



RIETI Policy Discussion Paper Series 21-P-012

## 都市集積の秩序に基づく地域政策のマクロ的視点

森 知也

経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所

<https://www.rieti.go.jp/jp/>

## 都市集積の秩序に基づく地域政策のマクロ的視点\*

森 知也（京都大学経済研究所/経済産業研究所）

## 要 旨

本稿では、都市の(人口)規模・空間分布における秩序形成に関する自身の RIETI プロジェクトの研究成果を概観し、その政策的な意味について議論する。多くの国において都市規模分布が概ねべき乗則に従うことは長く既知の事実であったが、新たに、都市規模分布の形状が都市群の地理的配置と密接に関連することを明らかにした。国内の都市群の地理的配置は、大都市を小都市群が取り囲む「中心地パターン」が再帰的に繰り返される階層構造を持つ。各階層の大都市を中心とした都市群からなる地域に注目すると、各地域の都市規模分布は概ね共通のべき乗則に従う。「国」は国内の階層的な地域構造における最上位層の地域に他ならず、国内の各地域では、国全体と概ね相似な都市の規模・地理的配置が実現している。都市規模は、産業構造・家計所得・学歴など様々な社会経済指標と強く関連するため、このような秩序の存在は現象として興味深いだけでなく、政策的にも重要な意味を持つ。どの都市が成長するか、それは椅子取りゲームであり、都市の規模・空間分布自体は維持される傾向にある。都市規模・空間分布における秩序は、地域政策において事実上の制約として認識する必要がある。

**Keywords** : 都市規模, 中心地パターン, べき乗則, フラクタル, 産業集積

**JEL classification** : C43, F10, F12, F14, R12

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、所属する組織及び（独）経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

\*本稿は、RIETI プロジェクト「経済集積を基本単位とする地域経済分析経済集積の空間パターンと要因分析手法のための実証枠組の構築」の成果の一部である。本研究は科学研究費補助金(17H00987)の助成を受けている。

## 1 序論

個々の都市はときに激しい盛衰を経験する一方で (e.g., [Batty, 2006](#))、都市 (人口) 規模分布の形状は極めて安定的で、かつ、多くの国で、概ねべき乗則に従うことが知られている (e.g., [Eaton and Eckstein, 1997](#); [Black and Henderson, 2003](#); [Gabaix and Ioannides, 2004](#); [Mori, 2020](#))。都市規模は、立地産業数・賃金・教育水準・犯罪発生件数等、都市の様々な社会経済指標と強く相関することから ([Bettencourt et al., 2007](#))、都市規模分布を特徴づけ、その分布形の背景にあるメカニズムを説明することは、都市経済学の主たる研究テーマの一つとされてきた。

都市規模分布におけるべき乗則発現のメカニズムとして、従来最も有力視されてきたのは、都市の成長率が独立同分布に従うとするランダム成長理論である (e.g., [Gabaix, 1999](#); [Duranton, 2006](#))。しかし、この理論の下では、個々の都市が他より成長する理由はなく、また、都市の規模と地理的配置は独立であるため、都市成長を介した地域成長を促す政策は基本的に無意味であることになる。

一方で、[Mori et al. \(2020\)](#) は、日本・アメリカ・フランス・ドイツ・インド・中国のデータを用いて、都市の規模と地理的配置が密接に関連すること、またその関連性はこれらすべての国において質的に同様であることを明らかにした。具体的には、一国内における都市群の地理的配置は、大都市 (中心地) を小都市群が取り囲む「中心地パターン」が再帰的に繰り返される階層構造を持ち、結果として、より大規模な都市ほど互いに離れ、それらの都市間にはより多くの小都市が存在するように配置されている。各階層の大都市とそれを囲む小都市群からなる地域に注目すれば、各地域の都市規模分布は概ね共通のべき乗則に従い、その意味で、国内の都市システムは空間的なフラクタル構造を持つ<sup>1</sup>。さらに[Mori and Wrona \(2021\)](#) は、日米の物流データを用いて都市間貿易を分析し、このように定義された各地域が国内地域間貿易に関して自律的な地域経済圏を構成すること、つまり、地域圏界には一般的な重力モデルで考慮される効果で説明できない貿易障壁が存在することを示した。

[Mori et al. \(2020\)](#); [Mori and Wrona \(2021\)](#) の結果は、国内地域経済を都市集積パターンの視点で捉えることの重要性を示唆している。どの都市が成長するか、それは椅子取りゲームであり、ある規模以上の都市が実現する空間頻度について自由度は低く、地域政策の設計において、都市規模・空間分布における秩序は事実上の制約として作用する事実を認識する必要がある。本稿では、これら 2 論文の主要結果を概説し、その政策的示唆を議論する。

## 2 データ

都市の同定には約 1km メッシュの人口分布データを用い、一つの都市を、総人口が 1 万人以上かつ、人口密度 1000 人/km<sup>2</sup> 以上の連続的な地域として定義する。人口データは、

---

<sup>1</sup>ランダム成長理論の下では、十分なサイズの任意の都市集合について共通べき乗則が成り立つ。しかし、[Mori et al. \(2020\)](#) は上述の 6 カ国についてこの仮説を棄却している。

日本については国勢調査地域メッシュ統計<sup>2</sup>、その他の国についてはBright et al. (2016) による LandScan 2015 データベースに基づく。図1はアメリカと日本の 2015 年における都市の地理的配置と都市規模分布を示している。

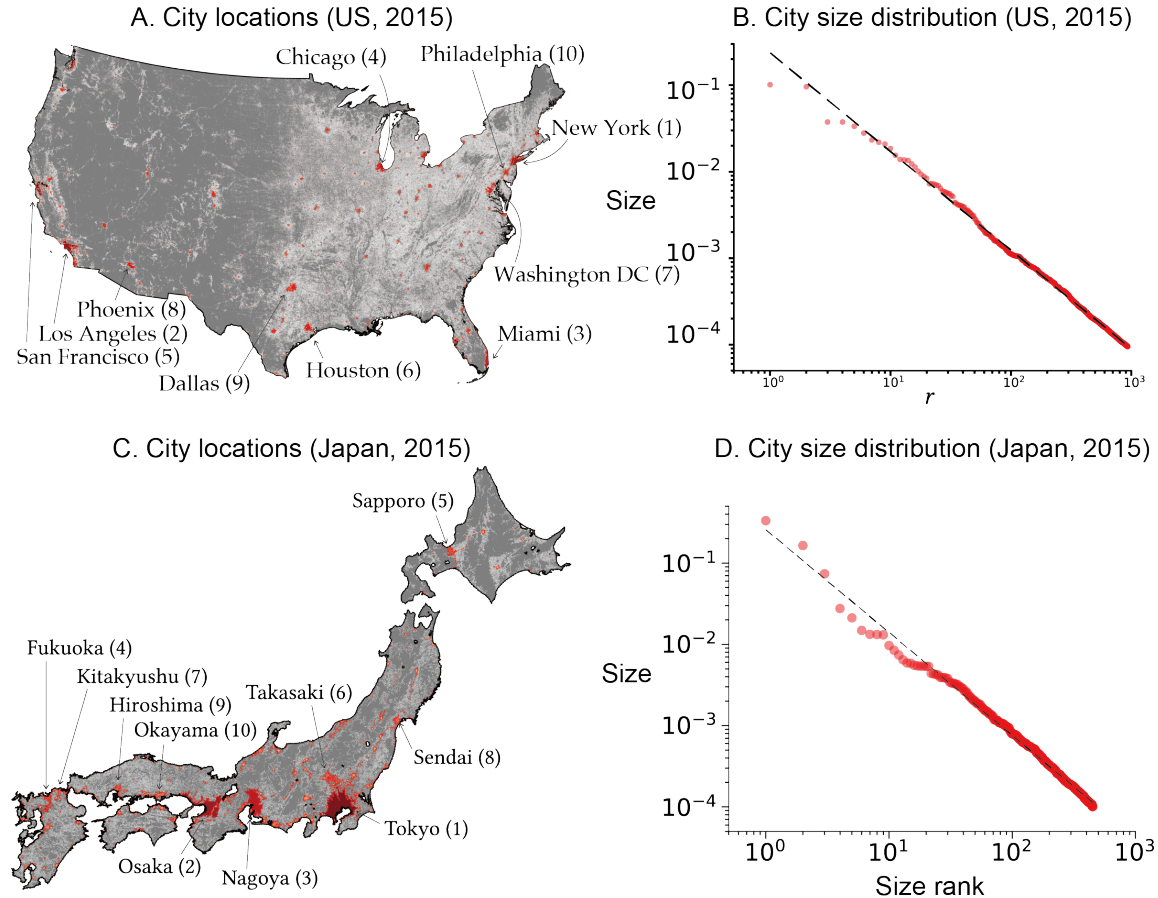


図 1: 2015 年の都市の地理的配置と都市規模分布

注. 2015 年データから同定されたアメリカ本土に存在する 931 都市の地理的配置。赤色領域が都市を示し、色が濃いメッシュほど人口密度が高い。その他は都市に属さない地域で、色が薄いメッシュほど人口密度が高い。都市規模上位 10 都市について具体的な位置を示している (括弧内の数字は都市規模順位)。(B) アメリカ 931 都市の人口規模分布。縦軸は都市規模で全国に対する人口シェア、横軸は規模についての都市順位。点線は OLS 回帰直線。(C) 2015 年データから同定された日本の 450 都市の地理的配置。ただし、本州あるいは北海道と道路網で接続する地域のみを含む。(D) 日本 450 都市の人口規模分布。

このような都市定義の利点として以下 3 つがある。第 1 に、定義が単純で簡単に計算でき、かつ LandScan などの世界を網羅するデータが存在するため、全ての国に対し

<sup>2</sup><https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>.

て基本的に同じ定義・条件で都市を同定できる。第2に、都市規模分布の形状が人口密度や総人口などの具体的なパラメタ値に殆ど依存しない。上記の人口密度・総人口の条件の下で、2015年時の都市数は、アメリカで931、日本で450、中国で7,204と、国によって大きく異なる。このような場合に、国際比較を行う上で計算費用と統計的精度を勘案した適当なサンプル数を念頭にパラメタ値を設定しても、都市規模分布の形状は殆ど影響を受けない。都市の同定手続き自体が単純なため、感度分析も容易である<sup>3</sup>。第3に空間的な集計バイアスが少ない。従来一般的に用いられる通勤圏に依拠した都市雇用圏(e.g., Kanemoto and Tokuoka, 2001)は、アメリカの郡や日本の市町村など、データが得られる地域単位が大きいので、ニューヨークや東京など郡/市町村の範囲を大幅に越える規模を持つ大都市を除けば、多くの郡/市町村は、Mori et al. (2020)による都市定義の下で検出される都市を複数含む。このような場合、中規模の都市雇用圏は複数の都市集積を含む傾向がありその規模は過大に評価される。一方で、その分、小規模の都市雇用圏の数は過小となる<sup>4</sup>。都市の規模は、立地産業数を始め都市の様々な社会経済的性質と強く相関するため、このような都市規模に対する系統的なバイアスの存在は、結果の解釈に影響し、誤った政策的示唆に繋がる可能性がある。なお、Mori et al. (2020)と同様な都市定義は、最近EUの公式統計でも用いられている(Dijkstra and Poelman, 2012)。

各都市間の距離は、OpenStreetMapに基づく自動車道路網距離を用いる<sup>5</sup>。ただし、都市の最大人口密度地点をその都市の代表地点とし、都市間距離は都市の代表地点間の道路網距離として定義する。また、各国の都市は、基本的には本土と道路網で接続しているか、あるいは、適切な道路網距離換算ができる本土に近接した大規模な島に存在するもののみを含んでいる。例えば、日本の北海道や中国の海南島は含むが、アメリカのハワイは含まない。

日本とアメリカについては、さらに都市集積パターンと都市間貿易の関係を物流センサス個票を用いることにより分析できる<sup>6</sup>。本稿では、Mori and Wrona (2021)の研究結果から日本についての結果を中心に概観する。

### 3 都市の規模と地理的配置

一国内の都市の規模と数の関係については、図1が示すアメリカと日本の場合のように、小規模な都市ほど多数存在し、その増加は指数的である。経済地理学の分野ではChristaller (1933); Batty and Longley (1994)らが、このような都市の規模と数の関係が、大都市(中心地)を小都市群が取り囲む「中心地パターン」が再帰的に繰り返される、階層構造を持つ理的配置を伴うことを指摘してきた。これらの著作において提唱された

<sup>3</sup>例えば、Mori et al. (2020)では総人口下限値を10,000人と20,000人の場合で比較している。

<sup>4</sup>Kanemoto and Tokuoka (2001)による都市雇用圏との比較についてはMori and Wrona (2021)のオンライン付録を参照されたい。

<sup>5</sup>Mori et al. (2020)は緯度経度で位置が与えられる地点群の各地点ペア間距離の具体的な計算手続きを公開している(<https://www.pnas.org/content/pnas/suppl/2020/03/05/1913014117.DCSupplemental/pnas.1913014117.sapp.pdf>)。

<sup>6</sup>ただし、貿易データは行政区単位でしか得られないため、都市集積を行政区レベルで粗視化した都市群を用いる必要がある。



中心地理論はQuinzii and Thisse (1990); Fujita et al. (1999); Tabuchi and Thisse (2011); Hsu (2012) らによりミクロ経済学的基礎が与えられ、都市形成パターンの階層構造は、規模/集積の経済の程度が異なる多数の経済活動の地理的なコーディネーションの結果として得られることが示された。特にHsu (2012) は、異なる経済活動の規模の経済の程度 (彼のモデルでは企業の固定費用) が正則変動関数である場合に、都市規模分布は漸近的に図1(B,D) に見られるようなべき乗則に従うことを示した。この条件を満たす分布は、べき乗則を厳密に満たすパレート分布より一般的な分布であることから、Hsu (2012) は、実経済で観察される都市規模分布のべき乗則の頑健性に対して、中心地理論の立場から理論的な基礎を与えていると言える。

中心地理論が示唆する中心地パターンの再帰構造の下では、規模が大きい都市ほど相互に地理的に隔離されている。しかし、実際の都市間距離は地形や歴史的経緯による地域間の条件の違いに依存するため、それらを適切に制御しない限り、大都市の地理的隔離性を検証できない。実際、アメリカの都市配置に関するDobkins and Ioannides (2001) は、大きい都市ほど近接していると結論するなど、Mori et al. (2020) 以前の研究では実証されていない。Mori et al. (2020) は、都市の位置と都市間距離のみを用いる単純な方法によって背景にある地理的な異質性を制御し、大都市の隔離性の検定を可能にした。以下、アメリカの場合を例にMori et al. (2020) の方法の要点を解説する。

図2(A)(B) に示すいずれにおいても、アメリカ本土を全 931 都市に関してボロノイ分割し、都市を一つずつ含む 931 のポリゴンを表示している。図から明らかなように、アメリカ本土の都市の地理的配置は西半分より東半分の方が密である。この違いは主として地形と歴史的経緯によると思われる。まず、最も歴史が古い北東部海岸は、欧州からの入植当初の交通手段は人馬が主であり、鉄道敷設以降に急速に成長した西地域とは、都市形成当時、同じ物理的な距離でも経済的な距離は東側で大きかったと考えられる。また、西部はロッキー山脈や砂漠地域など、地形の面で都市形成が起こりにくい領域を多く含む。このように、都市の地理的配置は、歴史的経緯 (都市形成時期の違いによる輸送費の違いなど) や自然条件 (気候・地形・地質) の地域差を反映していると考えられる。都市の規模と都市間距離の関係を評価するには、これらの地域差を適切に制御する必要がある。

このような外生的な地域差による都市間距離効果の差異を制御するためMori et al. (2020) は以下のように検定を設計した。 $U$  を国内の全都市からなる集合とし、その中から  $K$  都市  $\{u_1, \dots, u_K\}$  をランダムに選び、それらのうち  $u_i$  に最も近接する  $U$  内の都市群を  $U_i$  とする。得られた都市群  $(U_1, \dots, U_K)$  は  $U$  の  $K$  都市についてのボロノイ分割で、個々の  $U_i$  は都市  $i$  のボロノイ地域 (セル) と呼ばれる。図2(A) は、 $K = 3$  の下で、ランダムに選んだ 3 都市についてのボロノイ分割の例を示している。図から明らかなように、ボロノイ分割では地理的に連続な (赤・青・緑の) 3 つのセルが得られる。次に、図2(A) に示すボロノイ  $K$  分割の各セルサイズ (都市数) を固定して、全都市群  $U$  を、距離関係を無視してランダムに  $K$  分割する。その結果、図2(B) が示す、地理的な連続性を必ずしも満たさない 3 つのセルが得られる。

ここで大都市数  $L (\geq 2)$  を決め、ボロノイ  $K$  分割 (図2A) において少なくとも 1 つの  $L$  大都市を含むセル数  $N_L \in [1, \min(K, L)]$  と、ランダム  $K$  分割 (図2B) における値  $\bar{N}_L$  を比較する。もし、大都市ほど相互に地理的に隔離されているならば、 $N_L > \bar{N}_L$  と

なる傾向を持つずである。この仮説は、図2のようなボロノイ・ランダム  $K$  分割の組合せを多数生成して統計的に検証できる。帰無仮説  $H_0$  を「ボロノイ分割・ランダム分割のそれぞれから得られる  $N_L$  と  $\bar{N}_L$  の値が同じ確率分布に従う」とすると、生成したボロノイ・ランダム  $K$  分割のうち  $\bar{N}_L > N_L$  を満たすシェア  $p_0$  を  $p$  値として  $H_0$  の片側検定を行うことができる。

この検定により、Mori et al. (2020) は、分析対象 6 カ国全てにおいて、大都市ほど高い地理的隔離性を示すことを実証し、実際の都市の地理的配置が中心地理論に整合的であることを示した。

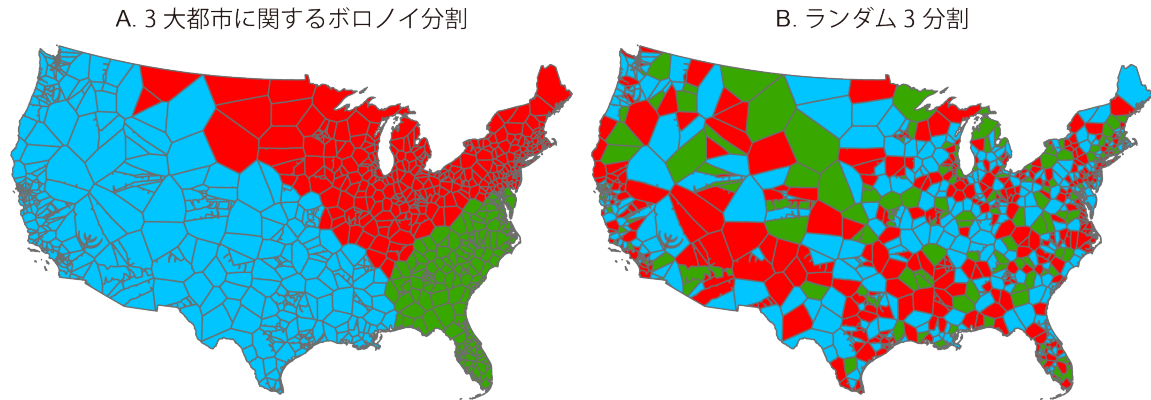


図 2: 2015 年のアメリカ都市群のボロノイ 3 分割とランダム 3 分割

注. 都市群の分割の視認性を高めるために、まずアメリカ本土を構成する 1km メッシュセル群を都市に関してボロノイ分割している。したがって、地図中の各セルに都市が一つずつ含まれる。ただし、単純化のため、ここでのボロノイ分割には直線距離を用いている。(A) ランダムに選んだ 3 都市に関するアメリカ本土上のボロノイ分割。都市間距離には、都市の人口密度最大地点間の道路網距離を用いた。(B) 図 A の各赤・青・緑の分割セルのサイズ (都市数) を固定した下でのアメリカ本土全都市のランダム 3 分割。

## 4 階層的な地域分割と地域レベルの都市規模分布

本節では、階層的な中心地パターンに整合する地域分割を生成する。実際には様々なメカニズムの下で、均衡において中心地パターンが発現することが知られているが (e.g., Fujita et al., 1999; Tabuchi and Thisse, 2011; Hsu, 2012)、Mori et al. (2020) ではChristaller (1933) に習った単純な地域分割を採用している。まず、地域階層の第 1 層を国全体とする。次に、分割数  $L \geq 2$  を固定し、 $L$  大都市に関して全都市群  $U$  をボロノイ分割する。ここで得られる各分割セルは  $L$  大都市のうちの一つとそれを取り囲む小都市群からなる第 2 層の地域である。同様に、各地域を地域内の  $L$  大都市に関してボロノイ分割し、第 3 層の地域群を得る。この手続きを都市が尽きるまで繰り返すことにより、各地域が中心地パターンに整合する階層的な地域分割を得る。

図3は、 $L = 3$  の場合のアメリカと日本における第 2,3 層の地域を示している。ア

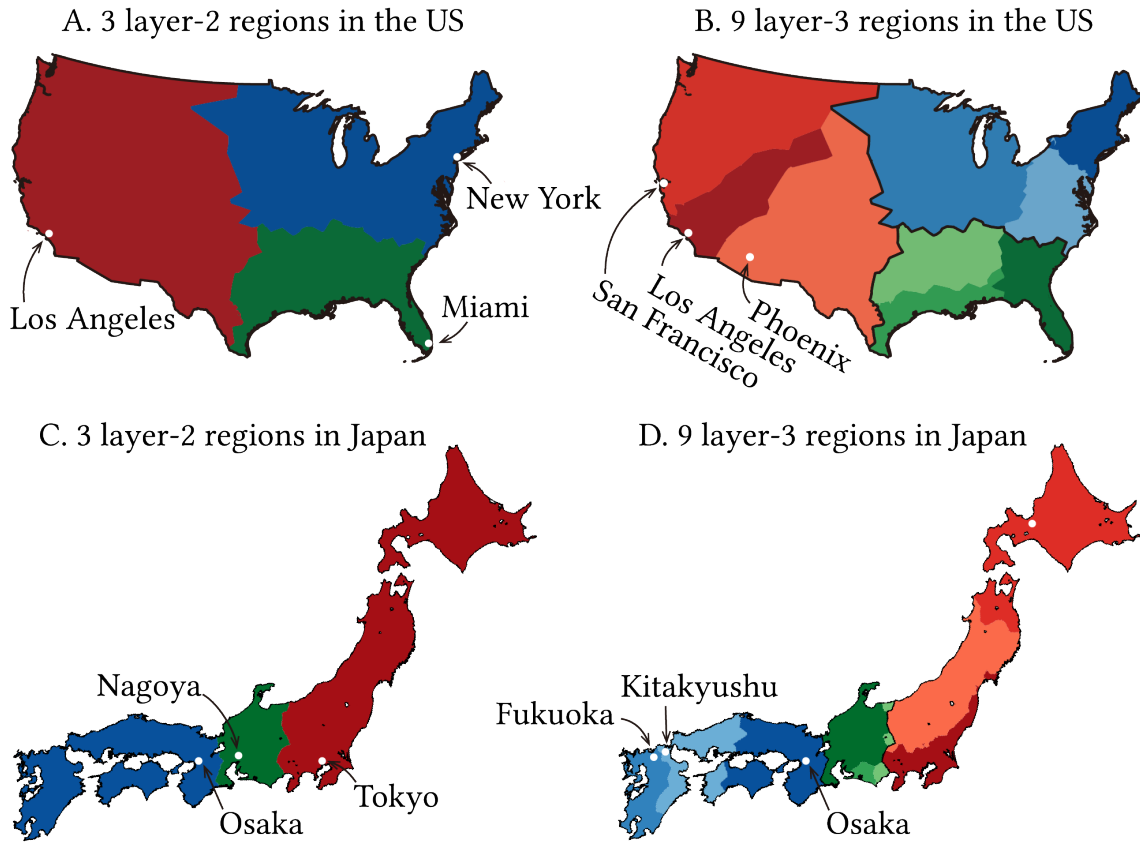


図 3: 2015 年のアメリカと日本の都市群のボロノイ 3 分割 (Mori et al., 2020, Fig.3)

注. (A) アメリカの第 2 層地域分割。具体的には、3 大都市 (New York, Los Angeles, Miami) に関するボロノイ分割。(B) アメリカの第 3 層地域分割。第 2 層の Los Angeles 地域は、Los Angeles, San Francisco, Phoenix に関するボロノイ 3 分割として得られる。(C) 日本の第 2 層地域分割。具体的には、3 大都市 (東京, 大阪, 名古屋) に関するボロノイ分割。(D) 日本の第 3 層地域分割。第 2 層の大阪地域は、大阪, 福岡, 北九州に関するボロノイ 3 分割として得られる。

アメリカの第 2 層は New York, Los Angeles, Miami を中心とした 3 地域 (図3A) で、第 3 層では各地域がさらに 3 分割される。例えば、Los Angeles 地域は、Los Angeles, San Francisco 及び Phoenix を中心とした地域に分割される (図3B)。同様に、日本では、第 2 層が東京, 大阪, 名古屋を中心とした地域 (図3C)、第 2 層の大阪地域は、第 3 層では大阪, 福岡及び北九州を中心とした 3 地域に分割される (図3D)。

図4(A)(B) は、それぞれアメリカと日本について、 $L = 3$  の下での階層的ボロノイ分割から得られた各地域の都市規模分布を示している。いずれの場合も、各地域における都市規模分布は概ね共通のべき乗則に従うように見える。しかし、階層的ボロノイ分割下でのべき係数の共通性を統計的に検定するには、適切に定義されたランダム反実仮想



地域分割の場合と比較する必要がある。ランダム地域分割には複数の定義が可能であるが、都市配置の中心地パターンの役割に注目して、上記の階層的な地域分割から都市間の空間的な関係 (中心地パターン) のみを排除したランダムな階層的な地域分割を採用する。

そのためには、各階層において行った、各地域内の  $L$  大都市に関するボロノイ分割を、各セルのサイズを固定した上で、 $L$  大都市に関するランダムな分割に変更する。この方法で得られた地域分割は、都市規模に基づく地域分割の階層性と各地域に含まれる都市数は元のボロノイ分割と共有しつつ、都市間の空間関係のみを排除した地域分割である。特に、ランダム成長モデル (e.g., [Gabaix, 1999](#); [Duranton, 2006](#)) の下では、これら 2 種類の地域分割の間に共通べき乗則の適合度の差は生じない。つまり、もし階層的ボロノイ地域分割において共通べき乗則への適合度が有意に高い結果が得られれば、実経済で観察される都市形成はランダム成長より中心地理論を支持することを意味する。

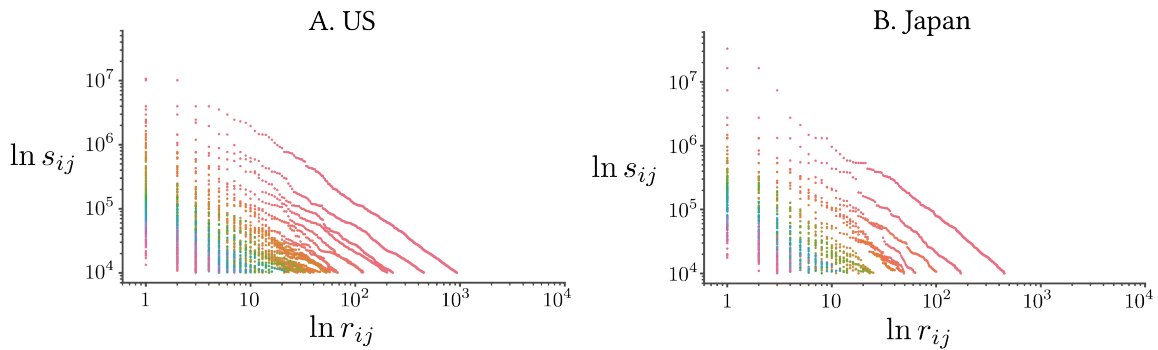


図 4: 階層的な地域構造と都市規模分布の共通べき乗則 ([Mori et al., 2020, Fig.4](#))

注. いずれの場合も、3 大都市に関する階層的ボロノイ分割における各地域の都市規模分布。 $s_{ij}$  は地域  $j$  に属する都市  $i$  の規模、 $r_{ij}$  は地域  $j$  内での都市  $i$  の規模順位。

## 5 都市規模分布のべき乗則とフラクタル構造

複数地域の都市規模分布における共通べき乗則の成立を評価するために、以下のカテゴリカル回帰モデルを用いる：

$$\ln s_{ij} = b_1 - \theta \ln(r_{ij} - 0.5) + \sum_{h=2}^m \beta_j \delta_j(h) + \varepsilon_{ij}. \quad (1)$$

ただし、 $m$  は回帰に含む地域数<sup>7</sup>、 $j = 1, \dots, m$  は地域インデックス、 $s_{ij}, r_{ij}$  はそれぞれ、地域  $j$  に含まれる都市  $i$  の規模と地域  $j$  内での規模順位とする。べき係数は全地域共通で  $\theta$ 、切片のみが地域により異なると仮定する。定数  $b_1$  と、地域ダミー変数  $\delta_j(h)$  を  $h = j$  のとき  $\delta_j(h) = 1$ 、 $h \neq j$  のとき  $\delta_j(h) = 0$  と定義することで、各地域  $j$  の切片は  $b_1 + \beta_j$  で表される。最後に誤差項を  $\varepsilon_{ij}$  とする<sup>8</sup>。

<sup>7</sup>実際の回帰では都市数が  $L$  以上地域のみを含めており、 $m$  はそのような地域の数である。

<sup>8</sup>右辺第 2 項において各地域における規模順位  $r_{ij}$  から 0.5 を減じることにより、[Gabaix and Ibragimov \(2011\)](#) の方法で  $\theta$  の推定バイアスを補正している。

モデル(1)の適合度には、ノンパラメトリックな設定下で最も一般的な指標の一つである平方平均二乗誤差 (Root Mean Squared Error, RMSE) :

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{j=1}^m n_j} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} (\ln s_{ij} - \widehat{\ln s_{ij}})^2}.$$

を採用する。ただし、 $n_j$  は地域  $j$  に含まれる都市数で、 $\widehat{\ln s_{ij}}$  は、式(1)の最小二乗法による推定値 ( $\hat{\theta}, \hat{b}_1, \hat{\beta}_2, \dots$ ) を用いて得られる  $\ln s_{ij}$  の推定値

$$\widehat{\ln s_{ij}} = \hat{b}_1 - \hat{\theta} \ln(r_{ij} - 0.5) + \sum_{h=2}^m \hat{\beta}_h \delta_j(h)$$

を表す。共通べき乗則の検定は、 $L = 2, 3, \dots, 6$  の各  $L$  値の下で、前節で定義したランダム地域分割を 1000 通り生成して行う。具体的には、帰無仮説を「ボロノイ・ランダム地域分割のいずれについても、モデル(1)をフィットしたときの RMSE が同じ統計的母集団に属する」として、ボロノイ分割の下での RMSE がランダム分割の下でのそれを下回る場合 (ボロノイ分割の方が適合度が高い場合) の数シェアを帰無仮説下の  $P$  値として、片側検定を行う。アメリカの場合は  $L = 2, \dots, 6$  の全て、日本の場合は  $L = 4$  を除く全ての  $L$  値で帰無仮説は 1% 水準で棄却された<sup>9</sup>。

したがって、中心地理論 (e.g., Christaller, 1933; Batty and Longley, 1994) が示唆する、都市の中心地パターンに従う地理的配置および都市規模分布のフラクタル構造が支持され、さらに、フラクタル構造が都市規模分布の共通べき乗則を伴うとする Hsu (2012) による最新の中心地理論の結果が実証された。

## 6 中心地パターンと貿易

Mori et al. (2020) による、都市配置の中心地パターンに依拠した階層的ボロノイ地域分割によって得られた地域群を用いて、Mori and Wrona (2021) はこれらの地域が都市間貿易に関して自律的な地域経済圏を近似することを、日本とアメリカについて実証した。本節では日本の結果を概観する。ただし、Mori et al. (2020) で用いられた都市群が 1km メッシュの地域単位から構築されたのに対して、物流センサス個票は市区町村レベルのデータであるため、都市群を市区町村集合により近似することにより都市間貿易額の算出を可能にする<sup>10</sup>。

図5は、図3(C) の 3 大都市に関するボロノイ分割の下で、東京地域 (赤領域) に属する都市と、大阪・名古屋地域 (青・緑領域) に属する都市について、東京からの距離と総

<sup>9</sup>都市規模を 20,000 人以上に限った場合は、日本においても  $L = 4$  でも 1% 水準で帰無仮説は棄却される。また、日米と同様に都市化が基本的に完了しているドイツ・フランスについても、同様の条件で階層的ボロノイ分割の下で共通べき乗則の発現が実証された。中国とインドについては、都市規模の下限を 10,000 人とした場合には結果は弱い。20,000 にとした場合には全ての  $L$  値で 1% 水準で有意であった。

<sup>10</sup>例えば、2015 年については、Mori et al. (2020) による 450 都市は 400 都市に集約される。

移入額に占める東京のシェアの関係を示している。東京地域に属する都市は、大阪・名古屋地域に属する都市に比べて、東京に近接する距離の効果をもなお東京から顕著に移入している。貿易の地域境界効果の規模は、図5に示す回帰線の切片の差に表れている。この事実は、中心地パターンで特徴づけられる地域単位が、貿易に関して比較的自律的な地域経済圏を近似することを示唆している。

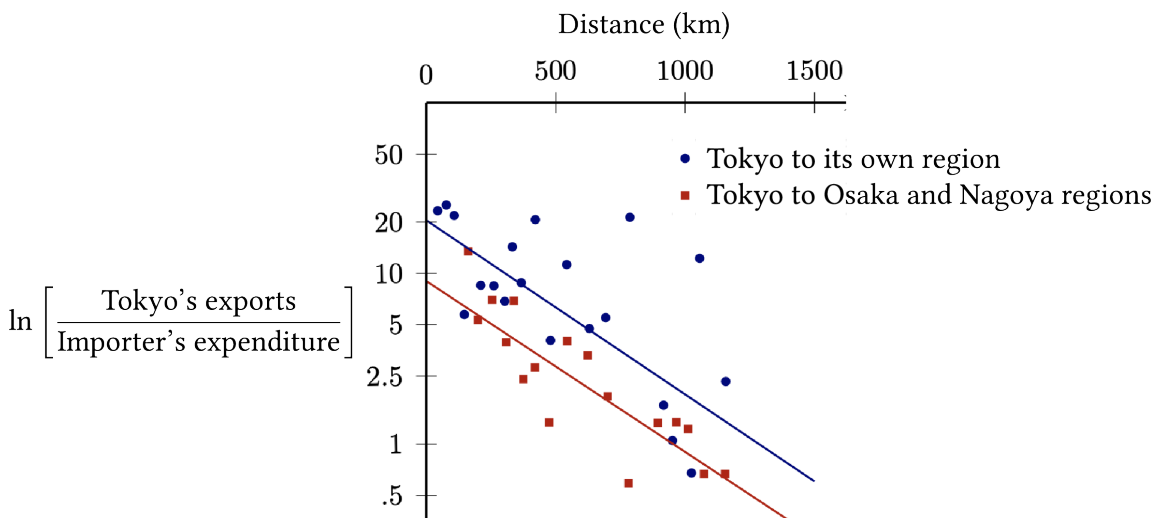


図 5: 見えざる貿易障壁 (Mori and Wrona, 2021, Fig.7)

注. 2015 年の東京地域と大阪/名古屋地域のそれぞれに含まれる都市を、東京からの距離に関して同サイズの 20 組に分け、各組について、距離中央値に対して各都市の総移入額に占める東京のシェア平均値をプロットした図。直線は地域ごとの最小二乗法に基づく回帰線。

Mori and Wrona (2021) は、さらに、階層的な中心地パターンの発現が中心地理論が示唆する産業立地のコーディネーションに起因する可能性が高いことを複数の側面から実証している。図6は、中心地理論における産業立地のコーディネーションの概念を示している。産業は 3 種類あり、それらの立地は図中の 1 次元立地空間上の赤・青・黒丸でそれぞれ表されている。個々の産業は固有の規模の経済・輸送費感度に直面しており、その程度により立地（あるいは集積）の空間的頻度が異なる。規模の経済が大きいほど、あるいは、輸送費感度が低いほど立地/集積頻度は低くなり、少数地点に立地が起こる。図中では、赤・青・黒の順で立地/集積数（および密度）は増加する。財・サービスの調達に輸送費がかかるとき、産業立地が消費者立地を伴う産業と人口の共集積が起こり、都市形成が起こる。異なる産業は異なる空間頻度で立地/集積するが、共通の消費者を介して産業間で正外部経済が発生し、産業間で共集積が起こる。中心地理論では、このような複数産業の共集積が都市の産業構造に階層構造を生じさせる。図6では、青産業が立地する都市にはよりユビキタスな黒産業も立地し、赤産業が立地する都市には、よりユビキタスな青産業、さらに黒産業も立地する。また、立地産業数と都市規模は相関する傾向にあるため、図6が示すように、都市の地理的配置には中心地パターンが発現する。

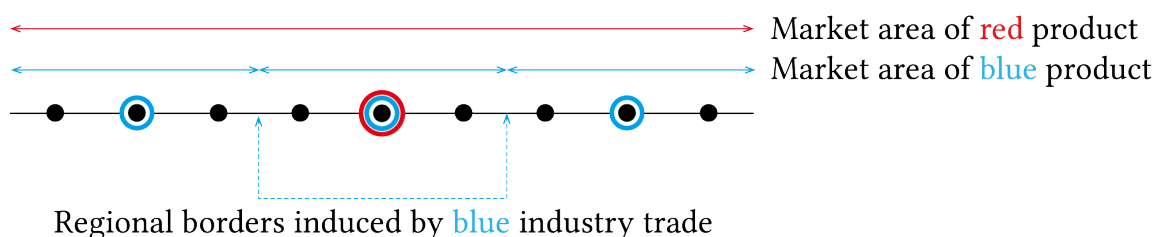


図 6: 産業集積のコーディネーションと地域形成

Mori et al. (2020) による大都市に関するボロノイ分割において得られた地域では、地域内に比べて地域境界を跨ぐ貿易量が顕著に小さいのは、大都市と周辺小都市群で構成される地域が都市内に立地する産業の市場範囲を近似するためと考えられる。例えば、図6における3大都市に関する都市群のボロノイ分割は、青産業市場における各3大都市の市場範囲に相当する。青産業の受給は、各3大都市の周辺で比較的閉じており、地域を越えた交易は少ない。

物流センサスにおいて得られる出荷データは産業中分類と品目分類 (2015 年の場合、24 産業 85 品目) の特定ができるため、それらを組み合わせることにより、およそ製造業小分類と同程度数の産業・品目ペアについて都市間貿易額を把握できる (2015 年の場合で 212 産業・品目ペア)。得られた産業・品目ペアを「産業」と定義し、それらの立地都市の市場範囲の違いを比較することができる。例えば、図7では、産業を立地都市数の多寡によって5のグループに分け、各グループ  $g$  に属する財を移出する都市について、その平均的な市場範囲を示している。具体的には、貿易距離を 100km ごとにまとめ、各距離ビンごとに、各産業グループの生産都市から直接それらの財を移入する都市のシェアをプロットしている。

立地都市数が多いユビキタスな産業ほど交易都市のシェアは各距離レベルで低く、さらに距離とともに急速に減少する。立地都市数が小さい産業は基本的に大都市に立地する産業であるため、大都市ほどその市場範囲が大きいことを意味する。図に示すように、10 都市以下に立地する産業は 1,500km を超える範囲で顕著な貿易がある。これらの事実、中心地パターンに則した地域分割により得られる地域群が貿易に関して比較的自律的であることに整合する。

このような産業の空間的なコーディネーションにより生ずる地域形成、及び、貿易の境界効果を、Mori and Wrona (2021) は「中心地バイアス」と呼び、構造重力モデルを用いて定量的に評価し、その要因分解を行っている。特に、階層的ボロノイ分割の第2層から第5層における中心地バイアスは、各地域の中心都市から地域内への貿易が域外への貿易に比べ 40-100% 大きく推定されている。さらに、Redding and Weinstein (2019) による構造重力モデルの産業非集計の方法を用いて、中心地バイアスの主要因が大都市と小都市間の移出産業数の非対称性であることを示した。具体的には、立地頻度の低い大都市特有の産業は、中心都市から域内都市への貿易には含まれるが逆方向には含まれな

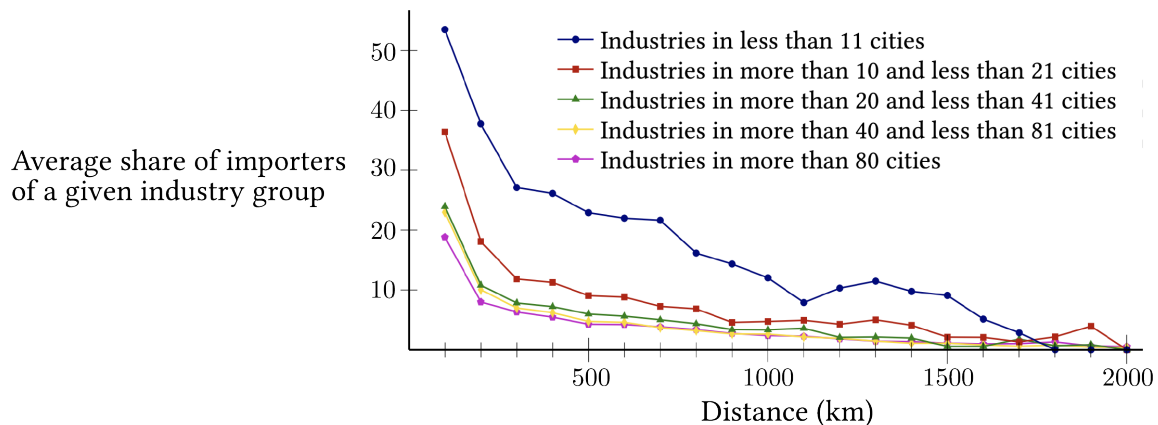


図 7: 各都市の産業ごとの市場範囲 (Mori and Wrona, 2021, Fig.3)

注. 産業は 2015 年の 212 産業・品目ペア。横軸は、貿易距離を 100km ごとにまとめた距離ビン。縦軸は、各産業グループの各生産都市から直接それらの財を移入する都市数シェアの (生産都市に関する) 平均値。

いという、中心地理論に整合した産業立地のコーディネーションによるところが大きいことが示された。

## 7 政策的示唆

多くの国において都市の人口規模分布が概ねべき乗則に従うことは長く既知の事実であった (e.g., Gabaix and Ioannides, 2004)。しかし、Mori et al. (2020) は、このような秩序形成が国レベルに限らず国内の地域レベル、さらに各地域内のより小さな地域においても再帰的に観察される事実を、日本・アメリカを含む 6 カ国のデータを用いて、新たに明らかにした。べき係数は国によって異なるが、共通の性質として、各地域の都市群の地理的配置は概ね国全体の都市群の地理的配置と相似関係にあり、大都市を小都市群が取り囲む中心地パターンに従うことが明らかになった。都市の人口規模は、産業の多様性・家計所得・学歴など他の様々な社会経済指標と強く相関するため、この事実は現象として興味深いだけでなく重要な政策的示唆を持つ。

Mori et al. (2020) の結果は、都市の規模とその空間頻度の関係に自由度は低く、どの地域の都市が成長するかは椅子取りゲームに似ていることを意味する。ある都市が成長すれば、別の都市、特に成長した都市の周辺に位置する都市は衰退しやすい。したがって、特定の都市/地域の成長を目的とした地域主体 (placed-based) の地方創生政策の成否は、都市規模・空間分布形を維持した下でのゼロサムゲームにおける勝負と同様な結果に陥りやすい。例えば、新幹線や高速道路の敷設は、地域経済に正の効果を及ぼすと考えられがちだが、Mori et al. (2020) は、そのような新古典派的な状況は少なくとも現在の地域経済にはよく当てはまらないことを示唆している。そもそもある規模以上の都市がどの程度の空間頻度で存在し得るか、そこに大きな自由度はないからだ。



多地域経済における経済集積の基礎理論を構築したAkamatsu et al. (2020) によれば、新幹線網整備のような大域的な交通アクセスの改善は、経済全体で集積を促進する。ここでの集積の促進とは、経済立地がより大都市に集約されることを意味し、都市数が減少し、残った都市の規模および都市間距離が増加する。過去 50 年で、新幹線・高速道路網の両方がほぼ皆無の状況から全国を網羅するまでに整備された日本において、Akamatsu et al. (2020) の結果はよく当てはまる。例えば、1970 年時点では、日本の 10 大都市のうち 3 都市 (名古屋・静岡・沼津) が東京・大阪間に存在したが、それらのうち、2015 年時まで 10 大都市に残った都市は名古屋だけである。一方、東京より東の地域で 10 大都市に含まれる都市は、1970 年には札幌のみであったのに対して、2015 年には仙台が加わった<sup>11</sup>。つまり、椅子取りゲームの椅子の数が減り、成長はより少数の都市に偏る傾向がある。交通・情報ネットワークなど、大域的に影響が及ぶ地域政策の設計においては、個別の地域に注目するだけでなく、日本全体を含む都市システムの秩序を制約として明示的に考慮する必要がある。特に、椅子の数が決まっている以上、どこから整備するかは決定的に重要である (他の条件が同じであれば、先に整備された地域ほど効果が大きいことが期待される)。システム全体で明確な優先順位を設定した上での広域的な連携が重要になる。

さらに、Mori et al. (2008); Mori and Smith (2011); Hsu (2012); Mori (2017) は、日本・アメリカについて、都市の産業構造は都市の規模に関して階層的であり、小都市の立地産業は概ね大都市の立地産業でもあることを示している。Mori and Wrona (2021) は、Mori et al. (2020) が示した都市形成の再帰的な中心地パターンが、産業立地のこのような階層的なコーディネーションに起因するとする中心地理論 (e.g., Christaller, 1933; Batty and Longley, 1994; Hsu, 2012) の有効性を、日本とアメリカについて実証したことを第6節で述べた。したがって、都市の規模・地理的配置における秩序は、同時に産業立地における秩序を意味するものである。特定の産業の実現可能な地理的配置 (立地/集積がどのような空間頻度で実現するか、あるいは、同じ産業の既存の立地/集積とどの程度隔離されている必要があるか) の自由度は低く、都市形成と同様に、地域/都市ごとの産業誘致政策の成否は椅子取りゲームに似た状況であると考えられる。ここでも国全体の立地パターンを制約として考慮する必要がある。

最後に、国レベルで都市規模分布がべき乗則に従う事実は、国の領土も長期的には内生的な地域形成の結果であることを意味するのではないか。中心都市は際限なく大きくはなれず、その規模は技術水準などで制約される。自ずと国の規模も制約され、かつてのローマ帝国や中国の王朝など、巨大な国が長く続かなかつた理由と、Mori et al. (2020) が明らかにした都市集積のフラクタル構造は密接に関係しているかも知れない。

## 8 結論と展望

Mori et al. (2020) は、都市集積という内生的な地域単位に注目し、国全体を俯瞰的に捉えることで、日本・アメリカ・ドイツ・フランス・中国・インドの 6 カ国において共通の極め

<sup>11</sup>Mori and Osawa (2021) では、1970-2015 年の日本の都市規模と地理的配置の変化について、Akamatsu et al. (2020) の理論に基づいた解説を行っている。

て明確な秩序が見出されること、特に、国内の地域経済は、国全体と相似的な中心地パターンの階層構造で特徴づけられることを実証した。さらに、その秩序の背後にあるメカニズムとして、Mori and Wrona (2021) は、中心地理論 (e.g., Christaller, 1933; Batty and Longley, 1994; Fujita et al., 1999; Tabuchi and Thisse, 2011; Hsu, 2012) が示唆する、産業間の集積のコーディネーションが有力であることを、日本とアメリカの物流データを用いて実証した。この結果は、都市規模のバリエーションが、主として内生的な集積の経済から生ずる可能性を示唆している。規模/集積の経済の下では、一般的に複数均衡が存在する。とりわけ、異なる規模の経済に直面する多数の産業を明示的に含む経済は、多数の安定均衡を持つことが容易に推測される。

このような状況は、最近の定量空間経済学における主流アプローチ (Redding and Rossi-Hansberg, 2017) における設定の真逆に近い。例えば、Redding and Sturm (2008); Allen and Arkolakis (2014) では、規模/集積の経済を含みつつも、内生的経済集積が実現しない、一意均衡を保証するパラメタ領域を仮定し、均衡選択の問題を回避している。しかし、実経済が、本来複数均衡であるならば、それを一意均衡とみなして分析することは、誤解を生む政策示唆に繋がり危険である。実際、内生的集積を禁止する構造モデルによる実際の都市規模のバリエーションの再現性は極めて低い。例えば、Redding and Sturm (2008) は、そのようなモデルをドイツの都市規模・空間分布に対してフィットしているが、実際の都市規模を構造残差で対数線形回帰した場合  $R^2 = 0.896$  であり、モデルと観察可能な外生要因が説明する都市規模のバリエーションは 10% に過ぎない。

Mori et al. (2020) の結果は、複数均衡の下でも、異なる安定均衡において実現する都市の規模・空間分布が共通の秩序に従うこと、つまり、実現可能な経済立地パターンは均衡選択に依らない可能性を示唆している。

本 RIETI プロジェクト及び後続として予定しているプロジェクトでは、Mori et al. (2020); Mori and Wrona (2021) による実証事実に基づく次のステップとして、現在、実データから推定された規模の経済の分布の下で<sup>12</sup>、多産業・多地域を含む中心地理論モデルを用いて、発見された秩序、及び、実経済の都市規模のバリエーションを質的に再現する研究を進めている (Akamatsu et al., 2021)。最終的には、Akamatsu et al. (2021) による理論モデルに、自然条件や歴史的経路依存性の効果を含め、実経済の都市の規模・地理的配置の再現、及び、自然条件・交通網整備やその他の地域政策に関する反実仮想実験を可能にする構造モデルを構築することが当面の目標である<sup>13</sup>。特に、構造モデルは、従来の定量空間経済学のアプローチに比べて、実経済における都市規模のバリエーションの再現性を大幅に改善し、精度の高い政策分析を可能にすることが期待される。

<sup>12</sup>具体的には、Broda and Weinstein (2006) により推定された、アメリカの輸入財の代替弾力性の分布を用いる。

<sup>13</sup>現在想定しているのは日本における構造モデル分析であり、その場合は、前提とする規模の経済の分布を日本の貿易データ等、詳細かつ広範囲な品目分類を含むデータからBroda and Weinstein (2006) に類する方法で推定する必要がある。

## References

- Akamatsu, Takashi, Tomoya Mori, Minoru Osawa, and Yuki Takayama, “Endogenous agglomeration in a many-region world,” 2020. arXiv:1912.05113v2.
- , —, —, and —, “Coordination of industrial location and the spatial fractal structure of city systems,” 2021. In progress. Institute of Economic Research, Kyoto University.
- Allen, Treb and Costas Arkolakis, “Trade and the topography of the spatial economy,” *The Quarterly Journal of Economics*, 2014, 129 (3), 1085–1140.
- Batty, Michael, “Rank clocks,” *Nature*, 2006, 444, 592–596.
- and Paul A. Longley, *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*, San Francisco and London: Academic Press, 1994.
- Bettencourt, Luís M. A., José Lobo, Dirk Helbing, Cristian Kühnert, and Geoffrey B. West, “Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2007, 104 (7), 7301–7306.
- Black, Duncan and Vernon Henderson, “Urban evolution in the USA,” *Journal of Economic Geography*, 2003, 3 (4), 343–372.
- Bright, Edward A., Amy N. Rose, and Marie L. Urban, “LandScan 2015 High-resolution global population data set,” Technical Report, Oak Ridge National Lab., Oak Ridge, TN, USA 2016.
- Broda, Christian and David E. Weinstein, “Globalization and the gains from variety,” *The Quarterly Journal of Economics*, May 2006, 121 (2), 541–585.
- Christaller, Walter, *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, Jena: Gustav Fischer, 1933.
- Dijkstra, Lewis and Hugo Poelman, “Cities in Europe: The New OECD-EC Definition,” EU Commission: Regional Focus 2012.
- Dobkins, Linda Harris and Yannis M. Ioannides, “Spatial interactions among U.S. cities: 1900-1990,” *Regional Science and Urban Economics*, 2001, 31 (6), 701–731.
- Duranton, Gilles, “Some foundations for Zipf’s law: Product proliferation and local spillovers,” *Regional Science and Urban Economics*, July 2006, 36 (4), 542–563.
- Eaton, Jonathan and Zvi Eckstein, “Cities and growth: Theory and evidence from France and Japan,” *Regional Science and Urban Economics*, 1997, 27 (4-5), 443–474.

- Fujita, Masahisa, Paul Krugman, and Tomoya Mori**, “On the evolution of hierarchical urban systems,” *European Economic Review*, 1999, *43*, 209–251.
- Gabaix, Xavier**, “Zipf’s law for cities: An explanation,” *The Quarterly Journal of Economics*, 1999, *114* (3), 738–767.
- **and Rustam Ibragimov**, “Log(Rank-1/2): A simple way to improve the OLS estimation of tail exponents,” *Journal of Business & Economic Statistics*, January 2011, *29* (1), 24–39.
  - **and Yannis M. Ioannides**, “The evolution of city size distributions,” in J. Vernon Henderson and Jacques-François Thisse, eds., *Handbook of Regional and Urban Economics*, Vol. 4, Elsevier, 2004, chapter 53, pp. 2341–2378.
- Hsu, Wen-Tai**, “Central place theory and city size distribution,” *Economic Journal*, 2012, *122*, 903–932.
- Kanemoto, Yoshitsugu and Kazuyuki Tokuoka**, “Proposal for the standards of metropolitan areas of Japan (in Japanese),” *Journal of Applied Regional Science*, 2001, *7*, 1–15.
- Mori, Tomoya**, “Evolution of the size and industrial structure of cities in Japan between 1980 and 2010: Constant churning and persistent regularity,” *Asian Development Review*, 2017, *34* (2), 86–113.
- , “Spatial pattern and city size distribution,” February 2020.
  - **and Jens Wrona**, “Centrality bias in inter-city trade,” 2021. Discussion Paper 21-E-035, Research Institute of Economy, Trade, and Industry.
  - **and Minoru Osawa**, “Cities in a world of diminishing transport costs,” 2021. arXiv: 2021.12503.
  - **and Tony E. Smith**, “An Industrial Agglomeration Approach to Central Place And City Size Regularities,” *Journal of Regional Science*, October 2011, *51* (4), 694–731.
  - , **Koji Nishikimi, and Tony E. Smith**, “The Number-Average Size Rule: A New Empirical Relationship Between Industrial Location And City Size,” *Journal of Regional Science*, 2008, *48* (1), 165–211.
  - , **Tony E. Smith, and Wen-Tai Hsu**, “Common power laws for cities and spatial fractal structures,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, March 2020, *117* (12), 6469–6475.
- Quinzii, Martine and Jacques-François Thisse**, “On the optimality of central places,” *Econometrica*, 1990, *58* (5), 1101–1119.

- Redding, Stephen and Daniel Sturm**, “The cost of remoteness: Evidence from German division and reunification,” *American Economic Review*, 2008, *98* (5), 1766–1797.
- Redding, Stephen J. and David E. Weinstein**, “Aggregation and the Gravity Equation,” *AEA Papers and Proceedings*, May 2019, *109*, 450–5.
- **and Esteban Rossi-Hansberg**, “Quantitative spatial economics,” *Annual Review of Economics*, 2017, *9*, 21–58.
- Tabuchi, Takatoshi and Jacques-François Thisse**, “A new economic geography model of central places,” *Journal of Urban Economics*, March 2011, *69* (2), 240–252.