

実測路上交通量によるOD別道路区間利用率推定法の考え方

金沢大学工学部 正員 飯田 恭敬

1. まえがき

OD交通量が重力モデル構造で表わされると、OD間交通抵抗係数とOD別道路区間利用率が与えられれば、道路網内の各種交通需要量（発生・集中交通量、OD交通量、OD別道路区間交通量）は、各道路区間の実測交通量から推定できる。これを推計モデルⅠとよんでいる。このとき、OD間交通抵抗係数については、定期的に実施されているOD交通量の調査結果を利用して決定できる場合が多いであろう。もしこの種の既存資料がなくても、独自の調査実施はそれほど困難ではない。これに対してOD別道路区間利用率は、既存資料の利用はまず期待できず、また調査で求めるとなると、OD交通量の場合に比較して調査は煩雑となり作業量も膨大となる。そこで本報告では、道路区間交通量が一定値であってもOD別経路交通量は一意的ではないという道路網交通流の性質を利用した、実測路上交通量から、OD別道路区間利用率を推定する方法の考え方について述べる。ただしここでことわっておきたいのは、以下で議論するOD別道路区間利用率は、現実の交通現象を必ずしも反映していないOD交通量推定のためだけのものと、実際の経路選択基準を考慮したものとに分けていることである。また推計方法としては、発生交通量を外生変数とした場合と内生変数とした場合の2通りを考えている。

2. 道路網交通需要推計モデルⅠの特性

ノード*i*からノード*j*へのOD交通量 T_{ij} は重力モデルによって表わされるとすると次式で与えることができる。

$$T_{ij} = \alpha_i A_i \beta_j (A_j - \Delta D_j) R_{ij} \quad (1)$$

ここに、 A_i はノード*i*の発生交通量、 β_j はノード*j*の集中交通量、 R_{ij} はOD交通*i-j*間の交通抵抗係数、 α_i および β_j はトリップエンド条件式を満たすための係数である。また、 ΔD_j は式(2)で決定されるノード*j*に特有の定数である。ただし、 R_{ijk} は道路区

$$\Delta D_j = \sum_k (R_{ijk} - R_{ikj}) \quad (2)$$

間*j-k*で実測される交通量である。いまOD交通*i-j*の道路区間*m*（道路区間*j-k*はこのように簡単に表わす）の利用率を P_{ij}^m とすると、道路区間交通量 EX_m は式(3)で推定される。推計モデルⅠは R_{ij} と P_{ij}^m が与えられているときであり、推計道路区間交通量 EX_m

$$EX_m = \sum_i \sum_j \{ \alpha_i A_i \beta_j (A_j - \Delta D_j) R_{ij} \} P_{ij}^m \quad (3)$$

が実測道路区間交通量に一致するような発生交通量 A_i を求めれば、OD交通量とOD別道路区間交通量が得られる。

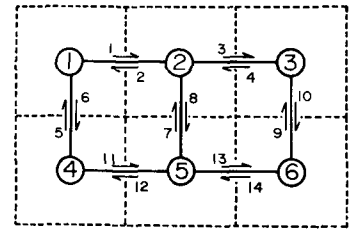


図-1

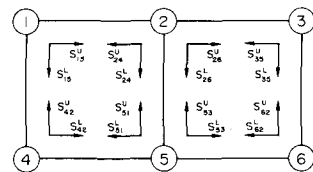


図-2

さてこの推計モデルⅠにおいて、OD別道路区間利用率 P_{ij}^m の値を変えるとOD交通量の推計結果がどのようなになるか計算例でみている。図-1の道路網に表-1のOD交通量が存在していると。いま道路網の基本ループ内で経路選択率に関する配分比条件が成立しているとして表-2のような P_{ij}^m を与えると、道路区間上の実測交通量 R_{Xm} は、下段に示す値となる。(Case 1) そこで表-1の現実OD

表-1

ACTUAL OD TABLE

o/d	1	2	3	4	5	6	TOTAL
1	0	530	470	590	410	300	2300
2	500	0	560	380	600	370	2410
3	420	590	0	330	360	540	2240
4	550	390	320	0	500	480	2240
5	420	490	380	520	0	540	2350
6	290	400	550	410	530	0	2180
TOTAL	2180	2400	2280	2230	2400	2230	13720

D交通量の R_{ij} と表-2の P_{ij}^m を用い、実測交通量 RX_m からOD交通量を推計すると表-1と全く同一のOD表が得られる。次に上の実測区間交通量を一定値に保持してあり、 P_{ij}^m を別の値に変えてみる。道路網交通流では、一定値の道路区間交通量に対してOD別経路交通量は一意的ではないという性質があるため、表-2より得られるOD別経路交通量を適当に移替えることによって容易に別の P_{ij}^m を作ることができる。その1つが表-3である。(Case 2)この表-3の P_{ij}^m を用いて上と同様の推計計算をすると、この場合もやはり表-1と同一のOD表が得られる。純いて今度はいまだ用いた表-3の P_{ij}^m より道路網の基本ループ内の分岐交通量比率 S_{ij}^U 、 S_{ij}^D を求める。 S_{ij}^U と S_{ij}^D は基本ループ内ノード i, j 間のそれぞれ上回り交通量と下回り交通量の分岐率であり、その合計は1となるもので、この計算例の道路網においては図-2に示す個数存在する。(図-3はこれらと具体的に示しているが、隣接ノード間交通のように基本ループ内で分岐しないものについては S_{ij}^U および S_{ij}^D は不要である。)この基本ループ内分岐率にもとづいて配分比条件を仮定1、OD別道路区間利用率 P_{ij}^m を求めると表-4のようになる。(Case 3)この表-4の P_{ij}^m と先の R_{ij} および RX_m を用いてモデルIで計算すると、OD交通量と道路区間交通量の推計結果は表-5および表-4の最下段に示すとおりとなる。いずれも現実の値から少しずれた値となっており、収束速度も上の2つのCaseに比べてかなり遅かった。ちなみにCase 1およびCase 2は250回、Case 3は20000回の繰り返し計算の結果である。

上の計算例でみてきたように、現実のOD別道路区間利用率を道路区間交通量一定の条件の下に変更しても、OD交通量の推計結果は同一であることが確かめられた。また、配分比条件が成立していない道路網交通流にもかかわらず、基本ループ内分岐率にもとづいた配分比条件を仮定しても、正しいOD交通量は必ずしも推計できないことも明らかとなった。これらの性質を考慮して、OD別道路区間利用率をどのように考えていくか以下で議論する。

表-2

		P_{ij}^m (CASE 1)													
o-d	ARC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-5		0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000
1-6		0.667	0.000	0.333	0.000	0.000	0.333	0.000	0.333	0.000	0.333	0.333	0.000	0.667	0.000
2-4		0.000	0.750	0.000	0.000	0.000	0.750	0.000	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.000	0.000
2-6		0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000	0.500	0.000
3-4		0.000	0.500	0.000	0.667	0.000	0.500	0.300	0.167	0.000	0.333	0.000	0.500	0.000	0.333
3-5		0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.667	0.000	0.000	0.000	0.667
4-2		0.667	0.000	0.000	0.000	0.667	0.000	0.333	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.000	0.000
4-3		0.500	0.000	0.750	0.000	0.500	0.000	0.250	0.000	0.250	0.000	0.500	0.000	0.250	0.000
5-1		0.000	0.286	0.000	0.000	0.714	0.000	0.286	0.000	0.000	0.000	0.000	0.714	0.000	0.000
5-3		0.000	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	0.500	0.000
6-1		0.000	0.500	0.000	0.300	0.500	0.000	0.200	0.000	0.300	0.000	0.000	0.500	0.000	0.700
6-2		0.000	0.000	0.000	0.600	0.000	0.000	0.400	0.000	0.600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ARC VOLUMES		1825	1635	1745	1667	1415	1345	1228	1360	1147	1175	1575	1635	1675	1653

表-3

		P_{ij}^m (CASE 2)													
o-d	ARC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-5		0.549	0.000	0.000	0.000	0.000	0.451	0.000	0.549	0.000	0.000	0.451	0.000	0.000	0.000
1-6		0.600	0.000	0.167	0.000	0.000	0.400	0.000	0.433	0.000	0.167	0.400	0.000	0.833	0.000
2-4		0.000	0.816	0.000	0.000	0.000	0.816	0.000	0.184	0.000	0.000	0.000	0.184	0.000	0.000
2-6		0.000	0.000	0.635	0.000	0.000	0.000	0.365	0.000	0.635	0.000	0.000	0.365	0.000	0.000
3-4		0.000	0.424	0.000	0.606	0.000	0.424	0.000	0.182	0.000	0.394	0.000	0.576	0.000	0.394
3-5		0.000	0.000	0.000	0.389	0.000	0.000	0.000	0.389	0.000	0.611	0.000	0.000	0.000	0.611
4-2		0.769	0.000	0.000	0.000	0.769	0.000	0.231	0.000	0.000	0.000	0.231	0.000	0.000	0.000
4-3		0.375	0.000	0.625	0.000	0.375	0.000	0.250	0.000	0.375	0.000	0.625	0.000	0.375	0.000
5-1		0.000	0.321	0.000	0.000	0.679	0.000	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.679	0.000	0.000
5-3		0.000	0.000	0.605	0.000	0.000	0.000	0.605	0.000	0.394	0.000	0.000	0.000	0.394	0.000
6-1		0.000	0.448	0.000	0.207	0.552	0.000	0.241	0.000	0.207	0.000	0.000	0.552	0.000	0.795
6-2		0.000	0.000	0.000	0.668	0.000	0.000	0.333	0.000	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.555
ARC VOLUMES		1825	1635	1745	1667	1415	1345	1228	1360	1147	1175	1575	1635	1675	1653

表-4

		P_{ij}^m (CASE 3)													
o-d	ARC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-5		0.538	0.000	0.000	0.000	0.000	0.462	0.000	0.538	0.000	0.000	0.462	0.000	0.000	0.000
1-6		0.707	0.000	0.367	0.000	0.000	0.293	0.000	0.341	0.000	0.367	0.293	0.000	0.634	0.000
2-4		0.000	0.775	0.000	0.000	0.000	0.776	0.000	0.224	0.000	0.000	0.000	0.224	0.000	0.000
2-6		0.000	0.000	0.518	0.000	0.000	0.000	0.000	0.482	0.000	0.518	0.000	0.000	0.482	0.000
3-4		0.000	0.557	0.000	0.718	0.000	0.557	0.000	0.161	0.000	0.282	0.000	0.443	0.000	0.282
3-5		0.000	0.000	0.000	0.564	0.000	0.000	0.000	0.364	0.000	0.636	0.000	0.000	0.364	0.636
4-2		0.712	0.000	0.000	0.000	0.712	0.000	0.288	0.000	0.000	0.000	0.288	0.000	0.000	0.330
4-3		0.569	0.000	0.799	0.000	0.569	0.000	0.230	0.000	0.231	0.000	0.431	0.000	0.201	0.000
5-1		0.000	0.315	0.000	0.000	0.685	0.000	0.315	0.000	0.000	0.000	0.000	0.685	0.000	0.000
5-3		0.000	0.000	0.535	0.000	0.000	0.000	0.535	0.000	0.999	0.466	0.000	0.000	0.000	0.999
6-1		0.300	0.546	0.000	0.337	0.654	0.000	0.209	0.000	0.337	0.000	0.000	0.654	0.000	0.663
6-2		0.000	0.000	0.000	0.617	0.000	0.000	0.383	0.000	0.617	0.000	0.000	0.000	0.000	0.383
ARC VOLUMES		1825	1635	1745	1667	1415	1345	1228	1360	1147	1175	1575	1635	1675	1653
ESTIMATED		1825	1629	1750	1682	1421	1345	1223	1362	1142	1170	1569	1635	1680	1658

3. OD別道路区間利用率の交通工学的意義

道路網交通処理という観点から見た場合、OD別道路区間利用率を知ることのメリットは、信号機による面的制御の効率アップに寄与できることや、規制あるいは制御を実施したときの効果測定が全体としてはもちろんのこと、OD個別にもできることであろう。しかし実際の道路網運用においてはOD交通を区別することは不可能であるから、

個別のOD交通を対象とした経路誘導的な規制や制御に

利用するには限界がある。OD別道路区間利用率のもう一つの交通工学的意義としては、OD交通量の推計に利用することである。ただし、この目的に用いられるOD別道路区間利用率は、モデルⅠの計算例に示したように、現実の交通現象に忠実である必要はなく、正しいOD交通量が推計できる保証があればどのような値でもよい。そのようなOD別道路区間利用率が一度求められると、今度はこれらの値を用いてある経路選択基準を導入し、規制や制御に必要な現実の交通現象に適合すると思われるOD別道路区間利用率に修正することができる。

4. 交通配分に対する見解と本モデルの役割

OD別道路区間利用率はこれまで交通量配分理論あるいは経路選択理論にもとづいて推定されてきたが、その結果に対する信頼性については議論のわかれるところであった。交通量配分ではまず初めに所与OD交通量の発生集中ノードを対象道路網内に設けることから作業がなされるが、この段階での手法にはあいまいさが残されているし、経路選択基準にしても普遍的な尺度が確立されているわけでもない。また現実交通量との誤差の問題については、OD交通量の誤差（発生・集中ノードの与え方も含めて）によるものなのか、配分誤差によるものなのか、あるいはその両方によるものなのかいまいちよくわからない。仮にOD交通量が正確であるとしても、道路区間交通量の推計値が現実値に一致するというだけでは、その配分手法が正当であるという理由にはならない。なぜなら、道路区間交通量に一致するOD別経路交通量の組み合わせは無数に存在するからである。OD別経路交通量の適合性が高いということであれば、その配分手法の妥当性は認めざるを得ないであろうが、残念ながらそのような報告は見当たらないようである。最近では実測道路区間交通量と適合するようなOD別経路選択率の推定方法が研究されるに至っているが、この種の手法は上で述べたようにOD交通量が正確に与えられてこそはじめて実用的価値が出てくる。本研究ではこのようなことを念頭に置き、OD交通量とOD別経路交通量を現実道路網に即した形でとらえ、いずれにしてもできるかぎり正しい推定値を得ようとするものである。OD交通量の推定のみが目的であるなら、OD別経路選択率は現実交通現象を反映するものでなくてもよいが、規制や制御に利用したいときには交通現象に適合するよう推定することが必要である。本方法論が実用化されるようになれば、道路区間交通量の推計誤差や道路網運用の変更にもなう交通流変化への対応性から、採用した経路選択基準の妥当性が検証可能となるので、交通量配分理論の将来への発展に寄与することにもつながるものと思われる。

5. OD別道路区間利用率の推定法

(Q) ノード発生交通量を外生変数としたとき

OD間交通抵抗係数 R_{ij} が既知であるので、この場合はOD交通量が与えられているとして扱うことになる。発生交通量はたとえば交差点ごとに着目したOD交通量

表-5 ESTIMATED OD TABLE (CASE 3)

O/D	1	2	3	4	5	6	TOTAL
1	0	492	443	586	399	291	2211
2	463	0	540	386	597	368	2353
3	395	569	0	341	364	545	2214
4	545	396	330	0	532	511	2314
5	407	488	384	554	0	563	2396
6	282	399	557	437	553	0	2227
TOTAL	2091	2343	2254	2304	2446	2277	13714

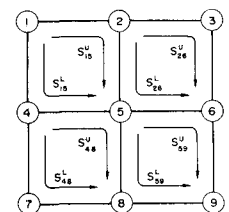


図-3

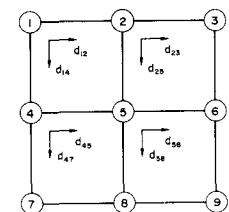


図-4

を調べることによって得ることができる。④ D別道路区間利用率の推定には、配分比条件と利用する方法、交差点分岐率と利用する方法、経路選択基準を導入する方法が考えられる。まず最初に配分比条件を用いる方法から説明する。配分比条件とは共通経路間の選択比率が各OD交通に対して等しいとする仮定であるが、この条件を用いると基本ループ内の経路分岐率からOD別道路区間利用率がすべて求められる。たとえば図-3に示すような基本ループ内分岐率に対し配分比条件が成立するためには、図-4の交差点分岐率（現実的分岐率とは必ずしも

$$\frac{d_{12} \cdot d_{25}}{d_{14} \cdot d_{45}} = \frac{S_{15}^U}{S_{15}^L} \quad (4) \quad , \quad \frac{d_{23}}{d_{25} \cdot d_{56}} = \frac{S_{26}^U}{S_{26}^L} \quad (5)$$

$$\frac{d_{45} \cdot d_{58}}{d_{47}} = \frac{S_{49}^U}{S_{49}^L} \quad (6) \quad , \quad \frac{d_{56}}{d_{58}} = \frac{S_{57}^U}{S_{57}^L} \quad (7)$$

も対応しない)は式(4)～式(7)を満足しなければならない。ただしこれらの各交差点分岐率の和は1とする。\$d_{ij}\$は式(7)から式(4)への逆算ですべて決定できるので、これよりOD別道路区間利用率が算定される。たとえばOD交通1, 9の道路区間56の利用率は\$d_{12} \cdot d_{25} \cdot d_{56} + d_{14} \cdot d_{45} \cdot d_{56}\$で表わされる。こうして求められた\$P_{ij}^m\$でOD交通量を配分すると推定道路区間交通量\$EX_m\$が得られる。もし\$EX_m\$が実測道路区間交通量\$RX_m\$に一致してあれば、このときの\$P_{ij}^m\$が求めるものである。もし一致していなければ、\$S_{ij}^U\$と\$S_{ij}^L\$を修正し一致するまで収束計算を繰り返す。たとえば\$S_{15}^U\$と\$S_{15}^L\$については次のように修正計算がなされる。ただしこれは計算回

$$S_{15}^{U(n+1)} = \frac{S_{15}^{U(n)} \{RX_{12}/ER_{12}^{(n)}\}}{S_{15}^{U(n)} \{RX_{12}/ER_{12}^{(n)}\} + S_{15}^{L(n)} \{RX_{14}/ER_{14}^{(n)}\}} \quad , \quad S_{15}^{L(n+1)} = 1 - S_{15}^{U(n+1)} \quad (9)$$

数を示す。このときの\$P_{ij}^m\$は現実交通現象を表わすものではなく、OD交通量推定のためのものである。このような\$P_{ij}^m\$を一度求めておくと、この値を用いることにより必要な時にOD交通量が推計可能となる。現実の交差点分岐率を各OD交通に対して共通に用いる場合と同様な方法で取扱える。この場合もやはりOD交通量推定のためだけの\$P_{ij}^m\$である。現実的な経路選択行動にもとづいて推定したいときは、しるべき選択基準を導入して初期値として与え、上と同じ考え方の収束計算をすればよい。

(b) ノード発生交通量を内生変数としたとき

表-1のOD交通量推定の計算例で示したように、OD別道路区間利用率が正しい値からかい離するほど、道路区間交通量の推計値と実測値との誤差が大きくなり、また収束速度も遅くなる傾向があるようである。この性質を利用して基本ループ内分岐率、交差点分岐率あるいは経路選択基準より与えられるOD別道路区間利用率を逐次修正していく方法が考えられる。

6. あとがき

基本ループ内分岐率あるいは交差点分岐率からOD別道路区間利用率と推定する方法は、あいまいな経路選択基準を用いなくてもよいという利点がある。そして実際の交通現象において配分比条件および交差点分岐率共通の仮定に妥当性があれば演算はさきめて短時間の処理で済むと予想される。一度このような\$P_{ij}^m\$を求めておけば、いつでもOD交通量の推計に用いることが可能となる。経路選択基準を導入する場合は修正量が大いときに、選択基準の妥当性が否定されるという不都合が生じる。しかしこのことは、逆に修正量の少ない選択基準を探ることにつながる。一方発生交通量を内生変数とする場合はまだ未知の点が少ない。今後は計算を通じて上で述べた各推定手法の利点や問題点を明らかにしたい。

参考文献 1) 飯田恭敬, サンプル交通調査と実測道路区間交通量による道路網交通需要推計法, 交通工学 Vol.13 増刊号, 1978 2) 井上博司, 等時間原則交通量配分における経路交通量の推定, 交通工学 Vol.13 No.1, 1978 3) P. Rodillard, Calibration of Dial's Assignment Method, Transp. Sci. 8, 1974 4) 飯田恭敬, 実測路上交通量を用いた部分道路網の結合による道路網交通需要推計法, 交通工学 Vol.13 No.2 1978