

完全自動運転を用いた公共交通機関の経済的有効性検討

中村恭脩^{†1} 梅津高朗^{†2}

概要：現在公共交通機関，特に乗り合いバスにおいて効率よく人を配送できない現状にあり，都市部の事業所の内の30%，地方では90%が赤字になっている。またタクシー，バス共に人件費が全体の費用の半分以上を占め，さらに運転士の高齢化により近い未来に現在のサービスを維持できなくなる可能性がある。そこで公共交通機関に限り運転士を必要としない完全自動運転が実現した社会を想定し，そこから発生する損益を明らかにし，自動運転社会の経済的有効性について検討する。

キーワード：ITS，自動運転，公共交通の効率化

1. はじめに

現状のバス・タクシーなどを含めた公共交通事業者は経営的に厳しい状況に陥っている。乗り合いバス業界の現状は，国土交通省の調査[1]によれば民間事業者で7割，公営事業者では9割が赤字の状況である。また若者や女性の免許取得も増えたことにより利用者は年齢的に免許を持ってない世代と高齢者世代に限定され約10年間で輸送人員は2割減少し，減少に歯止めのかからない状況になっている。また6年間で乗り合いバスでの路線廃止キロ数は11,600キロと高齢者が多く住む公共交通空白地帯の拡大も深刻である。このような状況に際し，従来は黒字路線による内部補助が相当程度行われていたが，現在の状況では事業収益性が減少し，内部補助は困難な状況である。また人件費を中心としたコストカットも限界であり，公的支援なしに路線・便数を維持する事は出来なくなっている。

一方で，タクシー事業の現状[2]について車両数は，平成14年2月の規制緩和以後増加傾向にあったが，20年度以降は減少傾向にある。輸送人員・運送収入についても景気の低迷等の影響を受けて，近年減少傾向である。またタクシー運転者の年間所得は全産業平均の約半分であるが，労働時間は全産業平均よりも長く，労働効率性は低い。また営業費用のうち，人件費は70パーセント以上を占めている。しかし車両の減価償却や修繕などの車両関係費は，全体の4パーセント弱であり，設備投資費用が低廉となっている。タクシー運転者と年齢構成においても年々運転者は減少しており，高齢化が進んでいる。このような現状について「新しいタクシーのあり方検討会」[3]が

① タクシー事業については，依然として厳しい経営環境が続く中，事業活性化の主体的な取組が一層強く求められている一方，人材確保・育成策や，経済動向を踏まえた事業経営など，現下の課題に的確に対応することが必要となっている。

② また，タクシー特措法について，改正法施行後1年を迎えることから，衆参両院の附帯決議などを踏まえ，施行状況やその効果についてフォローアップを行い，運用の改善等について検討していく必要がある。

③ このため，タクシー事業を巡る上記の課題について，幅広く検討を行い，今後の新しいタクシーのあり方の方向性を示す。

という趣旨の下設置されている。またその下でのタクシー事業は依然として厳しい経営状況に見られる。この状況が継続・悪化すれば，輸送サービスの停滞を通じて経済活動・国民生活に支障を及ぼす可能性があり，これを未然に防ぐことは急務である。経営基盤の強化・安定的な輸送手段の確保を図るため，人口減少や高齢化，訪日外国人の急増，IT技術の発達といった環境の変化を踏まえつつ，地域の特性・利用者ニーズに即したサービスを提供する等により，従来のビジネスモデルを革新する必要があるとして活動が行われている。

自動運転技術について，自動車における自動運転とは，認知，判断，操作の一部をシステムが行う運転支援と，ドライバーが運転時に行う認知，判断，操作のすべてをシステムが行う自動運転の大きく2種類に分類される。そして自動運転にはレベル0からレベル4までの5段階(レベル)が設定されている。今回前提として仮定するものは最高レベルであるレベル4の完全自動運転である。これは無人運転であり，ドライバーの乗車は必要なく，運転席もない。安全に関わる運転操作と周辺監視をすべてシステムに委ねる。

本研究では無人運転を可能にする完全自動運転の技術を需要と供給のバランスが取れていない，人件費の過度な削減が問題となっているなど深刻な経営状況に直面している公共交通機関への適用による経済的効果について検討を行う。

^{†1} 滋賀大学 経済学部

^{†2} 滋賀大学 データサイエンス学部

2. 関連研究

徳永幸之氏、千田篤史氏らの論文[4]によれば、乗合バス事業を取り巻く環境は、モータリゼーションや少子高齢化の進展によって利用者数は減少傾向にあり、年々厳しい状況になっている。さらに、2001年の国庫補助制度の変更や2002年の道路運送法の改正といった法制度面の変更もあり、経営環境の変化に対応して各事業者は採算性の低い路線を廃止するなどの利用者の減少に対しての縮小均衡を図ろうとするものや人件費削減といった経営戦略を取っている。また規制緩和により参入が自由化されたとはいえ、乗合バスサービスを安全かつ継続的に遂行するための許可条件のハードルは高く、厳しい条件に見合うコストを払っても効果がすぐに現れるほど現在の乗合バス市場はうまみがない状況である。このような環境の中で乗合バス事業の費用構造に着目し、事業者の特性を考慮した上で各費用項目別に推定するモデルが構築されている。そして構築したモデルを利用する事で、実際の事業者の費用および収益率の推定を行った結果、小規模集中事業者においては経営戦略を大きく転換し、費用を増加させつつも収益率を好転させている事業者が存在していることが示されている。一方で、大半の事業者においては費用を低減させてもなお収益率は悪化していることが明らかにされており、特に、小規模広域事業者で大幅な費用削減を図りながらも苦戦している傾向がみられた。

また川村正則氏の論文[5]によれば、平成14年2月に施行したタクシー事業需給調整規制の廃止等を内容とする「改正」道路運送法により、「規制緩和の経済効果」の中で、タクシー業界は138億円の利用者メリットを示している(2004年)。また改革後は弾力的な価格設定が可能となり定額運賃や遠距離割引といった新しいサービスも生まれ、サービスは多様化し利用者満足度は上がったと言われている。しかし経営のリスクを労働者側に転嫁可能である歩合制賃金により、需要をはるかに超えて車両台数が急増し、限られたパイの奪い合いが生じた。その結果、車両1台当たりの売上の減少、運転者の賃金水準や労働条件の低下が起きた。それは運転者に無理な営業・乗務を強いることとなり、十分な訓練を受けないまま公道で仕事をはじめると運転者の増加という条件などもあいまって、事故の増加にもつながっている。さらには、供給過剰であふれたタクシーが車道にひろがるなど交通環境を悪化させ、無駄な走行で環境問題をも引き起こしている。このように交通市場が縮小する中で導入された規制緩和と政策が、タクシー産業の持続可能性を破壊し、労働力(運転者)の再生産をも困難にしているという現状に陥っている。また現状の打開策として今日のタクシー業界の不振を構造的にとらえ、個々の経営レベルでの努力はもちろん必要ではあるが、業界レベルでの取り組みを進めることの必要性を説いている。

国土交通省が主宰し専門家により組織された「オートバ イロットシステムに関する検討会」の資料[6]によれば、自動運転レベルは以下の5段階に分類される。

- ① レベル0 (自動化なし) 運転者が常時運転の制御(操舵・制動・加速)を行う。
- ② レベル1 (特定機能の自動化) 操舵、制動または加速の支援を行うが、操舵・制動・加速のすべてを支援しない。
- ③ レベル2 (複合機能の自動化) 運転者は安全運行の責任のみであり、制御はすべて支援される。
- ④ レベル3 (半自動運転) 機能限界の場合のみ、運転者が自ら運転操作を行う。
- ⑤ レベル4 (完全自動運転) 運転操作、周辺監視をすべてシステムに委ねるシステム。

特にレベル4の完全自動運転技術を用いた自動運転自動車は人間による運転操作が必要なく、目的地・経由地をシステムに登録することで安全に目的地へ移動することができる。

このような自動運転自動車の実現し、広く普及した場合に期待される効果として

- ① 人的事故減少効果
- ② 渋滞解消・緩和効果
- ③ 環境負荷軽減効果
- ④ 高齢者等の運転補助効果が考えられる。

自動運転自動車に必要な機能要件として、「単独での操縦の自動化・自律化」、「周囲状況の認識・安全確保」、「経路探索・誘導」、「人間の介入」などがあげられるが、これらの技術は急速に進歩しており、いずれもかなり実用化の段階まで開発がなされている。すでに米国では自動運転自動車が公道走行の免許を取得している。公道走行には莫大な道路インフラの整備が必要であると考えられるが、欧米では自動車の自律運転と協調運転により、道路インフラの整備がほとんどなくても自動運転自動車が走行できる技術開発が進んでいる。

今後、自動運転につながる技術開発は、ますます進歩し、将来的には各国で自動運転自動車が公道走行する時が来ると考えられる。しかし、自動運転自動車が公道走行できる法制整備や事故における責任の所在など制度面での検討が進まないと、自動運転自動車の開発側もユーザー側も自動運転へ移行するという動機が得られない。

自動運転自動車がもたらす効果として交通事故の減少、渋滞解消・緩和、環境負荷の軽減、高齢者や身体の不自由な人の運転支援などがあり、さらに自動車産業の振興からも世界に先駆けて自動運転自動車を普及させることの意義は大きいと考えられる。しかし自動運転自動車の実現には、公道走行免許を発行する制度や段階的導入のための施策が必要であり、事故時の責任の所在など技術開発に合わせて

関連する法制整備を行う必要がある。そのためには、道路利用に関するコンセンサスを形成して最終的な道路交通のあり方を見定めようとして、政策的誘導を実施すべきであるとされている。[7][8]

3. 研究目的とアプローチ

これらの研究論文を踏まえ、現在の公共交通機関には収益性や、需給バランスの乱れなど様々な問題を抱えている。その解決には現状の環境下での努力も必要ではあるが、根本的な解決にはつながりにくい。

本研究では前述の通り、公共交通機関が抱える問題について、運転を代替する完全自動運転技術を用いる事でその解決策を見つけ、経済的な側面から解決策の有効性について検討を行う。

(1) 人件費問題

原価構成の半分以上を人件費が占める典型的労働集約産業であるバス・タクシー業界において自動運転技術の利用はこの業界の問題への解決に貢献できると考えている。

バス・タクシー業界のような典型的労働集約産業は人件費を削減する事が経営状況を立て直す一つの手段となっているがそのような方策[9]にも限界があり、平成 22 年度の民営バス運転者の給与（年収）は 445 万円と、全産業男子平均（523 万円）を大きく下回っている。しかし平成 22 年度中のバス運転者（公営を含む）の勤務時間は 2,508 時間と、全産業男子（2,172 時間）を大きく上回っている。このような現状もありバス事業者は常に人材不足の状況にあり、離職率も 30% を越えている。

タクシー業界でも 2,328 時間の労働に対して平均年収は 310 万円、平均年齢も 59 歳となっている。

現在営業収益が運送原価を下回っている乗り合いバス業界で自動運転技術により人件費をゼロにする事ができたと仮定するとおよそ 3,000 億から 4,000 億の利益を出すことができる計算になる。また人件費が原価の 70% 以上を占めるタクシー業界であれば非常に大きな利益を上げる事も可能である。

(2) 環境問題

平均 40 パーセント程度であるタクシーの実働率を自動運転により高める事は流し営業による排気ガスの削減につながる。また都市部の流し営業は交通渋滞の一因になっている。そのような供給過多な状況を自動運転車両で最適な数へと是正していく。

(3) 少子高齢化問題

バス・タクシー共に運転手の 4 分の 3 以上が 50 代以上であり、年々運転手の数も減少している現状において自動運転技術を取り入れる事は交通経済を活性化させるうえで重要である。

4. まとめと今後の課題

本研究では、現状の公共交通機関が抱える問題点について検討を行った。今後は客観性の持たせるために経済的分析手法[10]を用いた検討を行う。また仮想交通シミュレータ SUMO を用いて現状需給均衡が取れていないタクシーや乗り合いバスの最適な数について検討する。そこから人件費、交通環境、環境問題の側面から経済の有効性について検討する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K00123 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] “バス事業の現状と取り組みについて”，公益社団法人 日本バス協会，社会資本整備審議会資料 <http://www.mlit.go.jp/common/001127098.pdf>, (2016)
- [2] “タクシー事業の実態”，国土交通省 www.mlit.go.jp/common/001087374.pdf, (2004)
- [3] “タクシー事業の現状と目指す方向性について”，国土交通省 <http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/meeting/2013/wg4/toushi/160127/item1-2.pdf>, (2014)
- [4] 徳永 幸之，千田 篤史：“乗合バス事業における経営環境と経営指標の変化分析”， https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalip1984/24/0/24_0_723/pdf, 土木計画学研究・論文集 Vol.24 no.4, p.p.723-730 (2007)
- [5] 川村 雅則：“規制緩和下のタクシー労働” http://ci.nii.ac.jp/els/contentscinii_20171019173739.pdf?id=ARTO008925153, 開発論集 第 82 号 p.p.169-210 (2008)
- [6] 須田 義大，青木 啓二：“自動運転技術の開発動向と技術課題” https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/57/11/57_809/_pdf, 情報管理 Vol.57 No.11, p.p.809-817 (2014)
- [7] 辻野 照久，坪谷 剛：“自動運転自動車の研究開発動向と実現への課題” www.nistep.go.jp/wp/wp-content/uploads/NISTEP-STT1331-1.pdf, 科学技術動向研究(133) p.p.9-16 (2013)
- [8] 我妻 広明：“人工知能による運転支援・自動運転技術の現状と課題” https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicej/54/11/54_808/_pdf, 計測と制御人工知能による運転支援・自動運転技術の現状と課題 ol.54 No.11 p.p.808-815 (2015)
- [9] “タクシー事業の現状と目指す方向性について”，国土交通省自動車局 <http://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/meeting/2013/wg4/toushi/160127/item1-2.pdf>, (2016)
- [10] 榎本 慶太，斎藤 正史，清原 良三：“オープンデータを用いた地方中核都市における交通量予測手法”，情報処理学会研究報告 Vol.2016-MBL-80 No.17 Vol.2016-CDS-17 No.17 (2016)