

人体形状スキャナ精度評価報告書

評価対象装置	INFOOT 2/IFU2-S-01
装置のメーカー	株式会社アイウェアラボラトリー
計測場所	株式会社アイウェアラボラトリー
計測日	2020 年 2 月 29 日
計測者	木村幸三、株式会社アイウェアラボラトリー
評価者	河内まき子（名誉リサーチャー）、産業技術総合研究所、人間情報研究部門付、人工知能研究センターデジタルヒューマン研究チーム
報告日	2020 年 3 月 12 日

1. 試験方法

以下の試験方法は ISO 20685-2:2015 Ergonomics – 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases – Part 2: Evaluation protocol of surface shape and repeatability of relative landmark positions に準拠したものである。

1-1. 試験物体

表面を TiN 加工した中空の金属球（図 1）。産業技術総合研究所計量標準総合センターにおいて校正された値を、真の直径とする。形状スキャナの精度評価に用いる。以下、標準球と呼ぶ。



図1. 試験物体（球, $\varnothing \approx 120$ mm）

1-2. 計測

1-2-1. 球の計測

足部形状スキャナの計測範囲を前後350mm、左右150mm、上下200mm程度と考えた。標準球を図 2 に示す4カ所に置いて計測する。このうち、ある場所において計測

範囲外になったために球の半分以上を計測できない場合は、計測位置を中心よりに変更し、正確な位置をシート1に記入する（ファイル名の後のコメントとして記入）。

標準球の計測位置の精度は以下のとおりとする：

- （１）高さ：球の中心が目標高の $\pm 1\text{cm}$ 以内にはいる
- （２）前後左右位置：球の中心が目標位置の $\pm 1\text{cm}$ 以内にはいる

標準球の位置をそれほど厳密に定めないのであるのは、計測結果を形状スキャナの校正に利用するわけではなく、球中心位置を空間内で厳密に決定するのはかなり困難であることによる。

図2に示した4カ所以外にも測るべきだと考える位置があれば、そこで標準球を測ってもよい。追加計測した場所は、シート1に記入する。

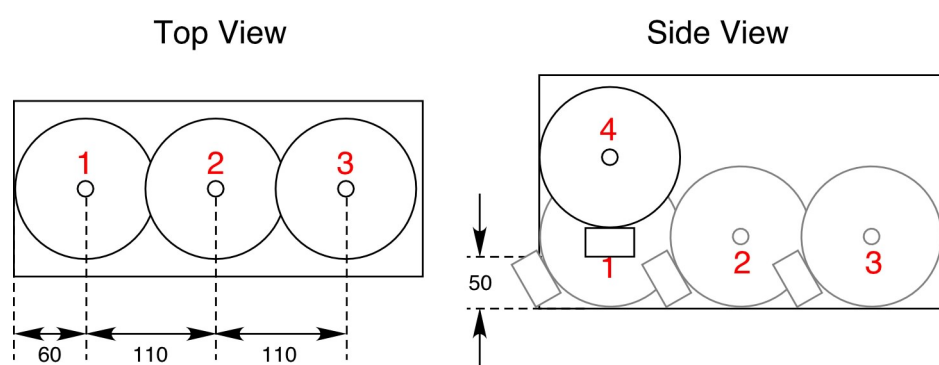


図 2. 球の推奨計測位置（右が前方）

1-3. 出力座標系

座標系は ISO 20685-1 に準じる（図3）。床面を XY 平面とする。X 軸+が前方、Y 軸+が左方、Z 軸+が上方とする。原点の位置は自由とする。座標系がこれと一致しない場合、実際の座標系をシート 1 に記入する。

座標系の定義が図4のような場合（計測範囲の後端、幅の中央、床面を原点とする）、図2の標準球の中心座標値は、おおむね以下のようになる（単位：mm）：

Location	x	y	z
#1	60,	0,	60
#2	170,	0,	60
#3	280,	0,	60
#4	60,	0,	140

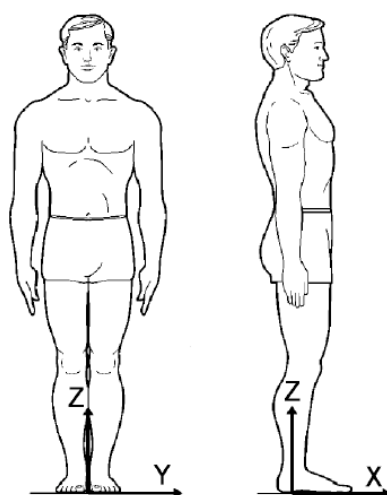


図 3. 座標系 (ISO 20685-1 より)

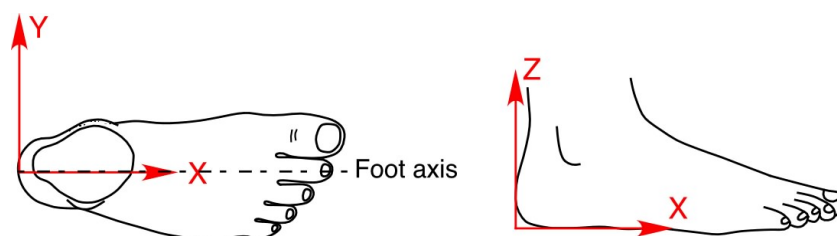


図 4. 足座標系

1-4. 実験手順

- (1) 図 2 の各位置において、標準球を計測する。計測の手順は、通常人体を計測する場合に準じる。
- (2) 各位置で計測した点群データを、座標系が図 3 に一致するように変換する。これが不可能である場合、使用した座標系をシート 1 に記入する。
- (3) 各位置で計測したデータをタブ区切りテキスト形式で保存する。もしこれが不可能の場合は、dxf 形式、Wavefront OBJ 形式、STL 形式、VRML 形式のいずれかでもよい。シート 1 に保存形式を記入すること。

1-5. 誤差計算手順

以下の評価は産業技術総合研究所において行う。

1-5-1. 形状スキャナの精度評価

治具や三脚など明らかに球ではないデータ点を手作業で削除する。点群データに球の式を当てはめ、最適球の式を計算する。評価指標として以下の 3 つを計算する：

- (1) Error of diameter measurement (球直径測定誤差)
最適球の直径から真の直径を差し引いた値として計算する。
- (2) Spherical form dispersion value (90%)
最適球の表面の付近に分布するデータ点の 90% を含むシェルの厚み。球面形状誤差。最適球の中心から各データ点までの距離の 95 パーセンタイル値から 5 パ

ーセンタイル値を差し引いた値として計算する。

(3) Standard deviation of radius

最適球の中心から各データ点までの距離の標準偏差。

1-6. その他

球の計測位置について、不要だと考える位置、追加すべきと考える位置があれば、シート 1 に記入する。

2. 計測結果

2-1. 標準球の計測位置

測定範囲は XYZ 方向に 330×195×150 [mm]である。計測位置、座標系、計測単位は以下の通りである。

表 2. 球の計測位置

位置 #	前後位置	左右位置	高さ	コメント
1	計測範囲後端	計測範囲中央	60mm	
2	110mm 前方	計測範囲中央	60mm	
3	210mm 前方	計測範囲中央	60mm	
4	計測範囲後端	計測範囲中央	85mm	定位置より低くして計測

表 3. 座標系

	想定座標系	実際の座標系
水平面	X-Y 平面	X-Y 平面
前方	X+	X+
左方向	Y+	Y+
上方	Z+	Z+

表 4. 計測単位

計測単位	mm
------	----

3. 評価結果

評価結果を表 5 に示す。どの位置における球直径測定誤差も 0.2 mm 未満であった。Spherical form dispersion value (90%) (データ点の 90%を含むシェルの厚さ) は、どの位置においても 0.5 mm 以下であった。

図 5 に、計測結果例として位置 2 で計測された球の、球ではない部分を削除した画像を示す。

表 5. 評価結果 (単位:mm)

位置	実測直径	Error of diameter measurement	Spherical form dispersion value (90%)	Standard deviation of radius
1	120.00	-0.01	0.42	0.13
2	119.88	-0.13	0.43	0.14
3	119.88	-0.13	0.43	0.14
4	119.94	-0.07	0.50	0.15

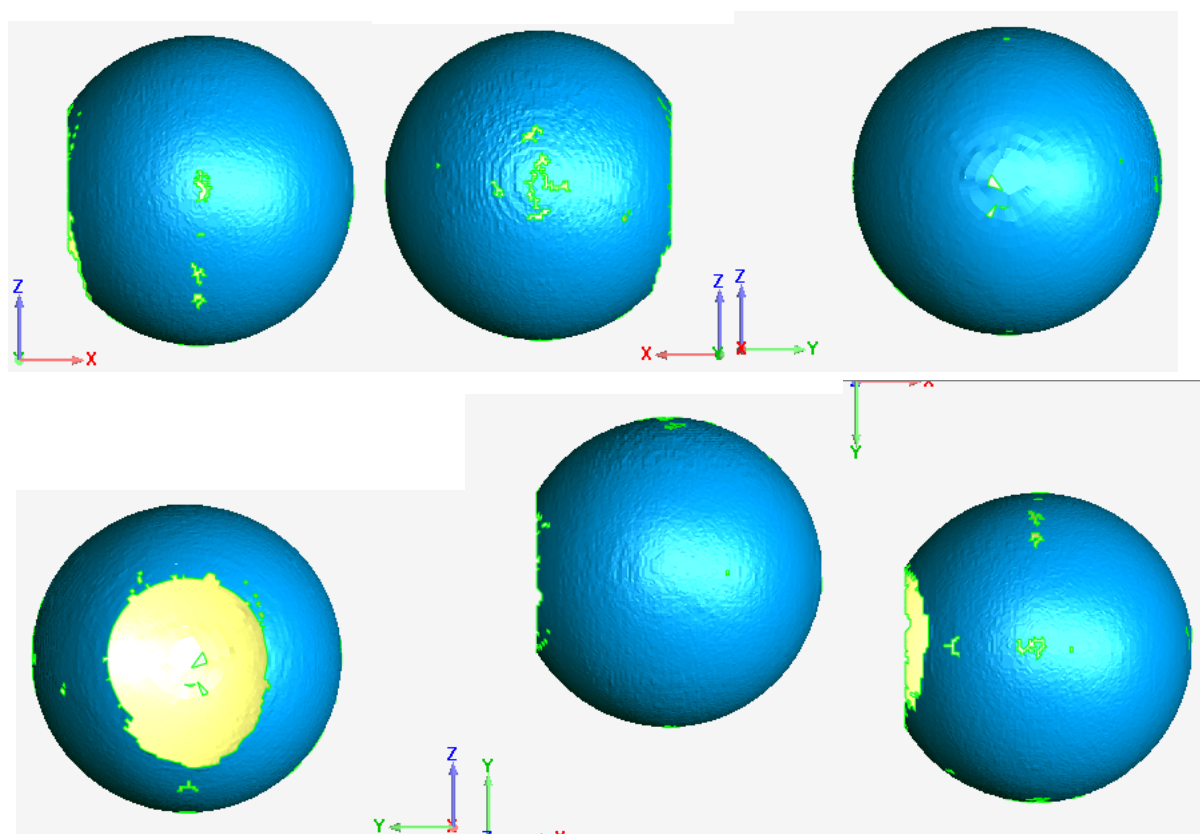


図 5. 位置 2 で計測された結果。球でない部分は削除後。

上左より：球の横から (Y-up)、球の横から (Y-down)、球の上面 (X-up)
 下左より：球の底面 (X-down)、球の横から (Z-up)、球の横から (Z-down)