



SIEMENS

Ingenuity for life

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア

電気設計と機械設計の 連携で、プログラムの リスクを低減

エグゼクティブ・サマリー

航空機設計はこの10年あまりの間、技術の進展と新しい市場ニーズを受けて複雑化の一途をたどっています。そうしたなか、電気設計と機械設計の連携、つまりECAD-MCAD協調設計の自動化は、設計の堅牢性を確保し、品質コストを削減すると同時に、生産性の向上に貢献してきました。今日では、機械設計と電気設計の間でデータをより効率的に同期させ、クリティカルな設計項目においても効果的に協業を進め、設計意図を正しく実装することが可能です。

航空宇宙および防衛担当ディレクター
Anthony Nicoli

課題: 航空機の電気 / 機械設計

民間航空機の設計および製造は、非常に高難度、高コスト、高リスクです。新しい機体が運航開始するまでの開発費用は何十億ドルにのぼり、期間は10年にも及びます。電気と機械が複雑に作用しあう高密度な航空機設計は、リソース集約型の難事業です (図1)。次世代の航空機では、飛行制御アクチュエーター、客室内の圧力制御、飛行機翼の除氷など、クリティカルなシステムの大半を電子機器に依存します。コンピューターやセンサーといった電子システムと、それらを接続および制御するための電気配線が航空機内部の多くの部分を占めるようになるでしょう。また、客室内にはエンターテインメントや通信システムが装備されるため、より多くのワイヤーハーネスが必要になってきました。

航空機は、個別のシステム故障が重大事故を招くことがないよう、幅広い冗長性もサポートしなければなりません。FAAの定める統合電気配線システム (EWIS) 規制は、航空機内のワイヤーハーネスの設計、実装、保守の基準を定めています。この規制は主として、電気配線部を別のシステムや別の配線から物理的にいかに分離し、区分するかといった安全性と冗長性の要件を満たすうえで必須の条件が規定されており、ハーネス摩擦、アーク放電、電磁干渉などの事象が他のシステムを損傷、妨害しないようにすることを目的としています。

電気 / 機械設計開発は、非常に困難でありながらも、厳しいスケジュールを順守しなければなりません。スケジュールが遅延すると、何百万ドルものコストがメーカーにのしかかってくるだけでなく、就航遅れにつながります。設計不良が製造まで持ち越されると、プログラム自体を危機にさらすほどの大問題に発展します。たとえば、ワイヤー長さやバンドル間隔がわずかにずれただけで、ワイヤーハーネスを正しく配線できなくなります。その影響は追加コストの発生だけにとどまりません。機体の納入が遅れれば、メーカーの評判を傷つけ、株価の下落を招きます。

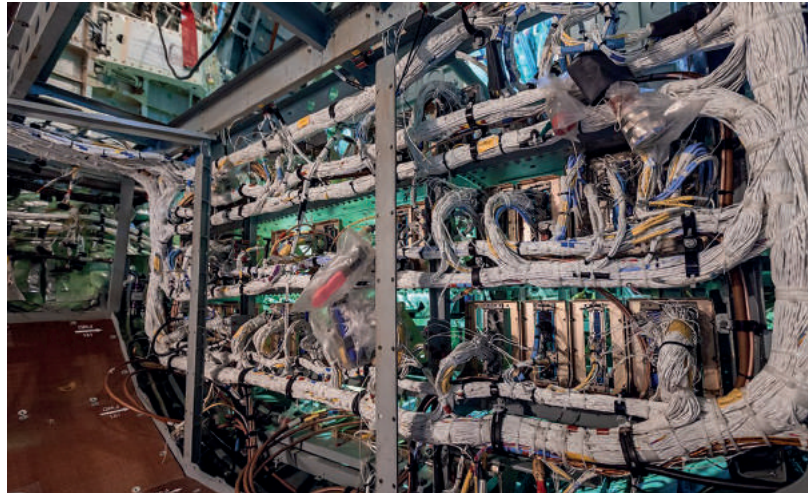


図1: 相互接続されたシステムと電気配線の複雑化が進む今日の航空機

一方、航空宇宙企業は、開発段階の問題に起因する超過コストを製造段階で回収することはまず不可能です。何百万台もの自動車を量産することでエンジニアリング・コストを償却できる自動車メーカーとは異なり、航空機メーカーが製造する同型機はせいぜい数千にすぎないからです。製造数が少ないことから、開発段階の追加コストを吸収する余地がほとんどありません。つまり、航空機メーカーは、開発作業をスムーズに進行させなければならないという多大なプレッシャーと向き合っています。

このホワイトペーパーでは、電気系CADと機械系CAD (ECAD-MCAD) の効率的な協調設計プロセスを航空機の設計と製造に導入することで、コストのかかる電気機械の問題を回避し、設計序盤の生産性を最大化し、終盤での設計変更によるコストの影響を最小化する方法をご紹介します。

協調設計が求められる理由

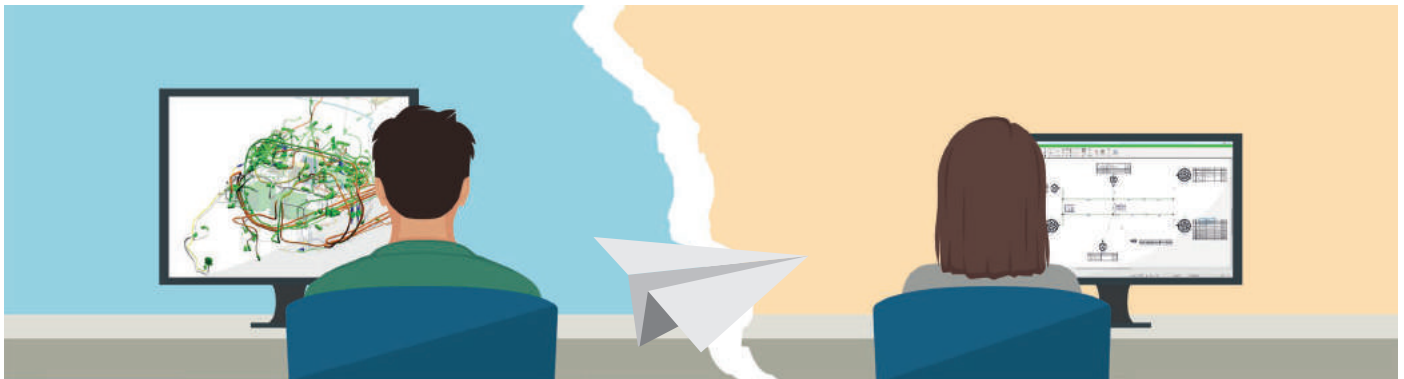


図2: 電気系エンジニアと機械系エンジニアの間に立ちはだかる壁こそが同期設計の阻害要因

航空機的设计チームは、プログラムのマイルストーンをできるだけ早くに達成しなければというプレッシャーに常にさらされています。初期生産の前に、設計を追加で解析、検証する余力はほぼありません。このため、見つけにくいエラーが検出されず、後で大きな問題を引き起こすことがあります。たとえば、以前に開発した民間機をベースに軍用機を開発することで、いちから設計する場合と比べて時間とコストを削減したいというケースを考えます。電気設計ドメインと機械設計ドメインの間に適切なコミュニケーションがなされないまま設計変更が行われると、EWISの違反が設計に入り込みかねません。最終設計レビューまでその違反が見過されると、設計、検証、リリースのやり直しと、機体の組み立て直しに何週間、場合によっては何か月もかかるほか、コストも莫大なため、プログラム、担当者、会社すらも多大なリスクを被ります。

航空機の電気機械設計がかつてないほど複雑化しているなか、厳しいスケジュールどおりに正しく設計を進めるにはどうすれば良いのでしょうか。最適な戦略は、設計プロセス全体を通じて、ECADとMCADの設計データをデジタル化し、差分交換できるようにすることです。つまり、設計のそれぞれの段階において、電気設計と機械設計の両分野にまたがる機能の情報を双方で同期させます。プログラムを通じて継続的にデータを同期することで、電気設計エンジニアと機械設計エンジニアの間の確実な意思疎通を可能にし、生産性の向上と設計エラーの削減を実現します。

しかし、電気設計と機械設計の連携にはいくつかの潜在的な障害が立ちはだかります。1つ目は、両分野間に従来から存在する壁です(図2)。両者は通常、まったく異なるツールと専門用語を使い、離れた場所で作業しています。

さらに、MCADとECADシステムは、同じオブジェクト構造を別々の方法で表現します。MCADシステムは、ねじ、シャーシ、回路基板、コネクタなどの物理的な部品表(BOM)でLRUを表現できますが、一方、ECADシステムでは、オブジェクトの物理的構造ではなく、機能的 / 回路図的なビューとして表します。電氣的に同じ機能を、複数の回路基板とコネクタに割り当てることもあるため、機能と物理パーツを1対1で関連付けるのは現実的とはいえません。

こうしたことから、これまでの協調設計への取り組みの成果は限定的でした。従来のECAD-MCADコラボレーション・ツールといえばせいぜい付箋、電子メール、Excel®どまりでした。これでは明らかに不十分です。両方の領域を連携させるために内製のソフトウェアやプロセスが生まれたため、ECADツールまたはMCADツールのバージョンが新しくなるたびにテスト、検証しなければならませんでした。内製のソフトウェアとプロセスは、維持管理にコストがかかるほか、社内に専任のサポート要員が必要です。

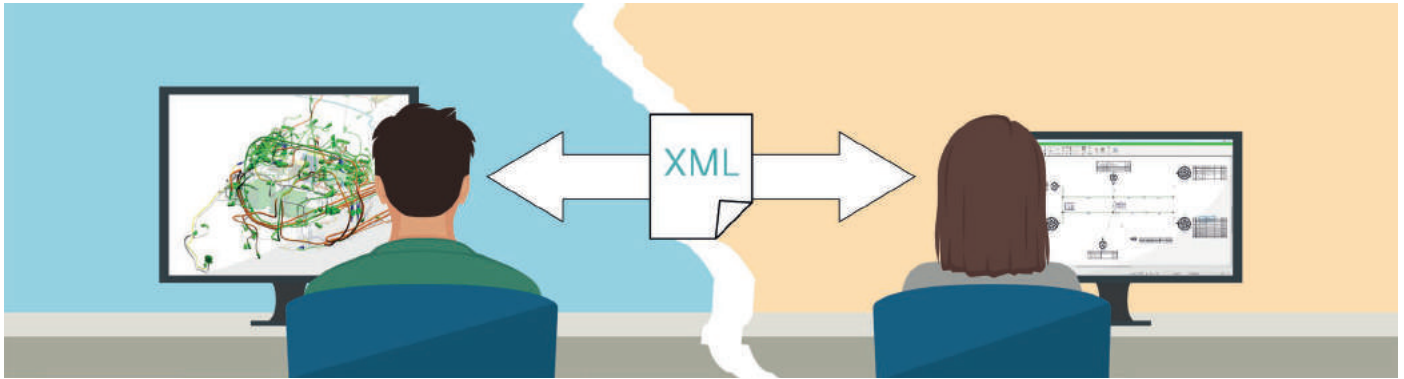


図3: ECAD分野とMCAD分野の間にある従来の壁を解消するXML

XMLファイル形式の登場は、こうした課題の一部を解決するのに役立ちました。XMLは、プラットフォームに依存せずにデータを格納するためのファイル形式であり、多くの異なるプログラムやマシンのほか、人間に対しても可読性があります。XMLを使用すると、電気設計環境と機械設計環境との間で設計者が直接データを交換できるので、従来の隔たりを解消します（図3）。

その汎用性から、多くの企業が独自のXMLスキーマを開発して、複数のソフトウェアの間の相互運用性につなげています。シーメンスはMCADツール、NX、Capital電気設計ツール群など、XML形式に対応したアプリケーション間通信手段として、PLMXMLを開発しました。

NXとCapitalをPLMXML経由で統合し、電気設計データと機械設計データを同期させます。それぞれの設計者は自身が慣れ親しんだ設計環境にしながら、設計の互換性を確保できます。CapitalとNXによる統合設計フローは次のとおりです。

1. まず、電気設計者がCapitalで電気配線と接続レイアウトを行います。このレイアウト情報には、ワイヤー、コネクタ、マルチコア、スプライスなど主要コンポーネントを含みます。レイアウト設計が完了したら、この配線データをPLMXMLファイル形式で機械設計エンジニアに渡します。

2. 機械設計エンジニアがPLMXMLファイルをNXにインポートすると、電気データが自動的に3Dオブジェクトに変換されます。その後、NXで配線すると、バンドル径が計算されます。NXで変更した部分のみをエクスポートして、電気設計者のレビューに回します。
3. 電気設計者は、受け取ったデータをツールにインポートして、必要なチェックを行います。このとき、NXからエクスポートされた3Dワイヤー長を使用して、電圧降下の計算を行い、ハーネスを収める十分なスペースが機械設計で確保されていることを確認します。また、必要に応じて変更を加えることもでき、変更した部分のみが機械設計エンジニアに送られます。

この方法であれば、両設計者はいつもどおりのペースで協調的に検証を進めることができ、スペース違反や電気システム違反も生まれません。ただし、データのインポートとエクスポートは手作業で行う必要があります。時間とコストの一層の削減を図るため、ECADとMCADをより緊密に連携させる方法はないでしょうか。

XMLの限界

XMLによる連携は、Excelファイルや注釈付きPDFファイルで変更の追跡や設計意図の管理を行っていたときと比べれば、大きな前進です。しかし、一方の分野で変更が行われるたびにXMLデータのインポートとエクスポートが発生するため、設計レビューや、変更を許可、却下するまでに時間がかかります。そのことが開発プロセスの遅れの一因にもなっています。

このレベルの統合では、電気設計と機械設計の間の障壁を部分的にしか解消できません。設計変更の提案をする際も、それぞれの分野の設計者は、自身の範囲でその変更がどのような意味を持つのかしか分かりません。このため、Capital 設計環境を使っているエンジニアの提案した変更が空間や物理的な違反を引き起こしたとしても、機械設計エンジニアがその変更を却下するまでそれを知ることはできません。

真の協調設計: クロスプローブ

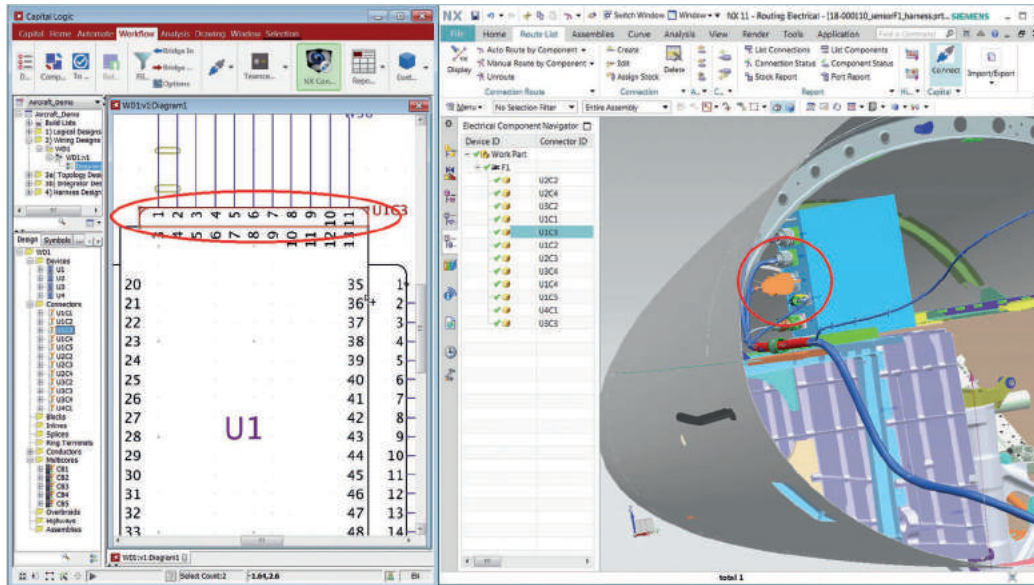


図4: 電気論理設計 (左) でコネクタを選択すると、MCADツール (右) で該当箇所が自動的にハイライト

両方のプロセスをより緊密に接続、結合させて、これまで以上にコラボレーションさせる方法があります。2つの分野間でシームレスにクロスプローブさせることで、もう一方のエンジニアが他方のコンテキスト情報を見ながら作業を進めるなど、より緊密な連携が可能です (図4)。

こうした統合機能はまたXMLファイルをベースにしたやり取りで発生する工数もなくします。XMLによる連携には、変更内容を含む大容量ファイルのエクスポートとインポートが必要ですが、CapitalとNXはAPIレベルの統合をサポートしており、2つの分野が直接つながり、変更や新情報がそのまま更新されます。よって、エンジニア自身がXMLファイルを置き換える手間も不要です。真の意味で強力なメカニズムによるデータレベルでの統合を実現しています。たとえば、Capitalユーザーが出力した配線用BOMをシームレスにNXに取り込むことができます。

過酷な天候や湿気の多い環境 (SAMP) など厳しい気候についての知識に基づいて、電気システムとワイヤーハーネスを設計することが可能です。ECAD設計者は外的環境に関する条件が電気パフォーマンスにどのような影響を与えるのかを考慮でき、他方、機械設計者は、機構内のワイヤー配線に必要なバンドルを考慮に入れながら空間を確保したり、ハーネスの曲げ強さを調整したりします。もう一方の分野のコンテキスト情報を知ることで、分野間の不整合を素早く解消します。

機械設計エンジニアは、限られた物理スペース内に必要なワイヤー・バンドルをすべて配線しなければなりません。しかし、それらのワイヤーをMCADでモデル化するのは、非常に煩雑で時間もかかりすぎるため、避けたいところです。その代わり、電気定義をCapitalで作成します。さまざまな機械的な拘束条件に基づくバンドル許容最大径もCapitalに共有されます。Capitalで設計ルールを自動適用することで、対話形式で配線したハーネスであっても、自動合成したハーネスであっても、機械設計エンジニアが定義したバンドル径を確実に順守します。確実なCorrect-by-Construction (最初からエラーのない構築) により、コストのかかるやり直しを回避します。

航空機に実装される電気 / 電子コンテンツはこの数年で急増していますが、配線可能な領域はそのままです。機内エンターテインメント・サービスの増加や、機内の無線インターネット、電子制御システムへの移行は、データ転送や電源供給に必要な電気配線の増加を意味します。つまり、これまでと同じ物理空間にこれまで以上の電子コンテンツを実装し、必要なシステム冗長性や物理的な分離を確保しなければなりません。両分野間のクロスプローブや相互の可視化により、ワイヤー配線を3D環境で理解することで、最適な配線経路を見つけやすくなるでしょう。

電子部品増加の流れは今後も続きます。MEA (More Electric Aircraft / 航空機の電動化) の概念は、ますます多くのシステムへと波及し、いずれは推進システムも電動化すると予想されます。そうすると、水圧、空圧、機械処理のシステムも電動化が進むでしょう。効率化と機体の軽量化が可能なMEAは、環境、コスト、信頼性の面にメリットがあるからです。しかし、機内エンターテインメントから補助翼と着陸装置のアクチュエーターまでのすべてを広範な電子システムが制御するため、電子システム部分に複数の冗長性を持たせなければなりません。ワイヤーハーネスの重量と機能が増える結果、さらに精緻なハーネス設計が求められます。

変更管理



図5: ハーネスのフルスケール図面であるフォームボードは、製造段階にも有用

高難度の最新航空機の開発には、何千、ときには何百万のトレードオフ、変更依頼が発生し、すべてがケーブル長、ケーブル種類、物理的な配線場所に影響を与えます。航空機の開発において電気設計と機械設計を統合して進めるには、高精度の変更管理手法が不可欠です。

機械設計者は、バンドルの物理構造に基づいて、曲げ半径を拘束条件として指定します。Capitalに拘束条件を取り込むと、電気エンジニアは、その条件に応じてハーネスを組み立てるフォームボードを作成します。フォームボード・エンジニアが設計したモデルをMCADで指定した曲げ半径条件どおり製造するとコストがかかりすぎる場合、Capitalはアラートを発します。

ハーネス設計の終盤であっても、システム全体に影響を与える設計・製造変更が予想外に発生することも少なくありません。顧客の仕様変更やサプライヤーでの部品製造能力

の関係で設計変更が余儀なくされるケースもあるでしょう。最新の航空機には、天候や外気圧など外部状態に加え、客室内の気圧や燃料レベルを監視するため、数百にのぼるセンサーが装備されており、それぞれのセンサーは、ワイヤーハーネスと接続され、情報を収集、格納、通信します。センサーを交換または移動すると、機械設計と電気設計の両方に複数の設計変更が発生することがあり、新たにコスト、重量、機能性を検証しなければなりません。

また設計中のワイヤー長の計算ミスにより、LRUや他のコンポーネントとの接続不良が発生します。ハーネス合成後にワイヤー長を調整することは不可能なため、多大なやり直しやコストが課せられます。ワイヤーハーネスの再エンジニアリングは数十の設計変更を招く結果となり、エンジニアはできるだけ早く、正確に、その変更を実装して機体の製造に引き渡さなければなりません。

変更管理の難しさはつまり、電気設計と機械設計の分野双方の変更をどれだけ早く効果的にトラッキングできるかにかかっています。変更管理には2つの大きな側面があります。1つは、データの自動マージ、設計者への明確な変更の表示です。Capitalには、強力な変更管理ツールが付属しており、設計変更一覧を自動的に作成できます(図6)。電気設計エンジニアは、リストに記載の変更を個別にまたは一括で承諾または却下します。Capitalの変更管理ウィンドウには、電気設計と機械設計の両方の分野間のクロスプロブ機能があります。MCADまたはECADのいずれかの変更管理ウィンドウで項目を選択すると、もう一方の環境で自動的にそれがハイライトされるので、どのような変更が提示されているのかをすぐに理解できます。また、変更内容を平面図としてプレビューさせることもできます。平面図は、3次元、直交、展開のいずれかです(図7)。

もう1つは、電気設計と機械設計のどちらのデータをマスターとするか、変更をどのように適用するかを決める変更ポリシーです。Capitalには、データの変更方法を自動制御する強力オプション機能があります。データ所有者を細分化し、個々の設計フローに合わせて変更ポリシーをカスタマイズするため、変更可能な部分を細かく分けて、個々のコンポーネントの属性ごとに異なるルールを割り当てることもできます。たとえば、MCADでは、コネクタの重量属性は変更できるが、電気的特性を変更できないようにするといったルールもサポートします。

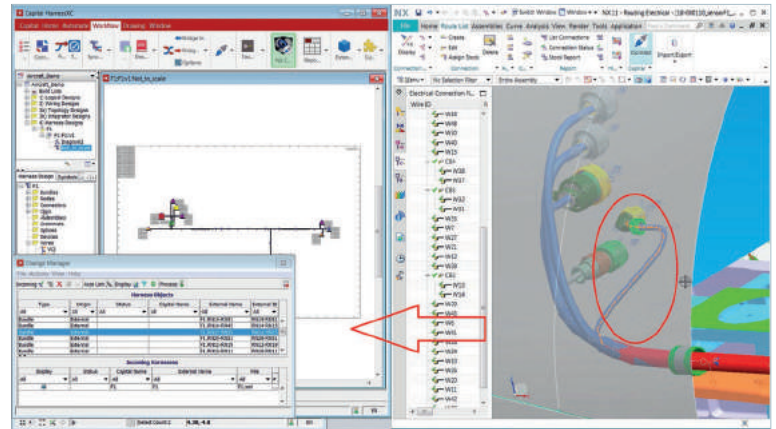


図6: MCADツールで加えた変更箇所を、電気設計エンジニアが確認しやすい形式で表示

バリエーション管理も変更管理を難しくする一因です。航空機メーカーは、顧客の仕様に合わせて機体を組み立ててはなりません。客室内の仕様は、機内のエンターテインメント・サービスや座席配列などが顧客によって大きく変わるため、それが顕著です。つまり、ワイヤーハーネス設計は、顧客である航空会社それぞれ固有のものです。系統的な管理が可能な高機能なツールと多数のバリエーションに対応できるデータベースが必要です。データ管理機能は、機械設計エンジニアと電気設計エンジニアのそれぞれに最新のバリエーション情報を提供しつつ、他のデータベースに影響を与えないものでなければなりません。

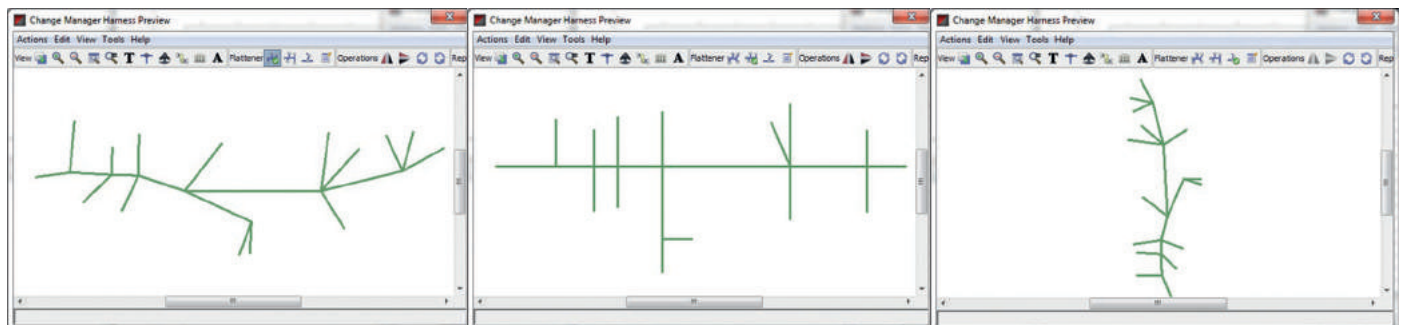


図7: Capitalの変更マネージャーの平面図(3D、直交、展開で表示可能)

今後の展望： 完全電気航空機と自動操縦を目指して

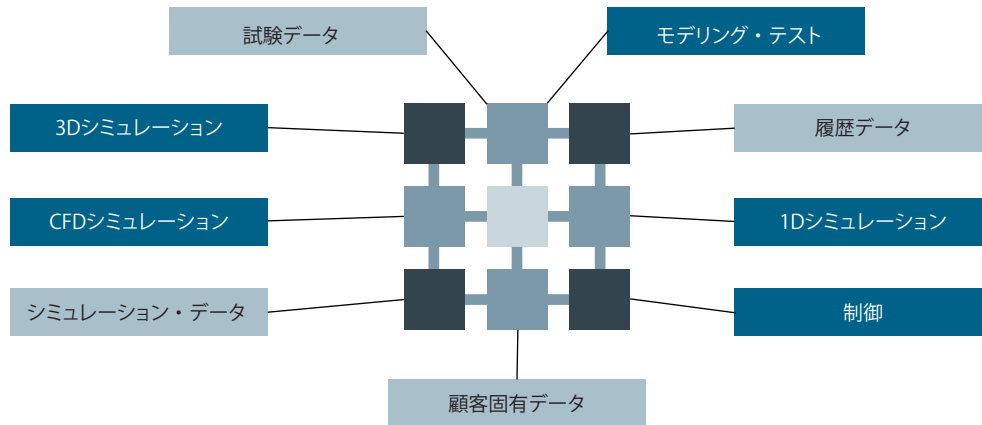


図8: 高度なアーキテクチャー探索と設計最適化を可能にするモデルベースのシステム・エンジニアリング手法

センサー、データ処理、ML (機械学習) 技術の進化に伴って、完全自動操縦の可能性が見えてきました。一方、シングル・パイロットによる運航を模索している航空会社も複数あります。シングル・パイロット化により、航空機の監視システムを自動化する方向へと向かうでしょう。結果として、操縦席や操縦システム的大幅な再設計が必要になります。計器とモニターの向きを変更し、1名の操縦士が複数の主要フライト情報を簡単に読み取れるようにするほか、すべてのスイッチ、ボタン、操縦ダイヤルに手が届き、操作できなければなりません。HMIが変更されると、インターフェースの電気配線も変わります。電気設計と機械設計の統合により、商用航空機のcockpitをシングル・パイロット用に最適化し、同時に、安全性と信頼性のより高い基準を満たした電子システムの開発が可能になるでしょう。

電気設計と機械設計の間の統合が進むと、真のモデルベースのシステムズ・エンジニアリングに近づきます。これにより、設計プロセスの早い段階から、アーキテクチャーの強力な探索が可能です。Capitalには、機能アーキテクチャーとシステム・アーキテクチャーのトレードオフ探索を行う機能がありますが、モデルベースのシステムズ・エンジニアリングは、それをプラットフォーム全体で最適化するものです。設計者自身が何十ものバリエーション、レイアウト、装備をすべて検証し、何百もの解析を行って、最良のコンフィギュレーションを見極めることができますようになります (図8)。

納期と予算を順守

航空機設計は、この10年余りの間、技術の進展と新しい市場ニーズにより、複雑化の一途をたどっています。そうしたなか、ECAD-MCAD協調設計の自動化は、設計の堅牢性を確保し、品質コストを削減すると同時に、生産性の向上に貢献してきました。今日では、機械設計と電気設計の間でデータをより効率的に同期させ、クリティカルな設計項目においても効果的に協業を進め、設計意図を正しく実装することが可能です。

これからのモデルベース設計探索は非常に有望です。ワイヤーハーネス設計プロセスの自動化で、エンジニアは、何百もの設計制約に準拠したワイヤー配線の複数解をわずか数分のうちに得られます。その後、制約条件を少しずつ変化させ、重量、コスト、パフォーマンスに与える影響を見ながら、ワイヤー構成案を絞り込んでいきます。

電気設計環境と機械設計環境の間のシームレスなクロスブロービング機能を設計段階に利用することで、相手側の分野を理解し、自身の設計判断が両分野に与える影響を継続的に評価できます。こうして不一致を早期に特定して解消することで、コストのかかる設計イタレーションを減らします。ECAD-MCAD協調設計と豊富な変更管理のサポートにより、設計チームは、最小コストでスケジュール遅れを招くことなく、プログラムのマイルストーンを確実に達成します。

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア

本社

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

アメリカ

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

ヨーロッパ

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

アジア／太平洋

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

日本

〒151-8583 東京都渋谷区代々木 2-2-1
小田急サザンタワー
TEL: 03-5354-6700 (代)

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアについて

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアは、シーメンスのデジタルインダストリーズのビジネス・ユニットです。製造業がイノベーションを実現するための新たな機会を創出し、産業のデジタル・トランスフォーメーションを牽引するソフトウェア・ソリューションの提供において、世界をリードするグローバル・プロバイダーです。米国テキサス州プラノを本拠地とし、これまで世界140,000社以上のお客様にサービスを提供しています。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアは、あらゆる規模のお客様と協働して、アイデアの実現方法、製品の実現方法、稼働中の製品および設備資産の活用や状況把握の方法を変革できるよう支援しています。シーメンスの製品およびサービスについての詳細は、siemens.com/plmをご覧ください。

siemens.com/plm

©2019 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. SiemensおよびSiemensのロゴは、Siemens AGの登録商標です。 Femap、HEEDS、Simcenter、Simcenter 3D、Simcenter Amesim、Simcenter FLOEFD、Simcenter Flomaster、Simcenter Flotherm、Simcenter MAGNET、Simcenter Motorsolve、Simcenter Samcef、Simcenter SCADAS、Simcenter STAR-CCM+、Simcenter Soundbrush、Simcenter Sound Camera、Simcenter Testlab、Simcenter Testxpress、およびSTAR-CDは、米国およびその他の国におけるSiemens Product Lifecycle Management Software Inc. またはその子会社、関連会社の商標または登録商標です。その他の商標、登録商標、サービスマークはそれぞれの所有者に帰属します。
77780-81574-C7-JA 2/20 LOC