

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22615025

研究課題名(和文)医療デザインにおけるデザイン方法論の確立とその応用

研究課題名(英文)Establishment and application of design methodology in a medical design

研究代表者

川崎 和男(kawasaki, kazu)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：70285229

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、医工連携に対してデザインでの実務性をより具体的にすることを目的に、3D-Printerの方式である光造形STL法と熱溶解積層法FDM法式の造形機を用いて、医工デザイン技術=3D-Printingをめざし開発研究を行った。医工デザインによる人工臓器の基礎形態、その造形化を国内初として取り組んだ。

研究成果の概要(英文)：This study is research and development which use 3D-Printer and aim at medical-engineering cooperation design technology =3D-Printing, in order to embody the design by medical-engineering collaboration.

I worked as the nation's first basic form of artificial organs through medical and engineering design, the modeling embodied.

研究分野：時限

科研費の分科・細目：デザイン学

キーワード：デザイン 先端デザイン理工学 集合知 デザイン教育 3D-Printer 3D-Printing stl

1. 研究開始当初の背景

・ 光造形装置の特許開放から 3D-Printer が発明されて、光造形よりもはるかに廉価であることから今後の造形システムとして、様々な領域、航空機、住宅、細胞から機器造形の革新を図るモノとして台頭してきた。

・ しかし、3D-Printer による造形領域がまだ未定分野が多い。

・ 我々には、光造形による人工臓器・人工心臓の開発に多大な実績と光造形の STL データを有しているため、このデータを運用して、新たな医療分野へ 3D-Printing 技術開発を目標にすることができる。

・ よって、人工臓器の基本形態としてトポロジーでのクラインボットの成形を試みた。おそらく、現在の 3D-Printer でクラインボットは制作不可能である。

・ それには、いくつかの条件設定での 3D-Printing が必要だと判明した。

・ このいくつかの条件設定こそ、研究開発の目標と目的になると考えた。

2. 研究の目的

・ これまで光造形システムで運用開発してきたデータ = SLA (ステレオリソグラフィ) を 3D-Printer で造形化が可能かどうかをデータ検証し、クラインボットの造形化を試みる。

・ 3D-Printer でこれまでの SLA データを修正と補完を行いながらクラインボットの造形モデル化を失敗を繰り返しながら試作を行った。このクラインボットは二重構造であることから、試作には技術が要請されていることを確認した。

研究目標

・ 3D-Printer でクラインボットの試作は人工心臓の基本的なモデル制作の概要となることを確認することが出来た。

・ このしさくによって、SLA データの修正と補完が 3D-Printing 技術となることを立証する入り口にする目標にと到達した。

・ この技術は、光造形とは全く異なり、熱溶解積層法 FDM (Fused Deposition Modeling) としてのサポート形成術にはいくつかのデータ修正そのものが 3D-Printing に成ることが大きな技術という目標だった。

3. 研究の方法

積層技術である光造形 STL 法 (Stereo Lithography) と熱溶解積層法 FDM 法 (Fused Deposition Modeling) は、それぞれの STL データの互換性はデータの修正と造形技能を開発するためにいくたびかのフィードバックが必要であるという検討を手法とした。

4. 研究成果

・ STL データを相互に修正と補完によって二重構造のクラインボットを成形試作できた。(図 1)



図 1) 二重構造のクラインボット成形

・ 二重構造のクラインボットは人工心臓モデルを 3D-Printer を用いた 3D-Printing という技術によって、これまでよりも簡易なプロセスで造形を行うことができた。

・ ダブルになっているクラインボットは心臓左右の右心房と右心室として、人工心臓化するためには基本的研究であることを再確認した。

・ 現在の 3D-Printer によるクラインボットの二重化のためには、次のような技術 = 3D-Printing でのデータ補完を立証することが出来た。

・ これまでの光造形での SLA データは、3D-Printing によって、サポート形成のためのデータを補完する必要があった。が、この技術化によって、最適なデータづくりと 3D-Printer 運用手法を構築することが出来た。

・ 装置の構造的に必要な編集として、熱溶解積層造形機のノズル径は 0.4mm であり、ノズルを押し付けながらモデルを造形することになる。このため表現可能な最小の XY は 0.4mm 以上になり、これ以下の形状は再現が現段階では不可能であった。このため、0.4mm 以下の形状をもつモデルはデータ上での修正が必要となる。また、本研究で試して

いるクラインボトル形状の肉厚もこの構造的必要性に応じてデータを作成した。

・データ作成におけるサポート制作については、光造形などの工法と同様に 3D-Printer 造形でも、モデルに直にサポートをつければ形状が安定するが、熱溶解積層造形は造形時にモデルに熱がかかるため変形が激しく、再現性を高めるためには矯正力の強いサポートを付ける必要があった。一方で矯正力の強いサポートは後処理が難しくなるので、後処理を踏まえたサポート制作手法を得ることができた。

・サポートの塗潰密度の検討が必要でデータ編集時の注意事項として、モデルの塗潰し部分の検討が必要である。3d-printer は断面ごとの設定ができないので塗潰密度が低いと天井部分が上手く食いつかない場合がある。専用のソフト上で自動的に設定できるが、トラブルが多く、1-2mm 間隔で 3d ソフトで自作することで造形を問題なく進めることができた。

・また造形の肉厚によってモデルのアウトライン（外枠）と塗潰部分とのオフセットが取り切れないことがある。このような場合はモデルの肉厚を 1mm 程度増してモデルデータの制作をする必要がある。このような問題はデータ編集ソフトにモデルのスライスデータで密度やモデルの描き方を設定できる機能がつけば、改善できると考えられるが、そもそもこのような積層造形の知識と理解が乏しいと適用が難しい部分であった。

・クラインボトルの内部の空洞部の造形にはサポートを付けることができないので、Y 軸造形方向における造形壁面の角度を 60° 以下にし造形物の構造のみで支えるようにデータを作成し成功した。

しかし、造形方向によっては積層面同士は結合が弱いので力を加える方向（面に対して水平な力）によって簡単に破損してしまう弱点があることが分かったので、積層造形間の温度調整が今後の課題として考えられる。

・熱溶解積層造形の 3D-Printer は、ノズルの先から 260°（ABS 樹脂）に熱して溶かした材料を、ステージやモデルに押し付けるよう吐出していくことで造形を行う。そういう特性によって実際の造形の前には、モデルとステージが直接くっついてしまったりすることを防ぐため、まず最初にサポートとは別で土台を制作する必要があった。

・さらに、造形後には二つの手法が求められた。硬化方法は、以前の光造形では有機溶剤を満たした水槽内での超音波洗浄と試作品の完全硬化のため紫外線装置を必要とした

が 3D-Printer はそういう処理がなくなかった。が、モデル仕上げについては、モデルをサポートと土台から切離し、それによって残ったバリなどの処理やその段階での注意事項などこれからの後処理問題が残っていることが分かった。

・硬化と洗浄はこれまでの光造形試作の経験が役立ったが、表面などの仕上げやその精度保持については、新たな材料が必要とされている。これはこれから、研究室から 3D-Printer システム自体のデザイン目標とすることが出来る。

・研究結果からの将来性と展望として 3D-Printer は、試作造形機として今後の進化性に期待をしなければならないが、本研究室のデザインテーマとして、機種開発そのものに行うことが出来る。

・3D-Printer に対して、その機種運営や使い勝手は技術として 3D-Printing として、概要として三つの展望性を掲げることができる。

・熱溶解積層方法のために新素材による精度向上が必要であること。新素材開発が必要である。

・熱溶解温度の要請形態にもとづく選択調整機能の付加を 3D-Printing として開発命題にしていく。

・硬化方法・洗浄・仕上げは造形精度を向上させる新たな研究開発が必要である。

・本研究の成果は INTERMOLD2014（2014 年 4 月 15 日～18 日）/ 試作・デザイン・解析 & 3D プリンティングフェアにて「3D-PRINTER 戦略と 3D-PRINTING 戦術」というテーマで展示会と特別講演会を行った。（図 2）



図 2)「3D-PRINTER 戦略と 3D-PRINTING 戦術」

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

川崎和男 自動車技術会誌 「形と性能」
デザインによる造形言語での「形」とエンジン
ニアリングによる形態言語での「性能」
Vol. 67, No. 5, 2013 pp.11-16

川崎和男 日本機械学会誌「デザインと機
械工学、学際性構築による発想力の教育提
案」Vol.116, No.1135, 2013 pp.52 - 55

川崎和男 「治療」南山堂出版、月刊誌「未
来治療を支援する医工連携へのデザイン支
援」Vol.96 2014 pp.1 - 7

〔その他〕

ホームページ

www.kazuokawasaki.jp/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川崎和男 (KAWASAKI, Kazuo)

大阪大学名誉教授

研究者番号：70285229