

動画像符号化のための動き補償に用いるテーブル作成法

特別-3

浅水 仁<sup>†</sup> 長谷山 美紀<sup>†</sup> 北島 秀夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup>北海道大学大学院工学研究科

1 まえがき

本稿では、動画像符号化のためテーブル参照による動き補償を提案する。様々な動きを格納した'動きテーブル'を複数フレーム毎に作成し、対象ブロック毎に動きテーブル内を探索し、ブロック内の動き補償予測誤差を最小にする動きをテーブル内から選択する。本手法のポイントは動きに関する符号量削減のために動きベクトル数を削減することにある。動きベクトル数の減少による画質の悪化を抑えるために、動きテーブル作成法を提案する。

2 動きテーブル参照による動き補償

動きテーブル参照による動き補償[1]の考え方と、動きテーブルの作成法を述べる。

2.1 動きテーブル参照による動き補償の考え方

予備調査を行ない、使用動きベクトルを動きテーブルに登録する。動き補償を行なう際に、ブロック毎の動き補償予測誤差が最小になるように動きベクトルを動きテーブル内から選択する。この方式が、テーブル参照による動き補償方式である。動きテーブル内に収められている動きのみを使用して動き補償を行なうため、動きテーブルの作成法は、予測画像の画質に大きく影響を及ぼす。

探索範囲内のすべての動きベクトルを格納しているテーブルを作成し、これを以下では汎用動きテーブルと呼ぶ。汎用動きテーブルから重要な動きベクトルのみを取り出し、動きテーブルに登録する。汎用動きテーブルに比べ、動きテーブルは小さくなるので、動きに関する符号量削減が達成される。ここで、重要な動きベクトルとして、本稿では2つの方式を提案する。一つは、汎用動きテーブルを用いて動き補償を行ない、各動きベクトル出現頻度を求め、その頻度により動きテーブルを作成する方法である。他方は、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm:GA)を用いて動き補償予測誤差が小さくなるように動きベクトルを選択する事により、動きテーブルを作成する。

提案手法では、連続したPフレーム(計算機実験ではP=8)をひとまとまりとして動きテーブルを作成する。従って、動きテーブルはPフレーム毎に更新される。

2.2 動きベクトルの出現頻度を用いた動きテーブル作成法

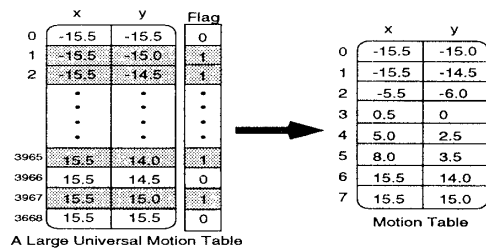
予備的に汎用動きテーブルを用いて動き補償を行ない、使用される動きベクトルの出現頻度の高い順に優先的に動きテーブルに登録する。以下にこの作成法を詳細に説明する。

探索範囲と精度を定め、その探索範囲内の可能な動きをすべて格納した汎用動きテーブルを作成する。ここでは、探索範囲±15.5画素、0.5画素精度とし、0から3968まで識別番号を与える。汎用動きテーブルの各行には、識別番号と対応する動きベクトルが格納される。

汎用動きテーブルにフラグ用のコラムを設け、動きテーブルに登録する動きベクトルにはフラグ'1'をたて、残りは'0'にする。このコラムを送信することにより、受信側でも動きテーブルを再現することができる。

図1にフラグ用コラムを追加した汎用動きテーブルを示す。フラグ'1'を持つ動きベクトルが動きテーブルを構成する。動きテーブルにも識別番号を与える。その番号の範囲は汎用動きテーブルの識別番号の範囲よりも狭くなり、これが、動きに関する符号量の削減につながる。

動きテーブルに登録する動きベクトルの選択法を説明する。出現頻度の高い動きベクトルを優先して登録する。登録する動きベクトル数は、符号化に有利なように、2のべき乗数Mに定める。なお、動きテーブル内の動きベクトルの記載順は、上記の出現頻度に関係なく汎用動きテーブルの登録順そのままとする。



A Large Universal Motion Table

Motion Table

図1: 動きテーブル

2.3 GAを用いた動きテーブル作成法

2.2では、動きベクトル数の削減にあたって、動きベクトルの使用頻度を目安とした。本節では、動きテーブルに登録される動きベクトル数を削減する際に動き補償予測誤差を評価尺度に用いる方法を提案する。前節で述べたように、汎用動きテーブルには動きベクトルが3969個格納されている。使用する動きベクトル数が仮に256個である場合、動きテーブルは、約 $3 \times 10^{294}$ 個存在する。各動きテーブル毎に一連のフレームに対して動き補償を行ない、最適な動きテーブルを見つけることは容易ではない。

本手法では、現実的に全探索困難な範囲において有効な探索を行なうためGAを用いる。GA[2]は、生物進化の原理に着想を得ており、多点情報を利用した確率探索法の一つで実用解を短時間で探索できるという利点がある。GAは初期集団の作成を行なった後、適応度の評価、選択、交叉および突然変異という一連の処理を終了条件を満たすまで繰り返す。以下に、動きテーブル作成にGAを適応する方法を具体的に説明する。

個体の形質表現: 遺伝子型は、汎用動きテーブルの使用動きベクトルに'1'を割り当て、使用しない動きベクトルには'0'を割り当てる。その一次元配列(汎用動きテーブルフラグ)を染色体として扱う。

初期集団の生成: 個体数を20とした。染色体のビット列をランダムに生成するが、使用する動きベクトルを示す'1'の個数はあらかじめ与えておく。

適応度の評価: 本手法で用いる適応度は、得られた動きテーブルを用いて動き補償を行ない、そ

Table Design for Video Coding Using Motion Compensation, Satoshi ASAMIZU<sup>†</sup>, Miki HASEYAMA<sup>†</sup>, Hideo KITAJIMA<sup>†</sup>, <sup>†</sup>School of Engineering, Hokkaido University

の予測画像の平均 2 乗誤差値 (Mean Square Error:MSE) とする。即ち、適応度 (fitness) は、 $fitness = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2$  である。ここで、フレームサイズを  $M \times Npels$  とし、また、 $x_{ij}$ ,  $\hat{x}_{ij}$  はそれぞれ現フレーム、動き補償予測画像の画素濃度を示す。

**淘汰および増殖:** 選択淘汰は、適応度の最も良い個体を無条件に次世代に残すエリート保存戦略を用い、残りの個体について評価値に比例した確率で選択淘汰を行なうルーレット戦略 [2] を用いた。

**交叉:** 本手法では、一様交叉を用いているが、使用する動きベクトル数をあらかじめ与えているので、交叉の際にその数が変化してはならない。そのため、次のような交叉を行なう。適応度比例戦略により選択された Parent-1, Parent-2 の染色体の同一位置のビットの排他的論理和により Mask の各ビットを作成する。Mask のビットが 0 の場合には、Parent-1 = Parent-2 の遺伝子ビットを Child にコピーする。この場合は Child にコピーされたビットのうち 1 が 1 個含まれている。Child 中の 1 の数は、仮定において 3 個でなければならない。そこで、Child 内の残りの 4 ビットのうち 2 個をランダムに選び 1 を格納する。このように Child を生成する。

**突然変異:** 突然変異確率は 3% で、ランダムに個体を選び、その個体を初期集団と同じく生成し、入れ換える。

**探索終了条件:** 本手法では各世代における個体の最大の適応度が 30 世代改善されない場合終了とする。

動きテーブル内の動きベクトルの記載順は、2.2 と同様であり、汎用動きテーブル上の登録順そのままとする。

### 3 実験および考察

提案方式の有効性を確認するため、実際に動画をを用いて実験を行なう。画像を分割するブロックサイズは、 $8 \times 8$  の固定サイズで行なう。用いる画像は、Football, Flower Garden, Mobile & Calendar の 3 種類 (画像サイズは  $352 \times 240pels$ ) の Y 信号 (8bit 階調) である。

#### 3.1 動き補償予測誤差による予測性能の比較

次の (i)~(iii) について実験を行なう。

- (i)BM 従来のブロック・マッチング法を用いた動き補償 { '○' 探索範囲  $\pm 15.5$  画素, 精度 0.5 画素 }, { '×' 探索範囲  $\pm 15$  画素, 精度 1 画素 } の 2 通り
- (ii)Freq 予備動き補償における頻度の高い動きベクトルを動きテーブルに登録し、動きテーブル参照による動き補償 (2.2 参照)
- (iii)GA 評価関数に予測画像の MSE を用いた GA により、動きテーブルを作成し、動きテーブル参照による動き補償 (2.3 参照)

BM では、動きベクトル ( $t_x, t_y$ ) をそれぞれブロック間で差分を取り、VLC 符号 [3] により可変長符号化する。また、GA, Freq の識別番号 ( $i$ ) をブロック間で差分値を同様に可変長符号化する。汎用動きテーブルから使用する動きベクトル情報に必要な符号量は、8 フレームの場合、 $\frac{3969}{352 \times 240 \times 8} \approx 0.006 [bit/pel]$  である。

BM, Freq, GA の動きに関する符号量と予測画像の MSE との関係を図 2 に示す。

BM と比較して動きテーブル参照による動き補償 Freq, GA の方が全テスト画像に対し同じ符号量で MSE が小さく、提案手法を用いることにより予測性能が向上した。

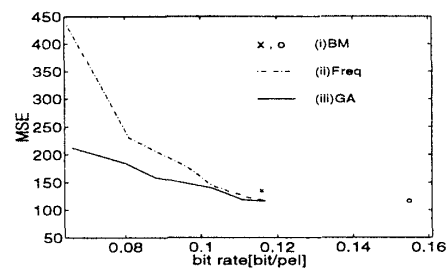


図 2: 符号量と MSE (8 フレーム平均), Football

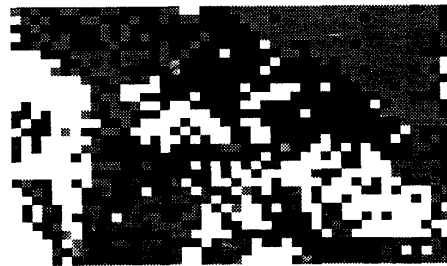


図 3: 動き補償予測画像 (Football)

#### 3.2 Freq と GA の比較

図 2 より、GA は Freq より同符号量時に MSE が減少している。これは、使用される動きベクトルの頻度が多い動きベクトルが、予測画像全体の予測誤差を小さくする動きベクトルであるとは限らないためである。

図 3 は、Freq と GA でブロック毎の原画像とのそれぞれの予測誤差を求め、GA が小さいブロックは白く、Freq が小さいブロックを黒で示してある。この図 3 より、GA を用いた動き補償の方が、Freq より予測誤差の小さくなっているブロック数は少ないが、予測画像の MSE は減少している。つまり、GA を用いた動き補償を行なうことにより、予測性能が向上し、予測誤差の大きなブロックが減少し、予測画像全体の MSE も減少している。また、GA は、Freq に比べ予測誤差が小さなブロックの代わりに、予測誤差の大きなブロックの予測性能の向上のために動きテーブルを作成している。

### 4 むすび

本稿では、動画画像符号化のためのテーブル参照による動き補償における動きテーブル作成法を提案した。汎用動きテーブルから符号量削減のために動きベクトル数を減少させ動きテーブルを作成した。従来のブロック・マッチング法を用いる場合、符号量を削減するには探索範囲を狭めるか、精度を悪くしなければならなかったが、本手法を用いて動き補償を行なう方式では、予測画像の画質の劣化を抑えつつ、符号量を削減する事が可能である。

### 参考文献

- [1] 浅水, 長谷山, 北島: “動画画像符号化のためのテーブル参照による動き補償”, 電子通信学会論文誌 (D-II), (採録決定).
- [2] D. E. Goldberg: “Genetic algorithm in search and optimization and machine learning”, Addison Wesley Publishing Company (1989).
- [3] “Iso/iec 11172 information technology: coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5mbit/s, part1: Systems; part2: Video; part 3: Audio; part4: Conformance testing” (1993).