The Japan Society of Mechanical Engineers

103

ラピッドプロトタイピングにおける多色化

Coloring in Rapid Prototyping

○ 山澤　建二（理研）　安斎　正博（理研）

Kenji YAMAZAWA, RIKEN, Masahiro ANZAI, RIKEN

Key Words: *Rapid Prototyping, Layered Manufacturing, Inkjet*

1. はじめに

ラピッドプロトタイピング（Rapid Prototyping）[1-2]は，3 次元 CAD などで構築した立体データから作成された断層データを用い，特定の材料を付加していくことにより，目的の立体形状を得る加工法である．使用する材料は基本的に加工原理に依存し，液状の感光性樹脂，金属や樹脂の粉末，紙，溶融樹脂など様々である．この方法の共通の特長は，複雑な形状の物体が迅速に得られることにあり，近年製品開発における試作品製作などでよく利用されている．しかし，色彩に関しては材料的に制約があるなど比較的自由度は低く，得られる造形物は単色である場合が多い．このうち，レーザー光と光硬化性樹脂を用いた光造形法は，従来から着色が困難な部類にはいり，一方インクジェットを用いた粉末積層造形法は，比較的多色化が容易な造形法である．

本報ではこれらの造形法について，多色化とその応用に関する検討をおこなった事例について述べる．

2. 光造形法における着色

2.1 インクの滴下による着色

光造形法[3]は，材料として透明な液状の光硬化性樹脂を用いており，露光による固化の際，素材そのものを明確に発色させることは困難である．そこで**図 1** に示すように，まず造形物の空隙に，着色した光硬化性樹脂液を充填させ，さらに着色部を露光し固化させることにより，造形物の内部を着色する方法を試みた．

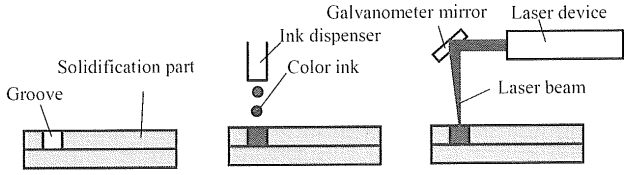

Fig. 1　Principle of coloring stereolithography by ink drop.

実験装置は，汎用装置（シーメット株式会社 SOUP250GH）を使用し，着色樹脂液を滴下するため，装置の背部よりディスペンサなどの着色機構を取り入れた構造となっている（**図 2**）．実際の着色は，(1) モデルの側面から任意の厚さで外周に壁を造形し，溝（空隙）部分を形成する，(2) 形成した空隙に着色した樹脂液をディスペンサにより上方より滴下する，(3) 着色領域にレーザー光を照射して固化する，という工程でおこなう．着色数はディスペンサの本数によって決まり，針外径 0.46[mm]（内径 0.25[mm]）のものを 4 本使用した．光硬化性樹脂は，旭電化工業株式会社製アデカ HS-661S を使用し，染料として株式会社記録素材総合研究所製の紫外光発色粉末（ブルー，レッド，イエロー，ブラック）を混入し着色液とした．また，染料の混入により，樹脂液の粘度が通常より大きくなったため，液面上でのトラップド・ボリューム (trapped volume) [4]を考慮し，積層厚さは 0.2[mm]とし，造形物の外周壁の厚さは 2[mm]とした．

このような条件のもと，分子モデルの形状を造形した結果，**図 3** に示すように着色液のにじみの影響が多少みられるが，外部の構造体から着色した部位を透過してみることができる多色の造形物が得られた．

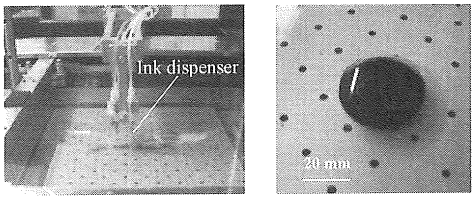

Fig. 2　Droplet dispenser（left）and colored resin（right）.

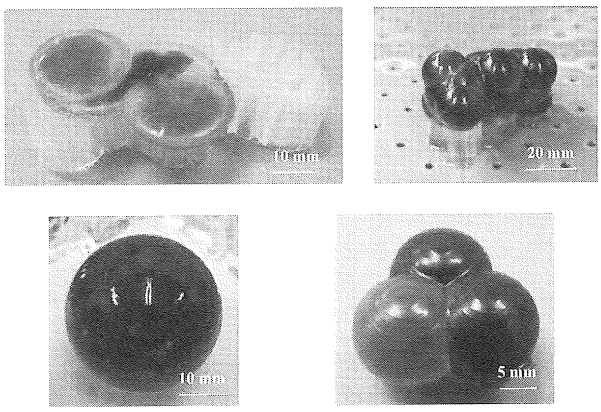

Fig. 3　Coloring molecular model with transparency.

2.2 インクジェットによる着色

次に，着色装置としてインクジェットを用いることにより，着色領域の微細化とフルカラー化および造形時間の短縮化が可能になると考えられる．そこで，外周壁を形成せず，**図 4** に示すように樹脂液面上にインクジェットによりカラーインクを直接塗布し，露光固化することにより樹脂を着色する方法を試みた．

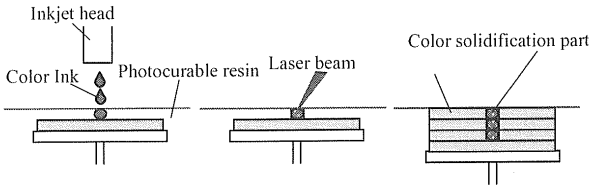

Fig. 4　Principle of coloring stereolithography by inkjet.

実験は，カラープリンタ用のインクジェットヘッドおよび着色インク（Canon BC-11e）を使用し，その駆動制御のためにカラープリンタ（Canon BJC-35v）を使用した（**図 5**）．また紫外線レーザー光を光ファイバにより導光し，液面から斜め 60°の位置より照射されるように配置した．露光のタイミングは，インクジェットヘッドよりインクが吐出され，液面

日本機械学会[No.060-5]関東支部第2回埼玉ブロック大会（講演会）講演論文集（'06.11.10,さいたま市）

NII-Electronic Library Service

に着弾したと同時にレーザースポット（直径 50[μm]）が露光されるように設定した．光硬化性樹脂は 2.1 項と同様のものを使用し，造形物の積層厚さは 0.1[mm]とした．

図 6 に示すような，四角錐を造形したところ，内部に微細に着色された球体が再現された．これは，インクジェットヘッドから吐出したカラーインクが，樹脂液面上に着弾すると同時に露光され，拡散することなく光硬化性樹脂に包含され固化されたためと考えられる．

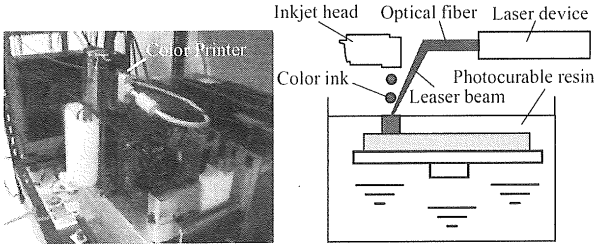

Fig. 5 Experimental equipment using color printer.

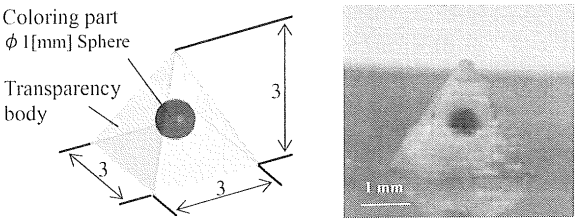

Fig. 6 Stereolithography parts coloring inside.

3. 粉末積層造形法を用いた多色造形の応用

3.1 多色粉末積層造形装置

インクジェットを用いた粉末積層造形法は，粉末粒子に結合剤(バインダ)を塗布し固着させ造形する方法である．実験装置[5]は，単色用装置(Z CORPORATION 社製 Z402)を多色化したもので，バブルジェット型インクジェットヘッド（Canon BC-21e）を使用し，シアン，イエロー，マゼンタ及びクリア(透明)の計 4 色のバインダを同時に塗布する．**図 7** のように，ヘッドには 4 色のノズルが割り当てられており，着色領域を走査する際，色成分別の断面データ(ビットマップ)にしたがって各ノズルから対応する色のバインダが吐出される．この際，ひとつのノズルより塗布された点（1 ドット）はビットマップファイルの 1 ピクセル（画素）に対応しており，1 ドット内に各色成分を塗布し混色することにより，計 8 種類の色を表現する．

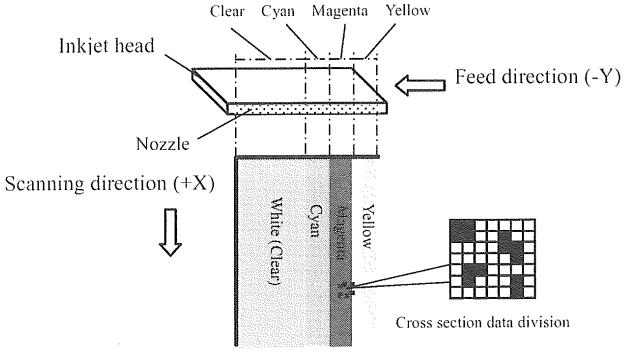

Fig. 7 Nozzle arrangement and moving direction of ink jet head.

3.2 多色分子モデルの製作

粉末積層造形法における多色化の応用として，実体化が困難であった，タンパク質の多色モデルの造形を試みた．

まず，PDB（Protein Data Bank）に記述されている，化学記号と原子の位置座標で定義されたタンパク質の構造データを原子の種類毎に形状を保ったまま STL 形式に変換し，各色成分の断面データを作成した(**図 8**)．作成した断面データを用い，石膏粉末材料（Z Corporation 製 ZP100）と，水系バインダ（Z Corporation 製 ZB7）を用い，積層厚さ 0.1[mm]にてタンパク質モデルの造形をおこなった．全層終了後，造形物を硬化のため約 1 時間粉末槽中で放置させた後取り出し，表面や内部に残っている粉末をエアーにより除去し，さらに形状維持に必要な強度をもたせるため，多孔質体である造形物にパラフィンワックスを含浸した．その結果，**図 9** に示すように，原子の種類で配色され，充分に色識別性のあるタンパク質の実体モデルが得られた．

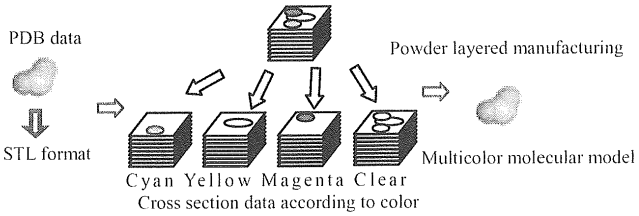

Fig. 8 Process from PDB data to molding.

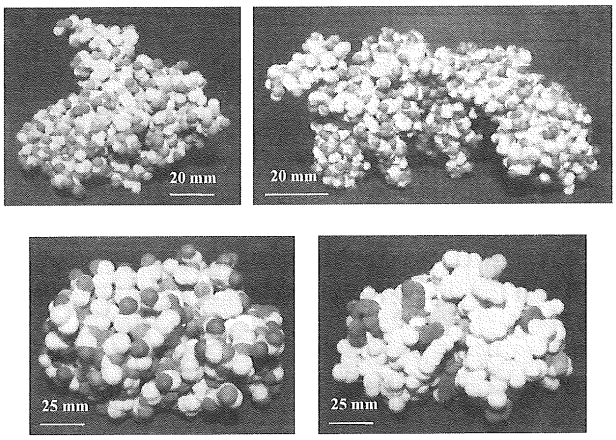

Fig. 9 Molded multicolored molecular model.

4. おわりに

本報では，光造形法における着色の試みと粉末積層造形法における多色化の応用事例を示した．光造形物は素材が透明であることから，内部の着色された特定部位を外部より可視化することができ，医療用モデル等への応用が期待できる．また，インクジェットを用いた粉末積層造形法では，タンパク質などの高分子や生体の多色実体モデルが短時間で得られるようになり，科学研究や教育の場などでの活用が期待できる．

参考文献

[1] Paul F. Jacobs: Rapid Prototyping & Manufacturing. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, 1992.
[2] 中川威雄，丸谷洋二：積層造形システム．工業調査会，1996，pp. 4-5.
[3] 丸谷洋二：光造形法．日刊工業新聞社，1990, pp. 1-5.
[4] Paul F. Jacobs, Thomas H. Pang (訳)：高速 3 次元成型の基礎．日経 BP 出版センター，1993, pp. 160-161.
[5] 山澤建二，安斎正博，加瀬究：カラーRP 機による多色モデルの製作．第 19 回ラピッドプロトタイピングシンポジウム講演論文集，型技術協会，名古屋，2000, pp.63-65.

NII-Electronic Library Service