

重力モデルによる物資流動量の分析

2002MM038 加藤 和美

指導教員 伏見 正則

1 はじめに

近年、全国における交通の便は年々向上し、競争力確保に向けた企業の事業再編、外部委託、海外進出等の進展、情報通信技術の飛躍的發展に伴う物流の総合的管理の実現、電子取引の拡大、宅配便等小口輸送の大幅増加等、物流を取り巻く環境は大きく変化している。

そこで本論文においては、都道府県間の物資流動を取り上げ、愛知県と他都道府県との物資流動における関係を分析し、愛知県の現状と今後について考えることとする。

2 重力モデルの適用

空間的相互作用を分析するとき用いる代表的なモデルが、重力モデルである。本章では、この重力モデルを実際の日本の都道府県間の物資流動に適用し、モデルの適合度を考察する。

2.1 問題の定式化

都道府県 i から都道府県 j への流動量 f_{ij} が都道府県 i , j の属性要因 p_i, q_j に比例し、関係性要因 d_{ij} に反比例するという形式の重力モデルを用いると次のように表すことができる。

$$f_{ij} = k \frac{p_i^\alpha q_j^\beta}{d_{ij}^\gamma} \quad (1)$$

パラメータ k, α, β, γ を推定するには、(1) 式の両辺の対数を取り、線形最小自乗法により推定する。

2.2 実行結果および考察

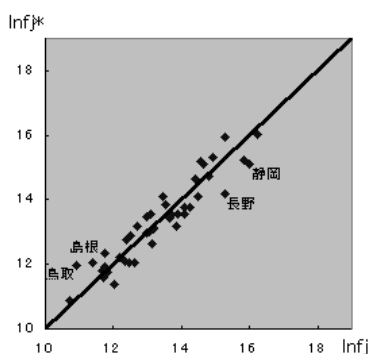


図1 総量

発地を愛知県とし、(1) 式の説明変数に相手の総到着量、愛知県からの距離を入れたときの決定係数は、0.882 であり、適合度は概ね良いと言える。

推定値 $\ln f_j^*$ を縦軸、実際値 $\ln f_j$ を横軸にとった散布図(図1)をみると、すべての都道府県において $\pm 10\%$ 以内である。傾向として、東京、大阪近郊の県は $\ln f_j < \ln f_j^*$ 、愛知県近郊の県は $\ln f_j > \ln f_j^*$ になっており、俗に大都市とその近郊の県の結びつきが強いことが推測できる。

3 吸引力の推定

愛知県は物資流動面において、全国ではどのような位置にいるのだろうかという点について、本章では考察する。

重力モデルの発生量制約モデルにあたる購買行動モデルを用いて、各都道府県の吸引力を推定する。

3.1 問題の定式化および解法 [1]

重力モデルによると、発送量シェア m_j 、総到着量 B_i 、距離 d_{ij} 、吸引力 X_j の4つの要因の間には関係がある。その関係式は、次のように構成される。

発送量シェアは、

$$m_j = \sum_{i=1}^n b_i \frac{X_j F(d_{ij})}{\sum_{j'=1}^n \frac{X_{j'}}{F(d_{ij'})}}$$

となる。 b_i は、地域 i の到着量が全都道府県の到着量に占める割合である。よって、 X_j を変数とした目的関数は、

$$\min \sum_{j=1}^n \left(m_j - \sum_{i=1}^n b_i \frac{X_j F(d_{ij})}{\sum_{j'=1}^n \frac{X_{j'}}{F(d_{ij'})}} \right)^2 \quad (2)$$

m_j は、地域 j の発送量が全都道府県の発送量に占める割合である。愛知県の吸引力を1として、(2)の最小化問題を解くことにより、吸引力を求める。

3.2 考察

今回の方法では、発送量の大きい都道府県は同様に吸引力も大きいことが予測される。実行結果を見てみると、正確に発送量順に吸引力の値が対応しているわけではないが、それなりの結果となった。しかし、大きく異なる都道府県もあった。それらの都道府県に関しては、所在地の地理的条件と近郊に大きな購買力を持った県の有無によって、実行結果のような数値が出たと考えられる。

愛知県は吸引力としては、3位となった。

4 回帰分析

本章では、回帰分析によって吸引力を決定している要因について調べ、物資流動面における都道府県の吸引力を説

明する最適な説明変数を導き、その結果から愛知県の今後への提言を行う。

4.1 問題の定式化および解法

吸引力 Y と特徴を表す項目 X_l との間には、関係式、

$$Y = X_1^{\alpha_1} X_2^{\alpha_2} \dots X_m^{\alpha_m} \beta \quad (3)$$

が成り立つとする。 α_l は X_l が吸引力に与える影響の度合、 β は定数項である。(3) 式の両辺の対数を取り、最小自乗法により、 α 、 β を求める。変数選択には、AIC を用いた。

4.2 回帰分析に用いた項目

1. 土地利用面積

工場・倉庫面積、事務所面積、店舗面積、農地面積

2. 輸送手段

港湾数、空港数、インターチェンジ数、コンテナ数、トラック数

3. 事業所数

農林漁業、鉱業、建設業、製造業、運輸・通信業、卸売・小売業、飲食店、サービス業

4.3 実行結果および考察

表 1 実行結果

q	X_q 項目	α
1	港湾数	0.18313
2	コンテナ数	-0.09954
3	トラック数	1.05745
4	鉱業事業所数	0.30698
5	製造業事業所数	-0.39854
6	工場・倉庫面積	0.24183
	β'	-5.63746

表 1 に示された 6 項目が、発送量吸引力を説明するのに有効な項目であることがわかった。トラック数は他の項目より、吸引力に与える影響が大きいことがわかる。

4.4 愛知県の発送量吸引力向上の為の提言

回帰分析の結果を利用し、吸引力を大きく左右させると考えられる要因、トラック数、工場・倉庫面積を変化させた結果、トラック数 2,727,000 台、工場・倉庫面積 153,603 千 m^2 にしたとき、全国で 1 位になることができる。しかしながら今回のように、県の構成を変えることは県の問題としてではなく、それぞれの民間企業の問題であるため、容易ではなく、現実には困難である。

5 感度分析

本章では、愛知県と他都道府県間の輸送時間が短縮されたときの愛知県の発送量の増減を算出し、今後、交通インフラ整備を行っていく方向として、発送量増加効果が最も見込まれる方向を分析する。

5.1 吸引力の推定

第 3 章と同様に時間距離を用いて各地域の吸引力を求める。しかし、データの関係から、愛知県と近県の 20 地域間の物資流動に限定して吸引力を求め、分析を進めることとした。

5.2 問題の定式化および解法

地域 i の総到着量を B_i 、吸引力を X_j とすると、地域 j の発送量 M_j は、

$$M_j = \sum_{i=1}^m B_i \frac{X_j d_{ji}^{\alpha}}{\sum_{j'=1}^m X_{j'} d_{j'i}^{\alpha}}$$

となる。

地域 j と地域 i 間の輸送時間 d_{ji} および d_{ij} が短縮されたときの発送量 M_j の増減を d_{ji} および d_{ij} に関する偏微分係数 M_j^{ji} によって調べる。

$$M_j^{ji} = -\frac{\partial M_j}{\partial d_{ji}} - \frac{\partial M_j}{\partial d_{ij}} \quad (4)$$

愛知県と相手先以外の都道府県間の輸送時間を固定し、(4) 式を用いて、愛知県と他都道府県との輸送時間が 1 時間短縮されたときの愛知県の発送量の増減を調べる。

5.3 考察

愛知県は近隣とのアクセスを改善するならば、静岡県を目標方向に定めるのがよく、関東方面までの交通インフラ整備計画を考えることが有効であることがわかった。また同じように岐阜県、長野県を目指して交通インフラ整備計画を考えることも有効である。このことは現在進められている第 2 東名、最近開通した東海環状自動車道と合致する結果となった。

6 おわりに

本研究では、愛知県と他都道府県との物資流動における関係を重力モデルで分析し、愛知県の今後について考えることを目的とした。感度分析による交通インフラ整備の有効な方向が、現実の道路網整備と合致していることを考えれば、他都道府県での交通インフラ整備の計画にも役立つと思われる。しかし、輸送機関などは現実にはもっと細かく経由されていると考えられる為、より現実的なデータで分析することが今後の課題である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大な助言を頂き、熱心にご指導下さいました伏見正則教授に深く感謝致します。

参考文献

- [1] Tammy Drezner, Zvi Drezner (鈴木敦夫訳): ショッピングモールの小売吸引力を推測する, オペレーションズ・リサーチ, 第 45 巻, 第 9 号, 2000, pp.444-451.