

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“○”が現れたらで右手に持ったボタンを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*
spatial cue (ms)	495 ± 60	595 ± 106*
neutral (ms)	451 ± 45	553 ± 117*
congruent (ms)	470 ± 42	558 ± 93*
incongruent (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
double cue (%)	1.0 ± 1.9	2.1 ± 3.1
spatial cue (%)	1.2 ± 2.5	0.8 ± 1.4
neutral (%)	4.3 ± 3.4	3.6 ± 5.0
congruent (%)	1.0 ± 1.9	2.1 ± 3.1
incongruent (%)	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
double cue (ms)	129 ± 52	170 ± 69*
spatial cue (ms)	119 ± 63	160 ± 66
neutral (ms)	75 ± 52	118 ± 82
congruent (ms)	94 ± 48	122 ± 63
incongruent (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)。

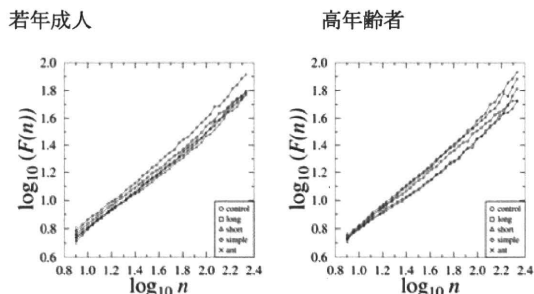
表 8 若年成人と高齢者の歩行特性

	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。

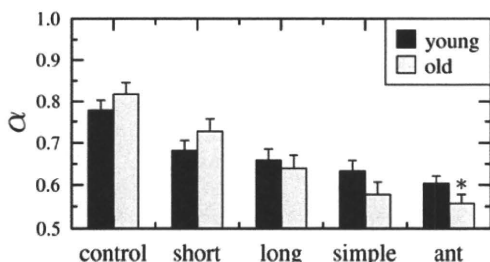
二重課題時でのストライド時間時系列データの特性については、すべての条件で平均時間は両群の間に有意な差は認められなかった (表 8) が、short 条件では変動係数が高齢者群の方が有意に (P < 0.05) 大きかった (表 8)。また変動係数は、若年成人ではコントロール時と比較してフランカーテスト実施時では有意に (P < 0.05) 低下した (表 8)。一方、高齢者群では short 条件での変動係数が、単純反応時間テストおよびフランカーテスト実施時のものより有意に (P < 0.05) 大きかった (表 8)。スケーリング指数はフランカーテスト実施時で、高齢者群の方が有意に (P <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



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、スケールリング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

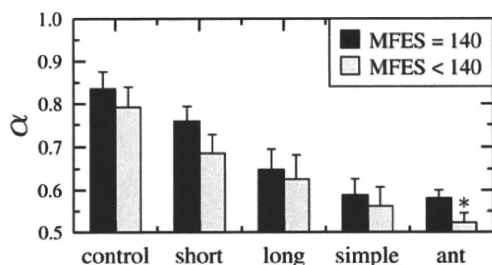
値は平均値±標準偏差またはパーセンテージ。*転倒恐怖なし群と比較して有意(P < 0.05)に異なる。

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 転倒恐怖なし高年齢者(MFES=140)と転倒恐怖あり高年齢者(MFES<140)のストライド時間時系列データのスケーリング指数



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

高年齢者群、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)。また高年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リング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年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。また高年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リング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。

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, 高年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）
分担研究報告書

3. 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ング動作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。急ぎステップング動作の評価には、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ング課題を、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、急ぎステップング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)
<u>Functional Assessments</u>					
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
<u>Neuropsychological Assessments</u>					
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 ($p < .05$).

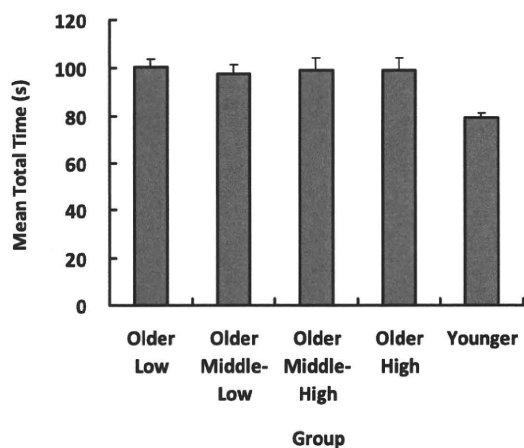


図 1 急ぎステップング課題の所要時間 (M+SE) の実験グループ間比較

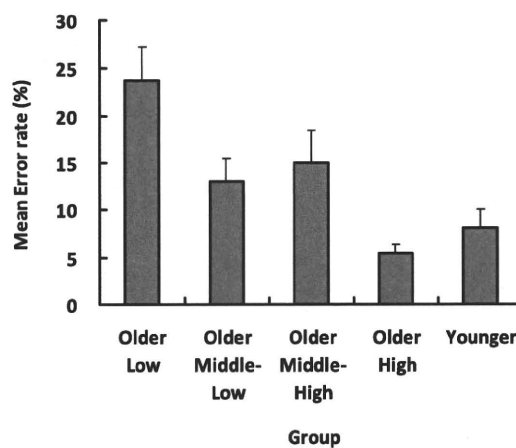


図 2 急ぎステップング課題のエラー率 (M+SE) の実験グループ間比較

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点以上的高齢者（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、転倒しそうな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“○”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。“○”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。

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。

4.2.3 統計解析

本稿では、持続的注意課題 (SART) を用いた実験結果に焦点を絞って報告する。

若年者と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。下位検定には Newman-Keuls test を用いた。有意水準は 5%未満とした。

4.3 結果

若年群と高齢群の身体特性、転倒回数 (Num. of fall)、転倒セルフエフィカシースコア (MFES)、抑うつスコア (CES-D) を表 4 に示す。

t 検定を行った結果、高齢者の体重は、若年者よりも有意に重かった ($p < .05$)。過去 1 年の転倒回数は、高齢者に比べ、若年者が有意に多かった ($p < .05$)。一方、高齢者の MFES は若年者に比べて、有意に高かった ($p < .05$)。

表 4 参加者の特性

	Younger	Older
N	16	12
Age ^a (years)	22 (2)	54 (8)
Height (cm)	164 (11)	163 (7)
Weight ^a (kg)	55 (10)	65 (8)
Num. of Fall ^a	1.8 (2.3)	0.1 (0.3)
MFES ^a	135 (7)	139 (2)
CES-D	12 (7)	9 (6)

Note. Values are means (SD). N = Number of participants; Num. of fall = Number of fall

^a The variable in the younger group was different compared to that in the older group ($p < .05$).

ストライド時間時系列データの特性について表 5 に示す。若年者と高齢者とで比較

した結果、平均時間、変動係数、スケーリング指数 (α) とともに年齢群間に有意な差は認められなかった ($p < .05$)。

高齢者においては、Long 条件の平均時間が Short 条件や Control 条件に比べて有意に短かった ($p < .05$)。一方、若年者では条件間に有意に差は認められなかった ($p > .05$)。

スケーリング指数は、各条件間に有意な差が認められ、Control 条件、Short 条件、Long 条件の順で α の値が小さくなった ($p < .05$)。

表 5 若年者と高齢者の歩行特性の比較

	Younger	Older
歩行速度 (m/h)	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)		
Control	1129 (61)	1092 (73)
Short	1123 (66)	1087 (94)
Long	1129 (58)	1069 (67) ^{a,b}
変動係数		
Control	1.79 (0.48)	1.74 (0.32)
Short	1.55 (0.49)	2.04 (0.51)
Long	1.57 (0.39)	1.76 (0.55)
スケーリング指数 (α)		
Control	0.78 (0.09)	0.82 (0.10)
Short ^c	0.68 (0.10)	0.73 (0.10)
Long ^{a,b}	0.66 (0.10)	1.64 (0.12)

Note. Values are means (SD). N = Number of participants; Num. of fall = Number of fall

^a The variable in the Long was different compared to that in the Control ($p < .05$).

^b The variable in the Long was different compared to that in the Short ($p < .05$).

^c The variable in the Short was different compared to that in the Control ($p < .05$).

4.4 考察

高齢者、若年者ともに持続的注意課題の実施によって、歩行に影響が生じることが明らかとなった。高齢者群では、ストライド

時間時系列データの平均時間やスケールリング指数が、持続的注意課題との二重課題条件と歩行単独条件 (Control 条件) とで有意な違いが生じた。一方、若年者では、ストライド時間時系列データスケールリング指数において、二重課題条件 (Short 条件、Long 条件) と歩行単独条件 (Control 条件) との間に違いが生じた。持続的注意課題は、遂行機能 (特に反応の抑制) が必要となる課題であるため、これらの結果から、歩行リズムには遂行機能が関与することが示された。遂行機能の加齢影響は個人差が大きいため、歩行リズムに生じる影響を抽出するためには、遂行機能の個人差を適切に評価することが重要となるであろう。

5. まとめ

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。

特に、複数の作業を同時に行う上で重要な役割を担っているワーキングメモリに注目し、ワーキングメモリの評価指標として用いた WAIS-III の下位検査である「数唱 (Digit Span)」と転倒回避動作や転倒経験との関係を中心に検討を加えてきた。

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、に関する研究から、高齢者のワーキングメモリと転倒の関連性が示唆された。例えば、高齢者におけるワーキングメモリ (「数唱」の評価点) の低下は、転倒しそうなときのとっさの回避方略のひとつである急ぎステップ動作がうまくできないことと関連する可能性が示された。また、過去1年間で転倒経験のある高齢労働者群は、転倒経験のない高齢労働者群に

比べて、「数唱」の評価点が有意に低いことが明らかとなった。

今後、高齢者の将来的な転倒リスクを予測・評価するため評価バッテリーを考えるためにも、今回対象とした高齢労働者について転倒の有無に関する追跡調査を継続することが重要になってくるであろう。そうすることによって、WAIS-III の下位検査である「数唱 (Digit Span)」やファンクショナルリーチテストの評価指標としての有効性も明らかになってくることが期待される。

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, 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) 地場孝一, ビルメンテナンス業における労働災害防止対策, ネットワーク東京 (社) 東京ビルメンテナンス協会 会報誌, 461, 28-31, (2010).
- 7) Medell JL, Alexander NB. A clinical measure of maximal and rapid stepping in older women. *Journal of Gerontology: MEDICAL SCIENCES*, 55A, M429-M433, (2000).
- 8) Wechsler D. Administration and scoring Manual for the Wechsler Adult Intelligence Scale-Third Edition. Harcourt Assessment, Inc., USA., (1997).
- 9) Hill KD, Schwarz JA, Kalogeropoulos AJ, Gibson SJ. Fear of falling revisited. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77, 1025-1029, (1996).

- 10) 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).
- 11) Radloff LS. The CES-D scale: a self-report depression scale for research in the general population. *Applied Psychological Measurement* 1, 385-401, (1977).
- 12) 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).
- 13) 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).
- 14) Fan J, McCandliss BD, Sommer T, Raz A, Posner MI. Testing the efficiency and independence of attentional networks, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 340-347, (2002).
- 15) Baddeley A. Working memory. *Science*, 255, 556-559, (1992).
- 16) Yoon HY, Lockhart TE. Nonfatal occupational injuries associated with slips and falls in the United States. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36, 83-92, (2006).
- 17) Shishlov KS, Schoenfisch AL, Myers DJ, Lipscomb J. Non-fatal construction industry fall-related injuries treated in US emergency departments, 1998-2005. *American Journal of Industrial Medicine*, 54, 128-135, (2010).

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
分担研究報告書

4. 高齢歩行者の道路横断行動と道路横断所要時間の予測に関する実験的研究

研究分担者 篠原一光 大阪大学大学院人間科学研究科 准教授

昨年度に引き続き、体育館内に作った歩行コースを歩行する前に、ゴールまで歩いていくのにどのくらいの時間がかかるかを見積もり、その後実際に歩行して所要時間を測定するという実験を行った。今年度の対象者は若年者（大学生）とし、昨年度取得した高齢者のデータとの比較を行った。この結果、高齢者は歩行時間を過大評価し、若年者は過小評価する傾向があることが明らかになった。また、10秒または20秒の時間作成と歩行時間の言語評価でも高齢者と若年者の間に違いがみられた。これらの結果は心理的時間の注意モデルに基づいて解釈され、日常生活における時間経過に対する注意配分の年齢による違いが結果に寄与していることが示唆される。

1. はじめに

1.1. 高齢歩行者の事故防止

近年、日本国内における交通事故による死者数は年々減少している。その一方で事故類型別にみた場合、歩行者事故は他の事故類型に比べて減少の程度が少ない。このことにより、事故類型別に死者数を見た場合、歩行者事故の占める割合は平成20年以降すべての事故類型の中で最も大きくなっている。すなわち、歩行者事故の防止はさらなる交通事故死者の減少を目指す上で非常に重要である。

また事故死者のうち相当の割合を高齢歩行者が占めていることも特徴的である。たとえば大阪府内の事故死者についてみると、平成21年中の交通事故死者（205名）のうち、42%（87名）が高齢者である。また、この87名のうち歩行中に死亡したものが52名となっており、高齢歩行者の事故防止は喫緊の課題といえる。高齢運転者に対する対策は高齢者講習の実施や講習予備検査の導入により進められているが、高齢歩行者に対する対策は十分に行われていない。また運転者に対す

る対策は免許制度の変更により様々な対策を立てることができるのに比べ、歩行者に対して有効な安全対策を行うことはより難しいといえる。まずは高齢歩行者の特性を明らかにし、取りうる施策を考案することが必要と思われる。

交通行動高齢者の特徴に関して、鈴木¹⁾は身体的特性、心理的特性、行動的特性、社会的特性といった各側面での変化がみられることを指摘している。この中で数多くあげられている高齢者の特性の中でも、高齢歩行者の安全に特に関わる特性としては、身体的特性に関しては視力・聴力・注意配分・集中力の低下、心理的特性に関しては複雑な情報の同時処理の困難、新しい情報に接した時に直前の情報を失念する傾向、行動的特性に関しては自分の実態と実際の行動実態の間のズレ、社会的特性としてはコミュニケーション能力の低下といったことがあげられるだろう。これらの高齢者の特性がどのような危険に結び付くのかを整理し対策をとっていくことが必要だが、本研究では特に行動的特

性である意識と行動のずれ、およびその背後にある心理的特性の変化に着目することになる。

1.2. 行動所要時間の評価

道路横断時、横断開始の意思決定は接近してくる車があるか、接近車があるならばその車の速度と距離、自分が歩行しなければならぬ距離や歩行速度から、接近車が自分の位置に到達するより先に横断できるかどうかを判断する必要がある。接近車の到達時間と横断所要時間の差は横断の時間的余裕であり、これが大きいほど安全と考えられる。

高齢者の道路横断行動の観察研究²⁾において、高齢者は若年者に比べて横断所要時間が長いにもかかわらず、横断時に確保する時間的余裕は若年者と変わらなかったという結果が報告されている。また、自分自身の横断の危険性を正しく認識できていないことも報告されている。このような結果が生じる原因の一つは、高齢者が接近車の速度の評価が若年者とは異なっていることがあげられる。実際、実験的に高齢者と若年者での自動車の速度の評価が異なることが報告されている³⁾。また、もう一つの原因としては、自分自身の横断所要時間を適切に予測できず、実際よりも短い時間で横断できると考えてしまうといったことが考えられる。

行動時間の予測的評価に関しては、自動車による右折所要時間の評価に関する研究がある⁴⁾。これらの研究では運転者が交差点で右折または直進する場合に、その右折・直進を行うのにかかる時間を実際に行動する前に見積もるよう求められた。これらの実験では実際の運転所要時間に比べて、見積もられた行動所要時間は大幅に短くなるという結果や、運転で使える空間が制約されるとそのずれはより大きくなるといった結果が得られている。また、島村らの研究⁴⁾では高齢運転者と若年運転者の比較も行われているが、

高齢運転者と男性の若年運転者との間では所要時間と見積もり時間のズレは同程度に大きいという結果が得られている。

一方、歩行者を対象とする行動時間の予測的評価に関する研究は行われていない。歩行する場合でも自動車の右折行動の予測の場合と同様、非常に不正確になったりするのだろうか。歩行者の場合、道路を横断するのにどのくらいの時間がかかるかということは、信号が青であるうちに横断歩道を渡りきれるか、接近してくる車が自分の位置に到達する前に道路を横断できるかといった判断を行うのに必要であると思われる。特に高齢者の場合は若年者と異なり、途中で信号が変わる場合や接近してくる車が予想以上に早く接近してきた場合に、急いで道路を横断するということが難しい場合もあるだろう。よって、実際に横断を始める前に自分の行動所要時間を正しく評価することは、特に高齢者にとっては安全上重要なことと言える。

1.3. 本研究の目的

本研究では、道路横断のように、歩行者が一定の距離を移動する場合、その移動時間が正確に見積もられるのか、またこの予測的な時間評価には高齢者と若年者の間で違いがあるのかという点の検討をすることを目的とする。

2. 実験

2.1. 実験参加者

シニアカレッジに通学している高齢者 86 名(男性 58 名、女性 28 名、男性平均年齢 68.01 歳、女性平均年齢 68.03 歳)と、若年者群として大学生 20 名(男性 20 名、女性 20 名、男性平均年齢 19.9 歳、女性平均年齢 20.3 歳)が実験に参加した。なお高齢者群の実験は 2009 年にシニアカレッジ内体育館にて、若年者群の実験は 2010 年に大学体育館にて行われた。いずれも講義内で実験参加を募り、イ

ンフォームドコンセントを得た上で実験を行った。

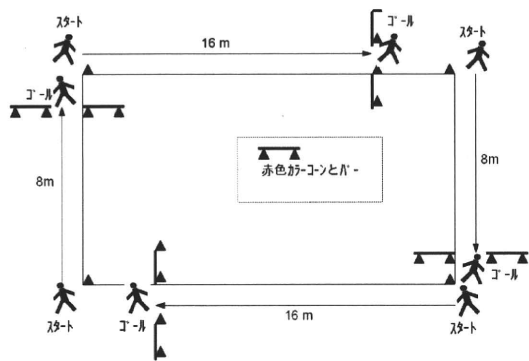


図 1 実験用歩行コース

2.2. 歩行コース

実験は体育館の中で行われ、バレーボールコートの線に沿って歩行用コースを設置した(図1)。歩行コースは直線であり、バレーボールコートの四隅をスタート地点とし、コート用の表示に従って歩行するようにした。歩行コースの長さは長いもので16m、短いもので8mとした。なお、スタート地点とゴール地点には赤色のカラーコーンとバーを設置した。

2.3. 調査

高齢者に対しては、日常生活の中での歩行に関する特徴を尋ねる18項目で構成される質問紙への回答を求めた。この質問紙では外出頻度や免許の保有について尋ねたほか、「どのくらいならば苦痛なく歩いていけますか」「歩道と車道との段差が気になることがありますか」といった、日常的な歩行場面での実態や感じる困難について質問がなされた。

また、高齢者の転倒予防自己効力感尺度⁶⁾への回答を求めた。この質問紙は「布団に入ったり布団から起き上がる」「座ったり立ったりする」といった日常的な動作を行う時の自信度を問うもので、10項目からなり、それぞれ大変自信がある、まあ自信がある、あま

り自信がない、全く自信がない、の4段階で評定するものである。

2.4. 手続き

各実験参加者について一名の実験者が同行して実験の一連の手続きを実施した。

歩行用コースに入る前に、高齢者については最初に歩行に関する質問紙への記入を求めた。続いて時間知覚課題を行った。時間知覚課題では10秒または20秒の時間をストップウォッチにて表現するという時間作成法による評価を行った。評価回数は各時間について4回ずつであった。また、実験コース上の出発地点に移動する前に、体育館の入り口を目標地点として歩くことを想定して所要時間の時間評価を練習した。

次に実験コースに移動し、以下の手順で実験を行った。(1)ゴールを向いて立ち、ストップウォッチで現在地点からゴールまで歩いていく場合にどれくらいかかるかを示すよう求めた。なお、「普通の速さで歩く」もしくは「早足で歩く」のいずれかを指定した。この時間評価は続けて2回行った。(2)次に実際にゴール地点まで歩き、その所要時間を測定した。歩き方は「普通」もしくは「早足」のいずれかを指定した。実験参加者はコースを2周したため、(1)と(2)の課題を合計8回行うことになった。なお、どのスタート位置から実験を開始するか、歩き方については順序効果のカウンターバランスを実施した。

上記の時間評価と歩行がすべて終わった後、長いコースと短いコースを、早足もしくは普通の速さで歩いた時の所要時間を再度評価するように求めた。この評価は秒単位で言語報告するように求められた。

3. 結果と考察

3.1. 所要時間

図2に各条件での所要時間を示す。コース周回毎に、年齢群(高齢者・若年者)×歩行

距離（長・短）×歩行意図（普通・急ぎ）の3要因混合計画分散分析を行ったところ、1回目、2回目とも意図、距離の主効果が有意となった。また2回目では意図と年齢の交互作用が見られた ($F(1, 99)=19.45, p<.001$)。単純主効果分析により急いで歩く場合には高齢者の方が若年者よりも歩行時間が長くなる傾向が見られた ($F(1, 136)=3.74, p<.06$)

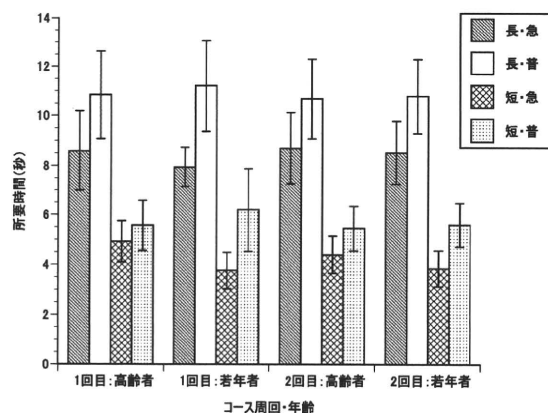


図 2 高齢者・若年者群のコース周回・年齢別の所要時間（誤差線は標準偏差を示す）

3.2. 時間評価と所要時間の差

評価時間から所要時間を引いた値を絶対誤差として分析を行った。その結果を図 3 に示す。コース周回毎に年齢群×歩行距離×歩行意図の3要因分散分析を行ったところ、1回目の周回ではいずれの主効果、交互作用とも有意ではなかったが、2回目の周回においては年齢の効果が有意であり ($F(1,99)=5.80, p<.05$)。高齢者の絶対誤差は正、若年者の絶対誤差は負となっていた。すなわち、高齢者は実際の所要時間よりも長く評価し、若年者は逆に実際の所要時間よりも短い時間で歩行が完了したと評価していた。

3.3. 単純時間評価

歩行に先立って行われた10秒または20秒を標的とする作成法による時間評価の結果を図 4 に示す。作成時間が10秒の場合と20秒の場合のそれぞれで高齢者と若年者の間

で平均作成時間の違いは有意であり、若年者の方が高齢者よりも長い作成時間であったことが示された(10秒： $t(48)=3.35, p<.01$ 、20秒： $t(61)=3.05, p<.01$)。

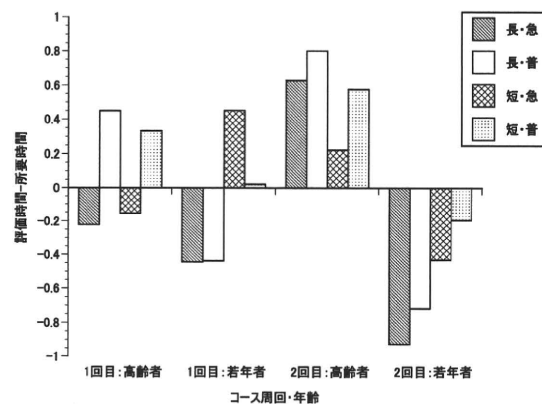


図 3 絶対誤差（評価時間－所要時間）

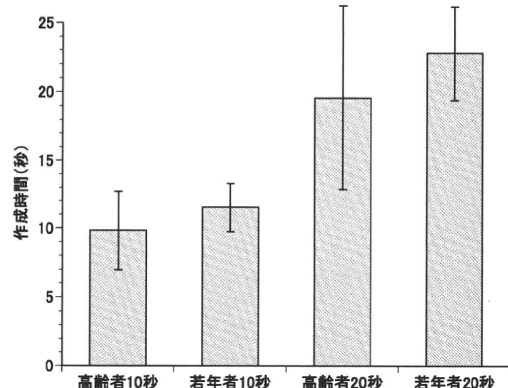


図 4 作成法による時間評価（誤差線は標準偏差を示す）

3.4. 歩行所要時間の言語評価

全ての歩行が終わった後に行った歩行所要時間の言語評価の結果を図 5 に示す。この言語的に評価された歩行所要時間について、年齢群×歩行距離×歩行意図の3要因混合計画分散分析を行ったところ、年齢の主効果が有意であり ($F(1,104)=4.95, p<.05$)、高齢者の歩行所要時間評価は若年者よりも有意に長いことが示された。また、歩行距離の主効果 ($F(1,104)=308.69, p<.01$)、歩行意図の主効果 ($F(1,104)=213.41, p<.01$)、交互作用 ($F(1,104)=41.44, p<.01$) も有意であった。

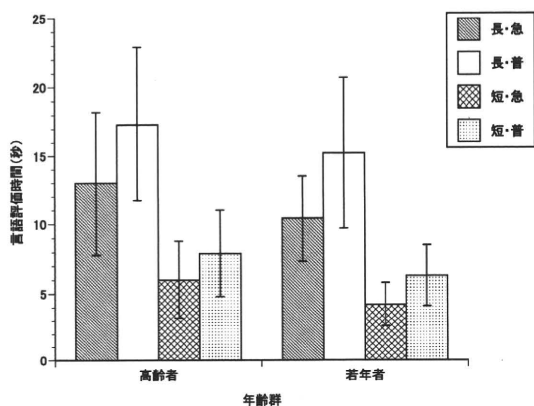


図 5 言語評価法による時間評価 (誤差線は標準偏差を示す)

3.5. 歩行に関する自己評価

日常生活の中での歩行実態に関する質問では、ほとんどの人が毎日外出すると回答し、日頃の買い物などで近くの場所に行く場合は徒歩で行く、と回答する人が多かった。また、歩行時に感じる困難についての質問では、ほとんどの項目で問題ないとする回答が得られた。

また転倒予防自己効力感尺度ではどの項目でも 3.5 前後の得点となり (満点は 4.0 である)、高齢実験参加者はどの生活動作でもだいたい問題なくできると考えていたと思われる。

4. 論議

本研究では高齢者と若年者の歩行所要時間予測の違いについて検討することを目的として実験を行った。その結果、自動車運転時の所要時間評価と比べて、歩行所要時間は正確に評価されることが示された。このことは徒歩による移動と車を運転しての移動の本質的な違いを反映しているものと思われる。

一方、時間評価には年齢による違いがみられ、高齢者は若年者に対して歩行所要時間をより長く評価する (過大評価する) 傾向があ

ることが示された。この傾向は 2 回目の周回でより顕著であった。

このような結果になった原因として、心理的時間における加齢効果と、その背後にある注意機能の加齢に伴う変化があると考えられる。この高齢者と若年者の時間評価の違いは、図 4 の 10 秒または 20 秒の単純な作成法による時間評価や図 5 の回想的な歩行時間評価の結果から考察可能である。

Block ら⁷⁾は時間の長さの判断における加齢効果について検討するため、関連論文のメタアナリシスを行っている。彼らの研究では、高齢者は若年者に対して、時間の長さを言語的に表現する場合にはより長く、言語的に指示された長さの時間をボタン押し等の行動によって作り出す時間作成を行う場合にはより短く作成する傾向が共通してみられることを報告している。時間の判断が内的・心理的なペースメーカーに基づいて行われると仮定すると、この結果は若年者に対して高齢者の方がカウンターの進む速度がより速いということを意味しており、加齢に伴い情報処理速度が低下するという知見⁸⁾と反するものように思われるが、Block らは時間経過に対する注意配分が主観的な時間の長さに影響するという注意ゲートモデル⁹⁾の観点 (図 6) からこの結果が説明できるとしている。

注意ゲートモデルによれば、ある長さの時間は一定の主観的な「時間ユニット」の数に対応するとされる。つまり、心理的にある一定の時間ユニットが蓄積されると、それに対応する長さの時間が経過したと感じられる。この時間ユニットの蓄積は、時間の経過に対して注意配分されている場合にはゲートが開き、ペースメーカーから発生する時間ユニットがゲートを通過して蓄積されるが、時間の経過から注意がそれると蓄積されないと考える。この過程により、「何らかの課題に没頭しているとあっという間に時間が過ぎてしまったように感じる」という現象は、課