

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300203

研究課題名（和文）両側分離型トレッドミルを用いた歩行解析による転倒予防への基礎研究

研究課題名（英文）The fundamental research to the fall prevention  
by the walk analysis using the split-belt treadmill

研究代表者

正門 由久（MASAKADO YOSHIHISA）

東海大学・医学部・教授

研究者番号：10173733

研究成果の概要（和文）：転倒予防への基礎研究として以下を調べた（1）立位での外乱に対する反応と年齢による違い、（2）認知課題の歩行への影響と年齢による違い、（3）歩行中外乱に対する杖の影響。成果は以下の通りである（1）外乱へのステップ反応にて高齢者では予測的姿勢調節の有無がバランスに大きく影響している、（2）高齢者では認知課題により左右脚の肢間協調が乱れる、（3）杖はバランスの回復には役に立たず、むしろ転倒の危険を増す。

研究成果の概要（英文）：We investigated that (1) age related changes in compensatory steps, (2) age related differences in interlimb coordination during dual task paradigm, and (3) the effect of the cane for balance recovery. We found that (1) the anticipated postural adjustments play a key role to maintain balance only in elderly subjects during compensatory steps, (2) interlimb coordination is disturbed only in elderly subjects by cognitive task, and (3) the cane is more likely to increase fall risk during balance recovery.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2010年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2011年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

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：転倒予防・外乱・加齢・姿勢制御・予測的姿勢調節・歩行分析・肢間協調・歩行補助具

## 1. 研究開始当初の背景

我々は現在まで、歩行に関連する、さまざまな研究を行ってきた。基盤研究Cに採用された研究により、歩行中の脊髄反射回路について検討した。それらの研究から、下肢への荷重は、歩行を決定する大変重要な因子であると考えられた。本研究では、現在までの知見を踏まえ、つり上げ体幹ベルトによって安

全性を確保しながら歩行でき、しかも左右別々に床反力を測定できる両側分離型トレッドミル（Split Belt Treadmill）を用い、片側または両側のベルト速度をさまざまなタイミングで変化させることにより、立位中または歩行中に外乱を加える。その外乱に対して、どのように身体が対応し、姿勢を立て直し、転倒を防いでいくのかなどを、神経生理学および運動学的に解明したいと考える

に至った。これらの結果によって、姿勢制御そのものに関する解析、若年者及び高齢者での解析を行い、転倒回避の身体ストラテジーおよび、転倒に至るメカニズムについて解明したいと考える。

## 2. 研究の目的

神経生理学および運動学的に転倒のメカニズムを解明し高齢者の転倒予防に役立つ。

## 3. 研究の方法

### (1) 立位での外乱に対する反応

被験者：高齢者 5 名 (72.0 ± 2.0 歳)  
若年者 5 名 (21.2 ± 0.4 歳)  
機材：床反力計付両側分離型トレッドミル  
三次元動作解析装置



図 1 床反力計付両側分離型トレッドミル

概要：トレッドミル上に踵間 19cm で静止立位をとり、両側あるいは片側に前または後ろに急速に動かす外乱をランダムに与え、片側を前に動かした際のバランス回復のためのステップ反応を左右 10 回ずつ計測した。

計測項目：床反力計より左右合成足圧中心 (COP)、足離地 (FO)、足接地 (FC) など時間因子。三次元動作解析装置より体重心 (COM)。

予測的姿勢調節 (APA)：ステップの FO 前に COP が 1cm 以上ステップ脚側に移動した際に APA 有りとした。

解析：高齢者と若年者それぞれで APA があるステップと無いステップに分け、各タイミングでの COM 位置や速度などバランスの評価を行った。

### (2) 歩行中に二重課題を与えた際の反応

被験者：高齢者 10 名 (23.6 ± 2.8 歳)  
若年者 10 名 (68.8 ± 2.9 歳)  
機材：(1) と同じ

概要：被験者毎に主観的な至適歩行速度 (PV) を計測し、両側 PV の対称歩行と、片側が PV の 0.75 倍、反対側が PV の 1.25 倍とする非対称性歩行を行った。歩行中に二重課題として認知課題を与え、左右の肢間協調に対する影響を計測した。

### (3) 歩行中外乱に対する杖の影響

被験者：若年者 5 名  
機材：(1)、(2) と同じ

概要：図 2 の如く、トレッドミル上を 1mm/秒で歩行した。左踵接地と同時に左ベルトが停止し、続く右足離地と同時に右ベルトも停止する外乱を与えた。これにより体が後方へバランスを崩すが、その際の第 7 椎体背面に貼付したマーカーの後方への移動速度を計測した。速度が速いほど大きくバランスを崩しており、危険である。杖がある場合と無い場合とを比較した。

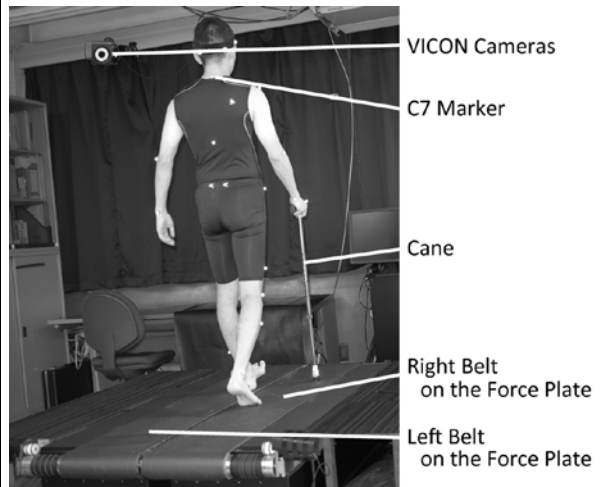


図 2 実験系概観

## 4. 研究成果

### (1) 立位外乱に対する反応

主な結果は図 3 に示すとおりである。APA は若年者のステップの 29%、高齢者のステップの 35%に見られた。

若年者では APA が無い場合 (YA-) はある場合 (YA+) に対して有意差は見られない。しかし、高齢者で APA が無い場合 (OA-) は多くのパラメータで OA+、あるいは YA+や YA-と比べて有意にバランスを崩している。具体的には重心がよりステップ脚側に偏位し、その速度が速い。このことから、若年者では APA

の有無はバランスには影響しないが、高齢者ではAPAが無いと大きくバランスを崩してしまい、APAが重要な役割を果たしていると考えられた。しかし、35%しか行えていないことから、APAを行いやすくするような訓練や器具などの開発が転倒予防に役立つ可能性がある。

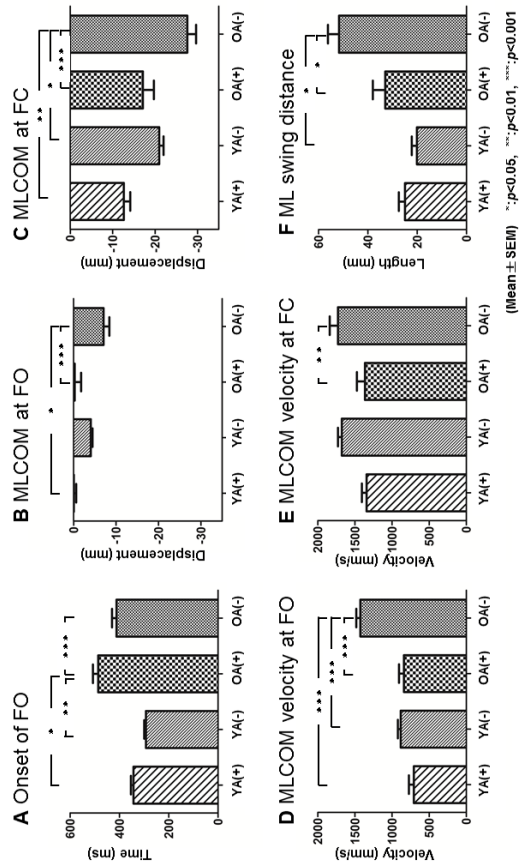


図3 立位外乱の結果

(2) 歩行中に二重課題を与えた際の反応

若年者では歩行パラメータは認知課題により全く影響されなかった。

高齢者では、非対称性歩行においてステップ時間と対称ステップ時間の変動係数が有意に大きくなった。つまり認知課題により肢間のバラツキが大きくなっており、歩行中の肢間協調も脊髄あるいは脳幹だけで無く、より高次の皮質レベルからの調節も受けていることがわかった。

また、若年者は神経筋機能、認知機能ともに保たれているため影響が出ないが、高齢者の場合はともに衰えているため、影響が顕著に出ることもわかった。すなわち高齢者では「ながら動作」は姿勢制御に悪影響を及ぼし、転倒リスクを高める可能性がある。

(3) 歩行中外乱に対する杖の影響

図4の如く、被験者全員において速度、加速度ともに杖がある方が大きくなっており、

よりバランスを崩すことがわかった。これは右手に杖を保持することによりバランスを崩した際に上肢を挙上して制動をかける動作が出来なくなるためであると考えられる。

正しく使えば杖に「バランスを崩さないようにする効果」がある事は疑いが無いが、ひとたびバランスを崩した際には「バランスを回復する効果」はなく、むしろ転倒のリスクを増してしまうと言える。これは杖の適応判断や指導をする上で十分留意しなくてはならない。

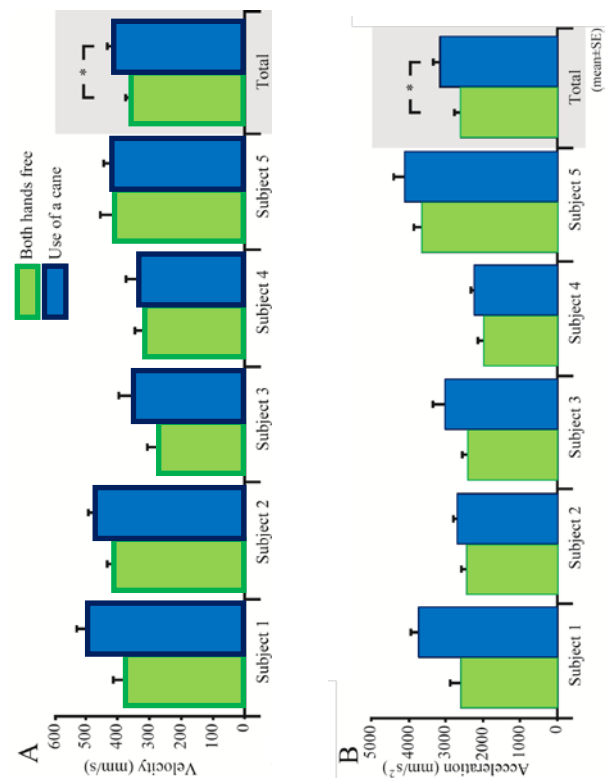


図4 C7 マーカーのA速度、B加速度

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計4件)

(1) 兵頭昌樹、牛場潤一、富田豊、正門由久、歩行中外乱に対する杖の影響、第48回日本リハビリテーション医学会学術集会、2011年11月3日、千葉(幕張メッセ)

(2) 兵頭昌樹、齊藤真由美、牛場潤一、富田豊、正門由久、片脚外乱におけるステップ動作に対するAnticipatory postural adjustmentの役割～高齢者での検討、第40回日本臨床神経生理学会学術集会、2010年10月29日、神戸(神戸国際会議場)

(3) 兵頭昌樹、牛場潤一、富田豊、正門由

久、片脚外乱に対するステップ反応の特徴、  
第 47 回日本リハビリテーション医学会学術  
集会、2010 年 5 月 21 日、鹿児島（鹿児島市  
民文化ホール）

(4) 兵頭昌樹、斉藤真由美、牛場潤一、富  
田豊、正門由久、静止立位時に片脚へ外乱を  
加えた際の姿勢制御、第 39 回日本臨床神経  
生理学学会学術集会、2009 年 11 月 19 日、北九  
州（北九州国際会議場）

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

正門 由久 (MASAKADO YOSHIHISA)

東海大学・医学部・教授

研究者番号：10173733

### (2) 研究分担者

富田 豊 (TOMITA YUTAKA)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：50112694

(2009～2010、退職により終了)