

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 10 月 18 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870009

研究課題名(和文) 補間技術を用いた適応的高品位映像撮像技術に関する研究

研究課題名(英文) A Study on Efficient Video Acquisition Approach based on Motion-Compensated Frame Interpolation Using High-Resolution Video and High-Frame-Rate Video

研究代表者

筒井 弘 (Tsutsui, Hiroshi)

北海道大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：30402803

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)：近年の撮像デバイスでは(1)高解像度・通常フレームレート(2)低解像度・高フレームレート、といった撮影モードをユーザが設定できるようになっている。このような2種類の動画画像が利用可能である場合を想定し、それらから高品位映像(高解像度・高フレームレート)をフレーム補間により生成する手法を提案し、従来のフレーム補間より効率的に高品位映像を生成可能であることを示した。また、映像中の動きの有無に応じた適応処理を考え、縮小画像を用いた高速な動領域検出法を提案した。

研究成果の概要(英文)：Recent CMOS image sensors have several image acquisition modes such as (1) high-resolution and normal-frame-rate and (2) low-resolution and high-frame-rate. Assuming these two types of video, that is high-resolution video and high-frame-rate video, can be obtained simultaneously, a motion-compensated frame interpolation method to generate high-resolution and high-frame-rate video from these videos is proposed. By using the proposed approach, efficient video acquisition can be archived. Considering adaptive processing based on motions in video sequences, a image shrinking based high-speed moving region extraction method is also proposed.

研究分野：VLSI設計, 画像処理

キーワード：動き補償フレーム補間 動領域検出 背景差分法 グローバルモーション推定 ホモグラフィ 計量削減

1. 研究開始当初の背景

近年、映像表示デバイスの高解像度化/高品質化に伴い、動画像の高品位化に関する要求が高まっている。動画像の高品位化のアプローチとして、空間解像度および時間解像度(分解能)の補間による向上がある。前者に関しては、エッジ適応処理や学習を用いた超解像処理として盛んに研究されている。後者は、フレーム補間と呼ばれ(図1上)、(1)ワンセグ放送等低フレームレート動画像の高フレームレート化、(2)液晶ディスプレイにおいてちらつきを抑制するために用いられる倍速駆動、(3)なめらかスロー再生といったエフェクト処理、等の様々な応用のため、盛んに研究が進められている。

一方、放送分野では古くからインタレース方式動画像が利用されている。この方式ではフィールドと呼ばれる単位で画像情報が送られる。フィールドには偶数ラインの情報のみを持つ偶数フィールドと、奇数ラインの情報のみを持つ奇数フィールドの2種類があり、これらが交互に送られる。このようなインタレース方式動画像を液晶ディスプレイ等に表示する場合、IP変換処理(インタレース・プログレッシブ変換)を行い、情報の無いラインを補間により生成する(図1真中)。高品質なIP変換手法では、動きのない領域に関しては時間方向の補間を行い、動きのある領域に関しては空間方向の補間を行うといった、適応的な処理を行う。

撮像デバイスに目を向けると、近年CMOSセンサの高性能化が著しく、高解像度動画像の撮像が容易になっているのみならず、高フレームレート動画像が撮像可能なデバイスも登場している。このようなデバイスでは(1)高解像度・通常フレームレートと(2)低解像度・高フレームレートをユーザが設定できるようになっており、撮影したい場面に応じて切り替え可能である。このような2種類の動画像が利用可能である場合、IP変換で行われるような動き適応的補間技術により高品位映像(高解像度・高フレームレート)を生成可能であると考えられる(図1下)。そこで本研究では、このような補間技術ならびに、適応的撮像モードを切り替えによって効率的に高品位映像を撮像する手法を検討する。

2. 研究の目的

本研究では、上に述べた背景のもと、CMOS撮像デバイスの設定が適応的に変更可能であると想定して、撮像対象に応じて適応的に撮像モードを切り替えることによって、効率的に高品位映像を撮像する手法を検討、動画像の時間方向の情報を利用する補間手法を用いて、補間によりどの程度まで高品質に補間ができるかを明らかにする。また、映像中の動きの有無に応じた適応処理を考える。この場合、動き検出や動きのある領域の抽出処理が極めて重要な役割を担う。そこで、動き検出・動領域抽出の効率的な実装を検討する。

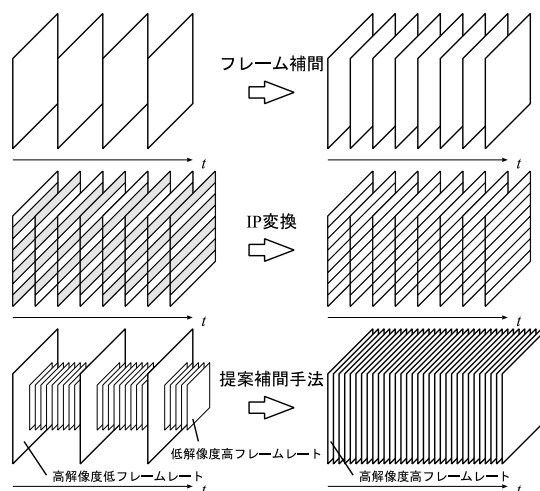


図1:フレーム補間, IP 変換, 本研究課題で検討する補間手法.

なお、CMOSセンサ等から得られた情報は一旦ストレージに蓄えられ、その後オフラインでソフトウェアによる高品位化を行うことを想定する。

3. 研究の方法

撮像対象に応じて適応的に撮影モードを切り替えることによって、効率的に高品位映像を撮像する手法を検討する。

既存CMOSセンサでは(1)高解像度・通常フレームレート(2)低解像度・高フレームレート、といった設定を撮影時に適応的に設定することができない。また、同時に取得することも不可能である。そこで、市販のデジタルカメラで撮影した動画像を参照用データとし(1)その時間分解能を間引き等により低くしたもの(2)空間解像度を間引き等により低解像度にしたもの、を入力データとする。この入力データから、如何にもとの動画像を復元できるかを検討する。

研究代表者は物体追跡等で利用される特徴点追跡技術ならびにグローバルモーション推定に着目し、それを動画像フレーム補間に応用した手法を提案している(引用文献①)。この手法では、前景と背景を分離することにより、背景はグローバルモーションにより補間、前景は特徴点追跡に基づく補間を行うことにより、高品質なフレーム補間を行う。このアプローチをもととして、低解像度・高解像度の2種類の解像度のフレームからなる入力動画像に対応したソフトウェアを開発する。具体的には、低解像度・高解像度の両方の情報を用いて特徴点追跡を行い、補間は高解像度フレームをもとに低解像度フレームの情報も利用しつつ補間を行う。

4. 研究成果

- (1) KLT法に基づくグローバルモーション推定と背景差分法による動領域検出における縮小画像を用いた計算量削減(学会発表③⑤)

KLT 法(引用文献②)による特徴点追跡に基づいたグローバルモーション推定と背景差分法による動領域検出の、縮小画像を用いた計算量削減手法を提案した。背景差分画像には一定のノイズが含まれる。また、縮小画像を用いることにより、グローバルモーション推定精度が低下し、背景差分画像に含まれるノイズが増加する。そのため提案手法では、背景差分画像に対してメディアンフィルタを適用することによりノイズを除去し、さらにラベリングを用いて小領域除去を行う。

提案する KLT 法に基づくグローバルモーション推定と背景差分法による動領域検出の流れは以下のとおりである。なお、時刻 i のフレームを f_i とし、連続する 2 つのフレームを f_i, f_{i+1} とする。動領域は矩形領域として検出することを想定する。(1)入力画像 f_i から特徴点の集合 P_i を抽出する。(2)KLT 法を用いて特徴点追跡を行い、 f_{i+1} における P_i の対応点の集合 P_{i+1} を得る。(3)対応付けられた P_i, P_{i+1} より RANSAC アルゴリズム(引用文献③)を用いてホモグラフィ行列 H を求める。(4) f_i に対して H による射影変換を行い、 f'_i を得る。(5) f'_i と f_{i+1} の差分を求め、それを二値化した画像を得る。(6)差分画像に対してノイズ除去を行い、残った部分を矩形で囲んで動領域とする。

手順(6)におけるノイズ除去にはメディアンフィルタならびにラベリングを用いた小領域の除去を用いる。メディアンフィルタにより二値化差分画像に残る背景部分の建物等のエッジや、木や草などの揺れ等によって生じる微小なノイズを除去する。メディアンフィルタで除去出来ない比較的面積の大きいノイズに対しては、ラベリングを用いた小領域除去によりノイズ除去を行う。ラベリングにより同一の領域と判断される画素に同じラベルを付加し、各領域の面積を計算、その面積が閾値より下回る場合にその領域を二値化差分画像から除去する。

表 1 に各解像度における動領域検出までの処理時間を示す。ここではメディアンフィルタのサイズを解像度に関わらず 3×3 とした。計測に用いた計算機の CPU は Intel Core i7-4770 3.40 GHz である。この結果から、フル HD 入力画像の解像度を $1/16$ (480×270) に縮小し、特徴点追跡に KLT 法を用いることで、1 フレームあたり 27.7ms の処理時間で動領域検出が可能であり、縮小画像を用いることで処理時間を 8.8%にまで削減できることが分かった。提案手法を用いることで、ソフトウェア上で 30 fps のリアルタイム処理が可能である。なお縮小画像を用いた際の動領域検出精度は F 尺度 0.8 程度であった。

表 1: 動領域検出までの 1 フレームあたりの処理時間

	1920×1080	960×540	480×270
特徴点抽出[ms]	139.9	35.5	9.0
特徴点追跡[ms]	35.8	11.3	8.3
ノイズ除去[ms]	138.0	36.1	12.4
合計[ms]	313.7	82.9	27.7

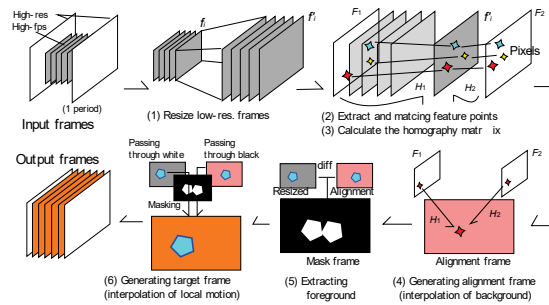


図 3: 提案補間手法の処理手順。

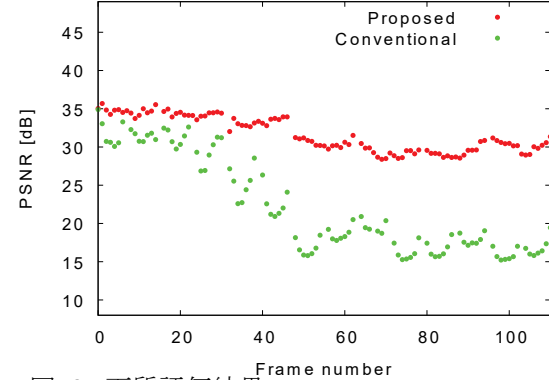


図 3: 画質評価結果。

(2) 高解像度動画像及び高フレームレート動画像を用いたフレーム補間手法(学会発表①②④)

高解像度成分と高フレームレート成分の 2 つの情報を持つ動画像を用いたフレーム補間手法を提案した。従来手法では、補間前の動画像のフレームレートが低くなるほど、フレーム間に本来保持されるはずの動き情報が欠落する。そのため、補間結果に不自然な動きが生じる。提案手法では、低解像度成分のグローバルモーションを使って、自然なカメラモーションを反映すると共に、高解像度成分の画素を用いた補間を行い、さらに前景と背景を分離した処理を行うことにより、高品質な補間結果を得る。

提案手法における補間手順を図 2 に示す。 i 番目の低解像度フレーム f_i とその時間的に前後の 2 つの高解像度フレーム(キーフレームと呼ぶ) F_1, F_2 を利用して i 番目の補間フレームを生成する手順は以下のとおりである。(1)低解像度フレーム f_i をキーフレームと同じサイズに拡大する(f'_i)。(2)拡大フレーム f'_i とキーフレーム F_1, F_2 の特徴点を抽出し、対応付ける。(3) F_1 から f'_i へのホモグラフィ行列 H_1 と、 F_2 から f'_i へのホモグラフィ行列 H_2 を計算する。(4) f'_i, F_1, F_2, H_1, H_2 を使って位置合わせ補間フレームの画素を生成する(重み付き平均により合成)。(5)位置合わせ補間フレームと f'_i により前景領域を抽出する。(6)前景領域には f'_i の画素を用い、それ以外については位置合わせ補間フレームを用い、これにより補間フレームを得る。

手順(1)ではバイキュービック法を用いて f_i を拡大し、手順(2)では AKAZE 特徴量(引用文献④⑤)を使って特徴点の抽出・対応付けを行

う。また、手順(3)のホモグラフィ行列の推定には RANSAC 法(引用文献③)を用いる。

提案手法と従来手法を用いて生成した補間動画像を、元の動画像と比較することによって評価する。提案手法と従来手法の入力データは、1920×1080、30fps の動画像からそれぞれ作成したものである。入力フレームはそれぞれの補間手法に応じて以下のように作成した。まず、従来手法の入力フレームは、フレームレートを 1/8 にすることで作成した。一方、提案手法の入力フレームは、フレームレートを 1/16 にしたフレーム(高解像度フレーム成分)のフレーム間に、解像度を 1/16 にしたフレーム(高フレームレート成分)を付加することで作成した。実際のデータ量は提案手法の方が従来手法より小さく、提案手法が若干不利になるように設定されている。

PSNR 値による評価結果を図 3 に示す。キーフレームについては元動画像のフレームと同じになるので、ここでは省略している。図より、提案手法を用いることにより従来手法と比較して精度の高い補間動画像が生成出来ていることがわかる。特にこの実験に用いた動画では、動画後半で背景ならびに前景の動きが大きくなるため、従来手法と比較して大きな画質改善が見られる。

以上の研究成果は、適応的に撮像モードを切り替えることによって効率的に高品位映像撮像が可能であることを示すものである。今後は撮像デバイスも含めた検討が期待される。

<引用文献>

- ① H. Nakamura, H. Tsutsui, T. Onoye, "An Approach to Motion-Compensated Frame Interpolation based on Feature Tracking," Proceedings of International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA), Sep. 2010.
- ② C. Tomasi and T. Kanade, "Detection and tracking of point features," International Journal of Computer Vision, 1991.
- ③ M. A. Fischler and R. C. Bolles, "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," Commun. ACM, vol.24, no.6, pp.381-395, June 1981.
- ④ P. F. Alcantarilla, A. Bartoli, and A. J. Davison, "KAZE features," Proceedings of European Conference on Computer Vision (ECCV), pp.214-227, Oct. 2012.
- ⑤ P. F. Alcantarilla, J. Nuevo, and A. Bartoli, "Fast explicit diffusion for accelerated features in nonlinear scale spaces," Proceedings of British Machine Vision Conference

(BMVC), Sept. 2013.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 5 件)

- ① Hiroki Uesaka, Takashi Imagawa, Hiroshi Tsutsui, Yoshikazu Miyanaga, "An Accuracy Evaluation of Motion-Compensated Frame Interpolation Using High-Resolution Video and High-Frame-Rate Video," Proceedings of International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA), 2016 年 9 月 15 日発表, アユタヤ(タイ王国).
- ② 上坂 浩貴, 今川 隆司, 筒井 弘, 宮永 喜一, "高解像度動画像及び高フレームレート動画像を用いたフレーム補間手法の精度評価," 電子情報通信学会 信学技報, Vol. 115, No. 348, pp. 89-94, SIS2015-45, 2015 年 12 月 4 日発表, まつや千千・水仙亭(福井県あわら市).
- ③ 鴻上 慎吾, 今川 隆司, 筒井 弘, 宮永 喜一, "KLT 法に基づくグローバルモーション推定と背景差分法による動領域検出における縮小画像を用いた計算量削減," 電子情報通信学会 信学技報, Vol. 115, No. 348, pp. 95-98, SIS2015-46, 2015 年 12 月 4 日発表, まつや千千・水仙亭(福井県あわら市).
- ④ 上坂 浩貴, 今川 隆司, 筒井 弘, 宮永 喜一, "複数解像度・複数フレームレート動画像によるグローバルモーションを用いたフレーム補間手法の性能評価," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p. 145, A-20-5, 2015 年 9 月 8 日発表, 東北大学(宮城県仙台市).
- ⑤ 鴻上 慎吾, 今川 隆司, 筒井 弘, 宮永 喜一, "グローバルモーション推定と背景差分法による動領域検出における縮小画像を用いた計算量削減," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p. 143, A-20-3, 2015 年 9 月 8 日発表, 東北大学(宮城県仙台市).

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 画像処理装置、画像処理方法及び画像処理用プログラム

発明者: 筒井 弘, 上坂 浩貴, 鴻上 慎吾

権利者: 国立大学法人北海道大学

種類: 特許

番号: 特願 2015-163487, 特開 2017-041820

出願年月日: 2015 年 8 月 21 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

筒井 弘 (Hiroshi Tsutsui)

北海道大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 30402803