



設計DXに関する研究開発

宇宙航空研究開発機構 航空技術部門

航空機DX技術実証プロジェクトチーム

窪田 健一

航空機ライフサイクルDX（CHAIN-X）コンソーシアム

第3回オープンフォーラム

2025年12月2日

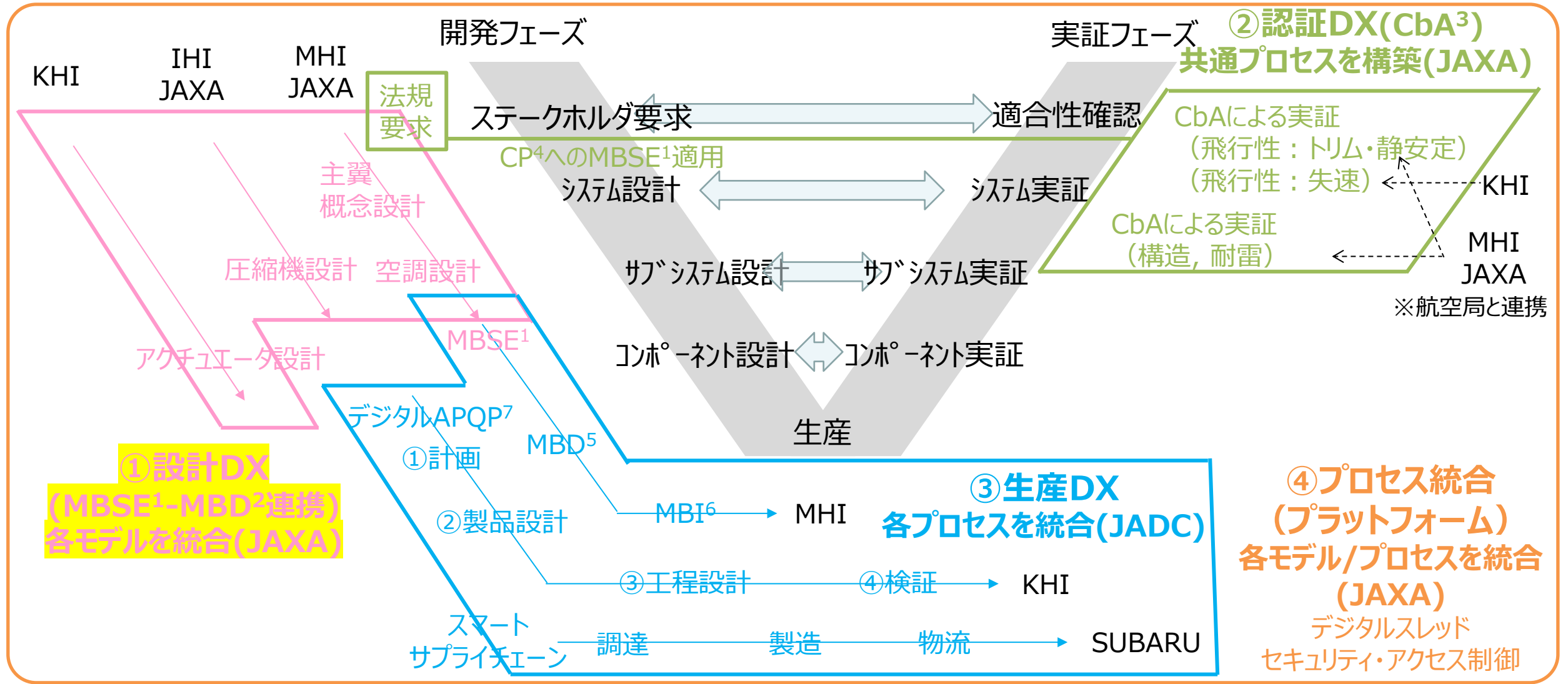
Kプロ事業では設計DX、認証DX、生産DX、プロセス統合（DXプラットフォーム）に取り組む

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する	JAXA KHI MHI
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

Kプロ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。

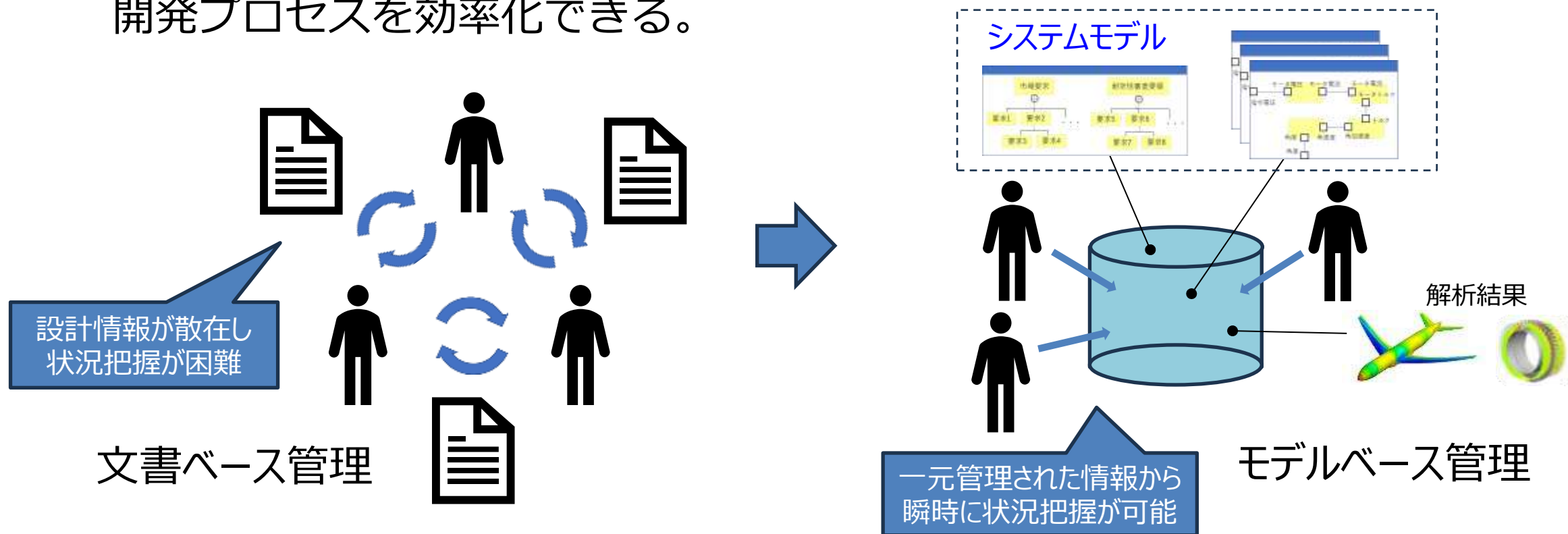


¹MBSE: Model-Based Systems Engineering, ²MBD: Model-Based Development, ³CbA: Certification by Analysis, ⁴CP: Certification Plan, ⁵MBD: Model-Based Definition, ⁶MBI: Model-Based Instructions, ⁷APQP: Advanced Product Quality Planning

3

■ MBSE (Model-Based Systems Engineering)

- システムの要求、設計、解析、検証 (V&V) 等に関する情報をモデルを活用して一元管理し、SE (Systems Engineering) 活動を支援するアプローチ。
- SE活動に関する様々な情報を、文書ではなく、システムモデルと呼ばれる情報構造体で記述することにより、設計変更時の影響範囲を瞬時に特定する等、開発プロセスを効率化できる。



■ MBSE※¹によるシステム開発技術

- 複雑な航空機システムに対して要求や設計、解析、検証等に関する情報をモデルを活用して一元管理し、システムズエンジニアリング活動を支援。
- モデル化により設計変更時の影響範囲を瞬時に特定する等、開発プロセスを効率化。

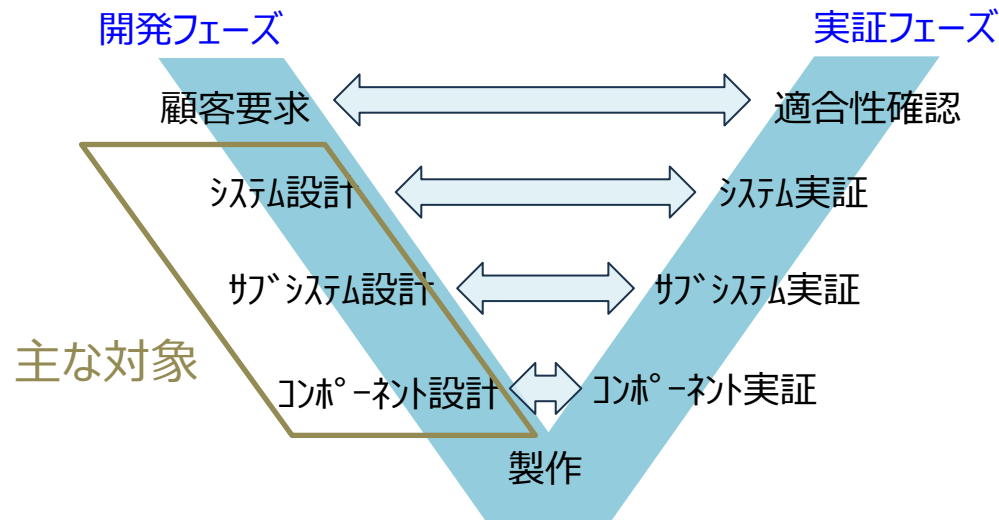
■ MBD※²技術

- シミュレーションツールの開発により設計フローを高精度・高速化。

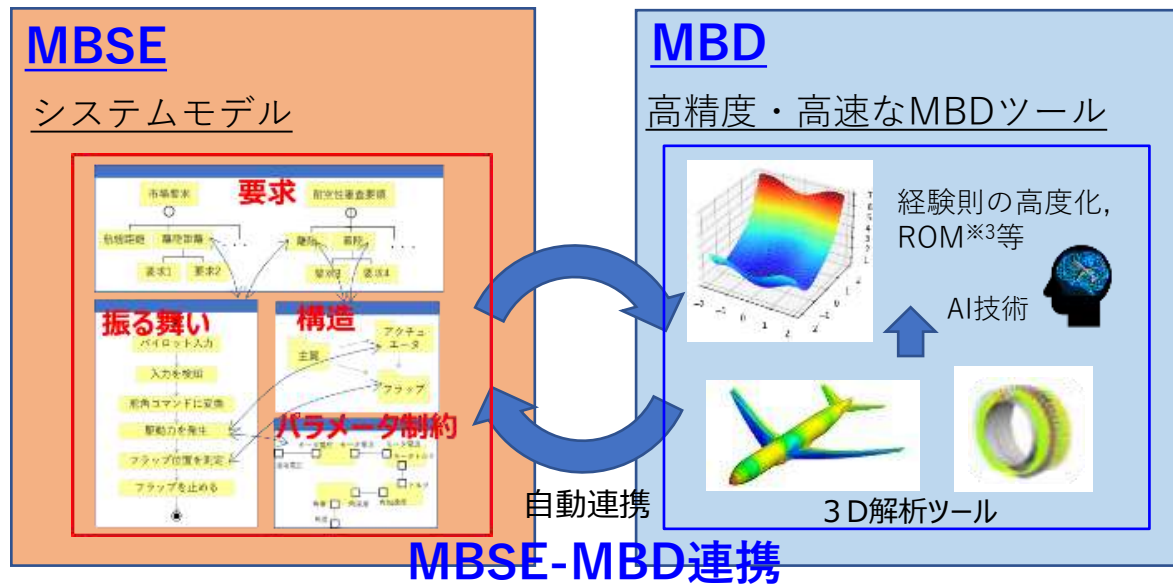
■ MBSEとMBDの自動連携技術

- システムモデルとMBDツールとの連携により、**要求の妥当性確認や設計の早期検証を効率化。**

航空機はOEMと複数サプライヤーによる共同開発が一般的であるため、**複数組織による協業の中でこれらの技術を活用できることが望ましい。**



V字モデルにおける設計DXの主な対象



MBSEとMBDの連携イメージ

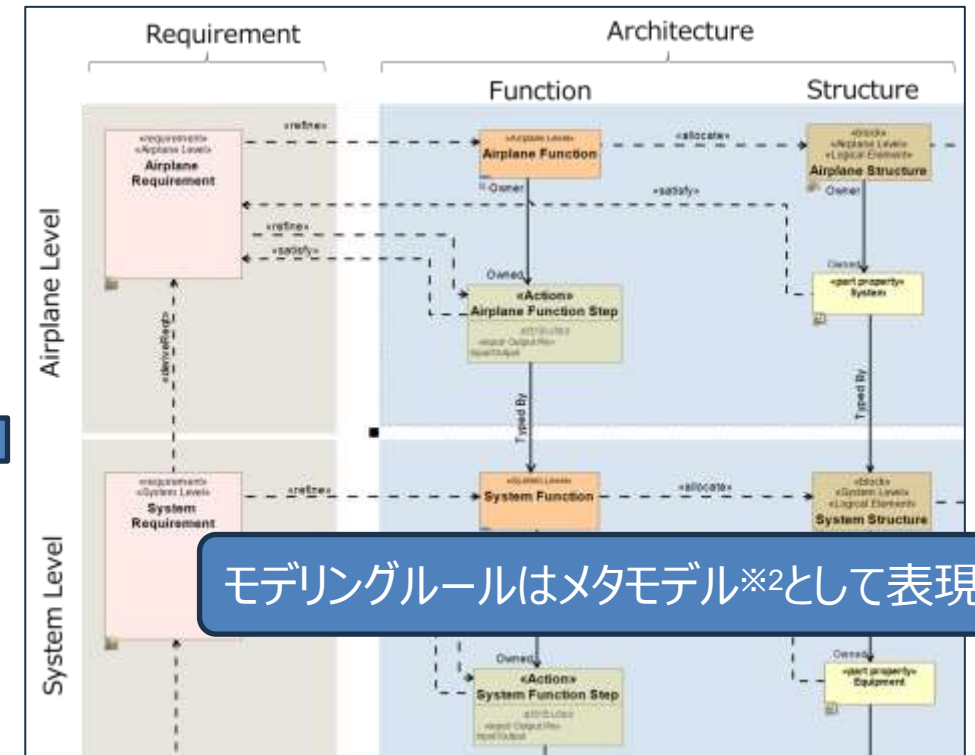
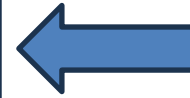
- 複数組織による協業の中でこれらの技術を活用するためにはシステムモデルの構築方法やMBDとの連携方法の標準化が必要。
- 本研究開発では**ガイドライン**及び**リファレンスモデル**を作成し、2027年度末に航空産業界（CHAIN-X）と共有予定。

ガイドライン

航空機システムモデルを適切に構築し、使用するためのモデリングルール

- ARP4754※1への準拠を考慮したシステムモデルの構築方法
 - ・ 要求の妥当性確認、検証
 - ・ 形態管理、プロセス保証
- 複数組織でシステムモデルを構築する際の考え方
 - ・ OEM-Supplierによる連携プロセス
- システムモデルとMBDツールの連携方法
 - ・ FMUとの連携、ワークフローの自動化など

反映

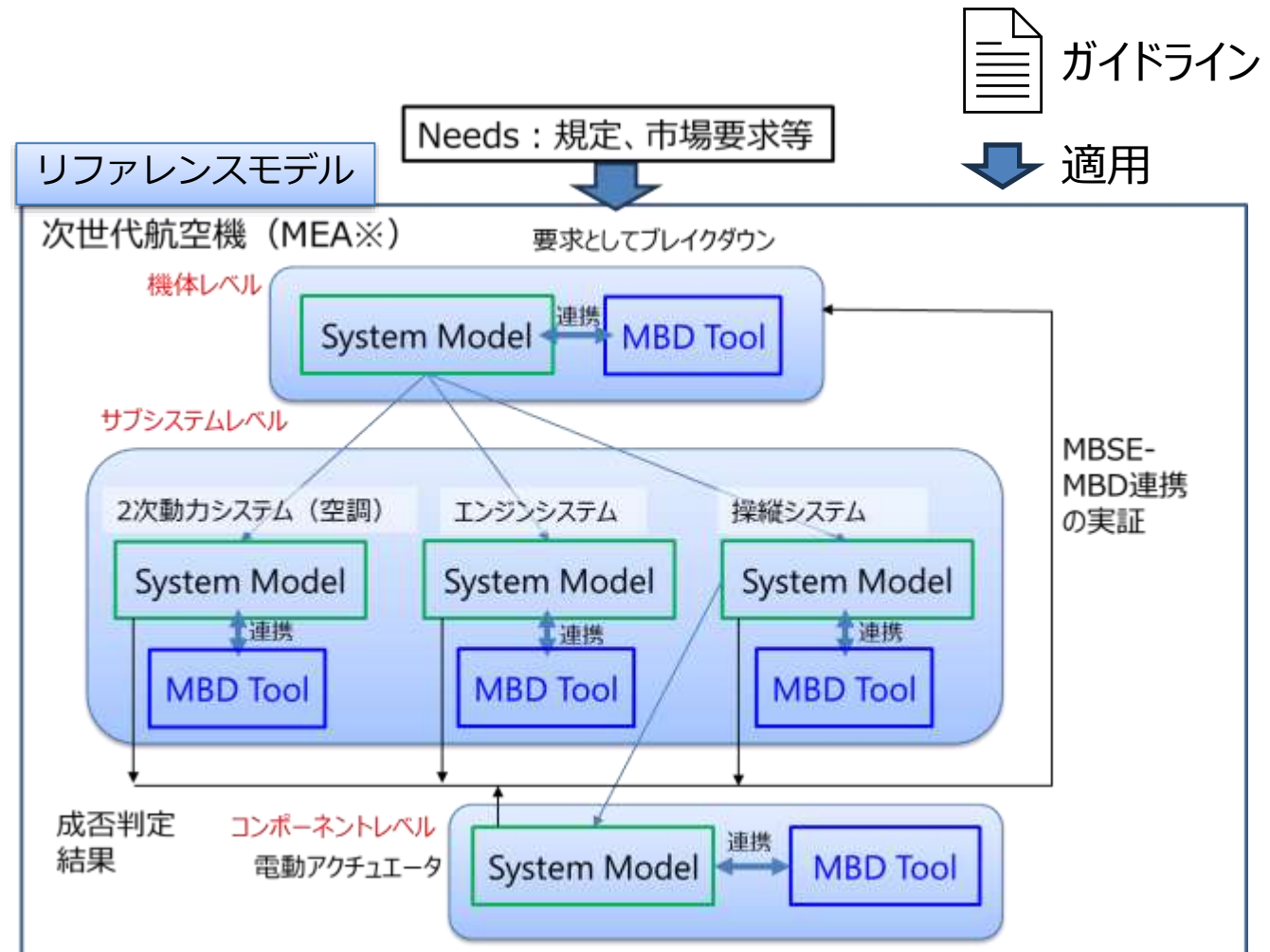


要求とアーキテクチャ間の繋がりを表す
モデリングルールの例（一部を抜粋）

※1SAE Internationalが発行している機体及びシステム開発のガイドライン

※2特定のモデルを作成するときに使用するルールや制約などを定義した概念的なモデル

- 次世代航空機（MEA※）を対象としたシステムモデル。ただし、対象システムはKプロで対象としたシステムに限る。
- ガイドラインに則り構築する。
- 簡易的な性能評価が可能なMBD（経験式等）と連携し、設計フェーズでのValidation/Verificationの模擬を可能とする。
- 想定するユースケース
 - リファレンスモデルを基に、ユーザが独自の要素（要求、機能、構造、MBDなど）を追加するなどカスタマイズすることで航空機の開発に活用する。
 - SAEが規定する航空機開発保証プロセス（ARP4754）に則って開発していることを当局に説明する際に利用する。

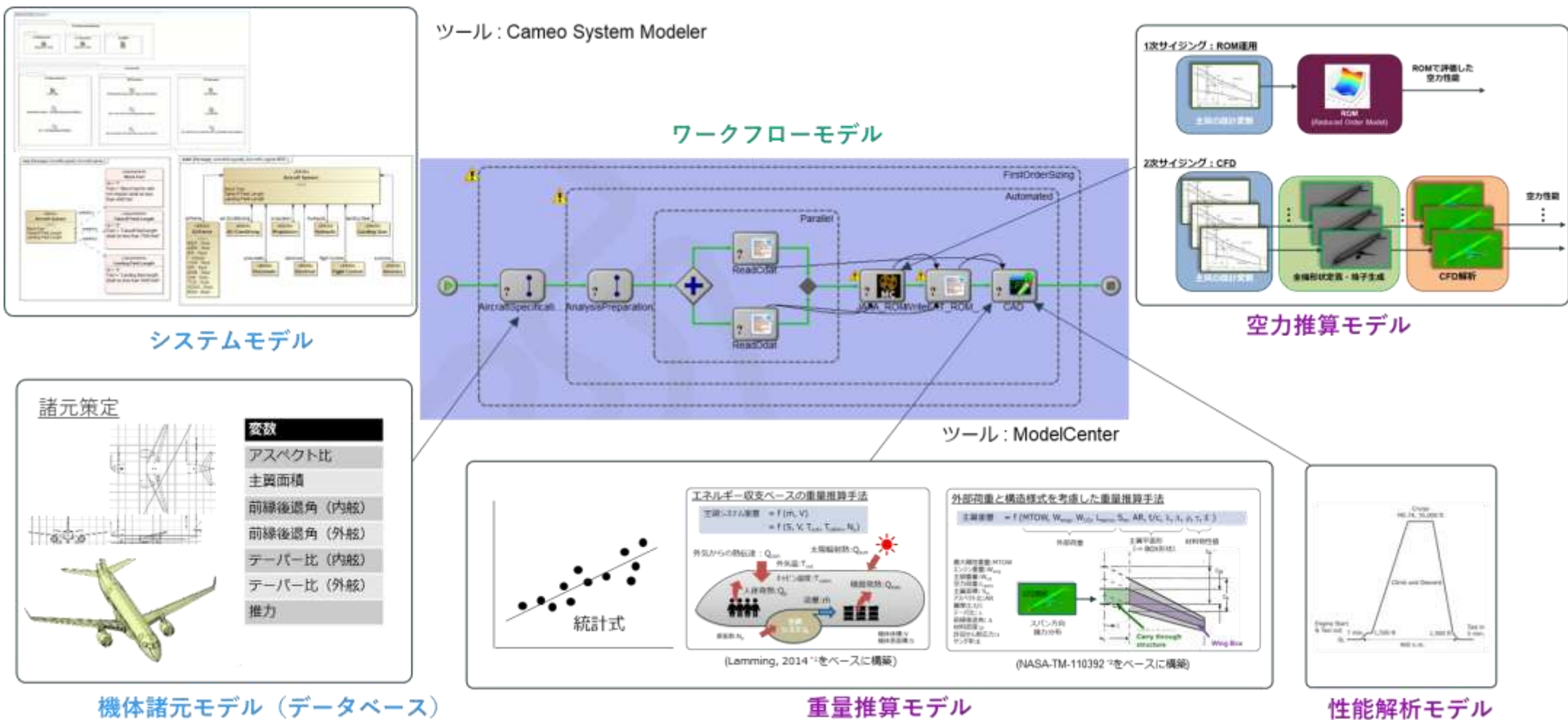


※More Electric Aircraft

システム記述モデルと解析技術を用いた航空機の概念設計プロセス（MHI/JAXA）

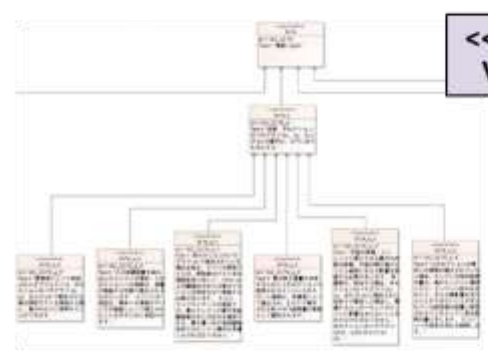


- 記述モデル・分析モデル・業務モデルを連携させた開発プロセスを構築完了
- MBSE-MBD連携を用いて航空機の概念設計プロセスを実証中

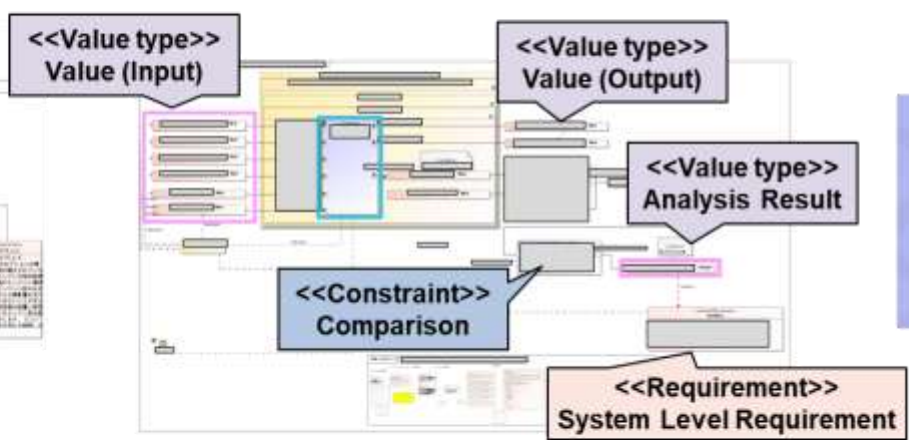




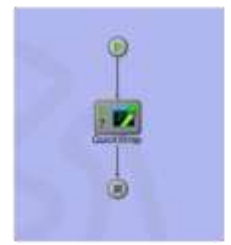
- 設計情報の構造図からの情報とメタモデルから作成したMBSE-MBD連携モデルを適用
- 航空機用エンジンの圧縮機やファンを対象に、複数のドメイン設計を並行して実施するコンカレント設計を実証中



要求図のフローダウンの例

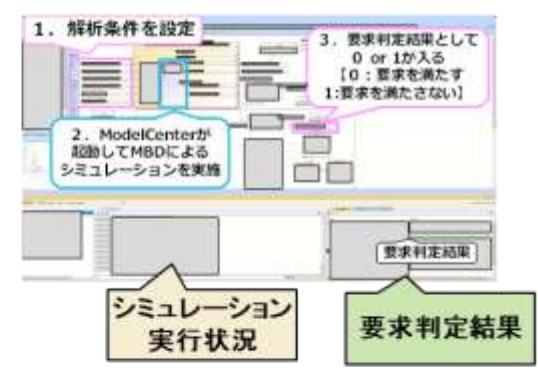


パラメトリック図
※メタモデル記載の構成



ワークフロー定義の例

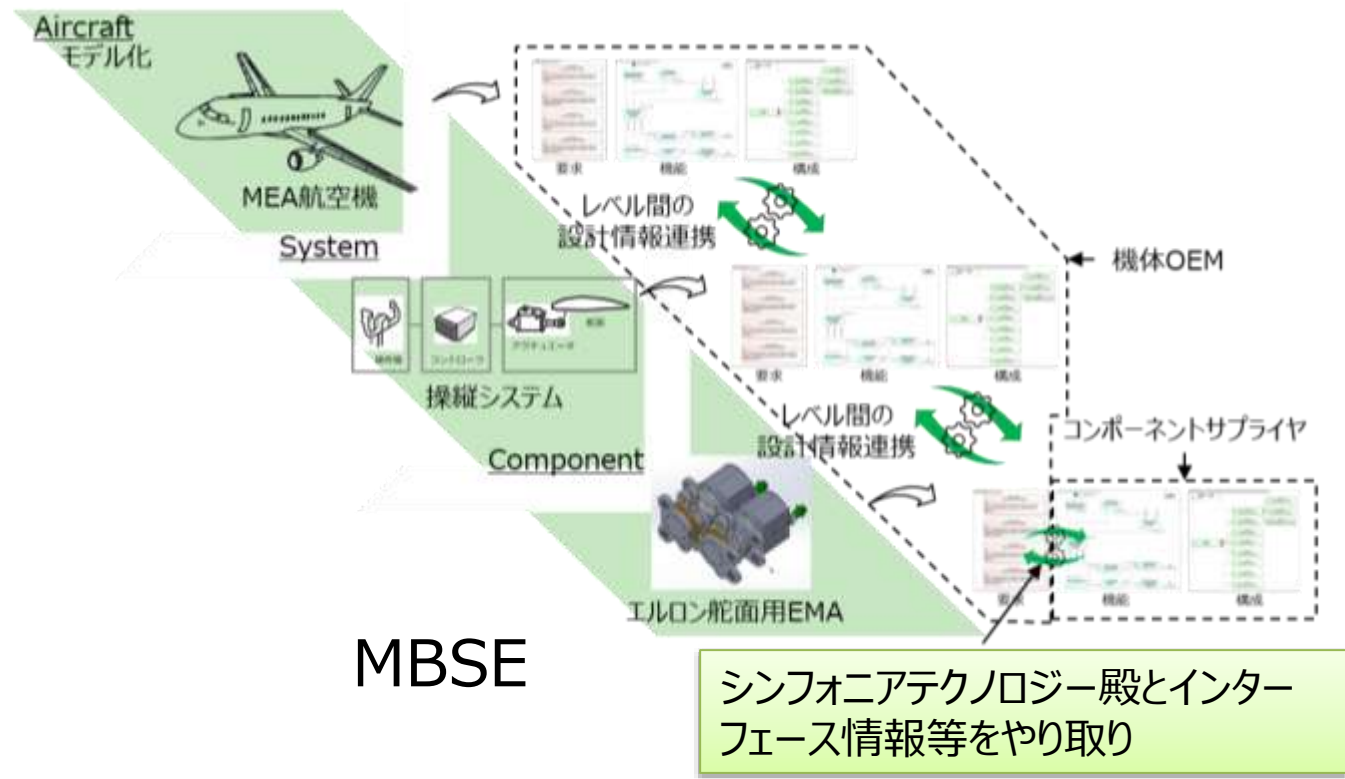
※今回はANSYS®* ModelCenterを利用
*ANSYS：アンシス・インコーポレイテッドの登録商標



シミュレーション
実行画面
※解析実行から要求判定までの動作を確認

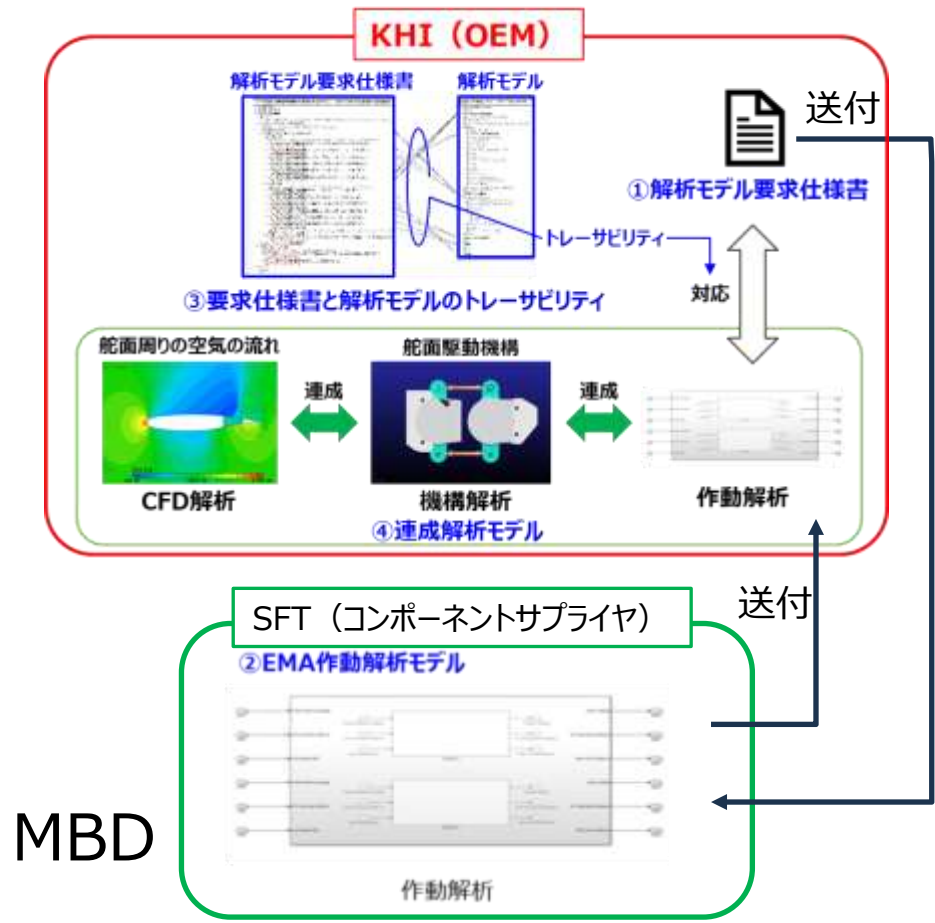
MBSE/MBDにおける企業間連携の取り組み（KHI/SFT）

- 操縦システム及び舵面用EMA※¹を対象に、企業間連携を考慮した設計プロセスを実証中
- OEMのシステムモデルとサプライヤのシステムモデルの間にトレーサビリティを確保
- OEMの解析モデルとサプライヤの解析モデルを用いた連成解析モデルを構築

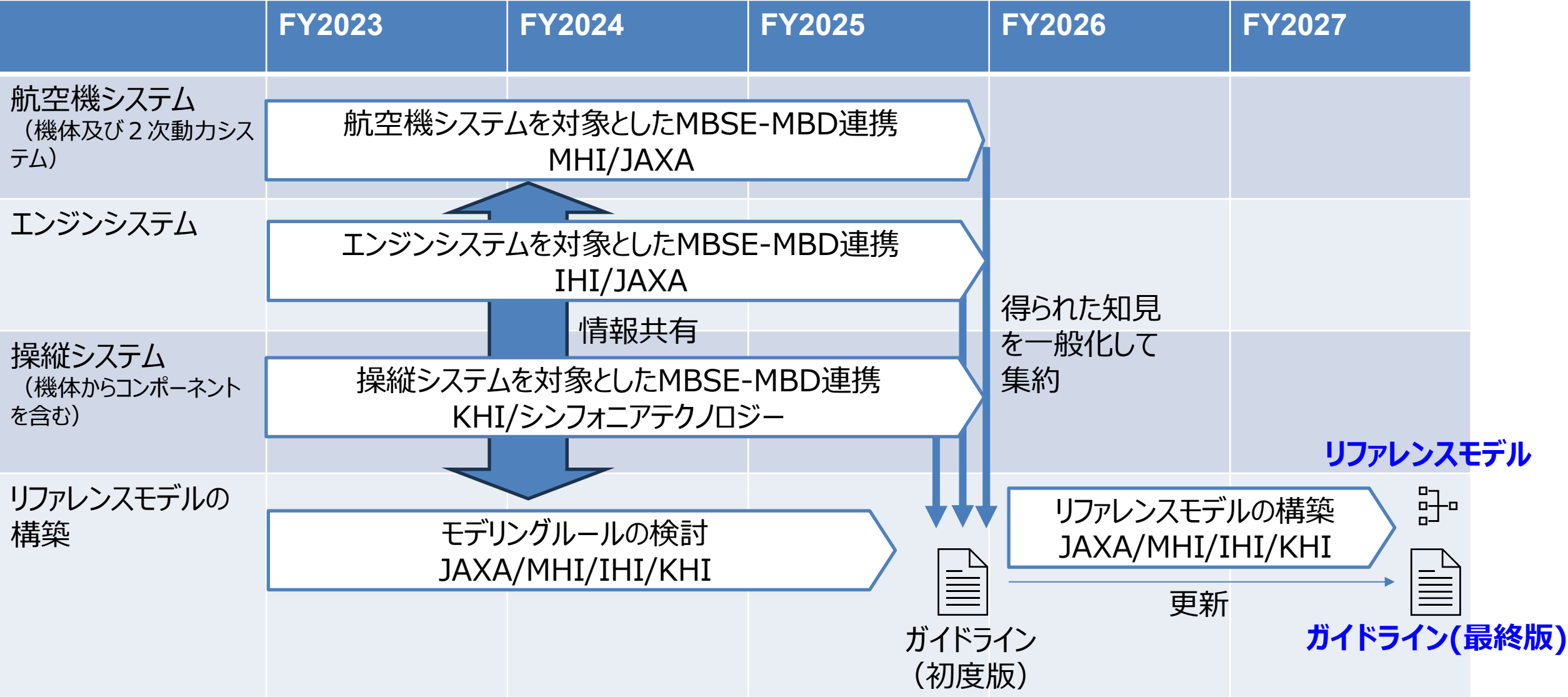


MBSE

※¹ Electric Mechanical Actuator



MBD



- 設計DXではシステムからコンポーネントの設計プロセスの大幅な効率化の実現に向け以下に取り組んでいる。
 - システムモデル開発（MBSE）
 - シミュレーションモデル開発（MBD）
 - システムモデルとシミュレーションの自動連携（MBSE-MBD連携）
- 現在、上記技術を用いた設計プロセスを各事業者にて実証中である。
- 得られた知見を基に次世代航空機を対象としたリファレンスモデル、及び同モデルの構築方法をまとめたガイドラインを作成する。

この成果は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）委託業務（JPNP22007）の結果得られたものです。