



**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

## 自動車開発におけるECAD/ MCAD協調設計で初回での 成功を実現

### エグゼクティブ・サマリー

電気と機械が複雑に関わり合う自動車の設計は、電気と機械を別々に設計していた従来の手法では対応できなくなってきました。ECAD/MCAD協調設計は、電気領域と機械領域をつなぐ従来の煩雑な手法に取って代わるものであり、生産性を向上して設計精度を確保します。これまでは、電子メールやスプレッドシート、XMLファイルを使って連携していましたが、最新のCADツールを使うことで、領域を超えてデータをより効率的に同期させること、重要な設計項目をより効果的に連携すること、設計意図を適切に実装することができます。

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア  
Kevin Paul

# 課題: 初回で成功させる

初回成功は、電気領域と機械領域にかかわらず、すべての自動車設計チームが目指す目標です。理想は、コストのかかる設計やり直しを最小限、またはゼロにすることです。設計やり直しの削減は、製品開発コストの削減にもつながり、さらには製品の納期目標の達成も保証されます。

自動車はますます電気と機械が複雑に関わり合い、高密度化しているため、初回で成功させることはかつてなく難しくなっています。最近の自動車は、スロットルやブレーキシステムといった重要なシステムを、コンピューターやセンサーを使って駆動しています。また、インフォテインメントシステ

ムやエアコン、シートヒーターなどの車内設備も充実させています。高級車の場合はその傾向がさらに顕著です。雑誌『Car and Driver』(2016年)によると、ベントレー・ベンティガには、ソフトウェアコード1億行以上、90台のコンピューターと制御モジュール、重さ約50kgのワイヤハーネスが搭載されています。

このホワイトペーパーでは、ECAD/MCAD協調設計の効率的なプロセスによって、車両開発中に直面する、電気と機械が関わるコストのかかる問題をいかに解消し、初回成功率を高めるかを説明します。

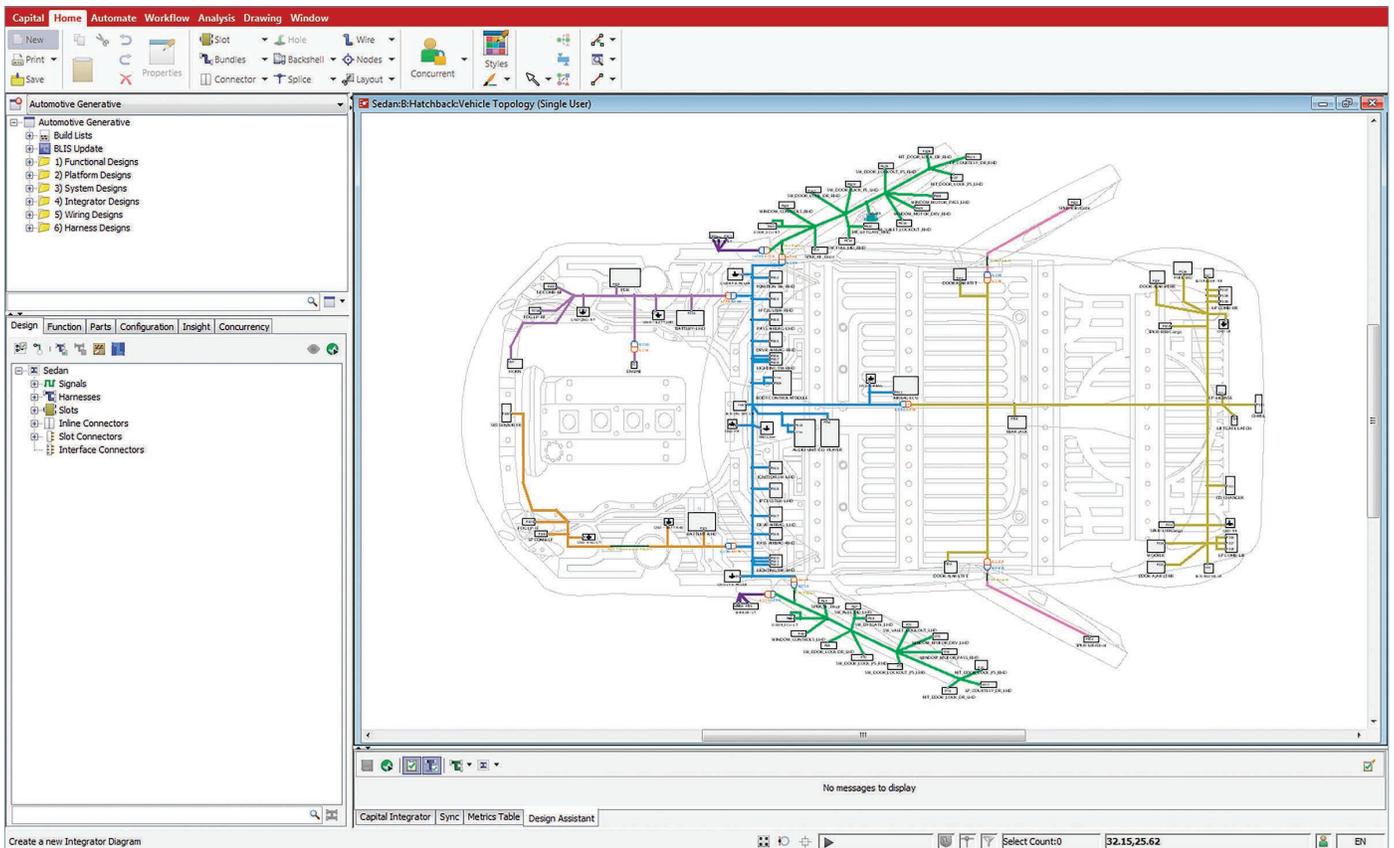


図1 消費者がより多くの電子機能を要求するにつれて複雑化する車載電装システム

# ECAD/MCAD協調設計

これは、口で言うほど簡単ではありません。ECADとMCADのコラボレーションを阻む要因は数多くあります。まず、電気領域と機械領域はもともと別物です。電気エンジニアと機械エンジニアは、まったく異なるツールセットを使い、まったく異なる用語を使います。多くの場合、お互い離れた場所で作業しています。

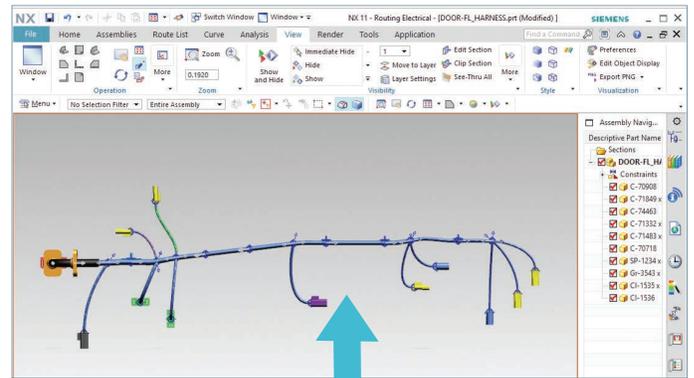
また、同じオブジェクトの構造でも、MCADシステムとECADシステムでは表現方法が異なります。MCADシステムは、コンピューターモジュールをねじや筐体、回路基板、コネクタといった物理的なBOM (部品表) で表現しますが、ECADシステムは同じモジュールを、オブジェクトの物理的な構造ではなく、機能的ビューまたは回路図で表します。電気的機能の中には、複数の回路基板やコネクタに割り当てられるものもあるため、機能と物理的な部品を1対1で関連付けることは不可能です。

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や電子メール、Excel@シートぐらいでした。これでは明らかに不十分です。多くの自動車製品開発チームがコラボレーション用ソフトウェアやプロセスを独自に開発していますが、ECADツールあるいはMCADツールのバージョンが新しくなるたびに、コラボレーション用ソフトウェアもテストし、検証しなければなりません。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。

XMLファイル形式の登場は、こうした課題の部分的な解決に役立ちました。XMLはプラットフォームに依存せずにデータを格納するファイル形式であり、多くの異なるプログラムや機械、人間が読み取ることができます。XMLで保存されたデータは、電気領域と機械領域間で直接交換できるため、これまで両者を隔てていた溝を埋めることになりました (図2)。

その汎用性の高さから、多くの企業が独自のXMLスキーマを開発して、さまざまなソフトウェア製品間の相互運用を可能にしています。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアも、PLMXMLを開発しており、NXなどのPLM (製品ライフサイクル管理) ソフトウェアと、Capitalの電装システム

設計やワイヤハーネス設計ツールなど、XML形式に対応している他のアプリケーションとの間の通信を可能にしています。



**XML**

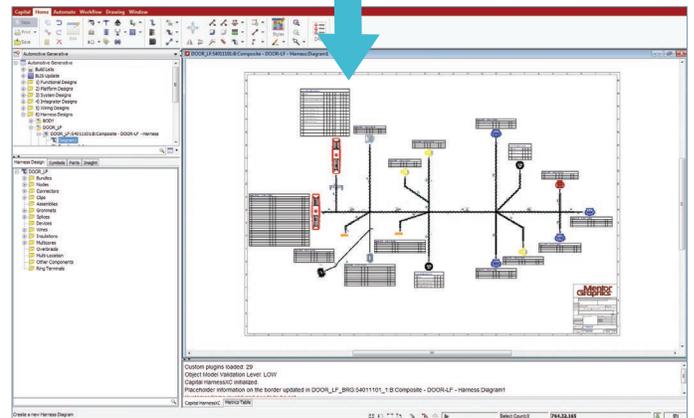


図2 従来分離されていたECAD領域とMCAD領域間をつなぐXML

NXとCapitalをPLMXML経由で統合することで、ECAD設計データとMCAD設計データの同期を保ち、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、ECAD設計者がCapitalで電気配線と接続レイアウトを作成します。このレイアウトには、ワイヤ、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が含まれます。レイアウトが完了したら、この配線データをPLMXMLファイル形式で機械エンジニアに渡します。
2. 機械エンジニアが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オブジェクトに関連付けられます。車両や車両部品を配線した後、変更した部分のみをエクスポートして、ECAD設計者のレビューに回します。
3. ECAD設計者は、このデータをインポートして、さまざまな設計検証を実施します。例えば、NXの3Dワイヤ長から電圧降下を計算し、ワイヤバンドルを収める十分なスペースが機械デザインで確保されているかを確認します。必要に応じて変更を加え、再度、差分ファイルを機械エンジニアに渡します。

この方法により、両設計者は定期的に設計を検証し、スペース違反や電気系統の違反を防ぐことができます。ただし、データのエクスポートとインポートは手作業で行う必要があります。ECAD領域とMCAD領域をより緊密に連携させることができれば、時間とコストのさらなる削減が可能です。

## XMLの限界

1. Excelシートや注釈付きPDFファイルを使って変更箇所や設計意図を伝達していた従来の方法と比べれば、XMLを介した異種プラットフォーム間連携は、確かに前進です。しかし、XMLデータのエクスポートとインポートは手作業のため、一方の領域が設計変更を完了した後は、もう一方の領域がその変更を確認し、承認または却下するまで待たなければならず、プロジェクトにダウンタイムが生じ、開発プロセスを長引かせることになります。
2. また、この程度の連携では、ECADとMCAD間の障壁を部分的にしか解消できません。設計変更を提案する際、ECADとMCADの設計者は、その変更が自身の領域に及ぼす影響しか把握できないまま提案します。そのため、Capital環境で作業する設計者は、スペース違反や物理的な違反を起こすような変更を提案しかねず、機械エンジニアがその変更を却下するまでそのことに気づきません。

# 真の協調設計: クロスプロービング

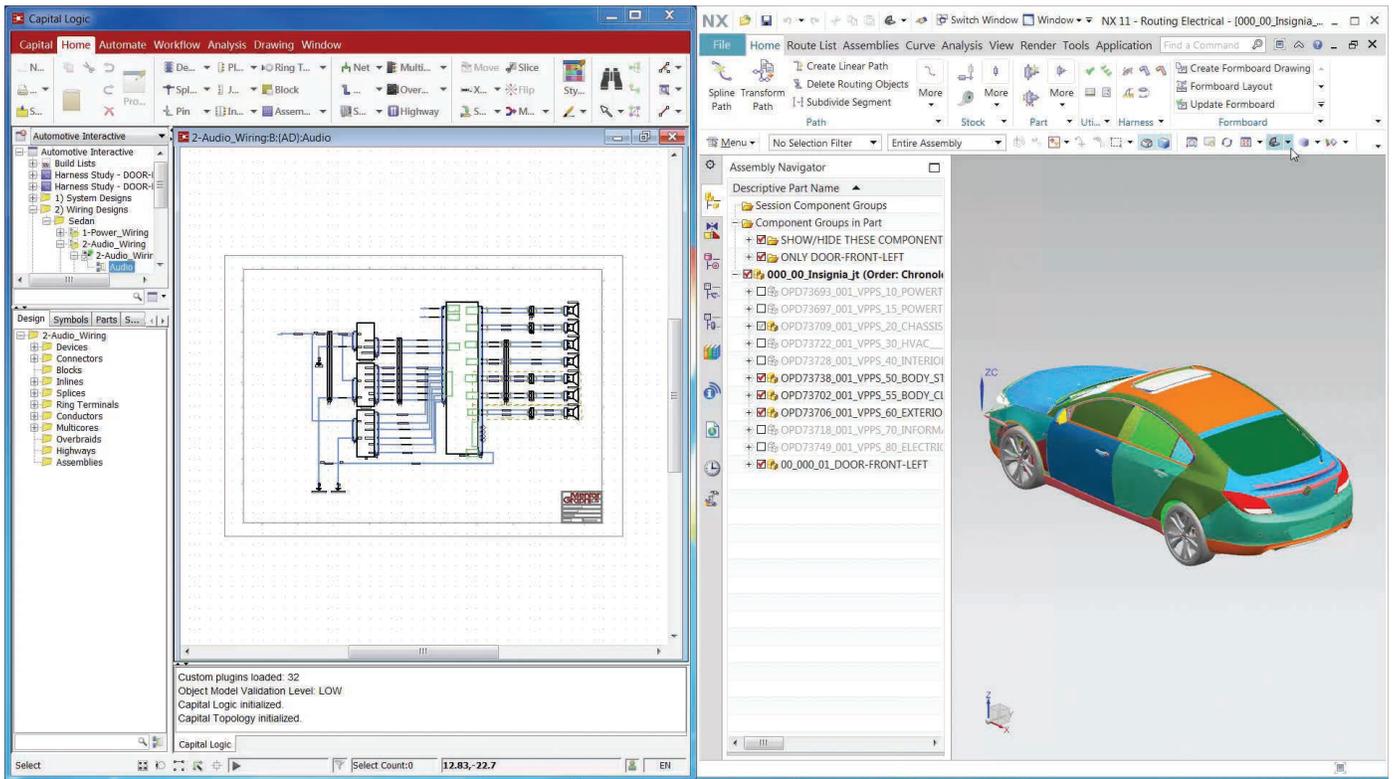


図3 ECAD設計フローとMCAD設計フローの統合により、リアルタイムのクロスプロービングを実現

電気設計と機械設計のプロセスは、より緊密に接続、統合して、これまで以上にコラボレーションできるはず。2つの領域間でシームレスにクロスプロービングすることで、各領域の設計を相手方のコンテキスト情報を見ながら進められるため、より緊密な連携が可能です (図3)。

こうした統合機能により、XMLファイルをベースにした面倒なやり取りは不要になります。XMLによる連携では、変更内容を含む大容量ファイルを、他方のエンジニアが読み込めるファイルシステムにエクスポートする必要がありましたが、CapitalとNXはAPIレベルの統合をサポートしているため、2つの領域は直接つながり、変更や新たな情報が即座にデザインに反映されます。エンジニアがXMLファイルをやり取りしなくても、強力なメカニズムによってデータレベルで

本格的に統合されます。例えば、Capitalの設計者が配線用のBOM (部品表) を公開すると、NXでシームレスにその情報を利用できます。

つまり、湿気のある部位や高温部、ノイズのある部位など、機械的な属性を理解したうえで、電装システムやワイヤハーネスを設計することが可能です。電気設計者は、機械領域が電気的性能に及ぼす影響を考慮しながら、電装システムを設計することができ、機械設計者は、機構内に配線するワイヤバンドルを考慮しながら、空間を確保したり、ハーネスの曲げ具合を調整したりできます。相手領域のコンテキスト情報を知ることで、ECAD設計とMCAD設計間の不適合を素早く調整できます。

機械エンジニアは、必要なワイヤすべてを束ねたバンドルを、決められた物理スペースに配線しなければなりません。ただし、それらのワイヤをMCADモデルとして作成し管理するのは、非常に煩雑で時間もかかるため、避けたいところです。代わりに、電気定義をCapitalで作成します。いくつもの機械的な制約条件に基づいて決められた最大許容バンドル径をCapitalに送信すると、自動デザインルールチェックにより、配線合成後のワイヤが許容値を超えていないかがチェックされます。これにより、Correct-by-Construction (最初からエラーのない構築) が確保され、コストのかかるやり直しも防げます。

クリップやグロメット、チューブなどのオブジェクトをハーネス設計に追加する際も、領域間の連携が欠かせません。この場合、3D MCAD環境でオブジェクトを作成してから、ECADツールで作成した電気データとマージするのが良いでしょう。その後、すべての構成に対して、完全に製造可能なワイヤハーネスが自動エンジニアリングされます。

ここ数年、車載電気・電子部品の数急増していますが、実装面積は変わっていません (図4)。同じ面積により多くの電子部品を詰め込むことで、電磁干渉や電波障害を引き起こす恐れがあります。両環境間のクロスプロービングや相互可視化の機能があれば、3D空間で信号配線を理解したうえで、電磁干渉や電波障害を起こさない最適な配線を決定できます。

例えば、高級車の開発チームが新型車のインストルメントクラスターとエン터테인먼트システムをひとつにまとめたいと考えたとします。そのためにはセーフティクリティカルな電子機器を移動させなければならず、結果として、ケーブル長の要件も変わり、シグナルインテグリティにも影響が及びます。このような場合にクロスプロービングをすれば、電気設計チームと機械設計チームは、ケーブルの最適な配線を迅速に判断できます。

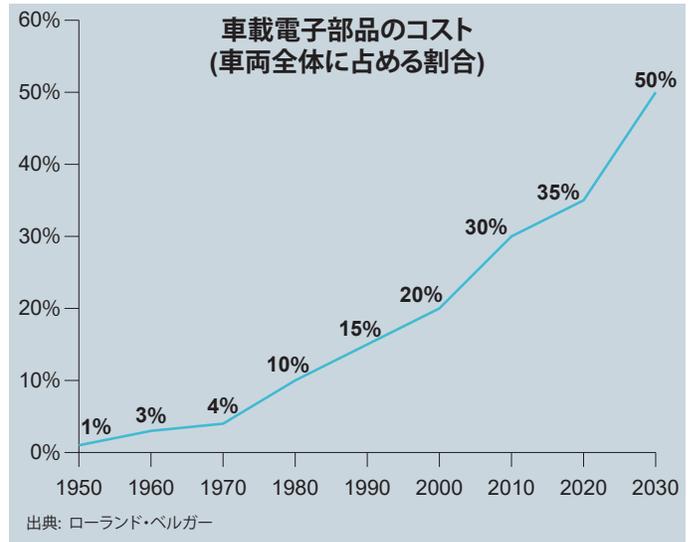


図4 近年急増している車載電気・電子部品

# 変更管理

自動車が非常に複雑化した結果、数百、または数千ものトレードオフや変更依頼が発生し、ケーブルの長さや種類、物理的な配置に影響を与えることとなります。電気・機械を統合した自動車設計には、強力な変更管理が不可欠です。

例えば、ワイヤバンドルの物理的構造に基づいて、機械エンジニアが曲げ半径の制約条件を定義すると、この制約条件はCapitalに送信され、フォームボード上でワイヤハーネスを組み立てる際に使用されます。フォームボードは、ワイヤハーネスを車両に格納する前に、物理的にワイヤバンドルを配置し、システムを接続・統合するために使用します。フォームボードエンジニアが設計したモデルが製造可能条件を満たしていなければ、CapitalはMCADの曲げ半径の制約に基づいてアラートを発します。

より高性能な自動車では、製造エンジニアは、LiDARセンサーを設計エンジニアが指定した場所から移動させなければならないことがあります。センサーの位置が変われば、ケーブルの配線変更やスプライスの追加が必要になるでしょう。LiDARセンサーには、最大600MHzという非常に高速なデータレートが求められます。そのため、ケーブルの長さを変えたり、スプライスを追加したりすると、LiDARセンサーから送られてくるセーフティクリティカルな情報のシグナルインテグリティが損なわれかねません。このセンサーの位置を変更することで、機械設計と電気設計の両方に多数の設計変更が発生することになり、新たにコストや重量、バランス、機能を検証しなければなりません。

とはいえ、相手方領域の変更をどのように素早く効率的に把握するかというところに変更管理の難しさがあります。変更管理には主に2つの要素があります。1つは、データを自動でマージして、設計者に変更内容を明確に示すことです。Capitalは、強力な変更管理ツールを備えており、設計変更の一覧を自動生成します。

電気エンジニアは、すべての変更を一括ではなく、各変更を個別に承認または却下できます。また、Capitalの変更管理ウィンドウでは、電気設計と機械設計を双方向かつリアルタイムにクロスプロブできます。変更管理ウィンドウで各変更項目を選択すると、MCAD環境またはECAD環境で該当する場所が自動的にハイライト表示されるため、変更内容を容易に理解できます。また、すべての変更内容を平面図で

プレビューすることもできます。平面図は、3D、直交、展開のいずれかで表示できます (図5)。

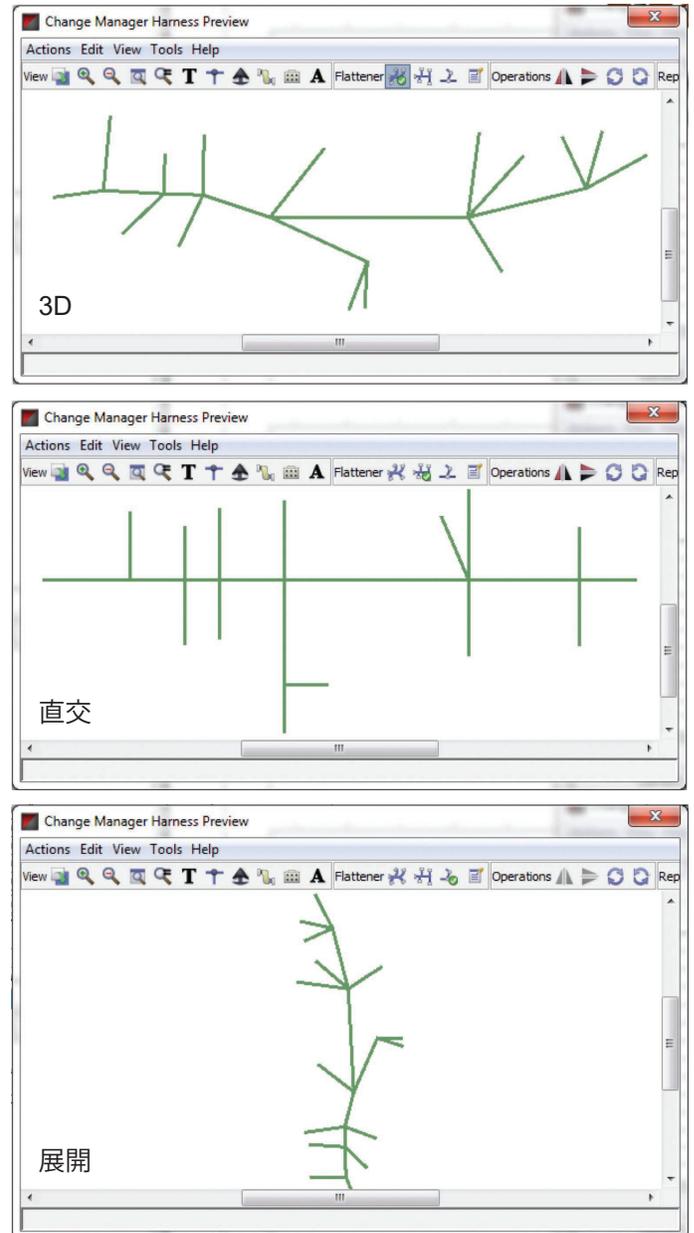


図5 Capitalの変更管理ツールで表示する平面図(3D、直交、展開の各モードで表示可能)

タスク	ツール
信号分離要件を取り込み	Teamcenter
要件を電装設計に関連付け	Capital + Teamcenter
ワイヤバンドルの配線を定義 (3Dハーネステクノロジー)	NX
3Dハーネステクノロジーを電装設計に関連付け	Capital + NX
配線中に信号分離ルールを実行	Capital
電装設計を完成させ (DCシミュレーションなど)、検証DRCを実行	Capital
配線データをバックアノテーションして機械設計を完成 (振動シミュレーションなど)	Capital + NX
電装設計 / BOMをリリースして検証レポートをPLMに送信	Capital + Teamcenter

図6 ECADとMCADの統合フローにより、設計全体のデジタル・スレッドを実現

変更管理のもう1つの重要な要素は、データのマスターと変更フローの向き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なオプション機能があります。変更ポリシーは各設計フローに合わせて変えられるように、データの所有権は個別に決められます。個々のコンポーネントの各属性に対してルールを設定できるなど、選択可能な項目は非常に詳細です。例えば、MCADではコネクタの重量属性しか変更できず、電気的特性は変更できないというルールを設定することができます。

バリエーション管理も、変更管理をさらに複雑化させます。それぞれの車両モデルに含まれる電子システムや機能のバリエーションが豊富なため、1つのワイヤハーネスに対して数千までいかなくとも数百種類のバージョンがあり得ます。ハーネス設計のバリエーションを管理するには、インテリジェントな統合管理ツールとデータベースが必要です。この管理ツールは、機械エンジニアと電気エンジニアに、それぞれの領域だけに関連する最新のバリエーション情報をインテリジェントに提供できなければなりません。どちらかの領域が他方のデータベースに合わせるものではありません。

### 今後の展望: オール電化車と自動運転車

オール電化車が主流になり、自動運転技術が導入されるようになると、ECADとMCADの統合の必要性はますます高まります。レベル5の自動運転車の高度な設計を現実的なスケジュールで進めるためには、設計プロセス全体を通じてECADとMCADを絶えず連携させるしか方法はないでしょう。今後の自動車ではおそらく、一元化された高度な処理装置が、LiDARやレーダー、カメラなど、数多くのセンサー網とつながって、相互通信することになります。高解像度カメラのようなセンサーの多くは高速接続を必要としますが、ワイ

ヤ長の変更やサプライスの追加の影響を非常に受けやすくなっています。例えば、ワイヤハーネスの重量や車両全体への配分を最適化した結果、ワイヤバンドルの再配線が必要となり、ワイヤ長や信号性能にも大きな影響を与えることもあり得ます。さらに、車体用の金属ラティス構造など、新しい軽量化技術を採用すると、新たな制約が生まれ、設計作業をますます複雑化させることとなります。

自動運転は、電気機械設計における安全性要件および機能要件への準拠も一層難しくします。例えば、電磁干渉によってデータ信号に歪みが生じないようにするには、高電圧の電力信号を伝送するワイヤとデータ用のワイヤを分離する必要があります。また、電子機器の故障や事故の際に、セーフティクリティカルな機能を動かし続けるために、電装システムの冗長化も必要です。システムの冗長化は自動車設計全体を複雑化させるため、電気設計と機械設計間で設計変更を正確かつスムーズに伝達することが欠かせません。ECADとMCADを統合すれば、2つの領域間を結ぶ途切れないデジタル・スレッドが保証され、電気機械設計がすべての要件を満たせるようになります (図7)。

さらに、業界全体がオール電化車へと移行していくにつれて、インテリジェントな変更管理ソリューションが不可欠になります。機械エンジニアは、重量配分の最適化やワイヤハーネスのトリミングをしなければなりません。それによって何百もの変更指示が発生するからです。また製品出荷後も、走行中の車両で確認された問題や制約を特定し、その解決策を製造ラインに可能な限り早く反映させなければなりません。そのためには、エンジニアと製造現場、出荷後の現場を結ぶ高度に自動化・同期したフィードバックループが必須です。

# まとめ

## 初回で成功させる

ECADとMCADの協調設計は、生産性の向上と堅牢な設計を実現する影の立役者であると長い間見なされてきました。最新のCADツールを使うことで、領域を超えてデータをより効率的に同期させること、重要な設計項目をより効果的に連携すること、設計意図を適切に実装することができます。

電気環境と機械環境間をシームレスにクロスプロービングしながら設計作業を進めることで、相手方の領域を理解することができます。こうして、不適合な箇所を早期に特定して解決し、コストのかかる設計やり直しを減らせます。ECADとMCADの協調設計は、充実した変更管理機能とともに、設計チームの初回成功率を高めるための強力な武器と言えるでしょう。

詳細についてはこちらをご覧ください。

<https://www-preview.plm.automation.siemens.com/global/en/products/electrical-electronics/electrical-system-networks-harness.html>

## 参考文献

1. Pearley Huffman, J. (2016, May 23). "It takes a lot of wiring to keep a modern vehicle moving (witness this Bentley's harness)", Car and driver. Retrieved from <https://www.caranddriver.com/news/it-takes-a-lot-of-wiring-to-keep-a-modern-vehicle-moving-witness-this-bentleys-harness>

## 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

## 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

エンジニアリング、製造、そしてエレクトロニクス設計を未来につなげるデジタル・エンタープライズ。それを実現するのがシーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアが進めている変革です。弊社ソリューションによって、あらゆる規模の企業の皆さまがデジタル・ツインを作成、活用し、新たな知見と機会を開拓し、より高いレベルの自動化を実現できるため、イノベーションが推進されます。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアの製品とサービスについての詳細は、[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) をご覧ください。または、[LinkedIn](#)、[Twitter](#)、[Facebook](#)、[Instagram](#) をフォローして情報をご確認ください。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア – Where today meets tomorrow

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2021 Siemens. 関連するシーメンスの商標は[こちら](#)に記載されています。その他の商標はそれぞれの所有者に帰属します。

72289-82533-C4-JA 10/20 LOC