Ⅳ-138　トリップチェインの記述と予測

京都大学　正員　近藤勝直

ここ数年、欧米ならびに我国において TRIP CHAINに対する関心が急速に高まりつつある。[1] これは従来の方法がトリップを分断して把握していたことへの反省に加え、「トリップの連鎖」が諸々の社会経済現象を空間的に反映したものであるということに今さら注目されだしたことの結果であろう。TRIP CHAIN にアプローチする立場は、大きく分けて、(A)"土地利用の連関"の姿をTRIP CHAIN に見、それを土地利用計画・施設立地への情報としようとする立場、(B)"家"または"家計"の構成員が織りなす各種の行動様式の一つの結果をTRIP CHAIN、生活時間配分などに見出そうとする立場、そして(C)交通工学の立場からは、交通需要予測を念頭に置いたところのTRIP CHAIN の計量的把握ならびにシステマティックなモデル化、の3つを考えることができよう。(B)はミクロレベルでの分析が、(C)はマクロレベルの分析が主軸となる。(B)では各種社会条件の変化に伴なう影響を評価できるモデルが要求され、(C)においては次の3点が特に重要な具備すべき要件であると思われる。—【1】トリップの生成・発生・吸引・帰着構造を忠実に模倣・追跡できること、【2】連鎖しているトリップは交通機関選択を大きく支配していると考えられるのでそれをうまく表現できること、そして【3】将来におけるTRIP CHAIN のパターン変化にも対応できること、など。

TRIP CHAINを吸収マルコフ連鎖にアナロジーしたモデルはこの要件【1】,【2】を具備している。要件【3】については将来の目的間遷移確率行列が合理的な方法で予測可能ならば、という条件付で許容される。以下、本稿ではこの点に絞って論じてみたい。

記号説明：$\boldsymbol{f}=(f_1 f_2 \cdots f_m \cdots f_M)$, f_m…目的m第1トリップ生成原単位，$\boldsymbol{g}=(g_1 g_2 \cdots g_m \cdots g_M)$, g_m…トリップ目的m生成原単位，M…非吸収トリップ目的の数$(m=1,2,\cdots,M)$，S…職種の数$(s=1,2,\cdots,S)$，$Y=\{y_{ij}\}$…非吸収トリップ目的間遷移確率行列$(i,j=1,2,\cdots,M)$，$(\sum_j y_{ij} \leqq 1)$，(定常)．

1. 遷移確率行列Yの定義2法

いま考えている体系が一様な吸収マルコフ過程であるとき、ベクトル$\boldsymbol{f}, \boldsymbol{g}$ならびに行列$Y$の間には以下の関係が成立している。ここに$(I-Y)^{-1}$は吸収マルコフ

(1)　$\boldsymbol{f}(I-Y)^{-1}=\boldsymbol{g}$，$I$：単位行列$(M\times M)$

連鎖の基本確率行列と呼ばれるものである。その(i,j)要素は、トリップ目的iでベースを出発したものが吸収される迄に重ねるトリップ目的jの期待値を表わしている。式(1)においてベクトル$\boldsymbol{f}$を対角要素に持つ行列Fを定義するとき、対応して得られる行列を$G=\{g_{ij}\}$とすると、以下のように記せる。

(2)　$F(I-Y)^{-1}=G$

$$F=\begin{pmatrix} f_1 f_2 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & f_M \end{pmatrix},\quad G=\begin{pmatrix} g_{11} g_{12} & \cdots & g_{1M} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ g_{M1} g_{M2} & \cdots & g_{MM} \end{pmatrix}$$

Gの(i,j)要素は、トリップ目的iでベースを出発した者が吸収される迄に行なった目的jトリップ総数(ここでは1原単位)を表わしている。この行列の列和は原単位ベクトル$\boldsymbol{g}$に一致している。観測値よりFとGを得て、次式によりYを決定することができる。

(3)　$Y=I-G^{-1}F$

(3)式を用いる方法は、現象が一様な吸収マルコフ過程であるという点に非常に忠実な方法であり、トリップの連結性が確保されているのであるが、F, Gの与え方によっては求まったYが遷移行列としての条件を満足しない場合もあり得る。(非負条件)

もう一つの方法は(1)式を基礎としないやり方で、連関パターンの実数よりYを定義する方法である。いま第kステップにおける連関パターンに対応した実数を表わす行列を次のように定義する。

$$Q^{(k)}=\underbrace{\begin{pmatrix} R_1^{(k)} & Q_{11}^{(k)} & Q_{12}^{(k)} & \cdots & Q_{1M}^{(k)} \\ R_2^{(k)} & Q_{21}^{(k)} & Q_{22}^{(k)} & \cdots & Q_{2M}^{(k)} \\ \vdots & & \cdots & & \\ R_M^{(k)} & Q_{M1}^{(k)} & Q_{M2}^{(k)} & \cdots & Q_{MM}^{(k)} \end{pmatrix}}_{M+1} \Big\} M$$

この行列$Q^{(k)}$より第kステップについての$Y^{(k)}$を求めることができるが、現況再現以外の目的にとっては利便性が少なく、そこで全体的にみて量的符合性が確保されているように1つのYを求めることの方が便利である。そこで$Q^{(k)}$をkについて加算し、

$$Q=\sum_k Q^{(k)}$$

なる連関行列よりYを求める。

(4) $$y_{ij} = \sum_k Q_{ij}^{(k)} \Big/ \sum_k \left(R_i^{(k)} + \sum_{l=1}^{M} Q_{il}^{(k)}\right),$$

$(i=1,2,\cdots,M)$.

このようにして求められた$Y=\{y_{ij}\}$は、第(1)式の関係を満足している。第(2)式は満足しない。すなわち、目的別トリップ生成量については、量的な符合性を保持しているのであるが、途中のステップについてその連続性が壊されているのである。

2. 遷移確率行列Yの将来予測法

前節で述べたYの定義の仕方に伴って、その予測の方法も2通り考えることができる。

a. 基本確率行列$(I-Y)^{-1}$を用いる方法

前節第(2)式におけるFとGの将来値が所与であれば(3)式より将来のYを計算できる。しかし、Gについては今のところその予測についての合理的な方法がなく、そこで代替的に以下の方法が考えられる。

いま、各職種ごとにYの差異はないものと仮定すると、職種s $(s=1,2,\cdots,S)$について

(5) $$f^{s}(I-Y)^{-1} = g^{s}$$

が成立する。f^{s}, g^{s}は職種sの原単位ベクトル。そして今、$S>M$であるならば、職種を適当にグルーピングすることによって新しい職種の数をMにすることができる。$(s_1, s_2, \cdots, s_M)$。そのとき以下のように行列を構成すればYを一意的に得ることができる。

(6) $$\begin{pmatrix} f^{s_1} \\ f^{s_2} \\ \vdots \\ f^{s_M} \end{pmatrix} (I-Y)^{-1} = \begin{pmatrix} g^{s_1} \\ g^{s_2} \\ \vdots \\ g^{s_M} \end{pmatrix}$$

似たような原単位ベクトルを持つ職種は同一のグループにまとめることが望ましく、原単位ベクトルの将来値は別途推計による。

b. 現在パターン法を用いる方法

文献2)で現在パターン法を用いて目的連関行列(実数)を推計する方法が提案されている。この目的連関行列より、前節(4)式の定義によるYを計算することができる。

第1トリップ生成原単位 (計)

0	f_1	f_2	$\cdots$	f_M	R
h_1^r	l_{11}	l_{12}	$\cdots$	l_{1M}	g_1
h_2^r	l_{21}	l_{22}	$\cdots$	l_{2M}	g_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$
h_M^r	l_{M1}	l_{M2}	$\cdots$	l_{MM}	g_M
(計) R	g_1	g_2	$\cdots$	g_M	T

総ベース発回数

目的別トリップ生成原単位

帰着直前のトリップ目的別帰着トリップ原単位

総帰着トリップ原単位

連関パターン別生成原単位

この表は原理的には前節のマトリクスQと同じである。ただ原単位を用いているだけである。前節と同様にして

(7) $$y_{ij} = l_{ij} \Big/ \left(\sum_j l_{ij} + h_i^r\right) = l_{ij}/g_i$$

より$Y=\{y_{ij}\}$が計算できる。将来値R, $g=(g_1 \cdots g_M)$を得て、表の各種の原単位ベクトル, 連関行列を推定できるわけであるが、表の特徴として、第1行目と第1列目が他の要素に較べて著しく大きいことから、将来におけるgの増分はfの増分(そして$h_1^r, h_2^r \cdots h_M^r$の増分)として生起する可能性が大きい。例えば、業務トリップ原単位の増加が、ベースからの第1トリップの増分として現われるというような不合理なパターンを生ぜしめる。この点の改良が望まれる。

おわりに

本稿では、現段階で考えられる最もらしいYの予測法について述べたが、まだまだ改良すべき余地と理論的発展の可能性をはらんでいる。今後一層のデータ収集と、トリップチェイン研究が切望される。

参考文献

1). PROCEEDINGS OF THE 5TH(1971) AND 6TH(1974) INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TRANSPORTATION AND TRAFFIC THEORY, OXFORD UNIVERSITY TSU WORKING PAPERS No.6 & No.15 (1975), 土木学会年次学術講演会概要集IV-68～IV-71, IV-73 (1975),

2). 松井 寛, "交通目的連関行列を用いた発生・集中交通量の一推定法", 「交通工学」, VOL.11, No.1, 1976.