

能, MSL, MSL の 80%, 70%, 60% のステップ長での急ぎステップ動作の成績に差は認められなかった。ただし, 高齢者で, 前と横方向の MSL は膝伸展力と有意な正の関係が認められた。

以上より, 急ぎステップ動作のみで高齢者の転倒リスクを評価することは困難と考えられた。一方, 前あるいは横方向の MSL は高齢者の筋力を反映する指標, あるいは下肢筋力に関連する転倒のリスク評価指標となりうる可能性があると考えられた。

一方で, 転倒恐怖感が転倒リスクとして着目されていることから, 前述の高齢者に転倒恐怖がある男性 9 名を追加し, 改めて高齢者のみを対象に最大歩幅 (MSL), 急ぎステップ動作と, 転倒に関連する基礎的な体力について高齢者の転倒恐怖の有無との関係を検討した。その結果, 転倒恐怖がある者は閉眼片足立ちが有意に短く, MSL の 80%, 70%, 60% のステップ長での急ぎステップ動作時の足圧中心軌跡長が有意に長くなった。しかし, 急ぎステップ動作の所要時間や前・横方向の MSL に差は認められなかった。これら結果と実際に労働現場で実施するには不都合な MSL のうしろ方向, 急ぎステップ動作を省いて転倒経験・転倒恐怖の有無から 50 歳から 64 歳の男女高齢労働者を対象に検討したところ, 全ての項目で男女共に転倒経験あるいは転倒恐怖の有無による違いは認められなかった。つまり身体機能のみで高齢者よりも加齢影響が少ない高齢労働者の転倒リスクを評価するのは困難であると示唆された。ただし閉眼片足立ちに代表される平衡機能テストを用いることで, 高齢労働者の転倒リスク評価の 1 つになり得る可能性があり, 今後の再検証が重要である。

なお, 本研究は対象の人数や期間に制約があるだけでなく, 高齢者を対象にした転倒防止研究においても未解決な事項が多いこと

から, 今回の結果のみで結論を得るのは困難である。今後の追跡調査により認知機能等も踏まえて転倒する者の特徴を捉え, 高齢労働者に対応する転倒リスクの評価方法について更に検討する必要がある。また, 環境・設備対策についても併せて検討し, 有効な防止対策に結びつけることも重要な課題である。

参考文献

- 1) 独立行政法人高齢・障害者雇用支援機構, 高齢社会統計要覧 2009, pp72-73, (2009).
- 2) 酒井一博, 高齢労働者の現状と安全衛生対策の基本的な考え方, 安全と健康, 10(11), 1057-1060, (2009).
- 3) 中央労働災害防止協会編, 安全の指標平成 21 年度, pp 79-82, (2010).
- 4) 永田久雄, 第 11 次労働災害防止計画と数値目標の意義, 労働科学, 84(4), 151-157, (2008).
- 5) 東敏昭, 高齢労働者の心身機能の低下と対策, 安全と健康, 7(9), 17-21, (2006).
- 6) 村田伸, 津田彰, 稲谷ふみ枝, 田中芳之, 在宅高齢者の転倒に及ぼす身体及び認知的要因, 理学療法学, 32(2), 88-95, (2005).
- 7) 小野晃, 琉子友男, 高齢者における下肢筋厚および筋力が動的バランスに及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, 6(1), 17-22, (2001).
- 8) 朴相俊, 朴眩泰, 上岡洋晴, 朴晟鎮, 小松泰喜, 岡田真平, 武藤芳照, 最大歩幅によるダイナミックな移動からスタティックな直立状態に至るまでの姿勢制御に関する研究; 高齢者と若年者の比較から, 体力科学, 57(4), 423-432, (2008).
- 9) Medell JL, Alexander NB., A clinical measure of maximal and rapid stepping in older women, J Gerontol A Biol Sci Med Sci., 55(8), M429-33, (2000).
- 10) 加齢に伴う心身機能の変化と労働災害リスクに関する研究, 平成 21 年度厚生労働科学研究費補助金 総括・分担研究報告書,

(2010).

11) 近藤敏, 宮前珠子, 石橋陽子, 堤文生, 高齢者における転倒恐怖, 総合リハビリテーション, 27(8), 775-780, (2010).

12) Gibson MJ. Falls in later life. In: Kane RL, ed. Improving the health of older people: A world view. New York: Oxford Univ. press, pp296-315, (1990).

13) 大西明宏, 東郷史治, 石松一真, 年齢, 転倒経験, ステップ幅が連続ステップング動作時の重心動揺に及ぼす影響, D&D2010 予稿集 (CDROM) , (2010).

14) 東京労働局, 高年齢化時代の安全・衛生災害防止のためのガイドライン, <http://www.roudoukyoku.go.jp/roudou/eisei/tokyo/leaflet/pdf/18.pdf>

15) 藤澤宏幸, 武田涼子, 植木章三, 河西俊幸, 高戸仁郎, 島貫秀樹, 本田春彦, 芳賀博, 地域在宅高齢者における最大サイドステップ長と運動能力および転倒との関係, 理学療法学, 32(7), 391-399, (2005).

16) 竹島伸生, ロジャース・マイケル編, 転倒予防のためのバランス運動の理論と実際, pp 21, ナップ, (2010).

17) 山田実, 上原稔章, 易転倒高齢者における短期記憶を含む動作遂行能力, 身体教育医学研究, 10

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

3. 高年齢労働者のうつおよび注意機能と転倒との関係

研究分担者 東郷史治 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究員
研究分担者 大西明宏 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究員
研究分担者 石松一真 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究員

高年齢労働者の転倒の原因一つに、加齢に伴う身体機能、心理機能、認知機能の変化があげられる。そこで本研究では①男性の高年齢者を対象に心理的特性および認知的特性と転倒との関係、②男性および女性の高年齢労働者を対象に心理的特性と転倒との関係、③男性および女性の高年齢者を対象に認知的課題実施時の歩行と転倒との関係、について検討した。その結果、抑うつと注意機能（反応時間）は加齢と関連するとともに、男性高年齢者あるいは男性高年齢労働者では転倒経験あるいは転倒恐怖とも関連することが認められた。また高年齢者では、注意機能を必要とする認知課題実施時では歩行への注意機能の影響が小さくなり、このことが転倒につながる一因かもしれないと考えられた。以上の結果から、男性高年齢者あるいは男性高年齢労働者の転倒リスク評価には抑うつの程度や注意機能の測定・評価を含めることが望ましいと考えられた。

1. はじめに

人口の高齢化に伴い労働者人口に占める55歳以上の高年齢労働者の人数、割合は共に増加している¹⁻⁴⁾。また平成18年には改正高年齢雇用安定法が施行され、事業主は①65歳へ定年引上げ、②継続雇用制度の導入、③定年の廃止のいずれかを講じる義務を負うようになり、高年齢労働者の占める割合は今後更に増加すると推察される。このような背景を踏まえ、高年齢労働者に配慮した作業環境が求められるようになってきた²⁻⁴⁾。とりわけ高年齢労働者に多いと報告されている転倒災害^{2,4)}の予防に向けた技術・設備面を含む作業環境の改善や人的対策としての安全衛生教育が不可欠となる。

高年齢労働者の転倒の原因一つに、加齢に伴う身体機能、心理機能、認知機能の変化があげられる⁵⁾。しかしながら中高年者を対象とした、心理的特性および認知的特性に基づく転倒リスク（評価法）に関する知見につい

ては、報告者らの知る限りでは存在しない。

そこで本研究では①男性の高年齢者を対象に心理的特性および認知的特性と転倒との関係、②男性および女性の高年齢労働者を対象に心理的特性と転倒との関係、③男性および女性の高年齢者を対象に認知的課題実施時の歩行と転倒との関係、について検討した。心理的特性は抑うつの程度、認知的特性は注意機能と関連する反応時間について調べた。また転倒については過去1年間の転倒回数、そして過去あるいは将来的な転倒と関連があると報告されている転倒セルフエフィカシーを調べた。

2. 高年齢者の心理的特性および認知的特性と転倒との関係

2.1. 方法

2.1.1 参加者

(1) 整形外科的罹患歴や慢性腰痛等の身体の痛みを有さない者、(2) 前述の既往歴

として過去1年間に通院あるいは入院歴のない者、という参加基準を満たした若年成人男性11名および高齢男性37名であった。

参加者にはインフォームドコンセントとして文書にて研究内容および実験で起こり得る危険性とその安全対策について、実験者が口頭にて十分に説明し、参加者の同意を得た上で測定を実施した。なお、本研究は独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の承認を得て実施した。

2.1.2 手続き

転倒はGibsonの定義⁶⁾に従い「本人の意思からではなく、地面またはより低い面に身体が倒れること」とし、過去1年間の日常生活時の転倒回数を自己報告により聴取した。また転倒セルフエフィカシーを日本語版 Modified Falls Efficacy Scale (MFES)⁷⁾を用いて測定した。MFESは各種日常生活動作を転倒することなくできるかどうかについて自己評価してもらう指標である。スコアの範囲は0~140点で、スコアが高いほど転倒しないという自信度が高い、あるいは転倒恐怖感が小さいと判定される。

抑うつ程度は日本語版 Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)⁸⁾を用いて測定した。CES-Dは気分に関する20項目について過去1週間の頻度を評価してもらう指標である。スコアの範囲は0~60点で、スコアが高いほど抑うつ程度が高いと判定される。

反応時間の計測には単純反応テストとフランカーテスト (attentional network test)⁹⁾を用いた。単純反応テストでは、パーソナルコンピュータの画面中心に“○”が現れたらできるだけ早くキーボードのキーを押してもらい、その間の時間(反応時間)を測定した。“○”が出現する前には100~2000msのランダムな長さの注視期間を設け、画面の中心に“+”を表示した。4秒ごとに連続20試行実施し、反応時間の中央値を算出した。

フランカーテストでは、パーソナルコンピュータの画面にターゲット(矢印)が現れたら、その向き(右または左)に対応したキーをできるだけ早く押してもらい、その間の時間(反応時間)を測定した。ターゲットの両脇にはターゲットと同じ長さのフランカー(線分(neutral)、同じ向きの矢印(congruent)、反対向きの矢印(incongruent)のいずれか一種類)が左右に2つずつ同時に表示された。ターゲットと4つのフランカーは横一列に等間隔に並べた。これらが出現する前には400~1600msのランダムな長さの注視期間、100msのキュー記号提示期間、再び400msの注視期間を設けた。注視期間中には画面の中心に“+”を表示した。キュー記号提示期間には“*”を表示した。キューの提示方法は、ターゲットの出現位置(画面の中心の約1cm上または下)(spatial cue)、ターゲットの出現可能位置(画面の中心の約1cm上と下)(double cue)、画面の中心(central cue)、提示なし(no cue)、の4種類であった。4秒ごとに連続96試行(3種類のフランカー×2方向×4種類のキュー×4回)を実施し、ターゲットの向きに対応した反応キーを正しく押した試行についてフランカーの種類ごとまたはキューの種類ごとに反応時間の中央値を算出した。またキーを正しく押さなかった試行の回数の割合(エラー率)を算出した。

注意の下位機能として、注意の喚起機能(alerting機能)、注意の定位機能(orienting機能)、実行機能(executive機能)の効果について評価した。alerting機能はno cue条件での反応時間からdouble cue条件での反応時間を減じた値で評価した。orienting機能はcenter cue条件での反応時間からspatial cue条件での反応時間を減じた値で評価した。またexecutive機能はincongruent条件での反応時間からcongruent条件での反応時間を減じた値で評価した。また情報処理時間として、フランカ

ーテストでの反応時間から単純反応テストでの反応時間を減じて算出した。

身体的特性として、筋力（膝伸展力）、静的バランス機能（閉眼片足立ち）、動的バランス機能（ファンクショナルリーチテスト）を測定した。膝伸展力は椅座位で両足の膝関節、足関節を90度屈曲した姿勢でその膝を伸展させたときの最大等尺性筋力を2回測定した（脚筋力測定台 T.K.K. 5710m、竹井機器工業）。閉眼片足立ちでは、両目を閉じてから片足をあげ、あげた足が反対側の足に接触せず、両手が身体に接触しないよう、その姿勢を維持できる時間を2回測定した。ファンクショナルリーチテストでは、両足を肩幅程度に開いて直立し、両腕を肩の高さまで前方に挙上し、足の位置を動かさずにそのまま姿勢をできるだけ前傾させ、その後直立姿勢に戻る動作時での水平方向の移動距離を3回測定した。これらの複数回測定した項目については最も大きい数値を記録した。

2.1.3 統計解析

若年成人と高齢者、転倒セルフエフィカシー満点（転倒恐怖なし）高齢者と非満点（転倒恐怖あり）高齢者の比較には対応のないt検定を用いた。また高齢者での転倒セルフエフィカシースコアまたは抑うつスコアと反応時間、情報処理時間、注意の下位機能、または身体的特性との関連は、Pearsonの積率相関係数またはSpearmanの順位相関係数を算出して検討した。なお有意水準は5%未満とした。

2.2 結果

高齢者群は若年成人群と比較して、転倒セルフエフィカシースコアが有意に（ $P < 0.05$ ）低く、また抑うつスコアが有意に（ $P < 0.05$ ）高かった（表1）。反応時間は、単純反応テストとフランカーテストともに、高齢者群は若年成人群と比較して、有意に（ $P < 0.05$ ）長かった（表1）。また情報処理時間

もキューとフランカーの種類によらず高齢者群の方が若年成人群より有意に（ $P < 0.05$ ）長かった（表1）。一方、エラー率は両群で有意な（ $P < 0.05$ ）差は認められなかった（表1）。注意の下位機能については、executive機能の効果で高齢者群と若年者群の間に有意な（ $P < 0.05$ ）差が認められた（表1）。

身体的特性については、膝伸展力、閉眼片足立ち、ファンクショナルリーチの成績はいずれも高齢者群の方が若年成人群よりも有意に（ $P < 0.05$ ）低かった（表1）。

表1 若年成人と高齢者の転倒、心理的特性、認知的特性、および身体的特性

	若年成人 (n=11)	高齢者 (n=37)
年齢(歳)	23 ± 3	65 ± 2*
身長(cm)	173 ± 5	165 ± 6*
体重(kg)	67 ± 6	65 ± 7
転倒回数	0.0 ± 0.0	0.4 ± 1.0
MFES	140 ± 2	132 ± 16*
CES-D	6 ± 3	9 ± 5*
単純反応テスト(ms)	267 ± 36	345 ± 56*
フランカーテスト		
反応時間(ms)		
no cue (ms)	471 ± 51	762 ± 99*
center cue (ms)	509 ± 54	771 ± 109*
double cue (ms)	475 ± 54	769 ± 100*
double cue (ms)	462 ± 51	770 ± 116*
spatial cue (ms)	437 ± 52	718 ± 98*
neutral (ms)	446 ± 50	694 ± 89*
congruent (ms)	449 ± 46	708 ± 102*
incongruent (ms)	519 ± 60	892 ± 182*
エラー率(%)		
no cue (%)	1.9 ± 2.2	1.2 ± 1.8
center cue (%)	1.1 ± 2.7	1.7 ± 3.8
double cue (%)	1.9 ± 3.4	1.2 ± 3.1
double cue (%)	2.3 ± 2.9	1.3 ± 2.4
spatial cue (%)	2.3 ± 3.4	0.6 ± 2.3*
neutral (%)	0.9 ± 2.0	0.7 ± 1.5
congruent (%)	0.6 ± 1.3	0.5 ± 1.4
incongruent (%)	4.3 ± 6.0	2.3 ± 4.4
情報処理時間(ms)		
no cue (ms)	204 ± 49	416 ± 107*
center cue (ms)	242 ± 51	426 ± 122*
center cue (ms)	208 ± 51	423 ± 103*
double cue (ms)	195 ± 49	425 ± 120*
spatial cue (ms)	170 ± 52	373 ± 106*
neutral (ms)	179 ± 48	348 ± 101*
congruent (ms)	182 ± 40	362 ± 107*
incongruent (ms)	252 ± 60	546 ± 178*
alerting機能	47 ± 21	2 ± 48*
orienting機能	38 ± 15	51 ± 40
executive機能	70 ± 25	184 ± 142*
膝伸展力(kg)	100 ± 22	66 ± 12*
閉眼片足立ち(秒)	126 ± 96	14 ± 14*
ファンクショナルリーチ(cm)	44 ± 6	31 ± 6*

値は平均値±標準偏差。*若年成人群と比較して有意（ $P < 0.05$ ）に異なる。MFES, Modified Falls Efficacy Scale; CES-D, Center for Epidemiologic Studies Depression Scale.

転倒恐怖なし高齢者群と転倒恐怖あり高齢者群の各測定項目の数値を表2に示

す。転倒恐怖なし高年齢者は 19 名、転倒恐怖あり高年齢者は 18 名であった。転倒恐怖あり高年齢者群は、恐怖なし群と比較して、抑うつスコアの有意な増加、フランカーテストのすべてのキュー条件での反応時間および center cue 条件と double cue 条件での情報処理時間の有意な ($P < 0.05$) 延長、閉眼片足立ち時間の有意な ($P < 0.05$) 短縮が認められた (表 2)。

表 2 転倒恐怖なし高年齢者と転倒恐怖あり高年齢者の転倒、心理的特性、認知的特性、および身体的特性

	転倒恐怖なし高年齢者 (n=19)	転倒恐怖あり高年齢者 (n=18)
年齢(歳)	64 ± 2	65 ± 3
身長(cm)	165 ± 6	164 ± 5
体重(kg)	66 ± 8	64 ± 7
転倒回数	0.4 ± 0.6	0.4 ± 1.2
MFES	140 ± 0	123 ± 19*
CES-D	6 ± 4	12 ± 5*
単純反応テスト フランカーテスト	345 ± 39	345 ± 71
反応時間 (ms)		
no cue (ms)	735 ± 95	789 ± 99*
center cue (ms)	743 ± 101	801 ± 113*
double cue (ms)	738 ± 89	801 ± 102*
spatial cue (ms)	737 ± 109	804 ± 116*
neutral (ms)	691 ± 102	746 ± 86*
congruent (ms)	674 ± 79	714 ± 97
incongruent (ms)	683 ± 101	734 ± 99
エラー率 (%)		
no cue (%)	1.4 ± 1.9	1.0 ± 1.6
center cue (%)	2.3 ± 4.8	1.0 ± 2.3
double cue (%)	0.9 ± 1.8	1.5 ± 4.2
spatial cue (%)	1.6 ± 2.5	1.0 ± 2.3
neutral (%)	0.7 ± 2.9	0.5 ± 1.4
congruent (%)	0.7 ± 1.7	0.7 ± 1.4
incongruent (%)	0.7 ± 1.7	0.4 ± 1.0
情報処理時間 (ms)		
no cue (ms)	2.8 ± 4.5	1.8 ± 4.3
center cue (ms)	388 ± 94	444 ± 115
double cue (ms)	398 ± 99	456 ± 139
spatial cue (ms)	393 ± 87	455 ± 111*
neutral (ms)	392 ± 105	459 ± 127*
congruent (ms)	346 ± 98	401 ± 109
incongruent (ms)	329 ± 77	369 ± 120
alerting機能	338 ± 94	388 ± 116
orienting機能	519 ± 199	575 ± 152
executive機能	6 ± 42	-3 ± 54
腕伸屈力(kg)	47 ± 38	55 ± 42
閉眼片足立ち(秒)	181 ± 162	187 ± 122
ファンクショナルリーチ(cm)	66 ± 14	66 ± 11
	19 ± 17	8 ± 7*
	32 ± 6	30 ± 6

値は平均値 ± 標準偏差。*転倒恐怖なし群と比較して有意 ($P < 0.05$) に異なる。

さらに高年齢者では、転倒セルフエフィカシースコアまたは抑うつスコアはフランカーテストでのいくつかの条件での反応時間、または情報処理時間と有意な ($P < 0.05$) 負または正の関係がそれぞれ認められた (表 3)。また転倒セルフエフィカシースコアは

alerting 機能の効果、閉眼片足立ちの成績とも有意な ($P < 0.05$) 関連性が認められた (表 3)。そして転倒セルフエフィカシースコアと抑うつスコアとの間にも有意な ($P < 0.05$) 負の相関が認められた (表 3)。

表 3 高年齢者の転倒恐怖または抑うつと心認知的特性または身体的特性との関係

	MFES		CES-D	
	Pearson	Spearman	Pearson	Spearman
年齢	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
CES-D	-0.288	-0.456	-	-
単純反応テスト フランカーテスト	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
反応時間				
no cue	-0.276	-0.319	0.329	0.327
center cue	-0.362	-0.319	0.335	0.309
double cue	-0.299	-0.328	0.293	0.316
spatial cue	n. s.	-0.295	0.346	0.378
neutral	n. s.	-0.303	0.294	0.284
congruent	-0.352	-0.279	0.298	n. s.
incongruent	n. s.	-0.280	n. s.	n. s.
情報処理時間				
no cue	n. s.	-0.294	n. s.	0.375
center cue	-0.322	-0.401	0.321	0.294
double cue	-0.377	-0.385	0.305	n. s.
spatial cue	-0.352	-0.417	0.290	n. s.
neutral	n. s.	-0.411	0.341	0.359
congruent	-0.293	-0.393	0.277	n. s.
incongruent	-0.375	-0.367	n. s.	n. s.
alerting機能	-0.298	-0.336	n. s.	n. s.
orienting機能	n. s.	-0.343	0.278	0.376
executive機能	-0.293	n. s.	n. s.	n. s.
腕伸屈力	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
閉眼片足立ち	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
ファンクショナルリーチ	n. s.	0.378	n. s.	n. s.

値は Pearson の積率相関係数または Spearman の順位相関係数 ($P < 0.05$)。n. s., $P > 0.05$ 。

2.3 考察

本研究では抑うつ、反応時間、情報処理時間、注意の下位機能について加齢および転倒との関係を検討した。その結果、いずれの指標についても男性高年齢者と男性若年成人の間には有意な ($P < 0.05$) 差が認められた。また高年齢者群では転倒セルフエフィカシースコアが高い、すなわち転倒恐怖が小さい抑うつスコアが低い、一部の条件の反応時間および情報処理時間が短い、alerting 機能の影響が小さいことが認められた。したがって抑うつレベルの増大、あるいは情報処理機能や注意機能の一部の低下は、加齢、さらには高年齢者の転倒恐怖の増大と関連することが示唆された。情報処理機能や注意機能の低下にともなう反応時間の延長は、例えば急な環境変化への対応の遅れに起因する転倒の

発生頻度を増加させるかもしれない。また抑うつ症状の増大は、情報処理機能や注意機能の低下を介して転倒を引き起こす可能性があると考えられた。

3. 高年齢労働者の心理的特性と転倒との関係

3.1. 方法

3.1.1 参加者

(1) 整形外科的罹患歴や慢性腰痛等の身体の痛みを有さない者、(2) 前述の既往歴として過去1年間に通院あるいは入院歴のない者、という参加基準を満たしたビルメンテナンス業に従事する高年齢男性 55 名および女性 41 名であった。

参加者にはインフォームドコンセントとして文書にて研究内容および実験で起こり得る危険性とその安全対策について、実験者が口頭にて十分に説明し、参加者の同意を得た上で測定を実施した。なお、本研究は独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の承認を得て実施した。

3.1.2 手続き

転倒は Gibson の定義⁶⁾に従い「本人の意思からではなく、地面またはより低い面に身体が倒れること」とし、過去1年間の日常生活時の転倒回数を自己報告により聴取した。また転倒セルフエフィカシーを日本語版 Modified Falls Efficacy Scale (MFES)⁷⁾を用いて測定した。抑うつ程度は日本語版 Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)⁸⁾を用いて測定した。

また、身体的特性として、筋力(膝伸展力)、静的バランス機能(閉眼片足立ち)、動的バランス機能(ファンクショナルリーチテスト)を測定した。膝伸展力は椅座位で両足の膝関節、足関節を 90 度屈曲した姿勢でその膝を伸展させたときの最大等尺性筋力を 2 回測定した(脚筋力測定台 T. K. K. 5710m、竹

井機器工業)。閉眼片足立ちでは、両目を閉じてから片足をあげ、あげた足が反対側の足に接触せず、両手が身体に接触しないよう、その姿勢を維持できる時間を 2 回測定した。ファンクショナルリーチテストでは、両足を肩幅程度に開いて直立し、両腕を肩の高さまで前方に挙上し、足の位置を動かさずにそのまま姿勢をできるだけ前傾させ、その後直立姿勢に戻る動作時での水平方向の移動距離を 3 回測定した。これらの複数回測定した項目については、最も大きい数値を記録した。

3.1.3 統計解析

転倒経験なし高年齢者と転倒経験あり高年齢者の比較には対応のない t 検定を用いた。有意水準は 5%未満とした。

3.2 結果

過去1年間に転倒経験を有する高年齢労働者は 18 名(男性 7 名、女性 11 名)であった。対象者全体について転倒経験なし群と転倒経験あり群で比較すると、転倒経験あり群のほうが、転倒セルフエフィカシースコア、膝伸展力、ファンクショナルリーチの成績は有意に($P < 0.05$)低く、抑うつスコアは有意に($P < 0.05$)高かった(表 4)。男性のみで転倒経験なし群と転倒経験あり群を比較した場合、転倒経験あり群のほうが、転倒セルフエフィカシースコアが有意に($P < 0.05$)低く、抑うつスコアが有意に($P < 0.05$)高かった(表 5)。一方、女性のみで比較した場合では、転倒経験あり群の閉眼片足立ちの成績が有意に($P < 0.05$)低下していた(表 6)。

3.3 考察

本研究の結果より、高年齢労働者の転倒経験は、男性では転倒セルフエフィカシースコアの低下、抑うつスコアの増大(表 5)、女性では閉眼片足立ちの成績の低下(表 6)と関連することが示唆された。すなわち、転倒経験と関連する心理特性、身体的特性は性差が

あることが示唆された。転倒経験がない女性の抑うつスコアは男性と比較して高い傾向があること（表5, 6）、一方閉眼片足立ちの成績は低い傾向にあること（表5, 6）から、女性では閉眼片足立ちの成績が抑うつスコアと比較して相対的に転倒との関連が大きい可能性があると考えられた。対象者全体での結果では、脚伸展力あるいはファンクショナルリーチの成績と転倒経験の有無との間に関連が認められた（表4）が、これは女性のほうが転倒経験者の割合が多く、また脚伸展力とファンクショナルリーチの成績は男性と比較して女性の方が低い傾向にあることによるものと考えられた。

表4 全対象者での転倒経験の有無と心理的特性および身体的特性

	転倒経験なし高年齢者 (n=78)	転倒経験あり高年齢者 (n=18)
年齢(歳)	60 ± 5	59 ± 5
身長(cm)	162 ± 9	160 ± 9
体重(kg)	61 ± 12	61 ± 11
転倒回数	0 ± 0	3 ± 3*
MFES	135 ± 18	126 ± 23*
CES-D	6 ± 5	9 ± 5*
脚伸展力(kg)	48 ± 30	34 ± 35*
閉眼片足立ち(秒)	27 ± 108	13 ± 26
ファンクショナルリーチ(cm)	28 ± 14	20 ± 17*

値は平均値±標準偏差。*転倒経験なし群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

表5 男性での転倒経験の有無と心理的特性および身体的特性

	転倒経験なし高年齢者 (n=48)	転倒経験あり高年齢者 (n=7)
年齢(歳)	59 ± 5	57 ± 3
身長(cm)	168 ± 7	169 ± 3
体重(kg)	66 ± 10	66 ± 11
転倒回数	0 ± 0	3 ± 2*
MFES	138 ± 10	123 ± 23*
CES-D	5 ± 5	9 ± 5*
脚伸展力(kg)	60 ± 30	55 ± 43
閉眼片足立ち(秒)	38 ± 137	27 ± 38
ファンクショナルリーチ(cm)	30 ± 14	24 ± 17

値は平均値±標準偏差。*転倒経験なし群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

以上より、高年齢労働者では、心理特性、身体的特性と転倒との関連には性差があることが示唆された。すなわち本研究で検討した心理特性と身体的特性のうち、男性では抑うつ症状、女性では静的バランス機能が転倒

と関連する主な要因であると考えられた。したがって高年齢者の転倒リスク評価法を作成する際には性差を考慮する必要があると考えられた。

表6 女性での転倒経験の有無と心理的特性および身体的特性

	転倒経験なし高年齢者 (n=30)	転倒経験あり高年齢者 (n=11)
年齢(歳)	61 ± 5	60 ± 5
身長(cm)	154 ± 7	155 ± 8
体重(kg)	52 ± 9	57 ± 10
転倒回数	0 ± 0	3 ± 3*
MFES	132 ± 25	127 ± 23
CES-D	7 ± 5	8 ± 5
脚伸展力(kg)	30 ± 19	21 ± 22
閉眼片足立ち(秒)	11 ± 14	5 ± 6*
ファンクショナルリーチ(cm)	24 ± 14	18 ± 18

値は平均値±標準偏差。*転倒経験なし群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

4. 高年齢者の認知的課題実施時での歩行特性と転倒との関係

4.1. 方法

4.1.1 参加者

(1) 整形外科的罹患歴や慢性腰痛等の身体の痛みを有さない者、(2) 前述の既往歴として過去1年間に通院あるいは入院歴のない者、という参加基準を満たした若年成人16名(男性8名、女性8名)と高年齢者12名(男性6名、女性6名)であった。

参加者にはインフォームドコンセントとして文書にて研究内容および実験で起こり得る危険性とその安全対策について、実験者が口頭にて十分に説明し、参加者の同意を得た上で測定を実施した。なお、本研究は独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の承認を得て実施した。

4.1.2 手続き

転倒はGibsonの定義⁶⁾に従い「本人の意思からではなく、地面またはより低い面に身体が倒れること」とし、過去1年間の日常生活時の転倒回数を自己報告により聴取した。また転倒セルフエフィカシーを日本語版Modified Falls Efficacy Scale (MFES)⁷⁾

を用いて測定した。抑うつ程度は日本語版 Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)⁸⁾を用いて測定した。

認知課題を実施しながら、普段の生活時での移動時の歩行速度でトレッドミル上を約20分間歩行(二重課題)したときの歩行特性を調べた。歩行時の認知課題は、持続的注意課題(sustained attention to response test: SART)、単純反応テスト、フランカーテスト(attentional network test)⁹⁾を用いた。各参加者は、1回目の測定時に認知課題なし(コントロール)、刺激提示間隔が短いSART(short条件)の二重課題、刺激提示間隔が長いSART(long条件)の二重課題の3つを、別な日の2回目の測定時に単純反応テスト(simple)の二重課題とフランカーテスト(ant)の二重課題の2つをそれぞれランダムな順序で実施した。なお課題の間には20分以上の休憩時間を設けた。

左右の足首に小型の無線式3軸加速度計(MVP-RF8, MicroStone)をゴムバンドで装着し、加速度信号を200Hzでパーソナルコンピュータに記録した。体軸(垂直)方向の加速度信号の変化から踵接地時のタイミングを検出し、その時間(ストライド時間)間隔を左右ごとに算出した。ストライド時間時系列データについて、平均値、変動係数、フラクタル特性を算出した。フラクタル特性はdetrended fluctuation analysis(DFA)を用いて、3次のトレンドを取り除いた後、データ長(n) - 変動の大きさ(F(n))の2次元平面に両対数軸で表示(n^{α} プロット)した際の傾き(α :スケーリング指数)を回帰直線(データ長10点から100点)によって算出した。なおいずれの数値も左右で差が認められなかったため、右脚のストライド時間時系列データについて解析した。

持続的注意課題(SART)では、黒色画面上に提示される1から9の白色数字(symbol font)に対して、3以外の数字が提示された

場合は、右手に持ったボタンをできるだけ早く押しもらった。数字は250ms提示され、その後×を丸で囲んだマスク画面が提示された。マスク画面の提示時間はshort条件では900ms、long条件では3750msであった。数字の提示順序はランダムで、1ブロックにつき225回(9種類×サイズ5種類×5回)数字を提示した。複数ブロックを連続して実施し、20分の二重課題を20分実施した時点で終了した(short条件は5ブロック目の途中、long条件は2ブロック目の途中)。

単純反応テストでは、パーソナルコンピュータの画面中心に“○”が現れたら右手に持ったボタンをできるだけ早く押しもらった。“○”が出現する前には100~2000msのランダムな長さの注視期間を設け、画面の中心に“+”を表示した。4秒ごとに連続288試行実施した。フランカーテストでは、パーソナルコンピュータの画面にターゲット(矢印)が現れたら、その向き(右または左)に対応したボタン(それぞれ右手または左手)をできるだけ早く押しもらった。ターゲットの両脇にはターゲットと同じ長さのフランカー(線分(neutral)、同じ向きの矢印(congruent)、反対向きの矢印(incongruent)のいずれか一種類)が左右に2つずつ同時に表示された。ターゲットと4つのフランカーは横一列に等間隔に並べた。これらが出現する前には400~1600msのランダムな長さの注視期間、100msのキュー記号提示期間、再び400msの注視期間を設けた。注視期間中には画面の中心に“+”を表示した。キュー記号提示期間には“*”を表示した。キューの提示方法は、ターゲットの出現位置(画面の中心の約1cm上または下)(spatial cue)、ターゲットの出現可能位置(画面の中心の約1cm上と下)(double cue)、画面の中心(central cue)、提示なし(no cue)、の4種類であった。4秒ごとに連続288試行3種類のフランカー×2方向×4種類のキュー×4回×3セット)実施した。また立位

で、単純反応テスト (20 試行) とフランカーテスト (96 試行) を実施し、それぞれの反応時間の中央値とエラー率を算出した。

4.1.3 統計解析

若年成人と高齢者、転倒セルフエフィカシー満点高齢者と非満点高齢者の比較には対応のない t 検定または繰り返しのある分散分析を用いた。多重比較には Bonferroni 法を用いた。有意水準は 5%未満とした。

表 7 若年成人と高齢者の心理的および認知的特性

	若年成人 (n=16)	高齢者 (n=12)
年齢(歳)	22 ± 2	54 ± 8*
身長(cm)	164 ± 11	163 ± 7
体重(kg)	55 ± 10	65 ± 8*
転倒回数	1.8 ± 2.3	0.1 ± 0.3*
MFES	135 ± 7	139 ± 2*
CES-D	12 ± 7	9 ± 6
単純反応テスト(ms)	376 ± 42	436 ± 82*
フランカーテスト		
反応時間(ms)		
no cue (ms)	498 ± 48	593 ± 103*
center cue (ms)	539 ± 51	619 ± 95*
double cue (ms)	505 ± 49	606 ± 98*
double cue (ms)	496 ± 60	595 ± 106*
spatial cue (ms)	451 ± 45	553 ± 117*
neutral (ms)	470 ± 42	558 ± 93*
congruent (ms)	481 ± 53	560 ± 103*
incongruent (ms)	544 ± 55	664 ± 119*
エラー率(%)		
no cue (%)	2.1 ± 1.3	2.2 ± 2.1
center cue (%)	2.1 ± 1.3	2.2 ± 2.1
center cue (%)	1.0 ± 1.9	2.1 ± 3.1
double cue (%)	1.2 ± 2.5	0.8 ± 1.4
spatial cue (%)	4.3 ± 3.4	3.6 ± 5.0
neutral (%)	1.0 ± 1.9	2.1 ± 3.1
congruent (%)	1.2 ± 2.5	0.8 ± 1.4
incongruent (%)	4.3 ± 3.4	3.6 ± 5.0
情報処理時間(ms)		
no cue (ms)	122 ± 51	157 ± 68
center cue (ms)	163 ± 47	183 ± 64
center cue (ms)	129 ± 52	170 ± 69*
double cue (ms)	119 ± 63	160 ± 66
spatial cue (ms)	75 ± 52	118 ± 82
neutral (ms)	94 ± 48	122 ± 63
congruent (ms)	105 ± 54	125 ± 68
incongruent (ms)	168 ± 56	228 ± 85*
alerting機能	43 ± 39	23 ± 24
orienting機能	53 ± 31	52 ± 36
executive機能	63 ± 29	103 ± 54*

値は平均値±標準偏差。*若年成人群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

4.2 結果

若年成人群と高齢者群の身体特性、転倒セルフエフィカシースコア、抑うつスコア、単純反応テストでの反応時間、フランカーテストでの反応時間、エラー率、情報処理時間、下位の注意機能の効果を表 7 に示す。単純反応テストとフランカーテストでの反応時間、center cue 条件と incongruent 条件での情報

処理時間は高齢者群の方が有意に(P < 0.05)延長していた(表 7)。また executive 機能の効果も有意に大きかった。一方、転倒回数と転倒セルフエフィカシースコアは高齢者群の方がそれぞれ有意に(P < 0.05)多い、低いとの結果であった(表 7)。

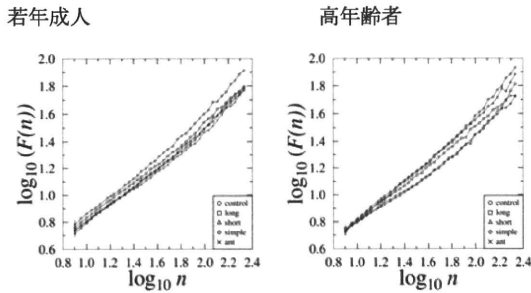
表 8 若年成人と高齢者の歩行特性

	若年成人 (n=16)	高齢者 (n=12)
歩行速度(m/時)	3.7 ± 0.3	4.0 ± 0.4
	ストライド時間時系列データ	
平均時間(ms)		
コントロール	1129 ± 61	1092 ± 73
SART short	1123 ± 66	1087 ± 94
SART long	1129 ± 58	1069 ± 67
単純反応テスト	1129 ± 59	1059 ± 64
フランカーテスト	1131 ± 56	1065 ± 69
変動係数		
コントロール	1.79 ± 0.48	1.74 ± 0.32
SART short	1.55 ± 0.49	2.04 ± 0.51*
SART long	1.57 ± 0.39	1.76 ± 0.55
単純反応テスト	1.50 ± 0.38	1.59 ± 0.38§
フランカーテスト	1.44 ± 0.37#	1.59 ± 0.52§

値は平均値±標準偏差。*若年成人群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。#コントロールと比較して有意(P < 0.05)に異なる。§sustained attention to response test (SART) short と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

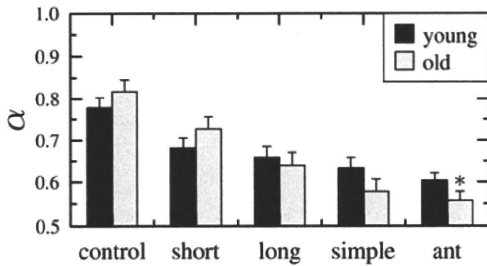
二重課題時でのストライド時間時系列データの特性については、すべての条件で平均時間は両群の間に有意な差は認められなかった(表 8)が、short 条件では変動係数が高齢者群の方が有意に(P < 0.05)大きかった(表 8)。また変動係数は、若年成人ではコントロール時と比較してフランカーテスト実施時では有意に(P < 0.05)低下した(表 8)。一方、高齢者群では short 条件での変動係数が、単純反応時間テストおよびフランカーテスト実施時のものより有意に(P < 0.05)大きかった(表 8)。スケーリング指数はフランカーテスト実施時で、高齢者群の方が有意に(P < 0.05)小さかった(図 1、2)。また、両群ともにコントロール時の指数と比較してフランカーテスト実施時の指数は有意に(P < 0.05)小さかった(図 1、2)。

図1 ストライド時間時系列データのフラクタル特性



値は平均値±標準誤差。標準誤差はすべてのポイントでほぼ同じ値のためnが最小のデータについてのみ表示した。

図2 若年成人(young)と高齢者(old)のストライド時間時系列データのスケール指数



値は平均値±標準誤差。*若年成人群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。young: con > short, long, simple, ant; short > ant; old: con, short > long > simple, ant。

高齢者転倒恐怖なし群と高齢者転倒恐怖あり群の身体特性、転倒セルフエフィカシースコア、抑うつスコア、単純反応テストでの反応時間、フランカーテストでの反応時間、エラー率、情報処理時間、下位の注意機能効果を表9に示す。単純反応テストとフランカーテストでの反応時間は転倒恐怖あり群の方が遅かったものの有意な差は認められなかった(表9)。また転倒セルフエフィカシースコアを除くその他の項目についても両群で有意な差は認められなかった(表9)。二重課題時でのストライド時間時系列データの特性については、すべての条件で平均時間と変動係数は両群の間に有意な差は

認められなかった(表9)が、スケール指数はフランカーテスト実施時で、高齢者転倒恐怖あり群の方が有意に(P < 0.05)小さかった(図3)。また、両群ともにコントロール時の指数と比較してフランカーテスト実施時の指数は有意に(P < 0.05)小さかった(図3)。

表9 転倒恐怖なし高齢者と転倒恐怖あり高齢者の心理的および認知的特性

	転倒恐怖なし高齢者 (n=7)	転倒恐怖あり高齢者 (n=5)
年齢(歳)	54±9	54±7
男性人数(%)	43	60
身長(cm)	162±4	164±10
体重(kg)	63±5	67±11
転倒回数	0.1±0.4	0.0±0.0
MFES	140±0	138±2*
CES-D	8±5	10±7
単純反応テスト	411±62	470±101
フランカーテスト		
反応時間(ms)	573±57	621±150
no cue (ms)	604±62	639±135
center cue (ms)	586±48	633±146
double cue (ms)	572±60	628±153
spatial cue (ms)	530±71	586±166
neutral (ms)	539±56	583±133
congruent (ms)	530±51	602±147
incongruent (ms)	652±69	679±176
エラー率(%)	2.1±2.0	2.3±2.4
no cue (%)	2.1±2.0	2.3±2.4
center cue (%)	1.8±2.5	2.5±4.1
double cue (%)	0.4±1.2	1.3±1.7
spatial cue (%)	4.0±6.2	3.1±3.1
neutral (%)	1.8±2.5	2.5±4.1
congruent (%)	0.4±1.2	1.3±1.7
incongruent (%)	4.0±6.2	3.1±3.1
情報処理時間(ms)	162±66	151±79
no cue (ms)	193±69	169±62
center cue (ms)	175±70	163±75
double cue (ms)	161±58	158±84
spatial cue (ms)	119±78	116±97
neutral (ms)	128±68	113±63
congruent (ms)	119±56	133±89
incongruent (ms)	241±79	209±98
alerting機能	122±43	77±63
orienting機能	32±17	11±28
executive機能	56±42	47±29

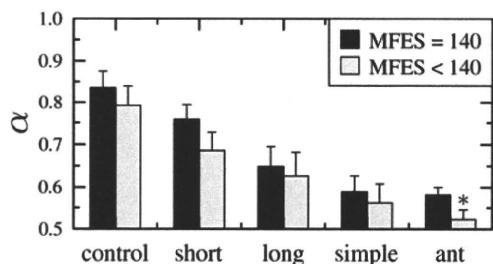
値は平均値±標準偏差またはパーセンテージ。*転倒恐怖なし群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

表10 若年成人と高齢者の歩行特性

	転倒恐怖なし高齢者 (n=7)	転倒恐怖あり高齢者 (n=5)
歩行速度(m/時)	3.9±0.4	4.0±0.4
ストライド時間時系列データ		
平均時間(ms)		
コントロール	1107±66	1072±85
SART short	1118±80	1043±103
SART long	1086±59	1045±77
単純反応テスト	1064±74\$	1051±53
フランカーテスト	1077±77	1048±59
変動係数		
コントロール	1.63±0.30\$	1.90±0.30
SART short	2.18±0.62	1.85±0.23
SART long	1.85±0.55	1.63±0.59
単純反応テスト	1.48±0.34	1.74±0.42
フランカーテスト	1.59±0.53\$	1.60±0.57

値は平均値±標準偏差。\$SART short と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

図3 転倒恐怖なし高齢者(MFES=140)と転倒恐怖あり高齢者(MFES<140)のストライド時間時系列データのスケール指数



値は平均値±標準誤差。*転倒恐怖なし群と比較して有意($P < 0.05$)に異なる。MFES=140: con, short > long, simple > ant; MFES < 140: con, short > long, simple > ant; short > s, ant.

4.3 考察

高齢者群、若年成人群ともにフラカーテスト実施時でのストライド時間時系列データの変動係数が認知課題を実施しないときのものと比較して有意に($P < 0.05$)低下した(表9)。また高齢者群のフランカーテスト実施時でのストライド時間時系列データのスケール指数は若年成人群のものと比較して有意に($P < 0.05$)小さかった(図1、2)。フランカーテストは主に実行機能を必要とする課題であることから、これらの結果から、歩行リズムには実行機能が関与するとともに、二重課題実施時での歩行への実行機能の関与が高齢者群では若年成人群と比較して小さくなる可能性があることが示唆された。また高齢者群でのフランカーテスト実施時でストライド時間時系列データのスケール指数は転倒恐怖あり群の方が転倒恐怖なし群と比較して有意に($P < 0.05$)小さかった(図3)ことから、二重課題実施時での歩行リズム特性は転倒とも関連する可能性があることが示唆された。転倒恐怖あり群では、二重課題実施時では実行機能による歩行リズムへの影響が小さくなり、このことは上位中枢による歩行制御への関与が小さい状況が転倒と関連する可能性があることを示唆していると推測された。

5. まとめ

抑うつと注意機能(反応時間)は加齢と関連するとともに、男性高齢者あるいは男性高齢労働者では転倒経験あるいは転倒恐怖とも関連することが認められた。また高齢者では、注意機能を必要とする認知課題実施時では歩行への注意機能の影響が小さくなり、このことが転倒につながる一因かもしれないと考えられた。以上の結果から、男性高齢者あるいは男性高齢労働者の転倒リスク評価には抑うつの程度や注意機能の測定・評価を含めることが望ましいと考えられた。

参考文献

- 1) 独立行政法人高齢・障害者雇用支援機構、高齢社会統計要覧2009, pp72-73, (2009).
- 2) 酒井一博, 高齢労働者の現状と安全衛生対策の基本的な考え方, 安全と健康, 10(11), 1057-1060, (2009).
- 3) 中央労働災害防止協会編, 安全の指標平成21年度, pp79-82, (2010).
- 4) 永田久雄, 第11次労働災害防止計画と数値目標の意義, 労働科学, 84(4), 151-157, (2008).
- 5) 村田伸, 津田彰, 稲谷ふみ枝, 田中芳之, 在宅高齢者の転倒に及ぼす身体及び認知的要因, 理学療法学, 32(2), 88-95, (2005).
- 6) Gibson MJ. Falls in later life. In: Kane RL, ed. Improving the health of older people: A world view. New York: Oxford Univ. press, pp296-315, (1990).
- 7) 近藤敏, 宮前珠子, 石橋陽子, 堤文生. 高齢者における転倒恐怖, 総合リハビリテーション, 27, 775-780, (1999).
- 8) 島悟, 鹿野達男, 北村俊則, 浅井昌弘. 新しい抑うつ性自己評価尺度について, 精神医学, 27, 717-723, (1985).
- 9) Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks, J Cogn Neurosci, 14, 340-347, (2002).

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総合研究報告書

4. 高齢労働者の注意・遂行機能と転倒との関係

研究分担者 石松一真 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究員
研究分担者 東郷史治 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究員
研究分担者 大西明宏 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究員

本研究では、高齢者の転倒リスクと認知機能との関係を明らかにすることを目的とし、1. 高齢者のワーキングメモリと転倒回避動作との関係、2. 高齢労働者のワーキングメモリと転倒経験との関係、3. 認知課題遂行時の高齢労働者の歩行特性と転倒との関係、について検討した。結果、高齢者のワーキングメモリと転倒との関連が示唆され、ワーキングメモリ（WAIS-III の Digit Span の評価点）が低い高齢者は転倒回避動作の正確さが低下すること、過去1年に転倒経験を有する高齢労働者は転倒経験のない高齢労働者に比べて、Digit Span の評価点やファンクショナルリーチテストのスコアが有意に低いこと、などが明らかとなった。以上の結果から、高齢労働者の転倒リスク評価には身体機能に加えて、注意・遂行機能（ワーキングメモリ）の測定・評価を含めることが望ましいと考えられた。

1. はじめに

人口の高齢化に伴い労働者人口に占める55歳以上の高齢労働者の人数、割合は共に増加している^{1,4)}。また平成18年には改正高齢者雇用安定法が施行され、事業主は①65歳へ定年引上げ、②継続雇用制度の導入、③定年の廃止のいずれかを講じる義務を負うようになり、高齢労働者の占める割合は今後更に増加すると推察される。このような背景を踏まえ、高齢労働者に配慮した作業環境が求められるようになってきた^{2,4)}。とりわけ高齢労働者に多いと報告されている転倒災害^{2,4,6)}の予防に向けた技術・設備面を含む作業環境の改善や人的対策としての安全衛生教育が不可欠となる。

例えば、本邦のビルメンテナンス業における労働災害に占める50歳以上の割合は76.8%（50-59歳：21.5%、60歳以上：55.3%）である⁶⁾。また転倒はビルメンテナンス業における労働災害の主要原因であり（2008年

42.2%）、転倒災害は労働災害の35%以上を占めている（2004 - 2008年の平均：37.4%）。

転倒は老年期の自立を妨げる大きな問題のひとつであり、その原因として加齢に伴う身体機能や認知機能の低下があげられる。特に近年は、高次認知機能と転倒リスクとの関係が注目されている。また労働安全衛生研究分野においては、50歳以上の労働者数の増加を含めた人口動態の変化に伴い、高齢労働者の転倒リスクを簡易にかつ効率的に評価することは、重要な課題の一つとなってきた^{16,17)}。しかしながら中高年者を対象とした認知的特性に基づく転倒リスク（評価法）に関する知見については、報告者らの知る限りでは存在しない。

そこで本研究では、将来的な労働安全衛生分野への貢献を念頭に、高齢者の転倒リスクと認知機能との関係を明らかにすることを目的とし、1. 高齢者のワーキングメモリと転倒回避動作との関係、2. 高齢労働者

のワーキングメモリと転倒経験との関係、3. 認知課題遂行時の高齢労働者の歩行特性と転倒との関係、について検討した。

2. 高齢者のワーキングメモリと転倒回避動作との関係

2.1. 目的

老年期の自立を妨げる大きな問題のひとつである転倒の原因として、加齢に伴う身体機能や認知機能の低下があげられる。本研究では、高齢者の転倒リスクと認知機能との関係を明らかにすることを目的とし、転倒しそうになったときの回避方略のひとつである急ぎステップ動作⁷⁾とワーキングメモリ¹⁵⁾との関係について検討した。ワーキングメモリとは、目的に応じた行動を選択するために重要な役割を担っており、ワーキングメモリの中央実行系は、容量限界をもった注意システムである。急ぎステップ動作の評価には、女性高齢者において転倒との関連が示唆されている Rapid Step Test (RST) を改変した急ぎステップ課題を、ワーキングメモリの評価にはウェクスラー知能検査の下位検査である「数唱」を用いた。

2.2. 方法

2.2.1 参加者

(1) 整形外科的罹患歴や慢性腰痛等の身体の痛みを有さない者、(2) 前述の既往歴として過去1年間に通院あるいは入院歴のない者、という参加基準を満たした若年成人男性11名(平均年齢23.2歳)および高齢男性28名(平均年齢64.5歳)であった。

参加者にはインフォームドコンセントとして文書にて研究内容および実験で起こり得る危険性とその安全対策について、実験者が口頭にて十分に説明し、参加者の同意を得た上で測定を実施した。なお、本研究は独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の承認を得て実施した。

2.2.2 手続き

参加者は2つのセッションを遂行した。身体機能及び神経心理学的評価を初日に、急ぎステップ課題を二日目に実施した。

身体機能評価

閉眼片足立ち(UPST)、ファンクショナルリーチテスト(FRT)、膝伸展力(KES)を測定した。膝伸展力は椅座位で両足の膝関節、足関節を90度屈曲した姿勢でその膝を伸展させたときの最大等尺性筋力を2回測定した(脚筋力測定台 T.K.K.5710m, 竹井機器工業)。閉眼片足立ちでは、両目を閉じてから片足をあげ、あげた足が反対側の足に接触せず、両手が身体に接触しないよう、その姿勢を維持できる時間を2回測定した。ファンクショナルリーチテストでは、両足を肩幅程度に開いて直立し、両腕を肩の高さまで前方に挙上し、足の位置を動かさずにそのまま姿勢をできるだけ前傾させ、その後直立姿勢に戻る動作時での水平方向の移動距離を3回測定した。これらの複数回測定した項目については、最も大きい数値を記録した。

神経心理学的評価

日本版 Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition (WAIS-III)⁸⁾の下位検査から符号(DSC)、数唱(Digit Span)を実施し、認知機能[視覚-運動協応(情報処理速度)や記憶(ワーキングメモリ)]を調べた。符合は一桁の数字と対になった記号を書き写す課題である。参加者は鉛筆を用いて制限時間120秒で数字に対応する記号をできるだけ早く正確に書き写すことが求められ、書き写した個数(素点)と年齢の要因を考慮に入れた評価点を算出した⁸⁾。数唱は別々に実施される順唱と逆唱の2つの課題から構成され、ともに実験者が一桁の数字(順唱:2個から最大9個まで、逆唱:2個から最大8個まで)を1秒間隔で連続して参加者に読み上げた。順唱では参加者は提示された数字と同じ順番で、逆唱では逆の順番で数字を復唱することが要求された。正確に復唱できた数字の個

数（素点）と年齢を考慮に入れた評価点⁸⁾、を算出した。

また、転倒セルフエフィカシーを日本語版 Modified Falls Efficacy Scale (MFES)^{9,10)}を用いて測定した。MFES は各種日常生活動作を転倒することなくできるかどうかについて自己評価してもらう指標である。スコアの範囲は 0~140 点で、スコアが高いほど転倒しないという自信度が高いと判定される。

抑うつ の程度は日本語版 Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)^{11,12)}を用いて測定した。CES-D は気分に関する 20 項目について過去 1 週間の頻度を評価してもらう指標である。スコアの範囲は 0~60 点で、スコアが高いほど抑うつ の程度が高いと判定される。

急ぎステップング課題

RST を改変した急ぎステップング課題を用いた。参加者は、前方画面の指示 [ステップする足 (左/右) と方向 (前方/右横/左横/後方) に関する視覚情報] に従い、胸の前で両上肢を交差したまま、事前に測定した最大一步幅の 80% の位置に貼られた目標テープを踏むないしは越えるようにステップング動作を繰り返した。前方画面には踏み出した足が所定ボックス内に戻ると同時に次の指示が 1 秒間提示された。1 試行当たりのステップング動作は 37 回であった。また本研究では、A) 目標テープに到達しない、B) 所定ボックス内に一歩で戻れない、C) 交差した上肢が解けた、ないしはバランスを崩した、D) 指示とは異なる足や E) 方向に行ったステップング動作をエラーと定義した。上記以外のエラーは、F) その他として分類した。

2.2.3 統計解析

急ぎステップング動作に及ぼすワーキングメモリの影響を検討するため、高齢者は「数唱」の素点に基づき四分位 (Low group、Middle-Low group、Middle-High group、High

group) に分けられた (表 1 を参照)。

群間の比較には、繰り返しのある分散分析を、下位検定には、Newman-Keuls test を用いた。有意水準は 5%未満とした。

2.3 結果

参加者の特性を表 1 に示す。年齢、身長、体重について分散分析を行った結果、年齢及び身長の主効果が有意であった (各々、 $F(4, 34) = 683.41, p < .0001$; $F(4, 34) = 4.86, p = .0033$)。高齢者の身長は若年者よりも有意に低かった ($p < .05$)。高齢者群内では、身長及び年齢に有意な差は認められなかった。また体重については群間に有意な差は認められなかった ($p = .5711$)。

急ぎステップング課題の所要時間 (第 1 ステップ開始から第 37 ステップ終了までの時間) とエラー率を算出し、各々の平均値を実験グループ間で比較した (図 1 及び図 2)。一要因分散分析の結果、エラー率、所要時間ともに実験グループの主効果が有意であった (各々、 $F(4, 34) = 6.91, p = .0003$; $F(4, 34) = 6.83, p = .0004$)。下位検定の結果、高齢 Low 群のエラー率は他の群に比べて有意に高かった ($p < .05$)。高齢 Middle-Low、Middle-High、High 群と若年者群との間にはエラー率に有意な差は認められなかった。一方、若年者群の所要時間は高齢各群に比べて有意に短かった ($p < .05$)。高齢各群間では所要時間に有意な差は認められなかった。更に、実験群 (高齢 Low、Middle-Low、Middle-High、High、若年群) ×エラータイプ (A、B、C、D、E、F) の二要因分散分析を行った結果、群及びエラータイプの主効果が有意であった (各々、 $F(4, 34) = 6.94, p = .0003$; $F(5, 170) = 68.90, p < .0001$)。また、群×エラータイプの交互作用が有意であった ($F(20, 170) = 5.16, p < .0001$)。

表 1 実験参加者の特性

	Older group				Younger group
	Low	Middle-Low	Middle-High	High	
N	7	6	8	7	11
Age (years)	64.3 (1.0)	64.7 (2.0)	64.6 (3.0)	64.6 (1.6)	23.2 (2.4) ^d
Height (cm)	162.7 (7.8)	164.4 (5.4)	165.6 (3.8)	166.4 (7.1)	173.5 (4.4) ^d
Weight (kg)	64.1 (9.8)	68.3 (4.1)	64.5 (7.4)	63.3 (5.4)	67.2 (5.3)
Functional Assessments					
UPST (s)	17.7 (14.5)	9.2 (4.8)	15.6 (19.9)	21.3 (17.5)	126.4 (91.6) ^d
FRT (cm)	30.2 (7.4)	31.4 (4.1)	28.6 (6.7)	35.7 (5.7)	43.6 (5.5) ^d
KES (kg)	66.1 (9.0)	66.6 (11.9)	65.1 (16.6)	62.9 (14.8)	100.4 (21.1) ^d
Neuropsychological Assessments					
Digit Span	8.4 (1.7) ^a	12.2 (0.4) ^b	14.3 (0.5) ^b	17.6 (2.1) ^c	19.5 (5.0) ^c
range	6-11	12-13	14-15	16-21	12-27
DSC	61.4 (19.0)	59.3 (13.2)	64.8 (14.1)	64.0 (10.7)	104.5 (8.9) ^d
CES-D	9.7 (5.6)	7.8 (3.0)	6.1 (4.2)	6.7 (5.5)	5.9 (3.0)

Note. Values are means (SD) or ranges. N = Number of participants; UPST = Unipedal Stance Test with eyes closed; FRT = Functional Reach Test; KES = knee extension strength; DSC = Digit Symbol-Coding; CES-D = Center for Epidemiological Studies Depression Scale

^aThe variable in the older Low group was different compared to those in the remaining groups ($p < .05$).

^bThe variables in the older Middle-Low and Middle-High groups were different compared to those in the remaining groups ($p < .05$).

^cThe variables in the older High and younger groups were different compared to those in the remaining groups ($p < .05$).

^dThe variable in the younger group was different compared to those in the older groups ($p < .05$).

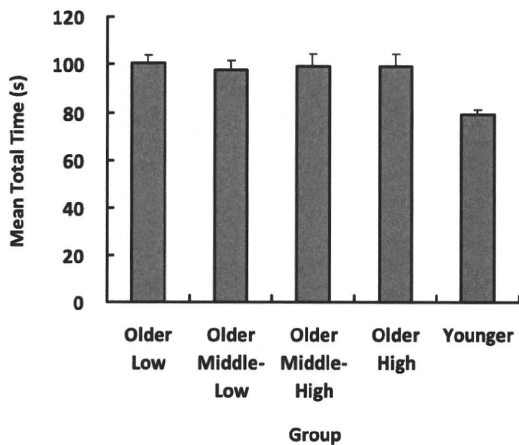


図 1 急ぎステップング課題の所要時間 (M+SE) の実験グループ間比較

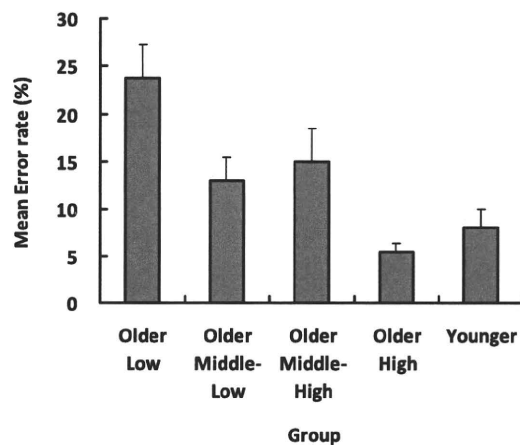


図 2 急ぎステップング課題のエラー率 (M+SE) の実験グループ間比較

表2 急ぎステップング課題で生じたエラーの群間比較

	Older group				Younger group
	Low	Middle-Low	Middle-High	High	
(A) Failure to reach the target line	7.5 (3.8) ^a	3.7 (1.8)	4.3 (2.7)	1.5 (0.8)	2.5 (2.5)
(B) Failure to return to the starting box with a single step	0.5 (0.7)	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.2 (0.4)
(C) Uncrossed his arms or Loss of balance	0.6 (0.4)	0.3 (0.4)	0.1 (0.2)	0.0 (0.0)	0.1 (0.2)
(D) Stepping with the wrong foot	0.1 (0.2)	0.1 (0.2)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)	0.0 (0.0)
(E) Stepping in the wrong direction	0.1 (0.2)	0.3 (0.4)	0.9 (1.4)	0.4 (0.4)	0.2 (0.3)
(F) Others	0.0 (0.0)	0.4 (0.5)	0.2 (0.4)	0.1 (0.2)	0.0 (0.1)

Note. Values are means (SD).

^aThe variable in the older Low group was different compared to those in the remaining groups ($p < .05$).

2.4 考察

本研究では、高齢者の認知機能と転倒リスクの関係について明らかにするため、特にワーキングメモリと転倒回避動作の一つである急ぎステップング動作との関係に注目して検討した。

急ぎステップング課題の所要時間とエラー率を実験群間で比較し、ワーキングメモリが急ぎステップング動作に及ぼす影響について検討した。結果、「数唱」の素点が11点以下であった高齢者（Older Low）は、素点が12点以上の高齢者（Older Middle-Low, Middle-High, High）や若年者に比べて、急ぎステップング動作のエラー率が有意に高かった。一方、急ぎステップング課題の所要時間は若年者に比べて高齢者で有意に長かったものの、高齢各群間には有意な差は認められなかった。以上の結果から、ワーキングメモリと急ぎステップング動作との間には関連性があることが示唆された。特に高齢者におけるワーキングメモリの低下は、転倒しそうになったときのとっさの回避方略のひとつである急ぎステップング動作がうまくできないことと関連するかもしれない。

また、本研究より、高齢者の転倒リスクを評価する上で、日本版 WAIS-III の下位検査である「数唱」が、簡易評価指標の一つとし

て利用できる可能性が示唆された。

3. 高齢労働者のワーキングメモリと転倒経験との関係

3.1. 目的

高齢労働者のワーキングメモリの個人差と転倒経験との関係について検討することを目的とし、高齢労働者を対象に現場調査を実施した。

3.2. 方法

3.2.1 参加者

(1) 整形外科的罹患歴や慢性腰痛等の身体の痛みを有さない者、(2) 前述の既往歴として過去1年間に通院あるいは入院歴のない者、という参加基準を満たしたビルメンテナンス業に従事する高齢労働者95名（平均年齢59.7歳）であった。男女の内訳は、男性54名、女性41名であった。

参加者にはインフォームドコンセントとして文書にて研究内容および実験で起こり得る危険性とその安全対策について、実験者が口頭にて十分に説明し、参加者の同意を得た上で測定を実施した。なお、本研究は独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の承認を得て実施した。

3.2.2 手続き

参加者は身体機能及び神経心理学的評価を実施した。また、過去1年間の日常生活時の転倒回数を自己報告により聴取した。転倒はGibsonの定義¹³⁾に従い「本人の意思からではなく、地面またはより低い面に身体が倒れること」とした。

身体機能評価

閉眼片足立ち (UPST)、ファンクショナルリーチテスト (FRT)、膝伸展力 (KES) を測定した。膝伸展力は椅座位で両足の膝関節、足関節を90度屈曲した姿勢でその膝を伸展させたときの最大等尺性筋力を2回測定した (脚筋力測定台 T.K.K.5710m, 竹井機器工業)。閉眼片足立ちでは、両目を閉じてから片足をあげ、あげた足が反対側の足に接触せず、両手が身体に接触しないよう、その姿勢を維持できる時間を2回測定した。ファンクショナルリーチテストでは、両足を肩幅程度に開いて直立し、両腕を肩の高さまで前方に挙上し、足の位置を動かさずにそのまま姿勢をできるだけ前傾させ、その後直立姿勢に戻る動作時での水平方向の移動距離を3回測定した。これらの複数回測定した項目については、最も大きい数値を記録した。

神経心理学的評価

日本版 Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition (WAIS-III)⁸⁾ の下位検査から符号 (DSC)、数唱 (Digit Span) を実施し、認知機能 [視覚 - 運動協応 (情報処理速度) や記憶 (ワーキングメモリ)] を調べた。符合は一桁の数字と対になった記号を書き写す課題である。参加者は鉛筆を用いて制限時間120秒で数字に対応する記号をできるだけ早く正確に書き写すことが求められ、書き写した個数 (素点) と年齢の要因を考慮に入れた評価点を算出した⁸⁾。数唱は別々に実施される順唱と逆唱の2つの課題から構成され、ともに実験者が一桁の数字 (順唱: 2個から最大9個まで、逆唱: 2個から最大8個まで) を1秒間隔で連続して参加者に読み上げた。

順唱では参加者は提示された数字と同じ順番で、逆唱では逆の順番で数字を復唱することが要求された。正確に復唱できた数字の個数 (素点) と年齢を考慮に入れた評価点⁸⁾ を算出した。

また、転倒セルフエフィカシーを日本語版 Modified Falls Efficacy Scale (MFES)^{9,10)} を用いて測定した。MFESは各種日常生活動作を転倒することなくできるかどうかについて自己評価してもらう指標である。スコアの範囲は0~140点で、スコアが高いほど転倒しないという自信度が高いと判定される。

3.2.3 統計解析

転倒経験なし高年齢者と転倒経験あり高年齢者の比較には対応のないt検定を用いた。有意水準は5%未満とした。

3.3 結果

過去1年間に転倒経験を有する高年齢労働者は18名 (男性7名、女性11名) であった。転倒経験なし群 (77名) と転倒経験あり群 (18名) で、各指標を比較した (表3)。

各指標について対応のないt検定を用いた結果、ファンクショナルリーチテストと数唱の評価点において有意な差が認められた ($p < .05$)。転倒経験あり群のファンクショナルリーチテストのスコアは、転倒経験なし群に比べて有意に低かった。また、転倒経験あり群の数唱の評価点は、転倒経験なし群に比べて有意に低かった。その他の指標については、転倒経験あり群となし群との間に有意な差は認められなかった。

表 3 転倒経験別の特性

	Fallers	Non-Fallers
N	18	77
Age (years)	58.9 (4.5)	59.9 (5.0)
Height (cm)	160.0 (9.2)	161.8 (9.5)
Weight (kg)	60.6 (11.0)	60.5 (11.5)
Functional Assessments		
UPST (s)	13.2 (25.8)	27.6 (109.0)
FRT ^a (cm)	20.4 (17.3)	28.3 (13.5)
KES (kg)	34.1 (34.9)	49.4 (29.4)
Neuropsychological Assessments		
Digit Span ^a	8.8 (2.0)	10.7 (3.5)
DSC	8.6 (2.3)	9.8 (3.1)

Note. Values are means (SD). N = Number of participants; UPST = Unipedal Stance Test with eyes closed; FRT = Functional Reach Test; KES = knee extension strength

^aThe variable in the Fallers was different compared to that in the Non-Fallers ($p < .05$).

3.4 考察

高年齢労働者のワーキングメモリの個人差と転倒経験との関係について検討することを目的とし、高年齢労働者を対象とした現場調査を実施した。

過去1年間の日常生活時の転倒回数の自己報告に基づき、高年齢労働者を転倒経験あり群と転倒経験なし群とに分類し、閉眼片足立ち (UPST)、ファンクショナルリーチテスト (FRT)、膝伸展力 (KES) や日本版 WAIS-III の下位検査である符号 (DSC)、数唱 (Digit Span) の成績を比較した。結果、転倒経験あり群のファンクショナルリーチテストと数唱の成績は、転倒経験なし群に比べて有意に低いことが明らかとなった。ワーキングメモリの簡易評価指標である数唱の成績が転倒経験あり群で低いことから、ワーキングメモリは高年齢労働者の転倒リスクを評価する上で有効な評価項目のひとつとなることが示唆された。

また、バランス機能の評価指標として用いられているファンクショナルリーチテスト

も転倒リスクの評価指標として有効な指標の一つであることが示唆された。

本研究では、過去1年間の転倒経験の有無に基づき、身体機能や神経心理学的機能を比較、検討した。今後は、今回対象となった高年齢労働者を継続的に調査することによって、将来的な転倒リスクの評価、予測といった観点からも評価指標の検討が可能となることが期待される。

4. 認知課題遂行時の高年齢労働者の歩行特性と転倒との関係

4.1. 目的

認知課題の実施が高年齢者の歩行に及ぼす影響を検討することを目的とし、歩行課題と遂行機能が関与する認知課題 (Sustained Attention to Response Test: SART) を用いた二重課題実験を実施した。

4.2. 方法

4.2.1 参加者

(1) 整形外科的罹患歴や慢性腰痛等の身体の痛みを有さない者、(2) 前述の既往歴として過去1年間に通院あるいは入院歴のない者、という参加基準を満たした若年成人16名 (男性8名、女性8名) と高年齢者12名 (男性6名、女性6名) であった。

参加者にはインフォームドコンセントとして文書にて研究内容および実験で起こり得る危険性とその安全対策について、実験者が口頭にて十分に説明し、参加者の同意を得た上で測定を実施した。なお、本研究は独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究倫理委員会の承認を得て実施した。

4.2.2 手続き

転倒は Gibson の定義¹³⁾に従い「本人の意思からではなく、地面またはより低い面に身体が倒れること」とし、過去1年間の日常生活時の転倒回数を自己報告により聴取した。また転倒セルフエフィカシーを日本語版 Modified Falls Efficacy Scale (MFES)^{9,10)}を用

いて測定した。抑うつ程度は日本語版 Center for Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)^{11,12)}を用いて測定した。

認知課題を実施しながら、普段の生活時での移動時の歩行速度でトレッドミル上を約 20 分間歩行（二重課題）したときの歩行特性を調べた。歩行時の認知課題は、持続的注意課題（Sustained Attention to Response Test: SART）、単純反応テスト、フランカーテスト（Attentional Network Test: ANT）¹⁴⁾を用いた。各参加者は、1 回目の測定時に認知課題なし（control）、刺激提示間隔が短い SART（short 条件）の二重課題、刺激提示間隔が長い SART（long 条件）の二重課題の 3 つを、別な日の 2 回目の測定時に単純反応テスト（simple）の二重課題とフランカーテスト（ant）の二重課題の 2 つをそれぞれランダムな順序で実施した。なお課題の間には 20 分以上の休憩時間を設けた。

持続的注意課題（SART）では、黒色画面上に提示される 1 から 9 の白色数字（symbol font）に対して、3 以外の数字が提示された場合は、右手に持ったボタンをできるだけ早く押しもらった。数字は 250 ms 提示され、その後×を丸で囲んだマスク画面が提示された。マスク画面の提示時間は short 条件では 900 ms、long 条件では 3750 ms であった。

数字の提示順序はランダムで、1 ブロックにつき 225 回（9 種類×サイズ 5 種類×5 回）数字を提示した。複数ブロックを連続して実施し、20 分の二重課題を 20 分実施した時点で終了した（short 条件は 5 ブロック目の途中、long 条件は 2 ブロック目の途中）。

単純反応テストでは、パーソナルコンピュータの画面中心に“o”が現れたらで右手に持ったボタンをきるだけ早く押しもらった。“o”が出現する前には 100~2000 ms のランダムな長さの注視期間を設け、画面の中心に“+”を表示した。4 秒ごとに連続 288 試行実施した。

フランカーテストでは、パーソナルコンピ

ュータの画面にターゲット（矢印）が現れたら、その向き（右または左）に対応したボタン（それぞれ右手または左手）をできるだけ早く押しもらった。ターゲットの両脇にはターゲットと同じ長さのフランカー（線分（neutral）、同じ向きの矢印（congruent）、反対向きの矢印（incongruent）のいずれか一種類）が左右に 2 つずつ同時に表示された。ターゲットと 4 つのフランカーは横一列に等間隔に並べた。これらが出現する前には 400~1600 ms のランダムな長さの注視期間、100 ms のキュー記号提示期間、再び 400 ms の注視期間を設けた。注視期間中には画面の中心に“+”を表示した。キュー記号提示期間には“*”を表示した。キューの提示方法は、ターゲットの出現位置（画面の中心の約 1 cm 上または下）（spatial cue）、ターゲットの出現可能位置（画面の中心の約 1 cm 上と下）（double cue）、画面の中心（central cue）、提示なし（no cue）、の 4 種類であった。4 秒ごとに連続 288 試行 3 種類のフランカー×2 方向×4 種類のキュー×4 回×3 セット）実施した。また立位で、単純反応テスト（20 試行）とフランカーテスト（96 試行）を実施し、それぞれの反応時間の中央値とエラー率を算出した。

左右の足首に小型の無線式 3 軸加速度計（MVP-RF8、MicroStone）をゴムバンドで装着し、加速度信号を 200Hz でパーソナルコンピュータに記録した。体軸（垂直）方向の加速度信号の変化から踵接地時のタイミングを検出し、その時間（ストライド時間）間隔を左右ごとに算出した。ストライド時間時系列データについて、平均値、変動係数、フラクタル特性を算出した。フラクタル特性は detrended fluctuation analysis (DFA) を用いて、3 次のトレンドを取り除いた後、データ長（n）- 変動の大きさ（F(n)）の 2 次元平面に両対数軸で表示（n^αプロット）した際の傾き（α：スケーリング指数）を回帰直線（データ長 10 点から 100 点）によって算出した。