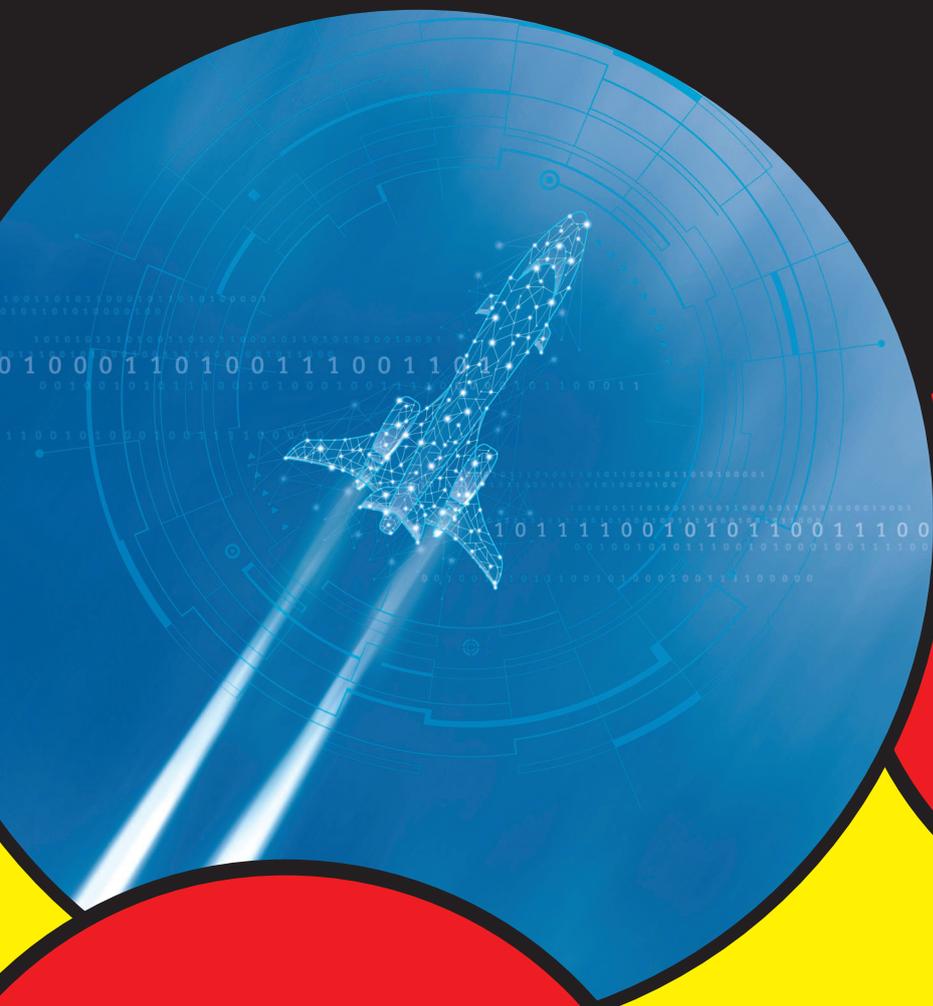


やさしく解説

シーメンス特別版

MBSE

for
dummies[®]
A Wiley Brand



システム・モデリング

設計プロセスの変革

かつてないほどの
イノベーション

提供

SIEMENS

Steve Kaelble

シーメンス社概要

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアは、エンジニアリング、製造、エレクトロニクス設計が未来のニーズを満たす、デジタル・エンタープライズの実現に向けた変革を推進します。Xcelerator のポートフォリオは、あらゆる規模の企業がデジタルツインを作成 / 活用、組織に新たな洞察、機会、自動化の水準によりイノベーションを推進する支援となります。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およびサービスの詳細につきましては、www.sw.siemens.com にてご覧いただくか、LinkedIn、X、Facebook、Instagram でフォローください。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア - 今日と明日が出会う場所。

注記：関連のシーメンス社商標一覧は、こちらをご覧ください。その他の商標は、各所有者に帰属します。



MBSE

シーメンス特別版

by Steve Kaelble著

for
dummies[®]
A Wiley Brand

MBSE For Dummies® シーメンス特別版

出版元:

John Wiley & Sons, Inc.
111 River St.
Hoboken, NJ 07030-5774
www.wiley.com

Copyright © 2023 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

1976年著作権法の第107章、108章の下、出版社の書面による事前の許可がある場合を除き、本書のいかなる部分も複製してはならず、情報検索システムへの保管や電子、機械、コピー、録音、スキャンなどの形式を含む、いかなる手段での配信も一切認められないものとします。出版社への許可申請は、郵送 Permissions Department, John Wiley & Sons, Inc.,

111 River Street, Hoboken, NJ 07030 宛て、電話 (201) 748-6011、ファックス (201) 748-6008、またはオンライン (<http://www.wiley.com/go/permissions>) にてお問い合わせください。

商標: Wiley、For Dummies、Dummies Man のロゴ、The Dummies Way、Dummies.com、Making Everything Easier、および関連のトレードドレスは米国またはその他の国に所在の John Wiley & Sons, Inc. および関連会社の商標または登録商標であり、書面による許可なき限り使用を認めません。Siemens および Siemens のロゴは、Siemens Trademark GmbH & Co. の商標または登録商標です。関連の Siemens 社商標一覧はこちらでご覧いただけます。その他のすべての商標は各商標所有者に帰属し、John Wiley & Sons, Inc. と本書に記載の製品またはベンダーとの間には何らの関係もありません。

責任の制限 / 保証の免責: 出版社および著者は、本書の内容の正確性または完全性に関して事実表明もしくは保証を行うものではなく、具体的には、特定の目的に対する適合性を含むがこれに限定されない一切の責任を放棄するものとします。また、本書の販売または販促物を対象とした保証またはその適用はなきものとします。本書に記載のアドバイスまたは戦略は、状況により適切でない場合がありますのでご了承ください。本書は、出版社が法律、会計、またはその他の専門サービスに従事しないという理解の上に販売されるものです。専門的アドバイスが必要な場合は、該当分野にて資格を有する専門サービスをご利用ください。出版社、著者のいずれも、本書により生じるいかなる損害にも責任を負うことはなきものとします。本書で、追加情報の得られる情報源として企業またはウェブサイトの引用または参照を行う場合、著者または出版社による当該組織またはウェブサイトの提供する情報または推奨事項の支持を意味するものではありません。本書に記載のインターネットウェブサイトについては、執筆より発行までの間に変更、削除の可能性がある旨ご了承ください。

弊社のその他の製品やサービスに関する基本情報、または読者の皆様の事業や組織向け「For Dummies」シリーズの作成につきましては、弊社米国事業開発部までお電話 (877-409-4177) またはメール (info@dummies.biz) にてお問い合わせいただくか、www.wiley.com/go/custompub をご覧ください。製品またはサービス向けの「For Dummies」ブランドライセンスに関する情報は、BrandedRights&Licenses@Wiley.com までお問い合わせください。

ISBN 978-1-119-93163-8 (ペーパーバック); ISBN 978-1-119-93164-5 (電子書籍)

謝辞

本書の出版にあたりご協力いただきました皆様に心より御礼申し上げます。

プロジェクト責任者: Jennifer Bingham
アキジションエディター: Ashley Coffey
編集責任者: Rev Mengle
事業開発担当: Matt Cox
内容校正担当: Vivek Lakshmikanth

カバーアート: カバー画像作成:
Oweb www.oweb.es
シーメンス社特別協力: Dale Tutt、Sonya
Sauve、Mark Malinoski、Vincent
Braibant、Mark Sampson、Thierry
Olbrechts、Stefan Dutre、Tom
Behrens、Tony Komar、Steven
Vickers、Shashank Alai、Scott
Salzwedel、Robert Lyons、
Indrakanti Chakravarthy

これらの内容は当社が著作権を保有しています。©2023 John Wiley & Sons, Inc. いかなる公開、配布、および不正使用も厳禁します。

はじめに

航 空機をはじめとする航空宇宙 / 防衛製品は、非常に複雑な構造をしています。それを実現するシステム・エンジニアリングのプロセスも同様です。あらゆるイノベーションが複雑さを増しています。

一方、航空宇宙 / 防衛企業には、コスト削減と同時に、より迅速な技術革新が求められ、優先順位が相反するように思えます。他の課題の中でも特に、製品が複雑になればなるほど、統合の問題が発生しやすくなり、プロジェクトにブレーキがかかる恐れが生じます。

製品の進化に伴い、それを作るプロセスも進化しなければなりません。新しいデジタル・プロセスは、コンポーネントやシステム全体の設計に革命的な方法をもたらしています。この変革により、各分野が連携し、システムがどのように相互作用するかを確認し、設計全体にわたって改訂の影響評価を行うことができます。このアプローチはモデルベース・システムズ・エンジニアリング (MBSE) と呼ばれ、製品開発、要件のフローダウン、全体の統合を文書ではなくモデルを使ってオーケストレーションする方法を用います。

従来のシステム・エンジニアリングは、それ自体がニッチな機能で、開発プロセスの他の部分に組み込まれることがあまりありませんでした。これに対し、モデルベース型アプローチのシステム・エンジニアリングは、あらゆるプログラムを網羅する推進力となり得ます。

MBSE は概念的なブレインストーミングの際に洞察を与えてくれます。完全な検証とトレーサビリティにより、要件をさまざまなドメインの詳細なレベルにまで落とし込むことができます。また、問題点が遅延やコスト超過につながる前に、それを予測、特定し、事前に対処することができます。

対象読者

本書を作成するにあたり、読者の皆さんについて、以下のような想定をさせていただきました。

▶▶ 航空 / 防衛プログラムのエンジニアリング・プロセスにおいてプログラム責任者、統括責任者、あるいはシステム・エンジニアとして重要な役割を担う方。

≫ システム・エンジニアリング、そしておそらくは MBSE についての知識をお持ちで、組織でいかに機能させればよいかを模索中の方。

≫ 多忙なため時間がなく、仕事に役立つ知識を素早く手に入れられるような読み物をお探しの方。

本書で使用するアイコン

本書全体を通し、何種類かのアイコンを目にされることと思います。アイコンは、その近くにある重要な内容を知らせる道路標識のようなものだとお考えください。



<ポイント>

本書はそれほど長くありませんので、すぐに読み終わることができます。このアイコンの隣にある段落を見逃さないようにしてください。



<ヒント>

本書が実用的な洞察をお届けすることを願い、役立つヒントに注意を向けていただくためのアイコンです。



<注意>

物事が大きく道を外れることがあるのは、言うまでもありません。このアイコンは、悪い状況に陥らないためのヒントとなる情報を示すものです。

本書を読み終えた後で

本書は数十ページで MBSE の表面をなぞったに過ぎません。さらに知識を深めてみたいという方は、ぜひ以下のリソースをご覧ください。

≫ Model-based Systems Engineering (モデルベース・システムズ・エンジニアリング): シーメンスから、この道筋を取る上で役立つソリューション情報をお届けします。

≫ Accelerate Product Development with MBSE (MBSEで製品開発を加速する): MBSE による技術プログラムのオーケストレーションを紹介したビデオです。

≫ Talking Aerospace Today (航空宇宙の今を語る): シーメンス航空宇宙 / 防衛業界チームによる情報満載のポッドキャストです。

2 MBSE For Dummies, シーメンス特別版

これらの内容は当社が著作権を保有しています。©2023 John Wiley & Sons, Inc. いかなる公開、配布、および不正使用も厳禁します。

- ≫ 航空宇宙 / 防衛業界のイノベーションで高みを目指す
- ≫ 変化に内在する課題を受け入れる

第1章

航空宇宙 / 防衛業界の躍進に照準を合わせる

航空宇宙 / 防衛ビジネスほど、人間の想像力をかきたてる業界はないでしょう。心躍るような空の旅、戦いに勝利する、宇宙空間へ飛び出すといったストーリーを中心に展開する本や映画、ビデオゲームなどを思い浮かべてみてください。ライト兄弟からニール・アームストロング、イーロン・マスクに、世界中の人々がどれほど魅了されてきたかを考えてみてください。

本章では、急速に変化を遂げる航空宇宙 / 防衛部門、そして将来本や映画、おもちゃ、ゲームに反映されるような革新的技術の導入について探り、未来へのビジョン、変化を促す要因、進化や大変革への対応がいかに難しいかについて概説したいと思います。

空飛ぶ近未来

航空宇宙 / 防衛分野の競争において最も重要なのはイノベーションです。実際のところ、推進力、超音速飛行、極超音速飛行、アーバン・エア・モビリティ（都市航空交通、UAM）に新たなビジネスチャンスを生み出しているのはイノベーションに他なりません。

例えば、先進型エア・モビリティ（小型の飛行体空飛ぶクルマなどによる身近で手軽な空の移動手段）のコンセプトについて考えてみましょう。電動垂直離着陸機（eVTOL）は、より速く、より環境に優しい方法で人や物を輸送する、従来型航空機に代わる手段です。都市部での利用を想定したものではありませんが、人口が少ない地域でも利用でき、貨物や医療品をより簡単に届けることが可能になります。

完全電化タクシーは興味深い例で、技術革新に加え、Uber のようなサービスでのエア・モビリティ活用というまったく新たなビジネスモデルを創出する可能性を秘めています。このような技術はすべて、目を見張るような破壊的イノベーションを必要とします。



<ポイント>

そして、既存のより伝統的な航空宇宙 / 防衛分野でもイノベーションが進行しています。超音速ビジネスジェット機や極超音速輸送手段など、より速く目的地に到着したい、何かを届けたいという願望は常に存在します。考慮すべきは、移動速度の向上だけではありません。環境への影響に対する懸念がかつてないほど高まりを見せる中、航空宇宙 / 防衛関連製品の開発者が念頭に置いているのが、より環境に優しい製品です。

さらに視線を宇宙にまで広げれば、イノベーションは続きます。例えば、人工衛星はますます小型化が進んでいますが、性能は向上しています。SpaceX 社の開発による低軌道小型衛星 Starlink は、衛星を利用したインターネット・アクセスを提供するサービスです。

こういった人々の胸を躍らせるようなアイデアの多くが、商業的利益を追い求める民間部門で実現されています。Virgin Galactic 社、SpaceX 社、Blue Origin 社が現在のしごきを削る「宇宙開発競争」を思い浮かべてみてください。民間企業でイノベーターが活躍する一方で、防衛に特化した航空宇宙 / 防衛分野には、先見の明を持つ人が大勢います。

どんな分野に目を向けるのであれ、素晴らしいアイデアが数々生みだされるスピードが、これまでになく加速しているのではないのでしょうか。誰もが、より早く、より少ないコストで市場へ参入しようとしているのです。例えば、デジタルイゼーションにより、機械的なシステムをソフトウェアベースの機能に移行することがありますが、こういった導入は迅速かつ費用対効果に優れたものになります。

一方、Lockheed Martin 社元 CEO の Norman Augustine 氏のよく知られた言葉にあるように、航空宇宙 / 防衛分野における軍事面でのイノベーションは、従来より価格の高騰を伴うものです。同氏の格言集で最も有名な「第 16 の法則」では、国防費は直線的に増加するが、軍用機の製造単価は指数関数的に増加するとされています。

4 MBSE For Dummies, シーメンス特別版

これらの内容は当社が著作権を保有しています。©2023 John Wiley & Sons, Inc. いかなる公開、配布、および不正使用も厳禁します。

コストの上昇は、もはや持続可能なものではないのです。現在重視されているのは、技術革新はもちろんのこと、コストの抑制や開発スケジュールの大幅な短縮です。

心を躍らせるような進歩の兆しがあるにせよ、航空宇宙 / 防衛というのは必ずしもスピードが要求される業界ではありません。長い時間をかけて製品開発を進めたいというわけではありませんが、空を飛ぶ、あるいは宇宙空間を飛行する製品には、想像もつかない複雑さが伴うのです。



<ポイント>

着想がひらめいた瞬間から製品が世に出るまでには、何年もかかることがあります。進歩のペースが上がるにつれ、サイクルタイムの長さが問題となります。市場への参入を果たす前に、製品への期待が変化してしまったらどうなるでしょう。開発中の製品を進化させるのに十分な柔軟性を維持するにはどうすればよいのでしょうか。

進歩の歯車を減速させるような複雑な問題がなくなるわけではありません。例えば、電化が進み、今ではより効率的で信頼性の高い電気機械式が油圧技術に取って代わりつつあります。

最近では、航空宇宙 / 防衛分野のみならず、事実上あらゆるものがソフトウェア主導で動いています。ここでもまた、ソフトウェア主導型の技術が、制御と柔軟性の向上、効率の改善、未来志向の機能の実現に貢献していますが、それによって、エンジニアにはさらにストレスがかかることになっているのです。

変化を受け入れる

イノベーションへの渴望は、企業の運営方法に変化をもたらす唯一の要因ではありません。また、米国国防総省（DOD）、連邦航空局（FAA）、欧州連合航空安全局（EUASA）など、あらゆる政府機関や規制当局からのプレッシャーも依然としてあります。



<ポイント>

企業には緊急の優先事項があり、その中には移り変わるものもあれば、必ずしも相互に連携しているとは限らないものもあります。この業界は数多くの依頼主、つまり顧客や企業、規制当局などの要求に合致するサービスを提供するよう適応が求められ、製品設計と製造方法もその対象としなければなりません。

また、宇宙、エア・モビリティ、防衛分野のスタートアップも含めた新規参入企業の取り組みによっても変化は促されます。ドローンのような破壊的威力を持つ技術も、業界全体を騒がせています。

生態系への配慮も変化を促す要因ですが、それに取り組む方法は世界の地域それぞれで異なるかもしれません。ある社会での代替燃料への必要性の高まりが、別の社会での電気式やハイブリッド式への関心の高まりと符号するように起こるといったことも考えられます。

安全性はもちろん、業界、一般市民、規制当局から常に注目される問題です。ボーイング 737 MAX が遭遇した問題は、安全性が他の何よりも重要であることを示す一例に過ぎません。航空機メーカーが成功を収めるには、乱気流や雷雨、バードストライク、ヒューマンエラーなど、考えうるあらゆるハザードを設計プロセス全体で考慮する必要があります。

一方、企業は多くの産業に影響を与える労働力不足の問題を抱えています。ベビーブーム世代は定年に近づきつつある、あるいはすでに定年退職を迎えています。航空宇宙 / 防衛に関わる従業員として、体系化された貴重な知識を培ってきたのがこの世代ですが、雇用主は、その知識をいかにして新しい従業員に伝え、継承していくかを考えなければならないのです。組織がエンジニアリング関連のデータと知識を管理する方法をアップデートしようとするもう 1 つの理由は、コラボレーションを強化する必要性です。

長年にわたり蓄積された体系的知識はまた、変化の勢いに逆らう場合があります。これは、「常にこのやり方でやってきたから」という理由で物事を行う組織文化の問題です。



<ポイント>

おそらく、こうした多面的で、時には競合する変化の力を受け入れるにあたっての最大の課題は、この複雑な航空宇宙 / 防衛という世界ですべてが信じがたいほど相互に関連しているという事実からくるものです。必要な統合はさらにあります。どんな小さな変更も、設計、エンジニアリング、製造プロセスのどこかで、重大な、時には予測困難な影響を及ぼす可能性があるのです。

要は、飛行機やヘリコプター、ロケットといった最終製品を設計するのみならず、相互接続されたシステムを開発しているのです。相互接続されたシステムはすべて一致して機能する必要があり、あるシステムが機能すると、他の多くのシステムにも影響が及びます。

この System of Systems (複合大規模複雑システム) は、航空機に限ったことではありません。飛行機というシステムは、安全に離陸するという第一の使命を果たすことはもちろんのこと、航空管制システムや空港のインフラの中で機能しなければなりません。



<ポイント>

それぞれのシステムには、それを実現するエンジニアのチームが存在します。これらの等しく重要なプレイヤー全員による効率の良いコラボレーションを支援する、それが Model-Based Systems Engineering (モデルベース・システムズ・エンジニアリング) の目的であり、本書はそのため執筆されたものです。

- ≫ システム・エンジニアリングを理解する
- ≫ 複雑な問題に取り組む
- ≫ デジタルによる革新
- ≫ モデルベース・アプローチの採用

第2章

システム・エンジニアリングの アプローチを再考する

航 空宇宙 / 防衛業界は、あらゆる種類の心躍らせるものを生み出し、そのすべてが信じられないほど複雑です（これについては、第 1 章をご覧ください）。例えば、航空機には、相互接続された無数のシステムがあり、それらが完璧な調和を保ちながら、数十万にも上る要件を満たさなければなりません。絶え間なく進む電化は、こうしたシステムを繋ぐ配線をより複雑なものにしています。また、航空機に搭載される多くのシステムの構築は、交響曲のようにスムーズな進行が求められます。これは、音符が 1 つでもずれると、最終章の楽譜に悪影響が及ぶ恐れがあるためです。

この交響曲は近頃、新たな指揮者を必要としています。本章では、システム・エンジニアリングが過去にどのような機能を果たしてきたかを探ることで、複雑さを増す一方のシステム・エンジニアリングに新たな最新のアプローチが求められる理由を説明してみたいと思います。デジタル技術の革新によりこれらの新たな選択肢がどのようにもたらされるかを検討する本章は、モデルベース・システムズ・エンジニアリング（MBSE）の基本を理解する上でお役に立つことでしょう。

システム・エンジニアリングの定義

システム・エンジニアリングは、複雑なシステムのライフサイクル全体をまとめて扱う複数分野にまたがる工学アプローチで、航空機などの非常に複雑な製品の設計、開発、生産、そして継続的なメンテナンスの手引きとなる、構造的かつ堅牢なアプローチです。例えて言うなら、先ほどの交響曲の楽譜のように、第1バイオリンのパート、チューバのパート、その他の奏者のパートがあり、それらをまとめあげて素晴らしい音を奏でるのがシステム・エンジニアリングです。システム・エンジニアリングは、その美しい音楽の作曲家なのです。

一方、International Council on Systems Engineering (INCOSE、国際システム・エンジニアリング協議会)では、モデルベース・システムズ・エンジニアリングを「コンセプト設計から開発、その後のライフサイクルの段階全体を通し、システム要件、設計、分析、検証、妥当性の確認をサポートするモデリングを形式的に適用すること」と定義しています。



<ポイント>

システム・エンジニアリングでは、要件、そしてさまざまな要件がどのように互いに関連し合うのかという点に細心の注意が払われ、一連の要件を調整することで、他の要件を満たす能力にどんな影響があるかの評価を行います。この評価により、要件が絞り込まれ、十分な設計プロセスに限定することが可能になるとともに、その設計が要件を満たしているかという検証の実施が担保されます。

システム・エンジニアリングの対象となる範囲は、過去の設計モデリングとシミュレーション、最適化と検証を経て生産に至り、最終的には製品の運用、運用終了、そして廃棄にまで及びます。開発全体を通じ安全性を最優先に据えながら、要件すべてを満たすことを担保する、それがシステム・エンジニアリングです。

長く、非常に複雑な話を端的に言えば、システム・エンジニアリングは、影響を受ける多くの人々にとって、さまざまなことを意味しているわけですが、システム・エンジニアリングとシステム・デザインの混同がよく見られるように、複雑な製品の創造に関わる分野で、最も誤解されているものかもしれません。

システム・エンジニアリングは、全体像から始まり、細部にまで及び、要件の管理、そして要件や機能をシステム、サブシステム、コンポーネントにまで落とし込むという点については、非常に厳格なものです。要件のあるレベルから次のレベルへと掘り下げていく整然としたプロセスを通じ、航空機の全体像から集積回路に至るまでの要件の追跡と遡りが可能になります。

これに対し、システム・デザインは、指定のシステムを実現可能にするための多分野にまたがる工学関連の活動で、指定の要件すべてを満たすべく、コンポーネント、インターフェース、その他データの定義づけを行うプロセスの一種です。



<ポイント>

また、安全性を確保するための重要な方法でもあります。これは、あるシステムがセーフティ・クリティカル（故障や誤動作が人命や深刻な損害、もしくは機器へのダメージや環境被害となる可能性があること）であるほど、設計プロセスの早い段階での検討が重要になるためです。

システム・エンジニアは、特定のシステムのセーフティ・クリティカルな性質を考慮し、設計上の安全を確実なものとしします。要件が設定され、設計した機能が検討され、実装が進むのに従い、常にシステム・エンジニアの頭の中にあるのは安全性です。安全性解析に基づき新たな要件が決定されます。つまり初期の要件から、安全性解析に進み、新たに切り分けされた要件に対応するために初期要件が改訂されるというループが形成されます。製品の要件を定めるために、イテレーションを複数回実行するのが一般的です。

図 2-1 は、システム・エンジニアリング全体の仕組みを示した V 字型モデルです。エンジニアは、左上の運用に関するコンセプト、つまり高レベルかつ詳細な要件から高レベルかつ詳細な設計への落とし込みを行う全体的な機能面での目標から着手します。

システム・エンジニアリング・プロセスの簡素化

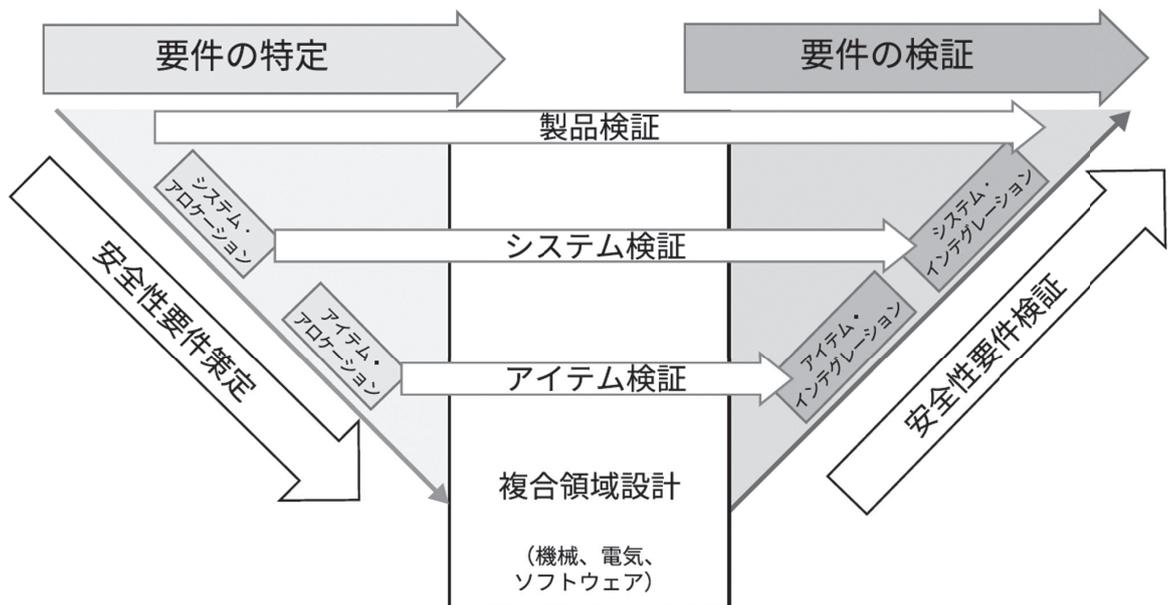


図 2-1: システムズ・エンジニアリングの V 字プロセスを簡略化したもの。

要件の定義と切り分けのプロセスは、実装を展開する V 字の最下点にまで到達します。そして右側へ戻り、統合と検証が行われます。V 字の右側を抜けると、運用 / 保守となります。図 2-1 をご覧ください。

いずれのレベルであれ、システム・エンジニアリングでは、検証の手段が割り当てされます。例えば、電気系統ボックスのチェック、サブシステムのベンチマークテストやリグレッションテスト、製品全体のフライトテストによるループのクローズなどがあります。

システム・エンジニアリングは、時として十分理解されないこともありますが、非常に厳密かつ分野横断的なものです。システム設計というと、3 次元のコンピューター支援設計や CAD でのシステム・モデリングなど、シミュレーションや検証をイメージされる方が多いのではないのでしょうか。要件、要件切り分け、ダイアグラム、製品や製品内のさまざまなシステムのモデリングを思い浮かべる人もいます。



<ポイント>

ですが、システム・エンジニアリングは、単に CAD システムを強化したものではありません。他のプロセスが実行を担うのに対し、システム・エンジニアリングのプロセスはオーケストレーションを行うという傾向があり、システム開発のプロセスをまとめ上げる接着剤のようなものと言えます。別の言い方をすれば、プログラム・マネージャーの最良の友はシステム・エンジニアです。

本書の焦点である MBSE のアプローチは、V 字の左側とその反対側を往復するだけではありません。モデルを利用し、設計を自動化するアプローチが採用され、要件と製品アーキテクチャーを定義するコンセプトのイテレーションを何度も行いプロセスを導くもので、コンセプト設計から詳細設計、検証、そして製造と製品サポートへのスムーズな引継ぎを促進します。



<ポイント>

交響曲の例えに戻ると、指揮者の楽譜のようなものが MBSE です。さまざまな楽器による演奏が一元的に表示されるため、指揮者はパート同士がどのように作用し合っているかを視覚的に把握できます。コンサートマスターがバイオリンでこういう演奏をしたら、チューバはそれに合わせた演奏が必要だといったことを把握しているのが指揮者です。究極的には、聴衆の視点に立って何が一番よく聞こえるかを知っており、交響曲の一部が期待した通りに聴衆に伝わらなかった場合、どうすればよいかを知っているのです。

MBSE は、従来のシステム・エンジニアリングと全く異なるアプローチというわけではありませんが、非常に手間のかかるある種の作業を巧みなやり方で不要なものにしています。CAD に似たモデルベースの方法とツールセットがそれを可能にしています。

複雑な問題を克服する

システム・エンジニアリングに最新のアプローチが必要な理由、そして過去数十年のやり方では 21 世紀のニーズに対して不十分な理由については、もう少し議論してみる価値があります。

システム・エンジニアリングが登場したのは読者の皆さんが生まれる前のことかも知れませんが、半世紀ほど前は、テクノロジーというものが今よりずっとシンプルだったことはご存じでしょう。当時、今私たちが使っているようなコンピューターは、SF の世界にさえほとんど存在すらしていませんでした。宇宙開発の乗り物はコンピューターを搭載してはいましたが、車や旅客機などにはまだ搭載されていなかったのです。また、宇宙飛行士を月へ送り出したコンピューターに、今日の携帯電話で可能なことはほとんどできませんでした。

20 年前に遡っても、設計に関わる重要な作業やデータの保存は、表計算ソフトやワープロソフト、あるいは図解ソフト、時には紙媒体で行われることが多かったのです。何もかもが文書中心で、大局的な管理を効果的に行うことは困難でした。

航空宇宙 / 防衛分野の設計では、相互に接続され、統合され、ソフトウェアで制御される機能が増えていきます。システムの連携が進むと、複雑化するのがシステムの相互作用の監視です。細分化したアビオニクス（航空機の操縦 / 運航管理に、電子工学を応用する技術や学問分野）では、スプレッドシートで追跡するにはあまりに多くの相互作用が存在します。

ソフトウェアの観点から見ると、航空機が複雑になるほど、ソフトウェアも複雑化することになります。そのため、特に、この複雑さと認証の課題が組み合わさると、ソフトウェア開発とそのスケジュールに新たな課題が生じます。ソフトウェアとハードウェアの統合、モデル化、テストなど、デジタル領域を徐々に取り入れながら、迅速に行動できるツールが必要になります。

軍事指揮官が求めるより高度な兵器システム、あるいは防衛や商業分野での自律走行車について考えてみてください。車両レベルのエレクトロニクスが高度化し、こういった車両が運用される環境のデジタル・インフラも高度化する中、複雑なシステムが適切かつ安全に動作することを保証する検証プランはどのように作り上げればよいのでしょうか。

必要なのは、シミュレーション・モデリングであれ解析であれ、すべての製品検証イベントが要件に基づき、適正な順序で計画 / 実行され、必要なリソースとリンクし、完全なトレーサビリティを確保しながら実施されることを担保する単一の統合環境です。



<ポイント>

業務やテクノロジーが複雑化するのと同様に、規制も複雑化しています。これは多くのセクターで言えることで、特に航空宇宙 / 防衛や自動車といった分野で顕著です。安全性の規格はどうでしょう。その数は増え続け、複雑化しています。

個々の国（場合によっては地域）、欧州連合、そして国際的なフォーラムで各種の安全規格が制定されています。その制定に関わるのは各種の規制機関、標準化機関、保険団体、格付け機関などです。



<注意>

各地にある規制には多くの類似点があるものの、異なる点も多く、これがさらに頭を悩ませることになります。そして、新たな要件が出てくると、設計担当者はそれを受けて変更、調整を行います。それが波紋の様に、特に設計の後半で複雑な問題を引き起こすことになるのです。

デジタル・イノベーションを探る

前のセクションで述べた複雑化の話は、あくまで概要に過ぎません。詳細を説明すれば、相当なページ数を割くことになり、読者の皆さんを救いようのない気分にしてしまうことになりかねませんが、この複雑な状況は、決して救いようがないというわけではありません。

実際、システム・エンジニアリングに求められるのは、より規律正しく、デジタルなアプローチなのです。ドキュメントに頼って複雑な状況を把握するのは不可能です。数千もの部品、数十万に上る要件、数百万という相互作用など、管理するものがあまりにも多すぎるのです。また、ある場所を変更を行えば、他の場所でも更新が必要になります。

人にすべてを頼ることもできません。結局のところ、私たちは人間に過ぎないのです。その昔、ファイルベースのシステムでは、すでに負担が大きすぎると感じているにも関わらず、手作業でカット＆ペーストするというのが珍しくありませんでした。20年前でも既に、システム・エンジニアリングは巨大な象のような存在でした。その象が今では数千頭もいるのです。

幸いなことに、今はデジタル化が進んだ時代で、これまで以上にパワフルなデジタル機能を活用できます。ですから、救いようがない状況ではないのです。その好例が、「デジタル・スレッド」です。デジタル・スレッドは、複数のシステムにまたがる多数のデータ処理を可能にすることで、デジタルツインで業務をこなすチームに何倍もの効果をもたらします。フィジカルな現実世界とデジタルの世界がデジタル・スレッドで融合されることで、システム・エンジニアリングを担当するチームでは、パフォーマンスの予測と製品の最適化が可能になります。実績のあるセキュアな方法で、効率良くプログラムを実現できるのです。

さらに一歩進めると、デジタル・スレッドは、最も使われる機能プログラムであるエンジニアリング、プログラム・マネジメント、サプライチェーン、生産、プロダクトサポートと連携するデジタルファブリックだと捉えることができます。この仕組みは、単一機能内での直列的な処理ではなく、また、これらの機能が互いに独立して動作することを意図したものでもありません。その正反対で、デジタル・スレッドにより、タスクの自動化が実現し、機能が相互接続、統合、リンクされるため、各チームが接続、デジタル化され、製品のライフサイクル全体にわたり、いつ、どこからでも、プログラムの詳細に素早くアクセス、共有、管理することが可能になるのです。デジタル・スレッドでは、これまで手作業で行っていたプロセスを自動化できます。単に自動化するだけでなく、実際に見直しを行うことが可能になります。象の群れを相手にすることに変わりはありませんが、それはもはや新人調教師を雇い入れたサーカスのような状況ではなくなります。

一方、システム・エンジニアリングの世界では、デジタル技術の革新がどんどん進んでいます。SysMLは例の1つに過ぎません。オープンソースのSystems Modeling Languageは、Unified Modeling Language (UML) から発展したもので、システムの仕様策定、分析、設計、検証、妥当性確認といった業務の処理に使われます。これは、システム・エンジニアリング用のグラフィカル言語を考案した最初の試みでした。一方、Arcadiaは、システム、ハードウェア、ソフトウェアのアーキテクチャー設計においてモデルを利用したシステム・エンジニアリングのアプローチです。

デジタル・イノベーションが、システム・エンジニアリングの世界に生きる人々にとって大いにプラスだというのは明らかですが、SysML、Arcadia、その他のモデリング・ツールに関わらず、その原型では、これらのバージョン V1 ツールが MBSE を実現する重要な要素であるデジタル・スレッドをどう織り込むかに関して、コラボレーションや欠点が問題になってきたという経緯があります。図 2-2 は、現在システム・エンジニアが自由に利用できるさまざまなモデリング言語、手法、ツールの例を示したものです。

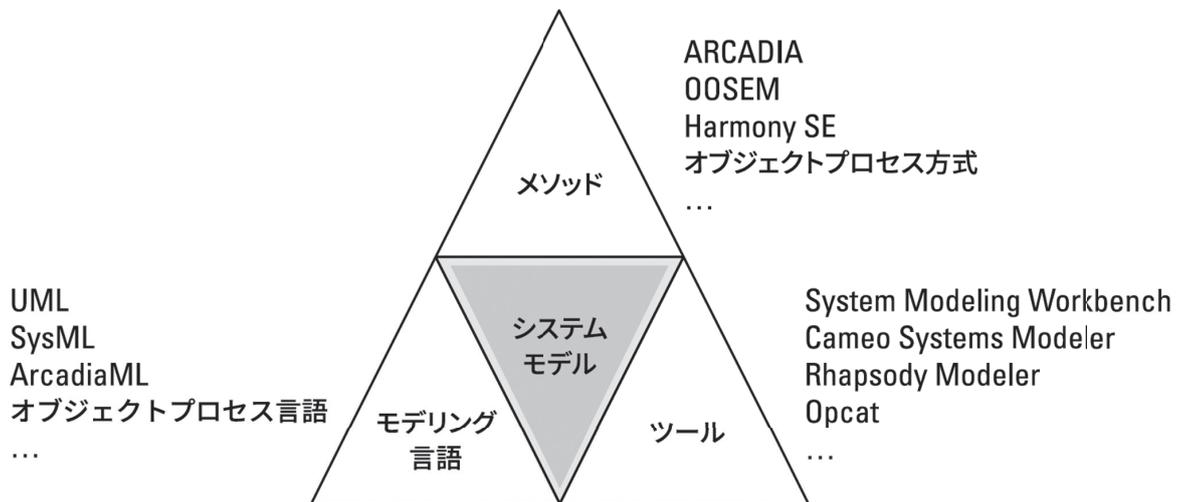


図 2-2: MBSE の本質的要素を示すピラミッド。

SysML Version 2 は、そのオリジナルリリース版に代わり、リポジトリにおけるデータレベルの表現に焦点を当てた、まったく新しいモデルとなっています。新しい構文、新しい言語、サイロを橋渡しし、今日のデジタル・スレッドを活用する全く新しいインタラクションの方法があります。

MBSE への転換

製品開発、要件のフローダウン、そして全体的な統合管理を行うために、MBSE プロセスに目を向ける企業が増えています。こういったことはすべて、従来のシステム・エンジニアリングが取り組もうとしてきたことですが、問題は、航空宇宙 / 防衛プログラムのような複雑なものでも負担を抱え過ぎないやり方で、効率性を上げながらそれを行うにはどうすればよいかという点にあります。



<注意>

今日の航空宇宙 / 防衛の世界で、サイロ化したアプローチは通用しません。必要な PDF はすべて望むだけやりとりできますが、プログラムの途中で盲点ができてしまいます。さまざまな部門やドメインでそれぞれ独自のツールが使われている状況では、サイロ内で個別の性能を確認する分には問題ありませんが、統合的な視点を獲得することはできません。

プレーヤー全員が、それぞれの小さな世界で素晴らしい仕事をしていても、それでは完成した航空機の総合的な性能を見抜くことはできません。それぞれのサイロ内に、最高の専門知識と最新のデジタルツールはあっても、プログラム全体を見渡すダイナミックな視点は得られません。もう一度オーケストラに例えると、木管楽器はある譜面に従って演奏し、弦楽器は別の譜面に従って演奏しているようなものです。交響曲というより不協和音です。

MBSE のアプローチでは、ファイルベースで処理されていた要素をすべてモデルベースにすることで、デジタル・スレッド、つまりデジタルな糸でつながり、コラボレーションを促進し、盲点を減らすことが可能になります。(ちなみに、現在では数多くのデジタル・スレッドが公開されています。MBSE のデジタル・スレッド以外にも、例えばインテリジェント・マニファクチャリングや製品サポートなどのデジタル・スレッドを目にされることもあるでしょう。) MBSE のデジタル・スレッドを通じて、モデルはドメイン間で共有され、また必要に応じてサプライヤーとも共有されます。情報の行き来がスムーズで効率的、しかも無数のドキュメントを扱うのに比べれば、管理がはるかに容易です。

このコンセプトはワークフローに奇跡を起こし、システム・エンジニアは単に管理業務に追われるのではなく、あらゆる技術データを完全に管理することが可能になります。最も重要なのは、技術プログラム全体の管理と可視性が劇的に向上し、下流にある業務との関連や変更の影響が明確になるという点にあります。

システム・エンジニアリングの V は、特に航空宇宙 / 防衛分野のプログラムに関しては、もはや単なるシーケンシャルなアプローチではあり得ないことを忘れてはいけません。MBSE は、異なるドメインで同時に作業するプロセスをサポートし、この V を打ち破るものです。



<ヒント>

例えば、ある要件を詳述し、このようにして欲しいと下流の業務に送るということを考えてみましょう。モデルベースのシステム・エンジニアリングのアプローチでは、シミュレーションは単なるシミュレーションではなく、どのようなアーキテクチャーが最も適切であるかという情報に基づいた意思決定にも有用なものになるのです。その結果、誰もが理解できる代替案や潜在的な解決策を生み出すことが可能になります。

航空機に採用するのは、油圧ブレーキと電気機械式ブレーキシステムのどちらがよいのか?要件を書き出してもその判断はできませんが、シミュレーションなら可能です。ここで、コストやメンテナンス、信頼性なども含めて、複数のシミュレーションを行い、他のあらゆる決定を下すことを想像してみてください。シミュレーション・モデルの作成には短い時間しかかからないため、プロセスの早い段階でハイレベルな要件を把握し、テクノロジーとアーキテクチャーについて、より適切でバランスの取れた意思決定を行うことができます。デジタル化された紙ベースのプロセスや紙のドキュメント、プレゼンテーション・ソフトでこれを行うことはできません。

アナロジー、いわゆる類推は、不完全であることが多いのですが、時には役に立つことがあります。コンピューター支援設計（CAD）の分野で考えてみましょう。部品のドラフトを作成し、3D デジタルモデルを作成できます。そして航空機全体のデジタル表現を構築するところまで、コンポーネントを組み合わせていくことができます。まずいやり方ではありませんが、CAD モデルでは、ソフトウェアや電気系統など、さまざまな機能的側面が考慮の対象外となっている可能性があります。そこで登場するのが MBSE です。MBSE が航空機の頭脳を定義します。



<ポイント>

端的に言えば、MBSE を採用することで、高度な専門性を持つ担当者がアーキテクチャー作成や分析を行うニッチなモデリング手法から脱却することができます。代わりに、マルチドメイン・アーキテクチャーを活用して製品開発の推進、指揮を行い、製品の性能目標を達成するために重要な設計上の決定を行うデジタル・スレッド・ビューへ移行していくのです。

- ≫ デジタル・スレッドとの接続
- ≫ 技術プログラムの管理
- ≫ 異種ツールからのデータ抽出
- ≫ プロセスや結果の改善

第3章

新たな未来像を描く

モデルベース・システムズ・エンジニアリング（MBSE）は、航空宇宙 / 防衛分野におけるエンジニアリング業務を編成するためのまったく新たな方法を解き放つもので、多くの作業を必要とするドキュメント中心の手法から脱却する大きな一歩となります。モデルベースのアプローチ活用は、プログラム全体により充実したインサイトをもたらし、より効果的な接続と高い拡張性を構築し、プレーヤー全員が新しい方法で協力し合えるようにします。

本章では、デジタル・スレッドがどのように各ドメインを結び付け、作業ルーチンを変化させるかを探り、各ドメインの専門担当者が好みのツールを使い続けることを可能にしながら、MBSE でどのように技術プログラムのオーケストレーションが実施されるかについて概説します。また、プロセスや結果を改善させる方法も取り上げたいと思います。

デジタルの糸を紡ぐ

ドキュメントの基本的な問題は、それをどこかに置かなければならないことです。紙の文書は、ファイル・キャビネットや机の上のフォルダーの束の中に保管されます。電子文書は、ハードディスクやフォルダー、あるいはクラウド上に置かれますが、共有ドライブにあるかもしれませんし、休暇で家に置いてきたノートパソコンにあるかもしれません。

複雑なプロジェクトでこのような場当たりのやり方が通用しないのは明らかです。それぞれのドキュメントには、他の開発プロセスから切り離されたデータが含まれ、何らかの方法でそれを抽出する必要があります。それが、後半で実施する統合で、スケジュールやリソースの半分もが費やされてしまうという問題の大きな原因になります。この問題を解決するのが MBSE のデジタル・スレッドです。情報は一元化され、必要な人が閲覧、アクセスできるようになるのです。



<ポイント>

素晴らしいことではありますが、これはデジタル・スレッドが持つ価値のほんの一部に過ぎません。プログラム内の各要素は糸につながり、合わせて 1 枚の布を作り上げているのです。織られたその生地は、特定の変更により影響を受けるあらゆるものを可視化できます。

このデジタルの糸、つまりデジタル・スレッドは、プログラム・ライフサイクルのフロントエンドから始まりますが、そこにいるアーキテクトの決定により確立されるわけです。デジタル・スレッドは解決すべき問題から始まり、代替案を検討し、下流の要件を、テストやシミュレーションを行う機能につなげるものです。そして、何度も何度もテストとシミュレーションが繰り返されます。

デジタル・スレッドは端的に言えば、すべてをつなぐものです。製品のライフサイクル全体にわたり、論理的なアーキテクチャーと接続しながら、所望の機能をシステムレベルにまで引き上げることができるのです。



<ポイント>

MBSE では、プログラム全体を通じ、動作、構造、インターフェースの各要件がスレッドとして維持され、要件というスレッドが、システムの設計、テスト、納品の方法に影響を与えるわけです。

最終的には、MBSE 主導のデジタル・スレッドにより、プログラムの実行力が向上し、以下のようなことが可能になります。

- ▶▶ モデリングを使いシステム・オブ・システムズを定義し、製品要件とアーキテクチャーを継続的に改善する。
- ▶▶ 複数領域設計の最適化により、設計空間の実現を加速、最終的にはかつてない速さでベストな設計を導く。

- ▶▶ 製造前にバーチャル試験を行い、試験量、リスク、コストの削減を図る。
- ▶▶ 製品 / プロジェクト / プログラム全体でシステム・エンジニアリング成果物の再利用化やモジュール化を促進、プログラム固有の実行改善を図る。
- ▶▶ 設計プロセスの技術的な監督と明確に定義されたインターフェースにより、サプライチェーン全体の統合管理を行う。
- ▶▶ コンプライアンスの確実な達成に向け、あらゆる要件と検証計画をトレースする。
- ▶▶ プロセス全体を通して、主要業績評価指標を監視する。
- ▶▶ クラウドを介しほぼすべてのデータソースにアクセス、権限を持つチームメンバーのファイル閲覧、変更承認を可能にする。

技術プログラムのオーケストレーション

製品ライフサイクル全体を通じ、プログラムの技術的範囲調整を効果的に行いたいと思わない人はいないでしょう。



<ポイント>

MBSE は、プロセス全体における全員の関わり方に変化を起こします。これは、製品開発プログラムのさまざまな部分で機能をロールダウンし、最終製品の導入が容易になることを意味します。

つまり、物事を同期させるということです。今日の大きな問題となっているのは、プレーヤーが分断されているために、航空宇宙 / 防衛分野の開発には予測がつきがたい性質があることです。MBSE によりもたらされるインサイトがなければ、あるドメインで変更があっても、プログラムの計画や実行といった他の場所では、すぐにそれが見えないということになりかねません。

MBSE とは、新しい働き方です。白黒テレビから、カラーで HD 画質のテレビに移行するようなものです。ダイヤル式電話から、スマートフォンへ進化するようなものとも言えるでしょう。本当にそれほど、はるかに優れたものなのです。

デジタル・スレッドの導入により、サプライヤーやパートナー、チームの同僚エンジニアとの協働作業が円滑化されます。あらゆる人がつながっているため、誰がどのツールセットを使っているかは問題ではなく、異なるドメインや機能エリア全体ですべてが共有されます。

1本のデジタル・スレッドがプログラム全体を駆動させます。このデジタル・スレッドは、さまざまな分野のプレーヤーに多大な相乗効果をもたらします。要件から始まり、解決策を見出すと、さまざまなエンジニアが細部に渡って取り組みます。いずれもが、異なるツール、異なるモデリング技術、独自のシミュレーションツールを用いますが、それらすべてがシーメンスの Teamcenter といった製品ライフサイクル管理システムの中でリンクされているのです。

図 3-1 でご覧いただけるように、各種パラメーターは、さまざまなシステム属性の目標と制約を満たすために、望ましい形状、適合性、機能の操作で使われるオブジェクトです。これらは、デジタル・スレッドを構築する際に活用できる MBSE ソリューションが生み出す多くの成果物の 1 つに過ぎません。インターフェース、要件、安全性解析も同様に重要で、これらは MBSE 戦略全体にとって決定的な重要性を持つ要素です。

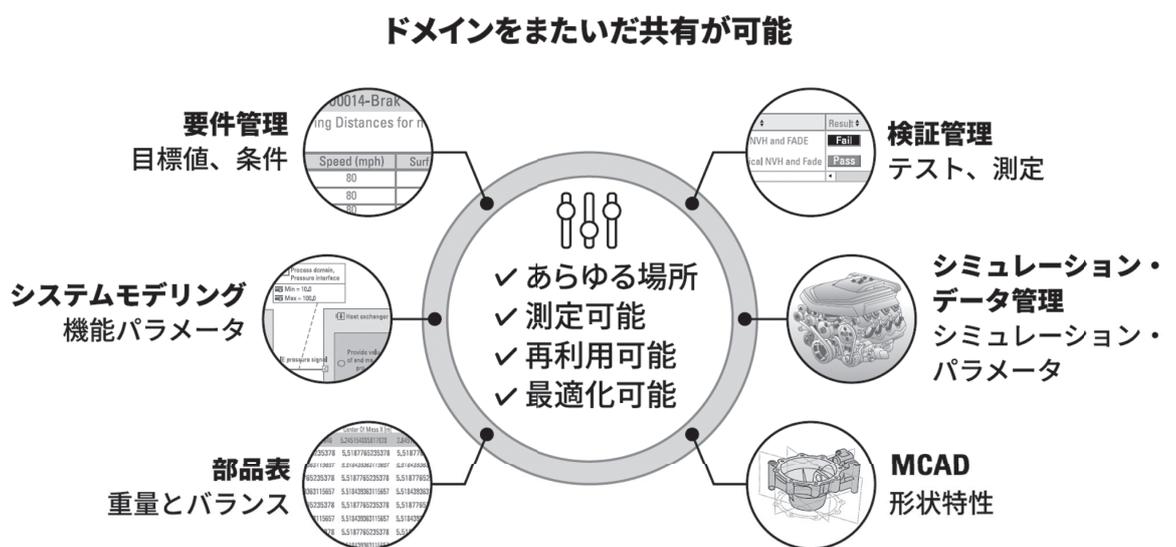


図 3-1: 複数ドメインにまたがるパラメーターの管理。

MBSE を活用した技術プログラムの編成により、以下のようなさらに多くの望みが現実のものになります。

- ▶▶ 詳細設計に移る前に、複雑なシステム間やサプライヤー間の統合問題を解消する。
- ▶▶ コンセプト段階から最終認証製品に至るまで、製品設計上の決定事項すべてを容易に追跡する。
- ▶▶ 最終的な検証や認証の結果を、設計や解析を通じ元の要件にまでさかのぼって追跡する。
- ▶▶ 重要性の高い技術的性能指標を、ある時点のスナップショットではなく、リアルタイムのデータとパラメーターで継続的に監視する。



<ポイント>

このコンセプトは、実際にはどのように機能するのでしょうか。例として、シーメンスの Teamcenter などの製品ライフサイクル管理 (PLM) システム上に構築された MBSE デジタル・スレッドのソリューションを取り上げてみたいと思います。この MBSE デジタル・スレッドでは特に、システム・モデリングのみから高度にデジタル化されたアプローチに移行することで、技術プログラムをオーケストレーション、技術スコープを推進することに重点が置かれています。

包括的なデジタル・アプローチとなっており、コンセプト設計から検証まで、すべての技術的要件とアーキテクチャーの実装が追跡できます。また、製品の成熟に伴う設計上の決定事項も取り込まれます。これらすべてが、クラウド上でセキュアに実現可能です。



<注意>

開発サイクルは 10 年以上かかることもありますし、その過程で必然的に製品の更新や変更が発生することを考えると、この最後の点は非常に重要です。認証やコンプライアンスのガイドラインも変更されるため（既に会社を辞めているかもしれない）知識を持つ数人に頼るのは最善の策とは言えません。

Teamcenter PLM のアプローチでは、非常に柔軟かつオープンなマルチツールソリューション内で、あらゆる製品設計とサプライヤー・インターフェースの統合をユーザーが行うことができます。

すべてを網羅する

MBSE は、プログラム参加者全員にとって有効でない限り機能しません。デジタル・スレッドをアクティブに保つことと、そのスレッドのコンテンツを作成することは別物です。これは、コンテンツの作成者がどのようなツールを好むかに関わらず、可能にしなければなりません。

スレッド自体は、データを整理するためのデータベース構造で作成されますが、包括的な情報と完全な互換性を可能にする目的で、そのデータは複数の異なるツールから取得することができます。

ただし、本当に包括的なものは、瞬く間にデータ量の多さに圧倒されてしまいかねないという点には注意すべきです。デジタル・スレッドに接続して特定ポイントでの詳細を利用する場合、共有される適切な詳細に限られている方が望ましいのではないのでしょうか。メールで使われる言葉を借りれば、TMI (Too much information、情報過多) は避けたいところです。



<ヒント>

一方で、より詳細な情報が不可欠なケースもあります。新規サプライヤーがグループに加わった場合、新たな関係を綿密に管理するために、スレッドにより詳細な情報が必要になることがあります。サプライヤーを管理し、統合の課題を特定するために必要なものはすべて、適切なレベルの詳細情報になります。

結果を出す

航空宇宙 / 防衛エンジニアリングという領域では、チームは仕事をいかに成し遂げればよいかを知っています。問題は、特に効率とコストの面で、より良い仕事をする方法を見つけることができるか否かということです。



<ポイント>

MBSE は、その点で大きな可能性を秘めています。この道を歩む企業のほとんどが、開発サイクルの 20 ~ 30% という大幅な短縮を実現するとともに、リスクを抑えながらプログラムを完成させています。



<ヒント>

MBSE では、開発の初期段階からすぐに新たなインサイトがもたらされます。多角的な分析により、早い段階から性能を明らかにすることが可能です。ハイブリッド・テスト・モードでは、実際の物理テストにシミュレーションを導入することで、さらに時間の短縮を図ることができるため、場合によってはテスト時間を短縮できます。

MBSE のデジタル・スレッドは、モデリングのプロセスに新たな水準のスケラビリティと幅広い焦点をもたらします。MBSE では、全体像から細部へ、部品レベルからシステム全体へと視線を移動させることができます。例として、ブレーキ動作であれば、着陸装置というコンテキスト内での追跡にとどまらず、グローバルな航空インフラへのコンプライアンスを確保しながら、統合された航空機レベルで認証を受ける必要があります。

認証やコンプライアンスを達成できるかは、エンジニアリングの課題をクリアできるか否かにかかっています。MBSE により、特定のアイテムの形状や機能だけでなく、流体、熱、振動、キャビン内の騒音、機外の騒音といった動的特性のモデル化が可能になります。これらすべてを合わせ、部品レベルから統合システム、製品レベルに至るまで、挙動を理解することができるのです。

また、統合の問題は大手 OEM にとって大きな悩みの種でもあり、しばしばプログラムを頓挫させる恐れがあります。MBSE とデジタル・スレッドでは、多くの主要な統合問題を解決できる能力が実証されています。

- ≫ 要件の定義と把握
- ≫ モデルの作成
- ≫ 安全性を最優先する
- ≫ すべてを機能させるソフトウェアの作成
- ≫ 性能の監視

第4章

MBSE で全ドメインを推進させる

本章では、モデルベース・システムズ・エンジニアリング（MBSE）が、航空宇宙 / 防衛関連の新製品を生み出すさまざまなドメインのすべてにどのように関わっていくのか、それを掘り下げてお伝えしたいと思います。また、プログラム全体を織り成し、すべてのプレイヤーが同じ交響曲の譜面から情報を得て演奏するのを可能にするデジタル・スレッドについて、詳細に取り上げ、要件管理、システム・モデリング、ソフトウェアが担う重要な役割、安全の重要性、あらゆる要件の検証を行う必要性、多くの業務を統合するという課題、最新のデータの必要性などについて、詳しい解説を行います。

プログラムの理解

第2章では、システム・エンジニアリング・プロセスで一般的な流れを表した従来のV字型ダイアグラムを参照しました。この図では、左上の着想がひらめいた瞬間から、右上の航空機が安全に飛行している状態に至る複雑な一連の活動がまとめられています。端的に言えば、要件はすべて左側で定義 / 抽出され、相互に接続された多くのシステムを統合する詳細な作業は右側で行われるということです。右側を登りながら、そこにある要件を確認し、問題がないことを確認していきます。

このアプローチ自体はそれで良いのですが、V字の片方からもう片方へ移動するには、相当な時間がかかるように思えます。そして近頃では、いつまでも待ってくれる人など皆無です。確かに、あるドメインの仕事に遅れが出て、下流のドメインはとにかく作業に着手してしまい、暴走する恐れが生じます。

しかも、V字型図は、単にここだけの話として捉えることはできないというのが現実です。V字のある箇所の変更が行われ、問題が解決され、重要な気づきがあれば、それらすべてが他の箇所での活動に影響を与えます。あるドメインで解決された差異が、他のドメインでも適用可能な解決策になることもあります。そういった活動すべてを把握するには、どうすれば良いのでしょうか？



<ポイント>

コンセプト設計から、予備設計、詳細設計、試験 / 製造段階、耐空性の認証と判断に至るまで、プロセス全体を通じ 1 本のデジタル・スレッドでつなぐことで、このニーズを満たすのが MBSE です。さまざまな機能を担当するチームやドメインをサポートする他のすべてのスレッドを導くのは MBSE のスレッドです。このような分野には、製品の設計、検証、製造、プログラム、そしてサプライヤー管理などが含まれるかもしれません。

シーメンス社などのソリューション・プロバイダーが望むのは、設計から製造、サービス、そしてその間にあるすべてのポイントまで、製品ライフサイクル・プロセス全体をデジタル・スレッドという糸に沿って構成していくことです。MBSE は製品のライフサイクル全体を横断するものです。

また、各ドメインに見られるさまざまなツールを横断的に利用することが可能です。例えば、CAD エンジニアがある領域で仕事をし、シミュレーション・エンジニアが別の領域で別のツールを使い CAD データを取り込み、その性能を確認するといったことがこれに該当します。こういったシミュレーション結果は、設計したものの性能はどうかを知りたい設計者にとっては重要かもしれませんが、設計ファイルには含まれていません。そして実際、シミュレーション・ファイルは何ギガという大きさのデータで、その解釈の仕方を知っている人は限られているのです。このデジタル・スレッドは、誰にでも理解できる形ですべてを織りなすことが可能です。

本書の他の箇所でも簡単に述べましたが、システム・エンジニアリングというプロセスは何十年も前から存在しています。しかし、今日の航空宇宙 / 防衛分野の課題には、ドキュメント中心の手法からモデルベースの手法に移行し、より包括的なモデルベースのシステム・エンジニアリングのアプローチが必要とされています。それが、製品開発、要件のフローダウン、そして設計 / 分析 / 検証 / 妥当性確認に関わる活動全体を統合して管理を効果的に行う唯一の方法なのです。

要件の管理

プロジェクトのスレッドは、特徴や機能の決定から始まります。それが飛行機であれば、どのような状況でどのような機能を実現する必要があるのかという大まかなビジョンから着手します。顧客企業の CEO と食事をしながら、カクテルナプキンにすべてを書き留めているのだと想像してください。この飛行機は、特定の乗客数と最高速度で、2,000 マイルを飛行できます。大まかなイメージはつかめたと思いますが、もうナプキンのスペースが足りなくなってきました。

ここで考える特徴や機能は、アーキテクチャーに反映される要件となり、プロジェクトが大きくなればなるほど、定義する要件は増えます。設計中の飛行機は大型ですか?それであれば、おそらく数十万という条件について話をすることになるでしょう。カクテルナプキンでは処理しきれないほどの詳細さであることは、疑いようありません。



<ポイント>

このように、要件を管理するのは難しいことです。要件のフローダウン、すなわち全体像からより小さくより具体的なシステムへと作業を進めるにつれ、非常に多くの変数が、上下の要件に影響を与える可能性が出てくるのです。コンセプトが成熟するにつれ、システムレベルの要件は変更され、システムがどう見えるかという理解の全体像も変化します。最終的に何かが決まるまでには、何度も繰り返されます。

頼みたいことをカクテルナプキンに書き留めてもらったこの顧客の場合、条件を満たすであろう一般的なコンセプトが 3 つあります。これらのコンセプトの中に、エンジンのさまざまな候補があり、それぞれから燃料消費量、取り付けの翼の大きさ、抵抗、燃料タンクといった独自の構成が割り出されます。製品レベルの要件がシステムレベルの要件へ、そして部品レベルへ、さらにその下へと続いていきます。

こういった要件を調整、理解するには、多くの点と点をつなげなければなりません。また、これらのつながりの質を担保し、欠落している箇所がないことを確認し、要件に実行可能、検証可能な具体性があることを確実にするのも重要です。



<ヒント>

フローダウンの際は、要件という家族のダイナミクスを考慮してください。すべての要件が、本質的に家系図を通じ追跡可能でなければなりません。要件すべてについて、その親（階層内でそのすぐ上にある要件）が特定できる必要があります。そして、複雑なプロジェクトでは、要件の大半に、その下に派生する子と言える要件があります。

孤児型の変項とは、その名の通り、親まで辿り着けない変項のことです。また、最上位の変項に子供となる変項がない場合も、問題があるという兆候です。変項が流れてこないというのは、何か見落としがあるか、変項が不適切だという可能性が高く、突然変項が増え、担当するジョブの範囲が変わってしまう恐れがあります。

変項は可能な限り具体的で個別であるべきだというのが、管理上でのポイントです。例えば、円形で青い、アルミ製の部品を指定するとしましょう。この場合、変項は1つではなく、3つになるわけです。



<ヒント>

また、品質に関する変項は「should（～であるべき）」ではなく「shall（～であること）」という記述になります。優柔不断さの残る要求は、品質変項ではありません。変項は柔軟性に欠けると言っているわけではありません。変項には、指定するものに対し許容範囲を設定することができます。ただし、変項を満たすには、結果がその範囲内に収まっていなければなりません。

さまざまなシステムをモデル化する際に、その変項を満たす役割を果たすさまざまなドメインに情報を提供する方法で、これらの変項をどのように伝えるか。採用するのはおそらく、多くの異なるオーサリングツールや検証ツールを利用するというアプローチになることでしょう。パラメーターの定義と管理は、複数のドメインにまたがるこれらのツール間にかかるスレッドを構築する中核的な業務です。

多くの場合パラメーターは、次の4つがセットになります。

- ▶▶ 目標値: 例えば、所望の推力を指定します。あるいは、要求システムから導き出される燃料消費量の目標値ということもあります。
- ▶▶ 最小値: 許容範囲とされる一番下の値です。
- ▶▶ 最大値: 許容範囲と見なす上限値です。
- ▶▶ 測定値: 特定のパラメーターの実測値で、現行モデルを基にします。

このように、たくさんの数字を扱う活動を考えてみてください。航空宇宙 / 防衛分野の業務に限らず、税金対策や家のリフォームの詳細でも構いません。おそらく、それらの数字を書き留めたり、コンピューターの表計算シートに突っ込んでおいたりしているのではないのでしょうか？いずれにせよ、ドキュメントベースなのです。



<注意>

従来、システム・エンジニアリングの要件は、大規模な要件定義書にまとめられ、最終的に大型本ほどにもなり、システム・エンジニアの机の上に置かれることになるのも珍しいことではありませんでした。床材の設置や配管工事の記録を残すのであれば、このやり方でも効果があるかもしれませんが、新型飛行機に関連する数十万にも及ぶ要件をトレースするには通用しないでしょう。

MBSE のアプローチで、各要件事項を製品全体の構成の一部である個々のオブジェクトとしてデータベース内でリンクさせるのはこのためです。リンク付けされることで、特定の要件がさまざまな部品番号に影響を与え、さらに、それらに割り当てられたあらゆる要件に影響することを把握できます。

ですが、これも状況が複雑になると通用しません。要件にある値を抽出し、NX などの CAD システムで 3D モデルを使い、コンポーネントの幾何測定値を作成するほうが良いでしょう。さらに、ユーザーが、応力やひずみ、温度、体積流量といった性能に基づく要求値の測定基準を Simcenter などの CAE システムにプラグインすることも可能です。



<ポイント>

デジタル・スレッドは、このすべてを流れていくことができます。要件と論理アーキテクチャー、そして最終的には物理的なコンポーネントとの関係に結びつけることができるのです。これらの関係を理解し、説明責任を果たすことは、航空宇宙 / 防衛エンジニアリングの複雑さという獣と格闘するための鍵であり、それにより、コストと開発サイクルタイムの両方を削減できます。また、すべてが検証されるため、要件の矛盾が生じることがありません。

システムのモデル化

要件が十分に確立されれば、MBSE のデジタル・スレッドはシステムのモデル化プロセスへ進みますが、これは構築に先立ちシステムをテストするという非常に重要な作業です。例えば、機能モデリングでは、要件に組み込まれた多くの機能を探ります。



<ヒント>

Capella といったテクノロジーや シーメンスの System ModelingWorkbench (SMW) for Teamcenter といったツールでは、最上位にある一連の要件から始め、これらの機能モデルを開発し、システムがどのように機能するかを検証できます。システム・アーキテクチャー・モデルは、システムのモデリング中にアーキテクチャーの決定により生成されるデジタル・スレッドを運ぶために、PLM と統合する必要があります。

例えば、地上での航空機制御をモデル化する場合であれば、機能を細かく分割してお考えになるでしょう。空中で飛行機制御の場合でも同じように、ロール、ピッチ、ヨーなどのサブ機能を考慮してモデル化を行うでしょう。

システムの安全プロセスは、機能上のハザード評価から始まります。そしてハザード評価は、ハザードレベルの検討と定義から始まります。

上記の例の続きで、ロール制御を考えてみましょう。この制御を失うと、危険は致命的なものになります。それに関する決定は、冗長性と完全性に関する検討事項を引き出し、さらには要件がバックアップされ他のモデルへ反映されます。

MBSE のデジタル・スレッドは、パラメーター（システム設計属性、性能指標など）、要件、機能モデリング、論理モデリング、アーキテクチャーの詳細を通り抜けていきます。物理的な製品そのものではなく、設計を具現化した物理模型が続きます。Teamcenter 用 SMW の例で考えてみましょう。MBSE のデジタル・スレッドは、ミッションのハイレベルなコンセプトから始まり、物理的なコンポーネントとその動作の特定まで、SMW のアーキテクチャー・モデリングをたどりながらさまざまな形を取ります。これらのさまざまなデジタル・スレッドは、アーキテクチャー・モデルの外側を横断し、さまざまなドメイン設計の実装から最終的な物理的製品の実現、さらにその先へとつながっていきます。その多くは、航空宇宙プログラムの計画、開発、提供をより迅速に行うための製品ライフサイクル管理ツールとクラウドによるコラボレーションにより実現されます。図 4-1 をご覧ください。

実際、システム・モデリングは、航空機全体のシステムモデルを開発する 1 人の人間の仕事ではありません。アーキテクチャー、1D / 3D マルチフィジックス、MCAD、ECAD、DFMEA、RAMS など、多数のモデルから構成されているのです。

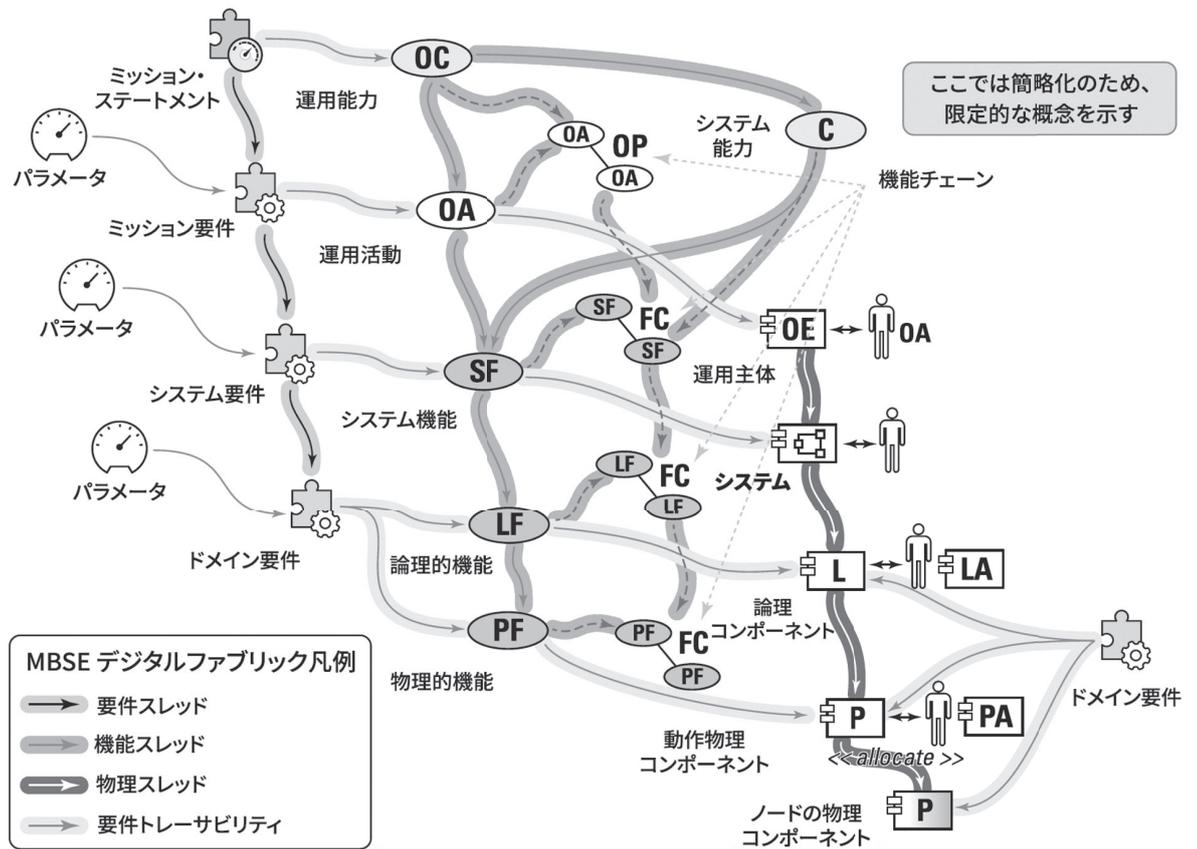


図 4-1: SMW 内の MBSE デジタル・ファブリック。

安全性の確保

航空宇宙 / 防衛の世界において、安全性ほど重要なものはありません。安全対策は実際、システム・エンジニアリング全体の中のサブプロセスとなっています。

これは、機能的なハザードを評価し、安全性を製品のライフサイクルに統合するプロセスを通じ行われます。前のセクションで述べたように、これにはさまざまな事象に対する重大性度合の決定と適用が含まれます。ある特定の状況において、安全性に影響があるか?また、その影響は大きいか小さいか?これらの重要な分類によって、完全性、信頼性、冗長性に関する検討事項が決まります。

故障すれば致命的と見なされるシステムには、冗長性を組み込んでおく必要があります。航空機の電源喪失はそのような例です。電気システムは 1 つではなく、並列で冗長化する計画を立てる必要があります。1 つのシステムが失われただけで、航空機が失われることがないようにしなければならないのです。



<ポイント>

システムがどのようなものかを理解すると、安全性が要件の全体像を変えます。製品の設計要件を各種安全規制と照らし合わせると、一連の製品要件が更新されるのはよくあることです。製品設計が成熟するにつれて、ソフトウェアやハードウェアが対象の要件も洗練されます。

ソフトウェアに注力する

今日私たちが目にする他の多くの製品と同様に、航空機においてもソフトウェアの利用が劇的に増えています。ソフトウェア開発は要件の定義から始まり、維持しなければならない整合性のレベルを検討します。そのソフトウェアはフライトに不可欠なものか?その答えにより、ソフトウェアの設計方法が変わり、開発プロセスにもさまざまな要件が課せられます。



<ヒント>

フライトに不可欠なソフトウェアを設計する人と、それをテストする人の間には、独立性が保たれていなければなりません。ある部署の人がソフトウェアを書き、別の部署の人が試験の要件を書くということもあるでしょう。別々に働くユーザーや関係者をまとめるのは大変なことで、うまくいかなければ、大幅な遅延や連絡ミスが発生する恐れがあります。

Polarion のようなソリューションは、これら複雑なソフトウェア・システムの定義、構築、テスト、管理を行うための自動化ツールを備えています。ソフトウェアの分野では、さまざまなオープンソースツールがソフトウェアの作成に使われるため、すべてを 1 箇所にまとめることが重要になります。全体像を描きながら、それらの異なるツールすべてと対話できる必要があるのです。

完成品の全体運用においてソフトウェアが担う役割は、時に誤解を招くことがあります。これについては、航空宇宙 / 防衛に限らず、他のあらゆる分野でも同じことが言えます。例えば、新しい車でドライブするとしみましょう。あるレベルの快適さ、効率、スタイルで、目的地まで移動するのは非常に物理的な体験です。ですが、その体験の多くがソフトウェアによってもたらされているという点は見過ごされがちです。

車の例をもう一歩進めてみましょう。最近のモデルイヤーでは、物理的な改良ではなく、新たなソフトウェアコードだけで駆動する驚くような新機能が搭載されていることがあります。ソフトウェアの重要性は航空宇宙 / 防衛分野でも同様ですが、さらに高まっています。

このことは、モデリング環境におけるソフトウェアの重要性と、今構築中のデジタル・スレッドの重要性を強調するものです。何かをモデル化するのであれば、真のデジタル・スレッドの観点から製品を見るために、ソフトウェアのモデリングも並行して行わなければなりません。SMW のような統合ソリューションは、モデルベースのソフトウェア・アーキテクチャー・モデリングを効果的に実現し、多くのプロセス改善をサポートします。これらの改善は、概念空間の探索、要件の抽出、仕様の策定、初期動作の予測、さらにはテストケースの生成の自動化まで多岐にわたります。

ソフトウェアを PLM と統合し、Polarion のようなソリューションにプラグインすることで、ソフトウェアが製品全体やその機能に与える影響に十分に対応することができます。製品を完成した機体という大きなスケールで見ると、ソフトウェアは見えません。眼では見えない、目立たないのです。しかしその存在は、アルミニウムや複合材など、あらゆる物理的要素と同様に、オペレーションや性能に大きな影響を与えます。

ソフトウェア開発は、製品を作るために必要な他のあらゆる活動と並行して行われています。ソフトウェアチームがエコシステムの一角を占めるのであれば、適切なスピードで動かなければなりません。



<ヒント>

ハードウェアの開発は、門外不出に近く、少し異なります。ソフトウェア開発は、一度にすべてを行うのではなく、細分化された断片をその場で開発するアジャイル型です。デジタル・スレッドにより、エンジニアリング・プロセスの重要なポイントで同期を確実にすることができます。

結果の検証

検証管理は、要件から始まる包括的なプロセスです。要件には、性能に関するもの、機能上の要求、システムの属性、特定の認証取得などがありますが、それが何かは重要ではありません。何か具体的な要求があり、その要求が満たされているか否かを検証する計画が必要だという点が重要なのです。



<ポイント>

実際に、それぞれの要件について検証計画を立てる必要があります。その要件が満たされ、その意図が実現されていることをどのように証明するのか?何らかの分析を行うのか?物理的な検査を行うのか?監査を実施するのか?物理的な試験の手順を作成するのか?

例えば、電気系統の要件に、暴風雨時の耐障害性に関するものがあるとします。これを満たすには、避雷器のコンポーネントを対象とした物理的な試験が必要になる場合があるでしょう。その他の物理的試験として、地上試験や飛行試験が含まれる場合もあります。

要するに、検証管理とは、目標がどのようなものかを決定するプロセスで、その検証計画で、要件を満たし合格したと見なされるためには何をしなければならないかを正確に説明するものです。

目標という観点から話をするのであれば、スポーツに例えれば、その仕組みがよくお分かりいただけるのではないのでしょうか。例えば、バスケットボールの場合、ボールをゴールのリムに当て、ゴールネットを通すことが最も重要な要件だと言えます。飛行機を安全に離陸させるのと同じです。

ですがそれまでには、満たさなければならない小さな要件があります。プレイヤーは、味方へボールをうまくインバウンドする必要があり、そのインバウンドパスを投げるまでには時間制限があります。また、シュートを打つまでの時間制限もあるでしょう。プレイヤーが動いている間は、パスやドリブルをしなければなりません。こういったボールがバスケットに向かう途中のステップを検証しているのが審判です。

その間、プレイヤーはさまざまなファウルやミスを避けなければなりません。ここでも、その検証をしているのは審判です。結局のところ、たくさんある一連の要件をうまく満たして通過しなければ、チームはボールをバスケットに入れ得点することはできません。



<ポイント>

航空宇宙 / 防衛分野プロジェクトの検証管理については、特定の要件に対する検証計画を完了すれば、コンプライアンス（またはコンプライアンスの欠如）を示すデータが得られます。MBSE のデジタル・スレッドには、このようなプログラム全体のデータすべてが自動で収集されています。要件の検証が行われる度に、ループが閉じます。

もちろん、単純なものは何もありません。特定の要件を満たすためには、あるシステムの修正を要することが判明したら、どうなるのでしょうか。こういった場合、別の要件を満たすために既に実施されていることに影響を及ぼし、別のチームからの協力が再び必要になるかもしれません。全体像とその中の小さなイメージすべてを追跡するデジタル・スレッドが必要なのはそのためなのです。

最終的に、すべてのループが閉じ、すべての要件が満たされたことを確認するまで、チームの仕事は終わりません。デジタル・スレッドは、リスト上の各項目を確実に消し去り、関係者全員に素早く通知します。

情報管理という非常に複雑な作業を手助けしてくれる、それがデジタル・スレッドではありますが、それ以上に重要なことがあります。航空宇宙業界のような高度な規制と監視を必要とする業界では、要件から検証まで、適用されるすべての試験データと分析を含め、プロセス全体が透明かつ追跡可能であることが必要です。



<ポイント>

チームには、コンプライアンスの内容を確認して、いつ仕事が完了したかを把握しておくことが求められます。安全性認証機関では、重要性の高い要件が満たされていることを証明しなければなりません。その証明に必要な証拠は、デジタル・スレッドから得られる場合があります。

統合の管理

複雑なプログラムには必ず、多くの異なる機能領域が存在します。社内には大抵、複数の部門や拠点があり、ある場所に設計センターがあり、別の場所に別の部門があるという企業も多いでしょう。

また、数多くのサプライヤーが関わります（図 4-2 参照）。アビオニクス、油圧系統、電気系統など、あらゆる種類のコンポーネントがあり、「村が丸々 1 つ必要」なほどです。そして、このような複雑な状況では、世界中にある多くの村が関わりを持つ可能性があります。

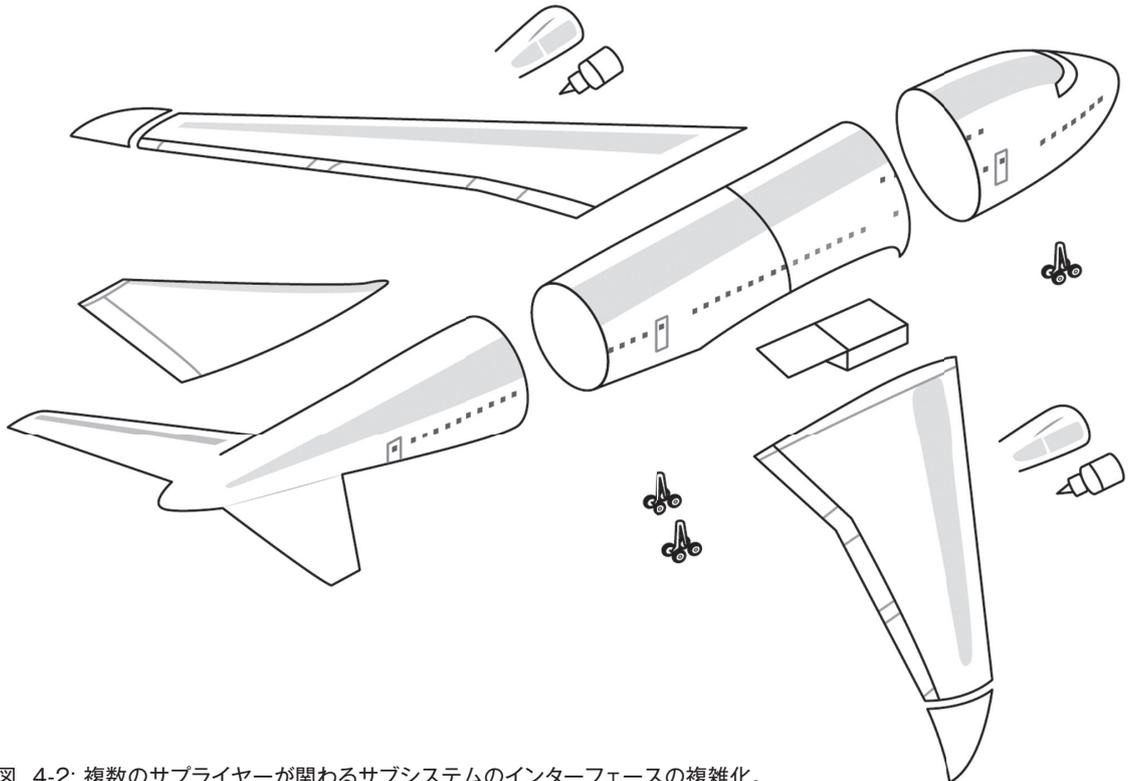


図 4-2: 複数のサプライヤーが関わるサブシステムのインターフェースの複雑化。

さらに、多くの村人たちの仕事による成果物間の複雑なインターフェースが加わります。最もわかりやすいのは、物理的なインターフェースです。水平尾翼はあるサプライヤーから供給され、別のサプライヤーが供給する垂直尾翼と接続する必要があるといったことが考えられます。PLM の一部として統合されたインターフェース管理システムが必要なのはなおさらのことです。インターフェースの定義は、システムのモデリング時に行われ、ライフサイクル全体にわたる統合プロセスを可能にします。このインターフェースを管理しなければ、何も機能しません。

同様に、油圧システムも、制御する対象との接続と圧力が適合していなければなりません。電気システムのワイヤーハーネスには、機能的に一致する接続点が必要です。データネットワークは正常に接続されていなければなりません。また、データについて言えば、デジタル・インターフェースも、あるシステムと別のシステムを適切にリンクさせる目的で、同じ言語によるものに移行しています。



<注意>

失敗が起こることは少なくありません。飛行機さまざまなセクションが互いに適合しない。ワイヤーハーネスが短かすぎる、長すぎる、オスコネクタが 2 つある、コネクタのピン数が違う。つまずきが生じる箇所はさまざまですが、そのいずれもが非常に高価で、その修正にプログラムのスケジュールから膨大な時間を奪ってしまう恐れがあります。

これらすべてが、PLM の一部である統合インターフェースで管理を行うべき理由なのです。インターフェースの定義は、システムのモデリング時に行われ、ライフサイクル全体にわたる統合プロセスを可能にします。

この総合とインターフェースのすべてを自動で制御することが重要です。インターフェースとは、接続の両側にいる部門やサプライヤーとの間の契約のようなものと捉えてください。MBSE プログラムではデジタル・スレッドを通じ、全員が合意されたインターフェースを順守していることが担保されます。

初期設計と必要なインターフェースを開発する際、それらの詳細は、実行の推進や設計 / 開発プログラムのガイドとして利用できます。変更内容や修正候補の影響をより明確に把握でき、要件を変更した場合には、その変更がどのような影響を及ぼすか、より正確に評価できます。

システムモデリングという言葉をよく耳にされるのではないのでしょうか。それが最大の価値を発揮するのが、要件をインターフェースの管理に活用した時で、インターフェースが統合を効果的に管理する上で役立ちます。

統合管理とは、インターフェース管理と情報管理のことです。サプライチェーンの中には、多くの人や組織が存在します。では、サプライチェーンの上下や横断的な情報交換はどのように行われているのでしょうか? OEM から、重要部品を納品しなければならないサプライヤーに、具体的な設計変更をどのように伝えるのでしょうか?

デジタル・トランスフォーメーションの進展に伴い、モデルベースの設計チェーンの重要性が高まっています。OEM では、サプライチェーンを含む製品開発アプローチの大幅な見直しの必要性を認識しています。今日のシステムは急速に「システム・オブ・システムズ」へと変わりつつあり、関連する分野の増加とともに、これらシステムの複雑性により、システム・アーキテクチャーがそのサプライヤーと連携して動作することがほぼ要求事項となっています。今日のサプライチェーンをMBSE 環境全体に統合する必要があることは間違いありません。

Teamcenter は、MBSE のデジタル・スレッドとの重要なパートナー・ソフトウェアと見なされ、ここでも、OEM とサプライヤーの組織内のシステムアーキテクトがデジタルに集まることのできる共通の PLM 環境を実現します。

機能を細かく見ていくうちに、機体をさまざまなシステムに分割していったことを考えてみてください。サプライチェーンのあるプレーヤーが、ある領域については完全な可視性が必要で、他の領域については可視性がゼロでなければならないというのには、さまざまな理由があります。

おそらく皆さんの企業では、特定のアビオニクス・システムのサプライヤーと取引をされていることでしょう。ペイロードの担当者がどんな作業を行っているのか、サプライヤーに知られたくない場合もあるでしょう。また、システムのある領域から別の領域へ知的財産を提供することは、必ずしも望ましいことではありません。



<注意>

したがって、1 つのモデルからコンテンツを切り出し、その部分だけを担当するサプライヤーへ渡すことができるようにしておく必要があります。デジタル・スレッドには、あらゆる問題について複数レベルのビューをサポートする機能が求められます。これは、非常に大規模かつ複雑なシステムに対し、すべてを 1 つのビューに組み込んでしまうと、IP の問題に発展する恐れがあるからです。

性能の監視

大学の授業で、毎日重要な課題をこなしているのに、担当教授からあまりフィードバックがない場合を想像してみてください。グループ・プロジェクトに取り組んでいますが、同じグループの学生がプロジェクトの個々の部分でどんな活動をしているのかまったく分からないとしましょう。

少なくとも不安の種になり、最悪の場合失敗につながるかもしれません。頻繁に進捗状況を報告すれば、軌道に乗っているかどうか分かり、遅れているようであれば、何らかの報告によって軌道修正が可能かもしれません。過去にそのような環境はありませんでしたが、最近では自分の状態を最新の指標で表示するオンラインポータルを学生が使いこなしています。また、小学生を持つ親御さんであれば、同じようなポータルサイトでお子さんの学習がうまく進んでいるかの確認ができます。

同様のことが、システム・エンジニアリングの世界にも当てはまります。

以前であれば、重要業績評価指標に関する最新情報を入手することができるのは、おそらく月に1度程度でした。そして、その情報の分析が必要なこともあり、分析が終わるころには数週間が経過しているといった具合でした。もっと早く実用的な知見が得られればよかったのですが、それは現実的に不可能だったのです。



<ポイント>

一方、今日の MBSE デジタル・スレッドでは、プロジェクトの進捗状況に、プログラム全体だけでなく、技術的な観点からもコストの観点からも、細かく、リアルタイムにアクセスできます。

プログラムが進むにつれて、パフォーマンスの多様な側面から、さまざまなシステムや要件に関する主要業績評価指標が表示されるダッシュボードを通じ進捗状況を目で見て確認できます。燃費はどうか?最新の回答があります。重量管理は?空力効率は?社内のデータをリアルタイムで利用できます。

数週間ごとに報告書を作成するのではなく、計画が進行するにつれて、どれだけ起動に乗っているかに関する最新情報をライフサイクル全体を通して得ることができるのです。真に完全なスナップショットが取得できるのは、上手くいくことを祈りながら機体の飛行試験や認証を見守っている時だけだった時代とは比べものになりません。

肝心なのは、コンセプトから 1D、3D モデル、そして物理的な試験に至るまで、すべてのフェーズで性能をチェックし、監視する必要があるということです。よく言われることですが、「統合を始めたら、統合を維持する」、つまり統合は継続的なものでなければなりません。

ドメインごとのツールは引き続き使用しますが、検討はすべて、共同のエンジニアリング・アプローチで行います。安全性や信頼性といった重要な分野を含むさまざまなドメインを統合する、それが MBSE なのです。

- ≫ 目的地を見極める
- ≫ 未来を今日実現する
- ≫ 求められる専門性を探し出す

第5章

進むべき道筋を描く

本章では、モデルベース・システムズ・エンジニアリング（MBSE）を組織全体で採用する際に実現するビジョンを重点的に取り上げ、変革の成功へ向けステークホルダーを巻き込むのに何が必要かを探り、製品やベンダーを選択する際のポイントについて解説します。

ビジョンを描く

航空機をはじめとする航空宇宙 / 防衛製品の製造では、複雑な設計チェーンを利用することになります。この仕事は 1 人ではできません。他の人を巻き込み、利用できる知識のすべてを活用しなければなりません。成功に必要なチームワークを促進する、それが MBSE のアプローチです。

システム・モデリングの主な目標の 1 つに、何をどの分野で達成するか決定があります。問題を測定可能なものに切り分けるということです。

このプロセスを通じ、チームはさまざまなシステム機能をどのように実現するかを決定します。購入が必要なものが何か、開発可能なのはどのようなものかを見極め、特定の機能をハードウェア・ユニットで処理可能か否かを判断しながら、製品の論理的・物理的なアーキテクチャーを旅することになります。では、ソフトウェアのサポートはどうでしょうか？



<ポイント>

その分野の専門家にコンセプトの一部を伝え、その知恵をプログラムに反映させる必要があります。アーキテクチャーの相互運用性については、以下の基本パターン 4 つに集約されます。

- ≫ 問題と解決策の把握
- ≫ 他者を巻き込む
- ≫ 知識の活用
- ≫ 閉ループの検証と妥当性確認

箇条書きの最後、閉ループの検証には大きな意味があります。特定のコンテキストにおけるシステムの予想される動作を記述した機能連鎖は、試験的な検証に用いることができます。

あらゆるドメインでループするデジタル・スレッドというビジョンは、ソリューションに必要な知識への扉を開くものです。例えば大抵の場合で、取り入れることのできるコンテンツを持っているサプライヤーがいるはず（第 4 章で取り上げました）。

3D CAD については、デジタル・モックアップ（DMU）の交換がよく話題になりますが、これはパワフルかつ有用な概念です。新しいビジョンでは、その哲学を数歩前進させ、DMU の交換だけにとどまりません。システムが互いにどのように相互作用するか（信号、電力、油圧、制御法則など）を含む設計を交換し、その情報を共有するのです。それは、ビジュアルの美しさ以上のものです。

リスクマネジメントを考えてみてください。リスクマネジメントには多くのプロセスがありますが、大抵の場合、プログラム管理チームがリスクの特定、重篤度の割り当て、コストの予測、確率の測定を行うブレインストーミングのプロセスに集約されます。

必然的に、このグループは「未知のリスク」と呼ばれるリスクカテゴリーに行き着くことになります。詰まるところ「未知のリスク」とは、あらゆるリスクを知るためにシステムとプロセスを完全に把握しているわけではないということを暗黙のうちに認めるということです。



<ヒント>

MBSE では、混沌としたブレイン・ストーミングではなく、規律正しいアプローチを取ることができます。技術的なワークフローや厳密なプロセスを十分な情報と制御で管理することで、リスクを具体的に特定できます。未知のリスクは常にあるかもしれませんが、それほど多くはありません。

同様に重要なのは、いったんリスクを見つければ、それをデジタル・スレッドに記録し、経験から学ぶことができる点で、プロジェクトに携わった人が別の役割に移った際にも、その知識が失われることがありません。

MBSE のビジョンとは、このアプローチなしではサイロ化してしまう要件間、機能と形状間、そしてドメイン間に関係を構築するというものです。これは、インテリジェンスを活用し、大規模なプログラムにおける絶え間ない変化を把握し続けるための鍵になります。

例えば、ある領域で影響度分析を行うと、異なるドメインのエンジニアには変更点に関するメッセージが届きます。鳥や滑走路上のがれきに衝突した場合の影響を調べ、影響を受ける機能を特定し、どのようなバックアップが考えられるかを探り、有害な影響を最小限に抑えるために必要な変更を実施することができます。さまざまな種類のシステムモデル（行動モデルを含む）がデジタル・スレッドで結ばれた状態で、トータルな影響を把握することができるのです。

これが、全体として MBSE という規律を通じ実現可能な未来像です。ですが、これは SF での話ではなく現実のもので、多くの企業が既にこの道を歩んでいます。

こういった先進的企業は、情報の管理と活用に長けているため、行動がより機敏で、コストを削減し、スケジュールが狂うのを避けながら、迅速な市場投入を行っています。また、リスクも削減され、試験や製造での不合格品も少なくなっています。

つまり、より多くの勝利を手に入れているわけです。このように、MBSE のプロセスは、企業の効率性と競争力の向上に貢献しています。

未来の状態を実現する

未来の状態を先んじて実現したいのであれば、問題があることを認めることがその第一歩です。



<注意>

自らの世界観を確認し、違う見方をする 것도 課題の 1 つです。これまでと同じことを、エレクトロニク的なやり方で行うだけでは、求める効果は得られないでしょう。

例えば、サプライヤーとの関係を考えてみましょう。サプライヤーとどのように関わり、測定可能なデータを提供し、製品開発プロセスでどのように順序付けるかを変える必要があります。それは、エレクトロニクスの接続を改善するだけにとどまりません。

とはいえ、この接続は最初に取り組むべき論理的な場所のように思えます。データ管理というピースは疑いようもなく巨大であるため、未来の状態は、デジタル・スレッドから始まります。自動化の対象は巨大なマトリックスで、モデリングやシミュレーション、設計最適化に最高のツールを集め、パワフルな製品ライフサイクル管理プラットフォームでそれらを連携させます。



<ヒント>

ですが、論理的な出発点は、組織カルチャーへの取り組みになるでしょう。MBSE のもたらす無数のメリットに焦点を当て、全社的に MBSE を売り込まなければなりません。

多くの場合、変化を起こすのに最適な方法は、段階的なアプローチです。ビジョンを定め、達成可能な目標を設定して、人々がポジティブな変化を遂げられるようにしてください。このアプローチにより、組織内にオーナーシップの文化が育まれ、最終的なビジョンに向けた次のステップに進む勢いが生まれます。

例えば、SF では何十年も前に、掃除や料理からメンテナンスまで、家の中のありふれた仕事をすべてやってくれるロボットが登場すると約束されていましたが、それはまだ少し先の話のようです。ですが、床掃除ロボットをお持ちの方もいらっしゃるかもしれません。とてもクールな製品ですが、私たちはそれを受け入れ、今では当たり前のこととして受け止めています。これは、大きな変化を、管理可能な漸進的な部分に切り分けるやり方の一例です。



<ヒント>

そこで、問題点、いわゆるペインポイントを選んでください。例えば、ドキュメントのリポジトリが異なる場所に複数あるというのは珍しいことではありません。それらを製品ライフサイクル管理システムに移し、新たなプロジェクト・パラメーターを作成します。問題がどう緩和されるかを示し、その価値を証明してから、別のペインポイントに移ります。

航空宇宙分野のエンジニアが非常に優れた頭脳を持っていることに疑いの余地はありません。実績のある解決策を提示すれば、受け入れてもらえる可能性は十分にあります。そのような小さな成功を積み重ねることで、少しずつですが、人々をあるべき方向へ導いていくことができるのです。

専門知識へのアクセス

多くの企業が、本書で紹介されているような変革を渴望しています。そのメリットは一目瞭然です。このようなドラスティックな変化を追求することに内在する課題も同様です。

MBSE によるメリットを最大化するには、テクノロジーとユーザーの考え方の両面で変革が必要です。とは言え、この道を進むにあたって、誰も 1 人で悩む必要はありません。



<ヒント>

MBSE 導入の成功は、適切なテクノロジーとベンダーの選択にかかっています。ソフトウェアを提供することとは大きく異なり、ベンダーには、MBSE を成功裏に導入するため必要な専門知識を備えた強力なテクノロジー群と専門知識を提供することが求められます。

技術的な要件から始めましょう。満足のいくソリューションは、次のような分野に対応していなければなりません。

- ▶▶ 製品ライフサイクル管理: MBSE は PLM ソリューションに完全に統合する必要があります。機械、電気、ソフトウェアの各領域を含むマルチドメインの製品開発をまとめなければならないのです。また、構成、ベースライン、ワークフロー、コスト、信頼性、製造性といった考慮事項にも完全に対応している必要があります。PLM ソリューションは、何を構築するのかを定義し、それを行うかを示し、下流の開発プロセスを調整できるものでなければなりません。
- ▶▶ 製品要件エンジニアリング: 要件は、顧客の視点から製品開発プロセスを推進すべきものであるため、PLM の一部でなければなりません。そうすることで、下流の機能、特性、製品アーキテクチャーに割り当て、レポート、ドキュメント、ダッシュボードでの追跡が可能になります。
- ▶▶ 製品アーキテクチャーとシステム・モデリング: PLM にあるこれらの機能は、製品ライフサイクル全体にわたり製品アーキテクチャーをキャプチャ、設計上の意思決定を完全に可視化し、製品ライフサイクル全体のさまざまなドメインの統合を可能にします。
- ▶▶ システム・シミュレーション管理: 製品データを生成する 1D モデルは、2D / 3D モデルと同様にデータ管理の対象にする必要があります。
- ▶▶ ワークグループの一貫性: システム開発プロセスを導くために、OOTB (out-of-the-box) 標準の方式を導入し、チーム全体が一貫して作業できるようにする必要があります。

- ▶▶ 技術的リスク管理: モデルベースの完全な製品安全性 / 信頼性が含まれた製品を探してください。製品のライフサイクルに信頼性モデリングを加えることで、製品リコールが減り、安全で信頼性の高い製品の製造に専念できます。
- ▶▶ 変更管理: システム・エンジニアリング・コンポーネントは、PLM プロセス全体に含まれていなければなりません。つまり、要件、機能、論理、物理、プロセス、インターフェース、ターゲット / パラメーター、その他の詳細を把握するための標準的な変更管理手法です。変更は個別管理するのではなく、グローバルな製品変更の計画 / 管理に含めるようにします。
- ▶▶ プログラム計画とシステム・エンジニアリング: リソースとスケジュールの引受は、システム・エンジニアリングのアーキテクチャーと要件の決定によるべきです。要件、機能、インターフェース定義などは、プログラムのマイルストーンやプロジェクトのタスクに直接関連付けする必要があります。

考慮すべきことはたくさんあります。ですが、デジタル・トランスフォーメーションがこれほど進み、現在どのようなソリューションが提供されているのかに驚かれることでしょう。シーメンスの Xcelerator ポートフォリオもその 1 つです。Xcelerator は、ソフトウェア、サービス、アプリケーション開発プラットフォームからなる包括的な統合ポートフォリオで、包括的なデジタルツインと MBSE のデジタル・スレッド（本書を通じ説明）の両方を備え、さらに、企業のデジタル・エンタープライズ化を支援するパーソナライズされかつ適応性の高いアプローチも搭載しています。上記のすべてを備えているわけではないかもしれませんが、その網羅性と物事に対するアプローチ間違いなく検討に値するものです。



<ポイント>

これは、必要なツールを揃えるのに役立つ買い物リストです。同様に重要なのは、これらのツールやソリューションをサポートするための方法論のバックボーンを持つことです。また、MBSE 環境を成功させるためには、このような方法論が不可欠ですので、それを熟知したベンダーを選択するようにしてください。

最終的に求められるのは、深い工学的専門知識と基幹システム開発に必要な技術的ノウハウを持ち、MBSE が要求するパラダイム・シフトを支援できるソフトウェア・ベンダーです。

- ≫ システム・モデリングを最前線へ
- ≫ コラボレーションをより現実的なものに
- ≫ 強固な賛同を得る

第6章

MBSE で成功を収める 10の方法

長年にわたり、航空宇宙 / 防衛開発エンジニアリングは、サイクルタイムの膨張とコストの高騰という持続困難な道を歩んできました。世の中のあらゆるものがそうであるように、より多くのイノベーションを、より速く、より低いコストで実現しなければならないプレッシャーがあります。

モデルベース・システムズ・エンジニアリング (MBSE) のアプローチは、本書で概説したように、これらの領域すべてで利益を約束するものです。以下は、MBSE の採用で組織が成功を収める方法のほんの一部ではありますが、デジタル・ジャーニーを進める上で覚えておいていただきたい教訓です。

プロセスを変革する

何が必要かを明確にするためには、変革、変革、そしてまた変革を行います。確かに、MBSE のアプローチ採用には、デジタル・スレッドを構築する適切な製品ライフサイクル管理システムと、モデリング、製品アーキテクチャー、変更管理などのための幅広い統合ツールの導入が必要です。

しかし結局のところ、新しいソフトウェアを採用すればいいというものではありません。MBSE はアプリケーションではありません。組織全体に浸透させなければならない変革の考え方なのです。変革なしに勝利を収めることはできません。

歓迎の姿勢を貫く

先にも述べましたが、プロセス全体をエンド・ツー・エンドで考え、変革に対しオープンな姿勢でいることが必要です。同時に、このプログラムに参加する多くのプレーヤーは、すでに自らに適したツールを備えている点も意識してください。MBSE の環境は、変革的であると同時に、すでに存在するプロセスや主要なドメインが導入を望むプロセスに対しオープンかつ適応性のあるものでなければなりません。

システム・モデリングの再定義

MBSE の手法やツールを導入する際、全体の中心となるのはシステム・モデリングです。システム・モデリングの考え方を設計のアーキテクチャー表現として用いるわけですが、これは、モデル構築を開始する方法のパラダイム・シフトと言えます。アーキテクチャーの記述をドメインに特化させる、これが設計サイクルのすべてで可能です。

コラボレーションを受け入れる

プロセスによっては、時間がかかるものもあります。高級ワインやウイスキーのメーカーに尋ねてみてください。人を増やしても、発酵を早く終わらせることはできません。ですが、航空宇宙 / 防衛プログラムでの作業は、サブプロセスを協調して同時進行させることで、より迅速かつ効果的に進めることが可能です。重要なのは、エンジニアやサプライチェーン・パートナーがそれぞれサイロの中において、全体像に注意を払わず独自のサブプロセスを構築するようなことを避けることです。

デジタル化された MBSE は、サイロの境界を取り払い、共同作業によるよりダイナミックな作業を可能にし、開発のさまざまな段階と、変更による影響を把握できます。また、サプライチェーンに関しては、MBSE によりサプライチェーン・パートナーとの連携 / 統合が実現し、あらゆる要件を理解 / 定義することで、潜在的な問題を未然に防ぐことができます。場所を問わずリアルタイムにアクセス可能な MBSE のユーザーが、安全性、拡張性、柔軟性に優れた最高クラスのコラボレーションを実現します。

監視の継続

MBSE ソリューションには、継続的なパフォーマンス監視を実現することが求められます。KPI（主要業績評価指標）をリアルタイムで確認する、それは、製品開発に関わるすべての人が自信を持ち、あらゆる業績目標やプログラム要件が満たされていることを確実にするための不可欠な要素です。これには、成熟度、設計そのもの、関係性、要件、要件の検証など、「V」字図の両側で起こるあらゆることが含まれます。

成功への道をたどる

トレーサビリティは不可欠であるだけでなく、MBSE デジタル・スレッドのもたらす重要なメリットの 1 つです。MBSE で、データ、アクティビティ、途中で発生するあらゆるやりとりなど、プログラム全体を整理します。トレーサビリティの確保は大きなメリットもたらし、ツールの選択によってトレーサビリティの実現、自動化が可能になります。例えば、Arcadia メソッドをバックボーンとする System Modeling Workbench (SMW) for Teamcenter はこのようなトレーサビリティを実現するものです。

実現を果たす

世界で最も優れたツールを導入しても、全員の参加なくしては、何も達成することはできません。強い賛同が必要ですが、その前に何をしようとしているのかを理解してもらわなければなりません。MBSE を「システム・エンジニアリングのための CAD」と捉えている人もいます。おそらく、単純化しすぎなのですが、響きもよく、意味があるように聞こえます。

一方、SysML を早期に採用したユーザーの多くは、SysML が MBSE だと考えています。しかし実際には、SysML は、MBSE の包括的なアプローチを実現するものに過ぎません。この区別ができるようになれば、道は開けていくことでしょう。

ワゴンを一周する

システム・エンジニアリングのプロセスを象徴する「V」ダイアグラムについては、これまでも多くのことが語られてきました。しかし、「O」字型の図も一考に値します。実際には文字の「O」ではなく、要件エンジニアリング、システム・モデリング、解析、安全性コンプライアンス、そして技術コンテンツの管理からインターフェース、統合、検証などの間の継続的で相互的なつながりを示す円です。

MBSE のパラダイムは、これらの要素が互いに情報を提供し合いながら、継続的につながっていくものです。これは、システム・エンジニアリングの全体像にも、それに続くソフトウェア、電気、機械 / 物理、電子 / ハードウェアといった各ドメイン内のプロセスにも言えることです。

情報を使いこなす

今日の企業にとって最大の課題は、もはやエンジニアリングの領域やモデラーのレベルではありません。本当の課題は、あらゆるところから入ってくるギガバイト単位の情報を単一の製品アーキテクチャーに集約し、顧客の声、製品要件、エンジニアリングからの最新情報などを閲覧できるようにすることです。また、製品アーキテクチャーには、最終製品の安全性を保証する機能と、電気 / 電子 / ソフトウェアとの統合を管理する手段が企業側にほとんどない分野も含まれます。

物理的に理解する

モデルやシミュレーションは注目に値するものです。MBSE では、従来であればずっと後でなければ明らかにならなかったようなインサイトを、プロセスの早い段階で得ることができます。これらのインサイトが、より良い要件を導き出し、はるかに効率的な旅を可能にします。

物理的なテストを行う必要があることを忘れがちですが、それは単にイノベーションを起こせば起こすほど、ある時点でそのイノベーションをテストする必要性が出てくるという事実でしかありません。ですが、MBSE は間違いなく物理的なテストを実施する必要性を大幅に減らすことができます。MBSE プログラムは、仮想世界と物理世界を緊密につなげるハンドシェイクの役割を果たすのです。



SIEMENS DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

Accelerate your product development

Orchestrate your technical program and become more agile
and efficient with **Model Based Systems Engineering**.

<https://www.sw.siemens.com/ja-JP/mbse/>

SIEMENS

モデルベース・システムズ・エンジニアリングとは

モデルベース・システムズ・エンジニアリング(MBSE)は、航空宇宙 / 防衛業界のエンジニアリング業務においてオーケストレーションする新たな手法の扉を開き、その対象は製品開発のライフサイクル全体に渡ります。本書では、MBSEを用いて最新かつ最高レベルの航空宇宙 / 防衛関連製品を生み出すプロセスを解説します。劇的な技術革新が求められ、より速く、より短く、より費用対効果の高いサイクルタイムで稼働することが期待される現代で、それを実現した製品の需要を探ります。

本書の内容…

- チームの効率的なコラボレーション支援
- デジタルツインの活用
- リスクの軽減
- 安全を最優先する
- プロセス統合を容易に
- 複雑さを秘密兵器に変える

SIEMENS

Steve Kaelble は「For Dummies」シリーズで多数の本の執筆に関わるほか、雑誌、新聞、企業の年次報告書などにも著作が掲載されています。「For Dummies」の世界や執筆から離れているときは、ヘルスケア・コミュニケーションでの活動に関わります。

カバー画像作成 : Oweb www.oweb.es

ビデオ、ステップ・バイ・ステップの
画像、ハウツー記事、そしてご購入は、
Dummies.com で!

ISBN: 978-1-119-93163-8

再販禁止

for
dummies[®]
A Wiley Brand

