

K-010

3D-Hough 法を用いた屋内空間の三次元平面形状の検出 Detection the 3D shape of the indoor space based on 3D-Hough method

安斎 達也[†] 藤田 悟[‡]
Tatsuya Anzai Satoru Fujita

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、三次元空間中での人物の行動のログを取りたい。そこで本稿ではその事前条件として、人の行動する三次元空間を計測する。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。本稿では壁や天井を正確に認識するための手法として 3D-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 3D-Hough を応用し、Kinect を用いた場合の高速化、性能の向上を行う。本稿では Kinect からのデータ取得・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。

3.1 3D-Hough 法

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(1)の様に表すことが出来る。

$$\begin{cases} x_p = \rho \sin \phi \cos \theta \\ y_p = \rho \sin \phi \sin \theta \\ z_p = \rho \cos \phi \end{cases} \quad (1)$$

[†] 法政大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University

[‡] 法政大学情報科学部

Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

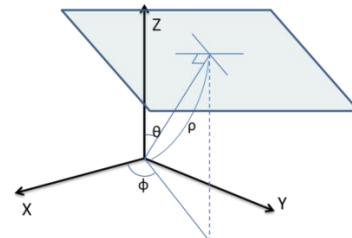


図1. 座標空間内の平面のパラメータ

点群データはパラメータ領域上に頻度を情報として展開し蓄積され、検出頻度の高い順に面として検知する。

計算量を減らす手法として、部屋の壁、天井等を計測することを前提に平面をなす角度を限定する。すなわち Kinect から見て仰角が $0 \sim 15^\circ$, $75 \sim 105^\circ$, $165 \sim 180^\circ$ とする面だけ計測を行う。

4. 実験

本研究の有効性を評価するために、評価実験を行う。3D-Hough 変換を用いて、室内空間の壁面を認識する精度や時間などについて検証する。

今回は Kinect から取得した深度画像の枚数、使用する点群のダウンサンプリング、取得する面のパラメータ(角度)の精度を変化させて実験を行う。実験に使用した PC スペックは、Intel Core i5, メモリ 6GB, 64Bit オペレーティングシステムである。

4.1 単一視点、単一方位実験

Kinect から取得した画像を一枚使用する。パラメータを変化させて面の取得を行った際にかかった時間については表1にまとめている。パラメータを変化させることで取得することの出来る面の量について変化は無かった。この実験で取得する面の数は三枚で、仰角の限定による高速化は行わない。

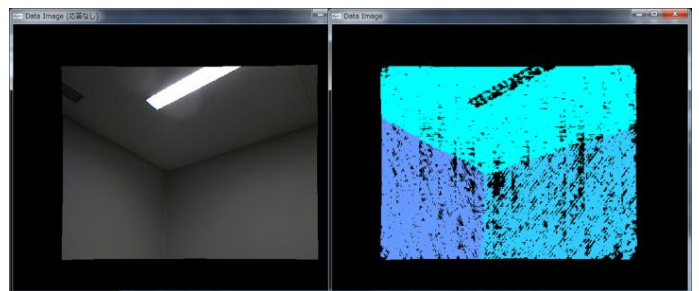


図2. 構築した三次元空間

表 1. 単一視点, 単一方位の速度実験

単位(秒)		P					
		1/1	1/4	1/16	1/64	1/256	1/400
A	0.5°	3762	958	245	69	25	18
	1°	557	148	38	8.3	2.9	2.2
	2°	87	23	5.6	1.7	0.6	0.5

P の値が点群データのダウンサンプリング率, A の値が取得する壁面パラメータの角度(方位角, 仰角)となる. P の値に関しては, 1/256 の点群量でも十分な面の取得が可能であった. 1/400 の点群量を用いた際には, 一つの面の取得結果に多少の誤差が発生した. 実験結果より, 点群量は 1/256 より多くすることが望ましいと考えられる.

表 2. 単一視点, 単一方位の精度実験

	A				
	0.2°	0.5°	1°	2°	5°
取得速度(秒)	1380	222	31	5.5	0.8
方位角 θ (度)	90.6	91	91	90	90
仰角 ϕ (度)	150.6	151	151	150	150
距離(cm)	186	185	185	188	188
取得した頻度	2621	2124	2124	1790	1790

先程と同様の空間において, 取得する点群量を固定(1/16)し, 取得する角度(仰角, 方位角)の精度を変化させることによって得られる面のパラメータである. 取得する面のパラメータ間隔を変化させることによる取得精度の誤差は生じるものの, どの値においても壁面を正確に認識できているものであると考えられる.

4.2 単一視点, 複数方位実験

Kinect を水平方向に回転させ, 複数視点の点群データを合成する. 取得データはカメラが水平方向に 45 度回転することによって取得し, 合計 4 枚の点群データを合成する. Kinect から距離のある壁面情報はノイズが多く乗るため, 比較的近い距離で取得できる点のみで実験を行うためである. 図 3 は取得した屋内空間を三次元描写した図である.

表 3. 単一視点, 前方位の速度実験

単位(秒)		P		
		1/16	1/64	1/256
A	1° (限定無)	157	40	11
	1° (限定有)	29	8.6	3.1

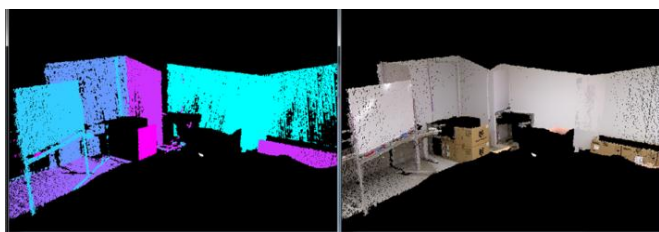


図 3. 構築した三次元空間

図 3 の通り, 一度に 6 枚の平面(壁・床)を取得することに成功した. 同じ平面上にある壁面は別個のものと認識していない. 点群量が増加しても, 同様の平面パラメータを取得することが成功した. 計測する面が取り得る仰角を限定して計測した場合と限定しない場合を比較した結果, 約 1/3 の速度で面の取得を行う事が可能である. 実験を行った空間には省略した仰角を持つ壁面が存在しなかったため, 角度を限定する前と同様に面の取得が出来た.

4.3 複数視点, 全方位実験

Kinect を水平方向に 45 度ずつ回転させ, 全方位の点群情報を取得する作業を 2 箇所で行い合成する. Kinect から距離のある壁面情報はノイズが多かった. 合計 16 枚の画像を合成する. 複数視点のキャリブレーションを物理的に行うものとする.

表 4. 複数視点, 全方位の速度実験

単位(秒)		P			
		1/4	1/16	1/64	1/256
A	1° (限定無)	2773	687	179	47
	1° (限定有)	797	199	52	17

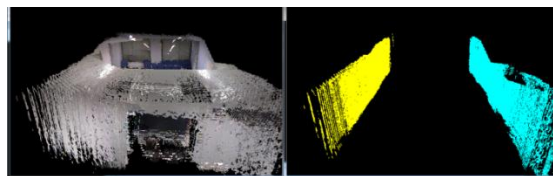


図 4. 構築した全方位三次元空間

実験を行った空間は面積が約 $6 \times 12\text{m}$ と広く, また複数枚画像の手動キャリブレーションによる実験のため, ノイズが乗りやすいので, 平面パラメータを効率よく取得することは難しく限られたパラメータのみ抽出した. これに関しては, 取得した点群データにフィルターをかけることや, より精密なキャリブレーションを行う事によって改善する事が可能であると予測する.

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として, ハフ変換を三次元空間に拡張した 3D-Hough 法を用いた三次元平面取得法の提案と実装を行った. 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).