

関数としてユークリッドノルムを用いた。

$$\|x\| = \sqrt{x \cdot x} = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

このときの GFFD における基底関数 $G_j (j=1,2,\dots,n)$ は

$$G_j(p) = \|p - V_j\| = \sqrt{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2 + (z-z_j)^2}$$

となる。なお、GFFD の詳細については、参考文献[5]で述べている。

GFFD は任意個の変形を定義する点を任意の位置に配置することができ、基底関数として任意の関数を選択できる。また、任意の位置の頂点を移動させるために操作点を設け、操作点から格子点の位置を自動的に算出し、操作点の移動から変形を定義する点の移動を計算し空間を変形することで、物体の変形を行う。操作点を任意の位置に配置することができるので、操作点をモデル上で直接変形させることが可能である。これらより、GFFD は従来の FFD と比べて自由な変形の制御が可能であるといえる。図3に、GFFD による形状変形の例を示す。

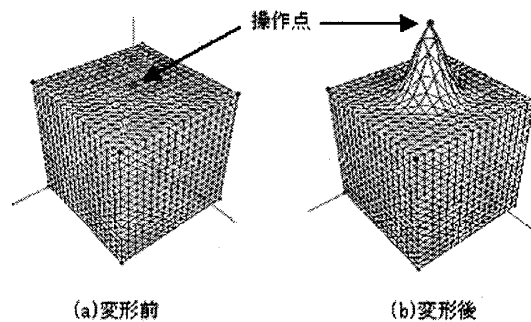


図3. GFFD による変形例

4. 実験・考察

4.1 変形精度

GFFD による足型モデルの生成によって、任意の特徴を持った足形状を作成することが可能であるかを調べるための実験を行った。

実際の人間の足から石膏模型を作り、それらを使って実験を行った。石膏模型を実際の足と見立てて、撮影した写真を使い生成した足型モデルと 3D スキャナで計測した結果を比較することにより評価を行った(図4)。

特徴点を配置している各部位での形状は誤差 1mm 程度の精度を実現できることが示された。また、平均誤差の分布の様子が個々の結果に近いことより、誤差の生じ方は入力画像に依存していないと言える。

4.2 3次元足型モデルの生成例

本研究で提案した一連の手法に基づき、足画像を用いて個人の足型モデルを作成した(図5)。

生成した足型モデルと入力画像を比較すると、いずれのサンプルも、外形については人間の目で見ると、大きく違った形になっているものではなく、入力画像に対応した足型モデルが生成できていると言える。

5. まとめ

本報告では、あらかじめ準備した標準モデルを GFFD で変形することによって、写真画像から個人の足型モデルを簡便に生成する手法を提案した。そして、評価実験を

行った結果、カメラ画像から、誤差を最小限に抑えた計測を行うことが可能であるという結果を得た。

今後の課題として、画像からの特徴点抽出の自動化を考えている。

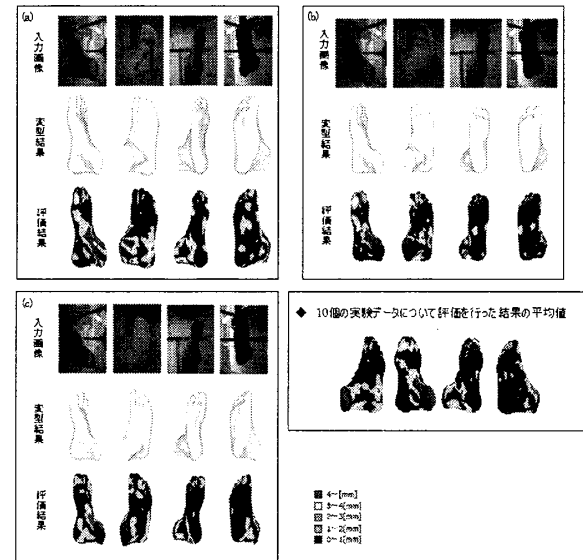


図4. 変形精度

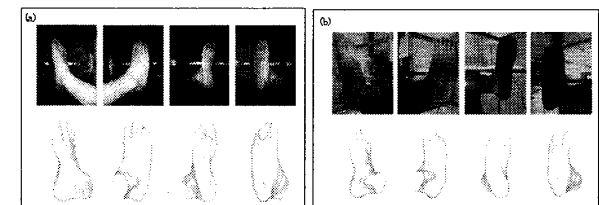


図5 入力画像(上)と変形結果(下)

謝辞

本研究の遂行にあたり、貴重なデータを提供いただいた産総研デジタルヒューマン研究センターの持丸正明副センター長に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] M. Kouchi, M. Mochimaru: Development of a low cost foot-scanner for a custom shoe making system, 5th ISB Footwear Biomechanics, pp.58-59, 2001
- [2] 矢原弘樹, 日隈直紀, 福井幸男, 西原清一, 持丸正明, 河内まき子: "FFD を用いた 3 次元足部モデルの解剖学的特徴点抽出", 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J87-D2 No. 4, pp.967-977, 2004.
- [3] 矢原弘樹, 水野一徳, 福井幸男, 西原清一, 持丸正明, 河内まき子, "FFD 法を用いた 3 次元足部モデルの解剖学的特徴点の位置推定における誤差要因の分析", 芸術科学会論文誌 Vol. 4 No. 4 pp168-175, 2005.
- [4] 樋口靖和: "GFFD に基づく顔形状モデリングに関する研究" 東京農工大学大学院工学教育部情報コミュニケーション工学専攻修士論文 2002.
- [5] 吉田典正, 加納頭也, 北嶋克寛: "ガウス関数に基づく Free-Form Deformation", 精密工学会誌, 65 巻, pp.971-975, 1999.