

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560302

研究課題名(和文)測定障害と空間行為に関する実証的検討

研究課題名(英文)Empirical Research on Dysmetria and Behavior

研究代表者

二瓶 美里(Nihei, Misato)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師

研究者番号：20409668

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、自動車や車いすの運転行動にみられる横傾斜のない平坦走路での著しい片寄りや車間距離不定、不安定な移動行動に着目し、これらに共通した要因を明らかにすること、その要因に関する能力を評価する手法を提案することを目的とした。具体的には、車線片寄りの評価と測定障害を調査するツールの開発をおこない、空間行為全般において視空間認知機能や空間構成機能などの測定および検討などをおこなってきた。さらに自動車などの移動体を操縦する際に必要となる運動を修正する機能(運動調整機能)に着目した測定法および評価指標を提案し、加齢や軽度認知機能障害(MCI)による適応機能の変化について調べた。

研究成果の概要(英文)：In this research we focused on remarkable deviation in a flat track without lateral inclination, indefinite inter-vehicle distance, and unstable movement behavior in driving behavior of automobiles and wheelchairs. The aim of this research is to clarify the common factors to these and to propose a method evaluating the ability on the factors. Specifically, we have evaluated the lane deviation and developed a tool to investigate dysmetria. Also, we have measured and examined the visuo-spatial function and the space composition function etc. Furthermore, we have proposed a measurement method and evaluation index focusing on the function that corrects the motion required for driving mobility such as automobile, and examined the change of the adaptive function following aging and mild cognitive impairment (MCI).

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：生活支援工学 移動 認知

1. 研究開始当初の背景

近年、日本では高齢化が進み、加齢や疾患により移動に車椅子や電動車椅子などの支援が必要な人の増加や、加齢による脳・認知機能の低下を原因とした高齢ドライバーによる自動車や電動車椅子の事故増加が社会的問題となっている。これらの事故は、操作不適が主な原因として指摘されているが、最近では人間の知覚 - 判断 - 行動で示される認知行動特性のモデルに基づいた検討が進められている。

本研究では、知覚に関わる有効視野や空間認知が正常かつ行動に関わる運動機能が正常にもかかわらず、知覚 - 判断 - 行動の操作プロセスでエラーが生じたケースにおいて、知覚 - 行動がうまく関連付けられない状態が存在し、そのうち測定障害が一要因となるものであるとの仮説を立てた。着想に至った経緯は次のとおりである。

筆者らは先行研究にてMCI疑いと診断された、地方地域で日常的に運転を行う高齢ドライバーの運転行動の記録分析と認知機能検査結果の比較を行った。その結果、動作緩慢な傾向の認められるタイプは、「車線の片側に寄る」「縁石衝突」「右折ショートカット」「左折大回り」の行動が共通してみられた。また、視空間認知能力や注意機能は正常であったが、一方で、手の回内・回外動作の回数が有意に少ないことが明らかになった。この動作回数の減少は、協調運動障害の一つである、反復拮抗運動障害に関係するものであると考えられた。協調運動障害には、反復拮抗運動障害のほかに、測定障害、運動分解の障害などがある。そのため、このタイプの対象者には上述の不安定な運転行動が、身体の動きの範囲をコントロールすることができない測定障害によるものではないかと仮説を立てた。

2. 研究の目的

本研究で着目した走路を移動する行為は、

自己と空間、自己と物体の時間的・空間的関係性を適切に保つことにより可能となるものであり、空間行為と称されている。この空間行為に関する障害は、これまで視空間認知能力の低下や運動器障害に起因するといわれてきた。代表的な例としては、半側空間無視や視覚性運動失調が挙げられる。視空間が空間行為に影響を与えているという報告は、自動車の不安全運転行動と有効視野検査(UFOV)の関連性が明らかになっている。また、半側空間無視においても、左側失認が歩行時の障害物との接触の原因となることが指摘されている。さらに、加齢による機能低下や麻痺・筋力低下・拘縮などの運動器障害も空間行為を阻害する要因であり、運動指令に従って思うように動作ができず、刺激に対する反応速度が遅れる傾向があることがわかっている。

本研究で着目するのは、空間行為を阻害することが明らかである視空間認知障害や運動器障害ではなく、空間行為における感覚 - 運動機能の統合である測定障害を要因の一つと捉える。

そこで、本研究では、自動車や車椅子の運転行動に見られる横傾斜のない平坦走路での著しい片寄りや車間距離不定、などの不安定な移動行動に着目し、これらに共通した要因を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、(1) 測定障害と空間移動の予備実験、から明らかになった歩行者や運転者の測定障害と空間行為の仮説を検証する。その結果から、当初想定していた実験結果とは異なる傾向が認められたため、研究方針を見直し、操舵などの運動を修正、遂行する過程に着目して(2) 運動調整機能の評価手法の提案を行い、移動運動に必要な運動調整機能に関する新たな評価システムを開発した。

(1) 測定障害と空間行為の予備実験

本研究では、健常ドライバと比較して MCI ドライバに起こりやすいと報告されている車線逸脱に着目し、認知機能の詳細と車線追従の関係性を明らかにすることを目的とした。そのために、ドライブレコーダ (DR) を用いて記録された日常運転行動における車線追従の分析を行い、車線追従行動の分類を行った。次に、それらの車線追従行動と認知機能の関係性を明らかにするために、ドライブシミュレータ (DS) を用いた車線追従課題を作成し、その結果と関係する認知機能検査結果との比較をもとに関係性を明らかにすることとした。



図 実験の様子

(2) 運動調整機能の評価

前述の通り(1)の結果から、当初想定していた実験結果とは異なる傾向が認められたため、研究方針を見直し、操舵などの運動を修正、遂行する過程である運動調整機能に着目した。逆モデルを観測出来れば運動の誤差把握・修正機能を評価できるが、運動はフィードバック指令も含まれていることから、逆モデルのみを観測することは出来ない。小脳における運動は、運動企画過程と行動の制御(調整)を行う課程から構成されている。そのため、本研究で対象としている運転行動を修正・遂行する機能と同じ働きを持つとされる運動調整機能を評価対象とすることを考えた。

また、本研究では運転行動を交通ルールや確認行動や判断を含む複雑な運転行動を見るのではなく、運転行動を最小の単位行動に分割した際に、それらの単位行動が随意的な運動指令と実際の運動との差異をもとに逆

モデルを適切に作り変え、調整できるかを見るものである。これは、加齢や障害による機能低下に適応し、タイミングや出力の変更が可能であるかを評価するものであるとも言える。

本研究では、高齢ドライバの運転継続適性を評価するうえで、運転行動を改善していくことが重要であると考え、運動調整機能に着目した新たな適応機能評価指標を提案し、加齢や MCI による適応機能の変化を検証することとした。

(a) 運動調整機能の評価指標作成

運転に必要な運動調整機能の項目の明確化、および要件設定測定方法および評価指標の提案(提案指標)を行う。

(b) 加齢に伴う運動調整機能の変化の検証

若年者、高齢者に対して実験を実施し、各群を比較することによって加齢に伴う運動調整機能の変化の検証を行う。

(c) 認知機能、協調運動機能との関連の検証

高齢群を既存の認知機能検査などで高群低群の2つに分類し、提案指標の結果を比較する。MCI 患者に対して実験を実施し、健常高齢者の結果と比較することで MCI による運動調整機能の変化を検証する。

4. 研究成果

(1) 測定障害と空間行為の予備実験

MCI 5 名の日常運転行動(約 1 時間)において、車線追従に問題がある運転行動 39 件を抽出し、運転行動モデルと照らしあわせて整理することで特徴的な車線追従行動を分類した。その結果、不安全と考えられる車線追従行動を(a)自車両位置を把握できず、直進時に端に寄ったまま走行する、(b)道路環境の変化を予測できずカーブでオーバーランする、(c)自己位置の喪失(迷子)や脇見により環境の知覚ができなくなることで車両が端に寄るの3つに分類することができた。

抽出した車線追従行動(a)(b)(c)と認知機

能低下との関係性を明らかにするため、走行実験を行った。走行実験は、実験環境の統一と安全性に配慮し、簡易 DS を用いて直進性やカーブ、脇見再現の実験シナリオを作成した。測定する認知機能は、認知機能および反応速度を評価するため、CAT の下位項目、BVRT（視覚記憶検査 Benton Visual Retention test）、RCFT（視空間構成能力検査 Rey Complex Figure Test）の下位検査を実施することとした。

対象者は物忘れ外来受診者のうち免許を保有する軽度の認知障害者またはその疑いのある者、健常高齢者、健常若年者である。

選択性注意、注意の制御、持続性注意、反応速度、即時記憶、視空間認知を評価する検査の成績について、若年者の認知機能を基準に成績を高低群に分け、直線およびカーブでの車線追従成績を比較した。その結果、直線での走行では6つの認知機能全てにおいて低群のほうが車線追従成績低下傾向にあった（有意差なし）。同様に、カーブでの走行では6つの認知機能すべてにおいて低群の方が、車線追従成績が低下傾向にあり、持続性注意（ $t=2.97$, $p<.01$ ）および視空間認知機能（ $t=2.16$, $p<.05$ ）については有意差が認められた。

これにより、持続性注意機能および視空間認知機能の低下によりカーブでのオーバーランという車線追従行動が起こること、軽度の認知障害者の不安全な車線追従行動は認知機能低下によって起こるため、運転教育によって改善することは期待できず車両や道路環境の改善による支援策が有効であることが示唆された。

(2) 運動調整機能の評価

運転行動と運動調整機能の関連した項目として、意図したタイミングで運動を行い、修正する機能、運動を予測する機能、機器・操作出力に合わせて運動調整する機能を選択し、それぞれ(i) 繰り返し反応課題、(ii)

予測運動制御課題(平面条件、奥行き条件)、(iii) 追従課題、を測定する課題を設定した。また、運動調整機能評価法の設計要件として、次の3点を設定した。

- ・自身の行動の評価により意図した行動との誤差の把握と、状況を把握し行動を選択、修正する能力を評価可能
- ・知覚機能の機能水準の影響を受けにくいこと
- ・物忘れ外来などに通院する MCI 患者に対して評価することを想定し、室内において短時間で評価を行えること

これらをもとに作成した課題概要は次の通りである。

(i) 繰り返し反応課題

ディスプレイ中央に視覚刺激として直径 3 [cm]の赤色円が一定時間間隔で 20 回呈示され、途中で刺激呈示間隔を 2 パターンで変更する。被験者には予め間隔や間隔の変更が起きることを教示した上で、刺激が提示されたタイミングでボタンを押すように指示する。

(ii) 運動予測課題

ディスプレイ上に一定の速度で移動または縮小する青色移動円と赤色目標円が呈示される。移動または縮小中に片方あるいは両方の円をマスキングし、ボタンを押すとマスキングが解除され円が再度呈示される。被験者は移動円と目標円が重なるタイミングを予測してボタンを押すよう指示する。

(iii) 追従課題

ディスプレイ上に一定の範囲を 1 周期 10 秒で移動する直径 3 [cm]の円と機器を操作することによって動く直径 3 [cm]の円が呈示される。被験者は周期性を持って移動する円を追従するようにハンドル又はアクセルを操作する。なお、課題の途中で操作ゲインを変化させる。

実験内容・方法：実験は、以下の項目を実施した。また、認知機能はカルテを参照した。実験協力者は若年者 10 名、高齢者 40 名、MCI

患者 18 名である。

- ・ 運転経験に関するアンケート調査
- ・ 認知機能検査 (MMSE (簡易認知機能検査)、TMT -A (持続性注意機能)、TMT -B (分配性注意機能))
- ・ 小脳機能検査 (指鼻試験 (利手、両手)、回内回外測定)
- ・ 単純反応課題 (反応時間、反応時間のばらつき)
- ・ 運動調整機能に関する提案指標を用いた実験

結果：高齢ドライバーが自身の運転行動を改善していくことが出来るかを検討していくために、運動調整機能に着目した測定法および評価指標を提案し、若年者・高齢者・MCI 患者に対して比較実験を行った。結果の一例を示す。

まとめ：MCI を含む高齢ドライバーが今後も運転可能かどうかを知るには、低下してきた身体機能による運転行動について、運転行動を修正したり正しく遂行することが要求される。本研究では、それらに関連すると考えられる運動調節機能に着目し、単純反応課題や予測課題、追従課題について、外乱を生じさせることによって反応の周期性や正しい予測、および追従へと改善できるかどうかを調べた。その結果、MCI により運動調整機能は低下すること、またその機能は持続性注意機能や反応時間のばらつき、協調運動機能や記憶機能と関連していることが示された。

なお、本研究は東京大学倫理審査委員会の承認を得て行った。

繰り返し反応課題:A(ボタン)

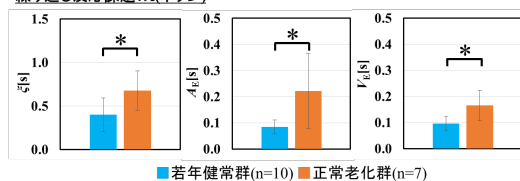


図 若年群と正常老化群の比較 (繰り返し反応課題の結果の一例)

5 . 主な発表論文等

[学会発表](計 3 件)

1. 長本直樹、二瓶美里、鎌田実、高齢ドライバーの運動調整機能と運転技能に対する自己評価に関する研究、日本機械学会第 25 回交通・物流部門大会 (TRANSLOG2016)、2016.11.30~12.2 東京大学生産技術研究所

2. 二瓶美里、自発的な移動の促進とその支援シンポジウム 8 「認知症を支えるハイテク機器の活用」、第 31 回日本老年精神医学会、2016 年 6 月 24 日金沢歌劇座

3. Kazuya Endo, Misato Nihei, Yudai Ashida, Akira Tamai, Minouru Kamata, Relationship between Cognitive Decline and Lane-keeping Behaviors in Drivers with Mild Cognitive Impairment, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015.8 Milano, Italy

[その他]

<http://www.atl.k.u-tokyo.ac.jp>

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

二瓶 美里 (NIHEI, Misato)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師

研究者番号 : 20409668

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

西浦 裕子 (NISHIURA, Yuko)

国立障害者リハビリテーションセンター研究所・福祉機器開発部・研究員

研究者番号 : 60710796

(4) 研究協力者

玉井 顯 (TAMAI, Akira)

敦賀温泉病院・理事長・院長

鎌田 実 (KAMATA, Minoru)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授