

フレーム毎の品質を考慮したカラー動画像の画質評価モデル

中瀬 友絵 堀田 裕弘 村井 忠邦
富山大学 工学部 電気電子システム工学科

930-8555 富山市五福 3190

TEL:076-445-6758

E-mail:naka@cslab.eng.toyama-u.ac.jp

horita@ecs.toyama-u.ac.jp

murai@ecs.toyama-u.ac.jp

あらまし カメラワークによる画質劣化の見え方を考慮したフレーム品質を求め、そのフレーム品質を基に動画像の品質評価を行う品質評価モデルを提案する。動画像の各フレームの品質 PQS_{still} をカラー静止画像の画質評価法により求め、カメラワークの影響を考慮したフレーム品質 PQS_m を PQS_{still} の関数として定義する。得られた PQS_m の平均値と最低値と主観評価値 (MOS_{video}) との重回帰分析によりカラー動画像の品質を推定する。 PQS_m の定義式は遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて算出した。本提案法では先に提案された評価法より推定精度の改善がみられた。

キーワード 画質評価, 画像符号化, フレーム品質, GA

Quality evaluation model of coded color video considering quality of each frame

Tomoe NAKASE Yuukou HORITA Tadakuni MURAI

Department of Electrical and Electronic Engineering,
Faculty of Engineering, Toyama University

3190, Gofuku, Toyama-shi, 930-8555 Japan

TEL:076-445-6758

E-mail:naka@cslab.eng.toyama-u.ac.jp

horita@ecs.toyama-u.ac.jp

murai@ecs.toyama-u.ac.jp

Abstract We propose the quality evaluation model of coded color video by considering the influence of the camerawork. This model is based on the quality of each frame which is calculated from the quality evaluation method of color still picture. From this obtained frame quality, we transformed it to the perceptual quality considered the influence of the camerawork by using the regression equation. Using the linear combination with the average value and the worst value of the derived perceptual quality, we can estimate the Mean Opinion Score of coded color video. The performance of this proposed method improved from the previously proposed method.

key word picture quality evaluation, video coding, flame quality, GA

1 まえがき

近年、画像符号化方式の国際標準化に伴い、情報社会における動画像の役割は大きくなってきている。しかし動画像通信では非可逆符号化で圧縮を行うため、圧縮された再生画像は劣化を伴い、原画像を100%復元することはできない。つまり圧縮率と再生品質はトレードオフであるため、品質や情報量を制御するQoS(Quality of Service)制御が重要となる。QoS制御を行う場合、適切な符号化パラメータを設定し、ユーザが視覚的に満足する品質の画像を提供することが望ましい。そのためには、ユーザが要求する品質を提供するためには画質評価が必要となる。従来このような画質評価には人間の心理反応を測定する主観評価法が用いられてきたが、長い時間と労力を要する上に、評価条件によって評価結果が異なるという問題がある。そこで、主観評価法に代わる客観評価法の開発が望まれている。

動画像品質を高精度に評価するためには、動画像を1枚の静止画像として見た場合の「静的な劣化」と動画像特有の「動的な劣化」を定量化すること、人間が時間的に変動している動画像を評価する際に「提示時間の中で平均的な画質で評価しているか」、「ある時間において最も劣化した画質で評価しているか」等を見極めることが重要である。

これまでに提案された PQS_{vs2} [1]、 PQS_{vs4} [2]では上記のポイントを考慮した方法で画質評価を行っている。これらは静止画像の品質評価法を動画像の品質評価に適用した方法で、短時間で品質評価を行うことができる。 PQS_{vs2} では、各フレームの品質 PQS_{vs2} に対して平均値と最低値を求め、これらと動画像の主観評価値(MOS_{video})との線形重回帰により動画像の画質評価値を求める方法が検討されている。 PQS_{vs4} では、カメラワークの影響を考慮したフレーム品質を PQS_{still} の関数でカメラワークの種類ごとに定義し、関数により得られたフレーム品質の平均値から動画像の画質評価値を求める方法が検討されている。

しかし、これらの推定精度は最大誤差が大きいという問題があった。そこで本研究では、より高精度な画質評価を行うために、提案されたそれぞれの画質評価法のアプローチを統合した方法について検討した。具体的には、フレーム品質をカメラワークを考慮したフレーム品質に変換し、それらの平均値と

最低値と MOS_{video} との線形重回帰により画質評価を行った。

2 主観評価実験

2.1 テスト画像

テスト画像は150フレームで1シーケンスが構成された、パンニング、ズーム等のカメラワークを含む5種類のカラー動画像シーケンス(FG: Flower Garden, MC: Mobile&Calender, PP: Popple, BI: Bicycle, TT: Table Tennis)をITU-TH.261によって、4,9,15Mbpsの伝送レートで符号化を行ったものを用いた。H.261はMPEG1、MPEG2と符号化アルゴリズムにおける時間軸の両方向予測方式を除けば類似しているため、近似的にMPEG方式を用いた動画像にも対応できると考えている。

2.2 フレーム毎の主観評価実験

動画像の全150フレームについて MOS_{still} を求めることは被験者の負担が大きく現実的ではないので、各動画像について特徴のある2フレームについて表1の条件で主観評価実験を行った。ここで2フレームとしたのは、フレーム数を2,4,8と増やしても MOS_{still} の推定精度が向上しなかったことより、2フレームで十分であると考えられたからである[1]。

2.3 動画像の主観評価実験

MOS_{video} は表2の条件で主観評価実験を行った結果を使用した。また、画質評価モデルの推定精度については、5段階評価のEBU法を用いていることから、現段階では最大誤差が0.5以下と考えているが、実際には MOS_{video} の個人内ばらつきから推定精度の上限を求める必要がある。

3 システムの構築

3.1 フレーム品質の評価モデル

すでに提案されているカラー静止画像の画質評価モデル PQS_{still} [3]を用いて各画像150フレームの

表 1: 静止画像の主観評価実験の条件

視距離	4H(H:画像の高さ)
照明	なし(準暗室)
最大輝度	70(cd/m ²)
評定者数	18名
評価尺度	5段階妨害尺度
評価方法	2重刺激劣化尺度(EBU)法

表 2: 動画の主観評価実験の条件

視距離	4H(H:画像の高さ)
照明	なし(準暗室)
最大輝度	70(cd/m ²)
評定者数	16名
評価尺度	5段階妨害尺度
評価方法	2重刺激劣化尺度(EBU)法

表 3: 5段階妨害尺度

評点	妨害尺度
5	(劣化が)わからない
4	(劣化が)わかるが気にならない
3	(劣化が)気になるが邪魔にならない
2	(劣化が)邪魔になる
1	(劣化が)非常に邪魔になる

フレーム品質を求める。PQS_{still} の評価システムを図1に示す。

PQS_{still} での基礎歪み要因は、画像全体にわたる global な妨害だけではなく local feature を損なう歪みにも対応できるように人間の視覚特性を考慮したもので、CIE L*a*b*色空間の各成分に対して次の4種類が定義されている。

- F1 誤差の平均値
- F2 符号化サブブロック間の誤差変化量
- F3 誤差の自己相関係数
- F4 輪郭近傍に生じる誤差

これらの基礎歪み要因を定量的に求める。また、画像内容の依存性を緩和するために符号化画像から輝度値における11個のテクスチャ特徴量を計算する。求めた基礎歪み要因、テクスチャ特徴量は要因

間の相関性を削除するためにそれぞれ主成分分析を行う。Z₁ ~ Z_J は基礎歪み要因の主成分、Y₁ ~ Y_K はテクスチャ特徴量の主成分を表しており、J, K は累積寄与率が99%を超える主成分の数である。よって、PQS_{still} は次式で求められる。

$$PQS_{still} = \frac{4}{1 + \exp\{-\beta(PQS^* - 3)\}} + 1 \quad (1)$$

$$PQS^* = b_0^* + \sum_{j=1}^J b_j^* Z_j + \sum_{k=1}^K b_{j+k}^* Y_k$$

PQS_{still} を線形重回帰モデルのみで計算すると、高品質な画像では評点が5を超えたり、劣化のひどい画像では1より小さくなってしまふことがあるのでロジスティック関数を組み合わせた非線形重回帰モデルにより PQS_{still} を求めている。

ここで、β は PQS* = PQS_{still} = 3 の点での傾きを表し、b₀* ~ b_{j+k}* はロジスティック関数を考慮した非線形パラメータの最小2乗推定により得られる偏回帰係数である。

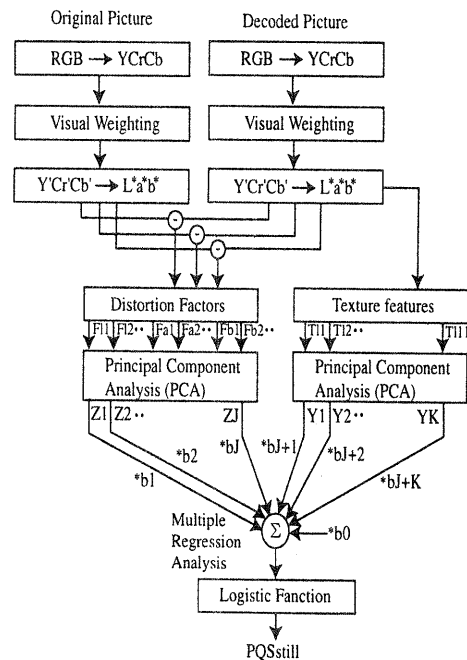


図 1: カラー静止画像の画質評価システム

3.2 動画像の画質評価モデル PQS_{vs}

動画像の各フレームについて PQS_{still} を適用し、 MOS_{video} を推定するシステムを構築する (図 2)。このシステムは、原画像と符号化画像の各フレームを静止画像として取り出し、各フレームについて PQS_{still} を計算し、これらの PQS_{still} データから動画像全体での MOS_{video} を推定するシステムである。

PQS_{still} システムにより得られた各フレーム品質の推定結果の例を図 3 に示す。

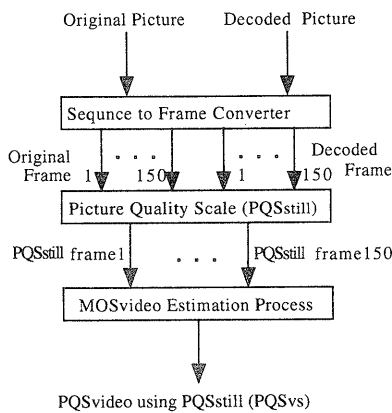


図 2: PQS_{vs} システム

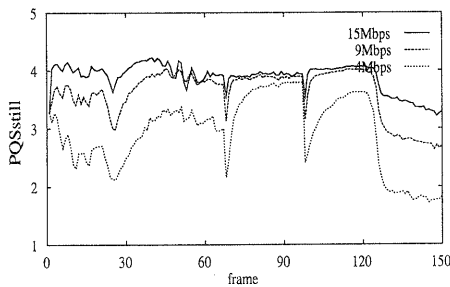


図 3: 各フレームの画質評価値 (Table Tennis)

3.2.1 カメラワークを考慮した画質評価モデル PQS_{cw}

フレーム品質が一定のシーケンスを仮定すると、動画像として知覚される劣化はカメラワークによ

て異なり、提示されたフレームにおける品質は一定にならないと考えられる。そこで MOS_{video} に対するカメラワークの影響を考慮する。カメラワークの影響を考慮したフレームの品質を PQS_m として、 PQS_{still} の関数でカメラワークの種類ごと (pan: パニング, still: 停止, ズームイン: zoom in, パニング+ズームイン: pan+zoom in, ズームアウト: zoom out) に式 (2) で定義する。なお、カメラワークの決定は視察により行い、表 4 のように決定した。

$$PQS_m = \left. \begin{aligned} &= aPQS_{still} + b \\ &(1 \leq aPQS_{still} + b \leq 5) \\ &= 1(aPQS_{still} + b < 1) \\ &= 5(aPQS_{still} + b > 5) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式 (2) の関数によって各フレームの品質 PQS_m が得られる。 PQS_m に対して平均値 PQS_{m_ave} と最低値 PQS_{m_worst} を求め、これらと MOS_{video} との線形重回帰により画質評価値 PQS_{cw} を得る。したがって、 b_0^*, b_1^*, b_2^* を重回帰分析より得られる偏重回帰係数とすると、 PQS_{cw} は次式で求められる。

$$PQS_{cw} = b_0^* + b_1^* PQS_{m_ave} + b_2^* PQS_{m_worst} \quad (3)$$

a, b は MOS_{video} と PQS_{cw} の最大誤差が最小となるように遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて計算する。

表 4: テスト画像のカメラワーク

画像	カメラワーク	フレーム番号
FG	pan	1~150
MC	pan	1~150
PP	still	1~64
	zoom in	65~110
	still	111~150
BI	pan+zoom in	1~120
	pan	121~150
TT	still	1~29
	zoom out	30~67
	still	68~97
	still	98~129
	pan	130~150

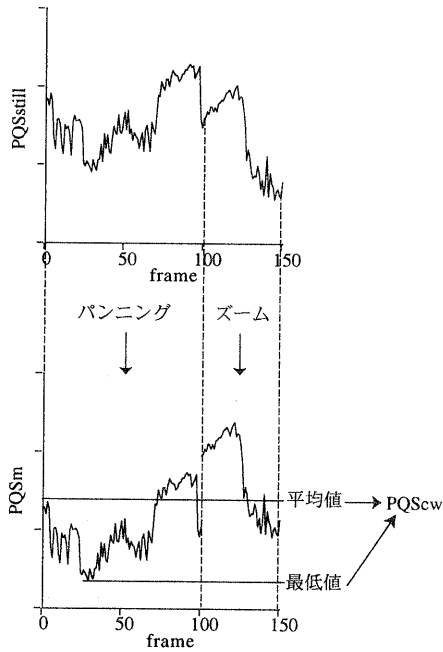


図 4: $PQScw$ の求め方

4 実験結果

各シーンの PQS_m を求める関数を図 5 に示す。式 (2) により求めた PQS_m の例を図 6 に示す。図 3 と比較すると全体的に低く評価されている。また、図 5 より、パニング、停止、パニング+ズームイン、ズームアウトの場合、フレーム品質より低い評価を行っていることがわかる。これは静止画像の歪みに加え、動画像特有の歪みが増えられたためであると考えられる。ズームインの場合はフレーム品質 PQS_m が MOS_{video} の推定に影響していないことがわかる。これはズームインが Popple の画像のみにしか使われておらず、GA により関数のパラメータを求めるときに最適な値を得ようとした結果であると考えられる。式 (3) での偏回帰係数は $b_0^* = -0.92$, $b_1^* = 1.53$, $b_2^* = 0.60$ であった。

MOS_{video} と $PQScw$ との関係を図 7 に示す、平均誤差は 0.13, 最大誤差は 0.24, 相関係数は 0.99 と良好な結果が得られた。

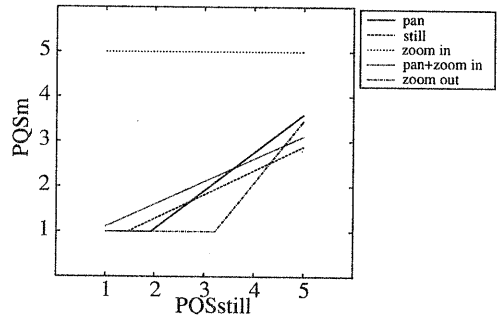


図 5: 各シーンの PQS_m を求める関数

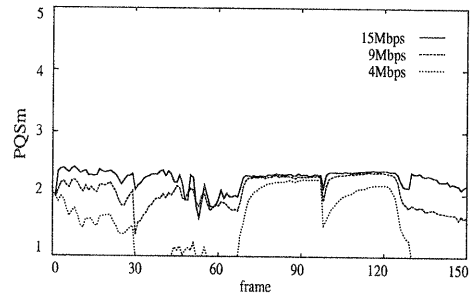


図 6: 各フレームの PQS_m (Table Tennis)

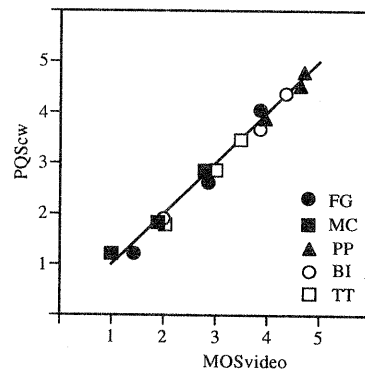


図 7: MOS_{video} と $PQScw$ の関係

5 従来法との比較

これまでに提案された動画像の品質評価法 PQS_{vs2} [1] と PQS_{vs4} [2] と今回の提案法を比較した結果を表5に示す。 PQS_{vs2} は PQS_{still} の平均値と最低値との重回帰分析により MOS_{video} を推定する方法であり、 PQS_{vs4} は PQS_m の平均値により求められる。 MOS_{video} と PQS_{vs2} の関係を図8に、 MOS_{video} と PQS_{vs4} の関係を図9に示す。 今回の提案法と比較すると平均誤差と最大誤差が大幅に改善され、相関も高くなっていることがわかる。

また、 PQS_{vs2} と PQS_{cw} の偏回帰係数を表6に示す。 PQS_{cw} は PQS_{vs2} と比較して、カメラワークを考慮したことによりフレーム品質が低く見積もられているので、求まった偏回帰係数は大きな値をとっている。平均値と最低値の値の比較から PQS_{cw} は PQS_{vs2} よりも最低値の重みが大きくなっていることより、評価モデルとしては最低値の影響が大きくなっていることがうかがえる。

表 5: 精度の比較

	平均誤差	最大誤差	相関係数
PQS_{vs2}	0.47	1.24	0.85
PQS_{vs4}	0.36	0.61	0.94
PQS_{cw}	0.13	0.24	0.99

表 6: 偏回帰係数の比較

	切片 (b_0)	平均値 (b_1)	最低値 (b_2)
PQS_{vs2}	-0.27	0.95	0.23
PQS_{cw}	-0.92	1.53	0.60

6 まとめ

本研究では、カラー動画像の各フレームに対して静止画像の画質評価法 PQS_{still} を適用してフレーム品質を求め、それからフレーム品質と動画像の品質の差がカメラワークの違いによりどのような影響を与えているかを考慮したフレーム品質 PQS_m を PQS_{still} の関数として求めた。この PQS_m の平均値と最低値から平均オピニオン評点 MOS_{video} を推定する方法を提案した。

PQS_{still} と PQS_m の関係は GA により最適なパラメータを求め、 PQS_m の平均値と最低値と MOS_{video} の線形重回帰により評価モデルを構築

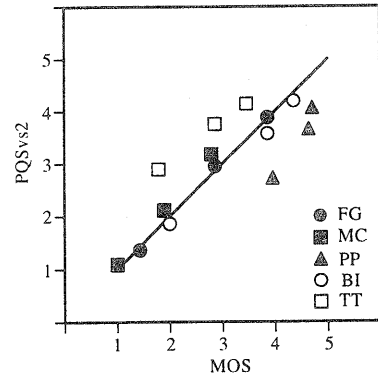


図 8: MOS_{video} と PQS_{vs2} の関係

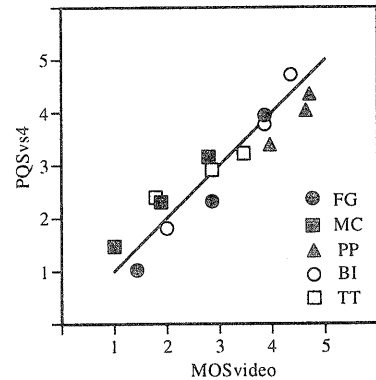


図 9: MOS_{video} と PQS_{vs4} の関係

した。この評価モデルは従来法よりも高精度な推定を行うことができた。

今後の課題として、多くのデータのフレーム品質とカメラワークの関係を明らかにし、様々な画像に対して推定を行うことができるシステムの検討が必要である。

参考文献

- [1] 堀田, 稲積, 村井: "フレームごとの品質を用いた白黒動画像の画質評価法", 信学論, Vol.J81 B-I No.11 (Nov. 1998)
- [2] 稲積, 堀田, 小谷, 村井, 糸岡: "カメラワークを考慮したカラー動画像の画質評価法", PCSJ99, P-3.12, pp.59-60 (Sep. 1999)
- [3] 押田, 堀田, 小谷, 古性, 村井, 宮原: "Texture 特徴量を考慮したカラー静止画像の画質評価法", 電気関係学会北陸支部連合大会, F-33, p.336 (Oct.1998)