

# 都市のコンパクト化を考慮した京阪神都市圏の構造分析

関西大学大学院 理工学研究科 竹内 康  
 関西大学 環境都市工学部 秋山 孝正  
 関西大学 環境都市工学部 井ノ口弘昭

## 1. はじめに

わが国の都市開発の中心的課題として、集約型都市構造に関する議論が進んでいる。しかし具体的な要件などは整理しておらず検討の余地がある。そこで本研究では、現状の実証的なデータから都市構造の分類を行い、コンパクト化の多面性を検討することを目的とする。具体的には、高密度集約化の視点から、都市構造・都市活動を表現する指標を用いて都市構造の類型化を行う。類型化の手法としてファジィクラスター分析を用いた解析を行い、個体の中間点や孤立点を表現した。これより、大阪近郊に存在する都市群が3つの都市類型に分類された。

## 2. 人口分布と交通現象に基づく都市分析

### 1) 京阪神都市圏の都市分布

本研究では、コンパクト化している市が含まれると考えられる京阪神地区の市町村を対象とする。京阪神都市圏の総人口は18,768,395人である(平成17年)このうち、既存研究を参考にコンパクト化している都市の人口規模を10万人から50万人と考え、これに該当する都市36市(滋賀県:4市, 京都府:1市, 大阪府:19市, 兵庫県:8市, 奈良県:3市, 和歌山県:1市)および大阪市内の24区を対象に分析する。すなわち、本分析の対象市・区は60である。これらの市・区を図-1に示す。分析対象都市はJR・私鉄が整備されている。京阪神都市圏域における大手5社の私鉄の都市鉄道は近畿日本鉄道(総延長508.1km), 南海電気鉄道(総延長154.8km), 京阪電気鉄道(総延長91.1km), 阪神電気鉄道(総延長48.9km), 阪急電鉄(総延長144.1km)であり、鉄道駅が核となっている都市も多い。

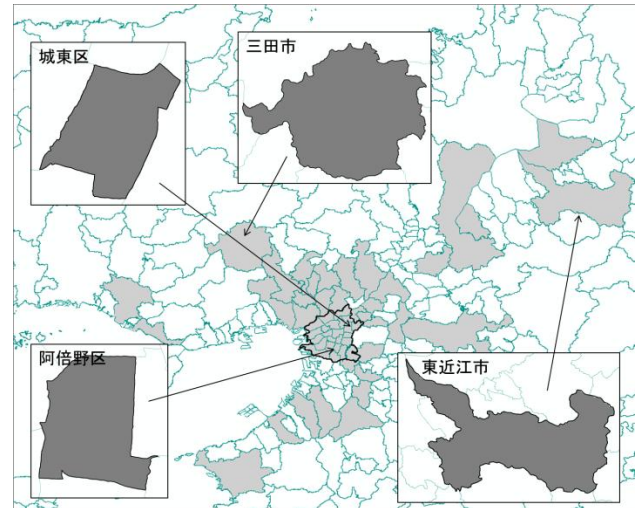


図-1 京阪神都市圏の概要

### 2) 都市密度による交通機関利用に関する分析

つぎに、人口密度と交通機関分担率の関係について述べる。縦軸に自動車と鉄道の機関分担率、横軸に人口密度をとり、をグラフにしたものを図2に示す。図より大局的な傾向として、自動車の機関分担率が高いと鉄道の機関分担率が低く、逆に鉄道の機関分担率が高いと自動車の機関分担率が低いということがわかる。また人口密度との関係から、東近江市(719.4人/km<sup>2</sup>)や三田市(926.0人/km<sup>2</sup>)のような人口密度が低い都市では自動車の利用率が高く、鉄道の利用はそれほど高くないことがわかる。逆に阿倍野区(18370.5人/km<sup>2</sup>), 東成区(16630.3人/km<sup>2</sup>)のような人口密度が高い都市では鉄道の利用率が高く、自動車の利用率はそれほど高くないことがわかる。また本図より、自動車利用割合は都市の平均人口密度との関係性で低減的な関数関係が観測

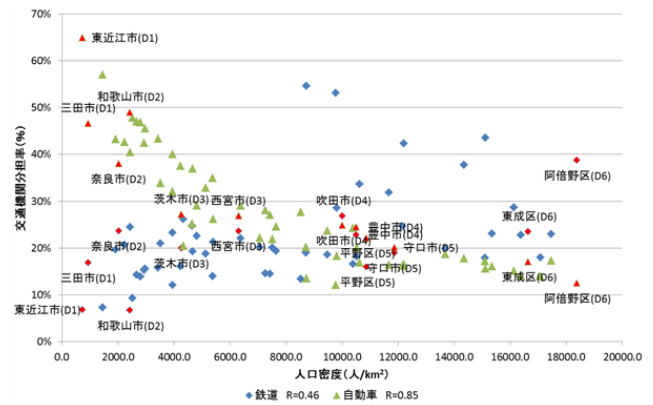


図-2 人口密度と交通機関分担率の関係

される。一方で、都市鉄道利用割合は人口密度と全般的に低減的であるが、中程度の人口密度の都市では、鉄道利用が多様であり必ずしも通減的ではない。さらに、本図中の中央部分の鉄道利用割合が突出しているのは、中央区(8731.5人/km<sup>2</sup>)と北区(9778.1人/km<sup>2</sup>)である。これらの都市は、他都市とは相違しており、鉄道駅周辺地域の商業活動が他の都市より突出していることが観測される。したがって、特に鉄道利用率が高いことが推測される。

## 3. 都市類型化による集約的都市に関する検討

### 1) 都市類型化のための計測指標

ここでは各都市の特性をデータ化するための観測指標を

設定する。本研究で用いる都市の観測指標は10指標で、表-1に整理した。全10指標のうち、都市構造に関する指標が3指標、都市活動に関する指標が3指標、移動に関する指標が4指標で構成されている。

表-1 都市の観測指標一覧

項目	単位	使用データと算出方法
①人口密度	人/km <sup>2</sup>	H.17.国勢調査:500mメッシュデータから算出(平均:7944.7人/km <sup>2</sup> )
②都市の面積におけるDIDの割合	%	都市計画年報:DID面積/都市の面積(平均:75%)
③都市内の大規模店舗の数	店舗	H.19.商業統計:500mメッシュデータから床面積3000m <sup>2</sup> 以上の店舗を集計して算出(平均:6.9店舗)
④鉄道駅周辺地域の小売業年間販売額	千円	H.19.商業統計:500mメッシュデータから算出(平均:200,000千円)
⑤都市活動時間(自由目的)	分	PT調査:トリップの開始から終了の差を集計して算出(平均:90分)
⑥都市活動時間(業務目的)	分	PT調査:トリップの開始から終了の差を集計して算出(平均:180分)
⑦鉄道の機関分担率	%	PT調査:総トリップ数に対する鉄道トリップ数を集計して算出(平均:22%)
⑧平均自由目的徒歩移動距離	km	PT調査:平均自由目的トリップ距離を集計して算出(平均:4.8km)
⑨平均通勤目的鉄道移動量	km	PT調査:通勤目的移動量を集計し、人口で除して算出(平均:14.9km)
⑩平均全目的自動車移動量	km	PT調査:全目的移動量を集計し、人口で除して算出(平均:85.6km)

ここで、②DIDの割合は都市計画上の人口集中地区の割合を示す。すなわち、都市面積のうち高密度な部分の割合を示す。また③大規模店舗数は、なかでも郊外部の大規模店舗に対応する3000km<sup>2</sup>を基準としている。すなわち、郊外低密度化の一指標と考えることができる。さらに④鉄道駅周辺地域の商業販売額は、公共交通とまちづくりの面からの商業活動の指標と考えている。これは、⑥鉄道利用率と合わせて、都市鉄道の現況から都市活動の集約化を検討するための指標である。また、⑤~⑩はいずれもPT調査結果から算定したものであり、都市活動面での指標を⑤⑥、目的別空間移動量の指標を⑧~⑩としている。これらのデータは国勢調査メッシュデータ、商業統計メッシュデータ、第4回京阪神都市圏パーソントリップ調査のデータを用いている。このうち、「④鉄道駅周辺地域の小売業年間販売額」は、都市内で乗降客数が最大の鉄道駅を中心として4メッシュ抽出し、4メッシュの年間販売額を用いている。また観測指標の一例として吹田市において観測されたデータを表-2に示す。

表-2 観測指標の一例(吹田市)

項目	吹田市	単位
①人口密度	9998.7	人/km <sup>2</sup>
②都市の面積におけるDIDの割合	100	%
③都市内の大規模店舗の数	9	店舗
④鉄道駅周辺地域の小売業年間販売額	1,580,063	千円
⑤都市活動時間(自由目的)	89.68	分
⑥都市活動時間(業務目的)	177.78	分
⑦鉄道の機関分担率	26.9	%
⑧平均自由目的徒歩移動距離	4.97	km
⑨平均通勤目的鉄道移動量	11.82	km
⑩平均全目的自動車移動量	23.88	km

#### 4. 都市類型に関する相対的關係分析

##### 1) ファジィクラスター分析による都市の關係分析

既存研究では、都市構造の多様性に着目して、都市活動と空間移動の視点から通常のクラスター分析を行い、都市類型化を行った。しかし、通常のクラスター分析ではその性質上、必ずいずれかのクラスターに属する形となる。そのため、仮に帰属度がほぼ均等で、どのクラスターにも当てはまらない個体であってもいずれかのクラスターに無理やり結合される場合がある。そこで、本研究では、都市類型化の手法としてファジィクラスター分析に着目した。ファジィクラスター分析は、分析する個体がクラスターに帰属する度合いにあいまいさを認め、個体の中間点や孤立点を表現可能とするものである。これにより、通常のクラスター分析のようなデジタルな分析ではなくファジィ性(中間も含めた)分類が可能となる。

##### (2) ファジィクラスター分析手法

ここでは、ファジィクラスター分析について述べる。ファジィクラスターリングは、個体がクラスターに属する度合いにあいまいさを持たせるものである。通常のクラスターリングは、ある個体は必ず1つのクラスターに属し、属するか属さないかを2値的判断で行う。個体 $x_k$ がクラスター $G_i$ に属しているとき、帰属度 $u_{ik}$ は1となり、属していない時は $u_{ik}$ が0となる。これに対し、ファジィクラスターリングでは帰属度 $u_{ik}$ に0から1の連続値を与えるものである。

本研究では、ファジィクラスターリングの手法であるファジィc-平均法(fuzzy c-means)を用いる。これは、クラスターの数 $c$ をあらかじめ設定し、個体を分類する方法である。また、ファジィc-平均法のアルゴリズムを図-3に示す。

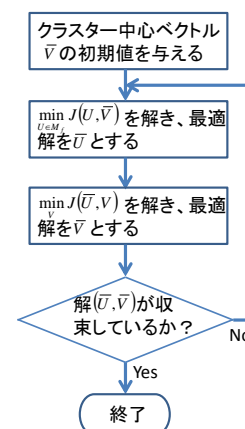


図-3 ファジィc-平均法のアルゴリズム

ここで、ファジィクラスターリングのための目的関数は式(4-1)で示される。

$$J(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m \|x_k - v_i\|^2 \quad (4-1)$$

また、 $v_i$ はクラスター中心であり、 $(v_1, \dots, v_c)$ を $V$ とする。また、制約条件 $M_f$ は式(4-2)で示される。

$$M_f = \left\{ (u_{ik}) : u_{ik} \in [0,1], \sum_{i=1}^c u_{ik} = 1 \text{ for all } k \right\} \quad (4-2)$$

ここで、 $u_{ik}$ は連続量となっている。

また、c-平均法のアルゴリズムは次のように実行される。

- [1]まず帰属度をランダムに初期化する。
- [2]次に現在の帰属度を用いて各クラスターの中心を(4-3)で計算する。

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad (4-3)$$

- [3]全ステップで計算した中心を用い、要素のクラスターへの帰属度を式(4-4)で更新する。
- [4]クラスターごとに中心を計算し直し、全てのクラスター中心が変化しなければ終了。それ以外は[2]に戻る。

$$u_{ik} = \left( \frac{\sum_{i=1}^c \left( \frac{\|x_k - v_i\|}{\|x_k - v_i\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}}{\sum_{i=1}^c \left( \frac{\|x_k - v_i\|}{\|x_k - v_i\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \right)^{-1} \quad (4-4)$$

### 3) ファジィクラスター分析による都市類型化

ここでは、各都市類型間の相対的関係を表示可能なファジィクラスター分析を用いた解析を行い、各類型の特徴を具体的に規定する。さらに各クラスターにおける観測指標の平均値を表-3にまとめた。ファジィクラスター分析は、非階層的クラスター手法であり、分類数Nを先決する。ここでは、既存研究の結果を踏まえて、N=6とする。また、計算結果に対して、クラスター帰属度の境界値 $\theta$ を設定することで、各クラスターの中心的個体を規定することができる。図4にN=6、 $\theta=0.30$ のクラスター配置、図5にN=6、 $\theta=0.25$ に対応したクラスター配置、図6にN=6、 $\theta=0.20$ を示す。ここで、複数のクラスターの共通部分に記載される都市番号は、いわゆる「中間点」を示している。一方でいずれのクラスターの内部には位置しない都市番号は、「孤立点」を示している。また図4~図6から「孤立点」が徐々にクラスター内に内包されていくことが観測される。このことから中間点や孤立点にあたる都市が各クラスターに内包されていく様子が観測される。

表-3 各クラスターにおける観測指標の平均値

項目	単位	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6
①	人/km2	8084.3	4957.3	11067.0	10989.8	3620.8	8573.2
②	%	80.8	60.5	91.6	99.7	46.8	79.2
③	店舗	5.9	9.2	4.2	3.8	9.2	10.7
④	千円	1,598,394	1,982,134	6,873,044	10,506,474	1,936,268	1,648,899
⑤	分	90.2	90.6	93.8	95.9	95.8	88.6
⑥	分	186.9	177.3	179.8	185.6	180.3	185.1
⑦	%	18.8	19.7	27.2	36.0	15.6	18.6
⑧	km	4.85	4.91	4.76	4.69	4.94	4.89
⑨	km	12.96	17.23	11.37	7.79	21.86	14.00
⑩	km	22.52	23.57	21.29	21.27	23.25	23.58

ここで濃い色の網掛けは、各クラスターにおける平均値の中で最大値であることを示しており、淡い色の網掛けは、各クラスターにおける平均値の中で最小値であることを示している。

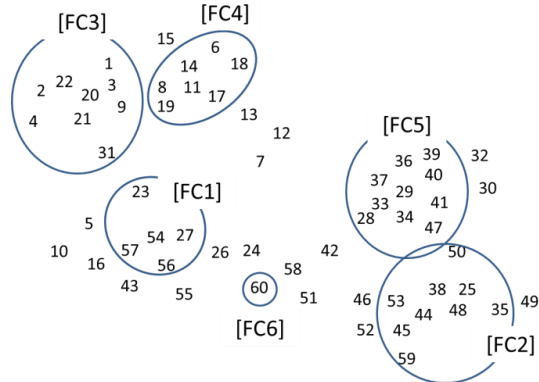


図-4 N=6、 $\theta=0.30$ の分類

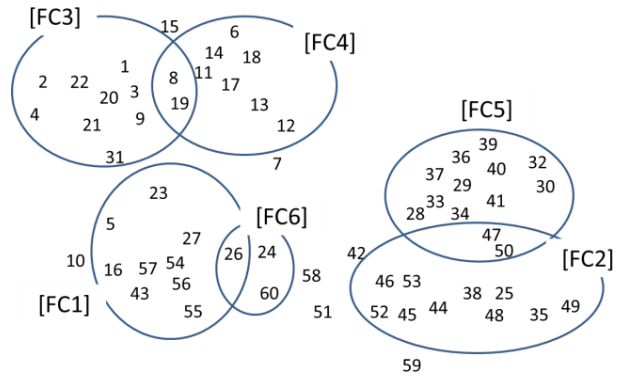


図-5 N=6、 $\theta=0.25$ の分類

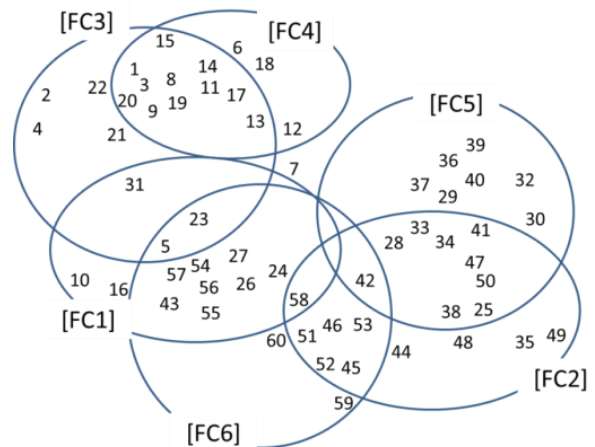


図-6 N=6、 $\theta=0.20$ の分類

つぎに、クラスターの平均値から各クラスターの特徴を具体的に規定した。各クラスターの特徴を表4に整理するとともに、簡単な説明を行う。①クラスター：FC1は項目⑥の都市活動時間(業務目的)が長いことから、大阪都心への出稼ぎだけでなく、都市自身が求心性をもつ近郊集約型

都市といえる。②クラスター：FC2は項目⑥の都市活動時間(業務目的)が低いことや、項目⑨の平均通勤目的鉄道移動量、項目⑩の平均全目的自動車移動量が比較的高いことから、大阪都心への通勤移動を中心とした近郊住宅都市といえる。③クラスター：FC3は項目①の人口密度が高いことや、項目⑨の平均通勤目的鉄道移動量、項目⑩の平均全目的自動車移動量が比較的小さいことから都心高密度型都市といえる。④クラスター：FC4は項目④の鉄道駅周辺の小売業年間販売額が非常に高いことや項目⑤の都市活動時間(自由目的)の長いことから商業・業務活動が主体で都市活動が集中している高密度商業中心型都市といえる。⑤クラスター：FC5は項目②のDIDの割合が低く、項目⑨の平均通勤目的鉄道移動量が大きいことから、通勤の長距離鉄道利用が大きい郊外拡散型都市といえる。⑥クラスター：FC6は相対的な位置としてFC1(近郊集約型都市)とFC2(近郊住宅型都市)の間にあり、閾値を下げることでそれらのクラスターに内包されていく様子から、近郊中立型都市といえる。また特徴として、項目⑩の平均全目的自動車移動量が大きいことがあげられる。今回の分析で、大阪近郊の都市群が「近郊集約型都市」、「近郊住宅都市」、「近郊中立型都市」の3つに類型化されることが明らかになった。

表-4 ファジィクラスター分析による都市分類

グループ	都市例	都市分類
FC1	高槻市 八尾市	近郊集約型都市(大阪都心との関係性が 高く、一方で都市の求心性をもつ)
FC2	茨城市 西宮市	近郊住宅都市(大阪都心への通勤移動を 中心とした住宅中心都市)
FC3	阿倍野区 住吉区	都心高密度型都市(人口密度が高く、移動 量が少ない都市)
FC4	北区 中央区	高密度商業中心型都市(商業・業務活動 が主体で都市活動が集中している)
FC5	東近江市 三田市	郊外拡散型都市(通勤の長距離鉄道利用 と自由活動時間が大きい)
FC6	平野区 寝屋川市	近郊中立型都市(自動車利用が比較的多 い都市群)

つぎに、具体的な都市を取り上げてグループの特徴を確認する。ここでは、ファジィクラスター分析により、大阪近郊の都市群がFC1、FC2、FC6の3類型に分類されたことから、それぞれのグループから都市を取り上げて特徴の確認する。取り上げた都市における観測指標の値と今回抽出された60都市の観測指標の平均値を表-5に整理した。

まず、FC1に属する八尾市の特徴を確認する。八尾市は平均や他の2都市に比べて項目⑥の都市活動時間(業務活動)が長いことが特徴である。これは「大阪都心への出稼ぎだけでなく、都市自身が求心性をもつ」というグループの観測指標値の特徴と一致しているといえる。つぎに、FC2に属する茨城市の特徴を確認する。茨城市は平均や他の2都市に比べて項目⑨の平均通勤目的鉄道移動量が大きいこと、項目⑥の都市活動時間(業務目的)が短いことが特徴である。これは「大阪都心への通勤移動を中心とした近郊住宅都市」というグループの観測指標値の特徴と一致して

いるといえる。最後に、FC6に属する寝屋川市の特徴を確認する。寝屋川市は平均や他の2都市と比べ項目⑩の平均全目的自動車移動量が大きいことが特徴である。また、項目⑥の都市活動時間(業務目的)近郊集約型都市の八尾市と近郊住宅都市の茨城市を平均した値に近いことも特徴である。これらの特徴から寝屋川市はグループの特徴と一致しているといえる。

表-5 都市例の指標値と60都市の観測地の平均値

項目	単位	八尾市	茨城市	寝屋川市	平均
①	人/km <sup>2</sup>	7259.9	4253.8	9468.0	7944.77
②	%	87.0	57.3	80.0	74.5
③	店舗	6	11	11	6.85
④	千円	2,303,944	2,469,718	1,860,526	3,076,084
⑤	分	91.72	92.2	89.1	93.3
⑥	分	192.4	175.9	184.1	181.9
⑦	%	14.6	20.0	18.6	22.0
⑧	km	4.93	4.87	5.0	4.8
⑨	km	11.65	16.49	13.96	14.9
⑩	km	21.01	24.27	25.58	22.56

## 5. おわりに

本研究では、都市別の人口密度と交通機関分担率の分析を行った。また、都市構造・都市活動を表現する指標を用いて都市構造を類型化、各類型の特徴を具体的に規定した。

特にファジィクラスター分析を用いた解析を行い、各類型の特徴を具体的に規定した。本研究の成果は、つぎのように整理できる。

- ①都市鉄道利用割合は人口密度と全般的に低減的であるが、中程度の人口密度の都市では、鉄道利用が多様であり必ずしも減滅的でないことが明らかになった。
- ②都市の地域属性データに基づき、都市群の相互関係を指標化可能なファジィクラスター分析を実行した。この結果、大阪近郊の都市群が「近郊集約型都市」、「近郊住宅都市」、「近郊中立型都市」の3つに類型化されることが明らかになった。

さらに本研究の今後の課題として、低密度都市の問題点の整理とコンパクト化の方向性の提案があげられる。

**謝辞：**最後に本研究を遂行するにあたって、都市交通研究所、都市のコンパクト化と交通委員会の皆様に多大なご尽力を頂きました。ここに記し、感謝の意を表する次第です。

## 参考文献

- 1)竹内康(2012)「都市構造と交通現象に着目したコンパクトシティに関する研究」, 秋山孝正, 井ノ口弘昭, 『土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集』, 67巻
- 2)竹内康(2013)「都市のコンパクト化に着目した都市圏域に関する研究」秋山孝正, 井ノ口弘昭, 『土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集』68巻
- 3)宮本定明(2010)「クラスター分析入門・ファジィクラスターリングとその応用」, pp.27-34, 森北出版