論文種別：研究資料

表題：認知プロセスに基づく全身反応時間と道路横断行動の関連性

The relationship between whole body reaction time and road crossing behavior based on cognitive processes

著者名：

- 1) 坂口雄介 SAKAGUCHI Yusuke
- 1) 亀岡雅紀 KAMEOKA Maki
- 2) 若田部舜 WAKATABE Shun
- 1) 齊藤真衣 SAITO Mai
- 3) 佐藤優希 SATO Yuki
- 1) 泉田祥 IZUMIDA Shou
- 4) 吉川碧香 YOSHIKAWA Midoka
- 5) 尾山裕介 OYAMA Yusuke
- 6) 村山敏夫 MURAYAMA Toshio

所属先：

- 1) 新潟大学大学院現代社会文化研究科 Graduate School of Modern Society and Culture, Niigata University
- 2) 法政大学大学院スポーツ健康学研究科 Graduate School of Sports and Health, Hosei University
- 3) 法政大学大学院人文社会科学研究科 Graduate School of Humanities, Hosei University
- 4) 法政大学スポーツ健康学部 Faculty of Sports and Health, Hosei University
- 5) 桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部 Faculty of Culture and Sports Policy, Tooin University of Yokohama
- 6) 新潟大学教育学部 Faculty of Education, Niigata University

所属先住所：

- 1) 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地
8050 Ikarashi-Ninocho, Nishi-ku, Niigata-shi, Niigata, Japan 950-2181
- 2) 〒194-0298 東京都町田市相原町 4342
4342 Aiharamachi, Machida-shi, Tokyo, Japan 194-0298
- 3) 〒102-8160 東京都千代田区富士見 2-17-1
2-17-1 Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan 102-8160
- 4) 〒194-0298 東京都町田市相原町 4342
4342 Aiharamachi, Machida-shi, Tokyo, Japan 194-0298
- 5) 〒225-8503 神奈川県横浜市青葉区鉄町 1614 番地
1614 Kuroganecho, Aoba-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, Japan 225-8503
- 6) 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地
8050 Ikarashi-Ninocho, Nishi-ku, Niigata-shi, Niigata, Japan 950-2181

キーワード：交通事故発生リスク評価，単純反応時間，複数課題反応時間，情報処理能力

Key word : Assessment of risk of traffic accident occurrence, simple reaction time, multi-task reaction time, information processing ability

ランニングタイトル：認知プロセスに基づく全身反応時間と道路横断行動

連絡先担当者：坂口 雄介 saka.s.0731@gmail.com

Abstract :

The purpose of this study was to clarify the relationship between reaction time (RT) and traffic accidents and examine whether RT measurement is useful as a method for evaluating the risk of traffic accidents occurrence. The subjects were 79 healthy elderly women (mean age; 77.9 ± 5.4 years). We conducted the walking environment simulator system (hereafter, walking simulator), which is considered to have the potential to evaluate the risk of traffic accidents occurrence to detect who has the risk of a traffic accident in subjects. We also measured two items as RT measurements; simple reaction time measurement and multi-task reaction time measurement. Both RT measurements applied the average of three measurements as a representative value (hereafter, a representative value of simple reaction time: SRT; a representative value of multi-task reaction time: MRT). Based on the measurement results of the walking simulator, the subjects were classified as the accident group ($n = 22$) and the accident avoidance group ($n = 57$). We compared the SRT and MRT as the dependent variable and the group and task factors as independent variables through two-way ANOVA. When a significant interaction was observed, a significance test between levels was performed for each factor using an unpaired t-test and a paired t-test. As a result, a significant main effect was observed in the task factors, and a significant interaction was observed. Since a significant interaction was observed, paired t-tests were performed for the group factors. Consequently, a significant difference was detected between the accident and avoidance groups, and MRT was slower than SRT in both groups. In addition, there was no significant difference between groups in SRT with unpaired t-test for RT for each task, but a significant difference between groups was observed in MRT, therefore, the accident group took a longer time significantly in RT than the accident avoidance group. This result suggested that the MRT could be a substitute for the risk of traffic accidents occurrence assessment obtained by the walking simulator. Therefore, MRT can be utilized as an effective index to screen (Exploratory evaluation of whether or not an accident occurs) older people. Simultaneously, promoting appropriate attention and improving traffic safety awareness among older people is critical to reducing traffic accidents while older people are crossing the road, which is an urgent issue.

I 緒言

我が国において、高齢者の交通事故抑止は喫緊の課題である。交通事故死亡者数は年々減少しているものの、高齢者の占める割合は漸増しているとの報告がある（警察庁交通局，2020）。高齢者の交通死亡事故の多くは歩行中に発生しており，その中でも特に道路横断中に頻発していると報告されている（交通事故総合分析センター，2016）。道路横断中の交通事故を回避するためには高い身体機能だけではなく，意思決定に関与する「認知」・「判断」・「行動」の一連の認知プロセスを適切に連続して行うことが求められる。加齢に伴う身体機能・認知機能の低下（尹ほか，2010）を踏まえると，高齢者は安全に道路横断を行うことが困難になっていると想定される。

交通事故発生リスクの評価するために，歩行環境シミュレータ（以下，「歩行シミュレータ」と略す）が用いられている（水戸部・ビンオマル，2004；水戸部ほか，2009；水戸部ほか，2011）。この歩行シミュレータは仮想現実の構築が可能な **Virtual Reality**（以下，「VR」と略す）技術を活かしたものである。水戸部ほか（2006）は，歩行シミュレータでは，安全に道路を横断するために必要な「認知」・「判断」・「行動」の一連の認知プロセスの評価が可能であると報告している。認知は，接近する自動車の存在を「認知」すること，判断は，接近する自動車等の認知した情報を基に横断が可能であるかを「判断」すること，行動は，横断可否の判断をもとに横断を始める・接近する自動車を見送るといった「行動」することに相当する（稲垣ほか，2015）。実際の道路上と比較して怪我をする可能性が低いなど安全性が担保されており，また，時間帯や交通環境を実験者側がコントロール出来ることなどを考慮すると，歩行シミュレータを用いた交通事故発生リスクの評価の実用性が高いと推察される。

しかしながら，歩行シミュレータでの測定は煩雑で大規模な手続きが必要となるため，より簡便に，かつ安価に交通事故発生リスクの評価できる方法があれば，社会的な貢献度はより高まる。歩行シミュレータは様々な要因により一般的に広く利用することは困難である。使用を困難にしている要因として，まず一回の測定時間が長いなどの時間的要因が挙げられる。そのため，集団を対象とした測定が行いにくい。また，一定以上のスペースを必要とするため環境的要因も使用を困難にしている要因として挙げられる。さらには，機材の購入や借用による経済的要因も歩行シミュレータの使用を妨げる一つの要因となっている。歩行シミュレータの代替となり得る簡易的な測定法は，高齢者の運動指導や交通安全指導などのあらゆる現場における広汎な活用，および評価に基づいた指導を通じた交通事故発

生のリスクの低減が期待でき、交通事故の抑止に繋がると考えられる。

歩行シミュレータによる交通事故発生リスクの評価の結果に対して、ある刺激に対する反応時間（reaction time：以下「RT」と略す）が関連する可能性がある。実際の道路横断の場面では様々な情報・刺激に対して身を守るための安全確認やその判断、また危険回避行動をとることが常に求められる。このように道路横断者は時々刻々と移り変わる環境という外部刺激を総合的に認知し、認知された情報を脳内で適切に処理する過程を経て運動行動を起こす。これは一般的に、刺激同定段階、反応選択段階、反応プログラミング段階の3つの段階から成立する情報処理モデルとして知られており、この刺激の入力から運動行動の実行に至るまでの一連の過程は RT で表すことができると報告されている（Schmidt et al., 2019）。さらに RT を用いた中枢の情報処理能力についても報告され、RT の速さは高い情報処理能力を反映することが示されている（大山, 1985; 時任ほか, 2001; 柳原, 1995）。そのため、RT と高齢者の交通事故発生の有無には関連がある可能性がある。

RT は単純にある刺激に対するもの（単純反応時間：simple reaction time：以下「SRT」と略す）だけでなく、様々な条件に対してのものも存在する。前者は提示される1つの刺激に対して単純に素早く反応する時間であるが、後者としては複数課題遂行時に課される刺激に対して素早く反応する時間を表すものなどがある。このような複数課題遂行時に刺激を与える RT 測定は、SRT と比較して認知的負荷が増大するため難易度が高い。一般的に、加齢に伴い複数課題の RT は延長することが知られており（柳原, 1995）、脳内情報処理の速度が RT と関連するとの報告もある（尹ほか, 2010; 柳原, 1995）。そのため、高齢者ではこの RT の延長がみられることが予想される。

しかし、RT の優劣が交通事故発生リスクとどのような関係性を有するかについては明らかになっていない。RT の優劣と交通事故発生リスクの関係性が明らかとなれば、歩行シミュレータを使用できない状況でも RT によって交通事故発生リスクを評価することが可能となる。そこで本研究では、歩行シミュレータ上の交通事故の有無と RT の関係を明らかにし、RT が交通事故発生リスクの評価指標として用いることが可能かどうかを検討することを目的とした。

II 方法

1. 被験者

被験者は N 県 I 町の健康教室に通う健常な女性高齢者 79 名（年齢：77.9±5.4 歳、身長：

148.5±5.1cm, 体重：48.9±7.2kg)とした。対象地域の健康教室の参加者には男性が4名含まれていたが、筋力や動作速度などに性差が存在する可能性を考慮し、本研究においてはこれら男性のデータを除外し、女性のみを対象とした。

被験者には測定の実施に先立って、書面と口頭にて本研究の目的および測定に関する説明を十分に行い、書面による測定参加への同意を得た。なお、本研究は新潟大学倫理審査委員会の承認（承認番号：2018-0061）を得て実施した。

2. 交通事故発生リスクの評価

交通事故発生リスクの評価には歩行シミュレータ「わたりジョーズ君」(API株式会社製)を採用した。歩行シミュレータでの測定に際しては、歩行シミュレータを構成するスクリーン及び超単焦点プロジェクタを三面鏡様に配置した (Figure 1)。本研究においては、高齢歩行者事故が見通しの良い片側一車線の道路を横断する際に最も多く発生する (交通事故総合分析センター, 2016) ことを踏まえて、片側一車線の直線道路をスクリーンに投影して再現した。

被験者に足踏みによって擬似的な前進と、歩道から奥車線を通過するまでの道路横断を体験させた。測定に際しては、被験者を、実験者の指示に従ってスクリーン前に設置された足踏み式歩行部の上に立たせた。実験者は被験者に対して、「自動車が往来する中を横断できると判断したタイミングで、足踏みによって横断を開始してください」という指示を行った。自動車の往来が無い設定での練習を1試行実施し、被験者の理解を深めてから本試行を実施した。なお、本試行は、歩行中の交通事故が夜間に多発するとの報告 (交通事故総合分析センター, 2016) を念頭に、歩行シミュレータでの測定は時間を「夜間 (日没後)」, 交通量を「普通」と設定して実施した。

本研究では交通事故発生の有無のみに着目して評価を行った。歩行シミュレータでの測定において事故に遭った被験者を事故群、事故に遭わずに横断した被験者を事故回避群とした。※Figure 1 の挿入

3. RT の測定方法

本研究においては、RT を評価する方法として座位立ち上がり反応時間測定を採用した (Figure 2)。これは、RT を比較的簡易に測定でき、歩行シミュレータで被験者に求める足踏み動作に近い下肢筋力によって評価が影響を受けることを理由として採用した。座位立

ち上がり反応時間の測定には、座位反応時間測定器（竹井機器工業株式会社）を用いた。多くの先行研究では、跳躍動作を用いたダイナミックな動作によって RT の評価が行われているが（原田・榊原，2007；南ほか，1998；尹ほか，2010），これは、虚弱者や下肢に疾患のある被験者にとって実施が困難である。そこで本研究では高齢者の RT の指標として活用できることが示されている座位反応時間（山口ほか，2019）を参考に、椅子からの立ち上がりによる以下 2 項目の RT 測定を実施した。※Figure 2 の挿入

3.1 座位立ち上がり単純反応時間測定

測定マットを敷いた椅子に被験者を座らせ、座位立ち上がり単純反応時間の測定（以下「SRT 測定」と略す）を実施した。SRT 測定では、被験者に立ち上がる際に上肢の反動を使わないように胸の前で腕を組ませた状態で、測定マットを敷いた椅子に腰掛けさせて、2m 前方の目線の高さに設置した光刺激発生装置から赤色光による合図を与えた。被験者には、「光刺激を感じたらなるべく素早く立ち上がってください」という共通の指示を出した上で、赤色光が発光してから被験者の臀部が測定マットを離れるまでの時間を 100 分の 1 秒単位で測定した。測定は 3 試行実施し、3 試行の平均値を代表値とした。測定に先立ち、被験者の理解を深めるために、本試行の前に 2 試行の練習を行った。椅子の座り方は個人の自由としたが、練習を含めた全ての試技において被験者に対しては、すべて同一の指示を行った。

3.2 座位立ち上がり複数課題反応時間測定

今回 RT との関係を検討する歩行シミュレータ、さらには実際の道路横断においては、高齢者自身が歩行し、周りの様々な状況を確認しながら事故を回避するための動作を行うことになる。そのため、単一刺激に対する反応時間に加えて、いくつかの課題を遂行中の刺激に対しての RT を測定して検討することとした。経済的・時間的負担が過度に高くなく、簡易かつ安全に測定ができることを考慮し、SRT と同様に座位状態において複数課題実施時に与えられた刺激に対して立ち上がるまでの RT (multi-task reaction time, 以下「MRT」と略す) を測定した。本研究における座位中の複数課題実施中に与えられる刺激に対しての RT 測定（以下、「MRT 測定」と略す）では、椅子に座位状態で待機している被験者に対して、複数課題の遂行中に 2m 前方の目線の高さに設置した光刺激発生装置から赤色光による合図を与え、赤色光が発光してから被験者の臀部が測定マットを離れるまでの時間を測

定した。測定時の指示や測定方法は SRT と同様とした。

複数課題の設定において、先行研究で用いられている課題は同一ではなく（Lundin-Olsson et al., 1997 ; Maylor and Wing, 1996 ; Melzer et al., 2001 ; Rankin et al., 2000 ; Shumway-Cook et al., 1997), それぞれの研究内容や目的に合わせた課題が設定されている。そこで本研究では、座位状態で実施ができること、刺激に対して立ち上がる際の妨げにならないこと、怪我のリスクが極めて低く安全性が担保されていることなどを考慮して、被験者はメトロノーム（80m/s）に合わせて手拍子を行い、そのテンポに合わせて 50 から 1 単位で整数を 0 までカウントする方法を採用した。この課題設定には、先行研究で用いられる聴覚刺激に対する言語応答（Lajoie et al., 1993）と数列の逆唱（Yaedley et al., 1999）の方法を参考にした。

4. 統計処理

歩行シミュレータでの測定結果に基づいて被験者を、事故群と事故回避群に分類し、Shapiro-Wilk 検定を用いて事前に SRT と MRT の正規性の確認を行った。その後、各課題において測定された反応時間を従属変数、群要因および課題要因を独立変数とした二要因分散分析を行った。有意な交互作用が認められた場合は、対応のない t 検定および対応のある t 検定を用いて、要因ごとに水準間の有意差検定を行った。またそれぞれの水準間の差の大きさの程度を検討するために、効果量 Cohen's d を算出した。全ての統計処理には統計ソフト R 4.0.0 for Mac OS X を用い、有意水準は 5%とした。本文においては、特別な指示がない限り、被験者の基本的属性（年齢、身長、体重）は小数点第 1 位まで、統計的な結果は小数点第 2 位まで表記することとした。

III 結果

歩行シミュレータによる測定の結果、事故群 22 名（ 77.7 ± 4.4 歳）、事故回避群 57 名（ 77.9 ± 5.8 歳）であった。Shapiro-Wilk 検定を用いて SRT と MRT の正規性の確認を行った結果、全てに正規性が確認された。これを受けて二要因分散分析を行った結果、課題要因において有意な主効果が認められ（ $F[1, 150] = 75.61, p < .01$ ）、また、有意な交互作用が認められた（ $F[1, 150] = 7.78, p < .01$ ）。有意な交互作用が認められたため、群要因において対応のある t 検定を行った結果、事故群および事故回避群において有意差が検出され（事故群： $t[21] = -16.77, p < .01, d = 3.86$ ；事故回避群： $t[56] = -22.23, p < .01, d$

= 3.00) , 両群ともに SRT と比較して MRT が延長した (Table 1) . また, 課題ごとの反応時間について対応のない t 検定を行った結果, SRT においては有意な群間差異は認められなかったが ($t [77] = -0.61, p = 0.54, d = 0.17$) , MRT においては有意な群間差異が認められ ($t [77] = 3.67, p < .01, d = 0.91$) , 事故群の方が事故回避群と比較して有意に RT が長かった. ※Table 1 の挿入

IV 考察

本研究では, 歩行シミュレータ上の交通事故発生の有無と RT の関係を明らかにし, 交通事故発生リスクの評価指標としての RT 利用の妥当性, さらに歩行シミュレータによる交通事故発生状況と SRT と MRT それぞれの優劣との関係性を検討することを通じて, RT を指標とした交通事故発生リスクの評価の可能性について検討した.

1. 交通事故発生の有無における SRT および MRT の比較

各課題において測定された反応時間を従属変数, 群要因および課題要因を独立変数とした二要因分散分析を行った結果, 課題要因において有意な主効果が認められ, また有意な交互作用が認められた. 有意な交互作用が認められたため, 群要因において対応のある t 検定を行った結果, 事故群および事故回避群において有意差が検出され, 両群ともに SRT と比較して MRT が延長した. また, 課題ごとの RT について対応のない t 検定を行った結果, SRT においては有意な群間差異は認められなかったが, MRT においては有意な群間差異が認められ, 事故群の方が事故回避群と比較して有意に RT が長かった. 以上のことから, SRT の測定結果は交通事故発生リスクの評価指標として事故リスクを差別化する感度が低いと推察される. SRT 測定では, 光刺激発生装置から赤色光による合図を「認知」し, 立ち上がると「判断」し, 素早く立ち上がるという「行動」をするといったタスクのみであるため, 与えられる認知的負荷が低く, 難易度が低い. このことから事故群と事故回避群において差が確認されなかった要因として, 同程度の速さで情報を処理し, 「認知」・「判断」・「行動」の一連の認知プロセスが実行されたことが推察される.

一方で, 事故群の MRT は事故回避群と比較して有意に遅いことが確認されたことから, 交通事故発生リスクを弁別できる可能性が示唆された. 時々刻々と移り変わる環境において多くの情報を処理しながら正確に「認知」・「判断」・「行動」の連続した一連の認知プロセスを実行できるか否かが, 交通事故発生の有無に関係する可能性があると推察される.

MRT 測定は SRT 測定と比較して、被験者に与えられる認知的負荷が高く、難易度が高い。本研究の結果から、事故群は、多くの情報を処理しながら赤色光を「認知」し、「判断」して、立ち上がるといった「行動」の一連の認知プロセスの実行が求められる MRT 測定において、その実行に時間を要したと推察される。

これらの結果を踏まえると、今回採用した RT 測定のうち、MRT は歩行シミュレータに代わる交通事故発生リスクの評価指標として現場での活用が期待できる。歩行シミュレータを実施する場合、測定装置が非常に大掛かりである上に、一人の被験者の測定に長い時間を要することや経済面など多くの課題が挙げられる。青山ほか（2017）は、歩行者事故抑止に向けて VR を活用した実験装置の普及は難しいと報告している。一方で、今回採用した MRT 測定は環境面や時間面、経済面の課題が少ない。本研究において、事故群の MRT は事故回避群と比較して有意に遅いことが確認されたことから、交通事故発生リスクが弁別できる可能性が示唆された。これらの結果を鑑みれば、MRT を交通事故発生リスクの評価指標として活用することで、歩行シミュレータと比較して、より簡易的に現場で高齢者のスクリーニング（事故に遭う・遭わないについて探索的に評価）に利用できる可能性がある。高齢者のスクリーニングの結果をもとに注意喚起や交通安全指導による交通安全意識の向上を促すことで、交通事故抑止の一助となり得ることが期待できる。

2. 今後の展望

本研究で得られた知見は、健常な高齢女性のみを対象に検討を行った成果であるため、結果を高齢者全体に一般化することは難しい。今回の結果を一般化するためには、健康教室に通う健常な女性高齢者に限定されているという本研究において存在するバイアスを排除し、被験者の属性を広げて調査を進める必要がある。また、複数課題の遂行により高い認知的負荷を与えられたことで事故群と事故回避群において MRT に有意な群間差が確認されたと推察されるが、高い認知的負荷を与える要因となったのが複数課題の量によるものなのか、質によるものなのかは明らかとなっていない。今後、本研究で採用した複数課題を基準として量や質を変えながら検証をしていくことで、現場での活用ができる有効な評価指標となる可能性がある。さらに、本研究では MRT の評価に用いた指標が速さ（時間）のみとしており、複数課題の遂行の正確さは考慮していない。課題遂行の正確さに着目し、正確な情報処理がどのように認知プロセスに影響し、またそれが交通事故発生とどのような関連があるのか明らかにしていくことが、交通事故抑止に向けた重要な課題である。加えて、既往歴

や服薬状況が交通事故発生に影響している可能性が挙げられる。今後はより詳細な被験者の情報を含めた検討を進めることで、交通事故抑止に向けたより具体的な指標を示すことができる可能性がある。最後に、頻発する高齢者歩行者の道路横断中における交通死亡事故のうち、約 7 割は横断後半に左側から走行してくる自動車との接触事故が占めている（交通事故総合分析センター，2016）と報告されている。この社会的背景を鑑みると、交通事故発生の有無だけではなく、左側から車両が接近する手前車線と右側から車両が接近する奥車線との区別を行い、交通事故発生箇所についても RT によって判別できることが望ましい。このことについても更なる検討を進めることで交通事故抑止の一助となる可能性がある。

V 結論

本研究での検討の結果、事故群および事故回避群ともに SRT と比較して MRT が有意に延長し、MRT にのみ有意な群間差異が認められた。この結果から、MRT の測定結果が、歩行シミュレータで得られる交通事故発生リスクの弁別の代替となる可能性が示唆された。以上より、MRT を高齢者のスクリーニングに有効な評価指標として現場で広く活用し、適切な注意喚起や交通安全指導による交通安全意識の向上を促すことで、高齢者の道路横断中の死亡事故抑止の一助となることが期待される。

文献

- 青山真也・寺田裕樹・猿田和樹・陳国躍（2017）拡張現実を用いた車道横断能力検査システムの開発とその能力の評価。日本バーチャルリアリティ学会論文誌，22（3）：395-404.
- Galloway MT and Jokl P（2000）Aging successfully: the importance of physical activity in maintaining health and function. J Am Acad Orthop Surg，8（1）：37-44.
- 原田直子・榊原久孝（2007）前期高齢者女性を対象とした地域での well-rounded training の試み。日本公衆衛生雑誌，54（1）：15-24.
- 稲垣具志・寺内義典・大倉元宏（2015）生活道路における子どもの横断判断特性に関する実験的考察。土木計画学研究・論文集，71（5）：665-671.
- 警察庁交通局（2020）令和元年における交通死亡事故の発生状況等について。
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R1shibou_bunseki.pdf,
 （参照日 2020 年 2 月 13 日）。

- 衣笠隆・長崎浩・伊東元・橋詰謙・古名丈人・丸山仁司（1994）男性（18～83歳）を対象にした運動能力の加齢変化の研究．体力科学，43：343-351.
- 公益財団法人交通事故総合分析センター（2016）ITARDA INFORMATION 交通事故分析レポート No.118 高齢歩行者の道路横断中の事故．
<https://www.itarda.or.jp/contents/149/info118.pdf>, （参照日：2016年10月）.
- Lajoie Y, Teasdale N, Bard C, and Fleury M (1993) Attentional demands for static and dynamic equilibrium. *Experimental Brain Research*, 97 : 139-144.
- Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Dilorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, and Ferrucci L (2003) Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003, 95 (5) : 1851-1860.
- Lundin-Olsson L, Nyberg L, and Gustafson Y (1997) “Stops walking when talking” as a predictor of falls in elderly people. *The Lancet*, 349 : 617-619.
- Maylor EA, and Wing AM (1996) Age Differences in Postural Stability Are Increased by Additional Cognitive Demands. *Journal of Gerontology: PSYCHOLOGICAL SCIENCE*, 51 : 143-154.
- Melzer I, Benjuya N, and Kaplanski J (2001) Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. *Gerontology*, 47 : 189-194.
- 南雅樹・出村慎一・佐藤進・春日晃章・松沢勘三郎・郷司文男（1998）高齢期における形態及び体力要因の加齢変化とその性差．体力科学，47（5）：601-615.
- 水戸部一孝・ビンオマルバハアルディン（2004）車道横断体験装置による高齢歩行者交通事故の誘発要因の検討．バイオエンジニアリング講演会講演論文集，26：291-292.
- 水戸部一孝・ジョセフ F. コッフリン・吉村昇（2006）サイバースペースにおける高齢歩行者の危険回避能力検査の試み．電子情報通信学会論文誌 D，89（10）：2174-2182.
- 水戸部一孝・齊藤正容・鈴木雅史・吉村昇（2009）車道横断シミュレータを用いた高齢歩行者の交通事故誘発リスクの研究．日本バーチャルリアリティ学会論文誌，14（1）：21-28.
- 水戸部一孝・鈴木雅史・吉村昇（2011）車道横断体験用シミュレータによる高齢歩行者交通事故の誘発要因の検討．生体医工学，49（1）：108-115.
- 大山正（1985）反応時間研究の歴史と現状．人間工学，21（5）：57-64.

- Rankin JK, Woollacott MH, Shumway-Cook A, and Brown LA (2000) Cognitive influence on postural stability: a neuromuscular analysis in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 55 (3) : M112-119.
- Schmidt RA, Lee TD, Winstein, CJ, Wulf, G, and Howard NZ (2019) Motor control and learning : A behavioral emphasis (6th ed.) . Human Kinetics: Champaign, 57-64.
- Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, and Baldwin M (1997) The effect of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *The journals of gerontology series a biological sciences and medical sciences*, 52 (4) : M232-240.
- Skelton DA, Greig CA, Davies JM, and Young A (1994) Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing*, 23 (5) : 371-377.
- 田井中幸司・青木純一郎 (2002) 高齢女性の歩行能力の低下と体力. *体力科学*, 51 : 245-252.
- 高山純一・中山昌一郎・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.
- 寺田裕樹・水戸部一孝・吉村昇 (2004) 接近速度弁別能力の加齢による影響及びその検査システムの開発. *電子情報通信学会論文誌 A*, 87 (2) : 296-302.
- 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.
- 山口寿・金子秀雄・高野吉朗・中原雅美・永井良治・江口雅彦・松田憲亮・池田拓郎・岡慎一郎・下田武良・濱地望・鈴木あかり・森田正治 (2019) 地域在住高齢者の座位における下肢反応時間と運動機能との関連. *理学療法科学*, 32 (6) : 787-791.
- 柳原正文 (1995) 視覚情報処理機能の発達と P300 の加齢変化の過程. *脳と発達*, 27 (4) : 276-281.
- Yaedley L, Gardner M, Leadbetter A, and Lavie N (1999) Effect of articulatory and mental tasks on postural control. *Neuroreport*, 10 (2) : 215-219.
- 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 (3) : 313-322.

Figure 1. The walking environment simulator system

Figure 2. Measure of reaction time

Table 1. Comparison the SRT and MRT for each groups

	SRT		MRT		
	Mean	SD	Mean	SD	
accident	0.29	0.06	1.07	0.22	
avoidance	0.29	0.06	0.88	0.20	
		Mean difference	95%CI	<i>p</i>	<i>d</i>
accident	SRT - MRT	- 0.79	- 0.88 ~ - 0.69	< .01*	3.86
avoidance	SRT - MRT	- 0.59	- 0.64 ~ - 0.53	< .01*	3.00
SRT	Accident - avoidance	- 0.01	- 0.04 ~ 0.02	0.54	0.17
MRT	Accident - avoidance	0.19	0.87 ~ 0.30	< .01*	0.91

SRT : Simple reaction time, MRT : Multi-task reaction time **p* < .05

95%CI : 95% Coefficient Interval,

Mean difference : Difference in mean reaction time measured in each group,

d : Cohen's *d* (*d* < 0.2 : small. 0.2 ≤ *d* < 0.8 : medium, 0.8 ≤ *d* : large)

accident : accident group in the walking simulator

avoidance : accident avoidance group in the walking simulator