

⑥ スポーツ医学専門医、トレーナー、コーチ、理学療法士、作業療法士が常駐。医学的観点からの解析が可能



図 2.三次元動作解析

C. 研究結果

・形態計測：

(数字は 距離 mm(省略有り)- 囲寸 cm)
 身長 167.4、体重 57.9、胸囲 88.5、左上腕 31.7、左上腕肘屈曲 32.1、右上腕 32.5
 右上腕肘屈曲 32.5、右前腕 27.4、左前腕 26.9



図 3.形態計測

腓足（右）

・膝蓋骨上縁から
 0-48.1,50-41.5,150-53

・膝蓋骨中心-大転子 340,
 ・大転子から
 100-60.9,150-54.8,200-50.7,250,44.8
 ・下腿三頭筋最大囲 39.5

切断側（左）

・大転子から
 100-45.6,150-40.6,200-36.3



図 3.断端計測

半分程度の幅跳びの踏み切りでおよそ 450kgf の床反力、踏み切り時にはつま先が 90mm 撓んだ。



図 4.走幅跳び踏切り



図 5.測定結果

Units	Newtons			mm			Newtons/cm
	Fx	Fy	Fz	x	y	z	MC
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	-21.48	15.63	14.65	739.40	1169.80	0.00	1.273438
4	2.93	0.00	11.72	-457.00	995.00	0.00	-6884.77
5	-43.95	1340.82	4263.20	142.32	1357.76	0.00	-9133.53
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

図 6. 測定結果

走路が短い為、全力での測定は不可能であり、半分程度の幅跳びの踏み切りであった。

天井も床反力計の為、床が底上げされており天井が低い(当該部分は天井を上げる対策があるが低い)。

また、スターティングブロックがない等、実際の競技の再現性は得られなかった。

足部カバーについて

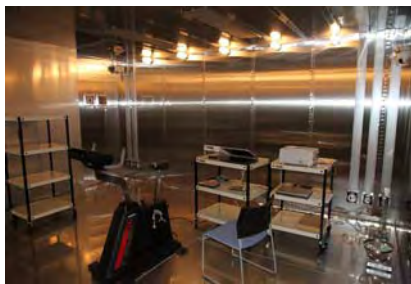
重いため不要、音の質は変わった、限りなく余分なものは付けたくない(追い風で使用)という評価であった。

Motion Analysis Corporation 社の EVa Real-Time Software (EVaRT) という動作解析ソフトでマーカーデータは Vicon デモバージョンビューワーで見える(計測など)ができる。

D. 結論

走行、走幅跳びと実種目の三次元動作解析を行った。今後さらなるユーザの調査を行い、諸動作への追従、負荷条件等、開発機器へのフィードバックに繋げる。

動作解析写真資料





障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

分担研究報告書

耐水下腿義足（サンダル様の下腿義足）に関する研究開発

研究分担者 鈴木光久、芥川雅也、大塚 滋

研究要旨：本研究では耐水性のある義足を開発する。ナイロン樹脂のレーザー焼結成型にてラピッドプロトタイピングでのソケットを試行するためのデジタルデータ作成には、モデラーには FREEFORM、データ処理に RapidForm を試用する。

A. 研究開発目的

切断者の運動環境において、運動後のシャワーや入浴、水泳時のプールサイドでの移動（水の中では義足を外す場合が多い）など水が足にかかる場面が多い。通常の義足は耐水性がないため、常に義足が水に浸からないように留意が必要である。シリコンライナー吸着式などに代表される骨格構造義足は特に、外装に発泡ウレタンを使用しているため、水にぬれるとスポンジのように吸水してしまうため水にぬらすことができない。耐水、簡易機能、着脱容易を意図した簡易型の耐水義足を検討する。入浴やシャワー短期の立位、短距離移動での用途が期待できる。

B. 研究開発方法

近年、3次元プリンタや創成期のラピッドプロトタイピング機の価格が下降傾向にあり中小企業にも導入されている。熔融樹脂製のラピッドプロトタイピング機のように、今後レーザー焼結法造形装置の価格や粉体樹脂原材料価格が下がり、性能が進化すると本格的な生産システムとして成立することが予測できる。これらのダイレクト・デジタル・マニュファクチャリングが普及することで、一品一様の工芸品や義足のソケットなどが工業製品で起きたデジタル製造技術の応

用の恩恵を受け、現在より効率的に安価で、廃棄物を減少させるよう環境に適合して生産される。

3次元デジタイザは、近年光学カメラ方式を中心に、多くの企業や研究者らにより様々な計測方式で開発を進められ市販品も種類が増えてきた。市販品の計測精度は部品検査や測定に使用できるまで高精度な形状データを取得することが可能である。高度な精度が得られる3次元デジタイザは、リバースエンジニアリングや従来デジタルデータ化が困難であった民芸品や文化財などの保存目的などにも利用されている。工業用途でも金型やプレス品の寸法検査などにも活用されるようになってきた。数100 μ m程度の精度で測定可能な中程度精度の市販品であれば義足ソケットの形状測定には十分に実用的な精度が得られると予測される。

3次元造形機は、紫外線硬化樹脂を用いた光造形ラピッドプロトタイピング機や熔融樹脂を吐出し造形する方式の成形機など様々な材質、方式で実用化されている。そのうち、レーザー焼結法は、熱可塑性粉末材料をレーザーの熱で、一層ずつ焼結（融着）しながら造形する手法である。材料の選択範囲が樹脂（ナイロン・ガラス入りナイロン・アルミ入りナイロン・ポリスチレン）、金属（ブ

ロンズ系・鉄系)、 casting 用砂と、幅広い素材の中から選択可能である。レーザー焼結法でナイロンを焼結材質に選択することにより積層型のラピッドプロトタイピング機のうちで最も強度の高い樹脂成形が可能である。EOS 社レーザー焼結型ラピッドプロトタイピングシステムのようなレーザー焼結法造形装置により、ナイロン樹脂をレーザー焼結生産された部品が、最終製品である商品の歯科インプラントや補聴器などに実用化されている。



図 1. EOS 社レーザー焼結型ラピッドプロトタイピングシステム

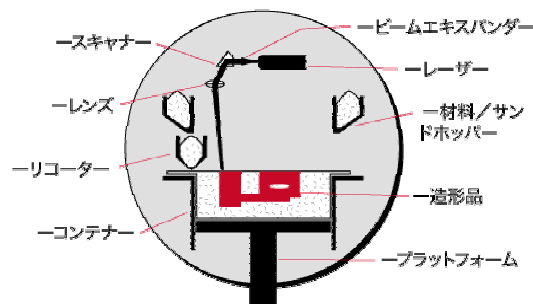


図 2 EOS 社レーザー焼結型ラピッドプロトタイピングシステム模式図

本研究では、市販の 3 次元デジタイザを義足の採型への適応可能性を探る。また、デジ

タイジングした (採型) データを 3D 形状編集ソフトウェアによる、義足製作プロセスのモデル修正作業への適応可能性を探る。モデル修正後データから EOS 社レーザー焼結型ラピッドプロトタイピングシステムを利用したレーザー焼結法造形装置によりナイロン樹脂を造形し、義足のソケット及び構造部材を一体成型することで、耐水性のある義足の成形が可能である。本研究では上記工程で試作可能な、サンダル感覚の耐水義足製作を検討する。

1.1. 概念モデルの作成

第 1 次試作として、殻構造義足の構造をモチーフにして、足形状を市販のデジタイザにてスキャンして、3D-CAD にて手動で概略下腿義足寸法となるようにトレースし、レーザー焼結法造形装置にて試作した。

足首上部の蜂の巣様の穴は、レーザー焼結後に内部のパウダー状の樹脂粉末を抜き取る為にモデリング時に作成した。

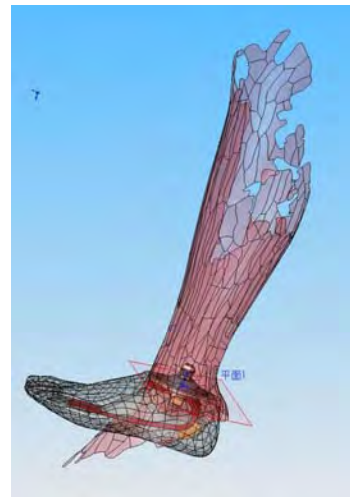


図 3. スキャンデータ

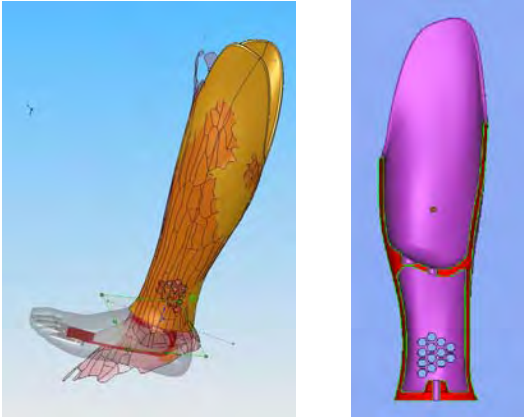


図 4. トレースモデル作成 図 5. モデル断面



図 6. 概念モデル

1. 2. 試作品のコストと課題

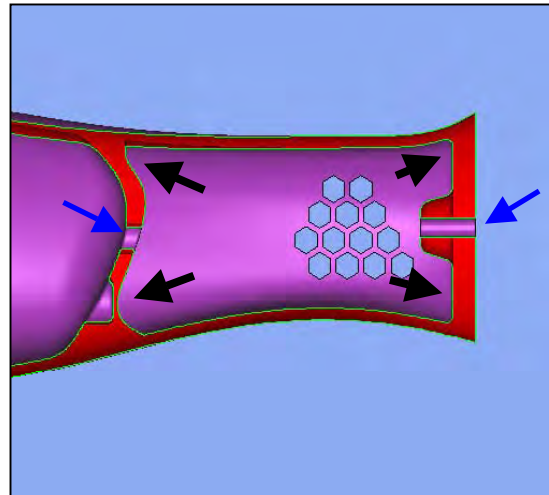
生産性を高めるためにはレーザー焼結法造形装置の製法の特長から 1 工程で高さ方向に低くなる部品の配置をして、多数個を同時に成型することが成型密度を高めることにつながり、原料歩留まりの向上にもつながることから最も考慮すべき要素である。

成型可能な範囲に可能な限り密度を高く成型するように、隙間に子部品を同時成型することや、部品分割して後工程で接着や熱溶着する工程も量産生産に於いて十分な考慮が必要である。

第 1 次試作の形状での課題は、袋形状になっている部分の未硬化残留樹脂粉が除去しきれないという課題がある。青矢印部分から

粉を除去するため、黒矢印部分に粉が残ってしまい、完全には取り除くことができない。高さ方向に 125mm、長手方向に 420mm の寸法から、成型範囲で効率よく組み合わせることができないなどの課題がある。

図 7. 未硬化残留樹脂粉の残る部位（黒矢印）



2. 義足ソケット製作のための 3 次元データモデル修正手法

3 次元デジタルデザイナーによる採型データを義足ソケット製作に活用するには、切断端の骨隆起、筋、腱、傷、軟部組織などの状況に応じて形状を編集する必要がある。通常のソケット製作工程のモデル修正に相当する、データ処理をする為に、3 次元デジタルモデリングにより得たデータの処理手法を確立する。

2. 1. 市販ソフト:FREEFORM(フリーフォーム)

FREEFORM (フリーフォーム) はサーフェス、ソリッドではなく粒子 (ボクセル) による表現技術を利用し、デザイナーが感覚的に表現したい形状や、細部にわたる高度な表現要求に対応することができる 3 次元モデラーとして、宝飾や玩具、陶器、アミューズメント、キャラクターなどのデザイン性の高い

分野をはじめ、自動車や家電メーカーのデザイン部門などに導入されている。

FREEFORM は、3次元デバイス PHANTOM（ファントム）を3次元マウスの様に扱い実際にモデルに触っている感触を得ながらモデルを生成することの出来る3次元デジタルクレイモデラーである。これまでのマウスやキーボードの作業だけでは不十分だった自由な操作により、スケッチ画や写真などの2Dイメージからスムーズに3次元モデルを作り出すことができる。

ペン型インターフェースを使用してパソコンの画面の3次元モデルに触れると、手元に触感が伝わってくる「PHANTOM」は従来の視覚的な要素に加え、触覚を使うことでコンピュータ上のデザインモデルを3次元的に認識することが可能である。従来のCADに存在していた、機能的制限、技術的制限を取り除き、モデリングが困難とされていた形状をFREEFORMで表現することが可能であり、本研究の課題である義足ソケットの陽性モデルのモデル修正用途にも活用することが可能である。

また、内部にサーフェス、ソリッドのCADエンジンを搭載しており、ボクセルだけでは苦手とされる数値制御なども可能となり、機械設計などにも適用できる。

新バージョンで強化された自動面作成機能により、既存の3次元設計CADへのモデルのフィードバックやコンセプトモデルから設計、試作、量産金型までをコンカレントのデジタルワークフローを実現できる。

本研究で今仙技術研究所に導入したFREEFORMModelingPlusは、サーフェスデータ作成、モールド機能を装備する。触感型デバイスをインターフェースにした、カーネルにVoxel（ボクセル）とParasolidを搭載

した3次元デジタルクレイモデラーである。したがって、ボクセルモデリングでモデリングしたデータに対し、素早くサーフェスを生成が可能で、3次元CAD/CAMとの連携がスムーズに行なうことが可能である。



図8. FREEFORM 操作 3次元デバイス PHANTOM（ファントム）



図9. FREEFORM 操作画面

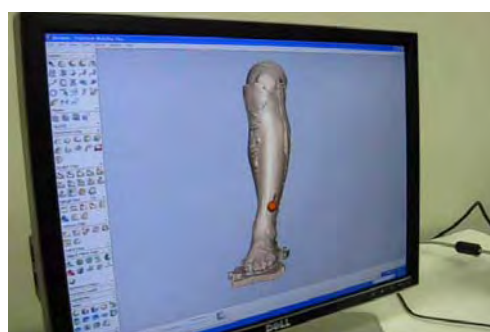


図10. FREEFORM 操作画面

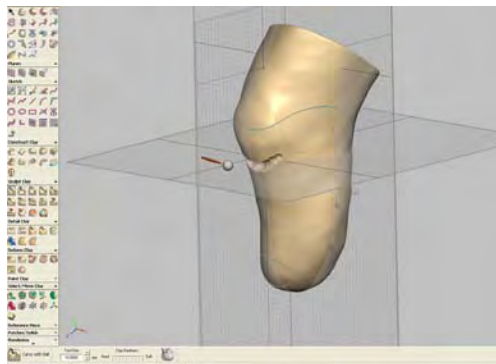


図 11. FREEFORM 操作画面

2. 2. FREEFORM によるモデル修正

三次元デジタイザにて採型したの断端のデータを、FREEFORM によりデータ編集（モデル修正）を試みた。PHANTOM の操作に慣れが必要である。3次元ポインタや力覚フィードバックにより2次元画面であるが、実用的な操作が可能である。削りや盛りの向きが調節しやすいことが2次元マウスとは大きく異なる。やり直しが可能で汚れないことは大きな長所である。

切断者の断端計測データを合成し、実際のソケットを想定してモデル修正を FREEFORM で行った。

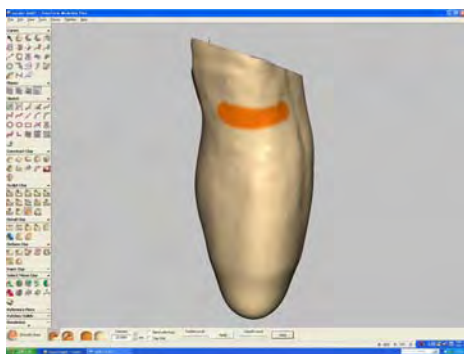


図 12. PTB バーの削修正

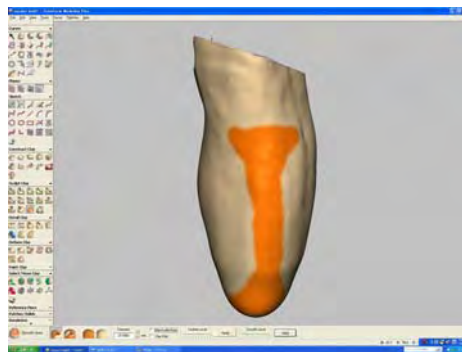


図 13. 脛骨稜、骨端の盛修正

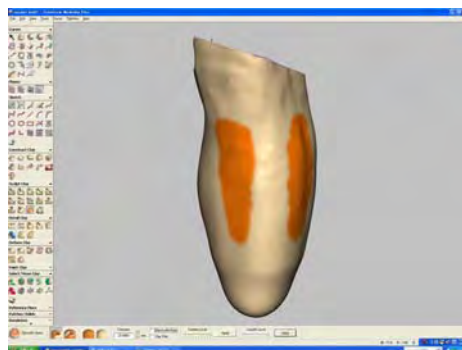


図 14. 脛骨粗面と前脛骨筋の軽度削修正

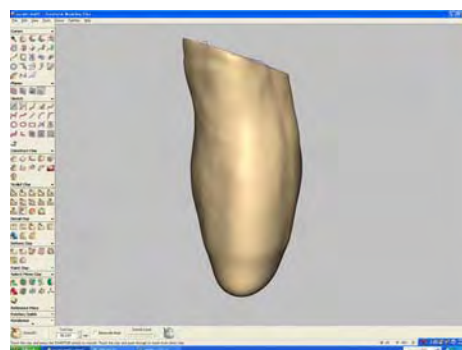


図 15. モデル修正前

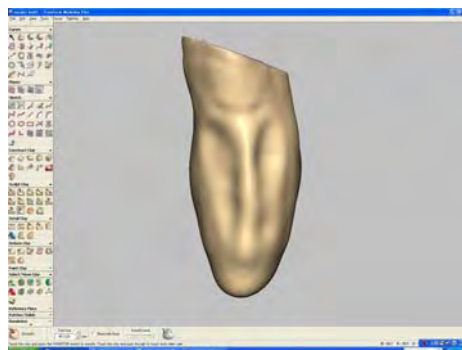


図 16. モデル修正後