

腰痛症患者の歩行改善に関する時系列解析

○鶴岡百合子* 田村義保* 鶴岡政子**
 文部科学省 統計数理研究所*
 東京大学 生産技術研究所**

1. はじめに

腰痛症患者の歩行中の腰と膝の動きのリズムは不安定である。しかし、身体の姿勢バランスを補うシューインソール療法を行なうと、歩行の動きのリズムも安定性を増し、腰痛も減少することが経験的に知られている。ヒトの身体は複数の関節を持ち、それらの関節間で協調運動が可能な歩行システムを持っている。疾患の歩行の場合、疾患を補うための作用が働き他の関節に負担がかかってしまう。本研究は、腰痛症患者を対象とし、加速度センサーによる簡易計測装置を用いて、歩行中の腰部と膝の加速度変化を計測し、腰部と膝との相互の時空間的動きの寄与関係を解析した。また、そのシステムにステップ信号を加えた時間応答による解析では、過渡特性からシューインソール装着時の方が非装着時よりシステムの安定性が大きく改善されたことが明らかになった。

2. 実験方法

同期した2個の加速度センサーと1個の腕時計型 Wearable PC から構成される携帯用の Synchronized System of Accelerometers を使用した。2個の加速度センサーを腰痛症患者の被験者の腰部の左右と膝の左右等にそれぞれ装着し、歩行中の X 軸 Y 軸の2軸方向の加速度変化を計測した。被験者は自由歩行が可能である。また、身体の動きのバランスを補うダイナミックシューインソールの装着時と非装着時の腰部と膝の加速度変化を計測した。

3. 結果及び考察

[RPC による解析] 時系列データのフィードバックシステムの解析に有効な AR モデルによる Relative Power contribution(RPC)より、腰部と膝との時空間的動きの寄与関係の解析をした。

歩行中の身体のバランスを観察し、シューインソールの裏側にパッドを張り、歩行バランスの改善をはかった場合とシューインソール非装着時の歩行における左右の腰部の動きと左右の膝の動きの加速度変化を計測した。インソール装着時の歩行では非装着時の歩行に比べ、X 軸 Y 軸方向ともに痛みのある側の腰部の動きの変位に対し、左右の膝の動きの RPC は大きくなり、腰部は痛みも軽減され、負担が軽減される割合が定量的に解析された(Fig.1,2)。

[ステップ応答による解析] 推定した AR モデルのノイズ項に単位ステップ信号を加えたステップ応答による解析をした。

左腰痛症患者の左腰にステップ信号を加えた時の右膝の応答は進行方向の Y 軸方向では(Fig.3(a))、シューインソール装着時のほうが、非装着時に比べて過渡特性から定常特性にきれいに収束しているのに対して、非装着時の応答はかなり波形が乱れている結果が得られ、左腰にステップ信号を加えた時の右膝に及ぼす影響がシミュレートされた。また横揺れ方向の X 軸方向においても(Fig.3(b))、シューインソール装着時のほうが非装着時よりきれいな減衰カーブを描き左腰痛症患者がシューインソールを装着したほうが、右膝の安定性が顕著に増し、歩行の安定性も改善されることが解析された。

左腰痛症患者の左腰にステップを加えた時の左腰の応答は Y 軸方向では(Fig.3(c))、やはり、シューインソール装着時のほうが、非装着時に比べて過渡特性から定常特性にきれいに収束しているのに対して、非装着時の応答は右膝の応答より変位は少ないものの加速度の値は大きい。X 軸方向においても(Fig.3(d))、シューインソール装着時のほうが非装着時よりきれいな減衰カーブを描き左腰痛症患者がシューインソールを装着したほうが、左腰の安定性も計れ、歩行の安定性も改善されることが解析された。

4. まとめ

歩行中の関節の動きの時空間的動きの寄与関係の定量的解析により、シューインソール装着時が非装着時に比べ、腰部と膝との歩行バランスが改善される割合が明らかになり、またステップ応答による解析では、シューインソール装着時と非装着時の腰と膝の応答の過渡特性と定常特性からシューインソール非装着時に比べ装着時のほうが、歩行の安定性が顕著に改善されることが明らかになり、歩行メカニズム解析や歩行機能障害者のリハビリテーション医学に、また健常者の予防医学にもこれらの解析は有効利用が期待できると思われる。

参考文献 [1] Y. Tsuruoka, Y. Tamura, S. Minakuchi, M. Tsuruoka, "Time Series Analysis of Bio-Medical Signals", Proceedings of 14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, pp.97-102, Bethesda, Maryland, USA, 26-27, July 2001.

Time Series Analysis of Walking Improvement by Patients having Lower Back Pain

* Yuriko TSURUOKA, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo, Japan, tsuruoka@ism.ac.jp

* Yoshiyasu TAMURA, The Institute of Statistical Mathematics, Tokyo, Japan

* Masako TSURUOKA, Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Japan

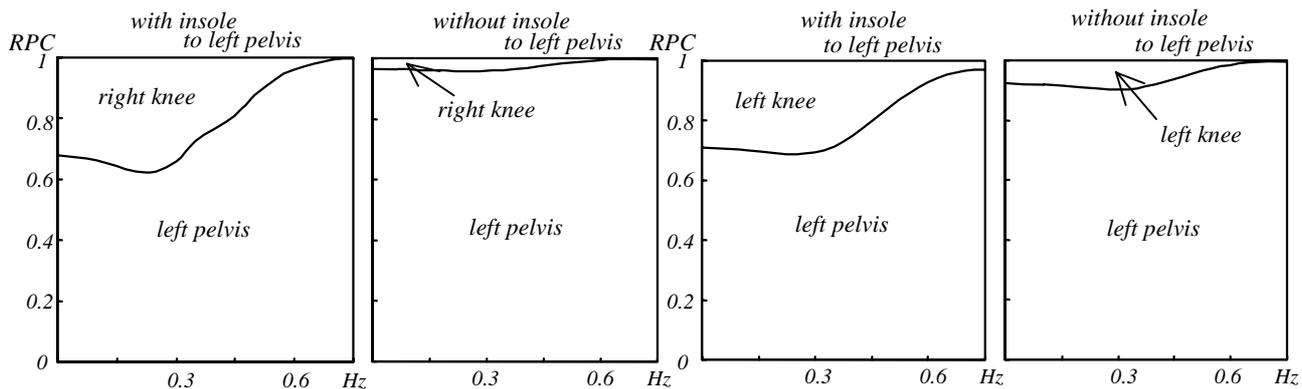


Fig.1 左腰と右膝のY軸方向のRPC

Fig.2 左腰と左膝のX軸方向のRPC

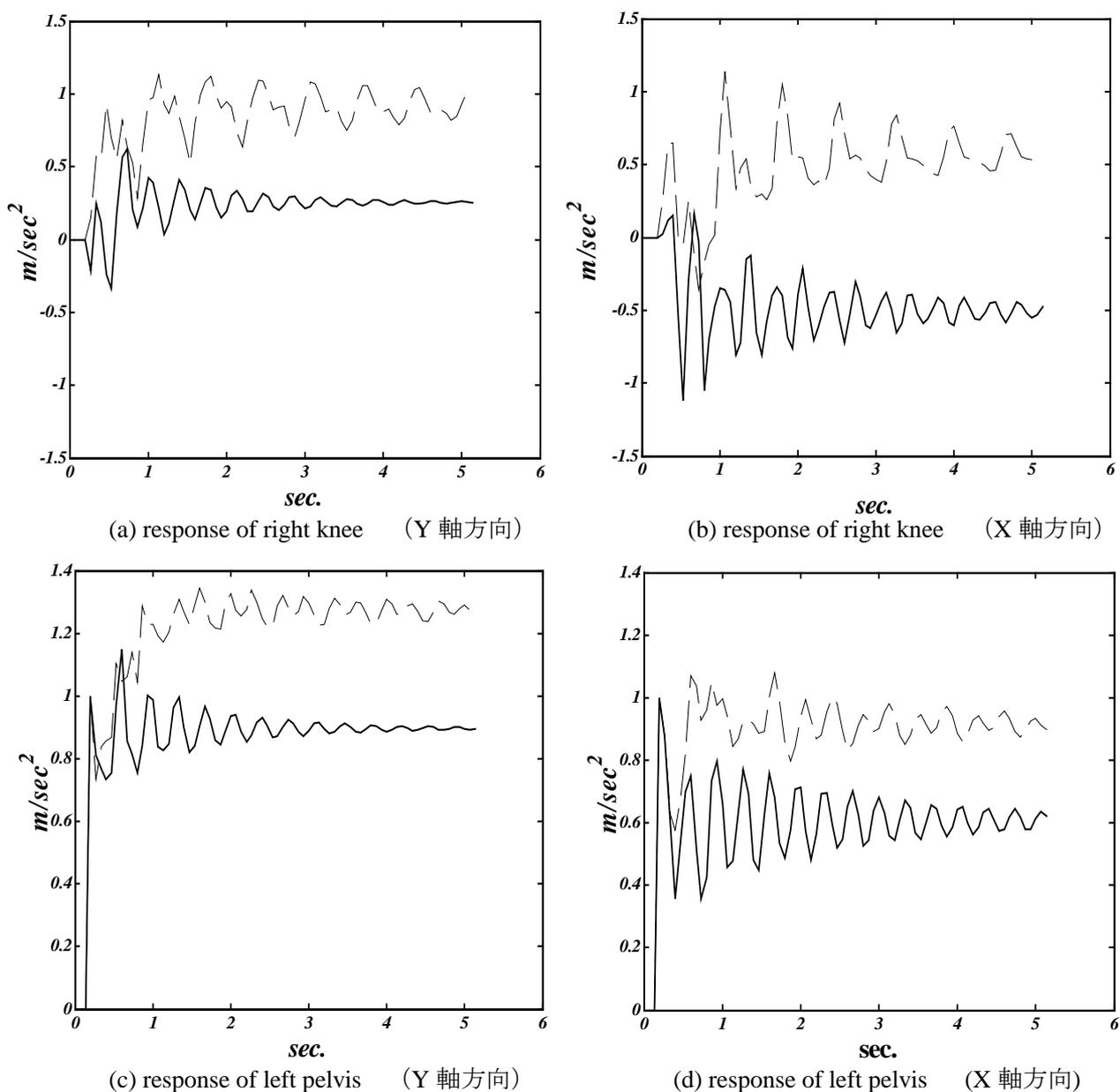


Fig.3 左腰痛症患者におけるステップ応答

(step signals to left pelvis 実線 with insole 点線 without insole)