

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300207

研究課題名(和文) 地方地域の高齢者のモビリティ継続に関する研究

研究課題名(英文) Research on Continue of Elderly People's Mobility in Rural Areas

研究代表者

鎌田 実 (KAMATA, Minoru)

東京大学・新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：20224644

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,500,000円、(間接経費) 4,350,000円

研究成果の概要(和文)：自動車を運転する高齢者が、加齢にともない運転が困難になってくると、特に地方地域でモビリティの継続が大きな課題になる。そういった際の対応について、運転特性変化を明らかにし、適切な教育による改善を検討し、また低速の超小型EVへの転換の可能性を実験的に考察し、最終的にバス等の公共交通への転換まで、モビリティが継続しつつ、安全に縮小していけるような方策を提案していく。

研究成果の概要(英文)：Continuation of mobility in rural areas will be a major agenda while elderly who drive car get too old to not be able to drive. To respond such issues, we try to make clear the transition of driving characteristics by aging, consider to provide appropriate education, examine experimentally to find out if any possibilities to transit their cars to low-speed micro EV vehicle, and make proposals to let the community able to shrink the number of cars with keeping its mobility until transition completes to public transportation such as bus.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

科研費の分科・細目：社会参加

キーワード：自動車 認知症 高齢者

## 1. 研究開始当初の背景

わが国は高齢化の進展により、高齢運転者数も急増している。さらに地方地域では人口減も加速しており、公共交通が撤退傾向になり、移動はマイカー中心になっているが、加齢による運転能力の低下で事故の懸念もある。警察庁では、70歳以上の免許更新時に高齢者講習を義務付け、さらに75歳以上には講習予備検査といわれる認知機能検査を行い、認知症者の運転中止を目指しているが、運転断念は自立生活の断念にもつながるため、免許返納はなかなか進んでいない。地方地域ではマイカーが必需品であり、知事連合では高齢者にやさしい自動車開発のプロジェクトを実施し、小型2人乗り車の提案を行い、また公共交通としてもコミュニティバスやデマンド型交通の導入なども各地で進められている。しかし、モビリティ継続については、必ずしもうまくいっていないのが現状であった。

## 2. 研究の目的

本研究は、高齢運転者の加齢による運転能力低下の定量評価や運転断念に向けての可否判断にむけた検討を行ってきた先行研究の結果を踏まえ、高齢者のモビリティを安全に継続させるため、高齢者講習時の運転映像データの収集・分析により、特に能力低下が著しい層の運転特性を明らかにし、運転者に自身の能力を客観的に理解させるような映像教育プログラムを開発し、さらに認知症と運転能力の関係について検討していく。また、普通の自動車からの段階的モビリティの縮小を目指し、超小型電気自動車(EV)の活用や、公共交通等への転換の可能性について明らかにしていくことを目的とする。

## 3. 研究の方法

上記目的達成のために、以下の5つの項目について、次に示す方法で研究を進めた。

### (1) 高齢者特性データの継続収集と分析

3箇所の自動車教習所において、高齢者講習の実車運転時のドライブレコーダ映像の継続収集を行い、特に、不安全運転を多く犯した事例と運転予備検査(認知機能検査)で第1、第2分類に分けられた人の事例を中心に分析を行う。運転能力の低下が、どういったパラメータと関連するかを考察していく。

### (2) 教育プログラムの検討

先行研究で提案した、自身の運転のドライブレコーダ映像を見せることで自覚を促したり、ヒヤリハット映像を見せることで不安全運転によるリスクに気づかせるような教育プログラムを改良

する。運転特性を、自覚の有無、意図の有無で4分類することを、比較的簡易な方法で分類わけできる方法を検討し、最終的には、簡易教育プログラムとしてパッケージ化していく。

### (3) 認知症ドライバの検討

認知症や軽度認知障害(MCI)の人の運転特性について、敦賀温泉病院の協力の下、物忘れ外来患者でMCIレベルの人を対象にデータ計測を行い、医学的指標と運転能力の関係性について検討していく。

### (4) 超小型EVの検討

原付ミニカークラスの超小型EVの実証モニター実験を、3地域(福井県大野市、千葉県柏市、岩手県大槌町)で実施し、高齢者にとって代替手段になりえるかを考察する。また2人乗り車を改造にて作成し、国土交通省の超小型モビリティ認定を受け、この種の車両の活用方法を検討する。

### (5) バス等代替手段の検討

公共交通が代替手段になりえるか、コミュニティバス(大野市)やデマンドバス(釜石市)の事例をもとに、移動モデルを構築し、需要を予測して交通計画を行い、代替可能性について考察する。

## 4. 研究成果

### (1) 高齢者特性データの継続収集と分析

高齢ドライバの運転特性、および認知機能との関係性を明らかにするため、高齢者講習における講習予備検査結果と運転適性検査(運転行動を測定する簡易シミュレータ)結果と実車運転時の映像・音声データを2626件取得し、意図/自覚について分析した。図1に分析に用いた映像の静止画の一例を示す。高齢ドライバの免許更新の際の講習予備検査によって分類されるうち、第3分類(記憶力・判断力に心配のない)149名と第2分類(記憶力・判断力が少し低くなっている)37名について、運転適性検査の結果を比較した。図2a、bに意図/自覚と第2/3分類の結果を示す。なお、第1分類は3名と少数であったのと、映像データのみ記録であったため、比較分析は行わなかった。第2分類と第3分類の比較の結果、第2分類に属する者は、単純な課題と複雑な課題の両方で反応速度が遅くなることが確認された( $p < 0.05$ )。したがって、反応速度が遅くなると、意図しない不安全な運転行動が増えることが示唆された。

一方、第3分類151名と第2分類38名の不安全な運転行動を、意図と自覚に着目して分類した。その結果、自身の運転行動を自覚していない傾向は、今回分析を行った高齢者189

名全体が有することが確認された( $\chi^2$  検定  $p<0.05$ )。さらに、第2 分類は意図せず不安定な運転行動をおこす傾向が高いことを確認した( $\chi^2$  検定  $p<0.05$ )。

第1 分類の者については、左折時の右側不確認、アクセルとブレーキの踏み間違い、一時停止標識の見落としなどが映像記録から確認することができた。



図1 運転行動の映像キャプチャ(一例)

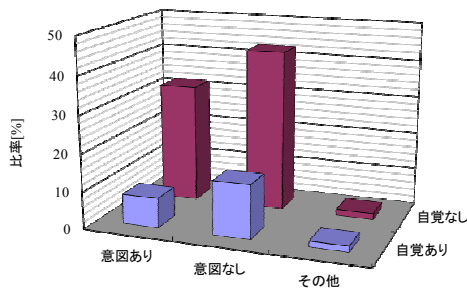


図2-a 第2 分類の意図と自覚分析

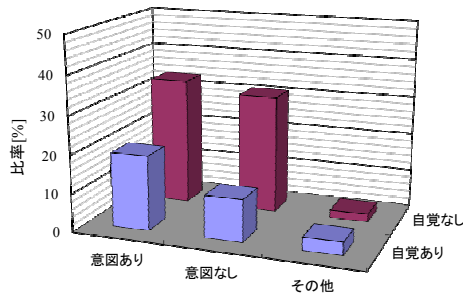


図2-b 第3 分類の意図と自覚分析

## (2) 教育プログラムの検討

本研究では、高齢者の運転教育に特化した不安定な運転行動の意図と自覚の有無の判別に用いる定量的指標を提案した。そのため、1. 意図・自覚の有無に着目した運転教育手法の有効性の検証、2. 不安定な運転行動の意図・自覚の有無を判別する指標の開発、を目標とした。

### ① 運転能力の低下に対する自覚を促す運転教育

意図と自覚の有無に着目した教育手法が特に高齢ドライバーに対して教育効果があることを明らかにするために、これまでに実施した高齢者

16名と若年健常者15名に対する運転教育比較実験を行った。

実験では、指導員による実車走行の判定結果を基に、不安定な運転行動を抽出した。次に、その際の発話・態度映像を分析することにより意図と自覚の有無を判別し、教育を行った。その後、運転行動とドライバーの自己評価の改善を評価指標とした検証を行った。その結果、自身の運転行動に自覚がない傾向は高齢者特有であることを確認した( $p<0.05$ )。また、自覚を促す教育手法は高齢者に特に有効であることを確認した。

### ② 自覚の有無に関する定量的な議論

不安定な運転行動に対する意図と自覚の有無が速度や加速度などの運転挙動に与える影響を明らかにすることを目的として、高齢者講習の実車運転行動および挙動分析を行った。分析対象は、高齢者講習の全データから無作為に抽出した230名の実車運転データである。その中で観測された一時停止交差点での一時不停止163件のうち、教官の操作介入や指摘による運転行動の変化がないもの34件に対し、運転行動・会話分析を行い、意図と自覚の有無を分類した。運転行動の定量的なデータは映像から観測した。一時不停止に限定した理由は、一時停止交差点は複雑な交通環境であり、心身機能の低下の影響が出やすいと考えられる一時不停止による事故は高齢者に多い、一時不停止では発話が多く、分析しやすいためである。

正解値として、34件の一時不停止の映像・音声データについて、運転行動・会話分析を行い、意図と自覚の有無について分類したものをを用いた。また、運転挙動に関する映像観察を行い、自覚の有無が関連すると考えられるパラメータとして、加速度などの定量的データ13項目を抽出した。

一時不停止場面での実車運転の定量的データを取得する目的で、教習所で高齢ドライバーを対象とした実車運転実験を行った。対象は日常的に運転している高齢者28名(男性24名、女性4名、平均年齢 $70.8 \pm 5.5$ 歳)である。その結果、一時不停止場面における実車運転定量的データが48件確認された。意図と自覚の有無の判別に用いる定量的指標を提案するために意図と自覚の有無を目的変数とし、それを的確に選り分ける説明変数と分岐条件を探し出す。

初めに2回の実験で得られた48件の一時不停止について、意図と自覚の有無に関連すると考えられる速度、加速度、視力・視野、運転適性検査に関する定量的データ13項目を集計した。その後、それらの項目に相関分析を行い、多重共線性のある2項目を排除した。残りの11項目について、統計解析ソフトRを用いてデータの不純度を示すジニ係数が最小となるように説明変数と分岐条件を決定した。

その結果、説明変数と分岐条件として、最大減速度  $a_x=0.135$  と運転適性検査の複数作業の反応むら  $r_i=2.5$  が抽出された。解析に用いた項目と、得られた判別指標を図 3 に示す。結果の一例として、停止線通過前後 5 秒間の 3 軸加速度の推移を図 4 に示す。これより、意図と自覚の有無によって実際に加速度の推移の傾向が異なっていることが確認できた。また、反応のむらが大きい場合には、自覚のある不安全な運転行動をする傾向があることも確認された。交差確認によって、この定量的指標による意図と自覚の有無の正答率を検証したところ、正答率は 76.6% であった。よって、意図と自覚の有無の判別に用いる定量的指標を提案できたといえる。

しかし、(B)意図なし/自覚なしを判別することはできなかった。これは学習に用いたデータ数が 2 件と不十分であったからだと考えられる。そのためさらに実車運転実験を行い、データを収集する必要がある。また、(B)以外でも誤判別の事例が確認された。これらの事例の運転映像を確認し、直前の交通場面の影響を受けていたこと、全体的に速度の遅いドライバーだったことなどを確認した。

会話・行動分析では、発話がないまたは発話内容が曖昧である場合には意図と自覚の有無を判別できなかった。しかし、そのような事例についても、定量的指標を用いれば判別することができる。そのため、教育すべき点が明確になり、効果的な教育を行うことができるようになる。なお、定量的指標は一時不停止の意図と自覚の有無を判別するのみであり、運転行動が安全か不安全かを判別するものではない。そのため、運転行動が安全か不安全かの判別は、教官などの外部のシステムに頼る必要がある。

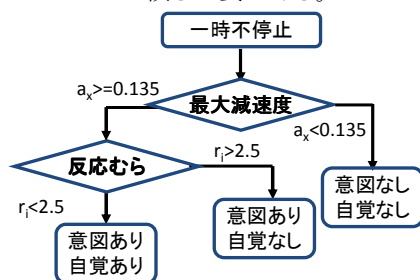


図 3 解析に用いた項目と得られた判別指標

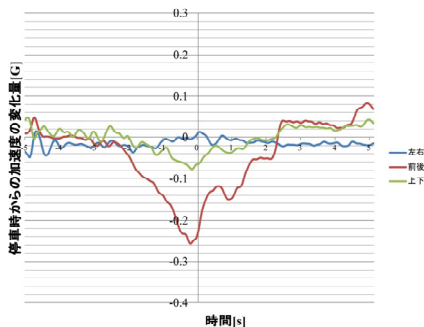


図 4 実験時の加速度データ

### ③呼称運転による代替

本研究では、先行研究で提案した自身の運転の様子をドライブレコーダに記録して見せることで自覚を促したり、ヒヤリハット映像を見せることで不安全運転行動によるリスクに気付かせるような教育プログラムを改良し、簡易教育プログラムとしてまとめた。この簡易教育プログラムは、一般的な教育プログラムの中に非呼称運転と呼称運転を組み込むことで、運転に情報負荷がかかることで引き起こされる不安全運転行動を本人に理解させるためのプログラムである。

研究成果(1)から、高齢ドライバーは不安全な運転行動に対して自覚しない傾向が高いことが明らかになったこと、また自覚の低下したドライバーに対してドライブレコーダを見せることで自覚を促す効果が示唆されたことから、「簡易的に自覚の有無を抽出するための呼称運転」、および「簡易的なドライブレコーダをとり入れた教育プログラム」を提案した。

呼称運転の中でも指差呼称は、運転教育においてよく用いられる方法であり、何もしない場合と比較してエラーを 6 分の 1 に減らす効果として次のことが言われている。

- ・呼称運転によりリスクの把握やエラー回避が可能になる
- ・呼称という負荷によって情報処理能力の容量が減少することで、運転ありの成績が低下している場合、情報処理能力が低下していると把握できる

本研究で実施した実験から、高齢ドライバーの運転においても同様の効果があることが示唆され、かつ呼称(運転あり・運転なし)を比較するという簡便な方法で、ドライバー個人における運転負荷を抽出できる可能性が示された。この呼称運転と、ドライブレコーダを用いた自己の自覚を促す教育手法を組み合わせることによって、自己の不安全な運転行動に気づきやすきさせ、不安全な運転行動の抑制や、改善が期待できると考える。

### (3) 認知症ドライバーの検討

本研究では「地方地域での軽度の認知障害者の日常運転行動と医学的指標の関連性を見出すこと」を目的とした。研究方針としては、軽度の認知障害のあるドライバーの認知機能を医学的な認知機能検査を用いて測定し、同じくドライバーの日常的な運転行動を、ドライブレコーダ(以下 DR)を用いて記録した。記録された各ドライバーの運転態度と運転行動の特性を分析し、ドライバーの認知機能低下分野との関係性を調べた。

対象と方法: 本研究の研究協力者は、医師により軽度の認知障害(区別の難しい軽度の認知症含む)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 14 名で、分析対象は 7 名(70~80 歳)である。本研究では運転に関係すると考えられる見当識や上肢・下肢行為を測

定する高次脳機能検査(BFB)、記憶力等の基本的な認知機能を測定する長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)、注意機能(選択性、持続性、転換性、配分性)を測定する標準注意検査(CAT)の3つの検査を用いた。

結果 1:DR により日常生活の運転行動を最大 2 カ月記録し、既知である認知症ドライバーの特徴的な運転行動を参考に、特徴的な運転態度・運転行動を抽出した(図 5)。その結果、運転態度は 6 項目、運転行動は 19 項目抽出された。また、運転態度を整理する中で、動作緩慢なタイプ( $\alpha$  型)と非動作緩慢なタイプ( $\beta$  型)の 2 種類に分類できることが分かった。さらに、起こしやすい運転行動として、 $\alpha$  型は「車線の片側に寄る」・「緑色衝突」、 $\beta$  型は「信号の変わり目(通過中に赤)で通過」の行動が 2 グループ内で共通して認められた。



図 5 DR による日常生活運転行動の一場面(前方映像、ドライバ映像、GPS・速度・加速度情報)

結果 2:一方、交差点における評価を既存の指標である McKnight の安全運転行動指標を用いた安全性の定量評価を行った。この結果、協力者の 86%(7 名中 6 名)で右折よりも左折の不安定度が高いことが確認された。

結果 3:運転態度及び運転行動と認知機能検査結果を比較した。その結果、BFB の「上肢行為」の回数(動作の巧緻性)および CAT の Visual Cancellation Task(以下 VCT)の回答時間(選択性注意)により全ての協力者が、ぼんやりしており動作の緩慢が見られる  $\alpha$  型と、動作の緩慢が見られない  $\beta$  型とに大別することが出来た。以上のことから、動作の巧緻性と選択性注意機能により運転態度や特徴的な運転行動を予測出来ることが示唆された。特に CAT の VCT の回答時間と一時不停止の確率には強い相関が見られた。さらに  $\alpha$  型・ $\beta$  型では、 $\alpha$  型の方が右左折時の Unsafe Score が高く不安定度が高いことが明らかになった。これは、 $\alpha$  型は  $\beta$  型に比べ、上肢動作が緩慢であることにより、右左折時の走行半径が拡大し、左折では大回りになり、右折では大回りを防ぐために目的の車線に入る際にショートカットせざるを得なくなるのが原因だと考えられる。

まとめ:下記の 4 点が明らかになった。

- ・右折より左折の不安定度が高い軽度の認知障

害ドライバーが多い。(86%)

- ・上肢動作の巧緻性と選択性注意機能から、軽度の認知障害ドライバーの運転は動作緩慢傾向と非動作緩慢傾向の 2 グループに大別出来る可能性がある。
- ・2 グループでは起こしやすい運転行動が異なる。
- ・動作緩慢な  $\alpha$  型は  $\beta$  型より、交差点で走行半径が大きくなり、不安定度が高い運転を行いやすい。

以上から、本研究で用いた認知機能検査の結果から運転行動を予測し、事前に対応することで不安定な運転行動を低減できる可能性と、 $\alpha$  型・ $\beta$  型では異なる支援方法や運転断念判断基準を提案する必要があることが示唆された。

#### (4) 超小型EVの検討

高齢化の進む地方地域の典型例として、福井県大野市において、市の協力の下、超小型EVの走行実験を行い、常時記録ドライブレコーダにより道路環境や交通状況などのデータを取得し、走行シーン分類を行った。これにより、地方地域の高齢者の日常生活における運転リスクを表現することができ、また運転支援システムの開発要件にも活用できる。引き続き、一般市民モニターによる走行実験を行ったが、同市は冬季に降雪が数mもあるため、この種の車両の使用については賛否両論得られた。

超小型EVとして公道走行できる原付ミニカーは 1 人乗りであるため、常に 2 人で乗りたいという意見が多く、市販の原付ミニカーを改造して 2 人乗り車を製作した。評価は当初非公道における体験試乗にとどまったが、好意的意見が数多く得られた。国土交通省での議論のもと、超小型モビリティの認定制度(軽自動車の一部緩和措置として 2 人乗り超小型EVにナンバー交付)が 2013 年 2 月にスタートしたため、2014 年度にこの改造車の認定を行った。対処項目が多いため、ナンバー交付に時間を要し、評価を行うには至らなかった。

超小型EVの実証実験は、上記大野市のほか、千葉県柏市や岩手県大槌町(図 6)でも行い、また知事連合の福岡県朝倉市での実験にも参加した。



図 6 大槌町における試乗の様子

柏では高齢者の日常の足として活用できる手ごたえを得た。被災地では遠く離れた仮設住宅からの足としては距離や速度の点で十分な活用は厳しかったが、新しいまちづくりの中で位置づけることが可能と判断された。

#### (5) バス等代替手段の検討

大野市の中心部を対象に、移動の足としてのバス交通の計画論を展開し、既存のバスでのカバー範囲の考察を行った。まず、移動モデルと称する、身体特性・居住地域・移動目的等の類別による移動の原単位を構築すべく、住民アンケート(3週間の移動実績調査)、ヒアリングを行い、その分析から、同モデルを作成した。それをもとに、現交通の路線図から、需要量の推計を行い、実績との比較を行った。その結果、これまでは地域の高齢者人口から大まかな需要量を算出していたが、実際の利用はそれほどなく、さらに細かい特性を入れ込んだ移動モデルによる需要推計が必要であること、またより多くの人の移動に資するためには、路線可変のデマンド型交通などの対応が望まれることがわかった。

なお、本研究は東京大学倫理審査委員会の承認のもとに実施した。また、実験においては十分な説明を行い、インフォームドコンセント、同意を得て行った。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- ①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.3362-3373, 2012
- ②M. Nihei, M. Kamata, A survey of the Elderly in Regional Cities on their Attitudes toward Driving and Giving Up Driving, Journal of Mechanical system for Transportation and Logistics, Vol5, Issue 1, pp.98-109, 2012
- ③二瓶美里, 小竹元基, 鎌田実, 高齢者の認知特性を考慮した運転能力評価システムの開発, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.77, No.784, pp.4591-4604, 2011

[学会発表] (計8件)

- ①鎌田実, 研究の変遷, 日本機械学会第22回交通・物流部門大会(招待講演), 2013年12月11日(東京)
- ②二瓶美里, 松村侑磨, 小竹元基, 鎌田実, 高齢ドライバの不安定な運転行動に対する自覚に関する研究(自覚の有無を判別するための定量的指標の提案), 日本機械学会第22回交通・物流部門大会, 2013年12月11日(東京)
- ③久保登, 鎌田実, 小竹元基, 超小型電気自動車の用途開拓による社会実装の試み, 日

本機械学会第22回交通・物流部門大会, 2013年12月10日(東京)

- ④Misato Nihei, Kazuya Tamida, Motoki Shino, Minoru Kamata, Research on Intention and Consciousness of Unsafe Driving Behavior Based on Multimodal Analysis of Elderly Driver, Future Active Safety Technology Sep. 24, 2013(Nagoya)
- ⑤二瓶美里, 芦田裕大, 鎌田実, MCIドライバの日常運転行動の特性と認知機能の関連性, 第6回運転と認知機能研究会, 2013年11月23日(東京)
- ⑥二瓶美里, 鎌田実, 軽度認知症ドライバの運転可否に関する研究, 第18回BME on Dementia 研究会(日本生体医学会専門別研究会), 2012年1月8日(大阪)
- ⑦松村侑磨, 二瓶美里, 小竹元基, 鎌田実, 高齢ドライバを対象とする実写運転行動分析に基づく運転教育手法の提案—若年者との比較—, 日本機械学会第21回交通・物流部門大会, 2012年12月6日(東京)
- ⑧松村侑磨, 民田和也, 二瓶美里, 小竹元基, 鎌田実, 高齢ドライバを対象とした実車運転行動分析に基づく運転教育手法の提案, 日本機械学会第20回交通・物流部門大会, 2011年12月8日(神奈川)

[その他]

ホームページ等

<http://www.sl.t.u-tokyo.ac.jp>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

鎌田 実(KAMATA MINORU)  
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授  
研究者番号:20224644

### (2) 連携研究者

小竹 元基(SHINO MOTOKI)  
東京大学・大学院工学系研究科・准教授  
研究者番号:10345085

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