

陶磁器における貫入模様のCG

高木 友和* 世良 京平† 蔡 東生‡

*筑波大学 工学研究科 電子・情報工学専攻

†筑波大学 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

‡筑波大学 電子情報工学系 〒305-8573 茨城県 つくば市 天王台 1-1-1

本研究の目的は、シェーディングにおいて擬似的に凹凸を表現する方法であるバンプマッピングに、人間が心地よく感じ、心に平穏な気持ちをもたらすと言われる $1/f$ ゆらぎを加えることで、日本の伝統工芸である陶器、ここでは茶碗の貫入(ひび割れ)模様の表現を試みることである。 $1/f$ ゆらぎは身近なところで多く見られている現象で、生体に心地よいと言われており、近年ではデザイン、配色、形状などでインテリアの分野に応用されている。それゆえ、 $1/f$ ゆらぎのCGデザインへの応用は大変有効であると考えられる。本研究では、自然界の現象に非常に多く見られる $1/f$ ゆらぎに着目するとともに、バンプマッピングを用い茶碗の貫入模様のシェーディングを行い、茶碗の貫入模様を表現する。

Computer Graphics of Crack Pattern on Potteries

Tomokazu Takagi* Kyohei Sera † DongSheng Cai ‡

*Graduate Study of Engineering, University of Tsukuba

† Institute of Systems and Information, University of Tsukuba

‡ Institute of Electronics and Information, University of Tsukuba

1-1-1, Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573, Japan

In the present report, we discuss some method to generate the crack pattern on potteries using both bump mappings and $1/f$ noises. Recently, $1/f$ noises have been applied to various to designs such as color coordinations, interia coordinations, etc. We apply $1/f$ noises to model the crack patterns on the potteries and use bump mapping to generate and shade the so-called “Kan-Nyu” pattern on the potteries. We found both $1/f$ noises and bump mappings are very useful to generate some realistic CG of potteries with “Kan-Nyu” patterns.

1. はじめに

コンピュータグラフィックス(以下CG)において、自然物体の形状や、物体表面の質感などを表現しようとしたときに、実際に目的とする画像を取り込み、利用するという方法が多い。しかし、一般にこういった画像は、データが大きく、適用範囲が限られてしまう。

フラクタル幾何学は、このような自然現象や自然物体の形状、表面の質感などを、アルゴリズム的に表現するため、適用範囲が幅広い。このため、現在の映画などでは、コンピュータで作られたいりアリスティックな画像が大変多く使われるなど、フラクタル幾何学を用いたCGは非常に重要な役割を担っている。

また、現実には存在しないものをまるで世界に存在するもののように映像を作るとはCGにおいて重要な役割ではあるが、それだけでなく人間に安らぎを与える、心地よい気持ちにしてくれるという1/fゆらぎに着目することも重要であると考えられる。そこで、日本の伝統文化である陶芸品のように、芸術的な面も考慮に入れて、人間の感性に心地よく、心に平静をもたらすことのできるようなものをCGによって表現しようとしたのが、本研究のはじまりである。

我々がCGを見たとき、必ずと言っていいほど、視覚的関心が中心となる。そこで、本研究ではオブジェクトの茶碗の貫入模様をバンプマッピングを用いて表現したい。ここで、バンプマッピングとは、面の法線ベクトルを摂動させることにより、擬似的に表面に凹凸を表現する手法である。本研究では、茶碗の表面にできる貫入模様を、バンプマッピングを用いて表現し、またひび割れの四角格子の各格子点と色にゆらぎを適用し、いかに本物らしく、また人の心を和ませるような模様をテクスチャーとして作成し、それを評価する。なお、高木[1]による学士論文で、完全乱数より1/fノイズを使用する方が、大井戸茶碗に近づけるという結果をふまえて本研究を進める。

これまで行われてきたテクスチャーに関する研究として、82年にフルニエらは、複雑な地形を非整数ブラウン運動を用いた確率モデルにより試みた。フルニエ[3]らの研究

における中点変位法は、その後、フラクタル地形を描く手法として利用されるようになった。また、85年に、Perlin[4]は、Pixel Stream Editor による、 $1/f^2$ ノイズを用いて、より現実性のあるテクスチャー表現を行った。

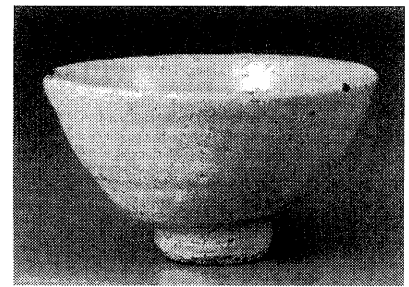
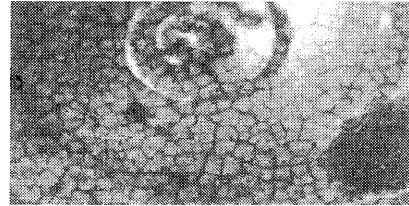


図1. 大井戸茶碗[2]

2. ゆらぎとひび割れ貫入模様生成法

2.1 ゆらぎ

自然界にはとても多くのゆらぎが見られる。木の木目、夕焼けの赤、陽炎など、大変多くのゆらぎが存在する。また、人間の中にもこのゆらぎは存在していて、脳波、心拍間隔、手拍子の間隔などの生理現象にもこのゆらぎは存在し、これが1/fスペクトルを持つことが知られている。

このように、自然界のゆらぎと人体のゆらぎ、ともに1/fゆらぎという点で深く関わっており、また人間が心地よく感じるとされていることから、近年、1/fゆらぎの研究が実施されており、実際に扇風機やクーラーといった工業分野で応用されていたり、環境音楽のCDに用いられたり幅広く実用化されている。しかし、1/fゆらぎがなぜこれほど自然界に多く存在されているかは解明されておらず、その研究は未だ発展段階である。

2.2 ひび割れ・貫入

陶磁器に発生する貫入は、製品となったとき重大な欠陥であることもあれば、時と場合によっては装飾になることもある。いずれにしても、貫入の主な要因は素地と釉の相互関係である。釉と素地との間の熱膨張率の差によって貫入は発生する。一般に、熱膨張率係数が非常に大きいアルカリ・アルカリ土類成分を含む釉は貫入が発生しやすく、珪酸を使用すると「入止め」と言われている。これとは逆に、素地より釉の方が熱膨張率が小さいとシバリングと呼ばれ、陶磁器の破壊や釉飛びが起こってしまう。

2.3 ひび割れの生成法

1/f ノイズは、時定数に特定の分布を仮定するという簡単な数学モデルから作ることができる。マンデルブローとヴァン・ネスが、ブラウン運動の自己相似性に着目し、拡張したその数学モデルの一つが、非整数ブラウン運動である。

本研究では、非整数ブラウン運動に拡張した中点変位法を利用して 1/f ノイズを作成し、ひび割れに適用した。

3. ゆらぎとバンプマッピングの適用

3.1 ゆらぎの適用

本研究では、格子点と表面の色にゆらぎをかける。大井戸茶碗は、基本的には四角格子であるが、五角形なども見られる。そのため、1つのポリゴンの中で五角形2つと四角形2つを描画することで実現した。それぞれの格子点の x, y 座標に対してゆらぎをかけ、ゆらぎをかけた格子点の座標値を利用してバンプマッピングを行う。

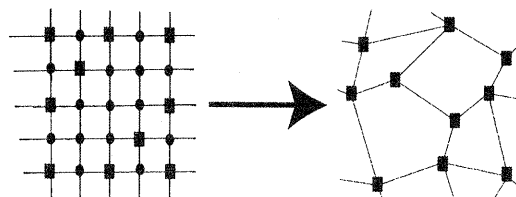
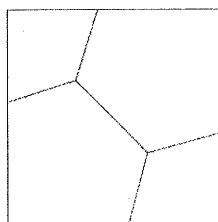


図 4-1: ゆらぎ後の格子

3.2 バンプマッピングの適用

バンプマッピングを行う際には、格子点をゆらがせた後の座標に対して、法線ベクトルを決定しなければならない。法線ベクトルの決定の手順を以下に示す。

- (1) ゆらがせた後の座標値を用いて、ポリゴンを描く。
- (2) 2点間の座標値をもとに、その線分の傾きを計算する。
- (3) (2)で求めた傾きに垂直な傾きを求める。
- (4) (3)を用いて、法線ベクトルを指定する。
- (5) プレゼンハムのアルゴリズムを用いて、その線分がどの画素を通るかを調べ、該当箇所の法線ベクトルを(4)を用いて順次指定する。

プレゼンハムのアルゴリズムを用いることで、その線分がどの画素を通るかを調べることができる。プレゼンハムのアルゴリズムの適用を下の図によって示す。

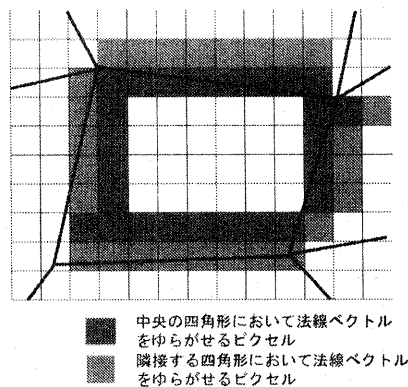


図 4-2: プレゼンハムのアルゴリズムとバンプマッピング

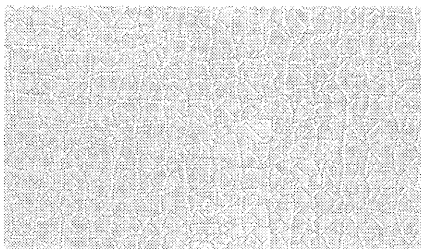


図 4-3: バンプマッピングを用いたひび割れ

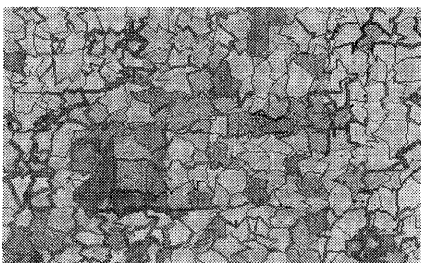


図 4-4: 1高木[1]による 1/fゆらぎを用いたひび割れ

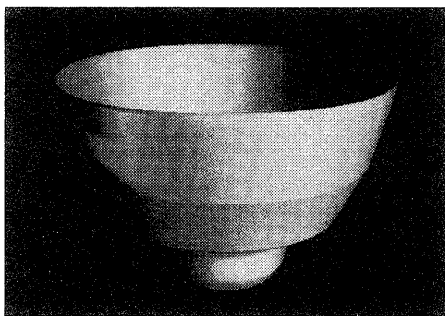


図 4-5: バンプマッピングを用いた茶碗

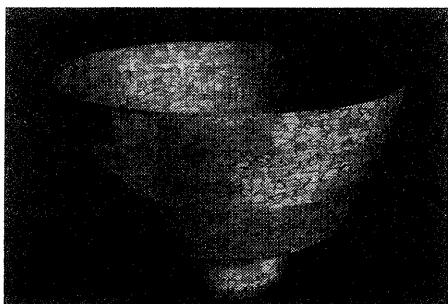


図 4-6: 高木[1]による 1/fゆらぎを用いた茶碗

5. おわりに

バンプマッピングを利用した貫入模様
のテクスチャーは、高木[1]の作成した貫入模
様に比べて、凹凸感のある茶碗のひびをう
まく表現でき、より自然な雰囲気が出せた
と思われる。貫入模様にはバンプマッピング
と 1/f ゆらぎを適用したことにより、写実的
な質感を実現した。

今後の課題としては、ひび割れの色をレ
イトレーシングを用いて表現すること、ひ
び割れ部分のアンチエイリアシング処理、
茶碗のモデリング、さらには貫入模様の発
生メカニズムに即したシェーディングを目
標とする。最終的には、その発生メカニズ
ムに即したひび割れのアニメーションなど
も考えられる。

参考文献

- [1]高木友和, “ゆらぎによる茶碗のひび割れ,
筑波大学情報学類卒業論文, 1997.
- [2]日本の名陶十撰(2), 毎日新聞社, 1994.
- [3]FOURNIER D'ALBE, E.E. “Two new
worlds: I The infra world; II. The supra
world. London: Longmans Green”, 1907.
- [4]Perlin, K., and E. Hoffert, “Hypertexture”
Computer Graphics, 23(3), 253-262, 1989.
- [5]James F. Blinn “Simulation of Wrinkl-
eld Surfaces”, 1978.
- [6]米沢富美子, ブラウン運動, 共立出版, 1986.
- [5]高嶋広夫, “陶磁器 釉の科学”, 内田老鶴圃,
1994.