

片麻痺患者のための非接触型センサを用いた歩行周期検出システム

Gait Cycle Detection System using Non Contact Sensor in Hemiplegic Patients

正 木澤 悟 (秋田高専) ○学 工藤 諄大 (秋田高専)
正 巖見 武裕 (秋田大) 松永 俊樹 (秋田大医)
島田 洋一 (秋田大医)

Satoru KIZAWA, Akita National College of Technology

Tomohiro KUDO, Akita National College of Technology

Takehiro IWAMI, Akita University

Toshiki MATSUNAGA, Akita University, Faculty of Medicine

Yoichi SHIMADA, Akita University, Faculty of Medicine

Key Words: : Neural Network, Paralytic Drop Foot, Functional Electrical Stimulation

1. 緒言

機能的電気刺激 (FES) による片麻痺下垂足歩行の再建では、踵部に装着したフットスイッチで歩行遊脚期を検出し、足首の背屈運動に重要な前脛骨筋を刺激しリハビリを行っている。これまで著者らは、フットスイッチによる遊脚期のタイミング情報を得ることの代替えとして、片麻痺患者の膝蓋腱上に非接触型センサとして3軸の加速度センサおよびジャイロセンサを設置し、それらのセンサ情報とパターン解析が得意なニューラルネットワーク (N.N.) を組み合わせることで、歩行中の遊脚期情報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 システムを提案してきた。

本研究では、臨床実験の前段階として健常者に対し FES を装着した状態で学習データを取り、学習後の実装実験で本システムの有効性を検証した。

2. ニューラルネットワーク

開発した歩行周期検出システムは膝蓋腱上に装着した3軸の加速度センサおよびジャイロセンサ情報を利用し、遊脚期のタイミングを知るためにパターン認識が得意な N.N. を用いた。なお、教師信号取得のため、踵には、従来のフットスイッチも装備している。学習は PC 上で行い学習後の実装実験は学習で得られた重みとバイアス値を組み込みシステムに書き込み、遊脚期と判定したとき H8 マイコン上に構築された N.N. の出力信号が FES (低周波治療器) に送られ、FES によって前頸骨筋を刺激し、つま先を引き上げることになる。

図1に示すように構築した N.N. は階層型で、入力層 12、中間層 8、出力層 1 からなる 3 層構造であり、入力層には上下方向の加速度、前後方向の加速度、左右方向の加速度および y 軸まわりのジャイロ信号を用い、各センサにおいては 3 時点分として計 12 入力を用いた。また、学習に必要な教師信号には、同時に計測したフットスイッチの ON/OFF 情報を用いた。学習はオフラインで行い、MATLAB-Neural Network Toolbox を用いて行った。

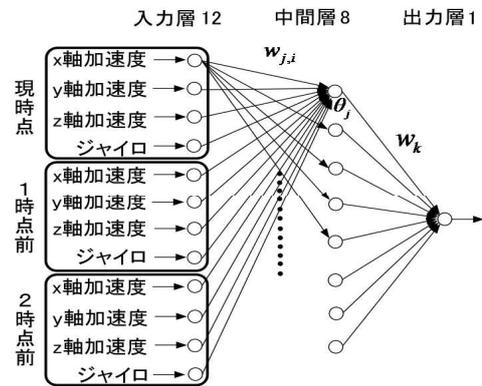


Fig.1 Neural Network

3. 学習用歩行データ測定と実装実験

この研究の最終目的は片麻痺患者の下垂足における遊脚期の推定であるが、前段階として健常者に対し遊脚期に FES により前脛骨筋に刺激を与え足首の背屈運動を生じさせ、平坦な廊下を直進歩行させる実験を行い、開発したシステムの信頼性について検証した。3 軸加速度センサおよびジャイロセンサの装着位置は膝蓋腱上とし、フットスイッチは同じ足の踵部とした。図2に開発したシステムの概要を示す。なお、データロガーでのサンプリング速度は 20msec とした。また、本システムではセンサーのノイズ成分除去と学習のし易さを考慮し、フィルターによる遮断周波数 5Hz、ソフト的な移動平均によるデータの平滑化も組み込まれている。図3に学習データの収集方法を示す。一方、学習後の遊脚期の推定実験は

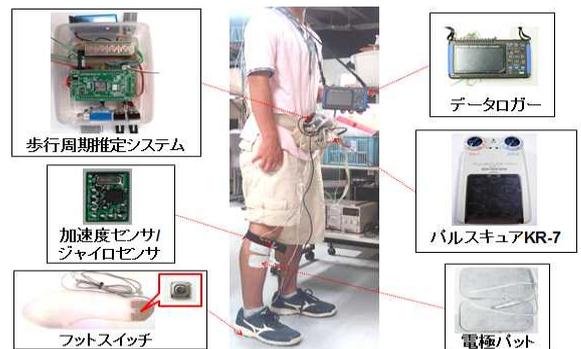


Fig. 2 Measurement system

学習によって得られた N.N.の重みとバイアス値を H8 マイコンに書き込み、システムを装着して実験を行い、N.N.の出力および検証用のフットスイッチ出力をデータロガーに記録した。図.3に実験の手順を示す。

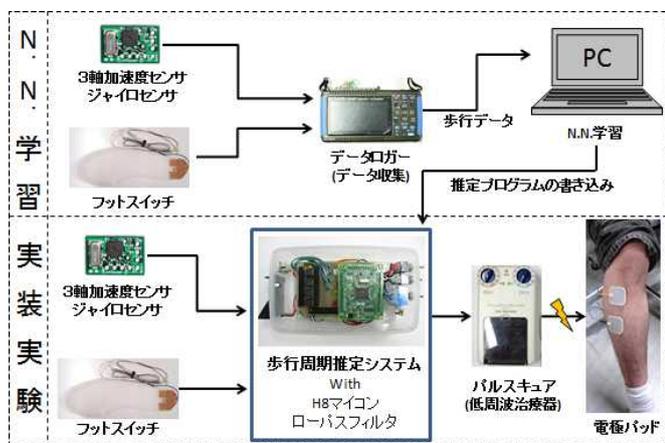


Fig.3 Experiment flow

4. 実験結果

実験は2人の被験者に行い各被験者の学習で用いる入力データは歩行データ時間が60秒間とした。学習後の歩行速度は感覚的に一定に約80秒間歩行し、N.N.の出力と検証用フットスイッチとの時間的タイミングの比較および認識率の比較を行った。表1に被験者の歩行の特徴を示す。Fig.4~Fig.6は、それぞれ、被験者3人の場合で上段の図(a)は N.N.の出力結果とフットスイッチの出力結果を比較した図、中段(b)と下段(c)はそれぞれ N.N.出力の遊脚期開始および遊脚期終了のタイミングの誤差を比較したヒストグラムである。ヒストグラムは80秒間における各歩数から遅れ時間を求めて、各遅れ時間に対する頻度を縦軸に示している。また、表2には、N.N.の実験結果から得られた遅れ時間を示しており、FESによる刺激のタイミングは平均遊脚期開始および平均遊脚期終了遅れ時間から、いずれも約0.2秒前後遅れて入力されることがわかる。また、表2には、歩行実験時間内でのエラー率を示しており、悪くてもエラー率は2%に収まっており、遊脚期を充分推定していると考えられる。

5. 結言

本研究では、非接触センサとN.N.学習を用いたシステムを開発することにより、歩行周期を推定することが可能であることを示し、その精度について検証した。なお、本研究は科学研究費補助金(基盤研究 C)22560257の助成を得て実施したものである。

文献

(1) 齋藤, 他5名, 日本機械学会ジョイントシンポジウム2008講演論文集, No.08-23, 2008, 365-367

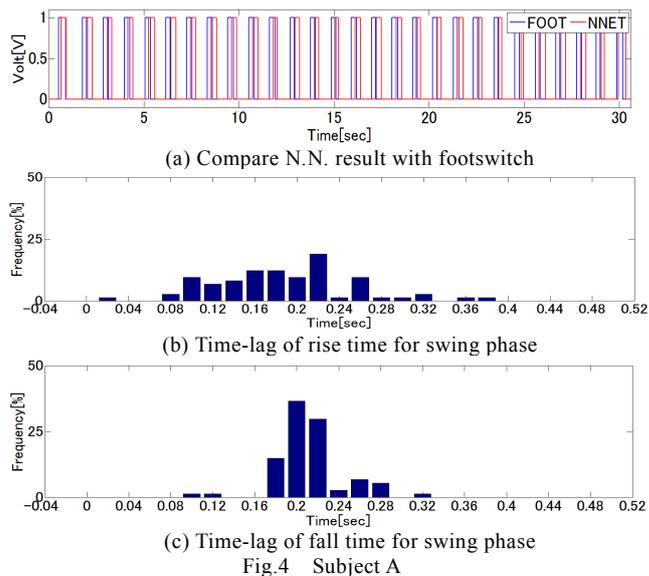


Fig.4 Subject A

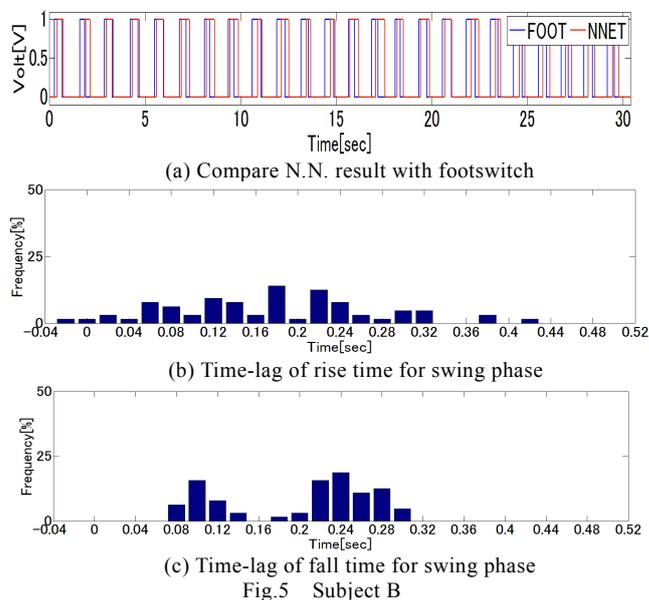


Fig.5 Subject B

Table 1. Walking characteristic of subject

	被験者 A	被験者 B
平均1歩行周期(sec)	1.05	1.22
平均立脚期(sec)	0.28	0.38
平均遊脚期(sec)	0.78	0.84
60秒間の歩数	112	96
80秒間の歩数	148	128

Table 2. Average time-lag for gait cycle

		被験者 A	被験者 B
60秒間	平均遊脚期開始遅れ(sec)	0.19	0.18
	平均遊脚期終了遅れ(sec)	0.21	0.20
	エラー歩数	0.00	1.00
	エラー率(%)	0.00	1.04
80秒間	平均遊脚期開始遅れ(sec)	0.19	0.15
	平均遊脚期終了遅れ(sec)	0.21	0.20
	エラー歩数	0.00	1.00
	エラー率(%)	0.00	0.78

