IV-70　RAS方式による地域間貨物輸送需要推定に関する研究

北海道大学工学部　正会員　小川 博三
北海道大学工学部　正会員　山村 悦夫
北海道開発局　正会員　○高木 秀貴

1．はじめに

増々，交通現象が活発化してゆく現在，その交通現象の将来予測をし，適切なる交通計画を実施することは，誠に重要な問題である．その基礎資料となるOD表の将来予測については，種々の方法が考案されているが，本研究では貨物輸送の問題を取り上げ，貨物輸送量OD表の将来予測にRAS方式の適用を試みたものである．

2．RAS方式の基本概念

表1　OD表の一般形式

O \ D	1 ------ j ------ n	$\sum_j$
1	a_{11} ------ a_{1j} ------ a_{1n}	$a_{1\cdot}$
i	a_{i1} ------ a_{ij} ------ a_{in}	$a_{i\cdot}$
n	a_{n1} ------ a_{nj} ------ a_{nn}	$a_{n\cdot}$
$\sum_i$	$a_{\cdot 1}$ ------ $a_{\cdot j}$ ------ $a_{\cdot n}$	$a_{\cdot\cdot}$

（ただし，ダッシュは将来時点，ダッシュなしは現時点を示す）

将来OD表の各要素 a'_{ij} は，発生ゾーン側の修正因子 r_i と集中ゾーン側の修正因子 S_j および現在OD表の各要素 a_{ij} の相乗作用によって求められると仮定する．つまり，

$$a'_{ij} = r_i\, a_{ij}\, S_j \qquad \left\{\begin{array}{l} r_i\text{；発生変化修正係数} \\ S_j\text{；集中変化修正係数} \end{array}\right.$$

また，

$$A' = \begin{bmatrix} a'_{11} & \cdots & a'_{1n} \\ \vdots & a'_{ij} & \vdots \\ a'_{n1} & \cdots & a'_{nn} \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix},$$

$$R = \begin{bmatrix} r_1 & & & 0 \\ & r_2 & & \\ & & r_i & \\ 0 & & & r_n \end{bmatrix}, \quad S = \begin{bmatrix} S_1 & & & 0 \\ & S_2 & & \\ & & S_j & \\ 0 & & & S_n \end{bmatrix}$$

とすれば，一般に

$$A' = RAS$$

と書くことができる．

以上の式は，n行n列のOD表において，結局n^2個の各要素はrに関してn個，Sに関してn個，計 $2n$ 個の未知数が判明すれば，あとはマトリックス演算により即将来OD表の各要素が求まることを意味する．

3．R，S，(p)の定義

現在OD表の各要素 a_{ij} と将来OD表の周辺分布 $a'_{i\cdot}$，$a'_{\cdot j}$ が与えられた場合，将来OD表の各要素 a'_{ij} は，収束計算によって求めることができる．現在まで考案されている収束計算法には，平均係数法，フレイター法，国鉄オ一法，国鉄オ二法（デトロイト法），国鉄オ三法など種々あるが，これらの計算法の一般式を参照して明らかなように，RAS方式の基本概念と同様に修正が積の形で成されているのは，後三者の国鉄オ一法～三法である．また，RAS方式の基本概念に相当し，そのR，Sを連立方程式によって求めようと言う試みが京都大学佐佐木綱教授研究室によって成されたものもあるので，あわせて検討した．

結局，RAS方式関連の四種の計算法の比較，検討の結果，国鉄オ三法で定義することが最も良いという結論を得た．

つまり，国鉄オ三法においては，第S回修正値は，

$$a'_{ij(s)} = a'_{ij(s-1)} \cdot \frac{a'_{i\cdot}}{C_{i\cdot(s-1)}} \cdot \frac{a'_{\cdot j}}{C_{\cdot j(s-1)}} \cdot \frac{a'_{\cdot\cdot}}{a'_{\cdot\cdot(s-1)}}$$

$$\left\{ C_{i\cdot(s-1)} = a'_{i\cdot(s-1)} \cdot \frac{a'_{\cdot j}}{a_{\cdot j(s-1)}} \quad , \quad C_{\cdot j(s-1)} = a'_{\cdot j(s-1)} \cdot \frac{a'_{i\cdot}}{a_{i\cdot(s-1)}} \right\}$$

であるから，r_i，S_j，(p)は次のように定義できる．

$$\left\{\begin{array}{ll} r_i = \dfrac{a'_{i\cdot}}{C_{i\cdot}} \cdot \dfrac{a'_{i\cdot}}{C_{i\cdot(1)}} \cdot \dfrac{a'_{i\cdot}}{C_{i\cdot(2)}} \cdot \dfrac{a'_{i\cdot}}{C_{i\cdot(3)}} \cdot \cdots\cdots & \text{（発生変化修正係数）} \\ S_j = \dfrac{a'_{\cdot j}}{C_{\cdot j}} \cdot \dfrac{a'_{\cdot j}}{C_{\cdot j(1)}} \cdot \dfrac{a'_{\cdot j}}{C_{\cdot j(2)}} \cdot \dfrac{a'_{\cdot j}}{C_{\cdot j(3)}} \cdot \cdots\cdots & \text{（集中変化修正係数）} \\ p = \dfrac{a'_{\cdot\cdot}}{a_{\cdot\cdot}} \cdot \dfrac{a'_{\cdot\cdot}}{a_{\cdot\cdot(1)}} \cdot \dfrac{a'_{\cdot\cdot}}{a_{\cdot\cdot(2)}} \cdot \dfrac{a'_{\cdot\cdot}}{a_{\cdot\cdot(3)}} \cdot \cdots\cdots & \text{（相対変化修正係数）} \end{array}\right.$$

従って，

$$a'_{ij} = p\, r_i\, a_{ij}\, S_j$$

となる．

r_i, s_j, pの意味を貨物輸送量OD表で説明すると，二つのOD表（将来OD表と現在OD表）間において，pはほぼ総輸送量 $a_{..}$ の倍率を示す．故に，もし二つのOD表を標準化OD表とすれば，pはほぼ1になりその時に$A'=RAS$となる．また，r_i, s_jは，i (j) ゾーンからの（への）地域別総輸送量 $a_{i\cdot}$ ($a_{\cdot j}$)の伸びが総輸送量 $a_{..}$ の伸びと等しければ1となり，それよりも大あるいは小であれば，r_i, s_jも1を境に大あるいは小なる値を示す．つまり，構成比の変化の程度を示すわけである．それ故，これらp, r_i, s_jにより，OD表全体の特徴および各ゾーンの特徴の把握が可能となる．

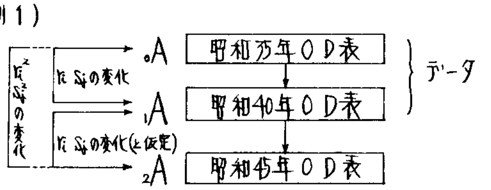
4．RAS方式の予測への適用

以上のような意味をもつr_i, s_j, (p)を利用して，将来OD表を求める．RAS方式による将来OD表の予測には，三つの方法が考えられる．

i)予測1 ～ 現在OD表と将来OD表の周辺分布が与えられた場合であって，単なる収束計算法としての位置付けしか有していなかった国鉄オ三法をRAS方式としてとらえるものである。

ii)予測2 ～ 過去OD表と現在OD表の二つが与えられた場合であって，以下のような予測プロセスである．

（例1）



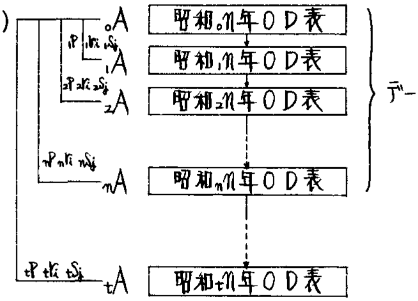
つまり，

$${}_2A = R^{\theta}\,{}_0A\,S^{\theta} \quad \text{（適当な}p\text{を乗ずる）}$$

と書き表わすことができ，例1では昭和35年と昭和40年のOD表からr_i, s_jを求め，その変化が将来も変わらぬものとして，たとえば，昭和45年OD表を求めたい時は昭和35年と昭和40年の期間に昭和40年と昭和45年の期間が等しいので，昭和40年と昭和45年のOD表の変化も同じくr_i, s_jと仮定し，結局昭和35年からみれば，r_i^2, s_j^2の変化があるとみなすわけである．各年度のOD表は，この場合r_i, s_jは五年間の変化を示すので，$r_i^{\frac{1}{5}}$, $s_j^{\frac{1}{5}}$を1年間の変化とみなせば求めることができる．このように，この予測法は，データ数が少ない場合に有効かつ便利な方法と言える。

iii)予測3 ～ 過去OD表から現在OD表に至るいくつかのOD表が与えられた場合であって以下のような予測プロセスである．

（例2）



つまり，基準年を昭和$_0n$年として，知られているデータ$_nn$年のOD表までの各OD表の修正変化係数を，($_1P$, $_1r_i$, $_1s_j$), ($_2P$, $_2r_i$, $_2s_j$), ……, ($_nP$, $_nr_i$, $_ns_j$)として，それらを時系列分析をして将来時点$_tn$年までの基準年$_0n$年からの傾向値$_tP$, $_tR$, $_tS$を求める．そして，

$${}_tA = {}_tP\,{}_tR\,{}_0A\,{}_tS$$

より将来OD表$_tA$が求まる．この予測法では，P, R, Sの変動を考慮すれば，

$${}_ta_{ij} = ({}_tP \pm \Delta_t P)({}_tr_i \pm \Delta_t r_i)\,{}_0a_{ij}\,({}_ts_j \pm \Delta_t s_j)$$

$$\left\{\begin{array}{lll} {}_tp = p(t) & \text{------} & \Delta_t p = \sqrt{\left\{\sum_{t=1}^{n}(p - {}_tp)^2\right\}/n} \\ {}_tr_i = r(t) & \text{------} & \Delta_t r_i = \sqrt{\left\{\sum_{t=1}^{n}(r_i - {}_tr_i)^2\right\}/n} \\ {}_ts_j = s(t) & \text{------} & \Delta_t s_j = \sqrt{\left\{\sum_{t=1}^{n}(s_j - {}_ts_j)^2\right\}/n} \end{array}\right\}$$

$$\therefore {}_ta_{ij} = {}_tp\,{}_tr_i\,{}_0a_{ij}\,{}_ts_j \pm \Big\{ {}_tp({}_tr_i\,{}_0a_{ij}\,\Delta_t s_j + \Delta_t r_i\,{}_0a_{ij}\,{}_ts_j + \Delta_t r_i\,{}_0a_{ij}\,\Delta_t s_j) + \Delta_t p({}_tr_i + \Delta_t r_i)\,{}_0a_{ij}\,({}_ts_j + \Delta_t s_j) \Big\}$$

$$\therefore {}_ta_{ij} = \underbrace{\overline{{}_ta_{ij}}}_{\text{傾向値}} \pm \underbrace{\Delta_t a_{ij}}_{\text{変動幅}} \longrightarrow {}_tA = \overline{{}_tA} \pm \Delta_t A$$

となり，つまりは$\overline{{}_tA}$の変動幅$\Delta_t A$も同時に予測できる．このように，貨物輸送量のように変動の激しい現象にあっては，傾向値だけの予測では不十分であるので，変動を考慮できるRAS方式は非常に有効な方法と言える．しかし，予測2，予測3では，$\sum_i \sum_j a_{ij}$の値が将来に行く程誤差を生じるので，短期予測には良い結果を与えるが，長期予測への適用には多少問題が残されている．

（主要参考文献）
金子敬生「産業連関の理論と適用」日本評論社
R. Stone and others「A Programme for Growth 3, Input-Output Relationships」1963