

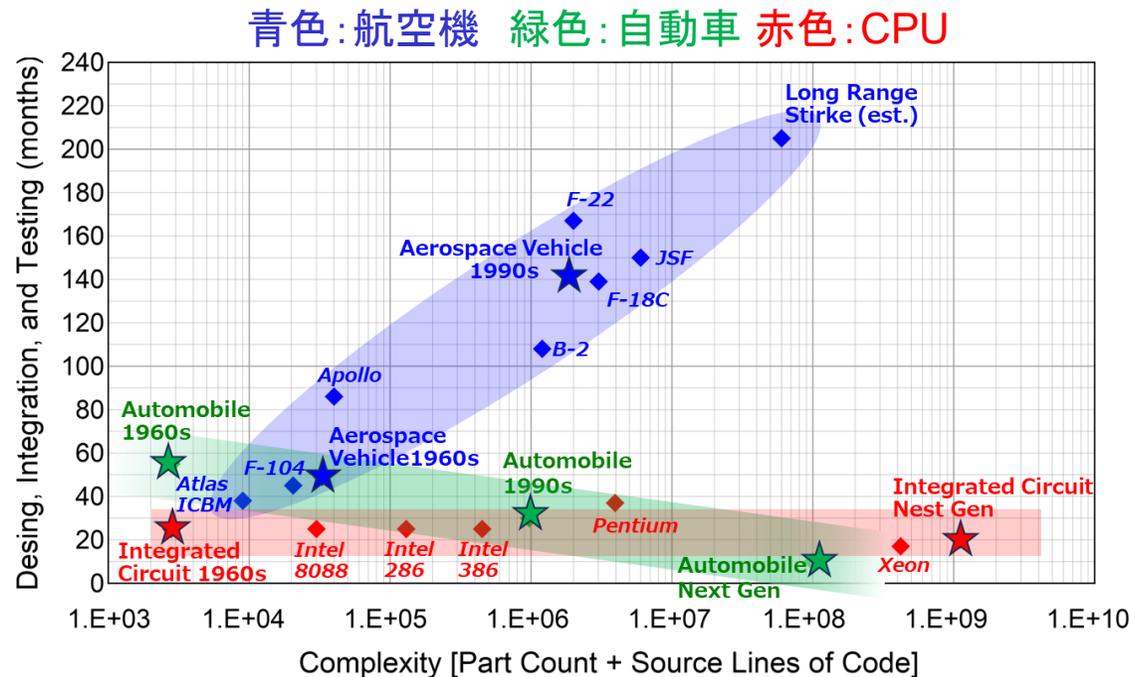
航空機の設計、認証、生産プロセスの革新と プロセス統合に関する研究開発の紹介

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門
航空機DXチーム 副チーム長
橋本 敦

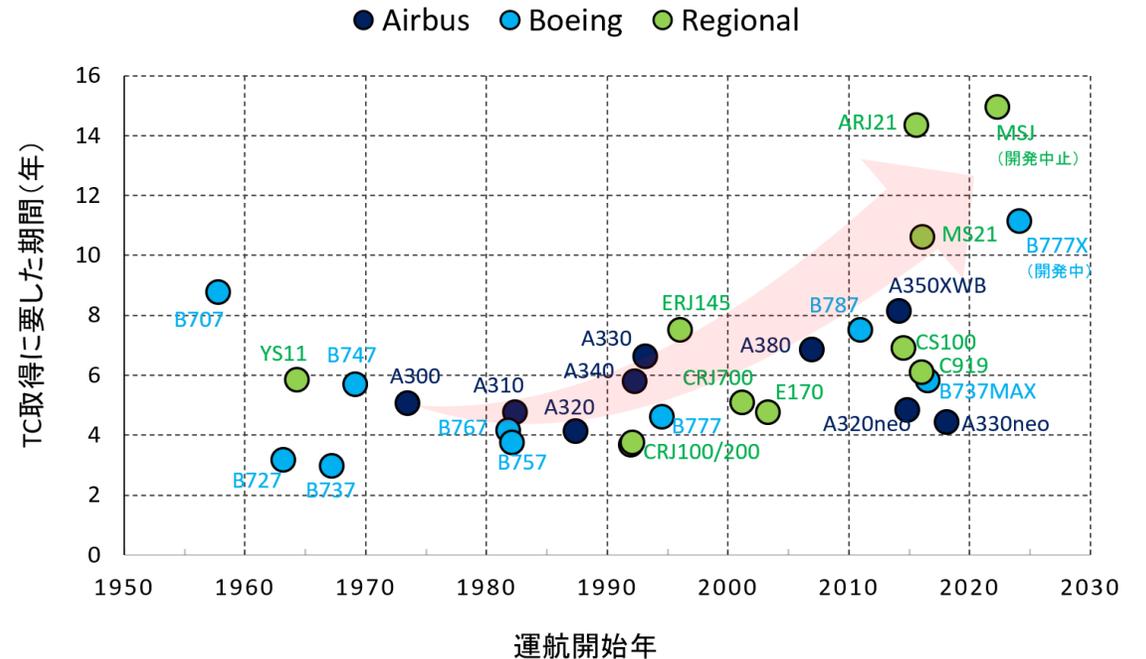
1. 背景
2. NEDOプロジェクト受託
3. 研究開発課題
 - 設計DX
 - 認証DX
 - 生産DX
 - DXプラットフォームによる統合
4. 目指す将来像
5. まとめ

1. 背景：航空機開発の課題

- 極めて複雑なシステムとなっている近年の航空機（部品点数は自動車の約100倍）の開発においては、設計変更等による手戻りや認証試験の複雑化により、開発スケジュールやコストを増大させることが大きな問題となっている。
- これらの課題の解決手段として、モデルベースシステムズエンジニアリング(MBSE: Model-Based Systems Engineering)、認証試験の解析による代替(CbA: Certification by Analysis)、デジタルスレッド*等のデジタル技術の活用が注目されている。



製品の複雑さと開発期間の関係 出典：DARPA AVM pres.



TC取得に要した期間

*デジタルスレッド：上流から下流に要求をフローダウンしたり、下流から上流に遡及調査できるようにデジタルデータをつなげる仕組み

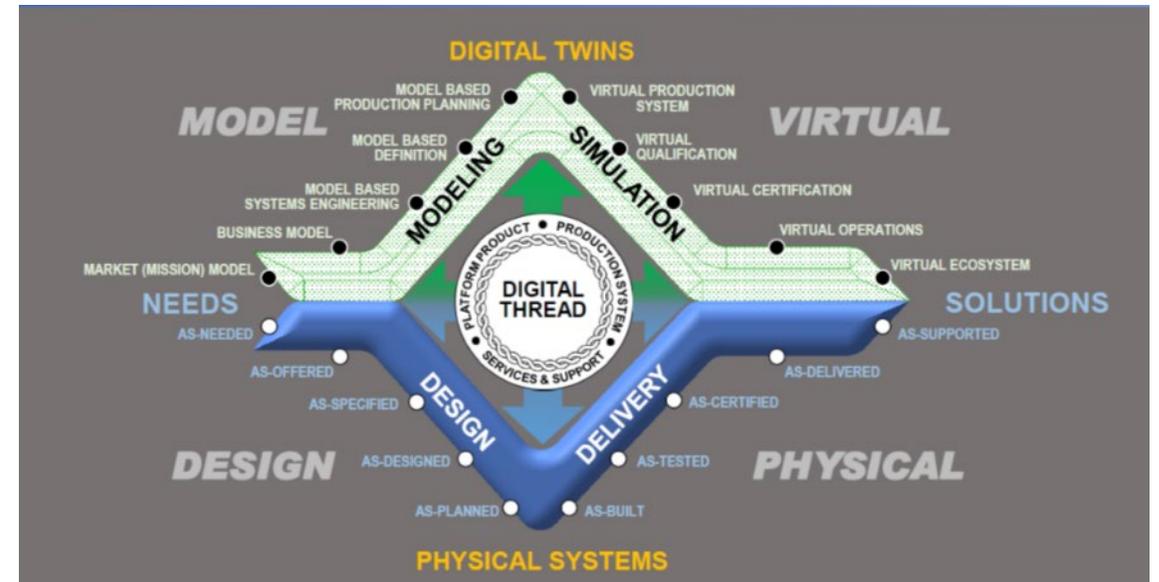
1. 背景：海外の動向

- 2021年に米国とスウェーデンと共同開発した高等練習機(T-7A Red Hawk)においては、MBSE等のデジタル技術を活用することで、品質が75%向上し、組み立て時間が80%短縮され、ソフトウェア開発時間を半分に短縮したという報告がある。
- 海外OEMでは、機体あるいはエンジンのライフサイクル全体をデジタル空間で模擬（デジタルツイン）し、ライフサイクルを一元的に管理する構想が示されている。



T7-A Red Hawk (BoeingとSAABの共同開発)

<https://www.boeing.com/defense/t-7a/index.page#/gallery>



Daniel Seal, GPDIS 2018

Boeingが提案するMBE(Model-Based Engineering) Diamond 設計・製造・認証等の情報を一元的に管理する構想

- MSJの中止によって、我が国の航空機産業が、ボンバルディア、エンブラエル等を競争相手とするリージョナルジェットの世界でOEMの地位を確立することは難しくなった。
- その結果、より大きな機体を対象とする海外OEMのパートナーとして参画する「Tier1事業」が我が国の航空機産業の主戦場となっている。今後「Tier1事業」でシェアを拡大していくためには、下請け的な「構造Tier1」から脱却して、設計等の上流工程に食い込むことが必要である。
- 上流工程に食い込むためには、近い将来主流となる「モデルベースで設計され、解析で認証を取得し、スマートファクトリーで製造される航空機」を扱うDX技術を早期に獲得することが必須である。これが出来なければ、現在の地位の確保さえ難しくなる。

K Program

経済安全保障重要技術育成プログラム

航空機的设计・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセスの高度化技術の開発・実証

目的

- 本事業では、2030年以降に市場投入が見込まれる民間航空機（開発は2020年代後半に開始。以下、次期民間航空機）の開発の前提となる**MBSE等のデジタル技術**を活用した**革新的な開発プロセス**を構築し、**日本の航空機産業の優位性を確保**するとともに、脱炭素化を実現する次世代航空機、防衛航空機の開発に加え、空飛ぶクルマ、自動車、船舶、宇宙機といった他分野の開発のプロセス構築にも波及させることができる知見の獲得を目指す。

2. NEDO事業受託（2023年7月12日プレスリリース）

経済安全保障重要技術育成プログラム／航空機の設計・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセス高度化技術の開発・実証

採択テーマ：

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101672.html

航空機の設計、認証、生産プロセスの革新とプロセス統合

事業の目的・概要

- 日本の航空機産業の国際競争力の向上のために、航空機の設計・製造・認証などにMBSEなどのデジタル技術を活用した開発製造プロセス高度化技術の開発・実証を実施する。
- 脱炭素化を実現する次世代航空機に加え、空飛ぶクルマ、自動車、船舶、宇宙機など他分野の開発製造プロセス構築への知見を獲得し、将来の活用を目指す。

実施体制

※太字：代表機関

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構
株式会社IHI
川崎重工業株式会社
株式会社SUBARU
一般財団法人日本航空機開発協会
三菱重工業株式会社

事業期間（予定）

2023年度～2027年度（5年間）

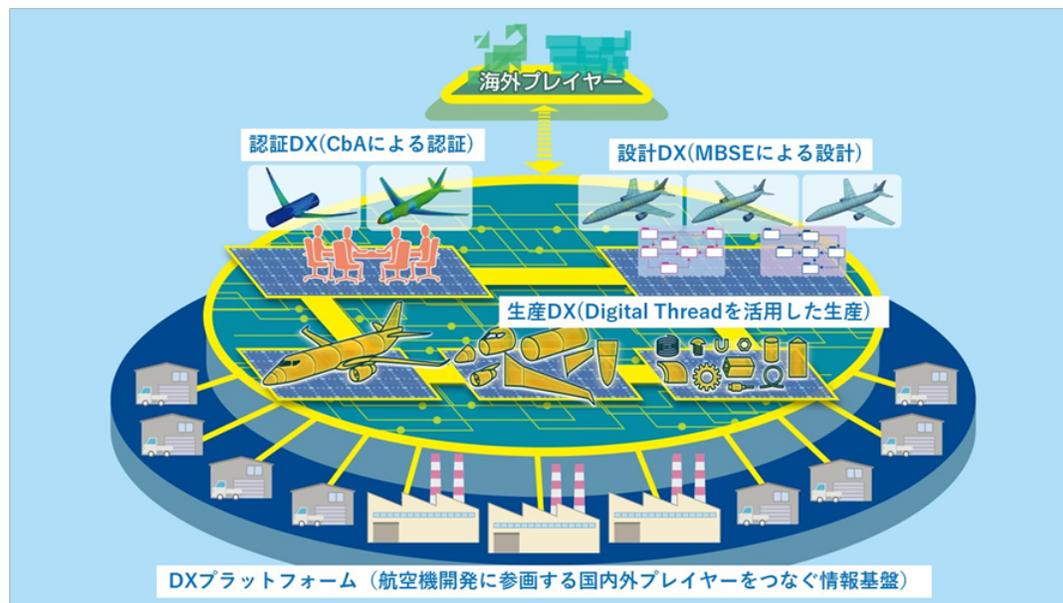
事業規模など

- 事業規模：150億円
- 契約形態：委託事業

主な研究開発内容

- 設計DX、生産DX、認証DXに関する研究開発
- 開発製造プロセスの統合（DXプラットフォーム）・共同開発実証

事業イメージ（全体像）



出典：国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

CbA：Certification by Analysis 実機を用いずにデジタル上の分析により行う安全性認証

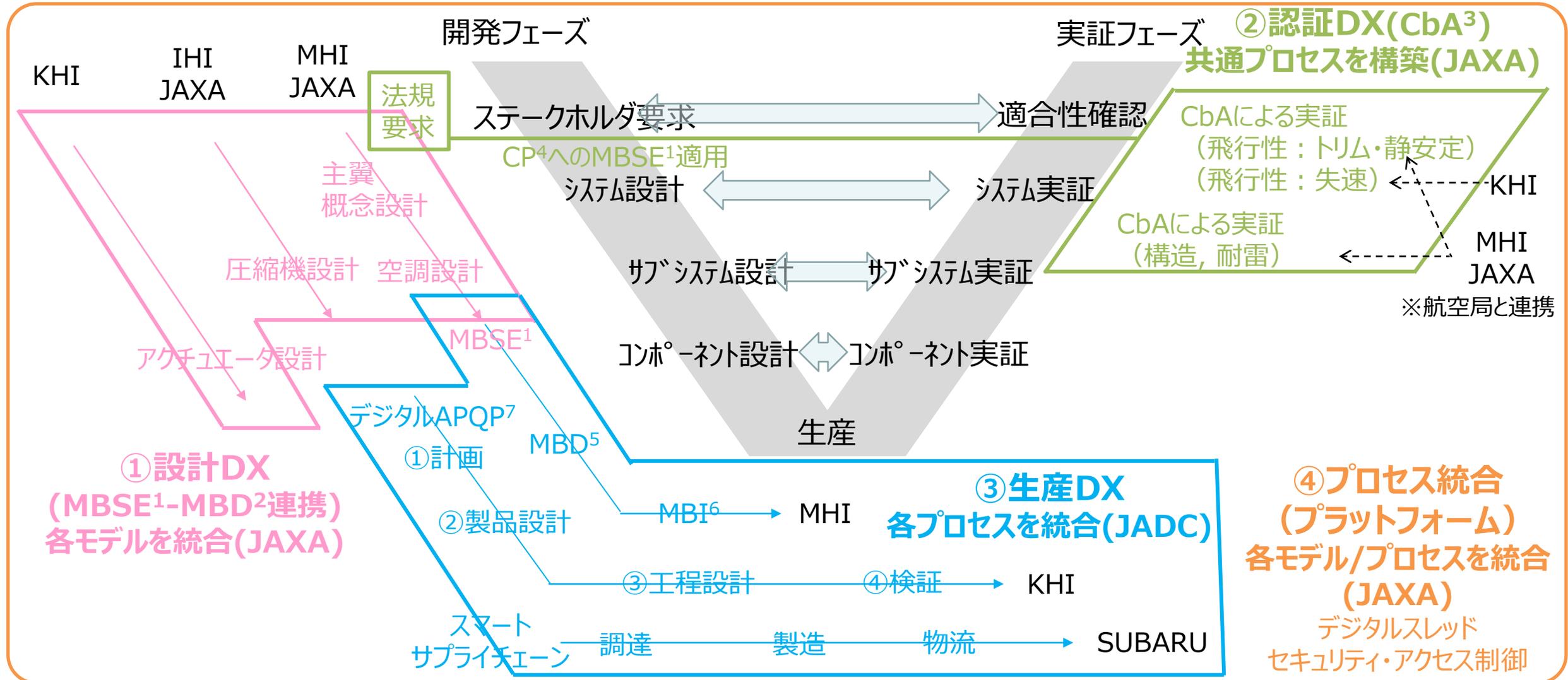
3. 研究開発課題：本事業の課題概要

本事業では設計DX、認証DX、生産DX、プロセス統合（DXプラットフォーム）に取り組む

フェーズ	概要	担当機関
設計DX	Model-Based Systems Engineering (MBSE)とModel-Based Development (MBD)の連携に基づくプロセス、及びリファレンスモデルを構築	JAXA IHI KHI MHI
認証DX	国際的な信頼性保証フレームワークとの連携を図りつつ、認証試験を解析で代替するCertification by Analysis (CbA)のプロセスを構築し、実用性の高いガイドラインを作成	JAXA KHI MHI ※航空局と連携
生産DX	デジタル技術を活用したAdvanced Product Quality Planning (APQP)、Model-Based Definition (MBD)とModel-Based Instructions (MBI) の連携、スマートサプライチェーンのプロセス構築	JADC KHI SUBARU MHI
プロセス統合（DXプラットフォーム）	複数組織間でのデータ連携手法、先進デジタルスレッド技術を確立することにより、設計・認証・生産フェーズの各プロセスをシームレスにつなぎ統合するための手法を開発。国際共同開発において適用可能なプラットフォームを構築	JAXA

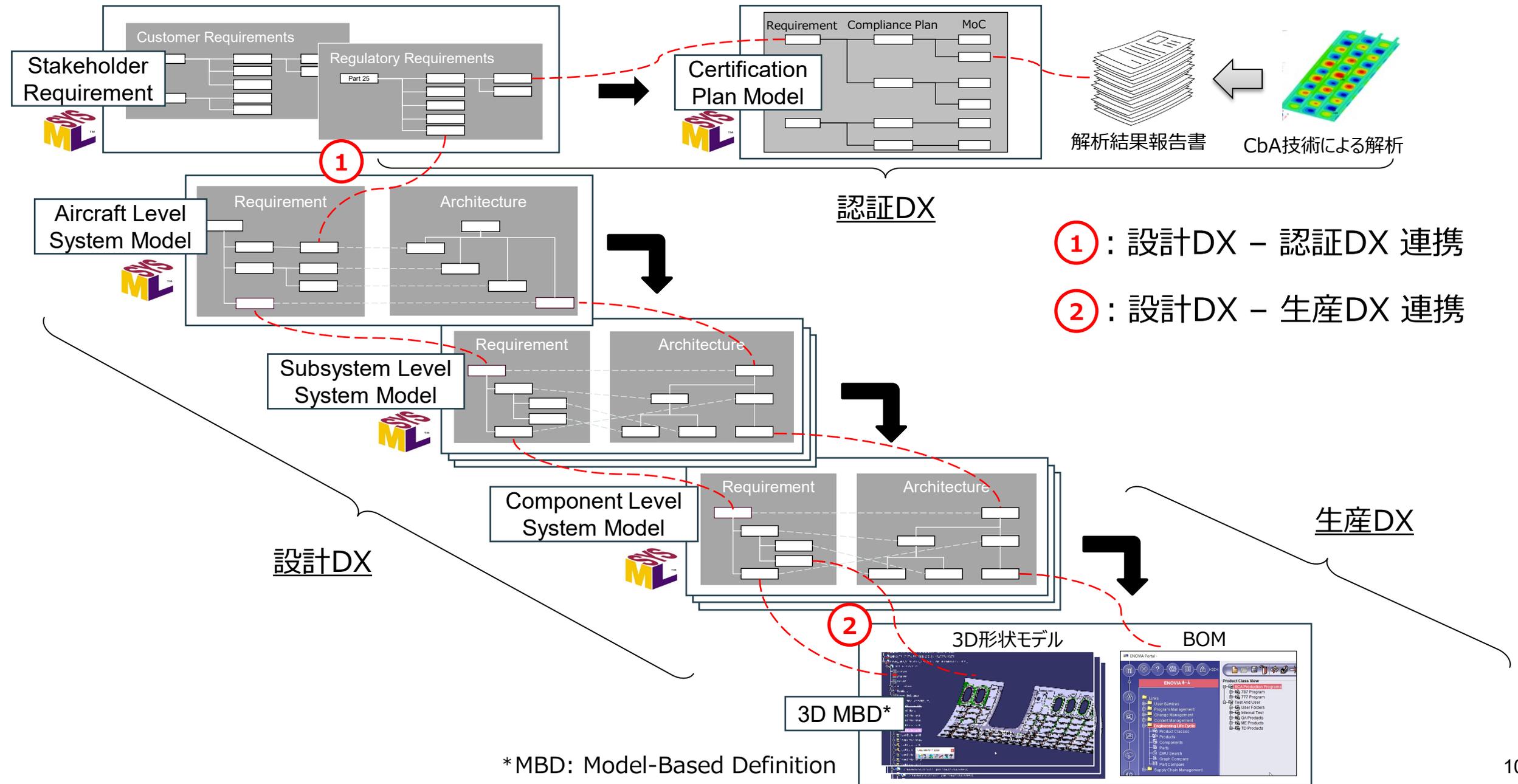
3. 研究開発課題：本事業で構築するプロセスの全体像

設計/認証/生産の各フェーズのプロセスを統合し、MBSEで要求を全体にフローダウンする仕組みを構築。

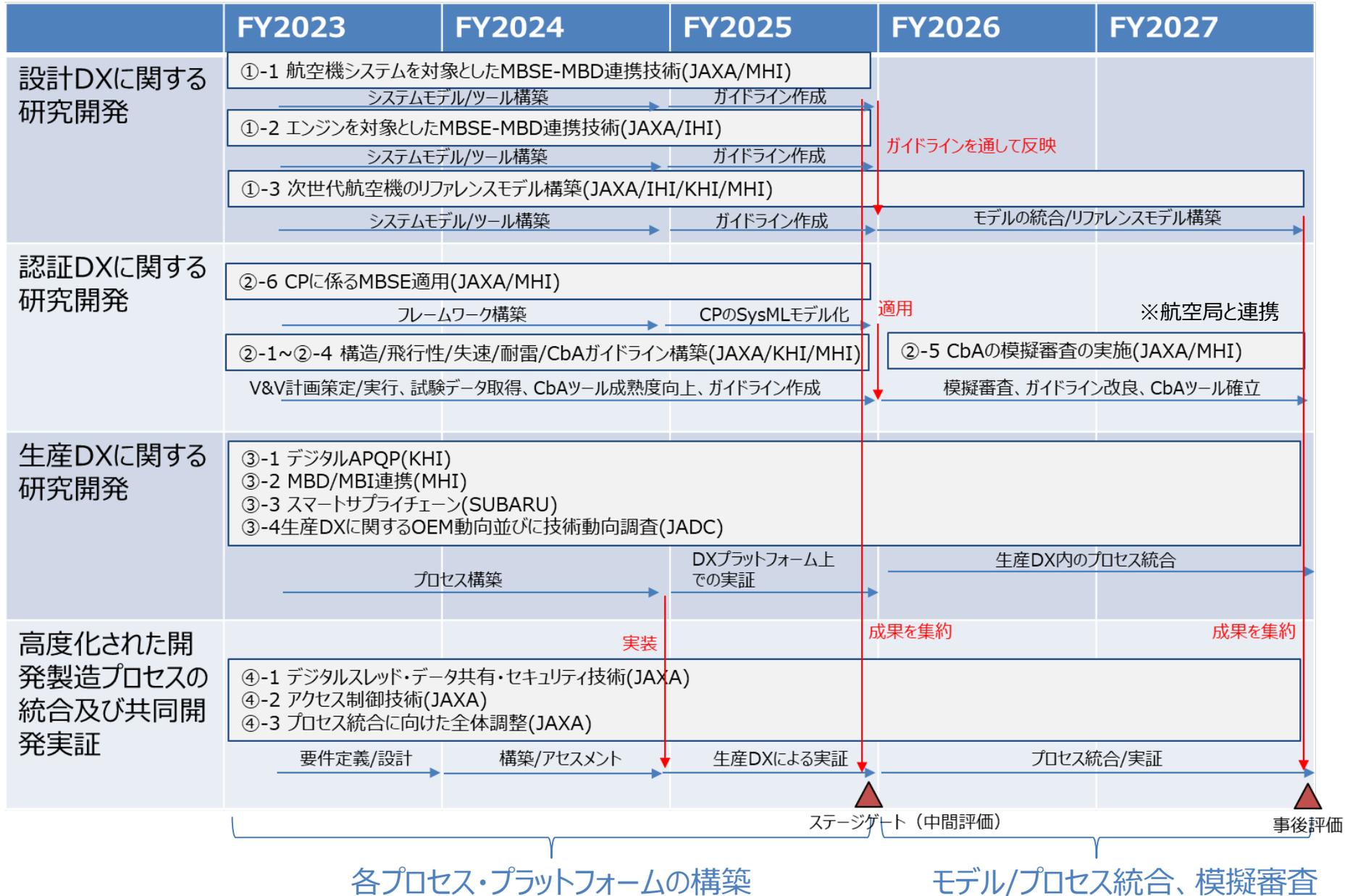


¹MBSE: Model-Based Systems Engineering, ²MBD: Model-Based Development, ³CbA: Certification by Analysis, ⁴CP: Certification Plan, ⁵MBD: Model-Based Definition, ⁶MBI: Model-Based Instructions, ⁷APQP: Advanced Product Quality Planning

3. 研究開発課題：プロセス統合のイメージ



3. 研究開発課題：全体スケジュール



3. 研究開発課題：設計DX（1/2）

設計DX

■ 中間目標/最終目標

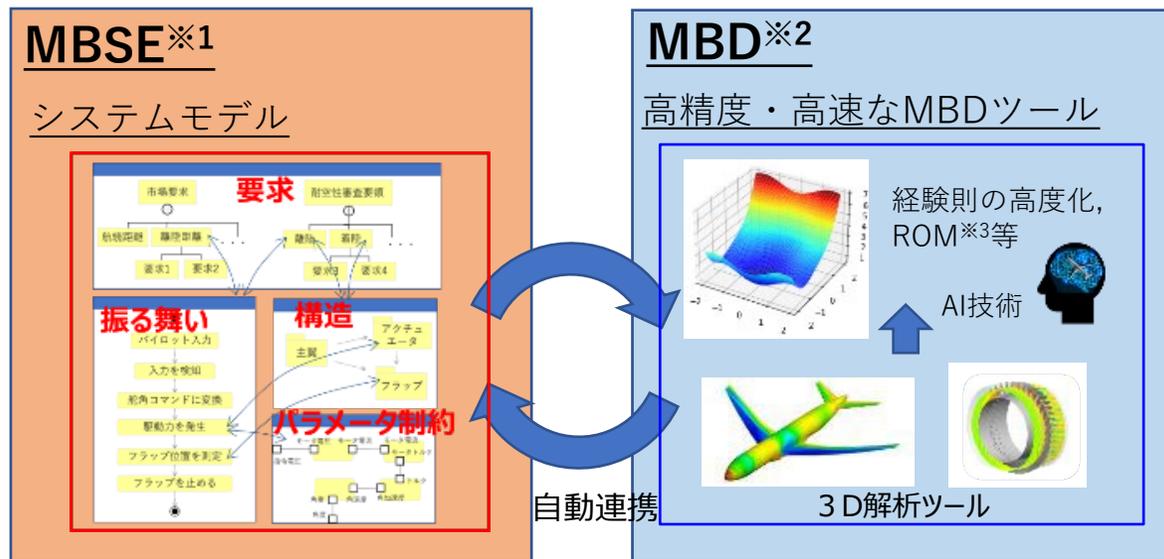
- ✓ 設計変更等を想定した場合の開発作業に要する期間を従来に比べ3割短縮させる。また、システムモデル構築方法をガイドラインとしてまとめる。
- ✓ 次世代航空機のリファレンスモデルを構築し、ガイドラインとともに航空産業界と共有する。

■ 目標の達成方法

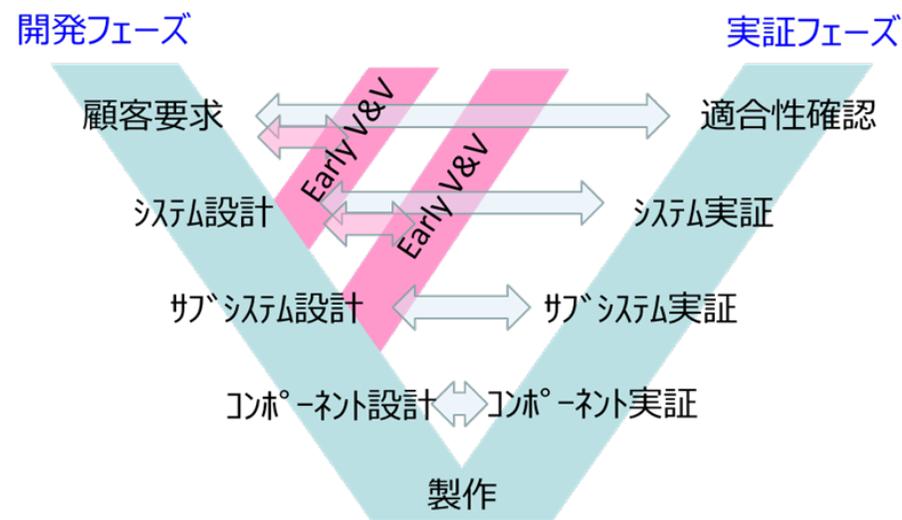
- ✓ 実機的设计・試験データ等を用い忠実度の高いシステムモデル、及び高精度・高速なMBDツールを創出し、それらを自動連携させることで、設計変更時の影響等を即時に特定するとともに性能評価工数を削減する。
- ✓ SAEのシステム開発保証プロセスに適合するシステムモデルの構築方法をガイドライン化し、それに則り構築したモデルを一般化してリファレンスモデルを作成する。

■ DXへの寄与

- ✓ OEM/サプライヤ間での摺り合わせ設計が効率化されるとともに、開発後期の手戻りが大幅に抑制される。



MBSE-MBD連携

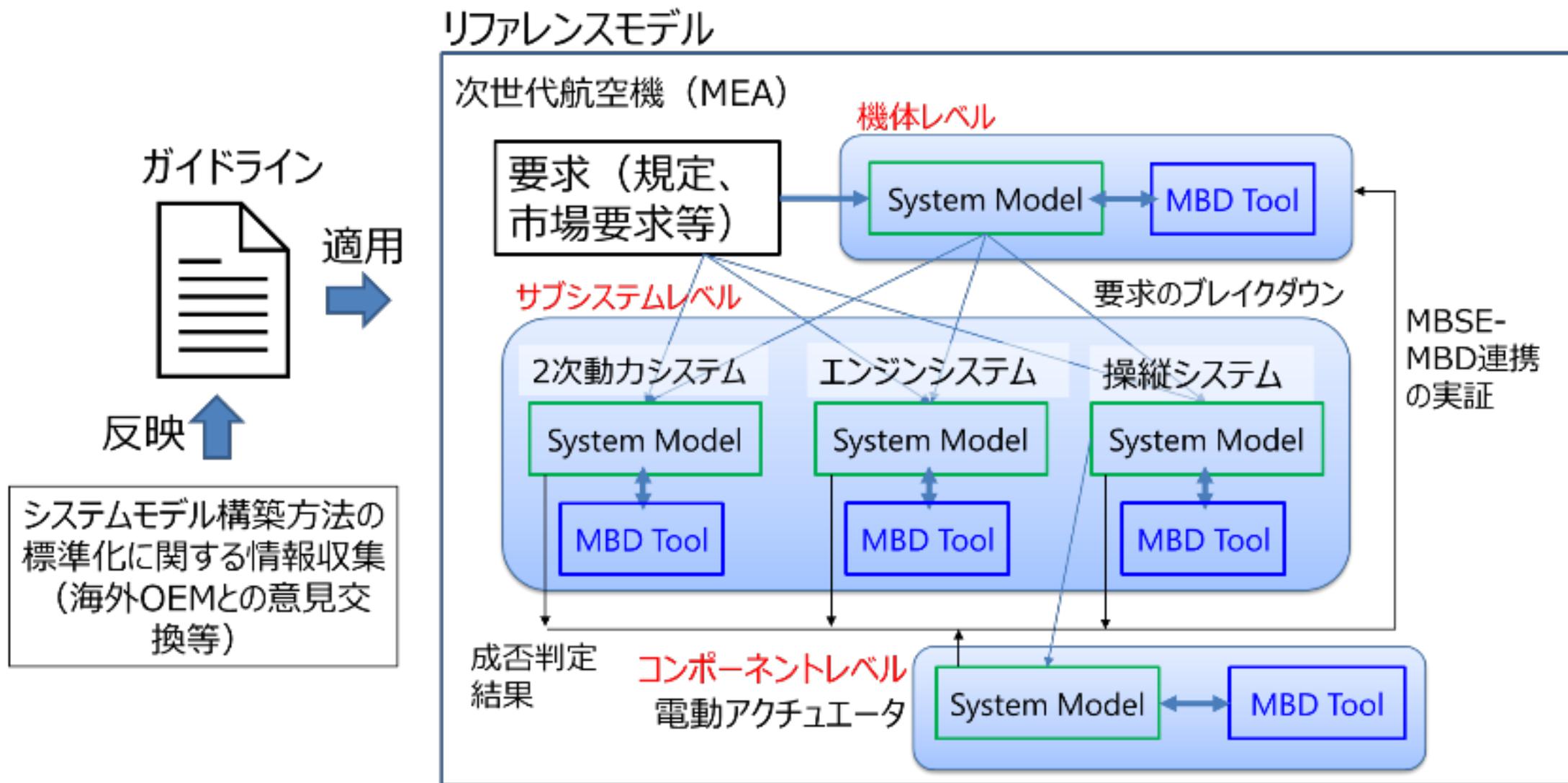


MBDによるEarly V&V

※1 Model-Based Systems Engineering, ※2 Model-Based Development, ※3 Reduced Order Model

3. 研究開発課題：設計DX（2/2）

ガイドラインとリファレンスモデルの作成



3. 研究開発課題：認証DX (1/2)

認証DX

■ 中間目標/最終目標

- ✓ CbA及び、CP*のモデル化のプロセスを構築し、実用性の高いガイドラインを発行する。
- ✓ ガイドライン適用により試験を解析に置き換えることで認証試験ボリューム3割削減を示す。

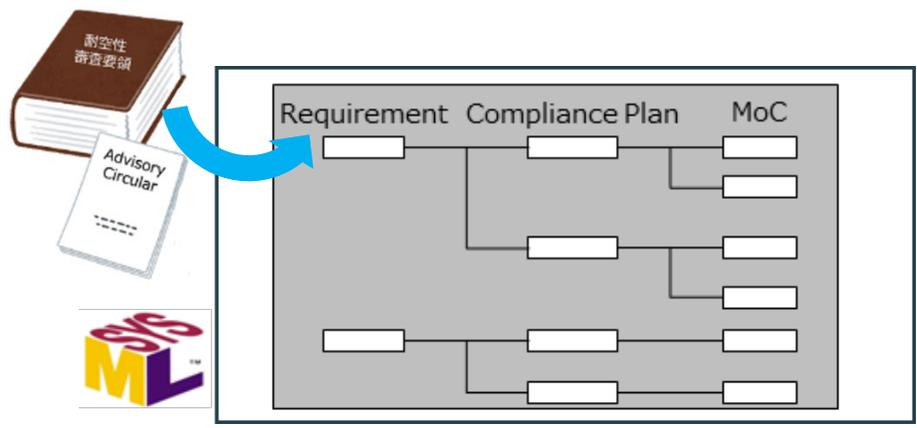
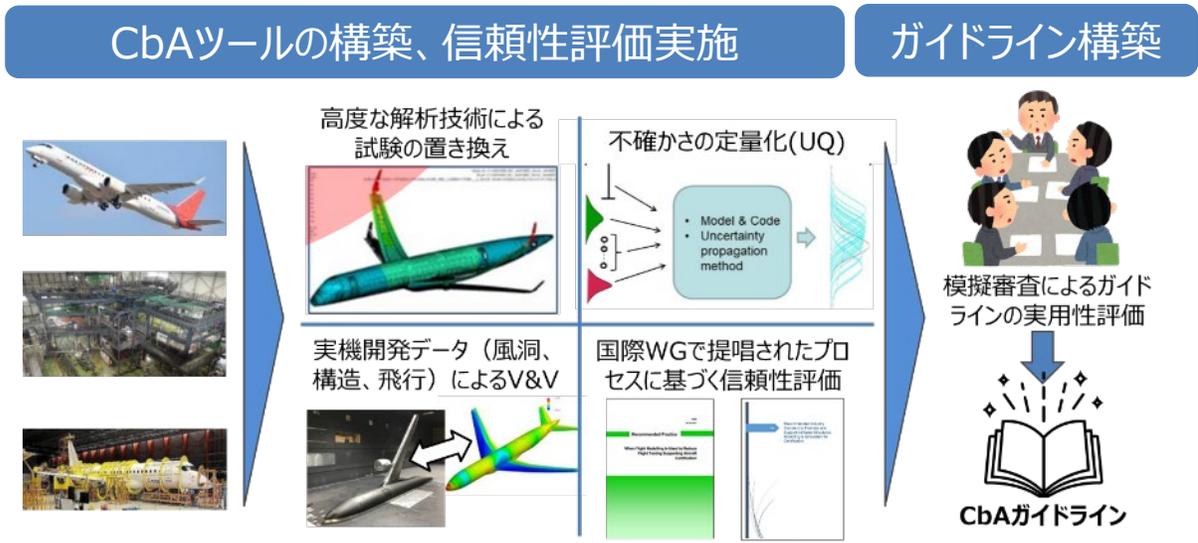
■ 目標の達成方法

- ✓ 解析技術の成熟度を向上させるとともに、CAF**に基づき、実機開発データを用いたVVUQ***を進めCPモデルの雛型作成を行い、ノウハウをガイドライン案として纏める。
- ✓ VVUQやCPモデルの実用性を、模擬審査で検証しながら、ガイドラインを完成させる。

■ DXへの寄与

- ✓ 実効性検証済のCbAプロセスで、将来開発における認証試験のデジタル技術による削減方法が示されることにより、国内各社の事業参入時の負担(コスト/期間)が軽減される。
- ✓ 文書ベースで管理していた膨大な認証関連情報が、モデルで一元管理されることにより、変更管理が容易になるとともに、審査者と申請者間で情報の即時共有が可能となり、認証プロセスが効率化される。

*CP: Certification Plan, **CAF: Credibility Assessment Framework
 ***VVUQ: Verification, Validation, Uncertainty Quantification

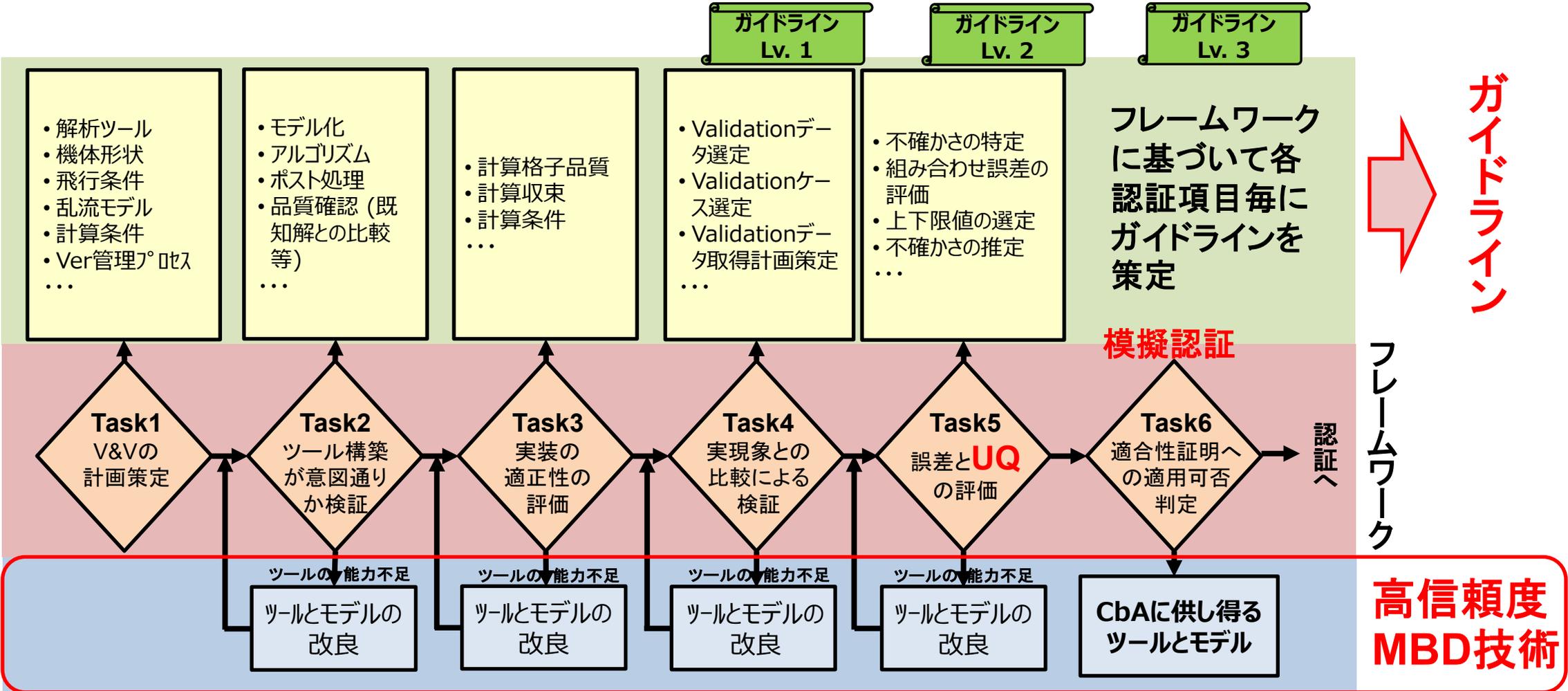


CPのモデル化イメージ

3. 研究開発課題：認証DX (2/2)

CbAプロセスの構築とガイドライン策定

「航空機的设计・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセス高度化技術の開発・実証」の研究開発構想に基づきJAXAで作成



UQ: Uncertainty Quantification (不確かさの定量化)

3. 研究開発課題：生産DX（1/2）

生産DX

■ 中間目標/最終目標

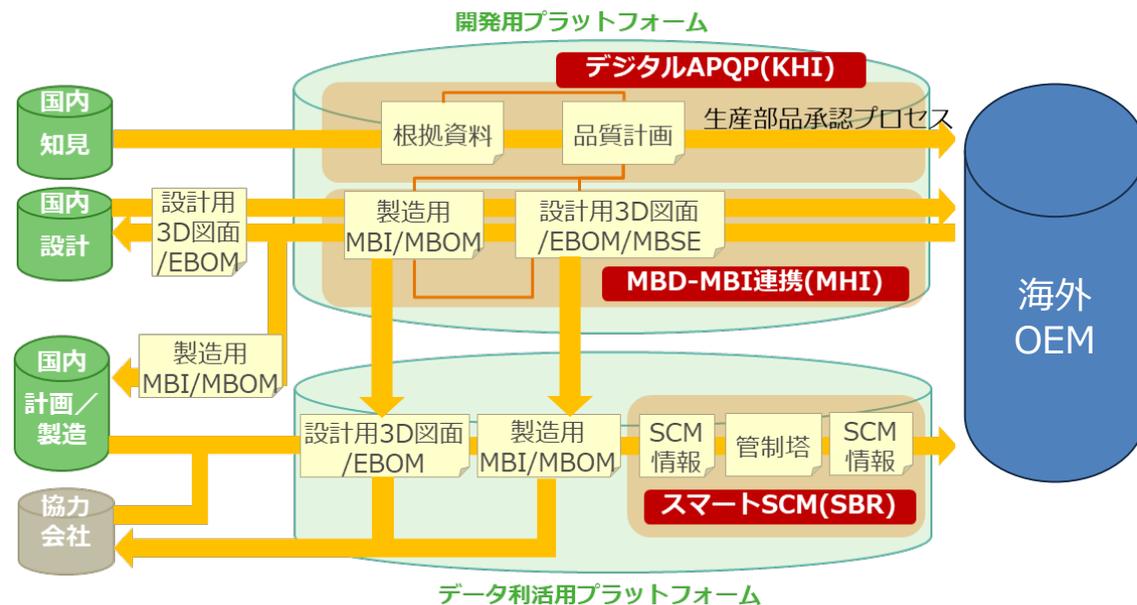
- ✓ デジタルAPQP, MBD-MBI連携、スマートサプライチェーンの生産プロセスを構築する。
- ✓ 従来手法を適用した場合と比較し、図面改訂および工程変更等やり直し作業の3割削減、出図後に製造着手準備にかかるリードタイムまたは工数の3割削減、生産の滞留期間の3割削減等を実証する。

■ 目標の達成方法

- ✓ 開発設計段階から、製造準備や製造及び品質計画までをシームレスにつなぐデジタルスレッドを構築する。サプライチェーン(SC)における管制塔に相当するシステム（コントロールタワーシステム）を開発する。
- ✓ 生産性や品質を考慮した機体設計や製造工程全体の最適化を可能にし、やり直し作業やリードタイムを削減する。停滞要因の特定や予防、および影響範囲を予測し、SC内の各企業で情報共有することによって、SC全体を最適化し滞留期間を短縮する。

■ DXへの寄与

- ✓ 業界で共通に使えるプロセスにより、フェーズ/企業をまたいだ連携が可能となる。

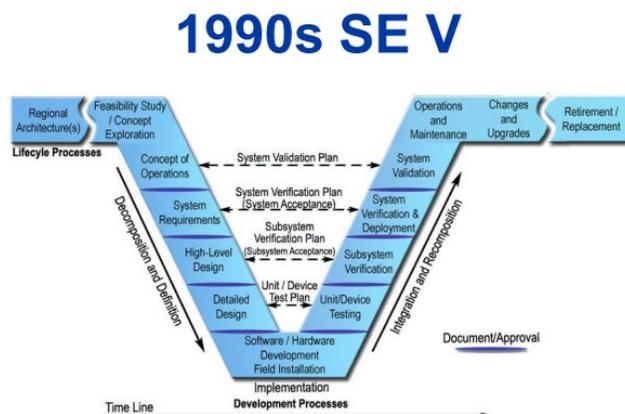


APQP: Advanced Product Quality Planning
 EBOM: Engineering Bill Of Material
 EC: Engineering Chain
 MBOM: Manufacturing Bill Of Material
 MBD: Model-Based Definition
 MBI: Model-Based Instructions
 SC: Supply Chain
 SCM: Supply Chain Management

3. 研究開発課題：生産DX（2/2）

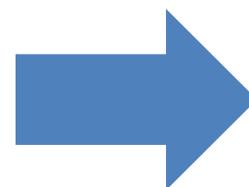
将来の航空機開発における航空機産業DX

- 開発時に機体と生産システムを同時に事前検証して成立させる
 - 製品開発はドキュメントベースからデジタルスレッド化
 - 生産システムをデジタル技術により製品開発と同時検証
- OEM/Tier1/Sub-Tierが同一のデジタルツインを共有

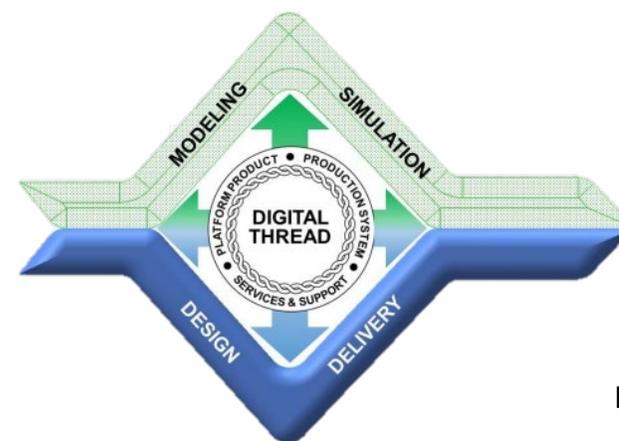


SOURCE: US Department of Transportation Federal Highway Administration
<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/seitsguide/section3.htm>

機体開発が主眼



将来の航空機開発



Daniel Seal, GPDIS 2018

機体開発と生産システム開発

3. 研究開発課題：DXプラットフォーム（1/2）

DXプラットフォーム

■ 中間目標/最終目標

- ✓ 国際共同開発を想定し、国内外の組織が共同利用できる標準的なセキュリティ、相互運用性等の機能を備えたプラットフォームを構築する。
- ✓ 設計/認証/生産DXで開発したプロセスをシームレスに統合する手法を開発する。

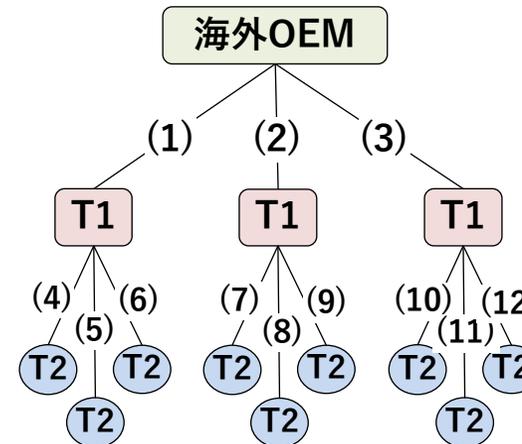
■ 目標の達成方法

- ✓ 海外OEMやTier1各社の情報システムをベースにして、最新クラウド技術やPLM技術を活用し、国内外企業が接続可能な標準的なプラットフォーム・アーキテクチャを設計・構築する。国内外の組織間連携が含まれる生産プロセスをDXプラットフォーム上で稼働させ、継続的に機能改善する。
- ✓ フェーズ毎のプロセス間のインターフェースや各プロセスの実装に必要なプラットフォーム機能等を充実させる。

■ DXへの寄与

- ✓ 航空機国際共同開発においてTree方式から、Hub & Spoke方式へ変換し、プロセスやモデルを企業間で共有できる仕組みを実現する。

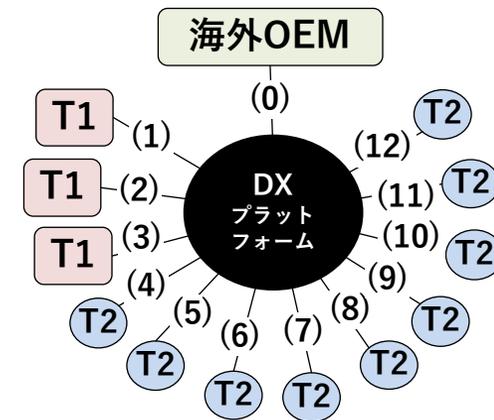
現状
Tree型



T1 Tier1 T2 Tier2

- (1)~(12)各社間で以下を調整
- ・セキュリティレベルの調整・改善
 - ・データ交換の書式や方法等の調整構築
 - ・自社システムとのIntegration

目指す姿
Hub&Spoke型

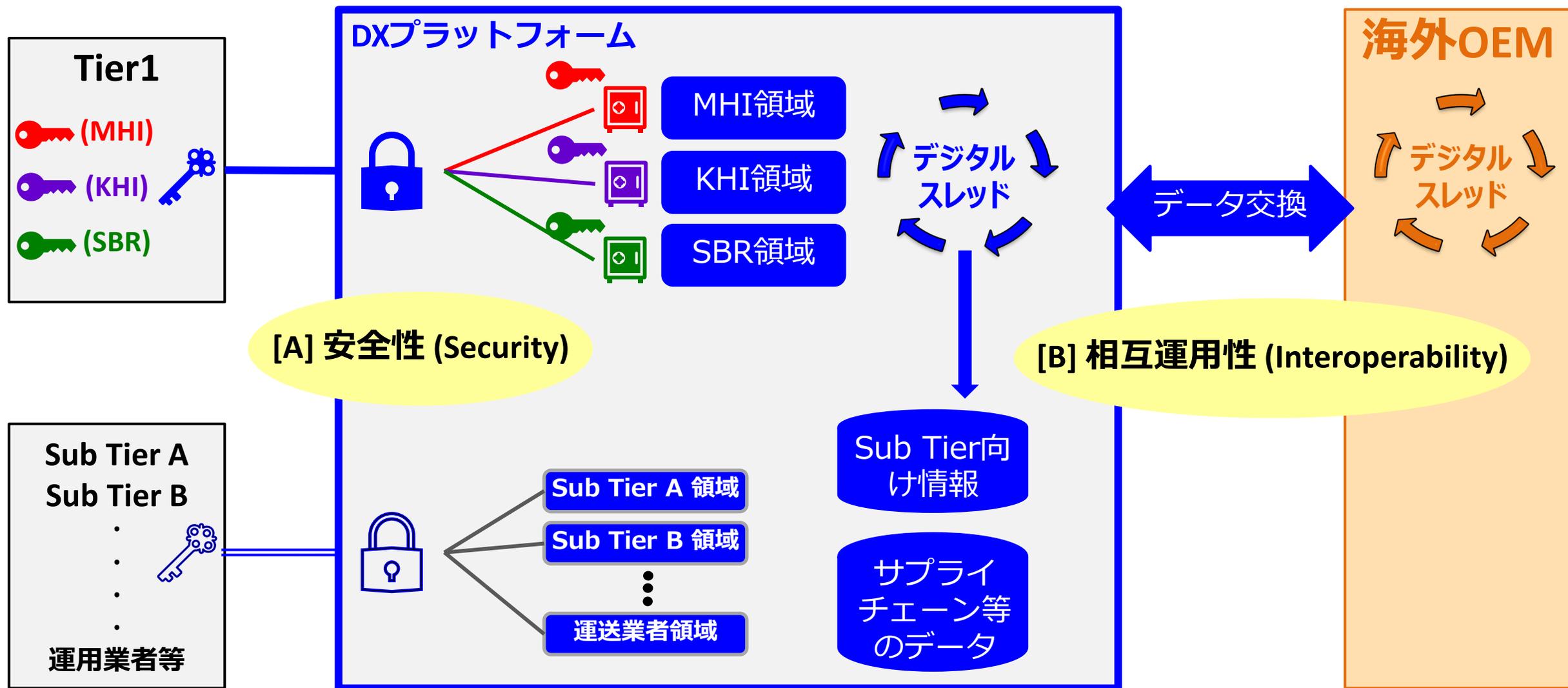


T1 Tier1 T2 Tier2

- (0)~(12) で以下を調整
- ・自社システムとのIntegration

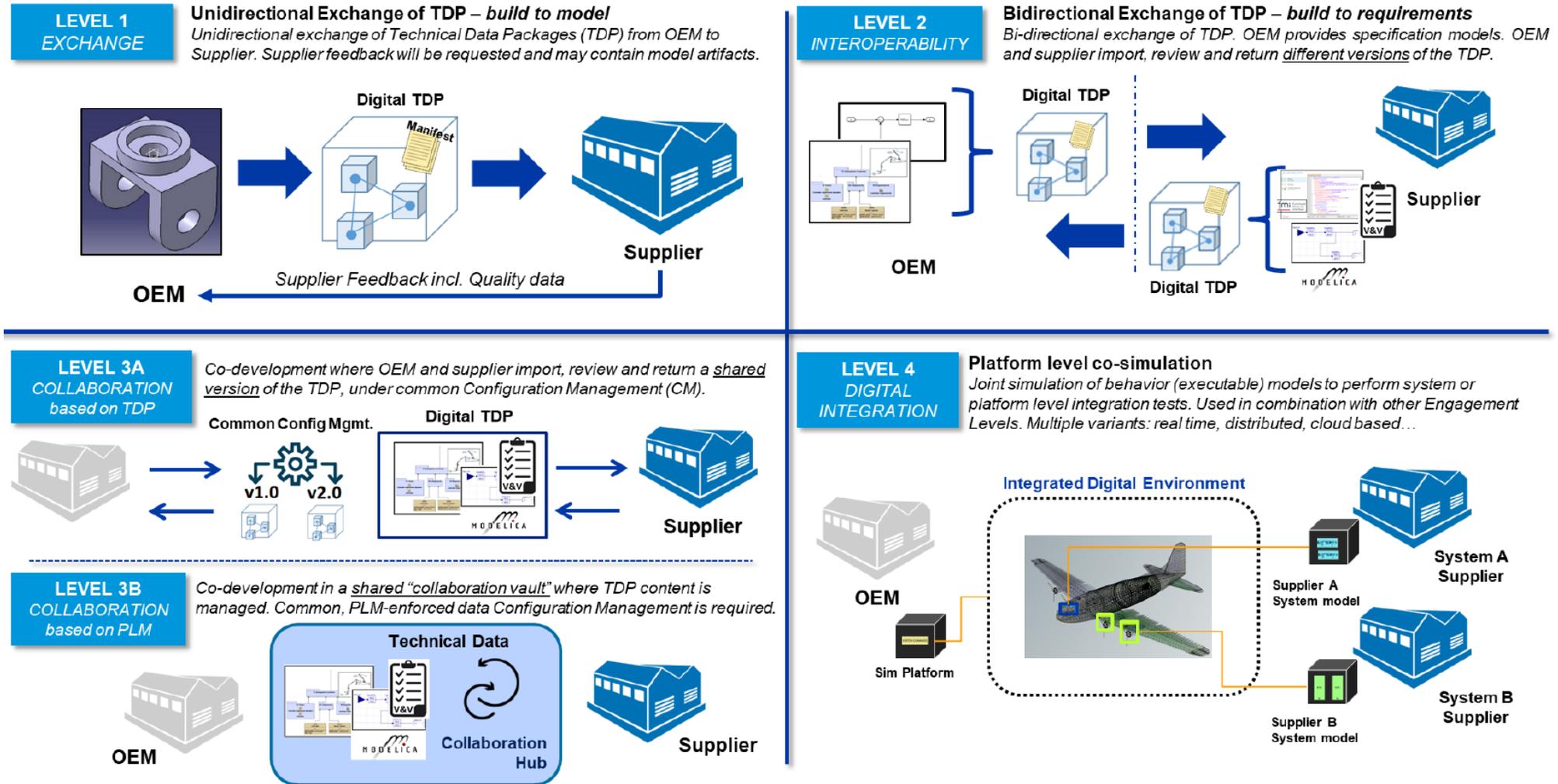
3. 研究開発課題：DXプラットフォーム（2/2）

■ 全体構成



4. 目指す将来像 (1/2)

Supplier Engagement Framework(SEF)のレベル:
OEMとSupplierの連携として下記のようなレベルが提案されている



4. 目指す将来像 (2/2)

本事業の最終ターゲットは、DigitizationやDigitalizationではなく、**Digital Transformation(DX)**

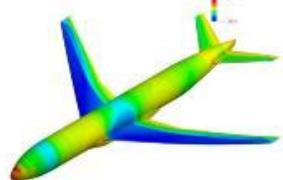


アナログ情報のデジタル化 (ペーパーレス)

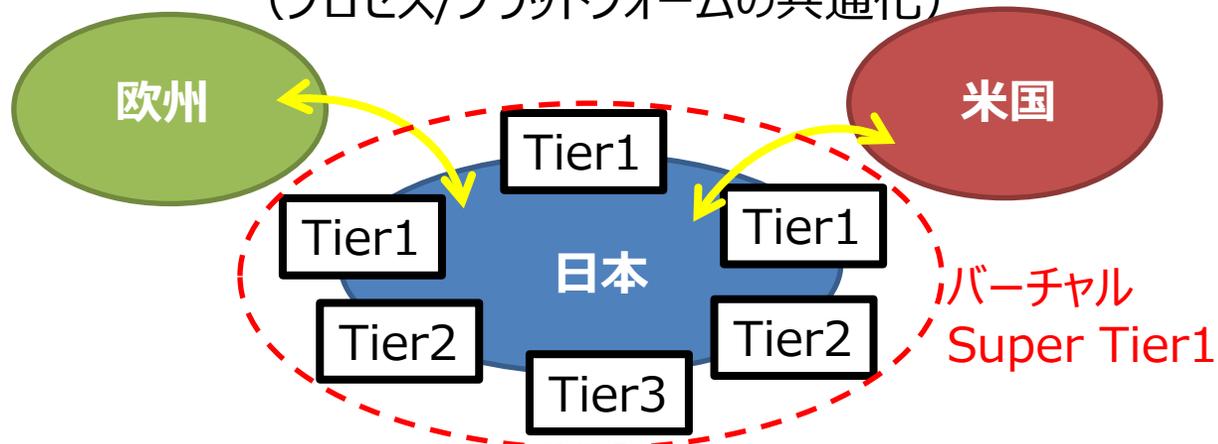


部署内 → 部署横断 → 企業横断 → 業界のデジタル変革 (プロセス/プラットフォームの共通化)

業務プロセスのデジタル化 (CAD、CAE)



設計/認証/生産プロセスをデジタル化・標準化



- 共通プラットフォーム上で各標準プロセスを有機的に接続し、国内企業で共有 ⇒ 協調領域を大幅に拡大し、国内の企業間連携を促進
- 海外OEMとも連携可能なインターフェース/セキュリティ ⇒ このプラットフォームを介して海外OEMと容易に連携可能

航空機開発の未来へのチケット (入場券)

JAXAは代表機関として共同提案機関とともに、Kプロ「航空機の設計・製造・認証等のデジタル技術を用いた開発製造プロセスの高度化技術の開発・実証」に取り組みます。

本事業では、設計DX、認証DX、生産DXを実現するプロセス構築を行い、それらをDXプラットフォームで統合するとともに、国内企業で共有可能でかつ海外OEMとも連携可能にします。

これらの活動を通じて、共同提案機関とともに、航空機開発の未来へのチケットの獲得を目指します。

ご清聴ありがとうございました

