

Kinect を用いた屋内空間の三次元形状の検出

安齋 達也[†] 藤田 悟[‡]法政大学大学院 情報科学研究科[†] 法政大学 情報科学部[‡]

1. はじめに

近年、ライフログの記録が一般的な技術となり、計測手法も多様化しつつある。ライフログの取得方法の自動化が進む中、フィジカルなライフログの取得法については、環境の構築に専用の機器が必要で容易とは言い難いのが現状である。そこで本研究ではセンサーとして Kinect を利用して屋内空間のライフログの計測に必要な環境の構築を行う。Kinect は RGB カメラ・深度センサー等が搭載された機器で、センサーとしては安価かつ導入が容易であることが特徴である。

2. 研究目的

本研究の最終目標は、複数台の Kinect を用いて正確な三次元空間マッピングと人物認識を行い、ライフログを継続的に取得し行動認識を行う事である。このためには、空間を複数方向から観測し一つの空間に合成することが必要である。しかし、空間を一つに合成するためにはキャリブレーションなどの難しい問題が残る。そこで本稿では、Kinect を用いて取得した三次元情報付画像から背景状況である壁や天井を認識させ、その平面から認識することができる交点・交線などの特徴点を抽出し、その位置から Kinect の位置のキャリブレーションを取得する方法を検討する。本稿では、まず壁や天井を正確に認識するための手法について述べ、2D-Hough 変換の実装実験を行う。

3. 提案手法

Kinect から得られた三次元情報付画像から得られる三次元空間の平面と特徴点の認識法として、二次元ハフ変換で求められる線分をメッシュ状に展開する 2D-Hough 法、ハフ変換を三次元空間に拡張した 3D-Hough 法、最小二乗を利用した方法の三つの手法について比較検討する。本稿では Kinect からデータ取得・処理に OpenNI を、開発言語に C++ を、拡張ライブラリとして OpenGL, OpenCV を利用する。図 1 は、提案手法の概要図である。図中左から 2D-Hough 法、3D-hough 法、最小二乗法である。

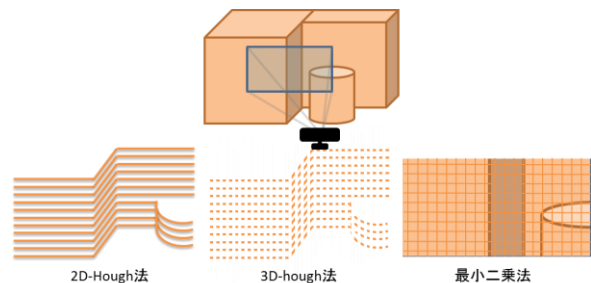


図 1. 提案手法の概要図

3.1. 2D-Hough 変換

取得した深度情報付き画像を、Hough 変換を行うために輪切りにしていく。壁に対して平行に切り出してしまうと、Kinect からの視点が仰俯角となっているため、正常に三次元空間を輪切りすることが出来ないため、Kinect を中心にして仰俯角を放射状に変化させる様に輪切りにしていく。輪切りした画像内の位置情報を二次元座標に変換し、確率的 Hough 変換を行っていく。取り出された線分は最適化された後に近接する線分との交点となりえる点を計測し特徴点を抽出していく。この特徴点を繋いだ線分が壁と壁の交線になる。二次元座標内で処理され抽出された点、線は三次元空間に再変換し、描画を行う。

三次元空間上の点 (x, y, z) を二次元座標に変換する際の座標を式(1)に示す。

$$(x, \sqrt{z^2 + y^2}) \quad (1)$$

f を Kinect の焦点、 YP をピクセル画像上の高さとした時、二次元座標の点 (X, Y) から三次元座標に変換した際の座標を式(2)に示す。

$$(X, Y * \frac{YP}{\sqrt{f^2 + YP^2}}, Y * \frac{f}{\sqrt{f^2 + YP^2}}) \quad (2)$$

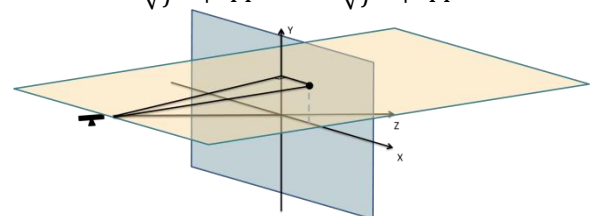


図 2. 三次元空間, 二次元空間の関係図

3.2. 3D-Hough 変換

一般的な Hough 変換を三次元空間上で行い、面の判定が可能になる様に拡張する。三次元空間中の点 (x_p, y_p, z_p) を含む平面は、原点からの距離 ρ と、二つの角度 θ (方位角) と ϕ (仰角) で表すことが出来る。座標空間中の平面への距離 ρ は式(3)の様に表

Detection the 3D shape of the indoor space based on Kinect
[†]Tatsuya Anzai, Graduate school of Computer Science, Hosei University (tatsuya.anzai.9d@stu.hosei.ac.jp)

[‡]Satoru Fujita, Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

すことが出来る.

$$\begin{cases} x_p = \rho \sin \phi \cos \theta \\ y_p = \rho \sin \phi \sin \theta \\ z_p = \rho r \cos \phi \end{cases} \quad (3)$$

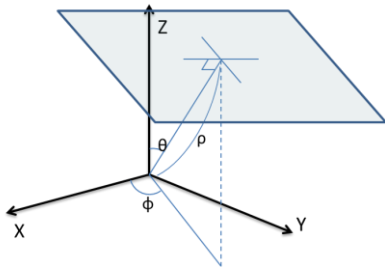


図3. 座標空間内の平面のパラメータ

面の形成処理として、面は地面に対して水平、または直行であると仮定して、仰角 $-\frac{\pi}{2}$, 0 , $\frac{\pi}{2}$ 付近の頻度のみを計算することによって計算処理の高速化を行う。

3.3. 最小二乗法

取り出した三次元情報付き画像を格子状に切り分け、各格子内で最小二乗を行い平面方程式を決定する。隣接した格子内の平面の傾きと比較し、同様のベクトルを持つと認識された場合は面の統合を行う。格子内に複数の向きの面があり、誤値と思われるベクトルが得られた場合は格子内で再分割を行いベクトルを再取得する。

最小二乗法により、平面を決定する計算は次のように行う。まず、平面の方程式を式(4)に示す。

$$ax + by + c = d \quad (4)$$

この平面と点 (x_1, y_1, z_1) の距離 r を式(5)に示す。

$$r = \frac{|d - (ax_1 + by_1 + cz_1)|}{\sqrt{a^2 + b^2 + c^2}} \quad (5)$$

複数の観測点に対して、この r の二乗の和を求め、

$$\frac{\partial \sum r^2}{\partial a} = \frac{\partial \sum r^2}{\partial b} = \frac{\partial \sum r^2}{\partial c} = 0 \text{となる } a, b, c \text{ を求める。}$$

4. 実験内容

本研究の有効性を評価するために、評価実験を行う。三種類の提案手法の内、本稿では 2D-Hough 変換を用いた手法で室内空間の認識の精度について検証を行う。

図4は、図中左の深度付画像から中央線の部分を切り出し、図中右上の様に Kinect からの距離を2次元空間に変換し、図中右下の様に 2D-Hough 変換を行った結果の図である。

実空間の壁の長さとして Kinect で取得した線分の長さを比較した所、Kinect に対して正面方向の直線の精度誤差は 2.0cm 以内、Kinect に対して角度をもった壁に関しての精度誤差は 5.0cm 以内となった。結果を表1に示す。

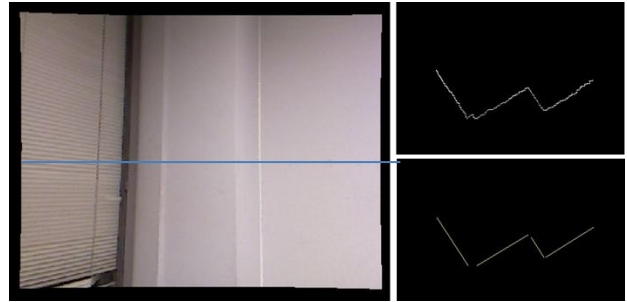


図4. 2D-Hough 変換実行図(直線)

表1. 2D-Hough 変換精度

	直線 1	直線 2	直線 3	直線 4
実空間の長さ	58.0	63.5	29.0	58.0
認識した長さ	59.7	62.2	24.6	59.0

図5は、ピクセル画像中の各高さで 2D-Hough 変換を行った線分を三次元空間に再描画したものである。

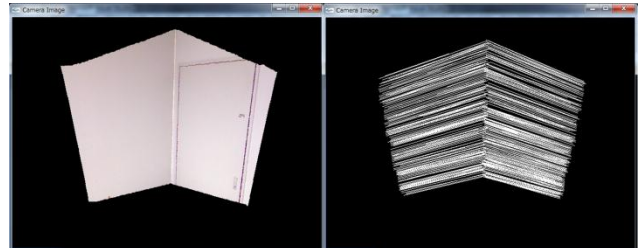


図5. 2D-Hough 変換実行図(空間)

5. おわりに

本稿ではライフログの計測に必要な環境の構築を行うため、Kinect を用いて取得した三次元情報付き画像から平面形状の抽出法を提案した。この平面抽出法の種類として、二次元ハフ変換で求められる線分をメッシュ状に展開する 2D-Hough 法、ハフ変換を三次元空間に拡張した 3D-Hough 法、最小二乗を利用した方法の三方法を説明した。今後の課題としては、前述した技術を用いて複数台 Kinect からの映像を三次元空間として合成することを試みる。これらの技術を応用し、三次元空間中の人物の動きをセンシングし、ロギングする手法の検討を進める。

参考文献

- [1] George Vosselman and Sander Dijkman: "3D BUILDING MODEL RECONSTRUCTION FROM POINT CLOUDS AND GROUND PLANS" Int. Arch. of Photogrammetry and Remote Sensing, pp.37-43, 2001.
- [2] Dorit Borrmann et al.: "The 3D Hough Transform for Plane Detection in Point Clouds: A Review and a new Accumulator Design" 3D Research, Volume 2, Issue 2, pp.1-13, 2011.