

被災地におけるグリーンエネルギーによる 復興ウォッチャーシステムの提案

石井創一朗[†] 齊藤義仰[†] 西岡大[†] 村山優子[†]

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。現在、被災地の復興が徐々に進んでいるものの、思うように進んでいないのが現実である。そこで、我々は持続的な理解と支援を得るため、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、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、グリーンエネルギーによる発電手段が推進されている。グリーンエネルギーによる発電の多くは季節、天候等、外部の環境に左右されるものが多い。本研究では、電力問題や通信の問題を対処するために関連研究調査を行い、対応策に関して議論した。加えて、システム稼働のための発電の手段として、グリーンエネルギーの中でも安定して電力を得られる、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。

A Proposal of the Recovery Watcher with Green Energy in Disaster Area

SOICHIRO ISHII[†] YOSHIA SAITO[†] DAI NISHIOKA[†] YUKO MURAYAMA[†]

On March 11th 2011, many people live in the Pacific Ocean coast were seriously damaged by tsunami that was caused by the Great East Japan Earthquake. Today, recovery of the disaster areas is progressing slowly, but does not does make the desired progress. We have studied the Recovery Watcher to get sustainable understanding and support in disaster area. The Recovery Watcher is a system sharing information in disaster areas using pictures. On the other hand, the disaster areas have a problem which lacks sufficient electric power because of damage of the electric infrastructure. In this day and age, it is important to get energy which is supplied inexpensively and reasonably by green energy. To solve problems of power and communication, we carried out related research. In addition, many power generation methods with green energy depend on environment such as climate and seasonal. In this paper, we chose a solar power as a power generation method to run the Recovery Watcher and propose the Recovery Watcher with solar power which does not depend on the electric infrastructure.

1. はじめに

2011年3月11日に起こった、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。震災から約3年半が経過した今日、復興活動が徐々に進んではいないものの、復興が思うように進んでいないのが現実である。我々は、震災直後から、情報技術を復興の役に立たせることができないかと模索してきた。その結果、被災地外の人々は、被災地の復興状況や被害の状況を知りたくても、直接現地へ行き、被災地の状況を知ることが困難であるということが分かった。被災地内外で被災地の被害や復興状況を共有することは、長期間にわたる復興活動において、持続的な理解と支援を得るために重要であると考えられる。

現在、被災地の復興状況や被災状況が、メディアで報道されているものの、メディアは一部のニュース性のある情報を長期にわたって報道することはない。そのため、被災地の報道されていない様子を、被災地外の人々が知るといった機会はほとんどない。しかし、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ある。また、被災地外の人々に被災地の被災状況や復興状況を伝え

ることで、支援者の潜在的な理解を得ることが、持続的な復興活動に必要であると考えられる。

一方、我々はインターネットの放送技術に関する研究を行ってきた[1][2]。インターネット放送の技術は、被災地の被害状況や、復興状況を伝えることが可能であると考えられる。根幹では、インターネット放送は、PCとWebカメラさえあれば、誰でも簡単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が得られれば、被災地全体の状況をインターネットで公開することが可能となる。

これまで、災害時に利用してきたシステムは、主に政府・地方自治体や支援団体対象の、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、政府は国民に確か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、個人投稿による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が、政府、地方自治体から発信された情報の不足を補う役割を果たしていた。このような公衆参加の必要性が災害時には重要とされている[5]。

先行研究では、被災地への持続的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、被災地の状況を視覚的に発信することが可能な、復興ウォッチャーを提案してき

[†]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究所
Graduate School of Software and Information Science,
Iwate Prefectural University

た[6]. しかし, 視覚的情報を発信し, 被災状況や復興状況を共有したい場所は, 海岸線を中心とした屋外がほとんどである. 現在も, 被災地では電力不足や, 電力インフラがない, といった問題を抱えている. 本稿では, 電力インフラに依存しない, 復興ウォッチャーを提案する. 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可能になる. 電力インフラに依存しないシステムに関して, 関連研究調査をし, 本研究との違いを明らかにする.特に, 本研究の特徴である被災地という状況のシステム開発を考慮し, 既存のシステム開発との違いを明確にする.また, 提案したシステムを実現可能なものにするために, グリーンエネルギーを用いた復興ウォッチャーシステムを開発し, 長期運用に向けた評価を行う.

2. 復興ウォッチャー

本節では, 先行研究における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

復興ウォッチャーにおける利用モデルを図1に示す. はじめに, 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情報を送信する. 復興ウォッチャーは被災地外に住む人々に静止画を公開し, 被災地の復興に向けた努力に対する気づきを与える. 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って, データを保存し, 復古の軌跡を時系列で追えるようにし, 後世へ残す資料としても利用できる.

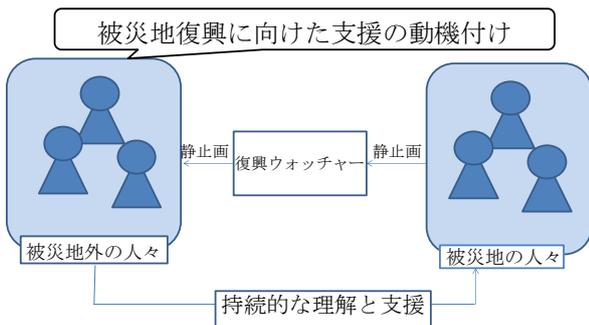


図1 復興ウォッチャーの利用モデル

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の可能性と, 配信する静止画の優先度を調査する為, プロトタイプシステムを開発した. 先行研究のプロトタイプシステムの構成を図2に示す. 先行研究の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により構成される. 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, Webアプリケーションとして開発し, Webブラウザから利用可能なものにした.

配信クライアントは, Webカメラから静止画を定期的(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し, サムネイル画像を作成し, 静止画と共にWeb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, 静止画データベースに保存される. 利用者は閲覧用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になっている. 配信サーバ上では, 利用者のアクセスパターンがアクセスログとして記録される.

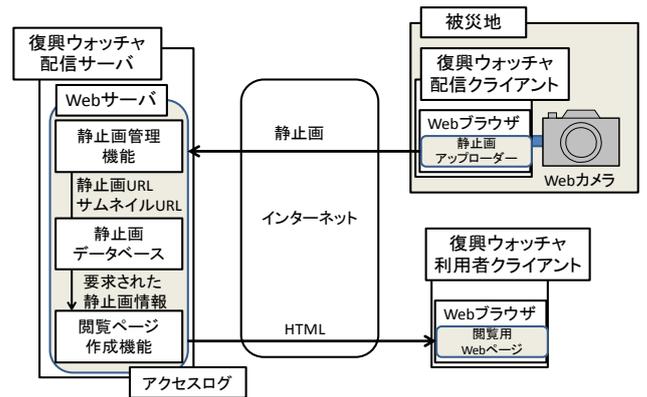


図2 プロトタイプシステムの構成

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, 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4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(田野畑村)						
4/2014						
SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

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 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. 関連研究

本節では、グリーンエネルギーを用いた復興ウォッチャーシステムを提案するにあたって調査した関連研究について述べる

3.1 東日本大震災後の不安と情報行動

関谷[10] は以下のように述べている。2011 年の 3 月 11 日の東日本大震災において、人々は物理的な被害を受けていなくても直接的な自身・余震津波の映像の視聴、放射線物質の飛散に関する情報などの原因として不安を強く感じた。そしてその不安の諸相とは何か分析した。

支援が届かないことへの不安に関して、震災後に人々が抱えた不安とは、地震、巨大津波、原発事故等の自分達に降り掛かるハザードを恐れる不安だけではなかった。報道される原発事故に関する情報と壊滅的な被災エリア以外も含めた被害の全体像や安否がわからないことによる不安、支援が届いているかどうかの不安があると述べている。情報が手に入らないことに関する不安と不信に関しては、災害時には情報のニーズは極めて強くなりそして直後の津波と原子力発電所に関する報道量インターネットにかんする情報量は圧倒的に増加した。しかし、通信手段や電力不足が問題となった被災地では情報入手に関する不安が大きかったと述べている。

本研究では、電力入手、情報入手の問題を解決するために、電力インフラに依存しない太陽光発電を利用し、ネットワーク通信には 3G デバイスによるネットワーク通信を利用した。

3.2 HEMS による家電連動制御

石田ら[11] は、2008 年から 2012 年の間に二酸化炭素排出量を 1990 年比で 6%削減することを約した、京都議定書の削減目標を達成するには、民生部門、あるいは運輸部門でのさらなる努力が必要であると考えた。

民生部門において ICT を用いた省エネルギー対策として、HEMS(Home Energy Management System) の開発を行ってきた。これらのシステムは、家庭やオフィスに設置されたセンサやコントローラを用いて、生活者や作業者が意識せずに省エネルギー制御を自動的に行おうとするものである。例えば、テレビに人感センサを設置し、人の不在検出を行い、誰もテレビを見ていないときには、自動的にテレビの電源を切るというシステムの開発が行われてきた

当該研究の HEMS の対象ユーザが生活者や作業者であり、省エネルギーを行わなくてもテレビ自体は正常に動作する。これに対し、本研究では対象ユーザが被災地に住む人々であり、システム稼働に太陽光を用いた場合、電力に余裕がないため、効率のいいシステムの稼働が求められる。本研究では、装置の省電力化を図るために、RTC(Real Time Clock) とリレースイッチを用いた Arduino 制御による回路を作成し、装置を使用している時以外は PC の電源を切るよう、装置の改良を行った。

4. グリーンエネルギーを用いた復興ウォッチャーシステム

本節では電力インフラに依存しない復興ウォッチャーの発電方法、発電方法の選定を基に開発したシステム概要、システム設計、実装について言及する。

4.1 発電方法

先行研究においてプロトタイプシステムを室内に設置して実証実験を行ったところ、システムが電力インフラに依存しているため、設置場所が限定されてしまっていた。場所に依存せず、利用者が手軽に装置を設置するには、装置自体が発電する機能を持ったものに改良する必要があった。そこで我々は再生可能なグリーンエネルギーによる発電に注目した。グリーンエネルギーによる主な発電手段として、風力発電、太陽光発電、地熱発電、潮力発電等が挙げられる。グリーンエネルギーによる発電の主な問題点として、エネルギー密度の低さ、生産規模がある。本研究では、手軽にシステムに加えることができ、季節や天候によって起こる発電量の変化が少ない、太陽光発電を選定した。

4.2 システム概要

提案システムの構成を図 5 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、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。

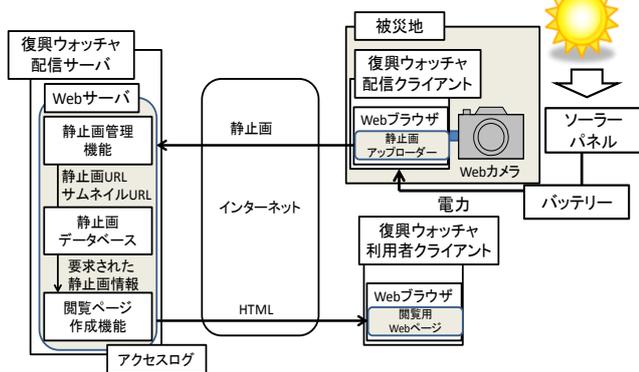


図5 システム構成図

4.3 設計

本研究では、太陽光発電によって復興ウォッチャの開発を行った。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を利用していたのに対し、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6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。上記の手順を実行することで復興ウォッチャが機能する。

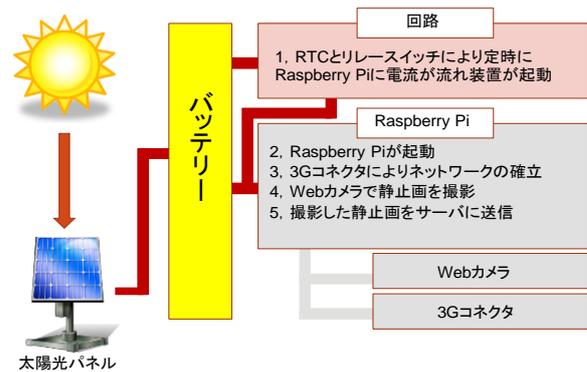


図6 システム設計図

4.4 実装

本節では実装したRaspberry Piと回路について述べる

4.4.1 Raspberry Pi

本研究で、復興ウォッチャを動作させるために用いた、Raspberry Piについて述べる(図7)。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。シェルス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7 Raspberry Pi

4.4.2 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8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。

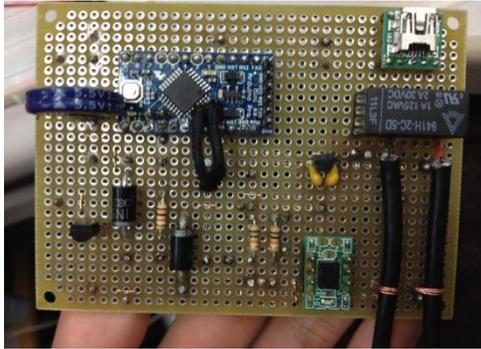


図8 Arduinoの制御による回路

4.4.3 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9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9 作成したシステム

5. 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10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.

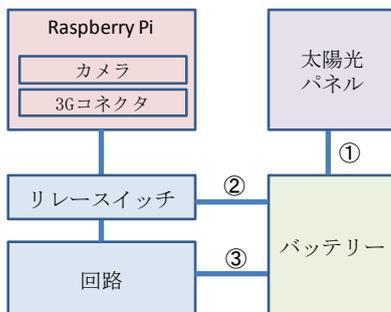


図10 電力測定における測定箇所

5.1 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.

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 [12]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[13]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.

5.2 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 11 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 12 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 13 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.

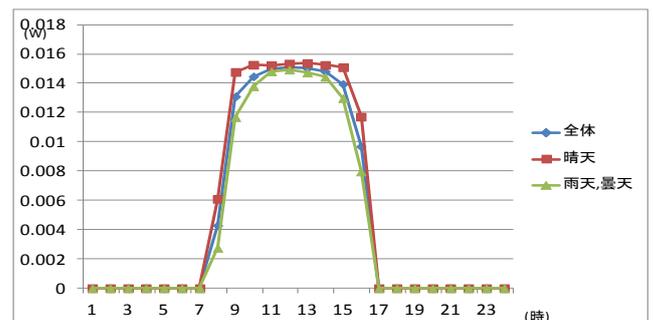


図11 太陽光パネルとバッテリー間の測定結果

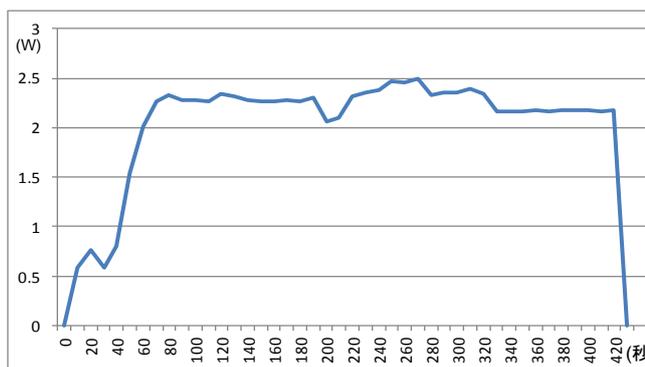


図 12 バッテリーと Raspberry Pi 間の測定結果

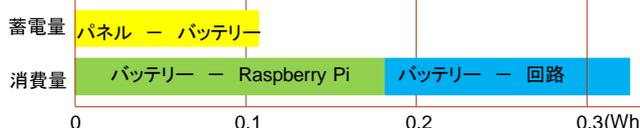


図 13 蓄電量と消費電力量の比較

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ってしまふ。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、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。今後は省電力化を目指すために、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

システムが停止したときに、実際に設置した現地へ行かなければならない。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面を送信し、被害状況等を利用者に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、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 Curriion, 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) 関谷直也, 東日本大震災後の不安と情報行動, 情報の科学と技術 62 巻 9 号, pp.372-377,(2012)
- 11) 石田建一, 伊藤善朗: IT 時代の計測・制御技術の動向, HEMS による家電連動制御, 空気の調和・衛生工学, vol80, no.5, pp.53-61.
- 12) 気象庁ホームページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/> (2014 年 2 月参照).
- 13) 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).