

# 呉市の人口空間分布特性に関する数量的把握 —空間的自己相関分析による試み—

Understanding Characteristics of Distribution of Population in Kure City by Spatial Autocorrelation Analysis

今田寛典

Hirofumi IMADA

## 要約

自動車交通を前提として拡大してきた都市において、急激な少子高齢・人口減少に伴う市域のスポンジ化がさまざまな問題を引き起こしてきている。その一つに、市民生活を支えている公共サービスに対する財政負担がある。持続可能な公共サービス提供には一定の人口集積が求められる。特に、地方都市では早急に検討される課題であり、コンパクトシティや立地適正化が都市計画の主要課題となっている。

そこで、本研究は地方都市における市域内の人口集積の現状を把握することを目的としている。研究目的達成のため、比較的容易に入手できる国勢調査結果および数値地図を基に人口の空間分布を分析した。

キーワード：空間的自己相関 (Spatial autocorrelation), 人口分布 (Distribution of population), モラン統計量 (Moran's I), 空間重み係数 (Spatial weight coefficient)

## はじめに

自動車交通を前提として拡大してきた都市は、今、大きな転換期にある。急激な少子高齢・人口減少により郊外へと拡大してきた市域に空き家、廃業した事務所や店舗等が多数存在する。さらに拡大時に進出してきたショッピングセンターもやがて移転するかもしれない。このように郊外部のスポンジ化が生じてきている。このスポンジ化は郊外部ばかりではなく、都市部においても大きな問題となってきた。中心市街地における商店街のシャッター街は顕著な例であろう。

一定の人口集積によって維持されてきた都市は拡大から縮小への転換が現実的な課題となってきた。生活関連施設、公共施設、住宅等を特定の地域に集約し、公共交通を整備することによって持続可能な市域の発展を目指そうとするものである。都市計画運用指

---

広島文化学園大学大学院 社会情報研究科

Graduate School of Social Information Science, Hiroshima Bunka Gakuen University

針 刈は「住宅用地の人口密度については、土地の高度利用を図るべき区域にあつては、100人/ha以上、その他の区域にあつては80人/ha以上を目標とし、土地利用密度の低い地域であっても60人/ha以上とすることを基本とすることが望ましい。」としている。

そこで、本研究の目的は、コンパクトなまちづくりを推進するにあたって都市域における人口分布の現状を明らかにすることにある。特に、数量的把握法について検討する。

## 1. 人口空間分布の分析法

都市域における人口の空間的分布を視覚的に把握する方法としては、都市域を地区や町丁別に人口や人口密度の多寡を色別に図示する主題図やメッシュデータを基に人口の多寡や密度を色別に図示するメッシュ表示がある。人口の経年変化を主題図やメッシュ上に示すと直感的に人口の空間分布の変化を理解することができる。

しかし、都市域のどの町丁に人口が集積し、稀薄であるかは理解できるが、都市全体での状況は分析者や計画者の主観的な判断とならざるを得ない。数値的な指標があれば、人口分布分析の一つの情報を提供することになる。

王ら（王ほか、2018）は、呉市を事例として市域内の各地区と市中心部（拠点）間の地理的位置と人口動態について分析している。地理的位置として公共交通の所要時間（時間距離）を指標としている。人口増減率を従属変数、地区や町丁と主要交通拠点および市役所本庁間の交通時間を説明変数とした重回帰分析結果に基づいて考察している。しかし、市域において人口集積が認められるかについては解が得られていない。

人口集積について考察する分析法として空間的自己相関分析法がある。空間的自己相関とは、空間データの属性が互いに近い地域・地点同士で似たような値を示す傾向があるか、それともランダムに分布しているかを示す指標である（古谷、2009）。

大下ら（大下ほか、2008）は、埼玉県川口市の町丁別窃盗データを用いて空き巣の空間的な集積性を空間自己回帰モデルにより推定し、そのモデルの有効性を論じている。

内山ら（内山ほか、2011）は、メガシティにおいて人口が空間的にどのように分布しているのかを把握する指標として空間的自己相関係数を算出し、人口分布を分析している。

本研究は、市域内での人口分布を空間的に把握することが目的である。そのため、町丁別人口を基本として、その人口の空間的分布を知ろうとするものである。一般に、人口の多い町丁は隣接して分布している。逆に人口の少ない町丁も隣接して分布している。または、ランダムに分布している場合もある。このように分布している状況を分析する手法として空間的自己相関分析を適用することとした。

## 2. 研究の方法

### (1) 使用した人口の空間分布データ

総務省統計局が提供するメッシュデータは人口関連以外にもさまざまな情報が示されて

いるが、安価ではない。本研究は、予備的研究であり、ホームページ上で公開されている国勢調査結果や国土地理院地図を基に人口分布を空間的に把握することとした。

まず、平成 27 年国勢調査小地域集計結果より町丁・字等別人口<sup>2)</sup>、次に、国土地理院地図<sup>3)</sup>より各町丁・字の緯度経度を計測し、町丁・字の空間分布を明らかにする。

### (2) 空間的自己相関分析

空間的自己相関を計算するためには、空間隣接行列や空間重み付け行列が用いられる。

空間隣接行列は、空間オブジェクト間の隣接関係を表す。空間重み付け行列は、空間オブジェクト間の隣接関係や距離をもとに、「近さ」を表現するための指標である。

空間的自己相関には、グローバルな空間的自己相関を示す Moran's I とローカルな空間的自己相関を示す指標 Local Moran's I がある。Moran's I は n 地区から成る対象地域全体での自己相関を示し、Local Moran's I は局所的な自己相関を示す指標とされている。

本研究では都市域全体での人口分布を把握するため、Moran's I 統計量を採用する。

### (3) Moran の I 統計量

式(1)は Moran's I を示している。ただし、 $x_i$ 、 $x_j$  は町丁 i, j の人口、 $x_m$  は  $x_i$  の平均値、 $w_{ij}$  は空間重み係数、n は町丁の数を示す。空間重み係数  $w_{ij}$  は町丁 i, j 間の距離  $d_{ij}$  の逆数を用いる。すなわち、 $d_{ij}$  が大きくなれば、町丁間の近接性は低くなることを意味する。

$$I = \frac{n}{\sum_{i,j} w_{ij}} \frac{\sum_{i,j} w_{ij} (x_i - x_m)(x_j - x_m)}{\sum_i (x_i - x_m)^2} \quad (1)$$

I は、 $-1.0 \leq I \leq 1.0$  の値となり、負となれば、人口は広い範囲に分布していることを意味し、正となれば人口が比較的集積していることを意味する。

## 3. 結果と考察

### (1) 人口の空間分布の地図上表示

図-1 は呉市の町丁・字等別人口を 5 分類 (● : 750 人以上, ▲ : 500~750 人, ○ : 250~500 人, △ : 100~250 人, × : 100 人以下) して地図上に示している。

500 人以上の町丁は地区 I, II, III に集中している。しかし、これらの 3 地区においても 100 人以下の町丁も多い。一方、人口の少ない町丁は市域全体に分布している。

呉市は人口が集中した 3 地区と市域全体に分布している人口の少ない町丁から成っている。行政サービスの効率性の側面からは人口の集積が望まれるところである。

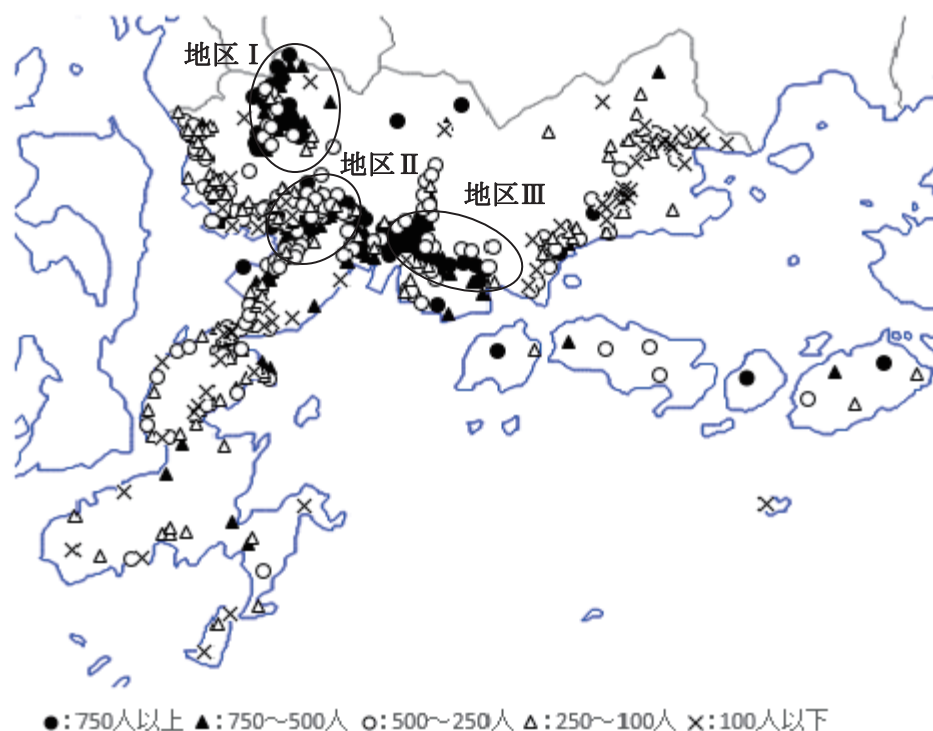


図-1 呉市地図上にプロットした人口分布図

(2) 空間的自己相関係数

表-1 は、図-1 に示した 536 町丁とそれを 18 地区に集計したケースの人口分布について算出した空間的自己相関係数 Moran's I を示している。また、表中には人口密度を基本としたケースの分析結果も示している。これについては後述の (3) で詳細に述べる。

まず、人口の集積については、536 町丁、18 地区別に算出した Moran's I はそれぞれ 0.035、-0.014 と低い値であり、人口そのものから見た集積性は認められない。これは、図-1 に示されるように●、▲で示される人口の多い町丁は、町丁数そのものは多くないが、市域全体に分布している。郊外部においては町丁の面積が中心部に比べ 5 倍、10 倍と非常に広いため、集積度が低いと判断される。また、人口の少ない×の町丁は人口の多い地区内 I、II、III 内にも多数存在し、かつ全域に分布している。Moran's I は、このように町丁の規模に大きな違いがある状況では、人口の集積度を説明できない。

表-1 空間的自己相関係数

分析	町丁数 地区数*	Morans'I	備考
人口	536	0.035	—
	535	0.049	昭和町除去
	18*	-0.014	—
人口密度を反映	536	0.308	—
	535	0.524	昭和町除去
	18*	0.274	—

(3) 人口密度を反映した空間的自己相関

国勢調査では呉市域は、表-2 に示されるように 18 地区に行政区分され、さらに、その地区が町丁に行政区分されている。町丁の総数は 536 である。18 地区については面積、人口が示されているが、各町丁の面積は不明である。

一般に、人口が大きくても面積が広ければ、人口密度は小さく、逆に人口が少なくても面積が狭ければ、人口密度は大きくなる。そこで、人口と人口密度の関係を把握するため、人口密度と人口の双方の絶対値の比率 (%)  $P_i$  (式(2)参照) を求めた。

$$P_i = \frac{i \text{ 地区の人口密度}}{i \text{ 地区の人口}} \times 100 \quad (2)$$

$P_i$  が小さくなれば、人口が他地区より多くても、人口密度は他地区より小さくなる。逆に  $P_i$  が大きくなれば、人口が他地区より少なくても、人口密度は他地区よりも大きくなる。表中の  $P_i$  が 5%以下と 20%以上の地区に網掛けをしている。

地区別に人口と人口密度を比較すると、人口は他地区と比較して少ないが、人口密度で比較すると、他地区より大きくなる地区がある。たとえば、警固屋、宮原、天応等の地区がそうである。逆に、人口は多いが、人口密度が小さい地区は、音戸、倉橋、安浦等の地区がある。このことを図示したものが図-2 である。人口は△であるが、人口密度では▲、

表-2 呉市の地区 (18 地区) 別地理的データと人口関連データ

地区	面積 (km <sup>2</sup> )	人口 (人)	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	人口密度 / 人口*	町丁目数
呉市全域	352.8	228,552	648	28	536
中央	20.07	52,248	2,603	5	107
吉浦	8.12	10,297	1,268	12	32
警固屋	4.2	4,737	1,128	24	18
阿賀	14.57	16,140	1,108	7	28
広	32.73	46,350	1,416	3	75
仁方	10.51	6,351	604	10	11
宮原	3.95	7,309	1,850	25	18
天応	3.95	4,018	1,017	25	15
昭和	27.76	33,237	1,197	4	51
郷原	20.94	5,076	242	5	5
下蒲刈	8.72	1,463	168	12	2
川尻	16.85	8,372	497	6	32
音戸	18.75	11,643	621	5	50
倉橋	54.46	5,391	99	2	23
蒲刈	18.98	1,662	88	5	4
安浦	63.54	10,861	171	2	58
豊浜	11.68	1,489	127	9	3
豊	14.08	1,908	136	7	4

\* 人口に対する人口密度(絶対値)の割合(%)

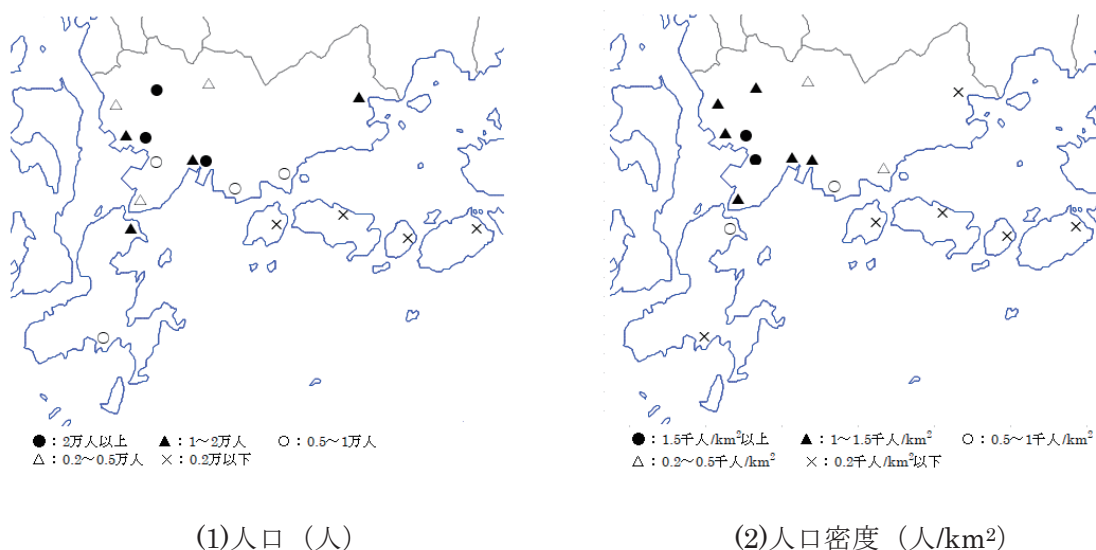


図-2 人口と人口密度の地区別比較

○が●といったように大きく変化している。逆の場合は▲が×，○が×といったように変化している。

そこで、人口ではなく、人口密度による空間的自己相関分析を行い、比較分析する。その結果、表-1 に示される人口密度を用いた 18 地区の Moran's I は 0.274 であり、人口の場合の-0.014 より大きな値となった。すなわち人口密度を基にして地区別に分析すると、人口集積の傾向が認められる。

町丁に関しては、人口は公開されているが、面積は公開されていない。そこで、地区別の人口密度を町丁に反映することとした。

人口密度が最大の中央地区の人口密度を 1.0 とし、地区 i の人口密度比  $R_i$  を求め、人口密度を反映した人口  $z_i$  を算出した (式(3)参照)。

$$z_i = R_i \times x_i \tag{3}$$

この  $z_i$  による Moran's I が 0.308 (表-1) である。人口による Moran's I の 0.035 よりも大きな数値が得られた。

町丁の人口集積度は、町丁の面積に左右される。たとえば、人口が同一であっても、面積が大きく異なれば、人口の集積度は大きく異なる。図 3 は市中心部から各町丁までの距離とその人口をプロットし、人口の分布状況を示している。図-4 は人口ではなく人口密度を反映した  $z_i$  の分布である。なお、市中心部は呉市役所本庁としている。

図-3 によると 4~10km の範囲には人口が 1,000 人以上の町丁が分布しているが、大部分の町丁の人口は 1,000 人以下である。この傾向は 10~30km の範囲も同様となっている。人口の集積度は小さく、市域全体に分布している。このことが Moran's I が小さい結果となって表れている。



一方、図-4 によると中心部から 8km 程度の範囲には人口密度を反映した人口  $z_i$  の集積が認められる。8km を超えると人口  $z_i$  はほぼ平坦で、かつ小さい値である。このことが、Moran's I が 0.308 であることに表れていると考える。しかし、強い集積性が認められるわけではない。

しかしながら、図-3, 4 に示されるように昭和町の人口が他の町丁より突出して多い。昭和町は海上自衛隊呉基地の所在地であり、隊員が居住している。国勢調査では、艦船が隊員の住居とされており、特異な町丁である。そこで、この昭和町を除去した 535 町丁（表-2 参照）による空間的自己相関係数 I を算出した。人口による I は 536 町丁と 535 町丁間に差はないが、人口密度を反映した人口 ( $z$ ) による I は 0.308 から 0.524 へと大きく増加した。呉市の人口集積は市中心部から 8km 程度の範囲に認められる。8km を超えると人口  $z$  の希薄な町丁が広がる。

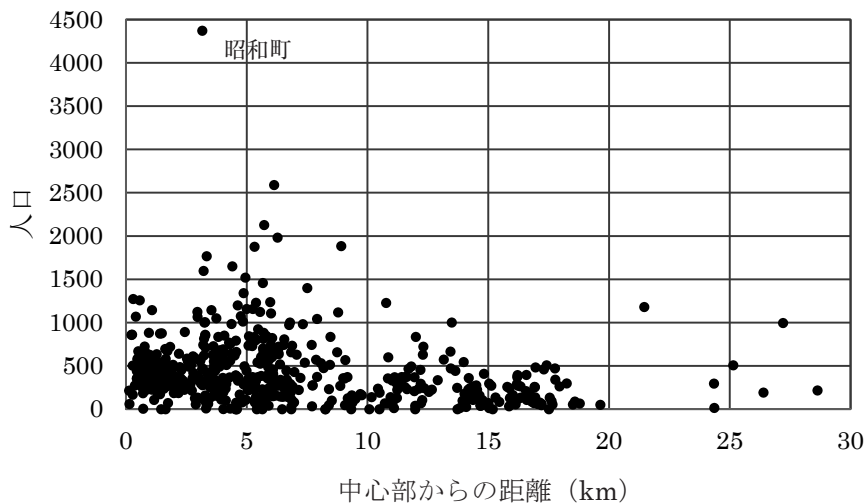


図-3 市中心部からの距離と町丁別人口

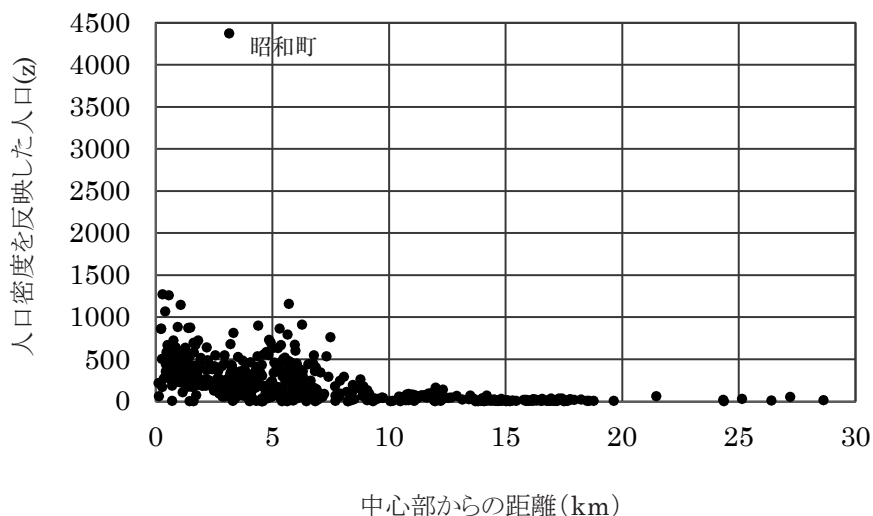


図-4 市中心部からの距離と人口密度

#### 4. まとめ

本研究は、呉市をケーススタディとして市域における人口の空間的分布を数値的に把握する空間的自己相関分析の適用性について検討した。得られた主要な知見を以下に示す。

(1) 人口の多い町丁は中央地区、昭和地区、広地区に集中していると同時に郊外部にも存在する。それらは、2005年3月の合併により呉市が拡大した地域に位置する。合併時までは地区行政の中心地であった町丁である。

(2) 人口に基づいた空間的自己相関係数 Moran's I は小さい値であった。人口データそのものによる人口の空間分布を明確に把握することは困難である。これは、町丁の地理的規模が Moran's I に考慮されていないことが一因であると考えられる。

(3) そこで、人口密度を考慮した人口により算出した Moran's I は 0.3 強となり、呉市の現状を十分に説明できていると考える。さらに、特異な町丁を除去した場合の Moran's I は 0.5 強であり、集積性は比較的高い。

一方、市中心部から離れた人口の希薄な町丁のコンパクト化、立地適正化をどう考えるかは今後の課題である。また、厳密な人口密度による Moran's I の算出が望まれる。今後各町丁の面積を計測して詳細な人口密度、さらにメッシュデータによる Moran's I の算出と考察が求められる。このことは今後の課題である。

#### 参考資料

- 1) 国土交通省 (2018), 第 10 版都市計画運用指針, pp.23~24.  
<<http://www.mlit.go.jp/common/001261808.pdf>>, 2018.11.24 参照
- 2) 総務省 (2015), 平成 27 年国勢調査小地域集計結果,  
<<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/kekka.html>>, 2018.10.15 参照
- 3) 国土地理院 (2018), 国土地理院地図 <<https://maps.gsi.go.jp/>>, 2018.10.2 参照
- 4) 呉市 (2017), 呉市統計書平成 29 年度版, p.1.

#### 参考文献

- 王宇, 今田寛典 (2017), 地方都市の市域と町丁における人口動態に関する一考察, 広島文化学園大学ネットワーク社会研究センター研究年報, Vol.13, No.1, pp.43~54.
- 大下祐樹, 垂水共之 (2008), 川口市犯罪データの空間分析, 岡山大学環境理工学部研究報告, Vol.13, No.1, pp.17-22.
- 内山愉太, 岡部明子 (2011), 人口分布特性によるメガシティの類型化に関する研究—35 都市の類型化を通して—, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.883~888.
- 古谷知之 (2009), [連載] フリーソフトによるデータ解析・マイニング第 74 回空間の統計学 (2) 空間的自己相関, ESTRELA 2009 年 9 月 (No.186), pp48~53.