【土木計画学研究・講演集 No.15(1) 1992年11月】

ラムゼイ価格均衡モデルとガイドウェイバスの料金決定問題*

The Ramsey Optimal Pricing in Guideway Bus System Competitive with Private Automobile

宮城俊彦** ・ 早川清史***
By Toshihiko MIYAGI and Kiyoshi HAYAKAWA

The main purpose of this paper is to provide a model for determining an optimal pricing rule and subsidy from the central government in the guideway bus system so as to maximize the social welfare. In other words, as is usual, it is assumed that the objectives of government departments are defined as the sum of consumer and producer surpluses. While the consumer surplus may be defined by the expected maximum utility derived from the random utility theory, the producer surplus is given by the usual profit-maximization behavior subject to a break-even constraint.

In this paper, Ramsey pricing may be examined within the framework of the multimodal network equilibrium because there exists mutual interaction between each transportation service network with changing prices of each service and as well as travel time arising from the usage of road network. This paper will propose the Ramsey price equilibrium in the context of the multimodal network equilibrium.

1 はじめに

近年における急激な都市化、モータリゼーションに寄って引き起こされてきた自動車の交通渋滞、交通事故、環境悪化といった都市交通問題の緩和方策として、公共交通システムの強化、改善が多くの地方都市で検討されている。最も高いパフォーマンスをもつ地下鉄は建設費が大きいことより、導入できるのは大きな需要の見込める大都市に限られている。一方バスは、固定建設費用が少なく交通需要の増減にフレキシブルな対応が可能であるなどの利点をもち、中小都市にも適しているが、道路混雑の影響を直接に受けると同時に、バス自身が他の自動車交通の妨げともなる。

鉄道とバスの中間をうめる新たな交通システムを開発して、ドア・トゥー・ドアの便利な自動車交通に対して、トータルシステムとして対応できるような質の高いシステムが求められている。バスの適正利用方策の一つとして、バス専用レーンが考えられるが、地方都市では４車線以上の道路が非常に少ないという道路事情から、その導入路線は限定される。また、こうした幹線道路では自動車交通量も極めて多いという現状からしても、多くの障害を伴うケースが多い。従って、バス専用道路は高架または地下の立体構造とするのが望ましい。その建設費用を需要によって賄えるとすれば、路面バスと比較して高品質のサービスを供給することができる。

本研究でとりあげるガイドウェイバスシステムとは、通常のバスに簡易な機械式の案内装置を取り付け、ハンドル操作する事なく、幅の狭いガイドウェイを走行できるようにした乗り物であり、都市部では高架部を走行し、地方部では通常のバスと同様に走行するデュアルモードバスである。橋脚や桁等のインフラストラクチャー部分の建設費用以外は大きくないため、中規模都市における効果的な公共交通

*キーワード：ラムゼイ価格均衡モデル
**正会員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科
(〒501-11 岐阜市柳戸1-1)
***学生会員 岐阜大学大学院工学研究科博士前期課程（同上）

システムとして、建設省を中心に研究・開発が行われてきた。名古屋市郊外の志段味で事業が開始予定であり、また岐阜市においてもガイドウェイバス導入の検討がなされてる。

本研究の目的は、社会的厚生を最大にするガイドウェイバスの最適料金体系を決定するモデルを構築することである。すなわち、消費者余剰と生産者余剰を合計した社会的厚生をもって、サービスの価格決定の基準としようとするものである。消費者余剰は、ランダム効用理論から導き出される期待最大効用によって定義される。生産者余剰は、収支均衡という制約下での利潤最大化行動に寄って得られる。

ガイドウェイバス事業者は、共通費用が存在する複数の公共交通システムを保有しており、各々に異なる価格を設定できるものと仮定する。そのとき、各サービスに対する最適価格の設定問題には、ラムゼイルールが適用できる。ラムゼイルールとは最善価格における総余剰と比較して、その減少を最小とするような価格決定ルールである。公共交通手段料金決定問題へのラムゼイルールの適用は、ACトランジットとBARTを対象に行われているが、道路混雑に伴う機関分担の変化は考慮されていない[1]。価格決定により各交通システムに相互作用が働き、道路ネットワークを用いる交通サービスについては、混雑現象による所要時間の変化が生じる事を考慮すれば、多手段ネットワーク均衡下においてラムゼイルールを適用せねばならない。本研究では、モード選択がロジット公式で表現できると仮定した場合のラムゼイ最適価格の特徴を明らかにすると共に、ネットワーク混雑をも考慮した「ラムゼイ価格均衡モデル」を提案している。

2　ガイドウェイバスシステムの補助制度

メンテナンス費や人件費の上昇などにより、公共交通機関の経営赤字の増加が顕著である。そこで我国の地下鉄に対する公的補助は強化され、昭和49年度に「都市モノレール建設のための道路整備事業に対する補助制度（通称インフラ補助制度）」が創設された。都市モノレールのインフラ部分は、道路構造の一部として道路管理者の負担において整備すべきものと理解されることから補助がなされている。ガイドウェイバスシステムについても、経営者が地方公共団体または第三セクターであれば適用可能とされている。

全体事業費に対する補助率は決められており、また、全体事業費に占めるインフラ部の割合（インフラ率）については上限が定められている。それらの割合は毎年変更されてきたが、昭和62年からは変更はない。補助率は52.5%、公的補助の対象とされるインフラ率は57%としている。インフラ部のコストの総建設費に占める割合が57%を超える場合、その差額は経営者の負担とされている[2]。

ところで、岐阜市のガイドウェイバスシステムの計画[3]は、全長4.4kmの高架ガイドウェイで、住宅地域と高密商業地区を結ぶものであり、総事業費は150.8億円で、1km当り建設費は34.2億円である。インフラ率は75.9%であり、補助の割合を上回っている。補助で補いきれない建設費は、経営者が負担しなくてはならない。しかも現在、市営バスが同一料金制で運営されており、ガイドウェイバス料金もその既存のバス料金と等しく設定されるとするならば、とても高収益は望めないであろう。この種の問題は、地方中規模都市が中量軌道輸送システムの導入を検討する際には、必ずと言っていいほど直面する。その解決のためには、新たな料金体系の設定ルールが必要とされる。

3　ガイドウェイバスシステムへのラムゼイルールの適用

3.1　ラムゼイルール

複数のサービスを同時に提供する交通産業が、各々の料金を各々の限界費用に等しく設定すると、固定費用分の赤字が発生する。公的補助がないとすれば、経営を成立させるためには収支均衡を満たす、つまり少なくとも利潤ゼロをあげることのできるような、限界費用よりも十分に高い料金に設定されなければならない。単一サービスの場合に利潤ゼロを得るのは、料金を平均費用に設定したときである。しかし、複数サービスの場合には利潤ゼロを満たす料金の組み合せが数多く存在する。そこで、利潤ゼロという制約の下で、総余剰を最大化する料金設定をラムゼイルールと呼んでいる[4]。

ガイドウェイバスシステムの料金設定にラムゼイルールが適用できる根拠は、

(1) 一般に、公共交通企業のほとんどは自然独占の状態にあり、輸送の供給量の範囲では限界費用が平均費用を下回っている。

(2) インフラ補助制度によると、ガイドウェイバス経営者は地方公共団体もしくは第三セクターに限られている。岐阜市も民営バス会社も各々のバス路線を所有していることから、ガイドウェイバス経営者は既存のバスサービスとガイドウェイバスサービスという異なるサービスを供給することになり、結合費用を伴う。

(3) 前述のように、ガイドウェイバス経営者は公的補助では補いきれない固定費用を負担しなくてはならない。そのために限界費用価格設定をしたとすると、赤字が発生して経営維持ができなくなる。

(4) 公的交通管理者は種々の交通サービス産業の各サービスを調整し、その料金設定を監督する権限をもっている。社会厚生の観点から、総余剰最大化を目的関数とすることは正当化される。

さて、我々の関心は収支均衡という制約下における総余剰最大化を達成する特定の価格を得ることにある。そのようなラムゼイ価格は次式によって与えられる。

［P1］

$$\max_{\mathbb{P}} \; G_1(\mathbb{P};\mathbb{q}) = CS(\mathbb{P}) + PS(\mathbb{P})$$
$$\text{s.t.} \; PS(\mathbb{P}) = F$$

ここで、CSとPSはそれぞれ消費者余剰と生産者余剰である。Fは交通サービス企業の固定費用である。サービス1からサービスmまでの各料金 $\mathbb{P}=\{P_1, P_2, \cdots, P_m\}$ が与えられると、消費者余剰は線積分を用いて次のように表される。

$$CS(\mathbb{P}) = \int_{\mathbb{P}}^{\infty} \sum_{i=1}^{m} q_i(\mathbb{P})\, dP_i$$

生産者余剰は、

$$PS(\mathbb{P}) = \sum_{i=1}^{m} P_i q_i(\mathbb{P}) - C(q_1(\mathbb{P}), \cdots, q_m(\mathbb{P}))$$

ここで、$q_i(\mathbb{P})$ はサービスiの需要関数であり、$C(\mathbb{q})$ は企業の結合費用関数である。

［P1］の最適解が満たすべき条件は次式で与えられる。

$$\sum_i (p_i - MC_i)\frac{\partial q_i}{\partial p_j} = -\frac{\lambda}{\lambda+1} q_j \quad (1)$$
$$j=1,2,\cdots,J$$

ここに、$MC_i = (\partial C/\partial q_i)$ であり、サービスiの限界費用である。可積分条件より、$(\partial q_i/\partial p_j) = (\partial q_j/\partial p_i)$ が成立しなければならないので、(1)式は次のように変形できる。

$$\sum_i \frac{(p_i - MC_i)}{p_i} \eta_{ji} = -\frac{\lambda}{\lambda+1} = -\beta \quad (2)$$
$$\text{for all } j,\; 0<\beta<1$$

ここに、η_{ji} はサービスiの価格に対するサービスjの価格弾力性である。

i＝2の場合について考えると、(2)式より、

$$\frac{p_1 - MC_1}{p_1}(\eta_{11} - \eta_{21}) +$$
$$\frac{p_2 - MC_2}{p_2}(\eta_{12} - \eta_{22}) = 0 \quad (3)$$

が成立し、さらに交差弾力性がゼロならば(3)式は、

$$\frac{p_1 - MC_1}{p_1}\eta_{11} = \frac{p_2 - MC_2}{p_2}\eta_{22} \quad (4)$$

と簡単になる。

セカンドベストの価格を求めるためには、(1)式あるいは(2)式と、収支均衡条件式 $PS(\mathbb{P})=F$ を連立して解けばよい。

3.2 ロジットモデルを用いる場合のセカンドベスト価格

今、i＝3、すなわち3つのモードが存在する場合を考える（例えば、1＝バス、2＝新交通、3＝自動車）。このとき(1)式は次のように表現できる。

$$\Delta \mathbb{J} = -\beta \mathbb{q} \quad (5)$$

ここに、$\Delta = [\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3]$

$$\Delta_i = p_i - MC_i \quad i=1,2,3$$
$$\mathbb{J} = [J_1, J_2, J_3]$$
$$J_j = \left[\frac{\partial q_1}{\partial p_j}, \frac{\partial q_2}{\partial p_j}, \frac{\partial q_3}{\partial p_j}\right]^t \quad j=1,2,3$$
$$\mathbb{q} = [q_1, q_2, q_3]$$

$\mathbb{J}$ が非特異行列ならば、$\mathbb{P} = \mathbb{MC} - \beta \mathbb{q} \mathbb{J}^{-1}$ として価格ベクトルを求めることができる。

さて、今、次のようなロジットモデルで手段選択を決定するものとする。

$$V_i = \alpha_{0i} + \sum_k \alpha_k X_{ik} \quad (6)$$

$$q_i = \bar{q}\rho_i = \bar{q}\frac{\exp V_i}{\sum \exp V_i} \quad (7)$$

但し、$\rho_i = (q_i/\bar{q}) \quad (i=1,2,3)$

このとき、

$$\frac{\partial q_j}{\partial X_{jk}} = \bar{q}\rho_j(1-\rho_j)\frac{\partial V_j}{\partial X_{jk}}$$

$$\frac{\partial q_j}{\partial X_{ik}} = -\bar{q}\rho_j\rho_i\frac{\partial V_j}{\partial X_{jk}} \tag{8}$$

ここで、$X_{i1}=p_1$ とすると、(5)式は次のように整理できる。

$$\sum_{j\neq i}(\Delta_i-\Delta_j)\rho_j\frac{\partial V_i}{\partial X_{i1}} = -\beta \quad (i=1,2,3) \tag{9}$$

このとき、$|\mathbb{J}|=0$ となり、Δ_i は一意的に解をもたない。あるいは、

$$\Delta_1=\Delta_2=\Delta_3 \tag{10}$$

となり、$\beta=0$ となる。すなわち、$p_i=MC_i$ が最適解であり、収支均衡条件式は成立しない。いいかえれば、限界費用価格以外の価格づけを行うとしたら、組み合せは無数に存在することになる。これはロジットモデルの特徴であり、各々のモードの分担量が属性の相対的な差にのみで決定されることに起因する。

ところで、収支均衡条件式において、あるモード利用者の負担が全く無い場合には(1)式は成立しない。例えば、新交通システムの建設費用の一部をバスと新交通システム利用者のみが負担し、自動車利用者の負担を求めない場合、収支均衡条件式は

$$\sum_{i=1}^{3}p_iq_i-C(q_1,\ q_2,\ q_3)=F$$

ではなく、

$$\sum_{i=1}^{2}p_iq_i-C(q_1,\ q_2)=F$$

でなければならない。このとき、(1)式は $i=3$ の場合について次のように書き換えられる。

$$\sum_{i=1}^{2}\Delta_i\frac{\partial q_i}{\partial p_j} = -\frac{\lambda}{\lambda+1}q_j \qquad j=1,2$$

$$\Delta_1\frac{\partial q_1}{\partial p_3}+\Delta_2\frac{\partial q_2}{\partial p_3} = \frac{1}{\lambda+1}q_3 \tag{11}$$

従って、

$$-\lambda = \frac{q_3\left[\Delta_1\frac{\partial q_1}{\partial p_1}+\Delta_2\frac{\partial q_2}{\partial p_1}\right]}{q_1\left[\Delta_1\frac{\partial q_1}{\partial p_3}+\Delta_2\frac{\partial q_2}{\partial p_3}\right]}$$

$$= \frac{q_3\left[\Delta_1\frac{\partial q_1}{\partial p_2}+\Delta_2\frac{\partial q_2}{\partial p_2}\right]}{q_1\left[\Delta_1\frac{\partial q_1}{\partial p_3}+\Delta_2\frac{\partial q_2}{\partial p_3}\right]} \tag{12}$$

(12)式より次式が成立する。

$$\Delta_1=\Delta_2=k \qquad (k\text{は定数}) \tag{13}$$

このように、(12)式も(9)式の場合と類似の結果を得るが、異なるのはこのとき、$\beta\neq0$ が保持されるということである。従って、

$$p_1=MC_1+k$$

$$p_2=MC_2+k \tag{14}$$

とおき、kを変化させることにより、(p_1^*, p_2^*) を求めることができる。すなわち、kを決定するためには、収支均衡条件を満足するように行えばよく、従って、

$$\sum_{i=1}^{2}q_i(k)(MC_i+k)-C(q_1(k),q_2(k))$$

$$=F \tag{15}$$

を満足するようにkを求めればよい。上式が $k>0$ なる解をもつことを、一般的に次のように示すことができる。今、収支均衡条件を示す関数を次のようにおく。

$$\Pi(k)=\sum_i p_iq_i-C(\mathbf{q})-F \tag{16}$$

このとき、$\Pi(k)$ はkに関して単調増加関数である（総交通量 $\bar{q}$ が固定されてない場合には、必ずしも成立しない）。すなわち、

$$\frac{d\Pi}{dk} = \sum_i\frac{d\Pi}{dp_i}\frac{dp_i}{dk}$$

$$= \sum_i\left[q_i+\sum_j(p_i-MC)\frac{\partial q_j}{\partial p_j}\right]\frac{dp_i}{dk}$$

$$= \sum_i\left[q_i+k\sum_j\frac{\partial q_j}{\partial p_j}\right]\frac{dp_i}{dk} \tag{17}$$

$\bar{q}=\sum_j q_j$ であるから、$\sum_j(\partial q_j/\partial p_j)=0$ を得る。また $(dp_i/dk)>0$ であるから、$(d\Pi/dk)>0$ である。ところで、交通企業が自然独占的な産業であるとの仮定より、$\Pi(0)<0$ である。従って、$(d\Pi/dk)=0$ となる $k^*>0$ が存在する。

解の存在の一意性を別の観点から表現すると、図1のようである。すなわち、曲線Aは収支均衡条件式、また、Bはラムゼイ規則を満足する関数である。図は限界費用を固定した場合であり、かつ、$MC_2>MC_1$ のケースであるが、$MC_2<MC_1$ のケースも同様に描ける。図から分かるように、ラムゼイ価格はE点で与えられる。しかし、曲線Aは固定費用Fをパラメータとして上下にシフトする。従って、Fが大きくなれば曲線Aは上方へシフトし、ラムゼイ価

格は現実的には許容できない値をとる場合もあり得る。 (p_1, p_2) の上限を定めるならば、交通サービスが負担すべき固定費用が自ずと定められる。すなわち、その値を越えるような固定費用に対しては政府が補助しなければ、社会的厚生最大化を目的とする価格体系は実現しないという限度を定めることができる。

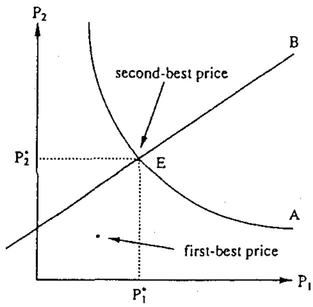

図1　次善価格の決定

4　混雑現象を考慮したラムゼイ価格決定

利用者はバス（ガイドウェイバスを含む），自動車という中から交通手段を選ぶとすると仮定する。各交通手段の需要はそれ自身の価格の影響と同様に、その他の交通手段の価格の影響も受ける。ガイドウェイバスの料金が上昇すれば利用者は自動車や一般のバスに乗り換えるであろう。自動車交通量の増加は道路混雑を発生させ、走行時間は増大し、交通手段の選択に影響を与える。よって、ガイドウェイバスの利用者を増加させることとなり、その結果として経営者の収入が変化するため、収支均衡の制約下で料金を設定し直すことになる。このようにしてガイドウェイバス料金をラムゼイルールを満足するように設定すると、別の交通サービスの需要も変化させて結局、各々のサービスのシェアの中で新たな交通均衡状態に達することが考えられる。従って、混雑の影響を考慮した多手段ネットワーク均衡問題（MNEP）を含む問題として、ラムゼイルールを再構成する必要がある。このように多手段ネットワーク均衡問題を含むラムゼイ価格決定問題をラムゼイ価格均衡（Ramsey Price Equilibrium ; RPE）モデルと呼ぶことにする。

ラムゼイ価格均衡問題は、シュタッケルベルグのリーダー･フォロワー問題として定式化できよう。つまり上位問題は、各手段交通量を与件として、最適料金をラムゼイルールを用いて決定する。その料金決定を受けて、下位問題では交通ネットワーク均衡によって新たな交通手段選択が決定される。ラムゼイ価格均衡問題は次式のように表される。

［上位問題］

$$\max_{\mathbb{P}}.\ G_1(\mathbb{P}, q^*(\mathbb{P})) = CS(\mathbb{P}, q^*(\mathbb{P})) + PS(\mathbb{P}, q^*(\mathbb{P}))$$

$$\text{s.t.}\quad PS(\mathbb{P}, q^*(\mathbb{P})) = F \qquad (18)$$

ここで、固定費用はバスとガイドウェイバスの運営費用と公的補助を差し引いた残りの建設費用であるとする。

$$F = OC_b + OC_{gb} + (100 - \alpha)\, TC \qquad (19)$$

OC_b，OC_{gb} は各々バスとガイドウェイバスの運営費であり、α は公的補助の割合（%）を示す。TCは総建設費用である。$q^*(\mathbb{P})$ は価格 $\mathbb{P}$ が与えられたときの、下位問題のパラメトリック最適解である。

［下位問題］

$$\min_{\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{q}}}.\ G_2(\mathbf{x}, \hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{q}}; \hat{\mathbb{P}}) = \sum \hat{f}_{rs,l} \hat{P}_{rs}$$

$$+ \sum_a \int_0^{x_a} \varepsilon\, t_a(\omega)\, d\omega + \sum_b \int_0^{\hat{x}_b} \hat{\varepsilon}\, \hat{t}_b(\omega)\, d\omega$$

$$+ \sum_{rs} \int_0^{\hat{q}_{rs}} \left(\frac{1}{\theta} \ln \frac{\omega}{\bar{q}_{rs} - \omega} + \psi_{rs}\right) d\omega$$

$$\text{s.t.}\quad \sum_k f_{rs,k} = \bar{q}_{rs} - \hat{q}_{rs} \qquad (u_{rs})$$

$$\sum_l \hat{f}_{rs,l} = \hat{q}_{rs} \qquad (\hat{u}_{rs})$$

$$f_{rs,k},\ \hat{f}_{rs,l} \geqq 0 \qquad (20)$$

ここで、$\hat{\mathbf{q}} = (\cdots, \hat{q}_{rs}, \cdots)$ はバス需要のO･Dフローで、ψ_{rs}，θ は非負パラメータ、$t_a(\cdot)$，$\hat{t}_b(\cdot)$ は各々自動車とバスのリンクパフォーマンス関数である。また、ε，$\hat{\varepsilon}$ は自動車とバスの時間価値を表す。以降バスに関する変量は「︿」を添えて自動車に関する変量とは区別する。

上位問題は均衡交通量が与えられたときのラムゼイ料金問題であり、下位問題は自動車ネットワークとバスネットワークの両方において利用者均衡が成立すると仮定した機関分担交通配分統合モデルの拡張である[5]。下位問題の最適解に対する必要十分条件は次のようになる。すなわち、自動車とバスのネットワークについて以下の利用者均衡条件が成立する。

$$(\hat{C}_{rs,l}-\hat{u}_{rs})\hat{f}_{rs,l}=0$$
$$\hat{C}_{rs,l}-\hat{u}_{rs}\geqq 0 \qquad (21)$$
$$(C_{rs,k}-u_{rs})f_{rs,k}=0$$
$$C_{rs,k}-u_{rs}\geqq 0$$

ここで、u_{rs}，$\hat{u}_{rs}$ は始点ｒ終点ｓ間の、自動車とバスの最小トリップ費用である。$C_{rs,k}$，$\hat{C}_{rs,k}$ はｒｓ間を結ぶｋ番目ルートのトリップ費用である。各々のトリップ費用は料金と所要時間の一次結合となる。加えて、最適解として次式の条件が成立する。

$$\hat{q}_{rs}=\frac{\bar{q}_{rs}}{1+\exp[\theta(\hat{u}_{rs}-u_{rs}+\phi_{rs})]} \qquad (22)$$

下位問題は(21)式，(22)式で置き換えられるため、ラムゼイ価格均衡問題は結局、次の非線形最適化問題として表される。

［ＲＰＥＰ］

$$\max_{\mathbb{P},\mathbb{q}}.\quad G_1(\mathbb{P},\mathbb{q})$$
$$\text{s.t.}\quad PS(\mathbb{P},\mathbb{q})=F$$
$$\hat{q}_{rs}=\frac{\bar{q}_{rs}}{1+\exp[\theta(\hat{u}_{rs}-u_{rs}+\phi_{rs})]}$$
$$(\hat{C}_{rs,l}-\hat{u}_{rs})\hat{f}_{rs,l}=0$$
$$\hat{C}_{rs,l}-\hat{u}_{rs}\geqq 0$$
$$(C_{rs,k}-u_{rs})f_{rs,k}=0$$
$$C_{rs,k}-u_{rs}\geqq 0$$
$$\sum_k f_{rs,k}=\bar{q}_{rs}-\hat{q}_{rs} \qquad (u_{rs})$$
$$\sum_l \hat{f}_{rs,l}=\hat{q}_{rs} \qquad (\hat{u}_{rs})$$
$$f_{rs,k},\ \hat{f}_{rs,l}\geqq 0 \qquad (23)$$

［ＲＰＥＰ］を直接解くことは困難であるが、(21)式の不等式において $f>0$，$\hat{f}>0$ となる経路が識別できるならば、G_1の目的関数と制約式はすべてＰの関数として表現できるため、ＲＰＥＰはさらに簡単になり、

$$\max_{\mathbb{P}}.\quad G_1(\mathbb{P}) \qquad ,\ \text{s.t.}\quad PS(\mathbb{P})=F$$

となり、その解は(11)式に示したものと類似の式を得る。ただ、混雑を考慮した場合には(11)式に混雑項を加味した複雑な式となるため、ここでは省略する。混雑がない場合には、最適価格は(16)式を解くだけでよかったが、混雑を考慮する場合には均衡条件式も複雑になるので、それを直接解くよりは上述した上位問題と下位問題を相互反復して解を求める方が効率的と思われる。

4　まとめ

本研究においては、まず、交通機関の需要量がロジットモデルを表現できると仮定した場合のラムゼイ最適料金の決定法について考察した。結論的にいえば、ロジット公式を用いる場合、手段選択の対象となっている全ての交通手段に交通費用が発生し、この費用分担を考える場合には解が存在せず、その一部の手段のみが費用負担の対象となる場合にラムゼイ最適料金が存在することを明らかにした。このとき、料金の上限を与えることによって補償されるべき固定費用を算出する事ができるが、ただ、上限をどの様にして与えるかはラムゼイルールの枠組みからは出てこない。

次に、多手段ネットワーク均衡のフレームワークの中でラムゼイ料金ルールを再構築し、ラムゼイ価格均衡モデルを提案した。従来のラムゼイルールの適用方法は、ネットワーク混雑の影響が無視されてきたという点で非現実的であり、不十分であったと言える。そこで混雑影響を考慮に入れるとラムゼイ料金均衡モデルは、シュタッケルベルグのリーダー・フォロワー問題に帰着できる。そのうち、下位問題を自身の必要十分条件をもって置き換えると、ラムゼイ価格均衡は一般の非線形計画問題と等価となる。ただし、紙面の都合上、解の存在と唯一性については十分に触れることができなかった。また、数値例についても今回報告することができなかったので、ラムゼイ価格の現実性や有効性についても、十分な形では検証できていない。今後の課題としたい。

参考文献

1) Train,k.：Optimal Transit Prices under Increasing Returns to Scale and a Loss Constraint, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.11, No.2, pp.185～194, 1977.
2) 土木学会編：交通整備制度－仕組と課題－，土木学会，pp.243～270，1990.
3) 岐阜市総合交通体系調査報告書，岐阜市，1991.
4) Brown,S.J.,and Sibley,D.S.：The Theory of Public Utility Pricing,Cambridge University Press, 1986.