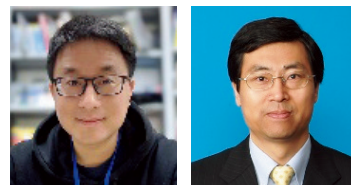


# 軽量構造における異材摩擦攪拌接合技術の可視化研究

接合科学研究所 機能評価研究部門

特任講師 **ゲン ペイハオ**教授 **麻 寧緒** <https://researchmap.jp/phngeng> <https://researchmap.jp/ma.ninshu>

## 研究の概要

異材摩擦攪拌 (FSW) の固相接合条件を適正化し、接合品質を向上するためには、FSW 過程における発熱・熱伝導・熱伝達と異材界面の塑性流動を可視化し、接合メカニズムを解明することは、極めて重要である。本研究では、Al 合金/CFRTP、Al 合金/高張力鋼を対象とした異材 FSW 接合プロセスに対して、高度な数値シミュレーションモデルを開発し、接合現象を再現すると共に、接合部のマイクロ組織と機械的特性の相関関係を明らかにした。

## 研究の背景と結果

FSW は、軽量構造の製造に適用できる革新的な固相接合技術である。異種材料 FSW 継手の性能は、接合界面の組織に決定される。接合界面の組織は、接合過程における摩擦発熱、塑性流動、熱履歴および応力ひずみの履歴によって変化する。これまで、接合領域の熱発生や塑性流動および熱・力学現象の可視化による定量評価は不十分であった。

Al 合金と CFRTP の摩擦攪拌スポット接合の継手強度を向上するため、ブロープ無しの3種類接合ツール (フラットツール、凹型ツール、環状ツール) を新たに設計し、接合界面の温度分布を数値解析で可視化し、接合界面の組織、継手強度および破壊形態を実験で調査した。フラットツールの場合、多数の微細空洞欠陥が存在するため、接合部のせん断強度が低かった。一方、凹型ツールと環状ツールでは、発熱分布を分散させ、接合領域の温度分布がより均一になり、接合品質を向上した。その中、凹型接合ツールを用いる Al/CFRTP の摩擦攪拌スポット部における均一温度の接合面積が大きく、接合継手のせん断強度が最も高い。

Al/鋼の重ね摩擦攪拌接合に関する研究では、数値シミュレーションの可視化解析により、接合中の塑性流動と接合ツールの回転速度との定量関係を明らかにした。回転速度を増加させると、広範囲の塑性流動が激しくなり、過熱現象が生じる。回転速度が低い場合、Al が鋼材への移動は不十分になり、ポイドや重ね合わせ界面の未溶着欠陥が発生した。回転速度の上昇に伴い、ピーク温度は、アルミニウム合金攪拌ゾーンから鋼板側の攪拌ゾーンに遷移した。さらに高回転数でのブロープ下部の温度は Al 合金の凝固温度に近づき、金属間化合物層が厚くなり、界面強度を著しく低下させた。本研究により適正な回転速度の範囲が推定できた。

## 研究の意義と将来展望

数値解析手法と実験測定技術を活用して接合メカニズムを解明し、異材 FSW 接合条件を適正化することにより、接合継手の性能向上を図る。さらに本技術の適用により輸送機器の構造軽量化の接合課題を解決し、製造時或使用時のエネルギー消費量を低減し、SDGs に貢献する。

### Friction spot joining of Al/CFRTP and used tools

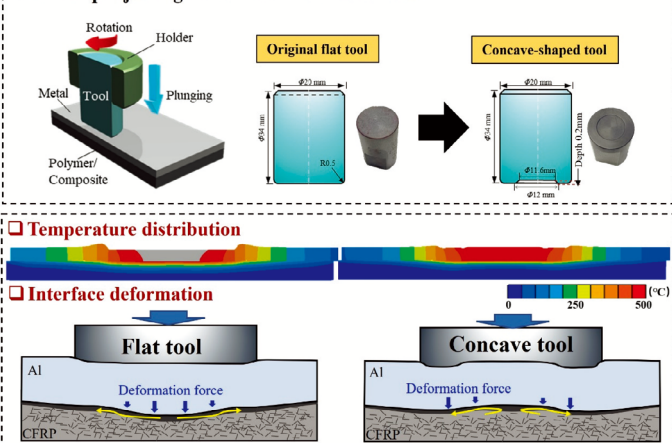


Figure 1 Friction spot joining of Al/CFRTP

### Friction stir lap welding of Al/steel

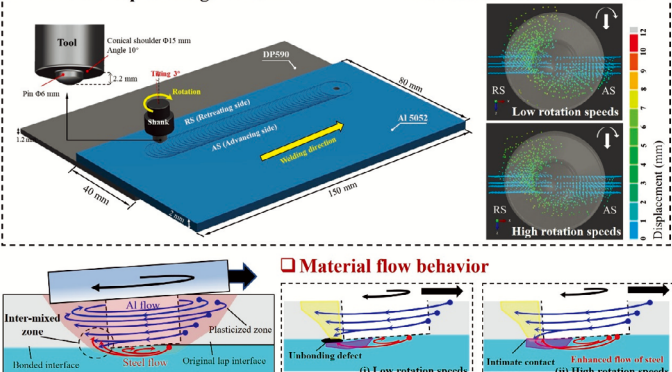


Figure 2 Friction stir lap welding of Al/steel

特許 特願2021-179991

論文 Geng, Peihao; Ma, Hong; Li, Weihao et al. Improving bonding strength of Al/CFRTP hybrid joint through modifying friction spot joining tools. Composites Part B: Engineering. 2023, 254, 110588. doi: 10.1016/j.compositesb.2023.110588  
Geng, Peihao; Ma, Yunwu; Ma, Ninshu et al. Effects of rotation tool-induced heat and material flow behaviour on friction stir lapped Al/steel joint formation and resultant microstructure. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2022, 174, 103858. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2022.103858

参考URL

キーワード 摩擦攪拌接合、異種接合、軽量合金、数値シミュレーション