

高齢運転者の認知・判断能力と走行挙動の 関係性に関する基礎的研究

宮内 弘太¹・篠原 もえ子²・高田 和幸³・南 貴大⁴・森崎 裕磨⁴・藤生 慎⁵

¹ 学生会員 東京電機大学大学院 先端科学技術研究科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail: 18uda02@ms.dendai.ac.jp

² 非会員 金沢大学大学院 医薬保健学総合研究科 (〒920-0942 石川県金沢市小立野 5 丁目 11-80)

E-mail: m-nohara@med.kanazawa-u.ac.jp

³ 正会員 東京電機大学 理工学部 建築・都市環境学系 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail: takada@g.dendai.ac.jp

⁴ 学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

⁵ 正会員 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp

近年、我が国では、高齢運転者による交通事故が深刻な社会問題となっている。高齢運転者による事故は、加齢による身体機能や認知機能の低下が原因とされている。我が国では、免許更新時の高齢者講習や認知機能検査によって運転継続の可否を決定している。しかし、免許更新時の検査では軽度認知障害(MCI)を罹患している高齢者を発見することは難しい。つまり、日常の運転から、軽度認知障害の罹患の有無を検知することは、高齢運転者の事故を未然に防ぐ上でも重要である。

そこで本研究では、普段から自動車を運転している65歳以上の高齢者を対象に、認知機能検査の実施と運転時の走行挙動の観測調査を行った。得られた結果から、高齢運転者の認知・判断能力と走行挙動の関係性について明らかにする為の基礎的研究を行った。

Key Words : *elderly driver, driving behavior, cognitive ability, safe driving education*

1. はじめに

近年、我が国では、高齢運転者が第一当事者となる交通事故が深刻な社会問題となっている。内閣府の発表¹⁾によると、高齢運転者による交通事故は、加齢による身体機能や認知機能の低下が原因とされている。これらの機能の低下は、運転能力に大きな影響を与えるものであり、運転事故の発生につながる原因とされている。

我が国では、70歳から74歳の高齢者は、免許更新の際に高齢者講習を受けることの義務化、また、75歳以上の高齢者は、免許更新の際に高齢者講習と認知症検査を受けることが義務化されている²⁾。高齢運転者は、これらの検査結果から、その後の運転継続の可否が決定される。

しかし、これらの検査から運転の継続が不可と決定される高齢者は多くないのが現状である。その理由は、免許更新時の検査では発見できない、軽度認知障害(MCI)を罹患している可能性が挙げられる。軽度認知

障害は、日常的な動作は支障はないが、自動車の運転などの複雑な動作は支障をきたし、事故の発生に起因しやすいと言われている。

以上のことから、高齢運転者へ自身の運転技量を評価しフィードバックを行う安全運転教育システムの開発は重要であると考えられる。特に、日常の運転から軽度認知障害の疑いがあるかどうかを検知できれば、交通事故の低減だけでなく、運転を控えてもらう為の啓発にもつながることが予想される。

本研究では、走行挙動から軽度認知障害を判別することを目標とする。そこで、高齢運転者の認知・判断能力と走行挙動の関係性に関する基礎的研究を行う。

2. 既往研究の整理

高齢運転者の認知・判断能力と運転挙動の関係性を工学的視点から明らかにした研究は多い。例えば、Owsley

et al.³⁾は、高齢運転者を対象として、視覚機能、有効視野、認知機能検査、目の健康状態を測り、これらを測る実験前5年間と実験後3年間の交通事故回数との関係の調査を行った。その結果、自動車事故回数を最もよく説明できたのは有効視野や認知機能健の結果であり、事故経験との間に高い相関があることを明らかにした。

Cushman et al.⁴⁾は、高齢運転者に対し認知機能テストと路上走行テストを実施した。その結果、認知機能テストの成績と運転技量は、比例することを明らかにした。

小林ら⁵⁾は、高齢者の認知能力低下に起因する特性に着目した。その結果、高齢運転者の認知特性に影響する不安全行動の発生過程は、モデルを用いて説明できることを示した。

その他にも、MCI罹患者の運転特性を明らかにした研究事例や非MCI罹患者との走行挙動の比較を行った研究事例もある。例えば、Wadley et al.⁶⁾は、MCI罹患者に指定したコースを走行してもらうテストを行った。直線時の挙動に着目し、車線の逸脱度、ハンドル操作の安定度、車両の速度変化を評価した。結論として、これらの項目は、MCIを罹患しているかどうかを判別する指標になりえる可能性があることを示した。また、類似した知見にGriffith et al.⁷⁾がある。

その他にも、Frittelli et al.⁸⁾は、MCI罹患者は、前方車両を追従できる時間が短いことを明らかにした。

Shino et al.⁹⁾は、MCI罹患者と非MCI罹患者に分け、同一の指定したコースを運転してもらうテストを行った。なお、このテストでは、交差点の手前で停止する時の走行挙動と車線変更をする時の走行挙動に着目している。結論として、MCI罹患者は、非MCI罹患者に比べて、運転操作が遅れる傾向にある事を示した。

その他にも、Beratis et al.¹⁰⁾は、MCI罹患者と非MCI罹患者の通常時の運転、会話時の運転、携帯を使用しながらの運転の違いに着目した。結論として、車両の速度と反応時間は、非MCI罹患者の方が速いことを明らかにした。

以上、高齢運転者の認知・判断能力と運転挙動の関係性に関する既往研究を整理した。様々な観点から行われている一方、定量的な分析は未だ行われていない。その理由は、走行挙動を評価するにあたり、明確な基準を設定することが難しいととえられる。よって、本研究では、一般的に運転操作が難しいと言われている、交差点部の運転操作に着目し、高齢運転者の認知・判断能力と運転挙動の関係性を定量的に評価することを目標に行う。

3. 観測調査の概要

(1) 本研究で実施した調査

表-1 本研究で実施した調査概要

項目	概要
調査日時	2020年1月21日
対象者	石川県七尾市中島町の住民で65歳以上で自動車を運転する方。
被験者数	25名
認知機能検査の観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・MMSE ・パレイドリアテスト ・CDR ・トレイルメイキングテストA・B
走行挙動の観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・車両速度 (km/h) ・3軸加速度 (G) ・ヨー角速度 (rad/s) ・緯度経度 (度)
個人属性に関する項目	<ul style="list-style-type: none"> ・年齢 ・性別 ・法令違反の有無 ・自身の運転に対する危険度

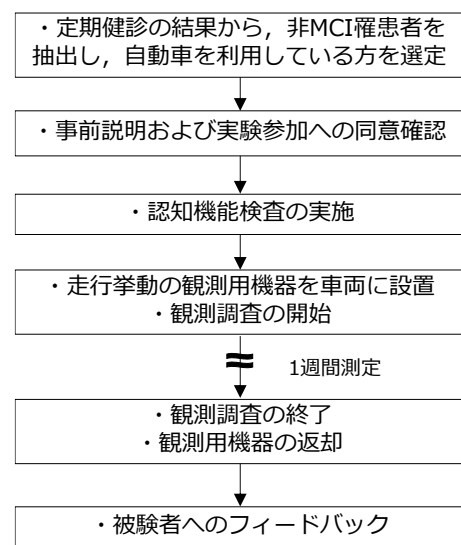


図-1 本研究で実施した調査のフロー

高齢運転者の認知・判断能力と走行挙動の関係性を明らかにする為には、これらのデータを収集する調査が必要となる。本節では、本研究で実施した調査の概要および調査の流れについて示す。表-1に本研究で実施した調査概要を示す。本調査では、石川県七尾市中島町に住む65歳以上の方で自動車の運転を行う方を被験者の対象とした。被験者数は25人となった。

被験者の方には、認知機能検査と走行挙動の観測調査を実施した。それぞれの調査の詳細は、2節および3節で述べる。図-1に調査のフローを示す。本調査では、まず初めに、被験者への調査参加の同意確認を行った。次に、認知機能検査を実施した。認知機能検査が終了した方から、走行挙動を観測する為の機器の設置を行った。普段通りに車を運転していただき、1週間後に機器を取り外した。得られた結果は、後日、被験者へフィードバックをする形となっている。

なお、本研究は、金沢大学医学倫理審査委員会（「地域住民を対象とする認知症関連疾患の前向き観察研究」承認番号第2016-241（2186）号）の承認を得ている。また、被験者に対するインフォームド・コンセント、情報の管理と匿名化等は委員会の規定に従って実施している。

(2) 認知機能検査について

高齢者の認知機能を測定する検査は、様々な種類がある。本研究ではこの中でも、MMSE（Mini Mental State Examination）、パレイドリアテスト、CDR（Clinical Dementia Rating）、トレイルメイキングテストを実施した。

次に、それぞれの検査の特徴について述べる。MMSEは、高齢者の知的機能の障害の有無や程度を判定することができる。

パレイドリアテストは、壁のシミや雲の形がヒトの顔や動物の姿に見える現象（幻視）を見つけるテストである。本テストの結果で、認知症の一つである、レビー小体型認知症かどうかを発見できる。

CDRは、認知症の重症度を評定する為の検査である。記憶、見当識、判断力や問題解決、社会適応、家族状況および趣味・関心、介護状況の6項目を5段階で評価する。

トレイルメイキングテストは、高齢者の思考、反応、動作の速度を測るテストである。一般的に、作業が完了するまでにかかる時間を記録とする。

(3) 車両の走行挙動の観測方法について

本研究では、走行挙動を観測する装置の導入にかかるコスト面や設置にかかる労力を考慮して、従来の走行挙動を観測する装置ではなく、スマートフォンを用いて運転者の走行挙動を観測する。

表-2に本研究で使用した機器の概要を示す。近年、スマートフォンセンサの性能は、飛躍的に向上しており、スマートフォンを用いた運転者の走行挙動の取得は多く行われている¹¹⁾¹²⁾。被験者は、運転を開始する前にスマートフォンにインストールされているアプリを起動する。その後、30分間走行挙動を観測する形式となっている。

本アプリはスマートフォンに内蔵されている、加速度センサ、ジャイロセンサ、GPSセンサを起動して運転中の走行挙動を0.1s間隔で観測する著者らが作成したアプリである。また、機器を設置する際は、水平な場所を設け設置した。また、運転中に端末が動かないように固定した。センサが取得する向きについて述べる。X軸成分の加速度は、車両の左右の加速度である。運転者から見て右側が正を示す。Y軸成分の加速度は、車両の前後の加速度である。運転者から見て前方が正を示す。操舵角は、ハンドルを時計回りに回した時が正を示す。

図-2に観測した走行挙動を分析に使用するまでの加工手順について述べる。なお、詳細については、宮内や高

表-2 走行挙動の観測に用いた機器の概要

項目	概要
使用する端末	iphone7(OS12.1.4)
観測に用いるセンサ	・加速度センサ ・ジャイロセンサ ・GPSセンサ
周波数（観測間隔）	10Hz（0.1秒間隔で観測）
観測の記録方法	運転を開始する前に、ボタンを押してもらい、30分が経過すると自動的にアプリが閉じる。
データの保存方法	リアルタイムでクラウドに保存。

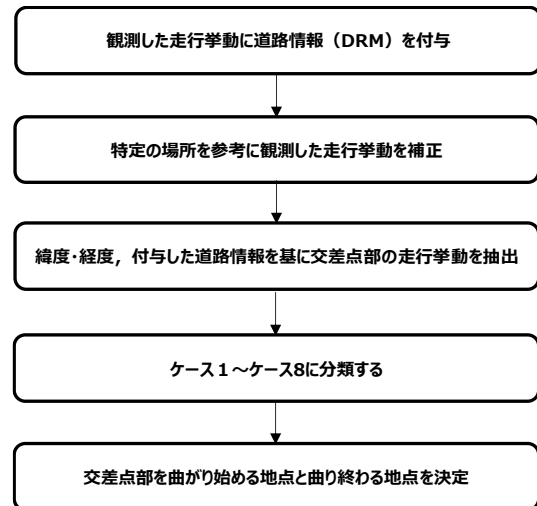


図-2 観測した走行挙動の加工手順

表-3 被験者の個人属性

年齢と性別（人）	60代男性・・・4人 60代女性・・・5人 70代男性・・・10人 70代女性・・・6人
運転頻度（観測日数）	毎日運転・・・0人 週に5・6日・・・2人 週に3・4日・・・7人 週に1・2日・・・16人
法令違反（人）	一時不停止・・・2人 信号無視・・・0人 速度超過・・・1人 シートベルト・・・1人
自身の危険運転度（5段階評価）	全くない・・・12人 少しだけ・・・11人 ときどき・・・2人 たいてい・・・0人 いつも・・・0人

田¹³⁾に記載されているので省力する。

4. 調査結果と基礎集計の結果

(1) 被験者の個人属性

表-3に被験者の個人属性を集計した結果を示す。年齢と性別については、大きな偏りがなく、被験者の選定が

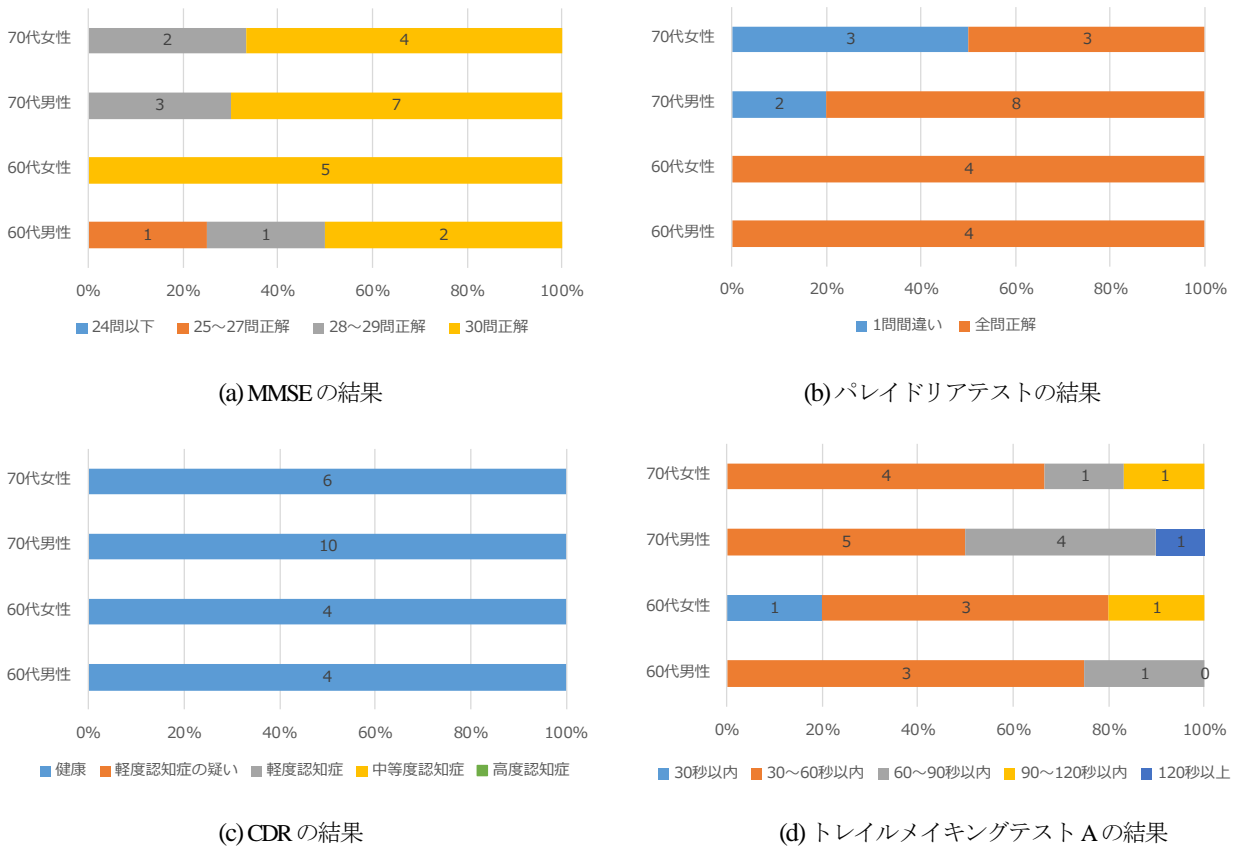


図-3 年代・性別ごとの認知機能検査の結果

されたと考えられる。被験者の運転頻度については、表に示す通りである。これまでに受けた法令違反については、ほとんど被験者がいないことが明らかになった。自身の運転の危険度を5段階で評価してもらった結果、ほとんどの被験者が危険度ではないと感じていることが明らかになった。このように感じている理由として、これまでに受けた法令違反がないからと考えられる。

(2) 認知機能検査の結果

図-3に認知機能検査の結果を示す。ここでは、MMSEの正解数、パレイドリアテストの正解数、CDRの評価値、トレイルメイキングテストAにかかった時間を集計する。本調査の被験者の多くは、法令違反をしている方がいなかった。よってここでは、年代と性別ごとに分けて認知機能検査の結果を集計した。

次に、それぞれの認知機能検査の結果の考察を述べる。図-3(a)にSSEMの結果を示す。SSEMの結果が24点以下の場合、認知症の恐れがあるとされている。しかし、本調査の被験者からは、24点以下の検査結果の方は見られなかった。図-3(b)にパレイドリアテストの結果を示す。70代の方は、比較的間違える傾向にあることが見られた。このことから、加齢による認知機能の低下は、みまちがいが起こりやすくなることが考えられる。

図-3(c)にCDRの結果を示す。本調査では、被験者全員が

健康 (CDR=0) という評価値になった。図-3(d)にトレイルメイキングテストAの結果を示す。トレイルメイキングテストは、Part A、Part Bの遂行時間の他に、Part Bの遂行時間からPart Aの遂行時間を減算した値 (B-A) やPart A、Part Bの遂行時間の比 (B/A) なども指標として用いられている。ここでは、Part Aの遂行時間のみに着目する。こちら70代の方は、比較的遂行時間が遅れ傾向にある事が明らかになった。

(3) 走行挙動の観測結果

本節では、スマートフォンで観測した走行挙動を用いて、交差点部における危険な走行挙動の発生割合を集計する。図-4に本研究で定義した交差点部における危険な走行挙動の概念図を示す。本研究では、交差点部において以下の運転操作の発生は危険であると考えた。

1. 交差点部周辺での速度超過 (速度 \geq 法定速度 + 15km/h) による運転¹⁴⁾。
2. 交差点部周辺での急加減速 (加速度 $\geq \pm 0.25$ G) が発生した運転¹⁵⁾。
3. 交差点進入前の一時不停止 (速度 ≈ 0 km/h) による運転。
4. 交差点内での急ハンドル (ヨー角速度 $\geq \pm 8.5$ deg/s) が発生した運転¹⁶⁾。

なお、これらの閾値の設定は、既往研究や過去の警察

庁の検挙事例を参考にして決定した。これらの運転行為は、自転車だけでなく他車を巻き込む事故を発生する起因となりえる。本研究では、これらの発生割合を年代・性別ごとに集計を行う。次に、集計方法について述べる。本研究では、交差点部を右折・左折・直進別に走行挙動をカウントする。さらに、交差点の進入前に一時停止標識の有無でも分類する。図4は、一時停止標識があり、右折をした時の走行挙動を意味する。交差点進入前から進入後までの一連の流れを1サンプルとする。1サンプルの中に、上記で定義した1～4の閾値を越えた値が見られた場合は、危険な走行挙動とみなした。

表4に車両の進行方向別に集計した結果を示す。ここでは、上記で定義した1～4の閾値を越えた走行挙動の発生割合と観測数を算出した。上記で定義した1. 2. 4. については、一時停止標識の有無に関係なく算出できる。よって、それぞれの発生割合は、それぞれ発生した観測数 N_1 , N_2 , N_4 を全交差点での観測数 N で除して算出した。一方、上記で定義した3. の発生割合については、一時停止標識有りの交差点での観測数となる。よって、発生した観測数 n_3 を一時停止標識有りの交差点での観測数 n で除して算出した。

次に、それぞれの発生割合の考察を述べる。速度超過の発生割合は、ほとんど見られなかった。しかし、60代の方が比較的高い傾向にあることが明らかになった。急制動の発生割合は、70代で比較的高い傾向にある事が明らかになった。一時不停止の発生割合は、全体的に高い

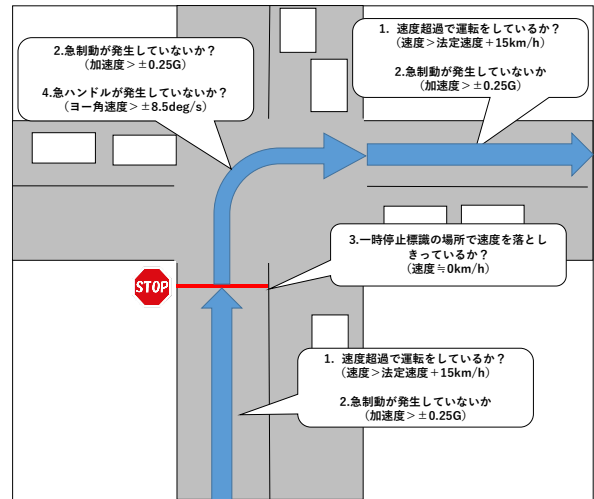


図4 交差点部における危険な走行挙動の概念図
(右折時・一時停止標識ありの交差点を例として)

傾向にあることが明らかになった。特に、70代はその傾向が顕著であることが明らかになった。急ハンドルの発生割合は、年代・性別によって大きな偏りは生じないが、右折時の方が比較的発生しやすいことが明らかになった。

パレイドリアテストやトレイルメイキングテストの結果と合わせて考えると、高齢運転者は、加齢による影響で処理時間を要することとなる。その結果、急制動が起こりやすくなったり、一時停止標識で停止することが困難になっている可能性があると考えられる。

表4 年代・性別ごとの交差点部における危険な走行挙動の発生割合

対象者 (人) / 項目	車両の進行方向 (N: 全交差点での観測数 /n: 一時停止標識有りの交 差点での観測数)	1. 速度超過 発生割合 (N_1 : 観測数)	2. 急制動 発生割合 (N_2 : 観測数)	3. 一時不停止 発生割合 (n_3 : 観測数)	4. 急ハンドル 発生割合 (N_4 : 観測数)
60代男性 (4人)	右折 (45/13)	1.83 (2)	6.21 (6)	8.53 (1)	3.54 (3)
	左折 (51/15)	0.31 (1)	4.12 (4)	6.45 (1)	1.26 (1)
	直進 (99/28)	3.21 (6)	3.47 (7)	12.32 (3)	—
60代女性 (5人)	右折 (58/14)	1.12 (1)	5.12 (6)	7.38 (1)	4.78 (6)
	左折 (60/23)	0.33 (1)	3.36 (4)	11.41 (3)	2.32 (3)
	直進 (118/49)	2.78 (7)	4.13 (10)	13.18 (6)	—
70代男性 (10人)	右折 (201/29)	0.96 (4)	10.12 (41)	12.66 (4)	6.12 (25)
	左折 (180/41)	0.31 (1)	8.63 (31)	14.84 (6)	3.48 (13)
	直進 (353/65)	2.01 (14)	9.78 (69)	19.19 (12)	—
70代女性 (6人)	右折 (146/28)	0.82 (2)	8.86 (26)	15.74 (4)	4.12 (12)
	左折 (150/40)	0.28 (1)	7.46 (22)	17.02 (7)	2.86 (9)
	直進 (226/64)	1.86 (8)	8.12 (37)	21.71 (14)	—

5. 認知・判断能力と走行挙動の分析

ここでは、高齢運転者の認知・判断能力と走行挙動の因果関係に関する分析を行う。そこで、前章の結果から、発生割合が大きかった急制動の発生割合および一時停止発生割合に着目する。これらの走行挙動の発生と高齢運転者の認知・判断能力との因果関係に関する分析を行う。なお、推定結果の公表は発表時に行うこととする。

6. まとめ

本研究では、高齢運転者による認知・判断能力と走行挙動の関係性に関する基礎的研究を行った。先ず初めに、高齢運転者に認知機能検査と走行挙動の観測調査を行った。認知機能検査は、一般的に認知症かどうかを検査する為に使われている、4つの検査を行った。走行挙動の観測調査では、設置が手軽で操作がしやすいスマートフォンセンサを用いた。

認知機能検査の結果では、MCIと判断される被験者はいなかったが、回答結果にばらつきがみられた。特に、判断能力の結果については顕著であった。

走行挙動の観測結果では、運転操作が難しいと言われている、交差点部の走行挙動を抽出し、危険な走行挙動の発生割合の集計を行った。法定速度を遵守しているか、急ハンドルや急制動をしていないか、一時停止でしっかりと停止しているかを確認項目とした。

これらの知見を活用した、認知・判断能力と走行挙動の関係性に関する分析の結果は、発表時に公表することとする。

今後の展望について述べる。今後は、軽度のMCI罹患者でありながらも、運転を継続している方を被験者とした調査を実施する。得られた結果から、MCI罹患者の走行挙動の特性把握を行う。さらに、走行挙動からMCIに罹患しているかどうかを判別する手法の開発に取り組む。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、観測調査に協力して頂いた参加者および協力者の方々に多大なご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 特集「高齢者に係わる交通事故防止」, 平成 29 年交通安全白書, 2017 年.
- 2) 警視庁: 「高齢運転者に関する交通安全対策の規定の整備について」, 2017 年.
- 3) C, Owsley. : “Vision and driving in the elderly “, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol.34, No.11, pp.3110-3123, (1993).
- 4) R, S, Myers., K, Ball., T, D, Kalina., D, L, Roth., K, T, Goode. : “Relation of useful field of view and other screening tests to on-road driving performance”, *Perceptual and Motor Skills*, Vol.91, No.1, pp.279-290, 2000.
- 5) 小竹 元基, 木村 健人, 二瓶 美里, 鎌田 実: 高齢運転者の認知特性と実環境における不安全行動の関連性の検討, *日本機械学会論文集 (C 編)*, Vol.78, No.794, pp.32-43, 2012.
- 6) G, V, Wadley., O, Okonkwo., M, Crowe., E, D, Vance., M, J, Elgin., K, K, Ball., C, Owsley. : “Mild Cognitive Impairment and Everyday Function: An Investigation of Driving Performance”, *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, Vol.22, No.2, pp.87-94, 2009.
- 7) H, R, Griffith., O, C, Okonkwo., C, C, Stewart., L, E, Stoeckel., J, A, Hollander., J, M, Elgin., L, E, Harrell., J, C, Brockington., D, G, Clark., K, K, Ball., C, Owsley., D, C, Marson., V, G, Wadley. : “Lower Hippocampal Volume Predicts Decrements in Lane Control among Drivers with Amnesic MCI”, *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, Vol.26, No.4, pp.259-266, 2013.
- 8) C, Frittelli., D, Borghetti., G, Iudice., E, Bonanni., M, G, Tognoni., L, Pasquali., A, Iudice. : “Effects of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment on driving ability: a controlled clinical study by simulated driving test”, *International Journal of Geriatric Psychiatry*, Vol.24, No.3, pp.232-238, 2009.
- 9) M, Shino., M, Nakanishi., R, Imai., H, Yoshitake., Y, Fujita. : “Investigation driving behavior and cognitive ability concerning planning process during driving of elderly drivers”, *International Journal of Automotive Engineering*, Vol.9, No.3, pp.138-144, 2018.
- 10) I, N, Beratis., D, Pavlou., E, Papadimitriou., N, Andronas., D, Kontaxopoulou., S, Fragkiadaki., G, Yanniss., S, G, Pappageorgiou. : “Mild Cognitive Impairment and driving: Does in-vehicle distraction affect driving performance?”, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.103, pp.148-155, 2017.
- 11) H, Eren., S, Makinist., E, Akin., A, Yilmaz. : Estimating Driving Behavior by a Smartphone, *Proceedings of Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 234-239, 2012.
- 12) Z, Chen., J, Yu., Y, Zhu., Y, Chen., M, Li. : D3: Abnormal Driving Behaviors Detection and Identification Using Smartphone Sensors, *Proceedings of 12th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking*, pp. 524-532, 2015.
- 13) 宮内 弘太, 高田 和幸 “交差点内の走行挙動に CNN を適用した自動車運転者の特定手法に関する研究”, *交通工学論文集特集号 A*, Vol.6, No.2, pp. 235 - 243, 2020.
- 14) 警察庁: 令和 7 年度警察白書 統計資料
- 15) 菊地 春海, 岡田 朝男, 水野 裕彰, 絹田 裕一, 中村 俊之, 萩原 剛, 牧村 和彦: “道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究”, *土木学会論文集 D3*, Vol.68, No.5, I_1193-I_1204, 2012.
- 16) 中野 はつ子, 諸田 勇: “道路プローブデータの利活用挙動履歴データによるヒヤリハット抽出”, 平成 27 年度中部地方整備局管内事業研究発表会, 2015.

(? 受付)

FUNDAMENTAL RESEARCH ON RELATIONSHIP BETWEEN COGNITION ABILITY AND DRIVING BEHAVIOR FOR ELDERLY DRIVER

Kota MIYAUCHI, Moeko SHINOHARA, Kazuyuki TAKADA, Takahiro MINAMI,
Yuma MORISAKI and Makoto FUJIU

Recently in Japan, traffic accidents by elderly drivers have become a serious social problem. These accidents caused by elderly drivers have been attributed to physical and cognitive decline due to aging. In our country, whether or not to continue driving is determined by the results of cognitive function tests when renewing the driving license. However, it is difficult to find elderly people with mild cognitive impairment (MCI) by this examination. In other words, it is important to detect the presence of mild cognitive impairment from daily driving.

In this study, we conducted a cognitive function test and performed an observation survey of the driving behavior during for elderly drivers. Based on the obtained results, we conducted fundamental research to clarify the relationship between cognitive ability and driving behavior for elderly drivers.