

# 歩行促進のための足首装着型発電デバイス

杉本実夏<sup>†1</sup> 岩田洋夫<sup>†2</sup> 五十嵐浩也<sup>†3</sup>

本研究では健康のために歩行モチベーションを向上させ、よりユーザーが歩きたくなる仕組み作りを目指している。そこで、歩行動作に合わせて電力を発電する足首装着型発電デバイスの開発と、その発電デバイスによって発電された電力を使用して駆動する歩行モチベーション向上を試みるアプリケーション制作を行っている。本発表では、開発した足首装着型発電デバイスとその発電量計測結果を報告する。

## 1. はじめに

健康医療のためのスマートウェアラブルシステム(以下、SWS)は、患者が装置を装着することで心拍や血圧などを常時モニタリングできる。加えて、身体に装着するため日常生活でも利用でき、継続的なモニタリングや遠隔医療で使われる。こういった特徴から新しい医療の在り方を提供し、病気や怪我をいち早く発見しリスクを抑える役割がある。このようなメリットのある SWS だが、SWS へのエネルギー供給が大きな課題[1]として残っており、一般向けには十分普及していない。現在の SWS の多くがエネルギー供給源としてバッテリーを用いているが、バッテリーには充電切れや充電忘れのリスクがあり、長時間の継続的なモニタリングが重要な SWS においては継続して電力が供給できる電力供給源が求められる。長時間の継続的な電力供給を行える手段として、歩行などの人の日常動作から発電を試みるウェアラブル発電機がある。バッテリーに比べ供給電力量は小さいがセンサーを駆動するだけの電力供給量が期待でき、従来のバッテリーと併せて使用することで使用中の充電切れを防ぐことが期待できる。使用者が日常生活の中で長時間使用できるウェアラブル発電機の開発は、弱い電力で長時間の観察を必要とする健康医療のための SWS において、より一層重要となる。

生活の中で人が最も頻りに運動する機会として歩行があり、歩行動作から発電を試みる研究がなされている。しかしこれらは、歩行から発電を試みるデバイスでありながら、デバイスの大きさや重さによって歩行中の使用者に疲労感を与え自発的な歩行モチベーションを下げていることが問題と予想される。たとえば、膝の横に歯車式発電装置を装着することで発電する手法が提案されているが[2]、一方で装置固定の為に太ももから膝下までをアルミフレームで覆う構造になっており、歩きにくい課題がある。また、靴のソールに組み込んだ電磁コイルによって発電する研究[3]では、靴底の厚みの関係より電磁コイルの直系が 15mm を超えると歩きにくさが生じる構造の課題がある。歩きにくさは、使用者に負担の大きい歩行方法を強いる装置を

使用することによる疲労感が原因で生ずると予想される。

そのため、SWS のためのウェアラブル発電機を開発するとき、歩行動作を妨げないウェアラブル発電機の構造開発と、よりユーザーが歩きたくなる仕組み作りが重要になる。

そこで本研究では、歩行動作を妨げない構造に重点を置いて開発した足首装着型発電デバイスとその発電量計測結果を報告する。

## 2. 足首装着型発電デバイス

### 2.1 設計指針

前述のウェアラブル発電機装着に伴う疲労感の問題に対して本研究では、足の疲労感を緩和させることが歩行のモチベーションを高めた [4]という先行研究に基づき、以下のアプローチで発電装置による足の疲労感の問題を解決する。

- 1) 脛における皮膚感覚の鈍さに着目した装着位置
- 2) 運動機能への負荷低減
- 3) 低労力で発電する発電機構

設計指針 1) について、ウェアラブル発電機を装着することで実際に感じる圧迫感や不快感をより抑えるため、ヒトの身体の中でも皮膚上の感覚の鈍い脛[5]と、靴を履いた足の甲の上をウェアラブル発電機の固定ベルトの装着位置とする。設計指針 2) について、ウェアラブル発電機が前述の脛と足の甲の間にあることに加え、運動機能の大きい足首[5]の動作を動力源とすることで弱い力で発電できる機構を実現する。設計指針 3) について、少ない労力で発電できる発電装置を開発する。ここでは振動や曲げることによって発電する発電振動素子を利用する。

### 2.2 足首装着型発電デバイスの構成

図 1 に発電の仕組みを示す。これにより、関節の曲げ伸ばし動作を妨げずに発電する機構を実現する。この機構では、シート型の縦 20mm、横 75mm の振動発電素子 (THRIVE 社, K7520BS3) を振動並びに曲げ伸ばしすることで発電出来る振動発電素子を使用する。足首発電デバイスの構成は、歩行時の足首の曲げ伸ばし動作に合わせて振動

†1 筑波大学大学院グローバル教育院研究科  
School of Integrative and Global Majors, University of Tsukuba

†2 筑波大学システム情報系  
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

†3 筑波大学芸術系  
Faculty of Art and Design, University of Tsukuba

発電素子シートが曲げ伸ばされることで発電する足首前側の機構からなる。図2に開発した足首発電デバイスを示す。本機構の特徴として、発電装置固定具装着部位として皮膚上の感覚が鈍い脛に着目した点、人にかかる力を弱く抑えるために剛性の低い振動発電シートを発電機構に用いた点、足首の曲げ伸ばし運動を発電に使用している点がある。

また、この機構は軽量のシート型の発電機構を関節に沿う形で使用している。これにより、従来の電磁コイル式ウェアラブル発電装置にあった、コイルの筒状や円形という構造上、発電量を増やそうと装置を大きくすると固定具含めた装置全体が大きく重たくなってしまいう問題を解決した。本機構では、薄いシート状という構造と振動や曲げ動作によって発電するという特性をもつ振動発電シートを用いているため、関節周りなどの身体に沿わせた省スペースな装置が可能であり、また装置自体も薄く軽量になる。これにより、装着による負荷低減や疲労感緩和が期待できる。



図1 足首装着型発電デバイスの仕組み

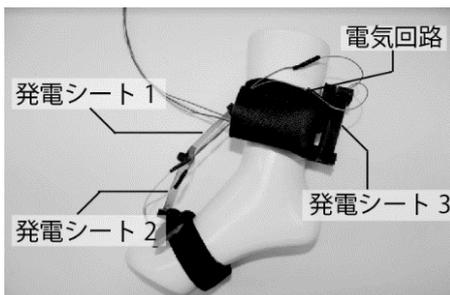


図2 開発した足首発電デバイス

### 3. 発電量と歩行フェーズ推定

図3に開発した足首装着型発電デバイスの発電シート1枚が一步あたりに発電した発電電流量を示す。これより、最初の屈曲時によく発電しており、発電シート1枚あたり0.04mA(0.04V, 0.0016mW)発電しているのが分かる。図4に歩き始めから5歩分の発電シート1枚が一步あたり発電した発電電流量を示す。これより、一步あたり、足首が屈

曲している時と、伸びているときにそれぞれ2山づつ発電していることが分かる。

これらより、足首装着型発電デバイスの発電量より、歩行フェーズの推測が可能なことも示唆された。

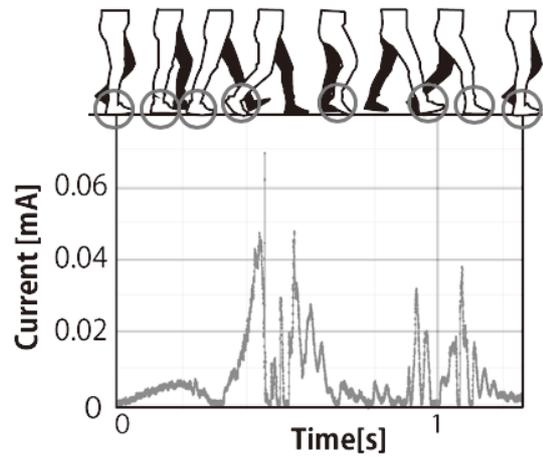


図3 発電シート1枚の一步あたりの発電電流量

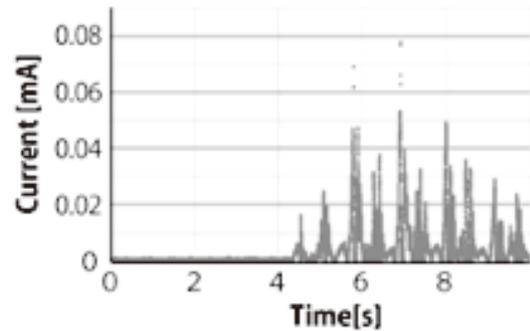


図4 歩き始めから5歩分の発電電流量

### 4. おわりに

本稿では、ウェアラブル発電機によってスマートウェアラブルシステムへの電力供給と人がより歩く仕組みづくりを目指し、歩行動作を妨げない構造に重点を置いて開発した足首装着型発電デバイスとその発電量計測結果について報告した。今後は足首装着型発電デバイスの装着感の評価と歩行を促進するアプリケーションの検討・開発を行う。

### 参考文献

- 1) Chan, Marie, et al. "Smart wearable systems: Current status and future challenges." *Artificial intelligence in medicine* 56.3: 137-156, 2012
- 2) Donelan, J. Maxwell, et al. "Biomechanical energy harvesting: generating electricity during walking with minimal user effort." *Science* 319.5864: 807-810, 2008
- 3) Ylli, K, et al. "Human motion energy harvesting for AAL applications." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 557. No. 1. IOP Publishing, 2014
- 4) 真鍋ゆき, et al. "リハビリテーションに対する意欲の向上を目指して." *昭和病院雑誌* 4.1: 007-010, 2007
- 5) Penfield WG, motor and sensory homunculus, 1950