

# 3次元CAD並びにラピッドプロトタイピングについての利用研究\*1

後藤卓三\*2

田野俊昭\*3

鎌田和彦\*4

## 【要 旨】

近年、3次元CAD等の導入によるデジタルデータを駆使した、より素早い市場ニーズ対応が「ものづくり」の世界において求められている。

そこで、3次元CAD並びにラピッドプロトタイピングにターゲットを絞ったデジタルエンジニアリング化について、アンケート等を含め京都府北部地域における検討を試みた。

また、実際のラピッドプロトタイピング成形における、より良い成形条件設定に関する一定の知見も得た。

## 1 緒 言

景気低迷の長期化など、製造業において前途不透明な状況が続いており、大幅なコスト低減と納期短縮を余儀なくされている。

このような企業間競争を勝ち抜くための手段として、近年の製造業界において設計ツールとして広く認められるようになり、その製品設計データの有効活用が大きな課題となっている3次元CAD、並びに、工程短縮及びコスト削減の1つの切り札と目されているラピッドプロトタイピング(以後RPと略す)技術に着目する必要がある。

そこで、これらの課題に対する普及・啓蒙を行い、京都府北部地域(以後、当該地域と称する)機械金属業界の活性化を図り、技術力の向上等企業がより高い段階へステップアップするための一

助となることを目的とする。

なおこの研究は、地域産業集積中小企業活性化事業の一環として行った。

## 2 研究内容

- (1) 当該地域機械金属業界の業務実体を把握するために、3次元CADの導入状況並びに利用実態についてのアンケート調査(RPについての関心度等の調査を含む)を行い、当該業界が今後進むべき1つ方向性(デジタルエンジニアリング化)への啓蒙を図った。
- (2) 当該地域内の企業によるRP装置を用いた試作の実施。
- (3) RP装置の最適成形条件の検討。

## 3 結果及び考察

### 3.1 アンケート調査

当該地域の機械金属関連企業を対象にCAD、特に3次元CADの利用状況についてアンケートを実施し、26社から回答を得た。アンケート調査の結果を表1に示す。

\*1 地域産業集積中小企業活性化事業

\*2 機械電子課 主任研究員

\*3 同課 技師

\*4 同課 主任

(現 織物・機械金属振興センター 主任)

表1 アンケート調査の結果

アンケートの項目	YES	NO
2次元CADを導入しているか	15社	11社
3次元CADを導入しているか	5社	21社
3次元CADを導入予定であるか	4社 (内2社は既導入企業)	22社
3次元CADの導入により何らかの効果があったか	4社	1社
試作を行うことがあるか	12社	14社
試作により形状や機能を確認したいときがあるか	13社	13社
インターネット等のデータ送受信環境を整備しているか	16社	10社
光造形等の試作を迅速に行うことができるラピッドプロトタイピング(以下RP)について聞いたことがあるか	6社	20社
RPを用いて試作等を行ったことがあるか	0社	26社
RPを用いて試作を行ってみたいか	5社	21社
3次元CADを導入した企業の3次元CAD導入の契機 または理由	立体的なイメージ作り	
	金型設計用	
	部品設計用	
	部品の干渉チェック用	
	プラント配管設計用	
3次元CADを利用している業務	ユーザーの要求	
	意匠設計	
	部品設計	
	機械加工	
3次元CAD導入後の成果	構造解析	
3次元CAD導入後の成果	新しい仕事の受注に繋げることができた	
3次元CAD導入後の問題点	操作が難しい	

このアンケート結果から推察される当該地域の機械金属関連企業の製品開発及び試作状況は、

- (1) 半数以上の企業が2次元CADを用いた設計を行っている。特に、機械金属関連の中堅企業の多くが2次元CADを所有している。
- (2) 3次元CADを用いて設計を行っている企業及び、導入を検討している企業は少ない。
- (3) 3次元CADを導入した企業5社のうち4社

が、3次元CAD導入により何らかの効果があつたと回答している。残る1社は、導入後、日数が経っておらず、まだ効果が出ていないものである。このことから、3次元CADを導入した企業においては、何らかの効果が現れていると言える。しかし実際には、3次元CADを十分に活用している企業は少ない。下請加工、組立が主な企業では、3次元CADを利用してい

ても、3次元CADというよりは、3次元CAMとして認識し、利用していることがままある。

これら3次元CADを導入した企業においては、3次元CAD導入の契機や理由として、金型設計用、部品設計用、部品の干渉チェック用、立体的なイメージ作りのため、ユーザの要求等を挙げていた。

また、導入後の成果として、新しい仕事の受注に繋げることができたこと、問題点として、操作が難しいことを挙げていた。

- (4) RPについて知っている企業は4社に1社ある。しかし、RPを用いて試作を行った企業は皆無である。
- (5) 5社に1社の企業は、RPを用いて試作を行いたいと考えている。また、半数近くの企業がRP以外の方法を用いて実際に試作を行ったことがあると回答している。
- (6) しかし、RPをこれらの企業で活用する場合の問題点として、以下の点が挙げられる。まず、RPを用いた試作を希望している企業のうち、RPを用いた試作に必要不可欠な3次元CADを所有している企業が少ない。そのため、RPを用いた試作は、3次元CADのデータをどの様にして作成するかという段階から始める必要があり、試作に要する手間並びにコスト的負担が大きく、実質的な利用には困難が予想される。

また、下請企業がほとんどであり、依頼先との関係から、他に情報を漏らすことができないため、RPを用いた試作を頼めないという企業もある。

### 3.2 RPを用いた試作

上記アンケートにおいて、RPを用いて試作を行いたいと回答した企業と実際に試作を行った。なお、3次元CADデータは、当センターで作成

した。

当該社では、高圧用継手(材質は、SUS316等)の外形部分を鍛造により製造しており、ユーザへのサンプル提出のためにRP以外の方法を用いて試作を行っている。

今回、RPを用いて試作を行った高圧用継手の大きさは、およそ49mm×49mm×34mmである。写真1、写真2参照。

- (1) 現在、当該社で行っている試作方法並びに期間は、

受注から設計図面作成まで(受注 設計 承認 図提出 承認)に約一週間かかっている。そのうち、設計(製図)にかかる時間は、約1時間である。

図面承認後、試作に要する期間は4日間。そのうち、機械加工(マスター型及び本型の製作)に要する期間は2日間。

本型は、切削(荒削り) 放電加工(仕上げ)を行い、その後、抜き勾配を手仕上げで加工している。そして、本型を用いて鍛造等を行い、試作品を作成する。

金型は、ダイス鋼系。試作品は、鉛や石膏を用いて作成している。

- (2) RPを用いた試作の場合

3次元CADによる図面作成後、試作に要する



写真1 RPを用いた試作(抜き勾配無し)



写真2 RPを用いた試作(抜き勾配有り)

期間は1日。ただし、当該地域まで試作品を送る時間が別にかかる。(ただし、データのやり取りは、インターネットを用いることにより瞬時に行える)

当該社では、部品の外形部分のみ試作している。しかし、RPを用いた試作の場合、外形部分のみならず、内形部分を同時に試作しても要する経費及び時間は変わらず、従来の試作方法に比べ、経費や日数の縮減が図れる。

また、数個同時に作成したり、形状の変わる試作を同時に行う等の場合、RPを用いた試作がより有効になってくる。受注をまとめてとり、サンプルを多数個作成すれば、RPを用いた試作効果がより現れると言える。

試作品が不採用になることもあり、再試作を行うことになる。この様な場合、変更に要する手間の少ないRPを用いた試作がより有効である。

### (3) 今後のデジタルエンジニアリング化

現在当該社では、作図を手作業で行い、NCプログラムを作成しマスター型、本型を機械加工により作成している。そこで最近、3次元CADの導入を図り、デジタルエンジニアリング化を試みている最中である。

当該社で3次元CADを使いこなせるようになると、

当該社で3次元CADを用いてデータを作成

データをインターネットを用いて当センターへ転送 当センターでRPを用いて試作。

試作品を当該社へ送る。

試作品が「NO」のときは、3次元CADデータを少し手直し、RPを用いて再試作を行う。

試作品が「OK」のときは、3次元CADデータを用いてCAMデータを作成し機械加工する。

という工程の流れになり、短納期化及び経費削減が図れる。

また、現在は試作を手仕上げで行っている部分もあり、この点もノウハウを蓄積し、3次元CADで設計を行い、機械加工できるようになれば、より効率化が図れる。RPを用いて、抜き勾配をつけた試作も行った。(写真2参照)

### 3.3 RP装置の最適成形条件の検討

RP成形時の生産性、形状精度、強度を高めるために成形条件の検討を行った。

目標(表2)としては、単位面積当たりのレーザー照射量を多くし、成形品のポーラスな部分を少なくすることによる強度の増強、並びに、スキャンスピード(レーザーの走査速度)を早めたり、スキャンスペーシング(レーザーの走査間隔)を広くとり成形時間を短縮することによる生産性の向上を目指す。また合わせて、高い形状精度も目標とする。

表2 目 標

		現状	目標	理 由	問 題 点
レーザーパワー	W	3.5	↑	成形品質(強度等)の向上	樹脂の溶けすぎによる成形精度の劣化
スキャンスピード	inch/sec	50	↑	成形時間の短縮	ガルバノミラー等の性能
スキャンスペーシング	inch	0.006	↗	成形時間の短縮	成形が粗くなる、強度の低下
温度	パート	187	↓	成型品の取り出し易さ	成型品にソリ等が発生
	ライト	93	↑	パートとの温度差の縮小	粉のヒキが悪くなる
	レフト	93	↑	パートとの温度差の縮小	粉のヒキが悪くなる
	ピストン	130			

しかし、スキヤンスペーシングを広くとると、単位面積当たりのレーザ照射量が少なくなり強度の低下を招くという問題がある。また、スキヤンスピードの向上には、使用しているガルバノミラー等の性能により自ずから制約を受ける。

一方、温度条件の設定もパウダーのリサイクルや成形精度等に影響を与える。

そこで始めに、スキヤンスペーシング一定で、レーザパワーとスキヤンスピードを比例させながら増加させ、単位面積当たりのレーザ照射量をあまり変えない条件での成形を行った。スキヤンスピードは、50inch/sec から200inch/sec まで順次速めた。

その結果、100inch/sec よりもスキヤンスピードを速くすると輪郭が鈍る等の現象が生じた。このことから、スキヤンスピード100inch/sec までが、当センターの装置の実用速度と考えられる。ただし、最新型の Sinterstation2500plus では、スキヤンスピード200inch/sec の成形ができる。

また、スケール（収縮による寸法の補正）及びビームオフセット（レーザ径の補正）を行わずにレーザパワーとスキヤンスピードを比例させながら増加させて成形したときの設計値0.635mm（0.025inch）のワークを測定した。その結果を図1に示す。この図から、スキヤンスピードを速くすると、それに合わせて、寸法が徐々に大きくなっていくことが分かる。また、スキヤンスピード90inch/sec と95inch/sec との間に大きな段差が生じている。これらの現象を解消するためには、レーザ照射の「ON」「OFF」のタイミングをスキヤンスピードに合わせて最適化する必要がある。そのためには今後、より多くの実験を行い、レーザ照射の「ON」「OFF」のタイミングが最適になるパラメータを求める必要がある。

次に、INSTRON5500R（MODEL1122）を用いて強度試験（引張試験）を行った。

スキヤンスピードを100inch/sec に設定し、スキヤンスペーシング（0.006inch）を一定にしてレー

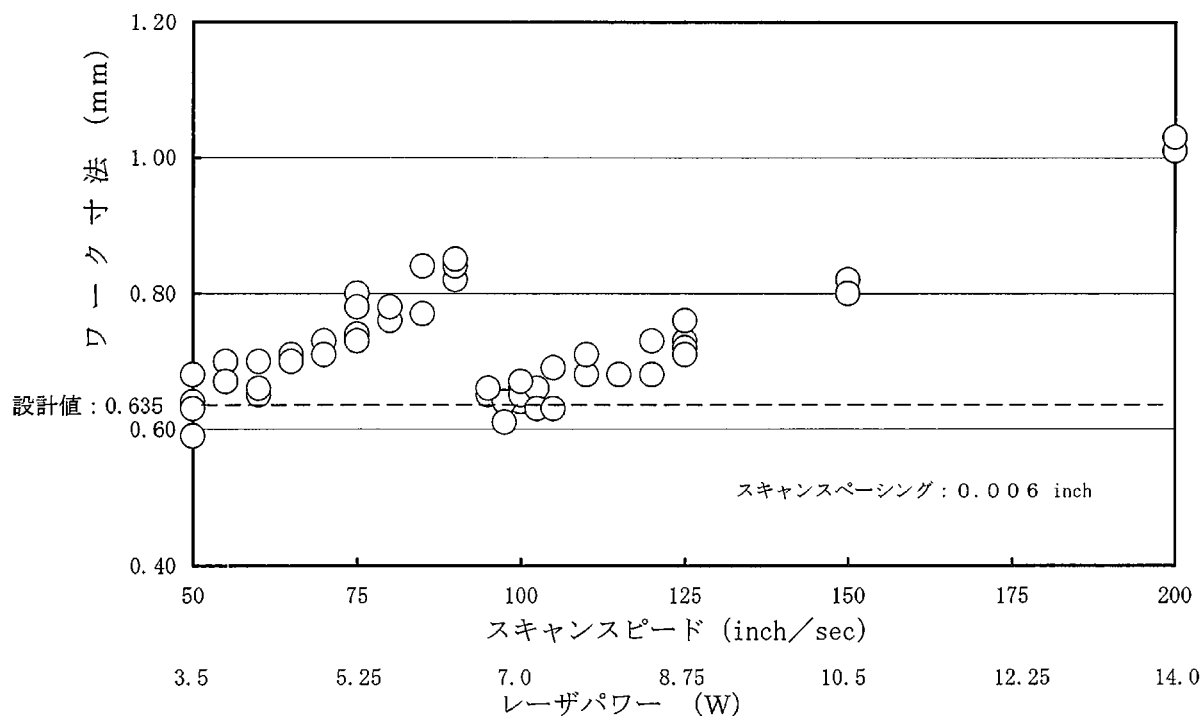


図1 スキヤンスピードに比例してレーザパワーを大きくしたときのワーク寸法  
（寸法は、スケール及びビームオフセットをかけないで成形したワークの測定値）

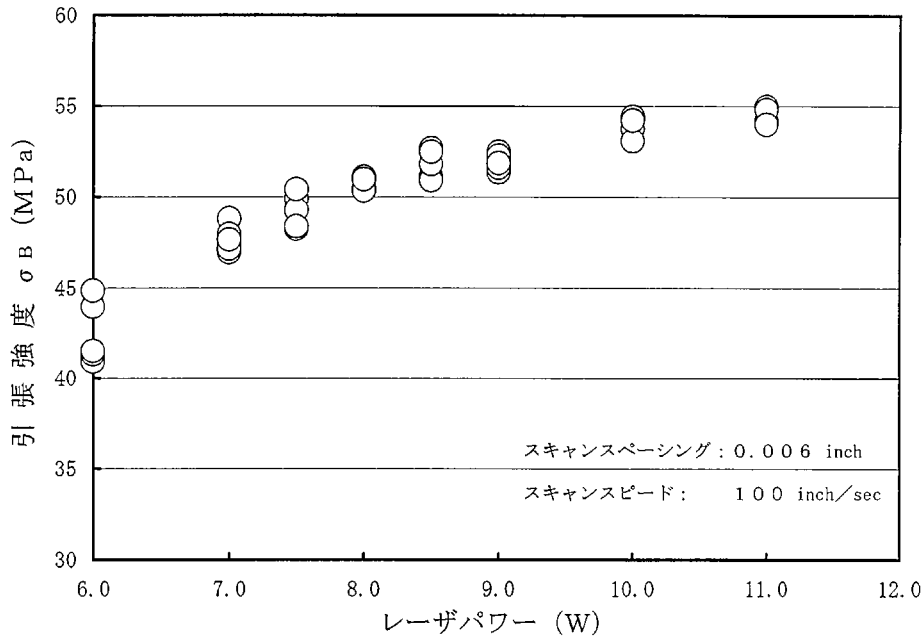


図2 レーザパワーを大きくしたときの引張強度（スキャンスペーシング一定）

ザパワーを大きくしたときの引張強度を図2に示す。

レーザーパワーを大きくすることにより、引張強度は強くなる。しかし、レーザーパワーを大きくしすぎると樹脂が溶けすぎ、輪郭が鈍る等の現象が生じた。このことから、強度と形状精度の両立を図ることのできる、レーザーパワー等のより細かい設定条件を求める必要がある。

強度重視の設定、精度重視の設定、成形速度重視の設定等種々のパターンが必要であるかもしれない。

また、スキャンスペーシングを変えて成形させたときのレーザーパワーと引張強度との関係を表したのが図3である。

図3より、スキャンスペーシングの広さが単位面積当たりのレーザー照射量の減少につながり、こ

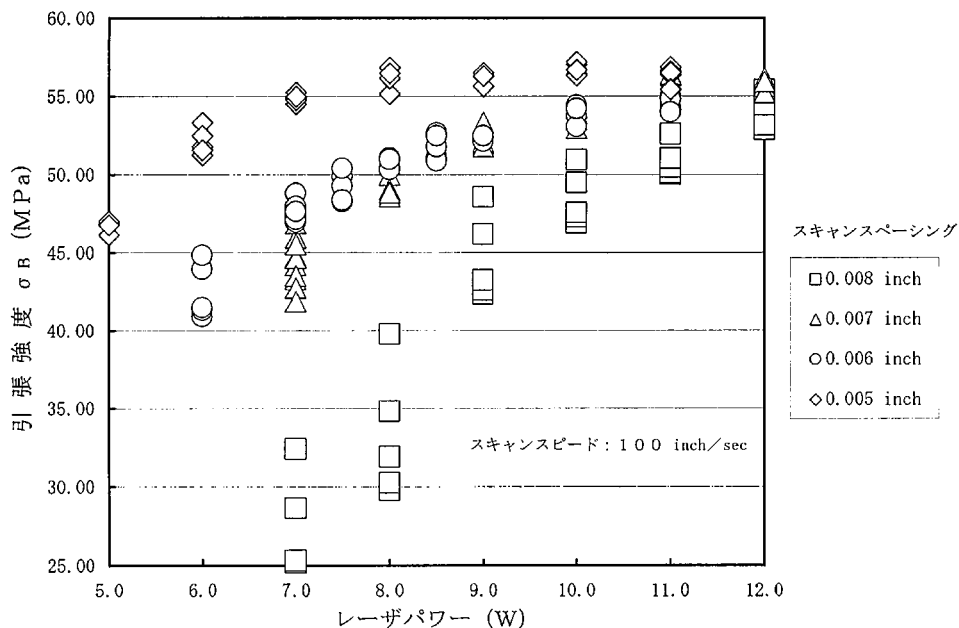


図3 レーザパワーを大きくしたときの引張強度（スキャンスペーシングを変更）

れが引張強度に影響していることは明らかである。そして、レーザパワーを増やすことにより、どのスキャンスペーシングの場合も、ある一定の引張強度（およそ56MPa）に収束する傾向が見られる。また、スキャンスペーシング0.005inchの場合、レーザパワー6Wの時点で既に52MPaの引張強度があり、このことから、強度の強いワークを作成する場合、多少の時間的ロス（スキャンスペーシング0.006inchの場合に対して、単純計算で1.2倍の成形時間がかかる）には目をつぶり、スキャンスペーシング0.005inchで成形することが望ましいかもしれない。この場合の時間的ロスは、スキャンスピードを速くすることで補う必要がある。

#### 4 結 言

当該地域における3次元CAD等のデジタルエンジニアリング化は、まだまだ未整備の状況である。しかし、この問題は世の趨勢であり、かつ、当該地域においても導入することによる効果は認められる。このことから、より多くの企業にデジタルエンジニアリング化への取り組みを啓蒙していく必要があると言える。

また、RPの実際の成形においては、スキャンスピード、レーザパワー、温度等のより細やかな条件設定が必要なことが、今回の実験結果から明らかになった。

しかし、より高精度な成形を行うためには、現在行っている横方向にスキャン（走査）するレーザ照射だけではなく、輪郭（外殻）をまずスキャンし、その後、横方向にスキャンすることにより、外殻の段差（横方向のスキャンによる段差）の少ない成形を試みる必要がある。また、より細かな積層を行うためには、積層ピッチを現在の0.004inchから0.003inch（最小の積層ピッチ）に変更して成形してみるのも一つの方法である。ただし

この場合、単純計算で1.33倍の成形時間がかかることになる。

このように、実際の成形条件設定には、今後も種々の実験を行っていく必要がある。

#### （謝 辞）

本研究を行うにあたり、貴重な御助言をいただいた株式会社アспект早野誠治社長に深く感謝いたします。

#### （参考文献）

- 1) 中川威雄、丸谷洋二：積層造形システム三次元コピー技術の新展開、工業調査会、(1996)
- 2) 平林淳：SLSによる樹脂機能部品の試作品，型技術、Vol.14 No.10、(1999) P.45