

Unverferth Manufacturing

ユーザ事例

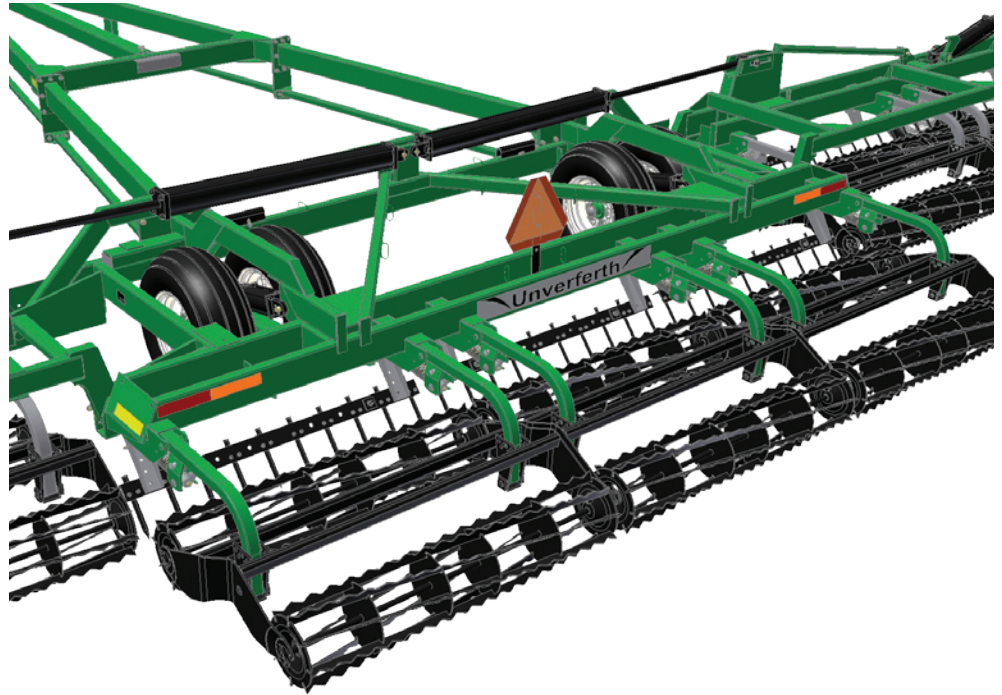
Algor® Professional MES

Algorのおかげで試作製作を少なくとも1世代分は減らすことができました。
これを金額に換算すると、数万ドルものコストを削減できたことになります。

—Richard Anderson
Product Engineer
Unverferth Manufacturing

設計サイクルを短縮化

Algor®での解析を活用して設計サイクルを1/2に。
さらに開発コストを大幅削減でき、製品価格への反映も実現。



Algorにより、Unverferth Manufacturing 社では 設計サイクルの大幅な短縮だけでなく、設計品質の大幅な向上も実現

Unverferth Manufacturing 社は1948年以来、常に変化するアメリカの農業従事者のニーズに対応し続けてきました。同社は、FEA（有限要素解析）ソフトウェアのAlgorを使用して新しい耕起用の折りたたみフレーム式12列Ripper-Stripper®サブソイラーの設計サイクルのスピードアップを図り、より堅牢な製品を短期間で設計することに成功しました。また、試作製作回数を大幅に減らせたことで開発コストを数万ドル単位で削減でき、結果的に製品価格を下げて十分な収益を上げることができました。

Unverferth Manufacturing 社の設計者はAlgorを使用して静的応力解析を行うことで、フレーム、ヒッチ、ヒンジなどにかかる高いストレスを回避するための最適な厚み、形状、材料を選択することができた。

納期との戦い

Unverferth Manufacturing 社の技術者たちは、ほんの数年前は経験と手計算と実地テストを頼りに設計を行っていました。FEAが必須条件になってからも、しばらくは解析作業を外部に委託していました。そうしたFEAへの投資が、どうすれば信頼性の高い新製品をよりスピーディーに開発できるかという疑問の答えになりました。

「Algorを導入した当初、我々はInCADテクノロジーを利用したCAD/CAEデータのダイレクト変換ツールやメッシュ生成ツール、AlgorのMES（メカニカルイベント シミュレーション）機能によるモーション解析と応力解析の連成に感動を覚えました」こう話すのは、製品設計担当のRichard Anderson氏です。

「それまで私たちはMechanical Desktop®に搭載されているFEA機能を使っていました。しかしそれはあまりにも簡略的なもので、予期しない結果が出た時に理由を想像することもできませんでした。ところがAlgorを使い始めてすぐに、私たちが欲しかったもの、必要としていたものはこれだと確信しました。

2001年～2002年、Unverferth Manufacturing 社の技術者は多くのプロジェクトに Algorを利用しましたが、それらのプロジェクトは1つのパーツや小さなアセンブリの解析を行えばすむようなものばかりでした。ところが、2002年の終わりにかなり大規模なFEAプロジェクトが発生しました。それは、同社がRipper-Stripper製品ラインを拡大することを決めたときでした。

Ripper-Stripperサブソイラーは、前年の作物の刈り取り跡が残った田畑を耕し、苗床を整備する機械です。サブソイラーの細長いフレームは、標準的な3点ヒッチを使ってトラクターに装着します。フレームの下には先のとがった湾曲したシャंकが伸びており、18インチの深さまで土を耕すことができます。土を掘り起こすことで作物の根域が広がり、水分や栄養分が底土にまで十分に行きわたるため、作物の成長が促進されます。彼らは、この製品ラインにより広い範囲を一度に整備できる新しいサブソイラーを加えることで、畑の整備に要する時間を短縮したいと考えました。

このプロジェクトは2002年の晩秋にスタートしました。アメリカ南部で綿の作付けが始まるのは2月です。その2月の実地テストを目指して、3カ月に



満たない短い期間でこの新製品の試作を設計、製作しなければなりません。この難関に取り組むために、同社の技術部長であるDavid Smith氏は、製品設計担当のRichard Anderson氏とBill Maenle氏、設計技術者のTom Steffan氏と共にチームを結成しました。

彼らは、これほどまでに複雑でスケジュールがタイトなプロジェクトは経験したことがありませんでした。「それまでのFEAプロジェクトはずっと単純だったうえに、設計を最適化して試作品を製作するまでに長いときは6カ月もかけていました。3カ月足らずで大型のサブソイラーを設計して試作を製作する、という計画を最初に聞いたときには、とても無理だと思いました。同じような、ただしもっと小型の30インチ×最大8列まで対応可能な固定フレームのサブソイラーのプロジェクトに携わった経験から、そのときの設計を単純に変更しただけでは今回のプロジェクトには対応できないだろうという強い懸念がありました。」と、Steffan氏。

新しい設計は40インチ×最大12列に対応し、しかも折りたたみ式のフレームを組み込まなければならぬため、設計の複雑さも増す上に、前回以上に

さまざまな荷重に関するシナリオを考慮に入れる必要がありました。「折りたたみ式のフレームでは、ヒンジとシリンダーにかかる大きな荷重を考慮しなければなりません」と、Anderson氏。チームは、この新製品を短期間で最適化するためにAlgorを利用しました。

FEAを利用して

Ripper-Stripperサブソイラーを設計する

チームはまず、自社のサイズの小さいサブソイラーの設計をベースに、既存の製品用にストックしてあるパーツを使用した設計案をいくつか用意しました。新しいパーツを最小限に抑えることで、製造コストを下げようと考えたのです。

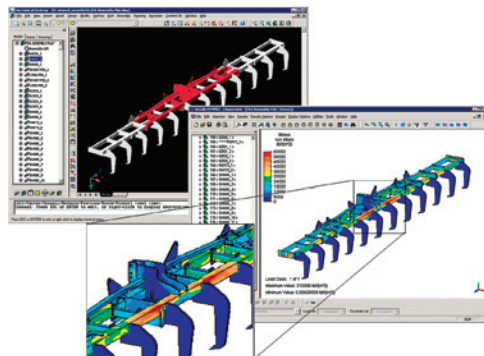
Maenle氏は、Autodesk Mechanical Desktopを使ってモデリングしました。続いて、Steffan氏がAlgorにインポートするアセンブリを作成しました。「Mechanical Desktopを使用して、元の設計では製造を見越して組み込まれていた公差のギャップを取り除きました。これでパーツ同士がぴったりはまって、FEAに適した状態になります。さらに、解析結果に影響しない小さなパーツも除去しました」と、Steffan氏。

この12列Ripper-Stripperサブソイラーのプロジェクトは、Unverferth Manufacturing 社が近年Algorを使用した数々のプロジェクトの中でも最も大規模なものでした。

続いてSteffan氏は、線形静的応力解析用に、177個のパーツからなるMechanical DesktopのアセンブリをInCADテクノロジーを利用して直接Algorに渡しました。「InCADテクノロジーを利用すれば、ボタンを一度クリックするだけでAlgorにデータが渡され、すぐにメッシュ作成に入れます。Algorはメッシュ生成テクノロジーもより高速でかつ誰にでも使いやすいように改良が重ねられています。」

Steffan氏はさまざまなサイズのメッシュを試した上で、最適なメッシュ サイズを割り出しました。「この設計では薄肉管を多用します。メッシュは解析をすばやく実行するための十分なサイズが必要ですが、溶接継手周りの状況を正確に解析するためには大き過ぎてもいけません。」

その後、設計を一連の線形静的応力解析にかけ、サブソイラーの実際の使用条件（硬い土の中を引きずる、地面から持ち上げる、巨大な10フィートのウイングを折りたたむ、移送するなど）をシミュレートしました。「想定されるさまざまな荷重のシナリオから、線形静的応力解析が最適だと判断しました」と、Anderson氏。



またSteffan氏は、解析を繰り返しながら変位やミーゼス応力をチェックしました。「まずは、荷重や拘束が適切でない場合に問題が顕著に現れる変位からチェックします。」と、Steffan氏は説明します。その後、応力と、安全係数を適用した材料の降伏点とを比較しました。

全体的な手順としては、まずジオメトリ（コンポーネントの厚みや形状など）を最適化した後、重量を最小限に抑えつつ可能な限り荷重を分散し、応力の高い部分にはより頑強な合金鋼を検討しました。また、高価な合金を使用するパーツのサイズを最小にすることで材料費を抑えるとともに、できるだ

け他の製品で使われている材料を使用するように心がけました。また、列の幅を変えたり多様なタッチメントに対応できるようにするため、サブソイラーの構造は単一ではいけません。このことが、変更を非常に込み入った作業にしていました。「全部で16通りの構造パターンを検討する必要がありました」と、Anderson氏。

最初のシナリオでは、「引き」の荷重を計算して、サブソイラーのシャンクを地中およそ18インチの深さで引きずったときの応力をシミュレートしました。この場合は、ヒッチを拘束し、各シャンクに水平荷重を適用します。アセンブリのパーツのうち、最もこの「引き」テストの影響を受けるのは3点ヒッチです。「この40フィート幅の機構が、中央のおよそ3フィート幅の機構でけん引されるわけです。数通りのヒッチを試し、試験にパスするまで横材を補強することで設計を最も堅牢に最適化できました。」と、Steffan氏。

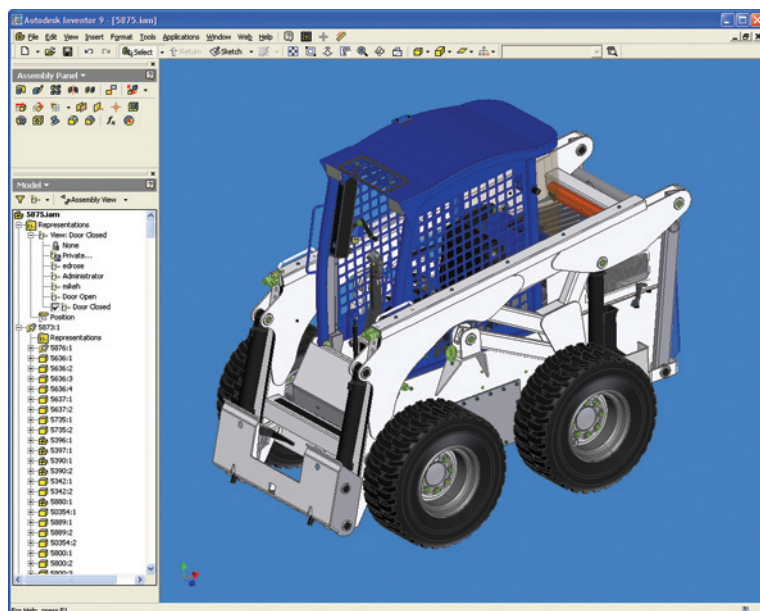
2つ目のシナリオでは、「持ち上げ」時の荷重を計算して、サブソイラーを地面から持ち上げたときに生じる応力をシミュレートしました。このシナリオでもやはりヒッチを拘束します。ただし、各シャンクには水平荷重ではなく垂直荷重を適用する必要があります。これらの結果をもとに、サブソイラーの中央の大きなマスト プレート形状を最適化して、重量を増やさずに応力を許容範囲内に抑えました。その後、再度「引き」試験を実行して、ここで加え

た変更が「引き」シナリオにおけるサブソイラーの性能に影響しないことを確認しました。

3つ目のシナリオは、トラクターの最大油圧力がかった状態でフレームを折りたたむという最悪のケースを想定したものです。動作中の広がった状態のフレームに対し、ヒッチとフレームの両端に拘束を適用します。さらに、両ウイングにかかる力として、最大油圧荷重を適用しました。

このシナリオの解析の結果、ヒンジ部分に高い応力がかかることが判明しました。結局彼らは解析を6回繰り返し、折りたたみ時の荷重を考慮して設計を最適化しました。その後、最初の2つの荷重シナリオに基づいて再度解析を行ったところ、今度は「引き」試験にパスしないことが分かりました。3つの荷重シナリオすべてにパスするために、さらにヒンジに変更を加えなければならませんでした。

彼らが考えた最後のシナリオは、移送時の荷重を想定したものです。このシナリオでは、完全に拘束されたヒッチがアセンブリの静荷重に耐えられるかどうかをテストします。4つの中では最も要求の少ないシナリオで、設計が移送に耐えられることが検証されました。



十分な強度で納期を遵守

結果的に、彼らは全部で36回の解析を行ったことになります。「Algorのおかげで、鋼鉄の量を合計60ポンド（全重量のわずか1パーセント足らず）増やしただけで、フレームの耐久力を10倍にアップさせることができました。解析の結果をもとに、どのパーツを最適化すべきか、どのパーツの材料を減らして全体の重量を抑えることができるかを繰り返し検討しました。その結果、たいがいのトラクターにおいて3点ヒッチで持ち上げることができるサブソイラーが完成しました。さらに、我々はより油圧力の低いトラクターでもサブソイラーを持ち上げられるように、オプション製品としてリフトアシストホイール パッケージも開発しました。」と、語るのはAnderson氏。

さらにAnderson氏は次のように語っています。「最終的な設計では、すべての材料を既存の製品の材料でまかなうことができました。ただし、パーツについては新しいものをいくつも開発しました。当初は、既存の部品を主に利用する予定でした。しかし、解析の結果から、それでは良い設計はできないことが分かりました。最終的な設計は、外観は他の製品と似ていますが、部品の半分は新しく開発したものです。」

Ripper-Stripperサブソイラーは、2003年の作付けシーズン中に十分な数の実地試験を行い、2004年の作付けシーズンに向けて商品化されました。「このプロジェクトでは、Algorのおかげで試作製作を少なくとも1世代分は減らすことができました。これを金額に換算すると、数万ドルものコストを削減できたことになります。すべてのトラクターにリフトアシスト ホイール パッケージを付ける必要があるとなると、最終的な製品の価格はあと数千ドルは高くなっていたはずです。また、こうした直接的なコスト以外にも、プロジェクトをスケジュールどおりに進め、予定通りに市場投入できたことで間接的なコストも節約できました。この手の耕作用アタッチメントは1年にわずか4～6週間しか出番がありません。2月までに実地試験用の試作品の製造が間に合わなかったとしたら、プロジェクト全体がさらに1年遅れて、製品をこれほど短期間で市場に投入することはできなかったでしょう。さらに、最終的により堅牢な設計になったことで、初期のコンセプト設計では2～3年以内に生じていたであろう現場での修理に伴うコストも節約できました。Algorを使用して辿り着いた最終的な設計は、実地試験で高い評価を得ただけでなく、長期的に見ても耐久性と信頼性に優れていることを証明する結果となりました。」と語るAnderson氏。

解析がUnverferth Manufacturing 社の設計サイクルを変えた

12列Ripper-Stripperサブソイラーのプロジェクトは、Unverferth Manufacturing 社が近年Algorを使用した数々のプロジェクトの中でも最も大規模なものでした。「Algorは、我々の製品設計を大きく変えました。わずか2年前まで解析ツールは我が社の標準の設計サイクルには導入されていませんでした。しかし今は、当たり前のように解析ツールを利用しています」と語るのはSteffan氏。

「平均すると、製品の材料費を2パーセント増やすだけで、設計の耐久性を最大10倍にまで向上させることができます。FEAは、今や我々にとって欠かせないツールです。」と、Anderson氏。このようにAlgorによって、Unverferth Manufacturing 社では設計サイクルだけでなく、設計の品質にも大きなメリットをもたらしています。



Algorを導入した当初、我々はInCADテクノロジーを利用したCAD/CAEデータのダイレクト変換ツールやメッシュ生成ツール、AlgorのMES（メカニカル イベント シミュレーション）機能によるモーション解析と応力解析の連成に感動を覚えました。

—Richard Anderson
Product Engineer
Unverferth Manufacturing

Autodesk®

オートデスク株式会社 www.autodesk.co.jp

〒104-6024 東京都中央区晴海1-8-10 晴海アイランド トリトンスクエア オフィスタワーX 24F

〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪トラストタワー3F

TEL:0570-064-787(オートデスク インフォメーション センター)

Images courtesy of Unverferth Manufacturing.

※Autodesk, Algor, Mechanical Desktopは、米国および/またはその他の国々における、Autodesk, Inc., その子会社、関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品の提供および機能を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。
© 2009 Autodesk, Inc. All rights reserved. MFG313-0911(Z)