

インテグラル立体画像の情報量低減と符号化画質の評価

原 一宏[†] 片山 美和[†] 大岡 知樹[‡] 高橋 桂太[‡] 藤井 俊彰[‡] 河北 真宏[†]

[†] 日本放送協会 放送技術研究所 〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11

[‡] 名古屋大学大学院工学研究科 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

E-mail: [†] hara.k-mg@nhk.or.jp

あらまし 我々はインテグラル方式による立体テレビの実現を目指し、立体情報の圧縮符号化技術の研究を進めている。本研究では、インテグラル立体の画像情報量の低減を目的として、多視点画像の視点数の削減と立体像の画質の関係や、多視点画像に符号化方式を適用した場合の圧縮効率や立体像の画質を調べた。今回、奥行き距離情報を付加することで多視点画像の視点数の削減を行い、逆変換して立体像を再生表示して画質を主観評価し、許容できる画質の視点数を求めた。また、多視点画像に 3D-HEVC を適用して、視点数と立体情報の圧縮効率の関係や画質を主観評価した。その結果、奥行き距離情報を付加することで視点数を大幅に低減でき、立体情報量を低下できる結果を得た。

キーワード 立体テレビ, インテグラル式, 符号化, 要素画像, HEVC, 3D-HEVC

Information reduction for integral imaging and video coding for multi views

Kazuhiro HARA[†] Miwa KATAYAMA[†] Tomoki OOOKA[‡] Keita TAKAHASHI[‡]
Toshiaki FUJII[‡] and Masahiro KAWAKITA[†]

[†] NHK 1-10-11 Kinuta Setagaya-ku Tokyo 157-8510 Japan

[‡] Graduate School of Engineering, Nagoya University Furo-cho Chikusa-ku Nagoya 464-8603 Japan

E-mail: [†] hara.k-mg@nhk.or.jp

Abstract We have been developing the most suitable video coding for an integral 3D image to implement a 3D television service. To reduce the amount of information needed to reconstruct an integral image, we evaluate the correlation between the quality of the integral imaging and the number of multi views. In this study, we show the results for the correlation and the compression performances when fewer multi views including the depth views are coded by 3D-HEVC. We compared compression performance when coding all views and coding fewer views including depth views. The results showed that coding fewer multi views including depth views enhanced the efficiency of the compression performance more than coding all views.

Keyword Three-dimensional television, Integral imaging, Video coding, Elemental image, HEVC, 3D-HEVC

1. はじめに

将来の立体テレビの実現に向けて、インテグラルフォトグラフィ [1] を基本原理とするインテグラル立体テレビの研究を進めている。高品質なインテグラル立体像の実現には、要素レンズが高密度に配列したレンズアレイを使用する。また、十分な奥行きのある立体像を得るためには、各要素レンズに対応する要素画像の多画素化が必要である。そのため、高品質なインテグラル立体像を再生するには、多くの映像情報が必要となる [2]。これらの立体画像情報量を効率よく伝送や記録

するためには、専用の圧縮・符号化技術の開発が必要となる。

本稿では、インテグラル立体画像情報量の効率的な圧縮符号化を目指し、立体情報量と画質の関係を調べた。はじめに、奥行き距離情報を付加して多視点画像数の視点数を削減した場合の立体像の画質を主観評価実験で調べ、視点数削減の許容範囲の目安を得る。次に、画像に 3D-HEVC の符号化処理を適用し、符号・復号後の立体像の画質や圧縮データ量を評価した。

2. 視点数の低減

インテグラル立体像を表示する要素画像群は多視点画像群に変換できる[3]。このとき要素画像の画素数は多視点画像群に変換したときの視点数と等しくなる。今回、多視点画像群の視点数を減らし、代わりに奥行き画像を付加する。表示では、多視点画像とその奥行き画像から不足する多視点画像を視点内挿する。その後、多視点画像群から要素画像群に変換して、各視点数における表示立体像の画質を主観評価する。

2.1. テスト画像と表示装置

3次元CGモデルを仮想カメラで撮影しテスト用の多視点画像群を生成した(図1)。インテグラル立体表示装置と要素画像群の仕様を表1に示す。要素画像の画素数が21.74×21.74画素であることから、22×22視点の多視点画像を生成した。また、奥行き情報を使用した視点内挿処理を行うことから、全ての多視点画像に対応した奥行き画像(以下、奥行き画像群)を生成した。奥行き画像では、仮想空間上にあるデプスカメラアレイ面からの垂直距離を輝度値で表したグローバルデプスを用いた[4]。カメラまでの距離が近い場合奥行き画像の輝度値を255とし、遠い場合を0とした。

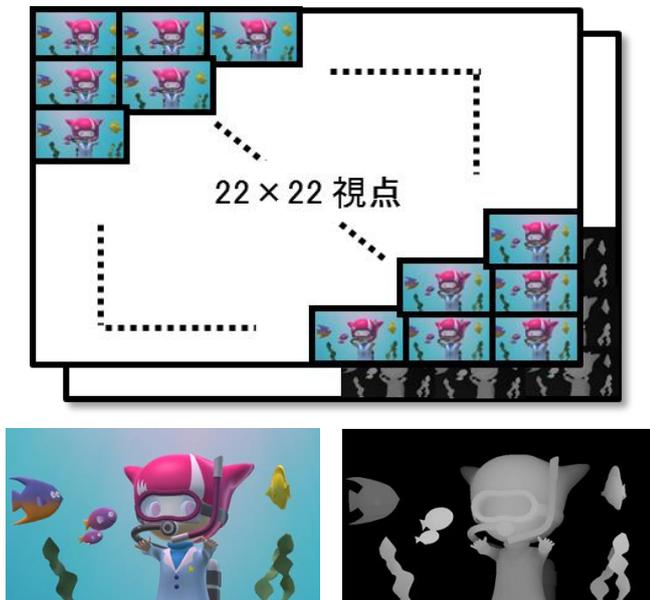


図1 実験で使用したテスト画像

表1 表示装置と要素画像群の仕様

モニタ	サイズ	9.6 インチ
	有効画素数	3840×2160 画素
	画素ピッチ	55.5 μm
レンズアレイ	配列	正方
	レンズ数	176×99 個
要素レンズ	形状	正四角形
	サイズ	1.2068 × 1.2068 mm
	焦点距離	2.41 mm
要素画像	画素数	21.74 × 21.74 画素
	視域角	28 度

2.2. 実験方法

主観評価実験はITU-R 勧告 BT.500 に規定されているDSIS法 Variant IIを適用した[5]。基準画像は、図1の多視点画像群(22×22視点)を要素画像群に変換することで生成した。評価画像は、図1の22×22視点の多視点画像(V)に対して、等間隔に多視点画像を間引いた、8×8視点の多視点画像(V)と奥行き画像(D)、4×4視点の多視点画像(V)と奥行き画像(D)、2×2視点の多視点画像(V)と奥行き画像(D)からそれぞれ視点内挿を行うことで多視点画像を生成した。その後、要素画像群に変換し表1に示す立体表示装置で立体像を表示して評価した。主観評価実験では、評定者からレンズアレイまでの距離は表示装置の画面サイズとレンズピッチから約2.1mに設定した。評定者は映像の専門家8名とした。

2.3. 実験結果

立体画像情報量と評点の平均値の関係を図2に示す。横軸は立体画像情報量とし、22×22視点の多視点画像群(V)の画像情報を基準(100%)とした。縦軸は評点の平均値を示す。奥行き画像群(D)の立体画像情報量は8ビットの奥行き画像から構成されることから、多視点画像群の3分の1の立体情報量とした。

4×4視点の多視点画像群(V)と奥行き画像群(D)から生成した立体像では、基準画像からの画質劣化は4以上の評点となる結果が得られた。これは立体画像の情報量を4.3%に低減しても、再生立体像には顕著な画質劣化が見られないことを示している。また、立体像の全体の視域角が28度であるため、4×4視点における隣接視点間の視域角は9.3度となる。一方、2×2視点の多視点画像群(V)と奥行き画像群(D)から生成する立体像では、基準画像からの画質劣化は顕著となり、2以下の評点となった。

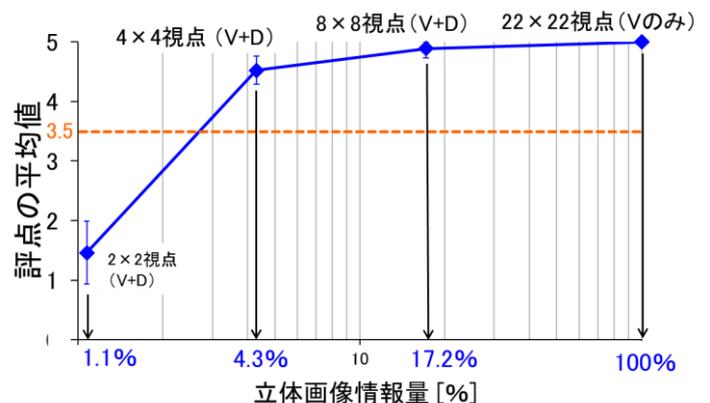


図2 立体画像情報量と評点の平均値

3. 符号化実験

立体画像情報量を低減した多視点画像群に符号化を行い、圧縮データ量と符号化画質の関係を検証する。

符号化では、要素画像群を直接符号化するよりも、要素画像群を多視点画像群に変換後に多視点映像符号化を適用するほうが高い符号化効率が見られるため[6]、多視点画像群に対して 3D-HEVC の符号化を行う。主観評価実験では、立体画像情報量の低減による画質劣化と符号化による画質劣化の両方を含む立体像の画質を検証した。

3.1. テスト画像と表示装置

図 1 のテスト画像において、多視点画像群を 4x4 視点まで低減させても立体像に顕著な画質劣化が見られなかったため、4x4 視点と 8x8 視点の多視点画像群(V)と奥行き画像群(D)をテスト画像とした。さらに立体画像情報量を低減しない場合との比較をするために、22x22 視点の多視点画像群(V)を基準画像とした。図 3 に 22x22 視点の多視点画像群(V)から生成したインテグラル立体像(図 3(a))と、4x4 視点の多視点画像群(V)と奥行き画像群(D)から生成したインテグラル立体像(図 3(b))を示す。主観評価実験では表 1 に示す仕様の立体表示装置と要素画像群を使用した。

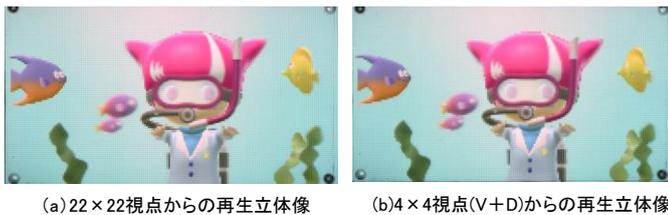


図 3 インテグラル立体再生像

3.2. 実験方法

テスト画像の符号化に 3D-HEVC の符号化方式を適用した。3D-HEVC では一度に符号化できる視点数が 63 視点と制限されるため、リファレンスソフトウェアを変更し、254 視点まで符号化できるように拡張した。255 視点以上の視点数を持つ 22x22 視点(合計 484 視点)の多視点画像群の符号化では、多視点画像群を 4 組に分けた。復号側で視点内挿が必要な 4x4 視点と 8x8 視点の多視点画像群(V)と奥行き画像群(D)では、奥行き画像情報も併せて符号化した。実験ではそれぞれ 4 通りの量子化パラメータ(QP 値)で符号化した。復号された奥行き画像群(D)と多視点画像群(V)から前の項と同じ方法で視点内挿を行った。補間された多視点画像群と復号後の多視点画像群から、要素画像群に変換を行い立体表示して評価した。基準画像は符号化・復号化をしない 22x22 視点の多視点画像群(V)から生成する要素画像群による立体像とした。主観評価実験は ITU-R 勧告 BT.500 に規定されている DSIS 法 Variant II を適用した。評定者からレンズアレイまでの距離と評定者の人数は前項の実験条件と同じとした。

3.3. 実験結果

符号化後の各テスト画像の圧縮データ量と復号後に表示した立体像の評定の平均値の関係を図 4 に示す。横軸は符号後の圧縮データ量とし、縦軸は評定の平均値を示す。評定の平均値では、一般的に画質劣化の許容限と考えられる 3.5 のデータ量を示す。

実験結果から、各グラフの圧縮データ量と符号化画質の関係では、立体画像情報量を低減する場合としない場合を比較し、立体画像情報量低減の影響によって符号化による画質劣化が顕著に表れないことが示された。そのため、4x4 視点の多視点画像群と奥行き画像群の立体画像情報量を符号化したときに高効率な圧縮ができています。このとき、評定の平均値が 3.5 となるデータ量は約 27 kByte であり、22x22 視点の多視点画像群を符号化する場合では 277 kByte となることから、約 1/10 にデータ量を低減できた。

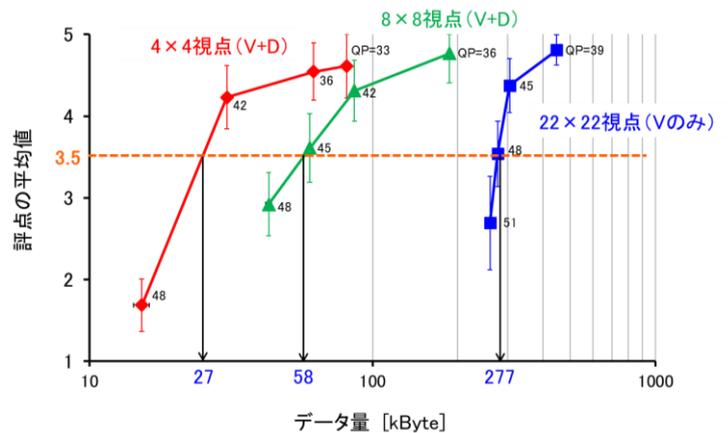


図 4 符号化後の圧縮データ量と評定の平均値

4. 実写多視点画像群の符号化

前項の実験で得られた視点数をもとに奥行き画像付きの実写画像を撮影し、符号・復号化・視点内挿し、得られた要素画像群から表示される立体像の主観評価実験を行った。

4.1. テスト画像と表示装置

図 5 に本実験で使用したテスト画像を示す。撮影では、5x5 台のカメラで 25 視点を取得した。さらに 2 台のプロジェクタから被写体に輝度分布を有するパターン光を投影することで、各カメラ画像に対応する奥行き画像を生成した[7]。実験では、前項と同じ表示装置と同じ仕様の要素画像とした(表 1)。

4.2. 実験方法

5x5 視点の多視点画像と奥行き画像の合計 50 枚の画像に 3D-HEVC の符号化を行った。量子化パラメータは 4 通り(QP=30,33,36,42)とした。復号後に視点内挿を行うことで必要な画像を補間し要素画像群を生成した。主観評価実験では前項の実験と同条件での評価を実施

した。符号化しない画像群から生成した立体像を基準画像とし、符号・復号した画像から生成した立体像を評価画像とした。評定者は映像の専門家 8 名とした。

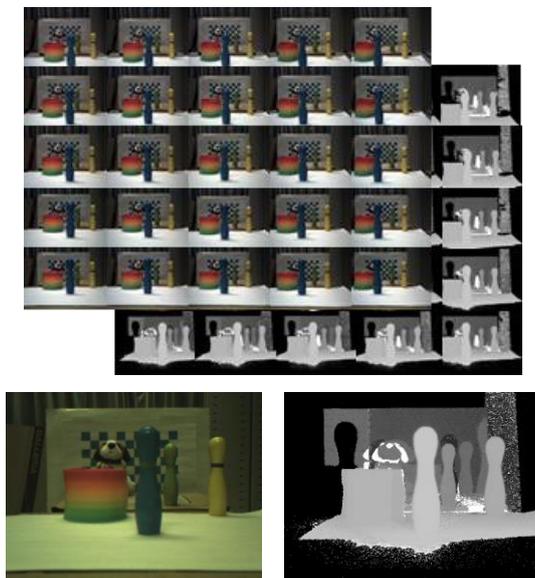


図 5 本実験で使用したテスト画像

4.3. 評価結果

符号化後のテスト画像の圧縮データ量と復号後に表示した立体像の評点の平均値の関係を図 6 に示す。データ量を約 290 kByte まで圧縮したとき評点の平均値が 3.5 の値を示した。本グラフで、QP 値 36 の場合に大きく評点が低下しているが、この要因は画面周辺部の奥行き距離の検出が良好でない部分のノイズが、主観評価に大きく影響したと思われる。奥行き距離の検出精度や性能が向上すれば、CG 画像のときのような低減効果も期待できる。

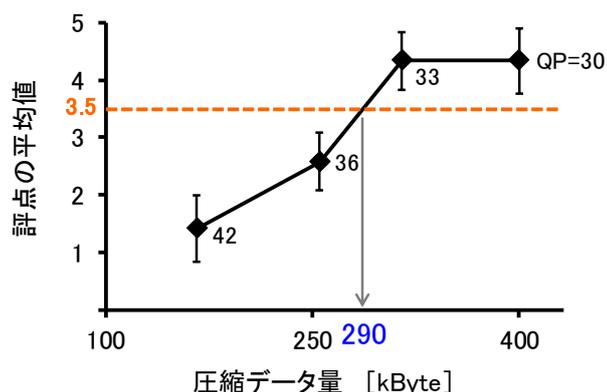


図 6 圧縮データ量と立体像の評点の平均値

5. おわりに

インテグラル立体像を表示する要素画像群の生成に必要な多視点画像群の視点数を削減したときの立体像の画質を検証した。

CG で生成した多視点画像群と奥行き画像群をテス

ト画像とし、視点数とインテグラル立体像の画質の関係を主観評価した。その結果、多視点映像の視点数を奥行き情報を付加することで削減し、立体画像情報量を 10%~5% 程度に低減しても顕著な画質劣化は見られないことを確認した。

符号化実験では、立体画像情報量を低減した多視点画像群に対して 3D-HEVC で符号化、符号化画質を検証した。立体画像情報量を低減した場合には、立体画像情報量を低減しない場合と比較し、約 10 分の 1 のデータ量まで圧縮しても同程度の画質が得られた。さらに、実写画像を使用し符号化実験を行い、データの圧縮量は CG に対して少ないものの、立体画像情報量の低減効果があることを示した。

今後は、動画像やオクルージョンが多い複雑なシーンなどのテスト画像で検証を進めていく。また、情報低減に効果的な奥行き推定や視点補間方法についても検討を進めていく。

文 献

- [1] M.G. Lippmann: “Épreuves, réversibles donnant la sensation du relief,” J. de Phys., Vol. 4, pp.821-825(Nov.1908)
- [2] J. Arai et al., “Integral three-dimensional television with video system using pixel-offset method,” Optics Express, Vol. 21, no. 3, pp.3474-3485 ,(2013).
- [3] 原一宏, 洗井淳, 河北真宏, 三科智之 : “インテグラル立体の符号化効率向上のための要素画像サイズの変換方法” , Vol.40, no.26, ME2016-84, p.5-8 ,(2016)
- [4] Senoh, T., Ichihashi, Y., Sasaki, H. et al., “Simple multi-view coding with depth map,” 3DR Express, 10.1007, (2013)
- [5] Recommendation ITU R BT.500-13, " Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures."
- [6] 原一宏, 洗井淳, 河北真宏, 三科智之 : “インテグラル立体に対する既存符号化方式の適用” , Vol.39, no.36, 3DIT2015-37, p.23-26 ,(2015)
- [7] 大岡知樹, 高橋桂太, 原一宏, 片山美和, 河北真宏, 藤井俊彰 : “インテグラル立体表示のための多視点 View+Depth 撮影・処理方式の検討”, 電子情報通信学会総合大会, (2017)