

利用者均衡配分法による道路交通需要予測システムの開発

The development of the traffic demand forecasting system by the user equilibrium assignment method

交通事業本部 交通第1部 渋谷 昇¹⁾
連川 三十史²⁾
中村 龍司³⁾
石川 由憲⁴⁾
総合技術本部 情報企画室 柳沼基嗣⁵⁾

1)



2)



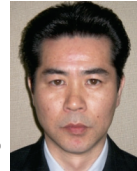
3)



4)



5)



1. はじめに

近年、道路整備にあたっては計画の考え方や事業実施に向けて客観性や透明性のある説明が強く求められるようになってきました。特に道路整備計画の重要なデータを提供する交通需要予測については、予測手法のより一層の論理性が求められています。このような背景から、今後の交通量推計と費用便益分析については、交通量推計が利用者均衡配分、費用便益分析が消費者余剰アプローチへ転換する流れとなっています。

当社では「道路交通需要予測の理論と適用 第I編、第II編 社団法人土木学会」の理論に基づく、利用者均衡配分法による道路交通需要予測システムの開発を行い、大規模な道路ネットワークにおいて従来の分割配分法と同様のアウトプット項目の出力を実現しましたので報告します。

2. 利用者均衡配分法の基本的な考え方

道路網における配分交通量の推計は、自動車OD交通量を用いて道路ネットワーク上の各道路リンク（区間）の交通量を予測することをいい、「運転者は旅行時間最短の経路を選択する」という仮定に基づいています。

この仮定に基づき、これまでは一般に「分割配分法」が用いられてきました。この手法は、OD表を幾つかに分割し、リンク所要時間を更新しながら最短経路に順次配分していく方法で、計算方法が分かりやすいものの、分割回数や分割比率が

実務での経験等に基づいて定められているため、設定根拠が明確ではないなどの問題点が指摘されています。

これに対し「利用者均衡配分法」は、「ワードロップの等時間原則」の考え方をより厳密に表現するものであり、運転者は旅行時間のより短い経路があればそちらに移ろうとし、その結果最終的にはどの運転者も自分の旅行時間をそれ以上改善できないような均衡状態に達した段階が計算終了となる手法であり、インプット条件などを同一とすれば、誰がやっても同じ答えを得ることができます。

また、分割回数や分割比率などの恣意的なパラメータがなく分割配分法に比べてより論理性の高い手法であり、多様な政策評価に対応したモデルへの拡張性が高いため、透明性の確保、新規政策の検討評価など道路交通行政の課題に柔軟に対応することができます。

【ワードロップの等時間原則】

利用者の均衡状態において、それぞれのドライバーは自分にとって最も所要時間の少ない経路を選択する。

その結果として、起終点間に存在する経路のうち、利用される経路の所要時間は、皆等しく、利用されない経路の所要時間よりも小さいかせいぜい等しいという均衡状態となる。

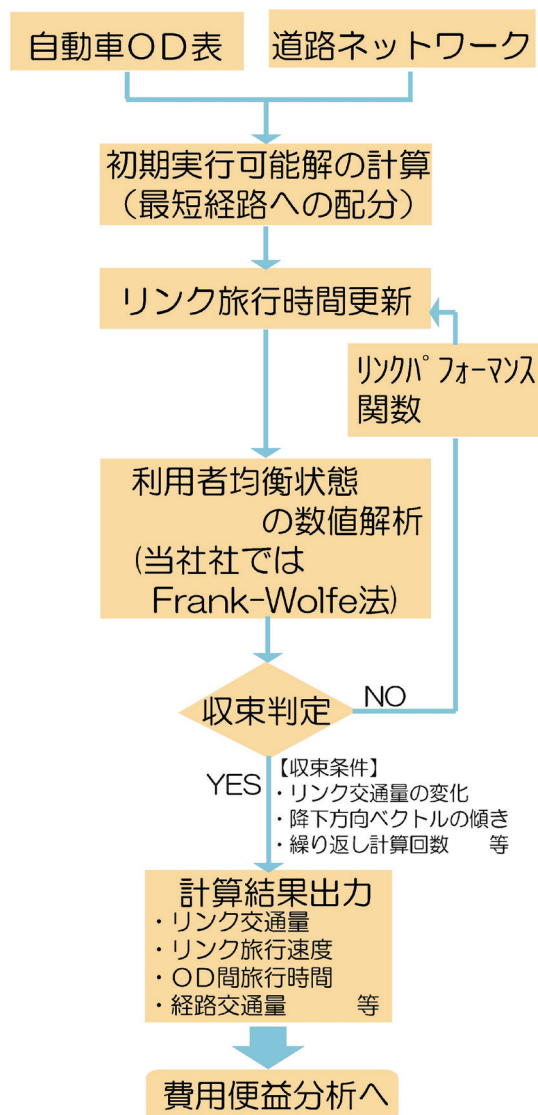


図-1 利用者均衡配分法の流れ

3. 数理最適化問題への置き換え

利用者均衡配分法は、

- ・起終点間の旅行時間は、その通過経路を構成するリンクの旅行時間の和で表される。
- ・各リンクのリンク旅行時間は、そのリンクの容量と交通量のみによって決まり、他のリンクの交通状況には影響を受けない（リンクコスト間に相互干渉がない）。

という前提条件のもとで、ワードロップの等時間原則が成立するような状態の交通量を求めることとなります。

これを表現する連立方程式を解くことができるのは、ネットワークが極めて単純な場合に限定されます。そこで、利用者均衡状態を表す連立方程式を、それと等価な数理最適化問題に置き換え数値解析を行って、リンク交通量を算出します。

具体的な解析手法としては、Frank-Wolfe法、LCFW法、PARTAN法などがありますが、当社では解析時間がやや長くなるもののシンプルな解法といわれているFrank-Wolfe法を採用しています。

また、実際の計算では、図-1の流れの中で、交通量が均衡状態になるまで「リンク旅行時間更新（リンクパフォーマンス関数による）」から「収束判定」に至る処理を繰り返し行います。収束判定は、リンク交通量の変化が十分に小さいか、降下方向ベクトルの傾きが十分に小さいか、繰り返し計算回数が十分に大きいかなどを指標化して判断します。

4. リンクパフォーマンス関数

リンクパフォーマンス関数は交通量と旅行時間の関係を表したものです。利用者均衡配分に用いるリンクパフォーマンス関数はすべての交通量の領域において増加関数として定義されている必要があります。したがって、従来の分割配分法で用いられたQV式は、交通容量を超えた領域では速度がゼロとなる場合があります、利用者均衡配分に適用することは不適当と考えられます。

一般的には、下記のようなBPR型のリンクパフォーマンス関数が用いられており、当社においてもこれを採用しています。

【BPR型リンクパフォーマンス関数】

$$t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \{ 1 + \alpha (x_a / C_a)^\beta \}$$

t_a : 旅行時間

t_{a0} : 自由旅行時間（交通量がない時）

x_a : 交通量

C_a : 交通容量

α 、 β : パラメータ

【パラメータ α 、 β 】

パラメータ α は、交通量が交通容量に達した時、旅行時間（ t_a ）が自由旅行時間（ t_{a0} ）の何倍になるかを示しており、 α が小さい場合、交通量が交通容量に達しても旅行時間が増加しないこととなります。

パラメータ β は関数の曲がり具合を示しており、 β が大きい場合には交通量の増加に対して旅行時間は急激に増加することとなります。

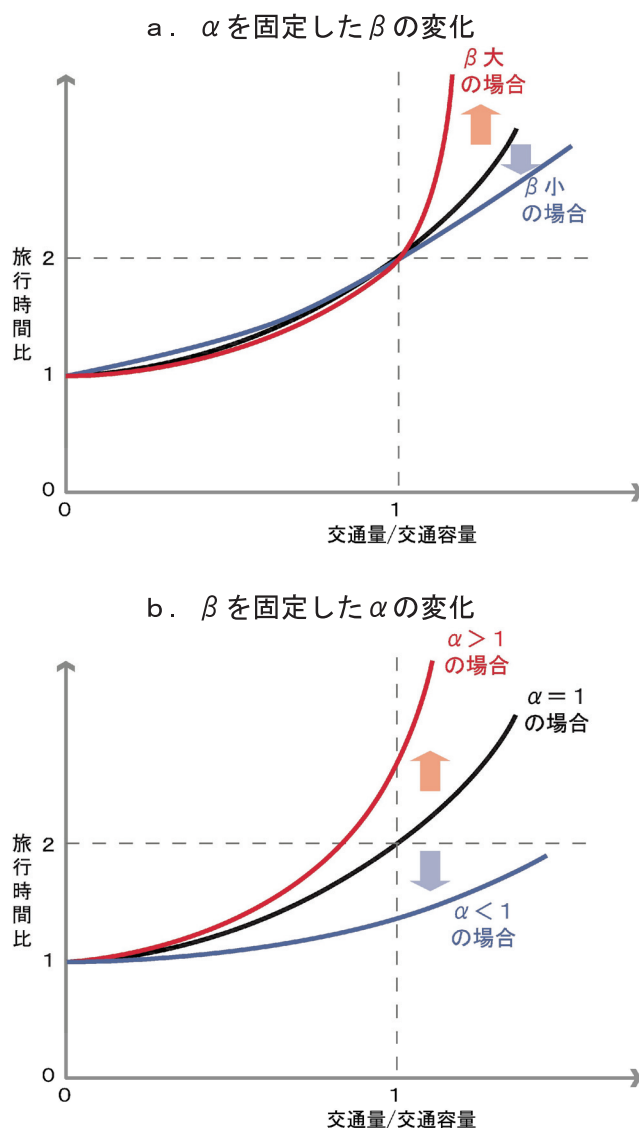


図-2 パラメータの変化による関数形の変化

リンクパフォーマンスのパラメータについては、推定事例が蓄積されており、参考文献においても推定結果が示されています。ちなみに、当社において、平成17年道路交通センサスの調査結果から北海道内のデータを用いて、パラメータを推定した結果を以下に示します。推定に際しては、以下のようにデータを整備しました。

- ・ 時間交通量/時間交通容量 ≥ 1.5 、旅行速度 10km/h（単位旅行時間6分/km）以下の渋滞領域の区間を除外。
- ・ 区間を高速道路4車線以上、高速道路2車線、一般道路4車線以上、一般道路2車線以下に分類。
- ・ 目的変数を単位旅行時間、説明変数を交差点密度、指定速度、交通量/交通容量として、

β を0.1きざみで変化させて重回帰分析を行い、最も決定係数が大きい時の β の値により α 、 ta_0 を設定（最尤推定法による）。

今回の推定結果のうち、比較的決定係数が大きかった一般道路2車線以下のものを既存の推定結果と合わせて表-1に示します。今回の推定結果は既存の推定結果に比べて、交通容量付近までは交通量が増加しても旅行時間はあまり大きくありませんが、交通容量付近からの曲がり具合が大きな曲線となっています。

表-1 パラメータの推定例と今回の推定結果

	既存の推定結果	今回の推定結果 (一般道路2車線以下)
α	0.48	0.09
β	2.82	3.9

※既存の推定結果は、参考文献1)による
今回の推定結果の重相関係数は0.734

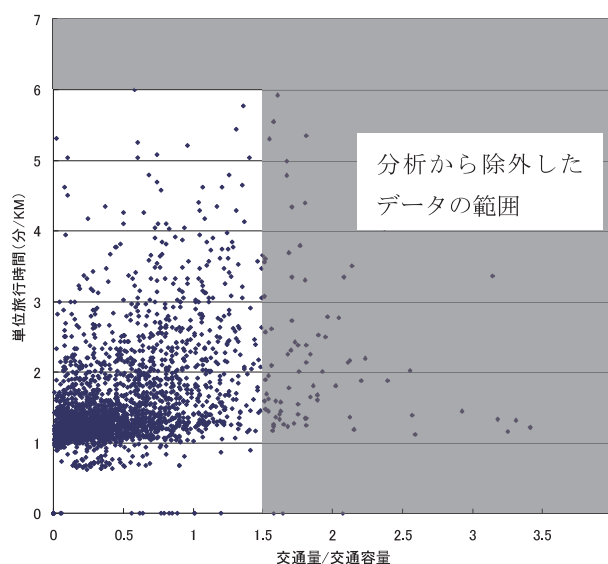


図-3 混雑度と旅行速度の関係

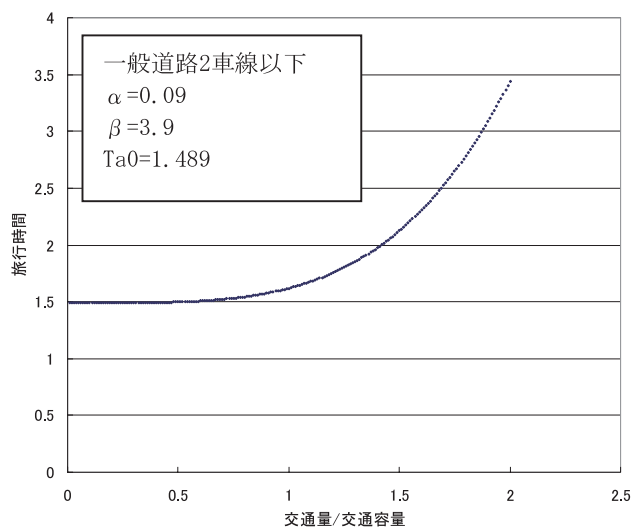


図-4 リンクパフォーマンス関数の概形

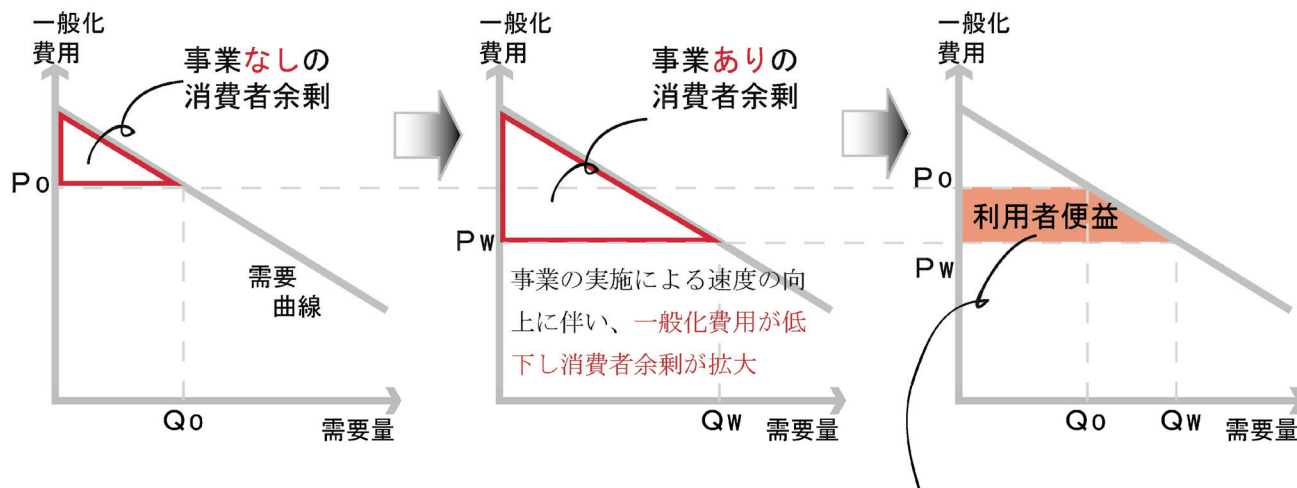
5. 費用便益分析

消費者余剰アプローチでは道路事業の有無のそれぞれについて消費者余剰を計測し、両者の差を便益とします。当社では、利用者均衡配分法による交通量の推計結果から一体的に算出可能なシステムの開発を現在進めております。

便益計測項目は、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益、事業者便益です。走行時間短縮便益については、消費者余剰アプローチで計測しますが、走行費用減少便益と交通事故減少便益については、道路利用者が認知しているコストではないため、総交通費用アプローチ(従来の手法)で計測します。

【消費者余剰】

消費者余剰とは、消費者が支払ってもよいと考えている価格と実際に支払っている価格との差です。道路整備で考えると、道路拡幅等によりコストが下がる(速度の増加)こととなり、消費者余剰部分が増加し便益として計測することが可能となります。



社会的便益 = 利用者便益 (走行時間短縮便益: 道路利用者の消費者余剰の増加であり、OD間交通量と均衡配分による旅行コストから計測)

(検討年数40年、社会的割引率4%を用いて基準年次における現在価値に換算)

+ 事業者便益 (有料道路料金収入の増加)

+ その他 (走行経費減少便益、交通事故減少便益)

6. おわりに

今後はTDM施策など社会的要請に対応した交通需要予測が可能となるように、システムの拡張に取り組んでいくとともに、社会のニーズに柔軟かつ迅速に対応してまいります。

参考文献

- 1) 道路交通需要予測の理論と適用 第I、II編 社団法人 土木学会
- 2) 交通ネットワークの均衡分析 社団法人 土木学会
- 3) 道路交通センサスに基づくBPR関数の設定 松井、山田 交通工学Vol.33 No.6 1998

図-5 費用便益分析の概要