

# 熊本大学における低炭素化プロジェクト実証実験への技術支援

## ー太陽光発電とその利用ー

上田 誠<sup>\*1</sup>, 神澤龍市<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 熊本大学工学部技術部

### 1. 概要

熊本大学はくまもとテクノ産業財団および富士電機システムズ(株)とともに、平成 21 年度の経済産業省の「低炭素社会に向けた技術発掘・社会システム実証モデル事業 (2009.7.30,全国 34 件採択)」に採択されている。本学キャンパス内を社会実証フィールドとして、工学部や大学院自然科学研究科を中心とした、多様な研究を融合させ環境技術の飛躍的な進化へ繋げる活動が行なわれている<sup>1)</sup>。本事業では富士電機システムズ(株)製造の薄くて軽量のフィルム型太陽電池を用いているのが特徴である。その特性を活かした取付け方式、太陽追尾式など新しい設置方式、また、発電エネルギー利用に関してもユニークなプロジェクト実証実験が行なわれている。

本報告では先述した事業の中から「電動アシスト自転車によるキャンパスコミュニティサイクル」、以下“電チャリプロジェクト”と「ソーラーシェルフの自動探索による太陽光発電実験」双方の研究支援活動について報告する。

### 2. 電チャリプロジェクト

本プロジェクトは、学内の太陽光パネルで起こした電力で走る自転車 (Panasonic 社製 BE-ENK732 : 以下、電チャリ) を教職員の通勤・通学へ使う社会実験である。環境保全の観点から、移動を自動車に頼らずに、CO<sub>2</sub>の排出削減を目指す。

#### ①電チャリの運用

本プロジェクトでは簡易 GPS (Atlas 社製 ASG-1) を装着した電チャリ 10 台を運用している。電チャリの運用は、予約、貸出・返却、管理からなる。

##### 1) 予約

電チャリのユーザーには ID とパスワードが与えられている。ユーザーは与えられた ID とパスワードを用いて Web ページ (以下、電チャリポータル) へログインし、予約をする (図 1)。

##### 2) 貸出・返却

ユーザーへ貸し出すのは、電チャリの鍵・バッテリー・簡易 GPS の 3 点セットであり、守衛室にて受け取る (図 2)。その際に、紙ベースの貸出・返却記録簿に ID や氏名、時刻等を記入頂いている。電チャリの駐輪場は守衛室の正面すぐ側にある。電チャリの利用を終えたら、元の駐輪場へ電チャリを返し、3 点セットを守衛室へ返却する。

##### 3) 管理

3 点セットは守衛室で管理して頂いており、ユーザーの利用の合間にバッテリーと簡易 GPS ロガーの充電を行っている。また、簡易 GPS に蓄積される行動記録はオフラインにて回収し、解析・集計している。著者が技術支援を行っている部分である。詳細は次に述べる。



図 1. 電チャリポータル (予約画面)



図 2. 電チャリの貸出

## ②行動記録管理システムと行動記録の解析・集計

### 1) 行動記録の回収と変換

簡易 GPS には 1 秒間隔で緯度、経度等のデータが記録されている。データの回収は週 1~2 回の頻度で、PC と簡易 GPS を USB にて接続し、専用のソフトを用いて行う。利用状況によって簡易 GPS へ蓄積されているデータ量にばらつきがあるためデータの回収にかかる時間もまちまちであるが、長い時で簡易 GPS 1 台あたり 10 分程度かかる。

回収したデータは ATLAS 社の独自形式のファイルであり専用ソフトでしか取り扱えない。しかし専用ソフトに各種フォーマットへの変換機能が付属しており、本プロジェクトでは GPX ファイルへ変換したものをを用いている。

### 2) 行動記録管理システム

電チャリポータルには予約システムの他に、行動記録管理システムを構築している。開発言語は PHP、DBMS には Microsoft SQL Server 2008 R2 を用いて実装した。管理システムに GPX ファイルをアップロードすると、管理システム内部で GPX ファイルをパースして緯度・経度・日付等のデータを読み込み、同時に緯度と経度から移動距離と削減 CO<sub>2</sub> 量を算出して、DB に GPX ファイルそのものも含めて保存する。ユーザーは電チャリポータルにて、Google マップ上に可視化された自身の行動軌跡や、DB に保存されている移動距離や削減 CO<sub>2</sub> 量を閲覧できる (図 3)。

また管理システムには全体の行動記録 (走行距離と削減 CO<sub>2</sub> 量) の集計と ID 毎の行動記録の集計を実装しており、現在、月に 1 度集計を行っている。この集計結果も電チャリポータル上にて閲覧できる。



図 3. 行動記録閲覧ページ

## ③電チャリの利用状況

通勤・通学時における自動車利用の代換と、それによる CO<sub>2</sub> 排出削減を主たる狙いとしている本プロジェクトであるが、朝夕の通勤時間だけでなく、昼間や休日の利用も見受けられる。一方で、プロジェクト開始時点から比較すると利用者は減少し、継続の利用者は限定されている状況である。電チャリポータルにてユーザーが自身の行動記録や全体の集計を閲覧できるようにしたのは、削減 CO<sub>2</sub> 量を実感してもらい、電チャリへの関心を高める狙いであるが、さらなる情報提供 (例えば消費カロリー等) を行う等などとして、電チャリの利用を促す必要がある。

## ④まとめ

2010 年 3 月から開始した本プロジェクトは、経済産業省の事業としては 2010 年 6 月で終了しているが、「少なくとも 1 年間は分析を続けたいので協力を」と依頼を頂いており、今後も継続する予定である。本プロジェクトはキャンパス内の社会実験であるが、この実験で得られる様々な知見やデータは地域に貢献できるものである。実際に 2010 年 9 月 15 日~2010 年 11 月 30 日の期間に「熊本市観光型レンタサイクル」実証実験が行われたが、その際には 10 台ある電チャリのうち半分の 5 台を熊本市へ貸し出した。実証実験期間中の簡易 GPS による行動記録データやアンケート結果は本学に提供されており、これから本格的に分析を行う予定である。この大変有意義なプロジェクトに、技術支援を通して関わったことを嬉しく思う。

本プロジェクトへの技術支援の機会をくださった溝上章志教授に謝意を表します。

### 3. ソーラーシェルフ制御実験

この実証実験では富士電機システムズ(株)製造のフィルム型アモルファス太陽電池モジュールの軽量な特性を活かして、工学部 1 号館 5 階の軒庇に設けられた設置制御方式の異なる 3 ユニットの発電効率を比較する実験を行なっている（図 4 参照、手前は同実証実験プロジェクトの一つで講義棟屋上に設置されたソーラーアーチ）。

#### ①ソーラーシェルフ実験装置の概要

検証実験で用いている制御ユニットは下記の 3 種である。

1) 固定式：図 4 の左 3 枚は垂直面から 73 度の位置に固定されている。

2) 太陽軌道追従型：図 4 の中央 3 枚は太陽の軌道に追従するように動かしている。

3) 発電量探索型：図 4 の右 3 枚は発電量探索により時々刻々変化する発電量が最大値になるように制御される。

フィルム型アモルファス太陽電池モジュール (FPV1011SP、15 枚使用) は最大発電量 189W (各ユニット共通) である。ユニット 2) と 3) の方式ではパネル角度の上下 (ピッチ角) 制御用にパルスモータをパネル毎設置、ロール角制御はパネル 3 枚をリンク機構により連結制御するパルスモータを 1 個設置している。また、設置場所による風の影響を考慮して、 $150\text{kg/m}^2$  の風圧を受けた状態で安定して制御可能な駆動トルクとするため、ウォームギヤ (負荷側) とハーモニックドライブ (モータ側) のセットで構成したギヤ比は大きく、ピッチ角ギヤ比 16,100 とロール角ギヤ比 20,000 とされた。なお、機構的な制約から水平上限値 87 度に設定している。

#### ②制御装置の概要

実験では図 5 に示すように、ユニット 2) と 3) に対して MathWorks 社の xPC Target、Real-Time Workshop を使用した制御システムを構築している。ユニット 2) では太陽軌道追従を行なうが制御を行なうのはロール角のみ、ピッチ角は固定している。ユニット 3) では極値探索法によって発電電力を最大にするようにパネルのピッチ角を制御<sup>2)</sup>しており、ロール角は太陽軌道追従としている。日射計などのセンサーは一切使用していない。手前はコントロール PC、奥は制御用 I/F を搭載したターゲット PC、両 PC は LAN で結ばれている。窓の手前にモータードライバ、A/D,D/A ターミナル BOX、電源、負荷抵抗を設置、窓の外側、軒庇に太陽電池パネルがある。

#### ③制御実験

制御実験結果の一例を図 6 に示す。ある一日の朝 8 時から夕方 5 時までの実験結果を示す。赤線は極値探索法による制御、青線は太陽軌道追従制御、また、緑線は固定パネルによる発電電力を示している。

この実験は夏季に行なわれ本実験装置の設置状況から朝、夕の建物や構造物の影の影響を受ける。研究プロジェクトの主目的である極値探索による制御方式の結果と他の比較では軌道追従型より 9 %、固定型より



図 4. ソーラーシェルフパネル (奥)



図 5. 制御装置

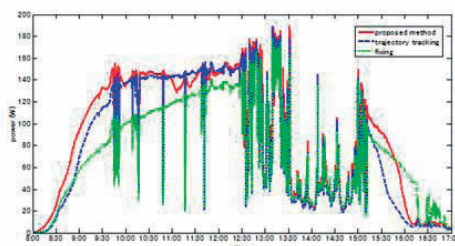


図 6. 制御実験結果

1 7%発電量が高くなる結果が得られた<sup>2)</sup>。午後の大きな乱れは雲の影響によるものである。

#### ④まとめ

実験装置の構成で改良の余地があるとすれば、風対策として駆動モータへの負荷を極力抑えるための大きな減速比と高出力モータの見直しである。大きな減速比のため制御中のモータ回転数が高くなり、結果として消費電力が大きくなっている。現在、その見直しを行なっており、駆動モータの消費電力を抑えた装置で新たな制御実験を行なう予定である。

最後に研究プロジェクトへの技術支援の機会をいただいた水本郁朗准教授に謝意を表します。また、装置構成や実験に協力いただいた熊本大学大学院自然科学研究科の木下弘之、藤本陽太郎の両氏に感謝します。

#### 4. まとめ

太陽光発電とその活用に関してはまだまだ解決すべき命題が多く残されている。本学が県や企業と連携して、学内の研究成果をまとめ、低炭素社会実現のための研究を推進していることは大変意義深いことであり、技術職員として積極的な支援をしていきたい。

#### 参考資料

- 1) 熊本大学広報誌：熊本大学のエコロジーチャレンジ、Vol.36, 2010, SPRING
- 2) 木下弘之、藤本陽太郎、神澤龍市、水本郁朗：パラメータプロジェクションを有する極値探索制御を用いた太陽光発電システムの出力最適化、第53回自動制御連合講演会、2010年、高知市。