

鑄造刃物製品のデザイン開発へのコンピュータの活用

町田 俊一*、中村 史彦**

Practical Use of Computer to the Design Development of Casting Edged Tool Product (Knives)

MACHIDA Toshikazu*, NAKAMURA Fumihiko**

This report describes application of a laser lithography and computer design system for modeling casting edged tools with complex shape and high precision. It is found that the modeling method which combines aluminum match plate base and the models made with resin is useful for casting works with complex shape and high precision.

This method is applicable to the production regardless of its size.

Keyword : Rationalization, Design, Modeling Method, Laser Lithography, Casting Edged Tools.

1 緒言

岩手鑄機工業株式会社では、岩手県工業技術センターとの共同開発により、従来の刃物の製品に使用されている鋼材と同等の強度及び硬度を有する鑄物の開発に成功し、市場開拓の先駆けとして一連の刃物製品の開発をおこなっている。

しかし、刃物製品の形状は従来の一般的な「鉄器」と異なり、自由曲面を有するものが多く、しかも刃先の形状には高い精度が必要とされるため、手作業による加工では必要な精度を維持することが困難であった。

また、従来の鑄造用原型は最初に石膏で原型を作成しその原型をもとにアルミニウム製の鑄造用原型を複製して使用していたため、寸法精度の維持が困難であり、また煩雑な工程を経るために多大な時間がかかり、コスト高の大きな要因になっていた。

本研究では、デザイン開発から原型作成までの一連の工程の効率ならびに精度の向上を図るため、デザインモデルの作成に使われる光造形装置を鑄造用原型作成への活用⁽¹⁾すべく、ナイフの原型製作を事例として検討した。

2 研究の方法

刃物のような特殊形状製品のデザイン・原型作成をコンピュータデザインシステム及び光造形装置を活用して迅速、高精度に行う方法について下記の検討を行った。

実際の作成に当たっては表1に示す機器及びソフトウェアを使用した。また、作成における光造形機の作業環境は、表2のとおりである。

表1 使用機器及びソフトウェア一覧表

ナイフの 立体データ の作成	ハードウェア	SiliconGraphics 社製	IRIS Crimson
光造形機に よるモデル の作成	ソフトウェア	Aliasresearch 社製	Alias Studio Ver5.2
	ハードウェア	(株)シーメット製	SOUP4000
		Sun Microsystems 社	SPARC10
	ソフトウェア	(株)シーメット製	SOUP Ware Ver1.5

表2 光造形作業環境

樹脂硬化定査用紫外線レーザー種 及びビーム径	ヘリカドレーザー0.2mmφ
樹脂硬化定査用紫外線レーザー 走査速度	2,200mm/sec
樹脂硬化層厚	0.1mm
末端部レーザー出力	21mW
リコーター速度	300mm/sec
積層間の待機時間	7sec

2-1 形状作成方法に関する検討

コンピュータで作成されたナイフのサーフェスデータ(製品の表面形状データ)は、光造形装置による加工を行う際にポリゴン形状(三角パッチの集積で形状が近似された多面体)のデータに変換される。このときにサーフェスを構成する面を制御する分割数(Subdivision)で各ポリゴンの大きさが規定されるため、自由曲面の形状精度が大きく左右される。

現在 * 岩手県工業技術センター 木工特産部
** 岩手県鑄機工業株式会社

岩手県盛岡市飯岡新田3-35-2
岩手県水沢市桜屋敷西97-1

面の分割数を多くすれば近似されるポリゴンが小さくなり、面の状態は滑らかになるが、データ量は比例して大きくなり、計算処理に時間を要する。ポリゴン形状による面の荒さは製品の大きさによっても異なるが、本研究で対象としているナイフの寸法の範囲(150×30×1mmh~270×60×15mmh)における構成面の分割数およびデータ容量の関係を検討し、適切な条件を抽出した。

2-2 樹脂の積層に伴って生じる段差の検討

光造形装置は図1、図2に示すように、他の様々なシステムで造られた立体のデータを水平方向に0.1mmの厚みで輪切りにしたスライスデータに変換し、この輪切り形状に沿ってレーザー光を照射して光硬化樹脂液を一層ずつ硬化させる。更に、この作業を繰り返し、輪切りを積層させることによって立体を成形する。

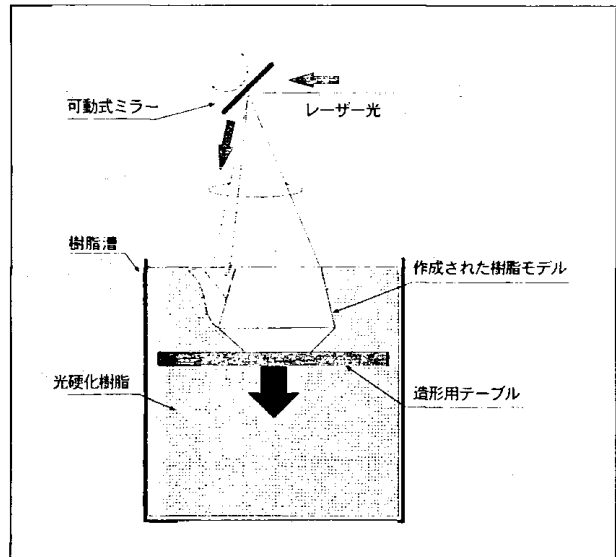


図2 光造形装置の原理2

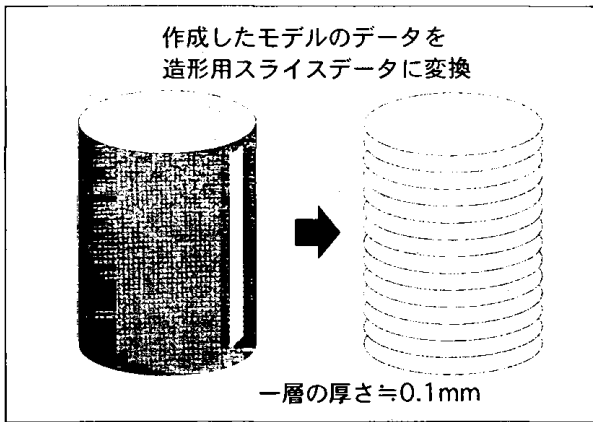


図1 光造形装置の原理1

0.1mmにスライスされた輪切り形状の側面はそれぞれ垂直であるため、各輪切り形状の間には図3のように階段状の段差が生じる。この段差の大きさは造られる立体の側面の角度に依存しており、水平面からの角度 θ が小さいほど段差が大きくなる。

水平面からの角度 θ が一定の物体であれば、すべての部分に均等に段差が生じ、立方体であれば側面が垂直になるために段差は生じない。

本研究で対象とする製品(ナイフ)はかなり扁平な形状であり、段差の生じる部分と生じない部分ができ、しかもその格差は作成時の製品の設置方向によって大きく変化する。また、作成時の製品の方向は、作業時間とも大きな関わりを持つ。つまり、作成するものの高さが低ければ、積層回数が少なくなり、作成時間は短くなるが、逆に高さが高ければ、作成時間が増加する。

このように、形状の精度すなわち段差の影響、並びにデータ量と作業時間の関連を比較検討するため、ナイフの厚み・長さ・幅の3方向に作成方向を設定して、モデルの作成を行った。

2-3 光造形装置による原型の砂型原型への応用化

光造形装置で作成した原型を実際の生型铸造の種(铸造用原型)として使用する際に問題になる強度及びマッチプレートへの組み込み方法に関して、①石膏原型の代用として樹脂原型を作成し、その原型をもとにアルミ原型を作成し、マッチプレート化するという従来通りの方法(図4)と、マッチプレートのアルミ基盤を用意してその基盤に作成した原型を組み込んで、直接、量産原型として使用する方法(図5、図6)

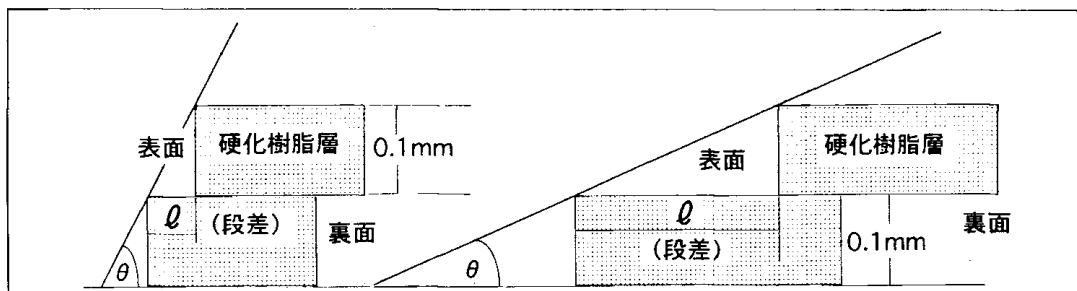


図3 輪切り形状の積層による段差の状況

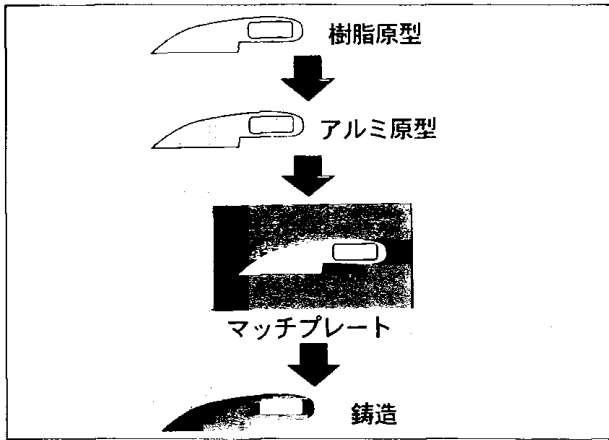


図4 マッチプレートの製作1

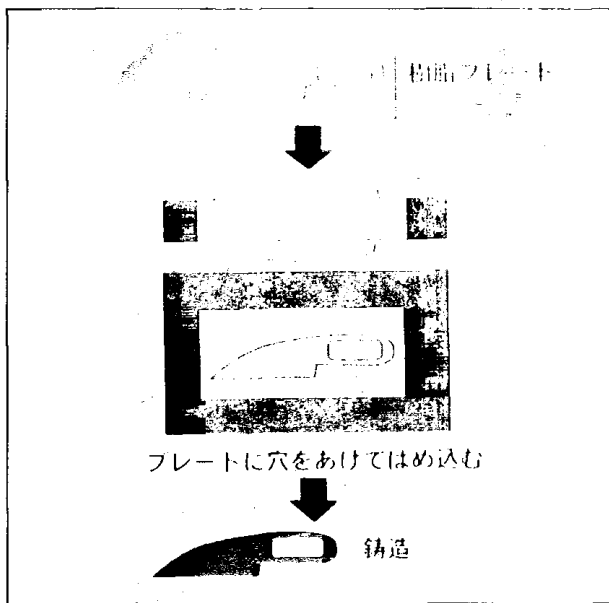


図5 マッチプレートの製作2

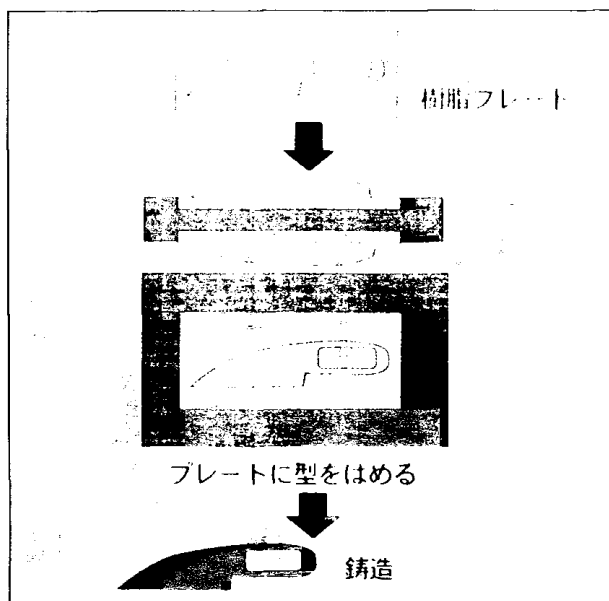


図6 マッチプレートの製作3

について実際に樹脂原型を製作し適切な方法の検討を行った。

3 結果

3-1 表面状況と製品形状の面の荒さ・データ量

本研究では図7に示す形状の刃物を事例として作成したが製品が左右対称形状であることから、片面についてサーフェスデータを作成し、後にミラーコピーを行って製品形状とした。



図7 作成した樹脂モデルの例

作成した刃物は片面で3つの自由曲面から構成されている。各構成面の分割数は最小2分割(四角形)から最大4分割(多角形)のセットを最小単位として最小分割数と最大分割数を自由に設定できるようになっている。

今回は最小セットである2-4のセットと8-16、12-24のセットについてデータ容量とポリゴン面の荒さを比較した。結果を表3に示す。

表3 面の構成数とデータ量、面の状況

Subdivision set	データ量 (bytes)	構成ポリゴン数 (個)	計算処理時間 (min)	面の状態
2-4	1,559,594	7,800	20	不適
8-16	6,352,412	310,000	40	適
12-24	16,884,077	740,000	80	適

計算処理時間はコンピュータデザインシステムで作成した面のデータを、光造形装置に受け渡すためのフォーマットに書き直す時間、データの転送時間、及び光造形装置側でそのデータをスライスデータに変換して作成実行に必要な処理を行う時間の合計である。

また、各分割数で作成したポリゴン面の形状は図8に示すとおりである。図8から分かるように、構成面の分割数が2-4のセットのように少ないと自由局面が適正に表現されない。一方、分割数が12-24のセットの場合はデータ容量と作業時間が大幅に増加する。今回の事例の刃物の大きさでは、分割数8-16のセットが妥当な条件であることが判明した。

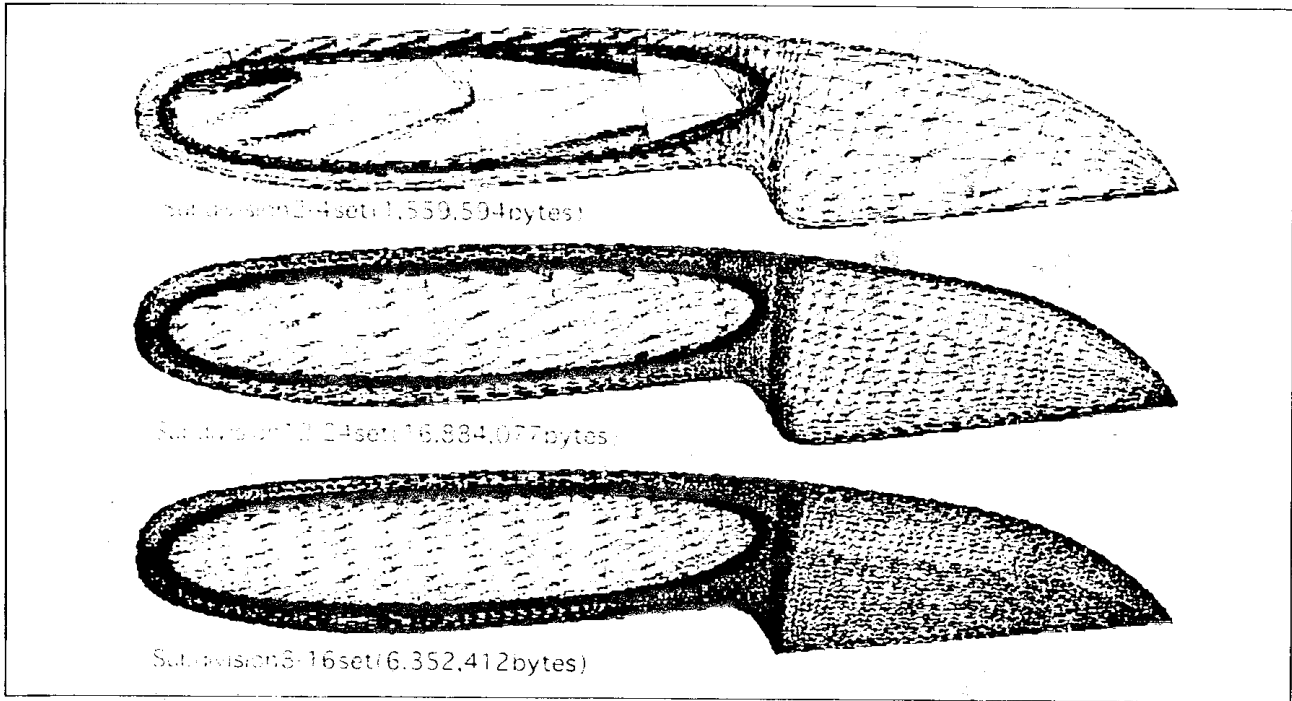


図8 Subdivision による形状の相違

3-2 樹脂の積層に伴って生じる段差の検討

刃物の形状は、刃の部分扁平であるために、刃物を寝かせた方向で作成すると刃の部分に幅の広い等高線が生じ、いわゆる平面の積重ね状態になってしまう。その他の方向性で作成したものは、刃以外の部分で、等高線を生じるが、いずれも曲率が小さいために、たやすく修正できる程度の段差しか生じない。作成時の方向としては、物体の曲面の曲率が最も大きい面を垂直方向に保つことが重要である。

また、作成方向の相違によってはデータ量は変化しないが、作成時間は異なる。これは内部が充填されている立体の作成においては、樹脂を硬化させるための紫外線レーザーが走査する総面積は同じであり、走査に要する時間はどの方向で作成しても変わらない。しかし、今回作成に用いた装置では、紫外線レーザーが1層を走査し、テーブルが1回下降するごとに、液面上をスキージーが走行して樹脂の液面を平滑に保つ動作を行う。この動作によって生じる液面の変動がおさまるまで、5秒から8秒の待機時間を要する。このため、1層の操作時間が短くても積層数が多い場合は紫外線レーザーの走査以外の動作時間が大幅に増加し、結果として作業全体の時間が増加する。

以上のことから、今回作成した刃物の作成方向については刃物の長さ方向で作成したものが形状の精度及び作業時間の点で最も効率が良かった。

3-3 光造形装置で作成した原型の砂型原型への応用化

上記の検討の結果をもとに、従来の石膏モデルを樹

脂で作成し、原型に使用する方式、マッチプレートへ直接組み込む方式の2点について検討を行った。石膏モデルと同等の位置づけでナイフの原型を造る方式は、形状精度の向上が望めるものの、従来とほとんど同じプロセスを経るために時間の短縮は得られなかった。

一方、樹脂モデルを直接マッチプレートに組み込む方式は従来の中間モデルの作成が不要となり、マッチプレートの修正も不要なため、従来の方法では約1週間要した作業を半分に短縮することができた。しかし、当初考案した方法(図9)はマッチプレートの基盤とはめ込む樹脂原型の接合部分で変形や大きなバリが生じ、実用に耐えないことが判明した。

この方法はマッチプレート基盤に四角い穴をあけ、基盤の厚み分とナイフ原型の半割り部分を一体で樹脂

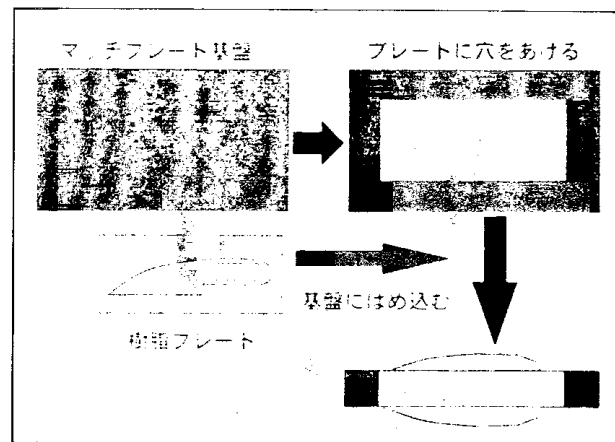


図9 樹脂の組み込み法1

成形し、原型を基盤の穴にはめ込んで使用する。この方法ではマッチプレートの基盤として使用する樹脂の部分がモデルよりもはるかに大きな容積を占め、内部をすべて樹脂で充填するには膨大な時間がかかるので空洞化してあるため、マッチプレートの上下に砂をいれて鑄型を造る際の圧力を58.8MPa (6 kg/cm²)で原型の変形や原型と基盤との間にずれを生じるためである。

この問題を解決するために、図10に示すようにマッチプレートの裏表に凹みを付け、モデルの半割り部分それぞれに凹み分の板を一体化した原型(図11)を張り付ける方法で鑄型の作成を行った。

この方法では、半割り原型の位置をマッチプレートの裏表で正確に合わせることが、前述の方法に比べて困難なきらいがあるが、マッチプレートの裏表の凹みの位置を正確に合わせることと、半割り原型に一体化して造る凹み分の板の大きさを合わせることで精度を維持することができた。しかも鑄型作成時の砂の圧力

は、マッチプレートの基盤が受けるために、たわみ等の問題を懸念することもなく、所定の圧力で砂型を作成できる。

この方法を用いれば、マッチプレート基盤を一枚用意すれば、何種類もの樹脂原型を面積の許す限りマッチプレートに張り付けることができ、その組合せを変えることで少品種大量生産から多品種少量生産まで様々な生産方法に対応できる。また、樹脂で作成した原型であっても抜け勾配に注意すれば、原型の磨耗を最小に押さえることができ、簡便ながらかなりの量産にも使用できると予想される。

4 結 言

鑄造刃物製品の原型作成に関して光造形装置と、コンピュータデザインシステムの活用を検討した結果、下記の知見が得られた。

- ① デザインから原型作成までを一貫作業で行い、共通の基本データを各工程間で処理することにより、製品の設計が従来とは比較にならないほど容易にできるようになり、製品を完成させるまでの時間が大幅に短縮する。
- ② 手加工による原型作成で生じる精度の誤差を解消できるようになった。特にナイブのように左右対称形のものも両面で高い寸法精度が保証される。
- ③ 従来のように中間型を使用する必要がないため、鑄造時の収縮誤差が大幅に軽減できるとともに作業時間及び経費が削減される。
- ④ 作成した原型を直接マッチプレートに張り付けることにより、型の作成コストと時間が大幅に削減され、マッチプレートに張り付ける樹脂原型を組み合わせることにより、多品種少量から少品種多量まで、いずれの生産体制にも対応できる。

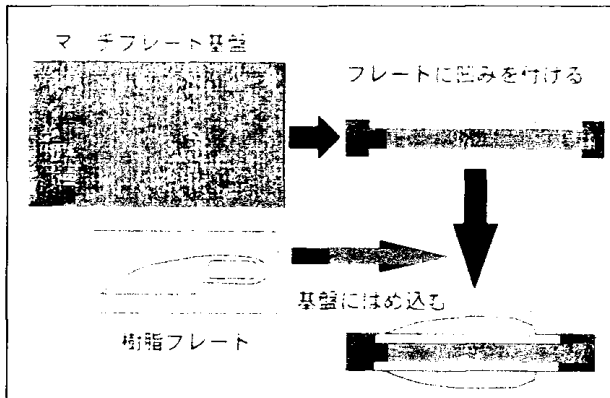


図10 樹脂の組み込み法2

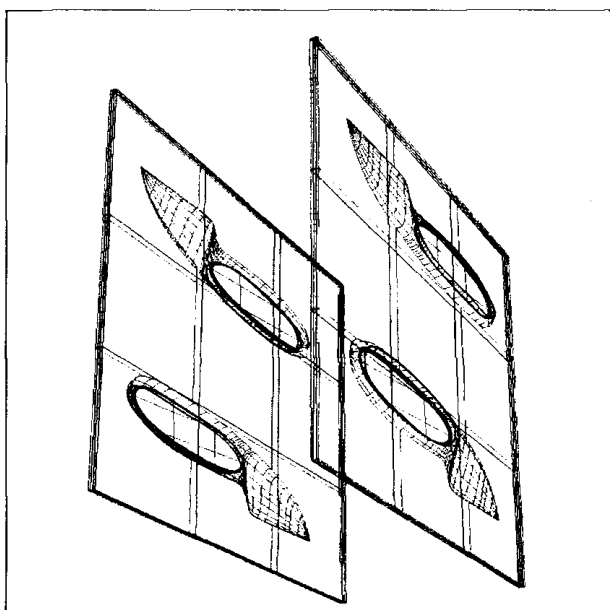


図11 マッチプレートに組み込む樹脂原型

5 要 約

本研究では高い加工精度を必要とし、複雑な自由曲面形状を持つ刃物製品を鑄造で作成する際の原型作成技術について検討を行い、コンピュータデザインシステムと光造形装置を活用することにより、直接量産に使用できる原型を簡便に作成し、アルミマッチプレート基盤と作製した原型を組み合わせ使用することにより、多品種少量生産から少品種大量生産まで柔軟に対応できる原型の活用方法を見いだした。

キーワード：合理化 デザイン 造形方法 光造形
鑄造刃物

実際の樹脂原型作成にあたり、(株)シーメットの田村氏には装置稼働と精度の維持に関して様々な助言を頂いた。

また、マッチプレート版の切削加工については、(有)サ
ンデーの鈴木氏にご協力を頂いた。文末ではあるが、謝
辞を申し上げる。

参考文献

- (1) 丸谷洋二, 大川和夫, 早野誠二, 斉藤直一郎, 中井
考: 光造形法, 日刊工業新聞社 1990
- (2) 今村正人, 孟 陽, 中川威雄: 鋳造用模型とその適
用, 第2回光造形システムシンポジウム資料, pp.37
-41 (1992)