

ステレオの移動による世界モデルの構築と更新

5D-6

杉本和英\*、 高橋裕信\*、 富田文明\*\*  
 \*三洋電機筑波研究所、 \*\*電子技術総合研究所

1. まえがき

ステレオ視により、シーンに存在する物体の面の解釈が可能である[1]。しかし、単一の視点からでは見ることのできない面や、オクルージョンにより一部分が隠れて見えない面等が存在する。又、線画が不完全で解釈不可能な領域が出る場合もある。これらの未知の領域や解釈不可能な領域を解釈可能とするためには、視点を移動することが有効である。視点の移動前後の観測データ間で対応の求まる部分についてはその記述を更新する。移動により見えなくなった部分は、その記述を保存し、移動により新たに現れた部分は、移動前の記述と統合する。本報告では、ステレオ視を備えた移動ロボットにおいて、このようにシーンの記述を更新することにより、世界モデルを逐次的に構築する手法を提案する。

2. モデルの構造

シーンに存在する物体は、ステレオによる観測により境界表現に変換される。すなわち、各平面は、その属性として平面方程式を持ち、その境界線を構成する3次元セグメントのリストによって表現されている。各セグメントは、直線方程式と両端点の3次元座標およびオクルージョンの有無を持ち、囲んでいる面を右に見るように方向付けられている。また、面が交差してできる稜エッジを構成するセグメントは、他方の面の対応するセグメントを参照するウィングドエッジとなっている。以下では、移動前後のステレオ視によって個々に得られるシーンの境界表現(図2)を統合する方法について述べる。

3 移動量の推定

カメラの移動量を、回転行列 $R$ と平行移動ベクトル $t$ で表し、移動前後の観測点の座標をそれぞれ $x_{bn}$ ,  $x_{an}$ とすると、次式の関係が成立する。

$$x_{bn} = R^{-1}x_{an} - t \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

まず、車両系から得られるこれらの移動パラメータを用いて、移動後のシーンより得られた全てのセグメントに対して座標変換を施し、移動前後のデータを重ね合わせてみる(図3(a))。

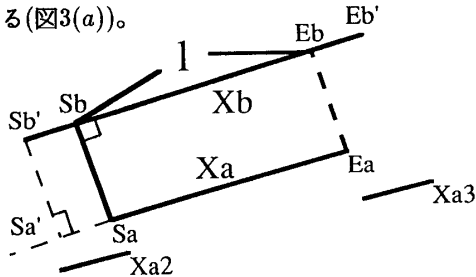
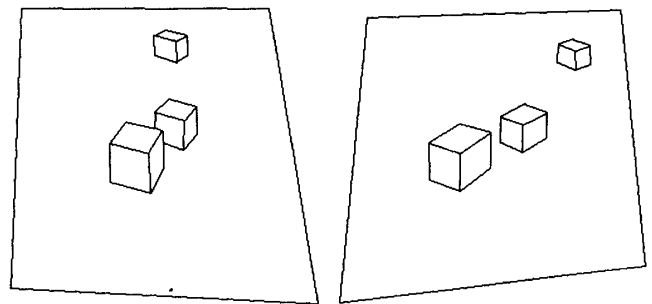


図1 セグメントの対応探索

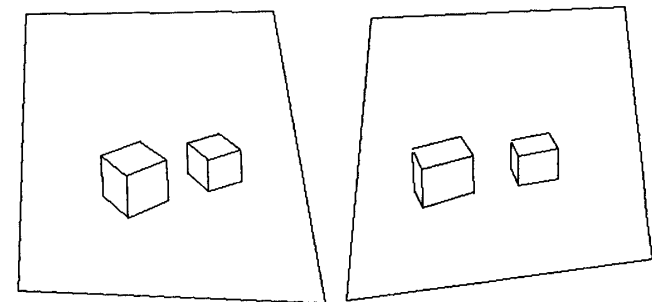
測定されたカメラの移動量には誤差が含まれているので、移動前後の各シーンから得られた3次元セグメント間で対応を求め、対応の誤差を用いて移動量の誤差を修正する。

3.1 セグメントの対応

移動後のシーンから得られたセグメント $X_a$ の始端点より、一定の距離以内の移動前のセグメント $X_b$ へ垂線 $S_a S_b$ を下ろす(図1)。下ろせない場合は、 $X_b$ より $X_a$ へ垂線 $S'_b S'_a$ を下ろす。下ろした垂線の始点( $S_a$ 又は $S'_b$ )と垂線の足( $S_b$ 又は $S_a$ )を始端対応点とする。始端対応点から終端点までの短い方の長さ( $l$ )分だけ離れた点をそれぞれ終端対応点( $E_a, E_b$ )とする。こうして対応するセグメントの組の全ての候補について、始端対応点から終端対応点までを対応部分とし、各対応点間の距離の和( $S_a S_b + E_a E_b$ )を求める。これの最も小さいものを対応するセグメントとし、更に対応しなかった部分( $S_b S'_b, E_b E'_b$ )が存在する場合は、この部分について、別のセグメントに対して対応点を求める。一定距離以内に対応するセグメントが存在しない場合には、対応するセグメントは無いものとする。



左画像 右画像  
(a) 移動前



左画像 右画像  
(b) 移動後

図2 移動前後のセグメント画像

<sup>1)</sup>TSUKUBA Res. Cen., SANYO Electric Co., Ltd.

<sup>2)</sup>Electrotechnical Laboratory

### 3.2 誤差の修正

求めた全ての対応点について、(1)式が成立するように  $R, t$  を修正する。すなわち、各シーンの対応点より求めた重心をそれぞれ  $g_a, g_b$ 、対応点を  $x_{an}, x_{bn}$  とする。対応点を各重心からの相対座標で表したものを  $x'_{an}, x'_{bn}$  とする。そして、全ての対応点が重なるよう、(2)式を最小にするような重心回りの回転  $\Delta R$  を求める。

$$\sum_n \{x'_{bn} - (R^{-1}x'_{an} - t)\}^2 \quad (2)$$

その結果、次式が成立する。

$$x_{bn} = \Delta R R^{-1} x_{an} - \Delta R(t + g_a) + g_b \quad (3)$$

ここで、修正後の回転行列を  $R'$ 、平行移動ベクトルを  $t'$  とすると、

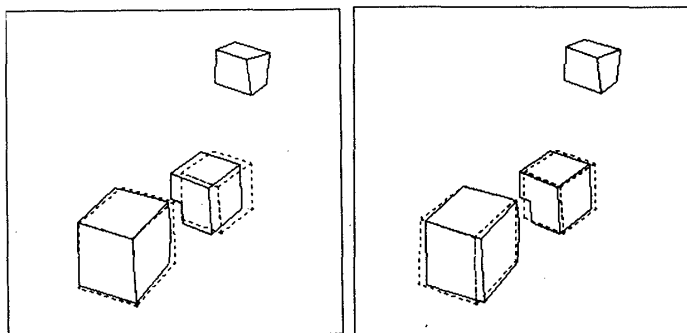
$$x_{bn} = R'^{-1} x_{an} - t' \quad (4)$$

但し、

$$R' = \Delta R R^{-1} \quad (5)$$

$$t' = -\Delta R(t + g_a) + g_b \quad (6)$$

である。 $R', t'$  をそれぞれ新たに  $R, t$  とし、移動後の点を(1)式によって座標変換し、セグメントの対応を求め直す。そして、 $\Delta R$  と  $\Delta t (= t' - t)$  が微小になるまで以上の処理を繰り返す(図3(b))。



(a) 修正前

(b) 修正後

図3 移動量の修正

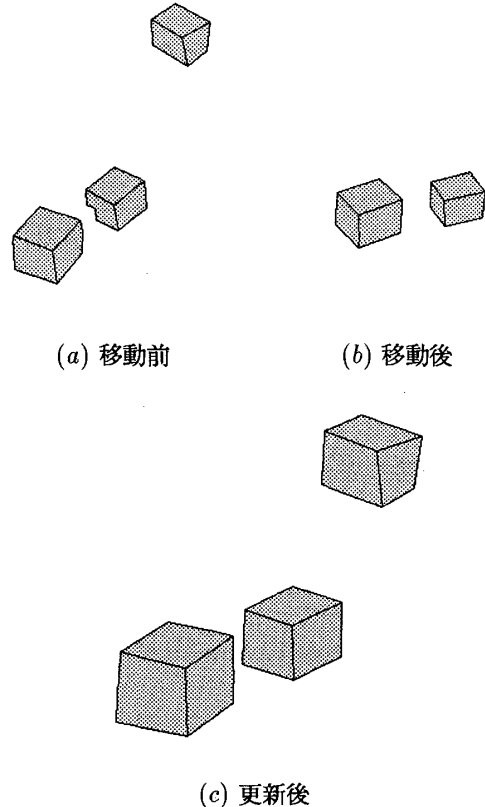
## 4. モデルの更新

### 4.1 対応する面が存在する場合

視点に近いセグメント程、距離情報の信頼性が高い。このことから、移動前後のシーン間で対応する面が存在する場合、面上の全てのセグメントに対して、各座標系での視点からの距離の近い方を採用する(図4)。但し、対応するセグメントの一方でオクルージョンが起きている場合には、起きていない方を採用する。面情報は、採用された全てのセグメントが乗るように更新される。これにより、対応の求まった部分については測定精度が向上し、オクルージョンにより不確定であった領域が、視点の移動によって新たに観測されることにより、解釈可能となる。

### 4.2 対応する面が存在しない場合

移動後のシーン中に対応する面が存在しない場合には、移動前のシーンより得られた面情報は、記述にそのまま保存する。移動後のシーン中で新たに得られた面情報は、移動前の記述と統合する。これにより、ある視点からだけでは未知の領域が解釈可能となる。



(c) 更新後

図4 面データの更新

## 4. むすび

平面物体の3次元シーンにおける面の解釈をする場合に、視点を移動することにより、単一の視点からでは未知の領域を解釈し、シーンの記述を更新する手法を提案した。さらに、ある視点からは解釈不能となった領域も、視点の移動によって新たにエッジ及び、面の情報が得られることにより解釈可能となる。又、輪郭エッジとしてしか認識できなかったエッジが、見えていなかった反対側の面が見えることにより、稜エッジとして認識可能となる。こうして未知の領域、解釈不能な領域を、移動によって逐次解釈していくことで、完全な世界モデルを構築することが可能である。今後はより複雑なシーンに対する、本手法による世界モデルの構築を予定している。

### 参考文献

- [1] 杉本、高橋、富田：“ステレオによるシーンの解釈”，情処学会 CV 研資 55-4