

消費エネルギー低減のための歩行アシストシステムの開発

知能機械力学研究室 村上翔太郎

1. 緒言

自動車などの便利な移動手段が一般的なものとなった現代社会においても歩くという動作は最も重要な移動手段であり、様々な視点から研究が行われている。特に歩行に要するエネルギー消費量については、多くの研究が発表されている。文献⁽¹⁾によると、あらゆる速度においてエネルギー的に最適な歩調 f [stride/s]とストライド長 s [m]は、

$$s = 1.61f \quad (1)$$

という一次関数で表すことができると報告されている。

そこで、本研究では健常者を対象に、モータによる適切なアシストにより装着者の歩調とストライド長を制御し、歩行状態を式(1)に近づけることで効率の高い歩行に導く新しいアシストシステムの開発を行う。まず、エネルギー消費量を導出するのに必要となる歩調とストライド長の推定方法を提案する。さらに、試作したアシストシステムを用いて関節角度を推定した実験結果について示す。

2. 歩調とストライド長の推定方法

本研究では、歩行中の関節角度の変化をポテンショメータで測定することにより、歩調とストライド長を求める。定常歩行中の関節角度の変化は周期的であるため、歩調 f を求めることができる。次に、大腿長 l_1 、下腿長 l_2 、また、右足接地における右足の股関節角度 a 、膝関節角度 b が判れば右歩幅 s は

$$s = l_1 \sin a + l_2 \sin(a + b) \quad (2)$$

となる。同様に左歩幅を求め、腰の捻じりの影響を加算すればストライド長を求めることができる。

なお、接地・離地は、腰部に取り付けた慣性センサに搭載された3軸加速度センサで歩行中の体幹の揺れを測定することにより判定する。また、腰の捻じりはジャイロセンサで測定する。

3. ストライド長を推定するための計算式の妥当性

今回提案したストライド長を推定するための計算式の妥当性を確認するために、3D動作解析装置を用いて実験を行った。その際、トレッドミルを用いたためストライド長ではなく歩幅を算出した。両足の踝に取り付けたマーカー間の距離を歩幅の正解値と定め、提案法を用いて算出した結果と比較した。

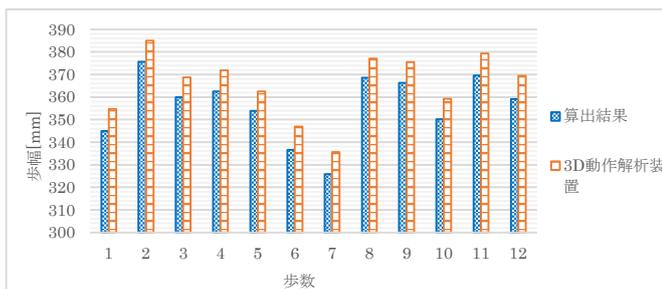


図1 歩幅の測定精度の確認実験

図1より推定誤差は平均で2.57[%]、標準偏差は1.54[mm]となり、提案する計算式は十分妥当であると判断した。

4. 試作機の概要とストライド長の測定実験

試作機(図2)は、両足の股関節と膝関節にポテンショメータ、腰に慣性センサを搭載している。

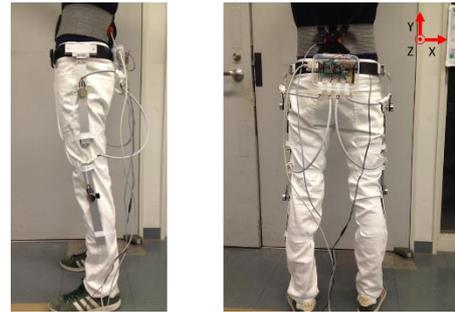


図2 試作機

試作機の性能を確認するために、ストライド長の測定実験を行った。床に1[m]間隔でテープを貼り、そのテープを目印に5[m]の区間を5歩で通過して、その間のストライド長を試作機で算出し、実際の移動距離を比較する実験を行った。

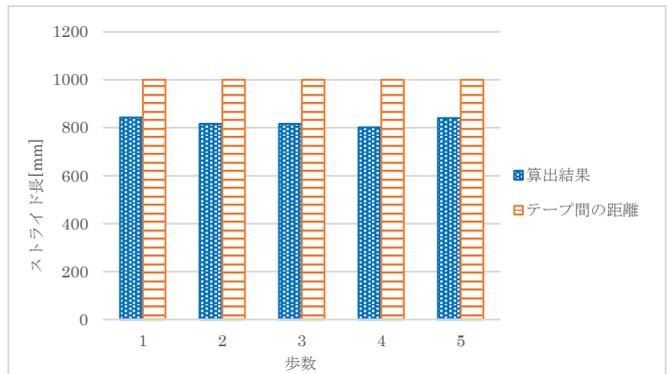


図3 ストライド長の推定精度の確認実験

実験結果を図3に示す。試作機で測定したストライド長の合計は4118.56[mm]であり、測定誤差は17.63[%]であった。試作機を用いた場合のエネルギー消費量を推定したところ、誤差は6.9[%]であることが分かった。誤差が発生した原因は歩行中に装具がずれることであると考えられるので今後、装具の改良が必要であると考える。

5. 結言

歩調とストライド長の推定方法を提案し、アシストシステムを製作する第一歩としてポテンショメータと慣性センサを搭載した試作機でストライド長の測定実験を行った。今後は、モータを用いて人間の歩行をアシストする実験を行っていく。

文献

- (1) F.J. Diedrich et al. J of Experimental Psychology 1995, Vol. 21, No. 1, 183-202
- (2) 江原義弘, 山本澄子, “臨床歩行計測入門”, 医歯薬出版株式会社, p. 65