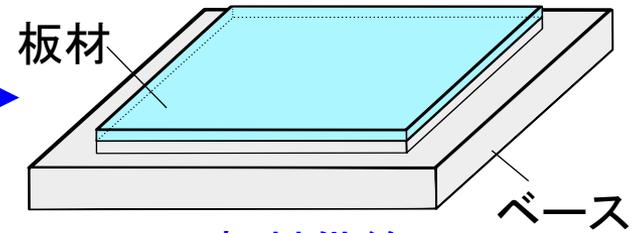
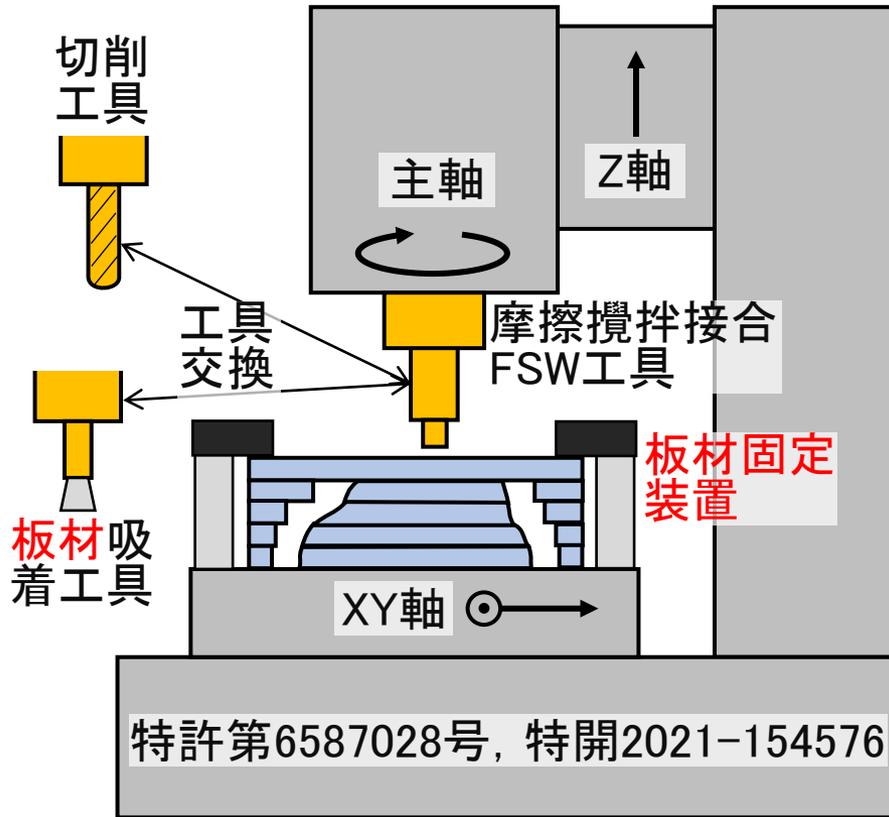
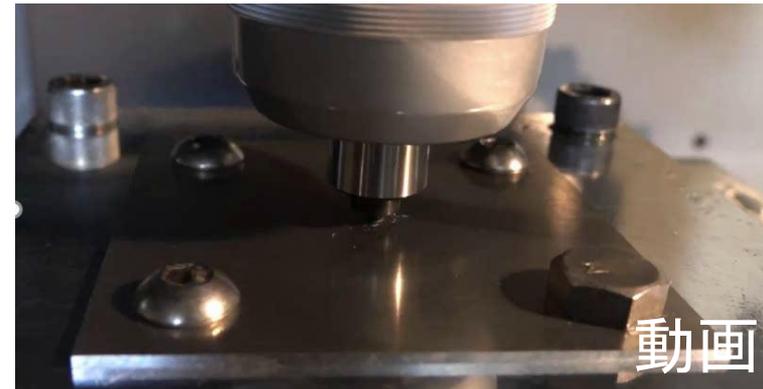


1. 研究テーマの概要－研究シーズと課題

独自技術：CF-HM (Cutting Friction-stirring Hybrid Manufacturing)



(1) 板材供給



(2) 重ね合せ摩擦攪拌接合(FSW)



(3) 切削仕上げ

繰返して積層造形

特長：高強度アルミに対し，高品質・高効率を両立できる唯一の金属積層造形技術

課題：板材面積と固定装置ストロークによる造形寸法の制約

1. 研究テーマの概要－背景・開発ターゲットの必要性

航空機製造用ジグの高性能化・低コスト化には新しい3Dプリンティング技術が必要！

アルミ製ジグ(フレーム・リブ・スパー等)の課題

- 従来、工作物固定は主にボルトで行われるが、油空圧による自動化の要求が拡大。しかし油空圧配管の取り回しで数多くの構成部品が必要
- 既存の油空圧部品を従来のジグに組み込むと、ジグ構造が複雑大型化し、重量増大が問題

⇒3D油空圧配管を内蔵し、大型ジグの小型・軽量・自動化を促進する金属3Dプリンティング技術が必要

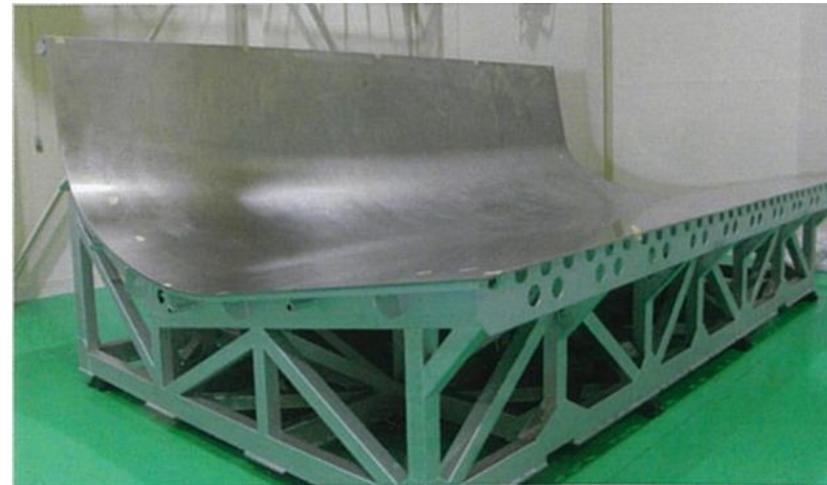


航空機フレーム製造用アルミ製ジグの例

インバー製金型製造／CFRP成形の課題

- [製造時]インバー材は高価でリードタイムが長い
- [製造時]多工程(成形、溶接、機械加工)かつ手作業が必要
- [CFRP成形時]内部配管を持つ金型製造法がないため、温度制御に長時間が必要

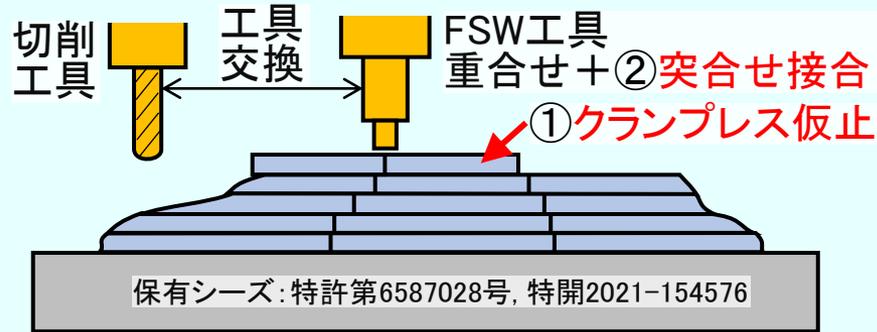
⇒製造コスト低減、品質改善、リードタイム短縮のため、低コスト高能率であって、金型面下に温度制御用配管を内蔵可能な金属3Dプリンティング技術が必要



航空機CFRP部品用インバー製成形型の例

1. 研究テーマの概要－全体の実施概要

研究テーマ：金属3D造形技術CF-HMの進化による航空機部品製造用大型ジグの革新



[目標] ①クランプレス仮止技術，②突合せ接合の融合による大型(1m以上)金属3Dプリンティングの実現
[内容] 名大，産技セ：積層造形技術の進化，富士精工，オークマ：クランプレス・融合接合技術の開発・事業化



[目標] ④航空機CFRP部品用金型製造に向けた空気が漏れないインバー材の3Dプリンティング
[内容] 名大，産技セ：インバー材の造形技術開発，三菱重工，菱輝金型：CFRP用金型に応用・事業化，NTKカッティングツールズ：高耐熱FSW工具開発・事業化



[目標] ③3次元油空圧配管構造を内蔵する従来比2分の1(重量)の小型/軽量/省資源/自動化ジグ(モデル)の実現
[内容] 名大，産技セ：配管内蔵造形技術の開発，三菱重工，菱輝金型：3D油空圧配管内蔵ジグの設計・開発・事業化



試作トライアル

加工セミナー(事業後)

[目標] 技術評価や県内企業への波及
[内容] 産技セ(知の拠点あいち)：各種測定，課題整理，改善提案，技術紹介

1. 研究テーマの概要－ロードマップ

最終目標

R7.3

R6.3

R5.9

R5.3

素材サイズを超える
大型(1m以上)金属
3Dプリンティングの
実現

従来比2分の1(重量)
の小型/軽量
/省資源/自動化
ジグ(モデル)の実現

空気漏れのないイ
ンバー材3D造形物
作製

クランプレス仮止技
術の確立

突き合せFSWを融
合した3Dプリンティ
ング技術の確立

端材利用可能な配
管内蔵ジグ製造技
術の開発

インバー材のクラン
プレス/突き合せ接
合技術の開発

クランプレス3Dプリ
ンティング技術の実
現

突き合せFSWを融
合した3Dプリンティ
ング技術の実現

3次元油・空圧配管
構造の3Dプリンティ
ングの実現

インバー材の3D造
形物作製

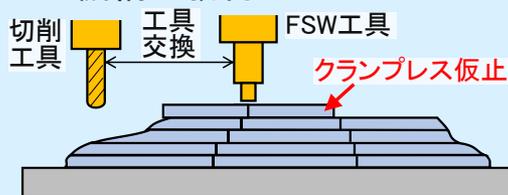
クランプに代わる各
種候補技術の検討

重ね合せFSWに加
えて突き合せFSW
の融合検討

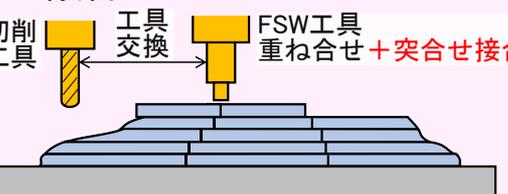
3次元空圧配管構
造の3Dプリンティ
ングの実現

インバー材のFSW
技術の開発

① CF-HMの進化－造形物側ク
ランプ機構の排除



② CF-HMの進化－突き合せFSW
の融合



③ 航空機用大型・複雑アルミ製ジ
グの3Dプリンティング



④ 航空機CFRP部品用金型製造に
向けたインバー材の3Dプリン
ティング



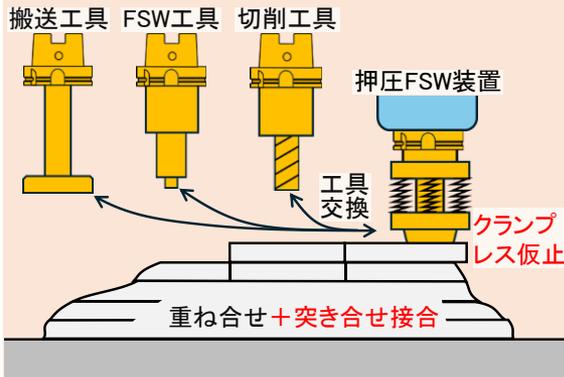
2. 研究開発の成果－最終目標の達成状況

R7.3

最終目標達成状況

自己評価

- ① CF-HMの進化－造形物側クランプ機構の排除
- ② CF-HMの進化－突き合せFSWの融合



素材サイズを超える大型(1m以上)金属3Dプリンティングの実現



①クランプレス仮止技術を開発

担当:名古屋大学, 富士精工, 産業技術センター, オークマ



②突き合せFSW融合, 材料特性評価

担当:産業技術センター, 名古屋大学, NTKカッティングツールズ, オークマ



①②寸法限界を超える大型造形を実現

担当:全参画機関



- ③ 航空機用大型・複雑アルミ製ジグの3Dプリンティング



従来比2分の1(重量)の小型/軽量/省資源/自動化ジグ(モデル)の実現



③配管構造造形技術を開発, 小型/軽量化ジグの設計・造形に成功

担当:三菱重工業, 菱輝金型工業, 名古屋大学, 産業技術センター



- ④ 航空機CFRP部品用金型製造に向けたインバー材の3Dプリンティング



空気漏れのないインバー材3D造形物作製



④適切な高耐熱FSW工具形状・条件を見出し, インバー材の造形に成功

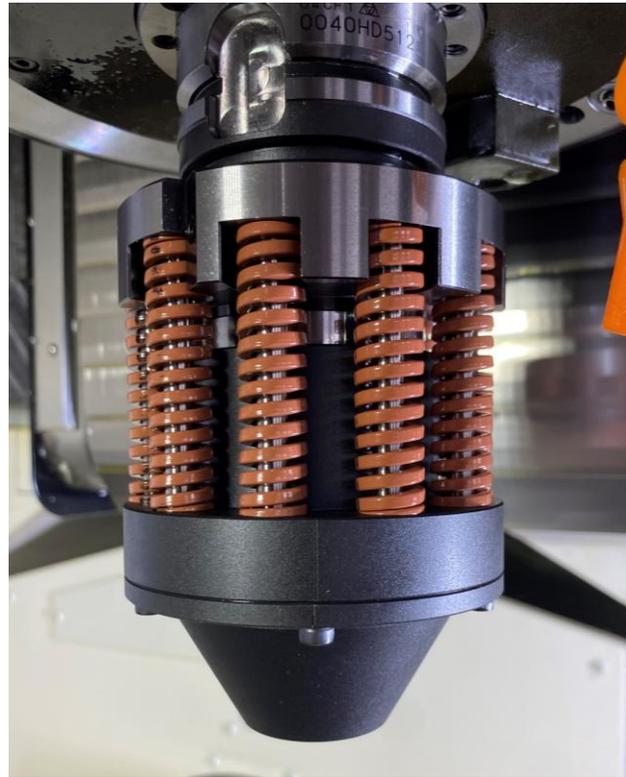
担当:名古屋大学, NTKカッティングツールズ, 富士精工



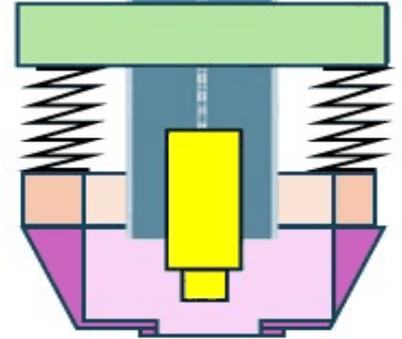
2. 研究開発の成果ー①クランプレス技術の開発・進化



従来の造形物側クランプ装置



押圧FSW装置

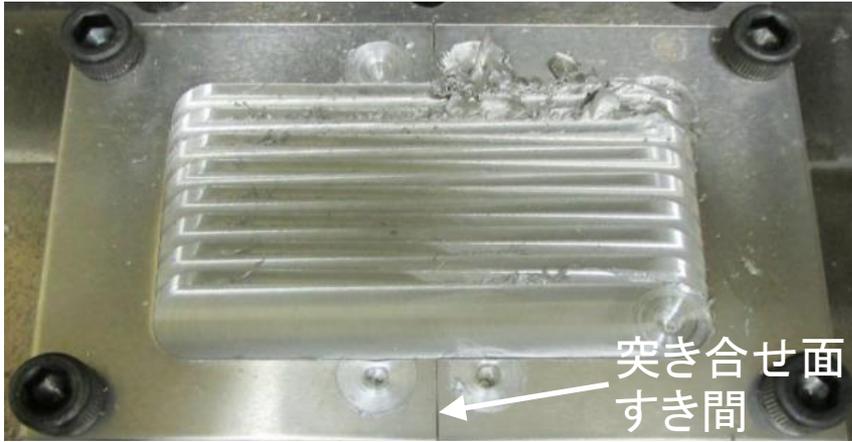


押圧FSW装置の動作

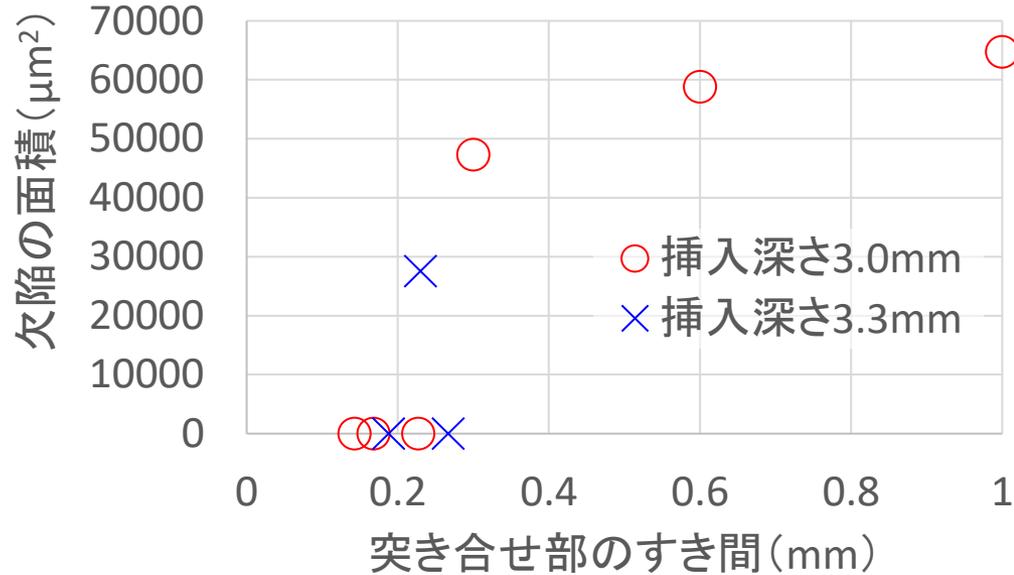
クランプ装置に起因
する寸法制約を解消！

**従来の造形物側クランプ装置を排除し、工具側の押圧機構を
考案(2件特許出願済み)して工具自動交換にも対応！**

2. 研究開発の成果-②突き合せ接合の融合



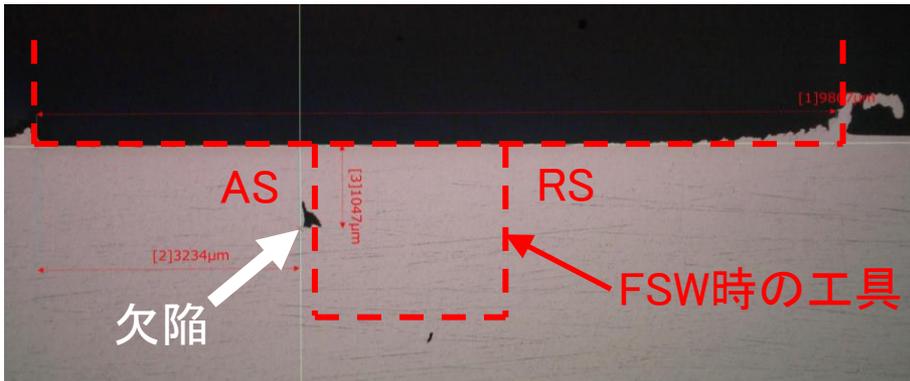
すき間を設けた突き合せと重ね合せ
融合FSW実験
回転数1000 min⁻¹, 送り速度300
mm/min, アルミニウム合金A5052



すき間	引張強さ (MPa)	強度低下率
0mm	231.0862	2.304%
0.2mm	233.1288	1.440%
0.4mm	233.7130	1.193%
重ね合わせのみ	236.5355	

引張試験の結果

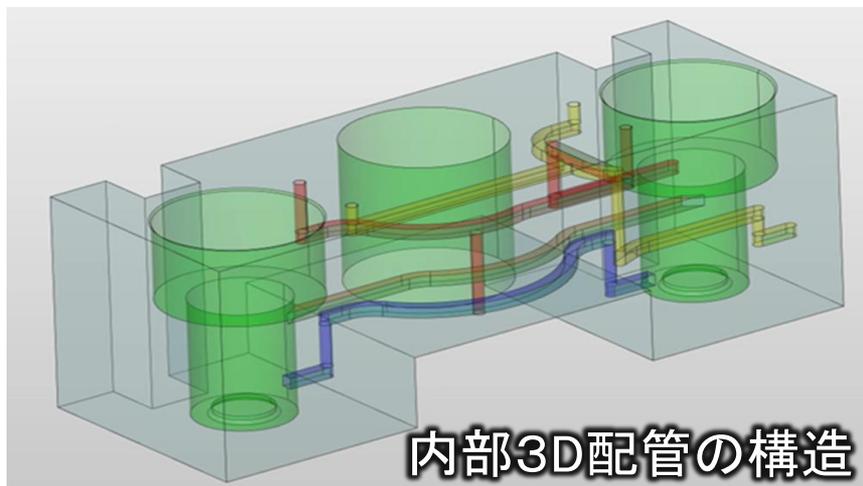
**突き合せ面すき間を0.2 mm以下
にすることで欠陥を抑制し、ほと
んど強度低下しないことを確認!**



突き合せ接合後の断面観測例

2. 研究開発の成果－①②大型／③小型軽量化ジグの造形

軽量中空構造アルミニウム合金製大型(寸法1m以上)ジグの造形に成功!



内部3D配管の構造

動画



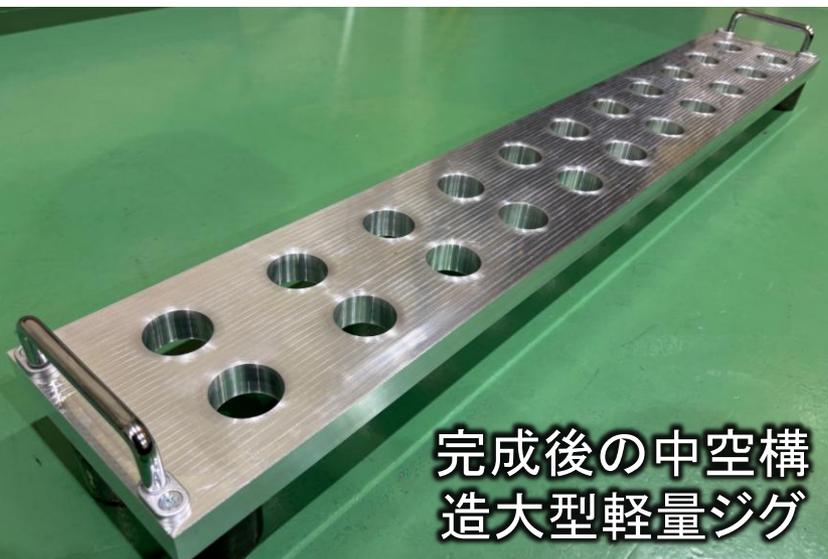
空気圧動作の確認



3D配管内蔵小型ジグ

3D油空圧配管内蔵小型軽量化ジグの設計・造形に成功!

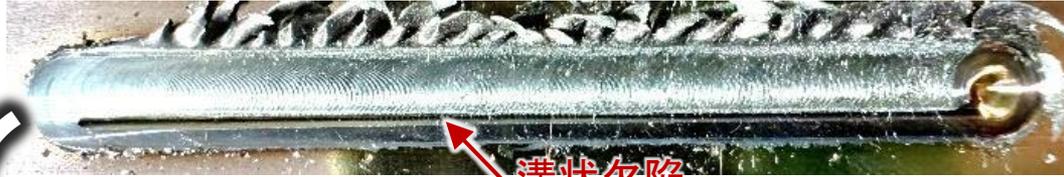
2. 研究開発の成果 -①②大型ジグ造形の様子



2. 研究開発の成果-④インバー材の積層造形



新形状セラミックFSW工具



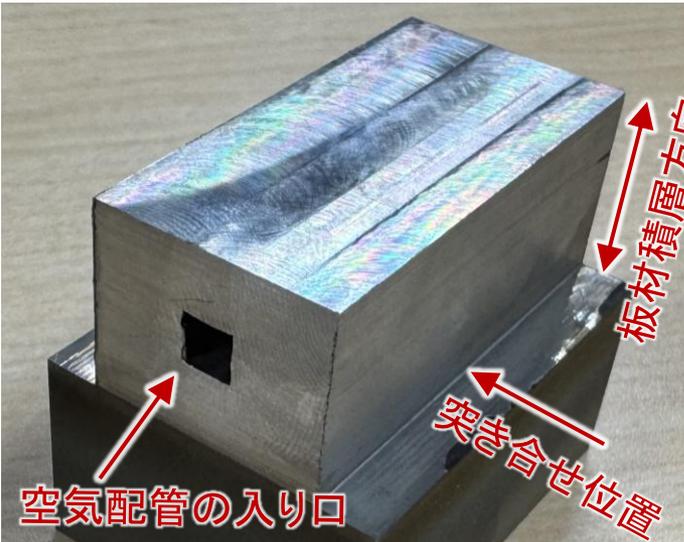
溝状欠陥

欠陥抑制



突き合せ位置

新工具形状・条件により、インバー材の重ね合せ・突き合せ融合FSW接合に成功！

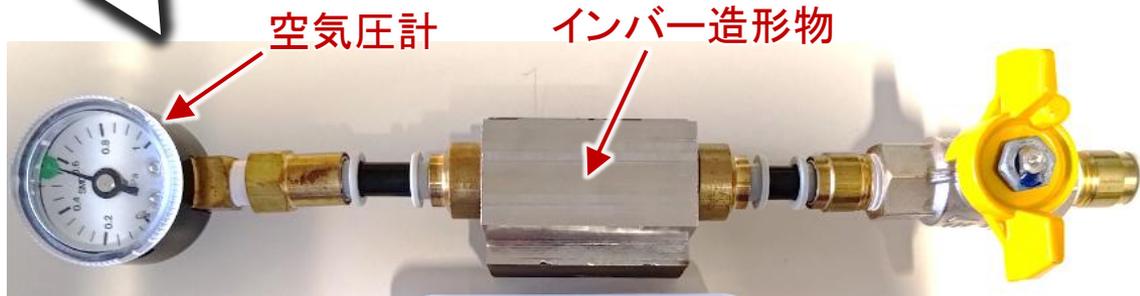


空気配管の入り口

突き合せ位置

板材積層方向

内部配管をもつインバー材の積層造形例



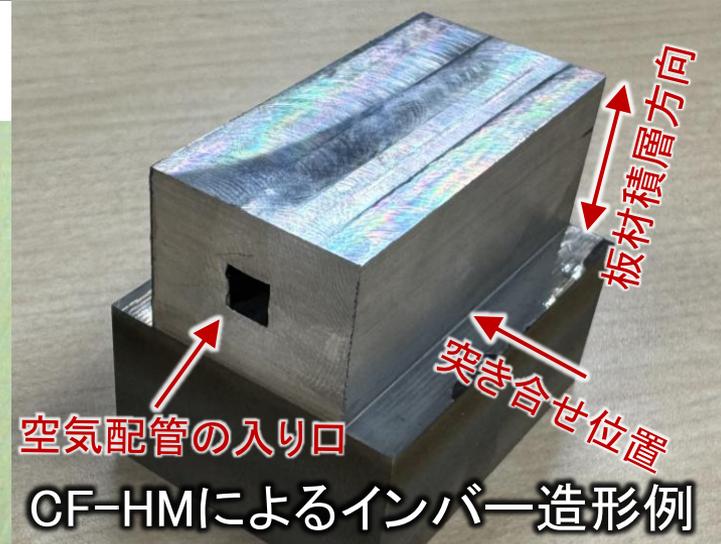
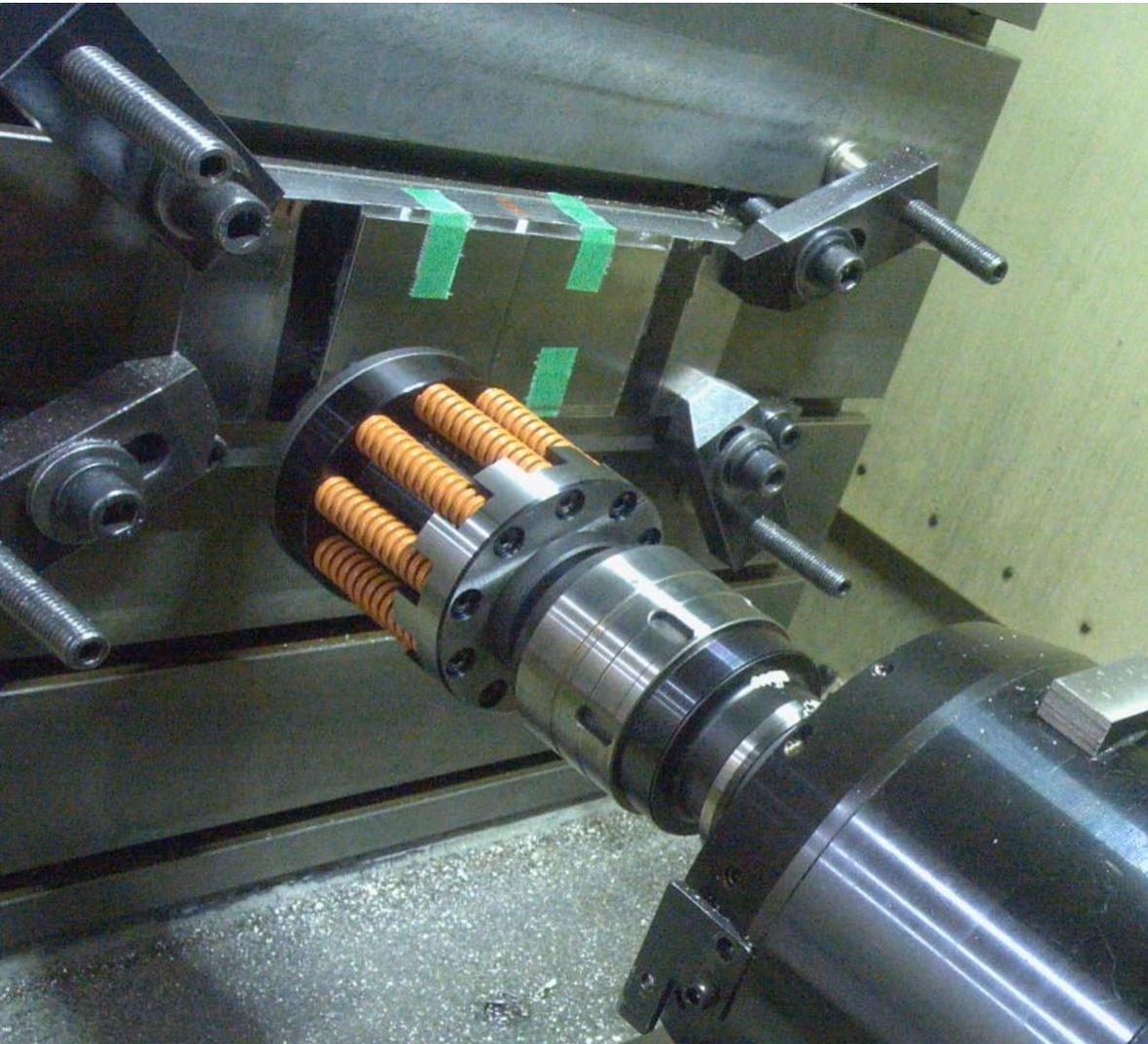
空気圧計

インバー造形物

内部配管に空圧0.56MPaを3日間与えて漏れない(圧力低下しない)ことを確認！

インバー材のクランフレス / 突き合せ融合造形に成功！

2. 研究開発の成果-④インバー材の積層造形の様子



動画

押圧FSW & 重ね合せ・突き合せ融合FSWの様子(10倍速)

3. 研究実績

□特許出願	~2025.1	
	2件	
□外部発表	~2025.2	~2026.3
論文投稿	0件	2件の見込
	~2025.2	
プレス発表	2件	
□情報発信	~2025.2	
展示会出展	8件	
	~2025.2	
その他(ケーブルテレビ局, 新聞社の取材)	2件	
□会議の開催件数	~2025.2	
研究開発会議	12件	
	~2025.2	
個別会議	40件以上	

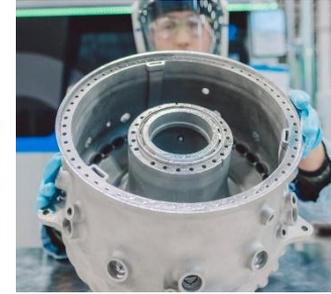
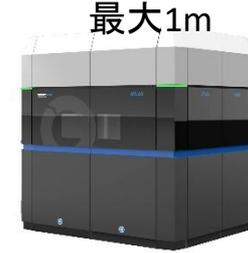
4. 事業化の見通しー既存技術に対する国際的優位性

金属3Dプリンティングによる大型部品の造形

世界中で各種金属3Dプリンティング技術が開発されているが、航空機製造用ジグに求められる大型化(1m~十数m)と実用的品質を満足できる方式は開発技術以外になく、適用材種にも制約が多い

各種金属3Dプリンティング技術の比較

積層方式	CF-HM (独自技術)	PBF	WAAN	ワイヤー DED	パウダー DED
大型化	○(成果) 板材面積とクランプストロークの制約解消	×	○	△	△
品質・効率	○ 品質が良く 高効率	△	△	△	△~○
仕上げ加工	○ 同時実施	△	×	×	○
材料コスト	◎ 低コスト、端材利用可	×	○	○	×
高強度アルミ材適用	○	△	×	×	×
内部配管構造の創製	○	○	×	×	×

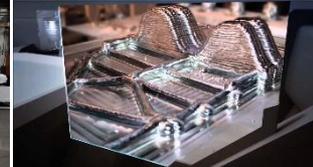


パウダーベッドPBF方式 (GE Additive)



ワイヤーアークWAAN方式 (Cranfield大)

最大5.7m



電子ビームワイヤーDED方式 (Sciaky社)

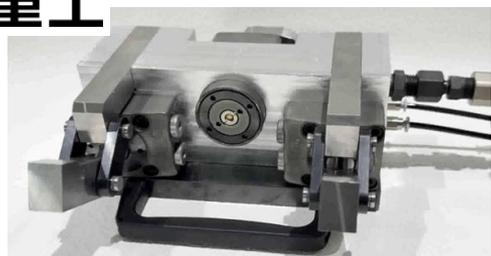
最大2m



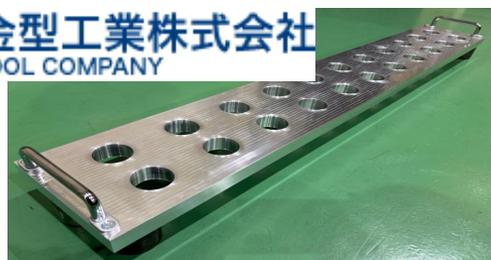
レーザーパウダーDED方式 (Nidecマシントール)

➡ CF-HM(独自技術)の大型化を実現し、国際的優位性を確立!

4. 事業化の見通しービジネスプラン, 展開, 県内産業への波及



ビジネスプラン	今後の展開(課題)	県内産業への波及
革新的ジグを用いた航空機部品製造へ適用拡大	開発技術を核として大型部品用ジグの自動化・小型軽量化・低コスト化を推進(課題:量産化、自由曲面へ適用)	県内航空機産業の競争力向上に貢献



革新的ジグ・金型製造の事業化	開発技術を駆使して各種大型部品の少量生産の高度化・低コスト化を推進(課題:量産化、自由曲面へ適用)	革新的ジグを, 県内航空機産業へ提供し、競争力向上に貢献
----------------	---	------------------------------



3D造形技術の事業化	金型業界への適用から開始し、他業種へも適用拡大(課題:複雑形状造形時のNCコード作成)	県内ものづくり企業の大型少量部品の試作開発力向上に貢献
------------	---	-----------------------------



インバーに対する高耐熱FSW工具 押圧FSW装置の事業化	他の高融点金属へのFSW工具の展開(課題:その条件探索) FSW以外への押圧ホルダーの展開(課題:その研究開発)	高融点金属への適用拡大、専用ジグの排除により、県内企業のFSW技術力向上に貢献
---------------------------------	---	---

5. 人材育成

企業

【事業参画企業】

三菱重工

菱輝金型工業株式会社
RYOKI TOOL COMPANY

LOKUMA

Member IMC Group

NTK
CUTTING TOOLS

C-max
FUJISEIKO LIMITED



豊富な経験を持つ
トップ技術者

【その他県内ものづくり企業】

事業後のセミナー・講習会・試
作トライアル等で、**多くの県内
技術者が成果技術を習得**



**技術革新を
担う若手技
術者(各社
1名以上)**

トップ技術者・大学教
員等と技術革新を目
指す経験を通して学
生の実践教育, 若手
技術者育成

大学  【名古屋大学】



**学生の実践教
育(R4:3名,R5:
3名,R6:3名)**



**技術革新に
挑む教員**

ものづくり
人材育成
循環サイクル

- ・共同で技術開発
- ・共同で技術普及
(セミナーや講習会)

愛知県  【産業技術センター】

成果技術のセミナー・講習会・試
作トライアルを県内企業に提供
本研究を通じて、**産業技術セン
ター若手職員の育成**を推進



- ・企業の技術革新,
人材育成の支援
- ・成果技術の県内
企業への普及



ご清聴ありがとうございました！

専用ジグを必要としない押圧FSW接合の様子