

人口減少下の地方中小都市生活圏のコンパクト性の評価分析（概要）

研究責任者 鳥取大学 工学部 社会システム土木系学科
教授 福山 敬
共同研究者 東京都立大学 都市環境科学部 観光科学科
助教 大平 悠季

1. 研究の目的と方法

（1）研究の目的

人口減少と高齢化の中にあつて、我が国の地方中小都市の多くは、都市機能を集めた「中心拠点」や「生活拠点」を交通ネットワークで結ぶ「コンパクト・プラス・ネットワーク」という都市構造の形成を目指している¹⁾。しかし、拠点や交通ネットワークは、都市計画マスタープランなどにおいて指定はされているものの、その利用者や機能の水準は明示的に評価・分析されていない状況にあるといえる。

本研究は、「コンパクト・プラス・ネットワーク」型の都市を目指す我が国の多くの地方都市の中で、都市計画マスタープランの中で「多極ネットワーク型コンパクトシティ」の将来像を目指す鳥取市²⁾および同市を中心とする生活圏である鳥取県東部地域を対象として、都市機能と居住者の実際の立地分布等のデータに基づき、各生活拠点と生活圏全体の生活サービス水準の評価を行うことによりそのコンパクト性の程度を明らかにする。その際、住民の交通行動や個人属性に関して利用可能なデータが限定的な中小都市生活圏に対して、道路網や国勢調査など入手しやすい基本的データを用いる方法を提案する。

（2）研究の方法

①居住地分布の把握

マスタープラン等で指定された生活拠点は、過去の市町村合併等の歴史的経緯、都市機能や住民の過去の集積の程度により決められたものが多いと考えられる³⁾。ここでは、対象地域の実際の居住者の立地分布から、居住者の空間的まとまりについて混合正規分布によるフィッティングにより複数の圏域へのグループ分けを試みる。これにより、生活拠点の指定と実際の居住分布の空間的位置関係やその時間的変化という基礎的な情報が得られると考える。

②道路時間距離を用いたアクセス性の評価

「コンパクト・プラス・ネットワーク」の都市構造が効果的かつ効率的に機能するためには、地域生活拠点間や地域生活拠点域内の「アクセスの良さ」が重要である。これまで「まち」のサービスへのアクセシビリティは、公共交通サービスを対象とするものであり、国も公共交通を地域交通サービス水準の指標としてきている⁴⁾。「コンパクト・プラス・ネットワーク」型の都市像を掲げる多くの地方都市もネットワークには公共交通を掲げるものが多い。一方、近年のパーソナルモビリティや自動運転技術等の発展、さらには共助交通の普及など、移動弱者を含めて地域住民の既存道路ネットワークを

用いた新たな移動の可能性が開けてきている。このようなポテンシャルを含めた道路移動サービス水準の簡便な計測方法として、道路距離時間に基づいたアクセシビリティの指標を提案し、これを用いて、対象地域生活圏内の 15 の地域内および地域間のアクセシビリティの動向を明らかにする。

③拠点間補完性を考慮した生活拠点の評価

地方都市の生活拠点の中には、都市機能の集積が十分でないものもある。その場合、公共交通ネットワークにより拠点間での都市機能の補完・分担が期待される。ここでは生活拠点間の公共交通を用いた都市機能の補完性の評価を試みる。これまで、コンパクト・プラス・ネットワーク型のコンパクトシティの拠点間の都市機能の補完性については、各拠点と中心拠点の間のみが対象とされてきたが、ここでは、「隣り合うローカルな生活拠点間」など、公共交通ネットワーク全体に対して個々の(すべての)生活拠点ペア間の補完の可能性を明らかにする。

④生活拠点における都市機能の集合性評価

生活拠点の都市機能・都市施設の充実度の評価は、一般に、施設の数等で行われることが一般である。しかし、地方中小都市の生活拠点は中心拠点などとは異なり、同一種類の施設が数個のみ存在するなど、非常に限られた数の施設立地の場合が少なくなく、また、それらが離れて立地している場合も多い。この場合、たとえば施設数が同程度存在する生活拠点であっても、その立地の集積程度がその生活拠点のサービスレベルに影響を与える。そこで、拠点における都市施設の「集合性」を評価した。「集合性」の評価方法の 1 つとして、拠点を含めた地域をマクロに評価するためカーネル密度推定値

を用いた。この指標の適用により、施設数とともに施設間の距離を同時に考慮した各拠点の「集合性」を明らかにする。



図-1 鳥取市と隣接する町

2. 対象地域と主な使用データ

鳥取県東部における中心地方都市である鳥取市および鳥取市と隣接する周辺市町村の位置関係を図-1 に示す。平成 16 年および平成 17 年の市町村合併以前の市町村境界を細線で、合併以降の市町村境界を太線で示している。平成 27 年時点で鳥取市での従業・就業割合が 20 パーセント以上である町は、鳥取市(旧鳥取市、旧福部村、旧国府町、旧河原町、旧佐治町、旧用瀬町、旧気高町、旧鹿野町、旧青谷町の 9 地区)をはじめ、八頭町(旧郡家町、旧八東町、旧船岡町の 3 地区)、岩美町、若桜町、智頭町となる。これらの市町が形成する地域を鳥取県東部地域と定義し、本研究の対象地域とする。本研究では、人口データは平成 22 年・平成 27 年の 2 時点における 1 辺が 500m で構成される「2分の1地域メッシュ」(以下、メッシュと呼ぶ)単位の国勢調査データを用いる。道路情報に関しては 2016 年の鳥取県道路網データを用いる。

対象地域の生活関連施設等の緯度・経度等位置データは、テレポイント Pack!2018

(株式会社ゼンリン) およびインターネット上の Google マップより取得する。

なお、対象とする鳥取県東部地域の平成25年度から平成27年度の間は6,528人減少しており、一方、居住者が存在するメッシュ数は8個増加している。

3. 居住地分布等の把握

(1) 居住地分布の把握: 混合正規分布モデルによる居住地の分割

混合分布は、同一形の分布の和で表される確率分布モデルであり、分布関数に正規分布を用いたものを混合正規分布モデルと呼ぶ。複数の正規分布を組み合わせることによって、複雑なモデルを近似することができる。混合正規分布は、画像処理の分野で利用されることが多いが、任意の滑らかな密度関数を十分良く近似することができるため、本研究では複雑な分布である居住地分布に応用した。混合正規分布モデルの特徴として、最適なモデル数を自動的に決めることができるという利点がある。 p 次元正規分布(密度関数) M 個の線形結合が混合正規分布となる(各正規分布を「要素モデル」と呼ぶ)。これを空間の居住などの立地分布とみなしたときに、立地データのもとで各要素モデルが選ばれる確率を最大にする要素モデルの組み合わせが最適な推定混合正規分布モデルとなる。なお、推定には統計ソフト R で `mclust` を用いた。平成27年度人口に対して9つの要素モデル、つまり9つの人口の分布グループが推計された。図-2は、平成27年度人口に適用した結果を標高とともに ArcGIS により示したものである。なお各要素モデルに対応する人口

の分布を「居住圏域」と呼ぶこととし、それらの位置から、鳥取市街西部、鳥取市街南部、鳥取市街北部、鳥取市南東部・智頭・若桜、白兔、鳥取市西部、鳥取市東部、津ノ井、鳥取市南部と名付けた。

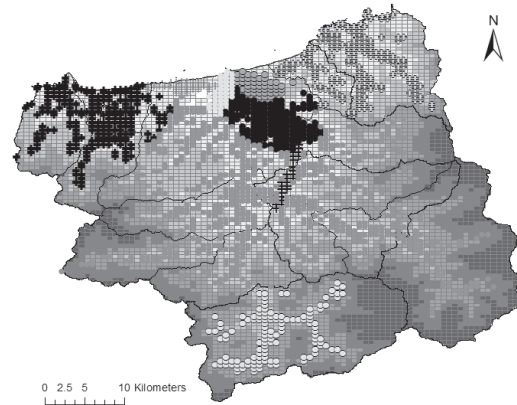


図-2 推計された9つの居住圏域
(平成27年度人口)

(2) 居住圏域ごとの変化

平成22年における各居住圏域についても同様に混合正規分布により算出し、平成27年への各居住圏域の変化を確認することができる。この変化の確認を、居住者の生活関連施設までの道路時間距離により評価する。なお、生活関連施設としては、スーパー・食料品店(全施設数70)、医療機関(内科、同111)、中学校(同23)、ガソリンスタンド(同98)を取り上げた。

居住圏域ごとに、最寄りの生活関連施設までの道路時間距離を生活関連施設の種類ごとに集計した上で、居住メッシュでの各距離の「平均」「最大」「最小」「標準偏差」「人口加重平均」を算出した。ここで、平均、最大、最小とは、居住メッシュから居住圏域内の最寄りの各種生活関連施設までの平均、最大、最小道路時間距離を、標準偏差は居住圏域内の最寄りの各種生活関連施設に対する居住メッシュのばらつきを示す。人口加

重平均は各メッシュの人口を荷重して算出した、いわゆる居住者平均距離であり、地区住民の平均的なアクセス性を表す指標となる。最後に、人口加重平均値を居住メッシュ平均値で割った商の値を算出した。この値が小さいほど、人口集積度が高いことを意味する。

表-1、表-2 に、それぞれスーパー・食料品店、医療機関（内科）と、中学校、ガソリンスタンドまでの距離に関する変化を示す。平均、最大、標準偏差の変化率の値が 100% 未満であれば居住地メッシュがその施設に対して集約の傾向にあると考えられる。人口加重平均の変化率の値が 100% より大きければ、その施設に対して人口集積の傾向にあることを示す。なお、居住地の集約あるいは人口集積を示す値には網かけがされている。たとえば、スーパー・食料品店までの道路時間距離の変化率を見ると、平成 22 年から平成 27 年でメッシュ数が減った居住圏域は、鳥取市街西部、鳥取市西部、鳥取市東部の 3 圏域であることがわかる。

表-1、表-2 より、鳥取市街西部、鳥取市西部、鳥取市東部の 3 圏域では、各施設の指標が集約や人口集積の傾向を示した。しかしこれらの圏域では、平成 22 年から平成 27 年にかけて居住圏域の範囲が小さくなっているため、これによる影響も考えられる。一方、居住圏域が拡大したにもかかわらず、集約あるいは人口集積の傾向を示した圏域がある。鳥取市街南部圏域では、中学校に対して平均道路時間距離が、ガソリンスタンドに対して標準偏差の値が集約の傾向を示した。鳥取市街北部圏域では、スーパー・食料品店に対して、平均、人口加重平均の値が、ガソリンスタンドに対しては、平

表-1 スーパー・食料品店、医療機関（内科）への道路時間距離の 5 年間変化率（%）

居住圏域名	スーパー・食料品店				医療機関（内科）			
	平均	最大	標準偏差	人口加重平均	平均	最大	標準偏差	人口加重平均
●鳥取市街西部	92	92	99	95	88	100	98	95
●鳥取市街南部	108	100	103	103	108	100	104	101
●鳥取市街北部	99	100	101	99	110	105	111	104
○智頭・若桜・八東	82	73	69	83	99	100	85	100
○白兔	131	156	137	125	127	166	169	125
✦鳥取市西部	75	60	61	143	70	58	60	66
✦鳥取市東部	98	101	97	97	97	100	96	98
十津ノ井	284	350	296	248	—	—	—	—
●鳥取市南部	114	112	127	117	122	97	124	136

表-2 中学校、ガソリンスタンドへの道路時間距離の 5 年間変化率（%）

居住圏域名	中学校				ガソリンスタンド			
	平均	最大	標準偏差	人口加重平均	平均	最大	標準偏差	人口加重平均
●鳥取市街西部	88	83	97	94	104	97	99	121
●鳥取市街南部	99	100	103	101	102	100	72	101
●鳥取市街北部	112	106	110	106	92	100	51	96
○智頭・若桜・八東	88	69	66	81	83	94	62	84
○白兔	—	—	—	—	121	162	84	99
✦鳥取市西部	102	81	96	98	73	61	48	68
✦鳥取市東部	97	100	96	99	98	101	62	99
十津ノ井	—	—	—	—	—	—	—	—
●鳥取市南部	117	117	122	127	116	113	81	125

均、標準偏差、人口加重平均の値が、集約あるいは人口集積の傾向を示した。白兔圏域では、ガソリンスタンドに対して標準偏差、人口加重平均の値が集約あるいは人口集積の傾向を示した。

鳥取市街南部圏域では、平成 22 年から 27 年にかけて圏域の南側に 14 メッシュ増加し、その周辺に中学校が 1 校、ガソリンスタンドが複数存在する。中学校へのアクセスが良い居住メッシュが増えたことにより平均道路時間距離が集約の傾向を見せたと考えられる。また当該増加エリアにはガソリンスタンドが複数存在することにより、道路時間距離の短いメッシュが増え、標準偏差の指標が集約の傾向を示したと考えられる。鳥取市街北部圏域では、平成 22 年から 27 年にかけて 5 メッシュ増加したものの、スーパー・食料品店に対して、平均、人口加重平均の値が、ガソリンスタンドに対しては、平均、標準偏差、人口加重平均の値が、集約あるいは人口集積の傾向を示した。

増加したメッシュの周辺にスーパー・食料品店やガソリンスタンドが存在する。そのため結果的には、これらの施設へアクセス性の良いメッシュが増加したことになり、平均道路時間距離や標準偏差の値が小さくなったと考えられる。さらに、これらの施設周辺で人口が大幅に増加したことにより、両施設に対して人口集積の傾向が見られたと考えられる。

白兔圏域では、平成 22 年から 27 年にかけて 8 メッシュ増加したものの、ガソリンスタンド周辺で増加したため、人口加重平均と標準偏差の値が集約の傾向を示したと考えられる。

4. 道路時間距離を用いたアクセス性評価

(1) 道路時間距離を用いたアクセス性

本研究では、地域のアクセス性を計測することで各地域のコンパクト性の評価を行う。評価には、各地域内において居住者が存在するすべてのメッシュ（以降、エリアと呼ぶ）の重心から道路距離ウェーバー点までの道路時間距離の平均（以降「平均道路時間距離」と呼ぶ）を使用する。

平均道路時間距離の算出方法を示す。着目する地域の道路距離ウェーバー点を k 、人口を P とする。 w_j をエリア j ($j = 1, \dots, n$) の人口、 r_{jk} をエリア j から道路距離ウェーバー点 k までの道路時間距離とする。このとき、各地域に存在するエリアの重心から各地域における道路距離ウェーバー点までの平均道路時間距離 \bar{r}_j は、

$$\bar{r}_j = \frac{\sum_{j=1}^n w_j \times r_{jk}}{P} \quad (1)$$

で表される。

ここで示された平均道路時間距離 \bar{r}_j の式を各エリアの人口 w_j で偏微分し、その偏微係数の符号および大きさを確認することで、どのエリアの人口増加が地域全体のコンパクト化に寄与するのかをみることができる。つまり、もし偏微係数が負の値をとっているならば、そのエリア j での人口増加が道路距離ウェーバー点 k までの平均道路時間距離 \bar{r}_j を減少させるということを示している。平均道路時間距離 \bar{r}_j をエリア j の人口 w_j で偏微分した際の偏微係数 \bar{r}_{w_j} の算出方法を次式に示す。

$$\bar{r}_{w_j} = \frac{\partial \bar{r}_j}{\partial w_j} = \frac{r_{jk} \times P - \sum_{j=1}^n w_j \times r_{jk}}{P^2} \quad (2)$$

(2) 地域のアクセス性の評価

① 中心拠点へのアクセス性

対象地域圏を構成する地区のうち旧鳥取市を除いた 14 地区の地域道路距離ウェーバー点から、対象地域圏で最も人口が多く地域圏の中心をなす旧鳥取市の地域道路距離ウェーバー点までの道路時間距離を算出する。これを各地区からの中心拠点までのアクセス性の指標とみなし、これが 5 年間でどのように変化したのかを確認する。

表-3 中心拠点までの道路時間距離

起点	H22 道路時間距離(分)	H27 道路時間距離(分)	H27-H22 間変化(分)
旧国府町	7.365	9.218	1.854
旧福部村	14.911	14.302	-0.609
旧河原町	14.593	16.446	1.854
旧用瀬町	22.891	24.745	1.854
旧佐治村	33.266	35.120	1.854
旧気高町	26.940	26.990	0.050
旧鹿野町	24.676	23.912	-0.763
旧青谷町	39.246	33.537	-5.709
岩美町	21.820	20.364	-1.456
若桜町	36.700	39.077	2.377
智頭町	33.661	33.827	0.165
旧郡家町	17.165	19.019	1.854
旧船岡町	20.304	21.604	1.300
旧八東町	28.160	30.538	2.377

表-3 に、平成 22 年および平成 27 年の旧鳥取市以外 14 地区の地域道路距離ウェーバー点から中心拠点（旧鳥取市の地域道路距離ウェーバー点）までの道路時間距離なら

びにその 2 時点間での変化量を示す。表-3 より、旧福部村、旧鹿野町、旧青谷町、岩美町では中心拠点までの道路時間距離が短縮している一方で、他の 10 地区では増加している。旧鳥取市までのアクセス性の変化は生活圏を東西に貫く主要道路である国道 9 号線が通る地域とそれ以外の地域で二分化されており、前者は旧鳥取市までのアクセス性は向上する傾向に、後者は旧鳥取市までのアクセス性は低下の傾向にあることが示された。

②地区内のコンパクト性とコンパクト化寄与エリア

平成 22 年と平成 27 年の 2 時点での、地域の各エリアから地域の道路距離ウェーバ一点への平均道路距離を表-4 に示す。対象地域圏を構成する多くの地域において平成 22 年から平成 27 年にかけて平均道路時間距離が短縮していることがわかる。網掛けの地区では、よりまとまった居住エリアに人々が密集していることを意味するため、対象地域圏を構成する多くの地域でコンパクト化の傾向があると考えられる。特に旧青谷町ではその影響が顕著であり、平成 22 年では道路距離ウェーバ一点までの平均道路時間距離は 8.308 分であったのに対し、平成 27 年での平均道路時間距離は 4.975 分になり、この 5 年間で大幅に短縮されている。しかし、平成 22 年から平成 27 年にかけて対象地域圏を構成するほぼすべての地域で平均道路時間距離の減少の傾向がみられた一方で、対象地域圏の主要都市である旧鳥取市においてはこの傾向がみられなかった。

次に、(2)式で与えた人口変化に対する偏微係数を用いて、居住エリアの人口増加が

表-4 各地区の道路時間距離ウェーバ一点までの平均時間

地域	H22年	H27年	H27-H22間変化
鳥取市			
(旧鳥取市)	7.607	7.872	0.264
(旧国府町)	3.716	3.412	-0.304
(旧福部村)	3.389	3.399	0.009
(旧河原町)	4.861	4.767	-0.094
(旧用瀬町)	3.189	3.125	-0.065
(旧佐治村)	4.653	4.662	0.008
(旧気高町)	4.763	4.5	-0.263
(旧鹿野町)	2.554	2.523	-0.032
(旧青谷町)	8.308	4.975	-3.333
岩美町	5.396	5.096	-0.3
若桜町	3.694	3.575	-0.119
智頭町	6.047	5.241	-0.806
八頭町			
(旧郡家町)	4.867	4.759	-0.109
(旧船岡町)	4.119	3.934	-0.184
(旧八東町)	3.827	3.821	-0.007

各地域道路距離ウェーバ一点への平均道路時間距離の減少に寄与するエリアを導出することができる。本稿では、この居住エリアのことを「コンパクト化寄与エリア」と呼び、反対に、人口増加が各地域道路距離ウェーバ一点への平均道路時間距離の増加に寄与するエリアのことを「コンパクト化非寄与エリア」と呼ぶこととする。偏微係数が負の値をとるコンパクト化寄与エリアを算出し、ArcGIS を用いて図示することによって、各地域においてどの居住エリアがコンパクト化寄与エリアか視覚的に把握することができる。今後、居住地誘導区域を設定する等際には、人口増加によってコンパクトな地域の形成が促されるエリアを予測する必要があるため、コンパクト化寄与エリアの導出・可視化は居住地誘導区域設定の判断材料として有益であると考えられる。

図-3 に平成 27 年におけるコンパクト化寄与エリアを示している。平成 22 年も同様にコンパクト化寄与エリアを導出するこ

とで、5年間でどのように変化したのかを検討することができる。その結果、たとえば、地域道路距離ウェーバー点の座標に変化があった地域すべてにおいてコンパクト化寄与エリアも変化していることがわかった。特に、国道9号線が貫いている旧鳥取市、旧気高町、旧青谷町、岩美町において、コンパクト化寄与エリアが国道9号線に近づくように変化していること、岩美町と智頭町の両地域では旧鳥取市から遠いエリアでコンパクト化寄与エリアが消滅していることなどが明らかとなった。総じて、日本海に接している旧鳥取市、旧気高町、旧青谷町、岩美町では、国道9号線付近にコンパクト化寄与エリアが変化していったことが明らかとなった。これは、国道9号線およびそれと並行する JR 西日本山陰本線の沿道エリアに人口が集中することで、コンパクト性が高まり他地域への移動も容易になりことで「コンパクト・プラス・ネットワーク」の方向に向けて対象地域圏全体の構造にも良い影響を与えるといえる。

③コンパクト化寄与エリア内の変化

コンパクト化寄与エリア内の人口、面積、人口密度等の指標を見ることで、コンパクト化寄与エリア内の住民の居住状況を確認し、より小さな居住エリアに人口が集約する本来の意味でのコンパクト化が、コンパクト化寄与エリア内において実現しつつあるのかが把握できる。

コンパクト化寄与エリア内の人口および居住率からは、この5年間に旧国府町と旧青谷町のみコンパクト化寄与エリア内の人口が増加していた。旧青谷町の人口は857人減少、旧国府町の人口は386人減少していることから、この2地区では、コンパクト



図-3 地区のコンパクト化寄与エリア

化寄与エリアにおいて集中的に人口が増加しており、コンパクト化に向けた居住立地がなされていると考えられる。一方、地域の中心をなす旧鳥取市では、コンパクト化寄与エリア内の人口が他の地域と比較して大幅に減少していることがわかった。旧鳥取市全体の人口変化は、他の地域と比較しても変動量に大きな差がなく、またコンパクト化寄与エリアの面積に大きな変化がなかったことから、旧鳥取市においては、住民が広く薄く住まう非効率な都市圏が形成されつつあるのではないかと推察される。

なお、地域人口に対するコンパクト化寄与エリア内の居住人数の割合(以下、居住率と呼ぶ)から、地域人口に対してコンパクト化寄与エリア内にどの程度の人口が集積しているのか明らかにすることができる。人口変化量のみでは、各地域の相対的な評価をすることができないが、居住率を用いることにより15地域のコンパクト性を相対的に比較することが可能となる。まず、鳥取県東部地域全体の居住率を確認すると、平成22年で0.599、平成27年では0.583の値となっており、5年間で-2.728%減少して

いることがわかった。また地区別では、9地区において、居住率が減少傾向にあるという結果が得られた。居住率について特徴的な地区を取り上げると、旧河原町の居住率は平成22年に0.730、平成27年に0.741と2時点ともに高い値であり、かつ5年間で1.497%増加している。一方、旧気高町の居住率は平成22年に0.469、平成27年に0.486の値と2年ともに15地区のうち最低値となっている。ただし、居住率は5年間で3.742%増加しており、その傾向は緩和される方向にあるといえる。最後に旧船岡町の居住率は平成22年時点では0.721の値であったが、平成27年時点の居住率は0.568の値となり21.263%減少していた。旧船岡町では平成22年から平成27年にかけて起きた人口減少との比較により、その大部分がコンパクト化寄与エリア内で生じたことが明らかとなった。

コンパクト化寄与エリアの面積(以下、寄与エリア面積と呼ぶ)および人口密度もコンパクト性の指標となる。鳥取県東部全体での寄与エリア面積は7.18%減少しており、また、旧鳥取市と旧船岡町以外は寄与エリア面積の5年間での変化率は非正となっており、コンパクト化寄与エリアは縮小傾向にあるといえる。

次に、コンパクト化寄与エリア内の人口密度(以下、寄与エリア人口密度)については、鳥取県東部全体では5年間で1.58%増加しており、地域単位では旧国府町、旧気高町、旧青谷町、智頭町の4地区のみ変化率が正となっている。

また、15地域でのコンパクト化寄与エリア内の人口密度は、平成22年、平成27年ともに旧鳥取市で最も高く、次いで旧国府

町であることがわかる。これら2地域はその他13地域と比べ人口密度が非常に大きい。

対象地域圏内の15地域中11地域において寄与エリア人口密度が減少しているが、その要因の一部は、地域全体の人口減少によるものであると考えられるため、人口密度の低下を直接スプロール化に結び付けることはできない。しかし、旧船岡町のような5年間の変化率が-32.71%となった特異な減少を観測した地域に関しては、地域全体の人口変化率よりも速いスピードで寄与エリア内の人口が減少しているといえ、コンパクト化に逆行した居住変化があったと推察される。

5. 拠点間の補完性を考慮した生活拠点の評価

(1) 道路時間距離を用いたアクセス性

小澤ら³⁾によって全国の都市マスや立地適正化計画で「コンパクト・プラス・ネットワーク」や「多核連携型のコンパクトシティ」が将来目指すべき都市構造として位置付けられている一方で、都市機能立地・核間公共交通の両水準が劣る拠点が存在することが明らかにされている。また、森本ら⁵⁾は、公共交通の運行頻度に着目し拠点間での都市サービス機能の補完の可能性について分析し、現状の公共交通の運行頻度では住民の拠点間移動を促すには十分ではない状況が多く存在することを明らかにしている。さらに、森本ら⁶⁾は、「コンパクト・プラス・ネットワーク」の実現を目指す中で、拠点間を公共交通の運行頻度だけでなく、公共交通の運行時間・待ち時間も公共交通

を利用するか否かの条件の1つとなし、運行時間・運行頻度を加味した所要時間からのTPC値⁷⁾(ネットワーク指標)と拠点内の都市施設集積率からASU値(コンパクト指標)に着目し、多様なタイプの都市を対象とするために全国の40都市を対象に、各都市の「コンパクト・プラス・ネットワーク」の実態を明らかにしている。

これらの研究では、拠点の持つべきサービス機能の基準やその場所等の基準が曖昧で実態に伴わない拠点の設定となっている場合が少なからず見られことや、「ネットワーク化」のために各拠点間を公共交通ネットワークで結ぶことにより、都市機能の補完・分担を推し進めていく必要がある中で現状の公共交通サービスの状況では、十分な都市機能の補完が困難であることが示されている。ただし、これらの研究は、拠点間移動を考える際に高次都市機能を集積した「中心拠点」とその他の「地域拠点」との間のアクセスのみ対象にするなど限定的である。地方都市の特徴として、平成時代の市町村合併等によって市町村域が拡大している生活圏も多く、そのような地方都市では、「中心拠点」と「地域拠点」間が離れており、「コンパクト・プラス・ネットワーク」に求められる拠点間移動による都市機能の補完が十分に望めない可能性がある。

本研究の分析対象である鳥取県鳥取市もこれらの傾向にある地方都市の1つであり、上記の分析では、必ずしも地方都市のこれらの実情を考慮しているとは言えない。そこで本研究では、鳥取市を対象とし、その「都市計画マスタープラン」と「立地適正化計画」から拠点の位置や範囲を明確にするとともに、それら拠点を利用する可能性の

ある居住者とその圏域を明らかにした上で現状都市機能の集積状況の把握を行う。さらに、すべての拠点間での公共交通利用による都市機能の補完可能性についてTPC値を用いて分析する。

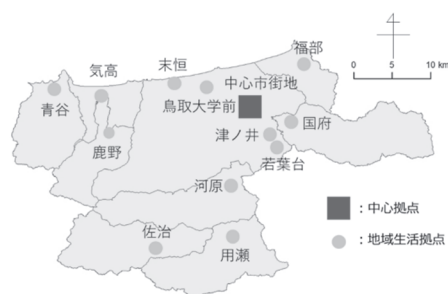


図-4 鳥取市マスタープランの拠点

(2) 鳥取市の各拠点の都市機能

鳥取市は、平成29年度都市計画マスタープランにより、都市の将来像として、鳥取市中心市街地を「中心拠点」、各地域を「地域生活拠点」と定義し、各拠点間を利便性の高い公共交通ネットワークで結び連携を高める「多極ネットワーク型コンパクトシティ」としている。「鳥取市中心市街地」を中心拠点として位置付けた一方で、市街地の他の地域生活拠点として、「鳥取大学前」・「国府」・「末恒」・「津ノ井」・「若葉台」を位置付け、また、市街地外の田園地域の地域生活拠点として、「福部」・「河原」・「用瀬」・「佐治」・「気高」・「鹿野」・「青谷」を位置付けている(図-4)。このように鳥取市は、中心拠点を1拠点、地域生活拠点を12拠点の合計13拠点を位置付けておりここでもこの13拠点を対象とする。これら拠点の代表地点の空間位置を正確に決定した上で、全居住地域を道路時間距離が最短となる拠点代表点に関連付けた。各拠点代表点に関連付け

られた地域を各拠点の「拠点域」と呼ぶこととする。

各拠点が持つべき都市機能の種類としては、国土形成計画推進に関する世論調査⁷⁾を参考にし、その上位5種類である、スーパーマーケット、コンビニエンスストア、内科を含む病院、郵便局、銀行・信用金庫などの金融機関の施設を対象とする都市機能とした。

表-5 に各拠点域に存在する都市機能数を示す。福部、佐治、青谷以外の拠点域には全ての都市機能が立地していることがわかる。

一方、拠点自身の半径500メートル範囲を徒歩等で容易にアクセス可能な範囲として都市機能数を見たのは、表-6である。13拠点のうち「中心市街地」のみが5種類すべての都市機能を有しており、その他の拠点ではいくつかの都市機能を有していない。そのなかでも「佐治」と「鹿野」の拠点においては、都市機能を1つも有していないことがわかる。

(3) 公共交通ネットワークの拠点間サービス水準

天野ら⁷⁾を参考に、拠点間公共交通指標として、拠点間における公共交通の運行時間に拠点での期待待ち時間を加えた拠点間公共交通所要時間 (TPC: Travel time by Public transportation between Core Areas) を用いる。これは式(3)で与えられる。なお、期待待ち時間は、平日のオフピーク時間帯 (10~16時) における合計時間 (6時間) および上下線の合計運行本数から式(4)のように算出する。

$$TPC_{ij} = T_{ij} + W_{ij} \quad (3)$$

表-5 拠点域と都市機能数

拠点	スーパー	コンビニ	病院	郵便	金融
	マーケット	エンスストア	(内科)		
中心市街地	19	34	39	18	35
鳥大前	7	17	10	11	7
国府	5	7	8	8	2
未恒	1	3	1	1	1
津ノ井	8	14	9	6	5
若葉台	2	1	1	1	0
福部	0	1	1	1	0
河原	2	3	3	9	2
用瀬	1	1	3	5	1
佐治	2	0	3	2	0
気高	1	2	3	4	4
鹿野	1	1	2	1	1
青谷	1	0	4	4	2

表-6 拠点代表点と都市機能数

拠点	スーパー	コンビニ	病院	郵便	金融
	マーケット	エンスストア	(内科)		
中心市街地	5	11	22	6	23
鳥大前	0	3	1	0	1
国府	2	3	4	1	0
未恒	0	0	0	1	0
津ノ井	0	3	1	1	0
若葉台	2	1	0	0	0
福部	0	0	1	1	0
河原	0	1	2	1	1
用瀬	1	0	0	0	0
佐治	0	0	0	0	0
気高	1	0	2	1	1
鹿野	0	0	0	0	0
青谷	1	0	2	2	2

$$W_{ij} = \{(60 \times 6 \times 2) / F_{ij}\} / 2 \quad (4)$$

$$= 360 / F_{ij}$$

ここで、 TPC_{ij} : 拠点 ij 間における公共交通所要時間 (分)、 T_{ij} : 拠点 ij 間における平日10時以降で最初に出発する通常便の移動時間 (分)、 W_{ij} : 拠点 ij 間における期待待ち時間 (分)、 F_{ij} : 拠点 ij 間における上下線の合計運行本数 (平日10~16時) (本) である。

乗り換えなしでは、他拠点への公共交通で移動不可な拠点については、最短のTPCで移動可能な拠点へ乗り換えて移動するものとして下式を用いて算出を行う。

$$TPC_{ij(k)} = T_{ik} + W_{ik} + T_{kj} + W_{kj} \quad (5)$$

ここで $TPC_{ij(k)}$: 拠点 ij 間の移動の際に k で乗り換えを要する場合の公共交通所要時間 (分) である。

最低限確保すべき公共交通の利便性として閾値を設ける。国交省の資料²⁰⁾によると「地域の拠点(支所など)から中心市街地や主な施設まで30分以内で到達可能」であることがバスネットワーク構築のためのサービス水準であるとされている。また、基幹的公共交通路線(バス及び電車)の運行を片道2本/hとしている。以上をまとめると、移動時間は30分、待ち時間は上下線でそれぞれ15分(式(2)に片道2本/hを代入し算出)ということからTPC60分を閾値とした。ここでTPC60分以内に他の拠点に公共交通で移動不可能な拠点を「孤立拠点」と呼ぶこととする。

これらを用いて鳥取市の各生活拠点の運行時間および機体待ち時間を算出した。拠点間の運行時間の平均値は57.358(分)、拠点間での期待待ち時間の平均は45.231(分)であった。表-7に算出したTPCを示す。拠点名に色があるものは鉄道の駅を持つ拠点である。78ある「拠点間」の中でTPC60分以内に移動可能な拠点間は、約1/4の18拠点間のみという結果となった。鉄道駅を有する拠点間は、比較的TPCの値は小さいということがわかる。また、用瀬・佐治・鹿野の3拠点のみ鳥取市中心市街地へTPC60分以内に移動することが不可能ということがわかる。なお、佐治はTPC60分以内にいずれの拠点へも移動することが不可能である「孤立拠点」であり、さらに、乗り継ぎ無しで移動することが可能な他拠点は用瀬のみであることもわかる。

(4) 公共交通による拠点間の補完可能性

5種類すべての都市機能を有している「中心市街地」以外の拠点について、公共交通に

表-7 TPC値

拠点	中心市街地	鳥取大学前	国府	末恒	津ノ井	若葉台	福部	河原	用瀬	佐治	気高	鹿野	青谷
中心市街地		36	32.59	43.73	32.33	39.36	48	50.34	64.36	143.36	53.69	110	57.69
鳥取大学前	36		68.59	26.14	68.33	75.36	84	86.36	100.36	179.36	46.69	93	51.69
国府	32.59	68.59		76.32	371	387	80.59	82.95	96.95	175.95	86.28	142.59	90.28
末恒	43.73	26.14	76.34		76.06	83.09	91.73	94.09	108.09	187.09	42	81	47
津ノ井	32.33	68.33	371	76.06		21.36	80.33	66.42	77.42	156.42	86.03	142.33	90.03
若葉台	39.36	75.36	387	83.09	21.36		90.33	76.42	87.42	166.42	93.06	149.36	97.06
福部	48	84	80.59	91.73	80.33	90.33		74.36	112.36	167.36	101.69	158	105.69
河原	50.34	86.36	82.95	94.09	66.42	76.42	74.36		31.14	110.14	121.69	160.36	108.06
用瀬	64.36	100.36	96.95	108.09	77.42	87.42	112.36	31.14		79	118.06	174.36	122.06
佐治	143.36	179.36	175.95	187.09	156.42	166.42	167.36	110.14	79		197.06	253.36	201.06
気高	53.69	46.69	86.28	42	86.03	93.06	101.69	121.69	118.06	197.56		55.71	32.69
鹿野	110	93	142.59	81	142.33	149.36	158	160.36	174.36	253.36	55.71		88.41
青谷	57.69	51.69	90.28	47	90.03	97.06	105.69	108.06	122.06	201.06	32.69	88.41	

より他拠点にアクセスすることで足りない都市機能が補い得るかを検討した。具体的には、5つの都市機能のそれぞれについてTPC値60分以内は移動による利用によって自拠点に存在しないことが「補完」されたと考え都市機能の種類数の変化を見た。

これらより、「用瀬」を除く鉄道駅を持つ拠点(中心市街地、鳥取大学前、末恒、津ノ井、福部、河原、気高、青谷)に関しては、

「中心市街地」との繋がりが強固であるため、TPC60分以内での都市機能の補完が可能であることがわかった。特に都市機能の少ない拠点である「末恒」、「福部」に関しても「中心市街地」や「鳥取大学前」の拠点へ容易に移動できるため、公共交通による都市機能の補完が可能であることがわかった。また、拠点内の都市機能数が少ない「用瀬」であるが、ある程度の都市機能を有する「河原」とは公共交通により移動が容易であることから都市機能が補完することが可能となっている。しかし「佐治」は、TPC60分以内に拠点間移動が不可能なことから現状の公共交通での都市機能の補完はできない。一方で「佐治」と同様に拠点内に都市機能を有さない「鹿野」であるが「気高」とのTPCの値が良く「気高」からの都市機能の補完が可能となっている。

なお、地方都市なかでも中山間地域の多

くは自家用車の利用が主な交通手段という現状から、自家用車利用による移動での都市機能の補完可能性についても検討を行った。その結果、鳥取市にある78拠点間のうち「佐治-青谷」間を除く全ての拠点間で60分以内の拠点間移動が可能となり、自拠点に十分に都市機能を有していない拠点でも公共交通に比べて早い段階で他拠点からの都市機能の補完が可能となることを明らかにした。

6. 生活拠点における都市機能の集合性の評価

都市計画マスタープランの拠点における都市施設の「集まり方」(以降、「集合性」と呼ぶ)を分析することにより、拠点の利便性の評価を行う。具体的には、鳥取市マスタープランにおける13の地域拠点を対象に、施設立地に対するカーネル密度推定を用いて、拠点別に都市機能の「集合性」を把握する。

厳ら⁹⁾は、人口5万人以上の522市町村を対象に、商業施設の集まり方と公共施設立地の空間的な関係を定量化する指標をカーネル密度を用いて提案し、全国における公共施設立地の変化を明らかにしている。具体的には、商業集積地を拠点の中心地と考え、商業集積地に公共施設が立地することで拠点の機能が整うものと捉えることで、商業施設と公共施設が近くに立地しているのかを把握している。本研究では、厳らによって用いられたカーネル密度を用いて複数施設の集合性を計測する。対象施設としては、5.での5種類をさらに集約して、金融・郵便施設(銀行、郵便局)、医療施設(病院、診療所)、商業施設(スーパーマーケッ

ト、コンビニ、小売店など)の3種類とした。

カーネル密度推定は、ノンパラメトリックな確率密度推定の1つである。同一分布に従う互いに独立なデータ点 x_i ($i = 1, 2, \dots, n$)をデータ数 n 個得たとき、それに従う確率密度関数 $f(x)$ を推定したい場合は、ヒストグラムを作成すれば確率密度関数の概要をつかむことができる。しかし、ヒストグラムはデータ区間ごとに区切るため、確率密度関数とは無関係に不連続であり、階級の取り方によって形が大きく異なってしまう。そこで、データ区間ごとに区切るのではなく、一定の幅もつ領域を動かしながら、その範囲内に観測値が入る確率から確率密度関数を推定する方法がノンパラメトリックな確率密度推定でありカーネル密度推定もそれに基づいている。カーネル密度推定を用いると、複数の都市施設が近接して立地している地点のカーネル密度推定値が高くなる。そのため、都市施設の空間的な「集合性」を把握するために適切と考え、この方法を採用した。

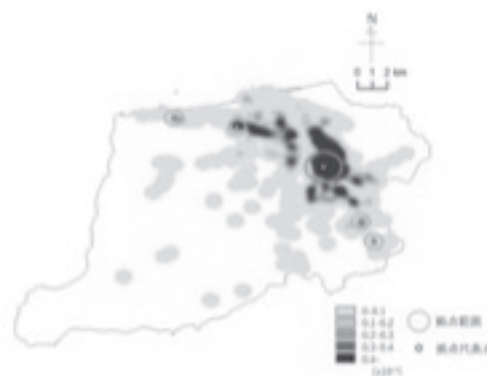


図-5 カーネル密度推定値
(旧鳥取市)

まず対象とする15拠点を持つ鳥取市内13地区について全施設を種類分けせずにカーネル密度を計算した。図-5には拠点を5つ含む旧鳥取市地区の計算結果である。

中心市街地や鳥取大学前駅におけるカーネル密度推定値は高く、末恒、津ノ井、若葉台は、中心市街地や鳥取大学前駅と比べ低いことがわかる。このように、全拠点に関してカーネル密度が計算でき、施設全体の集合性を可視化して空間的にわかりやすく示すことができる。さらに、推定値の最大値を与える地点と行政が指定する拠点位置とのズレ(距離)も計算できこれも拠点の利便性の1指標となると考えられる。また、これら2地点のカーネル密度推定地の差により行政により指名された拠点における集合性の「達成度」(例えば後者を前者で割れば達成割合となる)を示す指標となると考える。これらの指標の計算から、(旧)用瀬町と(旧)福部町の拠点が高い評価となり、(旧)国府町が低い評価となった。

3業種を分けずにカーネル密度推定値を算出すると、たとえば商業施設が金融・郵便施設、医療施設より多く立地しているため、金融・郵便施設、医療施設が地域生活拠点周辺に立地してなくても、商業施設のみでカーネル密度推定値が高く算出されてしまい、金融・郵便施設、医療施設の「集合性」を把握することはできない。そのため、金融・郵便施設、医療施設、商業施設の3業種別のカーネル密度推定値を算出することで、業種別の「集合性」を把握できる。さらに、推定値を用いて拠点間での比較を行うことができる。

表-8は、拠点内における業種別でのカーネル密度推定値の最大値と、3業種合わせたカーネル密度推定値の最大値である。本研究では、拠点を評価の対象としているため、拠点内におけるカーネル密度推定値の最大値を算出しているが、旧河原町、津ノ

井、旧佐治村、旧国府町、若葉台の拠点についてはカーネル密度推定値の最大値が拠点外であるため、参考のためにこの拠点外のカーネル密度推定値の最大値を表中のかっこ内に表示してある。拠点を比較する基準として、カーネル密度推定値の中央値を用いた。金融・郵便の中央値は0.05、医療の中央値は0.075、商業の中央値は0.475、3業種の中央値は0.570となった。なお、中央値以上の場合は網掛け表示としている。

旧青谷町、鳥取大学前、旧気高町は、すべての項目においてカーネル密度推定値が中央値より大きくなっており、他の拠点より施設が集合しているといえる。旧用瀬町や旧鹿野町、旧河原町は、医療施設のみが中央値より低い。一方、旧福部村や旧国府町、若葉台は、他の拠点と比較して、すべての項目でカーネル密度推定値が低く、「集合性」は鳥取市内で相対的に低い拠点となっているといえる。

表-8 カーネル密度推定値の最大値

拠点	金融・郵便 ($\times 10^{-4}$)	医療 ($\times 10^{-4}$)	商業 ($\times 10^{-4}$)	3業種 ($\times 10^{-4}$)
中心市街地	0.95	0.55	5.92	7.03
旧青谷町	0.1	0.14	1.04	1.25
鳥取大学前	0.16	0.08	0.88	1.04
旧河原町	0.13	0.07	0.71	0.90(0.92)
旧気高町	0.15	0.09	0.66	0.87
旧用瀬町	0.07	0.05	0.53	0.63
旧鹿野町	0.06	0.07	0.5	0.61
津ノ井	0.04(0.10)	0.08	0.45	0.53
末恒	0.04	0.08	0.4	0.51
旧福部村	0.04	0.07	0.25	0.28
旧佐治村	0.03(0.04)	0.08	0.17(0.21)	0.27(0.29)
旧国府町	0.04	0(0.10)	0.19(0.58)	0.24(0.65)
若葉台	0.02(0.04)	0.06(0.08)	0.16	0.17(0.20)

7. おわりに

人口減少と高齢化にある我が国の地方中小都市生活圏において、よりコンパクト化な都市構造をもつ生活圏への移行が最重要

な都市政策の1つとなっている。特に、市町村合併等を経て形成された複数の旧市町村中心地を持つ多くの地方都市生活圏は、国が掲げる「コンパクト・プラス・ネットワーク」型の都市構造を目指している。

本研究は、このような地方中小都市生活圏を対象に、入手が容易なデータによって都市のコンパクト化やアクセス性の程度を評価する以下のような手法を提案した。

まず、混合正規分布モデルによる居住者立地分布の推計を行った。これにより、実際の居住者が空間的にどのようなグループに分かれているかを知ることができる。これにより、各居住地分布グループ内での都市施設を把握することにより、グループごとに利便性やコンパクト性・アクセス性を検討することができる。さらに、都市マスタープランにおける地区や拠点の妥当性についても検討できるとか考える。

次に、道路ネットワーク上の時間距離を用いた生活圏内のアクセス性の評価を提案した。これは、多く地方中小都市内の中心自治体もつ「コンパクト・プラス・ネットワーク」型マスタープランにおいて、路線バスなど旧来の公共交通を主な交通ネットワークによるアクセスと位置付けているのに対し、現状として、主な移動が自家用車となっていること、また、近年、電気自動車、自動運転、パーソナルモビリティなど、既存道路ネットワークを使った新たな公共的移動方法の可能性が広がっていることを念頭に置いたものである。この指標を、生活圏全体や各地域拠点の圏域に適用することで、道路距離での人口重心までの平均移動時間という指標によりアクセス性を評価した。さらに、重心の経年移動の確認や、居住者増が平

均移動時間の減少に貢献するエリア（研究では「コンパクト化寄与エリア」と呼ぶ）を示すことができ、居住誘導施策等へ利用可能な情報を得ることができた。

さらに、「コンパクト・プラス・ネットワーク」を目指す都市の各拠点が持つ都市機能について、その一部が充分でない場合に公共交通ネットワークを利用した利用者による他拠点の都市機能の利用の可能性（補完）の程度について明らかにする方法を提案した。実際の公共交通の運行時間によりTPCというサービス水準指標を用いて拠点ごとに補完可能性（不可能性）を炙り出すことができた。

最後に、これまで施設数などで把握されてきた地方生活圏の地域拠点内の都市施設の程度について、その利用のしやすさを明らかにするため、立地分布の集合の程度（「集合性」）を示す指標を、カーネル密度関数を用いて提案した。これにより、施設数とともにその立地の状況を加味した施設サービスの水準が比較・検討できることを示した。

以上、国勢調査などの地方生活圏に対しても入手が比較的容易なデータによる生活圏のコンパクト化の程度を示す指標の提案と実際の対象地域におけるその算出を行った。今後は、他の生活圏への適用による地域間比較などによりさらなる知見が得られると考える。

謝辞

本研究の実施にあたり、鳥取大学工学部都市計画研究室に在籍されていた太田はるか氏、蔭山旭氏、鈴木啓太氏、早川竜平氏、岡田拓也氏には、データ整理・計算や取りま

とめに多大な協力をいただいた。紙面をかりてここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省, 国土のグランドデザイン 2050~対流促進型国土の形成~, 2014, https://www.mlit.g.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html
- 2) 鳥取市, 鳥取市都市計画マスタープラン, 平成 29 年度, <https://www.city.tottori.lg.jp/www/contents/1490598006681/index.html>
- 3) 小澤悠, 高見淳史, 原田昇, 都市計画マスタープランにみる多核連携型コンパクトシティの計画と現状に関する研究—商業・医療機能の立地と核間公共交通に着目した都市間比較—, 都市計画論文集 Vol.52, No.1, pp.10-17, 2017.
- 4) 国土交通省, 地域公共交通の「サービスのアクセシビリティ指標」評価手法について (試算と活用方法), 平成 29 年度, https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000068.html
- 5) 森本瑛士, 伊藤将希, 谷口守, 拠点間における都市機能の補完可能性—公共交通の利便性に着目して—, 都市計画論文集 Vol.53, No.3, pp 558-564, 2018.
- 6) 森本瑛士, 越川知紘, 谷口守, 拠点間公共交通所要時間の実態分析—コンパクト+ネットワークによる都市サービス機能の補完を見据えた基礎的検討—, 交通工学論文集, Vol. 4, No. 1 (特集号 A), pp. A_71_79, 2018.
- 7) 内閣府, 国土形成計画推進に関する世
論調査, 平成 27 年, <https://survey.gov-online.go.jp/h27/h27-kokudo/index.html>
- 8) 天野光三, 中川大, 加藤義彦, 派床正敏, 都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究, 土木計画学研究論文集 No.9, pp 69-76, 1991.
- 9) 巖先鏞, 山村拓巳, 鈴木勉, 立地合致度指標を用いた公共施設立地の商業集積との空間的關係に関する研究, 都市計画論文集, Vol.53, No.3, pp 1442-1447, 2018.