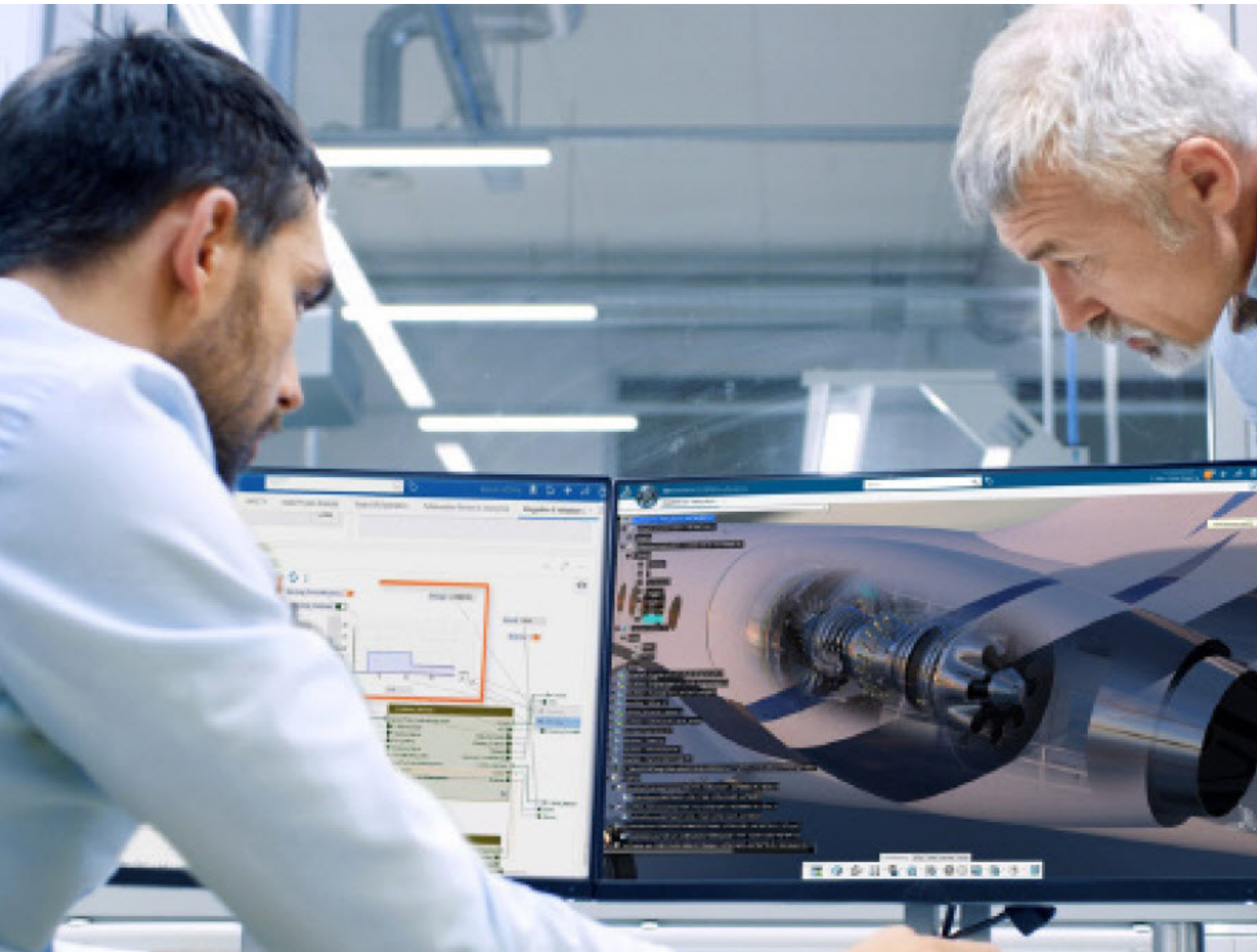


複雑をシンプルに モデルベースのシステムズ・エンジニアリング

ティッセンクルップ・マリン・システムズ社とロッキード・マーティン社の活用事例



複雑なシステムはいつの時代にもあり、優秀なエンジニアたちが製造の現場で常に試されてきました。しかしここ数十年は複雑さのレベルが飛躍的に高まり、ほとんどの企業がそれに対応しなければならず、複雑さが加速するスピードも勢いが止まりません。たとえば、自動運転車や自律型無人航空機 (UAV)、量子計算、次世代のモバイル通信を担う 5G などのテクノロジーがこれに該当します。顧客が求める性能を満たす新製品を予算の範囲内でスケジュールどおりに設計・製造・納品することが求められるメーカー各社は、かつてないほど大きな課題に直面しています。

こうした環境の中でイノベーションを実現しながら製造するためには、異なる考え方が求められます。すなわち、モデル化することでシステムの要求・設計・分析・検証・妥当性確認をサポートする必要があります。こうした必要不可欠なステップはいずれも、構想設計の段階で開始し、製品のライフサイクル全体を通して継続する必要があります。しかし、「複数のシステムで構成されるシステム (システム・オブ・システムズ)」の複雑さに対応するためには、モデルベースのシステムズ・エンジニアリング (MBSE) だけでは十分ではありません。製品開発の早い段階で、すべてのプロジェクト関係者が共通の言語と手法を共有し、機能横断的な連携を実現する専用のツールを備えておけば、製品開発サイクルが進んでしまってからコストがかさむ技術的な変更を行うのを回避できるようになります。

No Magic 社は MBSE の分野に加え、ソフトウェア・アーキテクチャやビジネス・プロセス向けのモデリング・ソリューションで業界をリードしてきた企業ですが、2018 年の買収によってダッソー・システムズ・グループに加わり、現在は **3DEXPERIENCE®** プラットフォームへの統合作業が行われています。中核製品の MagicDraw を含め、No Magic 社の製品はさまざまな業界で利用されており、ユーザーにはたとえば BMW や GE、ファイザー、ロッキード・マーティン、ティッセンクルップ・マリノ・システムズなど、多くの大手企業が名を連ねています。

以下に紹介する 2 社では、エンジニアたちは MBSE の導入という直に得た体験を共有しています。両社は No Magic 社のツールと MBSE を組み合わせることで、複雑さを管理する課題にどのように対応したのでしょうか。

ティッセンクルップ・マリノ・システムズ社

ティッセンクルップ・マリノ・システムズ社が 5 年前に MBSE を標準的な製品開発手法にすることを決断した時、同社はなかなか解決することができない以下の 2 種類の課題への対応方法を模索していました。

1. ディーゼル・エレクトリック方式の潜水艦を構成する膨大な数のサブシステム間インターフェースをいかにして容易に管理できるようにするのか。同社は 20 以上の国々向けに潜水艦を建造しており、子会社のホヴァールツヴェルケ=ドイツ造船 (HDW) の 209 型潜水艦は世界中の海で運用されている。
2. ティッセンクルップの厳しい要求をいかにしてサプライヤーがより適切に把握できるようにし、ドイツのキールにある同社の造船所で組み立てる際にサブシステムの完璧な統合を確実に実現するのか。

教育を受けて電気技師となり、現在はシステムズ・エンジニアとして同社に 20 年間勤務している Piotr Malecki 氏は、「これらの課題の解決がなぜ必要不可欠だったのかを正しく認識するためには、我々が造っている製品を理解する必要がある」と語ります。

潜水艦には高精度のエンジニアリングと建造が必要なのはよく知られています。潜航中に決して検知されることのない潜水艦を建造するためには、インターフェースやシステム統合がすべて完璧でなければいけません。最大のステルス性を実現するために、潜水艦の非大気依存推進 (AIP) システムには可動部品は用いられていません。それぞれの型の潜水艦は顧客ごとに特注され、小規模で連続生産されるため、生産開始に先立ってプロトタイプを作成するメリットはありません。

No Magic 社のツールを使うと、インターフェース間のシステムズ・エンジニアリングの複雑さ、すなわち機械や電気、電子、コンピュータ、その他のさまざまなコンポーネントの間で共有される境界をシンプルにしてくれます。Malecki 氏によると、No Magic 社のツールを導入すると、問題を説明したり解決策に関する意見をまとめたりする際に、全ての関係者が理解できる標準ベースのコミュニケーション手段を利用できるようになります。同氏は「この (No Magic 社の) 一体化された手法により、複数のシステムで構成される複雑なシステムの開発がより効率化される」と語ります。

また Malecki 氏は、エンジニアリングの専門領域は通常はサイロの中で進められ、それぞれに固有の技術情報表現手段があると指摘します。そして「残念なことに、専門領域に特化したエンジニアリング特有の言い回しは、誰にでもわかる方法でアイデアを伝えるのにはあまり適していません。そのため、プロジェクトチームのすべてのメンバーや、できれば関係者にも明確に理解できる共通の言語が重要になります」と語ります。「こうしたコミュニケーション・ギャップを克服するには、複数の (ソフトウェア) 言語を一体化するモデリング言語が必要不可欠です」

No Magic ユーザーが利用している共通の言語はシステムズモデリング言語 (SysML) と呼ばれ、収集された情報をプロジェクトのすべてのメンバーが共有できるようにします。SysML を利用するとシステムをより完全に表現できるようになるため、システム開発プロセスにおける間違いや曖昧な表現を減らすことができます。統一モデリング言語 (UML) をベースにしたこの SysML を使うと、開発の早い段階においてエンジニアの間でやり取りする情報の精度を確実に高めることができます。SysML はオープン・スタンダードなので、たとえばコンピュータ支援設計 (CAD) や電気分析ツール、エンジニアリング分析ツールなど、他のシステムズ・エンジニアリング・ツールとの情報交換も可能になります。

No Magic 社のツールはシステムの要求・設計・分析・シミュレーション・検証をサポートする、標準にしっかり準拠したモデリング・アプリケーションであり、この点は「極めて重要」と Malecki 氏は語ります。シミュレーションの目的は、実際にシステムを操作することなくそれを理解することです。システムを実際に操作できない理由は、まだ定義されていないか利用できない、あるいはコストや時間、リソース、リスクに関する制約事項があるため直接アクセスできないなどさまざまです。

No Magic 社のツールに搭載されている分析機能を備えたアプリケーションを利用すれば、ティッセンクルップ社のモデルに取り込まれるすべての技術情報、たとえばインターフェース定義やエンジニアリング・ダイアグラムなどを、誰にでも理解しやすいものにすることができます。さらに、そうしたモデルは製品開発中は一貫して更新され、明快で正確なシステムモデルを常に提供してくれるため、一貫性や正確さ、完全性を評価することができます。システムズ・エンジニアの学びの専門家であるダッソー・システムズの Martin Neff 氏はこれを「MBSE のすそ野を広げるプロセス」と表現します。

Malecki 氏は次のように語ります。「No Magic 社のツールを使えば、エンジニアリング・チーム間で情報を共有する煩雑さを最初から取り除いてくれます。そのため、プロジェクトが後半に入っても、より良い成果が得られ、問題が露呈することもなくなり、作りたい最終製品がより適切に設計される可能性が高くなり、時間の短縮とコスト削減を実現できます」

Malecki 氏はさらに、システムの複雑さに対応が非常に難しいと語ります。「まずは、それをどのように認識するかという課題を解決しなければいけません。それができて初めて、複雑さを最もなくてはならないレベルまでシンプルにするために必要な一歩を歩み始めることができます」。要点を整理するために、人間の心臓を最大限簡略化して図にしてみると、Malecki 氏はポンプが 1 つ、弁が 2 つ、管状器官が 2 つ以外に何かあるのだろうかと問わずにはいられません。「けれども、移植手術を行う外科医はこのレベルで把握するだけで十分なのだろうか」

エンジニアにとっては、すべてを最大限シンプルに形に見たいというのは当然のことです。しかしそれは常に、技術者が望むほど簡単ではないと Malecki 氏は語ります。「複雑さのレベルはさまざまです。MBSE と No Magic 社のツールを組み合わせれば、複雑さを把握し、それを我々が知る必要があるレベルまでシンプルにして、より適切に管理できるようになります」。Malecki 氏は英国の作家であり随筆家でもある G.K. チェスタトンが複雑さを管理する難しさの本質を表現した、示唆に富んだ言葉を引き合いに出して次のように説明します。「技術者は解決策がわからないわけではなく、問題を把握できていないのです」

「複雑さを切り分けて」問題を特定できることに加えて、MBSE と SysML を組み合わせることで得られるさらなるメリットは、導入者が実質的に無制限に利用できる情報の宝庫であり、これはすべて標準であるがゆえだと Malecki 氏は語ります。「完全にオープンな、業界のあらゆるノウハウを利用できます。これは金額では言い表すことができない価値です」

No Magic 社ツールの MBSE プロセスへの統合は、正確にはターンキー方式の「プラグ・アンド・プレイ」によるものではありません。Malecki 氏は成功するために必要な前提条件について、第一に、MBSE が自社に価値をもたらすという揺るぎない信念を持った、MBSE に特化した中核となるチームが必要であり、第二に、型破りな方法で問題解決や製品開発プロセスの改善に進んで取り組む、明確なビジョンを持った経営者が組織を率いる必要があると説明した上で、「これらは表裏一体の関係にある」と語ります。「現実的な予測を立てて、辛抱し、成功するために自分にできるすべてのことをやっている信じ、学びのための安全な環境を提供してください。MBSE を適用する際には、最も役に立つのは何かを非常に注意深く見極め、失敗から慎重に学びます」

MBSE と No Magic 社のツール一式導入後のティッセンクルップの投資収益率 (ROI) について尋ねたところ、Malecki 氏は ROI を把握するためには一連の主要業績評価指標 (KPI) を他の KPI と比較する必要がある

「複雑さのレベルはさまざまです。MBSE と No Magic 社のツールを組み合わせれば、複雑さを把握し、それを我々が知る必要があるレベルまでシンプルにして、より適切に管理できるようになります」

ティッセンクルップ・マリン・システムズ社、
システムズ・エンジニア、Piotr Malecki 氏

ティッセンクルップ・マリン・システムズ社

thyssenkrupp Corporate の 2019 年の売上高：およそ 460 億ドル (412 億ユーロ)

thyssenkrupp Corporate 本社：ドイツ、エッセン

ティッセンクルップ・マリン・システムズ本社：ドイツ、キール

MBSE 導入範囲：ティッセンクルップ・マリン・システムズ社

MBSE 導入日：2015 年

No Magic 社製品のユーザー数：30 人

No Magic 社製品が使われているプロジェクト：特定的水上艦・潜水艦建造計画

MBSE を最初に導入した年：2008 年

No Magic 社製品を利用して対応する課題：インターフェース管理をシンプルにしてシステム統合に関する要件をより適切に表現する

あるため、極めて難しいと考えています。「No Magic 社のツールを導入したのは初めて製品開発を行う現場で、しかも新製品であったこと、そして長い製品サイクルで規模が大きく複雑なプロジェクトを完了させることを考慮すると、ROI を把握するのはおそらく現実的ではありません」

「しかしこの何年かでわかったのは、もしも MBSE に共に取り組み、問題解決を後押ししてくれるソフトウェア会社を探しているのであれば、手を組むべき最高のパートナーは No Magic 社だということです。これはあらゆる種類の問題を解決できるということではなく、No Magic 社は決してそのようなことは言いません。そうしたことも、No Magic 社がパートナーとして信頼できる点の一つです」

ダッソー・システムズでは、評価手法を開発して顧客が No Magic 社の価値を見極められるようにしたいと考えています。ダッソー・システムズのサイバーシステム部門シニアディレクター、Moy Speckman は次のように述べています。「我々は、システムズ・エンジニアリングに携わる人たちの心をつかむだけでなく、会計部門で働く人たちの心をつかむ取り組みも始めようとしています」

同氏によると、ほとんどの No Magic ユーザーがすでに、競合他社製品と比べると投資に見合うだけの十分な価値を手に入れていると考えています。そうした顧客の一社が、ティッセンクルップ・マリン・システムズ社です。Malecki 氏は次のように語ります。「投資に見合う、非常に多くのことが得られます。No Magic 社のツールや顧客サービスは、その対価と実現できる価値とのバランスがうまく取れています」



海上を航行する潜水艦と水上艦

ティッセンクルップ・マリン・システムズ社によって建造されたディーゼル・エレクトリック方式の HDW 209 型潜水艦と MEKO ファミリー水上艦。技術的な卓越性と適応性に定評があります。

Photo courtesy of thyssenkrupp Marine Systems

ロッキード・マーティン社

より良いソフトウェアを開発するのに「魔法はいらない」という創設者の信念の下で、No Magic 社は 1995 年に設立されました。同社は、「企業が成功するために本当に重要なことは、ルールに則ったソフトウェア開発と厳しい要員研修への投資」だと考えていました。そして 10 年後に、No Magic 社はコンピュータやソフトウェア、情報サービスを提供する巨大企業が独占していた分野の一角を占めるようになりました。程なくして No Magic 社の事業が「本格的に軌道に乗った」と振り返るのは、ロッキード・マーティン社の全社的なデジタル・トランスフォーメーションを支えている同社モデルベース・ソリューション・グループのシニア・マネージャー、ローラ・ハート氏です。ロッキード・マーティン社は No Magic 社の顧客の一社です。

ローラ・ハート氏は「No Magic 社は比較的短期間で、システムズ・エンジニアリングの分野で素晴らしい進歩を遂げました。これは、顧客のニーズを把握することに専念した成果です」と語ります。「No Magic 社は、たとえば国際システムズエンジニアリング協議会 (INCOSE) や、ソフトウェア標準化コンソーシアムのオブジェクト・マネジメント・グループ (OMG) など、専門家組織や規格関連機関において指導的役割に積極的に参画し、業界や政府などの顧客と連携することで、自分たちがシステムズ・エンジニアリングの分野で素晴らしい進歩を遂げたことを幾度となく証明しました。そうした成果が、SysML や United Architecture Framework (UAF)、豊富な機能を搭載した準拠ソフトウェアなど、より適切な標準として実を結びました」

ハート氏によると、ロッキード・マーティン社が最初に No Magic 社と仕事をした時には、システムズ・エンジニアリング・ソリューションを提供している大手プロバイダーと比べても迷うことはいっさいありません

でした。「確かに、No Magic 社のツールは他社より優れていましたが、それだけではありません。当社の従業員の再教育や、他の一連のソフトウェア・ライセンスの管理もすぐさま支援してくれました。すべてが、ほんの少しだけではなくものすごく良くなければならなかったのですが、それもクリアしていました。No Magic 社は、ユーザーにとってはまさに生命線となっています」

Martin Neff 氏によると、現在は CATIA® Magic と呼ばれている No Magic 社製品が提供するすべての機能を活用するためにダッソー・システムズと連携している企業とは、単なるビジネス上の取引だけの関係ではありません。「ダッソー・システムズは企業と連携し、あらゆる価値を確実に引き出せるようにします。こうしたツールを組織が製品開発プロセスに統合できるスピードは、その成熟度、すなわち組織がシステムのことをいかに熟考しているのかに左右されます」

ハート氏によると、ロッキード・マーティン社が No Magic 社の製品を採用することにした最も大きな理由はおそらく、それがオープン・スタンダードだったことです。No Magic という企業の存在を認識するまでは、ロッキード・マーティン社は他のシステムズ・エンジニアリング・ツールや「多くのソフトウェア・ライセンス」に巨額の投資をしていました。当時ロッキード・マーティン社は、No Magic 社のライバル企業のソフトウェア・ツールを使用しており、ハート氏の言葉を借りると「かなり高度な統合」を実行しようとしていました。そして、他の統合ツールへのインターフェースが現実的でないことがわかりました。ハート氏は「下のほうから変化し続けるものを使い続けることができなかった」と語ります。

ロッキード・マーティン社は、いつの間にか窮地に追い込まれていました。No Magic 社がいかに最善の機能を提供し、標準に準拠していても、システムズ・エンジニアリングのためのソフトウェア・ツールすべてを 1 つのベンダーから調達する費用は高額でとても手が出ませんでした。No Magic 社の Cyber MagicGrid はあらゆるシステムに適合するため、異種混合環境で運用するという決断が可能でした (No Magic 社は、ダッソー・システムズによる買収前に Modeling Methodology for Systems® (MMS) と MagicGrid® を開発していました。この 2 つの方法論は、対応しているシステムズ・エンジニアリング・プロセスの範囲が少し異なります)

ハート氏によると、MBSE を成功させるために重要なのは、しっかりしたシステムズ・エンジニアリングの方法論をベースにした「標準に準拠したベストプラクティス」です。「複数のツールをサポートする必要がありますが、No Magic 社のツールは高いレベルで標準に準拠していますので、標準的な言語や手法を用いて概念を明確に、曖昧さを排除して表現することができ、例外に対応するための使いづらい回避策を教える必要もありません。そのため、今はより効率的にシステムズ・エンジニアリングの基礎を教えることができます」

Hart 氏は 2003 年以降、MBSE の使用を提唱しています。ロッキード・マーティン社に勤務して 15 年が過ぎた 2000 年代の中頃に、同氏は連邦政府が資金提供している米国の主要な研究開発 (R&D) 機関の 1 つから招聘を受け、それを受諾しました。ロッキード・マーティン社はその後、当時の社長・会長兼最高経営責任者 (CEO) だったマリリン・ヒューソン氏がハート氏を同社に引き戻しました。ヒューソン氏はこのとき、MBSE の導入を含め、同社のすべての製造プロセスをトップダウンで全社的に変革しようとしていました。この大規模な取り組みは、2020 年半ば時点でおよそ 40% が完了しているとハート氏は見えています。

ハート氏によると、ロッキード・マーティン社を含む業界全体が、標準に準拠したツールの使用を長いあいだ提唱してきました。その最終的な目標は、エンジニアリングの専門領域全体をカバーしてツールの相互運用性を実現することでしたが、加えて、ロッキード・マーティン社は当時、独自仕様のフォーマットによって動きが取れなくなりそうだったため、「ベンダーロックイン (特定のツールベンダー製品によって動きが取れない状態になること)」を回避する必要がありました。ハート氏は次のように語ります。「最終的な目標は、維持も含む製品ライフサイクル全体のデジタル・トランスフォーメーションです。No Magic 社は標準化作業グループ内でも実践的な役割を担っていましたので、通常はツールの新しいバージョンを競合他社よりも半年から一年早くリリースし、標準にもより適切に準拠しています」

「MagicDraw で作成する MBSE の主な成果物はシステムモデルであり、このモデルを統合用の構造体として利用することができます。高度なモデルやテクノロジーを利用することで、連携が可能な大きなデジタル・タペストリー上に設計・製造・生産・テスト・維持の全体像を表現します」
ロッキード・マーティン社、モデルベース・ソリューション・グループ、シニアマネージャー、ローラ・ハート氏

ロッキード・マーティン社

2019 年の売上高: およそ 600 億ドル

本社所在地: メリーランド州ベセスダ

MBSE 導入範囲: 全社的に導入

No Magic 社製品を利用して対応する課題: 複雑なシステムの開発効率を高め、複雑なシステムの高度な統合を支援する

ハート氏によると、ロッキード・マーティン社が同社のデジタル・トランスフォーメーション計画に加えるテクノロジーは、ハート氏のチームが最終的な仕上げを行います。つまり、同氏のチームがずれやニーズを見極め、それらに対応する機能を盛り込んだ統合ソリューションを開発します。「私は No Magic が好きですが、それよりも興味があるのは、MBSE の手法を適用して複雑なシステムの開発効率を加速させているツールを自分たちが持っていることを把握することです」

ハート氏が MBSE と No Magic 社製品に対して見出ししている役割は、先進の航空宇宙産業向けプラットフォームの構築におけるロッキード・マーティン社のさらなる革新性の実現だけではありません。20 年以上にわたって本番環境で運用されている可能性のある、長期間続いているハイエンドの大規模計画において定着しているノウハウを取り込む上でも、同じように重要な役割を見出ししています。ロッキード・マーティン社にはそうした計画がたくさんあり、いずれにおいても保守や修繕、アップグレードが最大の課題であり、維持は極めて重要です。ハート氏は「そうしたノウハウの一部は、チームのメンバーが退社すると失われてしまい、時間の経過とともに使いづらいシステムになってしまう可能性があります」と語ります。

そして次のように説明します。「No Magic は、計画に関する決定事項を追跡するには非の打ちどころのないツールです。実際のところ、その多くはすべての航空機計画の寿命に関するものであり、単に " デザイン そのもの " ではなく、" デザインに関する決定事項 " を知りたいのです。そうした決定事項を把握しなければ、航空機メーカーはなぜそのような決定が下されたのかわからず、昔から製造している航空機のアップグレードをためらってしまうかもしれません」MBSE はデジタルデータ証跡、つまりノウハウの宝庫を作り出し、エンジニアがそうした航空機をアップグレードするにはどのような変更が必要なのかを判断したり、より費用対効果の高い、より効率的な方法で他のバリエーションを作成したりできるようにしてくれます。

現実の世界の課題を解決する

エンジニアリングを重視しながら、デジタル時代においてますます高まる複雑さに対応する課題に共感できないのはどのようなメーカーでしょうか。エンジニアリングを重視するのであれば、複数の専門領域に影響を及ぼす難しい問題を解決する方法を探し出し、モデルベースのシステムズ・エンジニアリングを活用してシステム・オブ・システムズを適切に設計・製造しなければいけません。それは、ロッキード・マーティン社やティッセンクルップ・マリノ・システムズ社、その他の多くの企業の事例を見れば明らかです。

CATIA MAGIC と MBSE 用 3DEXPERIENCE プラットフォーム

CATIA Magic による MBSE を活用すると、エンジニアはいつでもどこからでもデータに透過的にアクセスすることができ、個別の統合に依存する必要がなくなります。No Magic 社の買収により、ダッソー・システムズは 3DEXPERIENCE® プラットフォームをベースにしてシステムズ・エンジニアリングへの対応能力を強化し、より広範なインダストリー・ソリューション・エクスペリエンスを提供します。製造業に携わるメーカーは今後、現実世界の製品や自然、人々の生活をバーチャルに連携させるスマートで自律的な体験、すなわち「エクスペリエンスのインターネット (Internet of Experiences)」を作り出すことができます。No Magic 社のソリューションは 3DEXPERIENCE® プラットフォーム上に統合され、MBSE とシステム・オブ・システムズに対応したクラス最高のエンジニアリング製品に生まれ変わり、名称も CATIA Magic に変更されます。CATIA Magic は優れた信頼性と標準への準拠を実現する、市場をリードするソリューションです。

TONY VELOCCI 氏について



Tony Velocci 氏は『Aviation Week & Space Technology (AW&ST)』マガジンの前編集長であり、Aviation Week グループの論説員です。2012 年末に Aviation Week の親会社、McGraw-Hill Companies を退職しました。その後もテクノロジーに大きな関心を寄せ、航空宇宙産業に関わっています。全米飛行家協会の取締役会メンバーであり、エンブリー・リドル航空大学の産業諮問委員会メンバーでもあります。

ダッソー・システムズの 3DEXPERIENCE® プラットフォームでは、11 の業界を対象に各ブランド製品を強力に統合し、各業界で必要とされるさまざまなインダストリー・ソリューション・エクスペリエンスを提供しています。

ダッソー・システムズは、3DEXPERIENCE® カンパニーとして、企業や個人にバーチャル・ユニバースを提供することで、持続可能なイノベーションを提唱します。世界をリードするダッソー・システムズのソリューション群は、製品設計、生産、保守に変革をもたらしています。ダッソー・システムズのコラボレーティブ・ソリューションはソーシャル・イノベーションを促進し、現実世界をよりよいものとするため、バーチャル世界の可能性を押し広げます。ダッソー・システムズ・グループは 140 カ国以上、あらゆる規模、業種の約 27 万社のお客様に価値を提供しています。より詳細な情報は、www.3ds.com (英語)、www.3ds.com/ja (日本語) をご参照ください。



3DEXPERIENCE®

 **DASSAULT SYSTEMES** | The **3DEXPERIENCE®** Company

南北アメリカ
Dassault Systèmes
175 Wyman Street
Waltham, Massachusetts
02451-1223
USA

ヨーロッパ / 中東 / アフリカ
Dassault Systèmes
10, rue Marcel Dassault
CS 40501
78946 Vélizy-Villacoublay Cedex
France

アジア太平洋
ダッソー・システムズ株式会社
〒141-6020
東京都品川区
大崎 2-1-1
ThinkPark Tower