

## 赤字補填を考慮したバス共同運行の利得・費用配分ルールの検討

山口大学 非会員 ○伊藤 泰壽  
山口大学 正会員 榊原 弘之

## 1. はじめに

地方におけるバス、鉄道等の公共交通事業者は、モータリゼーションの進行に伴う長年の利用減少の傾向に加えて、近年の運転士不足、コロナ禍の影響等により、非常に厳しい経営環境に置かれている。地方公共交通、特にバス交通においては、国、都道府県、市町村による補助が実施されるとともに、事業者自身が採算性の高い部門の収益により不採算部門の赤字を補填する内部補助により路線が維持されてきたが、自治体の財政事情による制約や、コロナ禍による収益性の高かった路線、部門の業績悪化により、路線維持がより困難となりつつある。

そのような中で、2020年11月に施行された「地域における一般乗合旅客自動車運送事業及び銀行業に係る基盤的なサービスの提供の維持を図るための私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律の特例に関する法律（独占禁止法特例法）」では、地域における基盤的なサービスの提供を維持するという政策目的を達成する限度において、公共交通事業者間の経営統合や共同経営が可能となっている<sup>1)</sup>。

共同運行を実施する場合、等間隔ダイヤの導入等によるサービス改善や、便の統廃合による費用の削減が期待される。しかし、ダイヤの調整や便数の削減を実行した場合、個々の事業者にとっては、共同経営導入以前より運賃収入が減少することも起こり得る。そこで独占禁止法特例法では、運賃収入をいったん集約した上でルールに基づいて分配する「運賃プール」が可能である<sup>2)</sup>。その際の具体的な運賃配分の基準としては、各事業者の運行時間、運行距離、運行便数、運行費用、運賃費が例示されている<sup>2)</sup>。一方、協力ゲーム理論では、複数プレイヤーが戦略を調整して全体にとってより望ましい状態を実現する場合に、各プレイヤーの協力が担保されるような配分解に関する議論がなされている。

本研究では、地方公共交通における共同運行を対象に、協力ゲーム理論に基づいた利得・費用の配分ルールに関

する考察を行う。その際、特に地方公共交通においては路線維持のために行政から赤字補填のための補助が実施されていることを考慮し、これらの補助制度の下でも各事業者に共同運行参加のインセンティブが担保されるような利得・費用配分ルールの検討を行う。

## 2. 共同運行の有効性及び安定性に関する検討

同一区間において、2つの公共交通事業者がサービスを提供している状況を想定する。これらの事業者を事業者1、事業者2と呼ぶ。各事業者の当該区間における営業利益及び共同運行を実施した際の2事業者全体の営業利益を次式のように定式化する。

事業者1の利益：

$$V(1) = R_1 - k_1 F_1 x \quad (1)$$

事業者2の利益：

$$V(2) = R_2 - k_2 F_2 x \quad (2)$$

共同運行を実施した際の2社の利益：

$$V(1,2) = R_{1,2} - k_{1,2} F_{1,2} x \quad (3)$$

$V(i)$ ：事業者*i*の利益

$R_i$ ：事業者*i*の運賃収入  $k_i$ ：事業者*i*の平均距離単価  
 $F_i$ ：事業者*i*の運行便数  $x$ ：両事業者の共通区間の距離

$V(1), V(2), V(1,2)$ は協力ゲーム理論において特性関数と呼ばれる。ここで、共同運行が事業者1、事業者2全体にとって望ましくなるための条件は、

$$V(1,2) > V(1) + V(2) \quad (4)$$

である。(1)式、(2)式から、共同運行が両事業者全体にとって望ましいものとなるためには、

$$\textcircled{1} : R_1 + R_2 < R_{1,2} \quad \textcircled{2} : k_1 F_1 + k_2 F_2 > k_{1,2} F_{1,2}$$

の少なくとも一方が成立する必要がある。ここで、 $k_1 > k_2$ とする。すなわち、事業者1は事業者2より距離単価が高いとする。

①の運賃収入増については、等間隔ダイヤの導入などによる利便性の増進が乗客の増加につながるケースが考えられる。等間隔ダイヤが利用者にとって最適なダイヤであることは、de Palma and Lindsey<sup>3)</sup>の線形モデルや鈴木

キーワード 公共交通、共同運行、協力ゲーム理論、配分ルール、シャプレイ値

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1

TEL 0836-85-9355

ら<sup>4)</sup>のアンケート調査によって示されている。また実際の等間隔ダイヤの効果として、独占禁止法特例法施行前に事業者間で等間隔ダイヤを導入していた青森県八戸市について、年間利用者数の増加が報告されている<sup>5)</sup>。以上より、共同運行化による利便性向上を通じて運賃収入の増加が起り得ると考えられる。一方、共同運行化が運賃収入の増加につながらなかったとしても、②運行費用の削減は実現できる可能性がある。共同運行化を通じて両事業者全体としての運行便数を削減した場合、一般に費用は削減されると考えられる。八戸市の等間隔ダイヤ導入に際しても、運行便数の削減が実現している。共同運行により、収入の増加がなくとも、運行費用の削減が実現するのであれば、共同運行は社会的に有効であると考えられる。

一方、拘束的な合意の存在しない条件下では、各事業者にはダイヤ設定の裁量があり、非協力ゲームの状況にあると考えられる。そこで、本章では、de Palma and Lindsey<sup>3)</sup>のモデルを用いて、各事業者をプレイヤー、ダイヤ設定を各事業者の戦略とした非協力ゲームにおける等間隔ダイヤの安定性について分析する。利用者はそれぞれ最適な出発タイミングを有し、それに基づいて各時刻における移動需要が決定されるものとする。ここでは、対象時間 $L$ を通じて移動需要は常に一定であると仮定する。便数 $n$  ( $n > 0$ )を所与として、図-1 に示すように初期状態における事業者1と事業者2の便同士の間隔を $L/n$ の等間隔とする。

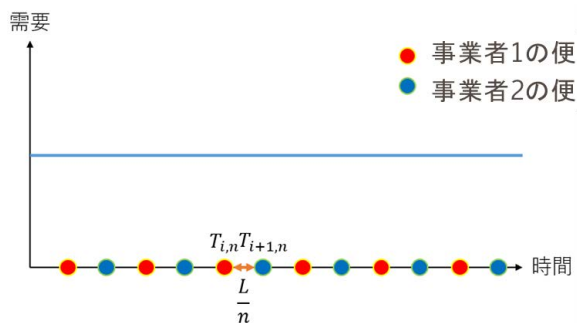


図-1 初期状態における等間隔ダイヤ

図-1 中において、事業者1の便の発車時刻 $T_{i,n}$ と事業者2の便の発車時刻 $T_{i+1,n}$ の間に最適な出発タイミングがある利用者は、事業者1と事業者2、いずれかの便を必ず利用するとする。その際、利用者にとっての理想的な出発タイミングよりも早く、あるいは遅く出発することで、単位時間あたりに生じる利用者のストレス(時間費用)をそれぞれ $\beta$ と $\gamma$ とする。利用者は最適出発タイミ

ング前後の便から、時間費用のより小さい便を選んで利用し、その選択の境界となる時刻を $t_{i,i+1}$ とする。初期状態において $t_{i,i+1}$ はホテリング型線形モデルから以下のように表すことができる。

$$t_{i,i+1} = i \frac{L}{n} \quad (i = 1, \dots, n-1) \quad (5)$$

また(5)式の境界時刻と前後の便の発車時刻の時間差はそれぞれ次式で与えられる。

$$t_{i,i+1} - T_{i,n} = i \frac{L}{n} - \left(i - \frac{\gamma}{\beta + \gamma}\right) \frac{L}{n} = \frac{\gamma}{\beta + \gamma} \frac{L}{n} \quad (6)$$

$$T_{i+1,n} - t_{i,i+1} = \left(1 - \frac{\gamma}{\beta + \gamma}\right) \frac{L}{n} = \frac{\beta}{\beta + \gamma} \frac{L}{n} \quad (7)$$

$\beta = \gamma$ の場合、各事業者が自社の便の発車時刻を前後に移動させても、それにより獲得できる乗客数と失う乗客数が等しくなり、等間隔パターンダイヤを変更する動機は存在しない。一方で、 $\beta \neq \gamma$ の場合は、自社の便を利用する利用者数を増加させ、収入を最大化するために、各社に発車時刻を変更する誘因が存在するため、等間隔パターンダイヤは安定とはならず、便同士の間隔に偏りのあるダイヤとなる。

以上より、非協力ゲームにおける2事業者のダイヤ設定については、 $\beta = \gamma$ でなければ、事業者間の競合により、等間隔運行が安定とはなり得ない。需要が任意の時刻で一定という条件下においてさえ、拘束的な合意のない非協力ゲーム下で等間隔運行を実現し、それを維持することは、必ずしも容易ではないことが分かる。

一方で協力ゲームは、事業者間の合意に基づいてダイヤが遂行されること、採算性の格差が生じても運賃プールによる利得配分が可能なこと、という2つの利点がある。これにより、等間隔ダイヤで両事業者に利用者数の不均衡が生じる場合でも、配分ルールによる合意から両事業者が統一的にダイヤ設定を行うことが可能となる。

以上の理由より、協力ゲーム下の共同運行は、パターンダイヤを行いや体制づくりや、対象区間の需要パターンや利用者ニーズを分析した統一的なダイヤ編成を促進する。独占禁止法特例法に基づく共同運行は、このような協力ゲームの具体化として解釈可能と考えられる。次章では、このような協力ゲームの枠組みの下での事業者間の利得配分について議論する。

### 3. 協力ゲーム理論に基づいた利得・費用の配分スキームの検討

#### (1) 基本ルール

協力ゲームモデルにおいて、プレイヤーが拘束的合意に応じるための利得・費用配分ルールとして、本研究では協力ゲーム理論の代表的な解概念であるシャプレイ値<sup>9)</sup>を用いた配分方法を提案する。シャプレイ値は、プレイヤーの協力によって総利得が増加するとき、個人合理性と全体合理性の両方を満足するという性質を持つ配分解である。2.で定式化した2事業者間の共同運行において、利得・費用のシャプレイ値による配分解を表-1に示す。

表-1 シャプレイ値に基づいた利得・費用の配分

事業者1への配分値		
グループ	1→2	$V(1)$
形成過程	2→1	$V(1,2) - V(2)$
平均 (シャプレイ値)		$\frac{V(1) - V(2) + V(1,2)}{2}$
シャプレイ値 の具体化		$\frac{R_1 - R_2 + R_{1,2} - (k_1F_1 - k_2F_2 + k_{1,2}F_{1,2})x}{2}$

事業者2への配分値		
グループ	1→2	$V(1,2) - V(1)$
形成過程	2→1	$V(2)$
平均 (シャプレイ値)		$\frac{-V(1) + V(2) + V(1,2)}{2}$
シャプレイ値 の具体化		$\frac{-R_1 + R_2 + R_{1,2} + (k_1F_1 - k_2F_2 - k_{1,2}F_{1,2})x}{2}$

各事業者が共同運行に参加するためには、単独運行時よりも共同運行時の利得の方が上回る必要があると考えられる。したがって、シャプレイ値により利得・費用配分が実施された場合、共同運行が安定となるための条件式は、事業者1において、

$$\frac{V(1) - V(2) + V(1,2)}{2} > V(1) \quad (8)$$

事業者2の場合、

$$\frac{-V(1) + V(2) + V(1,2)}{2} > V(2) \quad (9)$$

となる。両者の条件式は整理すると、ともに(10)式に集約される。

$$(-R_1 - R_2 + R_{1,2}) + (k_1F_1 + k_2F_2 - k_{1,2}F_{1,2})x > 0 \quad (10)$$

(10)式の2つの項は、2.の共同運行が有効となる条件①、②に相当する。(10)式を満足するための条件について、共同化前後で想定される便数パターンについて検討する。共同運行の事例に準ずる共同化後の運行便数の削減は、運行費用の削減につながるから、

$$k_1F_1 + k_2F_2 > k_{1,2}F_{1,2}$$

が成立すると考えられる。よって、便数の減少によって共同運行後の運賃収入の減少が発生した場合でも、

$|-R_1 - R_2 + R_{1,2}| < |(k_1F_1 + k_2F_2 - k_{1,2}F_{1,2})x|$  が成立し、費用の減少分が運賃収入の減少分を上回れば、シャプレイ値による利得配分の下、共同運行は安定となる。

したがって、収益面から分析した結果、シャプレイ値配分は、運賃収入の増加、あるいは費用の減少を通じて、共同運行によって両事業者の利得の総和が増加するケースにおいて、両事業者が共同運行に参加するインセンティブを担保する利得・費用の配分方法であるといえる。

#### (2) 赤字補填補助制度を考慮した配分ルールの検討

1.で論じたように、一般的に地方の公共交通においては赤字路線が多く、次式が成立することも少なくない。

$$V(1) < 0, V(2) < 0 \quad (11)$$

(11)式から、新たに赤字額を $D$ と表記するとそれぞれ、

事業者1の赤字：

$$D(1) = k_1F_1x - R_1 \quad (12)$$

事業者2の赤字：

$$D(2) = k_2F_2x - R_2 \quad (13)$$

となる。さらに、共同運行化してもなお全体で赤字となる場合の赤字額は次式で示される。

$$D(1,2) = k_{1,2}F_{1,2}x - R_{1,2} \quad (14)$$

表-2 想定する補助ルール

ルール	内容
(i)	補助率 $\mu$ が一定で、共同運行でない場合、 $k_i$ の値が小さい事業者2を費用の算定基準とする。
(ii)	補助率 $\mu$ が一定で、共同運行でない場合、 $k_i$ の値が大きい事業者1を費用の算定基準とする。
(iii)	共同運行の場合補助率 $\mu$ を増加させ、 $\mu'$ とし、 $k_i$ の値が小さい事業者2を費用の算定基準とする。
(iv)	共同運行の場合補助率 $\mu$ を増加させ、 $\mu'$ とし、 $k_i$ の値が大きい事業者1を費用の算定基準とする。

ここで、地方自治体からのバス事業者の赤字額に対する補助率を $\mu(0 \leq \mu \leq 1)$ とする。その上で本研究では、

表-2 に示す 4 種類の補助ルールを想定し、各補助ルールの下で共同運行化、シャプレイ値に基づいて利得・費用配分を実施した場合の共同運行の成立要件について検討する。また各補助ルールを通じて適用される、単独運行時、共同運行時の補助スキームを表-3、表-4 にそれぞれ示す。

表-3 単独運行時の補助スキーム

	事業者 1	事業者 2
赤字額	$k_1 F_1 x - R_1$	$k_2 F_2 x - R_2$
補助額	$\mu(k_i F_i x - R_i)$	$\mu(k_i F_i x - R_i)$
残存赤字額	$(k_1 - \mu k_i) F_1 x - (1 - \mu) R_1$	$(k_2 - \mu k_i) F_2 x - (1 - \mu) R_2$

表-4 共同運行時の補助スキーム

	事業者 1	事業者 2
全体の赤字額	$D(1,2) = k_{1,2} F_{1,2} x - R_{1,2}$	
配分赤字額	$\frac{D(1) - D(2) + D(1,2)}{2}$	$\frac{-D(1) + D(2) + D(1,2)}{2}$
全体の補助額	(i),(ii)の場合： $B(1,2) = \mu(k_{1,2} F_{1,2} x - R_{1,2})$ (iii),(iv)の場合： $B(1,2) = \mu'(k_{1,2} F_{1,2} x - R_{1,2})$	
配分補助額	(i), (ii): $\mu B(1,2) \times \frac{D(1) - D(2) + D(1,2)}{2B(1,2)}$ (iii), (iv): $\mu' B(1,2) \times \frac{D(1) - D(2) + D(1,2)}{2B(1,2)}$	(i), (ii): $\mu B(1,2) \times \frac{-D(1) + D(2) + D(1,2)}{2B(1,2)}$ (iii), (iv): $\mu' B(1,2) \times \frac{-D(1) + D(2) + D(1,2)}{2B(1,2)}$
残存赤字額	$RD'(1) =$ 配分赤字額 - 配分補助額	$RD'(2) =$ 配分赤字額 - 配分補助額

以上の補助スキームから、表-2 に示す 4 種類の補助ルールについて、共同化前後の残存赤字額を比較し、補助を考慮した共同運行が両事業者とも安定となるための条件を導出した。その結果、一方の事業者については、共同運行で赤字が削減可能な場合、自治体からの補助を考慮しても共同運行に参加するインセンティブが常に担保された。さらに、表-2 の (i)及び(iii)のルールにおいては、2.に示した共同運行が有効となる条件①、②が成立する場合、他方の事業者についても共同運行への参加を通じて赤字額の削減が可能となり、共同運行に参加するインセンティブが担保されることが示された。表-5 に(i)及び

(iii)における条件検討の結果を示す。

表-5 共同運行参加により両事業者の赤字額削減が可能な補助ルール

場合	対象事業者	条件式
(i)	1	$(1 - \mu)(①+②) + 2\mu(k_1 - k_2)F_1 x > 0$
(iii)		$(1 - \mu')(①+②) + 2\{\mu'(k_1 F_1 x - R_1) - \mu(k_2 F_1 x - R_1)\} > 0$

#### 4. おわりに

以上、本研究では、赤字補填のための補助制度を前提としても、費用の算定基準となる距離単価や補助率を単独運行時、共同運行時に適切に設定することにより、共同運行が社会的に望ましい場合に共同化を促進するような補助スキームの設計が可能となることを示した。

#### 参考文献

- 国土交通省：地域における一般乗合旅客自動車運送事業及び銀行業に係る基盤的なサービスの提供の維持を図るための私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律の特例に関する法律について、[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei\\_transport\\_tk\\_000153.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000153.html), (最終参照日 2022 年 3 月 6 日)。
- 国土交通省：独占禁止法特例法の共同経営計画等の作成の手引き、<https://www1.mlit.go.jp:8088/common/001391784.pdf>, (最終参照日 2022 年 3 月 6 日)。
- de Palma, A. and Lindsey, R.: Optimal Timetables for Public Transportation. Transportation Research Part B, Vol.35, No.8, pp.789-813, 2001.
- 鈴木崇正, 渡邊拓也, 深澤紀子, 奥田大樹：地方鉄道における不完全なパターンダイヤに対する評価に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No.64, 2021.
- 日本政策投資銀行：地域公共交通の維持・発展に向けて-乗合バスへの運賃プール適用に期待される効果-, [https://www.dbj.jp/upload/investigate/docs/d7d88b1d26de3e18a8e1b2a892bdca58\\_3.pdf](https://www.dbj.jp/upload/investigate/docs/d7d88b1d26de3e18a8e1b2a892bdca58_3.pdf) (最終参照日 2022 年 3 月 6 日)。
- 渡辺隆裕：ゼミナール ゲーム理論入門, 日本経済新聞出版社, 2008.