

# 可逆標本化格子変換を用いたスケーラブル映像 符号化に関する研究

石 田 拓 磨

## Scalable Video Coding with Invertible Sampling Lattice Conversion

by Takuma ISHIDA

本研究の目的は、スケーラブル映像符号化のための新しいオプションとして時空間スケーラブル機能を提供することであり、その実現方法として可逆標本化格子変換を用いた非分離マルチレートシステムを開発することである。

これまでに様々な画像符号化技術が研究・開発され、静止画像符号化のJPEGや動画画像符号化のMPEG-1/2/4等の標準化も活発に行われてきた。インターネットや移動体無線通信を介したデジタルコンテンツ・映像配信等のサービスを想定した場合には、異なったネットワークや接続端末やビデオ形式に応じて、適応的にデジタル映像に対して画質、ビットレート、画像サイズ等をコントロールできるシームレス、かつ柔軟なスケーラビリティ機能が重要になる。スケーラブル符号化のひとつに、画質の向上と機能の充実を目的とし国際標準規格JPEG2000があり、動画画像フレーム内符号化としてJPEG2000 part-3 (Motion-JPEG2000) が規格化されている。これはウェーブレット変換を採用した静止画符号化であり、強力なスケーラビリティが実現され可逆/非可逆符号化の統一的扱いが可能である。さらに、動き補償を使用した映像符号化として、MPEG-4 AVCのスケーラブル拡張としてSVC (スケーラブル映像符号化) の標準化作業も進められている。

ここで、スケーラブル映像符号化における大きな課題の一つに、映像方式間のコントロール、すなわち、TV映像で使用されるインタレース方式 (飛び越し走査)、及びPCで使用されるプログレッシブ (順次走査) 方式間の適応的な制御の実現がある。デジ

タル映像配信において放送業界・電気通信の融合が今後ますます加速する現在では、スケーラブル機能として、ユーザに応じて映像方式の制御を付加し、この両方式間の往来を行なうことは重要である。この映像方式の変換方法として、デインタレース処理がある。デインタレース処理は、映像信号における一種の標本化格子変換と定義できる。インタレース映像は走査線が互いに1つとびに配置され、時間の異なる2フィールドから構成されている。

一般的に、デインタレース処理は、あるインタレース映像に対してそのプログレッシブ映像を生成するために、インタレース映像の各フィールドに対して補間処理を行い、この2つの映像方式の標本化格子変換を可能にする。ただし、生成されるプログレッシブ映像は、もとのインタレース映像の2倍のデータ量を持ち、可逆性についても考慮されていない。そこで問題となるのが、スケーラブル映像符号化を想定した場合、映像方式を適応的に提供することが重要であり、符号化前に元データの2倍となる従来法は望ましくない。

本研究で使用する可逆デインタレース処理は、従来法とは異なる。可逆デインタレース処理は符号化前に使用することを前提とした独自のデインタレース処理である。可逆性を保持しながら、飛越し走査方式ビデオ信号に対して順次走査方式ビデオ信号を生成し、かつこれらの2つの信号の両方において同じ標本化密度を保つ特徴をもつ。本論文は、この可逆デインタレース処理をベースに、新たな時空間スケーラビリティを提供する可逆標本化格子変換を用

いたマルチレートシステムを論ずる。本研究の成果は、大きく分けて以下に示す2つである。1. 可逆デインタレース処理を用いたスケーラブル・フレーム内符号化システム 2. 時空間スケーラブル機能を提供する非分離マルチレートシステム

まず、項目1のフレーム内符号化システムでは、Motion-JPEG2000を用いたスケーラブル・イントラ符号化ロッキー・ロスレス統一システムを構築し、その性能評価を行なった。インタレース映像に対しMotion-JPEG2000のようなフレーム内符号化を直接適用するには、フィールド合成を行い1つのフレーム画像を生成する必要がある。しかしながら、フレーム内符号化を直接適用するとそのフレーム画像にはオブジェクトの境界部分に水平方向のくし状効果が発生する。

ウェーブレット変換符号化の性質として、くし状部による垂直高周波成分が特に低ビットレート復号時に、切捨てられることにより量子化ノイズが発生する。

これは、動画像においては目障りなちらつきとなって現れる。その一つの解として、本研究では可逆デインタレース処理を使用した符号化システムを提案した。第2章において、ロッキー符号化システムについて、符号化効率の向上を行い、フレーム/フィールド画像のSNR スケーラブル機能を向上し、低ビットレート復号時の動画像ちらつきを抑え、高ビットレート復号時の高画質保証を実現した。第3章では、可逆デインタレース処理を組み込んだロスレス符号化システムを提案し、低ビットレート復号時のデインタレース処理のちらつき抑制効果を維持しつつ、元画像を完全再構成することを示した。

項目2のシステムでは、動き補償を伴うスケーラブル符号化を位置づけとした符号化システムを提案し、その性能評価を行なった。SVCの提案にはスケーラブル機能を実現するため、動き補償時間フィルタリング(MCTF)を行なう。MCTFは、時間方向の冗長な情報量を減らしつつ、フレームレート制

御を提供する。

DCT及びDWTベースに関わらずスケーラブル映像符号化の要素技術として重要な役割を担っている。しかしながら、MCTFによる時空間制御では、時間方向に対してはフレームレートを、空間においては解像度を別々に制御する方法のみが存在している。さらに、問題となるのがフレーム毎のPSNRに揺らぎが生じることである。本研究では、このPSNRの揺らぎを抑えつつ、映像フォーマットの制御できるスケーラブル機能をもつ2つの非分離マルチレートシステムを提案する。本論文では、インタレース映像としてTV映像で使用されるVT-Quincunx 標本化格子、及びサンプル値が五の目状に配置されるFace-Centered-Orthorhombic 標本化格子をそれぞれ使用する。1つは、時空間分割処理および可逆デインタレース処理を使用したフレームごとに動き補償を行なうデインタレースバンク。もう1つは、時空間分割処理を行ない、フィールド動き補償を導入する非分離動き補償時空間フィルタリングである。この2つの手法は、1つのプログレッシブ映像から、ハーフレートの2つのプログレッシブ映像に分割する。その際、時空間分割処理によって、フィールド列を中間映像として扱うことができる。これは、本研究の独特の特徴であり、これにより新たな時空間スケーラブル機能を提供することが可能になる。既存のMCTFで問題となるPSNRの揺らぎを予測部のみのリフティング構成で抑圧でき、映像フォーマット間の制御を行う独自の時空間スケーラブル機能を付加することができる。

謝辞：本研究を行なうにあたり、ご指導、ご教示いただいた菊池久和教授、村松正吾助教授に深く感謝申し上げます。本論文をまとめるにあたり、貴重なご意見をいただきました佐々木重信助教授、山本正信教授、佐々木修己教授に心から御礼申し上げます。また、数々の激励をいただいた皆様に厚くお礼申し上げます。