

1次元線分都市における人口分布パターンの空間周波数分析

浅川 遼¹・池田 清宏²・高山 雄貴³

¹東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻 (〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: ryo.asakawa.s2@dc.tohoku.ac.jp

²東北大学教授 東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻 (〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail: kiyohiro.ikedab4@tohoku.ac.jp

³金沢大学准教授 金沢大学大学院理工研究域 環境デザイン学系 (〒 920-1192 金沢市角間町)

E-mail: ytakayama@se.kanazawa-u.ac.jp

都市の空間分布の規則性は、主に2次元平面において評価が行われ、都市の空間分布の規則性に関する代表的な理論である、中心地理論などが提案されている。また近年、この理論に経済学的かつ科学的根拠を与え、定量的に評価することが可能となってきた。しかしながら、1次元平面においては都市の空間分布の規則性の評価があまり行われていない。そこで本研究では1次元線分都市として、福岡-盛岡間に存在する都市の人口分布に対して周波数分析を行い、実空間における都市集積パターンを定量的に評価した。このとき、人口は駅毎に離散的に配置し、新幹線駅と在来線駅に基づく2通りを用いた。その際に、都市の人口集積に見られる代表的な特性である空間周期倍化が、このような実都市においてもこの特性が現れることが明らかとなった。

Key Words : bifurcation analysis, population distribution, spatial agglomeration, long narrow economy, spatial period doubling cascade

1. はじめに

どのような人口規模の都市がどのように分布するのかは、社会基盤整備においても大変重要であり、種々の研究がなされている。ミクロ経済学的根拠をもつ新経済地理学モデルを用いた人口集積の分析が行われ、その結果から競技場経済における「空間周期倍化」のメカニズムが明らかにされている。¹⁾ さらに、二次元無限平面における正六角形状分布パターンの発現がミクロ経済学根拠に則っていることや、現実に近い空間モデルと中心地理論の整合性が検証された。²⁾ そして実空間の都市の人口分布の周波数分析手法の確立により、人口分布パターンは、中心地理論で求められているパターンで表されることとなった。³⁾ このように、人口分布パターンは定性的にのみならず定量的にも評価することが可能となってきた。南ドイツやアメリカの都市分布の仕組みが明らかになってきている。

本研究室での既往の研究では2次元空間の実都市における人口分布パターンの評価を主として対象としてきた。しかしながら、1次元空間の実都市に関する周波数分析はあまり行なっていない。2次元空間は平野部に広範囲にわたって分布する都市を対象にする一方、1次元空間は山や海に挟まれたような場所に線状に位置する都市を念頭に置いている。例えば、アメリカ東部ではアパラチア山脈と大西洋に挟まれた帯状部に主要な

都市が集まっている。また、日本の太平洋沿岸にも大きな都市が分布している。

そこで本研究では、1次元線状の都市分布として、福岡-盛岡間に所在する都市の周波数分析を行い、線状に分布する都市の有する人口分布パターンの特徴を明らかにする。

2. 人口分布のフーリエ分析法

一次元 n 地域空間上の人口分布ベクトル λ をフーリエ級数で展開すると、以下ようになる。

$$\lambda = p^{(+)} \mathbf{q}^{(+)} + p^{(-)} \mathbf{q}^{(-)} + \sum_{j=1}^{n/2-1} \left\{ p^{(j),1} \mathbf{q}^{(j),1} + p^{(j),2} \mathbf{q}^{(j),2} \right\}$$

ここで、 p はフーリエ級数の係数、 \mathbf{q} は基底ベクトルであり、以下で与えられる。

$$\mathbf{q}^{(+)} = \frac{1}{\sqrt{n}}(1, \dots, 1),$$

$$\mathbf{q}^{(-)} = \frac{1}{\sqrt{n}}(1, -1, \dots, -1, 1)$$

$$\mathbf{q}^{(j),1} = \sqrt{\frac{2}{n}}(\cos(2\pi j \cdot 0/n), \dots, \cos(2\pi j(n-1)/n))$$

$$\mathbf{q}^{(j),2} = \sqrt{\frac{2}{n}}(\sin(2\pi j \cdot 0/n), \dots, \sin(2\pi j(n-1)/n))$$

$$(j = 1, \dots, n/2 - 1)$$

$\mathbf{q}^{(j),1}$, $\mathbf{q}^{(j),2}$ は、空間全体の長さを l とすると、周

期 l/j の成分となる。また、 $q^{(+)}$ は、一様分布、 $q^{(-)}$ は周期 $n/2$ の成分である。本研究での周波数分析では、分析対象の人口分布がどのような周期とどの程度近いのかをユークリッドノルムの二乗である $\|p^{(j),1}q^{(j),1} + p^{(j),2}q^{(j),2}\|^2$ の値の大きさを調べることにより定量評価する。上記のフーリエモードでは、実は一様分布から発生する分岐モードに対応している。

3. 博多駅 - 盛岡駅間の周波数分析

(1) 博多駅 - 盛岡駅間の新幹線駅の所在地

博多駅 - 盛岡駅間の新幹線（山陽新幹線、東海道新幹線、東北新幹線、図-1）の駅が所在する市町村の人口に関して周波数分析を行った。東京駅の駅所在地を東京都区部としたために品川駅と上野駅を除き、全部で 50 駅を扱った。新幹線の博多駅 - 盛岡駅間の距離は 1731.9km であり、本分析ではこれを 80 分割し、図-2 に示す配置とした。

図-3 に示すように、フーリエ級数のユークリッドノルムのスペクトルを調べたところ、173.96km、260.93km、521.87km 周期のものが卓越していた。

521.87km 周期は、都市の三極集中を表す周期である。波のピークに福岡、関西圏、関東圏が位置している。

260.93km 周期は、6 つのピークが現れる周期である。波のピークに、福岡、広島、大阪、名古屋、東京が位置している。

173.96km 周期は、9 つのピークが現れる周期である。波のピークに福岡、岡山、大阪、名古屋、東京、仙台が位置している。

また、卓越している周期のピークが重なっていることも確認できた。100 万人以上の大都市がそれぞれ似たような距離間で並んでいるため、それらの都市が卓越する周期のピークに位置するためである。このように、分布パターンの特徴が反映された結果が実空間においても表現することができた。

(2) 博多駅 - 盛岡駅間の在来線の通過市区町村

博多駅 - 盛岡駅間の在来線（鹿児島本線、山陽本線、東海道本線、東北本線）が通過する市町村の人口に関して周波数分析を行った。全部で 236 市町村を扱った。東京都区部と政令指定都市では、通過する区ごとの人口を、それ以外の市に関しては、市全体の人口を用いた。また、都市の位置に関しては、市区町村内に所在する駅の位置を利用した。駅が所在しない市町村については、市町村の路線の中間点を都市の位置とした。博多駅 - 盛岡駅間の距離は 1731.9km であり、本分析ではこれを 80 分割し、図-4 に示す配置とした。

図-5 に示すように、フーリエ級数のユークリッドノルムのスペクトルを調べたところ、192.43km、288.65km、577.3km、1731.9km 周期のものが卓越していた。

1731.9km 周期は、波が一極集中を表す周期である。波のピークに東海圏、さらには、関西圏、関東圏も位置するため、この周期が卓越したと考えられる。

577.3km 周期は、新幹線における 521.87km 周期と同様に、都市の三極集中を表す周期である。波のピークに福岡、関西圏、関東圏が位置している。

288.65km 周期は、新幹線における 260.93km 周期と同様に、6 つのピークが現れる周期である。波のピークに、福岡、広島、大阪、名古屋、東京が位置している。

192.43km 周期は、新幹線における 173.96km 周期と同様に、9 つのピークが現れる周期である。波のピークに福岡、岡山、大阪、名古屋、東京、仙台が位置している。

新幹線の駅の所在地の場合と比較すると、卓越している周期と卓越していない周期のノルムの大きさに明確な違いが現れた。新幹線で考慮していなかった都市を追加することで、都市圏の人口を反映することができたと言える。この結果から、より明確に分布パターンの特徴が反映された結果を表現することが可能となった。

4. 結論

本研究では、周波数分析により、1 次元線分都市の人口分布パターンの定量評価を行った。具体的には、博多駅 - 盛岡駅間の新幹線駅の所在地、または在来線の通過する都市の人口分布についての周波数分析を行った。その結果、両者ともに都市の分布に空間周期倍化が確認された。また、新幹線の結果に比べ、都市数を追加した在来線の結果では明確にノルムの卓越が確認された。このことから、実空間データから得られる様々な都市集積パターンの特徴を定量的に評価することができた。今後の課題としては、今回対象とした地域以外においても、線分都市経済の特性の発現と理論との整合性を確認する必要があると思われる。

参考文献

- 1) Ikeda, K., Akamatsu, T., and Kono, T.: Spatial period-doubling agglomeration of a core-periphery model with a system of cities, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol.36, pp.754-778, 2012.
- 2) K. Ikeda, K. Murota: *Bifurcation Theory for Hexagonal Agglomeration in Economic Geography*, Springer, 2013.
- 3) 亀井元大: ドイツ・アメリカ合衆国における人口集積の群論的二重フーリエスペクトルによる探査, 東北大学大学院土木工学専攻修士論文, 2016.

(2016 年 4 月 15 日 受付)



図-1 新幹線博多駅 - 盛岡駅間の新幹線路線 (国土地理院の電子地形図を使用)

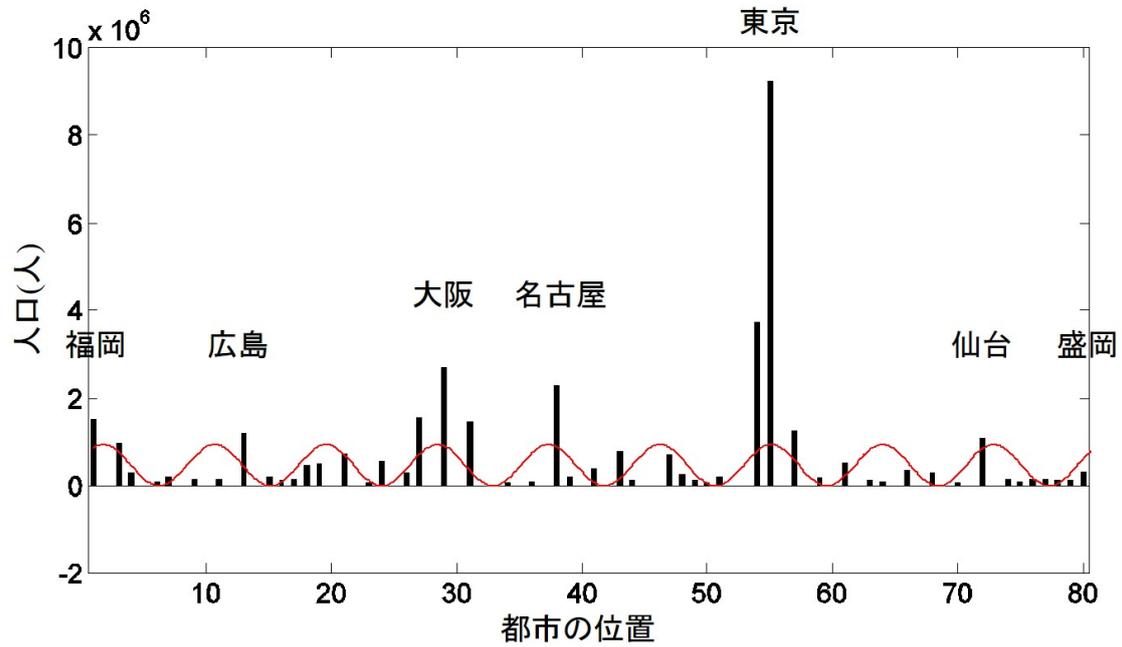


図-2 新幹線博多駅 - 盛岡駅間の駅所在地の人口分布と 173.96km 周期

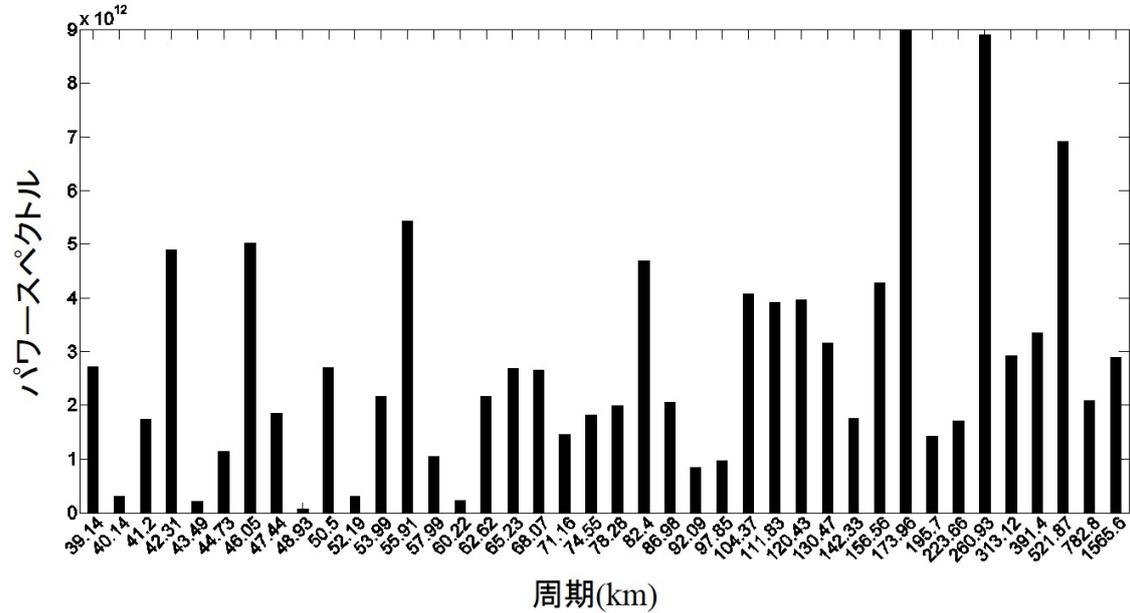


図-3 新幹線博多駅 - 盛岡駅間のパワースペクトル

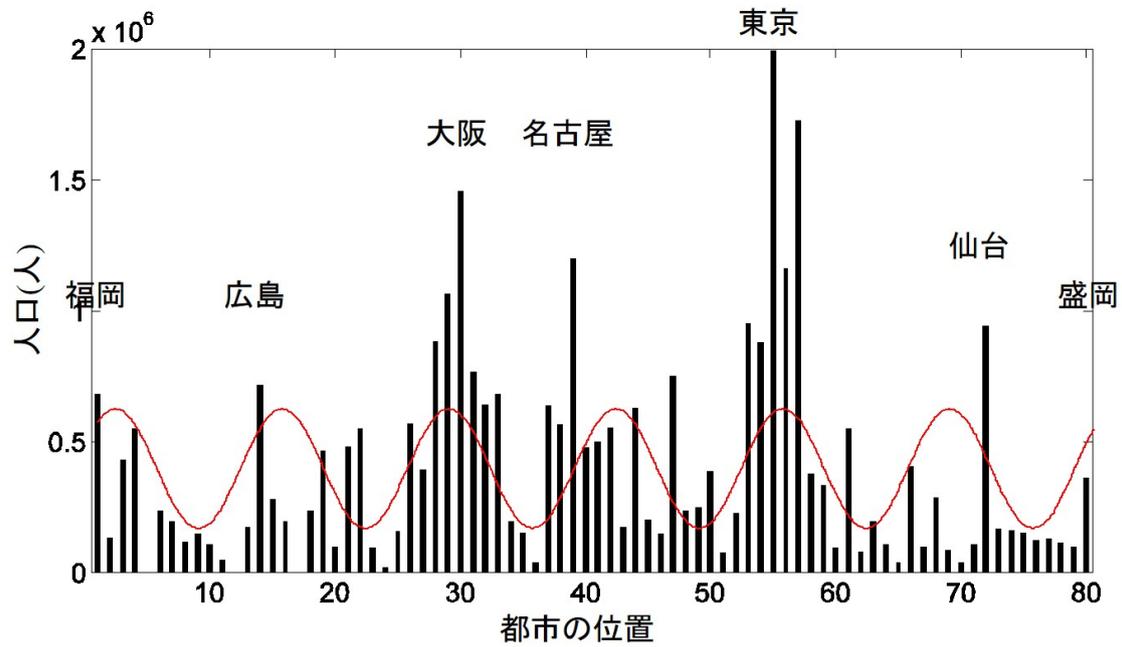


図-4 在来線博多駅 - 盛岡駅間の市町村所在地の人口分布と 28.865km 周期

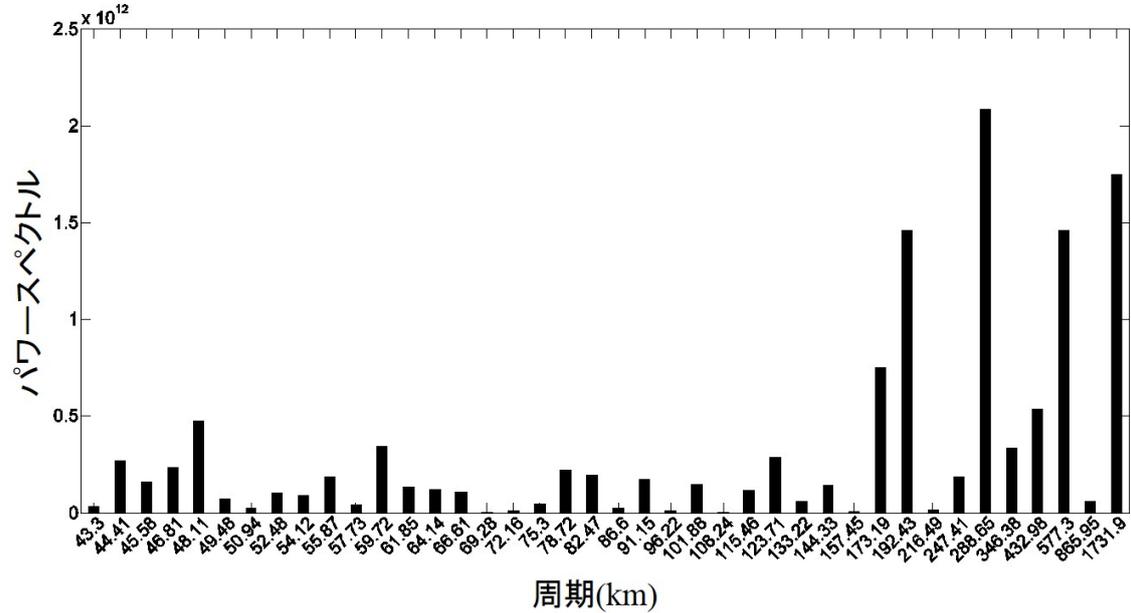


図-5 在来線博多駅 - 盛岡駅間のパワースペクトル