

TV色画像の解像度改善に関する基礎研究

群馬職業能力開発短期大学校 小林 幸夫・齋木 和幸*

The basic study about improvement of resolution for the television color image.

Yukio KOBAYASHI・Kazuyuki KABURAGI

要約

現在の日本のTV伝送方式であるNTSC方式では、帯域幅を有効利用するため、色信号を狭い帯域幅で送信している。このため、送信された色画像の解像度が低下し、受信された輝度、色画像の合成により得られるカラー画像に、にじみが生じる。自然画像では色変化は輝度変化を伴うことが多い。よって輝度との相関を利用する事で、色画像を改善する事が可能であると考えられる。本研究では、低解像度色画像を解像度の高い輝度画像との相関を利用し改善した。結果として、適切な相関幅の設定により、色画像の改善を行うことができた。

I はじめに

現在、日本でのカラーTV放送はNTSC方式を利用している。この方式は、被写体の色を光の3原色である赤(R)、緑(G)、青(B)に分解し、輝度信号(Y)、色信号(I、Q)に変換し伝送している。ただし、伝送帯域幅を有効利用するため、輝度信号(Y)は4MHz、色信号(I)は1.5MHz、色信号(Q)は0.5MHzに帯域制限されている。従って、輝度信号に比べて色信号の解像度は低下している。このため、再生カラー画像において、色のにじみや変色が生じてしまう。

一般に、自然画像においては輝度変化を生じている部分は色変化も生じていることが多い。このことは、輝度変化と色変化に相関があることを示している。

そこで、高解像度である輝度画像と、低解像度である色画像との回帰直線を求めることにより、色画像の解像度を改善することが可能であると考えられる。すなわち、高解像度輝度画像と低解像度色画像の回帰直線において、輝度画像値から色画像値の推定を行うことにより、色画像の解像度を輝度画像の解像度と同等に改善するということである。

我々は、以上の考察に基づき、実際に輝度画像を用いて色画像の解像度を改善し、比較的良好な結果を得たので報告する。なお、この研究の応用としては、現行TV受像機の改善の他、最近話題になっているマル

チメディアにおけるコンピュータへのTV画像データの入力、処理の際、より解像度の高い色画像を得るための手法としても考えられる。

II カラーTV放送方式の原理

1. 受像3原色

カラーTVの受像機では、3原色の混色により色再現が行われる。この3原色を「受像3原色」と呼ぶ。加法混色の3原色として、赤(R)、緑(G)、青(B)の3色光が用いられている。

2. NTSC方式の伝送3信号

NTSC方式では人間の視覚の特性を利用することにより、伝送帯域幅を圧縮し、放送電波の有効利用を図っている。人間の視覚は、大面積領域の色差視力は高いが、小面積領域の色差視力は低い。そこで、画面上の大面積領域については、明るさ、色相、彩度の3成分の信号を送信する。小面積領域に対しては、明るさと、色差視力の高い色成分を送信し、微小面積領域に対しては、明るさの信号のみを送信することにより、伝送帯域幅の圧縮を行っている。以上のような送信方法により、Y信号は4MHz、I信号は1.5MHz、Q信号は0.5MHzの周波数帯域で送信を行っている。

輝度信号は明るさを表す成分の信号である。受像3原色に対し人間の視覚は緑に対して最も高感度であり、

赤がこれにつき、青が最も低感度である。そこで受信 3 原色を視感度特性に合わせて加えたものが Y 信号である。また Y 信号により得られる画像を Y 画像と呼ぶ。

色信号は、色を表す成分の信号である。比較的小さな面積において識別可能な色と、識別不可能な色を異なる帯域幅で送信するため、I 信号と Q 信号に分けている。I は色差視力の高い赤オレンジ系と青緑系、Q は黄系と紫系の色成分の信号である。また I、Q それぞれより得られる画像を I 画像、Q 画像と呼ぶ。

3. 受信 3 原色信号と伝送 3 信号

受信 3 原色信号を R、G、B、伝送 3 信号を Y、I、Q とするとそれぞれ次の式で表せる。

<受信 3 原色信号>

$$R = Y + 0.96 I + 0.63 Q \quad (\text{式 1})$$

$$G = Y - 0.28 I - 0.64 Q \quad (\text{式 2})$$

$$B = Y - 1.11 I + 1.72 Q \quad (\text{式 3})$$

<伝送 3 信号>

$$Y = 0.30 R + 0.59 G + 0.11 B \quad (\text{式 4})$$

$$I = 0.60 R - 0.28 G - 0.32 B \quad (\text{式 5})$$

$$Q = 0.21 R - 0.52 G + 0.31 B \quad (\text{式 6})$$

送信側では、受信 3 原色信号から伝送 3 信号に変換され、受信側では、伝送 3 信号から受信 3 原色信号に変換される。

III 色画像の解像度改善方法

I で述べた考察により、色画像の解像度を輝度画像との相関を利用して改善する方法について述べる。まず、色画像と輝度画像との相関を求めるため原輝度画像を粗視化し、色画像と同じ解像度を有する粗視化輝度画像を作成する。

次に改善点付近においての、粗視化輝度画像と色画像の回帰直線を求める。

次に求めた回帰直線と原輝度画像の値から、改善色画像値を推定する。画面上の全画素についてこれらの処理を施し、改善色画像を作成する。

最後に改善色画像と原輝度画像から、改善カラー画像を作成する。

詳細な方法を以下に述べる。

1. Y、I、Q 画像の作成

原画像データをパソコンに入力する。本研究では、パソコンへの TV 画像入力装置であるハイパービジョンを用いて画像データを取り込んだ。ハイパービジョンでは横 640、縦 400 個の点からなる画像データとして

取り込み、その各点に RGB、RGB、…とデータを格納している。また、各色成分の量子化サイズは 8 ビットである。次にオリジナル画像の R、G、B 成分から式 4、5、6 を用いて Y、I、Q 画像を作成する。

2. 輝度画像の粗視化

色画像の解像度に輝度画像の解像度を合わせるため輝度画像を粗視化する。本来ならハードウェア的手段により輝度信号の帯域幅を直接低下させるべきであるが、本研究では簡便な方法として移動平均による粗視化を用いた。またにじみが目立つ走査線方向にのみ粗視化を行った。移動平均は、ある画素を中心に左右同一の幅（粗視化幅）にある画素列の全ての画素の平均値をその画素の値とする方法で、一種の低域通過フィルタを構成する。この方法は簡便ではあるが、処理時間をそれほど必要としないことから種々の分野で用いられている。移動平均の方法を図 1 に示す。

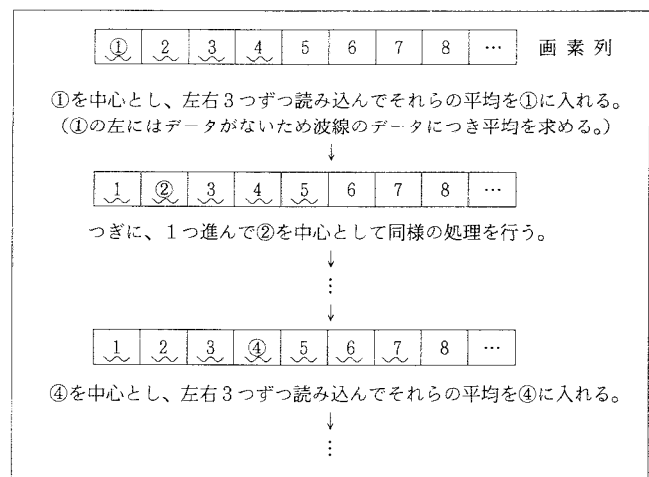


図 1 移動平均による粗視化（7 倍）

移動平均により Y 画像を 3 倍および 8 倍に粗視化する。ここで 3 倍および 8 倍としたのは、Y 信号の帯域幅が 4 MHz、I 信号はそのおよそ 3 分の 1 の 1.5 MHz、Q 信号は 8 分の 1 の 0.5 MHz で送信されているためである。ただし移動平均では奇数倍の粗視化幅になることから（粗視化する画素及びその前後 3 画素で 7 倍の粗視化を行う）、Q 信号に対する Y 画像は 8 倍ではなく 7 倍で粗視化を行った。

3. 回帰直線の決定

次に回帰直線を求める。2 次元の度数分布において、変数 x を動かしたときの変数 y の中心的傾向を直線で表したものを x の上の y の回帰直線という。x の上の y の回帰直線は次の式で表せる。

$$y = \frac{s_{xy}}{s_{xx}}(x - \bar{x}) + \bar{y} \quad (\text{式7})$$

ここで s_{xy} は x と y の共分散を表し、 s_{xx} 、 s_{yy} はそれぞれ x 、 y の分散を表す。また \bar{x} 、 \bar{y} は平均であり、これらつぎのように表せる (n は2変量 x 、 y の個数、つまり相関幅)。

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (\text{式8})$$

$$s_{xx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\bar{x})^2, \quad s_{yy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\bar{y})^2 \quad (\text{式9})$$

$$s_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \bar{x} \cdot \bar{y} \quad (\text{式10})$$

また2変量 x と y との相関を尺度化したものを相関係数といい、相関係数を r とすると、次の式で表せる。

$$r = \frac{s_{xy}}{\sqrt{s_{xx} \cdot s_{yy}}} \quad (\text{式11})$$

r は -1 から $+1$ の範囲の値をとり、 ± 1 に近いほど相関があり、 0 に近いほど相関がないことを表す。

4. 改善色画像の作成

3で述べた回帰直線を用いて、改善色画像を作成する。図2にその方法を示す。

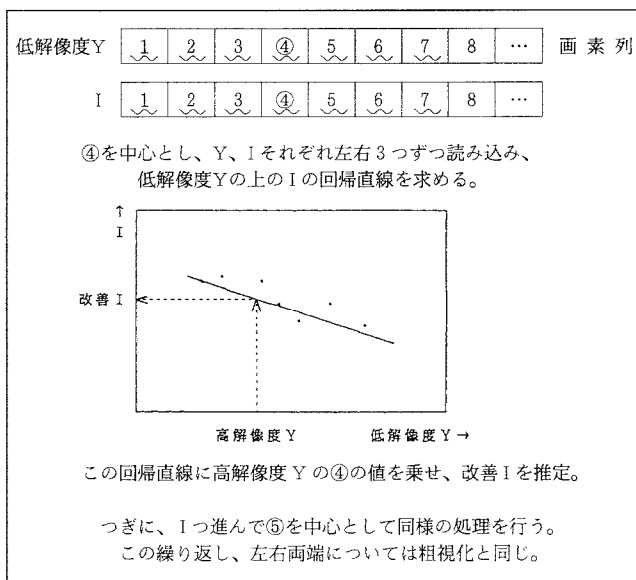


図2 改善色画像推定方法 (相関幅7)

まず、色画像に解像度を合わせた粗視化輝度画像と改善したい色画像との回帰直線を求める。回帰直線を求める際の画素列の幅、すなわち相関幅の大小により、改善効果に差が生じることが予想されるため、本研究

においては、相関幅を11、51、201に設定し、それぞれの場合の改善画像を作成した。

次に、求めた回帰直線に高解像度輝度画像 (原輝度画像) の値を当てはめ改善色画像値を推定する。以上の処理を全画素について行い改善色画像を作成する。改善色画像は、3倍の粗視化輝度画像から改善I画像、7倍の粗視化輝度画像から改善Q画像を作成する。

最後に高解像度Y画像と改善I、Q画像から式1、2、3を用いて改善カラー画像を再構成する。

IV 実験結果と評価

図3に原I画像、図4に原Q画像を示す。また相関幅11での処理結果のI画像を図5に、Q画像を図6に示す。これより、相関幅11でも衣服の輪郭や英数字部分の解像度が向上していることがわかる。相関幅51での処理結果のI画像を図7に、Q画像を図8に示す。これより、相関幅11よりもさらに解像度が改善され、特に英数字の輪郭部分にはじみが減少し、色画像でもはっきりと読み取れるようになった。また、Q画像についても、輪郭部分に対し改善効果が見られる。最後に、相関幅201での処理結果のI画像を図9に、Q画像を図10に示す。これより、輪郭部分についての改善は相関幅51の場合とほぼ同等であるが、画像全体に走査線方向での雑音が生じていることがわかる。これは、相関幅を大きくし過ぎたため、実際の輝度と色との相関に対するずれが大きくなり、結果として色変化を起こしたためと考えられる。実際のカラー画像においてもこの現象は認められた。(カラー写真は報文誌の投稿規定により掲載していません)

表1に、各相関幅での相関係数及び評価を示す。相関幅の増加に伴い色画像の解像度は改善される。しかし、相関幅を大きくし過ぎた場合、色変化を発生させることがわかった。

V まとめ

以上、輝度画像と色画像の相関を利用し、色画像の解像度改善を図る検討を行った。本研究で用いた簡便な方法においても色画像の解像度は改善前と比較して明らかに改善されることがわかった。また、改善した色画像の合成によるカラー画像は改善前と比較してにじみが減少することもわかった。

しかし、相関幅が大きすぎる場合、色変化を発生させることがわかった。今後、相関幅の決定方法や画質評価方法の確立等の課題があると考えている。

謝 辞

本研究は平成5年度卒業研究として行った。関係各位に謝意を表します。



図3 原I画像



図4 原Q画像



図5 相関幅11I画像



図6 相関幅11Q画像



図7 相関幅51I画像



図8 相関幅51Q画像



図9 相関幅201I画像



図10 相関幅201Q画像

表1 相関係数及び評価

相関幅	色	相関係数(範囲)	評 価
11	I	0.48 (0.4~0.5)	色にじみ減少
	Q	0.39 (0.3~0.4)	
51	I	0.28 (0.2~0.3)	色にじみ減少 色解像度改善
	Q	0.29 (0.2~0.3)	
201	I	0.53 (0.2~0.8)	色解像度改善 色変化発生
	Q	0.28 (0.1~0.4)	