

高齢者の転倒予防のための前足部関節可動域計測機器の開発

三田 隆広[†] 山下 和彦^{††} 小山 裕徳^{††} 川澄 正史^{††}

[†] 東京電機大学大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

^{††} 東京医療保健大学医療保健学部医療情報学科

1. 背景

日本の 2013 年における高齢化率は 25.1%であり、全人口に対する高齢者の割合が過去最高となった。高齢化により生じる社会的問題の 1 つとして転倒骨折が挙げられる。高齢者の転倒を予防することは社会的課題のひとつである。転倒の予防には足部の柔軟性、歩行能力、下肢筋力の向上が有効であると報告されていることから^[1]、本研究では足部の柔軟性の評価を行うことに着目した。

足部の柔軟性は前足部関節(MP 関節)の可動域で評価されることが多い。前足部関節の屈曲は歩行時の蹴りだしの力に関係し、主に前脛骨筋、下腿三頭筋、足底腱膜が作用する。足母指の蹴りだしは最終的な力の発揮経路であり、動作範囲が制限されていると、筋力が正常に発揮されない可能性があるとともに歩行時の推進力とバランス能力に影響を与える。

このことから、歩行時の蹴りだしの力の発揮およびバランス能力に関わる前足部関節の可動域を計測することで、前足部の機能が歩行、転倒にどのように影響を与えるか評価できると考えられる。

そこで本研究では定量的に角度の検出が可能なセンサを用いて前足部関節可動域の計測が行える機器の開発を行うことを目的とした。

2. 使用機器

使用した機器は、ロボットの関節角度の検出等に用いられているポテンションメータ方式の回転角度検出センサである。最大検出範囲は $\pm 160^\circ$ であり回転角度によって抵抗値が変化する仕組みになっている。センサの出力値はマイコン基盤である Arduino を用いて PC 上で読み込んだ。使用したセンサを図 1 に示す。



図 1. 回転角度検出センサ

3. 実験

使用するセンサの妥当性および再現性を検証するため実験を行った。角度計にセンサを取り付け 0° から 90° 間を 10° 刻みに各 10 回ずつ試行した際のセンサ出力値を読み取り、検証を行った。角度計は実際の医療現場で関節可

動域の評価に用いられているものを使用した。

角度計の測定値とセンサ出力値との相関を求め、センサ出力値を回帰式を用いて角度(以下、センサ角度値)に変換した。また、計測誤差(センサ角度値-角度計値の絶対値)を求めセンサの妥当性を検討した。再現性については各試行間のセンサ角度値を級内相関係数(以下、ICC)を用いて検討した。

4. 結果および考察

実験結果を表 1 に示す。角度計の測定値とセンサ出力値との相関係数はそれぞれ $0.99(p<0.05)$ であり、高い正の相関が認められた。また、計測誤差は最大で 2.9° であった。再現性の検討における ICC の検定の結果は 0.99 であり、ICC の判定基準^[2]に基づくと「優秀」であることが認められた。

先行研究における角度計を用いた関節可動域の許容測定誤差は 10° 以内とするものが多い。使用したセンサから得られた角度は最大誤差 2.9° であり、各平均測定誤差も許容範囲内であることからセンサの妥当性が確認された。また、再現性についても ICC の検定から優秀な結果が得られた。

以上のことから、このセンサは角度計として用いることが可能であると判断でき、角度の定量的な計測が可能になると考えられる。

表 1. センサ出力値の平均および平均誤差

角度計値	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	ICC
センサ角度値 [°]	2.0	10.6	19.9	29.4	38.4	48.7	58.6	69.5	80.6	91.8	0.99
計測誤差 [°]	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.3	± 0.5	± 0.5	± 0.8	± 0.5	± 0.6	± 0.7	

5. 今後の展開

今後は、このセンサを実際に足部に取り付けるためのデバイス作成を行い、ヒトでも計測を行えることを実証する計画である。

参考文献

- [1] Province MA, The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT Trials. Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques. JAMA. 1995; 273: pp.1341-1347.
- [2] 谷浩明, 評価の信頼性, 理学療法学, 1997, Vol.12, pp.113-120.