

平常時及び災害時の貨物輸送の 時間価値計測に関する新たな手法の提案

神戸大学大学院, 工学研究科教授, 小池淳司

概要:

本研究では、貨物輸送の時間短縮便益が、経済の状態や構造に応じていかに変化し得るか分析を行う。特に大規模災害や、収穫逡増および多様性選好の存在が貨物輸送の時間短縮便益に与える影響を分析する。本研究の特徴は、便益を計測する上で空間応用一般均衡モデルを利用している事にある。空間応用一般均衡モデルを利用することにより、災害時の経済状況の再現や、収穫逡増および多様性選好のモデルへの導入が可能となる。研究により、災害時には貨物輸送の時間短縮便益が、平常時に比べ 27.8% 大きくなることが示された。災害により被災地の経済規模が縮小しても、貨物を輸送する道路の経済的価値は上昇することを意味する。また収穫逡増および多様性選好を考慮した場合には、完全競争市場を仮定した場合とは異なる便益が数値例によって示された。特に都市と地方の道路整備だけではなく、地方間の道路整備も同じく経済的に重要である可能性が示された。

キーワード: 貨物輸送の時間短縮便益 災害 収穫逡増 多様性選好 応用一般均衡モデル

1. 研究の目的

貨物輸送の時間短縮便益は、道路整備等の公共事業の実施を決定する上で 1 つの重要な指標である。貨物輸送の時間短縮の経済的な価値 (Value of Freight Travel Time Savings; VFTTS) については数多くの先行研究がある¹⁾。De Jong²⁾に基づけばその計測手法は 2 種類に大別される。一つは要素費用法である。輸送時間の短縮により輸送に必要なトラックといった資本設備やドライバーといった労働力を節約できる。これらの節約された生産要素の費用から VFTTS を推計するものである。もう一つは支払意思額を推定する方法である。

ただし上記の推定方法は時間短縮がもたらす便益がその時々々の経済の状態や構造、特に市場の構造に依存していることを明示的に考慮していない。

本研究の前半では、平時と比べて大規模災害時に VFTTS がいかに変化するか具体的に VFTTS を計測する。これは大規模災害時という経済の状態が平時と異なる場合の貨物輸送の時間短縮便益を研究するものである。

続いて経済の構造、特に市場の構造を分析の対象とする。貨物輸送の時間短縮便益を計測する場合には、市場は完全競争市場であることを仮定することが多い。しかし現実の市場には完全競争市場とは異なる様々な特徴があることが指摘されている。特に、現代の経済分析では、生産者の収穫逡増や、生産者と消費者の多様性選好を考

慮した独占的競争市場を仮定するケースが多い。貨物輸送の時間短縮便益を計測する際にも市場を完全競争市場とみなすのか、独占的競争市場とみなすのかで大きな違いがあると予想できる。本研究の後半は、特定の市場が独占的競争市場である場合に、都市と地方の間あるいは地方間の道路整備の便益がいかに変化し得るか、完全競争市場を仮定した場合と対比しながら分析する。分析には一般均衡モデルに基づく数値計算を用いる。

まず、第 2 章では、大規模災害時における VFTTS を、空間応用一般均衡モデル (Spatial Computable General Equilibrium モデル: SCGE モデル) を用いて計測した研究成果について概観する。第 3 章では、独占的競争市場における貨物輸送の時間短縮便益について、一般均衡モデルに基づく数値計算を用いた研究成果を概観する。

2. 大規模災害時における VFTTS の推計

(1) 本研究における VFTTS の定義

まず大規模災害時の VFTTS を、SCGE モデルを用いて計測した研究についてその成果を概観する。まず本研究における VFTTS を、貨物の総輸送時間が 1 単位減少したことによる経済厚生³⁾の増加分と定義する。そして道路整備等によって貨物の輸送に費やす時間 T_i^{rs} が減少した時の経済厚生³⁾の増加分と貨物輸送の時間価値の関係より、以下の式(1)から式(4)のように定式化する。

$$VFTTS = \frac{\sum_r EV^r}{TF_a - TF_b} \quad (1)$$

$$TF_a = \sum_r \sum_s \sum_i T_i^{rs} QR_i^{rs} \quad (2)$$

$$TF_b = \sum_r \sum_s \sum_i T_i^{rs} QR_i^{rs} \quad (3)$$

$$QR_i^{rs} = qf_i^{rs} + \sum_j q_{ij}^{rs} \quad (4)$$

ただし、 $VFTTS$ ：貨物の総輸送時間が1単位減少したことによる単位取引額当たりの経済厚生の変化分 [円/分]、 EV^r ：地域別便益[円]、 TF ：貨物の総輸送時間[分]、 QR_i^{rs} ：地域間物流量、 T_i^{rs} ：産業別の地域間道路所要時間[分]（非製造業は0）、 q_{ij}^{rs} ：地域 r 産業 i から地域 s 産業 j への中間投入量、 qf_i^{rs} ：地域 s の家計の地域 r 財 i の需要量、 a ：道路整備のなし(without)と b ：道路整備のあり(with)である。この $VFTTS$ は、所要時間の短縮の程度をSCGEモデルに入力する事により計算する事ができる。

式(1)で定義される $VFTTS$ では、経済厚生が増加分は全地域の便益の和であり、貨物の総輸送時間には地域間道路所要時間と地域間物流量を用いている。 $VFTTS$ の単位について従来は輸送車両1台当たりもしくは単位重量当たりの時間価値[円/分]で表されていた。一方、式(1)で求められるのは取引額1円当たりの $VFTTS$ である。これを道路輸送に着目している本研究において輸送車両1台当たり換算するためには、単位取引額の設定が必要である。この値には営業用普通貨物車の1台当たり輸送貨物の価値額⁹⁾513,346[円/台]を用いている。

(2) 応用一般均衡モデルによる VFTTS の推計

本研究の特徴はSCGEモデルを利用して、東日本大震災発生から間もない時期の経済状況の再現を行った点にある。すなわち民間資本ストックの毀損状況、東日本大震災当時の代替の弾力性の値、財の輸送費用の上昇といった情報をSCGEモデルに入力し、大規模災害から間もない経済状況を再現し、その上で道路整備がなされていた場合とそうでない場合の経済をシミュレーションし、 $VFTTS$ の値を求めた。なお、道路整備がなされていた場合には、地域間道路所要時間が、東北関東間で10分、東北内部で5分減少するシナリオを想定している。

シミュレーションによれば、平常時では単位取引額当たり（貨物輸送1台当たり）の $VFTTS$ は182.5[円/分]と推計された。要素費用法に基づく既存の $VFTTS$ は64.35[円/分]である。要素費用法による推計値は、SCGEモデルによる推計値の一部、すなわち生産要素の利用拡大の効果を近似的に表現している可能性はあるが、一般にSCGEモデルによる評価は要素費用法による評価より包括的なものとなり、 $VFTTS$ の値も大きくなると考えられる。

本研究において特筆すべき成果は、災害時には $VFTTS$ が平常時に比べ50.7[円/分]、すなわち27.8%大きいことが明らかになった点である。災害により被災地の経済規模が縮小しても、道路の経済的価値はむしろ上昇し、その経済的役割がいつそう重要になることを意味している。

ただし本研究のモデルは完全競争市場を想定している。外部性の存在が考えられる場合は時間価値を社会的価値と私的価値に区別する必要がある⁴⁾。その上で貨物輸送時間節約の社会的価値を計測すべきである。

3. 現実的な市場の想定に基づく便益評価

(1) 独占的競争市場の仮定

第2章における災害時の $VFTTS$ の推計は、完全競争市場に対して災害という外的なショックを加えたシミュレーション分析である。しかし現実の経済は必ずしも完全競争市場の条件を満たさない。特に現代の経済分析において、生産における収穫逓増および中間投入や消費における多様性選好を基にした独占的競争市場の仮定が多く採用されている。本研究の第3章では、独占的競争市場を仮定した場合の地域間交易の時間短縮便益の特性について分析する。

(2) 分析のためのモデル

以下では架空の経済を想定し分析を行う。この経済は経済圏と呼ぶべき3つの地域からなる。それぞれ地域1、地域2、地域3と呼ぶ。図-1の通り、それぞれの地域の特徴として、地域1はGDPおよび産業の生産額が大きい地域である。地域2と地域3はGDPおよび生産額が小さい地域である。各地域には3種類の産業が存在する。3種類の産業を産業1、産業2、産業3と呼ぶことにする。各産業の特徴として、産業1と産業3は収穫一定（Constant Return To Scale: CRTS）の生産技術を有する産業であり、産業2は収穫逓増（Increasing Return To Scale: IRTS）の生産技術を有する産業である。具体的には産業2は生産量に関わりなく、市場に参入するために固定費用を負担する必要がある。この固定費用の存在のため生産量が増加するほど平均費用は低下する。これが規模に関する収穫逓増の仮定である。

各地域の各産業は、中間財と資本および労働力を投入し生産を行う。また各地域には代表的家計が存在し、予算制約のもと各財を消費し効用最大化を行う。地域間では財の交易が存在する。すなわち各地域の産業と代表的家計は自地域で生産された財だけでなく他地域で生産された財も中間投入に利用したり最終消費したりする。ただし産業も代表的家計も産業2の生産物に分類される財の多様性から恩恵を受けると仮定する。これが多様性選好の仮定である。

産業2に分類される財の市場は独占的競争市場であると仮定する。すなわち参入企業は産業2に分類される企業ではあるが、互いに質的に異なる財を独占的に生産、販売している。

なおモデルの構築にあたり、Dixon⁵⁾やOyamada⁶⁾の国際貿易に関する先行研究を参考にした。

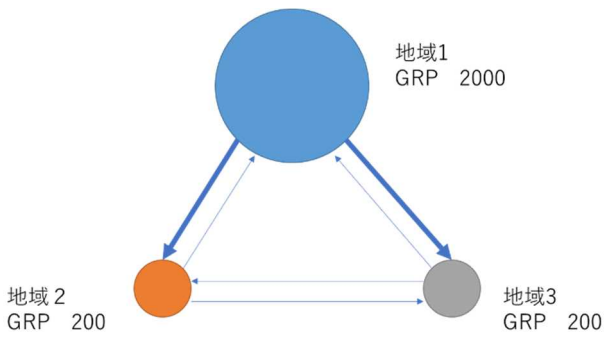


図-1 シミュレーションモデルにおける地域

(3) シミュレーションの設定

本研究で行ったシミュレーションは以下の通りである。1つは、経済規模の大きい地域1と経済規模の小さい地域2の輸送費用を、産業1と産業2の財についてゼロとする。これは大都市と地方の間において道路投資等の社会資本整備が実施されたことを想定している。もう1つのシミュレーションは地域2と地域3の間で輸送費用を、産業1と産業2の財についてゼロとした場合である。これは地方間において道路投資等の社会資本整備が実施されたことを想定している。なお、産業3はサービス産業を想定している。サービスの輸送には道路を利用する場合だけでなく通信等も利用されるため、今回は輸送費用削減の対象外とする。また本研究のモデルでは、商品を輸送する場合には、自地域の産業3の商品を一定の数量だけ購入しなければならない。これは産業3が輸送サービス業も含むサービス産業であると想定している。

(3) シミュレーションの結果

地域1と地域2の輸送費用を、産業1と産業2の財についてゼロとした場合についてその結果を考察する。図-2は輸送費用を削減した場合の各地域の等価変分を示している。収穫逓増および多様性選好を考慮しないアーミントンモデルとこれらを考慮したクルーグマンモデルのそれぞれについて同じシミュレーションを実施し、その結果を示している。

地域1と地域2の輸送費用の低下によって、両モデルとも地域1と地域2の等価変分がプラスとなる。ただしクルーグマンモデルの方がアーミントンモデルに比べて、地域1については約56.4%、地域2については約5.2%高く評価されている。地域3については約0.7%低く評価されている。

図-3は、クルーグマンモデルで評価した、輸送費用の削減に伴う、産業2の財市場への参入企業数の変化を示している。なお基準均衡では1に設定しており、アーミントンモデルではこの値が変化することはない。それぞれ等価変分がプラスとなった地域1と地域2で参入企業数が増加している。すなわちそれぞれの地域の産業2に分類される財のバリエーションが増加していることを意味す

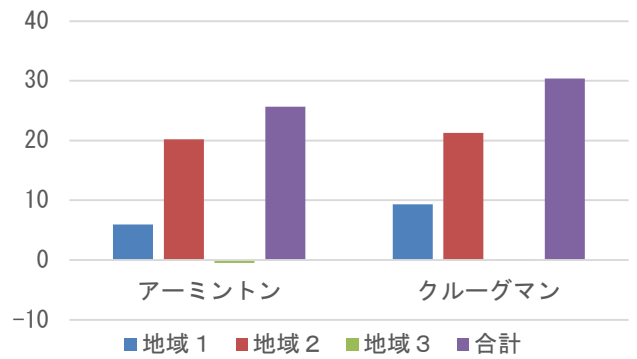


図-2 各地域の等価変分

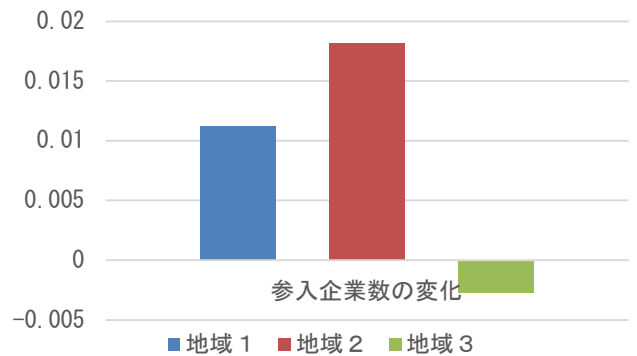


図-3 各地域の参入企業数の変化

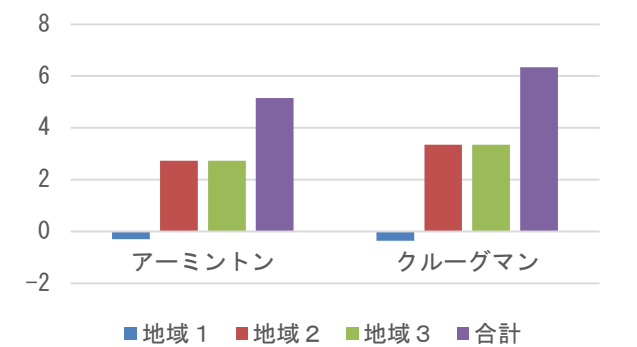


図-4 各地域の等価変分

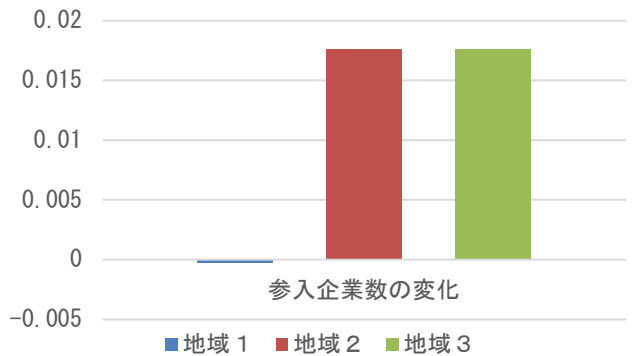


図-5 各地域の参入企業数の変化

る。ただし、地域2において最も参入企業数が増加しているものの、等価変分のプラス幅で見ると地域1が最も大きい。

図-4は、地域2と地域3の産業1と産業2の財について、輸送費用を削減した場合の各地域の等価変分を示している。このシミュレーションにおいても、アーミントンモデルとクルーグマンモデルのそれぞれについて同じシミュレーションを実施している。結果は、地域2と地域3の輸送費用の低下によって、いずれのモデルにおいても地域2と地域3の等価変分はプラスとなる。ただし、等価変分はクルーグマンモデルの方がアーミントンモデルに比べて、地域1については約22.8%低く評価されている。一方で地域2については約23%、地域3についても約23%高く評価されている。

図-5は、クルーグマンモデルで評価した、輸送費用の削減に伴う産業2の財市場への参入企業数の変化である。等価変分がプラスである地域2と地域3で参入企業数が増加している。これらの地域の産業2に分類される財のバリエーションが増加し、最終消費者がその恩恵を受けた結果である。

(4) シミュレーション結果の含意

本研究のシミュレーションは、架空の地域を想定したものである。しかし複数種類の産業が立地する複数の地域が互いに交易を行うモデルは、簡単な数値例であっても複雑なものとなる。そのため単純化した理論的解析では確認が難しい知見をもたらす可能性がある。

今回のシミュレーションにより得られた含意は以下の通りである。まず、経済規模の大きな地域1と小さい地域2の間の輸送費用の低下により、等価変分の地域合計もプラスとなる。ただし地域合計の値は、収穫逦増および多様性選好を考慮した場合のモデル(クルーグマンモデル)で計測した方が、これらの要因を考慮しないモデル(アーミントンモデル)よりも18.4%大きい。また経済規模の小さな地域2と地域3の間の輸送費用の低下も等価変分の地域合計はプラスとなる。ただし地域合計については、クルーグマンモデルによる計測値の方がアーミントンモデルによる計測値と比較して約23%大きい。すなわち収穫逦増と多様性選好、独占的競争市場の仮定は、輸送費用削減の便益を地域全体の合計値として高く評価する可能性を示唆する。さらに、これまで経済的観点からは都市と地方をつなぐ道路整備が注目されがちであったが、本研究のシミュレーションでは、地方間(地域2と地域3)をつなぐ道路の重要性も経済的観点から

無視できない事を示唆している。

4. まとめ

本研究は、SCGEモデルを利用して、貨物輸送の時間短縮便益(VFTTS)について推計した。SCGEモデルを用いた理由は、貨物輸送の時間短縮便益は、経済の状態や構造に依存すると考えるからである。SCGEモデルを用いることで、災害時等の異なる経済状態におけるVFTTSの推計や、完全競争市場とは異なる市場を仮定した場合の時間短縮便益について分析する事が可能となった。その結果、災害時のVFTTSは平時よりも高い可能性が示された。また生産の収穫逦増と生産および消費における多様性選好をモデルに導入し、独占的競争市場を仮定した場合には、完全競争市場を仮定した場合とは異なる時間短縮便益が発生する可能性が数値例によって示された。特に都市と地方の道路整備だけではなく、地方間の道路整備も経済的に重要である可能性が示された。今後は都道府県間産業連関表などを利用し、実際のVFTTSを計測することが課題である。

いずれの研究成果も、SCGEモデルを利用することにより、多様な経済環境を仮定した貨物輸送の時間短縮便益を分析可能としている。本研究の手法は、道路等の社会資本整備のあり方に関する議論をより豊かなものにすると考えられる。

参考文献

- 1) Feo-Valero, M., Garcia-Menendez, L. and Garrido-Hidalgo, R.: Valuing freight transport time using transport demand modelling: A bibliographical review, *Transport Reviews*, Vol. 31, No. 5, pp. 625-651, 2011.
- 2) De Jong, G.: Value of freight travel-time savings, Chapter 34 in Hensher, D. A. and Button, K. J. (Eds.) *Handbook of Transportation Modelling* (2nd Edition), Emerald Group Publishing Limited, 2007.
- 3) 国土交通省：時間価値原単位および走行経費原単位(平成20年価格)の算出方法, 2008.
- 4) Galvez, T. E. and Jara-Diaz, S.: On the social valuation of travel time savings, *International journal of Transport Economics*, Vol. 25 (1), pp. 205-219, 1998.
- 5) Dixon, P. B., M. Jerie, and M. T. Rimmer.: Modern Trade Theory for CGE Modelling: 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.