

みんなのデジタルリポジトリ

国立民族学博物館 学術情報リポジトリ National Museum of Ethnology

画像の表示とその圧縮

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2010-02-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 井岡, 幹博 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15021/00003561

画像の表示とその圧縮

井岡 幹 博*

要旨

カラーlookupアップテーブル方式のグラフィックスディスプレイによる自然画像と濃淡画像を同時表示するための非適応型量子化手法について、1つの方法を提案し、その表示例を報告する。また、量子化画像を前提とした圧縮技法を提案し、その手法を記述する。国立民族学博物館所有の標本画像に適用した実験結果として、平均24.7%の圧縮率を得た。

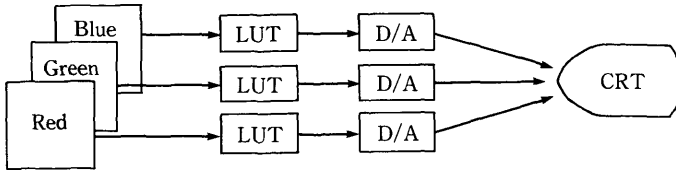
1 はじめに

近年メモリーの低価格化やディスプレイ技術の発達により、カラー画像、濃淡画像の計算機上での取り扱い、表示が比較的簡単になってきた。

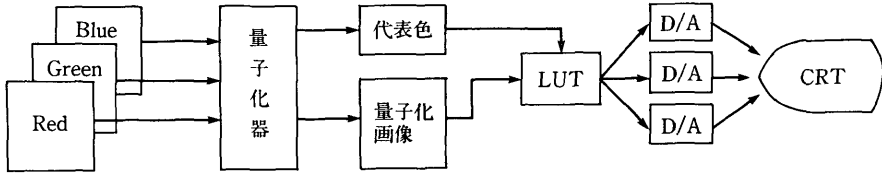
一般にカラー画像を計算機で扱う場合、対象物を R, G, B (赤, 緑, 青) に3色分解した画像として入力, 処理, 表示する。表示装置としてのグラフィックスディスプレイはフルカラー表示のもの、及びカラーlookupアップテーブル方式のものがある(図1)。フルカラー表示のものは R, G, B それぞれリフレッシュバッファを持ち、D/A 変換器に送られディスプレイに表示される。通常リフレッシュバッファはそれぞれ8ビット程度の深さを持つので約1600万色の同時表示が可能である。一方、カラーlookupアップテーブル方式は、リフレッシュバッファにコード化された画像が送られる。各画素値が、カラーlookupアップテーブルのエントリを指し、このテーブルからの出力が R, G, B の信号として D/A 変換器に送られる。カラーlookupアップテーブルが24ビットの深さを持てば、表示可能な色の数はフルカラーディスプレイのものと同じになるが、同時表示可能な色の数は、リフレッシュバッファの深さによって決定される。リフレッシュバッファの深さが8ビットであれば、同時表示可能な色の数は256色となる。この方式の場合、表示可能な色の中から最適な同時表示色を選ぶ量子化の手法が必要となる。

今回我々が採用した表示装置は、カラーlookupアップテーブル方式である。すなわ

* 日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所



(a)フルカラーディスプレイ



(b)カラーlookupテーブル方式のディスプレイ

図1 カラー表示装置

ち、画像を表示する際に量子化の作業が不可避となるものである。カラー画像と濃淡画像をグラフィックスディスプレイに表示する量子化手法を第2節で報告する。

画像は、データ量が膨大なものとなる傾向を持っている。例えば、 1024×1024 画素のカラー画像であると、通常 R, G, B 各 1 バイトの精度を持つので 3 メガバイトの容量となる。画像を 1000 枚持つと 3 ギガバイト、10 万枚で 3 テラバイトのオーダーとなる。これらを記憶する外部記憶装置としては、最近光ディスク装置が一般的となってきた解決されつつある¹⁾。しかし、外部記憶装置（光ディスク）にある画像データを表示装置に送り表示する場合を考えると、伝送時間が問題となる。特に、分散システム上での画像データベースシステムを考えると、画像の圧縮による伝送時間の短縮が必要となる。また、表示を目的とする画像の圧縮においては、出力機器の種類と圧縮方法は密接な関係を持つ。例えば、上述のフルカラーディスプレイに出力するには、R, G, B の 3 枚の画像に復元できるような情報を圧縮して伝送しなければならない。カラーlookupテーブル方式のグラフィックスディスプレイに出力するのであれば、R, G, B 3 枚の情報を送る必要はなく、量子化された画像を圧縮して送ればよい。さらにパーソナルコンピューター程度の表示装置であれば、送る情報量はより少なくなる。今回は、ホスト計算機に接続された光ディスク装置から、画像を読み出しカラーlookupテーブル方式のグラフィックスディスプレイに表示する場合を主

1) 本書「画像データの蓄積」参照。

に考え、量子化画像の圧縮について第3節で報告する。

使用する画像は、国立民族学博物館（民博）所有の標本画像のうち、カラー鳥瞰画像と正面、平面、側面の濃淡画像である²⁾。

2 画像の表示法

本節では、主にグラフィックスディスプレイに標本画像を表示する際の量子化法について記述する。

2.1 量子化法

カラー画像の量子化技術については過去様々な研究が行なわれ、手法の提案も行なわれている。それらを大別すると適応型と非適応型に分けられる。適応型は、表示しようとする画像の色分布を調べ、その特徴を利用して個々の画像の代表色を決定する手法である。非適応型は、色空間において等間隔に代表色をサンプリングする手法である。個々の画像によらない代表色を選択するので、複数枚の画像が同時表示できる反面、画像によっては極めて画質が劣化した表示になりうる。

従来の研究は、適応型のアルゴリズムに重点がおかれ、多数の提案がある [吉良他 1983; HECKBERT 1982; 中島 他 1985]。R, G, B として取り込まれたカラー画像をこのアルゴリズムによって色コード画像（量子化画像）に変換する手順は、以下のようになる。

1. 入力画像の色空間での分布を調べ N 色の代表色を決定する。
2. 入力画像のすべての画素に対して N 色の代表色の中から一番近い色を選択して、その色番号を画素値とする量子化画像を作成する。
3. カラーlookupテーブルに N 色の代表色をセットして、量子化画像をリフレッシュバッファへ送り、表示する。

1.の段階で種々のアルゴリズムが提案されている。Heckbert [1982] は、それらを以下の2つに分類してアルゴリズムを提案している。

(a) The Popularity Algorithm

色分布のヒストグラムにおいて頻度の高い色から順に N 色を選択して代表色

2) 本書資料編D「標本画像自動処理装置」参照。

とする。色の分布が広範囲にわたるときや、 N が小さい時は画像が劣化する。

(b) **The Median Cut Algorithm**

この手法は、 N 個の代表色がそれぞれ原画像の等しい数の画素を代表するという考え方である。色空間を1つの箱とみなし、各軸における最大値と最小値で作られる長さの最大の軸においてヒストグラムをとり、その中央値によって箱を分割する。箱の数が N 個になるまで繰り返す。

一方、非適応型はアルゴリズムにバリエーションがなく、また、すべての画像に共通な限定代表色は存在しないので、提案されているものも少ない。しかしながら、複数枚の色画像を同時表示するという要求は多く、適応型と非適応型の間中間的なアプローチである程度実現している場合もある [岩井 1987]。一般的に行なわれている手法は、人間の色知覚を利用して、緑の量子化レベルを他の赤、青より多くするというものである。例えば、256色限定表示の場合、 R -2bit、 G -4bit、 B -2bit としている。また、Tajima [1983] は、均等色空間内から一様に色をサンプリングして、どのような連続調画像にも適応可能な N 色を選択している。

2.2 表示の種類

扱う画像は民博所有の標本画像であり、以下のような種類から構成される。

- カラー鳥瞰画像 (1024×1024画素: 赤, 緑, 青)
- 平面濃淡画像 (1024×1024画素)
- 正面濃淡画像 (1024×1024画素)
- 側面濃淡画像 (1024×1024画素)

鳥瞰濃淡画像も計測されているが、今回は使用していない。

また、構築されたプロトタイプである民族学研究用画像検索システム *CIRES*³⁾ では、表示の形態として以下のものが提案されている。

- 鳥瞰図1枚表示
カラー鳥瞰画像 (1024×1024画素) を使用。
- 鳥瞰図・3面図表示
カラー鳥瞰画像 (512×512画素) 及び、平面、正面、側面濃淡画像 (512×512画素) を使用。

3) 本書「共同研究の概略——方法と成果——」参照。

- 鳥瞰図 2×2 枚表示
カラー鳥瞰画像 (512×512画素) を使用。
- 平面図 2×2 枚表示
平面濃淡画像 (512×512画素) を使用。
- 正面図 2×2 枚表示
正面濃淡画像 (512×512画素) を使用。
- 側面図 2×2 枚表示
側面濃淡画像 (512×512画素) を使用。
- 鳥瞰図 4×4 枚表示
カラー鳥瞰画像 (256×256画素) を使用。

表示の形態として、上記のほかには画像内の対象物の相対的な大きさに基づいた相対表示が考えられた。しかしながら、この表示は CIREs には含まれていない。この表示に関しては、後で簡単に記述する。

上記の表示を可能にするためには、次の種類の画像が必要となる。

- カラー鳥瞰画像 (1024×1024画素)
- カラー鳥瞰画像 (512×512画素)
- カラー鳥瞰画像 (256×256画素)
- 平面濃淡画像 (512×512画素)
- 正面濃淡画像 (512×512画素)
- 側面濃淡画像 (512×512画素)

また、量子化の面からみると、カラー鳥瞰画像 (1024×1024画素) は、適応型量子化法を用いて、できうる限り原画像に忠実に再現する必要がある。その他の 5 種類の画像は複数枚同時表示する場合がほとんどであり、非適応型の量子化法を採用することとなる。しかも、カラー画像と濃淡画像を同時表示する場合があり、この 2 種類の画像を同時に再現できる量子化法を考案する必要がある。適応型量子化法については 2.1 節の「量子化法」で紹介したように、種々の手法が提案されており、今回対象とする自然色画像の量子化においてどの手法を採用しても大差はないと判断される。問題となるのは、カラー画像と濃淡画像を同時表示できる量子化法である。以下は、この問題に焦点を絞って記述する。

2.3 非適応型量子化法

あらゆる画像に共通な代表色のセットを選ぶことにより、複数枚のカラー画像の同時表示を可能にし、あわせて濃淡画像とカラー画像の同時表示も可能とする手法である。これによって、画像の比較、異種画像（濃淡と色つき）の比較がカラーlookupアップテーブル方式のグラフィックスディスプレイにおいて可能となる。今回の表示目的のための非適応型量子化法が備えなければならない条件は、以下の2つに要約される。

1. 複数枚の色画像をなるべく原画像に忠実に同時表示する。
2. カラー画像と濃淡画像を同時表示する。

従来、適応型においても非適応型においてもカラー画像と濃淡画像を同時表示することは、基本的には困難であった。今回は、カラー画像の複数枚同時表示とともに、濃淡画像をも同時表示することを前提としている。

2.3.1 $L^*u^*v^*$ 空間を利用した非適応型量子化法

カラー画像と濃淡画像を同時表示するための1つの手法として、 $L^*u^*v^*$ 空間 [日本色彩学会 1980] を利用した量子化法について記述する。これは、人間の視覚特性がディスプレイの表示特性と一致せず、必ずしもディスプレイの表示しているすべての色を知覚しているのではないという点に基づいている。人間の感覚的な色差と近似できるとされる均等色空間の1つである $L^*u^*v^*$ 空間を利用する。

$L^*u^*v^*$ 表色系とXYZ, RGB 刺激値

前提となる $L^*u^*v^*$ 表色系と、原画像の R, G, B 値から $L^*u^*v^*$ 表色系への変換について簡単に説明する。

国際照明委員会 (CIE: Commission Internationale de l'Eclairage) が定めた表色系にRGB表色系とXYZ表色系がある。RGB表色系は、CIE表色系の基本となるものである。XYZ表色系は、CIE標準表色系と呼ばれ、色を正確に記述するときはこの3刺激値によって表わされる。XYZ表色系はRGB表色系から、数学的な変換式によって導き出される。一般的には以下の式となる。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

ディスプレイで用いられている RGB は、CIE-RGB 表色系とは異なっている。XYZ 系は色を絶対的な座標で表わすことができ、測色的な意味で有効である。しかしながら、2つの色を比較するとき、XYZ 系のすべての領域で2点間の距離が人間の知覚する差に対応しているわけではない。x-y 色度図上で人間が見分けることのできる最小の色度差をプロットすると図2のようになる。人間の感覚的な色差が表色系の距離と比例するような均等色空間が種々定義されている。ここではその代表的なものである $L^*u^*v^*$ 空間を紹介する [日本色彩学会 1980]。

$L^*u^*v^*$ 表色系は、1976年に CIE が推奨した表色系である。この表色系内の一定距離が、どの色の領域でも、ほぼ知覚的に等歩度の差を持つように定められた色空間で

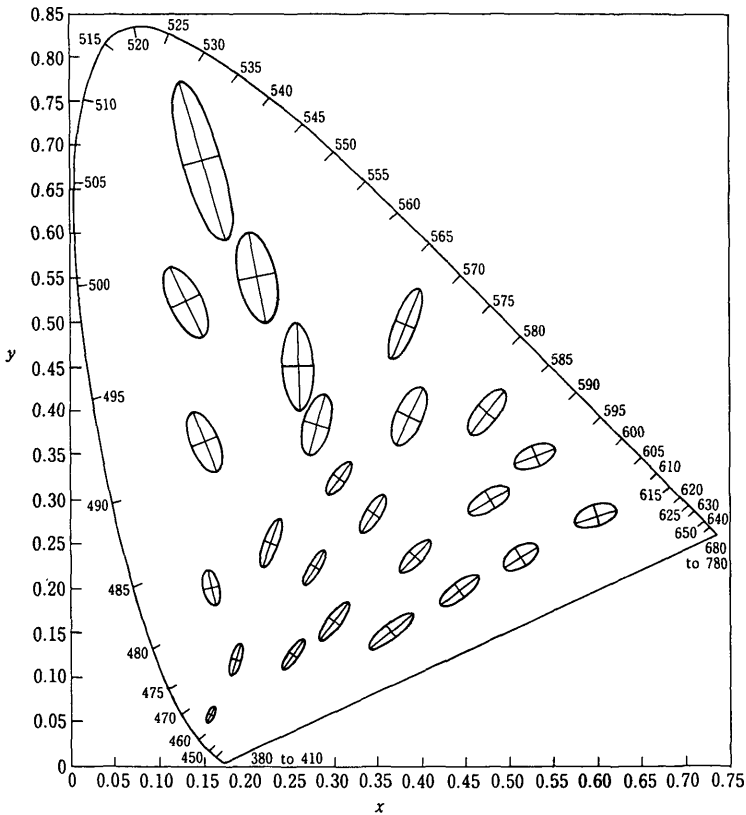


図2 MacAdam の偏差楕円 [日本色彩学会 1980]

ある。CIE1976 $L^*u^*v^*$ 空間ともいう。

1つの物体色の3刺激値 X, Y, Z から次の計算により L^*, u^*, v^* を求める。

$$\begin{aligned} L^* &= 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 && (Y/Y_n > 0.008856) \\ u^* &= 13L^*(u' - u'_n) \\ v^* &= 13L^*(v' - v'_n) \end{aligned} \tag{1}$$

ここで、

$$\begin{aligned} u' &= 4X/(X+15Y+3Z), && v' = 9Y/(X+15Y+3Z) \\ u'_n &= 4X_n/(X_n+15Y_n+3Z_n), && v'_n = 9Y_n/(X_n+15Y_n+3Z_n) \end{aligned} \tag{2}$$

ここで、 X_n, Y_n, Z_n は、上述の物体色と同一照明下の完全拡散面に対する3刺激値で、普通 $Y_n=100$ に標準化される [納谷 1980]。

現在のカラーテレビモニターの標準方式 (NTSC 方式) において、 R, G, B の刺激値から X, Y, Z への変換は次のようになる [テレビジョン学会 1980]。

$$\begin{aligned} X &= 0.6067R + 0.1736G + 0.2001B \\ Y &= 0.2988R + 0.5868G + 0.1144B \\ Z &= 0.0661G + 1.1150B \end{aligned} \tag{3}$$

使用するグラフィックスディスプレイの表示特性が NTSC 方式と近似的に等しいと

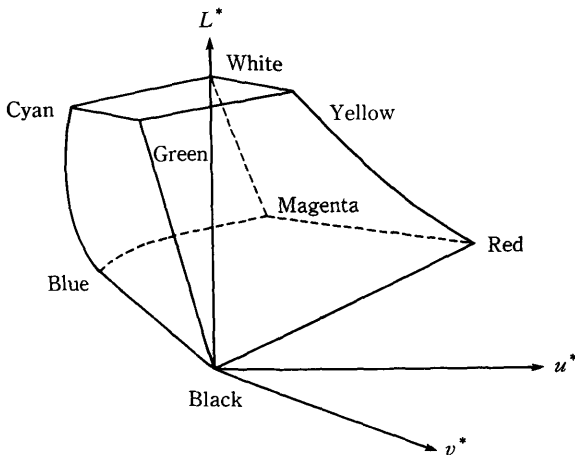


図3 $L^*u^*v^*$ 空間におけるディスプレイの表示可能領域 [DURRET 1987]

すると、 R, G, B 刺激値から $L^*u^*v^*$ 表色系への変換は上記の式を用いて行なわれる。NTSC 方式のカラーテレビモニター表示可能領域を $L^*u^*v^*$ 表色系で表わすと図 3 のようになる。

量子化手順

量子化手順は以下のようになる。

1. 濃淡レベルを決定する。

モニターの表示能力または、表示される濃淡画像の濃淡レベルより決定する。濃淡レベルを n とすると式 (1) で示した式を用いて、 L^* 軸方向に $(n-1)$ 分割し、各分割点の色 (濃淡) を濃淡画像表示のための代表色とする。

2. L^* 軸の各分割点における u^*v^* 平面で代表色を選択する。

各 u^*v^* 平面において、最適なきざみで格子網をはり、各格子点を代表色とする。 $L^*u^*v^*$ 空間におけるカラーテレビモニターで表示可能な領域の体積は、約 1215000 であるので、最適なきざみ幅は以下のようになる。

$$d = \sqrt{\frac{1215000/m}{n-1}}$$

ここで、 m : 選択される代表色の数、 n : 濃淡レベル、である。

代表色が決定したら、それに基づいてカラーlookupテーブルを作成する。

3. エンコードテーブルを作成する。

すべての R, G, B 値に対して、 $L^*u^*v^*$ 空間での座標を計算し、選択された各代表色との距離を計算する。距離が一番近い代表点のコードをその R, G, B 値の色コードとする。

4. 上記 3. で得られたエンコードテーブルに基づいて RGB 色画像を量子化画像に変換し、カラーlookupテーブルを通して表示する。

一度得られたカラーlookupテーブルとエンコードテーブルは固定であるので、画像に対する処理は 4. の量子化画像作成部分だけである。

なお、複数枚のカラー画像表示の例を写真 1 に、濃淡画像とカラー画像の同時表示の例を写真 2 に示す。

2.3.2 トレーニングによる非適応型量子化法

対象とする画像を限るとき（ここでは民博所有の標本画像）、画像において使用されている色を前もって調べ、出現頻度の高い色を代表色として使用する量子化法が考えられる。ここで前提となっている考え方は以下のような事柄である。

1. 表示しようとする画像に含まれる色が、ある傾向を持って分布していること。
2. 対象となる画像の母集団を代表する画像を選択できること。

今回の我々が採用した量子化は、カラー画像と濃淡画像の同時表示を目的としているので、代表色の中に濃淡表示に必要な色が含まれていなければならない。このためトレーニングによる代表色を選択した後、濃淡色を加えるものとした。具体的に行なった実験の内容は次の通りである。つまり、まず標本画像の中から18点を選び出しその中に含まれる色の数を調べた。標本画像は赤、緑、青それぞれ1バイト（256レベル）で計測されている。これらをそれぞれ16レベルにまず量子化した。もともと1600万色とりうる原画像を4096色とりうる画像としたわけである。かなりの色数の制限とみられるが、一般的に自然色画像を表示するに4096色程度あれば、元の原画像と見た目には遜色なく表示されうる【田島 1986】。選ばれた18標本画像において、表示に使用される色数を調べると2117色であった。つまり4096色のうちの半分程度しか表示に使用されない。この2117色を Popularity Algorithm に基づいて256色までに統合した。この手法による複数枚のカラー画像表示例を写真3に、濃淡画像とカラー画像の同時表示例を写真4に示す。

2.3.3 その他の非適応型量子化法

非適応型量子化法で一般的に行なわれている手法は、2.1節「量子化法」でも述べたように、人間の色知覚を利用して、緑の量子化レベルを他の赤、青よりも多くするというものである。ここでは $R-2\text{bit}$ 、 $G-4\text{bit}$ 、 $B-2\text{bit}$ として量子化したものを例として写真5にあげる。

2.3.4 パーソナルコンピュータにおける非適応型量子化法

パーソナルコンピュータも最近カラー表示能力が向上しており、機種によっては、4096色同時表示できるものなどがある。しかしながら、まだ16色同時表示程度が主流であり、表示能力としては限界がある。例として IBM5550 は図4に示すように R 、

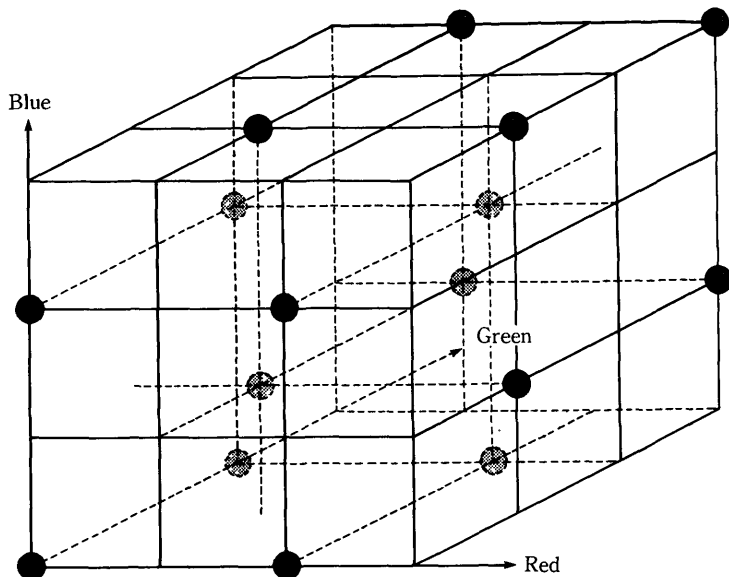


図4 パーソナルコンピュータ (IBM5550) における表示可能色と同時表示標準色

G, B それぞれ4レベルで64色の色が表示可能である。同時表示は16色であり、標準色は図4において丸で示した色である。今回作成したプロトタイプ CIRES では、この標準色を採用している。画像におけるそれぞれの画素は、RGB空間において最も距離に近い標準色によってディスプレイに表示される。

2.4 その他の標本画像表示

標本画像を表示するうえで特有な表示方法として、相対表示を提案する。画像化されている標本の大きさは数センチメートルから1メートル程度まで様々であるにもかかわらず、画像化する際には、ほぼ同程度の大きさに表示されるようにズーム比を調節して計測されている。これらの画像を複数枚表示で並べてみると、すべて同じような大きさの印象を受けてしまう。計測時のズーム比の情報を利用すると、写真6で示すような標本の大きさに対応した相対表示が可能となる。

2.5 考察

以上、非適応型量子化を中心にその手法について述べた。ここでは、カラー画像同時複数枚表示のうえに、濃淡画像も同時表示しようとしているため、基本的にカラーロックアップテーブル方式のグラフィックスディスプレイで実現するには無理があ

る。先に提案した手法(2.3.1節, 2.3.2節), または紹介した手法(2.3.3節)で生成された代表色をあまり含まないような画像を表示しようとした場合, 原画像と色合いの違った表示となることが起こりうる。3つの手法は, それぞれ前提となる条件が崩れると予想に反したカラー画像の表示となる。例えば, $L^*u^*v^*$ 空間を利用した方法では, 出力しようとするディスプレイ装置の表示特性が違っていると, 2.3.1節の(3)式で示した係数をその特性に応じた数値に変換しなければ, 色調の違った画像表示になってしまうであろう。トレーニングによる方法では, サンプリングされた画像の色分布に近い画像は比較的自然的に表示されるが, 代表色には含まれないような色をたくさん含む画像を表示しようとした場合, 原画像に忠実でない表示となる場合がある。緑の量子化レベルを多くする方法は, 表示装置や画像に左右されない反面, 濃淡表示が貧弱となる。

3 量子化画像の符号化

量子化された色画像を対象に, 量子化特徴を利用した可逆符号化(Information Preserving Coding / Lossless Coding)の一方式を提案する。

対象画像は1節で述べたように量子化画像であるため, 多値画像を完全に元の情報に復元できる手法でなければならない。可逆符号化における従来技術としては, 2値画像を対象とするファクシミリに適用されている手法が代表的なものである。方式として最も一般的なものは, 白黒画素のそれぞれ続く長さ(ラン長)を符号化するランレングス(run length)符号化である。その主なものを以下に列挙する[吹抜1982]。

- 剰余符号
- Wyle
- ハフマン(Huffman)
- Modified READ
- ビット・バイ・ビット
- DB2
- Modified ハフマン

しかしながらいずれも2値画像に対しての手法であり, ここで対象としているような多値画像の可逆符号化方式ではない。多値画像の可逆符号化方式としては, 2値画

像に対しての手法を多値に拡張する方法が考えられる。

一方、濃淡画像及びカラー画像に関しては、主に予測符号化 (Predictive Coding) と直交変換符号化 (Orthogonal Transform Coding) に大別されるが、いずれも不可逆符号化 (Non-information Preserving Coding / Lossy Coding) が主である。我々は、量子化された多値画像に対象を限って、比較的単純なアルゴリズムで効率的に符号化、復号できる可逆符号化方式を目的としている。特に、復号の場合、特別なハードウェアなどを使用しなくても、ソフトウェアのみでも実用時間で復号できるものを目的とする。

3.1 符号化の構成

以下の3つの要因によって符号化が構成される。

1. ランレングス符号化を基本とする。

これは「長さ情報+画素情報」を単位として符号化する。

2. 前ラインの画素を参照することにより、符号化の効率化を図る。
3. 前値予測を採用する。

3.1.1 ランレングス符号化

同じ値に量子化された画素が続く長さ (ラン長) を符号化する。これは2値画像のランレングス符号化を多値コード化画像に拡張したものである。

3.1.2 画素情報の符号化——前ライン参照——

いま、符号化しようとする画素を X とすると、画素 X はその8近傍 (画素 A, B, C, D, E, F, G, H) のどれかと一致、または色空間での距離が近いと予測される (図5)。ただし、ラスタースキャンであるので、符号化時点で既知なのは画素 $A, B, C,$

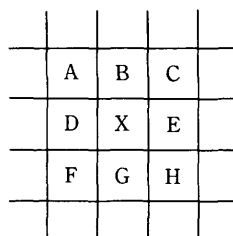


図5 対象画素 X とその近傍

D である。 $X=D$ の場合は、3.1.1節で述べたランレングス符号化方式で符号化された場合にあたる。前ラインを参照して以下のように符号化する。

$X=A$ の時	00
$X=B$ の時	01
$X=C$ の時	10
上記以外の時	11

前ライン A, B, C で一致する場合は 2bit で符号化される。

3.1.3 画像情報の符号化——前値予測 (Predictive Coding)——

この方式は差分 DPCM (Differential Pulse Code Modulation) とも呼ばれる。予測の方法としては、現在の画素の値 X と過去の画素の値を用いて X を予測した予測値 X_{est} との予測誤差 e を求め、これを符号化する。前値予測では、1つ前の値 D に予測係数 a を乗じ (図5の場合)。

$$X_{est} = aD$$

とする。したがって、予測誤差 e は、

$$e = X - X_{est} = X - aD$$

となり、これを量子化する。 $a=1$ の場合をここでは採用した。

ただし、この方式は、画素間の相関が高く差分信号が小さいことを前提としている。今回対象のデータは、既に量子化されているため画素間の相関がなく、そのまま差分を符号化しても効率的な圧縮は望めない。隣接画素の相関を高めるために、カラーlookupテーブルの並び換え及びそれに基づいた画素値の変更を行なう。並び換えの手順は以下ようになる。

1. カラーlookupテーブルの各エントリーの輝度レベルを算出する。輝度レベルの算出には次の式を使う。

$$Y = R + G + B$$

ここで、

Y : エントリーにおける輝度レベル

R, G, B : エントリーにおける R, G, B 値

2. 輝度レベルの低い方から高い方へカラーlookupアップテーブルの並び換えを行なう。
3. 旧カラーlookupアップテーブルから新カラーlookupアップテーブルへのエントリの変換テーブルを作成する。

画素自身の圧縮は変換テーブルを参照し、新しいエントリ値としてから前画素との差分を記録する。

以上、3つの手法を組みあわせると以下の形式の符号となる。

- ランレンクス符号+画素符号
- 画素符号は以下の2つの場合に分けられる。

1.

00	}	前ライン3近傍のどれかと一致
01		
10		
2. 11+差分信号 前ライン3近傍のどれとも不一致

3.2 符号化の評価

512×512画素の量子化された32枚の画像（1枚：256キロバイト）に対して、上記の手法で圧縮した結果を比較した（表1）。使用計算機はIBM3081-K32である。

表で見られるように、ランレンクス符号化のみの場合、原画像の30.8%に圧縮されている。また、ランレンクス符号化と前値予測、ランレンクス符号化と前ライン参照の組み合わせでは、共に26%程度の圧縮率となっている。最後に3つの手法の組み合わせでは、平均65キロバイト、24.7%まで圧縮されている。実験結果からもわかるように、上記の手法のうち最も効果のあるのがランレンクス符号化である。これは、標本画像の場合、背景がかなり均一なためラン長の長い画素が背景部分に発生しているからである。他の2つの手法は、ランレンクス符号化に比べると圧縮の効果は薄い。しかしながら、2つあわせて6%程度の効果をあげている。

また、1枚の画像を復号するのに平均0.95秒（試作復号プログラムによる）と、実用時間内で達成している。

表1 圧縮アルゴリズムの評価

画像番号	手法1 (KByte)	手法1+2 (Kbyte)	手法1+3 (Kbyte)	手法1+2+3 (Kbyte)	復号時間 (Sec.)
1	89.3	85.6	83.3	82.3	1.09
2	68.8	72.1	69.8	74.8	0.93
3	70.1	64.7	61.9	59.8	0.86
4	30.6	30.3	27.1	27.7	0.48
5	62.4	59.3	56.4	55.5	0.80
6	61.4	56.1	55.3	53.1	0.79
7	54.0	53.0	43.8	44.4	0.69
8	112.3	99.9	84.6	81.9	1.18
9	96.3	69.6	69.9	62.3	1.00
10	81.1	60.5	61.6	54.3	0.89
11	105.1	95.3	96.1	92.5	1.23
12	122.1	110.3	112.9	107.8	1.42
13	32.0	29.4	27.3	27.0	0.49
14	71.8	70.3	71.8	71.4	0.95
15	96.0	71.9	70.2	64.0	1.00
16	82.6	64.5	63.4	58.4	0.91
17	131.4	115.8	113.3	105.6	1.44
18	32.9	27.5	25.5	24.4	0.48
19	60.5	56.0	56.0	54.0	0.79
20	61.4	56.7	57.8	55.9	0.81
21	50.7	47.6	45.9	45.1	0.68
22	70.0	64.6	66.4	63.7	0.89
23	36.5	33.0	31.5	30.7	0.53
24	71.1	59.8	61.5	57.9	0.86
25	188.3	145.6	156.7	139.8	1.93
26	69.3	62.5	61.7	59.5	0.86
27	182.4	136.0	142.7	126.8	1.81
28	65.7	58.3	57.3	54.6	0.81
29	103.5	87.7	86.1	80.9	1.15
30	60.7	51.0	51.8	49.8	0.76
31	146.7	104.0	111.1	96.5	1.45
32	19.3	16.1	15.6	15.2	0.35
平均	80.8	69.2	68.6	64.9	0.95
(%)	30.8	26.4	26.2	24.7	

手法1：ランレングス符号化 原画像：512×512×8 bit = 256 KByte
 手法2：前値予測 使用計算機：IBM3081-K32
 手法3：前ライン参照

4 おわりに

カラーlookupアップテーブル方式のグラフィックスディスプレイにより、カラー画像と濃淡画像を同時表示するための非適応型量子化手法と、量子化画像を前提とした圧縮技法を報告した。量子化においては、カラーlookupアップテーブル方式のグラフィックスディスプレイを使用する限り、その表示には限界がある。しかしながら、制

約された画質を前提とすると圧縮の面における利点、つまり、原画像に対して少なくとも3分の1の容量で済むという利点も備えている。さらにこれを圧縮すれば、3.2節の実験でみたように、原画像に対して10分の1の程度の容量とすることができる。

圧縮に関しては、今回使用した標本画像のように、背景を多く含むような画像では、積極的に背景を除去して画像容量の低減化を図ることも一法である。この場合、背景除去の自動的手法、抽出されたオブジェクトの表示方法などが問題となるであろう。今回の共同研究でも、背景除去が1つのテーマであったが、満足できる背景自動除去手法は開発されなかった。また、一般的なカラー画像の圧縮方式もこれからの課題であり、色の特性を利用した圧縮方式が開発されるべきである。

文 献

- DURRETT, H.J. (ed.)
1987 *Color and the Computer*. Academic Press.
- 吹抜敬彦
1982 『画像のデジタル信号処理』日刊工業新聞社。
- HECKBERT, P.
1982 Color Image Quantization for Frame Buffer Display. *IEEE Computer Graphics* 16(3): 56-67.
- 池田光男
1980 『色彩工学の基礎』朝倉書店。
- 伊東晋
1987 『画像情報処理の基礎』東京理科大学出版会。
- 岩井伸一
1987 「画像の色度分布に基づく色彩画像表示法」『情報処理学会論文誌』28(1): 29-34。
- 吉良健二・井上誠喜・福井一夫
1983 「限定された数の代表色による適応型自然色画像表示」『電子通信学会技術研究報告』IE83-92, pp.13-18。
- 中島正之・清水正具・安居院猛
1985 「適応型部分空間を用いたカラー階調画像の表示」『電子通信学会技術研究報告』IE85-14, pp.41-48。
- 納谷嘉信
1980 『産業色彩学』朝倉書店。
- 日本色彩学会(編)
1980 『色彩科学ハンドブック』東京大学出版会。
- SANTISTEBAN, A.
1983 The Perceptual Color Space of Digital Image Display Terminals. *IBM Journal of Research and Development* 27(2): 127-132.
- 田島謙二
1986 「カラー画像表示アルゴリズム」『情報処理』27(1): 11-20。
- TAJIMA, J.
1983 Uniform Color Scale Applications to Computer Graphics. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 21: 305-325.
- テレビジョン学会(編)
1980 『テレビジョン画像工学ハンドブック』オーム社。

富永昌治

1985 「測色論に基づいたコンピュータ・カラー・ビジョンのための写像法」『情報処理学会論文誌』26(2): 318-328。



写真1 $L^*u^*v^*$ 空間を利用した非適応型量子化（複数枚色画像表示）



写真2 $L^*u^*v^*$ 空間を利用した非適応型量子化（濃淡画像と色画像の同時表示）



写真3 トレーニングによる非適応型量子化（複数枚色画像表示）

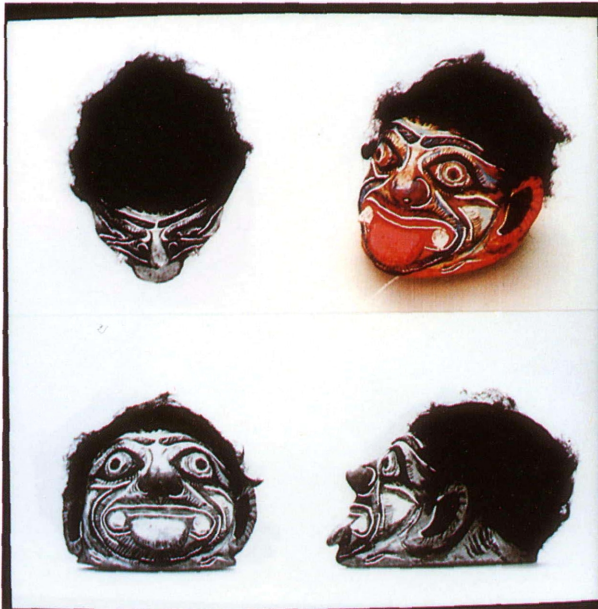


写真4 トレーニングによる非適応型量子化（濃淡画像と色画像の同時表示）



写真5 その他の非適応型量子化 (Red-2bit, Green-4bit, Blue-2bit)

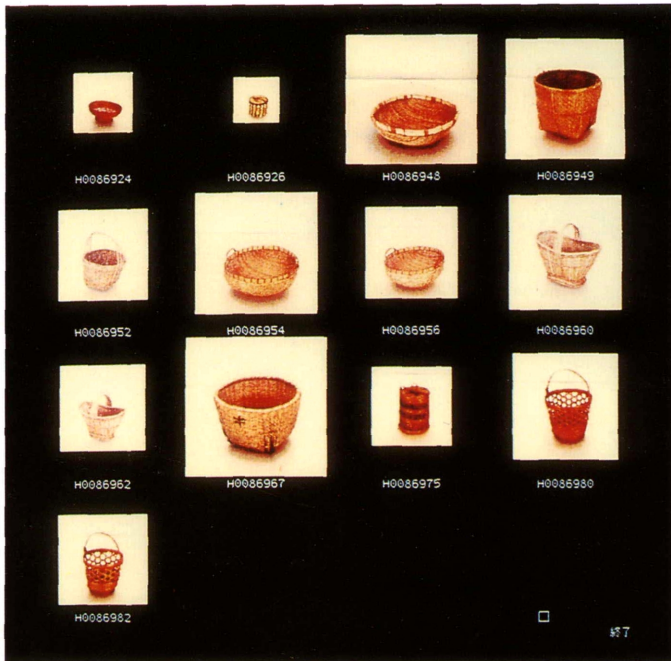


写真6 相対表示