



Title	前方および後方への模擬転倒時に出現する防御動作とその性差
Author(s)	井上, 馨; 渡辺, 明日香; 浅賀, 忠義; 齊藤, 展士; 笠原, 敏史; 坪, 亜希子; 久留利, 浩代
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 15, 1-7
Issue Date	2002-12
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/37661">http://hdl.handle.net/2115/37661</a>
Type	bulletin (article)
File Information	15_1-8.pdf



[Instructions for use](#)

原 著

## 前方および後方への模擬転倒時に出現する防御動作とその性差

井上 馨<sup>1)</sup>・渡辺明日香<sup>1)</sup>・浅賀 忠義<sup>2)</sup>・齊藤 展士<sup>2)</sup>  
笠原 敏史<sup>2)</sup>・坪 亜希子<sup>3)</sup>・久留利浩代<sup>4)</sup>

### Frequency and gender difference of fall arrest strategy in forward and backward falls

Kaoru Inoue<sup>1)</sup>, Asuka Watanabe<sup>1)</sup>, Tadayoshi Asaka<sup>2)</sup>, Hiroshi Saito<sup>2)</sup>  
Satoshi Kasahara<sup>2)</sup>, Akiko Tsubo<sup>3)</sup>, Hiroyo Kururi<sup>4)</sup>

#### Abstract

We observed fall arrest strategy in forward and backward falls of 40 young males and females respectively. Subjects naturally fell on a 40-cm-thick mat from standing height. During falls, their arrest strategic motions were analyzed by using videotape system. Almost all strategic motions, the motions of upper limbs, the hands striking the ground, the flexion of body, and the keeping their head far from the ground, were performed in both directions of falls. However, the rotation of the trunk was hardly observed. The frequency of the head touching to the ground in females was significantly higher than in males.

Keywords: forward fall, backward fall, arrest strategy, motion analysis

#### 要 旨

男性、女性それぞれ40名の被験者を用いて、立位から40cm厚のマット上に前方および後方へ自由に転倒し、落下時の防御動作をビデオ撮影し記録した。前方転倒、後方転倒共に、上肢を動かす、手をつく、体の前屈、頭部を床面か

ら離す動作は高い出現率を示したが、体幹の回旋はほとんど観察されなかった。頭部の床面への接地は女性が男性より有意に出現率は高かった。

キーワード：前方転倒、後方転倒、防御動作、動作解析

- 
- 1) 北海道大学医療技術短期大学部作業療法学科
  - 2) 北海道大学医療技術短期大学部理学療法学科
  - 3) 花川病院
  - 4) 東苗穂病院

- 1) Department of Occupational Therapy, College of Medical Technology, Hokkaido University
- 2) Department of Physical Therapy, College of Medical Technology, Hokkaido University
- 3) Hanakawa Hospital
- 4) Higashi-Naebō Hospital

## はじめに

高齢者の転倒は、それによる骨折など外傷や再度の転倒への恐怖から生活の質の大きな低下に結びつくため、高齢化社会にともない大きな問題となってきている<sup>1)</sup>。高齢者の転倒の頻度は高く、65歳以上の高齢者の1/3から1/2は、1年間に少なくとも1度の転倒経験がある<sup>2)</sup>。転倒する方向は高齢者の場合、前方と後方が多い<sup>3)</sup>。転倒への対策を考える上で、転倒時にどのような防御動作を行うかを知ることは重要であり、過去の知見から(1)力を抜く、(2)体を丸くする、(3)手を先に着きブレーキの役目をする、(4)上体を起こす、(5)体を回旋させる、などが考えられている。しかし、転倒を実際に観察する機会は極めて少なく、転倒者の記憶も曖昧であり、実際にそのような防御動作がどのような割合で出現するかという知見はみられない。そこで本研究では、出現頻度が高い前方および後方転倒を実際に実験室内で模擬的に起こさせ、そのときの動作をビデオ撮影し動作解析を行い、防御動作がどのような割合で出現するか検討した。

## 方 法

### 1. 転倒方法

被験者には男女大学生(18歳~36歳、平均年齢;21.9歳,男性;22.7歳,女性;21.3歳)各40名,合計80名を用いた。被験者を高さ40cmの木製の台(90×90cm)に直立させ、台に隣接した40cm厚のスポーツマット(3.0×2.0×0.4m ミズノ製)上に、検者が被験者の骨盤部をゆっくり押しことにより前方および後方に転倒させた(図1)。その際、できるだけ自然に転倒すること、足を台より踏み出さないようにすることを指示した。転倒動作はビデオカメラ2台(SCC-C 350, SONY製)を、1台はマットの正面、もう1台はマットに対し前方45°の場所に設置して撮影し、ビデオカウンター(PH-

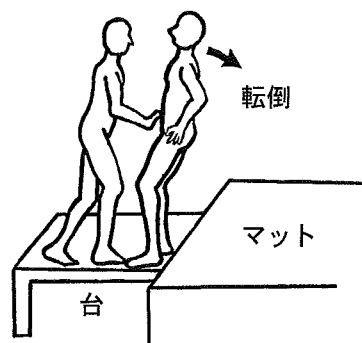


図1 後方転倒の模式図

1540, デイケイエイチ製)を用いて画面に時間経過を挿入してビデオテープに録画した。転倒回数は各々3回ずつ、各被験者について計6回の転倒を行った。前方と後方の転倒順は両者が同数になるように被験者80名を無作為に割り当てた。

実験に先立ち、北海道大学医療技術短期大学部作業療法学科研究検討会にて実験計画の審査が行われ、承認された。被験者には、実験内容を口頭と文書を用いて説明し、文書により被験者の同意を得た。

### 2. 観察方法

二方向から撮影したビデオテープを再生して全転倒の動作を動作項目(表1)が記入されている記録用紙に記録した。観察する動作項目はこれまでの文献<sup>4-6)</sup>から転倒時に行われていると予想され、外部から観察できる防御動作、(1)「上肢を動かす」:崩れた体のバランスを回復する、(2)「手をつく」:手を先についてブレーキをかける、(3)「体を前屈させる」:体を丸くして転倒高度を低くし、かつ衝突の接触部位を分散させる、(4)「頭部を床面から離す」:頭部保護のため前方転倒では背屈、後方転倒では前屈となる、(5)「体幹を回旋させる」:安全な部位で着地する、の5種類の動作を設定した。これらに「頭部の接地」:頭部の保護、の項目を加え、全体で6項目を大項目とした。大項目の動

表1 観察記録の大項目と小項目

		大項目												
転倒方向	手を動かす		上肢をつく		体を屈める		上体を起こす			体幹の回旋		頭部の接地		第一接触
	小項目		小項目		小項目		小項目			小項目		小項目		
前方転倒	手を体幹の 前に出 す	腕を外 転させ る	有	無	膝屈 曲	体全体屈 曲	座り込む	体幹伸展	有	無	有	無	部位	
後方転倒														手の位置 が体幹よ り
	前	後				前	直上	後						

作の詳細を観察するために大項目の中に下記に示すいくつかの小項目を設定した。これらの項目の範囲に入らない動作については備考欄に記述した。また、「第一接触部位」としてマット面に最初に接触した部位を観察した。

### 前方転倒時の観察項目

「上肢を動かす」に関しては「手を体幹の前方に出す」、「上肢を外転させる」の小項目を設定し、「手をつく」には「つく」と「つかない」を、「体を前屈させる」に関しては「膝を屈曲する」「体幹を屈曲する」を、「頭部を床面から離す」に関しては、「体幹の伸展」を設定した。ここでの「座り込む」動作とは膝を強く屈曲し上体を起こし、下腿部から着地する動作を指す。「体幹を回旋させる」に関しては「あり」、「なし」という項目を作成した。「頭部の接地」にも「あり」、「なし」という小項目を設定した。

### 後方転倒時の観察項目

「上肢を動かす」に関しては、「手を体幹の前方に出す」、「手を体幹の後方に出す」、「上肢を外転させる」という小項目を設定した。「上肢をつく」には「つく」と「つかない」を、「体を前屈する」に関しては「膝を屈曲する」、「体幹を屈曲する」を、「頭部を床面から離す」に関して

は前屈の程度を示すものとして「臀部接地時に頭部が大転子より前および直上」、「臀部接地時に頭部が大転子より後方」を、「体幹の回旋」に関しては「あり」、「なし」という項目を設定した。

### 3. 分析方法

#### 防御動作の出現率

80人の被験者全ての転倒について観察項目にそって動作を分類した。観察者の主観性を排除するために2人の検者が各々独自に分類を行い、その結果が異なった場合は再度ビデオテープで確認・討論し、一つの結果を出した。側方と後方転倒の各々3回の転倒のうち、2回以上同じ動作を示すものを、その被験者の転倒動作とし、3回とも違う動作を示したものについては、一定の動作パターンがないものとして解析から排除した。したがって、解析に用いられたのは前方転倒では男性39名、女性40名、後方転倒では男性38名、女性39名であった。

大項目、小項目、第一接触部位について男性、女性別に出現率を算出した。出現率は当該動作の出現数を解析に用いられた転倒数で除した値である。また、6種類の大項目について $\chi^2$ 分布を用いて男女間に出現率に有意差があるか検定した。

## 結 果

### 1. 防御動作の出現率

図2 A, Bに大項目の出現率を示した。前方転倒, 後方転倒共に「上肢を動かす」, 「手をつ

く」, 「体の前屈」, 「頭部を床面から離す」高い出現率がみとめられ, 「体幹の回旋」はほとんど出現しなかった。表2にはそれぞれの大項目に含まれる小項目の出現率とそれぞれの組み合わせの出現率を示した。

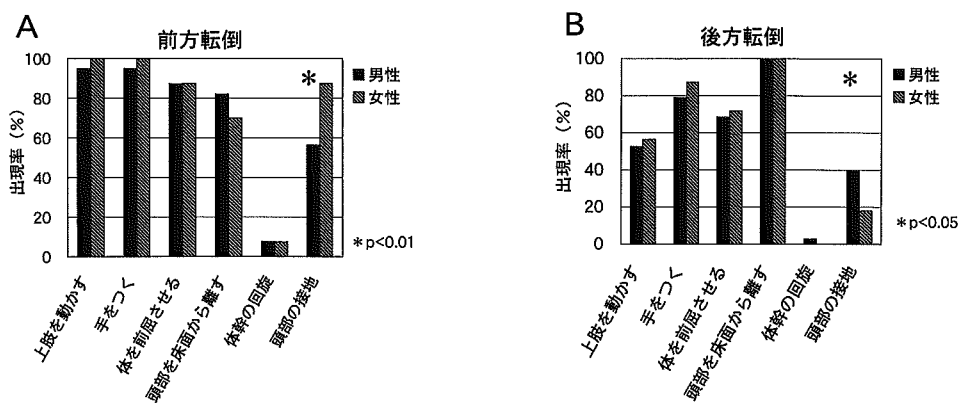


図2 男性と女性の大項目の出現率。  
A：前方転倒， B：後方転倒。\*：男性と女性の出現率に有意差（P < 0.05）

表2 小項目の出現率

大項目	前方転倒			後方転倒		
	小項目	男 (%)	女 (%)	小項目	男 (%)	女 (%)
上肢を動かす	手を体幹の前に出す	69.2	72.5	外転し後方に動かす	7.9	5.1
	手を外転し体幹の前に出す	25.6	2.5	外転し前後方向に動かす	2.6	5.1
	手を外転させる	0.0	25.0	外転し前方に動かす	13.2	7.7
	動かさない	5.1	0.0	後方	15.8	17.9
				外転	0.0	2.6
			前後方向に動かす	7.9	2.6	
			前方	5.3	15.4	
			動かさない	47.4	43.6	
		0.0				
手をつく	つく	94.9	100.0	つく	78.9	87.2
	つかない	5.1	0.0	つかない	21.1	12.8
体を前屈させる	膝の屈曲	74.4	75.0	膝の屈曲	5.3	5.1
	体幹の屈曲	5.1	2.5	体幹の屈曲	47.4	28.2
	膝と体幹の屈曲	7.7	10.0	膝と体幹の屈曲	15.8	38.5
	屈曲なし	12.8	12.5	屈曲なし	31.6	28.2
頭部を床面から離す	座り込む	2.6	5.0	股部接地時に頭は大転子の直上及び前	7.9	64.1
	体幹の伸展	79.5	60.0	股部接地時に頭は大転子より後	92.1	35.9
	体幹の伸展と座り込み	0.0	5.0	棒状に転倒	0.0	0.0
	動作なし	17.9	30.0			
体幹の回旋	あり	7.7	7.5	あり	2.6	0.0
	なし	92.3	92.5	なし	97.4	100.0
頭部の接地	有り	56.4	87.5	あり	39.5	17.9
	なし	43.6	12.5	なし	60.5	82.1
	被験者数	39名	40名	被験者数	38名	39名

### 前方転倒

図2 Aには前方転倒の防御動作の出現率を示した。「上肢を動かす」は男性94%、女性100%に出現した。そのなかで男性、女性ともに「体を体幹の前に出す」が大きな割合をしめ、次に多くみられたのは男性では「手を外転し体幹の前に出す」であり、女性では「手を外転させる」であった。「手をつく」動作は男性で95%、女性で100%出現した。「体の前屈」は男性87%、女性87%に出現した。その中では「膝のみ屈曲」が大部分を占めた。「頭部を床面から離す」は男性82%、女性70%に出現した。この多くの部分は「体幹の背屈」によってしめられたが、ごく少数には「座り込み」がみられた。「体幹の回旋」は男性7%、女性7%と共に低い出現率であった。「頭部の接地」は男性56%、女性87%の出現率で男性が有意 ( $p < 0.01$ ) に接地する例は少なかった。男性と女性の大項目においては「頭部の接地」のみに出現率の有意な差 ( $p < 0.05$ ) が認められたが、他では認められなかった。

前方転倒の第一接触部位は、膝が男性66%、女性75%を占め、手が男性25%、女性10%、膝と手を同時に接触させたのが男性5%、女性0%名、膝以外の下腿が男性2%、女性15%であった(図3 A)。

以上の結果をまとめると、標準的な前方転倒のしかたは、体を回旋させず、落下時に体幹をそらせて手を前方に出して、膝、手という順番に接地し、上肢で体を支える動作を行う。最終

的には女性は男性に比べて頭部接地しやすいといえる。

### 後方転倒

図2 Bには後方転倒の出現率を示した。「上肢を動かす」は男性52%、女性56%に出現した。小項目にみられる上肢の動き方では後方への動きが若干多いが、他は強い傾向はみられなかった。「手をつく」は男性78%、女性87%で出現した。「頭部を床面から離す」は男性、女性とも100%出現した。後方転倒の場合は頭部を床面から離すためには前屈が必要とり、前屈の程度は小項目の観察から殿部接地時に頭が大転子の直上および前になった例は男性7%、女性64%であり、頭が大転子より後ろになった例は男性で92%、女性で35%であった。すなわち、女性が男性より明らかに前屈の程度が大きかった。「体幹の回旋」の出現率は男性で2%、女性で0%であり、ほとんど体幹の回旋は認められなかった。「頭部の接地」があったのは男子39%、女性17%で有意 ( $p < 0.05$ ) に女性が頭部を接地する割合が高かった。

後方転倒の第一接触部位については、殿部、殿部と手、臀部と下肢、あわせて殿部を最初に着いた例は男性、女性とも80%を越えた。手を最初に着くことに関する小項目、手、臀部と手、手と下肢をあわせると男性、女性とも約50%にみられた(図3 B)。

以上から標準的な後方転倒のしかたは、体を

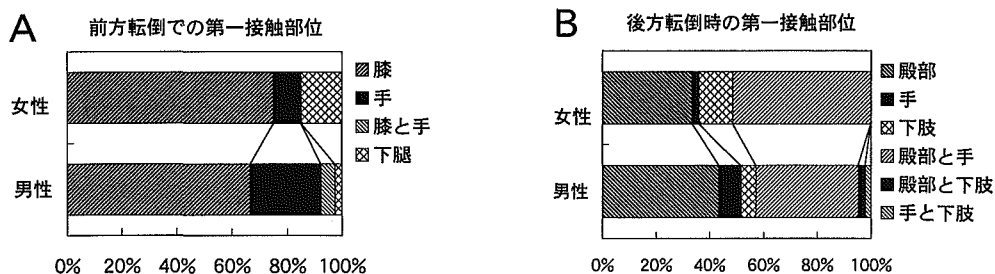


図3 男性と女性の第一接触部位の出現率。  
A：前方転倒。B：後方転倒。

回旋させず、落下時に体の前屈を行い、臀部と手で接地し、女性は頭部が接地しやすいといえる。

## 考 察

本実験において、「体幹の回旋」をのぞいて予想された防御動作のほとんどが出現した。本稿で防御動作としてあげているものが、実際に衝撃力をどのようにして減弱するかという実験的データは非常に少ない。したがって、これらの動作の有効性を論ずるのは現時点では推測の域を出ないが、出現した防御動作について以下のようなことが考えられる。

「上肢を動かす」動作自体は衝撃力を緩衝する働きはない。これは転倒という非常事態に対する反射運動と次の防御動作への準備と考えられる。多くの場合「上肢を動かす」が見られたのは、被験者が転倒を予期していたにもかかわらず、落下し始めると一種の軽いパニック状態に陥り、実際の転倒に近い反応を起こすことが示唆される。「手をつく」動作については、接地後に腕を屈曲させ衝撃を緩衝させる働きがあると考えられる。1 mの高さから前方に転倒した場合に両手を先に着くことにより衝撃を緩衝させると、27%衝撃力を減少させるという報告がある<sup>7)</sup>。また、上肢が床面に着く場合は多くの場合、他の部位も接地するため、接触面が広くなり、衝撃を分散する働きもあると考えられる。

「体の前屈」と「頭部を床面から離す」は前方転倒と後方転倒においては強い関連がある。「体の前屈」は膝の屈曲と体幹の屈曲という二つの要素から成り立っており、この要素のどちらか一方でも出現した場合「体の前屈」という動作とみなした。体を前屈することにより転倒高度を低くし、床面との衝突速度を減少させる効果があると考えられる。前方転倒においては前屈は膝の屈曲という形で現れた。体幹の前屈は「頭部を床面から離す」という防御動作に反するため、ほとんどみられなかったと考えられる。逆

に後方転倒では、「体幹前屈」の動作は「頭部を床面から離す」動作と一致するため、男女とも100%にみられた。しかし、この頭部を守る動作は臀部が先につくため、臀部を守るときには逆効果となる可能性もある。また、「頭部を床面から離す」は前方転倒では「手をつく」動作と関連が深い。体幹を背屈することと、手を先について衝撃を緩衝することは一連の動作と思われる。「体幹の回旋」は、その動作をとることにより、筋と皮下組織の厚い臀部や肩から接地するので、危険度を減少させる働きがあると考えられる。しかし、前方転倒と後方転倒とも、回旋の出現率は非常に少なかった。これは本実験の条件が、柔らかいマットの上に転倒することが予期されているため、回旋によって転倒時の恐怖を軽減するという動作をとらなかったとも考えられる。また、回旋という動作を落下時に行える余裕がなかったという可能性も考えられるが、側方転倒の場合、表2中には示していないが、測定結果の過半数が体幹の回旋をしており、このことから推測すると、回旋を行おうとしたら可能であったと考えられる。「頭部の接地」はマット上での出現率であり、普通の床面で接地するかどうかは判断できない。しかし、防御動作の結果としてどの程度頭部を防御できたかという指標になる。「頭部の接地」は女性が有意に出現率が高かった。他の防御動作は男女間に有意な差はみられないので、女性の場合は防御動作が頭部保護に対して効果が弱いことが示唆される。

本研究の特長的な点は、第一は実際に転倒を起こす実験であることである。これまで転倒の研究は転倒がどのようにして起こるかという転倒が起こるまでのことに注目が集まってきた。本研究によりどのようにして転倒しているかを理解するための知見の一端を得ることが出来た。第二に多くの被験者を用いて実際に被験者を用いたことである。実際の転倒は予期しないときに、しかも一瞬のうちに起こる出来事であ

り、その原因と転倒の様子も千差万別である。これらの全体像を理解するには多くの被検者を用いる必要があった。また、このことにより統計検定を実施でき、客観性を増強することが出来た。

本研究の測定における限界点は、第一に実際の転倒とは異なった模擬転倒であることにある。すなわち、マットの上で転倒したことは転倒への恐怖心を減少させ、実際の転倒でみられる動作が起こらなかった可能性も考えられる。また、予期されている転倒であることも大きい。予期しない転倒は実験室内で作り出すことは非常に困難であるため、本研究では条件を限定した模擬的な転倒をおこなった。限定された転倒ではあるが、落下時は恐怖心もあり、各種の反射運動もおこるので、転倒時の動作の多くが、予期しない転倒を反映していると考えられる。また、バランスが崩れたときには、ステップをして転倒から身を守るのが一般的動作で、この立て直しに失敗すると転倒に至る。本実験では転倒することが目的動作のため、便宜上ステップ動作を割愛して転倒を行ったが、このことが防御動作にどのような影響を与えるかについては現在のところ不明である。この解明については今後の課題としたい。第二の限界点は、高齢者を目標としているにもかかわらず、高齢者を被験者に用いた転倒ではないことである。

以上の限界点を解決するためには、若干経済的には問題を残すが、ダミーなどを利用した少々複雑な実験や、新たな数学モデルを用いたシミュレーションなどが今後期待される。

#### 引用文献

- 1) 井上馨, 渡辺明日香, 浅賀忠義, 齊藤展士, 笠原敏史: 高齢者の骨折危険率への生体力学的アプローチ, 生理人類誌, 6: 167-172, 2001.
- 2) Berg KO: Balance and its measure in the elderly: a review. *Physiotherapy Canada*. 41: 240-246, 1989.
- 3) 眞野行生, 中根理恵, 渡部一郎: 高齢者の転倒

の特徴, pp 8-12, 「高齢者の転倒とその対策」眞野行生編, 医歯薬出版, 東京, 1999.

- 4) Nevitt MC, Cummings SR: Type of fall and risk of hip and wrist fractures: The study of osteoporotic fractures. *J Am Geriatr Soc*, 41: 1226-1234, 1993.
- 5) Kroonenberg AJ, Hayes WC, McMahon TA: Hip impact velocities and body configurations for voluntary falls from standing height, *J Biomech*, 29: 807-811, 1996.
- 6) Hsiao ET, Robinovitch SN: Common protective movements govern unexpected falls from standing height. *J Biomech*, 31: 1-9, 1998.
- 7) DeGoede KM, Aston-Miller JA: Fall arrest strategy affects peak hand impact in a forward fall. *J Biomech*, 35: 843-848, 2002.