

高齢者および脳機能疾患を対象とした 運転可否判定ガイドラインの提案

代表研究者 香川大学創造工学部 教授 鈴木 桂輔
共同研究者 愛知工科大学 助教 神邊 篤史
香川大学工学研究科 学生 柴山 尚彦

【まとめ】

Trail Making Test-J (以下 TMT-J) ほかの神経心理学検査による認知能力のスコアと、ドライビングシミュレータ (以下 DS) を用いた出会い頭交差点での衝突回避能力に基づく運転能力のスコアから、運転可否を判定する手法を提案した。また、運転能力が低いドライバを対象として、自己の運転スキルを的確に把握したうえで補償行動を促し運転能力の改善を試みるメタ認知トレーニングの手法を提案し、その妥当性を検証した。

1. 研究の目的

1-1 運転可否判定ガイドラインの提案

複数の神経心理学検査による認知能力のスコアと DS を活用した衝突回避能力の分析結果から、ドライバの運転可否を判定する手法を提案する。

1-2 メタ認知の改善による運転能力改善手法の提案

自身の運転能力を正しく認識させ、運転に関するメタ認知を改善させる手法を提案する。また、メタ認知の改善による補償行動により、安全運転を促す手法を例示する。

2. 研究の方法

2-1 運転可否の判定と移動支援

研究代表者らが提案する、主として高齢者を対象とした移動支援スキームを図1に例示する。STEP1では、運転可否の判定を行い、STEP2では、運転能力が低いと判定されたドライバにメタ認知トレーニングを実施し、リスク回避のための補償行動を教習する。また、補償行動の習得が難しいと判定されたドライバには、運転免許の返納と同時に、研究代表者らが別テーマで開発中の運転支援機能を搭載したパーソナルモビリティの使用を推奨する。

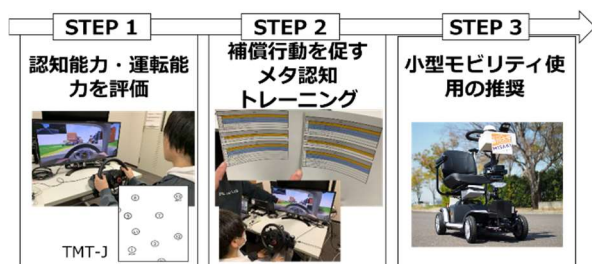


図1 提案する移動支援のスキーム

2-2 ドライバ群 (運転可否) の分類

図2に示すように、神経心理学検査による認知能力を横軸、DSを用いて定量化した運転能力を縦軸に示し、ドライバ群を以下に示す4群に分類する手法を提案した。

- ① 高い認知能力と高い運転能力を有し、安全に運転できるドライバ
- ② 認知能力は低いが、自分の認知能力を正しく認識し、補償行動が可能であるため、安全に運転できるドライバ
- ③ 認知能力は高いが、初心者ドライバに代表されるように、運転能力が低いため、安全運転ができないドライバ
- ④ 認知能力が低く、運転能力も低いため、安全運転ができないドライバ

本研究では、以上の4群に分類する方法論の提案に加えて、認知能力と運転能力がともに低下した④に分類されるドライバ、認知能力は高いが運転能力が低い③に分類されるドライバが、メタ認知の改善により補償行動を可能とし、運転を再開できるように支援する教習方法を提案した。



図2 認知能力と運転能力によるドライバ群の分類

2-3 神経心理学検査

高齢者施設、医療機関などの臨床現場における運転可否を判定する方法として、神経心理学検査が用いられている。本研究では、Bourdonテスト、かな拾いテスト、TMT-Jの3種の神経心理学検査を用いて認知能力を評価する方法を提案した。Bourdonテストは、長時間の注意力と課題処理能力を評価するもので、タスクの所要時間を評価指標とし、所要時間が短いほど、認知能力が高いことを意味する。かな拾いテストは、指示の理解力、実行能力、選択的注意能力を定量的に分析することが可能であり、その正解数を評価指標とし、正解数が多いほど、認知能力が高いことを意味する。TMT-Jは、視覚探索能力、分配的注意、認知的柔軟性を評価するもので、所要時間を評価指標とし、所要時間が短いほど、認知能力が高いことを意味する。なお、以下に示す実験での実験プロトコル、実験条件について、香

川大学研究倫理委員会にて審議したうえで、実験を実施した。

2-4 DS 実験

日本国内で発生している交通事故の種類や事故原因のマクロデータを基に、最も事故頻度が高い交差点での出会い頭衝突事故を再現するシナリオを設定した。香川大学で構築したDSのVR空間に、複数の交差点で構成される約直進路を作成した。それぞれの交差点では、交差車両をランダムに発生させ、衝突リスクが極めて高いシナリオのほか、交差車両が停止するシナリオを複数組み合わせさせて被験者が衝突リスクの発生に対して過度に予防安全行動をとる状態を抑制した。被験者には、60km/hで走行し、通常の運転と同様に衝突のリスクが高い場合には制動操作により衝突を回避するように教示した。なお、被験者一人あたり、8回の走行を実施し、そのうち2回については、実際に衝突リスクが発生するシナリオとした。

2-5 認知能力の統制方法

本研究では、上記の神経心理学検査とDS実験での評価値、およびこれらの相関関係を分析し、運転可否の判断を行う手法の提案を目的としている。そのため、脳機能疾患患者、高齢者などを含む多様な認知能力レベルの被験者を確保し、より広い範囲の認知能力レベルを有する被験者での実験を実施する必要がある。しかしながら、実験開始当初は、被験者の個人情報の管理の点で課題が多く確認されたため、本研究の一つめの取り組み課題である、「運転可否判定ガイドラインの提案」においては、難易度の異なる認知負荷を健常被験者に課すことで、認知能力が低下した患者を模擬し、認知能力ごとの運転能力を分析した。二つ目の取り組み課題である「運転能力改善手法の提案」については、このような認知負荷は設定せず、多岐にわたる特性のドライバを対象に実験を実施した。なお、一つ目の取り組み課題において、認知機能障害者に多い視野の狭窄を模擬するために、視覚障害体験用メガネの着用、注意力の散漫さや理解力の遅さを再現するために、フランカー課題を認知能力レベルごとに設定した。本研究で設定した、視野狭窄の設定の有無、フランカー課題の詳細を表1に示す。また、認知負荷を課した状態での実験状況を図3に示す。

2-6 メタ認知の評価方法

メタ認知を改善するためには、実際の運転能力とドライバ自身が判断する自己の運転能力との乖離の程度を自身が正確に理解することが重要である。そこで、以下の(1)~(7)に示すような、DSを用いた、自己の運転の振り返りによる運転に関するメタ認知を改善させる手法を提案した。メタ認知の評価に用いたDSのVR環境に構築した市街地道路を模擬した道路交通環境と実験に使用委したDSを図4に示す。

表1 設定した4水準の認知能力のレベルを模擬するための認知負荷と視野狭窄の詳細

認知能力	認知負荷
Low	視野狭窄メガネ+フランカー課題 5s 間隔
Middle	フランカー課題 5s 間隔
High Middle	フランカー課題 7s 間隔
High	認知負荷なし



図3 フランカー課題と視野狭窄メガネを使用した認知機能を統制した状態での実験状況

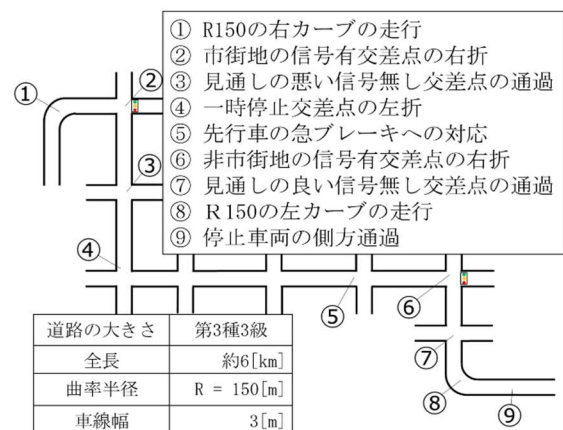


図4 構築した道路環境と実験に使用したDS

- (1) 運転スタイルチェックシート (以下 DSQ) [1]に回答してもらい、対象者の特性を把握する。
- (2) 自己の運転能力を評価する運転能力チェックシートを用いて、自らの普段の運転能力について、回答してもらう。
- (3) 事故リスクが発生する様々な道路環境を再現したDS環境において、対象者に運転してもらう。
- (4) 車両後方からの鳥瞰図を用いて、対象者に、自身の運転能力の振り返り作業を行ってもらう。また、実験担当者が評価した図5に示すレーダーチャートを用いて運転能力を定量的に理解してもらう。
- (5) 対象者に、自己の運転能力を把握してもらったうえで、再度、DSを用いた環境において運転してもらい、運転能力の改善の程度を定量化する。

(6)再度、DSQを用いて、対象者に、自身の⑤での運転能力を評価してもらい、メタ認知の改善の程度を定量化する。
 (7)DSQで分類したドライバ群ごとのメタ認知と運転能力の改善の程度およびその相関を分析する。

2-7 メタ認知の改善トレーニング方法

図4に示した①～⑨の各走行区間において、図5に示すような評価項目を設定し、0～5点で運転能力を評価した。各項目において3点以上の場合に安全運転が可能であると判定した。3点に相当する値は、警察庁が定めた運転免許技能試験の採点基準を参考として策定した。5点に相当する値は模範的な安全運転とし、実験に使用したDSに習熟した運転能力の高いドライバの走行成績の平均値を基準とした。また、DSQを用いて、ドライバの特性ごとの、メタ認知の改善の程度と運転能力の改善の程度との関係について考察した。

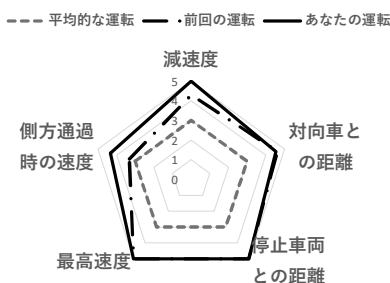


図5 運転能力を判定するレーダーチャートの一例

3. 研究の成果

3-1 ドライバ群の分類 (運転可否の判定)

認知能力のレベルごとの神経心理学検査の結果を図6に示す。本トレーニングは普通自動車第一種運転免許を取得しているドライバ80名(21.9歳, SD: 0.79歳)を対象とした。

3種類の神経心理学検査のうち、代表して、TMT-Jの分析結果を示す。Mann-Whitney U検定の結果、HighグループよりもLowグループの方が所要時間が有意に長い($p < 0.01$)。認知能力のレベルに応じてスコアが段階的に分けられていることが確認できる。

ついで、DSを用いた運転能力の分析結果について、認知能力レベルごとの衝突予測時間(接近車両との相対距離を相対速度で除した値)の最小値(TTC_{min})を図7に示す。Mann-Whitney's U検定の結果、LowグループがHighグループよりも有意に短い($p < 0.01$)。認知能力レベルに応じて、運転能力を示すスコアが段階的に分けられていることが確認できる。本研究の評価シナリオにおいて、認知能力レベルごとの運転能力を適切に分析できていると判断した。本研究では、事故リスクが非常に高い、出会い頭の衝突回避におけるヒアリハット状態を、DS実験において再現している。そのため、縦軸の衝突予測時間最小値が0[s]よりも長く、衝突が回避できた場合は、安全運転ができたと評価した。

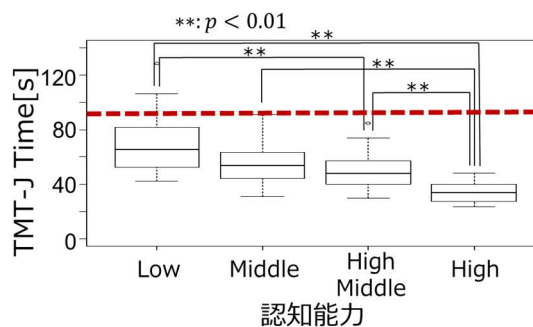


図6 認知能力ごとの認知能力の評価結果

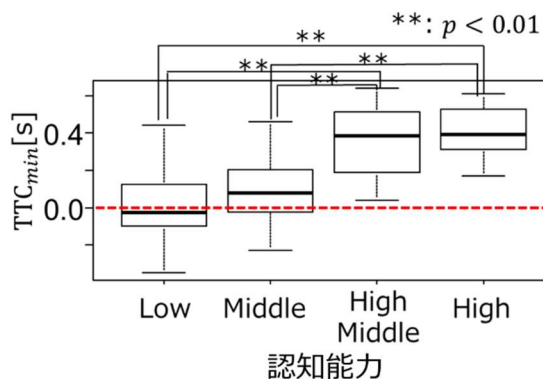


図7 認知能力ごとの運転能力の評価結果

前述の図2に示したように、ドライバ群を4群に分類するための、閾値について考察する。図2の①、②群と③、④群を分類するための縦軸の運転能力の閾値は、衝突の発生を意味する衝突予測時間の最小値が0秒を閾値とした。①、③群と②、④群を分類するための横軸の認知能力の閾値について、本研究では、衝突が発生しないような安全運転が可能で認知能力の閾値とした。このため、上記の認知能力と運転能力との相関を分析し、衝突予測時間の最小値が0秒に相当する認知能力のスコアを推定した。両者のスコアの関係プロットした結果を、図8に示す。図中の4種のプロットは、前述の統制した4水準の認知能力を意味する。なお、横軸の認知能力については、縦軸の運転能力のスコアと最も相関が確認されたTMT-Jのスコアで示している。

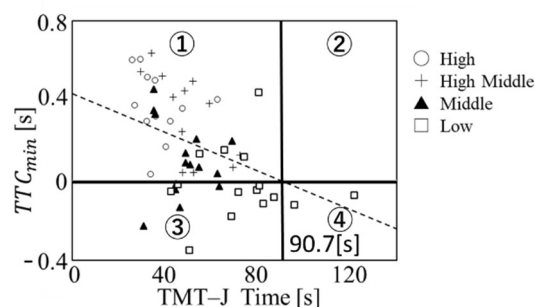


図8 認知能力と運転能力の関係

両者間には、負の相関が確認された($r = 0.44$)。得られたデータについて、線形近似を行った結果を式(1)に示す。

$$y = -0.0046x + 0.4175 \quad (1)$$

x : TMT-J の所要時間[s]

y : 衝突予測時間の最小値

得られた近似式での、縦軸の衝突予測時間が0秒（衝突発生有無の閾値）に相当する横軸の認知能力のスコアは、TMT-Jの推定所要時間の場合、90.7[s]であった。この値は、Schanke らの先行研究[2]で示された、脳損傷後に実際の運転環境において運転を再開し、交通事故を起こさなかったドライバーの平均所要時間（90.7秒）と概ね一致している。したがって、本研究で提案したDSを活用した運転可否を判定する手法では、概ね実環境でのドライバーの危険回避行動を再現できているものと判断できる。

なお、図6での認知能力と運転能力との相関について、相関係数が十分に高いとは言えない。このため、例えば、従来のように、認知能力の検査結果のみから運転可否の判断を行うのは極めて困難であり、認知能力の検査のほか、運転能力を評価するDSなどを活用した分析を組み合わせ、より正確な判断基準に基づいて、運転可否の判断を行うことが重要であるといえる。また、ドライバー群を認知能力と運転能力により4群に分類することによって、より個々のドライバーの運転能力を正確に評価することが可能となる。たとえば、認知能力のスコアが高くても、運転能力のスコアが低いドライバーに対しては、自己の運転能力を的確に理解させ、補償行動を習得できるようなメタ認知トレーニングが有効となる。また、認知能力と運転能力の両者が低下しているドライバーについては、認知能力を短時間で回復させることは困難であるため、自己の運転スキルを的確に理解するためのメタ認知トレーニングにより、補償行動を習得し、安全運転を実現することが効果的である。

3-2 メタ認知トレーニングによる運転能力の改善

図4に示した①～⑨の走行コースにおける個々の運転能力を図5に示すレーダーチャートで得点化した結果より運転能力を評価した。本トレーニングは普通自動車第一種運転免許を取得しているドライバー11名（39.1歳，SD：17.9歳）を対象とした。

また、運転能力チェックシートよりメタ認知の改善の程度を評価した。1走行目とメタ認知トレーニングを受けた後の2走行目での分析結果より、1度のトレーニングにより、全被験者の平均値として、メタ認知の改善（11.7%）と運転能力の改善（8.7%）が見られた。

また、DSQの回答結果に基づいて、クラスター分析を行い、図9に示すように「運転能力に自信のあるドライバー」と「虚偽発見尺度の高いドライバー」、「運転に対する消極性の高いドライバー」の3群に分類することができた。また、図10に示すように、各ドライバー群におけるメタ認知と運転能力の改善度の差について一元配置分散分析を行った結果、データ間で有意差は確認されなかったが、今後トレーニング参加者を増やすことで有意差を確認できる可能性がある（ $F(2, 96)=3.09, p=5.30 \times 10^{-2}$ ）。なお、ドライバー群ごとに、メタ認知と運転能力の改善の程度に関して、

傾向が異なることから、今後は、ドライバー群ごとの最適なメタ認知トレーニングの最適化を行う予定である。



図9 クラスター分析によるドライバー群の分類

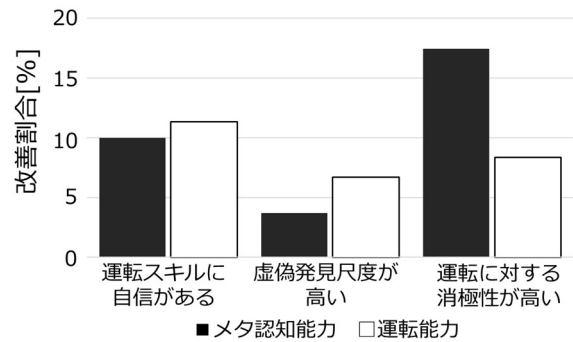


図10 各ドライバー群におけるメタ認知と運転能力の改善

4. 今後の課題

本研究で提案するドライバー群を4群に分類して運転可否を判定する方法およびメタ認知の改善による補償行動の教習方法について、香川県内の高齢者を対象として、妥当性を検証する予定である。また、医療機関、香川県警と連携した、運転可否判定ガイドラインの提案のほか、メタ認知トレーニングによる運転能力の改善方法の普及を計画している。

5. 研究成果の公表方法

自動車技術会、日本機械学会、交通心理学会ほかにおいて、研究成果を口頭発表する。また、研究代表者らが運営する、交通予防安全コンソーシアムの年次会合において、成果を公開の予定である。

参考文献

- [1] 石橋基範: 運転スタイルの指標化と追従運転行動, 自動車技術会論文集, 39(1), 121, (2008)
- [2] Schanke AK, Sundet K: Comprehensive driving assessment: neuropsychological testing and on-road evaluation of brain injured patients, Scand J Psychol 2000, 41(1), 113-121, (2000)