

道路交通への影響を考慮した都市公共交通の最適設計手法の開発 —LRT 導入計画を事例として—

金沢大学大学院自然科学研究科 学生会員 ○小野 博司
金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 中山晶一朗
金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 高山 純一

1.はじめに

現在, 都市内の公共交通手段としてはバスが主な手段となっている. これまでバスは投資額が少なく, 道路さえあればどこでも路線を拡張でき, 路線変更も容易で乗客の需要にきめ細かく対応することができ, バス交通機関経営者側, バス利用者の両面から見て手軽な交通手段として取り入れられてきた. しかし, 近年自動車交通が急速に普及したことと, バスが専用軌道を走るわけではなく一般自動車の走行する道路を運行するために渋滞に巻き込まれ, バスには定時性が保てないことなどによりバス交通の利用者数は年々減少しており, 経営者側の運営状況も厳しいものとなっている.

これを改善するために道路空間の平面的分離によるバス通行帯の専用性確保なども試みられてきたが, 一般車線の混雑を避けてバス通行帯に侵入する自家用車もみられ, バスの運行を阻害している. このように平面的分離による専用走行路の確保には限界があり交通条件の抜本的改善が必要となっており, 良好なサービスを提供する公共交通機関の整備が必要となってきた. 都市高速鉄道とバスの中間の輸送力を持ち, 路面混雑の影響を受けない専用走行路を持つ新交通システムの導入が行われるようになった.

新交通システムとしては, モノレール, ガイドウェイバスなどが挙げられるが, 中でもLRT (Light Rail Transit) は, 建設コストも安価であり, 動力が電気のために環境に対する付加も小さい. そのうえバリアフリー車両であり, バスの階段などの段差が苦手なお年寄りでも気軽に乗り降りすることが出来ることから, いま最も注目されている交通システムである.

旅行時間の不確実性は, 道路の各経路間のみならず,

交通手段によっても大きく異なる. 交通利用者が旅行時間の不確実性も考慮して経路を選択していると考ええると, 旅行時間の不確実性が交通手段の選択に影響を与えている可能性は大いにあり, そういった影響を考慮したモデルを構築することは大変有意義だと考えられる.

道路の交通量や旅行時間が変動し, ばらつく原因には様々なものが考えられるが, 著者らはOD交通量が正規分布に従うと仮定し, 正規分布に従う交通量を配分する確率ネットワーク均衡を提案している¹⁾. この均衡モデルによって, 交通ネットワークの旅行時間の不確実性や時間信頼性を評価することが可能となる.

本研究では, このモデルを拡張し, 様々なトリップ手段の選択によって異なるであろう旅行時間の不確実性を的確に計算, 考慮した, 分担・配分の統合モデルを提案する. そして, 提案した均衡モデルを金沢市のネットワークへLRTの導入を想定して適用し, その妥当性, 実用性などを確認する.

2.適用モデル

今回使用する計算式は手段分担・配分統合モデルで, 手段分担は単純に費用の大小だけでは表現できないと考え, 「ODペア間で利用されている経路の一般化費用は手段ごとに一定」とする均衡概念に基づき, 手段分担がロジット型で行われる場合のモデルを考える.

(1)交通手段選択モデル

手段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.

$$P_k^{rs,c} = \frac{1}{1 + \exp\{-\theta(\lambda_{rs}^{tran} - \lambda_{rs}^c)\}} \quad (2-1-1)$$

ここで

λ_{rs}^c : OD ペア rs 間におけるマイカー利用者の一般化費用の最小値

λ_{rs}^{tran} : OD ペア rs 間における公共交通利用者の一般化費用の最小値

$P^{rs,c}$: OD ペア rs 間におけるマイカーの選択確率

θ : パラメータ

ここで、バスと LRT は同じ公共交通として一括りとして扱っている。よって、式(2-1-1)は、マイカーか公共交通のどちらかを選ぶ単純なモデルである。今後はバスと LRT を区別したモデルや、Nested-Logit モデルを用いて端末交通手段の選択も考慮したモデルに発展させることも当然可能である。

(2)定式化

「OD ペア間で利用されている経路の一般化費用は手段ごとに一定」とする均衡概念に基づき、手段分担がロジット型で行われる場合のモデルは、以下のように定式化される。

$$\min .Z = \sum_a \int_0^{x_a} c_a(w)dw + \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} E[F_k^{rs,tran}] c_k^{rs,tran} \quad (2-2-1)$$

$$+ \frac{1}{\theta} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{rs}^c \ln q_{rs}^c + \frac{1}{\theta} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{rs}^{tran} \ln q_{rs}^{tran}$$

$$Q_{rs} = q_{rs}^c + q_{rs}^{tran} \quad (2-2-2)$$

$$q_{rs}^c = \sum_r \sum_s \sum_k E[F_k^{rs,c}] \quad \forall k \in K_{rs} \quad \forall r \in R \quad \forall s \in S \quad (2-2-3)$$

$$q_{rs}^{tran} = \sum_r \sum_s \sum_k E[F_k^{rs,tran}] \quad \forall k \in K_{rs} \quad \forall r \in R \quad \forall s \in S \quad (2-2-4)$$

$$E[x_a] = \sum_j \delta_k^{rs} \cdot E[F_k^{rs,c}] \quad \forall k \in K_{rs} \quad \forall r \in R \quad \forall s \in S \quad \forall a \in A \quad (2-2-5)$$

$$E[x_a] \geq 0, E[F_k^{rs,tran}] \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs} \quad \forall r \in R \quad \forall s \in S \quad \forall a \in A \quad (2-2-6)$$

ここで

$E[F_k^{rs,c}]$: OD ペア rs 間第 k 経路のマイカー交通量の期待値

$E[F_k^{rs,tran}]$: OD ペア rs 間第 k 経路の公共交通利用者数の期待値

$c_k^{rs,tran}$: OD ペア rs 間第 k 経路の公共交通利用者の一般化費用

$c_a(\cdot)$: リンク a のマイカーの一般化費用関数

Q_{rs} : OD 利用者数

q_{rs}^c : OD ペア rs 間のマイカー利用者数

q_{rs}^{tran} : OD ペア rs 間の公共交通利用者数

$E[x_a]$: リンク交通量の期待値

θ : パラメータ

3.適用ネットワーク

モデルを適用するネットワークの概要図を下の図 3-1 に示す。将来的に『野町』から『石川県庁前』までの区間を結ぶ都心軸に LRT が導入された場合を想定するつもりであるが、今回用いるネットワークでは石川県庁を含んでいないので、石川県庁へ繋がる『西念』に連絡する外部ノードが LRT の区間に該当する。



○: セントロイド ○: バス停 ●: エリア外との連結ノード
 —: バス路線 ■: LRT の駅 ■: LRT の路線
 図 3-1 金沢都市圏の公共交通を含むネットワーク
 (LRT が導入された場合)

4. おわりに

本研究では、旅行時間の不確実性を考慮した手段選択、配分統合交通ネットワーク均衡を、朝 8 時から夜 8 時まで(朝、昼、夕、夜)の 3 時間ごとの時間帯別における LRT 導入時の提案をした。なお、金沢ネットワークへの適用結果は講演時に発表する。

参考文献

- 1) 中山晶一郎, 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.