

【論 説】

GIS を活用した工業集積の空間統計学的分析

—大阪における町丁目別工業出荷の集積性—

井 田 憲 計

目 次

- 1 はじめに
- 2 産業集積に関する最近の動向と GIS
- 3 大阪東部の工業集積に関する先行研究
- 4 大阪東部の工業集積に関する GIS 分析
 - 4.1 『工業統計』町丁目別集計データの利用
 - 4.2 空間的相関係数の計測
 - 4.3 集積と生産性に関する空間的回帰分析
- 5 おわりに

1 は じ め に

近年産業集積に関する研究が数多くなされ、政策面でも経済産業省が「産業クラスター計画」を提唱するなど、集積はますます重要な概念となっている。しかし、概念や理論が先行している感は否めず、政策立案の根拠となる定量的な実態分析の蓄積は必ずしも十分ではないように思われる。一方でここ最近、いわゆる小地域統計の整備と GIS (Geographic Information System 地理情報システム) 利用環境の進展については目をみはるものがある。本稿ではこのような状況をふまえて、空間統計学、空間計量経済学や GIS を駆使して、これまで定量的に明らかにされることが少なかった小地域統計からみた工業集

積の空間的なファクト・ファインディングを試みる。

まず次章では、産業集積に関する近年の研究ならびに政策的動向を整理し、続く3章では、近年の大阪、なかでも分析対象とした大阪市および東大阪市を中心とした東部大阪における工業集積に関する先行研究をサーベイし、分析課題を明らかにする。その上で4章においてGISを活用した分析手法を解説しつつ、大阪における工業集積の空間的分析を行う。最後の章では、本稿で明らかになったことと残された課題について示す。

結論部分のみあらかじめ述べておくと、大阪市および東大阪地域の『工業統計』町丁目別集計（秘匿部分については按分推計を含む）のGIS分析からは、興味深い以下の2点が明らかになった。まず空間的相関係数を計測したところ、集積性は人口密度のそれには及ばず、事業所密度、従業者数密度、出荷額密度の順で低くなる。時系列でみると、とりわけ出荷額で集積性低下の方向が認められる。2点目は、生産性と集積に関して空間的相関を考慮した回帰分析を試みたところ、従業者密度では単要素生産性（従業者1人あたり出荷額）に対して正のパラメーターが検出される一方、事業所密度については認められなかった。

2 産業集積に関する最近の動向とGIS

近年、産業集積に関する研究が数多くなされるようになり、政策面からも経済産業省が「産業クラスター計画¹⁾」を提唱するなど、集積はますます重要な概念となっている。ただ概念や理論が先行している感は否めず、政策立案の根拠となる定量的な実態分析の蓄積は必ずしも十分にはなされていないように思われる。混沌状態に陥った産業集積の理論と政策についての展望を簡潔にまとめた松原(2005)でも指摘しているように、今後できるだけ数値化して産業集積の実態に関する実証研究を進め、その成果を理論にフィードバックさせるようなことが求められている。

1) 「産業クラスター計画」の概観については山崎(2003)が、進捗管理や今後の方向性については審議会的な位置付けの最新アウトプットである産業クラスター研究会(2005)などが詳しい。

このような中で、山村英司氏による一連の研究は大変興味深い。氏はまず産業集積に関する理論的研究の流れを山村(2003)ならびに山村(2004a)で詳細にサーベイしつつ、これと並行していくつかの具体的な産業分野についての実証的な分析にも精力的に取り組んでいる。山村(2004b)はそれらの実証分析の1つであるが、京浜工業地帯を含む関東圏の加工組立5産業を取り上げ、集積の外部性を同一産業による「地域特化の経済」と多様な産業による「都市化の経済」とに分類した場合に、集積することによって得られる利益の源泉がいずれにあるのかという問題意識を背景に、興味深い以下の3つの仮説を提示している。[仮説1]都市のサービス化と郊外の宅地化によって、産業立地は都市から郊外へ、さらに地方へと分散し続けた。[仮説2]前半に大都市の郊外に立地する企業が増えた結果、郊外に大規模かつ多様な集積が形成される。後半にはそうした郊外の大集積が都市化の経済を發揮し、非標準的な製品の拠点になった。[仮説3]郊外における大集積の形成と平行して、標準的な組み立てなどを行う大規模な事業所が外延部に進出した。氏はその上で1960年以降の40年分もの『工業統計』市区産業別データとハーフィンダール指数を応用した多様性の指標などによる回帰分析から、関東圏の戦後における長期的製造業発展サイクルに関して、以下の2点を明らかにした。(1)新技術が導入されることにより、産業発展が促される。そして次第に技術の標準化が起き、大量生産による高成長期にいたる。技術の標準化と高成長が起きる時期には、産業が集積地からその郊外へと拡がっていく。(2)その後、試作品の作成などを通じた新製品の開発の重要性が高まり、技術革新が誘発される。このような技術革新は京浜地域とその郊外地域における、都市化の経済によって推し進められるであろう。その一方で、郊外からさらに外延部にいくほど事業所規模が大きくなり、分業の程度が進む。これらの内容は、大阪圏を対象に研究を続けてきた著者にとっても大変興味深く、まさにこのような定量的な実証研究が蓄積されていくことが重要であると考え、惜しむらくは、分析結果をGISと連動して示せていないことであろう。

一方でここ最近、いわゆる小地域統計の整備と GIS 利用環境の進展については目をみはるものがある。平成 14 年 6 月 25 日の閣議決定「経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2002」において、産業発掘戦略の一環として「政府が保有する統計情報をインターネット上で高度に利活用できる仕組みを構築する」ことが決定されたことを受け、総務省はインターネット上に「統計 GIS プラザ」を構築した。これは web-GIS の一種で、「新しいビジネスの開拓や商圏の設定、地域販売戦略等、地域における企業活動等を支援すること」を目的として、GIS の仕組みを活用することで、『国勢調査』及び『事業所・企業統計調査』の統計データを利用者の個々のニーズに合わせ背景地図と共に視覚化して提供している。これにより、統計表を眺めただけでは困難な地理的な分析を視覚的に行うことが可能となっている。また(財)統計情報研究開発センター(Sinfonica)ではパソコン用ソフト「使ってみよう国勢調査データ G-Census」を全国の中学・高校へ無償配布し、GIS の教育現場への導入・浸透を図っている。このように GIS の利用環境が整うに従って、今後社会科学の分野でも活用が進むものとみられる。例えば、経済学の分野での GIS 活用の可能性と必要性を提示した河合(2004)は国内先駆的な研究であり、GeoTools-lite や R といったフリーウェアの分析ソフトを用いた研究事例と手法が紹介されている。

本稿では以上で概観したような状況をふまえて、空間統計学、空間計量経済学や GIS を駆使して、これまで定量的に明らかにされることが少なかった小地域統計データによる工業集積の空間的なファクトファインディングを試みる。なお、今回本稿での分析およびグラフィックスの大部分については、単なる統計ソフトではなく「データ解析環境」「統計解析とグラフィックスの環境」などとも呼ばれる上記 R とその GIS 関係のパッケージを用いて行っている。

3 大阪東部の工業集積に関する先行研究

この章では、近年の大阪、なかでも本稿が分析対象とした大阪市および東大阪市といった市内および東部大阪地域における工業集積に関する先行研究について、実態分析・実証分析を中心にサーベイし、本稿での分析課題を明らかにする。

著者は業務として日常から大阪産業の実態分析にたずさわり、産業集積を肌で感じる機会を得ている。そのような中、著者も参加してまとめた大阪府立産業開発研究所(2003)は、大阪における機械金属関連工業集積の実態を統計分析、アンケート、ヒアリングから明らかにしたものである。そこでは、機械金属関連8業種(鉄鋼、非鉄金属、金属製品、一般機械、電気機械、輸送機械、精密機械、プラスチック製品)について(1)事業所数(2)集積密度(3)地理的連続性という基準から、[1]大阪東部(東大阪市、八尾市、大阪市東成区・生野区・平野区)[2]大阪北東部(守口市、門真市、大東市、大阪市鶴見区・城東区)[3]大阪北部(豊中市、大阪市西淀川区・淀川区)という府内3大集積地域を選定し、各集積が立地移動により都心部から外延部へと放射線上に広がったことを確認した上で、それぞれの集積の特徴や取引関係などを明らかにしている。

著者がおもに担当した統計分析部分では、事業所数での集積密度マップを作成し、これら集積地域の中でもさらに高密度集積地区がいくつか観察されることを明らかにした。また集積剥落の懸念として、『工業統計』メッシュ集計で1990年(X軸)と2000年(Y軸)の事業所密度2時点間比較(XY散布図)を行い、相対的に集積地域での減少が目立つ(45度線右下方での点が目立つ)ことも指摘したが、いずれも、視覚的な分析に止まっている。まさに、その際に積み残したGISを活用して大阪における産業集積とその変化の様子を定量的に明らかにしたい、というのが本稿執筆の動機であり分析課題でもある。

なお、上記調査を理論面および実態分析から実質的に企画・実施・完成させた同僚の町田光弘氏は、いわゆる中小企業論からのアプローチで更に研究

を進めている。例えば町田（2004）では京浜地域を対象とした渡辺幸男氏の実態研究や関満博氏、植田浩史氏らの産業集積に関する先行研究をふまえて、クルーグマンがマーシャルを整理して掲げた集積の3メリット（＝(1)特殊技能労働者などの集中した労働市場 (2)中間財の供給 (3)知識の浸透）をアンケートや実態調査の結果（外注依存状況とその加工内容など）と擦り合わせ、集積内部の多層性の把握とマニファクチャリング・ミニマムの在り方について検討している。

さて定量的なアプローチに立ちかえてみると、大阪地域を対象に含む実証研究として福重（2003）が挙げられる。これは工場等制限法などいわゆる工場三法が阪神工業地帯の工業付加価値にどの程度の影響を与えたのかを、『工業統計』市区産業別のデータを用いて回帰分析から明らかにしたものである。先に挙げた関東地域についての山村（2004b）とも似て、「規模の経済」と「範囲の経済」から集積の効果を捉えて、該当市区の隣接関係も考慮した回帰分析から各時点において集積の効果が確認された業種を分類している。またそれらの業種が工場等制限法によって規模の経済を追求できなかった可能性を指摘し、法の廃止によって今後工場の立地が進む業種があることを予想している。

また、既にGISを活用した大阪を対象とする分析もいくつか存在している。例えば、大阪市内からの工場流出防止策を検討した大阪都市経済調査会（2005）では、大阪府全域の10m四方のメッシュデータを用いて、[01]山林、[02]田から[06]工業用地など16カテゴリの土地利用形態でみた1974年から1996年までの変化をクロス表にしてレポートしている。これによると、例えばこの20年余の2時点で同一の利用形態（クロス表の対角線上のセル）となっている割合は、[02]田で51.5%、[06]工業用地で78.6%、[07]一般低層住宅地で83.6%などとなっている。これを高いとみるか低いとみるかは難しいところであるが、それよりも重要なことは、一体府内のどこで土地利用の変化が生じていったのかが地図上で把握・分析できるということであり、この

ような情報を的確に施策へ活用していかねばならないという点であろう。このところ大阪圏においても地価の下落などから商工業遊休地・跡地へのマンション立地などいわゆる都心回帰現象が明確にみられている。これらを例に出すまでもなく、GISを活用した調査・分析は、産業施策にとどまらず人口・環境・税務など行政施策全般に対して大変重要な横断的・統合的情報を与えてくれるものである。

4 大阪東部の工業集積に関する GIS 分析

4.1 『工業統計』町丁目別集計データの利用

本章では、実際に GIS を活用した小地域統計による実証分析を試みる。町丁目別データに代表されるいわゆる小地域統計は、例えば総務省の『国勢調査』『事業所・企業統計調査』において集計・公表され、利用可能となっている²⁾。具体的には、前述のように web サイト「GIS プラザ」において、GIS での活用もふまえた数値データならびに地図データの提供がなされている。

本稿では、これとは別に経済産業省による『工業統計』の町丁目別データを利用した。『工業統計』町丁目別データは、当該市町村などが特別に集計・公表した場合にのみ利用可能となるという点において、あまり存在を知られていないマイナーなデータであるが、『事業所・企業統計』では得られない出荷額についての小地域データが利用できるという特徴を有す。

今回、分析対象としたい大阪府全域のうち、『工業統計』の町丁目別集計を公表している市町村は、大阪市と東大阪市など数えるほどしかなかった。そもそも事業所数が 1 ないし 2 しかない丁目についての値は「個々の申告者の秘密が漏れるおそれがあるため」秘匿処理が施される。このため、ある程度集積が形成されている市町村でしか、町丁目別集計が意味のあるものになら

2) 両統計とも、字・町丁よりもさらに細かい最小の集計単位として、調査区別集計結果が公表されている。公表の形態は刊行物ではなく、国・地方の統計部局での閲覧あるいは関係財団等を通じての磁気媒体の販売である。どのような項目が小地域集計されているかは、刊行物の末尾等にも記載がある。なお、1つの丁目の中には概ね数個の調査区が存在している。

ないという現実があるのであろう。ちなみに、東大阪と並んで全国有数の工業集積を誇るとされる東京都大田区についても、『工業統計』町丁目別集計が公表されている。

結局今回本稿では、大阪市内各区および東大阪市という大阪府内中部東部の連続した地域についての『工業統計』町丁目別データセット（町丁目数にして実に2,394ヶ）を整備したものを利用した。また時系列比較のため、平成12（2000）年、平成2（1990）年および昭和60（1985）年の3時点について整理した。なぜこの3時点かについては、後でもふれるように、事業所数ならび（直近の）従業者数のピーク時近傍（1985年）、出荷額ピーク時近傍（1990年）、そして町丁目で利用可能な足元直近（2000年）という点を考慮している。このように本稿でのデータセットは、見方によっては国内有数の広大な地域に関する小地域出荷額統計の貴重な時系列データセットであろう。

なお、『工業統計』町丁目別集計データの利用で問題となるのは秘匿値の扱いである。秘匿となった丁目が欠損値のままではGISでの分析に際して致命的な支障をきたすため、何らかの方法で推計値に置きかえる作業が必要となる。大阪市内の区域計なり東大阪地域計の値については通常の『工業統計』でも公表されている。従って、仮に秘匿値が存在しても、地域計からの引き算で秘匿部分の小計については判明する。この秘匿分小計を按分推計することを考えた。集計対象項目の事業所数、従業者数、製造品出荷額等のうち、事業所数については秘匿されていないので、事業所数の構成比で従業者数と出荷額の秘匿分小計を按分するというのが考えられる一つの方法であろう。しかし、町丁目内に1事業所しか立地していないとして、それが零細事業所1なのかあるいは多数の従業者を抱える大規模工場1なのかで按分結果が同じとなってしまうであろう。このように従業者規模の違いを考慮しない按分は危険である。そこで、直近前後の年の『事業所・企業統計』での従業者数の情報を利用することを考えた³⁾。というのも『事業所・企業統計』で

3) 『工業統計』と『事業所・企業統計』のマッチング、あるいは異時点調査で同一事業所を結びつけるロンジチュージナル・ファイル(longitudinal file)の作成等に関する研究については、松田(1991)に詳しい。

は従業者数についても秘匿されることはない。『事業所・企業統計』製造業の秘匿該当町丁目分の従業者数小計を100%とする構成比でもって、対応する『工業統計』秘匿分の従業者数ならびに出荷額を按分することにした。ただし、『事業所・企業統計』には『工業統計』の対象とはならないオフィス事業所についての値も含むため、機械的な按分だけでは歪みをもたらす。そこで今回、北区や中央区といったオフィス街の区域においては、1エリアで従業者数300人を超えるような町丁目について、過去の値などの情報も参考に按分結果を個々に精査・修正した。またこれとは別に、時系列に関しては、この期間内に対象地域内では大阪市旧東区と旧南区の統合(中央区)、東大阪市での住居表示の変更などともなう町丁目名の変更や統廃合が行われている。これについても、一部で按分処理を行うなどして対処している。



図 4-1-[1] 人口(夜間人口)密度マップ(2000年)

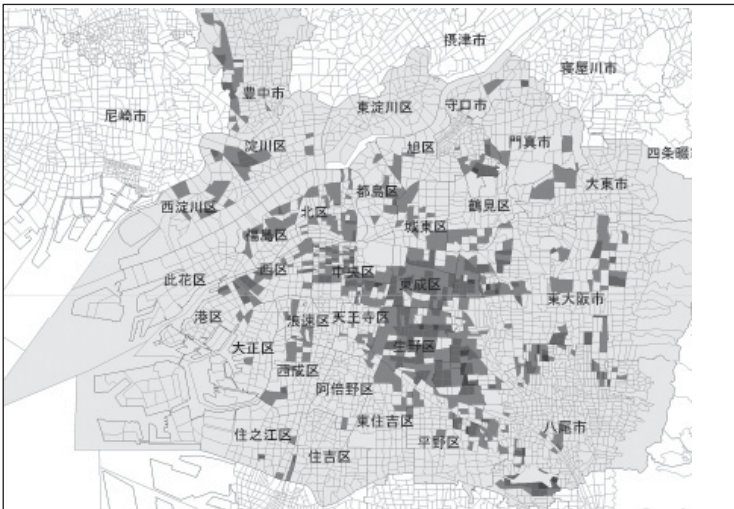


図 4-1-[2] 製造業事業所 (オフィス含む) 密度マップ (2001 年)

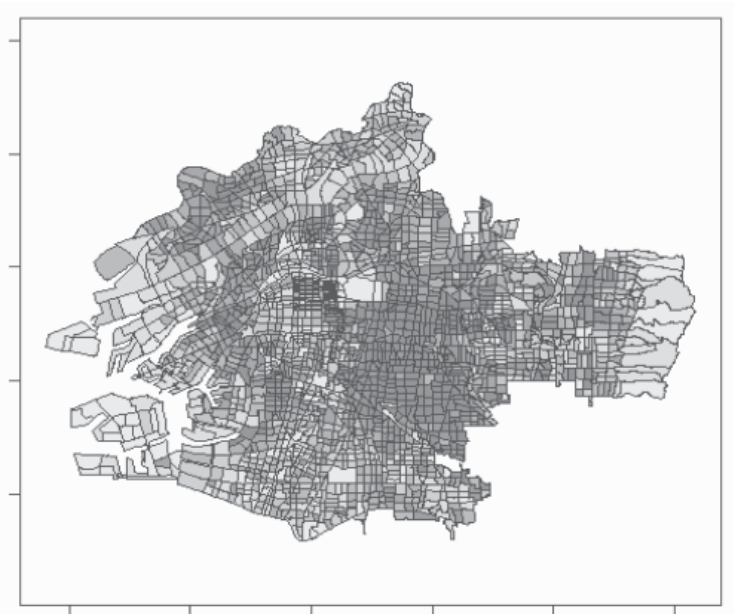


図 4-1-[3] 工業事業所密度マップ (2000 年)



図 4-1-[4] 工業従業者密度マップ (2000 年)



図 4-1-[5] 出荷額密度マップ (2000 年)

このようにして整備された該当地域のデータセットを GIS の基本機能ともいえる主題図作成機能で集積マップとして表現したものが、図 4-1-[1]～[5] 各図である。[3] 以降が分析対象とした『工業統計』町丁目別集計データによる結果であるが、比較のため『国勢調査』での [1] 人口（夜間人口）、『事業所・企業統計』での [2] 事業所数（オフィスを含む製造業）についても整理してみた。紙面の都合上、実数については省略し密度についての集積マップを、また時点についても 2000 年（[2] は 2001 年）についての結果のみを示している。ここで必要となる地図境界データについては [2] を除き総務省「統計 GIS ブラザ」のダウンロードファイルを利用し、R の GIS 関係パッケージを用いてグラフィックスを作成している⁴⁾。また単位面積あたりの集積密度を求める際に必要となる該当町丁目の面積については、GIS ソフトのやや高度な機能で計測させることも可能であるが、本稿では上記地図ファイル群に含まれていた .dbf ファイル内の面積データを利用している。この地図側のデータと数値側のデータを町丁目コードでマッチングさせ、該当単位面積あたりの密度を計算した上で、集積密度数値の大小を色の濃淡で塗分けて地図上に表現している。色分け時の階級区分については等サイズすなわち 10 階級それぞれに含まれるエリア数が同じになるように階級区分を設定した。もちろんデータの分布（ヒストグラムの形状）によっては、例えば等間隔階級で作った場合に全く異なった集積マップが現れる可能性があるという点には注意を要す。

ともあれ図 4-1 各図の結果を眺め見ると、[1] 夜間人口と [2] [3] 事業所では集積の様子が異なっていることが理解できよう。[1] 夜間人口密度は市内中心部で低く、これを取り巻くリング状の高密度帯が存在する。一方、[2] オフィスを含む製造業事業所では市内中心部で高密度集積がみられる。[3]『工

4) 総務省「統計 GIS ブラザ」のダウンロードファイルは今のところ個々の市区ごとに提供されており、分析者は対象地域が複数にまたがる場合、シェイプ形式などの地図ファイルを結合しなければならない。現時点での R の「maptools パッケージ Version0.5-2 (2005/09/13)」では、シェイプファイルの切り出し保存はできても統合保存はできないようである。著者の場合、この地図ファイルの統合作業のみ比較的廉価だった市販 GIS ソフト日本スーパーマップ株式会社「SuperMapEditor3.0」(現在は廃版)を用いて統合を行った。なお、臨海部の区での地図ファイルに含まれていた海面については、以下の分析に歪みをもたらすので削除した。

業統計』事業所では人口密度の高い部分とは微妙に違った地域で高密度の集積地域が複数存在している。中でも東成区・生野区・平野区・東大阪市の東部大阪地域に広大な集積が確認できる。また東大阪市の中でも高井田地区や柏田地区、水走地区などに著しい高密度地区が点在している。これらの点は大阪府立産業開発研究所(2003)でも指摘したところであり、各地区の歴史的背景など詳細はそちらに譲りたい。これに加えて、本稿で初めて示された[4]工業従業者数[5]出荷額の集積マップからは、必ずしも事業所密度の高いところで従業者密度や出荷額密度が高いという訳ではないことが観察される。とりわけ出荷額については、淀川より北部の兵庫県尼崎市と隣接する西淀川区・淀川区にも高い集積がみられ、また臨海の地域にも高密度エリアが点在することなどが観察される。

4.2 空間的相関係数の計測

GISを活用した定量的な分析としてまず空間的相関係数を計測する。空間的相関係数には、モラン Moran の I あるいはギアリー Geary の C といったバリエーションが存在する。概念的にはエリア間の空間的な近接関係でもってウェイト付けしてデータの相関をみたものである。

$$\text{モランの } I: I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{ギアリーの } C: C = \frac{n-1}{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - x_j)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

ここで W は近隣関係の空間的加重行列で、エリア総数 \times エリア総数の次元を持つ。例えばエリア i とエリア j が隣接していれば 1、そうでなければ 0 と

いう要素で構成された対称行列が考えられる。このような0か1かの二進的
重み (binary weight) の他に、エリア間の距離と共有境界線から計算された一
般化重み (generalized weight) 行列が用いられることもある。この場合は、エ
リア間の相互作用が距離に反比例し、共有境界線の全長に占める割合に比例
するという特徴を有す。いずれにしても正方形のメッシュデータならともかく
複雑な形状の町丁目データを扱う場合に至っては、手計算で W を計測する
ことは非常に煩雑である。まさにここで、GIS ソフトを活用することで、隣
接の有無あるいは重心の計算からエリア間距離の計測と共有境界線長の計測
などを経て、重み行列 W を得ることが可能となるのである。これらの計算が
パーソナルコンピュータ上でも実現可能となったハード面・ソフト面およ
びデータ面での進展はまさに目を見張るものがある。

第一項の分母の $\sum_j W_{ij}$ はエリア同士の結合総数である (ij ダブルカウント
なので正確にはその2倍)。モランの I は、古典的な相関係数に似せてあるので、
-1 から +1 までの値をとる。空間的に無相関 (ランダム) の場合は 0 であり、
隣接するデータが互いに反発するような値を示す場合は負の相関としてマイ
ナス値を、例えばメッシュ上での白黒 (0 か 1 か) の市松模様の場合などは完
全な負の空間的相関として -1 である。これに対して一ヶ所ないしいくつか
に集積箇所がみられるような場合は、正の空間的相関としてモランの I はプ
ラスの値をとることになる。ギアリーの C については、ランダムの時にちょ
うど 1 となり、1 より小さくなるほど正の空間的相関が強く、負の相関の場
合は 1 より大きな値となる。 I 、 C いずれもの指標も、データ発生に関する正
規性あるいはランダム性の仮定の下でそれぞれ期待値 E や分散 V が数学的に
導出されることから、近似的に標準化統計量による統計的検定が可能である。

先に主題図に示した大阪市および東大阪市の計 2,394 の町丁目のエリアか
らなる小地域統計データで実際の空間的相関係数を計測してみた。空間的重
み行列 W のタイプは、隣接しているか否かの 0・1 バイナリタイプをエリア
ごとに標準化 (行和 = 1) したものをを用いている。なお、本稿では最もシンプ

ルな二進 W のみで以下の分析を統一したが、 W のタイプや域内区画の区切り方あるいは対象地域の拡張など W の与え方次第で以下の結果が異なる可能性があることには注意を要す。

表 4-2-1 大阪市・東大阪市の町丁目別データによる空間的相関係数 (2000 年)

	[1]人口密度	[3]工業事業所密度	[4]工業従業者数密度	[5]出荷額密度
モランの I	0.267	0.169	0.120	0.051
有意性検定	$p < 2.2 e^{-16}$	$p < 2.2 e^{-16}$	$p < 2.2 e^{-16}$	$p = 1.539 e^{-6}$
ギアリーの C	0.587	0.422	0.629	0.830
有意性検定	$p < 2.2 e^{-16}$	$p < 2.2 e^{-16}$	$p = 1.985 e^{-14}$	$p = 0.001012$

- 注 1) 人口は『国勢調査』, 他は『工業統計』の町丁目別データ ([4] [5] の秘匿分は著者按分推計) による。
 2) エリア間の空間的加重行列は, 0 か 1 かのバイナリ (二進) タイプをエリアごとに標準化したものを用いた。
 3) p 値は, データのランダム性を仮定した場合の統計的検定によるもの。なお, $1.0e^{-6} = 0.000001$ 。

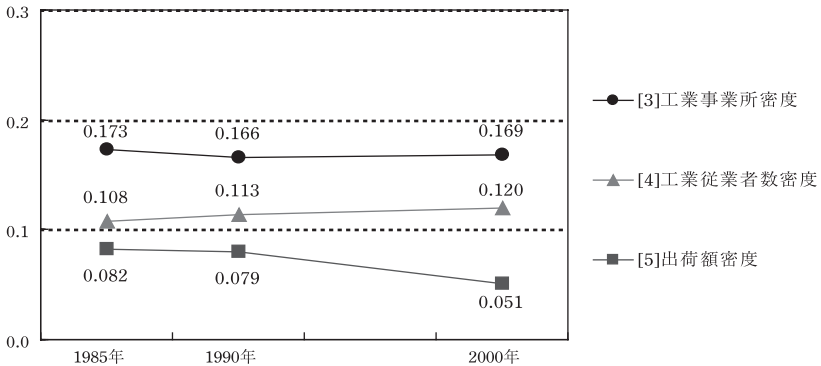


図 4-2-2 空間的相関係数 (モランの I) の時系列推移

資料: 大阪市・東大阪市『工業統計』(町丁目別集計) より作成 (秘匿値は著者按分)。

結果をまとめた表 4-2-1 をみると, [1] 人口密度, [3] 工業事業所密度, [4] 工業従業者密度, [5] 出荷額密度のいずれにおいても, モランの I の値はプラス値で, またギアリーの C は 1 より小さく, どちらでみても正の空間的相関が観察される。ランダム性を仮定した場合の有意性検定の結果からは, 最

も p 値が大きい [5] 出荷額密度の場合でも、その値は十分小さい。ギアリーの C で 0.1% 有意水準の場合に空間的分布がランダムであるという帰無仮説が棄却されないという程度である。最も集積性が高いのは人口密度である。このように、『工業統計』の町丁目レベルの小地域統計では、強さの順で並べたなら事業所密度 > 従業者密度 > 出荷額密度の順で正の空間的相関が認められる傾向にあるというのは、本稿で得られた貴重なファクト・ファインディングの一つである。

次にこの空間的相関係数の時系列推移について考察しよう。モランの I について3時点を計測、比較したものが図 4-2-2 である。これをみると、事業所密度ととりわけ出荷額密度について正の空間的相関に低下の傾向が観察される。ギアリーの C についても同様の結果であった。

ちなみに、全てのデータが一律に一定倍率で減少するような場合には、モランの I 、ギアリーの C ともに定義から明らかに不変となる。すると図 4-2-2 の結果は、事業所数や出荷額の減少が、相対的に高集積地域で激しかった可能性を示唆している。まさに集積の崩壊ないしは剥落が懸念されるわけで、先行研究のところでもふれたメッシュデータ事業所密度の2時点比較に基づく大阪府立産業開発研究所 (2003) での指摘が定量的・統計的にも確かめられたことになる。しかも出荷額についてまで拡張して、東部大阪地域の集積性が失われつつあることが示されたのである。

なお参考まで、図 4-2-3 から大阪府計および該当地域の事業所数、従業者

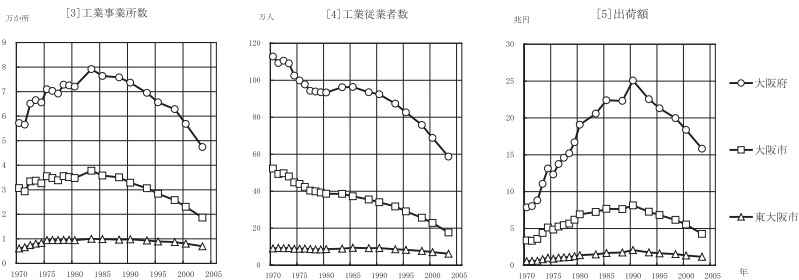


図 4-2-3 大阪工業の長期時系列推移

数、出荷額の長期時系列推移を確認しておく、事業所数と従業者数(の直近では1985年頃に、また出荷額についてはバブル経済期の1990年頃にピークを迎えていることが分かる。より長期の視点で、今回遡及できなかった時期についての集積性も今後確認しておく必要がある。

4.3 集積と生産性に関する空間的回帰分析

次に集積のメリットが存在するか否かについて、空間的回帰モデルによる分析を試みる。ここで用いるデータについても、前節同様『工業統計』町丁目別集計結果である。被説明変数 y としては、該当地域の労働生産性を示す指標として「従業者1人あたりの出荷額」(製造品出荷額等/従業者数)を町丁目単位で整理した。秘匿分の按分については、前節と同様である。また説明変数 \mathbf{X} としては、該当地域の工業事業所密度(事業所数/町丁目面積)と工業従業者密度を用いてみた⁵⁾。

手法としての空間的回帰モデルには幾つかのバリエーションが存在するが、まず試みる[I]誤差項の空間的自己回帰モデル(Spatial simultaneous autoregressive error model)とは、誤差項が空間的自己相関をもつ場合に、その影響を除くために通常的回帰モデルを以下のように拡張したものである。

$$y = \mathbf{X}\beta + u \quad (1)$$

$$y = \mathbf{X}\beta + (\rho\mathbf{W}u + \varepsilon) \quad (2)$$

$$y = \mathbf{X}\beta + \rho\mathbf{W}(y - \mathbf{X}\beta) + \varepsilon$$

すなわち、

$$(\mathbf{I} - \rho\mathbf{W})y = (\mathbf{I} - \rho\mathbf{W})\mathbf{X}\beta + \varepsilon$$

$$y = \mathbf{X}\beta + (\mathbf{I} - \rho\mathbf{W})^{-1}\varepsilon \quad (3)$$

(1)式での誤差項 u が空間的な自己相関を有すると回帰分析に重要な独立

5) その他にも、『事業所・企業統計』の町丁目別集計や調査区別集計から、該当地域におけるオフィス・非製造業も含めた事業所密度や従業者密度、あるいは該当地域における開設時期別データから求めた平均的な事業所年齢のような指標が利用可能であると考えられるが、これらについては稿を改めてチャレンジしたい。なお生産関数を想定するにしても、資本ストックを町丁目別に得ることは難しい。

性の仮定が満たされない。そこで(2)式のように空間的自己相関を有する部分 $\rho \mathbf{W}u$ と独立性をみたす部分 ε とに分解するのである。まさに(1)式と u の修正式 $u = \rho \mathbf{W}u + \varepsilon$ を同時に連立させたもの(simultaneous)である。ここで、 \mathbf{W} は前節の空間的自己相関係数の際にも扱った近隣関係の空間重み行列であり、誤差項の空間的自己相関の水準を示すパラメーター ρ は -1.0 から $+1.0$ の間の値をとりうる。推定にあたっては、パラメーター β と ρ を同時に求めるために、最尤推定法が用いられる。

また、そもそも被説明変数 y が単独で空間的自己相関を有しているような場合、いくつかの空間的回帰モデルのバリエーションのうち、以下に示す[II]空間的自己回帰モデル(Spatial simultaneous autoregressive lag model)の適用についても検討する必要がある。すなわち(1)式での u を修正対象とするのではなく y を修正し、以下の(4)式での定式化を考えるものである。

$$\begin{aligned} y &= \mathbf{X}\beta + u && \text{再掲 (1)} \\ y &= \rho \mathbf{W}y + \mathbf{X}\beta + \varepsilon && (4) \end{aligned}$$

さらには、[III]空間的ダービン・モデルも検討の対象となろう。これは、被説明変数 y と誤差項 u の双方についての空間的自己相関を同時に考えるようなもので、以下の(6)式の定式化となる。

$$\begin{aligned} y &= \mathbf{X}\beta + u && \text{再掲 (1)} \\ y &= \rho_1 \mathbf{W}y + \mathbf{X}\beta + \{\rho_2 \mathbf{W}u + \varepsilon\} && (5) \\ y &= \rho_1 \mathbf{W}y + \mathbf{X}\beta + \rho_2 \mathbf{W}(y - \mathbf{X}\beta) + \varepsilon \\ \{\mathbf{I} - (\rho_1 + \rho_2) \mathbf{W}\}y &= (\mathbf{I} - \rho_2 \mathbf{W})\mathbf{X}\beta + \varepsilon \\ (\mathbf{I} - \rho_1 \mathbf{W})y &= (\mathbf{I} - \rho_2 \mathbf{W})\mathbf{X}\beta + \varepsilon \\ y &= \rho_1 \mathbf{W}y + \mathbf{X}\beta + \rho_2 \mathbf{W}(\mathbf{I} - \rho_1 \mathbf{W})\mathbf{X}\beta + \varepsilon && (6) \end{aligned}$$

以上のモデルの推計結果をまとめたものが表4-3-1である。分析の第一歩としてあえて対数変換は行っていない⁶⁾。結論から述べると空間的回帰を施

6) この他にも、地理的重み付き回帰分析も同等の分析手法として存在する。本稿で扱った空間的回帰分析との比較等については、今後の課題としたい。

表 4-3-1 空間的回帰分析の結果(2000年)

	(参考) OLS 単純最小自乗法	[I] SEM 誤差項の空間的 自己相関モデル	[II] SAR 空間的自己回帰モデル	[III] Spatial Durbin 空間的ダービンモデル	
(β_0) 定数項 有意性検定	$1.517e^{+3}$ $p < 2.0e^{-16}$	$1.5154e^{+3}$ $p < 2.2e^{-16}$	$1.2135e^{+3}$ $p < 2.2e^{-16}$	$1.2224e^{+3}$ $p < 2.2e^{-16}$	
(β_1) 事業所密度の係数 有意性検定	$-1.797e^{+6}$ $p < 2.0e^{-16}$	$-1.6705e^{+6}$ $p < 2.2e^{-16}$	$-1.6844e^{+6}$ $p < 2.2e^{-16}$	$-1.5889e^{+6}$ $p < 2.2e^{-16}$	$-1.3929e^{+6}$ $p = 0.001805$
(β_2) 従業者密度の係数 有意性検定	$2.560e^{+5}$ $p < 2.0e^{-16}$	$2.3908e^{+5}$ $p < 2.2e^{-16}$	$2.4267e^{+5}$ $p < 2.2e^{-16}$	$2.3247e^{+5}$ $p < 2.2e^{-16}$	$1.8823e^{+6}$ $p = 1.021^{-5}$
(ρ) 空間的自己相関	—	0.17711	0.18896	$(\rho_3)=0.15721$	ρ_x は各 β との積の形で上記
AIC	41823	41785	41775	41760	
その他注記事項	adj.R ² = 0.07649	—	—	—	

注1) 被説明変数 y は『工業統計』の町丁目別データの従業者1人あたり出荷額。
サンプル数 = 2394.

2) 空間的重み行列 W は、二進タイプをエリアごとに標準化したものを用いている。

3) 分析はフリーのソフト R の spdep パッケージ等による。なお、 $1.0e^{-3} = 0.001$ 。

した場合とそうでない場合でパラメーターに関して大きな違いは生じなかった。注目すべきは、事業所密度および従業者密度にかかるパラメーター β_1 と β_2 の符号である。事業所密度にかかるパラメーター β_1 はいずれの場合でも負となっている。この結果を鵜呑みにするなら、「集積地域ほど労働生産性は低い」という結論を導いてしまうことになり、これでは「集積にはメリットがある」という教科書的な教条とは正反対である。実は当初、事業密度のみでも同様の結果を得、そこで追加的に従業者密度を説明変数に追加した。この従業者密度にかかる β_2 については、いずれのタイプの回帰でも正のパラメーターが有意に検出されている。

空間的自己相関の程度を示すパラメーター ρ については、正の相関が検出されている。前節でみた空間的相関係数と整合的である。モデルの当てはまりを赤池の情報基準量 AIC で評価すると、空間的ダービンモデルが相対的に最も良い。ただし、単純最小自乗法での低い決定係数と AIC の改善度合いを比較考慮すると、いずれのモデルも被説明変数である単要素生産性ばらつきの

一部分を説明できているに過ぎない。例えば資本装備率など重大な説明変数が抜け落ちていることが考えられる。ともあれ、まさに空間的影響を考慮した回帰分析を経て、因果関係はともかく「従業者密度高集積地域ほど労働生産性が高い」という結果は導きだされた訳で、この点は大変興味深い。

5 おわりに

以上のように、本稿での大阪市および東大阪市を対象とした『工業統計』町丁目別集計のGISおよび空間統計学的分析から、以下の2点が明らかになった。

まず、事業所密度、従業者密度、出荷額密度について空間的相関係数を計測したところ、集積性は人口密度の場合よりも低く、事業所密度、従業者数密度、出荷額密度の順で低くなる。時系列でみると、とりわけ出荷額で集積性低下の方向が認められる。2点目は、生産性と集積に関して空間的相関を考慮した回帰分析を試みたところ、従業者密度では労働生産性に対して正のパラメーターが検出される一方、事業所密度については認められなかった。事業所密度が高いところは生産性が高いという教科書的な命題は検証できなかった訳で興味深い。事業所密度か出荷額密度か、何をもって集積を定義するのか、またそれが（あるいは生産性や付加価値など別の指標が）どのような状態になれば政策的に良いと考えるのか。これは施策の対象とも密接に関係する重要な問題であり、まさに今回GISによる分析で改めて提起できたことでもある。生産性向上を掲げるのなら、本稿の政策的含意として、今後事業所レベルでの集積維持を図るよりも従業者数に重点を置いた施策が求められるのかもしれない。

今後については、本稿で積み残した分析に取り組むとともに、産業集積に関する定量的なファクト・ファインディングをより多く蓄積しつつ、GISの活用・分析を通じて効率的な施策・政策への支援・提言に務めていきたいと考える。最後にデータのアベイラビリティについてもふれておきたい。『工業

統計』の町丁目別集計は目的意識をもった行政部局のみが行い得る作業である。この意味で町丁目別集計を公表し続けてきた大阪市と東大阪市には敬意を表したい。しかし今後これら地域でも工業の「縮小」が見込まれる中、ますます秘匿箇所が目立つようになり町丁目別集計そのものが困難となることも懸念される。集計・公表の作業は統計部局で可能だが、分析となると学識経験者などの専門的な知見も必要となろう。今回の分析では電子化されていないデータの入力と秘匿部分の按分に多くの時間を費やしたのだが、仮に秘匿前のデータが利用できれば、その分だけ分析に注力できる。まさに両者のコラボレーションによる共同作業・分析が不可欠である。本稿のような分析結果として提示する限り、秘匿すべき値が漏れる懸念はない。データに裏打ちされた分析こそが施策・政策へ大きな貢献を為す。とりわけ施策の現場となる地方公共団体において小地域統計の活用が真剣に検討されることを祈念して稿を終えることとしたい。

【参考文献】

- Bivand, Roger, (2005) "The spdep Package," *Version 0.3-16*, November 30, 2005(R package Document).
- R Development Core Team, (2005) *R: A language and environment for statistical computing*, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- 石川義孝, (1988) 『空間的相互作用モデル——その系譜と体系——』 地人書房.
- 大阪市, (1990) 『大阪の町名——その歴史——(上)』 大阪市民局.
- 大阪府立産業開発研究所 (町田光弘・松岡信明・井田憲計), (2003) 「大阪府内機械金属関連工業集積に関する調査」 産開研資料 No.78.
- 大阪都市経済調査会, (2005) 「工場流出防止方策検討調査報告書」 2004 年度自主研究.
- 河合勝彦, (2005) 「地理情報システムと経済学——フリーソフトウェア GeoTools-lite と R による地域経済分析——」 桃山学院大学総合研究所 『経済経営論集』 第 46 巻 第 3 号.
- 菊地正佳, (1999) 「空間統計学——空間的相関係数の検定について——」 菊地正佳・渡辺美智子編著 『インターネット時代の数量経済分析法』 第 13 章, 多賀出版.
- 産業クラスター研究会, (2005) 「産業クラスター研究会報告書」 平成 17 年 5 月, 経済産業省地域経済産業グループ.
- 谷村晋, (2004) 「R による空間疫学分析」 岡田昌史編 『The R Book データ解析環境 R の活用事例集』 第 11 章, 九天社.
- 張長平, (2001) 『地理情報システムを用いた空間データ分析』 古今書院.
- 福重元嗣, (2003) 「関西の産業空洞化と工場三法」 (財関西社会経済研究所「地域経済の空洞化問題に関する調査研究」(内閣府経済社会総合研究所 国際共同研究プロジェクト「持続的成長と社会システム改革」関連受託調査報告書) 第 3 章.
- 藤田昌久, (2003) 「空間経済学の視点から見た産業クラスター政策の意義と課題」 石倉洋子・藤田昌久・前田昇・金井一頼・山崎朗著 『日本の産業クラスター戦略』 第 6 章, 有斐閣.
- 古谷知之, (2005) 「R 言語による空間統計学と GIS」 慶応大学湘南藤沢キャンパス古谷知之研究室の web サイト内資料, <http://web.sfc.keio.ac.jp/~maunz>.

- 町田光弘, (2004)「大都市型産業集積の地理的範囲と集積メリット——大阪東部の集積を事例に——」大阪府立産業開発研究所『産開研論集』第16号.
- 松田芳郎, (1991)『企業構造の統計的測定方法』一橋大学経済研究叢書40, 岩波書店.
- 松原宏, (2005)「産業集積の理論と政策」専修大学社会科学研究所月報No.501.
- 山崎朗, (2003)「地域産業政策としてのクラスター計画」石倉洋子・藤田昌久・前田昇・金井一頼・山崎朗著『日本の産業クラスター戦略』第5章, 有斐閣.
- 山村英司, (2003)「集積経済と企業生存競争, そして産業発展: 展望——前編 立地論と産地論——」西南学院大学学術研究所『経済学論集』第38巻第2号.
- 山村英司, (2004a)「集積経済と企業生存競争, そして産業発展: 展望——後編 産業の発展サイクル論——」西南学院大学学術研究所『経済学論集』第38巻第3号.
- 山村英司, (2004b)「集積の経済と立地選択の変遷過程——関東圏市区レベルにおける加工組立5産業の事例研究1960～2000年——」日本経済研究センター『日本経済研究』第50号.

The Doshisha University Economic Review Vol.57 No.3

Abstract

Norikazu IDA, *A Spatial Econometric Analysis of Manufacturing Agglomeration in Osaka*

In recent years manufacturing agglomeration has been highly appreciated as a valuable concept, but the statistical actual condition survey has not been sufficient. In this paper I have a try to make spatial fact-findings of manufacturing agglomeration by the statistic data tabulated by small areas which have scarcely been made apparent quantitatively. For this reason I will make free use of GIS which has recently made remarkable progress.

The GIS analysis of the totality classified by Census of Manufactures tabulated by small areas for Osaka City and Higashi-Osaka City shows the following two points: (1)the measurement of a spatial correlation coefficient shows that agglomerative inclination becomes lower in order of density as follows: an undertaking place (the number of establishments), the number of employees, the amount of forwarding (shipment). Agglomerative inclination of shipment became lower year by year; (2)the Spatial Econometric regression analysis which was carried out with spatial correlation in mind, concerning productivity and agglomeration, revealed that agglomerative inclinations showed "positive" to productivity in the density of employees, but showed no sign to the density of undertakings. As a politic implication it is suggested in the actual enforcement of a policy that hereafter emphasis should be placed rather on the number of employees than on trying to maintain agglomeration in business operation.