

高齢者の認知機能評価のためのパフォーマンステスト： トレイルメイキングペグテストの提案

檜森 えりか

体育学専攻
指導教員 大藏 倫博

A novel performance test for evaluating cognitive function in older adults: trail making peg test Erika HIMORI

Since early evaluation of mild cognitive decline in older adults is very important in the clinical settings of prevention for dementia, development of a convenient screening test for cognitive function is indispensable. The purpose of this study was to examine validity and reliability of a novel test for evaluating cognitive function “trail making peg test (TMPT)”. This study was conducted in four issues: 1) associations of the TMPT, the trail making test (TMT) and the pegboard test with cognitive functions, 2) age and gender difference in the associations between the TMPT and cognitive functions, 3) reliability of the TMPT, 4) validity of the TMPT with a view point of neuroscience using an electroencephalogram (P300). Our data indicated that 1) the correlation coefficient of cognitive function was higher with the TMPT($r = -0.68$) than with the TMT($r = -0.56$) and the pegboard test($r = -0.52$), 2) the correlations of the TMPT were significant independent of age and gender, 3) the TMPT displayed a higher reliability(ICC = 0.78), and 4) the TMPT strongly correlated with the P300 latency in both congruent($r = 0.69$) and incongruent($r = 0.79$) tasks at Pz electrode site. The TMPT would be a convenient and useful tool for assessment of cognitive function in older adults.

【緒言】

超高齢社会を迎えた日本における社会問題の一つに認知症がある。認知症は本人の QoL (Quality of Life) の低下のみならず、家族・介護者の心理的、社会的負担となる¹⁾ことから、認知症高齢者の急増は深刻な社会問題へと発展する可能性がある。認知症高齢者の更なる増加が危惧される中、最近では認知症の予防の可能性に注目が集まっている。高齢者においても認知機能の訓練効果が認められること²⁾、成人以降も脳の一部では神経細胞が新生していると判明したこと³⁾などから、近年では脳には可塑性があると考えられている。したがって、認知症予備群をいち早く発見することができれば、認知訓練などにより認知症への移行を予防できる可能性がある。認知症予備群を早期に把握するために、実施が簡便で、微小な認知機能低下をも感知できる新たなスクリーニング方法の開発・普及が求められている。

認知機能は注意、記憶、思考、言語等様々な要素を含む概念であるが、その中でも注意機能は、情報処理における第一段階であり、認知機能が適切に機能するためには注意機能の動員が重要であるため⁴⁾、これまで注意機能に着目した研究が数多くおこなわれてきた^{5,6)}。これらの注意機能の検査には高次の注意機能を反映する trail making test (TMT)⁷⁾がよく用いられている。一

方、尹ら⁸⁾は高齢者を対象に認知機能と身体機能の関連性を総合的に検討した結果、認知機能と最も関連する身体機能は巧緻性（ペグ移動テスト）であることを報告している。ペグ移動テストは、上肢機能の総合的評価指標であり、手腕作業検査とも呼ばれる⁹⁾。

これらの先行研究に基づき、高齢者の認知機能をパフォーマンステストによって評価するために、ペグ移動テストと TMT を組み合わせた「trail making peg test (TMP テスト)」を開発した (図 1)。

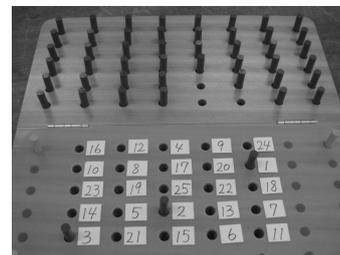


図 1. TMP テスト

TMP テストは巧緻性（ペグ移動テスト）に加えて、目で数字を探し、手でペグを動かすという 2 つの反応パターンを交互に切り替えて両方の遂行過程の情報を保持しながら適切に遂行するという要素が加わり、ペグ移動テストより目と手の協応性や正しい方向に動かす集中力・注意力が求められるため、これまででない「巧緻性+注意機

能」の総合的評価方法になることが期待される。

本研究の目的は、高齢者の認知機能を反映することが期待される TMP テストの妥当性および信頼性を検討することにより、介護予防の現場において高齢者に適用することの有用性を明らかにすることである。そのために以下の4つの検討課題を設定した。

- 1) TMP テストと従来型テストとの比較
- 2) 性・年代別にみた TMP テストと認知機能との関連性
- 3) TMP テストの信頼性の検討
- 4) TMP テストの神経科学的妥当性の検討

【方法】

1. 対象者

課題1（従来型テストとの比較）および課題2（性・年代別検討）においては茨城県笠間市の住民基本台帳から無作為抽出した高齢者のうち、調査に参加した高齢者を対象とした（課題1：平成24年度88名、課題2：平成21～23年度540名）。また、課題3（信頼性）および課題4（神経科学的妥当性）においては運動教室に参加した高齢者を対象とした（課題3：23名、課題4：17名）。

2. 測定項目

- ・TMP テスト（課題1～4）

手腕作業検査器（竹井機器工業社製）の近位盤に、穴の横に1から25までの数字がランダムに割り振られたシート（以下、測定用シートと呼ぶ）を設置し、被験者は遠位盤のペグを数字の昇順となるよう利き手のみを使用してできる限り速く移動させる。25個すべての穴が埋まるまでの時間を100分の1秒単位で測定する。9までの練習用シートで練習した後、本番を1度おこなう。

課題3（信頼性）においては数字の配列が異なる測定用シートを3枚（シートA, B, C）作成し、同一被験者に対して1週おきに計3度の測定をおこなった。その際、シートをおこなう順番は被験者ごとにランダムとした。

- ・TMT part A⁷⁾（課題1）

1から25までの数字が書かれた円がランダムに配置されたA4サイズの用紙を用いて、被験者は利き手で鉛筆を持ち、1から25までの円を昇順に線で結び、その時間を100分の1秒単位で測定する。その際、鉛筆は紙から離さず、できる限り速く結ぶよう指示した。8までの用紙で練習した後、本番を1度おこなう。

- ・ペグ移動テスト（課題1）

手腕作業検査器の遠位盤のペグを左右それぞれの手に1本ずつ持ち、両手同じタイミングで近位盤にできる限り速く移動させるテストである。48本すべて移動させるまでの時間を100分の1秒単位で測定する。1列12本の練習後、本番を1

度おこなう。

- ・ファイブ・コグ検査¹⁰⁾（課題1, 2）

日本人高齢者を対象として開発された集団型の認知機能検査であり、5つの認知機能要素（注意、記憶、視空間、言語、思考）および認知機能（5要素合計点）を評価する。ファイブ・コグ検査専用のDVDメディアを使用して、液晶プロジェクターでスクリーンに投影し20名程度の対象者に対して一斉に検査を実施した。

- ・P300（課題4）

5つの矢印を用いた改訂版 flankers 課題（標的刺激と妨害刺激の向きにより congruent 課題・incongruent 課題を設定）を用いて、頭皮上3か所から単極導出した。その他、反応時間（reaction time: RT）、眼電図も同時に記録した。

3. 統計解析

課題1（従来型テストとの比較）および課題2（性・年代別検討）ではパフォーマンステストと認知機能との Pearson の積率相関係数および性、年齢、教育年数を調整した偏相関係数を求めた。課題3（信頼性）では測定用シートの一致性の確認のために一要因分散分析を、試行間信頼性の検討には級内相関係数（ICC）を用いた。また、課題4（神経科学的妥当性）では群間比較に対応のないt検定、TMP テストと P300 成分との関連性の検討に Pearson の積率相関係数を用いた。すべての検定において、統計的有意水準は5%とした。

【結果と考察】

課題1. 従来型テストとの比較

認知機能（ファイブ・コグ検査合計点）と各パフォーマンステストとの相関係数を図2に示した。ほぼすべての項目において有意な相関関係が認められた。中でもTMP テストは他の2つのテストに比して0.1から0.2程度係数が高値を示している。性、年齢、教育年数を調整後も同様の結果が得られた（データ不掲載）。

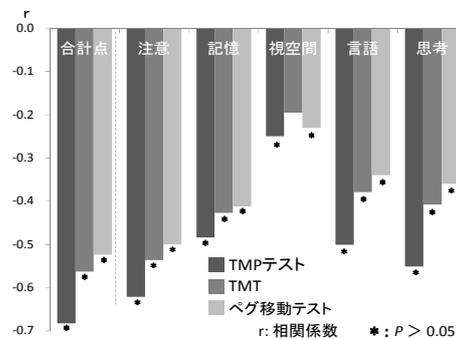


図2. 認知機能とパフォーマンステストとの相関係数

以上のことから、TMP テストが他の2テストに比してより強く高齢者の認知機能を反映することが示唆された。これはTMP テストがTMT、ペグ

移動テストの特徴を併せ持ち、広く脳機能が動員されるテストとなったためと考えられる。TMP テストは測定用シートの数字に注意を向けることと、ペグを遠位盤から近位盤へ移動させるという二重課題に加え、さらに次の数字を探すことまでも同時におこなわれる可能性がある非常に複雑な課題である。そのため、注意機能を司る前頭前野¹¹⁾や手の巧緻動作を司る運動前野¹²⁾をはじめ、広く脳機能が動員されるテストであると推察される。したがって、TMP テストは高齢者の認知機能を最も反映するテストであると考えられる。

課題 2. 性・年代別にみた認知機能との関連性

性・年代別（男性前期・後期、女性前期・後期の4群ごと）に認知機能および認知機能要素との関連性を詳細に検討した結果、すべての群および項目において有意な相関関係が認められた(表1)。年齢、教育年数を調整後も同様の結果が得られた(データ不掲載)。

表 1. 性・年代別の認知機能と TMP テストの相関係数

TMPテスト	合計点	ファイブ・コグ検査				
		注意	記憶	視空間	言語	思考
全対象者	r -0.645	-0.590	-0.491	-0.354	-0.464	-0.503
男性・前期	r -0.489	-0.466	-0.227	-0.211	-0.397	-0.338
男性・後期	r -0.579	-0.548	-0.447	-0.289	-0.402	-0.473
女性・前期	r -0.638	-0.572	-0.521	-0.402	-0.435	-0.495
女性・後期	r -0.590	-0.523	-0.349	-0.331	-0.370	-0.454

r: 相関係数 ■: P < 0.05

このことから、TMP テストは高齢者の属性に関わらず適用が可能であると考えられる。

また、認知機能要素との関連性をみると注意が他の項目に比して係数が高値を示している。TMT⁷⁾およびペグ移動テスト¹³⁾は注意機能を反映することが報告されているため、TMP テストが注意機能を最も反映することは妥当である。したがって、TMP テストは高齢者の属性に関わらず適用が可能であり、注意機能を中心に広く認知機能要素を反映するテストであることが明らかとなった。

課題 3. 信頼性

作成した TMP テストシート 3 枚のタイム(シート A: 71.1±16.5 秒, シート B: 71.6±15.9 秒, シート C: 74.3±22.6 秒)における一要因分散分析の結果、有意差は認められなかった(データ不掲載)。よって 3 枚の測定用シートの難易度は同程度であると言える。

また、TMP テストを同一被験者において反復測定をおこなった結果、ICCは0.78であった(図3)。ICCは0.75以上で良好¹⁴⁾とされていること、また中高齢者を対象に TMT part A の ICC を求めた先行研究で ICC は 0.74¹⁵⁾、0.78¹⁶⁾と報告されていることから、TMP テストの試行間信頼性は TMT と比して同程度かあるいは高いと考えられる。した

がって、TMP テストの評価尺度としての試行間信頼性は良好であることが確認された。

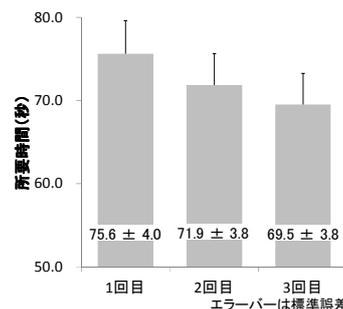


図 3. 測定回数別の TMP テストタイム

課題 4. 神経科学的妥当性

TMP テストタイムによる二分位階級(中央値 61.25 秒を境に上位群 9 名, 下位群 8 名に二分した)における加算平均波形を図 4 に示した。

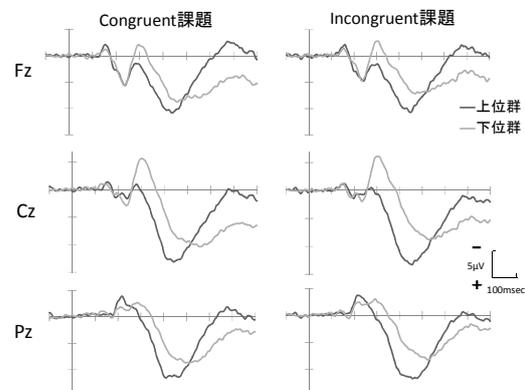


図 4. TMP テスト二分位階級における加算平均

RT, エラー回数および P300 成分の群間比較を表 2 に示した。Congruent 課題および incongruent 課題ともに RT と潜時は下位群が上位群に比して有意に遅延していた。一方、振幅は群間に有意差が認められなかった。相関分析においても同様の結果が得られた(データ不掲載)。

表 2. RT, エラー回数, P300 成分の比較

	Congruent課題			Incongruent課題		
	TMPテスト 上位群 Mean ± SE	TMPテスト 下位群 Mean ± SE	P	TMPテスト 上位群 Mean ± SE	TMPテスト 下位群 Mean ± SE	P
RT(msec)	450 ± 9	485 ± 8	0.010	459 ± 10	496 ± 11	0.027
エラー回数(回)	2.4 ± 0.4	3.6 ± 1.3	0.403	3.8 ± 0.4	4.3 ± 1.0	0.672
エラー率(%)	1.4	2.0		2.1	2.4	
潜時(msec)						
Fz	446 ± 8	504 ± 21	0.030	449 ± 8	483 ± 22	0.185
Cz	446 ± 11	528 ± 18	0.001	458 ± 9	529 ± 14	0.001
Pz	440 ± 11	511 ± 14	0.001	448 ± 10	516 ± 11	<0.001
振幅(µV)						
Fz	12 ± 1	9 ± 1	0.176	12 ± 1	9 ± 2	0.125
Cz	14 ± 1	11 ± 1	0.146	15 ± 2	10 ± 2	0.055
Pz	13 ± 2	10 ± 1	0.179	13 ± 2	9 ± 1	0.108

RT: reaction time SE: standard error ■: P < 0.05

RT は刺激の入力から運動開始までの一連の過程を示す指標である¹⁷⁾ため、TMP テストタイムによる二分位階級間において刺激入力から運動開始までの時間に差があることが明らかとなった。さらに、P300 潜時は脳内の刺激評価時間を反映

し、反応選択過程とは独立している¹⁸⁾とされているため、TMPテストは脳内の情報処理過程を反映することが示唆された。一方、P300振幅は様々な認知機能評価尺度とは関連しないとの報告が多くなされている^{19, 20)}。そのため、本課題でP300振幅に群間差が認められなかったこともこれらの先行研究に基づけば妥当であったと考えられる。したがって、TMPテストタイムの上位群と下位群との間でP300潜時に有意差が認められたことにより、TMPテストは脳内の刺激評価時間および高齢者の認知機能を反映することが神経科学的に確認されたと考えられる。

【結論】

検討課題1~4により、TMPテストは、

1. TMT, ペグ移動テストより高齢者の認知機能を反映するパフォーマンステストである。
2. 対象者の属性に関わらず、注意機能を中心に広く認知機能要素と関連する。
3. 試行間信頼性は良好である。
4. 脳内の情報処理時間を反映する。

以上のことから、妥当性および信頼性が保証されたため、TMPテストは高齢者の認知機能を簡便に評価できるテストとして有用であることが示唆された。

【参考文献】

- 1) 本間昭 (2008) : アルツハイマー病の臨床 : 現状と解決すべき問題点. 日本薬理学雑誌 131 (5) : 347-350.
- 2) Ball K, Berch DB, Helmers KF, Jobe JB, Leveck MD, Marsiske M, Morris JN, Rebok GW, Smith DM, Tennstedt SL, Unverzagt FW, Willis SL (2002) : Effects of cognitive training interventions with older adults a randomized controlled trial. JAMA 288 (18) : 2271-2281.
- 3) Eriksson PS, Perfilieva E, Björk-Eriksson T, Alborn AM, Nordborg C, Peterson DA, Gage FH (1998) : Neurogenesis in the adult human hippocampus. Nat Med 4 (11) : 1313-1317.
- 4) 加藤元一郎 (2009) : 全般性注意とその障害について. 加藤元一郎・鹿島晴雄(編) : 注意障害. 中山書店, 東京, 2-11.
- 5) 山田実・村田伸・太田尾浩・村田潤 (2008) : 高齢者における二重課題条件下の歩行能力には注意機能が関与している. 理学療法科学 23 : 435-439.
- 6) Hirota C, Watanabe M, Sun W, Tanimoto Y, Kono R, Takasaki K, Kono K (2010) : Association between the Trail Making Test and physical performance in elderly Japanese. Geriatr Gerontol Int 10 : 40-47.
- 7) Reitan RM (1958) : Validity of the trail making test as an indication of organic brain damage. Percept Mot Skills 8:271-276.
- 8) 尹智暎・大藏倫博・角田憲治・辻大士・鴻田良枝・三ッ石泰大・長谷川千紗・金勳 (2010) : 高齢者における認知機能と身体機能の関連性の検討. 体力科学 59 : 313-322.
- 9) 石田暉 (2004) : 巧緻性訓練. 千野直一(編) : 現代リハビリテーション医学 (第2版). 医歯薬出版, 東京, 227-229.
- 10) 矢富直美 (2003) : 認知的アプローチによるアルツハイマー病の予防. Cognition and Dementia 2 (2) : 128-133.
- 11) Kubo M, Shoshi C, Kitawaki T, Takemoto R, Kinugasa K, Yoshida H, Honda C, Okamoto M (2007) : Increase in Prefrontal cortex blood flow during the computer version Trail Making Test. Neuropsychobiology 58 (3-4) : 200-210.
- 12) Harrington DL, Rao SM, Haaland KY, Bobholz JA, Mayer AR, Binderx JR, Cox RW (2000) : Specialized neural systems underlying representations of sequential movements. J Cogn Neurosci 12 (1) : 56-77.
- 13) Ashendorf L, Vanderslice-Barr JL, McCaffrey RJ (2009) : Motor Tests and Cognition in Healthy Older Adults. Appl neuropsychol 16 : 171-176.
- 14) Fleiss JL (1981) : The case of two raters. Statistical Method for Rates and Proportions (2nd ed.), John Wiley & Sons, New York, 212-225.
- 15) Cangoz B, Karakoc E, Selekler K (2009) : Trail Making Test: Normative data for Turkish elderly population by age, sex and education. J Neurol Sci 283 (1-2) : 73-78.
- 16) 阿部光代・鈴木匡子・岡田和枝・三浦利奈・藤井俊勝・森悦朗・山鳥重 (2004) : 前頭葉機能検査における中高年健常日本人データの検討—Trail Making Test, 語列挙, ウィスコンシンカード分類検査 (慶応版) —. 脳神経 56 : 567-574.
- 17) 時任真一郎・西平賀昭・八田有洋・秋山幸代・和坂俊昭・金田健史・麓正樹 (2001) : 前期高齢者の反応時間低下のメカニズムに関する研究—課題遂行による差異から—. 体力科学 50 (3) : 303-312.
- 18) McCarthy G, Donchin E (1981) A Metric for Thought: A comparison of P300 Latency and Reaction time. Science 211 : 77-80.
- 19) Polish J, Ehlers CL, Otis S, Mandell AJ, Bloom FE (1986) : P300 latency reflects the degree of cognitive decline in dementing illness. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 63 (2) : 138-144.
- 20) 黒須貞利・森由紀子・田子久夫・丹羽真一 (2005) : 非認知症高齢者と比較した認知症患者のERP所見. 臨床脳波 47 (12) : 768-774.