

# ハンドヘルドカメラで撮影されたステレオ画像からの レイヤー化された3次元シーンの自動復元

小磯 雄一 西田 友是

東京大学大学院新領域創成科学研究科

## 1 はじめに

1組のステレオ画像から自動的に3次元シーンを構築して、レンダリングをする一手法を提案する。提案法では、オプティカルフローを用いて推定された奥行き値を付加した数枚のレイヤー（後述）を生成する。画像中の物体どうしの遮蔽問題を解決するために、各レイヤーについて、より視点に近いレイヤーによって遮蔽される領域を復元しておく。これにより、遮蔽物のために入力画像中では不可視であった画像領域も擬似的に表示することができるため、視点変更による結果画像の画質の劣化を抑えることができる。最後に、提案法によって復元された3次元シーンのレンダリング結果を示すとともに、提案法の有効性について検証したので報告する。

## 2 関連研究

ステレオ画像の復元問題は、古くからコンピュータビジョンの分野で様々な研究が行われている [1,2]。しかし、その研究対象は主に奥行き推定であり、それを3次元的にレンダリングすることについてはあまり考慮されていない。コンピュータグラフィックスの分野でもいくつかの研究がなされている。TIP[3]は、特に建造物の表現に適した表現手法である。1枚の入力画像から3次元的な表示が行えるという利点はあるが、前景の物体が書割のように表示されてしまう、あるいは、背景と前景の分離はユーザが行わなければならないなどの欠点がある。また、画像ベースによる建造物のモデリング手法も提案されているが、建造物が一般的に直線で構成されていることを考慮して画像間の対応付けを行っている。また画像間の対応を強固に決定するために多数の入力画像を用意しなければならない。

## 3 提案法

前節で述べたように、コンピュータグラフィックス分野での研究は概してユーザの労力が大きい。そこで本稿では、ユーザは2枚の写真を

“Automatic restoration of a three-dimensional scene represented as layered images with depth from stereo images taken by using hand-held camera”

Yuichi Koiso and Tomoyuki Nishita (Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

撮影し、数個のパラメータを設定するだけでよく、ユーザの手間がかからない手法を提案する。提案法では、1組のステレオ画像（右目と左目から見た画像に相当する）を入力として、そのシーンを表現するような奥行き値をもった複数画像（レイヤー）を生成する。図1に提案法のフローチャートを示す。各処理の詳細は以下で順に述べる。

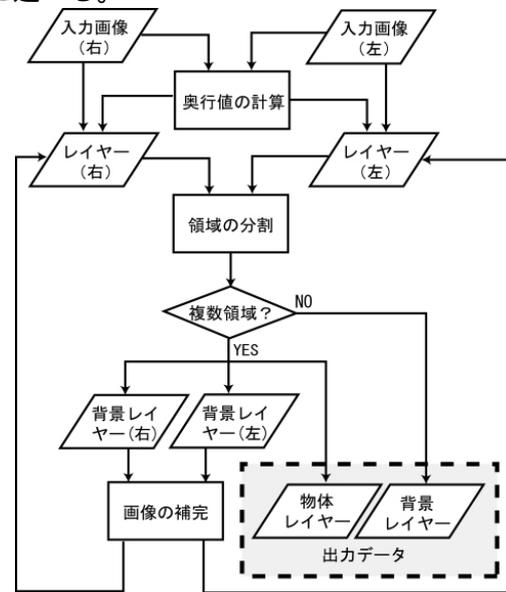


図1. 提案法のフローチャート

### 3.1 前提となる撮影条件

ステレオ画像の撮影時には、同一の2台のカメラを使用して同時に撮影を行うことが望ましいが、一般ユーザが2台のカメラを用意することは困難であるといえる。そこで、提案法では、一台だけ使用できることを前提とし、撮影者がシーンに対して平行に移動して撮影を行うものと仮定する。

### 3.2 画像間の対応決定

撮影時の平行移動を仮定することで、ステレオ画像間には一様なエピポラ拘束を課すことができる。この拘束を伴うオプティカルフローを計算することで、画像間の対応を決定する。一般的にオプティカルフローでは、

$$C = \iint \left( \frac{\partial}{\partial x} u + \frac{\partial}{\partial y} v + \frac{\partial}{\partial t} I \right)^2 dx dy \quad (1)$$

を最小化するフローを計算する。ここで、 $I$ は画素の輝度値、 $(u, v)$ はフローベクトルを表す。こ

の条件式に、エピソード拘束式

$$S = \iint \left( \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial t} \right) \frac{v}{u} \Big|^2 dx dy \quad (2)$$

を考慮に加える。すなわち、 $S + C$  を ( $C$  は非負の整数) を最小化するようなフローを計算する。

### 3.3 奥行値の推定

カメラの向きを固定して考えているので、図2のようにカメラ位置を固定してシーン全体が平行移動した場合と同等に考慮することができる。この場合、カメラを完全な透視投影モデルであると仮定すると、 $x_i : x = d : d_i$  すなわち  $x_i d_i = x d$  となる。このとき、 $C = x d$  とおくと、 $d_i = C / x_i$  と計算することができる。ここで、 $C$  はパラメータとしてユーザが指定するものとする。

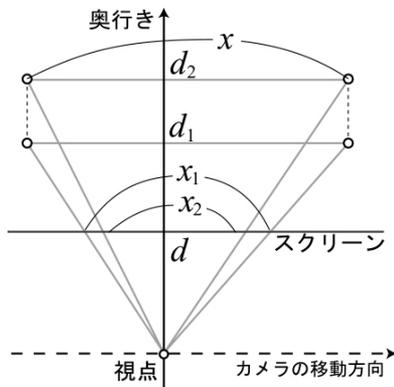


図2. モデルと奥行値の関係

### 3.4 レイヤーの分解と補完

レイヤー中の奥行値が大きく変化する部分を検出して、背景レイヤーと物体レイヤーとに分離する。分離された背景レイヤーには、物体レイヤーによって“穴”が生じてしまう。この穴の部分は、3次元表示を行った際に画質を低下させる原因となる。そこでテクスチャ合成[4]の手法を応用して画像の補完を行う。この際、色だけではなく奥行値も同時に補完する。これにより、画像内に存在するテクスチャを用いて穴埋めを行うことができるため、比較的違和感なく画像の補完を行うことが可能となる。

### 3.5 レンダリング

各レイヤーは、奥行値をもった画像である。そこで、このような画像を三次元的に表示する手法のひとつであるレリーフテクスチャマッピング[5]などを用いてレンダリングを行うことができる。

## 4 実験例

図3に提案法の適用例を示す。入力画像の大きさは  $400 \times 300$  ピクセルである。実験環境とし

ては、CPUが Pentium III 1.2GHz の Windows 機を使用した。図3の例の場合に、レイヤー化された3次元シーンを復元する(表示は除く)のに要した時間は約30分であった。図3c, dを見ると分かるように、提案法では、遮蔽物によって入力画像中では見えていない部分が、補完されることによって、より自然な3次元シーンの表示が実現されている。

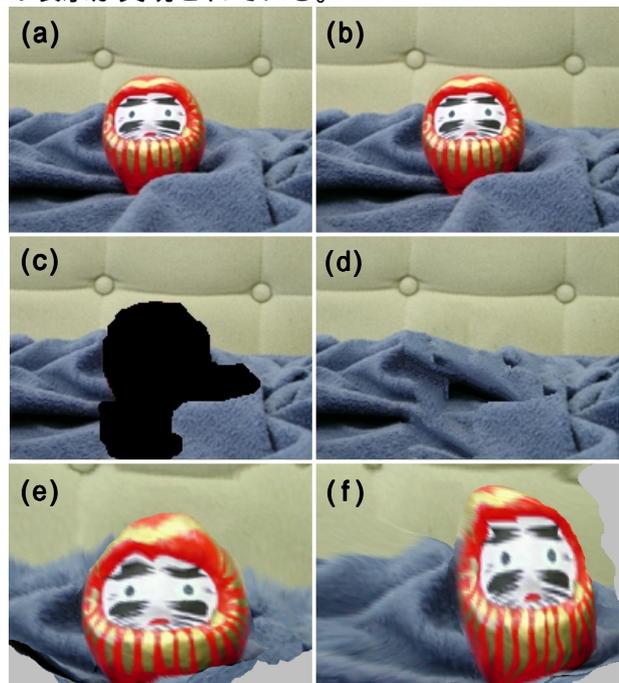


図3. 提案法の適用例 (a)(b)入力画像 (c)領域分割例 (d)補完されたレイヤー画像の例 (e)(f)3次元表示例

## 5 まとめと今後の課題

1組のステレオ画像を入力として、自動的に3次元シーンを構築しレンダリングをする一手法を提案した。提案法では、入力画像を複数のレイヤーに分解し、各レイヤーの入力画像中で不可視であった部分を補完することで、3次元表示の際に視点移動に伴う結果画像の画質の劣化をある程度抑えることができた。しかし現段階では、まだ画像間の対応決定の精度が不十分であり、結果画像に歪みが生じてしまっている。この点を改善し、結果画像の画質を向上することが今後の課題である。

### 参考文献

- [1] B. D. Lucas and T. Kanade, *Proc. Int'l Joint Conf. on Artificial Intelligence*, 1981.
- [2] M. Okutomi and T. Kanade, Vol. 15, No. 4, pp. 353-363, April, 1993.
- [3] Y. Horry, K. Anjyo, and K. Arai, *Proc. SIGGRAPH '97*, pp. 225-232, 1997.
- [4] L-Y. Wei and M. Levoy, *Proc. SIGGRAPH 2000*, pp.479-488, 2000.
- [5] M. M. Oliveira, G. Bishop, and D. McAllister, *Proc. SIGGRAPH 2000*, pp.359-368, 2000.