

平面性を用いた深度センサによる足の3次元計測

葛西 寿麻[†] 村木 祐太[†] 小堀 研一[†]
 大阪工業大学 情報科学研究科 情報科学専攻[†]

1. はじめに

靴選びにおいては自分の足へのフィット感が重要である。さらに、足に合った靴を作るためには、3次元測定器で足を測る必要がある。しかし、現行の足型計測器には“長い計測時間”、“片足ずつの計測”、“計測箇所の不足”、“高価”という問題が存在する。

そこで、それらの問題を解決した自動足形状取得の手法を提案する。提案手法では、つま先側と足裏側に1台ずつ、かかと側に2台の計4台の深度センサとARマーカーを用いて、両足の形状を同時に取得する。キャリブレーションでは平面度算出により信頼性の低い点群を削減することで精度を向上させる。また、汎用的なセンサを用いることで安価なシステムを実現する。

2. 提案手法

提案手法での装置の配置図を図1に示す。提案手法では、計4台の深度センサを用いる。



図1 システムの配置図

提案手法では、ARマーカーを用いたキャリブレーションと3次元再構成を行い、出力された足の3次元形状を採寸する。図2にシステムのフローチャートを示す。



図2 システムのフローチャート

2.1 キャリブレーション

カメラ位置の誤差を抑えるため、キャリブレーションを行う。入力するデータは、設置したすべての深度センサからのRGB画像と深度情報である。

2.1.1 マーカー領域の点群抽出

図3(a)のようにRGB画像からARマーカーを検出し、図3(b)のようにARマーカーの点群データを取得する。本研究では、ARマーカーとして、ArUcoマーカーを用いた。なお、入力するデータは、すべての深度センサにおいてすべてのAR

マーカーが検出されているときに取得する。



(a) マーカー検出



(b) 点群抽出

図3 抽出時に得られるデータ

2.1.2 平面度算出および位置合わせ

抽出された各マーカーの点群に対して平面度算出を行う。まず、抽出した各マーカーの点群に対してRANSAC^[1]を用いて平面を推定する。そして、推定された平面とマーカーの点群との距離を算出し、その標準偏差を求める。次に各深度センサで得られたマーカーの平面度が高い順にソートする。そして、ソートした結果から下位3位までを除き、すべての深度センサで共通して得られた点群を基準点群とする。図3(b)に対して基準点群を選定すると図4(a)に示す点群を取得することができる。

選定された基準点群を用いて位置合わせを行い、変換行列を取得する。はじめに、図4(b)に示すように、深度センサとマーカーの距離や角度から座標変換を行う。次にICP^[2]を用いて、図4(c)のように詳細な点群の位置合わせを行う。以上の処理で取得された変換行列を3次元再構成で利用する。



(a) 基準点群



(b) 座標変換



(c) ICP^[2]

図4 基準点群および位置合わせの様子

2.2 3次元再構成

足の3次元情報を入力し、3次元再構成を行う。図5に入力データ、図6に処理結果を示す。



図5 入力データ



(a) 位置合わせ



(b) ノイズ除去



(c) 出力

図6 処理結果

3D Measurement of the Foot Using Depth Sensors with Flatness

Kazuma Kassai[†] Yuta Muraki[†] Kenichi Kobori[†]
 Osaka Institute of Technology Graduate School of Information Science and Technology[†]

2.2.1 位置合わせおよびノイズ除去

はじめに、図 5 のように、足の点群データを取得する。次に、図 6(a)のように点群データに対して変換座標を用いて位置合わせを行う。その後、ノイズ除去を行う。まず、クラスタリング手法を用いて足の裏を構成している点群を抽出する。次に、図 7 に示すように抽出された点群の水平面方向の AABB を生成する。生成した AABB を垂直方向に伸ばし、ノイズ除去の判定領域を生成する。最後に判定領域外にある点群をノイズとし除去する。図 6(b)はノイズ除去後の結果である。



図 7 AABB によるノイズ除去

2.2.2 メッシュ生成と計測

足の点群に対してメッシュを生成する。図 6(c)がその結果である。出力された 3 次元足形状のサイズを測り、足を計測する。

3. 実験と考察

3.1 実験

提案手法によって計測した結果と実測結果とを比較し、その精度を確認する実験を行った。実験では、RealSenseL515 を用いた。なお、位置合わせ時の基準には足裏の点群を用いている。計測対象物には、図 8 に示す 2 つの形状を用意した。また、それぞれの計測位置も示す。立方体はすべての辺、足のサンプルは足長、足幅、足囲の 3 か所を計測した。図 9 に本手法で取得した 3 次元データを示す。



図 8 実験対象物



図 9 取得 3 次元データ

表 1 に足のサンプルの計測結果、表 2 に立方体の計測結果を示す。

表 1 足のサンプル

(cm)					
Measurement Position	Manual	Proposed Method			
		Right	Difference	Left	Difference
length	21.1000	21.0348	0.0652	21.4058	0.3058
width	8.9000	8.3912	0.5089	8.3023	0.5977
circumference	21.3000	19.2645	2.0355	19.1868	2.1132

表 2 立方体

(cm)			
Ground Truth	Edge	Proposed Method	Difference
12.2500	a	12.5084	0.2584
	b	11.5379	0.7121
	c	11.9167	0.3333
	d	11.0132	1.2368
	e	12.5464	0.2964
	f	12.3428	0.0928
	g	12.1451	0.1049
	h	12.3326	0.0826
	i	12.3990	0.1490
	j	12.0231	0.2269
	k	12.1226	0.1274
l	12.0405	0.2095	
Average			0.3192
Max			1.2368

3.2 考察

図 9 より深度センサ 4 台の両足同時計測で計測対象物の形状が正しく再構成されているものの、一部の誤差が大きいことが分かった。特に表 2 の辺 b, d の誤差が大きくなっている。提案手法では、辺 b, d をかかと側 2 台の深度センサで捉えている。現在の深度センサの配置では、その 2 辺に対して角度が大きいため、正しい値が取得できず、誤差が大きくなったと考えられる。そのため、深度センサと計測対象物との角度を考慮したキャリブレーションまたは 3 次元再構成手法を考案する必要がある。

4. おわりに

本稿では、4 台の深度センサと AR マーカーを用いて、両足の形状を同時に取得する手法を提案した。提案手法により、計測対象物を正しく再構成することができた。しかし、一部大きく誤差が生じた。そのため、深度センサと計測対象物との角度を考慮した手法を考案する必要がある。また、レーザー方式の深度センサを用いたため、点群の同時取得では、赤外線による干渉が発生し、数十秒の計測時間を要してしまった。この問題を解決するためのセンサ構成を構築し、計測時間の短縮を図る。

参考文献

[1] Fischler, Martin A., Robert C. Bolles., "Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography" Communications of the ACM 24.6, 381-395 (1981).
 [2] Rusinkiewicz, Szymon, Marc Levoy., "Efficient variants of the ICP algorithm." Proceedings third international conference on 3-D digital imaging and modeling. IEEE, 145-152 (2001).