

プローブデータを用いた空車タクシー挙動分析*

An Analysis of Vacant Taxi Drivers' Behavior Based on Probe Data*

吉井稔雄**・藤田大輔***・北村隆一****

By Toshio YOSHII**・Daisuke FUJITA***・Ryuichi KITAMURA****

1. はじめに

都市内における重要な公共交通手段の一つとして位置づけられるタクシーは、近年乗客数が減少傾向にあるにもかかわらず登録台数が増加傾向にある¹⁾。また、2002年2月1日施行の改正道路運送法により、タクシーに関する規制が大幅に緩和されたことによるさらなるタクシー台数の増加が懸念されている。都市内におけるタクシーは、客を求めて街路を走行する「流し営業」や、鉄道駅や繁華街・大型集客施設付近のタクシー乗り場や路上で客待ちをする「付け待ち営業」を行うが、乗客の減少と登録台数の増加に伴って、これら空車タクシーの台数が増加し、前者は一般の車両と比較して走行速度が低いことから²⁾円滑な交通の流れを乱す原因に、後者はタクシー待機場所（以下、タクシーベイ）に収容しきれないタクシーが街路上に違法駐車して都市内道路交通の円滑性、安全性を阻害する原因となっている。このような背景のもと、タクシーベイの整備や登録台数の制限といった施策を含め、需要を考慮しながら適切なタクシー輸送サービスの提供方法について検討を行うことが求められている。

そこで、本研究では、タクシープローブデータを利用して空車タクシーの挙動実態を把握する。具体的には、流し営業をしていたか付け待ち営業をしていたかをプローブデータに基づいて判別する方法を確立した後、都市内において両営業形態のうちのいずれを空車タクシーが採択するかを分析する。

2. 既往研究

適切なタクシーベイの設置を目的に、米谷ら³⁾はタクシー1台あたりの空車走行時間、客を乗せるまでの待ち時間、客1人あたりの待ち時間、タクシーベイまでの移動に要する徒歩時間に着目してタクシーシステムの挙動をシミュレートし、タクシーベイ数の増加に伴ってタクシー、客双方の待ち時間が増加し、空車走行時間、徒歩時間が減少するという知見を得ている。また、堂柿、柳沢⁴⁾⁵⁾は、実測とアンケートを組み合わせることで都心部でのタクシーの駐停車行動の現状ならびに街路周回行動の実態を調べ、90%以上のタクシーが5分以上駐車すること、タクシーベイや路側での付け待ち営業には、客を獲得する目的以外に乗務員の休憩の機能も果たしていること、さらには客の到着頻度とタクシーベイでの待ち時間を経験的に予測した上でタクシードライバーが付け待ち営業を行うか否かの判断を下しているといったタクシーの実態を報告している。

また、運行管理の目的からタクシーの挙動実態把握が行われており、例えば塚田ら⁶⁾は運転日報を集計することで実車トリップのOD特性を把握し、大都市郊外部では駅やタクシーベイにおける付け待ち営業、地方都市では無線による配車営業を主体としていることを報告している。Yang Haiら⁷⁾はタクシーが乗客を求めて道路ネットワーク上を移動する行動を、需要との関係においてモデル化し、タクシー台数の減少が急激なタクシー需要の減少に繋がること、タクシー需要の増加に伴って乗客の待ち時間が増加することを指摘している。さらに、タクシーの需要と供給の関係について、道路ネットワークと乗客のOD需要を考慮した上で、タクシーの供給台数や料金と需要の関係をモデル化している⁸⁾。

* キーワーズ：プローブ，交通行動分析，タクシー

** 正員，博士（工学），京都大学大学院工学研究科

*** 学生員，京都大学大学院工学研究科

**** Ph.D.，京都大学大学院工学研究科

（京都市左京区吉田本町，TEL 075-753-5135）

これらの研究では、アンケート調査を行ったものはあるが、都市内における空車時のタクシードライバーの現実の挙動については明らかにされていない。そこで、本研究では、タクシーの実挙動が継続的に収集・蓄積されたプローブデータを活用し、需要との関係も考慮しつつ空車時のタクシー挙動について分析を加える。

3. 解析に利用したプローブデータ

解析には 2002 年 1 月から 3 月にかけて名古屋市で行われた「インターネット ITS プロジェクト」⁹⁾の実証実験により取得されたデータを用いた。この実験では、名古屋市およびその周辺で営業を行うタクシーの約 1/5 に相当する、1,570 台のタクシーからプローブデータを取得した。データ送信は、表 1 に示すようなイベントが発生した際に行われた。プローブデータによって取得されるデータの種別は様々なものがあるが、本研究では車両 ID・時刻・走行距離・実車 / 空車フラグを用いた。なお、以下では、得られた膨大なデータの中からランダムに抽出した 99 台の平日 10 日間のプローブデータを用いて解析を行う。

表 1 主なデータ送信イベント

送信イベント	備 考
距離(300m)周期	イベント発生後、300m走行するまで他のイベントが発生しなかったとき
時間周期(550s)周期	停止車両からも一定間隔でデータを入手
車両停止時	ST(Short Trip)
車両発進時	SS(Short Stop)
実車 / 空車変化時	タクシーの実車 / 空車状態が変化したとき
エンジン始動 / 終了時	エンジンの始動 / 終了時
危険挙動発生時	速度超過、急加速、急減速発生時

4. 乗客獲得形態

(1) タクシーの営業形態

本研究では、空車タクシーが乗客を獲得するときの営業形態を以下の 2 つに分類し、これらを乗客獲得形態と総称する。

・流し営業

乗客を探しながら街路を走行し、乗客を獲得す

る営業形態。

・付け待ち営業

タクシーベイ（または路上）で乗客を待ち、タクシーベイから乗車する乗客を獲得する営業形態。

実際にはこのほかに、タクシー無線で配車依頼を受けて乗客を獲得する形態もある。しかし本研究で用いるデータからは無線配車かそうでないかを区別することが困難であるという限界があることから、無線配車については考慮しないこととする。

(2) 乗客獲得形態の判別方法

プローブデータを用いて上記の 2 つの乗客獲得形態の判別を行うことが必要とされるが、判別の際の基準としては、空車タクシーが実車になる直前の平均走行速度を用い、クラス間分散とクラス内分散の比が最大になるように閾値を決定して、流しと付け待ちの 2 つのクラスに分離する。本研究で用いている 99 台からのデータについて、空車タクシーが実車になる直前 6 分間の平均走行速度の分布を図 1 に示す。この観測結果に基づいて閾値を求めると閾値は 10 km/h となった。よって、実車になる直前 6 分間の平均速度が 10 km/h 以下の時は付け待ち、以上の時は流し営業によって乗客を獲得したものと判定する。

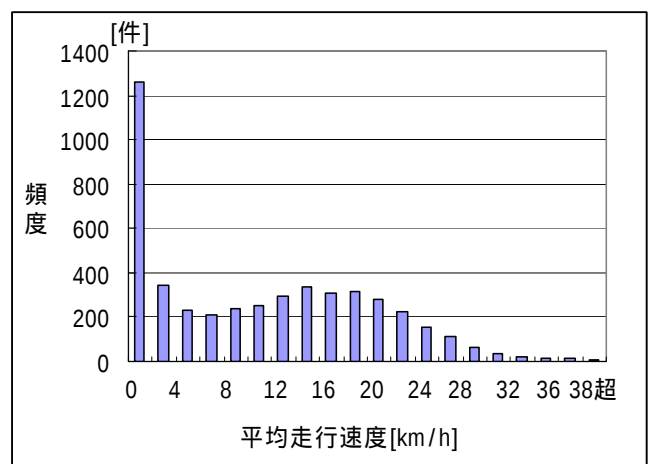


図 1 実車直前 6 分間の平均走行速度

5. タクシーの営業実態

(1) タクシーの状態

タクシーの営業実態を考えるにあたり、タクシーの状態を以下の 5 種類に分類する¹⁰⁾。

a) 実車

乗客を乗せて走行している状態。

b) 流し

乗客を降ろした後タクシーベイに向かうことなく、次の乗客獲得のために街路を走行している状態。

c) 移動

乗客を降ろした後タクシーベイに向かって移動している状態。

d) 付け待ち

タクシーベイにて乗客を待つ状態。

e) その他

休憩中・回送中等の営業を行っていない状態。ただし、これらの状態に加えてデータの不備により状態の判別が不明な状況を含む。

(2) 各状態の車両存在台数ならびに状態継続時間

夕刻や深夜の需要ピークを考慮し、1日を4つの時間帯に分類して、今回分析の対象とした99台のタクシーについて、状態毎の平均車両台数、流し・付け待ちによって獲得した乗客の平均乗車時間、ならびに流し・移動・付け待ちの各状態の平均状態継続時間を表2に示す。表より、乗客獲得までに要する時間の時間帯による差が小さいこと、深夜の時間帯に乗客一人あたりの平均乗車時間が長くなり、かつ実車のタクシー台数が多くなること、さらには時間帯によって流し営業と付け待ち営業を行うタクシーの割合が大きく異なることなどを確認できる。

表2 車両存在台数と継続時間

時間帯	3:00-8:59	9:00-14:59	15:00-20:59	21:00-26:59
タクシーの平均存在台数[台]				
実車	7.7	17.8	17.5	24.4
流し	15.3	28.5	23.9	26.7
移動	3.4	6.4	6.8	10.8
付け待ち	7.9	19.9	21.6	20.5
その他(不明・休憩・回送など)	64.6	26.4	29.2	16.6
平均乗車時間[min.]				
流しにより獲得される乗客	9.5	10.2	10.5	13.8
付け待ちにより獲得される乗客	11.3	11.8	11.9	16.4
状態継続時間[min.]				
流しによる平均乗客獲得時間	29.2	27.5	26.1	30.7
平均移動時間	14.1	10.4	10.4	14.2
付け待ちによる平均乗客獲得時間	32.4	32.6	32.8	27.1

(3) 均衡状態

本項では、今回観測された乗客獲得形態別の乗客獲得回数を固定的な需要と見なし、その他の状態を除く営業中のタクシー台数に変化がないものとして、全てのタクシードライバーが以下の考え方に基づいて実車走行時間最大化という原則に従って行動した場合に達成される定常状態(以下、均衡状態)を考える。

ここでは、全てのタクシードライバーが各状態に属する平均的な車両台数、各乗客獲得形態で獲得される乗客の需要発生レートならびにそれらの乗客の平均乗車時間について正確な情報を持つものとし、それらの情報に基づいて、乗客を降ろした時点で次の乗客獲得形態を選択するものとする。ただし、付け待ち営業を選択してタクシーベイに向かう場合には、タクシーベイに向かう途中で乗客を獲得する可能性があることから、移動の状態が流しの状態に近いと考えられるので、移動時間を考慮することなく、タクシーベイに到着してからの乗客獲得に要する時間と乗客の平均乗車時間に基づいて選択を行うものとする。このような均衡状態では両乗客獲得形態を選択した場合の実車走行時間率が等しくなり、

$$\frac{O_c}{T_c + O_c} = \frac{O_w}{T_w + O_w} \quad (1)$$

ただし、

$$T_i = \frac{N_i}{D_i} \quad (2)$$

T_i : 状態 i (c : 流し, w : 付け待ち) を選択した場合に乗客獲得までに要する平均時間

O_i : 乗客獲得形態 i (c : 流し営業, w : 付け待ち営業) を選択した場合に獲得される乗客の平均乗車時間

N_i : 状態 i のタクシー台数

D_i : 乗客獲得形態 i で獲得される乗客の需要レート

が成立する。

観測から得られた乗客の需要と上記の考え方に従って求めた状態を表3に示す。表より、均衡状態を考えた場合には、早朝(3:00-8:59)ならびに深夜(21:00-26:59)の時間帯においては、現状以上

表 3 乗客の需要と均衡状態における
各状態の車両存在台数

時間帯	3:00-8:59	9:00-14:59	15:00-20:59	21:00-26:59
流し乗客発生[件/min.]	0.52	1.04	0.92	0.87
付け待ち乗客発生[件/min.]	0.24	0.61	0.66	0.76
均衡状態におけるタクシー台数[台]				
実車	7.7	17.8	17.5	24.4
流し	15.3	28.5	23.9	26.7
移動	3.4	6.4	6.8	10.8
付け待ち	8.3	19.7	20.4	24.0
(現状との差)	(+0.4)	(-0.3)	(-1.2)	(+3.5)

に多くのタクシーが付け待ち営業を行い、対する昼間（9:00-14:59）ならびに夕刻（15:00-20:59）の時間帯は付け待ち営業を行うタクシーがわずかながら減少するという結果が読み取れる。ここで、今回想定した条件では流し営業で消費する燃料費について考慮していないため、さらに燃料費のことを考慮すれば均衡状態は表3で得られた結果よりも付け待ち台数が増加する方向にシフトするものと考えられる。すなわち、この結果は、全てのタクシーが合理的な選択を行った場合には付け待ちのタクシー台数が増加するというを示している。一方で、特に深夜の時間帯において付け待ち営業を行うタクシーが街路に溢れているという現状を考慮すれば、この結果は、付け待ち営業を希望するタクシーがタクシーベイの収容力不足を理由にやむを得ず流し営業を行っているというタクシー営業の実態をも示唆するものである。よって、現状におけるタクシー供給台数と乗客の需要下ではタクシーベイの収容台数が不足しているものと考えられる。

6. おわりに

本研究では、流し営業と付け待ち営業という異なる2種類のタクシー営業形態に着目し、タクシープローブデータを利用してそれぞれの営業形態を判別する方法を確立した後、この営業形態の違いに着目してタクシーの状態を5種類に分類し、実データを用いて各状態に属する車両台数を調べた。さらに、タクシードライバーが実車走行時間最大化の原則に従って行動するとの仮定下で均衡状態を考えた。その結果、均衡状態では現状よりも付け待ち営業を選択するタクシーが増えることが判明し、現状におけるタクシーベイの収容力不足の可能性が示された。

今後は、タクシードライバーによる乗客獲得形態選択の個人差、および空車タクシーの空間的な営業場所選択を考慮することにより、空車タクシー挙動をより詳細に把握していきたい。

参考文献

- 1) 平成 15 年京都府統計書第 10 章, <http://www.pref.kyoto.jp/tokei/>
- 2) 吉井稔雄, 中村俊之, 北村隆一: プローブデータを用いた時間的・空間的に異なるタクシー挙動の把握, 第 29 回土木計画学研究講演集, CD-ROM, 2004.
- 3) 米谷栄二・明神証・高岸節夫・中川晋: タクシーベイ設置にともなうタクシーの走行挙動に関する考察, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, IV-5, pp1-2, 1971.
- 4) 堂柿栄輔・柳沢吉保: 都心部でのタクシーの路上駐停車の現状と街路周回交通量の推定, 土木計画学研究・論文集, Vol.13, pp869-876, 1996.
- 5) 堂柿栄輔・柳沢吉保: 時間帯を考慮したタクシーの客待ちの街路周回交通量の推定, 土木計画学研究・講演集, Vol.21(2), pp285-288, 1998.
- 6) 塚田悟之・高田邦道・小早川悟: 運転日報を用いたタクシー交通行動の実態分析, 土木計画学研究・講演集, No.22 (2), pp.219-222, 1999.
- 7) Hai Yang and S. C. Wong: A network model of urban taxi services, Transportation Research Part B, Vol.32(4), pp235-246, 1998.
- 8) Hai Yang, S. C. Wong & K. I. Wong: Demand supply equilibrium of taxi services in a network under competition and regulation, Transportation Research Part B, Vol.36(9), pp799-819, 2002.
- 9) 三輪富生・森川高行・岡田良之: プローブデータによる OD 表の作成と経路選択行動の分析, 第 1 回 ITS シンポジウム, pp.591~596, 2002
- 10) Kitamura, R. and Yoshii, T.: Rationality and heterogeneity in taxi driver decision: An application of a stochastic-process model of taxi behavior. In the proceedings of the International Symposium of Transportation and Traffic Theory, Maryland, pp. 609-628, 2005 (forthcoming).