

時空間幾何拘束を用いたセグメントの追跡\*

3 R - 4

市村 直幸<sup>†</sup> 石山 豊<sup>‡</sup> 富田 文明<sup>†</sup>

<sup>†</sup>電子技術総合研究所 <sup>‡</sup>スタンレー電気（株）技術研究所

1 はじめに

セグメントの追跡は、画像を用いた物体の運動解析や形状復元における重要な処理である。従来、照合と予測に関して多くの研究が行われている [1] [2] [3]。しかし、特徴抽出の失敗による対応点の消失や誤対応の修正を行った例は少ない。本稿では、線セグメントを対象とし、時空間エピポーラ拘束と、対応点探索やセグメント形状に関する幾何拘束を利用し、対応点の修正を行いつつ、追跡を行う方法を提案する。

2 時系列ステレオ画像を用いた追跡

図1に追跡処理の概要を示す。校正されたステレオカメラより入力される時系列ステレオ画像を用いる。初期状態で、ステレオ対応により全セグメントの3次元位置を得る。そして、頂点を構成するセグメント対を一つの単位として追跡する。まず、時間対応を左画像で得る。次に、その各時間対応点に対し、右画像での空間対応を得る。各セグメント対の移動前、移動後の3次元位置を用いて運動パラメータを算出する。

3 時空間幾何拘束を用いた対応点の修正

時間および空間対応を得る際、消失した対応点や誤対応点の位置を、時空間幾何拘束を利用し修正する。

3.1 時間幾何拘束を用いた修正

3.1.1 対応点探索方向の拘束を用いる場合

対応点探索方向の拘束と時系列画像間のエピポーラ拘束を用いる（図2）。まず、対応点探索方向を、セグメントの垂直方向に限定する（図2の search direction）。その方向への探索により得られる対応点から、時間対応点間のエピポーラ拘束を求める。

エピポーラ拘束は、時間対応点から基本行列 (Fundamental Matrix) を計算し得られる。時系列画像では対応点間の距離が微小で、透視投影の影響が小さいこと、また、数値計算が安定することから、アフィン基本行列 [4] を用いる。その計算の際、誤対応の影響を避けるため、外れ値の除去を行う。

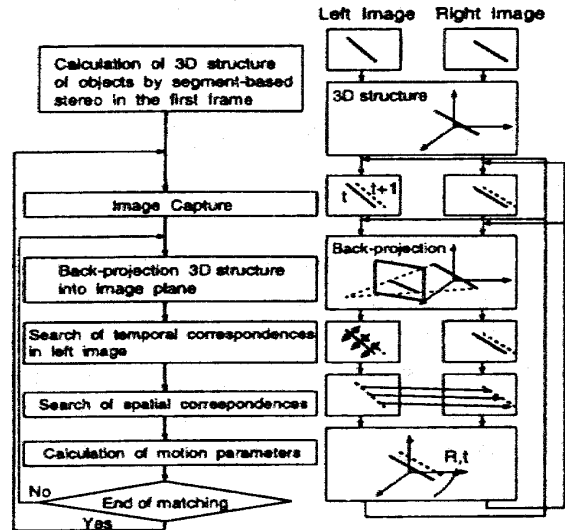


図1: 追跡処理の概要。

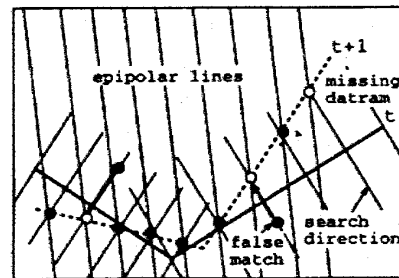


図2: 時間幾何拘束を用いた対応点の修正。

エピポーラ拘束が求めれば、エピポーラ線と探索方向を表す直線の交点として、消失した対応点や外れ値として除去された誤対応点の位置が修正される。また、それ以外の対応点の修正も行われる。

この方法では、対応点の探索方向を限定しているため、それが実際の運動方向と異なると、正しい対応付けにならない。よって、正しい対応を得るために、上記の処理を何度か反復する必要がある（図1の End of matching の No のループ）。

3.1.2 セグメント形状の拘束を用いる場合

3.1.1の処理は、セグメント形状の拘束とエピポーラ拘束を用いても実現できる。図2で言えば、時間対応点からセグメントの直線近似を行い、その直線（図2の t+1 の直線）とエピポーラ線の交点を求める。誤対応は、直線近似の際に外れ値として除去する。

\*Tracking of Segments Using Spatial and Temporal Geometric Constraints. Naoyuki Ichimura and Fumiaki Tomita are with the Electrotechnical Laboratory. Yutaka Ishiyama is with the Stanley Electric Co., Ltd., R & D. E-mail: ichimura@etl.go.jp

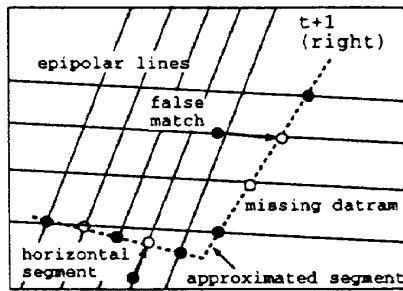


図 3: 空間幾何拘束を用いた対応点の修正.

### 3.2 空間幾何拘束を用いた修正

セグメント形状の拘束とステレオ画像間のエピポーラ拘束を用いる (図 3)。左画像の時間対応点に対する空間対応点を、右画像においてエピポーラ線に沿って探索する。この場合、エピポーラ拘束はステレオカメラの校正結果より得られる。得られた空間対応点からセグメントの直線近似を行う。そして、その直線とエピポーラ線の交点を求め、対応点の修正を行う。誤対応は、直線近似の際に外れ値として除去する。

### 4 実験結果

実験には 3 眼ステレオカメラを用いた (図 5(a))。水平 2 眼だけでは、図 3 にあるような水平セグメントに対し、エピポーラ線がほぼ平行になり、対応点の探索が難しくなる。水平セグメントに関しては、図 3 のように、左画像と中央画像間のエピポーラ拘束を用いる。外れ値の除去は、基本行列の計算では最小固有値に基づく方法 [5] を、直線近似では EM アルゴリズムに基づく方法 [6] を用いた。

キャリブレーションパターンをマニピュレータにより移動させ、追跡を行った (図 4(a),(b))。時空間エピポーラ拘束 (図 5(b),(c),(d)) を用い、対応点が消失してもその位置を修正できた (図 4(c),(d))。図 4 および 5 の結果は 3.1.1 の方法によるものだが、3.1.2 の方法でも同様の結果を得た。

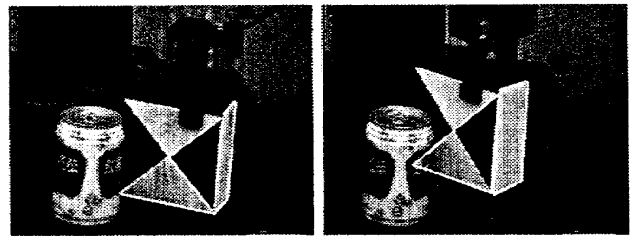
### 5 まとめ

時空間幾何拘束を用い、対応点の修正を行う追跡方法を提案した。複雑な形状のセグメントへの適用が今後の課題の一つである。

謝辞 研究の機会を与えて下さいました電総研知能情報部、大津展之部長に感謝致します。また、日頃御討論頂く VVV プロジェクトの関係諸氏に感謝致します。

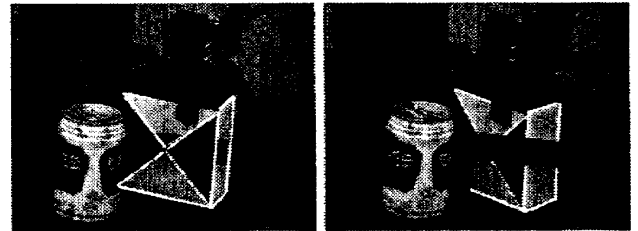
### 参考文献

[1] B. D. Lucas and T. Kanade: "An iterative image registration technique with an application to stereo vision," Proc. 7th IJCAI, pp.674-679, 1981



(a)

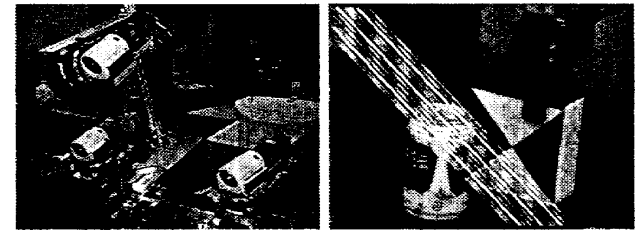
(b)



(c)

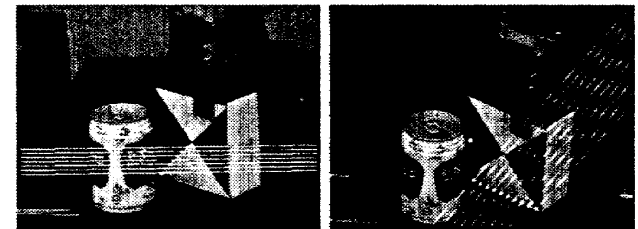
(d)

図 4: 追跡結果. (a) 第 1 フレーム、(b) 第 40 フレーム、(c) 対応点修正あり、(d) 対応点修正なし.



(a)

(b)



(c)

(d)

図 5: エピポーラ拘束. (a) 3 眼ステレオカメラ、(b) 時系列画像間の拘束 (左画像)、(c) 水平 2 眼による拘束 (右画像)、(d) 斜め 2 眼による拘束 (中央画像).

[2] R. Deriche and O. Faugeras: "Tracking line segments," Proc. 1st ECCV, pp.259-268, 1990

[3] Z. Zhang and O. Faugeras: "Three-dimensional motion computation and object segmentation in a long sequence of stereo frames," IJCV, 7, 3, pp.211-241, 1992

[4] L. S. Shapiro, A. Zisserman and M. Brady: "3D motion recovery via affine epipolar geometry," IJCV, 16, 2, pp.147-182, 1995

[5] L. S. Shapiro: "Affine analysis of image sequences," Cambridge University Press, 1995

[6] N. Ichimura: "Inexhaustive region segmentation by robust clustering," Proc. 2nd ICIP, Vol-III, pp.77-80, 1995