

都市圏人口の経年変動分析へのコンピュータ・グラフィックスの応用*

An Application of Computer Graphics to Analysis of Changes
in Population Distribution in a Metropolitan Area

日野 博幸** 小谷 通泰*** 岡山 正人****

by Hiroyuki HINO, Michiyasu ODANI and Masato OKAYAMA

1. はじめに

地域における様々な計画の立案に際しては、対象とする地域の持つ多様な情報を分析することが必要となる。こうした地域情報の分析においては、その加工や解析とともに、得られた情報をどのように分かりやすく視覚化して提示するかが重要な課題となる。こうしたことから近年、地域情報を視覚化するための手段として、省力性に富み、試行錯誤過程への適用性が高いコンピュータ・グラフィックス（以下、CGという）を用いる場面が多くなってきた。

そこで本研究では、京阪神都市圏を対象として、こうした地域情報の中で代表的な情報である”常住人口”を取り上げ、CGを用いてその経年変動を多角的に分析することを試みた。具体的には過去30年間の、対象地域における市区町村別人口データをもとに、以下の2通りの分析を試みた。

①対象地域内において、時間の変化に伴いゾーン別の人口がどのように変化するかをコンピュータ・アニメーションとして再現、分析する。

②類似する人口の経年変動を示すゾーンをグループ分けし、グループごとにその変動特性を調べるとともに、各グループに属するゾーンの、対象地域内における空間分布をCGを用いて視覚化して分析する。

2. 使用データの概要

本研究で使用したデータは、京阪神都市圏において1960年から1990年までに5年ごとに集計された、市区町村別人口データ（国勢調査結果）である。対象地域内は市区町村を基本単位として213ゾーンに分割されており、総面積は12,030K㎡

* キーワーズ：人口分布、計画情報

** 学生会員 神戸商船大学 大学院

*** 正会員 工博 神戸商船大学 助教授 輸送システム工学講座
(〒658 神戸市東灘区深江南町5-1-1 Tel 078-431-6260)

**** 正会員 商船修 広島商船高等専門学校 講師 流通情報工学科
(〒725-02 広島県豊田郡東野町4272-1 Tel 08466-5-3101)

（1ゾーンあたり平均56.5K㎡）で、1990年現在の人口密度の平均値は1845人/K㎡である。

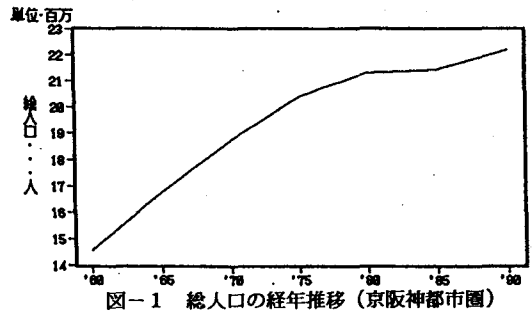


図-1は、対象地域内における総人口の経年推移を示したものである。図-1が示すように、対象地域全体の人口変動は、1960年から1980年にかけて順調な伸びを示している。その後5年間はその伸びが鈍化するものの、1985年以降は再び増加に転じ、全体的にみて、対象地域全体の人口変動は3次曲線的な推移をしてきたといえる。また、対象地域の総人口は1960年で1,457万人、1990年現在では2,220万人となっており、過去30年間で約52%の人口増加を示したことになる。

3. 人口の経年変動に関する

コンピュータ・アニメーション

コンピュータ・アニメーションはCGから作り出されるアニメーションで、位置、形、色などが少しずつ異なるCG静止画を高速に切り換えて”動き”を表現するものであり、時系列的に変化する情報を視覚化して表現するには、最も有効な手段の一つであると考えられる。

本研究では、このようなコンピュータ・アニメーションの特徴に着目し、京阪神都市圏における過去30年間の市区町村別人口変動を、①人口密度、②人口増加率（1960年ベース）、③人口対前年度比の、3つの視点からコンピュータ・アニメーションを用いて表現する。

ーションで再現した。

本研究で用いた人口データは、1960年以降、5年おきに行われている国勢調査の結果から得られたものであるが、なるべく連続的な人口変動を示すコンピュータ・アニメーションを作成するため、ここでは5年おきの人口データから、単年度ごとの人口を推定することにした。

そこで本研究では、5年おきの人口データから中間年次の人口を補完する方法として、スプライン補完を用いることにした。ここでスプライン補完とは、与えられたすべての点 (x, y) を滑らかに結ぶ曲線（スプライン曲線）を用いて補完しようとするものである。具体的には、区間 $[x_1, x_n]$ をいくつかの小区間 $[x_1, x_2], [x_2, x_3], \dots, [x_{n-1}, x_n]$ に分割し、小区間ごとに別々の関数をあてはめ、これらの関数を滑らかにつないでスプライン関数とした上で、このスプライン関数から任意の x に対する y を求める。

また、コンピュータ・アニメーションを作成するために、属性量である人口指標をカテゴリー区分し、色分けしてランク表示した。この際、カテゴリーを等頻度区分とするのか、あるいは等間隔区分とするのかを何らかの基準で決めるとともに、各カテゴリーに対応する表示色についても、視覚化すべき情報の持つイメージと整合するように色付けを行わなければならない。

本研究では、過去30年間の中間年次にあたる1975年における、3つの指標値の頻度分布をそれぞれ求め、分布の偏りの大きい人口密度、および人口増加率のカテゴリー区分を等頻度14区分とし、比較的偏りの小さな人口対前年度比は等間隔14区分とした。また、各カテゴリーへの表示色については、人口密度は赤の単一色で、カテゴリー値の増加に伴いその彩度を高め、人口増加率、および人口対前年度比は、増加を赤、減少を青とし、両者ともにカテゴリー値の絶対値の増加に伴い、それぞれの彩度を高めた。

一方、コンピュータ・アニメーションの作成はCGのコマ撮りによって行う。具体的には、時系列情報の年次ごとのグラフィック表示をエンジニアリング・ワークステーションで生成し、そのRGB信号をデジタルスキャンコンバータを用い

てNTSCビデオ信号に変換し、業務用VTRで年次ごとにビデオテープへコマ撮り収録する。コマ撮り終了後、ビデオテープを連続再生することにより人口変動のコンピュータ・アニメーションが出力される。なお、今回作成したコンピュータ・アニメーションは、3指標ともに1コマ30フレーム（約1秒）であり、30年間の人口変動を約30秒で再現する。

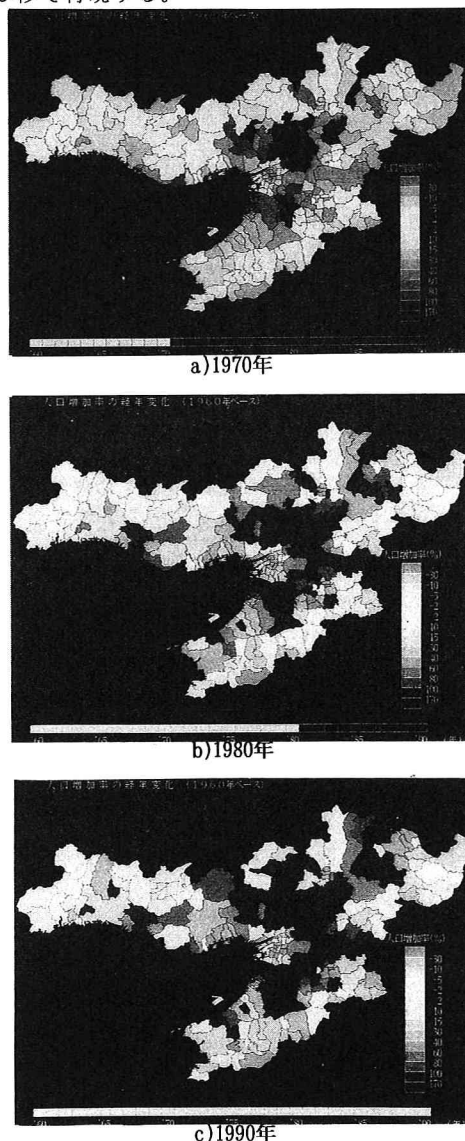


図-2 コンピュータ・アニメーション
(人口増加率の経年変化)

図-2 a), b), c)は、こうして完成したコンピュータ・アニメーションのうち、1960年を基準年

とする人口増加率の変化を示すコンピュータ・アニメーションの中から、3画面（1970年、1980年、1990年）を取り出したものである。これより、京阪神都市圏での過去30年間の人口変動について、京都市・大阪市・神戸市の各都心部で人口の減少が見られる一方、大阪府北東部をはじめその周辺都市での人口増加が顕著に表れており、都心の空洞化現象の進行を明らかにすることができた。

同様に、人口密度、および人口対前年度比の変化を示すアニメーションからは、対象地域における過去30年間の人口密集地の拡大状況や、近年の人口増加の頭打ちなどの傾向をつかむことができた。このように人口の経年変動分析に際しては、コンピュータ・アニメーションの作成によって人口変動を直感的に把握することができるようになり、その有効性を示すことができた。

4. 人口の経年変動を用いた

クラスター分析による地域分類

コンピュータ・アニメーションによる分析は、生データの時系列的な変化を単に視覚化したものにすぎず、人口変動の直感的なイメージを得るには適しているものの、何ら客観的な解析に立ち入っているわけではない。また、コンピュータ・アニメーションは、その作成過程においてかなりの労力と時間を費やすうえ、プレゼンテーションのための装置が必要となる。

そこで本研究では、統計的な手法を用いて、京阪神都市圏における30年間にわたる人口変動を1枚の絵に集約して分析することを試みた。具体的には、個々のゾーンの様々な人口変動に着目し、類似の変動パターンを持つゾーンを集めてグループ化し、対象地域内の213ゾーンをいくつかのグループ分けした。そして、213ゾーンの分類結果をCGにより示した。

ここでは、先のコンピュータ・アニメーションと同様に、京阪神都市圏の過去30年間にわたる人口変動に関する、①人口密度、②人口増加率（1960年ベース）、③人口対5年比の、3指標の経年変動を用いてクラスター分析を行った。以下では、一例として②の人口増加率の分析結果を示す。

1960年を基準年とする人口増加率の経年変化を

用いたクラスター分析では、各ゾーンの5年ごとの人口増加率の推移から213のゾーン相互間でそれぞれのユークリッド距離を求め、最遠隣法でクラスタリングを行った。図-3にクラスター分析の結果得られた樹状図を示す。樹状図の解釈に一般的な基準があるわけではないが、本研究では視覚的に、連結距離（類似性指標）が5の段階で10個の独立したクラスターができると解釈した。

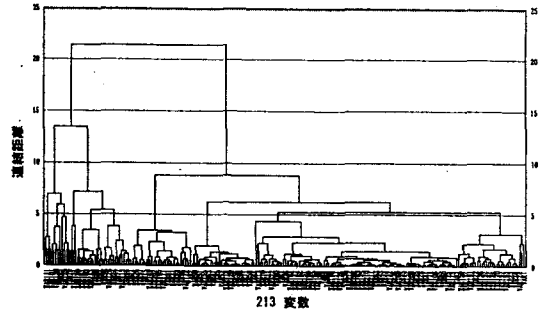


図-3 クラスター分析の結果（樹状図）

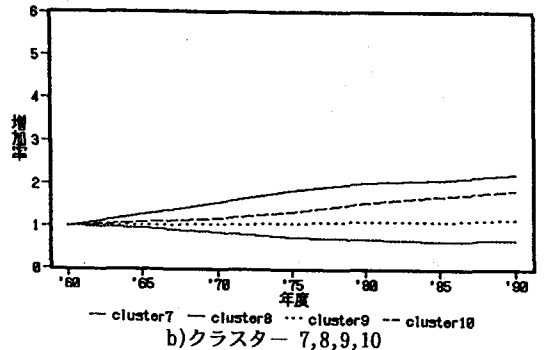
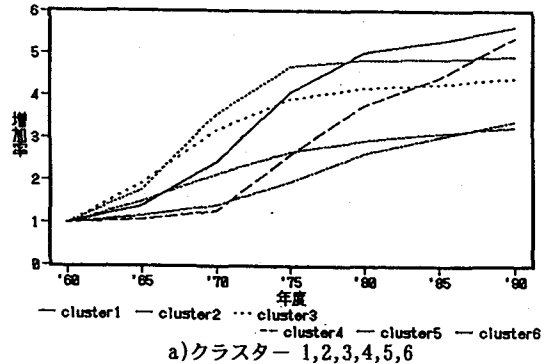


図-4 各クラスターに属するゾーンの平均的な人口増加率の推移

図-4 a), b)は、図-3から求めた10個のクラスターに属するゾーンの、平均的な人口増加率の推移を示したものである。図-3、および図-

4から分かるように、対象地域内の213ゾーンはその人口増加率から、増加率3.0を基準に、過去30年間で増加率3.0以上の著しい人口増加を示すゾーン群（クラスター1～6:合計39ゾーン）と、増加率3.0以下で緩やかな増加、あるいは減少を示すゾーン群（クラスター7～10:合計174ゾーン）とに大別され、さらに細かな分類は人口増加率の推移水準によって決まると解釈される。

さらに図-5は、以上のクラスター分析によって10個のクラスターにグループ分けされたゾーンについて、各グループに属するゾーンの、対象地域内における空間分布をCGで視覚化したものである。CGのクラスター番号と図-5のクラスター番号とは一致する。また、各クラスターへの色づけは、人口増加クラスターは赤、減少クラスターを青とし、人口増加クラスターについては増加率の大きさに応じて色の彩度を高めている。

図-5が示すように、全ゾーンの4割強を占めるクラスター9に属するゾーンが、対象地域の郡部を中心に分布している一方で、顕著な人口増加を示すクラスター1からクラスター4には、寝屋川市、枚方市、高槻市をはじめ、京阪神都市圏の代表的な衛星都市郡が属している。また、唯一の減少型クラスター8には京都市・大阪市・神戸市の各都心ゾーンが属し、全体的に見てそれらを取り囲むように増加型クラスターに属するゾーンが分布していることが分かる。すなわち、人口増加

率の変化を示すコンピュータ・アニメーションと同様に、クラスター分析の結果も都心の空洞化現象を反映するものとなった。

5. おわりに

本研究では、京阪神都市圏における過去30年間の人口データを対象に、ゾーンごとに人口変動をコンピュータ・アニメーションとして再現するとともに、変動特性からみたクラスター分析によるゾーンの分類結果を、CGを用いて視覚化した。これより都心の人口空洞化現象や、人口密集地の拡大状況、あるいは近年の人口増加の頭打ちなど、過去30年間にわたる、京阪神都市圏の人口の変動特性を様々な角度から明らかにすることができた。そして、コンピュータ・アニメーションにより得られた人口変動の直感的なイメージを、統計的な手法の一つであるクラスター分析によって客観的に裏付けることができたと言えよう。また一方で、統計的に知り得た人口の変動特性をコンピュータ・アニメーションによって確認することも考えられ、この意味において、両者は人口の経年変動分析にとって相互補完的な関係にあると言える。

最後に今後の課題としては、コンピュータ・アニメーション作成時における属性量（人口指標）のカテゴリー区分の方法と、それに対応する表示色の設定、およびクラスター分析により得られた地域分類のCG作成時における、各クラスターへの適切な色分けの基準について、さらに検討を進めていく必要がある。

<参考文献>

- ・ 榊原 他：土木計画の分野におけるCGプレゼンテーション，土木計画学研究・講演集 スペシャルセッション 第16巻，pp.93～122，1993

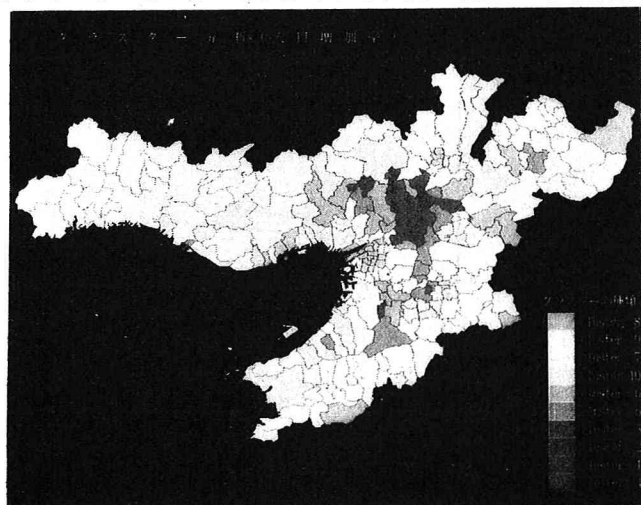


図-5 クラスター分析による地域分類の結果