

第IV部門

複数バス事業者相乗り路線の最適運行戦略

立命館大学大学院 学生員 ○若菜一樹

立命館大学 正会員 塩見康博

1. はじめに

日本の路線バス事業は1970年頃から現在に至るまで、人口減少や少子高齢化、自動車の普及などにより継続的に起こっている利用者離れにより衰退している。そのような状況の中で、独占禁止法りの観点においてはある程度の競争によるサービスレベルの向上は必要とされている。しかし、ドライバー不足などリソース不足が深刻化するような状況では事業者間での共同運行が有効な場合もある。そのため、このような中で状況に応じた適切な事業者間の運行戦略を把握することは重要であると考えられる。

そこで、本研究では利用者行動を制約条件としたバス事業者の運行戦略の決定過程を最適化問題として定式化する。それを数値的に解くことにより、バス事業者、バス利用者、社会全体の観点から状況に応じた最適なバスの運行形態を考察する。

2. 研究方法と各設定・条件

1) 本研究の仮定

本研究では、移動者・バス事業者・オーソリティーの3主体が存在し、固定されたODを移動者がバスか自動車で移動する状況を想定する。移動者は、自家用車を保有しバスと自家用車を選択できる「選択層」と、自家用車を保有せずバスのみしか選択できない「固定層」を想定する。移動者のトリップ総数は需要関数に基づいて決定され、トリップを行う場合には期待効用を最大化するように確率的にバス・自家用車の選択をすると仮定する。バス事業者とオーソリティーは、バスの運行戦略（ここでは簡単のため、頻度と運賃のみとする）を決定する主体として存在する。前者が運行戦略を決定する場合には事業者の利潤を最適化しようとし、後者の場合は社会的余剰を最大化しようとする。また、バス事業者はAとBの2社存在するとし、共同運行する場合は相互のリソースの合計を用いて、利潤の最大化を目指し、競合する状況では他方の運行戦略を与件として自社の利益を最大化するよう

に運行戦略を決定する。その上で、共同でバス事業者が利潤を最大化する独占シナリオ、オーソリティーが社会的余剰を最大化する社会最適シナリオ、オーソリティーがバス運行に対して一定の制約条件を設けた上でバス事業者が競合する競合シナリオについて考察を行う。

2) シナリオ毎の最適化問題の定式化

①独占シナリオ

$$\begin{aligned} \max f(s, u) &= s \cdot g(n) - c \cdot u \\ \text{subject to} & \\ s &\leq \varphi & \varphi \in \mathbb{N} \\ u &\leq \tau & \tau \in \mathbb{N} \\ s &\geq 0, u \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、 $f(s, u)$: バス事業者の純利益(円), s : 運賃(円), $g(n)$: バスの乗客数(人), c : バスの運行コスト(円/km・本), u : 運行本数(本/h), φ : 運賃 s の上限値, τ : 運行本数 u の上限値, \mathbb{N} : 非負の実数をそれぞれ表す。

②社会最適シナリオ

$$\begin{aligned} \max SW &= U + f(s, u) \\ \text{subject to} & \\ f(s, u) &\geq \rho \\ s &\geq 0, u \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

ただし、

ρ : バス事業者の利益の下限値 ($-\infty \leq \rho \leq 0$)

なお、

SW : 社会余剰[円]
 U : 利用者便益[円]

とする。

③競合シナリオ

$$\begin{aligned} \text{Find } S^* &= (S_A^*, S_B^*) \\ \text{Such that} & \\ f_A(S_A^*, S_B^*) &\geq f_A(S_A, S_B^*) \quad (S_A \neq S_A^*) \\ f_B(S_B^*, S_A^*) &\geq f_B(S_B, S_A^*) \quad (S_B \neq S_B^*) \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、

S_A : バス事業者Aの全ての戦略の集合 $f_A(s_A, u_A)$
 S_B : バス事業者Bの全ての戦略の集合 $f_B(s_B, u_B)$

なお、

$f_A(s_A, u_A)$: バス事業者Aの利得
 $f_B(s_B, u_B)$: バス事業者Bの利得

また、

s_A : バス事業者Aの運賃
 s_B : バス事業者Bの運賃
 u_A : バス事業者Aの運行本数
 u_B : バス事業者Bの運行本数

とする。

3) 移動者の行動

前述の通り、移動者の交通需要は線形の需要関数にしたがって決定されるとする。また、交通手段選択にあたっては、自動車の際には乗車時間、停車時間、待ち時間、運賃、バスの場合は乗車時間、費用によって線形効用関数が記述され、選択確率はロジットモデルによって決定されるとする。具体的なパラメータ値は既往文献等を参照する²⁾。

3. 比較結果と考察

各シナリオの計算を行うにあたり、バス事業者のリソースが乏しく、利用者からの需要は十分にあり、トリップに対する価値が高いような状況を想定する。また、オーソリティーは独占状態での不当な運賃の設定を防ぐために運賃上限を共同するバス事業者に課しているとする。そのような状況をケーススタディとしてそれぞれの観点における結果とその比較に関する考察を以下で行っていく。

最初に図1のバス事業者の利益に関しては、固定層の割合によって独占シナリオと競合シナリオのように最適な状況が変化することが分かった。消費者余剰に関しては社会最適シナリオが最適であるという結果となった。また、消費者余剰についても社会最適シナリオが最適であるという結果となった。これより、バス事業者の利益に関してはモータリゼーションが進展しているような状況では競合した方が有効となるが、高齢化が進み、交通手段の選択肢が限定的な局面では共同で運行した方が有効であると考えられる。

次に図2の消費者余剰に関しては全ての状況において共同で運行する場合（ヨーロッパの地域のように税金によって運行が行われているような状況）の方が有効であると考えられる。

最後に図3の社会的余剰についても全ての状況において共同で運行する場合（ヨーロッパの地域のように税金によって運行が行われているような状況）の方が有効であると考えられる。しかし、高齢化が進み、交通手段の選択肢が限定的な局面では大きな変化がなく、一概には言えないと思われる。

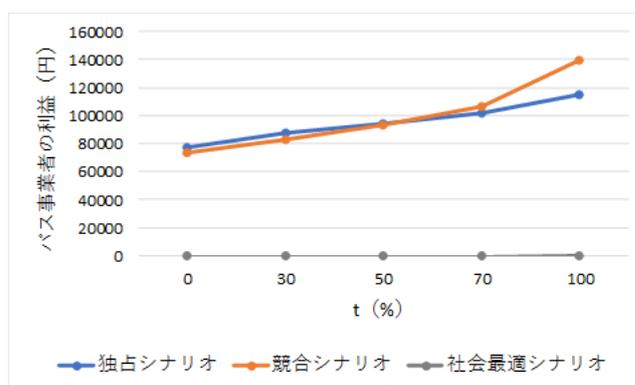


図1 バス事業者の利益の比較

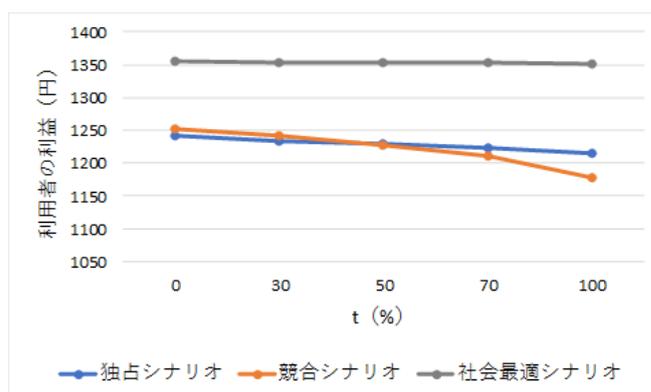


図2 消費者余剰の比較

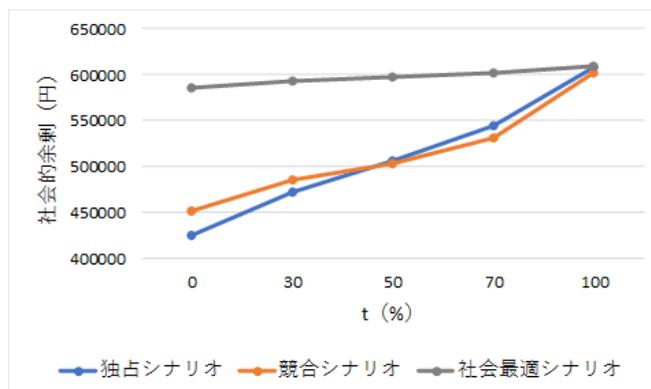


図3 社会余剰の比較

4. おわりに

本研究では社会情勢によってはバス事業者間の運行形態を柔軟に変化させる必要があることが分かった。また、バス事業の在り方そのものを考えていく必要があると思われた。この研究で用いたモデルの設定や条件を見直し、新たな要素を追加することで精度の向上を行い、より幅広い状況に対応できるようにしたい。

【参考文献】

- 1) 公正取引委員会 <https://www.jftc.go.jp/dk/>
- 2) 公益財団法人土木学会:バスサービスハンドブック, 2006.