

オケーショナル・ペーパー No.125

大正時代におけるドーナツツ化現象の表現手法

2023年3月

法政大学

日本統計研究所

オケージョナル・ペーパー No.125

大正時代におけるドーナッツ化現象の表現手法

2023年3月

法政大学

日本統計研究所

大正時代におけるドーナツ化現象の表現手法

坂本憲昭

1. はじめに

第1回（大正9年、1920年）及び第2回（大正14年、1925年）国勢調査の結果から東京市における居住人口のドーナツ化現象があきらかにされており、要因のひとつに大正12年（1923年）の関東大震災が契機ともいわれている。一方、それ以前からすでに都心から郊外に人口移動が始まっているとの指摘もある。これらの詳細については本稿付録を参照されたい。

ドーナツ化現象に関する研究では、人口調査結果を用いるために市区町村区分や人口メッシュを人口増減率で塗りつぶした視覚的な表現が多い。そのため、時代とともに変わる市区町村区分や異なる地域の比較、人口動態に影響する鉄道路線を考察するためには不十分な場合がある。そこで、本稿の目的をドーナツ化現象の視覚的表現ではなく汎用的な表現、かつ、数値表現の提案とし、ドーナツの中心点とその大きさ、人口増加率が高い方角を明らかにする。具体的に経緯度情報を用いて、かつ、ドーナツは円形であるが楕円で表現する。これは、地球表面を考慮した距離ではなく扱いを簡単にするため経緯度をそのままXY平面で処理するためである。さらに、ドーナツ化現象を簡便に数値表示するためExcelの関数を使用する。

2. 従来研究

(1) ドーナツ化現象による影響

最初に、ドーナツ化現象が都市計画や都市運営などに及ぼす悪影響の例として、インフラ整備に関する2例を指摘しておく。浅妻(2022)は、ドーナツ化現象により、居住地が拡散することで都市全体の活力低下や魅力喪失が起ること、自動車を使えない人にとって生活しにくい街になること、住民サービスのコストが増大し財政危機を招くこと、などの危惧をあげている。解決の事業として交通インフラである路面電車ネットワークの拡充を示し、その分析研究である。藤原(1981)はドーナツ化現象の中での下水道整備について問題点を示しており、人口集中地区から周辺部の開発地域への人口移動により、それまで既成市街地に進めてきた下水道整備計画に周辺部は該当しないため、移住する住民は下水道未整備の土地を購入することになると述べる。そこで、周辺部の整備計画の優先順位をあげるべきであるが、今後も更にドーナツ化現象が進むか、市街地再開発や土地の高度利用（建物の高層化）により人口が戻るかをしばらく見定める必要があり、施策決定の難しさを指摘する。この都心回帰は現実性があり、小坂(1980)はドーナツ化現象の弊害として、職住遠隔化を引き起こし交通難の長距離化・長時間化をもたらすほか、都心部の夜間人口の過疎化と高齢化が起ることを指摘してから、マンションの立地等による人口の都心へのUターン現象もあらわれてきていると述べる。後者については浜岡(2009)も同様な研究である。都市部の再開発が進み、マンション建設やミニ開発による木造3階建て住宅建設が増加し、子育て世代にも手の届く価格で供給されたことから若い世代を含む多くの人口が都心に回帰して都心部の人口減と高齢化に歯止めがかかったことを示している。

(2) ドーナツ化現象の表現方法

市区町村が調査した住民の増減に基づくため、地図上に行政区分で線引きした地域の人口増減率による色分け（たとえば、市南(2000)）や、同データをなんらかの手法で地域メッシュの区分で表現する研究（たとえば、長谷川、築瀬(1983)、小川(2011)、草野(2015)）が多い。さらに具体的に紹介すると、天野ら(1984)は、大阪都市圏の168市区町村を39個のゾーンに分けて、人口の増加を○、減少を●で、かつ、その増加減値の大きさに比例して円の大きさを変えて表現する。そして、各ゾーンの転入率と転出率の差の分布を地図上に図示する。いずれも人口の増減率は定量的な数値であるが、ドーナツ化現象は視覚的表現となる。

(3) ドーナツ化現象の定量的表現手法

ドーナツ化現象の数理モデルに関する研究を紹介する。なお、式の詳細は文献を参照されたい。田口(1976)は、Colin Clarkの法則の修正モデルを提案し、人口密度の動向（都市への人口集中度の指標と都市の地理的拡大化の指標）を統一形式（都市人口密度の距離法則とその時間

的変動)で把握する試みである。人口動態モデルで基盤となる Colin Clark の法則を紹介する(舘(1962),舘(1963))。

$$y = Ae^{-bx} \quad (1)$$

A は都心における人口密度などの基準値, 人口密度 y の対数を距離 x で最小二乗回帰して係数 b (密度勾配のパラメータ) を決定する。この式は適用範囲が 200[km]まで, さらに都心からの距離法則が鮮明に認められる範囲が 50[km]と紹介されている。このほか, この関係式に都市の人口吸引力パラメータ p を導入し,

$$y = \frac{p}{\theta} x^{p-1} e^{-\frac{x^p}{\theta}}, \quad 0 < x < \infty, \quad \theta = \frac{1}{k} > 0, \quad p > 0 \quad (2)$$

Newton 法により p を求めると, $p = 1$ のとき指数分布, $p < 1$ では都心の集中, $p > 1$ の場合ドーナツ状態を示す。行松ら(2005)は人口動態モデルを提案し, 引用すると, “人は何らかの魅力に対して反応し移動するという仮定の下, 大腸菌の数理モデル(川崎ほか(1995))を人口問題に応用し, 過密化, 過疎化といった人口問題特有のふるまいを反応拡散系で表現する”。このモデルをもとに横塚, 田畑(2019)は, 時刻, 位置, 年齢, 夫婦歴を引数とした人口密度関数, 社会的要因(地価のように時間と場所に依存する魅力), 地理的要因(時間には依存せず, たとえば平地などの場所のみに依存する魅力)の要素を用いた両性人口動態モデルの支配方程式を定式化する。この数値シミュレーションで千代田区を原点とした東京 23 区の待機児童数の分布状態とその将来を予測して, 都市中心・近郊・郊外の 3 ブロックに分けて考察する。本稿目的に照らし合わせると, 千代田区を中心にして距離に応じた地域の魅力指数が得られる可能性がある。李捷(2001)は Colin Clark の法則は“都心は外生的に決められた一点で, 都心からの距離によって人口密度が通減していることを前提としている”ため, 空洞化現象を考えてより人口密度データに弾力的に対応できるモデルが必要とし, B.E.Newling(1969)のモデルを紹介する。

$$y(x) = y_0 e^{(\gamma x + \beta x^2)}, \quad \gamma > 0, \quad \beta < 0 \quad (3)$$

さらにこの関係式について, “人口密度分布がかなり特殊な形になっている場合にしか都心部の空洞化として認識できない。さらに, 郊外化現象にともない郊外地域の人口密度が増加する場合の密度分布に対しては, 適用できないという欠点が存在する”と指摘し, Cubic Spline 関数の適用を提案する。 x_0 は都心に最も近いサンプルの都心までの距離であり, 方角ごとに 6 つのパラメータ $a_1, b_1, c_1, d_1, d_2, d_3$ を求める必要がある。

$$\begin{aligned} y(x) &= a_1 + b_1(x - x_0) + c_1(x - x_0)^2 + d_1(x - x_0)^3 + (d_2 - d_1)(x - x_1)^3 U_1^* \\ &\quad + (d_3 - d_2)(x - x_2)^3 U_2^* \\ y(x)^{x_0} &= a_1 + b_1(x - x_0) + c_1(x - x_0)^2 + d_1(x - x_0)^3 \\ y(x) &= D(x)^{x_0} + (d_2 - d_1)(\Delta x)^3 + (d_3 - d_2)(\Delta x)^3 \end{aligned}$$

堀内, 栗田(2019)は, 人口分布推移問題を微分方程式モデルで記述して丹念に考察し, そのパラメータと均衡解の関係を明らかにするとともにドーナツ化現象を表現した人口分布の曲線を得ている。ただし, 都市から直線状に広がる地域を前提とする。近藤ら(2021)は, 人口密度関数により地域メッシュ間の比較と市街化区域を同定する。重回帰分析のように 4 つのパラメータを求めることになり, 特筆すべきこととして地価公示の最高地点を都市の中心と定義する。

$$Y_i = \beta_0 + \delta_i + \beta_1 X_i + \beta_2 (X_i D_i)$$

Y_i i 地点におけるメッシュ人口

X_i i 地点のメッシュ中心から都市中心までの距離

D_i 市街化区域ダミー変数(市街化区域 $D_i = 1$, 市街化区域外 $D_i = 0$)

これまでに紹介した研究を総括すると, Colin Clark の法則を基盤として付加価値や新たな効用を導入した数理モデルの確立及びそのパラメータの探索であり, 異なる地域(たとえば, 東京に対する大阪や京都など)のドーナツ化現象を比較する際や, 経過を把握して施策を検討(たとえば, 都心回帰を前提または想定したインフラ整備)するためには, 関係式であるから

パラメータに意味を見出すことは難しく、多項式のような非線形グラフの形状を比較することになる。また、解を得るためにある程度のデータ数と最適化アルゴリズムを駆使する必要がある。そして、中心地の設定によっては得られるパラメータの値が異なることが予想される。

3. 対象データ及び従来モデルの考察

本稿で用いるデータを説明する。人口増減率は第1回（大正9年）及び第2回（大正14年）国勢調査による東京市の区町村（99か所）の人口調査結果、位置情報は当時の区町村役場を国土交通省による経緯度情報から取得、当時の駅位置は現在の駅のGoogleマップから得る。それらのデータの一部を表1に示す。抜粋したデータであるが、都心の東京市の区では人口が減少し、付録に理由を述べている荏原郡（荏原町・碑衾町）、豊多摩郡（杉並町）、北豊島郡（尾久町）の3地域で激増していることがわかる。

前章に示したモデル式(1),(2),(3)における最適パラメータを得た結果をそれぞれ図1,2,3に示す。横軸の実値（人口増減率）は表1の人口増減率[%]、縦軸の値がパラメータを探索した後のモデルによる算出結果である。モデルの精度が良好で相関があれば図上のマーカーは斜線直線傾向にプロットされるはずであるが、そのような結果は見られない。都心からの距離が50[km]以内（前章下線部参照）で関東大震災が発震した1923年（大正12年）を鑑みて前章に紹介した1960年代の研究においても距離だけでは人口増減の再現が困難であることを示している。

表1 人口増減率（99か所から一部抜粋）

	人口増減率[%]	東京市庁からの距離[Km]
東京市	麹町区	85.82
	神田区	84.56
	日本橋区	83.06
荏原郡	目黒町	250.18
	世田谷町	291.62
	松沢村	272.48
	荏原町	847.88
	碑衾町	423.35
豊多摩郡	中野町	278.68
	和田堀町	298.52
	杉並町	650.00
	井荻町	248.66
	渋谷町	122.55
北豊島郡	三河島町	274.87
	南千住町	107.95
	尾久町	631.14
	王子町	156.60
	岩淵町	155.05

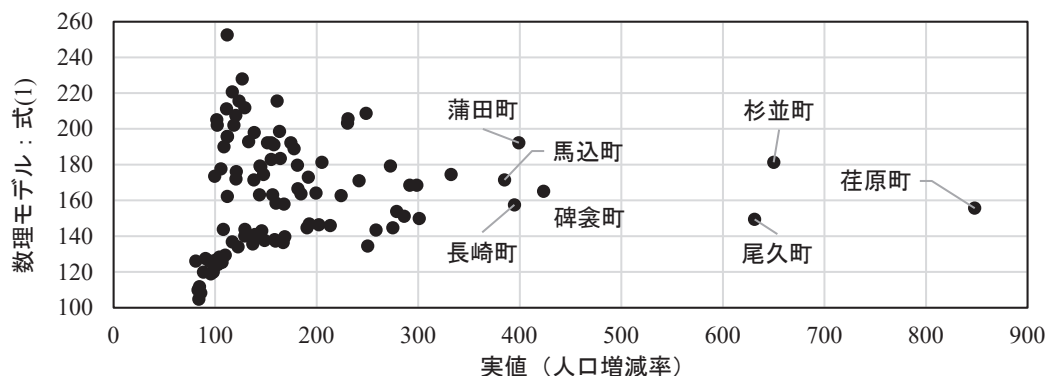


図1 モデル式(1)による再現性（パラメータ： $A = 80$, $b = 0.1$ ）

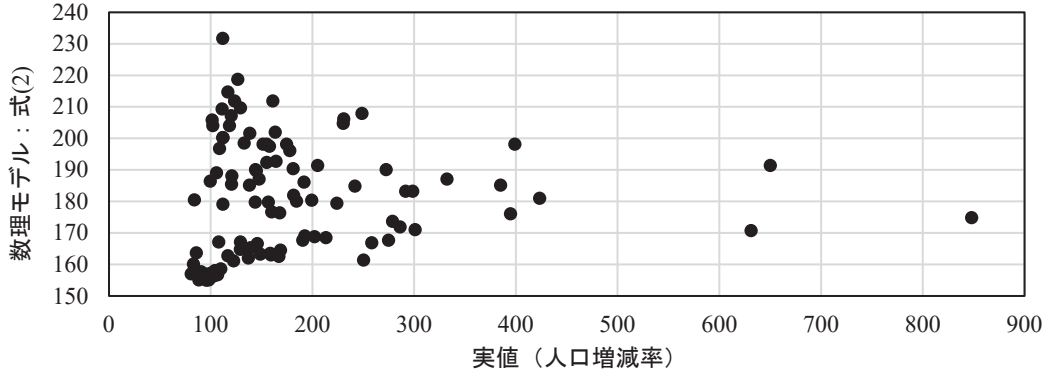


図2 モデル式(2)による再現性（パラメータ： $p = 0.33$, $\theta = 0.73$ ）

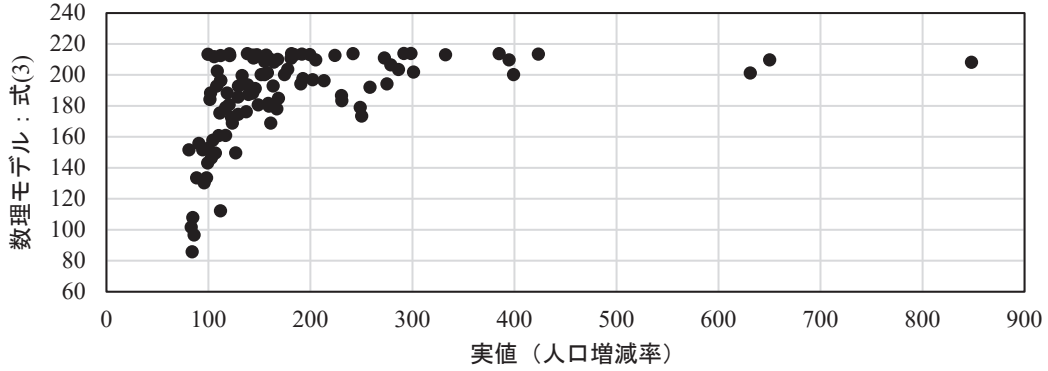


図3 モデル式(3)による再現性（パラメータ： $D_0 = 0.71$, $\gamma = 0.21$, $\beta = -0.01$ ）

4. 提案するドーナツ化現象の表現（アルゴリズム）

前章のモデルによる表現の課題は、関係式であること、パラメータを探索する必要があること、中心地の定義または知見がないこと、また、一部の研究では方角に関する表現がないこと、本稿のデータでは再現性が悪いことがあげられる。これらの課題解決のために、簡易な手法として単純にアルゴリズムによる実データの分析を試みる。この手法の特徴は最適な楕円型ドーナツの中心と楕円角度の取得である。

4.1 定義

各区町村の人口増減率を T とし、 $\tilde{T}$ は T の部分集合の中央値を表す。平均値を使わない理由は顕著に大きい T の影響を回避するためである。楕円を e で表記し、簡便に示すため長軸と短軸について同じ記号と同じ設定を用いる。楕円の中心を点 e_0 で与え、その楕円の軸長さの $1/2$ を e_1 とする。さらに等間隔 e_k で徐々に大きい楕円を与え、その各軸長さの $1/2$ を $e_2, e_3, e_4, \dots$ とすれば、

$$e_k = e_2 - e_1 = e_3 - e_2 = e_4 - e_3 = \dots$$

そして、すべての楕円に同じ主軸の角度 θ_e ($0 \leq \theta_e < 90 [deg]$) を与える。以下、自明な場合に限り $[deg]$ を略す。

中心 e_0 からもっとも小さい楕円 e_1 （線上を含む）の領域を楕円ゾーン e_{z1} として、その領域に含まれる T の集合を T_{e1} 、 e_1 （線上を含まず）から e_2 （線上を含む）の領域 e_{z2} にある T の集合を T_{e2} 、以下同じで表す。

$$T_{e1} \subset \{e_{z1} | [e_0, e_1]\}, T_{e2} \subset \{e_{z2} | (e_1, e_2]\}, T_{e3} \subset \{e_{z3} | (e_2, e_3]\}, \dots$$

そして、

$$\max\{\tilde{T}_{b1}, \tilde{T}_{b2}, \tilde{T}_{b3}, \dots\} \quad (4)$$

となる e_1 と θ_e を求める。この中央値が最大となる楕円ゾーンを e_{zmax} と定義する。

次に方角における人口増加率を見る。ドーナツ化現象といえども影響が大きいと考える鉄道の開業状況から、増加率が高い楕円ゾーン (e_{zmax}) で全周方向に偏りなく人口が増加しているとは考えにくい。そこで e_0 を中心とした円周方向を等間隔に 4 分割して、 e_{zmax} の中央値が最も大きくなる 4 分割の角度を求める。真南を $0 [deg]$ として時計方向に θ_0 ($0 \leq \theta_0 < 90$) を与えて、その角度から $90 [deg]$ ごとに 4 分割する。各角度間を $d\theta_1, d\theta_2, d\theta_3, d\theta_4$ とする。

$$d\theta_1 : \theta_0 \leq d\theta_1 < \theta_0 + 90$$

$$d\theta_2 : \theta_0 + 90 \leq d\theta_2 < \theta_0 + 180$$

$$d\theta_3 : \theta_0 + 180 \leq d\theta_3 < \theta_0 + 270$$

$$d\theta_4 : \theta_0 + 270 \leq d\theta_4 < 360, \quad 0 \leq d\theta_4 < \theta_0$$

そして、

$$\max \left\{ \tilde{T} \subset (e_{zmax} \cup d\theta_j (j = 1 \sim 4)) \right\} \quad (5)$$

となる θ_0 を求める。以上をまとめると、楕円の中心 e_0 を検討しつつ、(4),(5)となる e_1 (最小楕円の大きさ)、 θ_0 (楕円の角度)、と θ_e (中央値が大きい方角) を求める。

4.2 分析結果

(1) 楕円の中心 e_0

検討する中心地 (中心 e_0) として、東京市庁・皇居 (行政的)、日本橋 (商業的)、日本経緯度原点・各鉄道始発駅を中心・国立競技場 (地理的) を取り上げ、さらに実データから求めた中心地の探索結果も含めて表 2(A),(B) および図 4 に示す。各鉄道始発駅 (図 4 に駅名を示す) の中心「始発駅中心」は、大正 14 年当時の東西 (新宿駅、亀戸駅)、南北 (池袋駅、目黒駅) の中心である。図 5 に T の分布を示す (横軸の区町村名は紙幅の制約で省略)。図 4 の町名は図 5 のなかで突出して人口増加率の高い 3 町である「3 町中心」。表 2(A),(B) の「探索」は、前述の 4 駅に囲まれた範囲を約 1[km] 刻み (経度 0.0025, 緯度 0.005) で (4) の最大値を得た点である。

(2) 等間隔 e_k

$e_k \div 5[km]$ (経度 0.05, 緯度 0.04) とする。

(3) 探索項目 e_1, θ_e, θ_0

e_1 は約 1[km] 刻み、 θ_e, θ_0 は $10[deg]$ 刻みとして探索する。

以上の分析結果を図 6(A),(B),(C) に示す。図 6(A) から探索を除くいずれの中心地であっても、山型の傾向がありドーナツ化現象を示した。山の頂上となる楕円ゾーンが e_{z3} (e_{zmax}) である。図 6(B),(C) は同じ変動係数の表現を変えているが、始発駅中心・3 町中心・探索において、ばらつきが顕著な楕円ゾーンがあるほかは特徴がないといえよう。探索については、図 4 (探索結果) に示すように人口増減率が高い地域に引き寄せられる結果を生じる。一方、楕円ゾーン e_{z3} についてはいずれの中心地によってもばらつきが同等を示しており (図 6(C) 参照)、一様で偏りがない人口増減率が高い地域を含んでいるといえよう。

これらの結果および考察から、楕円ゾーンの定義と中央値を用いることでドーナツ化現象を確認するとともに距離と方角を含めた数値表現を提案した。中心地については、知見を得ることができず、ただし、探索は採用できないことを示した。図 4 に示した中心地の位置を近さでまとめれば「東京市庁・日本橋・東京駅・始発駅中心・皇居」、「国立競技場・3 町中心」、「日本経緯度原点」の 3 つとも言えるが位置的な関係に過ぎない。付録に示した「皇居の位置は地理的にも東京の中心に移行する」という考え方から、位置が変わる可能性がある東京市庁、始発駅中心、国立競技場、3 町中心、探索を除外し、地理的に不変な位置 (日本経緯度原点、東京駅及び日本橋 (ただし、都内の東寄りである)、皇居 (ただし、皇居内のどの位置にするか検討の余地がある)) を中心地として楕円の形をいびつにする表現もあり得る。

本章の結論の数値を表 3 に示す。中心地として前述の考えから日本経緯度原点を採用し、表 3 の数値は各楕円ゾーンの外周の主軸 (長軸・短軸) 経緯度、フォントの太字下線間 (e_{z2} と e_{z3}

の間) が人口増加率の最も大きい楕円ゾーン (e_{zmax}) であり, 角度は真南を $0[deg]$ として時計方向に $\theta_0 = 20[deg]$, $\theta_e = 10[deg]$ を得た。

表 2 (A) 中心地を変更した場合 各楕円ゾーンの中央値と楕円角度

	日本橋	日本経緯度原点	東京市庁	皇居	国立競技場	始発駅中心	3 町中心	探索
e_1 経度	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.01	0.01
e_1 緯度	0.024	0.016	0.024	0.016	0.032	0.024	0.008	0.008
e_{z1}	84.25	98.09	84.25	85.19	108.37	84.25	106.77	250.18
e_{z2}	116.80	113.38	113.38	104.17	192.56	119.68	119.68	159.90
e_{z3}	181.46	192.11	195.94	202.15	159.90	191.66	181.02	159.32
e_{z4}	157.74	145.75	155.05	138.45	129.45	138.45	155.05	160.99
e_{z5}	124.99	112.08	119.16	136.37	132.86	111.74	129.19	141.06
e_{z6}								129.19
θ_0	30	20	30	30	40	30	20	0
θ_e	0	10	0	0	0	0	0	0

表 2 (B) 中心地を変更した場合 各楕円ゾーンの変動係数

変動係数	日本橋	日本経緯度原点	東京市庁	皇居	国立競技場	始発駅中心	3 町中心	探索
e_{z1}	0.50	0.58	0.50	0.71	0.49	0.50	1.00	1.00
e_{z2}	0.42	0.47	0.35	0.40	0.74	0.40	0.56	0.83
e_{z3}	0.69	0.67	0.62	0.64	0.55	0.66	0.78	0.67
e_{z4}	0.60	0.34	0.64	0.46	0.47	0.44	0.43	0.64
e_{z5}	0.51	0.38	0.71	0.72	0.64	1.00	0.39	0.36
e_{z6}								0.39

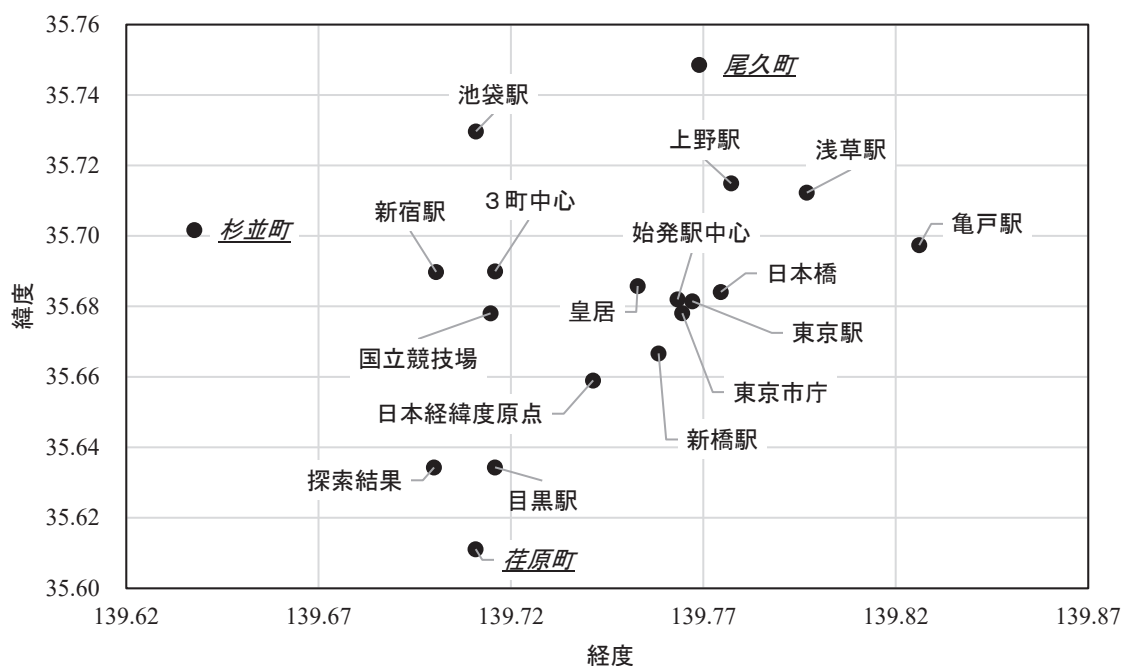


図 4 中心地の検討

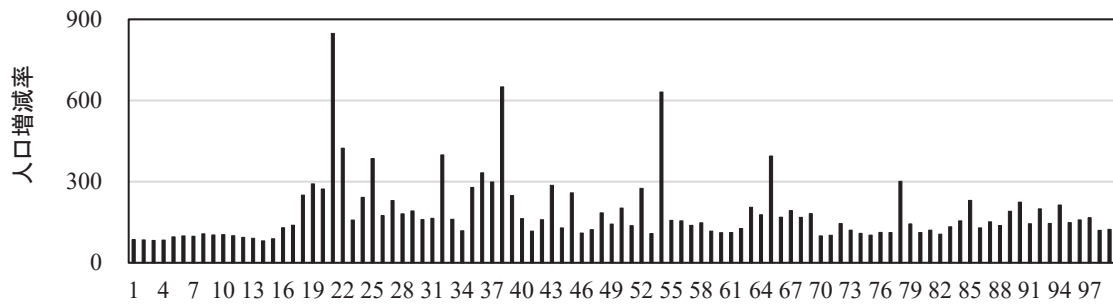


図 5 区町村 99 か所の人口増減率[%]

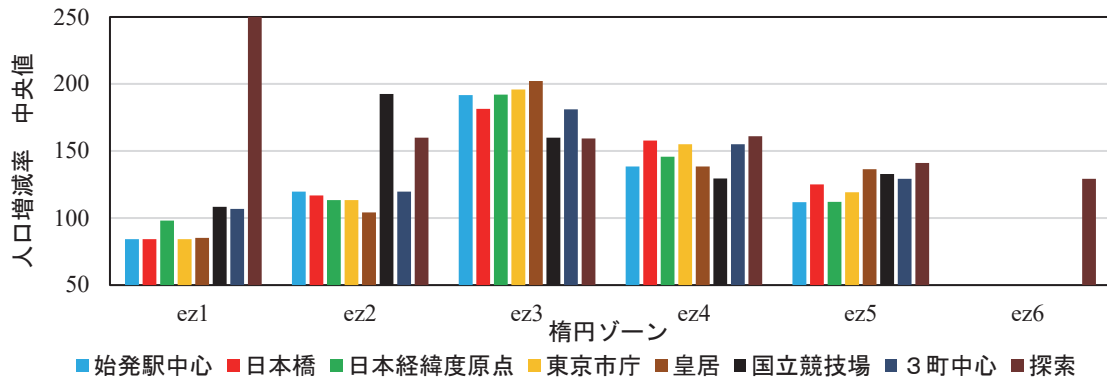


図 6(A) 中心地の検討

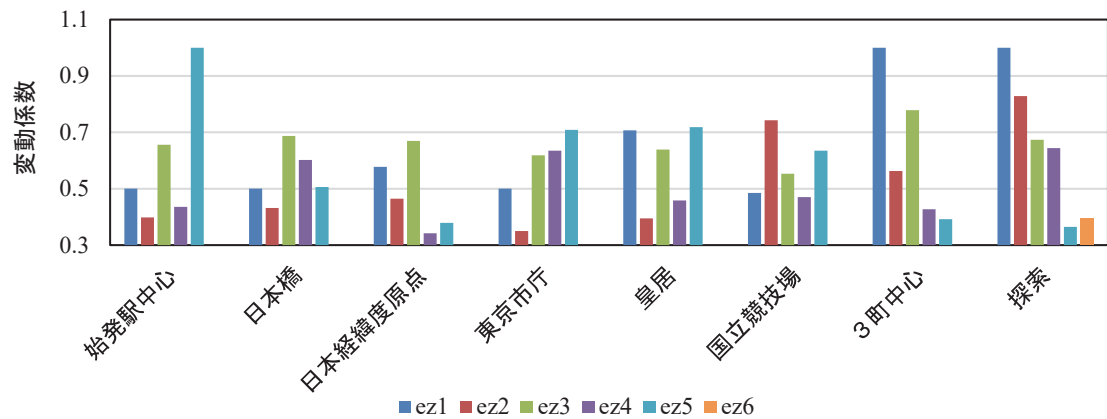


図 6(B) 中心地の検討

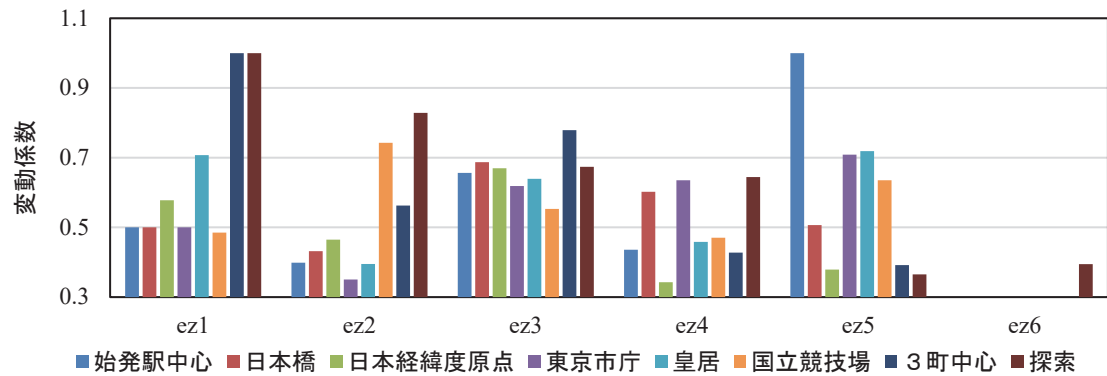


図 6(C) 中心地の検討

表3 アルゴリズムによるドーナツ化現象取得結果

	経度	緯度	楕円ゾーン
中心 e_0	139.7413	35.65898	
e_1	139.7613	35.67498	e_{z1}
e_2	139.8313	35.73098	e_{z2}
e_3	139.8813	35.77098	$e_{z3} : e_{zmax}$
e_4	139.9313	35.81098	e_{z4}
e_5	139.9813	35.85098	e_{z5}

中心地（中心 e_0 ）日本経緯度原点, $\theta_0 = 20[deg]$, $\theta_e = 10[deg]$

5. ドーナツ化現象の表現モデル（正規分布）

あらためて、中心から離れた円周上のあるゾーンに特に人口が増加している地域があるのがドーナツ化現象であり、方角を無視すれば距離に応じた人口増減率の山型の形状が見られるはずである。これを正規分布とみなしてドーナツ化現象を定量化して表現するのが本章の目的である。正規分布に従っているか否かを知る正規性検定のひとつとして Shapiro-Wilk 検定や、正規性の確認手法として QQ プロット（Quantile-Quantile plot）等があるが、ここでは正規分布に従っているか否かではなく、ドーナツ化現象は正規分布のような山になっていることを前提にして、その山についての比較を用いる。正規分布の歪度と尖度、および標準偏差の値に着目する。歪度は、正規分布の山が左右にずれている具合であり、データが

- ・ 左に偏る＝正の値で大きい
- ・ 左右対称＝0
- ・ 右に偏る＝負の値で小さい

という特徴を示し、Excel 関数 SKEW で求められる。尖度は、正規分布の山のとがり具合であり、Excel 関数 KURT で求めることができる。データが

- ・ 上に尖る（ばらつきが小さい）＝正の値で大きい
- ・ 正規分布＝0
- ・ 扁平（ばらつきが大きい）＝負の値で小さい

という特徴を示す。ばらつきは標準偏差で見ることとする。歪度と尖度を求めるために、人口増減率データ間の距離は等間隔ではないため、0.1[Km]毎に、得られている人口増加率のデータを設定しておく（表1データ、図7参照）。Excel 関数は 0.1[Km]毎にすべてのデータが埋まっていなくても関数が返す値に間違いがない仕様となっている（テストデータでも確認済み）。この手法の有効性を確認するために、疑似データを8パターン準備する（図8(A),(B)参照）。図8(A)はドーナツ化現象と判断できるパターン、図8(B)は明らかに該当しないパターンである。

表4及び図9(A),(B)が、Excel 関数により求めた歪度と尖度を含めた基本統計量である。歪度について、表4における No.5, No.7 の負の値は右に偏ることを示すが図8(B)ではその傾向が不明、0に最も近い最小値 No.8 は正規分布ではない形状によりその傾向はなし、正の値でその大きさから順に No.1, No.2, No.3, No.4 であるが左に偏る傾向が明らかとはいえない。尖度については、図8(B)（No.5～No.8）のパターンはすべて負の値でありデータが扁平、No.1 は値が大きく顕著なドーナツ化現象を示しているといえよう。また、ドーナツ化現象を示している No.1～No.4 の標準偏差（図9(B)）を比較すると、No.1 と No.2, No.3 と No.4 の組み合わせで後者が大きく、これは図8(A)からもわかるように左右に広がっている。

以上の結果から、歪度は採用せず、尖度の値によりドーナツ化現象を判断できるとみなし、尖度及び標準偏差をドーナツ化現象を表す指針として提案する。一方、中心地は、尖度が最大になる位置を求めて考察する。前章の結果から、将来も地理的に不変な4位置（日本経緯度原点、皇居、東京駅、日本橋）、ドーナツ化現象の要因である始発駅中心、データ源（表1）で用いられている東京市庁を選択した結果を図10に示す（図10の表記、原点(T14/T5)は中心地

が日本経緯度原点を表す。同じく原点(S5/T9)のデータについては後述する)。前章の考察も鑑みて位置が不変、尖度が最大(9.04)、標準偏差が最小(134)である日本経緯度原点を中心地として用いることを提案する(図10参照)。なお、この尖度が最大(9.04)になる中心地(日本経緯度原点)からの距離は10.1[Km]であり、表3の楕円ゾーン(e_{zmax})内の距離と一致する。また、これらの値はExcel分析ツールの基本統計量を用いて容易に得られることを申し添える。

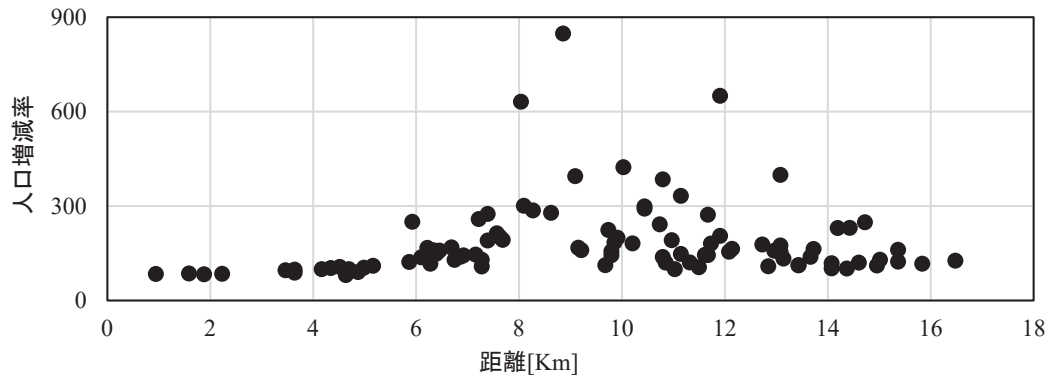


図7 一定距離間隔に当てはめた人口増減率(中心地:東京市庁)

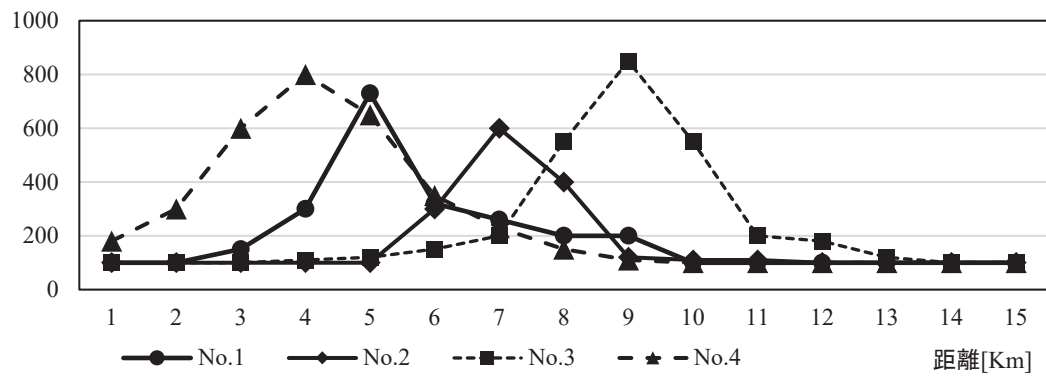


図8(A) 検証用疑似データ(No.1~No.4)

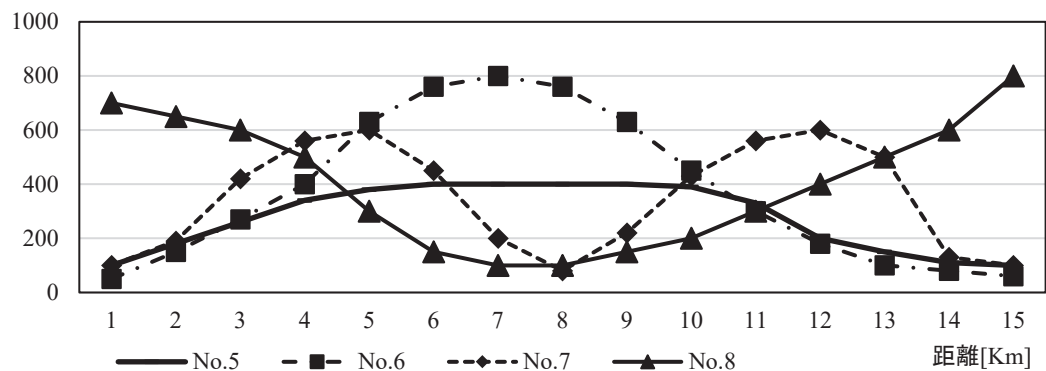


図8(B) 検証用疑似データ(No.5~No.8)

表4 検証用疑似データによる結果

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
平均値	197	169	235	265	276	375	343	403
中央値	100	100	120	150	330	300	420	400
最大値	730	600	850	800	400	800	600	800
歪度	2.59	2.29	1.94	1.40	-0.36	0.36	-0.04	0.14

尖度	7.71	4.78	3.02	0.73	-1.72	-1.51	-1.83	-1.40
標準偏差	162	143	219	226	119	269	195	228

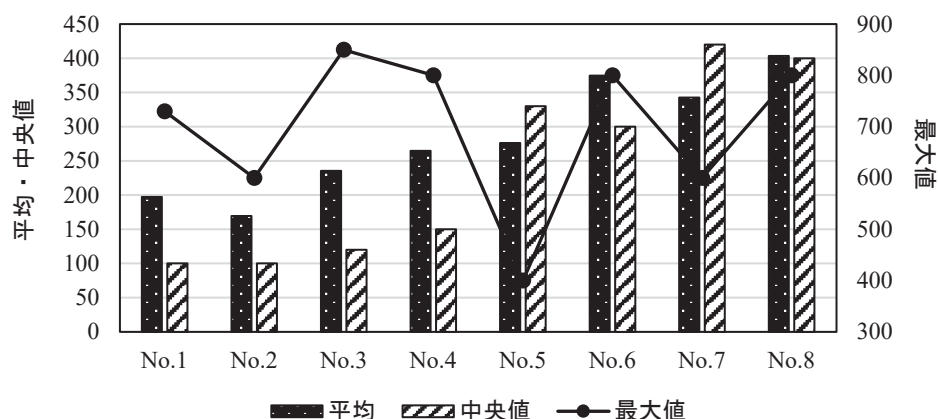


図 9(A) 検証用疑似データ（平均・中央値・最大値）

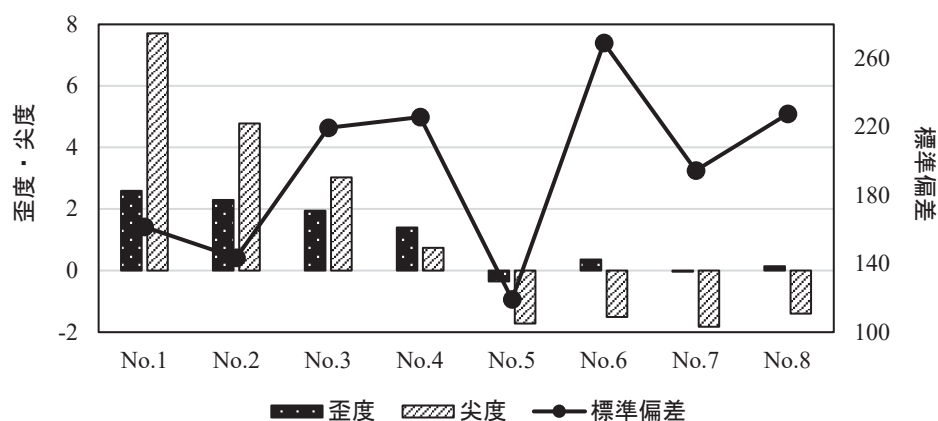


図 9(B) 検証用疑似データ（歪度・尖度・標準偏差）

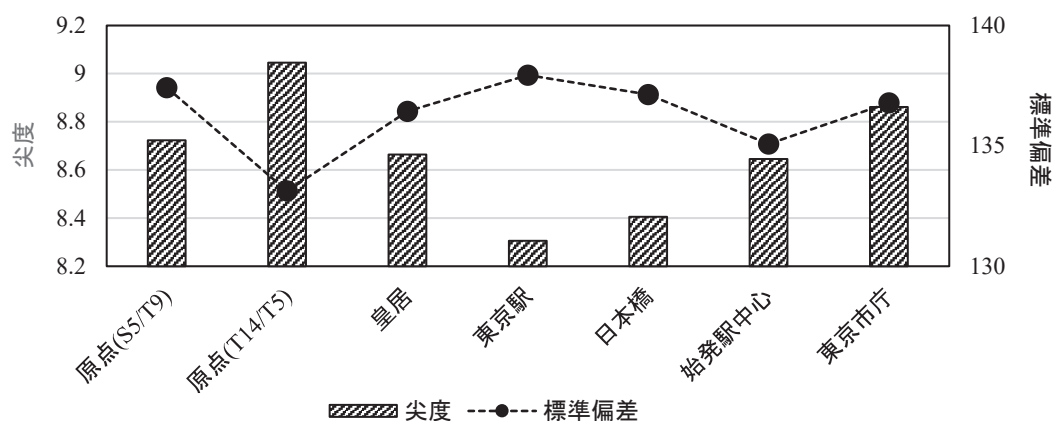


図 10 尖度・標準偏差

この手法を検証するために、大正 9 年に対する昭和 5 年の国勢調査による人口増減率を新たに用いた結果が図 10 における原点(S5/T9)である。尖度が下がり標準偏差が大きくなる、すなわち、ドーナツ化現象が緩くなる傾向を示している。その裏付けとして図 11 を示す（縦軸：人口増減率、横軸：日本経緯度原点からの距離）。全体的に人口増加率が高くなる地域が増えるなかで、さらに破線の尖った山の数が増加しており、これはある楕円ゾーンに偏って顕著に人口

が増えてはいないことを示す。

一方、この手法は4章表2(A)で得られた方角に関する知見が得られない欠点がある。そこで単純に中心地を日本経緯度原点とした場合の方角による人口増減率を示し(図12参照)、その上位6地域のデータが表5である。1章や付録に述べた人口動態に影響する鉄道路線を考察するため現在の最寄り駅を推定し、日本経緯度原点からの方角を求めた。人口増減率はいわゆる役場の位置データである一方、土地開発会社と鉄道会社の連携等により大規模住宅街が開発されており、町境をまたいでいることにデータの乖離がある。公設(または国や自治体)による宅地開発ではなく、民間企業による人口増加率の増大である。本稿のデータについては、表5における町と最寄り駅への方角は約10~20[deg]の差に収まっており、鉄道会社による宅地開発結果が顕著な人口増加をもたらしたことを示しているといえよう。

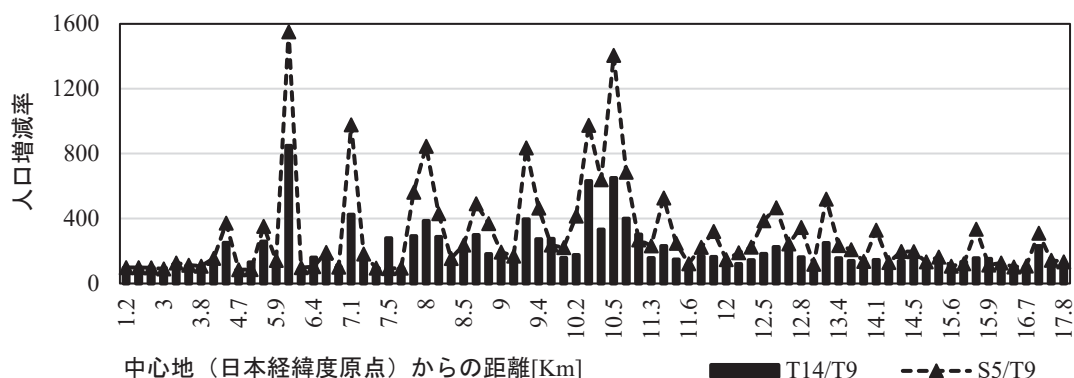


図11 (中心地：日本経緯度原点) 昭和5年人口増減率(S5/T9)の変化

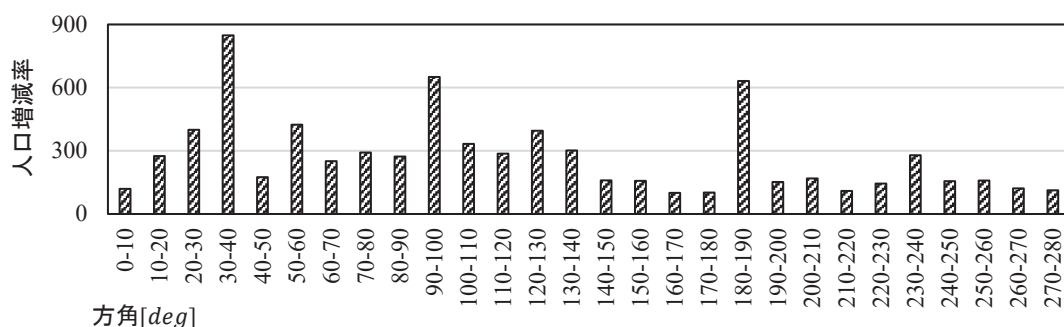


図12 (中心地：日本経緯度原点) 方角による人口増減率(T14/T9)

表5 図12における人口増減率上位6地域

郡	町名	人口増減率 (T14/T9)	日本経緯度原点 からの距離[Km]	方角 [deg]	現在の最寄り駅 (推定)	同左駅 方角[deg]
荏原郡	蒲田町	399	10.6	22	東京急行電鉄 蒲田駅	12
荏原郡	荏原町	848	6.0	38	東京急行電鉄 旗の台駅	30
荏原郡	碑衾町	423	7.1	53	東京急行電鉄 学芸大学駅	57
豊多摩郡	杉並町	650	10.5	99	中央本線 阿佐ヶ谷駅	119
北豊島郡	長崎町	395	9.3	124	西武池袋線 東長崎駅	146
北豊島郡	尾久町	631	10.3	181	東北本線 尾久駅	187

6. おわりに

本稿の成果を以下にまとめる。

- ・ドーナツ化現象を楕円で定義し、人口増加率の高い楕円ゾーンと方角を求めるアルゴリズムを定義した。
- ・Excel 関数のみでドーナツ化現象を比較するための表現（正の尖値及び標準偏差の比較）を示した。
- ・従来研究では中心地の検討があまりされていないが、将来的にも位置が不変な日本経緯度原点を提案する。
- ・方角ごとの人口増加率が高い地域を考察した結果、鉄道路線とほぼ一致することを確認した。

今後の課題は、(付録) 参考文献[1]に大正時代の鉄道の乗降客数が掲載されており、人口増減率との関連の調査である。

謝辞

データはすべて森博美氏（法政大学名誉教授・法政大学統計研究所客員研究員）から提供していただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

文献

- 浅妻(2022), 富山市の路面電車ネットワークの拡充と沿線人口の変化, 開発論集(109), 183-191, 2022
- 天野, 戸田, 阿部(1984), 大阪都市圏における人口移動とその変化に関する実証的分析, 第 19 回日本都市計画学会学術研究論文集, 44, 259-264, 1984
- 市南(2000), 小地域統計による鳥取市内の人口分布と人口構造 (1995 年を中心に), 岡山大学環境理工学部研究報告, Vol.5, No.1, 121-144, 2000
- 小川(2011), 地方都市における開発・建築行為等による人口動態の地域的特徴 (東北地方・秋田県を事例に), 都市計画論文集, Vol.46, No.3, 853-858, 2011
- 川崎, 望月, 重定(1995), バクテリアのコロニー・パターン形成の数理モデル, 計測と制御, Vol.34, No.10, 811-815, 1995
- 行松, 松本, 松浦, 井上(2005), 両性人口モデルにおける反応拡散方程式を用いた人口分布の表現について, 電子情報通信学会技術研究報告 (信学技報), Vol.104, No.583, 51-56, 2005
- 草野(2015), 東京都 23 区における高人口密度地帯の人口・世帯・居住住宅の特徴, GIS-理論と応用, Vol.23, No.2, 53-58, 2015
- 小坂(1980), 都心定住型住宅供給への条件 (東京都中央区におけるマンションの居住実態調査を通して), 第 15 回日本都市計画学会学術研究発表会, 223-228, 1980
- 近藤, 数井, 川端, 野際(2021), 地域メッシュデータを用いた地方都市における人口分布の集約・拡散に関する分析 (富山市・金沢市・福井市を対象として), 都市計画論文集, Vol.56, No.3, 579-586, 2021
- 田口(1976), 人口密度の距離関係の試験的計測 (首都圏における人口分布のドーナツ化現象の統計的解析), 統計数理研究所彙報, Vol.24, No.1, 15-39, 1976
- 館(1962), 首都を中心としてみた人口都市集中に関する“法則” (暫定稿), 東京市政調査会首都研究所人口研究委員会, 1962
- 館(1963), 人口分析の方法: 形式人口学要論, 形成選書, 古今書院, 1963
- 長谷川, 築瀬(1983), 「都市中心部地域における人口空洞化現象」の再検討 (仙台の例), 東北地理, Vol.35, No.2, 53-62, 1983
- Bruce E. Newling(1969), The Spatial Variation of Urban Population Densities, Geographical Review, 59, 242-252, 1969
- 藤原(1981), 神戸市の下水道整備計画と総量規制への対応, 環境技術, Vol.10, No.7, 555-559, 1981
- 浜岡(2009), 人口の都心回帰と新しいコミュニティ形成の課題, 佛教大学総合研究所紀要, 16, 171-191, 2009
- 堀内, 栗田(2019), 通勤距離・混雑度・移住コストを考慮した地域間人口推移モデル, 都市計画論文集, Vol.54, No.3, 742-749, 2019
- 横塚, 田畑(2019), 反応拡散方程式を用いた東京近郊における待機児童数の予測モデル, 東海大学紀

付録

東京の人口は明治時代末に 200 万人を超え、大正末から昭和初期にかけて一気に増加し、昭和 7 年に北豊島、荏原、豊多摩郡、南葛飾、南足立の 5 郡 82 町村を合併して 600 万人の大東京市が成立する ([3] P420)。東京の人口増加について鉄道の側面から見ると、文献[7] (P39) によると、大正元年から大正 12 年の乗車人数は、目黒駅 58.3 万から 445.6 万 (7.6 倍)、常磐線三河島駅 (北豊島郡三河島村) 2 万から 37 万 (18.5 倍)、有楽町駅 (東京市麹町区) 27.1 万から 457.3 万 (16.9 倍)、品川駅 (東京市芝区) 122.6 万から 550.4 万 (4.5 倍) 大幅に増加し、東京府全体の人口増加 276 万から 386 万 (1.4 倍) よりも大幅に増加している。なお、この乗車人数の 1 次データは文献[1]、人口については不明である。

本稿が対象とする東京の大正時代におけるドーナツ化現象の詳細を見ると、荏原 (現、大田区荏原町付近) は大正 9 年 8,500 人から大正 14 年 72,300 人に増加、豊多摩郡杉並町 (現、杉並区近辺) は大正 9 年 5,600 人から大正 14 年 36,600 人と増加する。大正 12 年の関東大震災は郊外膨張に拍車をかけたひとつの契機に過ぎない ([1] P75, [3] P28)。

急激な人口増加の主たる要因のひとつは、大正 3 年の第一次世界大戦による特需があり、都市に人口が集中する。明治初期までは移動手段がほぼ徒歩に限定されていたが、鉄道の登場により都心から郊外にかけて鉄道網が充実することで、職住分離が進み ([10] P203) 都心に居住するだけでなく通勤可能なエリアが西と南に拡大する。東は荒川までが旧東京市域で東の拡張は江戸川まで、西は八王子まで、南は多摩川が障壁になるが横浜までつながる。その結果、皇居の位置は地理的にも東京の中心に移行する ([3] P215)。通勤とは、自宅と職場間の移動であり、郊外の大規模な住宅販売と職場がある都心を結ぶ鉄道の両輪が必要である。具体的に、田園都市株式会社が所有する 45 万坪の土地のために、同じく所有する荏原電鉄の鉄道敷設権を活用する。開発した住宅を購入した客が鉄道の客となり恒常的に運賃を支払うことから利益を得る。荏原電鉄の敷設権は、洗足 (碑衾村: ひぶすま)、大岡山 (馬込村)、多摩川台 (調布村) の分譲地と目黒を結ぶ路線である ([3] P56)。関東大震災から 2 ヶ月後に目蒲線: 蒲田～目黒～丸子間の全線を開通させるとともに、多摩川台 (調布村) を売り出すのである ([3] P75)。

この田園都市株式会社とは、大正 4 年、田園都市経営協会が設置され、大正 7 年に田園都市株式会社として設立された企業である ([3] P398)。大正 7 年にこの企業による土地買収の算段が付いた地域が、最初に販売された東京府荏原郡における洗足地区 (碑衾村、平塚村、馬込村)、大岡山地区 (碑衾村、馬込村、池上村。のちに東工大キャンパス)、多摩川台地区 (調布村、玉川村。のちの田園調布) であり、村名が重複している理由は、行政区分とは異なりそれぞれの村境にかかるためである。この 3 地区を串刺しするように鉄道を敷設する計画である。分譲はこのほかにも、尾山台、等々力、奥沢、日吉台 (神奈川県橘樹郡日吉村。のちの横浜市港北区) がある ([6] P40)。

住宅販売について見ると、田園都市株式会社 (渋沢秀雄) が理想とした田園都市は、エベネザー・ハワード (著)「明日の田園都市」理論に基づいた、明治 36 年に始まる英国ロンドン郊外レッチワースの田園都市作りを理想とする。ただし、田園都市理論の原典は明治 40 年に出版された英国人 A・R・セネット (著)「田園都市」とされている ([3] P336)。特筆すべきことは、ハワードによる「田園都市」とは、“町の中心部や職場、商店、駅や病院などの公共施設、レクリエーション広場、周辺の田園地帯のいずれにも歩いて行くことができる場所 ([3] P345)”である。これは先行研究[11][12]の“コンパクトシティ”と同じ定義であり、コンパクトシティの概念 (歴史、起源) は明治時代の英国にさかのぼるのである。

鉄道の歴史を記すと ([4]～[10])、大きく 3 つに分けることができる。(1) 都心とされる山手線内の鉄道馬車・路面電車 (市電)・乗合バス、(2) 鉄道省による官営鉄道、(3) 山手線を起点として郊外に伸びる私鉄である。(1) まず、都心は路面電車網の発展が著しい。明治 36 年に東京鉄道が、動力が馬の鉄道馬車から電気の市電で品川～新橋を開業、その 1 ヶ月後に東京市街鉄道が数寄屋橋～神田橋、翌年に東京電気鉄道が土橋～御茶ノ水を営業開始する。明治 39 年にその

3 社が合併して東京鉄道に一本化，明治 44 年に東京市がその東京鉄道を買収して公営となる。乗合バスは 2 企業であり，先に大正 7 年設立の東京市街自動車，関東大震災後に急遽運行開始した市営バスがある。ちなみに，日本初の地下鉄である東京地下鉄道による上野～浅草の開通は昭和 2 年である。(2) 官営鉄道は，明治 5 年日本で最初の旅客鉄道（貨物を除く）が新橋～横浜，明治後期までに開通したのが，東海道本線，横須賀線，東北本線，常磐線，中央線，山手線（品川～赤羽，環状線となるのは大正 14 年），総武本線である。大正 3 年に東京駅が開業する。歴史的な経過を省略し，本稿の目的である起点を示すと，東海道本線と横須賀線：新橋，東北本線と常磐線：**上野**，山手線：**品川**，中央線：**新宿**，総武本線：**両国橋**（のちの両国）である。(3) 私鉄は，山手線内側の円内に敷設権を得ることが厳しく，昭和初期に至っても山手線の内側には入れずに郊外から山手線の駅に接続するに留まる。(2)と同様に本稿の目的である起点を示すと，「**東武鉄道**」明治 32 年**北千住**～久喜間で開業し，都心側は**吾妻橋**（のちの業平橋），北関東側は利根川の南岸までとなる。明治 38 年利根川の鉄橋を整備することで，明治 43 年**浅草**（のちの，とうきょうスカイツリー駅）から伊勢崎間まで延伸する。大正 9 年に東上鉄道，武蔵野鉄道（のちの西武池袋線）を合併し起点が**池袋**である。さらに総武鉄道を合併し，明治 44 年**大宮**～船橋が営業開始する。「**京浜急行電鉄**」明治 37 年**品川**～川崎間が開通，大正 14 年高輪駅を開業するも失敗し 9 年後に廃駅して**品川**駅が起点となる。「**京成電鉄**」明治 37 年**両国橋**（総武鉄道のターミナル駅，のちの JR 総武線両国駅）が起点，大正元年**押上**～伊予田（のちの江戸川），押上から千葉に伸びる（都心への乗り入れは昭和 6 年に**日暮里**駅）。「**東京急行電鉄**」大正 12 年，**目黒**駅を起点とした目黒蒲田電鉄（のちの東急目蒲線）が開業する。これらを考慮した結果が図 4 の始発駅である。

本稿のドーナツ化現象をもたらすのは宅地開発と鉄道の両輪によるものと見解を述べたが，(2) 官営鉄道の路線下における宅地開発等については今後の課題である。

（付録）参考文献

- [1] 帝国鉄道協会編，帝国鉄道年鑑，帝国鉄道協会，（昭和 3 年）1928
- [2] 東京都，東京百年史，第四巻，（昭和 47 年）1972
- [3] 猪瀬直樹，土地の神話，小学館文庫，2013
- [4] 東武鉄道のひみつ，PHP 研究所，2013
- [5] 京急電鉄のひみつ，PHP 研究所，2013
- [6] 京成電鉄のひみつ，PHP 研究所，2013
- [7] 今尾恵介，地図で解明！東京の鉄道発達史，JTB パブリッシング，2016
- [8] 首都圏通勤路線研究会，首都圏通勤路線網はどのようにつくられたのか，洋泉社，2017
- [9] 原武史，「民都」大阪対「帝都」東京 思想としての関西私鉄，講談社学術文庫，2020
- [10] 小川裕夫，渋谷栄一と鉄道，山と溪谷社，2021
- [11] 坂本憲昭，コンパクトシティのサーベイ―徒歩 20 分圏内及び団地と東京湾岸地域―，経済志林（法政大学経済学部学会），90/1-2，117-145，2022
- [12] 坂本憲昭，コンパクトシティとして見る団地の考察，経済志林（法政大学経済学部学会），90/3-4，2023

オケージョナル・ペーパー(既刊一覧)

号	タイトル	刊行年月
102	わが国の1980年代後半期以降の社会移動に関する一考察 —純移動選好度の人口加重平均値による地域の転入・ 転出超過状況の評価—	2019.09
103	QGISによる西武国分寺線沿線の産業構造分析Ⅱ	2020.02
104	明治2年駿河国人別調における静態把握と動態把握	2020.02
105	地域勘定における一般政府勘定について	2020.04
106	駿河国人別調と甲斐国現在人別調における人口の静態把握 —家別表の調査項目の比較を中心に—	2020.05
107	地租改正にともなう土地評価の改定: 東京府日本橋区・京橋区の事例	2020.05
108	駿河国人別調と甲斐国人員運動調における動態把握 —わが国における人口動態統計前史(1)—	2020.05
109	甲斐国人員運動調について —わが国における人口動態統計前史(2)—	2020.06
110	明治4年「一般戸籍の法」における人口の社会動態の把握	2020.06
111	明治前期の戸籍法制と社会移動の統計的把握 —明治4年「戸籍の法」による社会移動把握の制度改定を中心に—	2020.07
112	甲斐国現在人別調における人口概念	2020.07
113	明治初期における物産調査の展開 —明治16年農商務通信規則成立前史—	2020.09
114	明治16年農商務通信規則について	2020.09
115	明治16年農商務通信規則による工業通信事項と附録様式	2020.09
116	東京湾岸地域の人口増加と郵便局の考察	2021.01
117	明治16年農商務通信規則の史的系譜 —農事通信三規則との比較を中心に—	2021.02
118	高齢化状況による介護保険サービスの利用料量の地域差	2021.07
119	自動車保有台数からみるSS過疎地に関する考察	2021.08
120	高齢化率と経年変化からみる事業所数モデルの考察	2021.09
121	甲斐国現在人別調における調査過程	2021.10
122	明治16年農商務通信規則による工場票情報の情報特性	2022.03
123	飲食業ウェブデータにおける「業態」の表記揺れを統一的な表記に補正する データクレンジング手法の開発	2022.12
124	GDP計測における政府・金融サービス	2023.01

オケージョナル・ペーパー No.125

2023年3月31日

発行所 法政大学日本統計研究所

〒194-0298 東京都町田市相原4342

Tel 042-783-2325、2326

Fax 042-783-2332

jsri@adm.hosei.ac.jp

発行人 菅 幹雄

