

マルチコア CPU を用いた放送映像向け超解像の実時間処理

Real-time processing for super-resolution of broadcast videos by using a multicore CPU

君山 健二
Kenji Kimiyama

小堀 理†
Osamu Kobori

1. まえがき

超解像技術は、民生用テレビなどディスプレイ側での応用が進んでいる一方、放送局側などコンテンツ制作現場では十分に普及していない。放送局で要求されるような忠実度が高い超解像処理は研究段階であり[1]、複雑な処理の実装に適したソフトウェアでの実時間処理の実現は困難な状況である。本研究では、複数フレームを用いる超解像処理について高速化アルゴリズムの検討を行い、マルチコア CPU を搭載した PC 上で実時間処理を実現した結果を報告する。

2. 複数フレーム超解像

複数フレーム超解像[2]アルゴリズムの処理ブロック図を図 1 に示す。大きく分類すると、位置合わせ処理と再構成処理に分かれる。

位置合わせ処理は、拡大したい基準フレームに前後の参照フレームの画素を位置合わせする。まず、画素選択ブロックによって位置合わせ対象画素の絞込みを行う。平坦部などの超解像による高画質化効果のない画素は除外される。ブロックマッチングでは SAD(Sum of Absolute Difference)計算が実行され、動きベクトル計算ブロックで、小数精度の動きベクトルが計算される。

再構成処理は、出力と同じ解像度に拡大した初期画像に対して、位置合わせ処理で得られる動きベクトルを使って補正を行う。まず、動きベクトル変換ブロックによって、動きベクトルは、高解像画像上の座標値に変換される。PSF(Point Spread Function)計算ブロックにおいて、低解像画像上のピクセルと高解像画像上のピクセルの関係を示す PSF が計算される。POCS(Projection Onto Convex Sets, 凸射影法)[3]処理ブロックによって高解像画像の生成が行われる。

最も処理時間がかかるのはブロックマッチングであり、従来手法での処理速度のボトルネックとなっている。

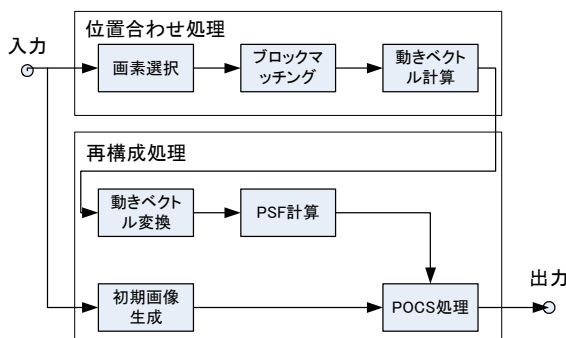


図 1 複数フレーム超解像

3. 提案手法

3.1 双方向同時位置合わせ

ブロックマッチングにおける SAD の計算回数を削減し、高速化するアルゴリズムとして双方向同時位置合わせ方式を提案する。

図 2 は従来の位置合わせ時のフレーム関係である。フレーム 2 を処理するときには、前の参照フレーム 1 と後の参照フレーム 3 の画素を基準フレーム 2 に位置合わせする。フレーム 3 を処理するときには、前の参照フレーム 2 と後の参照フレーム 4 の画素を基準フレーム 3 に位置合わせする。連続的に処理することによって、全てのフレームの高解像化が実行される。

本提案では、図 2 中の 2-3 の位置合わせと 3-2 の位置合わせは、参照フレームと基準フレームの関係が逆であるものの、対応する点は同じ結果になるという点に注目した。双方向同時位置合わせは、図 3 に示すように参照フレームと基準フレームの関係が逆(反対方向)の位置合わせを同時に行い、互いの履歴を参照し、反対方向の位置合わせですでに計算済みの画素は、その結果をヒントとして流用する事で処理量削減を図る。マルチコア CPU を用いて相互に参照する場合に、図 3 に示すように 2 つの位置合わせ処理で走査する方向を対称形にする事で、後半は参照によって計算量を大幅に低減できる。

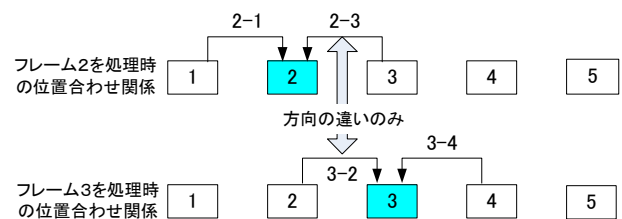


図 2 従来の位置合わせ方式

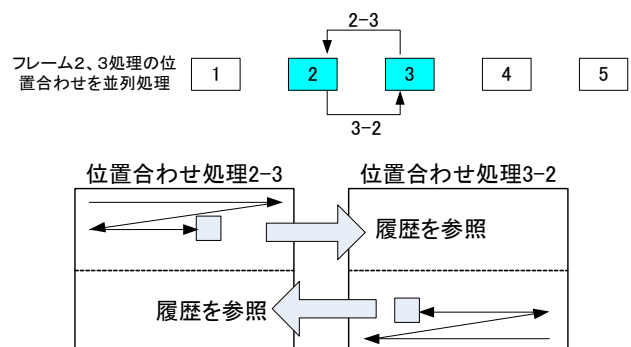


図 3 双方向同時位置合わせ方式

† (株) 東芝 電力・社会システム技術開発センター

‡ (株) 東芝 放送・ネットワークシステム部

4. 評価実験

アルゴリズムの有効性を検証するため、クロック周波数 3.4GHz、6 コアのマルチコア CPU を搭載した PC を用いて実験を実施した。図 4 に示す 4 種類の SD フォーマット(720x480)、フレームレート 30fps の評価映像を、HD フォーマット(1440x1080)へ拡大する。SD フォーマットは、ピクセル形状が正方形ではないために、正方形の HD フォーマットへ変換へは、横方向は 2 倍、縦方向は 2.25 倍に拡大した。

放送映像はインターレース形式であるために、トップフィールドとボトムフィールドを個別に拡大を行う。ボトムフィールドを単純に拡大すると垂直方向にずれが生じるため、拡大後のフレームの 2 ライン目の位置にボトムフィールドの 1 ライン目が対応するように調整を行う。

使用フレーム数は前後 1 フレーム、ブロックマッチングのサーチ範囲は上下±4 ピクセル、左右±8 ピクセルとした。位置あわせ処理は、位置あわせ方向が逆のペアをフィールド毎に並列処理して、4 スレッド同時に実行した。再構成処理は、フィールド毎に 2 スレッド同時に実行した。画像が出力される時間間隔を、プログラム内でマルチメディアタイマ関数を用いて測定し、200 フレーム分の処理時間から処理速度を求めた。

位置あわせ処理単独の処理速度を表 1 に示す。従来手法のシングルスレッドと、マルチスレッド、本提案手法マルチスレッドについて 4 種類の評価映像ごとの結果と平均を記載している。評価映像ごとの違いは、図 1 の画素選択ブロックで残される画素の割合によって生じる。提案手法では、最大 106fps の処理速度となり、シングルスレッドと比較して約 5 倍の高速化が実現できている。マルチスレッドでも双方向同時位置あわせを用いることによって、平均 29%高速化された。

超解像処理全体の処理速度を表 2 に示す。マルチスレッド化によって 30fps を超えていることから、実時間以上で処理されていることが確認された。従来手法と本手法の差が大きい要因は、高速化された位置あわせ処理が、再構成処理待ちの状態になっていることが考えられ、この改善が今後の課題である。

画質に関しては、本高速化手法により低下がないことを PSNR 値および主観評価で確認を行った。



図 4 実験に用いた評価映像

表 1 位置あわせ処理単独の処理速度

評価映像	従来手法 シングル	従来手法 マルチ	提案手法 マルチ
花 1	19 fps	67 fps	89 fps
花 2	21 fps	76 fps	96 fps
メトロ 1	24 fps	83 fps	106 fps
メトロ 2	11 fps	42 fps	55 fps
平均	18.75 fps	67 fps	86.5 fps

表 2 超解像処理全体の処理速度

評価映像	従来手法 シングル	従来手法 マルチ	提案手法 マルチ
花 1	16 fps	32 fps	36 fps
花 2	16 fps	37 fps	38 fps
メトロ 1	23 fps	40 fps	42 fps
メトロ 2	11 fps	30 fps	31 fps
平均	16.5 fps	34.75 fps	36.75 fps

6. まとめ

本稿では、複数フレーム超解像処理をマルチコア CPU の PC 上で実時間処理を行うための双方向同時位置あわせ方式を提案し、実験によりその性能の確認を実施した。ベースとなったアルゴリズムは、実際の TV 放送にも用いられているものであり、実時間処理により適用範囲拡大が図れるようになった。今後は、ボトルネックとなっている再構成処理の高速化も実施し、さらに高解像度な 4K × 2K 素材や、SHV への応用も検討していく。

謝辞

本研究の解析や技術検討にあたり多大なご尽力を頂いた日本テレビ放送網株式会社の関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 鈴木 寿晃、藤原 徹、佐藤 誠、“超解像技術を応用した画質向上の解析と検討”、第 48 回 民放技術連絡会 予稿集、Nov. 2011.
- [2] R.R.Schulz and R.L.Stevenson, “Extraction of high-resolution frames from video sequences”, IEEE Trans. on Image Processing, vol.5, pp.996-1011, June 1996.
- [3] H.Stark and P.Oskoui, “High resolution image recovery from image-plane arrays, using convex projections”, Journal of Optical Society of America A, vol.6, no.11, pp.1715-1726, Nov.1989.