

河川景観評価の試み — アンケート結果とフラクタル解析結果 —

三重大学 大学院 北谷康典

三重大学 正会員 大野研

1. はじめに

公共事業を遂行していく上での大義は、「災害に柔軟に対応できる社会」「全ての人に利便性の高い社会」「豊かな自然環境のある社会」を作り出すことである。これまで、それら個々に対しての方策は、十分に成されてきたが、それらを総合的に捉えた方策に対しては、あまり検討されてこなかった。しかし、近年、それらを総合的に捉えた「快適な社会」作りのための事業計画が、奨められるようになってきている。

土木事業においても、その動きは見られる。河川・道路などの近自然工法は、その試みの一つである。人間の利便性を地球環境や生命に配慮しながら、実現しようというものである。なかでも、特に、河川が注目されている。日本では、1991年に「多自然型川づくり」という新名称において、「近自然河川工法」が導入されている。その内、近自然工法を深く理解している技術者や建設業者が設計したいくつかのものは、大変素晴らしい。しかし、ただ緑化しただけのもの、よい事例を表面的に模倣しただけのものなど、その場所に対する解釈や意味付けが不十分なものも、数多く存在する。

景観を設計するには、その周辺の環境との調和を考える必要がある。しかし、どのようなものが調和のとれた美しい景観であるか、という評価は、人によって千差万別であり、その判断は難しい。

こうしたことを踏まえて、景観、特にその評価に関する研究は多数行われている^{1) 2) 3)}。しかし、これら過去に行われた研究では、アンケートを用いる人間の主観的な景観評価と、アンケートを用いない客観的な景観評価とを、個々に検討したものが多く、それらを総合させて検討しているものはあまりない。

そこで、本研究では、同じ景観に対しての、アンケートによる人間の心理的な評価と、フラクタル解析による定量的な評価とを比較し、主観性と客観性の関連を検討する。これにより、フラクタルによる評価の、景観評価としての適性を確かめ、より総合的な評価として、調和のとれた美しい景観設計を行うための支援となればよいと考える。

2. 方法

60カ所の河川景観に対して、アンケートを行った。対象者は、性別・年齢等の異なる46人である(表1)。調査項目は、過去の研究で使用されているものを参考にして、対称的な意味をもつ形容詞対12対を設定した(表2)。評価尺度は5段階とし、得られたデータの分析を行うにあたり、5段階に1~5点の評価点を与えた。それにより、60ヶ所の景観ごとに各調査項目の平均評価点を算出できる。

表1 アンケート対象者

性別	男性	女性	欠損										
	17	27	2										
婚姻	独身	既婚	欠損										
	26	18	2										
年齢	10代	20代	30代	40代	50代	60歳以上	欠損						
	0	23	7	4	4	5	3						
職業	公務員	団体職員	会社員	団体役員	会社役員	自営業	学生	アルバイト	無職	その他	欠損		
	0	1	4	1	0	3	16	5	9	4	3		

表2 調査項目

1)	良い	悪い
2)	自然的	人工的
3)	好き	嫌い
4)	雄大な	こじんまりとした
5)	親しみやすい	親しみ難い
6)	緑が多い	緑が少ない
7)	潤いがある	潤いがない
8)	変化がある	変化に乏しい
9)	安全な	危険な
10)	周辺と調和	不調和
11)	雑然とした	整然とした
12)	美しい	美しくない

しかし、このままではデータの情報量が大きすぎて分かりづらいので、合成変数に集約するために、主成分分析⁴⁾
⁵⁾を行った。それにより、もとの12項目において、別の12因子の新たな情報が求められた(表3)。一般に、累積寄与率が70~80%を超えるものを主成分として選び出すので、今回は因子2までを捉えればよいことが分かる。これにより、12項目に散らばるデータを、主に項目1~8・10・12を反映する因子1と、主に項目9・11を反映する因子2の2項目にまで集約することが出来た。ここで、因子1は「自然的」や「緑が多い」や「美しい」の尺度の因子負荷量が高いことから、「自然で美しい」を表す軸と考え、因子2は「安全な」や「整然とした」の尺度の因子負荷量が高いことから、「整然として安全」を表す軸と考える。

表3 主成分分析 集約結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6	因子7	因子8	因子9	因子10	因子11	因子12
項目1	0.950	0.139	-0.163	-0.075	-0.065	-0.023	0.066	-0.024	-0.080	0.162	-0.017	0.060
項目2	0.925	-0.302	-0.011	0.079	-0.107	0.018	0.070	-0.031	0.095	-0.083	-0.008	0.117
項目3	0.952	0.139	-0.184	0.026	-0.046	-0.025	0.077	-0.108	0.001	-0.052	-0.108	-0.085
項目4	0.834	0.205	0.396	-0.269	0.085	0.142	0.018	-0.075	-0.011	-0.009	-0.015	0.008
項目5	0.923	0.219	-0.070	-0.022	-0.133	0.006	-0.272	-0.063	0.019	-0.004	0.033	-0.004
項目6	0.879	-0.309	-0.012	0.203	0.270	-0.022	-0.050	-0.078	0.077	0.063	0.019	-0.009
項目7	0.955	0.004	-0.060	-0.065	0.165	-0.090	-0.079	0.125	-0.104	-0.075	-0.055	0.040
項目8	0.908	-0.219	0.064	-0.241	-0.043	-0.219	0.053	0.056	0.087	0.010	0.055	-0.047
項目9	0.590	0.726	0.300	0.287	-0.043	-0.122	0.035	0.032	-0.009	0.004	0.004	0.003
項目10	0.955	-0.018	-0.014	0.065	-0.046	0.197	-0.001	0.177	0.080	0.043	-0.029	-0.041
項目11	0.431	-0.839	0.254	0.133	-0.114	-0.012	-0.024	-0.007	-0.118	0.013	-0.012	-0.030
項目12	0.955	0.112	-0.158	0.051	0.018	0.096	0.093	-0.010	-0.093	-0.060	0.132	-0.027
説明済寄与率	9.006	1.600	0.413	0.296	0.162	0.141	0.111	0.080	0.069	0.051	0.038	0.032
	0.751	0.139	0.034	0.025	0.014	0.012	0.009	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003

因子1 自然で美しい ↔ 人工で美しくない
 因子2 整然として安全 ↔ 雑然として危険

その新しい合成軸上に、もとの情報を計算しなおした点数をプロットする(図1)。すると、因子1と2の原点軸によって、60の景観が4つに分類される。つまり、図の第1象限を「自然で美しい、整然として安全」(以降「自・安」)、第2象限を「自然で美しい、雑然として危険」(以降「自・危」)、第3象限を「人工で美しくない、整然として安全」(以降「人・安」)、第4象限を「人工で美しくない、雑然として危険」(以降「人・危」)と割り当てて考えることができる。

さらに、4つに分類した図において、原点軸付近に分布しているものは、曖昧なものも多いと考えられるので、それらを排除し、顕著に分かれているものだけでも注目する(図2)。排除する範囲は原点軸より±0.5の範囲とした。

*フラクタル解析

フラクタル(fractal)とは、Mandelblot(1993)が作った造語であり、部分と全体との関わりで、扱う事のできる図形、現象、分布を指す言葉で、その概念は、複雑な現象や偏った現象を解明する道具として用いることができる。特徴としては、どんなに拡大してみても無限のカスケードをもち、自己相似性を示すものである。

今回は、景観の「形状の法則性」「色彩の法則性」を見いだすためにフラクタル解析を行った。フラクタル性が成り立つことを検証し、フラクタル性の成立を基に、そのフラクタル次元を求めることをフラクタル解析と呼ぶ。

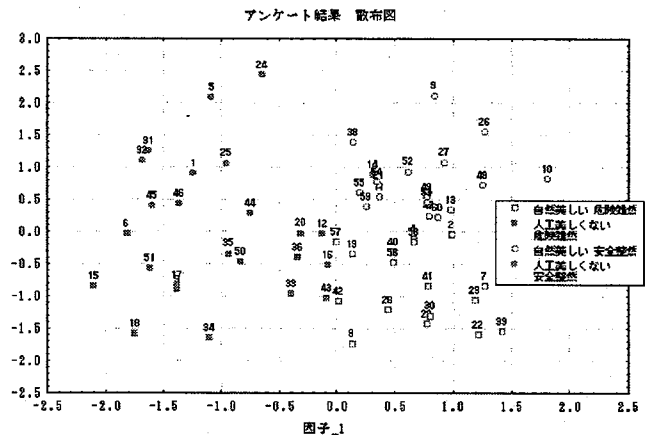


図1 アンケート結果の散布図

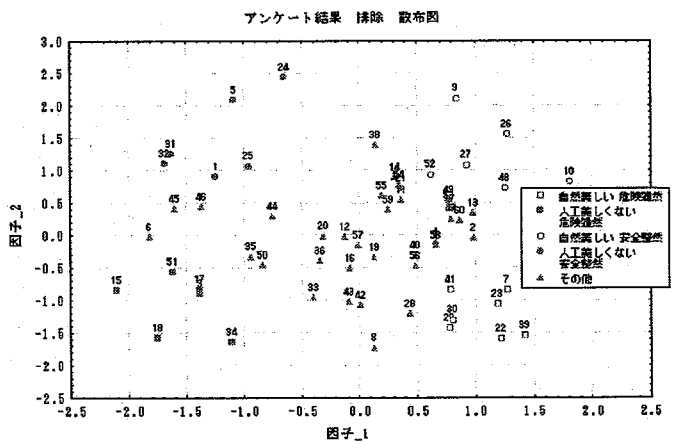


図2 アンケート結果の散布図 (排除)

フラクタル次元には様々な算出方法がある。本研究では「形状」のフラクタル次元算出にあたっては、ボックス・カウンティング法をもちい、「色彩」についてはスケール変換解析、そしてパワー・スペクトル解析をもちい解析した。

*「形状」の解析

形状の解析においては写真画像にエッジ抽出を行いバイナリ行列にし、エッジが現れる部分を形状の情報としてフラクタル解析した。形状の解析ではボックスカウンティング法と呼ばれるフラクタル解析を用いた。

方法としては、対象となるイメージ上に、1辺の長さ r の格子状に組まれた正方形（ボックス）を重ね合わせることから始まる。次に、対象のイメージを含む格子（ボックス）の数 $N(r)$ を求める。 $N(r) \propto r^{-D}$ の関係が成立するので、縦軸にボックスの数 $N(r)$ 、横軸にボックスの1辺の長さ r をとり、両対数グラフで表したものの傾きによりフラクタル次元 D が求められる。

また、両対数グラフでプロットした $r - N(r)$ 関係について直線近似の相関係数をフラクタル性 R とよび、このフラクタル性 R をフラクタル的なイメージが成立するのか不成立なのかの判断材料としている。

*「色彩」の解析

本研究では CIE 表色系の中の XYZ 表色系を用いて解析をおこなった。色彩の解析ではスケール変換解析、パワー・スペクトル解析の2つのフラクタル解析を用いて行った。

・色

表色系とは目に見えた色を曖昧な形容詞ではなく、定量的に色を表すことである。人間は光が目に入ってくることで、それを色として知覚する。光の3原色 (R,G,B) を用いると、すべての色は3原色を頂点とした3角形の内部に表すことができる。CIExy 色度図とは、X、Y、Z を色の三刺激と定義し、人間の目の応答、視覚に対応して作られたものである。また人によって目の感度が異なるので平均を取って作られている。

(式-1) により、R,G,B から X,Y,Z に変換し、これを (式-2) により XYZ 表色系色度座標 x,y,z に変換した。また xyz は x,y の2変数が決定することで z は自動的に決まってくるので、色を CIExy 色度図上におとす。

$$X=0.49000R+0.31000G+0.20000B$$

$$Y=0.17697R+0.81240G+0.01063B$$

$$Z=0.00000R+0.01000G+0.99000B \quad \dots \text{(式-1)}$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad \dots \text{(式-2)}$$

・スケール変換解析

方法としては、XYZ 表色系色度座標 x,y,z における変動量の最大変動値を算出することから始まる。次に空間的に 1/2 分割し、それぞれ分割した範囲において最大変動値を算出しその平均を求める。この作業を分割した範囲において同様に繰り返す。このようにして空間的なスケール S を 1、1/2、1/4、1/8、...としていったときの最大変動値の平均 $L(S)$ において、 $L(S) \propto S^H$ の関係が成立する。これより、縦軸に最大変動値の平均 $L(S)$ 、スケール S をとり、両対数グラフで表したものの傾きによりハースト指数 H が求められ、式3よりフラクタル次元 D を求める。

$$D = 2 - H \quad \dots \text{(式 3)} \quad \text{ここで } D : \text{フラクタル次元} \quad H : \text{ハースト指数}$$

また、ボックスカウンティング法と同様に両対数グラフでプロットした $S - L(S)$ 関係について直線近似の相関係数をフラクタル性 R とよび、このフラクタル性 R をフラクタル的なイメージが成立するのか不成立なのかの判断材料としている。

・パワー・スペクトル解析

本研究における「色彩」のフラクタル解析の入力データは XYZ 表色系の xyz 色度座標で表されているので1画素に3つの値 (x,y,z) が存在していることになる。これを CIExy 色度座標上の原点からの距離に置き換え1画素1つの値にした。つまり、イメージ上の空間における色度図上の原点変動の分布においてパワー・スペクトル解析をおこなった。この空間変動の空間合成波数 f におけるスペクトル密度 $S(f)$ を求めるため、空間周波数解析をおこなった。そして $S(f) \propto f^{-\beta}$ の関係が成立するので、縦軸にスペクトル密度 $S(f)$ 、横軸に空間合成周波数 f を

とり、両対数グラフで表し β を求め、 $\beta = 5 - 2D$ からフラクタル次元 D を求める。

パワー・スペクトル解析も同様に両対数グラフでプロットした $f - S(f)$ 関係について直線近似的の相関係数をフラクタル性 R とよび、このフラクタル性 R をフラクタル的なイメージが成立するの不成立なのかの判断材料としている。

3. 結果及び考察

アンケート結果によって、図1のような評価を得た景観をフラクタル解析結果と比較し、その関連を検討する。また各図において、4種類のプロットのそれぞれの平均を求めた分布の中心点をave、及びそれらの 2σ (σ : 標準偏差) の範囲を楕円で表し、検討の参考にする。さらに、図2のような原点軸付近に分布している曖昧なものを排除したのものについても、同様の検討を行う。

図3から図5は、それぞれの解析のフラクタル次元 D とフラクタル性 R の散布図、および、それにアンケート結果を照らし合わせたものを示している。また、各解析でえられたフラクタル次元とフラクタル性を各々組み合わせたグラフで大きな特徴がみられる組み合わせを図6から図8に提示する。

・ 3. 1 ボックス・カウンティング法による解析結果との比較 (図3・1, 2)

フラクタル性が高い値の範囲に、「人・安」な河川が集まっていることが特徴的である。「自・安」「自・危」「人・危」な河川はともに、広く分布し同じような範囲に存在している。排除した図においては、「自・安」「自・危」「人・危」な河川は同様に同じような範囲に存在しているが、分布の範囲が全体的にフラクタル次元の低い方へ移動している。ここで、「自・安」「自・危」「人・危」の3つは同じような範囲を示しているの、図には「人・安」とは逆の「自・危」の範囲を示す。

・ 3. 2 スケール変換解析による解析結果との比較 (図4・1, 2)

「人・安」な河川は、フラクタル次元が低いものから高いものまで、縦長に広く存在している。「自・安」「自・危」「人・危」な河川はともに、フラクタル次元が高い値の範囲に横長に存在している。排除した図においては、「人・安」「自・危」「人・危」な河川が図4・1と同様の範囲に存在するのに対し、「自・安」な河川がフラクタル性、フラクタル次元ともに高い値の範囲に小さくまとまって存在するようになることが特徴的である。図には分布に特徴のあった「人・安」と「自・安」の範囲を示す。

・ 3. 3 パワー・スペクトル解析による解析結果との比較 (図5・1, 2)

「人・安」な河川は、フラクタル性が低く、フラクタル次元が高い値の範囲に存在している。また、「自・安」な河川は、フラクタル性が高く、フラクタル次元が低い値の範囲に存在しており、「人・安」な河川とは逆の傾向が見られる。「自・危」「人・危」な河川は、ともに中庸的な値の範囲に広く存在している。排除した図では、「人・安」な河川の範囲が広がり「自・危」「人・危」な河川と同じようなところに存在するようになり、「自・安」な河川以外は、特徴がつかみづらくなっている。図には図5・1で対称的な位置を示した「人・安」と「自・安」の範囲を示す。

・ 3. 4 B-R S-Dによる解析結果との比較 (図6・1, 2)

図6はボックスカウンティング法のフラクタル性(B-R)とスケール変換解析のフラクタル次元(S-D)とのグラフである。「人・安」な河川は、ボックス・カウンティング法のフラクタル性が高い値を示し、スケール変換解析のフラクタル次元が低いものから高いまで縦長に広く存在している。「自・安」「自・危」「人・危」な河川はともに、ボックス・カウンティング法のフラクタル性が中庸的な値の範囲に横長に存在している。排除した図においては、「自・安」な河川がスケール変換解析のフラクタル次元が高い値の範囲に横長にまとまって存在する。図には「人・安」と「自・安」の範囲を示す。

・ 3. 5 B-R S-Rによる解析結果との比較 (図7・1, 2)

図7はボックスカウンティング法のフラクタル性(B-R)とスケール変換解析のフラクタル性(S-R)とのグラフである。「人・安」な河川は、スケール変換解析のフラクタル性、ボックス・カウンティング法のフラクタル性がともに高い値の範囲に存在している。「自・安」「自・危」「人・危」な河川はともに、広く分布し同じような範囲に存在しているが、排除した図では「自・安」な河川が、スケール変換解析のフラクタル性が高い値の範囲に小さくまとまって存在していることが特徴的である。図には「人・安」と「自・安」の範囲を示す。

・ 3. 6 S-R-P-Dによる解析結果との比較 (図8・1, 2)

図8はスケール変換解析のフラクタル性 (S-R) とパワー・スペクトル解析のフラクタル次元 (P-D) とのグラフである。図8・1においては、どの河川もほぼ同じような範囲に存在する。しかし、排除した図においては、「自・安」な河川がスケール変換解析のフラクタル性が高い値の範囲に存在し、「自・危」「人・安」「人・危」な河川がともに、広く同じような範囲に存在するという特徴を持っている。「自・危」「人・安」「人・危」の3つは同じような範囲を示すので、図には特徴のあった「自・安」の範囲とそれとは逆の「人・危」の範囲を示す。

4. まとめ

アンケート評価とフラクタル解析との比較を行うと、解析の方法によっては「人・安」な河川と「自・安」な河川の景観は、他の景観との区別がある程度可能であるように思われる。「自然で美しい、整然として安全」を表すような景観は、周辺の環境との調和のとれた美しい景観ではないかと思われる。

その結果より、調和のとれた美しい景観設計に、フラクタル解析による評価が利用できるという可能性が示されたと思う。今後はこの結果をもとに、他の多変量解析を用いてこの区別が本当に可能であるか検討し、フラクタルによる景観評価の信頼度を確かめたいと考える。

参考文献

- 1) 藤居良夫：景観デザインの数量的評価の一手法，農業土木学会誌，Vol.62, No.8, p.723-728, 1994
- 2) 関克己、佐々木春喜、鈴木輝彦、大野博之：自然のフラクタル性を利用した景観設計の検討，環境情報学，Vol.24, No.2, p.87-94, 1995
- 3) 関克己、佐々木春喜、鈴木輝彦、大野博之：フラクタルを用いた河川景観の設計支援，土木学会論文集，Vol.34, No.555, p.51-60, 1997
- 4) 新村秀一：パソコン楽々統計学，講談社，1997
- 5) 田中豊、脇本和昌：多変量統計解析法，現代数学社，1983

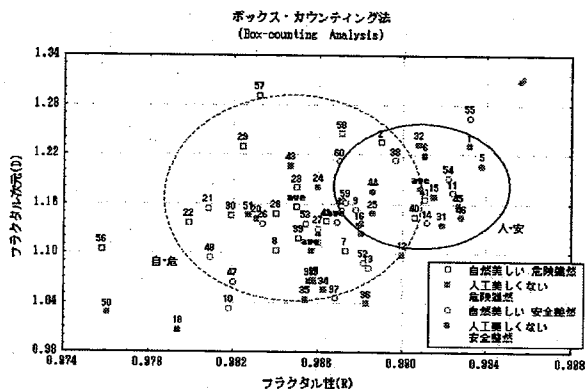


図3・1 Box法による散布図

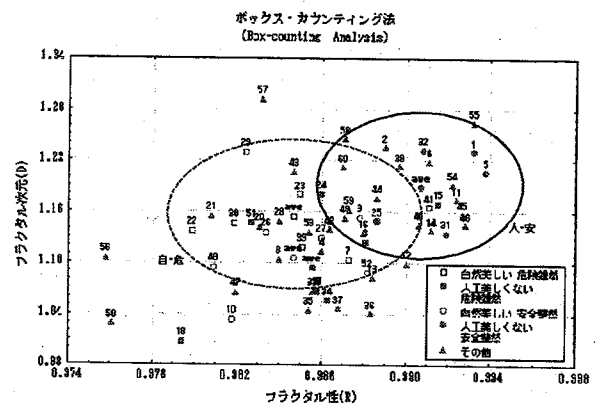


図3・2 Box法による散布図 (排除)

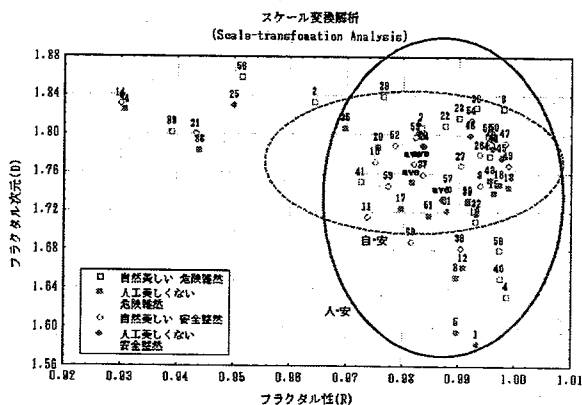


図4・1 Scale法による散布図

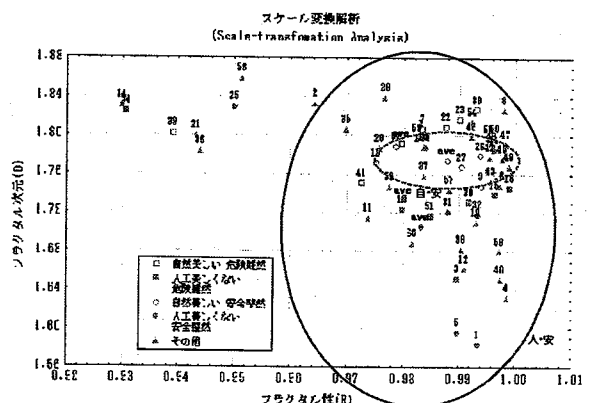


図4・2 Scale法による散布図 (排除)

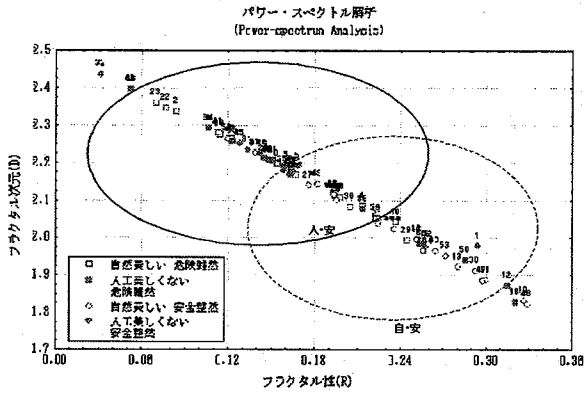


図5・1 Power法による散布図

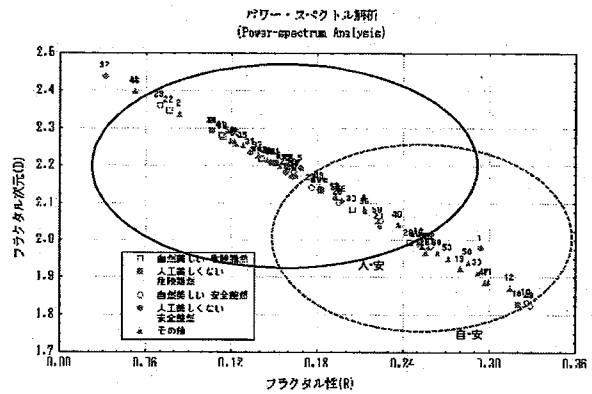


図5・2 Power法による散布図 (排除)

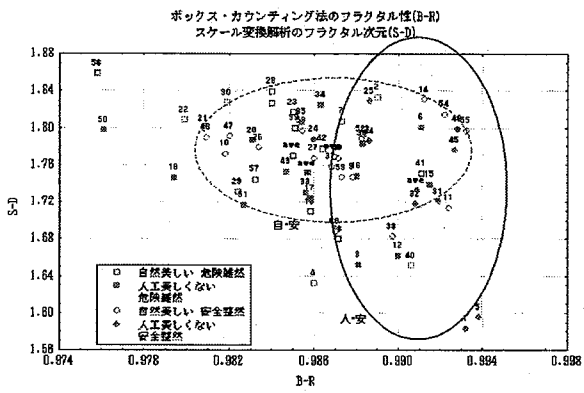


図6・1 B-R-S-D法による散布図

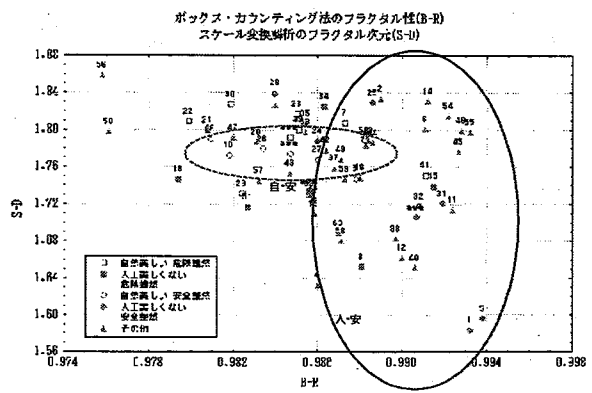


図6・2 B-R-S-D法による散布図 (排除)

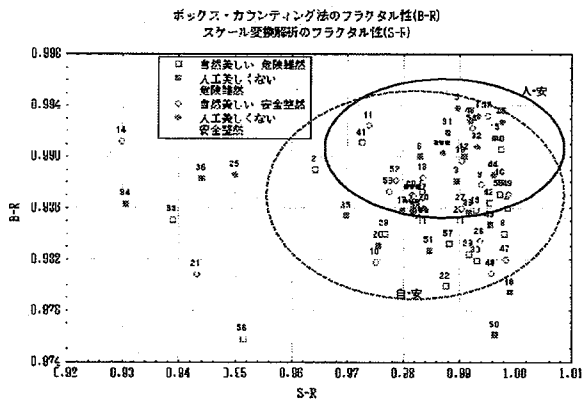


図7・1 B-R-S-R法による散布図

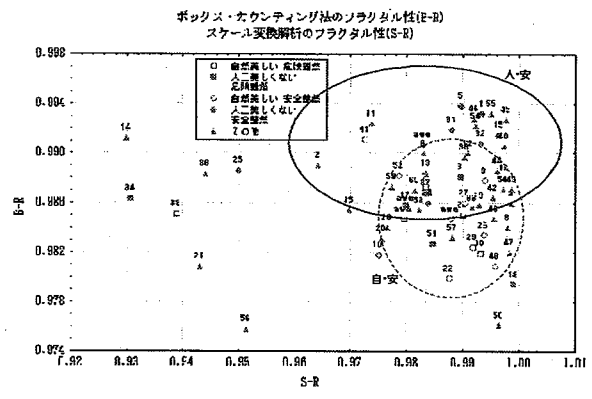


図7・2 B-R-S-R法による散布図 (排除)

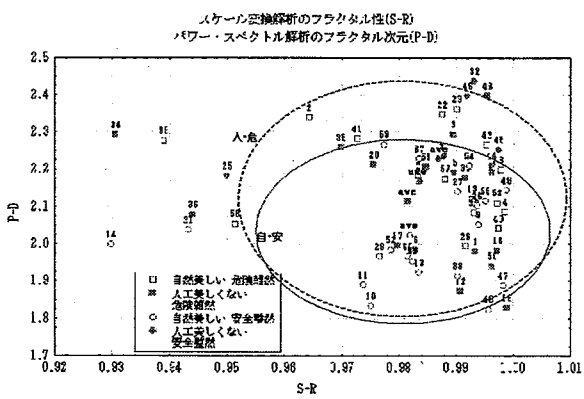


図8・1 S-R-P-D法による散布図

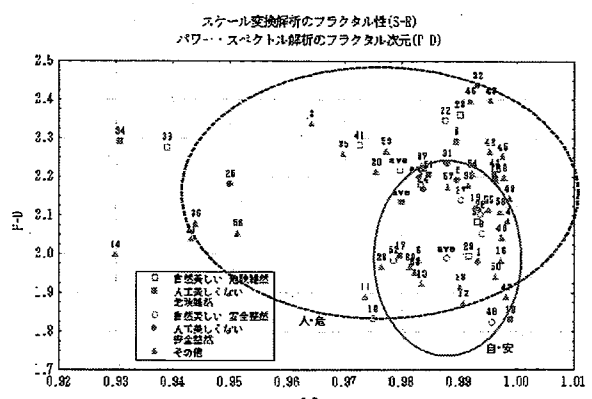


図8・2 S-R-P-D法による散布図 (排除)