

## MPEG-4におけるエラーの伝播性を考慮したフレーム間予測方法の検討

宝蔵寺 優介<sup>†</sup>      坂本 智<sup>‡</sup>      木本 伊彦<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東洋大学大学院工学研究科

<sup>‡</sup>東洋大学工学部

〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100

E-mail:gl0300060@toyonet.toyo.ac.jp

あらまし：筆者らはこれまで、MPEG-4INTER 符号化において参照回数を制限し、制限値を  $n$  とすると参照回数  $n$  回までは INTER 符号化し、 $n$  回以上は INTRA 符号化することによりエラーの伝播を軽減する参照回数制限法を提案してきた。以前はマクロブロック単位で行っていたが、その場合ブロック内で制限値を超える画素が 1 画素でもあると INTRA 符号化になってしまう。そこで、今回はブロックサイズを  $8 \times 8$  画素にすることにより、より精度の高い INTRA 符号化/INTER 符号化の切り替えができるのでシミュレーションを行った。結果としてブロックサイズを小さくすることにより符号量の低下及び画質の向上が見られた。

キーワード：MPEG, 動き補償予測符号化, エラー耐性, INTRA 符号化, INTER 符号化

## An INTER-Frame Coding Method for Controlling Error Propagation in MPEG-4

Yusuke Hozoji<sup>†</sup> Satoshi Sakamoto<sup>‡</sup> Tadahiko Kimoto<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Engineering, Toyo University

<sup>‡</sup>Faculty of Engineering, Toyo University

2100 Kujirai, Kawagoe-shi, Saitama, 350-8585 Japan

E-mail:gl0300060@toyonet.toyo.ac.jp

**Abstract** : So far, we restricted the number of times of reference in MPEG-4INTER coding, and have proposed the method of mitigating propagation of an error by changing INTER coding / INTRA coding. We did the simulation of the method in the macro block unit before. Then, by making block size into  $8 \times 8$  pixels, since we did the change of INTRA coding / INTER coding with more high accuracy, we performed the simulation. As a result, we were able to get the decrease of the amount of codes, and improvement in quality of image.

**Keyword** : MPEG, Motion compensation prediction coding, Error tolerance, INTRA coding, INTER coding

### 1. はじめに

MPEG-4 の大きな特徴の 1 つはエラー耐性の強化である。筆者らはこれまで、これまで MPEG-4 フレーム間符号化(以下 INTER 符号化)において動きベクトル成分は正しく受信され差分情報にエラーが混入した場合に、エラーの伝播性を考慮せずに、差分値を 0 としてエラーコンシールメントする方法の効果を調査してきた[1]。

また MPEG-4 フレーム内符号化(以下 INTRA 符号化)において

エラーが混入した際にエラーコンシールメントし、後のフレーム (INTER 符号化) へはエラーが混入しないものとして、DCT 係数のスキャン方法の違いにおける後の P フレームへのエラーの伝播特性を調査してきた[2]。

また MPEG-4 フレーム間符号化(以下 INTER 符号化)において、差分情報にエラーが混入した際に、[1]の方法で差分値をエラーコンシールメントし、B フレームの予測方法の違いにおける後のフレームへのエラーの伝播性を調査してきた[3]。どち

らの場合も、後の INTER 符号化の参照具合によって伝播特性は大きく変化することが分かった。そこで INTER 符号化においてエラー伝播を軽減する予測方法の検討をした [4]。提案方法の説明は 2.1 である。[4] ではマクロブロック (16×16 画素) における最適値だけを求めたが、今回はさらに 8×8 画素ブロックサイズでも行うことにより制限値のより詳細な設定ができることを目的としてシミュレーションを行った。

## 2. 提案方法

MPEG ではエラーの伝播を緩和する方法としてイントラリスやイントラリフレッシュといった方法があるが、これらの方法では、エラーの混入箇所によってはエラーの伝播を防ぐことはできない。

そこで提案方法は次の通りである。一般的なブロックマッチングを使ったフレーム間予測では探索範囲内で誤差の和の最小値を求める予測方法を行っている。その場合、予測箇所が重複した場合にその予測箇所にエラーが混入していた場合にエラーの増殖を引き起こす。そこで予測が重複する参照箇所はマクロブロックサイズの探索範囲の場合、参照回数の最大値は 9 回である。(8×8 画素を 1 ブロックとし、探索範囲を ±8 画素にした時も同様である。)

そこで参照回数を制限する。図 1 に処理の符号化の流れを示す。図 1 によると通常の符号化の流れ通りにまず動き検出を行う、通常なら次に動き補償、DCT、量子化をするのだが提案手法では参照回数カウンタを追加し、参照回数をカウントする。そこでブロック内の参照回数の最大値 MAXCNT も求める。次に制限値判定フィルタで、参照回数の制限値を  $n$  回とすると、 $n \geq \text{MAXCNT}$  だった場合、つまり参照ブロック内すべての画素が  $n$  回以下だった場合は動き補償予測によって求めた差分画像を DCT、量子化、可変長符号化する (INTER 符号化)。INTER 符号化をするので動きベクトルも可変長符号化する。また  $n < \text{MAXCNT}$  だった場合 (参照ブロック内で参照回数  $n+1$  回以上がある)、つまり制限値を超えた参照画素が 1 画素でもある場合、対象ブロックを DCT、量子化、可変長符号化する (INTRA 符号化)。提案方法を使用するとブロックによっては INTRA 符号化を適用することになり、制限値を小さくすればするほど符号量は増大するが、画質の向上、エラー伝播の軽減は予測できる。マクロブロック単位で行った場合、最適値は 2 回であった。ブロック内で 1 画素でも制限値を超えた場合は INTRA 符号化する方法を採っているの、マクロブロック

サイズよりはブロックサイズを 8×8 画素にした方がブロックの総画素数が減るためよりの確な INTRA 符号化/INTER 符号化の切り替えが可能になるため符号量も減ることが予想できるので今回のシミュレーションを行った。またマクロブロック時の最適値が 2 回だったのに対してブロックサイズを変えることにより最適値の値はどうかともシミュレーションした。

そこで、文献[4]と同様に、制限値  $n$  を 1 回から 9 回まで変えることにより、主観的及び客観的な面から評価をした。

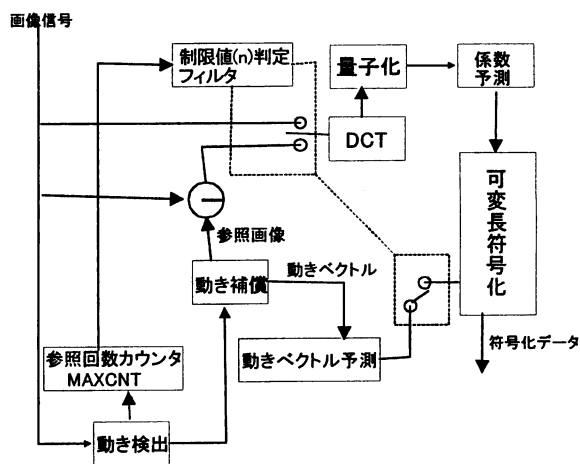


図 1 符号化の流れ

## 3. シミュレーション

### 3.1 シミュレーション条件

以下にシミュレーション条件を記す。

- ①今回は P フレームのみにこの方法を適用する。
- ②ブロックサイズはマクロブロック及び 8×8 画素
- ③探索範囲はマクロブロックの場合は ±16 画素, 8×8 画素の場合は ±8 画素を用いる。
- ④B フレーム数は 2 枚とする。
- ⑤B フレームは双方向予測を用いた。
- ⑥量子化マトリクスは MPEG のデフォルト値を用いた。
- ⑦エラーはある P フレームの差分情報に混入するものとし、エラー箇所が分かったものとして差分値 0 でエラーコンシールメントする。
- ⑧エラー率は 1 フレームの総マクロブロックに対するブロックの割合を 1% から 10% を 1% ごとにエラーマクロブロッ

クをランダムに選び評価をした。また制限値の耐久力を調べる目的としてエラー率100%も評価した。

(エラーブロックそのものの伝播状況を見るため Video Packet の構成はブロック毎とする。)

⑨テスト画像は352×288画素, foreman, 輝度成分256階調を使用した。

### 3.2 主観評価方法

2.1 で述べ各参照回数についてエラー率を, 0%, 5%, 10%, 100%に対して, MOS 評価をした。評価者には原フレーム(3秒)とエラー伝播フレーム(3秒)を比較し評価してもらった。MOS 評価の値を表1に示す。

条件

①15インチ液晶モニター上(表示域高さ8.5cm)で1.5m程離して1回表示した。

②画像には知識のない対象者数10人で行った。

表1 MOS表

評価	
5	違いは全く分からない。
4	違いがあるが気にならない
3	違いが分かる。
2	違いが分かり気になる。
1	違いが分かりひどく気になる。

### 3.3 客観評価方法

参照回数0回から9回まで各回数の符号量を求めた。

また参照回数0回から9回まで各回数について2.2のエラー率について, SNR, エラー伝播画素数を評価した。

## 4. 結果と考察

### 4.1 主観的評価

#### 4.1.1 MOS 平均の結果

図2にブロックサイズが8×8画素時のMOSの平均値の結果, 図3にブロックサイズがマクロブロック時のMOSの平均値の結果を示す。図2, 図3より共にエラー率1%, 5%に評価に大きな差はなかった。エラー率が10%になると若干参照回数1回が評価は高く, エラー率100%になると参照回数が多いほど評価は低くなっていることが分かる。共に100%時のMOS 評価が3以上は制限値2までであった。

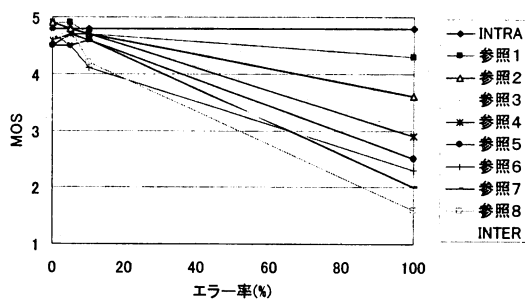


図2 MOS 平均 (8×8画素)

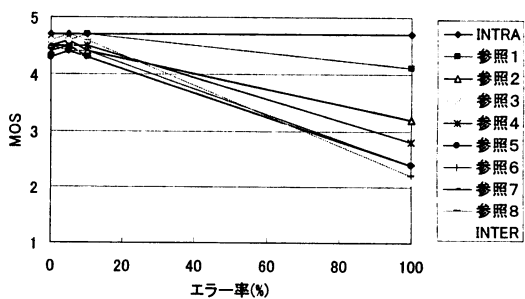


図3 MOS 平均 (MB)

#### 4.1.2 MOS 分布

図4にブロックサイズが8×8画素時のエラー率100%のMOSの分布, 図5にブロックサイズがマクロブロック時のエラー率100%のMOSの分布を示す。図4, 図5のように評価の分布にして見ると, 図4では参照回数が1回では評価3以下をつける人はいなかった。参照回数2回にすると1をつける人もいたが全体としては, 評価は高めである。参照回数3回以上になると約半数以上が評価1か2をつけている。図5でも参照回数が増えるにしたがって評価を低くつける人が多くなる傾向にあった。図4と図5を比べると一見図4の方が評価は良さそうであるがエラー率を変えるとマクロブロックの方が評価は良い時もあるので, ブロックサイズの違いによる優劣は述べるできない。ブロックサイズが違うと伝播する箇所も変わるので, 評価者がフレームのどの場所を見ていたかにも依存するのでこのような結果になったと思われる。文献[4]でも述べたように主観評価の結果から考察すると参照回数は1回から2回までが効果が大きいようである。ただ主観評価においては制限値2回までが良いということは言えるが, ブロックサイズの違いによる大きな差というのは今回の場合はでなかった。

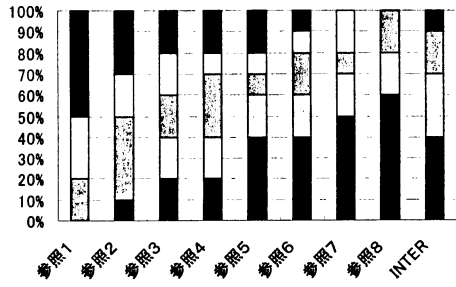


図4 MOS分布 エラー率100% (8×8画素)

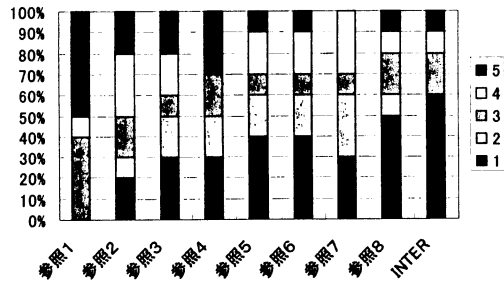


図5 MOS分布 エラー率100% (MB)

## 4.2 客観的評価

### 4.2.1 参照数の割合

図6にブロックサイズが8×8画素時のINTER符号化の参照回数の割合、図7にブロックサイズがマクロブロック時の参照回数の割合を示す。図6、図7を比較すると8×8画素の時はMBの時より参照回数2回以上の割合が多く、MBの時は、8×8画素よりも参照回数1回の割合が多い。これにより制限値を設定することにより、8×8画素はINTRA符号化ブロックの割合がマクロブロックの時より増えることが推測される。この結果をふまえて、以下客観的評価の結果及び考察を述べる。

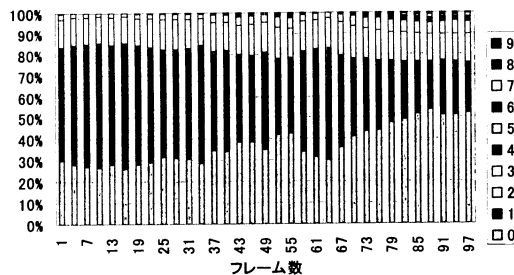


図6 INTER符号化のみの参照回数の推移 (8×8画素)

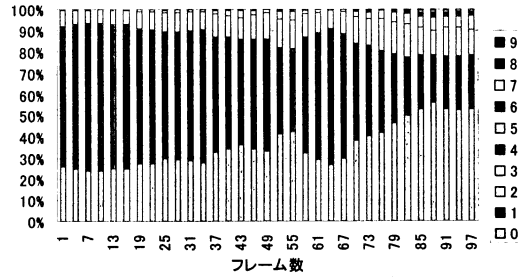


図7 INTER符号化のみの参照回数の推移 (MB)

### 4.2.2 符号量

図8にブロックサイズが8×8画素時の符号量、図9に参照回数が1回と6回の時のブロックサイズによる比較のグラフを示す。図8よりINTRAから参照回数2までは参照回数が多くなるにつれて、符号量も減少していることが分かる。参照回数が3回から9回だと符号量に大きな差はみられなくなった。マクロブロックの時でも同じような結果であった。図9では参照回数が1回だとINTRA符号化するブロックも多いため、ブロックサイズによる違いはあまりないものの、参照回数が増えるにしたがって、参照箇所が違うため多少の大小関係は変わるものの8×8画素の方が比較的符号量は少ないようである。この結果によると4.2.1で述べた8×8画素の場合INTRA符号化ブロックが増加するため符号量は増加すると考えられるが、ブロックの大きさが相対的に小さくなるため、符号化効率が高くなったことによる結果と考えられる。

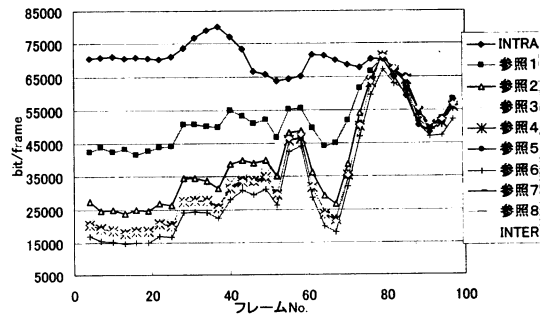


図8 符号量 (8×8画素)

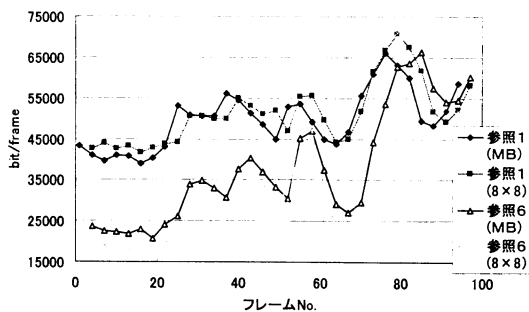


図9 符号量の比較 (参照回数1回と6回)

#### 4.2.3 SNR

図10にエラーがない時のブロックサイズ8×8画素時のSNRの推移, 図11にエラーがない時の参照回数2回と7回時のブロックサイズによるSNRの比較, 図12にエラー率が10%の時の参照回数2回と7回時のブロックサイズによるSNRの比較をしめす. 図10より[4]でも述べた通りブロックサイズを8×8画素にしても参照回数が少ないほどSNRの値は高いこれは参照回数が少ないほどINTRA符号化ブロックが多くなるため, 値は高くなった.

次に図11をみると, 参照回数が2回の時も7回の時も共に8×8画素の方がSNRは高くなっている. これは4.2.1で述べたと通り8×8画素の方が参照回数2回以上の画素の数が多いためINTRA符号化ブロックの割合が多いのでSNRは高くなったと考えられる. また図12のようにエラーが発生しても8×8画素の方が, INTRA符号化ブロックが多いためマクロブロックの時よりもエラー伝播は抑えられていることが分かる.

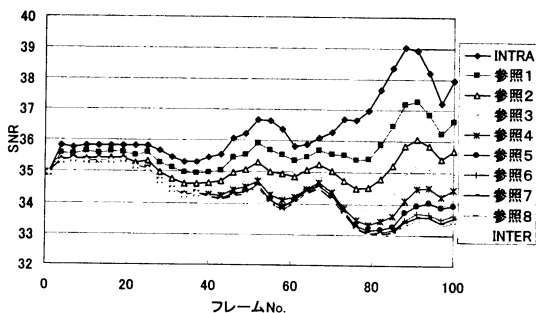


図10 SNRの推移 エラーなし(8×8画素)

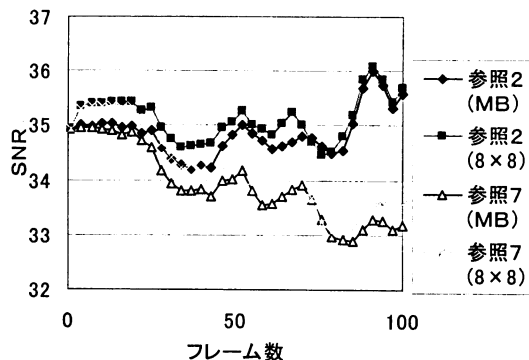


図11 SNRの比較 エラーなし(参照回数2回と7回)

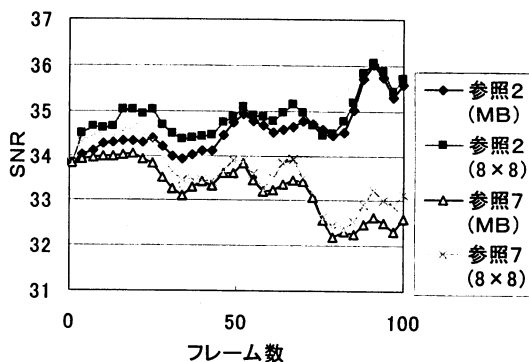


図12 SNRの比較 エラー率10%(参照回数2回と7回)

#### 4.2.4 エラー伝播画素数

図13にブロックサイズ8×8画素におけるエラー率5%の時のエラー画素の電伝播数の推移, 図14にエラー率10%の時の参照回数2回と7回時のブロックサイズによる伝播画素数の比較, 図15にエラー率100%の時の参照回数2回と7回時のブロックサイズによる伝播画素数の比較を示す. 図13では文献[4]でも述べたように, 参照回数2回まではエラーの数は減る傾向にあるが, 参照回数3回くらいになると, エラー数が減る傾向にはあるが増幅する場合もあり, 参照回数4回以上になると増幅する箇所が多くなるのがわかる.

図14, 図15によるとブロックサイズの違いにより参照箇所が変わるのでエラー箇所によっては, エラーの回復具合は変わるが図15のようにエラーが100%の時はINTRA符号化が多い8×8画素の方が回復具合は良いので, マクロブロックの時よりは回復する確率は高いと思われる.

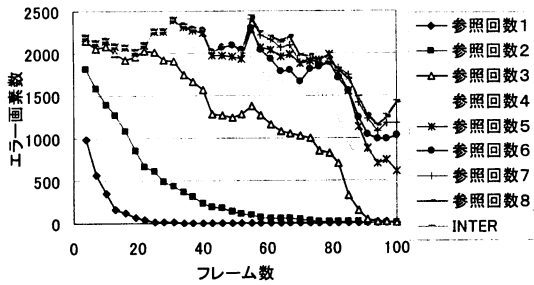


図13 エラー画素数の推移 エラー率5% (8×8画素)

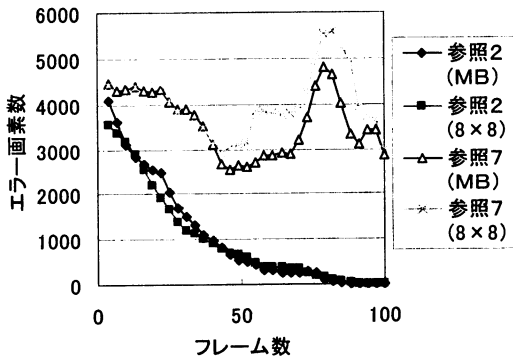


図14 エラー画素数の比較 エラー率10% (参照回数2回と7回)

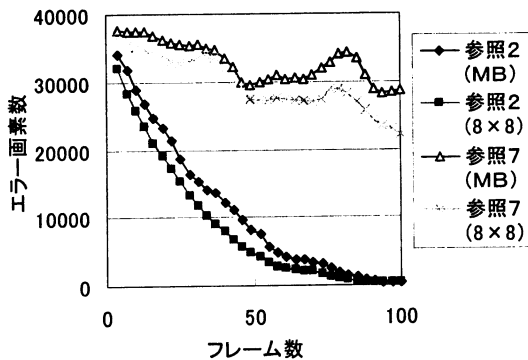


図15 エラー画素数の比較 エラー率100% (参照回数2回と7回)

## 5. むすび

今回は[4]で述べた参照回数制限法についてブロックサイズが異なる場合の評価をした。まとめを以下に箇条書きする。

- ① [4]で述べた通り、主観評価及び客観評価では、参照回数2回までが効果が大きいという結果は変わらなかった。
- ② 主観評価ではブロックサイズによる違いは評価者に依存するのでどちらかが優るとは言えなかった。
- ③ ブロックを小さくすることで符号化効率は向上した。
- ④ 参照箇所が変わることで、今回の場合は1ブロック8×8画素の方がINTRA符号化ブロックの割合が多くなった。
- ⑤ ④によりSNRとエラーの伝播数でも8×8画素の方が優る結果であった。
- ⑥ 客観評価において8×8画素の方が良い結果であった。今後はエラーの状況が変わった場合や、探索範囲を変えた場合や、ブロック内の画素で参照回数を1画素でも超えたらINTRA符合化するのではなくn画素でも超えたらブロック内の参照回数についても検討していく必要がある。

## 文献

- [1] 宝蔵寺, 木本, 「MPEG-4 動画像符号化におけるDC成分によるエラーコンシールメント効果の評価」, 16-2, 映メ年次大会(2003年8月)
- [2] 宝蔵寺, 木本, 「MPEG-4INTRA符号化におけるDCTスキアン方法による誤り伝播特性」, 信学総大(2004年3月)
- [3] 宝蔵寺, 木本, 「MPEG-4INTER符号化における誤り伝播特性」, FIT2004(2004年9月)
- [4] 宝蔵寺, 木本, 「MPEG-4におけるエラーの伝播性を考慮したフレーム間予測方法の検討」, PCSJ2004(2004年11月)