

路線バスの乗降者データに基づく利用者 OD パターンの推計に関する一考察*

OD-Trips Estimation Based on Counting Getting-on-and-off Bus Passengers*

喜多秀行**, 月岡修一***

By Hideyuki KITA** and Shuichi TSUKIOKA***

1. はじめに

バスサービスに対する乗車区間別乗降者数, 停留所別乗降者数などの利用者の利用動向は, サービスを適切に供給するための最も基礎的なデータである。特に乗車区間別利用者数(以下, OD パターン)はサービスを提供する上で重要なデータである。しかし, バスカードシステム等を導入していない路線で, このデータを把握するためには調査員がバスに乗り込み計測を行っているため, 人件費や調査時間など多大な資源の投入が必要であり, それが故に限定的な調査しかできないのが現状である。この調査結果を拡大して年間データとして用いるために, 自治体としては不十分なデータに基づいて運行補助額を決定せざるを得ないという問題が発生している。また, バス会社としては, より正確なデータを入手することで, サービスの質を向上させることが可能となる。

そこで本研究では比較的簡単に計測できる各停留所別の乗降者数を基に OD パターンを推計する実用的な方法論を開発するとともに, 実態調査のデータを用いて推計精度を評価し, 妥当性を検証する。

2. 本研究の基本的な考え方

本研究で推計するバス利用者 OD パターンは個々のバス路線のものであり, ネットワークの形状は図

1 に示すような一次元の形状になる。これより利用者 OD パターンは一次元的になる, 交通は上

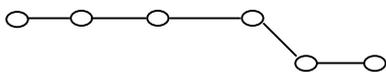


図 1 バス路線ネットワークの形状

流から下流のノードへしか移動しない, 同じノードへの移動(内々交通)は生じないという三つの代表的な特徴を持つ。これよりバス利用者の OD 表は表 1 のように表すことができ, OD 表の網掛部について, この特徴を考慮して推計方法を開発する。バスから観測することが可能なデータの中で, 停留所別の乗降者数に着目し, このデータを基に推計計算を行う。停留所別乗降者数のような発生・集中交通量を基にした方法には交通需要予測の収束計算による推計方法が構築されている。この考え方を応用し, バス利用者 OD パターンの推計方法を開発する。

表 1 OD 表の形状

$\begin{matrix} o \\ \backslash \\ D \end{matrix}$	2 _o	3	...	n	G_i
1					G_1
2					G_2
⋮					⋮
n-1					G_{n-1}
A_j	A_2	A_3	...	A_n	G_i

n : ノード数
 G_i : 発生ノード i に対する発生交通量
 A_j : 集中ノード j に対する集中交通量

3. 収束計算を用いた推計法

(1) 現在パターン法の考え方

現在パターン法は, 既知である現在の OD パターンと発生・集中交通量, 将来の発生・集中交通量を基に, 現在の発生・集中交通量を将来のそれと一致させることによって OD パターンの値を変化させ, 将来の OD パターンを推計する方法である¹⁾。

本研究では既知である値は将来の発生・集中交通量に相応する値のみである。そこで現在パターン法の考えを応用し, 各 OD 交通量に仮の初期値を与え, それを現在の OD パターンとし, その値の発生側, 集中側の総和を現在の発生・集中交通量として用い, その値を既知の発生・集中交通量と一致させること

*キーワード: 調査論, 公共交通需要, 交通量計測, 公共交通運用

**正会員, 工博, 鳥取大学工学部社会開発システム工学科
 (〒680-0882 鳥取市湖山町南 4-101,
 TEL0857-31-5309, FAX0857-31-0882)

***学生員, 鳥取大学工学部社会開発システム工学科
 (〒680-0882 鳥取市湖山町南 4-101,
 TEL0857-31-5333, FAX0857-31-0882)

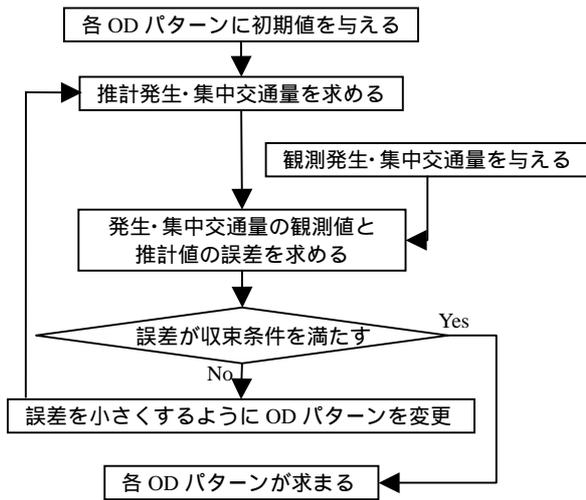


図 - 2 推計計算フローチャート

表 2 観測 OD 表 (一便)

ノードNo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gi
1										0
2					2				11	13
3									1	1
4								1	3	4
5									3	3
6								1		1
7									1	1
8									2	2
9										0
Aj	0	0	0	0	2	0	0	2	21	25

表 3 推計 OD 表 (一便)

ノードNo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gi
1										0.0
2					1.47			1.36	10.17	13.0
3					0.04			0.02	0.94	1.0
4					0.29			0.25	3.46	4.0
5					0.2			0.17	2.63	3.0
6								0.03	0.97	1.0
7								0.03	0.97	1.0
8								0.14	1.86	2.0
9										0.0
Aj	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	21.0	25.0

表 4 観測 OD 表 (一日合計)

ノードNo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gi
1		1		13	3	2	2	1	48	70
2					3				17	20
3					2		1		2	5
4				1	2		3	1	12	19
5							1		15	16
6								1	4	5
7									4	4
8									4	4
9										0
10										0
Aj	0	1	0	14	10	2	7	3	106	143

表 5 推計 OD 表 (一日合計)

ノードNo	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	Gi
1.0		1.0		11.9	4.7	1.2	3.9	0.9	46.4	70.0
2.0				0.1	1.7	0.2	0.4	1.4	16.2	20.0
3.0				0.9	0.3		0.1	0.0	3.7	5.0
4.0				1.2	2.1	0.3	0.9	0.3	14.4	19.0
5.0					1.1	0.2	1.4	0.3	13.0	16.0
6.0						0.1	0.1	0.0	4.8	5.0
7.0							0.2	0.0	3.8	4.0
8.0								0.1	3.9	4.0
9.0										0.0
10.0										0.0
Aj	0.0	1.0	0.0	14.0	10.0	2.0	7.0	3.0	106.0	143.0

により OD パターンを変化させ推計を行う。初期値を与える方法は様々あるが、本研究では総交通量を各 OD 交通量に均等配分した値を初期値として用いる。この計算の流れを図 2 に示す。

(2) 推計計算結果

観測される停留所別の乗降者数を基に、ある路線におけるバス利用者の OD パターンの推計を行う。表 2 に示す鳥取市内のある路線の一便における観測 OD 表の発生交通量、集中交通量を基にして、発生ノード i から集中ノード j への OD 交通量 t_{ij} の推計計算を行い、表 3 の結果を得た。

表 2, 表 3 より、OD パターンの観測値に対する推計値の絶対平均誤差は 0.16 人、絶対最大誤差は 0.97 人であった。この結果より、推計値はある程度の精度を有していると言える。しかし、一便の推計精度が高かったとしても、推計値にバイアスがある場合は、長期間に渡り集計すると推計精度が落ちることも考えられる。そこで一日全便について推計計算を行った。

この路線の一日全 10 便を合計した観測値、推計値を表 4, 表 5 に示す。この結果より、絶対平均誤差は 0.65 人、絶対最大誤差は 2.38 人となった。絶対平均誤差は一人未満、絶対最大誤差の総交通量に対する割合が約 1.7% と、推計結果は評価できる値であると言える。また、この推計値は一便と一日についての結果であるが、特段の推計バイアスは認められないため、一便で誤差が生じた場合でも、一ヶ月、一年と長期間に渡って集計することで、誤差が相殺されより精度を高めることも可能であると考えられる。

4. 解の分布とその評価

(1) 総当り法の考え方

3. で提案した発生・集中交通量を基に推計値を観測値に収束させる推計計算では、観測値である発生・集中交通量を制約条件として OD パターンの推計を行う。しかし、この推計計算は制約条件より未知変数が多い不定問題であるため、制約条件を満たす OD パターンの組み合わせは、観測値、推計値だけであるとは限らない。OD パターンは制約条件を満たすある範囲に分布しており、これらの値はあくまで解の分布のある一点の値であると考えられる。推計値が解の分布の中央に位置しているか、裾に位置しているかによって、推計値の持つ意味は異なると思われる。また、本研究では実態調査の結果を用いて推計計算を行っているため、OD パターンの推計値の再現性を見ることが可能である。しかし、実際には OD パターンは未知であるために、推計値の再現性は不安視せざるを得ない。

そこで、より説明力のある推計値を求める方法として、発生・集中交通量の制約条件を満たす推計値の分布しうる範囲、平均値、中央値、最頻値などを総当り法で求める推計方法を構築する。

(2) 推計値の算出方法

発生・集中交通量を制約条件として各 OD 交通量が分布する範囲，平均値，中央値，最頻値を，総当り法を用いて求める．算出方法は表 2 を用いて説明する．まず $t_{1,2}$ と $t_{9,10}$ については，対応する発生・集中交通量いずれかの制約条件に対して，変数が一つしか存在しないため，必然的に $t_{1,2}$ は集中ノード 2 の集中交通量である 0 が， $t_{9,10}$ は発生ノード 10 の発生交通量である 0 が推計値として得ることができる．また，発生ノード 1 に対応する $t_{1,3}$ から $t_{1,10}$ については，発生交通量 G_1 から $t_{1,2}$ の値を引いた値が上限値となる．集中ノード 10 に対応する $t_{1,10}$ から $t_{8,10}$ についても同様に， $t_{9,10}$ の値を引いた値が上限値となる．この二つ以外の $t_{1,3}$ から $t_{8,10}$ については，それぞれに対応する発生・集中交通量に入る数値によって 0 からある上限値まで値が変化することになる．例として，その変数の一つである $t_{2,10}$ について述べる．

$t_{2,10}$ に対応する制約条件は発生側 G_2 が 13，集中側 A_{10} が 21 である．ここで，発生側の制約条件の方が集中側より小さいため，結局 $t_{2,10}$ には 0 から 13 までの値が入ることが可能となる．同様の考えで，その他の OD 交通量についても範囲を求めることができる．また，総当り法による組み合わせの総数は，各 OD 交通量の上限値+1 を全ての OD 交通量について乗じた数になる．

しかし，この方法で得られた値が全て推計値になる訳ではない．各発生ノード，集中ノードに対応する OD 交通量が各発生・集中交通量，総交通量の制約条件を全て同時に満たした場合にのみ，その組み合わせは OD パターンの推計値となる．この計算の流れを図 3 に示す．

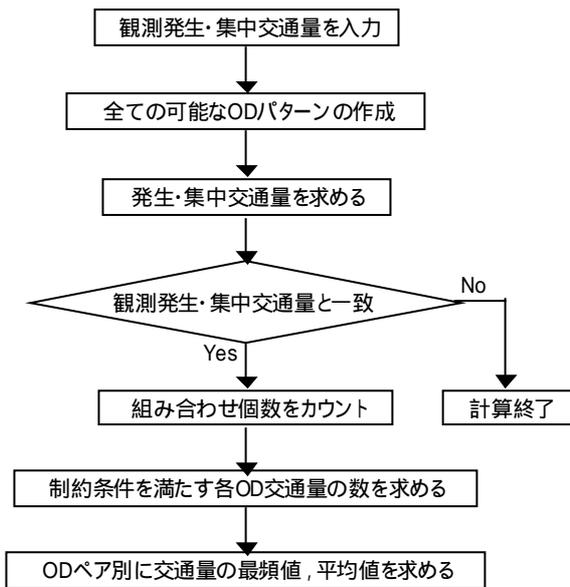


図 3 制約条件を満たす OD 交通量の組み合わせを求めるフローチャート

表 6 推計 OD 表 (平均値)

ノードNo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gi
1										0.0
2					0.58			0.33	12.09	13.0
3					0.28			0.17	0.55	1.0
4					0.58			0.33	3.09	4.0
5					0.57			0.33	2.11	3.0
6								0.25	0.75	1.0
7								0.25	0.75	1.0
8								0.33	1.67	2.0
9										0.0
Aj	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	21.0	25.0

表 7 推計 OD 表 (中央値)

ノードNo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gi
1										0.0
2					1			1	11	13.0
3					0.5			0.5	0.5	1.5
4					1			1	2	4.0
5					1			1	1.5	3.5
6								0.5	0.5	1.0
7								0.5	0.5	1.0
8								1	1	2.0
9										0.0
Aj	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	5.5	17.0	26.0

表 8 推計 OD 表 (最頻値)

ノードNo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Gi
1										0
2									13	13
3									1	1
4									4	4
5									3	3
6									1	1
7									1	1
8									2	2
9										0
Aj	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25

(3) 推計計算結果

以上の方法を用いて表 2 の OD 表について推計計算を行った．その結果，総組み合わせ数は 1,001,804 通り存在し，発生・集中交通量の制約条件を満たす組み合わせ数は 206 通り存在した．各 OD 交通量の分布を図 4 に，分布の平均値，最頻値，中央値を表 6~表 8 に示す．この結果，分布の平均値については制約条件を満たす組み合わせの一つであることが見て取れる．OD 交通量の変動や各推計値について， $t_{2,10}$ を例に述べる．

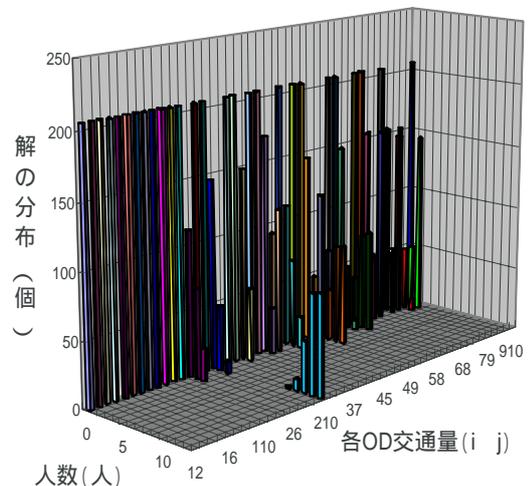


図 4 OD 交通量の変動

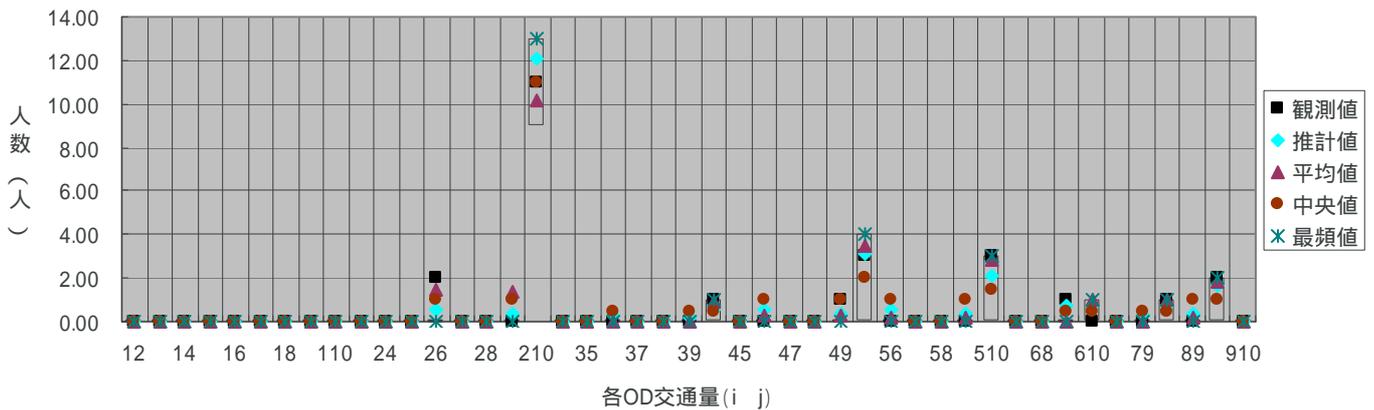


図 5 各推計値と分布との関係

$t_{2,10}$ の分布は9人から13人に幅を有し、OD交通量を満たした数は9人が1個、10人が9個、11人が40個、12人が77個、13人が79個であった。表1と表5から表7より、観測値は11人、平均値は12.09人、中央値は11人、最頻値は13人であった。この結果の場合、観測値は分布の中央に位置しており、また誤差は最大でも2と各推計値とも観測値と近い値を示している。

しかし実際には観測値は未知であるために、どれだけ説明力の高い推計値が得られるかが問題となってくる。この推計計算より得られた分布の平均値、中央値、最頻値といった値は、既知の発生・集中交通量の制約条件を満たしうる値であり、現在パターン法による推計値も解の分布する範囲のある一点の値であることが分かる。この方法を用いることで、現在パターン法による推計結果を評価することが可能であると同時に、この各値も推計値として用いることが可能であると考え、現在パターン法同様、長期間に渡り推計値を求めることで誤差が相殺され精度を高めることも可能であると考えられる。

5. 推計結果の比較

本研究で提案した2つの推計方法について、互いにどのような関係が存在しうるか、2つの推計方法の比較を行う。総当り法の結果より、現在パターン法による推計値が発生・集中交通量の制約条件を満たす分布のある一点の値であることが解明された。しかし、この値が分布する範囲の中央に位置しているか、端に位置しているかによって、推計値の持つ意味も異なってくると考える。そこで推計値と分布の範囲との関係を図5に示す。

この図では各OD交通量について、発生・集中交通量の制約条件を満たす分布範囲と観測値、推計値、平均値、中央値、最頻値が示されている。この結果より、本研究で求められたどの推計値とも一致してはならず、観測値とも一致してはいない。また、全てのOD交通量について、常に分布の中央に位置している、それぞれの値が一定の割合で開きがあると

いった一貫性のある特徴は見られなかった。この結果より言えることとしては、これらの推計値はあくまで発生・集中交通量の制約条件を満たす分布のある一点の値であり、どの値が最も観測値の再現性を満たしているかは未知であるということである。このことを言い換えれば、観測値も制約条件を満たすある一点の値に過ぎないと言うことができる。これより、再現性を満たすという観点に立てば、制約条件を満たしている値にはある程度の推計精度があるのではないかと考える。推計精度を向上させるためには分布の範囲を狭める方法を構築することが考えられる。

6. おわりに

本研究で開発を行った推計方法を用いることで、観測乗降者数のみから補助金の算定やバスサービスの向上に必要とされる、より正確な利用者のODパターンのデータを推計することが可能となった。また、限定的な調査結果を年間データに拡大して用いなくとも、比較的容易に観測できる乗降者数のデータを基に推計することができることを示した。また、新たに総当り法による推計方法を構築したことで、より多くの解を検討することが可能となった。

今後の課題としては、総当り法による推計計算について更に開発を行い、より推計精度を高める方法を検討すると共に、総当り法を用いて現在パターン法による推計値の評価を行い、現在パターン法の解の収束性の構造を解明する。また、二つの方法を組み合わせることで、推計精度を向上させることが可能であるか検討する。さらに、総当り法の計算のアルゴリズムについてより効率的な方法の検討を行う。

参考文献

- 1) 竹内伝史, 青島縮次郎, 本多義明, 磯部友彦:〔新版〕交通工学, 鹿島出版会, pp.45-115, 2000.
- 2) 月岡修一: 停留所別乗降者数データに基づくバス利用者のOD分布推計モデル, 鳥取大学卒業論文, 2003.