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

博士（工学） 小池淳司 著

コ ロ ナ 社

ま　え　が　き

「ある社会資本整備が本当に必要かどうか？」という問いかけには，わが国では費用便益分析マニュアルの整備とともに，ある一定程度，定量的な判断が可能であるという認識が定着しつつあり，B/C（ビーバイシー，費用便益比）という用語が一般的になりつつある。しかし，この質問には「誰にとっての社会資本整備が必要なのか？」という部分が明確にされていないばかりに，社会資本整備の評価に関する議論の混乱を生んでいることも間違いのない事実である。つまり，効果的な社会資本整備の場合，その事業が完成のあかつきには利用者にとってはたいへん有意義であり，その地域の住民にも歓迎されるものであろう。一方で，その整備の費用負担者は彼らのみでないことを考えると，必ずしもこの社会資本整備が必要でない人々が存在する。もちろん，ここでは恩恵を受ける利用者は社会資本整備に賛成し，一方で費用負担のみを強いられる人は利己的に考えるならば整備に反対するであろう。通常のB/Cの議論では，この個々人が社会資本整備に対する評価の部分を十分に説明することができず，整備が社会全体としてプラスかマイナスかを判断しているにすぎない。そこで，より高度な社会資本整備の妥当性，あるいは，計画・評価に際しては，社会資本整備により，どの地域のどのような人々がどの程度の効果を受けるのか，あるいは負担を強いられるのか，を定量的に知ることが，よりよい社会資本整備をはかるうえで重要になってきている。

このような疑問に対する学術的貢献が「社会資本整備の空間経済分析」である。そのなかでは，空間的応用一般均衡分析が主要な分析手法とされ，非常に高度な経済理論が応用されている。本書は，この空間的応用一般均衡分析の概要をなるべく簡単に解説するテキストとして，そして，われわれが開発した，汎用型空間的応用一般均衡モデル（RAEM-Light）を用いた実証分析を通じて，

土木計画学を学ぶ大学院生あるいは経験の浅い実務者でも簡単にこの手法が利用可能となるように解説したものである。この RAEM-Light は，オランダ応用科学研究機構（NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK，TNO）が開発した RAEM2.0 モデルをベースに，著者とデルフト工科大学 Lori Tavasszy 教授，RPB 研究所 Mark Thissen 博士が共同開発したモデルであり，名前を RAEM-Light とした。また，故 上田孝行先生（元 東京大学教授）により汎用型空間的応用一般均衡モデルと命名していただいたものである。

本書が社会資本整備に携わる多くの人にとって，空間的応用一般均衡分析の学術的発展だけでなく，実務に定着していくための契機となれば幸いである。そして，よりよい国土構造を実現すべく効果的な社会資本整備計画の策定に役立つことを期待している。

本書を刊行するにあたり，復建調査設計株式会社の佐藤啓輔氏，三菱 UFJ リサーチ＆コンサルティング株式会社の右近崇氏，株式会社日通総合研究所の川本信秀氏，一般社団法人システム科学研究所の片山慎太郎氏をはじめ，RAEM-Light Committee のメンバーに多くの情報提供をいただいた。また，コロナ社の方々には忍耐強く心温かいご協力に支えられてきた。ここに記して感謝する次第である。

2018 年 11 月

神戸大学大学院　小池淳司

目　　次

1. 序　　章

1.1　は　じ　め　に……1
1.2　応用一般均衡分析の歴史と概要……3
1.3　空間的応用一般均衡分析の概要……5
　1.3.1　家計の行動モデル……5
　1.3.2　企業の行動モデル……7
　1.3.3　市場均衡と計算アルゴリズム……8
1.4　経済均衡分析の利用可能性……11

2. 汎用型空間的応用一般均衡モデル（RAEM-Light）

2.1　は　じ　め　に……13
2.2　RAEM-Light の概要……15
　2.2.1　モデルに用いる変数のリスト……15
　2.2.2　モデルの前提条件……16
　2.2.3　家計の行動モデル……17
　2.2.4　企業の行動モデル……18
　2.2.5　交易のモデル化……19
　2.2.6　市場均衡条件……20
　2.2.7　パラメータの設定……22
　2.2.8　計算の手順……25

2.2.9 厚生分析の方法……26
2.3 Excel による RAEM-Light の計算方法……27
2.3.1 Excel のファイルについて……27
2.3.2 RAEM-Light（簡易版）の想定する経済構造と前提条件……28
2.3.3 想定する政策シナリオ……29
2.3.4 Excel マクロ操作方法……29
2.4 実務レベルでの RAEM-Light の計算方法……34
2.4.1 対象範囲と対象プロジェクト……35
2.4.2 交易パラメータの推定方法……38
2.4.3 現況再現性確認……41
2.4.4 算 出 結 果……42
2.4.5 政策的インプリケーション……50
2.5 RAEM-Light の特徴と注意点……51

3. 汎用型空間的応用一般均衡モデル（RAEM-Light）の応用事例

3.1 地域経済への波及効果の分析……54
3.1.1 モデルの改良点……55
3.1.2 パラメータの設定・現況再現性……56
3.1.3 分析結果と政策的含意……65
3.2 道路料金を考慮したモデルの拡張……76
3.2.1 モデルの改良点……77
3.2.2 モデルの設定条件……82
3.2.3 分析結果と政策的含意……88
3.3 港湾整備を考慮したモデルの拡張……94
3.3.1 モデルの改良点（既存モデルに付加する構造）……94
3.3.2 道路整備・港湾整備を考慮した RAEM-Light の全体構造……99
3.3.3 実 証 分 析……104

3.3.4　分析結果と政策的含意 …… 115

4.　汎用型空間的応用一般均衡モデル（RAEM-Light）の拡張事例

4.1　より詳細な中間財構造の導入モデル …… 121
4.1.1　既存モデルにおける中間財構造の問題点 …… 121
4.1.2　より詳細な中間財構造の導入 …… 123
4.1.3　数値シミュレーション …… 125
4.2　その他の RAEM-Light 拡張の可能性 …… 127
4.2.1　本源的需要としての交通需要の導入 …… 127
4.2.2　独占的競争に代表される不完全競争市場の導入 …… 128
4.2.3　交通整備の生産性向上効果の導入 …… 129

5.　空間的応用一般均衡分析の実用可能性 …… 130

付録 A：用語解説 …… 134
付録 B：RAEM-Light（簡易版）のモデルと計算フロー …… 138
引用・参考文献 …… 142
索　　引 …… 146

1 序　　章

1.1 は じ め に

通常，公共事業の評価手法は，伝統的に**費用便益分析**に依拠しており，わが国ではすでに指針（ガイドラインまたはマニュアル）として定着している。それは**ビーバイシー**（**B/C**，正確には，**費用便益比**）という指標が一般新聞紙などでも取り上げられていることからもうかがい知ることができる。一方で，一部の専門家からはB/Cでは評価できない多くの便益がある，あるいは，B/Cでは真に必要な公共事業は整備できないとの声があることも事実である。議論を簡単にするために，道路整備事業を例にとって考えてみよう。通常，わが国の指針では道路事業の便益評価は3便益（走行時間短縮，走行経費減少，交通事故減少）の合計となっており，確かに，道路整備の効果としては十分でない印象を与える。それは，道路整備により地域の利便性が向上し，経済が活性化する，いわゆる**経済波及効果**が計上されていないという指摘にもみられる。

それでは，ここで経済波及効果と呼んでいるものは何かをもう少し具体的に考えてみよう。観光地Bへのアクセス道路整備により，ある地域の住民が観光地Aに行っていたが，観光地Bに行くようになったことを考えてみよう。当然，観光地Bではこの住民が費やす宿泊代などの消費が増加し，地域経済が活性化するであろう。これが観光地Bに住む人にとって，目に見える道路整備の経済波及効果となる。しかし，冷静に考えてみると，観光地Aでは，観光地Bで増加した観光需要と同じ分だけ観光需要が減少しているはずであ

る。つまり，日本全体で考えればこのような経済波及効果はゼロサム（日本全体で合計すれば差し引きゼロ）になっている。それでは，実際，道路整備の効果はどのように経済に影響しているのかと問われれば，社会に有限な資源である時間資源が，道路整備による移動時間短縮で，有効に使えることである。そのため，費用便益分析では，この走行時間短縮の効果をメインとして，追加的に外部経済効果を加えたものを便益としているのである。

また，費用便益分析は社会的効率性を判断するものであり，このように効果の取り合いにより発生する地域間あるいは個人間の衡平性など，社会的衡平性（あるいは平等性）に関する判断は，基本的に考慮しないことが前提となっている。これは，**補償原理**(1)† と呼ばれ，潜在的に**パレート基準**(2) を満たしていれば十分であるという考えに依拠している。

このように考えると，現在，わが国で示された費用便益分析の指針に従えば，社会基盤整備の評価がこのB/Cによる定量的評価で十分であるかのように思える。しかし，著者は，道路ネットワーク整備のような社会基盤整備は，社会経済全体に大きな影響を及ぼすため，一概にB/Cのみで判断することは十分ではないと考えている。それは，社会基盤整備のアカウンタビリティの確保を考えれば明確である。ある道路整備を考えた場合，実務者がB/Cにより判断したとしても，実際には，よい影響を受ける地域・産業，（時には）悪い影響を受ける地域・産業が必ず存在する。つまり，地域住民がこの道路整備に合意するかどうかは，B/Cの値のみの情報では判断できず，どの地域のどの企業にどの程度の影響があるかを定量的に示す必要性があり，それらの基礎的情報のうえに専門家あるいは地域住民の意思決定があると考えているからである。そのための有力な方法が**空間的応用一般均衡分析**（**SCGE**）である。

本書では，この空間的応用一般均衡分析を社会基盤整備に適応する方法を，その基礎的理論モデル，Excelを用いた数値計算例そして**RAEM-Light**（ラームライト）と呼ばれる汎用型モデルの理論構造・応用例の説明を通じて解説する。なお，本書

† 両カッコの肩付き数字は，巻末にある付録Aの用語解説の番号を表す。

は『Excel で学ぶ地域・都市経済分析』（上田孝行 編著，コロナ社（2010））[21)†] の SCGE 部分をより詳しく解説したものとなっている。そのため，前著の理解を前提とした場合，よりわかりやすくなると思われるが，本書のみでも理解できるように工夫している。また，内容は標準的なミクロ経済学の教科書を習得したことを前提としているが，経済学の専門用語には注釈をつけることで，ミクロ経済学になじみのない読者でも読み進められるように工夫している。

1.2　応用一般均衡分析の歴史と概要

応用一般均衡分析とは，近代経済学の創始者の一人であるレオン・ワルラスが考えた**一般均衡理論**[(3)]を実証することを目的とした一連の分析手法の総称といえるであろう。それは，現実の経済活動を**完全競争市場**[(4)]という仮想的な設定のもとに，財・生産要素の量と価格を市場均衡で表現される安定（均衡）状態として定量的に表現することである。

この一般均衡理論の実証化にあたっては，〔Arrow and Debreu（1954）〕[1)]の一般均衡解の存在証明にはじまり，スカーフ・アルゴリズムと呼ばれる〔Scarf（1973）〕[13)]による一般均衡の数値的解法，そして〔Shoven and Whalley（1972, 1973, 1977）〕[14)~16)]による税制を対象とした実証分析手法へと発展していく。わが国では〔市岡（1991）〕[19)]がわが国における最初の応用一般均衡分析の専門書として刊行され，広く実務的にも利用されてきた。さらに，〔細江，我澤，橋本（2004）〕[40)]に示されるように，数値計算ソフト GAMS などの発展をうけて，より簡便に応用一般均衡分析が利用可能となってきている。標準的な応用一般均衡モデル自体は，解の存在（一意性）が証明されているため，簡単な非線形連立方程式構造となっており，現在のコンピュータの処理能力を利用すれば比較的簡単に解をみつけることが可能となる。例えば，〔上田 編著（2010）〕[21)]では Excel での解法を示している。つまり，伝統的な応用一般均衡モデルであれ

† 片カッコの肩付き数字は，巻末にある引用・参考文献番号を表す。

ば実証分析は，既存の教科書を熟読すればある程度可能になるであろう。

それでは，本書が対象としている，空間的応用一般均衡モデルはどうであろうか。応用一般均衡で空間を扱うモデルとしては，大きく2種類が存在する。まず，世界各国を貿易で結ぶ，**世界貿易モデル**である。これは，〔Whalley (1985)〕[18]にはじまり，現在ではGTAPモデルなどかなり汎用性が高いツールとして定着している。また，モデルが対象としている政策は，関税・非関税障壁による保護政策分析などである。もう一つの種類が**空間的応用一般均衡モデル**と呼ばれ，世界貿易モデルより詳細な地域を対象としている（通常は，国内を細分化する地域を対象としている）。このモデルでは，それぞれの対象地域が物流で経済的に結ばれている。この一連のモデルは〔Roson（1995)〕[12]，〔Hussain and Westin（1997)〕[4]にはじまり，交通工学の分野における物資流動モデルとともに発展しつつある。ここで，これら2種類の空間スケールの違いによる理論モデルは基本的に同じ構造をしている。それは，レオン・ワルラスが考えた一般均衡理論に，空間的に立地場所が異なる世帯・企業がモデル化され，財価格あるいは**地域間交易係数**[(5)]に外生的な関税や輸送費がモデリングされているにすぎない。しかし，これら空間スケールの違うモデルは実証分析をする場合に，データ入手の可能性が大きく違う。世界貿易モデルは，国際間産業連関表を用いれば比較的容易に実証分析が可能であるが，空間的応用一般均衡モデルの場合は，その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，公式に発表されている地域間産業連関表は，わが国の9地域間産業連関表を除くと世界的にみ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。そのため，空間的応用一般均衡モデルを汎用的に利用するには，この地域間産業連関表の有無に依存しないモデルが求められている。

そこで，本書で紹介する，RAEM-Lightでは交通需要予測の分野で発展した分布交通量予測モデル，具体的には確率効用理論に基づくロジットモデルによる実証分析手法と空間的応用一般均衡モデルの基本的枠組みを融合させ，汎用性の高い空間的応用一般均衡モデルを提案している。このような考え方に基づくモデルは，ほかにも，〔奥田（1996)〕[23]，〔Mun（1997)〕[10]，〔文（1998)〕[42]，

〔土屋，多々納，岡田（2003）〕[37]などがあり，同様の枠組みで実証分析を試みている。また，〔Miyagi（2001）〕[11]，〔宮城（2003）〕[41]は地域間交易係数を重力モデルで推定するという方法を用いてこの問題を解決しているが，基本的にはRAEM-Lightと同様の枠組みといえる。

1.3　空間的応用一般均衡分析の概要

ここでは，関数形を特定しない一般的な関数を用いて空間的応用一般均衡モデルの構造を確認していく。経済空間は**図 1.1** のように，空間的に分割された経済単位を想定し，そこには消費活動を行う代表的世帯，生産活動を行う企業が存在するとする。企業で生産される財は空間を超えて世帯に消費される開放経済であるのに対して，世帯から企業に供給される生産要素（労働・資本）は地域ごとに市場が閉じていると想定している。また，財の移動には輸送費用が必要であるとしている。なお，本書ではモデルで用いる変数を統一して，**表 1.1** のように定義する。

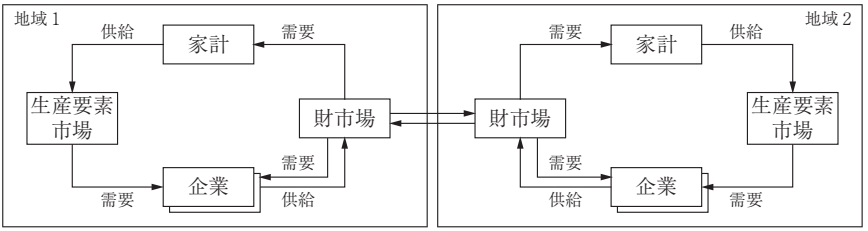

図 1.1　空間的応用一般均衡モデルの構造

1.3.1　家計の行動モデル

各地域には代表的家計が存在し，自己の効用が最大になるように，所得制約のもとで，財を消費するものとする。通常，空間的応用一般均衡モデルでは，この最適化行動を 2 段階に分けて考えている。第一段階では，財が生産された地域に関係なく，財の種類（パン，米など）ごとにそれぞれの財の消費量を選

ある。このRAEM-LightのExcelシートは，RAEM-Light Committeeのメンバーが開発し，その利用を一般に公開しているものである。このシートは，RAEM-Light CommitteeのWeb（http://www.raem-light.jp/index.html）に掲載されており，簡単にダウンロードすることができる。また，このシートを使えば，後述の手順に沿ってデータを入力することで，RAEM-Lightを用いた計算が可能である。このシートは，データを入力する部分とExcelのマクロ機能を利用した均衡アルゴリズムの部分で構成され，それぞれのセルには計算フローに応じた数式が入力されている。さらに，計算アルゴリズムは需要と供給の法則を満たすように仮定するメカニズムを，ニュートン法を用いてプログラムされている。詳しいモデル化の方法は，Excelのシートのマクロ編集を見てもらえば確認することが可能である。

ここで，このシートが対象としているRAEM-Lightは，前述のモデルをより簡単にしたものであり，その前提条件を改めて確認すると，以下のようになる。

2.3.2　RAEM-Light（簡易版）の想定する経済構造と前提条件

① 2地域2産業で構成された経済を想定（**図2.3**参照）。

② 財生産企業は，家計から提供される生産要素（資本・労働）を投入し生産財を生産する。

※ 中間投入財は考慮しない。

③ 家計は，企業に生産要素（資本・労働）を提供して所得を受け取る。そして，その所得をもとに財消費を行う。

④ 交通抵抗はIceberg型で考慮する。

⑤ 労働市場は各地域で閉じているものの，資本市場は全地域に開放されているものとする。

索　　引

【い】

一般化交通費用 52
一般化費用 76
一般均衡理論 3, 135

【お】

応用一般均衡分析 3

【か】

家計の行動モデル 5, 17
カルドア改善 134
完全競争 128
完全競争市場 3, 135

【き】

企業の行動モデル 7, 18
基準均衡データ 22
帰着便益分析 130
規模に関して収穫一定 7
キャリブレーション手法 22

【く】

空間的応用一般均衡モデル 4
グリッドサーチ法 38, 136

【け】

経済波及効果 1
計算アルゴリズム 8

【こ】

交易係数 19
厚生分析 26
交通量配分手法 37

【さ】

サンクコスト 45, 137
3 便益 1

【し】

シェファードの補題 7, 136
市場均衡 8
市場均衡条件 20
社会的意思決定 130
社会的衡平性 2, 11
需要と供給の法則 10, 136
消費地価格 6

【せ】

世界貿易モデル 4

【ち】

地域間交易係数 4, 135

【と】

等価変分 27, 136

【は】

派生的需要 127
パラメータの設定 22
パレート改善 134
パレート基準 2, 134
パレート最適 134

【ひ】

ヒックス改善 134
平等性 11
費用便益比 1
費用便益分析 1

【ふ】

不完全競争市場 128

【ほ】

補償原理 2, 134
本源的需要 127

【ま】

マークアップ 52, 137

【ら】

ラグランジュ法 6, 135

【ろ】

ロジットモデル 4, 19

【B】
B/C　1
【C】
CES　137
CES 型関数　20, 52, 137
CGEurope　13
c.i.f. 価格　6, 7, 135
【F】
f.o.b. 価格　7, 135
【G】
GAMS　3
【I】
Iceberg 型の交通費用　8, 136
【R】
RAEM-Light　14
RAEM モデル　13

―― 著 者 略 歴 ――

1992 年　岐阜大学工学部土木工学科卒業
1994 年　岐阜大学大学院工学研究科博士前期課程修了（土木工学専攻）
1994 年　岐阜大学助手
1998 年　長岡技術科学大学助手
1999 年　博士（工学）（岐阜大学）
2000 年　鳥取大学助教授
2007 年　鳥取大学准教授
2011 年　神戸大学大学院教授
　　現在に至る

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―
Spatial Economic Analysis of Social Overhead Capital
― Application of Spatial Computable General Equilibrium Model（RAEM-Light）―

© Atsushi Koike 2019

2019 年 1 月 21 日　初版第 1 刷発行　★

検印省略

著　　者　小　池　淳　司（こいけ あつし）
発 行 者　株式会社　コ ロ ナ 社
　　代 表 者　牛 来 真 也
印 刷 所　新 日 本 印 刷 株 式 会 社
製 本 所　有限会社　愛 千 製 本 所

112-0011　東京都文京区千石 4-46-10
発 行 所　株式会社　**コ ロ ナ 社**
CORONA PUBLISHING CO., LTD.
Tokyo Japan
振替 00140-8-14844・電話（03）3941-3131（代）
ホームページ　http://www.coronasha.co.jp

ISBN 978-4-339-05234-3　C3051　Printed in Japan　（齋藤）

JCOPY ＜出版者著作権管理機構 委託出版物＞
本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は，そのつど事前に，出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088，FAX 03-5244-5089，e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー，スキャン，デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は，いかなる場合も認めていません。
落丁・乱丁はお取替えいたします。