

1/fゆらぎを付加した画像の生成

7C-1

中川祐治 是永有里

国際基督教大学理学科

1. はじめに

一般にコンピュータグラフィックスで人工的に生成された画像では、写真や絵画におけるよりもゆらぎが少なく、これが画像を不自然に感じさせる要因になっている。自然界に存在するゆらぎは $1/f$ であることがすでに知られており、本研究ではこの $1/f$ ゆらぎをコンピュータグラフィックスで生成された画像に付加することにより、画像の不自然さを解消することを試みたのでこれを報告する。

2. $1/f$ ゆらぎの算出

デジタル画像に対して $1/f$ ゆらぎを与えるためには、その画像のパワースペクトルを算出し、 $1/f$ ゆらぎの程度を求めておく必要がある。このために二次元離散的フーリエ変換(DFT)を用いる。デジタル画像 $F = \{f_{mn}\}$ のフーリエ変換 F_{uv} は、次式で定義される。

$$F_{uv} = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M f_{mn} \exp \left\{ -2\pi i \left(\frac{u(m-1)}{M} + \frac{v(n-1)}{N} \right) \right\}$$

$$u = 0, 1, \dots, M-1, \quad v = 0, 1, \dots, N-1$$

u, v を空間周波数、 F_{uv} を空間周波数スペクトラムと呼び、DFTの結果は複素画像となる。パワースペクトル P_{uv} は

$$P_{uv} = |F_{uv}|^2$$

で定義され、その値は空間周波数 u, v の強さを表す。 $1/f$ ゆらぎはこのパワースペクトルから求めることができる。すなわち、空間周波数の対数を横軸、パワースペクトルの対数を縦軸とするグラフにおいてパワースペクトルは右下がりの直線で近似でき

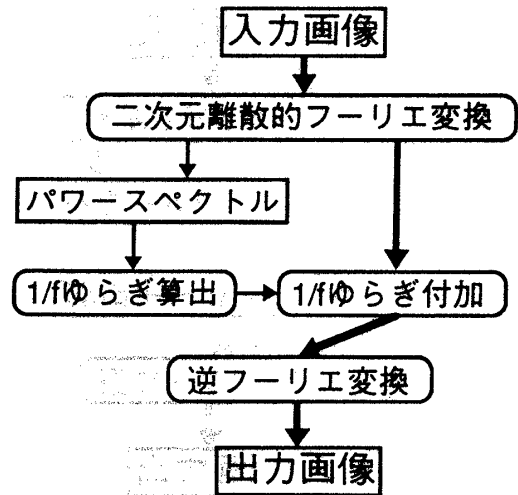


図1の処理の流れ

る。この直線の傾きが-1であればスペクトルは f に逆比例し、傾きが-2であればスペクトルは f の二乗に逆比例することになる。

ゆらぎはこの傾きにより定義され、傾きが-1ならばゆらぎは $1/f$ となり、傾きが-2ならばゆらぎは $1/f^2$ となる。ゆらぎが $1/f$ になるか $1/f^2$ になるかは画像の抽象性に依存する。すなわち、アニメのような抽象度の高い画像は $1/f$ となり、風景写真や写実的な絵画は $1/f^2$ となることが知られている¹⁾。一方、コンピュータグラフィックスではレンダリングにより写実的な画像の生成を行っているが、濃淡の変化にランダムさがなく、特に物体と背景の境界では濃淡の変化が唐突に起こる。我々はこの濃淡の変化の仕方がコンピュータグラフィックスの画像を不自然に感じさせる要因であると考え。従って、より自然な画像を生成するためにコンピュータグラフィックスの画像に $1/f$ ゆらぎを加え $1/f^2$ となるようにする。

3. 処理の流れ

図1に本手法の処理の流れを示す。初めに処理

Generation of Images with 1/f Fluctuation

Yuji NAKAGAWA, Yuri KORENAGA

(yuji@icu.ac.jp)

Division of Natural Sciences,
International Christian University

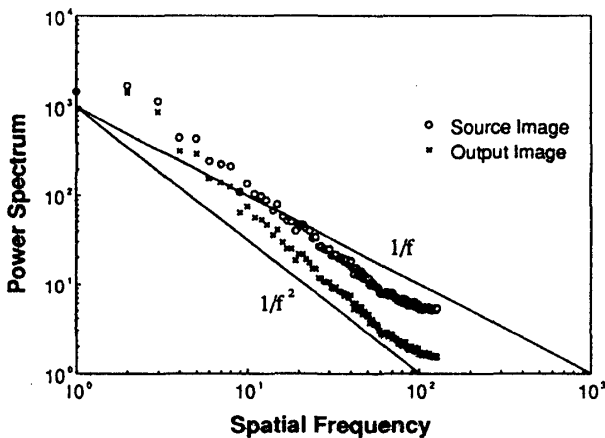


図2 パワースペクトルとゆらぎ

を施すべき入力画像に対して、DFTを行う。変換により得られた複素画像からパワースペクトルを求め、これを空間周波数である半径について積分すると図2のようなパワースペクトルとゆらぎの関係が得られる。このゆらぎが $1/f^2$ になるように各周波数で値を減少させ、その結果に対して次式で定義される逆フーリエ変換を行えばよいのであるが、パワースペクトルから複素画像へ戻すことは不可能であるので、この手法は使えない。

$$f_{mn} = \frac{1}{MN} \sum_{v=0}^{N-1} \sum_{u=0}^{M-1} F_{uv} \exp \left\{ 2\pi i \left(\frac{u(m-1)}{M} + \frac{v(n-1)}{N} \right) \right\}$$

$$m = 1, \dots, M, n = 1, \dots, N$$

そこで、入力画像から求めたパワースペクトルより $1/f$ ゆらぎの度合いを求めそれを $1/f^2$ へ変換するテーブルを作成し、これをフーリエ変換後の複素画像の実部、虚部にそれぞれ作用させることで $1/f^2$ ゆらぎへ近づける。この後、複素画像に逆フーリエ変換を行い目的の画像を得ることが出来る。

4. 実験結果

コンピュータグラフィックスにより生成された図3のような画像に対して、パワースペクトルを求めると、図2の(O)で示される値となる。実験に用いた画像ではゆらぎが $1/f$ よりも多少大きくなっている。このゆらぎが $1/f^2$ になるように上記の処理を行った結果が図2の(X)で示される値であり、これにより生成された画像が図4である。

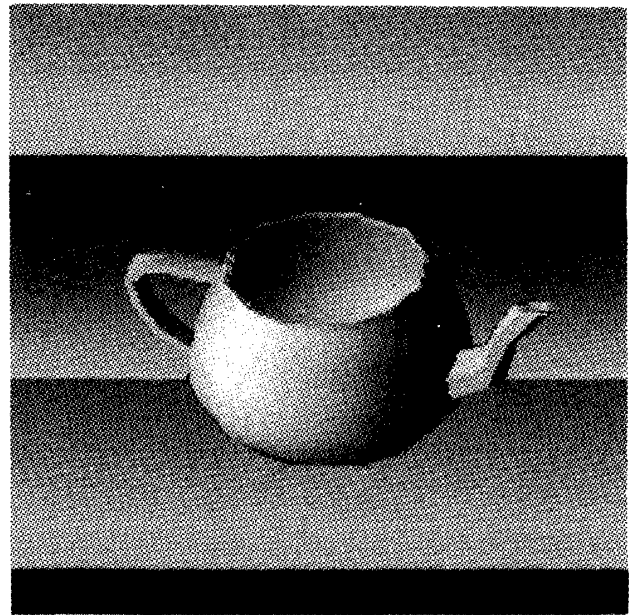


図3 入力画像

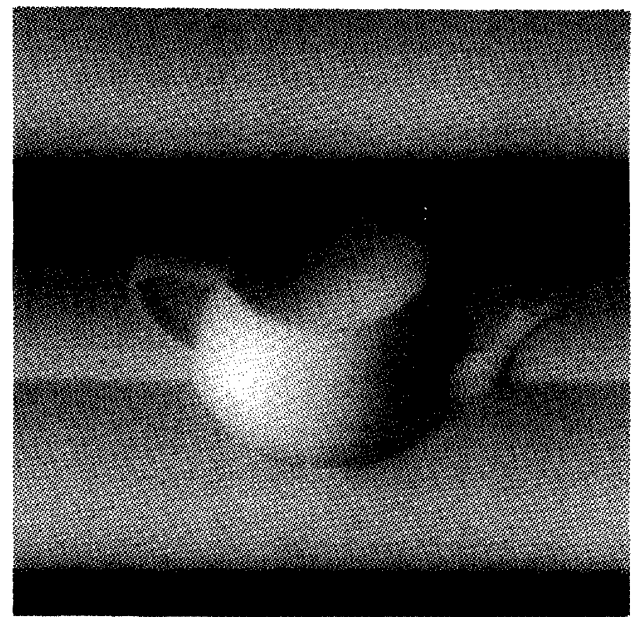


図4 1/fゆらぎを付加した画像

5. おわりに

本論文では画像全体にゆらぎを与え $1/f^2$ ゆらぎに近づけているが、コンピュータグラフィックスのレンダリングアルゴリズムの内部に本手法を導入することで、さらに自然な画像を生成することが可能であり、今後検討を進める。

参考文献

1)武者利光「ゆらぎの科学1,2,3」森北出版、1994