

FESのための遊脚期検出システムの開発と評価

生産システム工学専攻 武田 康平

1. 緒言

下垂足患者は歩行において爪先を十分な高さまで上げられず、躓きやすく危険である。近年、外部の装置から電気刺激を与えて筋肉を動かす機能的電気刺激(以下 FES)を用いた歩行再建が研究されている。FESを用いた下垂足患者の歩行再建における動作再建は、遊脚期中に総腓骨神経を電気刺激して爪先を背屈させることで実現しているため、歩行中遊脚期を検出する装置が必要となる。本研究では片麻痺患者の膝蓋腱上に慣性センサを装着し、Neural Network(以下 N.N.)と組み合わせることで遊脚期を推定するシステムを開発し、歩行再建における新しい FES システムを提案した。またシステムの有用性を検証するため、臨床実験の前段階として健常者を対象として実験を行った。はじめに基本実験として水平直線歩行を行い、次に応用実験としてより実用的な場面を想定し、階段と踊り場を合わせたコースで階段の上昇歩行および階段の下降歩行を行い評価した。

2. 研究方法

Fig.1 に遊脚期検出システムの構成と装着図を示す。開発したシステムは遊脚期検出システム本体、慣性センサ、ヒールスイッチ、データロガーから構成される。また、遊脚期推定システムにはヒールスイッチは必要としないが、N.N.学習の教師信号用及び遊脚期推定の評価用にヒールスイッチ信号を用いる。遊脚期検出システム本体内の Arduino マイコンに N.N.学習によって得られた推定プログラムを構築し、FES の信号制御を行う。



Fig.1 遊脚期検出システムの装着

3. 研究結果

基本実験では N.N.の学習時間を 60 秒と 90 秒の 2 種類用意した。結果、学習時間を 60 秒から 90 秒に延長すると、平均遊脚期開始遅れは 0.13[sec]から 0.14[sec]で同程度となり、平均遊脚期開始遅れは 0.08[sec]から 0.06[sec]に減少、エラー率は 5.2%から 3.8%に減少した。よって、N.N.学習時間を長くすることで、N.N.推定精度を改善できることが確かめられた。次に行った応用実験では、N.N.学習時間を長くするため、階段コースを 3 回歩行して取得したセンサ情報を学習用データとして用いた。応用実験の結果を Fig.2 および Fig.3 に示す。図より、平均遊脚期開始遅れは上昇で 0.23[sec]、下降で 0.24[sec]、平均遊脚期終了遅れは上昇で 0.05[sec]、下降で 0.06[sec]であり、エラー率は上昇で 6.3%、下降で 2.5%となった。基本実験と比較すると、平均遊脚期開始遅れは上昇で 1.6 倍、下降で 1.7 倍、平均遊脚期終了遅れは上昇で 0.9 倍、下降で 1.0 倍となり、エラー率については上昇で 1.6 倍、下降で 0.7 倍となった。平地に比べ階段では遊脚期開始遅れが大きくなったが、遊脚期終了遅れおよびエラー率は階段でも平地と同様の性能を実現できた。

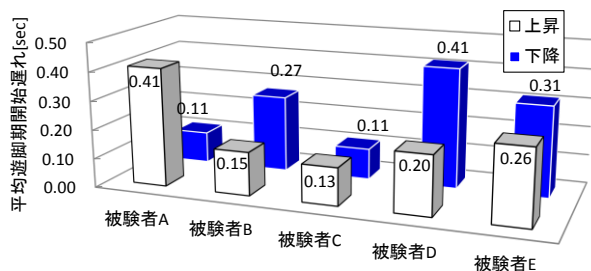


Fig.2 遊脚期開始遅れの比較

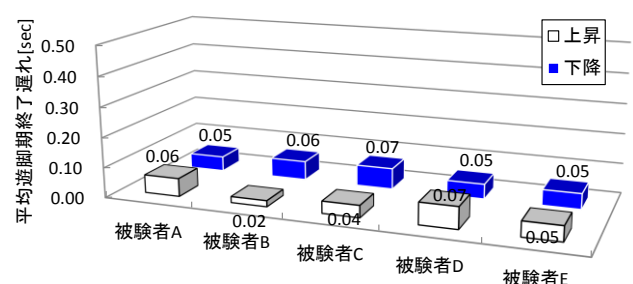


Fig.3 遊脚期終了遅れの比較