

ミーティング外部性を考慮した最適道路整備*

OPTIMAL ROAD IMPROVEMENT WITH MEETING EXTERNALITY*

松島格也**・小林潔司***

by Kakuya MATSUSHIMA** and Kiyoshi KOBAYASHI***

1. はじめに

社会資本の整備にあたっては、通常受益者負担の原則にもとづいて費用負担が決定される。Mohring and Harwitz¹⁾は、いくつかの条件を満足した場合混雑税の徴収により最適道路整備が実現されることを示している。だが、道路を利用したことにより獲得できる便益は必ずしもその利用者にのみ帰着するわけではない。道路利用者が他の都市へ移動してそこでミーティングを行う場合、自ら移動することのないミーティング相手も道路利用者が移動したことによる便益を享受する。通常道路利用に関する費用は実際に移動した主体が負担するが、この場合移動を行わない主体は費用を負担することなくミーティングによる便益を獲得できることになる。すなわち費用負担者と受益者が必ずしも等しくはならず、ミーティングを行うためのトリップには外部性（以下、ミーティング外部性とよぶ）が生じる。

フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションによるミーティングが実現するためには、双方合意が必要不可欠である²⁾。ミーティング参加主体にとっての最適ミーティング消費水準が異なる場合、ミーティング当事者それぞれが望む水準が達成される保証はない。その結果として実現するミーティングは過小（または過大）になっている可能性がある³⁾。すなわちミーティング形成には双方合意の必要性に伴う外部性が存在する。

本研究では、ミーティング外部性を考慮した二地域一般均衡モデルを定式化し、受益者負担に基づく最適道路整備のあり方について検討を行う。ミーティング外部性が存在する場合混雑税に基づく費用負担では最適道路整備が達成されないことを示す。

2. モデル

(1) 前提条件

2都市で構成される国家を考える。2都市のうち一方を大都市、もう一方を小都市であるとして、それぞれ都市1、都市2とする。国家には中央政府が存在している。中央政府は一体化された財政制約に直面し、集権的に各都市の道路整備水準や税率を決定する。2都市間の間には両都市を結ぶ都市間道路が整備される。道路整備の費用は道路利用に際して課する交通税により賄われるが、交通税による財源が不足した場合には一括税を徴収してそれを補う。

各都市には規模に関して収穫一定の技術を持つ企業が存在し、それぞれ都市に固有の技術を有している。各企業は、交通サービス（ミーティング）と労働力を投入して同質の財を生産する。企業は交通サービスを他企業とミーティングを行う目的で投入する。ミーティングが行われるためには、一方の都市に立地する企業は当該都市から都市間道路を用いてもう一方の都市へ移動する必要がある。またミーティングが実現するには、訪問した都市の労働と少なくとも等しい労働を訪問された都市が提供しなければならないと仮定しよう。すなわち両都市からの等しい量の労働を用いてミーティングは生産される。ミーティングによる人的資本と労働投入により財が生産されると考える。財市場はオープンであり、企業が生

*キーワード：整備効果計測法，ミーティング

**正員 工修 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL・FAX 075-753-5073)

***フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL・FAX 075-753-5071)

産した余剰生産物は当該都市の外に移出される．各都市ごとに貿易を含めた経常収支がバランスされる．

また，各都市には家計が存在し，1家計には1人の労働者がいるものとする．家計は企業に直接的にまたはミーティング形成を通じて労働力を供給し，企業から賃金を受け取る．企業は自都市に住む労働者を雇用する．両都市における家計の総数は一定であり，それゆえ労働者数も一定であるとする．よって各都市の企業の利潤は全て希少な労働者へのレントとして賃金に還元される．家計はより高い賃金を求めて都市間を自由に移動できる．

(2) 利用者最適解

都市 i ($i = 1, 2$) の家計がミーティングのために提供する労働を M_i で表す．また，都市間道路の道路容量を W で表す．企業はミーティングを行う目的でトリップを行い，都市2の企業は都市1内に立地する企業とミーティングを行うためにトリップを行うものとする．ここでは簡単化のため，都市2に立地する企業が必ず移動するものとする．通常どちらの企業が移動するのかに関しては双方による交渉によって決定されるが，ここではミーティング外部性に焦点を絞るためこの仮定を設ける．ミーティング場所を決定する交渉問題については今後の研究課題としたい．

都市2の企業のトリップは都市2の企業と都市1の企業の両方に便益を発生させる．すなわち都市2の企業のトリップは都市1の企業に外部性をもたらす．道路には混雑が生じ，各道路の私的交通費用は総トリップ数と道路容量に関して0次同次の関数

$$c = c(M_2, W) \quad (1)$$

で表されるものとする．ただし c は都市間道路の私的交通費用である．また，私的交通費用関数は以下の条件を満足すると仮定する．

$$\begin{aligned} c_{M_2} > 0, c_{M_2, M_2} > 0, c_W < 0, \\ c_{W, W} > 0, c_{M_2, W} < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

なお，上式における下付き添え字は当該変数による偏微分を表す．た

例えば $c_{M_2, W} = \partial^2 c(M_2, W) / \partial M_2 \partial W$ を意味している．以降，この表記方法を踏襲する．BPR関数などの通常の走行費用関数は上記の条件を満足する．

都市2の企業はトリップを行う際に都市間道路を利用するので1トリップ当たり c の私的限界費用を負担する．一方，混雑の外部不経済により，各道路を利用する際の1トリップ当たりの社会的限界費用は $c_{M_2} M_2$ となる．また，トリップを行わない都市1の企業は，ミーティングに対する交通費用はかからず，提供する労働に関する費用（賃金）のみがかかるものとする．

各都市の企業は都市に固有の生産技術を有している．直接生産に寄与する都市 i の労働力を L_i で表す．企業の技術を，労働力 L_1 と，都市1の企業がミーティングのために提供する労働力 M_1 および都市2の企業がミーティングのために提供する労働力 M_2 により生産されるミーティング $M(M_1, M_2)$ に関して1次同次の生産関数で表すことにする．このとき都市 i における合成財の生産量 Y_i は

$$Y_1 = f(L_1, M(M_1, M_2)) \quad (3a)$$

$$Y_2 = g(L_2, M(M_1, M_2)) \quad (3b)$$

で表される．また，各生産関数は通常の新古典派生産関数の性質

$$\begin{aligned} f_{L_1} > 0, f_M > 0, f_{L_1 L_1} < 0, \\ f_{MM} < 0, f_{L_1 M} > 0 \end{aligned} \quad (4a)$$

$$\begin{aligned} g_{L_2} > 0, g_M > 0, g_{L_2 L_2} < 0, \\ g_{MM} < 0, g_{L_2 M} > 0 \end{aligned} \quad (4b)$$

を満足すると仮定する．生産関数(3a)(3b)は各都市の個々の企業の集計的な技術を表している．企業が都市間道路を利用すると，1回当たり τ の交通サービス税が課せられる．

各企業は利潤の最大化を目指す．政府が各都市から徴収する一括税が，その性質上企業の利潤最大化行動に影響を与えないことを考慮すると，各都市の企業の利潤最大化行動は

$$\max_{L_1, M_1} f(L_1, M(M_1, M_2)) - \omega_1(L_1 + M_1) \quad (5)$$

および

$$\max_{L_2, M_2} g(L_2, M(M_1, M_2)) - \omega_2(L_2 + M_2) - c(M_2, W)M_2 - \tau M_2 \quad (6)$$

で表現できる。ただし ω_i は都市 i における労働者の賃金率である。各都市の労働市場は完全競争的であり、賃金率は完全雇用が達成される水準に決定されるものとする。企業が生産する財はニューメレール財であるとしてその価格を1に基準化すれば、都市1に立地する企業が投入する L_1, M_1 が満たすべき1階条件は

$$f_{L_1} = \omega_1 \quad (7a)$$

$$f_{M_1} = \omega_1 \quad (7b)$$

で表される。また、都市2に立地する企業が投入する L_2, M_2 が満たすべき1階条件は

$$g_{L_2} = \omega_2 \quad (8a)$$

$$g_{M_2} = \omega_2 + c(M_2, W) + \tau \quad (8b)$$

となる。ただし、各企業がトリップ数を決定する際には他企業に与える外部不経済を考慮せず、私的限界費用のみを考慮するものと仮定している。左辺はそれぞれの要素の限界生産性を表している。このように各都市に立地する企業 i はそれぞれ労働 L_i とミーティングへ投入する労働 M_i を決定する。

両都市で人口が均衡するためには

$$\omega_1 = \omega_2 \quad (9)$$

が成立する必要がある。

(3) 社会的最適解

中央政府が税率を決定し、各道路の整備水準を決定する。中央政府は企業が都市間道路を利用する際に交通サービス税 τ を徴収し、都市 i の企業から労働者一人当たりにつき σ_i の一括税を徴収する。中央政府が都市 i から徴収する一括税額を定めれば、一括税率はその値を都市 i の労働者数で除した値に決まる。また、道路の単位容量当たりの建設費用は ρ であり、その費用は一定であるものとする。中央政府は道路整備財源を交通サービス税で賄うが、交通サービス

税による財源が道路整備費用を下回る場合には一括税により補填するものとする。このとき中央政府が直面する財政バランスは

$$\rho W = \tau M_2 + \sigma_1 L_1 + \sigma_2 L_2 \quad (10)$$

と表される。

企業の利潤は全て同都市に住む家計に帰属する。よって、都市1の家計に帰属するレント R_1 は

$$R_1 = f(L_1, M(M_1, M_2)) - \sigma_1 L_1 \quad (11)$$

都市2の家計に帰属するレント R_2 は、

$$R_2 = g(L_2, M(M_1, M_2)) - c(M_2, W)M_2 - \sigma_2 L_2 - \tau M_2 \quad (12)$$

とそれぞれ表される。ここで、総人口 $L = L_1 + M_1 + L_2 + M_2$ は一定である。

中央政府は集権的に国民に帰属するレント $R (= R_1 + R_2)$ の最大化を図る。式(10)の財政バランスに留意すれば、中央政府の行動は次式で表現される。

$$\max_{L_1, L_2, M_1, M_2, W} R = f(L_1, M(M_1, M_2)) + g(L_2, M(M_1, M_2)) - c(M_2, W)M_2 - \rho W \quad (13)$$

$$\text{subject to } L_1 + M_1 + L_2 + M_2 = L \quad (14)$$

一括税を用いることにより、国民に帰属するレントに影響を与えず所得移転を行うことができる。交通税による道路整備財源が不足した場合でも一括税により不足財源が補填されるため、ここでは財政制約を省略した形の最適化問題として定式化されている。

このとき式(14)に対応するラグランジュ乗数を μ とすると、 L_1, L_2, M_1, M_2, W が満たすべき1階の条件はそれぞれ

$$f_{L_1} - \mu = 0 \quad (15a)$$

$$g_{L_2} - \mu = 0 \quad (15b)$$

$$f_{M_1} + g_{M_1} = \mu \quad (15c)$$

$$f_{M_2} + g_{M_2} = \mu + c(M_2, W) + c_{M_2}(M_2, W)M_2 \quad (15d)$$

$$c_W(M_2, W)M_2 = -\rho \quad (15e)$$

で表される。式(15c)(15d)はトリップによる社会的限界便益がその社会的限界費用と等しくなるという

条件を表す．式(15e)はサミュエルソン条件を表しており，1単位の交通容量を建設するときの個々の企業の限界支払意思額の総和が，1単位の交通容量を作り出すための社会的限界費用に等しくなることを示している．また，式(15a)(15b)より $f_{L_1} = g_{L_2}$ が成り立つ．式(7a)(8a)よりこれは $\omega_1 = \omega_2$ のときに成立する事項であり，中央政府の最適解では人口の都市間均衡が達成されることがわかる．

(4) 最適税

中央政府は，個々の企業の利潤最大化行動がそのまま社会的厚生を最大化する水準となるように課税を行う．式(7b)(8b)(15c)(15d)を比較することにより，中央政府が都市間道路の利用に際して徴収すべき交通サービス税 τ は次のようになる．

$$\tau = c_{M_2}(M_2, W)M_2 - f_{M_2} \quad (16)$$

上式の最適交通サービス税において，右辺第1項は，各企業のトリップが混雑という形で他の企業に及ぼす外部不経済をその企業が直接負担するべきであることを示しており，第2項は，都市2の企業のトリップが都市1の企業の生産に寄与する分を都市2の企業が道路を利用する際に差し引くべきであることを示している．中央政府が上式で示される交通サービス税 τ を徴収すれば，最適な道路利用を分権的に達成できる．

このとき交通サービス税により達成される財源は

$$\tau M_2 = c_{M_2}(M_2, W)M_2^2 - f_{M_2}M_2 \quad (17)$$

であるが，この財源により道路整備費用を完全に賄える補償はない．オイラーの定理より，私的交通費用関数 $c(M_2, W)$ が t 次同次であれば

$$c_{M_2}(M_2, W)M_2 + c_W(M_2, W)W = tc(M_2, W) \quad (18)$$

が成立する．ここで，仮定より私的交通費用関数は0次同次であるので $t = 0$ とし，また式(18)の両辺に M_2 を乗じれば

$$c_{M_2}(M_2, W)M_2^2 + c_W(M_2, W)WM_2 = 0 \quad (19)$$

となる．よって式(15e)のサミュエルソン条件が成立するよう最適に道路整備を行うとき，式(19)を代入すると

$$\rho_1 W_1 = c_{M_2}(M_2, W)M_2^2 \quad (20)$$

が成立する．すなわち，社会的最適の水準で道路整備を行う場合に必要な財源は $c_{M_2}(M_2, W)M_2^2$ である．式(17)と(20)を比較することにより，交通税財源のみでは最適道路整備費用を賄えないことがわかる．中央政府は不足分の財源 $f_{M_2}M_2$ を国民から一括税によって徴収する必要がある．すなわち，

$$\sigma_1 L_1 + \sigma_2 L_2 = f_{M_2}M_2 \quad (21)$$

が成立する．この財源の不足分は都市2の企業が移動して都市1でミーティングを行うことにより都市1の企業が享受する便益に相当する部分であり，ミーティング外部性に起因するものである．

3. おわりに

本研究では，ミーティング外部性を考慮した二地域一般均衡モデルを構築し，都市間道路の最適整備と負担のあり方について検討した．その結果，混雑による外部性に基づく交通税のみでは道路整備費用を賄うことができず，ミーティング外部性に起因する不足分を一括税により賄う必要があることを示した．

参考文献

- 1) Mohring, H. and Harwitz, M.: *Highway Benefits - An Analytical Framework*, Northwestern University Press, Chicago, 1962.
- 2) 小林潔司, 福山敬, 松島格也: フェイス・ツウ・フェイスのコミュニケーション過程に関する理論的研究, 土木学会論文集, No. 590/IV-39, pp.11-22, 1998.
- 3) 小林潔司, 知識社会における交通行動: 展望と課題, 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.1-13, 1995.