

S-CIELAB 色空間を用いた多視点 3DCG 画像と 5K 画像の符号化画質評価に対する相互比較 Comparison for 3D CG Image Quality Assessment between Multi-view 3D and 5K Images Including S-CIELAB Color Space

河畑 則文[†]
Norifumi Kawabata

宮尾 克[†]
Masaru Miyao

1. まえがき

2020 年の東京オリンピックに向けて、従来の Full HDTV 画質の 4 倍の画面解像度である QFHDTV (Quad Full HDTV, 4KTV)の地上波放送開始の準備が進んでいる。それに伴い、3D 映像の画質も向上することになり、付加価値として再注目されている。現在、多視点 3D 映像に関する研究開発が進められている。我々は今までに、S-CIELAB 色空間を用いた多視点裸眼 3DCG 画像の符号化画質評価について研究を行ってきた [1]。多視点 3D 画像は各々の視点に関する画面解像度は低い、立体感や奥行きが影響するため、評定者は画面解像度に対する違和感を覚えることはほとんど見られない。一方、4K, 5K 画像のように、高精細化することで発生する立体感や奥行きも考えられる。総じて、両者の符号化画質に関する議論は明らかでなく、主観評価に加えて、視覚の空間周波数特性を考慮している S-CIELAB 色空間を用いて客観的に測定し、符号化画質と画面解像度、ディスプレイについて相互比較する必要があると考えた。

本稿では、8 視点パララックスバリア方式において、H.265/HEVC で符号化させた 3DCG 画像と、5K 高精細ディスプレイにおいて、機械学習を用いて人工知能で予測、復元させる画像拡大ツール waifu2x-caffe [2],[3] を用いて超解像させた 5K 高精細符号化画像の主観評価を行い、その結果を分析した。そして、SVM (Support Vector Machine)を用いることにより符号化画質、主観評価間で分類を行った。また、S-CIELAB 色空間を用いて、処理画像の輝度 L^* を測定し、その後、CIEDE2000 を用いて、元画像との色差 ΔE_{00} を求めることにより、実験間の相互比較を含めて分析した。

2. 評価実験

実験で用いた静止画像は NICT が無償で提供している 3DCG コンテンツ (Museum, Wonder World)を使用した [4],[5]。画像の生成方法として、まず、8 視点分の CG カメラを構築し、ハイビジョン画質の静止画像を生成した。その後、8 視点分の静止画像を H.265/HEVC で符号化させて、8 視点分の符号化画像を生成し、各々を合成することで、評価画像を得た (Multi-view)。一方、5K 高精細ディスプレイの提示のために、1 視点の画像 (1920×1080)を waifu2x-caffe で超解像 (120×120 pixels のブロック単位で)処理を行い、5K 画像に変換した後、H.265/HEVC 符号化を行い、生成画像を得た (Super-resolution→HEVC)。また、1 視点の画像を H.265/HEVC で符号化した後に waifu2x-caffe で超解像処理を行い、5K 画像に変換し、生成画像を得た (HEVC→Super-resolution)。本研究では、H.265/HEVC の量子化パラメータ QP 、3DCG コンテンツ、提示パターンを含めて、計 40 通りの画像シーケンスを準備した。実験内容として、本実験で用いたディスプレイはニューサイト社の多視点裸眼 3D ディスプレイ “Newsight 3D (1920×1080)” と Apple 社の

“iMac 5K Retina モデル (5120×2880)”を用いた。主観評価における評価方法として、基準画像を 10 秒提示し、グレー画像を 3 秒挟んだ後に、評価画像を 10 秒提示し、評価及び記入を 10 秒で行う。これを 1 セットとして、6 回繰り返す。ここで、基準画像は符号化無し画像で、実験は暗室で行われた。評価基準は DSIS (Double Stimulus Impairment Scale)法により、5 段階で評定し、MOS (M_{MOS}, W_{MOS})により評価を行った。ここで、4.5, 3.5, 2.5 をそれぞれ検知限、許容限、我慢限とした。一方、客観評価に関しては、まず、原画像と処理画像を色分解し、その後、RGB→XYZ→反対色→空間フィルタ処理 (Spatial filter including Gaussian kernel)→反対色→XYZ→Lab 空間と変換を行うことにより、S-CIELAB 色空間の処理を行った [6]。各々の処理画像に対する輝度 L^* を測定した後、CIEDE2000 を用いて色差 ΔE_{00} を計算した。ここで、色差 ΔE_{00} は画像ピクセル全体の平均である。

3. 実験結果と考察

主観評価の結果として、図 1 の縦軸は MOS (M_{MOS}, W_{MOS})、横軸は QP (Quantization Parameter)を示す。また、図中のプロット点から上下に伸びるエラーバーは 95%信頼区間を示す。“Multi-view”の場合、 M_{MOS}, W_{MOS} 間で差分が一番大きく、コンテンツ間で違いが見られた [1]。“Super-resolution→HEVC”の場合、 $QP \leq 25$ で検知限を満たし、 $QP = 35$ で許容限、 $QP = 40$ で我慢限を満たした。コンテンツ間の差分は一番小さかった。“HEVC→Super-resolution”の場合、コンテンツ間の上下変動が大きく、 $QP = 35$ で我慢限を満たすが、 $QP > 35$ で急激に M_{MOS}, W_{MOS} の下降が見られる。全体として、“Multi-view”とそれ以外でコンテンツ間の差分、“Super-resolution→HEVC”と“HEVC→Super-resolution”で QP の我慢限の値域に関して、各々違いが見られた。

一方、客観評価の結果として、図 2 の縦軸は輝度 L^* 、横軸は QP を示す。“Museum”に関しては、“Multi-view”とそれ以外で L^* の差分が 1 程度あり、画面解像度の影響ではないかと考えられる。一方、“Wonder World”に関しては、相互的にほとんど変化は見られないが、 $QP \geq 40$ で“Super-resolution→HEVC”はそれ以外と比べて L^* が 0.2 程度上がっており、画面解像度における符号化との関連が考えられる。全体として、輝度 L^* はディスプレイよりも画面解像度との関係が多く影響していると考えられる。また、図 3 の縦軸は色差 ΔE_{00} 、横軸は QP を示す。各々のパターン間で特徴が見られた。 ΔE_{00m} は全体として、“HEVC→Super-resolution”がそれ以外に比べて高い傾向にあった。一方、 ΔE_{00w} は“Multi-view”の場合、 $QP > 30$ 、“Super-resolution→HEVC”の場合、 $QP > 35$ 、“HEVC→Super-resolution”の場合、 $QP > 40$ で急激な上昇が見られた。“Multi-view”は急に上昇、“HEVC→Super-resolution”は緩やかに上昇するが、“Super-resolution→HEVC”は $QP = 40$ で上昇し、 $QP = 51$ で下降する。画面解像度と符号化との関係が影響していると考えられる。

表 1 は SVM の分類正答率を示す。“Multi-view”と“HEVC→Super-resolution”で分類正答率が 70%超で分類可能だった。

[†]名古屋大学大学院情報科学研究科, Graduate School of Information Science, Nagoya University

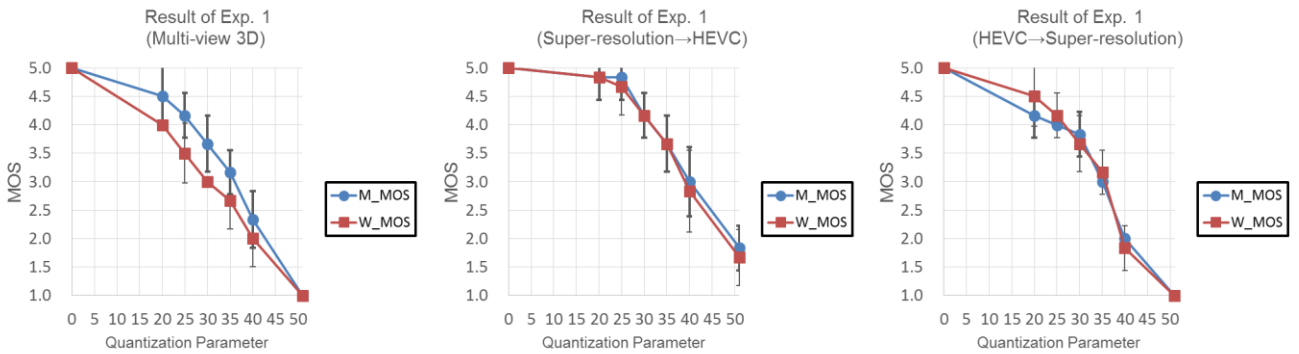


図 1: 実験 1 の結果 (M_{MOS}, W_{MOS})

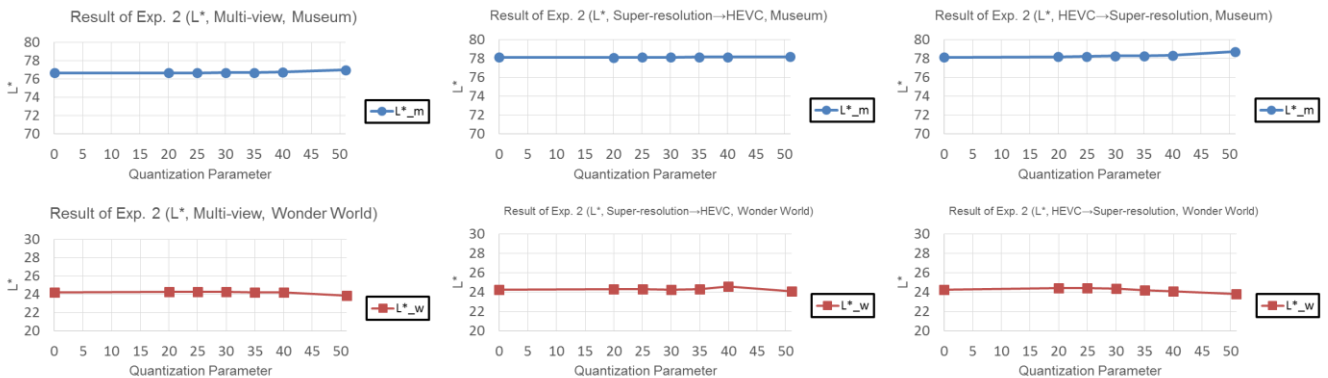


図 2: 実験 2 の結果 (L^*)

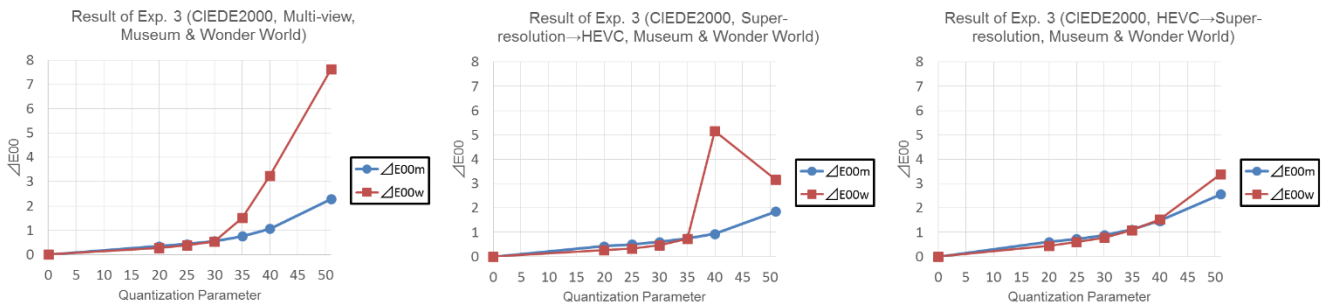


図 3: 実験 3 の結果 (ΔE_{00})

Table 1: SVM Correctly Classified Percentage

Class	Total Number of Instances	Correctly Classified Instances	Percentage	Mean absolute error	Root mean squared error
Multi-view (QP)	42	31	73.8%	0.21	0.31
Super-resolution → HEVC (QP)	42	22	52.4%	0.22	0.32
HEVC → Super-resolution (QP)	42	33	78.6%	0.21	0.31
All (QP)	126	68	54.0%	0.21	0.32
All (Exp.)	126	71	56.3%	0.35	0.45

4. まとめ

本研究の結果から、多視点 3D 画像と 5K 画像、5K 画像の中でも超解像→HEVC、HEVC→超解像による違いが特

に、主観評価と CIEDE2000 色差式から明らかになった。今後はもう少し深く評価実験や画像解析を進めていく。

謝辞

本研究の一部は平成 27 年度名古屋大学大学院情報科学研究科博士研究助成を受けて実施された。深く感謝する。

参考文献

- [1] 河畑則文, 宮尾克, “S-CIELAB 色空間を用いた 8 視点裸眼 3DCG 画像の符号化画質評価”, 信学総大, A-21-2, p. 292, 立命館大, March 2015.
- [2] 井上光平, 原健二, 浦浜喜一, “waifu2x に基づく画像縮小”, 信学技報, vol. 115, no. 493, pp. 135–138, March 2016.
- [3] waifu2x-caffe, <https://github.com/iltcgie/waifu2x-caffe/releases>, accessed June 27, 2016.
- [4] <http://www.nict.go.jp/>, accessed June 27, 2016.
- [5] N. Kawabata and M. Miyao, “3D CG Image Quality Metrics by Regions with 8 Viewpoints Parallax Barrier Method,” *IEICE Trans. on Fundamentals*, Vol. E98-A, No. 08, pp. 1696–1708, August 2015.
- [6] G. M. Johnson, M. D. Fairchild, “A Top Down Description of S-CIELAB and CIEDE2000,” *Color Research & Application*, vol. 28, no. 6, pp. 425–435, 2003.