

3次元CADによる下肢装具製作と 能力開発セミナーへの試み

高度ポリテクセンター
(高度職業能力開発促進センター)
素材・生産システム系機械設計グループ

嶺也守寛・藤森 聡・佐藤真一
山本丈晴・大谷直史・深町朋弘

1. はじめに

プラスチック型下肢装具は、下肢および身体に機能障害を持つことによって病的歩行となる方に、足部の内旋、外旋等の矯正、歩行補助を行う装具として使用されている。今回行った下肢装具製作は従来の製作手法とは違い、接触型測定機を利用し物理モデル（石膏モデル）からデジタルデータ化を行い光造形機にて試作を行った。また、CADデータをもとに応力集中解析を行い、歩行時における下肢装具の応力部位について検証を行った。これにより3次元CADを使うことでより柔軟な対応ができる下肢装具製作手法ができるものと考えられる。

2. 従来の下肢装具製作法

従来のプラスチック製下肢装具の製作方法としては、図1に示すようにオーブンで熱した樹脂板を石



図1 従来の下肢装具製作例

膏陽性モデルに被せ、吸引しながら成型し、トリミングラインに従ってカットしていく方法が一般的にとられている。

また、プラスチック型下肢装具の使用対象者例を図2、図3に示す。



図2 下肢装具使用者例（後）



図3 下肢装具使用者例（横）

使用装具：プラスチック製短下肢装具
症例：19歳／女性／両下肢機能障害
原因：先天性二分脊椎症／身障者認定2級

3. 物理モデルからのデータ取得法

今回行った物理モデルからのデジタルデータ化として接触式3次元測定器（MicroScribe-3D）を使用した。

この測定機は多関節型アームの卓上タイプで、パソコンのシリアルポートに接続し、3次元CADに測定データを直接取り込めるものであり、主に意匠設計、CAD/CAM、3DCGなどに使用されているものである。

以下に測定手順と図を示す。

- ① 石膏陽性モデルに測定ライン用テープを貼り付け、原点、X軸、Y軸をマーキングする。（図4参照）
- ② 接触型測定器で原点、X軸、Y軸を入力した後、測定ラインに沿って測定していく。測定ラインに沿って自動で断面を作成する機能を使用した。（図5参照）



図4 測定ライン付け



図5 接触型測定器によるデータ取得



図6 測定データをサーフェス化

- ③ 取得した線データの接続、制御点の変更等ワイヤーフレームを修正した後、スイープ機能によってサーフェス化を行う。（図6参照）

4. 光造形による試作

作成した3次元CADデータをSTLデータ（ポリゴンデータ）に変換させ、SoliformCAMにて光造形用のスライスデータを作成し、光造形型機にかけ下肢装具の試作を行った。造形機の仕様が250mm四方のため、1/2モデルの下肢装具の製作を行った。樹脂の選択についてはポリプロピレン材同等の機械物性を持つ高靱性樹脂を使用した。

図7のように2方向で造形した結果、横に寝かせた形状に対してサポートがうまく成形されていることがわかり、安定した造形であることがわかった。

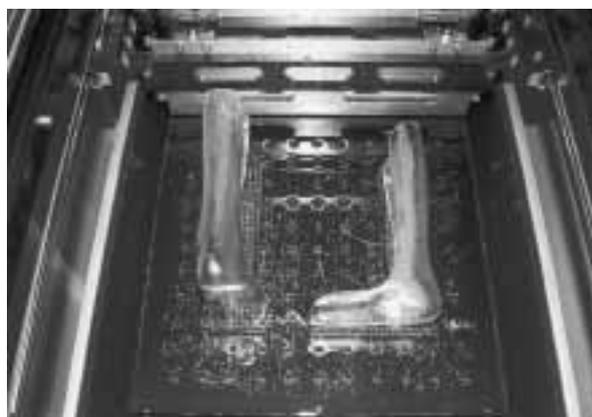


図7 造形完了後

造形時間は、2本同時造形で約12時間である。図8は造形機から取り出した直後の下肢装具である。また、図9はサポートを取り除き、樹脂の洗浄、紫外線オープンでの再硬化処理を行い仕上げたものである。なお、今回試作装具には、足部に固定するためのベルト取り付け穴、通気穴、補強形状等はない。



図8 造型物とサポート



図9 仕上げ処理, ポストキュア後

工夫がなされている。今回の応力解析では、歩行周期の踵離地の状態で装具に対して応力がかかると考えられるため、この条件を考慮した線形静解析を行い装具に対しての応力部位を検証してみた。結果図11に示すような応力部位が認められ、図12に示すように破断実験においても同様な位置に亀裂が生じたのち破断に至ることがわかった。



図10 実際の応力部位



図11 解析結果

5. 応力集中部位の検証

プラスチック型下肢装具は、図10に見られるように金属型下肢装具とは違い、その材質の特徴を生かした装具であるため上体姿勢に影響しない程度の変形が必要となってくる。しかし、歩行を繰り返すうちに装具の同様の部位に応力が集中し白化または亀裂が入ることがある。従来の装具製作手法においては義肢装具士の経験により、装具の脛脛部分に紐などをに入れて成型加工を行い、応力集中を軽減させる



図12 破断結果

6. 能力開発セミナーへの試み

これまでの下肢装具製作手法の研究成果を能力開発セミナーに生かすため、11月20日～23日の3日間“リバースエンジニアリング”のセミナーにて、最終日の接触型測定機を利用したデータ取得の課題として下肢装具用石膏型モデルからデジタルデータ化を行う作業を各受講者に実施した。



図13 セミナー風景（全体）



図14 セミナー風景（データ取得）

結果、今回の石膏モデルの課題は形状が複雑でないため基礎課題として有効であることがわかり、受講生の満足を得たものと思われる。

7. おわりに

今回の下肢装具製作手法についての意見を聞いたところ、光造形樹脂の靱性、機材の価格とコストの

比較、造形時間の短縮と全製作時間の比較など問題点があげられたが、3次元CADを利用することにより、図15、図16に示す例をはじめとして、障害にあわせた各種下肢装具の製作や他のプラスチック装具の製作にもフレキシブルに対応できるのではないかと考えられる。

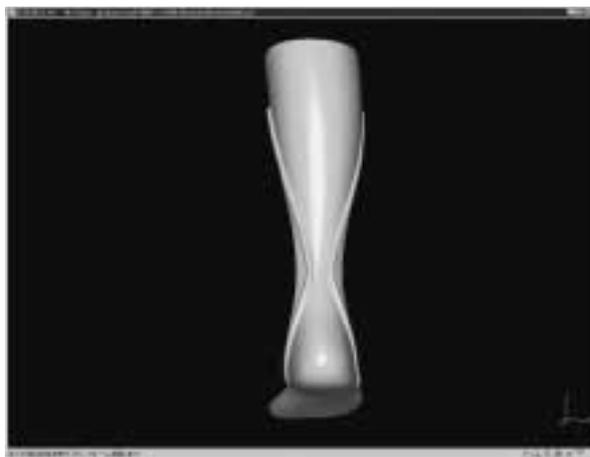


図15 強度向上を考慮した形状変更例

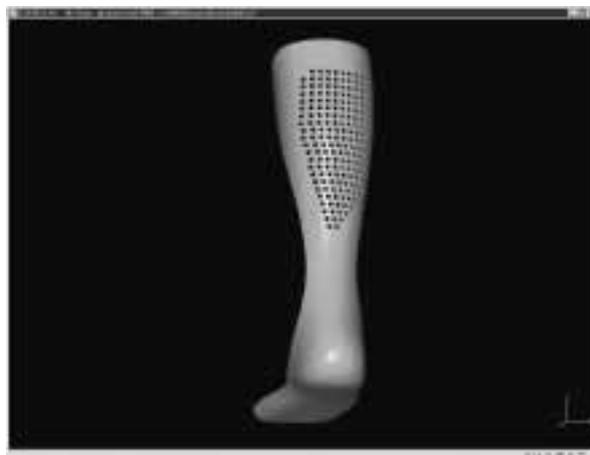


図16 通気性向上を考慮したメッシュ形状例

謝辞

本研究に関し、実際の患者の石膏陽性モデルを提供していただいた川村義肢株式会社の福永様、また下肢装具症例の資料を提供していただいた宮城障害者職業能力開発校の小松原様、また接触型測定器ならびにNURBSモデラーの技術指導、セミナー担当講師をしていただいた新日鉄ソリューションズの井出様には多大なるご協力をいただいたことに感謝いたします。