

## 旅行時間の不確実性を考慮した時間帯別手段分担・配分統合モデルの開発

金沢大学大学院	自然科学研究科	○	高御堂順也
金沢大学	環境デザイン学系	フェロー	高山 純一
金沢大学	環境デザイン学系	正会員	中山晶一朗
金沢大学	工学部		今村 悠太
オリエンタルコンサルタンツ		正会員	長尾 一輝

### 1. はじめに

近年、地方中核都市においては中心市街地の活性化対策や道路混雑の緩和（環境問題対策）のために LRT（Light Railway Transit）などの軌道系公共交通の導入への関心が高まり、多くの都市においてその導入計画が検討されている。道路交通と対比して、鉄道や（専用軌道を持つ）LRT などの軌道系交通機関の特徴の一つとして所要時間の正確性を挙げることができる。鉄道や軌道系交通機関は毎日ほぼ定時で運行し、旅行時間の不確実性はほとんど無いと考えられる。一方で、自動車（道路交通）の旅行時間は道路の交通量変動に影響されるため、その旅行時間の不確実性は大きく、特に混雑時はそれが顕著になる。よって自動車と軌道系交通機関の手段分担において旅行時間の不確実性の影響を考慮した交通手段分担を行うことが重要である。

また、近年実務において日単位の交通量配分を行う日単位の配分が利用されている。この日単位の配分は、一日の交通量が定常状態であると仮定し、一日の平均的な交通量を求めている。しかし現実の交通流は時々刻々と変化しており、朝・夕の通勤ラッシュのピーク時には多量の交通量が発生するが、深夜においては交通量は激減する。時々刻々と変化する交通流を取り扱うために、動的利用者均衡配分や交通流シミュレーションが開発されているが、動的な OD データの入手、膨大な計算量等の問題から現実のネットワークでの適用は難しい。そこで本研究では一日を時間単位で分割し、配分を行う時間帯別配分モデルを適用する。このモデルでは現実的に入手できる OD データの精度に合ったレベルで交通量配分を行うことが可能となり、従来の静的配分を拡張することで利用できることで実務に用いることも可能である。

本研究ではまず旅行時間の不確実性を考慮した、手段分担・配分統合モデル<sup>1)</sup>（静的配分）を OD 修正法<sup>2)</sup>を用いて定式化を行う<sup>3)</sup>。そして作成したモデルを時間

帯別の準動的な手段分担・配分統合モデルに拡張し、単純ネットワークに適用しモデルの挙動を確認するとともに、現実規模の金沢ネットワークへの適用を行う。

### 2. 本研究のモデル

OD 交通量を確率変数として表し、正規分布の OD 交通量を配分する。そして、OD 交通量の分散は平均に比例すると仮定し、配分モデルにより、旅行時間、交通量、一般化費用を求める。モデルは分担・配分統合モデルを使用し、手段分担においてはロジット型を適用し、自動車利用者の配分はワードロップ均衡を拡張したモデルを用いて確定的に行うものとする。

#### (1)交通手段選択モデル

手段選択はロジットモデルを用いて確率的に行う。マイカーと公共交通から、マイカーを選択する確率は以下の式で示される。

$$P_k^{rs,c} = \frac{1}{1 + \exp\{-\theta(c_{rs}^{tran} - c_k^{rs,c})\}} \quad (1)$$

$c_k^{rs,c}$ : ODペア  $rs$  間第  $k$  経路のマイカー利用者の一般化費用

$c_{rs}^{tran}$ : ODペア  $rs$  間の公共交通利用者の一般化費用

$P_k^{rs,c}$ : ODペア  $rs$  間第  $k$  経路のマイカーの選択確率

$\theta$ : パラメータ

#### (2)OD 修正法の適用

OD 修正法を適用するにあたり以下の仮定を満たす必要がある。

仮定 1: 時間帯の幅 > 最長トリップ幅を満足する。

仮定 2: 各 OD 交通量はセントロイドから同一時間帯中に一様に発生し、経路上に一様に分布する。

この仮定のもと残留交通量（次の時間帯に繰り越す交通量）を算出する。n 時間帯に実際に配分する OD ペア  $rs$  間の OD 交通量は以下の式で表される。

$$g_{rs}^n = q_{rs}^{n-1} + G_{rs}^n - \frac{\lambda}{2T_w} G_{rs}^n \quad (2)$$

$G_{rs}^n$  : n時間帯に発生するODペアrs間でのOD交通量  
 $q_{rs}^{n-1}$  : n-1 時間帯からの残留交通量 (n時間帯では定数)  
 $g_{rs}^n$  : n時間帯でのODペアrs間の残留交通量修正後のOD交通量

$\lambda$  : OD ペア rs 間での最短経路旅行時間

$T_w$  : 時間帯幅

(3)定式化

本研究のモデルを定式化すると以下の式で表される.

$$\begin{aligned} \min. Z = & \sum_R \sum_S \sum_K c_k^{rs,c} \cdot \mu_k^{rs,c} + \sum_R \sum_S c_{rs}^{tran} \cdot Q_{rs}^{tran} \\ & + \frac{1}{\theta} \sum_R \sum_S Q_{rs}^c \cdot \ln\left(\frac{Q_{rs}^c}{g_{rs}^n}\right) + \frac{1}{\theta} \sum_R \sum_S Q_{rs}^{tran} \cdot \ln\left(\frac{Q_{rs}^{tran}}{g_{rs}^n}\right) \\ & - \sum_R \sum_S \frac{2T_w}{G_{rs}^n} \left\{ \left( q_{rs}^{n-1} + G_{rs}^n - \frac{G_{rs}^n}{2T_w} \right) \cdot g_{rs}^n - \frac{(g_{rs}^n)^2}{2} \right\} \end{aligned} \tag{3}$$

s.t.

$$Q_{rs}^c + Q_{rs}^{tran} = g_{rs}^n \tag{4}$$

$$\sum_K \mu_k^{rs,c} = Q_{rs}^c \tag{5}$$

$$Q_{rs}^c \geq 0, Q_{rs}^{tran} \geq 0, G_{rs}^n \geq 0, q_{rs}^{n-1} \geq 0, g_{rs}^n \geq 0$$

$\mu_k^{rs,c}$  : ODペアrs間第k経路におけるマイカー交通量の平均値

$Q_{rs}^{tran}$  : ODペアrs間の公共交通利用者数

$Q_{rs}^c$  : ODペアrs間のマイカー交通利用者数

3. 単純なネットワークでの適用

以下の単純なネットワークに本研究のモデルを適用し、モデルの挙動を確認する。リンクパフォーマンス関数は通常のBPR関数 ( $\alpha=0.15, \beta=4$ ) を使用する。自動車やバスは道路交通の交通量によって旅行時間が変化するため旅行時間の不確実性が大きい。一方LRTのような軌道系交通手段は定時で走行するため、旅行時間の不確実性はない。その他の条件設定は以下のようになる。

- ・ 自動車の乗車人数は1.0 (人/台) とする。
- ・ 時間価値は40 (円/分) とする。
- ・ LRT, バスの車内において混雑は発生しないものとする。
- ・ LRT, バスの待ち時間は10分とする。

- ・ ロジットモデルのパラメータ  $\theta=0.003$  とする。
- ・ バス (LRT) の運賃は200円とする。

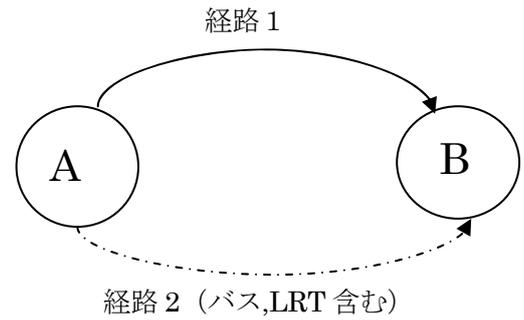


図-1 単純ネットワーク

4. 金沢ネットワークへの適用

金沢都心軸に本研究のモデルを適用し、従来の静的配分と比較を行う。ODデータについては平成7年度・第3回金沢都市圏パーソントリップ調査における朝7時~8時 (1時間分) のデータを用いる。以下の図-2にLRTが導入された場合の適用ネットワークを示した。ノード数が178, リンク数が489である。詳細な計算結果については講演時に発表する。

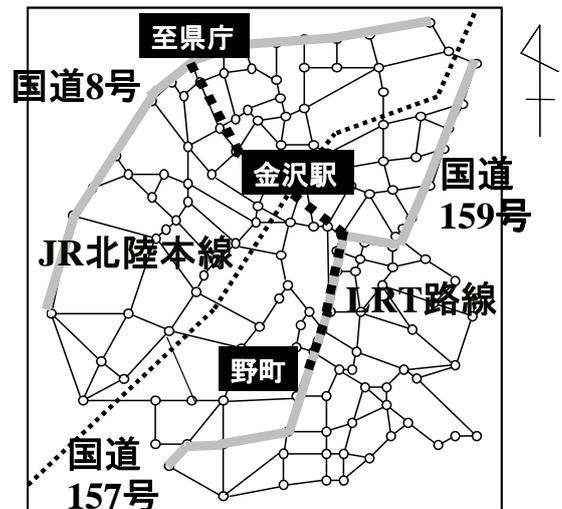


図-2 金沢都市圏の公共交通ネットワーク

参考文献

- 1) 中山晶一朗, 高山純一, 長尾一輝: 道路利用者のリスク態度を考慮した金沢道路ネットワークの均衡分析, 第59回土木学会年次学術講演会講演概要集, on CD-ROM, 2004.
- 2) 道路交通需要予測の理論と適用「第II編 利用者均衡配分モデルの展開」, 土木学会
- 3) 藤田素弘, 雲林院康宏, 松井寛: 高速道路を考慮した時間帯別均衡配分モデルの拡張に関する研究, 土木計画学研究・論文集, vol.18, no.3