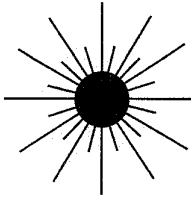


レーザー協会誌

Vol. 29 No. 2



LASER

特集 レーザ三次元造形技術

レーザー協会

The Japan Society of Laser Technology

レーザ協会誌

第29巻 第2号 (2004年)

特集：レーザ三次元造形技術

目次

特集：レーザ三次元造形技術

- | | | |
|--------------------------------|---------|----|
| 1. 最近の光造形装置 | 萩原 恒夫 | 1 |
| 2. 光造形用樹脂の最近の進歩と開発動向 | 萩原 恒夫 | 5 |
| 3. 光造形と粉末造形のアプリケーション | 井形 哲三 | 9 |
| 4. 光造形用 FEM ソフトの開発 | 栗山 慎鋒 他 | 15 |
| 5. 熔融結合に基づいた高強度立体造形 | 徳永 剛 | 24 |
| <解説論文> | | |
| フェムト秒レーザーの先端知識 | 玉木 祐介 | 32 |
| fs レーザーによるガラス内部の構造改質とその応用 | 三浦 清貴 | 45 |
| * 文献紹介 (科学技術文献速報) | | 55 |
| * レーザ協会 第28回セミナー, 第153回研究会のご案内 | | 64 |
| * 掲示板・投稿のご案内・レーザ協会誌執筆要領 | | 65 |
| * 法人会員リストおよび業務概要・連絡先 | | 66 |
| * 役員名簿・編集後記 | | |

最近の光造形装置

シーメット株式会社
萩原恒夫

1. はじめに

光造形法は 20 数年ほど前(1980 年)に当時名古屋市工試の小玉氏により発明され、その後、米国の 3D システムズ社や日本のシーメットにより実用化された。以後、光造形法に端を発した各種 3 次元積層造形法 (ラピッドプロトタイプング=RP) が開発され、今日、開発コスト削減、開発工期低減に大きく寄与し、製品開発に不可欠な手段となっている¹⁾。

最近ではデザイナーやエンジニアのデスクサイドで利用する 3 次元プリンターも広く出回ってきた。しかし、日本の得意とするものづくりは高性能・高機能な製品を短期間で開発して世界をリードすることであり、そのためには精度・スピードの点から光造形システムが最適とされ、国内では最も普及している。本解説では光造形システムの国内草分けとしてリードしてきたシーメット社の最新鋭機ラピッドマイスターの紹介を中心に光造形システムの現状を解説する。

2. 光造形法システムとは

光造形法の仕組みについては多くの解説があるので、ここでは簡単に述べると、図 1 のように、まず、3 次元 CAD 上で入力された 3 次元ソリッドデータを STL フォーマットに変換した後、硬化積層厚みにスライスして断面データを作成し、このデータに基づき液状の光硬化性樹脂に紫外線レーザー光を照射して選択的に硬化させ、一層ずつ積層することにより所望形状の三次元立体モデル(造形物)を得るものである。

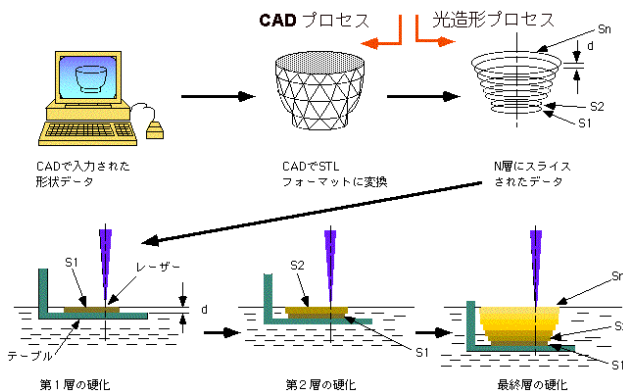


図1 光造形の原理図

2.1 光造形装置市場での推移

光造形装置の市場での推移について考察したのが図 2 である。1990 年導入開始より約 10 年間の長い第一世代は、装置の開発や材料の開発に注力が払われた時期である。光造形装置の UV 光源は He-Cd レーザから Ar レーザと替わり、さらに半導体励起の固体レーザへと進化していった。材料も、アクリレート系材料からエポキシ系材料へと展開され、壊れやすいものから、韌性をもった実用的なものへと開発が進められてきた。装置としても成熟してきており、そのコストや品質が問われる第二世代に突入している。現在は第二世代であり、安心して使用できる安定な装置となり、実用導入が進んでいる。この期間は短く、1~2 年後には装置に付加価値や・使いやすさが求められるものが備わった定常的な第三世代に移行するものと推定している。逆に、2004 年はこの光造形装置をはじめとする RP 装置にとって、一つの正念場の時期でもある。この時期に

使いやすさや、装置の安定性が備わらなければ、この装置が汎用的な装置に移行するのが難しいともいえる。この装置が汎用的なものに移行するためには、装置の性能や制御技術以外に材料が大きな比重を占めている。というのは、装置の顧客はあくまでも出来上がった造形物の性能にその意義を見いだすからである。どんなにすばらしい装置であろうと、使いやすい装置であろうと、できてくる造形物が低レベルでは顧客の要求を満たすことはできない。あくまでも、顧客は最終造形物を利用するのである。

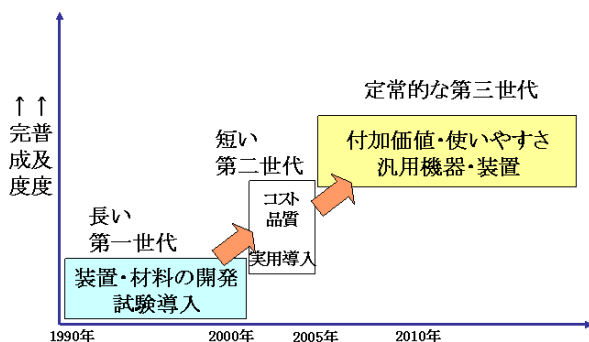


図2 光造形装置の市場での推移

3. 国内における光造形装置の開発の経緯

シーメットの光造形装置「SOUP」システムは、1984年に発表された丸谷洋二氏(大阪府立総合研究所, 現大阪産業大学教授)の技術にもとづき、1987年に三菱商事のベンチャービジネスとして、日本で最初に開発された。1988年に第1号機が発売され、1990年には三菱商事が中心となりシーメット社が設立された。その後NTT-データが親会社となり、2000年12月の帝人製機の株式の大半の取得、翌年4月の帝人製機(株)オプトイメージカンパニーとの統合を経て、現在のシーメット(株)となっている。

シーメットは今日まで日本のRPのリーダーとして光造形システムの開発・販売を行って

おり、国内のみならず中国、台湾、韓国等に広く出荷している。日本を含むアジア地域において250台近くが稼働しものづくりに活躍している。ラピッドマイスター以前の主力装置であるSOUPII-600GSは1998年に販売が開始され、半導体励起固体レーザーを備え、精度と造形速度で高い評価を得て国内ベストラー機となった。

一方、1991年に帝人製機は米国デュポン社から光造形装置のライセンスを取得し、1992年に先進のデジタルスキャナシステムを備えたSOLIFORMシステムをRP市場に投入した。帝人製機は後発であったため、その特徴を機能性樹脂に求め、システムと樹脂とを一体化して開発を進めてきた。1995年4月には光造形で直接、射出成型型の作成を可能とするファイラ強化樹脂TSR-752を発売し業界の注目を浴びた。その後、特徴ある機能性樹脂(耐熱性、ゴム様、耐水性樹脂など)を次々と発表し豊富な樹脂バリエーションにより「樹脂の帝人製機」とまで評価されるようになった^{2,3)}。

シーメットは、高精度・高速のSOUPシステムと、デジタルスキャナと機能性樹脂の活用に向けたSOLIFORMシステムとを統合させて、両者の優れた点を結実した標準機ラピッドマイスター6000(RM-6000)を2002年秋に、小型高速機ラピッドマイスター3000(RM-3000)を2003年秋に発売して光造形分野をリードしている。初号機の発売以来ラピッドマイスターシリーズとしてすでに20台を超える装置が顧客のもとで稼働している。以下、簡単にRM-6000とRM-3000の特長を紹介する。

2.1. 装置例 1(ラピッドマイスター6000)

RM-6000は新型800mW固体レーザーを採

用し、レーザ出力は SOUP II 600GS の標準機と比較して4倍を有している。また、レーザ光の制御を行う AOM が不要な方式としたため、レーザ光透過効率を大幅に向上させている。そのため、樹脂液面でのレーザ出力は1サイズ大きいレーザを備えたものと同程度となっている。この AOM を不要としたことで、保守性を改善すると共にランニングコストの大幅な削減にも成功している(写真 1)。

に發揮している。表 1 に RM-6000 の仕様を示す。

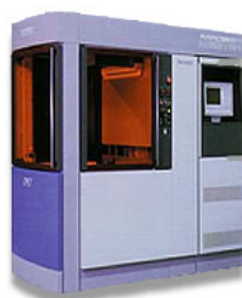


写真 1 RM-6000



写真 2 RM-3000

表 1 RM-6000 の仕様

搭載レーザ	半導体励起固体レーザ 800mW 60kHz
走査方式	ガルバノメータ方式 Zフォーカス付
最大走査速度	15m/sec
レーザビーム径	可変方式
最大造形サイズ	600×600×500mm
Zテーブル	最小積層ピッチ 0.05mm
樹脂槽	簡易交換方式
リコータ	ブレード方式
液面制御	シリンダ調整方式
電源仕様	AC100V 単相×2 回路 (制御部 30A/ヒータ部 10A)
外形寸法	W1020×D2105×H2050mm
装置重量	約 1400kg (樹脂含まず)
樹脂槽容量	約 290 リットル

装置は極めて優れたデザインを有し、3面開放扉として作業性・操作性を大幅に向上させると共に、コントロール部を集中させることによりレイアウトの自由度を大幅に拡大している。そのため、従来機比 15%の省スペース性を確保している。また、高精度液面センサーの採用により、樹脂液面を正確に制御して造形性を向上させている。SOLIFORM で培った樹脂交換の容易性を取り入れ、1時間で樹脂タンクの交換を可能としている。装置制御ソフトは Windows2000 対応で高速処理が可能な MeisterPro を搭載し、その能力を存分

3.2. 装置例 2(ラピッドマイスター3000)

RM-3000 は世界で最も速い小型光造形装置である。新型のコンパクト高出力の固体レーザを搭載して、液面での出力 200mW を確保 (当社 SOLIFORM-250B 比較の造形速度 40%アップ) している。

表 2 RM-3000 の仕様

搭載レーザ	半導体励起固体レーザ 200mW
走査方式	デジタルスキャナ方式
最大走査速度	12m/sec
レーザビーム径	可変方式
最大造形サイズ	通常造形 300×300×250mm ダイレクト型 250×250×250mm
Zテーブル	最小積層ピッチ 0.05mm
樹脂槽	簡易交換方式 (約 50 リットル)
電源仕様	AC100V 単相 30A
外形寸法	W1430×D1045×H1575mm
装置重量	約 400kg (樹脂含まず)

SOLIFORM からの先進なデジタルスキャナが改良されて搭載され、小型機で求められる高精度の造形と高速性を両立している(写真 2)。

ワークサイズは、300mm 角 (当社 SOLIFORM-250B 比較 30%アップ) であり、装置制御ソフトは RM-6000 と同様に Meister Pro を搭載している。RM-3000 はシ

シートを持つ多機能樹脂が全て搭載可能となるように樹脂槽は簡易交換方式を採用している。このため、高性能樹脂、高精度樹脂、高耐水性樹脂の他、高粘度特殊機能樹脂にも対応しており、『ダイレクト型』の作成に効果を発揮できるように設計されている。また、ラバーライクや高耐熱モデルにも最適な造形モードが選択可能となっている。必要に応じて一層造形中に描画形状に合わせビーム径が自由に変更可能となっており、広範囲な樹脂で最適な造形条件が選択できるようになっている(表 2 参照)。

4. 光造形用制御ソフト

RM-6000, RM-3000 の性能を十分に引き出すための制御用ソフトウェアとして我々は Meister Pro をラピッドマイスターに搭載し、その能力を引き出している。

SOUPWorks で STL データをスライス(断面形状データ化)した後、Z オフセット処理などを施した 2 次元の断面データを、Meister Pro が受け取る。その後、造形条件等のパラメータを設定して造形を行う。

Meister Pro は Windows 2000 を採用して、プロセスの強化と生産性の向上を図っている。各種のパフォーマンス、GUI の改善を図るとともに統合したオブジェクト環境と高い操作性を提供している。

5. 光造形装置の今後の動向

光造形装置は数年前に比較すると数倍以上の造形スピードを有するまでに向上した。また、制御ソフトは GUI が導入され、使いやすいものとなってきた。さらに、これらの装置が能力を発揮するためには、材料の開発に大きく依存すると考えている。

日本の基幹産業である自動車や家電では光造形樹脂としてポリプロピレン(PP)樹脂性能から ABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)樹脂性能を求めており、将来的にはポリカーボネート(PC)などの耐熱性のあるエンジニアリングプラスチックの性能を要望している。すでにシートの靱性樹脂 TSR-821 は PP 性能を凌駕しており、引き続き HS-690 や TSR-825 等で ABS 性能に一步踏み込んでいる。今後、耐熱性を含み ABS 樹脂等のエンジニアリングプラスチック性能が真に発揮されたとき、光造形装置は汎用装置として広く利用されるようになる。

シートは装置の第 3 世代に向かって、初心者でも容易に使いこなせて、かつ安定性に優れた汎用装置としてラピッドマイスターを進化させていく予定である。

6. まとめ

光造形法は RP の中核として日本のものづくりを支え、今後は汎用設備としてよりその使命を明確にしていくものと思われる。材料開発によりデザインの上流から、Rapid Manufacturing(RM)の少量生産までを担うものと推定している。

参考文献

- 1) 萩原恒夫: 型技術, Vol.16, No.10(2001) 24-28
- 2) 萩原恒夫: JETI, Vol.48, No.11(2000)70-74, No.12(2000)90-95
- 3) 萩原恒夫: 精密工学会誌, Vol.70, No2(2004) 171-174
- 4) シートカタログ: Rapid Meister-6000, Raid Meister-3000 (2003)