

# カラー画像のアダマール変換符号化と画像圧縮

飯塚昌之 駒井義弘\*

## Hadamard Transform Coding of Color Images and Image Compression

Masayuki IIZUKA and Yoshihiro KOMAI

Image compression and coding techniques basically involve the processing of images prior to transmission. Measures of the above algorithm performance are composed of three entities: (a) amount of data reduction, (b) quantitative or qualitative assessment of the degradation of the image data, and (c) compression/expansion processing speed.

In this study, a set of RGB components of color images is transformed into a set of YIQ data. Hadamard transform coding of the Y component of color images is performed. The features of a boundary threshold method in contrast to other some methods are discussed together with the quantitative measure such as the degree of similarity and the ratio of file compression. Reconstructed images after executing compression and expansion are presented in order to demonstrate a visual assessment of the degradation of the images.

### 1. まえがき

近年、コンピュータ・グラフィックスや工学シミュレーションの分野では、解析計算等はスーパーコンピュータやメインフレームで高速に実行させて、表示結果だけを専用のモニターあるいはワークステーションで対話的に処理（分散ビジュアライゼーション）する傾向がある。このような分散指向の技法が進むにつれて、例えば、数 M バイトから数 +M バイト程度の画像データを如何に効率的に転送するかが問題となる。このための解決手段の一つとして、種々の画像圧縮と符号化技法が提案されている<sup>1)~11)</sup>。

画像データの統計的な性質、例えば濃度分布、差信号分布、エントロピー、自己相関関数等を利

用して、画像圧縮を積極的に実行する場合もある。画像圧縮と符号化は、データ伝送時間、すなわち通信費用を少なくすることを主要な目的として発展してきた。モノクロ 2 値画像の場合には、データロスのないような圧縮技法として、ハフマン符号化が既に実用化されている。この技法は、データの出現確率に応じて、その最も高いものから順に符号長の短いものを割り当てていく方法として知られている。一方、画像データに関しては、視覚的に復元画像が原画像とほぼ同じように見えれば良い場合が多い。

本研究では、画像圧縮標準規格 JPEG の勧告によるアイデアとアルゴリズムを基本的に考慮して、カラー画像の変換符号化と画像圧縮を実行する。RGB 成分から構成されている原画像データを YIQ 成分に分離後、符号化に関する取り扱いが簡便な境界値カット法を導入して、Y 成分すなわちモノクロ濃淡画像による画像圧縮とその再生画像

平成 3 年 9 月受理  
電子工学科

\*ソニー株式会社（平成 3 年度電子工学科卒業）

の見え方を総合的に検討する。さらに、原画像と圧縮画像との類似度および画像圧縮率等の概念によって、画像圧縮の効果を定量的に言及する。

## 2. 離散的な画像変換

離散的な画像変換技法は、画像の変換符号化、画像の強調と修復、パターン認識などいろいろな目的に応用されている。 $M \times N$  個の格子点で標本化された2次元的な原画像を  $f$ 、その離散的な変換画像を  $F$  とすれば、一般的に画像変換は次式で定義される。

$$F = P \cdot f \cdot Q \quad (1)$$

ここで、

$$f = \begin{bmatrix} f(0,0), f(0,1), \dots, f(0,N-1) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ f(M-1,0), f(M-1,1), \dots, \\ f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

$P$  および  $Q$  は、それぞれ正則な  $M \times M, N \times N$  の正方行列であり、行列の要素を使用すれば、(1)式は次式のように書き換えられる。

$$F(u, v) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} P(u, m) \cdot f(m, n) \cdot Q(n, v) \quad (2)$$

ここで、

$$u = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$v = 0, 1, 2, \dots, N-1$$

画像圧縮のための変換符号化を実際に行う際には、原画像  $f$  を一度にまとめて変換せず、原画像をより小さな小ブロック (例えば、 $8 \times 8$  あるいは  $16 \times 16$  画素) に分割し、各小ブロックごとに変換操作を行うことが多い。

$M=N$  として、(2)式を書き換えると次のように表示できる。

$$F(u, v) = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} [\phi(m, n)] \cdot f(m, n) \quad (3)$$

(3)式で、 $[\phi(m, n)]$  は  $(u, v)$  要素が  $P(u, m) \cdot Q(n, v)$  である  $N \times N$  の行列である。

一方、 $P$  および  $Q$  の逆行列をおのおの  $P^{-1}$  および  $Q^{-1}$  とすれば、原画像  $f$  は変換画像  $F$  の逆変換として次式で定義される。

$$f = P^{-1} \cdot F \cdot Q^{-1} \quad (4)$$

2次元的な正方形配列画像に関して、一般的に

順方向および逆方向変換は次式で定義される。

$$\left. \begin{aligned} T(u, v) &= \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot g(x, y; u, v) \\ f(x, y) &= \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} T(u, v) \cdot h(x, y; u, v) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ここで、 $g(x, y; u, v)$  と  $h(x, y; u, v)$  は、おのおのの順方向と逆方向の変換核 (あるいは基底関数) と呼ばれる。もし、次式が成り立つならば順方向変換核は分離される。

$$g(x, y; u, v) = g_1(x, u) \cdot g_2(y, v) \quad (6)$$

さらに、 $g_1$  と  $g_2$  が関数的に同じであるならば、順方向変換核は対称的であると呼ばれ、次式で表示される。

$$g(x, y; u, v) = g_1(x, u) \cdot g_1(y, v) \quad (7)$$

逆方向変換核:  $h(x, y; u, v)$  に対しても、(6)式および(7)式の関係が同様に成り立つ。

分離的な変換核 (あるいは基底関数) を有する変換に際しては、一般的に1次元的な変換を連続的に2回実行することで2次元的な変換が可能となる。

$$\text{行方向の変換: } T(x, v) = \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot g_2(y, v) \quad (8)$$

$$x; v = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$$

$$\text{列方向の変換: } T(u, v) = \sum_{x=0}^{N-1} T(x, v) \cdot g_1(x, u) \quad (9)$$

$$u; v = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$$

例えば、2次元的なフーリエ変換核は、次式で表示できるので対称的で分離可能である。

$$\left. \begin{aligned} g(x, y; u, v) &= g_1(x, u) \cdot g_2(y, v) \\ &= \{1/\sqrt{N} \exp[-j2\pi ux/N]\} \\ &\quad \cdot \{1/\sqrt{N} \exp[-j2\pi vy/N]\} \\ &= (1/N) \cdot \exp[-j2\pi(ux + vy)/N] \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

次式で定義される2次元的なアダマール変換式を使用することにより、画像圧縮のための変換符号化が簡便に実行できる<sup>9)</sup>。

$$\left. \begin{aligned} H(u, v) &= (1/N) \\ &\cdot \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot (-1)^{\sum_{i=1}^{n-1} [b_i(x)b_i(u) + b_i(y)b_i(v)]} \\ f(x, y) &= (1/N) \\ &\cdot \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} H(u, v) \cdot (-1)^{\sum_{i=1}^{n-1} [b_i(x)b_i(u) + b_i(y)b_i(v)]} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

ここで、 $b_i(z)$  : 2進数表現  $Z$  に関する  
第  $i$  ビット  
 $n$  : ビットの個数

なお、(11)式における指数項中の演算の代数和は、『modulo 2』、すなわち 2 の剰余として計算する。原画像  $f(x, y)$  に対して、変換画像  $H(u, v)$  はしばしばアダマール変換係数あるいはスペクトルと呼ばれる。

(10)式と同様に、2次元的なアダマール変換核は対称的で分離可能である。

$$\left. \begin{aligned} g(x, y; u, v) &= g_1(x, u) \cdot g_1(y, v) \\ &= \{1/\sqrt{N}(-1)^{\sum_{i=1}^{n-1} [b_i(x)b_i(u)]}\} \\ &\cdot \{1/\sqrt{N}(-1)^{\sum_{i=1}^{n-1} [b_i(y)b_i(v)]}\} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

アダマール行列の変換核、すなわち行方向（あるいは列方向）に沿って記号変化の数は、行（あるいは列）の『交番数（シーケンシー）』と呼ばれている。次式のような漸化式を導入することによって、アダマール変換核中のパラメータを一部変更する。結果として、アダマール行列の変換核（基底関数）が規則的に並べ変えられる。

$$\left. \begin{aligned} g(x, y; u, v) &= h(x, y; u, v) \\ &= (1/N)(-1)^{\sum_{i=1}^{n-1} [b_i(x)p_i(u) + b_i(y)p_i(v)]} \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

ここで、 $u; v$  : 変換係数用のパラメータ  
(あるいは空間周波数)

$$\left. \begin{aligned} p_0(u) &= b_{n-1}(u) \\ p_1(u) &= b_{n-1}(u) + b_{n-2}(u) \\ p_2(u) &= b_{n-2}(u) + b_{n-3}(u) \\ &\dots\dots\dots \\ p_{n-1}(u) &= b_1(u) + b_0(u) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

変換係数用のパラメータ（空間周波数） $v$  に関しても、上記の漸化式でパラメータを変更して使用するものとする。

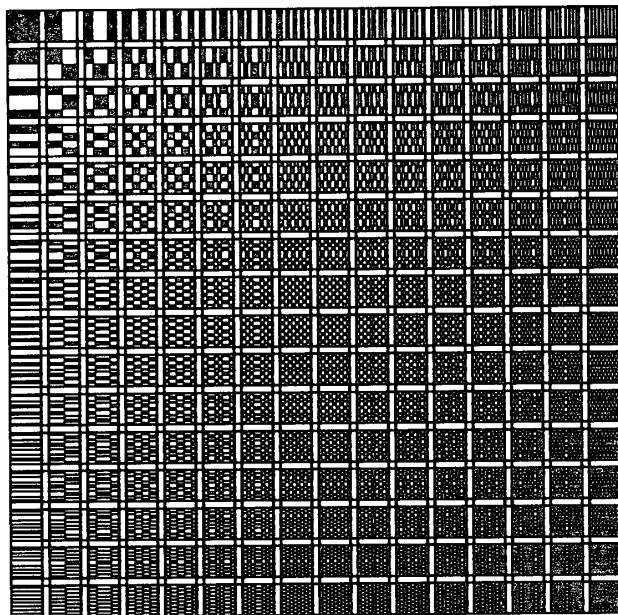


図-1 2次元アダマール変換：16×16画素のための基底関数画像

図-1は16×16画素の場合に関して、2次元的なアダマール変換のための基底画像を示す。シーケンシーの小さい順に並べ直した行列は順序形アダマール変換核（あるいは基底関数）と呼ばれている。黒い部分は『+1』を、白い部分は『-1』として表示されている。

### 3. 変換符号化と画像圧縮

#### 3.1 JPEG アルゴリズム

JPEG (Joint Photographic Experts Group) 勧告の変換符号化と画像圧縮アルゴリズムは、3種類の計算手順：(a) 2次元 DCT (離散的なコサイン変換)\*、(b) DCT 係数の量子化、(c) 量子化された DCT 係数のハフマン符号化から構成されている<sup>12)~13)</sup>。

上記の(a)、すなわち変換符号化に関しては、画像データの冗長度を減少させること、画素や画像データ間の無相関化が重要となることが指摘されており、現在までに種々の技法が研究されている。

\*  $C(0, 0) = (1/N) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y)$   
 $C(u, v) = (1/2N^3) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot \{\cos(2x+1) \cdot u\pi\} \cdot \{\cos(2y+1) \cdot v\pi\}$   
 ここで、 $u; v = 1, 2, 3, \dots, N-1$

表-1 変換係数用パラメータ（空間周波数）領域における種々の変換符号化技法

変換技法	主要な特徴
KL (Karhunen-Loeve)	統計的に最適であるが変換に時間がかかる。 解析と効率評価に有効。
Sine (高速な KL)	再帰的なブロック符号化に有効。 KL 変換とまったく同じ圧縮に対して、比較的小さなブロックサイズを使用する。
Cosine	通常の画像の圧縮の場合には最も効果的な高速変換、実時間的な処理は困難。
Hadamard	実行処理が簡便である。掛け算を必要としない。 劣化（ひずみ）がサイン変換より顕著である。
Slant	実行処理に関しては FFT, サイン, コサイン変換等より高速で簡便である。
Haar	非常に高速である。圧縮に関しては問題点があるが良効な高周波成分の応答を有する。
Slant-Haar	ハードウェア的な複雑さと主観的な評価判断との間での良好な一致を示す。
FFT	デジタル画像処理のための基本となる。パーソナルコンピュータでも実行可能であるが処理速度とメモリ容量を考慮してブロック化する。

参考文献（8）：『Digital Image Processing Technique』, 201 ページを修正・変更

表-1 は変換係数用のパラメータ（空間周波数）を使用することによる種々の変換符号化とその主たる特徴を比較した一例である。

冗長度の削減技法として、(i) 予測符号化（差分符号化）、(ii) 変換符号化、(iii) ベクトル量子化、(iv) 確率的符号化、(v) 認識符号化にもとづく符号化分類も提案されている<sup>14)</sup>。なお、符号化方式の分類の一つに、可逆符号化と非可逆符号化の概念がある。復号化後の画像データが厳密に送信画像データと一致する方式が可逆符号化である。これに対して、後者の方式は、ある程度の望ましい情報、すなわち画像データが伝送できれば、原画像は多少なりとも劣化・変形していても視覚的に差支えない場合に使用される。

### 3.2 原画像データの作成と YIQ 成分分離

カラー原画像はスキャナー（GT-6000）によりパーソナルコンピュータに取り込まれる。画像データは RGB 各色、1 画素あたり 8 ビット（256 階調）で、1 ライン（256 ドット）ずつ R, G, B の順に走査される。このデータをパーソナルコンピュータの SF（スーパー・フレーム）に転送してフルカラーで CRT 装置に表示する。さらに、カラー原画像データとして、フロッピー磁気ディス

クに保存する。

次に、カラー原画像データに関する RGB-YIQ 変換を行って、Y 信号（輝度成分）のモノクロ画像と IQ 信号（色成分）に分離する。RGB-YIQ 変換式は、次式を使用する。

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.522 & 0.311 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (15)$$

なお、IQ 信号（色成分）は、R-Y と B-Y 成分を使用して、次式により変換することもできる。

$$\begin{bmatrix} I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.74 & -0.27 \\ 0.48 & 0.41 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R-Y \\ B-Y \end{bmatrix} \quad (16)$$

### 3.3 2次元アダマール変換と変換係数の電力分布

図-2(a), (b)はカラー原画像データ：風景画（港と橋）からの Y 信号（輝度成分）、すなわちモノクロ画像データと 16×16 画素から構成される小ブロックごとのアダマール変換係数の電力分布を示す。同図(b)において、おのおのの小ブロック領域中の左上端部  $H(0,0)$  は直流成分の変換係数の大きさを示す。一方、 $H(u,v)$  は、 $u, v$  が大きくなるほど高周波成分をより多く含む基底画像の変換係数に対応している。原画像の変化が少ない小ブ

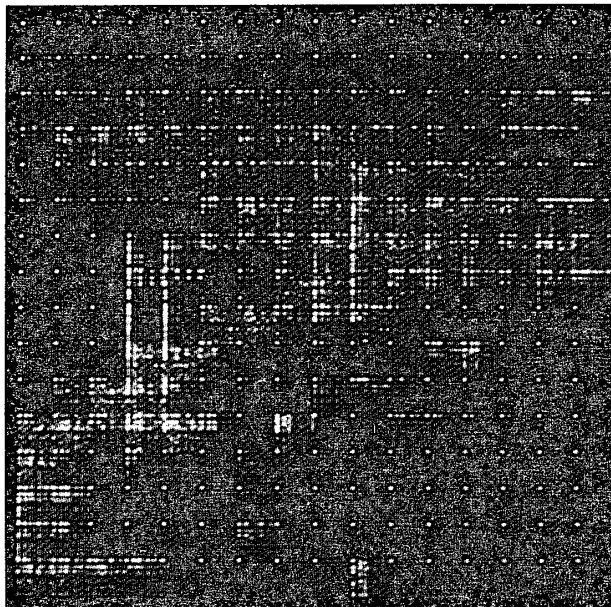


図-2 モノクロ画像データ：風景画（港と橋）とその電力分布

- (a) Y 信号（輝度成分）による画像
- (b) アダマール変換係数の相対的な電力分布

ロックや輝度が低い小ブロックでは、変換係数の電力分布を表示するドットの個数が少なくなっている。一般的に、原画像データの明暗あるいは濃度差の変化の大きい部分、すなわち低周波領域に電力が集中して分布している。

### 3.4 変換係数の境界値カット法

この方法は2次元アダマール変換係数の電力分布に対する頻度(度数), すなわち, 小ブロック中での変換係数の電力分布に対する頻度(度数)が一般的に低周波成分に集中していることを適用する。ある境界しきい値を決めて, この境界値より小さい頻度(度数)値をカットして符号化を行う。

[入力データ]

- (a) 境界しきい値は2次元アダマール変換係数の電力分布に対する頻度(度数)を示す度数分布曲線により決定する。
- (b) 量子化値は何ビットで最子化するかをあらかじめ指定する。

[圧縮処理]

図-3は変換係数の境界値カット法による画像圧縮ファイルの構成であり, ヘッダ部, 付加データ部, 圧縮データ部がある。圧縮データファイルに関しては, ビット数が『0』の場合はデータとして保存しない。

- (a) 境界しきい値により切り捨てられ『0』になったデータは, ファイルデータ形式におけるヘッダを『0』にする。量子化は実行せずデータはファイルに書き込まない。
- (b) 境界しきい値以上のときはヘッダを『1』にし, 量子化してデータをファイルに書き込む。データ長は2から9ビットである。なお, 直流成分である  $H(0, 0)$  は9ビットを使用して量子化する。

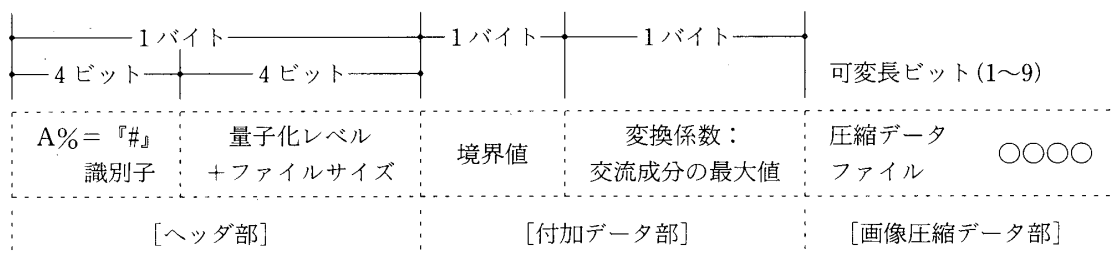


図-3 境界値カット法のための画像圧縮データファイル構成

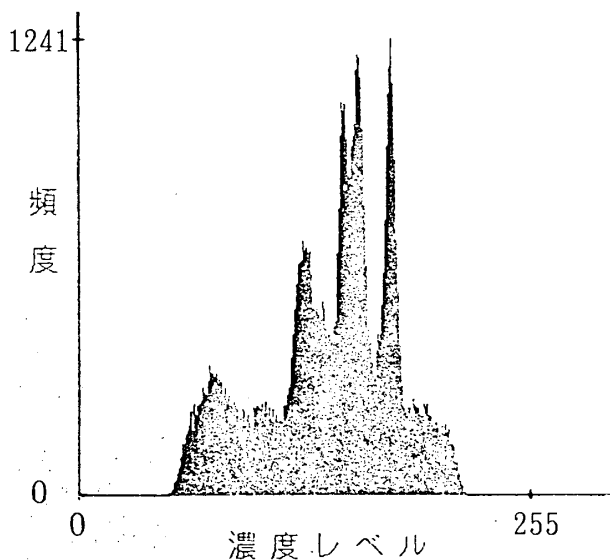
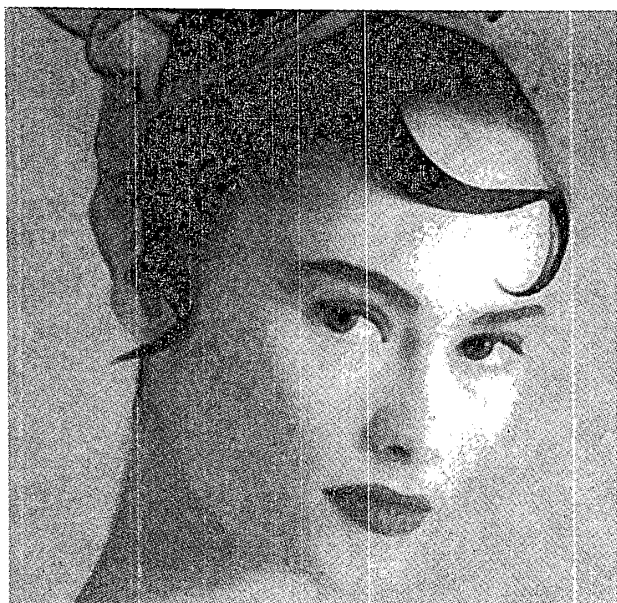


図-4 モノクロ画像データ（人物画）とそのヒストグラム  
 (a) Y 信号（輝度成分）による画像  
 (b) ヒストグラム

### 3.5 変換係数の適応ビット変換法\*

変換係数の変換符号化は、各係数の統計的な性質と画像の視覚的な特性を考慮して行われる。 $H(0, 0)$ には、多くのビット数(例えば、8ビット)を割り当てて均等量子化する。次に、直流成分を除く変換係数の量子化を行う。平均2乗誤差電力としての符号化雑音は、各変換係数の量子化に

\* W. H. Chen and C. H. Smith: "Adaptive Coding of Monochrome and Color Images", IEEE Trans., COM-25, No.11 (1977), pp.1285~1292.

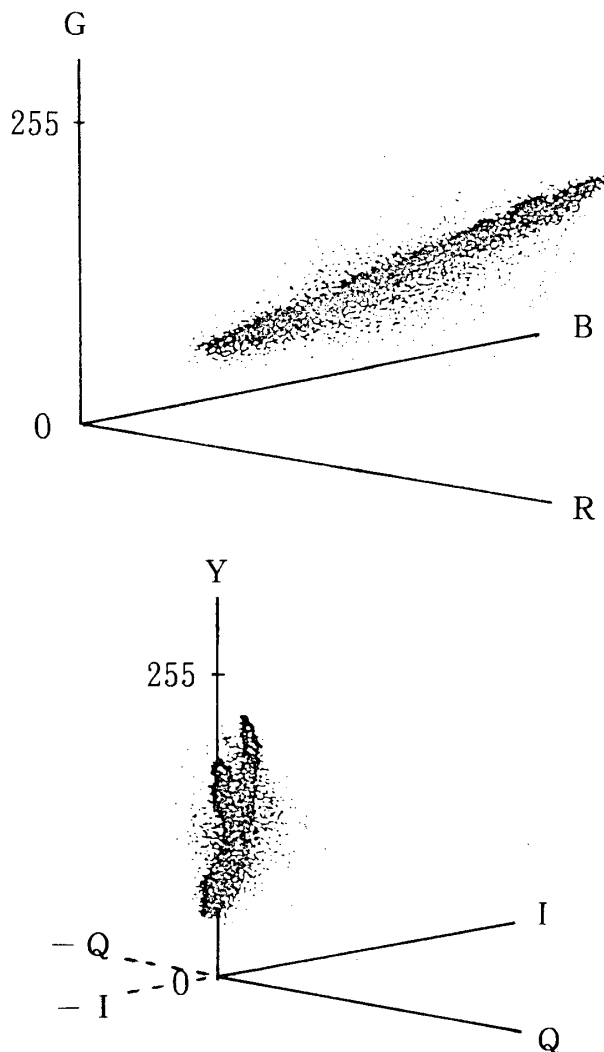


図-5 カラー原画像データ（人物画）の見取り図的な分布状況表示  
 (a) RGB 成分  
 (b) YIQ 成分

よって生じる雑音の総和となる。

おのこの変換係数の量子化雑音を均等化するため、変換係数  $H(u, v)$  がガウス分布で近似できると仮定すると、分散  $\delta^2(u, v)$  に比例した量子化レベル数を割り当てて符号化することができる。各変換係数に割り当てる符号化ビット数は、次式で計算される。

$$N(u, v) = (1/2) \log_2 \delta^2(u, v) - \log_2 d \quad (17)$$

ここで、 $N(u, v)$ : 符号化ビット数

$\delta^2(u, v)$ : ガウス分布における分散

$d$ : 符号化によって生じる雑音の許容値 (定数)

(17)式は Rate-distortion 関数と呼ばれ、符号化



図-6 人物画の擬似カラー表示  
(a) I 信号 (色成分)  
(b) Q 信号 (色成分)

に必要な最小情報量の下限を与えるものとして知られている。

### 3.6 変換係数のブロックカット法

この方法は図-1の基底画像を高周波成分側から任意にカットするもので、画像圧縮が簡便に行える。

## 4. 画像圧縮処理と考察

図-4(a), (b)はカラー原画像データ (人物画:

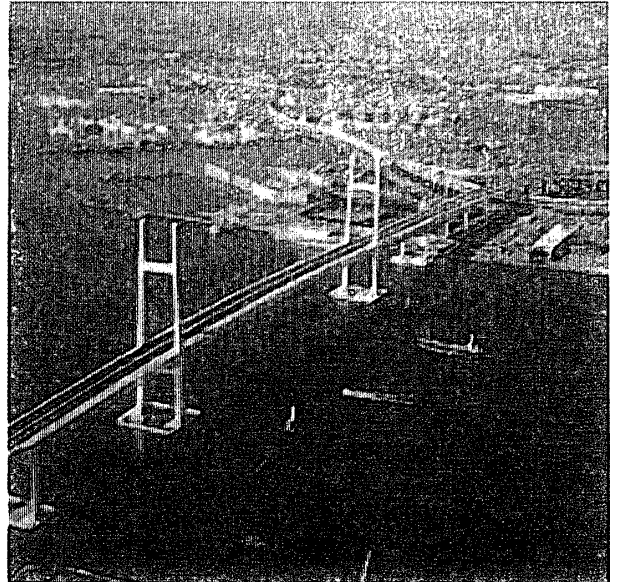
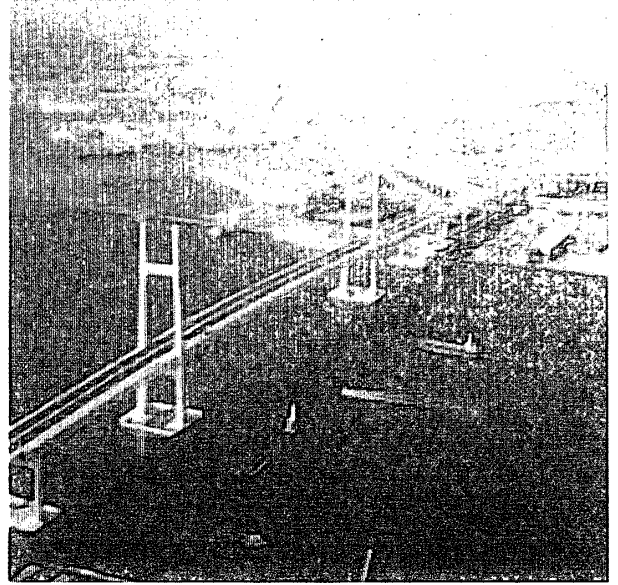


図-7 風景画 (港と橋) に関するカラー再生画像の比較  
(a) 境界値カット法, Y 信号の圧縮率: 56%  
(b) 適応ビット変換法, Y 信号の圧縮率: 57%

256×256 画素, 各 RGB あたり 8 ビット) からの Y 信号 (輝度成分), すなわちモノクロ画像表示とそのヒストグラムである。同図(b)のヒストグラムに関しては, 中間調の濃度レベルを中心に分布の凹凸がある。

図-5(a), (b)はカラー原画像データ: 人物画の 256×256 画素に着目して, 各 RGB 成分と各 YIQ 成分の分布状況を比較するために見取り図的に表示した 1 例である。同図(b)では, 各画素が IQ 成分



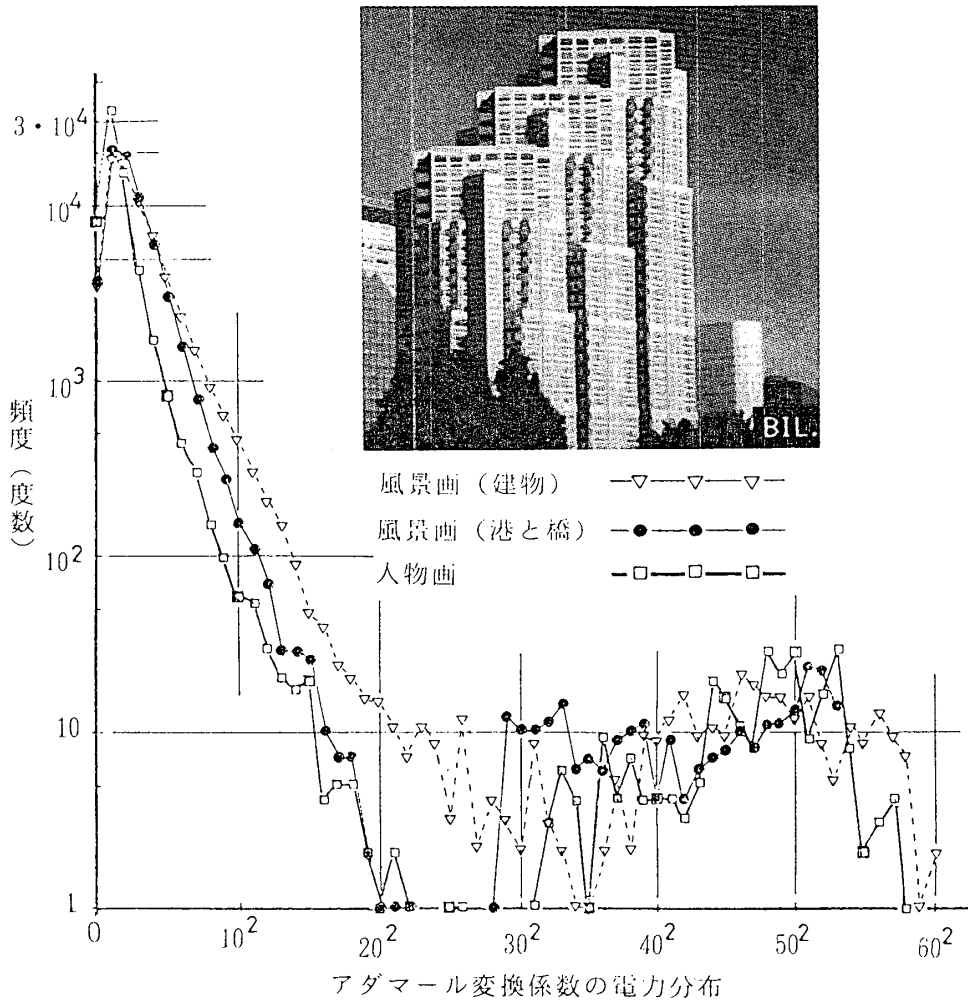


図-8 アダマール変換係数の電力分布と頻度 (度数) との関係  
 [Y 信号, すなわちモノクロ画像データに着目]

に対して Y 方向成分の軸の周辺に分布している。カラー原画像データ, すなわち対象物体や背景が変わると, そのヒストグラムおよび 3 次元的表现の様子はかなり変化することが予想される。

図-6(a), (b)はカラー原画像データ: 人物画の I および Q 信号 (色成分) を独立に使用して擬似カラー表示した 1 例である。I および Q 信号は負の値となることもある。『+』は赤 (R) で, 『-』は緑 (G) を使用して擬似的にカラー合成表示している。

図-7(a), (b)は風景画: 港と橋に関して, おおの境界値カット法, 適応ビット変換法により画像圧縮処理を実行後, そのカラー再生画像を表示した 1 例である。Y 信号の圧縮率はほぼ同一で, 視覚的にも類似な見え方を示している。

図-8 は 3 種類の変換画像データ, すなわちモノ

クロ画像データ (Y 信号): 256×256 画素に着目して, アダマール変換係数の電力分布と頻度との関係を示す。例えば, 10 以下の部分に対する頻度が顕著であることを考慮して, 効率良く画像圧縮を実行することが可能となる。

図-9 は図-8 と関連させて, Y 信号 (輝度成分), すなわちモノクロ画像データに着目して, 境界値カット法における原画像と圧縮画像との『画像圧縮率』(原画像ファイルの大きさに対する圧縮画像とのファイルの大きさの割合) および『類似度』を定量的に評価した 1 例である。画像圧縮率の数値が減少, すなわち画像圧縮比を向上させると類似度が低下, すなわち画像が劣化して原画像との相違が顕著になることが予想される。なお, パラメータとしての『ビット』表示は, モノクロ画像データの濃度レベルの最高値 (上限) を指定する



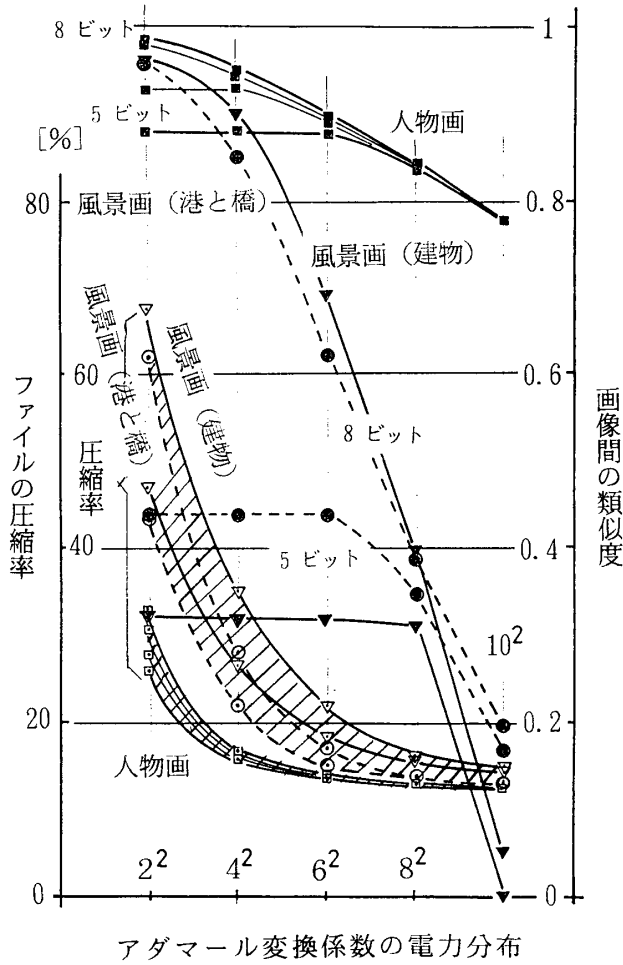


図-9 境界値カット法による『類似度』および『画像圧縮率』[Y信号, すなわちモノクロ画像データに着目]

ために使用されている。

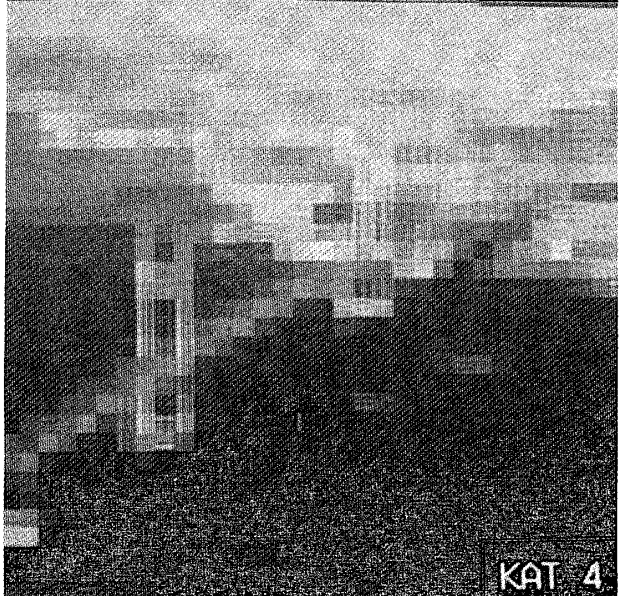
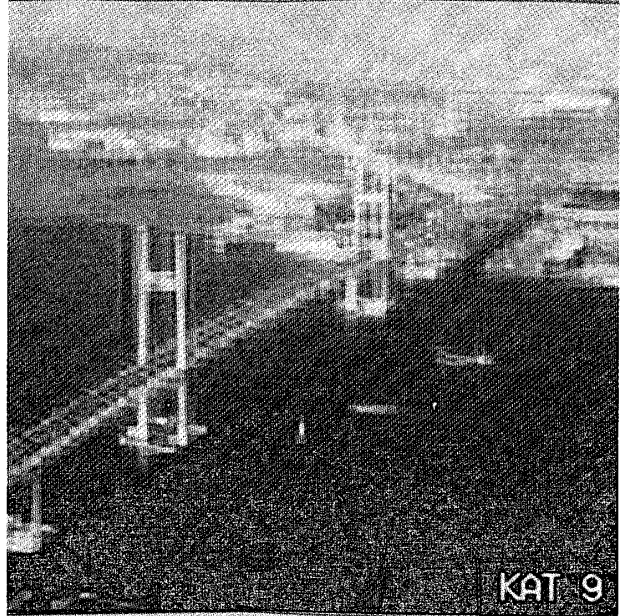
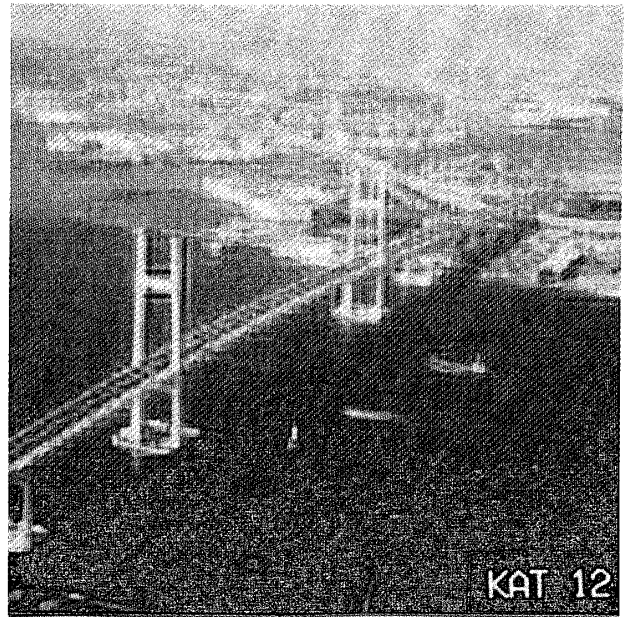
類似度  $S$  は次式によって定量的に評価できる。

$$S = \frac{\sum_i \sum_j a(i, j) \cdot b(i, j)}{\sqrt{\sum_i \sum_j a(i, j)^2} \sqrt{\sum_i \sum_j b(i, j)^2}} \quad (18)$$

ここで、 $a(i, j); b(i, j)$ : 2種類の濃淡画像  $a(i, j)$  と  $b(i, j)$  が完全に一致していると、 $S = 1$  となる。

画像圧縮率 (原画ファイルの大きさに対する圧縮画像とのファイルの大きさの割合)  $C$  は次式によって定量的に評価できる。

図-10 ブロックカット法によるモノクロ再生画像  
(a) u-v 高周波成分側からおのおの4個  
(b) おのおの7個, (c) おのおの12個



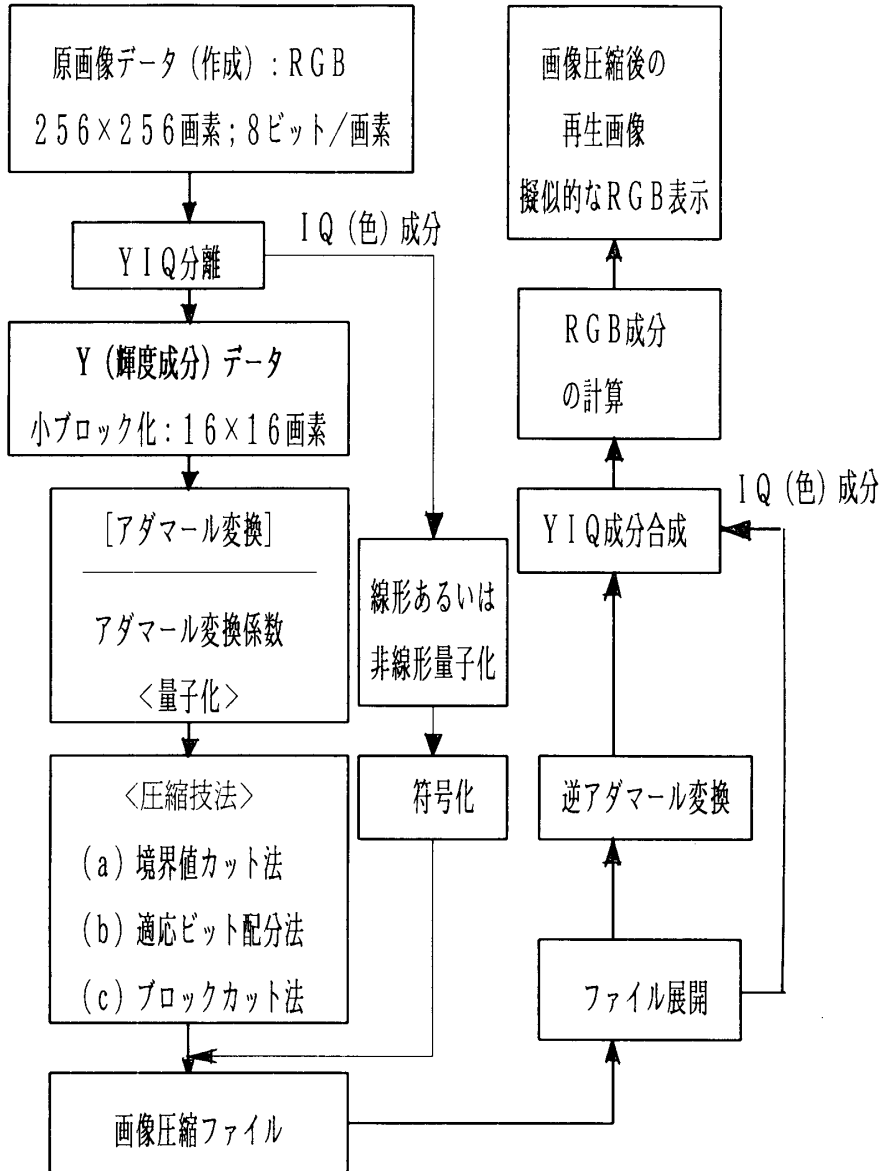


図-11 カラー静止画像に関する変換符号化と画像圧縮のための計算手順

$$C = \frac{\text{圧縮画像ファイルの大きさ}}{\text{原画像ファイルの大きさ}} \times 100 [\%] \quad (19)$$

図-8 および図-9 における横軸の数値, すなわちアダマール変換係数の電力分布は  $k$  を正整数として,  $k^2 \leq |H(u, v)| < (k+1)^2$  の各小ブロック領域:  $16 \times 16$  中の電力分布の総和: 絶対値を示している。一方, 縦軸の数値, すなわち頻度は, 上記の各領域内に対応するおのおのの累積頻度を表示している。

図-10 (a), (b), (c) は Y 信号 (輝度成分), すなわちモノクロ画像データに着目して, ブロックカット法により画像圧縮処理を実行後, その再生画像を表示した 1 例である。図-1 の基底画像に着目し

て, 同図(a)では  $u-v$  高周波成分側からおのおのの 4 個, 同図(b)ではおのおのの 7 個を一定の割合でカットした場合である。同図(c)では  $u-v$  高周波成分側からおのおのの 12 個を一定の割合でカット, すなわちこの場合は直流成分を含めて低周波成分の基底画像, 計 16 個を使用して 2 次元アダマール変換を実行している。図-10 の描図結果は基底画像を高周波成分側から一定の割合でカットするもので, すなわちローパスフィルタの効果を応用している。画像圧縮は簡便であるが, カットする割合が多くなると画生画像の劣化, 例えば縦方向の擬似輪郭線や小ブロック上での明暗が顕著になって実用性に乏しい。

図-11 は静止画に着目して、カラー画像の2次元アダマール変換符号化と画像圧縮処理のためのアルゴリズムの概要である。アダマール変換係数の数値データやIQ成分のデータは、実数のため量子化後に符号化を実行する。IQ(色)成分に関しては、アダマール変換符号化を行うことなく、画像圧縮のための量子化と指定されたビットを使用することにより簡便に符号化を行っている。表-1に示したように変換符号化による画像圧縮処理には、前処理としてのアダマール変換技法を使用した。符号化に関しては3種類の方法を導入した。カラー原画像と画像圧縮後の再生画像との画質：視覚的な見え方を比較・検討するためには、画像圧縮ファイルの展開：逆アダマール変換、YIQ-RGB変換等を実行して最終的にRGB成分による擬似カラー表示をする必要がある。

## 5. まとめ

本研究では、RGBカラー原画像をYIQ成分に分離後、Y信号(輝度成分)、すなわちモノクロ画像データに着目して、2次元アダマール変換符号化による画像圧縮処理を実行した。境界値カット法に着目して、画像間の類似度および原画像ファイルの大きさに対する画像圧縮率とを定量的に比較検討した。境界値カット法は適応ビット配分法に比較して、アルゴリズムが簡便でカラー画像圧縮への適用とその効果がかなり期待できる。

## 参考文献

- (1) 南 敏, 他:『画像符号化小特集』, 電子情報通信学会誌, Vol. 71, No. 7 (1988) pp. 658-696
- (2) 原島 博, 他:『画像情報圧縮の手ほどき』, テレビ

- ジョン学会誌, Vol. 43, No. 6(1989) pp. 602-612 から Vol. 44, No. 6 (1990) pp. 693-700 まで
- (3) 吹抜敬彦:『画像のデジタル信号処理』, 日刊工業新聞社, (1981)
- (4) 谷萩隆嗣:『デジタル信号処理の理論』, コロナ社 (1985)
- (5) 南 敏・中村 納:『画像工学』, コロナ社 (1989)
- 尾上守夫他:『画像処理ハンドブック』, 昭晃堂 (昭和 62 年) 宮原 誠:『系統的画像符号化』, アイピーシー (平成 2 年)
- (6) Anil K. JAIN: Image Data Compression: A Review, Proceedings of The IEEE, Vol. 69, No. 3 (1981) pp. 349-389
- (7) Anil K. JAIN: Advances in Mathematical Models for Image Processing, Proceedings of the IEEE, Vol. 69, No. 5 (1981) pp. 502-528
- (8) Michael P. EKSTROM ed.:『Digital Image Processing Technique』, Academic Press, Inc. (1984)
- (9) Rafael C. GONZALEZ and Paul WINTS:『Digital Image Processing』 Addison-Wesley Pub. Co. (1987)
- (10) Arun N. NETRAVALI and Barry G. HASKELL:『DIGITAL PICTURES』, Representation and Compression, Prentice-Hall Publishing Corporation (1988)
- (11) Robert J. SCHALKOFF:『Digital Processing and Computer Vision』 John Wiley & Sons, Inc. (1989)
- (12) 葛原基志:画像圧縮標準規格 JPEG 入門, PIXEL, No. 105 (1991) pp. 159-163
- (13) 武田 学:カラー静止画像の圧縮方法, 日経 CG, No. 59 (1991) pp. 151-158
- (14) 原田治行:画像の変換符号化における変換係数の特性とパラメタの準最適化, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 73-D-II, No. 6 (1990) pp. 855-861