

トリップチェーンを考慮した高速道路相互間の密接関連分析* Trip Chaining Analysis of Network-Connectivity in Highways*

西井和夫**、近藤勝直***、戸松稔****、長谷川千明*****、北原淳一*****
by Kazuo NISHII**, Katsunao KONDO***, Minoru TOMATSU****, Chiaki HASEGAWA***** and Jyun-ichi KITAHARA*****

1. はじめに

大都市圏における高速道路網は、交通行動領域の拡大により今後増々広域化し、また同時に一体的で効率的な運用が期待されている。こうしたニーズを背景として、如何に広域ネットワークとしての整備をはかっていくべきかを明らかにするとともに、高速道路相互のネットワーク形成上の適正な機能分担や連携といった視点から、整備あるいは新規供用の高速道路と周辺の高速度道路との相互の関連性についても計量的に把握することが重要となってきた。

このうち、前者の課題は、従来よりしばしば議論されている高速道路の整備効果に関するものである¹⁾。一方、後者は、本研究の主題ともいえるもので、高速道路相互の関連性をその指標化によって明らかにしていく分析を指す。この分析は、後述するように従来の都市高速道路のプール採算制にかかわる「路線間密接関連性」の問題として検討されてきた経緯がある²⁾。本研究は、この密接関連の考え方を発展させることにより、高速道路の新規整備路線を広域的ネットワーク上の交通流動パターンの観点から評価する手法を提案し、その有効性を実証的に検討することを目的としている。

そして本研究における密接関連分析の最大の特徴とは、トリップチェーン手法の適用を試みていることにある。従来のトリップ単位に比べて人の1日の動きを基本とするために、定常的な1日生活圏レベルの都市的諸活動の派生需要としての交通の連鎖性を明示的に取扱うことが可能といえる。本研究では、このようなトリップチェーンの形成過程での個々のトリップ及びトリップ相互に高速道路利用形態に着

目した密接関連分析を行っていくことにする。

2. 密接関連概念とトリップチェーン

2.1 従来の密接関連研究

高速道路相互の密接関連性に関する諸研究は、都市高速道路における料金制度であるプール採算制に関係して検討されてきた。具体的な研究事例としては、例えば阪神高速道路における料金体系研究として実務的な諸課題を含めて検討がなされた。またこれらの成果は、戸松・佐佐木・井上(1994)³⁾が「補完性」「代替性」の両者の整合をはかった密接関連定量評価式の提案を行っている。また、戸松・西井・津島(1993, 1994)^{4), 5)}は、この密接関連の考え方を街路整備によるネットワーク形成に関する定量化指標として活用することにより、大阪市の整備街路と既存街路との代替的あるいは補完的関係の程度を計量的に把握する方法を検討している。

2.2 トリップチェーンにおける密接関連係数の定義

個人は1日の交通行動をあらかじめ計画する際には、その日の行程と高速利用区間をイメージする。その中で個々の高速利用区間は、1日全体のトリップチェーン形成において断続的につながっているものと考えられる。すなわち、その日のトリップスケジュールというトータルな視点に立つとき、1日の動きの中での高速利用区間は相互に関連をもっている。

また、こうしたトリップチェーンの形成において、利用される高速道路はその整備状況の変化によって異なる場合がある。このとき、高速道路の整備前後におけるトリップチェーンの変化を集計することにより、整備路線とその他の路線間との関連(代替性と補完性)を計量化できる。

以下では、従来のトリップ単位の密接関連係数の定義式を紹介し、これに対応するものとして新たにチェーン単位の密接関連係数の定義式を述べていく。

* Keywords: 交通網計画

** 正会員 工博 山梨大学工学部土木環境工学科
(山梨県甲府市武田4-3-11、Tel&Fax.0552-20-8533)

*** 正会員 工博 流通科学大学情報学部

**** 正会員 工博 地域・交通計画研究所

***** 学生員 山梨大学大学院土木環境工学専攻

まず、密接関連概念には静態的と動態的などらえ方の2種類がある⁶⁾。前者は、「ひとつの利用状態のみで密接関連概念が定義できる場合」であり、基本的には路線A、Bが共にあるときの状態を前提としている。後者の「動態的」密接関連概念とは、路線A、Bが共にあるときの状態から、路線Aが存在していない状態にかけての変化量に着目して定量評価式を導く場合を指す。

表-1は、それぞれについて、従来のトリップ単位と対比できるように、チェーンとしての関連性を考慮した場合の定義方法を示す。すなわち、チェーン単位の静態的密接関係係数の定義は、従来のトリップ単位の定義式の分子にチェーンとしての関連性(C_{AB})を加えた形となっている。一方、動態的な密接関係係数の定義の場合には、ある1つのチェーンをあたかも1つのトリップであるかのように考え、そのチェーンにおける各路線の利用率を求めてから、その総和を各路線の交通量とし、表-1中の式(4)によって密接関係係数を求めている。この定義式によって、1日全体での利用路線の中で着目路線の整備前後の状態における関連性を確率的に求めることができる(図-1参照)。

ところで一般的に、主体路線は、整備前後において高速道路利用トリップの総数自体が増大する傾向にある。しかし、式(3)、式(4)では、このようなトリップ総数の整備前後における変化量は考慮されていない。そこで、主体路線の整備前後における利用状態に基づき整備前後の2時点間の高速道路利用伸び率 γ を考慮することにより、以下の式(5)のような定義式を新たに提案する。

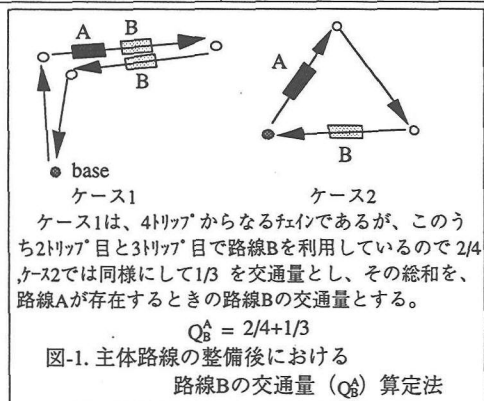
$$R_{AB}^{(5)} = \frac{Q_B^A - \gamma Q_B^{\bar{A}}}{Q_A^A} \dots (5)$$

3. 吸収マルコフ連鎖モデルによるトリップチェーンの記述

ここでは、トリップチェーンにおける密接関連分析を計量的に行うために吸収マルコフ連鎖モデルによるトリップチェーンの記述を通じて、前節で示した動態的密接関係係数を推定する方法を述べる。なお、こうした方法は、戸松(1994)⁶⁾による密接関連分析の応用的展開の中でその基本的考え方が示されているが、本研究はこれを踏まえて実際のデータを

表-1. 密接関係係数定義方法

	トリップ単位	チェーン単位
静態的密接関連	$R_{AB}^{(1)} = \frac{Q_{AB}}{Q_A} \dots (1)$ Q_{AB}: 1つのトリップの中で路線A、Bを共に利用する車の台数(交通量) Q_A: 路線Aを利用する車の台数(交通量)	$R_{AB}^{(2)} = \frac{Q_{AB} + C_{AB}}{Q_A} \dots (2)$ C_{AB}: 1日のトリップチェーンの中で路線A、Bを共に利用する車の台数(交通量)
動態的密接関連	$R_{AB}^{(3)} = \frac{Q_B^A - \bar{Q}_B^{\bar{A}}}{Q_A^A} \dots (3)$ Q_B^A: 路線Aが存在するとき路線Bの利用交通量 $\bar{Q}_B^{\bar{A}}$: 路線Aが存在しないとき路線Bの利用交通量 Q_A^A: 路線Aが存在するとき路線Aの利用交通量	$R_{AB}^{(4)} = \frac{Q_B^A - \bar{Q}_B^{\bar{A}}}{Q_A^A} \dots (4)$ 路線A整備後 Q_A^A: 個々のチェーンにおけるA利用率の総和 Q_B^A: 個々のチェーンにおけるB利用率の総和 路線A整備前 $\bar{Q}_B^{\bar{A}}$: 個々のチェーンにおけるB利用率の総和



用いた検討を試みたものである。

吸収マルコフ連鎖モデルでは、個々人の状態推移を確率過程としてモデル化するものであり、そのためにはいくつかの状態遷移確率などを定義する必要がある⁷⁾。具体的には、各年次のゾーン間遷移確率や対象とする路線への転換率、トリップ継続確率、そして第1トリップ発生量ベクトルを指す。本研究では、これらをS60年とH2年の実際のデータを用いて求め、吸収マルコフ連鎖モデルによって動態的密接関係係数を算定する。図-2は、これらの定式化を示す。

あるゾーンから発生したトリップ(第1トリップ発生量)は、チェーンとして連鎖するトリップを繰り返して、結果として高速道路利用OD表が算定される。次いでこの高速道路利用OD表より、各路線の交通量が求められる。そして、これをもとに式(3)によって、係数値を算定することができる。

<吸収マルコフモデルの定式化>

(記号定義)

$A = (A_1, \dots, A_i, \dots, A_n)$: 第1トリップ発生量ベクトル
 ここに A_i : iゾーンからの第1トリップ発生量、n: ゾーン数
 $U = (u_1, \dots, u_i, \dots, u_n)$: トリップ発生量ベクトル

ここに u_i : i ゾーンからのトリップ発生量

$v = (v_1, \dots, v_j, \dots, v_n)$: トリップ集中量ベクトル

ここに v_j : j ゾーンへのトリップ集中量

a : 業務交通継続確率 (立ち回り率)

$1-a$: ベースへの帰着確率 (帰宅確率)

$P = \{p_{ij}\}$: ゾーン間推移確率行列 (n 次正方行列), $\sum_j p_{ij} = 1$

なお、以下では A, u など行ベクトルにアンダーラインを付したものは、このベクトル要素を対角行列 (n 次正方行列) で表すものとする。

(i) 1日のゾーン別発生交通量ベクトル

$$u = A + AP(I - aP)^{-1}a = A + va$$

(ii) 1日のゾーン別集中交通量ベクトル

$$v = AP(I - aP)^{-1}$$

(iii) 立ち回りOD表

$$X = uP = \{x_{ij}\}$$

(iv) ベースへの帰着トリップOD表

$$B = [AP(I - aP)^{-1}(1 - a)]^T = \{b_{ij}\}$$

(v) ゾーン間高速利用推移確率行列

$$Q = \{q_{ij}\} = \{p_{ij} \cdot r_{ij}\}$$

(vi) 立ち回りOD表 (高速利用)

$$Y = uQ = \{y_{ij}\}$$

(vii) 高速利用のベース帰着トリップOD表

$$Z = \{b_{ij} \cdot r_{ij}\} = \{z_{ij}\}$$

式 (v) で各路線の利用台数を求めるために、ゾーン間推移確率行列 P に各路線への転換率 R を作用させている。また、式 (vi) や式 (vii) は、第1トリップ (ベクトル A) がもたらす最終的な高速道路利用自動車OD表を示している。したがって、 $\{A_i\}$ と $\{y_{ij}\}$ 及び $\{z_{ij}\}$ 成分との対応づけをはかることによって、チェーンとしての連続性を保存した高速道路利用自動車OD表を推定できることになる。

4. 適用効果の検討

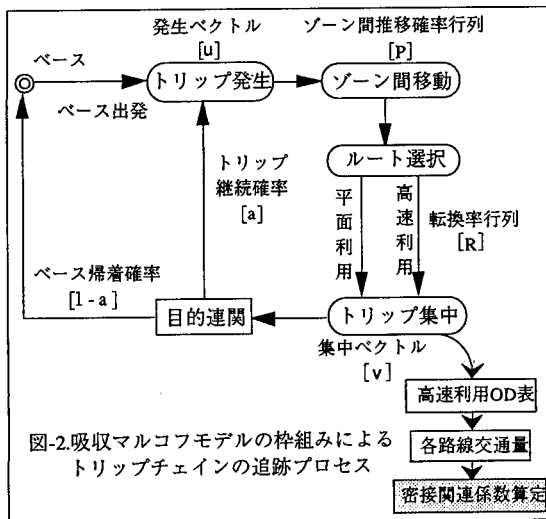


図-2.吸収マルコフモデルの枠組みによるトリップチェーンの追跡プロセス

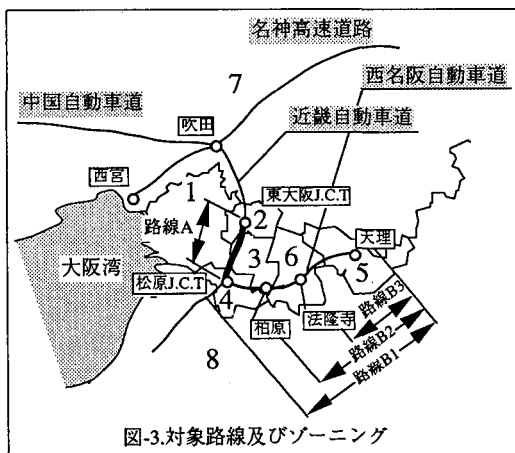


図-3.対象路線及びゾーニング

新規路線の有無、すなわち整備前後についての交通量の変化に着目して密接関連性を考えていくため、全国交通情勢調査近畿地区自動車起終点調査データのうちH2年とS60年の2時点データを収集する。そして、この間に新規供用された路線に着目して、新規路線の有無による高速道路利用状態の変化をとらえる。図-3は、分析対象路線の概略図であり、主体路線 (路線A) としては、近畿道 (東大阪JCT-松原JCT) を、また客体路線 (路線B) としては主体路線に接続している西名阪道の3区間を考えた。

4.1 静態的密接関連係数の算定結果

表-2は静態的密接関連係数の算定結果を示す。係数を算定する際、いずれの場合も分母にあたる交通量は同じなので分子の交通量によって係数値が決定される。そのため、客体路線の位置や路線長によって係数値は大きく変動する。そこで、絶対値としての係数値を用いるのではなく、トリップ単位とトリップチェーン単位におけるそれぞれの算定係数の比 (係数比) を求めることにより、2路線間の関連性がどの程度であるかを眺めていくことにする。

路線長による密接関連係数への影響を考えてみよう。ここで取り上げた客体路線はB1の一部がB2、B3となっている。また、路線全部を利用した場合だけ

表-2.静態的密接関連係数

密接関連 係数	トリップベース (1) $R_{AB} = \frac{Q_{AB}}{Q_A}$	チェーンベース (2) $R_{AB} = \frac{Q_{AB} + C_{AB}}{Q_A}$	係数比 (3) $\frac{R_{AB}^{(2)}}{R_{AB}^{(1)}}$
路線			
B1	0.394	0.402	1.020
B2	0.282	0.289	1.024
B3	0.153	0.157	1.026

に限らず、路線の一部でも利用した場合はその路線の利用交通量として定義しているため、路線長の長い客体路線のケースでより大きな係数値が算定されている。逆に、前述した係数の比で評価すると、路線が短い場合の方が大きい値となっている。

これは、とくに路線B1が主体路線Aと直結しているため、トリップの単位で使用されるケースが多く、チェーンとして限ってみた場合に、路線Aと路線B1との共通交通量の割合が少ないからである。逆に考えると、路線B3は、路線Aと異なるトリップとして利用される場合が多いが、チェーンとして考えたときに、路線B1に比べて、路線Aと関連して利用している割合が高いということを意味している。

4.2 動態的密接関連係数の算定結果

動態的密接関連係数の算定結果を図-4に示す。トリップ単位とチェーン単位との係数を比較すると、ほとんどのケースにおいてチェーン単位の係数の方がトリップ単位の係数に比べて大きく、わずかであるが補完性が強調された結果となっている。

また路線長による係数への影響をみると、中間的な路線長 (B2) のケースで係数値が最も大きな値を示している。これは、主体路線と客体路線との距離が近い区間を含む (B1) ケースでは基本的に両方の路線をトリップの単位で利用する交通量の割合が大きいものに対して、やや離れた比較的短い路線のケースに、トリップの単位では許容できなかったチェーン単位としての関連利用の割合が高くなる傾向があるためと考えられる。

4.3 吸収マルコフ連鎖モデルによる推定結果

実データからトリップ継続確率および第1トリップ発生量を求め、これらから算定された各路線利用OD表から、各路線の交通量を得る。密接関連係数は、この交通量を式 (3) に代入して算定できる。

これより、本モデルによる推定値は、路線Bの各区間 (B1, B2, B3) に関して得られているチェーン単位の係数値と比較すると、全体的に過小評価となっている。とくに、B1 は約4割過小であり、実データから得られた推定値と大きく異っている。また、このB1については、伸び率 γ を考慮したケースではさらに乖離している。

一方、B2 および B3 に関しては、過小評価とはいえ、約2割程度であり、係数値の傾向は概略とらえ

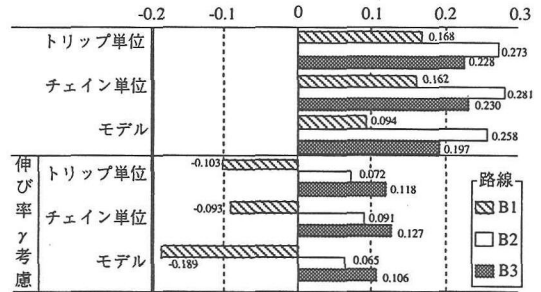


図-4.動態的密接関連係数値の比較

られていると判断できる。

現時点では、このようなモデルの適合しない原因について明確な回答が用意されているわけではないが、少なくともB1のように客体路線の路線長が長いケースでは、チェーン単位での関連利用交通量の抽出において現実的でないパターンをモデル上で取扱ってしまう危険性もあることから、密接関連の分析対象路線のとらえ方そのものにも改良の余地が残されているものと考えられる。

本研究では、より広域的な路線網における密接関連性の強さを判定する方法として、トリップチェーンの視点を考慮したときの新たな密接関連の概念や、その定量評価方法、また吸収マルコフ連鎖モデルを用いた密接関連概念について考察および検討を行った。

今後は、ここで導出された密接関連指標を用い、高速道路相互のネットワーク効果を計量的評価ができる分析手法を開発していく必要がある。

参考文献

- 1) 佐佐木綱、西井和夫：都市高速道路建設に伴う経済効果の地域帰属に関する研究、土木学会論文集、第326号、1982
- 2) 阪神高速道路公団料金体系委員会報告書：密接関連性の定量評価法の検討、pp.5~28、1985
- 3) 戸松稔、佐佐木綱、井上矩之：都市高速道路の密接関連性の定量評価方法、高速道路と自動車、第37巻、第5号、pp.20~25、1994
- 4) 戸松稔、西井和夫、津島康弘：密接関連性に着目した街路整備によるネットワーク形成に関する定量評価分析、土木学会論文集、No.494、pp.87~95、1994
- 5) 戸松稔、西井和夫、津島康弘：密接関連指標の街路整備評価分析への活用、第16回土木計画学研究講演集、No.16 (1)、pp.277~284、1993
- 6) 戸松稔：都市高速道路における密接関連性の定量評価方法に関する研究、1993、京都大学学位論文
- 7) 近藤勝直：トリップチェーン手法を用いた都市交通需要推計プロセス、1977、京都大学学位論文