

非接触型センサを用いた遊脚期検出システムの開発

Detection system at walking cycle using non contact sensor

○学 大関 文弥 (秋田高専)

正 木澤 悟 (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)

Fumiya OZEKI, Akita National College of Technology

Satoru KIZAWA, 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

脳卒中の後遺症として片麻痺が残る場合、歩行時に足つま先を上げることができない下垂足を生じることがある。この下垂足に対する歩行再建法として、機能的電気刺激 (FES) を用いた筋制御法によってつま先を引き上げ、歩行障害を改善する方法がある。従来、FES における遊脚期のタイミングの識別は、足底に装着したフットスイッチからの ON/OFF 情報によって行われていた。しかしながら、この方法では足裏に違和感やフットスイッチの耐久性での問題がある。そこで、本研究では患者にとっての違和感や不快感を和らげるとともに、接触型であるフットスイッチの耐久性の問題を解決するために、非接触型センサを用いた FES における遊脚期検出システムの開発について検討した⁽¹⁾。フットスイッチの代わりに遊脚期のタイミング情報を得るために、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用い、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 (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ことにした。

2. ニューラルネットワーク

開発した遊脚期検出システムは予め膝に装着した 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.を用いて学習を行う。学習後に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、マイクロコンピュータ上に構築された N.N.の出力が FES に送られ、FES によって遊脚期に前頭骨筋を刺激し、つま先を引き上げることになる。

構築した N.N.は階層型で、入力層 9、中間層 8、出力層 1 からなる 3 層構造であり、特に入力層には上下方向の加速度、前後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 9 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 に N.N.の構造を示す。

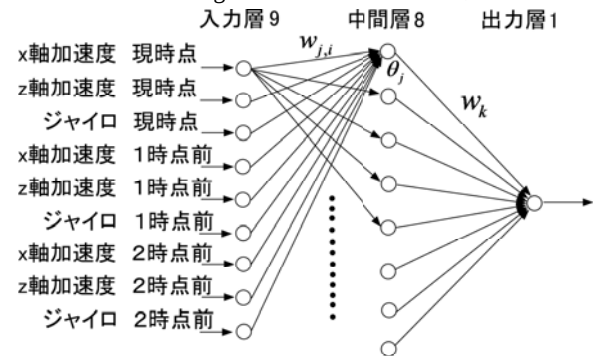


Fig.1 Neural Network

3. 実験方法

3.1 歩行データ測定と学習

この研究の最終目的は下垂足患者の遊脚期の推定であるが、第 1 段階として健常者に装着して直線歩行させ、本研究で開発したシステムの有効性を確認し検証した。N.N.の学習に必要な歩行時のフットスイッチ情報 (教師信号) そして 3 軸加速度とジャイロセンサの出力 (入力信号) をデータロガーで計測・記録した。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下 50mm とし、フットスイッチは同じ足の踵部とした。Fig.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周期は 10ms とした。学習においては、各センサからの 1 信号つき、サンプリング周期に基づいた 3 時点の時系列データを入力し、PC 上で計算を行った。

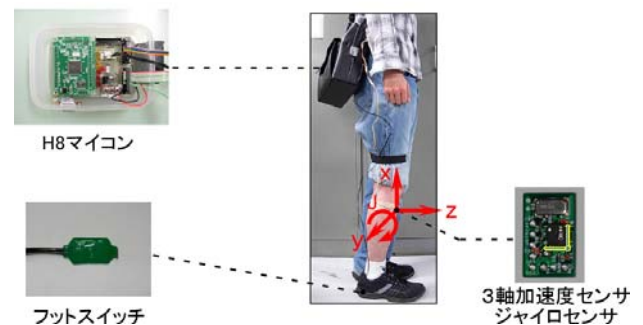


Fig.2 Measurement system

3.2 実装実験

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,装着後,遊脚期の推定実験を行い,結果をデータロガーに記録した. なお,同時に N.N.による推定結果が正しいかどうかを判定するために,フットスイッチを装着して正確な遊脚期情報もデータロガーに記録した.そして,学習に用いられたデータ時間の違いが,教師信号との比較において, N.N.で推定した遊脚期のタイミングにどの程度の時間的なずれがあるのか,また,判別エラーがどの程度あるのか検証した. Fig.3 に実験の手順を示す.

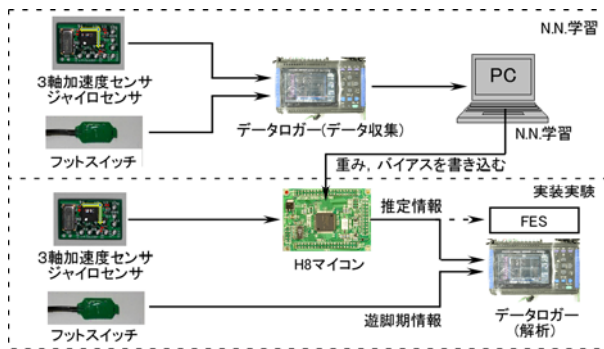


Fig.3 Experiment flow

4. 実験結果

学習で用いる入力情報の適切なデータ時間を調べるために,歩行データ時間が 10sec,30sec,60sec の場合について学習を行った. 学習用のデータは,感覚的に遅め,普通,早めにと歩く速度を変化させながら収集したデータであり,実装実験では感覚的に一定速度で歩いて遊脚期検出の検証を行った. 実装実験での歩行時間は 30sec である. Fig4~Fig6 は学習した歩行データ時間の違いによるもので,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で,中段(b)と下段(c)の図はそれぞれ 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. 図より,学習した歩行データ時間が短い 10sec の場合,実装実験 30sec の間に 4 回判断エラーが生じていることがわかる. 一方,学習データの時間が 60sec と長い場合は実装実験 30sec の間に 1 度も判断エラーが生じていないことがわかる. また,ヒストグラム図より,遊脚期の開始時間の立ち上がりは終了時の立ち下がりよりも,時間的なタイミングに少し遅れが生じていることがわかる.

5. 結 言

従来, FES による下垂足歩行再建では,フットスイッチが遊脚期の検出に用いられてきたが,本研究で開発した下腿付近に装着したセンサと N.N.の学習により,歩行中の遊脚期を検出することが可能であることが確かめられた. 今後は,実際の下垂足患者に装着し,本システムの有効性を確認していきたい.

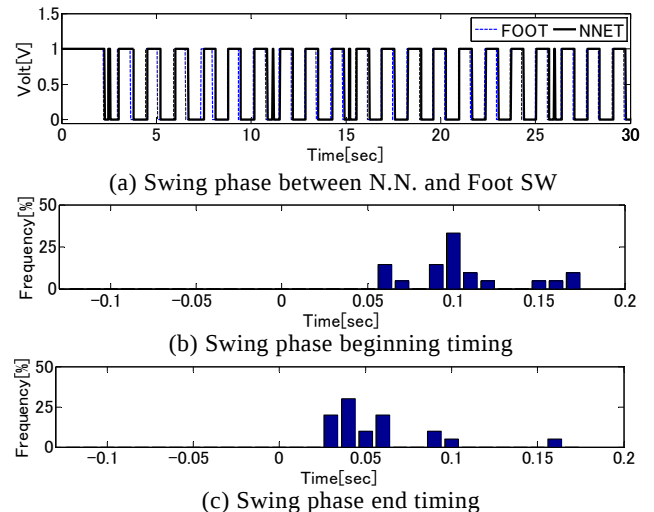


Fig.4 Comparison of training time Case 1 (10sec)

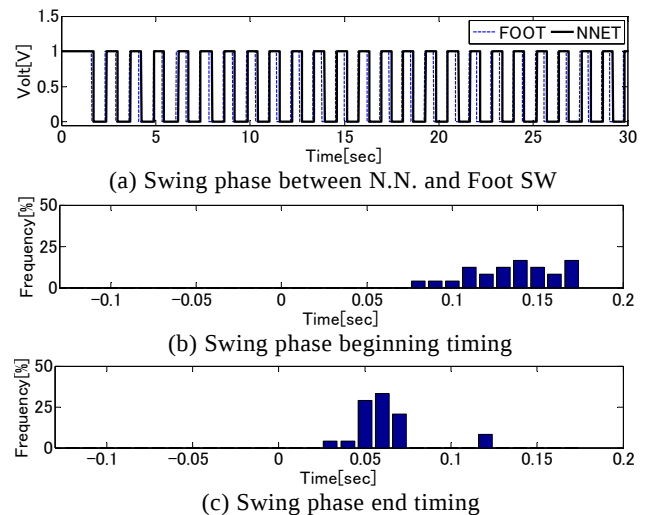


Fig.5 Comparison of training time Case 2 (30sec)

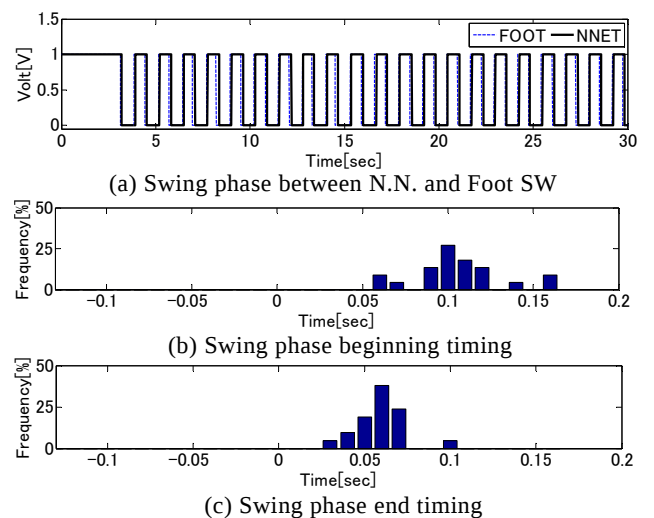


Fig.6 Comparison of training time Case 3 (60sec)

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