

# 航空宇宙および防衛向け積層造形

積層造形アプリケーション開発の迅速化とリスク軽減



3D Systems は 1986 年に 3D プリント業界を立ち上げ、それ以来、積層造形のイノベーションをリードしてきました。

ハードウェア、ソフトウェア、材料、サービスソリューションを包括する当社の幅広いポートフォリオはプラスチックから金属まで対応し、社内のお客様向けアプリケーションイノベーショングループ (AIG) が持つ業界別のエンジニアリング専門知識に裏付けられています。お客様の最も困難な設計と生産上の課題を解決するために、当社ではアプリケーションに焦点を当てたコンサルティング型のアプローチをとっています。

当社のソリューション、専門知識、イノベーションの組み合わせにより、お客様は従来型製造の制約を打破し、積層造形の価値を最大限に高めることができます。

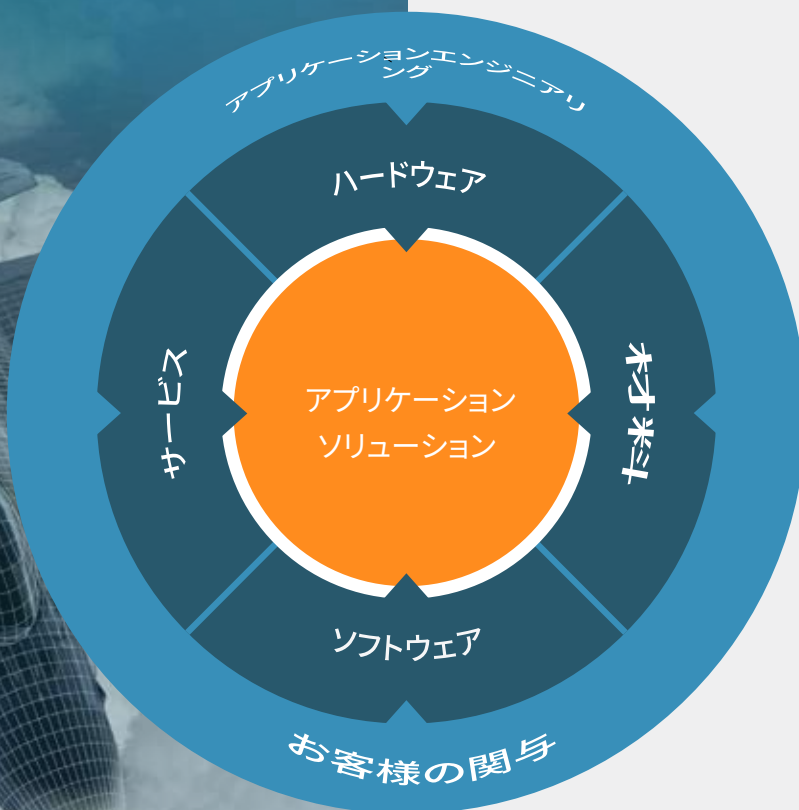
## 再現性、信頼性、拡張性に優れた積層造形ソリューションを提供します

航空宇宙および防衛の分野において金属積層造形を採用するには、そのプロセスが現在運用されている従来型製造の要件を満たすことが最低条件です。

当社のグローバル AIG は、適格性の基準を満たし、技術移転が可能でスケーラブルな生産プロセスを開発することにより、お客様のリスクを軽減しながら迅速な ROI を実現します。このことは、新たな積層造形 (AM) 生産アプリケーションを開発する際の重要な差別化要因になります。

[A&D 金属材料の詳細を見る](#)

[AM プラスチック材料の詳細を見る](#)



# 確信を持って AM アプリケーションを進化させる



## 機能主導の設計

AM では、アプリケーションの要件が先にあり、製造プロセスはそれに沿って構築されます。そのため設計の幅が広くなり、流体フローや熱伝達をより適切に最適化することができます。また、AM を採用することで、構造の強化と軽量化、アセンブリの統合、新素材の利用など、さまざまなメリットが得られます。



## 再現性と信頼性の高い生産

当社が提供する量産グレードの積層ソリューションは、一貫した高品質材料と部品精度を確保し、すべての造形ごとに、すべての機器、すべての場所にわたって機械的特性を厳密に制御します。



## 市場投入の迅速化とサプライチェーンの統合

AM によって、最初のプロトタイプからサンプルのテストまでのリードタイムが大幅に短縮され、地域の実情に沿った柔軟で無駄のないサプライチェーンを活用した本格的な生産が可能になります。



## 拡張性とリスクの軽減

AS/EN9100 および ITAR に登録された当社のパイロット製造施設では、開発プログラムを効率的に進めるために生産能力と柔軟性を増強し、リスクを軽減した生産を実現しています。パイロット生産の終了後にはお客様への技術移管が行われます。また、自社施設やサプライヤに複製され、さらにスケールアップされた製造プロセスの適格性評価が行われます。



## 積層造形の専門知識と能力

当社のアプリケーションイノベーショングループと提携することでお客様の組織とサプライヤは AM の能力を身につけ、コンセプトの段階から生産の成功へと迅速に前進することができます。



機械特性試験用ビルドプレート。

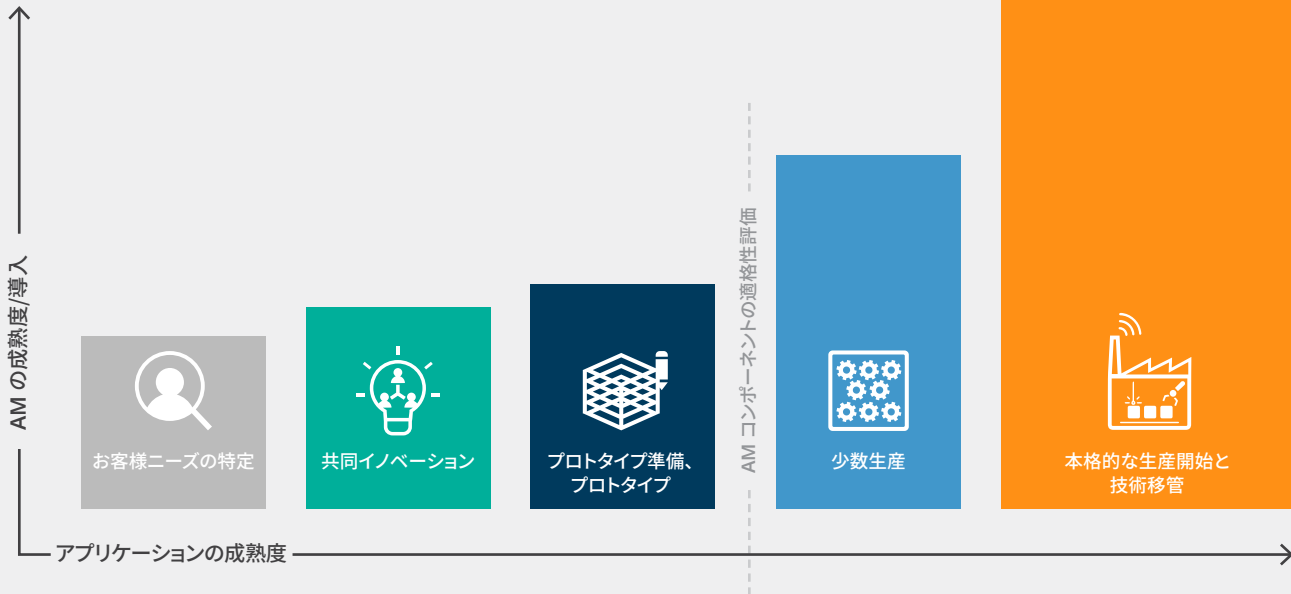
Figure 4<sup>®</sup> High Temp 150C FR Black – 量産グレードの難燃性紫外線硬化性樹脂



# お客様の AM 採用プロセス

3D Systems のアプリケーションイノベーショングループによる支援

AIG の使命は、AM アプリケーション開発の加速化とリスク軽減です。私たちは、お客様がそれぞれの進むべき道を定めるお手伝いをします。



## アプリケーションに合わせてカスタマイズされたソリューションで AM 生産の成功を迅速に実現

### AIG の典型的なサービスモデル

1	アプリケーションの審査	1日	7	検証と適格性評価	通常 5 ~ 18 か月
2	金属積層造形向けの設計のトレーニング	1日	8	パイロット生産	お客様とアプリケーションによる
3	カスタムプロセス / 材料の開発	通常 1 ~ 6 か月	9	テクノロジーの伝授	お客様とアプリケーションによる
4	アプリケーション開発 - 品質重視の設計	通常 6 ~ 18 か月			
5	アプリケーションサポート	1日のモジュール			
6	検証済みダイレクト金属プリント (DMP) 生産のためのギャップ評価	オンサイト 1日 + 最終レポート 1 ~ 2 週間			

# アプリケーションイノベーショングループ (AIG) によるプロフェッショナルサービスモジュールの対応範囲

お客様とアプリケーション要件に応じて各ソリューションをカスタマイズします。

<b>1</b>	<b>アプリケーションの審査</b>	1日	<ul style="list-style-type: none"><li>包括的な分析および優先順位付けされたアプリケーション (最大5つ) のスコアカード作成</li></ul>
<b>2</b>	<b>金属積層造形向けの設計のトレーニング</b>	1日	<ul style="list-style-type: none"><li>積層造形の設計 (DfAM) の紹介</li><li>DMP の基本、設計、および準備のガイドライン</li><li>製品設計へのアプローチ手法</li><li>お客様アプリケーションに関する共同でのエンジニアリングワークショップ</li></ul>
<b>3</b>	<b>カスタムプロセス / 材料の開発</b>	通常 1 ~ 6 か月	<ul style="list-style-type: none"><li>合金の実現可能性とプリント適性の評価</li><li>プロセス固有のパラメータ最適化</li><li>カスタム材料開発プログラムの設計/実行</li><li>カスタム材料/パラメータデータベースの作成</li><li>カスタムデータベースを使用したプロセス適格性評価</li></ul>
<b>4</b>	<b>アプリケーション開発 - 品質重視の設計</b>	通常 6 ~ 18 か月	<ul style="list-style-type: none"><li>プロジェクト開始/実現可能性の評価</li><li>プロセス開発</li><li>検証と妥当性確認</li><li>設計移管</li></ul>
<b>5</b>	<b>アプリケーションサポート</b>	1日のモジュール	<ul style="list-style-type: none"><li>設計最適化</li><li>サポート戦略</li><li>製造ワークフロー</li><li>トラブルシューティング</li><li>パラメータのヒントとコツ</li></ul>
<b>6</b>	<b>検証済みダイレクト金属プリント (DMP) 生産のためのギャップ評価</b>	オンサイト 1日 + 最終レポート 1 ~ 2 週間	<ul style="list-style-type: none"><li>当社の実績ある検証戦略の導入</li><li>お客様 QMS の分析</li><li>製品/プロセス/プロセス制御のレビュー</li><li>AM テクノロジを生産に導入したことに関連する潜在的な QMS ギャップの評価</li><li>ギャップ評価レポート</li><li>3D Systems の実績ある検証戦略に基づく提案</li></ul>
<b>7</b>	<b>検証と適格性評価</b>	通常 5 ~ 18 か月	<ul style="list-style-type: none"><li>リスク評価とプロセス特性評価</li><li>品質とプロセスを制御するエコシステムの実装</li><li>粉末管理、メンテナンス、テスト手法の検証などの周辺工程に関する手順書の作成</li><li>機器、プロセス、ソフトウェア検証に関する手順とプロトコルの作成</li><li>対応する検証活動の実施</li><li>検証活動に関するデータ分析とレポート作成</li></ul> <p>規制当局による DMP 検証を対象とする初回の監査への 3D System 検証エンジニアの立ち合い</p>
<b>8</b>	<b>パイロット生産</b>	お客様とアプリケーションによる	<ul style="list-style-type: none"><li>AS9100/ISO 9001 生産環境での準拠製造プロセスのセットアップ</li><li>継続的改善を通じた製造プロセスフローの合理化</li><li>製造ワークフロー全体におけるプロセスの経験とベストプラクティスの養成</li><li>技術移管に備えた AM 生産能力の橋渡し</li><li>仕上げ済みの DMP 部品の製造</li></ul>
<b>9</b>	<b>テクノロジーの伝授</b>	お客様とアプリケーションによる	<p>ギャップの評価</p> <ul style="list-style-type: none"><li>テクノロジーと品質に関するギャップ評価</li><li>お客様オンサイト施設の評価</li><li>お客様の現在の QMS、既存プロセス、組織に関する分析</li><li>積層プロセスの推奨事項</li><li>定義されたスケジュールと予算内でお客様の生産工程に積層造形の統合を成功させるための作業指示書 (SoW)</li></ul> <p>マイルストーンに応じた技術移管 (作業パッケージの例)</p> <ul style="list-style-type: none"><li>AM 機器の設置、パフォーマンスと動作の確認</li><li>AM 品質プロセスの制御</li><li>後処理と制御 (熱処理、プレート除去、仕上げなど)</li><li>アプリケーション/製品固有の技術移管</li></ul>

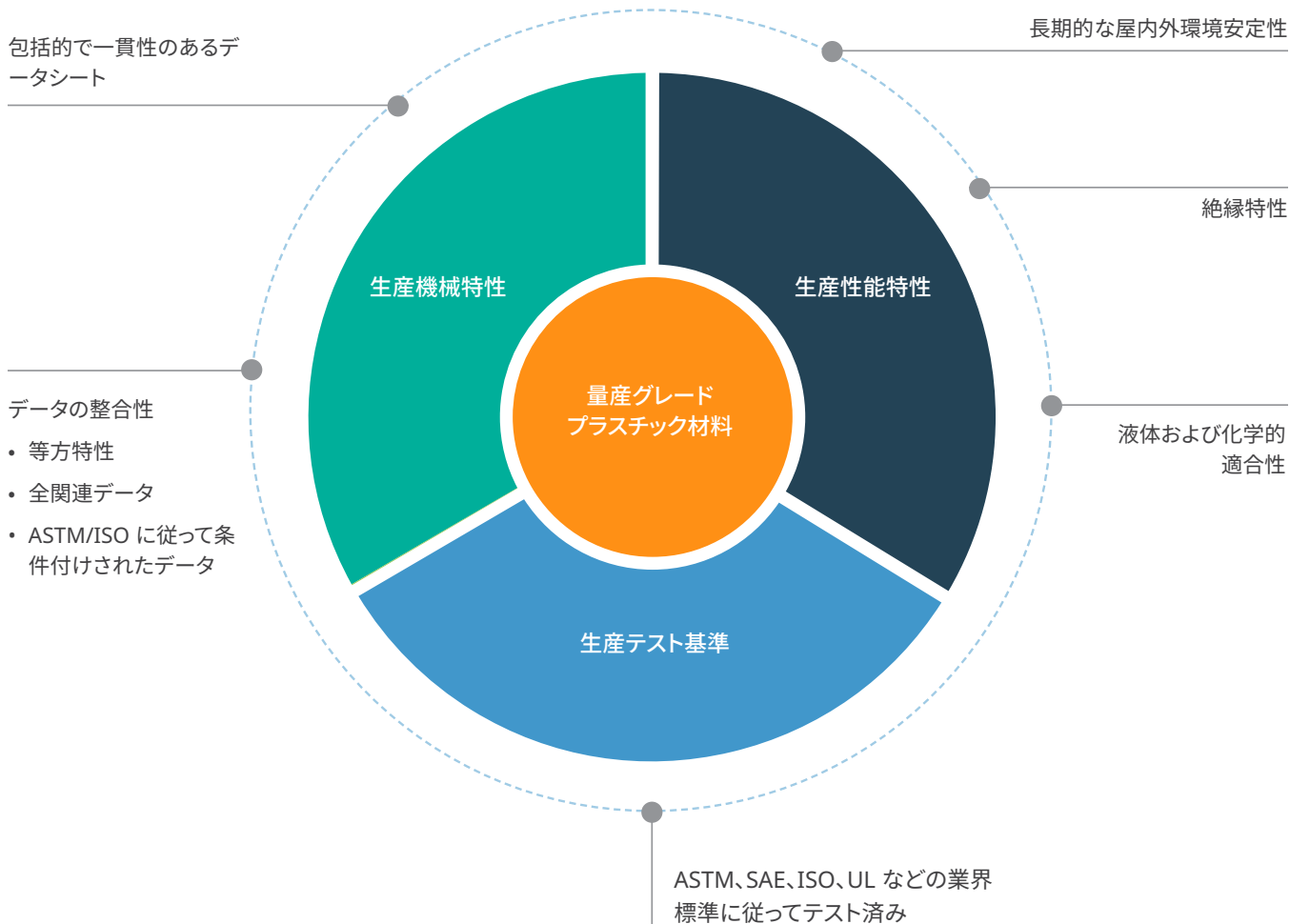
AM コンポーネントの適格性評価

# 量産グレードのプラスチック材料を実現するためのエンジニアリング手法

3D Systems は、さまざまな生産プロセスで 100 種類以上のプラスチック材料を提供しており、設計エンジニアが生産アプリケーションへの適合性を評価できるよう、体系的なアプローチを取っています。

航空宇宙分野の生産ワークフローに AM のプラスチック材料を導入するためには、その材料が業界標準の試験で実証された、適切な機械特性と性能特性を備えている必要があります。

## 材料選択ガイド



# 量産グレードの金属材料を実現するためのエンジニアリング手法

3D Systems は、DMP Flex 350 でプリントされる LaserForm Ti Gr23 (Ti-6Al-4V ELI) の機械特性の大規模なデータセットを開発しました。このデータは、認定されたサードパーティのテスト施設で開発されたもので、アプリケーションの開発と認証をサポートできます。このデータセットは、ダイレクト金属プリンティングプロセスで製造された金属部品の高い品質、繰り返し性、再現性を示しています。

データセットには合計 515 個のサンプルが含まれており、許容値の生成に適しています。低温から高温までの引張、圧縮、高サイクルおよび低サイクル疲労、せん断、ベアリングの試験データが利用可能であり、従来の製造方法による Ti-6Al-4V に匹敵します。

詳細については、弊社のアプリケーションイノベーショングループまでお問い合わせください。



# 衛星向けアプリケーションソリューション

## テクノロジー - ダイレクト金属プリンティング



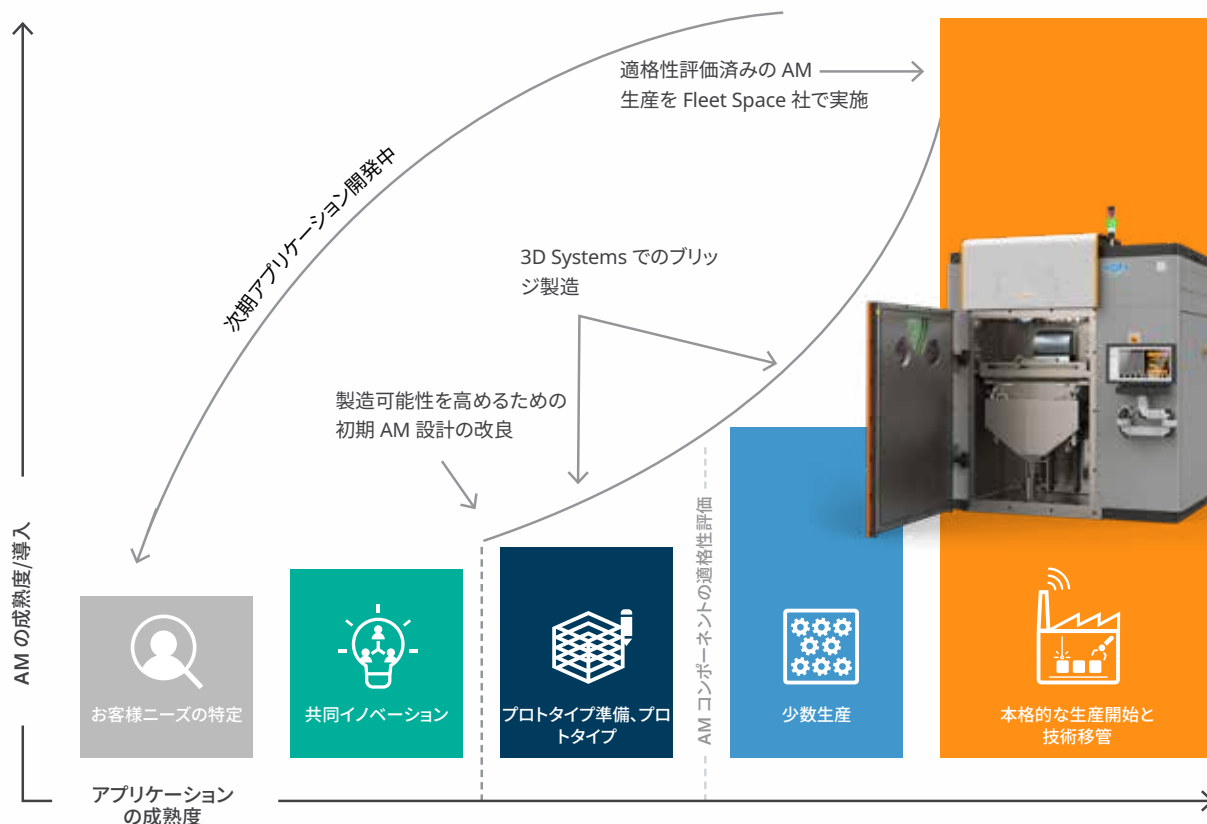
### カスタマーストーリー - Fleet Space Technologies

関連する AIG サービス:

- 6 プロトタイプ準備、プロトタイプ
- 8 少数生産
- 9 テクノロジーの伝授

3D Systems のアプリケーションイノベーショングループは、Fleet Space Technologies 向けの積層造形による高周波 (RF) パッチアンテナのプロセス開発、ブリッジ生産、技術移管を支援しました。DMP Flex 350 を使用することで、Fleet 社は、コンスタレーション内の 140 基以上の Alpha 衛星のアンテナを社内で製造できるようになりました。

- 3 週間: AIG プロトタイプから小ロット生産まで
- 垂直薄肉構造: 肉厚 <1 mm
- A6061-RAM2 は AISi10Mg と比較してプリント後の表面仕上げが向上
- 55 ユニット/58 時間 (シングルレーザ DMP Flex 350)
- Alpha 衛星 1 基あたり 64 パッチ
- コンスタレーション内に 140 基以上の衛星
- 構造アプリケーション開発がこの後に続く





# 受動型 RF コンポーネントの科学を進化させる

3D Systems には、研究と業界のリーダー向けに複雑な受動型 RF コンポーネントを構築してきた経験が豊富にあります。

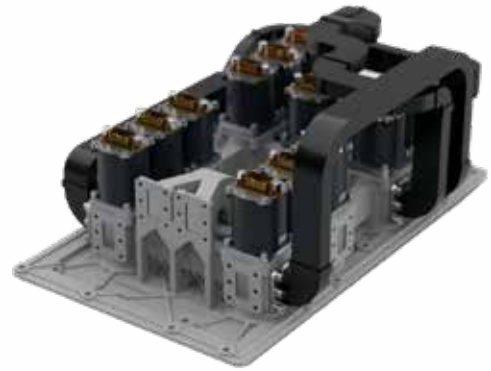
[受動型 RF アプリケーションの詳細を見る](#)

## マルチスイッチ導波管 - Airbus Defence and Space

技術: ダイレクト金属プリント

3D Systems は、Airbus 子会社の Tesat-Spacecom と協力して、2 台の Eurostar Neo 宇宙船用のこのマルチスイッチアセンブリモジュールを 70 ユニット製造しました。このコンポーネントを積層造形することで、システムのサイズ、重量、パフォーマンスが向上し、プログラムの組み立て、テスト、統合のコスト削減とスケジュール短縮が実現されました。

- 材料: LaserForm AlSi10Mg
- ハードウェア: DMP Flex 350
- アセンブリインターフェイスを縮小したモノリシック構造
- 可能な場合のセルフサポート構造
- AM 部品に必要なスペースは約 80 x 180 x 250 mm
- 機能の実現に必要な設置面積/容積を削減
- プリントされたコンポーネントの重量: 約 1.5 kg



画像: Tesat-Spacecom (Airbus 子会社)

## コンパクトな C バンドコルゲートホーンアンテナ - Thales Alenia Space

技術: ダイレクト金属プリント

Thales Alenia Space と 3D Systems は協力して、このコンパクトで軽量の C バンドホーンアンテナを AM によって実現しました。詳細については以下の参考文献を参照してください。

- 材料: LaserForm AlSi10Mg
- ハードウェア: DMP Factory 500

従来の製造に対する AM の価値:

- ホーンの長さを 35% 短縮
- 広い帯域幅でリターンロスを改善
- 計算の複雑さを軽減
- DfAM により製造の複雑さとリスクを軽減
- 機械加工と同等のコストでリードタイムを短縮
- 同じ放射性能を維持



L. Foucaud et al., "Disruptive C-band Corrugated Horn Antenna in Additive Manufacturing," 2023 17th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Florence, Italy, 2023, pp. 1-5, doi: 10.23919/EuCAP57121.2023.1013308

# 高度な推進コンポーネント

商業打ち上げ市場では、より低コストで高速な選択肢を提供するための競争において積層造形が重要な役割を担っています。3D Systems は、革新的なお客様とアプリケーションをより多くサポートすることで、その実現を支援しています。

## Ursa Major Technologies: スラストチャンバの事例

### 技術: ダイレクト金属プリント

Ursa Major 社はロケット推進に特化したビジネスを展開しており、宇宙への打上げや極超音速飛行に使用される高性能の多段燃焼エンジンを市場に送り出しています。

- この事例のスラストチャンバ材料: LaserForm Ti Gr23 (A)
- 積層造形によるスラストチャンバの背の高いモノリシック構造
- スラストチャンバは、液体酸素/ケロシン推進エンジンの代表的なコンポーネント
- スラストチャンバは、LEO、GEO、宇宙、極超音速飛行のアプリケーションに使用され、海拔で 5,000 lbf の推力を提供する再利用可能なシステム用の代表的なコンポーネント

\*画像提供: Ursa Major 社



## Vaya Space – STAR-3D を使用したエンジン燃焼室

### 技術: ダイレクト金属プリント

Vaya Space 社は、同社の STAR-3D™ ハイブリッドロケットエンジンを搭載し、小型衛星を「オンデマンドで打上げる」世界初の量産型小型衛星打ち上げ機「Dauntless」を開発しています。

- 材料: LaserForm Ni718(A)
- アプリケーション: 燃焼室
- 高度な構造と流体フローの最適化
- Vaya 社は通常 1~2 日以内にエンジンを構築可能
- 30 日以内での構築、統合、発売サイクルの反復を目指す
- LEO アプリケーションで 1000 kg、SSO アプリケーションで 650 kg の積載量

\*画像提供: Vaya Space 社



[AM 推進アプリケーションの詳細を見る](#)

# 大型の固定具およびツール向けの費用対効果の高いペレット押出

テクノロジー: 押出プリント、押出と機械加工のハイブリッド

3D Systems の EXT Titan Pellet 3D プリンタは、その規模、速度、経済性により、これまで積層造形に適しなかった製造プロセスへの新しい可能性を拓きます。

ペレットとフィラメント

- コストの削減: ペレットは同等のフィラメント材料に比べてコストが最小で 10 分の 1
- 多様性: 高性能やカスタム組成を含む数百種類のペレット材料。OEM 固有のフィラメントへの囲い込みなし。
- 高速なプリント: ペレット押出は、高い堆積速度と大きいノズル (0.6 mm~9 mm) の使用により、フィラメント押出よりも最大 10 倍高速
- 最大 50 × 50 × 72 インチのビルドボリューム



ペレット押出とフィラメント押出 CF ULTEM レイアップツール		
	ペレット	フィラメント
プリント時間	12 時間	120 時間
材料費	480 ドル (45 ドル/kg)	3,239 ドル (395 ドル/kg)

\*公開市場のサプライヤから収集された一般的な価格情報



# 量産グレードの光造形 (SLA) および粉末焼結積層造形法 (SLS) ソリューション

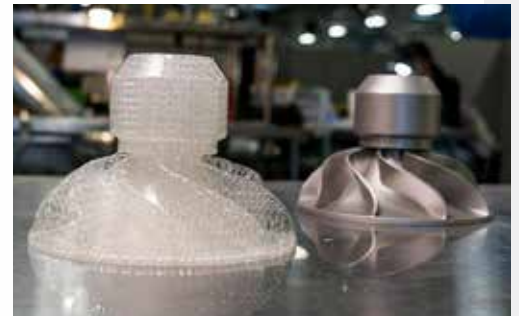
光造形や粉末焼結積層造形法などの積層造形技術を使用することで、OEM やサプライヤは、従来の製造と比較してライフサイクルコストと市場投入までの時間を短縮しながら、最適な部品の設計と生産を実現することができます。

## QuickCast® 3D プリントによる鋳造パターン

技術: 光造形

70 年の歴史を持つ航空宇宙関連コンポーネントのサプライヤであり、3D プリントに関して 20 年以上の豊富な経験を持つ Vaupell 社は、3D Systems QuickCast® プロセスを使用して、従来の手法に比べてコストを大幅に削減しながら、これまでにない速度と品質で顧客に製品を供給しています。QuickCast のプロセスは、非常に複雑な航空宇宙関連部品を少量生産するのに最適です。

- 材料: Accura® CastPro™ Free
- ProX® 800 のプリントサイズ、650 x 750 x 550 mm (25.6 x 29.5 x 21.65 インチ) を使用した大型部品や複数の小型部品
- 部品寸法 1 インチあたり 0.025~0.05 mm (0.001~0.002 インチ) の精度
- ワックスツールでは数か月から 1 年かかるのに対し、量産グレードのモールドでは通常 2~3 日で完了



[AM インベストメント鋳型の詳細を見る](#)

## 複雑な ECS ダクト

技術: 粉末焼結積層造形法

航空宇宙用の ECS ダクトのような非構造的ダクトの少量生産に SLS を使用すると、高度に最適化された、非常に複雑なシングルピース構造の設計が可能になります。

- 強度を確保するために必要な、さまざまな壁厚に対応
- 複雑なチャンネルやバッフル、ボス、フランジ、ガスケットチャンネルなど、複数の機能をモノリシック構造に統合可能
- 構造的に最適化されたウェビングにより、強度対重量比を向上



[熱可塑性 SLS アプリケーションの詳細を見る](#)

# 量産グレードの紫外線硬化性樹脂ソリューション

Figure 4® システムのバット光重合 (VPP) などの超高速積層造形技術は、航空宇宙分野での直接生産と間接生産に新たな可能性をもたらしています。Figure 4 は、包括的にテストされた材料と高い精度および再現性を備え、安価なコストで運用できるスケーラブルなソリューションです。

## Figure 4 Production – 柔軟でスケーラブルなソリューション

### 技術: Figure 4

Figure 4 は、耐久性のあるプラスチック、エラストマ、耐熱材料や、シリコン、金属、セラミックなどへの鋳造用特殊材料などの材料ソリューションを提供します。

- Figure 4® Production の最大造形容積: 124.8 x 70.2 x 346 mm
  - 背の高い部品を生産可能
  - 小型部品の高密度垂直積層
- あらゆる素材の量産プリントでシックスシグマレベルの再現性を実現
- 材料の等方性
- 世界最高レベルの生産スループット 65 mm/時 (最大)、プロトタイピング速度 100 mm/時 (最大)
- 3D Systems ソフトウェアによりサポートされる、高度に自動化されたエンドツーエンドプロセス



[Figure 4 Production の技術の詳細を見る](#)

## Figure 4 High Temp 150C FR Black – FAR 23/25 テスト済み

### 技術: Figure 4

Figure 4® High Temp 150C FR Black は、硬質で難燃性に優れた黒色材料です。FAR 25.853 および 23.853 準拠の機能だけでなく、UL94 V0 グレードも必要とする生産部品に使用できます。射出成形のような表面品質を持ち、長期的な環境安定性を備えています。

- FAR 25/23.853 に準拠する小型のキャビン内部品に適用可能
- 自己消火性難燃材料
- 優れた表面仕上げ、精度、再現性
- メッキと塗装が可能
- ASTM 規格に従って長期的な屋内外安定性テストを実施

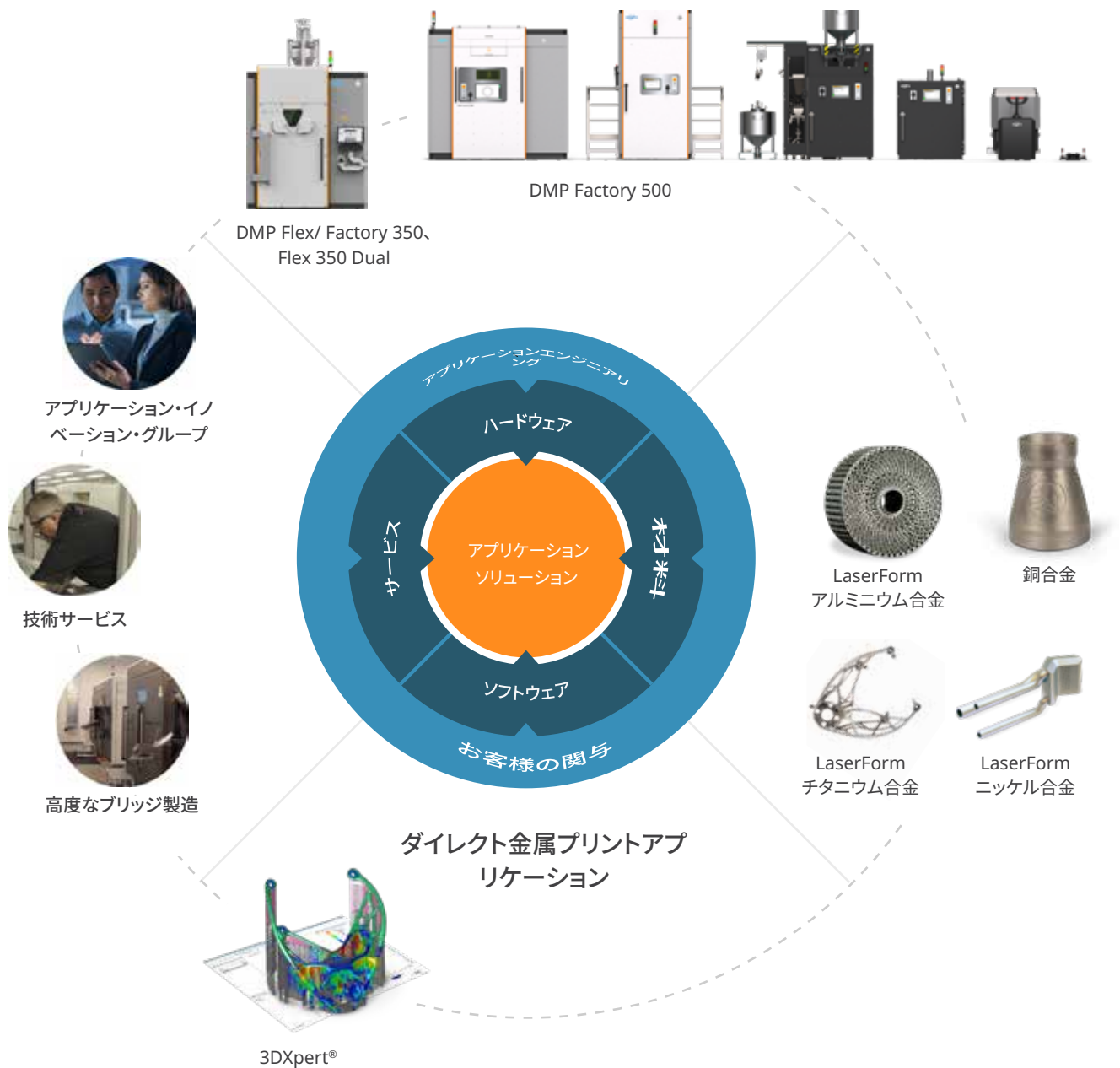


[Figure 4 High Temp 150C FR Black の詳細を見る](#)

# 航空宇宙および防衛分野の金属アプリケーション向けソリューション

3D Systems のハードウェア、ソフトウェア、材料とサービスソリューションを組み合わせることで、積層造形アプリケーションの開発を迅速化しながらリスク軽減を実現できます。

当社のアプリケーションイノベーショングループは、当社独自の技術を極めたスーパーユーザで構成されています。このことは、AIG が金属積層造形の開発、適格性評価、生産規模拡大に関して当社に蓄積された実践的で業界固有の経験を活かし、お客様の組織に成功をもたらせることを意味します。



# 航空宇宙および防衛分野のポリマーアプリケーション向けソリューション

3D Systems は、航空宇宙および防衛分野のアプリケーション向けに幅広いポリマーソリューションを提供しています。

当社のアプリケーションイノベーショングループは、お客様とアプリケーション要件に応じてカスタマイズされたソリューションを提供します。当社と連携することで、お客様は AM 投資から引き出すメリットを最大化できるようになります。





## 専門家に相談する

3D Systems と連携することで、積層造形アプリケーションの開発を迅速化しながらリスク軽減を実現できます。

[連絡先はこちら](#)

保証/免責事項: これら製品のパフォーマンス特性は製品用途、製品の応用方法と幅広い可能性があります。動作条件、または最終的な使用方法によって異なる場合があります。3D Systems は、明示的または暗示的な、いかなる形式の保証 (特定の使用方法における商品性や適合性の保証が含まれるが、それだけに限定されない) も提供いたしかねます。

© 2023 by 3D Systems, Inc. 無断転載を禁じます。仕様は通知なく変更される場合があります。3D Systems、3D Systems のロゴ、ProX、DuraForm、Figure 4、Accura、Geomagic、3D Sprint、および 3DXpert は 3D Systems, Inc. の登録商標です。Design X は 3D Systems, Inc. の商標です。07/23

[3dsystems.com](http://3dsystems.com)