

3次元再構成に基づく2次元動画像の立体化*

2S-7

松本 幸則 寺崎 肇 杉本 和英 荒川 勉†

三洋電機(株) 東京情報通信研究所‡

1 はじめに

立体映像に関連する技術は、アミューズメントやVRから医療・教育・設計にわたる広い分野において、極めて重要な技術として注目されている。しかし、現在主流となりつつある2眼式映像表示を前提とした場合、その入力映像作成には特殊なステレオ撮影装置が必要となる。しかも、撮影時には高度な撮影技術およびノウハウが要求されるといわれている。これは立体映像が一般に普及するための大きな障壁になると考えられる。

本稿では、簡単な入力装置による立体画像生成を目的とし、単眼撮影された2次元動画像から立体動画像を生成する手法を提案する。以下、提案手法の概要を述べるとともに、本手法の鍵となる画像間対応検出アルゴリズムに焦点をあて説明する。また本手法の評価として、従来の画像間対応検出手法との比較結果を報告する。

2 立体映像生成手法の概要

本立体映像生成手法では、動画像をシーン毎に分割した後、各シーン内の全フレームに対し、以下の5ステップの処理を施すことで立体動画像を生成する。

1: 特徴点抽出

立体化対象のフレーム(基準フレームと呼ぶ)における特徴点(後述)をもとめる。

2: フレーム選択

画像間対応点検出に用いるフレーム(対応フレームと呼ぶ)を選択する。対応フレームは、基準フレームとの間で、上記特徴点の動きベクトルの分散が一定値以上となるものとする。

3: 画像間対応点検出

基準フレーム上に設定された代表点(後述)に対応する点を、対応フレーム上で求める。

4: カメラ移動量と奥行き情報の推定

フレーム間の対応関係から、フレーム間のカメラ移動量および各対応点の奥行き情報(スケールファクタを除く)が求まる[2, 5]。ここでは[5]の手法に基づいて特徴点からカメラ移動量を求め、さらに全代表点の奥行き情報を計算する。

5: ステレオ映像生成

ステップ4で得た各代表点の奥行き情報を加工し、立体表示に適した奥行き量に修正する。この結果生

成された $2\frac{1}{2}$ スケッチに基づき、与えられた左右両視点に対応するステレオ映像を生成する。

3 画像間対応点の検出

カメラ移動量および奥行き情報の推定精度は、画像間対応点検出精度に大きく依存する。したがって、画像間対応点検出処理は極めて重要である。以下、本手法における処理画像間対応点検出の方法について述べる。

3.1 問題の定式化

画像間対応を検出する手法としては、画素間あるいは領域間の類似性に基づいて対応を求めるものや、エッジセグメントなどのプリミティブ検出を各々の画像で行ない、プリミティブ間の対応を求めるものがある。このうち後者は、平坦面など明確なエッジセグメントが得られにくい領域を含む映像への適用が難しいと考えられる。そこで、基準フレームにメッシュ状に代表点を設定し、代表点を含むブロック領域単位での対応関係を求めることにした。

本手法では、対応点が、1: 類似性、2: 一意性、3: 連続性という三つの性質を満たすよう、ブロックマッチングによる類似性評価に距離の制約を加えたエネルギー最小化問題として問題を定式化した。すなわち、以下の式で定義されるエネルギー E を最小化する対応点の組を求める問題とした。

$$E = \sum_i I_i + \lambda D_i$$

ここで、 I_i は代表点 i のブロックマッチングにおける誤差、 D_i は代表点 i とその近傍代表点との距離歪みペナルティである。 λ は I に対する D の重み係数である。この手法は正規化にもとづく対応検出手法と位置付けられる。2次元画像の対応点問題では、上式の最適解を得ることは極めて困難であるが、緩和法や動的計画法によって近似解を得ることができる。

3.2 動きベクトルに基づく特徴点

上記問題を解決するため、GAなどを適用することで良好な準最適解を得る試みがなされている[4]。しかし、この手法は極めて多大な計算時間を要すると考えられる。われわれは、良好な初期値を与えた後、緩和法に基づき局所最適解を得るアプローチを採用した。

本アプローチにおいては、いかに良好な初期値を得るかが鍵となる。このため、まず、代表点を動きベクトルの安定性に基づいて特徴点と非特徴点に分類する。ここでは、「微小時間内ではカメラ移動が等速運動と見なされる」という仮定をおく。そして、ブロックマッチングを複数フレーム間に適用し、各代表点の動きベクトルを追跡する。これらのうち、動きベクトルが安定している

*Image Sequence Translation from 2-D to Stereo

†Yukinori MATSUMOTO, Hajime TERASAKI, Kazuhide SUGIMOTO, Tsutomu ARAKAWA

‡Tokyo Information & Communication Research Center, SANYO Electric Co., Ltd.

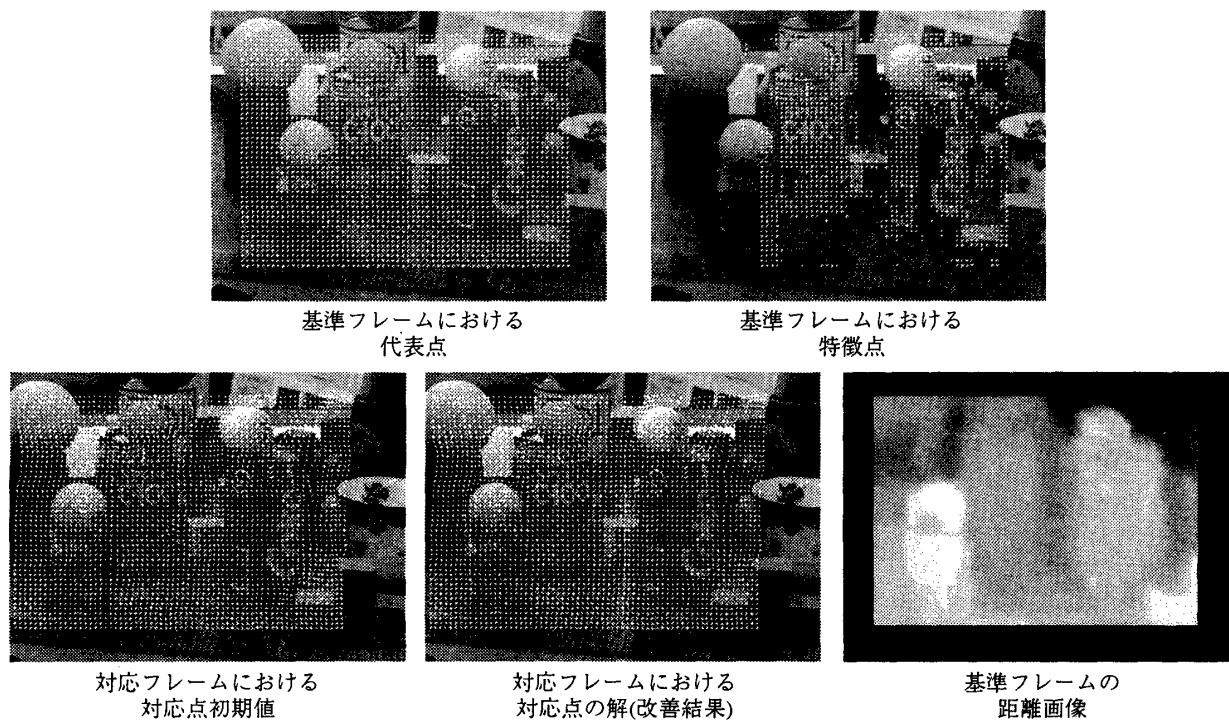


図 1: 対応点検出例と処理結果の距離画像

ものを特徴点、それ以外を非特徴点とする。上記分類後、特徴点については最適ブロックマッチング結果を初期値として用い、非特徴点については、近傍特徴点からの補間により初期値をあたえる。

本手法は、全代表点の初期値を最適ブロックマッチング結果とする方法に比べ、極めて良好な初期値を与えることができる。また、動きベクトルという画像入力部に依存しない評価基準を用いることで、従来のエッジに基づく手法に比べ、より汎用的な特徴点抽出を可能としている。本手法の実行例、およびその結果得られた距離画像を図1に示す。

4 評価

本手法における対応点精度の評価として、動的計画法[3]による対応点検出結果との比較を行なった。動的計画法による2次元映像における対応点問題はマルコフ性を満たさないため最適解を得ることが保証されない。今回の評価実験では、[1]の手法を用いて近似解を得ることとした。評価結果を表に示す。

手法	エネルギー値	計算時間(秒)
動的計画法	559,257	6,080
本提案手法	(966,328) → 401,534	728 (うち特徴点検出 548)

計算には Sparc Server 1000 (40MHz) を用いた。ただし CPU は一つのみ用いている。以上から、本提案手法の方が短時間でより良好な最終解を得ることが分かった。

5 おわりに

2次元動画像を立体動画像に変換する手法について報告した。本手法は動画像から立体情報を抽出する立体再

構成技術が基礎となる。ここでは、異なるフレーム間での対応点検出精度が重要な鍵となる。われわれは、カメラの等速運動を前提に、動きベクトルの安定性に基づく特徴点を導入し、高精度かつ高速な対応点検出手法を開発し、本システムで採用した。その結果、動的計画法による対応点検出に比べ、処理速度、精度ともに良好な結果を得た。

本手法の課題としては、多剛体映像への適用、およびカメラ移動量の安定した推定手法の開発などがあげられる。今後は、対象シーンの3Dモデル生成にも適用できるよう改良する予定である。

参考文献

- [1] Fishler, M.A et. al: "The Representation and Matching of Pictorial Structures", IEEE Trans, Vol.C-22 No.1, pp.67-92, 1973
- [2] 金出 他: "因子分解法による物体形状とカメラ運動の復元", 信学論, Vol.J76-D-II, No.8, pp.1497-1505, 1993
- [3] 大田 他: "動的計画法によるハターンマッチング", 情報処理 Vol.30, No.9, pp.1058-1066, 1989
- [4] 坂上: "遺伝的アルゴリズムとアクティブネットの組合せによるステレオマッチング", 信学論, Vol.J77-D-II, No.11, pp.2239-2246, 1994
- [5] Weng. et. al: "Motion and structure from two perspective views: Algorithms, error analysis, and error estimation", IEEE Trans. PAMI, Vol-11, pp.451-476, 1989