

道路整備に伴う「集積の経済」効果 の発現パターンに関する研究

神戸大学工学研究科教授 小池淳司
応用地質株式会社共創 Lab 主席研究員 山崎雅人

概要：

社会資本のストック効果の定量化とその最大化は、人口減少下にある我が国において重要な課題となっている。本研究は、社会資本整備のストック効果を定量的に評価する手法の開発を目的とする。特に、独占的競争市場と多様性選好を仮定した全国 47 都道府県空間応用一般均衡モデルを構築し、道路整備がもたらす「集積の経済」の発現パターンを分析した。本研究の対象は、英国における社会資本整備の「広範な経済効果」(Wider Economic Impacts: WEIs)の一部とみなすことができる。本研究では、社会資本整備の便益評価において、「広範な経済効果」の一部を簡便に評価できる「WEIs 乗数指標」を提案する。本研究の成果は、「WEIs 乗数指標」の実務利用に向けた方向性を具体的に示したことにある。

キーワード: インフラのストック効果、空間的応用一般均衡モデル、集積の経済

1. 研究の背景と目的

社会資本整備の効果は、フロー効果とストック効果の 2 つに分けられる。フロー効果とは、公共投資が直接的に生み出す生産の増加とその経済的な波及効果を指す。これは短期的に経済活動を拡大させる効果である。一方、ストック効果は、整備された社会資本が長期的に機能することで得られる効果である。具体的には、耐震性の向上や水害リスクの低減などの防災力の向上による「安全・安心効果」、生活環境の改善やアメニティの向上による「生活の質の向上効果」、移動時間の短縮、輸送費の低下、貨物取扱量の増加等による「生産性向上効果」を挙げることができる¹⁾。フロー効果は需要不足による経済活動の低迷を支える役割を果たすが、社会資本整備の本来の目的はストック効果の発現にある。

国土交通省は「ストック効果の最大化に向けて」という方針を掲げている²⁾。現在、我が国の人口は減少傾向にあり、社会資本整備はそのストック効果が最大限に発揮されるよう行われる必要がある。過去には、人口と経済規模が成長していたため、社会資本整備の生産性向上効果がただちに現れた。しかし、人口減少が進む現在、ストック効果を十分に検討し、最大化することが求められている。また社会資本整備が地域課題の解決にどのように貢献しているかを「見える化」し、国民の理解を深めることも重要である。さらに、ストック効果を定量化し、それを高めるための社会資本のマネジメントサイクルを確立する必要がある。

ある。

ストック効果の定量的把握はますます重要となっているが、その内容は多岐にわたり、効果を定量的に把握する手法の確立は大きな課題である。

ストック効果の「見える化」および「最大化」に向け、留意すべき点がある。1 つは、便益の多様性である。例えば道路整備は複数の地域や経済主体に便益をもたらすため、利用者便益だけを計測するだけでは、便益の多様性や空間分布を把握できない。もう 1 つは、現実の市場は一般に完全競争市場とは言えないことである。不完全競争市場では、発生ベースと帰着ベースの便益は理論的には一致せず、帰着ベースでの便益評価が適している。

本研究では、空間的応用一般均衡 (Spatial Computable General Equilibrium: 以降、SCGE) モデルを用いて、社会資本整備のストック効果を定量評価する。このモデルは不完全競争市場を明示的に考慮することが可能である。SCGE モデルを活用することで、社会資本整備のストック効果を帰着便益の空間分布として定量的に把握できる。

現状、我が国では、事業評価における意思決定指標として計測される便益について、計測精度等の課題から、限定的な項目のみが対象とされている。例えば、道路事業における費用便益分析マニュアル³⁾で計測対象とされる便益 (利用者便益) は、走行時間短縮便益、走行経費減少便益、交通事故減少便益の 3 便益のみとなっている。しかし諸外国では先に挙げた 3 便益以外の項目の計測も積極的に進められている。英国運輸省 (Department for Transport, DfT)

が作成した交通インフラに関する評価ガイダンスである「Transport Analysis Guidance (TAG)」⁴⁾の中の、「Wider Economic Impacts (広範な経済効果、以下 WEIs)」は特に注目されている。WEIs は交通インフラ整備が経済に与える広範な影響を包括的に評価するための枠組みである。

WEIs の効果項目は 3 つに分類される。1 つ目の「誘発投資」は、交通インフラ投資による生じる民間投資の変化を指し、企業の経済活動や立地選択に与える影響を評価する。2 つ目の「雇用効果」は交通インフラ投資に起因する雇用水準の変化や雇用地の変化を示す。最後に「生産性効果」は、経済活動の密度が生産性に与える影響を評価する。これらの効果は互いに排他的ではなく、同時に考慮される。WEIs の分析は、土地利用に関する 3 つのレベルに分けられている。「レベル 1」は、土地利用が固定されている場合の分析で、利用者便益のみを考慮する。「レベル 2」は、土地利用は固定されているものの、「広範な経済効果」を含む場合を指す。「レベル 3」は、土地利用の変化を考慮する場合である。英国の事例を参照した場合、本研究の SCGE モデルは、土地利用の変化を考慮しない「レベル 2」の「生産性効果」に相当する部分を評価対象としている。

本研究では、「独占的競争市場」と「多様性選好」を仮定した SCGE モデルと、これらの仮定を持たない完全競争市場の SCGE モデルを構築する。シミュレーションでは、特定区間の移動時間が短縮される道路整備の実施を想定する。移動時間の短縮により、生産者が必要とする輸送サービスの量が減少し、輸送費用が低下する状況を想定する。両モデルで同じシナリオのシミュレーションを行うことで、算出される輸送費用低下の便益を対比させる。これにより、「独占的競争」および「多様性選好」の仮定が輸送費用低下の便益に与える影響を定量的に把握することが可能である。

本研究の SCGE モデルでは、消費者と生産者が多様性を選好し、市場への参入企業数が増加すると、財のバラエティが増加し、消費者の効用と生産者の生産性が向上すると仮定している。本研究では、この現象を短期の「集積の経済」の一部と見なす。集積の経済は、本源的生産要素である労働力と資本ストックの移動を伴う場合に出現すると仮定される場合が多いが、本研究の SCGE モデルでは、本源的生産要素の地域間移動が生じる長期を想定していない。

2. SCGE モデルの特徴

(1) 本研究の SCGE モデルの特徴

以下で本研究の SCGE モデルの特徴を説明する。モデル構築に当たり、Dixon et al⁵⁾およびOyamada⁶⁾を参考にしており、モデルの説明についてはこれらの文献も参照されたい。本稿では、本研究の SCGE モデルの一部で、モデルの特性を表す式 1 について説明する。式 1 において、 $X_{i,j,s}$ は

s 地域 j 産業が中間投入する第 i 財の量である。 $C_{i,s}$ は s 地域の第 i 財の最終需要量である。そのため式 1 の左辺は s 地域における第 i 財に対する需要総量を示す。式 1 の右辺で $D_{i,s}$ は自地域の s 地域に供給する企業 1 社あたりの第 i 財の量を示す。 $N_{i,s}$ は s 地域で第 i 財に分類される財を供給する企業数である。 $Q_{i,r,s}$ は r 地域の企業 1 社当たりが s 地域へ移出する第 i 財の量である。 $N_{i,r}$ は r 地域において第 i 財に分類される財を供給する企業数である。式 1 において $\beta_{i,s}$ は多様性選好の程度を示す。 $\beta_{i,s}$ の値を 0 に設定し、 $N_{i,s}$ および $N_{i,r}$ を外生変数として 1 に固定した場合に SCGE モデルは Armington 型モデルとなる。 $\beta_{i,s}$ が 0 より大きな値に設定し、 $N_{i,s}$ および $N_{i,r}$ を内生変数とした場合には独占的競争と多様性選好を導入したモデルとなる。特に $\beta_{i,s}$ が 1 の場合には、SCGE モデルは「新貿易理論」の Krugman 型モデルに相当する。Armington 型モデルでない場合、 $N_{i,s}$ および $N_{i,r}$ の増加、すなわち参入企業数の増加に伴い、第 i 財に分類される財のバラエティが増えると、生産者の実質的な中間投入量と消費者の実質的な最終消費量が増えるモデルとなっている。すなわち財のバラエティの増加は正の外部性をもたらす。なお、 $\theta_{i,s}^T$ 、 $\alpha_{i,r,s}^T$ 、 σ_i^T はパラメータである。

$$\begin{aligned} & \sum_j X_{i,j,s} + C_{i,s} \\ &= \theta_{i,s}^T \left\{ \left(1 - \sum_r \alpha_{i,r,s}^T \right) (N_{i,s})^{\frac{(\beta_{i,s} + \sigma_i^T - 1)}{\sigma_i^T}} \frac{(\sigma_i^T - 1)}{D_{i,s}^{\frac{\sigma_i^T}{\sigma_i^T - 1}}} \right. \\ & \quad \left. + \sum_r \alpha_{i,r,s}^T (N_{i,r})^{\frac{(\beta_{i,s} + \sigma_i^T - 1)}{\sigma_i^T}} \frac{(\sigma_i^T - 1)}{Q_{i,r,s}^{\frac{\sigma_i^T}{\sigma_i^T - 1}}} \right\} \end{aligned} \quad \text{式 1}$$

(2) SCGE モデル構築のためのデータセット

a) 産業連関表

応用一般均衡モデルでは、一般的に産業連関表を用いて、代替の弾力性の値以外のモデルのパラメータを設定する。本研究では全国 47 都道府県間の経済の相互作用を明示的に考慮できる SCGE モデルを構築するため、経済産業研究所 (RIETI) の 2011 年都道府県間産業連関表⁷⁾をモデルのパラメータ推定に用いた。なお産業分類は元の 31 業種から 15 業種に集約している (表 1 参照)。

b) 輸送マージン率

シミュレーションで想定する道路整備がなされる以前の輸送マージン率、すなわち SCGE モデルの基準均衡時における輸送マージン率は、産業別に設定している。輸送マージン率は、総務省の 2015 年を対象とした全国産業連関表⁸⁾における国内生産額に占める道路交通部門 (2 部門)、または輸送交通部門 (道路輸送に鉄道、水運、航空輸送部門等を含めた 7 部門) への中間投入額の割合である。以下では、前者の輸送マージン率を「輸送マージン率 (道路輸

表 1 SCG モデルの産業分類

	モデルの業種分類
1	農業・林業・漁業
2	製造業
3	電気・ガス・熱供給・水道業
4	建設業
5	卸売業・小売業
6	運輸業・郵便業
7	宿泊業・飲食サービス業
8	情報通信業
9	金融業・保険業
10	不動産業・物品賃貸業
11	学術研究・専門技術サービス業
12	公務(他分類されるもの除く)
13	教育・学習支援業
14	医療・福祉
15	サービス業(他分類されないもの)

送 2 部門)」、後者を「輸送マージン率 (輸送 7 部門)」と呼ぶことにする。

c) マークアップ率および地域間代替弾力性の値

本研究の SCGE モデルのマークアップ率は JIP データベース 2021⁹⁾の値を用いて、外生的に設定している。また式 1 の σ_i^T は独占的競争モデルから導かれる関係式 2 を用いて算出している。式中の μ_i はマークアップ率である。

$$\sigma_i^T = \left(\frac{1}{1 - (1/\mu_i)} \right) \quad \text{式 2}$$

3. シミュレーション分析の内容

(1) WEIs 乗数指標の提案

本研究の SCGE モデルは不完全競争市場を分析できる利点がある。しかし道路整備の事業区間毎に SCGE モデルを用いて「広範な経済効果」を推計する事は容易ではない。そこで、予め不完全競争市場を仮定したモデルと完全競争市場を仮定したモデルの 2 つの SCGE モデルを用いて、都道府県内や都道府県間といった大まかな区間でそれぞれ道路整備の便益を算出しておく。完全競争市場の場合の便益に対する不完全競争市場の場合の便益の変化率を計算し、これを利用者便益に乗ずれば、「広範な経済効果」による便益の増分について目安を求めることができる。本研究では利用者便益に乗じる変化率として、以下で説明する。Wider Economic Impacts 乗数指標 (以下、WEIs 乗数指標) を提案する。

式 3 で WEI_r は WEIs 乗数指標を示す。 EV_s^{IC} は地域 (都

道府県) s の等価変分で計測した不完全競争市場における輸送費用低下の便益である。 EV_s^{PC} は地域 (都道府県) s の等価変分で計測した完全競争市場における輸送費用低下の便益である。等価変分は帰着ベースの便益であり、完全競争市場を仮定する場合は、費用便益分析で計測されている利用者便益、すなわち発生ベースの便益と理論的に同値になる。そのため WEIs 乗数指標を近似指標とし、走行時間短縮便益と走行経費減少便益の合計に $(1 + WEI_r)$ を乗じることで「広範な経済効果」を簡便に把握でき、意思決定のための目安となる指標として実務において活用できる可能性がある。

$$WEI_r = \frac{(\sum_s EV_s^{IC} - \sum_s EV_s^{PC})}{\sum_s EV_s^{PC}} \quad \text{式 3}$$

(2) シミュレーションシナリオ

基本シミュレーションシナリオとして、「都道府県内々」の輸送マージン率が低下するシナリオと、「隣接する都道府県間」の輸送マージン率が低下する場合の 2 シナリオを設定する。以上の整備区間のシナリオについて、「輸送マージン率 (道路輸送 2 部門)」が低下する場合と「輸送マージン率 (輸送 7 部門)」が低下する場合の 2 シナリオを用意する。これらの組合せで計 4 つのシミュレーションシナリオとなる。また、これらの全てのシナリオについて、多様性選好の程度を示す式 1 の $\beta_{i,s}$ が Krugman 型モデルの場合の 1 で設定した場合と、一部の実証研究¹⁰⁾が示す 0.5 の場合を計算している。そのため基本シミュレーションは 8 シナリオとなる。

基本シミュレーションシナリオに加えて、WEIs 乗数指標の理解のために製造業の生産物市場のみが独占的競争市場と仮定した場合について、「都道府県内々」および「隣接する都道府県間」の「輸送マージン率 (道路輸送 2 部門)」が低下した場合をシミュレーションしている。この場合は $\beta_{i,s}$ の値は 0.5 と設定している。総じてシミュレーションシナリオ数は 10 となる。本稿ではシミュレーション結果の一部について示す。

4. シミュレーション結果

(1) 各都道府県の WEIs 乗数指標

以下では、本研究で実施した複数のシミュレーションの内、代表的な事例について紹介する。図 1 は道路輸送の整備により「都道府県内々」の「輸送マージン率 (道路輸送 2 部門)」が 10%低下した場合の各都道府県の WEIs 乗数指標である。図 2 は「隣接する都道府県間」の「輸送マージン率 (道路輸送 2 部門)」が、10%低下した場合の各都道府県の WEIs 乗数指標である。いずれの場合も多様性選好の程度を示す $\beta_{i,s}$ は 0.5 と設定している。

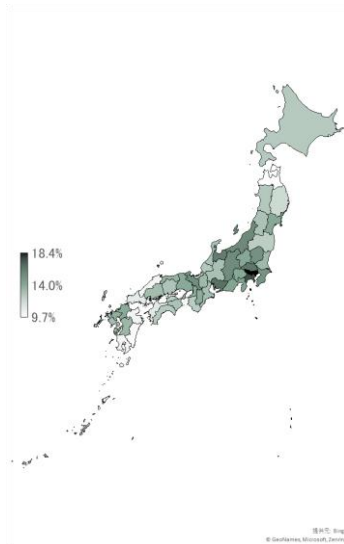


図 1 乗数指標（全産業・都道府県間内々・道路輸送）

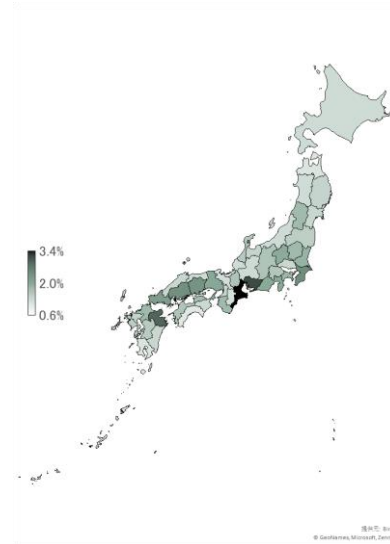


図 3 乗数指標（製造業・都道府県間内々・道路輸送）

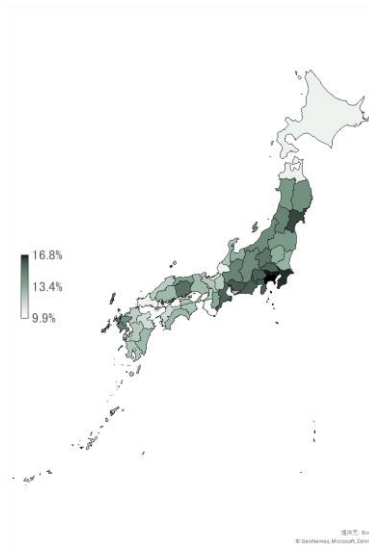


図 2 乗数指標（全産業・隣接都道府県間・道路輸送）

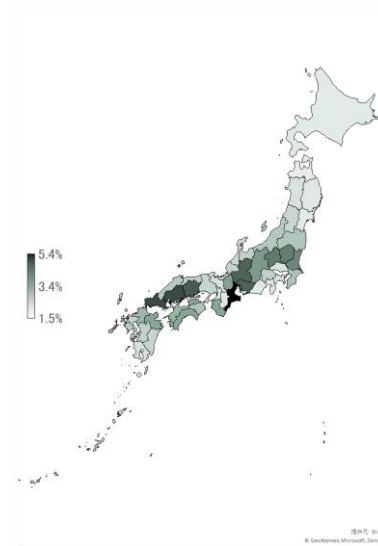


図 4 乗数指標（製造業・隣接都道府県間・道路輸送）

シミュレーション結果について、どちらのシナリオでも WEIs 乗数指標の全都道府県平均は 13.1%であった。ただし「都道府県内々」の輸送マージン率低下の場合、東京都と神奈川県、愛知県で WEIs 乗数指標が大きくなる。概ね、整備事業の対象となる都道府県の経済規模と正の相関がみられる。また全都道府県で 10%から 15%程度の値をとることが明らかとなった。一方で「隣接する都道府県間」の輸送マージン率低下の場合には、東北地方の中核都市を抱える宮城県、東京都と隣接する神奈川県および千葉県、愛知県を中心とする東海地方に属する県で高い WEIs 乗数指標となっており、「都道府県内々」の輸送マージン率低下の場合とパターンが異なる。すなわち「都道府県内々」の場合は整備事業の対象となる都道府県の経済規模が WEIs 乗数指標の大きさを決める傾向があるが、「隣接する都道府県間」の場合には、隣接する都道府県の経済規模や数が WEIs 乗数指標の大きさを決める傾向が確認できる。上記の傾向は「輸送マージン率（輸送 7 部門）」であっても同様に確

認された。

(2) 製造業製品のみ独占的競争市場の場合

ここまでは全ての財市場が独占的競争市場であると仮定してきた。しかし、現実にはこのことは自明ではない。全ての市場を独占的競争市場と仮定し、道路整備の便益評価を行う事は適切でない可能性がある。以下では上記の可能性を考慮し、製造業製品の市場のみが独占的競争市場である場合の WEIs 乗数指標を評価した。なお、 $\beta_{i,r}$ の値は 0.5 と設定している。結果は図 3 と図 4 に示す通りである。まず、独占的競争市場の対象を製造業のみとすることで、WEIs 乗数指標は、全産業の市場を独占的競争市場とした場合より大幅に低下する。これは消費者と生産者が製造業製品以外の財の消費に多様性選好をもたないため、外部性の水準が大幅に低減するからである。また製造業のみを独占的競争市場とすることで、「都道府県内々」では、製造業製品の出荷額が大きい東海地方の県で WEIs 乗数指標が相対

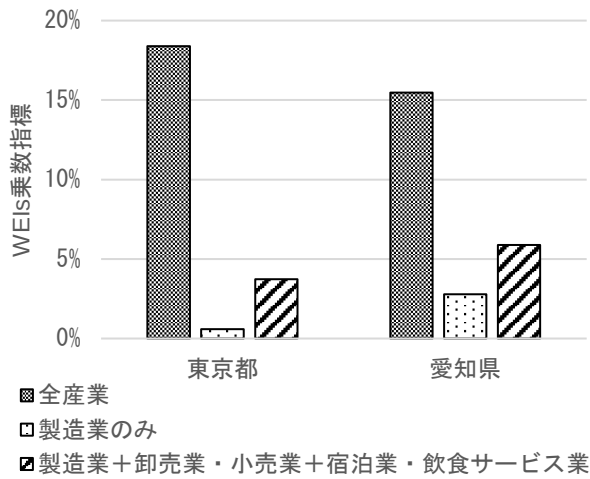


図 5 独占的競争市場の設定と WEIs 乗数指標

的に大きい値をとっている。また「都道府県内々」の輸送マージン率低下の場合より、「隣接する都道府県間」の輸送マージン率低下の方がより大きな値となりやすい傾向が見られ、特に関東内陸、東海地方、瀬戸内の工業地域で大きな値となっている。このことは、どの財市場を独占的競争市場とみなすかによって WEIs 乗数指標の水準だけでなく分布パターンも大きく変わり得ることを示している。

(3) 一部サービス産業を独占的競争市場とみなす場合

製造業製品の市場のみ独占的競争市場と仮定した場合のシミュレーションから以下のことが明らかとなった。すなわち、いずれの財市場を不完全競争市場とみなすかにより WEIs 乗数指標の水準と分布が大きく変わり得ることである。道路整備等の「広範な経済効果」を測定する際には、どの財市場が独占的競争市場であるかについて事前に基準を設けて、定めておくことが望ましい。図 5 は、「都道府県内々」の「輸送マージン率（道路輸送 2 部門）」を 10% 低下する場合で、 $\beta_{i,s}$ の値を 0.5 に設定した場合を想定している。ただし全産業を独占的競争市場と仮定する場合と、製造業のみを独占的競争市場とする場合、製造業に加えて「卸売業・小売業」と「宿泊業・飲食サービス業」を独占的競争市場とする場合の WEIs 乗数指標を東京都と愛知県について示している。愛知県は、上記の 3 業種で、全産業を独占的競争市場と仮定した場合の WEIs 乗数指標の値の 3 分の 1 を説明できる。上記のシミュレーション分析から、いずれの市場を独占的競争市場とするかを事前に定めて評価することの重要性が明らかとなった。

(4) WEIs 乗数指標の安定性

本稿では、「都道府県内々」あるいは「隣接する都道府県間」の輸送マージン率を 10% 低下させるシミュレーション結果を示してきた。ただし、走行時間短縮便益と走行経費減少便益の合計に $(1 + \text{WEIs 乗数指標})$ を乗ずる簡便法が成立するためには WEIs 乗数指標が輸送マージン率の低下の

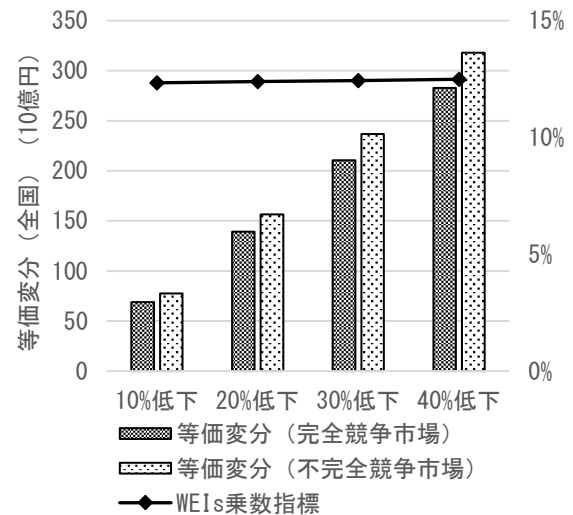


図 6 WEIs 乗数指標の安定性（北海道内々・道路輸送）

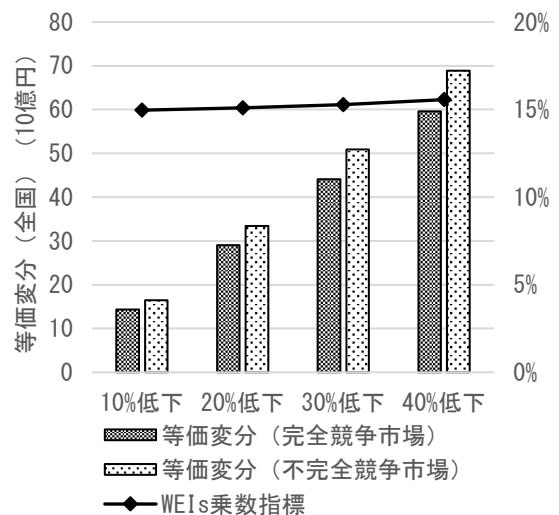


図 7 WEIs 乗数指標の安定性（愛知県間・道路輸送）

程度に依存しないこと、すなわち安定的な指標である必要がある。すなわち輸送マージン率の低下率が 10% ではない場合でも WEIs 乗数指標が大きく変わらない必要がある。

本研究の SCGE モデルの構造に由来するが、本研究で示す WEIs 乗数指標は輸送マージンの低下率に対して概ね一定の値をとる性質がある。図 6 は北海道内々の輸送マージン率を 10% 以上低下させた場合の等価変分の全国合計とそこから計算される WEIs 乗数指標を示している。WEIs 乗数指標は輸送マージン率の低下割合に関わらず概ね安定していることが分かる。図 7 は愛知県県間の輸送マージン率を 10% 以上低下させた場合の等価変分の全国合計とそこから計算される WEIs 乗数指標であるが、想定した全ての低下率で概ね 15% の値をとっている。

WEIs 乗数指標の安定性は、「広範な経済効果」の簡便な評価手法の開発にとって重要な性質である。本研究の SCGE モデルの 47 都道府県という地域分類では成立するが、よ

り詳細な地域分類といった地域スケールの変更や、本源的生産要素が地域間で移動する様な時間スケールの変更に際して、安定性が維持されるか否かについては更なる検討が必要である。

4. まとめと展望

本研究では、社会資本整備のストック効果の定量評価に関する研究の一環として、道路整備に伴う「広範な経済効果 (Wider Economic Impacts: WEIs)」を、不完全競争市場を仮定した SCGE モデルで評価した。特に独占的競争市場と多様性選好を明示的にモデルに取り入れた SCGE モデルと完全競争市場を仮定した SCGE モデルを、全国 47 都道府県を対象に構築し、両 SCGE モデルを用いて同じ道路整備の便益を等価変分により評価し、「WEIs 乗数指標」を試算した。「WEIs 乗数指標」を、従来から利用されている利用者便益に乗ずることで利用者便益に加えることができる「広範な経済効果」の便益を簡便に推計できる。

ただし、本研究を通して「WEIs 乗数指標」の実務利用に向けた今後の検討課題も明らかとなった。まず、道路整備の評価を行うにあたり、いずれの財市場が独占的競争市場であるかを定める必要がある。その際、業種毎の参入企業数やマークアップ率は重要な判定基準となり得る。

また式 1 で多様性選好の程度を示す $\beta_{i,r}$ の値により WEIs 乗数指標の水準が大きく変わることが明らかとなった。 $\beta_{i,r}$ の値に関しては国際貿易の分野でわずかに研究事例があるのみで、国内交易に関して信頼できる数値は現時点で存在しない。本研究で 0.5 の値を用いたのは、既存の国際貿易の実証研究¹⁰⁾を参照したためであるが、今後、国内交易に際して信頼できる数値を求める必要がある。

技術的な課題としては、通過交通と整備に伴う交通量の変化を考慮するために道路ネットワーク上での交通シミュレーション分析を SCGE モデルと併せて実施していく事

が望ましい。

最後に本研究の SCGE モデルが捉えた社会資本整備の「広範な経済効果」は、世界的に議論の対象となっているものの一部でしかない。冒頭で記したように、英国で議論されている「広範な経済効果」には「生産性効果」だけでなく、「誘発投資」や「雇用効果」も含まれている。本研究で考慮できていない効果についても SCGE モデルを改良することにより評価可能となる可能性が高い。ただし上記の改良を経た場合に WEIs 乗数指標の安定性が維持されるのか否かは検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：インフラストック効果とは、2016。(最終閲覧日：2025 年 3 月)。
- 2) 国土交通省：社会資本整備審議会・交通政策審議会交通体系 分科会計画部会専門小委員会「ストック効果の最大化に向けて～その具体的戦略の提言～」, 2016.
- 3) 国土交通省 道路局 都市局：費用便益分析マニュアル, 2022.
- 4) Department for Transport: TAG UNIT 2.1 Wider Economic Impacts Appraisal, May 2019.
- 5) Dixon, P. B., Jerie, M. and Rimmer, M. T.: Modern trade theory for CGE modeling: The Armington, Krugman and Melitz models, Journal of Global Economic Analysis, Vol. 1 (1), pp. 1-110, 2016.
- 6) Oyamada, K.: Love of variety in trade models with product differentiation, Journal of Global Economic Analysis, Vol. 5 (2), pp. 1-62, 2020.
- 7) 独立行政法人経済産業研究所：都道府県間産業連関表 2011.
- 8) 総務省：平成 27 年 (2015 年) 産業連関表.
- 9) 独立行政法人経済産業研究所：JIP データベース 2021.
- 10) Ardelean, A.: How Strong is the Love of Variety? Conference papers 331580, Purdue University, Center for Global Trade Analysis, Global Trade Analysis Project.