

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 20 日現在

機関番号：82674

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650363

研究課題名(和文) 情報量のエントロピーを用いた地域在住高齢者の転倒予測指標の開発

研究課題名(英文) Development of fall prediction index using power spectrum entropy of acceleration time-series in community dwelling elderlies.

研究代表者

小島 基永(Kojima, Motonaga)

地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター(東京都健康長寿医療センター研究所)・東京都健康長寿医療センター研究所・研究員

研究者番号：40276184

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：3年間で延2833名(65～86歳)を対象に調査を実施した。1、2年目の調査で過去1年間の転倒経験がなく3年目で経験があった者40名と、3年間一貫して経験がなかった者305名との比較で、1年目に測定されたエントロピー指標に有意な差を認めた( $p<0.05$ )。

またエントロピー指標に加え、1年目の歩行速度や1歩行周期時間の変動係数(CV値)など先行研究で転倒との関連が示されている指標と、性、年齢を独立変数としたロジスティック回帰分析で、エントロピー指標とCV値のみが残る有意な回帰式が示されオッズ比は各々5.49と1.63であった。これらより、エントロピー指標の転倒予測に関する有用性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：We investigated the relation between falling and power spectrum entropy of acceleration time-series during gait (entropy index) for a total of 2833 community dwelling elderly persons over three years. If a movement's entropy index is higher than others, the movement is more unstably. If a movement's entropy index is higher than others, the movement is more unstably. The results shows that the fallers' entropy indices indicated higher values ( $p<0.05$ ) by comparing non-fallers and first-fallers at 3rd year, using the entropy at 1st year. And also, Logistic regression analysis revealed that entropy index was a risk factor for falls (odds ratio=5.49;  $p<0.05$ ). So the entropy index was a factor which has biggest influence compared with the index used conventionally, such as a walking speed, muscle strength, balance, stride time variability.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学 ・ リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：解析・評価 生物・生体工学 医療・福祉 エントロピー 転倒 地域在住高齢者

1. 研究開始当初の背景

地域在住高齢者の転倒を予防することは、今後ますます人口の高齢化率の高まりが予想される我が国の医療・福祉にとって重要な課題である。転倒予防には先ず、対象者が転倒し易いかどうか(易転倒性)を評価する必要がある。易転倒性と関連する要因としてはこれまで主に、対象者のバランス機能低下や筋力低下が挙げられている<sup>1)</sup>。これを反映するように、これまでの多くの研究では、握力などの筋力、歩行速度、ファンクショナルリーチテスト(以下、FR)などが、易転倒性を評価する指標として紹介されている。しかしながらこれらの指標のうち特に、握力やFRは、対象者の歩行動作の性質を直接評価するものではない<sup>2)</sup>。我々はこれまで、動作の円滑さを客観的に捉える指標として、情報量のエントロピーを用いた指標(以下、エントロピー指標)を開発している<sup>3)</sup>。これは、対象となる歩行動作の性質を直接評価し得るものであり、我々のこれまでの検討においても、最大歩行速度時におけるエントロピー指標は、握力、FR、歩行速度といった他の指標と同様に、転倒経験者の状況を表すことができ、転倒経験者の最大歩行動作では、その円滑さに低下が認められることが示されている<sup>4)</sup>。しかしながらこれまでの検討は転倒経験の有無を後ろ向きに検討したものであり、エントロピー指標が将来の転倒を予測できるかどうかを、次のステップとして前向きに検討する必要がある。また近年では本邦においても、1歩行周期時間の変動係数による指標(以下、CV指標)が転倒に関する指標として挙げられており<sup>5)</sup>、これも併せて測定し検討することとした。

- 1) Province MA, et al.: The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT Trials. *Frailty and Injuries: Cooperative Studies of Intervention Techniques*. *Jama*273:1341-1347, 1995
- 2) Maki BE: Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *J Am Geriatr Soc* 45:313-320, 1997
- 3) Kojima M, et al.: Power spectrum entropy of acceleration time-series during movement as an indicator of smoothness of movement. *J Physiol Anthropol* 27(4):193-200, 2008
- 4) Motonaga Kojima, et al.: Comparison of Smoothness during Gait between Community Dwelling Elderly Fallers and Non-Fallers Using Power Spectrum Entropy of Acceleration Time-Series. *J.Phys.Ther.Sci.* 20(4):243-248, 2008
- 5) 新井智之他:10m歩行における歩行周期変動と運動機能、転倒との関連 - 小型加速度計を用いた測定. *理学療法学* 38(3):165-172, 2011

2. 研究の目的

情報量のエントロピーを用いた指標(エントロピー指標)で、地域在住高齢者の転倒を予測できるかどうかを明らかにする。

3. 研究の方法

地域在住高齢者の歩行動作をエントロピーによって測定し、2年間追跡調査した。初回測定時で既に転倒経験(過去1年間に1回以上)のある者は、そうではない者との間で、エントロピー指標の相違を検討(後ろ向き検討:従来の研究の追試)した。転倒歴のない者については、2年の間に、転倒を経験した者と、経験しない者の間でのエントロピー指標の相違を検討(前向き検討)した。

【平成23年:初年】

包括的生活機能検査「お達者健診」(65歳~84歳を対象とした健診)を受診した地域在住高齢者のうち、研究への協力の同意が得られた者894名(男性356名:73.9±5.1歳、女性538名:73.3±5.0歳)を対象とした。

エントロピー指標は骨盤に取り付けた加速度計(上下、前後、左右の3軸)から、1kHz(高域遮断100Hz)で得たものの時系列スペクトルの50Hzまでの成分を正規化し、これを確率曲線に見立て、確率が1/2の時の情報量を1bitとした時の期待値として算出した。CV指標は左の足首に取り付けた加速度計から、1歩行周期時間を抽出し、その標準偏差を平均値で除して算出した。体力測定は、握力、膝伸展トルク、開眼片脚立時間、通常および最大歩行速度、立ち回り(TUG)を測定した。さらに、過去1年間の転倒の有無を聞き取った。

【平成24年度:中間年】

前年に「お達者健診」を受診した者と新たに65歳になった者を対象(65~85歳)として再び「お達者健診」を実施し、23年度と同じ指標にて測定を実施した。対象となった者は835名(男性350名:73.7±5.5歳、女性485名:72.7±4.9歳)であった。

【平成25年度:最終年】

前年までに「お達者健診」を受診した者と新たに65歳になった者を対象(65~86歳)として3年目の「お達者健診」を実施、前年度までと同じ指標にて測定を実施した。対象となった者は789名(男性340名:73.7±5.9歳、女性449名:73.3±5.4歳)であった。

さらに、23年度を受診者で25年度に受診しなかった者402名に対して、郵送アンケート調査を行い、315名(回収率78.4%)の過去1年の転倒歴を把握した。

以上で得られた測定値を独立変数として、従属変数を転倒群(過去1年間に1回以上転倒した者)と、非転倒群(転倒しなかった者)とした統計解析を有意水準5%にて検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 転倒状況の把握

縦断的(11~13年)に把握できた転倒(あり・なし)の状況を度数(名)で次に示す。

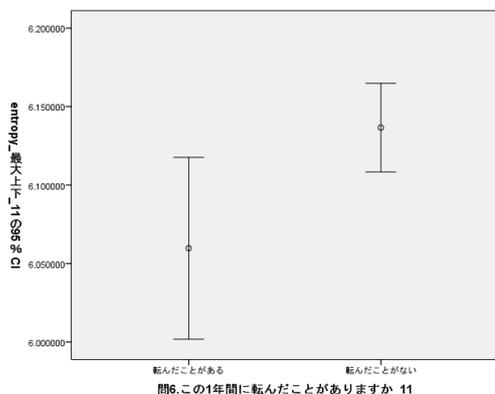
	12_あり		12_なし	
	13_あり	13_なし	13_あり	13_なし
11_あり	12	14	19	37
11_なし	15	33	40	305

3年間に渡り縦断的に捉えられた者について、2年目の初発転倒者(その前年に転倒経験がない者で、その年に転倒経験がある者)は48名、3年目の初発転倒者は40名(3年間一貫して転倒経験がない者は305名)であり、当初の計画ではこれは各々30名と20名であったので、計画を上回る測定ができた。

また、初年(11年)に過去1年間の転倒がないと回答した者419名のうち、中間年に過去1年間に転倒したことがあると回答したものは52名(12.4%)であった。

##### (2) 横断的解析

初年(11年)における転倒群と非転倒群で、エントロピー指標を比較すると、最大歩行時の上下方向において、統計学的に有意な差が認められた( $p=0.024$ )。



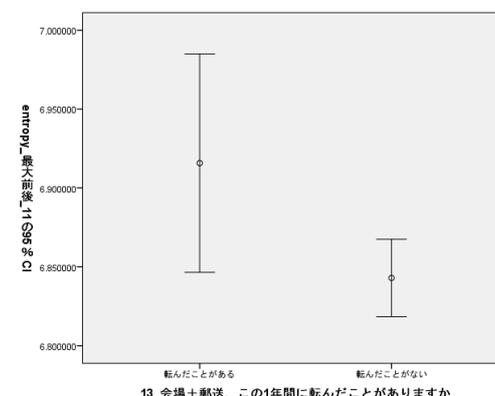
この他の指標では、握力( $p=0.025$ )、10m通常・最大歩行時間( $p=0.037$ ,  $0.033$ )、体重で補正した膝伸展トルク( $p=0.001$ )、通常歩行におけるCV値( $p=0.033$ )に有意な差が認められた。これらの結果は、先行研究の結果と同様のものであり、今回の測定結果は妥当であるであろうと考えられた。

##### (3) 縦断的解析

中間年で初発転倒した者と前年度に引き続き転倒経験のない者との間での、初年のエントロピー指標では有意な差は認められず、握力( $p=0.016$ )、開眼片脚立位時間( $p=0.013$ )、通常・最大歩行のCV値( $p=0.017$ ,  $p=0.000$ )で有意な差が認められた。

最終年で初発転倒した者と3年間一貫して転倒しなかった者との間での、初年のエントロピー指標では、通常歩行と最大歩行の前後方向におけるものについて有意な差( $p=0.040$ ,  $p=0.047$ )が認められた。

尚、このときの初発転倒者のエントロピー指標は、3年間一貫して転倒しなかった者に比べて大きな値を示していた。



その他の指標では、通常歩行のCV値にのみ有意な差( $p=0.043$ )が認められた。

多重共線性の回避を考慮して、初年度における、10m最大歩行時間、TUG、最大歩行のエントロピー指標の前後方向、通常歩行のCV値、体重で補正した膝伸展トルク、および、性別、年齢を独立変数として、中間年ならびに最終年における、初発転倒の有無を従属変数としてロジスティック回帰分析をすると、中間年では、通常歩行のCV値(オッズ比:0.55, 95%CI:0.39 - 0.80)と年齢(オッズ比:0.93, 95%CI:0.88 - 0.99)のみが残る有意な回帰式が作成され、最終年の初発転倒の有無では、最大歩行のエントロピー指標の前後方向(オッズ比:5.49, 95%CI:1.07 - 28.1)と、通常歩行のCV値(オッズ比:1.63, 95%CI:1.03 - 2.60)のみが残る有意な回帰式が作成された。

先行研究から、エントロピー指標は小さくなると微調整のない固い動作であることを示し、大きくなると微調整が増えた動揺の大きい動作であることを示すものと考えられる。本研究の結果から、エントロピー指標は、既に転倒するような状態にある者では、最大歩行の上下方向で小さくなり(すなわち、上下方向に固い歩行)1年後以降に転倒するような状態にある者では、通常および最大歩行ともに前後方向で大きい(即ち、前後方向の同様が大きい歩行)ことが認められ、特に1年後以降の転倒を予測する指標としての有用性が推察された。

今後は、それぞれの閾値を検討するとともに、易転倒性を示す者に対して運動療法を中心とした介入をすることでその効果を判定していくことが必要であると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

小島基永、大淵修一：地域在住虚弱高齢者に対する筋力増強トレーニングの最適負荷見極めにおける、加速度時系列スペクトルのエントロピーの有用性の

検討. 理学療法科学, 27(3), 14-16, 2012

小島基永、大淵修一、河合恒、吉田英世、平野浩彦、藤原佳典、井原一成 : 過去1年間に転倒経験のある地域在住高齢者の歩行動作の特徴--情報量のエントロピーを用いて--. 第8回東京都福祉保健医療学会誌, 62-63, 2012

Fujiwara Y, Suzuki H, Kawai H, Hirano H, Yoshida H, Kojima M, Ihara K, Obuchi S. : Physical and Sociopsychological Characteristics of Older Community Residents With Mild Cognitive Impairment as Assessed by the Japanese Version of the Montreal Cognitive Assessment. J Geriatr Psychiatry Neurol, 26(4), 209-20, 2013

[学会発表](計21件)

河合恒、大淵修一、小島基永、新井武志 : 超音波画像による筋厚・筋硬度計測からの地域在住高齢者の膝伸展筋力の推定. 第50回日本生体医工学会大会, 東京, 2011.4.29-5.1

河合恒、大淵修一、小島基永、新井武志、光武誠吾 : 地域在住高齢者における超音波計測による大腿前面筋厚・筋硬度の特性. 第46回日本理学療法学会大会, 宮崎, 2011.5.27-29

小島基永、大淵修一、秋場猛、西澤勉、鶴嶋善久 : 筋力増強トレーニング最適負荷見極めにおける、加速度時系列スペクトルのエントロピーの有用性の検討. 第47回日本理学療法学会大会, 兵庫, 2012.5.25-27

新井武志、大淵修一、柴喜崇、大室和也、小島基永 : 高齢者の移動能力と膝関節伸展最大発揮角速度および膝関節伸展筋力との関連性. 第47回日本理学療法学会大会, 兵庫, 2012.5.25-27

鈴木宏幸、藤原佳典、河合恒、安永正史、長沼亨、鄭恵元、竹内瑠美、村山陽、平野浩彦、吉田英世、小島基永、井原一成、大淵修一 : MoCA-Jにおける操作的MCIの認知機能の特徴 地域高齢者健診における検討(その2). 第27回老年精神医学会, 埼玉, 2012.6.21-22

藤原佳典、鈴木宏幸、河合恒、安永正史、長沼亨、鄭恵元、竹内瑠美、平野浩彦、吉田英世、小島基永、井原一成、大淵修一 : MoCA-Jによる操作的MCIの心身・社会的特徴--地域高齢者健診における検討--. 第27回日本老年精神医学会, 埼玉, 2012.6.21-22

端詰勝敬、蜂須貢、吉田英世、河合恒、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、大淵修一、井原一成 : 地域高齢者における脳由来神経栄養因子とうつ状態との関連. 第27回日本老年精神医学会, 埼玉, 2012.6.21-22

蜂須貢、端詰勝敬、吉田英世、河合恒、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、大淵修一、井原一成 : 地域高齢者における血清中脳由来神経栄養因子(BDNF)とうつ、認知、健康パラメータとの関連. 第9回日本うつ病学会総会, 東京, 2012.7.27-28

蜂須貢、端詰勝敬、吉田英世、河合恒、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、大淵修一、井原一成 : 地域高齢者における血清中脳由来神経栄養因子(BDNF)と各種健康パラメータとの関連. 第16回活性アミンに関するワークショップ, 北海道, 2012.8.24

河合恒、大淵修一、吉田英世、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、井原一成 : 地域在住高齢者の大腿四頭筋の質の超音波エコー強度による評価. 第67回日本体力医学会, 岐阜, 2012.9.14-16

蜂須貢、端詰勝敬、吉田英世、河合恒、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、大淵修一、井原一成 : 地域高齢者における血清中脳由来神経栄養因子(BDNF)と各種健康. 第56回日本薬学会関東支部大会, 東京, 2012.10.13

井原一成、端詰勝敬、鈴木良美、長谷川千絵、大庭輝、小島光洋、蜂須貢、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、河合恒、大淵修一、吉田英世 : 高齢者向け集団健診におけるうつ2次アセスメント精度の2年間の変化. 第71回日本公衆衛生学会総会, 山口, 2012.10.24-26

大庭輝、吉田英世、鈴木良美、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、河合恒、大淵修一、小島光洋、井原一成 : 高齢者のうつ病におけるアパシー症状. 第71回日本公衆衛生学会総会, 山口, 2012.10.24-26

長谷川千絵、吉田英世、大庭輝、平野浩彦、河合恒、小島基永、藤原佳典、大淵修一、端詰勝敬、小島光洋、井原一成 : 地域高齢者における小うつ病性障害の臨床的特徴の検討. 第71回日本公衆衛生学会総会, 山口, 2012.10.24-26

端詰勝敬、蜂須貢、吉田英世、河合恒、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、大淵修一、井原一成 : 地域高齢者における脳由来神経栄養因子とうつ、健康パラメータとの関連性について. 第71回日本公衆衛生学会総会, 山口, 2012.10.24-26

河合恒、大淵修一、光武誠吾、吉田英世、平野浩彦、小島基永、藤原佳典、井原一成 : 超音波画像による大腿前面筋エコー強度と運動器の機能低下リスクとの関係. 第48回日本理学療法学会大会, 愛知, 2013.5.24-26

齋藤京子、河合恒、平野浩彦、藤原佳典、小島基永、井原一成、吉田英世、大淵修一、丸山直記、石神昭人 : 地域在宅高齢者の血中ビタミンE濃度と身体--運動機能との関連--. 第55回日本老年医学

会，大阪，2013.6.4-6.  
藤原佳典、鈴木宏幸、河合恒、安永正史、  
平野浩彦、吉田英世、小島基永、井原一  
成、大淵修一：地域高齢者における  
MoCA-J の縦断変化と低下の予知因子。  
第 55 回日本老年医学会，大阪，  
2013.6.4-6.

Saito K, Kishimoto Y, Kawai H, Hirano  
H, Kim H, Kim M, Fujiwara Y, Kojima M,  
Ihara K, Yoshida H, Obucih S, Maruyama  
N, Ishigami A. Relationship between  
plasma carotenoid levels and physical  
performance among Japanese elderly.  
The 20th IAGG World Congress of  
Gerontology and Geriatrics, Soul,  
2013.6.23-27.

小原由紀、平野浩彦、吉田英世、大淵修  
一、井原一成、藤原佳典、河合恒、小島  
基永、関口晴子、俣木志朗：地域居住  
高齢者の主観的口腔健康感に関連する  
要因の検討。第 8 回日本歯科衛生学会学  
術大会，兵庫，2013.9.14-16.

- 21 天野雄一、蜂須貢、吉田英世、河合恒、  
平野浩彦、小島基永、藤原佳典、大淵修  
一、井原一成：地域高齢者における大  
うつ病性障害の 1 年予後。第 72 回日本  
公衆衛生学会総会，三重，2013.  
10.23-25.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

特になし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小島基永 (KOJIMA, Motonaga)

東京都健康長寿医療センター研究所・研究  
員

研究者番号：40276184

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし