

題への没入により時間が経過したにもかかわらず時間ユニットが蓄積されないために客観的時間経過と主観的時間経過にずれが生じると解釈される。

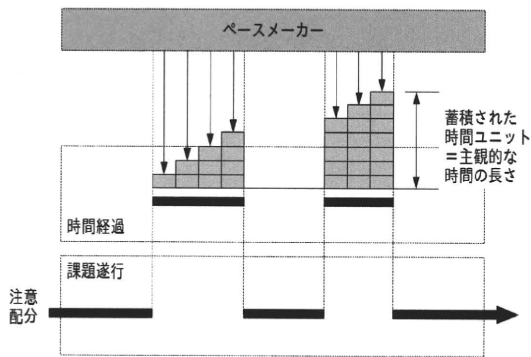


図 6 注意ゲートモデルによる時間評価の説明

ある長さの時間を作成しようとする場合、実験参加者は心理的に対応する時間ユニットが蓄積された時点で作成を終了させる(図7)。また、言語的に時間の長さを評価する場合には、記憶された時間ユニット数に対応した時間の言語ラベルで回答することになる(図8)。

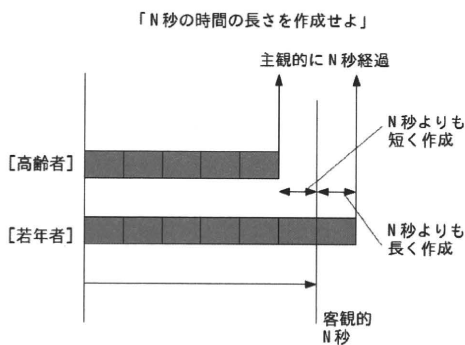


図 7 時間作成における高齢者と若年者の違い

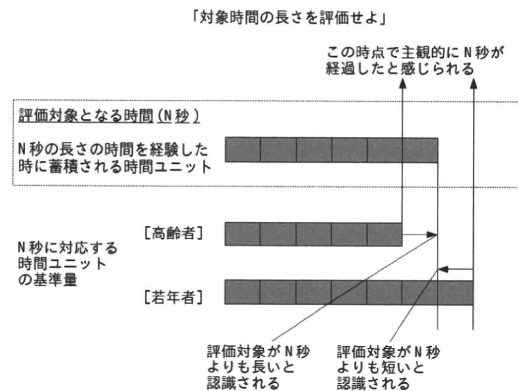


図 8 言語評価による時間評価の高齢者と若年者の違い

時間経過に対して向けられる注意の量について、高齢者と若年者では違いがあると考えられる。高齢者と若年者高齢者では利用可能な注意機能の違いがあり¹⁰⁾、若年者では自動的に遂行できる姿勢を保持したり、バランスを取る課題や単純な歩行課題であってもより多くの注意資源配分が必要になる¹¹⁾など、高齢者は若年者に比べて日常生活の中で時間に対して注意配分する余裕が少なくなる。このような経験を日常生活の中で積み重ねることにより、結果としてある客観的な時間の長さに対応する時間ユニットの数が少なくなると予測される。このため、同じ長さの時間を体験した場合、高齢者は若年者に比べてより長めにその時間を評価することになる。

本研究では高齢者と若年者で歩行所要時間の大きな差は見られなかった。また、歩行のみ行う条件で副次課題など注意を時間経過からそらすような実験操作は行われなかった。このため、高齢者と若年者の双方とも歩行中の時間経過に対して同じように注意を配分しつつ歩行したと考えられる。また、歩行前に所要時間を予測するとはいえ、本実験では時間評価と歩行を繰り返し行っているため、実験参加者はそれまでに行った歩行を想起して歩行時間を予測したと考えられる。その結果、歩行中に蓄積された時間ユニ

ットには高齢者と若年者の間で差がなかったと仮定する。同じ量の時間ユニットが蓄積されている場合、その主観的な時間の長さは、各人が持っている基準（ある時間の長さに対してどれだけの時間ユニット量が対応づけられているか）によって変わってくる。上述のように、高齢者は普段の生活の中で、若年者に比べて同じ時間の長さに対してより少ない量の時間ユニットが対応づけられているとすると、高齢者は若年者よりも歩行時間を長く評価することが予測される。

本研究に参加した高齢者は、歩行速度も若年者とほとんど差がなく、また日常生活の中で歩行に関する問題をほとんど感じない程度に健康を保っている人であった。しかしこのように健康な高齢者であっても、時間評価の結果の違いから、若年者に比べて日常生活の中で利用可能な注意資源の量が少なくなっていることが推察された。本研究の結果は、健康な高齢者では自分自身の歩行所要時間の見積もりの正確さそのものについてはあまり問題がないものの、日常生活の中で注意力の低下により、歩行時の安全に関する問題が生じる可能性を示唆している。すなわち、健康な高齢者の歩行時の危険としては、歩行所要時間の見積もりに失敗して不適切なタイミングで横断を開始してしまうといった比較的単純なエラーよりも、若年者に比べて周囲に配分できる注意が不足し、接近してくる車を見落としてしまうといった状況認識の問題や、死角から車が出てくるといった潜在的危険に対する予測に失敗するといった認知・判断のエラーの問題があると考えられる。

5. おわりに

本研究の結果から、健康な高齢者では自分自身の歩行所要時間は比較的正確で、若年者よりもより安全な方向で見積もることができることが示された。よって、本研究に参加

したような健康な高齢者の場合、自分の行動所要時間の評価においてはさほど問題は無いといえる。ただし、時間評価の違いには日常生活の中での高齢者と若年者の注意機能の違いが反映されていることが考えられ、高齢者が徒歩で移動する場合には注意に関連しての問題が存在することが示唆された。

本研究では健康状態や歩行能力に問題ない健康な高齢者が実験参加者となっていた。健康な高齢者はより多くの外出機会を持ち道路横断を行う場合も多く、結果的に危険事態を経験する機会も多くなると考えられるので、健康な高齢者の行動が若年者に比べてどのように異なるかを調べることは意義がある。しかし、実際の交通場面では健康上の問題を持ち、あまり積極的に外出しないような高齢者の行動についても検討することが必要である。具体的には、歩行に問題があり歩行補助具を使用している高齢者や認知機能の低下が顕著な高齢者の歩行所要時間評価の検討が必要である。これらの高齢者では、歩行所要時間評価の特性が相当に異なっていて、直接的に歩行者事故のリスクが高い可能性が残されている。

6. 引用文献

- 1) 鈴木春男 (2001) 高齢者の生活と安全な移動. 国際交通安全学会誌, 27, 14-24
- 2) 高山純一・中山晶一郎・福田次郎 (2004) 高齢者の横断歩道外における横断行動の実態およびその意識に関する調査分析 土木計画学研究・論文集 21, 647-655
- 3) Scialfa, C.T., Guzy, L.T., Leibowitz, H.W., Garvey, P.M. and Tyrrell, R.A.: Age differences in estimating vehicle velocity. *Psychology and Aging*, 6, 60-66, 1991.
- 4) 島村千樹・篠原一光・長山泰久・三浦利

- 章・小川和久 (1991) 右折行動の研究
(2) 一右折所要時間とその評価— 日本応用心理学会第 58 回大会発表論文集, 218-219
- 5) 篠原一光 (1996) 運転における展望的時間評価 交通科学, 24, 53-60
 - 6) 征矢野あや子・村嶋幸代・武藤芳照. (2005). 転倒予防自己効力感尺度の信頼性・妥当性の検討. 身体教育医学研究, 6, 21-30
 - 7) Block, R.A., Zakay, D. and Hancock, P.A.: Human aging and duration judgments: a meta-analytic review. *Psychology and Aging*, 13, 584-896, 1998
 - 8) Salthouse, T.A.: The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428: 1996.
 - 9) Zakay, R.A. and Block, R.A.: Temporal cognition. *Current Directions in Psychological Science*, 6, 12-16: 1997.
 - 10) Kramer, A.F. and Kray, J. Aging and Attention. In: E. Bialystok and F.I.M. Craik, (eds), *Lifespan cognition: mechanisms of change*, Oxford University Press, New York (2006), pp. 57-69.
 - 11) Lacour, M., Bernard-Demanze, L., and Dumitrescu, M.: Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods, *Clinical Neurophysiology*, 38, 411-421, 2008.

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

5. 高齢労働者の認知的・心理的特性と労働災害リスク
—展望的記憶に影響を及ぼす、内的・外的要因の検討から—

研究分担者 権藤恭之 大阪大学大学院人間科学研究科 准教授

高齢期の認知的な活動は、生理的加齢に伴って低下する機械的側面と、比較的生理的な加齢の影響を受けにくい応用的側面が協働することで実現されている。今後増加する高齢労働者の災害リスクを検討するためには、機械的側面の低下だけでなく、機械的側面の低下に対して補償的な役割を果たす応用的側面の機能を考慮する必要があると考えられる。そこで、本研究では、展望的記憶の失敗に影響する認知機能の基礎的側面の個人差と、失敗を補償する機能としてのメモの利用の関係から、両者の関係を明らかにし、機械的側面の低下に対して機能する応用的側面の有効性と限界を検証すること目的とした。昨年度の研究では、メモの利用には一定の効果はみられたが、メモの内容に関しては対象者に任せていたために、補償効果に限界が見られた。そこで本年度は、メモの利用によって、課題実行に必要な要因がより補われる、構造化したメモを開発し（研究1）その効果を検討した（研究2）。その結果、構造化メモの利用は、特に普段構造化したメモを利用していない対象者では、大きな効果が確認された。この結果は労働場面においても、次の動作に関する情報を先行して提示することができれば、災害リスクを低減できる可能性を示唆するものであった。同時に、メモを利用することで、利用者の認知的な負荷が高くなることも示唆され、今後は、利用者の認知的負荷を増やさず作業の予告を行う仕組みを組み込むことが必要であることが示された。

1. 研究1

昨年度の実験では、外的記憶補助が展望的記憶のパフォーマンスに対して補償効果を持つということが示された一方、課題条件によってその補償効果に差が生じることが明らかとなった。これは、展望的記憶には外的記憶補助の効果が高い側面と、効果が低い側面があるためである。この補償効果の差が外的記憶補助の利用の方略的な限界を示すのではなく、利用方法の統制がなかったことにより生じた差であると考え、展望的記憶の補償効果を高める外的記憶補助の要素について、メモの得点を分析することにより検討した。

採点基準は以下のとおりである。

① 正確性

対象者が手がかりと行為内容を正確にメモしているかどうかを評価し、得点化した。

Fig.1 に実際に正確性について採点したメモの画像を例示した。採点は予定ごとに行い、例えば Fig.1 の「午後4時に電気屋さんで電話する」という予定についてのメモでは、

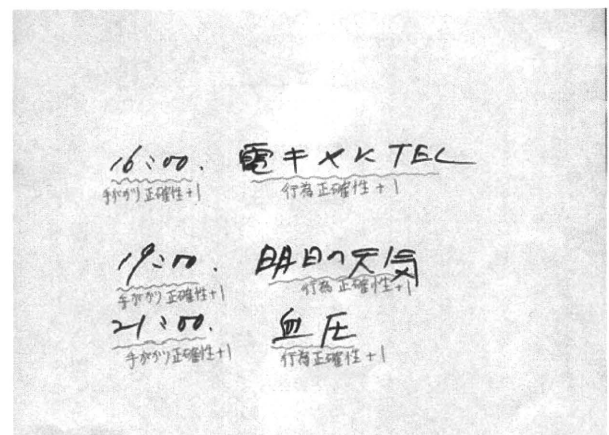


Fig.1.メモ採点例（正確性）

【手がかり情報あり】16時 →手がかり-正確性+1点

【行為情報あり】電気屋にTEL →行為-正確性+1点

というように加点していき、まずは手がかり-正確性合計得点と行為-正確性合計得点を算出した(例えばFig.1では、手がかり正確性3点、行為正確性3点)。

② 時系列

対象者が時系列順に手がかりと行為内容をメモしているかどうかを評価し、得点化した。Fig.2 に実際に時系列について採点したメモの画像を例示した。

採点は予定ごとに行い、例えば、Fig.1の「午後4時に電気屋さんに電話する」「午後7時に明日の天気予報を見る」という2つの予定は、時系列順にメモされているため、16時 電気屋に電話→手がかり時系列+1点、行為時系列+1点

というように加点していき、まずは手がかり時系列合計得点と行為時系列合計得点を算出した(Fig.2では、手がかり時系列3点、行為時系列3点)。

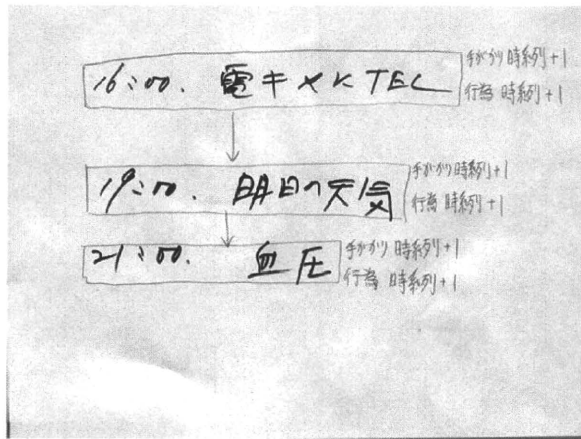


Fig.2.メモ採点例(時系列)

③ 強調

対象者が予定にアンダーラインを引くなどして、記述内容を強調しているかどうかを評価し、得点化した。Fig.3 に実際に強調について採点したメモの画像を例示した。

採点は予定ごとに行い、例えば Fig.3 の「娘夫婦に会ったとき、合鍵を渡す」という予定についてのメモでは、

【手がかりのみ強調】娘夫婦に合鍵を渡す→

手がかり強調+1点

というように加点していき、まずは手がかり強調合計得点と行為強調合計得点を算出した(Fig.3では手がかり強調4点、行為強調0点)。

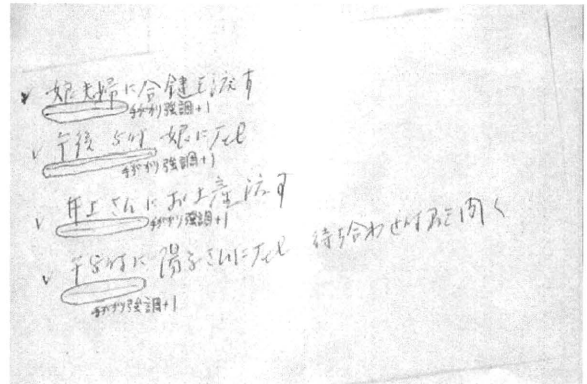


Fig.3.メモ採点例(強調)

④ チェック

対象者が遂行した予定にチェックを入れるなどしているかどうかを評価し、得点化した。Fig.4 に実際にチェックについて例示したメモの画像を例示した。

採点は予定ごとに行い、例えば Table 4 の「夕食にお食事券を持って行く」という予定については、夕食 お食事券を持って行く →手がかりチェック+1点、行為チェック+1点というように加点していき、手がかりチェック合計得点と行為チェック合計得点を算出した(Fig.4では手がかりチェック4点、行為チェック4点)。

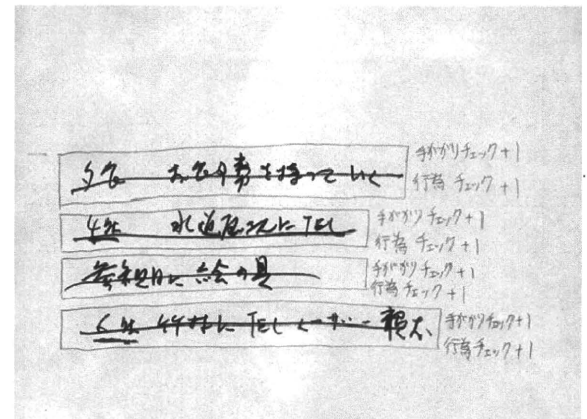


Fig.4.メモ採点例(チェック)

なお、Table 1 に上記の採点基準をまとめた。

採点基準	評価
正確性	手がかりと行為内容の両方を正確にメモしている
時系列	時系列順に上から予定をメモしている
強調	予定にアンダーラインを引くなどして記述内容を強調している
チェック	遂行した予定にチェックを入れるなどしている

Table 1 得点化に用いた基準

次に、各基準で、本試行3周分のメモ全体での合計得点を求め、そこから平均記述率を算出し、この平均記述率を指標として分析を行った。メモの各基準の平均記述率を Fig.5 にまとめた。

2. 分析結果

まず、メモがどのように使用されているのかを検討するため、2（行為・手がかり）×4（正確性・時系列・強調・チェック）の2要因分散分析を行った。その結果、行為・手がかりの主効果が見られ、メモには手がかりの記述率よりも行為の記述率が高かった。また、正確性・時系列・強調・チェックの主効果が見られた。多重比較の結果、正確性に関するメモの記述率が最も高く、続いてチェックに関するメモの記述率が高かった。時系列と強調に関するメモは、正確性とチェックに関するメモよりも記述率が低かった。各基準のメモ得点と VW の成績（メモ有条件）との間に相関関係があるかを検討するた

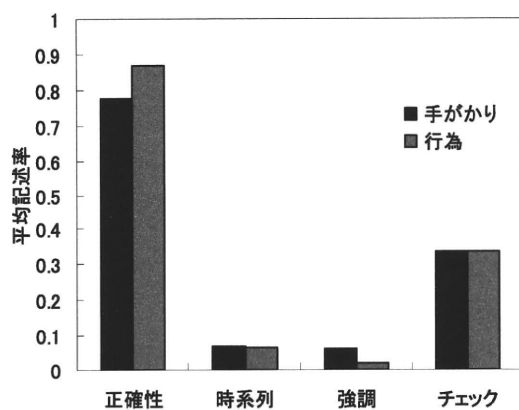


Fig.5 メモの各基準における平均記述率

めに、ピアソンの積率相関係数を求めた。なお、VW の指標には、VW を1周するなかで、遅れてもその課題がまったくできなかったことを示す、展望的記憶課題の失敗率(Miss率)を用いて、分析を行った。その結果、時間ベースの規則課題 ($r=-.17, p<.05$)、試行途中提示条件課題 ($r=-.16, p<.05$)、事象ベース課題の短期条件 ($r=-.16, p<.05$) と時系列得点の間に負の相関関係が見られた。メモの分析において、分散分析では時系列順に記述されたメモの記述率が低かったという結果が示された一方、相関分析では時系列と VW ミス率との間に負の相関が見られた。この結果から、課題を時系列順にメモすることは、これらの展望的記憶課題の失敗を防ぐことに有効である可能性が考えられた。

以上の分析から、展望的記憶の補償効果を高めることが期待される要素として正確性・時系列・チェックの3つの要素が考えられた (Guynn, McDaniel & Einstein 1998; 小林・丸野 1999)。研究2では、これら3つの要素の効果が最大となるように構造化された外的記憶補助(構造化メモと呼称)を開発し、その有効性について実験的に検証した。構造化メモのデザインは Fig.6 に示した。構造化メモにはあらかじめ、予定を書き込むための枠組みが設けられ(=正確性・時系列の補償)、またチェックを促す教示が書かれている(=チェックの補償)。したがって、研究1で用いたような自由記述のメモではできなかった、メモの記述についての統制が可能となる(付録参照)。

3. 研究2

3.1 方法

3.1.1 対象者

研究2の参加者は、2009年度に研究1に参加した高齢者のうち今回の実験参加にも同意が得られた172名(男性85名、女性87名; 平均年齢69.19歳(SD=5.24))。調査期間は2010年7月26日~8月23日であり、C商工会議所およびB市立生涯学習センターの一室に

て実施した。対象者は調査期間中のうち2日間、自身の都合のよい日を選択して、調査に参加した。分析対象者は研究2の参加者のうち調査データに不備のなかった167名(平均年齢69.14歳(SD=5.16)、男性82名、女性85名)であった。対象者の基本データはTable2に示した。

3.1.2 実験内容

展望的記憶課題として Virtual Week(以下VW)を用いた。

VWは一周が一日をシミュレートしたすぐろくゲームであり、日常生活により親密な展望的記憶課題を提示することができる実験室課題として開発された。本研究ではVWのパーソナルコンピュータ版を使用した。対象者は1日を122マスに区切ったすぐろく上で駒を進めながら、日常の活動に関する質問に回答しながら(=背景課題)、ゲーム開始前(1日の始まり)や途中で提示される10個の予定を、適切なタイミングで遂行することが要求される(=展望的記憶課題)。

VWにおける10個の展望的記憶課題は4個の規則課題、および不規則課題、2個のタイムチェック課題から構成されている。なお、本研究では、労働場面での展望的記憶に注目したため、不意に実行しなければならない行為が提示される不規則課題のみを分析対象とした。

	自己流メモ	構造化メモ	全体
度数	84(男41 女43)	83(男41 女42)	167(男82 女85)
年齢	69.44(SD=5.54)	68.84(SD=4.74)	69.14(SD=5.16)
教育年数	13.32(SD=2.07)	13.72(SD=2.35)	13.52(SD=2.21)

Table2 対象者の基本属性

不規則課題とは、日常生活における、その日限りの単発的な予定をシミュレートしており、事象ベース課題(2)と時間ベース課題(2)で構成されている。不規則課題の特徴は、1周ごとに課題内容が異なることであり、1週の開始時に提示される予定と、1週の途中で追加提示される予定の2種類がある。

本研究では、VWの不規則課題の提示方法

および遂行までの時間間隔を操作することで、短期条件の展望的記憶と長期条件の展望的記憶課題を設定した。研究1では、短期条件・長期条件の間で外的記憶補助の効果に差が生じた。したがって、構造化メモの補償効果を検証するために研究2においても同様の課題条件を設定した。本研究では長期条件の展望的記憶課題は、VWの1週の開始前に、事前に課題提示し、遂行までの間隔を、事象ベース課題では55マス以上、時間ベース課題では仮想時刻で7時間以上となるように設定した。一方、短期条件の展望的記憶課題は、VWの1週の途中で突発的に追加提示し、遂行までの間隔を、事象ベース課題では23マス以上、時間ベース課題では仮想時刻で4.5時間以内となるように設定した。

(a)外的記憶補助の操作

研究2では、構造化メモの利用によって、展望的記憶の補償効果が自由記述のメモよりも高くなることを検証するため、研究1と同様に、VW実行時にメモ無し条件とメモ使用条件の2条件を設定した。加えて研究2ではメモ使用条件において、構造化メモを使用する条件と自由記述のメモを使用する条件の2条件を設定し、2×2要因計画で実験を行った。構造化メモ条件では、VW開始前に、対象者にB5サイズの構造化メモ4枚を渡し使用方法についての教示を行った後、練習試行1周+本試行3周を実行した。自由記述メモ条件では、VW開始前に、対象者にB5の白い紙を4枚渡し、研究1と同様の教示を行った。ただし、構造化メモ条件に合わせてこちらの条件でも、メモを使用しながら練習試行1周+本試行3周を実行した。

(b)手続き

調査は2日間に分けて行った。対象者は1日目にメモを使用せずにVWを行い、2日目にメモを使用してVWを行った。対象者は2日目に使用するメモの種類によって構造化メモを使用する群(構造化メモ群)と自由記述のメモを使用する群(自己流メモ群)の2

群に分けられた。研究2では本来とるべきメモ条件の実施順序のカウンターバランスをとっていないが、これは研究2で検討したいことが、メモの効果の有無ではなく使用したメモの種類により結果に差が生じるかどうかであるためである。また群分けの際、研究1で得られたデータを用いて、2群間で性別・年齢・教育年数・認知機能の成績・VWの成績・メモの各基準の得点それぞれに有意差が生じないように調整した(Table3)。

3.3 結果 I

Fig.6は各メモ群における、VW全課題のミス率をグラフにしたものである。構造化メモの有効性を検証するために、対象者を2要因分散分析により分析した。従属変数は、全課題のミス率とした。その結果、試行(メモ有無)の有意な主効果が見られ($F(1, 165) = 19.40, p < .001$)、メモの種類(自己流・構造化)の主効果は見られなかった($F(1, 165) = .89, p = n.s.$)。また試行×メモ種類についての交互作用も見られなかった($F(1, 165) = 1.33, p = n.s.$)。

	自己流メモ群		構造化メモ群		t値(自由度)
	平均値	SD	平均値	SD	
年齢	68.4	5.54	68.4	5.23	0.23(167)
教育年数	13.2	2.47	13.4	2.27	0.48(166)
VW					
事象ベース規則課題	0.178	0.225	0.187	0.271	0.23(148)
時間ベース規則課題	0.167	0.246	0.183	0.263	0.38(148)
タイムチェック課題	0.121	0.214	0.122	0.201	0.03(148)
事象ベース不規則課題	0.325	0.255	0.296	0.309	0.63(141.40)
時間ベース不規則課題	0.332	0.276	0.3	0.278	0.70(148)
全規則課題	0.172	0.2	0.185	0.223	0.35(148)
全不規則課題	0.328	0.223	0.298	0.265	0.76(148)
全課題	0.224	0.168	0.217	0.19	0.24(148)
試行前提示条件課題	0.364	0.279	0.288	0.307	1.59(148)
試行途中提示条件課題	0.292	0.233	0.307	0.282	0.33(148)
事象ベース短期条件	0.328	0.291	0.306	0.353	0.43(148)
事象ベース長期条件	0.32	0.316	0.283	0.348	0.68(148)
時間ベース短期条件	0.254	0.298	0.306	0.33	1.01(148)
時間ベース長期条件	0.408	0.364	0.292	0.358	1.96(148)
認知機能					
実行機能	12.82	3.94	13.39	3.97	0.89(148)
処理速度	34.59	8.5	33.31	7.87	0.96(148)
帰納的推論	52.63	25.89	51.08	25.24	0.37(148)
ワーキングメモリ	4.50	1.15	4.61	1.11	0.59(148)
注意の切り替え	-0.056	0.18	-0.087	0.18	1.05(148)
回想的記憶	30.22	6.45	30.72	6.66	0.46(148)
抑制機能	-11.41	9.75	-10.96	10.26	0.28(145)
メモ					
手がかり正確性	0.78	0.23	0.79	0.18	0.29(148)
行為正確性	0.87	0.21	0.89	0.17	0.54(148)
手がかり時系列	0.08	0.17	0.07	0.16	0.56(148)
行為時系列	0.08	0.17	0.06	0.15	0.66(148)
手がかり強調	0.05	0.10	0.08	0.19	1.56(114.30)
行為強調	0.01	0.05	0.03	0.13	1.15(93.94)
手がかりチェック	0.33	0.38	0.35	0.38	0.18(148)
行為チェック	0.34	0.39	0.35	0.38	0.20(148)

Table3 群分けに用いた t 検定の結果

3.2 分析 I

自己流メモ群と構造化メモ群で展望的記憶の失敗の変化量の差を検討するため、試行(2)×メモ種類(2)の2要因分散分析を行った。被験者内要因は試行(メモ無・有)、被験者間要因はメモ種類(自己流・構造化)であった。従属変数には展望的記憶の失敗を用いた。分析はIとIIの2種類行い、分析Iを行った後、対象者を整理して分析IIを行った。

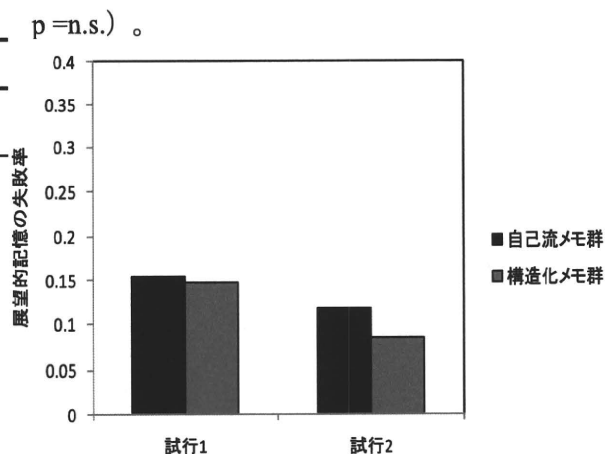


Fig.6.各メモ群におけるVW全課題のミス率

試行とメモ種類についての交互作用は有意でなかったが、構造化メモ群の変化量の方がより大きかった。このことから、VWの成績によってメモの効果の大きさに差が生じていることが推測された。その為、VWの成績により対象者のデータをさらに細かく整理して、傾向を分析する必要があると考えた。くわえて、分析Iの対象者の中には、自己流メモ・構造化メモを十分に活用できていないケースも含まれている可能性があった。特に、構造化メモ群ではルールに従って構造化メモを使用できていなければ、「構造化メモ群」として不適当である。これらの点を踏まえた上で、分析IIを行った。

3.4 分析Ⅱ

(a) データの整理

今回検討したいのは、2種類のメモ使用条件における、VWのミス率の変化量である。そのためVW1回目のミス率が0の対象者42名については、2回目の成績向上が期待できないため、メモの効果を分析するには不適当だと考え、分析対象外とした。

また、残った124名のうち、メモの正確性得点が平均値-2SD以下の対象者9名はメモをVWのルールに沿って十分に活用できていない可能性があり、メモ使用条件のデータとして不適切と考え、分析対象外とした。

さらに、構造化メモ群において、時系列得点が平均値-2SD以下の対象者1名については、構造化メモをルールに従って使用していなかったと考え、分析対象外とした。

よって分析Ⅱでの分析対象者は114名(男63名、女51名)となった。なお、この分析対象者114名が2群間で年齢・性別・教育年数・認知機能成績・VWの成績・メモの得点の平均値に有意差がないことを確認するためt検定を行った。その結果、2群間でこれらの平均値に有意差はなかった。

(b) 構造化メモの効果に関する分析

Fig.7は、上述のデータ整理の後、各群におけるVW全課題のミス率をまとめたものである。構造化メモの有効性を検討するために、対象者を2要因分散分析により分析した。その結果、試行(メモ有無)の有意な主効果が見られ($F(1, 112) = 55.74, p < .001$)、メモ種類(構造化・自己流)の主効果は見られなかった($F(1, 112) = .146, p = n.s.$)。しかし、試行×メモ種類の交互作用が有意であった($F(1, 112) = 4.13, p < .05$)。そこで、試行による単純主効果の検定を行った。その結果、試行1においては有意差が見られず、試行2においては自己流メモ群と構造化メモ群の間に成績の有意差が見られた(試行1: $F(1, 112) = 1.01, p = n.s.$, 試行2: $F(1, 112) = 5.48, p < .05$)。

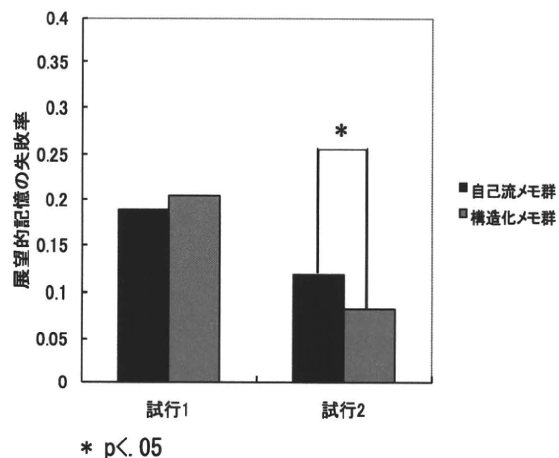


Fig.7.各メモ群におけるVW全課題のミス率(データ整理後)

4. 考察

本研究は新しく開発した構造化メモが展望的記憶の成績向上に効果的であることの検証をその目的としていたが、結果として構造化メモの有効性が示唆されることとなった。以下では、展望的記憶の補償効果を高めた要因について考察する。

(a) 構造化メモの特性

本研究の結果は、構造化メモを構成する正確性・時系列・チェックのいずれかの要因もしくは複数の要因が関連していると考えられる。どの要因が関連しているかについて検討するため、研究2で得られたメモについての分析を行ったが、その結果、正確性は自己流群と構造化群で有意差がなかったが、時系列・チェック・強調は2群間で有意差が生じた(Table4)。有意差のあった3つの要素のうち、強調は構造化メモ群よりも自己流メモ群の方で得点が高かったため、構造化メモにより効果が高まった要素ではないと考えられる。そのため自己流メモと比較して構造化メモがユニークである点は時系列とチェックの2要素であり、したがって成績の有意差はこの2要因により生じたと考えられる。以下、さらにこの2要因の補償効果について考察する。

(b)時系列メモの補償効果

展望的記憶の記録から遂行までのプロセスは、プランの形成、情報の保持、実行の3段階に分けることができる。この3つの段階それぞれにおいての加齢の影響を検討した研究では、プランの形成の段階の機能が高齢者で低下しているという結果が報告されている (Kliegel, McDaniel, & Einstein 2000)。つまり高齢者は若年者を比較して、プランを形成する機能に衰えが見られるということである。メモの利用には、プラン形成時に手がかりと行為を無意識的に連関させる効果がある (正確性の補償)。加えて、構造化メモを使用することで、使用者は自動的に予定を時系列にメモすることになる。展望的記憶を時系列に記録することにより、一つの予定における手がかりと行為の構造化のみならず、一日全体で予定を系列的に構造化し、予定と予定との間の連関を強める効果が考えられる。したがって、時系列のメモは展望的記憶のプラン形成時における記録内容の構造化を促進し、展望的記憶の自発的想起を促進する要因となった可能性が考えられる。

Table4 メモについて行った t 検定の結果

	自己読メモ		構造化メモ		t値(自由度)
	平均値	SD	平均値	SD	
正確性	22.50	2.85	22.80	2.46	0.93(165)
手がかり-時系列	2.13	2.33	7.00	1.39	16.44(135.72) ***
行為-時系列	2.20	2.36	7.10	1.35	16.46(132.22) ***
手がかり-強調	1.32	2.57	0.19	1.13	3.69(114.39) ***
行為-強調	0.40	1.14	0.04	0.19	2.92(87.54) *
手がかり-チェック	4.85	4.55	9.30	3.46	7.13(155.01) ***
行為-チェック	3.33	4.34	9.83	3.15	11.08(151.47) ***

***p<.001, **p<.01

(c)チェックの補償効果

構造化メモのもう一つのユニークな点は、遂行した予定へのチェックを教示されることである。チェックは遂行した予定と未遂行の予定との識別性を高め、メモが効果的に機能するために有効な方略であると思われる。また、メモにチェックすることを教示されることにより、実験参加者は予定を実行するたびに意識的にメモへと注意を切り替える必要がある。つまり、チェックをするためにメモへと意識的に注意を切り替えることになり、

そのことが展望的記憶の想起に対する補償効果を高めることになったという可能性も考えられる。しかし、メモを使用していたとしても展望的記憶課題や背景課題には多くの認知資源を向けなければならず、そのためチェックに向ける認知資源は大きく減少してしまうことが考えられる。チェックは正確性や時系列に比べ、より応用的な記述方法といえるかもしれない。本研究で用いた構造化メモはチェックについての教示を対象者に与えるものであったが、その実行において使用者の認知資源の個人差が影響してしまい、コントロールが不完全であったと思われる。チェックとメモの補償効果について検討するためには、チェックの自発性を高める新たなメモのデザインを開発する必要がある。

5. まとめ

本研究では展望的記憶の補償効果を高める要因として時系列とチェックの存在が示唆された。しかし、今回用いた構造化メモは、両要因に働きかけるデザインであったため、どちらの要因が展望的記憶の補償に関連しているのか、また、展望的記憶のどの側面に補償効果があったのかについては検討することができなかった。今後は、両要因について出来るだけ分離した実験デザインによる検討も必要だろう。

また、本研究では扱っていないが外的記憶補助を利用する際の認知機能の働きについても検討するべきだろう。昨年度の研究において、メモを使用しない条件とメモを使用する条件では利用される認知機能が異なるという結果が示された。つまり、メモが展望的記憶遂行時に認知機能の一部を補償したということである。一方同時に、メモを使うことが、利用者に新たな認知的負荷を与える可能性も示された。今回用いた構造化メモはその補償効果が通常メモと異なっていたことから、構造化メモの持つ利点と欠点を同時に評価することが、特に労働場面における導入には必要であろう。

【付録】 実験に用いた構造化メモ

※ 次のことを守ってください！

終わった予定にはマジックで線を引いてください

いつかわからないイベントのメモ欄

いつ・何をしたとき	何をする
【朝】	
【昼】	
【夜】	

10910105

6. 参考文献

- 1) Baddeley, A.D. 1986 Working memory, New York:Oxford University Press.
- 2) Cavallini, E., Pagnin, A., & Vecchi, T. 2003 Aging and everyday memory : the beneficial effect of memory training. Archives of Gerontology and Geriatrics, 37, 241-257.
- 3) Cockburn, J. & Smith, P.T. 1991 The relative influence of intelligence and age on everyday memory. Journal of Gerontology : Psychological Sciences, 46, 31-36.
- 4) Cohen, A. L., West, R., & Craik, F. I. M. 2001 Modulation of the prospective and retrospective components of memory for intentions in younger and older adults. Aging Neuropsychology and Cognition, 8, 1-13.
- 5) Cohen, G. 1993 Memory and ageing. In G.M.Davies & R.H.Logie(Eds.), Memory in everyday life. Amsterdam : Elsevier/North-Holland. Pp419-438.
- 6) Craik, F.I.M. & Jennings, J.M. 1992 Human Memory. In:Craik, F.I.M. & Salthouse, T.A. The Handbook of aging and cognition, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates, 51-110.
- 7) Cuttler, C., & Graf, P. 2007 Personality predicts prospective memory task performance:An adult lifespan study. Scandinavian Journal of Psychology, 48, 215-231.
- 8) Dixon, R.A., & de Frias, C.M. 2007 Mild Memory Deficits Differentially Affect 6-Year Changes in Compensatory Strategy Use. Psychology and Aging, 22(3), 632-638.
- 9) Dixon, R.A., de Frias, C.M., & Bäckman, L. 2001 Characteristics of self-reported memory compensation in older adults. Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 23, 650-661.
- 10) Einstein, G.O., & McDaniel, M.A. 1990 Normal aging and prospective memory. Journal of experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 16, 717-726.
- 11) Ellis, J. 1996 Prospective memory or the realization of delayed intentions:A conceptual framework of research. In M.Brandimonte, G.O.Einstein, & M.A.McDaniel(Eds.), Prospective memory:Theory and applications, Mahwah, NJ:Erlbaum pp1-22.
- 12) Gondo, Y., Renge, N., Ishioka, Y., Kurokawa, I., Ueno, D.2010 Reliability and validity of the Prospective Memory Questionnaire(PRMQ) in young and old people:A Japanese study. Japanese Psychological Research, 52(3), 175-185.
- 13) Guynn, M.J., McDaniel, M.A., & Einstein, G.O. 1998 Prospective memory:When reminders fail. Memory&Cognition, 26(2), 287-298.
- 14) Henry, J.D., MacLeod, M.S., Phillips, L.H., & Crawford, J.R. 2004 A meta-analytic review of prospective memory and aging. Psychology and Aging, 19, 27-39.
- 15) J.E.ビルン・K.W.シャイエ(編) 藤田綾子・山本浩市(訳) 2008 行動とエイジングの理解のための認知神経科学の貢献 エイジング心理学ハンドブック 北大路書房 pp43-59.
- 16) Kliegel, M., McDaniel, M.A., & Einstein, G.O. 2000 Plan formation,retention,and execution in

- prospective memory: A new approach and age-related effects. *Memory & Cognition*, 28(6), 1041-1049.
- 17) 小林敬一・丸野俊一 1994 有効な外的記憶装置の利用に関するメタ記憶的知識の分析. 九州大学教育学部紀要(教育心理学部門), 39(2), 115-125.
- 18) 小長谷陽子・渡邊智之・太田壽城・高田和子 2009 地域在住高齢者の Quality of Life(QOL)と認知機能の関連性. 日本老年医学会雑誌, 46(2), 160-167.
- 19) 厚生労働省 2010 平成 21 年簡易生命表, 厚生労働省, <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life09/>>(2011.1.05)
- 20) 黒川育代 2010 高齢期の展望的記憶に影響を及ぼす、内的・外的要因の検討 印刷中
- 21) Kvavilashvili, L., & Ellis, J. 2004 Ecological validity and the real-life/laboratory controversy in memory research: A critical (and historical)review. *History and Philosophy of Psychology*, 6, 59-80.
- 22) Levy, R. L., & Loftus, G. R. 1984 Compliance and memory. In J. E. Harris & P. E. Morris (Eds.), *Everyday memory, actions, and absentmindedness*. New York: Academic Press. Pp. 93 - 112.
- 23) Light, L.L. 1991 Memory and aging: Four hypotheses in search of data. *Annual Review of Psychology*, 42, 333-376.
- 24) Loftus, E.F., Levidow, B., & Duensing, S. 1992 Who remember best? Individual differences in memory for events that occurred in a science museum. *Applied Cognitive Psychology*, 6, 93-107.
- 25) Martin, M., & Park, D.C. 2003 The Martin and Park Environmental Demands (MPED) Questionnaire: Psychometric properties of a brief instrument to measure self-reported environmental demands. *Aging Clinical and Experimental Research*, 15, 77-82.
- 26) McDaniel, M.A., & Einstein, O.E. 2000 Strategic and Automatic Processes in Prospective Memory Retrieval: A Multiprocess Framework. *Cognitive Psychology*, 14, 127-144.
- 27) Moscovitch, M. 1982 A neuropsychological approach to memory and perception in normal and pathological aging. In *Advances in the Study of Communication and Affect: Vol.8. Aging and Cognitive Processes*, Craik, F.I.M., Trehub, S. (eds). Plenum: New York; 55-78.
- 28) 中島義明 2007 「展望的記憶」と「ワーキングメモリ」の連結性 認知変数連結論ー認知心理学を見つめ直す コロナ社 pp.120-136.
- 29) 苧阪満里子 2002 脳のメモ帳: ワーキングメモリ 新曜社.
- 30) 苧阪満里子 2009 高齢者のワーキングメモリとその脳内機構. *心理学評論*, 52(3), 276-286.
- 31) 越智啓太 2008 日常記憶 太田信夫・多鹿秀継(編) 記憶の生涯発達心理学 北大路書房 pp343-354.
- 32) P.G.Rendell, & F.I.M.Craik. 2000 Virtual Week and Actual Week: Age-related Differences in Prospective Memory. *Applied cognitive psychology*, 14, 43-62.
- 33) Phillips, L. O., Henry, J. D., & Martin, M. 2007 Adult Aging and Prospective Memory: The Importance of Ecological Validity. Kliegel, M., McDaniel, M.A., & Einstein, G.O.(Eds.), *Prospective Memory: Cognitive, Neuroscience, Developmental, and Applied Perspectives*(pp.161-185) Lawrence

- Erlbaum Assoc, Inc.
- 34) Rendell, P. G. & Thomson, D. M. 1999 Aging and prospective memory: Differences between naturalistic and laboratory tasks. *Journals of Gerontology Series B-Psychological Sciences and Social Sciences*, 54, 256-269.
- 35) Rose, N.S., McDaniel, M.A., Rendell, P.G., Aberle, I., & Kliegel, M. 2010 Age and Individual Differences in Prospective Memory During a "Virtual Week": The Roles of Working Memory, Vigilance, Task Regularity, and Cue Focality. *Psychology and Aging*, 25(3), 595-605.
- 36) Salthouse, T.A. 1991 *Theoretical perspectives on cognitive aging*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- 37) Terry, W.S. 1988 Everyday forgetting: Data for a diary study. *Psychological Reports*, 62, 299-303.
- 38) Torner, A., Larrabee, G.J., & Crook, T.H. 1994 Structure of everyday memory in adults with age associated memory impairment. *Psychology and Aging*, 9, 606-615.
- 39) 梅田聡 2002 展望的記憶 井上毅・佐藤浩一(編) *日常認知の心理学* 北大路書房 pp.18-35.
- 40) 梅田聡・小谷津孝明 1998 展望的記憶研究の理論的考察. *心理学研究*, 69(4), 317-333.
- 41) West, R.L., & Crook, T.H. 1990 Age differences in everyday memory: laboratory analogues of telephone number recall. *Psychology and Aging*, 5, 520-529.
- 42) West, R.L., Crook, T.H., & Barron, K.L. 1992 Everyday memory performance across the life span: effects of age and noncognitive differences. *Psychology and Aging*, 7, 72-82.
- 43) Zeintl, M., Kliegel, M., & Hofer, S.M. 2007 The Role of Processing Resources in Age-Related Prospective and Retrospective Memory Within Old Age. *Psychology and Aging*, 22(4), 826-834.

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

学会論文集

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	ページ	出版年
Kazuma Ishimatsu, Fumiharu Togo, and Akihiro Ohnishi	Fall Risk and Cognitive Function in Older Adults: Effects of Age and Working Memory on Rapid Stepping Performance	ISISH (International Symposium on Industrial Safety and health) 2010	pp.64-69	2010
石松一真、東郷史治、大西明宏	転倒リスクと認知的加齢：作業記憶が急ぎステップング動作に及ぼす影響	関西心理学会 122 回大会論文集	p.62	2010
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	日本機械学会 [No.10-8]Dynamics and Design Conference 2010 CD-ROM 論文集	CD-ROM	2010

FALL RISK AND COGNITIVE FUNCTION IN OLDER ADULTS: EFFECTS OF AGE AND WORKING MEMORY ON RAPID STEPPING PERFORMANCE

Kazuma Ishimatsu*, Fumiharu Togo**, and Akihiro Ohnishi***

*National Institute of Occupational Safety and Health, 6-21-1 Nagao Tama-ku Kawasaki 214-8585, Japan, ishimatsu@h.iniosh.go.jp

**National Institute of Occupational Safety and Health, 6-21-1 Nagao Tama-ku Kawasaki 214-8585, Japan, togo@h.iniosh.go.jp

***National Institute of Occupational Safety and Health, 1-4-6 Umezono Kiyose Tokyo 204-0024, Japan, ahnishi@s.iniosh.go.jp

Abstract: The Rapid Step Test (RST) has been used as an assessment of dynamic balance and fall risk among older adults. The association between higher-level cognitive functions and fall risk has received considerable attention in recent years. This study aimed to examine effects of working memory (WM) capacity on performance of a rapid stepping (RS) task which is a modified version of RST. Healthy younger ($n = 11$; mean age = 23.2 years) and older ($n = 28$; mean age = 64.5 years) males performed the RS task. Participants took volitional front, side, and back steps (in total 37 steps) with at least 80% of maximal step length in response to visual commands. Total times required to take 37 steps and stepping error rates were compared as a function of WM capacity which was measured by using the Digit Span (DS) subtest of the Wechsler Intelligence Scale-Third Edition (WAIS-III). There was an effect of WM capacity on RS task stepping errors. The error rate in the older lowest WM quartile (DS subtest raw scores, 6-11) was significantly larger than the error rates of the remaining three older quartiles (DS subtest raw scores, 12-21), as well as that of the younger group (DS subtest raw scores, 12-27), suggesting that individual differences in WM capacity do affect rapid stepping performance. Overall, total times were significantly longer in the older groups than in the younger group, while no significant differences were found among the older quartiles on this variable. The present study demonstrated that older adults whose WM capacity is low (Digit Span subtest raw score < 12) have more difficulties with taking accurate but rapid steps. Furthermore, the Digit Span subtest from the WAIS-III could be a useful independent predictor of fall risk in older adults.

Keywords: cognitive aging, digit span, executive function, risk assessment, older workers

INTRODUCTION

Simple and efficient detection of fall risk among older adults has become a major occupational safety and health research topic as a result of demographic shifts, including a growing number of workers who are over 50 years old. Falls often result in injury and loss of independence in terms of performing everyday activities, and are a leading cause of disability among older adults. Therefore, identifying and understanding the risk factors associated with falls are essential for the development of effective interventions aimed at reducing falls and maintaining independence in older adults.

The Rapid Step Test (RST) is a relatively simple assessment of dynamic balance and fall risk among older adults. The RST requires the ability to execute near-maximal, rapid, consecutive, and volitional steps to the front, side, and back using either foot in response to verbal commands [1]. Medell and Alexander demonstrated that there is a strong correlation between total time required to take 24 steps during the RST and clinical measures of static balance, dynamic balance, and self-reported balance confidence, as well as lower extremity strength output [1].

It has recently been reported that there is a close association between higher-level cognitive functions (executive functions and attention) and fall risk [2-4]. For example, Springer and his colleagues demonstrated that gait of elderly fallers was destabilized during dual task walking, while gait variability of elderly non-fallers or younger adults was not affected by dual task walking [4]. They interpreted these effects as being mediated (in part) by decline in executive functioning, which controls the amount of attention allocated to gait during dual tasking. These results indicate that gait (motor performance) requires attention (i.e., cognitive resources), and that individual differences in cognitive resources might influence motor performance during a physical performance test of fall risk.

To clarify the relationship between cognitive resources and motor performance, we investigated the relationship between working memory (WM) capacity and performance of a Rapid Stepping (RS) task in older adults. WM is one of the most critical aspects of executive functioning. The central executive system of WM is a limited-capacity attentional system that selects goal-relevant behavior by focusing and switching attention [5]. The RS task used here was based on

Medell and Alexander's Rapid Step Test (RST). WM capacity was assessed using the Digit Span subtest of the Wechsler Intelligence Scale-Third Edition (WAIS-III).

The primary purpose of the present study was to examine if WM capacity affects rapid stepping performance in older adults. To detect minimum threshold of WM capacity required for rapid but accurate stepping performance was of interest. To this end, older participants were divided into four quartiles according to their raw scores on the Digit Span subtest. These subgroups consisted of an older Low WM group, an older Middle-Low WM group, an older Middle-High WM group, and an older High WM group. Given previous findings indicating that cognitive resources are related to fall risk, our hypothesis was that motor performance on the RS task would be poorer for the older Low WM group as compared to the older High WM group.

The secondary purpose of this study was to investigate aging effects on rapid stepping performance. RS task performance of the older groups was also compared to that of a younger group. On the basis of the research described previously, we hypothesized that the rapid stepping performance of the older groups would be more impaired than that of the younger group.

METHODS

Participants

Thirty-nine experimentally naïve healthy males participated for paid remuneration. The participants consisted of two groups: A younger group (ranging in age from 18 to 27; mean age = 23.2 years) and an older group (ranging in age from 60 to 69; mean age = 64.5 years).

The older participants were recruited from chapters of the Federation of Senior Citizens in two different cities. Administrators of each chapter selected participants by taking the inclusion criteria into account. The younger participants were recruited from two universities. None of the participants had significant physical, cognitive, or functional impairments. All participants had normal visual fields and normal or corrected-to-normal vision. All participants gave their written informed consent before taking part in this study, which was approved by the Ethics Committee of the National Institute of Occupational Safety and Health, Japan.

Procedure

Each participant completed two test sessions. Functional and neuropsychological assessments were conducted on the first day. The RS task was performed on the second day.

Functional Assessments

Unipedal Stance Test (UPST): The UPST is a simple test for measuring static balance ability. UPST measures the length of time that a participant is able to maintain balance while standing on one leg with their eyes closed. The test was ended if the participant needed support to prevent a fall or was unable to continue. UPST time was measured twice. The longest time of the two was recorded.

Functional Reach Test (FRT): The FRT, a well-established clinical measure of balance, assesses the distance between the length of the outstretched arm and a maximal forward reach from a standing position, with maintenance of a fixed base of support. The longest distance of three trials was recorded.

Knee Extension Strength (KES): KES was measured using a myodynamometer (T.K.K. 5710m, Takei Science Instruments Co., Ltd.). Participants were seated with the hip and the knee joint at 90 degrees of flexion, and then pushed both lower extremities into the device as hard as possible. The highest peak force of two trials was recorded.

Neuropsychological Assessments

Digit Span (DS): The DS subtest of the WAIS-III is composed of both forward and backward recitation conditions [6]. On the digits forward portion of the subtest, the individual is verbally presented with a string of numbers and is asked to repeat back the numbers in order, immediately after stimulus presentation (two trials per item, 2 to 9 digits). In the digits backward condition, the individual is instructed to repeat back the presented string of numbers in reverse order (two trials per item, 2 to 8 digits). The number of correctly remembered trials was recorded for the DS according to the WAIS-III manual (maximum = 16 for the DS forward and maximum = 14 for the DS backward). The DS score combines the total number of digit string trials correctly repeated in both conditions.

Digit Symbol-Coding (DSC): The WAIS-III DSC subtest assesses perceptual and motor processing speed [6]. Participants receive a grid of 133 empty squares with a number (1-9) above each square, as well as a key of symbols that correspond to each number. In 120 s, participants must substitute as many symbols for numbers as possible. For the present analyses, DSC scores were the number of substitutions correctly completed.

Center for Epidemiological Studies Depression Scale (CES-D): The short form of the CES-D is a 20-item questionnaire that assesses depressive symptoms [7]. Participants rate the frequency of their feelings or symptoms over the week preceding the assessment, from

0 (rarely or none of the time) to 3 (most of the time). Higher scores indicate greater depressive symptoms.

Rapid Stepping (RS) Task

Participants were given a few minutes for a cardiovascular and musculoskeletal warm-up prior to the RS task session.

The maximum step lengths (MSL) of each participant to the front, back, and side were determined for each foot by taking the average of five trials in each direction. Participants wore their own running or athletic shoes, and were required to begin each trial from a comfortable position within a starting box, with their arm crossed over their chests. The starting box was a 35.6 cm wide X 30.5 cm long tape rectangle on the floor. As in previous work [1,8], the MSL was defined as the ability to take a single maximal length step out of and then back into the starting box. The base leg had to remain in contact with the floor and not lift off during the step, although the heel was allowed to lift off for front steps. Colored tape was used to mark a line at 80% of the participant's MSL on the floor. These marks served as the targets for the RS task.

Commands for the RS task were given visually on an LCD display located in front of the participant. After the initial command, all successive commands were given using visual images as the participant returned within the starting box from the previous step. Participants were instructed to complete the task as quickly and accurately as possible while keeping their arms crossed over their chest. Each participant performed the same randomized step sequences. After a brief practice session to familiarize the participants with the step target locations and task rules, two sequences of 37 steps were performed. Time to complete the task and error data were both recorded for each sequence. An error was recorded if the participant: (A) did not reach the target line, (B) did not return to the starting box with a single step, (C) uncrossed his arms or lost his balance, (D) stepped with the wrong foot, or (E) stepped in the wrong direction. Inaccurate stepping (not executing a step properly, in terms of foot movements), which did not fall into the five error types just described, was categorized as (F) (an "other" category). A single experimenter visually determined all errors.

Data Collection and Processing

Each foot was initially located on one of two ground-level force plates (9286B, Kistler). All force plate data were sampled at 1000 Hz and were recorded using a computer. Software routines were used to process all data. Total time to complete the RS task was calculated according to data obtained from the two force

plates. Step liftoffs from the force plates were indicated by the vertical ground reaction force dropping below 20 N. Step landings on the force plate were determined by the vertical ground reaction force exceeding 20 N. The total time was the length of time that had elapsed since the first step liftoff until the last 37th step landing on the force plate in the starting box.

Statistical Analysis

Participant characteristics are summarized descriptively, using either means and standard deviations, ranges, or frequencies and percentages as appropriate. To explore the impact of WM capacity on rapid stepping performance, the older group was subdivided into four quartiles based on raw Digit Span subtest scores: An older Low group, an older Middle-Low group, an older Middle-High group, and an older High group. Comparisons between groups were performed using repeated measures analysis of variance (ANOVA). The Newman-Keuls test was used for post hoc analyses. A p -value $< .05$ was considered to be statistically significant.

RESULTS

Table 1 summarizes characteristics of the participants in each of the five groups. ANOVAs were performed on age, height, and weight of participants, with group as a between-subjects factor. There were significant main effects of group on age and height, $F(4, 34) = 683.41, p < .0001$ and $F(4, 34) = 4.86, p = .0033$, respectively. The main effect of group on weight did not reach significance ($p = .5711$). A post hoc Newman-Keuls test revealed that participants in the older groups were significantly shorter than those in the younger group ($p < .05$). There were no significant height or age differences across the older groups. This analysis confirms that in the older groups, the participants in each subgroup were well-matched in terms of age, height, and weight.

Functional Assessments

ANOVAs were performed on UPST, FRT, and KES scores of participants, with group as the between-subjects factor (see Table 1). There were significant main effects of group on UPST, FRT, and KES scores, $F(4, 34) = 8.34, p = .0001$, $F(4, 34) = 9.45, p < .0001$, and $F(4, 34) = 8.99, p < .0001$, respectively. A post hoc Newman-Keuls test revealed that UPST, FRT, and KES scores in the older groups were all significantly lower than those of the younger group. There were no significant UPST, FRT, or KES differences across the older groups. This analysis confirms that the participants in each older subgroup were well-matched in terms of

Table 1 Participant characteristics

	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

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

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

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

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

UPST, FRT, and KES scores.

Neuropsychological Assessments

ANOVAs were also performed on DS, DSC, and CES-D scores of participants, with group as a between-subjects factor (see Table 1). There were significant main effects of group on DS and DSC scores, $F(4, 34) = 16.43$, $p < .0001$, and $F(4, 34) = 19.88$, $p < .0001$, respectively. There was no effect of group on CES-D scores ($p = .4222$). A post hoc Newman-Keuls test revealed that raw DS subtest scores were lowest in the older Low group, second lowest in the older Middle-Low and Middle-High groups, and highest in the older High and younger groups. Raw DSC scores in the younger group were significantly better than those of each older group. There were no significant DSC score differences among the older groups. The participants in each older subgroup were well-matched on DSC and CES-D scores, but DS score differences were robust.

Rapid Stepping (RS) Task

Total time to complete the RS task and stepping error ratio of each sequence were calculated for each participant. The mean total time as well as the mean percent error for the two sequences were calculated for each participant and then compared across the five groups.

Total Time to complete the RS Task

The mean total time for each group is shown in Figure 1. To examine the effects of aging and WM capacity on RS performance, total task times were analyzed using an ANOVA with group as the between-subjects factor (older Low, older Middle-Low, older Middle-High, older High, and younger group). The main effect of group was significant, $F(4, 34) = 6.83$, $p = .0004$. A Newman-Keuls test revealed that the total time for the younger group was significantly shorter than corresponding times for the older groups ($p < .05$). There were no significant total time differences across the four older groups. Although older participants took more time to complete the RS task than did younger participants, WM differences were not associated with total time required to complete the task for older participants.

Stepping Error Rate

Stepping error rate for the RS task was calculated as the ratio of the number of trials in which a participant stepped inaccurately relative to the total number of trials. Mean error rates for each group are shown in Figure 2. Error rate was analyzed using a between-groups ANOVA. The main effect of group was significant, $F(4, 34) = 6.94$, $p = .0003$. A post hoc Newman-Keuls test revealed that the error rate of the older Low group was significantly larger than corresponding rates for the remaining three older groups, as well as that of the younger group ($p < .05$). Individual differences in WM do appear to be

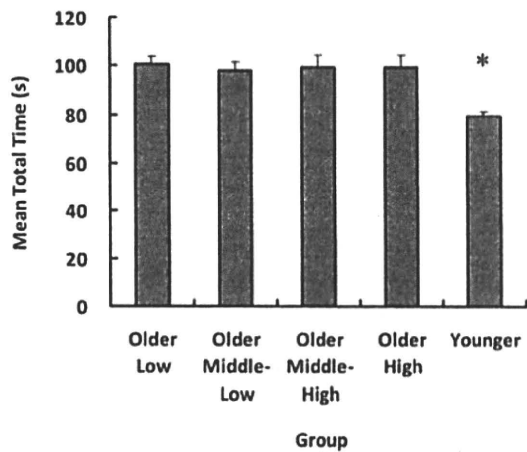


Figure 1 Mean total time to complete the RS task by group. Error bars indicate +1 standard error of the mean. * $p < .05$ from the other four groups

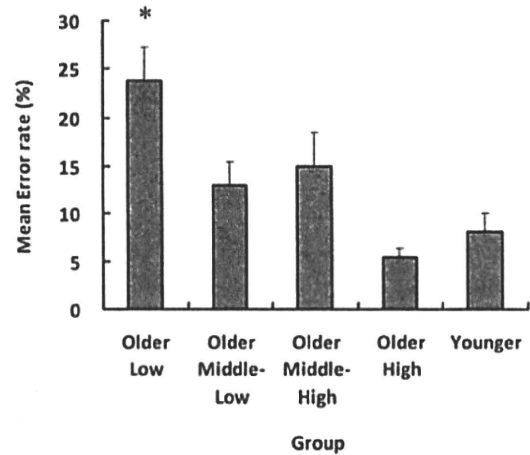


Figure 2 Mean error rates on the RS task by group. Error bars indicate +1 standard error of the mean. * $p < .05$ from the other four groups

Table 2 Mean number of errors occurring during the Rapid Stepping (RS) task

	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).

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

related to the stepping errors made by older participants.

Error Analysis

Error types according to the six categories described above were also compared across the five groups (see Table 2). A mixed (5 x 6) factorial ANOVA was conducted with Group (older Low, older Middle-Low, older Middle-High, older High, and younger group) and Error type (A, B, C, D, E, F) as factors. Main effects of Group and Error type were significant, $F(4, 34) = 6.94$, $p = .0003$, and $F(5, 170) = 68.90$, $p < .0001$, respectively. There was also a significant interaction between Group and Error type, $F(20, 170) = 5.16$, $p < .0001$. Significant group differences were found only for Error type A. The number of failures to reach the target line in the older Low group was significantly larger than values for the older Middle-Low, Middle-High, High, and younger groups ($p < .05$). Overall, type A errors were significantly more frequent than the remaining Error types in all groups except the older High group, for

which there were no significant differences across the error types.

DISCUSSION

The present study investigated the relationship between cognitive functioning and fall risk in older adults. The main focus was on the possible effects of working memory (WM) capacity on Rapid Stepping (RS) task performance, which captures critical aspects of motor responses to avoid a fall. To accomplish this goal, a group of older participants was subdivided into four quartiles according to their raw scores on the Digit Span (DS) subtest of the WAIS-III, which is conceptualized as a test of WM capacity. These subgroups consisted of an older Low group, an older Middle-Low group, an older Middle-High group, and an older High group. Error rates on the RS task for the older Low group were significantly greater than those of the remaining three older groups, as well as the younger group.