

バス補助金に対するインセンティブ報酬モデルの構築と熊本都市圏再編バス路線網への適用

○ 熊本大学 学生員 平野俊彦
 熊本大学 正会員 藤見俊夫
 熊本大学 正会員 溝上章志

1. はじめに

近年モータリゼーションの進展に伴う自家用自動車の普及、少子化の進行による人口の減少等により乗合バスの利用者数は全国的に減少傾向にある。このためバス事業は現在、大変厳しい経営状況にあり、一部の路線では行政からの補助金によって路線が維持されている。熊本市での路線バスへの補助制度は昭和 59 年から開始されており、補助対象系統を一般系統にまで拡大した平成 16 年度から補助金額が急増し、平成 19 年度時点の交付額は約 2 億円となっている。現在の熊本市の補助金交付方法は赤字路線の赤字額を全額補填する形をとっているが、この方法ではバス事業者が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。

本研究では、インセンティブ報酬を取り入れた補助金交付方法の数学的モデルを構築し、これを今後再編される予定である熊本都市圏の再編バス路線網(117 路線)のうち、赤字になると予測された 86 路線に適用してインセンティブ報酬の効果を測ることを目的とする。

2. インセンティブ報酬モデル

現在のバス事業者への補助金交付方法ではバス事業者が補助対象路線の赤字額を減らそうとするインセンティブは働きにくいと考えられる。インセンティブ措置は国庫補助対象路線ですで行われているが、今回は赤字路線 1 本 1 本に対してバス事業者が赤字削減努力をして赤字を削減すれば、その額に応じて報奨金として追加的な補助金が与えられるという仕組みを考え

る (図 1 参照)。

(1) 設定条件

1) 当該バス路線の赤字額 C

バス事業者は赤字削減努力をするという条件の下、ある赤字バス路線を運行するとする。ここで β を赤字削減努力なしで運行した時ときの赤字額、 d を赤字削減額とするととき実際の赤字額 C は下記で表せる。この実際の赤字額 C は行政からの赤字補填額でもある。

$$C = \beta - d$$

2) 当該バス路線運行によるバス事業者の効用 U

バス事業者が赤字を削減すればするほどバス路線運行による赤字額は減るが、赤字削減にかかる費用も発生する。その費用を $\psi(d)$ とする。また、行政は赤字補填額 C と同時にバス事業者の赤字削減努力に応じて追加の補助金 t を与える。この追加の補助金 t 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。

バス事業者の効用 U は補助金と赤字削減費用の差で表わされる。

$$U = t - \psi(d)$$

3) 住民の純便益 UB

当該バス路線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 から行政が支払う追加の補助金 t と赤字補填額 C を引いたもので表わされるが、この行政の費用となる t と C に行政介入による不効率係数 λ を与える。

$$UB = S - (1 + \lambda)(t + \beta - d)$$

4) 当該バス路線運行による社会厚生 SB

バス運行による社会厚生 SB は、2) バス事業者の効用 U と 3) 住民の純便益 UB を足し合わせたもので表せる。

$$\begin{aligned} SB &= S - (1 + \lambda)(t + \beta - d) + t - \psi(d) \\ &= S - (1 + \lambda)[\beta - d + \psi(d)] - \lambda U \end{aligned}$$

行政はこの社会厚生を最大化しようとする。ここで行政が先手のシュタッケルベルグゲームであることを仮定する。

(2) 完全情報下での社会厚生最大化

完全情報下では、行政は β を知っていて、かつ d も観測できる。このとき、行政は下記の社会厚生最大化問題を解く。

$$\max_{\{U, d\}} SB = \max_{\{U, d\}} \{S - (1 + \lambda)[\beta - d + \psi(d)] - \lambda U\}$$

$$\text{s.t. } U \geq 0$$

この最大化問題の e に関する 1 階の最適性の条件より

$$\psi'(d) = 1$$

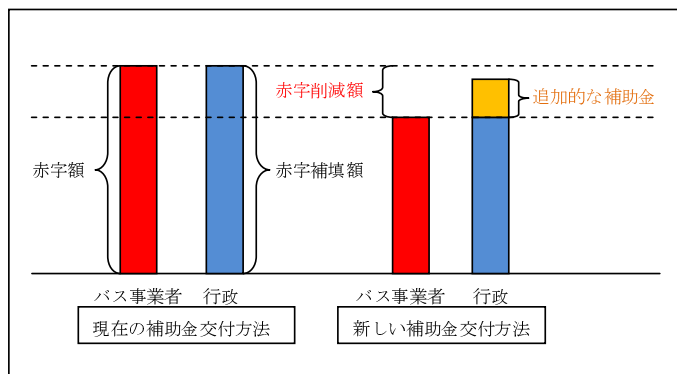


図 1 補助金交付方法概念図

が得られ、これを満たす赤字削減額を

$$d = d^*$$

とする。また、社会厚生関数は U に関して減少関数なので、下記が成立する。

$$U = 0$$

これより最適性の条件を満たす追加補助額

$$t = \psi(d^*)$$

を得る。行政はバス事業者に固定価格契約

$$t(C) = \psi(d^*) - \{C - (\beta - d)\}$$

を提示することで上の解と同様の結果が得られる。つまり、完全情報下では、行政は $t = \psi(d^*)$ を与えることで d^* の赤字削減努力を引き出せることが分かる。

3. 実証分析

実証分析を行うに当たり、前章で示したモデルを適用するために必要なデータを集める必要がある。必要なデータは赤字削減努力なしで運行した時の赤字額 β と赤字削減のためにバス事業者にかかる費用（赤字削減コスト） $\psi(d)$ 、そしてバス路線運行による当該バス路線の利用者便益 S である。行政介入による不効率 λ は測定することが不可能であるため感度分析を行うこととする。このうち β については再編バス路線網の費用便益分析から直接得られる。 S も費用便益分析の結果から算出するが、得られるのは公共交通ネットワーク全体の利用者便益なのでこれを路線別に分ける必要がある。費用便益分析については他の文献に譲る。 $\psi(d)$ はバス事業者へのアンケートから関数を推定する。

(1) 路線別利用者便益 S の推計

利用者便益は公共交通ネットワーク全体の便益としては求めることができるが、路線ごとの便益は本来、簡単に求められるものではない。しかし、今回は簡単のためにバス路線毎にリンク毎人時間の合計を用い、ネットワーク全体の利用者便益 45.23 億円を各路線に比例配分する方法をとる。結果としては、幹線では比較的用户便益が高い路線が多く、市街地を循環している中心部循環路線も便益が高くなるという結果が得られた。反対に支線では利用者数も少ない路線が多数あり、どの路線でも利用者便益が小さいという妥当な結果が得られた。

(2) 赤字削減コスト関数の推定

赤字削減コスト関数の推定には環境分野でよく用いられる二段階二肢選択 CVM を用いる。環境分野ではアンケートの提示額と受諾確率との関係を示す受諾率曲線を導出し、支払意思額を推定するが、今回の場合は赤字削減額 d と赤字削減にかかる費用 $\psi(d)$ との関係を示す関数を推定するために用いる。アンケートは「X 円だけ報奨金をもらえたら提示された額の赤字削減をする努力をするか」という質問に対して、Yes の場合は X より低い報奨金額を提示し、No の場合は X より高い

報奨金額を提示することになる。CVM 対象路線は各社の赤字路線のうち 10 路線を抽出した。

アンケート結果から赤字削減コスト関数を推定する。路線属性が z の路線の赤字削減額 d に対する報奨金 $T(d, z)$ は確率変数であり、その平均値は下記の関数で表わされると仮定する。

$$\mu = E[T(d, z)] = a\{exp(\theta_0 d + \theta_1 z) - 1\}$$

なぜなら $E[T(0)] = 0$ であり、かつ d に対して逓増関数と考えられるからである。ここで a , θ_0 , θ_1 は未知パラメータである。 $T(d, z)$ が $N(\mu = \bar{t}(d, z), \sigma^2)$ に従うと仮定すると、報奨金が $t(d, z)$ のときに Yes と答える確率 $\bar{P}$ は以下のように表現できる。

$$\bar{P}(t(d, z)) = 1 - P(t(d, z))$$

$$= 1 - \int_{-\infty}^{t(d)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dx$$

標準偏差 σ は $b\mu$ であると仮定する。 b もまた未知パラメータである。1 回目の提示額を $t^s(d, z)$ 、1 回目に Yes と答えたときの 2 回目の提示額を $t^l(d, z)$ 、1 回目に No と答えたときの 2 回目の提示額を $t^h(d, z)$ と表わすとそれぞれの回答者の報奨金受諾額の幅に入る確率は以下の通りとなる。

$$P[\text{Yes/Yes}] = P_{YY} = P(t^l(d, z))$$

$$P[\text{Yes/No}] = P_{YN} = P(t^s(d, z)) - P(t^l(d, z))$$

$$P[\text{No/Yes}] = P_{NY} = P(t^h(d, z)) - P(t^s(d, z))$$

$$P[\text{No/No}] = P_{NN} = 1 - P(t^h(d, z))$$

このときの尤度関数は以下で表わされる。

$$\ln L = \sum_i \{\delta_i^{YY} \ln P_{YY} + \delta_i^{YN} \ln P_{YN} + \delta_i^{NY} \ln P_{NY} + \delta_i^{NN} \ln P_{NN}\}$$

ここで、 δ^{YY} は回答者が 2 回とも Yes と答えたときに 1、それ以外の場合は 0 になるダミー変数であり、 δ^{YN} , δ^{NY} , δ^{NN} もそれぞれ同様のダミー変数である。最尤推定法によりパラメータ a , b , θ_0 , θ_1 を推定することで、 d, z に対する報奨金関数の平均値関数を特定化することができる。推計結果は発表時に示す。

(3) 実証分析

得られた変数と関数を用いて路線ごとに実証分析を行う。分析結果は発表時に示す。

4. おわりに

本研究により、インセンティブ報酬を取り入れた補助金交付方法に対する数学的モデルを構築することができた。また、実際に計画されているバス路線に対してこれを適用することによりインセンティブ報酬の有効性やその効果を測ることができた。