

# 情報の偏りを考慮した静止画像の可逆予測符号化法

## Improvement of Adaptive Prediction Coding of Still Image Considering of Bias Source

小俣 順<sup>†</sup>  
Jun Omata

森中 亮<sup>†</sup>  
Ryo Morinaka

石田 崇<sup>‡</sup>  
Takashi Ishida

平澤 茂一<sup>‡</sup>  
Shigeichi Hirasawa

### 1. はじめに

近年、情報技術の発展によりデジタル静止画像の占める割合が急増している。自然画像に対する可逆圧縮方式としては JPEG-LS[1] が国際標準化されていて予測符号化を用いることにより高い圧縮率を実現している。参照画素を予測する方法として、MED 予測器 (Median Edge Detection Predictor) にコンテキストを用いた予測方法が採用されているが、近傍画素の相関や局所的な特徴を十分に配慮した予測になっていないと考えられる。この問題の解決法として、小林ら [2] により予測をラスト走査順に行うだけでなく、別の予測器を使い複数走査を用いて予測式の重み係数を更新していく MBAP 予測法 (Moving Block Activity level classification model Predictor) が提案されている。しかし、ブロックに分割して予測を行うため、MBAP 予測器がブロックの境界部分では利用出来ず、予測の精度が高いとは言えない。

そこで本研究では、ブロックの境界部分で予測の参照画素には端点処理を行い、常に同じ予測式を用いることを可能とし、さらに予測誤差にアダマール変換を用いる手法を提案する。標準試験画像に適用し従来手法と比べ優れた圧縮性能を持つことを示す。

### 2. 準備

#### 2.1 予測符号化法

JPEG-LS[1] などで採用されている予測符号化法とは、画素間同士の相関があることを利用して得られた予測値 ( $\hat{x}$ ) と実際の画素値 ( $x$ ) の差分  $\varepsilon(x)=(x-\hat{x})$  を符号化する方法である。

#### 2.2 MBAP 予測法

小林ら [2] による MBAP 予測器で参照画素を予測する方法は、予測する画素に対して近傍画素に重みづけをして計算する。また、重み係数 ( $w$ ) は予測誤差に応じて適応的に更新していく。以下に更新方法を示す。

IF( $\hat{x} \leq x$ )

参照画素が最大の重み係数に  $(x-\hat{x})/256$  を加算する。  
参照画素が最小の重み係数に  $(x-\hat{x})/256$  を減算する。

IF( $\hat{x} > x$ )

参照画素が最大の重み係数に  $(\hat{x}-x)/256$  を減算する。  
参照画素が最小の重み係数に  $(\hat{x}-x)/256$  を加算する。

横走査、縦走査による予測値  $\hat{x}_h, \hat{x}_v$  は次の式により計算される。参照画素の位置関係を図 1 に示す。

$$\hat{x}_h = w_{ah}a + w_{bh}b + w_{ch}c + w_{dh}d + w_{eh}e \quad (1)$$

$$\hat{x}_v = w_{av}a + w_{bv}b + w_{cv}c + w_{fv}f + w_{gv}g \quad (2)$$

$a, b, \dots, g$ : 図 1 の位置における画素値

$w_{.h}, w_{.v}$ : 図 1 の位置の横走査、縦走査の重み係数

以下に従来手法 (MBAP 法) のアルゴリズムを示す。

<sup>†</sup>早稲田大学院理工学研究科経営システム工学専攻

<sup>‡</sup>早稲田大学院理工学部経営システム工学科

		$f$	
	$c$	$b$	$d$
$e$	$a$	$x$	
	$g$		

図 1: 予測に用いる参照画素

#### 従来手法のアルゴリズム

1. 原画像をブロックに分割する。
2. 分割したブロックに対して、縦走査、横走査の両方を行いながら最適な走査を選択する。
3. MBAP 予測器に使う重み係数を、予測誤差に応じて更新していく。
4. ブロックの境界部分では MED 予測器を利用して予測する。
5. ブロック毎に横走査、縦走査を用いた際の予測誤差のエントロピーが小さい走査を選択する。
6. 予測値と実際の画素値の差分をエントロピー符号化をする。

### 3. 提案手法

#### 3.1 従来手法の問題点および提案手法の概要

従来手法では、ブロックの境界部分で参照画素が無いため MBAP 予測器が利用出来ない。そのため、予測方法を変更し、予測精度があまり高くない MED 予測器を使用している。この時、 $256 \times 256$  ピクセルの画像を  $16 \times 16$  ピクセルのブロックに分割する場合、全画素の 76 % しか MBAP 予測器が利用出来ない。また、予測誤差自体にも相関があるので、それらの情報量を集めることにより圧縮率の改善が可能と思われる。

そこで、ブロックの境界部分では端点処理として拡張処理を行い、境界部分でも MBAP 予測器の適用を可能にする手法を提案する。さらに予測誤差同士にも相関があると考えられるのでアダマール変換を行い、より圧縮率の改善する手法を提案する。

#### 3.2 拡張処理

複数走査を行うために画像をブロックに分けて予測を行う。しかし、ブロックの境界部分や画像の端では参照画素が無い場合がある。今回用いる拡張処理は、画像情報の特徴である近傍画素同士の相関が高いことを考慮しなくてはならない。そこで、参照画素値を仮定して設定する値はすぐ隣の画素を参照する。

#### 3.3 ロスレスアダマール変換

アダマール変換 [3] は直交変換の 1 つで、大半の演算を加算、減算のみで計算できる簡単な直交変換である。以下に変換式を示す。

$$\begin{pmatrix} Y[0] \\ Y[1] \\ Y[2] \\ Y[3] \end{pmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X[0] \\ X[1] \\ X[2] \\ X[3] \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$Z[n] = [Y[n] + D[n]] \quad n = 0, 1, 2, 3 \quad (4)$$

$X[n]$ :入力値  $Y[n]$ :中間値  $D[n]$ :補正を制御する値  
 $Z[n]$ :出力値  $[a]$ : $a$ 以下の最大整数

アダマール変換を用いるとき通常、図2の左に示すように1走査線上のブロック化を行い変換を行う。しかし、この時  $X[0]$  と  $X[3]$  は3画素離れてしまう。そこで図2に示すように  $2 \times 2$  の画素のブロックにして2次元アダマール変換を用いた方が画素間の相関が大きいため符号化を行うとき効率が良いので今回は2次元アダマール変換を用いる。

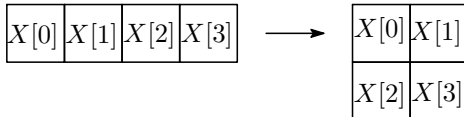


図2: アダマール変換を用いる画素の値

### 3.4 提案手法のアルゴリズム

提案手法のアルゴリズムを以下に示す。従来手法と変更点は手順3と手順6である。  
**提案手法のアルゴリズム**

1. 従来手法と同様に原画像をブロックに分割する。
2. 従来手法と同様に横走査，縦走査両方行う。
3. 走査を行う時，ブロックの境界部分の予測は拡張処理を行いMBAP予測器を利用する。
4. ブロック毎に横走査，縦走査を用いた際の予測誤差のエントロピーが小さい方の走査を選択。
5. 予測値と実際の画素値の差分を取る。
6. 予測誤差に対してロスレスアダマール変換を行う。
7. 得られた係数に対してエントロピー符号化を行う。

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 実験条件

SIDBA(Standard Image Data-BAsE)標準試験画像[4]の  $256 \times 256$  ピクセル，各画素あたり256階調のグレースケール画像を用いて，従来手法と提案手法の符号化性能を調べ符号化法として，JPEG-LSなどにも採用されているGolomb-Rice符号化とランモード[1]を利用した。

### 4.2 実験結果

提案手法の有効性を示すために，原画像に対する圧縮率(bit/pixel)を表1に示す。なお圧縮前の1画素は8bitである。

表1: 実験結果 [圧縮率 (bit/pixel)]

画像	従来	提案
LENNA	4.533	4.345
BOAT	4.333	4.148
Lighthouse	5.844	5.770
Airplane	5.050	4.885
BARBARA	5.192	4.927
Building	4.809	4.741
girl	4.726	4.590
Cameraman	4.955	4.852
WOMAN	4.780	4.572
平均	4.914	4.759

### 4.3 結果の考察

1. 表1より提案手法で全ての画像データにおいて圧縮率の改善が見られた。従来手法ではMBAP予測器が適用される画素は76%に留まっていたが，提案手法では99%の画素に適用するために，予測精度が上がり予測誤差のエントロピーが向上したことにより圧縮率が改善した。従来手法と提案手法の予測誤差のエントロピー (bit/pixel) を以下の表2に示す。

表2: 予測誤差のエントロピー (bit/pixel)

画像	従来	提案	画像	従来	提案
LENNA	4.461	4.360	Building	4.888	4.872
BOAT	4.287	4.142	girl	4.658	4.582
Lighthouse	5.425	5.399	Cameraman	4.725	4.690
Airplane	4.875	4.805	WOMAN	4.687	4.557
BARBARA	5.060	4.856	平均	4.785	4.696

2. ロスレスアダマール変換を用いることにより，高周波は対象とする画素集合の画素値の大きさではなく変化量のみ依存している。よって画素集合の大きさが異なっても変化量が同一なら高周波の値が一定になるので情報量に偏りを持たせることが出来，圧縮率が改善したと考えられる。アダマール変換を用いた後のエントロピーを次の表3を示す。

表3: HADを用いた係数のエントロピー (bit/pixel)

HAD: アダマール変換			
画像	HAD後	画像	HAD後
LENNA	4.321	Building	4.812
BOAT	4.106	girl	4.537
Lighthouse	5.378	Cameraman	4.688
Airplane	4.778	WOMAN	4.524
BARBARA	4.850	平均	4.666

3. 画像により圧縮率の改善幅が異なる。圧縮率の改善が大きい画像は変化量があまり大きくない画像であり，それにより参照画素の予測の精度が高くなる。また予測誤差のばらつきも少なくなるので予測誤差の変化量のパターンが限られてくるので，アダマール変換を用いる事によりさらに圧縮率が向上する。逆にLighthouseのようにあまり圧縮率が改善されない画像はエッジなどが多くあるので予測が難しく予測精度が高くない。それにより予測誤差のばらつきも多くアダマール変換を用いてもあまり圧縮率が向上しない。

## 5. むすびと今後の課題

本研究では，ブロックの境界での拡張処理を行い予測の精度を向上させ，予測誤差を計算した後にアダマール変換を用いることにより予測誤差同士の冗長度を減らす手法を提案した。実験結果より従来手法と比較して，圧縮率が平均3.1%向上が見られた。

今後の課題としては，予測精度の向上や今回用いた符号化は符号器に対して最適な符号化法ではないので，提案手法のアルゴリズムに見合った符号化に関する研究が挙げられる。

## 参考文献

- [1] M.J.Weinberger,G.Seroussi,"The LOCO-I lossless image compression algorithm: Principles and standardization into JPEG-LS,"*IEEE Trans.Image Process.*, vol.9,no.8, 2000, pp.1309-1324.
- [2] 小林正明, 鎌田清一郎,"複数走査を用いた自然画像の可逆圧縮法", 電学論D-II, Vol.J87-D-II, No.8, 2004, pp.1603-1612.
- [3] 中山忠義, 大澤秀史, 河村尚登,"新ロスレス変換法とロスレス2次元DCTへの応用," 画電学誌, 31巻5号, 2002, pp.787-793.
- [4] <http://www.sp.ee.musashi-tech.ac.jp/app.html>