

# 近年の我が国の地域間配分政策の事後評価： QSE アプローチによる検討

長谷川 啓太<sup>1</sup>・福田 大輔<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 東京大学工学部社会基盤学科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

E-mail: keita020607hasegawa@gmail.com

<sup>2</sup>正会員 東京大学教授 大学院工学系研究科社会基盤専攻 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

E-mail: fukuda@civil.t.u-tokyo.ac.jp (Corresponding Author)

本研究では、近年我が国において実施された地域間配分政策 (Place-Based Policy) が国土全体の人口分布や地域経済に与えた影響を定量化し、事後評価を行う。そのために、定量的空間経済学 (QSE) に立脚して地域間人口移動や集積の経済を考慮した都道府県単位の多地域モデルを構築し、4 種類の地域間配分政策による影響を分析した。地域間配分政策が実施されなかった場合の反実仮想シミュレーションを行った結果、地域間配分政策により労働者数の都道府県間格差は緩和された一方、実質所得の全国合計額は減少していたことや、地域間配分政策の効果は短期的な影響にとどまらず長期的にも持続していたことが示唆された。さらに、我が国の総人口が減少する場合、地方圏からの人口流出が加速されることが示唆された。

**Key Words:** *place-based policy, agglomeration economies, post-evaluation, quantitative spatial economics*

## 1. 序論

### (1) 本研究の背景

#### a) 地方圏の人口流出と国土計画

2014 年 5 月、民間の政府提言組織である「日本創成会議・人口減少問題検討分科会」(座長・増田寛也元総務相) が公表した、いわゆる増田レポート<sup>1)</sup>は大きな反響を呼んだ。また 2014 年 12 月、第二次安倍政権は「まち・ひと・しごと創生長期ビジョン」と「まち・ひと・しごと創生総合戦略」を策定し、自治体に対しても自治体ビジョンと総合戦略の策定を求めている。これらをきっかけに、我が国では近年、地方圏の衰退が大きく取り上げられることが多くなった。地方圏における人口流出は実際深刻であり、2015 年の 1 年間の都道府県別転入超過数では、首都圏一都三県、愛知県、大阪府、福岡県以外の都道府県で転出超過となっている。また、北海道における札幌一極集中など、様々なスケールでの地域間人口流出が起り、問題となっている。

地方圏から大都市圏への人口流出は、景気の停滞に付随して生じた一時の人口分散期を除き戦後継続している傾向である。図-1 の橙線は、地方圏から大都市圏への転出超過数の推移を表している。高度成長によ

り、1970 年代前半までの期間は地方圏から三大都市圏への激しい人口流出が生じ、これは次第に過疎過密や地域間格差の問題として認識されるようになった。こうした国土構造上の問題などの解消を企図し、我が国では 1962 年、全国総合開発計画 (全総) が策定された。この計画では「地域間の均衡ある発展」をテーマとし、拠点開発による工業の分散が図られた。その後も、1969 年に「新全国総合開発計画 (新全総)」、1977 年に「第三次全国総合計画 (三全総)」、1987 年に「第四次全国総合開発計画 (四全総)」が策定され、全総の考え方を受け継ぎながら、全国レベルでの国土計画に基づき交通ネットワークや生活インフラ、産業インフラの整備が進められた。図-1 の青線は、公共投資額の地方圏シェアの推移を表している。全期間を通しての概ねの傾向として、地方圏では公共投資により人口流出が緩和されているように見える。しかし、これが本当に公共投資による効果であったのか、また効果の程度については定かでない。

さらに 2005 年、それまでの国土計画の根拠法であった「国土総合開発計画法」が「国土形成計画法」へと改正され、個々の施策についても、国が地域を指定してインフラ整備するトップダウン的な計画から、地域の発意による計画を認定し必要な支援を行うボトムアップ的な計画へとその重心が変化した。しかし、これらの計画の採否を国が決定する際、自治体は KPI (重要業

<sup>1</sup> 増田レポートでは、2010 年から 2040 年の間に 20~39 歳の女性人口が 50%以下になる消滅可能性都市が約半数にのぼるとされており、具体的な自治体名とともに報告されたため、大きなインパクトを与えた。

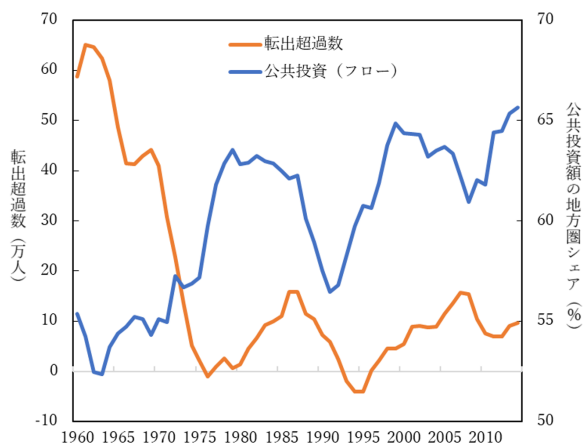


図-1: 三大都市圏への転出超過数と地方圏への公共投資  
(内閣府社会資本ストック統計, 国立社会保障・人口問題研究所人口統計資料集より作成)

績指標)を設定し, PDCA サイクルによって『ばら撒き』にならないことが求められるため, 短期での効果発現が期待される計画の発意が多く, このような計画が長期的に人口維持を果たすことになるとは考えられない, という指摘がなされている(金井<sup>2)</sup>). また, 地域からのボトムアップ的な計画ももちろん重要ではあるが, 政策資源に限られている以上, すべての地域の要望を叶えるような未来は実現できず, また人口減少という現実と未来を見据えて, 国土レベルでの社会資本の地域的配分を考える必要があり, さらに国土の中長期的な空間イメージを想像する必要があるという指摘もなされている(佐野<sup>3)</sup>).

#### b) Place-Based Policy とは

近年の地域経済学では, Person-Based Policy や Place-Based Policy という政策の区別がなされることが増えている. 国による再分配政策の多くは, 個人の属性をターゲットとして補助金やサービスを給付することを目的としており, このような政策は, Person-Based Policy に分類される. 例えば生活保護制度や雇用保険制度は, 受給資格が所得や雇用状況などの個人の属性によって定められているため, Person-Based Policy に分類される. 一方, Place-Based Policy は地域を指定し, 公共投資や特区制度, 補助金制度など様々な形で特別な措置を施す政策のことを差す. 世界で最も有名な Place-Based Policy は, アメリカ合衆国で 1930 年代に立ち上げられたテネシー川流域における公共事業であろう. この政策は, 世界恐慌からの経済回復を目指すニューディール政策の一環として, フランクリン・ルーズベルト大統領により実施された. この政策において政府は, テネシー川流域開発公社(TVA)を設立しテネシー川流域のダム建設, 治水事業, 植林などの総合的開発を推進した. TVA はテネシー川流域の雇用を増大させただけ

でなく, 建設された 20 のダムは流域の電力供給を安定させ, ひいては同地域の農業生産性を向上させた.

日本における主な Place-Based Policy は, 前項で述べた戦後における交通・生活・産業インフラへの公共投資や, 近年における地域雇用開発助成金や実践型地域雇用創造事業に代表される地域雇用を創出するための補助金制度が相当する. これらの事業による 1 年当たりの分配・投資額は全国で 15 兆 834 億円(4 種類の合計額について 2012~2014 年度の平均値)にのぼる. この金額は国家予算の 15%以上に対応する規模の大きいものであり, Place-Based Policy が我が国の地域間人口分布や地域経済に与える効果を適切に把握する必要性は極めて高いと考えられる. さらに, 今後の総人口減少時代を考慮した分析も重要であると考えられる.

#### (2) 本研究の目的

本研究では, 「中長期的に見て, 近年の我が国の Place-Based Policy が国土レベルでの人口分布や地域経済全体の経済効率性, あるいは地域間の経済格差に対してどのような影響を与えたのか. また, 国内総人口の減少によって人口分布や地域経済はどのような影響を受ける可能性があるのか.」というリサーチクエスチョンに答えるべく, 目的を以下の 2 つに設定する.

- 2012 年度から 2014 年度に我が国において実施された Place-Based Policy が国土全体での人口分布や地域経済に与えた短期的・長期的な影響を事後的に評価すること.
- 国内総人口の減少による人口分布や地域経済への影響を分析すること.

ここで短期的とは, Place-Based Policy が各地域経済に影響を与えたものの, それによる労働者の地域間移動が生じるにはまだ時間を要しているような状況を, 長期的とは, Place-Based Policy による各地域経済の変化に応じた労働者の地域間移動まで完了しているような社会経済状況をそれぞれ差す. 第 2 章で詳しく説明するが, このような分析には定量的空間経済学(Quantitative Spatial Economics: QSE)に基づく地域経済モデルを用いることが有用である. なお, 産業連関表などの基準均衡データが全国的に得られる最小の地域単位が都道府県単位であるため, 本研究では都道府県単位での分析を行う. また 2012 年度から 2014 年度に実施された Place-Based Policy を分析・評価の対象としたのは, 以下の理由による.

- Place-Based Policy の詳細なデータが公表されるようになったのが 2009 年度以降であり, また産業連関表など主な基準均衡データの最新公表データが 2015 年のものである.
- 東日本大震災の影響をできる限り取り除きたい.

### (3) 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。第 2 章では関連する理論や手法を整理し既往研究の成果と課題を整理した上で、本研究の位置付けを述べる。第 3 章では本研究で用いる QSE モデルと均衡条件およびその解法について説明する。第 4 章では QSE モデルに含まれるパラメータのキャリブレーション方法を示した後、その結果を用いてモデルから再現される基準均衡状態と実データの整合性について確認する。第 5 章では、QSE モデルに第 4 章で求めたパラメータを当てはめて、Place-Based Policy や国内総人口の変化に関する反実仮想シミュレーションを行い、導かれた各内生変数についてモデルから再現された基準均衡状態との比較と考察を行う。最後に、第 6 章で本研究の成果をまとめた後、今後の課題について述べる。

## 2. 関連研究のレビューと本研究の位置付け

本章ではまず、QSE を含めた空間経済学の理論とそれに基づく空間経済システムの定量的分析手法について整理した後、分析に必要な基準均衡データについて述べる。その後、Place-Based Policy の事後評価に関する既往研究の主な知見と課題を整理した上で本研究の位置付けを説明する。

### (1) 空間経済学の理論とそれに基づく空間経済分析手法

Krugman<sup>4)</sup> は、Dixit and Stiglitz<sup>5)</sup> の独占的競争モデルの枠組みに氷塊型輸送費用という単純な輸送費用の構造を導入し、近接している地域間では交易が密に行われるという経験的事実との整合性を保ちつつ、容易な分析が可能な理論を展開した。この理論は新貿易理論 (New Trade Theory: NTT) と呼ばれ、それまでの比較優位の理論では説明されてこなかった産業内貿易を表現することに成功した。NTT に基づく一般均衡モデルを用いた空間経済分析手法は SCGE 分析と呼ばれ、現実的な政策評価への応用上重要とされる「ミクロ経済学との理論的整合性の確保」、「経済波及効果の空間分布 (地域ごとの効果) の把握」、「多数の産業の存在を考慮したうえでの現実の地域経済政策評価」が可能であるという特徴を有している。したがって SCGE 分析を用いれば、地域・産業単位への政策の経済効果を広域的に計測することができる。ただし、NTT は国際経済の分析を主な対象としているため、労働者の地域間移動を考慮していない。そのため、NTT に基づく SCGE モデルを用いて国内の地域経済政策を分析することは、人口移動が生じないほど短期的な影響を評価していることを暗に意味している。

一方 Krugman<sup>6)</sup> は、NTT の枠組みを労働者の地域間

移動が可能なモデルへと拡張し、国内の地域経済の長期的な分析が可能な新経済地理学 (New Economic Geography: NEG) を確立した。NEG では、前方連関効果と後方連関効果という二つの相互作用効果に基づく集積の経済を表現することが可能である。佐藤ら<sup>7)</sup> によると、「前方連関効果とは、労働者が財の種類が豊富で安価な地域を好んで立地する傾向があることであり、後方連関効果とは、企業が需要の大きい地域に立地する傾向があることである。前方連関効果が労働者をひきつけ、集まった労働者が企業にとって大きな市場をもたらす。それは後方連関効果へとつながり、多くの企業をひきつけ、そこで供給される財の種類を増やし、価格指数を引き下げる。さらに、このことが前方連関効果を増強していく。こうして、二つの効果は累積的に相互に作用し、強力な集積力を生み出すことになる。」。政策の長期的な効果を把握する際には、この循環的な相互作用 (ポジティブフィードバック) により効果が増幅される影響を捉えることが重要であり、NEG に基づく空間経済モデルはこの影響を考慮することが可能である。そのため、近年では都市・地域政策の長期的影響評価が求められる土木計画学分野を中心に、NEG に基づく空間経済モデルによる空間経済分析がなされるようになってきている。このような、NEG において蓄積されてきた理論的知見を計量分析へ応用することを目指す一連の研究は近年、定量的空間経済学 (QSE) と呼ばれるようになってきている (Redding and Rossi-Hansberg<sup>8)</sup>)。

しかし、Redding and Strum<sup>9)</sup> や Allen and Arkolakis<sup>10)</sup> などの NEG に基づく代表的な QSE モデルや、本研究と同様に複数種類の Place-Based Policy の影響の事後評価を EU について行った Blouri and Ehrlich<sup>11)</sup> で用いられている QSE モデルには、「単一種類の産業しか存在せず、膨大に研究が蓄積されている SCGE モデルと分析枠組みが整合しない」、「モデルの数理特性により、現実的な複数の人口集積地を発現させるには地域固定効果 (モデルで説明されない残差) に頼らざるを得ず、地域固定効果で説明される集積は輸送アクセスの改善により必ず崩壊する。そのため、東京一極集中の進行などの実現象を表現できない」といった問題がある<sup>12)</sup>。高山ら<sup>13)</sup> は、これらのモデルを単一産業から複数種類の産業が存在する枠組みに拡張し、また労働者の地域間移動を一部制限することにより、原理的に多極型の集積パターンを表現できるモデルを開発している。

### (2) 基準均衡データ

QSE 分析では、空間経済学に基づいた空間経済システムの数理モデルを仮定し、実データを再現できるようパラメータセットをキャリブレーションする必要がある。この基準均衡データとして最も重要なのが、産業

連関表である。産業連関表の作成には少なくない手間と費用がかかることもあり、我が国では近年まで一部の都道府県を除き作成されてこなかった。しかし、年々作成する都道府県が増加し、1990年にはすべての都道府県で作成されるようになった。また、2010年には産業連関表は統計法上の「基幹統計」に指定された。

ここまで述べてきた産業連関表は地域内産業連関表と呼ばれ、1空間単位を対象とするものである。地域内産業連関表では、地域・産業ごとの移出額や移入額のデータが含まれているが、移出先や移入元については分離されていない。一方、複数の空間単位を対象とする「地域間産業連関表」は、移出先や移入元について分類された取引額のデータを含んでおり、「ある地域のある産業が、どの地域にどれだけ移出するか」がわかる<sup>14)</sup>。QSE分析では、輸送費用に関するパラメータを推定する際に、産業ごとの地域間取引データ、つまり「ある地域のある産業が、どの地域にどれだけ移出するか」がわかる必要があるため、分析対象地域に地域間産業連関表が整備されていることが必要とされる。しかし地域間産業連関表は、地域内産業連関表よりさらに膨大なデータの収集・処理や調整作業が必要であるため、経済産業省により作成されていた我が国の9地域間産業連関表や、東京都や大阪府など一部の都道府県の地域内外2地域間産業連関表を除くと、地域間産業連関表は世界的に見ても研究者レベルでの推計結果でしか公表されていない<sup>15)</sup>。さらに、経済産業省による9地域間産業連関表は2005年のものを最後に公表されていない。そのため、既往のSCGE分析やQSE分析を行った研究は、地域を9地域に統合したうえで経済産業省による9地域間産業連関表を用いて輸送費用に関するパラメータを推定しているもの(高山ら<sup>16)</sup>など)、第三次産業については集計されてない物流センサスの輸送量を代用して輸送費用に関するパラメータを推定しているもの(杉本ら<sup>17)</sup>など)が多く、その妥当性には疑問が残されている。構造推定的手法では、パラメータの違いにより結果に大きな違いが出ることは珍しくなく、47都道府県間産業連関表を用いて推定された輸送費用に関するパラメータを用いた分析の方が結果の信頼性は高いと言える。このような全都道府県を対象とした都道府県間産業連関表へのニーズの高さから、各都道府県の公表する地域内産業連関表からこれらを統合した全国47都道府県間産業連関表の構築を目的とした研究がなされてきた(宮城ら<sup>18)</sup>、新井<sup>19)</sup>など)。

### (3) 本研究の位置付け

本研究の目的は、Place-Based Policyや総人口減少が国土全体での人口分布や地域経済に与える影響を長期的に評価することである。本章(1)節で述べた通り、政

策の長期的影響を評価する際には人口移動と集積の経済を考慮することが重要であり、近年のNEGとQSEの展開によってこれらを考慮しながら現実の国土空間に適用することが可能なモデルの開発やその数理特性に関する研究が蓄積されてきた。さらに基準均衡データとなる産業連関表は現在すべての都道府県で作成されるようになっており、それらを組み合わせることで詳細な地域間取引データの作成が可能となっている。

本研究では、原理的に多極型の集積パターンを表現できる高山ら<sup>13)</sup>の開発したモデルに修正を加え、さらにBlouri and Ehrlich<sup>11)</sup>を参考に複数種類のPlace-Based Policyによる影響を考慮したQSEモデルを開発する。具体的には、土地市場、地域間所得移転の存在を考慮する。さらに、各地域の交通インフラストックは地域間輸送費用を低減させる効果をもち、各地域の産業インフラストックは生産効率性を向上させる効果をもつことを定式化し、モデルの枠組みに導入する。構築したQSEモデルを用いて、「Place-Based Policyが実施されなかった場合」や「総人口が減少する場合」の反実仮想シミュレーションを行い、国土全体での人口分布や地域経済への長期的な影響を事後評価する。

Place-Based Policyの影響について事後評価を行った既往研究は数多くあるが、これらの研究と比較した本研究の特徴は以下のとおりである。

- 既往研究の多くが自然実験的手法による一部地域のみを対象とした分析や労働者の地域間移動を考慮しないSCGEモデルによる短期的な影響の分析を行っているのに対し、本研究は長期的かつ経済波及効果を捉えた国土全体での包括的な分析を行っている。
- 既往研究の多くが仮想的なPlace-Based Policyまたは1種類のPlace-Based Policyを対象としているのに対し、本研究は実際に実施された4種類のPlace-Based Policyを扱っており、それぞれの異なる影響を分析している。
- 空間経済モデルを用いた既往研究の多くで、生産要素が労働のみである、産業の種類が1種類であるなどの単純化がなされているが、本研究では生産要素に労働・土地・中間財を取り入れており、また32種類の産業が存在する枠組みを採用しているため、より実現象を表現可能なモデルとなっている。
- 空間経済モデルを用いた既往研究の多くが輸送費用に関するパラメータを推定する際に妥当性に疑問の残る基準均衡データを用いているが、本研究では独自に都道府県間産業連関表を作成して信頼性の高い地域間取引データを用いたパラメータ推定を行っている。

### 3. QSE モデルの構築と Place-Based Policy の評価方法

本章では、高山ら<sup>13)</sup> 及び Blouri and Ehrlich<sup>11)</sup> を基にして開発した、4 種類の Place-Based Policy による影響を考慮した QSE モデルについて説明する。その後、経済均衡条件とその解法について説明する。

#### (1) QSE モデル

##### a) 地域・経済環境の設定

本モデルにおいて、地域は離散的に  $R$  箇所存在し<sup>2)</sup>、地域  $r \in \mathbf{R}$  の土地は、消費者の居住地あるいは産業における生産要素として利用される。地域  $r$  の、経済活動に利用可能な土地全体の面積を  $\bar{A}_r$  とし、そのうち住宅用土地の面積を  $\bar{A}_r^H$ 、産業用土地については用途が  $z \in \mathbf{I}$  である土地の面積を  $\bar{A}_r^z$  とする。これらはいずれも定数であり、さらに同一地域、同一用途に属する土地の面積当たりの賃料は均一とする<sup>3)</sup>。また、地主は他地域の消費者、企業にも土地を供給するが、本モデルではその供給先は基準均衡状態から変化しないものとする。

この経済には、 $I$  分類の産業  $i \in \mathbf{I}$  と、その産業に従事する消費者兼労働者が存在する。各産業は差別化された財  $i$  を生産する。各地域の各産業には  $n_r^i$  個の企業  $\nu$  が存在し、各企業は収穫逓増技術のもとで、労働・土地・中間財を生産要素として財  $i$  のバラエティ  $\nu$  を生産する。本モデルでは、Dixit and Stiglitz<sup>5)</sup> 型の収穫逓増技術、独占的競争市場、多様性への選好を仮定するため、どの企業も必ず他企業とは異なる財バラエティを生産する<sup>4)</sup>。そのため、各地域の各産業で生産される財のバラエティ数は、その地域のその産業に存在する企業数  $n_r^i$  と一致する。また、これらの財バラエティは、地域間輸送ネットワークにより任意の地域に輸送されるが、その際に氷塊型の輸送費用がかかると仮定する。

消費者は地域全体に固定的に  $\bar{L}$  存在し、個々の消費者は居住する地域  $r$  と従事する産業  $i$  の企業  $\nu$  を選択

<sup>2)</sup> 本モデルでは、一国内に存在する複数の地域を扱うことを想定している。そのために、各地域の輸出額と輸入額が等しく、輸出入を無視できる状態を仮定する。

<sup>3)</sup> 多くの自治体では都市計画により用途の制限される土地を定めているため、土地市場が完全競争的にはならない。このことを考慮するため、本モデルではこのような仮定を設けている。具体的な用途としては「農業用土地」、「工業用土地」、「商業用土地」に分類する。集合と要素の関係は図-2の通り。

<sup>4)</sup> Dixit and Stiglitz 型の独占的競争モデルでは、自由に参入・撤退できると仮定された企業が収穫逓増技術により財バラエティを生産する。仮にある財バラエティを二つの企業が生産しているとすると、企業は互いに相手企業より少し下の価格を付け合い、両企業の付ける価格は限界費用と等しくなる。しかし、この枠組みでは企業は固定費用も払う必要があり、限界費用に等しい価格を付けると両企業とも赤字になってしまう。このことを予想している企業は、すでに他企業が生産を行っている財を生産することはない。また、このような自由参入・自由撤退の結果、均衡状態では個々の企業の利潤はゼロになる。

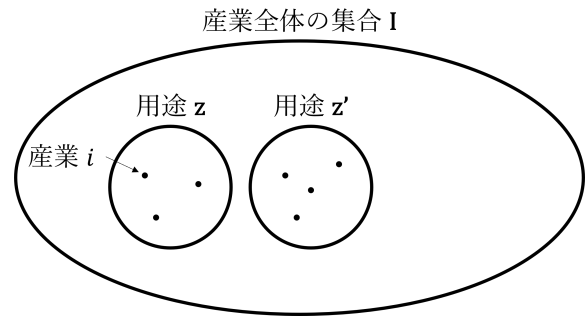


図-2: 産業に関する集合と要素の関係

することができる。地域  $r$  に居住し産業  $i$  に従事する消費者の数を  $L_r^i$  とする。これらの消費者は、自地域の企業に労働を非弾力的に 1 単位供給する。なお以降で示す式はいずれも任意の地域、任意の産業について成立する ( $\forall r \in \mathbf{R}, \forall i \in \mathbf{I}$ )。

##### b) 経済主体の行動

**消費者行動** 消費者が居住することによる効用を、次の準線形効用関数と CES 型 (Constant Elasticity of Substitution) 関数により表現する:

$$U_s^j = \alpha_s \ln[a_s^j] + (1 - \alpha_s) \ln[q_s^j], \quad (1a)$$

$$q_s^j = \left[ \sum_{i \in \mathbf{I}} \{q_{rs}^{ij}\}^{\frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_1}} \right]^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1 - 1}}, \quad (1b)$$

$$q_{rs}^{ij} = \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} \int_0^{n_r^i} \{q_{rs}^{ij}(\nu)\}^{\frac{\sigma_2 - 1}{\sigma_2}} d\nu \right]^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1}}. \quad (1c)$$

ここで、 $\alpha_s \in [0, 1]$  は土地への支出割合を表すパラメータを表し、 $a_s^j$  と  $q_s^j$  はそれぞれ、地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者の、居住する土地の面積と合成財の消費により得られる部分効用を表す。 $q_s^{ij}$  は同消費者の、財  $i$  の消費により得られる部分効用を表し、 $q_{rs}^{ij}(\nu)$  は同消費者の、地域  $r$  で生産された財  $i$  のバラエティ  $\nu$  の消費量を表す。 $\sigma_1, \sigma_2 > 1$  はそれぞれ財、生産地間の代替弾力性である。

消費者の予算制約式は以下ようになる:

$$r_s^H a_s^j + \sum_{i \in \mathbf{I}} \sum_{r \in \mathbf{R}} \int_0^{n_r^i} p_{rs}^i(\nu) q_{rs}^{ij}(\nu) d\nu = y_s^j. \quad (2)$$

ここで、 $y_s^j$  は地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者の所得、 $r_s^H$  は地域  $s$  の住宅用土地の面積当たりの賃料、 $p_{rs}^i(\nu)$  は地域  $r$  で生産されて地域  $s$  で消費される財  $i$  のバラエティ  $\nu$  の価格を表す。

この効用最大化問題は、次の 3 段階問題に変換できる:

#### [最下位問題]

$$\min_{q_{rs}^{ij}(\nu)} \sum_{r \in \mathbf{R}} \int_0^{n_r^i} p_{rs}^i(\nu) q_{rs}^{ij}(\nu) d\nu, \quad s.t. (1c), \quad (3a)$$

[中位問題]

$$\min_{q_s^{ij}} \sum_{i \in \mathbf{I}} p_s^i q_s^{ij}, \quad s.t. (1b), \quad (3b)$$

[最上位問題]

$$\begin{aligned} \max_{a_s^j, Q_s^j} \quad & \alpha_s \ln a_s^j + (1 - \alpha_s) \ln [q_s^j], \\ s.t. \quad & r_s^H a_s^j + p_s q_s^j = y_s^j. \end{aligned} \quad (3c)$$

ここで、 $p_s, p_s^i$  はそれぞれ地域  $s$  における合成財、財  $i$  の価格指数であり、以下で定義される:

$$p_s = \left[ \sum_{i \in \mathbf{I}} \{p_s^i\}^{1-\sigma_1} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_1}}, \quad (4a)$$

$$p_s^i = \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} \int_0^{n_r^i} \{p_{rs}^i(\nu)\}^{1-\sigma_2} d\nu \right]^{\frac{1}{1-\sigma_2}}. \quad (4b)$$

この効用最大化問題 (3) をラグランジュの未定乗数法を用いて解くと、居住する土地の面積  $a_s^j$ , 合成財の消費による部分効用  $q_s^j$ , 財  $i$  の消費による部分効用  $q_s^{ij}$ , 地域  $r$  で生産された財  $i$  のバラエティ  $\nu$  の消費量  $q_{rs}^{ij}(\nu)$  が求まる.

$$a_s^j = \frac{\alpha_s y_s^j}{r_s^H}, \quad (5a)$$

$$q_s^j = \frac{(1 - \alpha_s) y_s^j}{p_s}, \quad (5b)$$

$$q_s^{ij} = \left( \frac{p_s^i}{p_s} \right)^{-\sigma_1} q_s^j, \quad (5c)$$

$$q_{rs}^{ij}(\nu) = \left( \frac{p_{rs}^i(\nu)}{p_s^i} \right)^{-\sigma_2} q_s^{ij}. \quad (5d)$$

式 (1a) に式 (5a), 式 (5b) を代入すると、地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者の間接効用  $V_s^j$  は次のように書くことができる:

$$\begin{aligned} V_s^j = & \ln[\alpha_s \alpha_s (1 - \alpha_s)^{1-\alpha_s}] \\ & - \alpha_s \ln[r_s] - (1 - \alpha_s) \ln[p_s] + \ln[y_s^j]. \end{aligned} \quad (6)$$

**企業行動** 企業は、独占的競争市場のもとで労働・土地・中間財を投入し、差別化された財を生産する。地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  が財  $i$  のバラエティ  $\nu$  を生産するには、生産要素（労働、土地、中間財による合成財）を固定的に 1 単位と、生産量  $s_r^i(\nu)$  に応じて限界的に  $s_r^i(\nu)/\eta_r^i$  単位投入する必要がある。ここで  $\eta_r^i$  は地域  $r$  の産業  $i$  の生産効率性を表すパラメータである。本モデルでは、Cobb-Douglas 型生産技術を仮定するため、生産量と各生産要素の投入量との関係は以下ようになる:

$$\begin{aligned} 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} \\ = \left( \frac{L_r^i(\nu)}{\beta^i} \right)^{\beta^i} \left( \frac{a_r^i(\nu)}{\gamma^i} \right)^{\gamma^i} \left( \frac{x_r^i(\nu)}{1 - \beta^i - \gamma^i} \right)^{1-\beta^i-\gamma^i}. \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $\beta^i \in (0, 1)$ ,  $\gamma^i \in [0, 1]$  はそれぞれ労働、土地の投入割合を表すパラメータであり、 $L_r^i(\nu)$  は地域  $r$  に居住し産業  $i$  の企業  $\nu$  に従事する労働者の人数を表し、 $a_r^i(\nu)$ ,  $x_r^i(\nu)$  は、それぞれ地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  による土地投入量、中間財の合成財の投入量を表す。中間財の合成財の投入量  $x_r^i(\nu)$  は、消費者において合成財の消費により得られる部分効用と同様に、財・生産地間の代替弾力性  $\sigma_1, \sigma_2 > 1$  を用いて CES 型関数により次のように定義する:

$$x_r^i(\nu) = \left[ \sum_{j \in \mathbf{I}} \{x_{sr}^{ji}(\nu)\}^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} \right]^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1-1}}, \quad (8a)$$

$$x_{sr}^{ji}(\nu) = \left[ \sum_{s \in \mathbf{R}} \int_0^{n_s^j} \{x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu)\}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} d\tilde{\nu} \right]^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2-1}}. \quad (8b)$$

ここで、 $x_r^i(\nu)$  は、地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  による、財  $j$  の中間投入量を表し、 $x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu)$  は、同企業による、地域  $s$  で生産された財  $j$  のバラエティ  $\tilde{\nu}$  の中間投入量を表す。

本モデルでは、財の地域間輸送には氷塊型の輸送費用がかかることと仮定しており、地域  $r$  から地域  $s$  へ  $d_{rs}^i$  単位の財を輸送すると、そのうち 1 単位のみが消費者のもとへ届き、残りは輸送費用として溶けてしまう。よって、地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  による財  $i$  のバラエティ  $\nu$  の供給量  $s_r^i(\nu)$  と、地域  $s$  の労働者（消費者）と企業による需要量  $X_{rs}^i(\nu)$  の間には次の関係が成立する:

$$s_r^i(\nu) = \sum_{s \in \mathbf{R}} d_{rs}^i X_{rs}^i(\nu), \quad (9a)$$

$$X_{rs}^i(\nu) = \sum_{j \in \mathbf{I}} \left[ \int_0^{n_s^j} x_{rs}^{ji}(\nu, \tilde{\nu}) d\tilde{\nu} + q_{rs}^{ij}(\nu) L_s^j \right]. \quad (9b)$$

本モデルでは Dixit and Stiglitz 型の独占的競争を仮定しているため、地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  は、地域  $s$  の産業  $j$  の企業  $\tilde{\nu}$  からの需要関数  $x_{rs}^{ji}(\nu, \tilde{\nu})$ , 地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者からの需要関数  $q_{rs}^{ij}(\nu)$  を与件として、自社が生産する財  $i$  のバラエティ  $\nu$  の地域  $s$  での価格  $p_{rs}^i(\nu)$ , 労働投入量  $L_r^i(\nu)$ , 土地投入量  $a_r^i(\nu)$ , 中間財の投入量  $x_{sr}^i(\tilde{\nu}, \nu)$  を設定する。その利潤最大化行動は、次のように定式化できる:

$$\begin{aligned} \max_{p_{rs}^i(\nu), L_r^i(\nu), a_r^i(\nu), x_{sr}^i(\tilde{\nu}, \nu)} \quad & \pi_r^i(\nu), \quad s.t. (5), (7), (8), (9). \end{aligned} \quad (10)$$

ここで、 $\pi_r^i(\nu)$  は地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  の利潤を表し、収入から労働、土地、中間財の投入費用を除いた、以下の式で与えられる:

$$\begin{aligned} \pi_r^i(\nu) = & \sum_{s \in \mathbf{R}} p_{rs}^i(\nu) X_{rs}^i(\nu) - w_r^i L_r^i(\nu) - r_r^i a_r^i(\nu) \\ & - \sum_{j \in \mathbf{I}} \sum_{s \in \mathbf{R}} \int_0^{n_s^j} p_{sr}^j(\tilde{\nu}) x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu) d\tilde{\nu}. \end{aligned} \quad (11)$$

ここで、 $w_r^i$  は地域  $r$  の産業  $i$  の労働者の賃金、 $r_r^{iF}$  は地域  $r$  の産業  $i$  用の土地の面積当たりの賃料である。

この利潤最大化問題も、消費者の効用最大化問題と同様に、次の 3 段階の問題へと変換できる：

[最下位問題]

$$\min_{x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu)} \sum_{s \in \mathbf{R}} \int_0^{m_s^j} p_{sr}^j(\tilde{\nu}) x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu) d\tilde{\nu}, \quad s.t. (8b), \quad (12a)$$

[中位問題]

$$\min_{x_r^{ji}(\nu)} \sum_{j \in \mathbf{I}} p_r^j x_r^{ji}(\nu), \quad s.t. (8a), \quad (12b)$$

[最上位問題]

$$\begin{aligned} \max_{p_{rs}^i(\nu), L_r^i(\nu), a_r^{iF}(\nu), x_r^i(\nu)} & \sum_{s \in \mathbf{R}} p_{rs}^i(\nu) X_{rs}^i(\nu) - w_r^i L_r^i(\nu) \\ & - r_r^{iF} a_r^{iF}(\nu) - p_r x_r^i(\nu), \\ s.t. & (5), (7), (9), (13). \end{aligned} \quad (12c)$$

中位問題、最下位問題についてそれぞれラグランジュの未定乗数法を用いて解くと、地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  による地域  $s$  の財  $j$  のバラエティ  $\tilde{\nu}$  の需要量  $x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu)$ 、財  $j$  の需要量  $x_r^{ji}(\nu)$  が次のように導かれる：

$$x_r^{ji}(\nu) = \left( \frac{p_r^j}{p_r} \right)^{-\sigma_1} x_r^i(\nu), \quad (13a)$$

$$x_{sr}^{ji}(\tilde{\nu}, \nu) = \left( \frac{p_{sr}^j(\tilde{\nu})}{p_r^j} \right)^{-\sigma_2} x_r^{ji}(\nu). \quad (13b)$$

この需要関数を与件として最上位問題についてラグランジュの未定乗数法を用いて解くと、地域  $r$  で生産された財  $i$  のバラエティ  $\nu$  の地域  $s$  での価格  $p_{rs}^i(\nu)$ 、労働投入量  $L_r^i(\nu)$ 、土地投入量  $a_r^{iF}(\nu)$ 、中間財の合成財の投入量  $x_r^i(\nu)$  が次のように導かれる：

$$p_{rs}^i(\nu) = \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} \frac{d_{rs}^i}{\eta_r^i} m_r^i, \quad (14a)$$

$$L_r^i(\nu) = \frac{\beta^i}{w_r^i} \left[ 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} \right] m_r^i, \quad (14b)$$

$$a_r^{iF}(\nu) = \frac{\gamma^i}{r_r^{iF}} \left[ 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} \right] m_r^i, \quad (14c)$$

$$x_r^i(\nu) = \frac{1 - \beta^i - \gamma^i}{p_r} \left[ 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} \right] m_r^i, \quad (14d)$$

$$m_r^i = [w_r^i]^{\beta^i} [r_r^{iF}]^{\gamma^i} [p_r]^{1 - \beta^i - \gamma^i}. \quad (14e)$$

ここで、 $m_r^i$  は最大化問題のラグランジュ乗数として得られ、生産要素の価格指数を表す。なお、この問題を解くにあたり、Dixit and Stiglitz 型の独占的競争による仮定から、一企業の価格設定  $p_{rs}^i(\nu)$  が価格指数  $p_s^i$  に与える影響が無視できることを利用している。

この結果から、 $p_{rs}^i(\nu)$  はバラエティ  $\nu$  に依存しないことがわかる。よって、式 (5)、式 (9)、式 (13) より、 $q_{rs}^{ij}(\nu)$ 、 $x_{rs}^{ij}(\nu, \tilde{\nu})$ 、 $X_{rs}^i(\nu)$ 、 $s_r^i(\nu)$  はバラエティ  $\nu$  に依存せず、 $L_r^i(\nu)$ 、 $a_r^{iF}(\nu)$ 、 $x_r^i(\nu)$  もバラエティ  $\nu$  に依存

しない。さらに、 $x_r^i(\nu)$  が  $\nu$  に依存しないことと式 (13) から、 $x_{rs}^{ij}(\nu, \tilde{\nu})$  は  $\tilde{\nu}$  にも依存しないことがわかる。

また、地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  の利潤  $\pi_r^i(\nu)$  は次のように式変形できる：

$$\begin{aligned} \pi_r^i(\nu) &= \sum_{s \in \mathbf{R}} \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} \frac{d_{rs}^i}{\eta_r^i} m_r^i X_{rs}^i(\nu) - \left[ 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} \right] m_r^i \\ &= \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} \frac{m_r^i}{\eta_r^i} s_r^i(\nu) - \left[ 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} \right] m_r^i \\ &= m_r^i \left( \frac{1}{\sigma_2 - 1} \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} - 1 \right). \end{aligned} \quad (15)$$

個々の企業の利潤はゼロになるので、地域  $r$  の産業  $i$  の企業  $\nu$  の供給量  $s_r^i(\nu)$ 、生産要素の投入量  $1 + s_r^i(\nu)/\eta_r^i$  は次のようになる：

$$s_r^i(\nu) = \eta_r^i(\sigma_2 - 1), \quad 1 + \frac{s_r^i(\nu)}{\eta_r^i} = \sigma_2. \quad (16)$$

### c) 地域間所得移転

本モデルでは、各地域に居住する消費者は自地域のみにも労働を供給する。一方、地主は他地域にも土地を供給する。また、中央政府は全地域の労働者に対して、賃金に一律の税率  $\tau$  をかけた金額を徴収し、それを財源として Place-Based Policy による各地域への再分配を行う。これにより地域間所得移転が発生し、地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者の所得  $y_s^j$  は、次のように表される：

$$\begin{aligned} y_r^i &= w_r^i(1 - \tau) + \frac{T_r^w + T_r^d}{L_r} \\ &+ \frac{(1 - \iota_r) \bar{r}_r \bar{A}_r}{L_r} + \frac{1}{\bar{L}} \sum_{r \in \mathbf{R}} (\iota_r \bar{r}_r \bar{A}_r + T_r^t + T_r^i). \end{aligned} \quad (17)$$

ここで、 $T_r^w$ 、 $T_r^d$ 、 $T_r^t$ 、 $T_r^i$  はそれぞれ、地域  $r$  における雇用対策補助金、生活インフラ、交通インフラ、産業インフラへの公共投資額を表し、 $L_r$ 、 $\bar{r}_r$  はそれぞれ、地域  $r$  における消費者数と面積当たりの平均土地賃料を表す。また、 $\iota_r$  は土地収入の他地域流出率<sup>5</sup>を表すパラメータである。これらは以下の関係を満たす：

$$\tau \sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \mathbf{I}} w_r^i L_r^i = \sum_{r \in \mathbf{R}} (T_r^w + T_r^d + T_r^t + T_r^i), \quad (18a)$$

$$\bar{L} = \sum_{r \in \mathbf{R}} L_r = \sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \mathbf{I}} L_r^i, \quad (18b)$$

$$\bar{r}_r \bar{A}_r = \sum_{i \in \mathbf{I}} \left( r_r^H a_r^{iH} L_r^i + \int_0^{m_r^i} r_r^{iF} a_r^{iF}(\nu) d\nu \right). \quad (18c)$$

式 (17) からわかるように、自地域における土地収入は地域内の消費者で均等に配分され、他地域における土地収入は全地域の消費者で均等に配分されると仮定

<sup>5</sup> 本モデルでは、各地域に居住する消費者は自地域のみにも労働を供給する。一方で、地主は他地域にも土地を供給する。しかし実際には、特に三大都市圏などで都道府県境をまたいで通勤する労働者が少なくない。この点で、 $\iota_r$  は、他地域からの通勤者による労働収入の流出も内包したパラメータと考えることが可能である。

している。また Place-Based Policy について、雇用対策補助金と生活インフラへの公共投資額は直接的に地域の所得として還元される一方、交通インフラ、産業インフラへの公共投資額は、過大評価とならないよう全地域で所有されているものと仮定している。式 (17) と式 (18) を用いると、全地域の消費者の所得の総和について以下の関係が成立し、地域間所得移転額は全地域で合計するとゼロになることが確認できる：

$$\begin{aligned} & \sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \mathbf{I}} y_r^i L_r^i \\ &= \sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \mathbf{I}} \left( w_r^i L_r^i + r_r^H a_r^H L_r^i + \int_0^{n_r^i} r_r^{iF} a_r^{iF}(\nu) d\nu \right). \end{aligned} \quad (19)$$

## (2) 均衡条件

前節で述べたモデルにおける量に関する変数のほとんどは、一消費者、一企業当たりの数量を表していた。一方、パラメータのキャリブレーションを行う際に用いる産業連関表などの基準均衡データは、一地域、一産業ごとの金額で与えられる。そのため本節では、前節で示した一消費者、一企業当たりの数量を表す変数を、一地域、一産業ごとの金額を表す変数に変換する。その後、それらの変数を用いて社会経済システムの短期均衡条件および長期均衡条件を示す。

### a) 単位の交換

消費者行動に関する各変数は、個人には依存せず、居住地域と職業のみに依存する。そこで、地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者  $L_s^j$  人で集計した変数を考える。すると式 (5a) より、同消費者群の所得の合計額  $Y_s^j = y_s^j L_s^j$  を用いて、居住する土地への支出額  $R_s^j$ 、財の消費額  $C_s^j$  は次のように表される：

$$R_s^j = r_s^H a_s^H L_s^j = \alpha_s Y_s^j, \quad (20a)$$

$$C_s^j = p_s q_s^j L_s^j = (1 - \alpha_s) Y_s^j. \quad (20b)$$

また、式 (5) より、地域  $s$  に居住し産業  $j$  に従事する消費者群の財の消費額のうち、財  $i$  の消費額  $C_s^{ij}$ 、うち地域  $r$  で生産された財  $i$  の消費額  $C_{rs}^{ij}$  は次のように表される：

$$C_s^{ij} = p_s^i q_s^{ij} L_s^j = \left( \frac{p_s^i}{p_s} \right)^{1-\sigma_1} C_s^j, \quad (21a)$$

$$C_{rs}^{ij} = p_{rs}^i q_{rs}^{ij} L_s^j = \left( \frac{p_{rs}^i}{p_s^i} \right)^{1-\sigma_2} C_s^{ij} n_r^i. \quad (21b)$$

一方、前節で述べたように、企業行動に関する各変数は、地域  $s$  と産業  $j$  のみに依存し、自企業  $\tilde{\nu}$  や取引相手企業  $\nu$  には依存しない。そこで、各変数の  $\nu$ 、 $\tilde{\nu}$  を除き、地域  $s$  の産業  $j$  に属する  $n_s^j$  社の企業で集計した変数を考える。すると、地域  $s$  の産業  $j$  における生産

額  $S_s^j$  は、式 (16) より次のように式変形できる：

$$S_s^j = \sum_{r \in \mathbf{R}} p_{sr}^j X_{sr}^j = \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} \frac{m_s^j}{\eta_s^j} s_s^j = \sigma_2 m_s^j n_s^j. \quad (22)$$

これを用いると、式 (14)、式 (16) より、地域  $s$  の産業  $j$  における労働投入額  $W_s^j$ 、土地投入額  $R_s^{jF}$ 、中間財の投入額  $B_s^j$  は次のように表される：

$$W_s^j = w_s^j L_s^j = \beta^j S_s^j, \quad (23a)$$

$$R_s^{jF} = r_s^{jF} a_s^{jF} = \gamma^j S_s^j, \quad (23b)$$

$$B_s^j = p_s x_s^j = (1 - \beta^j - \gamma^j) S_s^j. \quad (23c)$$

また、式 (13) より、地域  $s$  の産業  $j$  における中間財の投入額のうち、財  $i$  の投入額  $B_s^{ij}$ 、うち地域  $r$  で生産された財  $i$  の投入額  $B_{rs}^{ij}$  は次のように表される：

$$B_s^{ij} = p_s^i x_s^{ij} = \left( \frac{p_s^i}{p_s} \right)^{1-\sigma_1} B_s^j, \quad (24a)$$

$$B_{rs}^{ij} = p_{rs}^i x_{rs}^{ij} = \left( \frac{p_{rs}^i}{p_s^i} \right)^{1-\sigma_2} B_s^{ij} n_r^i. \quad (24b)$$

よって、地域  $s$  における、地域  $r$  で生産された財  $i$  の需要額  $D_{rs}^i = \sum_{j \in \mathbf{I}} (C_{rs}^{ij} + B_{rs}^{ij})$  は、式 (20b)、式 (21)、式 (23c)、式 (24) を用いて次のように変形できる：

$$\begin{aligned} D_{rs}^i &= n_r^i \left( \frac{p_s^i}{p_s} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{p_{rs}^i}{p_s^i} \right)^{1-\sigma_2} \\ &\quad \left\{ (1 - \alpha_s) Y_s + \sum_{j \in \mathbf{I}} (1 - \beta^j - \gamma^j) S_s^j \right\}. \end{aligned} \quad (25)$$

ここで、 $Y_s = \sum_{j \in \mathbf{I}} y_s^j L_s^j$  は地域内総所得である。 $Y_s$  は、式 (17)、式 (18c)、式 (20a)、式 (23a)、式 (23b) を用いて以下のように変形できる：

$$\begin{aligned} Y_s &= (1 - \tau) \sum_{j \in \mathbf{I}} \beta^j S_s^j + T_s^w + T_s^d \\ &\quad + (1 - \iota_s) \left\{ \alpha_s Y_s + \sum_{j \in \mathbf{I}} \gamma_j S_s^j \right\} \\ &\quad + \frac{L_s}{L} \sum_{s \in \mathbf{R}} \left[ \iota_s \left\{ \alpha_s Y_s + \sum_{j \in \mathbf{I}} \gamma_j S_s^j \right\} + T_s^t + T_s^i \right]. \end{aligned} \quad (26)$$

### b) 短期均衡条件と長期均衡条件

本項では、前項で定義した変数を用いて短期均衡条件および長期均衡条件を示す。本研究における短期均衡と長期均衡の定義として、短期均衡では消費者が居住地や従事する産業を変更できないような制約のかかる短期間を想定し、それら以外の経済要素、具体的には財市場、労働市場、土地市場が均衡する状況を想定する。他方、長期均衡では、消費者が効用を最大化するように居住地や従事する産業に関しても選択を行うと仮定する。すなわち、短期均衡状態では  $L_r^i$  を与件として財市場、労働市場、土地市場が均衡し、長期均衡状態では消費者による居住地や従事する産業の選択均衡条件が満たされる。以降は各々の条件について順に示す。

**短期均衡条件** 短期均衡状態では、 $L_r^i$  を与件として財市場、労働市場、土地市場が均衡する。まず財市場の均衡条件として、地域  $r$  の産業  $i$  による総供給額は、地域  $r$  の財  $i$  に対する、全地域からの需要額の合計に一致する：

$$\forall r \in \mathbf{R}, \forall i \in \mathbf{I}, S_r^i = \sum_{s \in \mathbf{R}} D_{rs}^i. \quad (27)$$

次に、労働市場の均衡条件として、地域  $r$  の産業  $i$  に属する  $n_r^i$  社の企業による労働投入量の合計人数は、与件である地域  $r$  に居住し産業  $i$  に従事する消費者数  $L_r^i$  に一致する：

$$\forall r \in \mathbf{R}, \forall i \in \mathbf{I}, L_r^i = \int_0^{n_r^i} L_r^i(\nu) d\nu. \quad (28)$$

最後に、土地市場の均衡条件として、地域  $r \in \mathbf{R}$  の住宅用土地の面積  $\bar{A}_r^H$  は一定であり、産業においても、用途が  $\mathbf{z} \subset \mathbf{I}$  である土地の面積  $\bar{A}_r^z$  は一定である。これらは産業  $i$  の土地投入量（住宅用土地の場合は消費者の居住する土地の面積）を地域、用途毎に合計したものに一致する：

$$\forall r \in \mathbf{R}, \bar{A}_r^H = \sum_{i \in \mathbf{I}} a_r^{iH} L_r^i, \quad (29a)$$

$$\forall r \in \mathbf{R}, \forall \mathbf{z} \subset \mathbf{I}, \bar{A}_r^z = \sum_{i \in \mathbf{z}} a_r^{iF}. \quad (29b)$$

**長期均衡条件** 長期均衡状態では消費者による居住地や従事する産業の選択均衡条件が満たされる。すなわち、消費者はより高い効用が得られる居住地  $r$  と従事する産業  $i$  を選択する。ただし、NEG モデルでは全消費者が均質、かつ地域間を自由に移動できる場合、集積の経済による労働者の凝集力が、住宅用土地賃料の上昇による労働者の分散力を上回り、常に消費者、産業が一地域に集中する状態のみが安定均衡状態となる。現実的な人口分布を説明可能なモデルとするためには、分散力が凝集力を上回らなければならない（いわゆる no black-hole 条件）が、Akamatsu et al.<sup>20</sup> で指摘されているように、通勤コストや地代の導入のみではこの問題は完全には解消できない。

そこで、本研究では、消費者、産業の集積地を複数創発できるよう、高山ら<sup>13</sup> 等と同様に、消費者の居住地と職業の選択行動に地域・産業間の異質性を導入し、一部の消費者の居住地・職業の選択に制限を設ける。具体的には、第一次産業に従事する消費者は居住地と職業を変更できないと仮定する。その他の消費者の選択行動は、Nested Logit Model により表現されると仮定する。Nested Logit Model の階層構造については、現実の居住地・職業の選択データを用いて両者の選択行動に関するパラメータ（効用の確率項の標準偏差に反比例する）を推定し、スケールパラメータが小さい選択行動を上位 Nest とする。例えば居住地の選択行動が上位

であるとき、長期均衡条件は次のようになる：

$$L_r^i = \begin{cases} \text{const.} & (i \in \mathbf{A}), \\ P(i|r)P(r)(\sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \bar{\mathbf{A}}} L_r^i) & (i \in \bar{\mathbf{A}}). \end{cases} \quad (30)$$

ここで、 $\mathbf{A}$  は第一次産業を表す集合であり、農業、林業、漁業が含まれる。 $\bar{\mathbf{A}}$  は  $\mathbf{A}$  の補集合を表し、第一次産業に含まれない産業すべてが含まれる。また、 $P(r)$ 、 $P(i|r)$  はそれぞれ第一次産業以外に従事する消費者が地域  $r$  を選択する確率、同消費者が地域  $r$  を選択したときに職業  $i$  を選択する条件付き確率であり、次のように表される：

$$P(r) = \frac{\exp[\mu_1(V_r + E_r + \hat{V}_r)]}{\sum_{r \in \mathbf{R}} \exp[\mu_1(V_r + E_r + \hat{V}_r)]}, \quad (31a)$$

$$P(i|r) = \frac{\exp[\mu_2(V_r^i + E^i)]}{\sum_{i \in \mathbf{A}} \exp[\mu_2(V_r^i + E^i)]}. \quad (31b)$$

ここで、 $\mu_1$ 、 $\mu_2$  はそれぞれ居住地選択、職業選択に関するスケールパラメータであり、 $E_r$ 、 $E^i$  はそれぞれ地域固有、産業固有の効用項であり、現実の選択データを用いて推定される。 $V_r$ 、 $V_r^i$  は、それぞれ消費者の間接効用のうち、居住地のみに依存する項、居住地と職業の両方に依存する項であり、式 (6) より、次のように表される<sup>6</sup>：

$$V_r = -\alpha_r \ln[r_r] - (1 - \alpha_r) \ln[p_r], \quad (32a)$$

$$V_r^i = \ln[y_r^i]. \quad (32b)$$

また、 $\hat{V}_r$  は居住地選択の期待最大効用であり、以下で与えられる：

$$\hat{V}_r = \frac{1}{\mu_2} \ln \left[ \sum_{i \in \mathbf{A}} \exp[\mu_2 V_r^i] \right]. \quad (33)$$

以上で示した短期均衡状態、長期均衡状態における取引関係と Place-Based Policy が及ぼす影響を 2 地域の問題を例としてまとめたものが図-3 である。

### (3) 均衡条件の解法

本節では、前節で得られた均衡条件を解いて各内生変数を求める方法を具体的に示す。

#### a) 短期均衡条件の解法

式 (14a)、式 (22) より、地域  $s$  で生産された財  $j$  の、地域  $r$  での価格  $p_{sr}^j$  は次のように表される：

$$p_{sr}^j = \frac{d_{sr}^j S_s^j}{(\sigma_2 - 1) \eta_s^j n_s^j}. \quad (34)$$

<sup>6</sup> 式 (6) の項のうち、 $\ln[\alpha_s \alpha_s (1 - \alpha_s)^{1 - \alpha_s}]$  は地域固有の効用項として  $E_r$  に含まれている。

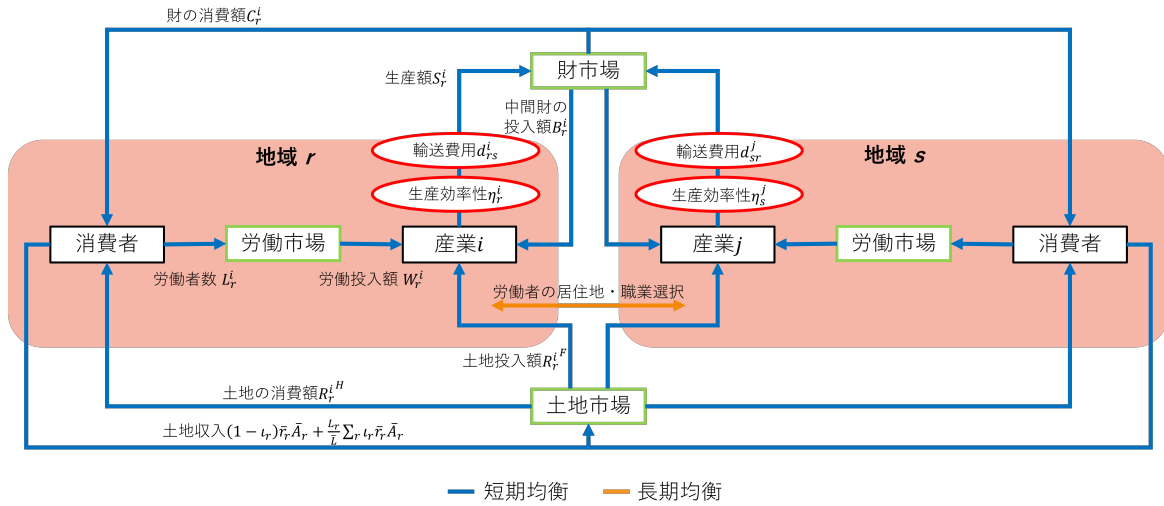


図-3: 経済主体の取引関係と Place-Based Policy が及ぼす影響 (2 地域の場合)

これを式 (4b) に代入すると、地域  $s$  における財  $i$  の価格指数  $p_r^i$  は次のように表される:

$$p_r^j = \left[ \sum_{s \in \mathbf{R}} \{n_s^j\}^{\sigma_2} \left\{ \frac{d_{sr}^j S_s^j}{(\sigma_2 - 1) \eta_s^j} \right\}^{1 - \sigma_2} \right]^{\frac{1}{1 - \sigma_2}} \quad (35)$$

また、式 (27) に式 (4a), (25), (34) を代入すると、

$$S_s^j = n_s^j \sum_{r \in \mathbf{R}} \left\{ \frac{d_{sr}^j S_s^j}{(\sigma_2 - 1) \eta_s^j n_s^j} \right\}^{1 - \sigma_2} \frac{\{p_r^j\}^{\sigma_2 - \sigma_1}}{\sum_{j \in \mathbf{I}} \{p_r^j\}^{1 - \sigma_1}} \left\{ (1 - \alpha_r) Y_r^i + \sum_{i \in \mathbf{I}} (1 - \beta^i - \gamma^i) S_r^i \right\} \quad (36)$$

が得られ、これより、

$$S_s^j = n_s^j \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} \left\{ \frac{d_{sr}^j}{(\sigma_2 - 1) \eta_s^j} \right\}^{1 - \sigma_2} \frac{\{p_r^j\}^{\sigma_2 - \sigma_1}}{\sum_{j \in \mathbf{I}} \{p_r^j\}^{1 - \sigma_1}} \left\{ (1 - \alpha_r) Y_r^i + \sum_{i \in \mathbf{I}} (1 - \beta^i - \gamma^i) S_r^i \right\} \right]^{\frac{1}{\sigma_2}} \quad (37)$$

が得られる。

また、式 (28) を用いて得られる式 (23a) より、

$$w_r^i = \frac{\beta^i S_r^i}{L_r^i} \quad (38)$$

が得られる。さらに、式 (23b), 式 (29b) より、

$$\bar{A}_r^z = \sum_{i \in \mathbf{z}} \frac{\gamma^i S_r^i}{r_r^{iF}} \quad (39)$$

が得られる。本モデルでは、同一地域、同一用途に属する土地の面積当たりの賃料は均一であると仮定しており、 $\forall i \in \mathbf{z}, r_r^{iF} = r_r^{zF}$  とおくと、

$$r_r^{iF} = r_r^{zF} = \frac{\sum_{i \in \mathbf{z}} \gamma^i S_r^i}{\bar{A}_r^z} \quad (40)$$

が得られる。一方、式 (14e), (22) より、

$$S_r^j = \sigma_2 [w_r^i]^{\beta^i} [r_r^{iF}]^{\gamma^i} [p_r^j]^{1 - \beta^i - \gamma^i} n_r^i \quad (41)$$

が得られ、これに式 (4a), (38), (40) を代入すると、

$$S_r^i = \sigma_2 n_r^i \left[ \frac{\beta^i S_r^i}{L_r^i} \right]^{\beta^i} \left[ \frac{\sum_{i \in \mathbf{z}} \gamma^i S_r^i}{\bar{A}_r^z} \right]^{\gamma^i} \left[ \sum_{j \in \mathbf{I}} \{p_r^j\}^{1 - \sigma_1} \right]^{\frac{1 - \beta^i - \gamma^i}{1 - \sigma_1}} \quad (42)$$

が得られ、これより、

$$n_r^i = \frac{\{S_r^i\}^{1 - \beta^i}}{\sigma_2} \left[ \left[ \frac{\beta^i}{L_r^i} \right]^{\beta^i} \left[ \frac{\sum_{i \in \mathbf{z}} \gamma^i S_r^i}{\bar{A}_r^z} \right]^{\gamma^i} \left[ \sum_{j \in \mathbf{I}} \{p_r^j\}^{1 - \sigma_1} \right]^{\frac{1 - \beta^i - \gamma^i}{1 - \sigma_1}} \right]^{-1} \quad (43)$$

が得られる。

ここまでで得られた式 (35), (37), (43) と、前節で得られた式 (26) の計  $(3I + 1)R$  本の式を、非線形連立方程式として解くことで、短期均衡条件の解が得られる。これらの式に含まれる未知変数は、 $S_s^j, p_r^j, n_r^i, Y_s$  の計  $(3I + 1)R$  個であるが、ワルラス法則により、これらの式は  $(3I + 1)R - 1$  本の独立な方程式にしかない。本研究では、総賃金  $W = \sum_{s \in \mathbf{R}} \sum_{j \in \mathbf{I}} w_s^j L_s^j$  を外生的に与えることで基準化し、連立方程式を解くこととした。これは、経済全体の金銭の量が一定であるという制約と解釈でき、この設定のもとでは、式 (18a) より税率が一定であれば Place-Based Policy の総額も一定となる。連立方程式の解は、標準的なニュートン法により求めることができ、具体的な計算過程は、図-4 の通りである。残りの未知変数は、連立方程式の解を各々に代入することで容易に得られる。本研究では、収束基準  $\varepsilon = 10^{-5}$  とした。

表-1: パラメータキャリブレーション関連データ

変数	説明	データの出典
$C_r$	地域別最終消費額	産業連関表; 最終需要部門計
$R_r^H, R_r^F$	地域別土地への支出額	都道府県地価調査, 建築着工統計調査など
$W_r^i$	地域・産業別労働投入額	産業連関表; 粗付加価値部門計
$B_r^i$	地域・産業別中間財の投入額	産業連関表; 内生部門計
$L_r^i$	地域・産業別労働者数	経済センサス活動調査
$T_r^w$	地域別雇用対策補助金	厚生労働省行政事業レビュー <sup>7</sup>
$T_r^d, T_r^t, T_r^i$	地域別公共投資額	社会資本ストック統計 <sup>8</sup>

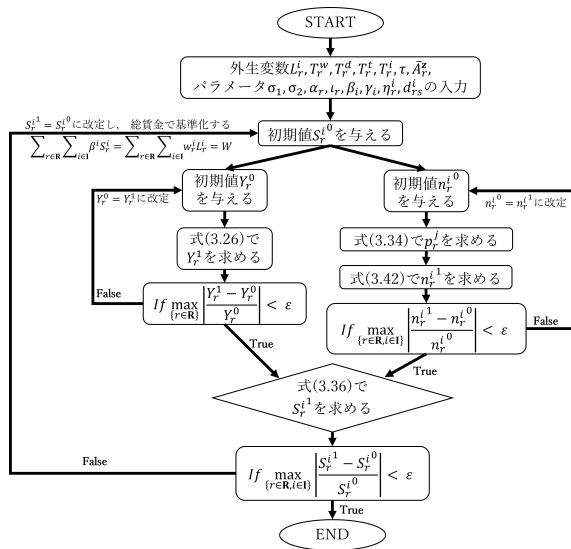


図-4: 短期均衡の計算手順フロー図

b) 長期均衡条件の解法

長期均衡条件の解は、短期均衡条件の解を利用し、条件 (30) を解くことで得られる。具体的には、 $L_r^0$  を初期値として与えて短期均衡条件を解き、解として得られる  $y_r^i, r_r, p_r$  を式 (32), (33) へ代入し、さらに式 (31) を用いて各選択確率を求めることで、式 (30) から  $L_r^1$  が得られる。短期均衡条件と同様に、ニュートン法を用いて長期均衡条件の解を導出することができるが、NEG モデルには一般に安定・不安定な複数の長期均衡状態が存在することが知られている。そのため、異なる初期値を複数パターン与えた場合も解が頑健であるかどうかにより、長期均衡条件の解の安定性を判断する。

4. QSE モデルのパラメータキャリブレーション・推定方法

前章で用いた各パラメータは、本モデルの基準均衡状態が実データと整合的になるように、キャリブレーション・推定される。本章では、各パラメータのキャリブレーション・推定の方法を示した後、その結果を用いてモデルから再現される基準均衡状態と実データの整合性について確認する。

(1) 用いるデータとキャリブレーション・推定方法

本節では、短期均衡条件、長期均衡条件に関する各パラメータのキャリブレーション・推定の方法を順に説明する。

a) 短期均衡条件に関するパラメータ

**Place-Based Policy の影響を受けないパラメータ** 本項では、短期均衡条件に関するパラメータのうち、Place-Based Policy による影響を受けないパラメータ、具体的

には、 $\sigma_1, \sigma_2, \alpha_r, l_r, \beta^i, \gamma^i$  のキャリブレーション方法を示す。本項で用いる基準均衡データは、主に 2015 年の各都道府県の産業連関表から得られる。ただし、産業連関表は都道府県によって集計方法が異なっており、データとして利用するにはいくつかの事前処理が必要となるが、詳しくは付録付録 I で説明する。用いる具体的なデータの出典は、表-1 のとおりである。

まず、財間の代替弾力性パラメータ  $\sigma_1$ 、生産地間の代替弾力性パラメータ  $\sigma_2$  は、多くの研究で指摘されているように適切な推定が困難である。本研究では現実的な対応としてモデル設定に近い既往研究成果を用いる。財間の代替弾力性パラメータについては、上田 (編著)<sup>21)</sup> から  $\sigma_1 = 2$  とし、生産地間の代替弾力性パラメータについては、高山ら<sup>22)</sup> から  $\sigma_2 = 5$  とした<sup>9)</sup>。

次に、地域  $r$  の消費者の土地への支出割合を表すパラメータ  $\alpha_r$ 、産業  $i$  の企業の労働・土地の投入割合を表すパラメータ  $\beta^i, \gamma^i$  は、それぞれ式 (20a), 式 (23a), 式 (23b) を産業・地域で集計した以下の式から容易に得られる:

$$R_r^H = \alpha_r Y_r, \tag{44a}$$

$$\sum_{r \in \mathbf{R}} W_r^i = \beta^i \sum_{r \in \mathbf{R}} S_r^i, \tag{44b}$$

$$\sum_{r \in \mathbf{R}} R_r^F = \gamma^i \sum_{r \in \mathbf{R}} S_r^i. \tag{44c}$$

土地収入の他地域流出率を表すパラメータ  $l_r$  は、式 (26) から求められる。具体的には、同式より以下の式が得られる:

$$Y_r = G_r - \bar{r}_r \bar{A}_r l_r + \frac{L_r}{L} \sum_{r \in \mathbf{R}} \bar{r}_r \bar{A}_r l_r. \tag{45}$$

ただし、 $G_r$  は土地収入の流入除いた地域内総所得

<sup>7</sup> 施策目標「地域、中小企業、産業の特性に応じ、雇用の創出及び雇用の安定を図ること」に分類される事業による都道府県別交付額を用いた。

<sup>8</sup> 都道府県別実質投資額データが掲載されている部門のうち、道路、港湾、航空を交通インフラ、農業、林業・国有林、漁業を産業インフラ、公共住宅、下水道、廃棄物、水道、都市公園、学校施設、社会教育、庁舎を生活インフラとした。

<sup>9</sup> 本来はこれらの代替弾力性パラメータを変動させた場合の感度分析を行い、結果の頑健性を検討するべきであるが、これについては今後の課題としたい。

であり、基準均衡データから次のように求められる:

$$G_r = (1-\tau) \sum_{i \in \mathbf{I}} W_r^i + \bar{r}_r \bar{A}_r + T_r^w + T_r^d + \frac{L_r}{L} \sum_{r \in \mathbf{R}} \{T_r^t + T_r^i\}. \quad (46)$$

この 47 本の連立方程式の行列表示は次のようになる:

$$\mathbf{G} - \mathbf{Y} = \left( \mathbf{R}' - \frac{1}{L} \mathbf{L} \mathbf{R} \right) \boldsymbol{\iota}. \quad (47)$$

ここで、 $\mathbf{G}$ 、 $\mathbf{Y}$ 、 $\mathbf{L}$  は、それぞれ  $G_r$ 、 $Y_r$ 、 $L_r$  の列ベクトル、 $\mathbf{R}$  は  $\bar{r}_r \bar{A}_r$  の行ベクトル、 $\mathbf{R}'$  は  $\bar{r}_r \bar{A}_r$  を対角要素に配置し他の要素をすべて零とした行列である。(47) を  $\boldsymbol{\iota}$  について解くと、地域別土地収入の他地域流出率が求められる。ただし、この係数行列は条件数が大きく、逆行列を求めて解くと誤差が大きくなるため、実際には LU 分解を用いて直接逆行列を求めることを回避して連立方程式を解く。

**Place-Based Policy の影響を受けるパラメータ** 本項では、短期均衡条件に関するパラメータのうち、Place-Based Policy による影響を受けるパラメータ、具体的には、 $d_{rs}^i$ 、 $\eta_r^i$  の推定方法を示す。本研究では、4 種類の Place-Based Policy による影響を考慮する。雇用対策補助金と生活インフラへの公共投資額は直接的に地域の所得として還元される。一方で、交通インフラ、産業インフラへの公共投資額は、資本ストック額  $\text{TStock}_r$ 、 $\text{ISock}_r^i$  として蓄積されることで、地域、産業に関するパラメータに影響を与える。ただし、産業インフラへの公共投資額の内訳を見ると、第一次産業（農業、林業、漁業）への投資が約 98% を占めていたため、生産効率性パラメータが影響を受けるのは第一次産業に限ると仮定した。具体的には、以下のような関係<sup>10</sup>により、隣接地域間の輸送速度  $v_{rs}$  や生産効率性パラメータ  $\eta_r^i$  を変化させる:

$$\ln v_{rs} = \ln \bar{v}_{rs} + \kappa_v \ln \left[ 1 + \frac{\text{TStock}_r}{\text{neighbor}_r} + \frac{\text{TStock}_s}{\text{neighbor}_s} \right], \quad (48a)$$

$$\ln \eta_r^i = \ln \bar{\eta}_r^i + \kappa_\eta \frac{\text{ISock}_r^i}{L_r^i}. \quad (48b)$$

ここで、 $\bar{v}_{rs}$  は隣接地域  $r$ 、 $s$  間固有の固定効果、 $\bar{\eta}_r^i$  は地域・産業固有の固定効果、 $\kappa_v$  と  $\kappa_\eta$  はそれぞれ輸送速度と生産効率性パラメータのインフラストック弾力性であり、これらのパラメータの推定方法については、付録 (1)、(2) で詳しく述べる。 $\text{neighbor}_r$  は地域  $r$  に隣接する地域の数であり、海上架橋や海底トンネルもしくは島の陸地で隣接している地域も含んでいる<sup>11</sup>。

$v_{rs}$  を用いて、隣接地域間の直接輸送費用に関するパ

ラメータ  $\tilde{d}_{rs}^i$  は以下のように与えられると考える:

$$\tilde{d}_{rs}^i = \left( \frac{\text{distance}_{rs}}{v_{rs}} \right)^{d^i}. \quad (49)$$

ここで、 $\text{distance}_{rs}$  は隣接地域  $r$ 、 $s$  間距離であり、国土地理院「都道府県庁間の距離」を用いた<sup>12</sup>。また、 $d^i > 0$  は財毎に異なる輸送費用パラメータであり、財価格当たりの輸送費用が高いもの、例えばセメント産業のような安くてかさばる財では高い値をとる。また建設産業などの財は、産業の定義により自給率が 1 であると考えられ、そのような産業では  $d^i = \infty$  であると考えられる。 $d^i$  の推定は、 $\bar{v}_{rs}$  や  $\kappa_v$  と同時に行うため、こちらも付録 (2) で詳しく述べる。

非隣接地域  $r$  と  $t$  の間の財  $i$  の輸送費用に関するパラメータ  $d_{rt}^i$  は、地域  $r$  から  $t$  への最適経路（輸送費用最小経路）上に位置する隣接地域間の直接輸送費用  $\tilde{d}_{rs}^i$ 、 $\tilde{d}_{st}^i$  により決まるが、この最適経路自体も、全国のあらゆる隣接地域間の直接輸送費用により定まるため、分析が複雑になる。そこで、本研究では Allen and Arkolakis<sup>23</sup> が開発した枠組みを用いる。この枠組では、非隣接地域間で交易される財がある地域を通過する確率を割り当て、隣接地域間の直接輸送費用とともに用いることで、すべての地域間の輸送費用に関するパラメータを推計する。具体的には、以下の手順で推計する。

まず、非隣接地域  $r$  と  $t$  の間や地域内取引  $r$  と  $r$  の間にも、便宜的に隣接地域間の直接輸送費用  $\tilde{d}_{rt}^i$ 、 $\tilde{d}_{rr}^i$  を定義し、 $\tilde{d}_{rt}^i = \tilde{d}_{rr}^i = \infty$  を与える。地域  $r$  から  $t$  へ輸送する際の経路選択枝の一つを  $p$  とすると、経路  $p$  による地域  $r$  から  $t$  への輸送費用  $\hat{d}_{rt}^i(p)$  は、経路  $p$  が通るすべての隣接地域間の直接輸送費用の積で与えられる。すべての経路選択枝の中から、こうして求められた輸送費用が最小となる経路が基本的には選択されるが、個人毎に異なる各経路に対する嗜好性の存在を考慮し、Fréchet 分布が仮定される誤差項を選択行動の枠組みに導入する。Fréchet 分布の形状パラメータを  $\theta$  とすると、非隣接地域  $r$  と  $t$  の間の期待輸送費用は次のように導かれる:

$$d_{rt}^i = \Gamma \left( 1 - \frac{1}{\theta} \right) \{f_{rt}^i\}^{-\frac{1}{\theta}}. \quad (50)$$

ここで、 $\Gamma$  はガンマ関数であり、 $f_{rt}^i$  は以下のように定義される行列  $\mathbf{F}^i$  の  $(r, t)$  要素である:

$$\mathbf{F}^i = (\mathbf{I} - \mathbf{D}^i)^{-1}. \quad (51)$$

ただし、 $\mathbf{D}^i = [\tilde{d}_{rt}^i]^{-\theta}$  である。なお、この式を用いるには、 $\forall r \in \mathbf{R}$ 、 $\sum_{t \in \mathbf{R}} \tilde{d}_{rt}^i < 1$  が成り立っている必要がある。また、 $\theta$  の推定には多くの作業を要するため、

<sup>10</sup> 線形型など他の関数形でも重回帰分析を行ったが、今回提示したモデルよりも統計的有意性の点で劣っていた。

<sup>11</sup> ただし、この定義では沖縄県で  $\text{neighbor}_r = 0$  になってしまうため、現在唯一旅客フェリーが運航されている鹿児島県を隣接地域と定義した。

<sup>12</sup> 現実には直線的な財の輸送はほぼ不可能であることから、道路等の輸送ネットワーク形状を考慮した距離の定義を採用することが望ましいが、これについては今後の課題としたい。

表-2: パラメータのキャリブレーション・推定結果

パラメータ	説明	参照	(平均) 値
$\sigma_1$	財間の代替弾力性	上田編著 <sup>21)</sup>	2
$\sigma_2$	生産地間の代替弾力性	高山ら <sup>22)</sup>	5
$\theta$	輸送経路選択の異質性パラメータ	Allen and Arkolakis <sup>23)</sup>	136.13
$\kappa_v$	$v_{rs}$ のインフラストック弾力性	付録 (1)	0.8581
$\kappa_\eta$	$\eta_r^i$ のインフラストック弾力性	付録 (2)	$9.829 \times 10^{-4}$
$\alpha_r$	消費者の土地への支出割合	式 (44a)	0.0767
$l_r$	土地収入の他地域流出率	式 (47)	0.2245
$\mu_1$	NL モデルのスケールパラメータ	式 (52)	0.6281

今回の分析では Allen and Arkolakis<sup>23)</sup> の推定結果である  $\theta = 136.13$  を用いた。

b) 長期均衡条件に関するパラメータ

本節では、長期均衡条件に関するパラメータ、具体的には、 $E_r$ ,  $E^i$ ,  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  の推定方法を示す。通常の nested logit model のパラメータ推定と同様に、下位の選択行動に関する分散パラメータ  $\mu_2$  を 1 とし、 $E_r$ ,  $E^i$ ,  $\mu_1$  は以下の対数尤度関数  $\mathcal{L}$  を最大化する値に設定する<sup>13</sup>。ただし、 $E_r$ ,  $E_r^i$  はそれぞれ地域間、同一地域の産業間の差分にしか意味がないため、 $E_1 = E^1 = 0$  に基準化し残りのパラメータ値を設定する：

$$\mathcal{L} = \sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \mathbf{A}} \frac{L_r^i}{\sum_{r \in \mathbf{R}} \sum_{i \in \mathbf{A}} L_r^i} \ln[P(i|r)P(r)]. \quad (52)$$

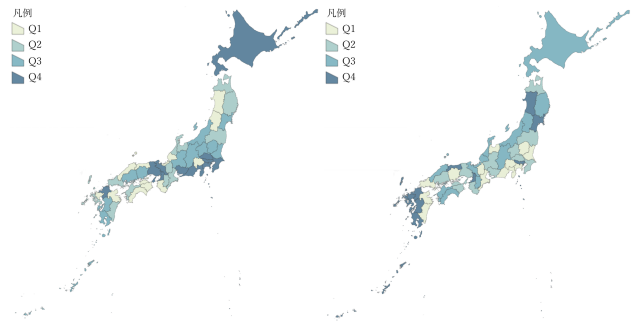
(2) キャリブレーション・推定結果と基準均衡状態の整合性

本節では、前節の方法でキャリブレーション・推定されたパラメータ値を示し、それを用いてモデルから再現される基準均衡状態と実データの整合性を確認する。

まずモデル全体、または地域毎に定義されるパラメータのキャリブレーション・推定結果を表-2に示す。ただし、地域毎に定義されるパラメータについては、全地域の平均値を示している。地域毎の結果については図-5を参照されたい。

表-2における  $\kappa_\eta$  については、EU における Place-Based Policy に対し QSE を用いた厚生分析を行った Blouri and Ehrlich<sup>11)</sup> でも推定されているが、概ねオーダーは一致している ( $\kappa_\eta = 0.006$ )。一方、地域固有の効用項に関して、Blouri and Ehrlich<sup>11)</sup> では周縁部の方が中心部よりも大きな値となったが、本研究では図-5a より、三大都市圏や福岡県で地域固有の効用項が大きくなっていることがわかる。このことは、三大都市圏や福岡県が実質所得による効果以上に人口を集めていることを示唆している。つまり、本研究のモデルでは地

<sup>13</sup>  $\mu_1$  のみをこの方法で求めた後に、産業固有の効用項  $E^i$  の代わりに地域 × 産業固有の効用項  $E_r^i$  を導入し、長期均衡条件式 (30) を満たすように  $E_r$ ,  $E_r^i$  をキャリブレーションする方法も試みた。しかし、基準均衡状態  $L_r^i$  と実データの整合性の観点から今回提示したモデルが選択された。



(a) 地域固有の効用項  $E_r$  (b) 土地収入の他地域流出率  $l_r$

図-5: 地域毎に定義されるパラメータのキャリブレーション結果。四分位数による分類で塗分けられており、色が濃いほど値が大きいことを表す。

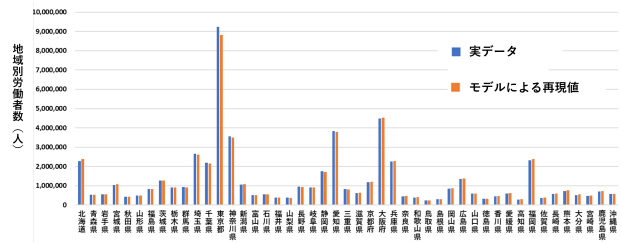


図-6: 地域別労働者数  $L_r$

域間移動が比較的容易であるために、三大都市圏や福岡県の持つ経済的側面以外の魅力によって人口が引き寄せられている可能性を示唆している<sup>14</sup>。

これらのパラメータを用いて、基準均衡状態をモデルにより再現し、実際の数値と整合性が取れているかを確認する。まず、短期均衡の現況再現性を確認するために地域別生産額  $S_r = \sum_{i \in \mathbf{I}} S_r^i$  の決定係数を求めたところ、0.983 と高い値が得られた。次に、長期均衡の現況再現性を確認するために地域別労働者数  $L_r$  の決定係数を求めたところ 0.950 となり、十分精度よく再現されていると言える。地域別労働者数について実際のデータとモデルによる再現値を示したのが図-6である。

5. 反実仮想シミュレーション結果の考察

本章では、Place-Based Policy に関する反実仮想シミュレーションを行い、導かれた各内生変数について、モデルから再現された基準均衡状態や短期均衡状態との比較、考察を行う。

<sup>14</sup> 図-5b を精査すると、前章でも述べたようにこの値は他地域からの通勤者の比率も内包した数と考えられるため、東京都や大阪府で大きな値をとっている。

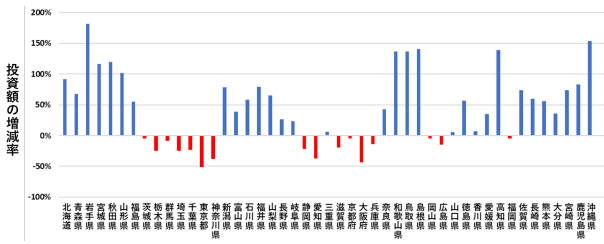


図-7: 各地域への投資額の, PBPの有無による変化

(1) 反実仮想シナリオの外洋

本研究で行う反実仮想シミュレーションは、「2012年から2014年の3年間のPlace-Based Policyが実施されなかったシナリオ」のシミュレーションである。ただし、Place-Based Policyは実施されなくとも、各地域政府による徴税 $\tau$ や雇用対策補助金の分配、公共投資は実施されることに注意されたい。つまり、 $\sum_{r \in \mathbf{R}} (T_r^w + T_r^d + T_r^t + T_r^i)$ は不変であるが、その地域別内訳 $T_r^w + T_r^d + T_r^t + T_r^i$ は、財源の負担割合、すなわち地域内総賃金に応じて決まる。このシナリオのもとでの地域別一人当たりの分配・投資額 $(T_r^w + T_r^d + T_r^t + T_r^i)/L_r$ は、図-7のようになる。ただし、「no PBP」は反実仮想シミュレーション、つまり「2012年から2014年の3年間のPlace-Based Policyが実施されなかったシナリオ」における値を表し、「observed」はモデルから再現される基準均衡状態における数値を表す。以降はこの表現を用いる。

図-7の概観として、関東地方や東海地方、大阪圏に加え広島県や福岡県といった地方拠点都市を抱える一部の都道府県で分配・投資が減額され、東北地方や日本海側の都道府県を中心に全国へと再分配されていることがわかる。特に岩手県と宮城県では東日本大震災による資本ストック毀損額が大きい分、再分配額も大きくなっていることが確認される。

(2) 反実仮想シミュレーションと基準均衡状態の比較

本節では、前節で示したシナリオのもとで、第3章で説明したモデルに4章で示した各パラメータを当てはめて長期均衡条件の解を求める。さらに、それを基準均衡状態と比較しながら結果の特徴について述べる。

表-3は、得られた各内生変数を地域毎に集計した結果に対する各種統計量である。ただし、地域内総実質所得 $\hat{Y}_r$ 、一人当たりの実質所得 $\hat{y}_r$ はそれぞれ以下の式で定義される:

$$\hat{Y}_r = \frac{Y_r}{\{r_r^H\}^{\alpha_r} \{p_r\}^{1-\alpha_r}} \quad (53a)$$

$$\hat{y}_r = \frac{\hat{Y}_r}{L_r} \quad (53b)$$

表-3の全国合計や全国値について、Place-Based Policyによる数値の変化を見る。外生的に与えた労働者数に関

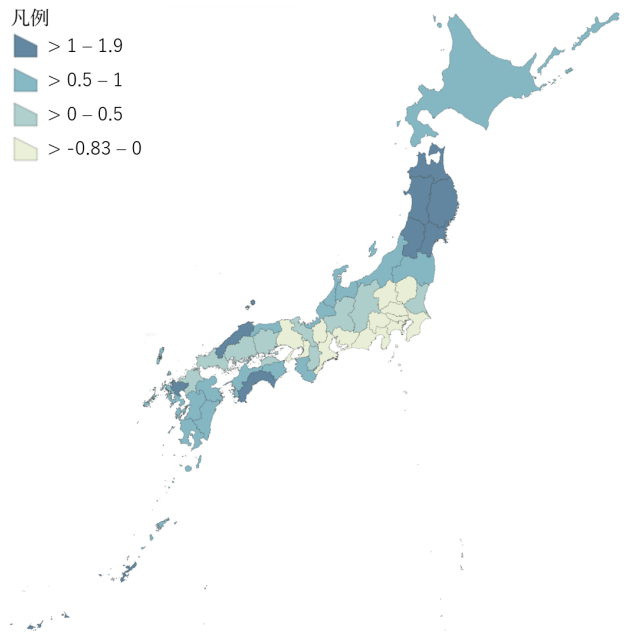


図-8: 労働者数 $L_r$ のPBPによる増減率(%)

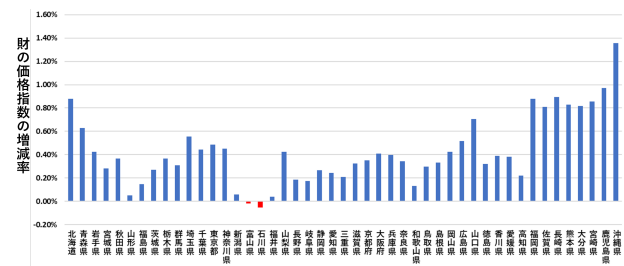


図-9: 財の価格指数 $p_r$ のPBPによる増減率

する(1)と(4)では当然変化はないが、実質所得に関する(2)と(5)ではPlace-Based Policyによる数値の低下が、生産額に関する(3)と(6)ではごくわずかながら数値の向上がそれぞれ見られる。一方、ジニ係数に注目すると、(5)以外の全ての内生変数において、Place-Based Policyにより地域間格差が減少している。

また、図-8と図-9は各内生変数についてのPlace-Based Policyによる増減率、つまり“no PBP”から“observed”への相対変化率を示している。ただし、一人当たりの賃金 $w_r$ は以下の式で定義される:

$$w_r = \frac{1}{L_r} \sum_{i \in \mathbf{I}} W_r^i \quad (54)$$

図-8より、東北地方や日本海側、九州地方の一部のエリアで労働者数がPlace-Based policyにより増加する一方、三大都市圏などでは減少していることがわかる。一方、図-9より、財の価格指数 $p_r$ に関しては全国的に上昇していることがわかる。ただし、東北地方や日本海側では比較的価格指数の上昇が小さくなっているが、北海道や九州地方では、価格指数の上昇が大きくなっ

表-3: 各内生変数の全国値と地域間格差に関する指標

	(1) 労働者数 $L_r$ (人)		(2) 地域内総実質所得 $\hat{Y}_r$ (兆円)		(3) 地域内生産額 $S_r$ (兆円)	
	no PBP	with PBP	no PBP	with PBP	no PBP	observed
全国合計	58,659,506	58,659,506	20,537	20,511	1,039.61	1,039.63
ジニ係数	0.3815	0.3794	0.3506	0.3465	0.3749	0.3701
	(4) 人口密度 (人/km <sup>2</sup> )		(5) 一人当たりの実質所得 $\hat{y}_r$ (百万円/人)		(6) 一人当たりの生産額 $s_r$ (百万円/人)	
	no PBP	observed	no PBP	observed	no PBP	observed
全国値	155.2	155.2	350.1	349.7	17.7229	17.7232
ジニ係数	0.3189	0.3174	0.1012	0.1027	0.0443	0.0412

ている。

### (3) 結果の考察

ここまで述べてきた Place-Based Policy による効果の全国的な特徴について考察する。まず、表-3の(1),(2),(3),(4),(6)から、これらの内生変数の地域間格差は Place-Based Policy によって緩和されたことがわかった。この理由について、もともと労働者数や地域内生産額の少ない地域で分配・投資額が増えた(図-7)ことにより、生産効率性の向上や輸送費用の低下が生じ、地域内生産額の増大や財の価格指数の相対的下落(図-9)を引き起こした。これにより一人当たりの賃金、ひいては一人当たりの実質所得が増加し、このことが他地域から労働者を引き寄せた(図-8)。逆に、もともと労働者数や地域内生産額の多い都市部では、分配・投資額が減らされたことにより労働者数や地域内生産額の減少が生じ、結果としてこれらの内生変数の地域間格差が緩和された。

次に、一人当たりの実質所得の地域間格差は Place-Based Policy によって増大されたことがわかった。この理由は、Place-Based Policy で分配・投資額を減らされた三大都市圏は、基準均衡状態において住宅用土地の賃料が高く、一人当たりの実質所得でも三大都市圏の方がその他の地域よりも少なくなっていたためであると考えられる。

また、Place-Base Policy により実質所得の全国計が減少している(表-3(2))のは、生産額の全国計が Place-Based Policy の有無でほとんど変わらない(表-3(3))にもかかわらず、財の価格指数が全国的に上昇していることが主な理由と考えられる。図-9より、Place-Based Policy により生産効率性の向上や輸送費用の低下が生じた地域でも、財の価格指数が上昇している。式(4b)と  $\sigma_2 = 5$  より、地域  $s$  における財  $i$  の価格指数  $p_s^i$  は、全国で生産される財  $i$  の中で最も安く買える財  $i$  の価格(一番安い財  $i$  が地域  $r$  で生産された財の場合は  $p_{rs}^i$ ) の影響を最も大きく受ける。つまり財の価格指数は、自地

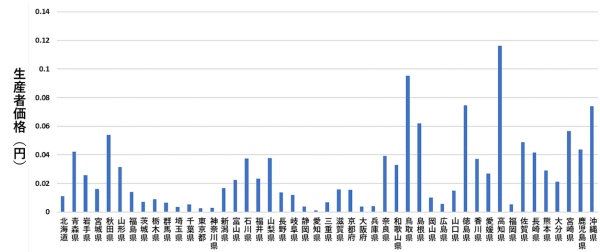


図-10: 生産者価格 (円)。

域までの輸送費用が安い都道府県や、生産効率性が高いため財を安く生産できる都道府県の生産者価格の影響を大きく受ける。また、式(14a)より生産者価格  $p_{rr}^i$  は次のように表される:

$$p_{rr}^i = \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} \frac{d_{rr}^i}{\eta_r^i} m_r^i \quad (55)$$

今回のシミュレーションの場合、生産効率性  $\eta_r^i$  の向上は高々13%程度であり、賃金や産業用土地の賃料の上昇で  $m_r^i$  も大きくなることを考えると、生産者価格は1割程度しか安くなると考えられる。図-10からわかるように、都市圏の生産者価格は地方圏より大幅に低くなっている。したがって、Place-Based Policy により自地域の生産者価格が低下する一方で都市圏の生産者価格は上昇し、また財の価格指数には後者の価格が大きく影響するため、結果的に財の価格指数は上昇する。富山県と石川県ではわずかに財の価格指数が低下しているが、これは2県に隣接するすべての都道府県で Place-Based Policy により分配・投資額が増加されており、都市圏の生産者価格上昇の影響を、隣接都道府県の生産者価格低下の影響が上回ったためと考えられる。

また、福岡県を除く九州地方では、Place-Based Policy により分配・投資額が増加されているにもかかわらず、分配・投資額が減らされた関東地方や東海地方、大阪圏よりも財の価格指数の上昇率が大きい。この理由として、九州地方は海で隔てられており、図-10からもわ

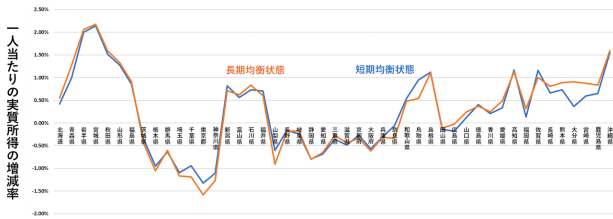


図-11: 一人当たりの実質所得  $\hat{y}_r$  のPBPによる増減率

かるように、九州地方における福岡県の生産者価格は他県より著しく低い。そのため九州地方の各県は、家計の財消費においても企業の財の中間投入においても福岡県との交易に大きく依存しており、福岡県での生産効率性低下の影響を大きく受けている。一方、北陸地方では交易相手の選択肢が多く、都市圏の生産効率性低下による影響を受けにくいたことが理由として考えられる。

#### (4) 短期均衡状態と長期均衡状態の比較・考察

本節では、Place-Based Policy による影響が長期均衡状態だけでなく短期均衡状態ではどの程度であったのかを分析し、長期均衡状態との比較・考察を行う。短期均衡では、地域・産業別労働者数  $L_r^i$  として 2011 年の実データを外生的に与える。つまり、2011 年から 2 通りの分配・投資”no PBP”と”observed”が行われるが、短期均衡として財市場、労働市場、土地市場が均衡しているものの、消費者による居住地や従事する産業の選択均衡は成立せず、 $L_r^i$  は 2011 年の地域・産業別労働者数に保たれる。

この場合の一人当たりの実質所得について、Place-Based Policy による増減率をとったのが図-11である。短期均衡状態と長期均衡状態の結果はほとんど一致している。つまり Place-Based Policy による効果は、短期的な影響にとどまらず長期的にも持続していたことが示唆される。一方、大分県など一部の地域では短期均衡状態での増加率よりも長期均衡状態での増加率の方が大きくなっている。この理由として、大分県では周囲の県と比較して Place-Based Policy による分配・投資額が少なく(図-7)、短期均衡状態では Place-Based Policy による効果が小さかった。しかし、長期均衡状態では Place-Based Policy により九州地方全体の人口が増加した(図-8)ことにより、大分県で生産される財に対する需要ひいては大分県の企業数が増大する。よって価格指数の下落に伴い一人当たりの実質所得が増大し、大分県での Place-Based Policy の効果が周囲の県に追いついたためであると考えられる。これは、NEG における「前方連関効果」と「後方連関効果」に対応しており、Place-Based Policy によるポジティブフィードバックが

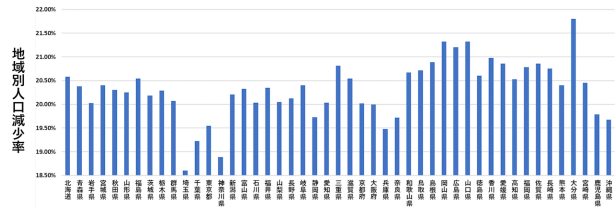


図-12: 総人口が20%減少した場合の地域別人口減少率

発現した結果と解釈することできると考えられる。

#### (5) 総人口減少シナリオの影響分析結果とその考察

本節では、我が国の総人口減少が各地域に与える影響を調べる。前節までは総人口を一定に保った状態でシミュレーションを行ってきたが、本節では総人口が20%減少した場合<sup>15</sup>の影響を分析する。ここでは簡単のため総人口以外の外生変数やパラメータは前節までの値を利用し、Place-Based Policy については”no PBP”と”observed”の両方の場合でシミュレーションを行った。両者の結果はほぼ一致したため、ここでは”observed”の結果のみを示す。

上記の条件のもとで得られた各地域の人口減少率は図-12の通りである。三大都市圏の方が人口減少率が小さくなり、東北地方や西南日本で人口減少率が大きくなった。つまり、総人口の減少は地方部の人口シェアを減少させ、大都市圏へのさらなる人口集中を生じさせると考えられる。

また、この結果は、図-5a と関係していると考えられる。本モデルでは収穫逓増技術を仮定しているため、総人口が減少すると全国的に生産額の減少や価格指数の上昇が生じ、実質所得が全国的に減少する。一方、三大都市圏には経済的側面以外の魅力があり地域固有の効用項が大きい。そのため、三大都市圏に居住する効用が相対的に高くなり、結果として人口減少率は他地域と比較すると小さくなったと考えられる。

なお、大分県では九州地方の中でも特に減少率が大きくなっている。この理由として、前節で述べた大分県における Place-Based Policy の効果が長期均衡により増幅されるメカニズムと関連していると考えられる。図-8 より大分県では周囲の県と比較して労働者数の Place-Based Policy による増加率にそこまで大きな差はない。これは、前節のポジティブフィードバックが働くためであると考えられる。ただし、このメカニズムは総人口が一定に保たれ九州地方全体で人口が増加する場合には成立するが、総人口減少のケースでは成立しない。総人口が減少する場合、長期均衡状態ではむしろ九州地

<sup>15</sup> 国立社会保障・人口問題研究所<sup>24)</sup>による2050年の総人口推計値(死亡中位仮定)は2015年総人口の80%に相当する。

方全体で人口が流出・減少するため、大分県で生産される財に対する需要ひいては大分県の一人当たりの実質所得が減少し、大分県の人口減少率は増幅されてしまう（ネガティブフィードバック）。そのため、大分県の人口減少率が大きくなると考えられる。

## 6. 結論と今後の課題

### (1) 本研究の結論

本研究では、原理的に多極型の集積パターンを表現できる既往モデル<sup>13)</sup>に修正を加え、さらに複数種類の Place-Based Policy による影響を考慮した QSE モデルを開発した。構築した QSE モデルを用いて、「Place-Based Policy が実施されなかった場合」や「総人口が減少する場合」の反実仮想シミュレーションを行い、これらによる国土全体での人口分布や地域経済への影響の長期的な評価を行った。その結果、我が国において 2012 年度から 2014 年度に実施された Place-Based Policy により、労働者数の都道府県間格差は緩和されたものの実質所得の全国合計額は減少し、この影響は短期的な影響にとどまらず長期的にも持続していたこと、さらに一部の地域では地域間人口移動と集積の経済により影響が増幅されたことが示唆された。一方、総人口の減少は地方圏から人口流出を加速させ、これにより Place-Based Policy の効果の増幅が発現しない可能性があることも示唆された。

### (2) 今後の課題

今回の分析で用いた基準均衡データは主に各都道府県の作成する産業連関表から得られたものである。第 2 章でも述べたように、産業連関表の作成には膨大なデータの収集・処理や調整作業が必要である。そのため、一部の都道府県の産業連関表ではデータの収集や調整作業の不足により生産額と産出額の不一致や、輸出部門と移出部門、輸入部門と移入部門の分離が行われていないといったことがあった。また、都道府県や産業によっては事業所の数が少なく、事業所の特定ができないようデータが秘匿値とされている場合があった。こうした問題に対し、本研究では付録 I で説明する方法により事前処理を行った。これらの方法は、本研究と同様に 47 都道府県間産業連関表の作成を試みた研究<sup>18),19)</sup>を参考にしているものの、得られるのは他の統計データを代用して求めた推計値であり不確かさを含んでいる。開発したモデルをさらに信頼性の高いモデルとするためには、これらの正確なデータを用意することが必要である。

また本研究では、各地域に居住する消費者は自地域のみ労働を供給すると仮定していた。一方、地主は他

地域にも土地を供給できると仮定し、土地収入の他地域流出率変数  $l_r$  を導入している。これが他地域からの通勤者による影響を内包していると考えられる。図-5b より、東京都や大阪府など他地域からの通勤者が多いと考えられる都道府県では  $l_r$  が大きくなっている。しかし、本モデルでは土地収入の流出先について考慮しておらず、全国均一で等分されると仮定していた。そのため、東京都からの主な収入の流出先と考えられる埼玉県・千葉県・神奈川県、大阪府からの主な流出先と考えられる兵庫県で実質所得が小さくなる結果となった。労働収入の流出を明示的に考慮する場合、都道府県ごとの労働収入の流出先については、輸送費用や、都道府県間の賃金・地代のバランスなどの変化により大きく影響を受けるため、長期均衡において労働地域の選択も考慮したモデルを用いるのが妥当であると考えられる。今回はモデルを簡単にするため、労働は居住地域にのみ供給できるという仮定を置いたが、上記のようなモデルの拡張を行うことで分析結果の信頼性はより高くなると期待される<sup>16)</sup>。

また、本研究で用いたモデルにおいて、消費者や企業の各財への支出・中間投入割合は価格のみによって決まると仮定していた。しかし実際には、家計における各財の消費額は価格以外の特性（生活必需品であるかないか、など）による影響を受ける。さらに、産業における各財の中間投入額は、産業連関構造によって大きく影響を受ける。これらを考慮するためには、消費者や企業による財間の支出・投入割合を表すパラメータを導入する必要がある。本研究では、パラメータの数を絞ってキャリブレーション作業を簡略化することを優先したが、これらのパラメータを導入することにより、モデルをよりよく現実を描写したものとするのが可能であると思われる。

## 付録 I 地域間産業連関表の作成

本研究で用いた 47 都道府県間産業連関表について、作成にあたり行った処理について説明する。処理方法は基本的に宮城<sup>18)</sup>や新井<sup>19)</sup>に基づいているが、データの制約等から行えない処理については、代替的な手段を用いている。ただし、厳密には本研究で必要となるのは産業ごとの地域間交易额、つまり  $I \times R \times R$  個のデータである。そのためここでは、各都道府県の地域内産業連関表から、産業ごとの移出先・移入元について 46 都道府県に分割するところまでを示す。必要な処理は大きく分けて部門分類の統一、輸移出・輸移入の分離、移入元の分離、その他の調整の 4 ステップである。

まず部門分類の統一処理について説明する。都道府

<sup>16)</sup> なお、この問題への別方向の対応として、高山<sup>16)</sup>のようにこれらの地域を 1 地域としてまとめて考えるという方法もある。

県内産業連関表は、各都道府県が個別に作成しているため、産業部門の公表分類は必ずしも統一されていない。基本的には全国表の部門分類に従って公表している都道府県が多いが、時系列分析が可能となるよう従来の分類に合わせて組み替えている都道府県や、事業所数が少なく特定を避けるため、複数の部門を統合して公表している都道府県があり、さらには東京都の「本社部門」のように独自の部門を設置している場合もある。47 都道府県間産業連関表を作成するには、まずこの部門分類の統合が必要である。基本的な産業部門については、各都道府県の部門分類の最大公約数となるような部門分類を考える。ただし、「自家輸送」部門、「社会資本」部門、「本社部門」については、統合に当たり特別な処理が必要である。それぞれの処理の方法については、新井<sup>19)</sup>を参照されたい。

次に、輸移出・輸移入の分離処理について説明する。多くの都道府県では、輸出額と移出額、輸入額と移入額がそれぞれ分離された地域内産業連関表を公表している。一方、一部の都道府県ではこれらが分離されていないため、他のデータを用いて推計する必要がある。宮城<sup>18)</sup>や新井<sup>19)</sup>ではこの分離処理を、経済産業省が作成を行ってきた 9 地域間産業連関表や、経済産業省による商品流通調査のデータを用いて行っている。しかし、9 地域間産業連関表は 2005 年のものを最後に公表されておらず、商品流通調査についても、2011 年の調査を最後に全国的なデータの公表は行われていない。ただし、輸移出・輸移入が分離されていない都道府県の中には、地域内外 2 地域間産業連関表を公表している都道府県もあった。このような都道府県については、地域内外 2 地域間産業連関表のデータを用いることで輸移出・輸移入を分離することができた。残された都道府県については、全国表における輸移出の比率、輸移入の比率を用いて分離作業を行った。

次に、移入元の分離処理について説明する、上記の輸移出・輸移入の分離処理により地域・産業ごとの移出額と移入額のデータを取り出すことができた。このステップでは産業ごとの移入額を、既往データにより移入元に関して 46 都道府県に分割する。既往データとして、第一次産業と第二次産業については国土交通省全国貨物純流動調査（物流センサス）の交易データを用いることが可能である。一方、第三次産業については物流センサスからはデータが得られない。そこで本研究では、第三次産業に含まれる個別の産業については、それぞれの特性を踏まえさまざまな既往データを用いて分割を行うことにした。具体的には、商業部門や運輸部門には物流センサスの合計額、対事業所向けのサービス部門（いわゆる BtoB サービス）には総務省情報通信白書から得られる固定系通信の都道府県間トラヒッ

ク交流状況<sup>25)</sup>、対個人向けのサービス部門（いわゆる BtoC サービス）には旅客地域流動調査と宿泊旅行統計調査（いずれも国土交通省より）から得られる OD データをそれぞれ用いた。ライフライン部門や医療・福祉部門などについては、上記のような妥当なデータが見当たらなかったため、これらの部門については 9 地域ブロック内における該当産業の生産額に応じて移入元比率を決定した。

最後に、その他の調整作業について説明する。ここまでのステップで得られた地域間交易データは第一次推計値でしかなく、基準均衡データとして用いるには調整作業が必要となる。例えば地域  $r$  が財  $i$  を地域  $S$  から移入した金額は、地域  $S$  にとっては財  $i$  を地域  $r$  に移出した額となる。同様に他の 46 都道府県それぞれについて推計された「地域  $S$  からの財  $i$  の移入額」を合計すると、地域  $S$  の地域内産業連関表上の財  $i$  における移出額に一致しなければならない。しかし、これら二つの金額は全く異なる方法で求められているため一致しないのが普通であり、これを一致させるような調整が必要である。また、地域内産業連関表では産業ごとに生産額と産出額が一致している必要があるにもかかわらず、一部の都道府県ではデータの収集や調整作業の不足により、産業ごとの生産額と産出額がずれていることがあった。これらの調整に有効な方法が、RAS 法と呼ばれる手法である。RAS 法は産業連関表において、投入係数などの信頼できる初期値が与えられたうえで、各行の合計値と各列の合計値が、固定された値に一致するように微調整を行っていく手法である。この調整を行うことで、全国 47 都道府県でつじつまが合った地域内生産額や地域間交易額のデータを得ることができるようになる。

## 付録 II インフラストック効果に関するパラメータの推定方法

### (1) 交通インフラのストック効果

本節では、交通インフラのストック効果に関するパラメータ推定手法について説明する。式 (14a)、式 (25)、式 (48a)、式 (49) を用いると、地域  $r$ 、 $s$  間の財  $i$  の輸送額  $D_{rs}^i$  は次のように与えられる：

$$\begin{aligned} \ln D_{rs}^i &= (1 - \sigma_2) \ln [p_{rs}^i] + FX_r^i + FX_s^i \\ &= (1 - \sigma_2) d^i \left\{ \ln[\text{distance}_{rs}] - \ln \bar{v}_{rs} \right. \\ &\quad \left. - \kappa_v \ln \left[ 1 + \frac{\text{TStock}_r}{\text{neighbor}_r} + \frac{\text{TStock}_s}{\text{neighbor}_s} \right] \right\} \\ &\quad + FX_r^i + FX_s^i. \end{aligned} \quad (\text{II.1})$$

ここで  $FX_r^i$ 、 $FX_s^i$  はそれぞれ、生産地  $r$  と財  $i$ 、消費地  $s$  と財  $i$  に関する項である。

さらに、 $\ln \bar{v}_{rs} = \ln v_0 + FX_r + FX_s$  と仮定すると、

次の式が得られる:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sigma_2 - 1} \ln [D_{rs}^i] \\ &= d_i \ln v_0 + d_i \kappa_v \ln \left[ 1 + \frac{\text{TStock}_r}{\text{neighbor}_r} + \frac{\text{TStock}_s}{\text{neighbor}_s} \right] \\ & \quad - d_i \ln [\text{distance}_{rs}] + FX_r^i + FX_s^i. \end{aligned} \quad (\text{II.2})$$

ここで,  $FX_r$ ,  $FX_s$  はそれぞれ生産地  $r$ , 消費地  $s$  に関する項である. これを用いた以下の式により,  $d^i$ ,  $\kappa_v$ ,  $v_0$  の推計値が得られる:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\sigma_2 - 1} \ln [D_{rs}^i] \\ &= d_i \ln v_0 + d_i \kappa_v \ln \left[ 1 + \frac{\text{TStock}_r}{\text{neighbor}_r} + \frac{\text{TStock}_s}{\text{neighbor}_s} \right] \\ & \quad - d_i \ln [\text{distance}_{rs}] + FX_r^i + FX_s^i + \xi_{rs}^i. \end{aligned} \quad (\text{II.3})$$

ここで,  $\xi_{rs}^i$  は誤差項である. なお, 地域  $r$ ,  $s$  間の財  $i$  の輸送額  $D_{rs}^i$  には付録付録 I で求めた産業ごとの地域間取引額を用い, 交通インフラの資本ストック額  $\text{TStock}_r$  には内閣府社会資本ストック統計より得られる道路・港湾・航空インフラの, 粗資本ストックから効率性の低下を控除した生産的資本ストックを用いる. 30 産業 (全 32 産業 - 自給率が 1 である 2 産業) それぞれについて, R 言語の `estimatr` パッケージの `lmrobust` 関数を用い推定を行った.

その結果, 有意水準を 5% として,  $d^i$  については 30 産業中 18 産業で有意な結果が得られた. 有意な結果が得られなかった産業の  $d^i$  については, 第一次・第二次・第三次産業の分類においてその産業が属する産業群で, 有意な結果が得られた産業の  $d^i$  の平均をとることで与えた.  $v_0$ ,  $\kappa_v$  についても同様に, 有意な結果が得られた産業の平均をとることで求めた.

## (2) 産業インフラのストック効果

本節では, 産業インフラのストック効果に関するパラメータ推定手法について説明する. 前節と同様に, 式 (48b) を用いて OLS による重回帰分析を行う. そのためまず, 基準状態における  $\eta_r^i$  を求める.  $\eta_r^i$  のキャリブレーション方法は高山ら<sup>13)</sup> を参考にしている.

式 (25) に式 (4) を代入し, 次の式が得られる:

$$S_r^i = \sum_{s \in \mathbf{R}} \frac{n_r^i \{p_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} n_r^i \{p_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \right]^{\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{1-\sigma_2}} \sum_{j \in \mathbf{I}} (B_s^j + C_s^j)}{\sum_{i \in \mathbf{I}} \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} n_r^i \{p_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \right]^{\frac{1-\sigma_1}{1-\sigma_2}}}. \quad (\text{II.4})$$

ここで,  $\Phi_r^i = n_r^i \left\{ \frac{p_{rs}^i}{d_{rs}^i} \right\}^{1-\sigma_2} = n_r^i \left\{ \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} \frac{m_r^i}{\eta_r^i} \right\}^{1-\sigma_2}$  を

導入すると, 式 (II.4) は次のように表される:

$$S_r^i = \sum_{s \in \mathbf{R}} \frac{\{d_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} \{d_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \Phi_r^i \right]^{\frac{\sigma_2 - \sigma_1}{1-\sigma_2}} \sum_{j \in \mathbf{I}} (B_s^j + C_s^j)}{\sum_{i \in \mathbf{I}} \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} \{d_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \Phi_r^i \right]^{\frac{1-\sigma_1}{1-\sigma_2}}}. \quad (\text{II.5})$$

これを,  $\Phi_r^i$  に関する連立方程式として解き<sup>17)</sup>, その結果を以下の式へ代入することで, 地域  $s$  における財  $i$  の価格指数が得られる:

$$p_s^i = \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} n_r^i \{p_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_2}} = \left[ \sum_{r \in \mathbf{R}} \{d_{rs}^i\}^{1-\sigma_2} \Phi_r^i \right]^{\frac{1}{1-\sigma_2}}. \quad (\text{II.6})$$

これを式 (4a) へ代入することで地域  $s$  における合成財の価格指数  $p_s$  が求められる. さらに, その結果を式 (14e) へ代入することで, 地域  $r$  で財  $i$  を生産する際の, 生産要素の価格指数  $m_s^j$  が得られる. 生産要素の価格指数  $m_s^j$  が得られたら, 式 (22) により直ちに地域  $s$  の産業  $j$  に属する企業数  $n_s^j$  が得られる. 最後に, こまめで得られた  $\Phi_s^j$ ,  $m_s^j$ ,  $n_s^j$  を以下の式へ代入することで, 基準状態における地域  $s$  の産業  $j$  の生産効率性パラメータ  $\eta_s^j$  が得られる:

$$\eta_s^j = \left\{ \frac{\Phi_s^j}{n_s^j} \right\}^{\frac{1}{\sigma_2 - 1}} \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - 1} m_s^j. \quad (\text{II.7})$$

このデータと, 内閣府社会資本ストック統計より得られる地域  $r$  の産業  $i$  における生産的資本ストックのデータ  $\text{IStock}_r^i$  を用いることで, 以下の式により  $\kappa_\eta$ ,  $\bar{\eta}_r^i$  の推計値が得られる:

$$\begin{aligned} \ln \eta_r^i &= \ln \bar{\eta}_r^i + \kappa_\eta \frac{\text{IStock}_r^i}{L_r^i} \\ &= \kappa_\eta \frac{\text{IStock}_r^i}{L_r^i} + FX_r + FX^i + \zeta_r^i. \end{aligned} \quad (\text{II.8})$$

ここで,  $FX_r$ ,  $FX^i$  はそれぞれ生産地  $r$ , 産業  $i$  に関する項であり,  $\zeta_{rs}^i$  は誤差項である. 3 産業 (農業, 林業, 漁業) のデータをプールし, R 言語の `estimatr` パッケージの `lmrobust` 関数を用い推定を行った. その結果,  $\kappa_\eta$  は  $t$  値が 4.01 と統計的に有意な推計値が得られた. 各産業の固定効果  $FX_i$  についても 5% 有意水準において有意な推計値が得られた. 各都道府県の固定効果  $FX_r$  については, 6 つの都道府県を除いて有意な推計値が得られた.

一方, 式の数とパラメータ数の制約から, 地域  $r$  の産業  $i$  の生産効率性は, 産業インフラ投資, 地域  $r$  の固定効果, 産業  $i$  の固定効果によって決まると仮定した (式 (II.8)). しかし実際には, 地理的条件などから地域によって得意な産業, 苦手な産業があるはずである (例

<sup>17</sup> 厳密には, この連立方程式はワルラス法則により独立な式の数一つ減るため, 相対的な比率としてしか解が得られない. ただしこの比率さえ同じであれば,  $\Phi_r^i$  の大きさ自体に意味はないため均衡状態の計算結果に影響を及ぼさない.

えば良好な漁場が近く漁業に向く地域、土壌の性質から農業に向く地域などがあるはずである.)。そのため、地域と産業の交差項についてもダミー変数を導入して地域×産業の固定効果パラメータの推定を行うのが妥当であると考えられる。しかし、そのためには複数時点での基準均衡データの整備が必要となり、今回は時間の制約上できなかった。この方向のモデル改善は今後の課題としたい。

## 参考文献

- 1) 日本創成会議・人口減少問題検討分科会: ストップ少子化・地方元気戦略, 2014.
- 2) 金井利之: 「地方創生」の行政学, 都市社会研究, pp. 19-34, 2016.
- 3) 佐野浩祥: 我が国の戦後国土計画の回顧と展望: 国土計画不要論を超えて, 土木学会誌, Vol.106, No.8, pp.18-21, 2021.
- 4) Krugman, P.: Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade, *American Economic Review*, Vol.70, pp.950-959, 1980.
- 5) Dixit, A. and Stiglitz, J.: Monopolistic competition and optimum product diversity, *American Economic Review*, Vol.67, No.3, pp.297-308, 1977.
- 6) Krugman, P.: Increasing returns and economic geography, *Journal of Political Economy*, Vol.99, pp.483-499, 1991.
- 7) 佐藤泰裕, 田淵隆俊, 山本和博: 空間経済学, 有斐閣, 2011.
- 8) Redding, S. J. and Sturm, D.: Quantitative spatial economics, *Annual Review of Economics*, Vol.9, pp.21-58, 2017.
- 9) Redding, S. J. and Sturm, D.: The cost of remoteness: Evidence from German division and reunification, *American Economic Review*, Vol.98, No.5, pp.1766-1797, 2008.
- 10) Allen, T. and Arkolakis, C.: Trade and the topography of the spatial economy, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.129, No.3, pp.1085-1140, 2014.
- 11) Blouri, Y. and Ehrlich, M. V.: On the optimal design of place-based policies: A structural evaluation of EU regional transfers, *Journal of International Economics*, Vol.125, No.103319, 2020.
- 12) 大澤実: 集積経済モデルの数理解析とその周辺, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, pp.119-136, 2018.
- 13) 高山雄貴, 赤松隆, 石倉智樹: 生産要素の地域間移動と集積の経済を考慮した空間応用一般均衡モデルの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, No.2, pp.211-230, 2016.
- 14) 浅利一郎, 土居英二: 地域間産業連関分析の理論と実際, 日本評論社, 2016.
- 15) 小池淳司: 社会資本整備の空間経済分析: 汎用型空間的応用一般均衡モデル (RAEM-light) による実証方法, コロナ社, 2019.
- 16) 高山雄貴, 梶大介, 服部佑哉, 今川奈保, 石倉智樹: 集積の経済と労働者の地域間移動を考慮した空間応用一般均衡分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.1, pp.82-100, 2018.
- 17) 杉本達哉, 杉山雅也, 高山雄貴, 高木朗義: 定量的空間経済学に基づく空間経済分析手法の開発, 交通工学研究発表会論文集, Vol.41, pp.637-644, 2021.
- 18) 宮城俊彦, 石川良文, 由利昌平, 土谷和之: 地域内産業連関表を用いた都道府県間産業連関表の作成, 土木計画研究・論文集, Vol.20, No.1, pp.87-95, 2003.
- 19) 新井園枝: 2005 年都道府県間産業連関表の作成とその概要, *RIETI Discussion Paper Series*, Vol.20-J-009, 2020.
- 20) Akamatsu, T., Mori, T., Osawa, M., and Takayama, Y.: Spatial scale of agglomeration and dispersion: Theoretical foundations and empirical implications, *MPRA Paper, University Library of Munich, Germany*, Vol.80689, 2017.
- 21) 上田孝行編著: Excel で学ぶ地域・都市経済分析, コロナ社, 2010.
- 22) 高山雄貴, 赤松隆, 石倉智樹: 新経済地理学に基づく空間応用一般均衡モデルの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.70, No.4, pp.245-258, 2014.
- 23) Allen, T. and Arkolakis, C.: The welfare effects of transportation infrastructure improvements, *NBER Working Papers*, Vol.25487, 2019.
- 24) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の将来推計人口 (平成 29 年推計) 報告書, 人口問題研究資料, Vol.336, 2017.
- 25) 通信量からみた我が国の音声通信利用状況 (平成 27 年度), 2015.

(Received March 6, 2022)

(Accepted XXXX YY, ZZZZ)

## POST EVALUATION OF RECENT JAPANESE REGIONAL TRANSFER POLICIES: QSE APPROACH

Keita HASEGAWA and Daisuke FUKUDA

In this study, we quantify the effects of place-based policy on the population distribution and regional economy in Japan, and conduct post-evaluation. For this purpose, we construct a model based on quantitative spatial economics (QSE) that is capable of representing inter-regional population mobility and agglomeration economies, and analyzed the effects of four types of place-based policy. Using the model, we conducted a counterfactual analysis in which no place-based policy had been implemented. The results suggest that the place-based policy alleviated the inter-regional disparity in the number of workers, while the total real income decreased, and that the effects of the place-based policy were not limited to short-term effects but persisted over the long term. Furthermore, when the total population of Japan declines, the outflow of population from regional areas will be accelerated.