

交通ネットワークにおける分担・配分統合モデルを考慮した交通手段分担モデルの精緻化*

Precision improvement of Transportation Allotment Model which considered Combined Network Model*

轟直希**・高山純一***・中山晶一郎****

By Naoki TODOROKI **・Jun-ichi TAKAYAMA ***・Syoichirou NAKAYAMA ****

1. はじめに

日々の交通行動の中で、通勤や業務など到着時間に制約のあるトリップは多く、どれほど確実に到着できるかを求められる場面も多い。道路ネットワーク上の交通流は、実際には不確実であり、確定的には決定しない。そのため旅行時間は、不確実なものと考えられる。これまでの研究では、中山・高山ら¹⁾が旅行時間の不確実性を考慮した分担・配分モデルの提案を行っている。

このような旅行時間の不確実性は、トリップ手段によって大きく影響していると考えられる。都市圏トリップ手段として、公共交通を利用する場合、鉄道等の軌道系は、マイカートリップと比べるとほぼ定時性が確保され、旅行時間の不確実性は極めて低いと考えることができる。路線バスについても、バス専用レーンのある区間では、道路ネットワーク上の交通流の影響が小さくなるので、旅行時間の不確実性は小さいと考えられる。PTPS（公共車両優先システム）が導入されている地域では、旅行時間の不確実性はさらに小さいであろう。

以上を踏まえると、同じ区間を移動するとき、自動車を利用する場合よりも、鉄道やバスレーン等の公共交通を利用する場合の方が旅行時間の不確実性が小さいと考えられる。

そこで、様々なトリップ手段の選択によって異なると考えられる旅行時間の不確実性を的確に計算し、考慮することで、到着制約のあるトリップへの情報提供、バスレーンやPTPS、LRT、パークアンドライド等の施策導入の効果を分析し、政策の評価に役立てることを目的としたモデルが分担・配分統合モデルである。

ネットワーク均衡の枠組みで分担・配分統合モデルへの拡張を考える場合、ODペア間の均衡条件の考え方として、最も単純な考え方であるODペア間で利用されている

*キーワード：分担・配分統合モデル，交通手段分担，手段分担モデル

**学生員，金沢大学大学院自然科学研究科

***フェロー，工博，金沢大学大学院自然科学研究科

〒920-1192 金沢市角間町

TEL：076-234-4613，Fax：076-234-4613

****正会員，博（工），金沢大学大学院自然科学研究科

る経路の一般化費用は手段によらず一定とする均衡概念について、宮城・水口²⁾は、最小コストの手段が選択されるという意味で、公共交通の利用者数を過小評価する可能性がある」と指摘している。また、河上・溝上³⁾、河上・高田⁴⁾、河上・石⁵⁾は、手段分担において、マイカーの一般化費用にマイカー維持費などとして説明できる定数項を設け、手段間の一般化費用の差を調整しようと考えている。これによって、公共交通利用が最小費用経路とはならないケースが多くなる状況を改善することが可能である。また、円山・原田ら⁶⁾は、発生・分布・分担・配分統合型確率均衡モデルをトリップ目的別モデルへ拡張し、大規模都市圏へ適用を行っている。

本研究では、既存の配分モデルから交通手段・配分統合モデルへの拡張を目的として、その際に用いる分担モデルに着目し、容易にデータ入手が可能であるPT調査結果等のデータを用いて、交通手段分担モデルの精緻化を目指すものである。

2. モデルの基本概念

(1) 一般化費用の考え方

これまでの統合モデルにおける交通手段選択は、一般化費用を用いる方法が一般的であった。そこで、本研究では、一般化費用以外の変数を組み込むことで推計精度の向上が可能かどうかの検討を行う。

手段分担において、マイカーと公共交通の統合モデルを構築するためには、まず旅行時間やバスの運賃等の単位を揃えて取り扱う必要がある。そこで、時間価値の考え方にに基づき、所要旅行時間を貨幣価値に換算し、バスの運賃等を含めた一般化費用を用いる。

所要旅行時間以外に経路一般化費用に含まれるものとして、以下が挙げられる。

マイカー：自動車維持費などとして説明できる定数項
公共交通：バス運賃，待ち時間，アクセス，イグレスリンクの旅行時間

マイカー (c) と公共交通 (trans) の一般化費用を以下の式で表す。

$$c_k^{rs,c} = \tau T_k^{rs,c} + \xi \quad (2.1)$$

$$c_k^{rs,tran} = \tau (T_k^{rs,tran} + w_k^{rs}) + m_k^{rs} \quad (2.2)$$

$c_k^{rs,c}$: OD ペア rs 間の k 番目経路におけるマイカーの経路一般化費用

$c_k^{rs,tran}$: OD ペア rs 間の k 番目経路における公共交通の経路一般化費用

$T_k^{rs,c}$: マイカーの所要旅行時間

$T_k^{rs,tran}$: 公共交通の所要旅行時間

w_k^{rs} : 公共交通の待ち時間 (運行時間間隔の 1/2)

m_k^{rs} : 公共交通の運賃

τ : 時間価値 (40 円/分)

ξ : 定数項 (マイカー維持費等)

公共交通の待ち時間については、時間帯別の平均待ち時間を算出し、マイカー維持費については、総務省『全国消費実態調査』を参考に算出した。

(2) 交通手段選択モデル

手段分担は、必ずしも一般化費用の大小のみで確定的に行われるものではない。そこで、手段分担がロジット型で行われる場合のモデル構築を考える。

交通分担がロジット型で行われるとすると、マイカーと公共交通を選ぶ際のマイカーの選択確率は、以下の式で表される。

$$P_k^{rs,c} = \frac{\exp[V_k^{rs,c}]}{\sum_{k \in K_{rs}} \exp[V_k^{rs,c} + V_k^{rs,trans}]} \quad (2.3)$$

$P_k^{rs,c}$: OD ペア rs 間の k 番目経路におけるマイカー選択確率

$V_k^{rs,c}$: マイカー選択の選択による効用の確定項

$V_k^{rs,trans}$: 公共交通選択の選択による効用の確定項

これまでの分担・配分統合モデルにおける交通手段選択では、発生・手段・目的地・経路選択を Nested logit で表現している研究⁶⁾があるが、手段選択のみでは説明変数として、一般化費用を用いている例が多い。したがって、交通手段分担の再現性に問題があったと考えられる。

(3) 本研究で用いた交通手段選択モデル

本研究では、均衡配分モデルに組み込む手段分担モデルの再現性向上の検討を行うため、目的や時間帯などを考慮するとともに、説明変数として、個人属性 (性別、運転免許の有無等) やゾーン特性 (停留所・駅までの距離や、停留所・駅の数等) を導入する必要があるであろう。

ここで、本研究で考慮した効用関数を示す。

パターン 1 : 一般化費用を用いたモデル (従来モデル)

$$V_k^{rs,c} = \alpha + \beta_1 \cdot c_k^{rs,c} \quad (2.4)$$

$$V_k^{rs,trans} = \beta_1 \cdot c_k^{rs,trans} \quad (2.5)$$

パターン 2 : 一般化費用 (共通変数) とマイカーと公共交通の選択肢固有変数を加えたモデル

$$V_k^{rs,c} = \alpha + \beta_1 \cdot c_k^{rs,c} + \beta_2 \cdot G_k^{rs,c} \quad (2.6)$$

$$V_k^{rs,trans} = \beta_1 \cdot c_k^{rs,trans} + \beta_3 \cdot \bar{B}_k^{rs,trans} \quad (2.7)$$

$G_k^{rs,c}$: マイカーの選択肢固有変数 (性別 1:男性, 2:女性)

$\bar{B}_k^{rs,trans}$: 公共交通の選択肢固有変数 (到着ゾーンのバス停数)

パターン 3 : 一般化費用を用いず、運賃 (共通変数) 及び所要時間 (共通変数) を別変数とし、マイカーと公共交通の選択肢固有変数を加えたモデル

$$V_k^{rs,c} = \alpha + \beta_1 \cdot T_k^{rs,c} + \beta_2 \cdot F_k^{rs,c} + \beta_3 \cdot G_k^{rs,c} \quad (2.8)$$

$$V_k^{rs,trans} = \beta_1 \cdot T_k^{rs,trans} + \beta_2 \cdot F_k^{rs,trans} + \beta_3 \cdot \bar{B}_k^{rs,trans} \quad (2.9)$$

T_k^{rs} : 共通変数 (所要旅行時間)

F_k^{rs} : 共通変数 (運賃及び駐車料金)

以上 3 つのパターンでパラメータを推定し、その結果を考察する。

3. 金沢市を対象としたケーススタディ

(1) 概説

ここでは、金沢市における交通手段分担について、ケーススタディをもとに考察する。従来の考え方と本モデルを比較し、有効性を検証する。

(2) 計算の実行条件

金沢市を対象とするネットワークで、平成7年度金沢都市圏パーソントリップ調査におけるデータを用いた。

交通手段分担は、平成7年度金沢都市圏パーソントリップ調査におけるデータをもとにし、交通手段分担のパラメータを推定した。以下に、金沢市を対象としたネットワークを示す。

今回は、表3-1中の1ゾーンより出発したトリップに絞って、パラメータの推定を行っている。1ゾーンからの総トリップ数は740である。

表3-1 PT調査によるゾーン

ゾーン番号	ゾーン名称	ゾーン番号	ゾーン名称
1	金沢駅・武蔵	11	入江・古府
2	香林坊・片町	12	増泉・西泉
3	小立野・涌波	13	寺町
4	鳴和・金大	14	横川・平和町
6	大浦	15	高尾
7	県庁西・新県庁	19	野々市
8	長田・松村		

(3) パラメータ推定結果

以下に各パラメータの推定結果を示す。今回は、1ゾーンからの発トリップについて、そのパラメータを推定した。

パターン1は、説明変数に一般化費用のみを用いた場合であり、従来型のモデルと言える。パターン2は、説明変数に一般化費用（共通変数）と性別（マイカー選択の選択肢固有変数）、到着ゾーンのバス停留所数（バス選択の選択肢固有変数）を加えた場合のモデルであり、一部拡張している。また、パターン3は、一般化費用を細分化し、運賃（共通変数）及び所要時間（共通変数）とし、パターン2と同様の選択肢固有変数を導入した。

また、時間帯別にどのような違いがあるのかを分析するため、パターン3について、午前と午後の時間帯別にパラメータの推定を行った。

表3-2 パターン別パラメータの推定結果

説明変数	パターン1	パターン2	パターン3
定数項			
α	3.638 (15.620)	4.363 (4.195)	4.866 (3.987)
共通変数			
一般化費用	-1.09×10^{-4} (0.256)	-1.12×10^{-4} (0.282)	—
所要時間	—	—	0.064 (0.792)
運賃及び 駐車料金	—	—	-0.001 (0.787)
選択肢固有変数			
性別	—	-0.185 (0.322)	-0.143 (0.248)
停留所数	—	0.061 (0.655)	0.072 (0.765)
尤度比	0.79090	0.88820	0.84456

※()内はt値

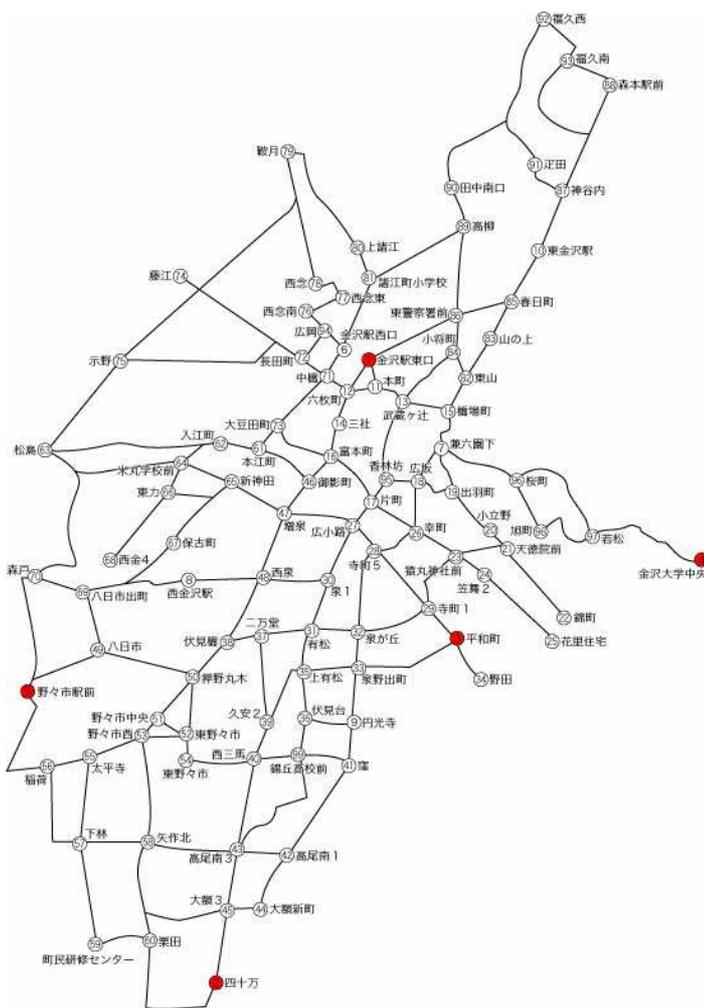


図3-1 金沢市を対象とするネットワーク

パラメータ推定の結果、パターン1では、高い尤度比が得られているものの、一般化費用のt値が非常に低く、説明変数の影響が小さいことが分かる。パターン2は、パターン1に比べ、選択肢固有変数の導入効果により、尤度比が上昇している。しかしながら、パターン1と同様で一般化費用のt値が低く、説明力に欠けるモデルであると言える。一方、パターン3は、所要時間や運賃・駐車料金においてもt値が高く、説明力の高いモデルであると考えられる。

パターン3において、所要時間のパラメータの符合が正で出ている。これは、今回分析した1ゾーンは、バス専用レーンが設けられており、その効果によって、バスの所要時間がマイカーに比べ短かったことが影響していると考えられる。

次に、時間帯別（午前・午後）にパラメータを推定した結果を表3-3に示す。

表3-3 時間帯別パラメータの推定結果

説明変数	午前	午後
定数項		
α	4.928 (2.503)	4.969 (3.353)
共通変数		
所要時間	0.010 (0.132)	0.096 (0.889)
運賃及び 駐車料金	-1.01×10^{-4} (0.094)	-0.002 (0.889)
選択肢固有変数		
性別	—	-0.300 (0.499)
停留所数	0.051 (0.226)	0.060 (0.569)
尤度比	0.99536	0.84767

※()内はt値

時間帯別にパラメータを推定した結果、午前、午後ともに尤度比は高いものの、午前においてt値が非常に低いことがわかる。今回、分析の対象となった1ゾーンのゾーン特性が、金沢市街地の中心部であり、通勤人口が非常に大きいゾーンであるため、通勤時の発トリップが少ないことや、様々な目的が混在していることなどが影響し、よい結果が得られていない可能性がある。一方、午後に関しては、本ゾーンからの帰宅目的トリップが多いため、t値が高く、良い結果が得られていると考えられる。

以上より、手段分担モデルのパラメータ推定の際は、ゾーンの特性や、時間帯などを考慮する必要がある。

4. おわりに

(1) 本研究の成果

本研究では、交通ネットワークにおける分担・配分統合モデルを考慮した交通手段分担モデルの精緻化を目指し、統合モデルにおいて、これまで用いられていた一般化費用だけでなく、他の要因を導入することの効果やその可能性を示した。

一般化費用を細分化した所要時間及び運賃・駐車料金や個人属性、ゾーン特性などの説明変数を導入することで、交通手段分担モデルの精度を向上させる可能性を示すことができた。

また、時間帯別のパラメータ推定結果より、それぞれのゾーンの特性を踏まえ、時間帯別に考慮することも重要であることがわかった。

(2) 本研究の課題

本研究では、新たな説明変数をいくつか提案したが、さらに再現性を向上させるための要因を探る必要がある。また、公共交通の手段を細分化（バス、鉄道）したモデルの構築を行い、さらには手段変更意向のない固定層を表現できるような分担・配分統合モデルの構築を目指す必要がある。

参考文献

- 1)中山晶一郎・高山純一・長尾一輝・笠嶋崇弘：旅行時間の不確実性を考慮した交通ネットワーク均衡モデル，土木学会論文集，No772/IV-65，pp.67-77
- 2)宮城俊彦・水口晴男：複合交通手段を考慮した交通ネットワーク均衡モデルに関する研究，土木学会論文集，No512/IV-27，pp.25-33
- 3)河上省吾・溝上章志：手段分担・配分統合モデルを用いた手段選択関数と均衡交通量の同時推定法，土木学会論文集，No.371/IV-5，pp.79-87
- 4)河上省吾・高田篤：都市圏における公共輸送機関の料金システムおよび輸送計画の評価に関する研究，土木学会論文集，No431/IV-15，pp.77-86
- 5)河上省吾・石京：公共交通システム解析のための分担配分統合モデルの定式化とその実用性に関する研究，土木学会論文集，No.512/IV-27，pp.35-45
- 6)円山琢也・原田昇・太田勝敏：大規模都市圏への交通需要統合型ネットワーク均衡モデルの適用，土木計画学研究・論文集，Vol.19，No.3，pp.551-560