



Title	ブロック符号化と予測符号化のハイブリッド画像符号化法
Author(s)	佐藤, 裕; Sato, Hiroshi; 下野, 哲雄 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 141, 167-173
Issue Date	1988-07-29
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/42111">https://hdl.handle.net/2115/42111</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	141_167-174.pdf



## ブロック符号化と予測符号化のハイブリッド画像符号化法

佐藤 裕 下野 哲雄\*  
北島 秀夫 小川 吉彦  
(昭和63年3月31日受理)

### Hybrid Image Coding which Combines Block Truncation Coding and Predictive Coding

Hiroshi SATO, Tetsuo SHIMONO, Hideo KITAJIMA,  
and Yoshihiko OGAWA  
(Received March 31, 1988)

#### Abstract

This paper presents a high compression coding of still pictures which combines block truncation coding (BTC) and predictive coding. In case of BTC the intensity components of each block have a statistical dependency on its adjective blocks. Therefore predictive coding is utilized for the compression of the intensity sequence of each block. The compression rate of the new hybrid coding technique is superior to that of BTC, but the complexity of the coding process is almost the same as that of BTC.

#### 1. ま え が き

テクノロジーの絶え間のない発達にともない、中間調画像の伝送あるいは蓄積の実用化が可能になりつつある。伝送時間の短縮およびメモリー容量の減少のため、画像の符号化技術が重要になって来ている。本論文では新しいハイブリッド符号化法<sup>1)</sup>を提案する。従来のハイブリッド符号化法<sup>2)</sup>は、変換符号化<sup>4)</sup>と予測符号化<sup>4)</sup>の組み合わせによるものが多い。しかし、ここで提案する新しいハイブリッド符号化法はブロック符号化<sup>3)</sup>と予測符号化の組み合わせで実現している。ブロック符号化方式は、対象画像をブロックに分割した後、ブロック内の画素に2つの階調を割り当て、ブロック内の画素を表現する手法で、比較的簡単な処理で高い圧縮率が実現できる。しかし、ブロック間の階調成分には相関があり、ここに予測符号化を適用することによってさらに圧縮ができる。ブロック符号化は変換符号化よりかなり簡単に実現できる。新しいハイブリッド符号化はこの特徴をそのまま継承するので、従来のハイブリッド符号化にくらべ簡単な構成になっている。さらに、ブロック符号化より演算数が少ししか増えてないにもかかわらず、本符号化は高い圧縮率を得られることを計算機シミュレーションにより示している。

---

電子工学科 電子回路工学講座

\* 電子工学科 固体電子工学講座

## 2. ブロック符号化

ブロック符号化は、画像を適当な大きさのサブブロックに分け、しきい値によって2値化し、ブロック内の画素を2階調で表現する。各画素は階調成分 (Intensity Component) と、2つつの階調のどちらに属するかを示す明細成分 (Bit Component) に分けて符号化する。

ここで記号を次のように定義しよう。

$N$  : ブロックに含まれる画素の数

$X_i$  : ブロック内の  $i$  番目の画素の階調

$Y_i$  : 復号後の  $i$  番目の階調

$A_1, A_2$  : 階調成分

$T_i$  : 明細成分

$A_0$  : しきい値

ブロック符号化は以下の式で表わされる。

$$Y_i = \overline{T_i} A_1 + T_i A_2 \quad (1)$$

$$T_i = \begin{cases} 0 & (X_i < A_0) \\ 1 & (X_i \geq A_0) \end{cases} \quad (2)$$

$T_i$  は 1 か 0 かをとる。 $\overline{T_i}$  は  $T_i$  の否定を表わす。

$A_0, A_1, A_2$  は次式の誤差が最小となるように定める。

$$e^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2 \quad (3)$$

$e^2$  の変分を 0 とおき、 $A_0, A_1, A_2$  を求めると次式が得られる。

$$A_0 = \frac{1}{2} (A_1 + A_2) \quad (4)$$

$$A_1 = \frac{1}{N_1} \sum_{X_i < A_0} X_i, \quad N_1 = \sum_{X_i < A_0} 1 \quad (5)$$

$$A_2 = \frac{1}{N_2} \sum_{X_i \geq A_0} X_i, \quad N_2 = \sum_{X_i \geq A_0} 1 \quad (6)$$

最適な  $A_0, A_1, A_2$  を求めるためには式(4)~(6)の繰り返し計算になるが、計算手順が複雑になるので、一般には、しきい値として次式の平均値を用いる。

$$X_T = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (7)$$

繰り返し計算をするときには式(7)の平均値を  $A_0$  の初期値として使用する。本論文で提案する符号化法では、近似誤差を少しでも小さくするため、式(4)~(6)の繰り返し計算により階調を求めた。

## 3. 予測符号化

予測符号化のブロックダイアグラムを図1に示す。送信側は予測器と量子化器によって構成されている。予測器は  $n$  個前までの入力信号を使って予測を行なう。予測器の出力と実際に入力信号の差を量子化して受信側に送る。受信側では送信側と同じ予測器を用い送信側と同じ方法で、原信号を再構成する。

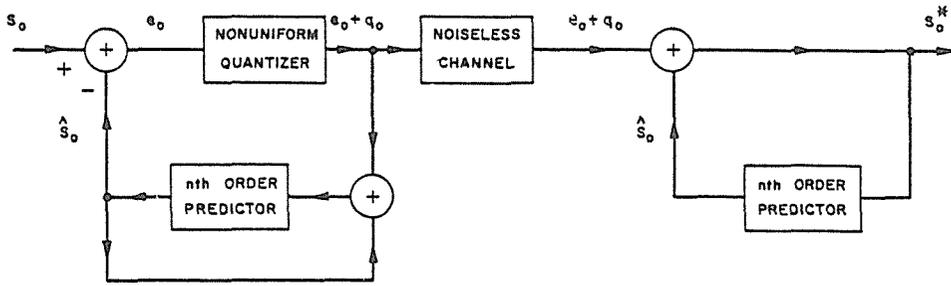


図1 予測符号化システムの構成

最適なシステム設計は次の2段階によって行なう。まず、量子化器を無視して最適な線形予測器を決める。次に、差の信号値の分布によって量子化器を最適化する。画像において予測符号化を用いる場合には、信号の2次元的性質を利用することで予測誤差を小さくすることができる。

#### 4. ハイブリッド化

全体の構成を図2に示す。まず、画像をサブブロックに分割しブロック符号化する。ブロック

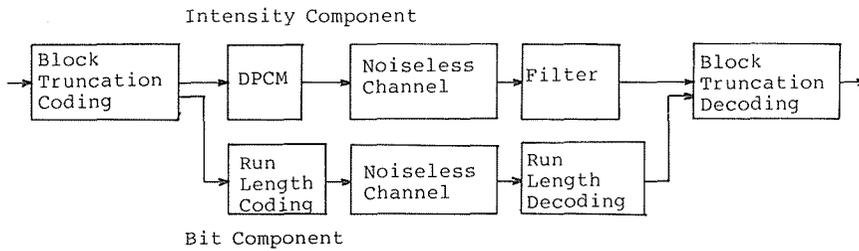


図2 新しいハイブリッドシステムの構成

符号化された画像の階調成分は、ブロック間にかなりの相関があり、予測符号と組み合わせることにより、さらにデータ量を圧縮できる。予測符号化は階調の暗い成分  $A_1$  と、明るい方の成分  $A_2$  と暗い方の成分  $A_1$  の差の2つの信号に対してそれぞれ行った。使用した要素の配置を図3に示す。

$s_{i-1j-2}$	$s_{i-1j-1}$	$s_{i-1j}$	$s_{i-1j+1}$
$s_{ij-2}$	$s_{ij-1}$	$s_{ij}$	

図3 予測のための輝度要素配置

線形予測は次式により。

$$\hat{S}_{ij} = a_1 S_{ij-1} + a_2 S_{ij-2} + a_3 S_{ij+1} + a_4 S_{i-1j} + a_5 S_{i-1j-1} + a_6 S_{i-1j-2} \quad (8)$$

ここで、 $\hat{S}_{ij}$ は予測された階調成分要素、 $S_{ij}$ は予測に使用される階調成分要素、 $a_j$ は予測係数である。予測誤差の2乗平均値は次式で与えられる。

$$E\{e^2\} = E\{S_{ij} - \hat{S}_{ij}\}^2 \quad (9)$$

予測誤差の平均2乗値を最小にする  $a_i$  (最適予測係数) を求めるためには、式(9)に式(8)を代入し、各  $a_i$  について偏微分して0とおけば、次式を得る。

$$\begin{pmatrix} R_0 & R_1 & R_8 & R_3 & R_4 & R_5 \\ R_1 & R_0 & R_9 & R_8 & R_3 & R_4 \\ R_8 & R_9 & R_0 & R_1 & R_2 & R_7 \\ R_3 & R_8 & R_1 & R_0 & R_1 & R_2 \\ R_4 & R_3 & R_2 & R_1 & R_0 & R_1 \\ R_5 & R_4 & R_7 & R_2 & R_1 & R_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \\ R_5 \\ R_6 \end{pmatrix} \quad (10)$$

ただし、 $R$  は次式で表せられる。

$$R_0 = E\{S_{ij}S_{ij}\} \quad (11)$$

$$R_1 = E\{S_{ij}S_{ij-1}\} \quad (12)$$

$$R_2 = E\{S_{ij}S_{ij-2}\} \quad (13)$$

$$R_3 = E\{S_{ij}S_{i-1j+1}\} \quad (14)$$

$$R_4 = E\{S_{ij}S_{i-1j}\} \quad (15)$$

$$R_5 = E\{S_{ij}S_{i-1j-1}\} \quad (16)$$

$$R_6 = E\{S_{ij}S_{i-1j-2}\} \quad (17)$$

$$R_7 = E\{S_{ij}S_{ij-3}\} \quad (18)$$

$$R_8 = E\{S_{ij}S_{i-1j+2}\} \quad (19)$$

$$R_9 = E\{S_{ij}S_{i-1j+3}\} \quad (20)$$

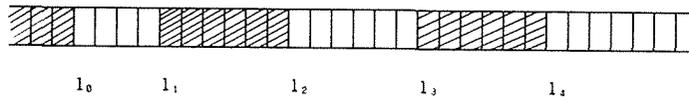
次にガウスの掃出し法により式(10)を解いて予測係数を求めた。一例として画像データベース SIDBA にある Girl の場合の予測係数を表 1 に示す。

表 1 予測係数の例

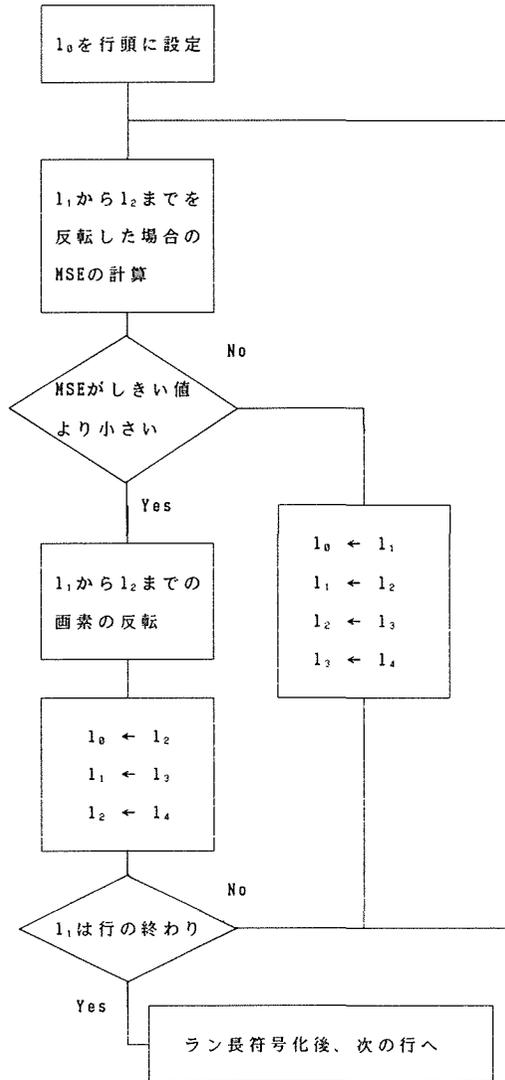
予測係数	$A_1$	$A_2 - A_1$
$a_1$	.798	.905
$a_2$	-.152	-.160
$a_3$	.176	.166
$a_4$	.325	.297
$a_5$	-.173	-.226
$a_6$	.018	.006

$A_1$  : 階調成分の暗い方の成分

$A_2$  : 階調成分の明るい方の成分



(a) 1 行の画素



(b) 圧縮の流れ

図4 ランレングス符号化の圧縮

差信号の量子化は、Max の方式<sup>9)</sup>を使用し、ハフマン符号化法にて符号化した。これは各量子化レベルでの発生確率が違うので、可変語長符号であるハフマン符号は表現に必要な平均ビット数を減らすことができるので有利であるからである。

明細成分の符号化は、B1符号化した後、図4のアルゴリズムに従って圧縮した。すなわち、ラン長のある区間を反転し、その結果増える誤差が、あらかじめ定めたしきい値より小さければ反転したまま符号化し、しきい値より大きければ反転しない状態で符号化する。なお、B1符号は表2に示す。

表2 B1符号

ラン長	ランレングス符号
1 - 2	C *
3 - 6	C * C *
7 - 14	C * C * C *
15 - 30	C * C * C * C *
31 - 62	C * C * C * C * C *
63 - 126	C * C * C * C * C * C *
127 - 254	C * C * C * C * C * C * C *
255 - 510	C * C * C * C * C * C * C * C *
.	.
.	.

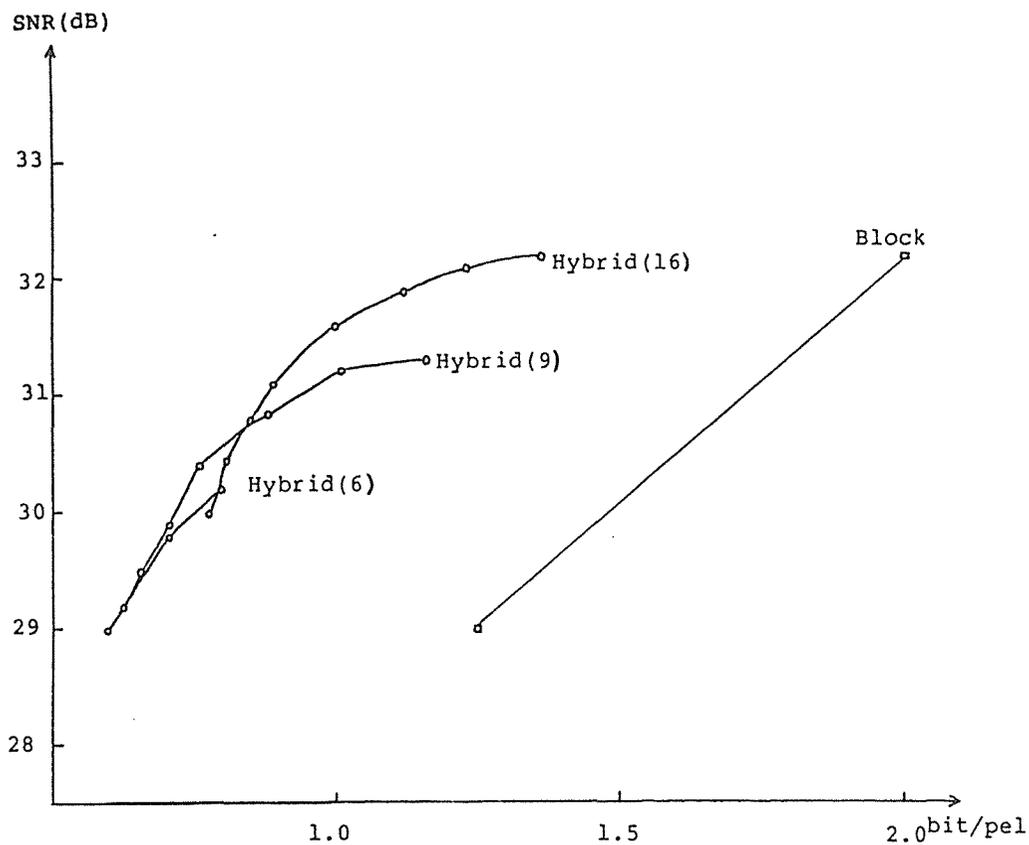
Cは白/黒を表す。\*は0か1。

## 5. 計算機シミュレーション

図5に本方式の符号化法の計算機シミュレーションの結果を示す。原画はSIDBAのGirlを用いた。画像の大きさは256×256、階調は8ビットで表されている。ブロック符号化のブロックサイズは4×4とした。ブロック符号化と比較して、本方式はかなり高い圧縮率を得られることがわかる。

## 6. む す び

ブロック符号化された後の階調成分にまだ相関が残っていることを利用し、この相関を除去するのに予測符号を組み合わせた新しいハイブリッド符号化法を提案した。ブロック符号化に比べ、演算数が少ししか増加しないにもかかわらず、計算機シミュレーションの結果によると高い圧縮効率を得られることを示した。



( ) 内は量子化レベル数

図5 計算機シミュレーションの結果

#### 参 考 文 献

- 1) H. Sato : 第2回日中札幌—瀋陽計算機応用国際学会議予稿 F-2 (1986).
- 2) A. Habibi : IEEE Trans. Commun., COM-22 (MAY 1974) pp. 614-624.
- 3) 岸本, 三ツ矢, 星田, 釜江 : 信学論 J63-B, 1 (1980) pp. 17-24.
- 4) A. Rosenfeld, A. C. KaK : Digital picture processing, second edition (1982) ACADEMIC PRESS.
- 5) J. Max, IRE Trans. Info. Theory IT-6 (March 1960) pp. 7-12.