

早野 誠治(アスペクト)

Seiji Hayano (Aspect)

### 1. 始めに

ラピッド・プロトタイピング(RP)と呼ばれた積層造形技術は、ラピッド・マニュファクチャリング(RM)へとの開発方向を転換させている。粉末積層造形装置は、その応用範囲の広さと材料物性から RM へ最も近い技術と注目を浴びている。21 世紀に積層造形法の中でも最も重要な位置を占めることは、間違いない。

### 2. 粉末積層造形法

粉末焼結積層造形装置は、テキサス大学で 1986 年から研究された Selective Laser Sintering (SLS) 技術を原点としている。1987 年にテキサス大学のベンチャー育成プログラムによって設立された DTM 社が、SLS 法の確立と製品化を行なった。現在、粉末焼結積層造形装置と言えば 3D Systems 社や EOS 社が知られているが、ここで注目されている粉末焼結積層造形装置を紹介しよう。

#### 2.1. Concept Laser 社

Concept Laser 社の装置は M3 と呼ばれ、金属粉末を直接焼結しながら部品を造形する。



図 1. M3 の造形部品

M3 では、特殊なコンポジット金属粉末を使用している。粉末材料は、次回の造形プロセスで 100% 再利用でき、新しい材料の混入等の必要はない。また、積層ピッチは、20~50  $\mu$  である。

#### 2.2. Arcam 社

スエーデンの Arcam 社の装置は、粉末焼結積層技術として電子ビームを使用する。同装置は EBM S12 と呼ばれ、\$500,000 で販売され、250 × 250 ×

200mm のワークサイズである。同社が販売する材料は 2 つあり、1 つは H13 鋼の金属粉末であり、もう 1 つが Arcam Low Alloy Steel と呼ばれる金属粉末である。本装置で焼結したものは、ほぼ 100% 密度の金属部品となる。しかし、表面粗度は粗く、造形後に機械加工や研磨が必要である。

#### 2.3. 3D Micromac 社

3D Micromac 社では、タンクステンをベースとした金属の微小粉末と YAG レーザのビーム径を絞り微細金属部品を造形する Micro Sintering 技術開発を行なっている。装置の販売計画は、全く不明である。

雰囲気は真空にして金属粉末を直接焼結しながら造形する。現在、図 2 に示すように、積層ピッチが 10 マイクロメートルで 20 マイクロメートルの立ち壁が造形できている。

本研究は、微細形状は光造形法の独壇場と言う固定概念を打ち崩し、微細金属部品を造形法で作製する可能性を示した。

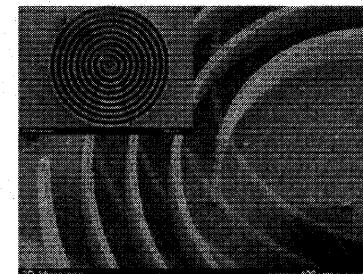


図 2. Micro Sintering の造形品サンプル

### 3. 粉末焼結積層造形装置の開発

日本国内には粉末焼結積層造形技術を研究しようと、大学や研究所の研究者からなる小規模ではあるが研究会が持たれている。しかし、松浦機械の装置を除くと、粉末焼結積層造形装置を商業化しようという動きは無い。この為、当社では粉末焼結積層造形装置開発を実施し、商業化を図ることとした。尚、本開発には東京大学生産技術研究所の新野研究室と東京都の御支援を戴いている。

#### 3.1. 粉末焼結積層造形装置 SEMsplice

当社が開発している装置の名称は SEMsplice であり、Sintering Equipment for 3D Modeling の省略形である。当社は、現在 5 台の粉末焼結積層装置を保有しているが、ワークサイズが光造形装置に比べ格段に小さいことや、温度センサーの不具合が原因で発生した熱暴走により粉末材料が全て固化してしまう等のトラブルを初めとする様々な精度上の問題を経験して来た。SEMplice では、従来製品の問題点を改善するべく、以下に挙げる種々の点で改善を施している。

- 有効造形サイズの大型化(X550 mm×Y550 mm×Z400~600 mm)
- 安定した造形温度環境と均一な温度分布優れた造形精度容易な材料準備および交換操作また、本装置は顧客のカスタマイズの要望に対応する予定である。更に価格に関しては、海外製品が輸入販売することからどうしても割高にならざるを得ないが、この点も考慮し普及しやすい価格帯で販売する予定である。

図 3 に SEMsplice の概観図を示す。

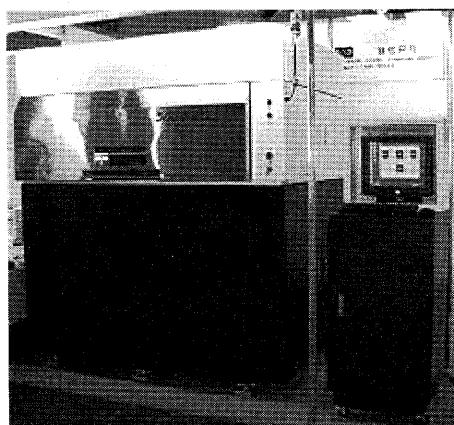


図 3. SEMsplice の概観

### 3.2. SEMsplice の樹脂粉末材料

粉末焼結積層造形法で部品を造形する為の最も重要な要素は、粉末材料である。どれだけ装置やソフトウェアの完全度が高くても、材料である粉末が平均粒子径や嵩密度、結晶性等適切な性状でなければ粉末焼結積層造形法では高精度の造形は困難である。更に、材料毎の造形環境温度やレーザ出力等適切な造形条件を選択できなければ、精度の良い部品は造形できないのである。

ユーザからの要望は ABS 樹脂やポリカーボネート、

PMMA 等の材料も含まれるが、これらの材料は結晶性が低くレーザにより溶融し、固化し難い素材であり、造粒条件と造形条件を出すのは困難である。

SEMplice 用の粉末材料として現在準備中のものは、Nylon 12 である。Nylon 12 を選択した理由は、現在粉末焼結積層造形装置用として市場で出回っており、融点が他のナイロン素材に比べ低く、吸水率も 1/10 と経時に安定していること、比較的量産化された素材であり価格的に廉価であることである。

現在開発中の素材は、現在市販されているものに比べ、ほぼ球形である。これは、材料を積層する際に密度を最も上げやすいと言うことを意味している。本樹脂を実際に装置に搭載し、造形実験を行なっているが、出来栄えは上々である。今後、Nylon 6 や PP の開発に取り組むこととなる。

### 4. 結言

粉末焼結積層造形装置による機能評価モデルは、自動車業界を中心に広がりつつある。当社としては、本市場に対して最適な装置や材料を提供して行くこととなる。また、ラピッド・マニュファクチャーリングからの需要に応じカスタマイズ対応も行なう予定である。

金属粉末造形に関しては、2000 年当時から 5 年間にわたり、間接法・液相焼結・熔浸による金型の造形サービスやベンチマークテストを手掛けてきた。しかし、現行の技術では期間も 2 週間以上かかり、歩留まりも悪いことから、結果的に採算が採れる様な状態ではない。従って、直接レーザ焼結する方法を選択し、基礎研究からの出直しを図ることとなる。それでも、粉末焼結積層造形装置により作製された金型では、±0.1mm 精度が限界である。長時間の加工時間が要求される放電加工を必要としない金型造りの開発に再チャレンジしたいと思っている。

以上

### 参考資料

1. オプトロニクス社刊 積層造形技術資料集  
丸谷他
2. 米国テキサス大学 2004 Solid Freeform Symposium 論文集