

[研究論文] 学内定常利用のための情報技術と連動した 発電自転車システムの開発

海老原樹¹・大賀佑基²・谷代一哉³・田中博³

1 博士前期課程情報工学専攻

2 情報学部情報工学科

3 情報工学専攻

Development of bike-typed power generation system combined with information technology aimed at campus use

Tatsuki EBIHARA¹, Yuki OGA², Kazuya YASHIRO³, Hiroshi TANAKA³

Abstract

There are many pieces of equipment and devices that can be driven by relatively little electrical power such as a wireless microphones and laser pointers commonly used in a campus setting. There has been a growing awareness of the need to consider health, in particular, calorie consumption, in order to ensure physical wellbeing. Some people make it a rule to do physical exercise regularly. This exercise can be used to generate power and this power can be used on a campus. Such an endeavor is useful not only to promote health but also to help to protect the environment, create a sustainable society and generate power in areas affected by a disaster. The authors have designed and developed a bike-typed human power generation system, and begun to replace disposable batteries with rechargeable batteries. An important feature of the system is the ability to complete an energy cycle, that is, generation, storage and use of power. This paper describes the bike-typed generation power system, which includes a newly developed power-generating bike, charging control equipment and application software that is linked to information technology including the use of cloud services. The paper also reports on the results of tests designed to verify the performances and functions of the system, and the results of a questionnaire survey conducted to evaluate the system.

Keywords: Human power generation, Batteries, Motivation, Information technology

1. はじめに

社会基盤や大規模なシステムの運用では、大きな電力が必要な機器がほとんどである一方、乾電池や小型バッテリーで動作する機器も周辺に多々あることも事実である。大学では、学生、教職員の所有する携帯端末や音楽プレーヤーなどに加えて、ワイヤレスマウス、キーボードなどのパソコン周辺機器や各講義室で使用するレーザーポインタやワイヤレスマイクなど小電力で動作するものが多い。

また、大学をはじめとした学校は地域の防災拠点としての役割も担っている¹⁾。その中には、停電時の電力確保の要求がある。充実した自家発電装置の設置が望ましいことは当然であるが、多様な発電手段を確保しておくことは意味がある。災害時には、夜間の照明、通信用の電力が必須

であるが、この意味でも太陽光や風力発電以外の天候状況に依存しない発電システムを学内で確保しておく意義はあるものと思われる。

一方、ダイエットや健康志向の高まりがあり、ジョギング愛好者などが増加し全国各地でマラソン大会が開催されるなど、一種の健康ブームにあると言える。トレーニングルームにはフィットネスバイクなどの多様な機器が設置され、一定のユーザ利用がある。さらに、運動によってメンタルに疾患を持つ人の精神状態が改善するという報告例があり²⁾³⁾、疾患改善のためのそれらの機器利用も考えられる。

大学はその規模の大小はあるものの、一定数の人口を持ち、かつ人口密度の高いコミュニティであると言える。また、多くのスポーツ系のクラブがあり、環境保全やECO

に対する意識の高い学生、ダイエットなどに取り組む学生もいる。大学というコミュニティで人力発電を一定の割合のメンバーが定期的に行い、そしてその電力をそのコミュニティ内で使用することができれば、ECO活動や健康増進という観点で意義深い取り組みになると思われる。多数の学生が発電に参加することにより、災害時の防災拠点としての電力確保への寄与も可能となる。また、精神的な疾患を持つ学生も相当数存在するため、運動という意味での利用による疾患の改善効果の可能性も期待できる。

これらの可能性を実現するためのスモールスタートとして、学生ボランティアにマンパワーを有効に活用し、小電力で動作する装置の電力を学内でつくるための人力発電システムを提案、開発する。重要なことは、発電するという肉体的な苦役作業を、何らかのしくみを提供して定期的に行ってもらえるようにすること、そしてその発電電力を有効に活用し、電力を“つくる”、“ためる”、“つかう”という定常的なサイクルとすることである。本論文では、自転車型の発電装置（以降、発電自転車）と、自転車を漕ぐという労力を必要とする運動に、“楽しみ”を具備するシステムを設計、開発した結果について述べる。

2. 類似システムと本開発システムとの差異

人力発電には各種の方式がある⁴⁾⁵⁾。中でも自転車型のものは、構造が単純で市販の自転車が利用でき、発電量が大きい。このタイプでは、普通の成人男子でも100W以上の発電が実現できることが報告されている⁶⁾。またフィットネスバイクの利用形態と同様であり、健康志向という目的にも合致しているため、筆者らは発電自転車での発電を行うこととした。

この発電自転車は、既にイベント会場などでの出し物としての利用⁷⁾や自治体の科学館などでの展示の実績がある。しかしその利用の実態は、電灯をつける、扇風機をまわすなどの一過性のデモに利用されるケースである。人力での発電電力と各機器の消費電力の比較など、エネルギーに関する教育の一環という観点での効果は極めて高いと思われるものの、第1章で述べた利用目的を満足するものには至っていない。また発電電力を確保し、利用していくためのコミュニティの形成など、定常的な運用体制も考慮されていない。

加えて人力での発電電力を確保するためには、高い発電効率とともに自転車の漕ぎやすさを確保し、長時間の利用を可能とする必要がある。このため、自転車の利用時と同様な漕ぐ感覚の実現や各ユーザの体力に応じて漕ぐ力を調整する機能も必要である。さらに、学内では講義室隣接エリアでの使用も想定されることから、利用時の騒音への配慮が求められる。

現状では、イベントや一時的な利用に過ぎない人力発電を定常的なものとして実現するために、電力をつくり、使っていくというサイクルを回すことが最も大きな課題であると思われる。上記を考慮した機械・電気工学的なハー

ド開発に加えて、情報技術を用いて利用者のモチベーションを維持、向上させるためのしくみの提案と、それによる定常的な運用のためのシステムの開発が筆者らの試みの特徴である。

3. システムの実現のための必要条件

本システムの利用目的としては第1章で述べた通りである。そして、その利用形態の代表的な一例として以下を想定している。

前記の動機を元に学生が発電自転車を漕ぐ、利用中は発電者の体力に応じてペダル負荷を調節しながら、リアルタイムに発電電力の情報を確認する。運動によって発電した電力を蓄電池に充電し、その蓄電池を学内で利用されているワイヤレスマウスやキーボード等に使用する。ユーザ端末からWebページにアクセスし、各ユーザの発電情報を閲覧する。自分の発電履歴の確認や他人との発電電力量の比較により、発電者が日常的に利用するモチベーションを確保する。

このような利用形態を考えるとときに必要な要件として、まず発電、充電に関する以下の項目がある。

- (1) 実際の自転車に近い漕ぎ方で無理なく発電できる
- (2) 学内施設で利用可能なレベルの騒音で発電できる
- (3) 発電電力で蓄電池の充電が行える
- (4) 発電者の体力に応じたペダル負荷に調節できる

次に、情報技術による機能実現が必要な要件について以下に挙げる。

- (5) 発電電力の情報が取得できる
- (6) 発電者を識別する情報が取得できる
- (7) 個人別の発電情報を蓄積しWeb上で共有できる

(1)、(2)は、市販の発電自転車イベント等での利用を想定して製作されているため、これらの点に関して考慮されていない。(2)は、騒音によって学内施設でのシステム利用の妨げになった⁸⁾経験に基づく要求条件である。そのため、両要求を満たす発電自転車にフライホイールを搭載することで慣性力を確保し、自転車の利用時と同様な漕ぐ感覚を実現する。またフライホイールによって回転速度の変化を緩やかにし、発電電圧の急激な変化も抑制する。(2)は、発電時も静音な発電機を選択し、その発電機の効率の高い回転速度での発電を可能とする機構設計を行う。

(3)のためには、発電電力を蓄電池に充電可能な安定した電圧に変換する必要がある。市販の充電器は家庭用電源であるAC100Vで動作するものが多いことを踏まえ、発電自転車の発電電圧を変換し、安定したAC100Vを出力するための充電制御装置を開発する。

(4)の要求に対しては、充電器の接続台数を変更することで充電電流の大きさを調節し、ペダル負荷を調節する。発電機の回転速度と電圧、発電機のトルクと電流は比例関係にあるため、充電電流の大きさを変更することでペダル

の重さを変更できる。

(5)は、マイコンボードを使用して発電電力情報の取得、送信を行うモジュールを開発する。発電電力情報の送信は、システム構成機器の設置場所を柔軟に変更可能なように、配線が不要な無線通信で実現する。

(6)の発電者を識別する情報として、本学の学生証に NFC (Near Field Communication) の IC チップが内蔵されていること⁹⁾から、IC カードの ID を用いる。それによって交通系 IC カードや電子マネーカード等からもカードを選択しシステムを利用可能にできる。

(7)は、発電電力を計測、表示する機能は人力発電システムには多々ある。しかし、定常的な利用を考えた場合には、次の発電へのモチベーションの確保が重要である。その方法として、(5)、(6)の情報を元にユーザの発電電力の大きさから貢献度や達成度を確認、比較可能にする。これを満たす Web アプリケーションを開発する。

ここで(4)と(5)の実現のためには、IC カードの ID の取得に加え、発電電力情報をモジュールから受信し、データ処理や表示を行う端末が必要となる。その端末としてはパソコンとスマートフォンが考えられるが、スマートフォンは消費電力が少なく、NFC や Bluetooth などの内蔵機能によりシステム構成要素を少なくできるというメリットがある、そのため、開発システムではスマートフォンを利用した構成をとり、機能実現のためのアプリケーションを開発する。

4 システム開発

4.1 システム構成

前述の必要要件を踏まえて設計したシステムの全体構成を Fig.1 に示す。本システムでは、発電自転車を漕いで発電する。発電した電力は充電制御装置を介して市販の充電器に供給し、蓄電池の充電に用いる。発電中は充電器の接続台数を変更することで、発電者の体力にあったペダル負荷で発電を行う。発電時の発電電力は電力測定モジュールで測定し、Bluetooth 通信によって Android OS 搭載スマートフォンへ送信する。スマートフォンでは、発電電力情報の受信と IC カードの ID 情報の取得を行い、発電終了後はクラウドサーバに対して Wi-Fi 経由で発電情報を送信する。そして、クラウドサーバで受信したデータの処理、蓄積を行い、Web ページで情報共有を行う。

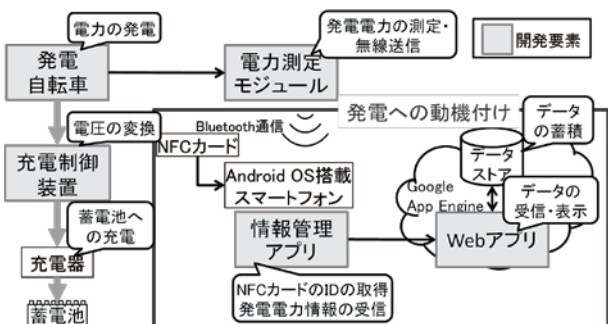


Fig.1 System configuration

4.2 発電自転車の開発

発電自転車の開発のために決定すべき設計要素を以下に示す。

- (1) 静音かつ高効率な発電機
- (2) 対応するペダル回転速度帯
- (3) 発電機の回転速度帯
- (4) ペダル回転速度の発電機回転速度への増速比
- (5) フライホイールのサイズ

(1)については、回転中も静音を維持する発電機が必要である。ここでは、人力発電での利用実績⁹⁾がある静音な発電機である TYG880 コアレス発電機 (太陽電音株式会社製) を選択する。

(2)については、人によって漕ぎやすいペダルの回転速度は異なるため、広い範囲で対応可能であることが望ましい。ペダル回転速度の目安として、街中のサイクリングでは 60rpm 程度、レース時のゴール前スプリントでは 110rpm とされている¹⁰⁾。そこで、十分に広い範囲のペダリングに対応するために、50-120rpm のペダル回転速度に対応可能に設計する。

(3)は、発電機を高速で回転させると振動や騒音の増加が考えられるため、低速での回転が望ましい。選択した発電機が 500rpm から高効率で発電できることから、発電効率を確保した上で可能な限り低速の 500-800rpm の領域で回転させることとする。

(4)については、(2)、(3)を踏まえ、ペダルの回転速度 50-120rpm を発電機の回転速度 500-800rpm に設定する必要がある。そのために、ペダルの回転速度を発電機の回転速度帯に増速する。ここでは、発電自転車の車体として利用した自転車を持つ 6 段変速機を利用し、複数の増速比に変更可能とする。6 段変速機のみでは十分な増速比を得られないため、さらにプーリーを挿入して所定の増速比を確保する。

設計した増速比におけるペダルと発電機の回転速度の関係を Fig.2 に示す。図中に示す要求範囲は、(2)、(3)を満たす範囲を表している。ゆっくり漕ぐ場合は増速比の高いギアを選択し、早く漕ぐ場合は増速比の低いギアを選択することで、ペダル回転速度を変えても発電機が 500-800rpm で回転可能となるような増速比を設定した。

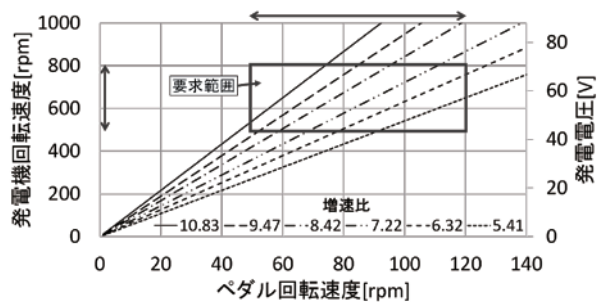


Fig.2 Relationship between rotational speed of pedaling and generator

4.3 充電制御装置の開発

充電制御装置の開発のために決定すべき設計要素を以下に示す.

- (1) 出力電圧
- (2) 入力電圧範囲

上記に加えて, システム機能実現のために必要な以下の機能も設計要素とした.

- (3) 発電電力の測定と発電電力情報の無線送信
- (4) 発電電圧が入力電圧範囲外に近い時の警告
- (5) 充電器の接続台数の変更

(1)は, 市販の充電器を動作させるために必要な AC100V で出力を行う. 加えて, 直流で動作する機器のために DC13.8V での出力も可能とし, 発電電力の有効活用先を広げる.

(2)では, 発電自転車の発電電圧に対応した入力電圧範囲を確保する. 発電機の回転速度が 500-800rpm の範囲では, 電圧は約 43-70V 程度発生するため, この範囲に対応する必要がある. 上記を踏まえ, DC13.8V 出力のためには 36-72V の入力電圧範囲を持つ DC/DC コンバータ RDP48-13.8S18.1A (アジア電子工業株式会社) を用いた.

(3), (4)は, 専用のモジュールを開発して対応する. 両モジュールは, ソフトウェア開発のための標準ライブラリが充実しており拡張性が高いことから, マイコンボードである Arduino で開発を行う. (3)の方法として, スマートフォンにも内蔵されている Bluetooth 通信を用いる. 発電電力計測のための IC チップは INA226 (Texas Instruments Inc.製) を, Bluetooth 通信用の IC チップは RN42 (Microchip Technology Inc.製) を用いた. また(4)の方法として, 発電者が注意を向けなくとも入力電圧範囲の逸脱に気付けるように, 合成音声による警告を行うこととする. 音声合成には音声合成 LSI である AquosTalk pico (株式会社アクエスト製) を用いた.

(5)は, マイコンから 8 つのリレーを制御することで出力口数を変更し, 充電器の接続台数を変更する機能を設計に含めた. この機能を用いた心拍数や利用継続時間に応じたペダル負荷の変更等のアプリケーション開発を可能にしている. 上記の要素を踏まえて設計した充電制御装置の構成を Fig.3, 基本仕様を Table 1 に示す.

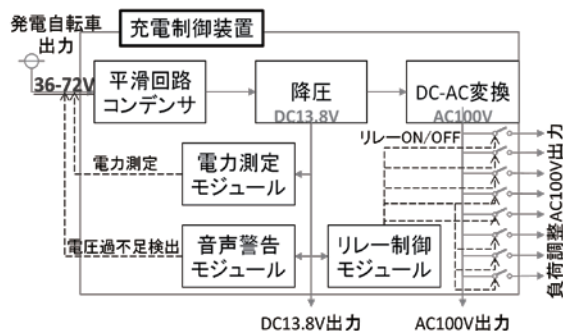


Fig.3 Configuration of charging control equipment

Table 1 Basic specifications of charging control equipment

項目	要求
入力電圧	36-72V
出力電圧	DC 13.8V, AC 100V
音声警告	< 36V, > 72V
出力口数	1-8ch

4.4 情報管理アプリケーションの開発

スマートフォンに実装する本アプリケーション¹⁾では, 以下の機能を実現する必要がある.

- (1) NFC を用いた IC カードの ID 情報の取得
- (2) Bluetooth 通信による発電電力情報の受信
- (3) 発電情報の表示
- (4) クラウドサーバへの(1), (2)のデータ送信

これらの機能を実現するために設計した情報管理アプリケーションの構成を Fig.4 に示す. Android のソフトウェアコンポーネントとして, アクティビティ, サービス, ブロードキャストレシーバがある. それらの仕組みを用いて要求機能を Fig.4 に示す開発要素としてコード化した.

ここで(1)の機能は Google が提供する API の“NFC サービス”を用いて, (2)の機能はバックグラウンドで動作

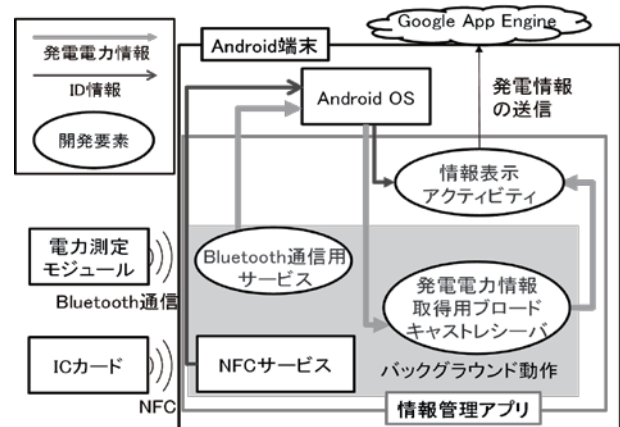


Fig.4 Configuration of information management application

する“Bluetooth 通信サービス”として開発した. 加えて (3)の機能は, 各種情報を表示するための“情報表示アクティビティ”として開発し, 受信した発電電力情報を情報表示アクティビティに中継する“発電電力情報取得用ブロードキャストレシーバ”から受け取り, ディスプレイ上に発電電力の情報を表示する構成とした. 発電終了時には, 情報表示アクティビティからクラウドサーバに HTTP 通信でデータを送信することで(4)を可能とした. なお, 送信するデータには(1), (2)の情報に加えて, IC カードをかざした時刻と, 発電を継続した時間の 2 項目を加えた.

4.5 発電共有システムの開発

情報共有を目的として、収集したデータを Web 上で公開するためには Web サーバが必要となるが、保守・管理の負担を軽減するためにクラウドサーバを利用する。ここでは、サーバ環境の構築やサーバのハードウェア管理を必要とせず Web アプリケーションを公開できる PaaS 型サービスの Google App Engine (GAE) を利用した。本 Web アプリケーションは、各機能を明確に分離し独立性を高めるために、Model-View-Controller (MVC) モデル¹²⁾に基づいて設計した。開発した Web アプリケーションと Google が提供するデータベースからなる発電情報共有システムの構成を Fig.5 に示す。

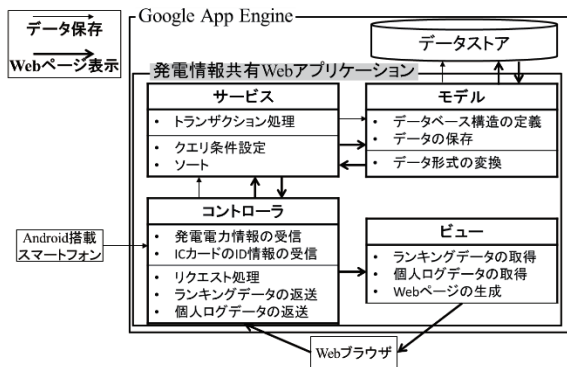


Fig.5 Configuration of power generation information sharing system

モデルはデータベース構造の定義とデータの保存・抽出、ビューは Web ページの生成、コントローラはリクエスト処理を実装している。トランザクション処理のような共通処理はサービスとしてまとめ、各機能の独立性を確保した。

本 Web アプリケーションの開発には統合開発環境 Eclipse を用いた。また MVC モデルに基づく実装のために、GAE のフレームワークである Slim3¹³⁾を用いた。コントローラ、サービス、モデルは Java で、ビューは HTML, CSS, JavaScript, JSP で開発した。

GAE のデータベースマネジメントシステムは Key-Value ストア型であり、データはカインドというまとまりで目的別に分類し、保存する。個人ログ用カインドの構造とデータ例を Table 2 に、ランキング用カインドの構造とデータ例を Table 3 に示す。個人ログ用カインドは、ある特定の発電者のデータをデータストアから抽出する

Table 2 Structure of personal log kind and example

キー	発電者情報	発電電力量 [Wh]	発電開始時刻	発電時間 [分]
2170001	01160400 1e17bb05	3.27	2017/5/25 /17:01	7
2170002	01160400 0417db01	4.74	2017/5/25 /17:35	5
2170003	01160400 1e174105	21.25	2017/5/25 /17:54	20

Table 3 Structure of kind and example

キー	発電者情報	集計期間	月間発電電力 [Wh]
2160001	01160400 1e17bb05	201705	29.48
3080001	01160400 0417db01	201705	26.27
4060001	01160400 1e174105	201705	81.76

際に用いる。ランキング用カインドは、その月の発電電力量の大きさでの順位づけを行う際に用いる。月間発電電力量のデータは、個人別の各月の発電電力量から計算する。

5. 開発システムの評価

5.1 システム構成要素の動作確認

5.1.1 発電自転車

発電自転車の動作確認を行った結果について述べる。確認項目は以下の 3 点である。

- (1) 設計通りの増速比の設定
- (2) フライホイールの効果
- (3) 騒音レベル

(1)の確認のために、各ギアにおいて、メトロノームの音を目安にペダリングを一定に保つよう漕いだ時の発電電圧を Fig.6 に示す。発電電圧が設計値とほぼ等しく、設計通りの増速比を設定できていること、発電機の仕様通り

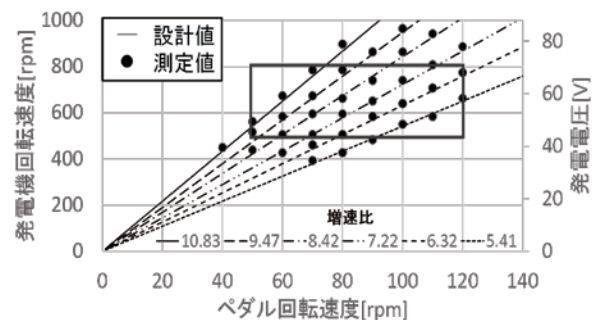


Fig.6 Relationship between rotational speed of pedaling and generated voltage

の発電電圧が得られることを確認した。

次に(2)の確認のために、市販の発電自転車を用いたシステム¹⁴⁾と開発した発電自転車の発電電圧の計測を行った結果を Fig.7 に示す。市販品はペダリングを停止すると電圧が急激に降下するが、開発品ではフライホイールの持つ回転エネルギーによって電圧が緩やかに降下することがわかる。これによって、発電中のペダリングのペース変動や一時停止を許容し、充電動作の瞬断を回避可能であることを確認した。このことは、発電時の一時的な休息を可能としながらも、充電動作を継続可能なため、精神的・肉体的負担の軽減に大きくつながる。

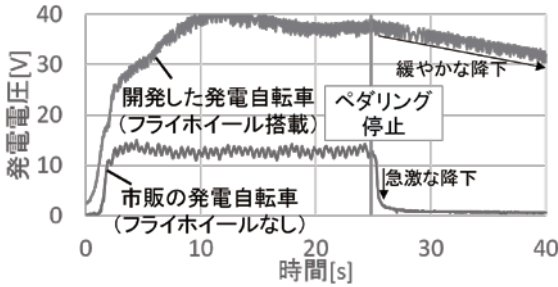


Fig.7 Comparison of generated voltage

加えて(3)の確認のために、上記の発電自転車で騒音を計測した結果を Fig.8 に示す。測定点は発電機から 1m 地点とした。測定時は、単 3 形電池を 32 本充電の条件で行い、メトロノームの音を目安に 90rpm の回転速度で 1 分間ペダルを漕いだ。市販品の騒音が平均値 86dB であるのに対して、開発品では平均値 70dB まで騒音が大きく抑制できていることを確認した。

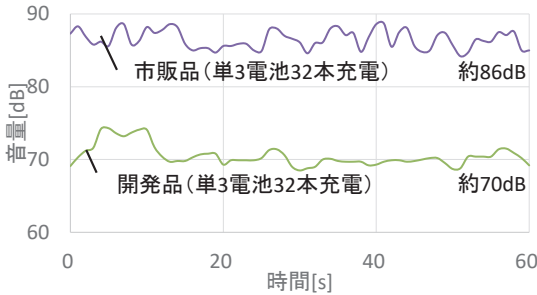


Fig.8 Comparison of noise level

あわせて、発電電力を測定し、個人による体格差の影響はあるものの、概ね 80W 前後の電力を安定して発電できることを確認した。

5.1.2 充電制御装置

充電制御装置の動作確認として、発電自転車の発電電圧と充電制御装置の出力電圧を確認した結果を Fig.9 に示す。発電機の発電電圧が本装置内のコンデンサにより平滑化できていること、また、DC13.8V と AC100V の安定した電圧を出力可能なことを確認した。これにより、発電自転車を漕ぐことによって市販の充電器を介した充電や、直流電源や家庭用電源で動作する機器の使用が可能であることを確認した。

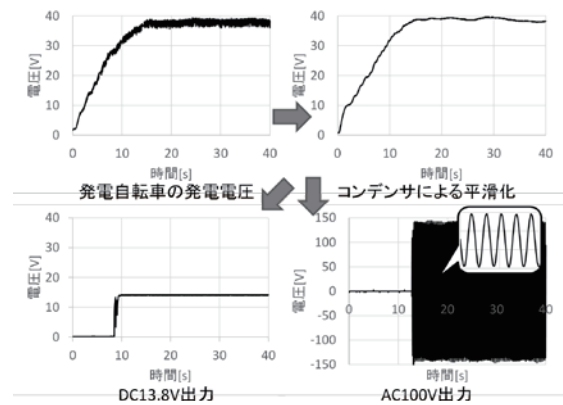


Fig.9 Generated voltage by bicycle and output voltage of charging control equipment

5.1.3 発電情報共有システム

発電者のモチベーション確保のために、Web ページのコンセプトとして、“見て楽しい”、“達成して楽しい”、“競争して楽しい”という観点から実装を行った。Fig.10 にランキングページ、Fig.11 に個人ログページの表示結果を示す。

“見て楽しい”では、両ページともに直感的に情報を把握できるように各ページでアイコンやグラフを使用したグラフィカルな表示を行った。“競争して楽しい”では、発電への動機付けのためのために、他ユーザとの比較が可能な

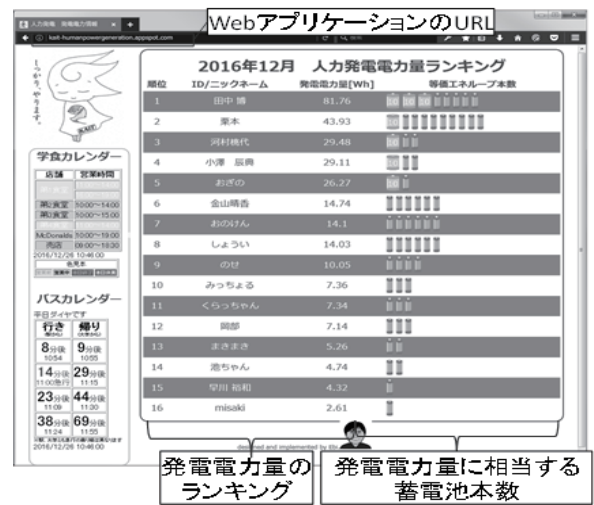


Fig.10 Display of ranking page



Fig.11 Display of individual log page

ランキングページを実装した。“達成して楽しい”では、継続して発電を行う動機付けのためにユーザ別の詳細な発電情報を確認可能な個人ログページを実装した。両ページともに、図中に示す情報の表示により、設計通りに実装できたことを確認した。

5.1.4 システム全体

各構成要素を結合し、スマートフォンに実装した情報管理アプリケーションを含めてシステムとしてインテグレートし、正常に動作可能を確認を行った。システムの外観を Fig.12 に示す。これによって、発電自転車で発電した電力を、充電制御装置を介して蓄電池に充電可能であること、また情報管理アプリケーションによって、IC カードの ID 情報の取得、電力測定モジュールからの発電電力情報の受信と発電情報共有システムへの送信の機能が正常に動作することを確認した。



Fig.11 System appearance

5.2 ユーザ評価

評価の前に、本システムの現在の運用状況と対象ユーザについて述べる。本システムは、2016年12月から学内のECO活動団体である“チームみどり¹⁵⁾”と連携し初期運用を開始した。ユーザはチームみどりに所属している健康・ECO意識の高いボランティアである。現在、チームみどりのメンバーが発電自転車を漕いで電力を発電し、蓄電池の充電を行っている。充電済みの蓄電池は学部事務所

や学内の講義室に配備し、その蓄電池の電力を使いきった時の交換も含めた運用としている。

本システムの利用者に対して、発電自転車の評価としての漕ぎやすさと、Web ページを用いた情報共有やモニタによる“楽しい”というコンセプトが実現できているかという観点と、そのことによる発電へのモチベーション確保という観点から Google Form を用いたアンケートによる評価を行った。アンケート対象者は、システムを利用した経験のある23名である。評価は“そう思わない”、“ややそう思わない”、“どちらでもない”、“ややそう思う”、“そう思う”の5段階で行い、それぞれ1~5の評価点とした。アンケートの結果を Table 4 に示す。

アンケートの結果、全てのアンケート項目において概ね良い評価点を得ることができた。まず、発電自転車の“漕ぎやすさ”の項目については、評価点が高く漕ぎやすさを感じているユーザが多いことがわかる。漕ぎやすさの観点から、発電自転車への要求は十分満足したことを確認した。次に、Web ページについては、ランキングページ、個人ログページともに“楽しめる”項目の評価点が高く、見て楽しめるユーザが多いことがわかる。モチベーションである“発電する気が起きる”の項目もおおむね評価点は高いが、上記と比較すると点数が少し低く、どちらでもないという回答が多い。今後は楽しむだけでなく、発電に対する動機付けの効果をより強化していく必要がある。

本システムを用いたECO推進室メンバーによる運用を開始した2016年12月における総発電電力量は約300Whであり、単3形蓄電池への充電本数としては、約130本分に相当する。このことから、本システムの利用による学内における従来の使い捨て型乾電池から充電した蓄電池への置き換えは一定の範囲で可能であることを確認した。

6. まとめ

本論文では、自転車型の発電装置と蓄電池への充電を可能とする充電制御装置に加え、漕ぐことに楽しみを付加し、利用者のモチベーションを維持、向上させるための発電情報共有システムを含む発電自転車システムの開発を行い、

Table 4 Result of questionnaire

回答 (評価点)	発電自転車		ランキングページ				個人ログページ				
	漕ぎやすい		発電する気が起きる		楽しめる		発電する気が起きる		楽しめる		
	回答数	割合	回答数	割合	回答数	割合	回答数	割合	回答数	割合	
そう思う	5	11	48%	6	26%	15	65%	7	30%	5	22%
ややそう思う	4	8	35%	11	48%	7	30%	8	35%	15	65%
どちらでもない	3	2	9%	3	13%	0	0%	7	30%	2	9%
ややそう思わない	2	2	9%	2	9%	0	0%	0	0%	0	0%
そう思わない	1	0	0%	1	4%	1	4%	1	4%	1	4%
平均評価点	4.2		3.8		4.5		3.9		4.0		

それらシステム構成要素の設計通りの動作を確認した。

そして、ユーザである ECO 推進チームみどりメンバーへのアンケートによって、発電自転車の漕ぎやすさと、発電情報共有システムの評価を行った。その結果、各項目で良好な評価点を得ることができたが、“楽しめる”ことと“発電する気が起きる”ことの間、評価点の差が若干見られた。これにより、より強い発電への動機付けとなるようなくみづくりが必要であることが分かった。この点は、次のフェーズへの継続課題として残る。潜在的な意義の可能性を検証するために、ECO の観点から再利用型の蓄電池への充電を利用シーンと想定して ECO 推進チームみどりの協力を得て、システムの利用を開始し、実際の発電電力量から開発の意義が確認できた。

今後は、「健康・ダイエット」、「防災拠点としての電力確保」などの観点からのシステムの利用と有効性の評価にも取り組む必要があると考えている。

謝辞

本システムの開発段階におけるユーザ要求の提示から利用推進まで協力頂く、ECO 推進チームの久保田昌彦顧問、菊池由美さん、本件を担当している機械工学科の長谷川京祐さん、ならびにチームメンバー各位に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 久保田翔也, 宮崎豪, 山窪泉, 三橋徹, 中島裕輔 : 小中学校と公共施設の複合化におけるエネルギーの有効利用および防災拠点機能の強化に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集 86(II), pp.13-16 (2016).
- (2) 西田順一, 大友智 : 小・中学校教員のメンタルヘルスに及ぼす運動・身体活動の影響, 教育心理学研究, Vol.58, pp.285-297 (2010).
- (3) 山崎文夫, 山田寿男, 森川幸子 : 看護女子学生における 8 週間の継続的運動が体組成, 体力および精神的健康度に及ぼす影響, 産業医科大学雑誌, Vol.35, No.1, pp.51-58 (2013).
- (4) Pavegen Systems : Pavegen – The Next Step, <http://www.pavegen.com/>(2017/9/23 閲覧).
- (5) 日本経済新聞 : 頼りになるか スマホ用発電機の実力、記者が検証, <https://style.nikkei.com/article/DGXDZO71305130W4A510C1W02001?channel=DF130120166128&style=1>(2017/9/23 閲覧).
- (6) 坂本亘, 天野喜将, 木所文彦, 水野裕和, 水野裕和, 綿貫理明 : 自転車型人力発電機の発電量可視化システムの提案, 専修大学情報科学研究所所報, No.78, pp.1-10 (2010).
- (7) 創作機械工房ピッコロ SPA : 人力発電所, <http://www.geocities.jp/piccolosp/bat2.html>(2017/9/23 閲覧).

- (8) 海老原樹, 村田翔太郎, 田中博 : センサネットワークとクラウドを用いた創生電力マネージメントシステムの開発, 信学技報, ASN2014-137, Vol.114, No.418, pp.145-150(2015).
- (9) ITpro : FeliCa ケータイが学生証に、神奈川工科大学が来春から導入, [http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20051216/226366/\(2017/9/23 閲覧\)](http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20051216/226366/(2017/9/23 閲覧)).
- (10) ふじいのりあき : ロードバイクの科学, pp.42-47, スキージャーナル, 東京 (2008).
- (11) Ebihara, T., Yashiro, K., Ioroi, S. et al. : Development of Information Management and Entertainment Application using Smartphone and VR Technology for Human-Powered Generation System, The Fifth Asian Conference on Information Systems (ACIS2016), pp.157-160 (2016).
- (12) Krasner, G. E. and Pope, S. T. : A description of the model-view-controller user interface paradigm in the smalltalk-80 system, Journal of object oriented programming 1.3, pp.26-49 (1988).
- (13) ひがやすを, 小川信一 : Slim3 on Google App Engine for Java, 秀和システム, 東京 (2010).
- (14) Ebihara, T., Murata, S. and Tanaka, H. : Development of Management System for Generated Power using Cloud Services, 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies (NGMAST 2015), pp.41-46(2015).
- (15) 神奈川工科大学 : ECO 推進チームみどり, <https://sites.google.com/site/kaiteco/>(2017/9/23 閲覧).