

片麻痺下垂足患者のための慣性センサを用いた 歩行周期検出システムの開発

生産システム工学専攻 工藤 諄大

1. 諸言

脳卒中の後遺症として片麻痺が残る場合、歩行時につま先を上げることができずに垂れ下がった状態になる下垂足を生じることがある。このような歩行を改善するために FES(機能的電気刺激)を用いて麻痺した筋肉を電気刺激によって収縮させて遊脚時につま先を引き上げて歩行を再建する方法がある。本研究では、片麻痺患者の膝蓋腱上に慣性センサ(3 軸加速度センサ及び 1 軸ジャイロセンサ)を装着し、各センサ情報とパターン解析が得意な Neural Network(以下 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 システムを提案した。また、提案したシステムの有効性を検証するために臨床実験の前段階として、健常者に対して行い、そして検証実験は片麻痺患者に適応したことを想定して健常者に対して開発した本システムの信頼性の評価を行った。

2. 研究方法

Fig.1 に歩行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歩行周期検出システム本体、慣性センサ、フットスイッチ、データロガー、電気刺激装置である低周波治療器、表面電極パッドで構成される。また、遊脚期検出システムにフットスイッチを必要としないが、学習用教師信号の取得や検出結果の検証のために用いている。本体内の H8 マイコンは N.N. 学習によって得られた推定プログラムが構築されており、FES の信号制御を行う。

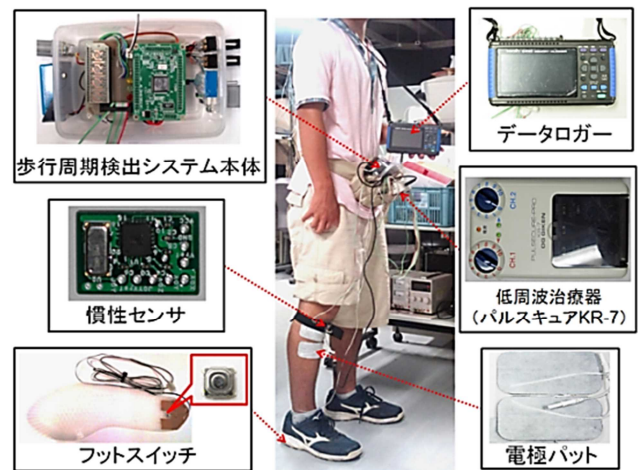


Fig.1 遊脚期検出システムの装着

3. 研究結果

本システムの有効性を検討するために、周回歩行による基本実験を行い、N.N.学習の学習時間の長さの違いにおける検証を行い、その結果を Table.1 に示す。N.N.学習時間を 60 秒間から 180 秒間に長くすることによって推定エラー率をほぼ 0[%]に改善することができた。

Table.1 基礎実験の結果

	60秒間学習		120秒間学習		180秒間学習	
	60秒抽出	180秒抽出	60秒抽出	180秒抽出	60秒抽出	180秒抽出
総歩数[歩]	94	178	92	274	98	288
総右側歩数[歩]	47	139	46	137	49	144
平均遊脚期開始時の遅れ時間[s]	0.15	0.14	0.24	0.26	0.29	0.30
平均遊脚期終了時の遅れ時間[s]	0.11	0.11	0.07	0.07	0.08	0.09
エラー歩数[歩]	4	15	3	14	0	1
エラー率[%]	8.5	10.8	6.5	10.2	0.0	0.7

また、平均遊脚期終了時の遅れ時間は約 0.03[s] 縮めることが可能となったが、逆に平均遊脚期開始時の遅れ時間は、約 0.14[s]遅れることが分かった。また、応用実験では基本実験を踏まえ、「コース 1(直線コース)」と「コース 2(周回コース)」と「コース 3(直線コースと曲線コースの組み合わせ)」の 3 種類を用意し、実装実験では「順方向」と「逆方向」の 2 通りの歩行で比較検討を行った。結果としては、「コース 1」が単純なため、遊脚期の遅れも小さく推定エラーも少なかった。「コース 2」の遊脚期の遅れ時間が最も大きかったが、組み合わせた「コース 3」は予想よりも遅れ時間は小さかった。また、歩行の方向である「順方向」と「逆方向」による遅れ時間の違いは、いずれのコースの場合にも違いは見られなかったが、N.N.推定エラーは「コース 2」「コース 3」の逆方向が「コース 1」に比べ、3 倍近く増える結果となった。