

全ての道路リンクに相当する単純化ネットワーク作成手法の構築*

Development of a simplified network which represents all roadway links*

中村俊之**・吉井稔雄***・北村隆一****

By Toshiyuki NAKAMURA **, Toshio YOSHII ***and Ryuichi KITAMURA ****

1. はじめに

大規模な道路ネットワークを対象とした配分を行う際には、比較的交通量の少ない道路（以下「細街路」）を捨て去り主要な道路（以下「幹線道路」）のみから構成される道路ネットワークが用いられている。これに対して、入力値となる OD 交通量にはゾーン間 OD が用いられており、幹線道路と細街路の区別がなされていない。そのため、入力する OD 交通は必ずしも配分で用いる道路ネットワーク上を移動するものと限らないことから、道路ネットワークと OD 交通量との間に不整合が生じている。この不整合が黙認されてきた理由は、現在の配分手法が確立された際の貧弱な計算機能力と細街路における交通モニタリング能力の欠如であると推察される。現在では計算機能力が飛躍的に向上し、加えて細街路内での交通状況を観測可能とするプローブカーによる新たな交通モニタリング手法が整備されてきたことにより、これらの問題点は解消されつつある。

一方、細街路も含めた全ての道路を対象とした道路ネットワーク上で配分を行うことを想定した場合、静的配分ではリンクパフォーマンス関数、動的配分ではリンク交通容量など設定を要するパラメータ数が膨大なものとなり、パラメータ同定作業が困難になるという問題、さらには目的地までの経路数が膨大になるため経路決定に要する計算負荷が大きくなるといった計算上の問題が発生する。このような問題に対して、Sasaki ら¹⁾、Yang ら²⁾、Wong³⁾は道路ネットワークを連続体として捉えることによる連続体上での配分手法を提案しているが、これらの研究は各地点における方向性を考慮することが困難であ



ることなどを理由に one-to-many または many-to-one の OD に限られたものとなっている。


そこで本研究では、グラフによって構成されるネットワークの利点を活かすため、細街路で構成される複数の経路を 1 本のリンクで代表する（以下「集約リンク」）。この集約リンク、および道路と 1 対 1 で対応する従前から用いられてきたリンク（以下「幹線リンク」）を組み合わせることによる単純化された配分ネットワークを提案する。提案された配分ネットワークは単純化されているにもかかわらず全ての道路リンクに相当しているため、前記した不整合の問題を解消するのみならず、細街路を含めた全ての道路ネットワークに関連する交通施策の評価を行うことが可能となる。

本稿では、提案する単純化ネットワークの作成方法、ならびにネットワーク上で適用される経路選択モデルが細街路を通る経路も含めた全ての経路を対象として経路選択を行っていることを示した後、経路選択モデルが必要とする経路ポテンシャルの設定方法を提案し、経路ポテンシャルを用いた経路選択モデルの妥当性を検証する。

2. 単純化ネットワーク

2.1. 単純化ネットワークの概要

単純化ネットワークは、幹線リンクのみからなる道路ネットワークを基本とし、幹線リンクによって囲まれるポリゴン領域内（以下「細街路エリア」）においてポリゴン上の全ての二辺間を接続する形で与えられる集約リンクとから構成される（参照）。には細街路エリア内の集約リンクの接続例を示す。この例に示される細街路エリアは、16 本の幹線リンクと 12 本の集約リンクから構成される。

には、具体的に上辺の幹線リンクから下辺の幹線リンクに至る集約リンクが代表する細街路エリ

* キーワーズ：配分、経路選択、細街路、ITS

** 正員 工修 財団法人 計量計画研究所

*** 正員 博士（工学）京都大学大学院工学研究科

**** 正員 Ph.D 京都大学大学院工学研究科

連絡先：〒162-0845 東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9

TEL 03-3268-9911 FAX 03-5229-8081

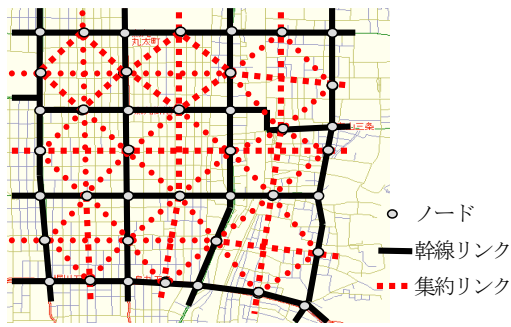


図1 単純化ネットワークのイメージ

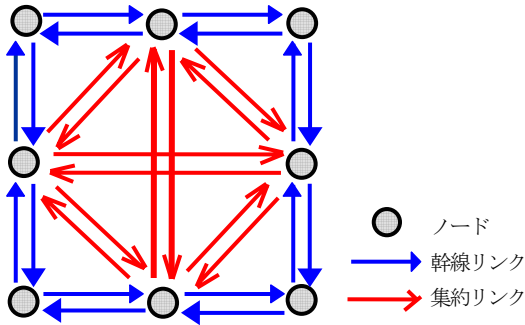


図2 細街路エリア内のリンク

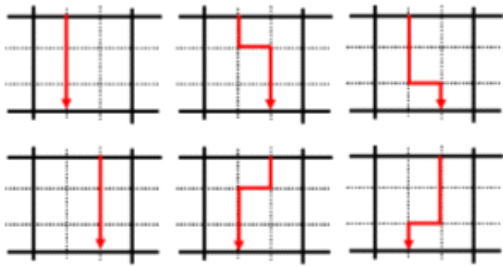


図3 集約リンクに対応する複数の経路

ア内の経路を示す。なお、経路を列挙する際には、起点から各ノードまでの最短距離を判断基準に、起点に近づくようなノード間の移動が含まれる経路を不合理な経路と見なし、これらを排除するものとする。

2.2. 経路効用と経路ポテンシャル

単純化ネットワーク上では確率均衡配分を適用し、各経路の選択確率の決定にはロジットモデルを採用する。すなわち、各車両が複数の選択可能な経路の中から経路 i を選択するときの経路の効用を

$$U_i = V_i + \varepsilon \quad (1)$$

V_i : 経路 i の効用確定項

ε : 誤差項

とし、目的地に向かう n 本の経路の中から j 番目の経路を選択する確率を

$$P_j = \frac{\exp(V_j)}{\sum_{k=1}^n \exp(V_k)} \quad (2)$$

で与える。ただし、ここでは個々の車両による効用の違いを考慮しない。続いて、各経路の効用確定項が交通フロー条件に依存して変化する経路の認知旅行時間とフローに依存しない経路固有の静的な条件によって決定されると考え、

$$V_j = -\beta \cdot T_j + S_j \quad (3)$$

T_j : 経路 j を選択したときの認知旅行時間

S_j : 静的な条件で説明される経路 j の効用

β : パラメータ

と定義し、右辺の第2項 S_j を「経路ポテンシャル」と呼ぶ。

このとき、経路 i を m 個の区間に分割した場合、経路 i の確定効用は、

$$\begin{aligned} V_i &= \sum_{k=1}^m (-\beta \cdot T_{ik} + S_{ik}) \\ &= -\beta \cdot T_i + \sum_{k=1}^m S_{ik} \end{aligned} \quad (4)$$

T_{ij} : 経路 i 上 j 番目区間の認知旅行時間

S_{ij} : 経路 i 上 j 番目区間の静的な条件で説明される効用 (以下「区間ポテンシャル」)

と表現され、各区間の区間ポテンシャルの総和と経路の認知旅行時間によって経路の効用が決定される。

ここで、**細街路エリア内の複数経路 (これらの経路集合を A とする)** については**ドライバーの認知旅行時間が全て等しい**と仮定し、経路集合 A と等価な集約リンク J の効用のうち静的な条件で説明される部分 (以下「リンクポテンシャル」) を

$$S_J = \ln \left(\sum_{k \in A} \exp(S_k) \right) \quad (5)$$

リンクの効用を

$$V_J = \ln \left(\sum_{k \in A} \exp(V_k) \right) \quad (6)$$

として定義すれば,

$$\begin{aligned} V_J &= \ln \left(\sum_{k \in A} \exp(-\beta T_k + S_k) \right) \\ &= \ln \left(\exp(-\beta T) \times \sum_{k \in A} \exp(S_k) \right) \\ &= -\beta T + S_J \end{aligned} \quad (7)$$

ただし,

$$T_i = T \quad \forall i \in A$$

となる.

このとき, 集約リンクが代表する細街路エリア内の経路を含む複数の経路を考えた場合, 起点から終点に至る選択可能な実経路集合 R の中から経路の一部に細街路内の経路集合 A が含まれる複数の経路 (図 4) のいずれかを選択する確率は,

$$\begin{aligned} prob &= \frac{\sum_{k \in A} \exp(V_B + V_C + V_k)}{\sum_{k \in R} \exp(V_k)} \\ &= \frac{\exp(V_B + V_C) \sum_{k \in A} \exp(V_k)}{\sum_{k \in R} \exp(V_k)} \\ &= \frac{\exp(V_B + V_C + V_A)}{\sum_{k \in R} \exp(V_k)} \end{aligned} \quad (8)$$

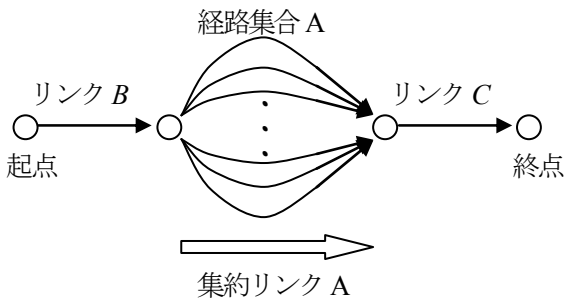


図 4 集約リンクによる経路集約の例

となり, 集約リンクが代表する全ての細街路経路を含む経路のいずれかを選択する確率を算出することが可能となる. すなわち, 細街路エリア内においては各経路の認知旅行時間が等しいとの仮定の下, 式 (5) に示すリンクポテンシャルを定義すれば, 細街路内の全ての経路と等価な概念上のリンクを作成することが可能となる.

2.3. 認知旅行時間

前節にて定義した集約リンクのリンクポテンシャルを用いて配分を実施する際には各リンクの認知旅行時間が必要となる. 認知旅行時間は, 交通量の関数として, 一般に静的な配分ではリンクパフォーマンス関数, 動的な配分では配分によって達成される旅行時間をもって評価される. 対して, 本研究によるネットワークでは, 細街路エリア内における各経路の認知旅行時間に差がないとの仮定を設けていることから, 幹線リンクを交通量の関数として与え, 集約リンクは対応する周辺幹線リンクの旅行時間に等しいものとして評価する. すなわち, 図 5 に示す配分ネットワークの例において, 幹線リンクの認知旅行時間を交通量との関係で評価した後, 例えば, 集約リンク AE の認知旅行時間は幹線リンク AB と BE の認知旅行時間の和で, 集約リンク AG の認知旅行時間は幹線リンク OC+CF, BE+ED の旅行時間の平均値で評価する.

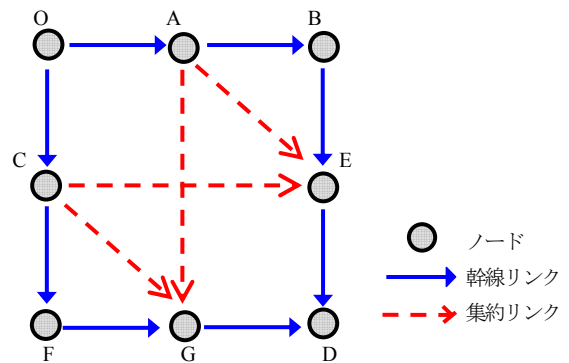


図 5 配分ネットワークの例

3. 経路ポテンシャル

経路ポテンシャルは, 経路上での右左折回数, 信号交差点数, 車線数別の道路延長を説明変数として式(9)で与える.

$$S_j = \alpha_1(NL_j) + \alpha_2(NR_j) + \alpha_3(DS_j) + \alpha_4(DD_j) + \alpha_5(DT_j) \quad (9)$$

NL_j : 経路 j 上の左折回数

NR_j : 経路 j 上の右折回数

DS_j : 経路 j 上の 1 車線道路の総延長

DD_j : 経路 j 上の 2 車線道路の総延長

DT_j : 経路 j 上の 3 車線以上の道路の総延長

$\alpha_1 \sim \alpha_5$: パラメータ

ここで用いた全ての説明変数は、経路を複数の区間に分割した場合に、分割したそれぞれの区間において値を定めることを可能とするものである。そのため、経路ポテンシャルを複数の区間に分割した各区間における「区間ポテンシャル」の総和として評価することが可能となる。

式(9)で定義した経路ポテンシャルを用いた経路選択モデルの妥当性を検証するために、以下では経路ポテンシャルを用いた経路選択モデルを実データに適用しパラメータ推定を行う。なお、使用データはタクシーを対象として名古屋都市圏で実施されたインターネット ITS 協議会による実験結果⁴⁾⁵⁾を用いた。先に挙げた説明変数に「信号交差点数」を加えて推定した結果を表 1 に示す。 ρ^2 値より十分な説明力を持つことを確認できる。さらに「信号交差点数」以外の説明変数が全て有意に経路選択に影響を与えていることを確認できる。また、右折回数と左折回数のパラメータ値は負値を示すとともに、右折回数のパラメータ値の絶対値が左折回数の絶対値よりも大きな値を示しており、対向直進車両の影響を受ける右折の方が左折よりも抵抗が大きいということが示

表 1 経路選択モデルのパラメータ推定結果

全体エリア	Coeff	t-ratio
右折回数	-1.258	-17.933 *
左折回数	-0.980	-12.599 *
説明変数 信号交差点数	0.002	0.029
経路距離(1車線)	-1.733	-23.842 *
経路距離(2車線)	-1.006	-12.616 *
経路距離(3車線~)	-0.626	-7.456 *
sample size	183910	
$\ln L(0)$	-1314363	
$\ln L(\beta)$	-934512	
χ^2	759702	
ρ^2	0.289	
修正 ρ^2	0.289	

*有意水準 1%で有意

された。さらに車線数別の経路距離に関しては、全ての説明変数が有意となりかつ負の推定値が得られた。このことは、ドライバーには経路距離の短い経路、同じ距離であれば車線数の多い経路を選択しやすいという傾向があるということを反映している。一方で、信号交差点数はドライバーの選択に影響を与えないという結果が得られ、信号交差点数が多い経路ほど回避され易いといった考え方は支持されなかった。

4. おわりに

本研究では、細街路も含めた全道路ネットワークに相当する単純化ネットワークを構築した。さらに、経路選択行動を記述する際に用いる経路ポテンシャルの評価方法を具体的な形で提案し、実観測データを用いてその経路ポテンシャルを用いた経路選択モデルの妥当性について検証し、モデルの説明力が十分であることを確認した。

今後は、単純化ネットワークを用いた配分方法を確立する。

参考文献

- 1) Sasaki T., Iida Y. & Yang H.: User equilibrium traffic assignment by continuum approximation of network flow, Proceedings of the 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Japan, Yokohama, July, pp233-252, 1990
- 2) Yang H., Yagar S. & Iida Y.: Traffic assignment in a congested discrete/continuous transportation system, Transportation Research Part B, Vol.28, No.2, pp161-174, 1994
- 3) Wong S.C.: Multi commodity traffic assignment by continuum approximation of network flow with variable demand, Transportation Research Part B, Vol.32, No.8, pp567-581, 1998
- 4) インターネット ITS 協議会ホームページ: <http://www.internetits.org/ja/top.html>
- 5) 三輪富生・森川高行・岡田良之: プローブデータによる OD 表の作成と経路選択行動の分析, 第 1 回 ITS シンポジウム, pp.591~596, 2002