

歩行中の体重心のリズムと姿勢バランスに関する研究

鶴岡 政子¹, 安岡 善文¹ 東京大学 生産技術研究所¹

柴崎 亮介² 東京大学 空間情報科学研究センター²

鶴岡 百合子³ 文部科学省 統計数理研究所³

1. はじめに

歩行は、全身の筋・骨格系と肺、心臓などの循環器系が強制的に働くため、健康保持に重要な意義を持つ。携帯用 Gyro センサーシステムを使用し、歩行中の腰部（体重心に近い）の動きを計測すると、身体の姿勢バランスがよい人の3軸角度と加速度変化は、ともに周期性のあるリズムが見られる。

20名の健常者、20歳～22歳の女子学生の歩行計測を行うと、体重心変化は、身体前後方向 *pitch* 角の周期とリズムは良好であったが、左右方向 *roll* 角と回旋方向 *yaw* 角のリズムに乱れのある学生が多かった。そこで、携帯用同期型3軸加速度センサーシステムを用い、歩行中の左右腰部の加速度変化を計測し、インパルスシミュレーションによる左右の応答から姿勢バランス解析を行った。

2. 歩行中の身体計測方法

2.1 携帯用 Gyro センサーシステム

Gyro センサー (Max Cube 日本航空電子工業社製) を固定した挿入板を被験者の腰部後方中央部位 (体重心に近い) に挿入し、電池と演算処理器をウエストポーチに収め、データ保存用の *Wearable PC* (*Ruputer SII* 社製) を腕につけ、身体の動きを 30 Hz で計測するシステムである。体重心の3軸方向、左右方向のゆれは *roll*、前後方向のゆれは *pitch*、回旋方向のゆれは *yaw* の姿勢角度で表す。

2.2 携帯用同期型加速度センサーシステム

マイクロ PC 内臓、データ保存用 EPRAM, PIC A/D コンバータと電池をひとつの容器に収め、ウエストポーチに挿入し、スイッチコントローラだけ外に出す。2つの3軸加速度計(曙ブレーキ社製)は小型で軽量なため身体計測に負荷をかけない。左右腰部や膝部に装着が可能である。本システムを用いて 15Hz で歩行中の2箇所の身体部位 (左右腰部) の加速度変化を同期計測した (図1)。両装置はともに、屋外、階段などの自由歩行が可能である。

3. 解析方法

歩行中の身体各部位の動きは、周期性を持ち、一方の部位の動きが他の部位の動きへと影響を与えるフィードバック運動を行う。

AR モデルを用いたスペクトル解析は、フィードバック時系列の特徴を簡潔に表現できる有効な方法である。

時系列 $x_i(s)$ を過去の観測値 $x_j(s-m)$ と白色雑音 $u_i(s)$ の線形和で表現した *AR Model* を(1)式で表わす。ある変数の白色雑音に動きの変動インパルス (2S.D.) を与えると、他方の変数は伝わったインパルスの波に順次応答し続ける。このインパルス応答特性は系により特色を示すことを応用し、歩行中の姿勢バランス解析を行った。

$$x_i(s) = \sum_{j=1}^K \sum_{m=1}^M a_{ij}(m)x_j(s-m) + u_i(s) \quad (1)$$



図1 携帯用左右同期型加速度センサーシステムによる歩行計測

4. 結果と考察

対象者：20名の健常者、20歳～22歳の女子学生

4.1 体重心の角度変化と歩行解析 (図2)

歩行中の体重心の3軸角度変化を計測した結果、20%の学生の *pitch* 角、*roll* 角、*yaw* 角変化の周期とリズムはほぼ良好であった。70%の学生は、*pitch* 角は良好だったが、*roll* 角と *yaw* 角の周期とリズムに軽度の乱れがあった。3角変化ともに周期とリズムに乱れのある者は、10%いた。

“Analysis of COG Rhythm and Walking Balance”

Masako Tsuruoka¹, Yoshifumi Yasuoka¹, Institute of Industrial Science¹, University of Tokyo¹
Ryosuke Shibasaki², Center for Spatial Information Science, University of Tokyo²
Yuriko Tsuruoka³, The Institute of Statistical Mathematics³

4.2 左右腰部の加速度変化と歩行解析 (図3)

歩行中の左右腰部の加速度変化を計測した結果、左右腰部の左右方向と上下方向の加速度のリズムと周期に軽度の乱れと、左右の差がある者は、70%だった。同じ側で荷物を持たないよう、同じ方向からTVを見ないように、歩きやすい靴、ゆったりとした服装の必要性を話し合い、腹筋、背筋強化体操の資料を紹介して1ヶ月経過し、さらに、正しい姿勢の作り方¹⁾を紹介し、再度歩行計測を行うと、ほとんどの者が改善された。

4.3 インパルス応答と歩行解析 (図4)

加速度変化のS.D.の2倍をインパルスとして腰部の動きに与えた時の反対側腰部の応答シミュレーションを見た。1ヶ月前 (before) は、左右の応答はインパルスを受けた直後の大きさが違い、滑らかさを欠き、インパルス吸収までに時間がかかっている。

姿勢を正し、歩行を行うと(after),左右の応答の大きさも近づき、滑らかさも益した。身体の3次元姿勢バランスの改善が、歩行の改善を促した。

5. まとめ

健常者であるが、腰痛、肩こり、軽度の外販拇指やX脚、股関節脱臼の経験、足関節捻挫を起こしやすい者、運動不足から腹筋、背筋の弱い者など、歩行への影響が現れる因子を持つ者が70%をしめた。よい姿勢バランスを工夫すると歩行の改善を生み、身体の計測を通して健康増進フィジカルフィットネスの精神を育むことへの期待が持てた。

参考文献

1. 正しい姿勢と腰痛体操
http://www2.health.ne.jp/topics_f/20011211.html

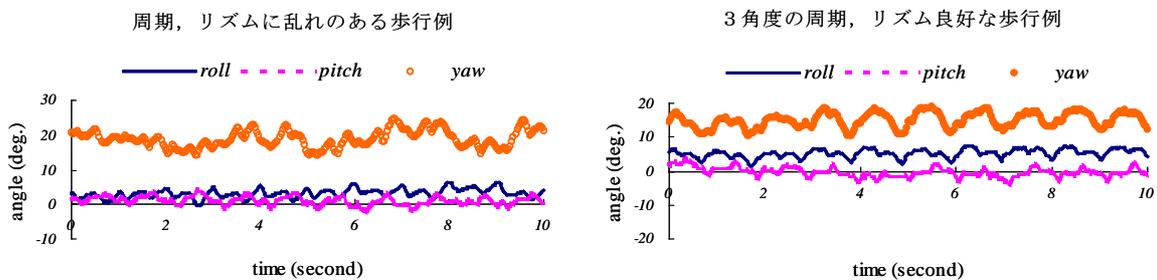


図2 体重心の角度変化と歩行解析

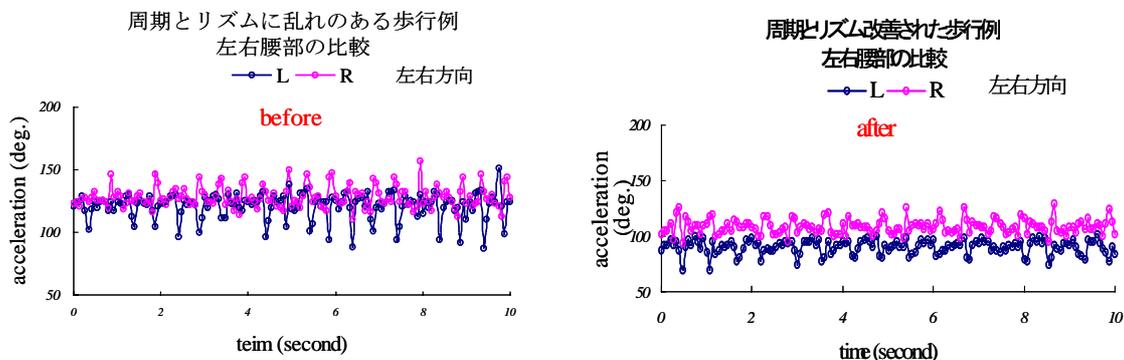


図3 左右腰部の加速度変化と歩行解析

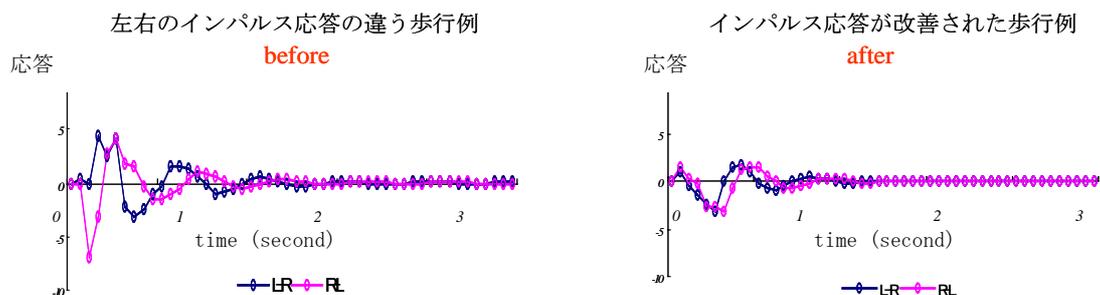


図4 インパルス応答と歩行解析