ウェアラブルセンサを用いたリハビリ支援技術

○井上茂之、田中真司、白石孝子、山本浩司（松下電器産業株）

Technology of the Supporting System for Rehabilitation using Wearable Sensor

Shigeyuki Inoue, Shinji Tanaka, Takako Shiraishi,

Hiroshi Yamamoto (Matsushita Electric Industrial Co., LTD.),

1. はじめに

高齢社会の到来とともに、健康寿命の延長が社会的な要請として叫ばれて久しい。寝たきりや重度の要介護生活を回避し、日常生活の自立を保つという観点から、生活者のADLを維持・回復する手段の一つとしてリハビリテーションの重要性が今後一層高まっていくことが予想される。このような社会的ニーズを配慮し、身体の運動機能回復訓練（リハビリテーション）が生活行為の重要な部分を占める状況において、生活者の運動機能向上を支援し、活動的なライフスタイルに貢献するためのシステムの開発を行ってきた。¹⁾

今回、小型軽量の加速度センサを用いた人間行動計測評価技術を基にリハビリ治療時の人間の身体運動を計測し、定量的に評価することで患者管理の支援を行う健康管理支援システムの開発を行い、その有効性を実証したので報告する。

2. ウェアラブルセンサの開発

人体の運動にともなう加速度の検知を長時間にわたり行うことができ、これらの情報の無拘束・非侵襲収集を実現することを目的に、コンパクトな形状で、無線による通信機能を有するウェアラブルセンサの開発を行った。（図1）

3軸の加速度センサを備え、身体の運動に伴って生じる加速度を3次元に分解して検出する。

図2 左右支持率の算出アルゴリズム

センサ素子として、人間の運動において発生する加速度領域において十分な解像度を有するよう $\pm 2G (2 \times 9.8 \text{ m/sec}^2)$ のダイナミックレンジの素子を用いた。各軸毎に入力される加速度信号は、16bit、サンプリング周期62Hzでデジタル出力され、bluetoothによって収集用PCに逐次無線収集される。計測時には、ベルトにより人体の腰背部に装着する。

図1 ウェアラブルセンサ

3. 歩行時の個人行動特性評価技術

歩行時の特性評価においては、リハビリ等における運動機能回復時の評価視点や事前の標準歩行実験等から、歩行スタンス、歩幅、歩行速度、左右支持率、座立変換時バランス等を指標として抽出し、これらの指標を各軸の加速度波形を周波数分析した結果から算出するアルゴリズムを開発した。例えば左右支持率は、図2に示すように左右方向の加速度から決定される歩行周期から左右の脚による前後方向の加速度への寄与分の比率として求める。

4. リハビリ支援システム

歩行時の個人行動特性評価技術を用いた歩行状態を定量評価することができる図3に示すような健康管理支援システムを開発した。本システムは、歩行時の特性評価技術における各評価指標を自動算出・蓄積し、生活者に評価結果をフィードバックすることで健康管理するものである。

図3 開発したリハビリ支援システム

有効性実証として実際のリハビリ患者を対象に実験を行ったところ、リハビリ日数の経過に伴う運動機能の回復と各指標を計測した。図4に歩行スタンス、図5に左右支持率の手術後経過日数との相関を示す。事前の理学療法士に対するヒアリングやモデル歩行評価の結果として、下肢の運動機能回復が進むに連れて歩行時の「スタンスが最終的には短くなる」、また「左右の脚の加重バランスが一样になる」という仮説が事前に得られていたが、実験結果では、左右支持率において86%、歩幅評価において76%、スタンス評価において72%の高い仮説正答率が実証でき、これらの指標の有効性が検証された。

理学療法士や整形外科医を対象に実証実験に用いたシステムについて運用上の評価をヒアリングした結果、患者および医療スタッフの負担が小さく、頻繁に使用できサンプル数を確保できる点、患者の自然な歩行が測定できる点、計測場所を選ばない点において、従来の運動解析装置よりも優位な評価が得られた。また、今回の被験者に対して自宅での使用意志のアンケートを実施したところ、

69%の方が使用したいと答え、健康管理システムとしての実用化の可能性を見出した。

図4 歩行スタンスの結果

図5 左右支持率の結果

5. まとめ

本研究開発において加速度センサを内蔵する小型のウェアラブルセンサを用いたリハビリ支援技術を開発した。本技術を検証するためにリハビリテーション現場において実験を行い、歩行スタンス、歩幅等について運動機能の回復度との相関性を確認し、リハビリテーション治療成績の定量化において有効であることを実証した。今後は、人間行動計測技術の評価精度を向上し、これを応用した健康支援システムへの展開を検討していく予定である。

なお、本研究は、経済産業省と新エネルギー・産業技術総合開発機構が進めた研究開発プロジェクト「人間行動適合型生活環境創出システム技術」の一環として実施されたものである。

参考文献

- 1) 井上他:「ウェアラブルセンサを用いた健康管理支援システム」, 第4回人間行動適合型生活環境創出システム技術シンポジウム要旨集, pp.115-116, 2004