

機関番号：13301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19760248

研究課題名（和文）MPを用いた適応的動画像符号化システムの開発

研究課題名（英文）Development of Adaptive Moving Picture Coding System Using MP

研究代表者

今村 幸祐（IMAMURA KOUSUKE）

金沢大学・電子情報学系・准教授

研究者番号：00324096

研究成果の概要（和文）：

Matching Pursuits を用いた適応的動画像符号化システムに関する研究開発を行い、下記の研究成果が得られた。

- 1) 非低エネルギー領域多段探索法によるアトムの高速探索アルゴリズム
- 2) 動画像符号化における動的学習辞書を用いた Matching Pursuits
- 3) ロバスト動き推定に基づく動オブジェクト抽出における領域統合法
- 4) 動的輪郭モデルと Watershed アルゴリズムを組み合わせた動オブジェクト抽出法
- 5) 適応的な速度関数を用いたレベルセット法による動オブジェクト抽出

研究成果の概要（英文）：

We have carried out research and development for adaptive video coding system using matching pursuits. The following results were obtained:

- 1) We proposed a fast atom searching algorithm using multi-step search in non-low signal energy regions.
- 2) We proposed matching pursuits using a dynamic learning dictionary for video coding.
- 3) We proposed a region-merging method for moving object extraction based on robust motion estimation.
- 4) We proposed a technique that extracts shapes of moving objects by combining active contour model and watershed algorithm.
- 5) We proposed a moving object extraction by level set method using an adaptive speed function.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	0	1,900,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,400,000	450,000	3,850,000

研究分野：画像処理

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：動画像符号化， Matching Pursuits，低ビットレート，動オブジェクト抽出

1. 研究開始当初の背景

マルチメディア符号化の分野では、MPEG や H.26x をはじめとする国際標準規格化が進められており、その技術は地上波デジタル放送や DVD などのメディアへの記録に利用されている。とりわけ信号の情報量が大きく、特に重要とされる映像信号の符号化アルゴリズムは盛んに研究が行われているが、基本となる技術は 1980 年後半に提案された動き補償予測 (Motion Compensation : MC) に離散コサイン変換 (Discrete Cosine Transform : DCT) を組み合わせたハイブリッド方式である。国際標準規格化の中で、この基本方式に対する様々な改良が行われ、現在では圧縮効率の点で限界近くに達している。そのため、技術的なブレイクスルーとなる新たな符号化法が求められている。DCT 変換はブロック単位の符号化方式であるため、低ビットレートにおいて符号化効率が低下し、ブロック状の雑音が発生する。これに対して Matching Pursuits (MP) と呼ばれる新しい符号化技術が提案されている。この手法は、最も効率がよい場所を選択して逐次的に符号化を行うため、低ビットレートに強く、ブロック雑音が生じない。

2. 研究の目的

今回の研究の目的は、Matching Pursuits を組み込んだ低ビットレートに強い新たな動画像符号化方式の確立および実用化に向けた適用範囲と機能の向上を目指し、その性能について計算機によるシミュレーションにより評価を行うことである。

3. 研究の方法

この研究の目標はサブバンド MP を用いた適応的動画像符号化システムの構築である。この動画像符号化システムの中心技術の一つとなるサブバンド MP は、以前の研究により得られた成果である。今回の動画像符号化システムはそれを用いた従来のシステムの発展型にあたる。

研究計画としては、1. Matching Pursuits の基礎性能向上、2. 符号化システムの構築と最適化、3. 適応的符号化システムの機能拡張を対象として研究を進めた。また、これらのシステム構築のための基礎実験および評価実験は、画像解析・シミュレーションシステムおよび所属機関の計算機を連携させ、シミュレーション実験により行った。

4. 研究成果

本研究により Matching Pursuits の性能向上として、主に以下の研究成果が得られた。

(1) Matching Pursuits では、符号化処理で近似効率が最大となる信号ブロックと

辞書波形の組み合わせを得るアトム探索処理において、膨大な計算が必要となる。この問題は実時間処理への応用に障害となるため、Matching Pursuits における高速化の検討が多く行われている。そのアプローチとして辞書構造を工夫することで高速化を実現するものが提案されているが、探索の観点からの高速化も重要である。そこで、Matching Pursuits を用いた動画像符号化において、予測信号のエネルギーが高い領域にほとんどの最適近似点が含まれるという相関性を考慮した探索法を提案した。具体的には近似効率が最大となり得ないブロックを信号エネルギーの大きさにより探索範囲から削除し、残ったブロック単位の領域について、効率的な多段探索を行うことで、品質の低下を最小限に抑えたまま、探索処理の高速化を実現した。

表 1 に各テスト画像における PSNR の平均値と全探索を 1 とした場合の処理時間比を示す。比較のために N 画素間隔探索、最大エネルギーブロック周辺探索における結果を示す。

表 1 : PSNR と処理時間の比較 (200 アトム)

Method	Sequence	PSNR [dB]	Relative Processing time
Full Search	akiyo	38.84	1.000
	carphone	36.32	1.000
	foreman	33.84	1.000
	mother	31.20	1.000
N-Pixel Interval Search (N=4)	akiyo	36.60	0.080
	carphone	35.18	0.080
	foreman	32.50	0.080
	mother	30.15	0.080
Neighboring Maximum Energy Search (± 8 pixel)	akiyo	37.48	0.242
	carphone	35.68	0.242
	foreman	32.65	0.242
	mother	30.42	0.242
Multi-step Search in Non-low Signal Energy Regions (proposed)	akiyo	38.61	0.101
	carphone	36.15	0.101
	foreman	33.61	0.093
	mother	31.11	0.096

提案法を適用することで、全探索と比較して、PSNR の低下を 0.2 dB 程度に抑えたまま、約 90% の処理時間削減を実現した。

(2) Matching Pursuits の符号化特性は用いる辞書に大きく依存する。符号化効率向上のために適用される従来の静的学習による辞書設計においては、あらかじめ既知の学習シーケンス群に対して学習を行い、準最適な汎用辞書を作成する。そのため、個々のシーケンスに適した辞書設計は困難である。また、シーケンス内で特性が変化した場合への対応ができなかった。これらの問題の解決策として、符号化時に得られた情報により、動的な学習を行うことで、辞書を最適化する手法を提案した。

提案法の動的学習による辞書設計法では、各フレームに対して辞書学習を行う。ただし、学習に用いる学習情報は、符号化したフレームのみの適用辞書パラメータと符号化対象

となったブロックの画素値情報である。また、学習における繰返し処理は、各フレームで1回のみとする。図1に動的辞書を用いた動画画像符号化システムを示す。

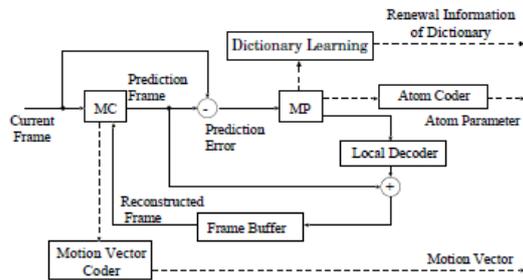


図1：動的辞書を用いた動画画像符号化システム

図2に carphone シーケンスの各フレームに対する基本辞書、静的学習辞書、提案法のPSNRの改善量の比較を示す。

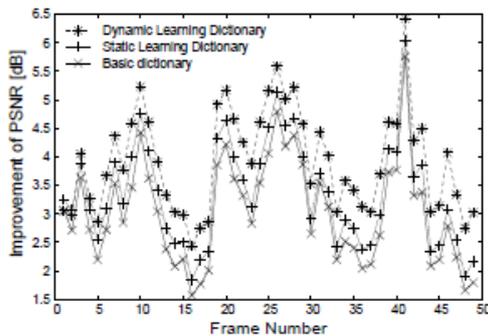


図2：MPの各フレームにおける符号化特性比較

ほぼ全てのフレームにおいて、提案法である動的学習辞書を用いた Matching Pursuits の品質が、基本辞書と静的学習辞書を上回るという結果が得られた。また他の評価実験により、提案法は 16kbps から 64kbps における BD-PSNR で H.263 と比較して、mother & daughter シーケンスで約 0.27 [dB]、carphone シーケンスで約 0.4 [dB] 符号化特性が改善された。

また、Matching Pursuits 符号化は、任意の場所を効率的に符号化することが可能であるため、オブジェクト符号化技術に適していると考えられる。Matching Pursuits の適用範囲拡大の一環として、オブジェクト符号化の前提となる重要な要素技術である画像からの動オブジェクト領域の抽出技術について検討を行い、主に以下の成果が得られた。

(3) 動オブジェクト抽出は、従来から様々なアプローチから研究が行なわれている。空間情報による領域分割と時間情報による統合からなる領域統合法は、少数フレーム単位

での処理が可能となるため、応用範囲は広い。領域統合法では、オブジェクトの抽出精度は、領域の動き検出精度と統合評価の妥当性に大きく依存する。そこで領域統合法における信頼性の高い領域の動き推定と統合評価法を提案する。具体的なアルゴリズムとしては、まず、一般的な Morphological Watershed 法により、オブジェクトの境界が失われない程度に過分割が抑制された領域分割を行う。次に、信頼できる特徴点から得られたオプティカルフローに対して、ロバスト推定を適用し、領域の正確なアフィン動きパラメータを算出する。領域統合評価においては、特徴点における動き推定誤差の変化量に基づいた評価関数を用いて精度の高い統合を行う。

提案したアルゴリズムを用いることにより、従来の評価関数を用いた場合と比較して、精度が高い統合が実現し、結果として良好な動オブジェクト抽出が可能となった。

(4) 近年 Watershed アルゴリズムと動的輪郭モデルを組み合わせた輪郭抽出手法が提案されている。ここでは静止背景からの動オブジェクト抽出を目的とした、Watershed アルゴリズムと動的輪郭モデルを組み合わせた新しい動オブジェクト抽出手法を提案する。提案法は、Snakes のようなエネルギー最小化のみによる輪郭抽出ではなく、エネルギー最小化の結果を地形図に組み込み、Watershed アルゴリズムにより輪郭抽出を行うというアプローチである。

提案法では、まずフレーム間差分画像に離散制御点を用いた動的輪郭モデルを適用し、映像中の動オブジェクトの概形をエネルギー最小化の結果として抽出する。次に、一般的な Watershed アルゴリズムにおいて用いる輝度勾配に基づいた地形図と、先に得られた動的輪郭モデルのエネルギー最小化結果に基づいた地形図を統合した新たな地形図を作成する。さらに地形図の局所領域について条件付 Watershed アルゴリズムを適用することによって、動オブジェクト形状情報を抽出する。

動オブジェクトの滑らかな概形である動的輪郭モデルによるエネルギー最小化結果を地形図に組み込むことにより、一般的な Watershed において現れるノイズによる境界線のジャギーを抑制し、さらに輝度勾配の不安定性による輪郭の不連続性の補正が可能となった。また、フレーム間差分信号に基づいた動的輪郭モデルよりオブジェクト概形を得るため、背景差分法と異なり、背景画像が必要でなく、2枚のフレームからの動オブジェクト抽出が可能である。処理時間についても Watershed アルゴリズムの適用範囲を輪郭周辺部にのみ限定しており、繰返し処理も含まないため、大きな計算量は必要とし

ない。

(5) レベルセット法は、位相変化に対応可能な動的輪郭モデルの一つで、3次元幾何形状モデリングや結晶形成シミュレーション、さらには監視カメラによる動オブジェクト追跡に適用されている。しかし、オブジェクト抽出においては、抽出精度は高いものではなく、概形の抽出を目的としたものがほとんどである。精度が高く安定した動オブジェクト抽出のためには、ノイズの影響を低減することが必要である。

提案法では、ノイズ分布に基づき静止領域を推定することで、レベルセットの速度関数を適応的に変化させて、正確なオブジェクト形状を抽出する。具体的には、動画像中に含まれるノイズをガウス雑音と仮定し、それに基づき静止背景と動オブジェクトの概形を示すオブジェクトマップを作成する。このオブジェクトマップにおいて、静止領域と判定された領域では、画素項を用いない速度関数を用いて補助関数を更新する。これによりノイズの影響が除外される。動領域については画像項の用い、さらに抽出輪郭が画素の輝度輪郭に向かうようなエネルギーを採用した速度関数により、補助関数を更新する。

提案した領域の特性に応じて適切な速度関数を用いることによって、精度が高く、またノイズの影響を低減して安定したレベルセット法による動オブジェクト抽出が可能となった。

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4件)

1. 今村幸祐, 橋本秀雄, エネルギー最小化項を組み込んだ地形図を用いた Watershed アルゴリズムによる動オブジェクト抽出, 画像電子学会誌, Vol. 39, No. 2, PP. 148-155 (2010), 査読有
2. 今村幸祐, 橋本秀雄, アフィン動きパラメータのロバスト推定に基づく動領域の統合, 映像情報メディア学会誌, Vol. 63, No. 11, pp. 1625-1629 (2009), 査読有
3. 今村幸祐, 田巻渉, 橋本秀雄, 動的学習による辞書を用いた Matching Pursuits 符号化, 映像情報メディア学会誌, Vol. 63, No. 1, pp. 105-109 (2009), 査読有
4. 今村幸祐, 永見利康, 橋本秀雄, 非低エネルギー領域多段探索法による Matching Pursuits の高速化, 映像情報メディア学会誌, Vol. 61, No. 8, pp. 1231-1235 (2007), 査読有

[学会発表] (計6件)

1. K. Imamura, N. Kubo, H. Hashimoto, Automatic Motion Object Extraction Using X-means Clustering, 28th Picture Coding Symposium, 2010. 12. 9 (Nagoya, Japan)
2. K. Imamura, H. Hashimoto, An Adaptive Speed Function of Level Set Method for Moving Object Extraction, 2010 IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 2010. 6. 2 (France)
3. K. Imamura, T. Oota, H. Hashimoto, Improvement of Convergence and Stability in Moving Object Extraction by the Level Set Method, 6th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, 2009. 9. 18 (Austria)
4. K. Imamura, H. Hashimoto, A Fast Multi-step Atom Searching in Non-low Signal Energy Regions for Matching Pursuits, The 2008 European Signal Processing Conference, 2008. 8. 26 (Switzerland)
5. K. Imamura, M. Hiraoka, H. Hashimoto, Watershed Algorithm for Moving Object Extraction Considering Energy Minimization by Snakes, 2007 IEEE International Conference on Advanced Video and Signal based Surveillance, 2007. 9. 7 (United Kingdom)
6. K. Imamura, M. Hiraoka, H. Hashimoto, Moving Object Extraction by Watershed Algorithm Considering Energy Minimization, Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems, 2007. 8. 30 (Netherlands)

[その他]

ホームページ等

- ・金沢大学学術情報リポジトリ
<http://dspace.lib.kanazawa-u.ac.jp/dspace/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

今村 幸祐 (IMAMURA KOUSUKE)
金沢大学・電子情報学系・准教授
研究者番号：00324096

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし