

1 はじめに

インテリアのコーディネートやリフォームなど、居住空間のデザインは一般的に関心の高いことであるが、専門的な知識や経験が必要なためインテリアデザイナーと呼ばれる専門家に依頼することが多い。しかし近年、個人でインテリアデザインソフトと呼ばれるものを使用して PC 上でインテリアのコーディネートやリフォームのデザインが容易に可能になってきている。建築設計用のものを利用し好きな家具を作成しレイアウトするソフトや、家具量販店が提供し、レイアウトに使用した家具をそのまま購入することができるソフトなど、無料で実用性の高いものが多く存在しているが、それらの多くは図面などを基に PC 上で作り出された仮想空間をレイアウト対象としている。実空間をレイアウト対象としたソフトとしては、拡張現実感 (AR:Augment Reality) を利用し写真や映像上に CG 物体を描画するものがある。AR を利用した方法でも、実写の上に CG を重畳する表現であるため、何も置かれていない床に架空のレイアウトをとすることは可能であるが、実物体を削除することはできず、実物体と CG 物体とを同じ場所にあたかも交換したかのように描画することはできない。

本研究では、実写に基づいた空間表現を利用しながら実物体を仮想的に削除し、同じ場所に CG 物体を描画する AR 技術を提案する。

2 関連研究・関連技術

2.1 ARToolKit

ARToolKit は AR アプリケーションの実装を手助けするためのライブラリで、紙に印刷されたパターンをカメラで読み取り、その上に 3D オブジェクトを表示するアプリケーションの作成を簡単にすることができる [1]。

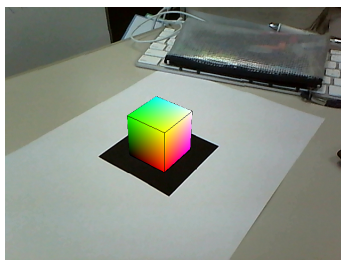


図 1: ARToolKit

この ARToolKit を利用したサービスとして家具量販店の IKEA が提供している AR カタログがある。カタログに印刷されているマーカを切りとって対象のスペースに配置して使用する。同サイトより提供されているカメラアプリケーションを実行すると、そのカメラ端末の画面上にマーカを基準に描画された家具が表示される。(図 2 参照)

2.2 KinectFusion

近年、コンパクトでありながら、リアルタイムに連続して距離画像を取得可能な 3D カメラとして、Kinect(Microsoft 社)がある。これはゲームにおいてユーザの身体の動きを



図 2: IKEA AR カタログ

検知するデバイスであるが、手持ち 3D カメラとしても利用可能である。Kinect から距離画像データが得られるので、これを 3 次元座標に変換し隣の画素同士の点をつなげていくことでメッシュを作成する。

KinectFusion は手持ちの Kinect で得られる距離画像を連続的に統合し、物体の形状計測を行えるアルゴリズムである。Kinect の姿勢推定は 2 つの 3 次元点群モデルのマッチングを行う ICP アルゴリズムを用いて行われ、点群同士で最も近い点を対応付け、その距離を最小にする回転と並進を求める処理を繰り返す。このようにして計測済みのモデルに対して、新たに計測したモデルをマッチングし、現在の Kinect の回転と並進を計算する。そして得られた点群の集合から 3 次元モデルを作成し、空間をボクセルとして扱うことで各ボクセルは表面までの距離を保持する。そして各ボクセルから今回計測した点群までの距離に基づいてボクセル値を更新する [2]。

3 提案手法

本研究では、3D カメラをフリーハンドで用い、固定された視点だけではなく対象としている物体がくまなく写るように連続的に撮影し、それらを繋げていくことで 3 次元環境モデルを作成する。また対象位置を特定するために立体(箱型)のマーカを一緒に計測する。作成された 3 次元環境モデルと、新たに描画する CG 物体を、マーカを基準に重畳する。ただし環境モデルと CG 物体が重なる領域については環境モデルを描画しないことにより、仮想的に実物体を削除し CG 物体と入れ替えるという視覚効果を実現する。

3.1 重畳方法

表示させる CG オブジェクトの座標系はマーカの中心を原点としたマーカ座標系となっており、また 3 次元計測カメラはカメラを原点とした座標系をとっている(図 2 参照)。計測されたマーカの形状データを抽出し最小二乗平面で近似する。求めた最小二乗平面の法線ベクトルが仮想 CG 物体の Z 軸となる。任意の最小二乗平面の上の点とその中心と結び、このベクトルを X 軸とする。さらにこの Z 軸と X 軸の外積から Y 軸を求める。カメラから見たマーカ座標系の X,Y,Z 座標の基底ベクトル、マーカ中心座標はカメラ座標系をマーカ座標系にするための回転・並進ベクトルである。カメラから取得した点群にマーカ

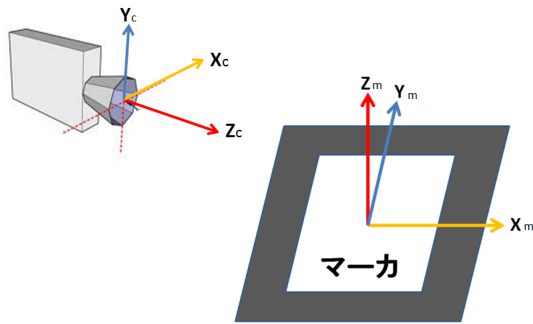


図 3: カメラ座標系とマーカ座標系

中心座標を引いた後、式 (1) を計算することでマーカ上にカメラ視点の形状情報をカメラ視点で表示できる。このマーカ座標は床面の向きやオブジェクトのレイアウト位置の基準となる。

$$\begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} | & | & | \\ X_e & Y_e & Z_e \\ | & | & | \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

またこの時マーカ座標とカメラ座標で扱う長さの単位をそろえておく必要がある。ここでの  $[X_m Y_m Z_m]^T$  はマーカ座標系、 $[X_c Y_c Z_c]^T$  はカメラ座標系、 $X_e Y_e Z_e$  は各基底ベクトルを表す [3]。

### 3.2 仮想的な削除の手法

CG 物体は 3 次元モデルのローカルな座標系において、外接直方体によってバウンディングボックスを設定して CG の存在領域を定義できる。重畳する際は、環境モデルの中の変換を行って描画するので、図 (4) のようにマーカ座標へのバウンディングボックスの 8 点にも同じ座標変換行列を行い、その範囲内にある環境モデルは描画しないという手法をとる。

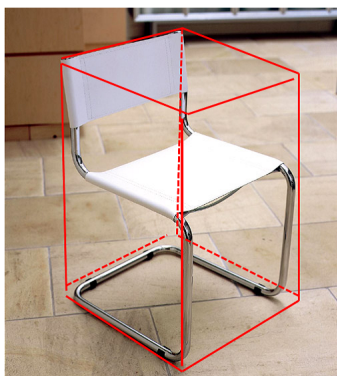


図 4: 境界線を持たした椅子

## 4 実験

実験には 3 次元計測カメラとして Kinect XBOX360 を使用し、連続的な撮影をするために KinectFusion を用いる。また 3 次元の点群加工ソフトには meshlab を、実物体の姿勢計算には OpenCV、CG 物体の描画などには OpenGL のライブラリを使用してプログラムを実装した。

### 4.1 処理の流れ

実装したプロトタイプを用いて、実験を実施した手順および経過を図示したものを次に示す。

1. Kinect で KinectFusion を用いて実環境 (オフィス) を撮影 (図 5(左))。
2. meshlab を用いて実物体の姿勢計算に用いるマーカのみを切り取る (図 5(右))。
3. 姿勢計算で求めた値を使用して、仮想 CG 物体 (イス) と実環境の 3D モデルを重畳する (図 6(左))。
4. 仮想 CG 物体の体積の部分のみ、実環境の 3D モデルは描画しないように設定する (図 6(右))。

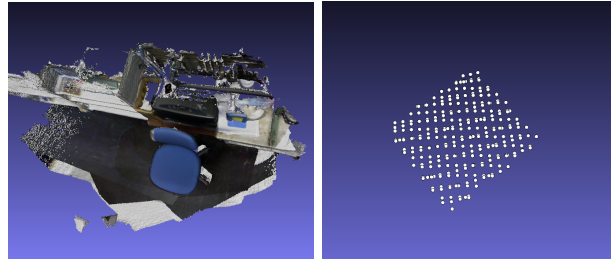


図 5: 実環境データ (左) とマーカ上面のデータ (右)

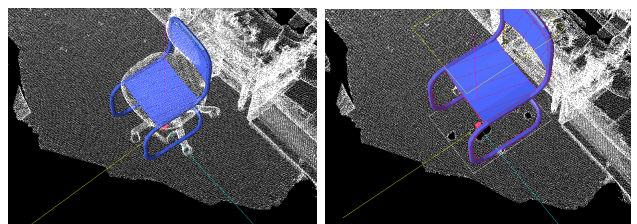


図 6: CG 物体の重畳のみ (左) と入れ替え表示 (右)

## 5 結果と考察

KinectFusion で作成した環境モデルに対し、抽出されたマーカの形状情報に基づいて違和感なく新たな CG オブジェクトを配置することができた。さらにバウンディングボックスにより指定した範囲内にある環境モデルを仮想的に削除し、実物体と CG 物体とを置き換えて表現することができた。カラーで実装するまでは至らなかったが、提案手法の効果を示すことができた。

## 6 おわりに

本研究では、仮想的に実物体を削除し、同じ場所に CG 物体を描画する AR 技術を提案した。より実用性を求めるには、色情報を持った 3 次元形状モデルでの仮想的削除、リアルタイムでのマーカ検出、実物体より小さな CG 物体を描画した際の仮想削除空白の補間が必要であると考える。

### 参考文献

- [1] ARToolKit ;<http://www.washington.edu/artoolkit/>
- [2] S. Izadi, et al, KinectFusion: Real-time 3D Reconstruction and Interaction Using a Moving Depth Camera, ACM Symposium on User Interface Software and Technology, 2011
- [3] ARToolKit 拡張現実感プログラミング, pp.74-75, pp202-208, ASCII メディアワークス