

## 自然の原理を最大限に活用した、Airbus APWorks社の3Dプリント電動バイク“Light Rider”

トポロジー最適化、新素材、積層造形法の融合により常識を覆す軽量設計が誕生



### APWORKS

by Airbus Group

#### 概要

#### 業界

航空宇宙、自動車、鉄道、機械全般

#### 課題

積層造形向けの構造設計

#### Altairの提案した解決策

HyperWorksを用いたトポロジー最適化とシミュレーション主導設計プロセス

#### メリット

トポロジー最適化と積層造形法により、最適な軽量設計を実現

別名“3Dプリント”とも呼ばれる積層造形法は、従来の製造手法に代わる新しい製造手法として産業界に普及しつつあります。その理由は、何と言っても大幅な軽量化を達成できることにあります。積層造形法を利用すれば、剛性や高いパフォーマンスを維持しながら、コンポーネントの軽量化を達成することができるのです。この積層造形法をいち早く採用したのは航空宇宙産業でしたが、今や自動車産業などのセクターにも普及しており、積層造形が活躍する場は増加の一途を辿っています。

電動車両のフレーム構造は、積層造形法のメリットを得られる製造部品の一つです。燃費向上を目的とした軽量化を達成するために、複雑なフレーム形状の採用が可能となります。

その積層造形法を用いた革新的な製品の代表格こそ、Airbus APWorks社が開発した世界初の3Dプリント電動バイク“Light Rider”です。「複雑に枝分かれた穴空き構造は、溶接やフライス加工といった従来の手法では製造は不可能でした」と、Airbus Groupの完

全子会社 Airbus APWorks社のCEOである Joachim Zettler氏は語ります。新しい設計は、トポロジー最適化と Airbus社が独自開発した新素材なくしては誕生しませんでした。

#### APWorks Light Rider —設計スタディの成果が結実

Light Riderは、金属3Dプリントに秘められた大きな可能性を既存顧客や潜在顧客にアピールするための設計スタディとして開発されました。APWorks社は、リエンジニアリング、材料最適化、3Dプリントを3つの柱として、まったく新しい材料や製品開発を目標に掲げています。これら3つの技術を組み合わせれば、軽量化やコスト削減、製造リードタイム短縮の達成だけでなく、部品やコンポーネントに新たな機能を追加することも可能になります。今回開発した電動バイクのフレーム設計は、自然の原理を活用したトポロジー最適化から生まれました。Light Riderの見た目からは、1960年代にイギリスで

# APWorks 成功事例

## 「操作性が良く、解析精度が高い Altair HyperWorks を用いた開発は快適でした。軽量設計プロセスの随所で Altair のソフトウェアツールを使用しました」

### Patrick Schürmann

Project Engineer for optimization and design  
APWorks

発祥したバイクのスタイル“カフェレーサー”が、レースマシンとして生まれ変わったかのような印象を覚えます。APWorks 社のエンジニアはヘッドライトやシートなどのコンポーネントとカラーを決めてから、設計プロセスに取り掛かりました。

成功を導いた要因には、トポロジー最適化に加えて、Airbus 社が開発した高性能アルミニウム合金 Scalmalloy<sup>®</sup> があります。Scalmalloy<sup>®</sup> は、耐腐食性だけでなく、アルミニウムの軽さとチタン並みの強さをあわせ持つ新素材です。

「Light Rider のように線條細工風の構造にすれば軽量化は達成できますが、そのためには Scalmalloy<sup>®</sup> のような高強度かつ軽量な素材が欠かせません」と Zettler 氏は述べています。

### HyperWorks を用いた シミュレーション主導設計

APWorks 社は 2013 年から HyperWorks を開発の標準パッケージとして使用していますが、今回のフレーム設計プロジェクトでも HyperWorks のさまざまなシミュレーションツールを活用しました。

APWorks 社の最適化・設計担当プロジェクトエンジニアであり、数か月前から Light Rider の技術開発サポートのプロジェクトエンジニアも兼任している Patrick Schürmann 氏は、次のように説明します。「当社の開発プロセスでは、普段から HyperMesh でモデリングし、OptiStruct で有限要素解析とトポロジー最適化を実行し、HyperView でポストプロセスをしています。Light Rider のバイクフレームの設計修正とスタイリング作業では、今回は他社製

の CAD システムを使用しましたが、将来的にはこうした開発作業も、solidThinking のコンセプト設計ツールである Evolve を使って行うことで、シミュレーション主導設計プロセスの全体を Altair 製品ファミリーでカバーしたいと考えています」

### 最適化によって 3D プリントの要件を満たす

Light Rider のようなプロジェクトでは、3D プリント可能な最適形状を設計するために、3つの難題をクリアしなければなりません。

1. 様々な制約条件の下で最適形状案を生成する：これはトポロジー最適化が得意とする作業です。
2. 最適形状案を基に詳細形状データを作成する：従来の CAD ツールではなく solidThinking Evolve や Inspire などのダイレクトモデリングツールを使えば、より迅速により高品質の形状を作成できます。
3. 積層造形特有の製造制約条件を考慮して形状を修正する：これは最適化の範囲外の作業です。

### 最適化の準備

Light Rider のフレームなどのように、総合的な最適化が必要なコンポーネントの場合は、様々な荷重条件や機能上の制約条件を考慮して

設計パラメータを定義しなければなりません。たとえばバイクの総合的な乗りやすさを左右する、ホイールベースの長さ、ハンドルバー、フットレスト、シートの幾何学的な位置などです。そしてバイクフレームの外形寸法に合わせた大きな設計空間を設定します。こうした情報を最適化ソフトウェアに入力することで、荷重条件やコンポーネントの結合条件を考慮したモデルが生成されます。

最適化ソフトウェアによって、最適な荷重経路が特定され、どこにどのくらいの材料を使用すべきかを詳細に示した結果が導き出されます。この最適化時に考慮すべきバイクの荷重ケースは、データシート（タイヤの垂直抗力、摩擦など）から生成されます。バイクの場合は、ハンドルバーやフットレストといった複数の箇所でも引張荷重や押し荷重が発生し、それが結果的にフレームへと伝わります。

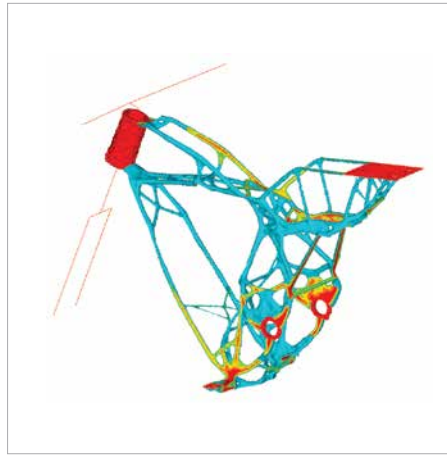
さらに設計時には、バイクの最終的な組立工程も考慮する必要がありました。そこで、穴あけが必要な箇所やマウント位置などの境界条件を考慮しました。3D プリントしたものに細かな加工を加えることなくそのまま組み立てられるよう、エンジニアたちは計画段階で、ボルト締結作業性を考慮しました。

### OptiStruct と Inspire を用いた トポロジー最適化

トポロジー最適化は、シミュレーションや設計作業で大いに活躍します。トポロジー最適化では、最大設計空間を定義し、荷重などの境界条件を設定してから、最適化目標を定義します。



最大設計空間



最適化結果



設計修正後

これらの情報を入力することで、剛性と固有振動数に関するすべての条件を満たしたうえで重量が最小化する、理想の設計案を導き出すことができます。

このようにして自然の原理に基づいて生成された設計案は、常識に囚われない製品設計の土台になります。トポロジー最適化では、積層造形法でしか製造できない、必要最低限の材料のみを使った形状が生成されます。つまり、トポロジー最適化は積層造形法との相性が抜群なのです。さらに、OptiStructとInspireでは初期設計空間から直接、非設計空間（ソフトウェアによって構造が変更されない部分）を定義できます。「当社のエンジニアはHyperWorksの使用経験が非常に豊富です。操作性が良く、解析精度が高いHyperWorksを用いた開発は快適でした。軽量設計プロセスの随所でAltairのソフトウェアツールを使用しました。特に重要だったのはシミュレーション主導設計プロセスです。ここでもAltairにサポートしていただきましたが、シミュレーション主導設計プロセスによって、自然の原理を活かした、革新的で信頼性の高い設計を生み出すことができました。このプロセスがなければ、こうした成果を上げることは不可能だったでしょう」と、Patrick Schürmann氏は語ります。

2つ目の問題は、CADやCAEシステムを使って、トポロジー最適化結果のような複雑な設計案をどのように処理すればいいかというものです。CAEによって得られた最適形状は通常、3Dプリントに向けた準備として、余計な凹凸をなくすなどの設計修正を行わなければなりません。「トポロジー最適化結果から設計案の形に仕上げ

られるかどうかは、引き出しの多さが物を言います。そしてその設計の製造には、綿密な計画と実行が求められます」とPatrick Schürmann氏は説明します。設計修正が完了したら再び有限要素解析を実行し、荷重や応力などに関連した重大な問題がないかどうかを確認します。製造性制約条件を設定する際は、設計ガイドラインカタログが役に立ちます。最後に、APWorks社のエンジニアの経験に基づいた知識が開発プロセスで重要な役割を果たしました。「経験とソフトウェアソリューションがうまく噛み合いました。バイクの製造に必要な材料を開発したのはAirbus Groupの社内の研究開発部門だったので、冶金技術者と直接コミュニケーションを取ることができたのが大きかったですね。おかげで、シミュレーションと設計エンジニアは常に素材の挙動を把握しながら作業することができ、目的の形状を3Dプリンターで製造することができました」とPatrick Schürmann氏は振り返ります。

## 金属 3D プリント

Scalmalloy®を用いた金属3Dプリントフレームを製造するには、バイク全体の構造に加えて、どの向きで3Dプリントするかも考慮する必要があります。現時点では、バイクフレーム全体を継ぎ目なく製造できる金属3Dプリンターは存在しないため、フレームの各部品は個別にプリントすることにしました。そこで、プリント空間を最大限に活用できるよう、個々の部品の向きを工夫しました。

可能性は無限大とはいっても、金属3Dプリントでは特殊な境界条件を設定する必要があります。上記で触れたコンポーネントのプリント向きだけではありません。製造方向と、一定の角度に達するタイミングを考慮して、特殊な支持構造物もプリントしなければなりません。こうした支持構造物は、プリント中にコンポーネントを固定するとともに、レーザーの熱を分散する役割を果たします。

特にレーザー粉末床溶融結合法の場合は、これらの製造性制約条件を考慮することが重要になってきます。

## 革命的なバイクフレームの誕生

Light Riderのプロトタイプは、トポロジー最適化、新素材、積層造形、そしてシミュレーション主導設計プロセスの相乗効果を活用して重量とパフォーマンスの最適化に成功した、まさに理想的な事例です。そのことは数字が物語っています。Light Riderは全体重量が35kgで、フレームのみの重量はたったの6kgです。4kWの電動モーターを搭載しており、0-45km/h加速はわずか3秒です。

Joachim Zettler氏はプロジェクトの成功について次のように語りました。「当社のLight Riderプロジェクトでは、トポロジー最適化と革新的な素材、そして進化した積層造形法を活用することで、目指していた有機的なフォルムを実現できました。その結果、望みどおりの革命的な軽量設計が誕生しました」

Visit the HyperWorks library of  
**Success Stories**  
at [www.altairhyperworks.jp](http://www.altairhyperworks.jp)

## Altair について

Altair は、ビジネスパフォーマンスの改善のために、設計、プロセス、意思決定を統合かつ最適化するシミュレーション技術の開発と様々な分野への適応に注力しています。2,600 人を超える従業員を擁する非上場企業である Altair は、米国ミシガン州トロイに本拠を置き、20 カ国に 45 以上のオフィスを構えています。顧客は多種多様な業種にわたり、その数は 5000 社以上にも及んでいます。

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

## HyperWorks について

HyperWorks は、迅速な設計の検証と意思決定を行うためのエンタープライズ シミュレーション ソリューションです。業界において最も包括的なオープンアーキテクチャの CAE ソリューションとして、HyperWorks は線形および非線形、構造最適化、流体構造連成、多体動力学といった解析用途のため、クラス最高のモデリング、解析、可視化、およびデータ管理ソリューションを提供します。

[www.altairhyperworks.jp](http://www.altairhyperworks.jp)



アルテアエンジニアリング株式会社 170-6043 東京都豊島区東池袋 3-1-1 サンシャイン 60 43 階

Phone: 03-5396-1341 Fax: 03-5396-1851 [www.altairjp.co.jp](http://www.altairjp.co.jp)



Altair Japan

で検索