

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25820152

研究課題名(和文)クラウド時代における多次元適応変換を用いたロッシー・ロスレス統合映像符号化

研究課題名(英文) Lossy-to-lossless video coding using multidimensional adaptive transforms for cloud generation

研究代表者

鈴木 大三 (Suzuki, Taizo)

筑波大学・システム情報系・助教

研究者番号：30615498

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：統合映像符号化のための実用的な変換と言える研究成果を多く達成した。最新の画像符号化標準規格にも用いられている変換をベースに、より実用的な変換を実現した。また、画像端問題を解決し、圧縮性能を向上した。さらに、より効率の良い2次元変換や、新たな画像端問題の解決手法も提案し、その有用性を実証した。それ以外にも、映像符号化標準規格のためのより実用的な整数変換の創出、方向性変換の性能向上を達成した。これら研究成果の多くを、学術論文誌や国際会議論文として発表し、その技術を世界に広く発信した。総じて、本研究を通じ、多くの実用的な変換を世に送り出し、統合符号化の実用化に貢献できたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：I output many research achievements for lossy-to-lossless video coding. More practical transforms based on the newest image coding standard were achieved. Image boundary problem was solved to improve the compression performance. Additionally, the proposed more practical two-dimensional transform and boundary solution showed the advantages. On the other hand, a novel integer transform for video coding standard and an improved directional transform were achieved. Many research achievements were popularized by publishing in journals and international conferences. Consequently, many practical transforms in this research contributed to lossy-to-lossless image coding.

研究分野：信号処理

キーワード：映像符号化 画像符号化 リフティング構造 フィルタバンク 可逆重複変換 可逆対称拡張法

1. 研究開始当初の背景

情報社会はクラウド時代へ突入し、昨今の激増するクラウドユーザからのメディアに対するニーズが多様化していることから、映像提供側は同一コンテンツにも関わらず様々な異なるファイル形式を個別に準備しなければならず、結果、ストレージ容量や通信帯域の圧迫が再び深刻化している。

ロッキー・ロスレス統合符号化（以下、統合符号化、図1参照）は柔軟な画質スケラビリティを備えているため、1つの統合データのみで、ロッキーからロスレスまで様々な品質のデータを提供でき、限られたストレージ容量や通信帯域幅の圧迫が更に緩和される。また、乱立した圧縮レート別ファイル形式の統合により、企業からエンドユーザまで全てのユーザに対し、より単純で使い易い便利なシステムを提供できるといった特長がある。

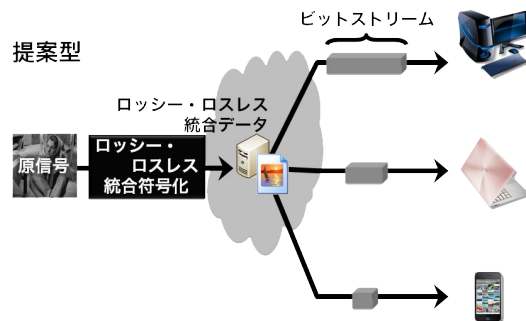


図1: 統合符号化のフロー

しかし従来の統合符号化は基本的に画像向けであり、ストレージ容量・通信帯域へ大きな負荷を与えている映像に関する統合符号化（統合映像符号化）は未だ存在しなかった。

2. 研究の目的

本研究ではより高効率な統合映像符号化を実現し、その実用化に寄与することを目的とする。従来の統合符号化を映像に直接適用できない原因となる2つの問題を解決し、より高効率な統合映像符号化の実現を目指す。

フレーム間差分信号を考慮した適応統合変換の設計

適応統合変換の多次元化

3. 研究の方法

(1) 前半期：より迅速な実用化のための統合映像符号化実現手法から着手する。

DCT/DST ベースの適応変換を統合変換へ適用することを考える。代表者が提案した統合変換のためのDCTをDSTに応用し、実現する。更には次世代映像技術のようなより多くの次元へ応用することで、もう一段階上位の圧縮効果が見えてくる。

更にDCTにもDSTにも適さないフレーム間差分信号のために、DCTもしくはDSTに適したフレーム間差分信号の生成方法の確立を図り、圧縮率向上に寄与する。具体的には、DCTやDSTを用いてエネルギー計算し、そのエネルギーが最小になるような最適化問題を解き、新たなフレーム間差分信号を生成する。

従来、1次元や2次元の統合変換が提案されてきた。しかし、映像を水平・垂直・時間軸からなる3次元キューブとみなして3次元適応統合変換でそれを変換することが可能である。代表者は2次元適応統合変換の従来の研究において10~20%もの情報量削減を達成している。この従来の研究を元に、3次元適応統合変換を設計し、統合映像符号化を実現する。

(2) 後半期ではより将来を見据えた研究を進め、次世代映像への応用まで考える。

代表者がこれまでに挙げてきたDCT以外の統合変換の研究成果をベースとしたより効率の良い統合変換を確立し、その変換に適したフレーム間差分信号の生成方法を改めて構築する。また新たな統合変換として、任意の信号に準最適なカルーネン・レーヴェ変換(KLT)を利用する。しかし、入力信号ごとの最適変換の導出の必要性、演算量増加、個々の付加情報の必要性といった問題があり、これらに関して更なる調査・実験が必要となる。

2次元から3次元への拡張に留まらず、View間や色彩間などの次元を考慮したより多次元な統合変換の実現に挑戦する。ただし、次元が増えれば演算量増加は否めないため、変換性能を落とさずに演算量削減を実現できる方法を考案する。この際、リフティング係数を2進係数に近似する手法が一つの可能性として挙げられる。

4. 研究成果

当初の目的のような「フレーム間差分信号を考慮した変換」の実現には及ばなかったが、それ以外の部分で実用的と言える研究成果を達成することができた。

最新の画像符号化標準規格JPEG XRにも用いられている重複変換(LT)をベースに、DCTの高速なアルゴリズムや安価なデバイスをそのまま再利用でき、より良好な圧縮性能を達成するより実用的な可逆LTを実現した。また可逆変換はリフティング構造の丸め処理のために画像端処理に問題を抱えてい

たが，新たに可逆 LT のために可逆対称拡張法を提案し，圧縮性能向上に成功した．さらに一般的な変換として，より効率の良い 2 次元非可分型リフティング構造や，一般的な変換に使用可能な可逆拡張法も提案し，その有用性を実証した．それ以外にも，映像符号化のためのより高速で実用的な整数変換，方向変換の画像端問題の解決（図 2 参照），信号解析のためのより高効率な変換，新しい可逆情報ハイディング手法などを提案した．

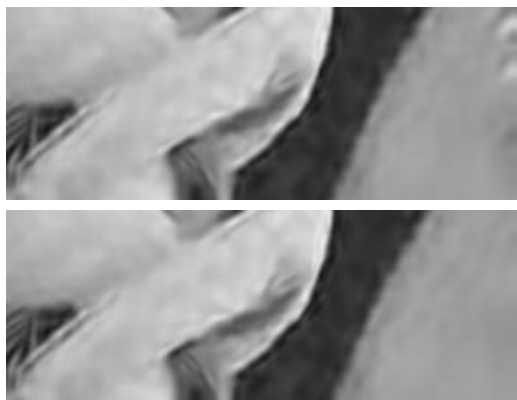


図 2：方向変換の画像端問題解決（右端）

これら研究成果の多くは，学術論文誌や国際会議論文として発表され，その技術を世界に広く発信した．特に IEEE Transactions on Image Processing (TIP) は，インパクトファクター 3.625，また当該ジャーナルの総件数の内，日本の件数が約 1~2% という，当該分野トップジャーナルであり，そのインパクトは高い．

総じて，本研究を通し，多くの実用的な変換を世に送り出し，統合符号化の実用化に貢献できたと考えられる．今後，これらの技術をさらに応用した「フレーム間差分信号を考慮した変換」の実現に期待したい．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

- [1] T. Suzuki and H. Kudo, “2D non-separable block-lifting structure and its application to M -channel perfect reconstruction filter banks for lossy-to-lossless image coding,” *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 24, No. 12, pp. 4943-4951, Dec. 2015, DOI: 10.1109/TIP.2015.2472294. (査読あり)
- [2] T. Suzuki and H. Kudo, “Extended block-lifting-based lapped transforms,” *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 22, No. 10, pp. 1657-1660, Oct. 2015, DOI: 10.1109/LSP.2015.2422837. (査読あり)
- [3] T. Suzuki and M. Ikehara, “Reversible symmetric non-expansive convolution: An effective image boundary processing for M -channel lifting-based linear-phase filter banks,” *IEEE Transactions on Image Pro-*

cessing, Vol. 23, No. 6, pp. 2744-2749, June 2014, DOI: 10.1109/TIP.2014.2312647. (査読あり)

- [4] T. Yoshida, T. Suzuki, and M. Ikehara, “Adaptive reversible data hiding via integer-to-integer subband transform and adaptive generalized difference expansion,” *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol. E97-A, No. 1, pp. 384-392, Jan. 2014, DOI: 10.1587/transfun.E97.A.384. (査読あり)
- [5] T. Suzuki and M. Ikehara, “Integer fast lapped transforms based on direct-lifting of DCTs for lossy-to-lossless image coding,” *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, Vol. 2013, No. 65, 9 pages, Dec. 2013, DOI: 10.1186/1687-5281-2013-65. (査読あり)
- [6] T. Suzuki and H. Aso, “ M -channel fast Hartley transform based integer DCT for lossy-to-lossless image coding,” *IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences*, Vol. E96-A, No. 4, pp. 762-768, Apr. 2013, DOI: 10.1587/transfun.E96.A.762. (査読あり)

〔学会発表〕(計 15 件)

- [1] R. Ogawa, S. Kyochi, and T. Suzuki, “Design of oversampled cosine-sine modulated filter banks for directional image representation,” in *Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference (ASC 2015)*, Hong Kong, pp. 370-373, Dec. 19th, 2015. (査読あり)
- [2] 石橋諒馬, 鈴木大三, 京地清介, 工藤博幸, “コサイン・サイン変調フィルタバンクにおける画像端の平均値拡張法,” 第 30 回信号処理シンポジウム, A1-2, pp. 7-11, スパリゾートハワイアンズ(福島県いわき市), 2015 年 11 月 4 日. (査読なし)
- [3] R. Ishibashi, T. Suzuki, H. Kudo, and S. Kyochi, “Image boundary extension with mean values for cosine-sine modulated filter banks,” in *Proceedings of International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2015)*, 奈良春日野国際フォーラム 麓~I・RA・KA~(奈良県奈良市), pp. 69-72, Oct. 7th, 2015. (査読あり)
- [4] T. Suzuki, “Four-channel lifting-Householder-based Hadamard transform,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2015)*, Québec City, Canada, 5 pages, Sep. 30th, 2015. (査読あり)
- [5] S. Kubo, T. Suzuki, and H. Kudo, “Integer time-domain pre- and post-filters for low-complexity extension of JPEG stand-

ard,” in *Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference (ASC 2014)*, Siem Reap, Cambodia, 5 pages, Dec. 10th, 2014, (Invited Paper). (査読あり)

[6] 鈴木大三, 工藤博幸, “2次元非可分型ブロックリフティング構造に基づくM分割完全再構成フィルタバンクの設計,” 第29回信号処理シンポジウム, B4-3, pp. 220-225, ビナリオ嵯峨嵐山(京都府京都市), 2014年11月13日.(査読なし)

[7] T. Suzuki and M. Ikehara, “Simplified DCT-lifting-based reversible lapped transforms using parallel processing of two same type lapped transforms,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2014)*, Paris, France, pp. 5526-5530, Oct. 30th, 2014. (査読あり)

[8] T. Suzuki and H. Kudo, “Two-dimensional non-separable block-lifting-based M-channel biorthogonal filter banks,” in *Proceedings of EURASIP European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2014)*, Lisbon, Portugal, 5 pages, Sep. 2nd, 2014. (査読あり)

[9] S. Kyochi, T. Suzuki, and Y. Tanaka, “A two-dimensional non-separable implementation of dyadic-valued cosine-sine modulated filter banks for low computational complexity,” in *Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference (ASC 2012)*, 4 pages, Kaohsiung, Taiwan, Nov. 1st, 2013, (Invited Paper). (査読あり)

[10] 京地清介, 鈴木大三, 田中雄一, “2次元非可分型リフティング構造に基づくコサイン・サイン変調フィルタバンクの設計,” 第28回信号処理シンポジウム, C2-2, pp. 551-556, 海峡メッセ下関(山口県下関市), 2013年11月20日.(査読なし)

[11] 鈴木大三, 池原雅章, “M分割リフティングベース線形位相フィルタバンクのための可逆対称拡張法,” 第28回信号処理シンポジウム, P1-3, pp.51-56, 海峡メッセ下関(山口県下関市), 2013年11月20日.(査読なし)

[12] T. Suzuki and H. Kudo, “Integer fast lapped biorthogonal transform via applications of DCT matrices and dyadic-valued factors for lifting coefficient blocks,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013)*, Melbourne, Australia, pp. 800-804, Sep. 16th, 2013. (査読あり)

[13] 京地清介, 鈴木大三, 田中雄一, “二進係数に基づくコサイン・サイン変調フィルタバンクの設計,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 191, SIP2013-83, pp. 91-96, 東京農工大学小金井キャンパス(東京都小金井市), 2013年8月30日.(査読なし)

[14] 鈴木大三, 工藤博幸, “高速重複変換の

DCT リフティング分解,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 113, No. 191, SIP2013-80, pp. 73-77, 東京農工大学小金井キャンパス(東京都小金井市), 2013年8月30日.(査読なし)

[15] T. Suzuki, S. Kyochi, Y. Tanaka, M. Ikehara, and H. Aso, “Multiplierless lifting based FFT via fast Hartley transform,” in *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP 2013)*, Vancouver, Canada, pp. 5603-5607, May 28th, 2013. (査読あり)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.cs.tsukuba.ac.jp/~taizo/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

鈴木 大三 (SUZUKI, TAIZO)
筑波大学・システム情報系・助教
研究者番号: 30615498