

# 災害時情報通信システムの社会実装に関わる 教育機関の役割に関する研究（中間報告）

函館工業高等専門学校 生産システム工学科教授 藤原 孝洋  
函館工業高等専門学校 生産システム工学科准教授 三栗 祐己  
函館工業高等専門学校 物質環境工学科教授 小林 淳哉  
函館工業高等専門学校 物質環境工学科教授 鹿野 弘二

## I. はじめに

阪神淡路大震災以降、災害時に通信を確保し、被害状況を迅速に把握することが強く求められ、様々な機関で研究開発が実施されてきた。しかし、2011年3月11日の東日本大震災では、被災地が広大であるため、これまでの研究の常識が通用せず、如何にするか災害通信システムに関わる研究者の課題となった[1,2]。一方、大規模災害を想定して開発された通信衛星 WINDS による通信環境では、東日本大震災において災害対策本部に通信環境を提供できたことが報告されている[3]。しかし、市内の被災状況の把握や被災者に的確な情報を伝える市民レベルの通信環境(固定電話網や携帯電話網、電子メール、SNS(Social Networking Services))の脆弱性が改めて顕著になった。従って、大規模災害時に被災状況を迅速に把握し、災害救助活動を支援するための情報通信システムの構築が急務である。さらに、災害時の多様な要求に迅速に対応するためには、平常時からシステムが利用され、災害時にも同様に運用できることが求められる。

そこで本研究では、耐災害システムを社会で実用化する社会実装のための仕組みにフォーカスする。耐災害システムの社会実装では、導入時だけでなく運用時の仕組みや、そのシステムを災害時に確実に稼働する仕組みなど様々な課題が考えられる。特に、研究機関の研究成果と耐災害システムのユーザである自治体等の要求のマッチング、および非常時にシステムを適切に稼働するための仕組みを構築しなければならない。本研究では、図1に示すように、研究機関で開発された耐災害システムを教育機関で活用するとともに、教育活動において自治体のニーズを調査し、教育活動を通して災害時情報通信システムの社会実装モデルを開発することを目的とする。そのため、情報通信研究機構(NICT)と研究開発に関する協定を締結し、同機関で開発された耐災害メッシュネットワーク NerveNet を函館高専に導入した。そのシステムを活用して、地元自治体の要求を取り入れたテストベッドを構築し、社会実装の可能性を検討することとなった。

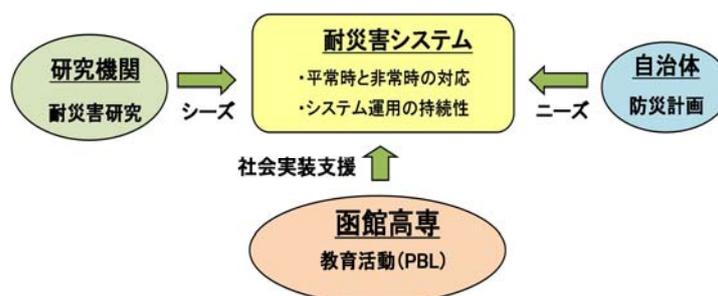


図1 耐災害システムの社会実装促進モデル

本研究の実行機関である函館高専では、創造実験 Project-based Learning (PBL)において、地域社会からの要請を実験テーマに取り上げ、課題解決を通して社会に還元する取り組みを進めている。そこで、この PBL において耐災害システムの構築をテーマに設定し、函館市やその他周辺自治体の要求を調査することにした。NerveNet を基幹通信網とする耐災害用ネットワークのテストベッドを構築し、システムの有効性ととも、教育機関が教育活動でシステムを維持し活用することによって、平常時の継続的利用と災害時の技術支援を可能にする仕組みを検討する。その有効性を評価するため、災害時に求められる安否情報共有機能やファイル管理機能、カメラによるモニタリング機能等を Web サーバ上で提供するテストベッドを開発する。このテストベッドを通じて、教育活動による自治体の災害時の行動に対する要求の具現化と、教育機関による社会実装の促進モデルの基本概念を検証する。

## II. 耐災害システムの状況

### 1 既存通信システムの被災状況

携帯電話などの既存の無線ネットワークでは、図 2 に示すように、通信端末、基地局、インフラネットワーク、情報管理サーバ等によって構成され、集中制御型のネットワークとして機器が接続される。大規模災害等によって経路の一部が切断されると、その経路につながる通信端末は通信不能となる。また、アクセス集中によって通信の輻輳が発生し、通信規制による接続障害が発生することは広く知られている。東日本大震災では、移動通信網の音声トラフィックが通常時の 50 倍以上に達し、70~95%の通信規制が実施された [4]。一方、電子メール等のパケット通信の通信規制は限定的なもので、最大でも 30%、かつ一時的であったことが報告されている [4]。しかし、直接的な被害が及んでいない場合でも、その上位の経路のいずれかに障害が生じると、通信を維持することができない。一方、図 3 に示す無線メッシュネットワークでは、エリア内の通信経路が被災した場合、代替ルートによって通信経路を動的に構築し、外部への通信経路を維持することができる。但し、インターネットの場合、無線メッシュネットワークとインターネットを結ぶアクセス網が切断されると、メッシュネットワークによるエリア内の経路が維持されたとしても、

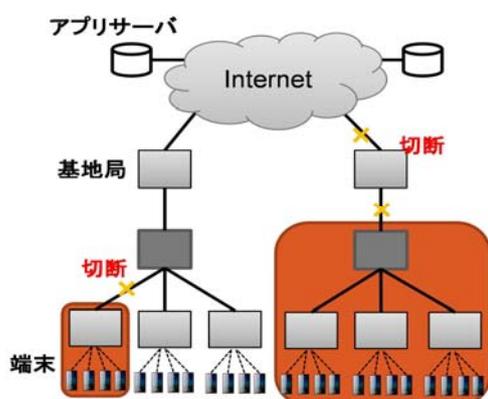


図2 既存のネットワーク構成

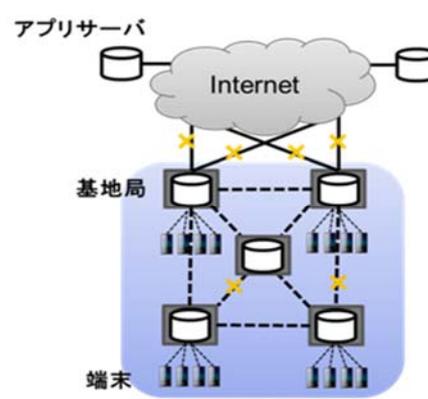


図3 無線メッシュネットワーク構成

外部にある DNS 等のサーバ群にアクセスできないため、Web サーバ等へのアクセス機能を維持できない。従って、大規模災害時にインターネットサービスを前提としたシステムでは、通信機能の提供を保証できない。特に、自治体の災害対策拠点や避難所を接続するネットワークとしてインターネットを前提にすることは適切ではない。

## 2 通信衛星 WINDS の活用

通信衛星による緊急通信は、大規模災害時に有効な手段である。東日本大震災では、通信衛星「きずな」と「きく8号」を用いて自治体防災対策本部に通信回線が提供されたことが報告されている[3]。この回線によって、災害対策活動本部と都道府県庁や政府の防災対策本部の情報共有やテレビ会議サービスを利用することができた。しかし、平常時に利用されていないシステムの設置や運用に関わる課題、想定された通信と実際に求められる通信回線の利用方法など、多くの改善点が見出された。また、通信帯域も限られるため、用途を限定した利用にならざるを得ない。

## 3 耐災害通信システム NerveNet

情報通信研究機構（NICT）で開発された耐災害通信システム NerveNet は、図 4 に示すように基地局と無線ユニットで構成され、基地局間を無線メッシュネットワークで接続するシステムである。基地局は図 5 に示すように、ネットワークを接続する L2VLAN（Virtual Local Area Network）スイッチと CPU、データベースで構成される。災害時に通信経路が切断された場合、代替経路によって接続が維持され、経路構築のロバスト性に優れている。また、基地局に実装された分散型データベースは互いにデータを同期し、一つの基地局が被災しても他の基地局で共有されたデータを提供する機能を有する。また、コアネットワークとの接続が切れた場合、NerveNet 内では基地局のサーバ機能によってローカルエリア内のネットワーク機能を維持する。つまり、災害時にネットワークの一部が切断されたり、機器の故障や電源喪失に陥っても残りの機能でネットワークを維持し、すべてが停止することを防ぐことが可能である[5,6,9]。

このように、東日本大震災やこれまでの災害の教訓として、基幹となる災害時通信システムは整備されているが、混乱状態に陥る市町村レベルの自治体や、市民への情報提供と、そのシステムの構築と運用に関しては今後の重要な課題である。



図 4 NerveNet 基地局／無線設備

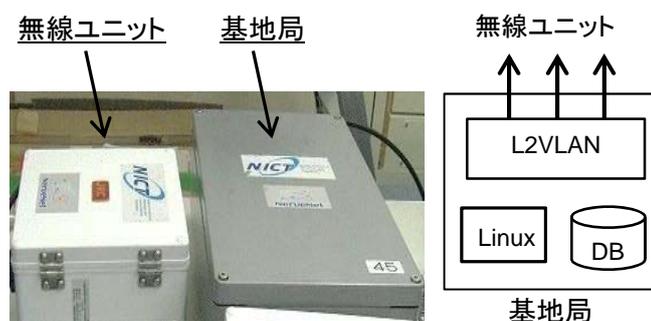


図 5 NerveNet 基地局／無線機と内部構成

### Ⅲ. システムの社会実装

#### 1 社会実装の状況

NerveNetのような耐災害システムにおいて、研究開発された成果を実際に社会で活用する社会実装では、個々の要求に如何に応えるかが問われる。そのためには、自治体等の要求を把握し、その要求を実現する方策を検討しなければならない。しかし、研究機関が、個々の自治体仕様に合わせてシステムを構築することは適切ではない。また、研究成果を委託された企業がシステムを構築するとしても、非常時を目的とした運用では自治体が有効活用できない。従って、非常時のためだけでなく、平常時にも利用できるシステムであることが求められる。

そのため、多くのシステムでは平常時にもシステムを活用する応用、つまりキラーアプリケーションを求めて検討されてきた。例えば、NerveNetを地域のWi-Fiネットワークとして導入し、商店街の広告配信機能を付加した岩見沢市の例が報告されている[8]。しかし、これらの実証実験は、実験的な導入にとどまり、耐災害システムの実用化のための有効な指針を示す状況には至っていない。

#### 2 教育活動との連携

災害時通信システムとして期待されるNerveNetについて、具体的に社会実装し有効に稼働させるためには、平常時の運用と災害時の運用を明確にし、いつでも稼働する状態を維持しなければならぬ。

そこで、前述の図1に示すように、研究機関で開発された耐災害システムを自治体等に導入する社会実装において、研究シーズとユーザーニーズをマッチングするため、教育機関が教育活動を通して社会実装を支援することが考えられる。さらに、システム導入後の運用と新たな仕様に基づく開発において、教育活動の中でシステム開発と運用に携わることによって、継続的なシステム活用を実現することができる。このような運用モデルを前提とし、函館高専・専攻科の授業科目である創造実験(PBL)で社会実装のモデル実験を開始した。この活動を通して、継続的に学生がシステムの構築と運用に関わる持続可能なシステム運用のモデル化を

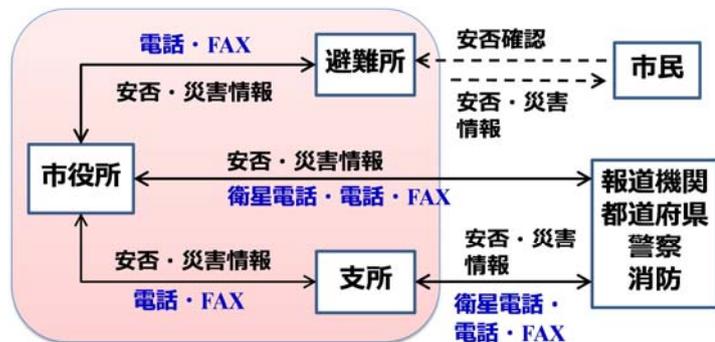


図6 災害時情報伝達および管理モデル

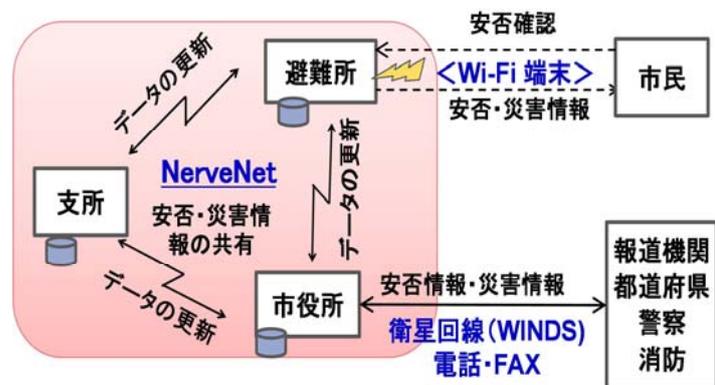


図7 NerveNetによる災害時情報伝達・管理モデル

検証する。

授業の一環として、災害時の情報伝達について地元自治体に確認してまとめた結果が図 6 である。本部（市役所）と避難所間の連絡は、電話あるいは FAX を想定し、市民に対しては広報車や防災無線による放送が想定されている。大規模災害に電話回線網が使えない場合、衛星電話による通話、または人が避難所から情報を運び集めることになる。NerveNet の導入を想定すると、図 7 のように、本部と支所および避難所を無線ネットワークで結び、それぞれの分散データベースを同期することによって、データを共有することが可能になる。さらに、市民はスマートフォンなどの Wi-Fi 端末で NerveNet にアクセスし、安否情報や災害情報を取得できる。

このモデルに従い、NerveNet の社会実装を想定した災害時情報管理システムのテストベッドを PBL 実験で構築した。学生は、テストベッドの構築を通して、実践的なネットワーク技術を修得するとともに、利用者の要求に基づいたシステム構築を経験する。また、毎年 PBL を履修する学生のうち、本テーマを担当する学生によってシステムを継続的に使用し改善を図ることが可能である。もし大規模災害が発生したときには、これらの学生がシステム運用を支援することが可能である。次の章では、そのテストベッドについて記す。

## IV. 耐災害システムのテストベッド構築と評価

### 1 テストベッドの概要

前述のように、函館高専に設置したテストベッドでは、3 台の NerveNet 基地局にそれぞれ 3 台の無線ユニットを取り付け、基地局間を 5.6 GHz 無線 LAN で接続し、L2 スイッチでルートを制御することによって図 8 のようにメッシュネットワークを構成する。また、各基地局は 2.4 GHz 帯 Wi-Fi アクセスポイント機能を有し、スマートフォン等の端末から NerveNet へのアクセスが可能である。加えて、災害時情報管理用アプリケーション機能として、ファイル共有、安否情報管理、伝言板、映像配信の各機能を Web サーバで提供する。そのアプリケーション機能を図 9 に示す。さらにテストベッドでは、電源が切れた時

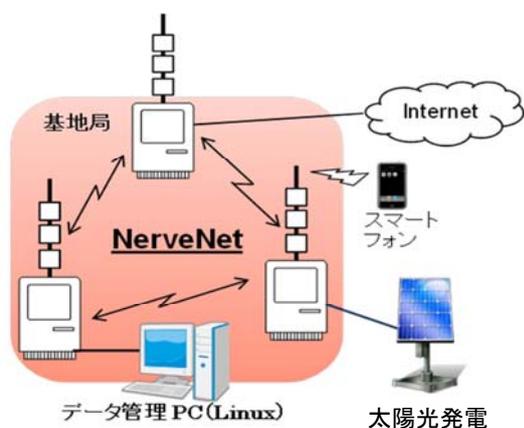


図 8 テストベッドの基本構成

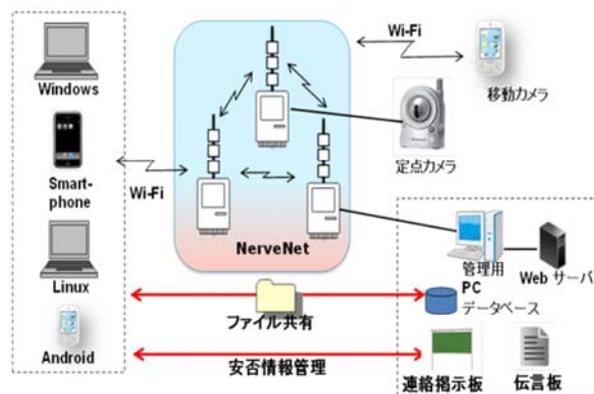


図 9 災害時情報管理機能

あるいは電源のない屋外に設置することを想定し、基地局の1台を太陽光発電ユニットで稼働させる。テストベッドに実装するネットワーク、アプリケーションソフトウェア、電力システムのそれぞれの目的は次のとおりである。

- ・ネットワーク

NerveNet 基地局を接続する VLAN 設定と、基地局間および基地局と端末間の電波強度を調査し、設置可能な場所を検討する。

- ・アプリケーションソフトウェア

非常時に必要な被災情報の管理用アプリケーションソフトウェアを開発するとともに、平常時の利用を検討する。

- ・電力システム

停電時あるいは電源がない外部でバッテリーと太陽光発電でシステムを稼働できるように、適切な容量の電力システムを検討する。

## 2 ネットワーク

### (1) 無線メッシュネットワーク NerveNet

NerveNetは、複数の基地局を無線リンクで接続する分散制御型無線メッシュネットワークである。基地局間を接続する無線ネットワークでは、L2VLANスイッチで接続先が設定される。さらに、メッシュネットワークを構成することによって、災害時に通信経路が切断されても迂回経路で接続を維持する機能を提供する。

<特徴>

- ・無線アクセスポイントのパッケージ化と無線設定の自動化により、ネットワーク構築の簡易化。
- ・接続対象となる基地局毎に動的に経路設定し、接続の切断を回復。
- ・各基地局はデータベースを有し、データの蓄積と他の基地局のデータベースと同期。
- ・外部ネットワークが切断されてもアプリケーションサービスの継続が可能。

### (2) ネットワーク構成

テストベッドは、図 10 に示すように 3 台の NerveNet 基地局でメッシュネットワークを構成する。各基地局は、他の基地局と接続されているため、1つの経路が切断されても残りの経路で接続を維持することができる。基地局は、Linux が組み込まれたコンピュータとデータベースで構成され、L2VLAN スイッチによってネットワークの経路を設定する。基地局は、他の基地局と接続する 5.6 GHz 無線リンクと、端末を接続する 2.4GHz 無線リンクが使われる。

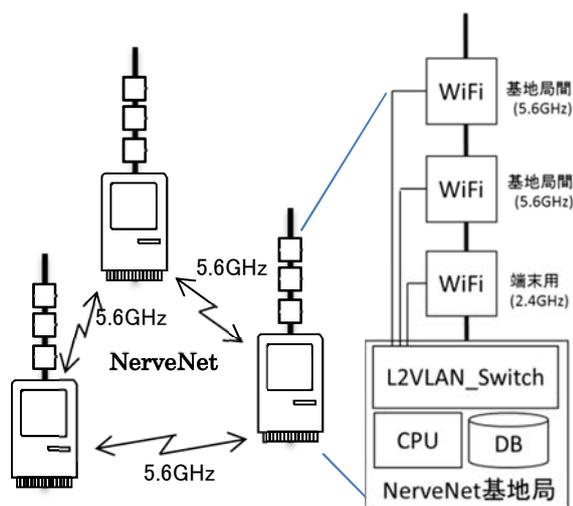


図 10 テストベッドのネットワーク構成

### (3) 基地局の設定

NerveNetmの無線リンクの設定とWi-Fiのネットワーク設定は図11のとおりである。

#### ①機器構成

図12に示すように、基地局本体と各無線ユニットはLANケーブルで接続され、各無線機とそれぞれのアンテナは同軸ケーブルで接続される。

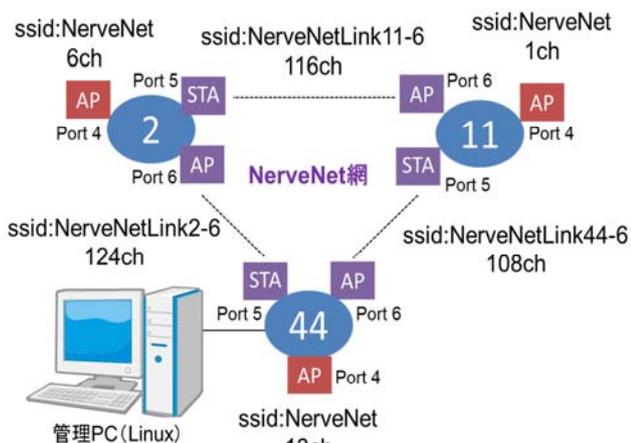


図11 ネットワーク設定



図12 基地局の機器構成

#### ②ネットワーク LAN 設定

VLAN 経路の構築および各基地局に対する経路情報の設定は、NerveNet 管理用 PC で行う。本システムに割り当てられた各基地局本体と各無線機の IP アドレス設定を表1に示す。また、各基地局のL2VLANスイッチの設定内容を表2に示す。

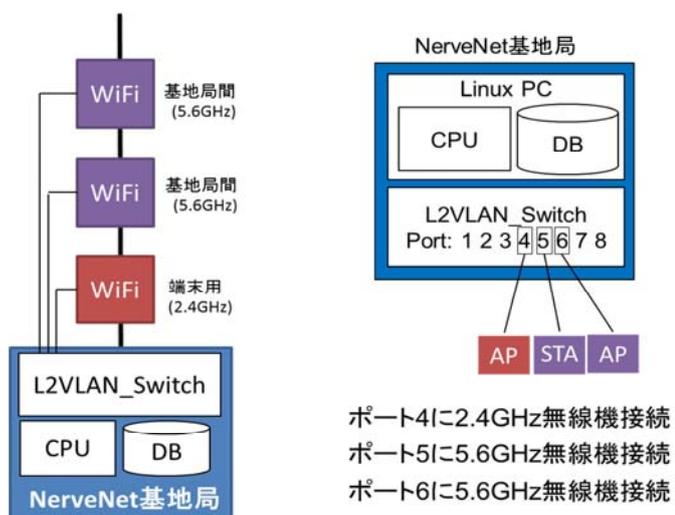


図13 無線機と基地局本体の接続ポート

表 1 基地局の IP アドレス設定

(a) 基地局 2 の場合

基地局番号:2	IP アドレス	サブネットマスク
基地局本体	172.16.2.1	255.255.255.0
無線機:5.6GHz	172.31.5.4	255.255.255.0
無線機:5.6GHz	172.31.6.4	255.255.255.0
無線機:2.4GHz	172.16.2.2	255.255.255.0

(b) 基地局 11 の場合

基地局番号:11	IP アドレス	サブネットマスク
基地局本体	172.16.11.1	255.255.255.0
無線機:5.6GHz	172.31.5.22	255.255.255.0
無線機:5.6GHz	172.31.6.22	255.255.255.0
無線機:2.4GHz	172.16.11.2	255.255.255.0

(c) 基地局 44 の場合

基地局番号:44	IP アドレス	サブネットマスク
基地局本体	172.16.44.1	255.255.255.0
無線機:5.6GHz	172.31.5.88	255.255.255.0
無線機:5.6GHz	172.31.6.88	255.255.255.0
無線機:2.4GHz	172.16.44.2	255.255.255.0

表 2 基地局の VLAN スイッチ設定

(a) 基地局 2 の場合

基地局:2	SSID	チャンネル	モード
Port 4	NerveNet	6ch	AP
Port 5	NerveNetLink11-6	116ch	STA
Port 6	NerveNetLink2-6	124ch	AP

(b) 基地局 11 の場合

基地局:11	SSID	チャンネル	モード
Port 4	NerveNet	1ch	AP
Port 5	NerveNetLink44-6	108ch	STA
Port 6	NerveNetLink11-6	116ch	AP

(c) 基地局 44 の場合

基地局:44	SSID	チャンネル	モード
Port 4	NerveNet	13ch	AP
Port 5	NerveNetLink2-6	124ch	STA
Port 6	NerveNetLink44-6	108ch	AP

### ③NerveNet 基地局の校内配置

本システムテストベッドの基地局を校内グラウンド(校門前)、大講義室前、専攻科棟(3F)にそれぞれ設置した。基地局 (No.2) と基地局 (No.11)、および基地局 (No.44) の距離は、それぞれ約 125m と 150m である。その設置場所を図 14 に示す。また、太陽光発電を用いた基地局 (No.2) の様子を図 15 に示す。

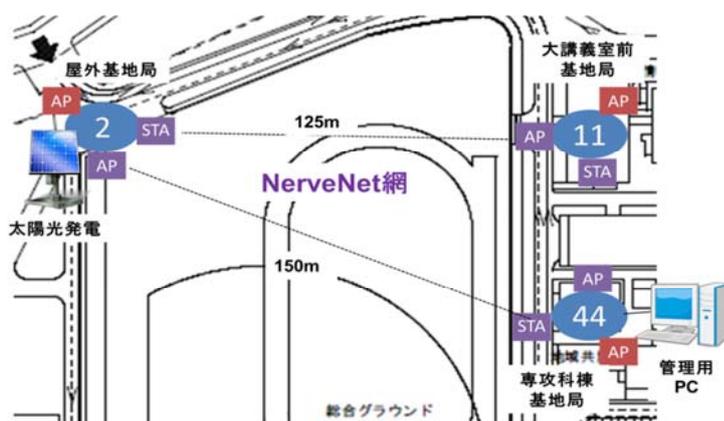


図 14 NerveNet 基地局の校内配置



図 15 基地局と太陽光発電パネル

#### ④電波強度測定実験

図 14 に示すそれぞれの位置に設置した NeveNet 基地局間 (5.6GHz) の電波強度の調査を行う。測定は無線機でモニターする RSSI 電波測定ツールを用いる。表 3 にその結果を示す。また、2.4GHz W-Fi 無線(端末用)の電波強度は、端末用 PC にインストールした電波測定ツールを用いて調査した。通信可能エリアを図 16 に示す。

表 3 から、グラウンドに設置した基地局と大講義室および専攻科棟の基地局間の電波強度は-65dBm で、無線機の最小感度が-80dBm であることから安定した電波強度である。また、ユーザ端末用の Wi-Fi 無線の場合、グラウンドのように見通しの良い場所では、有効範囲は約 100m であるが、大講義室や専攻科棟のように室内では、有効範囲は数 10m と狭い。この実験では、アンテナ高が約 1m であったが、アンテナ高を高くすることによって、屋外の有効範囲を広げることができる。また、屋内など見通しが悪い場合、WDS(Wireless Distribution System)等の中継機能の導入が必要である。

表 3 基地局間用無線 (5.6GHz) の電波強度

基地局間リンク:5.6GHz	電波強度
グラウンド(2) - 大講義室(11)間	-65dBm
専攻科棟(44) - グラウンド(2)間	-65dBm
大講義室(11) - 専攻科棟(44)間	測定不可能

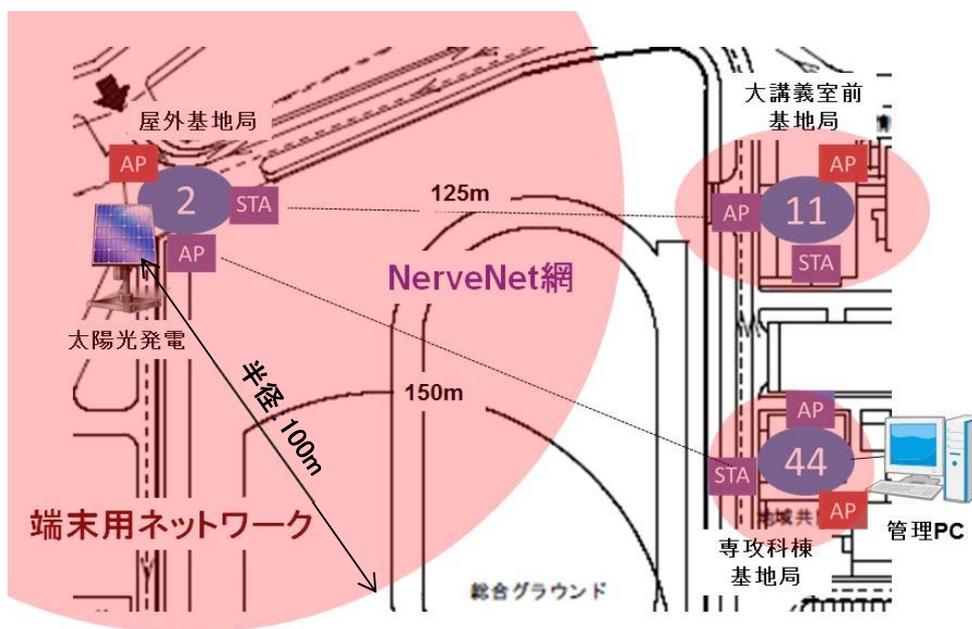


図 16 2.4GHzWi-Fi 無線(端末用)の接続可能エリア

### 3 アプリケーション機能

#### (1) 概要

災害時に情報を管理し共有するアプリケーション機能を Web アプリケーションとして構築する。その Web アプリケーションは、端末の OS に依存せず、特別な設定やソフトウェアが必要ないことを条件とする。実装するアプリケーションシステムの機能は、前述の図 9 のとおりで、①伝言掲示板、②ファイル共有、③定点カメラ、④移動カメラ、⑤災害情報・連絡掲示板である。

#### (2) アプリケーションシステム動作環境

本アプリケーション機能を実装する PC の仕様と Web サーバの仕様を表 4 に示す。

表 4 Web サーバ用 PC 環境

OS	Windows 7(64bit)
メモリ	4GB
Webサーバ	Apache 2.22.21
HTML	トップページ、各掲示板のフレーム
Perl	伝言掲示板・災害情報掲示板・ファイル共有
Perl実行環境	Active Perl
バーコード作成	PsQREdit (フリーソフト)

#### (3) 災害情報・連絡掲示板

自治体は災害時に災害情報や物資などの救援情報を他の自治体や都道府県、報道機関などの外部に伝えることが不可欠である。また、外部からの情報を住民に配信しなければならない。さらに、災害時の刻々と変わる状況の変化を迅速に通知しなければならない。そこで、本テストベッドでは、図 17 のように災害情報を配信するための連絡掲示板を導入し、情報交換を可能にした。この機能では、情報の書き込み、削除、検索が可能である。

#### (4) 伝言掲示板 (安否情報)

大規模災害が発生した場合の現状の安否確認手段では、住民が手書きで自分たちの情報を帳簿などに書き込み、その帳簿を見ながら避難所や市役所の担当者がエクセルなどに入力して管理する。その入力したデータを印刷して、避難所などで住民が閲覧できるように掲示する。このような管理方法では、住民の要求に迅速に応えることはできない。そこで、本テストベッドでは、上記の災害情報・連絡掲示板を利用して、Web サーバに伝言掲示板機能を導入した。住民は、図 18 に示すように、避難所の端末や自分の携帯端末から登録する安否情報を入力し、データベースに安否情報等を登録する。入力されたデータは、伝言掲示板機能によって住民が端末から検索・閲覧することができる。ただし、個人情報の管理などのセキュリティの検討が必要である。

#### (5) ファイル共有

災害発生時、自治体は住民の安否情報を外部機関等に提供しなければならない。しかし、現状では、インターネットが切れるとデータを送信することが困難で、適切なデータ管理

および共有ができない。そこで、図 19 のように本部と避難所等を NerveNet で接続することによって、インターネット等の外部ネットワークとの接続が切れた状態でも、NerveNet 上の接続を維持し、データを共有するファイル共有機能を提供する。

### (6) 定点カメラ配信

宮城県女川町では、固定カメラで津波の監視を行う機能を活用している。本テストベッドでは、図 20 のように定点カメラによるモニタリングシステムを導入し、平常時には観光などに利用し、非常時には被災状況のモニタリングすることを想定した。図 21 に定点カメラのアクセスページとその配信状況を示す。なお、テストベッドでは、Panasonic 製のネットワークカメラ BL-C131 を利用した。

### (7) 移動カメラ映像の配信

定点カメラに加え、スマートフォン端末を移動カメラとして利用する映像配信機能を追加した。この移動カメラで被災現場に出向き、その状況を配信することができる。移動カメラは、図 22 のように Andorid 端末に無料アプリの IP Webcam を使用した。

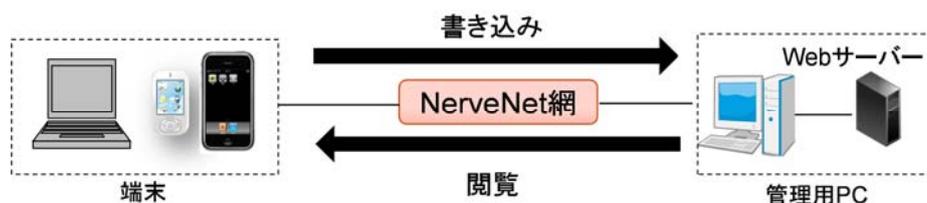


図 17 災害情報・連絡掲示板の概要

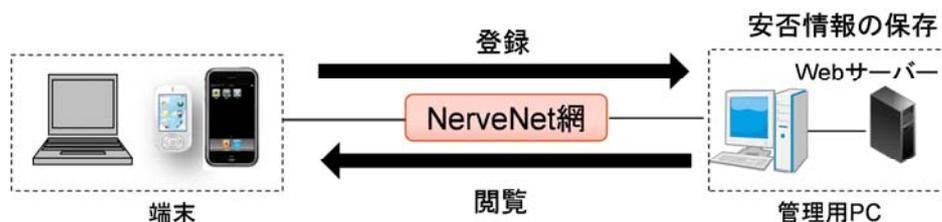


図 18 安否情報の伝言掲示板機能

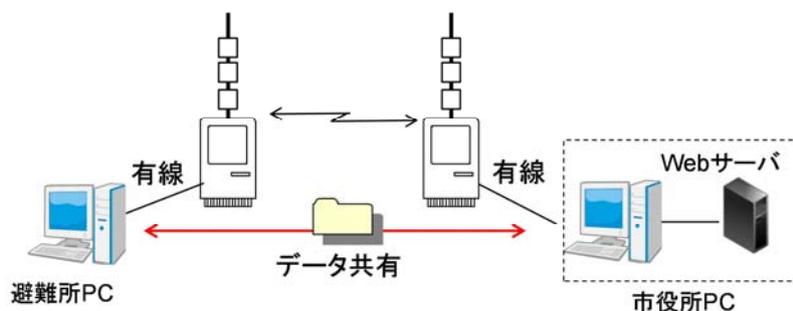


図 19 NerveNet を用いたファイル共有

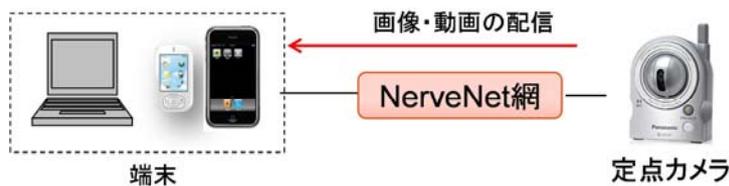


図 20 定点カメラの映像配信



図 21 定点カメラのアクセスページと配信状況

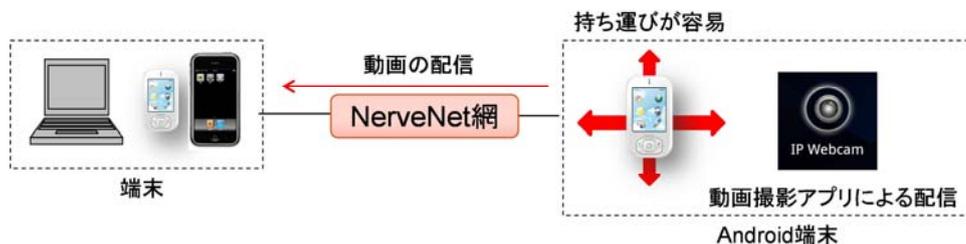


図 22 移動カメラの映像配信

#### 4 電力システム

電力システムでは、商用電源を用いずに消費電力 40W の基地局を稼働するための設計を行う。なお本来のシステムでは、バッテリーで 24 時間稼働が要求されるが、テストベッドでは 6 時間とする。設計に基づく機器一覧を表 5 に、太陽光パネルの仕様を表 6 に、電力システムの構成図を図 23 にそれぞれ示す。その電力システムの等価回路を図 24 に示す。

表 5 電力システム機器仕様

太陽光パネル	設置容量70W
蓄電池	36Ah
DC/ACインバータ	300W
インバータ効率	85%
基地局	消費電力40W

表 6 太陽光パネルの仕様

製品名(型式)	KD70SX-RP
メーカー名	京セラ
発電素子型	多結晶シリコン
公称最大動作電力	70 [ W ]
最大出力時動作電圧	17.9[ V ]
最大出力時動作電流	3.92[ A ]
開放電圧	22.1[ V ]
短絡電流	4.30[ A ]
外形寸法	778 × 660 × 57 [ mm ]
重量	6.5[ kg ]

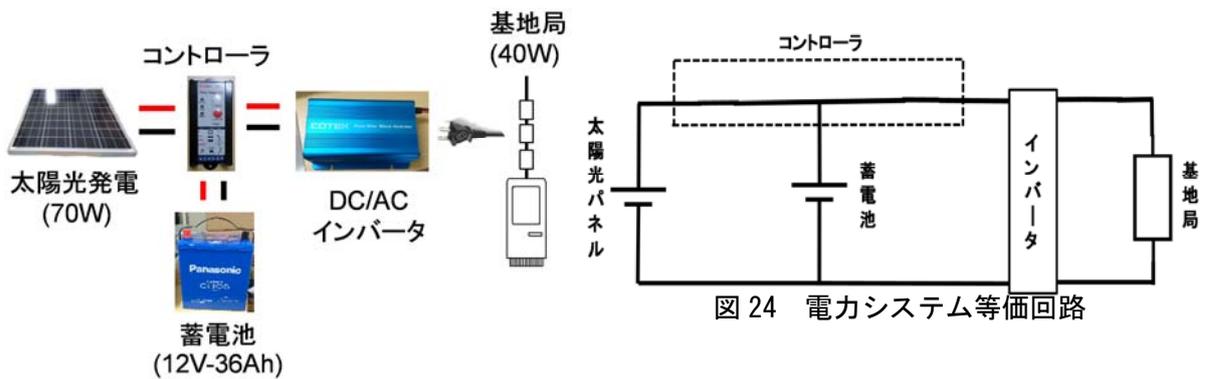


図 23 電力システムの構成図

(1) 無日照時の電力システムの動作

無日照時に太陽光パネルの出力電圧が蓄電池の両端電圧よりも低かった場合、コントローラは太陽光パネル側を切り離す動作を行う。太陽光パネルからの電力供給がなくなると、蓄電池が基地局に電力を供給する。蓄電池の両端電圧が下がり 11.5V 以下になると、蓄電池の過放電防止のためにコントローラが蓄電池からの電力供給を停止する。図 25 にモデル化した動作の様子を示す。蓄電池の放電の様子を図 26 に示す。蓄電池の電圧が 11.5V になる放電時間が約 6 時間であった。

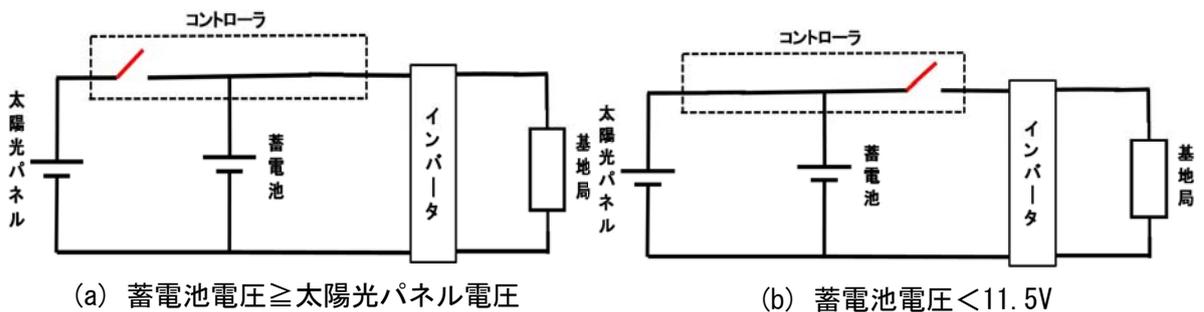


図 25 無日照時の電力システムの動作

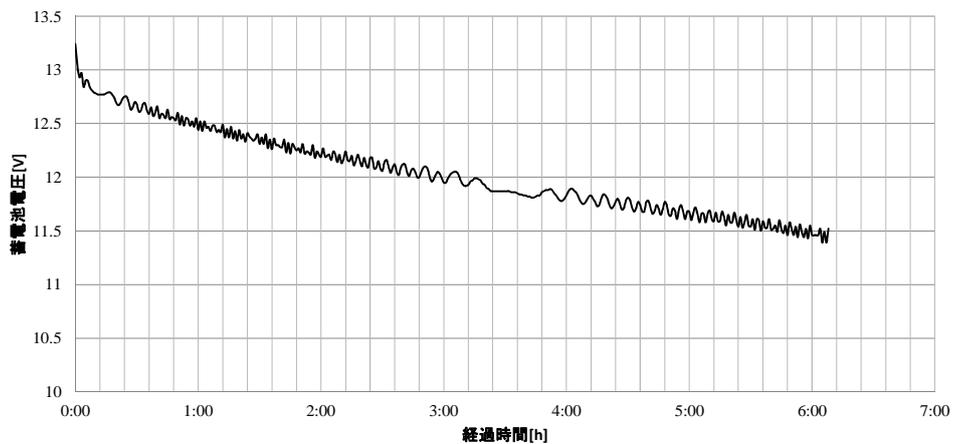


図 26 蓄電池のみで基地局を運用した場合の蓄電池の放電特性

## (2) 晴天時の電力システムの動作

晴天時には、太陽光パネルの出力電圧 $\geq$ 蓄電池の電圧となる。その点を考慮し、コントローラが太陽光パネルの出力電圧を PWM 制御によって降圧して蓄電池電圧と等しくする電力システムの等価回路を図 27 に示す。コントローラによって太陽光パネルの出力電圧と蓄電池の電圧を制御し、太陽光パネル電圧 $<$ 蓄電池電圧の場合、コントローラが太陽光パネルからの入力を切り離す。

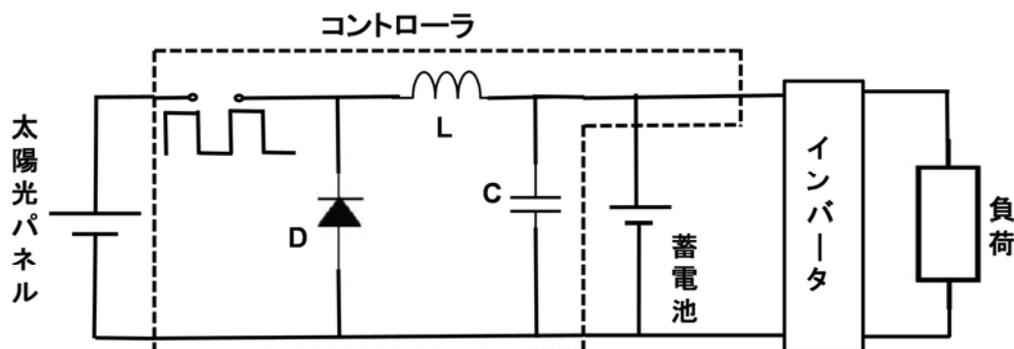


図 27 コントローラの内部回路を考慮した電力システムの等価回路

### ① 太陽光パネル出力電流 $\geq$ 負荷電流の場合

太陽光パネルの出力電流が、負荷側と蓄電池側を分流し、負荷を動作させながら同時に蓄電池の充電を行う。電流の流れを示した回路図を図 28 (a) に示す。

### ② 太陽光パネル出力電流 $<$ 負荷電流の場合

「負荷電流=太陽光パネルの出力電流+蓄電池から放電される電流」が成り立つ。その場合の電流の流れを示した回路図を図 28 (b) に示す。

晴天時にシステムの動作実験を行い、蓄電池の電圧を測定した結果を図 29 (a) に示す。この時の負荷は消費電力 40W の基地局ではなく、消費電力 30W のパソコンを負荷として実験を行った。また、太陽パネルの出力電流、蓄電池の電流、負荷電流をそれぞれ測定した結果を図 29 (b) に示す。この結果から、蓄電池の電流が負の値となる部分がある。これは、蓄電池が充電している場合に電流の値が負となる。また、図 29 (b) を見ると蓄電池の電流の時間変動が大きいことがわかる。これは、蓄電池の電圧が高くなった場合、蓄電池が充電中、蓄電池の電圧が下がった場合には蓄電池が放電中となり、充電と放電を繰り返している。図 29 (a) において、15:00 を過ぎると徐々に蓄電池の電圧が下がっている。これは、太陽光パネルからの電流が減少し、蓄電池の放電量が増加したため、徐々に蓄電池電圧が下がっている。

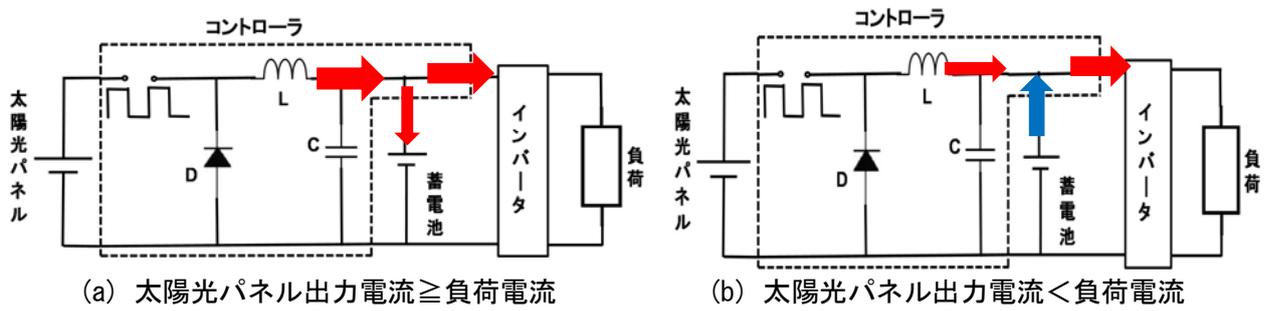


図 28 晴天時の電力システムの動作

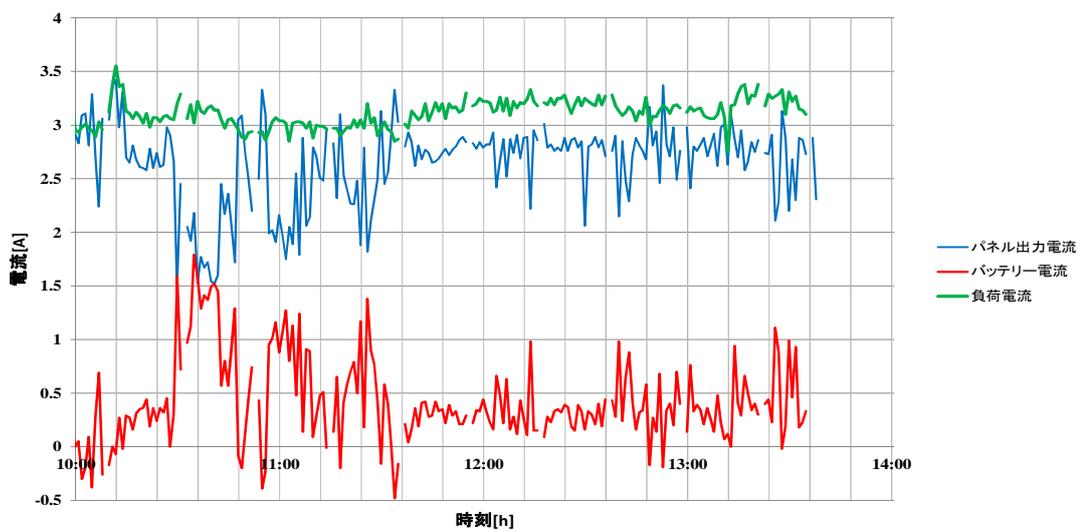
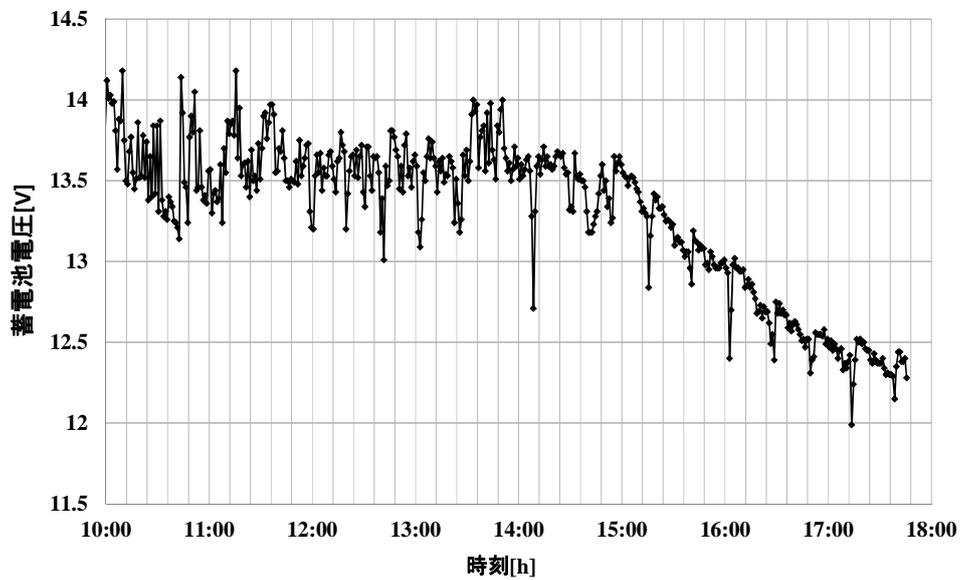


図 29 晴天時の電圧・電流特性

## V. まとめと今後の課題

本研究の目的「研究機関の成果を自治体等のニーズに合わせて社会実装するとともに、災害時および平常時の利用方法を検討する。」について、テストベッドを構築して検討を進めた。そのため、NerveNetによる無線ネットワークを校内に設置し、伝搬特性を調査し、各部の特性を確認した。また、テストベッドを通して、自治体等が想定する災害時の情報管理システムを具体化し、Webサーバ上に伝後掲示板等の導入、安否情報の交換やファイル共有の実現を図った。また、電力システムとして、太陽光発電による稼働を検討し、太陽光パネルおよび求められる制御ユニットの機能および特性を調査した。

研究機関の成果である NerveNet を導入し、耐災害システムを構築することおよび評価実験を行うことによって、学生はシステムの運用と新たな機能を構築するスキルを身につけたことによって、災害時に技術支援スタッフとして活動できることを示した。また、次の学年の学生にその技術を引き継ぐことによって、教育機関が災害時の技術支援できる可能性を示した。

一方、テストベッドには次のような課題が残っていることも明らかとなった。

- ・ネットワーク：
  - WDS を用いた屋内の NerveNet 網の拡大
  - SIP ID による端末識別
- ・アプリケーション：
  - NerveNet 基地局データベース同期機能の活用
  - Android 端末および ios 端末の NerveNet 向けアプリ開発
  - 平常時利用を想定したアプリケーションの構築
  - 災害時に活用できるわかりやすい実用システムの検討
- ・電力システム：
  - 本システムの要求を満たす充電コントローラ的设计
  - 太陽光パネルを用いた適切なバッテリー充電方法の検討

以上のことから、これらの課題に対する対応を教育活動（PBL）で開発することによって、教育機関が自治体とともに耐災害システムの活用を進めることができ、安全で安心な社会の実現に寄与できることを期待する。

### 謝辞

本校専攻科 PBL において、災害時通信サービスの検討を進めるにあたり、ネットワーク実験に協力頂くとともに技術支援を頂いた情報通信研究機構・耐災害 ICT 研究センターおよびワイヤレスネットワーク研究所の関係各位に感謝申し上げます。また、本研究は、(一財)北海道開発協会開発調査総合研究所の研究助成を受けて実施した。

## 研究従事者

- ・藤原孝洋 (函館高専・生産システム工学科・教授) (専攻科 PBL 担当教員)
- ・三栗祐己 (函館高専・生産システム工学科・准教授) (専攻科 PBL 担当教員)
- ・小林淳哉 (函館高専・物質環境工学科・教授) (専攻科 PBL 責任者)
- ・鹿野弘二 (函館高専・物質環境工学科・教授) (専攻科長)
- ・中村優吾 (函館高専・専攻科生産システム工学専攻 2 年) (H26 年度前期)
- ・中村勇太 (函館高専・専攻科生産システム工学専攻 2 年) (H26 年度前期)
- ・小泉僚平 (函館高専・専攻科生産システム工学専攻 2 年) (H26 年度前期)
- ・北川貴博 (函館高専・専攻科生産システム工学専攻 1 年) (H26 年度後期)
- ・橋本敦弘 (函館高専・専攻科生産システム工学専攻 1 年) (H26 年度後期)

## 参考文献

- [1]中沢正隆, "東日本大震災を振り返って," 信学誌, Vol.95, No.3, pp. 187-194 (2012).
- [2]山路栄作, "東日本大震災における通信インフラの災害復旧とその課題," 信学誌, Vol.95, No.3, pp. 195-200 (2012).
- [3]高山慎一郎他, "東日本大震災における通信衛星 WINDS 等の活用状況," 信学誌, Vol.95, No.3, pp. 201-206 (2012).
- [4]総務省, "大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方についてー最終取りまとめの公表ー," 大規模災害等緊急事態における通信確保の在り方に関する検討会, 報道資料 12 月 28 日(2011).
- [5]井上真杉, "頼れる情報通信インフラストラクチャの実現を目指して," 信学会通信ソサイエティマガジン, No. 19, pp.203-208 (2011).
- [6]Y. Nemoto and K. Hamaguchi, "Resilient ICT Research Based on Lessons Learned from the Great East Japan Earthquake," IEEE Communications Magazine, Vol. 52, No. 3, pp. 38-43 (2014).
- [7]NICT 熊谷博, "電波有効利用を促進する技術の技術動向と今後の方向性," [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000176537.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000176537.pdf).
- [8]NICT プレスリリース, "広告効果が確認できる、ネットワーク活用型広告配信実験を開始ーインタラクティブな広告配信技術の可能性を検証," <http://www.nict.go.jp/press/2010/12/08-1.html>.
- [9]三浦龍、井上真杉、大和田泰伯、浜口清、"耐災害ワイヤレスメッシュネットワークーテストベッドの概要ー," 電子情報通信学会信学技報, RRRC2013-15, pp.21-26、2013 年 7 月。