

令和元年6月21日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K21467

研究課題名（和文）軽度半側空間無視症例を対象とした危険運転予測システムの開発

研究課題名（英文）The development of the predictive system about risk driving for patients with mild unilateral spatial neglect.

研究代表者

外川 佑 (Sotokawa, Tasuku)

新潟医療福祉大学・リハビリテーション学部・助教

研究者番号：10707376

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：軽度の半側空間無視症例の運転の危険性を事前に検出するための運転評価システムを開発した。本システムは3画面上の反応検査とハンドル操作課題で構成されている。第一段階では、評価システムを作成し、左右半球損傷患者の集積結果を比較した。また、第二段階では、得られた結果をもとにシステムを修正し、右半球損傷患者39名の結果を階層的クラスター分析を用いて解析した。その結果、8クラスターに分類され、ハンドル操作の左方向への誤差率の問題に加え、信号刺激に対する見落としや反応遅延などの反応パターンの違いが様々に混在している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの半側空間無視症例の評価は、机上におけるペーパーベースのテストや日常生活の観察が中心であった。しかし、ペーパーベースのテストは、運転再開を考慮するレベルの軽度の半側空間無視症例にとっては難易度が低いため異常が検出されず、運転場面で初めて危険が観察されるといった問題があった。

今回、軽度の半側空間無視症例が、より難易度の高い複数課題下および処理速度負荷下において症状が検出されやすくなる特性を生かした運転操作を取り入れた運転シミュレータによる評価システムを構築したことで、軽度の半側空間無視症例の危険運転を事前に検出する事が容易になり、自動車運転評価の効率が向上するものと考えられている。

研究成果の概要（英文）： Objective of this study was development of the predicting system for a risk of driving performance in mild unilateral spatial neglect patients. The system consisted of response task and lane tracking task in 3 displays. In the first step, we developed the system and compared the performance between left hemisphere damaged patients and right hemisphere damaged patients. In the second step, we modified the system and analyzed the performance by using hierarchical cluster analysis. As a result, these driving performance data were classified 8 cluster. It was suggested that inaccurate left side lane keeping, response delay and omission of signals were mixed various patterns.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：自動車 半側空間無視 脳卒中 ドライビングシミュレータ 運転 注意機能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳卒中の右半球損傷患者の 4 割に存在するとされている半側空間無視：Unilateral Spatial Neglect (以下、USN) は大脳半球と反対側の刺激に対して、発見して報告したり、反応したり、その方向を向いたりすることが障害される病態¹⁾とされており、左右の脳半球のどちらの損傷でも起こり得る。USN の重度例の場合、左側から声をかけられたり、肩を叩いて呼びかけられても右側を向いて探そうとし、食事の際に患者の前方に並んでいる左側のおかずを見落として食べないなど、あたかも左側の空間が存在しないかのように行動する。これ以外にも、空間定位障害として身体や物体の向きや配置がずれるなどの問題が観察されることが多い。

自動車運転において、USN の症状が重度であれば、自動車の運転は禁忌と比較的に容易に判断できるが、実際の USN の症状の程度は重度から軽度まで幅広く、リハビリテーションを実施していく中で経過とともに改善が見られるものもあるため判断が難しい。

一見しただけではわからない程度の軽度の USN 患者については、ほとんどの都道府県の運転免許センターで実施されている視力検査において、視力が両眼で 0.7 以上あれば、視野などの詳細な検査を実施することなく、そのまま見過ごされるリスクが非常に高い。しかし、実際には、患者自身が詳細な症状の自己申告をしなければ、公安委員会の運転適性検査基準をクリアし、合格できてしまうといった重大な問題点がある。

重度から中等度の USN 症例に対しては、その症状の重症度から運転再開を見送るよう助言することが多いが、軽度症例では日常生活上問題の無いレベルであることから、生活の行動範囲拡大や自立につなげるために、自動車運転評価の対象となることがある。このような活動範囲の広い USN 軽度症例については、代表的な机上検査である行動性無視検査 (BIT) や日常生活の観察において異常はほとんど検出されないことが多い。

申請者は、BIT での異常は認められないものの、ドライビングシミュレータや実車運転においてはじめて左空間の無視症状 (走行時の左側への偏位、左側車輪の脱輪や車両の接触などの危険) が観察された症例を複数経験している²⁾。また、いくつかの先行研究^{3,4)}においても自動車運転の様な処理速度の速さが求められる場面など、特定の条件下で無視症状が出現する USN 軽度症例の存在が報告されている。

これらの USN 軽度症例は、机上検査では明らかな問題が検出されず、実車運転で初めて問題として顕在化するため、早期段階で問題を検出できる評価システムの構築が必要である。

2. 研究の目的

病院で実施する机上検査では問題を検出しにくい USN 軽度症例の運転の問題を早期段階で検出できる評価システムを開発し、症例の特徴を抽出することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、USN 軽度症例の問題を早期段階で検出できる評価システム (運転操作課題) を開発するため、第一段階において、評価システムのプロトタイプを作成し、健常者および右半球右半球損傷患者を対象にデータ集積・結果の分析を実施した。また、第二段階において、プロトタイプで得られたデータ結果をもとに評価システムを見直し・修正し、右半球損傷患者を対象にデータ集積し、結果について分析した。

今回作成した評価システム (運転操作課題) は、本田技研製の 3 画面型のドライビングシミュレータ (セーフティナビ) をベースとしており、以下(1)- 、 の通り、二つの課題で構成されている。

また、第一段階および第二段階での対象と方法については、(2)- 、 に示す。

(1) 運転操作課題の構成

三画面上に提示されたランダムなカーブを各固定速度(30km/h、40km/h、50km/h) で、はみ出さないように走行するハンドル操作課題：車両が車線中央を走行した瞬間に誤差率が 0%、車両の一侧が同側の白線を踏んだ瞬間に誤差率 100%と出力され、課題中の誤差率の平均値が算出される。

三画面上の 20 ヶ所にランダム順に 4 回提示される信号刺激 (単純反応：青のみ、選択反応：赤・黄・青) に対して速やかに所定の動作で反応する反応時間課題：3 画面上の 20 ヶ所に提示された信号に対する平均反応時間と 4 回中何回反応できたかの反応率が算出される。

と の課題の複合課題

(2) 対象と方法

第一段階

右半球損傷患者 8 名 (脳梗塞：4 名、脳出血：4 名) と左半球損傷患者 4 名を対象に本評価システムの精度について、実施結果を比較した。比較した項目は、左右各方向の誤差率平均値と誤差率の標準偏差 (SD) および、画面上の 20 か所の各平均反応時間や反応率の結果とした。

第二段階

右半球損傷患者 39 名 (脳梗塞：16 名、脳出血：16 名、その他：7 名) を対象に第一段階の結果を踏まえて修正した評価システムの精度について検証した。

(3) 解析

第一段階：左右各方向の誤差率平均値と誤差率の標準偏差（SD）および、画面上の20か所の各平均反応時間や反応率について、記述統計を用いて比較した。
 第二段階：左右各方向の誤差率平均値と誤差率の標準偏差（SD）および、画面上の20か所の各平均反応時間や反応率を変数としたクラスター分析を実施し、症例の特徴ごとに分類した。なお、各変数については、分散の大きさの差異の影響を考慮してz得点化した。クラスター分析については階層的クラスター分析（Ward法、対象間の非類似度は平方ユークリッド距離の0.5倍）を用いた。統計ソフトはR3.5.2を用いた。

4. 研究成果

第一段階における左右の半球損傷者間のハンドル操作誤差率の比較では、ハンドル操作課題や単純反応や選択反応といった複合課題のいずれの課題においても、左に大きく逸脱している傾向にあった（表1）。また、単純・選択反応課題では、右半球損傷患者には左方向に特異的に見落としがあるタイプや3画面全体に見落としがあるタイプの存在が示唆された（図1）。

表1. ハンドル操作課題と複合課題（単純反応・選択反応課題）における左右の半球損傷患者間の比較

	30km/h		40km/h		50km/h	
	左誤差率	右誤差率	左誤差率	右誤差率	左誤差率	右誤差率
RHD n = 8	104.90 [73.10 - 129.91]	6.50 [1.11 - 18.86]	116.19 [89.12 - 138.57]	9.69 [1.83 - 16.05]	123.92 [79.30 - 148.34]	17.61 [3.53 - 23.95]
LHD n = 4	84.59 [72.85 - 98.42]	22.61 [18.62 - 26.97]	81.04 [78.42 - 94.92]	14.54 [8.21 - 18.47]	96.53 [71.44 - 121.80]	12.77 [7.15 - 18.50]

	単純反応				選択反応			
	左誤差率	右誤差率	左誤反応数	右誤反応数	左誤差率	右誤差率	左誤反応数	右誤反応数
RHD n = 8	121.51 [95.36 - 161.86]	24.39 [13.31 - 32.51]	3.0 [1.75 - 7.50]	1.5 [0.0 - 3.75]	129.61 [86.71 - 164.00]	41.52 [39.63 - 65.52]	3.5 [2.0 - 8.0]	3.0 [1.0 - 6.5]
LHD n = 4	86.12 [66.08 - 116.23]	37.24 [31.22 - 39.87]	2.0 [1.75 - 2.0]	2.0 [0.75 - 3.5]	83.99 [76.09 - 100.26]	42.08 [32.35 - 62.60]	4.5 [2.75 - 6.0]	3.0 [3.0 - 4.0]

Median[Q1 - Q3]

第二段階におけるクラスター解析の結果、デンドログラムを観察したところ、8クラスターでの解釈可能性の高さが示唆された（図2）。

各クラスターの平均値や各クラスター内の各症例のデータから考慮すると、クラスター1は左右のハンドル操作の誤差率が大きく、反応課題では左側に加えて右側も多く見落としがあるタイプのクラスター（図3-a）、クラスター2はハンドル操作は良好であるものの、左側画面に見落としがあるクラスター（図3-b）、クラスター3はハンドル操作の左側の誤差率が大きく、左右画面共に多くの見落としをしているタイプのクラスター（図3-c）、クラスター4は左側の誤差率が大きく、左を中心にも右も見落としがあるタイプのクラスター（図3-d）、クラスター5はハンドル操作の左側の誤差率が大きく、左右の見落としや遅延がある

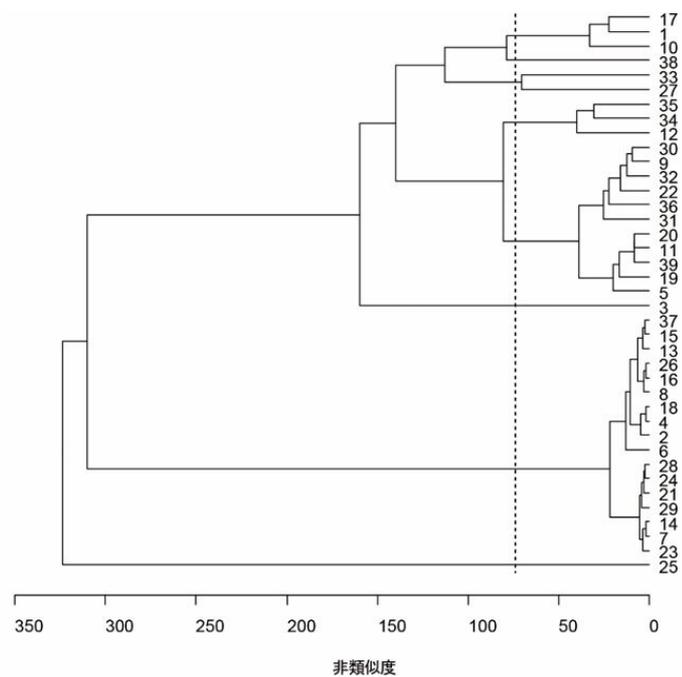


図2. クラスター分析（Ward法）によるデンドログラム

タイプのクラスター（図 3-e）、クラスター6 はハンドル操作は良好であるが、左側画面の反応がほとんどできていない左同名半盲のクラスター（図 3-f）、クラスター7 はハンドル操作は問題なく、見落としがあってもごく少ない健常者に近いタイプのクラスター（図 3-g）、クラスター8 は左側の誤差率が大きい右同名半盲のクラスター（図 3-h）であった。

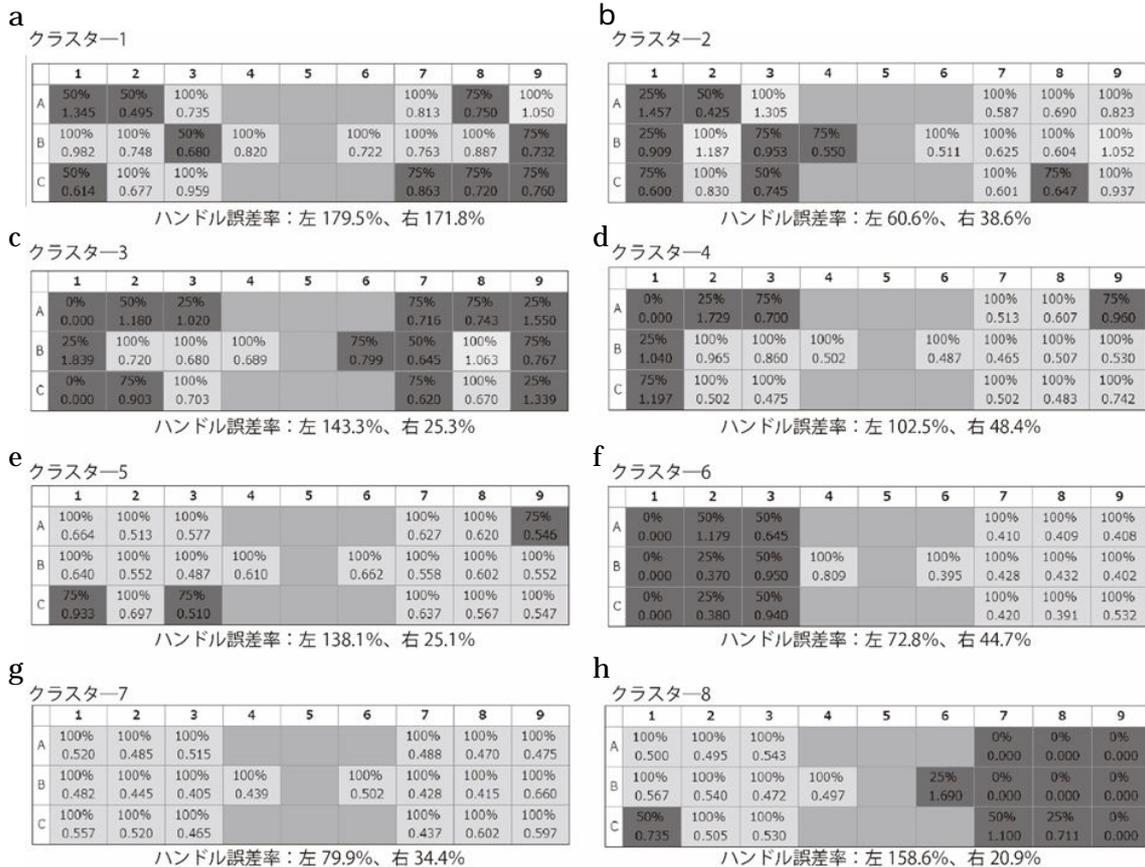


図 3. 各クラスターにおける代表例の結果

第二段階では、自動車運転評価の対象となった右半球損傷患者 39 名を対象に運転操作課題を実施し、全例の課題結果について階層的クラスター分析を実施した。

階層的クラスター分析の結果、8 クラスターでの解釈可能性の高さが示唆された。分類上の特徴として、ハンドル操作の左方向への誤差率の問題に加え、3 画面上の信号刺激に対する見落としや反応遅延などの反応パターンの違いがスペクトラム状に混在している可能性が示唆された。

ハンドル操作の問題については、Van Kessel et al.⁵⁾が右半球損傷患者において、単独の Tracking 課題と反応課題を組み合わせた Tracking 課題ともに、左方向への車線位置の偏位を認めたことを報告しており、本研究の結果を支持するものとなった。これについては、USN に付随することが多い、身体や物体の向きや配置がずれるなどの空間定位障害の影響があると考えられる。特に、今回クラスター1 においては、左方向への車線位置偏位だけでなく、右方向にも非常に大きな車線位置偏位を認めている。このことは空間定位障害の重症度を反映する指標になる可能性がある。

3 画面上の信号刺激に対する反応パターンの問題について、Todd et al.⁶⁾はトップダウン型の注意が過活動になるとボトムアップ型の注意が抑制されることを報告している。また、Takamura et al.⁷⁾は、軽度の USN 症例の場合、トップダウン型の注意の過活動によって左方向への視線を向ける傾向が強くなり、右側からの刺激への見落としが増えることを報告している。本研究の信号刺激に対する反応パターンをみると、クラスター1~5 については、左空間に対する反応率の低さや反応遅延をベースに、右空間においても反応率の低さや反応遅延を認めており、Takamura et al.⁷⁾の報告を支持する結果となっている。

以上のことから、本研究の運転操作課題を活用することにより、軽度の USN 患者の自動車運転で起こりうる問題を事前に検出できる可能性があることが示唆された。今後、症例数を蓄積し、運転再開するにあたって許容できるカットオフ値を見出せるよう進めていく予定である。

<引用文献>

- 1) 石合純夫：失われた空間。神経心理学コレクション，医学書院，東京，(2009)

- 2) 外川 佑, 村山 拓也, 佐藤 卓也, 崎村 陽子: Behavioral Inattention Test で検出されない左半側空間無視患者の自動車運転評価における特徴と運転再開に影響する要因の検討 3 症例のケースシリーズ. 作業療法 36(6): pp. 599-608 (2017)
- 3) Fruhmann Berger, M., Johannsen, L., Karnath, H. O.: Time Course of Eye and Head Deviation in Spatial Neglect, Neuropsychology, 22, pp. 697-702 (2008)
- 4) Machner, B., Dorr, M., Sprenger, A., von der Gabelntz, J., Heide, W., Barth, E., Helmchen, C.: Impact of dynamic bottom-up features and top-down control on the visual exploration of moving real-world scenes in hemispatial neglect, Neuropsychologia, 50, pp. 2415-2425 (2012)
- 5) van Kessel, M. E., van Nes, I. J., Geurts, A. C., Brouwer, W. H., Fasotti, L.: Visuospatial asymmetry in dual-task performance after subacute stroke, J Neuropsychol, 7, pp. 72-90 (2013).
- 6) Todd, J. J., Fougny, D., Marois, R.: Visual short-term memory load suppresses temporo-parietal junction activity and induces inattentive blindness, Psychol Sci, 16, pp. 965-972 (2005).
- 7) Takamura, Y., Imanishi, M., Osaka, M., Ohmatsu, S., Tominaga, T., Yamanaka, K., Morioka, S., Kawashima, N.: Intentional gaze shift to neglected space: a compensatory strategy during recovery after unilateral spatial neglect, Brain, pp. (2016).

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

- 1) 外川佑, 村山 拓也, 佐藤 卓也, 崎村 陽子, 今田吉彦, 小野浩, 伊藤 誠: ドライブシミュレータによる軽度の半側空間無視症例を検出する評価システムの精度検証. 第 2 回日本安全運転・医療研究会, 2018
- 2) 外川佑: 軽度半側空間無視症例を対象とした危険運動予測評価システムの開発にむけた仮説構築. 第 10 回日本作業療法研究学会. 2016

〔図書〕(計 2 件)

- 1) 外川佑; 藤田佳男, 澤田辰徳編. ドライブシミュレータに備わっている評価機能と種類. 作業療法とドライブマネジメント. 東京: 文光堂; 2018 pp.76-82
- 2) 外川佑; 能登真一編. 高次脳機能障害と運転. 高次脳機能作業療法学第 2 版-標準作業療法学-. 東京: 医学書院; 2019 pp.293-304

〔その他〕

ホームページ等

HONDA セーフティナビ リハビリテーション向け運転能力評価サポートソフト 軽度な半側空間無視 (USN) 評価: <https://www.honda.co.jp/safetyinfo/simulator/safetynavi/rehabilitation.html>

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 外川 佑

ローマ字氏名: SOTOKAWA Tasuku

所属研究機関名: 新潟医療福祉大学

部局名: リハビリテーション学部

職名: 講師

研究者番号 (8 桁): 10707376

(2)研究協力者

研究協力者氏名: 伊藤 誠

ローマ字氏名: Itoh Makoto

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。