

## 自動運転ライドシェアサービスのための ゼロエミッション交通モデルの一検討

永井悠人<sup>1</sup> 斎藤正史<sup>2</sup> 清原良三<sup>1</sup>

**概要**：近年、我が国はCO<sub>2</sub>排出の削減に取り組んでいる。自動車のCO<sub>2</sub>排出削減に取り組むことはこれに大きく貢献するといえる。電気自動車はこの目的に大きく貢献しているといえ、期待も高い。さらに、ドライバーの高齢化も問題視され免許返納を推奨しているが、地方圏での不便さや代替え交通手段のドライバーの高齢化があり矛盾が生じている。そこで、乗車率の向上が見込め、運転操作がほぼ必要のない自動運転車両によるライドシェアにて電気自動車を運用することで、CO<sub>2</sub>の削減、免許返納の補助ができると考えた。また、この電気自動車に利用する電気を自然エネルギーで全て補うことが出来ればより理想的だと考える。本論文ではこれを実現させるためのモデルを検討するための実験手法について検討する。

**キーワード**：ITS 電気自動車 自動運転 カーシェア ライドシェア ゼロエミッション

## A Study of Zero Emission Vehicle Model for Ride Share Service by Automated Vehicles

YUTO NAGAI<sup>1</sup> MASASHI SAITO<sup>2</sup> RYOZO KIYOHARA<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年、地球温暖化が急激に進みつつあり、異常気象など様々な問題が発生している。その主な原因はCO<sub>2</sub>の発生といわれており、発電や自動車などエネルギーに関する大きな課題となっている。全世界で自動車が排出するCO<sub>2</sub>の影響も大きい。先進国では、CO<sub>2</sub>削減手段として、公共交通機関、カーシェア、ライドシェアの利用、電気自動車（Electric Vehicle 以下EVと記述する。）の利用などを推進している。

CO<sub>2</sub>削減というだけでは、動機に薄く、多くの人が協力するとは限らないため、CO<sub>2</sub>排出量の少ない自動車の税金を安くしたり、米国では複数人乗った自動車の優先走行レーンを作るなど、モチベーションを別の面から起こすような施策も取られている。

カーシェアを利用することによる自動車の保有や利用の変化を分析すると、カーシェアの会員になることにより自転車や公共交通機関、特に自転車の利用頻度が増加し、自家用車を利用していた短距離移動を自転車によって代替していることが伺われ、結果として、自動車の走行距離は約30%の減少となり157.8(kgCO<sub>2</sub>/人/年)の削減が示されている[1]。武内らは、カーシェアに小型EVを導入することによりガ

ソリン車と比べCO<sub>2</sub>の排出量を1/5に削減できるとしている[2]。カーシェアリング・ジャパン株式会社による利用目的の調査[3]によると郊外の大型商業施設への買い物や外出、日帰りレジャー、近場での買い物が多い(図1)。このように同じ目的を持った人が多数いる場合一度の走行で多人数を輸送できるバスなどの公共交通機関が有効である。

図2に示すように、公共交通機関を利用することにより、単位輸送量（人キロベース）当たりのCO<sub>2</sub>排出量を自家用車に比べ約1/3に削減できるとされている[4]。さらに、警視庁は毎年、高齢者に運転免許自主返納を促す運動を行っている。自治体によっては代替え交通手段であるバスやタクシーの割引券などを配布し運転免許を返納した際不自由なく生活できるよう配慮されている。

しかし、地方圏では、公共交通機関の整備が不満足であり、結果自家用車に依存してしまい、CO<sub>2</sub>の排出が増加していることが、図3より窺える。さらに、免許返納の妨げにもなっている。また、バスやタクシードライバーも高齢化し、今後平均年齢の上昇が図4より予測できる[5]。

免許返納を推奨しているのにも関わらず、その代替え先でも高齢者が運転している。という矛盾が発生することに

1 神奈川工科大学  
Kanagawa Institute of Technology

2 金沢工業大学  
Kanazawa Institute of Technology

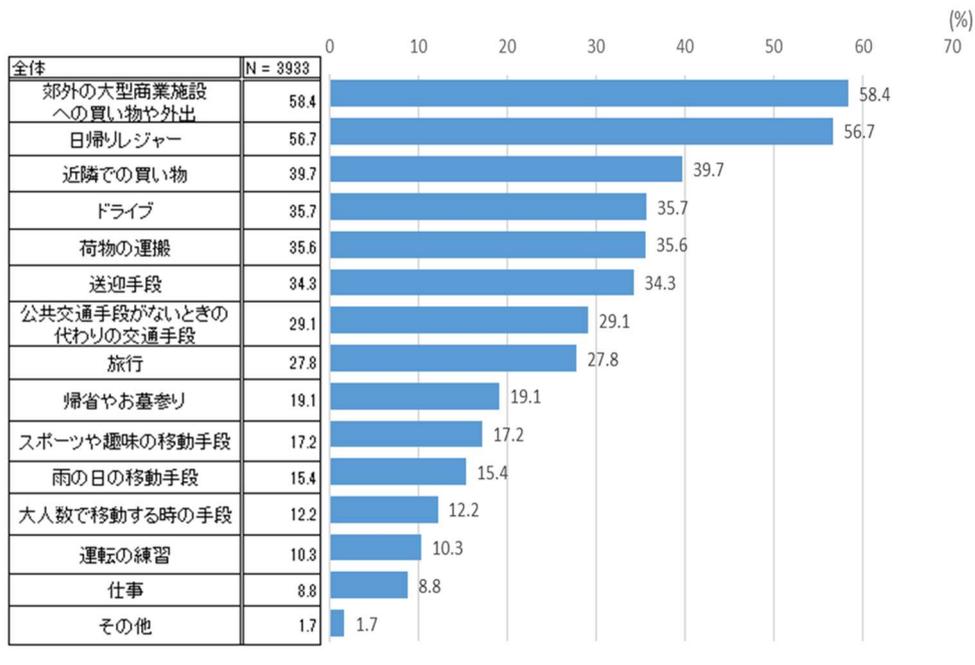


図 1.カーシェアリングの利用目的

(出典)カレコ・カーシェアリングクラブ会員アンケート 2015 結果発表[3]

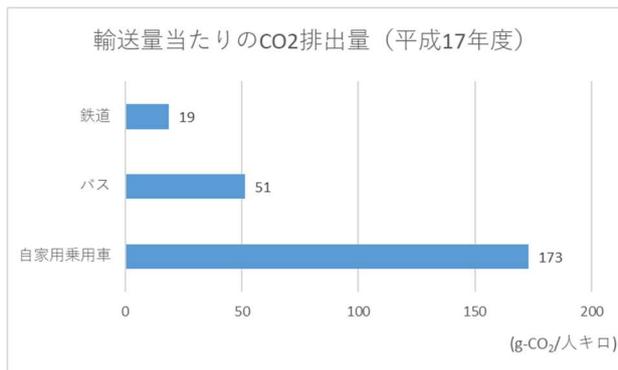


図 2 .輸送量あたりの CO2 排出量

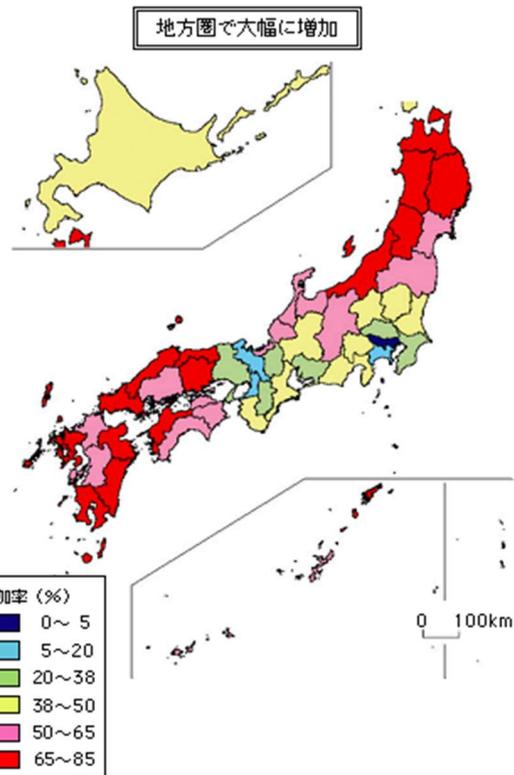


図 3 1人当たり CO2 排出量の推移の試算 (平成2年度と16年度の比較.)

(出典)国土交通省:国土交通白書[4]

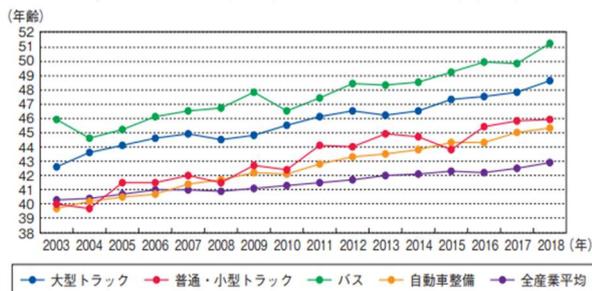


図 4.自動車運送事業における労働者の平均年齢の推移

(出典) 国土交通省:交通政策白書[5]

なる。

そこで、自動運転、乗車率の向上、EVによるCO<sub>2</sub>排出の低減を同時に満たすことのできる自動運転 EV 方式のライドシェアを効率的に運用することが重要になる。

さらに、石油由来の電気を利用せず、太陽電池などの自然エネルギーを利用することにより更にCO<sub>2</sub>の削減が必要である。つまり、EV化しても発電に別の場所でCO<sub>2</sub>を排出しては意味がないためである。

そこで、地方での運用を想定に、モデル地区を定め、自然エネルギー発電機の性能、EVの性能、地形、利用目的などの情報を元にシミュレートを行い、利用者の満足度、運用コストで評価を行い最適な車両の運用、発電機の運用について検討することで地方地区におけるCO<sub>2</sub>削減や免許返納問題について解決の糸口になると考える。

本論文では、ライドシェアにおけるEV配置台数、必要発電機台数を提案するための実験方法について検討する。

## 2. ライドシェアの概要

ライドシェアとは、個人が所有する自動車に移動目的場所などがマッチングした際に、ガソリン代や高速代、謝礼などを支払い相乗りさせてもらうというものである。

ライドシェアに近似しているオンデマンドバスとの大きな違いとして、日本の場合、オンデマンドバスは、道路運送法で許可された車両で、いわゆるプロが運転する。ライドシェアの場合はこれに該当しない。すなわち前者は乗車に対して運転手に利益が発生する事に対して後者はこれが発生してはならない。

本研究では表1に示すように道路運送法は考慮せず、ライドシェア車両の保有者に対して利用に応じた報酬が支払われるものとする。

## 3. 関連研究

環境問題対策としてEVを利用したカーシェアの効率的運用方式が提案されている[7]。この研究では、カーシェアの車両をEVとしたときの航続距離問題、充電問題などを要素としたシミュレートを行い利用者の満足度により評価を行っている。

しかし、配車を有で行うカーシェアという点と、最終的にパークアンドライドの導入を検討している為に、公共交

通機関の整備不足や自動運転については考慮されていない。

さらに、自然エネルギーの使用については考慮されていないため、条件が異なり、ライドシェアを考慮した場合にもそのまま適用できるとは限らない。

低密度居住地域における交通制約者の移動手段としてのライドシェアの可用性が佐々木らによって検討されている[8]。低密度居住区で公共交通機関を導入した場合、複数の利用がほとんどないケースや、利用者と目的地が近接せず乗合率を向上させることが困難なケースもあるとしていて低密度居住地域即ち地方圏には公共交通機関よりもドライバーと利用者お互いの信頼性を担保して適切なマッチングを行えばライドシェアは適しているという結論を得ており、しかし、ドライバーが有であること、既存のガソリン車で有ることなどからさらに自動運転、EVを想定した場合を検討する必要がある。

## 4. 提案手法

現在、自家用車や代替えとして利用されているバス、タクシーは石油燃料を消費している。これらを全てEVにした場合、見かけ上は石油燃料の消費は抑えられるように見えるが、図5、6に示すように、国内の発電の7割超を火力発電で賄っており間接的に石油、石炭、LNG、などを消費してい

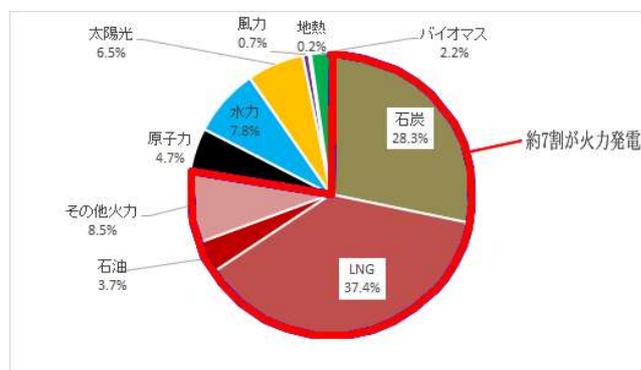


図5 国内の発電方法の割合  
 (出典)2018年の国内の自然エネルギー電力の割合[6]

表 1.本論文におけるライドシェアの定義

	従来のライドシェア	本論文でのライドシェア	オンデマンドバス
利用者	保有者との行き先の合意	保有者との行き先の合意	利用者の要望
保有者 (ドライバー)	無許可	無許可	許可
報酬	無	有	有

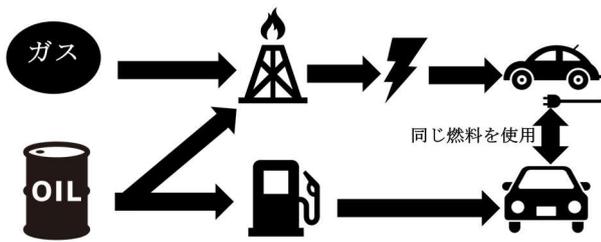


図6 従来のエネルギーの流れ

るため[6], CO<sub>2</sub>削減に対する有用性は低いと考える. そこで, 図7に示すように発電方法を自然エネルギーのみで行いその電力を利用してEVを運用することが出来れば交通手段はゼロエミッション化されCO<sub>2</sub>削減に大きく貢献できると考える.

そこで, 図8に示す相模原市緑区をモデル街とし, マルチ

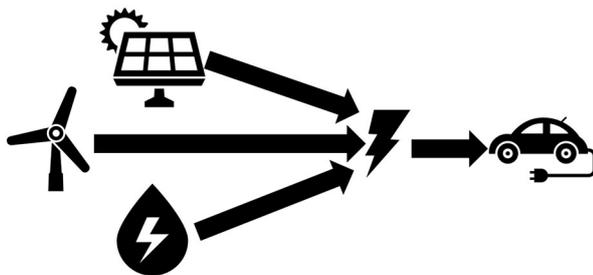


図7 提案するエネルギーの流れ



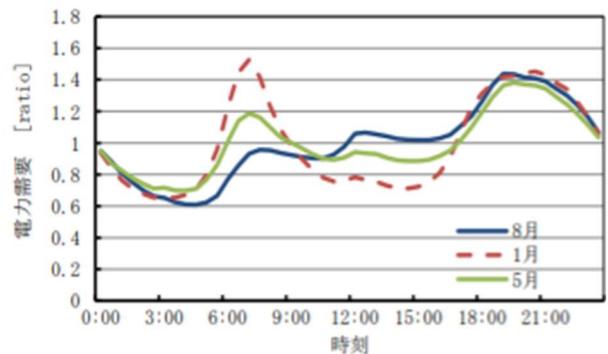
図8 モデルとする相模原市緑区の一部

エージェントシミュレータにEVに関する航続距離, 充電時間, 回生ブレーキの要素, 利用者の目的の要素を追加した上でシミュレートを行い利用者の満足度と設備のコストの最適数を検討する.

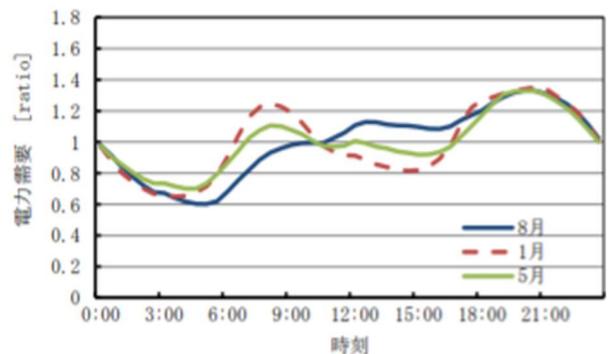
### 5. 一般家庭における消費電力について

ゼロエミッションで消費電力を賄うということから, EVの必要電力を補え切れず一般家庭の電力に影響を及ぼす可能性が考えられる. それでは, 結果的に石油エネルギーを消費していることと変わらない. そこで, 一般家庭の消費電力の波について検討する. 森田らは戸建住宅約700世帯で30分間の電力需要の平均を用いて月別, 日別, 時間帯別に平均的な電力需要パターンを示している[9].

図9に示すように平日, 休日, 季節などの差はあるが, 基本的に6時頃から電力需要が高まり, 10時頃から正午まで落ち込むが, その後18時頃から21時頃にかけて再び需要が高まるという傾向がある. そこで, 電力需要の少ない時間帯で余剰している電力をEVまたは, バッテリーに貯蓄することで, 一般家庭に影響を与えず運用できるのではないかと



(a) 平日



(b) 休日 (土日祝日)

図9 各季節の時間帯別平均電力需要 (平日)  
 (出典) 数百世帯規模の家庭の平均電力需要特性評価[9]

と考える。

本実験で使用を仮定する EV は距離に応じて最適なものを検討するため表 2 に示す 3 種類を仮定する[10][11][12]. ZAA-ZE0 型のリーフについては OBD2 より充電時間, 使用電力, 走行距離のデータを実際に計測しシミュレータに適応する予定である.

シミュレータには STE 社のネットワークシミュレータ Scenargie のマルチエージェントモジュールを利用する予定である. 地方都市であり, 車両密度がそれほどでもないと思われるため, 車車間通信や路車間通信機能は利用しないが, 将来的にはある程度の交通量のある町も想定するため, ネットワーク機能と連携可能なシミュレータとして利用する.

EV の運動方程式のパラメータは上田らが提案したもの[7]を利用し, 車両モデルを実装する. 自動車にかかる抵抗は図 10 に示すように多種類存在するが, それぞれの式を(1)~(2), パラメータを表 3 に示す.

$$F_r = \mu Mg \quad (1)$$

$$F_w = \rho CdSv^2/2 \quad (2)$$

$$F_a = Ma \quad (3)$$

$$F_g = Mg \sin \theta \quad (4)$$

$$F_d = F_r + F_w + F_a + F_g \quad (5)$$

表 2. 使用する仮定の EV の仕様

メーカー	三菱自動車工業	日産自動車	日産自動車
型式	ZAA-HD4WLDD	ZAA-ZE0	ZAA-ZE1
バッテリー容量	16.0kWh	24kWh	40kWh
航続距離	164Km	200km	400Km
普通充電(200V)	7時間満充電	8時間満充電	16時間満充電
急速充電	30分80%充電	30分80%充電	40分80%充電
価格	295万円~	377万円~	325万円~

車両の動作モデルは IDM[14]をベースに, 高齢者にとって安全かつ安心感のあるモデルを実装する予定である.

地図データは OpenStreetMap [13]より取得し, 出発地点, 到着地点を複数設定し利用する.

以上のことを踏まえシミュレーション実験を繰り返すことにより, 適切な解を導く予定である.

## 6. おわりに

本論文では, 自動運転かつEV時代における地方都市の高齢化による課題を整理し, 時代の要求を満足するための移手段の提供におけるライドシェアに着目し, ライドシェアの車両の効率的配備台数, 効率的な運用モデルの検討を行った. また, 要求として, ライドシェア車両におけるゼロエミッションの実現を必須と考えた上で, 様々な CO<sub>2</sub> 排出を行うエネルギーを利用することなく実現する予定である. 今後, シミュレーションによって, 提案内容の妥当性評価を行うとともに, 評価対象とした地域での適切な運用方法まで提案する予定である.

さらに, このような自家用車からライドシェアへ人々が移行するという行動変容の可能性, および行動を変えさせるトリガの検討も進める予定である.

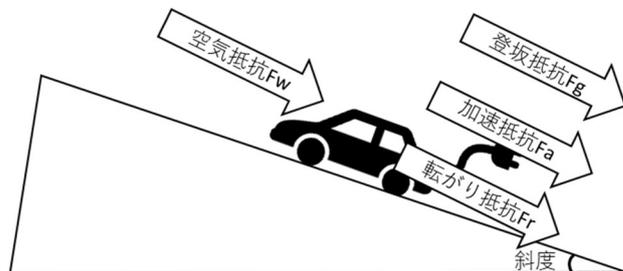


図 10 自動車にかかる抵抗

表 3. 運動方程式のパラメータ

パラメータ	単位	意味	取得方法
$\mu$		転がり抵抗摩擦係数	定数
M	Kg	車両総重量	カタログ値
g	$m/s^2$	重力加速度	定数
$\rho$	$kg/m^3$	空気密度	定数
Cd		空気抵抗係数(Cd 値)	カタログ値
S	$m^2$	全面投影面積	カタログ値
v	m/s	車両の走行速度	シミュレータ
a	$m/s^2$	車両の加速度	実車の GPS
$\theta$	rad	斜度	地図データ

## 参考文献

- [1] Yamamoto T, Naruse H., Morikawa T., "Analysis of Effects of Carsharing on Car Ownership and Travel Behavior," The 3rd Japan-China Joint Seminar on Transportation and Urban Planning, August 4, Kumamoto, Japan, 2007.
- [2] 武内 博孝, 谷内 利明:「カーシェアリングにおける小型EV 導入による CO<sub>2</sub>削減効果」,信学技報,EE2010-2(2010-05),p37-42(2010)
- [3] カーシェアリング・ジャパン株式会社:カレコ・カーシェアリングクラブ会員アンケート 2015 結果発表  
[https://www.mfrealty.jp/news/2016/re\\_pdf/20160519\\_careco.pdf](https://www.mfrealty.jp/news/2016/re_pdf/20160519_careco.pdf) <2019/8/5 accessed>
- [4] 国土交通省:「平成 19 年度国土交通白書 第 1 部 進行する地球温暖化とわたしたちの暮らし～地球温暖化対策に向けた国土交通行政の展開～」  
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/hakusho/h20/html/j1211300.html> <2019/8/2 accessed>
- [5] 国土交通省 「平成 30 年度交通の動向」及び「令和元年度交通施策」第 1 部(2/3)  
<https://www.mlit.go.jp/common/001294518.pdf> <2019/7/31 accessed>
- [6] isep 2018 年(暦年)の国内の自然エネルギー電力の割合  
<https://www.isep.or.jp/archives/library/11784>, <2019/7/30 accessed>
- [7] 上田知幸, 孫為華, 柴田直樹, 伊藤実:「カーシェアリングに基づいた EV の効率的運用スケジューリング」, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集 p1102-1110 (2013)
- [8] 佐々木邦明, 二五啓司, 山本理浩, 四辻裕文:「低密度居住地域における交通制約者の移動手段としてのライドシェアの可用性」, 社会技術研究論文集, Vol10, p54-64
- [9] 森田圭, 真鍋勇介, 加藤丈佳, 舟橋俊久, 鈴置保雄:「数世帯規模の家庭の平均電力需要特性の評価」, Journal of Japan Society of Energy and Resources, Vol38, No1,p20-29
- [10] 日産自動車: ZAA-ZE0 型リーフカタログ, p 36(2011)
- [11] 日産自動車: ZAA-ZE1 型リーフ カタログ  
[https://www3.nissan.co.jp/content/dam/Nissan/jp/vehicles/leaf/1907/pdf/leaf\\_specsheet.pdf](https://www3.nissan.co.jp/content/dam/Nissan/jp/vehicles/leaf/1907/pdf/leaf_specsheet.pdf) <2019/8/2 accessed>
- [12] 三菱自動車: ZAA-HD4WLDD 型 iMiEV 主要諸元表  
[https://www.mitsubishi-motors.co.jp/lineup/imiev/spec/spe\\_02.html](https://www.mitsubishi-motors.co.jp/lineup/imiev/spec/spe_02.html) <2019/8/2 accessed>
- [13] OpenStreetMap , <https://www.openstreetmap.org> < 2019/8/3 accessed>
- [14] Mineo Takai, Jay Martin, Shigeru Kaneda, Taka Maeno, "Scenargie as a Network Simulator and Beyond," Journal of Information Processing, " Vol.27, No.1, pp.2-9, 2019