

# 土地利用計画制度の変更に伴った人口分布の空間変動について

床井晴香\*・熊谷樹一郎\*\*

## Spatial variation in local population distributions caused by changes in the land use planning system

Haruka TOKOI\*, Kiichiro KUMAGAI\*\*

In Japan, the population will keep decreasing because of a declining birthrate, while the number of households is increasing. The policy named "Compact Plus Network", as a one of the measures for the lower population density, has been promoted by the Japanese government. The policy encourages the maintenance of sufficient population density in some core areas. One of the challenges is "Urban spongification" which is the problem with respect to the spatial distributions of lower local-population spots around the urban areas. In previous research, the area size of the low-density population distribution has been revealed by the application of the spatial analysis method composed of a spatial autocorrelation analysis. In this study, we applied the proposed method to a province area with the population and number of household data generated through the 2005 and 2015 national census. It was shown that the method contributed to classify local-population and household fluctuations according to their spatial scale of heterogeneity.

**Keywords:** 都市のスポンジ化(Urban Spongification), 人口動態(Population Dynamics), 世帯人員(Household Member), 空間解析(Spatial Analysis)

### 1. はじめに

我が国では、戦後の急激な経済成長に伴い、昭和25年以降人口は増加の一途であった。しかし、平成20年をピークに人口が減少傾向に転じている(総務省, 2018, 2020)。将来は、我が国の総人口が令和35年に1億人を割り、令和47年には8,808万人となると推計されている(内閣府, 2020)。一方で、世帯数は人口の変動とは異なり、人口の減少が始まった平成20年以降も増加し続け、1世帯当たり人員では平成12年の2.67人から令和元年には2.21人と、20年間で0.46人減少している。さらに、令和7年には世帯数の減少も見込まれ、現状のままでは公共サービスの質を維持することが難しくなり、さらなる都市の衰退を招く恐れがある。

国土交通省は対応策として、徒歩圏内に都市機能を集約し人口を集積することを目指し「コンパクト・プラス・ネットワーク」といった施策を講じている。小スケールの市街地を形成することで、公共サービスや産業などの維持・向上を期待するものである。

施策を進めるにあたり、中心市街地で空き地や空

き家が無作為に発生する「都市のスポンジ化」が課題となっている。都市のスポンジ化による地域コミュニティの低下や治安・景観の悪化は、人口の集積を妨げる可能性がある。都市構造の変化が進む現在、都市のスポンジ化に対応した中長期的な都市構造のモニタリングが求められる。

広域的な観点では、人口分布の偏りを表現した指標を用いて、市町村単位で人口の集中度についての特性を明らかにした例がみられる(香澤, 2016)。その他、空き地と空き家の視点から都市のスポンジ化の実態を明らかにした例がみられる(氏原, 他, 2016)。これらは地域全体で貴重な情報を得るものであるが、より詳細な地区単位の空間的な特性に関する研究は未だ不十分である。

そこで、著者らは人口や1世帯当たり人員の空間分布に着目し、それぞれの空間的に低密な範囲を統計的に定義、把握する手法を開発してきた(Kumagai et al. 2021, 2022)。1世帯当たり人員の適用により、低密な人口の範囲の広がりをもより詳細に把握することも可能となった。しかし、人口と世帯数の空間特性

\* 学生会員 摂南大学大学院理工学研究科社会開発工学専攻 (Setsunan University)

〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 E-mail : 181048th@gmail.com

\*\* 正会員 摂南大学理工学部都市環境工学科 (Setsunan University)

の比較には至っていない。

本研究では、著者らの手法を応用して世帯数の低密な範囲の把握を試みるとともに、人口分布の適用結果との比較を通じてその特性を明らかにする。さらに土地利用区分制度とそれらの関連性を明らかにすることを目的とする。

## 2. 対象領域および対象データの選定

対象領域として、香川県全域を採用した。香川県では、平成16年に市街化区域・市街化調整区域の線引き廃止が実施されており、その前後で常住人口の変動が大きかったことが知られている。対象データとして、香川県で線引き廃止後の平成17年度、平成27年度の国勢調査・基本単位別集計の人口と世帯数のデータを採用した。配布されたデータはポイント形式で格納されている。本研究では60m×60mのメッシュ単位で格納されたポイントデータの人口と世帯数をそれぞれ合計し、分析に使用した。

## 3. 空間的自己相関分析の応用

### 3.1. 空間的自己相関分析の概要

空間的自己相関分析は、地域内部における個々の局所的なクラスターや地域パターンを探索するために開発された手法である。距離パラメータ $d$ の重み係数 $w_{ij}(d)$ をもつ局所的な空間的自己相関測度 $G_i(d)$ は点 $i$ の $d$ 領域内に位置する点の属性値 $u_j$ の合計値を全地域の点属性値 $u$ の合計値で割った比率で、分布パターンのローカルな空間的相関をはかる非集計的統計量である。 $G_i(d)$ は式(1)で定義される。ただし、 $u_i$ は正の値のみに適用可能である。

$$G_i(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d)u_j}{\sum_j u_j} \quad i \neq j \quad \text{式(1)}$$

式(2)により、 $G_i(d)$ の大小によって半径 $d$ の領域内における人口の多い箇所の集中度を測定することができ、空間分布に存在するクラスターの抽出が可能になる。ただし、 $E[G_i(d)]$ は期待値を、 $V_{ar}[G_i(d)]$ は分散を意味する。

$$z_i(d) = \frac{G_i(d) - E[G_i(d)]}{\sqrt{V_{ar}[G_i(d)]}} \quad \text{式(2)}$$

正に大きい $z_i(d)$ 値は、点 $i$ の半径 $d$ の領域内に位置する点 $j$ の $u_j$ に大きな値が多い状態を意味する。一方、負に大きい $z_i(d)$ 値は、 $u_j$ に小さな値が多い状態を意味する。この式(2)に人口とともに、世帯数も適用することで、それぞれの多い箇所が集中している範囲と少ない範囲が集中している範囲を抽出した。

### 3.2. 異なる距離パラメータでの空間的自己相関分析の適用

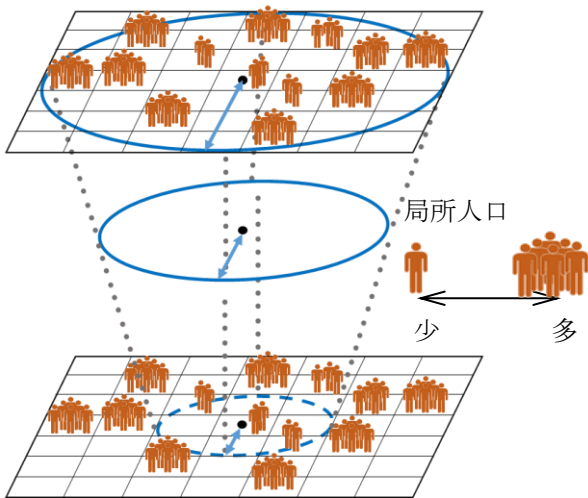
空間的自己相関分析での距離パラメータ $d$ については、徐々に局所範囲を変化させることで様々な空間クラスターが得られることを指摘した例がある(熊谷, 他, 2008)。本研究では、同様に距離パラメータ $d$ の値を変化させながら空間的自己相関分析を実施し、検定統計量 $z_i(d)$ を基に有意水準を10%として「正の空間的自己相関あり」、「空間的自己相関なし」、「負の空間的自己相関あり」の3種類に判別する。

### 3.3. 分析結果に基づいた距離パラメータの決定

判別された範囲を用いて面積比を距離パラメータ $d$ ごとに算出し、隣り合う距離パラメータ $d$ との変化量を得た。本研究では、最小の距離パラメータ $d_{min}(90m)$ から、面積の変化量が収束した距離パラメータまでを空間的自己相関分析の適用範囲とする。収束の条件として距離パラメータ $d$ を変化させた際に、「正の空間的自己相関あり」と判定された範囲と「空間的自己相関なし」と判定された範囲の差分が、ともにウィンドウ処理に生じる未処理の範囲の差分の1%以下となったときに収束したと判断し、その時点での距離パラメータを最大値 $d_{max}$ として扱うこととした。

### 3.4. 人口と世帯数が集積する不確定な範囲の定義

$d_{max}$ で「正の空間的自己相関あり」と判定された地点 $i$ について、図-1のように $d_{max-1}$ ,  $d_{max-2}$ , ... と距離パラメータを下げながら「正の空間的自己相関あり」と判定されたかを段階的に検査していく。このとき、距離パラメータ $d_k$ で「正の空間的自己相関あり」と判定されなくなれば、そのメッシュ $i$ の中心から半径 $d_{max} \sim d_{k+1}$ では高い局所人口が集まっている



○ 「正の空間的相関あり」と判定された  
距離パラメータ  $d_{max}$ ,  $d_{k+n}$  ( $n = 1, 2, \dots$   
,  $max - k - 1$ ) の範囲

○ 「正の空間的相関あり」と判定されなくなった  
距離パラメータ  $d_k$  (=ASP) の範囲

図-1 ASP の概念図

たことを意味するが、半径  $d_k$  以内と限定した場合にはそれが保留される。このときの半径  $d_k$  の範囲内では人口が低密に分布している可能性があり、半径  $d_k$  を ASP (Ambiguity of Spatial scale in a densely Populated area: 高人口集積内空間不確定量) と定義した。また、世帯数も同様に、半径  $d_k$  以内と限定した場合には、高い局所世帯数が集まっていたかは保留される。このときの半径  $d_k$  を ASH (Ambiguity of Spatial scale in higher local Households: 高世帯数内空間不確定量) と定義する。

例えば ASP の狭い地点をみた場合、距離パラメータ  $d_{max}$  から小さい値 ( $d_{k+1}$ ) までの人口の多い地点が集約していると判定されるが、ごく狭い  $d_k$  の範囲内において人口の多い地点が集約しているとはいえない。ASP の広い地点は、少なくとも距離パラメータ  $d_{max}$  のような広域的には人口の多い地点が集約しているとみなせるものの、距離パラメータ  $d_k$  の範囲内からは人口分布に何かしらの違いがあったことを意味する。

ASP と ASH を合わせて分析するにあたって、同地点での距離パラメータが  $n$  および  $m$  のとき、 $ASP_n = ASH_m$  となった場合は、人口と世帯数の低

密な範囲が同様の発現傾向であることが示唆され、人口と世帯数の分布状態に偏りが少ない可能性が考えられる。 $ASP_n > ASH_m$  の場合、世帯数よりも人口の低密な範囲が大きいことを意味し、 $ASH_m$  内よりも  $ASH_m - ASP_n$  の円環内で 1 世帯当たり人員が少ない状態にある可能性が考えられる。 $ASP_n < ASH_m$  の場合、人口よりも世帯数の低密な範囲が大きいことになり、 $ASP_n$  内よりも  $ASH_m - ASP_n$  の円環内で 1 世帯当たり人員が大きい状態にある可能性が考えられる。以上の観点から、人口と世帯数の空間分布の特徴を調査した。

## 4. 分析結果

### 4.1. 人口分布の空間的特徴の把握

図-2 に平成 17 年と平成 27 年の香川県における ASP を示す。ASP の最大値は平成 17 年と平成 27 年でともに 870m ( $ASP_{870}$ ) となった。

図-2 より人口の低密な範囲が狭いことを示す緑色が広範囲に発現していることが確認された。その周辺部では人口の低密な範囲が広いことを示す赤色も

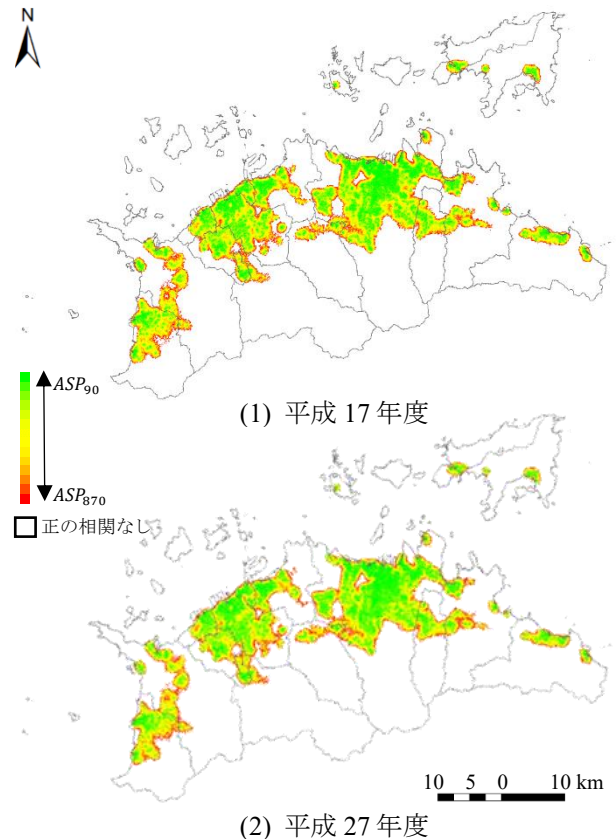


図-2 ASP の分布

確認された。

#### 4.2. 世帯数分布の空間的特徴の把握

図-3 に平成 17 年と平成 27 年の香川県における ASH を示す。ASH の最大値は平成 17 年と平成 27 年でともに 690m(ASH<sub>690</sub>)となり、ASP よりも小さな値を示した。

図-3 より世帯数の低密な範囲が狭いことを示す緑色が広範囲に発現しており、その周辺部では世帯数の低密な範囲が広いことを示す橙色が分布している。

#### 4.3. 人口と世帯数分布の空間的特徴の把握

4.1 節および4.2 節の人口と世帯数の低密な範囲の関連性を図-4 のバブルチャートに集計した。ASP<sub>n</sub> = ASH<sub>m</sub>に該当する地点数は両年度ともに全体の約 75%占めた。多くの地点で人口と世帯数の低密な範囲が等しいことがわかった。次いで地点数の割合が多かったのはASP<sub>n</sub> < ASH<sub>m</sub>で、両年度ともに約 17%を占めた。人口よりも世帯数の低密な範囲が大きいことを示す地点数の割合が多く、ASP<sub>n</sub>内よりも

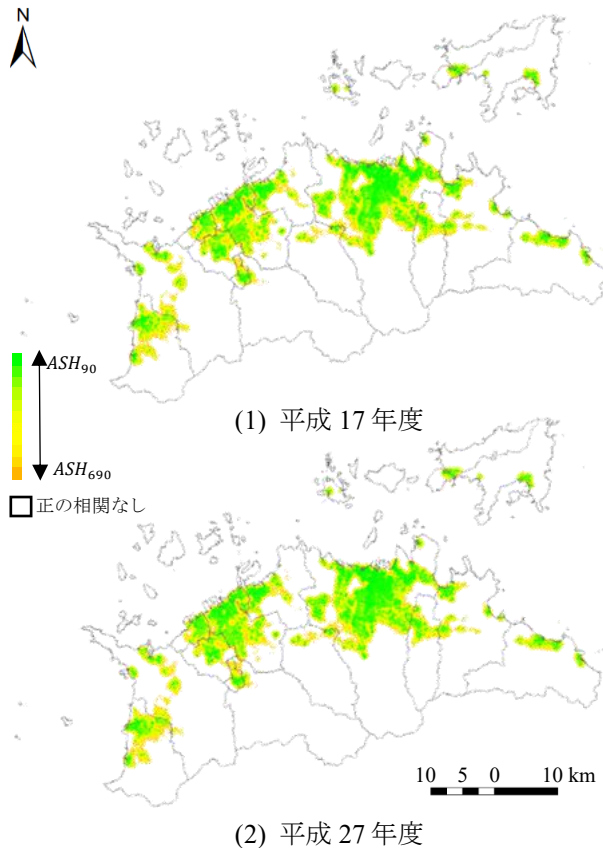


図-3 ASH の分布

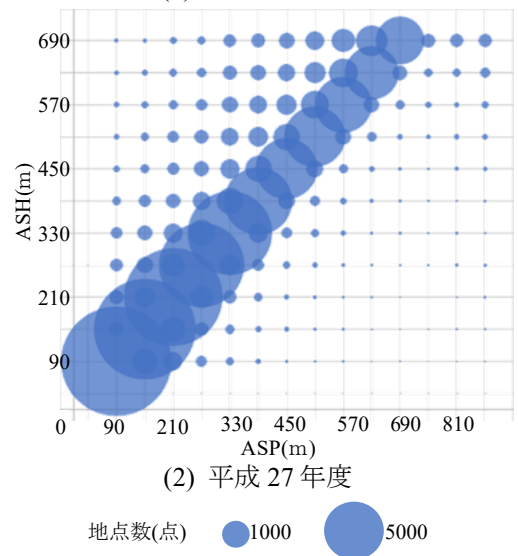
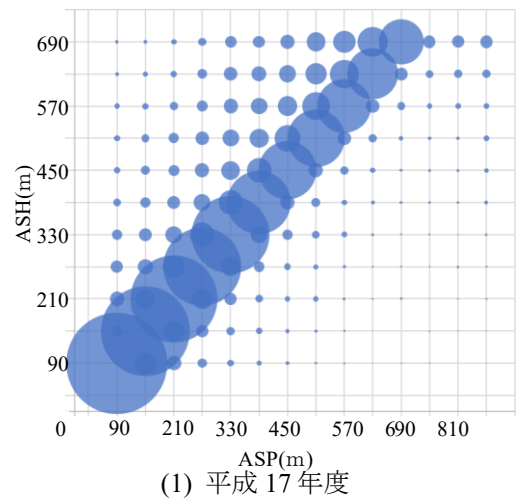


図-4 ASP と ASH の組み合わせごとの地点数

ASH<sub>m</sub> - ASP<sub>n</sub>の円環内で 1 世帯当たり人員が多い可能性のある地点がある程度広がっていることが示唆される。

#### 4.4. 経年変化における人口と世帯数分布の空間的特徴の把握

平成 17 年度から平成 27 年度にかけて、人口と世帯数の低密な範囲がどのように変化しているかを図-5 のバブルチャートに示した。なお、変化の様子を把握するため、図-5 では  $\Delta ASP=0$  かつ  $\Delta ASH=0$  のケース(グラフの原点)の度数は表示していない。また、 $-540(m) < \Delta ASP < 540(m)$ 、 $-540(m) < \Delta ASH < 540(m)$ の範囲絞って表示している。

多くの地点で  $\Delta ASP = \Delta ASH$  を示していることが分かる。非表示とした  $\Delta ASP=0$  かつ  $\Delta ASH=0$  のケー

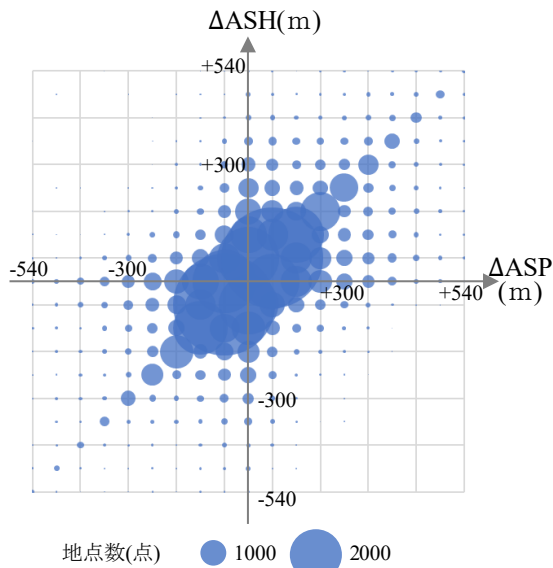


図-5 各 ASP と ASH の経年変化を示す地点数

スが 36.5%，それを含めた $\Delta ASP = \Delta ASH$ のケースが 64.6%であった。このことから、人口と世帯数の低密な範囲が連動して変化していることが示唆される。一方で $\Delta ASP \neq \Delta ASH$ であった地点数の割合は 35.4%であり、人口と世帯数の低密な範囲の変化が異なっていることから、1 世帯当たり人員の増減が発生していたと判断できる。

#### 4.5. 土地利用区分制度における人口と世帯数分布の空間的特徴の把握

香川県は平成 16 年に線引き制度が廃止された。そこで旧市街化区域と旧市街化調整区域における人口と世帯数分布の低密な範囲の広がり方から、それぞれの空間特性を分析する。

図-6 では、4.3 節の平成 17 年度、平成 27 年度における人口と世帯数の低密な範囲の差を中讃後期都市計画区域から高松広域都市計画区域(香川県, 2021)に拡大して、地図上に可視化させた。

図-6 より、両年度ともに広範囲にわたって灰色が確認されたことから同等の人口と世帯数の低密な範囲が発現していることがわかる。旧線引き区域に着目すると旧市街化区域では、局所的に薄い黄色から水色が確認され、人口と世帯数の低密な範囲の違いが小さいことが示唆された。一方で旧市街化調整区域では、両年度ともに広範囲にわたって灰色が確認された。加えて $ASP_n < ASH_m$ を示す濃い黄色から赤

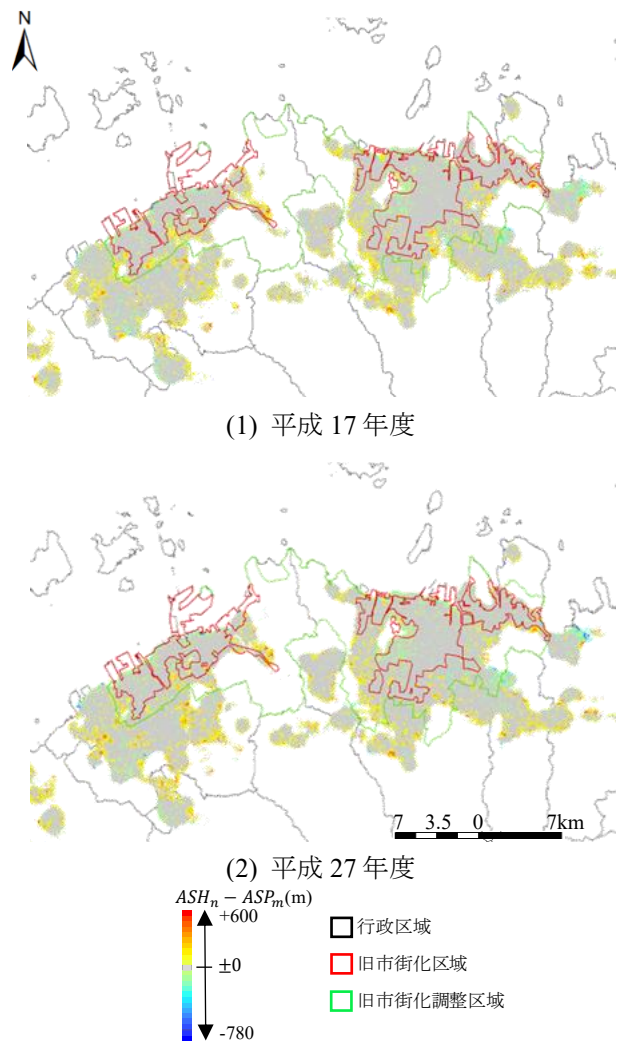


図-6 ASP と ASH の差

色の地点や $ASP_n > ASH_m$ を示す濃い黄緑色から水色といった多様な空間パターンが確認された。旧区域外でも旧市街化調整区域と同様の発現傾向が確認された。ASP と ASH の差が大きい地域は、正の空間的自己相関ありと判定された領域の外縁部で発現しており、山林などの土地利用状態が影響したことで人口と世帯数の低密な範囲の発現傾向が異なった可能性が考えられる。

#### 4.6. 土地利用区分ごとの人口と世帯数分布の空間的特徴の変化

図-7 は、4.4 節の平成 17 年度から平成 27 年度における人口と世帯数の低密な範囲の変動を 4.5 節と同様の地域で地図上に可視化した。凡例では、横軸に ASP の変化、縦軸に ASH の変化とした上で、原点を中心とした色相環を基本とし、原点から離れる



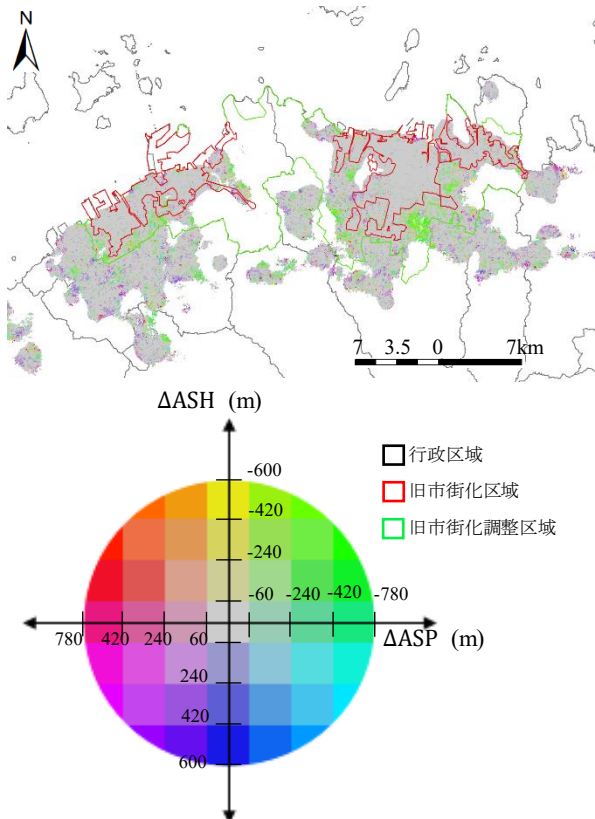


図-7 平成 17 年度から平成 27 年度における ASP と ASH の変動

に連れて彩度を大きくしたカラーチャートで該当箇所を示している。4.5 節では、人口と世帯数の低密な範囲の違いを可視化することにより、空間特性を明らかにしてきた。ここではそれらの経年変化を地図上に可視化することにより、人口と世帯数の低密な範囲がどのような箇所でも拡大・縮小しているのか明らかにする。

図-7 より、旧市街化区域では ASP と ASH の変化量が小さいことを示す灰色が広く分布していることがわかる。人口と世帯数の低密な範囲に大きな変動が生じていない可能性がある。旧市街化調整区域では、図-7 凡例の人口と世帯数の低密な範囲が縮小していたこと示す緑色が広く確認された。旧区域外の市街地では、広範囲で ASP と ASH の変化量が小さいことを示す灰色が広く確認され、人口と世帯数の分布状態に大きな変動がなかったことが示唆された。一方で局所的に図-7 凡例の第 1 象限、第 3 象限といった色のまとまりも確認でき、人口と世帯数の低密な範囲が同様に増減していることが示唆された。人口と世帯数の低密な範囲がともに減少していること

を示す第 1 象限の色のまとまりが確認された地域では、空港跡地の開発や新興住宅地の設備が関連している可能性がある。人口と世帯数の低密な範囲がともに拡大していることを示す第 3 象限では、古い住宅地や駅周辺といったさまざまな場所で発現していることが確認された。

## 5. おわりに

人口と世帯数に空間的自己相関分析を応用させたことで、香川県全体の約 75% の地域で人口と世帯数の低密な範囲は同様の傾向を示すことが確認された。単年における人口と世帯数の低密な範囲を比較することで、地域特性を可視化することができた。経年変化では、線引き廃止後の人口と世帯数の低密な範囲の移り変わりを可視化することができた。旧線引き制度に着目すると、旧市街化区域内では、人口と世帯数の低密な範囲の発現傾向に大きな差はみられなかった。一方で旧市街化調整区域および旧区域外では、局所的に人口と世帯数の低密な範囲にばらつきが大きい地域が多く発現し、市街地の発展または衰退といった現象が発生している可能性が示唆された。

## 参考文献

- 総務省(2018)平成30年版 情報通信白書<<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/pdf/index.html>>
- 総務省(2020)令和2年国政調査 人口等基本集計 結果要約<<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/kekka.html>>
- 内閣府(2020)令和2年版高齢社会白書<[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w2020/html/zenbun/s1\\_1\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w2020/html/zenbun/s1_1_1.html)>
- 国土交通省都市計画局都市計画課(2018)都市スポンジ化対策(低未利用地土地権利設定等促進計画・立地誘導促進施設協定)<[https://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/toshi\\_city\\_plan\\_tk\\_003039.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/toshi_city_plan_tk_003039.html)>
- 浅見泰司, 中川雅之編著:『コンパクトシティを考える』
- 杵澤隆司(2016)コンパクトシティが都市財政に与え

る影響 —標準距離による検証—, 都市住宅学, No .95.

氏原岳人, 阿部宏史, 村田直輝, 鷺尾直紘(2016)地方都市における都市スポンジ化の実証的研究—建物開発・滅失・空き家状況の視点から—, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.72, No.1, pp.62-72.

K.Kumagai and Y.Kameda(2021)Detection of the spatial variations of local populations from the viewpoint of urban structure analysis, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.V-4-2021, pp.177-185.

K.Kumagai, S.Tsukamoto, H.Tokoi, and M.Wada(2022) Spatial variation analysis of local population data and local household-size data for urban management in a declining population, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.V-4-2022, pp.283-291.

熊谷樹一郎, 前田壮亮(2008)事前広域評価支援を目的とした植生分布に関する空間分析方法の開発, 土木学会論文集 F, Vol.64, No.3, pp.237-247.

香川県(2021)高松広域都市計画区域の整備,開発及び保全の方針(高松広域都市計画区域マスタープラン) <<https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/13150/01takwampr0305.pdf>>

香川県(2021)坂出広域都市計画区域の整備,開発及び保全の方針(坂出広域都市計画区域マスタープラン) <<https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/13150/03skdampr0305.pdf>>

香川県(2021)中讃広域都市計画区域の整備,開発及び保全の方針(中讃広域都市計画区域マスタープラン) <<https://www.pref.kagawa.lg.jp/documents/13150/02chuwampr0305.pdf>>