

令和4年度 卒業論文  
AR マーカによる深度カメラの補正

釧路工業高等専門学校 情報工学分野  
佐藤良哉

指導教員：柳川和徳

# 目次

第1章	はじめに	3
第2章	Kinect v1	4
2.1	RGB 画像 . . . . .	4
2.2	深度画像 . . . . .	5
2.2.1	深度センサ . . . . .	5
第3章	深度カメラの補正	6
3.1	システム概要 . . . . .	6
3.2	データセット . . . . .	6
3.3	回帰分析 . . . . .	7
第4章	補正結果	8
4.1	補正值算出に使用したデータセットの補正結果 . . . . .	8
4.2	画面中央付近のデータセットの補正結果 . . . . .	8
4.3	画面端のデータセットの補正結果 . . . . .	9
4.3.1	考察 . . . . .	10
第5章	おわりに	12

# 目 次

2.1	Kinect v1 . . . . .	4
2.2	RGB 画像 . . . . .	4
2.3	深度画像 . . . . .	5
3.1	システム概要 . . . . .	6
3.2	マーカ中心の座標が画面中央の RGB 画像 . . . . .	7
3.3	回帰直線 . . . . .	7
4.1	補正值算出に使用したデータセットの補正結果 . . . . .	8
4.2	別に作成したデータセットの補正結果 . . . . .	9
4.3	マーカ中心の座標が画面端の RGB 画像 . . . . .	9
4.4	画面端のデータセットの補正結果 . . . . .	10
4.5	画面中央と画面端の散布図の比較 . . . . .	11

# 第1章 はじめに

合成画像の自動作成において、前景の高精度な抽出が必要である。過去の研究 [1] では、深度カメラを利用して背景平面の除去を試みたが、装置の限界により対象物との境界部を精度よく検出できなかった。

本年度は、深度画像と AR マーカを併用することにより、低精度な深度画像への依存を軽減することにしたが、深度画像と RGB 画像の間で深度値の大きなズレの存在が分かった。そこでまず、AR マーカを用いて、深度カメラを補正することを目的とする。

## 第2章 Kinect v1

Kinect v1(図 2.1) とは, Microsoft 社が発売する Xbox 360 において, コントローラを用いずに身体の動き, ジェスチャー, 音声などによる操作を可能とする周辺機器である. 本研究では, RGB 画像, 深度画像の撮影に使用した.



図 2.1: Kinect v1

### 2.1 RGB 画像

RGB 画像 (図 2.2) とは, 光の三原色によって画像を表現するものである. Kinect v1 の RGB カメラは解像度  $640 \times 480$  では 30fps,  $1280 \times 960$  では 12fps で取得することが可能であり, 視野角は水平方向に  $62^\circ$ , 垂直方向に  $48.6^\circ$  である [2].

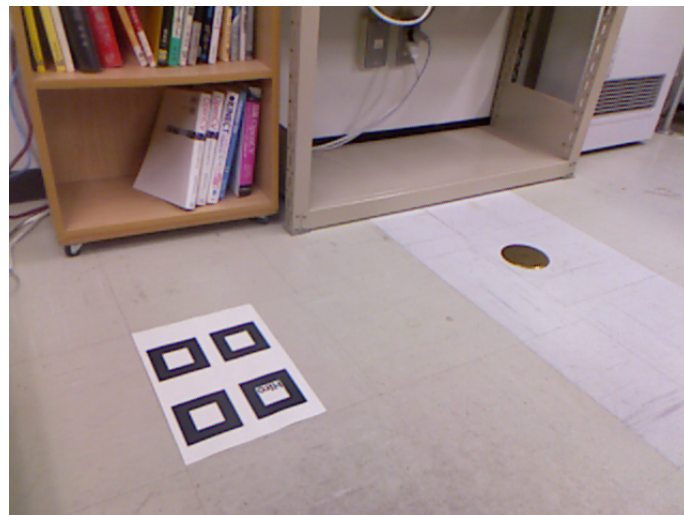


図 2.2: RGB 画像

## 2.2 深度画像

深度画像とは深度センサからの距離情報を画素値とする画像でデプス画像と呼ばれることもある。図 2.3 では近くを暗い色, 遠くを明るい色で表しており, 深度画像から空間を立体的にとらえることが可能である。

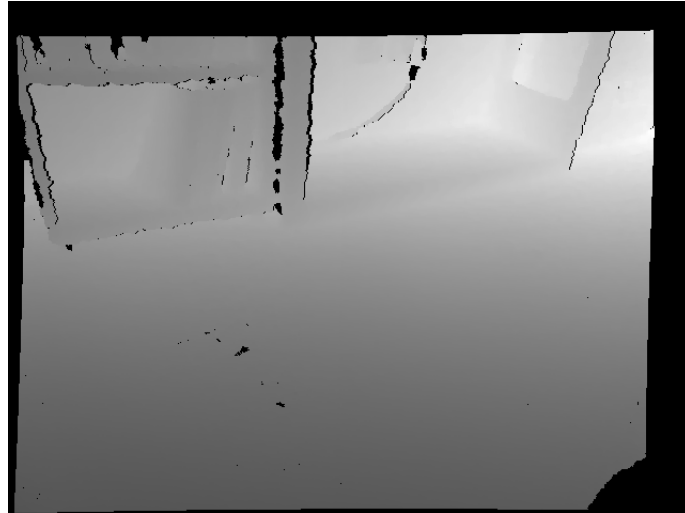


図 2.3: 深度画像

### 2.2.1 深度センサ

Kinect v1 は Light Coding という, 赤外線プロジェクタから無数のランダムドットパターンを投影し, そのドットパターンのゆがみを赤外線カメラで読み取ることで, 深度情報を得る方式を採用している [3]. これは検出可能範囲が通常モードで 0.8 ~ 4 m, Near モードで 0.4 ~ 3 m, 拡張モードで 4 以上 ~ 約 10 m と, 広いことが特徴だが, 距離が遠くなるほど精度が低下してしまう。また中距離で人物の全身の動きを検知するのに向いており, 近距離での細かな検知が苦手である [4].

深度センサの解像度は  $320 \times 240$  であるため,  $640 \times 480$  にアップスケーリングされたものが出力される。

## 第3章 深度カメラの補正

### 3.1 システム概要

Kinect v1 を用い様々な視点から AR マーカを撮影し, RGB 画像と深度画像を取得する. 撮影した RGB 画像から, ARToolKit を用い, マーカ中心の座標  $(x, y, Z_1)$  を取得する. さらにこのマーカ座標  $(x, y)$  を利用し, 深度画像から画素値  $Z_2(x, y)$  を取得する, こうして得た多数の深度値  $Z_1, Z_2$  のデータセットに対し,  $Z_2$  が  $Z_1$  に一致するよう, 回帰直線の式 (3.1) より補正值  $a, b$  を算出する. 本システムの概要図を図 (3.1) に示す.

$$Z_1 \doteq Z'_2 = aZ_2 + b \quad (3.1)$$

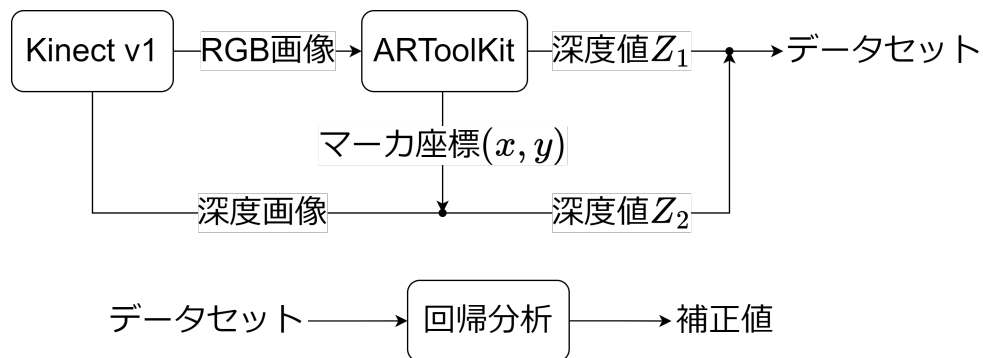


図 3.1: システム概要

### 3.2 データセット

本研究で利用したデータセットは精度低下を防ぐため, マーカ中心の座標  $(x, y)$ , 図 (3.2) で赤点が表示されている部分の座標のズレが, 画像中央から  $x, y$  それぞれ 20 以内になるよう限定し, RGB 画像での深度値  $Z_1$  が約 500 ~ 1000 の間で 100 おきに 10000 点ずつ取捨選したデータセットを作成した.

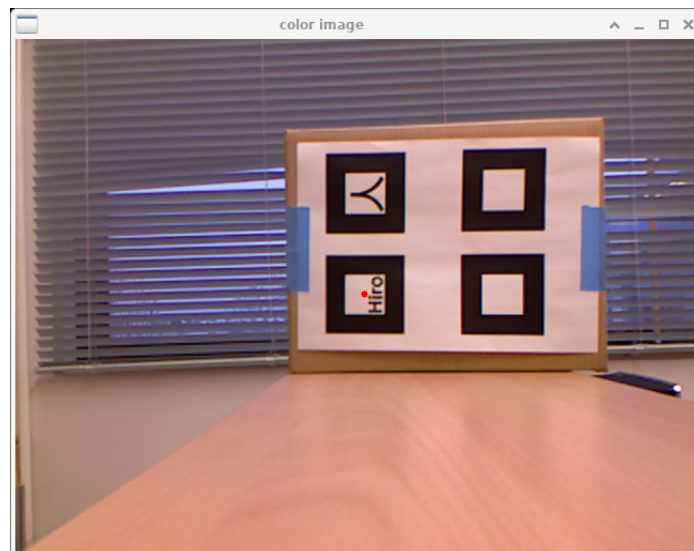


図 3.2: マーカ中心の座標が画面中央の RGB 画像

### 3.3 回帰分析

図 3.3 は, 上記で作成したデータセットの横軸を深度画像から得た深度値  $Z_2$ , 縦軸を RGB 画像から得た深度値  $Z_1$  とし, 作成した散布図であり, これから回帰直線の補正值  $a, b$  を算出すると  $a = 0.847952$ ,  $b = 32.630692$  となる.

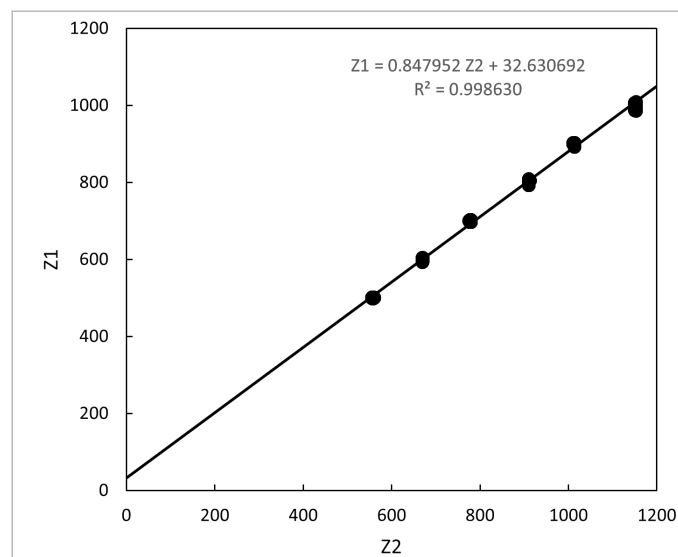


図 3.3: 回帰直線



## 第4章 補正結果

ここでは上記で算出した補正值  $a = 0.847952$ ,  $b = 32.630692$  を用い補正を行った結果について示す.

### 4.1 補正值算出に使用したデータセットの補正結果

図(4.1)は, 補正值算出に使用したデータセットの補正前後の深度地の比較であり, 補正前  $Z_2$  は黒, 補正後  $Z'_2$  はオレンジで表している. 補正前  $Z_2$  に比べ補正後  $Z'_2$  のほうが深度値  $Z_1$  に近づいていることから, 深度値のズレを抑制することができた.

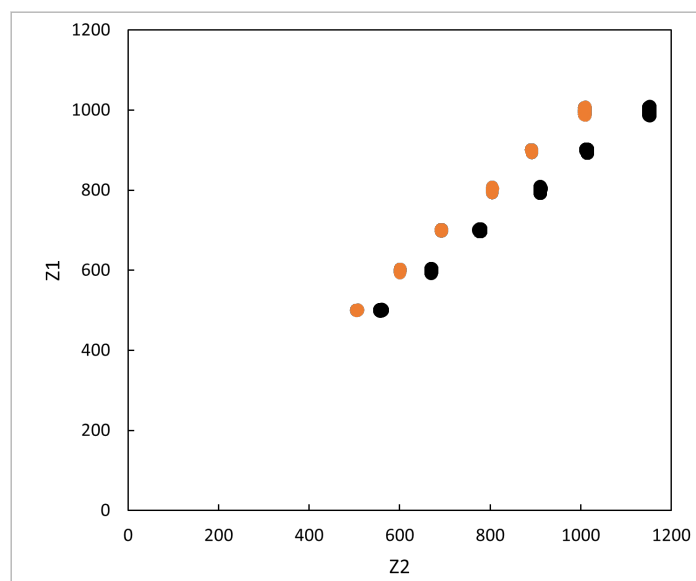


図 4.1: 補正值算出に使用したデータセットの補正結果

### 4.2 画面中央付近のデータセットの補正結果

図(4.2)は, マーカ中心の座標  $(x, y)$  のずれが, それぞれ 60 以内になるよう限定し撮影した別のデータセットの補正前後の深度地の比較であり, 補正前  $Z_2$  は黒, 補正後  $Z'_2$  はオレンジで表している. 補正前  $Z_2$  に比べ補正後  $Z'_2$  のほうが深度値  $Z_1$  に近づいていることから, マーカ中心の座標  $(x, y)$  を画像中央付近に限定している, 別のデータセットでも深度値のズレを抑制することができた.

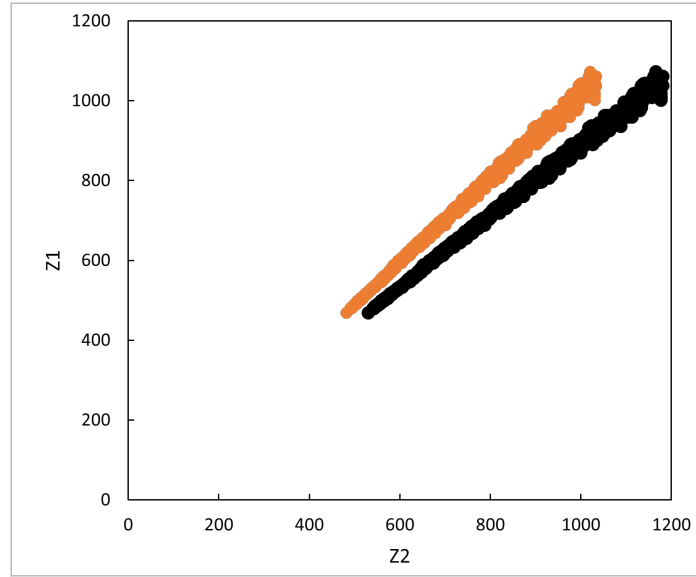


図 4.2: 別に作成したデータセットの補正結果

### 4.3 画面端のデータセットの補正結果

平面検出では画像端の深度値も使用する必要があるため, 図 (4.3) のようにマーカ中心の座標  $(x, y)$  が画面端になるよう撮影したデータセットについて補正する.

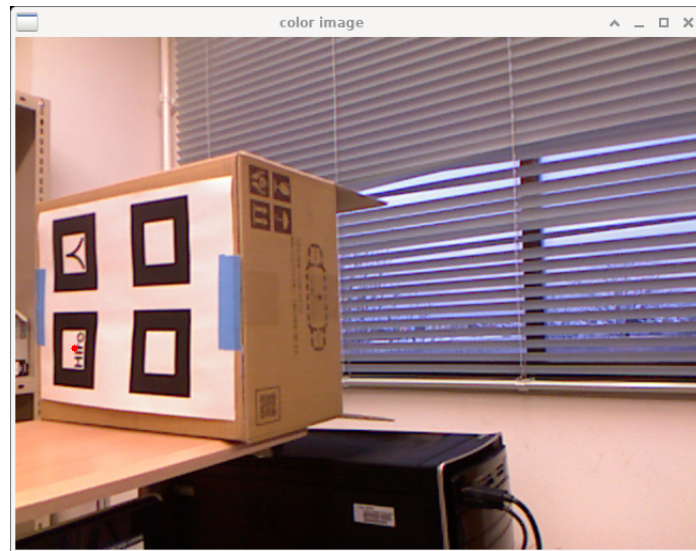


図 4.3: マーカ中心の座標が画面端の RGB 画像

図 (4.4) はマーカ中心の座標  $(x, y)$  が画面端になるよう撮影したデータセットの補正前後の深度地の比較であり, 補正前  $Z_2$  は黒, 補正後  $Z'_2$  はオレンジで表している. 補正前  $Z_2$  に

比べ補正後  $Z_2'$  のほうが深度値  $Z_1$  から離れてしまっているため、マーカ中心の座標  $(x, y)$  が画面端にあるデータセットでは、深度値のズレを抑制することができなかった。

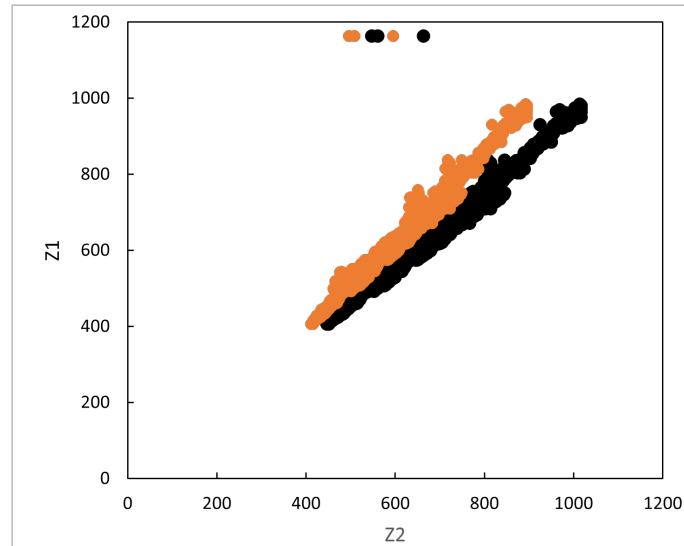


図 4.4: 画面端のデータセットの補正結果

#### 4.3.1 考察

図 (4.3) はマーカ中心の座標  $(x, y)$  が画面中央付近のデータセットと、画面端のデータセットの比較であり、画面中央付近のデータセットを黒、画面端のデータセットを青で表している。図より画面端のデータセットは画面中央付近のデータセットと比べ深度値  $Z_1, Z_2$  のずれが小さいことが分かる。そのため画面中央付近のデータセットで算出した補正值での補正では、深度値のズレが大きくなってしまったと考える。

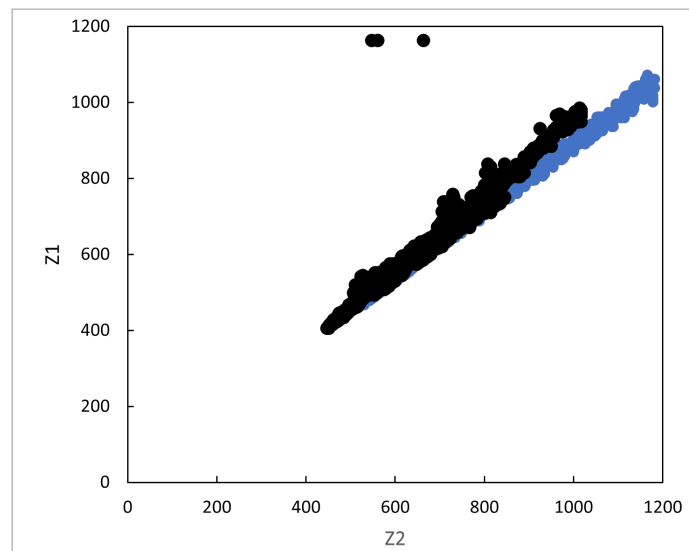


図 4.5: 画面中央と画面端の散布図の比較

## 第5章 おわりに

画像中央付近のマーカを垂直に撮影した際の補正は成功したが, マーカとの角度が斜めであったり画像端にマーカがある状態の補正は数値が大きく外れてしまった. しかし平面検出では対象物とその周囲の平面の高精度な抽出を目的としていることから, 今後, 位置  $(x, y)$  や角度に応じた補正方法の検討が必要である.

## 参考文献

- [1] 田中義郎: 深度画像からの平面検出, 平成 29 年度釧路高専卒業論文 (2018).
- [2] XJINE: Kinect Sensor v1 のスペックまとめ - NEAREAL,  
<http://neareal.com/687/>,  
参照 2023/02/07.
- [3] 杉浦 司: Kinectv1 と Kinectv2 の徹底比較,  
<https://www.buildinsider.net/small/kinectv2cpp/01>,  
参照 2022/11/01.
- [4] 茂出木裕也: 「どのデバイスが最適か?」——モーションセンサー 3 機種を徹底比較!!,  
<https://monoist.itmedia.co.jp/mn/articles/1402/24/news086.html>,  
参照 2023/02/07.