

慣性センサを用いた歩行周期検出システムの開発

機械工学科 5年 20-27 武田康平
指導教員 木澤悟

1. 緒言

脳卒中などの後遺症により片麻痺が残る場合、歩行時につま先を上げることができなくなる障害が生じる。これを下垂足という。下垂足患者の歩行再建の手段として、機能的電気刺激 (FES) を用いるものがある。現在低周波治療器を用いた下垂足用 FES 装置の開発を行っている。

FES によって下垂足患者の歩行を再建するには電気刺激を与えるタイミングの検出が必要であり、そのために遊脚期の検出が必要となる。遊脚期検出の方法として、従来は足裏にスイッチを取り付け、足が地面についている間は ON に、離れている間は OFF になる仕組みを利用していた。しかしフットスイッチは耐久性が悪く、また靴の中に小石の入ったような違和感もあるため患者への負担が大きという問題もあった。

先行研究では下垂足患者用 FES 装置のために歩行周期検出において、従来使用されているフットスイッチではなく、慣性センサのセンサ情報とパターン認識を得意とする Neural Network (以下 N.N) を組み合わせた遊脚期の推定を行う方法を検討した。結果、この方法によって健常者の歩行について遊脚期検出は可能であったが、実用化のための検出精度が低く、また実際の患者に対する有用性は未知数であった。そのため、本研究では N.N 学習に用いる歩行データ時間の変更による検出精度の向上について検証を目的とする。

2. 実験方法

遊脚期検出用実験システムの装置図を Fig.1 に示す。本システムは、慣性センサ (3 軸加速度センサ・1 軸ジャイロセンサ)、慣性センサ及びフットスイッチのためのノイズ除去用ローパスフィルタ (以下 LPF)、H8 マイコン、データロガーによって構成され、学習用データ (フットスイッチと慣性センサの波形) の取得、PC を用いてマイコン上で N.N 構築し歩行周期の推定を行う。なお、N.N 学習方法には教師信号を用いるバックプロパゲーション法を利用し、N.N 学習に使用する教師信号として歩行データの時間を 60 秒、90 秒と変化させ、遊脚期検出精度について比較を行った。評価方法は Fig.2 の通りである。波形の立ち上がりの遅れを遊脚期開始遅れ、立下りの遅れを終了遅れとして評価した。また、波形が出ない・波形の重複などをエラーとし、全体の歩数に対するエラーの回数をエラー率 [%] として評価した。

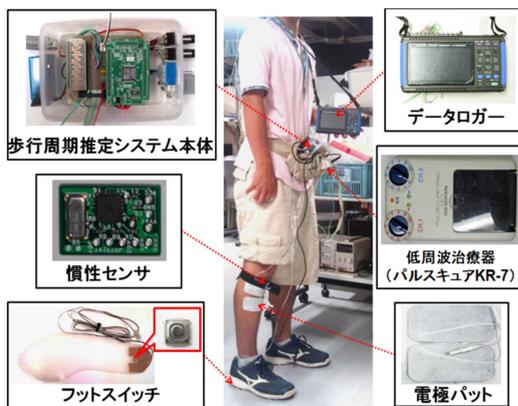


Fig.1 実験システムの装置図

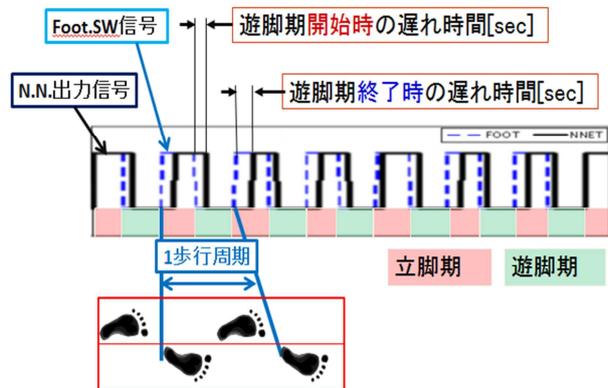


Fig.2 歩行周期推定の評価方法

3. 研究結果

N.N.学習に用いる歩行データの長さを 60 秒・90 秒としそれぞれ学習させたところ、歩行データ時間の増加に伴いエラー率の低下及び遅れ時間の短縮が認められた (Table.1)。歩行データの時間を長くすることでシステムの精度が向上することが検証された。

Table.1 歩行データ長さ と 推定精度

	被験者 A		被験者 B	
	60 秒	90 秒	60 秒	90 秒
学習時間	60 秒	90 秒	60 秒	90 秒
エラー率 [%]	3.153	1.739	1.980	1.064
開始遅れ [秒]	0.144	0.146	0.143	0.004
終了遅れ [秒]	0.177	0.104	0.122	0.121

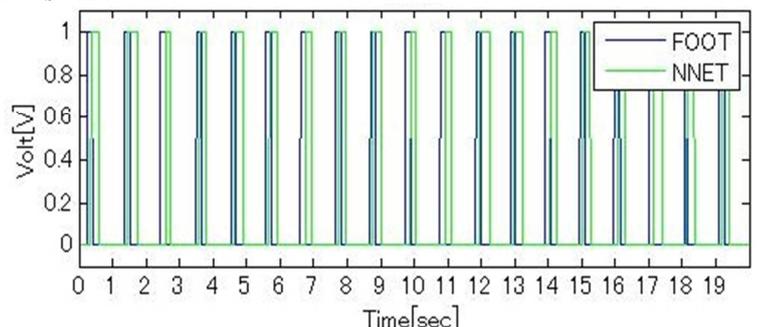


Fig.3 歩行周期推定結果 (実装実験)