

# カラー静止画像の解像度変換について

谷口香苗\*・澤見英男\*\*

\*岡山理科大学大学院理学研究科修士課程応用数学専攻

\*\*岡山理科大学理学部応用数学科

(1993年9月30日 受理)

## 要 旨

カラー自然画像に関する縮小・拡大画像を得るために変換符号化法を用いた。基準となる方法としては離散コサイン変換(DCT)、提案する方法としては重複ブロック離散コサイン変換(OBDCT)を適用し、符号化特性と画質の比較、および演算量の比較を行った。符号化特性と画質の比較では、総合的に OBDCT 法を用いる方が優れており、また、演算量による比較においても、OBDCT 法は DCT 法に対して演算量が削減されていることがわかった。

## 1 序 論

デジタル画像データを計算機で取り扱う場合、全ての場合において同じ解像度を持つ表示装置が使用できるとは限らない。例えば、国産のパソコンの1つである PC-9801の表示画面の解像度は、640画素×400ラインが標準となっている。しかし、IBM 互換機などの表示画面は、640画素×480ライン、800画素×600ライン、1024画素×768ライン、1280画素×1024ラインなど、多くの解像度を持っている。また、さらにはマルチウィンドウシステムでは、表示画面の解像度を任意に設定することが普通である。このように表示が可能な解像度が異なる環境に合わせ画像データを表示するには、解像度を変更する必要がある。

また、一般の画像について解像度変換を行うということを考える場合、通常の補間や直交多項式による補間を用いた方法ではルンゲの現象が現れるため、変換符号化法を用いた解像度変換の方が優れた結果の得られることがわかっている。そこで本報告では、変換符号化法として、DCT 法と OBDCT 法を用いて、それぞれカラー静止画像の解像度変換に適用し、その符号化特性と画質の比較、および演算量の比較を行った。

## 2 解像度変換について

解像度を変更する方法として、原画像を元の大きさから補間や直交変換などの線形変換を用いて直接目的の大きさへ変換する方法や、変換符号化を用いてブロック単位で行う方法などが研究されている<sup>1,2)</sup>。ここでは、後者の方法である変換符号化法で、圧縮された画

像データの解像度を変更し、再生画像を得る場合の特性について述べる。

ここで用いているカラー自然画像は、1画素がR(赤)、G(緑)、B(青)各8ビットから構成されている標準画像である。正方格子上で標本化されたR、G、Bから成るこの画像データを輝度Yと2つの色相U、Vのデータに線形変換し、これに対して変換符号化法を適用するものとする。画像全体からN画素×Nラインのブロックを順次取り出し、このブロック画像に変換を施し、得られた変換係数を量子化・符号化する。復号化により得られる変換係数は、一般に直流成分にデータが集中し、高周波成分になるにつれて値が小さくなるという性質がある<sup>3)</sup>。画像の拡大・縮小を行う場合は、得られたN×N個の変換係数に零高周波成分を付加・削除してM×M個の変換係数を得た後、逆変換を施し、M画素×Mラインの拡大・縮小ブロック画像を順次再生するが、この性質により高画質の解像度変換画像が得られる。

### 3 変換符号化法について

変換符号化法のレートは、N×N個の変換係数を量子化した際の量子化ステップごとの出現頻度分布からエントロピーを計算し、1係数当たりのビット数に換算して求めている。信号対雑音比(Signal to Noise Ratio ; SNR)を求めるために必要な拡大・縮小原画像は、原画像全体に対する最大域の変換を施し、得られた変換係数に零高周波成分を付加・削除して、 $\left(\frac{M}{N}\right)^2$ 倍の個数の係数を得、これに逆変換を施して作成している。この拡大・縮小原画像と再生画像との誤差から、以下の式によりSNRを得た。

$$\text{SNR} = 10 \log \left( \frac{\text{縮小原画像の分散}}{\text{誤差の2乗平均}} \right) \quad [\text{dB}]$$

変換長Nを8および16とし、DCT法およびOBDCT法のレートSNR特性の比較を行うことにする。

#### 3.1 DCT符号化法

国際標準符号化方式(Joint Photographic Expert Group ; JPEG)のベースとなった符号化法である。離散コサイン変換(DCT)は、長さNの信号列を偶対称に折り返して得られる長さ2Nの信号列に対する離散フーリエ変換(DFT)として解釈することができる。解像度変換における変換長Nの1次元DCTおよび1次元逆DCTは、以下の様に表すことができる。また、正方格子上で標本化された2次元信号列に対する2次元DCTおよび逆DCTは、行方向と列方向に1次元DCTをそれぞれ適用することによって実現することが出来る。

$$y_k = \sqrt{\frac{2}{N}} c_k \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2N}$$

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

$$c_k = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2}} & \text{for } k = 0 \\ 1 & \text{for } k = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

$$x_n = \sqrt{\frac{M}{N}} \sqrt{\frac{2}{M}} \sum_{k=0}^{M'-1} c'_k y_k \cos \frac{(2n+1)k\pi}{2M}$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, M-1, M' = \min(M, N)$$

$$c'_k = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2}} & \text{for } k = 0 \\ 1 & \text{for } k = 1, 2, \dots, M-1 \end{cases}$$

図1は画像の一部分を図示したものであり、画像は格子点上の値として表される。DCT法では、単位長さ1の正方格子上の原画像を1辺の長さNの大きさの正方形(この図では、変換長は8とする)で重複せずにブロック化し、このN×Nのブロックに対し変換長NのDCTを用いて変換符号化を行う。しかし、データの圧縮率を上げると、隣接ブロックとの境界で値が不連続になるため、ひずみが目立ってくる。

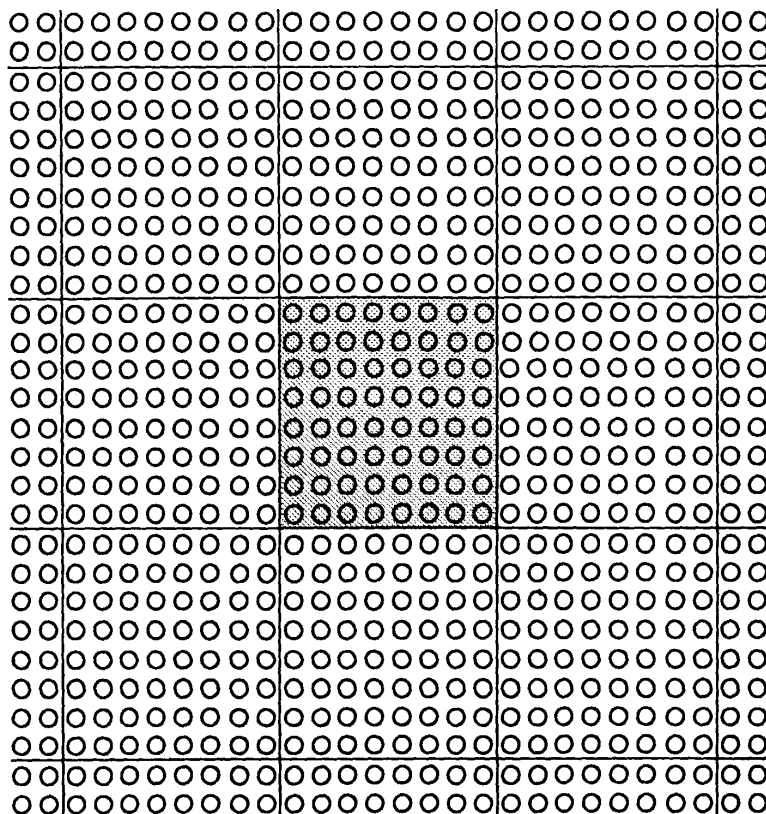


図1 DCT法のブロック化

### 3.2 OBDCT 符号化法

DCT 法では変換長を長くすると、周波数分析が大域的になるため符号化効率は向上する。しかし、変換長が長くなるため1画素当たりの演算回数が増加し、実行時間が長くなってしまう。また、先に述べたように、DCT 法は互いに隣接するが重複しないようにブロック化を行うため、データの圧縮率を上げるとブロック境界で不連続なひずみが目立ってくる。

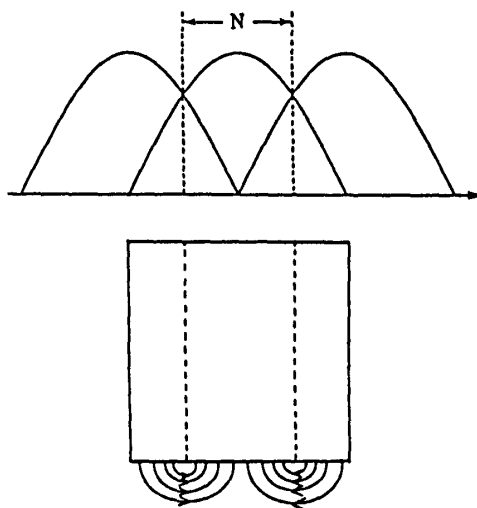


図2 隣接ブロックと重複する重み付き窓関数

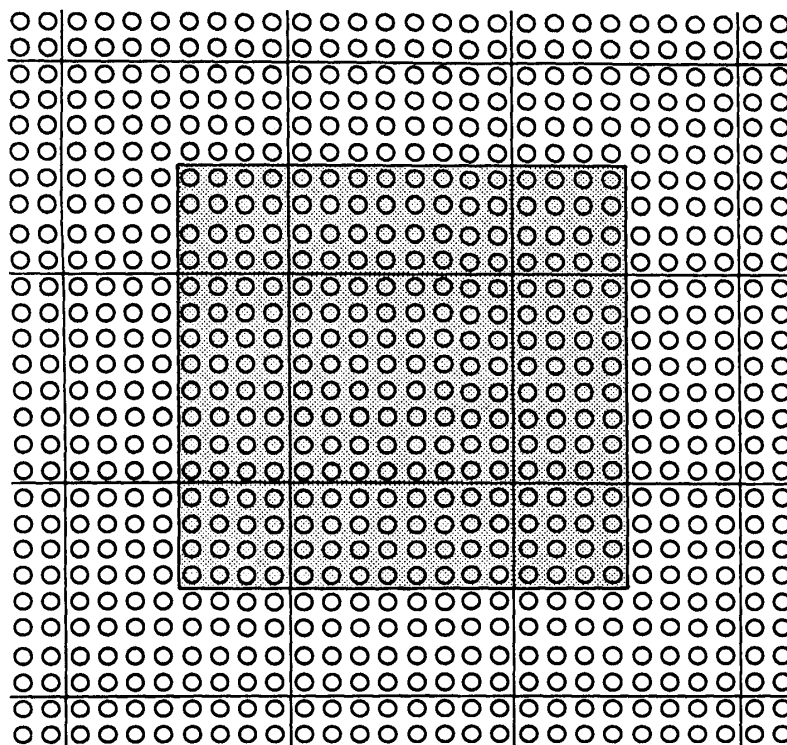


図3 OBDCT 法のブロック化

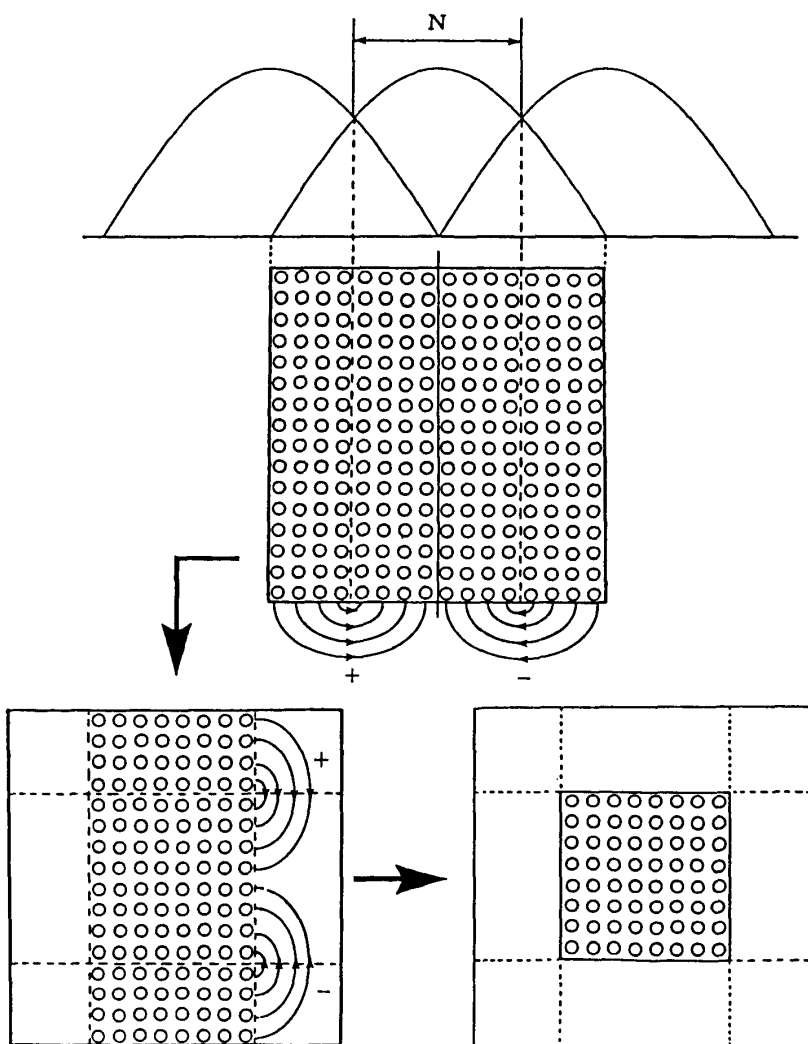


図4 重み付き窓関数による折り畳み

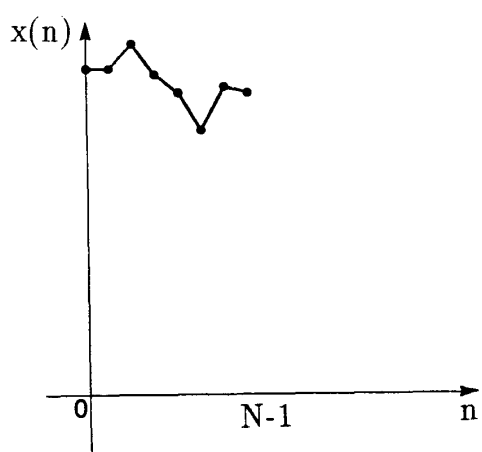


図5 原画像データ

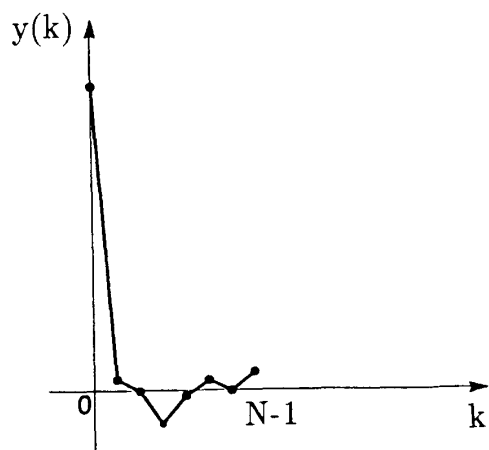


図6 DCT 変換係数

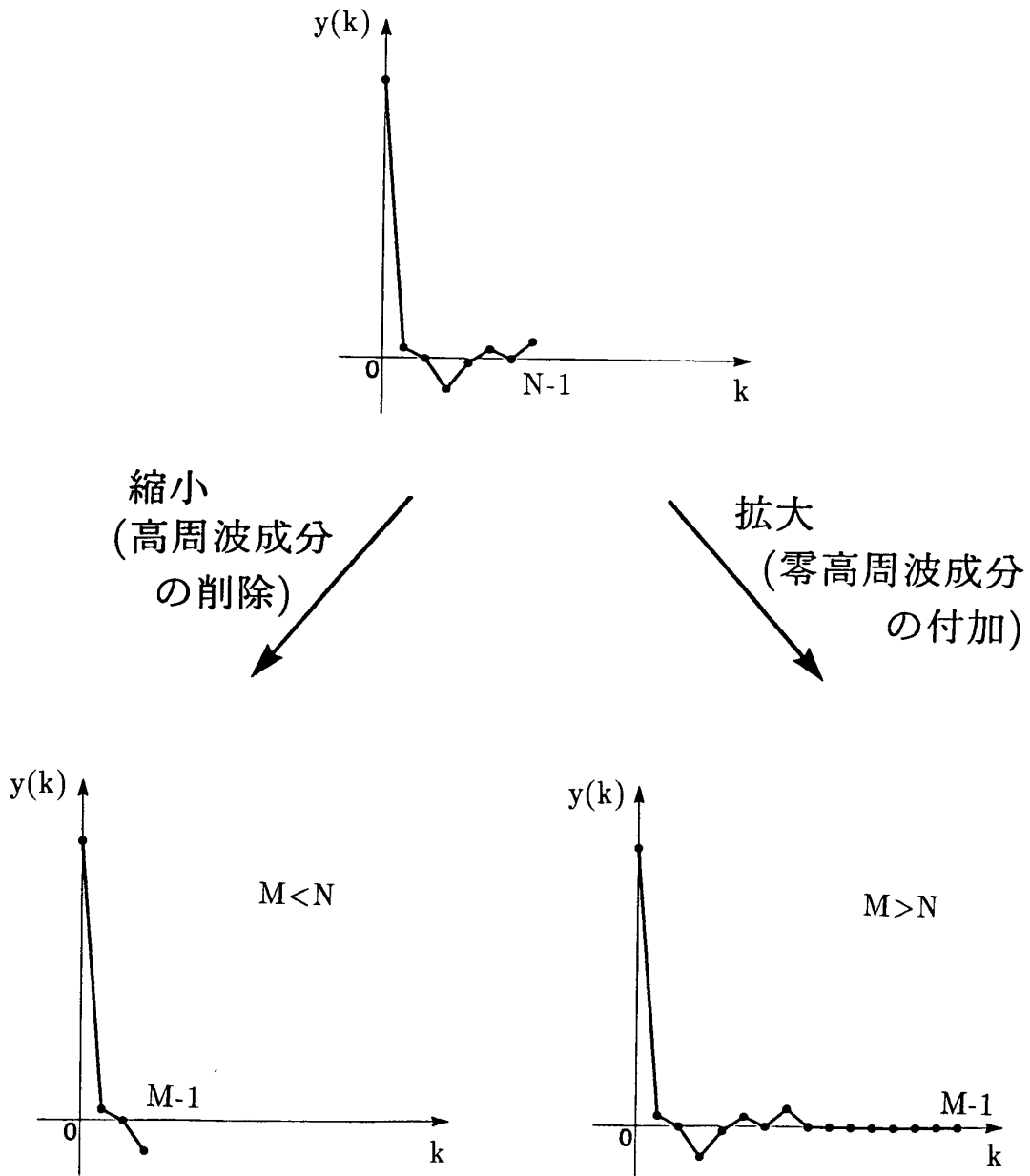


図7 解像度変換における変換係数の取扱い

そこで、隣のブロックと重複するようにブロック化することで、不連続ひずみを目立たなくする。ここではブロック境界に向かって滑らかに値の小さくなる重み付け窓関数(図2)を用いて、隣のブロックと重複させて $2N \times 2N$ でブロック化し(図3)、このブロック化されたデータを行方向すなわち横方向に折り畳み、 $N \times 2N$ のブロックにしたものを、さらに列方向すなわち縦方向に折り畳むことにより、 $N \times N$ のブロックにする。そして、このブロックに変換長  $N$  の2次元 DCT を施すことにより変換係数を得ている(図4)。窓関数としては、この変換係数から上記の手順を逆に辿ってもとの画像が得られるものを選ぶ。

解像度変換における変換長  $N$  の1次元 OBDCT および1次元逆 OBDCT は、以下の様に表すことができる。また、2次元 OBDCT および逆 OBDCT は、行方向と列方向に1

次元 OBDCT をそれぞれ適用することによって実現することが出来る。

$$y_k = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} c_n x_n \cos \frac{(2k+1)n\pi}{2N}$$

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

$$c_n = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2}} & \text{for } k = 0 \\ 1 & \text{for } k = 1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

$$x_n = \sqrt{\frac{M}{N}} \sqrt{\frac{2}{M}} c'_n \sum_{k=0}^{M'-1} y_k \cos \frac{(2k+1)n\pi}{2M}$$

$$n = 0, 1, 2, \dots, M-1, M' = \min(M, N)$$

$$c'_n = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{2}} & \text{for } k = 0 \\ 1 & \text{for } k = 1, 2, \dots, M-1 \end{cases}$$

### 3.3 解像度変換の方法について

#### 3.3.1 変換符号化法の場合

図5は原画像データをブロック化し(N=8), 適当な行または列方向に見てグラフ化したものである。これに DCT 法を施すと, 図6のグラフの様に変換係数の高周波成分が零値のまわりに集中してくる。この性質を利用し, 高画質な画像の得られる縮小・拡大変換を行う。画像を縮小する場合には, 高周波成分を無視して低周波成分のみを取り出して用い, 拡大する場合は, 零値の高周波成分を付加する(図7)。そして, それぞれの変換係数に対する逆 DCT を施すと, 原画像に対する縮小画像と拡大画像を得ることが出来る(図8)。原画像のデータのグラフ(図5)はN字状の形をしているのに対して, この様にして得られた縮小画像と拡大画像のデータのグラフも, ほぼ同じN字状の形になっている。つまり,

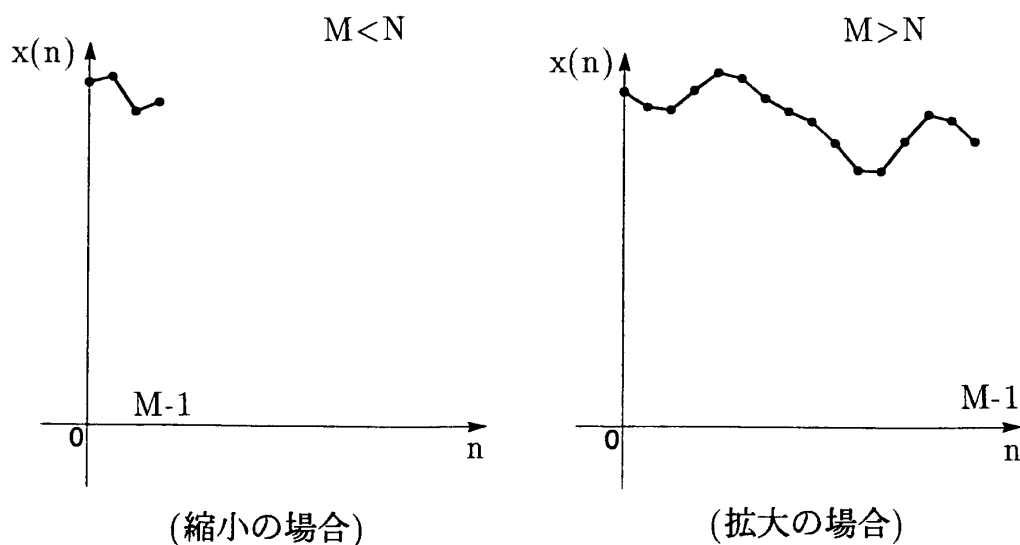


図8 DCT 法による解像度変換 (1次元)

原画像の特徴を壊すことなく、縮小画像と拡大画像を得ることができる。また、視覚による原画像と再生画像の比較を行った結果でも、同様に、原画像の特徴を壊すことなく高画質な再生画像が得られていることがわかった。

### 3.3.2 変換法の場合

変換符号化法による解像度変換が高画質であることを示すため、補間を用いて解像度変換をしたときの特性と比較した。図5の原画像データ ( $N=8$ ) に対して多項式補間により縮小・拡大を行って得られたグラフが図9である。原画像データのグラフが  $N$  に類似した形状をしているのに対し、補間による縮小の場合のデータのグラフは  $N$  の様な形状をしているが、拡大の場合は、ルンゲの現象が生じるため原画像とは全く異なったグラフになる。つまり、補間を用いて解像度変換を行う場合は、原画像とかなり異なる再生画像が得られることが予想される。実際、補間による解像度変換を行った場合、 $N$  の増加に従って極端な偽像の出現が見られる。

## 4 変換符号化法による符号化特性の比較

720画素×576ラインのカラー標準画像 Barbara から256画素×256ラインを原画像として取り出し、これに対して DCT 法と OBDCT 法を適用し、これらの方法に関してそれぞれレート-SNR 特性を用いて符号化特性の比較を行う。

DCT 法と OBDCT 法を適用し再生画像を原画像の0.75倍に縮小した場合と、1.75倍に拡大した場合に得られたレート-SNR 特性を求め図10, 図11に示す。縮小の場合、OBDCT 法は  $N=8$ ,  $M=6$  とし、DCT 法は  $N=8$ , 16のそれぞれに対して、 $M=6$ , 12としている。拡大の場合、OBDCT 法は  $N=8$ ,  $M=14$  とし、DCT 法は  $N=8$ , 16のそれぞれに対して、 $M=14$ , 28とする。この結果から、縮小の場合には、OBDCT 法は変換長が

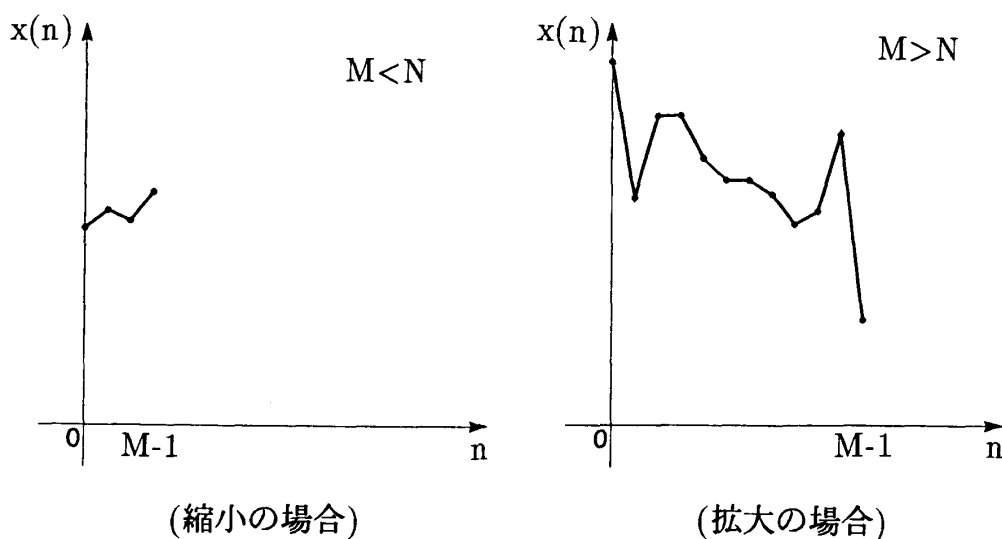


図9 補間による解像度変換 (1次元)



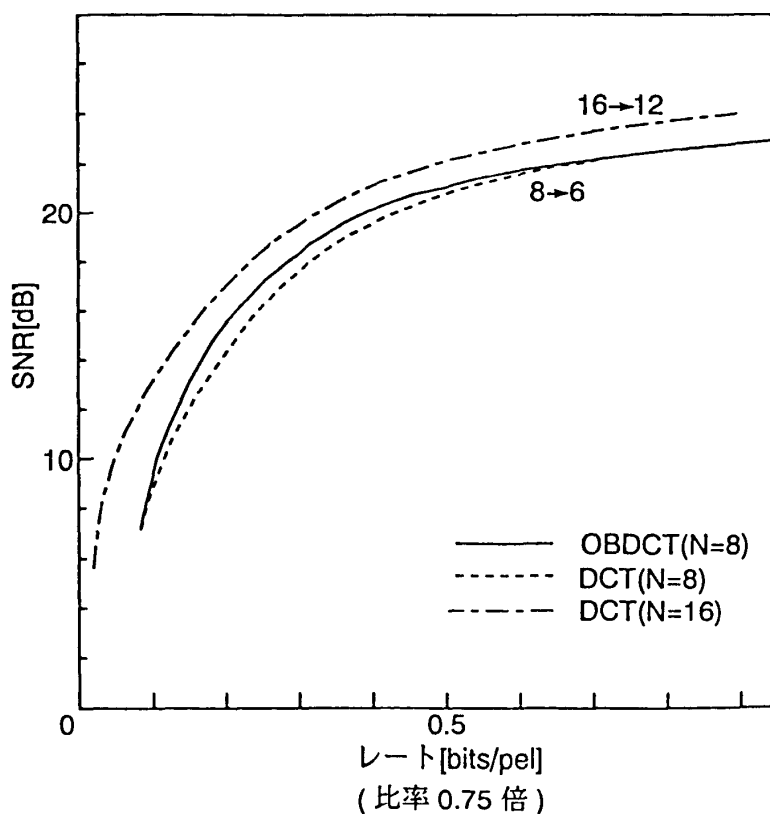


図10 解像度変換を行う場合の符号化特性 (縮小)

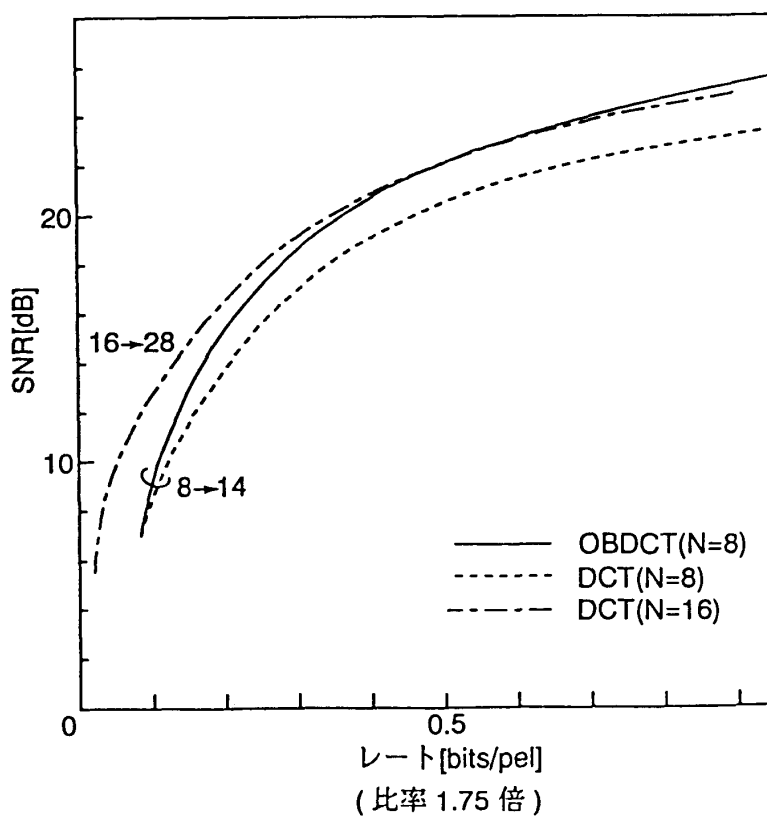


図11 解像度変換を行う場合の符号化特性 (拡大)

表1 ブロック当たりの演算回数の比較 (高速算法を使わない場合)

		乗算回数	加算回数
DCT	(N = 8)	384	336
DCT	(N = 16)	1536	1440
OBDCCT	(N = 8)	548	292

同じ DCT 法とほぼ同じ特性を示しているが、拡大の場合には、OBDCCT 法は変換長が2倍の DCT 法より優れた特性を示していることが分かる。

## 5 演算量の比較

DCT 法と OBDCCT 法の演算回数を表1に示す。ただし、DCT 法の変換長  $N$  は8および16とし、OBDCCT 法の変換長  $N$  は8とする。そして、各種の変換長を考慮しているため、高速算法を使わない場合の変換に要する演算量のみの比較とする。この結果から OBDCCT 法の1ブロック当たりの乗算回数は同じ変換長の DCT 法より少し増えるが、2倍の変換長の DCT 法よりかなり少ないことが分かる。また、1ブロック当たりの加算回数については、同じ変換長の DCT 法よりも少なくなっている。このことより OBDCCT 法の演算量は DCT 法よりも少ないことが分かる。さらに、OBDCCT 法の計算手順は DCT 法と同じ構造を持っているので、高速算法を使った場合においても同じことが成立している。

## 6 結 論

変換符号化法を解像度変換と併せて用いた場合の符号化特性の比較を行った。縮小においては、DCT 法と OBDCCT 法の符号化特性の間にあまり差は見られないが、拡大においては、低レートでは OBDCCT 法は、DCT 法とほぼ等しい値を示しているが、高レートになるに従い、2倍の変換長の DCT 法より優れた特性を示すようになる。特に、OBDCCT 法を拡大に用いた場合の特性は注記に値するものである。これは、窓重み付けによりギブスの現象が抑圧されたものと考えられる。さらに演算回数で比較しても OBDCCT 法が DCT 法よりも優れていることから、解像度変換を行う場合に用いる変換符号化法としては、DCT 法よりも OBDCCT 法が適していることが明らかになった。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、御協力して頂いた本学大学院修了生の原田亨氏（現在、三菱電機コントロールソフトウェア株式会社に勤務）に対して厚く感謝します。

## 参考文献

- 1) 谷口, 原田, 澤見: "変換符号化法による解像度変換について", 電気関係学会四国支部連合大会, pp.

- 199—200, (1992—10)。
- 2) 谷口, 澤見: “カラー静止画像の符号化と解像度変換について”, 日本応用数学会平成5年度年会, pp. 189—190, (1993—09)。
  - 3) 原田, 澤見, 仁木: “カラー静止画像の変換符号化法について”, 電子情報通信学会秋期大会, p. 120, 分冊6, (1991—09)。

## On Resolution Conversion of Color Still Image

Kanae TANIGUCHI\* and Hideo SAWAMI\*\*

*\*Graduate School of Science,*

*\*\*Faculty of Science,*

*Okayama University of Science*

*Ridai-cho 1-1, Okayama 700, Japan*

(Received September 30, 1993)

It is well known that the discrete cosine transform (DCT) successfully transforms correlated image data into uncorrelated coefficients. Applying quantization to this DCT coefficients and encoding the quantized coefficients, we are able to obtain compressed image data. We are also able to obtain reconstructed image through decoding, dequantization and inverse transform to compressed image data. Although image quality becomes higher as decreasing compression ratio, it is possible to obtain high quality image at high compression ratio in use. These process is referred as transform coding.

Coding efficiency, measure for getting high quality image with high compression ratio, tend to increase as transform length becomes longer in the transform coding. Computational complexity, measure for implementing the method on computer, also becomes larger as transform length becomes longer. Some transform codings are usually considered to be selectable depending on coding efficiency and computational complexity. On the other hand, the transform coding for still image data compression is considered as an approach to image resolution conversion, since it has superiority to another methods on image quality. So, the transform coding is not only used as image data compression but also as resolution conversion, the transform coding must be selected from this viewpoint.

In this paper, we provide comparison between two methods, the DCT and the overlapped block discrete cosine transform (OBDCT) methods for coding efficiency, computational complexity and image quality on resolution conversion. The OBDCT is equivalent to the DCT with two-times transform length in coding efficiency, and to the DCT with same transform length in computational complexity. For reconstructed image quality, the OBDCT is used with weighting function suppressing block artifact, the OBDCT method show superiority to the DCT method. We also illustrate that the OBDCT gives significantly good result for enlargement of image.