

対話型3次元情報抽出法の提案

2M-8

森 有一† 加藤 誠† 宮岡 伸一郎† 能見 誠‡

† (株)日立製作所 システム開発研究所 ‡ (株)日立製作所 水戸工場

1. はじめに

著者らは、自然画を素材とし、背景合成や色彩変更といったイメージシミュレーション機能を具備するプレゼンテーション用画像処理システム[加藤91]の研究を行っている。このようなシステムにおいて、物体の向きや視線方向の変更といった、3次元モデルを必要とする背景合成機能に対する関心が高まりつつあり、2次元画像から物体の3次元構造を再構成する研究が盛んに行われている。

イメージシミュレーション対象画像であるカタログ写真やデザイン画等には、透視変換の性質から3次元形状を一意に再構成できない構図を有する画像が多く見受けられる。本稿では、ユーザが補助的な情報を対話的に与えることにより、3次元形状再構成に有用な焦点位置等の撮像パラメータを抽出可能な手法を提案する。

2. イメージシミュレーション対象画像からの3次元形状再構成

イメージシミュレーションの対象画像は、カタログ写真やデザイン画像といった、一般に焦点距離や焦点位置等の撮像パラメータが未知の2次元画像である。このような画像に対して有効な3次元形状再構成法としては、予め作成された概形モデルを当てはめる方法[出口91][小松90]が挙げられる。しかしイメージシミュレーションの対象となる物体の形状は多岐に渡り、概形モデルをその都度作成できない。

カタログ写真やデザイン画像には、直方体の構造物が背景に含まれている場合が多い。筆者らはこの点に注目し、まず直方体の辺や面の平行性・直交性等の条件から焦点位置等の撮像パラメータを抽出し、次にこれをもとに対象物体の3次元形状を再構成する手法が有望であると考えている。

本稿では、対象画像中の直方体から撮像パラメータを抽出する手法について述べる。

3. 撮像パラメータの抽出

本稿では、透視変換における特殊な点である消失点の位置関係を用いて焦点位置等の撮像パラメータを求める。

透視変換とは、カメラによる撮像の数学的モデルである。空間中の平行直線群は透視変換により、一交点を始点とする半直線群に変換される。この交点は消失点と呼ばれている[杉原93]。透視変換に基づく構図法は、得られる消失点数から3点透視図法、2点透視図法、1点透視図法に分類される。ここではまず撮像パラメータを算出可能な3点透視図法について述べ、次いでイメージシミュレーションの対象画像に多い2点透視図法について述べる。

3.1 3点透視図法

図1に示すような、直方体の平行な辺を延長することにより消失点を3つ得られる構図法は3点透視図法と呼ばれている。

図1の場合、焦点位置は、3消失点を両端点に持つ3線分を直径とする球の交点として焦点を求めることできる[杉原93]。しかし図1に示すように3点透視図法は、物体の形状をデフォルメする傾向にあり、イメージシミュレーション対象画像であるカタログ写真等に用いられることは希である。

3.2 2点透視図法

図2のように直方体の辺が画像中でも平行になるような構図法では、上記平行な辺の延長上で交点を持たないため、2つの消失点しか得ることができない。このような構図法は2点透視図法と呼ばれている。

2点透視図法の場合、焦点位置に関する情報が一部欠落し、焦点位置を一意に定めることができないことが知られている。具体的には、図3に示す、2消失点 V_1 、 V_2 を含みかつ画像面に対して垂直な平面上の、2消失点 V_1 、 V_2 を直径とする円周 L 上の任意の点は、焦点 C となりうる[杉原93]。

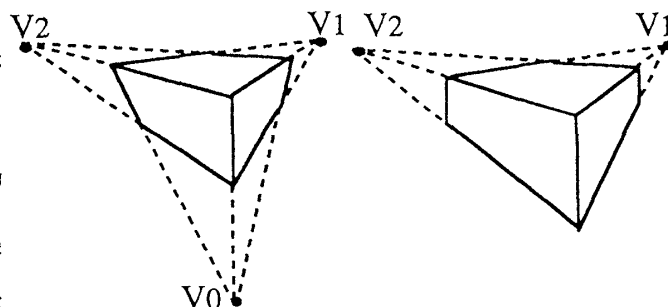


図1 3点透視図法

図2 2点透視図法

人間は表面の模様の変形具合や、他の物体の見え方等の経験的知識から、直方体のもっともらしい形状を推測することができる。著者らはこの点に着目し、操作者が画像から直感的に得た直方体の形状に関する情報を対話的に取り込み、撮像パラメータを求める手法を次章で提案する。

4. 対話型3次元情報抽出法

操作者が画像から直感的に得た直方体の形状を数値等で直接入力することは、困難であるとともに精度を期待できない。本稿で提案する手法では、上述したように焦点は円周上に存在するので、1次元の自由度しか持たないことに着目し、操作者の入力した1次元パラメータから焦点位置を仮定し、これを検証する。

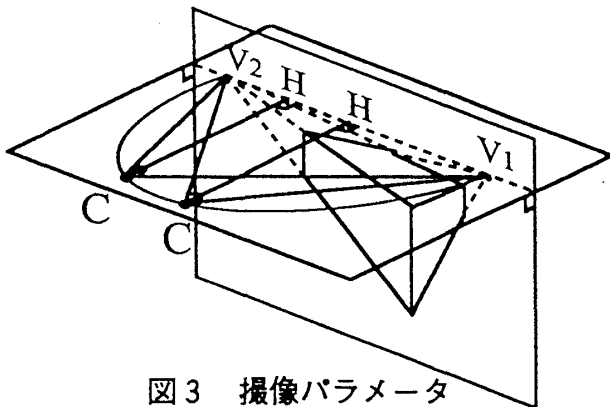


図3 撮像パラメータ

【撮像パラメータ抽出手続き】（図3参照）

- step1: 操作者が入力する，線分 V_1, V_2 の内分比 t ($0 < t < 1$) から，内分点 H を求める．点 H を焦点 C から画像面に下ろした垂線の足と見なし，焦点 C を求める．
- step2: 焦点 C から透視変換の性質に基づき直方体の形状を求める．
- step3: 求めた形状に基づき，直方体の表面に正方形メッシュを描き，透視変換して表示
- step4: step3で描いた正方形メッシュが，操作者に正方形として見えるかどうかを問う
- step5: 操作者が満足するまで内分比 t を変更し，step1～step5を繰り返す

step1で仮定された焦点位置により，例えば図4(a)，(b)，(c)に示すようなメッシュが得られたとする．幾何学的には(a)，(c)も無矛盾なモデルであるが，人間は直方体形状体の表面の模様の変み具合や，他の物体の見え方等の先見的知識から，直方体のもっともらしい形状を推測し，例えば「おそらく(b)であろう」と判断することができる．操作者は，メッシュが(a)や(c)のように不自然な場合，焦点位置を決める内分比 t をずらして入力し，再度メッシュを表示させるといった対話的な試行を繰り返し，最終的に(b)のようなもっともらしいメッシュを生成する内分比 t を見つけ出す．内分比 t が決定されると，対応する焦点位置は即座に求められる．

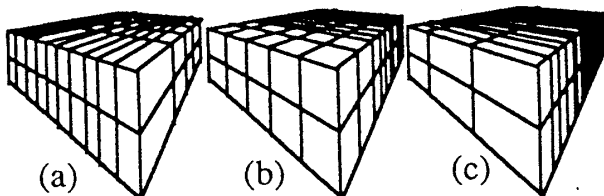


図4 メッシュの見え方

5. 実験および考察

本手法をインプリメントした実験プログラムを用いてカタログ写真1枚に対して，4人の被験者が各5回の試行を行った．

評価基準としては，本手続き中で再構成される直方体の形状と実際の形状（カタログ値）の違いを用いる．焦点位置は“人間が画像から直感的に取得する情報”

である直方体の形状から，透視変換の性質より一意に導出されるためである．

表1に実験結果を示す．直方体の形状は縦・横・高さで表されるが，2点透視図法の性質から焦点位置の影響を受けるのは2方向のみで，実験画像では縦方向と横方向のみである．縦，横，縦横比は比較のためそれぞれカタログ値で正規化した．

誤差の許容範囲を $\pm 5\%$ とし，標準偏差を用いて，誤差が許容範囲におさまる確率を推定した．この確率を簡便のため，許容確率と呼ぶ．また真値に関する許容確率を，誤差がカタログ数値の $\pm 5\%$ である確率，平均値に関する許容確率を，誤差が試行平均値の $\pm 5\%$ である確率とする．

表1 実験結果

被験者	縦横比 (平均)	許容確率 (真値)	許容確率 (平均値)
A	0.871	0.6%	82.2%
B	0.940	34.8%	93.1%
C	0.936	29.1%	93.4%
D	0.995	97.2%	97.5%
平均	0.936	38.0%	

被験者間で真値に関する許容確率がかなり異なる．しかし平均値に関する許容確率を比較すると被験者B，C，D間ではそれほど差がないことから，各被験者B，C，Dの，各試行の再現性は同程度であり，これは真値と各被験者の平均値のずれに起因していると考えられる．また被験者Aに関しても，誤差の幅は大きいですが，被験者B，C，Dと同様のことが言える．

以上より，本手続きを用いて抽出された撮像パラメータに基づき再構成される立体形状にも，上記個人差によるばらつきが予想される．

6. おわりに

従来，本手法の対象とする画像からの撮像パラメータ抽出は，ほとんどが手作業による試行の繰り返しであった．本手法を用いることで，簡単な対話的操作により，操作者の負担を最小限にすると共に，精度を向上させ（手作業と比べて），だれでも簡単に撮像パラメータの抽出が可能である．しかし前章で述べたように，精度は操作者のスキルに左右される．イメージシミュレーションの性格上厳密な精度は必要とされておらず，修正機能等を充実させることで十分対応できるものと思われる．

【参考文献】

- [加藤91]: 加藤 誠他; 「自然画像を用いたイメージシミュレーションシステム」, 第22回画像工学コンファレンス, pp265-268 (1991).
- [小松90]: 小松 功児; 「顔画像からの3次元形状の推定とその表情の変更」, 信学論文誌 D-II, Vol. J73-D11, No. 5, pp. 707-716 (1990).
- [出口91]: 出口 光一郎; 「画像と空間」, 昭晃堂(1991).
- [杉原93]: 杉原 厚吉; 「不可能物体の数理」, 森北出版(1993)