

IV-181 プロビットモデル型の確率均衡配分法に関する実証的研究

愛知県 正員 大木克彦
豊橋技術科学大学 正員 廣島康裕

1. はじめに

従来の確率均衡配分手法では利用者の経路費用の知覚のばらつきに対してi.i.d.Gumbel分布を仮定するロジットタイプの経路選択モデルを用いるものが主流であった。その最大の理由はロジットタイプのモデルが展開が容易で計算しやすいということにある。しかし、知覚のばらつきをより現実的に考えるならば、多変量正規分布を仮定する方が望ましいと考えられる。そこで、本研究では、プロビットタイプの経路選択モデルを用いた確率均衡配分法を取り上げ、実際の道路ネットワークへの配分を行い、等時間原則配分やロジットモデルタイプの確率均衡配分による結果と比較すること等を通じて、その有効性を検討するとともに、経路費用の知覚のばらつきの大きさを規定する分散パラメータの最適値の推定を行う。さらに、利用経路調査のデータを用いること等により、分散パラメータの最適値への影響要因に関しても若干の検討を行う。

2. モデル間での配分結果の比較

プロビット型均衡配分法の有効性を検討するために、愛知県豊橋市の道路ネットワーク（ノード数139，うちセントロイド30，リンク数450）を対象として、S.60の道路交通センサスから得られたOD交通量を本配分法，等時間原則配分法（Wardropモデル），ロジット型確率均衡配分法（Fiskモデル）によってそれぞれ配分し，リンク交通量の実測値に対する適合度を比較検討した。このとき，リンクコスト関数として，BPR関数と修正BPR関数を用いた。

なお，プロビット型確率均衡配分問題を解析的に解くのは実質的に不可能であり，また，確率均衡配分に共通の問題として，経路の列挙の必要性がある。そこで，本研究ではリンクコストを乱数発生によって与えるモンテカルロシミュレーションを組み込んだ逐次平均法によって近似的な解を求める方法を用いるものとした。

結果の一部を表1に示す。等時間原則配分よりも確率均衡配分の方が実測値に対する適合度が高かったが，ロジット型とプロビット型との間には適合度の上で有意な差はみられなかった。しかし，配分結果の特徴を検討してみると，郊外部

ではプロビット型の方が，中心部ではロジット型の方がそれぞれ適合度が高くなっていた。これには，郊外部と中心部では平均的なトリップ長が異なることと，ロジット型の場合には経路費用の知覚の分散が経路長に無関係に一定と仮定されているのに対し，プロビット型の場合にはその分散が経路長に比例的であると仮定されていることが関係していると考えられる。ただし，この結果は，実測値が得られているリンクが一部の幹線道路のみであったことにもよると考えられる。このように，両者の優劣はつけ難いものの，部分に着目した検討結果から判断する限りでは，ネットワークデータをより詳細に設定すればプロビット型の方がさらに精度のよい配分結果が得られるものと期待される。

なお，本適用例における確率均衡配分法の分散パラメータの最適値は，プロビット型の場合は $\beta=1.0$ 前後，ロジット型の場合は $\theta=0.1$ 前後という結果となっている。

表1. 各モデルの配分結果 (BPR関数使用時)

モデル名	パラメータ	cor	e	MAPE
Wardropモデル		0.775	10221.7	0.923
Fiskモデル	$\theta=0.0$	0.903	5490.9	0.811
	$\theta=0.1$	0.906	5467.9	0.750
	$\theta=0.2$	0.905	5568.4	0.698
	$\theta=0.3$	0.902	5674.7	0.660
	$\theta=0.5$	0.888	5689.7	0.633
プロビットモデル	$\beta=0.5$	0.891	7609.4	0.847
	$\beta=0.8$	0.901	5522.5	0.625
	$\beta=1.0$	0.898	5459.6	0.614
	$\beta=1.2$	0.895	5589.7	0.637
	$\beta=1.5$	0.889	5843.2	0.661

e: 平均絶対推計誤差 MAPE: 平均誤差率

3. 分散パラメータの検討

プロビットモデルの分散パラメータ β は，理論上は利用者の経路費用の知覚のばらつきの程度を反映するものであるが，実際の配分を考えたときには，その他にも，ネットワークの簡略化の程度，ゾーニングの仕方，リンクコスト関数の与え方，ゾーン内々分布の取扱い方など，様々な要因が影響していると考えられる。すなわち，先に求めた最適値は，これらについての一定の条件に対する1つの値でしかない。したが

って、実際への適用に当たって用いるべき β の値を決定するためには、 β の値に対してどのような要因がどのように影響するかを明らかにしておく必要がある。そこで、本研究では以下のような検討を行った。

（１）経路選択実態調査データを用いた検討

実際のドライバーの経路選択の実態を把握するために、平成2年10月、豊橋市内全域を対象に、経路選択に関するアンケート調査（地図記入方式）を行った。そして、その結果をもとに分散パラメータ推定を行った。その推定方法としては、分散パラメータの値を順次変化させながら、各段階で各起終点間の各リンクの選択確率を求めて実際のリンクの選択結果に対する尤度を計算し、尤度が最大となるパラメータを選ぶというヒューリスティックな最尤推定法を用いた。

ここでの推定においては、各個人の起終点としてゾーンではなくノードを用いているので、その推定値はゾーニングの仕方の影響を無くしたとき値であると解釈することができる。

まず、簡単のために、各リンクの混雑状況を考えない、つまりゼロフロー時のリンクコストを用いてパラメータ推定を行った。その結果、表2に示すように、最適な分散パラメータはおおよそ4.0という値となり、OD交通量配分時の最適パラメータに比べてかなり大きなものとなった。この原因はリンクコストの設定の不適切さにあったものと思われる。そこで、次に、このネットワークの他の条件を変えずに、先の表1に示した $\beta=1.0$ に対する配分結果を用いて各リンクのリンクコストを求めた後、パラメータを再推定した。その結果、表3に示すように、 $\beta=0.9$ で最適となり、ゾーニングの影響を無くすことで、わずかに最適パラメータ値が小さくなることがわかった。

表2. パラメータ推定の結果（ゼロフローネットワーク時のコストを使用）

β 値	2.0	3.0	3.5	4.0	4.5
log L	-2241	-2118	-2136	-2077	-2166
的中率	0.462	0.433	0.421	0.413	0.398
相関係数	0.603	0.598	0.597	0.591	0.586

表3. パラメータ推定の結果（ $\beta=1.0$ のときの配分結果時のコストを使用）

β 値	0.5	0.8	0.9	1.0	1.5
log L	-1957	-1911	-1858	-1896	-1938
的中率	0.496	0.462	0.458	0.446	0.415
相関係数	0.662	0.651	0.655	0.643	0.628

（２）ネットワークの詳細化による検討

ネットワークの簡略化が分散パラメータ β に与える影響を検討するために、最初のネットワークからさらにリンクとノードを追加して、より詳細なネットワークを編成し（ノード数191、リンク数644）、プロビットモデルについてのみ再び配分を行った。その結果、表4に示すように、最も実測値に適合する β の値は約0.5であり、最初のネットワークに比べかなり β の値が小さくなった。これは、特に南部郊外でのリンクの追加により、この方面で実測値に比べかなり超過気味であった各リンクの適合性が上昇しているためと思われる。この結果より、ネットワークの詳細化の程度は最適パラメータに対してかなりの影響があると推察される。

表4. 詳細ネットワークへの配分結果

β 値	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
cor	.949	.944	.940	.929	.918	.901	.876
e	3990	3476	3357	3331	3664	4417	5187
MAPE	.347	.308	.306	.314	.314	.366	.461

4. おわりに

本研究では、利用者の経路費用に対する知覚のばらつきに多変量正規分布を仮定するプロビットタイプの経路選択モデルを用いる確率均衡配分法の有効性を検討するために、実際の道路ネットワークを対象として配分を行うことを通じて、他の配分手法との比較検討を行うとともに、モデルの最適分散パラメータの推定を行った。また、モデルの最適分散パラメータに対する各種影響要因の影響度およびその意味を明らかにするために、経路選択に関するアンケート調査をもとにパラメータ推定を行うとともに、より詳細なネットワークに対する最適パラメータの推定を行った。

その結果、確率均衡配分は等時間原則配分に比べて適合度が高いことが分かったが、ロジット型とプロビット型とは全体的な適合度に大きな差はなかった。しかし、部分に着目した検討結果から、プロビット型の確率均衡配分の方が有望であることがわかった。一方、分散パラメータの決定要因に関しては系統的に説明できるところまでには至らなかった。

今後は、最適分散パラメータの決定要因を明らかにすることとともに、モデルの簡略化の検討をおこなうことなどが課題として挙げられる。

〔参考文献〕

Sheffi, Y.: Urban Transportation Networks, Prentice-Hall, Inc., 1985.