

三次元復元における不可視頂点の推定

2V-8

寺内 睦博 長町 三生 伊藤 宏司 辻 敏夫

広島大学 工学部

1. はじめに

一般に単一画像からの3次元構造復元では両眼立体視のような測量的な奥行き情報がないために、単に画像内に投影された物体の構造的な特徴の抽出や定性的な認識がなされてきた。しかし一台のカメラで撮影できることやカメラの設定条件などが簡単であることからその適用範囲は広いと考えられる。最近ではALVなどの研究でレーザーセンサを用いたレンジマップと組合せて、より定量的な環境理解もなされている¹⁾。また画像のボケからもある程度の誤差は含むが距離を測定できる²⁾。このように単一カメラからでも十分に環境の定量的な計測や画像の理解ができるといえよう。

さてこのように得られた情報は一般には面の情報であって完全な3次元情報にするには見えない部分の推定が必要となってくる。

もともと見えない領域を正確に推定することは不可能なことである。にもかかわらず人間は勝手に解釈をしてしまう傾向にあると思われる。これは対象の領域を現在提示されている僅かな情報や予備知識を用いて推定することにより、余分な情報処理や対象物の自由度を制限していると考えられる。

本稿では対象物体を三面頂点直多面体とし、すでにエッジ線の特徴抽出を終えて完全な線画が得られている画像から元の3次元物体を復元する画像理解エキスパートシステムを構築しようとするものである。なお本稿では特に不可視領域の推定に焦点を当てており、可視領域の定性的な復元手法についてはKanataniの手法³⁾⁴⁾を適用した。完全な3次元モデルを表現することができると思われる。

2. 対象物体とその射影画像の性質

画像理解が必要とされる知識の中でも特に重要なものは対象となる三次元物体に関する知識である。これが多面体の場合これらの知識は明示的に数式などで表現することができる。本システムで対象にする物体は三面頂点直多面体とした。

三次元空間内の対象物体は二次元画像に射影変換されることにより変形する。三次元空間で互いに平行な直線群は射影画像内では、それらの直線を延長することによりただ一つの点で交わる。この点を無限遠点という。この点と視点を結ぶベクトルは平行線を含む平面と平行になる。もし直線が射影面に対してほぼ平行であったり画像内での線分が短い場合は無限遠点を求めることができない。

3. 対象の表現形式

本システムで最終的に得られる物体の表現形式はワイヤーフレームモデルである。これは多面体を頂点と稜線で構成して、各頂点の三次元座標と頂点の接続関係を記述する表現形式である。この表現法の利点は表現形式が一般的なものであることと、唯一性、厳密性、連続性に優れていることである。従って他のシステムへの利用が可能である。この表現記述を得るために本システムでは物体の見えない裏側の推論を行う。

4. 可視領域の復元

既に述べたように消失点が得られない画像の場合は定量的な解析だけでは最終的に各稜線の方向の絶対値が決定できても、その符号が決定できない。そのためなんらかの定性的手法が必要となるが本システムではKanatani³⁾の手法を利用する。

また頂点で交わる三本の稜線が互いに直交することを利用して各稜線の方向の絶対値が計算できる。これは射影変換および射影画像の特徴から幾何学的に求まるものである。またこの方向の正負がわかれば、これらから各稜線の相対的な長さが計算できる。また稜線の方向ベクトルから物体の回転量が算出され、物体までの距離を与えることによりその画像から物体の空間的な位置も求まる。

5. 不可視頂点の推定

ここでの考え方は、基本的には人間の考える方法と同じ方策をとることにする。つまり可視領域から推測されるものの中で最も自然で簡単な構造をその推定結果とするものである。いまFig.1のように不可視稜線A, B, C, D, E, Fを考える。ここで不可視稜線Aと交わって不可視頂点をつくるのは、不可視稜線EとFとの交点4からのびる新しい稜線である。これからわかるように、ある不可視稜線がつくる不可視頂点を決定するには、他のすべての稜線だけでなく、それらの稜線同士をつくる全ての交点から生じる稜線、あるいは更にその交点から生じる稜線までをも考慮に入れる必要がある。これらをすべて調べるという方法は頂点の数が多くなると効率が悪いため、本システムでは次のようなヒューリスティックな探索方法を使用する。

探索はステップを繰り返すことによりなされる。あるステップではその時点でFig.1のBとD、EとFのように二つの稜線が互いに最初に交わりあうもの同士だけを選んで頂点とする。そして次のステップでは、それらの頂点からのびる稜線も考慮に入れる。もし新たな稜線が既に頂点をつくっている稜線とその頂点よりも内側で交わるならば、もとの頂点を消してその交点を新たに頂点とする。

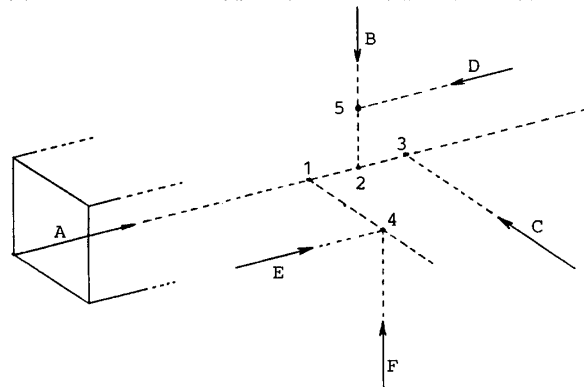


Fig.1 Inference of the invisible vertices

6. まとめ

本稿では、対象物体を三面頂点直多面体に限定することにより物体の3次元構造を復元するシステムの構築をおこなった。ここでこの限定によって非常に強い拘束が得られ、かつその拘束を比較的簡潔な形で利用できた。しかしここでの各手法を一般的な多面体へと拡張するのは困難であろう。

人間はなぜ多くの物体が存在する現実世界で三次元を知覚できるのか。これは画像理解の各手法を単によせ集めることだけで可能になるようなことではないはずである。

また現実世界における人間の知覚を考えると、さらに多数の情報(明るさ、色、テクスチャ)を処理・統合し⁵⁾、特徴抽出をして、知識化する必要があるだろう。

【参考文献】

- 1) 浅田, "階層地図による移動ロボットのセンサ情報の融合と理解", 信学技報, PRU87-126, pp. 55/62 (1988)
- 2) 寺内, "三次元構造復元のための視覚機能の利用に関する一考察", 電四学会中四国38回予稿集, p254 (1987)
- 3) Kanatani, "The Constraints on Images of Rectangular Polyhedra", IEEE Trans. on PAMI vol. PAMI-8, No. 4, pp. 456/463 (1986)
- 4) Kanatani, "Constraints on Length and Angle", Comp. Vis. Graph. & Image Proc., vol. 41, pp. 28/42 (1988)
- 5) Marr, "VISION", W.H. Freeman, New York, (1985)

Estimation of the Invisible Edge in 3-D Reconstruction

Mutsuhiro TERAUCHI, Mitsuo NAGAMACHI,
Koji ITO, Toshio TSUJI

HIROSHIMA University