

足部クリアランスの推定に基づく転倒防止用装具の基礎研究

知能メカトロダイナミクス研究室

相原研人

1. はじめに

転倒は、誰にでも起こりうる歩行中の事故あり、特に高齢者の転倒は寝たきりの原因となるなど深刻な社会問題となっている。転倒のもっとも主要なきっかけは歩行中のつまずきであり、この「つまずき」には、遊脚期の足部クリアランスが大きく関連している。足部クリアランスとは、遊脚期におけるつま先の足底部から歩行路面までの距離であり、歩行中のつまずきやすさを表す有用なパラメータである。

本研究では、足部クリアランスを常時測定してつまずきを検知し転倒を防止することができる装具を開発する。その基礎研究として、慣性センサと感圧センサを用いて足部クリアランスを推定することのできる装具を開発した。

2. 足部クリアランス推定

2.1. 足部クリアランスの推定方法

本研究では、足の甲に慣性センサを取り付けて推定を行う。このとき、歩行時に慣性センサから得られる加速度は、センサの座標系での加速度であり、絶対座標系での加速度を取り出すためには慣性センサの傾きを考慮し座標変換が必要がある。座標変換して取り出した鉛直方向の加速度を2階積分すれば理論的には足部クリアランスを算出可能であるが、このとき、既報⁽¹⁾で示したように単に積分すると積分誤差が大きくなり、正しい結果が得られない。そこで接地時に足の速度が0になるという歩行運動の特徴を用いて、加速度を1階積分して得られた速度に対して接地時の速度が0となるよう補正を行い、さらに、補正速度を1階積分して得られた高さに対して、接地時に足の高さが0になることを用いて補正を行い、足部クリアランスを推定する。なお、接地の判定には、足裏2ヶ所(つま先と踵)に取り付けた感圧センサを用いる。

2.2. 足部クリアランス推定の検証実験の概要

試作機を両足分製作し、その装具を用いて足部クリアランスが推定可能かどうかの検証実験を行った。これは足先に慣性センサ(MTx-28A53G25 : Xsens 社製)を取り付けて、足裏(踵とつま先の2箇所)に感圧センサ(FlexiForce : ニッタ製)をとりつけたものである(図1)。歩いたときの慣性センサから得た3軸加速度を基に足部クリアランスの推定を行った。また、推定した足部クリアランスの精度を確認するために同時に3次元動作解析装置による測定を行った。

被験者は20代男性1名で、室内で測定を行った。

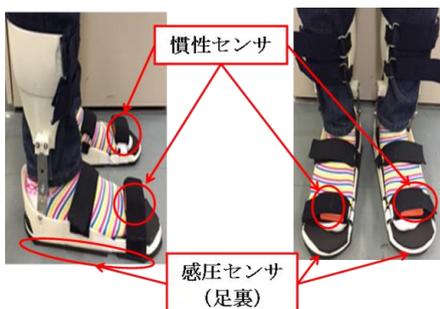


図1. 製作した試作機の概要

2.3. 歩行実験の結果

推定した足部クリアランスの結果を左足、右足それぞれ図2、図3に示す。実線は接地の補正を行わずに算出した結果と接地の補正を行って算出した結果である。点線は3次元動作解析装置の測定結果である。なお、図中の値はマーカの高さ、および足の甲の厚みを差し引いている。補正前は大きくずれてしまったが、補正後は3次元動作解析装置とほぼ誤差がなく推定できていることがわかり、提案する推定法の適用により従来法である3次元動作解析装置と同等の結果を得ることができた。よって試作機によって足部クリアランスを推定可能である見通しが得られた。

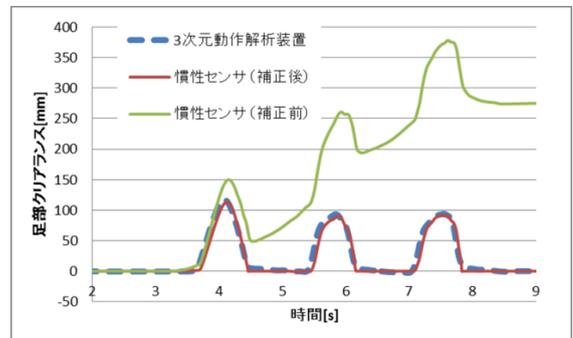


図2. 歩行実験による足部クリアランスの推定結果(左足)

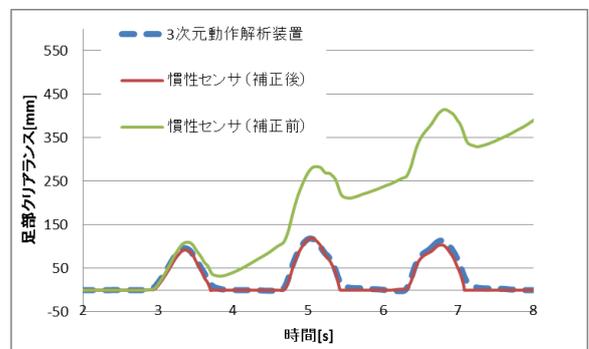


図3. 歩行実験による足部クリアランスの推定結果(右足)

3. おわりに

本研究では、転倒防止を目的として、慣性センサと感圧センサを用いて足部クリアランスを推定する方法を提案し、両足分の装具を試作した。試作機による実験から、従来法と同等の推定が可能であることがわかった。今後は、足部クリアランスの推定のリアルタイム化と、つまずき防止のためのモータアシスト制御を行う。

文献

- (1) 田村光, 井上喜雄, 芝田京子, 慣性センサを用いた移動物体の位置推定技術の開発, 日本機械学会中国四国支部第53回総会・講演会, 講演番号613, 2015.