15-143-6 手の三次元計測に関する研究

Study on Three-Dimensional Measuring Shape of Human Hand

○小川淳夫, 斎藤之男*, 音琴浩**

東京電機大学大学院 理工学研究科 知能機械工学専攻

*東京電機大学 理工学部 知能機械工学科

**東京電機大学 フロンティア共同研究センター

Atsuo Ogawa, Dept of Intelligent Mechanical Engineering, Tokyo Denki University.

*Yukio Saito, Dept of Intelligent Mechanical Engineering, Tokyo Denki University.

**Hiroshi Negoto, Frontier Research and development Center, Tokyo Denki University.

1. はじめに

現在、義肢ソケットの製作において切断部（断端）とソケットの適合が困難であり義肢装具士の豊富な経験と勘を頼りに手工業的な方法で製作されている。そして障害者が義肢装具製作会社や病院へ何度も通って製作されているのが現状である。

我々の研究室では1984年より人体形状の再現をするための接触式三次元測定装置を開発し、以降、義手のコスメチックグロブの製作を行って来た。本研究では、義肢の製作時間の短縮を目的とする。また、人間の手の計測精度を評価するために、人間の手部石膏モデルを測定し、光造型装置にて復元モデルとの比較検討を行った。その結果について報告する。

2. 接触法と光学手法による手形状計測の比較

2.1. 三次元測定機による手形状計測³⁾

我々の研究室で開発した接触式三次元測定装置は、手形状モデルデータに基づいて生体用プローブを使って手の形状を測定し、手の表面を接触時座標データとして記録する。精度は $\pm 0.02\text{mm}$ 以下である。しかし測定に時間がかかるため被験者の手を保持する保持具を必要とする。

2.2. 光切断による手形状計測

本稿で比較する非接触式三次元測定装置は、光り切断法を用いて計測を行う。この装置は、光学系の収差によって計測誤差が生じる。今回使用した非接触式三次元測定装置の測定原理は Fig. 1 に示すレーザースキャン方式に基づいている。基本構成はガルバノミラー方式による、反射光を三角測量で計測する。レーザ光を物体の表面に照射し、その反射光を CCD カメラで受光する。受光した CCD カメラの画素座標から測定空間の座標に変換することで対象物の座標を求める方式である。手を計測した場合、0.6 秒間に 900~1000 個の測定点を計測できる。

Fig.1 Tree-Dimensional Measuring Optical Equipment

2.3. 光計測によるソリッドモデルデータへの変換

測定対象物には形状の複雑な手部を選択し、三次元測定装置との距離を 1375 [mm] ~ 1355 [mm] として計測を行った。Fig. 2~Fig. 4 に示す標点を付けた石膏 Model1~3 を手部の全体の形状を計測するために、モデルを回転させて計測を行った。また画像処理には、画像処理ソフト Rapid Form2000 を使用した。12~22 面の画像データ間で形状が一致する標点を選択し、画像データの重ね合わせることで一つのモデルに統合をする。(Fig. 5)

Fig.2 Object Model 1

Fig.3 Object Model 2

Fig.4 Object Model 3

Fig.5 Picture Correction

Fig. 6 Mesh Model

(No Contact 3-Dimensional Measurement)

3. 誤差の計測

復元モデルの計測誤差は光学系の収差が原因であると考えられるので、その誤差計測を行った。50 [mm] 間隔で4行4列に配置した点を計測し、線で結ぶ (Fig. 7) と1行目では下に凸、2行目は床面に対してほぼ平行、3行目、4行目になるに従い上に凸のグラフとなる。その誤差は0.06 [mm] ~0.4 [mm] の範囲で歪みを生じる。

非接触測定装置から1355 [mm] ~1370 [mm] の位置にφ40 [mm] の卓球ボールを平面の上に格子状に100 [mm] 間隔で並べ、その位置を計測した場合、CCDカメラから1,350 [mm] ~1,360 [mm] の範囲で距離が精度よく計測できた。(Fig. 8) そして同じ距離で白いボールとオレンジ色のボールを計測すると、オレンジ色のボールの方が精度良く計測されることが分かった。また、ボールの計測データにSmoothing処理を行うと距離が実際の距離より短くなった。

それらの誤差原因は面の張り合わせ時のズレ、非接触式三次元測定装置の光学系収差、像の歪曲が原因であると考えられる。(Fig. 7, Fig. 8)

Fig. 7 Curve of Image

Fig. 8 Curve of Image(Three Dimensions)

4. 計測結果

接触式三次元測定装置で測定した点群データ (石膏モデル) と光造形装置で製作した予想寸法データとの比較を行った。(Fig. 9, Fig. 10) 石膏モデルと光造形モデルを比較すると光造形モデルの方が2.6 [mm] ~2.7 [mm] 小さい。また撮影枚数はモデル大では21 ~22面の画像、モデル小では12面の画像数で計測した。

Fig. 9 Gypsum Model

Fig. 10 Copy Model(R&P)

Tab. 1 Measurement Date

	Plaster Model	Copy Mode
X	84.1 [mm]	86.7 [mm]
Y	70.3 [mm]	73.0 [mm]

5. まとめ

CAD/CAM システムの再現精度を評価するために、非接触式三次元測定装置を用いて手部の計測を行い、光造形装置にて復元モデルの製作を行った。その結果、測定モデルに比べて光造形モデルの方が2.6 [mm] ~2.7 [mm] 小さかった。その原因の一つは光学系の収差であり、0.06 [mm] ~0.4 [mm] の範囲で湾曲が生じた。また、データ処理時の面の張り合わせによる誤差も関係していると考えられる。

非接触式三次元測定装置と比べると接触式三次元測定装置は生体用プローブによって正確に計測できる。しかし、人体の形状を計測する場合、軟部組織の変形が少なく、手の場合0.6秒間に900 ~1,000個の測定点を計測できる非接触式三次元測定装置の方が有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 小川淳夫, 斎藤之男, 音琴浩: ハンドモデルの非接触計測とその光造形モデルによる形状比較による研究, 人と福祉を支える技術フォーラム, (2004)
- 2) 大島徹, 斎藤之男: バイオメカニズム8, 財団法人東京大学出版会(1986)89-97
- 3) 斎藤之男, 舟久保照康, 山内裕雄, 一青勝雄: バイオメカニズム5, 財団法人東京大学出版会(1980)130-142
- 4) 斎藤之男, 杉山雅信, 大島徹: 昭和63年度精密工学会大会学術講演会論文集, (1988)679-680
- 5) 斎藤之男, 大島徹, 東原孝典, 矢谷令子: バイオメカニズム5, 財団法人東京大学出版会(1980)265-273
- 6) 大西謙吾, 斎藤之男, 田島孝光: 解剖学的機能による手のメカニズム, 人と福祉を支える技術フォーラム, (2004)39-40
- 7) 粕谷浩史, 斎藤之男: X線画像によるRP&Mなどの研究, 1997年度精密工学会春季大会学術講演論文集, (1997)443-444