



Title	エッジの方向性に基づく可変ブロック形状適応予測画像符号化
Author(s)	蛸谷, 賢治; Ebitani, Kenji; 北島, 秀夫 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 164, 69-75
Issue Date	1993-05-28
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/42362">https://hdl.handle.net/2115/42362</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	164_69-76.pdf



## エッジの方向性に基づく可変ブロック形状適応予測画像符号化

蛭谷賢治 北島秀夫  
白川智昭 小川吉彦  
(平成 4 年 12 月 25 日受理)

### Adaptive Predictive Image Coding Using Variable Block Shapes Controlled by Edge Orientation

Kenji EBITANI, Hideo KITAJIMA, Tomoaki SHIRAKAWA and Yoshihiko OGAWA  
(Received December 25, 1992)

#### Abstract

This paper proposes an efficient image coding scheme targetted for low bit rate applications.

In the core of the proposed method are predictors adaptively switched in accordance with local edge contentents and blocks stretching in the direction of edges.

The method is characterized by improved edge reconstruction and unsaturated SNR'S in the 1.5~3.0 bits/pel range which were not possible in similar previous methods.

#### 1. はじめに

画像の低符号化レートにおける高能率符号化法として、画像をサブブロックに分けて予測を行う方式が提案されている<sup>1)2)</sup>。そこでは予測誤差信号の量子化にベクトル量子化器が用いられているが、再生画像の輪郭部がぼける場合が多く、視覚的に問題がある。これは輪郭部が含まれるブロックにおいて、ベクトル量子化の際の誤差尺度である平均自乗誤差 (MSE) に関して最適な場合が、再生画質として最適であるとは限らないためである。

そこで我々は、既に 8×8 画素毎に算出した予測誤差信号の標準偏差に依って輪郭部のブロックを検出し、予測式を適応的に切り替える方式 (EAPC: Edge-Adaptive Predictive Coding of Images) を提案し、この方式が画像の局所的輪郭部の再生において有効であることを示した。<sup>3)</sup> EAPC では、どの予測式の場合でも 4×4 画素を 1 ブロックとして最大 24 bits/vector で量子化していたため、あまり細かい輪郭の変化には追従出来なかった。

本稿では、EAPC に加えてブロックの形状を輪郭の方向に依って変化させて画像信号をベクトル量子化する可変ブロック形状適応予測画像符号化法を提案する。本方式は、輪郭部の再生画質を更に向上させ、SN 比の飽和を防止し、又高い汎用性を有する A-VQ-PE に対しておおむね優れた結果を示している。又本方式においては、これらの制御を予測誤差の標準偏差の値に従ってテーブルルックアップ方式により行う。このテーブルは画像に依らず予め作成することが出来る。

## 2. EAPC の概要

まず、画像を図1のように4×4画素のサブブロックに分割する。このとき、16次元予測誤差信号ベクトルは式(1)で表わされる。

$$\bar{e} = T\bar{x} - P\bar{x}' \quad (1)$$

但し、 $T$  と  $P$  は予測係数を要素とした行列、 $\bar{x}$  と  $\bar{x}'$  は、 $x_1 \sim x_{16}$ ,  $x'_1 \sim x'_8$  を要素とした列ベクトルである。式(1)より次式が得られる。

$$T^{-1}\bar{e} = \bar{x} - T^{-1}P\bar{x}' \quad (2)$$

式(2)の  $T^{-1}P\bar{x}'$  は隣接ブロック内の再生値のみから定まる予測値ベクトルであるから、 $\bar{x}$  を符号化するには  $T^{-1}\bar{e}$  を量子化すればよい。これを踏まえて、以下の手順で符号化する<sup>1)2)</sup>

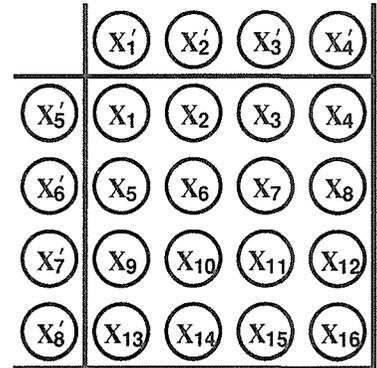


図1 画素の配置図

### 2-1 基本構成

- 2×2 ブロック毎に式(1)で得られる予測誤差信号の標準偏差  $\sigma_e$  を算出する。予測式としては、画像の相関が等方モデルであるとして、注目画素の上下左右4画素を用いて予測するもの(予測式1)を用いた。
- $\sigma_e$  を4ビット対数圧伸量子化して  $\sigma'_e$  とする。
- テーブルルックアップ方式により、 $\sigma'_e$  に対応する量子化ビット数  $b$  を決める。このテーブルは、量子化器のレート・歪特性により画像に依存しないので、予め作成しておき、それを用いる。
- $\sigma'_e > th_1$  の時、4ブロック各々について  $T^{-1}\bar{e}$  を算出して、これを  $\sigma'_e$  で正規化して  $b$  ビットでベクトル量子化する。
- $\sigma'_e < th_1$  の時、画像が平坦であるとみなしてブロックサイズを4×4画素から8×8画素に拡大する。各々2×2画素ずつまとめ、平均値を算出し図1の  $x_1 \sim x_6$ ,  $x'_1 \sim x'_8$  に対応させることにより、8×8に拡大されたブロックから1つの16次元予測残差 ( $T^{-1}\bar{e}$ ) を求めることができる。これを予測残差の標準偏差で正規化して、 $4b$  ビットでベクトル量子化する<sup>1)2)</sup>
- の操作は、画像の平坦部において、再生画像上に市松模様のような交番性の符号化雑音が見られることに対する処置である。

### 2-2 適応予測方式

輪郭が含まれるブロックにおいて、MSEに関して最適な場合が再生画質として最適であるとは限らない。そのため、2-1の構成では輪郭がぼけてしまう傾向がある。そこで、輪郭の検出、分類、予測式の適応化を行い、輪郭のぼけの改善を図る。

#### ・輪郭の検出

$\sigma'_e > th_2$  となるブロックを輪郭を含んだブロックと判断する。

#### ・輪郭の分類

- 輪郭を含んでいると判断されたブロックに対して縦(予測式2)、横(予測式3)、右斜め

(予測式4), 左斜め(予測式5)方向に依存した予測式と予測式1の5種類の予測式の中から予測誤差信号の標準偏差が最も小さくなる予測式を探す。

2. その予測式をブロックの新しい予測式として, 4ブロックとも予測誤差信号及びその標準偏差  $\sigma_e$  を算出しなおす。
3.  $\sigma_e$  を4ビット対数圧伸量子化して  $\sigma'_e$  とする。
4. テーブルルックアップ方式により,  $\sigma'_e$  に対応する量子化ビット数  $b$  を決める。但し, 予測式が5種類あるので, ベクトル量子化器, レート・歪特性, テーブルも5種類存在する。そのため, 4つのブロックの中でも予測式の違いにより量子化ビット数  $b$  が異なることがある。
5. ブロック毎に  $T^{-1}\bar{e}$  を算出し, これを  $\sigma'_e$  で正規化して  $b$  ビットでベクトル量子化する。これによって, 予測式を輪郭に対応させることが出来る。

### 3. ベクトル量子化器の設計

式(1)により生成される予測誤差信号を統計的に独立な平均0, 分散1のラプラス分布でモデル化する。この分布に従う乱数を発生させ, 16個ずつまとめて16次元ベクトルを作り, それらに  $T^{-1}$  を掛けたものをトレーニング系列としてLBGアルゴリズムによりベクトル量子化器を設計する。本稿では, 予測式が5種類あるのでベクトル量子化器, レート・歪特性なども5種類用意する。図2に予測式1の場合のベクトル量子化器のレート・歪特性を示す。

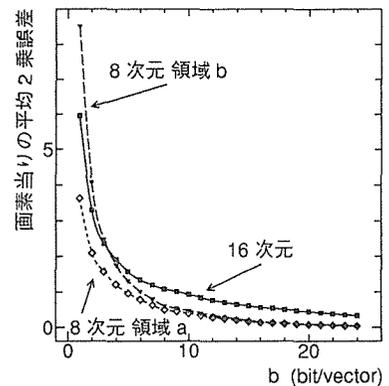


図2 レート・歪特性

#### 3-1 量子化ビット数の決定法

量子化ビット数  $b$  ( $b=1\sim 24$ ) は, 符号化雑音が画面全体でほぼ一樣になるように決定される。量子化器のレート・歪特性  $D(b, 1)$  は, 予測誤差信号の確率モデルに基づいて  $\sigma_e=1$  として生成された50,000個の予測残差ベクトルを, 実際に量子化することにより求めたものであり, 画素当りの平均2乗誤差に相当している。故に, 一定の  $\sigma_e$  を有する予測残差ベクトルの集合を  $b$  ビットでベクトル量子化した際の画素当りの平均2乗誤差  $D(b, \sigma_e)$  は次式で与えられる。

$$D(b, \sigma_e) = D(b, 1) \cdot \sigma_e^2 \quad (3)$$

従って符号化に先立ち, 平均2乗誤差として量子化歪の設定値  $D_{set}$  を与えておけば,  $2 \times 2$  ブロック毎に算出された  $\sigma_e$  と量子化器のレート・歪特性を用いることにより,

$$D(b, \sigma_e) \leq D_{set} \quad (4)$$

を満足する最小の量子化ビット数  $b$  を決定することができる。表1に  $D_{set}=3.19, 2.01, 1.27$  の場合の  $\sigma_e$  と  $b$  の対応例を示す。

### 4. 可変ブロック形状方式

従来方式では,  $\sigma_e$  が大きい画像の輪郭部において, 最大レベル数のベクトル量子化器 (24 bits/vector) を採用しても(4)式を満足しない場合が生じる。しかし, この様な場合でも割当ビット数24 bits/vectorの量子化器を適用しているので, 高符号化レートになるとともに符号化特性が飽和す

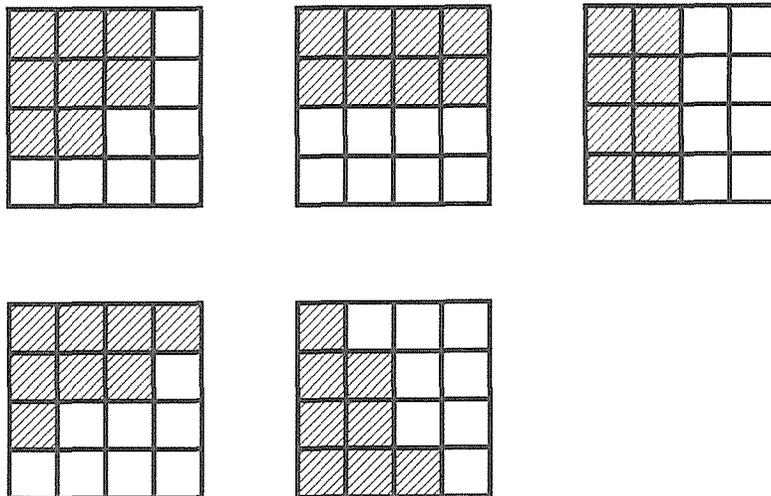


図3 ブロック形状パターン

表1 ビット割当ての例(1)

	0.421	1.300	2.236	3.236	4.310	5.469	6.728	8.108	9.627	11.33	13.25	15.47	18.08	21.26	25.35	31.03
$D_{set}=3.19$	1	1	1	1	2	2	4	6	8	12	16	21	24	24	24	24
$D_{set}=2.01$	1	1	3	6	11	17	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
$D_{set}=1.27$	1	6	18	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

表2 ビット割当ての例(2)

	0.421	1.300	2.236	3.236	4.310	5.469	6.728	8.108	9.627	11.33	13.25	15.47	18.08	21.26	25.35	31.03
16次元	1	1	3	6	11	17	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8次元a	0	0	0	0	0	0	0	14	15	17	20	22	23	24	24	24
8次元b	0	0	0	0	0	0	0	14	15	19	21	23	24	24	24	24

る。このことに対処するために、(4)式を満足しない領域には、以下の図3の様に予測式別に8画素毎の2つの領域に分割し、その領域毎に最大レベル数 24 bits/vector の量子化器で量子化する。分割は、予測式 2, 3, 4, 5 に関しては輪郭の方向に基づいて行い、予測式 1 については、ブロック内の予測誤差の標準偏差の値によって決める。図3は、左上から予測式 1, 2, 3, 4, 5 に相当するパターンで、斜線部が領域 a で空白部が領域 b である。この際のビット割当てにおいても、 $\sigma_e$  の量子化出力にしたがって、ベクトル量子化器及び量子化レベル数をきわめて簡単に決定することが出来る。例として、 $D_{set}=2.01$  の場合の割当て表を表2に示す。又、予測式 1 の場合の領域 a, b のレート・歪特性を図2に併せて示す。

## 5. 符号化実験

原画像として、 $256 \times 256$  画素の 256 階調の標準画像 Couple, Girl, Moon を用いて本方式について符号化実験を行った。又、比較のために A-VQ-PE についても行った。図4～6に各々の画

像データに関する符号化特性を、図7～11に Couple の例を示す。

図7は原画像である。図8(a)はA-VQ-PEによって0.928 bit/pelに圧縮し再生した画像である。(b)は原画像と再生画像との差分画像である。(b)を見ると輪郭部のぼけが見受けられる。図9(a)は本方式によって0.887 bit/pelに圧縮して再生した画像である。(b)は原画像と再生画像の差分

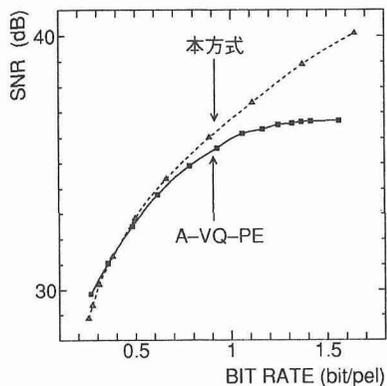


図4 符号化特性 (Couple)

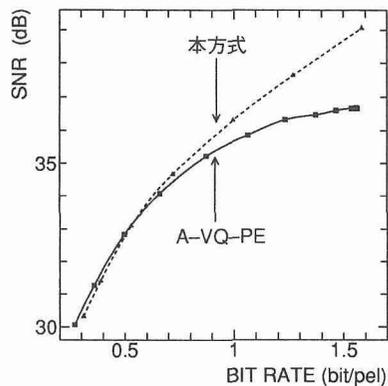


図5 符号化特性 (Girl)

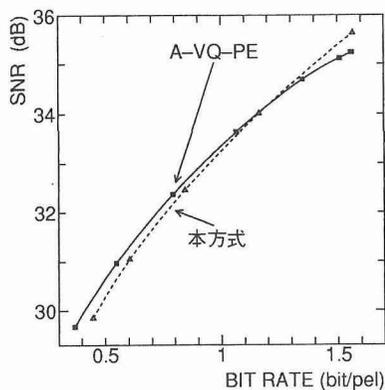


図6 符号化特性 (Moon)



図7 Couple (原画像)



(a)



(b)

図8 A-VQ-PEによる圧縮



図9 本方式による圧縮



図10 A-VQ-PEの拡大画像



図11 本方式の拡大画像

画像である。(b)の画像どうしを見比べると、本方式の方がA-VQ-PEより輪郭部の再現性に優れていることがわかる。図10, 11にはそれぞれの再生画像の拡大画像を示す。両者を見比べることにより、本方式が輪郭部の再現性に優れていることが更に明確にわかる。

## 6. 結 び

従来の方式にはビットレートを1.0 bit/pelより大きくしてもSN比が向上しなくなる傾向があった。本方式は、量子化割当ビット数を最大1.5 bit/pelから3.0 bit/pelにすることでSN比の飽和を防止できた。更に、ブロック形状を変化させることにより、輪郭部の再生画質を更に改善することが出来ることが確認された。又、本方式の符号化特性は、高い汎用性を有するA-VQ-PE<sup>2)</sup>に対しておおむね優れた結果を示しており、このことから本方式の有効性が確認される。しかし、本方式で輪郭を含んだブロックを検出するとき、そのブロック内の予測誤差の標準偏差を判断パラメータとして用いているので、粒子状に輝度値がばらついているブロックも輪郭を含んだブロックであると誤検出する場合もある。これは今後の研究課題である。

## 参 考 文 献

- 1) 伊東, 内藤, 宇都宮: “画像の適応的予測誤差信号ベクトル量子化法,” 信学論(B), **J70-B**, 8, pp. 967-976.
- 2) 岸田, 伊東, 内藤, 宇都宮: “カラー画像の適応的予測誤差ベクトル量子化法,” テレビ誌, **43**, 2, pp. 169-177.
- 3) 蛸谷, 白川, 北島, 小川: “エッジ成分を考慮した適応予測画像符号化,” 1992 信学秋季大, **D158**.