

令和元年6月13日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K18100

研究課題名（和文）高次可変リフティング構造を用いた高機能映像統合符号化

研究課題名（英文）High-performance video integrated coding using high-order variable lifting structure

研究代表者

鈴木 大三（Suzuki, Taizo）

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：30615498

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：自由視点映像，自由焦点映像，高ダイナミックレンジ映像，ハイパースペクトル映像といった様々な高機能映像に対応した高機能映像統合符号化のための新たな「類似フレーム間予測」や「差分信号適応変換」を実用化するため，低演算かつ高効率な基盤技術となり得る変換を実現し，また符号化のセキュリティを考慮した研究へも派生し，国内外の雑誌論文6件，学会発表23件で成果を発表した．

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では，今後普及が進むであろう高機能映像を効率良く処理するために欠かせない技術として，低演算かつ高効率な変換および高セキュア符号化技術に関する成果を上げた．しかし今回は応用として高機能映像を取り上げたが，本研究における成果は益々発展する人工知能（AI）技術やIoT社会における基盤技術となり得るものばかりである．これら基盤技術を元に，今後の当該分野の発展が更に期待される．

研究成果の概要（英文）：To put into practical use new "similar inter-frame prediction" and "differential signal adaptive conversion" for high-performance video integrated coding corresponding to various high-performance video, such as free-point view video, free-focus view video, high dynamic range video, hyperspectral video, we proposed many transforms that can be a low-complexity and high-efficiency basic technology. On the other hand, we researched on the security of coding. As a result, we presented six journal articles and 23 conference presentations in and outside of Japan.

研究分野：信号処理

キーワード：リフティング フレーム間予測 適応変換 高速変換 多次元変換 符号化標準規格

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

申請者は、ロッキー符号化とロスレス符号化を同一ファイルに統合するロッキー・ロスレス (L2L) 統合符号化 (図1 参照) について、これまで多くの成果を挙げてきた。L2L 統合符号化は、1つの統合データのみでロッキーからロスレスデータまで様々な品質のデータを提供でき、ストレージ容量や通信帯域の圧迫を緩和できる符号化方式である。

一方で、更なるマルチメディア機器の多様化やネットワークの広帯域化に伴い、様々な高機能映像が生まれ、エンドユーザがそれらを利用できるようになってきている。高機能映像には、自由な視点から観ることのできる自由視点映像、自由に焦点箇所を変更できるライトフィールド (LF) 映像、色表現の多彩な高ダイナミックレンジ (HDR) 映像、視認できないものまで見えるハイパースペクトル (HS) 映像などがあり、これらは通常の単純な 3 次元信号に加えて更なる高機能情報が載っている信号と捉えることができる。

高機能映像は通常の映像データよりも情報量が多く、また従来の符号化方式では圧縮効率が上がらないため、これまで緩和されてきたストレージ容量や通信帯域が再び脅かされている。

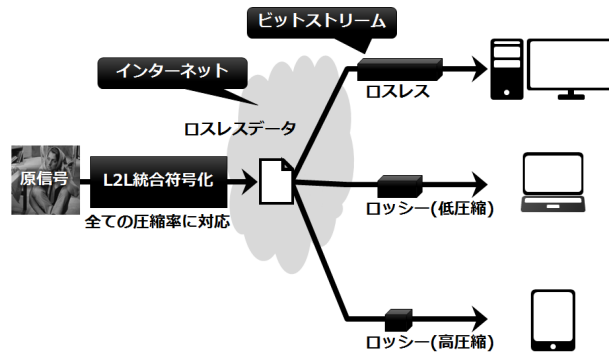


図 1. L2L 統合符号化概念図

2. 研究の目的

標準規格である JPEG や H.26x シリーズ、L2L 統合符号化などのノウハウを応用し、また画像処理・コンピュータビジョン (CV) 技術などで発展してきた新たな技術を使用し、様々な高機能映像に対応した高機能映像統合符号化の実現とその実用化に寄与することを目指す。

3. 研究の方法

具体的には「類似フレーム間予測」と「差分信号適応変換」という二つの切り口で進め、申請者がこれまで培ってきたリフティング構造 (図2 参照) を応用した高次可変リフティング構造をキーテクノロジーとして利用する。

・類似フレーム間予測

前半期は、相関の高い視点フレームを持つ映像 (自由視点映像、LF 映像など) に注目し、その冗長度を下げる新たな予測法を実現する。後半期は、相関の低い強度フレーム (HDR 映像、HS 映像など) に注目し、新たな予測法を実現する。

・差分信号適応変換

類似フレーム間予測の研究と同様、前半期は相関の高い視点フレーム、後半期は相関の低い強度フレームを持つ映像に注目し、差分信号に対する新たな変換を実現する。同時に、その変換に適した差分信号の生成法を模索し、類似フレーム間予測の研究にフィードバックしつつ、更に効率的な変換を実現する。

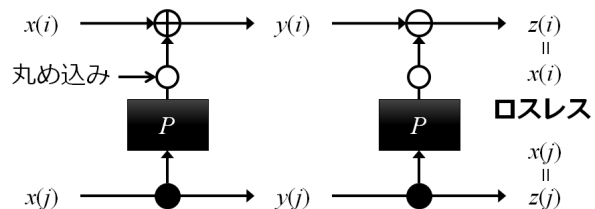


図 2. リフティング構造

4. 研究成果

統合映像符号化のための新たな「類似フレーム間予測」や「差分信号適応変換」を実用化するための低演算かつ高効率な基盤技術となり得る手法を実現し、また符号化のセキュリティを考慮した研究へも派生し、当該分野のトップジャーナルである IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology を始めとする国内外の雑誌論文 6 件、学会発表 23 件で成果を発表した。具体的には以下である。

(1) 統合映像符号化のための低演算かつ高効率な変換の実現

類似フレーム間予測や差分信号適応変換を行うために、高性能な信号解析は不可欠である。しかしそういった多次元信号解析を高性能に行う変換は演算量が増える傾向があり、あまり現実的であるとは言えない。

そこでまず、画像・映像符号化の国際標準規格である JPEG や HEVC などに一般的に用いられる離散コサイン変換 (DCT) を始めとする古典的なブロック変換 (離散 X 変換) に着目し、新たなリフティング構造を用いて従来よりも低演算かつ高効率な古典的な変換を実現した。

また、音響符号化標準規格 MP3 などに用いられる修正離散コサイン変換 (MDCT) に注目し、その MDCT およびそれに関係する修正サイン変換 (MDST) を 2 次元信号へ応用する際の新たな関係性を用い、また信号端での処理を周囲画素の平均値を用いることで存在しない方向成分を抑制し、その最小タイリング処理を考慮することにより、低演算かつ高効率に処理を行える多次

元変換をいくつか実現した。

さらに、回転行列の組み合わせによる2次元変換をより低演算かつ高効率で処理できるリフティング構造を提案した。画像符号化標準規格 JPEG XR に使用されている重複変換の実現にも応用可能であり、実際に JPEG XR に組み込み、その有用性（低演算かつ高効率で互換性も備えている）を示した。

一方で、現段階では現実的ではなく低演算化を必要とするが、より高性能な多次元信号解析を行うためのより一般的な変換および効率的な画像端処理を提案した。ロッシー・ロスレス統合画像符号化への応用によりその性能を示した。

(2) 統合映像符号化のための高セキュア技術の実現

クラウド情報社会を支えるインフラが整備された昨今、膨大な量の情報が流通し、プライバシーや著作権などの情報保護技術が益々重要となっており、これも解決しなければならない問題の一つである。そこでこれまでに得た圧縮符号化の知見を利用し、符号化と親和性の高い新たな暗号化や情報ハイディング技術の研究を進めた。

まず、映像のフレームをまとめて一つの直方体として扱うことで、圧縮効率を維持しつつ情報保護を実現する暗号化を実現した。このような符号化と暗号化の親和的な融合により、通信網やサーバ容量の負荷を低減しつつ情報保護を実現することが可能である。

また、高ダイナミックレンジ(HDR)画像に著作権情報などを埋め込む情報ハイディング技術を提案した。最新の画像符号化標準規格 JPEG XT への応用を考え、そこで採用されている2層符号化技術を用い、圧縮性能を維持し、また一切の歪みなくその画像を閲覧可能にしつつも、多くの情報を埋め込むことを実現した。HDR 画像以外への高機能映像への応用も期待される。

これら技術は本研究2から3年目(最終年度)に主な成果が出始めたものであるが、昨今のセキュリティ問題から鑑みるに、符号化と情報保護技術との融合は今後益々重要な技術になると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件, 全件査読有)

1. Taizo Suzuki, Naoki Tanaka, and Hiroyuki Kudo, "Redefined block-lifting-based filter banks with efficient reversible nonexpansive convolution," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 29, No. 5, pp. 1438-1447, May 2019, DOI: 10.1109/TCSVT.2018.2849101.
2. Ryoma Ishibashi, Taizo Suzuki, Seisuke Kyochi, and Hiroyuki Kudo, "Image boundary extension with mean value for cosine-sine modulated lapped/block transforms," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 29, No. 1, pp. 1-11, Jan. 2019, DOI: 10.1109/TCSVT.2017.2771461.
3. Kosuke Shimizu, Taizo Suzuki, and Keisuke Kameyama, "Cube-based encryption-then-compression system for video sequences," IEICE Transactions on Fundamentals, Vol. E101-A, No. 11, pp. 1815-1822, Nov. 2018, DOI: 10.1587/transfun.E101.A.1815.
4. Taizo Suzuki, Seisuke Kyochi, Yuichi Tanaka, and Masaaki Ikehara, "Multiplierless lifting-based fast X transforms derived from fast Hartley transform factorization," Springer Multidimensional Systems and Signal Processing, Vol. 29, No. 1, pp. 99-118, Jan. 2018, DOI: 10.1007/s11045-016-0457-5.
5. Taizo Suzuki and Taichi Yoshida, "Lower complexity lifting structures for hierarchical lapped transforms highly compatible with JPEG XR standard," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 27, No. 12, pp. 2652-2660, Dec. 2017, DOI: 10.1109/TCSVT.2016.2595326.
6. Taizo Suzuki and Masaaki Ikehara, "Dual-DCT-lifting-based lapped transform with improved reversible symmetric extension," IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E100-A, No. 5, pp. 1109-1118, May 2017, DOI: 10.1587/transfun.E100.A.1109.

[学会発表](計23件)

1. Kosuke Shimizu, Taizo Suzuki, and Keisuke Kameyama, "Lapped cuboid-based perceptual encryption for Motion JPEG standard," APSIPA Annual Summit and Conference 2018, 2018.
2. 清水恒輔, 鈴木大三, 亀山啓輔, "量子化 DCT 係数のビットペア置換を用いた JPEG 知覚暗号化," 第33回信号処理シンポジウム, 2018年11月.
3. 楊凱, 清水恒輔, 鈴木大三, 亀山啓輔, "Reversible data hiding for two-layer HDR image coding using difference expansion into residual signals," 第33回信号処理シンポジウム, 2018年11月.
4. 宮地倅平, 京地清介, 鈴木大三, "ロッシー・ロスレス統合画像符号化のためのリフティ

- ング深層ニューラルネットワーク,” 第 33 回信号処理シンポジウム, 2018 年 11 月.
5. 鈴木大三, “ Bayer-RAW 画像符号化のための拡張スペクトル空間変換,” 第 33 回信号処理シンポジウム, 2018 年 11 月.
 6. Taizo Suzuki, “ Lossless compression of CFA-sampled images using YDgCoCg transforms with CDF wavelets,” IEEE International Conference on Image Processing 2018, 2018.
 7. 清水恒輔, 鈴木大三, 亀山啓輔, “ 動画像暗号化のためのキューボイド入替によるキューブ入替の強化,” 2018 年電子情報通信学会総合大会, 2018 年 3 月.
 8. 小崎祥吾, 野村優介, 京地清介, 鈴木大三, “ コサイン・サイン変調フィルタバンクを用いた多重解像度指向性フレームの設計,” 電子情報通信学会画像工学研究会, 2018 年 3 月, IE 賞.
 9. Yusuke Nomura, Ryutaro Ogawa, Seisuke Kyochi, and Taizo Suzuki, “ Multiscale directional transforms based on cosine-sine modulated filter banks for sparse directional image representation,” APSIPA Annual Summit and Conference 2017, 2017, Invited Paper.
 10. Kosuke Shimizu and Taizo Suzuki, “ Cube-based encryption connected prior to Motion JPEG standard,” APSIPA Annual Summit and Conference 2017, 2017, Invited Paper.
 11. 清水恒輔, 鈴木大三, 亀山啓輔, “ Motion JPEG のためのキューブベース知覚暗号化を用いた Encryption-then-Compression システム,” 第 32 回信号処理シンポジウム, 盛岡, 2017 年 11 月.
 12. Taizo Suzuki, Naoki Tanaka, and Hiroyuki Kudo, “ Pseudo reversible symmetric extension for lifting-based nonlinear-phase paraunitary filter banks,” IEEE International Conference on Image Processing 2017, 2017.
 13. 長谷川輝, 鈴木大三, 亀山啓輔, “ 畳み込みニューラルネットワークを用いた最小二乗回帰による 2 次元静止画像からの 3 次元人体ポーズ推定,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月.
 14. 堀内圭佑, 鈴木大三, 亀山啓輔, “ 肌色領域検出および HOG 特徴量に基づく人間の手検出,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月.
 15. 杉原伊織, 鈴木大三, 亀山啓輔, “ Shape Context による手のひらの静脈パターンを用いた生体認証,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月.
 16. 佐久間一生, 鈴木大三, 亀山啓輔, “ 利用者による楽曲と色の関連付けの学習による楽推薦,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月.
 17. 野村優介, 小川龍太郎, 京地清介, 鈴木大三, “ 変調重複変換を用いた多重解像度指向性フレームの設計,” 2017 年電子情報通信学会総合大会, 2017 年 3 月.
 18. Tomohiro Ichita, Seisuke Kyochi, Taizo Suzuki, and Yuichi Tanaka, “ Directional discrete cosine transforms arising from discrete cosine and sine transforms for directional block-wise image representation,” IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing 2017, 2017.
 19. 市田智大, 京地清介, 鈴木大三, 田中雄一, “ 双直交指向性離散コサイン変換の設計,” 第 31 回信号処理シンポジウム, 2016 年 11 月.
 20. 田中直樹, 鈴木大三, 工藤博幸, “ M 分割リフティングベース非線形位相フィルタバンクの可逆な非拡張畳み込み,” 第 31 回信号処理シンポジウム, 2016 年 11 月, 平成 28 年度信号処理若手奨励賞.
 21. 鈴木大三, 吉田太一, “ JPEG XR のためのより効率的なリフティング構造,” 第 31 回信号処理シンポジウム, 2016 年 11 月.
 22. Taizo Suzuki and Hiroyuki Kudo, “ Extended block-lifting-based lapped transforms,” IEEE Signal Processing Letters Presentation in ICIP 2016, 2016.
 23. 京地清介, 鈴木大三, 田中雄一, “ 指向性離散コサインフレームの設計,” 電子情報通信学会画像工学研究会, 2016 年 7 月.

〔図書〕(計 0 件)

特になし

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

特になし

取得状況(計 0 件)

特になし

〔その他〕

ホームページ等

個人 : <http://www.cs.tsukuba.ac.jp/~taizo/>

研究室 : <http://www.wmp.cs.tsukuba.ac.jp/>

6. 研究組織

特になし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。