科卒業研究論文要旨集，vol.38, p.24, (2012)。
- 5) 花田一磨、高橋智之、畑東明、川又憲：非常用可搬型太陽光給電システムの発電・負荷特性の測定，平成 25 年度電気関係学会東北支部連合大会，2G17, (2013)。(2013 年 3 月 31 日)。
- 6) 花田一磨、高橋智之、畑東明、川又憲：「家庭用電気機器のバッテリー駆動に関する基礎的測定」、八戸工業大学エネルギー環境システム研究所紀要、Vol.12、pp.27-31（発行日：2014 年 3 月 28 日）。
- 7) 佐々木崇徳、藤田成隆：「衛星リモートセンシング技術による東日本大震災の被害状況解析」、八戸工業大学紀要、Vol.32、p.97-107（発行日：2013 年 3 月 31 日）。
- 8) 佐々木崇徳：「創造的復興のための」技術開発・支援と地域連携教育の推進：中間報告、3. 創造的復興のための技術開発、3.2 災害発生時の広域状況把握システムの構築」、発行日：八戸工業大学防災技術社会システム研究センター、pp.39-42（総頁数：13 頁、発行日：2014 年 01 月 27 日）。
- 9) 佐々木崇徳、藤田成隆：「MODIS 画像のミクセル分解による東日本大震災の被害状況解析」、2014 年電子情報通信学会総合大会講演論文集、No.B-3-14（発表：2014 年 3 月 18 日、新潟大学）。
- 10) 柴田幸司、花田一磨、中坂慎吾：「携帯電話網を用いた独立型 VPN によるセンサ情報遠隔監視制御システム」、八戸工業大学紀要、Vol.31、pp.147-152（発行日：2012 年 3 月 31 日）。
- 11) 柴田幸司、花田一磨、大久保友裕：「WiMAX 網を用いた独立型 VPN によるセンサからの高速波形遠隔監視システム」、八戸工業大学紀要、Vol.32、pp.129-134（発行日：2013 年 3 月 31 日）。
- 12) 柴田幸司：「創造的復興のための」技術開発・支援と地域連携教育の推進：中間報告、3. 創造的復興のための技術開発、3.3 危機対応型情報・電力ネットワークシステムの構築」、発行：八戸工業大学防災技術社会システム研究センター、pp.43-47（総頁数：13 頁、発行日：2014 年 01 月 27 日）。
- 13) 柴田幸司、花田一磨、落合翼：「Linux マイコンを用いた組込み VPN による超小型センサ情報遠隔監視システムの開発」、八戸工業大学紀要、Vol.33、pp.115-120（発行日：2014 年 3 月 31 日）。