

英国の交通投資の新しい評価方法“Wider Impacts”（広範な効果）

Wider Impacts for Transport Development Project in UK

樋野誠一* 国府田 樹** 小林広和** 田中啓介**

By Seiichi HINO, Miki KOUDA, Hirokazu KOBAYASHI and Keisuke TANAKA

1 はじめに

我が国では道路整備の効果は時間短縮便益、経費節減便益、事故減少便益の3便益で評価されている。一方、英国では3便益以外の便益についても算定手法が検討されており、2014年1月に英国交通省が発表した「交通分析に関する指針（Transport Analysis Guidance）」¹⁾（以下、英国指針と記す）では、交通投資に係る直接便益以外のWider Impacts（以下、広範な効果と記す）について計測方法が提示されている。本稿では、公表された英国指針の位置づけ、広範な効果の計測項目等について整理を行い、我が国への広範な効果の適用性の検討を行う。

2 広範な効果

(1) 広範な効果とは

市場が完全競争下にあると仮定すると、交通投資がもたらす便益は全て利用者に帰着する。そのため、交通市場のみを考慮し利用者便益を計測すればよい。しかし、独占や税制によって価格が歪められ、完全競争が成立していない場合は、利用者便益の計測のみでは正確な交通投資効果を計測できない。交通市場以外の市場への影響も考慮する必要がある。

英国交通省では、こうした交通市場外への効果を広範な効果と定義し、その計測手法を定めることで、これまで計測されていなかった効果を交通投資の評価に加える先駆的な試みを行っている²⁾。

(2) 英国における広範な効果の位置づけ

英国では1960年代から欧米諸国の中でも先進的に費用便益分析が体系的に導入されていた。1970年代には、効率性評価に偏った費用便益分析に対する批判が高まり、交通評価、経済評価、環境アセスメント、その他政策という4分野毎に評価を行う仕組みが確立

された。1998年に交通政策、環境、都市計画、地域政策を一体的に進める体制が整えられ、新たな事業評価のガイドライン「New Approach to Appraisal (NATA)」が発表された。2008年には気候変動、経済成長、機会均等、生活の質・自然環境、安全健康の5つの新たな交通戦略目標を設定した。2010年には新しい交通戦略目標に基づきNATAが変更され、18の新たな評価項目が加わった。広範な効果は「経済成長」の中の一評価項目の位置づけである。

それぞれの評価項目は以下の3つに大別される。①定量的な評価手法が確立されており、効果の貨幣的換算が可能な項目、②効果の貨幣換算は可能ではあるが、定量的な評価手法が確立されていない項目、③定性的に評価される項目である。このうち利用者直接便益は①、広範な効果は②、環境アセスは③に位置づけられる。広範な効果は費用便益分析の便益に含まれて事業評価に使用される場合もある。

3 英国指針における広範な効果

英国指針に示される、集積経済、不完全競争市場における生産変化、労働市場の変化から生じる税收増加の3つの広範な効果について紹介する。

(1) 集積経済

交通投資によりある地域に経済活動が集中することにより企業の生産性が向上し便益が生ずることを集積経済という。交通投資によって他の企業や労働市場へのアクセスが容易になり、直接便益以上の生産性向上効果が生ずる場合がある。英国指針では、集積経済を交通投資によるアクセシビリティの増加率にGDPを乗じて算定する。

$$\text{集積経済}_i^k = \left[\left(\frac{\text{アクセシビリティ}_{i,A}^{k}}{\text{アクセシビリティ}_{i,B}^{k}} \right)^{\rho^k} - 1 \right] \text{GDP}_i^{B,k}$$

集積経済＝アクセシビリティの増加率×GDP

* 道路・経済社会研究室 主任研究員 ** 道路・経済社会研究室 研究助手

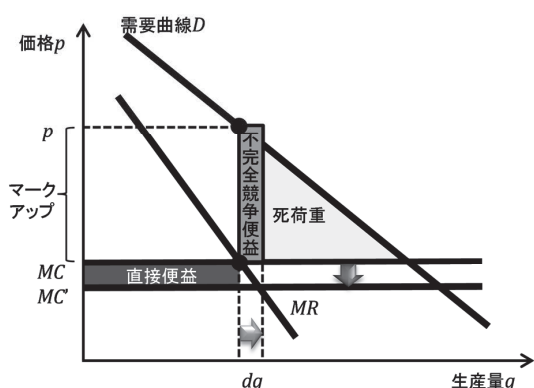
ここで、 p :弾力性パラメータ、 GDP_i :ゾーン i のGDP、 A :整備後シナリオ、 B :整備前シナリオ、 k :産業セクター、 i :発ゾーン、 j :着ゾーンである。パラメータ p の推計が困難であることが計算上の課題である。

(2) 不完全競争市場における生産変化

通常の交通投資にかかる評価手法では、価格の歪みがない完全競争市場を仮定するため、広範な効果はキャンセルされる。従って、交通市場のみに着目し、交通投資によって所要時間がどれだけ減少するかを評価すればよい。

しかし、不完全競争市場を仮定すると、その限りではない。図で示すと、不完全競争市場では完全競争市場と異なり、企業が価格決定力を持つため、生産量 q は限界収入 MR と限界費用 MC との交点で決定される。財価格は生産量 q のときの需要曲線 D との交点 p で決定されるため、限界費用 MC と乖離が生ずる。限界費用にマークアップ価格付けされた市場価格が設定される。そのため完全競争市場で達成される社会的厚生と比較して死荷重が生ずる。交通投資により限界費用曲線 MC が MC' に dMC だけ低下し、財の生産が dq 増加すると、死荷重が減少し消費者余剰が増加する。この理由から、不完全競争市場では交通投資による生産量の増加を無視できないこととなる。不完全競争便益は下式で表現できる。

$$\text{不完全競争便益} = (p - MC) \times dq \quad (1)$$



図ー1 不完全競争市場における広範な効果

ここで、価格弾力性 ε の定義に基づき下式(2)が展開される。価格変化 dp は限界費用の変化 dMC の定数倍と近似できる。

$$\frac{dq}{q} = \varepsilon \times \frac{dp}{p} \approx \varepsilon \times \frac{dMC}{p} \quad (2)$$

(2)を(1)に代入すると下式が導出される。

$$\text{不完全競争便益} = \left| \frac{(p - MC)}{p} \times \varepsilon \right| \times q \times dMC$$

(アップレート率) (直接便益)

すなわち、不完全競争便益は直接便益の一定倍率(アップレート率)であることが分かる。

上式に基づき英国指針では、不完全競争市場における生産変化は、業務目的の利用者便益の10%に相当するとしている。

$$\text{不完全競争便益} = 0.1 \times \text{業務目的の直接便益}$$

(3) 労働市場の変化から生じる税收増加

交通投資による移動時間の減少は、労働供給(労働時間)を増加させ、また、労働者の働く場所の選択にも影響を及ぼす。具体的には、交通投資によって、生産性が高く賃金の高い都心への通勤が容易になる場合、労働者は働く場所を郊外から都心に変更すると予想される。賃金の高い地域、つまり、生産性の高い都心での雇用が増加すると、経済全体の総生産も増加する。

これらの労働市場の変化は、従来の手法においても直接便益として部分的に計上されている。しかし、政府が得る税收の変化は、直接便益には含まれていない。英国指針では、交通投資が労働市場を通じて税收に与える効果を下式で評価する。

$$\text{税收増加} = \tau_1 \times \text{労働供給増加によるGDP増加}$$

$$+ \tau_2 \times \text{従業地変更によるGDP増加}$$

$$\tau_1 = 0.4: \text{労働供給の増加にかかる労働税率}$$

$$\tau_2 = 0.3: \text{生産性の増加にかかる労働税率}$$

英国指針では、労働供給の増加にかかる税率を、所得税等を想定しGDPの40%と設定している。また、労働者の移動にかかる税率については、法人税等を想定しGDPの30%と設定している。

a) 労働供給増加によるGDP増加

英国指針では、移動時間の減少によって、労働供給が増加する便益は下式を定式化している。

通勤コストの低下による新規雇用者の所得の増加＝

$$\sum_i \left(\text{労働弾力性} \times \left[\frac{\text{一般化費用}_{ij}^A - \text{一般化費用}_{ij}^B}{(1 - \text{税})(\text{所得}_j^B)} \right] \times \frac{\text{新規雇用者}}{\text{所得}} \right)$$

上式では、移動費用の減少は実質所得が増加することを示しており、弾性値を通して労働供給の変化に還元される。また、英国指針では、新規労働者が得る賃金を既存労働者の賃金の69%と設定している。

b) 従業地変更によるGDP増加

交通投資によって労働者は従業地を変更しGDPに影響を与える。これは、ゾーン別の労働生産性と一人あたりGDPに雇用者数の増減乗ずることで求める。

労働者移動によるGDP増加

＝一人あたりGDP

$$\times \sum_i (\text{雇用者数}_i^A - \text{雇用者数}_i^B)$$

×ゾーン*i*の一人あたり労働生産性*i*

英国指針では、雇用者数の変化については、土地利用モデルを用いて推計するとしているが、従業地の変更は計測が難しいため、通常は計測しないこととなっている。

4 広範な効果の証明

本章では、英国指針で示される広範な効果が、直接便益と重複計上なく算定されているかを証明する。また、広範な効果を日本への適用する際に、どのような考えを用いれば簡便に計測できるかを提案する。

(1) 対象とする既存文献

二つの既存文献に基づき、広範な効果の存在を証明する。一つは地域特化の経済（技術的外部性）を考慮する論文³⁾である。地域特化の経済とは、同一財を生産する企業が一つの地域に多く立地するほど生産が効率化される経済のことである。もう一つは都市化の経済（金銭的外部性）を扱う論文⁴⁾である。都市化の経済とは、業種に関わらず、一つの地域に多様な企業が立地するほど生産が効率化される経済のことである。これら二つの異なる広範な効果を想定する場合に広範な効

果はどのように定式化されるかを示す。

(2) 地域特化の経済を想定する場合の広範な効果

地域特化の経済を考慮した場合の広範な効果は以下のように導出される。

a) 家計

効用関数を次式で定義する。 $u=u(c, t_c, l)$ (1)

ここで、 c : 財消費、 t_c : 交通回数(回)、 l : 余暇時間(分)である。

予算制約を次式とする。

$$p \cdot c + p_t \cdot t_c = (1 - t) w \cdot L_S + \Pi + G$$

ここで、 p : 財価格(ニューメール)、 p_t : 交通価格(円/回)、 w : 賃金率、 L_S : 労働供給(分)、 Π : 企業利潤、 t : 所得税、 G : 政府支出である。

時間制約を次式とする。 $L_S + l + \tau \cdot t_c = \bar{L}$ (2)

ここで、 τ : 移動時間(分/回)、 $\bar{L}$: 利用可能時間(分)である。

制約条件を1つにまとめ、効用最大化問題を解くと間接効用関係は下式が導かれる。

$$V = V(p, (1 - t) w, p_t + (1 - t) w \tau, (1 - t) w \bar{L} + \Pi + G) \quad (3)$$

b) 企業

利潤関数は次式で示される。

$$\Pi = p \cdot x - w \cdot L_D - p_t \cdot t_f \quad (4)$$

ここで、 x : 財の生産量、 p : 財価格(ニューメール)、 L_D : 労働需要、 p_t : 交通価格(円/回)、 t_f : 交通投入量(回)である。

生産関数は次式で示される。

$$x = x(ACC, NL, t_f) \quad (5)$$

ここで、 ACC : 外部性としてのアクセシビリティ、 NL : オフィス労働時間、 t_f : 交通投入量(回)である。

企業の時間制約を次式とする。

$$NL + \tau \cdot t_f = L_D \quad (6)$$

ここで、 NL : オフィス労働時間、 τ : 移動時間(分/回)、 L_D : 総労働需要量である。

上式を1本にすると、

$$\Pi = p \cdot x(ACC, NL, t_f) - w \cdot (NL + \tau \cdot t_f) - p_t \cdot t_f \quad (7)$$

この利潤関数に関して全微分する。

$$d\Pi = dp \cdot x + p \cdot dx - (NL + \tau \cdot t_f) dw -$$

$$w(dNL + d\tau \cdot t_f + \tau \cdot dt_f) - dp_t \cdot t_f - p_t \cdot dt_f \quad (7')$$

ここで p はニューメールのため、 dp は変化せず、 $dp=0$ となる。

(7) の dx について生産関数から下式が導かれる。

$$dx = \frac{\partial x}{\partial ACC} dACC + \frac{\partial x}{\partial NL} dNL + \frac{\partial x}{\partial t_f} dt_f$$

企業は独占的競争を行うとして利潤最大化を行う。最適オフィス労働時間投入量および最適交通投入量は下式となる。

$$p \cdot \frac{\partial x}{\partial NL} = \frac{\sigma}{\sigma-1} w \cdot p \cdot \frac{\partial x}{\partial t_f} = \frac{\sigma}{\sigma-1} (p_t + w\tau) \quad (8), (9)$$

ここで、 σ ：代替弾力性、 $\frac{\sigma}{\sigma-1}$ ：限界費用からのマークアップである。

c) 市場均衡

財市場の均衡は次式となる。 $c=x$ (10)

労働市場の均衡式は次式となる。 $L_D=L_S$ (11)

政府の歳出入バランスは次式となる。 $G=t \cdot w \cdot L_S$

d) 便益

便益は効用増分を所得の限界効用で除した指標と定義されるため、(3) 式の全微分より下式が導出される。

$$\begin{aligned} B \equiv \frac{dV}{\lambda} &= \frac{V_p}{\lambda} dp + \frac{V(1-t)w}{\lambda} d[(1-t)w] \\ &+ \frac{V_{p_t} + (1-t)w\tau}{\lambda} d(p_t + (1-t)w\tau) \\ &+ \frac{V_1}{\lambda} d\left((1-t)w\bar{L} + \Pi + G\right) \end{aligned} \quad (12)$$

上式に対して各経済主体の最適行動を代入する。つまり、ロイ恒等式を代入し、利潤関数の全微分 (7') 式および時間制約式 (2) を代入する。また、(8) 式・(9) 式を代入する。政府の歳出入バランス式 $G=t \cdot w \cdot L_S$ を全微分して代入すると下式が得られる。

$$\begin{aligned} B = & -t_c(dp_t + (1-t)w \cdot d\tau) - t_f(dp_t + w \cdot d\tau) \\ & + p \cdot \frac{\partial x}{\partial ACC} \cdot dACC + \left(\frac{w}{\sigma-1}\right) dNL \\ & + \left(\frac{p_t + w\tau}{\sigma-1}\right) dt_f + t \cdot w \cdot dL_S \end{aligned} \quad (13)$$

上式について、第1項は利用者直接便益（いわゆる道路事業の時間短縮便益）、第2項は集積経済の効果、第3項・第4項は不完全競争市場における生産変化、第5項は税収増加であり、直接便益以外の広範な効果は英国指針と整合的であることが分かる。仮に、生産の技術的外部性が無かったり、マークアップ価格付けが無かったりすれば、交通投資の便益は交通市場から得られる直接便益と同値である。

これらを解釈すると、以下のように書ける。第1項

の集積経済はコブ・ダグラス型生産関数を仮定すると、集積経済 $= p_X \cdot \beta \cdot \frac{dACC}{ACC}$ と書ける。即ち、集積経済は $GDP \times ACC$ の GDP への寄与度 $\times ACC$ の増加率であり、 β は生産関数の推定により得られるため、簡便に算定できる。

第3項・第4項の不完全競争市場における生産変化は英国指針と同様にマークアップ率 $\times$ ビジネス用途の交通費削減と解釈できよう。マークアップ率は日本の値を設定する。

第5項の税収増加は、所得税率 $\times$ 賃金率 $\times$ 労働時間の増加であり、所得税率 $\times$ ビジネス用途の交通時間削減 $\times$ 賃金弾力性となり、各係数は日本の値を設定できる。

(3) 都市化の経済を想定する場合の広範な効果

都市化の経済を考慮した場合の広範な効果は以下のように導出される⁴⁾。

a) 仮定

全ての労働者が中心業務地区 (CBD) に通勤する2つの単一中心都市からなる経済を想定する。通勤費用は都市の人口と交通投資水準で決定される。労働者は居住する都市を自由に選ぶことができ、2都市全体の人口は固定されているとする。また、都市の土地は不在地主が所有しているとする。

このとき、財の種類は3つに分けられ、1. 双方の都市で同質の貿易財、2. 差別化された消費財、3. 差別化された中間生産財（中間生産財は貿易財の生産に用いられる）である。都市内における居住地から CBD への交通投資が行われた場合の便益を導出する。

b) 家計

効用関数は次式である。 $u=u(x_0, x, m_X, x_N)$ (14)

ここで、 x_0 ：貿易財の消費量、 x ：1財あたりの差別化財消費量、 m_X ：差別化財のパラエティ、 x_N ：レジャー時間である。

都市の境界に住む住民の予算制約は次式である。

$$(1-t)wy_N = x_0 + m_X p_X x + T(P, k) \quad (15)$$

ここで、 t ：所得税率、 w ：税引き前の賃金、 p_X ：差別化消費財の価格、 y_N ：労働供給、貿易財の価格は1（ニュメレール）、都市の境界での地代は0であり、都市内部の地代は $T(P, k)$ と相殺されるとする。

c) 企業

差別化消費財*i*の生産量は $N_i = c_X Y_i + a_X$ 、差別化消費財価格マークアップは μ_X 、差別化消費財合計の生産量は Y_X 、差別化生産財*i*の生産量は $N_i = c_Y Y_i + a_Y$ 、差別化生産財価格マークアップは μ_Y とする。

ここで、1種類あたりの差別化生産財の投入量を y 、差別化生産財のバラエティを m_Y とする。

d) 余剰の定義

ニュメラル財で評価したアレー余剰

$S = \sum_{j=1}^2 [Y_0^j - (x_0^j + g_P^j) P^j - g_N^j N^j - TC^j(P^j, k^j)]$ で交通投資の便益を定義する。交通投資 k が行われる場合のアレー余剰の変化は下式で表せる。

$$\frac{dS^j}{dk^1} = MB_{T^j}^1 + \frac{dY_0^j}{dk^1} - P^j \frac{dx_0^j}{dk^1} - (x_0^j + g_P^j + T^j(P^j, k^j)) \frac{dP^j}{dk^1} - g_N^j \frac{dN^j}{dk^1} \quad (16)$$

e) 生産への影響

道路整備による生産の可変費用・固定費用の節減効果を以下のように定義する。

$$MB_{c_z}^1 \equiv -w^1 m_z^1 Y_z^1 \frac{dc_z^1}{dk^1}, \quad MB_{a_z}^1 \equiv -w^1 m_z^1 \frac{da_z^1}{dk^1}$$

これらの仮定のもとに家計・企業の効用最大化条件、財・労働市場の均衡条件を組み合わせることにより、以下のように便益を計算できる。

$$B = DB + \sum_{j=1}^2 \mu_X^j \left(MB_{c_X}^1 + MB_{a_X}^1 + w^j \frac{dN_X^j}{dk^1} \right) + \mu_Y^j \left(MB_{c_Y}^1 + MB_{a_Y}^1 + w^j \frac{dN_Y^j}{dk^1} \right) + \sum_{j=1}^2 (t^j w^j - g_N^j) P^j \frac{dY_N^j}{dk^1} + ((t^j w^j - g_N^j) Y_N^j - g_P^j) \frac{dP^j}{dk^1} \quad (17)$$

ゆえに、第1項 DB は利用者直接便益、集積経済は $\sum_{j=1}^2 \mu w^j \left(\frac{dN_X^j}{dk^1} + \frac{dN_Y^j}{dk^1} \right)$ であり、交通投資による労働の増加による生産量増加効果である。不完全競争市場における生産変化は、 $\sum_{j=1}^2 \mu (MB_{c_X}^1 + MB_{a_X}^1)$ であり、交通投資による生産効率の上昇による生産量の増加効果を表している。税收増加は $\sum_{j=1}^2 t w^j \frac{dN^j}{dk^1}$ と書き換えることができる。これは労働者の増加による税收の改善効果を表している。

これを解釈すると、以下のように整理できる。

集積経済はマークアップ率×賃金水準×労働の増加により算定できる。マークアップ率は日本の推定値を

設定する。

不完全競争市場における生産変化はマークアップ率×ビジネス用途の交通費削減により算定できる。

税收増加は所得税率×ビジネス用途の交通時間削減×賃金弾力性で算定できる。これらは地域特化の経済で提案した算定式と同一である。

5 広範な効果の実証分析

(1) 対象路線の設定

上記で整理した計測式を用いて、集積効果が顕著と予想される圏央道を事例に広範な効果を計測する。分析の着眼点は、①英国指針における計測式と本稿で提案する計測式による広範な効果の大きさを確認すること、②企業間の実際の取引を考慮する場合としない場合で、広範な効果に違いが生ずるかを確認することである。

(2) データ設定

分析のインプットとなる市町村間所要時間は、基本ケースにおいては各市町村市役所間の最短道路所要時間を用いる。

比較ケースとして、企業間の仕入先、販売先の取引データを用いて、実際の取引をしている企業間の所要時間を、それぞれの企業が属するゾーン間の所要時間として設定する。取引データの無い自治体間は、基本ケースと同様の役場間時間を設定する。データ出典は、東京商工リサーチの2015年の企業間取引データ（サンプル数は売上額が5億円以上の企業の全国約25万社）を活用する。

(3) パラメータ設定

日本国内の既存文献に基づきパラメータを設定する。アップレート率は $\frac{(p-MC)}{p} \times \varepsilon$ から算定される。マークアップ率は $\sigma \equiv p/MC$ であるので、ラーナーの独占度は $\frac{(p-MC)}{p} = \frac{p/MC-1}{p/MC} = \frac{\sigma-1}{\sigma}$ となる。全産業のラーナーの独占度は既存文献より0.33と設定され、また、価格に対する需要の弾性値 ε は0.31と設定されるので、アップレート率は10% (0.33×0.31) と設定される。これは英国の水準と同程度である。

アクセシビリティの寄与度 β は推定により0.845と設定される。また税率 t は日本の租税負担率から23%と設定する。労働弾力性は既存文献より0.05と設定

表－１ 圏央道を事例とする広範な効果

単位：億円

	英国の定式化に基づく結果	地域特化の経済		都市化の経済	
		基本ケース	比較ケース	基本ケース	比較ケース
総費用	33,012	33,012	33,012	33,012	33,012
利用者便益	50,280	50,280	50,280	50,280	50,280
通勤・私事交通	32,709	32,709	32,709	32,709	32,709
業務交通	17,571	17,571	17,571	17,571	17,571
広範な効果	3,679 (7.3%)	14,097 (28.0%)	13,612 (27.1%)	5,992 (11.9%)	5,832 (11.6%)
集積経済	2,051 (4.1%)	12,097 (24.1%)	11,612 (23.1%)	3,992 (7.9%)	3,832 (7.6%)
不完全競争	1,581 (3.1%)	1,798 (3.6%)	1,798 (3.6%)	1,798 (3.6%)	1,798 (3.6%)
税収増加	47 (0.0%)	202 (0.4%)	202 (0.4%)	202 (0.4%)	202 (0.4%)

する。

(4) 広範な効果の比較

圏央道を事例とする広範な効果の算定結果について以下に示す。英国指針に示される算定式での広範な効果は、利用者便益の7.3%程度であり、効果是集積経済、不完全競争における生産変化、税収増加の順となる。

都市化の経済による広範な効果は、英国指針の算定結果よりも、大きな効果を得ている。これは英国指針に基づいた分析よりも、生産性の高い地域への移動による効果が大きいためであり、道路整備による地域活性化の効果が表れている。

企業単位の取引データの活用により広範な効果を算定すると、その効果は基準ケース（市町村間所要時間で算定）と比較して、低下する傾向にある。この理由は、市町村間所要時間は、概ねゾーン中心で計っているのに対して、企業単位の取引データの所要時間は、ゾーンから離れた場所で、所要時間の削減率が小さいものと想定されるためである。

6 考察

英国指針に示される広範な効果について、経済理論

から導出し、効果の算定方法やパラメータ設定方法の点で、直接便益に基づく簡便で妥当な算定式を提案した。

ケーススタディの適用地域に応じて、地域特化の経済の算定式と都市化の経済の式の適用の使い分けが必要と考える。

今後は企業単位の取引データの活用により、企業の所在地や企業間取引の実態に合った効果を捉えることが出来るものとする。

参考文献

- 1) Department for Transport, UK: Transport Analysis Guidance TAG UNIT A2.1 Wider Impacts, January, 2014.
<https://www.gov.uk/transport-analysis-guidance-webtag>
- 2) 金本良嗣: 都市への集積メリット「間接便益」の適切な評価を, 『日本経済新聞』2014.2.10朝刊
- 3) 河野達仁他: 不完全競争下における交通施設整備の費用便益分析, 土木計画学研究・講演集, 2000.
- 4) 金本良嗣: 集積の経済と交通投資の幅広い便益, 公益社団法人日本交通政策研究会レポート, 2013.