

加減算処理を主とした画像圧縮アルゴリズムの検討

1 E - 5

鈴木 利始・田所 嘉昭・川人 祥二

豊橋技術科学大学 情報工学系

1. まえがき

著者らは、イメージセンサ上での画像圧縮回路の簡単化、処理の高速化を目的として、加減算処理を主とした画像圧縮アルゴリズムについての検討を行なっている。特に、周波数領域でのデータ圧縮に用いられているDCTにおいて、DCT係数を加減算処理で求めることができるマルチレートDCT(MR-DCT)[1]、Heuristic型MR-DCT(HMR-DCT)[2]の特性について検討、改善を行なってきた[3][4]。本稿では始めに、ブロック毎の各画素の平均値に着目し、各画素と平均値の差をデータとして画像圧縮を行なう手法について述べる。次に、MR-DCT,HMR-DCTを説明し、その特徴を述べ、各手法による圧縮率と信号対雑音比(Peak Signal-to-Noise Ratio:PSNR)について述べる。

2. ブロック平均値を利用した画像データ圧縮

本手法は、 8×8 画素のブロック単位で処理を行なう。まず、ブロック内の画素の平均値 M_1 を求める。そして、各画素と M_1 との差をデータとする。この処理により、データの出現確率が片寄る。これを利用し、可変長符号化を用いて画像圧縮を実現することができる。これを提案法1とする。しかし、提案法1では可逆で原画像データの約70~80%にしか圧縮が実現できない。その理由は、平均値からの差では、出現確率の片寄りがありあまり大きくないからである。そこで、 M_1 からの差のデータを正負符号と絶対値に分け、絶対値データに対して、再び平均値 M_2 を求める。そして、今度は M_2 からの差をデータとする。これを提案法2とする。提案法2では、データの出現確率の片寄りが提案法1より大きくなり、符号化により高い圧縮が期待できる。しかし、正負符号のために各画素に対して1bitと M_2 のためのデータが必要になり、結果的にこの処理を追加したことでデータ量は増加する。可逆符号化で必要なデータ量を表1に示す。比較のためにDPCMの結果も示す。本手法は、画像の復号時において、ブロックの平均値データから、ぼやけた画像が即座に把握できるという特徴がある。ところで、画像圧縮では、非可逆符号化を用いる場合が多い。そこで、本手法でもより高い圧縮を実現するために、得られたデータをしきい値を用いて丸める手法を提案する。しきい値は2のべき乗とし、平均値を求める回数を3回まで増加させ、標準画像GIRLに対してシミュレーションを行なった結果を図1に示す。この結果、70%~72%の圧縮で35dB

表1 可逆変換に必要なデータ比率

	GIRL	LENA	CRON.	PLANT
DPCM	0.620	0.720	0.525	0.725
提案法1	0.728	0.802	0.678	0.794
提案法2	0.742	0.803	0.675	0.816

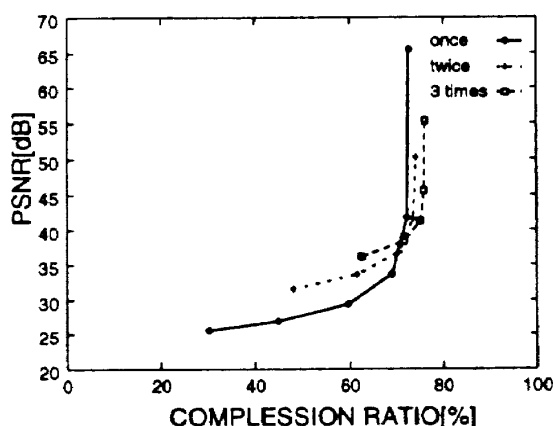


図1 非可逆による必要データ量とPSNRの関係

以上のPSNRを得ることができるが、高圧縮を実現しようとするときPSNRが急激に低下する。

3. 加減算処理による周波数領域での圧縮処理

3.1 MR-DCTとHMR-DCT

式(1)に示される帯域制限された信号 $x(t)$ のDCT係数 $X(k)$ を求めるためには、MR-DCTでは、図2に示すように各成分のピーク値を加減算し、それを k で平均化する。これは式(2)で与えられる。

$$x(t) = \sum_{k=0}^N X(k) \cos(2\pi f_k t) \quad (1)$$

$$X(0) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N C_n x\left(\frac{n}{2f_N}\right) \quad (2)$$

$$X(k) = \frac{1}{k} \sum_{n=0}^k C_n (-1)^n x\left(\frac{n}{2f_k}\right) - \sum_{q=1}^u X((2q+1)k)$$

$$f_k = k f_1, k = 1, 2, \dots, N$$

$$u = \left\lfloor \frac{1}{2} \left(\frac{N}{k} - 1 \right) \right\rfloor, C_n = \begin{cases} \frac{1}{2} & n = 0, k \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

ただし、 f_1 は基本周波数、 $\lfloor \cdot \rfloor$ は整数化である。MR-DCTは、加減算処理で実現できるという特徴があるが、低次係数はその奇数倍成分での補正が必要になる。この問題を解決するために、例えば $N = 8$ の場合は、 $X(1)$ 、 $X(2)$ のサンプル点を次のように変更すればよい。

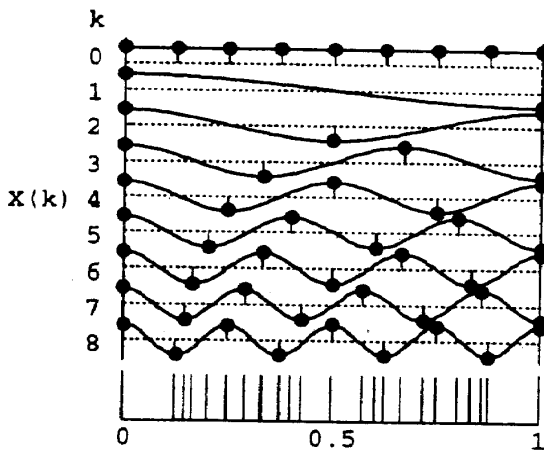


図2 MR-DCTのサンプル点

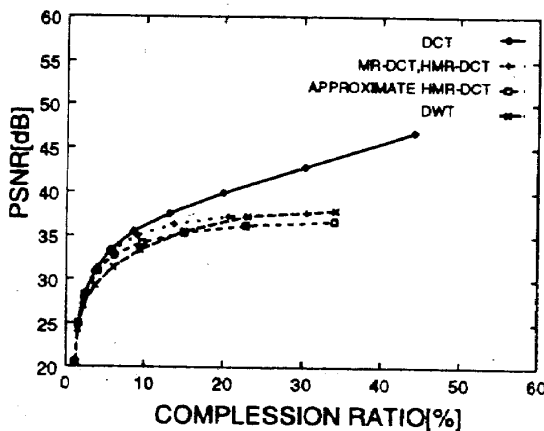


図3 各種圧縮法の圧縮率とPSNR

$X(1) = \{0, 0.0947, 0.1806, 0.3242, 0.6758, 0.8194, 0.9053, 1\}$,
 $X(2) = \{0, 0.1111, 0.3888, 0.5, 0.6111, 0.8888, 1\}$.

これがHMR-DCTである。これらの手法はそのまま2次元にも応用できる。また、MR-DCTはサンプル点数がDCTと比較して多くなる。そこで、この解決策として、HMR-DCTでサンプル点を等間隔サンプルに近似する手法(近似HMR-DCT)を検討した。MR-DCT, HMR-DCT, 近似HMR-DCTと比較のためDCTおよび加減算処理の離散ウォルシュ変換(DWT)による圧縮率と再構成画像のPSNRの関係を図3に示す。MR-DCTやHMR-DCTはDCTと比較して、高圧縮を実現した場合は、ほぼ等しい結果が得られているが、高いPSNRを得ようとする、DCTより劣る。精度が悪い原因は、帯域外の高周波が低周波に影響を及ぼすこと、近似の時に生じる誤差の影響である。

3.2 射影法と1次元MR-DCT(HMR-DCT)

MR-DCTではサンプル点数が増加し、それを等間隔に近似することで誤差が生じPSNRが低下する。そこで、サンプル点数を増加させて近似精度を良くするため、図4で示される射影法を用いて、画像を1次元に変換する。この1次元データに対して、1次元MR-DCTを行なう。そして、得られたDCT係数を逆変換して1次元データを求めると、代数演算で画像データを再

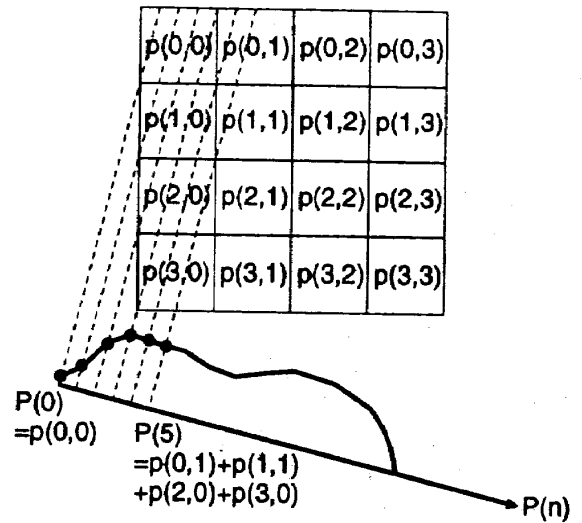


図4 射影法の原理

表2 射影と1次元MR-DCTによる再生画像のPSNR

N	CZP	GIRL	LENA	CRON.	PLANT
16	22.46	24.96	21.53	25.56	22.20
32	24.89	26.78	24.17	30.20	23.71
64	25.18	27.43	24.74	30.58	24.07

生することができる。MR-DCTに用いる点数をNとして得られた結果を表2に示す。あまり良い結果が得られていない。その主な原因は、射影法による1次元データに順逆MR-DCTを施すことで、ある画素に生じた誤差が、代数演算で伝搬するためである。

4. まとめ

加減算処理を主とした画像圧縮アルゴリズムとして、可逆符号化と非可逆符号化の両面から検討を行なった。ブロック平均値を利用した画像圧縮処理では、ブロック間で平均値を求めその差分をとることで、更なるデータ量の削減が実現できると考えられる。2次元MR-DCT, 射影法による1次元MR-DCTにおいてはPSNRの向上が今後の課題として上げられる。

参考文献

- [1] 安尾, 田所, 川人, "マルチレート離散コサイン変換とその画像圧縮への応用", 信学技報 CS94-171, pp.57-64, 1994.
- [2] M.Tsunoda, S.Kawahito, Y.Tadokoro, N.Kudo, "Analog Two-Dimensional Discrete Cosine Transform LSI for Image Compression Based on Multirate Sampling", ICSPAT97'(San Diego), pp.1198-1202, 1997
- [3] 鈴木, 田所, 川人, "マルチレート離散コサイン変換の波形再生特性の検討", 信学会ソサイエティ大会, A-4-31, 1997.
- [4] 鈴木, 田所, 川人, "マルチレート離散コサイン変換による再生画像の特性改善", 信学会総合大会, A-4-43, 1998.