

日本大学大学院 学生員 安田 壽男
 日本大学理工学部 正会員 榛澤 芳雄
 日本大学理工学部 正会員 福田 敦
 日本大学理工学部 正会員 小山 茂

1. はじめに

バス交通の持つ特性として、一般街路上を運行することができること、大規模なインフラ整備を必要としないので初期投資費用が少なくすむこと、路線及び停留所の新たな導入や変更・拡張が容易であることが挙げられる。そのため、鉄道の施設が整備されていない地方都市においては、重要な交通手段として位置づけられる。

しかし、モータリゼーションの到来による自動車の普及が進むと、交通量の増加に起因する市街地での渋滞が顕著になってきた。バス交通はこのような混雑に対して弱く、さらに乗降時間を考慮しなくてはならないので、自動車に比べ運行速度は低下する。そのため、利用者のバス離れから採算性が悪化し、運賃の値上げ・運行本数の減少などのサービス水準の低下により、さらに利用者が減少するという悪循環をもたらしている。事業者側の採算性の確保とバス交通の活性化のためにも、サービス水準を向上させる必要性が高まってきた。

バスのサービス水準を向上させる具体策としては、利用者の利便性を考慮したバス路線網の再編、運賃制度の見直し、バスの優先措置などが挙げられる。特にバス優先措置に関しては、運行速度の向上、定時制の確保、安全性の向上など複数のサービス水準の向上が見込め、バスサービスが改善されることで自動車に対する競争力も改善されることが考えられる。

そこで本研究では、バスの優先措置としてバス専用レーンを幹線道路に導入したケースと想定し、交通量配分の観点から優先措置の事前・事後を評価することを目的とする。

2. モデルの定式化

いま自動車とバス交通の2つのモードのネットワー

クで構成される交通ネットワークを対象に、ロジットモデルと均衡配分法を用いた機関分担・配分統合均衡モデルによりリンク交通量を求める問題を考える。前述したように、バス交通は自動車と同一ネットワーク上を運行するため、自動車の交通量もバス交通のリンク走行時間に影響を与える。すなわち、2つのモードの交通量が相互依存するようなケースであり、次のようなリンクパフォーマンス関数として与えることができる。

$$t_a^{car} = t_a^{car}(x_a^{car}, x_a^{bus}) \quad (1.a)$$

$$t_a^{bus} = t_a^{bus}(x_a^{bus}, x_a^{car}) \quad (1.b)$$

ここで、 t はリンク a の走行時間、 x はリンク a の交通量、car, busはそれぞれ交通手段である自動車とバスを表している。このリンクパフォーマンス関数を用いると、均衡問題は次のように定式化することができる¹⁾。

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_a \int_0^{x_a^{car}} t_a^{car}(\omega, x_a^{bus}) d\omega \\ & + \sum_a \int_0^{x_a^{bus}} t_a^{bus}(\omega, x_a^{car}) d\omega \\ & + \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^{bus}} \left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{\omega}{q_{rs}^{car} - \omega} + \psi_{rs} \right) d\omega \end{aligned} \quad (2.a)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_k f_{k,rs}^{car} = q_{rs}^{car} - q_{rs}^{bus} \quad (2.b)$$

$$\sum_l f_{l,rs}^{bus} = q_{rs}^{bus} \quad (2.c)$$

$$f_{k,rs}^{car}, f_{l,rs}^{bus} \geq 0 \quad (2.d)$$

ここで、 q_{rs}^{car} , q_{rs}^{bus} は、ODペア rs 間の自動車とバス交通の交通量、 $f_{k,rs}^{car}$ は経路 k 上の自動車のトリップ数、 $f_{l,rs}^{bus}$ は経路 l 上のバスのトリップ数を表す。また、式(2.a)の第3項はロジットモデルから導出した

キーワード：バス優先措置、分担・配分統合モデル

連絡先 : 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1 Tel&Fax 0474-69-5219

分担交通需要の逆需要関数を表しており、 ψ_{rs} は自動車利用選好要因を表したモード特定化要因であり、 θ はパラメータを表す。

3. バス専用レーンを考慮した

統合均衡配分モデルの定式化

バス専用レーンを考慮するときに、バスネットワークを自動車ネットワークとは完全に独立したネットワークと考えれば、走行時間が他のモードと独立でかつ一定であると仮定することができる。この時の一定値を u_{rs}^{bus} とすれば、均衡問題は次のように定式化することができる¹⁾。

$$\min Z = \sum_a \int_0^{q_a^{car}} t_a^{car}(\omega) d\omega \quad (3.a)$$

$$+ \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^{bus}} \left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{\omega}{q_{rs} - \omega} + u_{rs}^{bus} + \psi_{rs} \right) d\omega$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_k f_{k,rs}^{car} + q_{rs}^{bus} = q_{rs} \quad (3.b)$$

$$f_{k,rs}^{car} \geq 0 \quad (3.c)$$

$$0 < q_{rs}^{bus} < q_{rs} \quad (3.d)$$

4. 解法手順

バス交通ネットワークが自動車ネットワークと完全に独立している場合（バス専用レーンを想定した場合）は、バスネットワークを仮想リンク、バス交通の分担量を超過需要量と想定することで、従来のBeckmann型の最適化問題に帰着させて解くことができる。

しかし、同一リンク上の共有にともなう混雑の相互干渉がある場合には、一般化費用のヤコビ行列の対称性が成立しないので、Beckmann型の最適化問題に変換することができず、均衡条件式を直接解かなくてはならない。

実際のバスの運行において路線と運行頻度は固定されているので、バスの自動車交通量に与える影響は一定であると考えられる。また、この時リンクa上のバス交通量は定数 u_{rs}^{bus} として与えることができ、自動車とバスの運行時間は共に自動車交通量に依存することから、 t_a^{car} と t_a^{bus} の間には何らかの関係があると考えられる。

そこで、バスに対するリンクパフォーマンス関数を

省略し、自動車交通量の中にバス交通量も含めた、リンク上の全交通量に関するリンクパフォーマンス関数を考える。このリンクa上の全交通量 v_a は次のように書くことができる。

$$v_a = \gamma \sum_m \Delta_{a,m} h_{l(m)} + \sum_{rs} \sum_k \delta_{ak,rs}^{car} f_{k,rs}^{car} \quad (4)$$

ここで、 γ はバスと自動車の換算係数、 $h_{l(m)}$ はバス系統lの頻度を表す。 $\Delta_{a,m}$ と $\delta_{ak,rs}^{car}$ は指示変数で、

$$\Delta_{a,m} = \begin{cases} 1: \text{リンクaがバス路線l(m)のリンクmの要素} \\ 0: \text{それ以外の時} \end{cases}$$

$$\delta_{ak,rs}^{car} = \begin{cases} 1: \text{リンクaが自動車経路kの要素} \\ 0: \text{それ以外の時} \end{cases}$$

である。

また、乗客の乗降に要する時間遅れのペナルティを τ_a とすれば、2つのモードのリンクパフォーマンス関数は次のように書くことができる。

$$t_a^{car} = t_a^{car}(v_a) \quad (5.a)$$

$$t_a^{bus} = t_a^{car} + \tau_a \quad (5.b)$$

さらに、利用者が常に最短経路を選択するものと仮定すれば、自動車、バスそれぞれに対して次のような利用者均衡条件式が成立する。

$$(c_{k,rs}^{car} - u_{rs}^{car}) f_{k,rs}^{car} = 0, \quad c_{k,rs}^{car} - u_{rs}^{car} > 0 \quad (6.a)$$

$$(c_{l,rs}^{bus} - u_{rs}^{bus}) f_{l,rs}^{bus} = 0, \quad c_{l,rs}^{bus} - u_{rs}^{bus} > 0 \quad (6.b)$$

式(2.b)～式(2.d)と式(6)の制約条件のもとで、式(5)のリンクパフォーマンス関数を式(2.a)に代入した最小化問題を解けば均衡解を得ることができる。この均衡条件式を解く手法としては、Florianの反復計算を用いた手法をはじめとしていくつか提案されている。

モデルを実際に適用した時の分析結果、モデル自体の適合性等に関しては、講演時に報告する。

参考文献

- 1) Sheffi: Urban Transportation Networks, Prentice-Hall, 1985.
- 2) 土木学会編: 交通ネットワークの分析と計画, 最新の理論と応用, 第18回土木計画学講習会テキスト, 1987.