

第IV部門

整備新幹線の並行在来線問題へのゲーム理論的アプローチ

神戸大学大学院工学研究科 学生会員 ○鬼頭 剛史

神戸大学自然科学系先端融合研究環 正会員 四辻 裕文

1. はじめに

整備新幹線の開業に伴い、並行する在来線の多くは、JR から経営分離して第三セクター化される場合が多い。元々利用客が少ない経営基盤である、優等列車の必要性が低下して一部の需要が新幹線に移転する、等に起因して一般に並行在来線の経営悪化が懸念される。第三セクター鉄道を含め地方鉄道は平均費用逓減構造のため、限界費用価格形成では赤字が生じる。そのため、地方自治体が第三セクター鉄道の赤字補填をするケースが多い。

このような並行在来線問題において、JR が並行在来線の経営から手を引く場合が多かったが、九州新幹線長崎ルートでは、JR が上下分離方式の上部構造を受け持つという新しい方式が採用された。将来的には、隣接する並行在来線区間の第三セクター鉄道同士が提携するケースも考えられる。地域住民のニーズや立地などの地域特性によって、整備新幹線と並行在来線の間で様々な提携が生まれる可能性がある。

谷本・喜多(2004)は、隣接する3つの地域を通過する広域バス路線において、各地域が共同で運行する際の運行費用の負担方式について協力ゲーム理論を用いて検討している。本研究は、この枠組みを応用して、整備新幹線とその平行在来線の提携の在り方を検討する。

本研究では、協力ゲーム理論アプローチにより、拘束力のある合意形成の観点から提携することが有効とされる並行在来線区間の地域特性（地域住民のニーズや立地など）について数値分析を行う。整備新幹線を経営するJR、および、上下分離方式で並行在来線を経営する自治体をプレイヤーとし、特性関数に基づく提携形ゲームを定義する。本研究の目的は、並行在来線の需要あるいは立地がどのような条件のときに全体提携が成立するのかについて理論的な考察をすることである。

2. モデル設定

2.1 環境設定

A 駅と B 駅を結ぶ整備新幹線、A 駅・B 駅・C 駅を結ぶ並行在来線を設定する（図1）。AC 間と CB 間の第三セクター鉄道を支援する自治体をプレイヤー1 と 2、AB 間を経営する JR をプレイヤー3 と設定する。

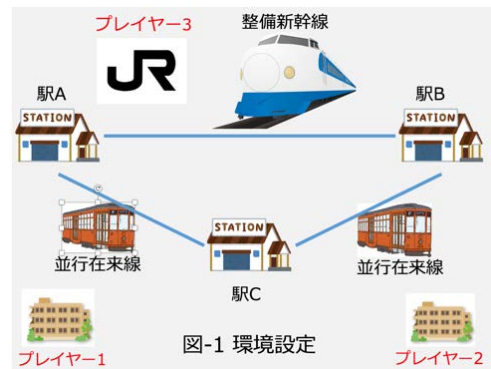


図1 環境設定

2.2 需要配分

並行在来線・整備新幹線のそれぞれにおける一般化費用と需要関数の関係性は式(1)(2)のようになる。Wardrop原理に基づき、式(1)(2)の一般化費用は一致し、並行在来線利用頻度 d_{12} と整備新幹線利用頻度 d_3 を導くことができる。 d_{12} と d_3 は式(4)(5)のようになる。その値を需要関数に代入することにより、一般化費用は式(6)のように導かれるしたがって、 d_{12} と d_3 は需要関数におけるパラメータ $\alpha_{12}, \alpha_3, \beta_{12}, \beta_3$ と総利用頻度 d によって決まる。

$$\xi_3 + \omega \left(\frac{l_3}{q} + \tau_3 \right) = \alpha_3 - \beta_3 d_3 \quad (1)$$

$$(\xi_1 + \xi_2) + \omega \left(\frac{l_1}{q} + \frac{l_2}{q} + \tau_{12} \right) = \alpha_{12} - \beta_{12} d_{12} \quad (2)$$

$$d = d_{12} + d_3 \quad (3)$$

$$d_{12} = \frac{\beta_3 d + \alpha_{12} - \alpha_3}{\beta_{12} + \beta_3} \quad (4)$$

$$d_3 = \frac{\beta_{12} d - \alpha_{12} + \alpha_3}{\beta_{12} + \beta_3} \quad (5)$$

$$\text{利用者の一般化費用} = \frac{\alpha_3 \beta_{12} + \alpha_{12} \beta_3 - \beta_{12} \beta_3}{\beta_{12} \beta_3} \quad (6)$$

ただし、

ω =時間価値

l_1 =AC 間距離 l_2 =BC 間距離 l_3 =AB 間距離

q = 並行在来線の運行速度 q' = 並行在来線の運行速度

ξ_1 =並行在来線 AC 間運賃 ξ_2 =並行在来線 BC 間運賃

ξ_3 =整備新幹線運賃 d =総利用頻度

d_{12} =並行在来線利用頻度 d_3 =整備新幹線利用頻度

τ_{12} = C 駅での待ち時間 τ_3 =整備新幹線利用時待ち時間

2.3 企業の収益

鉄道会社の提携は、範囲の経済性を満たすと仮定する。本研究では、範囲の経済性を「設備を共有することで、会社単独での運営では実現できないコスト低減を得ること」と考える。全体提携の費用関数を式(7)に示す。

$$c_{(N)} = c_f(l_1 + l_2 + l_3) + c_v \ln(1 + s_1 d_{12} l_1 + s_2 d_{12} l_2 + s_3 d_{12} l_3) \quad (7)$$

運賃体系は、並行在来線においては限界費用価格形成、整備新幹線においては平均費用価格形成を仮定する。限界費用価格形成は費用関数を d_{12} で微分した形となる。平均費用価格形成は費用関数を d_3 で除した形となる。運賃に d_{12} または d_3 を掛けた値を収入とするため、提携ごとに収入は変わってくる。

$$\text{収入}\psi_{(S)} = \text{運賃} \times (d_{12} \text{ or } d_3) \quad (8)$$

2.4 特性関数

消費者余剰 $\phi_{(S)}$ と費用関数 $c_{(S)}$ と収入 $\psi_{(S)}$ の合計を提携形ゲームの特性関数として以下のように定義する。

$$v(S) = \phi_{(S)} + \psi_{(S)} - c_{(S)} \quad (9)$$

コア存在のための必要十分条件に特性関数を代入して、コア存在のための判別式を導く。このとき、必要十分条件を変形した以下のような不等式をコア存在のための判別式として定義する。

$$2v(N) - v(12) + v(13) + v(23) \geq 0 \quad (10)$$

一般化費用は常に正であるため、以下の不等式も成り立つ。したがって、式(10)(11)の判別式を満たす範囲を検討することになる。

$$\frac{\alpha_3 \beta_{12} + \alpha_{12} \beta_3 - \beta_{12} \beta_3}{\beta_{12} \beta_3} \geq 0 \quad (11)$$

3. 数値分析

数値事例のパラメータは表 1 のように設定する。需要関数の切片 α_{12}, α_3 と並行在来線の地域間距離 l_1, l_2 を変化させた場合の β_{12}, β_3 によるコア存在の判別式の変化を分析する。表 2 に示す 4 つのケースを想定し、提携の実現可能性が高い地域特性と需要構造の組み合わせを調べる。

(ケース 1)

コア存在の判別式は β_3 が 30 未満で負となり、 β_3 の値が 30 で 0 となる。そして、 β_3 の値が 30 を超えると β_{12} の値に関係なくコア存在の判別式は正となる。

(ケース 2)

$2\beta_{12} + \beta_3$ が 20 未満の範囲で判別式は正となり、20 以上 60 以下で負になり、急激に値が低下する。60 を超え

表 1 パラメータ

総利用頻度(回/年)	d	100
定数(年/回・km)	s_1	0.01
定数(年/回・km)	s_2	0.01
定数(年/回・km)	s_3	0.01
新幹線距離 (km)	l_3	20
固定費係数 (円/年・km)	c_f	10,000
変動費係数 (円/年)	c_v	10,000

表 2 ケース設定

	$\alpha_{12} < \alpha_3$ $\alpha_{12} = 1000$ $\alpha_3 = 4000$	$\alpha_3 < \alpha_{12}$ $\alpha_{12} = 4000$ $\alpha_3 = 1000$
$l_1 + l_2 = 20$ ($l_1, l_2 = 10$)	ケース 1	ケース 2
$l_1 + l_2 = 40$ ($l_1, l_2 = 20$)	ケース 3	ケース 4

表 3 分析結果

	$\alpha_{12} < \alpha_3$ $\alpha_{12} = 1000$ $\alpha_3 = 4000$	$\alpha_3 < \alpha_{12}$ $\alpha_{12} = 4000$ $\alpha_3 = 1000$
$l_1 + l_2 = 20$ ($l_1, l_2 = 10$)	需要弾力性が小さい地域ほど、全提携が望ましくなる。	一部の需要関数の組み合わせで、全提携は不成立になる。
$l_1 + l_2 = 40$ ($l_1, l_2 = 20$)	需要弾力性が小さい地域ほど、全提携が望ましくなる。	ほぼ全ての需要関数の組み合わせで、全提携が成立する。

ると再び判別式は正になる。

(ケース 3)

コア存在の判別式は β_3 が 30 未満で負であり、 β_3 の値が 30 で 0 になる。そして、 β_3 の値が 30 を超えると β_{12} の値に関係なくコア存在の判別式は正になる。判別式の値は異なるが、グラフの形がパターン 1 に非常に近い。

(ケース 4)

β_{12}, β_3 が 0 付近では判別式は一時的に負をとるが、0 から離れるとすべての β_{12}, β_3 で判別式が正になる。

4. 考察

コア判別式が正となる β_{12}, β_3 の組み合わせが、提携の成立し得る需要関数の組み合わせとなる。そして、 β_{12}, β_3 の関係は、価格の需要弾力性に影響を受ける。これより、提携を結ぶことが望ましいとされる地域住民のニーズ・立地の地域特性を導くことが可能となる。

参考文献

谷本圭志・喜多秀行：広域バス路線の補助金負担方式に関するゲーム論的考察，土木学会論文集 No.751/IV-62, 83-95, 2004.