# 画像のブロック平均値から交流成分を予測する高速演算アルゴリズム*

# A Fast Computation Algorithm for Predicting AC Components of Images Using Mean Values of Blocks

高橋 隆史† 徳永 隆治‡

1997 年 11 月


## 概要

画像を正方ブロックに分割し，ブロックの輝度平均値のみから交流成分を予測する整数演算アルゴリズムを検討する．本方式は整数の加減算とビットシフト操作のみで実現でき，従来方式と比較して予測性能の劣化なしに計算コストを大幅に低減することができる．


keyword 画像符号化，ブロック符号化，平均値分離，交流成分予測

## 1 まえがき

画像符号化法として多様に検討されている離散コサイン変換 (DCT)，ベクトル量子化，LIFS 符号化法等は，画像を正方ブロックに分割し符号化処理を行うブロック符号化法に基づいている．この場合，ブロックの輝度値はその近傍にあるブロックの直流成分 (平均値) と高い相関を持っており，直流成分のみから交流成分をある程度予測することができる．そのため，平均値分離形の符号化方式においては，直流成分による予測の残差を符号化すれば，符号化効率を効果的に改善することができる．このような交流成分予測法としては，近傍ブロックの直流成分から対象ブロック内の輝度を直接補間する方式 [1, 2] や，DCT の交流係数を近似する方式 [3]，ブロックを $2 \times 2$ のサブブロックに分割してその輝度を線形補間する操作を段階的に行い，最終的に画素単位の補間値を求める方式 [4] 等が提案されている．これらの方式ではいずれも補間計算に実数値の乗除算を含む複雑な演算を必要とするため，計算コストの観点から，より単純な計算アルゴリズムの構成が望ましいと考えられる．そこで本論文では，渡邊らの段階的交流成分予測方式 [4] に着目し，これを基にした，整数加減算とビットシフトのみで実現可能な高速な交流成分予測方式を検討する．

## 2 アルゴリズム

### 2.1 段階的交流成分予測法

段階的交流成分予測法 [4] では，以下の手順で処理を行う．

1. 各ブロックを，図 1に示すように $2 \times 2$ 個のサブブロックに分割する．
2. 近傍ブロックの直流成分から，4 つのサブブロックの直流成分を線形補間により求める．
3. サブブロックを新たなブロックとして，分割が画素単位になるまで上述の処理を繰り返す．

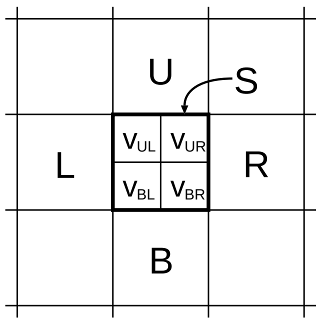


図 1: サブブロック分割

---

*掲載決定：電子情報通信学会和文論文誌 D-II

†筑波大学大学院工学研究科 ume@chaos.is.tsukuba.ac.jp

‡筑波大学電子・情報工学系

対象ブロックを $S$ として，その近傍ブロックを図1のように表記する．渡邊ら [4] は 8 近傍のブロックを考慮したアルゴリズムを検討しているが，本論文では簡単のため 4 近傍とする．記号 $S, U, B, R, L$ が各ブロックの直流成分を表すものとすると，サブブロックの直流成分補間値 $V_{UR}, V_{UL}, V_{BR}, V_{BL}$ は，それぞれの最近傍の 3 つのブロックの直流成分から線形補間により

$$\begin{aligned} V_{UR} &= \alpha\,(w_1 S + w_2 U + w_2 R) \\ V_{UL} &= \alpha\,(w_1 S + w_2 U + w_2 L) \\ V_{BR} &= \alpha\,(w_1 S + w_2 B + w_2 R) \\ V_{BL} &= \alpha\,(w_1 S + w_2 B + w_2 L) \end{aligned} \qquad (1)$$

と算出される．ただし，$w_1, w_2$ はブロックの値の重み付けを行うための係数である．$\alpha$ は分割後も対象ブロック内で平均直流成分が保存されるように補間値を修正するための係数で，

$$V_{UR} + V_{BR} + V_{UL} + V_{BL} = 4S \qquad (2)$$

より，

$$\alpha = \frac{2S}{2w_1 S + w_2(U + B + R + L)} \qquad (3)$$

と与えられる．重み係数 $w_1, w_2$ は，ブロック中心間の距離などを考慮して選択する．ここで，$w_1/w_2$ が単純な有理比となるように係数を選択すれば，式 (1) および (3) の補間値計算は，整数の乗除算および加減算で実現されることに注意する．

### 2.2 整数加減算型アルゴリズム

上述の方式から，乗除算を含まないより簡単な計算アルゴリズムを導出する．式 (1) および (3) を変形すると，

$$\begin{aligned} V_{UR} &= S + \beta(U + R - B - L) \\ V_{UL} &= S + \beta(U + L - B - R) \\ V_{BR} &= S + \beta(B + R - U - L) \\ V_{BL} &= S + \beta(B + L - U - R) \end{aligned} \qquad (4)$$

ただし，

$$\beta = \frac{w_2 S}{2w_1 S + w_2(U + B + R + L)} \qquad (5)$$

と書き表すことができる．ところが，式 (4) は任意の $\beta$ に対して式 (2) の条件を満たすゆえ，$\beta$ は式 (5) に限らず自由に選択することができる．そこで，式 (5) を適当な定数で近似することを考える．

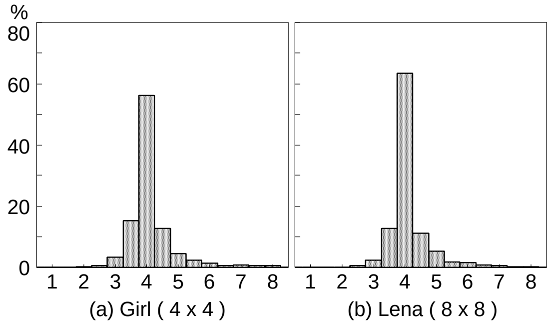


図 2: $\xi$ の頻度分布

画像が滑らかであり，近傍ブロックの直流成分の平均が $S$ に近い値をとると仮定すると，

$$U + B + R + L \approx 4S \qquad (6)$$

とおくことができる．このとき，式 (5) は

$$\beta = \frac{w_2 S}{2w_1 S + 4w_2 S} = \frac{1}{2(w_1/w_2) + 4} \qquad (7)$$

と近似される．ここでさらに，適当な正の整数 $n$ に対して $\beta = 2^{-n}$ が成り立つように $w_1/w_2$ を選択すれば，式 (4) の補間値計算をすべて整数の加減算とビットシフト操作のみで実現することが可能となる．例えば $w_1/w_2 = 2$ とおけば $\beta = 1/8$ となり，$\beta$ の乗算は 3 ビットシフトに置き換えられる．以上より，高速に演算可能な段階的交流成分予測アルゴリズムが得られる．

式 (6) の近似の妥当性を示すため，実際の画像データを用いて

$$\xi = \frac{U + B + R + L}{S} \qquad (8)$$

の分布を調べる．実験対象には SIDBA 標準画像 Girl(256×256 画素) および画像 Lena(512×512 画素) を用いる．それぞれ 4×4 および 8×8 画素のブロックに分割し，それらの直流成分から $\xi$ を計算する．得られた $\xi$ のヒストグラムを図 2に示す．どちらの画像においても $\xi$ は 4 付近に鋭いピークをもつ分布をなしており，式 (6) の近似は妥当なものと考えられる．

## 3 評価

### 3.1 交流成分予測性能

上述の整数演算による交流成分予測方式の性能を評価するため，画像データを用いて実験を行い，従来方式と画質を比較する．比較対象は以下の 3 方式とした．

**加藤：** 近傍ブロックの値から二次曲面を計算し，補間値を計算する方式 [1]．

**木原・伊東：** 近傍ブロックの値から輝度値を線形補間によって求める方式 [2, 5]．

**渡邊・大関：** サブブロック分割により補間値を段階的に計算する方式 [4]．

加藤および木原らの方式は，一段階の処理でブロック内の輝度値を補間するものである．渡邊らの方式は，本論文で検討したアルゴリズムの基となるものだが，8 近傍のブロックを用いる点，および重み係数を実数値としている点が 2.1で述べたアルゴリズムと異なっている．また，木原らおよび渡邊らの方式については，画像のエッジ部周辺に生ずるオーバーシュートを低減するための付加処理が検討されている [5, 4] が，本実験では考慮していない．一方，整数演算のみのアルゴリズムについては，以下の条件で実験を行う．

**整数乗除算型：** 式 (1) と (3) を用いるアルゴリズム．ただし，$w_1 : w_2 = 1 : 1$ および $2 : 1$ とする．

**整数加減算型：** 式 (4) を用いるアルゴリズム．ただし，$\beta = 1/8$ とする．

実験には SIDBA 画像 Girl および画像 Lena を用い，ブロックサイズはそれぞれ 4×4 および 8×8 画素とする．画質の評価基準には，以下の式で計算される SNR を用いる．

$$\mathrm{SNR} = 20 \log_{10} \frac{255}{\sqrt{\varepsilon^2}} \quad [\mathrm{dB}] \tag{9}$$

ただし，$\varepsilon^2$ は画素当たりの平均二乗誤差を表す．実験の結果を表 1に示す．整数演算に限定したアルゴリズムでも従来方式と遜色ない予測性能が得られることがわかる．$\beta = 1/8$ とした整数加減算型アルゴリズムは，$w_1 : w_2 = 2 : 1$ の整数乗除算型に対応するが，式 (6) の近似による性能劣化がほとんど見られず，加減算型のアルゴリズムの有効性が確認される．

### 3.2　演算回数

次に，計算コストを評価するため，1 画素の補間値計算に必要な四則演算の回数を算出した．比較対象は，従来方式で最も簡単な木原らの方式 [5] とする．各アルゴリズムの演算回数を表 2に示す．実数演算の必要な木原らの方式と比較して，整数加減算型のアルゴリズムではより少ない回数の整数加減算とビットシフトで計算可能であり，計算コストを大幅に低減することができる．

表 1: 交流成分予測性能の比較

| | SNR [dB] | |
|---|---|---|
| | Girl (4 × 4) | Lena (8 × 8) |
| 予測なし (DC) | 26.18 | 23.64 |
| 加　藤 | 28.13 | 25.23 |
| 木原・伊東 | 28.29 | 25.31 |
| 渡邊・大関 | 28.26 | 25.22 |
| 整数乗除算型 (1 : 1) | 28.33 | 25.30 |
| 整数乗除算型 (2 : 1) | 28.20 | 25.26 |
| 整数加減算型 | 28.19 | 25.28 |

表 2: 1 画素当たりの四則演算回数 (M/D : Multiplication and Division, A/D : Addition and Subtraction)

| | Real | | Integer | | Bit |
|---|---|---|---|---|---|
| | M/D | A/S | M/D | A/S | Shift |
| 木原・伊東 | 2.19 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 整数乗除算型 | 0 | 0 | 3.13 | 3.75 | 0.63 |
| 整数加減算型 | 0 | 0 | 0 | 3.75 | 1.25 |

## 4　むすび

ブロックの直流成分から交流成分を予測する高速演算アルゴリズムを検討した．提案した整数加減算型のアルゴリズムは，実数の乗除算を必要とする従来の方式と比較して，予測性能の劣化なしに計算コストを大幅に低減することができる．したがって，計算量の制約が厳しい場合にも適用可能であり，ハードウェア化にも有利と考えられる．

## 参考文献


[1] 加藤洋一, “平均値分離形ブロック符号化方式の符号化効率改善,” 昭 62 信学総全大, 1158.

[2] 木原良彦, 伊東晋, 宇都宮敏男, “隣接ブロックの平均値を用いた最適線形補間法とそのブロック符号化への応用,” 信学技報, CS87-120, Dec. 1987.

[3] 井沢裕司，木村淳一，滝沢正明，“静止画像の階層的符号化における画質改善の一検討,” 画像符号化シンポジウム (PCSJ87), pp.47–48, Sep. 1987.

[4] 渡邊敏明, 大関和夫, “平均値を用いた交流成分予測方式の一検討,” 画像符号化シンポジウム (PCSJ89), pp.29–30, Oct. 1989.

[5] 伊東晋, 木原良彦, 嶋田光一, 山口昇, 宇都宮敏男, “画像の階調数選択形ブロック符号化方式,” 信学論 (B), vol.J71-B, no.12, pp.1528–1536, 1988.