

# トリップ・チェーン型利用者均衡配分の 簡易な長期予測手法の提案と検証方法

富士 祥輝<sup>1</sup>・円山 琢也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 熊本大学 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)  
E-mail:shoki091@gmail.com

<sup>2</sup>正会員 熊本大学 准教授 政策創造研究教育センター (〒860-8555 熊本市中央区黒髪2丁目39番1号)  
E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

トリップ・チェーン型利用者均衡配分モデルが提案されているが、トリップ・チェーン別に直接需要関数を定めるといふ仮定に依存しており、基本的に短期予測を想定している限界があった。一方、熊本PT(パーソントリップ)調査の実務の検討途上で、将来人口分布に適合するように、現在のPTマスターデータに拡大係数を付与し、将来のマスターデータを予測するという手法(拡大係数付与手法と呼ぶ)が提案され、実用化されている。本研究では、この2つの方法を組み合わせることで、長期の予測モデルにおいても、トリップ・チェーンの特性を考慮し、交通混雑と需要変動の整合性を考慮した簡易なモデルが構築できることを示す。また、このモデルの妥当性の検証方法も提示する。

**Key Words** : *future travel forecasting, long-term forecasting, trip-chain, expansion factor, cohort method*

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景・目的

実務で利用される交通需要予測の改良に向けて様々なモデルが提案されてきた<sup>1)</sup>。その中で簡易な方法として、トリップ・チェーン型利用者均衡配分モデルが提案<sup>2), 3)</sup>されているが、トリップ・チェーン別に直接需要関数を定めるといふ仮定に依存しており、基本的に短期予測を想定している限界があった。一方、熊本PT(パーソントリップ)調査の実務の検討途上で、将来人口分布に適合するように、現在のPTマスターデータに拡大係数を付与し、将来のマスターデータを予測するという手法(拡大係数付与手法と呼ぶ)が提案され、実用化されている。本研究では、この2つの方法を組み合わせることで、長期の予測モデルにおいても、トリップ・チェーンの特性を考慮し、交通混雑と需要変動の整合性を考慮した簡易なモデルが構築できることを示す。また、このモデルの妥当性の検証方法も提示する。

一般的な将来交通量予測は将来人口をコーホート法により推計し、四段階推計を経て求められる。四段階推定法は、実務で利用され、交通量のマクロの予測に優れた性質を有しているものの、多くの問題点を抱えていることが指摘されている。その中でも、実務面の問題として、

関連データの収集や予測モデルの推定にかかる費用と手間がある。本研究は上述した将来交通量予測の簡易的な手法の提案とその検証法を提示することを目的とする。

提案手法の妥当性を検証するための、2時点のデータを利用した方法を提示する。

## 2. トリップ・チェーン型利用者均衡配分

トリップ・チェーン型利用者均衡配分モデルは先行研究<sup>2,3)</sup>で式(1)のように定式化されている。

$$\begin{aligned} \min. Z(\mathbf{g}, \mathbf{h}) = & \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \sum_n \sum_{m \in M} \tau g_n^m \\ & - \sum_n \int_0^{h_n} D_n^{-1}(\omega) d\omega \end{aligned} \quad (1)$$

subject to

$$\begin{aligned} h_n &= \sum_m g_n^m, \quad \forall n, \\ x_a &= \sum_{m,n} \delta_{a,n}^m g_n^m, \quad \forall a, \\ x_a &\geq 0, \quad h_n \geq 0, \quad g_n^m \geq 0 \end{aligned}$$

ここで、 $x_a$  : リンク  $a$  上の交通量、 $h_n$  : トリップ・チェーン  $n$  の交通量、 $D_n(\cdot)$  : トリップ・チェーン  $n$  の需要関数、 $g_n^m$  : トリップ・チェーン  $n$  の経路  $m$  の交通量、 $M$  : 課金領域を通過する経路の集合、 $\tau$  : 課金レベル、 $\delta_{a,n}^m$  : 各経路がリンク  $a$  を利用する時に1、利用しないときは0となる変数である。

このモデルにより、混雑課金の設計問題<sup>4)5)</sup>などの研究が進められているが、基本的に短期の政策評価を想定しており、長期予測を想定していないという限界があった。

### 3. 拡大係数付与手法による将来交通需要予測

通常将来需要予測には、四段階推定法などが利用されるが、将来マスターデータを予測するという簡易な手法が提案されている。具体的には、熊本 PT (パーソントリップ) 調査の実務の検討途中で、将来人口分布に適合するように、現在の PT マスターデータに拡大係数を付与し、将来のマスターデータを予測するという手法(拡大係数付与手法と呼ぶ)が利用されている。

このアイデアのオリジナルの発案は、京阪神 PT の適用事例であるが、筆者らの知る限り、その詳細が記載された公表された資料はない。また、その手法の妥当性の検証などはされておらず、研究の余地が残されている。欧米の交通調査と比較して、日本の交通実態調査のサンプル率は高く、現状のマスターデータが有する情報量は大きい。その情報量を平易に活用する一手法として、本手法の実務的価値は高い。

手順として、まずゾーン別の性年齢別(自動車免許の有無別)の将来人口をコーホート要因法で推計する。次に、将来の属性別の利用者のトリップ・チェーン・パターンは、現時点のその属性のトリップ・チェーン・パターンと同一であるという仮定を設ける(図-1)。この仮定に従えば、各ゾーンの将来の性年齢別人口に適合するように拡大係数を付与することが可能となり、簡便に将来マスターデータを予測することができる。この仮定は、例えば、将来の高齢者のトリップ・チェーン・パターンは、現在の高齢者のものと同様であると想定していることになる。

この将来マスターデータを集計することで将来 OD 表が容易に構築できる。その将来 OD 表を利用して固定需要型の配分モデルを利用することが想定されている。ただ、OD 表に集計した段階で、トリップ・チェーンの情報は失われてしまう課題がある。また配分レベルの混雑現象の影響を反映した需要変動型のモデルへの展開が求められる。

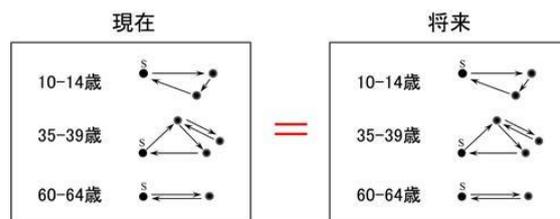


図-1 属性別トリップ・チェーン・パターンの想定例

### 4. トリップ・チェーン型利用者均衡配分の長期予測における需要関数の設定法

既存研究では、式(1)のトリップ・チェーンの需要関数は次のように設定されている。

$$D_n(c_n) = D_n^0 \exp \left[ \rho \left( 1.0 - \frac{c_n}{c_n^0} \right) \right] \quad (2)$$

ここで、 $c_n$  と  $c_n^0$  はそれぞれ政策評価時と現状のトリップ・チェーン  $n$  の最小コストであり、 $D_n^0$  が潜在需要となる。また、 $\rho$  は無次元パラメータで、需要弾力性を表現する。 $D_n^0$  を現状の拡大係数とみなしてこの直接需要関数型のモデルに適用すれば、短期的な需要予測への適用が想定される。

ここで、 $D_n^0$  を、3章で示した方法で求めた、将来トリップ・チェーンの拡大係数を当てはめれば、本モデルの長期予測への適用が可能である。

本研究では、拡大係数付与手法とトリップ・チェーン型利用者均衡配分の2つの方法を組み合わせた手法を提案した。長期の予測モデルにおいても、トリップ・チェーンの特性を考慮し、交通混雑と需要変動の整合性を考慮した優れたモデルとなる可能性がある。

### 5. 提案手法の検証法

本研究のモデル体系の妥当性は、複数時点のデータによって検証されるべきである<sup>9)</sup>。本予測モデル体系には大別して2種類の誤差が生じうる。第一に人口予測の誤りによる誤差、第二に、拡大係数付与手法の仮定の誤りによる誤差である。この2種類の誤差を区別できる検証法は、以下のように実現できる。

将来人口の設定値として、(1)真値を与える場合と、(2)過去の時点で利用できたデータを用いて推定した予測値を用いる場合の2つである。

本研究では1997年と2012年の2時点の熊本都市圏 PT データで検証する。具体的には、「(1) 2012年の人口の真値を利用して、1997年のマスターデータから拡大係数付与手法を用いて2012年の将来マスターデータを推計する方法」と、「(2) 1997年時点で利用可能なデータ

から 2012 年の人口を推計し、拡大係数付与手法を用いて 2012 年の将来マスターデータを推計する方法」の 2 パターンで検証する(図-2).

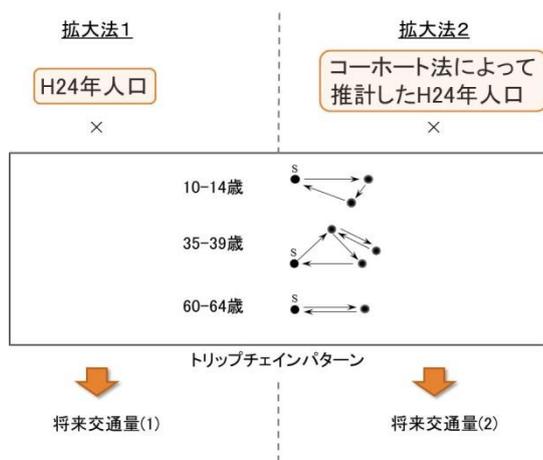


図-2 提案手法の検証法

## 6. おわりに

本研究では、将来人口分布に適合するように、現在のPTマスターデータに拡大係数を付与し、将来のマスターデータを予測するという手法を利用することで、トリップ・チェーン型利用者均衡配分の長期予測への展開例を提案した。長期の予測モデルにおいても、トリップ・チェーンの特性を考慮し、交通混雑と需要変動の整合性を考慮した簡易なモデルが構築できる。また、このモデルの妥当性の検証方法も提示した。

本稿では、概念の提示のみにとどまったが、発表会で

は、実際の計算事例を示したい。また、提案手法による長期的な需要予測を利用して、将来都市圏の構造比較等の政策分析例も提示したい。

## 参考文献

- 1) 金森亮, 森川高行, 山本俊行, 三輪富生: 総合交通戦略の策定に向けた統合型交通需要予測モデルの開発, 土木学会論文集D, Vol.65, No.4, pp.503-518, 2009.
- 2) Maruyama, T. and Harata, N.: Difference between area-based and cordon-based congestion pricing: Investigation by trip-chain-based network equilibrium model with non-additive path costs, *Transportation Research Record*, No. 1964, pp.1-8, 2006.
- 3) Maruyama, T. and Sumalee, A.: Efficiency and equity comparison of cordon- and area-based road pricing schemes using a trip-chain equilibrium model, *Transportation Research Part A*, Vol. 41, Issue 7, pp. 655-671, 2007.
- 4) 高木良太, 円山琢也, 溝上章志: 混雑課金領域の形状制約を考慮した最適設計手法の構築と適用, 土木学会論文集D3 (土木計画学), Vol. 70, No. 1, pp. 88-101, 2014.
- 5) 高木良太, 円山琢也, 溝上章志: エリア課金の最適設計問題: 課金領域・レベルの決定アルゴリズムの構築と適用, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.67, No. 5 (土木計画学研究・論文集 第28巻), pp. I\_1233-pp. I\_1242, 2011.
- 6) 内山岳大, 円山琢也, 原田昇: 誘発交通を考慮した統合需要モデルの逆予測による精度評価, 都市計画論文集 40-3, pp. 355-360, 2005.

(2014. 8. 1. 受付)

## LONG-TERM TRAVEL FORECASTING USING TRIP-CHAIN-BASED USER EQUILIBRIUM MODEL: PROPOSAL OF QUICK METHOD AND VALIDATION

Shoki FUJI and Takuya MARUYAMA