停留所別乗降者数データに基づくバス利用者 OD パターン推計法に関する研究

公共システム研究室　月岡修一

1．はじめに

バスサービスに対する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り，特に乗車地点間別利用者数（以下，OD パターン）は重要なデータである．しかし，バスカードシステムのようにODパターンを計測できるシステムが未導入の路線では，調査員がバスに乗車し手作業で計測するため，多大な資源の投入が必要になり，そのため年数回という限定的な調査しかできないのが現状である．また，この結果を単純に拡大して年間 OD パターンとするため，自治体は運行補助額に過不足が生じるという問題が発生し，バス事業者はより正確なデータを入手することで，サービスの質の向上を図ることが可能になる．

月岡，喜多[1)]は停留所別乗降車数に着目し，そのデータを基にODパターンを簡便に推計する手法を提案した．また，提案した手法から求められる解は不定問題の解の一つであるため，乗降車数の制約条件を満たす解空間の特性と推計値の関係性を分析した．その結果，推計値はある解空間に分布し，その分布の平均値等の代表的統計値とは異なる値であることを明らかにした．

しかし，提案した推計法から求まる解はあくまで推計値であり，この値を年間データに用いても手作業と同様に真値との間には誤差が生じる．この誤差が手作業による推計値の誤差より大きくなる可能性もあるため，手法の推計精度の関係を明らかにする必要がある．

そこで本研究では，OD パターンをより高精度に推計する手法を選定するため，提案した手法と手作業による手法から各々推計値を求め，その値を比較することで，使用目的に即した推計法の適用可能な範囲を特定し，提案した推計法の有用性を明らかにする．

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，その形は一次元の形状になる．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る．この表-1 においてnはノード数，ODパターンの中のひとつセルはOD交通量t_{ij}，その行和は発生交通量G_i，列和は集中交通量A_jである．本研究では，表-1 の斜線部について上記の特徴を考慮し，バスから比較的簡単に計測可能な停留所別乗降者数を基にした推計法を提案した．この推計法の有用性の検討と推計法の適用可能範囲を検討するため，設定する特徴の異なる仮想バス OD 表を基に，提案した手法で求めた推計値の精度を，手作業による推計法では何枚の OD 表を抽出することで実現可能かを比較し，路線の違いによる両推計法の適用可能範囲を検討する．

表-1　OD **表の形状**

	2	3	…	n	G_i
1					G_1
2					G_2
⋮					⋮
n-1					G_{n-1}
A_j	A_2	A_3	…	A_n	ΣG

n：ノード数
A_j：集中交通量
G_i：発生交通量

3．バス利用者 OD パターン推計法

本研究では手作業による方法と提案した手法から推計値を求める．手作業による方法は 1 章で述べた通りであるため，ここでは提案した手法を説明する．

推計法は表-1 の発生交通量G_iと集中交通量A_jに相当する停留所別乗降者数を基にする．この推計計算は二元配置の周辺分布から同時分布であるODパターンを推計する問題に帰着する．このような手法の一つにDeming and Stephanによって提唱されたIPF（Iterative Proportional Fitting）法がある[2)]．IPF法とは適宜与えた同時分布の初期値を，逐次的に周辺分布の変化率に当てはめ，収束値として同時分布の推計値を得るという方法である．この推計計算の手順を図-1 に示す．

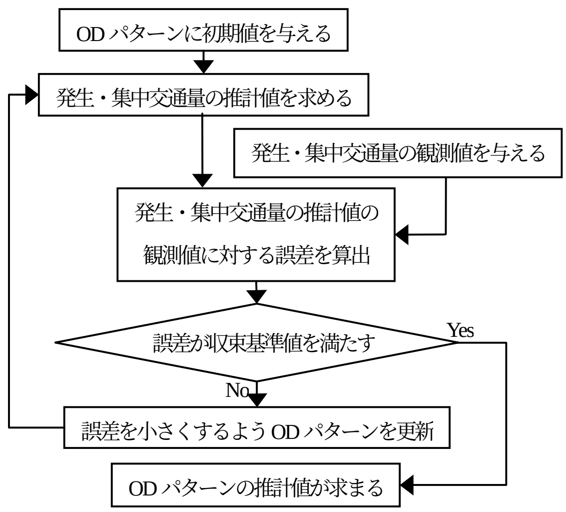

図-1　IPF **法推計計算フローチャート**

4．推計値の評価手法

本研究の推計法である IPF 法に限らず，発生・集中交通量を基に OD パターンを求める推計法は，何らかの方法で OD パターンを変化させ推計値を求める手法が多い．このような推計法は未知変数が制約条件より多い不定問題となる．そのため，発生・集中交通量の制約条件を満たす値は推計値や観測値以外にも存在し，推計値等の値は不定問題の解の分布範囲のある一点の値であると言える．求められた推計値がその分布範囲のどこに位置しているかによっても推計値の持つ意味は異なると考える．また，本研究の推計計算は仮想OD表を用いているため，推計値の再現性を確認することは可能であるが，現実ではODパターンは未知であり，再現性の確認は不可能である．そこで，総当り法を用いて制約条件を満たす解の分布し得る範囲を求め，観測値と推計値の関係性を明らかにする．

この総当り法を用いて表-2 の発生・集中交通量から求められた推計値を評価する．表-2 の制約条件を満たす解の組み合わせは 19 通り存在した．t_{24}を例に説明すると，解は 0～4 の範囲に分布し，観測値は 1，IPF法による推計値は 1.64，総当り法の平均値は 1.63，中央値は2，最頻値は1 と 2 という結果を得た．この結果より，観測値，推計値は統計的代表値とは一致せず，解の分布範囲のある一点の値であることが分かる．図-2 はそれぞれの値と分布の関係を示したものである．図-2 より，全ODペアについて，一定の割合で位置している等の共通性のある特徴は見られなかったが，IPF法による推計値と総当り法の平均値とが近い値を示した．推計値がこの分布の中央付近に位置しているということは，長期間に亘り推計することで誤差が相殺され，精度を向上させることが可能になると考えられる．

表-2　1 枚の OD 表

No.	2	3	4	5	Gi
1	3	1	0	1	5
2		2	1	2	5
3			3	0	3
4				2	2
Aj	3	3	4	5	15

表-3　100 枚合計 OD 表

No.	2	3	4	5	Gi
1	697	103	93	110	1003
2		79	78	75	232
3			90	82	172
4				93	93
Aj	697	182	261	360	1500

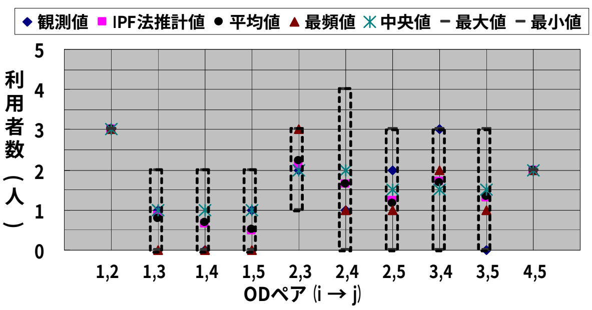

図-2　各 OD 交通量の変動

5．OD パターン推計法の適用範囲の検討

IPF 法と手作業による方法の推計精度を比較し，誤差の大小関係により推計法の適用範囲を明らかにするため，100 枚の仮想 OD 表を用いて推計計算を行い，IPF 法と手作業による方法の推計値を比較した．IPF 法では全ての OD 表について推計計算を行い，その合計値を求める．手作業による方法では，サンプル OD 表を全 100 枚の OD 表に対し 1 枚から全 100 枚まで 100 パターン抽出し，その平均値を 100 枚分に拡大したものを合計値とする．この場合，全 100 枚のサンプルを抽出すると仮想値との絶対誤差は 0 となる．

その結果，図-3 のような相対誤差の大小関係を得た．IPF 法による絶対誤差は 29.8 人となり，総交通量に対する相対誤差は約 1.98%となった．手作業による相対誤差はサンプルの割合が 92%から IPF 法の相対誤差より小さくなった．この結果より，この路線の場合においては手作業による方法では大量のサンプルを抽出する必要があるため，IPF 法の方が低コストかつ高精度な OD パターンを推計することができることが分かる．

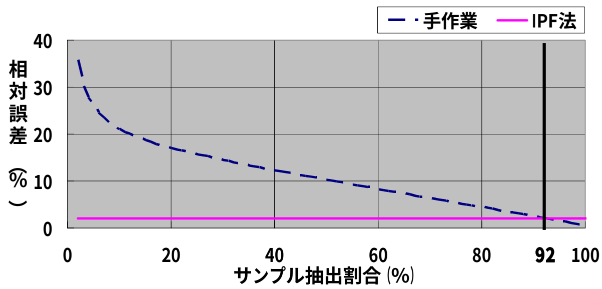

図-3　サンプル抽出枚数と絶対誤差の関係

6．おわりに

提案した IPF 法を用いることで，補助金の算定に必要な年間 OD パターンを簡便にかつ比較的高精度に推計できること確認した．また，推計期間と誤差の大きさは比例せず，誤差が相殺されることで相対的には小さくなることが分かった．また，手作業と IPF 法の推計値の比較により，その路線の特徴に即した推計法の適用可能な範囲を明らかにした．その結果，特徴により，その路線に適する推計法は変わることが分かった．

参考文献

1) 月岡修一，喜多秀行：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，土木計画学研究・講演集，CD-ROM，Vol.30，Ⅶ部 6 番，社団法人土木学会，2005.

2) Bishop, Yvonne M. M.：Discrete Multivariate Analysis : Theory and Practice, pp.83-102, pp.188-191, The MIT Press, 1975.