

複数画像からの3次元情報の抽出

7J-5

— 2回逆投影法 —

川戸 慎二郎

ATR人間情報通信研究所

1 はじめに

異なった視点から得た2枚の画像から3次元情報を復元する2眼立体視法は、原理的にもシンプルで広く知られている。しかし画像間の対応点を決定することが非常に難しいという問題がある。ここではもっと多数の画像を用いて画像間の対応付けを必要としない3次元情報抽出法を提案する。

2 逆投影法

カメラの位置と姿勢が既知ならば、画像にあらわれた特徴点とレンズ中心を結ぶ直線(逆投影直線)を3次元空間中に引くことができ、その直線は物体上の特徴点を通過する。そこで画像間での特徴点の対応関係が不明であっても、多数の視点からこのような直線を引き、3次元空間中の各点でその交差状況を評価すれば各特徴点の位置を抽出できることが予想される。図1は3視点からの逆投影直線が1点で交わる様子を示している。

画像のデジタルサイズや演算誤差を考えると、計算された逆投影直線が交わることはほとんどない。そこで空間をボクセルに分割し、同じボクセルを通過する直線はそのボクセル位置で交わったものとみなす。ボクセル分解能のほうが画像分解能より粗いと、1枚の画像で特徴点が重なってあらわれたとき2本以上の逆投影直線が同じボクセルを通過することが有り得るが、この場合はもともと交わるものではないので、交差数としてカウントしない。つまり同じ画像からは何本の逆投影直線が通過しようと、1本と数えることにする。

このようにして各ボクセルにおいて、何枚の画像からの逆

投影直線が通過するかをカウントすると3次元空間中に、その交差頻度分布が形成される。特徴点を含むボクセルは図1から類推されるようにその分布において極大値を取るから、逆投影直線交差頻度分布にたいして極大点抽出処理を施せば3次元情報が抽出できるはずである。この方法をとりあえず逆投影法と呼ぶことにする。

3 2回逆投影法

上に述べた逆投影法には、実際には次の(1)(2)のような問題点がある。

(1) 近接している2つの特徴点が干渉しあって、特徴点を含まないボクセルに極大値を形成することがある。図2(a)は2つの特徴点を通過する平行直線(実線と破線)を11の異なる角度から引いたものを示し、(b)は各マス目を通過する直線の数を示している。(b)において特徴点を含まないマス目に8という極大値があらわれるのがわかる。

(2) 3次元の頻度分布にたいする極大点抽出処理が難しい。すべての視点から見える特徴点に対して、オクルージョンのため視点の位置によって見え隠れする特徴点に対する逆投影直線の交差頻度は低くなるため、単純な閾値処理では対応できない。

そこで、逆投影法の前段で求めた交差頻度分布をもとに、次のような値を各ボクセルごとに求める。すなわち、交差頻度分布の空間に再度逆投影直線を引き、各直線上で交差頻度が最大となっているボクセルに最大値頻度として+1をカウントする。逆投影法で考えたのと同様に、同じ画像からの逆

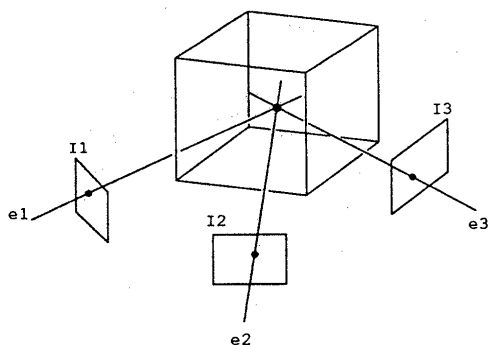


図1: 複数視点からの特徴点の観測

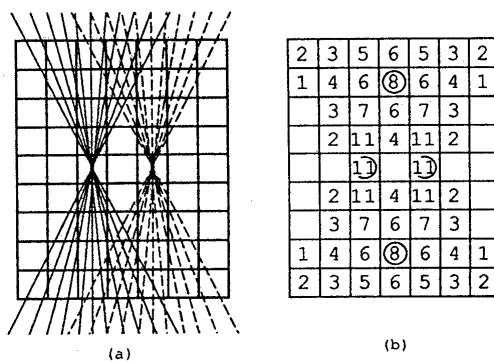


図2: 逆投影法と交差頻度分布

Double Back Projection Method to Extract 3-D Information from Multiple Images

Shinjiro KAWATO

ATR Human Information Processing Research Laboratories

投影直線にたいしてはダブってカウントしないようにする。これは画像にあらわれた特徴点がどのボクセルに由来するものであるかを交差頻度分布をもとに推定し、それを全画像にわたって累積するものと解釈してよい。

このようにして求めた最大値頻度は各ボクセルにおいて交差頻度を越えることはなく、画像ノイズや演算誤差がない理想的な場合はゼロか交差頻度に等しくなる。そこで最大値頻度を交差頻度で正規化した値

$$p = (\text{最大値頻度}) / (\text{交差頻度})$$

をボクセル評価値として、 p が一定閾値以上のボクセルを抽出するようにすれば上記(1)(2)の問題は解決される。この方法を2回逆投影法(DBP法: Double Back Projection Method)と呼ぶことにする。

4 実験

DBP法を検証するため、視点を移動するのではなく回転ステージに載せた物体を20度ずつ回転しつつ斜め(キャリブレーション結果で26.5度と判明)上方から撮像した18枚の画像を用いて実験を行った。1枚の画像は400x300画素で、エッジ抽出オペレータを施して抽出されたエッジ点を画像特徴点とした。物体は立方体で、このようにして得られた画像の最初の半分を図3に示す。側面が暗い色だったので、輪郭になる縦の稜線はでていたが、両側の面が見えている中央の稜線はエッジとして抽出できていない。

図4はDBP法の処理結果を異なった方向から表示したもので、対応点が見えるように1頂点にAの記号を付してある。ボクセルは図示されている大きな立方体を256x256x256に分割したもので、 $p > 0$ のボクセルを抽出した。

この図からわかるように立方体の形状が良く抽出されている。ただし、底面に属する稜線は元の画像にも良くあらわれていないこともあって抽出できていない。また4本の縦方向の稜線はいずれも2重の稜線のように抽出されている。この理由については未解明であるが、カメラキャリブレーションの誤差に原因するものか、図3の段階で抽出されたエッジが右の面から見たものと左の面から見たものとで少し異なる位置に出ているのではないかとと思われる。

5 あとがき

多数の視点からの画像を用いて、画像間の対応点問題を回避した3次元情報抽出法を提案し、実画像による実験例を示した。類似のアプローチを浜野らも検討しているが、その違いについては参考文献と比較されたい。図4の結果において交差頻度の最大値は16であった。立方体上面に属する4辺は18枚の画像すべてにあらわれていることを考えると、画像分解能よりボクセル分解能の方が高すぎるといえるかも知れない。ボクセル分解能をどう決めるべきかは一つの課題である。今後、カメラを2台にしてさらに精度をあげることを検討している。

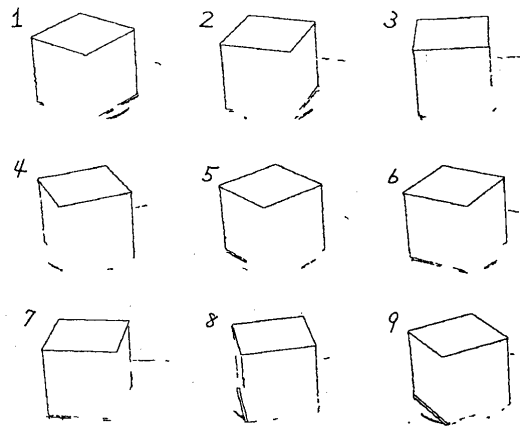


図3: 入力画像(18枚中最初の9枚)

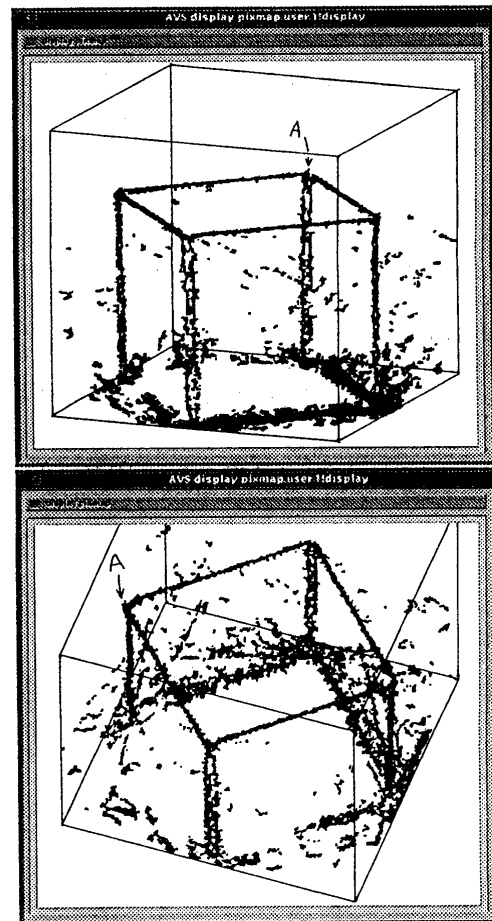


図4: DBP法による処理結果

参考文献

浜野、他: 空間への Voting による3次元環境情報抽出手法、信学論、vol.J75-D-II, no.2, pp.342-350, 1992