



1. 背景・目的

近年、GO や S.RIDE に代表される、タクシー配車アプリが普及している。Castillo¹⁾らは、配車タクシー特有の問題として、一定の水準を超えて待ち時間が増大すると、供給可能なトリップ数が減少することを指摘し、これを供給曲線が後方屈曲することにより示した。しかし、配車だけでなく路上での乗車も提供する東京のタクシー市場において、供給曲線の後方屈曲に関する研究は存在せず、現状把握が行われていない。

そのため、配車の増加が進むと、タクシー産業の生産性や利用者の利便性低下が懸念される。本研究では、タクシーの供給関数を導出し、東京におけるタクシープローブデータを用いて供給曲線の推計と後方屈曲について考察する。

2. データ概要・分析方法

使用するデータは、2018年10月の1ヶ月間における日本交通タクシーの軌跡や動態を記録したプローブデータである。日本交通(株)は、東京23区および三鷹市、武蔵野市でタクシーを運行する事業者である。このデータを10分間隔の時間帯ごとに、供給関数に必要な要素を集計し、パラメーター推計を行う。また、横軸をトリップ数、縦軸を待ち時間とする平面上に供給曲線と実績値の散布図を作成し、比較することで、後方屈曲の発生の有無を確認する。

3. 供給関数の導出

3.1 先行研究における利用可能台数の定式化

Castillo¹⁾らは、空車、実車、迎車の車両総数であるタクシー供給量を常に一定としている。これを時間当たりのトリップ数で解くことにより、供給関数を導出している。実車台数および迎車台数は、それぞれ時間当たりのトリップ数と実車所要時間、迎車所要時間の積で表現され、迎車所要時間は待ち時間と等しい。配車のみ(a)、路上乗車のみ(s)のタクシー供給量は、式(1)、式(2)である。

$$L_a = \underbrace{I_a(T_a)}_{\text{空車}} + \underbrace{Q_a t}_{\text{実車}} + \underbrace{Q_a T_a}_{\text{迎車}} \quad (1)$$

$$L_s = \underbrace{I_s(T_s)}_{\text{空車}} + \underbrace{Q_s t}_{\text{実車}} \quad (2)$$

この際、T:待ち時間、Q:時間当たりのトリップ数、t:トリップ所要時間であり、トリップ時間は配車と路上乗車で同一としている。また、空車台数は、 $I \propto T^{-n}$ という関係がある待ち時間の減少関数としている。

3.2 タクシーの利用可能台数と供給関数の導出

配車と路上乗車の両方を提供するタクシーにおいて、タ

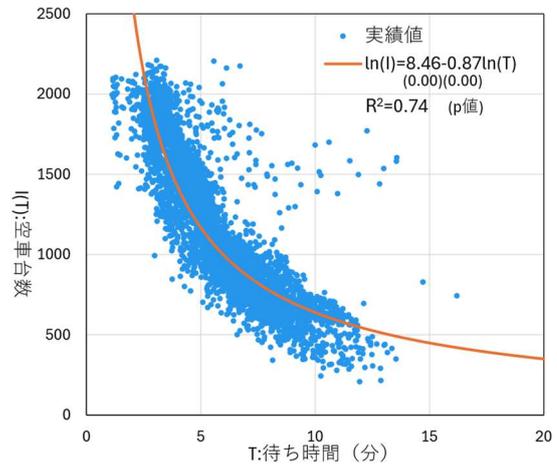


図1 空車台数関数と実績値

クシー供給量は、式(1)と式(2)を足し合わせた式(3)とする。式(3)において迎車に向かう車両数は、配車を利用するトリップのみに発生するため、式(4)の r_a :配車シェア率を定義し表現する。また、T:空車台数の待ち時間は、式(5)の配車・路上の平均待ち時間とする

$$L = \underbrace{I(T)}_{\text{空車}} + \underbrace{Qt}_{\text{実車}} + \underbrace{r_a QT_a}_{\text{迎車}} \quad (3)$$

$$r_a = \frac{Q_a}{Q_a + Q_s} = \frac{Q_a}{Q} \quad (4)$$

$$T = r_a T_a + (1 - r_a) T_s \quad (5)$$

式(3)をQについて解くことで、式(6)の供給関数が導出される。

$$Q = \frac{L - I(T)}{t + r_a T_a} \quad (6)$$

この供給関数の分子は、空車台数が減少関数であるため、待ち時間の増加に伴い増加する。一方で、分母には配車待ち時間と配車シェア率の積が含まれる。これにより待ち時間が一定水準を超えて増加すると、トリップ数の減少が発生する。さらに、この作用は、配車シェア率が高いほど大きくなることが読み取れる。

4. 供給関数の推計および実績値との比較

4.1 空車台数関数の定義と推計結果

空車台数関数は、 β, n をパラメーターとする(7)で定義した。

$$I(T) = \beta T^{-n} \quad (7)$$

(7)のパラメーター推計は、両辺の対数を取った(8)の回帰分析により行う。

$$\ln T(I) = \ln \beta - n \ln T \quad (8)$$

推計した空車台数関数の曲線と実績値の分布を図1に示

す。調整済み決定係数が 0.7 で、推計値と実績値の分布も概ね一致しており、高い精度で表現できている。また、各パラメーターは符号がすべて整合し、p 値も 1% 有意と高い有意性が示された。

4.2 供給曲線における待ち時間の設定

供給曲線は、供給関数に待ち時間を代入することで作成することができる。式(6)の供給関数は、 T :配車・路上の平均待ち時間、 T_a :配車のみの待ち時間の 2 つを変数としているため、 T_a :配車待ち時間、 T_s :路上待ち時間を設定する必要がある。本研究では、両者は連動して変化すると仮定し、式(9)で、回帰分析を行った。

$$T_s = \theta_1 T_a + \theta_2 \quad (9)$$

図 2 に推計した(9)の直線と実績値の分布を示す。実績値は直線状に分布しているが、推計した直線との乖離が大きく、調整済み決定係数は 0.3 程度である。また、パラメーターより、路上待ち時間より配車待ち時間は長い傾向が読み取れ、配車シェア率の上昇は、配車・路上の平均待ち時間を増加させる。

4.3 供給曲線と実績値の比較と考察

供給関数において、 L :タクシー供給量、 r_a :配車シェア率、 t :トリップ時間は定数である。しかし、これらの値はサンプル間で異なり、特に L の変化は、供給可能なトリップ数に大きく影響する。本研究では、 L の最大値と最小値の差を 5 等分する閾値を設定し、サンプルを 5 つのデータ群に分類した。その上で、定数とする要素は、各データ群の平均値を用いてそれぞれ供給曲線を作成した。表 3 に、供給曲線で使った定数とサンプル数、配車シェア率の標準偏差および T^* :トリップ数最大時の待ち時間をまとめた。図 3 に供給曲線と T^* の直線、実績値を配車シェア率で色付けした散布図を示す。

L1, L2 では、実績値が供給曲線から大きく外れている。この原因として、配車シェア率の標準偏差が大きいことが挙げられる。配車待ち時間は路上待ち時間より長い傾向があるため、実績値において、配車シェア率の変動は平均待ち時間のばらつきを発生させる。さらに供給曲線の後方屈曲の程度も配車シェア率に依存する。本研究では、配車シェア率の平均値を供給曲線の作成に用いたが、ばらつきが大きく、平均値のみで設定することには課題が残る。いずれにしても、後方屈曲の始まる T^* より上に実績値の分布はほとんど見られない。L3 の分布形状は、後方屈曲しているように見えるが、L1, L2 配車シェア率のばらつきにより、実績値のばらつきが発生していると考えられる。L4, L5 では、供給曲線の近傍に実績値の分布が集中しているが、後方屈曲している領域に分布は見られない。

5. まとめ

本研究では、配車と路上乗車の両方を供給するタクシーの供給関数を導出した。そして、東京におけるタクシーのプロブデータを使用し、全台数に応じて 5 つの供給曲線を作成した。実績値の分布形状が後方屈曲しているように見受けられるケースも存在したが、結果的に後方屈曲は発生していないことが示唆された。供給曲線の推定において

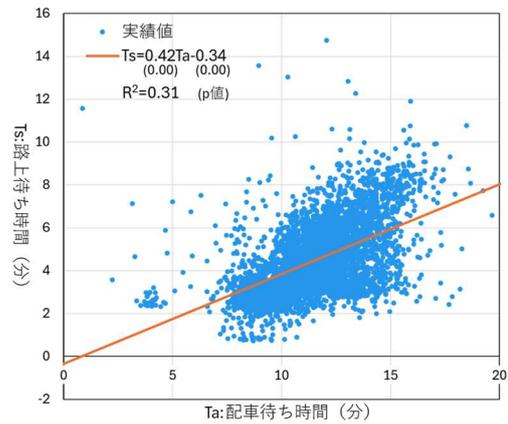


図 2 路上、配車待ち時間の推計値、実績値

表 1 供給曲線の定数、サンプル数、 r_a 標準偏差

	L1	L2	L3	L4	L5
L	1073.7	1554.0	2095.8	2701.7	3121.4
t	12.3	12.6	12.3	12.3	12.9
r_a	0.339	0.268	0.204	0.131	0.120
T^*	18.9	15.0	12.9	12.5	12.0
r_a :標準偏差	0.086	0.107	0.075	0.053	0.049
サンプル数	470	672	1432	803	1069

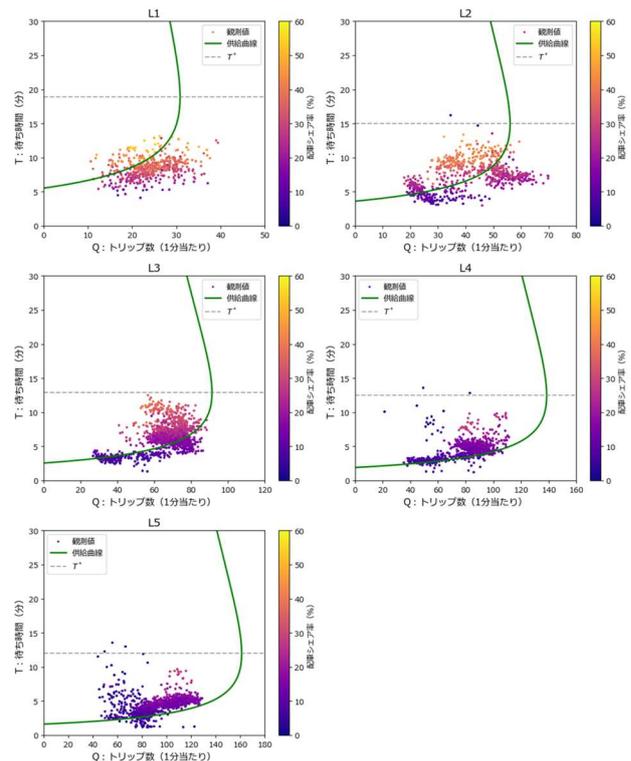


図 3 供給曲線と実績値の比較

配車シェア率は、平均値を使用したため、ばらつきを反映できず、実績値を適切に表現できないケースが確認された。今後の展望として、配車シェア率のばらつきを考慮した供給曲線を作成する必要がある。

参考文献

- 1) Juan Camilo Castillo, Dan Knoepfle, E.GlenWeyl : Surge Pricing Solves the Wild Goose Chase, SSRN Electronic Journal,2017