

MPEG 符号化パラメータ決定のための試験画像

山田 昌史 藤井 俊彰 木本 伊彦 谷本 正幸

名古屋大学大学院工学研究科

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

Tel: 052-789-3163 Fax: 052-789-3628

E-mail: yamada@tanimoto.nucee.nagoya-u.ac.jp

あらまし MPEGにおいて定められた符号量内で、より高品質な圧縮を行うためには符号化する画像における最適なパラメータ値を求める必要がある。しかし一般的な自然画像では、観察される劣化が複数のパラメータが原因となって発生しているため最適値を決定することは難しい。本稿で我々はデコードされた画像の劣化場所を見ることで、パラメータの調整が行える試験画像を提案する。また実際にインター用量子化マトリクスと動きの探索範囲を決定できる試験画像を作成し、これを用いた場合の復元画像の劣化の発生の様子を調べた結果、試験画像から得られたパラメータが自然画像にも適するものであることを確認した。

キーワード MPEG, エンコード, パラメータ, 試験画像, 量子化マトリクス, 動きの探索範囲

Test Images for Determining Coding Parameters of MPEG.

Masashi YAMADA Toshiaki FUJII Tadahiko KIMOTO Masayuki TANIMOTO

Graduate School of Engineering, Nagoya University

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603 JAPAN

Tel: +81-52-789-3163 Fax: +81-52-789-3628

E-mail: yamada@tanimoto.nucee.nagoya-u.ac.jp

Abstract In MPEG encoding, there are many variable coding parameters designers can change freely. Many experiments are needed to determine optimal coding parameters for natural images. In this paper, we propose test images with which the coding parameters can be adjusted easily. We can adjust them by observing the degraded position of reconstructed test images. We made test images for adjusting an inter quantization matrix and search range of motion vector. The experiments show that the parameters adjusted to test images can be applied to natural images.

key words MPEG, encode, parameter, test image, quantization matrix, search range of motion vector

1 はじめに

MPEGは現在、動画像符号化方式において国際標準となっており、VideoCD、DVD、デジタル放送など多くの分野で用いられている。MPEGには符号化を行う際に、設計者が自由に決めることのできるパラメータが多い。定められた符号量内でより高画質な圧縮を行うためには、それらのパラメータを原画像の特徴に応じた最適な値に設定する必要がある。

しかし一般的な自然画像において最適なパラメータを求める場合、復元画像で観察された劣化を減らすために、どのパラメータをどのように変更していけばよいかを判断するのは困難である。これは一ヶ所の劣化が複数のパラメータに関係していることが原因である。

そこで我々は、劣化の発生している場所を見ることで変更すべきパラメータがわかる試験画像を作成し、その試験画像を用いて自然画像における最適なパラメータ値を決定する手法を提案する。

我々は、以前にイントラ用量子化マトリクスに対する試験画像を報告している。本稿では、インター用量子化マトリクスと動きの探索範囲を決定する試験画像を提案し、その有効性を確認する。

2 インター用量子化マトリクスを決定する試験画像

まずは、インター用量子化マトリクスを決定する試験画像について考える。インター用量子化マトリクスは、フレーム間での動き補償から得られる予測誤差画像に量子化を行う際に用いられる。このパラメータは予測誤差画像に含まれる周波数成分に応じて最適な値に設定することで、画質の向上をはかることができる。

2.1 試験画像作成の方針

試験画像を用いて自然画像のパラメータを求めるため、試験画像は自然画像の持つ特徴に合わせて作成する。

MPEGではフレーム間符号化を行うとき、動き予測によって決定されたブロック間での差分画像を作る。そして、その予測誤差画像に対してDCT変換を行って画像を周波数領域に変換し、その値を量子化している。

そこで試験画像は予測誤差画像を周波数領域で見た場合に、各周波数成分の係数値の分布が自然画像と等しくなるようにし、画像中の場所によって含まれる周波数成分が異なるように配置した。

また動く物体を見る場合、フレーム間で物体の動きが大きいと、劣化の様子が目につきにくくわかりにくい。そこで、インター用量子化マトリクスを決定する試験画像はフレーム間での動きの量を小さくし、ブロック内での変形が大きくなるように作成した。

2.2 試験画像の特性

インター用量子化マトリクスを定める自然画像としてcheerleader(720×480画素、8bit grayscale)を使用し、この画像に対する試験画像の作成を行った。まず、2.1で示した方針をもとに作成した試験画像を図1に示す。このパターンは波紋の中心部に高い周波数成分が、周辺部に低い周波数成分が含まれるような図形になっている。周辺部に低周波成分を配置することで低周波成分の面積を広く取ることができ、周波数分布を自然画像のものに近づけることができる。

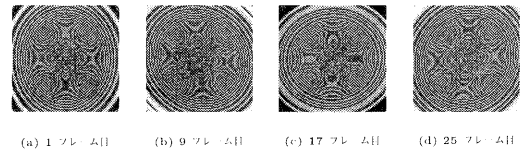


図1: インター用量子化マトリクスを決定するための試験画像

次に、この試験画像が2.1で示した方針を満たしているか検討する。

まず、予測誤差画像での各周波数成分の分布を調べた。予測誤差画像は2枚の画像間でブロックマッチングを行い、相関の高かったブロック間の差分を取ることで作成する。そしてその予測誤差画像

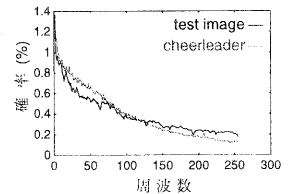
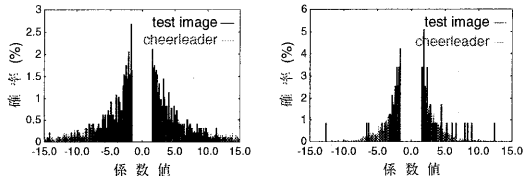


図2: 量子化マトリクスを決定する試験画像について、予測誤差画像における各周波数成分の分布

に対して、横方向の1次元のFFT変換を全ラインに施し、全体の電力量に対する成分ごとの電力量の割合を求めた。このときの試験画像・自然画像それぞれの電力分布を図2に示す。図の横軸はFFT変換によってあらわれる周波数成分で、右へ行くほど高い周波数成分となる。また縦軸はそれぞれの周波数成分の電力量である。

次に、予測誤差画像に対して実際に8×8画素のDCT変換を行い、各DCT成分での係数分布を求め、自然画像のものと比較した。それを図3に示す。またここで、(a)はDCT8×8成分のうち比較的低位の項である(3, 3)成分、(b)は比較的高位の項である(7, 7)成分のDCT係数分布である。この図で、横軸は実際の係数値で、縦軸はその係数値があらわれる確率である。

今回作成した試験画像は、周波数成分を画面上の場所に応じて偏らせて分布をさせている。よってある周波数成分に着目した場合、画像の場所によってはその成分を含まない場所が存在する。しかし試験画像はデジタル画像であるので、DCT変換すると微小な成分があらわれてしまう。そのためここでは係数値0.0付近の微小な係数値を無視することにしたため、これらの図では確率が表示されていない。



(a) (3, 3) 成分

(b) (7, 7) 成分

図 3: 量子化マトリクスを決定する試験画像について、予測誤差画像の DCT 成分の係数分布

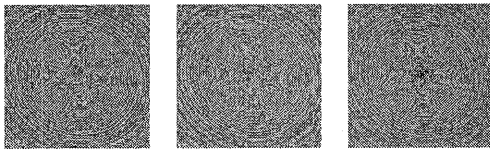
2.3 実験

2.2 で作成した試験画像に対して、インター用量子化マトリクスの各成分値を変えながら MPEG 符号・復号を行い、あらわれる劣化の様子を調べた。また、自然画像に対して同じマトリクスを与えた場合の劣化の様子も調べた。

この実験では以下の特徴を持つ量子化マトリクスを用いた。

- (a) 低次の成分を粗く、高次の成分を細かく量子化させるマトリクス
- (b) (a) と (c) の間にあたる係数を持ったマトリクス
- (c) 高次の成分を粗く、低次の成分を細かく量子化させるマトリクス

これらのマトリクスを用いて得られた復元画像と原画像から作成した差分画像をそれぞれ図 4 の (a)~(c) に示す。



(a) 低次の成分を粗く量子化

(b) (a),(c) の中間

(c) 高次の成分を粗く量子化

図 4: 量子化マトリクスを決定する試験画像の復元画像 (差分画像)

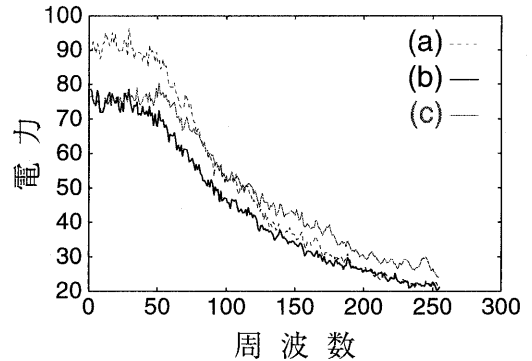
次に、この 3 種類のマトリクスを用いて試験画像と自然画像を符号化し、原画像との SN 比を求めた。その結果を表 1 に示す。

表 1: 量子化マトリクスを決定する試験画像について、復元画像の SN 比

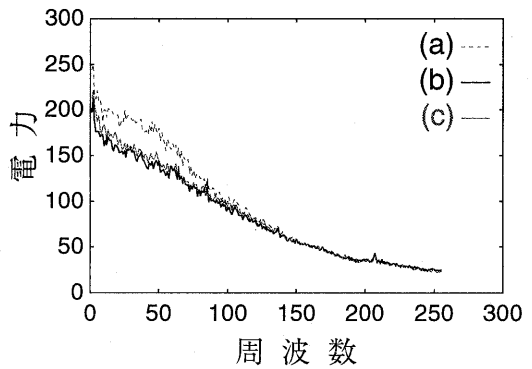
使用画像	使用した量子化マトリクスと SN 比 [dB]		
	(a)	(b)	(c)
試験画像	30.71	31.48	30.87
自然画像	25.52	27.07	26.68

次に試験画像と自然画像において、復元画像と原画像から作成される差分画像に対して FFT 変換を施して、復元画像中にあらわれる周波数成分ごとの誤差電力の分布を調べた。その結果を図 5 に示す。この図の横軸は、FFT

変換によってあらわれる周波数成分で、縦軸はそれぞれの周波数成分での誤差電力の大きさである。



(i) 試験画像



(ii) 自然画像

図 5: 量子化マトリクスを決定する試験画像について、復元画像における各周波数成分の誤差電力分布

2.4 考察

図 4 において、他の 2 つのマトリクスに比べて低次成分を粗く量子化した (a) の画像では、低次成分の多い画面周辺部での劣化が顕著に見られ、高次成分の多い画面中心部での劣化は比較的小さい。逆に、高次成分が粗く量子化される (c) の画像では、高次成分の劣化が大きく、低次成分の劣化は小さい。(b) の画像は他の 2 つに比べ、劣化は全体的に均等に発生している。

また、表 1 より、試験画像で SN 比が最も高くなる (b) のマトリクスを用いると、自然画像でも最も SN 比が高くなるのがわかる。

また、図 5 を見ても、試験画像・自然画像ともに (b) の画像では、ほぼ全ての周波数成分で誤差が一番小さくなっているのがわかる。

実際のマトリクスの調整は、差分画像が (a) のような画像になった場合は、低次をより細かく、高次をより粗く量子化し、(c) のような画像になった場合は、低次をより粗く、高次をより細かく量子化し、劣化が各周波数で均等に発生するようになるまで調整を行う。

3 動きの探索範囲を決定する試験画像

次に、動きの探索範囲を決定する試験画像について考える。動きの探索範囲は、フレーム間での動き予測でブロックマッチングを行う際の探索範囲を与えるパラメータである。

このパラメータは原画像をブロックで見たときの動きの量に応じて決める。実際の動きの量よりも小さい範囲で探索を行うと、うまくマッチングが取れなかったブロックでは符号量が多くなり、画質の劣化を招く。逆に、実際の動きの量よりも大きすぎる範囲での探索は、ブロックの移動量に不必要に多い符号量を割り当てることとなり、結果として全体の画質の劣化を招く。またエンコード速度も低下することになる。

3.1 試験画像作成の方針

動きの探索範囲を決定する試験画像は、試験画像中の動きの分布が自然画像のものに近くなるようにする。また、動きの様子を分かりやすくするために、場所によって動きの量が異なるように試験画像を作成する。

さらに、画像中に含まれる周波数成分を等しくするために、インター用量子化マトリクスの試験画像と同様に、場所によって含まれる周波数成分が異なるように試験画像を作成する。

3.2 試験画像の特性

動きの探索範囲を定める自然画像として flowergarden(720 × 480 画素, 8bit grayscale) を使用し、この画像に対する試験画像の作成を行った。まず、3.1 で示した方針をもとに作成した試験画像を図 6 に示す。この試験画像では画像を 16 分割して、それぞれ動く量が異なるパターンを配置し、一つのパターン内では、インター用量子化マトリクスの試験画像と同様に、波紋の中心部に高い周波数成分が、周辺部に低い周波数成分が含まれるような図形になっている。

次に、この試験画像が 3.1 で示した方針を満たしているか検討する。

まず、予測誤差画像での各周波数成分の電力分布を調べた。このときの試験画像・自然画像それぞれの電力分布を図 7 に示す。図の横軸は FFT 変換によってあらわれる周波数成分で、縦軸はそれぞれの周波数成分の電力である。

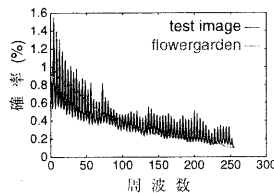


図 7: 動きの探索範囲を決定する試験画像について、予測誤差画像における各周波数成分の分布

次に、予測誤差画像に対して実際に 8 × 8 画素の DCT 変換を行い、各 DCT 成分での係数分布を求め、自然画像のものと比較した。それを図 8 に示す。ここで、(a) は (3, 3) 成分、(b) は (7, 7) 成分の DCT 係数分布である。この図で、横軸は実際の係数値で、縦軸はその係数値が

あらわれる確率である。

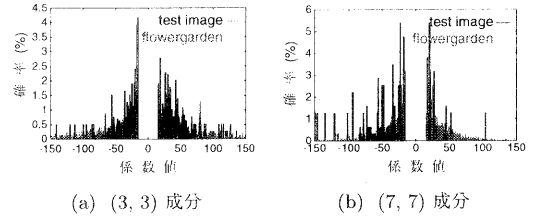


図 8: 動きの探索範囲を決定する試験画像について、予測誤差画像の DCT 成分の係数分布

次に、試験画像における動きの様子を調べたものを図 9 に示す。

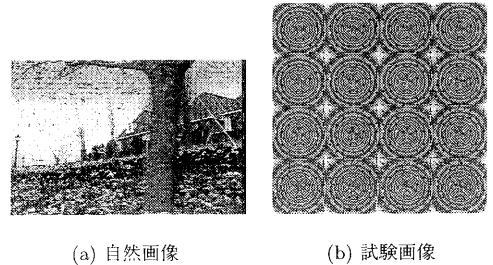


図 9: 動きの様子

また、試験画像・自然画像ともに動きの量の分布を調べたものを図 10 に示す。この図で横軸は動きの大きさ、縦軸はその個数をあらわしている。

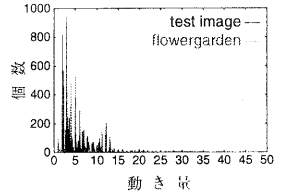


図 10: 動き量の分布

3.3 実験

3.2 で作成した試験画像に対して、動きの探索範囲を変えながら MPEG 符号・復号を行い、あらわれる劣化の様子を調べた。また、自然画像に対して同じ大きさの探索範囲を与えた場合の劣化の様子も調べた。

この実験では、1 フレーム当たりの探索範囲は 2,7,15,30 画素のものを用いた。それぞれの探索範囲を用いて得られた復元画像と原画像から作成した差分画像をそれぞれ図 11 の (a)~(d) に示す。

次に、この 4 種類の探索範囲を用いて試験画像と自然画像を符号化し、原画像との SN 比を求めた。その結果を表 2 に示す。

次に、試験画像と自然画像の復元画像と原画像から作成される差分画像に対して FFT 変換を施して、復元された画像中にあらわれる周波数成分ごとの誤差電力の分布を調べた。その結果を図 12 に示す。この図の横軸は、FFT 変換によってあらわれる周波数成分で、縦軸はそれぞれの周波数成分での誤差電力の大きさである。

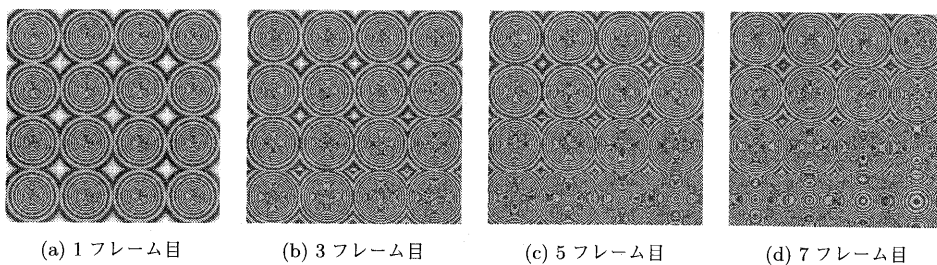


図 6: 動きの探索範囲を決定するための試験画像

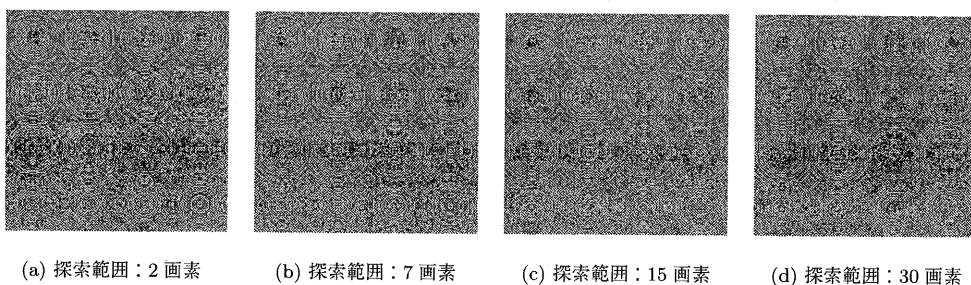


図 11: 動きの探索範囲を決定する試験画像の復元画像 (差分画像)

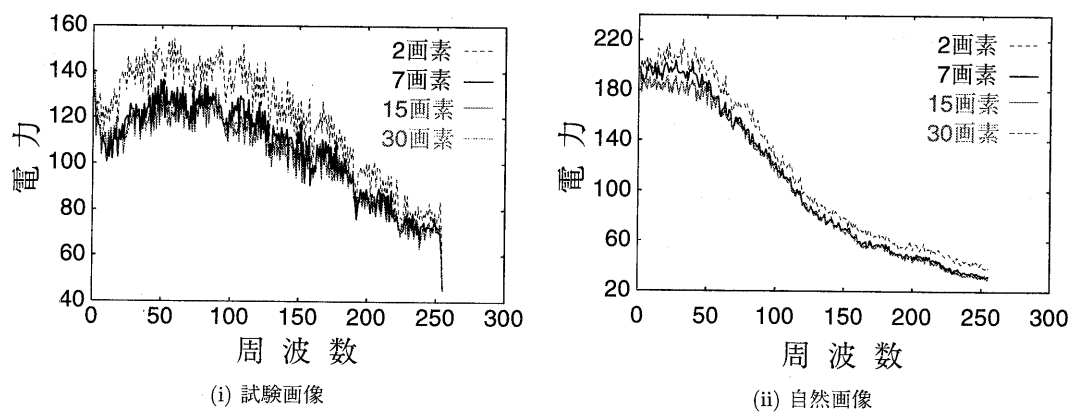


図 12: 動きの探索範囲を決定する試験画像について、復元画像における各周波数成分の誤差電力分布

表 2: 復元画像の SN 比

使用画像	探索範囲と SN 比 [dB]			
	2 画素	7 画素	15 画素	30 画素
試験画像	24.37	25.42	25.70	25.65
自然画像	24.22	24.84	25.01	24.99

3.4 考察

図 11 より, 1 フレームあたりの探索範囲が広がるほど, 動き量の大きい画面下部のパターンの劣化が小さくなっていくのがわかる. また, 探索範囲が 15 画素を越えると画質にほとんど差が出てこないののでこれ以上探索範囲を広げる必要がないことがわかる.

また, 表 2 より, 試験画像で SN 比が最も高くなる探索範囲が 15 画素のとき, 自然画像も最も SN 比が高くなるのがわかる. 30 画素以上で SN 比が下がるのは, 探索範囲に符号量を必要以上に多く割り当てているためと思われる.

また, 図 12 より, 探索範囲が 15 画素で最も誤差が小さくなり, それ以上探索範囲を広くしても, 誤差の発生量はあまり変わらないことがわかる.

実際の探索範囲は, パラメータを変化させても劣化の発生量が変化らなくなってくる値に設定すればよい.

4 むすび

本稿では, 試験画像を用いて自然画像の MPEG 符号化パラメータを定める手法を提案し, 実際にインター用量子化マトリクスと動きの探索範囲を決定するための試験画像を作成した.

また, それぞれの試験画像で劣化の発生の様子を見ながら, パラメータを変更していった. その結果, どちらのパラメータを決定する試験画像においても, 試験画像で最も画質が高くなったパラメータを自然画像に適用した場合にも, 画質は高くなることを確認した.

参考文献

- [1] 映像メディア学会: “総合マルチメディア選書 MPEG”, オーム社 (1996)
- [2] 藤原: “最新 MPEG 教科書”, アスキー出版局 (1994)
- [3] K.R.Rao, J.J.Hwang: “デジタル放送・インターネットのための情報圧縮技術”, 共立出版 (1998)
- [4] 山田, 藤井, 木本, 谷本, 柳平: “試験画像を用いた MPEG 符号化パラメータの決定法”, 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, 533, p.267 (1999-10)
- [5] 山田, 藤井, 木本, 谷本, 柳平: “MPEG 符号化試験画像”, 2000 年電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-11-1, p.1 (2000-03)