

## &lt;研究課題&gt;

**AIによる高齢者転倒予防のための予測システムの構築にむけて**

代表研究者 千葉県立保健医療大学 教授 三和 真人

## 【まとめ】

ヒトの歩行リズムの周期性の崩れが転倒につながると考え、加速度信号から自己相似性の研究を行った。通常、歩行周期性の“ゆらぎ”が抑制されているが、高齢になるに従い顕在化し、歩行時の後方転倒など発生させると考えられた。1年間の追跡調査の結果、自己相似性が低下し、歩行の不安定性さは疑われた。また歩行時の上下動に変化はないが、歩行速度、ストライド長、歩行距離に低下がみられ、転倒予測の要因になると考えられた。

## 1. 研究の目的

## 1-1 歩行時の自己相似性

高齢者の歩行の規則性が頸部と上部体幹動揺との間で動揺のズレが生じ、歩行の安定性低下や転倒に関連するか、加速度計を用いた「自己相似性」のモノ・フラクタル分析する。

## 1-2 転倒予測の測定項目抽出

モノ・フラクタル分析として時系列のローカルな歩行時ゆらぎを標準偏差による定量化が可能なトレンドでスケール変化させるノモ・フラクタル解析による分析値(Detrended Fluctuation Analysis; DFA)や頸部上下動と、歩行能力や身体機能から転倒予測に必要な測定項目を抽出する。

## 2. 研究方法と経過

## 2-1 測定課題

実験は頸部(第7頸椎)に15gの加速度センサー(Trigno, Delsys社, USA)を貼付し(図1)、1辺15mの正方形外周を被験者の快適歩行速



図1 加速度センサー(Trigno)

度で6分間歩行させ、歩行リズムの加速度信号ピーク値を抽出した。またピーク値を2度積分を行い、頸部の上下動移動距離(cm)を算出した。併せて第2仙椎部に加速度センサーを貼付し、歩行速度(m/s)、ストライド長(m)、ケーデンス(歩数/分)や歩行距離(m)の歩行能力と、足趾把持力(kg)と片脚立位(sec)の運動機能も併せて測定した。

## 2-2 対象

平成30年以前から週5回、30分以上散歩を行い、運動指導士等の下で運動を行っている高齢者を含め、転倒経験のない平均年齢73.6±4.6歳の43名(男:女=26:17)を対象とした。対象者のうち、脳動脈瘤術後片麻痺1名、膀胱がんと糖尿病1名、胃がん1名、骨粗鬆症1名と外反母指2名が参加していた。しかし歩行機能に問題は認められなかった。本研究は千葉県立保健医療大学研究等倫理審査委員会の承認(2018-10)を得て実施した。

## 2-3 分析方法

歩行におけるZ軸(鉛直方向)の加速度信号のピーク値を抽出し(図2)、それぞれのピーク値の時間をモノ・フラクタル解析プログラムでDFA分析値を算出した。上段は加速度センサーによる時間ピーク値、中段は1回の積分による速度、下段は2回の積分によるZ軸(鉛直方向)の移動距離を算出した(図3)。また同様の方法で、仙骨部に貼付した加速度信号ピーク値と床-大腿骨大転子までの下肢長(cm)から、歩行速度(m/s)、ストライド長(m)、ケーデンス(歩数/分)や歩行距離(m)を算出した。また足趾把持力(kg)と片脚立位(sec)は左右の最大値を測定した。

またDFA、上下動など測定項目間の相関を求めた。平成30年でデータ欠損のない追跡可能な33名と比較した。なお有意水準は5%

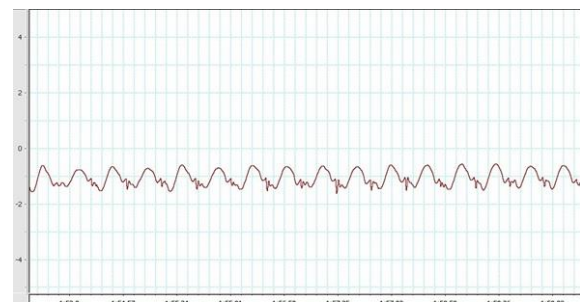


図1 歩行時の第7頸椎に貼付した鉛直方向の加速度信号

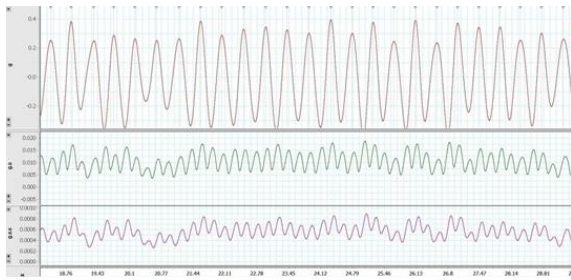


図2 歩行時の時間ピーク値(上段)、速度(中段)、鉛直距離(下段)

とした。

### 3. 研究の成果

#### 3-1 DFA 分析値

DFA 分析値は  $0.45 \pm 0.1 (0.29 \sim 0.59)$  と自己相似性があることが認められた。しかし Z 軸(鉛直方向 cm)、ストライド長(m)、ケーデンス(歩数/分)や歩行距離(m)、および足趾把持力(kg)や片脚立位(sec)で左右の最大値との間に関連性は認められなかった。

#### 3-2 Z 軸(鉛直方向)の移動距離

第 7 頸部に貼付した加速度センサーによる Z 軸の移動距離(鉛直方向 cm)は  $2.9 \pm 0.1 (1.6 \sim 5.0)$  と算出された。歩行速度(m/s)  $1.7 \pm 0.2$ 、ストライド長(m)  $1.6 \pm 0.2$ 、歩行距離  $495.2 \pm 62.1 (m)$  との間でそれぞれ相関が認められた(図 4、5、6、 $p < 0.01$ )。しかし足趾把持力(kg)と片脚立位(sec)の運動機能との間に関連性はみられなかった。

#### 3-3 経時変化

平成 30 年から 1 年経過した高齢者の変化を比較した。DFA は  $0.47 \pm 0.1$  から  $0.45 \pm 0.1$  に数値が低下していた。Z 軸(鉛直方向 cm)は  $2.8 \pm 0.7$  から  $2.9 \pm 0.8$ 、歩行速度(m/s)は  $1.74 \pm 0.2$  から  $1.70 \pm 0.2$  とともに経時的な低下は認められなかった。同様にケーデンス(歩数/分)は  $127.7 \pm 9.1$  から  $128.7 \pm 9.1$  と差はなかった。ストライド長(m)は  $1.63 \pm 0.2$  から  $1.59 \pm 0.2$ 、歩行距離(m)は  $512.8 \pm 71.3$  から  $495.2$

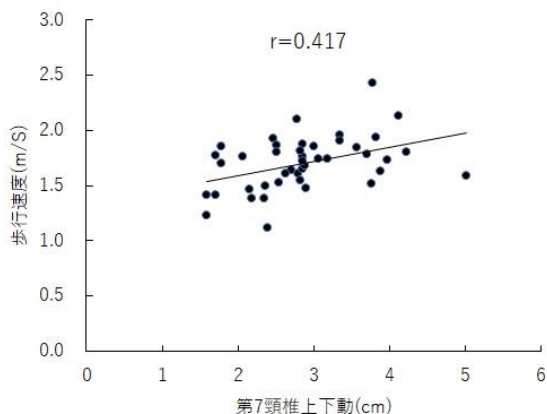


図4 歩行の上下動と歩行速度

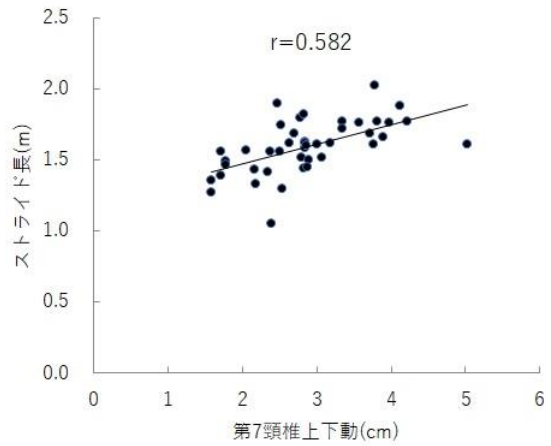


図5 歩行の上下動とストライド長

$\pm 62.1$  と明らかな差は認められなかったが、短くなっていた。

### 4. 今後の課題

高齢者の転倒予防のための AI による予測システムの研究を展開していく上において、モノ・フラクタル解析による“ゆらぎ”である自己相似性の有無を分析した。ヒトの歩行には一定の周期性があり、本研究は不規則性を抽出する顕著な結果を得られなかったが、この結果からは経年的な追跡調査が必要でと考えられた。平成 30 年から令和元年までの 1 年間で歩行の自己相似性低下がみられた。Burke ら<sup>1,2)</sup>の研究で歩行リズムを構成する中脳歩行誘発野(mesencephalic locomotor region; MLR)から小脳、大脳基底核、延髄毛様体、そして脊髄の歩行パターン発生器(locomotor Pattern Generator; LPG)が歩行に関与することが知られているが、本研究からは本来あるはずの歩行リズムの低下を DFA でとらえることの可能性があると考えられた。3次元加速度計の鉛直方向のみを用いた分析であったが、残った 2次元(前後・左右の方向)を組み合わせたマルチ・フラクタル解析により、元来ヒトの歩行に備わっている歩行リズムを詳細に分析することで、転倒に関連する諸要因を抽出したい。

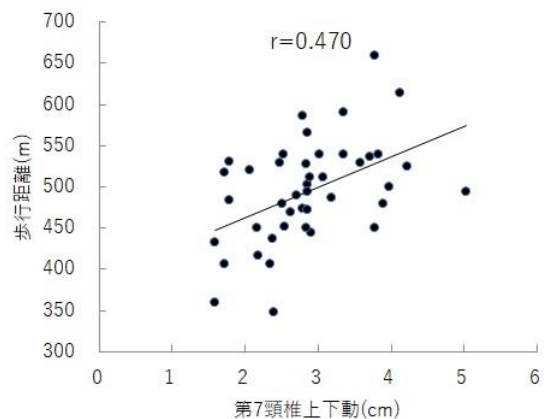


図6 歩行の上下動と歩行距離

2点目として、加速度信号 Z 軸から歩行の鉛直方向の上下動が歩行速度、ストライド長、歩行距離と関連性が高いことが明らかになった。諸家らの研究から、高齢者の歩行速度やストライド長などが低下することは知られてきたが、本研究のように歩行時の上下動が歩行に関与することは明確になっておらず、被験者数を増やし、本研究の有用性を確かめる必要があるものと考えられた。

#### 5. 研究成果の公表方法

日本リハビリテーション医学学会と日本理学療法基礎学会のそれぞれ発表と、*Achives Physical Medicen & Rehabilitation* もしくは *American Physical Medicen & Rehabilitaion*

に投稿予定である。

#### 参考文献

- 1) Burke RE (1999) The use of state-dependent modulation of spinal reflexes as a tool to investigate the organization of spinal interneurons. *Exp Brain Res* 128:263-277
- 2) McCrear DA (2001) Spinal circuitry of sensorimotor control of locomotion. *J Physiol* 533: 41-50

以上