

交通利便性の高い都市構造の計算方法

A calculation method for the compact city structure having high convenience of transportation

嶋原 亮介*

Ryosuke SHIGIHARA

*地域計画学研究室 (指導教員: 奥村誠 教授)

本研究では、交通利便性の高い都市構造の算出方法と都市構造を再編する場合の効率的な手順を、第4回仙台都市圏パーソントリップ調査のデータを用いて示した。まず、各ゾーンを発着するトリップの到着時刻を集計し、独立成分分析でゾーンの持つ都市機能に対応する到着時刻分布パターンを求めた。次にクラスター分析で各ゾーンを8つのタイプに分類し、重回帰分析でタイプを考慮し、各ゾーン間のトリップを推計する重力モデルを構築した。最後に焼きなまし法で交通利便性の高い都市構造を求め、都市構造再編の効率的な手順を示した。

Key Words : パーソントリップ調査, 交通利便性, 都市構造, 用途地域

1 はじめに

人口減少社会に突入するうえで、都市政策を行う際には将来の都市構造に対して明確なビジョンを描いた計画を立案し、都市の土地利用を適切に誘導し規制する必要がある。本研究では、市民の交通利便性を最大化させるような都市機能の空間配置を都市構造と定義し、その算出方法を提案すること、また、都市構造を再編する場合の効率的な手順を示すことを目的とする。

2 ゾーンのタイプ分類

2.1 タイプ分類の目的と概要

各ゾーンが持つ都市機能に基づき、タイプ分類を行う。本研究では第4回仙台都市圏パーソントリップ調査のデータを用い、仙台都市圏全409中ゾーンのうち、仙台市に属し、ゾーン間トリップの平均所要時間が算出できる242ゾーンを分析対象とする。各ゾーンを発着するトリップの到着時刻の分布に着目し、そのゾーンの都市機能の特徴をつかむこととする。

2.2 独立成分分析

各トリップは様々な都市機能を利用する目的で行われており、目的に応じて異なる到着時刻分布パターンを有していると考えられる。各ゾーンの発着トリップの到着時刻分布は、それらの分布パターンがゾーンごとに異なる比率で混合されたものの観測値である。そこで、各都市機能に特有のトリップの到着時刻分布パターンと、それらの混合比率を以下の独立成分分析で求める。

独立成分分析では、 n 個の独立成分 $s = (s_1, \dots, s_n)^T$ がある比率ベクトル $a_k = (a_{1,k}, \dots, a_{m,k})^T$ で混合された結果が $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ として観測されていると仮定する。ベクトル a_k を横方向に並べた行列を $A = (a_1, \dots, a_n)$ とすると、これらの関係は式 (1) のよ

うに表すことができる。

$$x = As \quad (1)$$

ここで、観測できるのは x だけであり、未知の混合行列 A 、独立成分 s を同時に推定する。

2.3 都市機能の分析結果

寄与率が大きい6つの独立成分 $s_1 \sim s_6$ を抽出した。紙面の都合上数値は省略するが、 s_1 は就業者が多く居住する機能、 s_2 は商業、医療機能等、 s_3 は大学生等が多く居住する機能、 s_4 は雇用者を集めるような機能、 s_5 は商業、教育機能、 s_6 は大学等の教育機能をそれぞれ表していると考えられる。

2.4 クラスター分析

混合行列 A の各行 $a_i (i = 1, \dots, 244)$ は各ゾーンの発着トリップの到着時刻分布パターンの混合比率であり、各ゾーンに存在する都市機能の量を表している。混合係数 a_i をゾーンごとに平均0、分散1に基準化して都市機能の混合比を表す a_i^* を求め、それを用いてクラスター分析によりゾーン8つのをタイプに分類した。各タイプに分類されたゾーンの a_i^* の平均値と、仙台市全体の a_i^* の平均値の比較から、タイプAは高度なサービス機能を有するタイプ、タイプBは業務、商業機能を多く有するタイプ、タイプCは商業、居住機能を多く有するタイプ、タイプDは居住機能、業務機能を多く有するタイプ、タイプEは商業、教育機能を多く有するタイプ、タイプFは居住機能を有するタイプ、タイプGは就業者の居住機能を多く有するタイプ、タイプHは雇用を提供する工業地のようなタイプである。

3 タイプ分類を考慮した重力モデルの構築

タイプ分類を考慮した都市内の総トリップ数を推計する重力モデルは、式 (2) のように表せる。

$$T_{ij} = \frac{A_i^{\alpha_1} A_j^{\alpha_2}}{t_{ij}^\beta} \exp\left(\sum_i \sum_j \eta_{lm} \delta_i^l \delta_j^m\right) \quad (2)$$

- T_{ij} : ゾーン i から j へのトリップ数
- $A_i^{\alpha_1}$: 出発ゾーンの住宅の延べ床面積
- $A_j^{\alpha_2}$: 到着ゾーンの住宅の延べ床面積
- t_{ij} : ゾーン i, j 間の平均所要時間 (全モード)
- $l(m)$: 出発 (到着) ゾーンのタイプ

式 (2) を対数線形化して重回帰分析を行い、パラメータ推定を行った。自由度調整済み決定係数 R^2 は 0.210 となった。

4 交通利便性を最大化する都市構造の算出

4.1 計画モデル

本研究では都市構造を「対象とする 242 のゾーンのそれぞれにどのような都市機能のタイプ (A~H) を割り当てるか」によって表現する。その際、各ゾーンに現存する建物の延べ床面積の増減は考えず、用途のみを変更する。また、各タイプに属するゾーンの個数を変化させないと仮定する。

交通利便性を表す指標として、式 (3) に示す交通トリップ市場の消費者余剰の値を用いる。

$$CS_{ij} = \int_{t_{ij}}^{\infty} T_{ij}(\tau) d\tau \times TP$$

$$TCS = \sum_i \sum_j CS_{ij} \quad (3)$$

$$= \sum_i \sum_j \frac{A_i^{\alpha_1} A_j^{\alpha_2}}{\beta - 1} \exp(\eta_{lm} \delta_i^l \delta_j^m) t_{ij}^{1-\beta} \times TP$$

- CS_{ij} : OD ペア (i, j) に関する消費者余剰
- TP : 時間価値
- TCS : 都市構造の総消費者余剰

式 (4) に示すように、この消費者余剰を最大化するゾーンのタイプ配置パターンを求める最適化問題を考え、探索型の近似解法である焼きなまし法により最適解を求める。

$$TCS \rightarrow \max \quad (4)$$

4.2 計算結果と考察

現状の都市構造と、焼きなまし探索で求められた都市構造を図 1, 図 2 に示す。その結果、焼きなまし探索後の都市構造では、ゾーン間に多くのトリップを発生させるようなタイプのペアを隣り合うゾーンに配置するという傾向が見られる。

4.3 費用対効果を加味した都市構造の評価

ゾーンのタイプを変更するには従来そのゾーンが持つ都市機能を変更するための費用がかかる。この変更の困難さをクラスター中心間の距離を用いて表現する。計画モデルの目的関数として、消費者余剰に加えて費用を考慮した式 (5) を設定し、焼きなまし探索を行った。

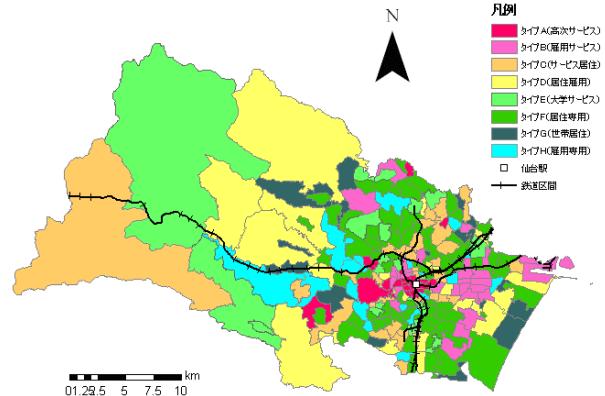


図 1 現状の都市構造

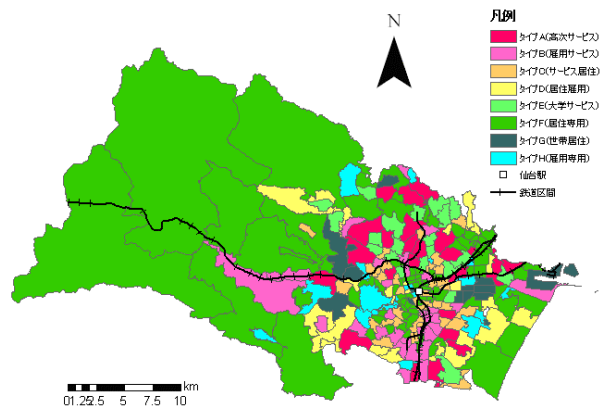


図 2 焼きなまし探索後の都市構造

$$TCS \times q - \text{cost} \times (1 - q) \rightarrow \max \quad (5)$$

cost : タイプ間距離

q : TCS と cost の影響度の割合

q の大きさを変えることで、短期、長期といった政策期間に対応した都市構造を求める。

5 今後の課題

本研究では、重力モデルに住宅の延べ床面積を用いたため、自由度調整済み決定係数の値が非常に小さく、都市内の流動をうまく表現できなかった。床面積のデータを拡充し、より精度の高い分析を行いたい。

また、目的別トリップ数を表す複数の重力モデルを構築することで、算出した都市構造に対してより詳細な分析が可能になる。今後は以上の 2 点から研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 加藤寛道・鳴原亮介・奥村誠・塚井誠人 : 利用者属性や利用時刻に基づく都市内鉄道駅ゾーンの分類 (仙台 PT と ICA を利用して), 第 15 回鉄道技術・政策連合シンポジウム講演論文集, pp.645-468, 2008

(2009 年 2 月 10 日提出)