

## 60. 施設利用交通の目的時刻別交通量への分解

立命館大学理工学部 正会員 ○塚井 誠人

\*東北大学東北アジア研究センター 正会員 奥村 誠

日本文理大学工学部 正会員 吉村 充功

## 1. はじめに

わが国の地方都市圏では、モータリゼーションと駐車場を持つ大規模施設の立地が進展した結果、特定の時間帯に特定の施設に交通が集中する渋滞現象が多く見られるようになった。このような混雑現象は、施設内のサービスの提供時間帯の変更や時間帯別駐車場運賃の導入によりコントロールできる可能性がある。

このような施策を計画する上では、施設に流入しようとする交通の時間分布特性を把握することが不可欠であるが、通勤時間帯における従来型の渋滞現象のように安定した再現性は期待できないため、代表的な一日に着目するアンケート調査等の手法には限界がある。既往研究においても、施設内のイベントの内容のほか天候や曜日によって分布特性が異なる可能性が指摘されており<sup>1) 2) 3)</sup>、いろいろな状況下でアンケート調査を繰り返し実施することはコスト面から考えて実際的ではない。

施設が有料の駐車場を持つ場合には、駐車料金の収受機器から車両の入車時刻や出車時刻データを抜き出せる可能性がある。無料駐車場を含む複数の駐車場が利用されている場合には、それらを含むようにコードラインを設定して到着・出発交通量をカウントすればよい。近年では光電管や超音波などを利用したトラフィックカウンターが開発されており、自動的なカウントも可能となっている。

本研究の目的は、コードライン上で計測された断面交通量に基づき、施設利用者の時間分布特性を分析する方法を提案することにある。この際、施設利用者の中には異なる時刻に始まるイベントに合わせて到着する利用者が混在している場合を想定し、アンケート調査に頼ること無しに交通量を複数の目的時刻に分解する方法を開発する。実際に、広島大学構内の駐車場を包むコードラインでの計測データを用いて、到着交通量と出

発交通量を授業時間割ごとに配分する事例を通して、本方法の適用性を確認した。

## 2. 分析手法

目的施設に特定の時刻から開始されるイベントに向けて利用者が到着する行動を考える。この場合、施設での無駄な待ち時間を避けるために、人々はイベント開始直前に多く到着し、その時刻から離れるほど早く到着する利用者数は減少する。このとき駐車場などでの混雑が予想されるようであれば、イベント開始時刻よりも少し前に到着交通のピークが現れると考えられる。このような目的時刻  $T_j$  に向けてそれ以前に到着する交通を、以下では  $T_j$  の前方交通量と呼ぶこととする。また遅刻を許容するようなイベントであれば、イベント開始時刻以降にも到着が存在し、開始時刻から遅くなるほど到着者数は減少すると考えられる。こうした交通を以下では  $T_j$  の後方交通量と呼ぶこととする。

このように時刻  $T_j$  を目的に到着する交通量の分布には、以下のようなワイブル分布型の生存関数モデルが当てはまることが知られている<sup>4)</sup>。基準時刻  $T_j$  の  $t$  分前 ( $t-5$  分後) からの 5 分間交通量  $f_j(t)$  は、時刻  $t$  における前方(後方)生存関数  $S_j(t)$ 、 $(S'_j(t))$  を用いて以下のように表現することができる。

$$\begin{cases} f_j(t) = S_j(t-5) - S_j(t) & (1) \\ S_j(t) = \exp\{-H_j(t)\} & (2) \\ H_j(t) = \int_0^t h_j(u) du & (3) \\ h_j(t) = \lambda_j \gamma_j \cdot t^{\gamma_j-1} & (4) \end{cases}$$

$f_j(t)$  : 到着確率  $H_j(t)$  : 累積ハザード関数  
 $h_j(t)$  : ハザード関数  $\lambda_j$  : 尺度パラメータ  
 $\gamma_j$  : 形状パラメータ

異なる目的時刻に対する交通が存在する場合、計測される 5 分間交通量  $F(\tau)$  は複数の基準時刻に対

Keywords: 交通量計測, 駐車場, 生存時間モデル

\*連絡先: mokmr@cneas.tohoku.ac.jp 022-795-7571

する交通量が重なりあったものであると考えることができる。すなわち基準時刻  $T_j$  を目的とする前方交通量，後方交通量をそれぞれ  $B_j$  および  $A_j$  とすれば，

$$F(\tau) = \sum_{\tau < T_j} B_j f_j(T_j - \tau) + \sum_{\tau > T_j} A_j f_j'(\tau - T_j) \quad (5)$$

が成立する。

ハザード関数  $h_j(t), h_j'(t)$  のワイブル分布の分布形を決定付ける未知パラメータを求める問題を考える。

本研究ではアンケート調査を行わないので， $B_j$  および  $A_j$  の真値は不明である。そこで，各時刻  $T_j$  を目的とする交通量  $B_j$  および  $A_j$  とパラメータ値を以下の①～⑥の手順で計算する。

① 目的時刻  $T_j$  に先立つ目的時刻  $T_{j-1}$  と  $T_j$  の中間時刻から  $T_j$  の間の到着交通量が，すべて時刻  $T_j$  の前方交通量であると考えその和を  $B_j$  の初期値とし，ハザード関数  $h_j(t)$  の形状・尺度パラメータを推定する。同様に目的時刻  $T_j$  と次の目的時刻  $T_{j+1}$  の中間時刻までの到着交通量が，すべて  $T_j$  の後方交通量であるとしてその和を  $A_j$  の初期値とし，ハザード関数  $h_j'(t)$  の形状・尺度パラメータを推定する。

② ハザード関数のパラメータ推定値を用いて，中間時刻を超えた外側の時間帯についても  $T_j$  の前方および後方の交通量を  $B_j f_j(T_j - \tau)$  および  $A_j f_j'(\tau - T_j)$  により計算する。

③ 各時刻  $\tau$  において，基準時刻  $T_j$  ごとの前方，後方交通量の計算値の構成比を求める。

④ 交通量計測値  $F(\tau)$  と構成比の積を各目的時刻に対応する前方，後方交通量の計測値 と考える。すなわち，

$$F(\tau) \frac{B_j f_j(T_j - \tau)}{\sum_{\tau < T_j} B_j f_j(T_j - \tau) + \sum_{\tau > T_j} A_j f_j'(\tau - T_j)} \quad \text{あるいは，}$$

$$F(\tau) \frac{A_j f_j'(\tau - T_j)}{\sum_{\tau < T_j} B_j f_j(T_j - \tau) + \sum_{\tau > T_j} A_j f_j'(\tau - T_j)} \quad \text{を，時刻}$$

$T_j$  を目的とする交通量の計測値と考える。

⑤ 各目的時刻の前方，後方の交通量ごとに，④の計測値の総和を用いて  $B_j, A_j$  を更新するとともに生存関数を当てはめ，ハザード関数の形状・尺度パラメータを再推定する。

⑥  $B_j$  および  $A_j$  が安定するまで②～⑤を繰り返す。

それぞれの目的時刻の前方，後方交通量の生存関数モデルからの誤差が一般的な形状であるなら，式(5)はその線形結合に過ぎないので，以上の計算手順は収束することが期待できる<sup>5)</sup>。

### 3. 大学駐車場の到着交通量への適用

本手法の適用性を確認するために，広島大学工学部駐車場への到着交通量の分析例を示す。

断面交通量の計測のため，横断面の車両の通過時刻，進行方向などの計測が可能なチューブ式のトラフィックカウンター（以下 TC）を，**図 1** のように広島大学工学部駐車場の 4 つの出入口を挟む道路の北側と南側に設置した。分析対象期間は，平成 17 年 10 月 27 日（木）の 4 時～11 月 10 日（木）の 28 時（翌日の早朝 4 時を表す）までの平日 10 日間とし，5 分間断面交通量を計測した。南側断面の交通量は，8 番ゲートから生物生産学部の駐車場に出入りする車が多く，南側断面の先にあるゲートから工学部駐車場に逆方向に出入りする交通は少ないことを反映して，北側断面と同様の時間変化をしていた。そこで以下では，北側断面交通量のみを取り上げ，南向きに通過する交通を「到着交通」，北向きに通過する交通を「出発交通」と考える。

工学部内には別に外来・職員用の駐車場があり，本駐車場は約 5 分の 1 が教職員用に，残りが学生用となっているため，授業時間に合わせた利用が多いと考えられる。**図 2** は期間中のある 1 日についての 5 分間交通量の分布と，それを 5 つの授業時間帯の開始時刻を基準とする前方，後方の 10 個の生存関数に従う部分に分解する考え方を示している。

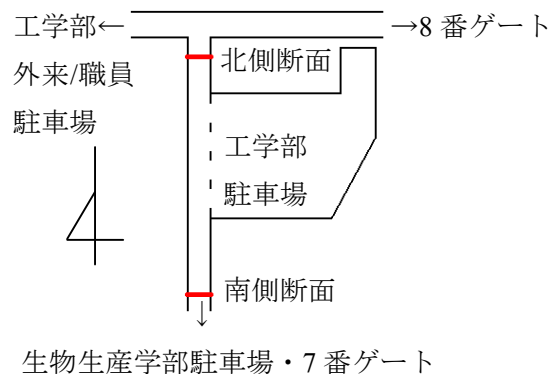


図 1 TC 設置位置

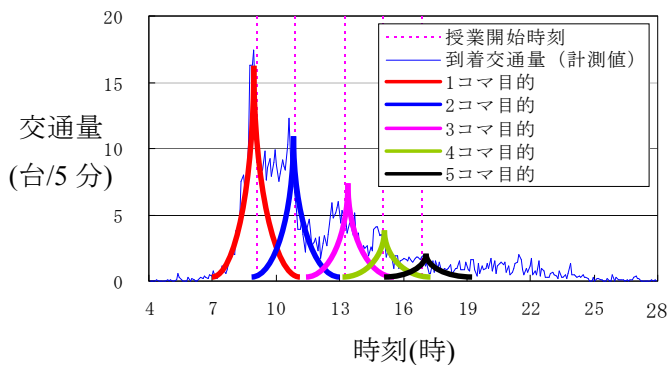


図 2 到着交通量の分解の考え方

表 1 到着交通量の生存関数推定結果

	構成比(%)	尺度 $\lambda$	形状 $\gamma$	相関係数
1コマ前方	19.1	0.165	0.976	0.937
1コマ後方	15.7	0.032	1.636	0.932
2コマ前方	15.5	0.066	1.401	0.944
2コマ後方	8.4	0.037	1.519	0.871
3コマ前方	9.2	0.072	1.326	0.905
3コマ後方	6.7	0.028	1.781	0.863
4コマ前方	5.2	0.096	1.303	0.862
4コマ後方	3.4	0.048	1.527	0.807
5コマ前方	2.8	0.071	1.376	0.801
5コマ後方	14.0	0.003	1.490	0.403

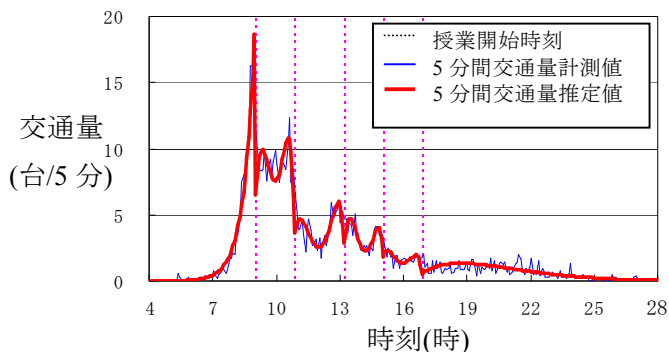


図 3 到着交通量の計測値と推定値

2. で提案した手法を適用した結果、式(5)による 5 分交通量の推定値と計測値との間の相関係数は、繰り返し計算により上昇するが、その上昇幅は 2 回目で小さくなった。そのときの 10 個の交通量の構成比、パラメータ推定値、各交通が卓越する時間帯についての推定値と計測値との相関係数を表 1 に示し、その分布を図 3 に示す。

表 1 の相関係数を見ると、午前中の、授業開始時刻に向けて交通量の増加が明確である時間帯ほど、相関係数が高くモデルの当てはまりが良い。一方、5 コマ後方のように遅い時間帯では、実験や研究を目的とする交通が多いため、授業時間との関連性を考慮した生存関数のみで到着交通量を説明することが難しいことがわかる。

また図 4 のように前方交通量の生存関数を比較す

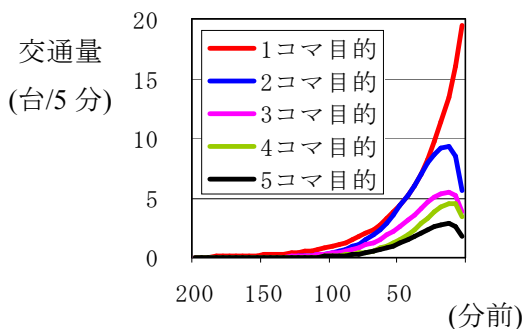


図 4 前方交通量の関数形の比較

表 2 出発交通量の生存関数推定結果

	$\lambda$	$\gamma$	相関係数
1コマ前方	0.016	1.223	0.3447
1コマ後方	0.020	1.851	0.8497
2コマ前方	0.073	1.381	0.8228
2コマ後方	0.019	1.725	0.8776
3コマ前方	0.061	1.265	0.7958
3コマ後方	0.037	1.646	0.8205
4コマ前方	0.106	1.225	0.8080
4コマ後方	0.026	1.729	0.9073
5コマ前方	0.059	1.453	0.8867
5コマ後方	0.008	1.299	0.6493

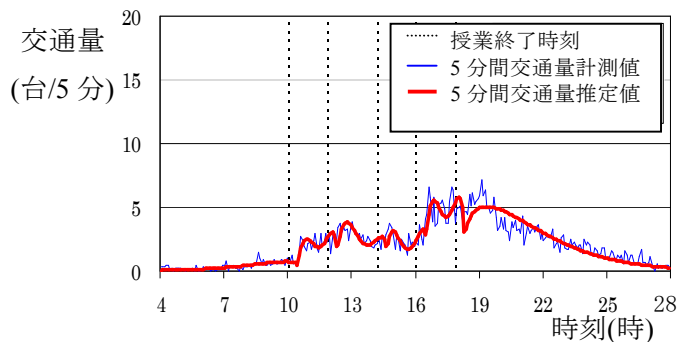


図 5 出発交通量の計測値と推定値

ると、駐車場に空きが十分ある 1 コマ目は授業直前に来る学生が多い一方、2 コマ目以降は駐車場の空きを探す時間を考慮するなどの理由により、少し余裕を持って早めに来る学生が多い。

#### 4. 授業時間帯変更の影響分析

同様に、駐車場から出発する 5 分間交通量の分布を、各授業の終了時刻を基準とする前方および後方の交通量に分割して生存関数モデルを当てはめることができる。パラメータ推定値、相関係数を表 2 に示し、推定値と計測値を図 5 に示す。

表 2 よりモデルの当てはまりは到着時刻モデルよりも低く、特に 1 コマ前方の時間帯や 5 コマ後方の時間帯の相関係数が低い。早朝や深夜といった時間帯では、授業終了時刻と関係のない交通が多いため、

表 3 広島大学の授業時間割変更(18.4)

		変更前	変更後
1コマ	開始時刻	9:00	8:45
	終了時刻	10:30	10:15
2コマ	開始時刻	10:50	10:30
	終了時刻	12:20	12:00
3コマ	開始時刻	13:10	12:50
	終了時刻	14:40	14:20
4コマ	開始時刻	15:00	14:35
	終了時刻	16:30	16:05
5コマ	開始時刻	16:50	16:20
	終了時刻	18:20	17:50

生存関数モデルで出発交通量を説明することが難しいことを示している。また後方モデルに比べて前方モデルの当てはまりが悪く、授業時間を早退して帰宅する交通が少ないことを反映している。

広島大学では、平成 18 年 4 月より全学的に授業時間割を表 3 のように変更した。そこで変更後の時間割に対して以上の生存関数モデルを用いたシミュレーションを行い、到着時刻と出発時刻の変化を検討した。その結果を図 6 および図 7 に示す。

図6を見ると、到着交通量の分布形状はほとんど変化しないが、到着時刻が全体的に前方に移動していることが確認できる。また授業間の休み時間が短縮された影響で、1コマの後半(9:50頃)、3コマの後半(14:00頃)などの分布の谷が若干浅くなると予想される。

一方図7から、出発交通量の分布形状はほとんど変化なく、全体的に前方に移動している。また、授業間の休み時間が短縮された影響で、授業時間中の11:20、15:30、17:30付近の分布の谷が若干浅くなると予想される。

### 5. おわりに

本研究では、特定施設の利用者の時間分布特性を把握するために、計測断面交通量データのみに基づいて、複数の目的時刻に対応する交通を分解して生存関数を当てはめる方法を提案した。広島大学工学部駐車場を対象とする事例を通じて、本手法の適用性を示すことができたと考える。この適用例では基準ハザード関数のパラメータを考慮したに過ぎず、曜日の違いや天候の影響を取り入れていない。このような要因の影響を考慮した複雑な生存関数の推定が今後の課題である。また、授業時間変更後の交通

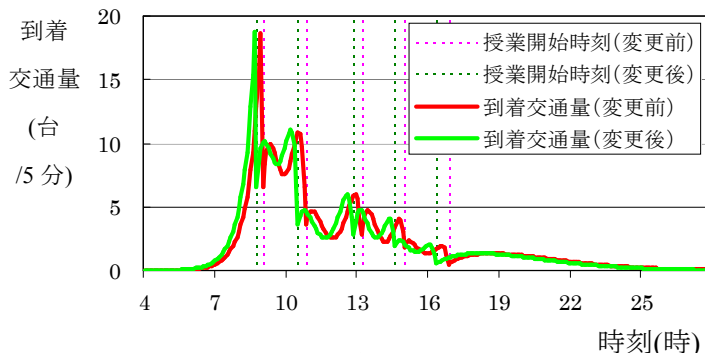


図 6 変更前と変更後の到着交通量予測値

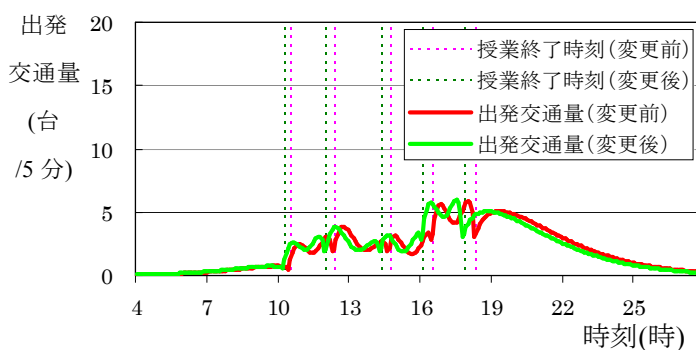


図 7 変更前と変更後の出発交通量予測値

量計測を実施し、本モデルのシミュレーション結果の妥当性を実際に検証することが望まれる。

本研究は、科学研究費基盤研究(B)17360249の一部として実施したものであり、今後は航空機の発着時刻を基準時刻として空港ターミナルへの到着、出発交通量の分析に適用することを計画している。

最後に、交通量計測とモデル計算作業に対する広島大学大学院生、辻井啓氏、山本豊氏の助力に謝意を示します。

### 参考文献

- 1) 西井,朝倉,古谷,土屋：PGI システムによる満空情報が駐車行動に及ぼす影響, 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.787-796,1995.
- 2) 倉内,飯田,塚口,宇野：駐車場案内システム導入によるドライバーの駐車行動変化の実証分析, 都市計画学会学術研究論文集, No.31, pp.457-462, 1996.
- 3) 室町泰徳：駐車場情報がドライバーの駐車場探索行動に与える影響に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.660/IV-49, pp.15-25, 2000.
- 4) 大橋康雄, 浜田知久馬：生存時間解析, 東京大学出版会, 1995.
- 5) 塚井, 井上, 奥村：集計的な到着・出発時刻分布に基づく滞在時間モデルの推定方法, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.2, pp.443-448,2004.