

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 2 日現在

機関番号：12201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760263

研究課題名（和文） 動画像キューブからの時空間平面抽出による動き予測と動画像符号化への応用

研究課題名（英文） Motion Estimation via Extraction of Spatiotemporal Planes and Its Application to Video Coding

研究代表者

田中 雄一 (TANAKA YUICHI)

宇都宮大学・工学研究科・助教

研究者番号：10547029

研究成果の概要（和文）：動画像符号化において、動き予測は動画像のフレーム間の冗長度を劇的に削減できると言う点で非常に重要な処理の一つである。本研究では、動画像キューブを 3 次元信号とみなし、そこから時空間平面を抽出することで動き予測の効率化と高速化を図った。結果として、動画像符号化標準である H.264/AVC と比較し、同等画質で 10% 程度の符号化時間削減効果を確認した。また、時空間平面の切り出しに関し、コンピュータビジョン手法を応用することによる効率的な手法を提案した。

研究成果の概要（英文）：Motion estimation is known as one of the most important parts in video coding. In this work, we try to extract spatiotemporal planes from a three dimensional video cube for fast and efficient motion estimation. As a result, our approach reduces 10% of encoding time with the same reconstructed video quality compared with H.264/AVC. Furthermore, an efficient extraction method of spatiotemporal planes was also investigated by applying computer-vision techniques.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学，通信・ネットワーク工学

キーワード：信号処理

1. 研究開始当初の背景

動画像は空間方向，時間方向双方に分布している三次元（デジタル）信号であるため、旧来動画像処理，特に圧縮に関しては周波数変換を用いた変換符号化が一つの成功例として知られている。H.264/AVC をはじめとした動画像符号化標準は高い圧縮性能を示すが、非常に複雑であり、符号化時間も長い。H.264/AVC に次ぐ次世代動画像符号化標準

の検討が現在なされているが、これは H.264/AVC に基づいており、次々世代、またその先の動画像符号化のためにはブレイクスルーが必要であると考えられている。動画像符号化ではフレーム間の冗長度を削減するために時間方向への動き予測・動き補償(Motion Estimation/ Motion Compensation: ME/MC) が行われることが多い。ME/MC は一般に動画像符号化処理の中で最

も大きな計算量が必要な部分である。なぜなら、フレーム間の動きベクトルを推定するため、一つ一つの画素あるいはブロックに対して ME/MC が行われるからである。H.264/AVC をはじめ、大部分の動画像符号化にはブロックマッチング法が用いられる。これは動画像の各フレームを小ブロックに分割し、それぞれのブロックに対し ME/MC を行う手法である。画素単位の手法と比較してブロック単位での動きベクトル予測は演算量が低減するが、未だ多くの処理時間が必要である。また、ブロック内での動きベクトルは同一であるため、ブロックが複数領域——例えば動いている物体と静止している背景——にまたがってしまった時には ME/MC の誤差が生じやすい。以上の理由から、高速かつ高性能の新しい ME/MC 手法が求められている。

我々はこれまでウェーブレット変換及びフィルタバンクを用いた静止画像符号化に関して研究を行ってきた。特に近年、方向適応ウェーブレット変換・フィルタバンクに関して研究を進めている。

従来、二次元信号である画像は縦横方向に一次元フィルタリングが2回行われることで周波数領域に変換されていた。幾何学的に考えるとこれはサイズの異なる長方形タイル（基底）を重ねて画像を表現することになる。しかしながら画像のテクスチャや輪郭は必ずしも垂直・水平方向に分布しておらず、斜め方向に輪郭が分布している場合も多い。そこで斜め方向の基底も利用して画像を表現する方向適応形の画像変換が注目を集めている。我々は最近方向適応ウェーブレット変換を用いた画像符号化に関して、従来法と同画質を保ちながら、平均 60%、最大 85% 程度計算時間を減少させることのできる構成を提案した。

さて、方向適応ウェーブレット変換は画像の輪郭及びテクスチャの方向に沿ってウェーブレット変換を行うのであった。これを三次元に拡張すると、時間方向の輪郭やテクスチャとは物体の動く軌跡に相当する。すなわち、時間方向の方向適応ウェーブレット変換は動きベクトルに沿って動画像を変換することに相当する。以上より、我々が静止画像のために提案した方向適応ウェーブレット変換を時間方向へと適用することにより、動きベクトルを高速かつ高性能で算出できると考えた。

2. 研究の目的

時間方向へ方向適応ウェーブレット変換を応用するためには、三次元の動画像キューブから、その動画像の（部分的な）特徴、すなわち動きベクトルを良く表す時空間平面を抽出すればよい。そこで、以下の二点を目

的として研究を行った。

(1) 動画像の特徴を表わす時空間平面の抽出方法

簡単のため、図1のような動画像キューブを考える。ここから時空間平面を抽出する方向は、i) $x-t$ 平面、ii) $y-t$ 平面、の二つが主に考えられる。しかしながら、図より ii) の $y-t$ 平面は必ずしも動画像の特徴をよく表わしているとは言えない。すなわち、この動画像キューブにおいては i) の $x-t$ 平面を抽出する必要がある。適切な平面は動画像によって異なるため、より適切な平面を抽出するための議論が必要であると考えられる。

(2) 時間方向の変換に対する適切なフィルタの設計

また、静止画像符号化における方向適応ウェーブレット変換では、JPEG 2000 に用いられている 9-7 ウェーブレットフィルタが必ずしも良好な特性を示すわけではないことが分かっている。更に、動画像において時間方向の動きは変動が速く、フィルタ長が短い方が良好な性能を示すこともある。そこで本研究においても特定の（ウェーブレット）フィルタを用いるのではなく、より提案手法に適したフィルタを設計することももう一つの目的とした。

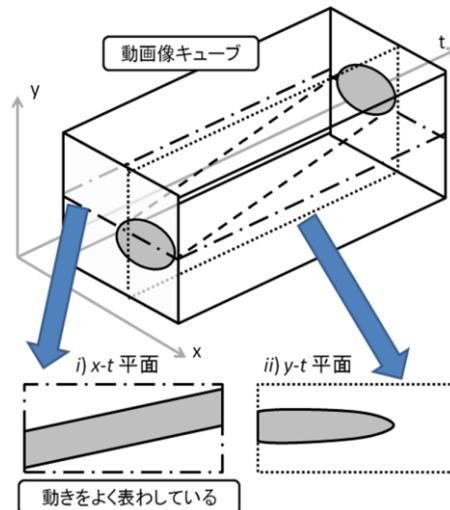


図1 動画像キューブからの時空間平面抽出の例

3. 研究の方法

(1) 動画像の特徴を表す平面とは、すなわち画像中における重要な 2 次元・3 次元領域であると言える。そこで、コンピュータビジョンで現在活発に研究が行われているコンテンツ適応型リサイズ手法 (retargeting とも) を応用し、静止画像・動画像における特徴部分の抽出と、それを利用した画像符号化手法の構築を図った。

(2) ME/MCにおける時間方向のフィルタの設計を、参照対象フレームの空間的・時間的位置を可変にすることで仮想的に実現することを図った。

4. 研究成果

(1) 時空間平面の切り出しに関しては、問題を空間方向、すなわち2次元平面におけるオプティカル・フローの抽出と捉えることにより、静止画像に対して曲線を抽出する手法を実現した。具体的には、seam carvingと呼ばれる画像のリサイズ手法を改良し、抽出する曲線を保存するためのビットレートを減少させることに成功した。本手法を画像のリサイズ・画像符号化へ応用した。結果として、画像符号化性能を従来の符号化手法と同等に保ちながら、良好な画像のリサイズ(retargeting)結果を示すコンテンツ適応型画像符号化手法を実現した。本手法は抽出した曲線の情報に必要なビットレートを1/100程度まで大きく減少させたことに意義があり、これは時空間平面の抽出を動画画像符号化へ応用する際にも、動きベクトル情報の減少という点で大きな効果があると言える。

さらに、2次元平面におけるオプティカル・フローの抽出を発展させ、3次元信号である動画像中において曲線を抽出する手法を提案した。また、本手法を動画像のリサイズ・画像符号化へと応用した。結果として、良好な動画像のリサイズ結果及び符号化性能を得た。本研究の目的である時空間平面の抽出は、将来の動画画像符号化標準への提言としては未だ意味半ばであると言えるが、今後の発展が大いに期待できる成果を達成した。

(2) 動画像におけるブロックに基づく動き予測の高速化、及び動きベクトルの再構成による予測フレームの画質向上を図った。動き予測の高速化においては、動画画像符号化標準であるH.264/AVCの複数フレーム動き予測の高速化を目的とし、適切な探索打ち切りしきい値を利用することにより高速化を図った。結果として、H.264/AVCで利用されている高速全探索法と比較し、符号化性能の劣化がほとんどなしに10%程度の高速化を実現した(表1)。

また、予測フレームの画質向上に関しては、ME/MCの誤差を低減するため、ブロックマッチングの際の誤差を利用し、それを動きベクトルへ反映させることにより、擬似的に可変ブロックサイズの動き予測を実現した。また、本手法を動き補償を利用したフレーム補間へ用いることにより、補間フレームの画質向上を確認できた。さらに、従来のフレーム補間手法を利用して推定されたフレームよ

り、再度実在フレームを利用した動き予測・動き補償を行うことにより、予測フレームの更なる精度向上を図った。結果として、従来のフレーム予測手法と比較してピーク信号対雑音比で5dB弱向上という大きな改善を達成した(表2)。

表1 動き予測結果. Δ MET が符号化時間の削減率を表す

Sequence	Δ MET[%]		Δ PSNR[%]		Δ Bit-Rate[%]	
	Proposed	Ref4	Proposed	Ref4	Proposed	Ref4
foreman	-10.28	-20.19	-0.05	-0.05	0.61	1.13
mobile	-9.75	-19.92	-0.05	-0.08	0.88	2.04
container	-9.49	-19.94	0.00	-0.02	0.12	1.43

表2 補間フレームのピーク信号対雑音比

動画像名	MB 補間法	MB+SB 補間法	提案方式
foreman	31.36	33.59	33.79
container	39.46	44.07	44.73
mobile	22.78	25.84	26.65
stefan	25.00	26.18	26.62

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10件)

- ① Y. Tanaka, M. Hasegawa, S. Kato, Seam carving with rate-dependent seam path information, Proc. ICASSP 2011, vol. 1 pp. 1449-1452, 2011, 査読有
- ② Y. Tanaka, M. Hasegawa, S. Kato, Directional scalability of adaptive directional wavelet transform: An approach using block-lifting based DCT and SPIHT, Proc. ISCAS 2010, vol. 1, pp. 3044-3047, 2010, 査読有
- ③ Y. Tanaka, M. Hasegawa, S. Kato, M. Ikehara, T. Q. Nguyen, Adaptive directional wavelet transform based on directional prefiltering, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 19, pp. 934-945, 2010, 査読有

[学会発表] (計9件)

- ① 蜂巢貴弘, 田中雄一, 長谷川まどか, 加藤茂夫, マルチフレーム動き推定の高速化に関する一検討, 2011年10月26日, ニューウェルシティ湯河原(静岡県)
- ② 星勝, 田中雄一, 長谷川まどか, 加藤茂夫, 補間フレームを基準とした双方向動き補償によるフレームレート変換の画質改善に関する検討, 2011年6月30日, 沖縄県青年会館(沖縄県)
- ③ 吉成晃宏, 田中雄一, 長谷川まどか, 加藤茂夫, 動き補償を利用した動画像信号の補間フレーム作成とその画質改善, 電子情報通

信学会画像工学研究会，2010年7月27日，
屋久島環境文化村センター（鹿児島県）

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計1件）

名称：画像検索装置、画像検索方法、画像検索プログラム、記録媒体、及び画像類似度算出プログラム

発明者：田中雄一，我妻大樹，加藤茂夫，長谷川まどか

権利者：宇都宮大学

種類：特許

番号：特願 2010-228110

出願年月日：2010年10月12日

国内外の別：国内

○取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 雄一 (TANAKA YUICHI)

宇都宮大学・工学研究科・助教

研究者番号：10547029