

## 被災地における太陽光発電を用いた 復興ウォッチャーの開発と評価

石井創一朗<sup>†</sup> 齊藤義仰<sup>†</sup> 西岡大<sup>†</sup> 村山優子<sup>†</sup>

2011年3月11日、東日本大震災によって引き起こされた津波は、太平洋沿岸地域に深刻な被害を与えた。2014年になり、震災から約3年が経過した。被災地の復興が徐々に進んでいるものの、復興が思うように進んでいないのが現実である。そこで、我々は復興ウォッチャーの検討を行ってきた。復興ウォッチャーとは、被災地の復興に向けて、持続的な理解と支援を得るため、動画や静止画を用いて、視覚的に被災地の情報を共有するシステムである。一方で、被災地は電力不足や、電力インフラがないといった問題を抱えている。現代は、低コストで合理的に供給されるエネルギーを得ることが必要となっており、太陽光発電が促進されている。本研究では、システム稼働のための発電の手段として、太陽光発電を利用することにした。本稿では、太陽光発電による電力インフラに依存しない復興ウォッチャーシステムを提案する。

### Development and Evaluation of the Recovery Watcher with Solar Panels in Disaster Area

SOICHIRO ISHII<sup>†</sup> YOSHIA SAITO<sup>†</sup> DAI NISHIOKA<sup>†</sup> YUKO MURAYAMA<sup>†</sup>

#### 1. はじめに

2011年3月11日、東日本大震災による大津波で太平洋沿岸地域は甚大な被害を受けた。被災地は、被災地外から様々な支援を受けている。復興活動が徐々に進んでいるものの、被災地内外での被災地に関する情報共有がうまくできていないことから、復興が思うように進んでいないのが現状である。我々は、震災直後から情報技術を、被災地救済の役に立たせることができなかつたと模索してきた。その結果、多くの被災地外の人々は、被災地の被害状況や復興の状況を知りたくても、現地へいくことがなかなかできず、現地の状況を知ることが難しいということがわかった。被災地の被害や復興状況を人々に伝えることは、長期間にわたる復興活動において、持続的な理解や支援を得るために重要なことであると考えられる。

現在、被災地の状況は、ニュースメディアでも報道されているものの、ニュースメディアはニュース性のある一部の情報を長期にわたって継続的に報道することはない。そのため、報道されていない被災地の様子を、被災地外の人々が知る機会はほとんどない。しかしながら、被災地の報道されていない場所でも、現在も復興支援が必要な場所が多く、被災地全体の状況を公開する必要がある。また、被災地の人々が、被災地外の人々に被災地の状況を伝えることで、支援の必要性を気づかせ、潜在的な支援者からの理解を得ることが、持続的な復興活動のために必要であると考

えられる。

一方で、我々はこれまでにインターネットの放送技術の研究を行ってきた[1][2]。インターネット放送の技術は、視覚的情報を伝えることが可能であるため、被災地の被害状況や、復興状況を伝えるのに適していると考えた。近年では、インターネット放送は、PCとウェブカメラさえあれば、誰でも容易に利用できるようになってきている。被災地に住む個人の協力を得られれば、被災地全体の状況をインターネット放送で公開することが可能となる。

これまでの災害時のシステムは、主に政府・地方自治体や支援団体を対象とした、災害情報管理や被災者支援を目的としたものがほとんどであった[3][4]。しかし、今回の震災では、あまりに大量の情報が集中してしまい、政府は国民に十分な情報提供を行うことができなかった。これらの情報集中を避けるためには、個人の情報提供が重要になってくる。実際に津波後もTwitter等のSNSを利用して、被災地周辺に住む個人が発信した情報は、政府・地方自治体から発信された情報の不足を補う役目を果たしていた。このような公衆参加が災害時には必要とされている[5]。

先行研究では、被災地への持続的な理解と支援を得るため、インターネット放送技術を応用して、被災地の状況を視覚的に発信することができる、復興ウォッチャーを提案してきた[6]。しかし、視覚的情報を発信し、視聴者と共有したい場所のほとんどが、海岸線を中心とした屋外がほとんどである。現在も被災地のほとんどが、電力不足や、電力インフラがない、といった問題を抱えている。本稿では電力インフラに依存しない、太陽光発電を用いた復興ウォ

<sup>†</sup>岩手県立大学  
Iwate Prefectural University

ッチャーシステムを提案する。これにより電力インフラに依存せず、場所にとらわれずに視覚的情報を発信することができる。太陽光発電でシステムの稼働を可能にするために、太陽光発電を用いた復興ウォッチャーシステムの開発し、長期的運用に向けた評価を行う。

## 2. 復興ウォッチャー

本節では、先行研究の復興ウォッチャーについて述べる。また、先行研究での実証実験とその調査結果について述べ、最後に、先行研究における問題点について言及する。

### 2.1 利用モデル

復興ウォッチャーの利用モデルを図1に示す。まず、個人ボランティアを想定した被災地各地の人々は、3G回線等の被災地でも利用できるインターネット回線を通じて、復興ウォッチャーに静止画を送信する。復興ウォッチャーは被災地外に住む人々に動画や写真を公開し、被災地の被害や復興に向けた努力への気づきを与える。被災地に住む人々の現状を共有することで、潜在的な支援者の被災地への理解を深め、持続的な支援を呼びかける。復興ウォッチャーは数年という長期間に渡り、動画像データを保存し、復興の軌跡を時系列で追えるようにすることで、後世へ残す資料としても利用できる。

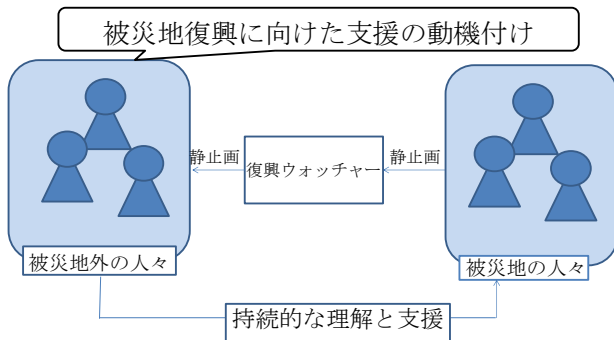


図1 復興ウォッチャーの利用モデル

### 2.2 システム構成

先行研究では、静止画による被災地観察の実現可能性と、配信する静止画の優先度を調査するため、プロトタイプシステムを開発した。先行研究におけるプロトタイプシステムの構成を図2に示す。プロトタイプシステムは、配信クライアント、配信サーバ、利用者クライアントの3つによって構成される。配信クライアントは被災地に設置され、3G回線等によりインターネットに接続されているものとする。配信サーバと利用者クライアントは高速な通信回線でインターネットに接続されているものとする。配信クライアントと利用者クライアントは、ウェブアプリケーションとして開発し、ウェブブラウザから利用可能とした。

まず、配信クライアントは接続されたウェブカメラから

静止画を定期的(本プロトタイプシステムでは20分毎)に作成し、静止画を配信サーバに送信する。配信サーバは静止画を受信すると、サムネイル画像を作成し、静止画と共にウェブサーバ上に保存する。保存された静止画とサムネイル画像のURLは、日付や時刻等の情報と共に、静止画データベースに保存される。利用者クライアントは復興ウォッチャーの閲覧用URLにアクセスすると、配信サーバは指定された静止画・サムネイル画像を提供する仕組みとなっている。利用者クライアントのアクセスパターンは配信サーバ上にアクセスログとして記録される。

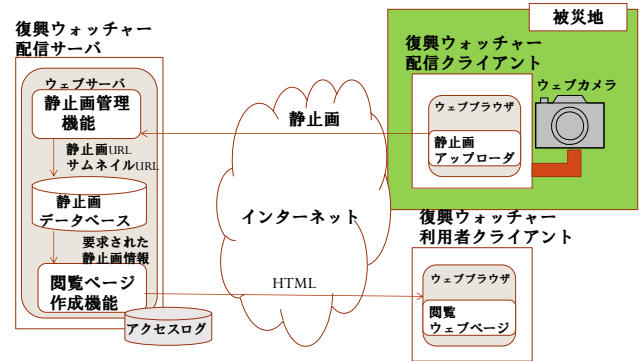


図2 プロトタイプシステムの構成

### 2.3 ユーザインタフェース

配信クライアントは、ウェブから誰でも容易に利用できるようになっている。利用者は、ウェブブラウザから閲覧用URL[7][8][9]にアクセスすると、図3のようにカレンダー形式で撮影された静止画サンプルのサムネイルが表示される。ここで、任意の日付のサムネイルをクリックすると、図4のように選択された日付に撮影された静止画のサムネイルの一覧が表示される。さらに、任意の時刻のサムネイルをクリックすると、図5のように高解像度の画像が表示される。

復興ウォッチャー(釜石市) 2012年10月2日から開始						
◀ 10/2012 ▶						
SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
		2	3	4	5	6
	1					
7	8	9	10	11	12	13
	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

図3 カレンダー形式による各日付の静止画サンプル

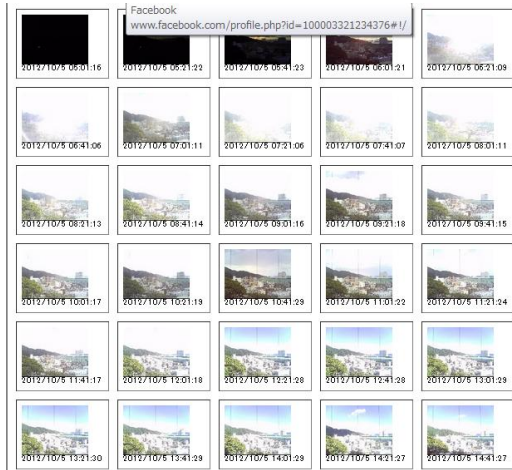


図4 選択された日付に撮影された静止画の一覧



図5 プロトタイプシステムにより撮影された静止画

## 2.4 先行研究の問題点

先行研究の運用実験として装置を釜石市に設置した。装置にはコンセントからの電源供給によるノートPCを室内に設置し、窓ガラスの内側から外に向かってウェブカメラを設置して運用実験を行った。しかし先行研究のプロトタイプシステムは電力インフラがある室内のみでしか使用することができず、その上、おもに静止画を撮影したい場所は海岸線を中心とした、電力インフラが被災、もしくはほとんど通っていない場所がほとんどである。そのため、電力インフラに依存しないシステムに改良する必要があった。

## 3. 太陽光発電を用いた復興ウォッチャーシステム

本節では、太陽光発電を用いた復興ウォッチャーシステム概要について述べる。次に、システムの設計について、Raspberry Pi と回路の実装について言及する。

### 3.1 システム概要

提案システムの構成を図7に示す。提案システムは配信クライアント、配信サーバ、利用者クライアントの3つによって構成される。復興ウォッチャー配信クライアントは、

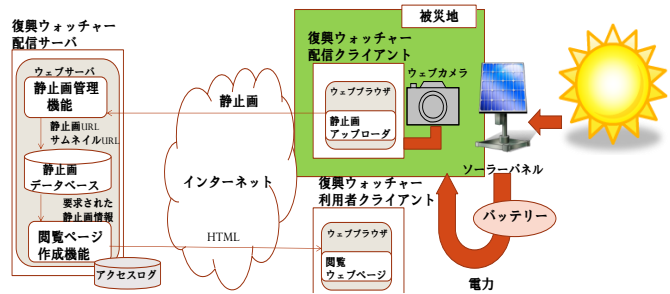


図7 太陽光発電を用いた復興ウォッチャーにおけるシステム概要図

太陽光発電によってバッテリーに蓄電された電力を利用することで装置が動作する。装置が起動すると、自動でネットワークの接続の確立、静止画の撮影、アップロードを行う。アップロードが完了すると管理者に自動でメールが送信される。これにより、遠隔地から静止画が正常にアップロードされているか確認することが可能である。

### 3.2 設計

本研究では、太陽光発電によって復興ウォッチャーの稼働を行った。太陽光発電における問題点として、得られる電力が少ないため、先行研究のようにシステム稼働にノートPCを用いると、すぐにバッテリーの電力がなくなるといった問題が発生する。そこで本研究では、(i) 消費電力の少ない機器を利用する、(ii) 蓄電したわずかな電力を効率よく利用する、という2つの項目に重点をおいた。

(i) 消費電力の少ない機器を利用するという項目では、先行研究では、ノートPCを利用してのに対し、本研究では、低消費電力PCのRaspberry Piを用いた。一般的に普及しているノートPCは、消費電力が約20W~60Wであるのに対し、Raspberry Piは消費電力3.5Wで稼働する。そのため、太陽光発電によるわずかな蓄電量でも使用可能であると考えられる。Raspberry Piには、先行研究と同様に、3Gデバイスを用いてネットワーク通信を行い、撮影にUSB接続型のウェブカメラを用いた。

(ii) 蓄電したわずかな電力を効率よく利用するという項目では、静止画アップロード時のみ、装置に電流を流す回路を作成した。先行研究では、システムを常時起動していたのに対し、本研究では、上記の回路により、一定時刻になったら一定時間だけシステムが稼働し、それ以外はシステムの電源が切れ、電力の消費を抑えることが可能になっている。システムの設計図を図8に示す。まず、設定した時刻になったら回路に電流が流れ、Raspberry Piが起動する。起動したRaspberry Piは、3Gデバイスによって、ネットワーク通信機能を起動させ、静止画の撮影とアップロードを行う。アップロード完了時に管理者クライアントに静止画の送信通知メールが送信され、システムが停止する。上記の手順を毎日実行することで復興ウォッチャーが機能

する。

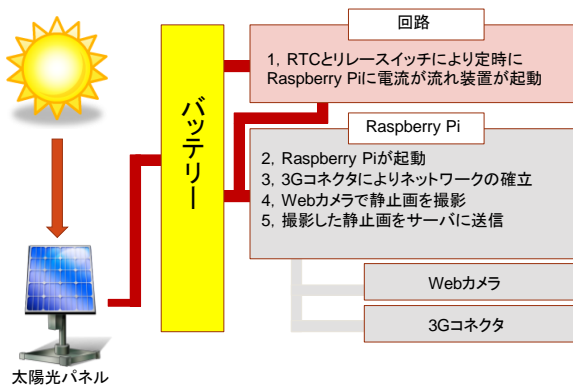


図 8 システム設計図

で設定してある時刻になると、設定してある時間だけ回路内に電流が流れ、Raspberry Pi が起動する。

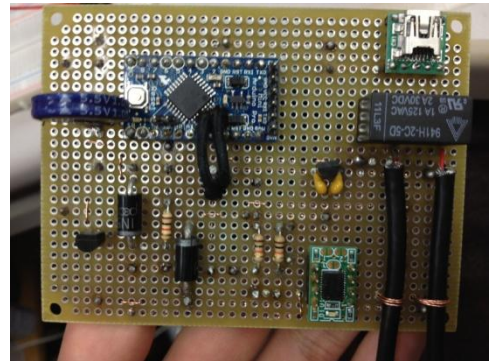


図 10 Arduino の制御による回路

### 3.3 実装

本節では実装した Raspberry Pi と回路について述べる

#### 3.3.1 Raspberry Pi

本研究で、復興ウォッチャーを動作させるために用いた、Raspberry Pi について述べる(図9)。Raspberry Pi はLinuxOSで動作する名詞サイズの小型 PC である。消費電力が 3.5W と一般に普及している PC と比べて消費電力が少ない。Raspberry Pi には、USB 接続の 3G コネクタとウェブカメラを接続した。シェルプログラムによって、起動時に、自動的にネットワーク接続を確立し、静止画の撮影、アップロードを行う。アップロードが完了するとあらかじめ設定してあるメールアドレス宛にアップロードが完了したことを送信する機能も追加した。



図 9 Raspberry Pi

#### 3.3.2 回路

無駄のないシステムの稼働を目指すために、定時に一定時間だけ電流が流れる回路を作成した。以下の図 10 は、作成した回路を示す。回路には、コンピュータにも用いられている時計専用のチップである RTC (Real Time Clock) と電流が流れることでスイッチの ON/OFF が切り替わるリレースイッチを用いた。回路の制御にはマイクロコンピュータの Arduino を利用した。これによってあらかじめ Arduino

#### 3.3.3 Raspberry Pi と回路によるプロトタイプシステム

Raspberry Pi と回路を基に作成したプロトタイプシステムを図 11 に示す。Raspberry Pi の電源ケーブルの+線を半分に切断し切断した両端をリレースイッチに接続する。回路内の RTC が決まった時刻になり、電流が流れることで、リレースイッチが ON になり、Raspberry Pi が通電し、起動する。



図 11 作成したシステム

## 4. 評価

電力の面で長期的に装置が稼働するには、一日に蓄電できる電力量が、回路と Raspberry Pi が消費する電力量を上回る必要がある。そこで我々は、今後の装置の長期的運用を図るために、図 12 に示すように、太陽光パネルとバッテリー間(①)、バッテリーと回路間(②)、バッテリーと Raspberry Pi 間(③)の電力測定を行った。本節では電力測定の測定方法とその結果を述べる。

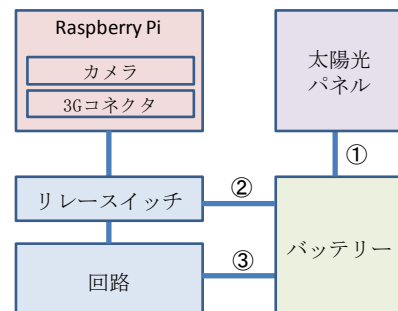


図 12 電力測定における測定箇所

#### 4.1 測定方法

電力の測定器は一般に普及している家電対象のものがほとんどで、測定の一目盛を表す分解能が大きいため、低電流の機器の電力測定は難しい。

そこで分解能の小さい電流、電圧センサ ina226 を導入し、Arduino の制御によって稼働する電力計を作成した。

Arduino のスケッチには、シリアル通信によって、一秒毎に電流と、電圧を、表示する、ログ機能を追加した。

1 秒ごとにサンプルした電力から稼働した時間をかけて、Wh 単位の消費電力量、蓄電力量を算出した。太陽光パネルとバッテリー間の電力の測定は 23cm × 43cm の太陽光パネルを南西方向に設置し、2013 年 12 月 28 日 0 時 00 分 00 秒から、2014 年 2 月 2 日 23 時 59 分 59 秒までの 37 日間継続して行った。気象庁による気象データ[10]を基に、電力の推移を次ページに示した。なお、測定の要素の一つとなる天気は、気象庁の定義[11]より、日降水量 00mm を晴天、1mm 以上 9mm 以下を曇天、10mm 以上を雨天とした。バッテリーと Raspberry Pi 間は、一回の使用時間を基に消費電力量を算出した、また、バッテリーと回路間は常時電流を流して RTC を起動させる必要があるため、一日中電力測定をした。また、バッテリーとリレースイッチ間は、装置を 1 回起動したときの消費電力を各 10 回ずつ測定してその平均を算出した。バッテリーと回路間は、常時 RTC に微粒な電流が流れているため 10 日間継続して測定を行った。

#### 4.2 測定結果

太陽光パネルとバッテリー間、バッテリーと Raspberry Pi 間、バッテリーと回路間の測定結果を示す。図 13 は、太陽光パネルとバッテリー間における、一日毎の降水量、天気、電力量を天気毎にまとめた電力量の平均値である。晴天時に約 0.125Wh、雨天、曇天時に約 0.105Wh、全体の平均として 0.114Wh 蓄電できることがわかった。

一方で、図 14 に示すように、バッテリーと Raspberry Pi 間の消費電力量は、一回の利用で約 0.175Wh、バッテリーと回路間の消費電力量は約 0.153Wh 消費していることがわかった。

図 15 に示す通り、23cm×43cm のサイズの太陽光パネルを利用すると、一日に、平均 0.11Wh 充電できるのに対して、本研究に用いた Raspberry Pi と回路は一日平均 0.33Wh 消費することがわかった。また、消費電力量に対して蓄電量が上回るようにするために、一日に平均 0.33Wh 以上蓄電できる太陽光パネルを利用すれば、長期的な運用が可能であることがわかった。

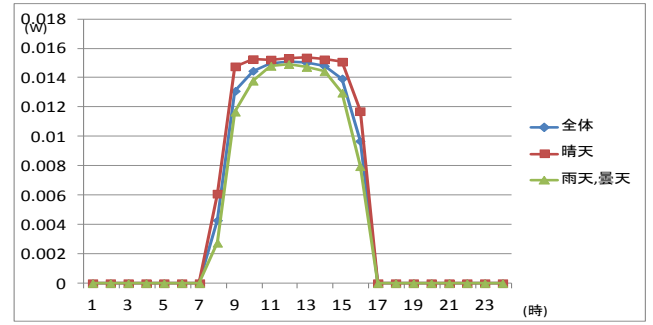


図 13 太陽光パネルとバッテリー間の測定結果

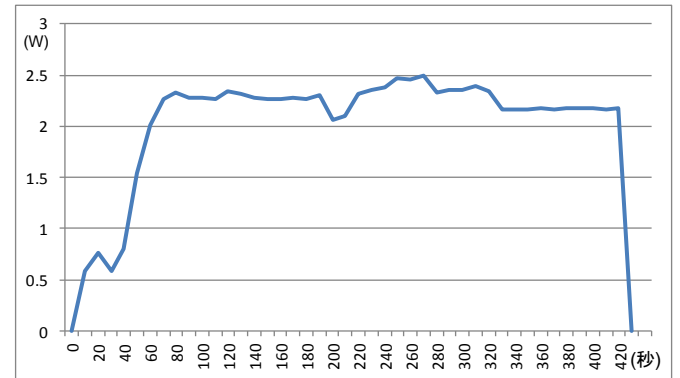


図 14 バッテリーと Raspberry Pi 間の測定結果

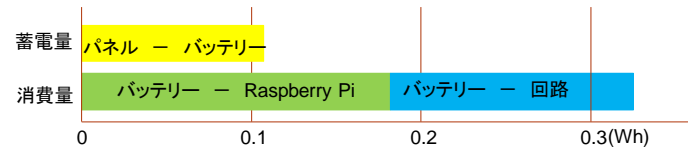


図 15 蓄電量と消費電力量の比較

### 5. 運用実験

先節の電力測定の測定結果を基に、長期的運用が可能な電力を蓄電することができる太陽光パネルを利用し、2014 年 3 月 25 日から岩手県田野畑村明戸の山海炉端ハウスに南東向きに装置を設置し、継続的な実証実験を実施している。システムを室内に設置し、図 16 のような 54cm×78cm の 30W 出力の太陽光パネルを利用し、室内で最も日光の当たっている位置に設置した。回路を午前 7 時に、5 分 30 秒間だけ電流が流れるように設定した。Raspberry Pi は起動後、3G デバイスによりネットワークの接続を確立し、静止画を撮影する。撮影された静止画は復興ウォッチャーサーバに送信され、送信後に事前に設定したメールアドレス宛てにメールが送信されるように設定した。サーバに正常にアップロードできているかは、アップロード完了のメールを確認し、サーバから正常に復興ウォッチャーサイトにアップロードされているかは、田野畑村の復興ウォッチャーサイト (<http://rw.go-iwate.org/tanohata/>) を閲覧することで、確認することが可能となっている。

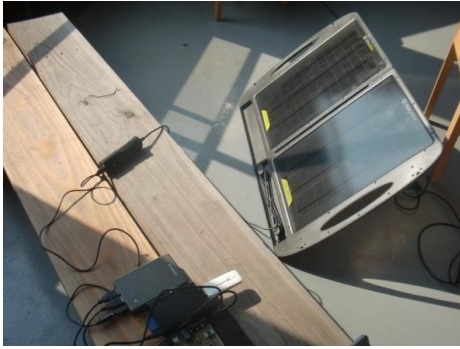


図 16 運用実験に設置したプロトタイプシステム

## 6. 今後の課題

本節では、これまでにわかっている太陽光を用いた復興ウォッチャーの課題について述べ、今後どのようにシステムを発展させていくかについて検討を行う。

### 6.1 装置の屋外設置

本研究で電力インフラや設置場所に依存しないシステムを目指すために、太陽光パネルを利用した。今後は、屋外に装置を設置し、さらに設置場所に依存しないようにシステムを改良していく必要がある。太陽光パネルはパネル面が砂埃等で汚れてしまうと太陽光の吸収効率が悪くなり、蓄電量が落ちてしまう。そのため、パネルを屋外設置対応のものを利用する必要がある。さらに現在の装置は雨や風といった外部の影響を受けると装置が壊れてしまい、システムが停止してしまう。そのため、装置を外部からの影響を受けないようなものに改良していく必要がある。

### 6.2 システム装置の省電力化

電力測定の結果から、現在の装置は 0.3Wh 消費していることが分かった。長期的運用が可能なサイズのパネルを小さくし、狭い場所でも設置可能なものにするために、さらに消費電力を削減する必要がある。そのために、現在使っている Raspberry Pi よりもさらに消費電力の少ない PC を利用する。また、PC を動作に不必要なサービスを削除するように設定したり、3G 通信よりさらに効率のよい通信手段を利用したりして、装置の起動時間を短くする。といった解決策が挙げられる。

### 6.3 システム装置の遠隔操作

現在のシステムが停止したときに、実際に設置した現地へ行き、問題点を解決しなければならない。このような手間を省くためにシステムを遠隔的に操作できるようにしたいと考えている。これにより、遠隔からシステムのメンテナンスや、改良した際のアップデートが可能となる。さらに、アップロードの状況も操作できるようになり、災害時等の緊急時に、遠隔から通常時よりも多く静止画を送信し、被害状況等を利用者知らせることが可能となる。

## 6.4 復興ウォッチャーサイトの改良

復興ウォッチャーは、復興に関する意識を高めることと復興の記録を残すことを目的としている。より多くの人に興味を持って復興ウォッチャーサイトを閲覧してもらうためには、ユーザインタフェースを使いやすくし、利用者の興味を引くようなデザインに改良する必要がある。今後はサイトのデザインを改良し、サイトの利用者を増やし、ソーシャルサイトとの連携も検討し、さらに復興を活性化させたい。

## 7. おわりに

本稿では、電力インフラに依存しない太陽光発電を用いた復興ウォッチャーシステムを提案した。太陽光発電で蓄電したわずかな電力でシステムを稼働させるために、低消費電力 PC の Raspberry Pi を利用した。また、わずかな電力を効率よく利用する為に、定時に一定時間だけ電流が流れる回路を作成した。電力測定から、一日に平均 0.33Wh 以上蓄電できる太陽光パネルがあれば、長期的運用が可能であることが分かった。

今後は、運用中のシステムをより安定したものとし、さらに設置場所に依存しない装置に改良していく予定である。加えて、利用者からさらに復興に対して興味を持ってもらうために復興ウォッチャーサイトの改良も行っていく。最終的には、世界各地で利用可能な復興ウォッチャーネットワークを構築し、世界規模な被災地観察サービスにしたい。

## 参考文献

- 1) Saito, Y. and Murayama, Y.: A Proposal of an Interactive Broad Casting System for Audience-driven Live TV on the Internet, Journal of information Processing, 18, pp.26-37(2010).
- 2) Saito, Y. and Murayama, Y.: An Experiment for an Interactive Internet Live Broad Casting System with a High-Quality Snapshot Function, IWIN 2010, pp. 152-157(2010).
- 3) Paul Currian, Chamindra de Silva, Bartel Van de Walle: Open source software for disaster management, Communications of The ACM, Vol. 50, Issue 3, pp.61-65(2007).
- 4) Margit Kristensen, Morten Kyng, Leysia Palen: Participatory design in emergency medical service: designing for future practice, CHI'06, pp. 161-170(2006).
- 5) 宮部真衣, 荒牧英治, 三浦麻子: 東日本大震災における Twitter の利用傾向の分析, 情報処理学会研究報告電子化知的財産・社会基盤(EIP), Vol.53, No.17, pp.1-7(2011)
- 6) 齊藤義仰, 鈴木順也, 廣田夏輝, 西岡大, 藤原康宏, 村山優子: 被災地における復興確認のための復興ウォッチャーシステムの提案, DICOM2012, pp2367-2372(2012).
- 7) 山田町の復興ウォッチャー, <http://rw.go-iwate.org/yamada/>
- 8) 釜石市の復興ウォッチャー, <http://rw.go-iwate.org/kamaishi/>
- 9) 田野畑村の復興ウォッチャー, <http://rw.go-iwate.org/tanohata/>
- 10) 気象庁ホームページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> (2014 年 2 月参照).
- 11) 気象庁-気象等の知識, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/yougo/hp/amehyo.html> (2014 年 2 月参照).