

室内を撮影したデジタル写真からの 3D 室内モデル構築手法
— ユーザとのインタラクションを介して —

The Reconstruct Method of 3D Interior Model
Based on Digital Interior Picture
— Through the Interaction with User —

高嶋 順也 † 黒岩 丈介 † 小倉 久和 † 小高 知宏 † 白井 治彦 ‡

Junya Takashima Jousuke Kuroiwa Hisakazu Ogura Tomohiro Odaka Haruhiko Shirai

1 はじめに

近年、建築の分野において 3D モデルが非常に有効な技術となっている。建築物の 3D モデルを提示することにより、顧客は直感的にイメージを捉えることができるため、柔軟な位置合わせが可能である。特に室内の改装・改築の際には、3D モデル作成には有効である。このような目的のための手法は多数存在する。本研究では、その中でもデジタル写真を用いる方法に注目する。本手法では、室内を撮影した複数枚の写真を用いて、室内のサイズ情報のみを既知とし、ユーザとインタラクションを介して撮影時のカメラ位置・向き情報を特定する。これにより写真を 3D 基本部屋モデルにテクスチャマッピングすることが可能となり、3D 室内モデルを得る。我々はこれまでに、ユーザとインタラクションを介して、実際に必要な 6 自由度のうち 4 自由度を特定するための方法を提案し、更に支援システムを実装した [1]。そこで本研究では、残り 2 自由度を特定する手法を提案すること。及びそれを実装したシステムを与えること、2 点を研究の目的とする。そこで本研究では、カメラのパラメータを持たせたカメラモデル、室内のサイズを元に 3D 基本部屋モデルを用いて、上記の問題を解決することを目的としている。

2 支援システム

2.1 システムの作成方針

本研究では各種モデルを用いた支援システムを作成する。まず室内の縦・横・奥行きを元に 3D 基本部屋モデルを定義し、その中にカメラモデルを定義する。カメラモデルは位置・向きの計 6 自由度を持ち、カメラ座標系の原点を中心に定義する。そしてカメラモデルのパラメータを元に 3D 基本部屋モデルをカメラ座標系で再定義する [2]。カメラ座標系上の 3D 基本部屋モデルを、簡易的にワイヤフレーム状 [3]

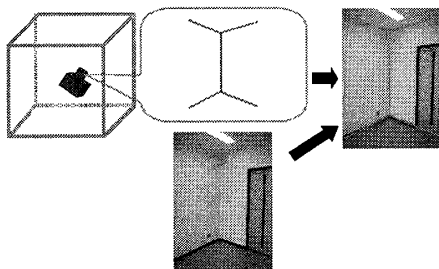


図 1: システム方針

で表現し、室内を撮影したデジタル写真と重ねて表示する。簡易的な表現のワイヤフレームを用いることにより、カメラモデルのパラメータが変化することにより、形状を変化させリアルタイムで表示することが可能となる (図 1 参照)。このワイヤフレームが、写真における壁と壁との境界線と一致するようにユーザはカメラモデルを操作する。そして完全に一致したときのカメラモデルのパラメータが、写真を撮影した時のカメラの位置・向きであると言える。このようにユーザとインタラクションを介して探索する。

2.2 位置合わせ

ユーザとインタラクションを介して位置合わせを行なうが、完全にユーザに依存するのは望ましくない。単純なカメラモデルの平行・回転移動を用いた位置合わせでは、探索範囲が非常に広がるため時間と労力を要してしまう。そこで本研究では動作を指定して動作目標を明確にすることでユーザの負担を軽減させる。また動作に特殊な拘束曲面を持ちいることでさらに負担を軽減することができる。

2.3 拘束曲面

カメラモデルと、目標とする 3D 基本部屋モデルのある縦の直線 A の上点 a と下点 b の計 3 点を通る曲線を作成する (図 2 左図参照)。この曲線上をカメラモデルが移動する際に、光軸の向かう先を等しく同じになるように回転させると、直線 A の見え方が同じに見える。本研究ではこの曲線を拘束曲線と呼ぶ。この拘束曲線は、直線 A を軸とした周囲に等しく存在するため、拘束曲線の連続により拘束曲面が表現できる (図 2 右図参照)。

3 システムの実装

3.1 データ構造

三次元形状データ

部屋モデルの形状を、「点」、「線」、「面」として分け、それぞれに名前をつけて位置情報や関係性を定義する。また、部屋モデルの初期値は $(x, y, z) = (1, 1, 1)$ の立方体としてあるが、インターフェイスへの入力により変更することが出来る。

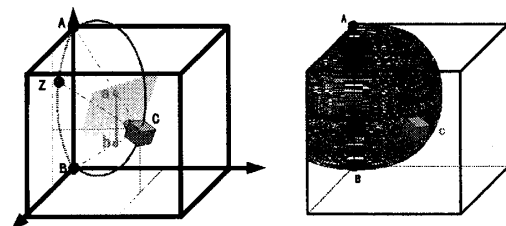


図 2: 拘束曲線と拘束曲面

† 福井大学大学院工学研究科
‡ 福井大学工学部

カメラパラメータ

カメラモデルの位置 (x, y, z) , カメラモデルの向き (ψ, θ, ϕ) , スクリーン距離の変数 d を設定する. カメラパラメータの初期値はすべて 0 であるが, インターフェイスへの入力で変更することが出来る.

座標計算

平行移動, 回転移動, 投影変換, クリッピング処理などの各種変換式を関数として定義する.

ディスプレイ表示

カメラパラメータより計算したフレーム画像のデータ, 部屋モデル, カメラモデルの位置関係データから画面への表示を行なう. また, カメラパラメータや部屋サイズを変更するたび適時計算を行ない, その結果をリアルタイムに表示する.

GUI

ユーザとインタラクションを介して操作するため, GUI を実装する. 一度しか入力しない部屋のサイズや焦点距離は, キーボードにより直接入力できるようにする. またカメラモデルのパラメータの入力には, 利便性を考えスケールボタンを使用した. これにより, 値が連続して変化するため, ユーザとのインタラクションを介し直感的な操作が容易となる.

3.2 GUI 説明

作成した GUI を説明する.

(図 3(1)) で示されるボタンは, 表示する画像を選択するボタンであり, 選択した画像を (図 3(2)) にワイヤフレームと重ねて表示する. (図 3(3), (4)) はそれぞれカメラモデルの向きと位置を変更するボタンであり, 左から, X 軸, Y 軸, Z 軸での回転と平行移動を表現している. scale ボタンで作成しており, 連続したカメラモデルの動作を表現できる. (図 3(5)) では 3D 基本部屋モデルのサイズを変更でき, 左からそれぞれ, X 軸, Y 軸, Z 軸方向のサイズと対応している. それぞれにキーボードから入力し, Enter キーを押すことで反映させる. (図 3(6)) ではカメラモデルの焦点距離が変更できる. (図 3(7)) のボタンで拘束曲面を用いてカメラモデルパラメータを変更可能である. 上から拘束曲面の形成, 縦方向での探索, 横方向での探索となる.

4 動作例

実際に動作させた例で説明する.

まずシステムを起動する. この状態では 3D 基本部屋モデルのサイズは 1 となっており, 仕様によりワイヤフレームは非

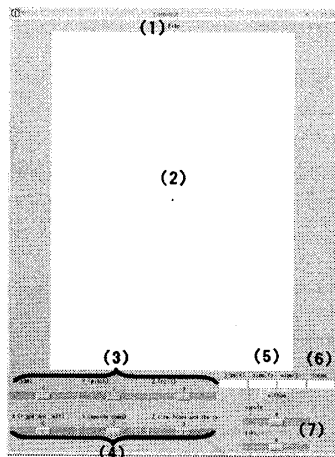


図 3: GUI

表示としている (図 4(1) 参照). そして実際の室内のサイズ, カメラの焦点距離, 使用する写真を入力する (図 4(2) 参照). ちなみに使用した写真は福井大学文京キャンパス総合研究棟 1 の 8 階にある知能処理演習室の写真であり, 使用したカメラは Cannon 製 IXY DIGITAL 920IS である. また室内のサイズは, $(x, y, z) = (700, 250, 800)$ であり, カメラの焦点距離は 112mm である. 撮影時に障害物を排除するなどして撮影環境を意図的に変化させている. 次に定直線の向き合わせとしてカメラモデルの回転により, ワイヤフレームと, 写真における壁と壁の境界線 (定直線と呼ぶ) の向きを合わせる (図 4(3) 参照). そして定点の位置合わせとしてワイヤフレームの角と, 定直線の一つの端 (定点と呼ぶ) の位置を一致させる (図 4(4) 参照). 一つの定点の位置合わせをした後に, 二つの目の定点の位置合わせを行う (図 4(5) 参照). 以上までの動作で定直線の一致は成ったが斜めの線 (斜線と呼ぶ) は一致していない. つまりカメラモデルの 6 自由度中, 4 自由度が一致していない状態である. ここで斜線を一致させようとカメラモデルを動かすと, 一致させた定直線が動いてしまう. そこで既に説明した拘束曲面を使用する. この拘束曲面を使用することで, 定直線の位置を動かすことなくカメラモデルを動かすことが可能なため, 位置合わせが容易となる (図 4(6) 参照). つまり残り 2 自由度の探索が可能と言える.

5 考察とまとめ

本研究では, デジタル写真から 3D 室内モデルを作成する手法を支援するシステムを提示した. このような方法で支援することにより, 実際に室内を撮影する際に専用の機材を用いて計測する必要がないため, 柔軟性があるモデルの再構築が可能となる. またさらにユーザの負担を減らすために逆計算を用いてカメラのパラメータを求める方法も考えられる.

参考文献

- [1] 高嶋 順也, 黒岩 文介, 小倉 久和, 小高 知宏, 白井 治彦, 室内のデジタル写真とユーザとのインタラクションを介した 3D 室内モデル再構築支援システムの検討, 平成 20 年度電気関係学会北陸支部連合大会, F1-08, 2008
- [2] 廣瀬 直子, 詳細な形状モデルを用いたオブジェクトの 3 次元位置・姿勢推定, 第 17 回データ工学ワークショップ論文集, DEWS2006, 4B, i10, 2006
- [3] 岡本 清明, 長方形を利用した正面画像生成, 情報処理学会研究報告, Vol.2004, N0.40, 273-278, 2004

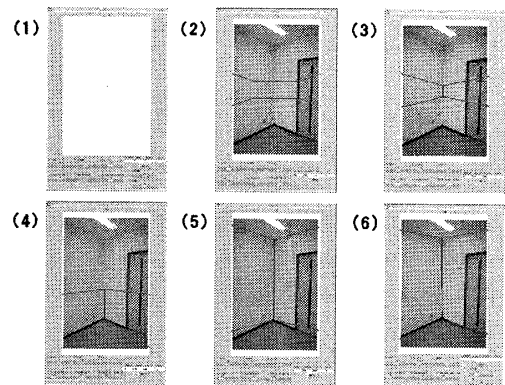


図 4: 動作例