

人間の歩行時の関節運動による発電システムに関する実験的研究

Experimental Studies on Generating Electrical Power System Caused by Joint Movement

of Human Walking

EE08 大須賀雅之 EE19 小池大衣久

指導教員 齊藤純

1. はじめに

近年、携帯電話に代表される携帯電子機器の普及が進んでいる。一例としてスマートフォンなどの多機能携帯電話は消費電力が多いため、動作時間の延長には外部電源を用いた補助充電を行う必要がある。携帯電子機器の主たる利用環境は外出先である。そのため電源の確保が困難な場合がある。そこで携帯電子機器を持つ人間の歩行に注目し、発電のための意図的な歩行ではなく日常の無意識下の歩行から運動エネルギーを回収して、発電が可能なシステムの開発を目指す。本研究ではそのために膝関節の振り子運動より生じるエネルギーの一部を回収して補助充電を行う。まず人間の歩行時の下肢に生じるパワーと、体格や歩行姿勢との相関を推定する。次に供試発電装置を製作して発電試験を行い、実用可能な出力が得られるか検討する。本研究での実用可能な出力としては出力電圧を一般的な電子機器の充電電圧である 5[V]とする。

2. 歩行運動の各関節に生じるパワーの推定

下肢の関節に生じるパワーの推定のために、体格や体重の違う 19 人の被験者について平坦路を 10[m]歩行した際の腰部の加速度と股関節・膝関節の関節角を計測した。この計測値より下肢を二重振り子モデルとして逆動力計算を用いて¹⁾膝関節に生じるパワーと回収可能エネルギー量を算出した。膝関節に生じるピーク出力は 18.0~119.3[W]、回収可能エネルギーは 2.4~7.2[J]と推定される。また、膝関節に生じるパワーは被験者の体重よりも歩行速度と相関が見られた。これは歩行速度に応じて歩行ケイデンスも早くなり、一歩を踏み出す際に大腿が下腿を前に強く振り出すことで膝関節に大きなトルクと角速度が生じ、パワーとエネルギー量が得られているものと考えられる。

3. 膝関節での供試発電装置

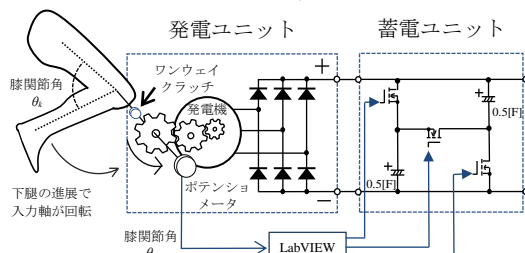


図 1 供試発電装置

図 1 に供試発電装置の構成を示す。

本装置の発電ユニット部の動作はワンウェイクラッチを用いて膝関節の進展方向の回転のみを歯車で増速して発電機を回転させ、発電を得る。蓄電ユニット部は EDLC を二つ備え、充電時は内部抵抗を低く並列接続に、放電時は出力電圧を高く直列接続するチャージポンプとして機能する。これにより充電時は多くの発電電流を得られ、出力時は実用電圧を短期に出力する事が可能となる。直並列接続の切り替えは、膝関節の角速度 ω_k が進展方向に 20[deg./sec]以上である時を充電期間として並列接続、それ以外を出力機関として直列接続するように制御する。

4. 歩行時の発電試験

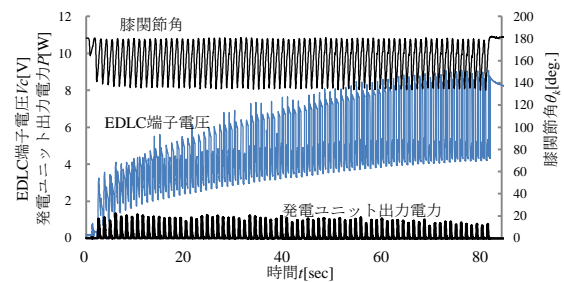


図 2 発電試験結果

図 2 に被験者が供試発電装置を装着して平坦路 100[m]、1.2[m/sec]で歩行した時の膝関節角 θ_k 、発電電力 P 、EDLC 電圧 V_c を示す。出力電圧が 5[V]に到達する時間は歩行開始から約 22 秒であった。その近傍での 1 歩あたりの EDLC への平均蓄電量は 0.22[J]が得られた。これを平滑して連続出力すると、1 歩あたり約 180[mW]程度が出力可能だと推定できる

5. まとめ

膝関節に生じるパワーと回収可能エネルギー量を推定するとパワーは 18.0~119.3[W]、エネルギー量は 2.4~7.2[J]と幅広い結果が得られた。これは、被験者の体格よりも歩き方に相関があるものと考えられる。発電試験では 22 秒で 5[V]に到達し、平均 180[mW]が連続出力可能であると推定される。一例としてスマートフォンの待機電力は 11~25[mW]である²⁾。このことから、本システムは実用可能な出力が可能だと明らかとなった。

参考文献

- [1] D.Gordon, E.Robertson, 他, 阿江通良監訳, “身体運動のバイオメカニクス研究法”, 大修館書店,(Apr.2008)
- [2] docomo 総合カタログ,(Sep.2012)