

道路ネットワーク上での経路選択枝集合の生成手法*

Path Set Generation Models in a Road Network*

木下統英***・片山哲平***・小堀雅嗣***・朝倉康夫**

By Motohide KINOSHITA***・Teppei KATAYAMA***・Masatugu KOHORI***・Yasuo ASAKURA**

1. はじめに

交通ネットワーク上の経路選択行動のモデル化は交通需要分析の重要なテーマのひとつであり、これまでに離散選択モデルの成果を活かしたさまざまなモデルが研究されてきた¹⁾。交通行動分析において、モデル実行時に必要となる意思決定主体の選択枝集合をどのように取り扱うべきかという問題は重要な課題であるが、ネットワーク上の経路選択行動の際の経路選択枝集合の生成に関する研究^{2),3)}は必ずしも多いとはいえない。

本研究では、ネットワーク上で意思決定主体が選択しうると考えられる代替経路を効率的に抽出し、経路選択枝集合を生成するためのいくつかの手法を提案する。さらに、実道路ネットワークデータを用いて、これらの方法の実証分析を行う。

2. 経路選択枝集合生成モデル

(1) モデルの基本全体構成 (図 1)

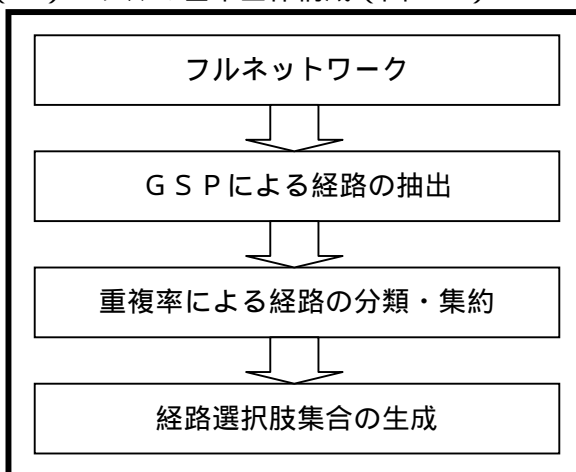


図 - 1 モデルの全体構成

分析対象空間の実ネットワークをフルネットワークとし、そこから代替経路の候補を抽出する。抽出した経路相互の重複の程度により、経路をいくつかのグループに分類・集約し、経路選択枝の集合を得るとするのが基本的考え方である。第1段階の経路の抽出方法、第2段階の分類・集約方法には、複数の方法の組み合わせが考えられる。

(2) GSPによる経路の抽出

Gateway Shortest Path(GSP)とは、特定のノード(Gateway)を経由するという条件の下でのODペア間の最短経路である。ネットワークを構成するいずれかひとつのノードをゲートウェイとするOD間のGSP集合をシステムティックに作成する手順は以下のとおりである。

起点からすべてのノードへの最短経路を求める。
終点ノードからも同じ作業を行う。

起終点ノードから取り出された経路の中で同じゲートウェイノードをもつ経路同士を連結する。1つのODペアごとに2回の最短経路探索を実施すれば、ノードの数と同じ数のGSPを抽出することができる。ただし、生成された経路から、「同一経路」、「ノードを重複する経路」、「ループしている経路」は削除する。

(3) 抽出経路の限定

GSPによる経路抽出の際、何も制約を与えないと、実際にはほとんど選択される可能性がない経路まで抽出しかねない。ネットワークが大きくなればなるほど非効率である。そこで、何らかの方法によりネットワークを限定(またはゲートウェイとなるノードを限定)するか、経路を限定することを考える。

(a) 選択対象領域となる空間を絞り込む方法

それぞれのODペア間で図-2に示す矩形領域を切

*キーワード: 経路選択 交通行動分析

** 正会員, 工博, 神戸大学大学院自然科学研究科教授
(神戸市灘区六甲台1-1 E-mail: asakura@kobe-u.ac.jp)

*** 学生員, 神戸大学大学院自然科学研究科

り出し、この領域に含まれるゲートウェイノードから構成されるネットワークを経路選択の対象とする。OD ペア間の直線距離を L 、この直線と直交し、起点（終点）ノードを通る線分の長さを W とする。 W の設定は実証分析によるものとするが、実選路経路がネットワークに含まれる範囲ですべての OD ペアについて W/L の比率を一定とすることが考えられる。

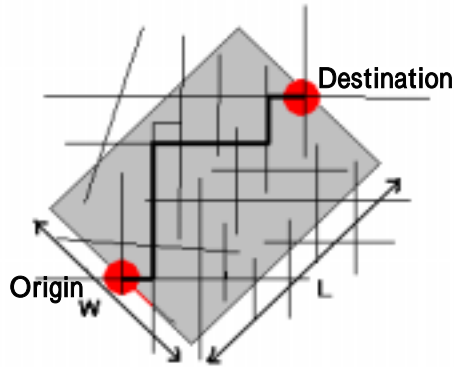


図-2 選択対象領域

(b) 経路長による GSP の削除

GSP の経路長と最短経路長を比較して、距離比がある値以上の経路長となる経路を削除するという方法である。起点および終点からの最短経路木の生成の際、および GSP が生成された後に該当する経路を削除すればよい。ここでも、距離比の設定は実証分析によるものとするが、すべての OD ペアについてその値は一定と考える。

(4) 重複率による経路の分類・集約

GSP 法により抽出された代替経路の本数は、選択対象領域の大きさに影響される。多くの代替経路が抽出された場合には、ほとんど同一の経路とみなせる重複部分の多い経路が多数抽出される可能性がある。そこで、お互いに重複部分の多い経路は一つのグループとしてまとめることを考える。まとめられた経路グループをひとつの選択肢とみなし、そのグループの集合を経路選択肢集合と考える。ここでは、2つの方法を提案する。

(a)方法 A

) GSP 法により求めた全ての経路について、経路間の重複率を求める。2本の経路 i, j の経路長をそれぞれ L_i, L_j とし、重複部分の経路長を L_{ij} とすると、重複率は $\sigma_{ij} = L_{ij} / \sqrt{L_i L_j}$ で与

えられる。全ての経路ペアの重複率を求める。

) 重複率が最大 ($n=1$) の経路ペアをグループ化する。

$n+1$ 番目に重複率の大きい経路ペアについて、

- ・いずれの経路もグループ化されていないとき新しいグループを作成する

- ・いずれかの経路が既にグループ化されているときそれらの経路を含む新しいグループを作成する

$n=n+1$ として次に重複率の大きい経路ペアを調べる。

) 重複率が基準重複率を下回ったところで終了。

) まとめられたすべてのグループにおいて、それぞれのグループ内の最短経路をそのグループの代表経路とする。

経路の重複率が表-1で表されると、グループ内の代表経路は表-2のようになる。

表-1 経路の重複率

	A	B	C	D	E
A	-	0.3	0.8	0.2	0.4
B	-	-	0.1	0.9	0.5
C	-	-	-	0.5	0.7
D	-	-	-	-	0.4
E	-	-	-	-	-

表-2 グループ代表経路

基準重複率:0.7		
	代表経路	GROUP内経路
GROUP1	A	C・E
GROUP2	B	D

(b) 方法 B

) 方法 A と同じ。

) 重複率が最大 ($n=1$) の経路ペアをグループ化する。

最短経路を代表経路とし、グループ内の他の経路は削除する。

$n=n+1$ として次に重複率の大きい経路ペアを調べる。経路をグループ化するとに最短経路をそのグループの代表経路として更新する。

) 重複率が基準重複率を下回ったところで終了。

経路の重複率が表-1で表されると、グループ内の代表経路は表-3のようになる。

表-3 グループ代表

基準重複率:0.7		
	代表経路	GROUP内経路
GROUP1	A	C
GROUP2	B	D
GROUP3	E	

(c)方法 A , B の比較

方法 A ではグループ分けをすべて行った後にグループ内の最短経路が代表経路となる。方法 B では、経路ペアごとの重複率の比較時点で、2つの経路のうち、経路長の短い経路が代表経路となる。表-2と表-3を比較すると、方法 A では経路 E が代表経路を

経路 A とする GROUP 1 に含まれる。ただ、経路 A と経路 E の重複率は 0.4 で基準重複率を下回っており、必ずしも同一グループに分類することが適切でないケースも発生する。

3. 実証分析

選択対象領域の絞込みと経路集約の方法 A の組み合わせ、経路長による G S P 削除と方法 B の組み合わせのそれぞれについて、全く異なった二つのデータセットを用いて適用可能性を検討する。

(1) 選択対象領域の絞込みと経路集約方法 A の組み合わせ

(a) 経路選択データ

サンプルは 2001 年 12 月大阪市立大学によって行われた歩行者アンケートデータを使用する。調査対象者は、南海電鉄高野線「堺東駅」を目的地とする歩行者 (730 D ペア) である。分析対象地域のフルネットワーク (ノード数 745, リンク数 2474) 上で分析を行う。調査内容はトリップの起点から堺東駅まで利用した経路 (主経路) と主経路以外の利用する経路 (従経路) を事前に配布した地図上に書き込む形式の質問紙調査であるが、以下では主経路のみを実経路として分析に用いている。

(b) 選択対象領域の絞込み方法の結果

W/L の値を 0 から順に増加させ、実経路を構成するすべてのノードが選択対象領域に含まれるときの値を求めると、W/L=1 (正方形) であった。このことから、すべての OD ペアについて、 $W = L$ とする正方形領域を選択対象領域に限定した。

なお、本研究における選択対象領域の設定方法では、実経路が起点から終点に向かって正対する方向に向かない場合には、W/L を大きくしても経路を構成するノードは領域に含まれない。そのようなサンプル (18 サンプル) は分析対象から除いた。

(c) GSP による経路の抽出

図-3 より、選択対象領域内のノード数と抽出された経路数の関係を見ると、両者の関係に線形性がみられる。選択対象領域内のノード数を N , GSP によって抽出された経路数を P とすれば P/N は平均で約 0.4

であることがわかった。

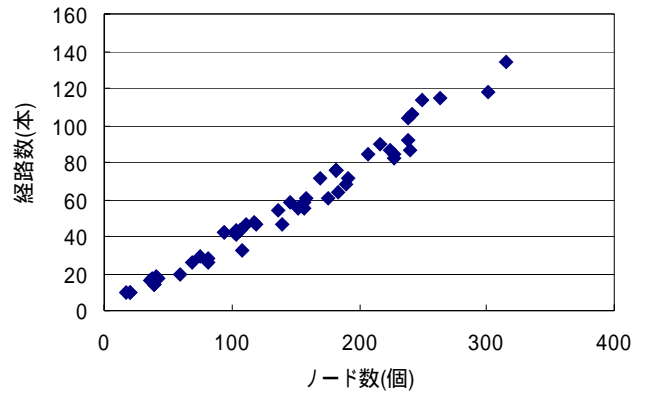


図-3 選択対象領域内のノード数と抽出された経路数の関係

(d) 方法 A による経路の集約

基準重複率を 0.7 としたときの経路数とグループ数の関係を図-4 に示す。この図から、すべてのサンプルでグループの数が 15 個以内にまとめられることがわかる。経路数とグループの関係性は、全経路数が 50 本以下では右上がりとなり多少の相関は見られるものの、全体としては明確な傾向は見られなかった。

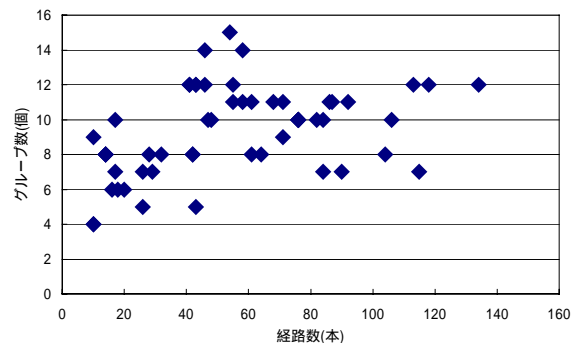


図-4 経路数とグループ数の関係

(2) 経路長による G S P 削除と方法 B の組み合わせ

2001 年に北海道地域で GPS により調査された危険物輸送車両の移動軌跡 (670D ペア) から道路ネットワークの経路データに変換したものを使用する。分析対象地域のフルネットワークの規模は、ノード数 5684, リンク数 6995 である。

(a) 経路長による G S P の削除

実経路と最短経路を比較した結果、実経路長は最短経路長の 1.7 倍以内であることがわかった。GSP により抽出される経路の経路長と最短経路長の距離比の上限値を 1.7 とし、それ以上の経路長を持つ経路を削除した。

図-5より、OD間の直線距離と抽出された経路数の関係を見ると、両者の関係に線形性がみられる。OD間の距離が大きくなるにしたがい抽出される経路の数も増える。地形的な条件によりOD間の距離が長くてGSP数が少ないODも見られるが、GSPの数は、最大でOD間の距離(km単位)の約3倍であることがわかる。

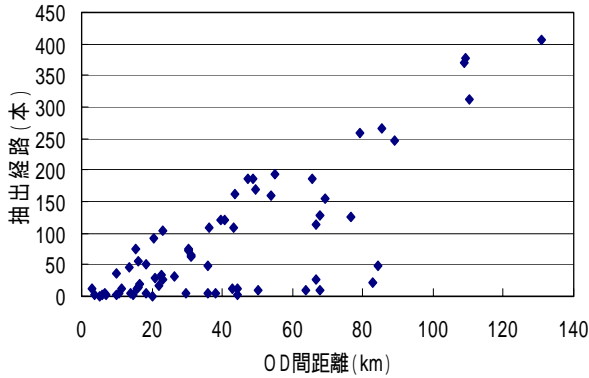


図-5 OD間の直線距離とGSPにより抽出された経路数の関係

(b) 方法Bの結果

基準重複率を0.7としたときの経路数とグループ数の関係を図-6に示す。図-4と比較すると、GSPの経路数とグループの線形性が強い。GSPの経路数が少ないところでは経路数の増加とともにグループ数も増加する。GSPの経路数が多いところでは、経路数にかかわらず約20程度のグループに集約される。

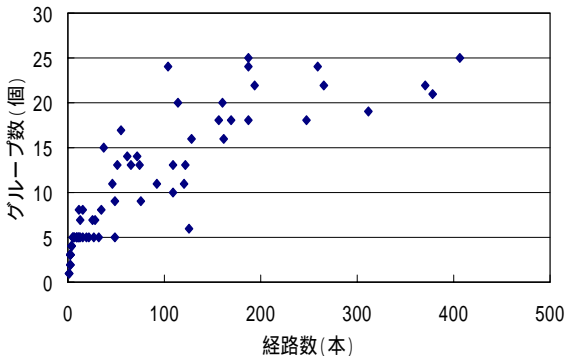
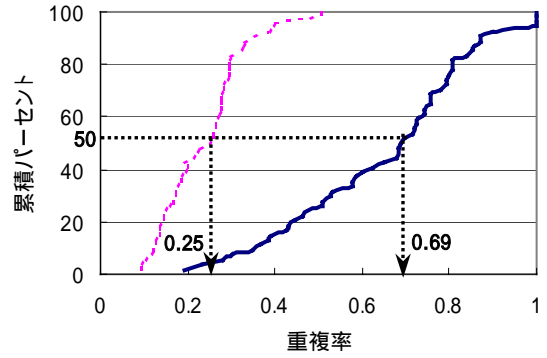


図-6 経路数とグループ数の関係

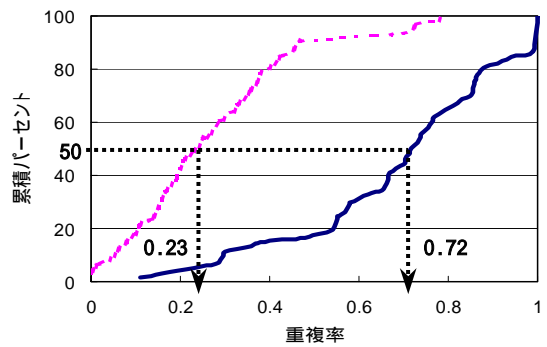
(3) まとめ

図-7の実線は、実経路(または実経路と重複の高い経路)を含むグループ内で実経路と他の経路との重複率の平均値の累積分布であり、破線は実経路を含まないグループのすべての経路と実経路との重複率の平均値の累積分布である。いずれの方法でも実経路を含むグループ内では経路相互の重複率が高く、実経路を含まないグループとの重複率は低くな

るようにグループ分類されていることが確認できた。



(a)方法Aによる累積分布



(b)方法Bによる累積分布

図-7 実経路のグループ内重複率とグループ間重複率

4. おわりに

本研究では経路選択枝集合の生成に関して、フルネットワークから代替経路を抽出する手法、その経路を重複率により経路を集約する手法を提案した。重複率による経路の分類・集約では、選択枝の数が多くなる傾向にあり、経路選択モデル実行時には更なる改良の余地はある。しかし、実経路と比較すると選択枝間の重複は低く、いずれの手法の組み合わせでもある程度有効な選択枝集合が生成されていることが確認できた。

参考文献

- 1)朝倉康夫, 羽藤英二: 交通ネットワーク上の経路選択行動: 観測と理論, 土木学会論文集, No.660/-49, pp.3-13, 2000.
- 2) 柮元淳平, 塚井誠人, 奥村誠: 代替経路を考慮した都市間鉄道・航空機関分担モデル, 土木学会第57回年次学術講演会・講演集, - 428, 2002.
- 3)Vedat Akgun, Erhan Erkut, Rajan Batta: On finding dissimilar paths, European Journal of Operational Research 121, pp.232-246, 2000.