

航空機ライフサイクル DX コンソーシアム 第3回オープンフォーラム

生産DX に関する研究開発

一般財団法人日本航空機開発協会
原田淳

2025/12/2

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

研究概要

DXプロジェクト全体での位置付け

全体スケジュール

デジタルAPQP

MBD/MBI連携

スマートサプライチェーン

まとめ

【ねらい】

航空機産業におけるプロセスやデータ形式の標準化を行い、各企業での事前シミュレーションや企業間をまたぐ設計、製造データの共有などが効率的に行えるようする。

- ✓ 開発設計段階から、製造準備や製造及びAPQPまでをシームレスにつなぐデジタルスレッドを構築。
 - 生産性や品質を考慮した機体設計や製造工程全体を最適化し、やり直し作業やリードタイムを削減する。
- ✓ サプライチェーンにおける管制塔に相当するシステムを開発。
 - 停滞要因の特定や予防、影響範囲の予測とサプライチェーン内での共有。全体最適化と滞留期間の短縮。

【研究項目】

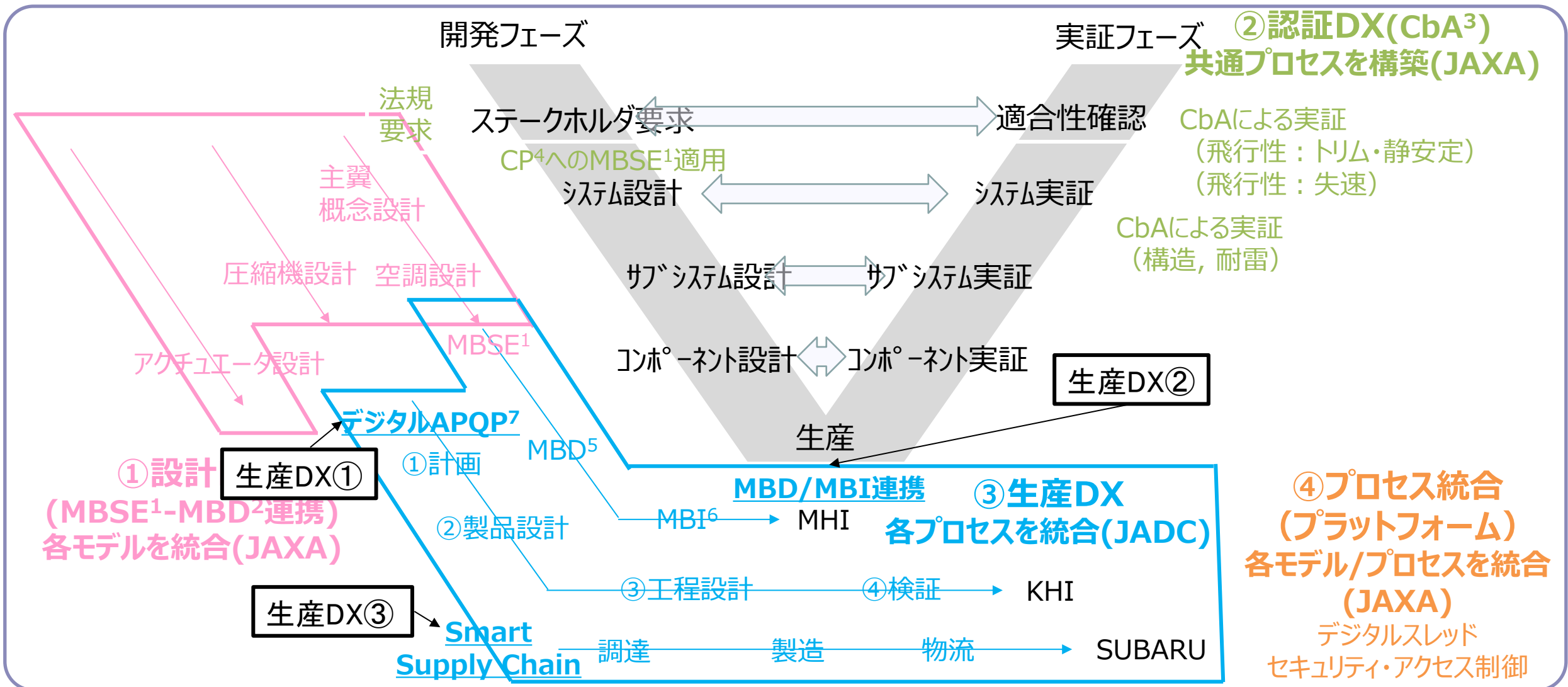
- | | |
|--|---------------------|
| ① デジタルAPQP | KHI/岐阜大学 |
| ② Model Based Definition/Model Based Instruction連携 : | MHI |
| ③ スマートサプライチェーン : | S U B A R U /慶応義塾大学 |

【目標】

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。

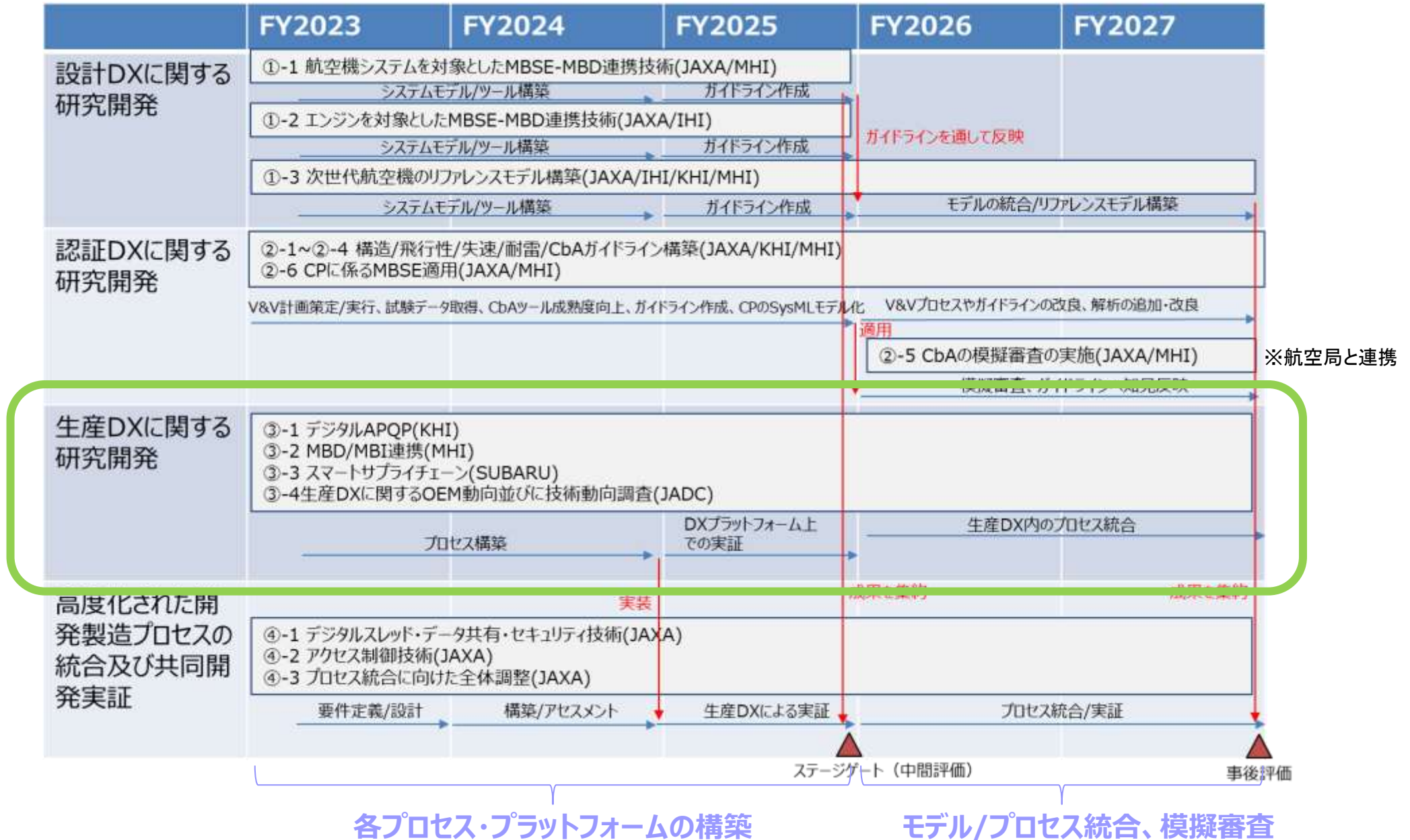
DXプロジェクト全体での位置付け

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
 Copyright © 2024 Japan Aircraft Development Corporation. All rights reserved.

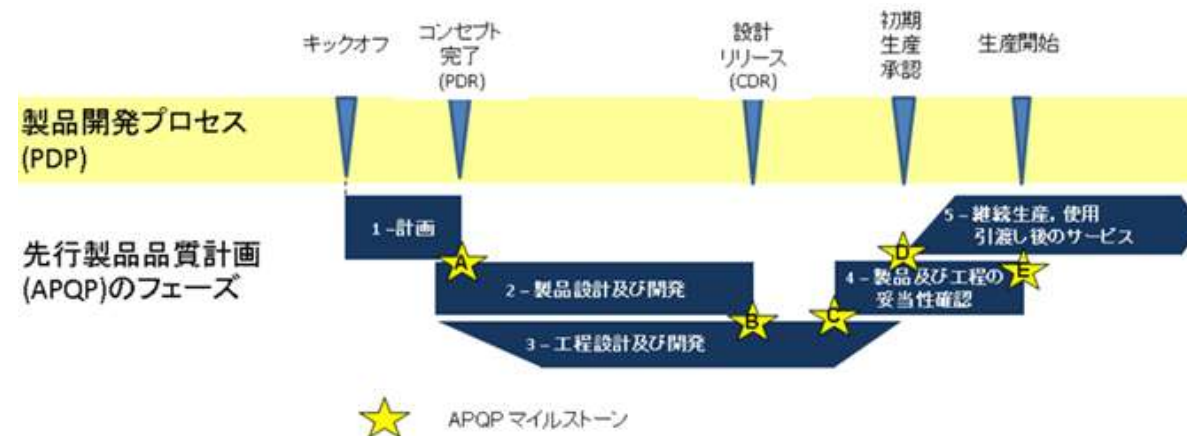
全体スケジュール



【研究の背景】

「APQP(Advanced Product Quality Planning : 先行製品品質計画)」

- 概要：計画、製品設計及び開発、工程設計及び開発、妥当性確認、継続生産の5つのフェーズに分けられる。
- PPAP (Production Parts Approval Process、生産部品承認プロセス) と呼ばれるプロセスが含まれ、APQPのフェーズごとに顧客への提出物が規定されている。
- 民間航空機に対する品質要求の厳格化に伴い、海外OEMメーカーから新機種への適用が要求されている。



民間航空機開発プロセスとそれに対応したAPQPのフェーズ

【研究の目的】 航空機へのAPQP適用の課題と対応策

課題	デジタル技術による対応策
<p>課題A: 開発着手前の生産ラインの妥当性検証</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 最終仕様が確定していない段階での検証が必要 ● 品質計画の検討レベルが明確でない 	<p>デジタルモデルの活用による妥当性検証の実施</p>
<p>課題B: 要求項目のフローダウン</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>膨大な要求項目</u>の設計や生産システムへのフローダウンが必要 ⇒人的リソースが大量に必要 ● 要求項目とAPQP成果物のトレーサビリティ確保が困難 	<p>開発情報や成果物を相互にデータ接続することでの要求のフローダウンとトレーサビリティの確保</p>
<p>課題C: APQP成果物 (PPAP) のデータ管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 要求変更の影響範囲の特定が困難 ● 変更状況の反映確認が難しい ● 品質計画の検討や更新作業に手間がかかる 	<p>膨大な情報に対する開発時の変更や更新の情報を一元的に管理</p>

デジタル技術の活用による課題解決 ⇒ 「デジタルAPQP」



【研究詳細】 下記の2つのテーマについて取り組んでいる。

① デジタルAPQP検証手法の構築

ステップ1. APQP規格を反映したデジタル無しの業務プロセス案の設定

ステップ2. 各業務プロセスに対するデジタル技術の適用 ⇒ 「デジタルAPQP業務プロセス案」

② デジタル化を見据えたデータ検討手法の開発 (岐阜大学との共同研究)

背景 **航空機開発のデジタル化**

- ◆ 熟練した技術者のノウハウに依存したAPQPに関する検討作業

- ◆ デジタル化による効率化

★デジタル化と親和性の高い検討手法が必要

製造現場に蓄積されている様々な知見

- ◆ 設計部門に十分に共有されていない

★設計段階での活用が困難

詳細 航空機組立において発生する不具合をPFMEAの実施段階で検討・評価する手法を開発するために、以下の3ステップでの研究を実施

ステップ1. 組立作業における不具合要因の抽出

ステップ2. 組立作業における「やりづらさ要因」を整理

ステップ3. 「やりづらさ要因」に関して、デジタルモデル等のデータを用いた評価方法を検討

【これまでの成果と今後の予定】

1年目(2023年度)の成果

- 開発時の不具合削減に寄与するデジタルAPQP業務プロセス案の策定
- PFMEAのデジタル化を見据えた検討手法案の策定

2年目(2024年度)の成果

- デジタルAPQP業務プロセス案（全70項目）の検証を実施し、“デジタルAPQP業務プロセス案は正常に機能する”と評価。
 - 86%にあたる、60項目について、現業務プロセス案の妥当性を確認。10項目については、対応方針の立案を完了。
 - 明らかになった課題は、対応策の考案/施行を実施し、プロセス案に織り込み済み。
- デジタルデータの蓄積手法の検討を実施し、「プロセス」をキーワードにして、PFMEA (Process Failure Mode and Effects Analysis : 工程故障モード影響解析)のリスク分析項目に繋がる仕組み（3つのデータベースの連係）を検討
 - 製造不具合記録データベース（不具合の事実情報を蓄積）
 - 不具合ナレッジデータベース（不具合の詳細調査結果及び対策情報を蓄積）
 - 工程リスク分析（工程作業の#やりづらさ要因”を通したリスク分析を実施）

3年目(2025年度)の予定

- 国際共同開発を念頭に設定したユースケースを用いたデジタルAPQP業務プロセス案の評価
- デジタル化を見据えたデータ整理手法の評価

① デジタルAPQP (5/5)

2年目(2024年度)の成果 (例) “デジタルデータの蓄積手法の検討”

製造 不具合 記録 データ ベース	NCR/ I-Tag	起草 日	Part No.	Part Name	STA	W L	BL	場所 カテゴリ	不具合 カテゴリ	直接原因	処置	工程表 番号	工程 順序	プロセス
	E123	1/20	143 W	Frame Assy#2	259	32	-45	Intercosta 	孔径不良	ドリル径を誤った	部品交換	143WN 1	#50	穿孔
	E124	2/22	143 W	Frame Assy#2	259	32	-23	Intercosta 	孔径不良	ドリル径を誤った	部品交換	143WN	#50	穿孔

※処置内容から重要度を算出/件数から発生頻度を算出

不具合 ナレッジ データ ベース	プロセス	発生メカニズム	推奨処置 (フェーズ)	推奨処置 (誰が)	推奨処置 (何を)	推奨処置 (どうする)
	穿孔		作業者が誤った径のエアボールを取り出したために、OEMでフルサイズにする孔 (サプライヤーでは下孔箇所) をフルサイズ穿孔した	生産準備	生産技術部門	工程表

やりづらさ要因分析

工程 リスク分析

プロセス	動詞	やりづらさ要因			故障モード	重要度	発生頻度	推奨処置
		やりづら さ要因A	やりづら さ要因B	やりづら さ要因C				
穿孔	取り出す	類似品有 無→×	N/A	N/A	孔径不良	6	3	ドリルプレートにより孔径を制限
	バックドリルする	XXX	XXX	XXX				

PFMEA分析項目

【研究の背景】

航空機開発/製造プロセスにおいて、3Dモデルを用いた設計作業への取り組みの歴史は長く、設計作業は既に3Dモデル（計画図～製造図）が活用されており効率化が図られているが、**製造準備、製造工程では3Dモデルの利活用が遅れており**、設計へのフィードバックにも時間を要すると共に、作業指示書作成工程等では3Dから2Dへの**非効率な置き換えが随所で発生**している。

【研究の目的】

航空機開発/製造における効率化、開発期間の短縮のためには、以下の課題の解決が必要である。

- ① 製品（設計）と生産ラインを連携し、相互の情報（上位要求及び生産上の制約条件）授受を効率的に行う**プロセスが標準化されていない**。
- ② 設計3Dモデルを製造工程において有効活用する為の、データを連携する環境整備及び効率的に運用する為の**プロセスが標準化されていない**。
- ③ 設計3Dモデルの定義方法が、製造工程での利活用を前提に**標準化されていない**。

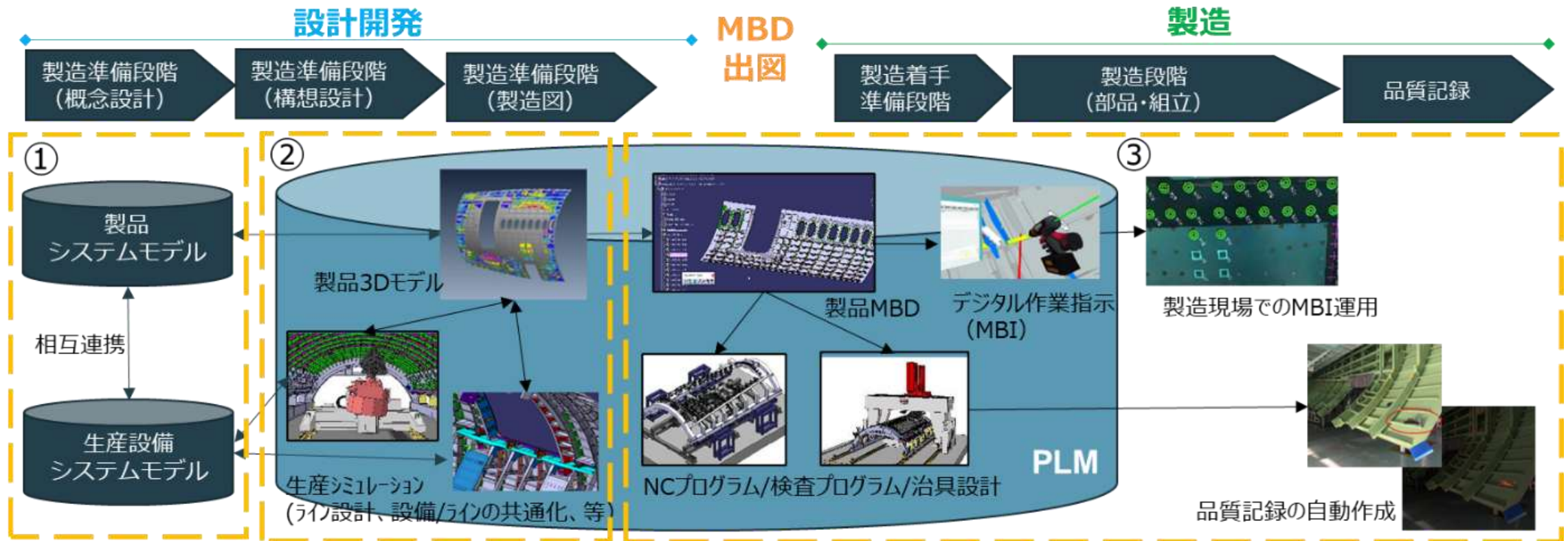
【研究詳細】

本研究では、以下の二点に取り組む。

- MBSE手法を活用した製品/生産システム間の情報連携プロセス構築（課題①の対策）
- PLMを活用したデジタルスレッド構築に必要なプロセスの構築（課題②、③の対策）

【研究詳細】 (続き)

- ① MBSE手法を活用した製品 (設計) /生産システム間の情報連携プロセス構築
- ② PLMを用いた設計3Dモデル/生産の情報活用プロセスの構築
- ③ CAD/PLMを活用したデジタルスレッド構築に必要なプロセスの構築



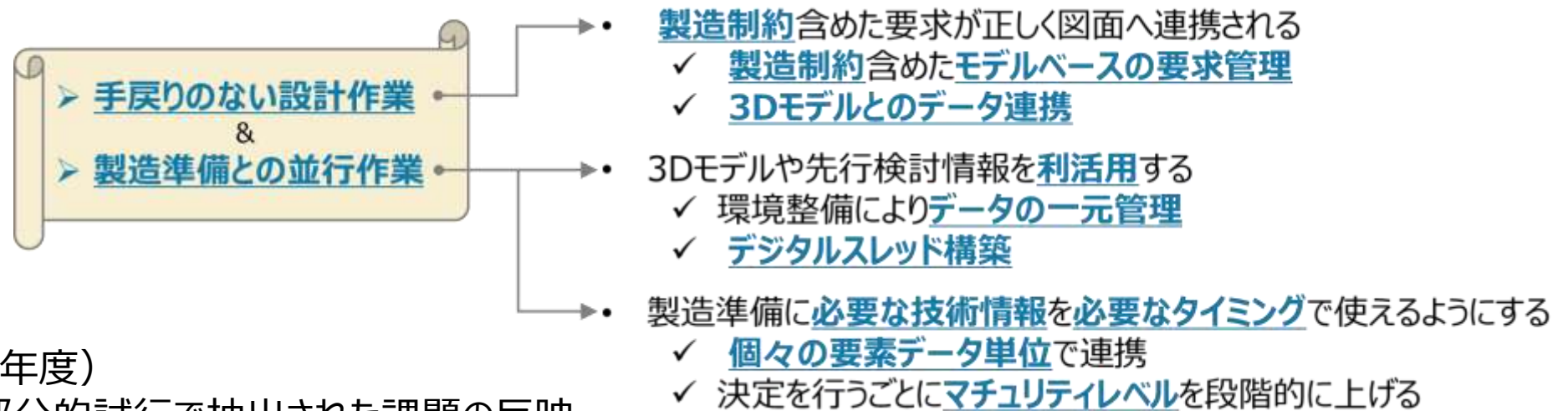
【これまでの成果と今後の予定】

昨年度の成果 (2023年度)

- ✓ 代表部品や小規模組立体のモデルで、以下のツール機能を検討、検証
 - MBSE：生産システムへのMBSE適用試行、製品/生産システム間の情報連携試行
 - PLM：設計3Dモデル作成試行、横断的なデータ連携試行

今年度の成果 (2024年度)

- ✓ MBD-MBI連携活動スコープの全体プロセスの検討、プロセスの部分的試行



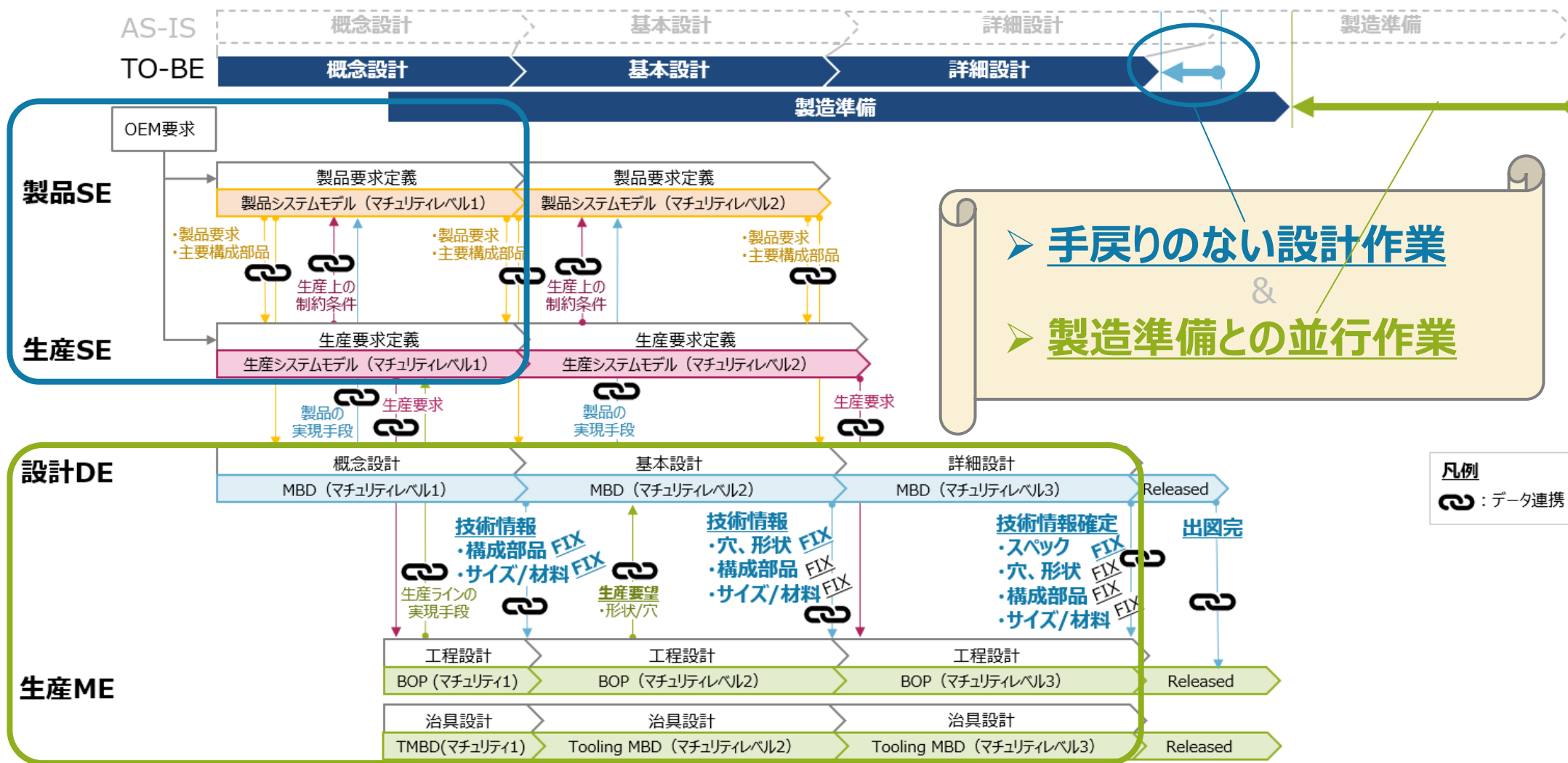
今後の活動 (2025年度)

- ✓ プロセスの部分的試行で抽出された課題の反映
- ✓ プロセス全体の試行
- ✓ ガイドラインの策定

② MBD/MBI連携 (4/4)

2年目(2024年度)の成果 “新プロセスと部分検証” (イメージ図)

部分検証 事例Ⅰ



部分検証 事例Ⅱ

【研究の背景】

航空機の開発/製造では多くの部品製造の遅れや不具合が発生し、開発日程を圧迫してきた。その要因は、多品種少量の生産方式、かつ多企業多階層の分業で生産が成り立つという、航空機産業のサプライチェーン(SC)の複雑性に起因しており、SCの可視化も困難であった。

【研究の目的】

本研究は、デジタルトランスフォーメーション (DX) 技術を活用した
航空機の開発／製造においてリードタイムの短縮や安定した生産の実現

本研究では、SCにおいて以下の二つの原因により航空機の開発／製造の滞留が発生していると仮定。

- ① SCの日程に対するリスク
- ② SCの品質に対するリスク

当プロジェクトで想定しているスマートサプライチェーンのイメージ図

生産の滞り削減と安定化のための、デジタル技術を活用した企業横断的な情報収集と、工場物理学等の知見を活用した可視化およびシミュレーションのしくみ(コントロールタワーシステム)を軸え、各企業の自律的で予見的、かつ全体最適な意思決定を支援することのできるサプライチェーン。



【研究詳細】

① “サプライチェーンの日程に対するリスク”への対応 → SCコントロールタワーシステムの構築

輸送データを利用して

- SC全体を一つのシステムとしてとらえた管制システムの概念のもと、生産滞留を工場物理学によりシミュレーションすることで、Estimated Time of Arrival(ETA)の早期把握につなげる。
- 各社の製造負荷の重ね合わせのシミュレーションを実施して、安定生産につなげる。

② “サプライチェーンの品質に対するリスク”への対応 → 不具合原因分析プロセスと製造実績データ交換プロセスの構築

製造実績データ “As-Built data”を利用して

- 統計解析等を用いて品質の傾向をつかむことでその工程における不具合原因を効率的に特定する。
- 次の組立工程における部品の合いなどを現物を待たずに仮想空間上で組立を再現（組立シミュレーション）することで、品質リスクを早期に評価し対策する。

【これまでの成果と今後の予定】

2023 年度成果 ・ SCコントロールタワーシステムの構想設計を完了

2024年度成果

【日程リスク】以下の技術を統合したSCコントロールタワーシステムを開発し、DXプラットフォームへ実装

輸送データ収集技術：航空機部品の多様で複雑な輸送に対応し、汎用性のあるデータ収集技術

- ✓ 基本設計、計算処理、および集計処理の実装が完了
- ✓ 航空機部品の集荷・輸送に関する実務で使用する画面やスマホ画面の設計が完了

SCの可視化技術：ネットワークの負荷/計画乖離からEATを可視化し、リスクの分析/アラート通知が可能

- ✓ サプライチェーンネットワーク図の可視化画面の設計と実装

SCシミュレーション技術：4つのシナリオ（増減産、パフォーマンス、インシデントリスク、リスクアセスメント）を想定したシミュレーション技術

- ✓ 4つのシナリオをシミュレーションするための核となるLT推定やETA計算等のアルゴリズム開発が完了

運用プロセス構築：多企業多階層からなる航空機産業全体のSCを監視するプロセス構築

- ✓ ビジネスモデルの骨格を策定
- ✓ 社会実装に向け、複数企業に対し、共同配送など実務面のニーズに関するヒアリングを実施

【これまでの成果と今後の予定】

2024年度成果（続き）

【品質リスク】

不具合原因分析プロセス：製造実績データの分析プロセスをSCコントロールタワーシステム上に実装する

- ✓ DXプラットフォーム上に機械学習ツールを実装するためのシステム設計・開発作業を完了
- ✓ DXプラットフォームへの実装後のプロセス検証およびガイドライン策定のための特定部位における本不具合原因分析プロセスの適用に着手

製造実績データ交換プロセス：DXプラットフォーム上において製造実績データを対象にOEMを含むサプライチェーン内でのデータ交換プロセスを構築

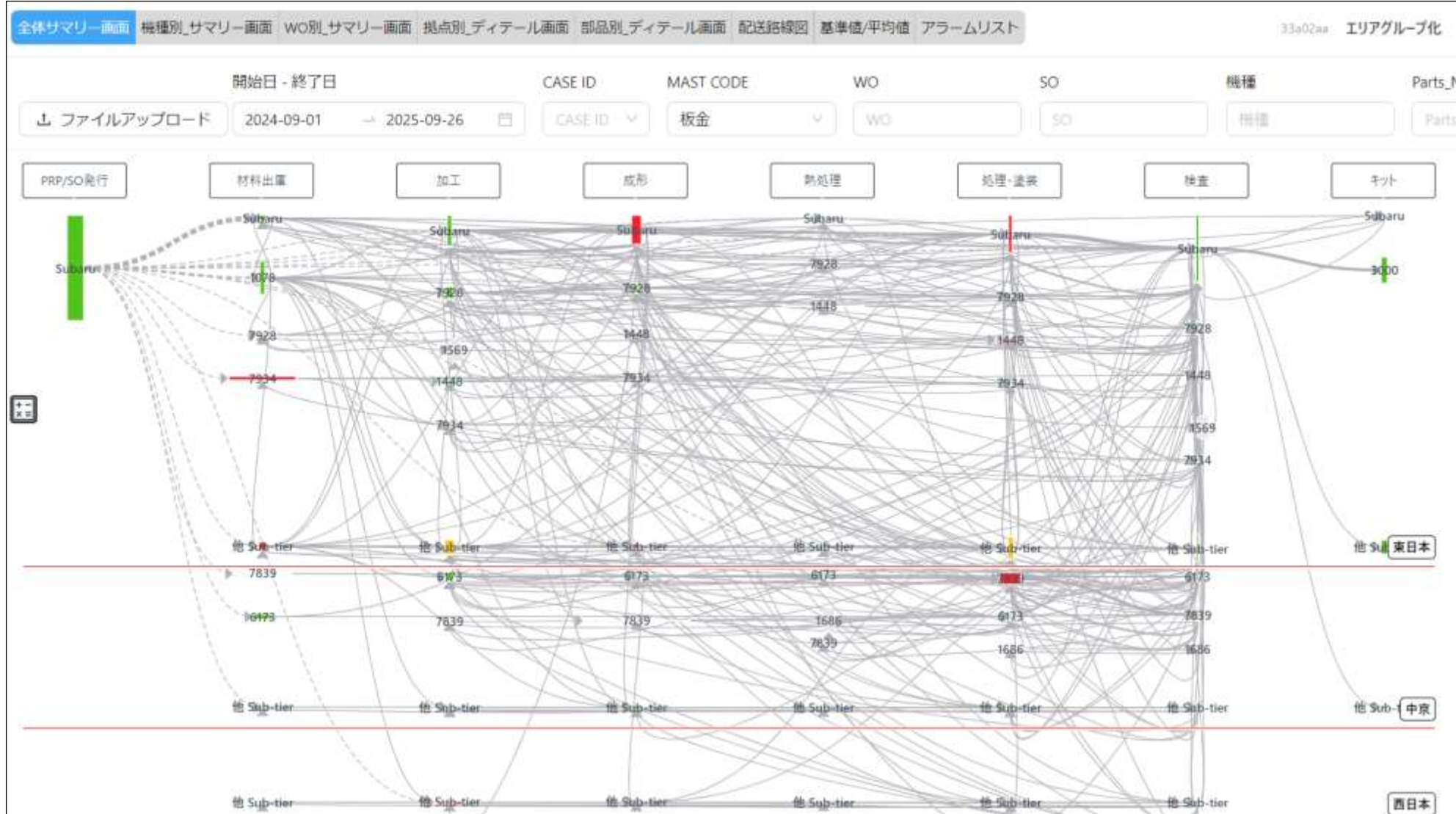
- ✓ DXプラットフォームへの要求仕様を策定
- ✓ 組立製造ラインの問題点や本プロセスの価値を確認し、業務フローとして定義
- ✓ DXプラットフォーム上での実機データを用いたデータ交換テストに向けた計画案策定着手

2025年度以降計画（日程リスク、品質リスク共）

- ◆ システム開発完了およびシステムテスト
- ◆ プロセス検証および効果検証

③ スマートサプライチェーン(5/5)

2024年度の成果(例) “SCの可視化技術”



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割削減等を目標として、航空機産業におけるプロセスやデータ形式の標準化、各企業での事前シミュレーションや企業間をまたぐ設計、製造データの共有などが効率的に行えるように研究を推進している。

2024年度までにデジタルAPQP、MBD/MBI連携、スマートサプライチェーンのプロセスを設定し、2025年からはJAXA殿にて設定が完了したDXプラットフォーム上での各プロセスの検証を開始している。

