

金沢山側環状道路の便益評価のための 交通・立地統合均衡モデルとそのパラメータ推定

金沢大学 理工学域環境デザイン学類 学生会員 島川智之
環境デザイン学系 正会員 中山晶一郎
環境デザイン学系 フェロー 高山純一

1. はじめに

金沢都市圏は、金沢城を中心とする放射状の道路網となっており、この都市構造は都心部を目的地としない通過交通が中心部に流入してしまう構造のため、慢性的な交通渋滞を引き起こす要因であった。山側環状道路は、これら通過交通の排除と交通分散導入を図り、交通の円滑化を図る道路である。また、能登・金沢・加賀間を連結し、金沢港、北陸自動車道、小松空港など物流拠点間の連結やアクセス強化を図ることを目的に計画された道路でもある。この山側環状道路の開通により、都心部の交通の山側環状への転換、郊外間や都心部の旅行時間の短縮、山側環状に並行する路線での交通渋滞の緩和といった効果がみられている。

山側環状道路のような大規模な道路の整備は、交通流動に影響を与え、当該地域の経済活動を活性化させ、さらに人々の立地行動にまで影響を及ぼすと考えられる。そのような経済活動の変化が再び交通流動に影響を与える。よって、このような道路整備の評価を行うには、交通現象と経済現象それぞれに及ぼす影響について、その相互作用を踏まえて分析する必要がある。金沢山側環状道路による直接効果と間接効果を考えることにより従業者と企業の行動を把握することが本研究の目的であり、従業者の経路選択行動と企業の立地行動についてそれぞれ Nested Logit モデルで定式化し、それと等価な最適化問題を解くことで、従業者と企業それぞれの行動を把握できる。また、間接効果を定量的に把握するには、経済統計数値の変化として表現することが必要であるため、立地行動と交通行動モデルから構成されている応用都市経済モデルを用いることにした。

本研究では、交通均衡と企業・個人の立地の両方を同時に取り扱う交通・立地統合均衡モデルとして応用都市経済モデルの最も基本的なモデルを開発し、金沢都市圏の道路ネットワークへ適用した。山側環状道路開通前と開通後のネットワークそれぞれに応用都市経済モデルを適用しパラメータを推定する。

2. 交通・立地統合均衡モデル

交通・立地統合均衡モデルの定式化を行っていく。

(1) 従業者行動

従業者の行動は、勤務地選択、居住地選択、経路選択の3つの選択によって構成され、Nested Logit 型モデルによって表現される。

a) 経路選択行動

$$f_{ijk} = q_{ij} \frac{e^{-\theta_1 c_{ijk}}}{\sum_{k \in K} e^{-\theta_1 c_{ijk}}}$$

f_{ijk} : ij 間の経路 k の交通量 q_{ij} : OD_{ij} の需要

θ_1 : ロジットパラメータ

c_{ijk} : ij 間の経路 k の旅行時間

b) 居住地選択行動

$$q_{ij} = y_i \frac{e^{-\theta_2 (r_i + \sigma_j)}}{\sum_{j \in J} e^{-\theta_2 (r_i + \sigma_j)}}$$

q_{ij} : OD_{ij} の需要 y_i : ゾーン i の従業者数

r_i : ゾーン i の地代 σ_j : 期待最小コスト

θ_2 : ロジットパラメータ

c) 勤務地選択行動

$$y_i = n \frac{e^{-\theta_3 (\sigma_i - W_j)}}{\sum_{i \in I} e^{-\theta_3 (\sigma_i - W_j)}}$$

q_{ij} : OD_{ij} の需要 y_i : ゾーン i の従業者数

r_i : ゾーン i の地代 σ_j : 期待最小コスト

θ_3 : ロジットパラメータ

(2) 企業の立地行動

企業について、不在地主や建物開発者などを含めたものを想定する。また、企業の行動として立地のみを考慮し、利潤が大きくなるゾーンに立地するとして定式化する。

$$Y_i = N \frac{e^{\kappa \Pi_i}}{\sum_{i \in I} e^{\kappa \Pi_i}} = N \frac{e^{\kappa (p z_i - \beta W_i - \gamma R_i)}}{\sum_{i \in I} e^{\kappa (p z_i - \beta W_i - \gamma R_i)}}$$

Y_i : ゾーン i の企業数 N : 全企業数

ゾーン i の企業利潤 $\Pi_i = p z_i - \beta W_i - \gamma R_i$

κ : ロジットパラメータ p : 合成財の価格

β : 1つの企業が必要な従業者数
 γ : 1つの企業が必要な土地面積
 z_i : ゾーン*i*内企業の生産量
 R_i : ゾーン*i*の企業の地代

(3) 土地所有者の行動

土地所有者が居住地、業務地、その他の土地にそれぞれのどのように配分するかを表わす式を以下のように定式化する。

$$l_i = D_i \frac{e^{\mu r_i}}{e^{\mu r_i} + e^{\mu R_i} + e^{\mu \rho}}$$

$$L_i = D_i \frac{e^{\mu R_i}}{e^{\mu r_i} + e^{\mu R_i} + e^{\mu \rho}}$$

$$m_i = D_i \frac{e^{\mu \rho}}{e^{\mu r_i} + e^{\mu R_i} + e^{\mu \rho}}$$

D_i : ゾーン*i*の全面積 l_i : ゾーン*i*の居住地面積
 L_i : ゾーン*i*の業務地面積
 m_i : ゾーン*i*のその他の面積

(4) 土地と労働の均衡

上述の通り、土地は居住地と業務地、その他の3種類としている。土地については、その需要と供給が均衡していると仮定し、居住地面積と業務地面積はそれぞれ居住者数と立地企業数が各ゾーンで以下のように均衡する。

$$\sum_{i \in I} q_{ij} = l_j \quad \gamma Y_i = L_i \quad \beta Y_i = y_i \quad \forall i \in I$$

γ : 1企業に必要な面積 β : 1企業に必要な従業者数

(5) 等価な最適化問題

前述では、連立非線形方程式として、応用都市経済モデルを定式化した。解の性質の解明や実際の計算を考えると、最適化問題の方が取り扱いが容易である。以下のような等価な最適化問題として定式化することが可能である。

$$\begin{aligned} \min . S = & \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \frac{1}{\theta_1} \sum_{k \in K} f_{ijk} \ln \frac{f_{ijk}}{q_{ij}} + \frac{1}{\theta_2} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} q_{ij} \ln \frac{q_{ij}}{y_i} \\ & + \frac{1}{\theta_3} \sum_{i \in I} y_i \ln \frac{y_i}{n} - p \sum_{i \in I} Y_i z_i + \frac{1}{\kappa} \sum_{i \in I} Y_i \ln \frac{Y_i}{N} \\ & + \frac{1}{\mu} \sum_{i \in I} \left(l_i \ln \frac{l_i}{D_i} + L_i \ln \frac{L_i}{D_i} + m_i \ln \frac{m_i}{D_i} \right) - \rho_i m_i \end{aligned}$$

$$\text{s.t.} \quad q_{ij} = \sum_{k \in K} f_{ijk} \quad \forall i \in I, \quad \forall j \in I$$

$$y_i = \sum_{j \in J} q_{ij} \quad n = \sum_{i \in I} y_i \quad N = \sum_{i \in I} Y_i \quad \forall i \in I$$

$$\beta Y_i = y_i \quad D_i = l_i + L_i + m_i \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{i \in I} q_{ij} = l_j \quad \forall j \in I \quad \gamma Y_i = L_i \quad \forall i \in I$$

(6) パラメータ推定

金沢都市圏を国勢統計区区域図によって26のゾーンに分け、各ゾーンの基礎データや計算に必要なデータを基にプログラミングし、最適なパラメータを推定していく。プログラムは既存のものを使用し、対象のゾーン(図2-1、2-2)のノード、リンクが以前のネットワークより増加したため、その点について改良する必要がある。パラメータの推定方法としては各ゾーンの居住者数、従業員数、企業数、居住地の地価・面積、産業地の地価・面積のデータとプログラムによる計算値を最小二乗法を用いて計算し、その計算結果が最適なパラメータと推定できる。推定したパラメータを応用都市経済モデルのプログラムへ入れ、実際のデータと比較し、山側環状道路開通の影響について便益を評価する。

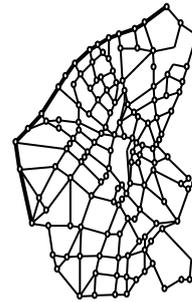


図2-1 ネットワーク図
(山側環状道路なし)

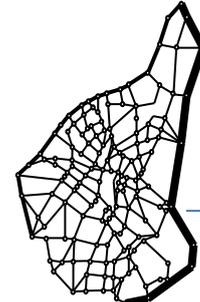


図2-2 ネットワーク図
(山側環状道路あり)

3. おわりに

山側環状道路が開通したことによる便益を評価したが、より正確な結果を出すために、今後主にやっていくことは、不足しているデータの収集・整理を進めること、ネットワーク図の改良、土地利用の分類の細分化を行うこと、データを収集後、実際に金沢都市圏でパラメータ推定を行うことである。推定結果及び推定したパラメータを用いた山側環状道路の便益については講演時に発表する。

参考文献

1) 赤松隆, 半田正樹: 「Nested LOGIT 型交通・住居立地統合均衡モデルとその効率的解法」, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp. 279-287, 1996