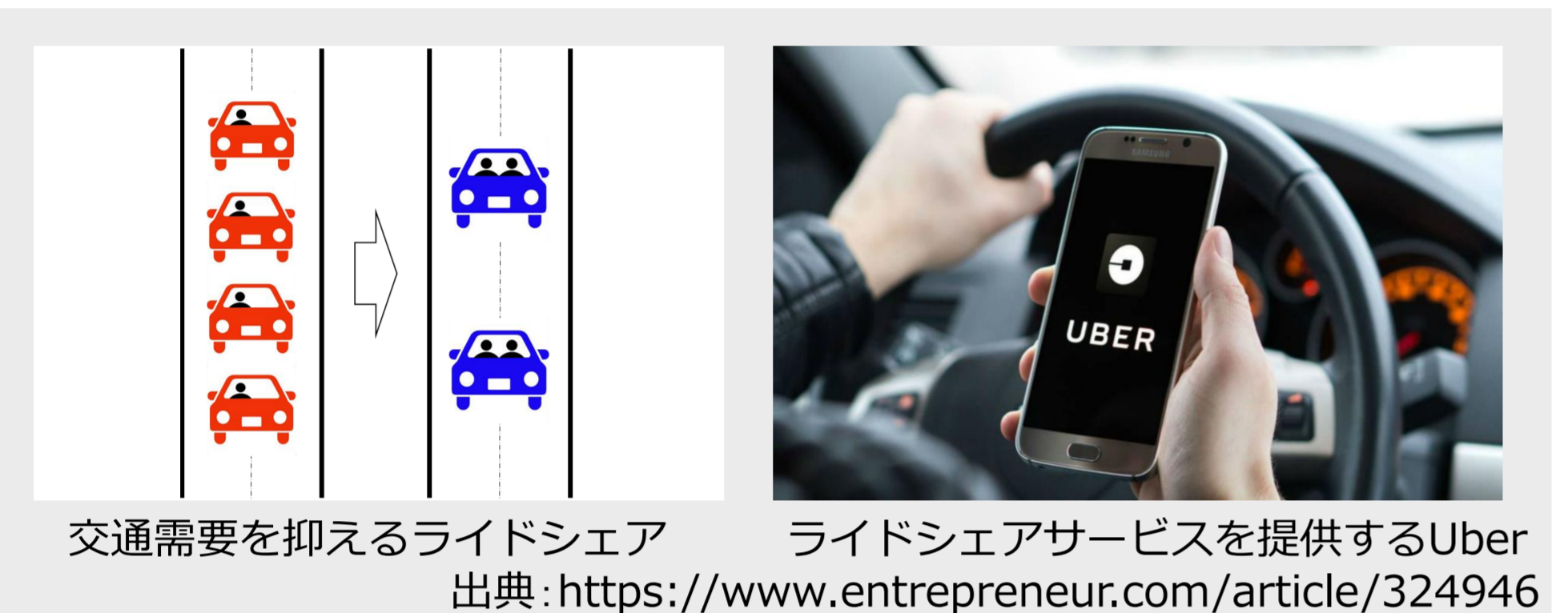


## 1. 研究背景と目的

近年、交通混雑緩和のための手段として、ライドシェアが注目されています。これは、複数人が相乗りするライドシェアの普及により、交通需要が抑えられるためです。また、ライドシェアは同じ時刻に同じ目的地を目指す人同士で相乗りするため、利用者の需要の時間分布を考慮することが大切です。しかし、これらを考慮した既存研究は存在しません。

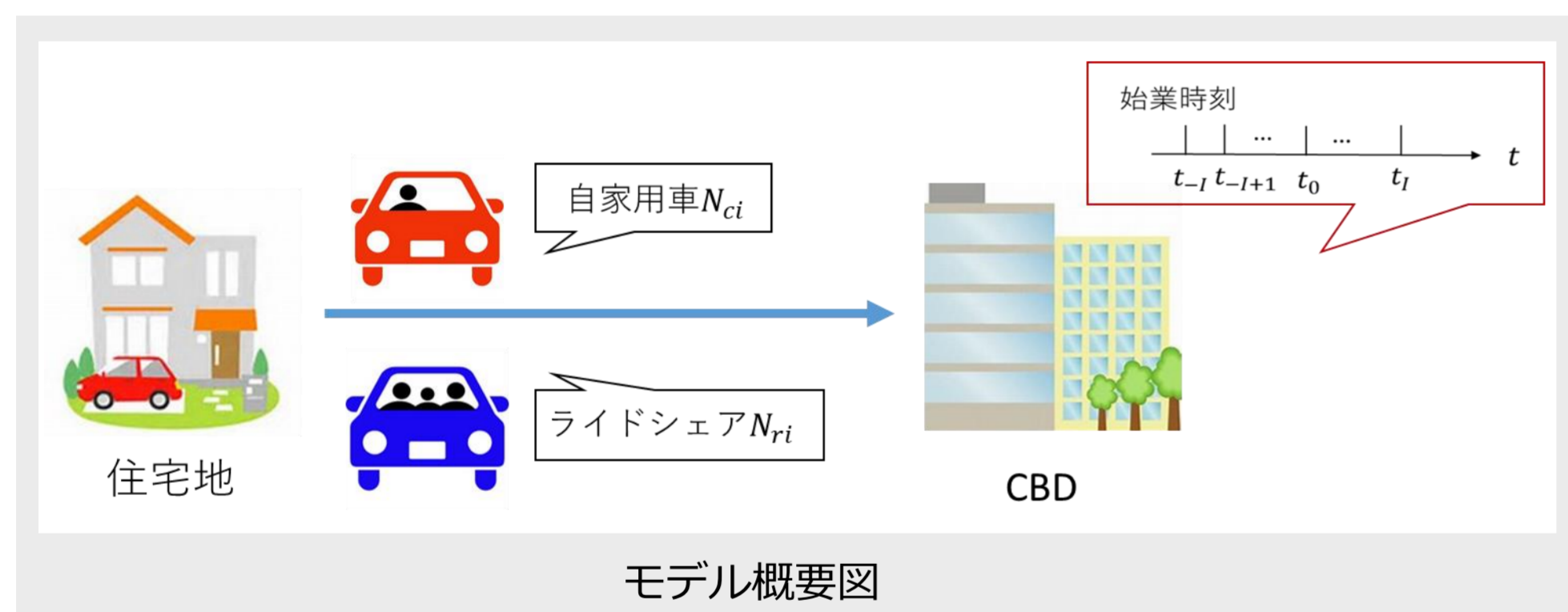
そこで本研究では、次の特徴をもつ交通経済モデルを構築します：1) 始業時刻分布を設定することにより、利用者の需要の時間分布を考慮できる。2) 利用者が多いほど利用しやすいという規模の経済を考慮できる。3) 通勤手段を自家用車とライドシェアから選択できる。

また、安定均衡状態の解析をし、都市の規模や始業時刻分布がライドシェアの利用に与える影響を分析します。そして、社会的最適状態を達成するための政策を提案します。



## 2. 始業時刻・通勤手段選択モデル

総数 $N$ の労働者が住宅地から勤務地へ通勤する状況を考えます。住宅地とCBDを結ぶ道路は均一であり、財を供給する企業の始業時刻 $t_i$ は $I$ 時点に分布しているとします。そして、労働者は始業時刻 $t_i$ と通勤手段 $m$ （自家用車かライドシェア）を選んで通勤します。



ここで、財を供給する企業には、同じ時間帯に働く労働者 $N(t)$ が多いほど生産性が上がるという時間集積の経済が働いているとします。また、利潤ゼロ条件より、生産高と賃金が等しくなります。労働者について、ライドシェアで通勤をする場合は通勤費用に追加的な費用 $c(N_{ri}, \tau, n)$ が生じると仮定します。車内の混雑コストや待ち時間コストがこれに該当します。これは $N_{ri}$ の単調増加関数なので、利用者が多いほど不便だということという規模の不経済を考慮した項となっています。これを踏まえ、効用関数は以下ようになります。

### 自家用車効用関数

$$u_{mi} = G_i - \alpha \left\{ 1 + \left( \frac{N_{ci} + \tau}{\mu} \right)^\beta \right\} - f^c - d(|i|)$$

$G_i$ : 生産高,  $N_{ci}$ : 自家用車利用者数,  $\tau$ : ライドシェアの台数,  $\mu$ : 交通容量,  $f^c$ : 自家用車の固定費用,  $d(|i|)$ : スケジュールコスト

### ライドシェア効用関数

$$u_{mi} = G_i - \alpha \left\{ 1 + \left( \frac{N_{ci} + \tau}{\mu} \right)^\beta \right\} - p - c(N_{ri}, \tau, n) - d(|i|)$$

$N_{ri}$ : ライドシェア利用者数,  $n$ : ライドシェアの容量,  $p$ : ライドシェア利用料金

また、ライドシェア利用料金 $p$ について、ライドシェアを提供する企業の利潤関数より、 $p = \frac{F(\tau, n)}{N_r} + m$ となり、ライドシェア利用者数 $N_r$ が多いほど料金 $p$ は安くなるという規模の経済が働いています。（ $F(\tau, n)$ : ライドシェアの固定費用,  $m$ : 限界費用）

## 3. 均衡状態の安定性解析

始業時刻・通勤手段選択均衡を考えます。均衡条件式は以下のようになります。

### 均衡条件式

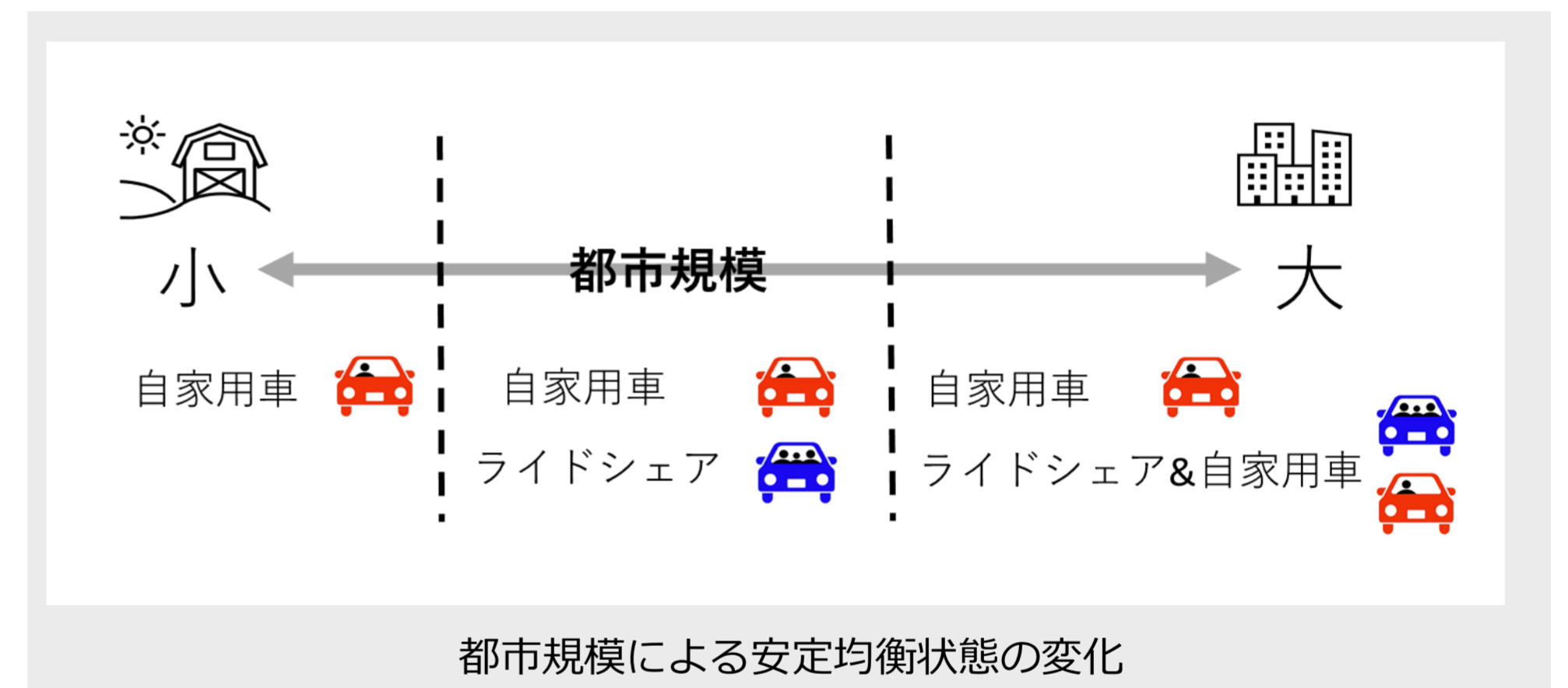
$$\begin{cases} u^* = u_{mi}(N_{mi}) & \text{if } N_{mi} > 0 \\ u^* \geq u_{mi}(N_{mi}) & \text{if } N_{mi} = 0 \end{cases}$$

### 人口保存則

$$\sum_{m \in C, r} \sum_{i \in L} N_{mi} = N$$

均衡状態を満たす式

本モデルでは、規模の経済を考慮するため、複数の均衡が存在します。また今回は、具体的にモデルの特徴を見るため、始業時刻が一時点に集中している場合と、二時点に分散している場合で解析を行いました。結果として、始業時刻が一時点でも二時点でも同様の安定均衡状態が存在しました。具体的には、自家用車のみが利用される均衡は都市の規模に関わらず存在し、ライドシェアを利用する人が存在する均衡は、都市の規模が小さい場合を除いて存在しました。よって、人口規模の少なすぎる都市ではライドシェアを導入しても利用されないことがわかりました。これらをまとめ、都市規模による安定均衡状態の変化を図で示すと以下のようになります。



また、始業時刻が一時点の場合より、二時点に分散した場合の方が、ライドシェアを利用する均衡の存在範囲は広くなることが確認できました。よって、多様な産業が立地している都市（始業時刻が分散している都市）の方がライドシェアが利用されやすいことがわかりました。

## 4. 望ましい政策

今回、構築したモデルの均衡状態は、一般的には効率的とは言えません。そこで、総効用最大化問題を解くことにより社会的最適状態（社会全体の効用が最大）を考えます。

上記の問題を解くと、均衡状態と社会的最適状態を一致させるためには、ライドシェアの利用者、財を供給する企業に時間帯 $i$ に応じた補助金を支給すればよいことがわかります。具体的な補助金の水準は以下のようになります。

### ライドシェア利用者への補助金/税金の水準 $t_i$

$$t_i = \frac{1}{2} \left\{ c_{ri} - c_{ci} - N_{ri} \frac{\partial c_{ri}}{\partial N_{ri}} + N_{ci} \frac{\partial c_{ci}}{\partial N_{ci}} \right\}$$

### 財を供給する企業への補助金/税金の水準 $k_i$

$$k_i = \frac{1}{2} \left\{ c_{ci} + d(|i|) - N_{ci} \frac{\partial c_{ci}}{\partial N_{ci}} \right\}$$

補助金支給後も同様に安定性解析を行った結果、社会的最適状態が唯一の均衡状態であることが確認できました。したがって、料金ゲートの設置などコストがかかる混雑料金の導入を行わずに、補助金を支給するだけで有効な政策であり、実現可能性も高いと考えます。