

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26282161

研究課題名(和文) 超高齢社会のモビリティ確保に関する研究

研究課題名(英文) Research on Mobility of Elderly People in Super Aged Society

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) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：高齢化が進む地域ではモビリティの確保が困難で、特に公共交通の貧弱な地域ではマイカー依存が強く、免許の有無により外出頻度や生活の質に大きな差があり、運転断念をどうとらえるかが重要な問題である。本研究では、地域の移動・交通システムをどのように組んでいくかを明確にするため、軽度認知障害を含む高齢ドライバーの特性評価による運転可否判断、超小型モビリティやゴルフカート等の車両の活用など、要素の研究を行いつつ、公共交通の再編など超高齢社会における交通計画全体のあり方について検討し成果を得た。

研究成果の概要(英文)：It is difficult to secure mobility in an aging society. People in the areas with poor transportation strongly depend on their own car. Whether they have a driving license or not decides their frequency of going out and quality of life. It is critical to consider how we judge whether they give up driving or not. The goal of this research is to clarify how to organize the regional mobility and transportation system. We evaluate the characteristics of elderly drivers including people with MCI (mild cognitive impairment), to judge their driving availability. And we are thinking of utilizing vehicles such as ultra small mobility and golf carts. We examined the whole traffic plan in 'super-aged' society.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：社会参加 自動車 認知症 高齢者

## 1. 研究開始当初の背景

既に高齢化率が25%を超え、世界で一番の高齢国になっている日本において、高齢者の日常の足の確保が重要である。特に公共交通の貧弱な地方地域において、マイカー依存の高い現状は、マイカー利用ができない層のモビリティをどのように確保すべきかという点と、いずれ加齢により運転が困難になり、事故リスクが高まるので運転断念をどのようにしていくかが大きな社会問題になっている。免許返納後の移動手段としては、公共交通や歩行補助具のハンドル形電動車いすが考えられるが、地方の過疎地域で公共交通を面的にカバーするのは難しく、また電動車いすは現行法規では6km/hに制限されており、遅すぎて使えない。

## 2. 研究の目的

申請者らの先行研究により、高齢ドライバーの加齢による運転能力低下の定量評価や適切な教育法を提案し、高齢者の生活と移動に関する意見徴集により移動の重要性や現状の問題点をまとめ、コミュニティバス等の状況調査により公共交通の改善の方向性を考察し、超小型電気自動車の活用について研究を実施してきた。これらを踏まえ、本研究では、以下の3点に焦点をあて目的と定めた。

(1) 比較的認知機能が低下してきた層(認知症、MCI患者)を対象に、医学的診断と運転能力の関係を明らかにし、運転能力の定量化。

(2) 運転が困難になった層へ、超小型電気自動車や電動車椅子といったパーソナルモビリティやゴルフカートなどの移動手段についての検討。

(3) 地方地域における公共交通のあり方を、実フィールドを対象としたケーススタディにより検討し、移動システムの今後へ知見をまとめる。

## 3. 研究の方法

(1) 認知症、MCI患者対象の検討については、敦賀温泉病院の協力により、外来患者を対象に、医学的診断と運転能力の関係の検討を行う。ドライブレコーダによる実車走行の分析やシミュレータでの評価を行う。高齢ドライバー特性と教育については、認知機能検査で第1

分類、第2分類になった人の運転特性について、教習所の協力で得てきたデータの分析を行い、MCIレベルの人の扱いについて検討を行う。さらに、運動特性と運転能力の関係を評価し、運転能力の定量化を試みる。

(2) 車両の検討については、超小型電気自動車は、千葉県柏市に加え、地方地域として岩手県大槌町や愛知県豊田市足助地区といった過疎地域をフィールドとし、既存車両に加え、超小型モビリティ認定を受けた2人乗り車もモニター評価を行う。パーソナルモビリティは、大槌町の復興にて市販の電動車椅子や電動3輪自転車に加え、海外製のクラス3の電動車椅子、ゴルフカートなども走行環境を設定して評価を行う。特にゴルフカートについては、コースを設けて数か月の実証を行うほか、メーカーと共同でナンバー取得を行い、公道走行の評価、さらには一部自動運転の評価も行う。(フィールドとしては大槌町のほか、石川県輪島市、岩手県大船渡市でも実施)

(3) 地域交通については、岩手県釜石市と石川県輪島市をケーススタディとして詳細検討を行い、その結果をもとに一般化の考察をしていく。前者は、大震災被災地で、仮設住宅主体の状況から、復興まちづくりの流れにおける地域公共交通計画を検討していく。地域の特性としては、周辺部からのアクセス型の交通網である。後者は、中心市街地型のエリアで、既存のコミュニティバスが不評のため、ゴルフカート網を整備することにより、それへの転換を検討する。これらをもとに地域特性と公共交通網のあり方、それに加えたパーソナルモビリティといった移動手段の活用で、超高齢社会の地域でのモビリティ像をまとめる。

## 4. 研究成果

(1) 認知症、MCI患者対象の検討については、敦賀温泉病院の協力により、MCIレベルの人については、3名(男性2名、女性1名、70~80歳)を対象に約2週間の日常運転行動を、ドライブレコーダ(以下DR)を用いて記録した。そのうち、1車線道路を走行する映像から車両が端による運転行動13件を抽出した。それらの運転行動を、道路形状、車両挙動およびドライバーの視線の観点から分類

した。また分類の結果を考察して、認知段階のミスであると考えられる(a) 自転車位置の認知、(b) 道路環境の予測がMCIの特徴的な運転行動であるとの分析結果が得られた。

次に、軽度の認知障害や認知症疑いのある者6名、および健常高齢者9名、健常若年者4名に対してドライビングシミュレータ(以下DS)を用いた走行実験を実施した。走行環境課題は2種類設けた。(a) 自転車位置の把握度合いを調べるために、対向車線のある直進路を走行する、(b) 道路環境変化の予測ができるかを調べるために、カーブ路を走行する。評価指標としては、(a) 自転車位置については、車両の車線中央からの平均的なずれの大きさを評価指標とした。また、(b) 道路変化の予測については、車両位置のばらつきを評価指標とした。また、認知機能検査(MMSE、注意抑制機能、持続性注意、反応速度、視覚性記憶)を実施した。

これにより、持続性注意機能および視空間認知機能の低下によりカーブでのオーバーランという車線追従行動が起こること、軽度の認知障害者の不安全な車線追従行動は認知機能かによって起こるため、運転教育によって改善することは期待できず車両や道路環境の改善による支援策が有効であることが示唆された。

MCIを含む高齢ドライバーが今後も運転可能かどうかを知るには、低下してきた身体機能による運転行動について、運転行動を修正したり正しく遂行することが要求される。本研究では、それらに関連すると考えられる運動調節機能に着目し、単純反応課題や予測課題、追従課題について、外乱を生じさせることによって反応の周期性や正しい予測および追従へと改善できるかどうかを調べた。

実験はMCI患者18名(男性7名、女性11名、 $74.6 \pm 6.3$ 歳)を対象として行い、その結果、MCIにより運動調整機能は低下すること、その機能は持続性注意機能や反応時間のばらつき、協調運動機能や記憶機能と関連していることが示された。

それらの結果をもとにレーダーチャートを作成し、フィードバックを行った。

(2) パーソナルモビリティの評価は、被災

地の大槌町で、超小型電気自動車、電動車椅子等の評価、また超小型モビリティ認定車両の2人乗り超小型電気自動車は柏市と豊田市足助地区での実証を実施した。超小型電気自動車の評価は二分された。評価する方は、取り回しが容易、気軽に乗れる、家で充電できるといった理由で高評価であり、評価しない方は、小さくて怖い、軽自動車で十分といった理由であった。特に大槌町では、復興工事のための大型ダンプがひっきりなしに走っていた環境のため、モニターによる長期実験は少数の対象のみにとどまった。一方豊田市足助地区では、概ね高評価であり、住民それぞれで車両の塗装等をカスタマイズして愛着をもって使ってもらった。これらより、超小型電気自動車は、万人向けとは言えないが、高齢者の日常の足としての活用への手ごたえが得られた。



大槌町でのパーソナルモビリティの評価



超小型モビリティ認定車両のコムス2人乗り

原付ミニカーでは一人乗りのため使用目的に制約があるため、2人乗り改造し、超小型モビリティ認定を受けた車両も用意した。認定申請を大学で行う事例は他に無く、時間を要したが無事軽自動車としての登録がなされ、当初は柏で実証し、後に足助に移動しモニター実験を行った。超小型電気自動車2人乗れるメリットは多く、モニター実験では好評であった。しかし、足助においては、むき出しの構造では冬季に寒いと、モニター使用者の発案で車両改良を行った。それにより冬季の試用も、好評であった。ただし、認定制度は軽自動車の緩和措置のため、構造要件や維持費用の点で所有にはハードルが高いという評価であった。

クラス3の電動車椅子については、中国製のもの原付ミニカーとして登録を行い、評価実験に供したが、免許保有者からは15km/hでは遅い、非保有者からは速すぎると、いずれも否定的な意見が多く、また試験車固有の操作性の悪さもあり、このカテゴリ

を支持する声は少なかった。一方で、同等の速度帯の電動アシスト3輪自転車は、高評価であったため、車両としての完成度を高めたもので再検討すべきと考えられた。

ゴルフカートの活用としては、数百mの移動用に、大槌町での民有地での仮設コースでの送迎（利用者 782 名）、不便な仮設住宅からバス停までの送迎（使用約 20 回）、イベントでの送迎（利用者 129 名）、それから大船渡市での再開発地域内での送迎（利用者約 50 名）に使用し、いずれも 50m の歩行に困難を感じる層からいずれも高い評価を得た。20km/h 未満の緩和措置により、ドアが無く、シートベルトも不要のため、容易に乗降できたことによる。大槌町の仮設コースでは電磁誘導線方式で自動運転も実施し、安全のため速度を 8km/h としたが、特に否定的な意見は無く、300m 程度の距離では、その程度の速度でも気軽に移動ができることが重要であることが分かった。

2-3 kmの移動用としては、輪島市での2コース（途中から3）での実証を輪島商工会議所と行い、乗車者へのアンケートのほか、19km/h での走行が他の交通に与える影響について、ドライブレコーダ画像をもとに分析した。乗車者からはいずれも高評価であり、最大 19km/h という速度も適切、怖い感じもなく快適という声が多かった。他の交通への影響は、後ろにつながる車両の数や時間、追い越される回数などを分析したが、最大でも1分以内に停留所停車で追い抜けることから後ろの車両のドライバが不満に思うことはないと考えられた。実験の継続により知名度があがり、無理な追い越しをするケースも減ってきている。

将来的な自動運転を目指すため、輪島キリコ会館の駐車場内に電磁誘導線を敷いて自動運転の評価（運転手付きのレベル2）も行った。6-12km/h 程度の速度帯であったが、利用者から不安感等特になく、快適であるとのコメントが多数であった。（さらに、その後、公道 1 kmコースでの自動運転も開始された。）

このように、本研究により、ゴルフカートが軽自動車として登録可能で、電磁誘導線を

敷くことにより公道でも自動運転が可能で、域内の近距離移動の手段として活用可能なことが示されたことは、大きな成果と言える。



大槌町の特設コースで自動運転中のゴルフカート



輪島市のキリコ会館内でのゴルフカート自動運転

（3）地域交通の議論については、釜石市では、元々の路線バス網のほか、震災によりつくられた仮設住宅への足として北部地域でデマンドバスを運行している。本研究では、復興工事が進み復興後の地域交通の姿を模索して取り組みを行った。同市は国道 283 号沿いの人口密度が高い地域を中心に多くのバス利用がある一方で、半島部や奥地のような周辺部では人口低密度でバス利用は極端に低い。全バス利用の調査データをもとに、利用と経費の状況を精査すべく、北部を鶴住居、南部を平田第 6 仮設で幹線と支線に区切り、運賃も経費も幹線と支線に距離換算で分割してみたところ、利用者数は支線・幹線で 1:10、収入は 1:15、経費は 1:3 であること、幹線部はコミュニティバス運賃として減額しているがそれを元に戻せば黒字運行が可能なおこと、支線部は利用が極端に低いものの距離が長いので経費は多くかかっていることがわかった。このため、幹線・支線の分離を行い、幹線はより利便性向上で利用促進し、支線はより効率化を目指していくべきであり、その方向で地域公共交通の将来像を描いた。過疎地域の路線バスは運転手不足であり、事業者は交番数の削減を希望しており、釜石でも、被災後に仮設住宅の足として一時的に交番数が増えたものの、その後は削減傾向にある。このような状況を鑑み、幹線・支線化に向けてのダイヤ案を作成した。震災前の交番数が 26、現状が 23+デマンド 2、新ダイヤだと幹線 16+支線 4 とかなり削減させ、利便性は現状維持（震災前よりやや低下）を目指すことが示された。

しかしながら、幹線・支線化は、支線利用者には乗換えが発生し、それへの反対意見が



予想される。8 地区において住民懇談会を実施し、154 名の参加者を得て、公共交通への不満や要望を聞き、幹線・支線化するという将来像を示し意見徴集を行った。どの地域もマイカー移動が主流で、バス利用者は少なく、利便性が悪いのでますます利用が遠のく現状が理解され、また幹線・支線化については負担増への懸念が示された。このため、実際に乗換えを体験してもらう実験を 2 回実施した。1 回目は幹線部から支線部に入る際に、協力してもらい小さな車両に乗換える実験、2 回目は支線部から市中心部へ買い物ツアーという形で乗換えて移動する実験とし、それぞれ 18 名、47 名の参加を得た。車両に乗換える手間と時間増加が負担になり、バス停よりも家に近い所まで送迎というメリットとの比較で総合評価となるが、メリットがいかされるケースが多く、概ね好評であり、実際に体験してみると乗換えへの受容性はまずまずと言えた。ただし、バスのステップの乗降に難儀を感じる人も多く、車両の低床化を進める必要がある。

このような取り組みから得られた知見を入れて、市の地域公共交通網形成計画を策定できた。



釜石南部での乗換え実験（左の路線バスから中央奥のマイクロバスへ乗換）



釜石南部での乗換え実験（路線バスが行かない奥地までの送迎）

もう一つの対象地域である輪島市では、市内循環のコミュニティバスが 4 ルートあるが、本数が少なく、利便性が低いため利用率は低い。本研究では、ゴルフカートをきめ細かく市内に配置することで、市民や観光客の利便性向上につなげられないかの検討を行った。4 ルートの循環型コミュニティバスを 8 コースのゴルフカートへ置き換えることにより、乗り換えが必要になるが、それでも目的地への所要時間を減らせるケースが多く、利便性があがること、また運営面でも将来的にゴルフカートの無人運転化が実現できれば、コミ

ュニティバス運行の費用よりかなり低廉な輸送システムが構築できることが示された。

#### (4) 地域のモビリティ確保の総括

本研究の取り組みから、マイカー移動が中心となっている地方地域での高齢者のモビリティ確保について、以下のような知見が得られた。

##### ・周辺部から中心部へのアクセス

公共交通が担える部分を強化していく必要があるが、末端の需要は多くなく、効率的な運行を行うためには、幹線・支線に分離して、幹線部分の頻度増などによる利便性向上で乗客数を確保すること、乗換え地点を小さな拠点として乗り継ぐ時間を快適に過ごせる環境を整備すること、支線部は車両の小型化により、より奥地までアクセスできるようにして利便性を上げ、バス利用を促進していくべきである。マイカー使用の高齢者は、自身の運転能力を自覚し、速度を抑えめにしたり、超小型電気自動車等の活用を考えていくべきである。

##### ・中心部内でのモビリティ

施設等を循環するコミュニティバスの運行が多くなされているが、便数が少なく、距離が長くなると利便性が下がる。このため、ゴルフカート等を活用して、運行頻度を増した小さな循環とすることにより、街中へ出れば気軽にどこへでも行けるようにしていくのが望ましい。それを整備することにより、大型店舗のみの利用から、小さい店を数件まわるような買い物も容易になり、街の活性化にもつながる。19km/h のゴルフカートが走り回る街となれば道路交通の低速化にもつながり、事故防止等にも役立つ。さらに、自動運転化を実施できれば運転手の人件費を無くすことができ、事業モデルも成立していく。

##### ・周辺部でのモビリティ

周辺部では、公共交通を支線化して、車両の小型化をしても、面的整備は困難であり、バス停から自宅までのラストワンマイルの手段が無いと、外出しにくい環境になってしまう。パーソナルモビリティの活用や、地域内での互助・共助の移動支援サービスを組んでいく必要がある。

いずれのケースも、地方自治体が地域のモビリティ確保について責任を持ち、適切な対応をしていくことが望まれる。国では、国土交通省が、地域公共交通網形成計画や再編実施計画の策定により、いくつかの補助スキームを用意しており、また厚生労働省が、介護予防の総合事業の枠組みを用意し、地域包括ケアの展開を進めており、そういった諸々を活用しつつ、地域での足の確保についての検討が進められることが期待される。

なお、本研究は東京大学倫理審査委員会の承認を得て行った。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文(計5件)]

1. 鎌田実、高齢ドライバー事故問題への対応の考え方、自治体法務研究、2017 夏、6-10、2017(査読無)
2. 鎌田実、今後の自動車社会に向けて思うこと、高速道路と自動車、59-11、5-8、2016(査読無)
3. 鎌田実、高齢運転者にかかわる技術的動向、Modern Physician、37-2、189-191、2016(査読無)
4. 鎌田実、新たなモビリティの概要、土木学会誌、101-11、14-17、2016(査読無)
5. 鎌田実、超小型・電動「低速モビリティ」の活用、道路、894、36-39、2015(査読無)

[学会発表(計6件)]

1. 廣中栄介、鎌田実、地方地域における持続可能な公共交通の成立性と評価 ~ 岩手県釜石市、石川県輪島市を対象として~、日本機械学会第25回交通・物流部門大会(TRANSLOG2016)、2016.11.30~12.2 東京大学生産技術研究所
2. 長本直樹、二瓶美里、鎌田実、高齢ドライバーの運動調整機能と運転技能に対する自己評価に関する研究、日本機械学会第25回交通・物流部門大会(TRANSLOG2016)、2016.11.30~12.2 東京大学生産技術研究所
3. 鎌田実、城内近距離移動にゴルフカートの活用:石川県輪島市での取組状況、日本福祉のまちづくり学会第19回全国大会、2016.8/5~8/7 函館市民会館

4. 鎌田実、大震災被災地での移動・交通に関する検討:釜石でのデマンドバス等、日本福祉のまちづくり学会、2015,8,8-8/9 東京大学柏キャンパス

5. 鎌田実、大震災被災地での移動・交通に関する検討:大槌でのパーソナルモビリティ等、日本福祉のまちづくり学会、2015,8,8-8/9 東京大学柏キャンパス

6. Kazuya Endo, Misato Nihei, Yudai Ashida, Akira Tamai, Minoru Kamata, Relationship between Cognitive Decline and Lane-keeping Behaviors in Drivers with Mild Cognitive Impairment, 37<sup>th</sup> Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015.8.28 Milano, Italy

#### 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) 研究分担者

なし

##### (3) 連携研究者

小竹元基(SHINO, Motoki)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・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