



# 革新と進化、 未来への挑戦と達成

ゼネラル・アトミクス社はいかにして  
アディティブ・マニュファクチャリングの可能性を最大化したか

オーヴィル・ライトが凧のようなフライヤーをノースカロライナの爽やかな風に乗せて上昇させ、空気より重い機械の初飛行を記録したのは1903年のことでした。この「飛行」は高度120フィート、最高速度は時速6.8マイル。そのわずか44年後、より空気力学的な航空機に乗った別の発明家が、音速の壁を破るのに十分な速さである時速700マイルを達成したのです。その後人類は月に到達し、航空機はもはやパイロットを必要としなくなり、それは航空宇宙が猛スピードで進化しているという事実を浮き彫りにしています。そしてこれらのマイルストーンは、実験への意欲と献身的な集中力があれば達成できることを表していると言えるのではないのでしょうか。





この同じ技術的軌跡は、ゼネラル・アトムクス航空システムズ社（GA-ASI）が積層造形（AM）を実験的なレベルのものから製造プロセスの柱のひとつまでに押し上げた経緯についても物語っています。

GA-ASI は、MQ-9A リーパーや MQ-9B スカイガーディアンに代表される無人航空機システムの開発・製造における世界的リーダーです。わずか10年あまりの間に、GA-ASI 社の AM 導入は、数台のデスクトップ・プリンタから AM 技術とアプリケーションが完全に進化したエコシステムへと進展し、その結果、今日では複数の無人航空機プラットフォームに数千の部品が搭載され飛行しています。

### サウンド・フォーミュラに基づいて構築

GA-ASI が AM で成し遂げたことは偶然ではありません。事業目的に合致する、時間をかけて開発された体系的なアプローチの結果なのです。このプロセスを洗練させ、何度も繰り返す手法「リンス・アンド・リピート」は、新しい AM 技術とアプリケーションを評価する際に適用しています。

要約すると、このプロセスには以下の要素が含まれます。

- AM エコシステムの開発
- AM 応用のビジネスケースの確立
- AM の導入と利用拡大に特化したセンター・オブ・エクセレンスの形成
- サプライチェーンを学び、成長させ、強化するための産業界との提携

GA-ASI はこのレシピを開発しましたが、航空宇宙以外の業界のメーカーが同じ方法論で成功できない理由はないのです。



GA-ASI AMエコシステムの視覚的表現

### AM エコシステム - 成功の基盤

2018年、ゼネラル・アトムクス社の経営は、専用の資金と人材を投入してAM導入を一元化することに価値を見出しました。その3年後、GA-ASIは「アディティブ・デザイン&マニュファクチャリング (AD&M) センター・オブ・エクセレンス」を設立し、AMの評価と展開のための戦略本部となりました。

スティーブ・フルニエ氏は、同センターのシニア・マネージャーであり、同社のAM「エコシステム」の確立に尽力してきました。

成功させるためにAMプログラムを構成する要素の枠組みが必要なのです。フルニエ氏の言葉を借りれば、「それは、私たちが取り組むべきことのテンプレートであり、私たちが行うことに信頼性をもたらすことです。」エコシステムは、同社が追求する各AMアプリケーションのための組織を導くレシピなのです。

AMエコシステムに不可欠な要素には、材料特性、プリンタと材料のOEM、受託製造業者、ソフトウェア・ソリューション、仕様書、標準化団体、AMの開発と応用に熟練したチームなどがあります。エコシステムが発達していればいるほど、AMプログラムが成功する可能性は高くなるのです。

また、飛行に適したAM製造部品の認定や新しいAM技術の確立などの重要なアプリケーションには、整備されたエコシステムが不可欠です。最低でも、エコシステムは、同様の技術要件と重要性を共有する特定のAMアプリケーションファミリーを取り巻く運用基準を確立します。それぞれのユースケースで車輪を再発明することで、効率化を実現します。フルニエ氏は、エコシステムは小規模にスタートし、企業がこの技術について経験を積むにつれて成長することもできると強調します。「多くの企業が直面すると感じている課題の1つは、管理可能なエコシステムに適合する適切なアプリケーションを特定することは対照的に、何かを始める前に多くのことをやろうとせずすることです。そして時間が経つにつれて、エコシステムの奥行きが増し、コンポーネントやアプリケーションの重要性が増していくのです。」

## ビジネス・ケースから始める

エコシステムのすべての要素のうち、要となるのはビジネスケースであり、フルニエ氏によれば、このビジネスケースは、各 AM アプリケーションを実行するかしないかの決定を導く出発点であるべきだといいます。「3D プリンタによる造形は、できるからするのではなく、すべきだからする」という信条を堅持しており、優れたビジネス・ケースは、単発のケースではなく、一連の部品群（パーツファミリー）によってサポートされると考えています。AM を使用するアイデアは、単一の部品から始まるかもしれませんが、そのカテゴリで同様の部品やアプリケーションを探すことを奨励しています。「多品種少量生産のビジネス環境では、数百ドルを節約する部品でリーダーシップを発揮することはないでしょう。しかし、このような部品が何百もあり、結果として何百万ドルも節約できるのであれば、彼らは注目し始めるでしょう」と言います。

小さく始めることで成功を取れば、エコシステムを発展させ、最終的には生産部品やフライト・ハードウェアのような、より要求の高いアプリケーションへと進化させることが容易になります。このような低空飛行のアプリケーションには、ショップエイド、モックアップ、フォーム&ケット・チェック・ツーリングなどがありますが、たとえば、GA-ASI は、使用現場と製造現場に 3D プリンタを併設し、これらのアプリケーションで、非 AM アプローチと比較して最大 85% の時間とコストの削減を達成しました。

“

3Dプリンタによる造形は、できるからするのではなく、「やるべきだからやる」のです。”

GA-ASI社 AD&M センター  
シニアマネージャー オブ・エクセレンス  
スティーブ・フルニエ氏



FDM、AM造形技術で製造された地上支援装置



GA-ASI認証の地上管制ステーションには、以前はラミネート複合材で作られていた部品が今では3Dプリンタで造形されている

より高いレベルでは、同社はラミネート複合材部品から3Dプリンタによる造形部品を代替品に転換することで、大幅なコスト削減を達成しました。具体的には、ラミネート複合材の代わりにAMを使用して、遠隔操縦航空機システム用に設計されたCertifiable Ground Control Station (CGCS)の部品を製造しました。プログラムの初期段階において、GA-ASIは200万ドル以上の経常コスト削減を達成し、さらに30万ドル以上のツールング費用削減を実現したのです。これらのコスト削減の大部分は、金型の製造と、それに続く複合材部品のレイアップ、硬化、最終トリム作業にかかる労力を回避できたことによるものでした。

フルニエ氏は、技術的な事例が特定の用途について十分に吟味されていない場合があることを指摘します。これを彼は、「イエローゾーン（黄色信号）」と呼んでいます。しかし、ビジネスケースを重要な判断材料として優先した場合、技術的な課題はたいてい克服できると考えます。「私たちの目標は、ビジネスケースを青信号にし、技術面では最低でも黄色信号にすることです。十分なビジネスケースとインセンティブがあれば、黄色から青色に押し上げることができます。それが私たちが採用している戦略です。」

### AM 専用センターの力を活用

GA-ASIのAMプログラムは、同社が技術の実装と進歩に特化した部門に投資したときに転換点を迎えました。数年後、「アディティブ・デザイン&マニュファクチャリング (AD&M) センター・オブ・エクセレンス」が設立されましたが、これは、AMへの集中的なアプローチと、その実装を成功させるための専門チームの価値を認識したリーダーシップの直接的な成果です。

「当社のAD&Mセンター・オブ・エクセレンスを通じて、AMアプリケーションのための構造化された厳格な認定プロセスを使用しています。相乗効果は、追加された技術、製品、そして両者を最適に統合する方法を理解するチームによって達成されます。リーダーシップのサポートがなければ、組織のAM導入は断片化し、焦点が定まらず、技術の利点を十分に実現できない可能性があります。」

フルニエ氏は、社内のAM人材が提供する価値について名言しています。「ここ数年で私たちが経験した重要な成功ポイントは、専任のアディティブ・アプリケーション・エンジニアと技術者を抱えていることです。彼らは当社の製品を知り、従業員を知り、人脈を築き、設計プロセスを先取りします。AMの導入を成功させるには、このような社内の専門知識がなければ長い道のりになりません。」

実際、AMプログラムを成功させるための重要な要素について尋ねると、フルニエ氏は即座にこう答えています。「GA-ASIにおけるアディティブ成功の鍵は、エコシステムがあることよりも、研究開発費があることよりも、バスを運転する適切なチームがあることです。チームなしには、どこにも行くことはできません。」

## 成功を加速するために業界と提携する

オーヴィル・ライトも、ウィルバーも、単独で成功したわけではありませんでした。彼らはパートナーであり、共に産業を興し、その最初の創造が、おそらく彼らが想像もしなかったような高みへと到達したのでしょう。言うまでもなく、適切なパートナーシップは、ヒューレット・パッカードからマイクロソフト、アップルに至るまで、数え切れないほどの組織の成功を後押ししてきました。

これは GA-ASI が共有するだけでなく、推進する哲学でもあるのです。そして、同社の主要な AM パートナーの1つはストラタシスで、その受託サービス部門であるストラタシス・ダイレクト・マニュファクチャリングは、GA-ASI の樹脂による AM 活動の大部分を、ストラタシスの FDM® テクノロジーによって実現しています。GA-ASI は社内でアプリケーションを検証した後、AM 部品製造の大部分(約 75%)をストラタシス・ダイレクト・マニュファクチャリングを含む審査・検証済みの委託製造業者に依頼します。残りの部分は、専門知識を維持し、生産供給垂直統合能力を確保し、初期段階の航空機開発のための少量多品種生産をサポートするために社内に残します。



業界のパートナーは、いくつかの理由から不可欠である。その理由の第一は「加速化」だ。”

フルニエ氏は、社内に AM エコシステムが整備されていない場合、いくつかの理由から AM パートナーの活用を提唱しています。中でも重要なのはスピードです。「業界のパートナーは、いくつかの理由から不可欠です。その理由の第一は加速化です」とフルニエ氏は言います。彼の見解によれば、ビジネス・パートナーシップは、特定の AM 目標を達成するプロセスのスピードアップに役立ち、さらには、知識、学んだ教訓、ベストプラクティスの吸収も容易になるとのことです。

AM の知識を社内に展開して人材を育てる場合などは時間がかかるため、そういった観点からは、AM エコシステムがすべての要素を加速できるわけではありませんが、他の多くの要素については、



これらの3Dプリンタによる造形部品は、従来使用されていたラミネート複合材で製造されたアセンブリに取って代わるものである

とりわけパートナーシップを通じて加速することが可能です。

一例として、GA-ASI とストラタシスの飛行機部品の製造に関する協力が挙げられます。ストラタシスは、3D プリンタで造形された航空機部品を認定するためのアディティブ・プロセスと材料の仕様を確立するために、規制機関や試験機関と事前作業を行いました。そこから、GA-ASI はこれらのツールを活用して社内プロセスを認証し、認証航空機プログラム向けに 3D プリンタ造形部品を認定しました。

この協業により、GA-ASI はコストと時間のかかる認証プロセスを劇的に効率化することができました。同様に重要なのは、ストラタシス・ダイレクト・マニュファクチャリングの受託製造サービスが、GA-ASI の AM エコシステムの不可欠な一部としてどのように役立っているかです。すでに、何千ものパーツをすでに委託しており、この仕組みがあることによって、GA-ASI は、自社のコストで全てを内製するよりもはるかに迅速かつ低コストで、航空機に取り付ける AM パーツの数を増やすことができます。このように、フルニエ氏は、GA-ASI の社内能力をアディティブ・プログラムの頭脳（能力）と見なし、ストラタシス・ダイレクト・マニュファクチャリングのような契約メーカーを筋肉（能力）とみなしています。

この経営理念は、多品種少量生産、反復生産といった GA-ASI のビジネスの可変性にも非常に適しています。「少量生産、単発生産、初期段階の開発フライト・ハードウェアに十分な生産能力があるからです。」とフルニエ氏は言います。

最終的に、GA-ASIの成功の方程式には、社内のAM能力と信頼できるアウトソーシングパートナーが組み合わさることが重要な要素の一つだと言えます。社内のAM能力により、GA-ASIは設計が流動的な場合の迅速な開発作業に対応でき、AMは高レベルの反復に適したツールを提供します。対照的に、ストラタシス・ダイレクト・マニファクチャリングのような信頼性の高い受託製造業者へのアウトソーシングは、オーバーフローと予測可能な生産に最適なソリューションとなります。フルニエ氏の言葉を借りれば、「ベストプラクティスや最良の教訓を理解し、Win-Winの状況で知識を吸収・共有するためには、AM界のストラタシスと提携する必要があります。」

この言葉を裏付けるように、GA-ASIはストラタシス・ダイレクト・マニファクチャリングのエンジニアに相談し、両社のワークフローはお互いを模倣しています。

フルニエ氏はまた、ストラタシス・ダイレクトマニファクチャリングのような受託製造業者とサービス・ビューローを区別しています。「同じではありません。サービスビューローは何かを納品しますが、品質条項や、少なくとも私たちの業界の立場からは、完全に機能するフライトパーツを繰り返し納品するための製造の厳密さはありません。受託製造業者は品質に責任を持ち、監査を受け、ハードウェアを一度だけでなく常に同じ品質レベルで提供するために、そのレベルの厳しさを伴います。」



3Dプリンタによる造形部品（以前はラミネート材で製造）

“

少量生産、単発生産、初期段階の開発業務に対応できる能力を確保できるからです。”



ULTEM™ 9085 resin 材料を使い、3Dプリンタで造形された航空機ダクト

## アディティブ・マニファクチャリングの可能性の最大化

アディティブ・マニファクチャリングを導入してから比較的短期間で、GA-ASI は目覚ましい成果を上げています。2022 年には、MQ-9B SkyGuardian に約 240 個の AM 部品が搭載され、200 万ドルの金型費を節約し、30 万ドル以上の経常コスト削減を達成したと報告しました。こうした成果は、今後計画されている他の航空機プログラムにも AM 技術の導入に伴い、時間の経過とともに増加していくことでしょう。

コスト削減は、AM の基本的な利点のひとつです。もうひとつはスピードで、これは企業が市場投入までの時間を短縮するのに役立ちます。フルニエ氏は、GA-ASI にとって AM 技術が開発スピードに与える影響について明確にしています。つまり、困難な契約スケジュールにも対応できる可能性が高まり、これが前進するか、または競争に負けるかの分かれ目になるわけです。フルニエ氏は、AM 技術を大幅に活用した新しい航空機契約の例を取り上げ、「納期に間に合わなければ不利になります。より早く完成させることで、お客様のためにも、元々の期限よりも早くデータを獲得でき、それによってさらなる信頼を得ることができます。」と話します。アディティブ・マニファクチャリングは、厳しい納期でもバッファを加えることができ、最終的に GA-ASI がスケジュー

ル通りの納品を可能にする上で重要な役割を果たしているのです。一方で、コスト削減と市場投入までの時間短縮は価値ある目標ですが、それだけでは付加製造の完全な利点は描けません。フルニエ氏は、AM 技術を活用する他の利点として、従来の製造可能性の制約を緩和するため、設計と製造のアプローチを変える能力であると言います。

航空宇宙のような業界では、この自由度によって、従来の概念から、より複雑な設計やユニット化された構造への差別化や、従来からの逸脱を可能にします。そして、このような構造は他の製造方法では製造できないため、積層造形が唯一の解決策となる場合が多くあるのです。

「AM 技術そのものが最終目的ではありません。アディティブが業界を変え、ひっくり返すわけではありません。アディティブは、システム・レベルでますます複雑化し、飛躍的に統合される設計を製造するための力であるという点で、適しているのです。これは、GA-ASI における完全なデジタル製造の最終目標の一部です。」

GA-ASI は「アディティブ・マニファクチャリング」の役割を明確に理解し、それをどのように適用すれば最大の効果が得られるかを理解しています。ただし、それは初めからそうだったわけではありません。同社は AM 技術を小規模なものから取り入れましたが、先に述べたエコシステムの



基本に一貫して従うことで着実に成長したのです。この方法論は GA-ASI に限って有効なことではなく、産業用 AM 導入に関心を持つ他の企業にも同様に活用できます。

フルニエ氏は、AM の成功は車輪の再発明というよりも、車輪への順応であると指摘します。この技術を適用し、利用する仕組みを構築するスピードの速さに起因するものだと考えています。

「例えば、材料の認定、サプライヤーの認定などに関してストラタシスと協力することで、エコシステム内で加速できる要素を特定することができます。そうすることで、適切な方法で、適切なエリアでの AM 技術の導入を促進することができるのです。」(フルニエ氏)

GA-ASI は間違いなく、産業用アディティブ・マニュファクチャリングの可能性を最大限に引き出すための成功の方程式を生み出し、さらなるアディティブへの取り組みを、アプリケーションごとに毎日続けています。そして、これまでに達成された結果によって、明らかに成果がもたらされています。

**株式会社 ストラタシス・ジャパン**  
**東京本社 / ショールーム**

〒104-0033  
東京都中央区新川 1-16-3  
住友不動産茅場町ビル 3F  
TEL. 03-5542-0042  
FAX. 03-5566-6360

[www.stratasys.co.jp](http://www.stratasys.co.jp)

ISO 9001:2015 認証取得済

[stratasys.com/en/stratasysdirect](http://stratasys.com/en/stratasysdirect)

ISO 9001: 2015 Certified

AS9100: 2016 Certified

**大阪支店 / ショールーム**

〒540-6319  
大阪府大阪市中央区城見 1-3-7  
松下IMPビル 19F  
TEL. 06-6943-7090  
FAX. 06-6943-7091



お問い合わせ

<https://www.stratasys.co.jp/contact-us>



**stratasys**  
DIRECT MANUFACTURING

