

研究活動報告 — 2 —

階段下降時における転倒高齢者の視覚による 情報探索の特性

—アイマークレコーダを用いた転倒高齢者、非転倒高齢者、
中年者、若年者の定性分析—

桂 敏樹*, 三浦 範大**, 高橋 康朗**, 久本 誠一**
星野 明子*, 赤澤 千春*, 奥津 文子*, 中川亜由美***

I. はじめに

高齢化の進展に伴い高齢者の転倒やそれによる骨折の頻度が高くなっている¹⁾。転倒による骨折は、寝たきりの原因になり、日常生活動作や生活の質を低下させる。高齢者が転倒する主な原因は、加齢による調節機能、運動機能、感覚機能の低下などが指摘されている¹⁾。感覚機能のうち視力が白内障などによって低下すると転倒の危険が高まる。一方視覚は段差などの危険な箇所を認知し、つまづかずに転倒を回避する機能を担っているとともに体の重心動揺を制御する²⁾。

転倒予防は寝たきりにならず健康で自立した生活の維持、すなわち健康寿命を延伸するための重要な健康課題である。そこで、本研究では日常の生活環境のなかで転倒転落の危険性が高い階段下降時に人はどこに視線を向けて歩いているのかについて注視点の定性分析を行い、視覚による情報探索にどのような特性があるかを検証した。

II. 対象および方法

1. 被験者

被験者は転倒高齢者（71歳：骨折なし）、非転倒高齢者（73歳）、中年者（42歳）、若年者（19歳）の4名である。高齢者は過去1年間の転倒と骨折の有無を問診し、転倒経験がある転倒高齢者と転倒経験がない非転倒高齢者に分けた。なお女性は男性に比べ転倒による骨折が多い¹⁾ので、今回は女性を対象に定性分析を行った。

被験者には研究目的、研究方法、研究に伴う問題点

などを説明したうえで同意を得た後、全員から同意書に署名を得た。なお、個人情報保護の観点からデータは全て匿名化したうえで分析し、データ管理は匿名化などによる機密保持に努めた。

2. 方法

1) 実験場所および実験時期

実験場所は独立行政法人製品評価技術基盤機構4階実験室である。実験は2002年7月から2003年7月までの間の4日間に行った。

2) 実験装置

実験に用いるDVD (Digital Video Disk) は以下の方法で作成した。映像の撮影、編集およびDVD作成はVogts Art (神戸市) に依頼した。

映像は成人が通常歩行する速度（およそ1.4 m/sec、ただし階段昇降時は平均的な昇降速度に減速）で歩道橋（神戸市国道2号線JR兵庫駅前交差点）を歩行し、高さ1.55 m（およそ成人の目の高さ）からビデオカメラで歩行時を撮影したものである。歩道橋を昇降する場面では歩行進路は直進のみであるが、歩道、昇り階段、踊り場、昇り階段、最上部歩道、下り階段、踊り場、下り階段、歩道の順に進むため階段昇降に伴う高低差がある。

DVDは実験用に撮影録画した映像を編集し作成した。なお、実験用DVDはDVDプレーヤー（Sony DVP-F35P）を用い映像を再生し、プロジェクター（Sony VPL-ES2）によってスクリーンに映写した。

3) 実験方法

実験室（約20 m²）に入室した被験者を、正面のスクリーンに向かって壁から2.5 m離れた距離に配置した椅子に座らせた。椅子の座り等調整した後、被験者にEyemark Recorder (EMR-8B: nac Image Technology) を装着し、初期補正を行い測定の前準備を行った。部屋の照明はスクリーンの映像が被験者に見やすい照度に設定した。実験室は防音設備がないので2つのドアを閉め、人の通行を制限し室外の音が聞こえないように配慮した。

実験を始める前にまず「これからスクリーンに映像

* 京都大学医学部保健学科

〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町53

School of Health Sciences Faculty of Medicine Kyoto University

** 製品評価技術基盤機構

National Institute of Technology and Evaluation

*** 滋賀医科大学医学部附属病院

Shiga University of Medical Science Hospital

受稿日 2005年9月9日

が映ります。見にくい場合はお知らせください。」と指示し、映像に見にくい点がないかや映写環境は適切かを再度確認した。次に、「これからスクリーンに映像が映ります。そこをあなたが実際にいま歩いていると考えて映像を見てください。映写はおおよそ3分です。映像が終わるまできちんと見て下さい。映像が終わりましたらお知らせします。」と指示した。なお、いずれの被験者も裸眼視力は1.0以上で、実験に支障がある者はいなかった。

実験用 DVD の映像を映写し実験を始めた。最初に映写した映像は歩道橋階段昇降の場面である。実験中被験者の注視点等のデータは Eyemark Recorder を用い、ビデオテープ (Sony DVM60) に録画した。

3. データ分析

録画したビデオテープは、ビデオプレーヤ (Sony GV-A700 NTSC) で再生した。次に歩道橋階段を降りる時の視線の軌跡は「停留データ視線軌跡：停留データの軌跡を視野座標上に描画し表示したもの」、注視点の移動速度は「移動速度別頻度分析：視線移動速度データの時間長の頻度分布をグラフ上に描画し表示したもの」、注視点の移動範囲は「注視範囲分析：指定された時間内におけるアイマークレコーダの横方向と縦方向の視野空間における、それぞれの座標の値を分析し視野のどの部分を良く見ていたかを示したもの」を用い、定性分析を行った。各結果は EMR 解析システム (nac Image Technology) によって分析した。

Ⅲ. 結 果

転倒高齢者、非転倒高齢者、中年者、若年者を対象

に、歩道橋階段下降時における視覚による情報探索の定性分析を行い、以下の結果が得られた。注視点の「停留データ視線軌跡」は図1、「移動速度別頻度分析」は図2、「注視範囲分析」は図3に示した。

1. 転倒高齢者

注視点の移動速度別頻度は 0.0~49.0 deg/sec が 62%, 50.0~99.0 deg/sec が 38% 分布し、速い速度の分布は少なく、注視点の移動速度は遅かった。「停留データ視線軌跡」、「注視範囲分析」から、注視範囲は狭かった。注視点は、階段下り歩行時、足元の段差、歩道橋の幅には視線を向けず、次の踊り場と踊り場から再び下り始める階段の段差に集中した。

2. 非転倒高齢者

注視点の移動速度別頻度は 0.0~49.0 deg/sec が 48%, 50.0~99.0 deg/sec が 24%, 100.0~149.0 deg/sec が 20%, 150.0~199.0 deg/sec が 10% であった。これは転倒高齢者よりも中年者に近い結果を示した。「停留データ視線軌跡」、「注視範囲分析」の結果から、次の踊り場に注視点が多いのは転倒高齢者と同様であったが、注視点は踊り場に着くまでの足元の段差と進行方向遠方の風景、歩道の幅にも移動した。

3. 中年者

注視点の移動速度別頻度は 0.0~49.0 deg/sec が 42%, 50.0~99.0 deg/sec が 35%, 100.0~149.0 deg/sec が 18%, 150.0~199.0 deg/sec が 8% であった。「停留データ視線軌跡」、「注視範囲分析」の結果から、次の踊り場に視線を向けて確認していることは、非転倒高齢者と同じであったが、次の一步を踏み出す前方の階段段差に注視点が多く集まったことと水平方向の



図1 停留データ視線軌跡

桂, 他: 階段下降時における転倒高齢者の視覚による情報探索の特性

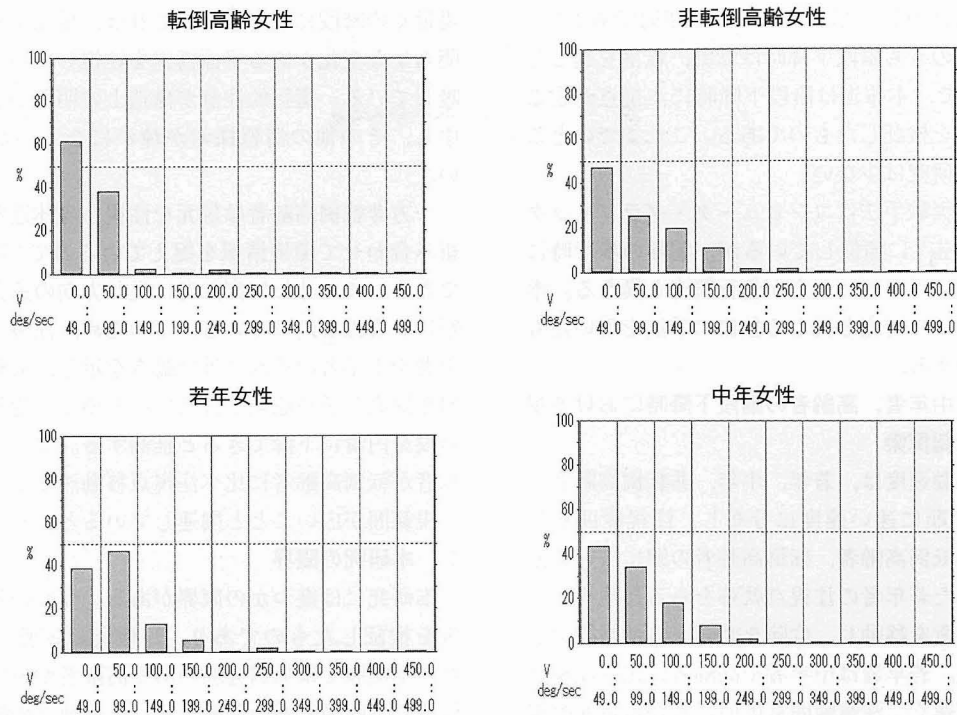


図2 移動速度頻度分布



図3 注視範囲分析

移動が含まれたのが特徴であった。注視点は歩道の幅も確認した。

4. 若年者

注視点の移動速度別頻度は 50.0~99.0 deg/sec が 48% と最も高く, 0.0~49.0 deg/sec が 38%, 100.0~149.0 deg/sec が 13%, 150.0~199.0 deg/sec が 6% であった。若年者は注視点の移動速度が高齢者や中年者より速かった。「停留データ視線軌跡」, 「注視範囲分析」の結果から, 次の踊り場に視線を向けて確認した

ことは, 非転倒高齢者や中年者と同じであった。階段を降りる時注視点は進路方向の道筋を直視しながら移動し, 歩道橋の階段歩行終了地点の地面やその先にも視線が向いていることが特徴であった。若年者は足元を確認し安全を確かめながら, 進行方向の遠方とともに水平方向に視線を移動していた。

IV. 考 察

階段は足を置く場所が自由である平面とは異なり,

足を通して身体運動を細かく規制する空間である⁴⁾。また階段昇降のうち階段下降時は転倒、転落を起こしやすい¹⁾。そこで、本報告は階段下降時に注視点がどこにあるかなどを検証したものである。これまでのところこのような研究は少ない。

今回用いた実験手法はコンピュータ・グラフィックスを用いた報告³⁾に類似しているが、実際の歩行時に撮影した映像を用いている点が先行研究と異なる。本研究はこれまでの研究と異なる独自の手法を用いたものであると考える。

1. 若年者、中年者、高齢者の階段下降時における視覚による情報探索

注視点の移動速度は、若年、中年、非転倒高齢者、転倒高齢者の順に速い速度に分布し、注視範囲も若年、中年、非転倒高齢者、転倒高齢者の順に広い範囲に及んだ。また若年者の注視点軌跡をみると注視点は転倒の危険箇所を移動し、危険を認知する情報探索が行われている。若年者は中年者や高齢者に比べ注視点の移動速度が速く、注視範囲も広いことから足元の確認を行いながら垂直方向、水平方向（歩道の幅）、進路の遠近方向いずれにも注視点を移動している。これは学生を対象にした注視点軌跡の分析結果⁵⁾と一致する。

転倒は障害物を避ける行動に伴い易い⁴⁾。高齢者が転倒することなく安全に歩行するには、足元に注視点を集中させるだけではなく、進路上の障害物にも注視点を移動し危険を認知する必要がある^{3,5)}。環境情報の探索からみると若年者は高齢者に比べ環境情報を効率よくかつ速やかに入手し、転倒の危険箇所を探索していると推測する。一方転倒高齢者は注視点の移動速度が遅く、移動範囲も狭いため環境情報を効率よく探索できない。注視点が限局し環境に関する入力情報が少ないため転倒高齢者は危険箇所を見落とし、つまずき易いと推測する。

2. 転倒高齢者と非転倒高齢者の階段下降時における視覚による情報探索

階段を降りる時の視覚情報探索は、階段を昇る場合と異なる。階段を昇る歩行は、足元を頻繁に注視しなくても転落の危険が少なく安全に歩けるため、注視点は足元付近よりも階段段差と目の高さの前方階段を、そして前方の視界が開ける風景に段階的に移動する^{5,6)}。一方階段を降りる時は転倒転落の危険が大きくなるため、階段を降り始める前に路面付近への注視によって足元を確認する必要があることから、注視点が足元付近へ頻繁に移動する^{3,5)}。階段の下り始めに環境情報を足元の身体近傍の環境と組み合わせて捉えることで階段歩行はより円滑で速やかなものになる⁶⁾。ところが転倒高齢者は階段を降りる時足元の段差に視線を向けず、注視点は踊り場と次に始まる踊り

場近くの階段に限局する。これは、足元よりも構造上明らかな変化がある平面構造を注視していることを示唆している。選択的注意が構造上の明らかな変化に集中し、その他の情報探索が疎かになるのかもしれない。

一方非転倒高齢者は足元を注視し身体近傍の情報と組み合わせて環境情報を捉えているので⁵⁾円滑に歩行できる。また非転倒高齢者は進行方向の遠方や歩道の幅にも視線を向けている。そのため、注視点軌跡は若年者や中年者のそれに近い動きを示し、広範な環境情報を探索し予め危険を捉えているので、危険を回避し階段を円滑に下降できると推測する。これは非転倒高齢者が転倒高齢者に比べ注視点移動速度が速いことと注視範囲が広いことと関連していると推測する。

3. 本研究の限界

本研究には幾つかの限界がある。今回の報告は一事例を検証したものであり、一般化は困難である。また、本実験では転倒経験のある高齢者が被験者に含まれるので転倒転落の危険を避ける倫理上の配慮と測定機器使用上の問題から実際に歩行する実験は行わなかった。そのため、実験場面は現実空間ではなく仮想現実空間であった。しかしながら、注視点分析は仮想現実空間であっても現実空間と同じ程度注視される⁷⁾。

今回の結果は既述したような条件下で得られたものではあるが、転倒高齢者の視覚による環境情報の探索には特性が認められた。この特性が高齢者の転倒に関与している可能性があると推測され、さらに検証する必要がある。

V. ま と め

本研究のように階段下降時における転倒高齢者の情報探索を検証した報告は殆どない。今回の結果から転倒高齢者は、足元を注視することが疎かになって足元の身体近傍の環境を組み合わせる捉えることができないことと、視覚による環境情報の探索不足のために転倒転落の危険を予め捉え回避することできないことが特徴である可能性がある。また注視点の移動速度が遅いことや注視範囲が狭いことが視覚による情報探索が、効果的に機能しないことに関与していると推測する。

謝 辞

本研究にご協力いただきました被験者の皆様に深謝申し上げます。

本研究は文部科学省科学研究費補助金（萌芽研究：課題番号14657640）の研究助成を受けた研究の一部である。

VI. 文 献

- 1) 市川政雄, 山路義生, 丸井英二: 在宅高齢者の転倒経験とその発生状況. 看護実践の科学, 2003; 28(1): 68-72
- 2) Vouriot Alexandre, Gauchard Gerome C, Chau Nearkasen, et al: Sensorial organization favoring higher visual contribution is a risk factor of falls in an occupational setting. Neuroscience Research, 2004; 48(3): 239-247
- 3) 岡崎甚幸, 鈴木利友: 建築空間における歩行と視覚探索. 人間工学, 2003; 37(3): 330-349
- 4) 黒岩将人, 岡崎甚幸, 吉岡陽介: 視野制限下と通常視野での注視行動の比較一廊下および階段の歩行時において. 人間工学, 2001; 37(1): 29-40
- 5) 吉岡陽介, 岡崎甚幸: 廊下および階段歩行時に活用されている視野範囲, 人間工学, 2002; 38(2): 104-111
- 6) 伊藤納奈, 福田忠彦: 歩行者の注視特性を考慮した歩行空間の実験的考察, 日本建築学会大会学術講演集(関東) E-1, 2001; 749-750
- 7) 福田忠彦, 渡辺利夫: 慶應 SFC 人間環境ライブラリー(第4巻: ヒューマンエスケープ), 第1版, 東京: 日科技連出版会, 1996; 223-229