

学習型動きベクトル量子化による動画像圧縮

3R-8

細石 桂一郎 浜辺 隆二

福岡工業大学情報工学部情報工学科

1. まえがき

近年、インターネットの普及によりマルチメディア技術の研究が盛んとなり、中でも動画像における高能率符号化法の研究が注目されている。その一つとして動きベクトル量子化法 (MVQ) [1] が提案されている。これは、ブロックマッチングアルゴリズム (BMA) に比べて計算量が大幅に減少するという方式であるが、この方式もコードブックの設計に多大の計算量を要するという欠点が存在する。

本研究では、静止画像における学習型ベクトル量子化法 (LVQ) [2] を動画像におけるMVQ手法に適用させ、MVQ手法よりも更に計算量の削減が可能で、かつ汎用性のある学習型動きベクトル量子化 (LMVQ) を提案し、シミュレーション実験により画質と計算量の面からMVQ手法と本方式を比較して考察する。

2. 動きベクトル量子化

BMAによる動き補償では、 $M \times M$ の量子化対象ブロック内に含まれる画素の集合を B 、フレーム番号を t とし、座標 (x, y) の画素値を $f_t(x, y)$ と表すと、量子化対象ブロックは、

$$s_t^B = \{f_t(x, y) : (x, y) \in B\} \quad (1)$$

となる。また、量子化対象ブロックに対応した探索領域は次式である。

$$\tilde{m}_{t-1}^B = \{f_{t-1}(x, y) : (x, y) \in \text{searchregion for } B\} \quad (2)$$

探索領域内に存在するすべてのブロック K の動きベクトルの集合 $\{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_K\}$ をベクトル量子化のコードブック C^δ とすると、BMAは入力に対して誤差が最小となる動きベクトルをコードブックから選択することと言い換えることができる。

これは一般的にBMAは動きベクトルのベクトル量子化と解釈することができ、これを動きベクトル量子化 (MVQ) と呼んでいる。この概念図を図1に示す。コードブック C のサイズ I を探索領域内のブロック数 K に対して $I < K$ となるように設計することによりBMAに比べて誤差計算の回数が少なく計算量を大幅に削減できる。このコードブックの設計にはLBGアルゴリズム[3]を用いるが、多大な計算量を要する欠点がある。

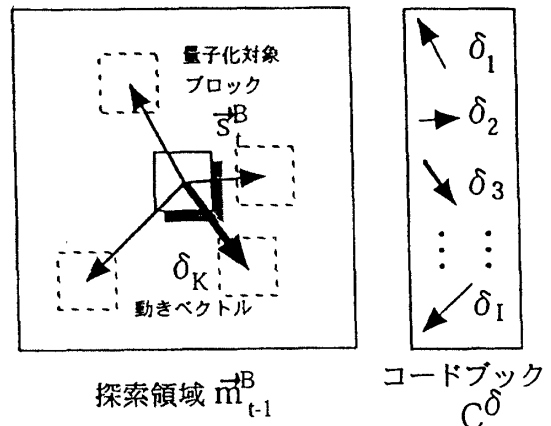


図1: 動きベクトル量子化の概念図

3. 学習型動きベクトル量子化

学習型ベクトル量子化法 (LVQ) は、量子化対象ブロックを量子化する度にコードブック $C = \{\vec{y}_i : i = 1, 2, \dots, I\}$ のコードワードを一つ前の量子化出力 \vec{x}' に近づけるといふ操作によりコードブックを更新するので、トレーニングによる量子化器の最適設計の操作が不要で、計算量が大幅に減少し、かつそのブロックの特徴を次に量子化するためのコードブックに反映させる機能を持たせた手法である。コードブックの更新には、次式を用いる。[2]

$$\vec{y}'_i = \vec{y}_i + (\vec{x}' - \vec{y}_i) \cdot a_i \quad (3)$$

但し、 $a_i = 2(i-1)/(I-1)$

本稿では上記のLVQ手法を、動画像におけるMVQ手法に適用した学習型動きベクトル量子化法 (LMVQ) を提案する。

図2にLMVQ手法の処理手順を示す。初期コードブック C_0^k は、探索領域内に存在する動きベクトルからコードワード分の1毎に抽出した動きベクトルで構成する。一番最初のブロックだけはBMA法で求めた基礎ベクトル δ^1 でコードブック C_0^k の更新を行い、以降のブロックはMVQ法により量子化し、インデックスを送信する。再生側は逆量子化を行い圧縮側と同じ動きベクトルを求め、前フレームの探索領域から適合ブロックを求める。誤差最小の動きベクトルを基礎ベクトルとして両方のコードブックを式(3)を用いて同時に更新する。

以上の手順を繰り返すのであらかじめ最適な動きベクトルのコードブックを設計する過程がなくなり、計算量を大幅に減少させることができる。

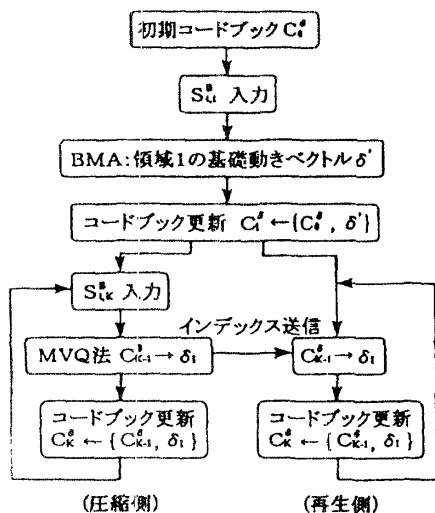


図 2: 学習型動きベクトル量子化 (LMVQ)

4. シミュレーション実験

実験に用いた動画データは、Flower Garden (352x240 画素、256 階調、60 フレーム) である。ブロックサイズは 8x8 画素で、探索領域は前フレームの量子化対象ブロック位置から上下左右7画素の半画素精度を用いる。動画の各フレームは前フレームからのコードブックは継承せず、フレーム毎に独立して学習している。

図3に本方式とMVQ手法による再生画像のS/N比を示す。一部のフレームでは本方式がMVQ手法のS/N比を上回っているが、平均では0.82 (dB) だけ下回っており、コードブックの学習結果があまり良好でないことを示している。

計算量の評価として、ワークステーション SUN 4/20 (SuperSPARC, 40MHz) で行った実際

の実行時間を比較した結果、本方式はMVQ法と比較して1/17程度差があり、本方式が計算量の面で有効である事が分かる。

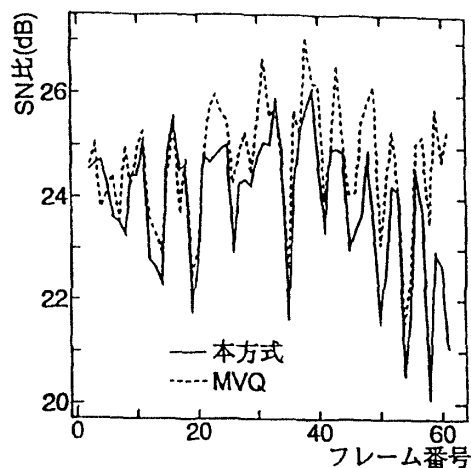


図 3: MVQとLMVQによる再生画質 (SNR) の比較

5. あとがき

動画における画像圧縮の一手法として、静止画像における学習型ベクトル量子化の考え方を動きベクトル量子化法に導入し、動画における計算量の削減を試みた。その結果、画質は多少劣化した。計算量を大幅に削減することができ、本方式の有効性が確認された。今後は、画質改善の為に動画に適した学習法の考察等を行う予定である。

最後に本報告をまとめるにあたり、画像データを提供頂いた東京大学相澤清晴氏および、討論や実験等において多大の御助力を頂いた本学情報工学専攻修了生富吉幸一氏に深謝する。

参考文献

- [1] Y.Y.Lee and J.W.Woods: "Motion Vector Quantization for Video Coding", IEEE Trans., Image Processing Vol.4, No.3 (1995).
- [2] 江口, 斎藤, 原島: "画像信号の学習型ベクトル量子化に関する一考察", 信学技報, IE87-49 (1987).
- [3] Y.Linde, A.Buzo, and R.M.Gray: "An Algorithm for vector quantizer design", IEEE Trans., Commun. COM-28, pp.84-95 (1980).