

# リスク負担能力を考慮したバスの運行委託契約に関する一考察\*

## A Study for Bus Service Contracts Considering Risk Bearing Capacity\*

喜多秀行\*\*・蘆田哲也\*\*\*・谷本圭志\*\*\*\*

By Hideyuki KITA\*\*・Tetsuya ASHIDA \*\*\*・Keishi TANIMOTO\*\*\*\*

### 1. はじめに

規制緩和後、多くの自治体ではバス路線の維持のために補助金投入や運行委託を行っている。その際、必要なバスサービスが提供されるようバス事業者との間で品質協定を結ぶことが望ましいが、情報の非対称性に起因する問題を回避する効果的な契約方法は確立されていない。また、現在の自治体およびバス事業者は財政が逼迫しており、社会環境の変化などの不確実な要因によるバス事業の赤字額の増加等の問題についても両者間の調整で対処しなければならない。そこで本研究では、経営努力のインセンティブおよびバス事業の不確実性を考慮してバスの運行委託契約をモデル化し、効率的なサービス調達のための契約方法について検討する。

### 2. 本研究における基本的な考え方

#### (1) 既存研究について

バスサービスを扱った研究は数多くあるが、契約や品質協定を扱った研究は現状ではあまり進展がなく、そのような中でHensher and Houghton<sup>1)</sup>は地域の社会的余剰を最大化するような運賃、便数、補助金額等を導出した。彼らのモデルでは自治体、バス事業者間に情報の非対称性が存在せず、両者は完全情報対称下にあるとしており、バス事業者は自治体の全ての政策決定に従うものとしてバス事業を運営することを前提としている。しかし実際は、バス事業者が自治体よりもバス事業に関して多くの情報を有するという、情報の非対称性が存在しており、

\*キーワード：バスサービス、インセンティブ契約、  
リスク負担能力

\*\*正会員，工博，鳥取大学工学部社会開発システム工学科  
(鳥取市湖山町南4丁目101番地，TEL0857-31-5309，  
FAX0857-31-0882)

\*\*\*学生会員，鳥取大学工学部社会開発システム工学専攻  
(鳥取市湖山町南4丁目101番地，TEL0857-31-5333，  
FAX0857-31-0882)

\*\*\*\*正会員，工博，鳥取大学工学部社会開発システム工学科  
(鳥取市湖山町南4丁目101番地，TEL0857-31-5310，  
FAX0857-31-0882)

バス事業者が自治体にとって望ましい行動を契約通りに行うとは限らない。喜多，松永<sup>2)</sup>はこのモラル・ハザードに着目し、バス事業者の経営努力を引き出すインセンティブを組み込んだバスの運行委託契約をモデル化した。具体的には、バス事業者の経営努力がバスの運行費用を大きく変化させる要因であるとし、経営努力を高い努力水準と低い努力水準の2つに分けてこれをバス事業者の操作変数とし、バス事業者が高い努力水準を選択するような契約体系を構築した。運行環境の変化によってバスの運行費用が不確実に変動するという状況下において、バス事業者は自身の期待効用を最大化する行動をとり、自治体はそれを見越して自治体自身の効用を最大化するように契約を結ぶこととしている。

#### (2) 本研究の着眼点

一般的に過疎地域においては自治体の財政は厳しく、またバス事業者も小規模である場合が多い。よって、両者にとって運行環境の変化に起因する費用負担リスクが大きな関心事となっている場合が少なくない。喜多，松永はバス事業者の経営努力インセンティブを引き出すインセンティブ契約に着目したが、自治体、バス事業者の両者は不確実な運行費用の変動に対してリスク中立的であると仮定しており、両者でのリスクの分散や処理については詳しく考察されていない。そこで本研究では、補助方式によって両者が負担するリスクが変化することに着目し、バス事業におけるリスクをどのように分担すべきかを考慮したインセンティブ契約を検討する。

### 3. 契約モデルの前提

#### (1) 不確実性下での意思決定

状況としては自治体があるバス事業者に対し、ある1路線におけるバスサービスを運行委託する契約を想定している。この契約において、運賃、便数、使用する車輛といったバスサービスの品質に関わるものは既に特定されているものとし、バスの運行により生じる赤字分をどのように補助するかという補助制度についてモデル化を行う。バス事業者は努力するか努力しないかのどちらかの努力水準を選択し、それぞれの努力水準における運行

費用は不確実な運行環境により変動するとする。この不確実性のために自治体はバス事業者の努力水準を正確に観察することができない。よって、バス事業者の業績が悪かったとしてもそれはバス事業者の怠慢によるものなのか、運行環境が悪かったために生じてしまったものなのかを判断できないため、自治体はバス事業者の努力水準に応じた補助ではなく、かかった費用や赤字額などの結果に応じて補助を行うことになる。このように自治体は運行環境の変化とバス事業者の努力水準の双方を考慮しなければならず、運行環境の変化という確率的要素を踏まえた上で補助制度を作る必要がある。一方、バス事業者の方も確率的要素を認識しているのであれば、バス事業者は補助制度を考慮した上での期待利潤の大小によって意思決定を行うであろう。したがって、自治体はバス事業者が努力した際の期待利潤が大きくなるように補助制度を築くことでバス事業者の経営努力インセンティブを引き出し、効率的なバスサービスの供給が可能となる。バス事業者の操作変数は努力水準（努力する  $s_1$ ：努力しない  $s_2$ ）のみとし、努力水準が高いほど運行費用  $x$  が低くなるとする。運行環境は不確実に変化し、運行費用はそれぞれの努力水準の下での確率密度関数  $f(x, s_1)$ ,  $f(x, s_2)$  に従うものとする。これらから  $f(x, s_1)$ ,  $f(x, s_2)$  について(1)式が成り立つ。また、運賃収入  $R$  については努力水準に関わらず一定であるとする。

$$\int_0^{\infty} xf(x, s_1)dx < \int_0^{\infty} xf(x, s_2)dx \quad (1)$$

## (2) 補助体系の設定

自治体が事業者に投入する補助は一定額の定額補助  $c_0$  と赤字額に対して一定割合  $\alpha$  で補填する定率赤字補助の  $\alpha(x-R)$ 、この2種類の組み合わせとする。バス事業者が努力をせずとも利潤が得られるような補助の仕組みでは、バス事業者に経営努力を促すことができないため、利潤をゼロ以上にさせないように赤字補助率  $\alpha$  の範囲を ( $\alpha < 1$ ) とする。なお、定額補助の金額は契約期首に決定され、契約期間の赤字額に関わらず補助されるものとし、定率赤字補助は契約期間の終了時に契約期間中のバス運行によって発生した赤字に応じて補助額が決定されるという契約を想定する。自治体からの補助を加えない状態でバス事業者の利潤が黒字となった場合については、定額補助は同様に支給され、定率赤字補助は支給しないものとする。これらはバス事業者の運行収支の結果により表-1のように表される。

表-1 運行収支と補助の関係

	自治体による補助額	バス事業者利潤
黒字( $R \geq x$ )の場合	$c_0$	$R-x+c_0$
赤字( $x < R$ )の場合	$\alpha(x-R)+c_0$	$(1-\alpha)(R-x)+c_0$

ここで、この補助方式を用いた場合にリスク回避的な自治体、バス事業者がどのような戦略を取ろうとするかを考察する。まず、定額補助のみで補助を行う場合は、契約期首にその契約期間の補助額が全て決まり、バス事業者はその補助額を加えた上で最終的に利潤が正となるように経営努力を行うであろう。しかし、経営努力を行ったとしても運行環境の悪化により赤字額が大きくなる可能性があるため、バス事業者が背負うリスクは大きいと考えられる。このとき、自治体はどのような結果であっても一定の補助額を支払えばよいのでリスクは背負わないものと考えられる。反対に赤字補助率が高い場合、バス事業者の赤字分のほとんどを自治体が補填するためバス事業者が背負うリスクは小さい。このとき、自治体はバス事業者の赤字額により補助額が変動するのでリスクを背負わなければならない。また赤字補助率が高い場合は、バス事業者が経営努力を怠慢による赤字分も含め、全て自治体が補填することになるので経営努力のインセンティブを引き出せないという問題も生じる。両者がリスク回避的な場合、お互いの補助への選好が異なるため、2つの補助の割合について交渉が行われると考えられる。

## (3) リスク回避度の導入

自治体とバス事業者の効用はそれぞれ補助額や利潤により規定され、両者は期待効用最大化行動をとるものとする。なお、自治体の効用には地域住民のバスサービス利用による消費者余剰  $CS$  (バス事業者の努力水準に関わらず一定とする) が含まれる。自治体、バス事業者は絶対的リスク回避度一定の効用関数を有するものとし、それぞれのリスク回避度を  $\gamma$  ( $\gamma \geq 0$ )、 $\delta$  ( $\delta \geq 0$ ) で表す。これらは組織の規模や予算状態などに応じてどれだけリスクを負担できるかといった能力に相当し、リスク受容能力が高いほどリスク回避度は小さいと仮定する。

ここで、自治体、バス事業者がリスクの評価を行う項目について整理する。自治体は契約に際して、まずバス事業者の業績結果に関わらず無条件に与える定額補助  $c_0$  を定め、定率赤字補助  $\alpha(x-R)$  についてはバス事業者の赤字額によって変動する。よって、自治体の効用では定率赤字補助に対してリスクの評価を行うと考える。一方、バス事業者については初めに定額補助  $c_0$  が定まり、変動する赤字額に対しては契約期間後に赤字補助率  $\alpha$  のもとで赤字補助がなされる。よって、バス事業者の効用では赤字補助がなされなかった分  $(1-\alpha)(x-R)$  に対してリスクの評価を行うものとする。

## 4. バスサービスの契約モデル

自治体はバス事業者に契約に応じてもらうことを望み、かつ経営努力を行ってもらいたいと考える。したがって

自治体は、バス事業者が外部機会で見られる効用を表す留保効用  $u_0$  よりも高い期待効用を契約によって得られるようにし（参加制約）、努力した場合に見られるバス事業者の期待効用  $EU_A(s_1)$  が努力せずとも得られる期待効用  $EU_A(s_2)$  を上回る（誘引両立性制約）ように制度を築き、この制約を満たす中で自治体自身の期待効用  $EU_P$  の最大化を図る。よって(3)式の誘引両立性制約と(4)式の参加制約の下で、自治体の期待効用最大化を目的関数とする制約付き期待効用最大化問題として以下のように定式化される。

$$\max_{c_0, \alpha} EU_P = CS - c_0 + \int_R^\infty \frac{1}{\gamma} (1 - e^{\gamma\alpha(x-R)}) f(x, s_1) dx \quad (2)$$

$$\text{subject to } EU_A(s_1) > EU_A(s_2) \quad (3)$$

$$EU_A(s_1) \geq u_0 \quad (4)$$

$$EU_A(s_1) = \int_0^R \frac{1}{\delta} (1 - e^{-\delta(R-x)}) f(x, s_1) dx + \int_R^\infty \frac{1}{\delta} (1 - e^{-\delta(1-\alpha)(R-x)}) f(x, s_1) dx + c_0 \quad (5)$$

$$EU_A(s_2) = \int_0^R \frac{1}{\delta} (1 - e^{-\delta(R-x)}) f_2(x, s_2) dx + \int_R^\infty \frac{1}{\delta} (1 - e^{-\delta(1-\alpha)(R-x)}) f(x, s_2) dx + c_0 \quad (6)$$

(2) ~ (4)式よりラグランジュ関数を作り、制約式が不等号であるため Kuhn=Tucker の 1 階条件で検討を加える。これを解いてラグランジュ関数の最大値は(7)式となり、ラグランジュ関数を最大化する最適解はそれぞれ(8)、(9)式で表される。

$$L_{\max} = CS + \frac{\gamma + \delta}{\gamma\delta} \int_R^\infty (1 - e^{\frac{\gamma\delta}{\gamma+\delta}(x-R)}) f(x, s_1) dx + \int_0^R \frac{1}{\delta} (1 - e^{-\delta(R-x)}) f(x, s_1) dx - u_0 \quad (7)$$

$$\alpha^* = \delta / (\gamma + \delta) \quad (8)$$

$$c_0^* = u_0 - \frac{1}{\delta} \int_R^\infty (1 - e^{\frac{\gamma\delta}{\gamma+\delta}(x-R)}) f(x, s_1) dx - \int_0^R \frac{1}{\delta} (1 - e^{-\delta(R-x)}) f(x, s_1) dx \quad (9)$$

(8)式より、リスク回避度が小さい方の主体、つまり、よりリスクを受容できる主体が変動のリスクを多く負担するように赤字補助率  $\alpha$  を定めることが望ましいと分

かる。その赤字補助率の下で、参加制約を満たすように定額補助  $c_0$  を定めればよい。

## 5. 数値計算事例

次のような状況を想定して数値分析を行う。運行費用の変動に関する確率密度関数  $f(x, s_1)$ 、 $f(x, s_2)$  は正規分布に従うとして、平均  $\mu_1=950$ 、 $\mu_2=1000$ 、標準偏差  $\sigma_1=\sigma_2=30$  とする。運賃収入  $R=500$  で一定とする。なお、これらの単位は [万円] を想定している。また、消費者余剰  $CS=500$ 、留保効用  $u_0=10$  とし、貨幣換算されているものとして運賃収入や運行費用と同じく単位を [万円] として表すものとする。効用関数は指数関数を用いて表されており、自治体、バス事業者の両者の効用はいずれも赤字額が大きくなるほど大きく低下する。また同一の赤字額の下では、自治体の効用は赤字補助率が大きいほど、バス事業者は赤字補助率が小さいほど効用を大きく低下させる。この数値分析では自治体の方がバス事業者よりも大きなリスクを受容できるとして、自治体、バス事業者それぞれのリスク回避度を  $\gamma=0.0004$ 、 $\delta=0.0006$  とおく。これらを表 - 2 で表す。

表 - 2 状況設定

運行費用: 努力水準 $s_1$ 時の平均 $\mu_1$	950
運行費用: 努力水準 $s_2$ 時の平均 $\mu_2$	1000
運行費用: 標準偏差 $\sigma_1, \sigma_2$	30
運賃収入 $R$	500
消費者余剰 $CS$	500
留保効用 $u_0$	10
自治体: リスク回避度 $\gamma$	0.0004
バス事業者: リスク回避度 $\delta$	0.0006

自治体はバス事業者を路線から撤退させないために、バス事業者が留保効用以上の期待効用を得られるよう赤字補助率と定額補助の金額を定めなければならない。図 - 1 は自治体とバス事業者の無差別曲線を表しており、赤字補助率  $\alpha=0.6$  上で2つの無差別曲線は接している。

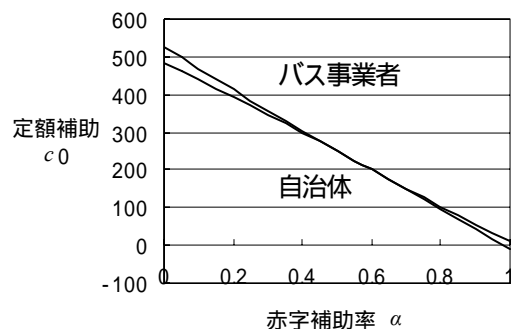


図 - 1 自治体とバス事業者の無差別曲線

バス事業者の無差別曲線は留保効用の値と同じ期待効用をとるような赤字補助率と定額補助を組み合わせたものである。一方、自治体の無差別曲線はバス事業者が契約に応じる範囲内で定額補助の金額を最小にしたものである。自治体は余分な補助をしないことで、自身が得られる期待効用を増加させることができる。このとき、赤字補助率  $\alpha^*=0.6$  で自治体の期待効用は最大となり、 $L_{\max}=14.68$  となる。このときの定額補助  $c_0^*=200.13$  となる。図 - 2 は赤字補助率  $\alpha$  と自治体の期待効用  $EU_p$  との関係を示す。

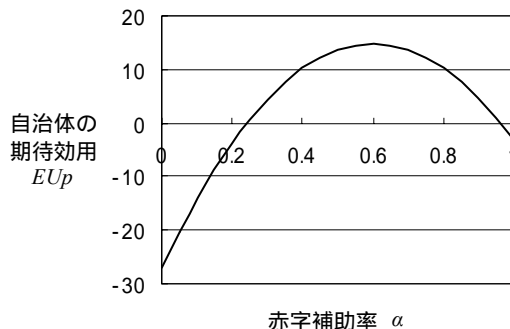


図 - 2 契約が結ばれる際の自治体の期待効用

バス事業の赤字額を漫然と全額補助する方法では、バス事業者の経営努力インセンティブを引き出せないだけでなく、費用負担の面で自治体が背負うリスクも大きくなるため自治体の期待効用は低くなる。一方、赤字額の全てを定額補助で補助する方法でも、バス事業者の補助要求額にリスク負担分が追加されるため、結果として自治体の効用を下げると言える。よって、赤字補助率を0~1間の値をとり、両者でリスクを分担することでより効率的なバスサービスの維持ができればと考えられる。バスサービスの需要量が少ない過疎地域では、運行費用が運賃収入を大きく上回り、何らかの補助なしではバスサービスが成り立たない。赤字補助率の値によっては税金を通して地域の余剰の減少に繋がるため、自治体とバス事業者のリスクの負担能力に見合った適切な補助を検討することが重要となる。

本研究では、自治体およびバス事業者それぞれのリスク回避度の相対的大きさによって赤字補助率が定まると導出した。図 - 3 は自治体、バス事業者のリスク回避度の比率とその状況において最適となる赤字補助率の関係を図示したものである。両者のリスク回避度が同じであるならば赤字補助率  $\alpha=0.5$  となり、費用変動のリスクを両者が半分ずつ負担することが望ましいと言える。自治体のリスク回避度がバス事業者のリスク回避度よりも小さい場合は赤字補助率を大きくする。つまり費用変動に対して、自治体の方が対処する能力が高いのであれば、自治体が赤字の多くを事後負担すべきである。

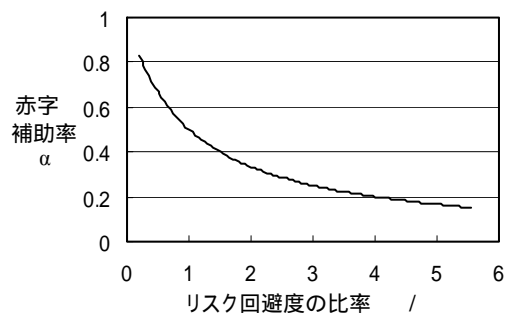


図 - 3 リスク回避度の比率と赤字補助率の設定

## 6. おわりに

本研究ではバスサービスの運行委託におけるモラル・ハザードを防ぐためにインセンティブ契約を取り上げ、自治体、バス事業者のリスクの負担能力についても考慮して契約方法の検討を行った。過疎地域や規模の小さい地域では自治体の財政が逼迫しており、費用の変動というリスクに対して非常に脆弱である。一方、そのような地域ではバス会社も規模が小さい場合が多く、またNPO 団体によるバス事業運営に関しても赤字負担は大きな問題となっている。そのような状況において、両者のリスク負担能力に見合った補助方式を検討することは重要であり、これによりバス路線の維持に活路が見出せると考えられる。

しかしながら、バスの運行委託契約をモデル化し、現実問題を説明するには課題は多い。赤字補助率  $\alpha$  の値に対するインセンティブの強さの変化を考慮できておらず、また、努力費用の概念についても整理が必要である。一般に、バス事業者に最大限の経営努力のインセンティブを与えることと、バス事業運営のリスクを最小限に抑えることはトレード・オフの関係にあるため、より優れた補助方式について検討することも課題となる。現実問題に適應させる上では、組織の規模や財政の状態に応じたリスク回避度を推定することも課題として挙げられる。最後に発展として、長期間に渡って契約更新がなされていく場合の分析を行うことで契約方法に関する新たな示唆が得られると考えられる。

## 参考文献

- 1) Hensher, D.A. and Houghton, E.: Performance-based quality contracts for the bus sector: delivering social and commercial value for money, *Transportation Research, Part B*, vol.38, pp.123-146, 2004.
- 2) 喜多秀行, 松永拓也: 情報の非対称性を考慮したバスの運行委託契約に関する一考察, 第 57 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.373-374, 2005.