

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変換方法

原 一宏 洗井 淳 河北 真宏 三科 智之

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

E-mail: hara.k-mg@nhk.or.jp

あらまし インテグラル式の立体像に適した高効率な符号化技術の研究を進めている。本稿では、インテグラル立体像を形成する実写の要素画像群に対して、要素画像群から多視点画像群に変換して多視点映像符号化方式 3D-HEVC を適用する場合の符号化効率を評価した。要素画像群から多視点画像群への変換では、要素画像のサイズ変換方法を提案し、サイズ変換の有無での客観評価実験を進め、符号化効率が向上することを確認した。

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

Resizing method of elemental images for improving the coding efficiency of integral 3D images

Kazuhiro HARA Jun ARAI Masahiro KAWAKITA and Tomoyuki MISHINA

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

E-mail: hara.k-mg@nhk.or.jp

Abstract We are researching to find the proper video coding techniques for integral 3D images to obtain a more efficient compression performance. In this paper, we show the compression performance for captured elemental images by using the existing techniques such as 3D-HEVC and precisely describe the proposed method for resizing the elemental image before converting it into multi-view images. The results of this study show the proposed method improves the compression performance more effectively.

Keyword Three-dimensional television, Integral imaging, Video coding, Elemental image, 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式立体の研究を進めている。インテグラル式で高品質な立体像を実現するためには、撮影や表示に使用されるレンズアレイにおいて要素レンズが高密度に配列されていることや、各要素レンズに対応する要素画像の画素数が多いことが必要である。そのため膨大な画像情報が必要であり、これらを効率よく伝送や記録するための圧縮技術の開発が必要となる。

われわれはこれまでに、インテグラル式に適した圧縮符号化の開発に向けて、CGで生成したインテグラル立体像を表示する要素画像群に既存の符号化方式や視点間の相関を利用する多視点映像符号化方式を適用した場合の符号化について検証してきた[2]。本稿では実写でのインテグラル立体像を表示する要素画像群から変換した多視点画像群に対して HEVC(High Efficiency Video Coding)を拡張した多視点映像符号化方式である

3D-HEVC で符号化した場合について、復号後の画質を PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)で評価する。さらに符号化効率向上のため要素画像群から多視点画像群への変換時に要素画像のサイズ変更する手法の提案をする。実写の要素画像にサイズ変換を行い、3D-HEVC で符号化した場合について客観評価実験を行い、符号化効率の向上の確認する。

2. 評価画像

複数のカメラを用いたインテグラル立体撮像系[3]により撮影した要素画像群を評価画像として使用した。実際に使用した表示装置と要素画像群の仕様を表 1 に、インテグラル立体像を図 1 に示す。符号化では、評価画像に 6 通りの量子化パラメータ (QP 値)にて符号化を行った。3D-HEVC での符号化では要素画像群から多視点画像群に変換し得られる多視点映像に対して符号化を行った。さらに比較用として要素画像群に直接 HEVC の符号化を行った。

表 1 表示装置と要素画像群の仕様

| | | |
|---------------|-------|--------------|
| 表示装置 (LCD) | 画素数 | 3840×2160 画素 |
| | 画素ピッチ | 55.5 μm |
| | 画面サイズ | 9.6 インチ |
| レンズアレイ | 配列 | デルタ |
| | レンズ数 | 213×138 個 |
| 要素レンズ | 形状 | 円 |
| | 直径 | 1.0 mm |
| | 焦点距離 | 2.0 mm |
| 要素画像(直径) | 画像サイズ | 18.018 画素 |



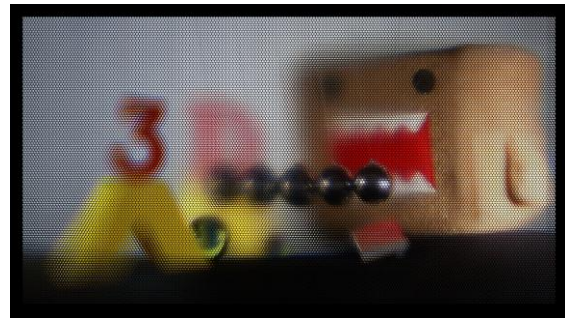
図 1 再生されたインテグラル立体像

3. 多視点画像群への変換

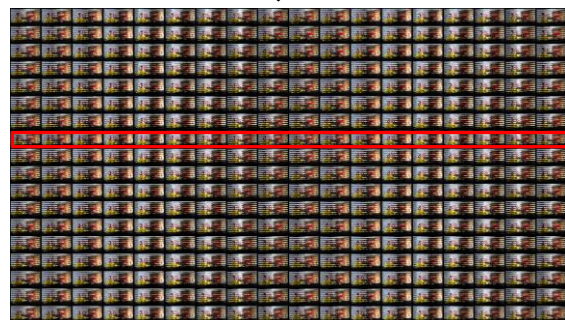
インテグラル式において、 $w \times h$ 画素の要素画像から構成される要素画像群があるとき、各要素画像から同じ画素位置に存在する画素を抽出することで、 $w \times h$ 視点の多視点画像群に変換できる。多視点映像符号化では一度に符号化できる視点数は限られており、3D-HEVC では最大で 63 視点まで符号化を行うことができる。本稿で使用する評価画像の要素画像(図 2(a))の画素数は整数値で 18 画素は画素に近似でき、合計で 324 視点となる。そのため、一つの多視点画像を時間軸方向に並べることで複数のフレームから構成される多視点映像を生成した。具体的には、以下に示す(i)~(iii)の手順によって 18 視点 18 フレームの多視点映像へ変換を行った(図 2)。復号時は(i)~(iii)と逆の処理を行うことで多視点映像から要素画像群に変換をした。

- (i) 各要素画像から同じ位置の画素を選択し、要素画像の画素数の合計に等しい 324 視点の多視点画像群を生成する。(図 2(b))
- (ii) (i) の多視点画像群を 1 行毎に分割し、1 行に並ぶ 18 視点の多視点画像を 1 つの視点群とする。
- (iii) (ii) の視点画像 18 枚を 1 列毎に分割し、18 フレームの映像とする。同様の処理を各行で行い、合計で 18 視点の映像を生成する。(図 2(c))

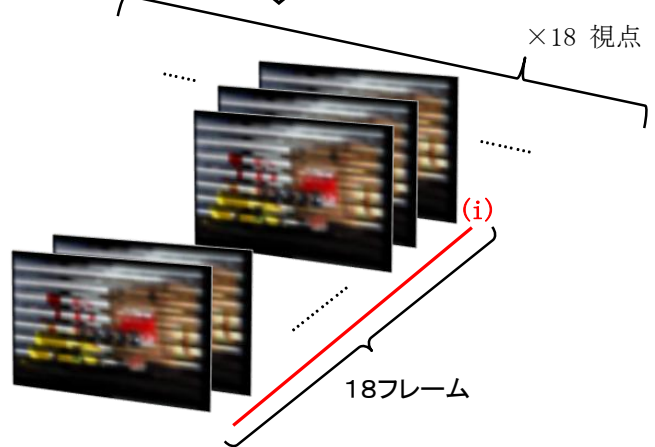
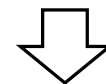
変換後の 1 視点画像を図 3 に示す。画像上にある黒い筋は要素画像の画素数が表示装置の画素に対して整数値でないことから生じている。これは多視点映像変換時に画素の抽出が整数単位で行われることから要素



(a) 要素画像群



(b) 多視点画像群



(c) 18視点18フレームの多視点映像

図 2 要素画像群から多視点映像への変換

画像毎にズレが生じ、全ての要素画像で同じ位置にある画素から画素を抽出できないことに起因する。図 3 では、誤って抽出される要素画像周辺に存在する要素画像外の成分が黒いノイズとして表れている。

4. 要素画像群のサイズ変換処理

4.1. 符号・復号処理のフロー

本稿では、要素画像外の成分が起因する黒いノイズ成分を低減するため、要素画像群から多視点画像群への変換時の要素画像のサイズがディスプレイの画素サ

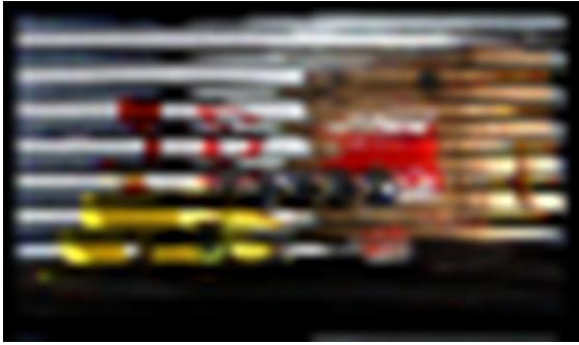


図3 変換された多視点画像

イズと整数比でない場合に前処理としてサイズ変換処理を行うことを提案する. 提案手法を用いた符号・復号処理のフローを図4に示す. 画像サイズ変換では要素画像群に対してサイズ変換処理を行うことで, 要素画像のサイズと表示系のディスプレイの画素サイズが整数比の関係になるようする. さらに, 画像サイズ変換時の画質劣化を防ぐため, 提案する画像サイズ変換手法は可逆変換が行える方式とした.

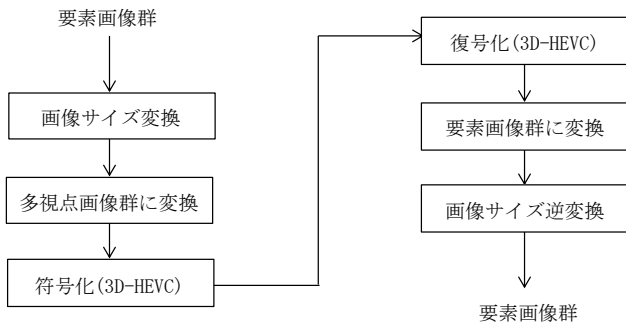


図4 提案手法を用いた符号・復号処理のフロー

4.2. サイズ変換方法

要素画像のサイズ変換の倍率は要素画像の画素サイズと表示系のディスプレイの画素ピッチの関係で決まる. サイズ変換は要素画像の幅 w と高さ h を表示系のディスプレイの画素単位で表したときに, w と h が整数値ではない場合に行う. このとき, 床関数 $\lfloor \cdot \rfloor$ を用いてサイズ変換時の水平方向の倍率 N_w と垂直方向の倍率 N_h はそれぞれ式(1)で表せる.

$$N_w = \frac{\lfloor w \rfloor + 1}{w}, \quad N_h = \frac{\lfloor h \rfloor + 1}{h} \quad (1)$$

ここで倍率 N_w と N_h はそれぞれ 1 以上となるため, サイズ変換では画素の補間が必要となる. 提案手法では可逆での変換を行う方式として, 隣接する画素からの画素値を参照している. 隣接する画素からの補間方法について図5に示す. この方法では, 最も左もしくは上に位置する 1 番目の画素を基準点とし, 変更前と変更後の画素位置の関係に 1 画素以上の差分が発生した

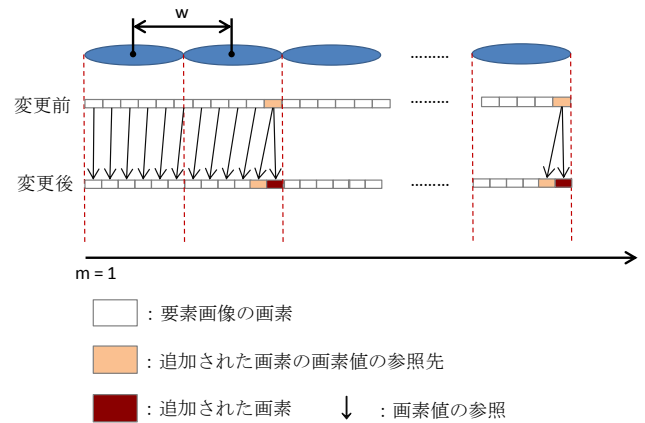


図5 画素値の補間方法

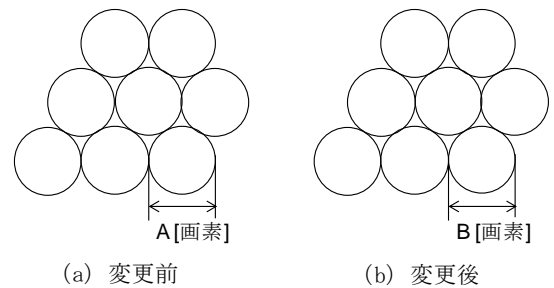


図6 変更前後での画像サイズの表示

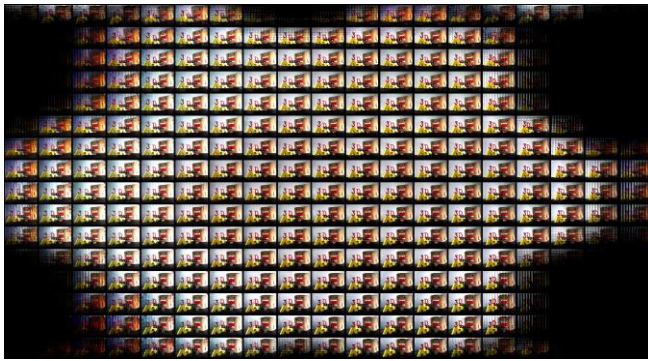
場合に 1 画素を補間する. 補間する画素の画素値は隣接する画素の画素値を参照する. サイズ変更前後での画素サイズの表示について図6に示す. 変更前の要素画像のサイズを A 画素, 変更後の要素画像のサイズを B 画素とし, 最も左の画素を基準点 ($m=1$) とした場合に変更後の要素画像群で画素位置 m 番目について, 式(2)の条件を満たす時に画素の補間を行う.

$$\left\lceil \left(1 - \frac{A}{B}\right)m \right\rceil > \left\lfloor \left(1 - \frac{A}{B}\right)(m-1) \right\rfloor \quad (2)$$

画像サイズの逆変換では, 補間された画素位置は A と B の値により定まるので同様の計算で求めることができる. 補間した画素を削除することで元のサイズに変換する.

4.3. 評価画像でのサイズ変換

本稿で使用する評価画像の要素画像は, 表示系のディスプレイの画素ピッチを 1 画素単位として, 18,018 画素となることから, 要素画像群の画面解像度は式(1)を用いて, $N_w=1.0545$ となり 3840 画素から 4049 画素に変更した. 高さはデルタ配列のレンズアレイを使用した要素画像のため, 要素画像間の距離は要素画像の中心間の距離と等しい 15.604 画素となる. そのため, 要素画像群の高さの画面解像度は同様に式(1)を用いて $N_h=1.0254$ となり 2160 画素から 2215 画素に変更した.



(a) サイズ変換後の多視点画像群



(b) サイズ変換後の多視点画像

図7 サイズ変換後に得られる多視点画像

これにより変更後の要素画像を幅が 19 画素、高さが 17 画素とした。サイズ変換後の多視点画像を図 7 に示す。図 7(a) はサイズ変換後の多視点画像群であり、視点数は 323 視点と増えているが、要素画像外の成分が一部に集まっているのがわかる。一方、図 7(a) の多視点画像群の中で中心に近い位置にある多視点画像(図 7(b)) では、要素画像外の黒いノイズ成分が低減していることを確認できる。

5. 実験と評価結果

要素画像のサイズ変換を行わずに多視点映像に変換後 3D-HEVC の符号化を行う場合と要素画像のサイズ変換後に多視点映像に変換して 3D-HEVC の符号化を行う場合について、輝度信号の PSNR を指標とする客観評価実験を行い比較した。後者のサイズ変換後の要素画像群から多視点映像への変換では、要素画像サイズが幅 19 画素、高さ 17 画素のため、1 視点 19 フレームの映像を 17 視点生成して符号化を行った。

符号・復号化後の評価画像の圧縮率と PSNR の関係を図 8 に示す。併せて要素画像群を直接 HEVC で符号・復号化した結果を示す。要素画像群を多視点映像に変換後に 3D-HEVC で符号化する場合では要素画像群を直接 HEVC で符号化する場合と比較して約 4dB の符号化効率の改善が確認できた。これは HEVC のイン

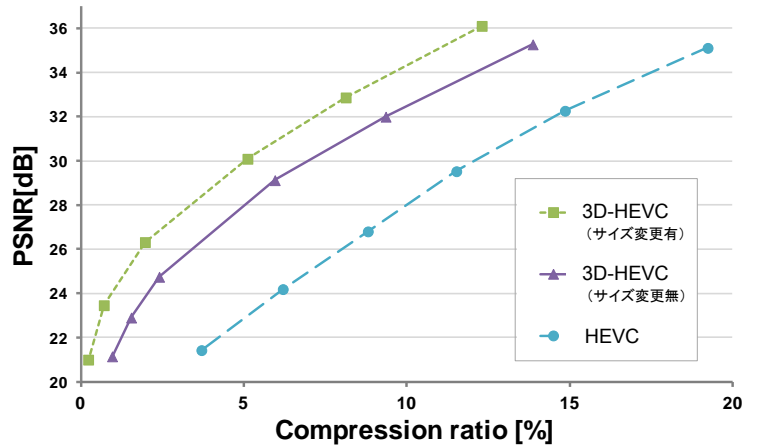


図8 評価画像の圧縮率と PSNR の関係

トラ予測と比較して 3D-HEVC では多視点画像間での視差補償予測と動き補償フレーム間予測を行えることから、データ量が削減できたと考えられる。

さらに、要素画像群に前処理としてサイズ変換を行う場合では、要素画像のサイズ変換を行わない場合と比較して約 2dB の符号化効率の改善が確認できた。これは要素画像群のサイズ変換処理後の多視点画像群では、要素画像外の成分が特定の位置に集中するため、要素画像から変換された多視点画像間の相関が高くなり、視差補償予測でのデータ量が削減できるためと考えられる。

6. おわりに

実写のコンテンツにおいて要素画像群を直接 HEVC で符号化するよりも要素画像群から多視点映像に変換後に 3D-HEVC で符号化を行う場合のほうが符号化効率が向上することを確認した。さらに、符号化効率向上のため要素画像群から多視点画像群への変換の前処理として要素画像のサイズ変換を行う手法についての詳細を提案した。提案手法の効果を確認するため、実写の映像に対して 3D-HEVC を適用したときにサイズ変換の有無での符号化効率を比較する客観評価実験を行った。その結果、サイズ変換した場合の PSNR がサイズ変換しない場合の PSNR と比較して高い値となり符号化効率の向上を確認した。

文 献

- [1] M.G. Lippmann: J. de Phys., 4, pp.821-825(Nov.1908)
- [2] 原一宏, 洗井淳, 河北真宏, 三科智之 : “インテグラル立体への既存符号化方式の適用”, 2015 映情学技術報告, 39-36, pp.23-26,(2015)
- [3] 三浦雅人, 岡市直人, 洗井淳, 三科智之 : “複数カメラを用いた水平視域拡大型インテグラル立体撮像系”, 2014 映情学年大, 23-1, (2014)