

景観の特徴とゆらぎに関する研究

亀井栄治



報告番号 甲第 - 3321 号

景観の特徴とゆらぎに関する研究

1995年12月

亀井 栄治

序 文

時代とともに世の中が豊かになり、物がまわりに氾濫するようになるにつれ、人々の物に対する意識は、その関心が量から質へと変わってきた。今や、物の高級化、個性化が進み、物の付加価値が問われる時代である。それに呼応して、人々の環境に対するアメニティなどの意識も高まり、近年、景観問題が社会的に取り上げられ、各自治体が積極的に取り組むべき課題として挙げるようになった。景観を科学的に把握し良好な環境を創出していくことが社会的要請となり、景観を対象とした研究の成果が待たれているといえる。

景観研究の分野においては、景観の要素やその構成に注目し、印象など人間の心理面への影響を定性的に扱う研究が従来行われてきたが、近年になって景観を構成する物理量に注目し、景観を定量的に扱う試みが増加しつつある。景観を客観的な計画の対象として扱おうとする前提に立つとき、景観の物理的特性を定量的に把握し、景観のもつ特徴を定量的に理解することは非常に重要であると考えられ、この視点からのアプローチによる解明が期待される課題は多いと考える。例えば「美観」として広く知られている町並みは多いが、その物理的特性が定量的に明らかにされ、客観的な判断基準のもとに「美観」という特徴が理解されているとはいえない。また、「～らしさ」、「～風」などの感覚的な言葉で表現される、景観全体から漂う雰囲気的な特徴は、景観のもつ非常に重要な一面であると考えられるにもかかわらず、それらの特徴に対して定量的かつ客観的な把握と理解が行われているわけではない。これらの例に見られるように、景観の特徴を表現しうるような客観的かつ定量的な指標を得ることのできる適当な手法は、現在のところ開発されてはおらず、景観の特徴は「～らしさ」、「～風」などの言葉で主観的に表現されるにとどまっているのが現状である。これらの特徴を定量的に把握し理解することができるならば、その成果を町並み保存や都市再開発など、景観計画や都市計画に反映させることが期待でき、町並みの雰囲気を客観的に演出することが可能になると考えられる。

景観とは何かという問題に関して、改めて人の認識過程の観点から考察を行ってみると、我々が「景観」を目にするとき、最初に生じる現象が目への光

線の入射であることは疑う余地のない事実である。自然あるいは人工光源に照らされた物体からの表面反射光や、発光体からの光線が人の目に入射することが視覚を生じさせる契機となる。網膜に届いた光線のエネルギーは、感光細胞の興奮を生じさせ、光化学反応により生じた視神経インパルスが視神経を通して大脳の後頭葉にある視覚野へ到達することにより視覚が成立する。しかし、ここで認知される感覚はただ「見える」ということだけであり、ここまでの過程は景観のみならずあらゆる物体の視覚を通じての認識に共通なものである。人が「景観」を認識するのはこれ以後の過程であり、得られた視覚情報に対して、頭頂葉と前頭葉の認識機能や側頭葉の記憶機能の作用により、人はそれが町並み等の景観であるという解釈を行う。景観であるという認識を得た後は、常識と呼ばれる知見や各個人によって異なる情緒的趣味、固有の履歴によりさまざまな評価を下し、ひとつあるいは複数の印象を抱くことになる。

これらの過程を考えると、景観と呼ばれているものは、町並みそのものや存在しているさまざまな物体そのものではなく、人の目を通して認識された物体なのであり、すなわち、さまざまな印象を生じさせる情報を含んだ視野そのものであるとして考えるのが自然であろうということができる。すなわち、景観とは、「普通の人の視点から見た、自然の地形・植物・植生・水辺と、人工の建物・構造物などが形成する風景・景色の総体であり、人の視点と対象物によって形成される視覚現象」であるといえる¹⁻⁴⁾。このように、景観は環境の眺めであり、人が対象を見てその価値を咀嚼することにより成り立つものである。このことは、同じ場所や対象でも、天候や時刻あるいは人工照明による演出等によって、全く異なった印象のもたらされることがあるという我々の日常経験を考えると分かりやすい。例えば、日頃見慣れた風景でも夕焼けに真っ赤に染まった「光景」は非日常的であり、普段とは異なる特別な印象を受けることを誰もが経験するのではないだろうか。また、朝霧に霞んだまるで水墨画を見るような風景、雨上がりですべてが雨に洗われたすがすがしく鮮やかな風景、萌える青葉の緑が目にも染みる新緑の季節の風景、雲間から一条の光が射し込む幻想

的な風景など、対象をとりまく状況が景観に特別の効果を与え、それらに影響を受けながらその景観の印象が抱かれるという例は非常に多い。このような例を考えても分かるように、景観の印象評価においては、状況によって異なるであろうその認識のされ方を考慮に入れることが重要であり、評価の対象を町並みそのものや存在している物体そのものではなく、人の視野内に映った町並みや物体とすることが必要であると考え。我々が普段よく用いる「光景」という言葉は、「実際に目で見た、印象深い景色」を意味するものであるから、これは景観となるべき町並み等に、それをとりまく状況の効果を加味した景観を示しているものであると考えられ、景観を光景として評価することが重要であると考え。視野に含まれる情報は、目に入射する光線の物理的性質として定量的に測定することが可能であり、視野の中におけるそれらの分布の仕方が、「景観」であるという認識の成立から、抱かれる印象の性質の決定にまで密接に関連していると考えられる。そこで、「～らしさ」、「～風」などの景観全体から漂う雰囲気的な印象が抱かれる背後には、視野に内在する情報にある一定の特性が存在するためではないだろうか、そしてその特性を定量的に表現できる手法はないのだろうか、という疑問が生じたとき本研究は始まった。

景観評価に関する既往の研究においては、景観を要素に分解し、それぞれの印象への寄与の度合いを分析することが多く行われてきたが、景観要素一つ一つの印象が全体の印象を決定づけるのではないことは、我々が日常的に経験していると考え。すなわち、景観要素それぞれの印象についての積算の結果、景観全体の印象が決定されるのではなく、人は要素の集合体として、まとまりのある景観全体として印象を抱くと考えられる。景観を構成する一つ一つの要素の質や量について注目することは、景観の物理的側面をとらえるという意味では重要であり、ある特定の要素が全体の印象の決定に多大な影響を及ぼしている場合には有効であると考えられるが、特に景観の印象評価を行う上では、景観全体をひとつのまとまりとしてとらえ、分析、評価することが非常に重要であると考え。また、前述したように、評価の対象が存在している町並みや物体そのものとし、その景観要素の数や質について分析することは、それが天候や時刻や季節をはじめとする、景観をとりまく状況までを分析対象に入れないものである限

り、認識のされ方を考慮したものではないと考えられ、景観の印象評価としては正確さに欠けるといわざるを得ない。

以上の観点から、景観の物理的特性とその全体的かつ雰囲気的な特徴の両方を統合的に表現しうる指標が必要となり、これを用いて景観が定量的に表現され、客観的に理解されることが重要であると考え。景観がもつ「全体的かつ雰囲気的な特徴」とは、視野に内在する「明るさや色などの情報の分布の特性」のことであるとして把握し理解することが本研究の中心となるテーマである。本論文では、そのための指標として「ゆらぎ」に注目し、視野内に存在する明るさや色の分布の特性を「ゆらぎ」という指標に集約させて表現することを試みる。その理由は、ゆらぎが全体に対する部分の変化の様子を表現するものである故、視野内に2次的に分布する情報の様子を全体として把握するのに適しているのではないかと考えられることである。本論文では、ゆらぎという視点から景観の物理的特性を定量的に解析する手法を提案し、景観のもつ全体的かつ雰囲気的な特徴との関連性を検証する。

論文の概要

本論文は5章からなる。

第1章では、景観の主要な要素の一つであるスカイラインについて、その形態的特徴を定量的かつ客観的に把握、理解することを目的として、スカイライン形態のゆらぎに注目した解析手法を提案するとともに、実在するスカイラインの形態の解析を行った。ここでは、スカイラインという1次元の波形を対象として、離散的フーリエ変換を用いたスペクトル解析により、変化の様子をゆらぎという視点から記述し、ゆらぎの程度と形態的特徴との関連を調べ、考察を行った。実在するスカイライン形態の解析を通して、スカイラインは「1/f ゆらぎ」をもつものが多いことを明らかにし、それとともにゆらぎの程度によってスカイライン形態を分類できることを示し、形態のもつ特徴を定量的かつ客観的に理解できることを明らかにした。これらの過程で、解析手法の妥当性と、変化の様子を記述する指標としてのゆらぎの可能性について検証し、ゆらぎの意味や基本的考え方を明らかにした。

第2章では、景観の明るさ(階調)の分布について、その特徴を定量的かつ客観的に把握、理解することを目的として、明るさ(階調)の分布のゆらぎに注目した解析手法を提案するとともに、実在する景観の写真から得られる画像データに対する解析を行った。ここでは、景観の2次的に広がる階調分布を対象として、2次元離散的フーリエ変換を用いたスペクトル解析により、階調の変化の様子をゆらぎという視点から記述し、景観の階調分布のゆらぎ特性と視覚的に観察される特徴との関連を調べ、考察を行った。実在する景観の解析を通して、景観の構図やディテールがゆらぎ特性にどのように反映されるのかを示し、景観における樹木の果たす役割をゆらぎという面から定量的に把握し、景観の明るさ(階調)に関する特徴をゆらぎという面から定量的かつ客観的に理解できることを明らかにした。これらの過程で、解析手法の妥当性と、2次的な変化の様子を記述する指標としてのゆらぎの可能性について検証し、2次的な変化におけるゆらぎの意味や基本的考え方を明らかにした。

第3章では、景観の色彩の分布について、その特徴を定量的かつ客観的に把握、理解することを目的として、第1章と第2章の成果をもとに、色彩の分

布のゆらぎに注目した解析手法を提案するとともに、第2章で解析を行ったのと同じ景観写真から得られる画像データに対する解析を行った。ここでは、景観の2次的に広がる色彩分布を対象として、色彩の色度に着目し、2次元離散的フーリエ変換を用いたスペクトル解析により、色度の変化の様子をゆらぎという視点から記述し、景観の色彩分布のゆらぎ特性と視覚的に観察される特徴との関連を調べ、考察を行った。実在する景観の解析を通して、景観の構図やディテールが各色度のゆらぎ特性にどのように反映されるのかを示し、これらの過程で、解析手法の妥当性と、景観の中で複雑に広がる色彩の様子を定量的に把握する指標としてのゆらぎの可能性を検証した。

第4章では、第1章から第3章までで取り組んできた、景観の特徴に対するゆらぎに注目したアプローチのまとめとして、景観のもつ視覚的特徴を定量的かつ客観的に把握、理解することを目的として、第2章と第3章で得られた解析結果をもとに、景観を定量的に分類することを試みた。ここでは、第2章と第3章で得られた各ゆらぎの値を用いて景観のクラスター分析を行い、得られた各クラスターに属する景観の視覚的に観察される特徴と、それらの景観がもつゆらぎ特性との関連を調べ、考察を行った。景観の視覚的に観察される特徴が、明るさ(階調)や色彩変化の特性として、ゆらぎという面からどのように把握し理解できるのかを明らかにし、特に景観の全体的かつ雰囲気的な特徴を定量的に表現する指標としてのゆらぎの有用性について検証した。

第5章では、論文の総括を行い、第1章から第4章に渡る、本研究で得られた一連の成果をまとめるとともに、研究の今後の課題と展開について示した。

目次

序文	[1]
論文の概要	[3]
目次	[4]
第1章 スカイライン形態のゆらぎ	1
1.1 はじめに	3
1.2 スカイライン・知覚の全体性・ゆらぎ	3
1.3 ゆらぎによるスカイライン形態の解析	4
1.3.1 解析手法	4
1.3.2 解析対象	5
1.3.3 解析結果	5
1.4 まとめ	6
第2章 景観の明るさ分布のゆらぎ	13
2.1 はじめに	15
2.2 ゆらぎによる景観の階調解析	15
2.2.1 景観の階調変化とゆらぎ	15
2.2.2 解析手法	16
2.2.3 ゆらぎの値に関する考察	17
2.3 実景観の階調解析	18
2.3.1 解析対象	18
2.3.2 解析結果	18
2.3.3 垂直方向の階調のゆらぎに関する考察	18
2.3.4 水平方向の階調のゆらぎに関する考察	19
2.4 まとめ	20
第3章 景観の色彩分布のゆらぎ	29
3.1 はじめに	31
3.2 景観の色彩変化とゆらぎ	32
3.2.1 色とは	32
3.2.2 色彩の表現法	32
3.2.2.1 マンセル表色法	33
3.2.2.2 CIE表色法	33
3.2.2.3 RGB表色系	34
3.2.2.4 XYZ表色系	34
3.2.3 景観解析における色彩の表現法	35
3.2.4 色彩とゆらぎ	35
3.3 ゆらぎによる景観の色彩解析	37
3.3.1 解析手法	37
3.3.2 解析対象	38

3.3.3 解析結果	38
3.4 まとめ	40
第4章 景観の特徴とゆらぎ	59
4.1 はじめに	61
4.2 景観のクラスター分析	61
4.2.1 ケーススタディ1	61
4.2.2 ケーススタディ1における問題点	63
4.2.3 ケーススタディ2 - RGB表色系	64
4.2.4 ケーススタディ2 - XYZ表色系	66
4.3 景観の特徴とゆらぎ	67
4.3.1 1点透視景観の分類	67
4.3.2 分類結果に関する考察 - RGB表色系	67
4.3.3 分類結果に関する考察 - XYZ表色系	69
4.4 まとめ	71
第5章 総括	111
5.1 論文のまとめ	113
5.2 今後の課題	115
おわりに	116
参考文献	117
謝辞	121

第1章

スカイライン形態のゆらぎ

1.1 はじめに

スカイラインは都市の重要な構成要素であり、町並みを特徴づける要因の一つである。例えば、高層ビルの林立する都心のダイナミックに変化するスカイラインや、丘の上から見下ろす町のパノラマの中に広がるスカイライン、丘陵地のなだらかにうねるスカイラインなどのように、都市の印象がそのスカイラインによってもたらされることが少なくない¹⁻¹⁾。

スカイラインを対象とした既往研究は数多いが、それらの評価手法や分析手法では、印象調査や心理評価実験の結果として、すなわち、人という媒介を通して感覚的、間接的にその特徴と印象との関係が論じられることが多かった。

奥らによる一連の研究¹⁻²⁾、¹⁻³⁾では、スカイラインの視覚形態的な複雑さについて、評価実験から得られた感覚的な複雑さと、フラクタル解析や情報理論から求められる数理的な複雑さとの比較検討を行っている。スカイラインの形態そのものを客観的に解析しその特徴を定量化することができれば、これまで言葉で表現されることが多かったスカイラインの特徴は客観的な把握の対象となり、これらの研究成果の意味するところは大きいと考える。奥らは研究成果として、スカイラインの視覚形態的な複雑さは2層構造であることを明らかにし、一般因子として幾何学的-技術的知覚を、両極因子として相貌的知覚を示した。幾何学的-技術的知覚とは、数学的・物理的な特徴である相対的な凹凸の因子であり、個人差のない一般的なものであるが、相貌的知覚とは、肌理の因子であり、人それぞれにより情緒的で雰囲気的な解釈がなされている可能性を論じている。

スカイラインの特徴は、これら両方の因子により説明されると考えられるが、第1章ではスカイラインの特徴を定量的に表現する統合的な指標としてのゆらぎを提案する。形態の特徴を定量的に明らかにし理解することができれば、スカイラインの印象は客観的な予測の対象となりうる。すなわち、「~の町並みは美しい」などの言葉の内に潜む判断基準に対して定量的な理解が可能となり、そのフィードバックとして「美しさ」や「快適さ」の演出が可能になると考えられる。これらの成果は、これまで感覚的な判断に頼ることの多かった町並み保存や都市再開発など、景観計画や都市計画への応用が期待できるという点で、非常に有効であると考えられる。

第1章では、スカイラインの形態がもつ特徴を定

量的かつ客観的に把握、理解するための手法としてゆらぎに注目することを提案し、さらに実在するスカイライン形態の解析を行い、形態のもつ特徴をゆらぎという視点から定量的に理解することを通してその手法の有用性を示す。ここでは、スカイラインという1次元の波形を対象として、その変化の様子をゆらぎという視点から記述し、形態の特徴との関連を調べることにより、変化の様子を記述する指標としてのゆらぎの可能性について検証し、ゆらぎの基本的意味や考え方を明確にすることを目的とする。また、その結果として、スカイライン形態の特徴を統合的に表現する指標としてのゆらぎの有用性について検証することを目的とする。第1章における1次元の波形のゆらぎに関する考察は、第2、3章の景観全体に対する解析の際に、2次元的に広がる変化に対してそのゆらぎを考えるために有用であると考えられる。

1.2 スカイライン・知覚の全体性・ゆらぎ

人間の目に景観はどのように見えているか、という問題に関してゲシュタルト心理学の観点から考察を行ってみる¹⁻²⁸⁾、¹⁻³⁰⁾。視野の中の色の感覚は周りの色の影響を受け、普段我々がものを見るとき、その色が変わる境界はその違いが強調されやすい。これは一般にマッハ効果と呼ばれ、この効果によってももの輪郭はより識別されやすい。人間がある物体を知覚する場合、あるものの知覚は抑圧されてそれ以外の物が浮かび上がってくる。その浮かび上がった物がゲシュタルト心理学でいう「図」であり、抑圧され背景に退くものが「地」である。ゲシュタルト心理学によれば、感覚的要素が集まって物の知覚が成立するわけではない。例えば、音が順番に耳に入ってくる時、この連続としてメロディーが成立するのではなく、人間はまとまった音全体、つまりパターンを知覚しているのである。部分を全体変化させ、各音を1オクターブずつ上げても同じ音楽として知覚されるのはその実例である。ひとまとまりのパターンをつくりやすい刺激をゲシュタルト要因と呼ぶが、近くにある図形(近接)、同じ色をもつなどの類似点をもつ物(類同)、閉じた図形(閉鎖)がまとまりやすいことが知られてきた。人間が景観を目にすると、空の色はほとんど同一色であり、空はゲシュタルト要因と考えることができる。また、「図」は景観に、「地」は空に対応すると考

えられ、その境界であるスカイラインは知覚されやすく、それが町並みの印象に及ぼす影響は大きい^{1) 2)}と考えることができる。

スカイラインの形態的特徴を定量化するために、そのゆらぎを調べることの利点について次のように考えられる。「ゆらぎ」とは、時間的あるいは空間的な一定状態からの変化である。「ゆらぎ」はその波形や軌跡の各部分がそれぞれ意味をもっているというほど情報密度が高くないが、各部分が周囲や全体との関係においてどのような相関にあるかというような、全体として意味をもちうるものである^{1) 6)}。ゲシュタルト心理学は、知覚像が単なる要素の加算や結合ではなく、意味のあるまとまった全体として成立することを明らかにしたが、このことから形態的特徴を表現する指標として「ゆらぎ」が有用である可能性が考えられる。

1.3 ゆらぎによるスカイライン形態の解析

以上の考察をもとに、スカイラインのゆらぎに注目し、形態の解析を行う。

1.3.1 解析手法

本研究における解析の手順を以下に示す。

- 1) 天候が快晴でスカイラインが明瞭である日を選んで、カメラを水平に固定し標準レンズ（写角 43°）を用いて撮影を行う。標準レンズを用いる理由は、周辺部での歪みが小さく、かつ画角が比較的大きいことによる。スカイラインはその各部分について視点からの距離がさまざまであり、長さによるデータの統一はできない。データの統一は画角により、視点からの距離は問題としない。
- 2) 撮影された各写真を等縮尺で、イメージスキャナー（読み取り解像度 300 DPI）によりコンピュータに取り込む。解析において、原画像の単位長さが空間周波数の単位となり、コンピュータのピクセルがこれに対応することになるので、写真の拡大率を各データについて厳密に統一することが必要となる。今回は、使用したイメージスキャナーの取り込み有効範囲に適合するよう、写真の拡大率を決定し統一した。
- 3) イメージスキャナーからコンピュータに取り込まれた画は 2 値ピクセルデータであり、入力過程でノイズが混入することは避けられない。そこで、コントラストが強調される稜線を構造物と

空との境界として取り出し、スカイラインをベクトルデータ（線分の連続）として得る。このとき、各スカイラインデータの全幅（水平方向）は 440 ピクセルであり、解析における最小単位はコンピュータ画像の 1 ピクセルとなる。

- 4) 次の 5) の処理の前処理として、スカイラインにオーバーハング部分が存在する場合は、図 1-1 に示すように、その高さを変化させることなく、かつ水平方向について左右逆に折り返すことにより、オーバーハングを解消したデータを作成する。得られたデータは 1 次元の波形である（図 1-2）。これを「スカイライン波形」とし、解析の直接の対象とする。これは我々が直接目にするスカイラインの形態とは異なっているが、この点について次のように考える。処理によってスカイラインの各部分のもっていた相対的な高さの情報は保たれ、かつスカイラインを構成する局所的な 1 線分の長さやそれら線分の総数などの複雑さに関する情報は保たれている。したがって、これらの情報について解析が行われ、ゆらぎという視点からその特徴が表現されることになる。

- 5) 得られたスカイライン波形 $f(n)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$) に対し、次式

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)e^{-i2\pi nk/N} \dots\dots\dots (1-1)$$

$(k=0, 1, \dots, N-1)$

で表される（1次元）離散的フーリエ変換（DFT: Discrete Fourier Transform）により、各空間周波数に対するパワースペクトルを計算する^{1) 20), 1) 2)}。なお、空間周波数とは、単位距離あたりの波の数であり、その単位は本/mm や lines/mm、cycle/mm などが用いられるが、本解析においては原画像の単位長さは 1 ピクセルであるから、その単位は 1/pixel と表される。DFT では関数を 1 周期あたり N 個（ N は自然数）のサンプル値で表すから、 $f(n)$ における変数 n は 0 から $N-1$ の離散的な値をとり、周期は N である。また、 k は波数と呼ばれ、1 周期あたりに存在する波の数を表す。よって、元の波形とフーリエ変換により得られる各 $F(k)$ （フーリエ係数）との関係は次のようになる。

- $F(0)$: 直流成分
 $F(1)$ と $F(N-1)$: 基本周波数成分
 $F(2)$ と $F(N-2)$: 基本周波数の 2 倍の高調波成分
 $F(3)$ と $F(N-3)$: 基本周波数の 3 倍の高調波成分

.....

$F(M)$ と $F(N-M)$: 基本周波数の M 倍の高調波成分
(ただし、 $M=N/2$)

また、式(1-1)は複素数表示であるから $f(n)$ 、 $F(k)$ はともに複素数であり、波数 k に対するパワースペクトルは $|F(k)|$ である。

- 6) 両対数グラフの横軸に空間周波数を、縦軸にパワーをそれぞれとり、計算結果をプロットし、それらの分布の相関を最小 2 乗法を用いて直線に回帰させることにより表現する^{1) 22)}。回帰直線の傾きがゆらぎの程度を示し、本論文では「ゆらぎの値」と呼ぶことにする。回帰直線の適合度の検定は χ^2 検定により、危険率 5% で行った^{1) 23), 1) 24), 1) 25)}。

本研究では、4) ~ 6) の一連の処理を行うプログラムを C 言語により作成し用いている。

なお、原画像の拡大縮小により、スカイライン形態の「全体に対する各部分の変化の様子」に関する情報は失われることはなく、本手法においては写真の拡大率を任意に決定することができるが、実際の解析を行う上では、使用するハードウェアの解像度の制約があるため、拡大率の大きさににより、フーリエ変換の結果得られるスペクトルの周波数範囲（高周波成分）に若干の差異が生じ、ゆらぎの値は影響を受ける。しかし、直線への回帰が行われるのは対数グラフ上であり、数倍程度の拡大の範囲においては、差異分である高周波成分のパワーはグラフ上の極めて幅の狭い帯域に分布することになり、かつそのデータ数が全体のデータ数に比較して少ないために、回帰直線の傾きへの影響は非常に小さくなる。本研究においては、数倍程度の範囲で拡大率を変化させてゆらぎの値の変動を調べたが、小数点以下 5、6 位において見られる程度であった。結果として拡大率によるゆらぎの値の変動は実際の解析上においても考慮しなくてよいと判断し、ゆらぎの値の感度は実用的であると考えた。

1.3.2 解析対象

本研究において、解析の対象は厳密にスカイラインの形態のみとする。すなわち、スカイラインを形成する町の構成物の連続として得られる輪郭を直接の解析対象とし、その近傍に存在する町の構成物は、解析対象から除外する。また、スカイラインの近傍の色彩的条件（ビルの壁面の色、看板、広告等）や光線の条件（天候や時刻による方向、明るさ等）など、形態情報以外の付与的情報は、解析条件として

は排除する。その理由は、第 1 章においては 1 次元の波形として表されるスカイライン形態（厳密にはスカイラインには部分的にオーバーハング部分が存在するため 1 次元の波形ではないが、この部分の扱いについては前述した）を対象とし、ゆらぎの基本的な意味や考え方、その解析手法について考察を行うことが主目的であることによる。

今回の解析では、スカイラインの採集は都市景観に限り、名古屋、大阪、東京の町並みからとし、都市内部における景観と郊外からの都市の眺望を対象とした。近景・遠景・街路の透視景観、低層・高層、ランドマークあり・なし、という条件から 20 例のスカイラインを選定し、これらに対して解析を行う。図 1-3 に解析を行うスカイライン形態とその採集地名、種別を示す。なお、透視景観というのは街路に沿って町並みを眺めたときにパースペクティブな広がりを持って見えるもの（ピスタ景）をいう。

1.3.3 解析結果

表 1-1 に得られたゆらぎの値を示す。

一般に「かたち」をスペクトル分析した場合、スペクトルの分布は傾きが 0 ~ -2 程度になることが多いということが知られている^{1) 6), 1) 7), 1) 8), 1) 9), 1) 10)}。本研究の解析の結果、得られたゆらぎの値は約 -0.7 ~ -1.1 となり、特に -1.0 付近に集中した。スペクトルの分布の傾きが -1 付近のものは、「1/f ゆらぎ」と一般に呼ばれているゆらぎの型であり、真空管を流れる電流のゆらぎとして最初に知られ、その後自然界や生体内にも多く見られるゆらぎであることが知られるようになり、近年、人の感覚（快適さ、美しさなど）との関連性が注目され、大脳生理学的、精神生理学的見地から研究が進められている^{1) 11), 1) 7)}。変化の相関が長く続く、すなわち、変化の仕方にパターンをもつゆらぎのスペクトルは、右下がりの勾配が急になり、ゆらぎの値は小さくなる。変化が唐突でランダムであるゆらぎの場合は勾配が少なくなり、ゆらぎの値は 0（これを「白色ゆらぎ」という）に近づく。1/f ゆらぎは「適度に」相関をもったゆらぎであり、変化に意外性と期待性を合わせもつゆらぎであるといえる。スカイラインの形態も、概ね 1/f ゆらぎをもつものが多いということが解析の結果からうかがえる。

形態のもつ特徴に関して、ゆらぎの値という指標を用いて考察するために、ゆらぎの値の軸上にそのゆらぎをもつスカイラインの典型例を並べたものが図 1-4 である。また、これらのパワースペクトルが

ラフも図1-5と図1-6に示す(なお、これらの図において、スカイライン波形は詳細を観察しやすいように垂直方向に任意に拡大して表示している)。遠景に代表されるような、水平方向に広がり、低層部分が多いために高低差が小さくなり、かつまとまりをなす各部分の大きさが同様であるために変化に「乏しい」スカイラインのゆらぎの値は約 $-0.7 \sim -0.86$ である。また、水平方向あるいはパースペクティブに広がり、低層部分、中層部分、高層部分があるために高低差が大きくなり、かつ象徴物となる大きな「部分」が存在することにより、まとまりをなす各部分の大きさがさまざまであるような、変化が「適度」にあるスカイラインのゆらぎの値は約 $-0.90 \sim -0.95$ である。さらに高低差が大きくなり、まとまりをなす各部分が大きいために変化が激しくなり、「ダイナミック」に変化する放射状のスカイラインのゆらぎの値は約 $-0.96 \sim -1.1$ である。解析の結果得られたゆらぎの値として集中した、 -1.0 付近の前後で形態が水平の形態とパースペクティブな形態とに区別されることが図により分かる。また、いずれも図の下の方へいくほど、すなわち、ゆらぎの値が小さくなるにしたがい、まとまりをなす大きな「部分」が出現し、高低の変化に富んだスカイラインになっている。図1-5と図1-6において、各グラフの高周波成分のパワーの値には差異があまり認められないが、回帰直線の右下がりの勾配が急になるほど、すなわち、ゆらぎの値が小さくなるほど、低周波成分のパワーの値が大きくなっていることを読みとることができる。このことから、高低差が大きくなることや、まとまりをなす大きな「部分」が混在することにより、空間周波数領域において低周波成分のパワーが大きくなり、結果的にゆらぎの値が小さくなることを考えることができる。この点に関して、水平方向に広がる形態どうしを比較検討することにより、象徴物、ランドマークと一般にいわれている構造物の、ゆらぎに与える影響が定量的に把握でき、ゆらぎの値という定量的な指標を用いながら、スカイラインの特徴に象徴物が及ぼす効果を理解できることが明らかになったと考える。この結果は、都市景観の印象を客観的に把握し、より良い都市景観を創り出すことに応用できる可能性を示すと考えられ、ゆらぎによる評価方法の応用性の一端と考える。

ゆらぎを表現する指標は簡潔であるから、単一の軸上で、その形態を普段使われる言葉などの感覚的

で主観的な把握と対照させ、比較、検討し分類を行うことが可能である。この結果、人の感覚により異なっていると判断される特徴をもったスカイラインが、定量的にも区別できることを図から読みとることができ、スカイラインの形態がもつ特徴を定量的に解析し把握することができたと判断する。

1.4 まとめ

第1章では、スカイラインの形態がもつ特徴を定量的かつ客観的に把握するための手法としてゆらぎに注目することを提案し、さらに実在するスカイライン形態の解析を行った。その結果、形態のもつ特徴をゆらぎという視点から定量的に把握することができ、客観的な理解を行うことができた。すなわち、スカイラインに対するゆらぎによる解析、評価の有用性を示し得たと考える。特に第1章においては、スカイライン波形という1次元の波形の変化の様子をゆらぎという指標を用いて表現することを主な目的としていたが、波形の高低差と、まとまりをなす各部分の大きさの程度という面から変化の特性を定量的に表現しうる結論を得ることができたことは、変化の様子を表現するゆらぎの値のもつ意味を明確にできたという点で意義深いことと考える。

また、解析を通して、スカイラインは概ね $1/f$ ゆらぎをもつものが多い傾向にあることが明らかになり、自然界に多く見られる $1/f$ ゆらぎを都市のスカイラインという人工的営みの所産である都市景観の形態の中にも見出すことができたことは、ひとつの成果であると考えられる。 $1/f$ ゆらぎはその発生のメカニズムが解明の途上にあり、近年、精神生理学的見地から注目され、その精神面に及ぼす影響や効果について研究が進められている。人間のもつ、美しさや快適感を評価するシステムが明らかになり、さらには感動といった精神活動のメカニズムについて科学的に判明することが今後期待される。本研究のゆらぎによるスカイライン形態へのアプローチは、その第一歩として位置づけられると考える。快適さや美しさの感覚の定量的な理解が可能となれば、それらは客観的な演出の対象となりうる。この点に関しては、シミュレーションによる検討の余地を考える。また、今回の解析においては得られなかった、さらに小さいゆらぎの値をもつスカイラインの存在を探查することも今後の課題とする。

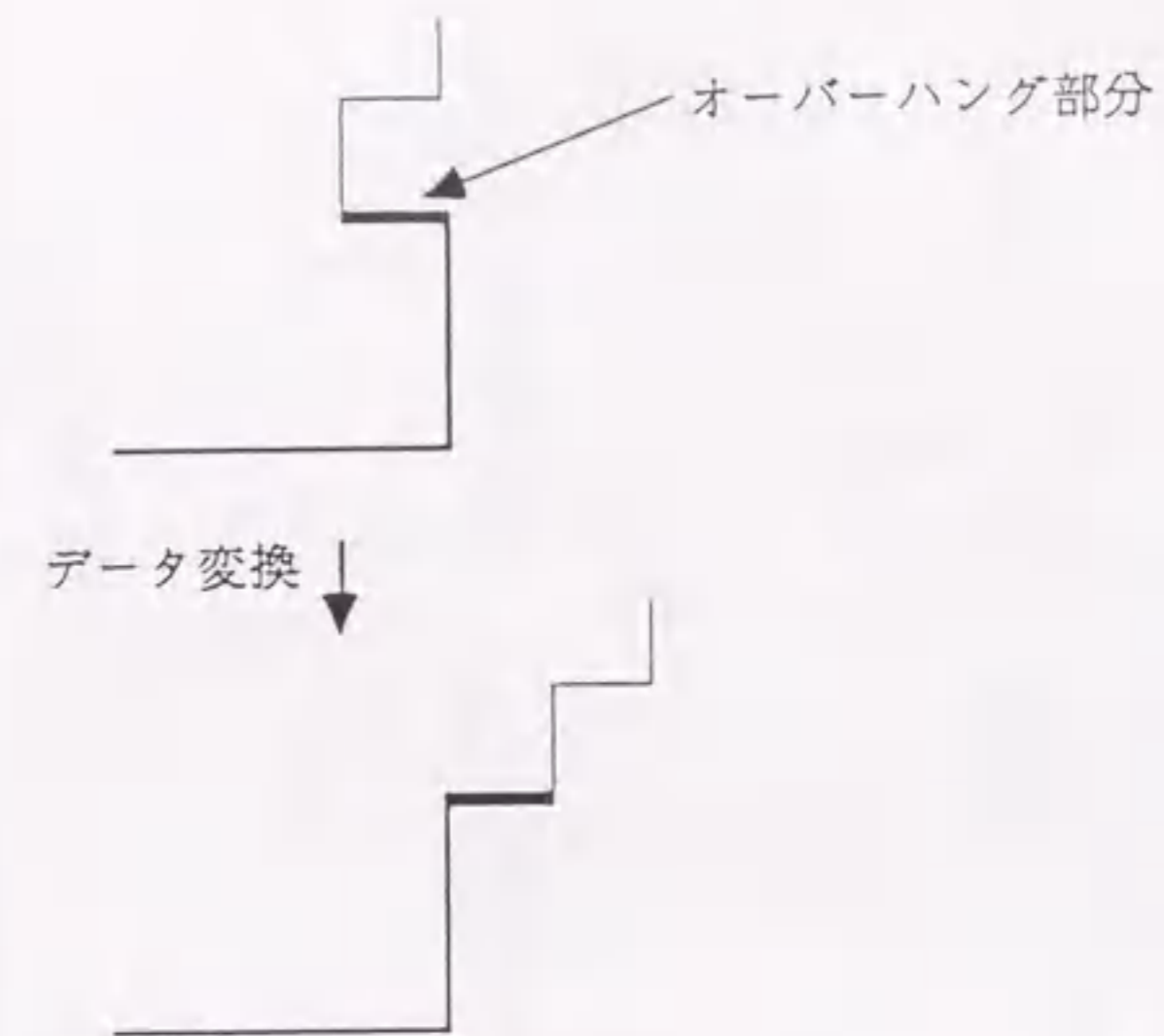


図1-1 オーバーハング部分の処理

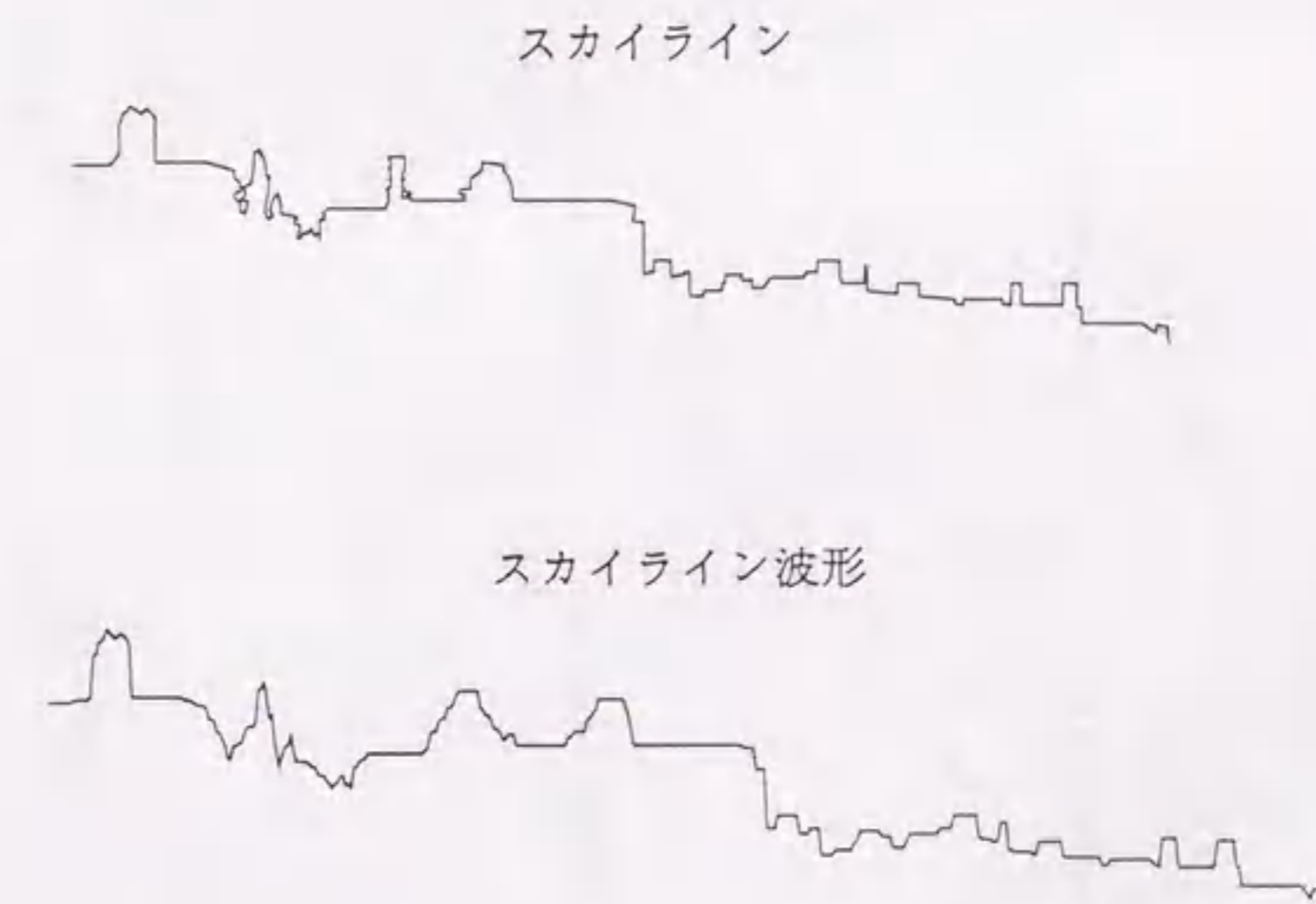
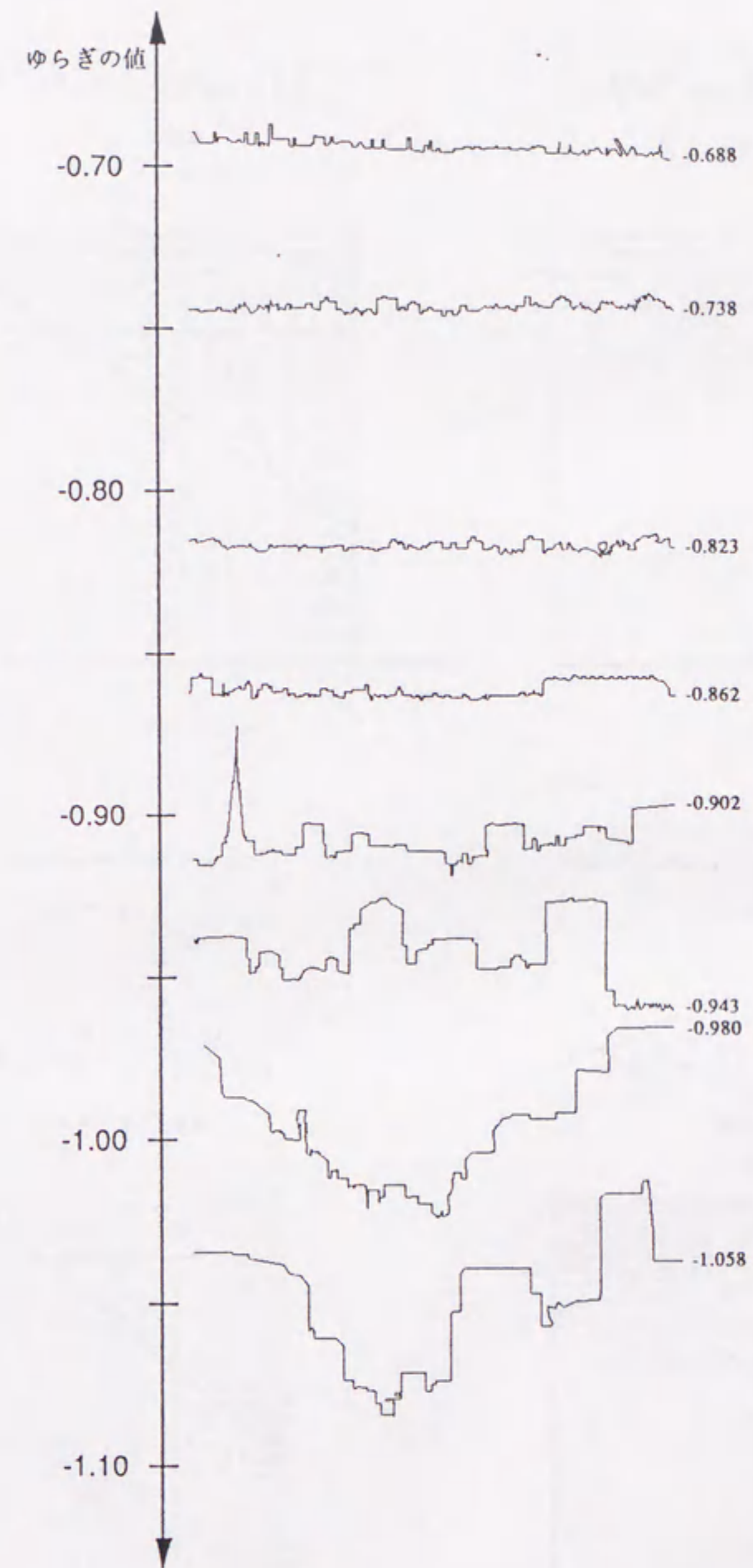


図1-2 解析データへの変換例

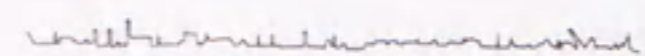


図 1-3 解析対象

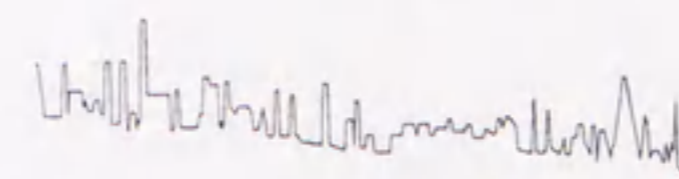


☒ 1-4 形態とゆらぎ

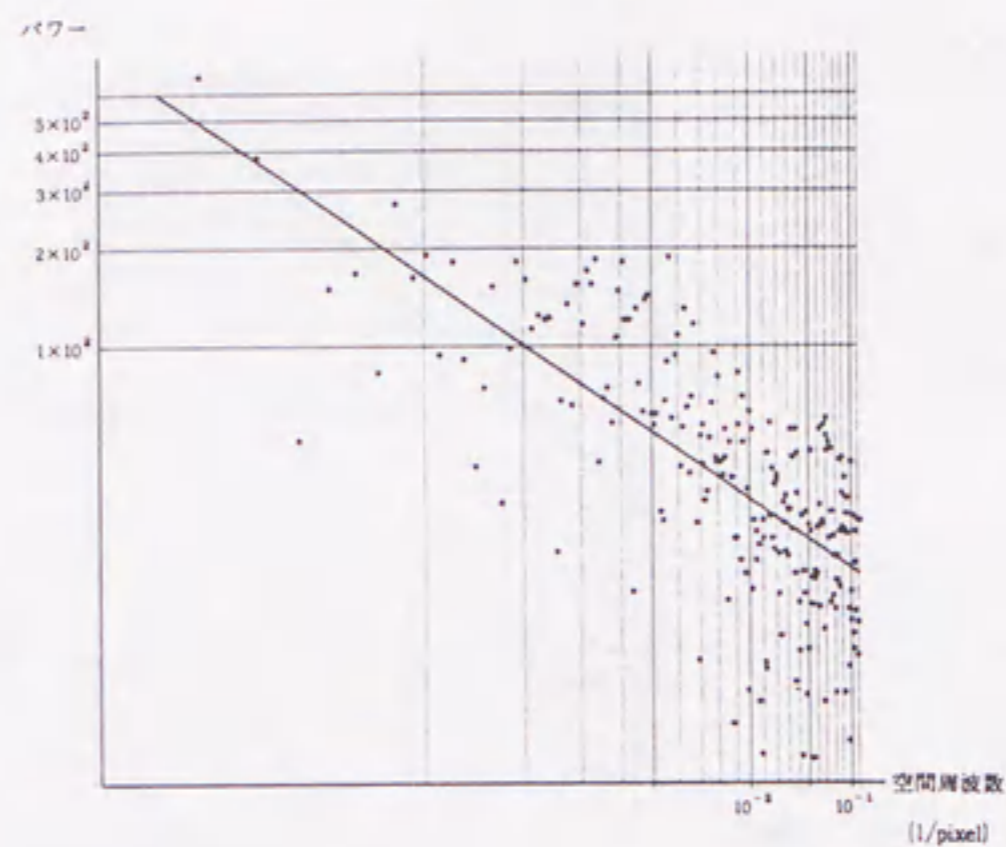
No. 2



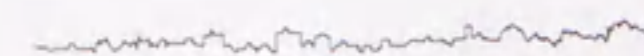
スカイライン



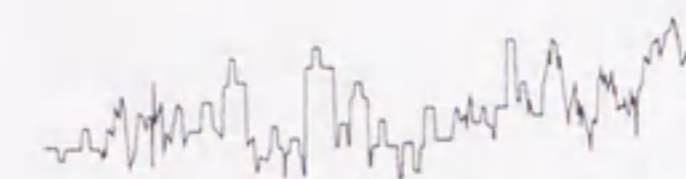
スカイライン波形



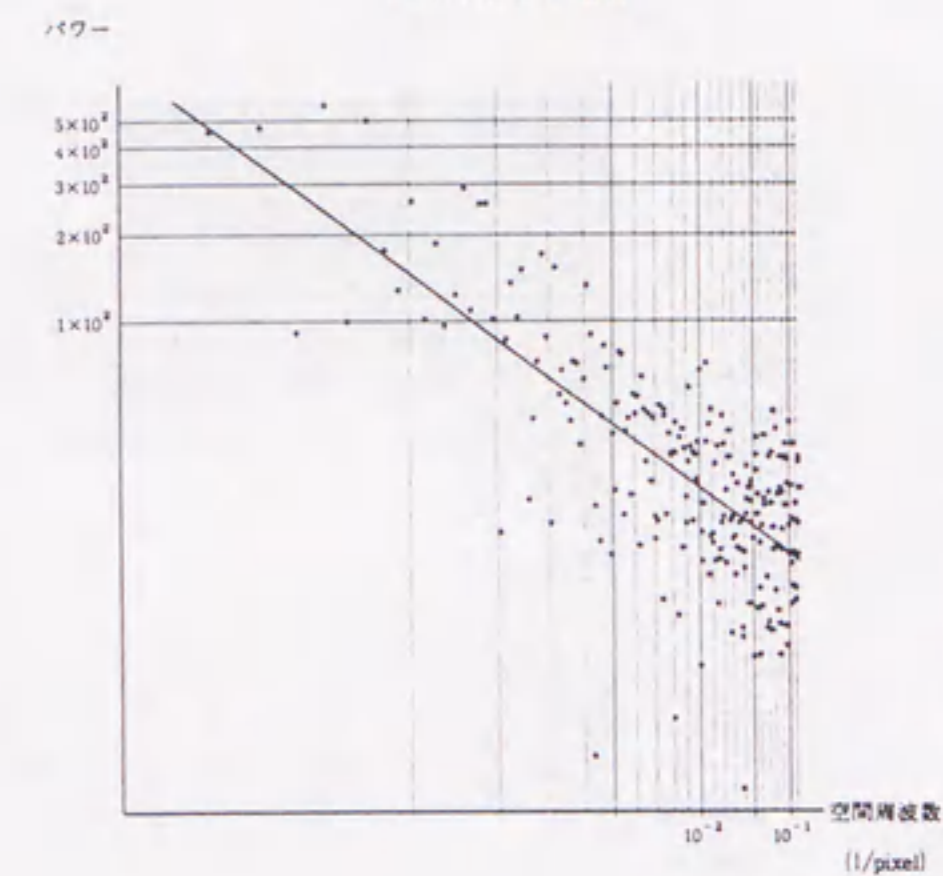
No. 19



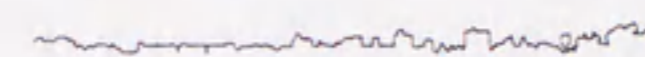
スカイライン



スカイライン波形



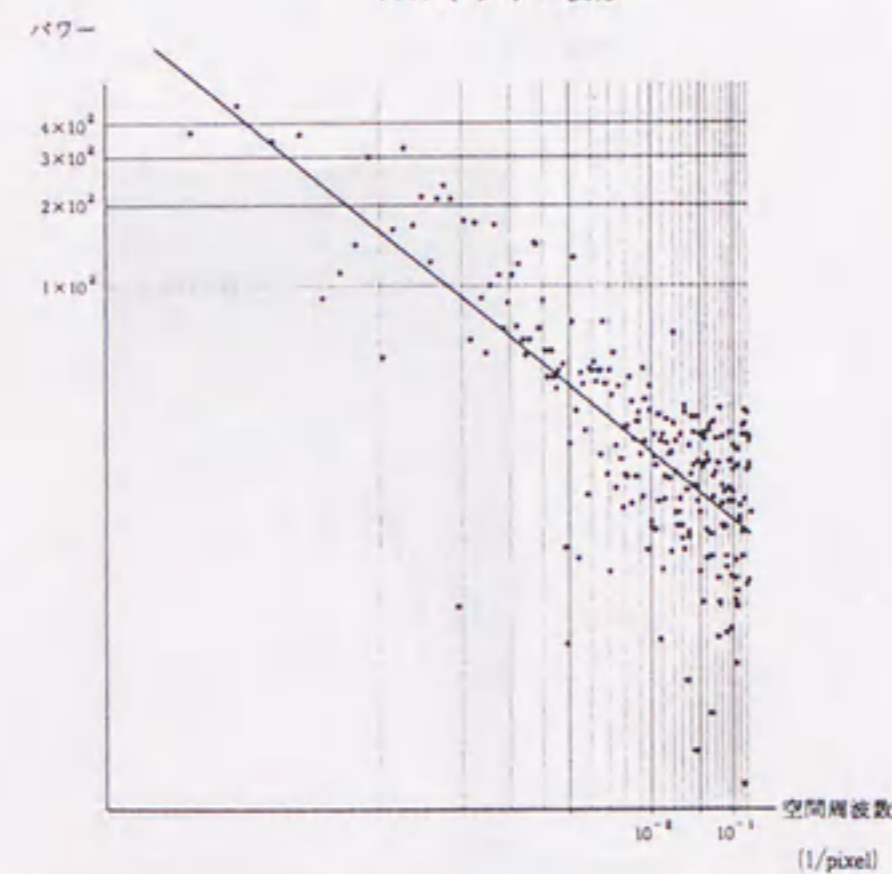
No. 12



スカイライン



スカイライン波形



No. 5



スカイライン



スカイライン波形

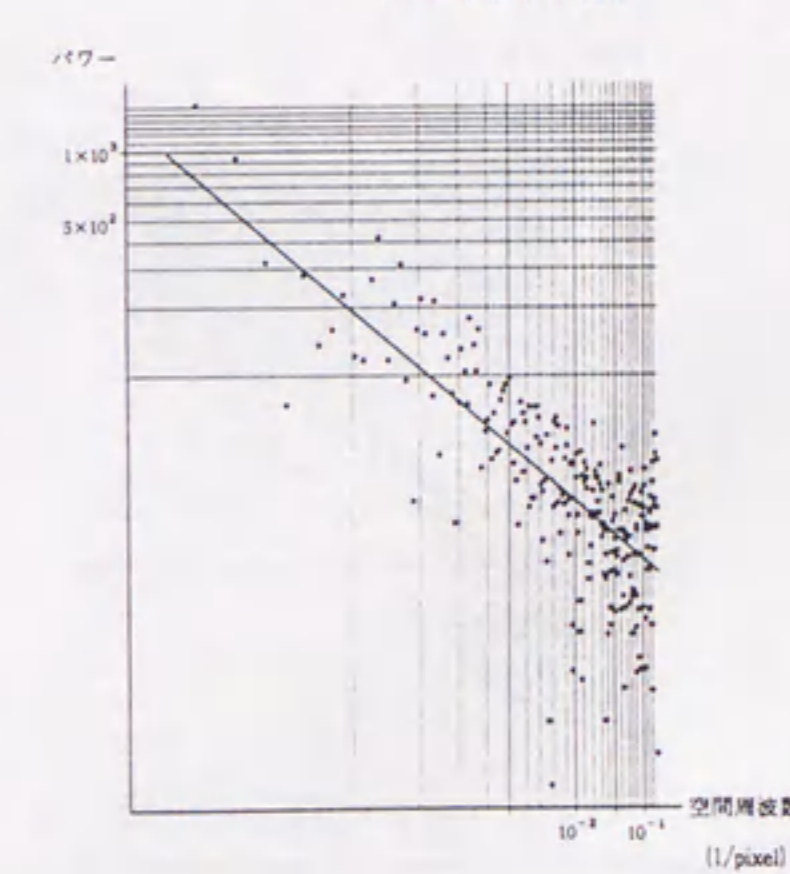
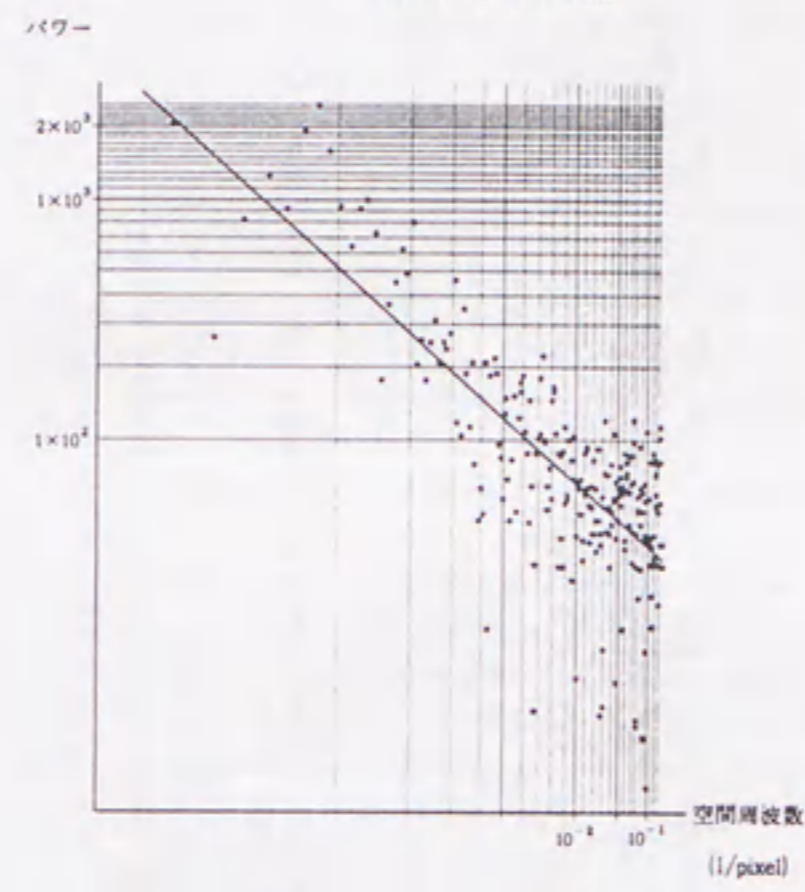
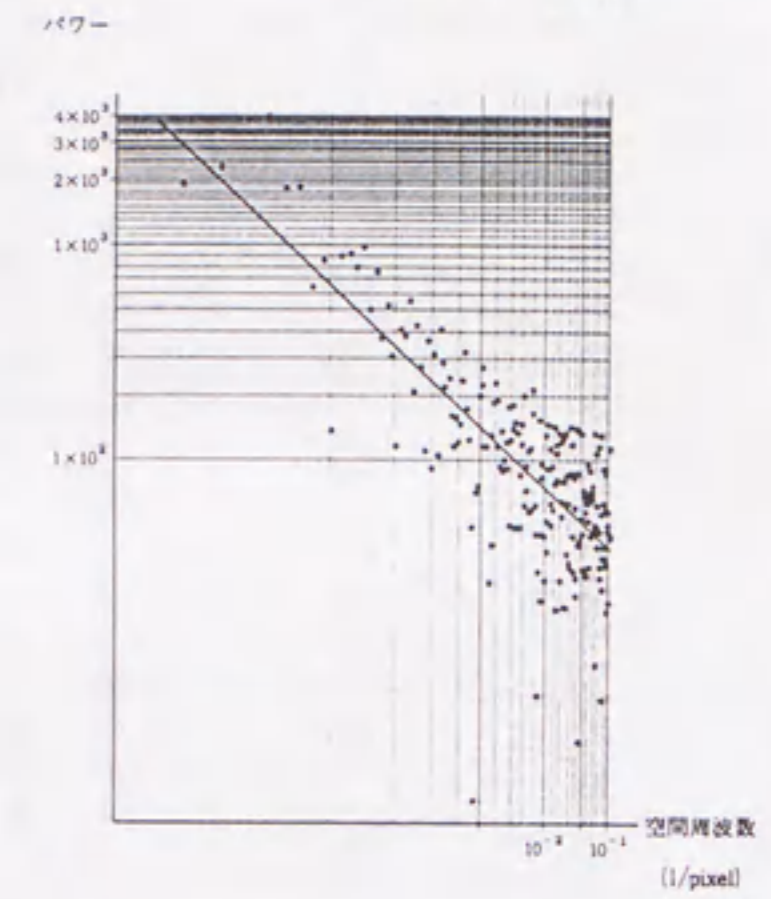
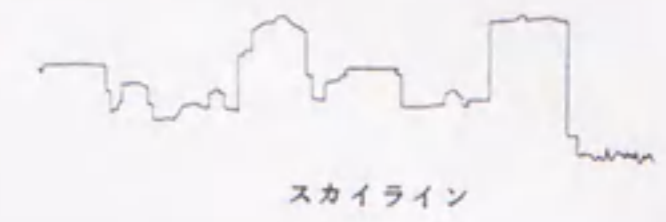


図 1-5 計算 (離散的フーリエ変換) 結果 (その1)

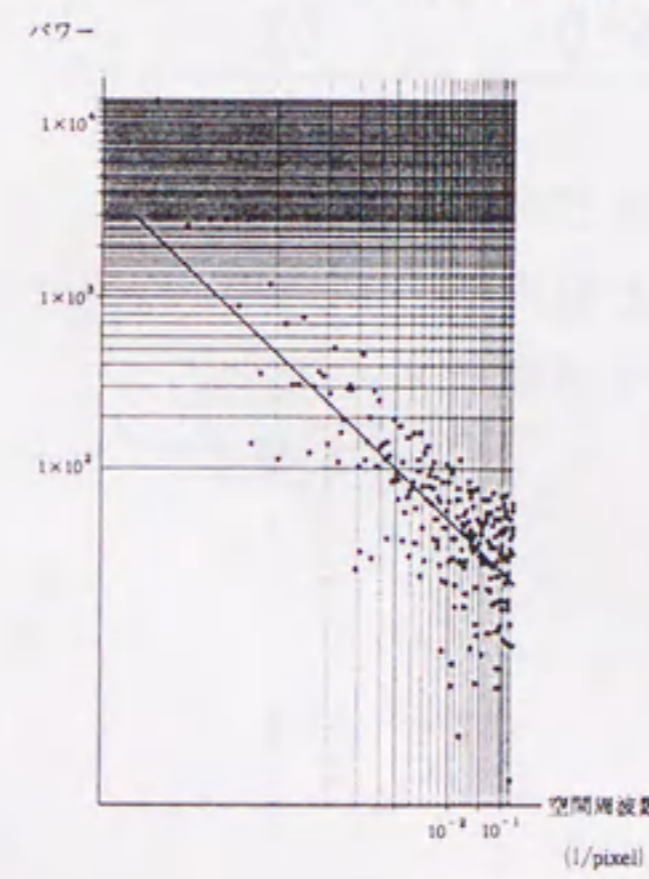
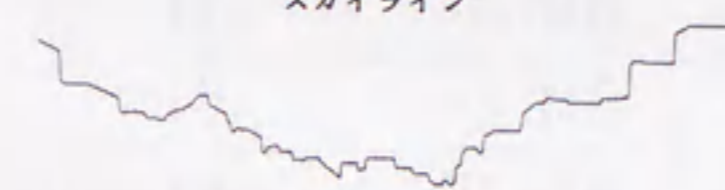
No. 1



No. 7



No. 14



No. 11

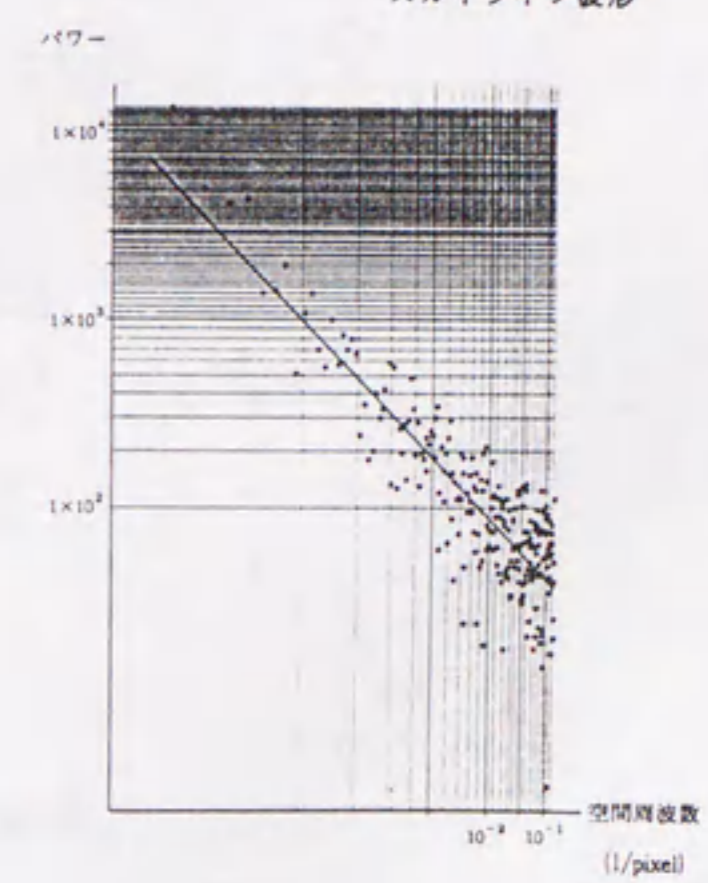
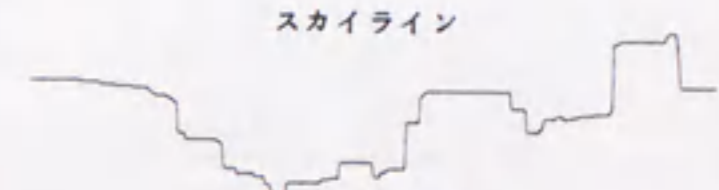


図 1-6 計算 (離散的フーリエ変換) 結果 (その 2)

No.	ゆらぎの値	相関係数	χ^2 検定 (危険率5%)
1	-0.902	-0.763	○
2	-0.688	-0.715	○
3	-0.961	-0.789	○
4	-0.980	-0.830	○
5	-0.862	-0.760	○
6	-0.949	-0.814	○
7	-0.943	-0.779	○
8	-0.987	-0.829	○
9	-0.956	-0.824	○
10	-0.960	-0.858	○
11	-1.058	-0.868	○
12	-0.823	-0.765	○
13	-1.102	-0.838	○
14	-0.980	-0.780	○
15	-0.969	-0.814	○
16	-0.919	-0.813	○
17	-1.040	-0.778	○
18	-0.945	-0.820	○
19	-0.738	-0.740	○
20	-0.933	-0.832	○

※ χ^2 検定 (適合度検定) の結果は、
 ○ : 棄却されない (適合する)
 × : 棄却される (適合しない)
 で表す。

表 1-1 解析結果

観測地点	観測時刻	明るさ	方位
1	07:30	51.0	10
2	07:40	52.0	15
3	07:50	53.0	20
4	08:00	54.0	25
5	08:10	55.0	30
6	08:20	56.0	35
7	08:30	57.0	40
8	08:40	58.0	45
9	08:50	59.0	50
10	09:00	60.0	55
11	09:10	61.0	60
12	09:20	62.0	65
13	09:30	63.0	70
14	09:40	64.0	75
15	09:50	65.0	80
16	10:00	66.0	85

この観測は、晴れた朝、東の空を
観察したものである。明るさは
目視で測定した。

観測者：田中 一郎

第2章

景観の明るさ分布のゆらぎ

2.1 はじめに

景観研究の分野においては、従来からの手法として、印象アンケート調査の分析、モニター写真などを用いた心理評価実験の分析などの手法がとられることが多かった²⁻²⁾・²⁻³⁾。これらは、人という媒介を通して景観を定性的に記述することにより、その特徴を把握しようとする手法であるといえる。

近年になって、情報処理技術や情報処理機器が発達するにつれ、コンピュータによる景観シミュレーションなどの手法がとられるようになり、景観が画像データとして扱われるようになってきた。このような状況を背景として、景観の物理量を人という媒介を通すことなく景観（画像）から直接抽出し、景観を定量的に記述することにより、その特徴を把握しようとする試みが増えつつある。

景観を定量的に扱った最近の研究として、山岸ら²⁻⁴⁾、乾ら²⁻⁵⁾、中村ら²⁻⁶⁾・²⁻⁷⁾の研究が挙げられる。山岸らは街路景観の複雑さや秩序に関する心理的評価について、情報理論から求められる情報量やエントロピーを用いて定量的に理解できることを示しており、景観研究の新しい展開であると考えている。また、乾らは正射影レンズを用いた写真測光法により人工景観と自然景観の輝度分布を測定し、その特性について輝度変化の細かさとコントラストの強さをインデックスとして定量的に分類できることを示している。中村らの研究では、さまざまな視環境の輝度分布画像に対して、フィルタリングを用いた輝度変化抽出法により、特定の粗さの輝度変化画像を抽出しその特性を論じている。景観の印象について、その要因が解明の途上にある現在、景観のもつ情報を客観的に保持できる手法を用いることが重要であり、景観の根本的な組成である光の分布という物理量を用いて景観の評価を行っているこれらの研究の意味するところは大きいと考える。

これらの定量的な景観研究は今後もさらに増加していくと考えられる。このような状況を背景として、第1章では景観の主要な要素の一つであると考えられるスカイラインについて、そのゆらぎに注目することにより、形態的特徴を定量的に理解できることを示した²⁻¹⁾が、第2章では景観全体を対象とし、ゆらぎという視点からの解析について述べる。

第2章では、景観の明るさ（以後、本論文では階調という）の分布について、その特徴を定量的かつ客観的に把握、理解することを目的として、階調の

分布のゆらぎに注目した解析手法を提案するとともに、実在する景観の写真から得られる画像データに対する解析を行う。ここでは、景観の2次元的に広がる階調分布を対象として、その変化の様子をゆらぎという視点から記述し、景観の階調分布のゆらぎ特性と視覚的に観察される特徴との関連を調べ、景観の階調に関する特徴をゆらぎという面から定量的かつ客観的に理解できることを明らかにする。これらの過程で、解析手法の妥当性と、2次元的な変化の様子を記述する指標としてのゆらぎの可能性について検証し、2次元的な変化におけるゆらぎの意味や基本的考え方を明らかにする。

2.2 ゆらぎによる景観の階調解析

2.2.1 景観の階調変化とゆらぎ

景観を平面的に広がる濃淡の点の連続として考えると、位置とともに濃淡（階調）の変化があり、それらの相対的な位置関係で景観はさまざまな様相を呈する。変化の仕方によっては一つの物体が表現されるときもあれば、全く無意味なものともなりうる。人はそれらの状態を総合して、町並みの景観であるなどの認識やさまざまな印象を抱いていると考えられる。この変化の仕方が、抱かれる印象の性質の決定に多大な影響を及ぼすと考えられ、すなわち、「～らしさ」などの印象が抱かれる背後には、変化の仕方にある一定の特性が存在していることが考えられる。この変化の仕方についての特性を定量的に記述できるならば、景観の特徴を定量的に表現することが可能になると考えられ、このための解析手法が必要であると考えられる。乾らの研究²⁻⁵⁾により、景観の輝度分布特性は大きな輝度変化を含むかどうか、細かい輝度変化をどの程度含むかによって表現できることが明らかになったが、このことは視野内に存在する光の分布の状態をとらえ、その変化の仕方の特性を論じる必要性があることを示唆していると考えられる。

ゆらぎとは時間的あるいは空間的な一定状態からの変化であり、ある部分が周囲や全体との関係においてどのような相関にあるかを表現するものである。第1章においては、スカイラインに対してゆらぎという視点からその変化の様子を定量化し、形態の分類ができることを明らかにした²⁻¹⁾が、平面的に広がる景観の濃淡（階調）の変化は、2次元的にゆらぎを解析することによりその特性を定量化すること

ができるのではないかと考える。ゆらぎを2次元的に調べることに、次に示す利点が考えられる。

- i) 変化のもつ強さ・弱さと、粗さ・細かさの両方の側面を、方向性をもって定量的に与えられる。
- ii) スカイラインや景観要素の輪郭は、濃淡(階調)の変化が大きく生じる境界としてゆらぎに反映される。
- iii) 形が複雑であるなどの理由により、形態の抽出が困難な対象に対しても評価が可能となる。例えば、電線の錯綜した景観などがこれにあたる。
- iv) 濃度(階調)差の明確な境界線として線的に検出不可能な緩やかな変化の場合でもゆらぎに反映される。例えば、霞のかかった風景や建物の壁面の微妙なテクスチャなどがこれにあたる。
- v) 樹木を含んだ景観に対しても他の景観と同様に定量的な解析が可能となる。例えば、樹木の間から空が見え隠れしているような景観は、ii), iii), iv)のいずれにも当てはまり、樹木の景観に及ぼす影響をゆらぎという視点から定量的に調べることができる。

以上の考察により、景観のゆらぎを2次元的に解析することの意味は大きいと考える。また、前述したように、景観の評価を行う際には、景観の認識のされ方を考慮に入れ、人の目に映った町並みなどを評価の対象とすることが重要であると考え、景観の階調変化を調べることは、人の目に映る対象をそのまま解析の対象とすることになるので、対象をとりまく天候や時刻や光線の条件を含めて解析することができ、客観性が保たれる手法であると考え。

2.2.2 解析手法

本研究における解析の手順を以下に示す。

- 1) 標準レンズ(写角 43°)を用いて解析対象の撮影を行う。標準レンズを用いる理由は、像の周辺部での歪みが小さく、かつ写角が比較的大きいことによる。
- 2) 撮影された各写真を等縮尺で、イメージスキャナー(読み取り解像度 300 DPI)によりコンピュータに取り込む。取り込まれるデータは、モノクローム 256 階調のデジタル画像である。解析において、原画像の単位長さが空間周波数(距離 l あたりの波の数)の単位となり、コンピュータ画像のピクセルがこれに対応するので、写真の拡大率を各データについて統一することが必要である。今回は写真の短辺方向がコンピュータ画像の 128 ピクセルに相当するように写真の拡大率を決

定した。1ピクセルは写角約 0.2° に対応する。

- 3) 画像の中心部に位置する、長辺方向 128 ピクセルに渡る正方形領域、すなわち、128 × 128 ピクセルの領域を解析対象領域として取り出し、128 × 128 ピクセル 256 階調の画像を解析データとして作成する^{2-181, 2-183, 2-184, 2-185, 2-186, 2-187}。解析画像の左下隅を原点とし、画像の水平方向に x 軸を、垂直方向に y 軸をとる(図 2-1)。
- 4) 得られた画像データ $f(n, m)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$; $m=0, 1, \dots, M-1$) に対し、次式

$$F(k, l) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} f(n, m) e^{-j2\pi(kn + lm)} \quad (2-1)$$

$(k=0, 1, \dots, N-1; l=0, 1, \dots, M-1)$

で表される2次元離散的フーリエ変換により、 x, y 各軸方向の各空間周波数に対するパワースペクトルを計算する^{2-187, 2-188, 2-201, 2-211, 2-221}。なお、本解析においては原画像の単位長さは1ピクセルであるから、空間周波数の単位は各軸方向とも 1/pixel と表される。式(2-1)で表される2次元離散的フーリエ変換は、式(1-1)で表される(1次元)離散的フーリエ変換を2次元に拡張したものである。 $f(n, m)$ における変数 n と m はそれぞれ 0 から $N-1$ 、0 から $M-1$ の離散的な値をとり、周期は x 軸方向が N 、 y 軸方向が M である。また、式(2-1)は複素数表示であるから $f(n, m)$ 、 $F(k, l)$ ともに複素数であり、 x 軸方向波数 k 、 y 軸方向波数 l に対するパワースペクトルは $|F(k, l)|$ である。

- 5) x 軸方向空間周波数を x 軸に、 y 軸方向空間周波数を y 軸に、得られたパワーを z 軸にとり、 xyz 空間に計算結果をプロットする。なお、3軸とも対数軸である。
- 6) 最小2乗法を用いて、プロットされた点の分布の相関を平面

$$z = ax + by + c \dots \dots \dots (2-2)$$

に回帰させる²⁻²²¹ことにより表現する(図 2-2)。回帰の適合度の検定は χ^2 検定により、危険率 5% と 1% で行った^{2-221, 2-271, 2-220, 2-221}。

- 7) 式(2-2)における偏回帰係数 a は x 軸方向のゆらぎの程度を表す。ここで、 x 軸方向のゆらぎとは、画像を x 軸方向に走査した場合の階調のゆらぎのことであり、本論文では「階調の水平方向ゆらぎの値」と定義する。同様に、式(2-2)における偏回帰係数 b を「階調の垂直方向ゆらぎの値」と定義

する。以下、第2章においては、これらをそれぞれ、単に「水平方向ゆらぎの値」、「垂直方向ゆらぎの値」と呼ぶ。なお、これら a, b の値はそれぞれ、パワースペクトル分布の回帰平面と xz 平面、 yz 平面との交線の傾きに一致するので、 xz 平面、 yz 平面上におけるこれらの直線を考えると、それぞれの方向のゆらぎの程度を把握、理解しやすい。また、「水平方向」とは景観写真や解析画像上での方向を意味し、これは透視景観では実際の町並みなどの水平方向とは必ずしも一致しないことに注意する必要がある。

本研究では、4) ~ 6) の一連の処理を行うプログラムをC言語により作成し用いている。なお、4) の計算は実行に多大な時間を要するため、高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)のアルゴリズムを用いた^{2-231, 2-241, 2-251}。

1) において、写真の露出の程度により階調値が異なるデータとなるが、フィルムの感度に対して極端な露出不足や露出過多でない限り、ゆらぎが全体に対する部分の変化の様子を表現するものである故、階調のゆらぎを調べるという視点からは特に問題とはならない。本解析では、適正露出に対して2倍と1/2倍の露出を行い、得られるゆらぎの値の差異を調べたが、小数点以下第4位において見られる程度であった。また、2) における写真の拡大率の選定についても、同様の理由により原理的には拡大率によってゆらぎの値に差異は生じない。しかしながら、実際は使用するハードウェアの解像度の制約を受けるので、拡大率によって、得られるゆらぎの値はわずかながら影響を受けることが考えられる。試行では、数倍程度の拡大率の変更において、ゆらぎの値の小数点以下第5位に差異を認めた。

2.2.3 ゆらぎの値に関する考察

本解析手法により得られる階調の水平、垂直方向ゆらぎの値の基本的意味について、テスト画像データによる例を用いて考察しておく。図 2-3 に各テストデータとそれに対して得られた各方向ゆらぎの値を示す。①は、 x 軸方向に1次元の波形を分布させたものである。 x 軸方向に画像を走査するとその波形のもつ変化がとらえられるが、 y 軸方向に画像を走査してみても階調の変化はほとんどない。よって、その変化は x 軸方向のゆらぎとして反映され、水平方向ゆらぎの値がその変化の程度を表す。これは第1章においてスカイラインの形態を解析した手

法と同一の意味をなし、変化が「ダイナミック」になるほどゆらぎの値は小さくなる。一方、 y 軸方向にはゆらぎがないために垂直方向ゆらぎの値は0である。

②は、①の波形をそのまま y 軸方向へ平行移動させたものであるが、 x, y 各軸方向に関するゆらぎには相違を生じないので、得られる各方向ゆらぎの値は①と全く等しいものとなる。

③・④は、①と同じ波形をそれぞれ3本と10本、 x 軸方向に分布させたものであるが、①・②と x 軸方向のゆらぎには相違がなく、したがって水平方向ゆらぎの値は同じである。 y 軸方向に関しては①・②より③の方が、さらには④の方がゆらぎが増しているが、垂直方向ゆらぎの値によりその程度を定量的に把握できる。この場合、画像上では視覚的には水平方向の直線的形態要素が多くなり、水平性が強くなっていると認識されるであろうが、ゆらぎという視点からは、それが垂直方向のゆらぎに反映されることに留意する必要がある。

⑤は、①と同じ波形を x, y 軸と 45° の角をなす斜め方向に分布させたものであり、①に比べ x 軸方向にはゆらぎが減少し、 y 軸方向にはゆらぎが増加したことが分かるが、分布の方向的対称性により各方向のゆらぎの値が等しくなっていることに注目できる。このように、変化の仕方が x, y 軸方向で同じである場合は、各方向のゆらぎの値が一致し、その値はともに変化が「ダイナミック」になるほど小さくなる。すなわち、この場合は、水平・垂直という方向に関して同じような特性をもつ景観であるといえることができる。

次に、2次元的に広がる変化について考察を行う。

⑥・⑦・⑧は、景観を空の明るい部分と構造物などのそれより暗い部分に大きく2分し、階調の高低2値で表現したテストデータであり、⑥・⑦・⑧の順でスカイライン形態のV字型の傾きを徐々に急にしたものである。階調の高低の差から形成される濃度の境界線がスカイラインとして視覚的に認識され、⑥は水平に広がる遠景のような景観として、⑧はかなりパースペクティブな近景のような景観として認識されると考えられる。⑥は水平方向ゆらぎの値と垂直方向ゆらぎの値の差が大きく、垂直方向ゆらぎの値が0に近いという点で③に類似している。このことは、視覚的に水平性が強い場合に各方向ゆらぎの値が示す特性として理解できる。⑦、⑧になるにつれ、水平方向ゆらぎの値は大きくなり、垂直方向

ゆらぎの値は小さくなっているが、それらの値が次第に近づいていることに注目できる。ゆらぎが両方向で同じ程度になりつつあり、ゆらぎでも見られたように、視覚的にも水平性が強い景観から、水平、垂直性の同じような景観になりつつあることを定量的に表しているとして理解が可能である。このように、2次元的に広がる階調の変化では、空などの、階調値の均一な部分が広がる対象について、その形態や構図が水平、垂直方向という面からある程度ゆらぎの値に反映されると判断できる。このことは、ゆらぎの値を用いて景観の雰囲気的な評価を行う際には、構図が同じ景観で比較検討し、景観のもつ雰囲気的な要素とゆらぎの値との関連性を考察することが必要であることを示唆していると考えられる。なお、これらは2値のデータについての解析結果であるが、実際の解析データにおいては、空や道路面、無地の壁面などは均一な階調値をとりやすく、その他の構成要素によって階調に複雑な変化が存在し、それにより各景観独自の様相を呈して、景観固有の雰囲気的な特徴が生み出されていると考えられる。

以上の考察を通して、本解析手法は、景観の中に存在する階調の変化の強さ・弱さと粗さ・細かさについて、水平・垂直という2方向からとらえ、各方向ゆらぎの値によりその特性を簡潔に表現するものであると考えることができ、すなわち、景観全体に渡る階調の変化の「バランス」を統合的に表現するものであるといえる。

2.3 実景観の階調解析

これまでの結果をふまえ、実在する景観を対象とした解析を行い、ゆらぎの値を用いて景観の階調変化をどのように定量的に理解できるかを考察し、解析手法の有用性と問題点を明らかにする。

2.3.1 解析対象

解析の対象となる景観は、古い町並みの例として倉敷市、高山市の重要伝統的建造物群保存地区よりそれぞれ23例と9例を、その他に妻籠宿3例（長野県木曾郡南木曾町吾妻）、馬籠宿4例（長野県木曾郡山口村神坂）、有松宿3例（名古屋市長区有松町）の計42例を選んだ。また、現代的都市景観の例として名古屋市の町並みより42例を選んだ。なお、これらとの比較の対象として自然景観9例を加えた。図2-4と図2-5に各解析データに対応する景観写真を示し、章末の注2-1にその撮影地と撮影日を示す。

以下、第2章において各景観に言及する場合は、図2-4または図2-5の各写真下のNo.を用いる。

撮影方法については、光線の条件などに極端な差異を生じないために、天候を晴れとし、撮影時刻を午前10時から午後2時までに限った。カメラの位置は人の目の高さとし、写真の各辺の方向が水平、鉛直方向と平行になるように統一して撮影を行った。カメラを向ける方向については特に制限は設けなかったが、さまざまな景観が多様に含まれるよう配慮した。

2.3.2 解析結果

解析の結果得られた水平方向ゆらぎの値と垂直方向ゆらぎの値を全データについてプロットしたものが図2-6である。章末の注2-2にパワースペクトル分布の平面への回帰に関する χ^2 検定（適合度検定）の結果を示す。得られた各方向ゆらぎの値の平均値は水平方向-0.647、垂直方向-0.513であり、標準偏差は水平方向0.071、垂直方向0.093である。垂直方向ゆらぎの値に比べ、水平方向ゆらぎの値の小さい景観が全体の約9割を占めている。以下、2.3.3、2.3.4においてそれぞれの方向のゆらぎに関して考察を行う。図2-7、図2-8はそれぞれの考察において言及する特定の景観のみ番号を、その他は点としてプロットしたものである。

2.3.3 垂直方向の階調のゆらぎに関する考察

布置された景観は、グラフの上下位置で異なる様相を呈しており、すなわち、垂直方向ゆらぎの値によりその差異を表現することができる。-0.2 ~ -0.4の帯域では、すべてがNo.82,88のような、水平形態のスカイラインにより景観が大きく空とそれ以外の部分に上下に2分されているものである。-0.4 ~ -0.5付近の帯域では、これらとともにNo.58,61に代表されるような、道路面などの、広範囲に渡り階調値が均一な要素をもつ景観が混在する。これらは、空と町並み等と道路面の3つに、上下方向に関して分割された景観といえる。さらに、-0.5 ~ -0.65付近の帯域においては、No.64,74,76などに代表されるV字型のスカイラインをもつ透視景観が非常に多い。ここには道路面を含むものと含まないものの両方が混在する。-0.6 ~ -0.8ではNo.11,17,19などに代表される倉敷の白壁の景観が大勢を占める。これらの原因は、垂直方向に関して、階調の強く粗い変化がどれだけあるかという点で各景観に差異を生じているためであると考えられる。視覚的に明確なコントラストを生じている部分が、垂直方向に比

較的大きな間隔で数多く分布している景観は、空間周波数領域において、y軸方向の低周波成分のパワーが大きくなり、結果的に垂直方向ゆらぎの値が小さくなると考えられる。

例えば、No.24,25,28とNo.15,16,17の各景観は、どちらも街路に沿って両側の建物をまっすぐに見渡している1点透視図的なものであるが、垂直方向ゆらぎの値に差異が見られる。この違いは、No.24,25,28が同様な黒ずんだ色のみから構成され、階調が単調な様子であるのに対して、No.15,16,17では白壁とそれ以外の概して黒ずんだ部分とで織りなされる層状の模様は垂直方向に明確な階調の変化を生じさせ、結果として垂直方向ゆらぎの値が小さくなったと理解できる。このことはNo.26,27とNo.18,19との比較においても明らかである。No.18,19は白と黒の明確な太い層状模様により水平性が強調された景観である。一方、No.26,27は同様な角度から建物をとらえたものではあるが、建物の部分の色調が暗く、階調の変化に乏しい景観である。この点が垂直方向ゆらぎの値の差異に反映されていると考える。No.30,21,14の各景観はこれらの中間的な位置づけとして考えられる。No.30はNo.26,27より水平方向の輪郭線が明確であるために、No.21,14はNo.18,19ほど白壁の模様が強調された景観ではないために、垂直方向に関してはそれぞれ中間的位置に布置されたと考えられる。

以上の考察により、景観の階調変化の垂直方向ゆらぎ特性に関して、空や道路面などの、広範囲に渡り階調値が均一な部分からなる構図的要因が支配的であると判断できる。垂直方向に関しては、そのゆらぎの値によって、水平に2分された景観、水平ないしはそれに近い方向に3分された景観、V字型スカイラインをもつ景観、白壁の層状模様などに見られるような水平ないしはそれに近い方向に多分された景観に分類されることが分かった。

2.3.4 水平方向の階調のゆらぎに関する考察

No.18,19は全く同じ対象を角度を変えて撮影したものである。構図的には同じであり、視覚的にも同じようであると認識されるが、ゆらぎという点からは垂直方向よりも水平方向に差異が大きいことをゆらぎの値が示している。この原因は、No.18の方がNo.19より対象への角度が急であるために、格子模様の縦方向輪郭線の間隔が水平方向に関して狭くなっていることにあると考えられる。間隔の狭くなっている事実は、空間周波数領域においてx軸方向の

高周波成分のパワーが大きくなることとして反映され、結果として水平方向ゆらぎの値が大きくなったと考えられる。視覚的にわずかな違いではあるが、水平方向のゆらぎの差異として敏感に反映されたと理解できる。

また、No.15,16,17の各景観は、同じ地区で道を少しずつ移動しながら撮影したものである。構図的には同じであり、垂直方向ゆらぎの値にはほとんど差異は見られない。しかし、水平方向ゆらぎの値に関してはそれぞれ少しずつの差異が見られる。この原因は、道を進むにつれて、行く手の右側に黒い壁の部分が見えてきたことによると考えられる。これにより、水平方向に関してコントラストが徐々に増し、ゆらぎの値が次第に小さくなっていると理解できる。

No.24,25,28,31の各景観についても、視覚的には極めて類似した景観であると認識されるが、その違いはゆらぎという視点からは、垂直方向には差異を認めず水平方向に差異が認められる。これらにおいてその差異の原因は、景観要素の縦方向輪郭線がつくるコントラストの程度によると考えられるが、これらの例に見られるように、水平方向のゆらぎは、構図などの視覚的に明らかな違いよりも、景観の細部の微妙な違いをよく表現するといえる。

No.65,68,69,71,74,77,79,80は、ともに典型的なV字型スカイラインをもつ透視景観であり、前述したように垂直方向ゆらぎの値-0.5 ~ -0.6の帯域に布置されている。これらは水平方向のゆらぎに関しては大きな差異が認められるが、この原因については次のように考えられる。No.74,80は景観の中の樹木の占める割合が非常に高い。反対に、No.65,71,77は空以外の大部分がビルなどの人工物で占められ、樹木はほとんどない。これらことから、樹木が存在することによりその葉や枝において階調の細かい変化が生じ、空間周波数領域においてx軸方向の高周波成分のパワーが大きくなり、結果的に水平方向ゆらぎの値が大きくなったと考えられる。また、No.68,69,79は樹木と人工物が混在するために中間的位置に布置されたと理解できる。なお、垂直方向に関しても、樹木の存在は同様にゆらぎの値を大きくする効果があると考えられるが、以上の各景観が垂直方向ゆらぎの値の同じ帯域に属していることから、垂直方向では構図的要因によるゆらぎ特性への影響の方が大きいと判断できる。この樹木の景観のゆらぎに及ぼす影響について、ある程度広い範囲に面的

に広がる樹木については以上の特徴が見られるが、No.32, 58, 59, 73 などに見られる比較的小さな孤立した樹木は、逆にそれ自身のシルエットにより明確なコントラストを生じ、水平方向ゆらぎの値を小さくしていると考えられる。

以上の考察により、景観の階調変化の水平方向ゆらぎ特性に関して、階調の細かい変化からなるディテールの要因が主たるものであると判断される。視覚的に類似した景観は、その微妙な差異が水平方向のゆらぎに反映されることが各例において分かった。

2.4 まとめ

第2章では、景観を2次元の平面内に広がる階調(濃淡)の分布であるとしてとらえ、階調の変化を2次的に調べることによりその特性を定量的に把握する手法を提案し、さらに実在する景観の解析を行った。その結果、空や道路面などの、広範囲に渡り階調値が均一な部分の存在が、ゆらぎに大きな影響を及ぼすことが分かった。景観の垂直方向のゆらぎには構図的要因が深くかかわっており、垂直方向ゆらぎの値を用いて景観の構図を定量的に分類できることが明らかになった。また、景観の水平方向のゆらぎには階調の細かい変化が敏感に反映され、ディテールの要因がかかわっていることが分かった。

以上、景観の階調変化に対する定量的な把握と理解という点で、ゆらぎによる解析の有用性を示し得たと考える。

ゆらぎは、近年精神生理学的見地から注目され、その精神面に及ぼす影響や効果について研究の途上にある^{2-30), 2-31)}が、本解析において、景観における樹木の効果をゆらぎという視点から定量的に把握することができたことは、景観において「緑」の心理面へ果たす役割を明らかにする、ひとつの可能性をもち得たと考える。要素の操作など、シミュレーションによる検討の余地を考慮することができよう。

また、第2章では景観の階調データのみを解析対象としたが、実在する景観にはさまざまな色彩が存在する。これらの色彩的な分布の特性はここではとらえられてはいない。色彩の分布特性をさらに調べることにより、景観の特徴をより詳細に把握できると考えられ、各景観が独自にもつ雰囲気的な特徴を定量的に理解することに一步近づくと考える。これは第3章での解析とする。

注2-1

以下に、図2-4・図2-5における各景観写真の撮影地と撮影日を示す。

No.1~No.23	倉敷市阿知二丁目、中央一丁目及び本町(倉敷市倉敷川畔伝統的建造物群保存地区)、1992年4月8日	No.63	名古屋市中区新栄町、1992年5月15日
No.24~No.32	高山市神明町四丁目、上三之町及び上二之町(高山市三町伝統的建造物群保存地区)、1992年5月17日	No.64	名古屋市中区東桜二丁目、1992年5月15日
No.33~No.36	長野県木曾郡山口村神坂、1992年4月3日	No.65	名古屋市東区東桜二丁目、1992年5月15日
No.37~No.39	長野県木曾郡南木曾町吾妻(南木曾町妻籠宿保存地区)、1992年4月3日	No.66	名古屋市東区東桜一丁目、1992年5月15日
No.40~No.42	名古屋市緑区有松町(名古屋市町並み保存地区第1号)、1992年3月19日	No.67	名古屋市中区新栄町、1992年5月15日
No.43	名古屋市中区錦三丁目、1992年3月20日	No.68	名古屋市中区栄四丁目、1992年5月15日
No.44	名古屋市中区栄三丁目、1992年3月20日	No.69	名古屋市中区栄五丁目、1992年5月15日
No.45	名古屋市中区栄二丁目、1992年3月20日	No.70	名古屋市中区新栄一丁目、1992年5月15日
No.46, 47	名古屋市中区錦二丁目、1992年3月20日	No.71	名古屋市中村区名駅四丁目、1992年5月15日
No.48, 49	名古屋市中区栄二丁目、1992年3月20日	No.72, 73	名古屋市中区新栄二丁目、1992年5月15日
No.50, 51	名古屋市中区錦二丁目、1992年3月20日	No.74	名古屋市中区栄三丁目、1992年5月15日
No.52	名古屋市中川区横堀町、1992年4月6日	No.75~77	名古屋市中区錦三丁目、1992年5月15日
No.53	名古屋市中川区西日置二丁目、1992年4月6日	No.78	名古屋市中区錦一丁目、1992年5月15日
No.54, 55	名古屋市中区大須一丁目、1992年4月6日	No.79, 80	名古屋市中村区名駅四丁目、1992年5月15日
No.56	名古屋市中区大須二丁目、1992年4月6日	No.81	名古屋市中村区名駅一丁目、1992年5月15日
No.57	名古屋市中区大須四丁目、1992年4月6日	No.82~84	名古屋市昭和区宮東町、1992年5月27日
No.58, 59	名古屋市中種区桜が丘、1992年4月6日	No.85, 86	愛知県海部郡弥富町荷之上、1992年6月10日
No.60	名古屋市昭和区川名本町、1992年5月15日	No.87	岐阜県多治見市平井町、1992年4月3日
No.61	名古屋市中種区吹上二丁目、1992年5月15日	No.88~90	愛知県渥美郡渥美町伊良湖、1992年3月12日
No.62	名古屋市中区錦二丁目、1992年5月15日	No.91	岐阜県中津川市落合、1992年4月3日
		No.92, 93	岐阜県大野郡丹生川村、1992年5月17日

注 2-2

以下に、パワースペクトル分布の平面への回帰に関する χ^2 検定（適合度検定）の結果を示す。

○：棄却されない（適合する）
 ×：棄却される（適合しない）

No.	χ^2 検定		No.	χ^2 検定	
	危険率 5%	危険率 1%		危険率 5%	危険率 1%
1	○	—	48	○	—
2	×	○	49	○	—
3	○	—	50	○	—
4	○	—	51	○	—
5	○	—	52	○	—
6	○	—	53	○	—
7	○	—	54	○	—
8	○	—	55	○	—
9	○	—	56	○	—
10	○	—	57	○	—
11	×	○	58	○	—
12	×	○	59	×	○
13	×	○	60	○	—
14	×	○	61	×	○
15	×	○	62	○	—
16	×	○	63	○	—
17	×	○	64	○	—
18	×	○	65	○	—
19	×	○	66	○	—
20	○	—	67	○	—
21	×	○	68	○	—
22	○	—	69	○	—
23	×	○	70	○	—
24	×	○	71	○	—
25	○	—	72	×	○
26	×	○	73	○	—
27	×	○	74	○	—
28	×	○	75	○	—
29	○	—	76	○	—
30	×	○	77	×	○
31	○	—	78	○	—
32	○	—	79	○	—
33	×	○	80	×	○
34	×	○	81	○	—
35	×	○	82	○	—
36	○	—	83	○	—
37	×	○	84	○	—
38	○	—	85	○	—
39	×	○	86	○	—
40	×	○	87	○	—
41	×	○	88	○	—
42	○	—	89	○	—
43	○	—	90	×	○
44	○	—	91	○	—
45	○	—	92	×	○
46	○	—	93	×	○
47	○	—			

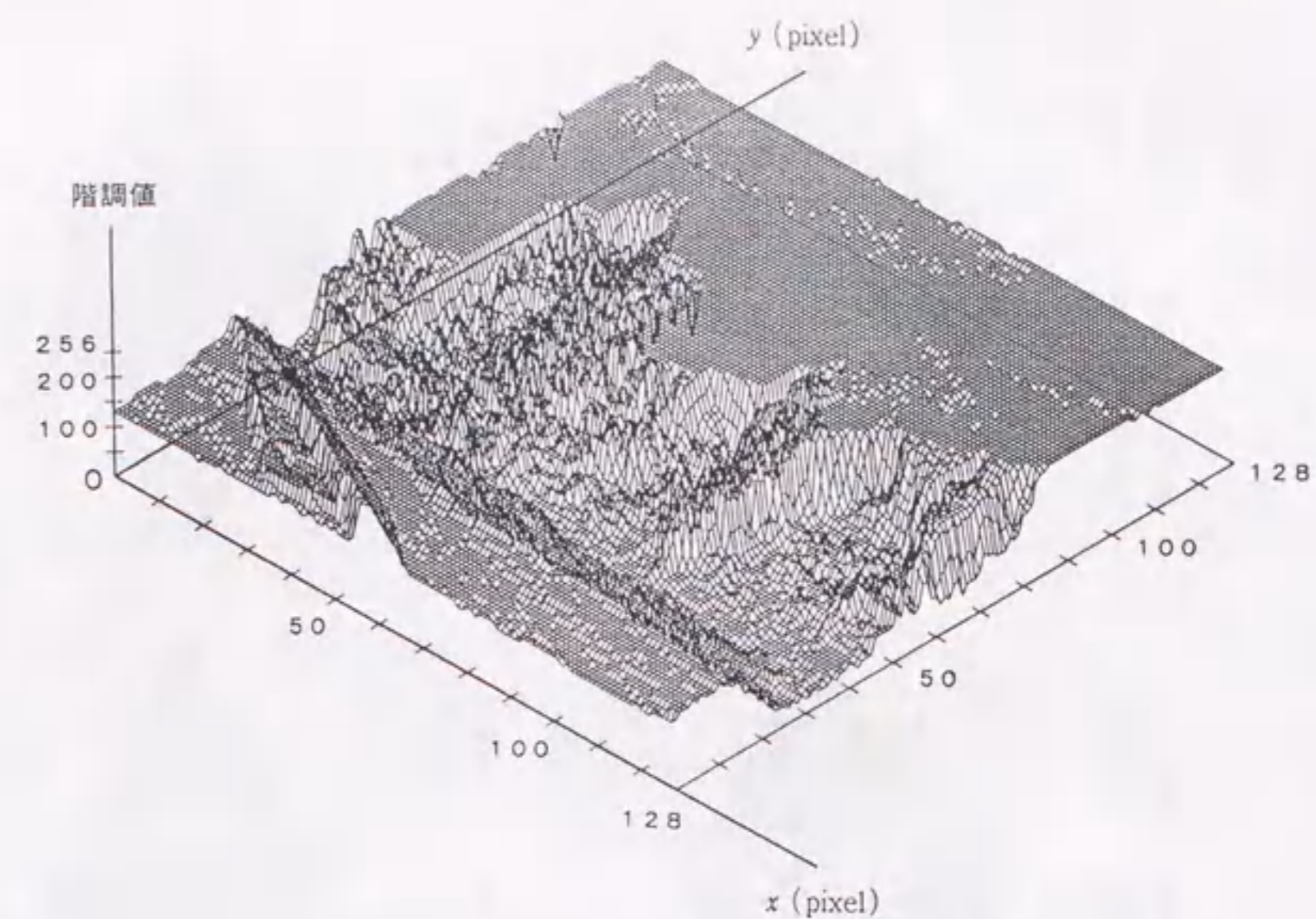


図 2-1 解析データ例

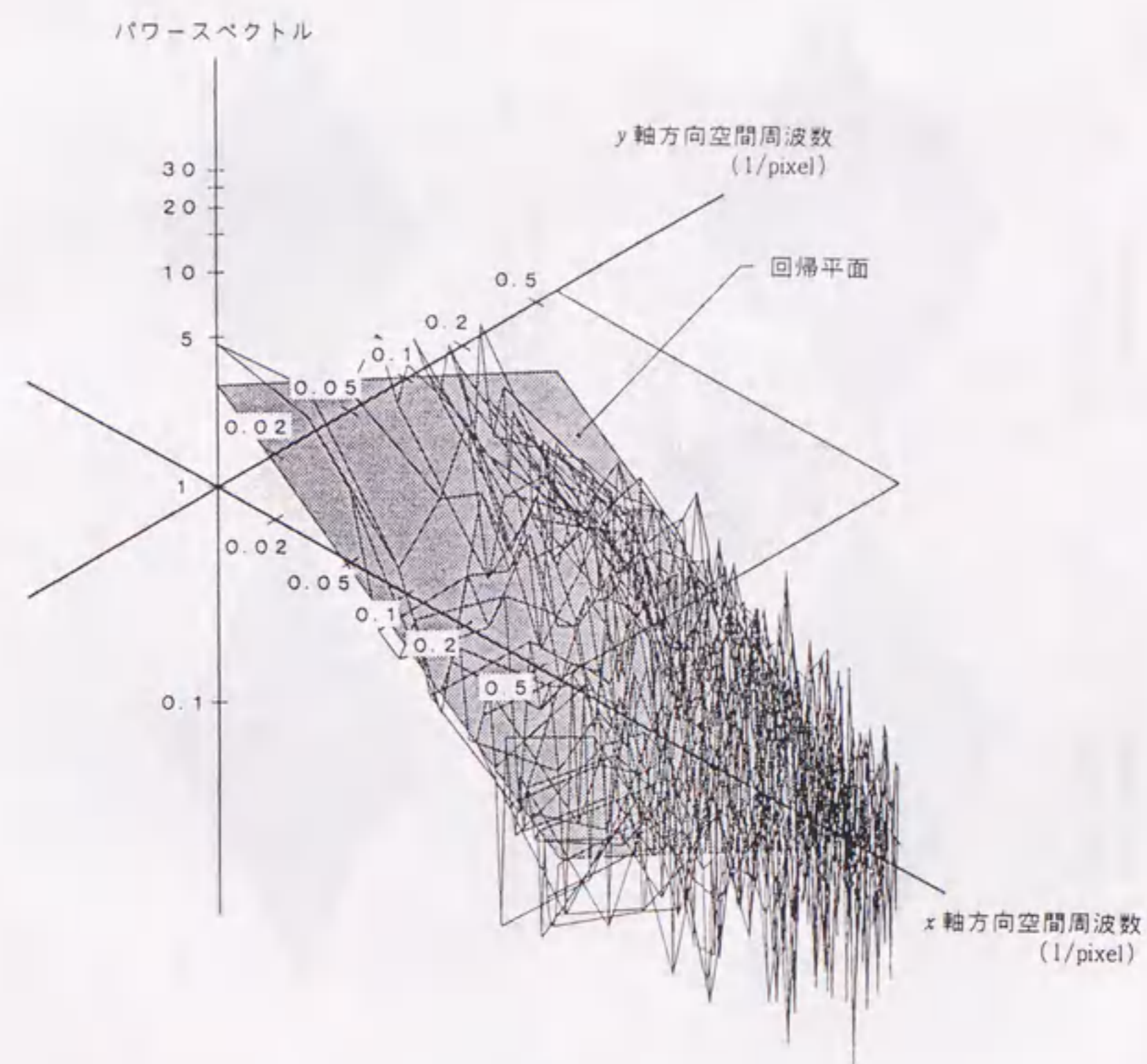
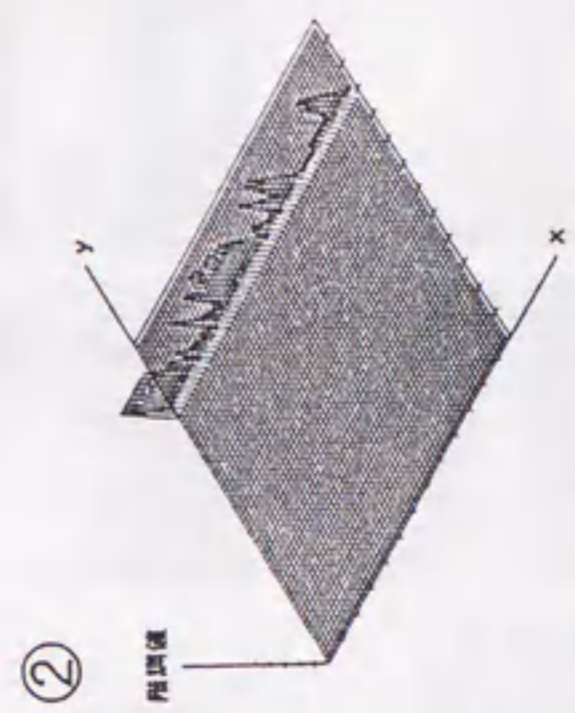


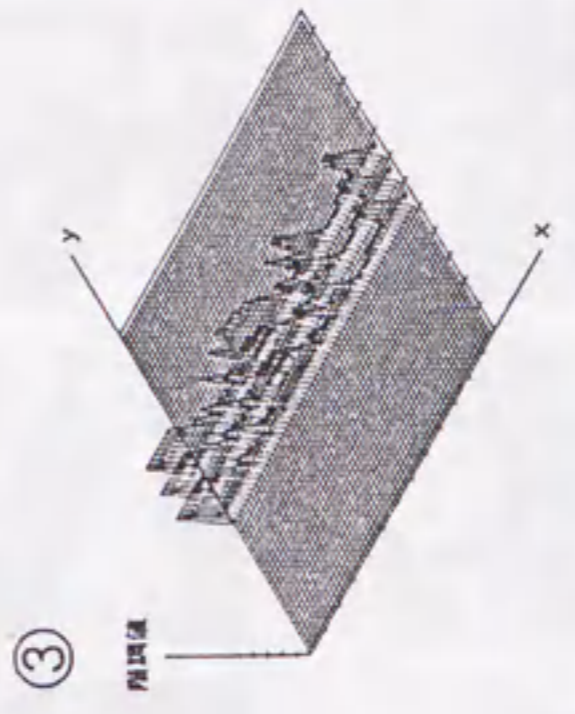
図 2-2 計算（2次元離散的フーリエ変換）結果



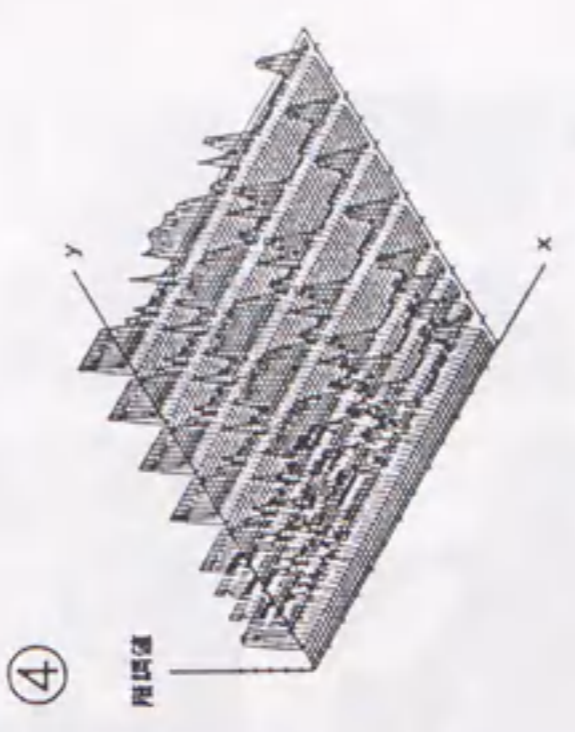
①
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.839
垂直方向ゆらぎの値: 0.000



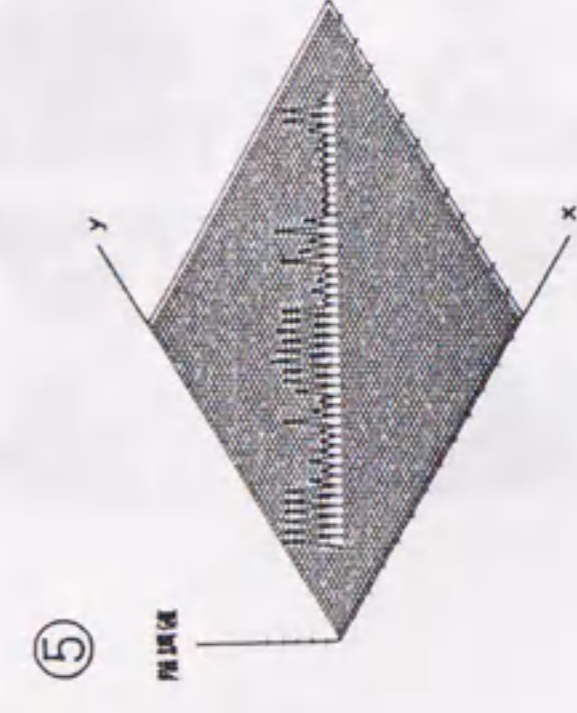
②
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.839
垂直方向ゆらぎの値: 0.000



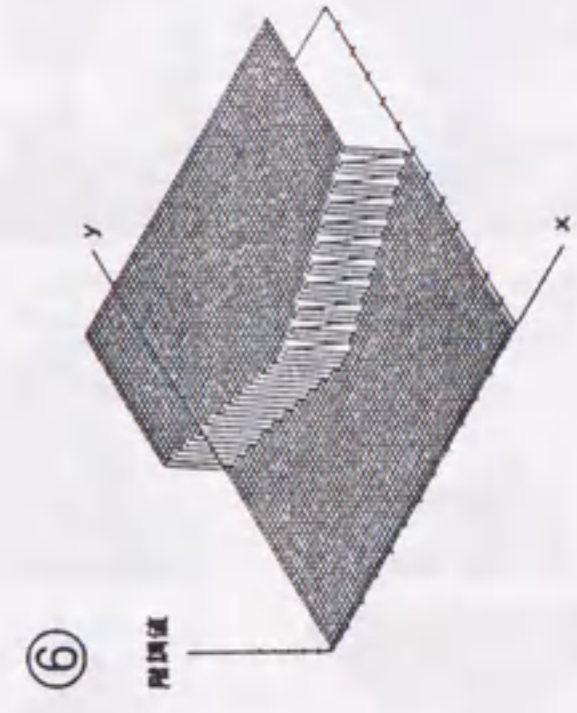
③
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.839
垂直方向ゆらぎの値: -0.036



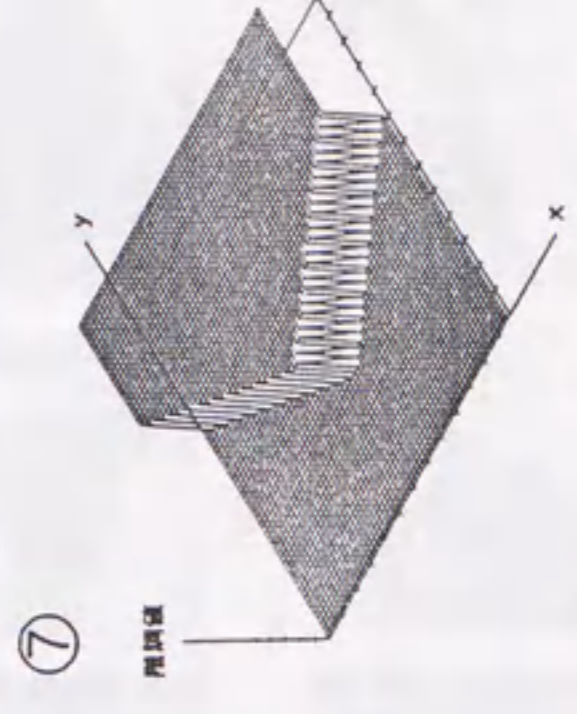
④
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.839
垂直方向ゆらぎの値: -0.282



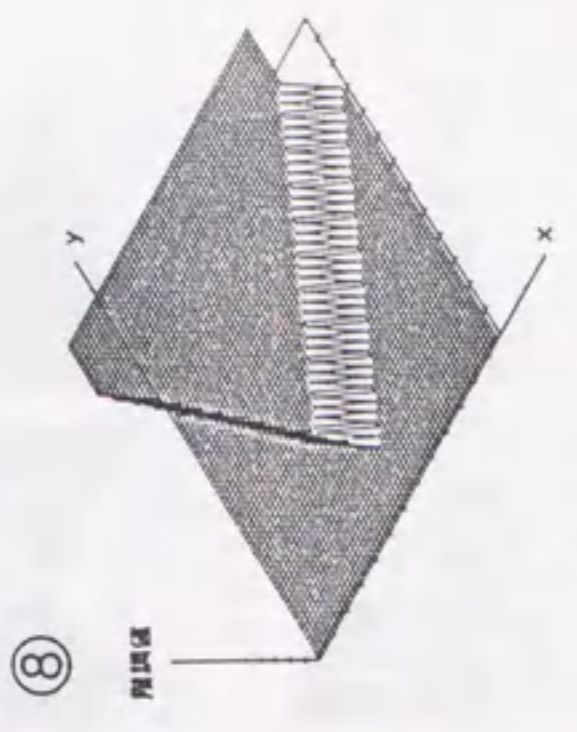
⑤
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.071
垂直方向ゆらぎの値: -0.071



⑥
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.556
垂直方向ゆらぎの値: -0.002



⑦
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.480
垂直方向ゆらぎの値: -0.126



⑧
傾斜値
水平方向ゆらぎの値: -0.342
垂直方向ゆらぎの値: -0.240

図 2-3 テストデータ

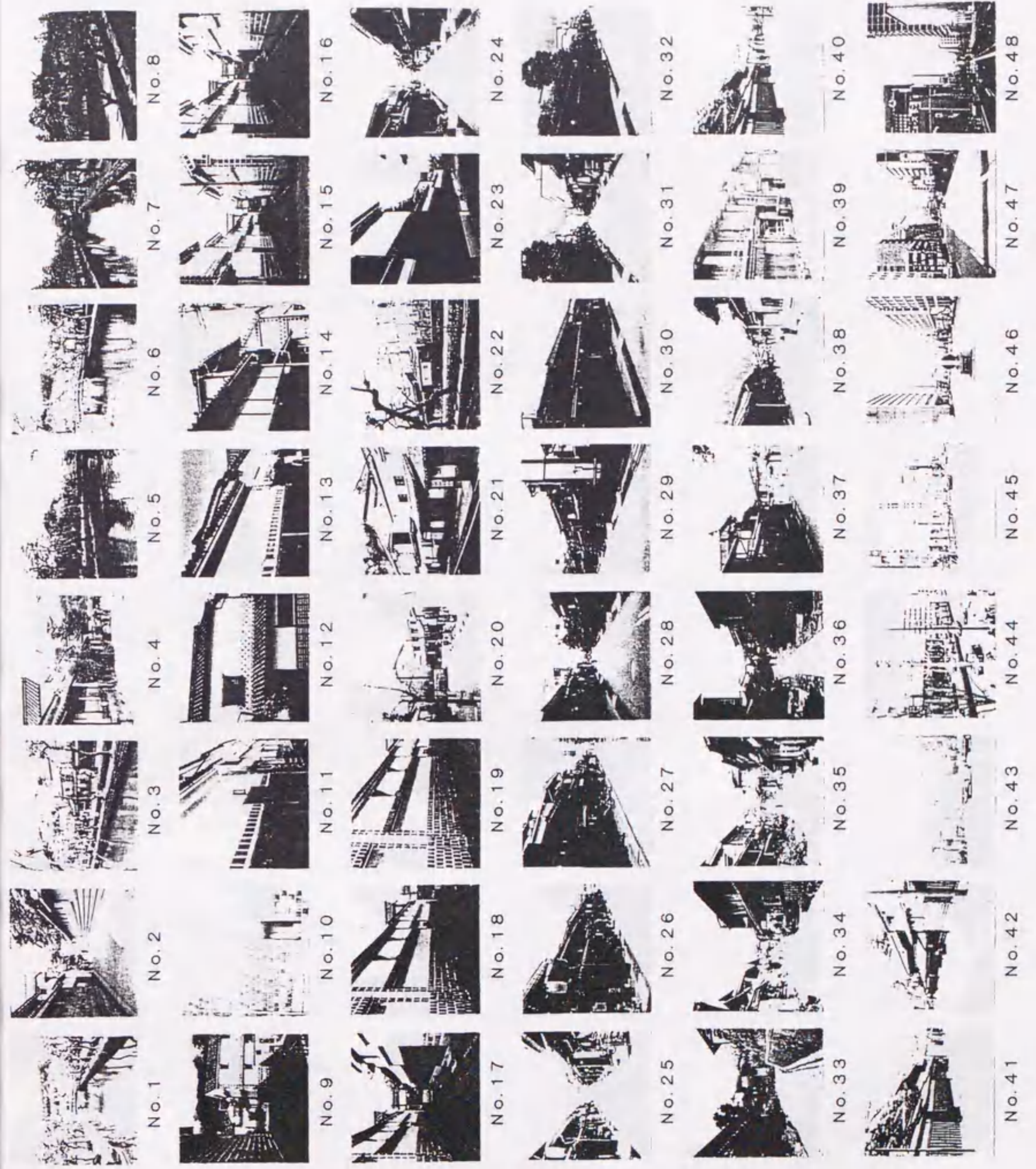


図 2-4 解析対象 (その1)

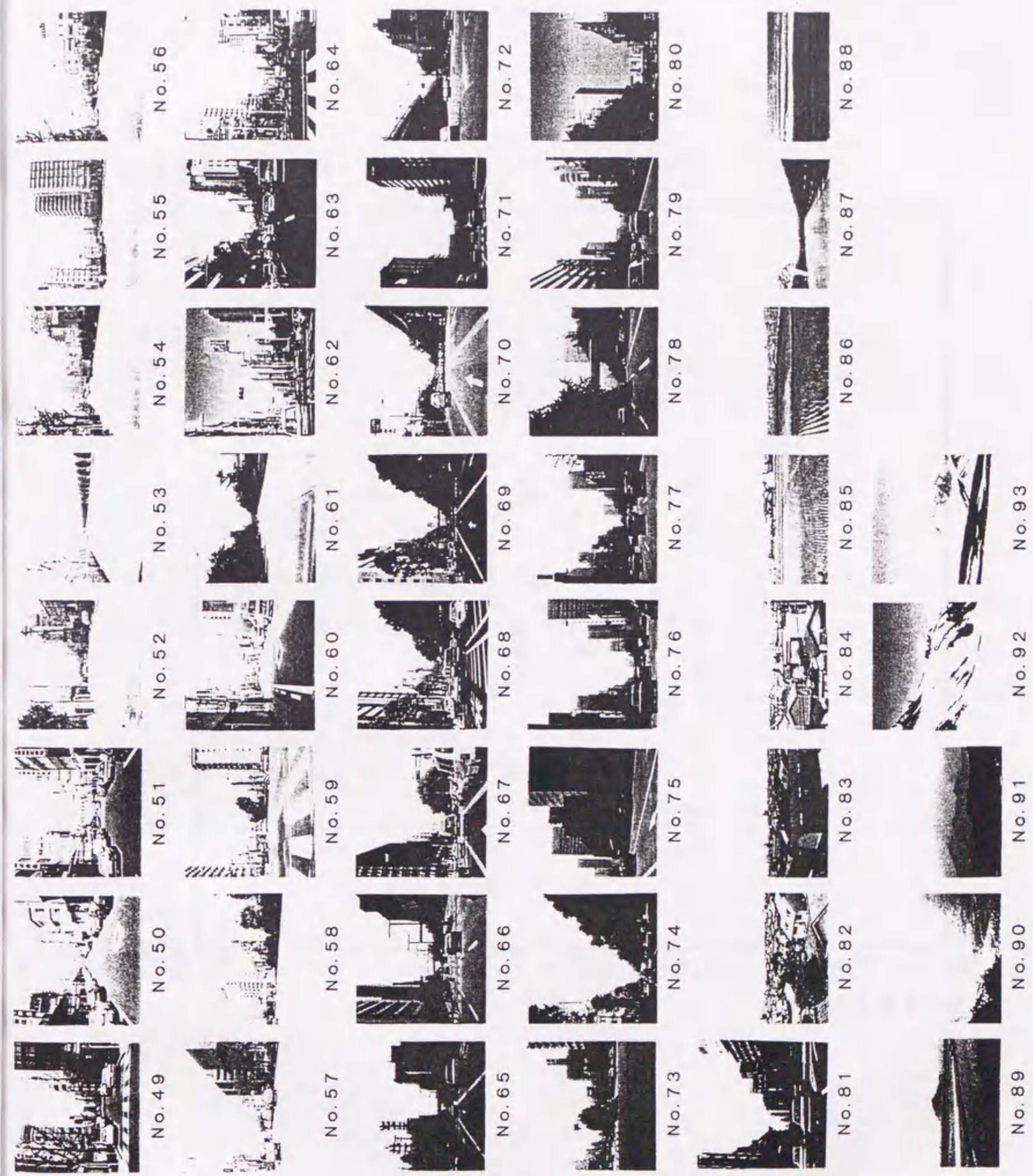


図 2-5 解析対象 (その2)

垂直方向ゆらぎの値

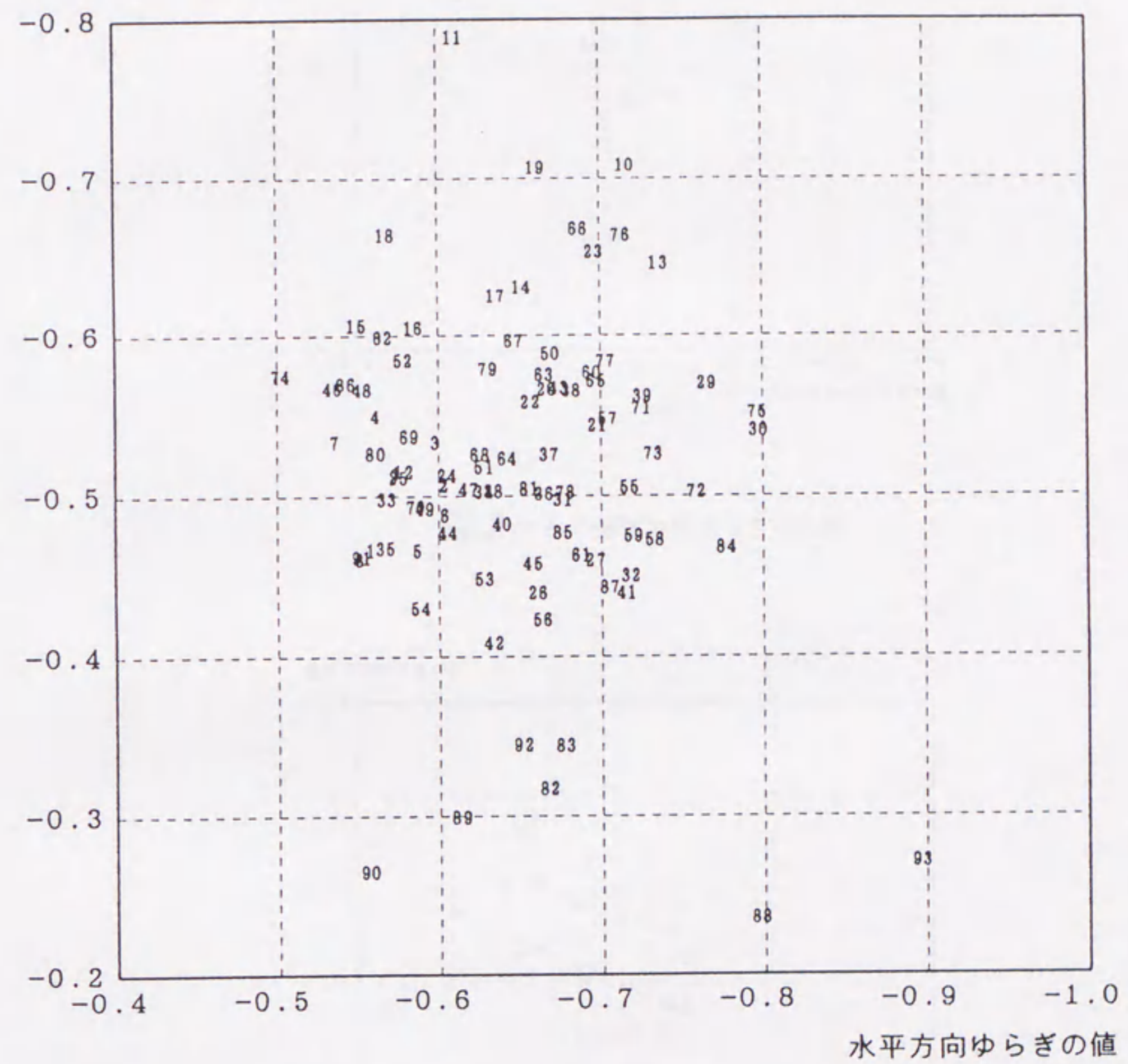


図 2-6 解析結果

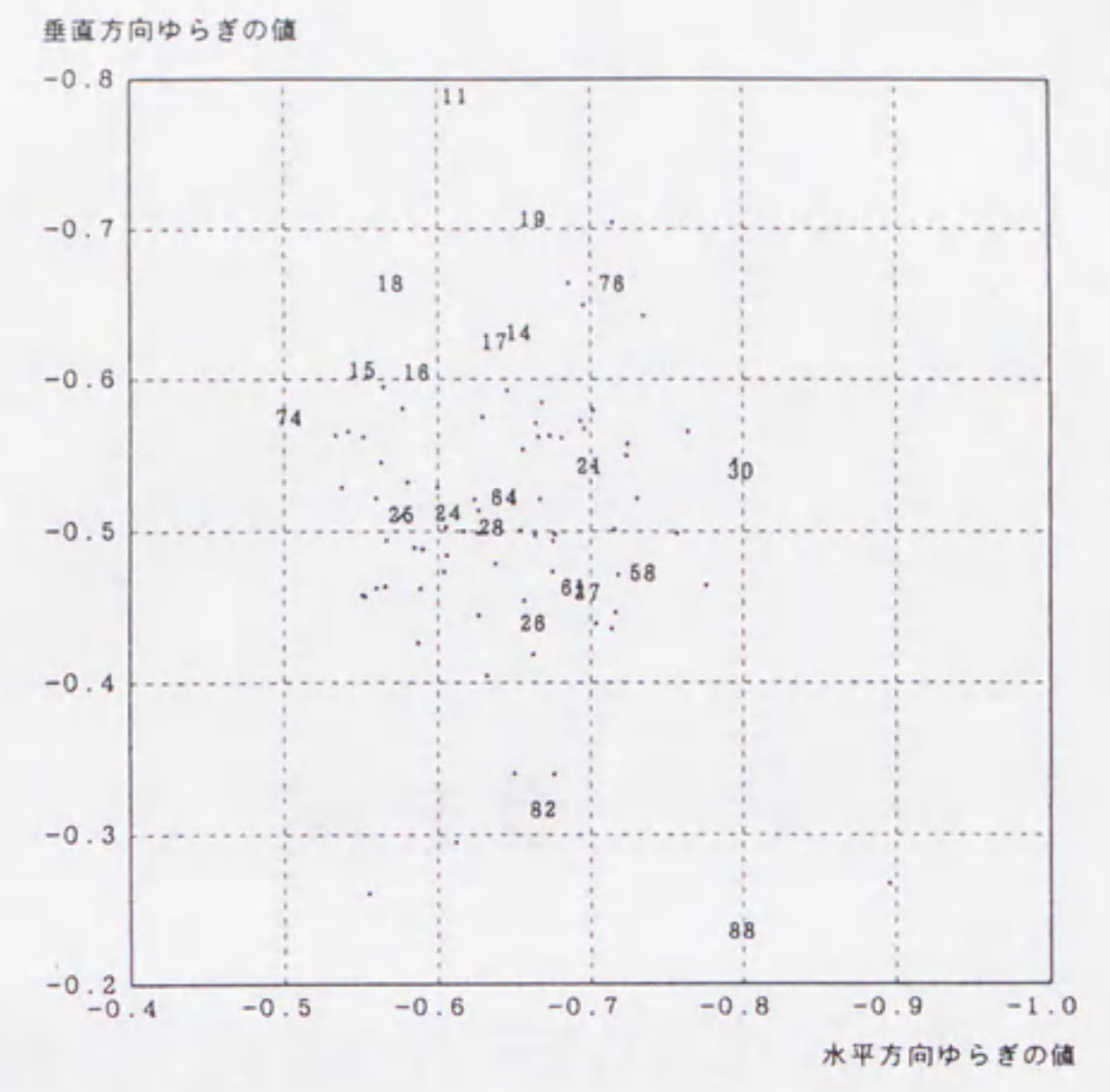


図 2-7 垂直方向ゆらぎの比較

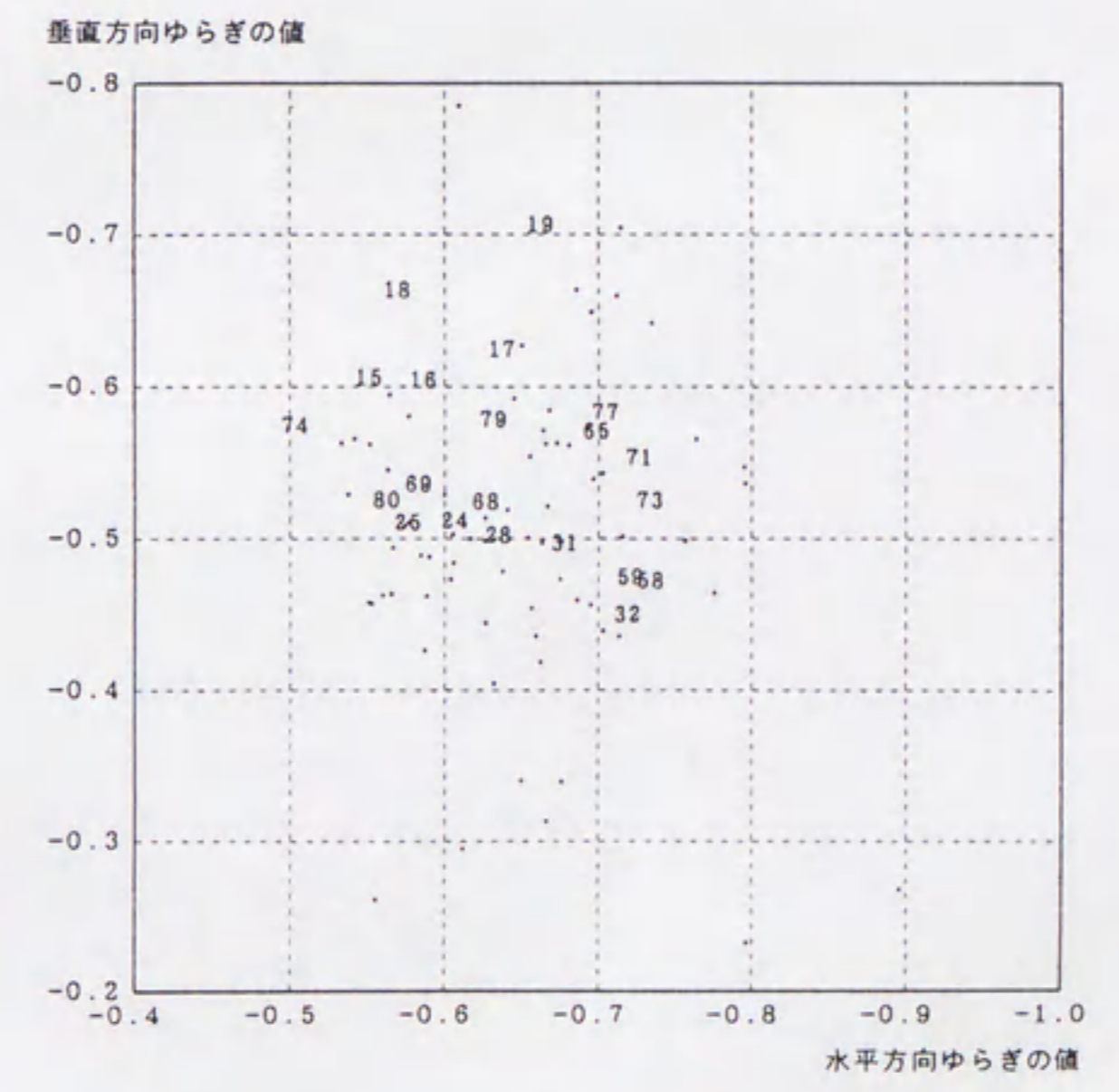


図 2-8 水平方向ゆらぎの比較



Figure 1-1

Figure 1-2



Figure 1-3

Figure 1-4

第3章

景観の色彩分布のゆらぎ

3.1 はじめに

我々が景観を目にするとき、景観に含まれるさまざまな情報のうち、注目度が高く抱かれる印象に大きな影響を及ぼし、景観を特徴づける要因となっているものは何であろうか。景観の主要な属性として、景観の中に存在するさまざまな構成要素の形と、景観の中にさまざまに広がる色彩を考えることができる。ところで、我々の視覚世界の基礎となるのは形であって、色はただ形に付随するものであるとか、色はいわば目を楽しませる追加物であって、なくても差し支えないという議論が従来から繰り返されてきた。人がある対象を目にするとき、まず第一に反応するのは、視野の中の形であろうか、それとも色であろうか。この点に関して、人によって異なる習性があり、状況によっても異なることはいうまでもないが、クレッチュマー (Kretschmer, E.) は、『体格と性格』(1921)の中で、循環気質者(肥満体型者)は色の感受性が、分裂気質者(細長体型者)は形の感受性が強いことを認めている。従来から、ある人が視野の中の色にまず反応する態度(色彩態度)の持ち主であるか、あるいは視野の中の色以外にまず反応する態度(非色彩態度)の持ち主であるかを判定するためのさまざまなテストが考案され用いられてきた。これらのテストは、もともと子供の精神発達の程度や子供の性格との関係を研究するために考案されたものである。これらのテストを通して、デクードル (Descoudres, A.) は、子供がその発達過程において、3歳以下では形に反応する傾向が強く、3歳から6歳では色に非常に興味を示し、7歳以上では再び形に反応する傾向が強いことを論じ、この説は多くの研究者に支持されて現在に至っている。このことは、人間が子供のある一時期を除いて色より形に反応する性質をもっていることを示唆している。

以上の既往研究^{3-4), 3-5), 3-7)}を概観すると、人はそれぞれ固有に異なる気質をもっている反面、形に反応しやすい一面を否定できないことが分かる。確かに、形は外界に関する知識を伝えるのに便利であるから、我々はまず第一に形に注目する習慣があるのではないかと考えられる。しかし、物の輪郭は明暗や色の違いによって生じており、線画でさえ紙面と鉛筆のもつ色の区別によってかたちづくられているのであるから、我々の視野は色彩のみの組み合わせによってできていると考えることができる。し

たがって、視覚の世界は色がすべてであるとも、色が主で形は従であるといっても過言ではない。

一方、景観において色の果たす役割を考えてみると、より明確に色の効果を理解することができる。もしも、景観に色が存在しないならば、含まれる情報の量と質は非常に低下してしまい、景観の印象がかなり変わるであろうということは想像に難くない。我々は目にするもののもつ色彩に影響されながら、さまざまな印象を抱いたり判断を下しているのである。例えば、野菜や果実の鮮度を判断する際にはその色具合を重要な手がかりとし、信号機はその色によって意味を読みとることになり、また、ある物を購入しようとする際には、機能的には全く同じ物でありながら気に入る色の選択という点で悩むことも多い。これらは、白黒写真や白黒テレビなどのように、明るさの違いによりさまざまなものの認識が成立する画面では表現され得ないことからであり、明るさの情報だけでは情報量が不足する故、判断が困難にあるいは不確かになり、抱かれる印象についても自由度を失うことが多いと考えられる。また、序文で挙げた例である、夕焼けに真っ赤に染まった光景や、萌える青菜の緑が目染みる新緑の季節の風景、雲間から一条の光が射し込む幻想的な風景などのように、それが色彩によって表現されるとき、その景観独自の特徴がよく表現されることになり、それを目にする我々に真に迫った効果をもたらすような景観は非常に多いと考える。このように考えると、我々は色彩によって景観のもつ咀嚼すべき価値を受けとめ、それを鑑賞していることになる。すなわち、色は人間の生活を非常に豊かに演出しているのであり、景観における色の果たす役割は非常に大きいといえる。前述したように、特に景観の印象の評価をする際には、その認識のされ方を考慮に入れることが重要であると考えてきたが、景観の特徴に色彩が大きく寄与し、色彩に影響を受けながら景観の印象が抱かれ、場合によっては色彩いかんによって印象が全く異なってしまうことを考えると、景観の色彩について客観的に分析することは非常に重要な問題であり、色彩評価に関する既往研究は数多い^{3-2), 3-3)}。

第3章では、第2章における成果³⁻¹⁾をもとにして、景観の色彩の分布について、その特徴を定量的かつ客観的に把握、理解することを目的として、色彩の分布のゆらぎに注目した解析手法を提案するとともに、第2章で解析を行ったのと同じ景観写真か

ら得られる画像データに対する解析を行う。ここでは、景観の2次元的に広がる色彩分布を対象として、その変化の様子をゆらぎという視点から記述し、景観の色彩分布のゆらぎ特性と視覚的に観察される特徴との関連を調べ、景観の色彩に関する特徴をゆらぎという面から定量的かつ客観的に理解できることを明らかにする。これらの過程で、解析手法の妥当性と、景観の中で複雑に広がる色彩の様子を定量的に把握する指標としてのゆらぎの可能性を検証する。

3.2 景観の色彩変化とゆらぎ

3.2.1 色とは

色とは何かという問題に関して、色彩学における知見をもとに改めて考察を行ってみる(3.0.3.7)、(3.0.3.8)、(3.0.3.9)、(3.0.3.10)、(3.0.3.11)、(3.0.3.12)、(3.0.3.13)、(3.0.3.14)、(3.0.3.15)。

古くから、色は物理学において光のもつ属性として取り扱われてきた。実際、白色の太陽光線がプリズムによりいくつかの色に分解される様子を観察することができ、光と色が深く結びついたものであると理解することができるが、このように色は光の波長の問題として従来から扱われてきた。しかし、同じ色が周囲にくる色いかにによって異なって見えるという、いわゆる色対比の事実一つを考えただけでも、色の問題には精神的あるいは心理的力が強く働いていることは明らかである。したがって、色彩の問題は物理学に属するというよりも、心理学に属するという見方もできる。色は光そのものでもなければ物質でもなく、感覚としての一属性にすぎないからである。

我々が色を認識するとき、その多くの場合は、自然あるいは人工光源に照らされた物体からの表面反射光や、発光体からの光線が人の目に入射することが契機となっている(完全な暗黒の中でも霧がかかったような暗い灰色を見ることができから色を認識するためには必ず光が必要であるとはいえない)。すなわち、色を認識する(このことを色体験といい、色体験を起こさせるものを色刺激という)ほとんどの場合の原因は、いろいろな波長からなる光、すなわち、電磁波であるといえる。目に入射した電磁波が網膜に達し、電磁波の放射エネルギーが感光細胞の興奮を生じさせ、光化学的及び光電氣的反応により生じた視神経インパルスが視神経を伝わって脳へ送られる。色は色刺激についての情報が脳へ送られた結果生じる一種の感覚であるが、感覚として意識

されるためには精神の活動が不可欠である。言い換えれば、色刺激を欠いても、色刺激に応じる生理学的過程の働きに欠陥があっても、色を意識する精神的機能を欠いても色は正しく知覚されない。これらのことから、色は物理学的事象に対する精神的反応であり、これらの相関概念としてとらえるのが自然である。我々は、通常、色が眼前のどこかに存在するかのように考えたり、主観的体験であるという意味で「色は感覚の一つである」というが、これらは色の一面をいっているにすぎず、色の定義としては厳密さを欠くといわざるを得ない。日本色彩学会が1969年に定めた色の定義(日本工業規格、色に関する用語、JIS, Z-8105)によると、色とは「目に入る放射の分光組成の差によって、性質の差が認められる視知覚の様相、または前記の視知覚を生じる放射の特性、または物体の特性」であり、すなわち、色が精神物理学的概念であることが明確に述べられている。感覚としての色を直接測定することはできないが、色をこのように定義することによって、ある色の感覚を生じさせる色刺激の特性を測定することにより、色を間接的に測定することが可能となる。

3.2.2 色彩の表現法

次に、色を定量的に表す方法について、よく知られた代表的な2つの考え方について述べる。

一つは、色を知覚色として区別し、心理的概念によってとらえる考え方であり、一般に顕色系といわれる。この方法では、あらかじめ用意した多数の色紙を色知覚の3属性(色相、明度、彩度であり、これについては後述する)にしたがって配列し、色の見え方が等歩度感覚になるように調整した後、尺度値をつけて表示する。

もう一つの方法は、色を心理物理色として区別し、心理物理的概念によってとらえる考え方であり、一般に混色系といわれる。この方法では、3種の色光を混ぜ合わせることで、調べる対象である光と等しい見えを実現させ、それら3色の混合量により色を表示する。混色系では、知覚色から物体特有の知覚要素を取り除いた色を対象としており、色を光の色として表示し、これを色感覚という。また、色感覚を生じさせるものを色刺激という。なお、混色系は、3つの値により色刺激の特性を表示するので、三色表色系ともいわれる。

以下、顕色系と混色系それぞれの広く用いられている代表的な方法について触れ、本研究への適用の可否を検討する。

3.2.2.1 マンセル表色法

顕色系の代表例として、アメリカの美術家マンセル(Munsell, A.H.)によって創案(1905)されたマンセル表色法があり、これはその後種々の改良が行われて今日に至っている。今日ではマンセル表色法といえ、1943年にOSA(Optical Society of America: 米国光学学会)により尺度を修正されたマンセル表色法をさす(厳密には、最初に考案されたものをマンセル表色法、OSAにより修正されたものを修正マンセル表色法という)。

我が国でも工業規格として採用されており、これに準拠した色票が『標準色票』の名で市販され、広く用いられている。これは、物体表面での色の見え方を色の3属性にしたがって3次元空間の1点に表し、しかも3つの座標軸上で知覚的に等歩度になるように目盛りを定めることにより得られた色の配列を色票に集約したものである。具体的には、3次元の空間において、明度を垂直軸にとり、その周囲に色相の環を考え、垂直軸から色相環への水平方向の距離によって彩度を表す。さらに、垂直軸(明度)、円環(色相)、半径(彩度)のそれぞれに対して、知覚的に等歩度になるように目盛りが刻まれている。

このように、マンセル表色法では、各色の相対関係を立体的にそれらの位置と距離によって具現化することができ、これは色立体と呼ばれている。マンセルは色相をヒュー(Hue)、明度をバリュー(Value)、彩度をクロマ(Chroma)と呼び、それぞれをH、V、Cの頭文字で表している。色相とは、色の質の相違、すなわち、「色合い」のことであり、どの波長成分が卓越しているかによって定性的に区分されるものである。明度とは、いわゆる色の「明るさ」のことであり、物体表面の反射率の高低によって決まる。彩度とは、いわゆる色の「鮮やかさ」のことであり、同じ明度をもつ無彩色から特定の色相方向へどれだけ離れているかにより決まる。

マンセル表色法は、色の知覚量にもとづき色を尺度化したものであるから、実際、H、V、Cの値が連記されると特別の人でなくとも色の様相を具体的にイメージできる。また、色の感覚が等歩度になるように配慮されているため、色違いの程度を判断したり、色どうしの感覚が等しくなるように色を選ぶことも容易である。このような利点から、マンセル表色法による色票は、デザインなどの分野で色に携わる人々に広く用いられ、非常に成功を収めている。しかし、色の知覚的等歩度性が完全に保たれている

かどうかについて疑問視する向きもあり(実用上はあまり問題とならないが)、また、色票と同じ色を調色しようとする場合、どのような色を選び、それらをどのような割合で混ぜ合わせたらよいのかという点で有効な情報をもたらすものではないため、色の操作という観点からは有用でない面があることを否定できない。

3.2.2.2 CIE表色法

次に、混色系の代表例である、CIE(Commission Internationale d'Eclairage: 国際照明学会)表色法について述べる。

CIEは、1931年に標準的な人間の色感覚と色刺激との関係を調べ、色刺激を表示するシステムを定めている。これは、その後1954年に補正修正され、今日に至っている。我が国の色に関する工業規格もCIEの表示方式に準拠したものである。

ここではその詳細については省略するが、その概要は次のようになる。スクリーン(拡散反射板)上に、投光器を用いて独立(独立とはそのうちの2つをどのような割合で混ぜても残りの色をつくることのできないことをいう)な3色の赤[R]、緑[G]、青[B]を同時に投影し、対象とする色(試験光)[C]と見えが同じようになるまで、投光器の絞り(光減衰器)を変化させることによりそれら3色の割合を調整し、これらが完全に一致(このことを等色という)したら、絞りの目盛りの値を読みとり、これらの値により色を表示する。これを数式で表現するために、次の色方程式が用いられる。

$$C[C] \equiv R[R] + G[G] + B[B] \dots\dots\dots(3-1)$$

ここで、[C]、[R]、[G]、[B]は、それぞれ試験光及び赤、緑、青の原色の単位ベクトルであり、C、R、G、Bは、それぞれ試験光及び原色の量(スカラー)を表す。また、≡の記号は等色を表す。この等価記号が用いられる理由は、試験光[C]と等色するためには、R、G、Bの値がいろいろありうるからである。なお、ある原色を多く用いれば他の原色は少なくすむので、R、G、Bの和はつねに一定値となる。厳密に言えば、[C]、[R]、[G]、[B]は、それぞれ試験色刺激及び器械原刺激の単位ベクトルであり、C、R、G、Bは、それぞれ光減衰器の調光量を表している。式(3-1)における[R]、[G]、[B]を原刺激といい、R、G、Bを三刺激値という。

式(3-1)を単位色刺激[C]についての色方程式に書き直すと、

$$[C] \equiv r[R] + g[G] + b[B] \dots\dots\dots(3-2)$$

ただし、 $r = R/C$, $g = G/C$, $b = B/C$ となるが、この r, g, b を色度という。xyz空間において、 x, y, z 軸にそれぞれ三刺激値 R, G, B をとり、式(3-1)における R, G, B を3次元空間における座標値と考え、色は原点から点 (R, G, B) へ向かうベクトルとして表される。このベクトルの大きさが色刺激の強さを表し、その方向が色度を表す。この空間(色空間という)において、平面 $x + y + z = 1$ を単位平面といい、色ベクトルが単位平面と交わる点の座標 (r, g, b) を色度座標という。したがって、色度 r, g, b は次式で定義される。

$$r = R / (R + G + B) \dots\dots\dots (3-3)$$

$$g = G / (R + G + B) \dots\dots\dots (3-4)$$

$$b = B / (R + G + B) \dots\dots\dots (3-5)$$

色度 r, g, b は、色の明るさ情報以外の色相や彩度に関するすべての情報を含んでいる。つまり、色度により、ある色が何色で鮮やかさはどのくらいかを表現することができる。しかし、明るさがわからなければ実際どんな色になるのかはわからないので、色度とともに明るさの程度を同時に示す必要がある。

3.2.2.3 RGB表色系

CIE表色法の代表例がRGB表色系である。これは、原刺激 $[R], [G], [B]$ をそれぞれ赤(700 nm)、緑(546.3 nm)、青(435.8 nm)の単色光とし、基礎刺激(原刺激を用いて等色させる基準となるべき色光)を等エネルギースペクトルの白色刺激と定めたものである。このとき、原刺激 $[R], [G], [B]$ の明度係数は測光量の単位で、1.0000 : 4.5907 : 0.0601 であり、すなわち、この表色系では、原刺激 $[R], [G], [B]$ を明度係数に従い、それぞれ 1.0000 lm、4.5907 lm、0.0601 lm ずつ(加法)混色すれば、 $1.0000 + 4.5907 + 0.0601 = 5.6508$ lm の等エネルギー白色光と等色することになる。

マンセル表色系の H, V, C と RGB表色系の r, g, b との間にはほぼどのような対応関係があるかについては既に明らかにされているが、これらは定式化が困難であり、また、厳密な対応関係が成り立つわけではない。

3.2.2.4 XYZ表色系

いま、試験光として、一定の放射エネルギー(例えば 1 W)で波長 λ の単色光の色刺激(単色光刺激) $[F_\lambda]$ をとる。単色光刺激は、スペクトル刺激ともいう。単色光は単一波長の光であるが、これは厳密には存在せず、有限の波長幅をもつので、波長幅を 1 nm とする。色刺激 $[F_\lambda]$ を原刺激 $[R], [G], [B]$ の混

合により等色させるとき、その混合量をそれぞれ $r_\lambda, g_\lambda, b_\lambda$ とすると、等色式は

$$[F_\lambda] = r_\lambda [R] + g_\lambda [G] + b_\lambda [B] \dots\dots\dots (3-6)$$

となる。このときの混合量 $r_\lambda, g_\lambda, b_\lambda$ を等色係数といい、これはスペクトル刺激に対する三刺激値であるからスペクトル三刺激値ともいう。また、波長の関数としてこれら三刺激値の相対値を表した $r(\lambda), g(\lambda), b(\lambda)$ を等色関数という。

RGB表色系では、等色関数は一部に負の値を含んでいる。例えば、緑(500 nm)のスペクトル色は原刺激 $[R], [G], [B]$ を 3 : 4 : 2 の割合で含んでいる(負の値の原刺激を実際に混色するには、色方程式における負の項を移項し、すべてが正の項になるようにし、それらの両辺をそれぞれ混色して等色させる)が、負の値の混在は煩雑な計算をとまらうことになり、当時の計算環境では計算に過度の負担を強いることになった。そこで、CIEは、1931年にRGB表色系とともに、等色関数の値がすべて非負となるような新しい原刺激 $[X], [Y], [Z]$ を定め、XYZ表色系を導入した。原刺激 $[X], [Y], [Z]$ は、実際には存在しない虚色である。RGB表色系とXYZ表色系は1次変換により相互に変換することができる。例えば、三刺激値 R, G, B から三刺激値 X, Y, Z への変換は次式

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots (3-7)$$

で表され、この逆方向の変換は、もちろん式(3-7)の逆変換を施せばよい。

XYZ表色系の特徴として、等色関数 $y(\lambda)$ を分光視感効率と一致するようにしていることがある。すなわち、三刺激値 Y はそのまま測光量(明るさ)を示すことになり、等色関数 $y(\lambda)$ が示す曲線は標準視感度曲線に一致するので非常に便利である。このことは、3.2.2.3で示したRGB表色系の定義と、式(3-7)における三刺激値 Y を求める手順とを比較することにより確かめられる。

なお、本研究においてRGB表色系を適用しようとする際には、3.3.1の解析手順②)で使用されるイメージスキャナの光学特性により決定されるRGB表色系を用いることになるが、これはCIEのRGB表色系とは異なる原刺激 $[R], [G], [B]$ をもつ。このようなRGB表色系に対して、式(3-7)を用いて、三刺激値 X, Y, Z の値を求めることが適切であるかどうかという問題に関して次のような検証を行った。第2

章で扱った全93例の景観に対し、第2章の解析で得られた階調値と、3.3.1の解析手順②)で得られる三刺激値 R, G, B から式(3-7)により求めた三刺激値 Y について、画像全体(全ピクセル)の平均値を求め、これらの相関を調べた。全93例の景観について、それらの相関をプロットしたものが図3-1である。相関係数は 0.9988 であり、階調値と Y との間には極めて高い相関があり、したがって Y は階調(明るさ)を表していることが分かった。この結果、本研究において、式(3-7)を適用して得られるXYZ表色系は妥当なものであると判断される。

XYZ表色系においても、RGB表色系と同様に色度 x, y, z を次式により定義する。

$$x = X / (X + Y + Z) \dots\dots\dots (3-8)$$

$$y = Y / (X + Y + Z) \dots\dots\dots (3-9)$$

$$z = Z / (X + Y + Z) \dots\dots\dots (3-10)$$

前述したように、XYZ表色系では、三刺激値 Y が明るさを表し、また、 $x + y + z = 1$ であることから、この体系を用いて色を表現するには、色度 x, y, z のうちの2つの値(一般的には、 x と y の値が用いられることが多い)と Y の値を示す必要がある。

3.2.3 景観解析における色彩の表現法

以上、代表的な色の表現方法とその特徴について概観したが、景観の色彩を定量的に解析するためには、景観から色彩についての情報を定量的に得る必要がある。この観点から、上述した表色法について考察を加え、それぞれの方法の本研究への適用の可否を検討する。

マンセル表色系によって景観の色彩を表現しようとする際には、景観写真などの各部分の色を標準色票と比較し、色票に示された値を用いて表現することになる。この作業は、評価対象を一様な色からなる部分のみとし、しかも主要な要素に限って比較的少数とする場合には実際に行うことが可能であるが、景観の中には色彩の微細な変化が非常に多く実在し、これらの連続によって景観全体が構成されているといってもよいが、これらまでをも評価対象とすることは現実的に不可能であるといわざるを得ない。また、これらの作業が主観的判断により行われる故、客観性や再現性という点で疑問が残ることを否定できない。本研究では、景観の色彩を定量的かつ客観的に解析し評価することを目的とし、そのために色を客観的に表現しようとともに再現性の保たれる方法を求める故、マンセル表色法の色の知覚的尺度という表現方法は、この観点からみると本研究のため

には不向きであると判断する。

一方、RGB表色系において、景観から色彩情報を得ることは、次のように考えることができる。 R, G, B の3原色を適当量 R, G, B ずつ混合した結果、ある色 C になることは次式で表現される。

$$RR + GG + BB = C \dots\dots\dots (3-11)$$

景観から色彩情報を得るということは、景観を構成する局所的な各点ごとに式(3-11)における R, G, B の値を求めることに該当するが、この一連の作業は実際にはイメージスキャナによって景観写真などを走査し、景観をカラー画像としてコンピュータに取り込むことにより、直接 R, G, B の値が求められることになるので、非常に容易にかつ客観的に実現が可能である。しかも、色度 r, g, b の値を求める過程はアルゴリズムにより完全に再現性が確保されている故、本研究の目的には適したものであると考えられる。このように、RGB表色系は、色を光の色として、客観的かつ定量的に表示する方法であるために、景観を画像データとして扱うのに非常に適した方法であるといえる。

また、XYZ表色系については、式(3-7)により、 R, G, B の値から X, Y, Z の値が計算により直接求められ、しかも、色度 x, y, z の値を求める過程はアルゴリズムにより完全に再現性が確保されている故、RGB表色系と同等の再現性を期待できるといえる。

以上の考察により、本研究においては色彩の解析という観点から、色彩の表現方法としてRGB表色系並びにXYZ表色系が適していると考えられる。ただし、RGB表色系は原刺激 $[R], [G], [B]$ が、厳密ではないにしろイメージしやすく把握しやすい色である故、解析結果と景観の視覚的に観察される特徴との関連性を考察しやすいのに対し、XYZ表色系の原刺激 $[X], [Y], [Z]$ は実在しない虚色である故、これらをイメージすることは不可能であり、解析結果と視覚的に観察される特徴との関係を考察するのは困難である。したがって、本研究では、主にRGB表色系を用いることにするが、XYZ表色系が色彩の分野で広く用いられている現状も配慮し、XYZ表色系を用いた解析も行い、この結果は主に第4章において景観の分類指標として用いることにする。

3.2.4 色彩とゆらぎ

景観を平面的に広がる色の点の連続として考えると、位置とともに色の変化があり、それらの相対的な位置関係で景観はさまざまな様相を呈する。変化

の仕方によっては一つの物体が表現されるときもあれば、全く無意味なものともなりうる。第1章でも述べたように、これらの認識の成立はゲシュタルト要因を考えることによって説明できる。例えば、視野の中に1色のみの色からなる部分があるとき、まわりのさまざまに分布する色とその部分の一樣な色との境界でその部分がまわりから分離されて(マッハ効果)、その輪郭の認識が成立することになり、記憶機能の作用によりある物体の存在が認識されることになる。さらに、物体の大きさがその一樣な色の広がりによって把握され、その表面のテクスチャについてさえも、表面の色の様子が均一であることから平坦性を推測できる^{3-21), 3-22)}ことになる。また、視野の中に色がさまざまに変化している部分があるとき、その変化に規則性が見い出される場合は、それが模様であるという認識が成立し、さらにその模様に対して何らかの印象が抱かれることが多いともいえる。町並みなどの景観を目にする際にも、それが雑然とした町並みであるとか、殺伐とした町並みであるとか、あるいはにぎやかな町並みであるとかといったさまざまな印象が抱かれるが、それは視野における色の分布の様子が大きく影響していると考えられる。さらには、ある町並みの写真などを目にする場合でも、それが「～の町並みである」と判断できる場合が決して少なくないが、このようなときには、記憶の中の「～の町並み」と実際に目にしてしている視野との比較や照合が行われているが、すなわち、この過程は記憶における「～の町並み」の色の分布と、実際に目にしてしている視野における色の分布との比較であると考えられ、いわば色の配列のパターンが判別の鍵となっていると考えることができる。

このような例を考えても分かるように、人の視野は色の連続からなっていると考えられ、色相、明度、彩度がともに変化している場合もあれば、いずれか一つのみが変化している場合もある。これらの変化の仕方によって外界に関するさまざまな情報をもたらされ、また、いろいろな印象を抱かせうる要因もこの中に含まれていると考えられる。したがって、景観がもつ「全体的かつ雰囲気的な特徴」とは、景観の中に存在する色彩の分布の特性のことであると理解できるのではないかと考える。

第2章では以上と同様な観点から、景観の階調の変化に関してゆらぎという視点から定量的に解析を行った³⁻¹⁾が、これは色彩の明度の変化に関する解

析であるといえる。前述したように、色彩は色相、明度、彩度の3属性からなるので、景観の特徴を定量的に理解するためには、色相や彩度の変化に関する解析も不可欠である。このことは、次のような例を考えると分かりやすい。まず第一に、さまざまな色合いや鮮やかさが多様に広がる景観に対して、その明度の変化を解析するだけでは景観のもつ色彩の特性の一面をとらえているにすぎず、したがって解析される内容が不十分であることは明らかであり、残りの2属性の変化に関する特性を合わせて景観の特徴を把握する必要があることはいうまでもない。

さらに、色相や彩度の変化がない、明度の差のみから構成される景観、例えば、白と黒で統一された家具やインテリアからなる景観、倉敷の白壁の景観、寺院の伝統的日本庭園における砂の模様の景観などに対しては、それが明度の変化のみから構成される景観である限り、第2章で行った階調の解析においてその特性がとらえられうることにはなる。しかし、現実には、いろいろな色が多様に含まれ色合いや鮮やかさがさまざまに変化している景観が多い中で、明度の差のみからなる白と黒の色調の景観の存在は、特異ないしは稀少なものであるといえ、その点を定量的にも評価することが必要であると考えられる。実際、我々は前述したような景観に非日常性を感じ、特別な印象を抱きながら接している。例えば、前述した白と黒の家具やインテリアに対しては、その色調が簡素であることから落ちつきのある印象を抱くことが多く、実際、我々は時として「シンプル」という言葉でそれらの特徴を言い表すことも多い。倉敷の白壁の景観や寺院の伝統的日本庭園の砂の模様は、その色調からそれぞれ独特の情緒に富んだ心象的ともいえる特徴が醸し出され、それを目にする我々の心に深い印象を与えている。また、全体が明度の差のみから構成されるような景観でなくとも、視野の中で明度の差のみからなる一部分があるような場合でも、いろいろな色が多様に含まれさまざまに変化している視野の中で、その部分が特異な存在として認識されることは日常的に経験していると考えられる。

これらのことから分かるように、明度のみの解析結果を用いた評価では、多様な色合いに富んだ景観と単一の色合いからなる景観との相違が解析結果に十分反映され得ない。つまり、真に白と黒のみから構成される景観と、例えば緑色で明るさの差のみからなる景観は、それが何色がかかったものであるかという点で異なり、異なる特徴をもつ景観であるとい

え認識が成立すると考えられるにもかかわらず、明度という面からではその相違を表現することができない。また、視野の中に青色の部分がある場合と、赤色の部分がある場合を考えると、やはり明度という面からはその相違を十分に表し得ず、特にそれら2色が同一の明るさである場合には、その違いは全くとらえられない。一方、色彩の3属性をすべて解析対象として景観を評価する場合を考えると、一般的な景観では、3属性それぞれが多様に変化しているのに比べ、前述の明度の差のみから構成される白と黒の色調の景観では、色相や彩度がほぼ一定の値をとる一方で明度のみが変化している特性が定量的にとらえられることになり、景観の特異性や稀少性が表現できることになる。したがって、3属性の変化をそれぞれ解析し、それらを合わせて評価することにより、景観のもつ特徴を定量的に理解できるのではないかと考える。すなわち、白と黒の色調のみからなる景観は、その明るさの変化だけを正確にとらえたとしても十分ではなく、さまざまな色彩が存在する中で白と黒のみから構成される景観としてとらえてこそ意味があると考えるのである。

以上の考察を通して、景観の色彩の変化を解析することは重要な問題であると考えられ、その中でも第2章で解析対象とした明度の変化を除く、色相や彩度の変化を解析することが必要であると考えられる。このためには、3.2.2.2で述べたように、色度が色の明度を除く色相や彩度に関するすべての情報を含んでいるものである故、景観の色度 r, g, b (あるいは色度 x, y, z)の変化を解析すればよいと考える。また、変化の様子に関する特性は、第1章や第2章における解析において明らかになったように、ゆらぎの値を用いて定量的に表現することが可能であるから、色度の変化もその全体性や局所性といった特性を把握するためにはゆらぎが有効であると考えられる。なお、2.2.1で述べた、階調のゆらぎを2次元的に調べる利点は、色度のゆらぎを2次元的に調べる利点でもあるといえる。すなわち、

- i) 変化のもつ強さ・弱さと、粗さ・細かさの両方の側面を、方向性をもって定量的にとらえられる。
- ii) スカイラインや景観要素の輪郭は、色度(色相や彩度)の変化が大きく生じる境界としてゆらぎに反映される。
- iii) 形が複雑であるなどの理由により、形態の抽出が困難な対象に対しても評価が可能となる。例えば、色合いの違いによって織りなされた模様など

がこれにあたる。

iv) 色相や彩度の明確な境界として線的に検出不可能な緩やかな変化の場合でもゆらぎに反映される。例えば、霞のかかった風景や建物の壁面の微妙なテクスチャなどがこれにあたる。

v) 樹木を含んだ景観に対しても他の景観と同様に定量的な解析が可能となる。例えば、樹木の間から空が見え隠れしているような景観は、ii), iii), iv)のいずれにも当てはまり、樹木の景観に及ぼす影響をゆらぎという視点から定量的に調べる事ができる。

以上の考察をもとに、第3章において景観の色度 r, g, b のゆらぎと色度 x, y, z のゆらぎを2次元的に解析することにする。

3.3 ゆらぎによる景観の色彩解析

3.3.1 解析手法

前述したように、第3章においては2次元的に広がる景観の色度分布を解析しそのゆらぎを調べるが、その処理方法は第2章における階調のゆらぎを解析する手法と基本的に同じである。

RGB表色系における解析の手順を以下に示す。

- 1) 標準レンズ(写角 43°)を用いて解析対象の撮影を行う。標準レンズを用いる理由は、像の周辺部での歪みが小さく、かつ写角が比較的大きいことによる。
- 2) 撮影された各写真を等縮尺で、イメージスキャナー(読み取り解像度300 DPI)によりコンピュータに取り込む。取り込まれるデータは、 R, G, B 各256階調のデジタルカラー画像である。解析において、原画像の単位長さが空間周波数(距離(ピクセル)あたりの波の数)の単位となり、コンピュータ画像のピクセルがこれに対応するので、写真の拡大率を各データについて統一することが必要である。今回は写真の短辺方向がコンピュータ画像の128ピクセルに相当するように写真の拡大率を決定した。これは第2章における解析の際の値と同一である。1ピクセルは写角約 0.2° に対応する。
- 3) 画像の中心部に位置する、長辺方向128ピクセルに渡る正方形領域、すなわち、 128×128 ピクセルの領域を解析対象領域として取り出し、各ピクセルごとに R, G, B 各階調値から式(3-3)、(3-4)、(3-5)により定義される r, g, b 各色度を求め、こ

れを全ピクセルについて行うことにより、1画像から r, g, b の各色度分布のデータを3つ作成し、これを解析データとする(3-24), (3-25), (3-26), (3-27), (3-28), (3-29)。解析画像の左下隅を原点とし、画像の水平方向に x 軸を、垂直方向に y 軸をとる(図3-2:各色度の値は100倍して表示している)。

4) 得られた色度分布データ $f(n, m)$ ($n=0, 1, \dots, N-1$; $m=0, 1, \dots, M-1$)に対し、次式

$$F(k, l) = \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} f(n, m) e^{-i2\pi kn/M} e^{-i2\pi lm/M} \quad (3-12)$$

$(k=0, 1, \dots, N-1; l=0, 1, \dots, M-1)$

で表される2次元離散的フーリエ変換により、 r, g, b 各色度分布データについて、 x, y 各軸方向の各空間周波数に対するパワースペクトルを計算する(3-30), (3-31), (3-32), (3-33), (3-34) (2.2.2の4)参照)。

5) r, g, b 各色度分布データについて、 x 軸方向空間周波数を x 軸に、 y 軸方向空間周波数を y 軸に、得られたパワーを z 軸にとり、 xyz 空間に計算結果をプロットする。なお、3軸とも対数軸である。

6) 最小2乗法を用いて、プロットされた点の分布の相関を平面

$$z = ax + by + c \dots \dots \dots (3-13)$$

に回帰させる(3-35)ことにより表現する(図2-2参照)。回帰の適合度の検定は χ^2 検定により、危険率5%と1%で行った(3-37), (3-38), (3-40), (3-41)。

7) 式(3-13)における偏回帰係数 a は x 軸方向のゆらぎの程度を表す。ここで、 x 軸方向のゆらぎとは、 $r(g, b)$ の色度分布データを x 軸方向に走査した場合の色度 $r(g, b)$ のゆらぎのことであり、本論文では「色度 $r(g, b)$ の水平方向ゆらぎの値」と定義する。同様に、式(3-13)における偏回帰係数 b を「色度 $r(g, b)$ の垂直方向ゆらぎの値」と定義する。以下、第3章においては、これらをそれぞれ、単に「 $r(g, b)$ の水平方向ゆらぎの値」、「 $r(g, b)$ の垂直方向ゆらぎの値」と呼ぶ。なお、これら a, b の値はそれぞれ、パワースペクトル分布の回帰平面と xz 平面、 yz 平面との交線の傾きに一致するので、 xz 平面、 yz 平面上におけるこれらの直線を考えると、それぞれの方向のゆらぎの程度を把握、理解しやすい。また、「水平方向」とは景観写真や解析画像上での方向を意味し、これは遠景などでは実際の水平方向と一致するが、透視景観では実際の町並みなど

の水平方向とは必ずしも一致しないことに注意する必要がある。

本研究では、3)~6)の一連の処理を行うプログラムを言語により作成し用いている。なお、4)の計算は実行に多大な時間を要するため、高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)のアルゴリズムを用いた(3-35), (3-37), (3-37)。

XYZ表色系における解析では、解析手順3)において、画像から128×128ピクセルの領域を解析対象領域として取り出した後に、各ピクセルごとに R, G, B の値から式(3-7)を用いて X, Y, Z の値を求め、次に式(3-8), (3-9), (3-10)により定義される x, y, z 各色度を求め、これを全ピクセルについて行うことにより、1画像から x, y, z の各色度分布のデータを3つ作成し解析データとする以外は、RGB表色系における解析と何ら違いはない。

3.3.2 解析対象

第3章において解析の対象とする景観は、第2章で解析を行った景観、すなわち、全93例とする。その理由は、各景観について階調のゆらぎ特性と色彩のゆらぎ特性の両方を調べ、得られたすべてのゆらぎの値を用いて、第4章において、景観の全体的かつ雰囲気的な特徴と各ゆらぎの値との関連性について考察を行い、景観の特徴を表現する指標としてのゆらぎの有用性について検証を行うことを目的とするためである。第3章では、全93例の景観写真から、3.3.1で述べた手法により、1例あたり r, g, b の各色度分布データを3つ、 x, y, z の各色度分布データを3つ作成し、これを解析データとする。図3-3と図3-4に各解析データに対応する景観写真を示し、章末の注3-1にその撮影地と撮影日を示す。以下、第3章において各景観に言及する場合は、図3-3または図3-4の各写真下のNo.を用いる。なお、これらは第2章における各景観のNo.と同一である。

3.3.1 解析結果

93例の全データについて、解析の結果得られた r, g, b 各色度の水平方向ゆらぎの値と垂直方向ゆらぎの値をプロットしたものが図3-5であり、 x, y, z 各色度の水平方向ゆらぎの値と垂直方向ゆらぎの値をプロットしたものが図3-6である。なお、図中には第2章の解析で得られた階調の各方向ゆらぎの値も共にプロットした(☒印で示す)。章末の注3-2にパワースペクトル分布の平面への回帰に関する χ^2 検定(適合度検定)の結果を示す。また、各景観別にこれまでの解析で得られたすべてのゆらぎの値を

プロットしたものが図3-7~図3-14である。なお、どのグラフもすべて、横軸にそれぞれの水平方向ゆらぎの値を、縦軸にそれぞれの垂直方向ゆらぎの値をとっている。

図3-5から、色度 r, g, b のゆらぎの値に関して、以下に示すことが分かった。

- i) 色度 r では、水平方向ゆらぎの値と垂直方向ゆらぎの値の接近した景観が多いのに対して、色度 g, b では垂直方向ゆらぎの値が水平方向ゆらぎの値に比べ小さい景観がほとんどである。
- ii) r, g, b 各色度のゆらぎの値の標準偏差からも分かるように、 r, g, b いずれの色度のゆらぎの値についても、水平方向に関してよりも垂直方向に関して広く分布し、したがって垂直方向のゆらぎの値は景観ごとにばらつきが大きい。
- iii) ほぼすべての景観で、 r の水平方向ゆらぎの値が、 g, b のそれよりも大きくかけ離れて小さく、 g, b の水平方向のゆらぎの値はほぼ0付近に集中し、色度 g, b は水平方向に関して白色ゆらぎの様相を呈している。
- iv) 水平に広がるスカイライン形態をもつ景観は、No.82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93など、 r, g, b いずれの垂直方向ゆらぎの値も他の景観と比べて非常に大きく、第2章の階調の解析において見られたのと同じ傾向が見られる。これらの景観は、各色度の垂直方向ゆらぎの値が、 r では約-0.1~-0.3、 g, b では約-0.05~-0.35の帯域に布置されている。No.84は水平方向のスカイラインをもつ都市の近景であり、階調の垂直方向ゆらぎの値に関しては他の水平方向のスカイラインをもつ景観と同様に大きな値となっているが、その反面 r, g, b の垂直方向ゆらぎの値は全データの中で中間的な値となり、特に r の垂直方向ゆらぎの値は-0.39であり、これは前述した他の景観から突出して小さい。第1章や第2章における解析で見てきたように、変化が「ダイナミック」になるほどゆらぎの値は小さくなるので、この結果はNo.84が色度に関して垂直方向の変化が少なからずあることを示している。また、No.84の水平方向の各色度のゆらぎの値は r が-0.53と全景観の中で最も小さく、 g, b も全景観の中では著しく小さい。このことは、前述した水平方向のスカイラインをもつ景観が自然景観あるいは都市の遠望であり、色彩の変化がそれほど顕著ではない景観であるのに対して、No.84は水平方向のスカイラインをも

った都市の近景である故、色彩の変化に富んでいることを反映した結果であると考えられる。また、No.85, 86は、 r の垂直方向ゆらぎの値は非常に大きな値となっているが、階調や g, b の垂直方向ゆらぎの値は中間的な値となっている。このことは、垂直方向に関して、 r の変化は小さく、階調や g, b の変化が少なからずあることを意味し、これらの景観が緑色の支配的な水田の風景であることを反映した結果であると考えられる。

v) V字型のスカイラインをもつ景観は、No.46, 47, 49, 50, 51, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 79, 80, 81など、 r, g, b いずれの垂直方向ゆらぎの値も比較的小さい値となり、第2章の階調の解析において見られたのと同じ傾向が見られる。これらの景観は、各色度のゆらぎの値が、 r では約-0.3~-0.5、 g, b では約-0.35~-0.6の帯域に分布している。iv)の結果と合わせて、各色度の垂直方向ゆらぎの値は、階調の垂直方向ゆらぎの値と同様に、構図の影響を受けると判断され、図3-5においては、 r, g, b の垂直方向ゆらぎの値の特定の帯域に、それぞれのスカイライン形態をもつ景観が布置される結果となった。

また、図3-6から、色度 x, y, z のゆらぎの値に関して、以下に示すことが分かった。

- i) 色度 x では、水平方向ゆらぎの値と垂直方向ゆらぎの値の接近した景観が多いのに対して、色度 y, z では垂直方向ゆらぎの値が水平方向ゆらぎの値に比べ小さい景観がほとんどである。
- ii) x, y, z 各色度のゆらぎの値の標準偏差からも分かるように、 x, y, z いずれの色度のゆらぎの値についても、水平方向に関してよりも垂直方向に関して広く分布し、したがって垂直方向のゆらぎの値は景観ごとにばらつきが大きい。
- iii) ほぼすべての景観で、 x の水平方向ゆらぎの値が、 y, z のそれよりも大きくかけ離れて小さく、 y, z の水平方向のゆらぎの値はほぼ0付近に集中し、色度 y, z は水平方向に関して白色ゆらぎの様相を呈している。
- iv) 水平に広がるスカイライン形態をもつ景観は、No.82, 83, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93など、 x, y, z いずれの垂直方向ゆらぎの値も他の景観と比べて非常に大きく、第2章の階調の解析において見られたのと同じ傾向が見られる。これらの景観は、各色度の垂直方向ゆらぎの値が、 x では約-0.1~-0.3、 y, z では約-0.05~-0.35の帯域に

布置されている。No.84は水平方向のスカイラインをもつ都市の近景であり、階調の垂直方向ゆらぎの値に関しては他の水平方向のスカイラインをもつ景観と同様に大きな値となっているが、その反面 x 、 y 、 z の垂直方向ゆらぎの値は全データの中で中間的な値となり、特に x の垂直方向ゆらぎの値は -0.43 であり、これは前述した他の景観から突出して小さい。変化が「ダイナミック」になるほどゆらぎの値は小さくなるので、この結果はNo.84が色度に関して垂直方向の変化が少なからずあることを示している。また、No.84の水平方向の各色度のゆらぎの値は x が -0.48 と全景観の中で最も小さく、 y 、 z も全景観の中では著しく小さい。このことは、前述した水平方向のスカイラインをもつ景観が自然景観あるいは都市の遠望であり、色彩の変化がそれほど顕著ではない景観であるのに対して、No.84は水平方向のスカイラインをもつ都市の近景である故、色彩の変化に富んでいることを反映した結果であると考えられる。また、No.85、86は、 x の垂直方向ゆらぎの値は非常に大きな値となっているが、階調や y 、 z の垂直方向ゆらぎの値は中間的な値となっている。このことは、垂直方向に関して、 x の変化は小さく、階調や y 、 z の変化が少なからずあることを意味しているが、式(3-7)の意味、すなわち、三刺激値 X 、 Y 、 Z について、 X の値には R の値が大きく寄与し、 Y の値には G の値が非常に大きく寄与し、 Z の値はほぼ B のみを反映していることを考え合わせると、これらの結果はNo.85、86が緑色の支配的な水田の風景であることを反映した結果であると考えられる。

v) V字型のスカイラインをもつ景観は、No.46、47、49、50、51、62、63、64、65、66、68、69、70、71、72、74、76、77、79、80、81など、 x 、 y 、 z いずれの垂直方向ゆらぎの値も比較的小さな値となり、第2章の階調の解析において見られたのと同じ傾向が見られる。これらの景観は、各色度のゆらぎの値が、 x では約 $-0.3 \sim -0.55$ 、 y 、 z では約 $-0.35 \sim -0.6$ の帯域に分布している。iv)の結果と合わせて、各色度の垂直方向ゆらぎの値は、階調の垂直方向ゆらぎの値と同様に、構図の影響を受けると判断され、図3-6においては、 x 、 y 、 z の垂直方向ゆらぎの値の特定の帯域に、それぞれのスカイライン形態をもつ景観が布置される結果となった。以上の考察を通して、RGB表色系とXYZ表色系

の解析結果は極めて類似したものであるといえる。しかも、 r 、 g 、 b の各方向ゆらぎの値が示す傾向と x 、 y 、 z の各方向ゆらぎの値が示す傾向はそれぞれ類似している結果となったが、このことは式(3-7)の意味、すなわち、三刺激値 X 、 Y 、 Z について、 X の値には R の値が大きく寄与し、 Y の値には G の値が非常に大きく寄与し、 Z の値はほぼ B のみを反映していることを考えると自然な結果であると判断できる。

3.4 まとめ

第3章では、景観を2次元の平面内に広がる色彩の分布であるとしてとらえ、色彩の変化を2次元的に調べることによりその特性を定量的に把握する手法を提案し、さらに第2章と同じ実在する景観に対して解析を行った。その結果、RGB表色系では、色度 r と色度 g 、 b では、各方向ともゆらぎの値のとり範囲に大きな差異があり、 g 、 b の水平方向に関してはほとんどの景観が白色ゆらぎの様相を呈していることが分かった。この結果はXYZ表色系でも得られ、すなわち、色度 x と色度 y 、 z では、各方向ともゆらぎの値のとり範囲に大きな差異があり、 y 、 z の水平方向に関してはほとんどの景観が白色ゆらぎの様相を呈していることが分かった。また、 r 、 g 、 b 、 x 、 y 、 z いずれの垂直方向ゆらぎの値とも、水平に広がるスカイライン形態をもつ景観では非常に大きくなり、V字型のスカイライン形態をもつ景観では比較的小さな値となった。これらのことから、階調のゆらぎの値の示す傾向と同じように、垂直方向では各色度とも構図の影響を顕著に受け、その一方で水平方向では、色度 r と x に各景観のもつ色彩変化の程度の差異が表れやすいことが分かった。このように、 r 、 g 、 b の各方向ゆらぎの値が示す傾向と x 、 y 、 z の各方向ゆらぎの値が示す傾向はそれぞれ類似したものとなり、RGB表色系とXYZ表色系を用いた解析では、極めて類似した結果を得ることとなった。

以上、景観の色彩変化に対する定量的な把握という点で、各景観のもつ色彩変化の特性を定量化することができ、ゆらぎによる解析の有用性を示し得たと考える。

また、各色度のゆらぎの値が景観の特徴をどのように反映したものであるかという点について、各景観ごとにゆらぎの値との関連性に言及しなかった。この点に関して、次のように考えている。各景観ごとに考察し言及することは、それぞれの景観固有の

構図的原因や様相に影響され、客観的な判断を行うことについて困難が予想され、同時に判断に誤りが生じることも想像に難くない。そこで、視覚的に同じような特徴をもつ景観を複数まとめて把握することとし、これまでに得られた各ゆらぎの値を用いて各景観を定量的かつ客観的に分類することを通して、景観の特徴とゆらぎとの関連性をより明らかにできると考える。この点に関する分類作業や考察は第4章において行う。

注3-1

以下に、図3-3・図3-4における各景観写真の撮影地と撮影日を示す。

- No.1~No.23 倉敷市阿知二丁目、中央一丁目及び本町（倉敷市倉敷川畔伝統的建造物群保存地区）、1992年4月8日
- No.24~No.32 高山市神明町四丁目、上三之町及び上二之町（高山市三町伝統的建造物群保存地区）、1992年5月17日
- No.33~No.36 長野県木曾郡山口村神坂、1992年4月3日
- No.37~No.39 長野県木曾郡南木曾町吾妻（南木曾町妻籠宿保存地区）、1992年4月3日
- No.40~No.42 名古屋市緑区有松町（名古屋市町並み保存地区第1号）、1992年3月19日
- No.43 名古屋市中区錦三丁目、1992年3月20日
- No.44 名古屋市中区栄三丁目、1992年3月20日
- No.45 名古屋市中区栄二丁目、1992年3月20日
- No.46、47 名古屋市中区錦二丁目、1992年3月20日
- No.48、49 名古屋市中区栄二丁目、1992年3月20日
- No.50、51 名古屋市中区錦二丁目、1992年3月20日
- No.52 名古屋市中川区横堀町、1992年4月6日
- No.53 名古屋市中川区西日置二丁目、1992年4月6日
- No.54、55 名古屋市中区大須一丁目、1992年4月6日
- No.56 名古屋市中区大須二丁目、1992年4月6日
- No.57 名古屋市中区大須四丁目、1992年4月6日
- No.58、59 名古屋市千種区桜が丘、1992年4月6日
- No.60 名古屋市昭和区川名本町、1992年5月15日
- No.61 名古屋市千種区吹上二丁目、1992年5月15日
- No.62 名古屋市中区錦二丁目、1992年5月15日

- No.63 名古屋市中区新栄町、1992年5月15日
- No.64 名古屋市中区東桜二丁目、1992年5月15日
- No.65 名古屋市中区東桜二丁目、1992年5月15日
- No.66 名古屋市中区東桜一丁目、1992年5月15日
- No.67 名古屋市中区新栄町、1992年5月15日
- No.68 名古屋市中区栄四丁目、1992年5月15日
- No.69 名古屋市中区栄五丁目、1992年5月15日
- No.70 名古屋市中区新栄一丁目、1992年5月15日
- No.71 名古屋市中村区名駅四丁目、1992年5月15日
- No.72、73 名古屋市中区新栄二丁目、1992年5月15日
- No.74 名古屋市中区栄三丁目、1992年5月15日
- No.75~77 名古屋市中区錦三丁目、1992年5月15日
- No.78 名古屋市中区錦一丁目、1992年5月15日
- No.79、80 名古屋市中村区名駅四丁目、1992年5月15日
- No.81 名古屋市中村区名駅一丁目、1992年5月15日
- No.82~84 名古屋市昭和区宮東町、1992年5月27日
- No.85、86 愛知県海部郡弥富町荷之上、1992年6月10日
- No.87 岐阜県多治見市平井町、1992年4月3日
- No.88~90 愛知県渥美郡渥美町伊良湖、1992年3月12日
- No.91 岐阜県中津川市落合、1992年4月3日
- No.92、93 岐阜県大野郡丹生川村、1992年5月17日

注3-2

以下に、パワースペクトル分布の平面への回帰に関する χ^2 検定（適合度検定）の結果を示す。

RGB表色系

○：棄却されない（適合する）
×：棄却される（適合しない）

No.	χ^2 検定						No.	χ^2 検定					
	色度r		色度g		色度b			色度r		色度g		色度b	
	危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%		危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%
1	○	—	○	—	○	—	48	○	—	○	—	○	—
2	○	—	○	—	○	—	49	○	—	○	—	○	—
3	○	—	○	—	○	—	50	○	—	○	—	○	—
4	○	—	○	—	○	—	51	○	—	○	—	○	—
5	○	—	○	—	○	—	52	○	—	○	—	○	—
6	○	—	○	—	○	—	53	○	—	○	—	○	—
7	○	—	○	—	○	—	54	○	—	○	—	○	—
8	○	—	○	—	○	—	55	○	—	○	—	○	—
9	○	—	○	—	○	—	56	○	—	○	—	○	—
10	○	—	○	—	○	—	57	○	—	○	—	○	—
11	○	—	○	—	○	—	58	○	—	○	—	○	—
12	○	—	×	○	×	○	59	○	—	○	—	○	—
13	○	—	○	—	○	—	60	○	—	○	—	○	—
14	○	—	○	—	○	—	61	○	—	○	—	○	—
15	○	—	○	—	○	—	62	○	—	○	—	○	—
16	○	—	○	—	○	—	63	○	—	○	—	○	—
17	○	—	○	—	○	—	64	○	—	○	—	○	—
18	○	—	○	—	○	—	65	○	—	○	—	○	—
19	○	—	○	—	○	—	66	○	—	○	—	○	—
20	○	—	○	—	○	—	67	○	—	○	—	○	—
21	○	—	○	—	○	—	68	○	—	○	—	○	—
22	○	—	○	—	○	—	69	○	—	○	—	○	—
23	○	—	○	—	○	—	70	○	—	○	—	○	—
24	○	—	○	—	○	—	71	○	—	○	—	○	—
25	○	—	○	—	○	—	72	○	—	○	—	○	—
26	○	—	○	—	○	—	73	○	—	○	—	○	—
27	○	—	○	—	○	—	74	○	—	○	—	○	—
28	○	—	○	—	○	—	75	○	—	○	—	○	—
29	○	—	○	—	○	—	76	○	—	○	—	○	—
30	○	—	○	—	○	—	77	○	—	○	—	○	—
31	○	—	○	—	○	—	78	○	—	○	—	○	—
32	○	—	○	—	○	—	79	○	—	○	—	○	—
33	○	—	○	—	○	—	80	○	—	○	—	○	—
34	○	—	○	—	○	—	81	○	—	○	—	○	—
35	○	—	○	—	○	—	82	○	—	○	—	○	—
36	○	—	○	—	○	—	83	○	—	○	—	○	—
37	○	—	○	—	○	—	84	○	—	○	—	○	—
38	○	—	○	—	○	—	85	○	—	○	—	○	—
39	○	—	○	—	○	—	86	○	—	○	—	○	—
40	○	—	○	—	○	—	87	○	—	○	—	○	—
41	○	—	○	—	○	—	88	○	—	○	—	○	—
42	○	—	○	—	○	—	89	○	—	○	—	○	—
43	○	—	○	—	○	—	90	○	—	○	—	○	—
44	○	—	○	—	○	—	91	○	—	○	—	○	—
45	○	—	○	—	○	—	92	○	—	○	—	○	—
46	○	—	○	—	○	—	93	○	—	○	—	○	—
47	○	—	○	—	○	—							

XYZ表色系

○：棄却されない（適合する）
 ×：棄却される（適合しない）

No.	χ^2 検定						No.	χ^2 検定					
	色度 x		色度 y		色度 z			色度 x		色度 y		色度 z	
	危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%		危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%	危険率5%	危険率1%
1	○	—	○	—	○	—	48	○	—	○	—	○	—
2	○	—	○	—	○	—	49	○	—	○	—	○	—
3	○	—	○	—	○	—	50	○	—	○	—	○	—
4	○	—	○	—	○	—	51	○	—	○	—	○	—
5	○	—	○	—	○	—	52	○	—	○	—	○	—
6	○	—	○	—	○	—	53	○	—	○	—	○	—
7	○	—	○	—	○	—	54	○	—	○	—	○	—
8	○	—	○	—	○	—	55	○	—	○	—	○	—
9	○	—	○	—	○	—	56	○	—	○	—	○	—
10	○	—	○	—	○	—	57	○	—	○	—	○	—
11	○	—	○	—	○	—	58	○	—	○	—	○	—
12	×	○	×	○	×	○	59	○	—	○	—	○	—
13	○	—	○	—	○	—	60	○	—	○	—	○	—
14	○	—	○	—	○	—	61	○	—	○	—	○	—
15	○	—	○	—	○	—	62	○	—	○	—	○	—
16	○	—	○	—	○	—	63	○	—	○	—	○	—
17	○	—	○	—	○	—	64	○	—	○	—	○	—
18	○	—	○	—	○	—	65	○	—	○	—	○	—
19	○	—	○	—	○	—	66	○	—	○	—	○	—
20	○	—	○	—	○	—	67	○	—	○	—	○	—
21	○	—	○	—	○	—	68	○	—	○	—	○	—
22	○	—	○	—	○	—	69	○	—	○	—	○	—
23	○	—	○	—	○	—	70	○	—	○	—	○	—
24	○	—	○	—	○	—	71	○	—	○	—	○	—
25	○	—	○	—	○	—	72	○	—	○	—	○	—
26	○	—	○	—	○	—	73	○	—	○	—	○	—
27	○	—	○	—	○	—	74	○	—	○	—	○	—
28	○	—	○	—	○	—	75	○	—	○	—	○	—
29	○	—	○	—	○	—	76	○	—	○	—	○	—
30	○	—	○	—	○	—	77	○	—	○	—	○	—
31	○	—	○	—	○	—	78	○	—	○	—	○	—
32	○	—	○	—	○	—	79	○	—	○	—	○	—
33	○	—	○	—	○	—	80	○	—	○	—	○	—
34	○	—	○	—	○	—	81	○	—	○	—	○	—
35	○	—	○	—	○	—	82	○	—	○	—	○	—
36	○	—	○	—	○	—	83	○	—	○	—	○	—
37	○	—	○	—	○	—	84	○	—	○	—	○	—
38	○	—	○	—	○	—	85	○	—	○	—	○	—
39	○	—	○	—	○	—	86	○	—	○	—	○	—
40	○	—	○	—	○	—	87	○	—	○	—	○	—
41	○	—	○	—	○	—	88	○	—	○	—	○	—
42	○	—	○	—	○	—	89	○	—	○	—	○	—
43	○	—	○	—	○	—	90	○	—	○	—	○	—
44	○	—	○	—	○	—	91	○	—	○	—	○	—
45	○	—	○	—	○	—	92	○	—	○	—	○	—
46	○	—	○	—	○	—	93	○	—	○	—	○	—
47	○	—	○	—	○	—							

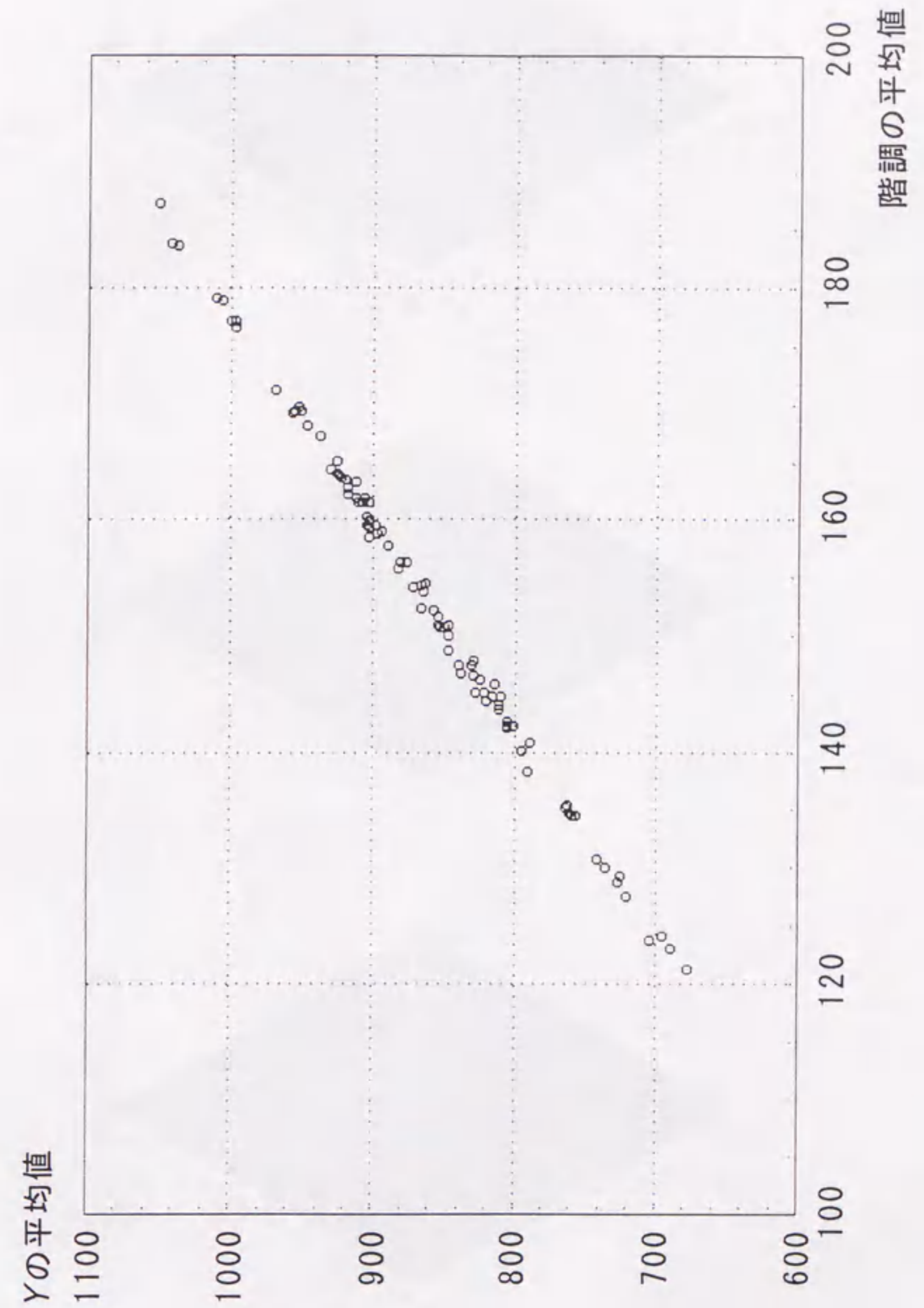


図 3-1 階調値と三刺激値 Y との相関

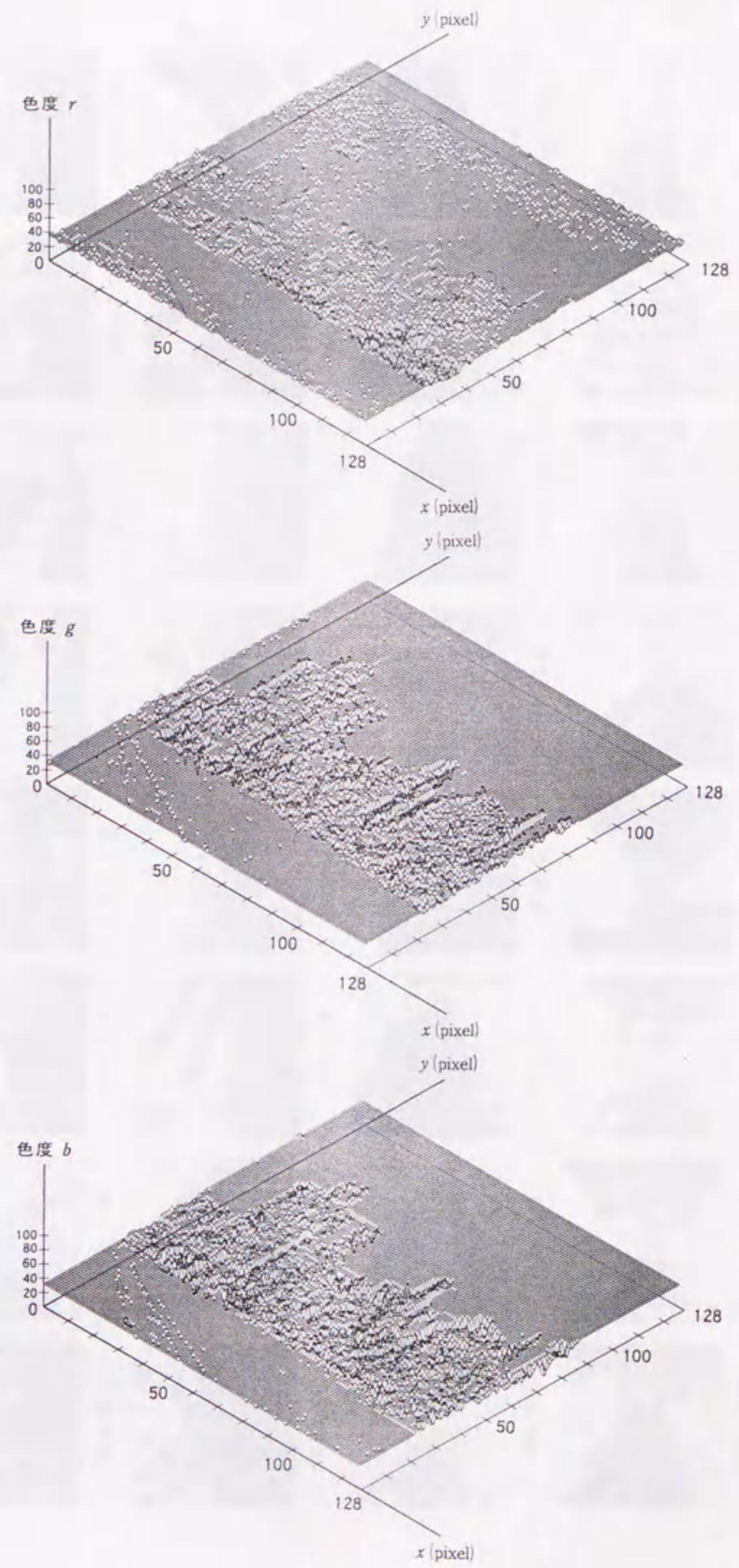


図 3-2 解析データ例 (RGB 表色系)

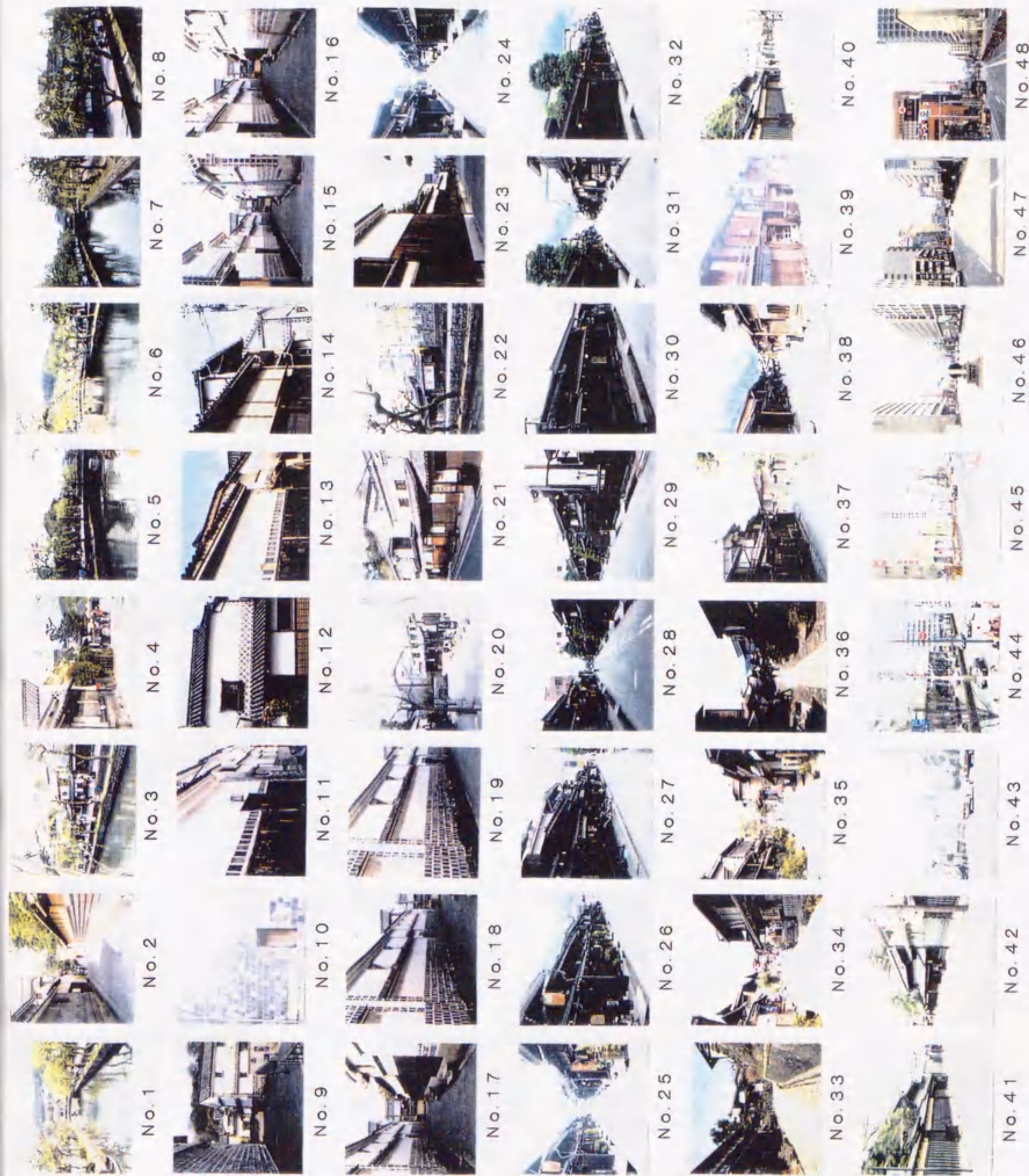
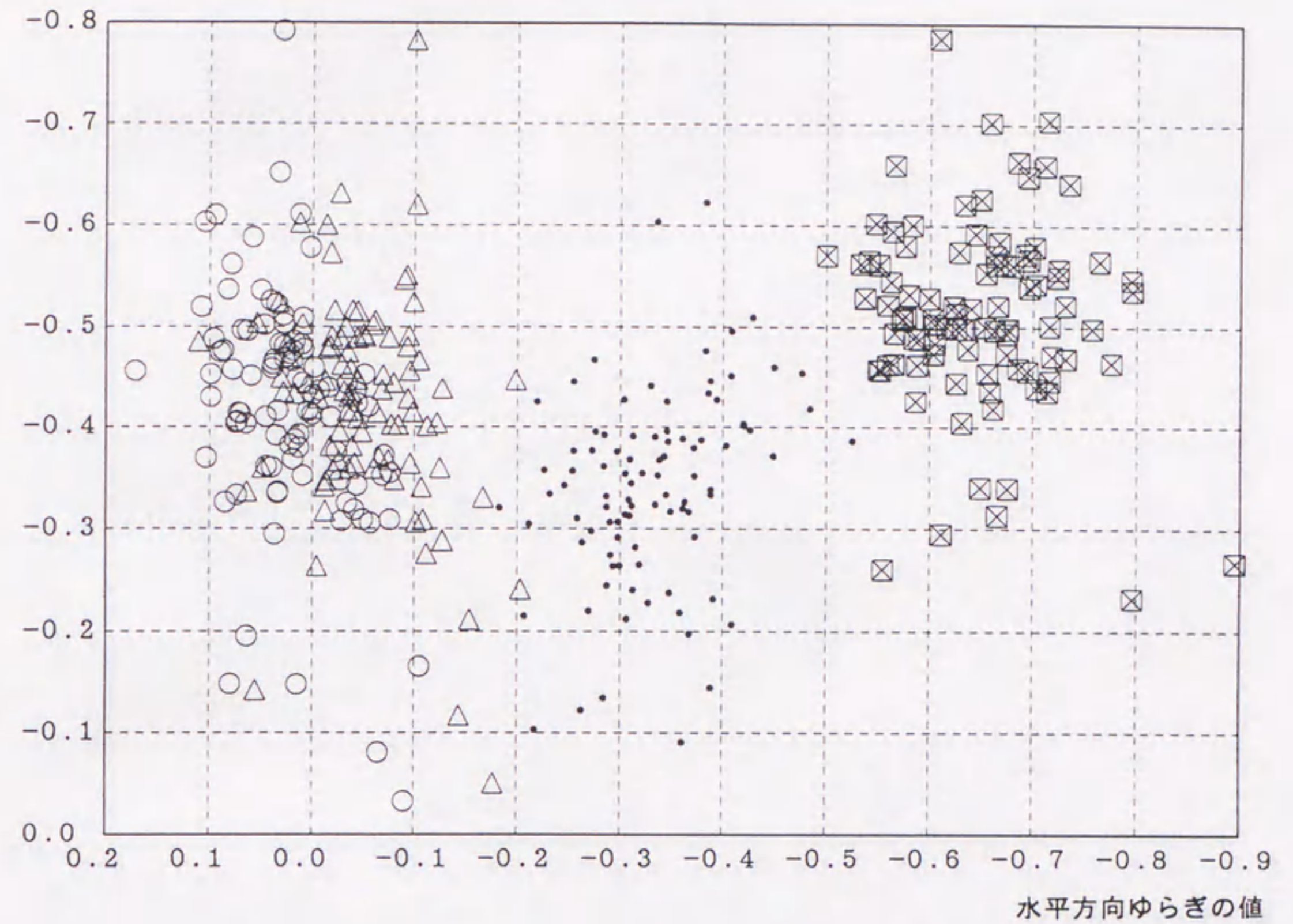


図 3-3 解析対象 (その1)



図 3-4 解析対象 (その2)

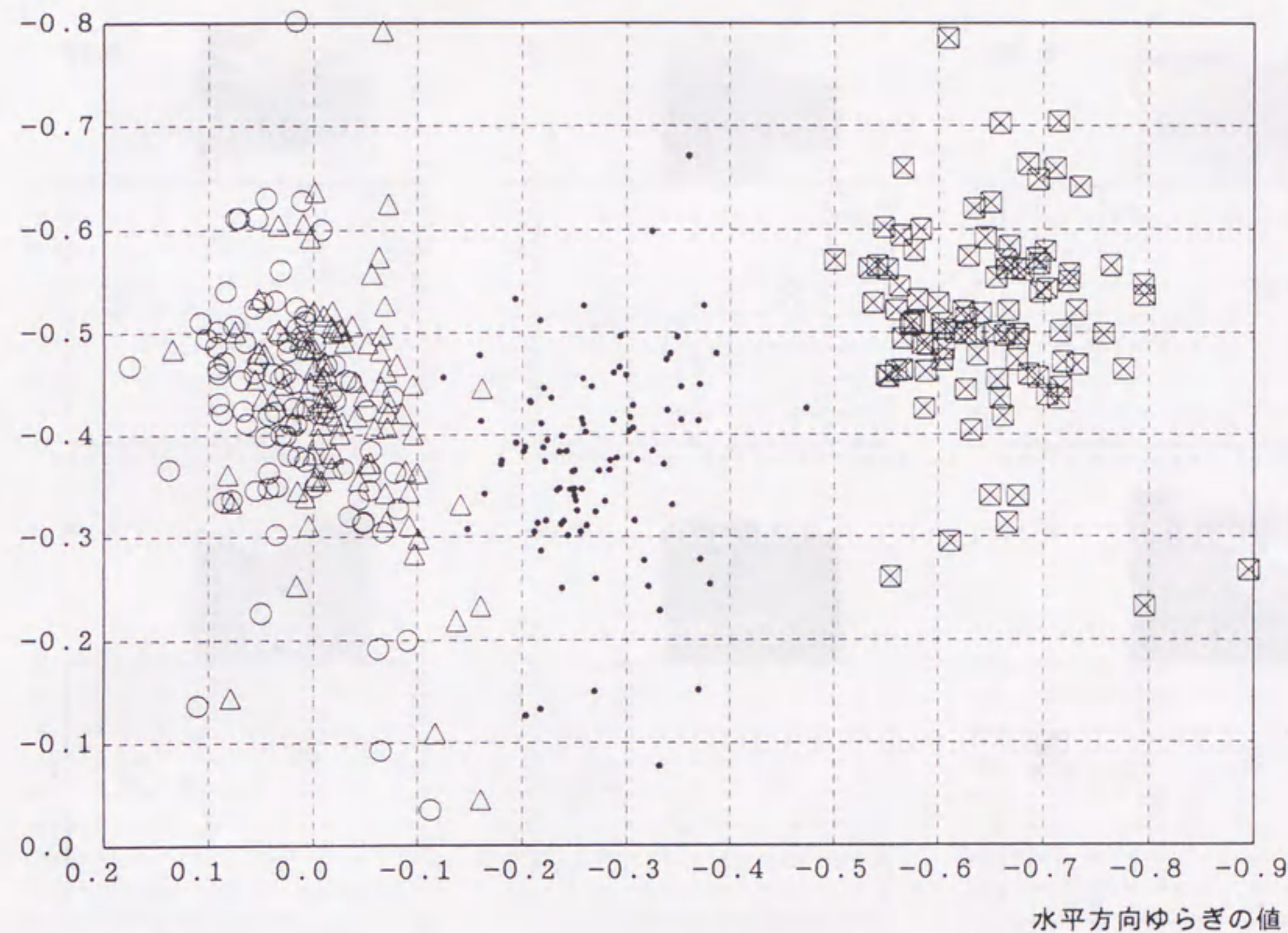
垂直方向ゆらぎの値



	水平方向ゆらぎの値		垂直方向ゆらぎの値		
	全データ平均	標準偏差	全データ平均	標準偏差	
階調	-0.64714	0.07147	-0.51270	0.09293	色度 r : ·
色度 r	-0.33078	0.06521	-0.34041	0.09520	色度 g : ○
色度 g	0.02285	0.05209	-0.42058	0.11454	色度 b : △
色度 b	-0.05123	0.05209	-0.42493	0.10622	階調 : ⊠

⊠ 3-5 解析結果 (全データ・RGB 表色系)

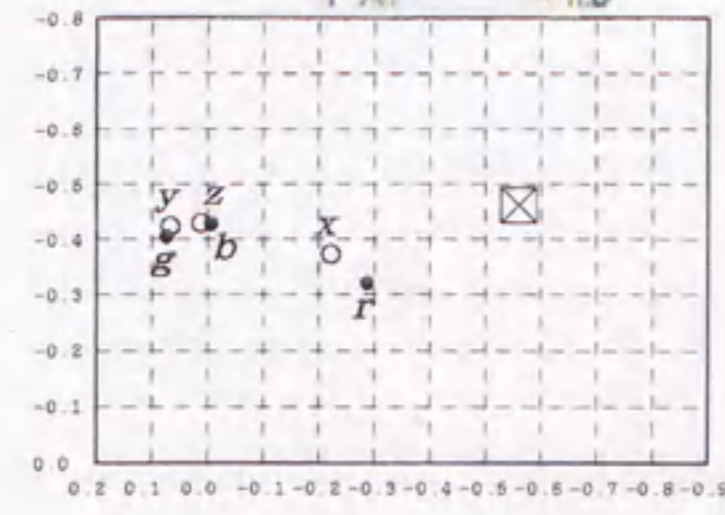
垂直方向ゆらぎの値



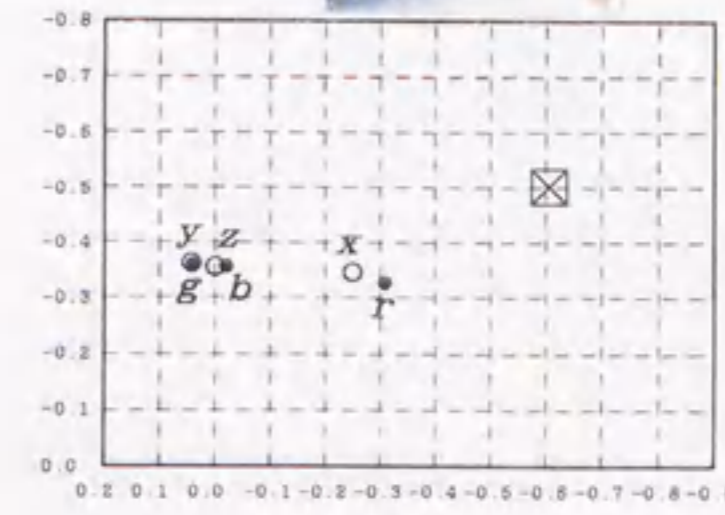
	水平方向ゆらぎの値		垂直方向ゆらぎの値		
	全データ平均	標準偏差	全データ平均	標準偏差	
階調	-0.64714	0.07147	-0.51270	0.09293	色度 x: ·
色度 x	-0.26936	0.06265	-0.37543	0.09653	色度 y: ○
色度 y	0.02130	0.05441	-0.42741	0.11303	色度 z: △
色度 z	-0.02771	0.05441	-0.42772	0.10870	階調: □

図 3-6 解析結果 (全データ・XYZ 表色系)

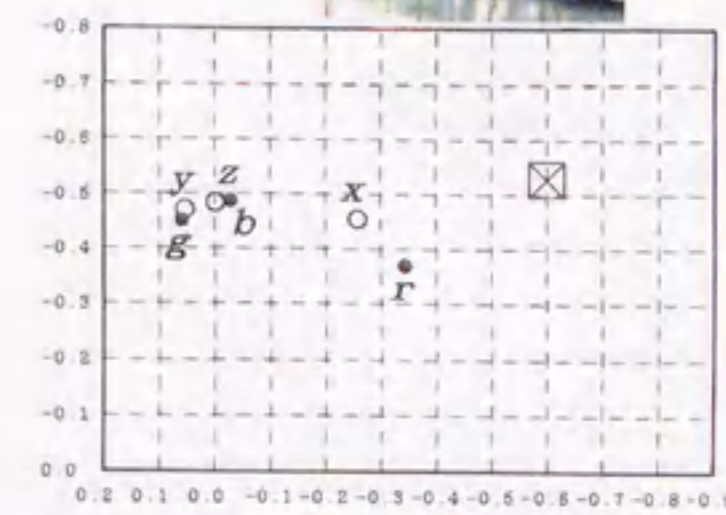
No. 1



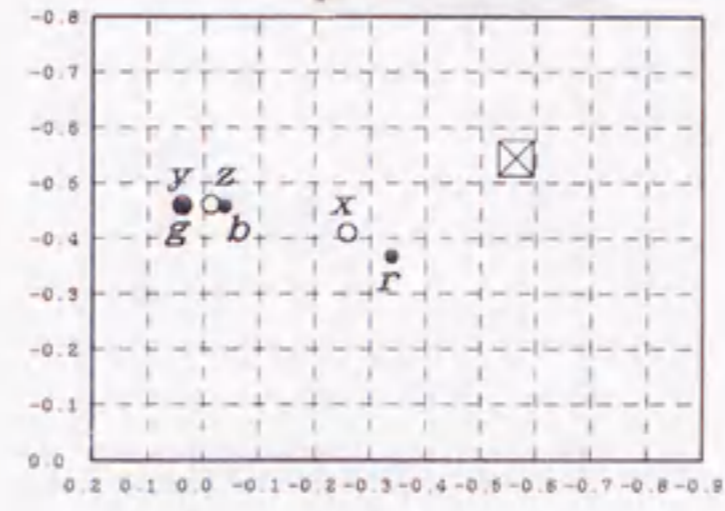
No. 2



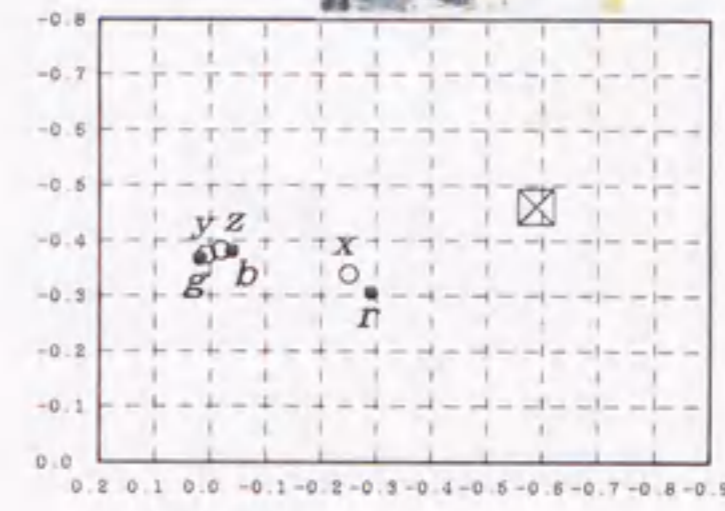
No. 3



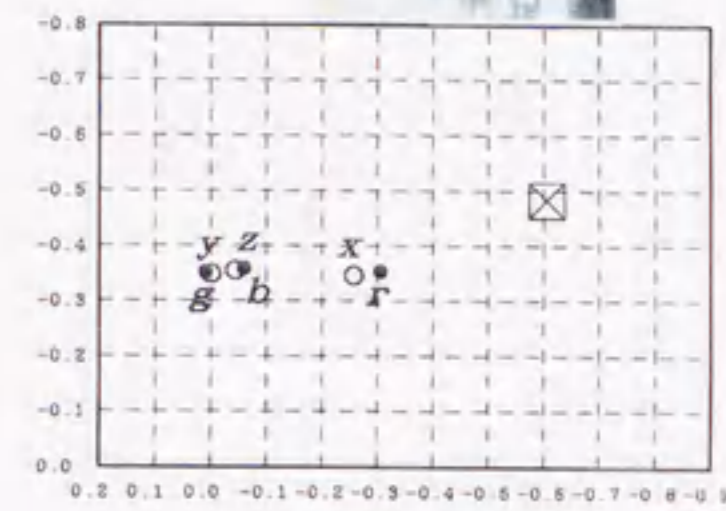
No. 4



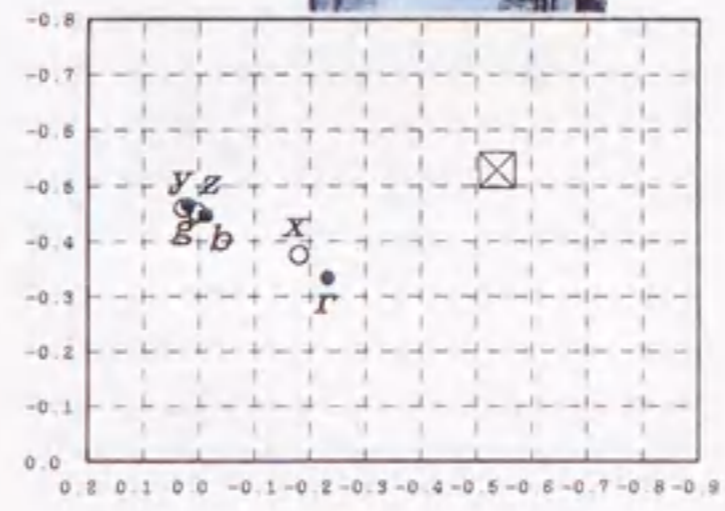
No. 5



No. 6



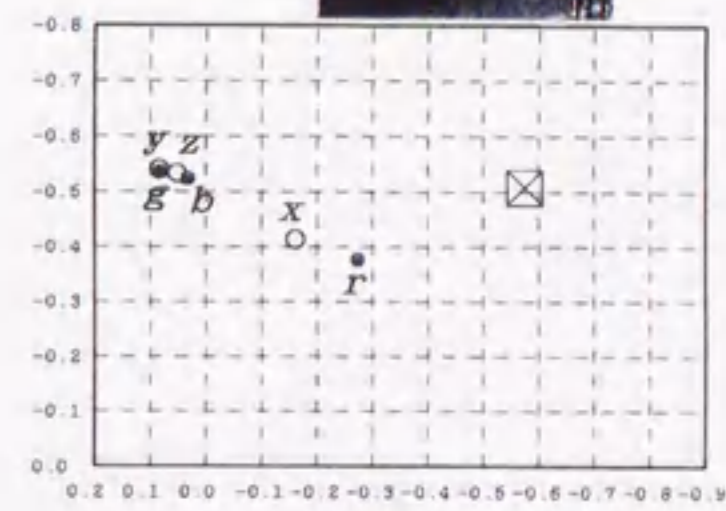
No. 7



No. 8



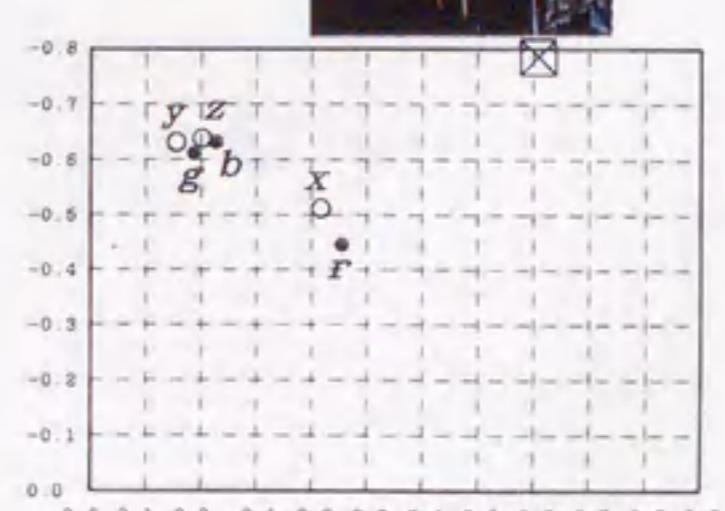
No. 9



No. 10



No. 11



No. 12

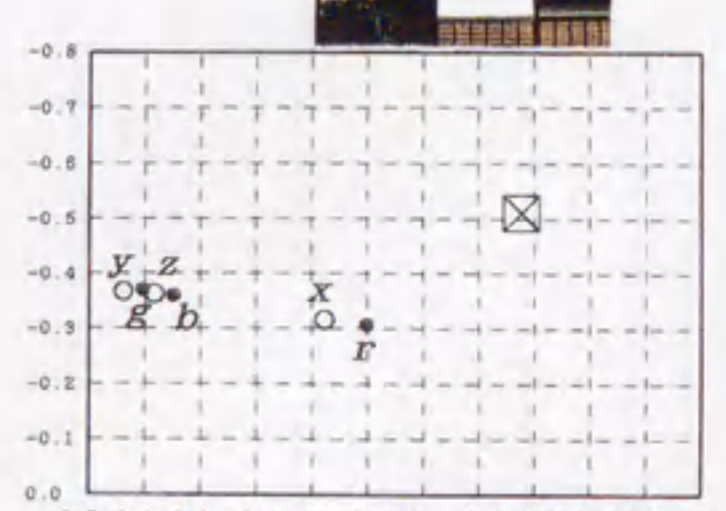
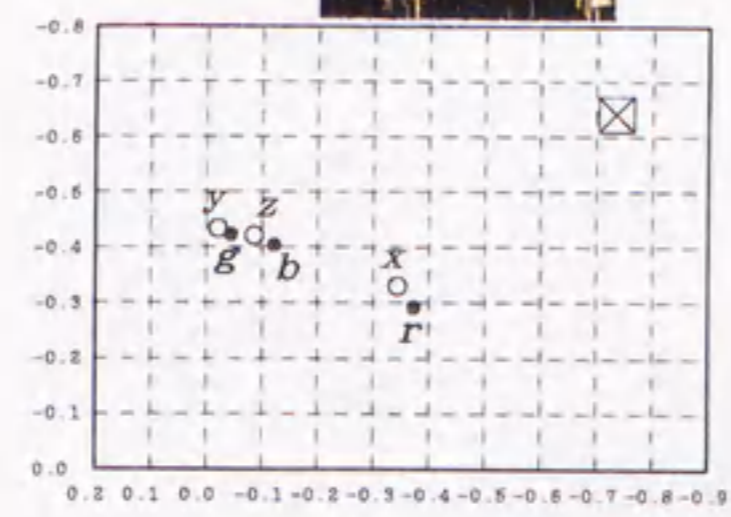
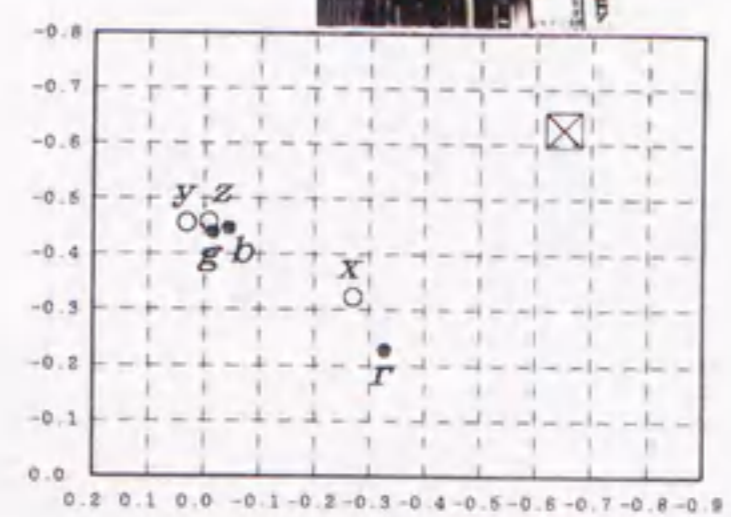


図 3-7 解析結果 (No.1~No.12)

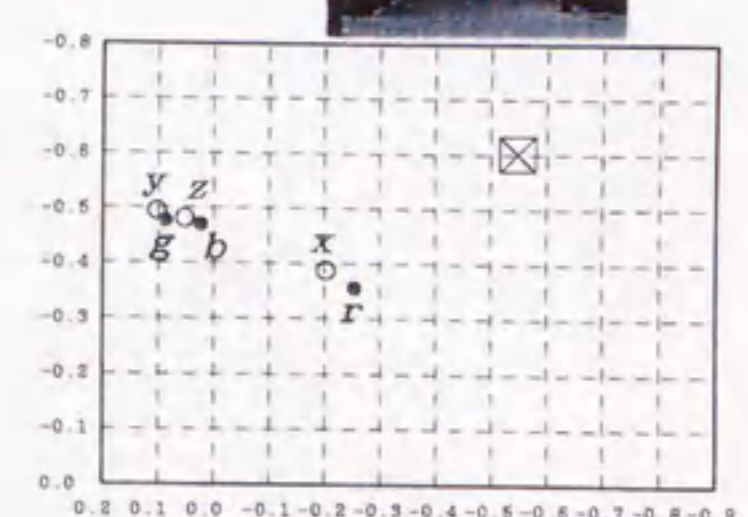
No. 13



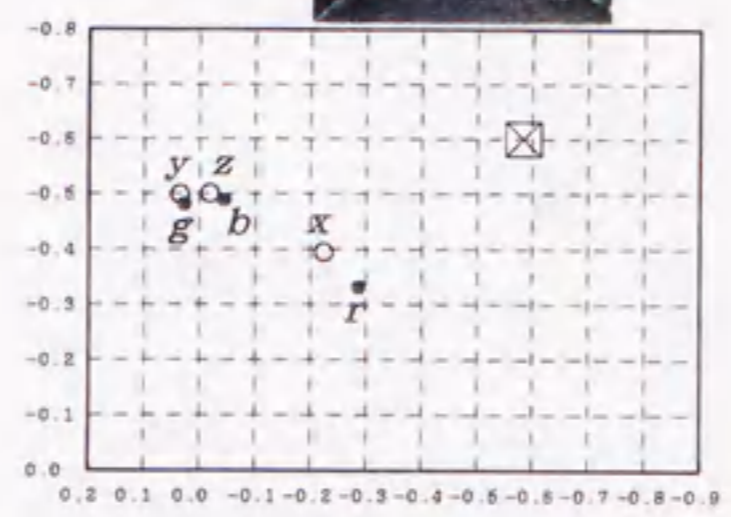
No. 14



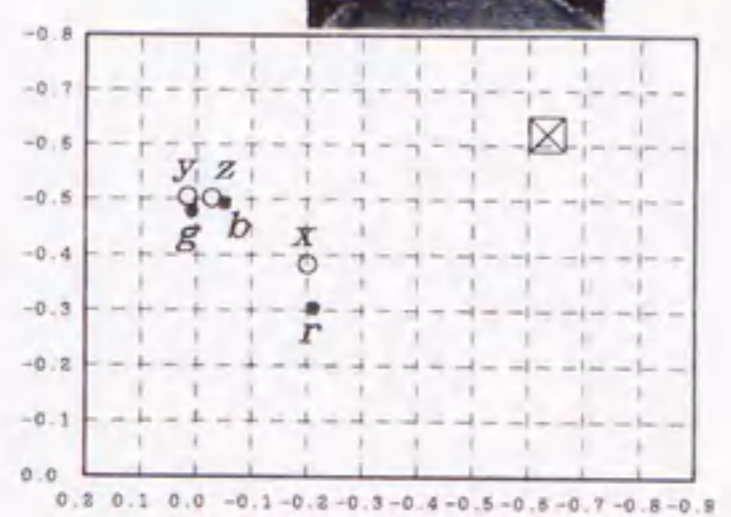
No. 15



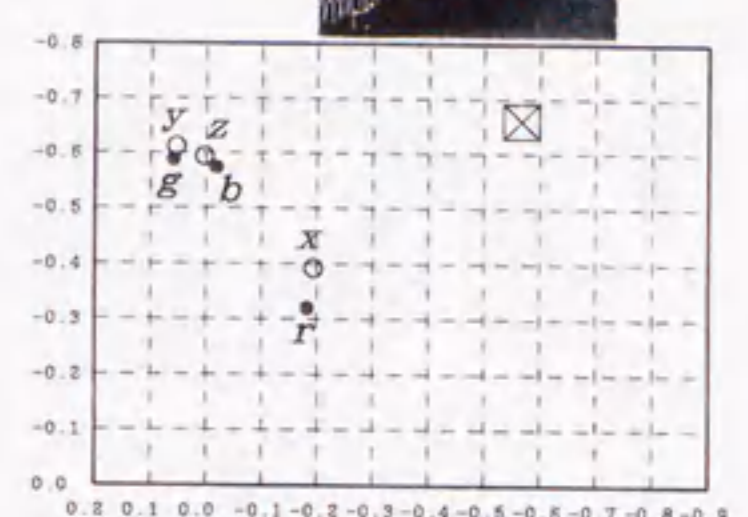
No. 16



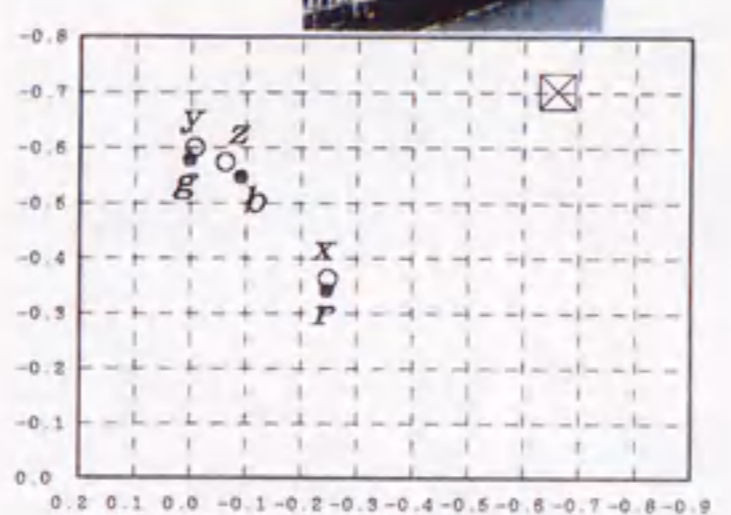
No. 17



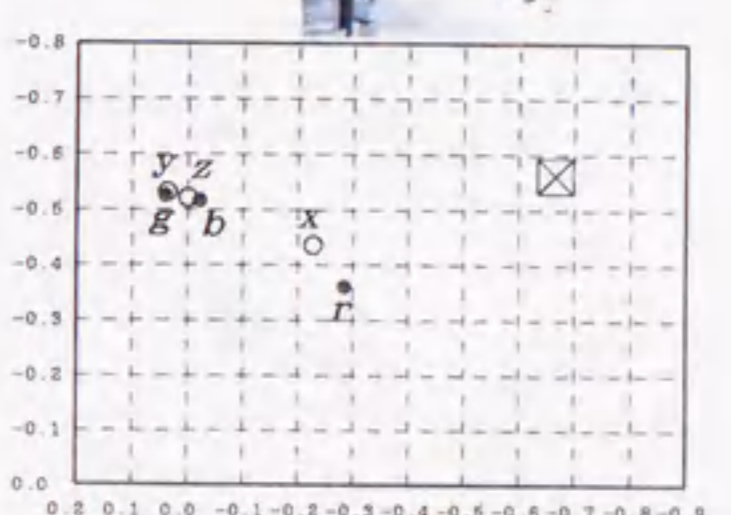
No. 18



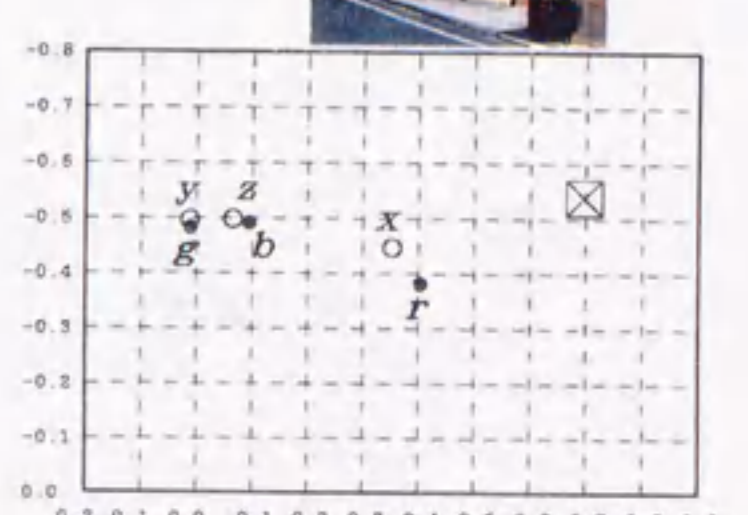
No. 19



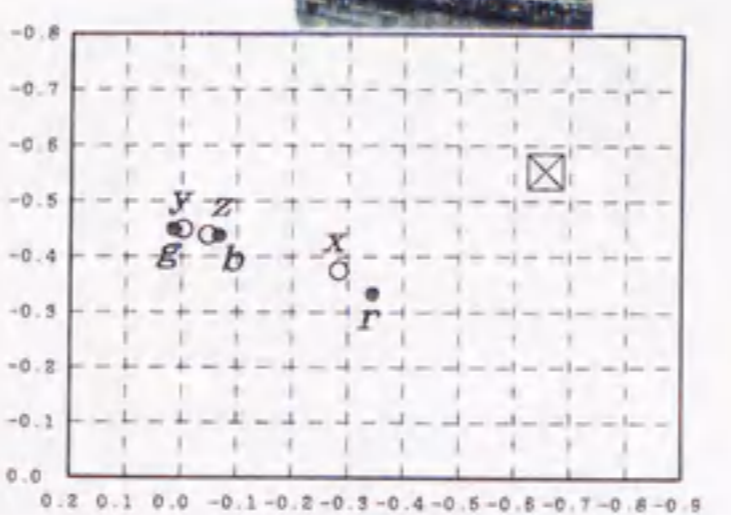
No. 20



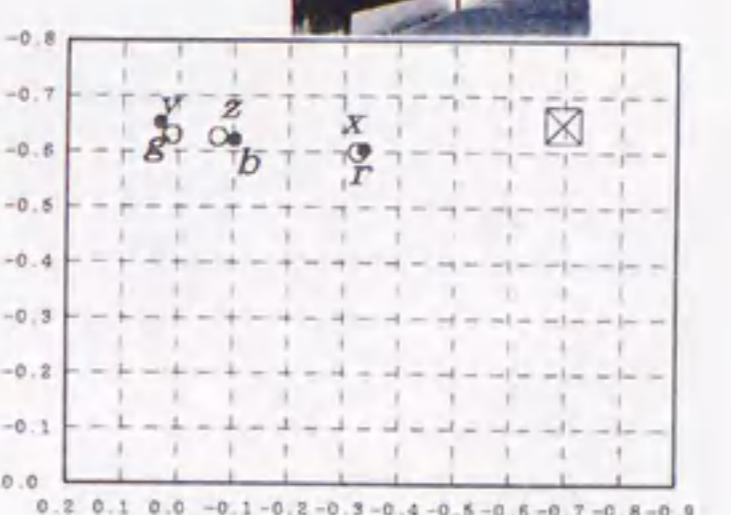
No. 21



No. 22



No. 23



No. 24

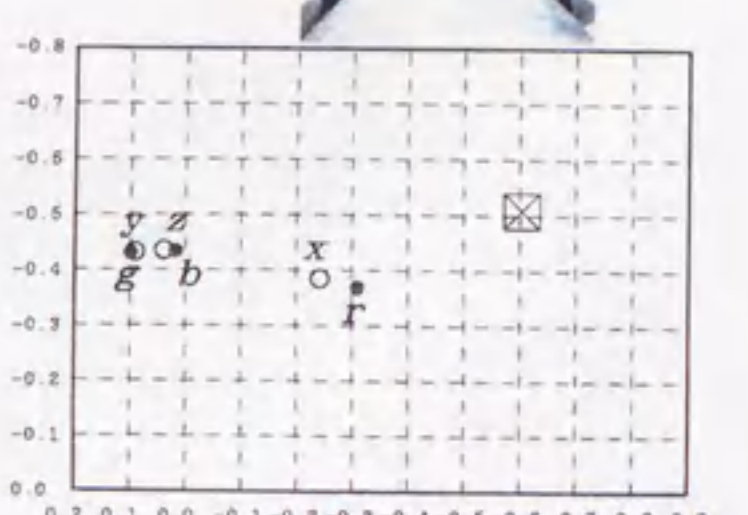
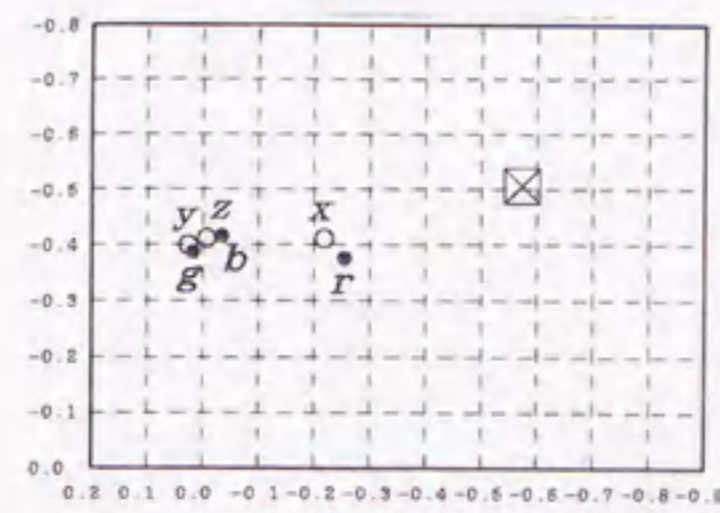
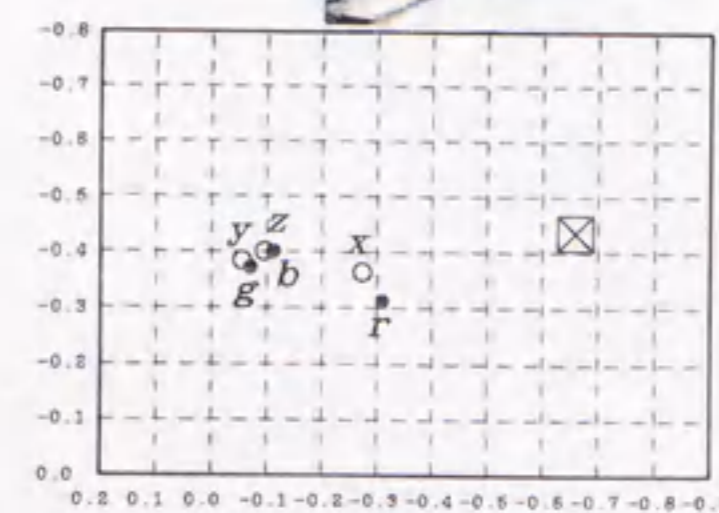


図 3-8 解析結果 (No. 13~No. 24)

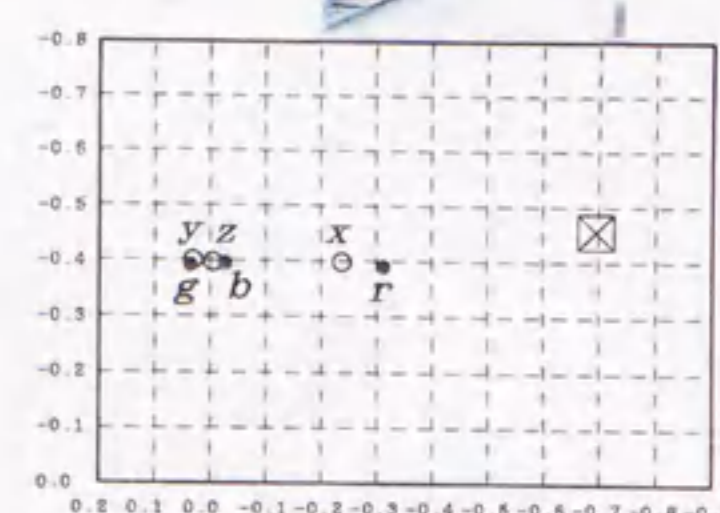
No. 25



No. 26



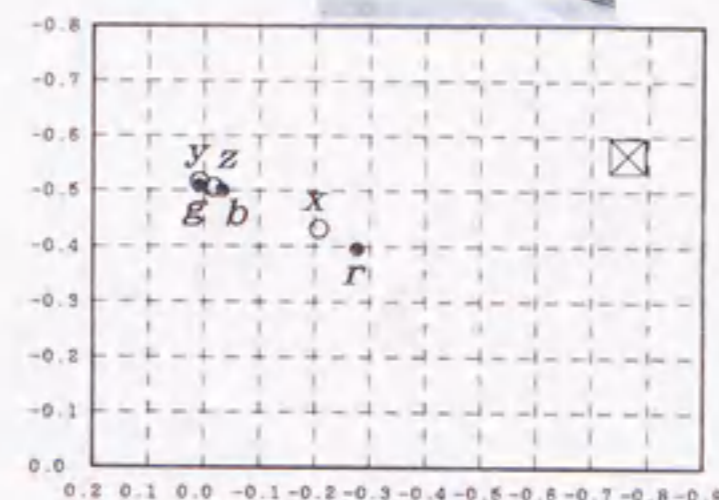
No. 27



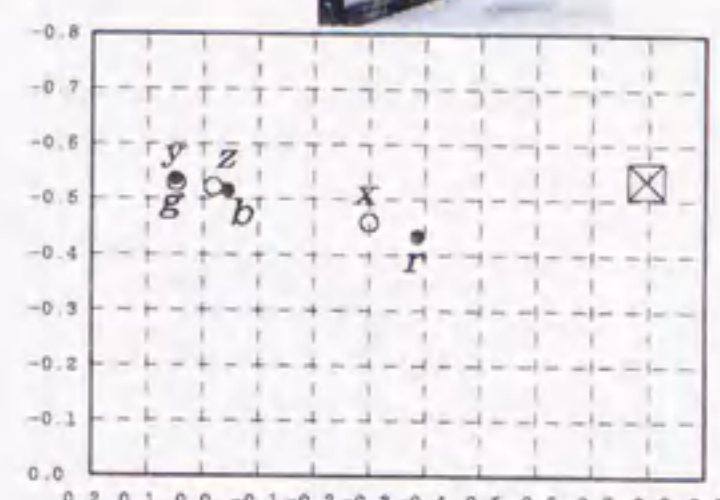
No. 28



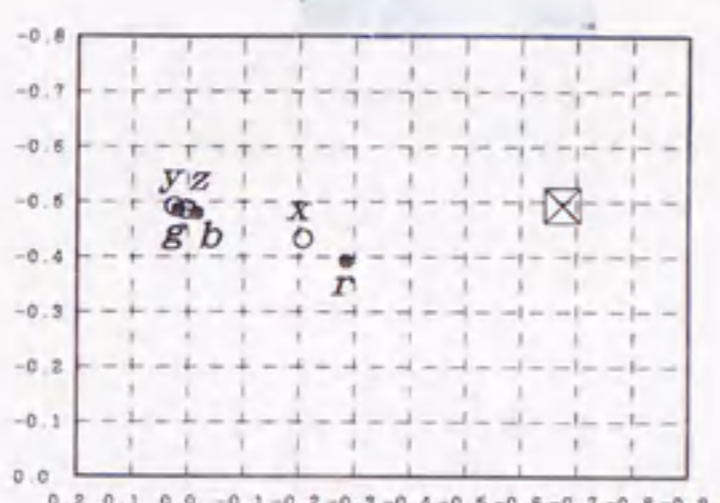
No. 29



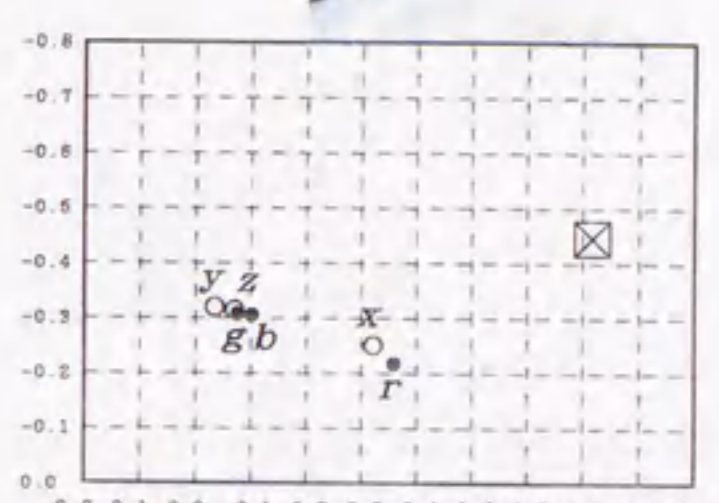
No. 30



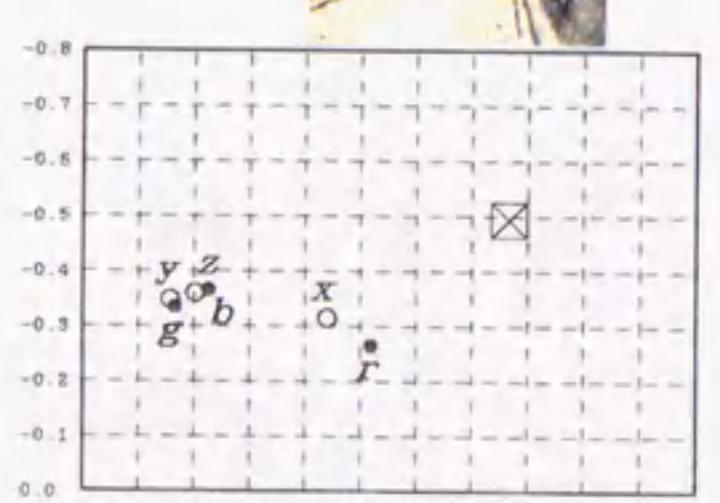
No. 31



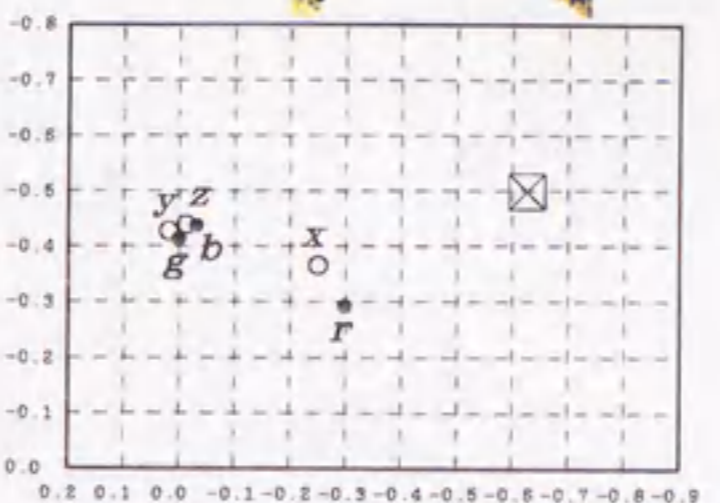
No. 32



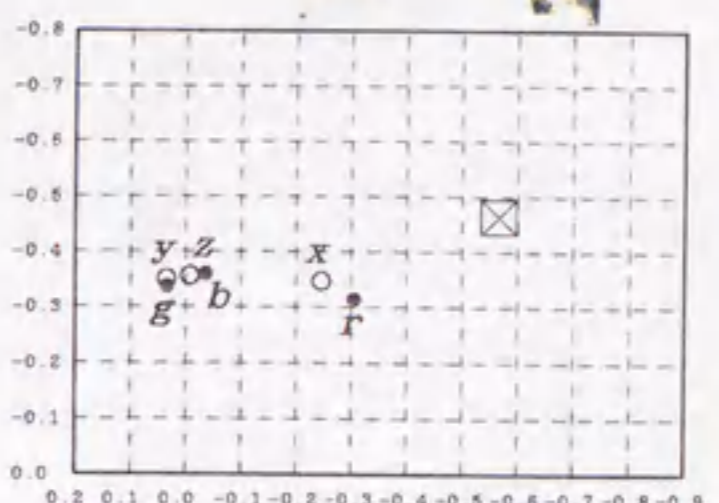
No. 33



No. 34



No. 35



No. 36

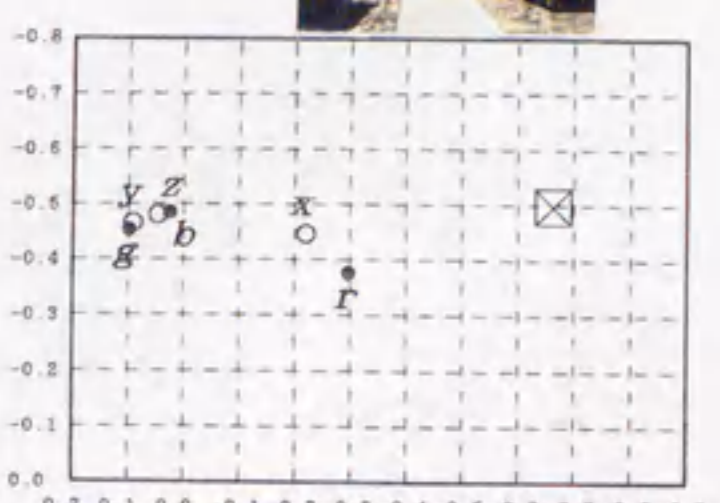
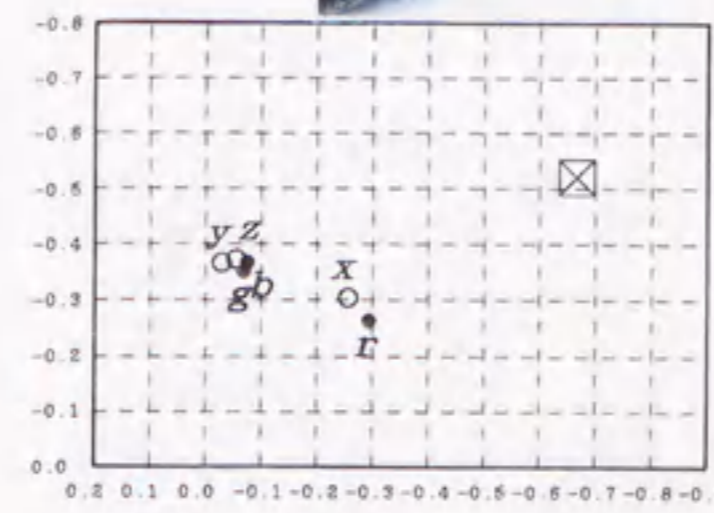
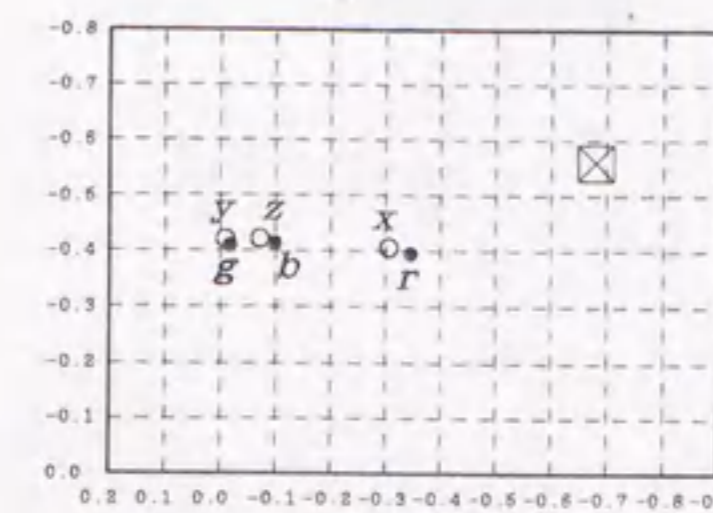


図 3-9 解析結果 (No. 25~No. 36)

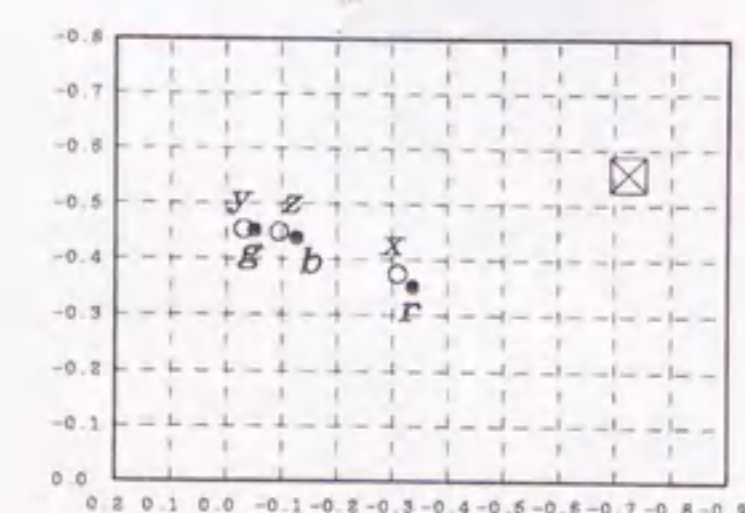
No. 37



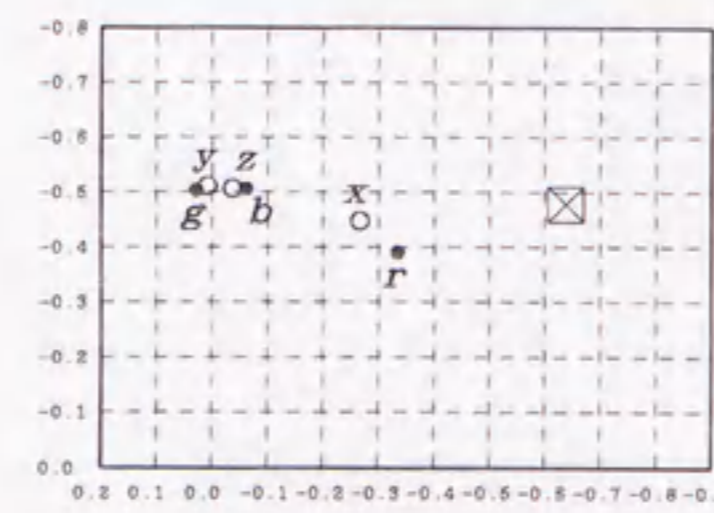
No. 38



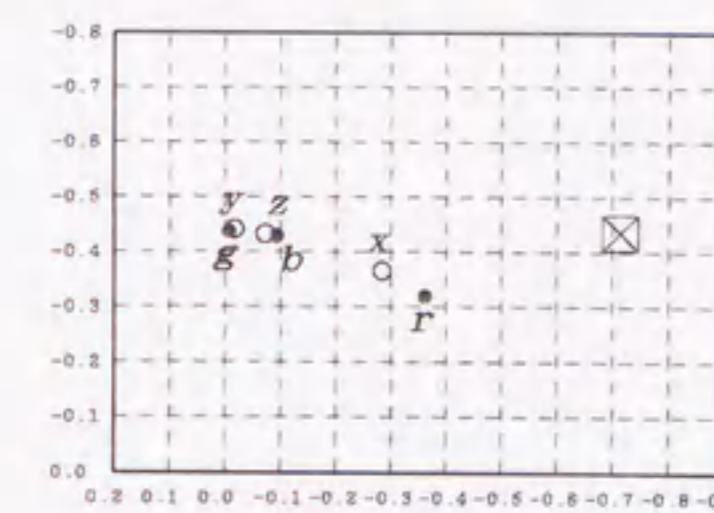
No. 39



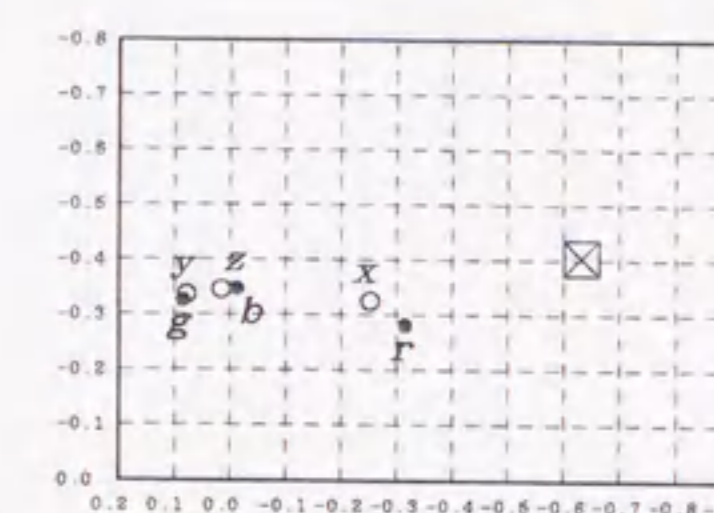
No. 40



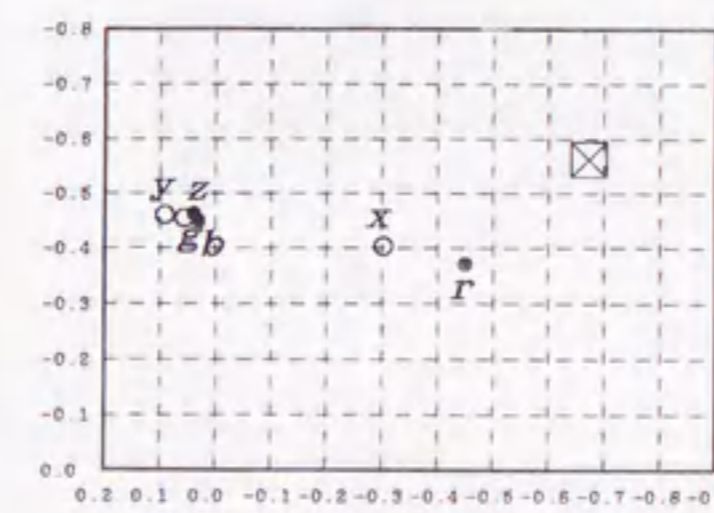
No. 41



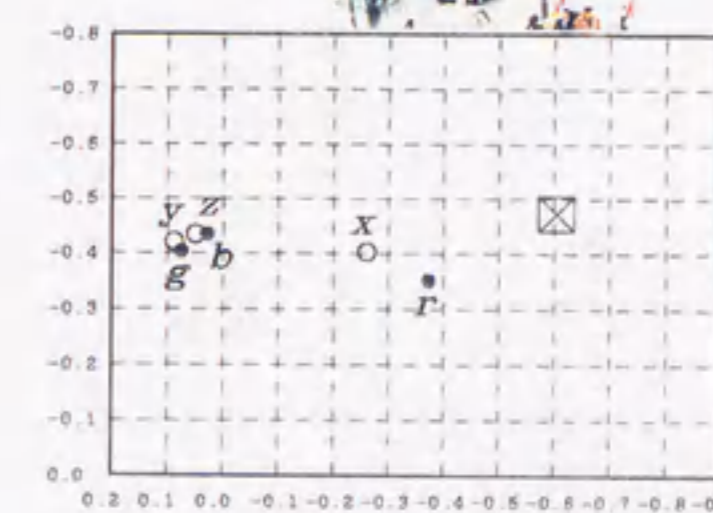
No. 42



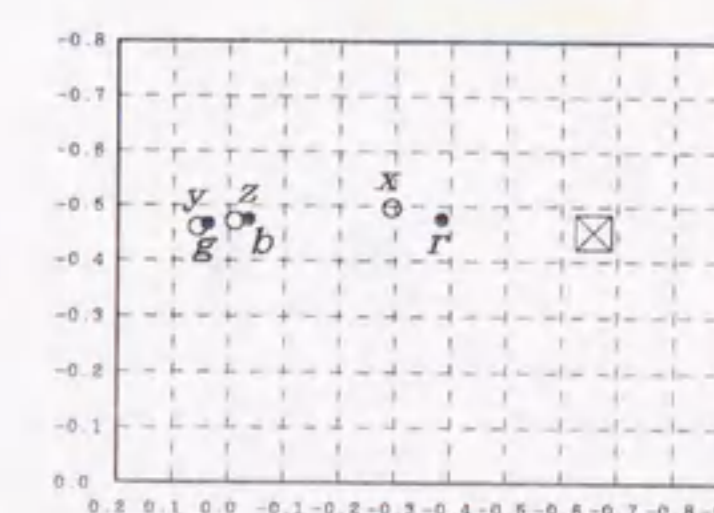
No. 43



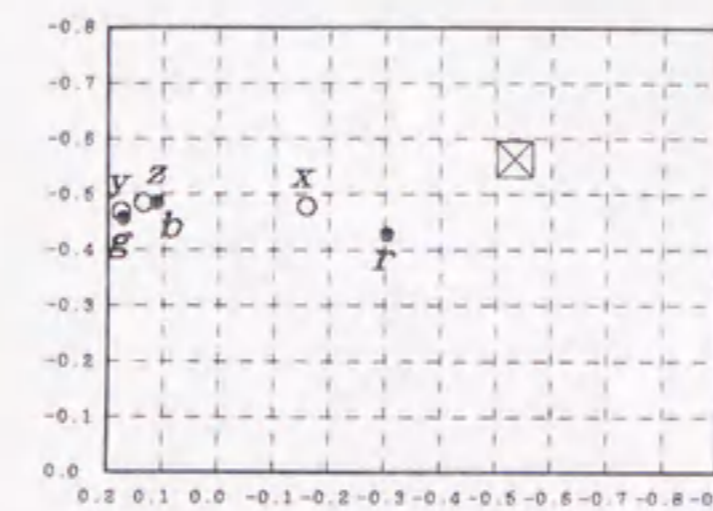
No. 44



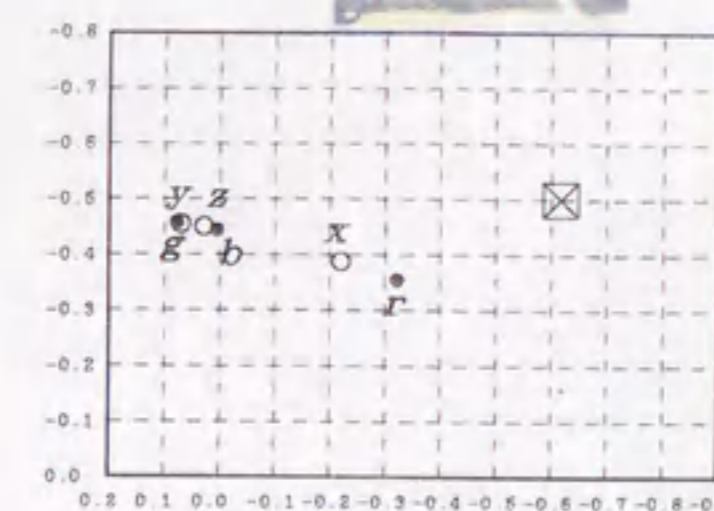
No. 45



No. 46



No. 47



No. 48

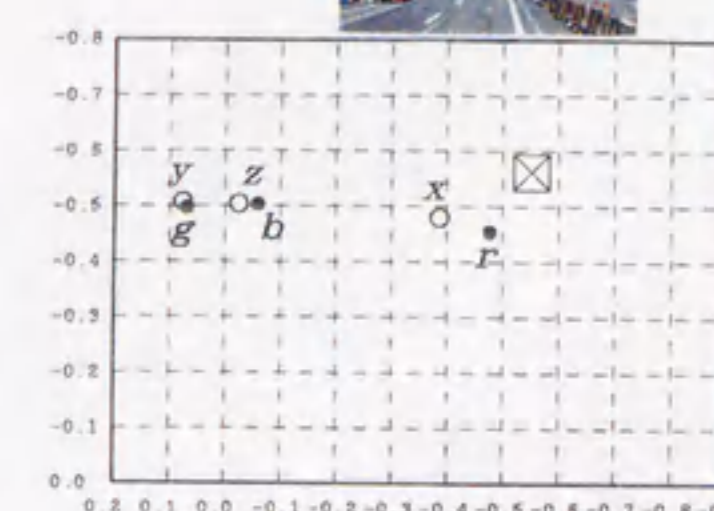
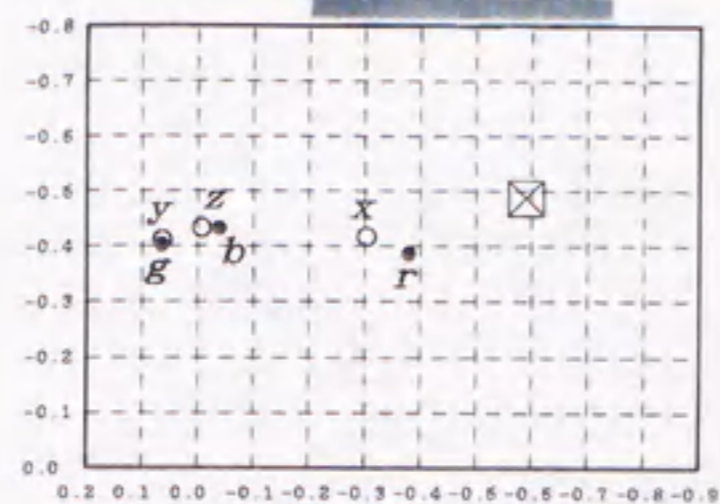
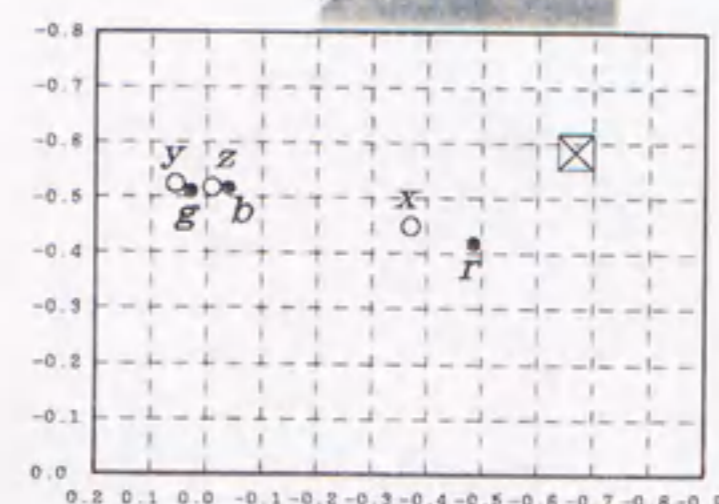


図 3-10 解析結果 (No.37~No.48)

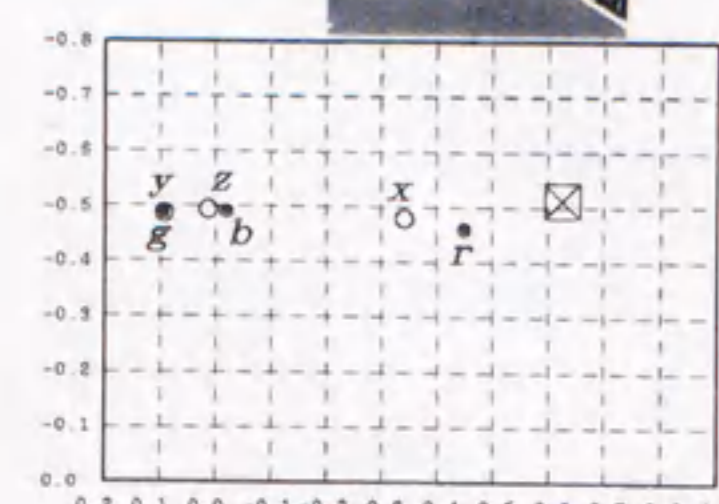
No. 49



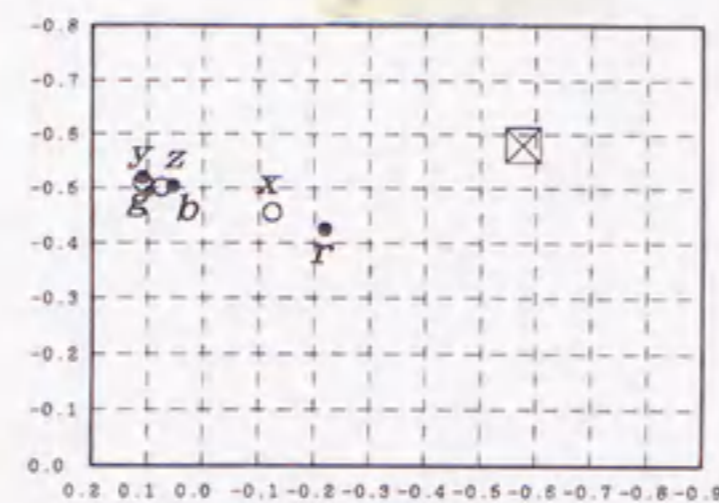
No. 50



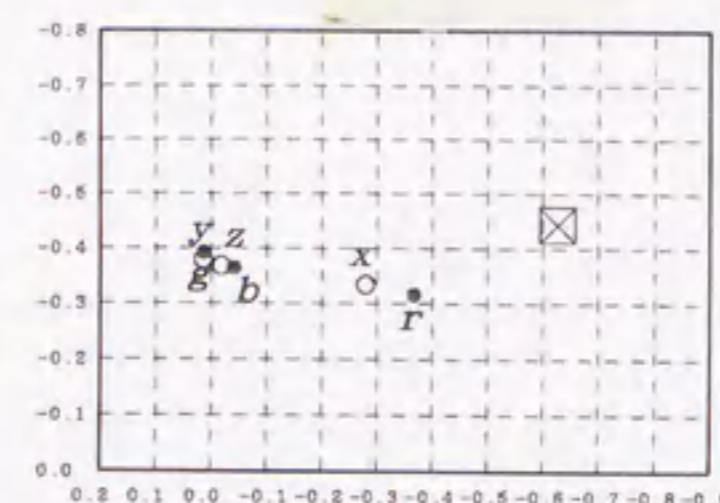
No. 51



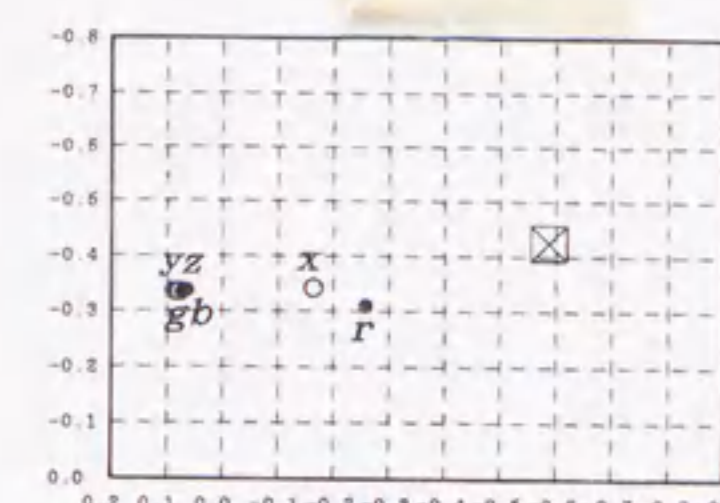
No. 52



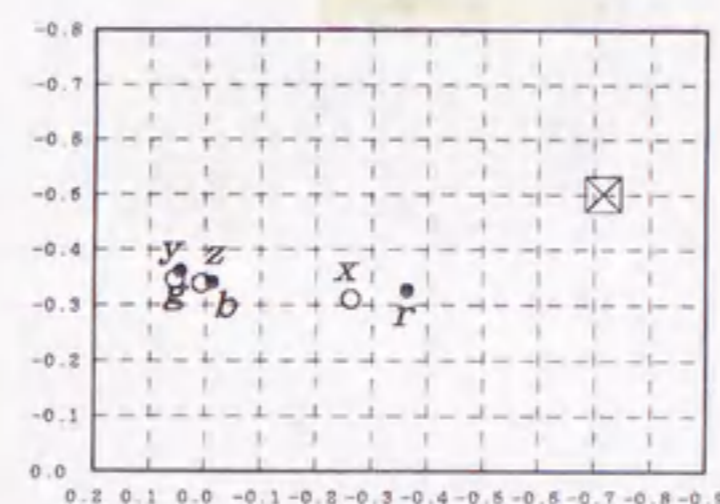
No. 53



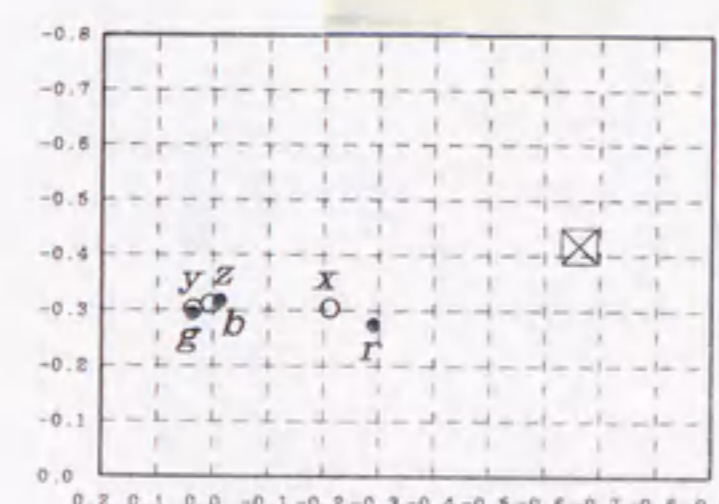
No. 54



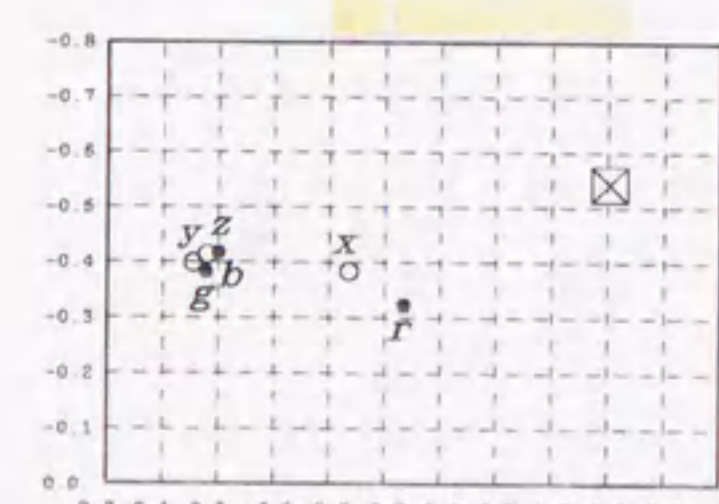
No. 55



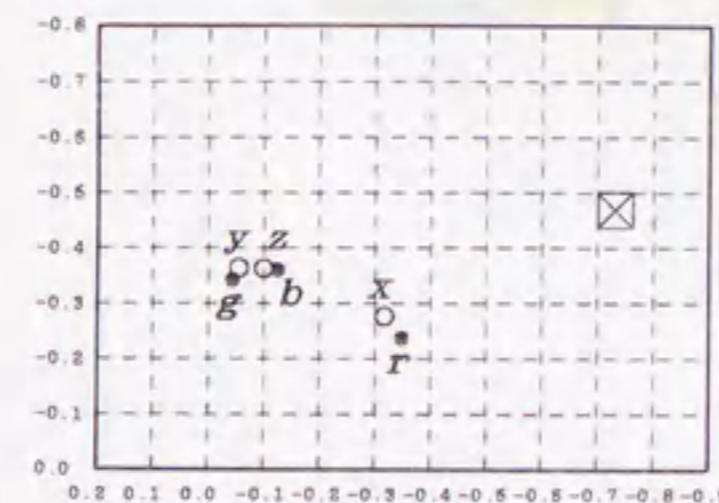
No. 56



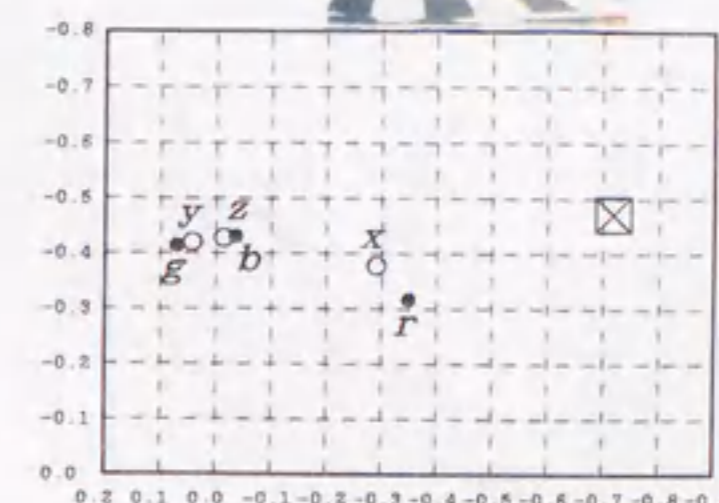
No. 57



No. 58



No. 59



No. 60

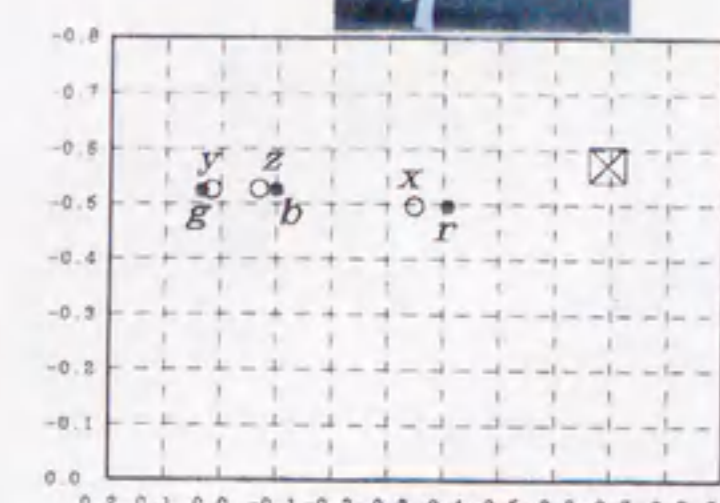
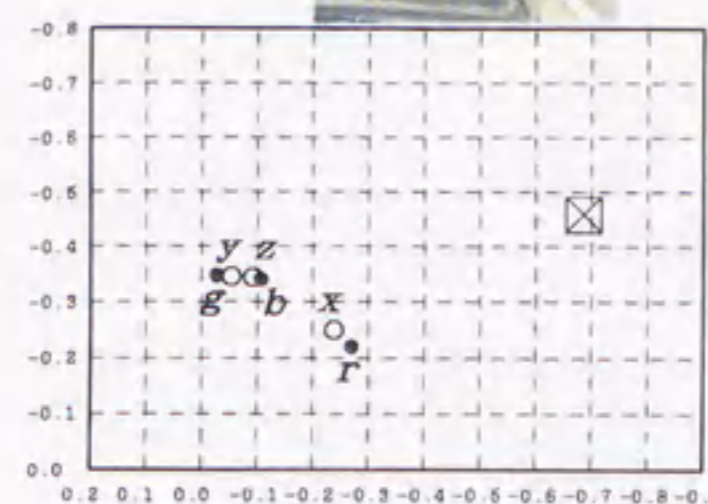
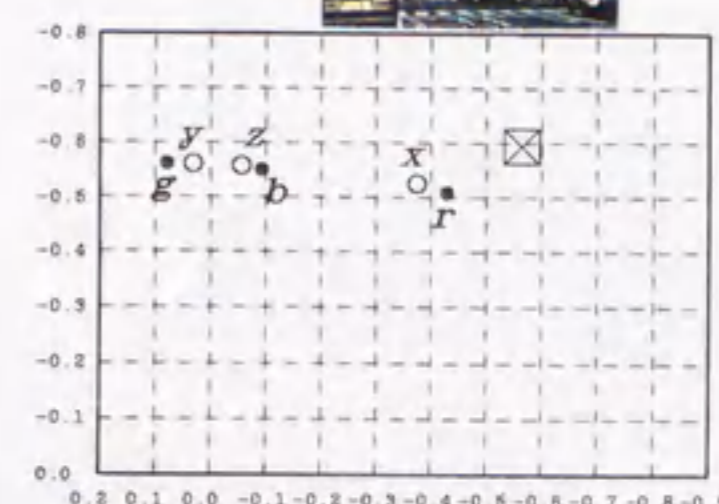


図 3-1 1 解析結果 (No.49~No.60)

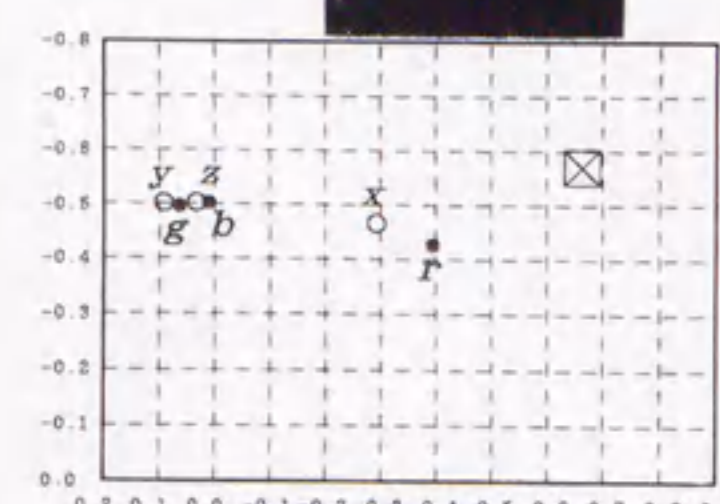
No. 61



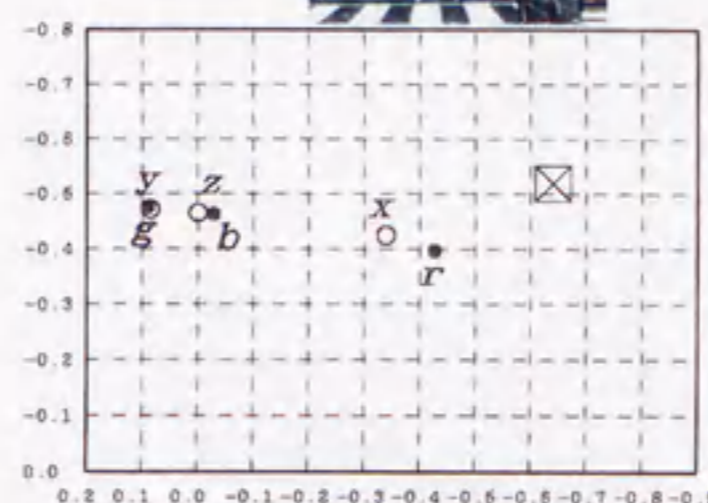
No. 62



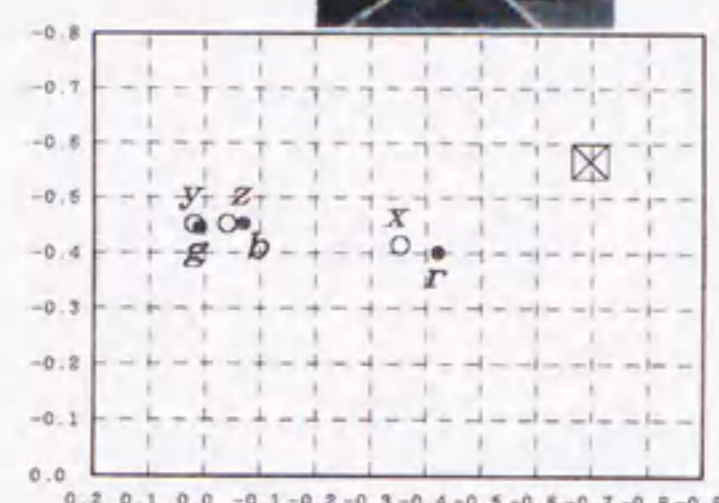
No. 63



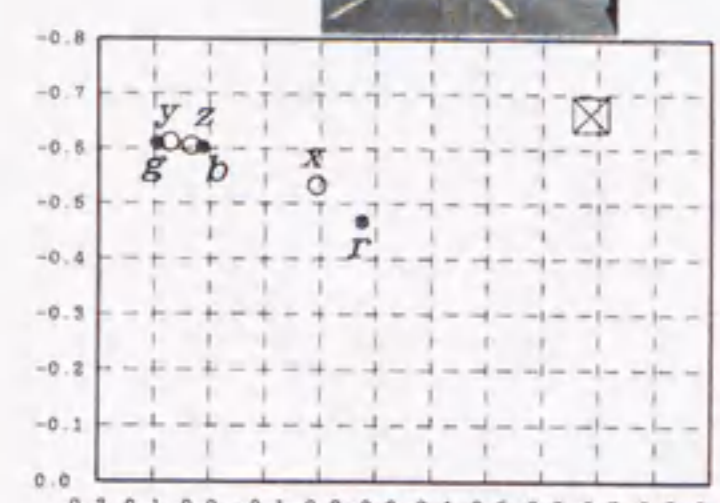
No. 64



No. 65



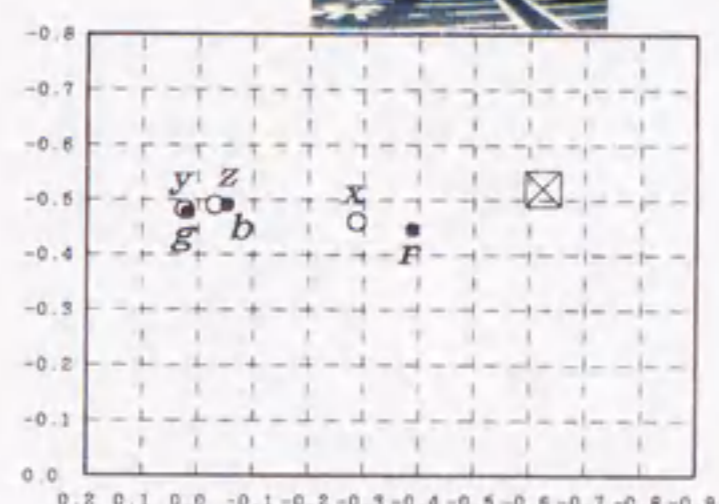
No. 66



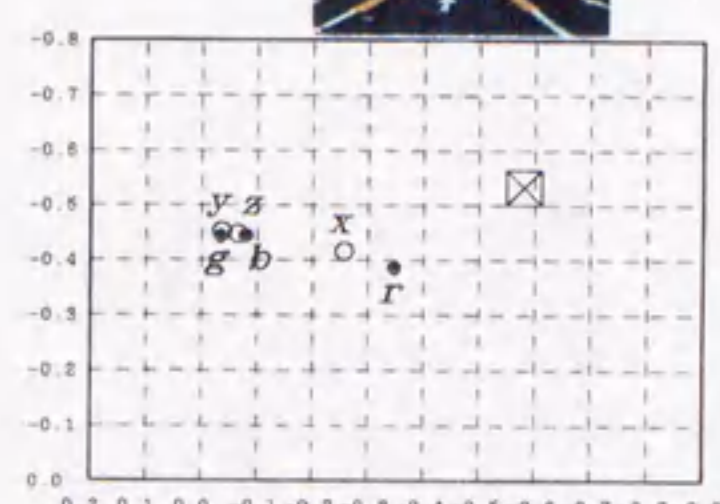
No. 67



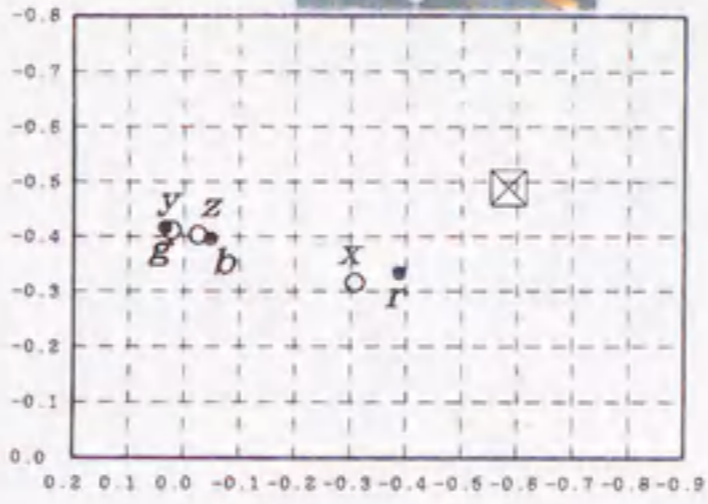
No. 68



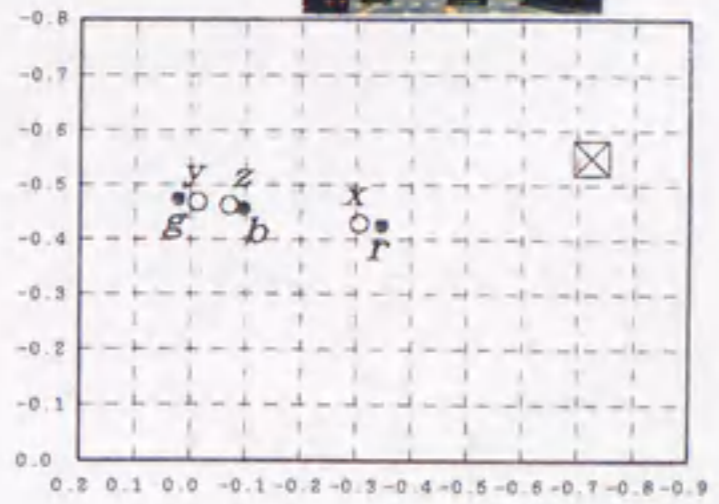
No. 69



No. 70



No. 71



No. 72

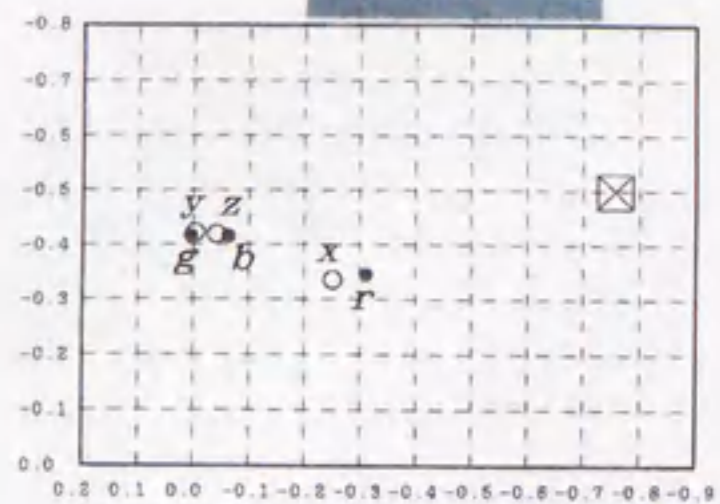
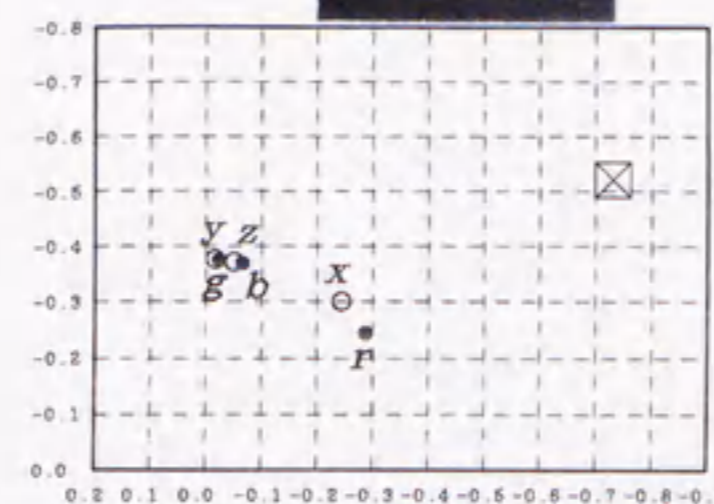
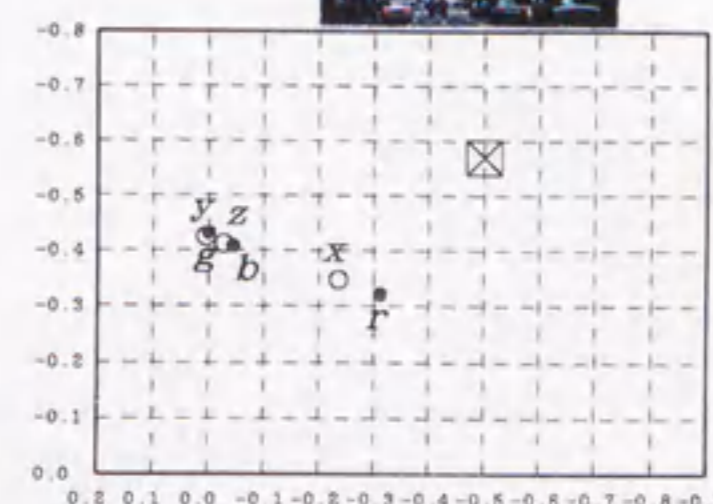


図 3-1 2 解析結果 (No.61~No.72)

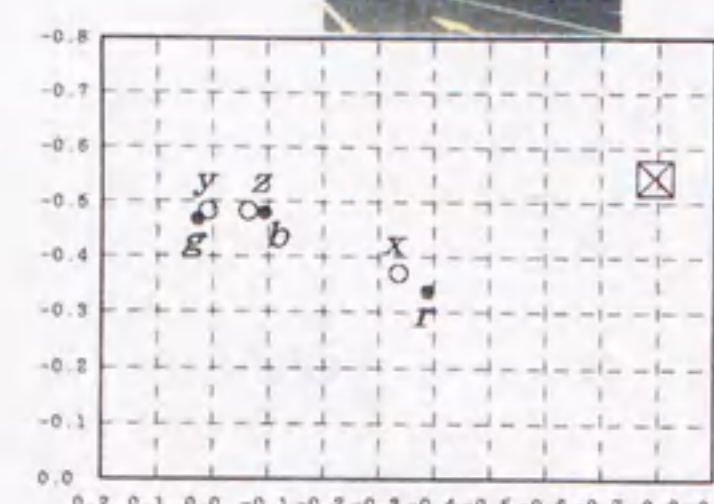
No. 73



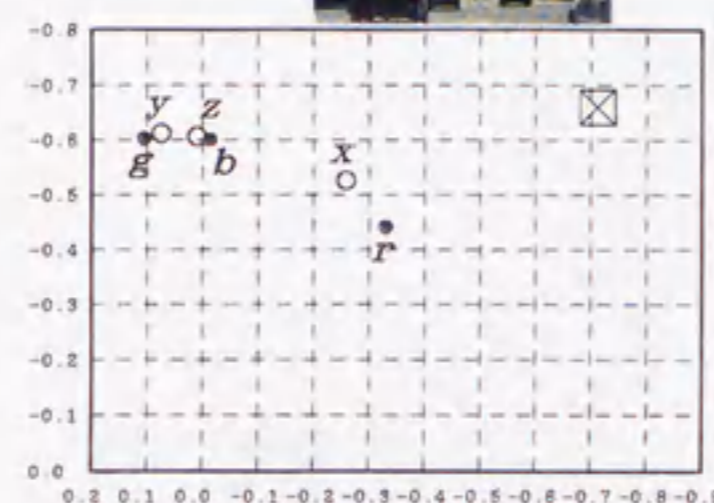
No. 74



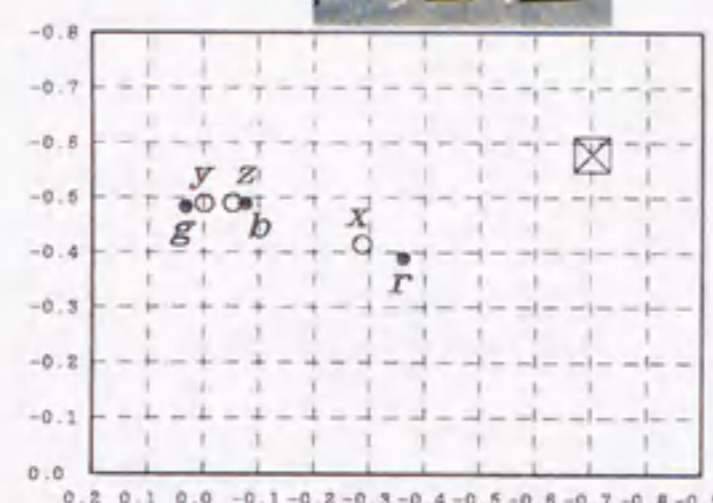
No. 75



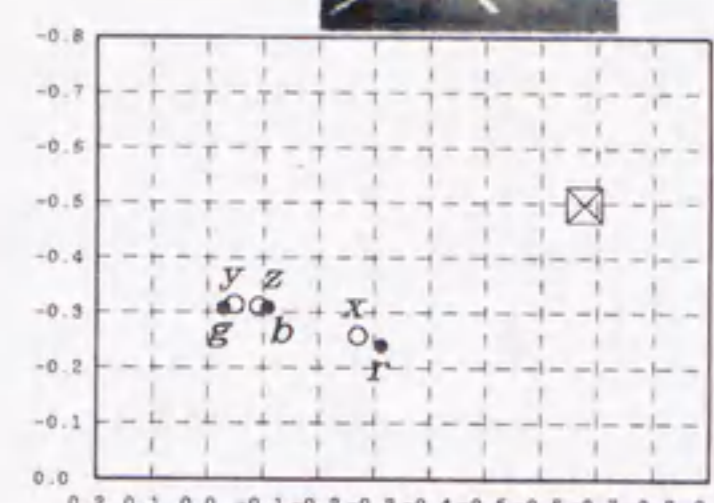
No. 76



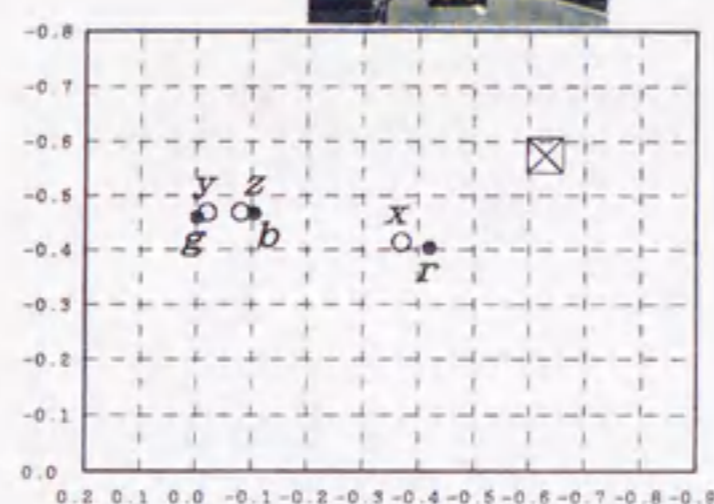
No. 77



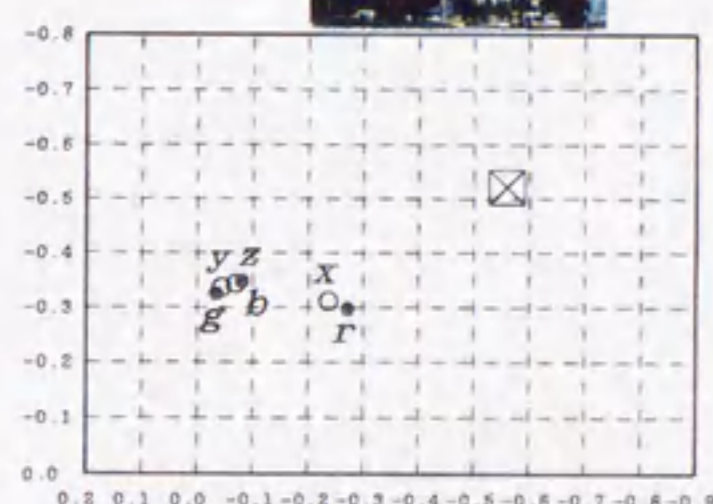
No. 78



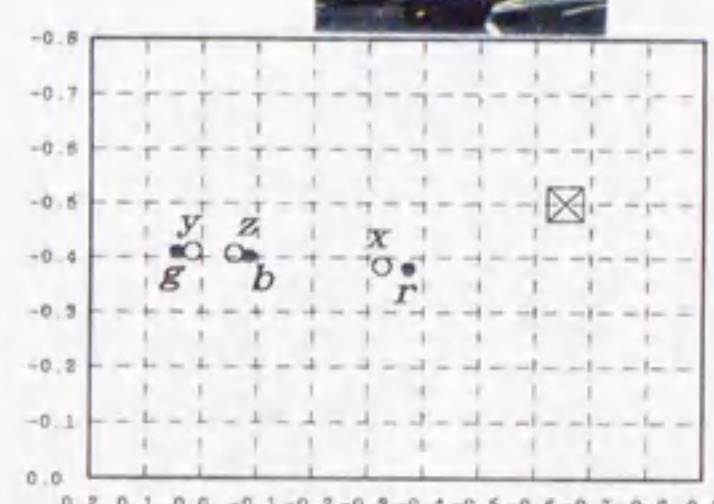
No. 79



No. 80



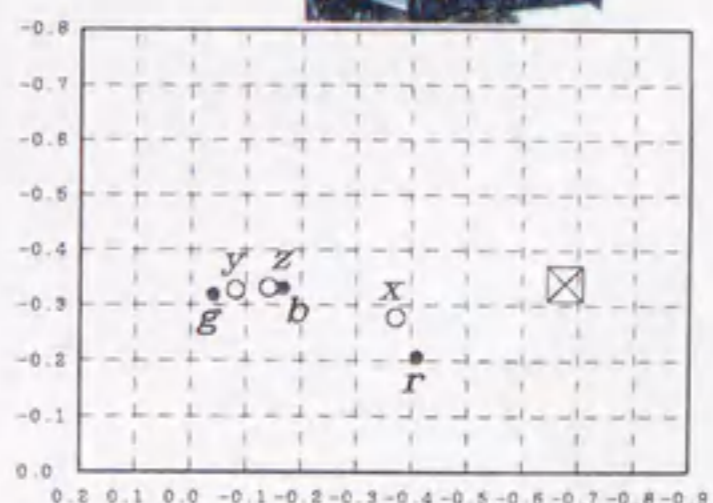
No. 81



No. 82



No. 83



No. 84

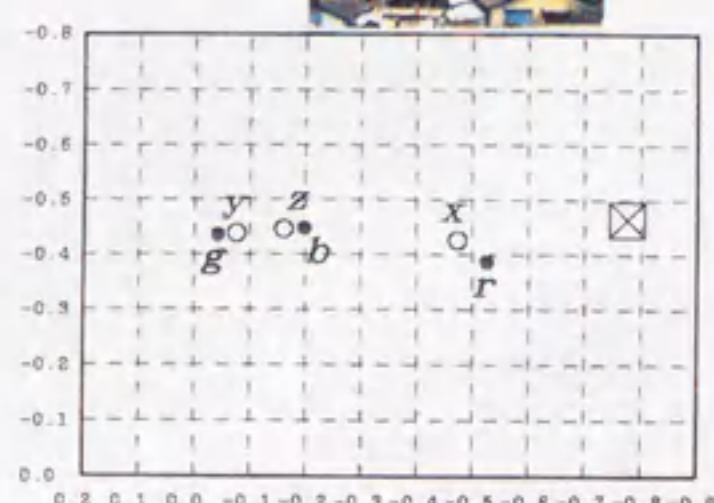
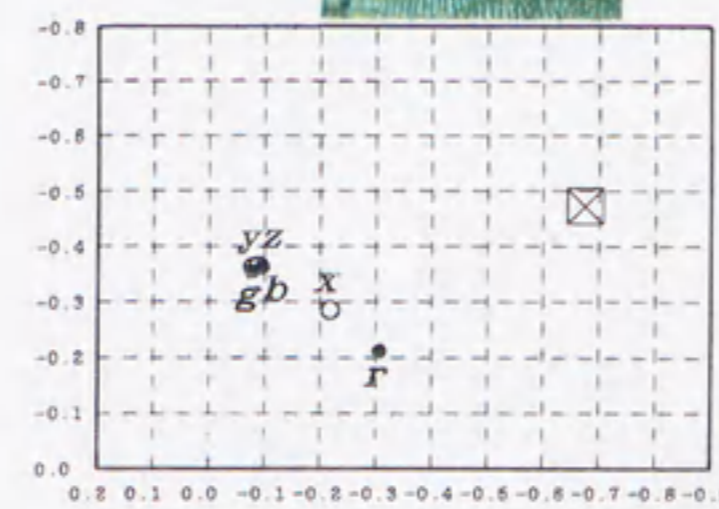
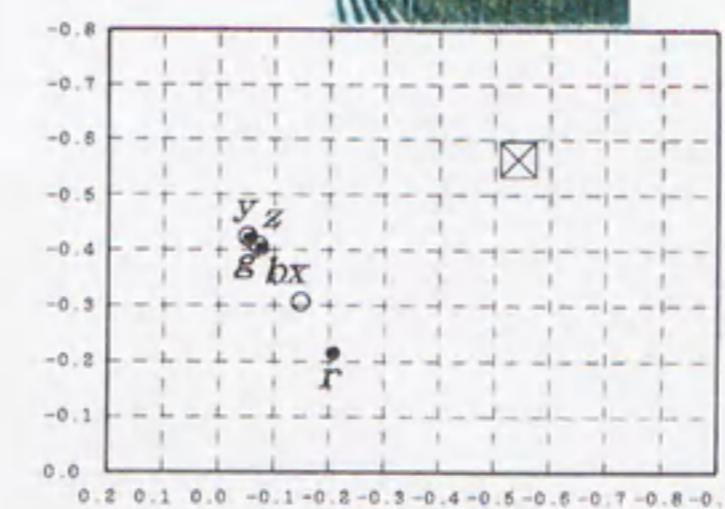


図 3-13 解析結果 (No.73~No.84)

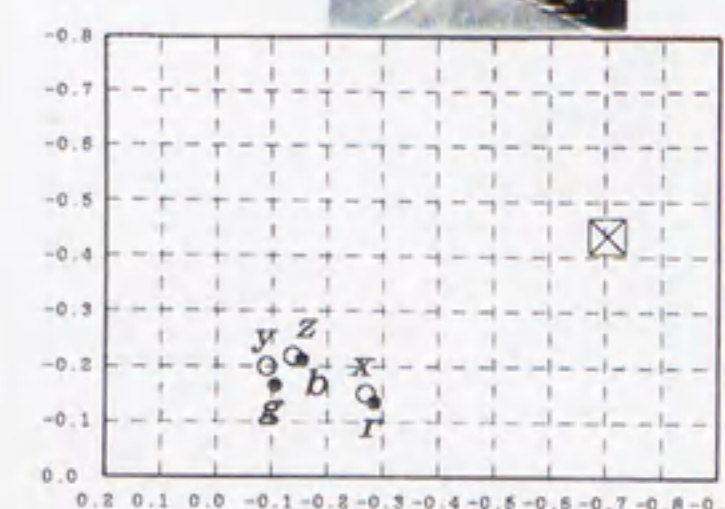
No. 85



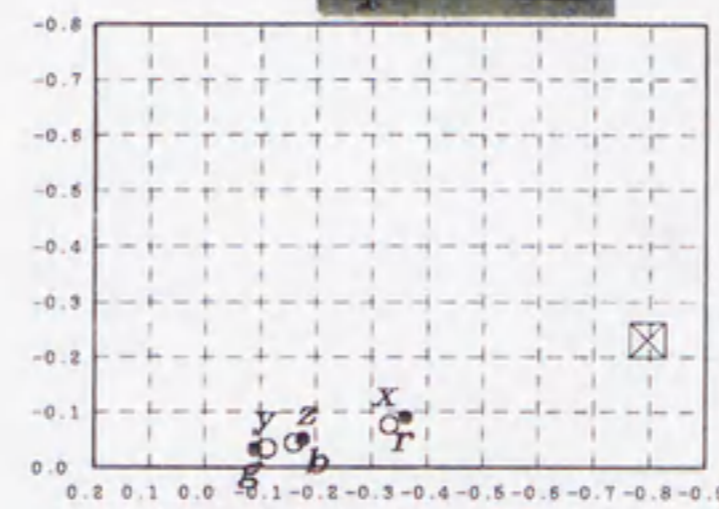
No. 86



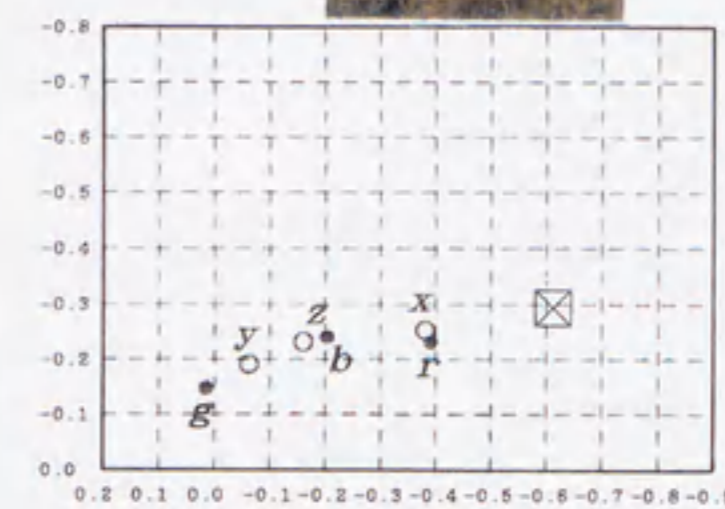
No. 87



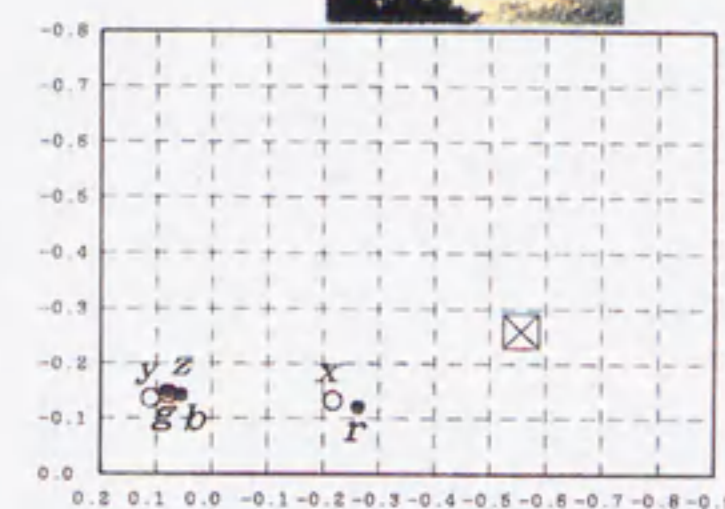
No. 88



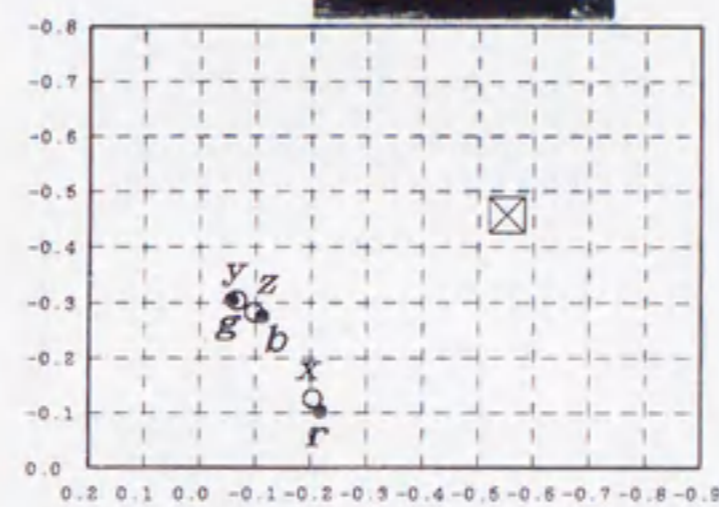
No. 89



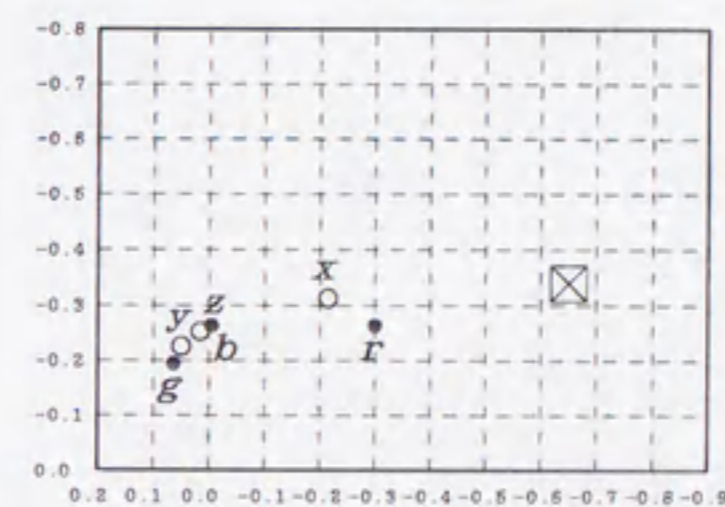
No. 90



No. 91



No. 92



No. 93

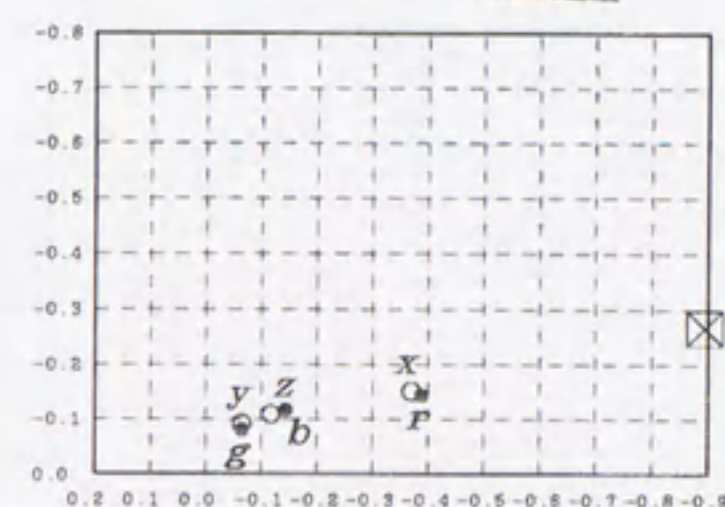


図 3-1 4 解析結果 (No. 85~No. 93)