

画像処理によるインテリア織物の心理的快適性評価手法

開発技術部 彦坂久美子、太田幸一

1. はじめに

“心の豊かさ”を実感できる生活への志向からモノづくりは機能性にプラスして感性が求められる時代になってきた。インテリア製品においても抗菌、消臭など高機能化が進む一方で、感性や心に訴えかける製品の開発が始まっている。1/f ゆらぎ理論や色彩によるヒーリング効果を用いて心理面から快適性を追求した製品開発がその例である。特に1/f ゆらぎは近年、自然のもつ快適感を工業製品へ応用する試みが増えており、扇風機、除痛装置やストレス解消のための音楽用CDなどが商品化されている。最近では繊維業界においてもプリント柄や、糸や織物などに応用され始めている。これまで感性は主観的であり製品づくりはその人の持つ感性によるところが大きかったが、こうした例は感性を客観的に数学的にとらえ製品づくりに生かしていこうとする新しい動きといえる。今後このような流れに応じた技術開発や新製品の開発を行っていくためには、客観的に感性を評価し、具現化していくことが重要かつ必要になってくる。現在、感性の要因がかなり大きい繊維業界においても、ファッションや織物素材など感性(イメージ)の評価は、デザイナーなどが主観で行っているのが現状である。一部で客観的手法として感性スケールを利用した画像処理によるデザイン画の自動分類手法も提案されているが、その困難さや煩雑さから実用化には至っていない。そこで本研究ではインテリア織物を対象に、織物の色や柄といったイメージを客観的に評価する手法を得ることを目的とした。そのために画像処理技術を応用して、新しいイメージ評価のひとつの尺度として、心理的快適性に基づく評価手法(1/f ゆらぎの評価手法)を検討した。

2. 実験

2.1 試料

実験に用いた試料は、以下に示すデザイン柄と織物である。主にデザイン柄で、1/f ゆらぎの評価手法の基本アルゴリズムを検討し、織物でこれらのアルゴリズムの実証を試みた。

柄：ストライプ、ボーダー、木目模様

織物：1/f ゆらぎプリントカーテン2点、
ジャカードカーテン16点

2.2 実験装置

使用した装置は以下のとおりである。

CCDカラーカメラ：DXC-151A、ソニー(株)製

画素数 768(H)×493(V)

画像処理装置：NEW VISION COLOR

ケイオー電子工業(株)製

画像メモリ 512×480×24ビット

4 フレーム

照明装置：コピーライト FCL-415 (株) LPL 製

高周波点灯式蛍光灯 (15W×4基)

パーソナルコンピュータ：PC9821Xe、NEC(株)製

2.3 実験内容

2.3.1 ゆらぎとその評価方法

一般に「ゆらぎ」現象の統計的な性質はパワースペクトル密度(以下パワースペクトルという)を用いて表される。時系列変化をする信号 $f(t)$ は種々の周波数の正弦波の荷重和として表すことができる。この周波数の分布がパワースペクトルであり、フーリエ変換によって求めることができる。通常周波数分布(パワースペクトル)は、周波数を横軸にパワースペクトル密度を縦軸にとって対数グラフ上で表す。ゆらぎはこのパワースペクトルによりその特徴をつかむことができる。図1に示すようにゆらぎの種類はパワースペクトルの傾きにより大きく三つに分類される。一つは白色ス

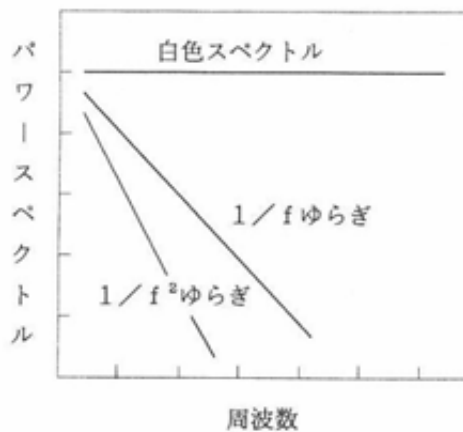


図1 ゆらぎの種類

パワースペクトルと呼ばれるもので、パワースペクトルがすべての周波数において一定の値を持つゆらぎであり、放送終了後のテレビ画面や地下鉄の騒音などのように変動の予測が不可能な、変化がランダムに起こるゆらぎである。また $1/f^2$ ゆらぎと呼ばれるものは、時刻とともに変動する連続量があるとき、ある時刻における値がその直前の値に拘束される度合いの強いゆらぎである。グラフに表すとパワースペクトルが周波数の二乗に逆比例して急激に減少する傾向を示す。傾きが大きいほど規則性が大きく単調になる。

$1/f$ ゆらぎと呼ばれるのは、パワースペクトルが周波数の逆数に比例する傾向を持つゆらぎである。強い変化は大きな周期で、弱い変化は小さな周期で頻繁に発生する。 $1/f$ ゆらぎの f は frequency (周波数) の頭文字をとったもので、適度な規則性と意外性を持ち、人な快適性をもたらす基本要素であることが確認されている。グラフに示すと白色スペクトルと $1/f^2$ ゆらぎの間に位置づけられる。自然界にある小鳥のさえずりや小川のせせらぎ、人間の心拍や脳波、芸術作品などに幅広く存在することが解明されている。

今回評価の対象とする織物は平面であり、織物画像の信号 $f(x, y)$ は2次元となるが、画像では時系列信号の時間軸の代わりに空間座標軸を用い、フーリエ変換により空間周波数の分布(パワースペクトル画像)を求めることができる。

試料としたデザイン柄または織物をカラーCCD

カメラで取り込み、前処理の手法を検討し、コンピュータで画像処理を行うための画像データを得た。画像データはR、G、Bのフルカラーであるが、今回はまず柄パターンの解析を対象としたため、濃淡画像(輝度画像)に寄与する割合が大きいGの画像データを用いて、図2に示す画像処理フローに基づいて各処理方法の検討やプログラムの作成を行い、 $1/f$ ゆらぎの評価手法を検討した。

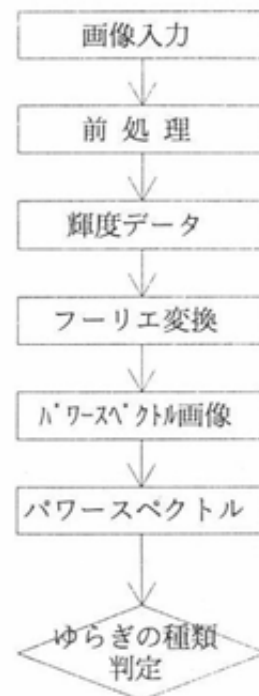


図2 画像処理フロー

3. 結果及び考察

3.1 $1/f$ ゆらぎ評価手法の検討

3.1.1 画像入力、前処理

対象とするのはインテリア織物であり柄が大きな場合も多いため、柄のイメージの取り込みを考慮して入力倍率を約1倍(処理範囲約20cm×20cm)とした。照明には左右から織物に対して約45°の反射照明を用いた。取込んだ画像は、カメラ視野が大きいことから画像の中心部と周辺部で照明ムラがみられた。このため、同一照明条件で、標準となる無地(通常白)の画像(画像A)と目的の画像(画像B)を入力し、次式によりシェーディング補正を行い、補正画像を得た。

$$\text{シェーディング補正画像} = \frac{\text{画像B}}{\text{画像A}} \times 255$$

入力後の画像はノイズを含むが、ノイズの減少は積分入力や平滑化処理（平均化、類似画素平均）などの処理方法を用いて検討を行った。その結果、画像のぼけが少ないという点で、類似画素平均処理が効果的であった。しかし、ゆらぎを計測するという立場からすると、ノイズは主に高周波数領域に存在するのに対して、今回の $1/f$ ゆらぎ評価の際注目されるのは低周波数領域である。また高周波数領域はパワー自体が低く、かつフーリエ変換の性質上ノイズに弱い。以上の点からパワースペクトルを求める際高周波数領域を除いても影響は少なく、高周波数領域に影響を及ぼす平滑化については特に必要のない限り行わないこととした。

3.1.2 周波数分析（フーリエ変換）

前処理後の画像データについてフーリエ変換を行い、パワースペクトル画像を得る。図3に試料

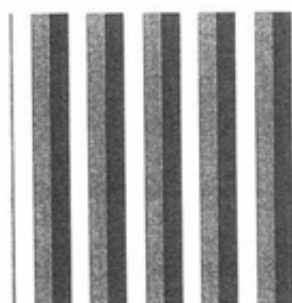


図3 ストライプ柄

として使用したストライプ柄、図4に図3のストライプ柄における水平方向のあるラインの輝度変化を示す。輝度0は黒を、輝度255は白を表す。この輝度変化の信号をフーリエ変換することにより、種々の空間周波数の正弦波に分解され、パワースペクトルが求められる。今回は2次元FFT（高速フーリエ変換）を用いて、水平、垂直両方向についてフーリエ変換を行いパワースペクトル画像を得た。

3.1.3 パワースペクトル

パワースペクトル画像に平均化を施し、画像の情報（画像データ）を1本または数本のパワース

ペクトルに集約して、画像全体の評価に用いる手法を検討した。平均化には大きく二つの方法が考えられる。ひとつはパワースペクトル画像を2次元で捉え、パワースペクトル画像に対して原点を中心としたドーナツ状の部分で加算を施し、距離についてパワースペクトル分布を評価する方法であり、方向性に関係なく空間周波数ごとのパワースペクトル分布を求める方法である。もうひとつは1次元で捉えて水平、垂直各方向ごとに平均化する方法である。まず前者について検討したところテクスチャの粗さの評価には適当であったが、例えばストライプ柄など方向性の強い柄の場合、平均化により方向の特徴が失われてしまうなど問題点があった。そこで今回は汎用性を考慮し、水平、垂直各方向ごとにパワースペクトルの平均を取り、これを画像のパワースペクトルとして用いた。これにより水平、垂直各方向における画像の特徴の評価が行える。図5に、図3のストライプ柄のパワースペクトルを示す。水平方向

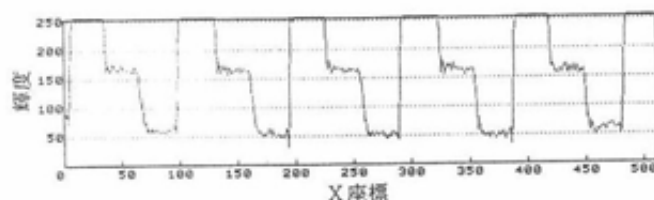


図4 水平方向における輝度の変化

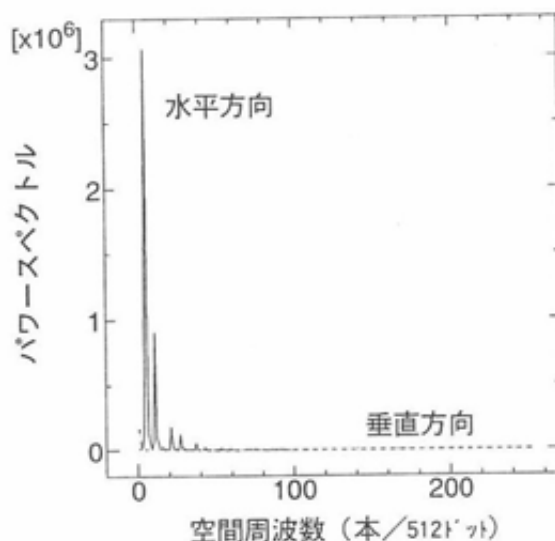


図5 パワースペクトル

は柄の輝度変化が大きいいためパワースペクトルも大きい、垂直方向はノイズ以外ほとんど柄に輝度変化がないため、パワースペクトルは非常に小さい。視覚的にストライプ柄は水平方向の変化が強い柄であることが、パワースペクトルの大きさからも確認された。このように明らかにある方向のパワースペクトルが大きい場合はそちらの方向を画像のパワースペクトルとみなしてよいが、通常は水平、垂直両方向を考慮する必要があると考えられる。

3.1.4 ゆらぎの判定

ゆらぎは3.1.3で求めたパワースペクトルに対して、最小2乗法で $\log(y) = a \cdot \log(x) + b$ に近似し、傾き a の値で判定した。傾き a が -1 前後になる場合が $1/f$ ゆらぎである。図6に、図3のストライプ柄におけるパワースペクトル(水平方向)とその処理結果を示す。傾きは -1.7018 (相関係数 $r=0.8115$)であり、パワースペクトルからも規則性が強いこ

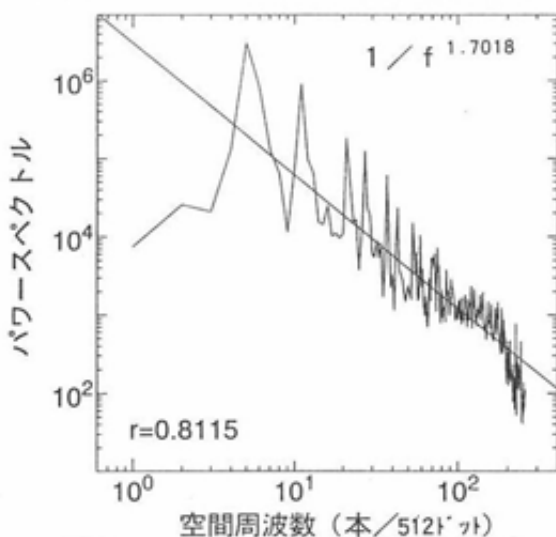


図6 パワースペクトル(水平方向)

とが確認された。これはコンピュータで作成したノイズのない同様のストライプ柄のパワースペクトル(傾き -1.7164 , $r=0.6300$)ともよく一致しており、ノイズの影響もほとんどなく測定できることが確認された。5付近にみられるピークはストライプ柄の周期であり、規則性の強い柄についてはその周期も確認できる。

パワースペクトルの形状によっては一本の直線で近似できず複数の直線に分割して近似する場合、

例えば傾きが高周波数領域で変化し2本に近似される場合などにおいては、低周波数領域側の直線で判定を行う必要がある。 $1/f$ ゆらぎは変化の大きい低周波数領域が注目されており、また高周波数領域はパワー自体も低いことなどから高周波数領域を除いても影響は小さいためである。

その他、木目模様のデザイン柄を測定した結果、パワースペクトルは傾きが水平方向 -1.1266 ($r=0.9482$)、垂直方向 -1.1397 ($r=0.9737$)になり、処理方法やプログラムが適当であることが確認されたので、以降織物の計測に用いた。

3.2 織物サンプルの計測

3.1で検討した $1/f$ ゆらぎの評価手法を用いて、織物サンプルの計測を行った。まず $1/f$ ゆらぎプリントカーテンとして市販されている織物の測定結果を示す。図7に織物($1/f$ ゆらぎプリントカーテン)、図8、9にパワースペクトル

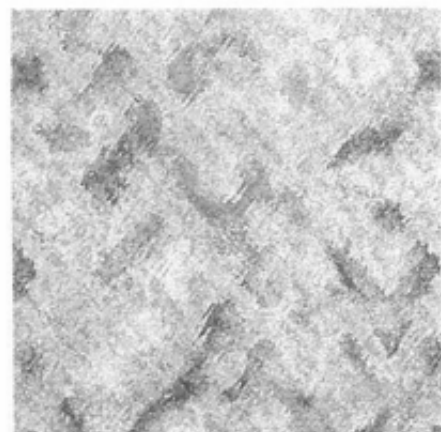


図7 織物($1/f$ ゆらぎプリントカーテン)

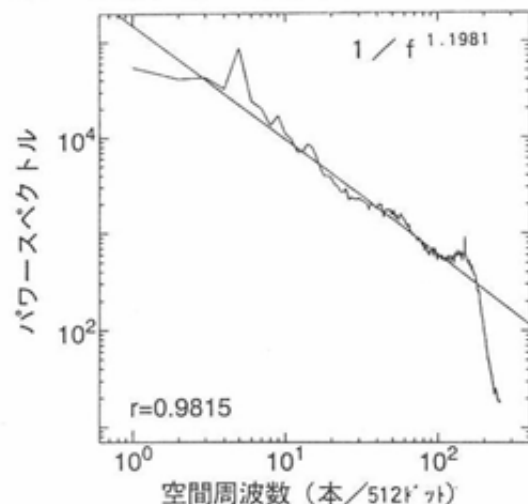


図8 パワースペクトル(水平方向)

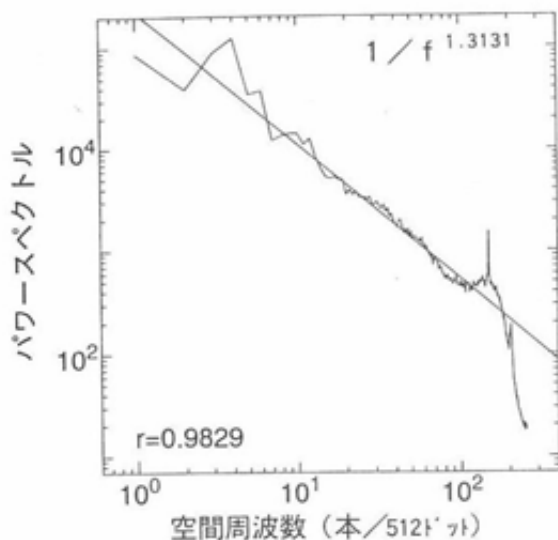


図9 パワースペクトル(垂直方向)

を示す。図8より水平方向のパワースペクトルの傾きは -1.1981 ($r=0.9815$)であり、この手法によりプリント織物の $1/f$ ゆらぎが計測可能であることが確認された。図9から垂直方向の傾きは -1.3131 ($r=0.9829$)であった。 $1/f$ ゆらぎの範囲については自然の風にもパワースペクトルが $1/f^{1.4}$ となるものが報告されており、「快適性」をもたらすゆらぎのパワースペクトルは $1/f = 1/f^1$ という狭い範囲に限らず、例えば $1/f^n$ ($n=1\sim 1.4$)といったもう少し広い範囲を考えたほうがより自然と考えられる。インテリア織物に適する具体的な範囲については、今後官能検査との相関をみていく必要があるが、快適性の比較においては傾きを有効利用できる。

また水平、垂直両方向とも高周波数領域(150付近)にピークがみられるが、これは織物組織によるものである。今回のように織物の柄パターンについて $1/f$ ゆらぎを評価する場合、高周波数領域に現れる組織のピークは除いて考える必要がある。

ジャカードカーテン16点について、ゆらぎの評価を行った結果から、 $1/f$ ゆらぎ、 $1/f^2$ ゆらぎ、白色スペクトルをもつ織物の一例を示す。図10に $1/f$ ゆらぎをもった織物、図11、12にそのパワースペクトルを示す。ジャカード織物の場合織物組織によるピークが現れやすいので特に注意が必要である。



図10 織物(ジャカードカーテン)

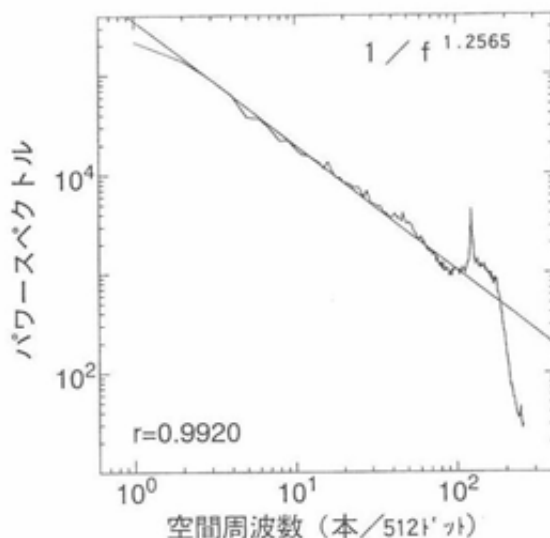


図11 パワースペクトル(水平方向)

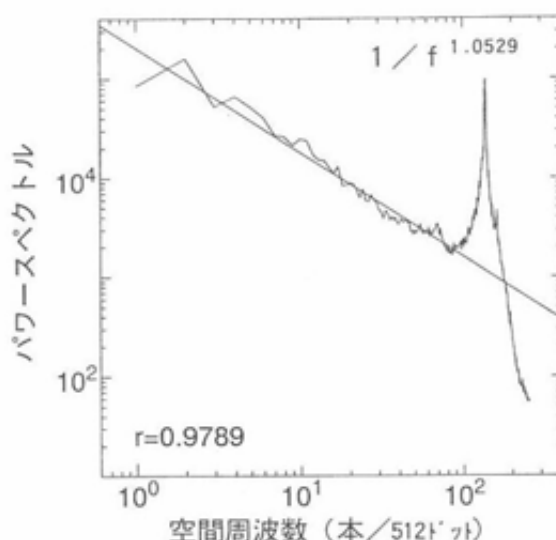


図12 パワースペクトル(垂直方向)

$1/f^2$ ゆらぎをもった織物の例として、図13に織物、図14、15にそのパワースペクトルを示す。パワースペクトルの傾きは水平方向 -2.0102 ($r=0.9746$)、垂直方向 -1.7424 ($r=0.9234$)と大

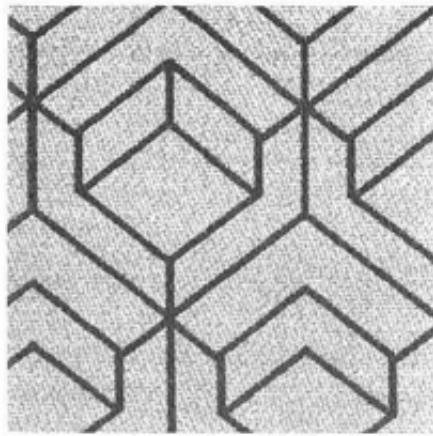


図13 織物(ジャカードカーテン)

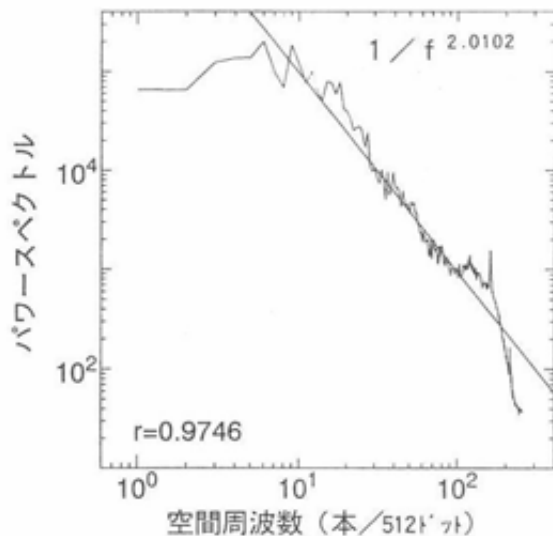


図14 パワースペクトル(水平方向)

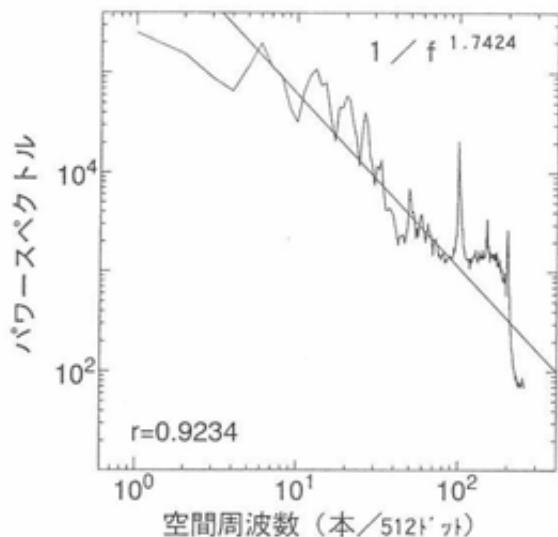


図15 パワースペクトル(垂直方向)

きく規則性が強いことが読みとれる。サンプルは規則性のある幾何学的な柄であり、周波数分析により求めたパワースペクトルの結果と一致する。低周波数領域(6~9付近)にみられるピークは柄の

周期性によるピークである。製造上の1完全リピートの周期によるものではないが、視覚的な柄サイズからくる周期といえる。このようにパワースペクトルのピークと傾きから柄サイズの大きさや規則性の強さの目安を知ることができる。高周波数領域にみられるピークはやはり織物組織の周期によるものである。

一方、規則性が小さい(白色スペクトルに近い)織物の例として図16に織物サンプルを示す。パワ



図16 織物(ジャカードカーテン)

ースペクトルの傾きは水平方向が -0.7589 ($r=0.9712$)であり不規則性が強いことを示す。垂直方向は傾き -0.9977 ($r=0.9965$)であり水平方向に比べると規則性が強く、柄の輝度変化が緩やかである。今回は比較的オーソドックスな市販品をサンプルとしたこともあり極端な白色スペクトルをもつ織物はなかった。

以上、今回検討したゆらぎ評価手法を用いて織物サンプルの計測を行ったところ、織物の柄についても織物組織によるピークを考慮することにより $1/f$ ゆらぎの計測が可能となった。またパワースペクトルのピークと傾きから視覚的な柄サイズの大きさ(周期)や規則性の強さなど、柄の空間的特徴を確認することがわかった。

4. まとめ

インテリア織物を対象に心理的快適性に基づく新しいイメージ評価手法のひとつとして、 $1/f$ ゆらぎ評価手法を検討した。今回は柄パターン

(濃淡画像)について $1/f$ ゆらぎの評価が可能となったが、心理的快適性には色彩による影響も大きいと考えられるため、今後は $1/f$ ゆらぎの評価手法を色彩に応用していく予定である。また快適性をもたらすものが $1/f$ ゆらぎをもつことは確認されているが逆がいえるとは限らず、官能検査などからインテリア織物における人の感性和 $1/f$ ゆらぎの関係についても検討していく必要がある。

謝 辞

本研究を行うに当たり、有益な御助言を賜りました名古屋工業大学材料工学科坂本雄二氏に厚くお礼申し上げます。

文 献

1. 武者利光, 「ゆらぎの世界」, 講談社 (1980)
2. 武者利光, 「ゆらぎの発想」, NHK出版 (1994)
3. 柳内雄一, 染色工業, 43, 174 (1995)
4. 近藤邦雄、埼玉県 産学官共同技術研究推進事業研究報告 5, 27-58 (1995-8)
5. 八木伸行他, 「C言語で学ぶ実践ディジタル映像処理」, オーム社 (1995)
6. 田村秀行, 「コンピュータによる画像処理入門」, 総研出版 (1985)
7. 合原一幸他, 「カオス応用システム」, 朝倉書店 (1995)