

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：62615

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330215

研究課題名(和文) 古典的画像復元問題の自然な拡張に基づく立体映像情報に適した品質劣化抑制手法の探求

研究課題名(英文) A study on quality improvement of three-dimensional visual media by a straightforward extension of conventional image restoration

研究代表者

児玉 和也 (KODAMA, Kazuya)

国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・准教授

研究者番号：80321579

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：多視点画像群など膨大な情報を要する立体映像メディアに関し、各種デバイス等の制約を越える品質向上手法が強く求められている。これに対し、焦点ボケ構造を介し当該画像群のような立体映像情報の冗長性を活用する品質劣化抑制フィルタの構成およびその柔軟な拡張と体系化を検討した。実際、高精度な雑音除去のみならず欠損視点の復元など様々な劣化の抑制あるいは高品質化への展開における当該フィルタの有効性が確認された。あわせて、提案する品質調整の枠組をリアルタイムに実現する映像システムを構築し、大規模な実画像情報にも対応しうる効率性を実証的に明確にした。

研究成果の概要(英文)：Advanced three-dimensional visual media using enormous data such as multi-view images requires quality improvement beyond limitations on imaging devices. By analyzing redundancy of multi-view images on multi-focus images easily obtained from them, various linear filters for improving their quality were designed and their flexible extension was studied systematically. Actually, the proposed filters robustly work for quality improvement including not only multi-view image denoising but also view restoration. Moreover, good performance of the proposed method was shown by its implementation for dealing with enormous data of real multi-view images in real time.

研究分野：画像情報処理

キーワード：映像メディア 3次元画像 画像処理 画像復元

1. 研究開始当初の背景

- (1) 研究着手の際の背景として、撮影、蓄積、処理、通信、表示と全般に渡り、立体映像情報を本格的に活用するメディア技術が整いつつあった。実際、レンズ系やイメージセンサ部への工夫を含め多様な撮影法から取得された画像信号を用い、視点や焦点合わせ等を自由に調整した立体的な映像情報までを再構成する手法が様々に提案され始めていた。表示系も、従来の単なる両眼視差と異なり、200 視点もの連続的な運動視差を提供する超多眼(多視点)の立体映像ディスプレイが実用化されたところであった。このような立体映像情報メディアの発展は、その膨大な情報量に対応しうる精密な光学系等デバイス技術に寄るところが大きいが、同時に、そこで新たに生ずる雑音やボケなど品質劣化の抑制は避けたい課題となる。例えば、よく用いられるレンズアレイで取得された多視点の立体映像は、各レンズ径の極小化に応じ光量が低下、しばしば顕著な雑音を含む。また、極めて多数台のカメラで構成されるカメラアレイにおいても、故障やメンテナンスにより数台以上が欠損する状況への対応は不可欠である。
- (2) 代表者らは、よく知られた 4 次元構造を持つ多視点(multi-view)画像群から 3 次元構造を持つ多焦点(multi-focus)画像群への変換に対し、いわばその逆変換を新たに導出し、焦点ボケは単なる品質劣化ではなく豊かな立体映像情報を含む望ましい構造であることを既に明らかにしていた。これはまた、立体映像情報として多視点画像群の有する冗長性が多焦点画像群では大幅に削減されることを意味し、実際、焦点ボケ構造を介し光線空間(密な多視点画像群)の極めて高能率な圧縮符号化が実現されている。一般に雑音抑制等では、注目箇所と類似する画素や領域をブロックマッチング等で推定し、その冗長性を用いて統計的に劣化成分を抑圧する手法が良い品質を与える。すなわち、上述の変換を介し多視点画像群の持つ本質的な冗長性を抽出すれば 1.(1)のような品質劣化の抑制も有意に構成できるものと着想された。また、焦点ボケ構造を介する構成ならブロックマッチングのように不安定で重い推定処理等にも依存しないため、高品質のみならずより簡便、安定な雑音抑制等の実現が有意に期待できた。

2. 研究の目的

- (1) 単純なシーンについては 1.(2)の期待どおり、焦点ボケ構造を介し多視点画像群の冗長性に基づく雑音抑制が可能なのは実験的に確認されており、実際に当該の処理を多視点画像群に対する簡便で実装の容易な線形フィルタとして一般に構成する手法を明らかにすることが本研究の中心的な目的となる。すなわち、まず、基本となるフィルタは、上述の multi-view/multi-focus 変換(多視点/多焦点変換)がどちらも線形のフィルタで記述されるため、これを連結する形で導出できることを示し、続いて、より適応的な構成のフィルタに発展させ復元品質の向上と安定化を詳細に検討する。具体的には、対象シーンの奥行き分布によって基本フィルタそのものから得られる復元画像は低周波成分や遮蔽領域周辺で一定の歪みを生ずると考えられるため、復元処理の前後等で複数の多視点画像群を比較し、その統合の最適化などを導入することで簡便ながら高い効果を得る手法へと発展させていく。
- (2) 2.(1)で導出されるフィルタは、多焦点画像群から鮮鋭な高周波成分を抽出し多視点画像群を復元する線形フィルタの特性を継承し、冗長性を排し抑圧された後に焦点ボケ構造上に残存する雑音の当該成分をふたたび重畳してしまうため、多焦点画像群上での品質劣化の抑制が新たに課題となる。これに対しても、既知の雑音抑制等の単なる適用ではなく、multi-view/multi-focus 変換から導ける立体映像情報としての制約を反復解法等により適切に組み込んだ最適化が可能かつ有効であることを明らかにし、提案するフィルタ処理における最終的な復元品質を最大限に向上させていく。また同時に、2.(1)を含め、このような multi-view/multi-focus 変換に基づく品質劣化抑制の枠組は、立体映像情報の持つ冗長性の活用によって、雑音抑制のみならず例えば欠損視点の復元のような視点補間等にまで様々に展開可能であることを示す。さらには、本研究の基盤となる multi-view/multi-focus 変換そのものが焦点ボケの再構成に他ならないこととも合わせ、以上を含む多様な品質劣化抑制処理を統一的に整理した上で、立体映像情報の高品質化技術として体系化、確立していく。

3. 研究の方法

- (1) まず、立体映像情報に適した品質劣化抑制という目的に対する本研究課題の基盤となる焦点ボケ構造を介し冗長性を活用する基本フィルタの構成と、その雑音抑制への適用について詳細な検討を行う。実際、図1のように、画面一様のボケから鮮鋭化を行う古典的な画像復元問題の拡張として、多視点画像群と多焦点画像群の間で相互変換が成立することは代表者の研究成果より既知である。また、その圧縮符号化への応用で得られた知見では、多視点画像群の有する冗長性は焦点ボケ構造上で的確に取り出せる。以上から、当該の基本フィルタの適切な設計とその特性の検証が、雑音のみならず様々な品質劣化の抑制への展開の前提となる。
- (2) 3.(1)で明らかにした立体映像情報の冗長性を的確に活用するフィルタ処理に関する成果をもとに、単なる雑音にとどまらない様々な劣化の抑制あるいは高品質化への展開を可能とする、柔軟な拡張と体系化を行う。とくに、欠損視点を含む多視点画像群から当該視点を復元するフィルタを構成、その特性など詳細に検証する。
- (3) 以上に対する実証的検討として、提案する品質調整の枠組をリアルタイムに実現する映像システムの構築に取り組み、大規模な実映像情報に対応しうる効率性までを明確にする。

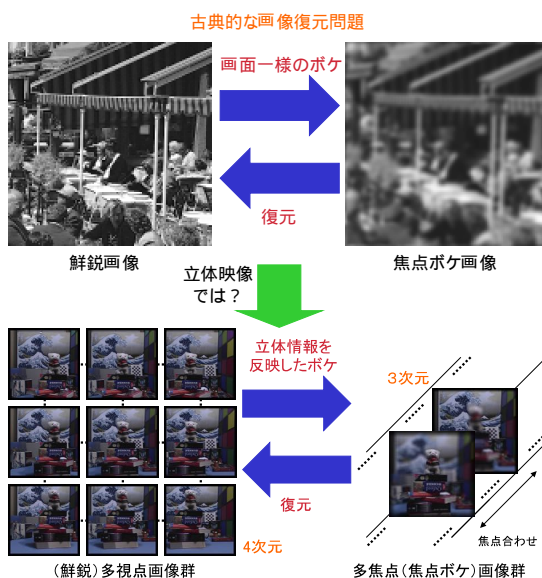


図1. 立体映像情報の復元問題

4. 研究成果

- (1) 図1に示す多視点/多焦点の相互変換に基づき、図2のとおり、焦点ぼけ画像群を介し多視点画像群を再構成するフィルタを直接に導出することができた。とくに、数百台のカメラ群で取得された多視点画像群に対し、この再構成フィルタを適用すれば、当該画像群が含む雑音は焦点ぼけ構造上で極めて効率的に打ち消され、十分に良好な品質の立体映像情報として復元できることが確認された。
- (2) 4.(1)の成果の簡潔な拡張として図2のとおり、雑音抑制に合わせ欠損視点の復元も行うフィルタが構成できた。以上は、光量不足から雑音を生じがちなレンズアレイやカメラ台数の多さから耐故障性が求められるカメラアレイなど、立体映像に関わる各要素デバイスの有する課題を解消する全く新しい技術として、国内外で継続的に発表機会を得ている。



図2. 様々な劣化を含む多視点画像群の復元

- (3) 時間軸を含む実際の多視点映像に対し、以上の品質調整の枠組をリアルタイムに実現するシステムを構築、図3のように実証した。受賞などで当該の成果は高く評価されている。

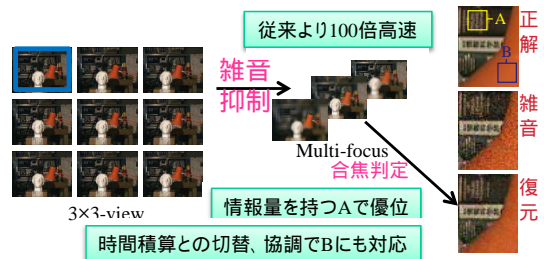


図3. 多視点画像群復元処理の実時間化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

奥行き走査を用いた多視点画像上の高速

な雑音抑制, 宮田 真里, 児玉 和也, 浜本 隆之, 電子情報通信学会論文誌 J99-D(9) 884-887 2016年9月, 査読有 DOI:10.14923/transinfj.2016IEL0009

焦点の異なるステレオ画像からの線形フィルタによる視点内挿法, 久保田 彰, 児玉 和也, 羽鳥 好律, 電子情報通信学会論文誌 J98-D(10) 1325-1334 2015年10月, 査読有 DOI:10.14923/transinfj.2015JDP7025

[学会発表](計 18件)

Robust removal of fixed pattern noise on multi-focus images, Kazuya KODAMA, Kenta FUKUI, and Takayuki HAMAMOTO, IEEE 2017 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2017), IVMS-15.1 1-5, 2017年3月8日, New Orleans (USA)

Scene flow estimation through 3D analysis of multi-focus images, Hiroyoshi FUJII, Kazuya KODAMA, and Takayuki HAMAMOTO, IEEE Visual Communications and Image Processing 2016 (VCIP 2016), W02B(4) 1-4, 2016年11月30日, Chengdu (China) DOI:10.1109/VCIP.2016.7805557

焦点ぼけ画像群上でのシーンフローの実時間推定, 藤井 洸嘉, 児玉 和也, 浜本 隆之, 画像符号化/映像メディア処理シンポジウム(PCSJ/IMPS 2016), 102-103, 2016年11月17日, ラフォーレ修善寺(静岡・伊豆) (学生論文賞 受賞)

全焦点画像を完全再構成するための合成フィルタバンクと瞳関数, 久保田 彰, 児玉 和也, 画像符号化/映像メディア処理シンポジウム(PCSJ/IMPS 2016), 74-75, 2016年11月16日, ラフォーレ修善寺(静岡・伊豆) (優秀論文賞 受賞)

Flexible Linear View/Focus Synthesis on an FPGA Using Multi-focus Images, Yusuke MINATO, Kazuya KODAMA, and Takayuki HAMAMOTO, International Workshop on Advanced Image Technology 2015 (IWAIT 2015), OS.15-3 1-4, 2015年1月12日, Tainan (Taiwan)

Fast Multiple-view Denoising Based on Image Reconstruction by Plane Sweeping, Mari MIYATA, Kazuya KODAMA, and Takayuki HAMAMOTO, IEEE Visual Communications and Image Processing

2014 (VCIP 2014), 462-465, 2014年12月10日, Valletta (Malta) DOI:10.1109/VCIP.2014.7051606

焦点ぼけ画像群からの実時間任意視点/焦点映像生成の実装と撮像系の検討, 湊 雄亮, 児玉 和也, 浜本 隆之, 映像メディア処理シンポジウム(IMPS 2014), I-1-06 1-2, 2014年11月13日, ラフォーレ修善寺(静岡・伊豆) (ベストポスター賞 受賞)

Linear View/Image Restoration for Dense Light Fields, Kazuya KODAMA and Akira KUBOTA, IEEE 2014 International Conference on Image Processing (ICIP 2014), 5462-5466, 2014年10月30日, Paris (France) DOI:10.1109/ICIP.2014.7026105

Plane-Sweep 法を用いた画像再構成に基づく多視点画像の雑音抑制法の検討, 宮田 真里, 児玉 和也, 浜本 隆之, 3次元画像コンファレンス2014, 91-94, 2014年7月11日, 東京大学武田ホール(東京・文京区) (優秀論文賞 受賞)

[図書](計 1件)

カメラ?カメラ!カメラ?! -計算をはじめた未来のカメラたち-, 児玉 和也, 財部 恵子, 丸善出版, 174頁, 2016年

[その他]

映像メディア処理のこれから, 児玉 和也, 山崎 俊彦, 福嶋 慶繁, 小野 峻佑, 映像メディア処理シンポジウム(IMPS 2015), 2015年11月19日

光線群の統合処理に基づく分解・再構成と品質調整, 児玉 和也, 超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム(URCF)「超臨場感立体映像技術に関する調査WG セミナー1 光線科学:次世代映像技術におけるシナジー効果を狙う」, 2014年9月30日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

児玉 和也 (KODAMA, Kazuya)

国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・准教授

研究者番号: 80321579

(2) 連携研究者

久保田 彰 (KUBOTA, Akira)

中央大学・理工学部・准教授

研究者番号: 70398949