

H23 年度秋田大学研究者海外派遣事業により 実施した研究・教育活動の成果報告について

平成 26 年 6 月 16 日

所属・職名：工学資源学部機械工学科・准教授

氏 名：巖見武裕

派遣先機関名： コベントリー大学 (国名：イギリス)

派遣期間：2012 年 2 月 13 日から 2012 年 9 月 30 日まで

研究課題・目的：FES を用いた下肢運動機能再建のための研究

イギリスでは、Coventry 大学の Dimitar Stefanov 講師と共に、日本で下垂足治療のための遊脚期検出センサとして開発した FES 制御装置を、swing-through 歩行の制御に用いる研究を行った。対麻痺の swing-through 歩行を実現するためには、歩行中の適切なタイミングで膝伸筋を刺激する必要がある。しかし、指による刺激スイッチの on, off 操作では、タイミングのずれによる転倒の危険がある。そこで、加速度センサとニューラルネットワーク (N.N.) を用いた歩行パターンの推定により、電気刺激の自動化を図る。

電気刺激のタイミングは、立脚期の膝折れを防げるよう、遊脚期後半からヒールオフまでの間が望ましい。そこで、赤外線センサ、フットスイッチ、加速度センサを用いて、歩行状態の検出を行う。赤外線センサは、遊脚期に下肢が杖を追い越す瞬間、フットスイッチは、踵が地面に接地しているかどうかの検出に用い、下肢が杖を追い越してから、踵が離れるまでの間を N.N. の教示信号とした。N.N. への入力信号は、杖に取り付けた 2 軸の加速度センサ出力（進行方向、鉛直方向）である。歩行パターンの推定に用いる N.N. の構成は、入力層、中間層、出力層からなる 3 層の階層型 N.N. である。主な入力信号は、2 軸の加速度センサ出力であるが、N.N. の誤差を少なくするために、入力層は時系列データを含む多入力とし、ニューロン数は 6 つに設定した。また、中間層のニューロン数は 8 つとし、その関数には、非線形のシグモイド関数を用いた。出力層のニューロン数は 1 とし、出力が $-1 \sim 1$ の線形関数を適用した。

本研究で用いた FES 制御装置は、加速度センサ、表面電極、H8 マイコン、出力電圧調整ボリュームで構成される。学習した N.N. は、H8 マイコンに実装され、加速度センサの出力信号に基づき、刺激波形を出力する。FES の刺激源には、オージー技術株式会社製の医療用ポータブル刺激装置パルスキューアール・プロ KR-7 による矩形波を用いた。

歩行パターンの推定と、その情報に基づく FES 制御の有効性を検証するため、Warwic 大学の運動計測装置を用いて以下の swing-through 歩行実験を行った。はじめに、健常成人男性（身長 169 cm, 体重 77 kg, 年齢 45 歳）を対象に、N.N. の学習を行った。学習データの収集は、サンプリング周期 20 Hz, 計測時間 20 秒で行い、距離 10 m の swing-through 歩行を計測した。計測した各センサ出力は、N.N. に通して 100 回学習後、H8 マイコンに実装

した。つぎに、開発した FES 刺激装置を用いて、目標とする swing-through 歩行の各タイミングにおいて、電気刺激が正しく行われているかどうか確認した。本実験では、FES 刺激装置の動作と swing-through 歩行の詳細な運動状態を同時に把握できるよう、光学式モーションキャプチャ装置を用いた。その結果、本システムを用いることで、立脚期に膝折れすることなく、安定した swing-through 歩行を実現できることがわかった。また、加速度センサおよび N.N. により、下肢が杖を追い越す瞬間と、踵が離れる瞬間を正確に推定することができ、的確なタイミングで電気刺激を行えることが確認できた。

つぎに、学習した N.N. を用いて他の被験者への FES 制御が正しく行われるかを確認した。被験者は、健常成人男性（身長 178 cm, 体重 70 kg, 年齢 25 歳）である。その結果、踵が離れるヒールオフの瞬間は、正確に動作推定できたが、下肢が杖を追い越す瞬間と H8 マイコンの出力データには、タイミングのズレが生じた。少ない学習データで、複数の対麻痺者に本提案手法を適用できれば、対象者や医師の負担が減ることは想像できるが、身体運動機能や歩行形態の個人差などの影響により、異なる被験者の学習データでは、正確に歩行パターンを推定できないことがわかった。したがって、加速度センサおよび N.N. を用いた FES 制御の方法は、swing-through 歩行を再建するための有効なツールとして期待できるが、他人の学習データを用いた刺激タイミングでは、立脚時の膝折れや転倒などの危険がある。オンライン学習をはじめとする個人への適合方法について、今後検討を進めることにした。

研究成果（列記願います）

・論文

Takehiro Iwami, Satoaki Chida, Dimitar Stefanov, Hiroki Miura, Yoichi Shimada, Analysis of Reaching Movements with Resistance Force by Using a Robot Arm, International Journal of Advanced Robotic Systems, Submitted.

・学会発表

・その他

教育活動等（列記願います）

特になし

海外派遣事業中の教育・研究活動が、帰国後の研究等の活動にどのように反映されたか概括ください。

派遣期間中に行った実験により、N.N. による FES 制御装置を swing-through 歩行に用いる際の課題を持ち帰ることが出来た。帰国後はこれらの検討課題を踏まえて、実用化に向けて装置の改良を進めている。Stefanov 先生とは帰国後もメールで連絡をとり、平成 25 年 3 月には再び Coventry 大学へ短期出張して、リハビリロボットに関する論文の共同執筆を進めることができた。