

二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月8日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[代表者所属機関・部局]
岡山大学・学術研究院自然科学学域(工)
[職・氏名]
准教授・岡本康寛
[課題番号]
JPJSBP1 120196504

1. 事業名 相手国: 南アフリカ共和国 (振興会対応機関: NRF) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) Ti6Al4V の付加製造およびレーザー溶接部材の特性評価に関する共同研究

(英文) Joint integrity evaluation of additive manufacturing and laser welding of Ti6Al4V

3. 共同研究全実施期間 2019年4月1日～2022年3月31日 (3 年 0 ヶ月)

4. 相手国代表者(所属機関・職・氏名【全て英文】)

CSIR, African Laser Centre, Pretoria・Professor・Sisa Lesley Pityana

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		4,712,500 円
内訳	1年度目執行経費	2,337,500 円
	2年度目執行経費	2,375,000 円
	3年度目執行経費	0 円

6. 共同研究全実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	5 名
相手国側参加者等	4 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	2	0	4(4)
2年度目	0	0	0(0)
3年度目	0	0	0(0)
4年度目	-	-	-()

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 本委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は本委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流実績の概要・成果等

(1)研究交流実績概要(全期間を通じた研究交流の目的・研究交流計画の実施状況等)

鉄鋼材料に対して比強度に優れるチタン合金は各種構造体や耐食性が求められる箇所などで広く使用されており、チタン合金の中でも特に Ti6Al4V が多用され、今後さらなる高性能化を求めて多くの産業分野でその活躍が期待されている。また、製品の設計の自由度を広げる付加製造技術の活用が期待されるが、更なる効率的な生産手法が求められており、今後付加製造技術の有用性を高めるためには溶製材と付加製造により形成した部材との溶接は必要不可欠である。しかし、溶製材と付加製造材は製造工程の違いから材料特性が異なることが予想されるものの、その接合に関して詳細な議論は進んでいない。そこで、Ti6Al4V の溶製材、付加製造材同士、および溶製材と付加製造材のレーザ溶接を行い、その接合特性を検討した。

1 年度目の 8 月、南アフリカ共和国より 4 名の研究者が岡山大学を訪れ、岡山大学の大学院生を含めてレーザ溶接実験を実施するとともに、本研究内容に関するセミナーを開催し、3 名の若手研究者と学生 12 名が参加した。この時、南アフリカ共和国研究者から Ti6Al4V の付加製造材の特徴、岡山大学よりチタン材料に対する効果的なガスシールド法を用いたレーザ溶接に関する報告を行った。セミナー後には今後の方針に関する検討を行い、本研究内容を進める上で必要な要素を相互に確認できた。

加えて、1 年度目の 12 月に日本国側から 2 名の研究者が南アフリカ共和国のヨハネスブルグ大学と CSIR アフリカレーザセンターへ訪問し、相互に進めてきた検討結果を共有した。また、ヨハネスブルグ大学の学生と教職員を対象とした本研究内容に関するオープンセミナーを開催し、岡山大学の若手研究者とヨハネスブルグ大学の学生と教職員の交流を通じて本技術の位置づけを高める貴重な意見も得ることができた。それにより、2 年度の進め方に関しても明確な方向性が得られ、議論を加速することができた。

2 年度目も相互訪問による交流を計画していたが、新型コロナウイルス感染症拡大の影響から直接の相互訪問を実施することはできなかった。また、南アフリカ共和国のヨハネスブルグ大学と CSIR アフリカレーザセンターでは長期間にわたって研究施設への立ち入りが禁止されていたこと、ならびに岡山大学においても研究活動の制約が多々あったことから、共同研究計画が大幅に遅延することとなった。そのため、当初 2 年間の計画であったが 1 年間延長して 3 年間の計画として進めることとした。

2, 3 年度目においては南アフリカ共和国で作製した付加製造材を岡山大学でレーザ溶接実験を行い、それらを両国で評価することで、本共同研究で計画していた内容を概ね実施することができた。また、直接の相互訪問は難しかったが、定期的にオンライン会議を実施し、結果としては議論する時間を多くとれたことから、本共同研究を通じてより密な研究交流を行うことができた。

さらに、3 年度目の 2 月に本共同研究内容を総括するオンライン発表会を行うとともに、今後の共同研究の可能性についても議論を行ったところ、設計コンセプトを含めた発展的な内容を見いだすことができ、本共同研究の成果をもとに新たな共同研究への申請を目指すことを確認した。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

Ti6Al4V の付加製造材と溶製材のレーザ溶接を行うとともに、各々の材料特性を検討した。付加製造材は、局所的に評価すれば結晶構造は非常に等方性があり、大きな降伏応力を示すが伸びは小さい。一方、溶製材の結晶構造は異方性が強く、若干降伏応力が小さくなるが、大きな伸びを示した。これらの材料を適切な Ar シールド環境下においてレーザ溶接したところ、溶接領域には空孔などの欠陥が無く、良好な溶接継手が得られた。この溶接継手の破断試験を試みたところ、多くは溶製材側で破断が生じていた。このように、材料製造法で明確に差が生じていたことから、その特性を十分に理解して溶製材と付加製造材を利用した構造体を設計する必要があることが明かとなった。今後、この材料特性の差を生じさせる要因の解明を進めることで本手法の有用性を示すことができれば、製造プロセスの選択肢の拡大に繋がるものと確信している。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

1 年度目の相互訪問において強固な協力関係を築けたことにより、2, 3 年度目で新型コロナウイルス感染症拡大の影響にも負けることなく本共同研究の当初目的を達成できた。これは、直接の相互訪問を通じて研究者間の相互理解を早期に築ける機会が設けられたことが大きかったと考えられる。また、本共同研究内容には岡山大学の大学院生も関与したことから、英語圏の共同研究者や学生との相互交流を通じて大学院生の国際感覚の育成にも貢献できた。さらに、最後のフロンティアと称されるアフリカ圏の先進国である南アフリカ共和国の産業に結びついた研究内容を共同で実施できたこと、そして若手研究者間の今後の共同研究継続に関する関係を構築できたことは、将来の国際共同研究活動の活性化、そしてその産業展開へ大いに役立つとともに、我が国の成長にも繋がるものと思える。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

チタン材料の採掘が活発であり、それを利用する産業が多い南アフリカ共和国のレーザ加工に関する研究グループとレーザ加工に関する取り組みが活発な岡山大学がそれぞれの強みを活かして、Ti6Al4V の付加製造材を用いたレーザ溶接に関して継続的な取り組みを進め、今後もその関係を継続していく環境が構築できたことは両国の研究者育成に繋がっていくものと考えられる。

本共同研究の成果は Ti6Al4V 粉末を用いた付加製造技術の有用性をさらに高めるとともに、製造プロセスの選択肢の拡大に繋がるものである。これらの成果は自動車産業、航空宇宙産業の生産性を向上させるのみだけでなく、パワープラントの熱交換器などにも適応が期待できる。特に補修を行うような場合、直接肉盛を行う場合が多いが、付加製造材の接合が実現できれば新たな設計、補修法としても広がってことから、現代社会を支える産業インフラの機能保全や向上に貢献できるものと確信している。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取り組み、成果)

1 年度目では、本共同研究の議論をするとき、若手研究者の積極的な提案を重視するとともに、国際共同研究の進め方に関して若手研究者に経験を積んでもらうことに努めた。若手研究者である CSIR アフリカレーザセンターの Monnamme Tlotleng 博士、そして岡山大学大学院博士課程のマイナ・マーティン、および篠永東吾助教は特に緊密に連絡を取り合い、それにより相互訪問時に有効な実験、議論が可能となった。また、篠永東吾助教はヨハネスブルグ大学訪問時に学生に対する講演を行い、同国の学部学生とも議論する機会を得られたことは、研究面に加え、教育面でも貴重な経験になったと考えられる。マイナ・マーティンは岡山大学博士後期課程を修了後にケニアへ帰国し、その後も南アフリカ共和国のヨハネスブルグ大学と CSIR アフリカレーザセンターとコミュニケーションをとっているなど、本共同研究で構築できた協力関係が続いている。

2, 3年度目は新型コロナウイルス感染症拡大の影響で直接の相互訪問こそできなかったが、1年度目に構築できた協力関係があったことから、オンライン会議でも相互の意思疎通に大きな問題なく意見交換を行うことができた。また、オンライン会議の良い点として、比較的頻繁に会議の場を設け、進捗状況を議論できたことは若手研究者にとって有益であったと考えられる。さらに、本共同研究終了後も、若手研究者を中心に共同研究活動の取り組みを継続するとしていることから、若手研究者の継続的な成長に繋がっていくものと思える。

(6)将来発展可能性(本研究交流事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本共同研究活動によって、ヨハネスブルグ大学および CSIR アフリカレーザセンターと岡山大学の協力関係が

強固となった. Ti6Al4V は輸送機器や過酷な環境下での利用, さらには医療分野に至るまで幅広い応用が期待されるような高機能材料である. Ti6Al4V を用いた付加製造材料と溶製材のレーザ溶接に関して議論を深められたことは, Ti6Al4V の利用において製品の設計自由度, そしてその活用を大きく広げるのに大きく貢献できると考えられる. さらに, 若手研究者が主体となってこの研究に関する取り組みを継続していくことを相互に計画していることから, Ti6Al4V の付加製造材と溶製材の材料特性を活かした設計とレーザ溶接への適応が広がっていくとともに, 若手研究者の研究活動の活性化に繋がり, 次世代の協力関係構築にも発展することが期待できる.

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記述してください)

特記事項無し