



Title	金属のレーザープロトタイピングに関する基礎研究
Author(s)	阿部, 史枝
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40675
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	阿 部 史 枝
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 4 2 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 9 年 10 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科 物理系専攻
学 位 論 文 名	金属のレーザプロトタイピングに関する基礎研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 小坂田宏造 (副査) 教授 小倉 敬二 教授 木本日出夫

論 文 内 容 の 要 旨

ラピッドプロトタイピングは、CAD データから実体モデルを直接作成する技術であり、高分子材料について実用化されている。本論文は、金属モデルの作成を可能にするため、金属粉末をレーザにより局部的に溶融固化させてモデルを作成するレーザプロトタイピングの開発を目指して行った基礎研究をまとめたものである。

第 2 章では CO₂ レーザ照射による各種金属粉末の溶融固化特性について調べるとともに、銅粉末とアルミニウム粉末を用いて 3 次元モデルが作成可能であることを示した。第 3 章では、銅の固化部に生じる空孔欠陥の改善法として、圧粉による粉末の密度増加法を提案し、効果があることを示した。銅粉末の熱伝導率の測定を行った結果、粉末の熱伝導率は密度により大きく変化し、溶融特性に影響することを明らかにした。さらに金属粉末を効率よく溶融するにはパルスレーザが有効であることを示した。

第 4 章では、熱伝導を考慮した有限要素法を用い、銅粉末の溶融解析を行った。パルス YAG レーザを 1 パルスだけ照射した場合の溶融現象の解析から、銅粉末のレーザ吸収率が固体の銅の約 4 倍であることを見いだした。また、複数パルス照射した場合について、溶融部の体積収縮と表面張力による変形を考慮した計算モデルを提案し、実験結果と良い一致を得た。第 5 章では、パルス YAG レーザを用いた実用金属粉末に対する溶融固化試験から、肉盛り用合金粉末がレーザプロトタイピングに適した材料であることを見いだした。数種類の肉盛り用合金粉末について作成した棒状の固化体の機械的性質を調べた。

第 6 章では、レーザプロトタイピングにおける積層と似たプロセスであるレーザクラディングを取り上げた。高炭素鋼表面への肉盛り用合金粉末のクラディングについて、熱伝導有限要素法を用いた溶融解析を行い、実験結果と良い一致を得た。第 7 章では、肉盛り用合金の母材表面に同じ肉盛り用合金の粉末をクラディングするレーザプロトタイピングの積層モデルに対して溶融解析を行った。その結果、下層と十分な接着が得られる粉末層の厚さやレーザ照射条件を明らかにした。最後に、レーザプロトタイピングに適した新しい 3 次元積層方法を提案し、金属の 3 次元モデルが直接作成できることを示した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、CAD データから金属の実体モデルを直接作成するため、金属粉末にレーザー光を照射して部分溶融させながら積層するレーザープロトタイピング技術を提案し、この方法を実現するために行った基礎研究をまとめたものである。

第2章と3章ではCO₂ レーザ照射による各種金属粉末の溶融固化特性について調べ、提案の方法に適した粉末の種類およびレーザー特性について、開発の方向性を検討している。金属によって固化状況が異なるが、第2章で銅粉末とアルミニウム粉末では連続的な固化体を得ることができ、それを積層して3次元モデルが作成可能であることを実証している。第3章では銅の固化部に生じる空孔欠陥の改善法として、圧粉による粉末の密度増加法を提案し、効果があることを示している。提案した方法の成否には粉末の熱伝導特性が重要であることから、熱伝導率の測定を行い、熱伝導率が粉末の密度により大きく影響を受けることを明らかにしている。さらに金属粉末を効率よく溶融するには、平均出力が同じ場合には、最高出力の高いパルスレーザーの方が連続出力より有効であることを見いだしている。以上の基礎実験から、提案した方法にはパルス YAG レーザが適しているとして、以下の章では50Wパルス YAG レーザを用いて、実用システムを開発するための研究を行っている。

第4章と5章では、パルス YAG レーザを用いて線状の固化体を得るための基礎実験と解析を行っている。第4章では、熱伝導を考慮した有限要素法を用い、銅粉末の溶融解析を行っている。YAG レーザを1パルスだけ照射した場合の溶融現象の解析と実験結果の比較から金属粉末のレーザー吸収率を推定し、複数パルス照射した場合の挙動、溶融固化現象を解明している。提案している造形方法では熱伝導特性および溶融部の表面張力など材料固有の特性が溶融、固化現象を支配することから、第5章ではこの方法に適していると考えられる実用金属粉末について実験を行い、肉盛り用合金粉末の場合に内部に欠陥の少ない固化体が見いだされることを見出ししている。

著者が提案しているレーザープロトタイピングにおける積層は、固化した層の上に同じ金属粉末を部分的に溶かして接合する、同種金属のクラディングと見ることができ、第6章ではレーザークラディングの過程を解析する手法を提案し、高炭素鋼表面へ肉盛り用合金粉末をクラディングする場合について解析を行い、実験結果と良い一致を見ている。第7章では、肉盛り用合金の母材表面に同じ組成の粉末をクラディングする、レーザープロトタイピングの積層モデルに対して溶融解析を行っている。その結果、下層と十分な接着が得られる粉末層の厚さやレーザー照射条件を明らかにしている。最後に、レーザープロトタイピングに適した具体的な3次元積層方法を提案し、金属の3次元モデルが作成できることを示している。

本論文は、レーザーを用いた金属モデルの新しい直接造形法を提案し、最適な加工条件などを実験および温度解析を用いて明らかにし、実現の可能性を実証したものであり、CAD からの直接造形法として、設計生産技術に寄与するところは大きく、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。