

タッチとステップを利用する連続選択反応テストの年代比較

当麻成人^a 出村慎一^b 長澤吉則^c 青木宏樹^d

Age-level Comparison of a Consecutive Selection Reaction Test using Touch and Step

Narihito TAIMA^a, Shinichi DEMURA^b, Yoshinori NAGASAWA^c, Hiroki AOKI^d^a Osaka University of Pharmaceutical Science, 4-20-1, Nasahara, Takatsuki, Osaka 569-1094, Japan^b Kanazawa University, Kakuma, Kanazawa, Ishikawa 920-1192, Japan^c Kyoto Pharmaceutical University 5, Misasagi-Nakauchi-cho, Yamashina-ku, Kyoto-shi, Kyoto, 607-8414, Japan^d National Institute of Technology, Fukui College 9168507 Geshi-cho Sabae-shi, Fukui-ken, Japan

(Received October 16, 2020 ; Accepted December 1, 2020)

Abstract This study aims to examine the age-related differences in consecutive and selective reaction times. An expeditious touch and step protocol was utilized because it effectively represents the ability of preventing the incidences of falling among the elderly. The study included 61 men and women aged 42–80 years (age: 63.1 ± 8.5 years, height: 162.1 ± 9.4 cm, weight: 60.2 ± 12.5 kg). The participants were enrolled in a 100-min walking-exercise class once a week. Each participant received three trials during the testing protocol wherein the mean of two similar values was calculated to be used as the final evaluation value. In this study, the device produced by Takei Scientific Instruments Co. Ltd. (Japan) was used to measure the time from stimulus presentation to contact with the panel using either hands or the feet. The sum of the 12 trials performed was defined as the reaction time.

The total reaction time was 7.27 ± 0.56 sec for those in their 40s to 50s (G1), 8.10 ± 0.85 sec for those in their 60s (G2), and 8.70 ± 1.20 sec for those older than 70 years (G3). Using an unpaired one-way analysis of variance, we found a statistical significance in terms of age ($p < 0.05$). A multiple comparison test using Tukey's HSD method revealed that the total consecutive, selective reaction time was significantly longer in the G3 group than in the other groups.

The touch reaction time was 3.60 ± 0.41 sec in G1, 4.00 ± 0.45 sec in G2, and 4.31 ± 0.57 sec in G3, while the step reaction time was 3.68 ± 0.34 sec in G1, 4.10 ± 0.48 sec in G2, and 4.38 ± 0.68 sec in G3. In a two-way analysis of variance (age \times touch-step), the latter of which corresponds to only one factor, no significant interaction was found. However, a significant main effect was found for both factors.

The results of the multiple comparison test shows that the reaction times observed during the touch and step movements were longer in G3, followed by G2, and then G1. The touch reaction time was shorter than the step time in all of the groups. The partial correlation coefficient between the touch and step times was 0.70, which was statistically significant.

In conclusion, an age-related difference was found in the reaction times of the touch and step tests. The former was faster than the latter, and a strong association was found between the two.

Key words — 反応時間、年代比較、タッチとステップ
reaction time, age-level difference, touch and step

I. 緒言

我が国の健康寿命は年々延伸しているが、健康寿命と平均寿命の差は、なかなか縮まらず国民全体の医療費¹⁾は42.6兆円にまで膨れ上がっている。高齢者が要介護となる原因は、脳血管疾患、認知

症、衰弱、そして骨折・転倒の順になっており²⁾、高齢者の転倒リスク削減は健康寿命の延伸だけではなく、医療費の削減にも寄与する。介護を必要とする高齢者にとって介護保険制度の充実が必要不可欠ではあるが、この制度を持続可能なものとするためには、介護対象者の削減、すなわち介護

を受ける年数を減らす取り組みが必要不可欠である。

持続可能な開発目標のテーマ³⁾の中に「すべての人に健康と福祉を」がある。このテーマに沿った研究活動が国内で多数行われており、我々の研究グループも、健康寿命の延伸を目的に運動指導や運動能力テストを開発し、高齢者の要介護リスクを減らす取り組みをいくつか行っている^{4,5)}。この取組の一つに高齢者の転倒リスクの削減がある。

ヒトは不意のつまずきによりバランスを崩すと、咄嗟に一步を踏み出す、あるいは、素早く手を伸ばし、近くの壁や手すりを掴む等により転倒を回避する動作をとる。この咄嗟の転倒回避動作は加齢に伴い遅延し、高齢者の転倒リスクは高くなると考えられる。

これまで下肢の転倒回避能力に関する研究が報告^{5),6)}されている。我々も転倒回避能力を評価するために、ステップを利用する連続選択反応テストを開発してきた^{1),13)}。しかし、タッチ動作も含めた転倒回避能力テストに関する研究は、ほとんどみられない。よって、前述のテストを改良し、タッチとステップ動作を組み合わせた連続選択反応テストを新規に開発した。

本研究は、新規開発したタッチとステップを利用する連続選択反応テストの年代差ならびにタッチとステップの反応時間の関係を検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は週1回100分間の運動（ウォーキング）教室に参加している42～80歳の男女61名（年齢：

63.1 ± 8.5歳，身長：162.1 ± 9.4cm，体重：60.2 ± 12.5kg）であった。被験者は全員転倒経験がなかった。転倒回避能力は、加齢に伴い低下すると仮説し、この仮説を検証するために、40～50代、60代、及び70代以上の3年代群に分け分析した。表1は、3群の年齢、身長、及び体重の基礎統計値、及び一要因分散分析の結果を示している。3群の平均年齢に有意差が認められ、70代以上、60代、及び40～50代の順に大きかった。よって、3群は年齢の異なる集団と判断された。本研究の実施計画は大阪薬科大学におけるヒトを対象とした研究倫理委員会（承認番号0071）および日本体育測定評価学会倫理審査委員会（2019-受付2）の承認を得ている。

2. タッチとステップを組み合わせた連続選択反応テスト

測定には連続反応時間測定器（竹井機器工業社製）を用いた。この機器は被験者の手足がパネル（15cm四方）に接触した際の情報をパネルごとにPCに記録できる。つまり、刺激提示からタッチパネル及びステップパネルに触れるまでの時間がそれぞれ計測・記録される。机上と足元のパネルの距離はパネルの中心から40cm離して設置された（写真1a）。

本テストは次の手順で実施された。まず、被験者は足を肩幅に広げ、腰に両手を当てた状態で高さ70cmのテーブルの前に立ちテスト開始の合図を待つ（写真1b）。卓上（タッチ）と足元（ステップ）にはパネルが設置されており、テーブルの奥に設置されたPCモニター上の指示に従い、被験者は素早くパネルに触れた後、手足を元の位置へ戻し、次の刺激を待った（写真1c, 1d）。

刺激のテンポは当麻ら⁴⁾と同様に40bpmを利用

表1 被験者の年齢、身長、及び体重の基礎統計値、及び一要因分散分析の結果

	40～50代 (18名)	60代 (27名)	70代以上 (16名)	Fo	p	多重比較検定
年齢 (歳)	57.3 ± 9.3	64.1 ± 2.7	73.3 ± 2.9	131.83	0.00	40～50代 < 60代 < 70代以上
身長 (cm)	165.3 ± 8.7	162.4 ± 8.8	158.0 ± 9.7	2.68	0.77	
体重 (kg)	63.1 ± 12.1	59.9 ± 13.9	52.7 ± 5.2	0.91	0.41	

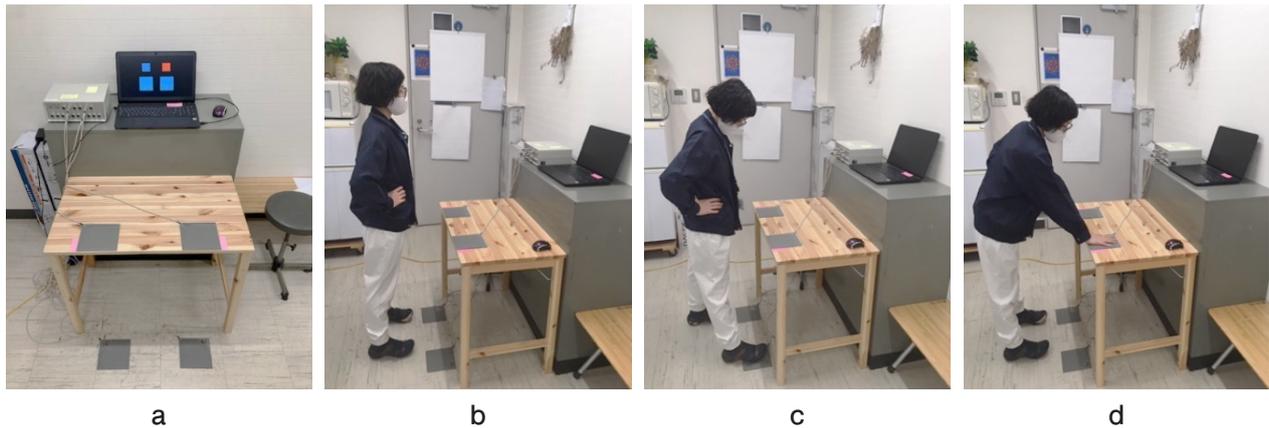


写真1 測定機器と測定風景

1. 左手	2. 右足	3. 左足	4. 右手	5. 右足	6. 左足
					
					
7. 左手	8. 右手	9. 右足	10. 左足	11. 左手	12. 右手
					
					

図1 本研究で実施したパターンの刺激指示の順番（タッチおよびステップの回数は各6回）

し、30秒の休憩を挟み3試行実施した。刺激指示のパターンは、事前に10組のパターンを作成し、本研究では、その内の1組のパターンを無作為に選択した。1試行において、左右の手足により、タッチとステップを各6回、計12回の反応時間を計測する（図1）。

3. 評価変数

個人ごとに、1試行について、6個のタッチ反応時間、6個のステップ反応時間、及びそれらの合計反応時間が算出される。本研究では、3試行のタッチ反応時間、ステップ反応時間、及びそれらの合計反応時間の近似2値の平均値を評価変数とした。

4. 統計解析

合計反応時間の年代別平均値間の比較は対応のない一要因分散分析、年代別及びタッチとステップ反応時間別平均値間の比較は一要因にのみ対応のある二要因分散分析（年代×タッチ・ステップ）を利用した。多重比較検定はTukeyのHSD法を用いた。タッチとステップの反応時間の関係は、ピアソンの積率相関係数及び偏相関係数（年齢を一定）により検討した。統計解析ソフトはエクセル統計（Bell Curve社製）を用いた。本研究の有意水準は5%とした。

III. 結果

図2は、年代別にタッチ及びステップの合計反応時間の平均値をプロットし、一要因分散分析の

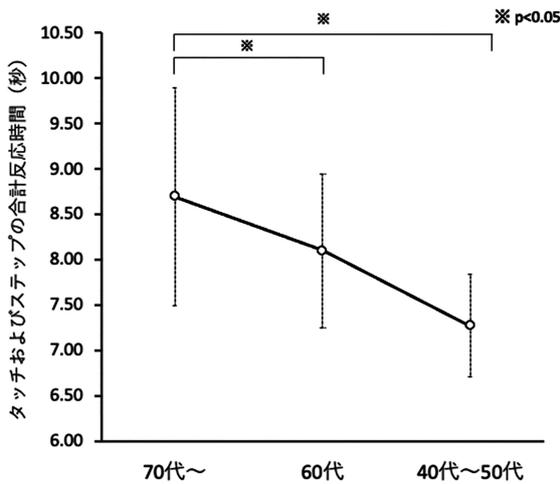


図2 年代別のタッチ及びステップの合計反応時間

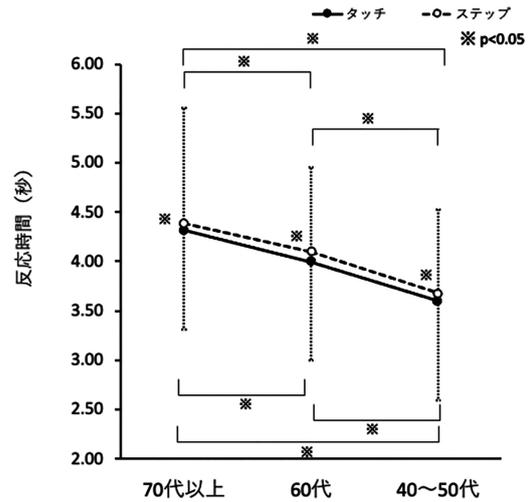


図3 タッチ及びステップ別の反応時間

表2 タッチおよびステップの相関行列（上欄）及び年齢を共変量としたタッチおよびステップの偏相関行列（下欄）

	1	2	3
1. タッチおよびステップの合計		0.98*	0.98*
2. タッチのみ	0.75*		0.93*
3. ステップのみ	0.76*	0.70*	

* : p < .05

結果を示している。反応時間は、40～50代が7.27 ± 0.56秒、60代が8.10 ± 0.85秒、そして70代以上が8.70 ± 1.20秒であった。分散分析の結果、有意差 ($F_0=10.47, p=0.00$) が認められ、70代以上は60代および40～50代よりも反応時間が長かった。

図3は、タッチ及びステップ別に反応時間の平均値をプロットし、二要因分散分析（年代×タッチ・ステップ）の結果を示している。タッチ反応時間は40～50代が3.60 ± 0.41秒、60代が4.00 ± 0.45秒、そして70代以上が4.31 ± 0.57秒であった。ステップ反応時間は40～50代が3.68 ± 0.34秒、60代が4.10 ± 0.48秒、そして70代以上が4.38 ± 0.68秒であった。分散分析の結果、有意な交互作用は認められず、年代要因 ($F_0=10.47, p=0.00$) 及びタッチ・ステップ要因 ($F_0=9.30, p=0.00$) に有意な主効果が認められた。多重比較検定の結果、反応時間はタッチ及びステップのいずれも70代以上、60代、及び40～50代の順に長く、またいずれの年代もタッチ反応時間がステップ反応時間よりも短

かった。

表2は、タッチ反応時間、ステップ反応時間、及び合計反応時間の相関係数（上欄）、及び年齢の影響を考慮した偏相関係数（下欄）を示している。相関係数はいずれも0.93以上で、偏相関係数も有意で0.70以上の高い値であった。

IV. 考察

転倒の原因には身体機能の要因と環境要因があげられる。鈴木⁸⁾は、身体機能の要因として、反応時間、筋力、平衡機能、起居動作、視聴覚機能、歩行機能、認知機能などを挙げている。特に、刺激同定、反応選択、及び反応プログラミングの一連の過程を定量化した反応時間は転倒回避能力を捉える有効なパラメーターの一つと考えられる。反応時間は単純反応時間と選択反応時間に分類され⁹⁾、共に加齢によって延長する¹⁰⁾。咄嗟の動作の対応には反応能力が関係し、反応能力の低下は

転倒リスクを高める。転倒の発生状況はさまざまであり、その時々状況に対応した回避行動が必要であろう。よって、転倒リスクを評価するテスト内容は、単純な反応よりも状況を素早く察知し、咄嗟の一步（ステップ）か、咄嗟の手による防御かを判断する選択的反応が適切と考えられる。よって、本研究ではタッチ及びステップ動作による選択反応時間を評価変数とし、年代差を検討した。

図2、図3で示したタッチとステップの合計反応時間の結果から、反応時間は加齢に伴い遅延すると推察された。本研究で実施した連続選択反応時間テストは、ジャンプが必要な全身反応テスト¹¹⁾や反復横跳びテスト^{12),13)}とは異なり、全身の移動を必要としない。よって、テスト結果に及ぼす下肢筋力の影響は少ない。加齢に伴い筋肉量および筋力が低下¹⁴⁾し、下肢筋力が低下した高齢者の場合、身体に大きな負荷がかかるテストは安全上好ましくない。また、本研究で利用した連続選択反応テストは、全身の移動ではなく、上肢あるいは下肢の素早い動きを利用するテストであり、身体に過度の負担をかけることがない。よって、高齢者の安全を確保しながら行える汎用的で新規性が高いテストといえる。

図3のタッチとステップ別反応時間の比較結果から、両反応時間も加齢に伴い遅延するが、いずれの年代においてもタッチ時間の方がステップ時間より速いことが明らかにされた。上肢でパネルに触れる（タッチ）場合、手を腰からパネルに直線的に移動可能であるが、ステップは一度、足部を持ち上げながらパネルに移動する、つまり、放物線的移動となるためタッチより時間を要すると判断される。また、上肢は上位中枢の関与が高く¹⁵⁾、上肢の運動ニューロンには緻密な運動の制御に重要な働きを有する錐体路が多く接続している¹⁶⁾。よって、タッチはステップに比べ、刺激同定、反応選択、及び反応プログラミングを素早く行えたと推察される。タッチ反応時間、ステップ反応時間、及び合計反応時間の関係を検討するため、年齢の影響を考慮した偏相関係数を算出した

結果、いずれも中程度の値 ($r = 0.70 \sim 0.76$) であった。連続選択反応に対するタッチ反応時間とステップ反応時間の貢献度はほぼ同程度であり、両者の関係は比較的高く ($r = 0.70$)、タッチ反応が早い人は、ステップ反応も早い傾向にあると考えられる。

以上のことから、タッチとステップを利用する連続選択反応テストの結果は年代によって異なり、タッチ反応時間とステップ反応時間には、加齢に伴う同様の低下傾向がみられた。今後、連続選択反応テストと転倒回避能力との関係を多角的に検討し、より実用的なテストを開発することが必要であろう。

V. まとめ

40歳以上を対象としたタッチとステップを組み合わせた連続選択反応テストについて以下の知見を得た。

1. タッチ反応時間及びステップ反応時間は、年代差がある。
2. ステップの反応時間は、タッチの反応時間より遅い。
3. タッチ反応時間とステップ反応時間は高い関係 ($r = 0.70$) がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 19K11539の助成を受けたものです。

文献

1. 厚生労働省 (2019) 平成30年度 医療費の動向 - MEDIAS - https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf_index.html
2. 平成27年版 高齢社会白書 (2015) 厚生労働省. https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2015/zenbun/27pdf_index.html
3. 外務省 国際協力局 地球規模課題総括課 (2020) 持続可能な開発目標 (SDGs) 達成に向けて日本

- が果たす役割. https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/2001sdgs_gaiyou.pdf
4. 当麻成人, 出村慎一, 青木宏樹, 長澤吉則, 松浦義昌, 上田修裕, 藤松典子 (2020) 連続選択タッチ反応テストの利き手と 非利き手間差及びタッチ位置間差の検討. *Bulletin of Osaka University of Pharmaceutical Sciences*, 14, 5-9.
 5. Demura S, Yamaji S, Kitabayashi T. “Gender and Age-related Differences of Dynamic Balancing Ability based on Various Stepping Motions in the Healthy Elderly”. *J Hum Ergol (Tokyo)*. 2005; 34(1-2): 1-11.
 6. Pizzigalli L, Filippini A, Ahmaidi S, Jullien H, Rainoldi A. (2011) “Prevention of Falling Risk in Elderly people: the Relevance of Muscular Strength and Symmetry of Lower Limbs in Postural Stability”. *J Strength Cond Res*. 25(2): 567-574.
 7. Uchida Y, Demura S, Nagayama R, Kitabayashi T (2013) “Stimulus Tempos and the Reliability of the Successive Choice Reaction Test”. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 848-853.
 8. 鈴木隆雄「特集—骨粗鬆症の予防①転倒予防」(2006) *Bone* 20: 425-430.
 9. Donders F.C. (1969) “On the Speed of Mental Processes”. *Acta Psychol (Amst)*, 30: 412-431.
 10. Uemura K, Haruta M, Uchiyama Y. (2016) “Age Differences in Reactive Strategies and Execution Time during Choice Stepping with Visual Interference”. *Eur J Appl Physiol*. 116(5): 1053-1062.
 11. Guideline for the prevention of falls in older persons. American Geriatrics Society British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopaedic Surgeons Panel on Falls Prevention. (2001) *J Am Geriatr Soc.*; 49(5): 664-672.
 12. 新体力テスト実施要項 (12～19歳対象) https://www.mext.go.jp/sports/content/1408001_2.pdf
 13. 新体力テスト実施要項 (20～64歳対象) https://www.mext.go.jp/sports/content/1408001_3.pdf
 14. Katuo FUJIWARA, Haruo IKEGAMI, Morihiko OKADA, Yoshiaki KOYAMA (1982) “Contribution of Age and Muscle Strength of Lower Limbs to Steadiness and Stability in Standing Posture”, *Journal of the Anthropological Society of Nippon*, Volume 90, Issue 4, Pages 385-399.
 15. 外山寛, 藤原勝夫 (1991) 『上肢運動と下肢運動間の干渉. 金沢大学教養部論』自然科学篇 (28) : 39-47.
 16. 矢部京太郎 (1978) 『運動の生理学. 運動の制御』杏林書院, 東京. 54 - 107.