# 群馬大学における次世代モビリティの研究

## 自動運転とスローモビリティの社会実装

太田直哉

群馬大学の次世代モビリティ社会実装研究センターは次世代の交通手段を研究する組織である。現在その活動の中心となっているのは自動運転の研究とスローモビリティの研究である。自動運転の研究で特徴的なのは、レベル4と呼ばれる走行地域は限定されるが、人間のドライバーの関与しない完全な自動運転技術に特化していることである。またスローモビリティの研究では、企業と協力して実際に目的に適した車両を作成していることが強みとなっている。どちらの研究も技術や車両の開発だけを行うのではなく、それらを社会の中でどのように生かせば効果的かを検証する社会実験にも力を入れている。これらの活動を行うため、多業種の企業や行政との協力の下で研究を遂行している。当センターは共同研究を通じて様々な団体に使用していただける設備や実験コースを保持しているほか、企業・行政との協力関係を育み、維持していく枠組みとして、協議会や研究会を運営している。

キーワード:自動運転技術、スローモビリティ、産学官協力、社会実験、地域振興

#### 1. はじめに

群馬大学には次世代の交通手段を研究し社会へ実践する組織として、次世代モビリティ社会実装研究センターが設置されている。その設立時期は平成28年12月であるが、本年5月には専用の試験路を備えた研究施設が完成し、活動を本格化させた。現在の当センターの活動で、大きな部分を占めているのが自動運転の研究と低速モビリティの研究である。本稿ではこれらの活動を紹介する。

まず最初に自動運転技術の研究について述べる。自動運転にはその程度によってレベルが規定されているが、それについて説明した後、群馬大学が目指すレベルと社会での運用方法、さらにそのような戦略を採る理由について説明する。また自動運転自動車の構造およびその車両を用いた社会での実験にも触れる。次にスローモビリティの研究について報告する。スローモビリティとは通常の自動車よりも歩行者に近いスピードの乗り物とそれを生かした交通のことを言う。群馬大学がスローモビリティの乗り物として地元のベンチャー企業とともに開発したバスは最高速が19km/hである。このバスを用いた社会実験によって、特に高齢者の生活にとって、この交通手段が単に遅いバス以上の意味を持つことが分かった。このような社会での実践は群馬大学のみの力では不可能で、多くの企業や

行政との協力関係により成り立っている。本稿の最後 に企業や行政との共同研究で使われる設備と,協議 会,研究会についても触れる。

## 2. 自動運転技術

#### (1) 群馬大学の研究戦略

現在、社会的に自動運転技術は大きな注目を浴びている。この技術は現在問題となりつつあるタクシーやバスの運転手の不足を解消する手段になり得ると考えられる。また地方では日常の足として自動車は不可欠であるが、高齢になっても運転をせざるを得ないことも社会問題となっている。自動運転技術はこれに対しても有効な解決策になる可能性がある。

自動運転にはその程度によって5つのレベルが設定されているが、群馬大学の自動運転技術の開発戦略は、レベル4に特化していることが特徴である。レベル4とは路線バスのように運用地域は限定されているが、その地域内では人間のドライバーが不必要な自動運転技術である。以下でまず自動運転のレベルについて説明し、その後群馬大学がなぜレベル4に特化した研究をしているのかについて解説する。

表―1に示すように、レベル1、レベル2は人間のドライバーの補助であり、アクセル、ハンドル、ブレーキのいずれか一つ、あるいは複数の操作を機械が行う

#### 表一1 自動運転のレベル

#### レベル 0

ドライバーが常にすべての主制御系統 (加速・操舵・制動) の操作を行う。

#### レベル1

加速・操舵・制動のいずれか一つをシステムが支援する。 自動ブレーキ など。

#### レベル2

加速・操舵・制動のうち、同時に複数の操作をシステムが 支援する。

先行車追従+レーンキープなど。

#### レベル3

加速・操舵・制動の全ての操作をシステムが操作する。 システムが要請した時,ドライバーが操作を代行。

レベル4 (地域限定完全自動運転:ドライバー不要) 動作条件(地域)を限定するが、加速・操舵・制動の全て の操作をシステムが操作する。

レベル 5 (完全自動運転:ドライバー不要)

動作条件を限定せず、加速・操舵・制動の全ての操作をシステムが操作する。

が、走行の安全を確保し、危険があれば機械に代わって自動車を操作することはドライバーの責任である。 一方レベル3では、アクセル、ハンドル、ブレーキの全てを機械が操作し、この自動運転の状態ではレベル2までと異なりドライバーは安全な走行を監視する必要は無い。しかし機械が運転を続行不可能と判断した時はドライバーが機械に代わって運転を行う。一方レベル4、レベル5では、人間のドライバーが不必要になる。先に述べたように、レベル4では運用条件(領域)が限られているが、レベル5ではそのような制限が無い完全に人間のドライバーに代わる自動運転である。

自動運転のレベルが高くなるに従って技術的困難度が増すので、技術の開発とそれを用いた車両の社会への導入でも、このレベルに従って段階的に行うという考えが一般的である。しかし我々はレベル1、レベル2は良いがレベル3は機能しないと考えている<sup>1)</sup>。その理由は人間の特性による。人間は長時間運転に対する注意を払わないでいた後に、急に運転可能な意識の状態になることは基本的に困難であるからである。したがって技術開発としてはレベル4以上の完全な自動運転を最初から目指すべきである。一方技術の困難さという点から見れば、走行環境に関する情報を必要とせずにどこにでも走行することができるレベル5は、近未来を考えた場合、実用的に実現するのは難しいと考えている。この理由によって我々はレベル4に特化した技術開発を行っている。

運用地域が限られるレベル4でも、ドライバーが居

ないことによる社会へのインパクトは大きい。この自動運転技術の典型的な適用例は路線バスであるが、ドライバーが居なくなれば大きな車両はなくなると考えられる。バスが大型である理由は、一人のドライバーに対して多くの乗客を運ぶ必要性からである。ドライバーのコストがなくなれば乗客の数に応じて小さな乗り物が必要なだけ来れば良い。また深夜など乗客が居ないのに走っているバスがあるが、これもなくなる。時刻表があるのはドライバーの労務管理をする必要性からであり、ドライバーが居なくなれば乗客がいない場合にはバスは走らないし、居る場合には深夜でも早朝でもボタンを押せばバスは来る。

なお以上では,我々の戦略をバス路線の自動運転化 として説明したが,走行地域を限定すれば,その中で あればタクシーの機能は実現可能である。

## (2) 自動運転車両

群馬大学は乗用車(トヨタプリウス,アルファードなど)をはじめ、バスやトラックなどを含む合計 18 台の自動運転車両を保持しており、様々な社会環境での自動運転実験に対応できるようになっている。典型的な車両の例を**写真**—1に示す。これらの中でも特



写真―1 自動運転車両の一例(ベース車両はトヨタアルファード)



写真―2 自動運転化された低速電動バス eCOM-10

徴的な車両は**写真**—2に示す車両で,車体は後に述べるスローモビリティの研究で開発された e-COM10 と呼ばれる電動バスを自動運転化したものである。この車両本体も含めて群馬大学のオリジナルである。

写真一3は写真一1に示した自動運転車両のセンサー部分の写真である。屋根にはレーザで周囲の形状を計測するLIDER、人工衛星からの電波で現在位置を計算するGNSS(GPS)、全方位の画像を撮影するカメラが付いている。バスなどの大型車両では屋根のLIDER だけでは死角を生じるため、車体の4つの側面に一つずつ障害物検出用LIDER が付いている。車両の現在位置の計算は屋上のLIDER により計測された周囲環境形状の照合とGNSSの情報によっている。また障害物検出は屋上及び側面のすべてのLIDER を用いている。カメラは、現在のところ信号の色の判定のみに使用している。



写真一3 自動運転車両のセンサー(LIDER, GNSS, カメラ)

自動運転を行うにはまず走行経路を手動で走行して 周囲形状と位置情報が記録された地図を作る。その地 図に車線情報や走行速度、止まれなどの標識情報、信 号の位置情報などを付加する。その後、この地図の情 報と走行中に得られるセンサ情報とを照合しながら走 行する。

## (3) 社会実験

現在まで北は札幌から南は福岡まで、多くの場所で自動運転車両のデモおよび走行実験を行ってきたが、長期にわたっての住民へのサービス実験として最初に行った実験は神戸市北区にある筑紫が丘ニュータウンでの社会実験である。筑紫が丘ニュータウンは高度成長期時代に盛んに作られたニュータウンの一つである。現在住民の高齢化が進み、最寄りのバス停から自宅までの交通手段、いわゆるラストマイルの交通手段が必要とされている。群馬大学では地元のバス会社やシンクタンク系の企業などと協力して、平成29年11

月から一ヶ月ほど、**写真**—1に示したミニバンを改造した自動運転車両を用いて、ラストマイルの交通手段を提供する社会実験を行った。そのコースを図—1に示す。この実験での群馬大学の役割は自動運転車両を提供することであるが、そこで特徴的なことは安全のために同乗する安全監視ドライバーが開発元の群馬大学の人間ではなく、地元のバス会社のドライバーが務めたことである。このために自動運転を監視するドライバーの教育カリキュラムと修了試験を開発した。この実験ではその試験に合格したドライバーのみで運行した。

また現在行っている社会実験で大きなものは、群馬 県のIR 前橋駅と上毛電鉄中央前橋駅を結ぶシャトル



図―1 神戸市北区、筑紫が丘ニュータウンでの実験コース



図─2 前橋市での実験コース



写真-4 前橋市での実験で使われる自動運転化された小型バス(ヒノ ポンチョ)

バスを自動運転化する計画である。図—2に示すように、この路線は700mほどの直線に近い路線であるが、この路線を自動運転化した小型バス(日野ポンチョ(写真—4))を用いて営業運行する。現在緑ナンバーの取得を終了して営業運転に向けた環境データの取得を行っている。今年の終わりには乗客を乗せた営業運転を行う予定であり、自動運転車両による営業運転は日本初の試みである。

## 3. スローモビリティ

## (1) スローモビリティ研究の発祥

群馬大学でのスローモビリティの研究は、平成21年に設立された次世代EV研究会を発祥としている。この研究会の設立当時の趣旨では、地球環境問題の解決に貢献する二酸化炭素ガス排出の少ない交通手段を提供することに力点が置かれていたが、その後低速電動バスを開発し社会実験を行う過程から得られた知見をもとに、低速な交通手段が地域住民にもたらす文化的な効果にも注目して活動するようになった。次世代EV研究会は次世代モビリティ社会実装研究センター設立後にはその一部門として組み入れられ、電動車両(EV)だけに限らず環境負荷が少なく人間にやさしい低速の交通手段を研究する部門として現在に至っている。以下に記す内容の内、社会実験までは次世代EV研究会時代の活動である。

## (2) 低速電動バスの開発

群馬大学では平成24年に一般道路を走行可能な低速電動バスとしてeCOM-8(愛称MAYU(まゆ))を開発しているが、これは平成21年、科学技術振興機構(JST)社会技術研究開発センター(RISTEX)の研究開発領域「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社



写真-5 スローモビリティのための電動バス eCOM-8

会」の援助を受けて構想された計画が実現したものである $^{2)}$ 。

開発されたバスの外見を写真―5に示す。このバ スは全長 4405 mm, 全幅 1900 mm, 全高 2455 mm で, 車内の車則両側に対面式の座席を備え、10人の乗客 を運ぶことができる。窓の部分は開放されており、外 気に触れながら走行する。雨天時には透明なビニール のシートを設置して雨滴の侵入を防ぐ。また車輪は片 側4輪の計8輪で、車輪の中に備えられたモーター(イ ンフォイールモーター)で駆動される。最高速は19 km/h で、一回の充電で 40 km の距離を走行すること ができる。バッテリーは交換式の構造を採っているた め、充電済みのバッテリーに交換することで 40 km を超えて連続走行可能になっている。このバスの設計・ 製作は桐生市のベンチャー企業シンクトゥギャザーが 行っているが、群馬県内の様々な機械メーカー約30 社の部品が使われており、地域産業の活性化にも貢献 している。

#### (3) 社会実験

平成24年に低速電動バスeCOM-8が完成しナンバーを取得して一般公道での走行が可能になると,群馬県桐生市で走行実証実験が行われた。桐生市は関東平野北端に位置する人口約12万人の中規模地方都市で,織物産業で日本の近代化を支えた都市として知られている。現在では織物産業に関連する多くの歴史的建造物を生かした観光都市でもある。まずこの桐生市での観光の交通手段としてeCOM-8の有用性を検証した。

低速バスが一般車両に混じって公道を走行することになると、渋滞の原因になるなど一般車両の交通の障害になる懸念がある。そのため eCOM-8 の完成に先立ち、低速の車両が桐生市の交通に与える影響を住民の協力の下で調査している。一般の小型バスを 20

km/h で走らせてその障害の程度を計測したところ, 後続車両が10台程度溜まった場合はバスを路側に停 車させて後続車両を前に行かせることにより,後続車 両のドライバーの感情も含めて大きな障害にならない ことが分かっている。

桐生市の観光中の交通手段としての eCOM-8 の活用は概ね好評で、快適性を問うた全数 92 のアンケートによれば、82%が快適である、16%がどちらでもない、2%が快適ではないという結果になっている。快適ではないという回答の原因はモーターの音が意外と大きいなどであり、低速で開放された乗り物の特徴とは別の要因であった。一方快適であるという回答の意見では風の気持ちよさや景色の見えやすさなど、eCOM-8 の設計時に意図した特徴が効果を生んだ。

eCOM-8 はこの他、桐生周辺で路線バスが運行されていない比較的居住者が少なく高齢者が多い地域と桐生市中心を結ぶ交通手段として活用する実験も行った。その結果は単なる交通手段ではなく、地域住民の交流を促進する場としての機能も果たし、住民の安否確認の効果もあることが分かっている。ここで開発された eCOM-8 はシンクトゥギャザーによって継続生産され、現在桐生で4台が様々な用途に活用されている他、本原稿執筆時点で国内では14台、国外ではマレーシアで3台が運行されている。また車椅子用のリフターの付いた新型も開発されている。

## (4) 低速電動バスの自動運転化

スローモビリティの実践車両として低速電動バス eCOM-8が一定の成功を納めたので、シンクトゥギャザーによってその大型バージョンとして eCOM-10 が 開発されている。車輪が片側 5 輪、合計 10 輪となり、乗客の定員も 10 名から 16 名に増加している。この車両は設計時から自動運転化されることが考慮されており、昨年の 10 月に完成した第 1 号車は群馬大学で自動運転化され、今年 3 月に富岡製糸場で有名な群馬県富岡市でデモ走行をした他、5 月には福岡県福岡市で行われたアジア太平洋地域 ITS フォーラムでもデモ走行を行っている(図一 2)。

## 4. 企業と行政との協力

## (1) 次世代モビリティ開発の施設と専用試験路

先にも書いたとおり次世代モビリティ社会実装研究 センターは次世代の交通手段を開発し、社会で実践し て行くことを目的としている。そのためには企業や行 政との協力が不可欠であるので、そのための施設や設



写真―6 次世代モビリティ社会実装研究センターの外見と試験路

備を保持している。写真―6に示すのが群馬県前橋 市の群馬大学荒牧キャンパスにある施設である。建物 には車両の改造・整備を行う車両整備設備(写真-7 (a)), 管制・遠隔操縦を行うための設備 (写真-7 (b)), 人工知能の研究にも適した高速並列計算機や 多量の実験データを蓄えられる記憶装置を備えたデー タセンター (**写真**-7 (c)), また円筒形のスクリー ンに周囲360度の画像を投影でき、車両の周囲の環境 が乗客の感情に与える影響を解析できるシミュレー ション装置(写真-7(d)) などが設置されているほ か、共同研究先が研究室や実験室として使用できる部 屋を多数備えている。また建物の前には車両の走行実 験を行う専用試験路がある。試験路の面積は約6000 m<sup>2</sup>で、信号や標識などの道路要素は可動式になって いる。そのため試験内容に応じて最適な道路条件が整 えられる。これらの設備は共同研究先など、群馬大学 と関係がある団体ならば使用していただける共用研究 施設となっている。

#### (2) 協議会・研究会

企業や行政との協力を推進するための枠組みとして、当センターが主体となって協議会と3つの研究会を運営している。協議会はその名前を次世代モビリティオープンイノベーション協議会と言い、群馬大学と協議会の会員および会員相互の交流の場を提供している。具体的な活動として年一回の総会を行う他、適宜群馬大学の次世代モビリティに関する情報を提供している。この協議会への参加は無料である。

研究会は群馬大学と会員,あるいは会員相互の更に密な情報交換および議論の場として設置されている。研究会には次世代モビリティの技術に焦点を当てた研究会である(1)要素技術開発研究会,ビジネス展開を視点とした(2)製造・生産システム研究会,社会ニーズや社会の課題に焦点を当てた(3)社会実装連携研



(a) 車両整備設備



(b) 管制・遠隔操縦設備





写真―7 次世代モビリティ社会実装研究センターの設備

究会の3つがあり、それぞれ1ヶ月ずつずらして3ヶ 月に一度開催している。したがって、1ヶ月に1度は どれかの研究会が開催されることになる。この研究会 への参加は有料(年50万円)であるが、研究会会員 になれば全ての研究会に参加できる。これらの研究会 により様々な交流が生まれ、新たな交通手段が早期に 実現されることを期待している。

#### 5. おわりに

本稿では、群馬大学の次世代の交通手段研究とし て,次世代モビリティ社会実装研究センターの活動を 紹介した。センターの現在の活動としては自動運転の 研究とスローモビリティの研究が大きな部分を占め る。どちらの研究も技術を開発するだけに留まらず. 多くの企業や行政との協力の下、その社会での実践ま で行うことが大きな特徴となっている。今後はこれら

の研究をさらに進め、真に実用的で社会のインフラと なり得る交通システムを完成させるとともに、これら 以外の先進的な交通手段の研究にも力を入れていきた いと考えている。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 大前学,清水浩,橋本尚久 他,自動車の自動運転システム利用時に おける操舵制御異常に対するドライバ反応時間の評価、自動車技術会 論文集, Vol.36, No.2, pp.157-162, 2005.
- 2) 小竹裕人, 関庸一, 天谷賢児 他, 低炭素移動手段として開発した低 速電動バスの導入と地域コミュニティの活性化、日本エネルギー学会 誌, Vol.95, No.11, pp.980-986, 2016.





太田 直哉 (おおた なおや) 群馬大学次世代モビリティ社会実装研究センター センター長・教授