

プローブデータを用いた高齢運転者の認知機能と運転技量との関連性に関する分析

荒川 祐太¹・高田 和幸²・宮内 弘太³・篠原 もえ子⁴・藤生 慎⁵

¹ 非会員 東京電機大学大学院 理工学研究科 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

E-mail: 21rmg01@ms.dendai.ac.jp

² 正会員 東京電機大学 理工学部 (〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂)

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

³ 正会員 一般財団法人計量計画研究所 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本町 2-9)

E-mail: miyauchi@ibs.or.jp

⁴ 非会員 金沢大学 大学院医療保険学総合研究所 (〒920-0934 石川県金沢市室町 13 番)

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

⁵ 正会員 金沢大学准教授 融合研究域融合科学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: fujju@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。高齢運転者による交通事故は加齢による認知機能や身体機能の低下が原因とされている。75 歳以上のドライバーは運転免許を更新する際に、認知機能検査の義務化としている。しかしながら、認知機能は日々変化することが想定され、認知機能検査の結果から運転継続の可否を判断することは困難である。したがって、普段の高齢運転者の運転技量から認知機能を定量的に評価することが重要である。

そこで本研究では、高齢運転者の運転技量を認知機能の関係に関する基礎的分析を行った。高齢運転者の運転技量は運転操作が困難とされている交差点部での運転技量に着目した。算出した運転技量と認知機能結果にクラスター分析を適用することで、高齢運転者を分類できる可能性あることが明らかになった。

Key Words: *elderly driver, driver ability, cognitive impairment, intersection, driving behavior*

1. はじめに

近年、我が国では交通事故死者数の過半数が 65 歳以上の高齢運転者により引き起こされている。高齢ドライバーによる交通事故は、加齢に伴う認知機能の低下が原因と考えられ、運転能力に大きな影響を与える。日本では 3 年に 1 回運転免許証を更新する必要がある。警察庁では運転免許更新の際に 70 歳以上の高齢運転者に高齢者講習及び認知機能検査の受診を義務としている。高齢ドライバーは、この認知機能検査の結果に基づいて、運転を継続できるかどうかを判断される。

しかし、高齢ドライバーが認知テストに合格しても、認知機能の低下により交通事故が発生することがある。これは、高齢ドライバーの認知障害の程度と交通事故の発生との関係がまだ解明されていないためである。

既往研究では運転シミュレーションや教習所などの仮想的な運転データを観測し、認知機能との関連性を分析することが多く、実際の運転データを用い

た事例は限られている。

そこで本研究では、金沢大学医学部との共同研究で収集した、金沢市在住の被験者の実運転データと認知機能テストの観測結果を用いて分析を行った。クラスター分析を行い算出した運転技量と認知機能検査の結果から高齢運転者を分類した。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

本章では、本研究の着眼点である認知機能と高齢運転者の関係についての先行研究の整理をした上で、本研究の位置づけを述べる。

Myers et al²⁾は道路運転免許試験と高齢ドライバーによる認知試験との関係に焦点を当てた。その結果、認知テストの結果と運転能力は比例していることが明らかになった。Wadley et al³⁾および Griffith et al⁴⁾は MCI の高齢運転者が指定したコースを走行する観測実験を行った。直線時の挙動に着目した。これらの既往研究は、車線の逸脱度、ハンドル操作の安定度、車両の速度変化から MCI の罹患を判別できる可能性を示した。さらに、Frittelli et al⁵⁾は、MCI の

高齢運転者は、前方車両を追従できる時間が短いことを示した。Beratis et al⁶⁾および Shino et al⁷⁾は車線変更をする時の走行挙動に着目した。高齢運転者の認知機能が低下すると、運転操作が遅れる傾向にある事を示した。

以上、既往研究について整理したところ、運転技量を定量的に評価し、認知機能との関係性を分析している研究は未だ十分な蓄積がされているとは言えないことが明らかになった。

これらより、本研究では認知機能検査と高齢運転者の運転挙動との因果関係を明らかにすることを目的とした。また、日常の運転挙動の観測を行い、運転の中でも適切な運転操作が必要とされる交差点時の走行挙動に着目した。認知機能検査は 4 種行い、認知能力と運転技量との関係を分析した。

3. 観測調査の実施と結果

(1) 調査概要

表-1 に運転実験の概要を示す。今回の調査では、石川県金沢市に住む 65 歳以上のドライバー 56 名が参加した。高齢ドライバーの運転行動は 2 週間で観察された。なお、観測期間中は普段通りに運転してもらった。

次に運転実験の流れを示す。まず、実験に参加することへの同意の確認を得て、実験を開始した。次に、参加者のヒアリング調査を実施した。このヒアリング調査では、参加者の年齢、性別、視力、眼疾患の有無を調査した。次に、認知機能検査を実施した。認知機能検査については 3 (2) で説明する。最後に、参加者の車両に観察装置を設置し、運転行動を観察した。走行挙動の観測方法については 3 (3) で説明する。

表-2 に参加者の個人属性を示す。性別による偏りは大きく、大部分が 70 代であることが明らかになった。また、ほとんどの被験者が 0.7 以上の視力であったが、眼疾患であることが明らかになった。

表-1 観測調査の概要

調査対象者	石川県金沢市に住む 65 歳以上の方で自動車を日常的に運転する方。かつ認知機能に問題のない方
被験者数	56 名
調査期間	2 週間計測
実験の手順	1. 被験者の同意を得る 2. 被験者の聞き取り調査を行う 3. 認知機能テストを行う 4. 運転挙動の観測調査を行う
聞き取り調査の項目	性別、年齢、視力、眼疾患の有無
実施した認知機能検査	・ MMSE ・ パレイドリアテスト ・ トレイルメイキングテスト A・B ・ CDR
観測方法	QstarzGT BL-1000GT
観測の記録方法	運転を開始する前と終了後にボタンを押してもらい、スイッチの ON/OFF を行う。

表-2 被験者の個人属性

性別	男性：40.98%、59.02 女性：
年齢	60 歳代：24.59%、70 歳代：67.21%、80 歳代：8.20%
視力	0.3 未満：1.64%、0.3 以上 0.7 未満：14.75%、0.7 以上：83.61%
眼疾患の有無	白内障：49.18%、緑内障：16.4%、その他の眼疾患：24.6%

(2) 認知テストの概要

本研究では、参加者に MMSE、パレイドリア、TMT-A、および TMT-B の認知機能検査を受けていただいた。MMSE は、オリエンテーション、登録、注意、計算、想起、言語、視空間知覚をカバーする 11 の質問で構成されている。MMSE のスコア範囲は 0 から 30 である。23 点以下の場合には、認知障害があるとされ、運転能力に大きな影響が及んでいると考えられる。

パレイドリアは、壁のしみや雲の形が、人間の顔や動物のように見える現象（幻覚）を見つけるテストである。この検査の結果から、レビー小体型認知症であるかどうかを検出することができる。運転の場合、道路標識の見落としと関係がある。

トレイルメイキングテスト (TMT) は、実行機能と視覚知覚および視覚運動追跡のテストとして広く使用されている。TMT は 2 つの部分に分かれている。トレイルメイキングテストパート A (TMT-A) では、参加者は一連の連続した番号の付いた円を接続する必要があり、視覚的なスキャン、番号の認識、数値の順序付けが含まれる。トレイルメイキングテストパート B (TMT-B) では、参加者は 2 つのシーケンスを交互に使用して、一連の番号と文字の円を接続する必要がある。TMT の結果は、安全・危険な運転を判断する可能性を示す。

図 1 は、認知検査の結果を示す。ここでは MMSE の正解数、パレイドリアの正解数、TMT-A の計測移時間、TMT-B 計測時間を示す。図 1(a)は、MMSE の結果を示す。MMSE の結果が 23 点以下である認知症のリスクがある参加者は見受けられなかった。図 1(b)はパレイドリアの結果を示す。このスコアには参照値がない。したがって、正解数が少ないほど、レビー小体型認知症の可能性が高いと言える。しかし、ほとんどの参加者がすべての質問に正解していることが明らかになった。図 1(c)-(d)は、TMT-A および TMT-B の結果を示しています。TMT-A、TMT-B は計算時間が長いと、認知能力が低下していると言える。TMT-A、TMT-B は参加者によってばらつきがあることが明らかになった。なお、TMT-A は TMT-B よりも簡易な計算のため、計算時間が短い。MMSE およびパレイドリアに着目すると、被験者の中には、認知症および軽度認知症の方はいない事が明らかになった。したがって、得られた認知機能検査の結果はそのまま分析に使用できる。一方で、TMT-A、TMT-B の計算時間に着目すると、認知機能にばらつきが生じていることが明らかになった。し

たがって、本研究で得られたモデルの有効性が検証できれば、様々な高齢運転者に適用できる。

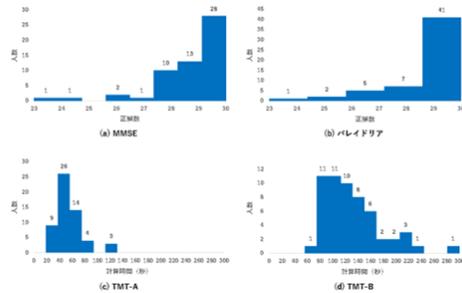


図-1 認知機能検査の結果 (N=56)

(3) 観測機器と観測方法

表 3 に観測装置の概要を示す。本研究では観測機器を車両に設置する方法で運転挙動を観測した。観測機器は加速度センサーの QstarzGT BL-1000GT を使用した。観測機器は、車速、3 軸加速度、方位角、位置情報を 0.1 秒ごとに計測する。運転挙動を観察する流れを説明する。運転開始時は、観測機器の電源を入れることで運転挙動が観測される。運転終了時は、観測機器の電源を切ることで運転挙動の観測が停止される。その間は、絶えず 0.1s ごとに計測される。

図 3 に調査期間中の参加者の運転状況を示す。図 3(a)は、1 週間の運転日数を示す。運転日数は 2 週間の内の運転日数から算出した。参加者全員が週 3 日以上運転していることが明らかになった。図 3(b)に 1 日あたりの平均運転時間を示す。運転時間は調査期間中の運転時間の平均値から算出した。大部分の参加者は、1 日あたりの運転時間が 1 時間未満であることが明らかになった。

表-3 観測機器の概要

使用した観測機器	加速度センサー (QstarzGT BL-1000GT)
観測項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ 車両速度 (km/h) ・ 3 軸加速度 (G) ・ 緯度経度 (度) ・ 方位角 (度)
観測間隔	10Hz (0.1 秒間隔で計測)
運転挙動の観測順序	<ol style="list-style-type: none"> 1. 運転開始前に観測機器の電源を入れる 2. 運転終了後に観測機器の電源を切る

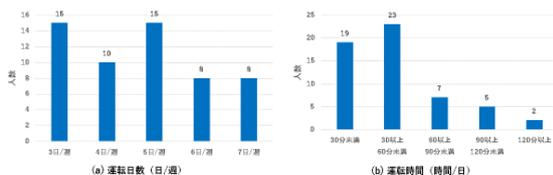


図-2 被験者の運転状況 (N=56)

3. 分析用データの作成

(1) 交差点の運転挙動の抽出

この節では観測された運転データから交差点通過

時の走行挙動の抽出方法について説明する。本研究では宮内ら⁷⁾の交差点行動の抽出方法を参考にした。まず初めに、観測された運転データにデジタル道路網マップ (DRM) の情報を付与する。デジタル道路網マップのノードデータは、交差点部の情報を持つ。この情報から、交差点部の走行挙動かどうかを判別する。なお、ノードデータの情報は、ノードデータから半径 30m に含まれる走行挙動に付与する。デジタル道路網マップのリンクデータは、道路情報を持つ。この情報から、通過する交差点部の規模を把握する。なお、リンクデータは最も近くに位置する走行挙動に付与する。

次に、走行挙動の補正を行う。車両に設置した観測機器が傾いた場合を想定する。この場合、機器の傾きは加速度に影響を及ぼす。本研究では、補正を行った後に分析に使用する。補正方法は車両が停車している時の加速度から機器の傾きから 3 軸成分の加速度を補正する。さらに、ローパスフィルタを用いて、各データの外的要因の影響を除去する。

最後に、車両の進行方向の判別を行う。車両の発進方法は、右折・左折・直進の 3 通りに分ける。本研究では、操舵角と加速度から車両の右折・左折・直進を判別した。

これらのフローより抽出された交差点部ごとの走行挙動は独立したデータとなっている。また、右折、直進、左折によって、観測される値が異なる。

(2) 運転能力指標

ここでは、交差点通過時の運転行動を利用した運転能力の評価について説明する。本研究では、認知能力による運転行動を 2 つの観点から考察した。

1 つは急制動の発生率に焦点を当てる。急制動の発生率が高いということは、交通事故が発生しやすいということを示す。本研究では、急制動の発生率が高い高齢運転者は、認知障害と関連していると見なされる。急制動は、加速度が絶対値 0.25G を超える運転行動がカウントされる。急制動の発生率は、交差点での急制動の回数を、その日に行った交差点を通過した回数で割ることで算出した。

もう 1 つは交差点通過時の各運転データの値に着目した運転評価です。観測された運転データの値が大きいほど事故の影響が大きいことを意味する。

これらの運転評価の項目を以下の図 3 に示す。

表 4 に、交差点通過時の運転行動を用いた運転能力の評価例を示す。例として、ある被験者が調査期間中に 6 日間運転した際の各運転技量評価指標の平均値と標準偏差を算出する。平均値は日々の運転で発生する運転技量評価指標の平均を表す。一方で、標準偏差は日々の運転で発生する運転技量評価指標のばらつきを表す。本研究では、計 38 の項目から運転者の運転技量を評価する。

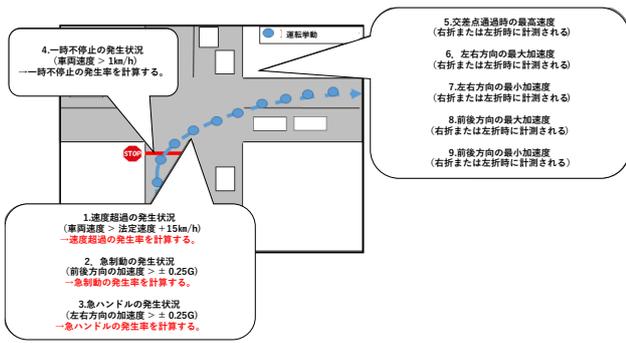


図 3 本研究で定義した運転技量評価の指標

表 4 運転技量評価の算出例

観測日	1.速度超過の発生割合 (%)	2.急制動の発生割合 (%)	3.急ハンドルの発生割合 (%)	4.一時不停止の発生割合 (%)
2020/4/6	50.00	50.00	0	0
...
2020/4/11	0	6.59	3.55	0
平均値	21.47	28.81	20.20	13.97
標準偏差	19.99	24.90	3.57	16.88

4. 分析結果及び考察

(1) 分析方法

この節では認知障害と運転能力評価の関係を分析する方法について説明する。高齢運転者の中には認知機能が低下していても普段の運転では慎重になっている方や逆に認知機能を維持していても普段の運転では荒くなっている方などが混在しているために、すべての高齢運転者をまとめて認知機能と運転能力の関係を分析するのは困難である。

そこで本研究では、認知機能検査の結果と運転技量の結果を用いて、類似性のグループにまとめるクラスタリング分析を行い、高齢運転者を類似性の持つ同士で分類わけできる可能性を示す。

(2) 推定結果及び考察

表 5 及び図 4 にクラスタ分析による規模・平均値表と樹形図を示す。本研究では参加者の認知機能と運転能力を用いて 4 種類に分類した。認知機能検査の結果では MMSE とパレイドリアのテストではグループごとの差が小さいため、TMT-A 及び TMT-B に着目する。

それぞれのクラスタに着目する。まず、クラスタ 1 では認知機能検査の結果が悪く、一時不停止の発生割合の平均値、標準偏差が多いことが明らかになった。

クラスタ 2 では認知機能検査の結果が一番に良好であるが、速度超過の発生割合の平均値、標準偏差が大きいことが明らかになった。

クラスタ 3 は認知機能検査の結果が比較的に中間に位置していることがわかる。しかし、急制動の発生割合の平均値及び標準偏差が多い

クラスタ 4 では認知機能検査の結果が高いため、比較的认知機能が低下している参加者が多いことが

明らかになった。しかし、運転応力の評価では比較的に低い数値を示している。このことより、クラスタ 4 は認知機能が低下しているが運転能力は比較的に維持できているグループであることが明らかになった。

表 5 クラスタ分析による規模・平均値

クラスタ	1	2	3	4
規模	10	26	13	7
MMSE	28.200	29.577	28.462	28.857
パレイドリア	39.300	39.731	39.231	39.571
TMT-A	55.049	46.682	65.597	97.074
TMT-B	132.824	85.928	126.068	214.723
速度超過発生割合の平均値	7.532	11.731	10.143	5.256
速度超過発生割合の標準偏差	8.950	10.067	12.019	4.478
急制動発生割合の平均値	14.368	12.189	20.832	15.568
急制動発生割合の標準偏差	14.311	9.960	21.884	4.284
急ハンドル発生割合の平均値	19.989	15.567	25.659	19.646
急ハンドル発生割合の標準偏差	17.399	14.194	24.959	10.148
一時不停止発生割合の平均値	42.888	27.328	6.608	16.065
一時不停止発生割合の標準偏差	35.448	26.977	12.124	18.499
右折時最大速度の平均値	36.901	46.130	25.456	34.462
右折時最大速度の標準偏差	15.009	13.505	16.216	6.840
左折時最大速度の平均値	14.186	12.859	15.075	9.460
左折時最大速度の標準偏差	47.307	56.799	38.546	44.226
直進時最大速度の平均値	41.711	51.263	25.616	38.547
直進時最大速度の標準偏差	13.871	11.874	14.988	7.795
右折時最大左右加速の平均値	0.316	0.321	0.203	0.259
右折時最大左右加速の標準偏差	0.243	0.181	0.190	0.074
左折時最大左右加速の平均値	0.332	0.326	0.226	0.284
左折時最大左右加速の標準偏差	0.222	0.147	0.195	0.104
直進時最大左右加速の平均値	0.341	0.398	0.277	0.381
直進時最大左右加速の標準偏差	0.347	0.220	0.228	0.125
右折時最大前後加速の平均値	0.316	0.321	0.203	0.259
右折時最大前後加速の標準偏差	0.243	0.181	0.190	0.074
左折時最大前後加速の平均値	0.332	0.326	0.226	0.284
左折時最大前後加速の標準偏差	0.222	0.147	0.195	0.104
直進時最大前後加速の平均値	0.341	0.398	0.277	0.381
直進時最大前後加速の標準偏差	0.347	0.220	0.228	0.125
右折時最小左右加速の平均値	-0.309	-0.347	-0.170	-0.249
右折時最小左右加速の標準偏差	0.309	0.247	0.167	0.106

表 5 クラスタ分析による規模・平均値 (続き)

	クラスター 1	クラス ター-2	クラスター 3	クラスター 4
左折時最小左右加速度の平均値	-0.315	-0.356	-0.158	-0.254
左折時最小左右加速度の標準偏差	0.249	0.277	0.186	0.109
直進時最小左右加速度の平均値	-0.298	-0.387	-0.232	-0.337
直進時最小左右加速度の標準偏差	0.232	0.257	0.215	0.136
右折時最小前後加速度の平均値	-0.309	-0.347	-0.170	-0.249
右折時最小前後加速度の標準偏差	0.309	0.247	0.167	0.106
左折時最小前後加速度の平均値	-0.315	-0.356	-0.158	-0.254
左折時最小前後加速度の標準偏差	0.249	0.277	0.186	0.109
直進時最小前後加速度の平均値	-0.298	-0.387	-0.232	-0.337
直進時最小前後加速度の標準偏差	0.232	0.257	0.215	0.136

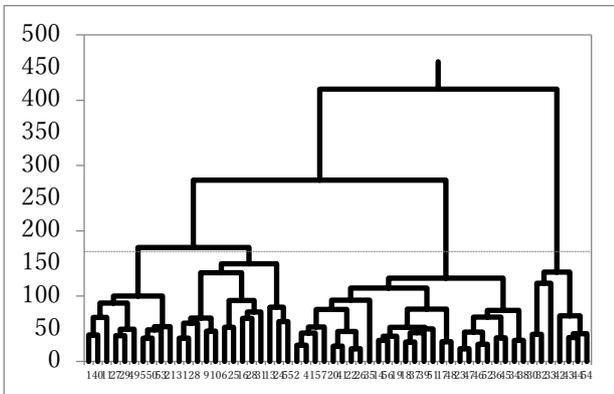


図 4 クラスタ分析による樹形図

以上のことより、高齢運転者は認知機能の低下によって運転能力が分類できる高齢運転者は運転技量と認知機能検査の結果から分類分けできる可能性があることが明らかになった。また、認知機能の低下に伴い、運転能力も低下しているとは限らず、高齢運転者自身の意識にも影響している可能性があることが明らかになった。

5. まとめと今後の課題

本研究では、高齢運転者の認知機能と運転技量に関する分析を行った。認知機能は、MMSE、パレイドリア、TMT-A、TMT-B を実施した。運転技量は、加速度センサーを用いて 2 週間の観測調査を実施した。高齢運転者の運転技量を評価するに為、交差点部の走行挙動に着目した。交差点部の走行挙動は、運転操作が難しく、認知機能の違いに影響を及ぼすと考えた。

運転技量は、速度超過の発生割合、急制動の発生割合、急ハンドルの発生割合、一時不停止の発生割合を日ごとに算出し、これらの平均値と標準偏差を評価指標とした。さらに、右折・直進・左折時の最高通過速度、最大・最小の左右加速度、最大・最小の前後加速度を評価指標とした。

認知機能と運転能力の結果からクラスタ分析を行うことで、高齢運転者を分類できる可能性があることが明らかになった。

参考文献

- 1) 「平成 29 年における交通死亡事故の特徴等について」、警察庁交通局, 2017 年.
- 2) Myers R, S., Ball, K., Kalina, T. D., Roth, D. L., Goode, K, T. (2000) 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.
- 3) Wadley, G. V., Okonkwo, O., Crowe, M., Vance, E. D., Elgin, M. J., Ball, K. K., Owsley, C. (2009) Mild Cognitive Impairment and Everyday Function: An Investigation of Driving Performance, *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, Vol.22, No.2, pp.87-94.
- 4) Griffith, H. R., Okonkwo, O. C., Stewart, C. C., Stoeckel, L. E., Hollander, J. A., Elgin J. M., Harrell, L. E., Brockington, J. C., Clark, D. G., Ball, K. K., Owsley, C., Marson D. C., Wadley, V. G. (2013) 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.
- 5) Frittelli, C., Borghetti, D., Iudice, G., Bonanni, E., Tognoni, M. G., Pasquali, L., Iudice, A. (2009) 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.
- 6) Beratis, I. N., Pavlou, D., Papadimitriou, E., Andronas, N., Kontaxopoulou, D., Fragkiadaki, S., Yannis, G., Pappageorgiou, S. G. (2017) Mild Cognitive Impairment and driving: Does in-vehicle distraction affect driving performance?, *Accident Analysis & Prevention*, Vol.103, pp.148-155.
- 7) 宮内弘太, 高田和幸, 篠原もえ子, 藤生慎: 交差点部の走行挙動に深層学習を用いた異常運転検知に関する研究, *交通工学論文集*, 第 7 巻, 2 号, p. A_19-A_28, 2021.

Analysis of the relationship between cognitive function and driving skill of elderly drivers using probe data

Yuta Arakawa and Kazuyuki TAKADA and Kota MIYAUCHI and Moeko Shinohara and Makoto Fujiu

In recent years, traffic accidents caused by elderly drivers have become a serious social problem in Japan. Traffic accidents caused by elderly drivers are attributed to deterioration of cognitive and physical functions due to aging. Drivers over the age of 75 are required to have a cognitive function test when renewing their driver's license. However, it is assumed that the cognitive function changes daily, and it is difficult to judge whether or not to continue driving from the result of the cognitive function test. Therefore, it is important to quantitatively evaluate cognitive function from the driving skills of ordinary elderly drivers.

Therefore, in this study, we conducted a basic analysis of the relationship between the driving skills of elderly drivers and cognitive function. As for the driving skill of elderly drivers, we focused on the driving skill at intersections where driving operation is considered difficult. By applying cluster analysis to the calculated driving skills and cognitive impairment results, it became clear that elderly drivers may be classified.