

1. 研究背景と目的

通勤ラッシュ時における交通渋滞は、我が国の社会問題の一つである。この問題の理解・解決策の提案のために、ボトルネックモデルに関する多くの既存研究がある。(桑原 1)). 近年では、自動運転車利用におけるボトルネックモデルが登場し、普通自動車通勤と自動運転車通勤の2種類の通勤方法へのモデルの拡張がなされている (Berg et al. 2)). これまでの研究に用いられたモデルでの自動運転車は、公共交通機関のような提供の形態がなされている。ここで、公共交通は規模の経済が働く代表例であり、これが通勤費用に大きく影響するにも関わらず、規模の経済の効果を導入していない研究が多いのが現状である。

そこで、本研究では自動運転車における規模の経済の効果を導入したボトルネックモデルの均衡状態の特性を明らかにし、どのような都市の条件で自動運転車が普及するのか解析することを目的とする。

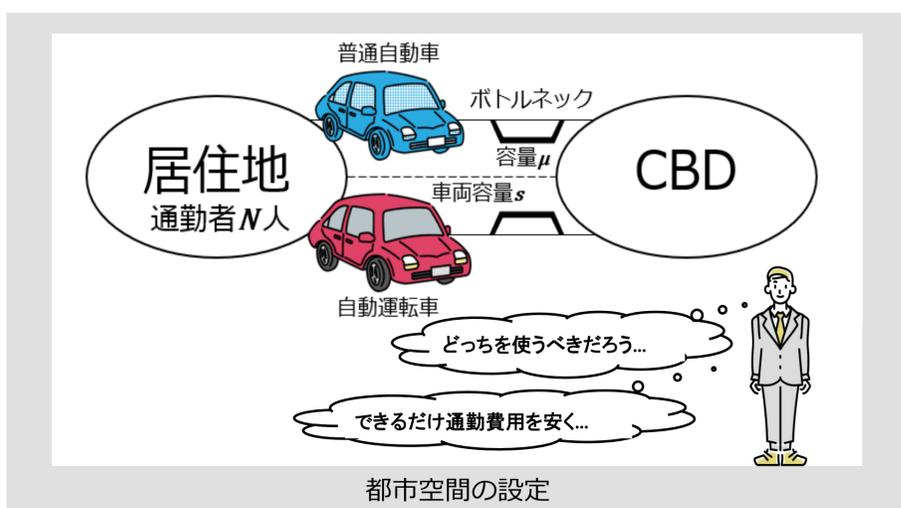
2. 自動運転車の特徴

自動運転車をもたらすと期待されている効果は大きく分けて以下の3つが予想される。

1つ目に、より安全に高密度での運転が可能となるため、道路の容量が増大するため、交通渋滞の緩和剤となること。2つ目に、運転中にほかの作業を行うことが可能なため、通勤費用における時間の価値 (VOT) が低下し、通勤費用が低下すること。3つ目に、自動運転車はかなり高価なものとなるため、企業からの提供により自動運転デマンド型公共交通として利用可能になると予測されており、車の所有形態が“保有”から“共有”に変化することで、車両の保有コストを0に抑えられること。これら3つの効果が期待されている自動運転車が、どのような都市条件で普及するのかについての解析を行う。

3. モデルの設定

本研究で使用するボトルネックモデルの設定を示す。住宅地と中心業務地区(以降、CBD と呼ぶ)が単一の道路で結ばれている単一中心都市を考える。住宅地にはすべての労働者が居住しており、その人口を N とする。また、すべての企業は CBD に集積しており、すべての労働者は時刻 t に到着し、普通自動車と自動運転者のいずれかの方法で通勤する。



おおまかな研究の流れとしては、様々な都市条件下で、普通自動車と自動運転車の通勤費用を比較し、通勤者がどちらを選択するかを解析する。

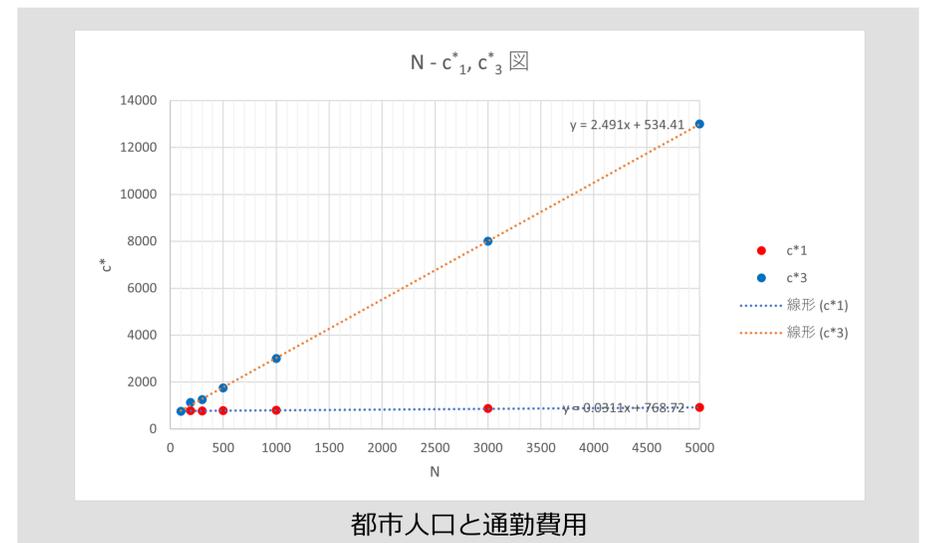
本研究では、2段階の均衡を考える。短期的には、通勤者は、均衡状態での利用者分布 N を既知として、通勤費用 c_{CAR} , c_{AV} を最小化する居住地出発時刻 t を選択する。つまり、通勤者の通勤手段は定まっているとの前提の下で出発時刻 t を選択する。その結果、均衡通勤費用 C_{CAR}^* , C_{AV}^* が、利用者分布 N の関数で与えられる。長期的には、均衡通勤費用 C_{CAR}^* , C_{AV}^* を既知として、通勤者は通勤手段を選択する。その結果、均衡状態での利用者分布 N^* が求まる。

4. 都市人口のみを変化させた安定均衡状態

まず解析の結果、自動運転車利用者と普通自動車利用者が混在する均衡状態と、全員が普通自動車を利用する状態の2種類で安定均衡状態となることが分かった。道路容量を一定とし、都市規模を拡大させた場合このうち、自動運転車利用者と普通自動車利用者が混在する均衡状態での利用者分布は、全通勤者に対する自動運転車の利用者が線形的に増加し自動運転車通勤に大半通勤者が集積する状態なることがわかった。また道路容量が一定で、都市人口が増加したことで、通勤費用は増加するが、通勤者全員が普通自動車を利用するときと比べて、通勤費用の上がり方が緩やかになっていることがわかった。

つまり、道路条件が一定で、都市人口が増加すると、渋滞は激しくなり通勤費用は上昇するが、自動運転車をうまく活用することで、その通勤費用の上がり方を緩やかに抑えることができるということが明らかとなった。

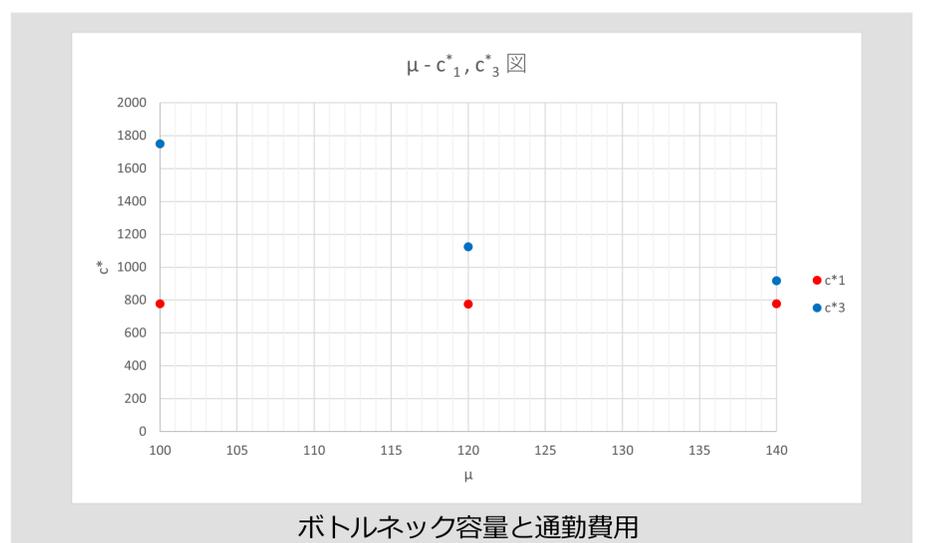
また、ある一定の都市人口を下回ると、自動運転車は一切使われなくなることも明らかになった。



4. ボトルネック容量のみを変化させた安定均衡状態

次に、ボトルネック容量のみを変化させた場合の利用者分布の変化の解析を行った。

解析の結果、通勤者全員が普通自動車を利用する均衡状態の時、道路容量のみを増加させると、通勤費用は低下し、通勤者にとっては良い効果が認識できるが、普通自動車と自動運転車が混在するときに、道路容量のみを増加させても、通勤費用が上がってしまう可能性があるという道路増強のパラドクスが本モデルには見られることが明らかになった。よって、自動運転車を普及させるにあたり、道路容量のみを増加させるのは、政策的に効果的でないことも確認できた。



参考文献

- 1) 桑原雅夫:道路交通における出発時刻選択に関する研究解説,土木学会論文集, No.604/IV-41, pp73-84, 1998.
- 2) van den Berg, V. and Verhoef, E.: Autonomous cars and dynamic bottleneck congestion: The effects on capacity, value of preference heterogeneity, Transportation Research Part B, Vol.94, pp.43-60, 2016.