

動画像符号化のための動きのテーブル化についての考察

浅水 仁[†] 長谷山 美紀[†] 北島 秀夫[†]

[†] 北海道大学 工学研究科

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目

TEL (011)706-7259

E-mail asamizu@media.eng.hokudai.ac.jp

あらまし 本文では、動画像符号化のための動きベクトルの評価値を用いた動き補償の実現について提案する。著者らが以前に提案した動きテーブルによる動き補償は、予測誤差が最小となる動きをテーブル内より選択し、動き補償を行う手法である。このため、動きテーブルの作成法により、予測画像の画質が変化する。テーブルは、探索領域や探索精度、動きベクトルの頻度等によって作成していた。さらなる高精度な動き補償の実現のための動きテーブルを作成するために、動きベクトルごとの出現頻度とブロックごとの予測誤差を用いて評価値を求め、その評価値を用いてテーブルを作成する。

動画像符号化, 動き補償, 動きベクトル

Motion Table Optimization for Video Coding

Satoshi ASAMIZU[†], Miki HASEYAMA[†], and Hideo KITAJIMA[†]

[†]School of Engineering, Hokkaido University

Kita-ku Kita-13 Nishi-8 Sapporo, 060-8628 Japan

TEL 81-11-706-7259

E-mail asamizu@media.eng.hokudai.ac.jp

Abstract This paper proposes the estimation of a motion vector for motion-parameter identification in motion table. The motion compensation based on table lookup selects the motion to minimize prediction error from the motion table. Therefore, the quality of the prediction image changes making the motion table. The motion table identified by the conventional method the frequency of motion vectors. The proposed method used both frequency of motion vector and mean square error of block. A pair of motion tables sets up by distinct methods are compared.

video coding, motion compensation, motion vector

1 まえがき

動画像を構成するフレーム間には非常に高い相関がある。動画像圧縮では、この性質を利用することによって、フレーム間差分データを伝送情報とするフレーム間予測方式によって大きな圧縮効果が得られる。過去のフレーム中の動きのある被写体を連続するフレーム間で検出した動き分だけ移動したフレームとの差分フレームの方が動きのある領域に対してより少ない情報量となる。この動き分だけ被写体を移動させる処理は動き補償予測と呼ばれる。動き補償を用いた動画像圧縮方式においては、予測誤差フレームの情報量が伝送する必要のある情報の中で最も多いため、動き補償予測をより正確に行うことで高い圧縮率を実現できる。

本文中で用いるテーブル参照による動き補償 [1] は、ブロックマッチング法における動きベクトル数を制限し、テーブルに登録しておく。このテーブルを動きテーブルと呼ぶ。実際の動き補償を行う際は、動きテーブルの中から動き補償予測画像の誤差が最小になる動きを選択する手法である。このため、動きテーブルの作成法により、予測画像の画質に影響を及ぼす。[1] では、テーブル作成法を二つ提案している。一つ目は、動き補償を行なった際に使用される動きベクトルの出現頻度により、動きベクトル数を削減する方法。二つ目は、遺伝的アルゴリズムを用いて、動き補償予測誤差が最小になるように動きベクトル数を削減し、動きテーブルを作成する方法である。前者は、後者に比べ、計算量は少ないが、高精度に動き補償を行うテーブルを作成することができない。ここでは、高精度に動き補償を行う動きテーブルを作成するために、動きベクトルごとの出現頻度とブロックごとの予測誤差により評価値を求め、動きテーブルを作成することを提案する。

本文中では、2. においては、動きテーブル参照による動き補償について説明し、動きベクトルの出現頻度により動きテーブルを作成する方法を説明し、評価値を用いた動きテーブルを作成する動きテーブル作成法を提案する。3. で、提案手法を用いて実際に動き補償を行う事により、動きパラメータの減少に伴う画質の劣化を抑えつつ、符号量が減少する事を示しその有効性を確認する。4. では、本文全体のまとめを行う。

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考え方

予備調査を行い、使用動きベクトルを動きテーブルに登録する。動き補償を行う際に、ブロックごと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。そこで、本文中で動きベクトルの評価値を用いたテーブル作成法を提案する。

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。汎用動きテーブルを用いて動き補償を行い、各動きベクトル出現頻度を求める。また、動きベクトルを用いて動き補償を行い、ブロックごとの予測誤差を求める。これら、動きベクトルの出現頻度とブロックごとの予測誤差により、汎用動きテーブルの動きベクトルにそれぞれ評価値を計算する。この評価値に基づいて動きテーブルを作成する方法を提案する。

ここでは、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 フレームごとに更新される。

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 にフラグ用に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。

	x	y	Flag
0	-15.5	-15.5	0
1	-15.5	-15.0	1
2	-15.5	-14.5	1
⋮	⋮	⋮	⋮
3965	15.5	14.0	1
3966	15.5	14.5	0
3967	15.5	15.0	1
3968	15.5	15.5	0

A Large Universal Motion Table

↓

	x	y
0	-15.5	-15.0
1	-15.5	-14.5
2	-5.5	-6.0
3	0.5	0
4	5.0	2.5
5	8.0	3.5
6	15.5	14.0
7	15.5	15.0

Motion Table

図 1: 動きテーブル

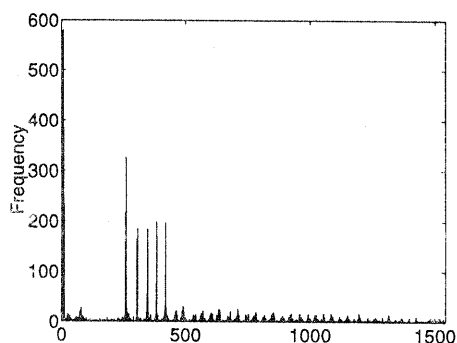
2.2 動きベクトルの出現頻度を用いた動きテーブル作成法

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。

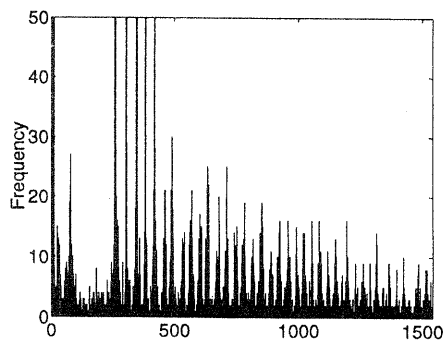
探索範囲と精度を定め、その探索範囲内の可能な動きをすべて格納した汎用動きテーブルを作成する。ここでは、探索範囲 ± 15.5 画素、 0.5 画素精度とし、縦方向を -15.5 から、 $+15.5$ まで 0.5 刻みで変化させ、縦方向の走査が一回終わるごとに横方向も同じ範囲、同じ精度で変化させる。このように作成した汎用動きテーブルに 0 から 3968 まで識別番号を与える。汎用動きテーブルの各行には識別番号と、対応する動きベクトルが格納される。

与えられた動画像に対して汎用動きテーブルを用いて動き補償を行い、各動きベクトルの出現頻度を調べる。

図 2(a) に Football 1~8 フレームで動き補償のために使用された動きベクトルの出現頻度を示す。その横軸は汎用動きテーブル中における識別番号であり、縦軸は対応する動きベクトルの出現頻度である。なお、出現頻度 0 の識別番号は図中では省略されている。すなわち、動きベクトルは汎用動きテーブル中に 3969 個格納されているが、実際には約 1500 個のみが使用されている。さらに、図 2(b) から分かるように 1500 個の動きベクトル中でも使用頻度に大きな差がある。他のテスト画像に関しても、動きに関して偏りがある傾向が見られる。



(a)



(b) Enlarged figure.

図 2: 動きベクトルの出現頻度 (Football)

動きテーブルに登録する動きベクトルの選択方法を説明する。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。しかし、同数の出現頻度の動きベクトルが、複数存在する可能性がある。出現頻度だけでは、 M 個に絞りこめない場合には、 M より多い動きベクトルを、その動きベクトルの大きさが小さいベクトル、動きベクトル方向が水平方向に近いベクトルの順に優先し、動きベクトル数が M になるように動きベクトルを決定する。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。

2.3 評価値を用いた動きテーブル作成法の改善

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。しかし、本来の目的は、予測画像の動き補償予測誤差を最小にすることにある。そこで本節では、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、ブロックごとの予測誤差を導入する。

汎用動きテーブル内の動きベクトルを用いて動き補償した際のブロックごとの予測誤差と動きベクトルの出現頻度を用いて、その動きベクトルの評価値とする。式(1)を動きベクトルの評価値と定義する。

$$E_v = F \cdot B - A_v + W \cdot \frac{\sum_{n=0}^{n=A_v} \text{BlockMSE}_v}{A_v} \quad (1)$$

$$\text{BlockMSE} = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x_{ij} - \hat{x}_{ij})^2 \quad (2)$$

E : 評価値

v : 動きベクトル識別番号 (汎用動きテーブル)

F : フレーム数

B : 1フレームのブロック数

A_v : 動きベクトル出現回数

W : 重み

ブロックサイズ : $M \times N \text{pels}$

x_{ij}, \hat{x}_{ij} : 現フレーム, 動き補償予測画像の画素濃度。

この評価値に基づいて、動きテーブルを作成する。この評価関数の重み W については、予備実験を行いもっとも予測誤差が小さくなる W を用いた。図3にテスト画像 Football, テーブルサイズ 64 の場合の、重みによる予測誤差の変化を示す。

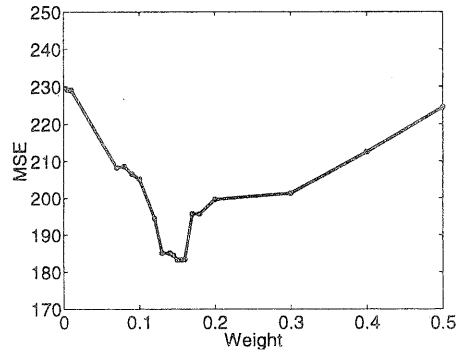


図3: 評価関数の重みによる予測誤差の変化 (Football)

2.2と同様に、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。

3 実験および考察

提案方式の有効性を確認するため、実際に動画画像を用いて実験を行う。以下に示す3方式についてそれぞれ各隣接フレーム間において実験を行なった。画像を分割するブロックサイズは、 8×8 の固定サイズで行う。用いる画像は、Football, Flower Garden, Mobile & Calendarの3種類 (画像サイズは $352 \times 240 \text{pels}$) のY信号 (8bit 階調) である。

各画像の1~8フレームを用い、各々のテスト画像に対して動きテーブルを2.2, 2.3に述べたように8フレームごとに作成する。

3.1 動き補償予測誤差による予測性能の比較

次の(i)~(iii)について実験を行う。

- (i) Regulation 規則的に汎用動きテーブルを間引いてテーブルを作成し動き補償

- (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) Est 評価関数に予測画像の MSE を用いた Est 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)

動きテーブル作成の際には、0.5 画素精度の汎用動きテーブル (探索範囲 ± 15.5 画素, 3969 通り) を用いた。

動きに関する情報の符号化法を説明する。汎用動きテーブルの、動きベクトル識別番号 (i) をブロック間で差分値を取り、可変長符号 [2] を用いることにより、符号化した。

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、 $\frac{3969}{352 \times 240 \times 8} \approx 0.006[\text{bit}/\text{pel}]$ である。

Regulation と比較して動きテーブル参照による動き補償 Freq, Est の方が全テスト画像に対し同じ符号量で MSE が小さい。

Regulation では、符号量を小さくするためには、規則的に探索範囲を狭くするか探索ステップの精度を悪くしなければならない。しかし、本手法では有効な動きベクトルを動きテーブルに格納することにより、動き補償予測精度の低下を低く抑えつつ、動きに関する符号量を削減することが可能である。

3.2 Freq と Est の比較

図 4 より、全テスト画像において Est は Freq より同符号量時に MSE が減少している。Freq の動きテーブルは、使用される動きベクトルの出現頻度によって作成された。従って、動き補償予測誤差がある程度小さくなることは期待されるが、必ずしも保証されない。また、動きベクトルの頻度に応じて、動きテーブルを作成しているため、符号量的にも有利である。

一方 Est では、評価関数に予測画像の MSE と動きベクトルの出現頻度を用いて動きベクトルを決定し、動きテーブルを作成している。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。したがって、出現頻度のみに基づいて得

られた動きテーブルを用いて動き補償を行うより、式 (1) 評価関数を用いて作成した動きテーブルを用いることにより符号量の削減が可能である。

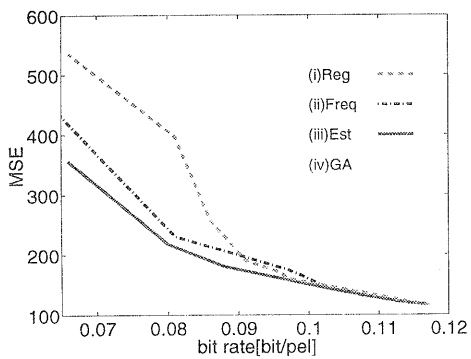
図 5(b), (c) に動き補償予測画像を示す。

4 むすび

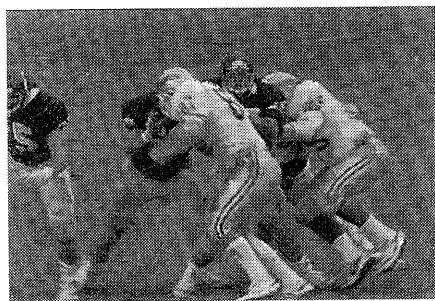
本論文では、動画像符号化のためのテーブル参照による動き補償における動きテーブル作成法を提案した。動きベクトルの出現頻度により作成したテーブルは、動き補償予測誤差を最小にするアルゴリズムではない。そこで、動きベクトルの出現頻度とブロックごとの予測誤差により動きベクトルの評価値を求める。この評価値を用いて動きテーブルを作成するアルゴリズムを提案した。単に符号量を削減するには、探索範囲を狭めるか、精度を悪くしなければならないが、本手法を用いて動き補償を行う方式では、予測画像の画質の劣化を抑えつつ、符号量を削減する事が可能である。また、以前に提案した遺伝的アルゴリズムを用いたテーブル作成法に比べ計算量が少なく、予測誤差もほぼ同程度のテーブルを作成することが可能である。しかし、提案手法を用いてテーブルを作成する際、予測誤差が小さくなるように評価値の重みを実験的に求めなければならない。

参考文献

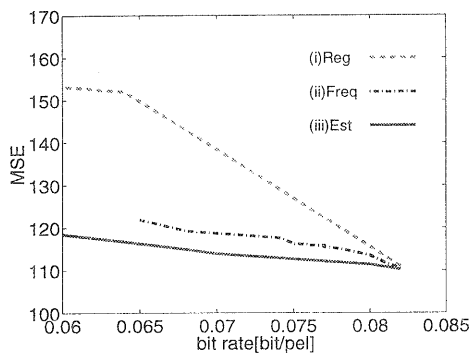
- [1] 浅水, 長谷山, 北島: “動画像符号化のためのテーブル参照による動き補償”, 電子通信学会論文誌 (D-II), **J82-D-II**, 6, pp. 1-8 (1999).
- [2] “Iso/iec 11172 information technology: coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5-mbit/s, part1: Systems; part2: Video; part 3: Audio; part4: Conformance testing” (1993).



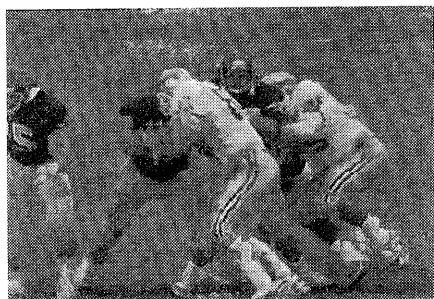
(a):Football



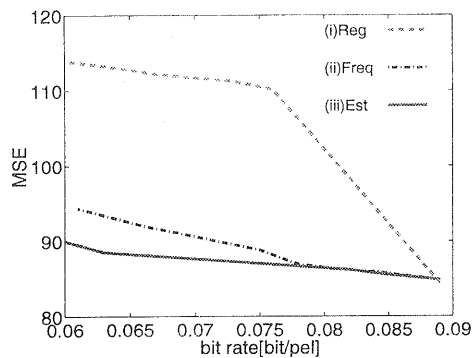
(a):Original Image



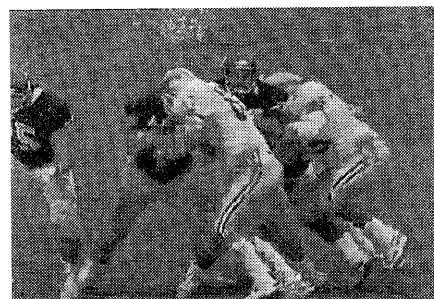
(b):Flower Garden



(b):Freq(bitrate=0.081[bit/pel],MSE=201.6)



(c):Mobile & Calendar



(c):Est (bitrate=0.080[bit/pel],MSE=184.5)

図 5: 動き補償予測画像 (Football)

図 4: 符号量と MSE(8 フレーム平均)