反発トルクにより共振周波数チューニングをした手首装着用回転型エレクトレット発電機の広帯域発電

Broadband power generation of wrist-worn rotational electret energy harvester by resonance frequency tuning with repulsive torque

東京大学[1] ○三好 智也[1], 鈴木 雄二[1]

Univ. of Tokyo[1], ○Tomoya Miyoshi[1], and Yuji Suzuki[1]

E-mail: miyoshi@mesl.t.u-tokyo.ac.jp

ウエアラブルデバイスの自立電源として人体運動からの振動発電が注目されている中で、特に歩行時の腕振り運動エネルギーの高効率な電力変換は手首装着型デバイスの電池レス化に有望だと考えられる。ヒトの日常的な歩行速度帯 (4〜6 km/h) における腕振り周波数は 1 Hz 程度であり、このような低周波数振動からの高出力発電にはエレクトレットを用いた静電誘導発電が原理的に有利である[1]。

課題は低速歩行時における発電出力の低下である。これを解決するために著者らは発電機回転子の固有周波数調整手法を提案したが、腕振りからの加振トルク入力の増加と共振周波数調整による広帯域化の両立は困難であった[2]。最近、著者らは重力方向に対する反発トルクを導入する新しい設計手法を提案し、ロボットにより腕振り運動を再現する発電実験のもとで、加振トルク入力と共振調整の両立による広帯域かつ高出力な発電特性を報告した[3]。しかし、発電デバイスを実際にヒトの手首に装着したときの歩行時の腕振り発電特性の実験的評価は十分に行えていない。

本研究では手首装着型回転型エレクトレットエネルギーハーベスタの広帯域発電特性を実際の歩行運動により評価した。発電実験には従来型設計と反発トルク設計の２種類の試作機を用いた。腕装着型エレクトレット発電機の概要図を図 1 に示す。発電機回転子の質量と直径はともに 18 g, ø39 mm である。15 μm 厚の CYTOP エレクトレット[4]を回転子の櫛歯電極上に成膜し、軟 X 線により±0.8kV のバイアス電圧のもと両極性荷電を行った[5]。また軸方向着磁の C 型ネオジム磁石を回転子と固定子に搭載し、腕振りオフセット角度 25.8°において共振周波数が 1Hz となるように調整した[3]。

ウエアラブル無線発電計測システムを手首に装着した 7 名の被験者が歩行運動したときの発電出力と 3 軸手首加速度を計測した。反発トルクによりカットオフ歩行速度が顕著に低下し、時速 3 km の低速歩行域において平均発電出力 0.2〜0.3mW を得た。

本研究の一部は，文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ JPMXP1222UT1051 の支援を受けた.

[1] Suzuki, Y., IEEJ Trans. Electr. Electr. Eng., Vol. 6, No. 2, pp. 101-111 (2011).
[2] Miyoshi, T., et al., PowerMEMS 2019, Krakow, P2-12 (2019).
[3] Miyoshi, T., et al., PowerMEMS 2022, Salt Lake City, W3A-03 (2022).
[4] Kim, S., et al., J. Phys. Chem. B, Vol. 124, No. 46, pp. 10507-10513 (2020).
[5] Kashiwagi, K., et al., J. Micromech. Microeng., Vol. 21, Issue 12, No. 125016, (2011).

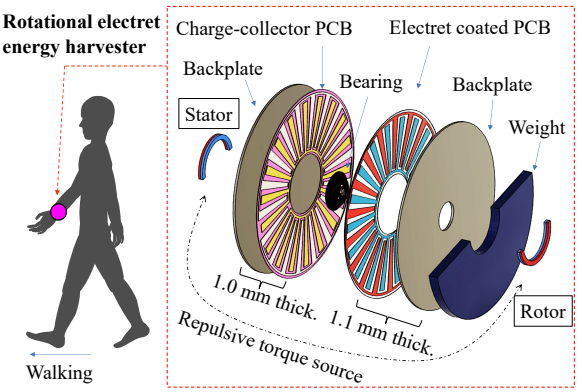

Fig. 1 (a) Schematic of wrist-worn rotational energy harvester for arm swing during human walking.

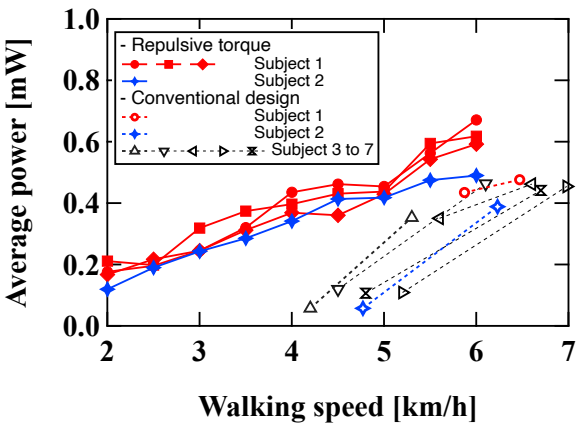

Fig. 2 Output power of the rotational electret energy harvesters with/without the repulsive torque.

© 2023年 応用物理学会