

符号化されたステレオ静止画像における画質評価モデル

堀田 裕弘, 河合 良直, 南 陽子, 村井 忠邦, 中嶋 芳雄
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, FAX: 076-445-6759

E-mail: horita@ecs.toyama-u.ac.jp

あらまし: 立体映像の QoS を考えるためには、符号化されたステレオ画像の品質評価技術が必要不可欠である。本稿では、符号化されたステレオ画像における画質劣化の見え方の相違や視差情報を考慮した画質評価モデルの構築を検討した。左右画像に対する符号化方式の影響をなくすために、視差補償符号化ではなく、それぞれに JPEG 符号化を施した。画質評価モデルとしては、edge 部分やそれ以外の smooth 部分に関する歪要因を別々に取り扱い、さらに左画像の Texture 特徴量や左右画像間の視差情報を加えることにより、高精度に品質評価の推定が行なえた。

キーワード: ステレオ画像、画質評価、視差情報

Quality Evaluation Model of Coded Stereoscopic Color Image

Yuukou Horita, Yoshinao Kawai, Yohko Minami, Tadakuni Murai, Yoshio Nakashima
Department of Electrical and Electronic Engineering,
Faculty of Engineering, Toyama University

3190, Gofuku, Toyama 930-8555, Japan

TEL: 076-445-6758, FAX: 076-445-6759

E-mail: horita@ecs.toyama-u.ac.jp

Abstract: To consider the quality of service for stereoscopic image, it is necessary to develop a quality evaluation model for coded stereoscopic image. We propose a quality evaluation model of the coded stereoscopic color image. This evaluation model considers not only the distortions of the edge region and smooth region but also the texture features of the left image. In addition, this model also takes into account the disparity information between left and right images. Instead of the disparity compensated coded image, we employ the JPEG coded image for the subjective assessment test. As the results, the evaluation model is useful for coded stereoscopic image.

keywords: Stereoscopic Image, Picture Quality, Disparity Information

1 まえがき

従来から、静止画像や動画における画像品質を客観的、かつ、定量的に評価する研究がなされており多く報告されている。近年、立体画像に関する技術が実用化に向けてめざましい発展を遂げている。しかし、この立体画像に関する研究は、主に奥行き知覚や視差推定手法に関するもの、立体画像の表示システムや撮像条件などに関するものが大半を占めている。一方、情報ネットワークを介して立体画像を提供する場合、情報圧縮を伴わざるを得ない。これにより、立体画像には符号化歪が生じてしまうが、どれくらいの符号化歪までがユーザーに許容できるか、あるいは、符号化パラメータはどのように設定すればよいかなどが課題となっている。

現在では、画像情報を符号化する場合、ただ単に符号化するだけではなく、ユーザーの立場を考慮したサービスを行うために、QoS (Quality of Service) の考え方を符号化に適用しなければならない時代に来ている。したがって、立体画像の符号化にも QoS の考え方を反映させなければならない。そのためには、符号化された立体画像の品質評価技術の確立が必要不可欠である。そこで、本稿では、従来の静止画像の画質評価モデル [1] [2] に基づいて、符号化された 2 眼式ステレオ画像における劣化の見え方の相違や視差情報を考慮したステレオ静止画像の画質評価モデル (PQS_{stereo}) の構築を検討した。

2 画質評価モデルの構成

提案する画質評価モデル (PQS_{stereo} : Picture Quality Scale for coded stereoscopic image) を図 1 に示す。この画質評価モデルは、左右の原画像と符号化画像の RGB 値を $CIE L^*a^*b^*$ 色空間の成分に変換し、左画像と視差ベクトルを用いて視差補償された右画像との各成分の符号化誤差を求め、この符号化誤差から定義に基づいて歪要因を算出している。このときの視差ベクトルは、輝度信号による全探索ブロックマッチングにより得られ、ブロックサイズが 8×8 画素、探索範囲は縦 8 画素、横 16 画素で行った。また、左の符号化画像の各成分から 11 個、合計 33 個の Texture 特徴量 [3] を求めている。

次に、各歪要因間、Texture 特徴量間の相関性を削除するために、別々に主成分分析を行い、それぞ

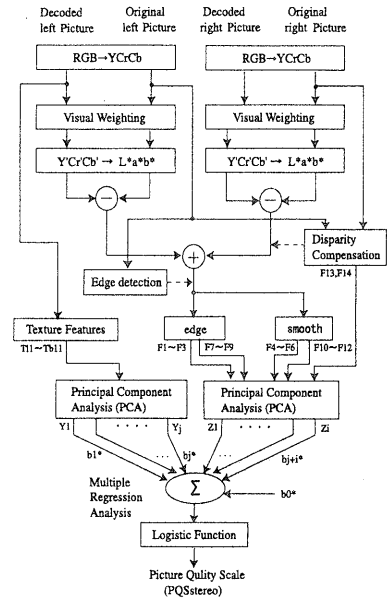


図 1: PQS_{stereo} モデル

れの主成分の累積寄与率が 99 % 以上の主成分を取り出し、得られた主成分と主観評価実験により得られた MOS (Mean Opinion Score) との関係を示すロジスティック関数を考慮した非線形重回帰モデルを用いて PQS_{stereo} を得ている。

このとき、基礎歪要因の主成分を Z_i 、Texture 特徴量の主成分を Y_j 、回帰係数を b_i^* とすると PQS_{stereo} は式 (1) で表される。

$$PQS_{stereo} = \frac{4}{1 + \exp\{-\beta(PQS_{mr} - 3)\}} + 1 \quad (1)$$

$$PQS_{mr} = b_0^* + \sum_{i=1}^N b_i^* Z_i + \sum_{j=1}^M b_{N+j}^* Y_j$$

ステレオ画像では、edge 周辺とそれ以外の部分では劣化の見え方に違いがある [4] ことがわかっている。よって、この特徴を画質評価モデルに考慮するために、edge 部分とそれ以外の部分に分類して歪要因を求めている。また、原画像を基準として符号化による劣化の程度を評価することが目的であるため、原画像と符号化画像の差を、 $L^*a^*b^*$ 色空間における色差として歪要因を定義する。

- F1-F3 : edge 部における $L^*a^*b^*$ 各成分の平均 2 乗誤差の平均値
- F4-F6 : smooth 部における $L^*a^*b^*$ 各成分の平均 2 乗誤差の平均値
- F7-F9 : edge 部における $L^*a^*b^*$ 各成分の平均 2 乗誤差の最大値
- F10-F12 : smooth 部における $L^*a^*b^*$ 各成分の平均 2 乗誤差の最大値

このときの edge 部と smooth 部とは、左の原画像で edge 抽出を行った際、edge と判断された画素の左右 8 画素までの範囲を edge 部とし、それ以外を smooth 部としてた。

また、視差情報として以下の量を定義する。

- F13 : 画像中の立体視される部分の割合 (占有率)
- F14 : グローバル視差ベクトルの大きさ (画像中の立体視されない部分の視差ベクトルの大きさの平均値)

さらに、Texture 特徴量は同時生起行列を基にして、左の符号化画像の各 $L^*a^*b^*$ 成分から算出している。

- T1-T11 : Texture 特徴量の L^* 成分
- T12-T22 : Texture 特徴量の a^* 成分
- T23-T33 : Texture 特徴量の b^* 成分

3 主観評価実験

符号化されたステレオ画像の評価モデルを構築するために、主観評価実験を行なった。評定者の疲労を極力少なくするために、メガネを装着しない立体ディスプレイである 10 型 3D 立体ビジョン (三洋電機、THD-10P3) を用いた [5]。符号化方式としては、今回は左右の画像に対して JPEG 符号化を適用した。通常、ステレオ画像の符号化には左右画像の冗長性を考慮した視差補償符号化が用いられるが、符号化された左右画像の品質が異なっている場合、それぞれの画像に対する情報量と品質との関係を考察するためには不都合なので、あえて別々に符号化する

表 1: 5 段階評価尺度

品質	評価語
5	(劣化が) わかからない
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

表 2: 主観評価実験の条件 (QS が同じ)

評価画像	13 種類 (LR;320*480 画素)
符号化方式	JPEG 符号化 (QS:6 種類)
視距離	立体に見える距離 (約 70cm)
照明	なし (準暗室)
評定者数	19 名
評価尺度	5 段階評価尺度

ることとした。実際には、符号化歪の生じ方は類似していると考えられる。

また、評価実験により得られる MOS の取りうる範囲を広く保つために、各画像に対して 6 種類の符号化パラメータを用いた。近年、WWW 上で公開されている JPEG 符号化ソフト [6] では、ITU 勧告の量子化テーブルの値を全体的にスケールングすることにより画質制御を行っている。このソフトでは、画質を表す量として Quality Scale(QS) が用いられ、1~100 の数値で便宜上表している。本稿では、この QS を符号化パラメータとする。評価実験に用いた QS は、6 種類の QS(10,15,27,37,55,79) を採用した [7]。よって、左右の画像の QS が同じ場合は 13 種類の原画像とその符号化画像を合わせた合計 91 画像、左右の画像の QS が異なる場合は 6 種類の原画像とその符号化画像の全組合せの合計 294 画像を用いて主観評価実験を行なった。この評価実験で用いた 5 段階評価尺度を表 1 に示す。

左右の画像の QS が等しいステレオ画像の主観評価実験の MOS データを解析した結果、おおまかに 3 つの傾向が見られた。その 3 つの傾向からそれぞれ 2 種類ずつ合計 6 種類の原画像を選び出し、左右の画像の品質が異なるステレオ画像の評価実験に用いた [7]。評価実験の実験条件を左右画像の QS が

表 3: 主観評価実験の条件 (QS が異なる)

評価画像	6 種類 (LR;320*480 画素)
符号化方式	JPEG 符号化 (QS:6 種類)
視距離	立体に見える距離 (約 70cm)
照明	なし (準暗室)
評定者数	16 名
評価尺度	5 段階評価尺度

同じ場合を表 2 に、左右画像の QS が異なる場合を表 3 に示す。

4 実験結果

本稿で提案する画質評価モデルの性能評価を行うために、以下の 3 種類についての検討を行った。

- Model 1: 歪要因のみ
- Model 2: 歪要因+Texture 特徴量
- Model 3: 全てを考慮 (視差情報を考慮)

4.1 左右の画像の QS が同じステレオ画像に対する性能比較

左右の画像の QS が同じステレオ画像に対して、今回提案したステレオ画像の画質評価モデルの性能比較を検討した。この場合、左右画像は同じ QS で符号化されるので、品質はほぼ同程度であると考えられる。これらのモデルに対する MOS と PQS_{stereo} との自由度調整済み相関係数、最大誤差と平均誤差を表 4 に、MOS と PQS_{stereo} の関係を図 2 に示す。

この表から、歪要因のみの Model 1 では平均誤差は小さいが最大誤差が大きくなっている。しかし、テクスチャ特徴量を考慮した Model 2 では、最大誤差が大きく改善されている。よって、ステレオ画像に対する画質評価モデルを構築する場合にも、符号化誤差の歪要因だけではなく画像本来のテクスチャ特徴量も考慮することが性能向上につながると考えられる。結局、歪要因だけでなく、視差情報と Texture 特徴量を考慮した Model 3 が一番性能が良い結果となった。また、図からそれぞれの Model を比較すると、Model 1 では実線 ($MOS = PQS_{stereo}$) 付近

表 4: PQS_{stereo} の性能 (QS が同じ)

	相関係数	最大誤差	平均誤差
Model 1	0.945	1.51	0.29
Model 2	0.979	0.68	0.17
Model 3	0.983	0.63	0.15

表 5: PQS_{stereo} の性能 (QS が異なる)

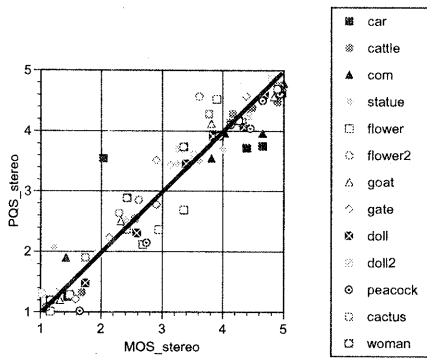
	相関係数	最大誤差	平均誤差
Model 1	0.952	1.28	0.28
Model 3	0.958	1.15	0.26
Model 4	0.959	1.11	0.25

から離れたデータも存在するが、Model 3 では幾つかの画像 (car 等) を除いて、ほとんどが実線に分布している。

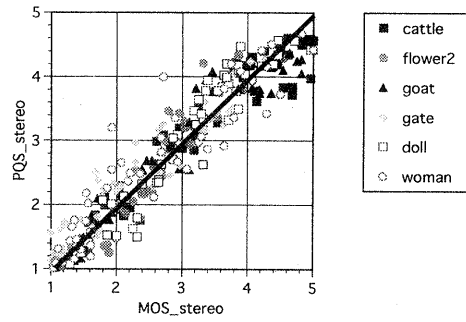
4.2 左右画像の QS が異なるステレオ画像に対する性能比較

次に、左右画像の QS が異なるステレオ画像に対する画質評価モデルの性能比較を検討した。その結果を表 5 に示す。表 4 と同じく、相関係数、最大誤差、平均誤差が示されている。この表からそれぞれの Model を比較すると、多少、Model 3 の性能が Model 1 よりも向上しているが、大きな改善の度合は見られない。このときの MOS と PQS_{stereo} との関係を図 3 に示す。これらの図からそれぞれの Model を比較すると、ほとんどの画像のプロット点は、広がりは見られるものの実線 ($MOS = PQS_{stereo}$) 付近に分布している。しかし、幾つかの画像 (woman 等) は実線から離れたところに点在している。

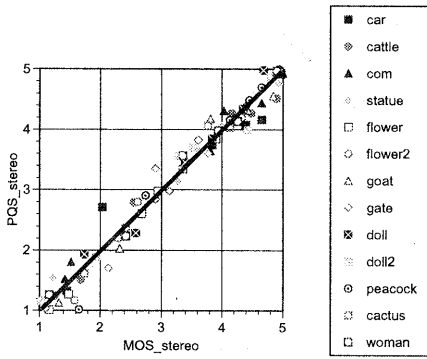
次に、Model 3 に於いて画像別の性能比較を行った。その結果を表 6 に示す。また、画像 woman と画像 goat の結果を図 4 に示す。これより、画像 woman を除いて全ての画像は同程度の性能となっている。今回の評価実験では、左右画像の QS の差が大きい場合も評価データとして用いている。よって、主観画質評価を行なう際には、評価者は JPEG 符号化による符号化歪とそれが立体視に与える影響を含めて評価しているので、画像内容と符号化歪+立体



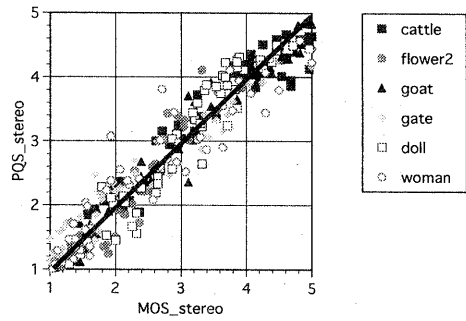
(a) Model 1



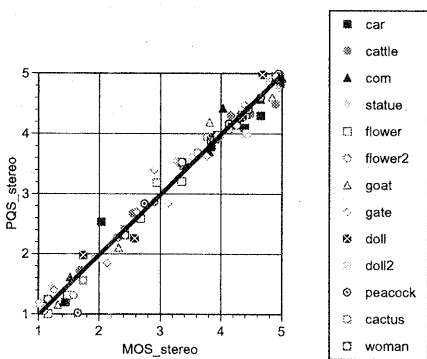
(a) Model 1



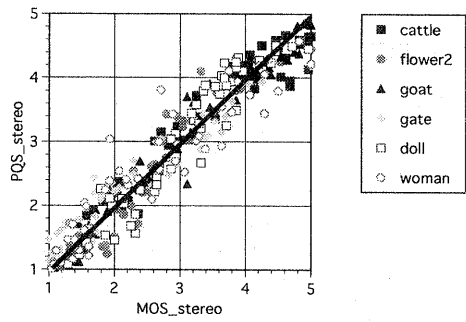
(b) Model 2



(b) Model 2



(c) Model 3



(c) Model 3

図 3: MOS と PQS_{stereo} の関係 (QS が異なる)

図 2: MOS と PQS_{stereo} の関係 (QS が同じ)

表 6: Model 3 における画像別の性能比較

	相関係数	最大誤差	平均誤差
cattle	0.960	0.83	0.27
flower2	0.962	0.78	0.22
goat	0.980	0.77	0.19
gate	0.965	0.81	0.28
doll	0.952	0.75	0.27
woman	0.936	1.11	0.31

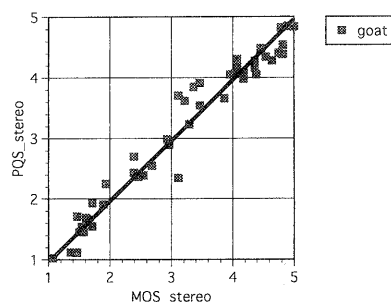
視との関係を詳細に調査しなければ、評価モデルに対する画像の依存性は解決できないと考えられる。

5 むすび

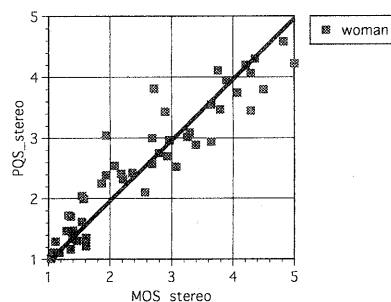
本稿では、符号化されたステレオ画像における画質劣化の見え方の相違や視差情報を考慮した画質評価モデルの構築を検討した。左右画像に対する符号化方式の影響をなくすために、視差補償符号化ではなく、それぞれに JPEG 符号化を施した。画質評価モデルとしては、edge 部分やそれ以外の smooth 部分に関する歪要因を別々に取り扱い、さらに画像の Texture 特徴量や視差情報を加えることにより、かなりの推定精度をあげることができた。今後、画像内容の依存性の解消と推定精度のさらなる向上が検討課題である。

参考文献

- [1] Y.Furusho, K.Kotani, Y.Horita, Y.Kenmochi and V.R.Algazi, "Picture Quality Evaluation Model for Color Coded Images", Proc. of IEEE ICIP99, Vol.4, pp343-347 (Oct. 1999)
- [2] Y. Horita, Y. Inazumi, K. Kotani, T. Murai and V.R.Algazi, "Quality Estimation Model of Monochrome Still Picture Based on Distortion Factors and Texture Features", Proc. of IS & T's 1999 PICS Conference, pp419-424 (Apr. 1999)
- [3] R. M. Haralick, K. Shanmugam, and I. Dinstein. "Texture Feature for Image Classification", IEEE Trans. SMC, Vol.SMC-3, No.6, pp.610-621 (Nov. 1973)
- [4] W. Zheng, Y. Shishikui, Y. Tanaka, I. Yuyama, "Hierarchical Correlation Disparity Estimation for Stereoscopic Image Coding", Trans. of



(a) picture : goat



(b) picture : woman

図 4: MOS と PQS_{stereo} の関係 (画像別)

IEICE(D-II), Vol.J80-D-II, No.2, pp505-512 (Feb. 1997)

- [5] 濱岸五郎, 坂田政弘, 山下郭弘, 増谷 健, 井上益孝, 郭順也, 泰間健司: "イメージスプリッタ方式メガネなし 2D/3D ディスプレイ", 映像情報メディア学会誌, Vol.53, No.3, pp466-pp472 (March 1999)
- [6] "CJPEG C ソースコード", <ftp://ftp.uu.net/graphics/jpeg/jpegsrc.v6a.tar.gz>
- [7] 河合良直, 堀田裕弘, 村井忠邦: "ステレオ静止画像における画質評価モデルの構築", 信学技報, IE99-47, pp.17-24 (Sept. 1999)