

水環境計画における多変量解析法の適用性に関する一考察

㈸日本水道コンサルタント (正員) 萩 原 良 巳
東 京 都 立 大 学 (正員) 小 泉 明
㈸日本水道コンサルタント (正員) 高 橋 邦 夫
㈸日本水道コンサルタント (正員) 〇 西 沢 常 彦
㈸日本水道コンサルタント (正員) 渡 辺 晴 彦
㈸日本水道コンサルタント (正員) 今 田 俊 彦

1. はじめに

地域における水と人間のかかわりにおいて今日の問題となっている現象に、渇水、豪雨による災害、水質汚濁等があげられる。これらの現象は、人間活動が自然のもつ容量の範囲を超過したため、表面化したものとみなせる。このため、筆者らは地域における自然と人間の水を媒介とした相互依存関係として水環境をとらえ、人間活動は自然条件によって規定される容量の範囲内で行われるべきものとの立場から、水環境を望ましい形にする計画、すなわち水環境計画について検討を行ってきた。^{1),2)}

この水環境計画を策定する場合に必要なのは、時間的空間的現象である自然現象・人間活動の実態をいかにとらえるかということである。すなわち、水環境の実態から計画策定に有用な情報を抽出すること、あるいは問題発見を行うこと、すなわち情報の整理が必要となる。情報の整理を行う対象は、水環境の定義より、地域における人間活動、その活動の場となる自然、そして両者の相互関連の3つの側面である。

本稿では、これらの側面において情報整理のための道具である多変量解析手法がどのように適用されているかを事例を通して示すこととする。

2. 水環境計画における現象分析と多変量解析手法

水環境は、水を媒介とした人間と自然との相互依存関係であると定義したが、その相互依存関係は、次の3つの側面によって構成されるとみなせる。すなわち、治水、利水および環境保全である。そして、これら3つを総合的に検討していくことが我々が指向する水環境計画である。

さて、水環境を構成する要素は、人間と自然であるが、これらの特徴は、現象そのものが時間的空間的に不確実でありまた関連する要因が多様多様であるということである。このため現象をありのままに記述することは現実的に不可能である。そこで現象を理解する1つの方法として統計的手法が採用される。そしてこれにより現象に内在する問題を発見し、あるいは情報の抽出を行うわけである。多変量解析手法は、この統計的手法の1つである。

多変量解析法は、互いに相関のある多種類の特性値のデータがもつ特徴を要約し、かつ所与の目的に応じて総合するための手法である³⁾と定義されているが、この手法だけでこのようなことが可能でないことは明らかである。このことは、手法自体が1つの数学的モデルであること、分析結果は用いたデータに依存していることによって説明される。したがって、どういう目的に対し、どういうデータを用いるかが手法適用に際し考慮すべき最も重要な点であるといえる。

水環境計画プロセスへの情報は、はじめにでも述べたように図-1の関連によって与えられる。すなわち、

- (i) 人間活動 x を記述する情報
- (ii) 自然現象 y を記述する情報

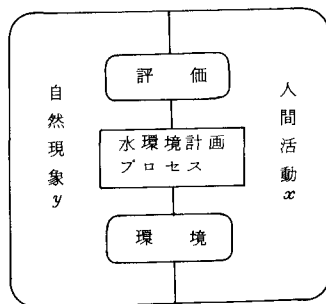


図-1 水環境計画プロセスと情報

(iii) 人間活動 x と自然現象 y との関連（環境）を記述する情報

(iv) 人間活動 x と自然現象 y の関連の評価のための情報

の4つである。

そこで本稿では、治水、利水、環境保全の3つの側面について、(i)～(iv)に関する多変量解析法の適用性を事例を通して述べることにする。

表-1は、我々が水環境計画において用いた多変量解析手法とその適用事例をまとめたものである。本稿ではこれらの事例から前述の(i)～(iv)に該当する代表的なものを選んで紹介することとする。

表-1 水環境計画における多変量解析法の適用例

手 法 の 分 類			適 用 事 例		
外的基準	説明変数	手 法	治 水	利 水	環 境 保 全
量的にあり (量の推定)	量的変数のみ	重回帰分析	流量規模別被害額曲線の作成 浸水面積の推定	水資源開発コスト関数の作成 水価格弾力性の計量化 水需要予測式の作成	流達負荷量予測 水質指標と地域特性の関連分析
	質的変数も可	数量化理論 Ⅰ類		水需要構造式の作成 水需要変動要因の抽出	河川水質総合汚濁度指標の作成
質的にあり (質の推定)	量的変数のみ	判別関数	内水排除特性の分析	水需要構造変化予測	排水水質からみた市町村の分類 水質解析 負荷流出特性と地理特性の関連分析
	質的変数も可	数量化理論 Ⅱ類	堤防安全度評価 河川改修手段の住民選好構造分析	節水意識分析 水需給バランス評価	貯水池の富栄養化分析
なし	量的変数のみ	主成分分析	降雨の分類 内水排除特性の分類 はんらん域特性の分類	渇水被害の計量化 都市特性の分類 河川特性の分類	水質環境の評価 負荷量からみた地域分類
		因子分析		降水量予測	
		正準相関分析			貯水池の富栄養化分析
	質的変数も可	クラスター分析		水需要要因の分類	海域環境基準点の設定 水質の時間変動パターン の分析
		数量化理論 Ⅲ類		水使用意識の関連分析 節水行動の分類	河川水質総合汚濁度関連 要因の抽出
		数量化理論 Ⅳ類	堤防安全度評価要因の分類		

3. 自然現象の記述のための情報化に関する適用例

ここでは、治水計画及び利水計画における基礎情報である降雨に関する分析例を示す。

3-1. 降雨の地域・時間分布特性の分析^{4),5)}

この事例は、治水計画策定における計画降雨の設定のために、時間的・空間的な現象である豪雨を、その分布特性を明らかにすることによってパターン化しようとしたものである。すなわち、治水計画では、計画の規模を降雨量の年超過確率で評価し、降雨の時間分布・地域分布については実績降雨のパターンをそのまま用いるという「実績降雨一率増嵩方式」によって基本高水を決定する方法が一般に用いられている。この

方法については、次のような問題点が指摘できる。まず、第1に選定した実績降雨が、あらゆる降雨の代表となっているか（代表性）、第2に、増嵩後の降雨の地域・時間分布の生起確率が、降雨量の生起確率と対応しているか（再現性）という問題があげられる。そこで、実績降雨一率増嵩方式の採用に際しては、まず実績降雨の代表性に関する検討が重要となる。ところで降雨は、降雨量、降雨の地域分布及び降雨の時間分布の3要素によって表わされることから、降雨量を生起確率で評価するとすれば、他の2要素をどのように取り扱うかが問題となる。これに関しては、降雨の地域・時間分布特性により降雨のパターン化を行い、このパターン毎に増嵩対象とする降雨の選定を行うことが考えられる。図-2は、この実績降雨の選択に際し、降雨の地域分布・時間分布特性による降雨のパターン化を行うことを目的としたフローである。ここで主成分分析を適用することの目的は、既往の降雨群についての地域分布特性及び時間分布特性を主成分として要約することである。なお、図-2のフローによって得られたパターン毎の降雨に対する再現性の検討に関しては、参考文献6)を参照されたい。

3-2 旬降水系列のシミュレーション分析⁷⁾

利水計画の策定に際しては長期間にわたる流況の予測が重要となる。このため流況シミュレーションモデルの確立が必要となるが、流況資料は降水資料に比してデータが不備である場合が多い。そこで降水のシミュレーションにより降水系列を発生させこれを流量系列に変換することが有用となる。しかしながら、降水は空間的・時間的にその分布特性が異なり、また短い日数単位での予測は、不確定な要因が介在するため、降水のシミュレーションを行うためには決定論的方法は不可能であり、確率・統計的アプローチが必要となる。本事例は対象流域における旬降水量系列の予測を主成分上の回帰モデルによって行ったものである。旬降水量のシミュレーションの手順を示せば図-3となる。すなわち、第 k 代表観測所の第 j 期の降水量 x_j^k は、当該観測所およびその他の代表観測所の第 $j-1$ 期以上の降水量により規定されると考え、この P 個（代表観測所数 $\times$ 最大遅れ時間数）の降水量から、その時間的・空間的相関構造を要約する m 個（ $m < P$ ）の主成分を抽出し、この主成分 Z_i を説明変数として x_j^k を外的基準とする重回帰モデルを作成することを基本としている。この回帰モデルを主成分上の回帰モデルと呼ぶが、このモデルによる降水シミュレーションの特徴は、第1には日降水資料の不備な観測所の降水系列も代表観測所との相関関係から推定できること、第2には代表観測所間の降水量の時間的・空間的相関構造を主成分により要約し、これをシミュレーションモデルに内部化することにより少数個の要因で降水シミュレーションを行えることである。

3-3 旬降水量系列の分類と確率分布を持った型紙の設定⁸⁾

この事例は、渇水期における貯水池群運用計画策定のための入力となる時系列特性を考慮した旬単位の流入量の確率分布の系列、すなわち確率分布をもった型紙の設定方法に関するものである。図-4は、型紙の設定手順である。

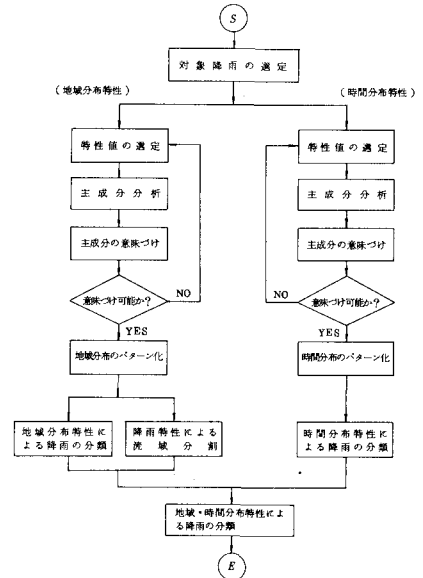


図-1 主成分分析法による降雨の地域分布、時間分布特性解析

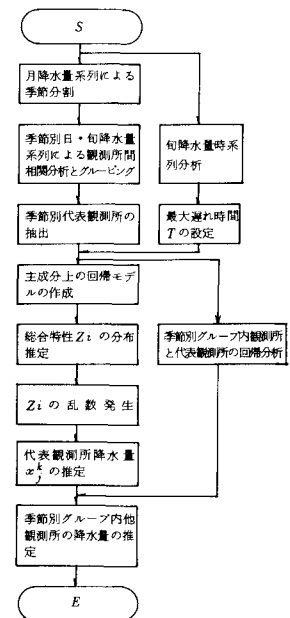


図-3 降水シミュレーションの手順

すなわち、まず過去の旬降水量時系列を主成分分析法によりその時系列特性の類似性に注目して分類する。次いで、各グループごとに各旬の降水量の確率分布の推定を行い、これを変換して貯水池流入量の確率分布の系列を設定するという方法である。

なお、ここで直接流入量の確率分布を推定せずに降水量の確率分布を推定し、これを変換することにより流入量の確率分布を求めた理由は、1つには確率分布の推定に当ってはなるべく多くの標本があることが望ましく、流入量に比べて降水量資料の方が長期間の資料が得られること、2つには降水量の方が、流域特性の変化の影響を受けにくいことによる。

4. 人間活動の記述のための情報化に関する適用例

ここでは、利水計画の策定における事例として水需要予測の前段となる水需要構造分析に関する事例及び最近話題となっている漏水被害の分析に関する事例について述べる。

4-1. 水需要構造分析

水需要予測については、筆者らはこれまで数多くの事例を通じてその方法論の展開を行ってきた^{9), 10), 12)}。ここでは、水需要予測のための水需要構造分析プロセスに注目し、これを適用手法との関連もふまえて述べることにする。なお、時間スケールは年、空間スケールは都市で点として扱う。また予測目的は水道計画の目標値設定に限定する。

図-4 確率分布をもった型紙の設定手順

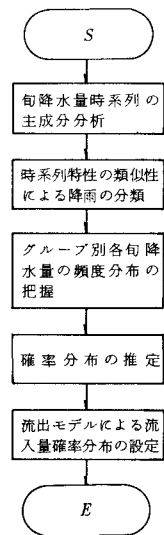


図-5は制御システムとしての水需要予測プロセスである。同図に示すようにこのプロセスは、水需要構造分析プロセスと水需要予測プロセスの2つに大別される。前者は、水需要影響要因の構造化と要因関連の定量化のプロセスであり、後者は定量化された水需要構造モデルを用いて推計操作を行うプロセスである。ところで時間的な意味でこの水需要予測プロセスは適応制御システムでなければならないが、土木構造物は慣性が強いので、図-5のフィード・バックをかけることが困難な場合が多い。このため、水需要予測の力点は水需要構造分析にあるといえる。¹²⁾

さて水需要構造分析プロセスは、一般には図-6に示す形式をとる場合が多い。

まず、要因項目の抽出は、ブレンストーミングによって行われる。このとき、その項目がどのような背景を有しているか、よく理

解しておく必要がある。すなわち、項目の時空間特性や分割可能性、逆に可算性を明らかにするとともに、項目の入手の難易性にも注目する必要がある。

つぎに、イメージ・モデル、すなわち、要因関連モデルの作成を行う。構造が明確とみなしうるものについては、相関分析によって、このモデルの作成が容易に出来る。しかし、普通、不明な点が多い。このような場合、構造化の手法としてはISM、DEMATEL、KJ法等を用いて行う。要因数がきわめて多数の場合、このような手法に入る前に、たとえば、主成分分析法等を用いて要因をパターン化し、代表要因を抽出し、イメージ・モデルを簡略化することも考えておく必要がある。

分析対象のパターン化は都市特性や需要者特性のパターン化を意味する。この目的は特性パターン毎に構造を単純化することにある。たとえば、原単位の大小とか、

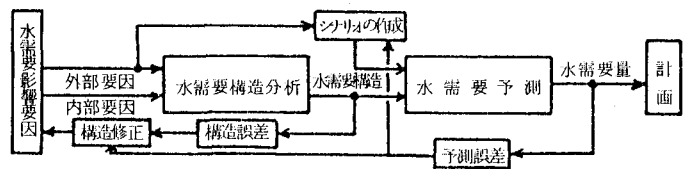


図-5 水需要予測プロセス

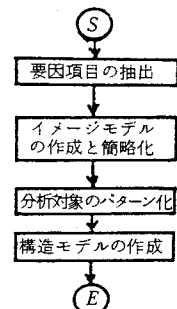


図-6 水需要構造分析プロセス

産業都市なのかそうでないのかが外的基準になる。ここでの適用可能な手法は数量化理論Ⅱ、Ⅲ、Ⅵ類や主成分分析、判別関数、クラスター分析等である。

最後に、構造モデルの作成は、上述のパターン毎にイメージ・モデルを定量化することであり、この手法として原単位の横上げ方式や重回帰分析、数量化理論Ⅰ類、時系列分析、計量モデルあるいはSDモデル等がある。

図-6の具体的な適用例としてマクロ統計指標による広域にわたる市町村群を対象にした場合と、単一都市の世帯・事業所といった水需要者に対するアンケート調査をもとにした場合との水需要構造分析のフローを示せば、各々図-7、8となる。

図-7の特徴は、主成分分析をもとにした市町村の分類・特性値の分類を行うことであり、この地域特性を水需要構造式の作成に反映しようとするところに大きな特徴がある。手法的には主成分分析と重回帰分析を併用しているが、このように主成分分析と重回帰分析を組合せ、市町村をその性格特性の類似性によりいくつかのグループに分類し、グループごとに構造式を作成することは、経年のデータ数が少なく単独市町村では構造式を作成することが困難な場合有効である。また、特性値の分類結果などを用いて、そのグループの性格特性により説明変数を選択することもできるという利点がある。しかし、こうして得られた構造式を予測式として長期予測に使用するには無理がある。この理由は、重回帰分析によって得られた構造式は、過去の実績値が出現する原因となった水需要構造を示しており、これを予測に用いることはその構造が将来とも不変と仮定しているためである。これに関しては将来の各市町村の水需要構造がどう変化していくかの検討が必要となる。^{13),14)}

図-8は、水需要者に対するアンケート調査票の作成過程とそのアンケート結果による水需要構造分析プロセスである。この図の特徴は、第1にアンケート調査を前提とした水需要構造分析プロセスでは、その分析の最初のステップにアンケート票作成過程が位置付けられるべきであることを示している。¹⁵⁾ また、第2に水需要構造分析に用いる要因の選択のための分析をアンケート項目相互の関連をクロス集計によって網羅的に行っていることである。これにより、水需要者レベルにおいて重要な水需要影響要因を発見することが可能となる。参考文献16)の適用例では、世帯における重要な要因は、「家族数」と「水洗便所の有無」であることが結論付けられている。

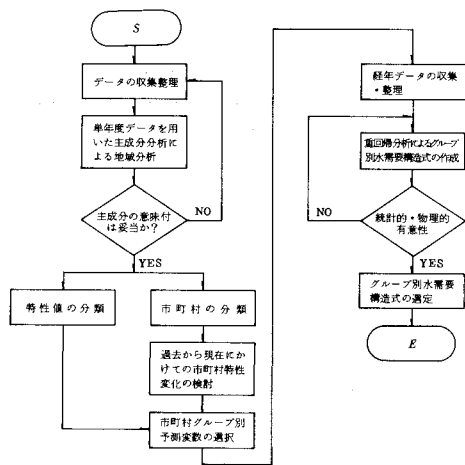


図-7 広域にわたる市町村群を対象とした場合の水需要構造分析プロセス

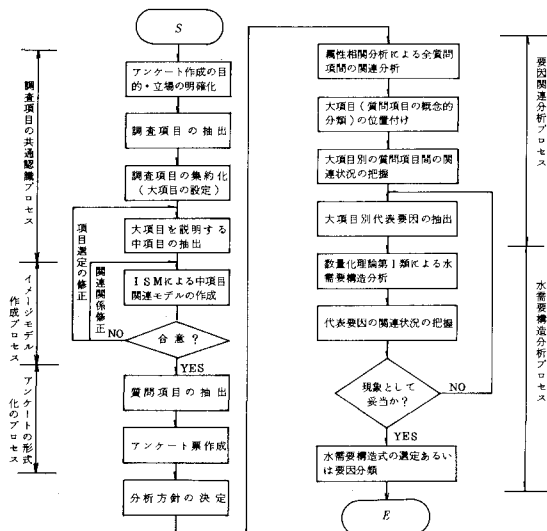


図-8 アンケート票作成過程と水需要構造分析プロセス

4-2. 渇水被害の計量化^{2),17)}

渇水は周知のように、われわれの日常生活の利便性・快適性等に脅威を与え、自然・都市環境を劣悪化する。渇水期にとくに象徴的な問題は、河川管理者の河川水の補給量の決定であり、需要者の節水行為である。後者については渇水期というよりは、われわれの日常行為そのものが決定的意味をもつ。これに関しては萩原らの数量化理論を用いた分析¹⁸⁾があるが、紙面の都合上割愛し、ここでは補給量決定のための総合評価指標の作成例を提示しよう。

渇水期間中に被害評価項目の十分な時系列データをアンケート等により入手作成することは、市民感情等の点から不可能に近く、しかも渇水が地域の風土・歴史に依存する以上、そのデータの一般性は期待しがたい。そこで多少の雑音を含んでいる新聞の時系列記事に着目し、図-9に示す手順で分析を行っている。

まず、渇水期間中の渇水影響を報道した新聞記事を表-2のように分類整理し、ついで、日々の新聞記事の内容をもとに渇水期間中のすべての日に被害ランクを与え、さらに、項目に応じて累積的なものとそうでないものに区別し、表-3のような渇水被害得点を作成している。

上述の得点をデータとして主成分分析を行い、第1主成分 Z_1 「住民不安」(寄与率60%)、第2主成分 Z_2 「実質的被害」(23%)、そして第3主成分 Z_3 「給水操作」(10%)を得ている。これらの主成分に寄与率の重みを考慮した総合被害指標 P の渇水期間中の変化を図-10に示す。この図によれば、住民不安は8月20日~25日で最大となるが、25日以降、雨が降ったので急激に減少する。一方、実質的被害は住民不満が解消に向っても増加しつづける。さらに給水操作は上水と工水の給水制限の競合のバランスを保とうとするため振動している。

以上のような指標 P の変化過程を、貯水池群の操作物理量の変化過程と結びつけ、次式のような渇水被害関数を得ている。

$$P = 0.088 \cdot (\text{不足流量})^2 + 0.827 (\text{不足貯水量}) - 3.544$$

ただし、単位は河川基準点の不足流量： $\text{m}^3/\text{秒}$ 、不足貯水量： 10^6m^3 であり、重相関係数は0.88である。

さて、上述の分析は、渇水期における貯水池群運用の総合的な評価関数を作成することを目的としているが、分析過程からも明らかなように、貯水池群操作の目的は住民不安の解消のみならず実質的被害の最小化、さらには上工水の配分バランスというように、本来は多目的な評価を必要としていることに留意する必要がある。

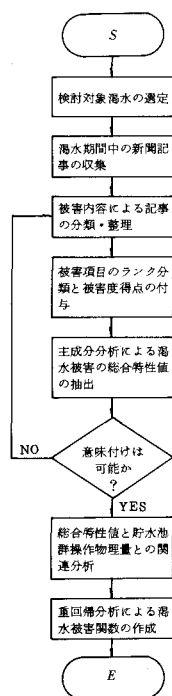


図-9 渇水被害の計量化手順

表-2 被害項目のランク分け

項 目	ラ ン ク				
	1	2	3	4	5
住 民 不 満 y_1	困らない	少々困る	困る	我慢できる	我慢できない
住民将来不安 y_2	無	少々	有	大	バニック
上水給水制限 y_3	10%以下	20%以下	40%以下	40%以上	時間給水
上水被害 y_4	無	少々	有	大	甚大
大企業水確保 y_5	回収強化	海水利用	下水使用	タンカー送水	策なし
大企業給水制限 y_6	30%以下	50%以下	80%以下	保安用水のみ	ストップ
大企業不満 y_7	無	少々	有	大	反発
大企業被害 y_8	操業短縮	工場休止	工場閉鎖	保安のみ	完全閉鎖
中小企業給水制限 y_9	20%以下	30%以下	40%以下	40%以上	ストップ
農水確保 y_{10}	別になし	検討	ため池	ため池以外	策なし
農民不満 y_{11}	無	少々	有	大	請願・反発
農業被害 y_{12}	無	少々	有	大	甚大
貯水量 y_{13}	600万トン以上	300万トン以上	200万トン以上	100万トン以上	100万トン以下

表－3 渇水被害得点

項 目	日											
	7/15	20	25	30	8/5	10	15	20	25	30	9/5	10
住 民 不 満 y_1	1	12	18	21	21	17	23	28	30	20	10	7
住 民 将 来 不 安 y_2	1	10	18	20	23	20	26	31	28	30	10	10
上 水 給 水 制 限 y_3	1	1	1	1	2	1	1	3	3	1	1	1
上 水 被 害 y_4	1	12	27	40	46	51	60	75	90	95	101	106
大 企 業 水 確 保 y_5	1	13	24	30	30	30	30	33	38	40	32	24
大 企 業 給 水 制 限 y_6	1	2	2	3	2	4	4	3	2	3	2	1
大 企 業 不 満 y_7	1	12	27	32	37	43	43	40	39	35	31	28
大 企 業 被 害 y_8	1	13	28	45	65	88	108	128	147	163	178	191
中 小 企 業 給 水 制 限 y_9	1	2	2	5	3	4	4	3	1	1	1	1
農 水 確 保 y_{10}	1	13	26	30	30	28	30	32	39	40	19	13
農 民 不 満 y_{11}	1	10	18	22	27	27	30	32	37	26	12	10
農 業 被 害 y_{12}	1	13	28	45	65	81	108	128	148	168	178	191
貯 水 量 y_{13}	1	2	2	2	3	4	4	5	4	3	2	1

本事例は、渇水被害の実態が時系列的に正確には把握できないという現状に対し、比較的入手の容易な新聞記事をもとに、主成分分析を援用して被害の計量化を行ったところにその大きな特徴がある。

5. 人間活動と自然現象の関連記述のための情報化に関する適用例

この適用例として高橋らによる河川における水質環境の評価に関する研究¹⁹⁾を取りあげることとする。

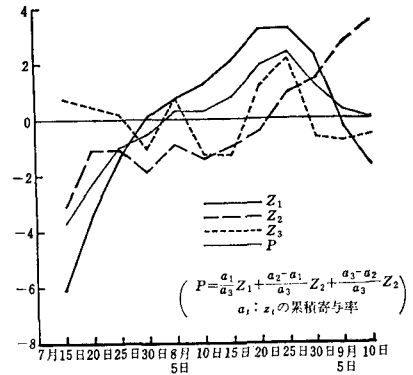
水質評価は、人間を含めた生物環境に与える影響の把握がなくてはじめて評価となり得るといえる。ところで、環境保全の目的は、環境を構成する幾多の要素間における共存システムの確立にあるといえるが、現実には理化学水質による一面的な環境の把握によって、発生した汚濁の制御に終始している場合が多いといえる。そこで、高橋らは、水質評価は、理化学指標による定量化とこれに対応する生物相との因果関係の把握がなくてはじめて行えるものであるとの認識から、微分型の理化学指標と積分型の生物的階級との関連について分析している。なお、ここでいう生物学的階級とは、河川汚濁の程度をいくつかの階級に分け、あらかじめこれに対応する指標生物を配列しておき、河川の任意の調査地点におけるその指標生物の量と頻度から、その地点の汚濁の程度を知るものである。

分析は、A、Bの2地域を対象に図－11の手順ですすめられている。なお、分析に用いられる理化学指標は表－4の通りである。また、生物学的階級については、OS、 βm 、 αm の3階級を用いる。

図－11の分析手順により以下のことが要約される。

(i) 主成分分析を用いた結果、A地域、B地域の水質構造の共通因子として、有機汚濁の程度が抽出され、各生物階級毎の因子スコア軸上の頻度分布から、生物学的階級と理化学水質指標の間には、特に有機汚濁の程度について明瞭な関連のあることを裏付けすることができた。

(ii) 第2、第3主成分については、A地域とB地域とでは異なっ



図－10 総合特性値の変化

表－4 水質指標

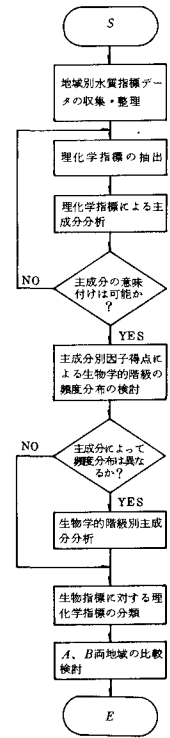
	A 地域		B 地域	
	1	2	1	2
理 化 学 水 質 指 標	DO	TS	電 導 度	pH
	COD-Mn	COD-Cr	DO	酸 素
	Cl ⁻	NH ₄ -N	アルカリ度	TS
	NO ₂ -N	NO ₃ -N	SS	SS
	全 硬 度	電 導 度	NO ₂ -N	COD-Mn
	pH	濁 度	COD-Cr	BOD
	アルカリ度	全 硬 度	Cl ⁻	全 硬 度
		NO ₃ -N		PO ₄ ³⁻
		PO ₄ ³⁻		大 腸 菌
		大 腸 菌		流 量
		流 量		
対象河川	2 8		6 9	
観測点	9 4		1 3 7	

た解釈が得られ、特に第2主成分がA地域では、溶存イオン型カ有機汚濁型かという汚濁形態を表わしているのに対し、B地域では、硝化反応を含む窒素系汚濁を表わすファクターとなっており、地域特性によって異なる因子と考えられる。

(iii) B地域における各階級毎の水質構造分析の結果、 $OS \rightarrow \beta m \rightarrow \alpha m \rightarrow \alpha p, \beta p$ という生物的汚濁階級が進むにつれて、電導度に代表される無機イオン型から、 Cl^- に代表される中間汚染型、さらに有機汚染型へと移行することが明らかとされ、各階級を区分する影響因子として、DO、電導度、COD-Mnが抽出された。

(iv) A、B両地域を併わせて主成分分析をほどこした結果、有機汚濁指標であるCOD、溶存イオン性指標である電導度、全硬度、汚濁の程度を示すDOの3要因が生物階級区分に大きく寄与していることが明らかとされた。したがってこれら指標の間に、生物階級構成への可能性が示されているといえる。

本事例は、限られた水質データをもとに、生物指標に対する理化学指標の分類・整理を行おうとしたものである。このような分析に際して、外的基準に生物指標(階級)をとり、これを理化学指標で判別する方法が適用できる。しかし、この分析を行うにしても理化学指標相互の関連を検討しておくことが重要となることから、これに主成分分析を適用し、さらにその相互関連の程度によって規定される主成分の因子得点と生物指標の関連を検討しているところに本事例の特徴があるといえよう。



6. 人間活動と自然現象の関連評価のための情報化に関する適用例

ここでは、適用例として河川改修手段に対する住民の選好構造の分析²⁰⁾をとりあげる。

この事例は、河川改修手段の選定プロセスの入力となる住民意識の分析を行ったものである。すなわち、河川周辺の住民に対するアンケート調査をもとに、河川改修手段に対する住民の選好構造を把握し、これにより地域別の河川改修手段の代替案抽出のための情報を得ようとするものである。

この分析では、まずアンケート票作成段階において住民の治水に関する認識が住民の生活・河川への満足度を規定するとの考えのもとに、ISM手法によりイメージ・モデルを作成し、これをもとにアンケート票を作成している(図-8参照)。

河川改修手段に対する住民の選好構造の分析手順を示せば図-12となる。また、同図に示す手順によって得られた結果を示せば図-13となる。ここで、外的基準として次の3種の河川改修手段をとりあげている。

① 内水対策、支川改修

② 堤防の築造(新築)

③ 堤防の改築、補修、護岸整備

これらを表-5に示す10要因によって数量化理論Ⅱ類によって判別した結果が図-13であり、図中の要因関連は外水対策と内水対策を判別する第1軸のアイテム・レンジの大きさによって表示したものである。

図-13より、上流は「水質」や「生活への貢献」さらに「川の魅力」とい

表-5 アンケート項目のカテゴリー表

項目番号	1	2	3	4	5	6	7
生活への貢献	非常に貢献	貢献	貢献してない	まったく貢献してない	どちらとも言えない	わからない	
川の魅力	ブナ・小鳥など	あし、草花水車など	川の風景	川の野球場サイクリング道	公園・広場	魅力感じない	その他
水質	非常に良い	良い	普通	悪い	非常に悪い	わからない	
ダムへの信頼感	非常に高い	高い	普通	不安	非常に不安	わからない	
堤防への信頼感	非常に高い	高い	普通	不安	非常に不安	わからない	
水害被害	ある	ない					
排水状況	非常によい	よい	普通	悪い	非常に悪い	わからない	
被害危険度	全く感じない	あまり感じない	少し感じる	非常に感じる		わからない	
洪水変化	非常に減った	減った	わからない	ふえた	どちらともいえない	わからない	
事業恩恵	受けている	受けない					

った水害や洪水という要因と関係ない選好構造となっている。一方、中流右岸では、「ダムの信頼感」や「排水状況」という、洪水に影響される要因と関連の強い選好構造である。この選好構造は、実際の水害経験（当該流域住民の約3割が経験）と無縁ではないと考えられる。この両極端の構造の中間に、他の地域が位置づけられている。この地域別の選好構造により、地域によって河川改修手段を選ぶ要因が異なっていることがわかる。この選好の内部構造をクロス集計により把握すれば、排水状況が悪い場合は内水対策・支川改修を、堤防の信頼度が低い場合は、堤防の新築・補強を望んでいることがわかる。また、水質が悪いと思っている場合は、内水対策を期待しており、河川事業が生活に貢献していないと思っている場合は外水対策を望んでいる。さらに川の魅力を「草花・風景」としている場合は、内水対策を、「公園、広場」としている場合は、堤防・護岸を期待している。これは、川に対する理念が、河川改修手段の選好を規定していることがわかる。

本事例は、住民意識の把握に関して、まずアンケート票作成段階におけるイメージ・モデルの作成によって要因を絞り込んでいるところに、その特徴がある。なお、筆者らは下水道施設計画における代替案選定プロセスに地域住民のアンケート情報を入力とした分析を行っているが、紙面の都合でここでは割愛する。

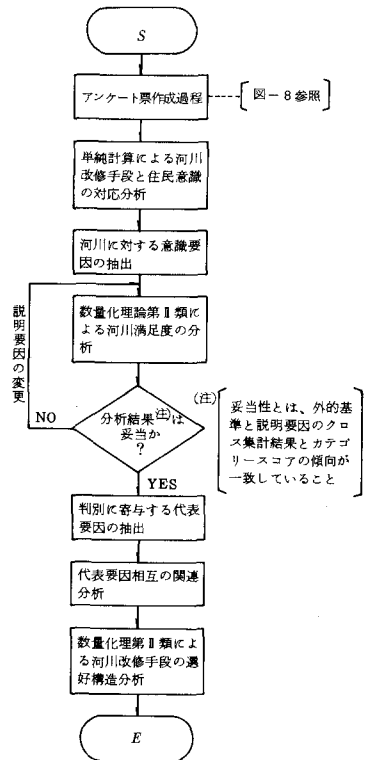


図-12 分析手順

7. おわりに

本稿では、水環境計画において多変量解析手法がどのように適用されているかを自然現象、人間活動及びその相互関連の3つの側面について各々筆者らの事例研究を通して紹介した。

多変量解析手法は近年コンピュータ利用の容易さの増大に伴って種々の局面で利用されているが、手法適用の有効性は用いるデータと分析目的に依存することとなる。また、例えば重回帰分析で構造式を得た場合、構造式が統計的に有意でも現象とあわないようなことがある。また多変数を取り扱えるからといって多くの要因を用いればかえって結果の解釈が困難になることもある。このため、例えば4-

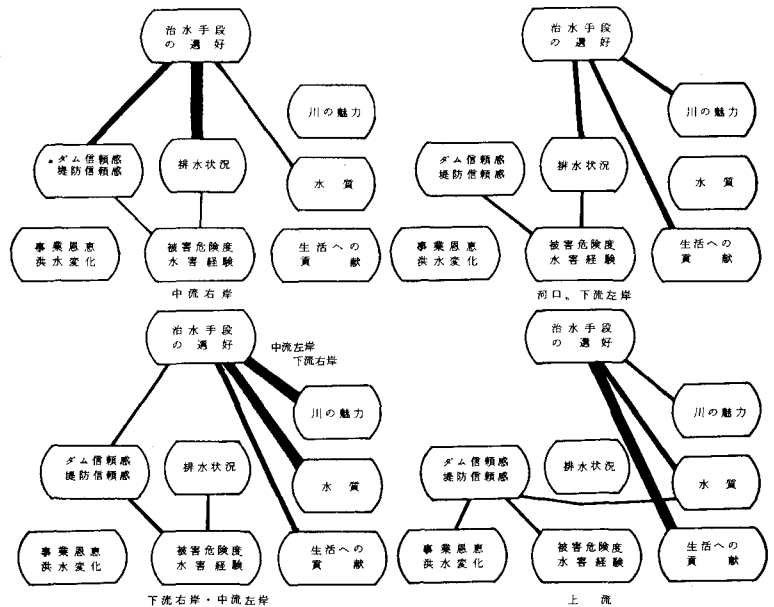


図-13 選好構造の地域別差異

1で述べたようなイメージ・モデルをまず構築し、次いで要因関連を吟味することにより、手法に適用するデータ項目を絞り込み、その上で分析を行うといったプロセスが必要と考えられる。

最後に、本稿で使用した各々の適用例において御指導をうけた岩佐京大教授、吉川京大教授、末石阪大教授、住友京大教授、長尾名工大教授に謝意を表わすとともに、本稿のとりまとめにあたり筆者らの所属するシステム開発室の各位、特に中川氏、さらに森野・蔵重・上田の各氏らの成果をも参考に行っていることを明らかにすることにより謝辞にかえることとする。

〔参考文献〕

- 1) 萩原良巳：水環境計画に関するシステム論的研究、京都大学博士学位論文、1976
- 2) 萩原良巳・内藤正明：水環境のシステム解析、環境情報科学9-1、1980
- 3) 奥野忠一他：多変量解析法、日科技連、1971
- 4) 萩原良巳・中川芳一他：豪雨地帯の降雨現象の分布特性の分析、NSC研究年報Vol.5、№1、1977
- 5) 中川芳一・渡辺晴彦：豪雨の地域・時間分布特性分析、NSC研究年報Vol.7、№1、1979
- 6) 萩原良巳・中川芳一他：治水計画における一率増嵩方式の検討、NSC研究年報Vol.5、№1、1977
- 7) 中川芳一・辻本善博：利水計画のための降水シミュレーション解析、NSC研究年報Vol.6、№2
1978
- 8) 辻本善博・萩原良巳・中川芳一：確率分布をもった型紙による漏水期貯水池群操作、第23回水理講演会論文集、1979
- 9) 萩原良巳・小泉明・中川芳一：水需要構造分析法に関する一考察、水道協会雑誌、第511号、1977
- 10) 萩原良巳・小泉明：水需要予測序説、水道協会雑誌、第529号、1978
- 11) 小泉明：水需要予測に関するシステム論的研究、東京都立大学博士学位論文、1982
- 12) 志水茂明・三村希一郎・渡辺晴彦：都市パターンに応じた水需要予測法、第2回水資源に関するシンポジウム、1982
- 13) 萩原良巳・小泉明他：水需要構造並びにその変化過程の分析、第14回衛生工学研究討論会講演論文集、1978
- 14) 萩原良巳・小泉明他：水需要予測モデルに関する一考察(2) — 構造遷移を考慮した場合 —、土木学会第31回年次学術講演会、第Ⅱ部、1975
- 15) 萩原良巳・上田育世他：実態調査による下水道の必要性に関する考察、第17回衛生工学研究討論会講演論文集、1981
- 16) 萩原良巳・小泉明・西澤常彦：アンケート調査をもとにした水使用影響要因関連分析、第17回衛生工学研究討論会講演論文集、1981
- 17) 萩原良巳・中川芳一・辻本善博：漏水被害の計量化と貯水池群運用について、第15回衛生工学研究討論会講演論文集、1979
- 18) 萩原良巳・小泉明他：アンケート調査をもとにした水需要構造ならびに節水意識分析、第15回衛生工学研究討論会講演論文集、1979
- 19) 高橋邦夫・安田正志他：河川における水質環境の評価に関する研究、第13回衛生工学研究討論会講演論文集、1977
- 20) 萩原良巳・中川芳一他：地域特性を考慮した治水計画のための住民アンケート分析、NSC研究年報Vol.9、№1、1981
- 21) 堤武・上田育世・西澤常彦：住民アンケート情報を評価とした下水道施設計画案の策定、第18回衛生工学研究討論会講演論文集、1982