

1. はじめに

近年、様々な分野で、「快適な環境」づく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。快適な環境づくりにおいて、景観を考えることは重要である。景観とは、環境の諸要素が組み合わさった対象と、人間が視覚的に眺めた場合の心理的状況を含めた、環境の状況を表す指標であると思われるからである。そこで、どのような景観を人間が好ましいと感じるのか、また、ある景観を人間がどのように感じるのかという評価が重要となってくる。つまり景観を適切に評価する方法が必要となってくる。

従来、景観の評価は設計者や施工者などの自然観が優先された主観的な評価によって行われていたが、最近では、ある程度人間の主観を廃した客観的な景観評価の研究が行われるようになってきている。その中で有望なものとしてフラクタル理論を用いた手法が多く検討されているが、まだその確立を目指している段階である。また、多くの研究では、その客観的な景観評価のみを検討しており、主観的な景観評価と総合させて検討しているものはあまりない^{1) 2) 3) 4)}。

そこで本研究は、人間の感覚との比較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、より適切な景観評価の確立を目指す^{5) 6)}。本研究では、まず、フラクタル解析を用いた客観的な景観評価と、アンケートを用いた人間の主観的な評価とを、個々にではなく総合的に検討することを考えた。また、フラクタル解析においても「形状」と「色彩」において4種類の解析方法を用い、単数のフラクタル解析だけではなくマルチに検討することを考えた。これは、カラーデジタル写真の持つ情報の次元は非常に多く、1つのフラクタル測度ですべてを判断することは困難であると思われるので、4種類の解析方法による8つのフラクタル測度を得ることにより、人間の感覚を表せるような最良の方法を見出せるのではないかと考えたからである。その結果、アンケート評価とフラクタル解析との比較により、解析の方法によってはある程度客観的な景観評価が行える可能性が示せた。しかし、それはあくまでも傾向を示しただけである。

そこで今回は、各解析によって導かれた各種フラクタル測度が人間のどのような感覚を表しているのかを相関解析により、より詳細に検討する。また、今回はそれだけではなく、写真の持つ色の情報以外にも注目し、写真に表れる色のRGBが人間の感覚にどのように影響しているのかも相関解析により検討する。

2. 方法

2-1. アンケート調査

アンケートとしては我々の研究で行ったものを引き続き用いている⁵⁾。

60カ所の河川景観の写真を用い、性別・年齢・職業等の異なる46人に対してアンケートを行った。調査項目は、過去の研究で使用されているものを参考に、対称的な意味をもつ形容詞対12対を設定した(表1)。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した。

表1 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

2-2. フラクタル解析

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。フラクタル次元には様々な算出方法があるが、本研究では「形状」のフラクタル算出にあたってはボックス・カウンティング解析を用い、「形状」と「色彩」の両方についてはスケール変換解析とパワー・スペクトル解析を用い解析した。また今回は、以前までのその3種類の解析に加え、「色彩」のみに注目したフラクタル解析も行った。その「色彩」についての解析にはクラスター・フラクタル解析を用いた。それぞれの解析において、フラクタル次元・フラクタル性を算出することによって、景観の定量化を行った。

(1) ボックス・カウンティング解析

海岸線をはじめ川の形、樹木の枝分かれなど、位置情報だけの2次元画像の解析に適している。そこで、各画像をグレイスケールに変換後、エッジを抽出し、画像が2値化された後に、フラクタル性を計算した。この解析によって求めたフラクタル性は、主に形状のみのフラクタル性を反映していると考えられる。ボックス・カウンティング解析によるフラクタル次元 D_b 、フラクタル性 R_b が求まる。ボックス・カウンティング解析で求めたフラクタル次元とフラクタル性との関係を図1に示す。

(2) スケール変換解析

空間的に分布している変量のスケールの変換に対する最大変動幅から、フラクタル性を求める。2次元の位置情報をスケールという1次元に、変量の最大変動幅にCIE x y z色度座標上の赤、緑、青からの距離の変動の中の最大値を採用している。つまり、2次元を解析対象にしていることになる。スケール変換解析によるフラクタル次元 D_s 、フラクタル性 R_s が求まる。

(3) パワー・スペクトル解析

空間的に分布している変量を波動として認識し、そのパワースペクトル図から、フラクタル性を求める。そこで、各画像の色をCIE x y z色度座標上に配置し、その位置ベクトルの大きさを変量とした。つまり、空間的な位置情報の2次元と色度座標の位置ベクトルの大きさの1次元の、全部で3次元を解析対象にしている。しかし、最終的にはx方向の周波数とy方向の周波数を合成した合成周波数を使用するので、2次元となる。パワー・スペクトル解析によるフラクタル次元 D_p 、フラクタル性 R_p が求まる。

(4) クラスター・フラクタル解析

空間的に分布している変量を点の集合と認識し、その分布総数から、フラクタル性を求める。各画像の色をCIE x y z色度座標上に配置し、ある点を中心とした球の内部に含まれる空間分布の総数を変量とした。色度座標x、y、zの分布の重心を中心とし、そこからの距離と分布総数の2次元を解析対象としている。クラスター・フラクタル解析のフラクタル次元 D_c 、フラクタル性 R_c が求まる。

2-3. RGB解析

景観に表れる色の特徴を見いだすためにRGB解析を行った。RGB解析により写真の持つ色の(R、G、B)から、明るさの情報を排した色だけの情報を表す(r、g、b)を算出した。

その方法を以下に示す⁷⁾。

どのような色でも、三つの原色(R)、(G)、(B)の加法混色によって等色できる。つまり、それらの大きさをR、G、Bとすると、その尺度で色を表現できる。ある色C(C)において考える場合、(C)の色がC量だけあるという意味をもつと考えると、ある色C(C)は

$$C(C) \equiv R(R) + G(G) + B(B)$$

という式で表すことができる。

これより色を3次元と考えると、その性質を理解しやすくなる。つまり色C(C)は、R、G、Bで構成される直交座標の中の一点で表され、その座標は(R、G、B)である。これはまた、R、G、Bを成分と

するベクトルと考えることができる。

このとき、 n を正の実数として次の式が導ける。

$$nC(C) \equiv nR(R) + nG(G) + nB(B)$$

左辺は色光 C のエネルギーを n 倍したことであるが、これは右辺より明らかのようにベクトルの長さをただ n 倍することに等しい。このことから3次元表示におけるベクトルの長さはその色光の明るさだけに関係し色は変わらないことが分かる。そして色が変わるということはベクトルの方向が変わることに相当する。また R 、 G 、 B の軸の単位を三刺激値でとれば、 $R=G=B=0$ の原点は色光のエネルギーが0、したがって明るさも0の点となる。さらに基礎刺激である白色 C_w (W)は $R=G=B$ であるので、そのベクトルは座標 $(1, 0, 0)$ 、 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, 0, 1)$ の3点を頂点とする正三角形の平面、いわゆる1-1-1の単位面の中央を突き抜けることになる。

よって、色だけに注目しその明るさは別に考えるなら、色 C の表示はこの正三角形の面と色のベクトルとの交点の座標で表すことができる。その交点の座標を (r, g, b) で表すと、この点の色の式は

$$c(C) \equiv r(R) + g(G) + b(B)$$

となる。そして

$$r = \frac{R}{\Sigma}, \quad g = \frac{G}{\Sigma}, \quad b = \frac{B}{\Sigma}$$

である。ただし Σ はある定数。

一般に平面上の1点 (x, y, z) を与える式は、その面が x 軸、 y 軸、 z 軸と交わる点をそれぞれ a 、 b 、 c とするとき、

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1$$

である。単位面では $a=b=c=1$ であるから、 x, y, z をそれぞれ r, g, b と書き換えれば、

$$r + g + b = 1$$

の関係が成り立つ。またこれから

$$\frac{R}{\Sigma} + \frac{G}{\Sigma} + \frac{B}{\Sigma} = 1, \quad \Sigma = R + G + B$$

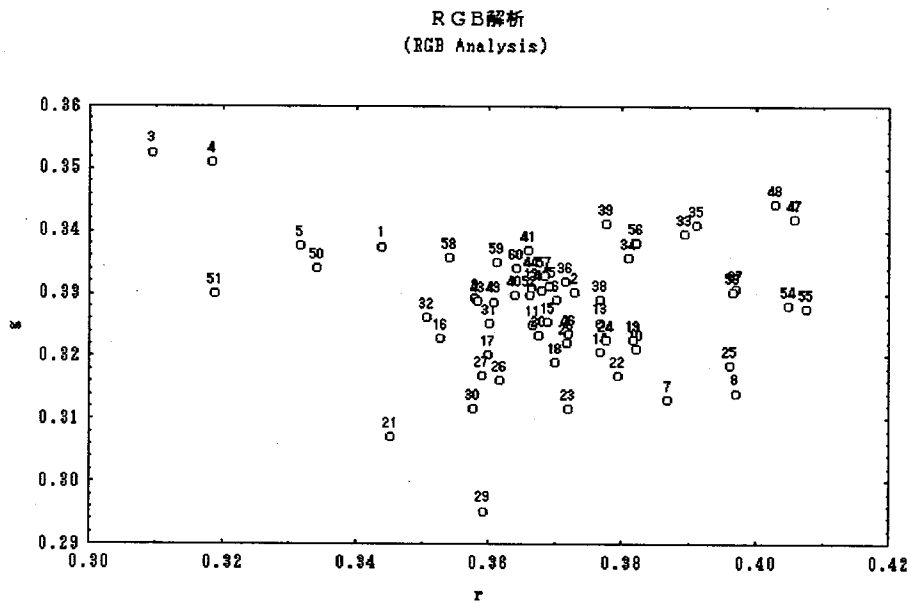
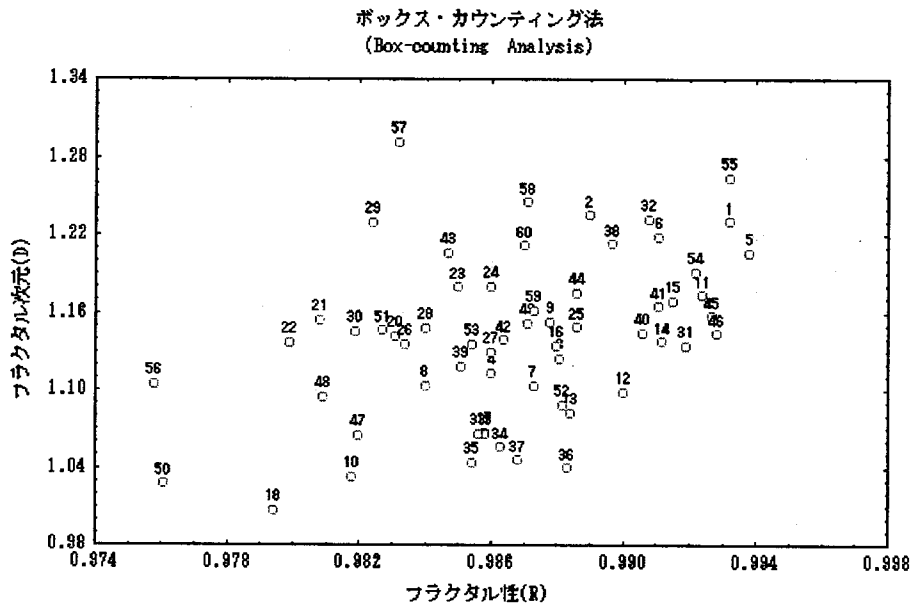
ゆえに

$$r = \frac{R}{R+G+B}, \quad g = \frac{G}{R+G+B}, \quad b = \frac{B}{R+G+B}$$

である。

$r+g+b=1$ の関係があるので、色 C は、結局 r, g, b のどれか二つによって表される。 (r, g, b) を、色光 C の色度座標とよび、これは色 C (C)のベクトルの長さ、つまり明るさの情報を持っていない。

以上のように考え、60枚の各景観写真においてピクセルごとの平均 (R, G, B) を求め、そこから色の情報だけを表す (r, g, b) を算出した。この値は写真に表れる色の代表的な値を表す。RGB解析で求めた r と g との関係を図2に示す。 $(b$ の値は r と g の値によって決定されるものであるので、図示は省略する。)



2-4. 相関解析

60の景観において、アンケートによる12調査項目の平均評価点と、フラクタル解析による各フラクタル測度の値 (Box法のフラクタル次元 D_b ・フラクタル性 R_b 、Scale法のフラクタル次元 D_s ・フラクタル性 R_s 、Power法のフラクタル次元 D_p ・フラクタル性 R_p 、Cluster法のフラクタル次元 D_c ・フラクタル性 R_c)とのそれぞれの相関係数を求めその相関を見る。また、アンケートの12項目を主成分分析により主要な成分に集約し、その主要成分スコアとフラクタル測度との相関も見ると。

同様に、アンケートによる12調査項目の平均評価点と、RGB解析による r 、 g 、 b の値とのそれぞれの相関係数を求めその相関を見る。またこちらも、アンケートの12項目を主成分分析したその主要成分スコアと r g b 値との相関も見ると。

3. 結果および考察

3-1. フラクタル解析との関係

まず、アンケートの各項目の平均評価点と各フラクタル測度との相関を検討した(表2)。

ボックス・カウンティング解析のフラクタル性 R_b は、アンケート項目の「自然的・好き・緑が多い・潤いがある・変化がある・周辺と調和・雑然とした・美しい」と95%信頼性で相関があった。フラクタル次元 D_b は、アンケート項目の「雑然とした」と相関があった。

スケール変換解析のフラクタル性 R_s は、95%信頼性ではいずれのアンケート項目とも相関がなかった。フラクタル次元 D_s は、アンケート項目の「緑が多い・潤いがある・雑然とした」と相関があった。

パワー・スペクトル解析のフラクタル性 R_p は、アンケート項目の「雄大な・安全な」と相関があった。フラクタル次元 D_p も、アンケート項目の「雄大な・安全な」と相関があった。

クラスター・フラクタル解析のフラクタル性 R_c は、アンケート項目の「雑然とした」と相関があった。フラクタル次元 D_c は、95%信頼性ではいずれのアンケート項目とも相関がなかった。

以上のようにアンケート調査の12項目のうち、「良い・親しみやすい」を除く10項目がフラクタル測度と関係があることが分かる。したがって、フラクタル測度を使うとかなり人間の感覚を表すことができると思われる。

次に、主成分分析によって集約された主要成分スコアとフラクタル測度との相関を検討した。主成分分析によって、12調査項目が主要な2成分に集約されることが分かった。第1主成分は主に項目1~8・10・12を反映し、第2主成分は主に項目9・11を反映することが分かった。また、第1主成分に対する寄与率は75%であり、第2主成分に対する寄与率は13%であった(表3)。

第1主成分は、ボックス・カウンティング解析のフラクタル性 R_b と95%信頼性で相関があった。それ以外は95%信頼性では相関がないが、ボックス・カウンティング解析のフラクタル次元 D_b 、スケール変換解析のフラクタル次元 D_s と85~90%信頼性で相関があった。

第2主成分と95%信頼性で相関があるフラクタル測度はないが、ボックス・カウンティング解析のフラクタル性 R_b 、スケール変換解析のフラクタル次元 D_s 、パワー・スペクトル解析のフラクタル性 R_p ・フラクタル次元 D_p と75~80%信頼性で相関があった。

これから見ても、フラクタル測度を適切に使用すると、人間の感覚が表現できる可能性が確信できる。

3-2. RGB解析との関係

まず、アンケートの各項目の平均評価点と写真に表れる色の r 、 g 、 b 値との相関を検討した(表4)。

r は、アンケート項目の「好き・雄大な・親しみやすい・緑が多い・潤いがある・変化がある・美しい」と95%信頼性で相関があった。また、アンケート項目の「良い・自然的・周辺と調和」とも90~95%信頼性で相関があった。このように r の値は、アンケートの12項目のうち、「安全な・雑然とした」を除く10項目と関係があることが分かる。これより、写真の中の赤の要素は、人間の多くの感覚に影響を与えるのではないと思われる。

g は、95%信頼性ではいずれのアンケート項目とも相関がなかったが、アンケート項目の「自然的・周辺と調和・美しい」とは80~90%信頼性で相関があった。これより、写真の中の緑の要素は、木々のもつ自然らしさや美しさ、周辺との一体感というものによって、人間の感覚に影響を与えるのではないと思われる。

b は、アンケート項目の「潤いがある」と95%信頼性で相関があった。また、アンケート項目の「好き・雄大な・親しみやすい・緑が多い・変化がある」とは85~90%信頼性で相関があった。これより、写真

の中の青の要素は、川のもつ潤いや親しみやすさ、また空のもつ雄大さというものによって、人間の感覚に影響を与えるのではないかとと思われる。

以上のように、アンケート調査の12項目のうち、「安全な・雑然とした」を除く10項目がr、g、bと関係があることが分かる。したがって、景観に表れる色は、「安全な」や「雑然とした」といったものの以外の人間の感覚には、影響を与える部分が多いと思われる。

次に、主成分分析によって集約された主要成分スコアとr、g、b値との相関を検討した。

第1主成分は、rと95%信頼性で相関があった。また、95%信頼性では相関がないが、bと90%信頼性で相関があり、gとも75%信頼性で相関があった。

第2主成分とは、r、g、bともに相関がなかった。これは第2主成分が、項目9の「安全な」と項目11の「雑然とした」を反映する主成分であるためである。つまり、上述した結果と同じ結果を得たということになる。

これから見ても、景観に表れる色は、人間の感覚に影響を与える部分が多いが、「安全な」や「雑然とした」という感覚にはあまり影響しないということが分かる。

4. まとめ

一般にフラクタル性が高いということは、天然自然の形状や色彩分布を示していると考えられているので、フラクタル性が高いということは自然な美しい景観を表現していると考えられがちである。しかし、今回美しく自然であることを表現していると思われる第1主成分とボックス・カウンティング解析のフラクタル性とは、負の相関関係にあった。すなわち、ボックス・カウンティング解析のフラクタル性が高くなるほど、美しくなく自然でないことになる。これは非常に人工的な形状や色彩分布をしている景観のフラクタル性も高いのでこの影響が出ているのではないかとと思われる。第1主成分とボックス・カウンティング解析のフラクタル性を2次関数で近似すると、図3のように上に凸の曲線が得られた。これから、ボックス・カウンティング解析のフラクタル性がある程度高いところが美しく自然であることを示していることが分かる。

また今回、写真に表れる色のRGBを平均値として扱い、それが人間のどのような感覚を表しているのかを検討しその傾向を示すことができた。そこで今後は、1枚の写真において、そのr、g、bの分布を調べ、その分布が1つの景観における人間の感覚にどのように影響するのかを検討していきたいと思う。

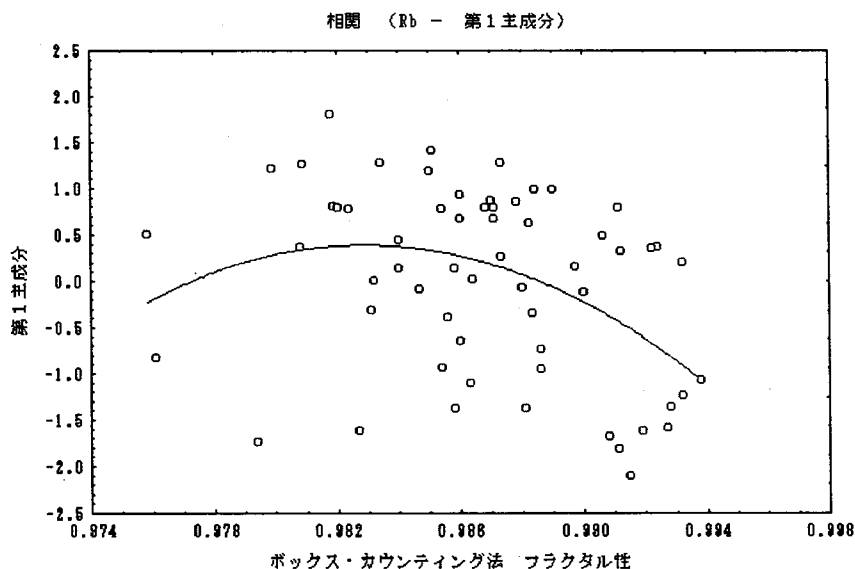


図3 ボックス・カウンティング解析のフラクタル性と第1主成分との相関

参考文献

- 1) 東久保健次、山路永司：公園施設の景観イメージ構造の把握，農業土木学会誌，Vol. 62，No. 8，p. 729-733，1994
- 2) 庄野豊、井上義之、中園真人、中川浩二：高速道路の景観設計評価における評価主体依存性，土木学会論文集，Vol. 33，No. 553，p. 93-102，1996
- 3) 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
- 4) 小川進、清原徹也、阿部忠行：舗装を主体とする街路景観のフラクタル解析，土木学会論文集，Vol. 28，No. 520，p. 135-141，1995
- 5) 北谷、大野：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-，第13回地盤工学シンポジウム，2001
- 6) 北谷、大野：アンケートによる河川景観評価 -フラクタル解析結果との比較-，平成13年度農業土木学会，2001
- 7) 池田光男：色彩工学の基礎，朝倉書店，1980

表2 アンケート各項目の平均評価点と各フラクタル測度との相関図

相関係数 p=有意確率	ボックス・カウンティング解析		スケール変換解析		パワー・スペクトル解析		クラスター・フラクタル解析	
	Rb	Db	Rs	Ds	Rp	Dp	Rc	Dc
項目1 良い	-0.241 p=.064	0.058 p=.659	-0.044 p=.737	0.244 p=.060	0.131 p=.320	-0.148 p=.259	0.136 p=.300	-0.221 p=.090
項目2 自然的	-0.407 p=.001	-0.163 p=.213	-0.065 p=.624	0.215 p=.100	0.164 p=.211	-0.185 p=.157	0.213 p=.102	-0.051 p=.700
項目3 好き	-0.280 p=.030	0.009 p=.946	-0.013 p=.924	0.248 p=.056	0.113 p=.391	-0.132 p=.315	0.090 p=.493	-0.186 p=.155
項目4 雄大な	-0.072 p=.583	0.032 p=.811	-0.096 p=.464	0.100 p=.449	0.339 p=.008	-0.345 p=.007	0.102 p=.438	-0.185 p=.157
項目5 親しみやすい	-0.200 p=.126	0.045 p=.731	-0.059 p=.655	0.193 p=.141	0.187 p=.152	-0.205 p=.116	0.092 p=.484	-0.223 p=.087
項目6 緑が多い	-0.467 p=.000	-0.103 p=.432	-0.107 p=.417	0.313 p=.015	0.074 p=.573	-0.098 p=.455	0.223 p=.088	-0.041 p=.758
項目7 潤いがある	-0.279 p=.031	0.008 p=.954	-0.114 p=.387	0.292 p=.024	0.150 p=.253	-0.170 p=.195	0.207 p=.112	-0.154 p=.241
項目8 変化がある	-0.277 p=.032	-0.061 p=.646	-0.019 p=.888	0.204 p=.119	0.166 p=.204	-0.178 p=.173	0.171 p=.192	-0.102 p=.438
項目9 安全な	0.112 p=.393	0.062 p=.639	-0.012 p=.928	-0.068 p=.606	0.334 p=.009	-0.329 p=.010	0.022 p=.869	-0.194 p=.138
項目10 周辺と調和	-0.317 p=.014	-0.008 p=.955	-0.093 p=.478	0.216 p=.098	0.205 p=.116	-0.224 p=.086	0.110 p=.402	-0.161 p=.220
項目11 雑然とした	-0.436 p=.000	-0.274 p=.034	-0.113 p=.388	0.263 p=.042	0.010 p=.942	-0.023 p=.861	0.283 p=.028	0.201 p=.124
項目12 美しい	-0.282 p=.029	0.017 p=.900	-0.099 p=.454	0.250 p=.054	0.160 p=.224	-0.179 p=.172	0.087 p=.508	-0.179 p=.171

表3 主成分分析 集約結果

	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6	主成分 7	主成分 8	主成分 9	主成分 10	主成分 11	主成分 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	0.133	-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	0.213	-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	-0.038	-0.078	0.077	0.063	0.019	-0.008
項目7	0.955	0.004	-0.080	-0.065	0.165	-0.090	-0.079	0.125	-0.104	-0.075	-0.055	0.040
項目8	0.908	-0.213	0.064	-0.241	-0.043	-0.219	0.053	0.056	0.087	0.010	0.055	-0.047
項目9	0.530	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	0.066	-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	9.006	1.600	0.413	0.296	0.162	0.141	0.111	0.080	0.069	0.051	0.038	0.032
寄与率	0.751	0.133	0.034	0.025	0.014	0.012	0.009	0.007	0.006	0.004	0.003	0.003

表4 アンケート各項目の平均評価点と写真の色の r、g、b 値との相関図

相関係数 p=有意確率	写真に表れる色		
	r	g	b
項目1 良い	0.236 p=.070	-0.133 p=.313	-0.161 p=.218
項目2 自然的	0.220 p=.092	-0.193 p=.140	-0.117 p=.372
項目3 好き	0.294 p=.023	-0.153 p=.244	-0.207 p=.112
項目4 雄大な	0.264 p=.042	-0.115 p=.381	-0.196 p=.133
項目5 親しみやすい	0.308 p=.017	-0.114 p=.388	-0.239 p=.066
項目6 緑が多い	0.293 p=.023	-0.149 p=.255	-0.207 p=.112
項目7 潤いがある	0.377 p=.003	-0.043 p=.747	-0.337 p=.008
項目8 変化がある	0.290 p=.025	-0.058 p=.661	-0.248 p=.056
項目9 安全な	0.147 p=.263	-0.045 p=.732	-0.118 p=.368
項目10 周辺と調和	0.234 p=.072	-0.206 p=.114	-0.125 p=.343
項目11 雑然とした	0.145 p=.269	-0.166 p=.204	-0.059 p=.654
項目12 美しい	0.265 p=.040	-0.191 p=.144	-0.162 p=.217