

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 25 日現在

機関番号：32629

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24603023

研究課題名(和文) 陶器表面性状不規則性が有する癒しの高精度な定量評価

研究課題名(英文) Fractal Analysis and Fast Fourier Transform Analysis for Healing Irregularity

研究代表者

酒井 孝 (SAKAI, Takashi)

成蹊大学・理工学部・教授

研究者番号：50336517

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：FFT解析およびフラクタル解析による、陶器表面性状に対する高精度な癒しの定量評価を行った。従来手法では、測定範囲が微小領域であり測定間隔が広いことから、「手触りによる癒し効果」の検証に対してうまく評価できなかった。

(1) 高精度なFFT解析の結果から、人の手によって作られた陶器が人に与える癒し効果は高く、機械的に作られた陶器が人に与える癒し効果は低い。また、製作者の力量によって陶器の癒し効果に違いが現れ、素人が作ったものよりも有名陶芸家が作ったものの方が癒し効果が高いことがわかった。

(2) 人の手によって作られた陶器のフラクタル次元は、触覚を感じられる巨視的範囲において $D=2.63$ 付近に集中する。

研究成果の概要(英文)：High-accuracy quantitative evaluation of relaxation effects of the surface texture of pottery was conducted using FFT and Fractal analyses. The pottery surface must be measured at an extremely small measuring range but with a broad interval. These restrictions have prevented the use of conventional methods for verifying and evaluating "relaxation effect by tactile feeling."

(1) High-accuracy FFT analysis revealed that hand-made pottery has a strong relaxation effect on people, although machine-made pottery has only a weak effect. Moreover, the relaxation effect of pottery depends on the manufacturer's talent: pottery made by a famous potter has a stronger relaxation effect than that made by an amateur.

(2) The Fractal dimension of the hand-made pottery concentrates around $D = 2.63$ for a macroscopic range in which a tactile sense can be perceived.

研究分野：フラクタル, 癒し, 材料工学, 集合組織, 結晶方位解析

キーワード：癒し フラクタル 陶器 FFT

1. 研究開始当初の背景

現代社会において、人間関係などの様々なストレスによる心身の負担が指摘され大きな社会問題となっている。それにともない、ストレスを緩和し人々に安らぎを与えることができる「癒し」の重要性が高まっている。その一端として、癒し効果があるとされる製品が世に出回っている。例えば、クラシック音楽やアロマセラピー、森林浴などが挙げられ、これらは音楽や香り、色彩などに着目したものである。また、有名陶芸家の作品が持つ見た目や手触りといった表面性状からも「癒される」、「粹である」といった印象を感じることができる。そこで、過去の研究では陶器の有する癒し効果に着目し、「癒し」という曖昧なものの定量評価が試みられた。

その際、用いられてきたのが $1/f$ ゆらぎとフラクタル幾何学の概念である。 $1/f$ ゆらぎとは人の心拍の間隔や脳波の α 波などのバイオリズムに現れる特徴であり、人に快感を与えると考えられている。フラクタルとは、部分と全体が自己相似となっている図形であり、フラクタル幾何学を用いると物体の複雑さを数値で表すことができ、不規則な表面性状を定量的に評価することが可能となる。これまでに、陶器の表面性状の定量評価が試みられた。しかし、測定範囲が微小領域であることや測定間隔が広いことから、「手触りによる癒し効果」の検証には測定データがそぐわなかった。

2. 研究の目的

本研究では、解析結果の信頼性を高めるために、広範囲で高精度な凹凸プロファイルを作成した。そのデータをもとに FFT 解析、フラクタル解析を行ない、高精度な癒しの定量評価を行った。

一般に曖昧に表現される癒しに対して、FFT 解析とフラクタル次元 D とを組み合わせる総合的かつ高精度に定量評価する本研究は、極めて新規的かつ独創的な研究であると言える。癒しが高精度に定量化できれば、身の回りの構造物の無機質な表面性状に癒しの付加価値を付与する転写加工の実現に繋がる。この技術が確立できれば応用先は無量大となり、社会への波及効果は多大である。また、匠の技の継承研究についての研究指針を得ることも目的としている。

3. 研究の方法

(1) 解析対象 本研究では有名陶芸家作の陶器、手作りの陶器 3 種、市販の陶器 4 種の計 8 種の陶器を解析対象とした。

有名陶芸家作の陶器は「癒される」、「粹である」と評される高級品であり、見るものによっては温かみを感じられる。有名陶芸家作の陶器と市販の陶器の解析結果を比較することで、高価なものと安価なものの本質的な違いを評価できる。また、有名陶芸家作の陶器と手作りの陶器の解析結果から、製作者の

力量の違いから表れる本質的な違いを評価できる。

(2) FFT 解析 陶器の表面性状の取得に関して、(株)ミットヨ製の触針式粗さ計 SurfTest 4 を用いた。本装置では 0.01 mm 間隔の高精度な高さデータの取得が可能である。先行研究で用いたレーザーテック(株)製の走査型レーザー顕微鏡 ILM15 の測定範囲は 778 μm 四方という微小範囲であったが、本研究では縦横について 150 μm 間隔でそれぞれ 200 箇所線の線分を測定することで、30 mm 四方の範囲の凹凸データを収集した。このときサンプリング周波数は 200 Hz であるため、一つの線分は 12000 点のデータとなる。これにより、陶器の手触りを対象とした解析を行うことができると考えた。

粗さ計で使用するスタイラスは平面用のものであるため、曲率の大きい陶器の表面性状の測定を行うことが出来ない。そのため、武藤商事製の型取くん K-55 を用いて陶器表面のレプリカを製作した。これは熱可塑性ポリエチレン樹脂であり、100 のお湯で 60 s の湯煎後に陶器に対する 300 s 間の押し付け保持を行うことで製作した。レプリカはハサミで容易に切断できるため、これにより曲率の高い陶器の測定も可能となった。取得面は陶器表面の任意の 300 mm 四方の面とした。

測定データを MATLAB にて作成したプログラムで FFT 解析し、 $1/f^x$ ゆらぎの変数 x を算出することで、癒し効果の有無を確認した。高さデータは不連続な波形へと変換した。陶器の表面性状は大きな凹凸と細かな凹凸で構成されているため、高周波成分の漏れが少ないハニング窓関数を使用した。

(3) フラクタル解析 陶器の 3D 形状データを取得に、Roland DG 社製の 3D レーザスキャナ LPX-1200 を用いた。測定範囲は FFT 解析と同じく 30 mm 四方、測定方法は平面スキャン方式でスキャンピッチは縦横ともに 0.1 mm とした。先行研究による取得データのスキャンピッチは 1 mm と粗かったが、本研究では手触りを対象としたより高精度なデータが得られた。

また、測定対象が黒色の場合は仕様上 3D 形状を取得することができず、データの抜け落ちが発生する。そのため(株)タイホーコーザイ製の NEW ミクロチェック現象液を用いた。これにより測定対象表面にごく薄い白色の粉を吹き付けることで正常な 3D 形状データを取得できる。得られた 3D 形状データを点群データとして出力し、Visual Basic 6.0 で作成したプログラムを用いて解析した。まず、表面ボックス座標算出プログラムを用いて対象を覆う大きさの立方体を一辺の長さ ε の小さな立方体で分割し、点群データの存在するボックス座標を算出した。本研究では対象を覆う立方体の大きさを一辺 30 mm で統一した。これにより得られたボックス数は、使用したプログラムの性質上余分なボックス

をカウントしているため、削り取りプログラムによってより解析対象の形状に近似させた。以上により得られたボックス数 n と対応する ε からフラクタル次元 D を算出した。

4. 研究成果

(1) FFT 解析 それぞれの陶器について 400 点の線分の高さデータを測定し、MATLAB で FFT 解析を行い $1/f$ ゆらぎの定数 x を算出した。解析結果に最小二乗法による線形近似直線を引き、その傾きから定数 x を算出した。各陶器に対する解析結果を表 1 にまとめた。

定数 x が 1.00 に近いほど、その陶器は $1/f$ ゆらぎを有していると言えるため、人に快適感を与えると考えられる。また、定数 x が大きい手作り椀、手作り椀、市販の陶器の 3 種は起伏が激しく荒い表面形状であり、その他の定数 x が小さい陶器は滑らかで緩やかな変化の表面形状である。

表より、人の手によって作られた陶器や高級な陶器が人に与える癒し効果は高く、人工的で安価な陶器が人に与える癒し効果は低いことがわかる。

表 1 FFT 解析から得られた $1/f^x$ ゆらぎ

		定数 x
解析対象	有名陶芸家作椀	0.86
	手作り椀	1.17
	手作り椀	0.78
	手作り椀	1.22
	市販の陶器	1.23
	市販の陶器	0.75
	市販の陶器	0.77
	市販の陶器	0.72

(2) フラクタル解析 3D レーザスキャナで取得した各陶器の 3D データをもとに、フラクタル解析から算出された陶器のフラクタル次元について、表 2 にまとめた。有名陶芸家作椀と手作り椀、手作り椀、市販の陶器の 4 種の陶器については、過去の研究成果とも比較した。本研究で得られたフラクタル次元は 30 mm 四方であるので、過去の研究成果における巨視的領域に対する解析結果と直接比較した。

すべての陶器の解析結果において、 $\ln \varepsilon$ の増大に従って $\ln n$ が直線的に減少していることから Richardson 効果の関係が成り立つため、陶器がフラクタル性を有していることが帰納的に示される。 ε の値が大きいときは陶器を大きなボックスで大雑把に近似しているためデータにばらつきが見られたが、ボックスを小さくしていくことで陶器を正確に近似できた。

表 2 に示すように、陶器の表面性状のフラクタル次元は $D=2.58\sim 2.66$ でありばらつき

が少なかった。これは解析対象が 30 mm 四方の陶器表面であるので、表面性状の概形に対して巨視的な評価を行ったことによるものである。この傾向は過去の研究成果とも関連しており、測定範囲が広範囲であるほど各陶器のフラクタル次元の差が小さくなった。巨視的領域での有名陶芸家作の陶器及び手作りの陶器のフラクタル次元は $D=2.63$ から ± 0.02 の範囲にある。一方、市販の陶器は $D=2.63$ から ± 0.05 の範囲に存在した。このことから、今回調査した範囲内では、人の手によって作られた温かみを感じられる陶器のフラクタル次元は、 $D=2.63$ 付近に位置するものと結論づけた。

なお、全体的に小領域での解析ではフラクタル次元が 2.0 に近い値となり、大領域での解析ではフラクタル次元が 3.0 に近くなった。これは、フラクタル次元は解析対象の複雑さを数値化するものであるため、大領域を測定すると小領域の要素が包括されて反映されるからと考えられる。

表 2 フラクタル次元 D の一覧

		次元 D
解析対象	有名陶芸家作椀	2.61
	手作り椀	2.65
	手作り椀	2.62
	手作り椀	2.63
	市販の陶器	2.58
	市販の陶器	2.66
	市販の陶器	2.58
	市販の陶器	2.61

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.sd.seikei.ac.jp/lab/zairiki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 孝 (Takashi SAKAI)
成蹊大学・理工学部・システムデザイン学
科・教授
研究者番号：50336517

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

()
研究者番号：

(4) 研究協力者

瀧本 健太郎 (Kentaro TAKIMOTO)

飯田 岳 (Gaku IIDA)

奥野 正寛 (Masahiro OKUNO)