

# 塑性変形型ラピッドプロトタイピングの開発研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/14596">http://hdl.handle.net/2297/14596</a>

氏名	田中 秀岳
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第768号
学位授与の日付	平成17年9月30日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	塑性変形型ラピッドプロトタイピングの開発研究
論文審査委員(主査)	浅川 直紀(自然科学研究科・助教授)
論文審査委員(副査)	平尾 政利(自然科学研究科・教授), 臼田 松男(自然科学研究科・教授), 米山 猛(自然科学研究科・教授), 岩森 暁(自然科学研究科・助教授)

## Development of a Forging Type Rapid Prototyping System

Hidetake TANAKA

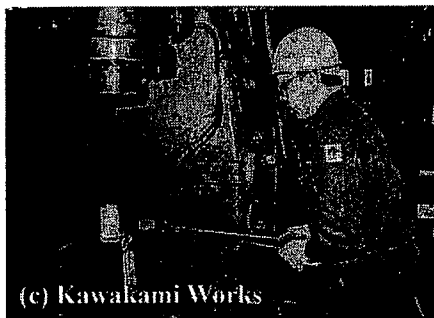
### Abstract

This study proposes a development of a forging type rapid prototyping system on the basis of CAD data. The forging type rapid prototyping system means a numerical controlled free forging and metal hammering working system as a new method of three-dimensional modeling. Today, almost all products are designed and developed with CAD/CAM system and the rapid prototyping systems using CAD data are also used to model design-preview or mock-up. On the other hand, in the free forging and plastic working field, there are few methods to automate the process. In order to automate those working, the numerical controlled free forging and the metal hammering working system are developed in the study to be adopted as a new modeling method of the rapid prototyping. From the experimental result, the system is found to have a possibility to be a new method of three-dimensional modeling as the rapid prototyping.

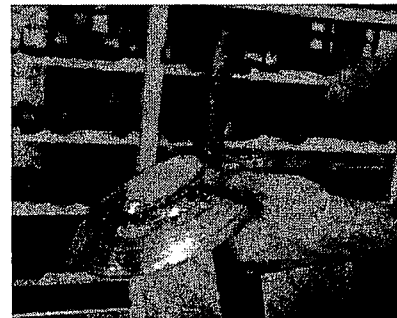
## 学位論文和文要旨

今日、工業製品のほとんどが CAD/CAM システムによって設計され、生産されている。現在の製造現場では、従来型の大量生産ではなく多品種少量生産に移り変わって来ており、設計から試作、生産に至るまで迅速な対応を要求されている。生産現場においても CNC 工作機械に代表されるように、迅速で精密な部品の加工の自動化が進んでいるが、一部には熟練工による手作業でしか行えない加工が残っていることもまた事実である。

塑性加工は一般に金型による大量生産が行われる。しかし単品や試作品の場合、コスト、時間的に金型を用いるのは得策ではないため、多くの場合、自由鍛造や鍛金加工等で熟練工による手作業に頼っているのが現状である。図 1 (a)に示されるような機械式ハンマによる作業や、図 1 (b)に示されるような手作業による鍛金作業は、どちらも作業者が母材



(a) Free forging



(b) Metal hammering

Fig.1 Examples of plastic working by human handwork

となる金属材料を手作業により任意の形状に形づくるもので、熟練工による職人技であり、その技術の習得には長い年月が必要とされ、重労働、熱間雰囲気で行われる典型的な 3 K 作業である。

一般的にプレス成形加工は大量生産に極めて適した加工法であり、それぞれの成形形状に応じた複数の金型を必要とし、その金型の製作に多大な時間とコストがかかるため、多品種少量生産には不適な加工法であると言える。しかし、プレス成形加工は多品種少量生産の場合でも、切削加工などの他の加工に置き換えることのできない加工法でもある。

現在、この鍛造、プレス成形加工分野において、金型を用いない加工法が考案されており、特に板材のプレス成形加工ではインクリメンタルフォーミング（逐次張出し成形法）が注目され、研究や実用開発が進められている。

本研究では、ハンマリングによる逐次成形加工に着目し、従来熟練工の手作業によって行われていた鍛金加工を CAD/CAM システムを用いて数値制御化を行うために、図 2 に示すようなシステムを構築した。鍛金ハンマの動作を自動化するサーボハンマリングユニットと鍛金加工に対応した CAM システムの開発を行った。さらにラピッドプロトタイプング技術の新たな 3 次元造形法として塑性変形型造形法の提案を行った。

成形実験を行った結果、図 3 に示すように、CAD で定義した様々な形状に対してほぼ同等の形状を成形することができた。

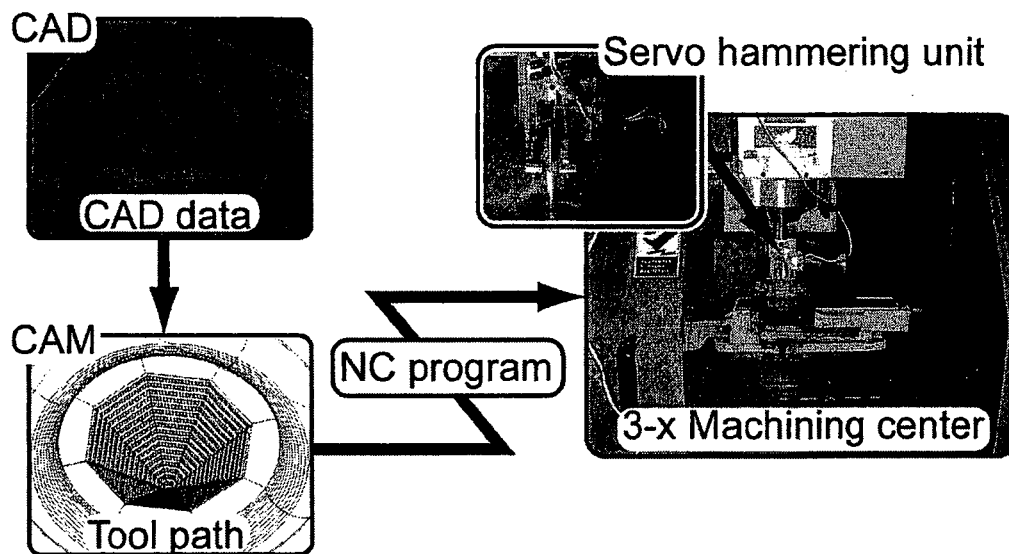


Fig.2 Configuration of the system

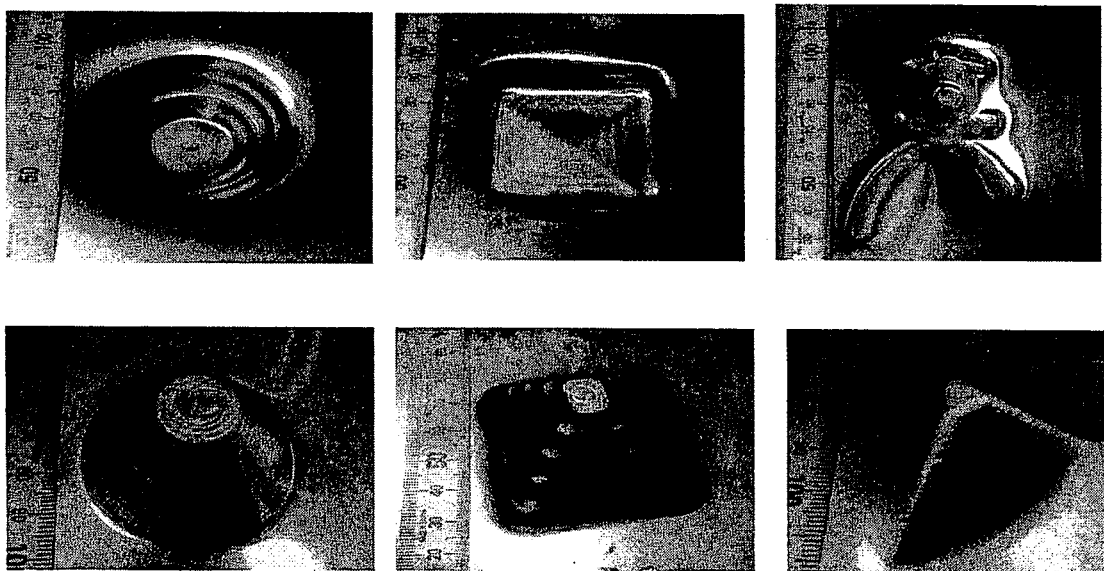


Fig.3 Sample workpieces

本論文は8章から構成されている。その要旨を要約すると以下ようになる。

第1章では「序論」として、上述のようなラピッドプロトタイピングや塑性加工領域における金型レス成形法の研究の背景や必要性、本論文の概要と要点を述べる。

第2章では「塑性変形型造形法」として、まず鍛金の歴史や加工原理について考察し、その自動化手法を検討し、その上で、ラピッドプロトタイピングの新たな3次元造形法への適用の可能性について述べる。

第3章では、「システム構成」として、鍛金加工の自動化の手法について、また、ハードウェアを構成するサーボハンマリングユニット、マシンニングセンタ、鍛金サポート治具、およびソフトウェアの中核をなす3次元CADシステムと鍛金加工に対応したCAMシステムについて述べる。

第4章では「CAD データに基づいた鍛金加工の成形特性」として、成形度合の基準である PIF(Progress Index of Forming)を提案し、評価方法としてスクライブドサークルテストを共に行い、CAD データに基づいた鍛金加工の成形特性と傾向を考察する。

第5章では「3軸加工機での鍛金加工」として、第4章での評価と考察を基に、開発したシステムを用いて種々の形状の成形実験を行い、システムの有効性を確認した。また、鍛金加工後にエンドミルを用いた仕上げ切削を同時に行い、複合加工への可能性を示したので、それについて述べる。

第6章では「深さ方法の誤差の低減」として、3軸加工機での鍛金加工で露呈した深さ方向の誤差の低減を図るために、レンジファインダを用いた3次元測定装置を製作した。製作した3次元測定装置を用いて加工途中で測定を行い、そのデータをCADにフィードバックを行うCAMシステムを構築した。それらのシステムを用いて実際に実験を行い、深さ方向の誤差が低減されたのでそれについて述べる。

第7章では「工具姿勢を考慮したCADデータに基づいた鍛金加工システム」として、3軸加工機ではハンマの適用方向が垂直方向のみであったために、実際の鍛金加工より成型性が劣っていた点について考察し、適切なハンマ姿勢を熟練工による鍛金加工のように適用するための概念とハンマモデルの説明を行う。またハンマ姿勢を考慮したCAMシステムを構築し、任意のハンマ姿勢で加工を行うために産業用ロボットを適用した。構築したシステムを用いて実際に加工を行い、システムの有効性を確認したのでそれについて述べる。

第8章は本研究の結論であり、各章での結果をまとめている。また開発したシステムおよび、塑性変形型ラピッドプロトタイピングの将来的な可能性についても述べる。

## 学位論文審査結果の要旨

当該学位論文に関し、平成17年7月27日、第1回学位論文審査委員会を開催し、提出された学位論文及び関連資料について詳細に検討した。平成17年7月28日の口頭発表後、第2回学位論文審査委員会を開催し、慎重に協議の結果、以下の通り判定した。

本論文は、ハンマリングによる逐次成形加工に着目し、従来手作業によって行われていた鍛金加工をCAD/CAMシステムを用いて数値制御化を行うために、サーボハンマリングユニットと鍛金加工に対応したCAMシステムの開発を行い、さらにラピッドプロトタイピング技術の新たな3次元造形法として塑性変形型造形法の提案を行うことを目的としている。実際に工作機械に電動ハンマユニットを装着し、鍛金加工の自動化を試み、加工特性を解析するために鍛金加工用CAMを試作し、実験を行い、その変形挙動と張り出し限界を考察した。また、レンジファインダを用いた3次元測定を行い、CAMにフィードバックすることで工作物の深さ方向の誤差の低減を可能にした。さらに、ロボットを用いてハンマ姿勢を考慮した工具経路を適用することで加工特性の向上が図れることを確認した。

以上のように本論文は新しい原理の生産システムを研究開発しており、その成果の産業への貢献度は高いと予想され、学術的価値も高いと評価できる。よって、本論文は博士(工学)論文に値すると判定する。