

公共交通における規模の経済を考慮した 出発時刻・通勤手段選択モデル

野田 幸太

TAKAYAMA Lab.
金沢大学 理工学域 環境デザイン学類

1. 研究背景と目的

通勤ラッシュ時の交通渋滞は、我が国の社会問題となっており、多くの既存研究で解決策が提案されています。しかし、こうした既存のモデルには以下の問題点が存在します。

- ・自動車による通勤のみを考慮したモデルが大半である
- ・公共交通を考慮したモデルでも、通勤費用に規模の経済の効果が反映されていない

規模の経済とは、通勤者が増えるほど通勤費用が低下することを言います。公共交通は規模の経済がはたらく代表例であり、通勤費用に大きく影響します。

本研究では、Tabuchi¹⁾モデルに注目します。このモデルは、公共交通の通勤費用に規模の経済の効果を導入し、最適な政策検討も行っています。しかし、複数の均衡状態が存在するにもかかわらず、安定性が確認されていません。そのため、実際に創発する均衡状態がわからないこと、政策を導入しても望ましい状態が不安定となる可能性があることが問題点となっています。

そこで、本研究では、以下の3点を目的とします。

- ① Tabuchi¹⁾に基づき、公共交通における規模の経済を考慮した出発時刻・通勤手段選択モデルを構築します。
- ② 本モデルにポテンシャル関数が存在することを利用して、構築したモデルの（局所的）安定均衡状態の特性を明らかにします。
- ③ 均衡状態と社会的最適状態の条件を比較することで、最適な混雑料金・補助金政策の水準を求めます。



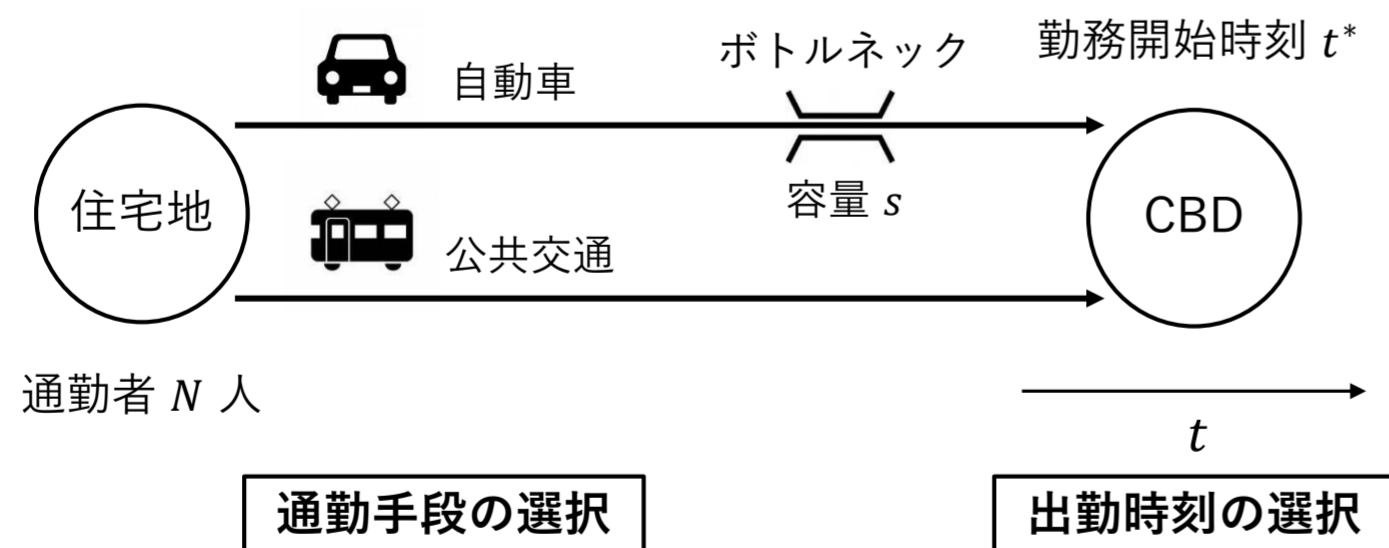
交通渋滞の様子



都心部の通勤ラッシュの様子

2. 出発時刻・通勤手段選択モデル

総数 N の通勤者が、住宅地からCBDに通勤する状況を考えます。また、各通勤者は、同一の勤務開始時刻 t^* の下で、CBD到着時刻 t 、自動車・公共交通いずれかの通勤手段（各通勤者数： N_c, N_p ）を選択します。このときの、自動車・公共交通の各通勤費用は、次のようになります。



自動車の通勤費用

$$C_c(t) = \begin{cases} Q(t) + \beta(t^* - t) & \text{if } t < t^* \\ Q(t) + \gamma(t - t^*) & \text{if } t > t^* \end{cases}$$

t : CBD到着時刻 t^* : 勤務開始時刻

$Q(t)$: 渋滞待ち時間コスト

β, γ : 単位時間あたりの早着・遅刻によるスケジュールコスト

公共交通の通勤費用

$$C_p = c + \frac{F}{N_p} \quad \text{規模の経済を表現}$$

c : 限界費用 F : 公共交通の固定費用

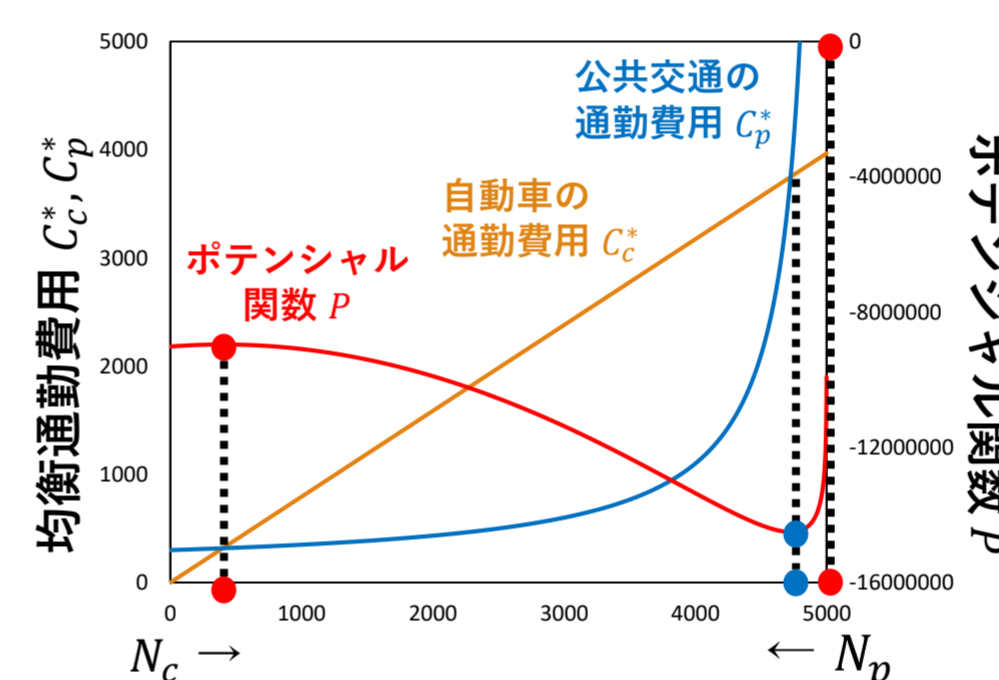
3. 均衡状態の安定性

本モデルでは、2段階の均衡状態を考えます。まず、通勤者は手段別の利用者数を既知として、通勤費用を最小とするCBD到着時刻を選択します（出発時刻選択均衡状態）。次に、通勤者はCBD到着時刻を既知として、通勤手段を選択します（手段選択均衡状態）。これらの均衡状態について、**出発時刻選択均衡状態はただ一つに定まりますが、手段選択均衡状態は複数存在する**ため、安定性の解析が必要となります。

安定均衡状態の解析手法として、ポテンシャル関数を用います。このポテンシャル関数 P が存在する場合、 P を極大値とする N_c, N_p が安定となることが知られています。そこで、本研究では、構築したモデルに次のポテンシャル関数が存在することを利用して、安定均衡状態の性質を調べます。

ここでは、各パラメータが $N = 5000, \beta = 0.8, \gamma = 100, s = 1, c = 100, F = 1.0 \times 10^6$ の場合を考えます。安定性解析の結果、3つの均衡状態のうち、**大半が公共交通で通勤する状態と、全員が自動車通勤する状態の2つが安定均衡状態である**ことがわかりました。したがって、これらの状態のいずれかが実現しうると言えます。

$$\text{ポテンシャル関数} \quad P = -\left(\frac{1}{2s} \frac{\beta\gamma}{\beta + \gamma} N_c^2 + cN_p + F \ln N_p\right)$$



通勤者数		均衡通勤費用	安定性
自動車	公共交通		
400	4600	317	安定
4726	274	3750	不安定
5000	0	3968	安定

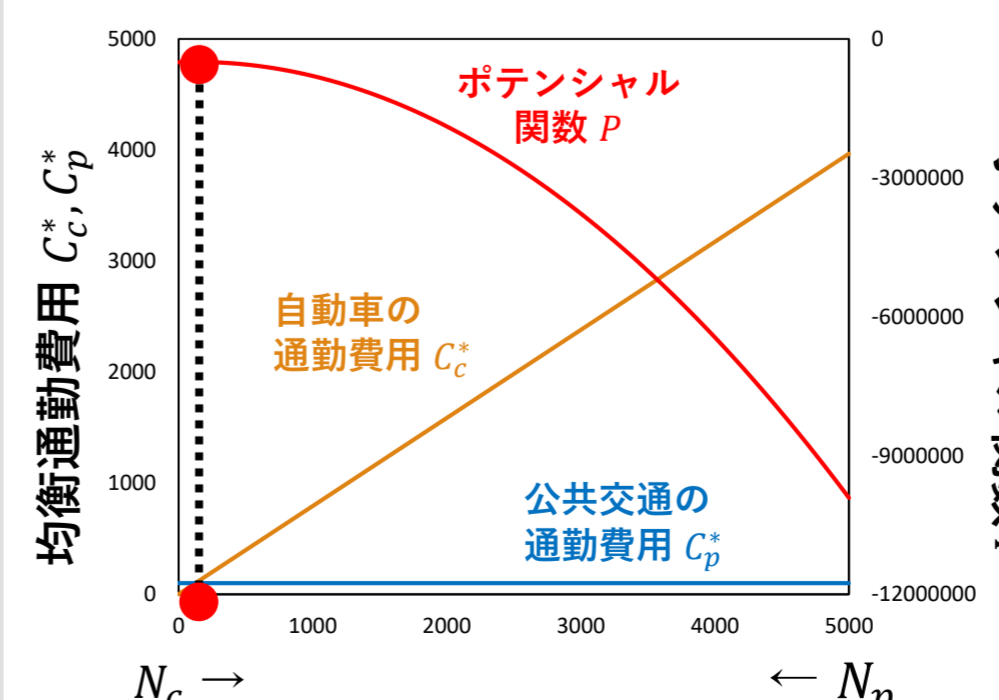
通勤費用が低い状態と高い状態のいずれかが実現しうる

4. 混雑料金・補助金政策

3. で得られた均衡状態ですが、渋滞が発生することを前提としているため、社会全体でみると効率のとは言えません。そこで、均衡状態を**社会的に望ましい状態（社会的最適状態）と一致させるための政策的介入**を行う必要があります。この社会的最適状態は、通勤者の総費用を最小化とする状態として定義されます。

具体的な政策として、**自動車1台当たり**に渋滞待ち時間を解消する混雑料金を課し、**公共交通通勤者1人当たり**に規模の経済の影響を解消するための補助金を進呈します。この際、政策水準はその時点での渋滞待ち時間・公共交通通勤者数に応じて時々刻々と変化させる必要があります。この政策により、均衡状態は社会的最適状態と一致し、均衡状態はただ一つに定まります。具体例として、3.と同様のパラメータの場合、**大半が公共交通で通勤する状態**ただ一つが均衡状態となります。

$$\text{ポテンシャル関数} \quad P = -\left(\frac{1}{2s} \frac{\beta\gamma}{\beta + \gamma} N_c^2 + cN_p\right)$$



通勤者数		均衡通勤費用	安定性
自動車	公共交通		
126	4874	100	安定

政策的介入によって通勤費用が低い状態が確実に達成される

参考文献

1) Tabuchi, T.: Bottleneck Congestion and Modal Split, Journal of Urban Economics, Vol. 34, No. 3, pp. 414-431, 1993.