

# パレットカラー画像を用いた色数に基づく階層符号化手法

4M-4

茂木 健

三洋電機株式会社 ハイパーメディア研究所

## 1. はじめに

低速な回線や表示色数が制限された端末に画像を送信するような場合、復号するデータの量に応じて段階的に画像の解像度や階調数を増すことができる階層符号化が求められる。階調に基づく階層符号化は、原画素あるいは予測誤差のRGB値あるいはYUV値をビットプレーン符号化しMSBプレーンからLSBプレーンの順に伝送することにより実現できるが、この場合、初期段階の画像は元の階調を粗く一様量子化したものとなるため、元の色調とはかなり違ったものとなる。

これに対し、本稿では、異なる色数に量子化した複数のパレットカラー画像を用いて階層画像を構成し、これらを段階的に符号化する手法を検討する。これにより、伝送の初期段階においても主観品質の高い画像を得ることが可能になる。

## 2. パレットカラー画像を用いた階層化

パソコンなどのディスプレイには表示色数が256色程度に制限されたものも多いが、このようなディスプレイにフルカラーの画像を表示する場合、各画素の色を代表色により近似する手法(色量子化)が用いられる。色量子化手法には頻度法、Median Cut法[2]、K-mean法[3]などがあり、一般に同じ色数でも一様量子化に比べ原画像に近い色調の画像を得ることができる。さらに任意の色数に制限することが可能である。またこのように色数を制限した画像は、通常、TIFFやGIFフォーマットで見られるように代表色を示す番号(インデックス)を画素値とする画像で表され(パレットカラー画像)、代表色はテーブル(カラーパレット)に格納される。

本手法では、このような色量子化手法により、原画像から、異なった色数に制限した複数枚のパレットカラー画像を作成し階層化を行う。色数の少ない方から順に第1階層、第2階層、...とし原画像を最上位階層とする(図1)。色数および階層数は任意に設定可能としカラーパレットは階層ごとに作成する。受信側において復号するデータ量に応じて段階的に表示色数が増加するように、符号化データを構成する(図2)。

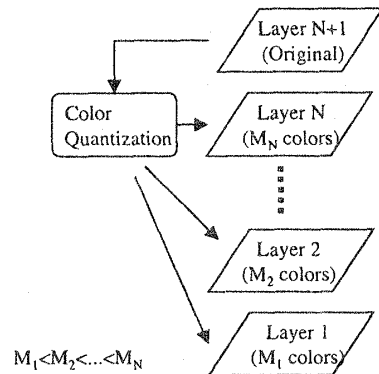


図1 色数に基づく階層構造



$D_k$ : Encoded Data of Layer k

図2 符号化データの構成

## 3. 階層画像の段階的符号化

パレットカラー画像では画素値であるインデックス値の差が表示色上では大きな差となって現れるため、無ひずみで圧縮する必要がある。そこで本手法ではLZ法(gzip)をベースに符号化を行う。第1階層については、画像を直接LZ圧縮するが、第2階層以降については、直前の階層との相関性を用いることにより、符号化効率を向上させる。

第k-1階層画像と第k階層画像では同位置の画素の色は近いものなる。このためRGB画像では階層間差分をとることによりエントロピーを下げるができるがパレットカラー画像にはこの原理はあてはまらない。

そこで色の対応という観点で考える。第k-1階層上で特定の色を持つ画素は、第k階層上ではそれに近い数種類の色に変換される。従って第k-1階層の画素値を条件として、第k階層画像をマルコフモデル符号化することにより、符号化効率を向上できると考えられる。本手法では、画素値のグループ分けと順序変換により、これを実現する(図3)。

### (1) 画素値のグループ分け

第k階層の画素値 $P_i$ を、第k-1階層の同位置の画素値 $Q_i$ に従ってM個のグループに分ける。ラスタ走査順に $P_i$ に対して同位置の $Q_i$ の値がjであれば、 $P_i$ を画素グループ $G_j$ に追加していくことにより、 $G_j, j=1, \dots, M$ に分割する。ここで $i=0, 1, \dots, \text{ImageSize}-1$ はラスタ走査位置、Mは第k-1階

層画像の色数であり、 $Q_i$  は  $0, \dots, M-1$  のインデックス値をとる。また  $P_i$  は第  $N$  階層以下についてはインデックス値、第  $N+1$  階層(原画像)についてはRGB値となる。

**(2) 順序変換**

グループ分けされた画素を  $G_0, G_1, \dots, G_{M-1}$  の順序で出力しLZ圧縮する。

各グループ  $G_j$  における画素値の分布は特定の値に集中することから、順序変換された系列では同じ値やパターンが隣接して出現する。LZ 法は入力系列中のパターンの繰返しを圧縮する手法であり、このような系列に対しては高い圧縮効率を示す。それ故、ラスタ走査順に圧縮するのに比べ圧縮効率を向上できる。

**4. 画像の復元**

符号化データは図2の構成であり、第1階層から逐次復号する。第 $k$ 階層は、復元済みの第  $k-1$  階層画像を参照し符号化と逆の手順で復元する(図4)。

**(1) 画素グループの復元**

第 $k-1$ 階層画素値  $Q = j$  に対する出現頻度  $H_j, j=0, \dots, M-1$  を求めておく。  $M$  は第  $k-1$  階層画像の色数である。第 $k$ 階層の符号化データをLZ復号し、先頭から  $H_0$  個のデータを画素をグループ  $G_0$ 、続く  $H_1$  個のデータを  $G_1$ 、続く  $H_2$  個のデータを  $G_2$  とする手順で  $M$  個のグループ  $G_j, j=0, \dots, M-1$  を復元する。

**(2) 画像の復元**

第  $k-1$  階層画像のラスタ走査位置  $i$  の画素値  $Q_i$  が  $j$  であるとき、画素グループ  $G_j$  より一画素を取り出し、その値を第  $k$  階層画像の位置  $i$  の画素値  $P_i$  とする。これをラスタ走査順に  $i=0, 1, \dots, \text{ImageSize}-1$  について繰返すことにより第  $k$  階層画像が復元される。

**5. 評価実験**

標準画像 Mandrill(512x512RGB)に対する実験結果を示す。階層は、32色/64色/128色/256色/原画像の5階層とした。色量子化にはMedian Cut法を用いた。表1の通り各階層で符号化効率の改善結果が得られており第2,3,4階層では直接LZ符号化の50%程度、合計で76.8%となった。これよりグループ分けと順序変換の有効性が確認できる。また全階層の符号量の合計と、原画像をLZ符号化した符号量の比(階層化による符号量の増加率)は144%となった。この値の削減が課題である。

**6. むすび**

パレットカラー画像を用いた色数に基づく階層符号化手法を提案した。色量子化によって各階層画像を作成することにより、初期段階においても原画像に近い色調の画像を復元することができる。パレットカラー画像の画素値はイン

デックスであるため差分によって階層間の冗長性を除くことはできない。そこでマルコフモデル符号化の原理を用い、第  $k-1$  階層の画素値を条件として、第 $k$ 階層画素値をグループ分けし順序変換することにより符号化効率の向上を図った。今後は色量子化やカラーパレット構成を含めさらなる検討を行う予定である。

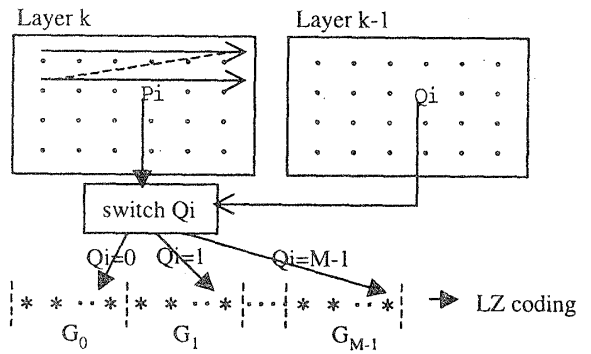


図3 第k階層の符号化

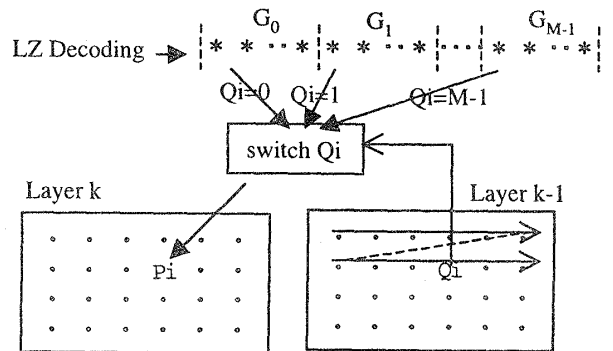


図4 第k階層の復号化

表1 Mandrill(512x512 RGB)に対する符号化結果

Layer(Colors)	Proposal (bits/pel)	gzip (bits/pel)	Ratio (Prop./gzip)
1 (32)	3.53613	3.53613	1
2 (64)	2.50061	4.44806	0.56218
3 (128)	2.8381	5.51175	0.514918
4 (256)	3.14835	6.59628	0.477292
5 (Original)	21.0506	22.9592	0.91687
TOTAL	33.0738	43.0514	0.768239

**参考文献**

[1] 熊沢, 富田: 限定色画像の段階的符号化, 信学論, Vol. J74-D-II, No. 12, pp. 1670-1677, Dec 1991.  
 [2] P.Heckbert: Color Image Quantization for Frame Buffer Display, Computer Graphics, Vol.16, No. 3, pp. 297-307, July 1982.  
 [3] 春日, 山本, 岡本: 高速K-mean法を用いたカラー画像の色量子化. 信学論, Vol. J82-D-II, No. 7, pp. 1120-1128, Jul 1999.