

需要変動を内生化した地域公共交通に対する インセンティブ補助の理論とその適用

村野 祐太郎¹・ZOU Wenqian²・溝上 章志³

¹正会員 八千代エンジニアリング株式会社 道路交通部 (〒161-8575 東京都新宿区西落合2-18-12)
E-mail:yt-murano@yachiyo-eng.co.jp

²学生員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39-1)
E-mail:109d9411@st.kumamoto-u.ac.jp

³正会員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39-1)
E-mail:smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

我が国では、モータリゼーションの進行等に伴い路線バスの利用者数が減少しており、地域公共交通の維持が困難になっている。利用者数の減少に伴い運行事業者に対する行政からの補助額も年々増加しており、財政的にも問題となっている。

本研究ではこの問題の対策として、インセンティブ補助に着目する。既存モデルに運行頻度を新たに変数として採用した需要変動を内生化した地域公共交通に対するインセンティブ補助モデルを開発し、現在地域公共交通の維持が問題となっている熊本県荒尾市の路線バス網に対してモデルを適用し、その特性を把握することを目的とする。

Key Words : contract theory, incentive, level of service, stackelberg game, social welfare function

1. はじめに

熊本県荒尾市における路線バスへの補助額は、年々増加しており、平成 17 年には 3,200 万円であった補助額が、平成 22 年には 5,600 万円に増加している。現在の補助金交付方法は赤字路線の赤字額を行政が全額補填する欠損補助であるため、運行事業者に赤字を減らそうというインセンティブが働きにくい。行政は、バス事業者に赤字を削減させる何らかのインセンティブを与えて赤字補填額を減らしたいと考えており、このインセンティブをうまく与えることで企業努力を促せ、補助金額を削減できるという社会的に望ましい状況を作り出せると考えられる。

これまで成果として、数学的モデルを構築している。それは、現状のサービス水準を維持するという仮定のもとで、最適な赤字削減額と報奨金額を決定するインセンティブ報酬モデルであった。しかし、現実的には運行頻度は社会厚生に影響を与える変数の 1 つであることから、本研究では、運行頻度を変数として需要変動を考慮したインセンティブ報酬モデルに拡張した。

さらに提案したモデルを荒尾市のバス路線網に適用し、提案したインセンティブ補助制度の有用性を検討することを目的とする。

2. インセンティブ報酬モデル

(1) 既存研究におけるインセンティブ報酬モデル

インセンティブ報酬モデルについての既往研究の成果について整理する。Jean-Jacques Laffont と Jean Tirole によるインセンティブ契約に関する基本モデル¹⁾を行

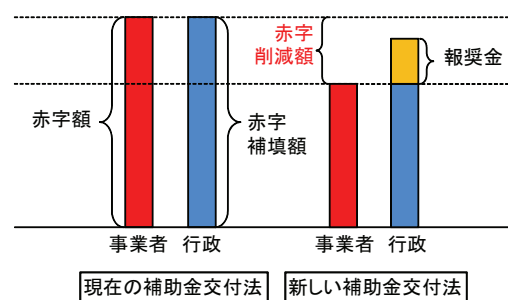


図-1 補助金交付方法

政と運行事業者の間のインセンティブ契約に適用した溝上らの研究²⁾では、熊本市圏のバス路線網再編案において再編後も赤字が見込まれる 86 路線に対してインセンティブ報酬モデルを適用したケースと現行の補助制度の下で予測される赤字額を比較している。その結果、完全情報下でインセンティブ制度を導入したときは、バス事業全体にインセンティブ報酬を 10.02 億円交付すると 11.40 億円の赤字削減が見込まれ、現行制度と比べて 1.38 億円だけ補助金を減らすことができることが明らかになった (図-1 参照)。

(2) 需要変動下でのインセンティブ報酬モデル

上記のモデルでは、運賃や運行頻度などのサービス水準は行政により決定されており、運行事業者はこれらを変化させないことを前提としたうえで、社会厚生最大化問題として定式化している。しかし、実際にはサービス水準が変化すれば、バス需要が変化するため、消費者便益 S や制度適用前のある路線の赤字額 β 、運行事業者の赤字削減努力コスト $\psi(d)$ の値も変化するため、社会的に最適な状態も変化する。そこで、サービス水準を変数の 1 つとしてこの問題に取り込むことにより、モデルの一般化を試みる。

本研究では、市民の公共交通利用意欲にとって重要なサービス指標である運行頻度を変数として新たに取り込む。バス路線網と運賃は既知で固定とし、報奨金 t_h 、赤字削減額 d_h 、運行頻度 f_h を変化させることによって、需要変動を内生化したインセンティブ報酬モデルを定式化し、社会的に最適な状態を導くことを目的とする。また、開発したモデルを荒尾市のバス路線網に適用することにより、モデルの有用性の検証も実施する。

以下に、本研究で提案するインセンティブ報酬モデルの設定条件を示す。

a) バス路線 h の赤字額 C_h

バス事業者は、赤字削減努力をするという条件の下、ある赤字バス路線 h を運行すると、その時の年間の赤字額 C_h は、経常収支からバス会社の努力により削減される額を引いたものとなり、以下ようになる。

$$C_h(d_h, f_h) = P(f_h) - \sum_{i,j} (D_{ij}(f_h) \cdot c_{ij}) - d_h \cdot 365 \cdot 2 \cdot f_h \cdot L_h \quad (1)$$

このとき、 $P(f_h)$ は赤字削減努力なしで運行した時の経常支出額、 $D_{ij}(f_h)$ はバス停ペア ij 間で予測される乗客数、 c_{ij} はバス停ペア ij 間の運賃、 d_h はキロ当たりの経常支出の削減額、 f_h は 1 往復を 1 便とカウントした時の運行頻度、 L_h は路線長である。

b) バス路線 h の運行による運行事業者の超過利潤 U_h

運行事業者がキロ当たり d_h 削減し、頻度 f_h で路線 h

を運行すれば、赤字額は減るが、赤字削減にかかる費用も発生する。その費用を $\psi(d_h, f_h)$ とする。また、行政は実際の赤字額である C_h は全額補填するが、それと同時に図-1 の右のようにバス事業者の赤字削減努力に応じて追加の補助金 (報奨金) t_h を与える。この追加の報奨金 t_h によってバス事業者の赤字削減インセンティブを引き出す。

バス事業者の超過利潤 U_h は報奨金と赤字削減費用の差で表される。

$$U_h = t_h - \psi(d_h, f_h) \quad (2)$$

c) 住民の純便益 UB

当該バス路線 h の運行による住民の純便益 UB は、そのバス路線の運行による利用者便益 $S(f_h)$ から行政が支払う報奨金 t_h と赤字補填額 C_h を引いたもので表されるが、この行政の費用となる t_h と C_h に行政介入による不効率係数 λ を与える。これを式で表すと下記のようになる。

$$UB = S(f_h) - (1 + \lambda)(C(d_h, f_h) + t_h) \quad (3)$$

d) 当該バス路線 h の運行に伴う社会厚生

バス運行による社会厚生 SB は、前述した 2) 運行事業者の超過利潤 U_h と 3) 住民の純便益 UB を足し合わせたもので表される。

$$SB = S(f_h) - (1 + \lambda)(C(d_h, f_h) + t_h) + U_h \\ = S(f_h) - (1 + \lambda)(C(d_h, f_h) + \psi(d_h, f_h)) - \lambda U_h$$

社会厚生は、バス運行に伴う利用者便益 $S(f_h)$ からバス運行に必要な総費用 $C(d_h, f_h) + \psi(d_h, f_h)$ と行政介入による不効率係数をかけた運行事業者の利益を引いたものとなる。行政はこの社会厚生を最大化しようとする。

(3) 完全情報下での社会厚生最大化

本研究では、報奨金 t_h 、赤字削減額 d_h 、運行頻度 f_h を変数とする社会厚生最大化問題をシュタッケルベルグゲームを仮定して解く。各変数の決定権を表-1 のように行政とバス事業者間で分配し、Case0~Case4 までの権利配分ケースを設定する。なお、Case1 と Case3 については、 $\psi(d_h, f_h)$ の頻度 f_h に関する傾きにより一般解が区別される。

ここでは Case4 について、その一般解を誘導する。Case4 は全変数を行政が決定する場合である。最大化問題は以下のように定式化される。

$$\begin{aligned} \text{Max}_{t_h, d_h, f_h} S(f_h) - (1 + \lambda)(C(d_h, f_h) + \psi(d_h, f_h)) - \lambda U_h \\ \text{s.t. } t_h - \psi(d_h, f_h) \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

U_h に関して、社会厚生関数は減少することから、 t_h^* は以下のようになる。

表-1 各種変数決定権の配分と一般解

	Case0		Case1-a $\frac{\partial \psi(d_h, f_h)}{\partial f_h} \leq 0$		Case1-b $\frac{\partial \psi(d_h, f_h)}{\partial f_h} \geq 0$		Case2		Case3-a $\frac{\partial \psi(d_h, f_h)}{\partial f_h} \leq 0$		Case3-b $\frac{\partial \psi(d_h, f_h)}{\partial f_h} \geq 0$		Case4	
	行政	バス	行政	バス	行政	バス	行政	バス	行政	バス	行政	バス	行政	バス
報奨金 t_h	t_h^*		$t_h^*=0$		$t_h^*=0$		$t_h^*=0$		t_h^*		$t_h^*=0$		t_h^*	
削減額 d_h	d_h^*		$d_h^*=0$		$d_h^*=0$		$d_h^*=0$		d_h^*		$d_h^*=0$		d_h	
頻度 f_h			f_h^*		$f_h^*=0$		f_h^*		f_h^*		$f_h^*=0$		f_h^*	

$$t_h^* = \psi(d_h^*, f_h^*)$$

1 階の最適性の条件より，次式を満足するように d_h^* と f_h^* が決定される。

$$d_h^* = d(f_h) \quad (6)$$

$$\frac{dS(f_h)}{df_h} - (1 + \lambda) \cdot \left(\frac{dC(d(f_h), f_h)}{df_h} + \frac{d\psi(d(f_h), f_h)}{df_h} \right) = 0 \quad (7)$$

(4) 一般解の性質

頻度 f_h^* を運行事業者が決定する Case1 と Case3 の一般解は，事業者の努力コスト関数 $\psi(d_h, f_h)$ の頻度 f_h に関する傾きの符号条件により区別される。頻度 f_h に関して逕増する場合には，運行事業者が $f_h^*=0$ を選択し，バスが運行されなくなるために，他の報奨金と赤字削減額の最適解も $t_h^*=d_h^*=0$ となる。頻度 f_h に関して逕減する場合には，最適な運行頻度 f_h^* が決定される。また，削減額 d_h^* を運行事業者が決定する Case1 と Case2 の一般解を見ると， f_h^* の値に関らず $d_h^*=0$ となっていることが分かる。 $d_h^*=0$ の時，運行事業者は赤字削減努力を行わないため， $t_h^*=0$ となっている。以上のことから，一般解の特徴として次のことが分かる。

- 1) 運行事業者が f_h^* を決定するケースで且つ努力コスト関数 $\psi(d_h, f_h)$ が頻度 f_h に関して逕増する場合には， $f_h^*=0$ となり，バスが運行されない。
- 2) 運行事業者が d_h^* を決定するケースでは $d_h^*=0$ となり，運行事業者は赤字削減努力をしなくなる。また，その時 $t_h^*=0$ となる。

3. 実証分析に必要な関数の推定

需要変動を生内化したインセンティブ報酬モデルを適用するためには，モデルを構成する $P(f_h)$ ， $D_{ij}(f_h)$ ， $\psi(d_h, f_h)$ をあらかじめ推定しておく必要がある。ここでは，これらの3つの関数の推定結果を示す。

表-2 経常支出額関数の推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
定数項	5.58×10^5	0.95
実車走行距離	191.4	13.6
サンプル数	41	
相関	0.91	

(1) 経常支出額 $P(f_h)$ の推定

赤字削減努力なしで運行した時の経常支出額関数 $P(f_h)$ は，荒尾市を走行する 22 系統の実績データを用いて回帰分析で推定した。推定結果を表-2 に示す。説明変数の実車走行キロは，運行頻度 f_h の関数と考え， $365(\text{日}) \times 2(\text{往復}) \times f_h^* \times L_h$ と表現できるものとする。推定結果を見ると，定数項の t 値は低いものの，実車走行距離の t 値は十分に大きく，5% 有意である。また，パラメータの符号条件も合理的であり，相関係数も十分に大きな値を示していることから，本研究ではこのモデルを用いる。

(2) 需要関数 $D_{ij}(f_h)$ の推定

バス停ペア ij 間での乗客数の需要関数 $D_{ij}(f_h)$ は，以下のように定式化する^{3), 4)}。

$$\begin{aligned} D_{ij}(f_h) &= D_{ij}^B + \varepsilon \cdot \left(\frac{D_{ij}^B}{g_{ij}^B} \right) \cdot (g_{ij} - g_{ij}^B) \\ &= D_{i,j}^B + \varepsilon \cdot \left(\frac{D_{ij}^B}{g_{ij}^B} \right) \cdot \left(c_{ij} + \omega \cdot \text{Time}_{ij} + \omega \cdot \frac{60 \cdot 13}{2 \cdot f} - g_{ij}^B \right) \end{aligned}$$

このとき， D_{ij}^B は事前のバス停ペア ij 間で観測された乗客数， ε は一般化費用に対する需要の弾力性値， g_{ij} はバス停ペア ij 間の一般化費用である。 D_{ij}^B は，本研究室と荒尾市が共同で平成 22 年に実施した荒尾市内を走行する全てのバスを対象に実施したバス停間 OD 調査（平日と休日 1 日ずつ実施）の結果を用いる。 ε は，参考文献 3) で示された値を参考に，-1.27 を使用する。一般化費用は， ij 間の運賃 c_{ij} ，時間価値 ω ，路

線バスの乗車時間 $Time_{ij}$ と路線バスの待ち時間を用いて表現される。また、時間価値 ω は「時間価値原単位および走行経費原単位（平成 20 年価格）の算出方法」より、24.94（円/分）を用い、1 日の運行時間は現行の運行時間である 13 時間を用いるものとする。この乗客数の関数の特徴は、現行の ij 間で観測された乗客数を基準として、運行頻度の変動に伴う待ち時間の変動により、予測される乗客数が変化することである。

(3) 努力コスト関数 $\psi(d_h, f_h)$ の推定

運行事業者がキロ当たり d_h 削減し、頻度 f_h で路線 h を運行するために必要な努力コスト $\psi(d_h, f_h)$ は、国によるインセンティブ措置である路線維持合理化促進補助金のデータ⁵⁾を用いて推定する。路線維持合理化促進補助金は、運行事業者が費用削減や増収努力等の一層の合理化を進める必要があることから、一定の経営改善を行った運行事業者に対してインセンティブ措置を講じることにより、更なる経営効率化を図り、もって地域住民の生活交通を効率的に維持することを目的とした制度である。制度の概要図を図-2 に示す。この補助金を受け取るための運行事業者に求められる条件は、第一に事業者のキロ当たりの経常費用が地域ブロック毎に定められた費用を下回っていること、第二に事業者のキロ当たりの経常費用が前年よりも低くなっていること、または、キロ当たりの補助路線経常収益が前年度よりも高くなっていることのいずれかである。この 2 つの条件を満たした運行事業者に対して、制度で定められた規則に基づき補助金が支給される。

熊本県内には、路線維持合理化促進補助金を活用している運行事業者が存在しなかったため、九州内のこの補助制度を活用した実績がある事業者にアンケートを実施調査をした。その結果、3 社から回答を求めた内容を表-3 に示す。アンケート項目内の事業者経常費用の対象年と前年度の差を赤字削減額 d_h 、運行頻度を f_h とする。また、努力コスト $\psi(d_h, f_h)$ を直接質問することは難しいため、 $t_h = \psi(d_h, f_h)$ であることを用いて、路線維持合理化促進補助金額を努力コスト $\psi(d_h, f_h)$ とする。

得られたアンケート結果を用いて努力コスト関数を推定する。仮定した関数形を以下に示す。

$$\psi(d_h, f_h) = \exp(\alpha_0 + \alpha_1 \cdot gap + \alpha_2 \cdot d_h + \alpha_3 \cdot 365 \cdot 2 \cdot L_h \cdot f_h)$$

ここで、 gap は地域ブロック経常費用と事業者の経常費用の差額である。 $365 \cdot 2 \cdot L_h \cdot f_h$ は年間の実車走行距離であり、頻度 f_h の関数とする。努力コスト関数の推定結果を表-4 に示す。各変数の t 値は十分に大きな値を示しており、5%有意である。また、 gap 、赤字削減

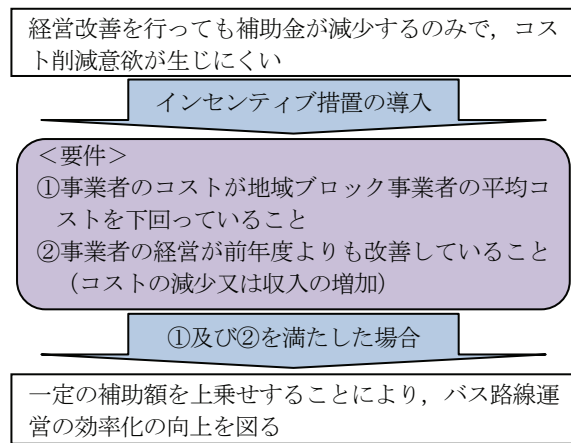


図-2 路線維持合理化促進補助金

表-3 アンケート項目

路線属性に関する項目	系統名
	系統の起点、終点
	路線長
	運行頻度（平日、休日）
経営状態、補助金に関する項目	経常収入、支出
	地域ブロック経常費用（円/km）
	対象年と前年の事業者経常費用（円/km）
	対象年と前年の補助路線経常収入（円/km）
	路線維持費用庫補助金額
	路線維持合理化促進補助金額

表-4 努力コスト関数の推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
定数項	1.08E+01	73.1
経常費用の差額	7.86E-03	12.4
赤字削減額	4.93E-02	6.7
実車走行距離	8.71E-06	15.4
サンプル数	20	
相関	0.97	

額のパラメータの符号は正であり合理的である。実車走行距離のパラメータについては、正であった。前章で $\psi(d_h, f_h)$ の頻度 f_h に関する傾きの符号条件により一般解を区別していたが、符号条件が正であったため、正の場合の一般解を用いて分析する。

4. 実証分析

(1) 熊本県荒尾市における地域公共交通の現状

本研究では、前章に示したインセンティブ報酬モデルを熊本県荒尾市のバス路線網に適用しその効果を分析する。荒尾市は熊本県の北端に位置し、東は玉名市、北は福岡県大牟田市に接する県境の都市である。都市計画区域マスタープランによれば、中心拠点はJR荒尾駅付近から大牟田市にかけての既存市街地と大規模

商業施設が存在する緑ヶ丘地区周辺とされている³⁾。

平成 22 年度国勢調査の結果（平成 22 年 10 月 1 日基準）によれば、荒尾市の人口は 55,321 人（前回調査より 639 人減）であり、高齢化率は 28.4%（前回調査より 1.6%上昇）である。熊本市の高齢化率 21%と比較すれば、荒尾市は非常に高齢化が進んだ都市であり、高齢者などのモビリティ水準の低い人々に対して公共交通機関が果たすべき役割は大きい。1 往復を 1 回とした時の平日の運行頻度は 75.5 回、休日は 61 回である。また、路線図をしてみると、荒尾市内 2 つの中心拠点を結ぶ荒尾四ツ山－老人センター前－バスセンター区間や広域系統が通過する荒尾四ツ山－老人センター前－桜山－金山－玉名市などの区間は、比較的高い頻度である。それに対し、市内東部の平山、府本、南西部の清里地区などでは、運行頻度が少なくなっている（図-3 参照）。本研究室で平成 21 年に独自で実施した荒尾都市圏ミニ PT 調査の結果によると、荒尾市における路線バスの分担率は、わずか 1%であった。また、路線バスの乗客数は年々減少し、補助金額は年々増加を続けている状況にある。

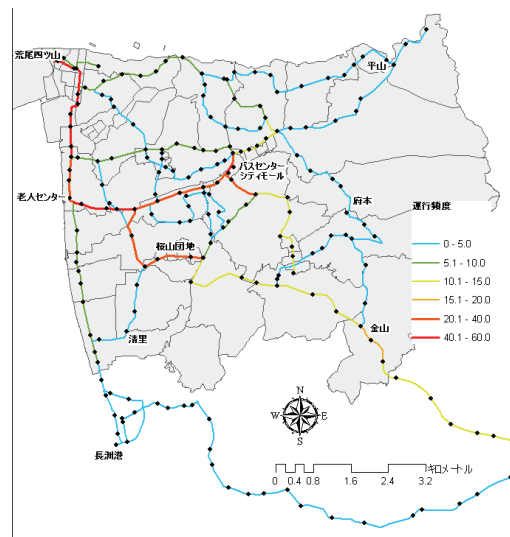


図-3 荒尾市のバス路線図（平日）

(2) 適用結果

これ以降、運行頻度を運行事業者が決定する Case1 と Case3 では $f_h^*=0$ となりバスが運行されなくなるため、契約の在り方として不適切であると考え、分析対象から除外している。表-5 に本モデルの適用結果概略を示す。なお、表に示している結果は路線毎に最適解を決定したものを市全域で集計したものである。Case0 は運行頻度を変更しないため、運行頻度、乗客数と消費者余剰は現状のままである。運行事業者の赤字削減努力により、年間 26,198(千円)が削減される。その結果、欠損補助は 46.4(百万円)、報奨金は 13.3(百万円)となり、行政の総補助額は 59.7(百万円)となる。現状と比較して 12.9(百万円)の減少である。社会厚生の変化額は 13.5(百万円)の増加となった。

Case2 は一般解より $d_h^*=0$ となり、赤字削減努力がなされない。行政が最適運行頻度 f_h^* を決定した結果、路線網全体で 233.3(回/日)となった。これは現状の約 3.7 倍である。乗客数は 588.2(千人/年)となり、現状の 1.5 倍である。その結果、欠損補助は 275.3(百万円)、

報奨金は 5.1(百万円)となり、行政の総補助額は 280.3(百万円)となる。現状と比較して 207.7(百万円)の増加である。消費者余剰の増加額は 1,082.6(百万円)であり、社会厚生の変化額は 870.2(百万円)の増加となった。

Case4 は全ての運行頻度 f_h^* 、赤字削減額 d_h^* ともに行政により決定される。 f_h^* を決定した結果、路線網全体で 247.9(回/日)となった。これは現状の約 3.9 倍である。乗客数は 590.9(千人/年)となり、現状の 1.5 倍である。また、運行事業者の赤字削減努力により、年間 23,453(千円)が削減される。これは、運行事業者が赤字削減努力をせずに運行頻度を 189.7(回/日)とした場合に予測される赤字額との差額である。その結果、欠損補助は 205.3(百万円)、報奨金は 42.9(百万円)となり、行政の総補助額は 248.2(百万円)となる。現状と比較して 175.6(百万円)の増加である。消費者余剰の増加額は 1,103.8(百万円)であり、社会厚生の変化額は 925.2(百万円)の増加となった。

図-4 に、行政にとっての目的関数である社会厚生値の現状からの変化金額を各ケース毎に示している。Case0 で 14(百万円)、Case2 で 870(百万円)、Case4 で 925(百万円)の増加であった。Case2 と Case4 は Case0 と比較してそれぞれ約 64 倍、68 倍にもなった。

なお、社会厚生値の変化量は以下の式で表現され、

表-5 報酬モデル適用結果

	運行頻度 (本/日)	乗客数 (千人/年)	削減額 (千円/年)	欠損補助 (百万円/年)	報奨金 (百万円/年)	総補助額 (百万円/年)	余剰増加分 (百万円/年)	更生変化 (百万円/年)
現状	62.5	382.3	0	72.6	0	72.6	0	0.0
Case0	62.5	382.3	26,198.1	46.4	13.3	59.7	0	13.5
Case2	233.3	588.2	0	275.3	5.1	280.3	1,082.6	870.2
Case4	247.9	590.9	23,453.2	205.3	42.9	248.2	1,103.8	925.2

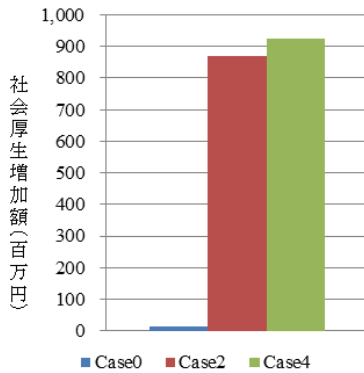


図-4 社会厚生増加額(市全域)

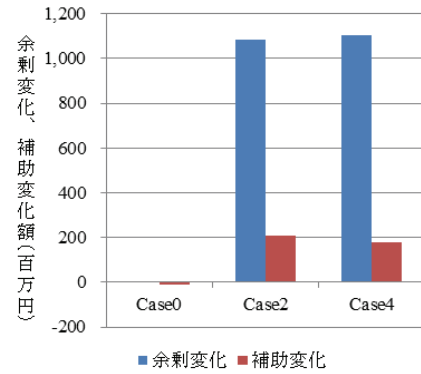


図-5 余剰変化額と補助変化額(市全域)

消費者余剰の増加額と補助金の変化額の差に行政介入による不効率性を考慮したものと言える。

$$SB_A - SB_B = UB_A - UB_B + U_A - U_B$$

$$\Delta SB = \Delta S(f_h) - (1 + \lambda) \cdot (C - C_B + t_h)$$

図-5に各々のケースでの消費者余剰の増加額と補助金の変化額を示す。縦軸の負の方向は消費者余剰又は補助金額が減少したことを示す。Case0では消費者余剰が変化せず、補助金のみが削減され社会厚生が最大化されている。それに対し、Case2とCase4では消費者余剰の変化金額が補助金の増加金額を大幅に上回っていることが分かる。Case2で873(百万円)、Case4で926(百万円)も上回っている。頻度の変動に伴う乗客数の変化と待ち時間の変化によって説明される。つまり、運行頻度を行政が決定できるCase2とCase4では補助額は増加するものの運行頻度を増加させることにより消費者余剰を増加させることにより、社会厚生が最大化されている状況にある。

4. 終わりに

本研究では、これまでに開発されているインセンティブ補助モデルで考慮されていなかったサービス水準の変化に伴う需要の変動を内生化したインセンティブ補助モデルを新たに開発した。さらに Case0-Case4 の5つ各種変数の決定権利の配分パターンを設定し、シュタッケルベルグゲームの考え方に基いた一般解を誘導した上で適用分析を実施した。適用分析では、最適解の配分パターン間での違いについて分析し、その特性を明らかにした。以下に本研究で明らかになったことを挙げる。

1) 最適なキロ当たり赤字削減額 d_h^* を運行事業者が決定する場合には、 $d_h^*=0$ となり運行事業者は努力しなくなる。

2) 最適な運行頻度 f_h^* を運行事業者が決定する場合には、運行事業者の努力関数 $\psi(d_h, f_h)$ の関数形によって f_h^* が異なる。 $\psi_2(d_h, f_h) > 0$ の時は $f_h^*=0$ となりバスが運行されなくなる。一方で $\psi_2(d_h, f_h) < 0$ の時は $f_h^* \neq 0$ (g) となり、最適な運行頻度でバスが運行される。

3) Case2 と Case4 の最適運行頻度 f_h^* を比較すると Case4 で実現される運行頻度の方が大きい。

4) Case0 と Case4 で最適な赤字削減額 d_h^* を比較すると Case4 の方が削減額が大きく、また系統間の分散も小さい。

5) 社会厚生は Case4, Case2, Case0 の順に大きくなっている。Case0 は運行頻度を変化させないという仮定のために消費者余剰が増加しなかったこと、Case2 は運行事業者が赤字削減努力を行わないために効率的な運行が図れないなどの理由により、Case4 よりも社会厚生は増加額が小さくなった。

6) Case2 と Case4 では運行頻度が大幅に増加するために、現状よりも事業者の赤字額が拡大し、行政の赤字補てん額が増加するという状況で社会厚生が最大化されている。補助変化額以上に消費者余剰の変化額が大きかったためである。

以上のように提案したインセンティブ補助モデルを適用した際の各ケースの最適解の特性を明らかにし、その適応可能性を検証した。以下に今後本研究を進展させていく上で課題となる事項を列挙する。

1) 本研究で適用したバス停間での乗客数を予測する需要関数は一般化費用に対する需要の弾力性を利用したものであるため、沿線人口や競合路線の有無といった情報を反映することができない。これらの点について改良の余地がある。

2) 行政にとって重要な指標の1つである総補助額は、弾力性を1増加させると Case2 で40(百万円)増加、Case4 で31(百万円)増加する。また、行政の目的変数である社会厚生は Case2 で290.9(百万円)増加、Case4 で300.3(百万円)増加するという結果になった。これ

らの増加額は、決して小さな額ということは出来ないことから、今後弾力性値については精査する必要がある

参考文献

- 1) Jean-Jacques Laffont, Jean Tirole: A Theory of Incentives in Procurement and Regulation, The MIT Press, pp.53-124, 1993.
- 2) 溝上章志, 藤見俊夫, 平野俊彦: 熊本都市圏におけるバス路線網再編計画案へのインセンティブ報酬モデルの適用, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 2, pp.105-116, 2012.5.18.
- 3) Hanly, H., Dargay, J. BUS FARE ELASTICITIES A Literature Review, 1999. <http://www2.cege.ucl.ac.uk/cts/tsu/papers/BusElasticitiesLiteratureReview.pdf>
- 4) Suwardo, Napiah, M., Kamaruddin, I. : Ridership Factors Change and Bus Service Demand Sensitivity Assessment of the Fixed-Route Bus Service for Short-term Action Plan, International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol:10 No:02, 2010.
- 5) 国土交通省自動車交通局: バス運行対策費補助金交付要綱, 国土交通省, 2008.

A STUDY ON INCENTIVE SUBSIDY SCHEME CONSIDERING ELASTIC DEMAND FOR LOCAL PUBLIC TRANSPORTATION

Yutaro MURANO, ZOU Wenqian, Shoshi MIZOKAMI

Recently, the number of passenger of public bus transport in Japan tends to decrease due to the motorization. This condition leads to a severe management situation, including in Arao City. The deficit of bus companies operation in provision of bus services in Arao City has been covered by Arao City Government on the basis of lines subsidy, and the city allocated a number of subsidy of about 53 million yen in 2011. To solve this problem, we pay attention to incentive scheme. This study aims to construct the mathematical model of the incentive subsidy schme considering elastic demand and this paper includes application to bus network in Arao City to analyze the utility level of incentive subsidy model .