

I-059

無限遠点を利用した一枚の画像からの正面化画像の生成

Translation of One Oblique Image to Frontal Image Using Vanishing Point

浜田 綾人[†]
Ayato HAMADA

光本 浩士[†]
Hiroshi MITSUMOTO

1. はじめに

近年, 説明や発表をする際にスクリーンにスライドを投影して説明を行うことが多い. スライドで紹介された内容をカメラで撮影すると, 斜めから撮影した場合には画像が斜めに撮影されてしまう. スライドはスクリーンに投影されるため, 基本的には, 正しい正面画像のサイズが既知であれば, ホモグラフィック変換 (H 変換) によって可能である.

しかしながら, スライド以外では, サイズが未知の場合が多い. 本稿の目的は, より一般性を持たせるために変換すべき画像サイズの縦横比が未知である場合でも, 正面化画像を生成する事である. この一般化により, スライドの境界が不明な場合に, スライド内の表などが利用でき, さらに, ホワイトボードやポスターなどに, 適用範囲が広がると期待される.

本稿では, スライドが写っている一枚の画像からスライドなどの長方形の四隅を検出し, カメラの焦点距離を推定し, 四隅の 3 次元情報を復元する. その復元結果から実際の縦横比を求め, スライドの正面化画像を生成する手法を提案している.

2. 提案手法

処理の流れを図 1 に示す. 以下, 順に説明する.

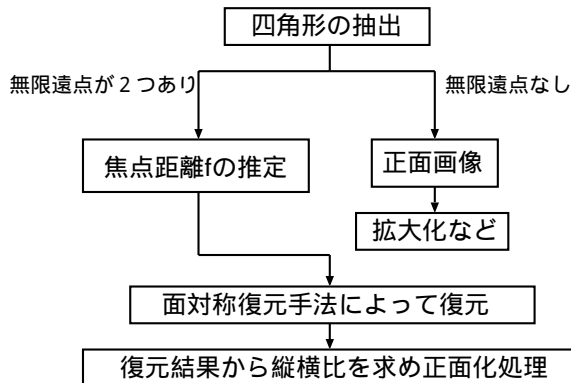


図 1: 処理の流れ

2.1 四角形領域の抽出

スライドが撮影されている画像から, スライド領域を抽出する. スライド領域には, 背景がほぼ同色である性質が見られるため, 色の距離に基づく領域分割を行う. これは, 注目座標の点の RGB 値と近傍画素を比較し, しきい値以下であれば, 同一領域とする. 同一領域とされた画素の近傍をさらに比較していく. これを, 注目座標を変え, 画像全体に対して施す. 得られた領域は, まだ細かく分かれているため, 領域内の平均値を近接領域間で比較

し, あるしきい値内で, 且つ, 最も RGB 値に近い領域を統合する. 統合する領域が無くなるまで繰り返す. 中心部に属する領域をスライド領域とする. 図 2 に, スライド画像 (左) とその抽出されたスライド領域 (右) を示す.

次に, スライド領域を膨張させた領域内に対してエッジ抽出, ハフ変換による直線抽出を行う. 直線をしきい値を用い統合し, 直線の式からその直線に近い画素を集め, 画像上にある程度の長さを持った直線を抽出する. 抽出された直線間の交点を求め, 交点表を作る. この表に従い方向ベクトルの外積が正である条件に基づいて, 右まわりに 4 点目で元に戻る条件によって四角形を抽出する. 最後にその中で最も大きい四角形を選択する.

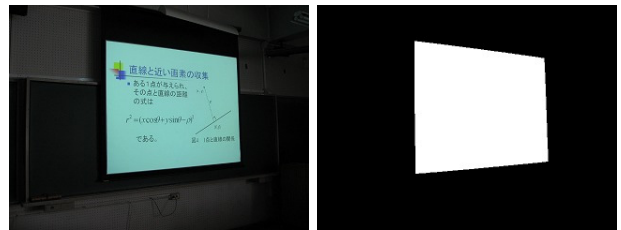


図 2: スライド領域の抽出結果

2.2 焦点距離 f の推定

カメラの内部パラメータの内, 焦点距離は, 3 次元を解釈する上でとても重要な要素である. 長方形の場合, 平行線が 2 組存在し, かつ, 直交しているためカメラの焦点距離を求める事ができる [1]. 仮の焦点距離を \hat{f} とし, 空間中で直交する 2 直線の消失点の N ベクトルを $\mathbf{m} = (m_1 \ m_2 \ m_3)^T, \mathbf{m}' = (m'_1 \ m'_2 \ m'_3)^T$ とする. 式 (1) は画像面上の無限遠点 (a, b) の N ベクトルである.

$$\mathbf{m} = \frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2 + \hat{f}^2}} \begin{pmatrix} a \\ b \\ \hat{f} \end{pmatrix} \quad (1)$$

同様に, \mathbf{m}' を求める. 2 つの無限遠点は互いに共役なので共役であるための条件式へ消失点の画像座標を代入すると

$$m_1 m'_1 + m_2 m'_2 + \left(\frac{\hat{f}}{\hat{f}}\right)^2 m_3 m'_3 = 0 \quad (2)$$

が得られ, これから真の焦点距離が次のように得られる.

$$f = \hat{f} \sqrt{-\frac{m_1 m'_1 + m_2 m'_2}{m_3 m'_3}} \quad (3)$$

[†]大阪電気通信大学大学院工学研究科情報工学専攻

2.3 面対称復元手法 [2]

f を用いて、長方形の各頂点を復元する。ただし、絶対スケールについては復元できないが縦横比を求める事はできる。

対称面素を図3に示す。 P_1 に対称な点を P_2, P_3 に対称な点を P_4 とし、この4点によって区切られた面を対称面素と呼ぶ。線分 $P_1 - P_2, P_3 - P_4$ は互いに平行であり、対称面に対し垂直に交わる。線分 $P_1 - P_2, P_3 - P_4$ は、3次元中では平行線であるので透視図ではその延長線上の交点として無限遠点を作る (図3: P_∞)。

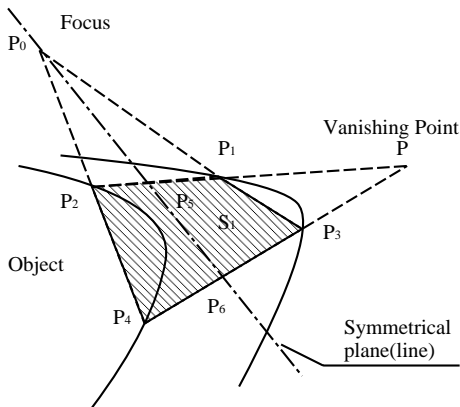


図3: 対称面素

2.3.1 基本復元法

1. 画像上で対称面との交点を求める。
2次元中での複比の関係式を用いると無限遠点からの中点までの距離が求められる。これにより3次元中の $P_1 - P_2, P_3 - P_4$ の中点である P_5, P_6 の画像座標値を求めることができる。
2. 無限遠点に向かう直線上の3次元復元無限遠点を利用すると、それに向かう直線方向ベクトルが得られ、その直線上の点が3次元復元できる。

原点 O から画像平面上の無限遠点にいたるベクトル \vec{P} は

$$\vec{P} = (fm_1/m_3, fm_2/m_3, f) \quad (4)$$

であり、これを用いると、

$$Z_2 = Z_1 \cdot \frac{U_1 - fm_1/m_3}{U_2 - fm_2/m_3} \quad (5)$$

が得られる。これは Z_1 から Z_2 が復元できることを示す。

3. 中点の3次元復元の3次元中において P_5, P_6 を結ぶ直線と無限遠点へ向かう直線とは垂直に交わることから式 (6) が得られる。

$$Z_6 = Z_5 \frac{U_5 \cdot fm_1/m_3 + V_5 \cdot fm_2/m_3 + f^2}{U_6 \cdot fm_1/m_3 + V_6 \cdot fm_2/m_3 + f^2} \quad (6)$$

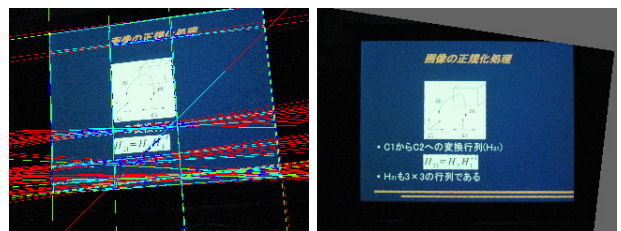
これは Z_5 から Z_6 が復元できることを示す。したがって、対称面素上の点 $P_i; i = 1, 2, \dots, 6$ の内、

ある1点の Z 座標がわかれば、以上の1.,2.,3. を利用することにより6点の3次元復元が可能となる。

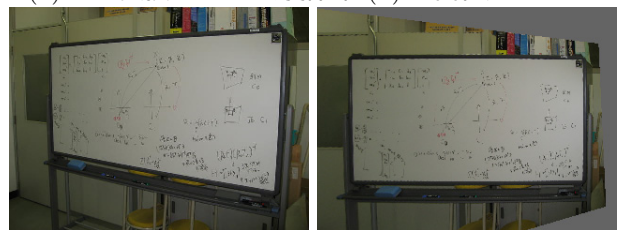
最後に、四角形の3次元復元後縦横比を求め、それに従い、 H 変換によって、正面化画像を生成する。

3. 実験

実験では、Canon 製 IXY800IS により撮影し、解像度は 2272×1704 を 640×480 に縮小して使用した。図4(a)は、ハフ変換によって検出した直線を示し、図4(b)正面化処理を行った画像である。撮影した画像10枚に対し処理を行った縦横比の平均は0.7909441となり、分散は0.0047489となった。画素数から換算すると縦横比は0.75であるが、実際の投影されたスライドの縦横比は未知である。しかし、分散が小さいので安定して算出されていると思われる。また、スライド以外の例として図4(c)はホワイトボードに対して実験を行った結果である。



(a) ハフ変換による直線抽出 (b) 正面化処理



(c) ホワイトボードの正面化

図4: 実験結果

4. むすび

本稿では、スライドのような長方形を含む一枚の画像から、正面画像を生成する手法を提案した。通常、スクリーンとカメラ間のキャリブレーションができていないか、正面画像のサイズが既知であれば、 H 変換だけで生成できる。しかしながら、実際、カメラキャリブレーションが行われている事は少なく、プロジェクター投影画像以外への応用を考えれば本手法の重要性は高いと思われる。無限遠点が1つしかない場合を想定した手法について検討する必要がある。本稿の結果は、さらに2台のカメラを用いて、左右画像間で仮想的に対称性を作り出すなど、スクリーン以外の対象に対しても適応範囲が広がる可能性がある。

参考文献

[1] 金谷 健一, “画像理解 - 三次元認識の数理.”, 森北出版, pp.21-24 (1990).
 [2] H. Mitsumoto, et al., “3-D Reconstruction using mirror images based on a plane symmetry recovering method”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14 (9) (1992) 941-946.