

第1章

経済地理シミュレーション・モデル

熊谷 聡

第1節 背景

1.1 経済発展の空間的側面の重要性

過去半世紀、東アジア地域の経済発展は、いわゆる「雁行形態」で進んできた。戦後、日本の復興によって開始された東アジア地域の経済発展は、香港、台湾、韓国、シンガポールのいわゆる東アジア四小竜へ、その後、先進ASEAN 4カ国へと広がり、1990年代以降は中国、さらには後発ASEAN諸国がそこに加わった。インドも含めた東アジア地域は、いまや世界の製造業の中心となっており、市場としても、高い成長が期待されている。

これまでの実績を踏まえれば、東アジアでは、今後20-30年にわたって継続的に経済発展が続く可能性が高い。東アジアの経済発展の一つの特徴は、それが地理的に極めて不均一に、また、時間差をもって進行している点である。国際間の経済成長率の差に加え、各国国内でも、特定地域が先行する形で経済発展が進んでいる。これは、インフラ整備や諸制度が十分整っていない国においても、首都圏や経済特区が先行して経済発展を実現したことによるが、地域間の所得格差の拡大として、各国に政治的・社会的緊張をもたらしている。

一方で、特に1985年のプラザ合意以降の東アジアの経済発展は海外直接投資（FDI）を一つの原動力としており、FTA/EPA、地域横断的インフラ開発など、著しく経済のグローバル化が進んだ中での現象である。こうした現象に対しては、もはや「国」を単位とした分析は不十分であり、国より下位のサブ・ナショナルな「都市・地域」あるいは国境をまたいだスーパー・ナショナルな「地域」を詳しく観察する必要がある。しかし、東アジア地域における経済発展の地理的側面に関する研究は、EU等に比べて著しく遅れており、都市・地域単位での効果的な政策立案・実施の妨げになっている。

1.2 IDE-GSMと空間経済学

「アジア経済研究所・経済地理シミュレーション・モデル（Institute of Developing Economies - Geographical Simulation Model: IDE-GSM）」は、東アジアにおける人口・

産業の空間的な分布の変化を予測し、さまざまな貿易・交通促進措置 (trade-and-transport-facilitation measures: TTFMs) の影響を分析するために開発された。IDE-GMSは空間経済学を途上国の地域レベルでの経済発展分析に応用したものであり、2007年度から、アジア経済研究所が主体となり、東アジア・ASEAN経済研究センター (Economic Research Institute for ASEAN and East Asia : ERIA) の要請に基づいて開発が進められてきた。2009年6月3日の東アジアサミットで要請されたアジア総合開発計画策定など、ERIAによる政策提言に広く活用されている。

IDE-GSMは、空間経済学に基づいたシミュレーション・モデルである。1990年代以降、伝統的な経済学においてうまく扱われてこなかった「空間」の概念を明示的に取り込んだ「空間経済学」の研究が急速に進展し、経済学の新たなフロンティアとして注目を集めてきた。この「空間経済学」は、都市、地域、国際貿易など、従来は異なった学問の一分野として細分化されていた空間を対象とした理論を統一し、一般理論の構築を目指すものである。新しい「空間経済学」の形成へ向かっての近年の研究は、ヨーロッパ連合 (EU) やNAFTAのような国境を越えた様々な地域経済圏への形成に代表される、国際経済のボーダレス化にも後押しされている。実際に、空間経済学は、EUの経済統合に関する実証研究にも応用され、着実に成果をあげている。一方、実質的な経済統合が進展しつつある東アジアにおいても、伝統的な国際貿易理論だけでは説明の困難な現象が顕在化してきている。たとえば、労働力が豊富な中国において資本集約的な重工業分野の生産が急速に伸びているという事実は、伝統的な国際貿易理論の中核概念である「比較優位」だけでは説明できない。安価な労働力の供給源であるとともに巨大な市場でもある中国を含む東アジアの地域統合を分析する際には、収穫逡増を射程に入れた空間経済学が必須の理論となる。

国際貿易理論の先駆者であるB. オーリンは、1933年の時点で、貿易論と立地論は基本的に同じ研究の両面であると認識していた (Ohlin[1933])。しかし、その後、貿易論は国際経済学の中で、立地論は地域・都市経済学の中で、別々の学問分野として独自の発展を遂げることになった。

チューネンを祖とする地域・都市経済学は、A. ヴェーバーの『工業立地論』(Weber[1962])、一般均衡理論としての立地論であるレッシュの『経済立地論』(Lösch[1954]) など、ドイツを中心に発展してきた。その後、アメリカにおけるミルズ (Mills[1967]) やヘンダーソン (Henderson[1974]) の研究に代表されるように、地域・都市経済学は、外部経済や収穫逡増を前提とした産業集積を中心的な問題として扱ってきた。しかし、地域・都市経済学の理論は、経済学の主流からはマイクロ経済学的な基礎が十分でないといみなされ、近年まで注目されていなかった。

一方で、貿易理論においては、リカード的な技術格差やヘクシャー＝オーリン理論で前提とされる要素賦存の格差に基づく「比較優位」が国際貿易の源泉であるとする「新古典

派」の貿易理論が長く主流の地位を独占してきた。新古典派の貿易理論は、数学的には高度に洗練されていたが、厳密なマイクロ経済的な基礎を要求するあまり、産業集積において中心的な役割を果たす収穫逓増や不完全競争について、長く分析対象の外においてきた。

しかし、1979年にP. クルグマンが収穫逓増と不完全競争を取り入れた貿易モデルを発表したことで、国際経済学は新しい時代に突入する（Krugman[1979]）。一方、1980年代以降、地域・都市経済学においても、藤田昌久に代表されるように厳密なマイクロ経済学的基礎を持つ理論モデルの構築が活発に行われるようになった（Fujita[1989]）。こうした両分野での進展が1990年代に空間経済学を劇的に進歩させ、1999年に発表された藤田昌久、P. クルグマン、A. ベナブルズの『空間経済学』（Fujita et al.[1999]）によって、空間経済学は一つの学問分野へと押し上げられたと言える。

1.3 空間経済学とシミュレーション・モデル

空間経済学の理論的な側面は1990年代に大きく進歩した一方で、それを応用したシミュレーションについては、極めて例が少ない（Fujita and Mori [2005]:396-397）。空間経済学を用いたシミュレーション・モデルには、2つの系統が存在するように思われる。ひとつは、特定の政策、特に交通政策が経済の空間的な構造にどう影響するかを評価するモデルである。Teixeira(2006)は空間経済学に基づいたシミュレーション・モデルをポルトガルの交通政策の評価に応用し、これまでの交通政策は国土の均衡した発展に寄与していないと結論づけている。また、Bosker et. al.(2007)は、EUを194の地域に分割し、EUのさらなる統合がどのような影響を各地域に及ぼすかを検証した。そこでは、さらなる経済統合が産業の集積を促進することが示されている。

空間経済学を応用したシミュレーション・モデルの第2の系統は、シミュレーションによって創出された空間構造を現実と比較することで、モデルの妥当性を検証するものである。例えば、Fingleton(2006)はイギリスの賃金の地理的な構造について空間経済学よりも都市経済学のモデルの方が説明力があることを示した。一方で、Stelder(2005)はEUを2627のグリッドに分割し、空間経済学のモデルが実際のEU内の集積を再現できるか実験し、相当程度再現できると結論づけている。

IDE-GSMは第1の系統に属するが、いくつかの特徴を持っている。第1に、IDE-GSMは過去の政策の評価ではなく、将来の政策効果の予測に力点を置いている。これは、主に、東アジア地域において過去の政策を検証することが可能な経済地理データが存在しないためである。第2に、多くのシミュレーションが欧州を対象としているのに対し、IDE-GSMは東アジアを分析対象としている点である。これはデータの制約からくるもので、東アジアの分析を行うためには、データの構築から始める必要がある。第3に、IDE-GSMは非常に現実的な交通網と輸送モード選択をモデルに取り入れている点で、他のモデルに対し

て大きなアドバンテージを持つ。これは、交通インフラ整備の効果をより正確に評価することを可能にする。

第2節 基本構造

IDE-GSMは、地理的要素を取り入れた一般均衡モデルの一種である。IDE-GSMは毎年拡張を続けてきたが、初期のモデルは空間経済学の基礎的モデルを、実際の東アジアの空間に適用したものとしてスタートした。すなわち、1) 経済は、農業部門と製造業部門からなり、前者は収穫一定の生産と輸送費がかからないことを、後者は収穫逓増と輸送費の存在を仮定する、2) 実質賃金の格差に応じて、地域間の人口移動が生じる、という構造である。その後、IDE-GSMにおける農業生産では労働に加えて土地を生産要素として、製造業部門は労働に加えて中間財投入を考慮した形となり、輸送費や代替の弾力性が異なる5つの産業に分割されて現在に至っている。

2.1 シミュレーションの流れ

シミュレーションの流れは以下の通りである（図1-1）。

1) 初期状態として、東アジア各地域の人口および産業別GDPのデータと、地域間を結ぶルートのデータが読み込まれる。

2) 初期状態のデータに基づいて、各地域の産業別GDPの理論値が計算される。実際のGDPと、理論値の間に乖離が生じるため、この差を各都市・産業の効率性(A)の差として吸収し、両者を一致させる。

3) 地域毎に現在の人口・産業別GDP、ルートに基づく輸送費を所与として、産業別GDP、価格指数、実質賃金などの短期均衡値を求める。

4) 産業別地域別の実質賃金に基づき、人口移動を計算する。人口は、実質賃金の低い地域から高い地域へ、実質賃金の低い産業から高い産業へと移動する。ただし、この際、人口移動のスピードは、過去のデータを参考に設定された値によって定められ、実質賃金のが1回の人口移動で均等化することは通常はない。ここまでがモデル内での1年となる。

5) もし、当該年に特定のTTFMsが実施されるとされていれば、それに従ってルートや輸送費のパラメータなどを変更する。

6) 再び短期均衡値を求めるステップ3)へ戻る。

この手順を繰り返すことで、将来の人口・産業の分布を予測する。

シミュレーションにおいて、外生的に与えられる重要なパラメータが2つある。第1に、各国の国レベルでの人口増加率である。シミュレーション期間中の人口増加率は、国連人口部 (UN Population division) の中位推計値を採用している。第2に、産業の効率性 (A) の上昇率である。産業の効率性の上昇率は、2005年からシミュレーションを開始した場合、2010年の国レベルでの実質GDPの現実値に近づくように、国毎に調整される。

2.2 経済効果の算出

貿易・交通促進政策 (TTFMs) の経済効果は、そうした政策が実施されなかった場合 (ベースライン・シナリオ) の地域別GDPと、そうした政策が実施された場合 (開発シナリオ) の地域別GDPの、ある将来時点での差として算出される (図1-2)。

IDE-GSMで算出される交通インフラ建設の経済効果は、一般的な費用・便益分析で求められる経済効果と異なっている。一般的な費用・便益分析では、以下のような費用と便益を比較することで、経済効果を求める。

費用：

土地収用費、インフラ建設・維持費等

便益：

私的便益：運賃・料金

社会的便益 (直接)：輸送時間・金銭費用の節約、交通事故の減少

社会的便益 (間接)：経済活動の誘発

IDE-GSMでは、インフラ建設がもたらす経済活動の誘発に限って経済効果を算出し、費用全般や、私的便益、直接的な社会的便益などは考慮しない。すなわち、IDE-GSMは特定の交通インフラの収益性を算出することを目的としていない。交通インフラ建設がもたらす間接的な社会的便益の地域的な広がりやを算出することを目的としている。

第3節 IDE-GSMの特徴

他の経済シミュレーション・モデルに対するIDE-GSMの最大の特徴は、貿易・交通促進政策の効果を少ない手順で算出できる点にある。通常、交通インフラの経済効果を求める際には、交通量の測定や交通需要の予測など、関連する様々な調査が必要となってくる。IDE-GSMの場合には、交通インフラの開発を、主に輸送速度の引き上げや地域間を新規ルートで結ぶという形でモデルに組み込むため、簡単な設定の変更で様々なTTFMsの経済効果の計算を行うことができる。これを可能にしているのが、以下の「ネットワークによる地理表現」による「現実的な輸送路選択」である。

3.1 ネットワークによる地理表現

シミュレーション上で現実の世界の地理的状況を表現する方法としては、以下の3つの方法が考えられる(図1-3)。第1に、メッシュによる表現である。メッシュによる表現は、経済活動の空間的な分布を正確に表現できる点にメリットがある。一方で、正確な空間的な表現を行うためには、メッシュの大きさを小さくすることが望ましく、そのためには多くの経済データをメッシュ単位で整備する必要がある。多くの発展途上国の場合、メッシュ単位で正確な経済データを入手することは極めて難しい。

第2の表現として、都市や行政区画を点で代表させ、都市・行政区画間を直線で結んで輸送費を計算する方法がある。国際貿易における重力方程式の計算では、このような地理的な単純化がなされている。この方法では、メッシュによる表現に比べて、必要なデータが少なく済むメリットがある。一方で、地理的な状況の再現性については、メッシュによる表現に劣る。最大の問題は、都市・行政区画間の輸送路が直線で近似されている点で、道路状況などを正確に再現することが難しい。

第3の表現としては、ネットワークによる表現があり、IDE-GSMではこれを採用している。都市や行政区画を点で代表させる一方で、各地点を結ぶルートについては、直線ではなく、実際のルートの状況に基づいた、ネットワークによる表現が用いられている。この方法は、必要な経済データがメッシュ方式に比べて少なく済むという第2の表現のメリットを継承する一方で、交通状況をより現実的に表現できるメリットを併せ持つ。最大の問題は、ルート情報に基づき、全ての都市の組み合わせについて最短距離・最小費用を求める必要がある点であるが、これについては、ワーシャル・フロイト(Warshall-Floyd)法という確立されたアルゴリズムがあるため、比較的容易に解決できる。

3.2 現実的な輸送路選択

前述の通り、IDE-GSMでは任意の2都市間の輸送路選択を直線距離ではなく、ルート・ネットワークに基づく現実的なものになっている。また、IDE-GSMでは「広義の輸送費」

をモデル内で扱っており、輸送コストに加えて、貿易や輸送に関わる様々な政策を分析できる（図1-4）。

最適な輸送ルートは、あらゆるルート・モードの組み合わせのうち、時間費用を含めてもっともコストが安くなるものが選択される。例えば、電子・電機産業のように時間コストの高い産業の場合、kmあたりの運賃が高くても、短時間で目的地まで輸送でき、時間コストを節約できる空路が積極的に選択される。一方で、時間コストがそれほど大きくない産業の場合、kmあたりの運賃が低い海路が主に選択される。

IDE-GSMでは現実的な輸送路選択がモデル内で行われているため、新しいルートを設定したり、既存ルートの速度を上昇させた場合、多くの都市間の最適なルートが変化し、広範囲に影響を及ぼす可能性が出てくる。これは、都市間のルート選択はそのままに、輸送費だけが一定割合下がると仮定するモデルに比べて、より現実的な経済的な効果を計算することが可能になる。

第4節 本書の構成

本書は、IDE-GSMについて、これまでの成果をまとめたものである。本書は「経済地理シミュレーション・モデルによる東アジアにおける人口・産業集積の長期予測：2010年経済地理データに基づく研究（Ⅱ）」研究会の中間報告であり、2014年度末にはモデルの改良、データの更新、パラメータ推計の改訂を反映し、最終的な報告書が作成される予定である。

本書の第1章では、IDE-GSMの概要、構造、特徴、シミュレーションの流れについて概観した。第2章では、IDE-GSMの理論的背景である空間経済学について概観すると共に、IDE-GSMのモデルについて詳細に説明している。第3章では、IDE-GSM内で用いられている各種パラメータについて説明している。特に、輸送費に関連するパラメータについて詳しく解説している。第4章では、IDE-GSMを実行するために必要な、経済地理データとルートデータについて解説している。第5章では、IDE-GSMを用いた分析例を紹介している。メコン地域の経済回廊やタイ洪水の事例をはじめ、これまで東アジアASEAN経済研究センター（ERIA）の依頼に基づいて行って分析例が紹介されている。第6章では、IDE-GSMを実行する際に必須となる経済地理データを作成する際に、リモートセンシング技術を用いる可能性について示している。これは、ミャンマーやアフリカの一部の国々など、経済地理統計を公的な機関から入手することが困難な国々について分析を行う際の鍵となる技術である。

IDE-GSMは空間経済学に基づいたシミュレーション・モデルであり、人口や産業の集積を国レベルより1つまたは2つ下の行政区画のレベルで予測することを目指している。

IDE-GSMは長期的な人口・産業の地理的分布の予測に加えて、高速道路建設や国境での通関円滑化のようなTTFMsの経済効果を算出することができる。

IDE-GSMが他のモデルに比べて優れている点は、特定のTTFMの経済効果は容易に計算しうる点である。例えば、特定区間の高速道路建設の効果を予測する場合、モデル内で実際に当該区間の道路の設定速度を引き上げればよい。

IDE-GSMは、インフラ開発の段階で、数多くのシナリオについて検討するのに適している。IDE-GSMで様々なシナリオの経済効果やその地理的分布を予測し、それに基づいて、有力なプロジェクトを絞り込んだり、各プロジェクトについて、メリット・デメリットのあたりをつけて、どのような点をより詳細に調査するべきかを、事前に検討することが可能となる。IDE-GSMは、交通インフラ開発計画を策定する際に、初期段階で用いるツールとして、有用であると言える。

参考文献

- Bosker, M., Brakman, S., Garretsen, H., and M. Schramm(2007). Adding Geography to The New Economic Geography. CESifo Working Paper No. 2038.
- Fingleton, Bernard. (2006). The new economic geography versus urban economics: an evaluation using local wage rates in Great Britain. Oxford Economic Papers 58. Pp.501-530.
- Fujita, M. (1989). Urban economic theory: land use and city size. Cambridge university press.
- Fujita, M., Krugman, P., & Venables, A. J. (1999). The spatial economy: cities, regions and international trade.
- Fujita, Masahisa and Tomoya Mori. (2005). Frontiers of New Economic Geography. Papers in Regional Science, Vol.84 No.3. pp. 377-405.
- Stelder, Dirk. (2005). Where Do Cities Form? A Geographical Agglomeration Model for Europe. Journal of Regional Science. Vol. 45. No.4, pp. 657-679.
- Teixeira, Antonio Carlos. (2006). Transport policies in light of the new economic geography: The Portuguese experience, Regional Science and Urban Economics, Vol. 36, pp.450-466.
- Krugman, P. R. (1979). Increasing returns, monopolistic competition, and international trade. Journal of international Economics, 9(4), 469-479.
- Kumagai, Satoru, Toshitaka Gokan, Isono Ikumo, Kazunobu Hayakawa and Souknilanh Keola. (2010). Geographical Simulation Analysis for Logistic Enhancement in East Asia, ERIA Research Project Report 2009 7-2.

Lösch, A., & Woglom, W. H. (1954). The economics of location (Vol. 1940). New Haven: Yale University Press.

Mills, E. S. (1967). An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. The American Economic Review, 197-210.

Henderson, J. V. (1974). Optimum city size: The external diseconomy question. The Journal of Political Economy, 373-388.

Ohlin, B. G. (1933). Interregional and international trade.

Weber, A. (1962). Theory of the Location of Industries. C. J. Friedrich (Ed.). Chicago: University of Chicago Press.

図1-1 シミュレーションの流れ

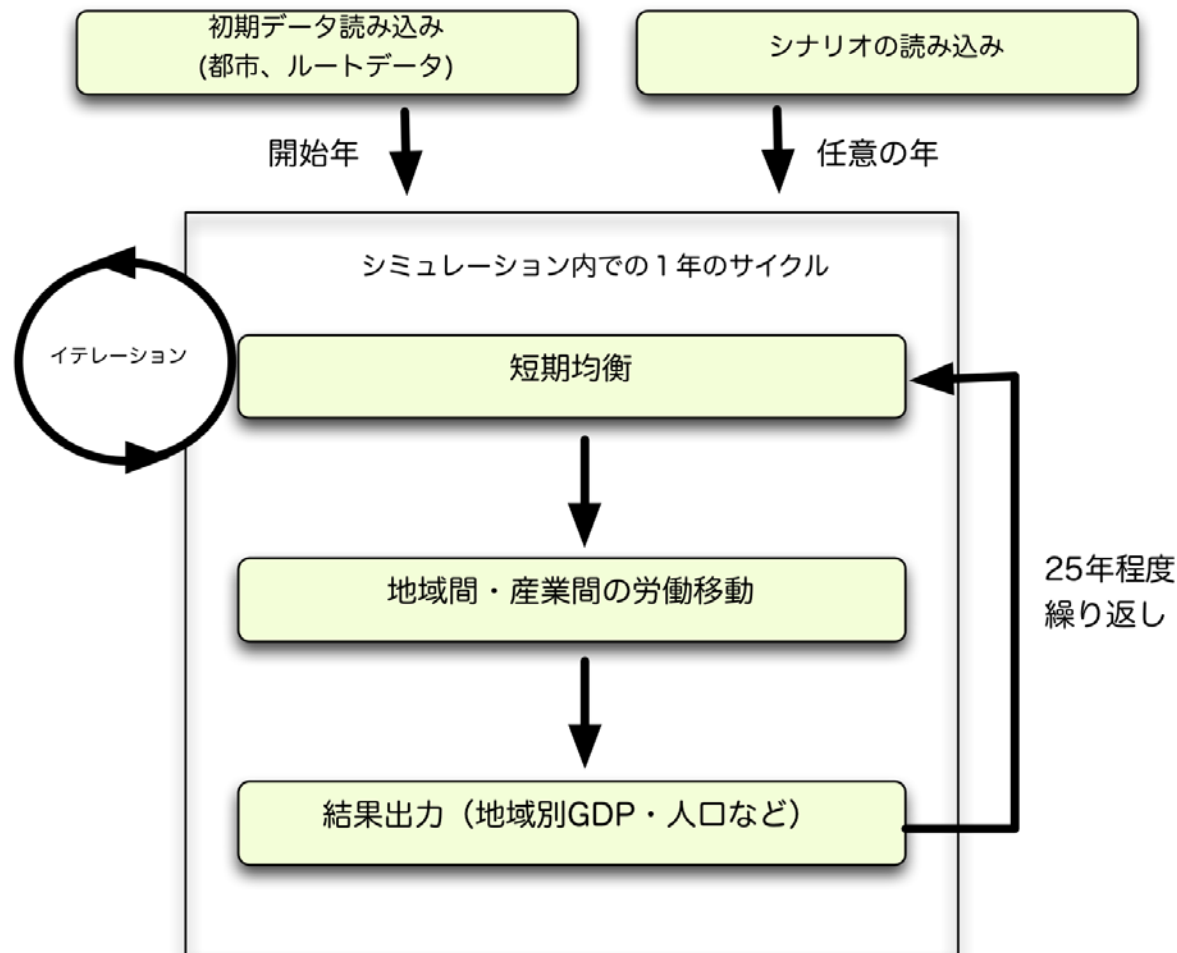


図1-2 経済効果の算出方法

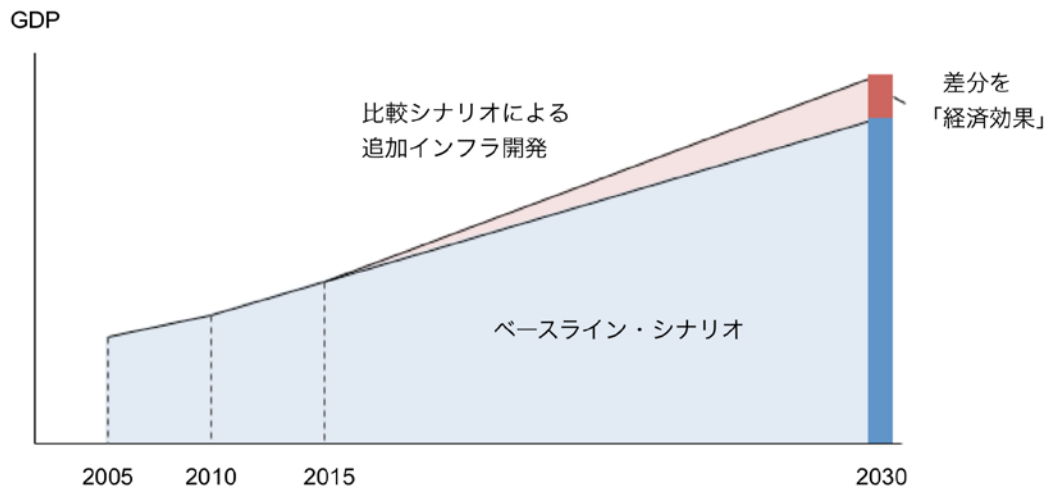


図1-3 シミュレーション上の代表的な地理的表現方法

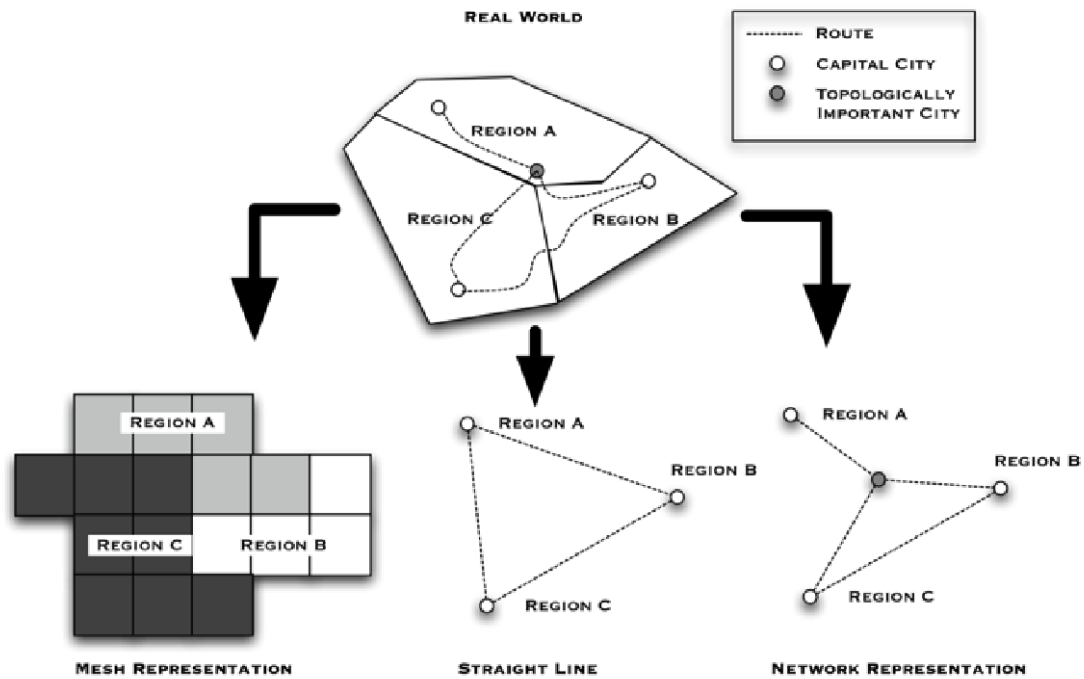


図1-4 広義の輸送費

