

京都大学大学院 正会員 ○松島格也
 京都大学大学院 正会員 小林潔司
 京都大学大学院 学生会員 坂口潤一

1. はじめに

都市内に立地するタクシー・スポット市場は互いにサービス取引量のシェアをめぐって競争関係にある。あるスポット市場において需要や供給が増加すれば、さらに多くの客やタクシー・ドライバーを引きつけるというポジティブなフィードバックメカニズムが働く。一方サービスの取引を行うためには、両者が移動費用を支払ってスポット市場を訪問しなければならない。本研究では、都心地域における複数のタクシー・スポット市場間の競争関係を、規模の経済性による集中化と移動費用による分散化のメカニズムを同時に考慮にいたした市場均衡モデルとして表現する。さらに、空間均衡が複数個存在することを示すとともに、各均衡解の社会的効率性について分析する。

2. 客、タクシーの行動のモデル化

長さ2の対称的な線形市場を考える。線形市場には同質の客が一様に分布している。線形市場の中心を原点にとり座標 $-x, x$ の2カ所にスポット市場が交通管理者によって政策的に設定されている。 $x=0$ の場合は、原点に唯一のタクシー・スポット市場が存在する。座標 $-x$ の市場を $i=1$ 、座標 x の市場を $i=2$ と表そう。2つのスポット市場においてのみタクシー・サービスが利用可能であり、スポット市場に到着した客にはタクシー以外に利用可能な交通手段は存在しない。一方、タクシーの待ち行列長の上限値 M_i ($M_i = 0, 1, 2, \dots$)は外生的に固定されている。客は効用を最大にするようなスポット市場を選択する。各スポット市場の勢力圏の境界が座標 k ($-1 \leq k \leq 1$)に位置していると仮定しよう。 $k=-1$ の場合は、すべての客が市場2を利用することを意味しており市場1は消滅している。市場1, 2にそれぞれ到着率 $\lambda_1 = (1+k)\zeta$, $\lambda_2 = (1-k)\zeta$ で顧客がポアソン到着する。ここに、 ζ は線形市場における単位長さ、単位時間あたりの客の平均発生密度である。一方、各市場へのタクシーの到着率を μ_i ($i=1, 2$)で表す。

(1) 2重待ち行列モデル

いま、市場 i ($i=1, 2$)において客・タクシーがそれぞれ単位時間当たり平均到着率 λ_i, μ_i でポワソン到着するを考える。 $\sum_{n=1}^N P_n + \sum_{m=0}^{\infty} Q_m = 1$ であることを考慮すると定常確率 P_n 及び Q_m は次式で表される。

$$P_n = (1 - \rho_i) \rho_i^{M+n} \quad (n \geq 1) \quad (1a)$$

$$Q_m = (1 - \rho_i) \rho_i^{M-m} \quad (M > m \geq 0) \quad (1b)$$

ここに、 $\rho_i = \lambda_i / \mu_i$ である。客・タクシーの平均待ち行列長および平均待ち時間は以下のように表される。

$$E(n : \lambda_i, \mu_i, M) = \sum_{k=1}^{\infty} P_k \cdot k = \frac{\rho_i}{1 - \rho_i} \quad (2a)$$

$$E(m : \lambda_i, \mu_i, M) = M - \frac{\rho}{1 - \rho_i} (1 - \rho_i^M) \quad (2b)$$

$$T(\lambda_i, \mu_i, M_i) = E(n : \lambda_i, \mu_i, M_i) / \lambda_i \quad (2c)$$

$$S(\lambda_i, \mu_i, M_i) = E(m : \lambda_i, \mu_i, M_i) / \mu_i \quad (2d)$$

(2) 市場均衡モデルの定式化

タクシーは待ち行列長が M_i 未満の場合には直ちに市場に参入する。市場 i を訪問したタクシーは確率 $1 - \rho_i$ で市場参入を諦め利潤 $-d$ を得る。一方、確率 ρ_i で市場参入し、期待利潤 $\Pi_i = q - S'_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) - d$ を得る。ただし、 $S'_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) = S_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) / \rho_i$ である。タクシーがスポット市場 i を訪問することにより得られる期待利潤は $E(\Pi_i, M_i) = \rho_i q - S_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) - d$ と表せる。タクシーは利潤が0の水準まで市場に参入する。

地点 y ($-1 \leq y \leq 1$)に立地する客がタクシーを利用することにより得られる効用を v 、市場 i での待ち時間を t_i 、市場 i までの移動費用を $c_i(y)$ と表そう。市場 i を訪れる客の効用関数を $V_i(y) = v - t_i - c_i(y)$ で表現する。 $c_i(y)$ は地点 y から市場 i まで客が移動することに要する費用であり、

$$c_1(y) = \alpha | -x - y | \quad (3a)$$

$$c_2(y) = \alpha | x - y | \quad (3b)$$

と表す。ここに $\alpha \geq 0$ はパラメータである。市場 i でタクシーを利用することによる期待効用は

$$EV_i(y) = v - T_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) - c_i(y) \quad (4)$$

と表せる。地点 y に立地する客が選択する市場 $i^*(y)$ は

$$i^*(y) = \arg \max \{ EV_1(y), EV_2(y) \} \quad (5)$$

と表される。市場の境界 k は $EV_1(k) = EV_2(k)$ を満足する $k \in [-x, x]$ として定義できる。市場均衡解は

$$\overline{EV}_1 = \overline{EV}_2 \quad (6a)$$

$$k \neq -1 \text{ かつ } k \neq 1 \text{ の時 } \overline{EV}_i = EV_i(k^*) \quad (i=1, 2) \quad (6b)$$

$$\lambda_1^* = (1 + k^*)\zeta \quad (6c)$$

$$\lambda_2^* = (1 - k^*)\zeta \quad (6d)$$

$$\rho_i q - S_i(\lambda_i^*, \mu_i^*, M_i) - d = 0 \quad (6e)$$

$$k = -1 \text{ の時 } \lambda_1^* = 0 \quad \mu_1 = 0 \quad \lambda_2^* = 2\zeta \quad (6f)$$

$$\overline{EV}_2 = EV_2(k) \quad (6g)$$

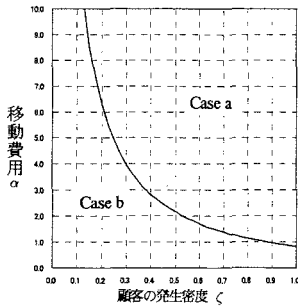
$$\rho_2 q - S_2(\lambda_2^*, \mu_2^*, M_2) - d = 0 \quad (6h)$$

$$k = 1 \text{ の時 } \lambda_2 = 0 \quad \mu_2 = 0 \quad \lambda_1^* = 2\zeta \quad (6i)$$

$$\overline{EV}_1 = EV_1(k) \quad (6j)$$

$$\rho_1 q - S_1(\lambda_1^*, \mu_1^*, M_1) - d = 0 \quad (6k)$$

を同時に満足する均衡到着率 (λ_i^*, μ_i^*) ($i=1, 2$)と境界 k^* ($-1 \leq k^* \leq 1$)で定義できる。



図－1 客の発生密度と市場均衡

(3) 市場厚の外部経済性と移動費用

平均待ち行列長 $E(n_i : \lambda_i, \mu_i, M_i), E(m_i : \lambda_i, \mu_i, M_i)$ は式(2a),(2b)より平均到着率 λ_i, μ_i に関してゼロ次同次であり、任意の $\mu_i > \lambda_i \geq 0$ と $\theta > 0$ に関して

$$E(n_i : \lambda_i, \mu_i, M_i) = E(n_i : \theta \lambda_i, \theta \mu_i, M_i) \quad (7a)$$

$$E(m_i : \lambda_i, \mu_i, M_i) = E(m_i : \theta \lambda_i, \theta \mu_i, M_i) \quad (7b)$$

が成立する。客とタクシーの平均到着率が共に θ 倍になっても待ち行列長は変化しない。一方、式(2c), (2d)より

$$T_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) = \theta T_i(\theta \lambda_i, \theta \mu_i, M_i) \quad (8a)$$

$$S_i(\lambda_i, \mu_i, M_i) = \theta S_i(\theta \lambda_i, \theta \mu_i, M_i) \quad (8b)$$

が成立する。すなわち、一方の市場 i において客、タクシーの平均到着率が増加すれば、当該市場における客・タクシーの平均待ち時間が減少する。当該市場を利用する客・タクシーの数が多くなればなるほど、その市場が効率化していくという取引厚の外部性が存在する。このような外部経済性は一方の到着率の増加（減少）が他方の到着率の増加（減少）をもたらすというポジティブフィードバックとして機能することになる。一方、スポット市場までの移動費用が存在するため、それがポジティブフィードバックを抑制するメカニズムとして働く。スポット市場の構造は、このような金銭的外部経済と移動費用との相互作用によって内生的に決定される。

(4) 数値計算事例

成立する均衡解は客の発生密度および移動費用の大きさによって変化する。成立する均衡パターンは、Case a: 一方の市場に集中する均衡解と2つの市場が並立する均衡解が成立する場合と、Case b: 一方の市場に集中する均衡解のみ成立する場合に分類される。図－1は移動費用のパラメータ α 、客の発生密度 ζ と成立する均衡パターンとの関係を示している。客の発生密度 ζ が小さくなれば、いずれか一方のスポット市場に一極集中する結果となる。単位距離あたりの移動費用の大きさ α が大きくなるにつれて、Case aの2つの市場が並立的に成立する均衡解が現れる。都心部のように客の発生密度が大きい地域では複数の市場が成立する可能性が

表－1 客の発生密度と市場数

市場数	$\zeta = 0.5$	$\zeta = 1.0$	$\zeta = 2.0$	$\zeta = 3.0$	$\zeta = 4.0$	$\zeta = 5.0$
1	9.05*	18.77	37.92	56.96	75.98	94.99
2	-	18.59*	38.54*	58.24	77.84	97.39
3	-	-	38.28	58.31*	78.19*	98.00
4	-	-	-	57.99	78.08	98.06*
5	-	-	-	-	77.73	97.86

高くなる。逆に客の発生密度が小さい地域に複数の市場を設置しても他の市場に客、タクシーが集中して利用されない市場が発生する可能性がある。また、市場間の移動費用が大きいほど一方の市場に客とタクシーが集中し、もう一方の市場は全く利用されなくなる可能性が大きくなる。

3. スポット市場の配置と社会的厚生

前章のモデルを複数 (R 個) の市場を考慮した形へ拡張し、スポット市場の空間的配置と社会的厚生の関係を分析する。交通管理者は、スポット市場の空間的配置を決定することにより社会的厚生を制御することができる。市場均衡は前章と同様に定義できる。空間均衡解 $\{\lambda_i^*, \mu_i^*, (i = 1, \dots, R); k_i^* (i = 0, \dots, R)\}$ において地点 $y \in [k_{i-1}, k_i] (i = 1, \dots, R)$ の客の消費者余剰 $W(y)$ は

$$W(y) = \max_i \{EV_i(x_i, y) : i = 1, \dots, R\} \quad (9)$$

$EV_i(x_i, y) = v - T_i(\lambda_i^*, \mu_i^*, M_i) - c_i(x_i, y)$ と定義できる。したがって、線形市場全体に立地する客の集計的期待消費者余剰 CS は次式で表される。

$$CS(x) = \zeta \int_0^R W(y) dy \quad (10)$$

長期的均衡ではタクシーの期待利潤は0となり生産者余剰は0となる。スポット市場数と社会的厚生の関係を分析するために、タクシー市場を R 箇所に設置する場合、長さ2の線形市場を R 等分しその中央部にスポット市場を設置する。それぞれのタクシー市場の設置パターンに関して空間均衡解は複数個存在する。表－1は異なる客の発生密度に対して、市場数と社会的厚生の関係を示したものである。記号*は当該の数字が各ケースにおいて社会的厚生が最大となっていることを、記号-は市場を等分割するような対称的空間均衡が存在しないことを示している。客の発生密度 ζ が大きくなれば安定的空間均衡が存在する市場数が増加する。また、社会的厚生が最大となるような市場数も増加する。その一方、客にとって市場までの移動費用は小さくなる。これらの2つの効果が客の期待効用に影響するため市場数の変化は社会的厚生に複雑な影響を及ぼす。

4. おわりに

本研究では、市場の集中化と分散化のメカニズムによってスポット市場の空間均衡が形成されるメカニズムを空間均衡モデルとして表現し、スポット市場の空間配置と社会的厚生の関係について分析した。