

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656161

研究課題名（和文） 高齢者運転能力判断用ドライビングシミュレータの現実感の評価

研究課題名（英文） Evaluation of reality of driving simulators to judge driving ability of elderly people

研究代表者 中野公彦 (Kimihiro Nakano)

東京大学・大学院情報学環・准教授

研究者番号：90325241

研究成果の概要（和文）：

高齢者の運転能力の判断に用いるツールとして、定置型、モーション型のドライビングシミュレータの現実感を、実車両と比較しながら評価した。実車実験とドライビングシミュレータ実験を行い、運転中に音声による計算課題を与えるマルチタスク環境下で運転挙動を観測した。高齢者にはシミュレータ酔いを誘発しやすいという共通の問題あるものの、モーション型の方が、定置型より有意に実車試験に近い結果が得られることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

Comparing with the results of the driving tests of actual automobiles, reality of two types of driving simulators, fixed-base and motion-base, are evaluated as a tool to judge driving ability of elderly people. The behaviors of the drivers, when they are imposed on additional auditory calculation task, are observed. It is found the results obtained through experiments using the motion-base driving simulator are significantly closer to the results of the real driving tests than the fixed-base simulator, although there is a common problem that simulator sickness tends to be easily induced in elderly people.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・機械力学・制御

キーワード：交通機械制御，ドライビングシミュレータ

1. 研究開始当初の背景

高齢者の自動車事故が増加していることを背景に、高齢者の運転能力を判断することが求められている。一方、ドライビングシミュレータ（以降、DS と呼ぶ）が普及し、高齢者や脳委縮などが見られ運転技能の低下が懸念される人に対しても、安全な運転試験を実施することが容易になってきた。しかし DS には、画像により視界だけを再現する定置型から、加速度を発生して自動車の動きまでも再現するモーション型まで、様々なものが存在する。現実感を出すためには、より実車に近い運動、画像、

さらには音声等を再現する必要があるが、それらを追求すれば、装置は徒に大がかりなものになってしまう。試験で求められることに応じて、性能に過不足のない DS を選択することが必要である。また、実車両の運転との差はどうしても生じるものであり、その限界を知ることも重要である。

2. 研究の目的

定置型、モーション型の現実感の評価を実車両運転時と比較しながら客観的に行うことを提案する。これにより、それぞれの DS および実車両試験によって行うことが可能な試験が明らかになる。被験者にマルチタス

クを与えた中で DS を運転させ、その時の運転挙動の差から、DS の現実感を評価することを試みる。また、その結果から高齢者の運転能力を判断するのに適した DS とその手法を提案する。

3. 研究の方法

(1) 手法の概要

実車、定置型、モーション型 DS 運転時に、通常の運転以外に、PASAT (Paced Auditory Serial Addition Test) と呼ばれる音声による暗算タスクを与えた状態での運転も行い、両者の違いから DS の臨場感を評価する。実車試験は高知県で行う必要があったため、実車と定置型 DS 運転の比較実験は高知県で行い、定置型 DS とモーション型 DS 運転の比較実験は、モーション型 DS が設置されている東京大学生産技術研究所で行った。

(2) ドライビングシミュレータ

① DS の種類

実車実験を行うには、実験場所や危険性など様々な困難な要因がある。運転能力の評価等にはドライビングシミュレータ (以下 DS) の活用が期待されているが、画像により視界だけを再現する定置型から、加速度を発生して自動車の動きまでも再現するモーション型まで、様々なものが存在するが、DS での運転がどの程度まで実車の運転を再現できているかもわかっていない。文献[1]は生体信号を解析することによって、モーション無よりモーション有の方が臨場感が高いと示されているが、モーションの有、無によって運転行動がどう変わるかを研究されていない。そのような背景から定置型、モーション型、実車両の現実感の評価を客観的に行う。

② 定置型

図 1 に実験で使った定置型 DS を示す。3つのディスプレイより構成され、ペダルとハンドルは Logicool Driving Force GT LPRC-14500 を使った。図 2 に運転中のディスプレイ映像を示す。定置型は、ディスプレイ、ペダル、ハンドル、PC を離すことが可能であり、容易に搬送することができるようになっている。実車試験を行う高知県警の運転免許センターに輸送することもできる。

③ モーション型

東京大学生産技術研究所に設置されており、モーション発生装置には、三菱プレジジョン製 MMS-612E2 を使用している。これは、三菱プレジジョン製電動アクチュエータ P8160193 を 6 本、スチュワートプラットフォームに区合わせたものであり、6 自由度の運動が可能である。図 3 にモーション発生装置の外観を示す。アクチュエータの瞬時最大推進力は 21.5KN、最高速度は 333mm/s、可動範囲は 300mm である。視野角 120° が確保できるように、3 面スクリーンに液晶プロジェクタ

によって前方映像が映し出される。なお、モーション型と定置型の比較実験においては、本モーション型 DS のモーション発生装置を停止して、定置型 DS として利用した。図 4 にモーション型 DS の全体図を示す。



図 1 定置型 DS



図 2 運転席から見た前方映像



図 3 モーション発生装置

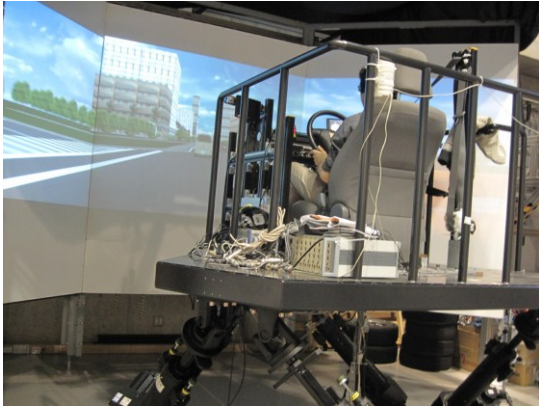


図4 モーション型 DS 全体

(3) 実車試験

実車実験は、高知県警の御協力のもと、高知県警察本部交通部運転免許センター内で行われた。図5は運転免許センターコースの全体図である。この中に、実験で使った走行コースを赤い矢印で示す。START から始め、矢印に従って運転し、END に戻るとコースの一周である。ここで、高齢ドライバーによる事故が多いと言われている右折、一時停止、優先通行、交差点を含むようにコースを設定している。中央にある片側2車線道路同士の交差点(図中番号11)には、信号機が設置されている。試験車両には一般的なセダンを用いた。実車試験の様子を図6に示す。通常の運転およびPASATを行いながらの運転、それぞれ1周の練習走行を行った後に、通常運転、PASAT 有の順にそれぞれ、2周の走行を行った。なお、実車試験中には、高知県警のご協力を得て、助手席には、運転試験官に乗って頂き、運転評価を行った。

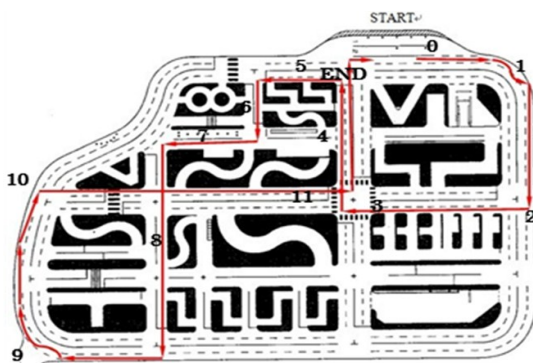


図5 走行コース



図6 実車試験の様子

(4) 実験協力者

高知県警察本部交通部運転免許センターで行った実車試験と定置型DSの運転実験は、55歳から73歳の6名の実験協力者のご協力を得て行った。

東京大学生産技術研究所で行った定置型DSとモーション型DSの運転実験においては、高齢者にはシミュレータ酔いを誘発したため、22歳から33歳の若年世代8名の実験協力者のご協力を得て行った。

なお、実験は、実験協力者に対し事前に十分な事前説明を行った後に、実験参加への同意を書面にて得るなど、ヘルシンキ宣言の内容に従って進めた。また、実車試験は、医師の資格を持つ研究分担者の立ち合いの下、行っている。

(5) 道路シナリオ

DSの道路シナリオは実車試験の運転コースと同じになるように、商用ソフトウェアMultiGen Creatorを用いて作成した。図7にその平面図を、図8にDSの運転席からの様子を示す。本ソフトウェアで作成した道路シナリオは、定置型DSおよびモーション型DS双方にインストールすることが可能であり、DSの形態によらず、全く同じ運転コースを再現することが可能である。実車試験と同様に、通常の運転およびPASATを行いながらの運転を、それぞれ1周づつ練習走行を行った後に、通常運転、PASAT 有の順にそれぞれ、2周の走行を行った。

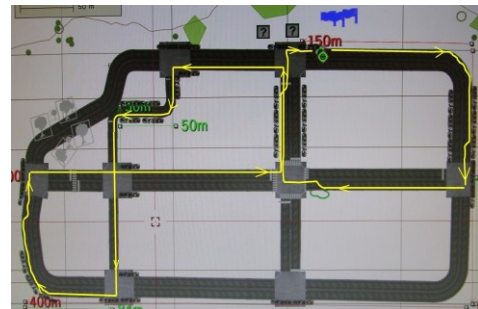


図7 道路シナリオの平面図



図 8 運転時の前方画像

(6) 音声暗算タスク

音声による暗算タスクには Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT) と呼ばれるものを用いた。図 9 に示す通り、音声で一桁の数字が連続的に提示され、数字を聞いた直後に先に聞いた数字と加算して解答する試験である。注意散漫を誘導する効果があると言われる[2]。本研究では、数字を 3 秒ごとに提示した (PASAT-3)。

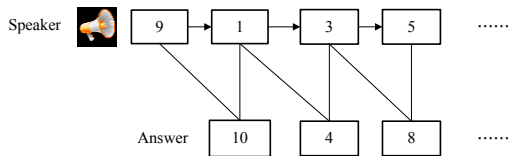


図 9 PASAT の概要

4. 研究成果

(1) 実車試験と定置型 DS の比較

実車運転時と定置型 DS 運転時の PASAT の正答率を図 10 に示す。実車運転時と比べると DS 運転時に PASAT 正答率が高くなった人が 6 名の中で 5 名いた。DS 実験時、事故に対する恐怖が少ないため、より PASAT 課題に集中したと思われる。

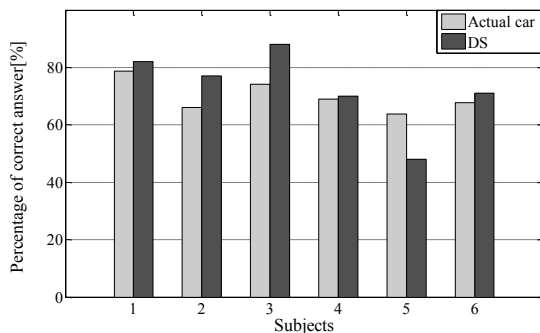


図 10 実車と定置型 DS 運転時の PASAT 正答率の比較

実車および定置型 DS 実験における運転ミスを考える。方向指示器操作の忘れ、一時不

停止、急停止、左右確認など運転ミスを記録した。実車実験時に使用した運転技能採点表を参照して、急停止、車線変更無を 2 点、方向指示器操作忘れ、脱輪を 1 点として評価した。それぞれの条件において、各実験協力者 2 週の運転を行ったが、実車試験の平均点を図 11 に、定置 DS の実験結果を図 12 に示す。なお、番号 5 の実験協力者においては、定置 DS 実験においてコースを間違えるなど、多くのミスがみられたため、解析から除いた。PASAT 有の時のほうが、運転ミスは多くなることは明らかであり、ミスの絶対数は定置 DS 試験の方が多いたことが分かる。

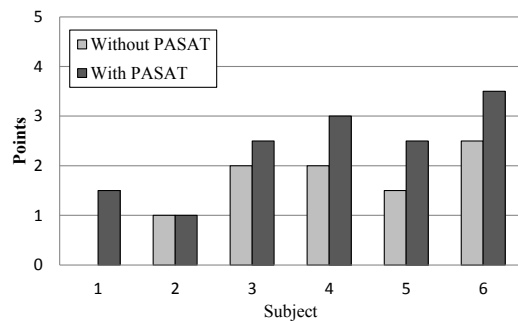


図 11 実車試験における運転ミス

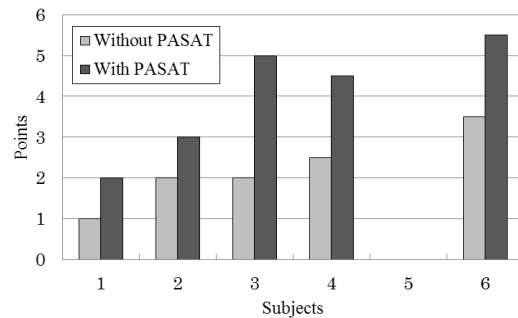


図 12 定置型 DS 試験における運転ミス

(2) 定置型とモーション型 DS の比較

定置 DS とモーション型 DS の比較実験においては、モーションの有無以外の両者の違いを最小にするために、モーション型 DS において、動揺装置を停止したものを定置 DS とみなしている。安静時「Practice」、モーション装置非動作時「Without motion」、モーション装置動作時「With motion」の PASAT 正答率の結果を図 13 に示す。縦軸は PASAT の正答率、横軸は実験協力者番号である。安静時、モーション有、モーション無の順に低くなるのが分かる。特に、モーション無の場合は、モーション有と比較して、有意に正答率が低くなる (t-test, $p < 0.05$)。モーション有の時に、現実感が強いいため、運転に集中し PASAT の正答率が低下すると思われる。

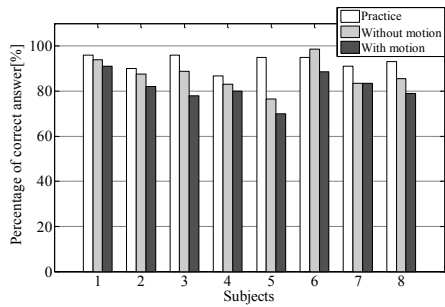


図 13 定置 DS とモーション型 DS 運転時の PASAT 正答率の比較

モーション型 DS においては、動作中において運転者以外は動揺装置に乗ることはできず、実車試験で行ったような目視による運転技量評価を行うことはできない。ステアリングエントロピー法[3]によって、運転技能に与える影響を評価した。ステアリングエントロピーは操舵の滑らかさを評価する指標であり、数値が大きいほど、滑らかさが失われていることを示す。試験コースを模擬した道路シナリオにおいて、図 14 に示す 1 から 5 の箇所における右左折時のステアリングエントロピーを評価した。

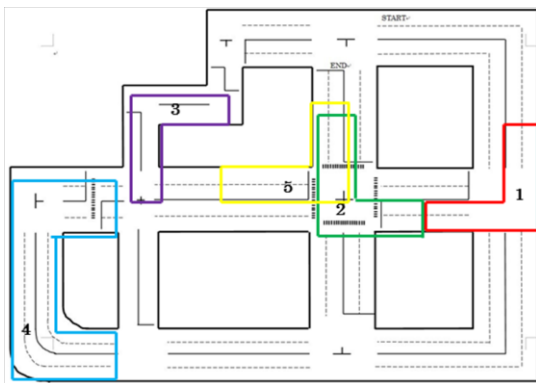


図 14 評価対象箇所

箇所 1 におけるモーション型 DS と定置型 DS のステアリングエントロピーの比較を図 15 と 16 に示す。なお、図 15 は PASAT 無、図 16 は PASAT 有の場合である。どちらにおいても、モーション型 DS の方が有意にエントロピーが小さくなっており (t-test, $p < 0.01$)、より運転しやすく、臨場感がある。他の箇所においても、4 箇所 8 条件において、 $p < 0.01$ の有意差が 6 条件、有意傾向 ($p = 0.053$) が 1 条件で得られた。

モーション型 DS と定置型 DS において、PASAT が有る時と無い時の、ステアリングエントロピーを比較した。箇所 1 を例として、定置型 DS およびモーション型 DS の結果をそれぞれ、図 17 および 18 に示す。どちらにおいても、PASAT 有の方が有意 ($p < 0.01$) にエントロピーが大きくなった。

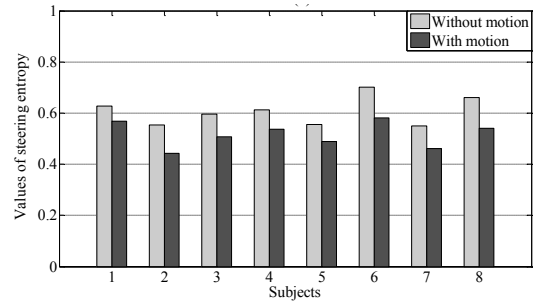


図 15 モーション型 DS と定置型 DS のステアリングエントロピーの比較 (PASAT 無)

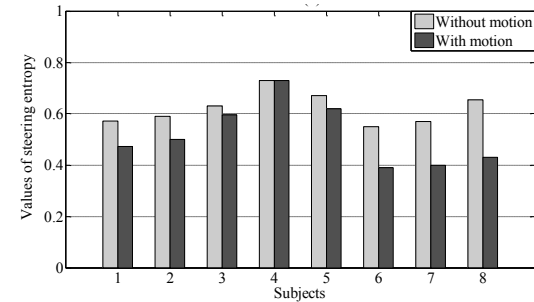


図 16 モーション型 DS と定置型 DS のステアリングエントロピーの比較 (PASAT 有)

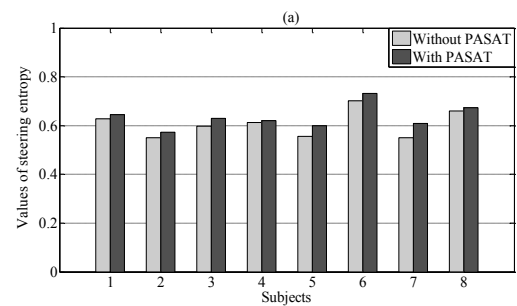


図 17 定置型 DS のステアリングエントロピー

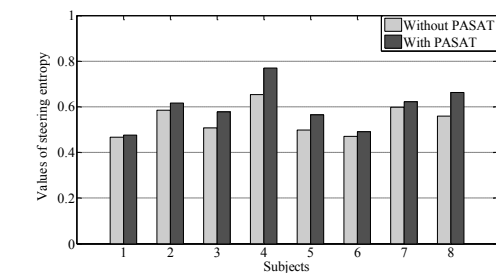


図 18 モーション型 DS のステアリングエントロピー

モーション型 DS と定置型 DS における、PASAT が有る時と無い時の、ステアリングエントロピーの差を図 19 に示す。PASAT 有と無の差は、モーション型 DS の方が有意 ($p < 0.05$) に大きくなっている。モーション型 DS の方がより精度の良い解析ができることを示している。

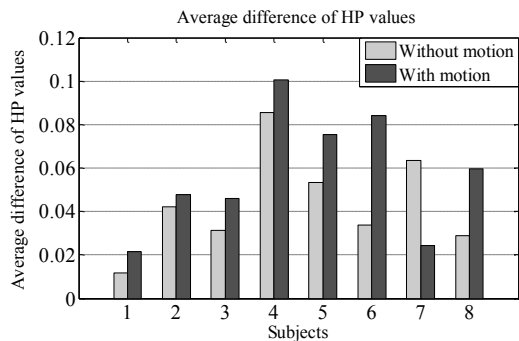


図 19 PASAT が有と無の時のステアリングエントロピーの差

(3) 成果のまとめ

実車実験と定置型 DS の比較では、定置型 DS の方が PASAT の正答率は高くなる傾向が見られ、定置型 DS で実験を行う時に、事故に対する恐怖が少ないため、より PASAT 課題に集中してしまうことが示唆される。なお、ステアリングエントロピーの解析も試みたが、車線逸脱などの原因で操舵が乱れる度合いが大きすぎて、解析ができなかった。

モーション型と定置型 DS の比較実験では、定置型の方が PASAT の正答率が高くなる傾向が有意に見られ、モーション型の方が操舵は滑らかになることが分かった。また、PASAT の有無の差も、モーション型の方が有意に大きくなり、制度の良い解析ができることがわかった。

DS を用いてドライバの運転特性の評価を行う場合には、DS の種類による影響を考慮して評価することが重要であることが分かった。実車運転に近いドライバ特性を計測するために、速度感や距離感といった走行感覚のリアリティが非常に重要である。今回、実車試験と比較した定置型 DS は、ハンドル、ペダルは簡易なものであり、実車の感覚とは異なる。車線逸脱など、実車では見られない大きな操舵ミスも発生した。これらを実際の車のハンドルやペダルに近い特性を持たせることで、より現実感を出すことが必要である。

なお、高齢者には、シミュレータ酔いを誘発しやすいことが分かった。特に、右左折時に前方画面だけが動く定置型 DS は、その傾向が顕著であった。また、高齢者は、実車と DS の運転に差が大きいことが示唆された。これらより、精度良い運転能力評価を行うためには、実車試験を行うことが望ましい。日常の運転において、運転能力を測るようなシステムが求められている。

参考文献

[1] 鄭仁成, 中野公彦, 山辺茂之, 李昇勇, 胡紅鋼, 安芸雅彦, 須田義大, 模擬自動車

列走行中のドライバの臨場感の評価, 第 9 回 ITS シンポジウムプロシーディングス, pp.36-41, 2010

[2] E. Y. Uc, M. Rizzo, S. W. Anderson, J. D. Sparks, R. L. Rodnitzky and J. D. Dawson, "Driving with distraction in Parkinson disease", *Neurology*, Vol 67, pp .1774-1780, 2006

[3] 中山沖彦, 二見徹, 中村友一 運転者負荷定量化手法「ステアリングエントロピー法」の開発, 自動車技術会学術講演会前刷集 No.45-99, pp.5-8, 1999

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

① 中野公彦, 朴啓彰, 鄭仁成, 大堀真敬, 中村弘毅, 熊谷靖彦, 田岡浩, 岡田訓, 寺村一彦, 中村哲, 実車試験による白質病変を持つ高齢者の運転能力の評価, 第 11 回 ITS シンポジウム, 2012 年 12 月 14 日, 愛知県立大学

② 中野公彦, 朴啓彰, 方芳, 鄭仁成, 大堀真敬, 中村弘毅, 熊谷靖彦, 田岡浩, 岡田訓, 寺村一彦, 白質病変を持つ高齢者の運転能力の解析, 自動車技術会秋季学術講演会, 2012 年 10 月 5 日, 大阪国際会議場

③ 方芳, 中野公彦, 朴啓彰, 熊谷靖彦, 鄭仁成, 中村弘毅, 大堀真敬, 田岡浩, 岡田訓, 音声刺激が高齢ドライバの運転行動に与える影響, 第 10 回 ITS シンポジウム, 2011 年 11 月 4 日, 東京大学生産技術研究所

④ 方芳, 中野公彦, 鄭仁成, 大堀真敬, 朴啓彰, 熊谷靖彦, 田岡浩, 岡田訓, 実車実験による白質病変ドライバの特徴の抽出, 日本機械学会 2011 年度年次大会, 2011 年 9 月 14 日, 東京工業大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中野 公彦 (NAKANO KIMIHIKO)

東京大学・大学院情報学環・准教授

研究者番号: 90325241

(2) 研究分担者

朴 啓彰 (PARK KAECHANG)

高知工科大学・地域連携機構・客員教授

研究者番号: 60333514