

環境発電素子を電源かつセンサとして利用する行動認識システムの設計

Design of Behavior Recognition System using Environmental Generator as Power Source and Sensor

菅田 唯仁[†] 荒川 豊[†] 安本 慶一[†]
 Yuito Sugata Yutaka Arakawa Keiichi Yasumoto

1. 緒言

ユビキタスなサービスを実現するためには人がどのような状況・状態にあるかを認識する必要があり、特に人の位置情報は重要な情報である。位置情報は、GPS(Global Positioning System)により、屋外であれば容易に取得可能である。屋内での位置情報は、さまざまな研究がなされており、Wi-Fi や iBeacon を用いたものが最も普及している^[1]。これらの方式は、環境から発信される電波をスマートフォンで受信し、その受信状況から位置を推定する。そのため、常時位置を把握するためには、常時スマートフォン上でアプリケーションを動かしておく必要があり、バッテリーの消費が問題となる。また、Wi-Fi アクセスポイントが少ない環境では位置精度は低い。iBeacon を様々な場所に設置することも考えられるが、コストが問題となる。

そこで、我々は、スマートフォンを使わずに、屋内位置を認識するシステム（以下、梅津らの研究）を提案している^[2]。このシステムでは、環境発電素子に着目し、それらの発電量が環境によって変化することを逆手にとって、その発電量から位置や行動を認識しようとしている。例えば、太陽光パネルは、受光量や受光波長によって発電量が変化する。そのため、光源の異なる場所をその発電量の違いから識別可能となる。ここで光センサではなく、環境発電素子である太陽光パネルを利用する理由は、生成した電気をシステムの駆動にも利用できる可能性があるからである。しかしながら、梅津らの研究^[2]では行動や位置の認識の可否の検証に焦点をあて、発電量の計測にはバッテリーを搭載したマイコンを用いていた。

本論文では、エネルギーハーベスティングも考慮し、複数の環境発電素子を位置認識のためのセンサかつ電源として利用可能にするシステムを検討した結果を報告する。

2. 提案システム

Fig.1 に提案システムの構成を示す。提案システムはウェアラブルデバイスを想定しており、主に電源かつセンサとして用いる環境発電素子とデータを処理するマイコンから構成されている。梅津らはピエゾやペルチェといった環境発電素子も利用していたが、本研究では問題の簡略化のため、まず太陽電池だけを対象とする。提案システムは腕に装着して作業を行うことで、環境発電素子が発電した発電量を記録し、オフィス内のリースペース、会議室、集中室、リフレッシュスペースなどの中から、どの部屋で作業しているかを推定する。

3. 太陽電池を用いたマイコンの駆動

太陽電池には様々な種類が存在する。今回使用した太陽光パネルは Table 1 に示す多結晶シリコン型と色素増感型である。多結晶シリコン型は単結晶の不要な部分を寄せ集めて製作される光電効果を利用した太陽電池であり、現在最も普及しているモデルである。一方、色素増感型は酸化チタンの表面に色素を吸着させることで可視光への受光感度を向上させた太陽光電池であり、低照度環境でも高電圧の出力が得られる。しかしなが

ら、耐久性が低い、変換効率が悪い、電力が低いなどのデメリットがある。

マイコンを駆動させるためには、約 2V の電圧と数 mA の電流が必要である。また、SD カードに書き込むためにはさらに電流が必要である。太陽電池は高電圧の出力が得られるが、得られる電流は低い。Table 1 で示している太陽電池は電力が 1W 未満であるため、そのまま扱うには電力が不足している。しかしながら、電圧と電流はトレードオフであるため、電力を増加させることはできない。昇圧チョッパーなどの電流の増幅方法が存在するが、太陽電池は定電流源に近似できるため、電流の増幅は不可能である。そこで我々は、一度電解コンデンサに電荷を蓄積する方法を選択した。しかしながら、室内における太陽電池の発電量は、マイコンの駆動電圧に達しない場合がある。そこで、2 枚の太陽電池を直列に接続し、常にマイコンの駆動電圧を上回るようにした。

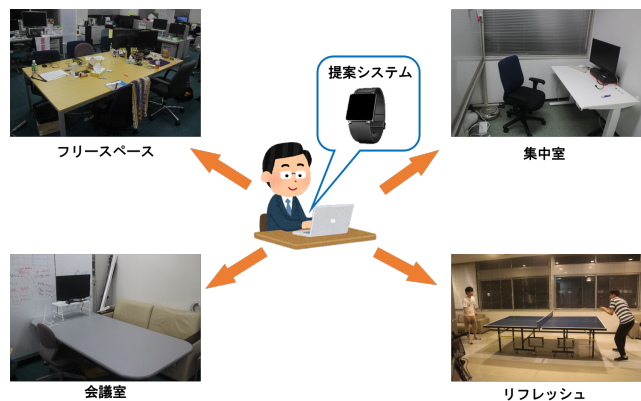




Fig. 1 Overview of proposed system

Table 1 Specification of solar cells used in this paper

name	SC1	SC2
image		
type	polysilicon	dye sensitization
model	OPP55A161BI	FDSC-FSC1G
power	880mW	0.18mW
size	50*105	56*91

[†] 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

3.1 電解コンデンサの充放電実験

電解コンデンサを電源として使用するため、太陽電池で電解コンデンサを充電し、マイコンによって電解コンデンサのエネルギーを消費する実験を行った。実験に使用した実験器具を Table 2 に示す。今回選定したマイコンは ATMEL 社製の AVR マイコンであり、ATmega328P は太陽電池の電圧を測定するための A/D 変換器、測定結果を送信するためのシリアル通信、待機時の消費電力を低減するためのスリープ機能が搭載されている。また、電解コンデンサは 2 つずつ並列に接続し、それらを直列に接続することで、2 つの太陽電池によってそれぞれ 2000 μ F の電解コンデンサに充電する。これにより、太陽電池 1 つではマイコンの駆動電圧に達しないことがあるが、コンデンサから得られる電圧は 2 つの太陽電池の電圧を足し合わせたものになるため、マイコンの駆動可能電圧に維持することが可能である。

3.1.1 実験方法

卓上照明から 450mm 離れた位置に太陽電池を設置し、照明の電源を投下して電解コンデンサを充電する。このとき、マイコンの GND は電解コンデンサの GND から切り離して電流が流れないようにする。充電完了後、マイコンの GND を接続し、電解コンデンサのエネルギーを消費してマイコンを駆動する。このときの電解コンデンサの電圧の時間変移を計測する。

3.1.2 実験結果

実験結果を Fig.2 に示す。図より約 17 秒で 2000 μ F の電解コンデンサを充電することが可能であることが確かめられた。また、充電された電解コンデンサにマイコンを接続すると約 0.5 秒間駆動することが可能であることも確かめられた。よって、現環境では 30 秒周期でマイコンの駆動が可能であることがわかる。

3.2 試作したシステム

前節を踏まえ、提案システムの回路を試作した。試作したシステムの構成図を Fig.3 に示す。太陽電池 1,2 とマイコン、電解コンデンサは前節と同じ製品を使用している。また、ATmega328P による A/D 変換を行うために基準電圧として定電圧が必要であるが、太陽電池による電源は照度によって変化するため、不安定である。そこで昇圧モジュールを使用し、5V の定電圧をマイコンの Analog Reference に印加している。しかしながら、マイコンと昇圧モジュールは測定時のみ動作すればよいので、常に電源に接続する必要はない。そこで、マイコンと昇圧モジュールの GND を電解コンデンサの GND から切り離し、トランジスタによってスイッチングしている。さらに、このトランジスタの駆動用に太陽電池 3 を取り付けている。この太陽電池 3 が発電したときにトランジスタが駆動し、マイコンと昇圧モジュールが駆動する。

4. 結言

本稿では環境発電素子を用いて発電した電力を電源かつセンサとして用いることで、行動を認識するデバイスを提案し、簡易的なエネルギーハーベスティングのデバイスを試作した。今後の展望としては、試作したデバイスの評価実験や、デバイスが取得した 2 つの太陽電池の電圧を用いた場所推定システムの構築などが挙げられる。また、試作したシステムはトリガーとしてトランジスタや太陽電池を用いているが、ATmega328P に搭載されているスリープ機能により、測定時以外のアイドル時の消費電流を削減し、トリガーなしでも動作するシステムを製作する必要があると考える。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 (18H03233)、および JST さきがけ (16817861) の支援を受けて実施されたものである。

Table 2 Experimental equipment

name	model	number
micro controller	ATmega328P	1
solar cell	SC1, SC2	1
capacitor	1000 μ F	4
voltage upper module	LTC3105 module	1

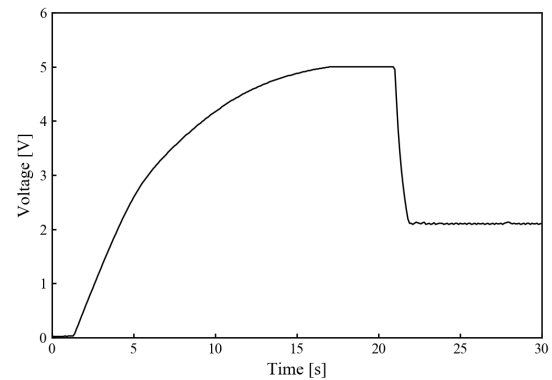


Fig. 2 Voltage of capacitor

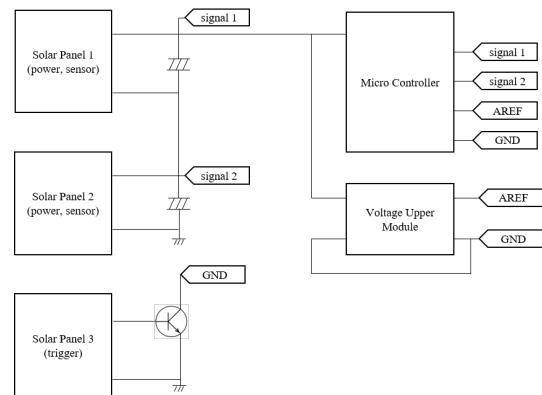


Fig. 3 Prototype circuit

参考文献

- [1] 橋口稔, 行成功志, 藤野慶太, 田中康一郎: 「iBeacon を用いたスマートフォン向けキャンパス館内マップの試作」, 第 77 回全国大会講演論文集, Vol. 2015, No. 1, pp. 899-900, 2015.
- [2] 梅津吉雅, 中村優吾, 荒川豊, 藤本まなと, 諏訪博彦, 安本慶一: 「環境発電素子の発電量に基づくコンテキスト認識手法の提案」, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO) シンポジウム, Vol. 2018-MBL-87, No. 35, pp. 400-405, 2018.