

フーリエ変換による空間周波数画像解析によるカラーイメージ織の品質評価

1 D - 1

尾崎敬二

国際基督教大学 理学科

1. はじめに

博多カラーイメージ織は、世界で初めて有限種類の色糸のみで 1000 種類以上の色彩表現を織物上で実現した技術により、1998 年 4 月より商品化された。通常カラー写真、カラー図案を原画像としてデジタル化されたイメージのひとつひとつの画素を、博多織の織色組織のデータベースと照合して、最も近い色の織色組織を選択し、織物上に展開して作成する。この従来の伝統的手作業では不可能な作業を、コンピュータ上で織り上がりの色をシミュレーションし、その品質評価をシミュレーションにフィードバックしてから、織機に送る織りデータを作成する。現在は、この織り色シミュレーション可能なコンピュータは東京の当研究室に 1 台しかないため、作成した織りデータは、インターネットを介して福岡市の博多織工業組合に送られる。織り上りの品質を、インターネットフォンにより、ビデオカメラである程度確認して、さらに修正を繰り返す場合もあるが、原画像の品質が良い場合はほとんど、無修正で織り上がるまでに品質向上した。しかし、このカラーイメージ織の品質評価は目視による場合、主観的な要素もからみ、従来から問題となってきた。初期の段階では、単純に全画素について原画像とシミュレーション変換画像間の平均色差を求め評価基準とした。次に、色彩の明度、彩度の色相分布から評価する手法も確立してきた。色の明度、彩度の色相依存性を求める手順は、かなり煩雑であり、分布状況の差を定量的に求めた数値が実用的な品質評価と乖離している場合も推定された。そこで、今回、新しく提案する品質評価の手法として原画像とシミュレーション変換画像のフーリエ変換画像を比較して、視覚的に定性的な評価を実施する方法を取り上げた。原画像に含まれる対象物には、自然風景、人物肖像画、動植物、人口建造物等、多岐にわたるため、その品質評価は原画像の色彩分布状況や個人の嗜好性により、目視によると、かなり揺動性を示す。新しく提案するフーリエ変換画像比較は、色の分布の空間周波数空間でのパワースペクトル分布図成分の比較であるから、これらの不確定要素の要因がある程度、隠蔽されるメリットもある。

2. フーリエ変換画像の作成と比較

原画像からデジタルイメージデータとして変換されたものをもとに実施する。処理の概要の流れ図を示す。

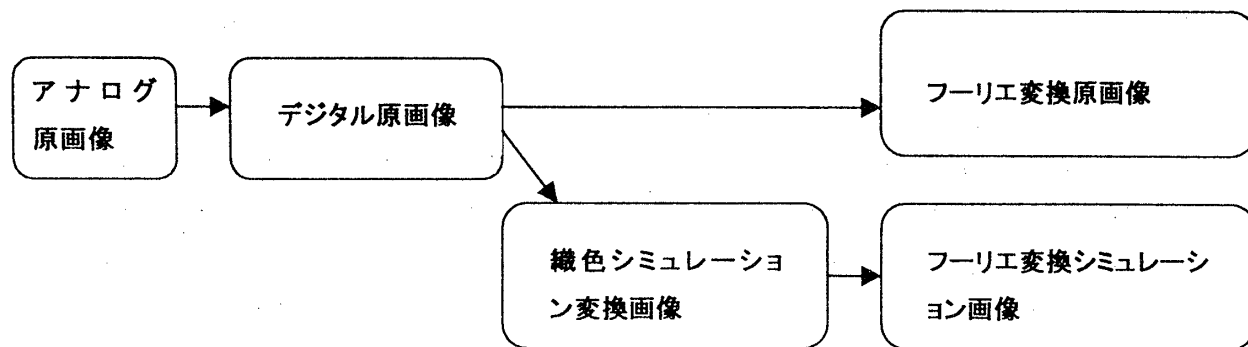


図 1 フーリエ変換画像による品質評価の概要

近年では、PhotoCD やデジタルカメラの普及により、アナログ画像をスキャナによって、デジタル化しなくてもそのままデジタル原画像として用いることが可能となったが、デジタルカメラ、あるいはデジタルビデオの解像度はまだまだ低く、これをカラーイメージ織の原画像として使用した場合はかなりの品質の低下が見られる。

フーリエ変換には、高速フーリエ変換を使用し、デジタル画像の画素の色彩データを配列に格納し、2次元フーリエ変換を行なった。

$$F(\omega_1, \omega_2) = \frac{A}{MN} \sum_{k_x}^{M-1} \sum_{k_y}^{N-1} f(k_x, k_y) e^{-2\pi i \omega_1 x} e^{-2\pi i \omega_2 y}$$

x方向とy方向のサイズは織り色シミュレーション時に、経(たて)糸と緯(よこ)糸の太さが異なること等を考慮にいて画像処理するために、一般に異なっている。織機の制約から横幅は900画素に固定される。色彩の要素は均等色空間のL*a*b*表色系を採用しているため、明度、彩度、色相に相当する量に分離することが出来る。上記の式によって、デジタル原画像のフーリエ変換画像と、織り色シミュレーション変換画像のフーリエ変換画像を求め、これらを比較することで、織り上がりのカラーイメージ織の評価を間接的に視覚化することが可能となる。フーリエ変換を行ない、パワースペクトル(フーリエ変換の複素数の絶対値²乗)を求める際には、どうしてもパワースペクトル成分の値の大きさには、大きな開きがあるために、桁落ちを生じることがある。この影響をできるだけ少なくして、256階調のグレースケールの画像として得たものを図2、3に示す。

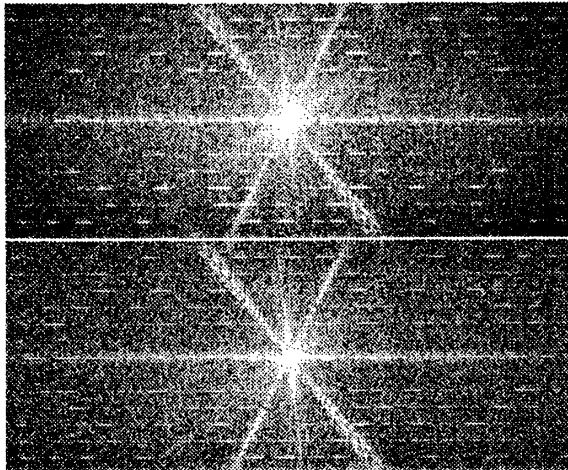


図2 b*成分のフーリエ変換画像の比較

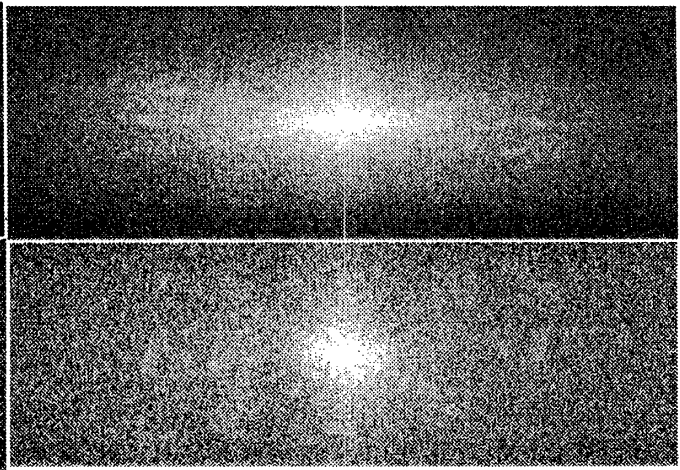


図3 L*a*b*を含むフーリエ変換画像の比較

図2は、歌舞伎役者を浮世絵とした図案を写真に撮影した原画をスキャナで読み込み、そのb*成分のみのグレースケール画像をフーリエ変換したものである。上段が原画像、下段が織り色シミュレーション変換画像をそれぞれフーリエ変換したものである。図3は、人物肖像写真をもとにL*a*b*をすべて含むカラーで表現したフーリエ変換画像の比較である。図2について、ヒストグラム分布状況を比較すると、原画像のほうが、L*,a*,b*すべてにわたり、標準偏差の値が2~6%大きい結果となっている。すなわち、原画像においては色の各成分ともに、空間周波数の広がりがあることから、滑らかな色調変化から鋭い変化までを幅広く含んでいることがわかる。織物上で表現する場合は、たかだか、1000種類の色調であるため、図2においても原点近くにちいさくまとまったパワースペクトル分布となっている。図3は、人物写真を織物にした場合のシミュレーション結果を示している。上段の原画像のパワースペクトル分布図に比べ、下段のシミュレーション変換画像のパワースペクトル画像は、図2にくらべ分布状況の差異が大きいことがわかる。つまり、原画像とシミュレーション間のパワースペクトル画像の違いが大きく、実際の織物において品質評価が低いことが判明している。

3. まとめ

今回の、フーリエ変換を施して、パワースペクトル分布を求めた空間周波数画像は、原画像と織り色シミュレーション変換画像間の差異を直感的、視覚的に把握する上で、かなり有効であるとみなされる。この比較を定量的な数値表現化できるかを、今後の課題としている。