

京都大学防災研究所 正員 池淵周一
京都大学大学院 学生員 嶋田善多

本研究では、水の大量消費型に変質し、また変質しつつある都市に注目し、都市のもつ性格、あるいは“格”といったものが、水需要、主に上水需要とどのような係りをもっているか、その係りは望ましい姿であるのか、といった問題を探索すべく、近畿諸都市の社会・経済指標および水需要指標をとりあげ、それらの地域的・時間的構造分析をはかることによって、水需要構造の分析・予測の精度を高めようと試みるものである。

① 水需要の現状と増大要因 水道事業が都市単位でおこなわれるので、近畿各県の県庁所在地も都市に絞られ、上水道利用状況を昭和40～51年の水道統計、および昭和42～51年の家計調査に基づいて検討を進め、水需要を左右する要因を給水量、給水人口、上水道普及率、原単位、水道料金の側面から概括した。その結果、水需要を増大させる要因として、つぎの点が指摘できた。(1)人口の増加、すなわち給水人口の増加、(2)生活水準向上による水多消費型の生活への移行、(3)上水道設備の普及、(4)第2次・第3次産業の発展、(5)水の安価性。これらの要因によつて水需要形態は変化するのであるが、それら要因は地域的特質に大きく左右される。そこで、上水道事業が都市単位でおこなわれている以上、水需要構造分析をする上で、少なくとも都市単位での地域的特性を把握する必要がある。さらに、これら要因は時間的にも変化しているのど、正確な予測を行なう上で、時系列データによる経年変化の探求、および時間的特性の追跡も望まれる。

② 主成分分析とその時系列分析への展開 地域性を反映し、水需要に影響を及ぼす特性値は数多くあるが、それらの水需要への影響度や特性値間の相関は不明である。そこで、特性値に潜在する因子を探り、地域的特性を定量化するために、特性値の集約化に有効な主成分分析を用い、その方法を時系列解析へと展開させる。主成分分析とは多変量解析の一手法であり、独立した特性値や互いに相関のある特性値が P 個存在するときに、それら変量のバラツキを正確に表現できるように、互いに無相関な m ($m \leq P$)個の総合特性値に要約するものである。手順は図-1に示す。本研究では、地域的特性、時間的特性をみるために、12年間のデータを一括して、主成分分析を行ない、それによって得られる各年、各都市の因子得点をもとに分析を進める。しかし、分析を行なう前に各年度ごとに主成分分析を行ない、寄与率の大きい主成分の固有ベクトルを比較することによって、各年度ごとの主成分の意味づけが変わらないかどうかのチェックをし、この方法の妥当性を明らかにしておかなければならない。

③ 近畿諸都市の水需要の地域的・時間的構造分析 まず、都市の社会・経済指標をもとにして地域的・時間的分析を行ない、算出された因子得点と、水需要のマクロ指標である原単位との関連性を探った。分析期間は昭和40～51年の12年間、選択した特性値は表-1の1～14、標本とする都市は表-2の23都市である。各年度ごとに主成分分析を行なった結果、固有ベクトルはほとんど一定で、12年間のデータを一括して分析した。第1、第2主成分は全データの52%、19%を要約し、それぞれ都市活動の大きさ、住宅の密集度と意味づけられ、因子得点の動き、とくに変化量、値、位置に注目して都市を6つのグループに分類した。(Ⅰ)大阪(あらゆる都市機能を備え、都市活動およびその伸びも大きく、典型的な産業都市)(Ⅱ)神戸(Ⅰグループに続く産業都市)(Ⅲ)東大阪(都市活動の大きさ、変化はⅠグループに似るが、衛星都市的性格をもつ)(Ⅳ)豊中、寝屋川、門真(早くからベッドタウンとして発展し、飽和状態になりつつある)(Ⅴ)宇治、箕面、池田、高槻、羽曳野、西宮(現在ベッドタウンとして発展しつつある都市)(Ⅵ)残り全都市(相対的に経年変化は小さく、地方的都市)

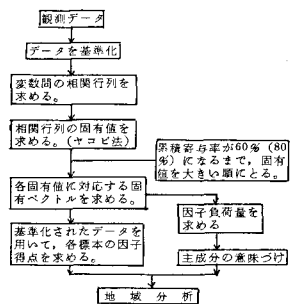


図-1 主成分分析の計算手順

また、原単位との関係では、第1主成分、第2主成分と原単位との相関係数は0.71、-0.06であり、原単位と都市活動の大きさはかなり相関が高いことを示している。詳しくは文献²⁾を参照されたい。

以上は、都市の性格と、水需要のマクロ的指標である原単位に注目して、その地域的、時間的構造分析をほかったものであるが、つぎに前述の社会・経済指標に、さらにいくつかの水需要指標を加え、都市の性格を水需要からみて、より詳細に検討してみよう。すなわち、特性値としては表-1の1~23因子すべてを用いた。各年度ごとに主成分分析を行なった結果、第1主成分では寄与率46~48%とあまり変わらず、固有ベクトルもほぼ同傾向を示す。第2主成分では寄与率14~18%で、固有ベクトルで農地面積の値に変化がみられるが、全体として大きな影響を与えないので、12年間一括して分析した。これらの主成分の意味づけは表-3のようになる。また、算出された因子得点の動きは図-2のようになり、この図をもとに、変化量、傾き、位置に

表-1 特性値リスト

番号	特性値
1	昼間人口
2	平均世帯人数
3	人口密度
4	工業事業所数
5	工業就業者数
6	工業出荷額
7	商業事業所数
8	商業就業者数
9	商業販売額
10	農家数
11	農家人口
12	農地面積
13	宅地面積
14	人口
15	給水人口
16	上水道普及率
17	年間給水量
18	原単位
19	水道料金 (20m ³)
20	家庭用水量
21	営業用水量
22	工業用水量
23	官公署学校用水量

1, 5, 8, 11は14に、12, 13は都市面積に、20, 21, 22, 23は17に対する割合で示す

表-2 都市リスト

都市名	都市番号
大津市	1
草津市	2
彦根市	3
宇治市	4
亀岡市	5
福知山市	6
舞鶴市	7
大阪市	8
京都市	9
旭田市	10
豊中市	11
高槻市	12
寝屋川市	13
門真市	14
東大阪市	15
羽曳野市	16
西内長野市	17
京佐野市	18
神戸市	19
西宮市	20
加古川市	21
奈良市	22
和歌山市	23

表-3 主成分の意味づけ

	第1主成分 (Z ₁)		第2主成分 (Z ₂)	
	正	負	正	負
因子負荷量の大きい特性値	年間給水量 (0.972)	平均世帯人数 (-0.452)	農家人口 (0.723)	上水道普及率 (-0.660)
	商業事業所数 (0.971)	家庭用水量 (-0.440)	農家数 (0.694)	家庭用水量 (-0.575)
	工業事業所数 (0.967)	農家人口 (-0.384)	昼間人口 (0.555)	宅地面積 (-0.560)
	人口 (0.958)	農地面積 (-0.342)		人口密度 (-0.523)
	給水人口 (0.956)			
意味づけ	正の方向に注目して “水需要規模の大きさ”		負の方向に注目して “生活水需要の大きさ”	

注目すると、以下の7つのグループに都市が分類される。(A)大阪(水需要およびその伸びがきわめて大きい、生活水需要に伸びがほとんどなく、水需要の伸びは産業用水需要とともに伸びている)(B)神戸(水需要はAグループについて大きい。伸びはそれほど大きくなく、最近では生活用水需要の伸びが目につく)(C)東大阪(水需要はBグループと同程度に大きい。生活水需要はすでにBグループよりも大きい、伸びは産業用水に依存している)(D)池田、豊中、寝屋川、門真、西宮(水需要は中程度であるが、昭和40年において生活水需要がすでに大きく、それ以後さらにその性格を強めている)(E)宇治、箕面、高槻、羽曳野(水需要はDグループよりやや小さいだけで、性格はほとんど同じである。変化量はDグループより大きく、追従するように変化している)(F)彦根、福知山、舞鶴(地方の中心的都市で、水需要は大きくないが、産業用水需要が大きい。経年変化はきわめて小さい)(G)残り全都市(地方都市で、近年ベッドタウン化が進み、家庭用水需要が伸びてきている。水需要全体としてはあまり伸びていない) こうして両者の都市分類においては、IとA、IIとB、IIIとC、IV・VとD・E、VIとF・Gといったグループがきわめてよく似ている。これは共通な14因子を用いていることにもよるが、都市活動の大きさと水需要規模の大きさ、そして住宅の密集度と生活水需要の大きさに密接な関係があることを示している。経年変化においては、水指標を加えて行なう分析のほうが年々複雑な部分が増えてきている。これは、水需要がここで用いた特性値だけでは十分に究明できないことや、昨今の水需要要因の多様化を示唆している。これらを今後の検討課題としたい。

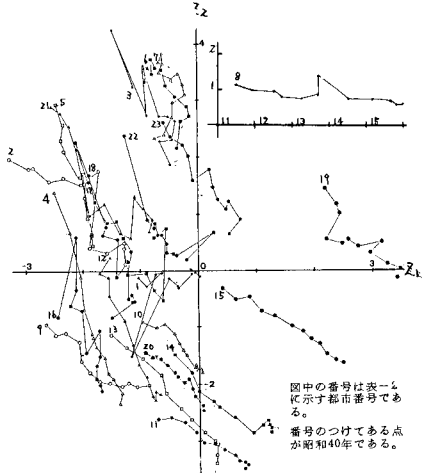


図-2 因子得点経年変化図

1) 池淵、鳩田：水需要の地域的・時間的構造分析，土木学会関西支部，昭和55年6月。