

ジェネレーティブデザインがE-バイクメーカーの55%軽量化部品設計による乗りやすさを実現

自転車の軽量化設計:ねじれに強く堅牢で軽量のモーター締結を実現



より長い走行距離、より快適なハンドリング、よりよい乗り心地:電動アシスト自転車は軽量の構造であることも非常に重要です。

Krause DiMaTec社とHexagonは共同で自転車メーカーXplorcycles社向けに最適化、検証、生産を行いました。

自転車の電動化によってサイクリングが大きく注目され広がったことを踏まえて、自転車市場は今後数年間で大きな成長が期待されています。新型コロナウイルスによるパンデミックを一因とするアウトドアアクティビティへの欲求の高まりや持続可能性に対する傾向は、自動車から環境に優しい乗り物への転換とニーズを後押ししています。

同時に、例えば3輪および4輪のリカンベントなどの特殊な自転車のコンセプトもより一般的になってきています。3輪はリカンベントトライク、4輪はクアッドとも呼ばれています。

これらは自転車に座る／寝転ぶ際の姿勢が人間工学に基づいてさらに快適なものとなり、背中に優しいという特徴があります。身体にハンディのある人々だけでなく、快適なサイクリングを楽しむ人々にとっても自動車に代わる乗り物として理想的だと言えます。

次世代自転車向けの新しい製造テクノロジー

自転車メーカーのXplorcycles社はリカンベント自転車の生産に注力しており、次世代の自転車に電動モーターを採用するように計画してきました。

同社では従来の製造プロセスで重さ3.2kgの電気モーターを自転車の構造に組み込むという既存の設計が使われていましたが、その設計は少量生産に適さず、余分な重量が付加されていました。

これを踏まえて、Xplorcycles社は産業3DプリントのエキスパートであるKrause DiMaTec社に積層造形での製造方法の調査を依頼しました。既存の部品設計ではコスト効率がよく高品質な積層造形が不可能であったため、Krause DiMaTec社はMSC Apex Generative Designを使って部品形状を最適化し積層造形プロセスに適した設計を開発することに重点を置きました。この革新的な最適化テクノロジーにより、部品に求められる性能要件を最適に満たす非常に軽量の生体工学構造を作り出すことができます。そこで、部品を一から再設計し、部品の工学的要件と製造しやすさが両立するよう調整しました。

ツールフランスの舞台を最適化の基準に

再設計用のモデルを作成するために、エンジンとその接触面、自転車との締結点、そして元々のアダプターのデータをMSC Apex Generative Designソフトウェアにインポートしました。そこから、シミュレーション時に材料を配置できる設計空間を作成しました。同様に、ソフトウェア内のツールで自転車とエンジンの固定締結点などの非設計空間を定義しました。荷重ケースを定義するには、ペダルを漕いだ際にモーター、ブラケット、自転車の締結点にかかる力を特定する必要があります。

これらの荷重を特定するためにKrause DiMaTec社のエンジニアはツールフランス2014におけるサイクリストAndre Greipel氏の荷重プロファイルを使用し、実際の荷重データでの設計を行いました。このデータを使用して、ペダルにかかる力やギアにかかるチェーンの力をシャフトのトルクから計算し最適化モデルに適用しました。加えて、Krause DiMaTec社は組み立ての影響や衝突時にペダルの両側にかかる荷重といった起こり得る特殊なケースも考慮に入れました。その結果、合計17の荷重ケースを使用したので、最適化された自転車は堅牢で日常の必要性に耐え得るものであることを証明しました。

0から55へ：高速な軽量化

最初の最適化では、取付具の上部と自転車との締結用の取付具を最適化しました。

ここで、モーター用の元々のアダプタープレートは組み立て部品の一部となり、これにより13%軽量化できました。

さらなる軽量化に向けてアダプターも次のステップで最適化を行い、その結果組み立ての簡略化といっそうの軽量化の可能性が示されました。この新しい取り組みにより、新しい設計は316L / 1.4404ステンレス鋼を使った元々の設計と比較して55%軽量化できるという結果となり、荷重下の変形は90%低減しました。応力ベースの最適化では均一な応力分布となり、元々の設計より極めて高い工学的信頼性が示されました。その結果、追加のアダプターを取り付けたり調整したりする必要がなくなりました。



図1: シミュレーション結果では部品全体において均一な応力分布となっていることが同色(青/ターコイズ)で示され、クリティカルエリア(赤)は殆どありません。

最適な生産方法で回り道しない組み立てを

ほんの数回マウスをクリックするだけで最適化結果を標準的なCAD(コンピュータ支援設計)交換形式(NURBSベース)に戻し、パラメータ表記された機能表面を使用してCAD/CAM(コンピュータ支援製造)処理ができます。生産準備に入る前に、MSC Apex Generative Designでプリント方向への整列やサポート構造の生成を定義して、組み立て全体の最終チェックを行いました。

Krause DiMaTec社の高精度な処理により、機能表面の遊びや後処理は必要ありませんでした。その結果、製造された部品はプロセス関連のサポート(支持)構造を除去すると直ちにに取り付けることができました。その後の調整の必要もなく、自転車メーカーXplorcycles社はモーター取付具でモーターを自転車に取り付けることができました。最初のテスト走行は完璧で、生体工学に基づいた自転車の設計とその出来栄は高品質なものとなりました。

Krause DiMaTec社のマネージングディレクターであるJohannes Tominski工学博士はこの一連のプロジェクトとジェネレーティブデザインソフトウェアの性能に非常に満足し、次のように話しています。「この開発プロジェクトは、トポロジー最適化と3Dプリントの緊密な融合によりもたらされる付加価値を鮮烈に印象付けました。工学的特性が改良されたことに加えて、最適化によりエンジン取付具の外観にも磨きをかけることができ、リカンベントバイクに注目を集める新たな一手になったと感じています。」本プロジェクトに関わった2社によると、2022年の前半にこれらの製品の生産開始が予定されています。



図2: モーター取付具は粉末をレーザーで焼結積層していくSLM(selective laser melting)方式で製造。製造プロセスで必要となるサポート(支持)構造は簡単に除去できるため、取付可能な部品が即座に入手可能です。



Hexagonは、センサー、ソフトウェア、自律型テクノロジーを組み合わせたデジタルリアリティソリューションのグローバルリーダーです。私たちは、産業、製造、インフラストラクチャ、公共部門、およびモビリティアプリケーション全体で効率、生産性、品質、および安全性を高めるためにデータを活用しています。

私たちのテクノロジーは、生産と人に関連するエコシステムを形成し、ますます接続され自律的になり、スケーラブルで持続可能な未来を保証します。

ヘキサゴンのマニュファクチャリングインテリジェンス部門は、設計とエンジニアリング、生産、計測からのデータを使用して製造をよりスマートにするソリューションを提供します。詳細については、hexagonmi.comをご覧ください。

ヘキサゴン（ナスダックストックホルム HEXAB）の詳細については、hexagon.comをご覧ください。@HexagonABをフォローしてください。