

環境発電素子の発電量に基づく屋内行動認識システムの検討

Fundamental Study of Indoor Behavior Recognition based on Generated Electricity of Energy-harvesting Modules

梅津吉雅† 藤原聖司† 中村優吾† 藤本まなと† 荒川豊† 安本慶一†

Yoshinori Umetsu Masashi Fujiwara Yugo Nakamura Manato Fujimoto Yutaka Arakawa Keiichi Yasumoto

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

JST さきがけ†
JST PRESTO

1. はじめに

ユビキタスなサービスの実現には、人がどのような場所において、どんなことをしているのかという行動認識技術が必要不可欠である。これまでに加速度センサやスマートフォン、ウェアラブル端末を用いた行動認識システムが提案されている[1]が、いずれのシステムも定期的な充電が必要であり、普及の妨げになっている。そこで環境発電を用いてセンサを駆動させ、行動認識を行う研究[2]もなされている。しかし、環境発電から得られる電力は微小であり、常時計測に不適である。そこで、我々は、環境発電をセンサの駆動に用いるのではなく、その発電量自体をセンサデータとみなし、発電量から行動認識を行うシステムを提案する。

2. 発電量記録デバイスの開発

図1に提案デバイスの概略を示す。今回用いた発電素子は、SUNYOOO solar Limited. 製の太陽電池とモノワイヤレス株式会社のTWE-LITE SWING (トワイライト・スウィング)に搭載された振動発電素子である。振動発電素子は、デバイス装着状態から、歩行などで鉛直方向に振動することで電圧が生じる仕組みである。屋内行動中にこれらの素子で生じる電圧をadafruit bluefruit nrf52 LEにて検知し、専用アプリを用いてBLEでスマートフォンに送信する。なお、デバイスの形状は、オフィスや大学内での使用を考慮した際に不自然でないよう、首から吊り下げのネームプレート型を採用した。装着者の負担を軽減するため軽量化を施し、デバイス全体の重量を82gに抑えた。

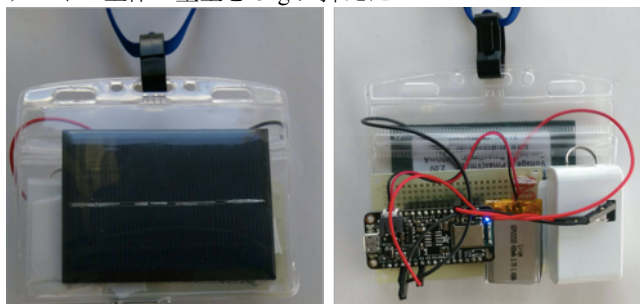


図1: デバイスの概略 (ネームプレート型)

3. 発電量を用いた屋内行動推定アルゴリズム

本研究において、推定対象とする行動は、表1に示す動作と場所をそれぞれ組み合わせた6種類である。各組み合わせをA~Fと名付ける。本研究では、デバイスを首から下げたまま行動を行い、搭載された太陽電池と振動発電素子から収集される発電電圧の波形をもとに、機械学習を用いて各行動を識別する。

提案システムでは、各素子から得られた電圧波形を時間窓(5秒)毎に分割し、7種類(平均値, 最大値, 中央値, 最小値, 範囲, 合計値, 分散値)の特徴量を算出する。そして、機械学習を用いた行動推定精度の評価を行う。

表1: 推定対象とする行動

動作/場所	学生居室	ゼミ室	廊下
歩行	A	B	C
直立			D
PC作業	E	F	

4. 評価実験

被験者3名から6種類の行動を60秒ずつ収集した。機械学習手法として、Random Forest (RF)を用い、Leave-one-person-out Cross-Validationにより各行動の推定精度(F1値)を評価した。図2に分類結果の混同行列を示す。6種類の行動の平均推定精度は65.2%であり、2クラス分類-歩行(A, B, C)とそれ以外の行動(D, E, F)の平均精度は95.4%であった。そして、歩行中の場所の推定精度は65.2%、D, E, Fの中での場所の推定精度は58.5%であった。以上より、本システムでは特に移動の有無に関して比較的高精度で推定することが可能であると考えられる。また、太陽電池と振動発電素子のそれぞれ単一の電圧波形の場合の平均推定精度は60.9%、51.3%であり、複数素子の組み合わせによる改善を確認した。

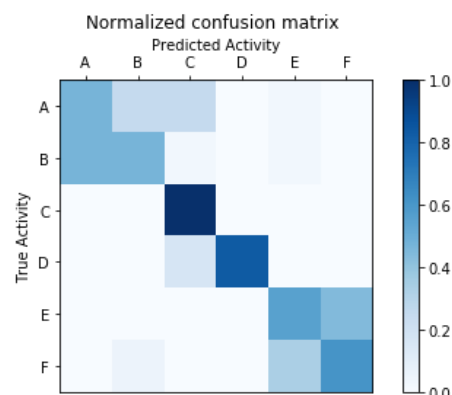


図2: 行動推定結果の混同行列 (正規化)

5. まとめ

本稿では、環境発電素子の発電量に基づく行動認識を実現するため、太陽電池と振動発電素子を搭載したプロトタイプデバイスを開発した。本デバイスの有効性を評価するため、評価実験を行った結果、6種類の屋内行動のうち、特に移動の有無を明確に識別できることがわかった。また、複数の環境発電素子を組み合わせることで、行動認識の精度が向上することも確認できた。

参考文献

- [1] M. Keally, et al, PBN: towards practical activity recognition using smartphone-based body sensor networks, New York, USA, ACM, pp. 246-259, 2011.
[2] H. Kalantarian, et al. Pedometers Without Batteries: An Energy Harvesting Shoe, IEEE Sensor Journal vol. 16, no. 23, IEEE, pp. 8314-8321, 2016.