CHAIN-Xの活動、および
航空機開発用データモデルのご紹介

国立研究開発法人　宇宙航空研究開発機構
航空技術部門　航空機DX技術実証（XANADU）プロジェクトチーム
橋本　敦

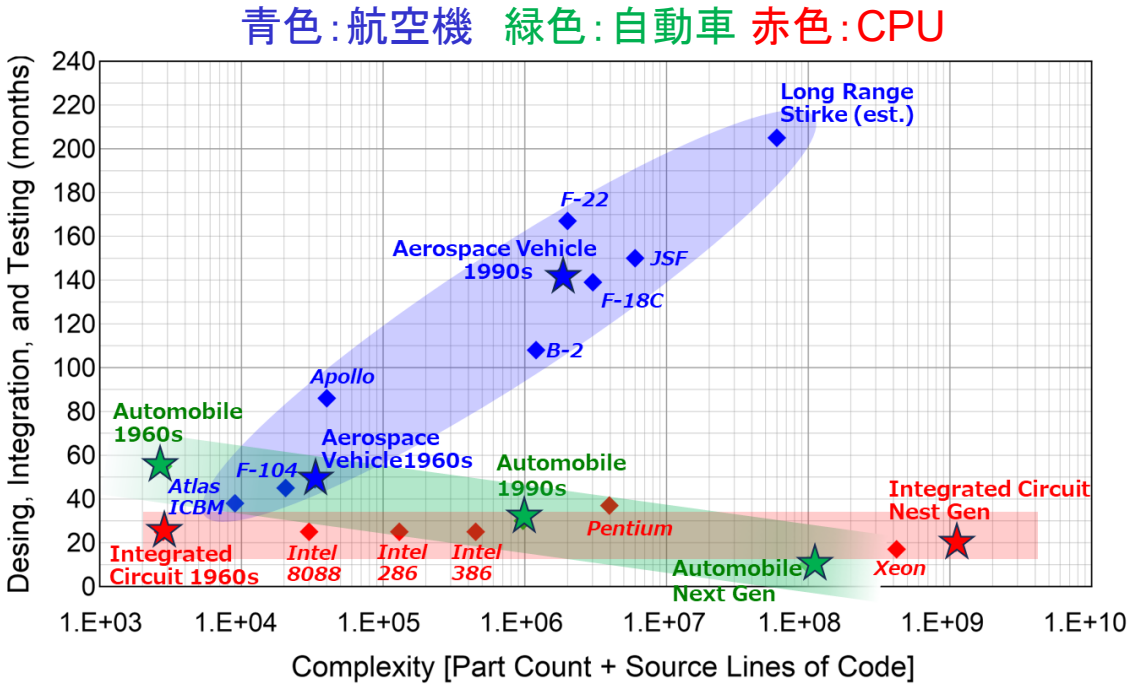
2026年3月9日　エンジニアリング変革に向けた産業データ連携AG/将来技術検討TF

目次

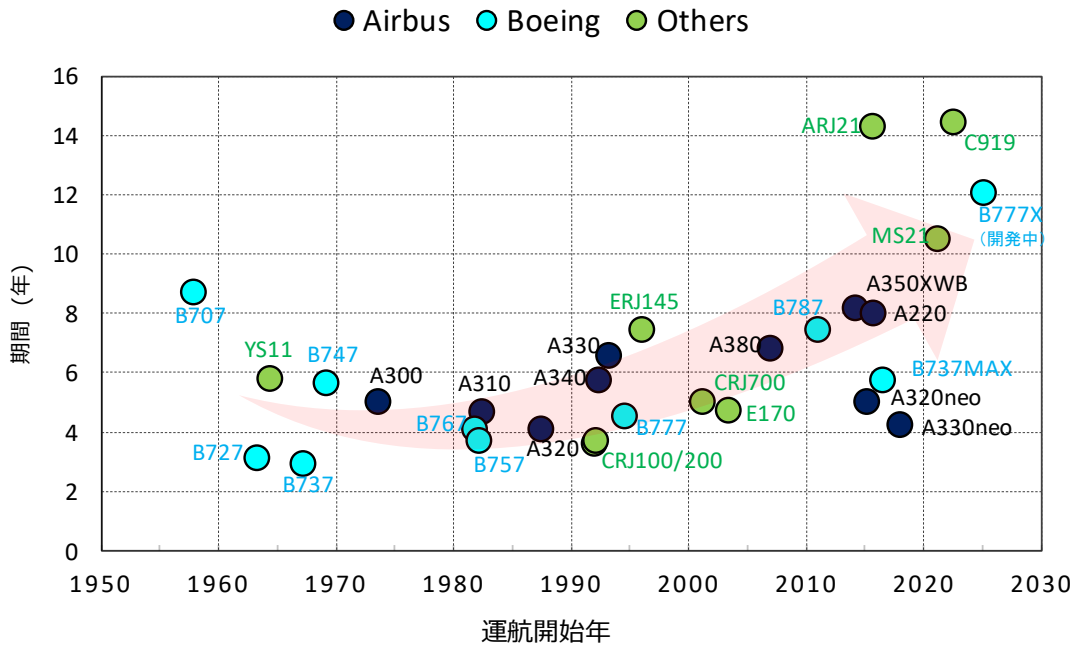
目次

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)、Digital Thread* 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

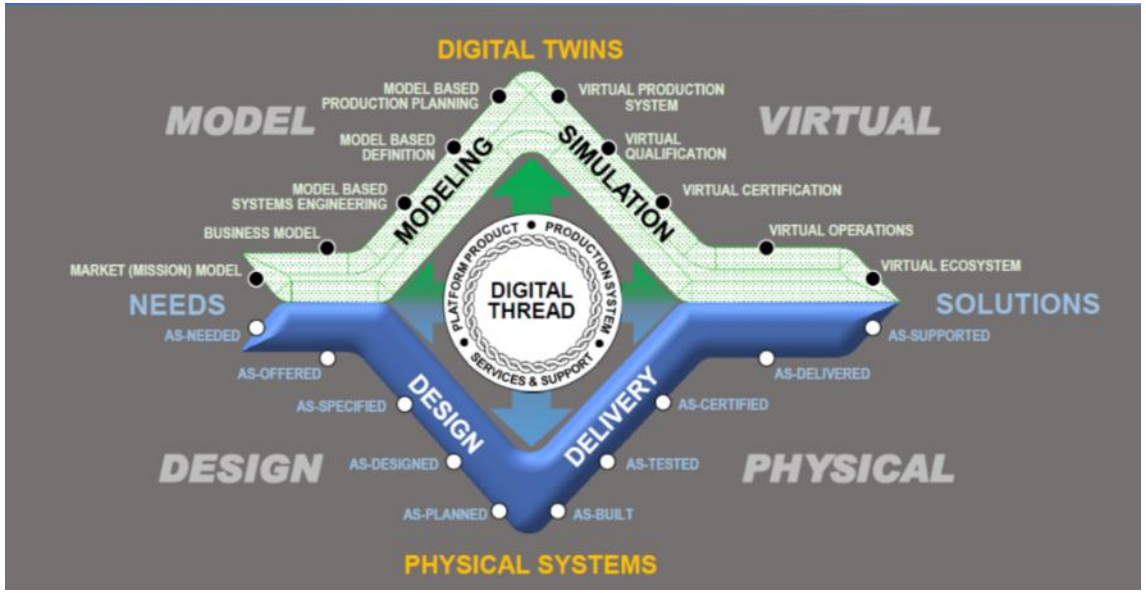
*Digital Thread：上流から下流に要求をフローダウンしたり、下流から上流に遡及調査できるようにデジタルデータをつなげる仕組み

背景：海外の動向

- AirbusはA350XWBの開発にMBSEとシミュレーション技術を活用した。A310からA350XWBという数世代の航空機を通じて、複雑さは100~1000倍に増加しているため、MBSEの支援なしに航空機開発は不可能になっているとの報告がある。
- Boeingは機体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を示している。

A350XWBの開発

https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-airbus-a350-xwb/



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

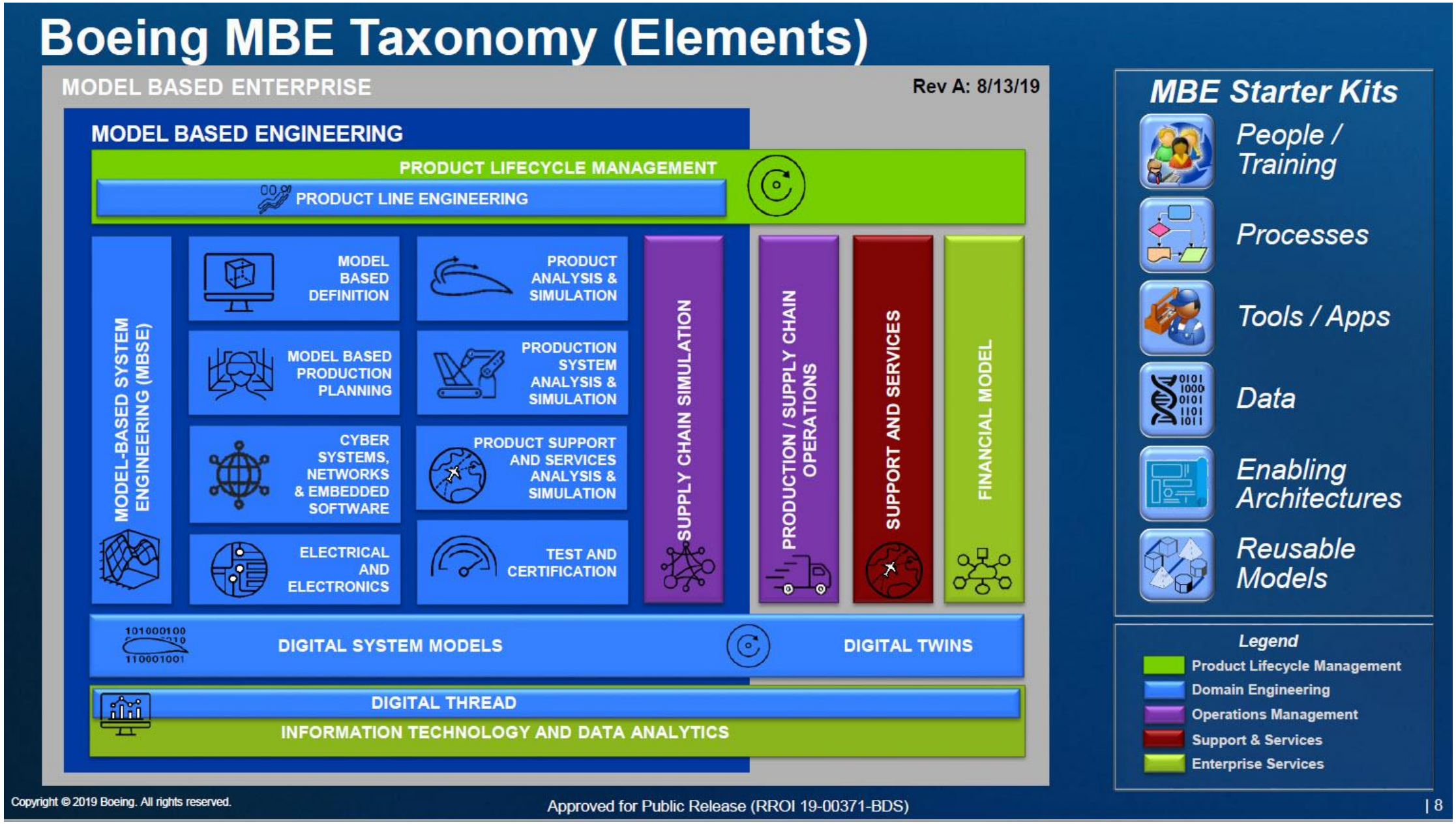
T-7A Red Hawk

- T-7A Red Hawkは、BoeingとSAABにより共同開発されたアメリカとスウェーデンの高等練習機。デジタル技術を活用した開発プロジェクト「eSeries」の第一号。
- 高度な製造と3D設計技術を使用して考案され、設計され、わずか36ヶ月でfirst flightを達成した（2023年に空軍に納入される予定）。
- モデルベースのエンジニアリングと3D設計ツールを採用したこのデジタルアプローチによって設計されたT-7A Red Hawkは、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。

https://www.youtube.com/watch?v=tSGX1NAc6ZE

https://www.boeing.com/defense/fighters-and-bombers/t-7

Boeing MBE Taxonomy



Daniel Seal. et al., Accelerating the MBE Ecosystem Through Cultural Transformation, NIST MBE Summit 2020

Boeing "Digital Enterprise" Initiative

TRANSFORMING HOW WE WORK AT BOEING

- Multidiscipline collaboration
- First time quality
- Speed to market
- Increased revenue
- Top-tier margins
- Global Industrial Champion

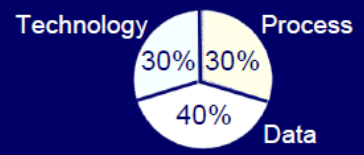
Foundational Capabilities (Bedrocks)

PLM | MOM | ERP | HR

Focused on Transforming

Technology | Process | Data

Where the savings will come from



OUR STRATEGY

1. **Common Architecture** *that easily adapts to changing business priorities.*
2. **Digital Thread** *that increases visibility of work throughout our value streams.*
3. **Process Improvements** *that standardize the way we work.*
4. **Agile Work Processes** *that drive efficiency, productivity and faster insights.*
5. **"Out-of-the-Box"** *capabilities without the need for customization.*
6. **Culture** *that empowers cross-functional collaboration through process, data and technical integration across Boeing.*

A company-wide initiative transforming Boeing through process improvements, data management and technology enhancements.

Approved for Public Release (RROI 20-162948-BDS)

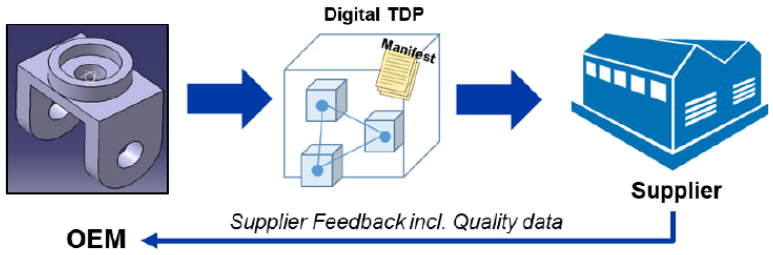
Daniel Seal. et al., Accelerating the MBE Ecosystem Through Cultural Transformation, NIST MBE Summit 2020

MBE Supplier Engagement Framework

Global Product Data Interoperability Summit | **2022**

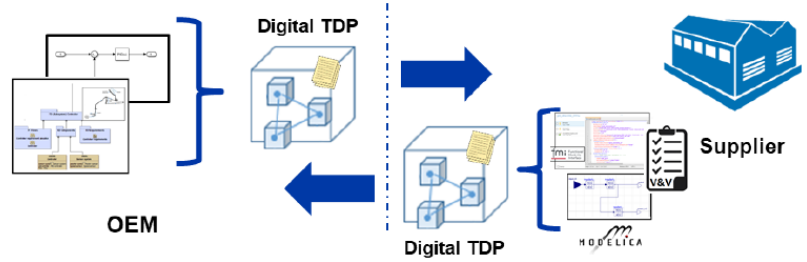
LEVEL 1
EXCHANGE

Unidirectional Exchange of TDP – ***build to model***
Unidirectional exchange of Technical Data Packages (TDP) from OEM to Supplier. Supplier feedback will be requested and may contain model artifacts.



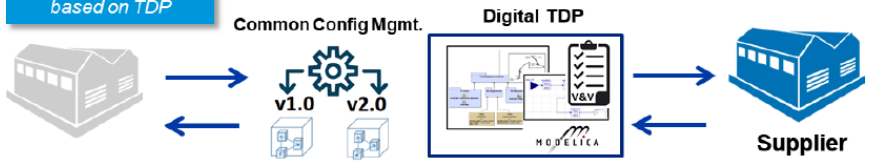
LEVEL 2
INTEROPERABILITY

Bidirectional Exchange of TDP – ***build to requirements***
Bi-directional exchange of TDP. OEM provides specification models. OEM and supplier import, review and return different versions of the TDP.



LEVEL 3A
COLLABORATION based on TDP

Co-development where OEM and supplier import, review and return a shared version of the TDP, under common Configuration Management (CM).

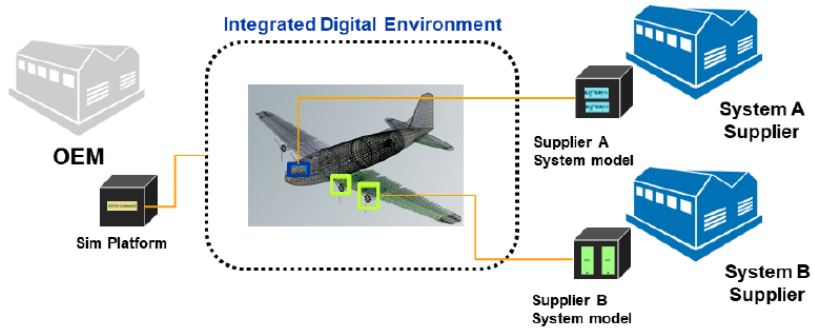


LEVEL 3B
COLLABORATION based on PLM

Co-development in a shared "collaboration vault" where TDP content is managed. Common, PLM-enforced data Configuration Management is required.

LEVEL 4
DIGITAL INTEGRATION

Platform level co-simulation
Joint simulation of behavior (executable) models to perform system or platform level integration tests. Used in combination with other Engagement Levels. Multiple variants: real time, distributed, cloud based…



Brenda Mark, Boeing

Global Trends | Digitalization

- **Speed**
  - ➔ drastic development lead time acceleration

  [time reduction @ fixed complexity] or [complexity increase @ fixed time]
  - innovation on usage with limited technology improvements (e.g. iPhone, various C2B2C)
  - platforms or product lines (e.g. VW MQB)
  - DevOps (e.g. GAFA's release rate)
- **From Ecosystem to Ecosystems**
  - ➔ more inter-penetrations, usable as launch platform to invade other ecosystems

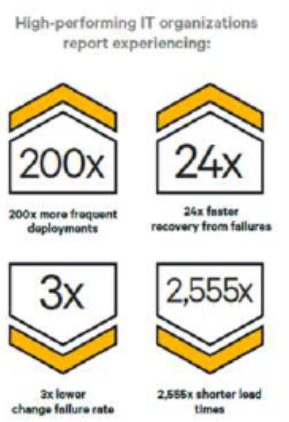
  reduced barriers to entry between distinct markets

  due to pervasive digital common commodities across generalized cyber-physical systems
  - partnerships to achieve integrated service
  - rely on addiction rather than impediment
  - generic cyber-physical digital bricks e.g. Android, IoT…
- **From Products to Services**
  - ➔ rent/subscribe a service that continuously adapt to market digital economy driven by personalization

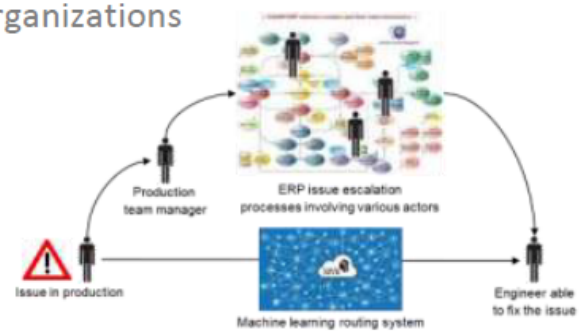
  sell/buy the right product for the right market , physical economy driven by standardisation
  - market capture through proper positioning of addictive service in value chain, rely on addiction rather than impediment
  - innovation on usage as important as on innovation on product
  - built-in capability to evolve service continuously (service lifecycle management), incl. product, logistics, execution…
- **From Hierarchical to Flat**
  - ➔ for data like for people

  find data through search/machine learning instead of classification, flexible/agile organizations
  - digital continuity as a bus, not a hard wired system
  - digital continuity spanning all the data ecosystems
- **From Fixed to Dynamic**
  - ➔ no or much less predefined formalized process/workflow

  replaced by on the fly digitally optimized routing of actions
  - dynamic development plan, built specifically from target objectives
  - all data exposed, to be freely & dynamically analysed / used / combined in appropriate way



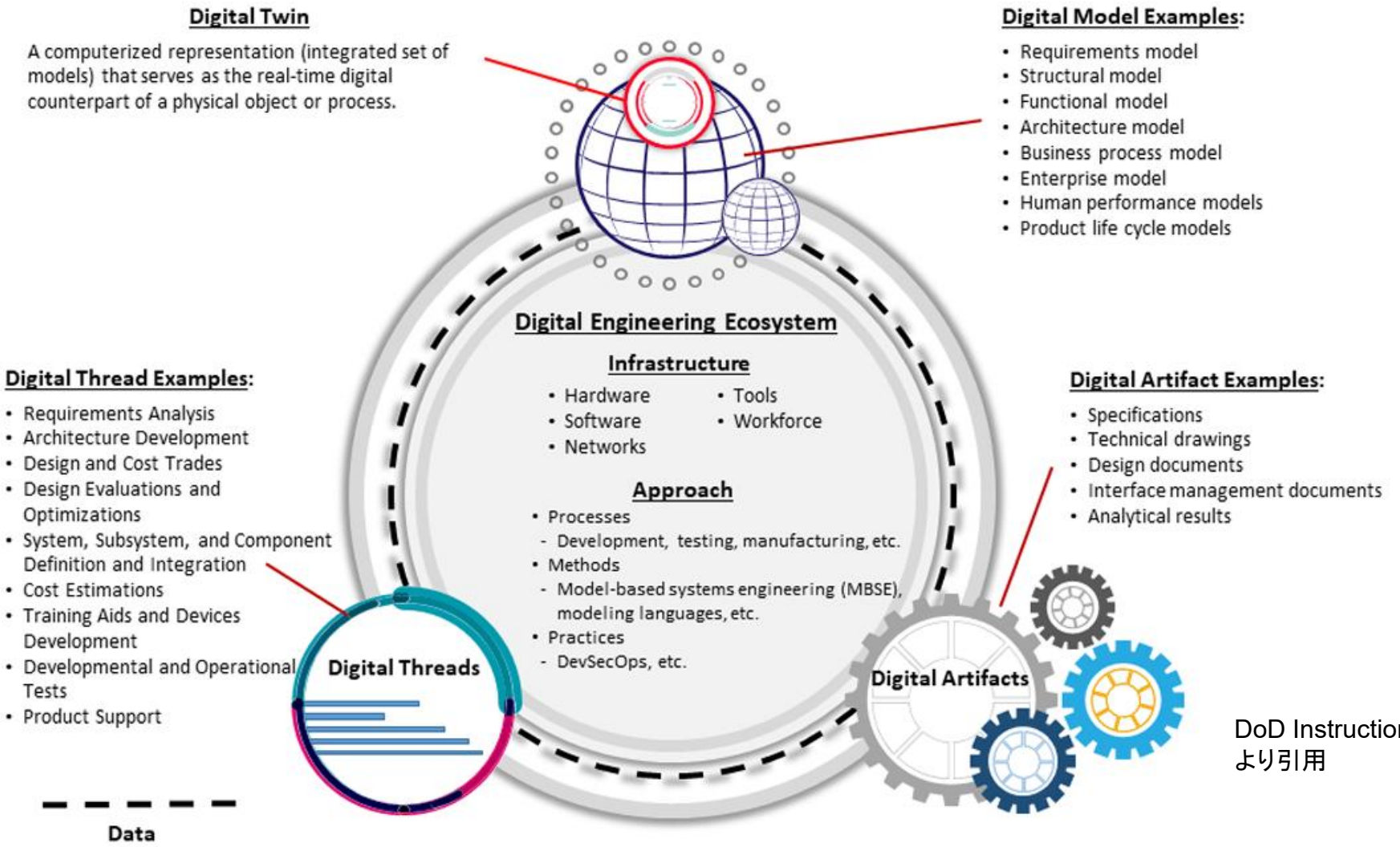
State of DevOps report 2016



AIRBUS

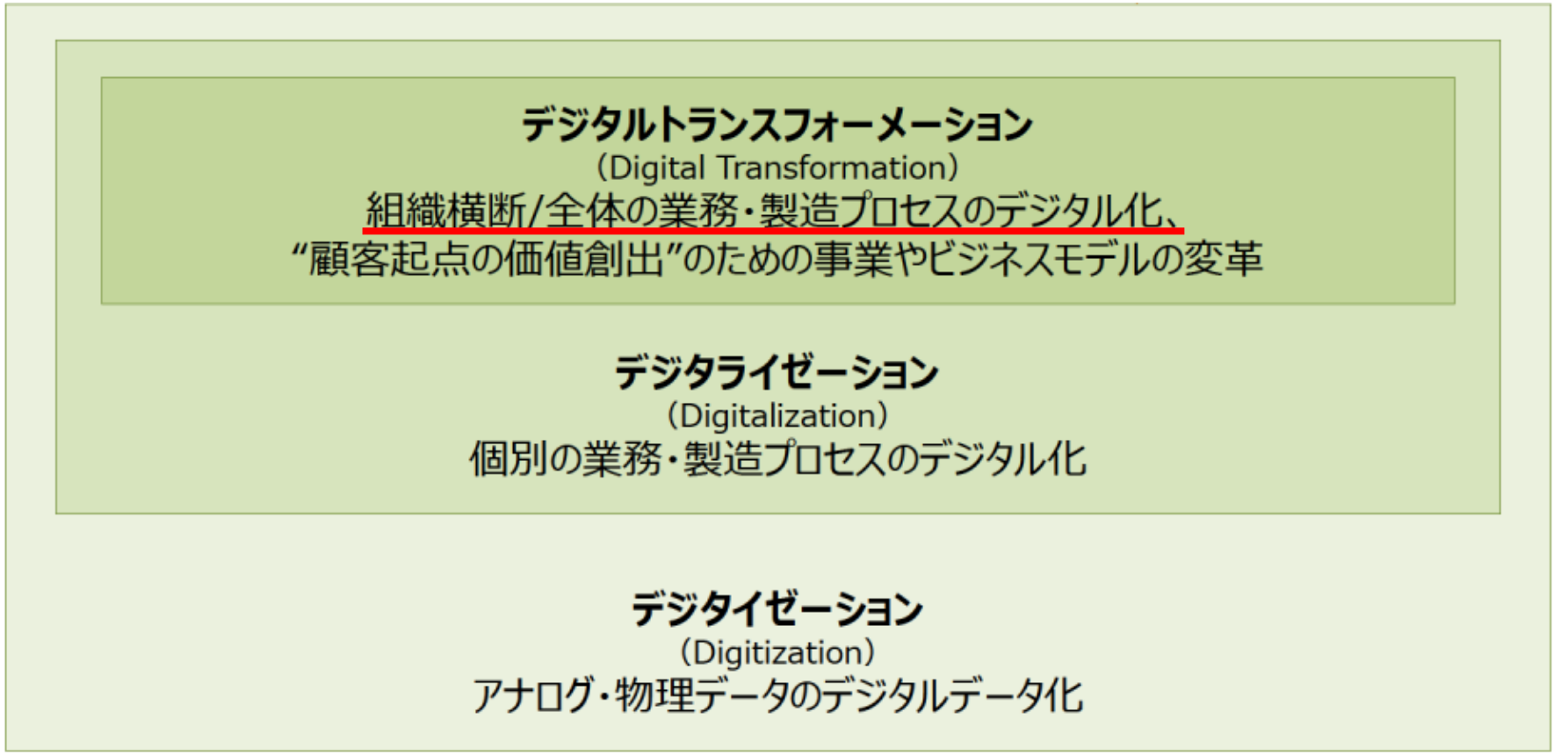
DoD Instruction 5000.97 Digital Engineering

- DoDの調達時にデジタル技術を要求する



DoD Instruction 5000.97 Digital Engineering より引用

デジタル・トランスフォーメーション（DX）



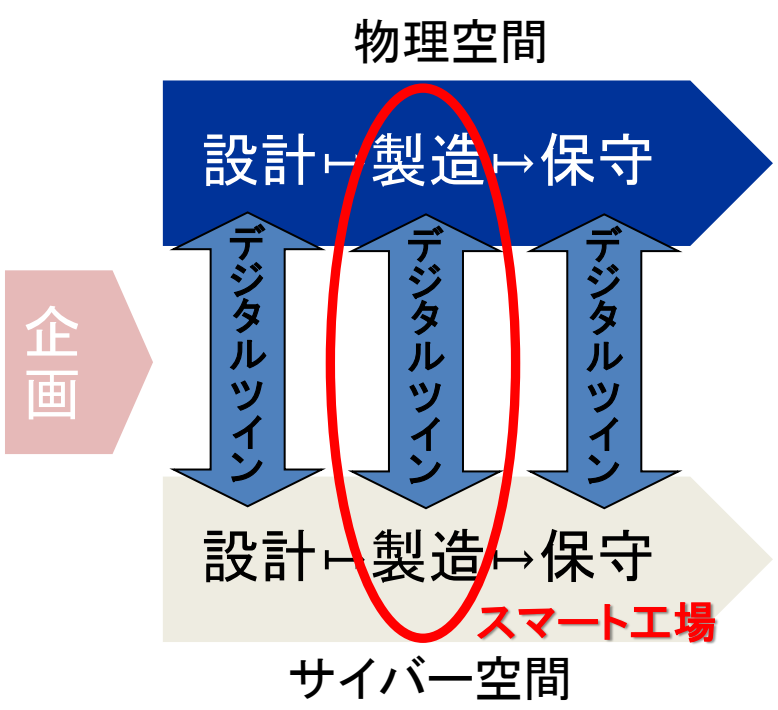
- TransformationをXと略すのは，trans-にはcrossの意味があり，crossをXで代用させている

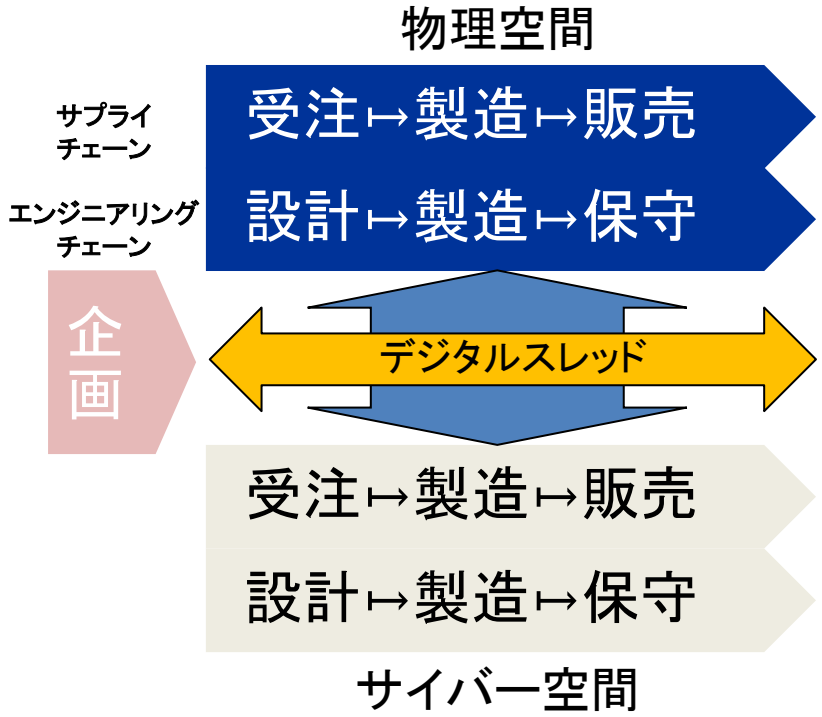
- 【経産省DX】　企業がビジネス環境の激しい変化に対応し，データとデジタル技術を活用して顧客や社会のニーズを基に，製品やサービス，ビジネスモデルを変革するとともに，業務そのものや組織，プロセス，企業文化・風土を変革し，競争上の優位性を確立する

https://www.meti.go.jp/policy/digital_transformation/index.html

デジタルツイン、デジタルスレッド

- デジタルツイン　　…垂直統合
- デジタルスレッド　…水平統合





- 詳細な定義は下記を参照
  - ◆ DIGITAL TWIN Position Paper(2020) https://www.aia-aerospace.org/wp-content/uploads/Digital-Twin-Institute-Position-Paper-December-2020-1.pdf
  - ◆ DIGITAL TWIN Implementation White Paper(2023) https://www.aiaa.org/resources/digital-twin-implementation-white-paper/
  - ◆ DIGITAL THREAD Implementation White Paper(2023) https://www.aiaa.org/resources/digital-thread-white-paper

目次

全体計画：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。

全体計画：経済安全保障重要技術育成プログラム

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：

航空機の設計、認証、生産プロセスの革新とプロセス統合

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101672.html
2023年7月12日プレスリリース

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）

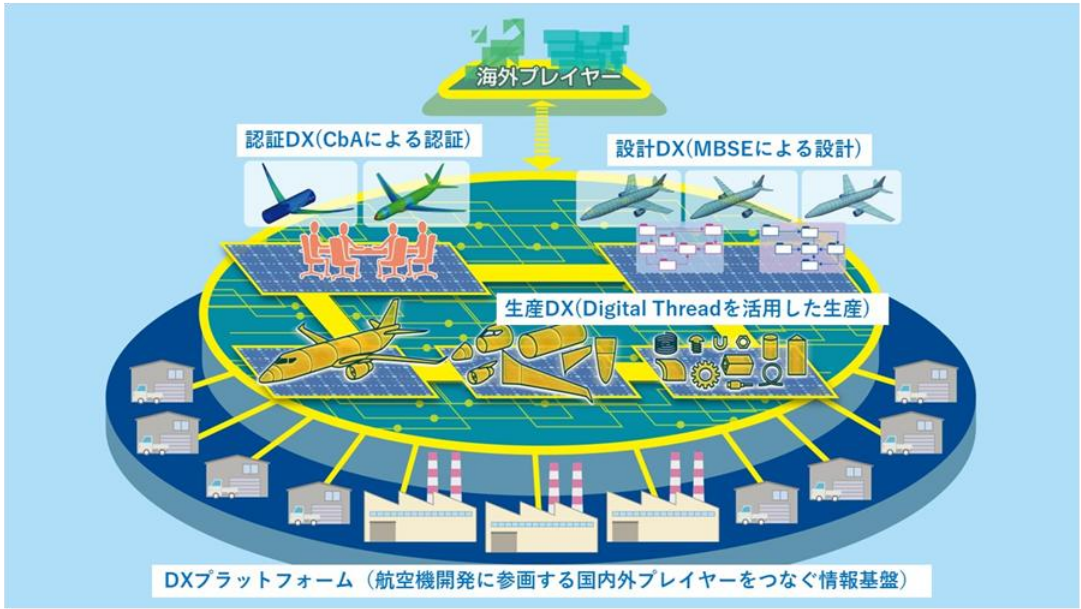
事業規模など

- 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

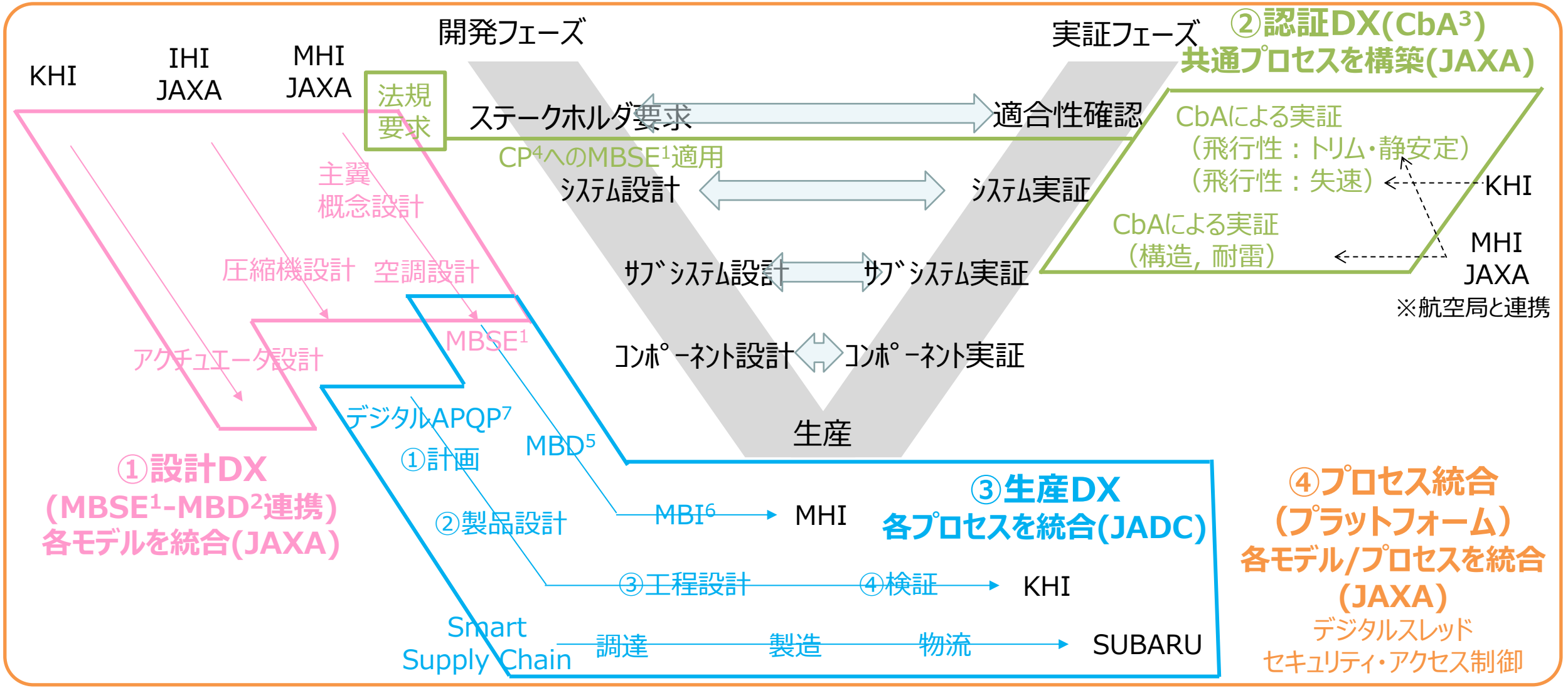
全体計画：本事業の課題概要

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、Smart Supply Chain(SSC)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

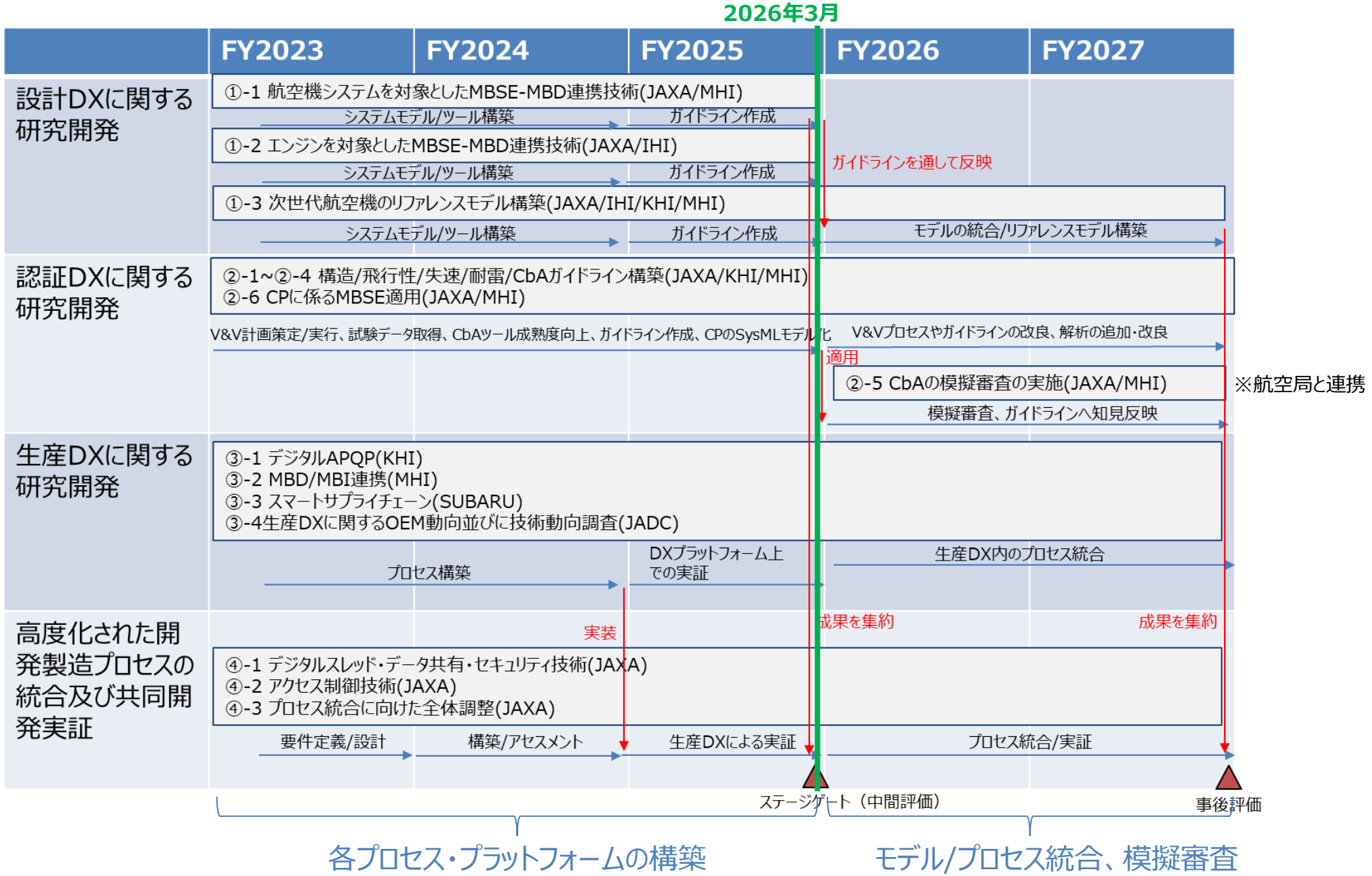
全体計画：本事業で構築するプロセスの全体像

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。



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

全体計画：全体スケジュール



目指すべきゴール

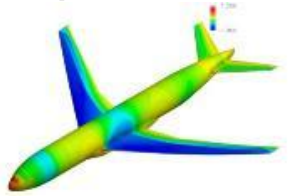
本事業の最終ターゲットは、DigitizationやDigitalizationではなく、**Digital Transformation(DX)**

Digitization（ﾃﾞｼﾞﾀｲｾﾞｰｼｮﾝ） → **Digitalization**（ﾃﾞｼﾞﾀﾗｲｾﾞｰｼｮﾝ） → **Digital Transformation（DX）**（ﾃﾞｼﾞﾀﾙ・ﾄﾗﾝｽﾌｫｰﾒｰｼｮﾝ）

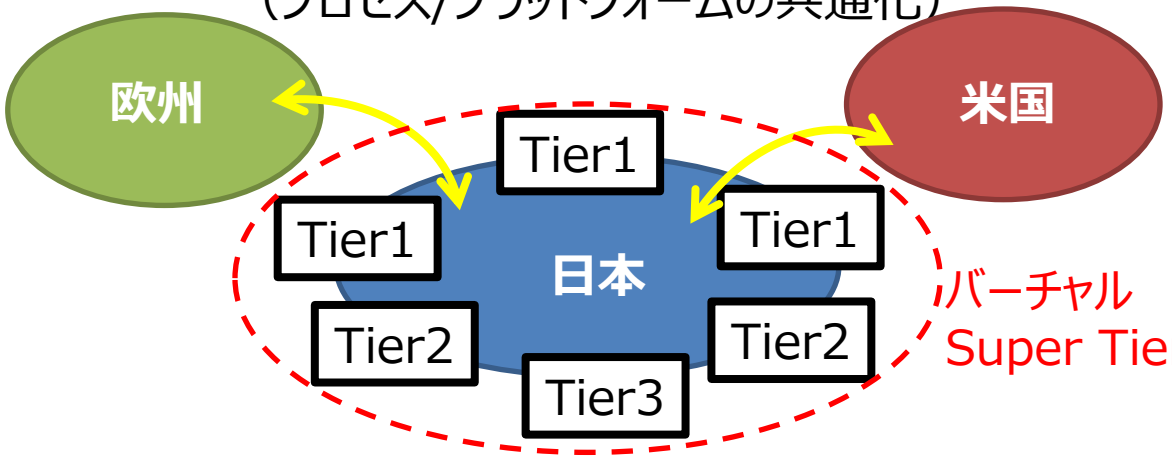
アナログ情報のデジタル化（ペーパレス）

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



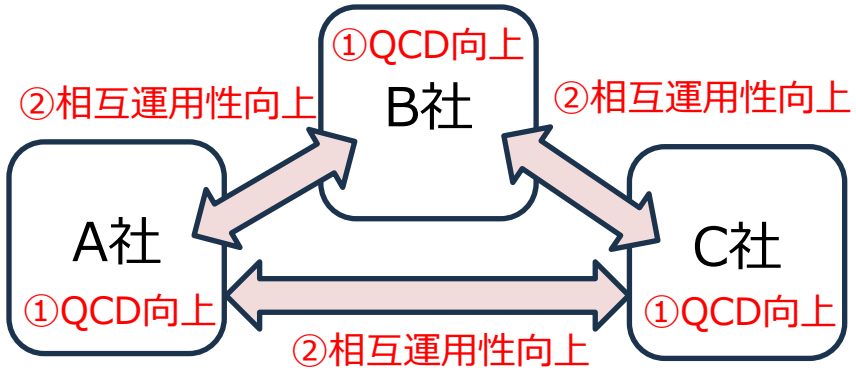
- 共通プラットフォーム上で**各標準プロセス**を有機的に接続し、国内企業で共有
  ⇒協調領域を大幅に拡大し、**国内の企業間連携を促進**
- 海外OEMとも連携可能な**インタフェース/セキュリティ**
  ⇒このプラットフォームを介して**海外OEMと容易に連携**可能

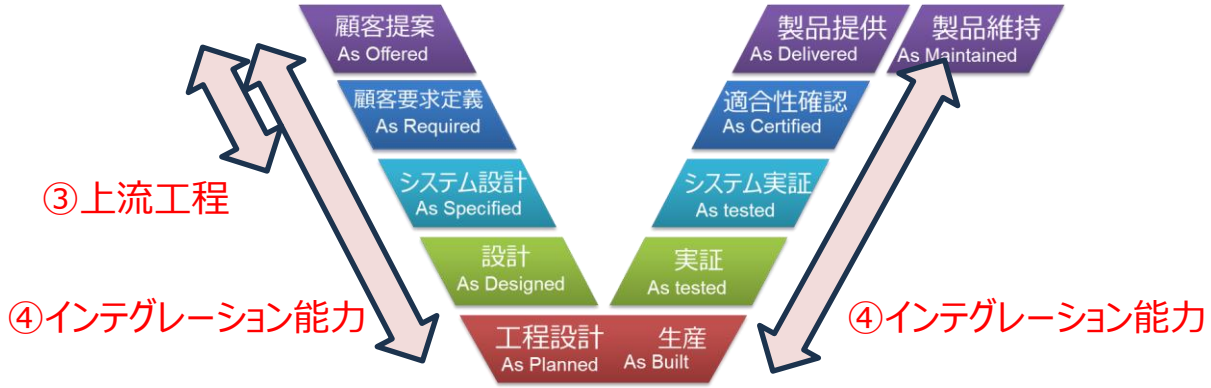
航空機開発の未来へのチケット（入場券）

目指すべきゴール

- 本事業では、航空DXの研究開発構想の実現の為、デジタル技術の動向を踏まえ、下記の4つの”技術戦略”を一体的に実施することで、次期民間機/エンジン開発における我が国航空機産業の国際競争力を向上させ、且つ将来的に海外OEMと伍する立場として国際連携での完成機事業参画を目指すための土台を構築する。

技術戦略	狙い	成果物
①QCDの向上	・デジタル技術を用いた革新的なプロセスを構築し、コストまたは開発期間を３割削減することで、国際競争力を強化する。 ・擦り合わせ能力の強化、熟練者の技能（“匠の技”）の維持	設計DX・認証DX・生産DXの各プロセス及びガイドライン
②相互運用性の向上	・企業間のインターフェイスを標準化することで、デジタル技術を用いた効率的な企業間連携を可能にする。また、海外OEMとの相互運用性を確保することで、サプライヤーの事業機会の拡大につなげる。 ・サプライチェーンの強化	企業間連携のためのMBSEモデル作成とデータ交換の標準
③上流工程への参画　能力の向上	・設計上流部分に食い込むため、MBSEおよびMBDを活用した設計／認証技術を獲得する。 ・擦り合わせ能力の強化	設計DX・認証DXのプロセス及びガイドライン、 MBSEの標準化基準
④インテグレーション能力の向上	・設計DX・認証DX・生産DXのプロセス全体を統合し、一連のデータをDigital Threadにする技術を獲得。 ・擦り合わせ能力の強化、サプライチェーンの強化	設計DX・認証DX・生産DXの統合プロセス





目次

航空機ライフサイクルDXコンソーシアムの概要

- 名称

  航空機ライフサイクルDXコンソーシアム

- 英文名称、略称

  Compre**H**ensive **A**viation **IN**novation by digital **TRANS**formation

  ＝　CHAIN-X（チェインエックス）

- 公開情報

  JAXA航空技術部門サイト　産学連携・国際協力 > コンソーシアムの活動

  https://www.aero.jaxa.jp/collabo/consortium/CHAIN-X/

航空機ライフサイクルDXコンソーシアム(CHAIN-X)

2022年6月にJAXAを代表機関として設立

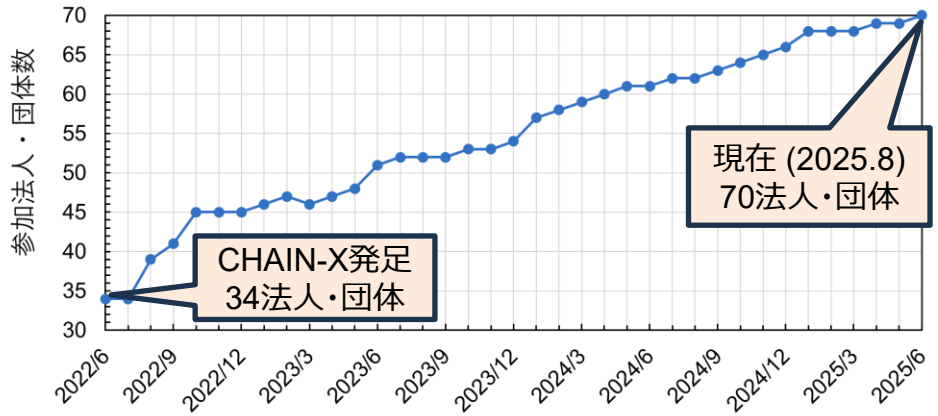
【ミッション】

- 航空機のライフサイクル全体にわたるDXの推進による、航空産業の開発、製品、サービスの革新
- 産学官連携の場の提供、及び関連研究の推進

【主な活動内容】

- 将来ビジョン、ロードマップ等の策定
- オープンフォーラムの開催等による情報発信、広報・啓発活動
- 国内外の情報収集および本コンソーシアム内での共有
- 外部資金導入の促進

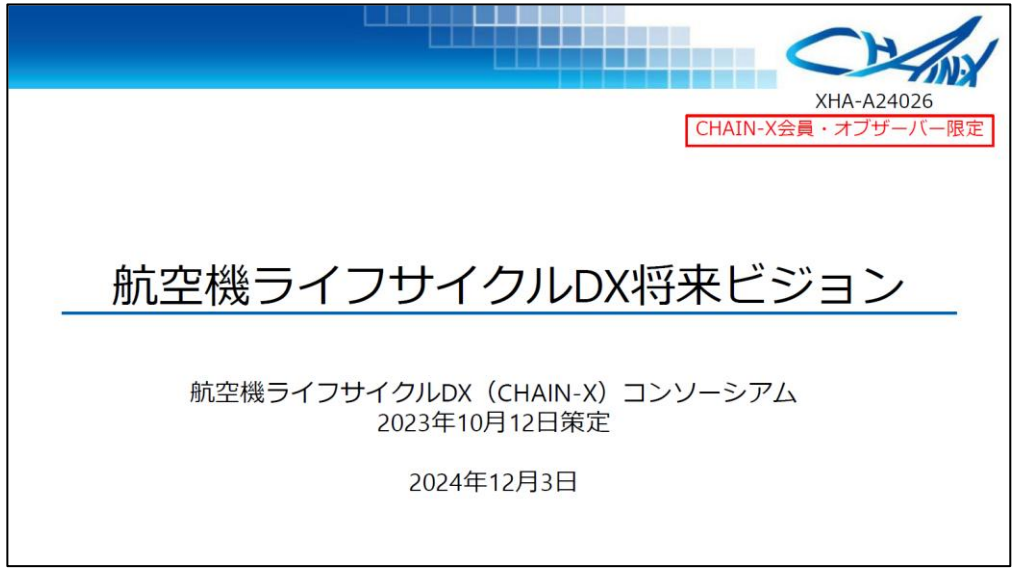
参加法人・団体数の推移



※プラットフォーム、データ、プログラム、サーバ等の総称

航空機ライフサイクルDX将来ビジョン

- 航空機ライフサイクルDXに関する産学官のニーズや課題認識、国内外の動向を踏まえ策定(2023年10月)
  - 運営委員会を中心としたライフサイクル全体（設計、認証、生産、運用・保守、廃棄・リサイクル）に関する検討。
  - 専門分科会「DX拠点ビジョン分科会」でのDX拠点に関する検討。
  - 第1回オープンフォーラム（2023年11月29日）で概要を公開。
- DXにより変革される航空機ライフサイクルの将来像と実現に向けたロードマップを産学官で共有
- 航空機ライフサイクルDXの実現に向けた研究開発を促進し、参加者の裾野を拡大。
  - 詳細版はCHAIN-X参加法人・団体限定で公開。


XHA-A24026
CHAIN-X会員・オブザーバー限定

航空機ライフサイクルDX将来ビジョン

航空機ライフサイクルDX（CHAIN-X）コンソーシアム
2023年10月12日策定

2024年12月3日

内容

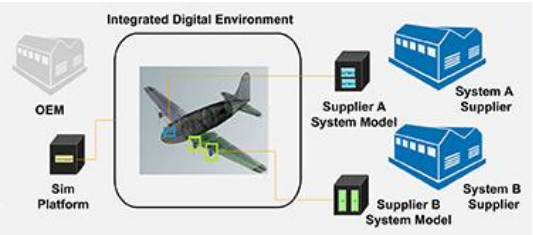
航空機ライフサイクルDX将来ビジョン

航空機ライフサイクルデータエコシステムの構築による
国内航空産業の変革と国際競争力の強化を通し、
人と環境に優しい持続可能な航空利用社会の実現に貢献する。

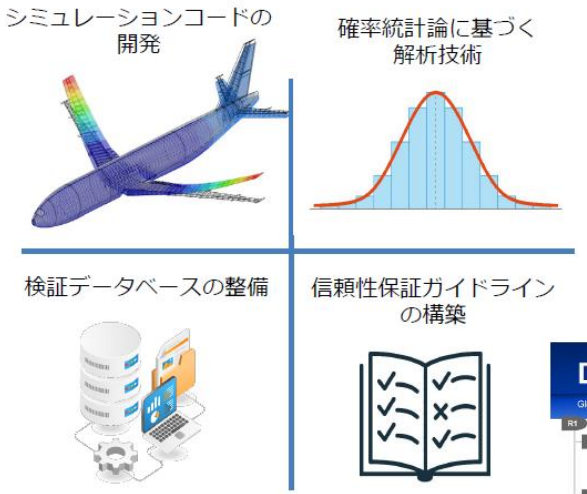
航空機ライフサイクルDX将来ビジョン（各フェーズ）

	2050年
設計DX	• 対象とするすべてのシステムに対し、モデルベースの設計情報管理と協働設計 (Co-Development 、 Co-Simulation)が全体に適用される。 • 生産および認証との連携が一般的となり、設計3Dデータが広く活用される。
認証DX	• 認証におけるCbAの利用が可能となり、CbAが認証活動の中心となる。 • 試験実施のコストや工数の削減にCbAの利用が効果的な分野以外でも、多くの企業が活用。
生産DX	• メーカー・サプライヤーの社内・社間での生産関連データの連携 • 製造工程の事前検証・最適化を融合させた統合生産技術 • 認証におけるデータ活用も進む。

https://www.boeingsuppliers.com/become/modelbasedengineering/mbe-supplier-engagement-framework

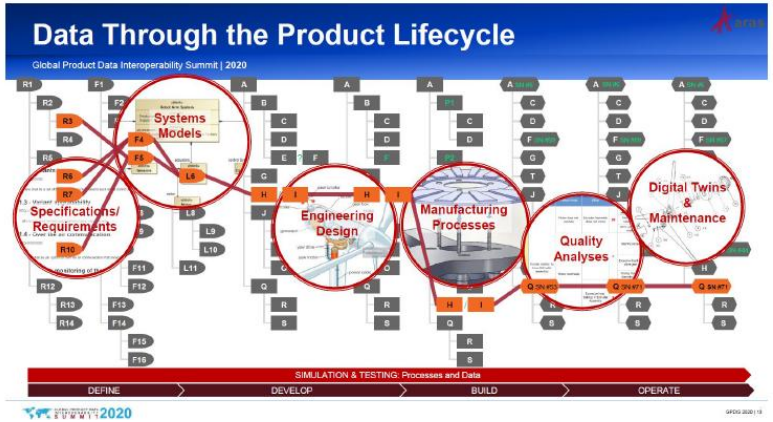


Co-Development/Co-Simulation



CbA

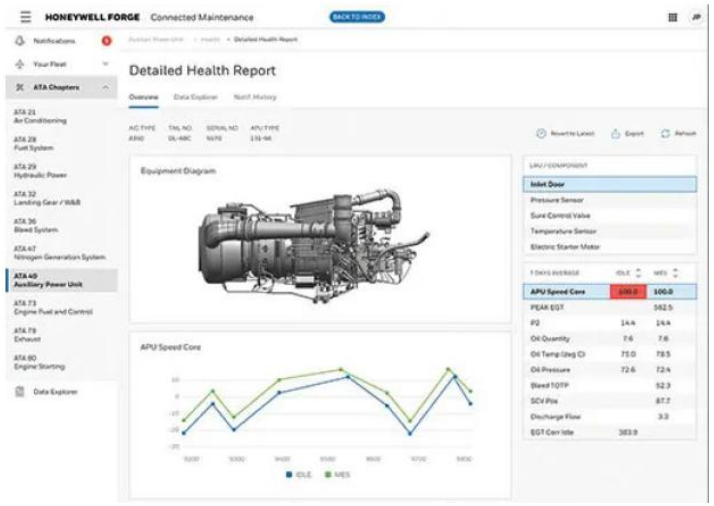
GPDIS2020 System Thinking and an End-to-END Digital Thread must support “All-D”, including 3-D



生産関連データの連携

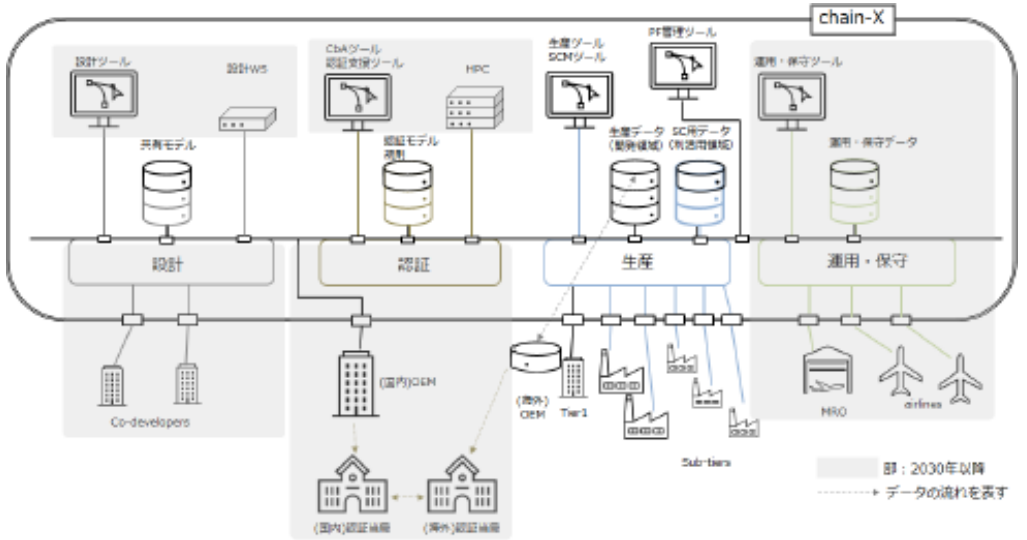
航空機ライフサイクルDX将来ビジョン（2050年の姿）

	2050年
運用保守DX	• すべてのシステムについて、予測整備が計画的・効率的に行われ、定期整備が最適化されている。 • 気象データの収集・共有と飛行環境の予測が一般的となり、運航管理に活用される。
廃棄リサイクルDX	• 廃棄・リサイクルを担う国内事業者との連携 • トレーサビリティが確保された材料リサイクルと、その航空機への活用が一般的となる。
DX拠点	• ライフサイクルデジタルツインが構築された拠点が共創の場として利用 • 他の領域や社会基盤を含む多様なデータエコシステムにより、航空利用イノベーションが図られる。



予測整備

https://www.aerospacetechreview.com/



ライフサイクルデジタルツインの拠点

コンソーシアムの各種活動

【専門分科会】

- MBSE勉強会
- DX拠点ビジョン
- 認証共通基盤検討
- MRO・複合材リサイクル
- 設計DX/認証DX/生産DX/DX-PF

【オープンフォーラム】

- 第１回オープンフォーラム（2023/11/29開催、参加者246名）：METI、MHI、東大からの基調講演、将来ビジョンの公開、Kプロ研究開発の紹介
- 第２回オープンフォーラム（2024/12/3開催、参加者291名）：IHI、ANA、JAL、富士通からの基調講演、Kプロ研究開発と認証共通基盤検討の紹介
- 第3回オープンフォーラム（2025/12/2開催、参加者239名）：電通総研、RRI、JAMBE、豊電子からの基調講演、Kプロ研究開発と認証共通基盤検討の紹介

目次

DXプラットフォーム(SACRA)の目指す姿

- 航空機国際共同開発の現状
  - 形態
    - OEMから国内Tier1を介し、Sub TierがTree状に連携（右図２の上部）
  - 課題
    - 各社調整事項
      ①セキュリティ・レベル、②データ交換フォーマットや方法、③自社システムとのインテグレーション
    - Tier2の中には複数Tier1からデータを入手

- 目指す姿
  - 形態
    - SACRA中心のHub & Spoke型に変換
    - SACRA上でデジタルスレッドを共有
  - 利便性
    - 各社調整事項はSACRAとのインテグレーションのみ
    - 複数Tier1と取引きするTier2は同一箇所（SACRA）からデータを入手可能
    - OEMはサプライヤー情報収集・分析・リスク管理容易

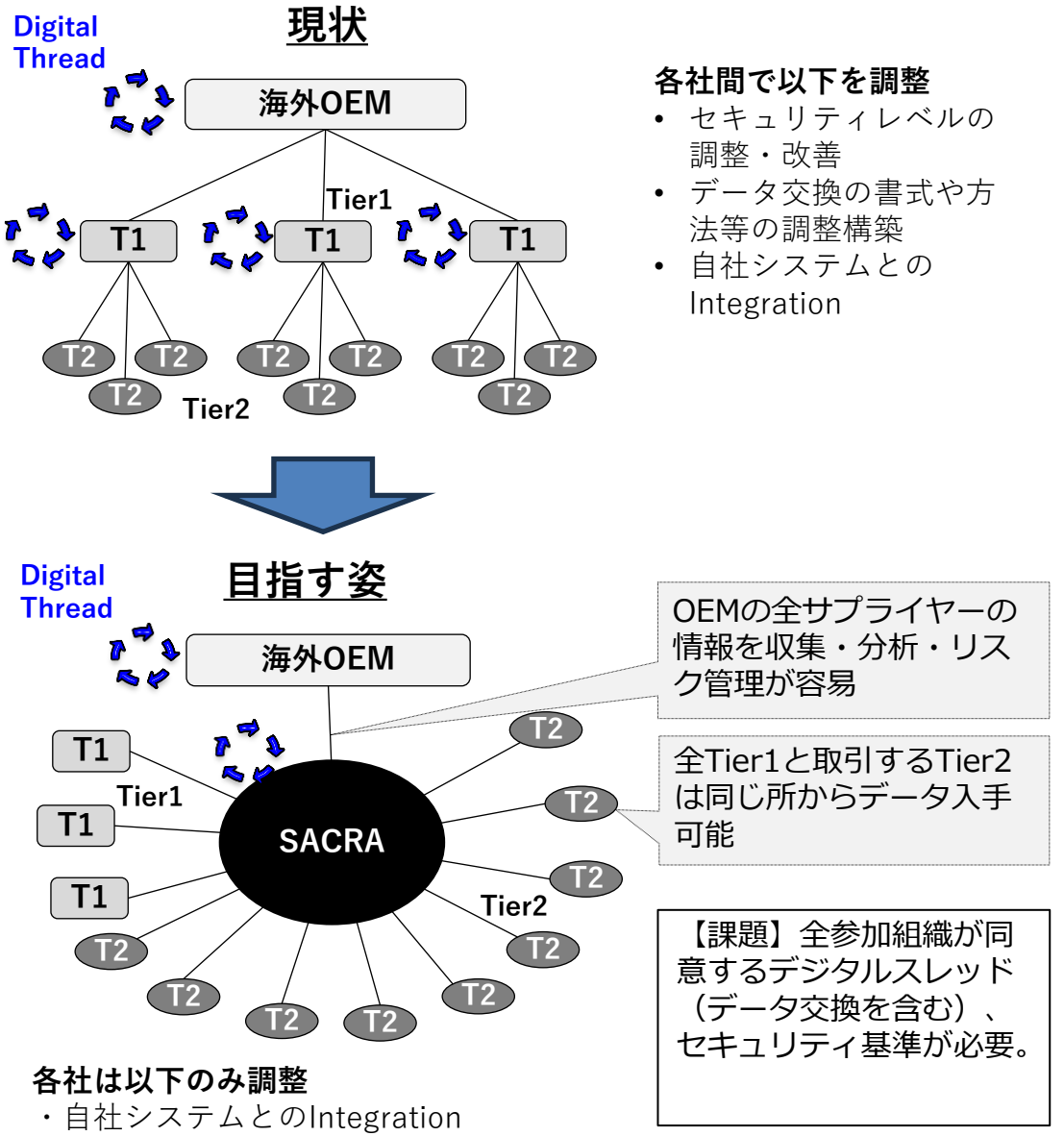


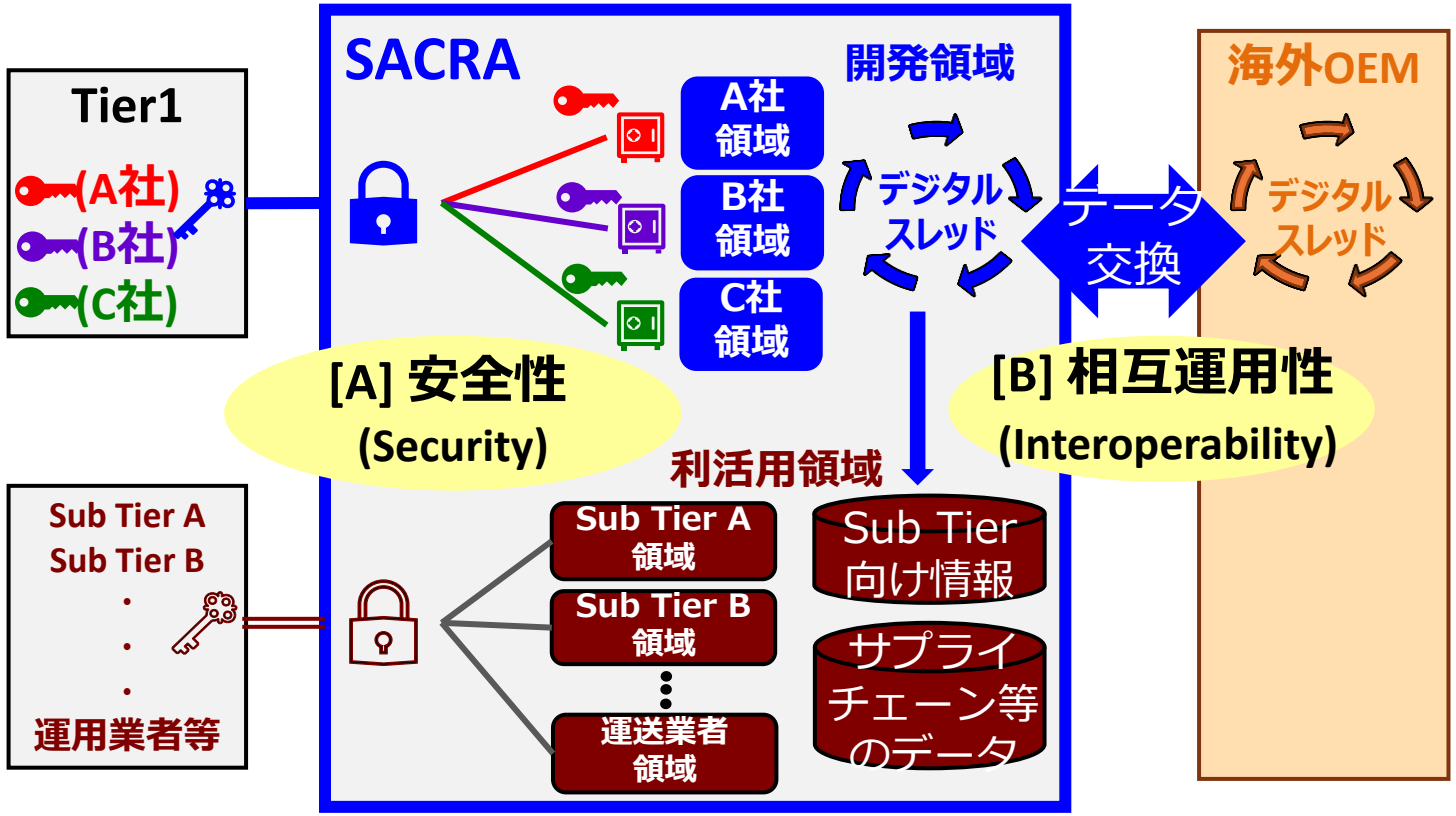
図２　SACRAがもたらすDX

DXプラットフォーム（SACRA）の概要

- 全体アーキテクチャ概念図
  - 「開発領域」と「利活用領域」を設定
    - 利用者と利用目的等を考慮
  - 開発領域
    - 海外OEMや機種毎の開発環境の違いを吸収
    - 相互運用性に重点
  - 利活用領域
    - より多くの企業の参加
    - 開発領域から利活用領域への一方通行

- 研究開発すべき技術
  - **デジタルスレッド技術**（要求～設計～製造）
    - 含む、OEMとのデータ交換、利活用領域展開
  - **データ共有技術**（Sub Tier等との共有）
    - 含む、サプライチェーン関連データ
  - **セキュリティ技術**（OEMとTier1と合意）

- アーキテクチャ設計におけるポイント
  - 海外OEMの動向や国内Tier1の要求を認識
  - 情報技術の動向や現時点での制約等を調査
  - **安全性**と**相互運用性**というトレードオフ関係にある要請を適切に満たす

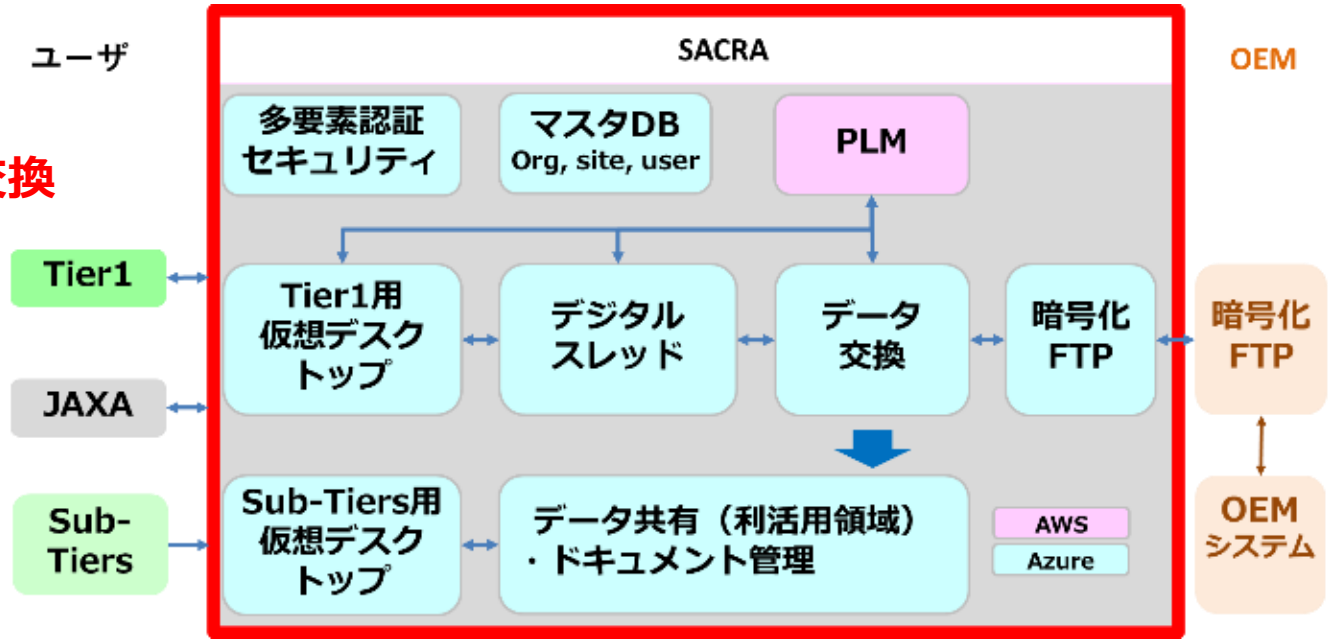


SACRAの全体アーキテクチャの概念図

SACRAの構築

システム・アーキテクチャ

- 右図の中の主な機能
  - **1.OEMやTier1間の暗号化FTPによるデータ交換**
  - **2.PLMやデジタルスレッド等**
  - **3.データ共有やドキュメント管理等**
  - **4.マスタDBや仮想デスクトップ等の共通機能**
  - **5.ネットワークやセキュリティ等の基盤部分**



システム･アーキテクチャ図（概要）

- 主要な考慮ポイント
  - **安全性**と**相互運用性**
  - 改版されるシステム化要求にあわせて改版を繰り返して、最適化
- 構築技術の選定
  - アジャイル的な要素を取り入れるために拡張性や柔軟性に秀でたクラウド技術を優先

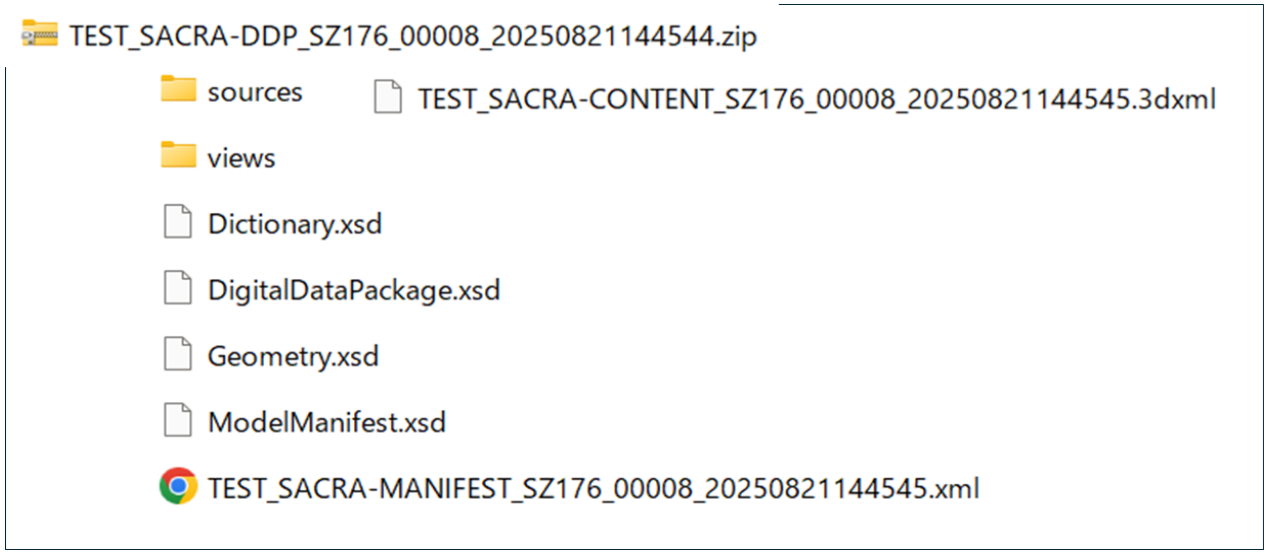
SACRAの構築

データ交換方式

- データ交換標準規格の**Digital Data Package(DDP)**仕様※を取り入れたデータ交換。
- DDPを作成・解釈可能なプロトタイプのアプリケーションの開発

※ISOやOMG (Object Management Group)と連携した非営利組織prostep ivipのDDP working groupにより公開

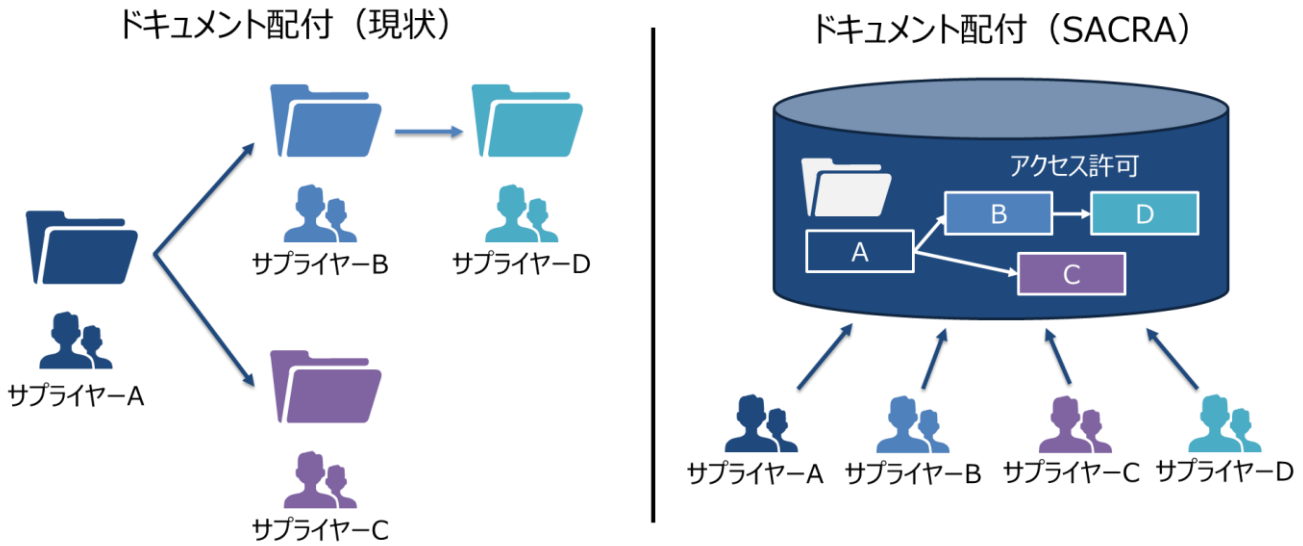
DDPの例



ドキュメント配付

ネットワーク上でHub & Spoke型のデータ配付を実現

- 利活用領域ではデータへのアクセス権を管理
- アクセス権をもつ組織が直下の他組織に対する権限の付与・剥奪を設定



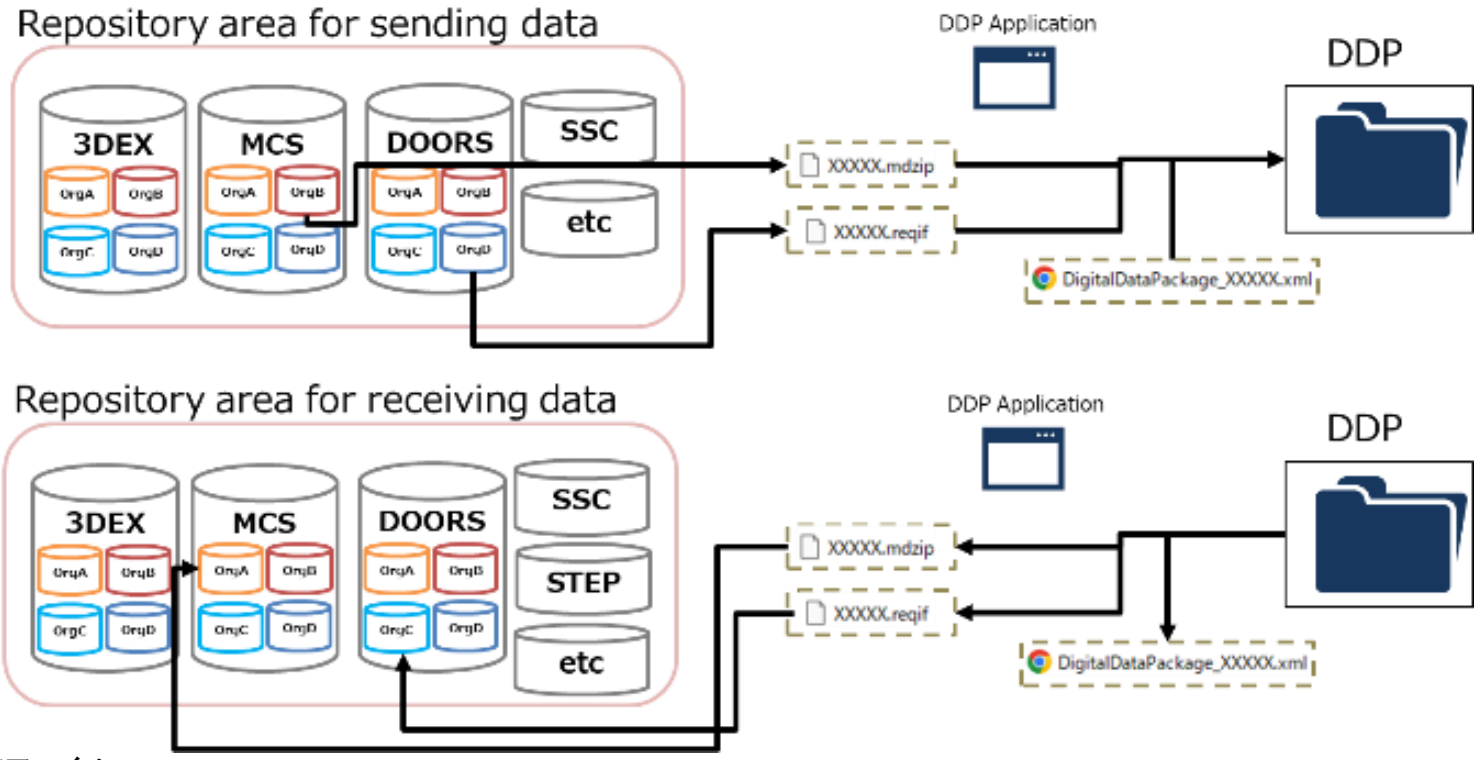
ドキュメント配付の概念図

SACRAの検証

■ データ交換機能の検証

複数組織の製品間におけるデータ交換の仕組みにおいて、データ交換のアプリケーションがDDP仕様に基づく要求通りに機能するか検証した。

① セキュアな通信プロトコルによる二組織間のデータ通信基盤の検証
② DDP Representation※の作成と読み取りの検証
③ DDPの作成、DDPアプリケーションを使用したデータ交換、および、開発領域アプリケーションでのデータインポート/エクスポートまでのインフラ連携検証



※DDP内にXMLファイルとして記述し格納する、パッケージやコンテンツファイルのメタデータ情報。スキーマ(XSD)に従う。
郵便における封筒や荷札、品目リストに当たるような情報を保持している。

③データ交換機能の検証

SACRAの検証

開発領域の検証

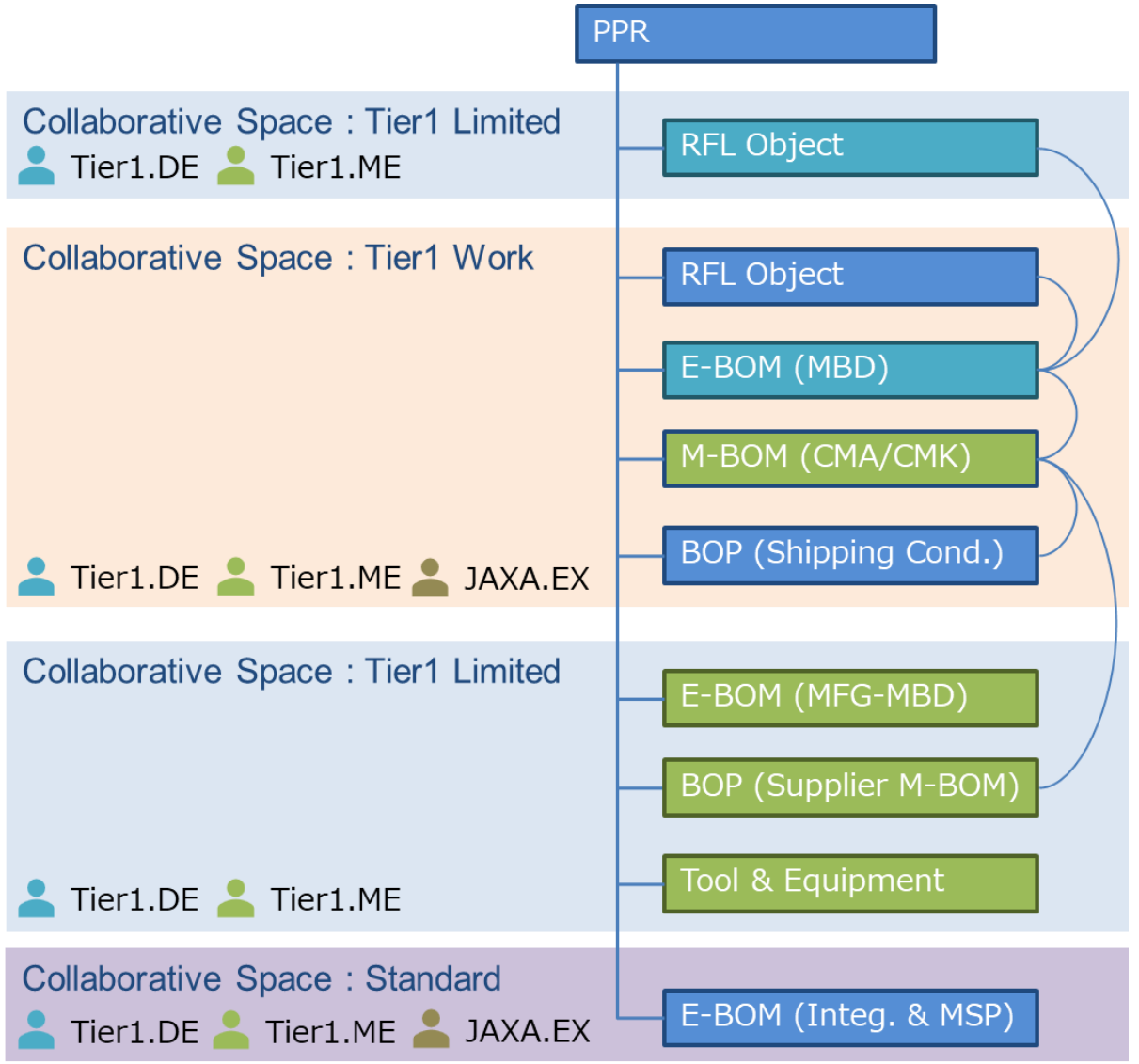
構築したデジタルアーキテクチャにおけるデータ連携の実現性を検証するため、OEMとTier1を想定した2拠点間でデータ交換の機能検証を実施した。

① データ種別ごとの交換検証

データに含まれる情報の欠落がないかを確認し、データ交換能力を評価

② 複数データ種別を含む交換検証

データ間のデジタルスレッド実現性を検証



②複数データ種別を含む交換検証

分散データスペース　背景・目的

- 航空機は複数企業による共同開発が一般的。
  →現状は、企業毎に固有の情報システムを構築しており、企業間の連携は容易ではない。
- 解決手段として、欧州におけるGaia-X、Catena-X及びAerospace-Xなどの取り組みに代表される**“データスペース”**が注目に値する。データ交換とデータ共有技術を標準化することにより、企業間連携を促進。
- これらの取り組みでは、**“データ主権”**の保証が重要視。
  – データ主権：データ所有者が自分のデータの開示先や用途等を自ら制御および管理できる権利。
- 今後、欧州企業と取引している日本企業に対して、このデータスペースへの接続を要求される可能性。
  →この技術に対応できなければ、欧州企業との取引に必要な重要データを交換できなくなり、事業機会喪失。

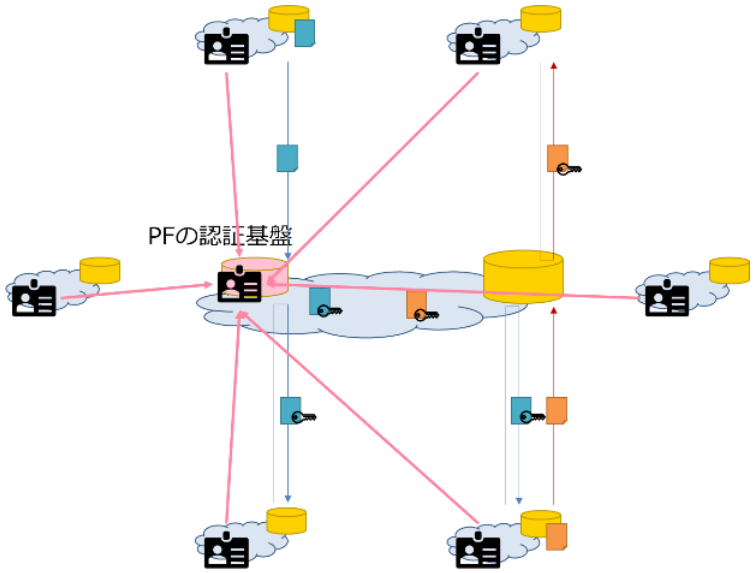
➡しかし、国内の航空機産業においては、欧州のデータスペースの理解・把握ができていない状況で、欧州とのデータ連携に関しても未検討。

➡【目的】

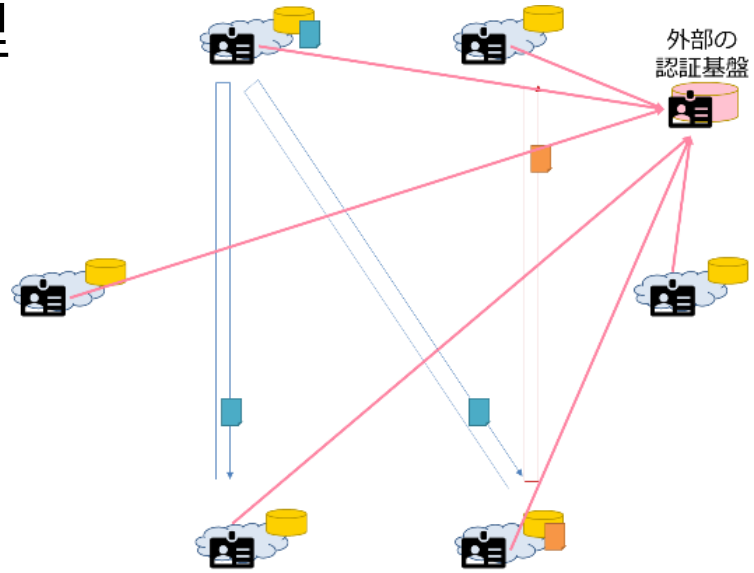
将来的な航空産業界用のデータスペースを検討するため、欧州の分散型データスペース技術を把握・理解することを目的とし、欧州の取り組みを参考に、航空機業界の分散型データスペースを模擬した検証システムの開発・構築を行い、データ主権保護機能の実証を行う。

集中管理と分散管理の違い

■ 集中管理



■ 分散管理



	集中管理	分散管理
構築事業者	プラットフォーマー	データ所有者
データ保存先	プラットフォーム	データ所有者の環境
データの管理者 アクセス権の管理者	プラットフォーマー	データ所有者
利用者の認証	プラットフォーマー	外部の認証基盤
データ漏洩、他者の検閲などのリスク	大きい	小さい

集中管理方式に対して、分散管理方式のほうがデータ主権の確保が可能

分散データスペース検証システムの概要

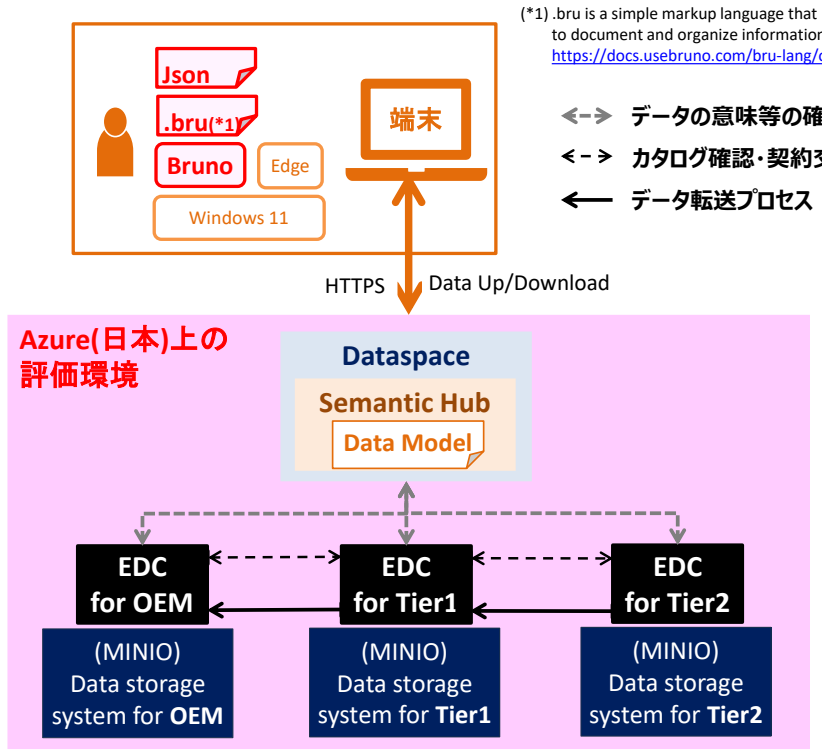
- EDCをベースとし、航空機業界DXデータスペースを模擬したシステムを構築。
  - EDC（Eclipse Dataspace Connector）：欧州22社で創設したGaia-X AISBLがGAIA-Xハッカソンで発表したコネクタ
- Microsoft Azureクラウドにて構築し、各機能の連携は基本的にREST（Representational State Transfer）APIにて処理（検証参加者は手元の端末からBrunoを使って簡易操作）。

EDCを活用しアクセス権を制御する事で、
データ主権を保持

Semantic Hubを用いて、
連携するデータの書式や格納情報等の
連携ルールを示すデータモデルを登録

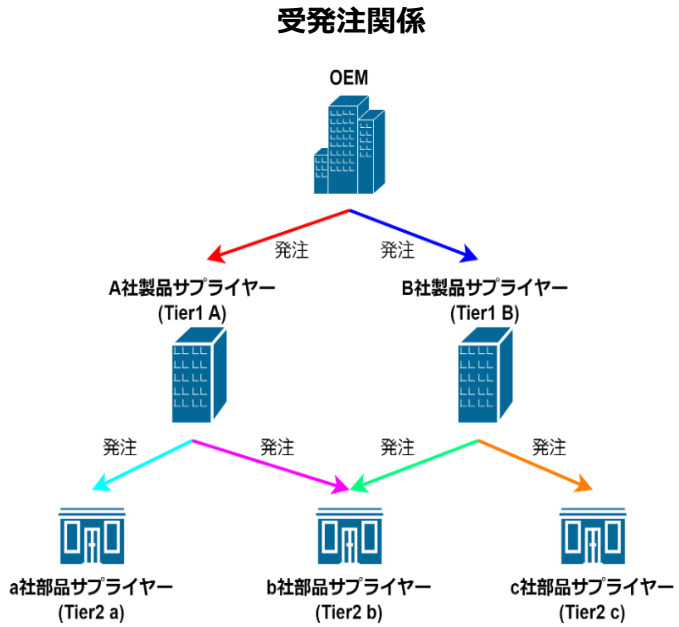
コネクタとなるEDCを介して
データスペース上で連携

データは各企業専用ストレージとなる
MinIO上に保管



(*1) .bru is a simple markup language that utilizes plain text files to document and organize information for your API requests
https://docs.usebruno.com/bru-lang/overview

<--> データの意味等の確認
<- -> カタログ確認・契約交渉
<-- データ転送プロセス



GAIA-X(EDC)技術評価環境概要

分散データスペース テストの概要及び結果

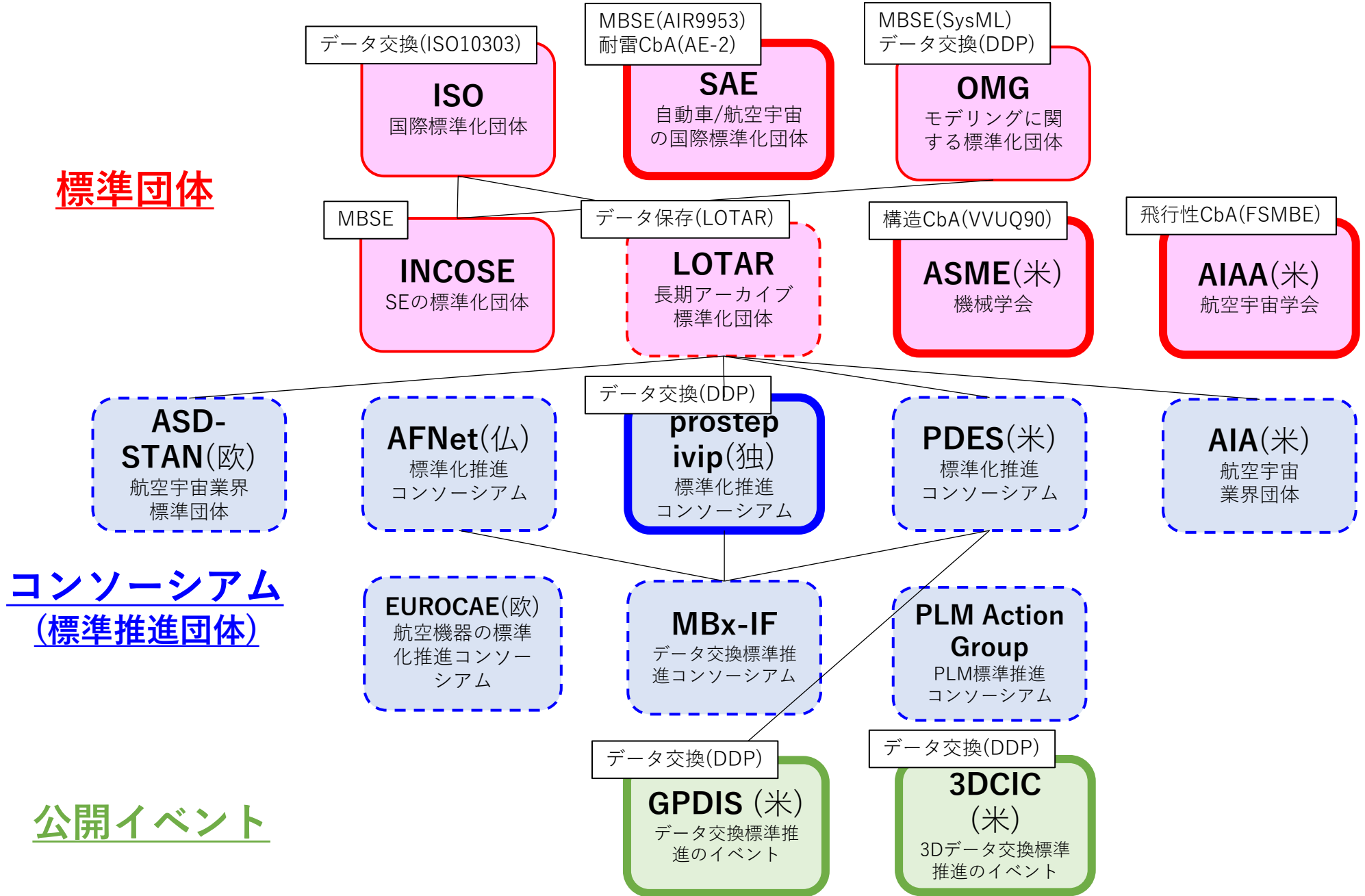
- 以下の検証シナリオを作成して、これに沿って実証を行ったところ、**データ主権を確保できることを確認できた。**

A) データ交換
  - データ受信側として、許可されている相手から許可されているデータを受信する、というシナリオ。
  - 1GB規模のCADデータを含むデータのアップロード、許可されているカタログやデータ詳細を参照・取得、そのデータの契約・転送・ダウンロード等が可能か検証。

B) アクセス制御
  - データ受信側として、許可されていない相手・データにアクセスできない事を確認する、また、データ公開側として、許可設定を追加し、アクセス可否の更新を確認する、というシナリオ。
  - データ交換シナリオの内容に加えて、公開する企業の登録、契約情報の登録等が可能か検証。

目次

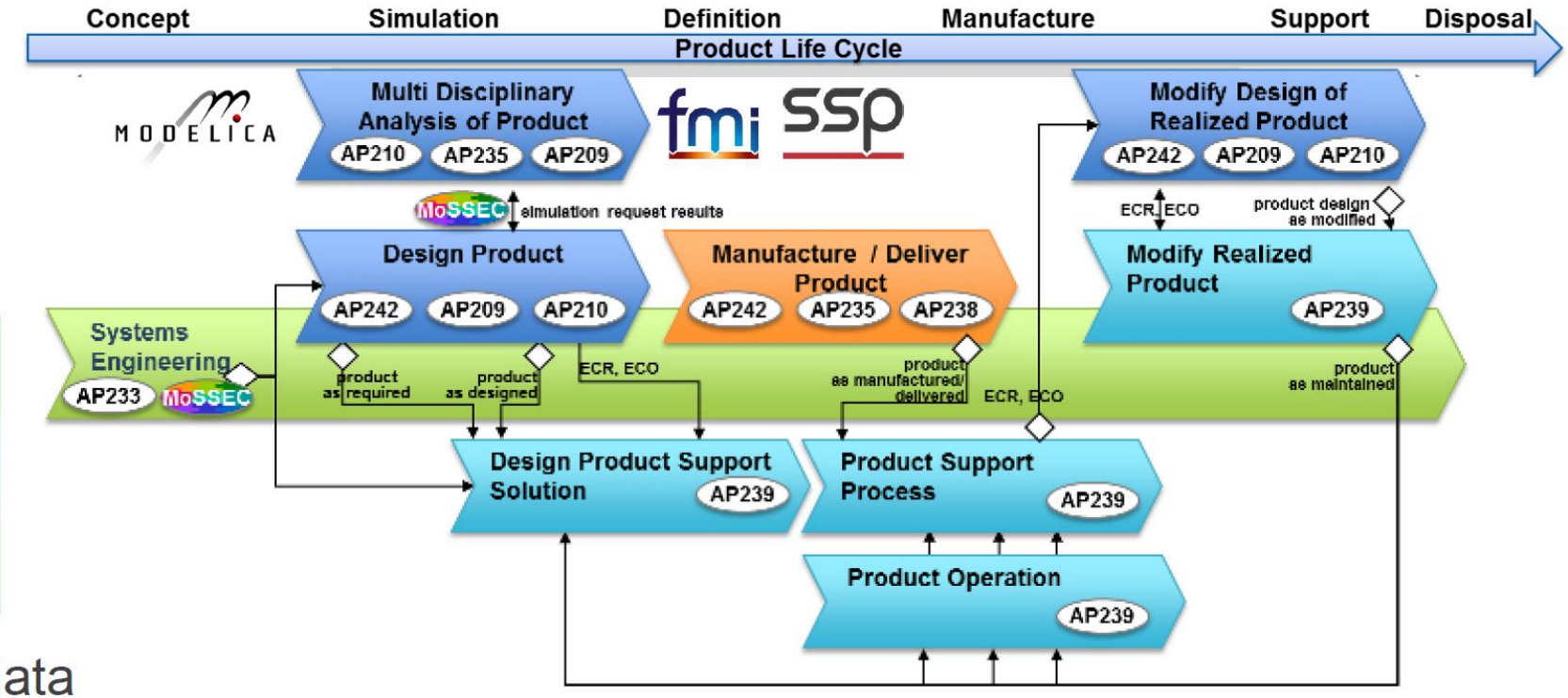
航空機DX関連の標準団体



STEP系の標準

STEPで議論されて、ISO10303として標準文書になる

The path to integrating data

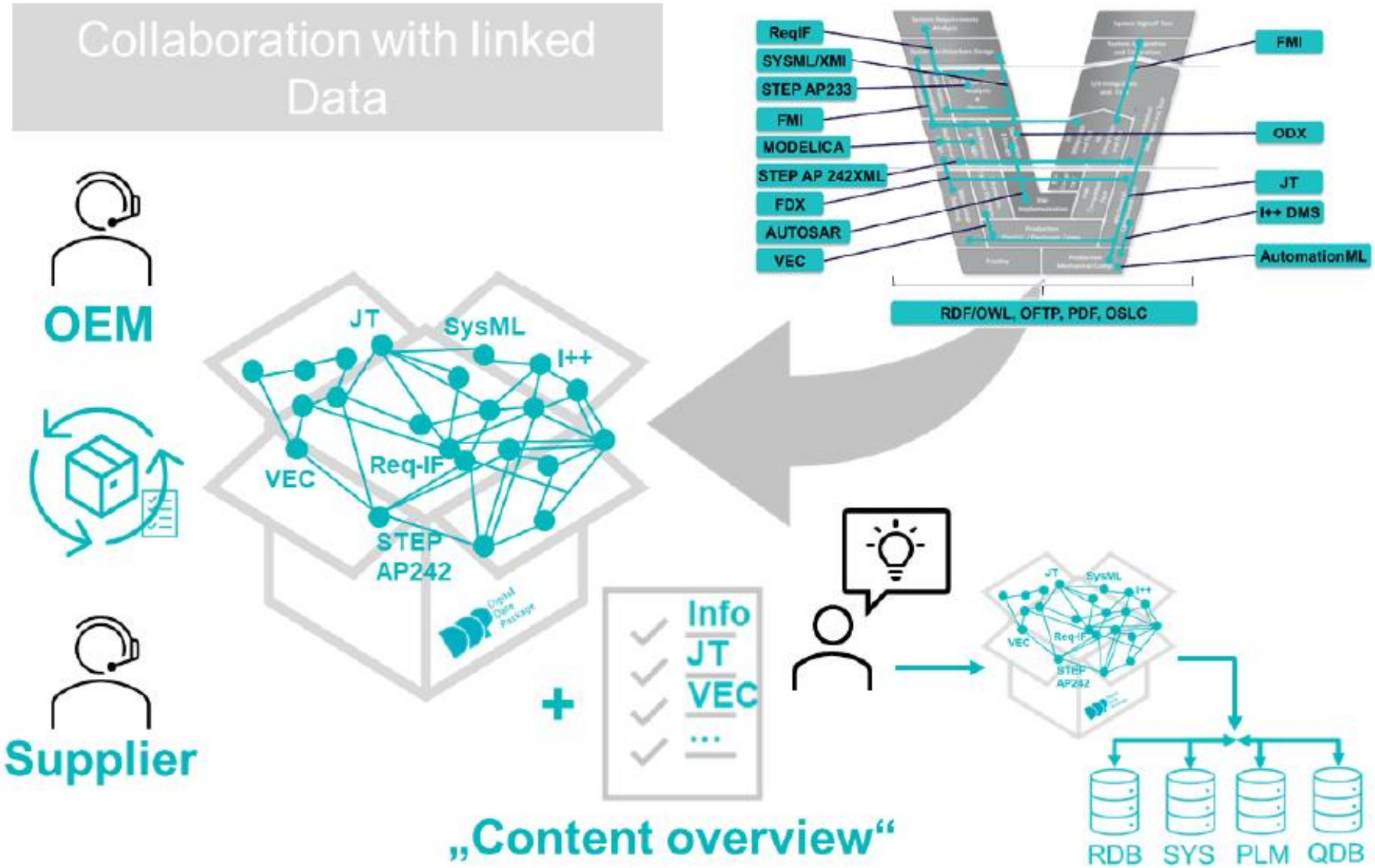


MoSSEC

Model metadata
Scope, Pedigree, Provenance
Who, What When Where, Why, How

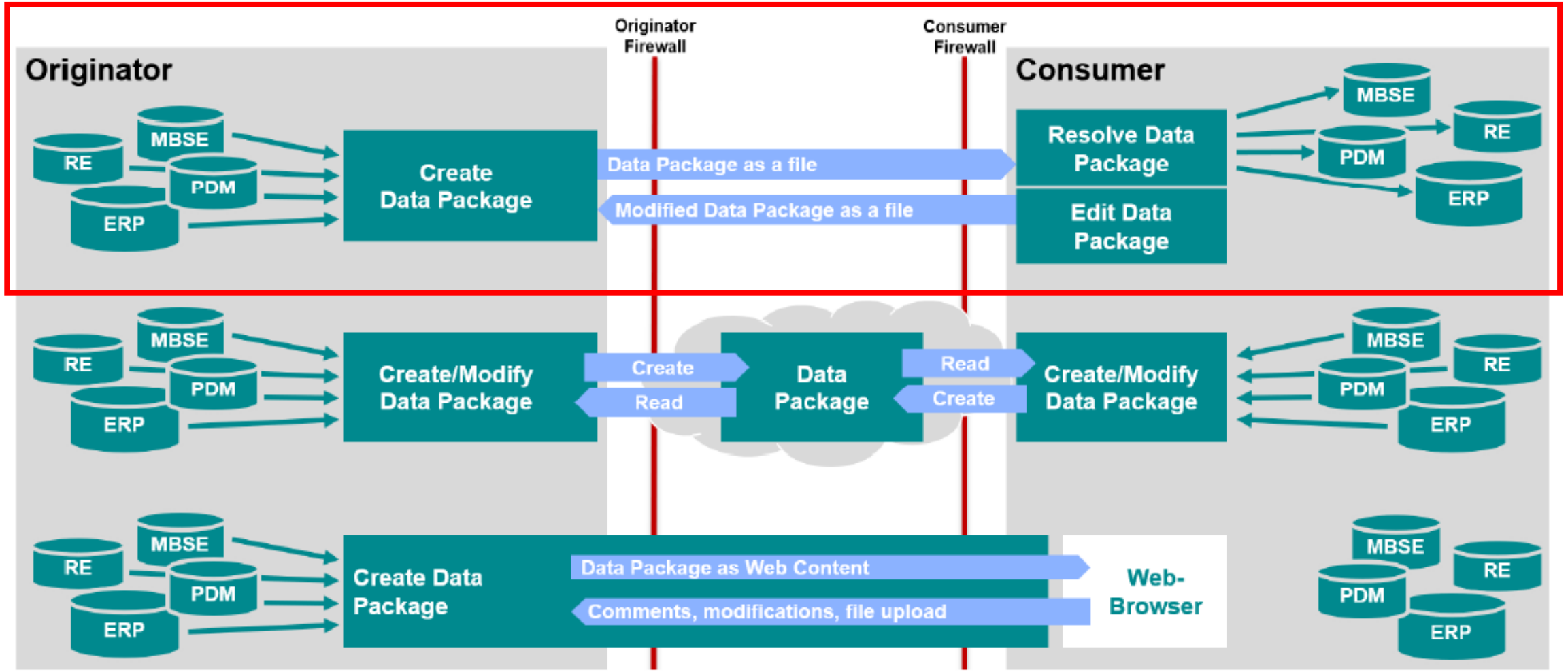
Mark Williams, INCOSE2021

DDP Capability



DDP Collaboration Mode

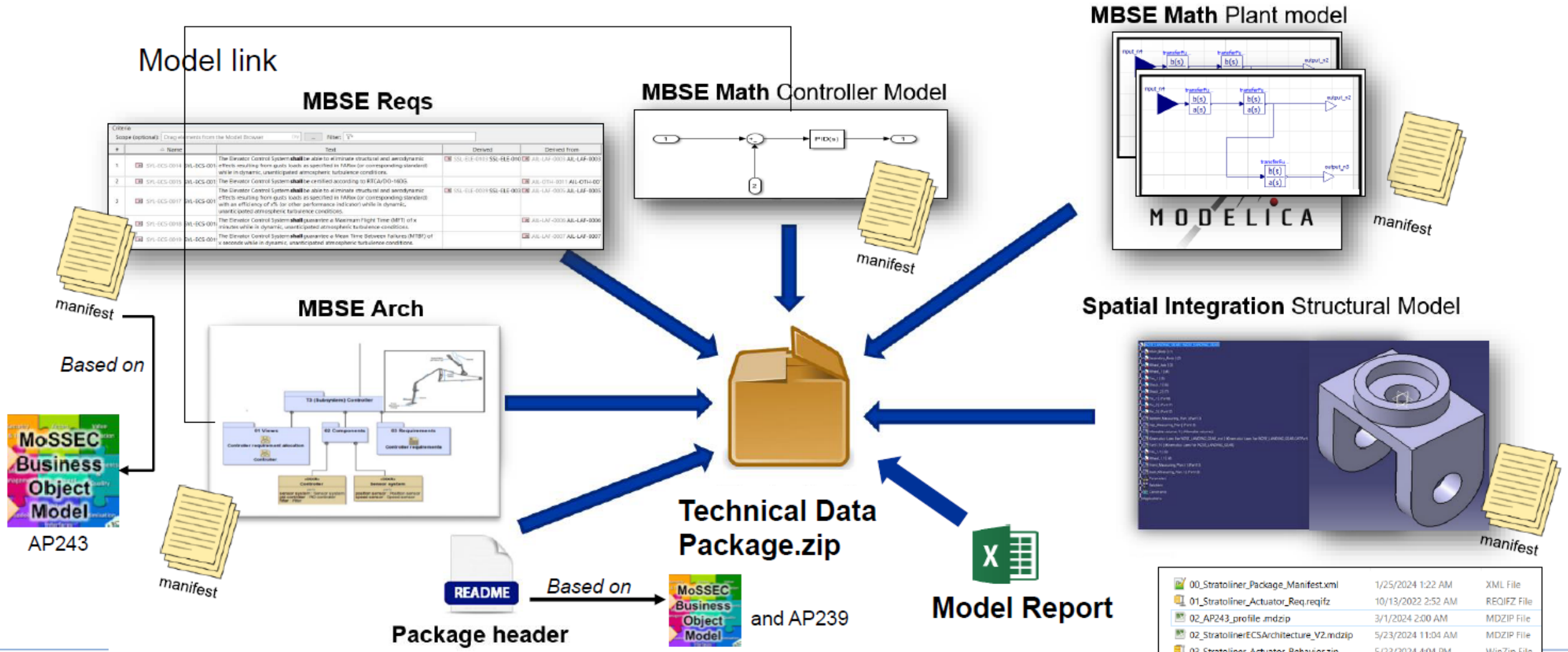
現状はこのモードを想定



MBE Demonstrator Reference Model

Digital Data Package(DDP)は
Technical Data Package(TDP)の発展版
Package ManifestとModel Manifestを添付する

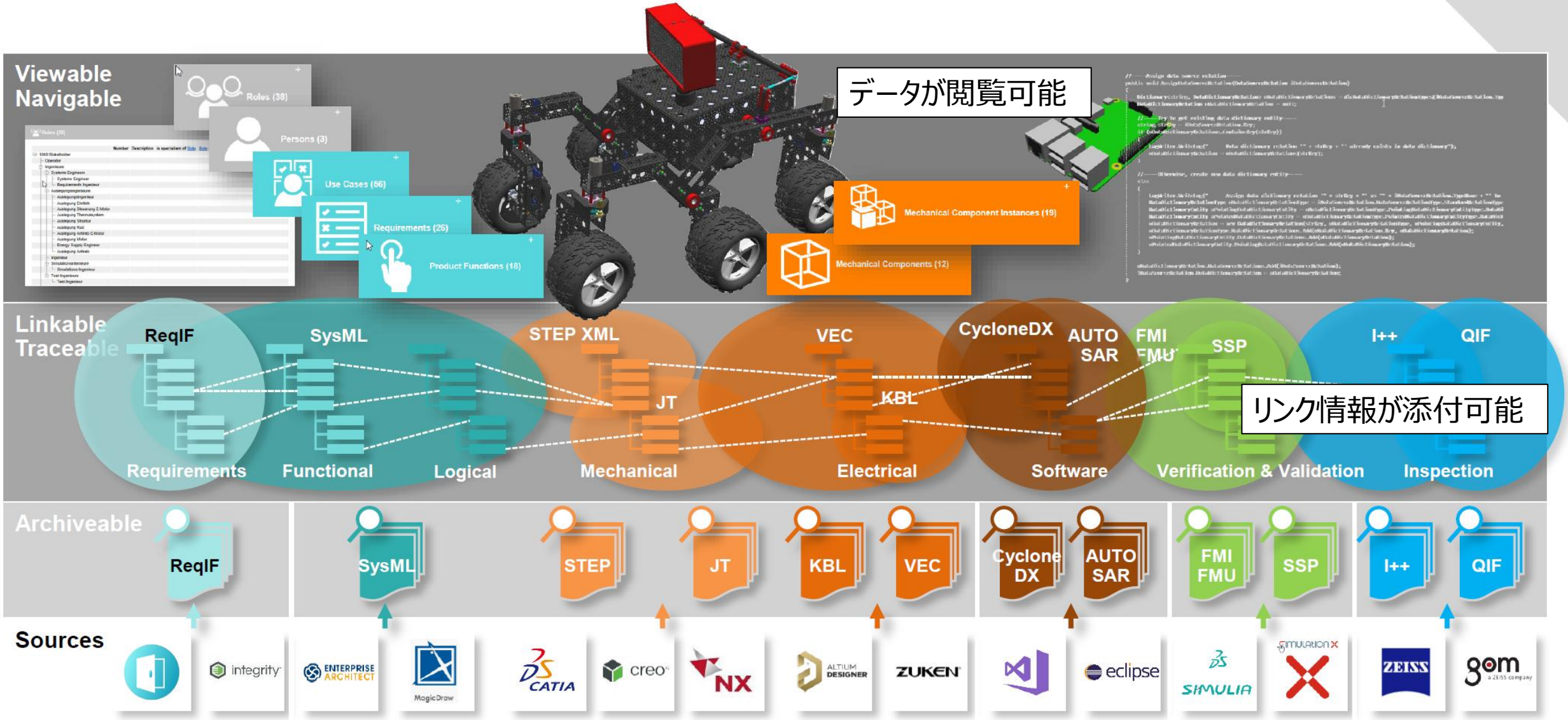
Available here: https://git.pdes-ch.org/MBE-Demonstrator-RM/MBD-Demonstrator-RM



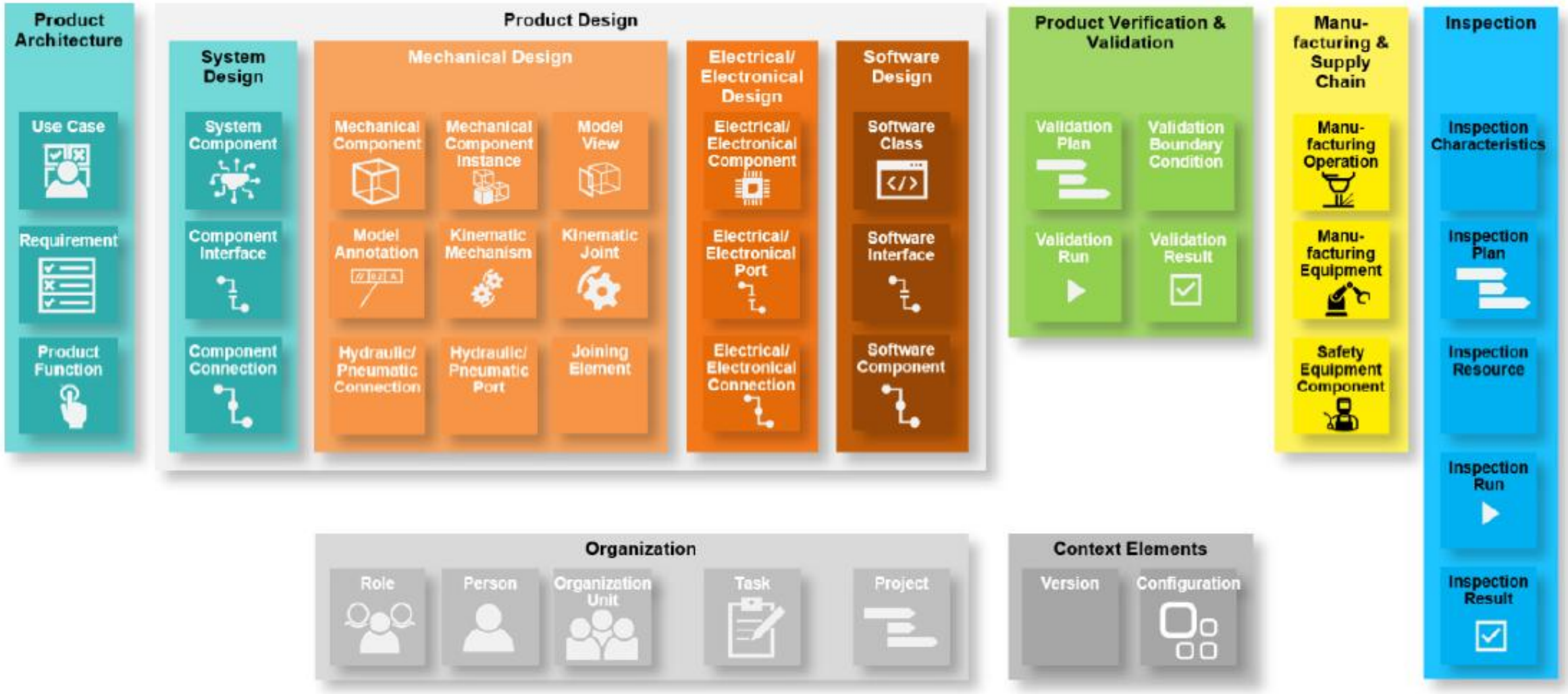
GLOBAL PRODUCT DATA INTEROPERABILITY SUMMIT 2023

GPDIS 2023資料

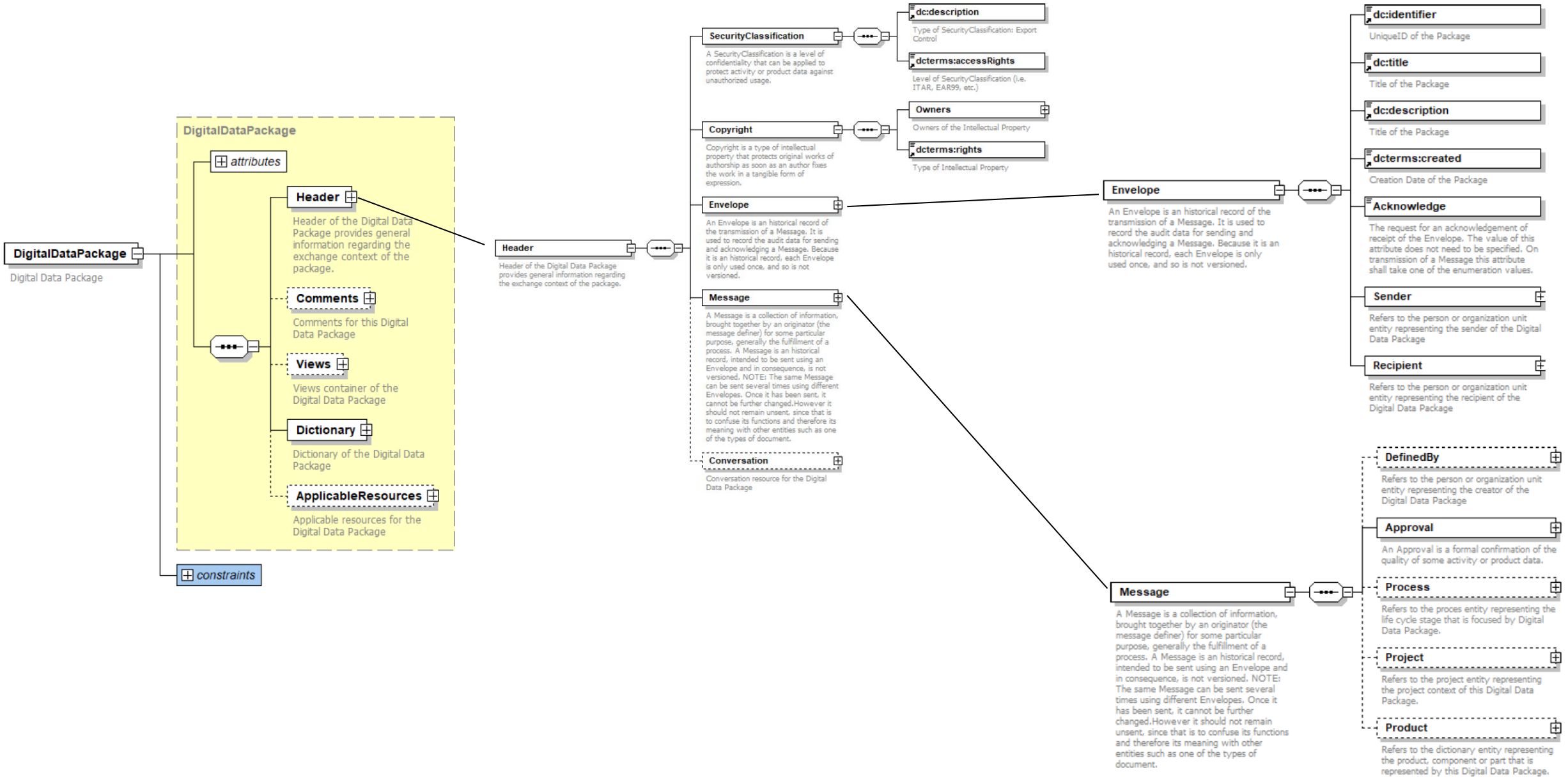
Digital Data Package



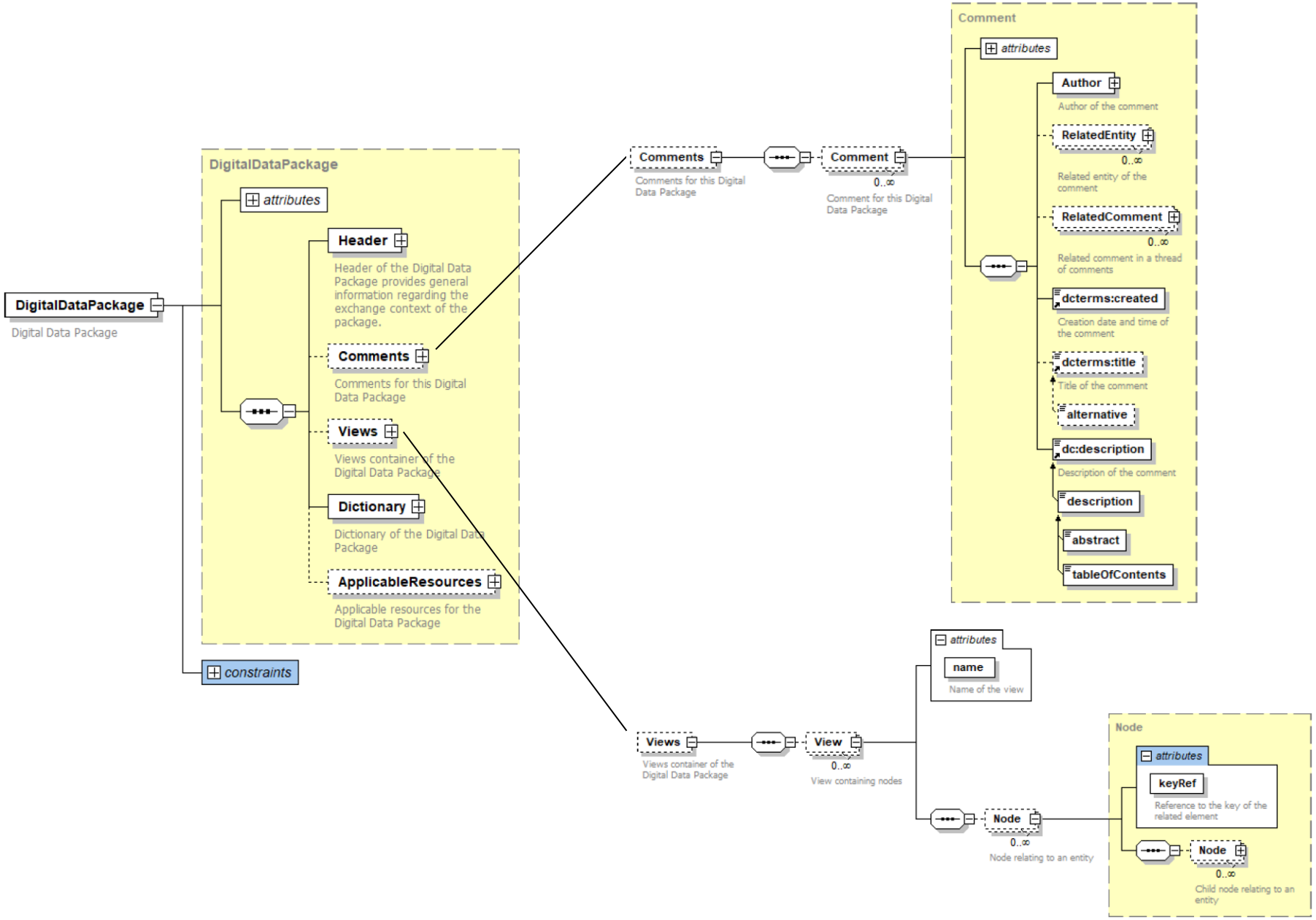
DDP information model



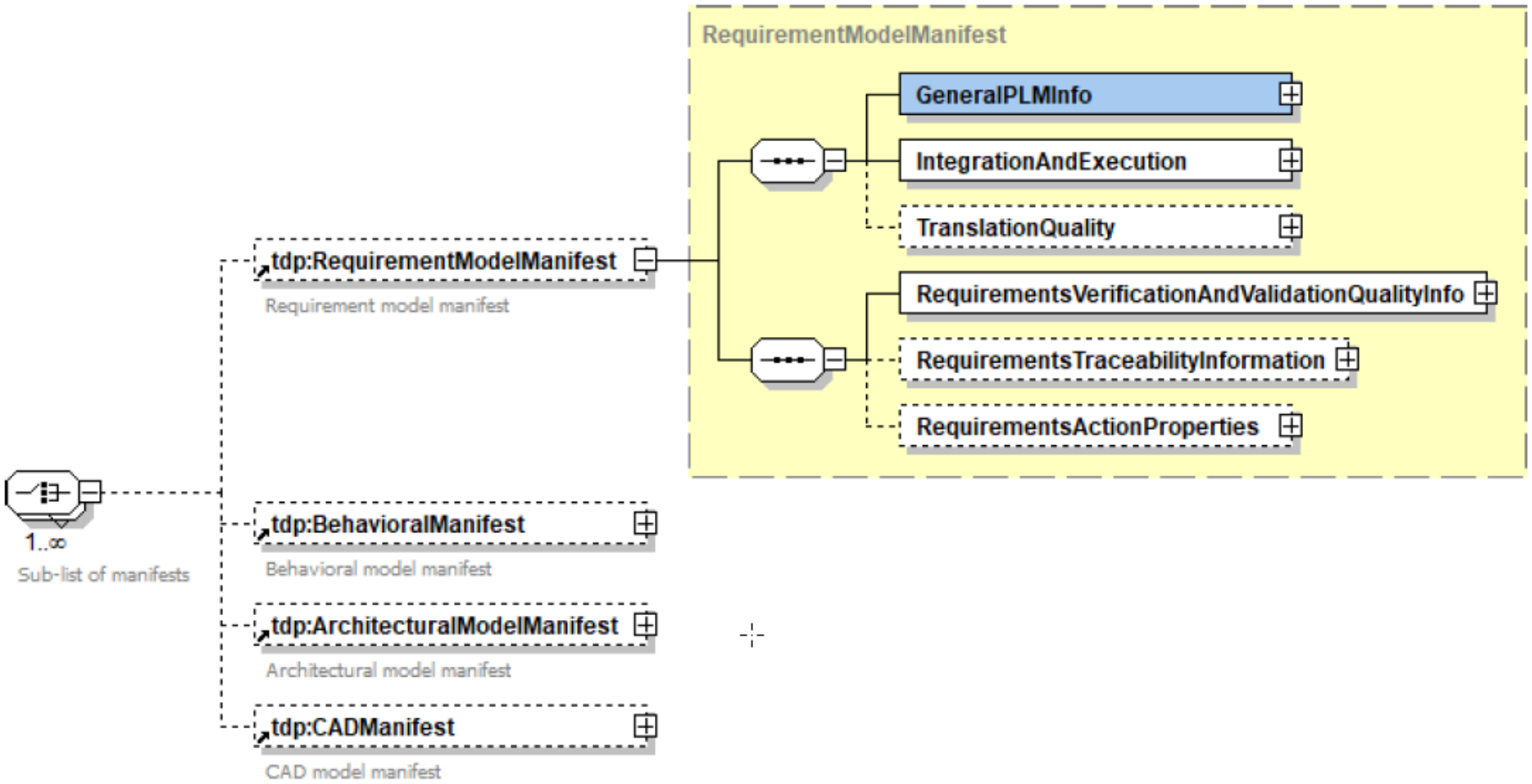
Package Manifest



Package Manifest



Model Manifest



STEP AP243 (MoSSEC)に基づいている
現状、Requirement, Behavioral, Architectural, CADの４つしかない

Juan Carlos Mendo, prostep ivip symposium 2025

Collaborative Artifact, Specification, Context and Data Exchange **(CASCaDE)**

prostep IVIP

Joint efforts with prostep ivip, VDA, GfSE and PDES focus on harmonizing specifications for the Digital Data Package (DDP) and Specification Integration Facility (SpecIF) within the OMG's standardization process

1 RFP @ OMG

4 Sponsoring Association
44 + Companies
join the Submission Team

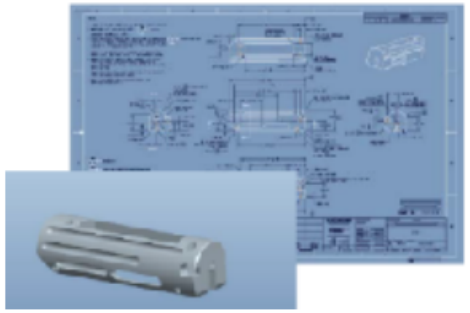
Supported formats/standards
CASCaDE

Standardization, Collaboration, Integration

The CASCaDE project aims to enhance engineering collaboration by creating and exchanging standardized digital artifacts and data across different domains.
Our goal is to support the digital thread by mapping semantic relationships between models and documents and maintaining these links throughout the entire process.

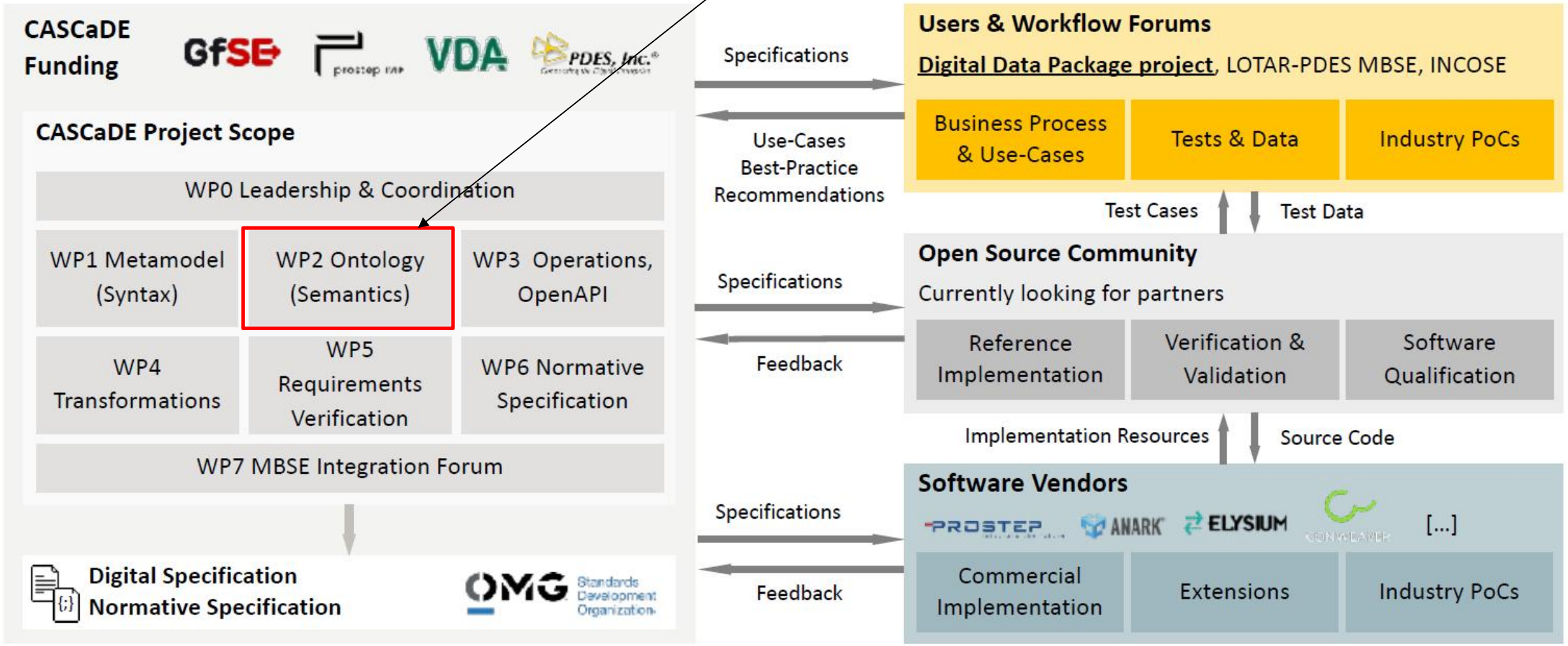
CASCaDE as evolution of the "Technical Data Package"

	Technical Data Package (TDP)	"Pathfinding TDP into Digital Engineering"	Digital Data Package (DDP) compliant with CASCaDE	Digital Data Partition & Full Development Assurance (Future)
	Early 2000s	*2020 - 2024*	*2024-2026 (CASCaDE)*	*2030+*
▪ **DATA**	MIL31000 (Defense) AP232 (Commercial)	Includes requirements, architecture, V&V artifacts. No common schema/ontology	Industry standard schema Supports main Industry Data standards for MBSE, and PLM	Industry standard schema supporting V&V, Safety, Traceability, CM and other key capabilities for dev. assurance
▪ **PROCESS**	Limited to 2D and 3D models and schematics	Packaging independent models. Manual linkages Manual metadata and views	Build standard, machine readable "DDP" package (EL-3A) Model and entity linkages Model metadata and views	Build/define standard, integrated package or PLM partition
▪ **TOOL**		Do not interpret models Limited metadata Limited change control Limited views	Can interpret model content ISO AP243 metadata Improved change control Improved views	Synced PLM systems (EL-3B)



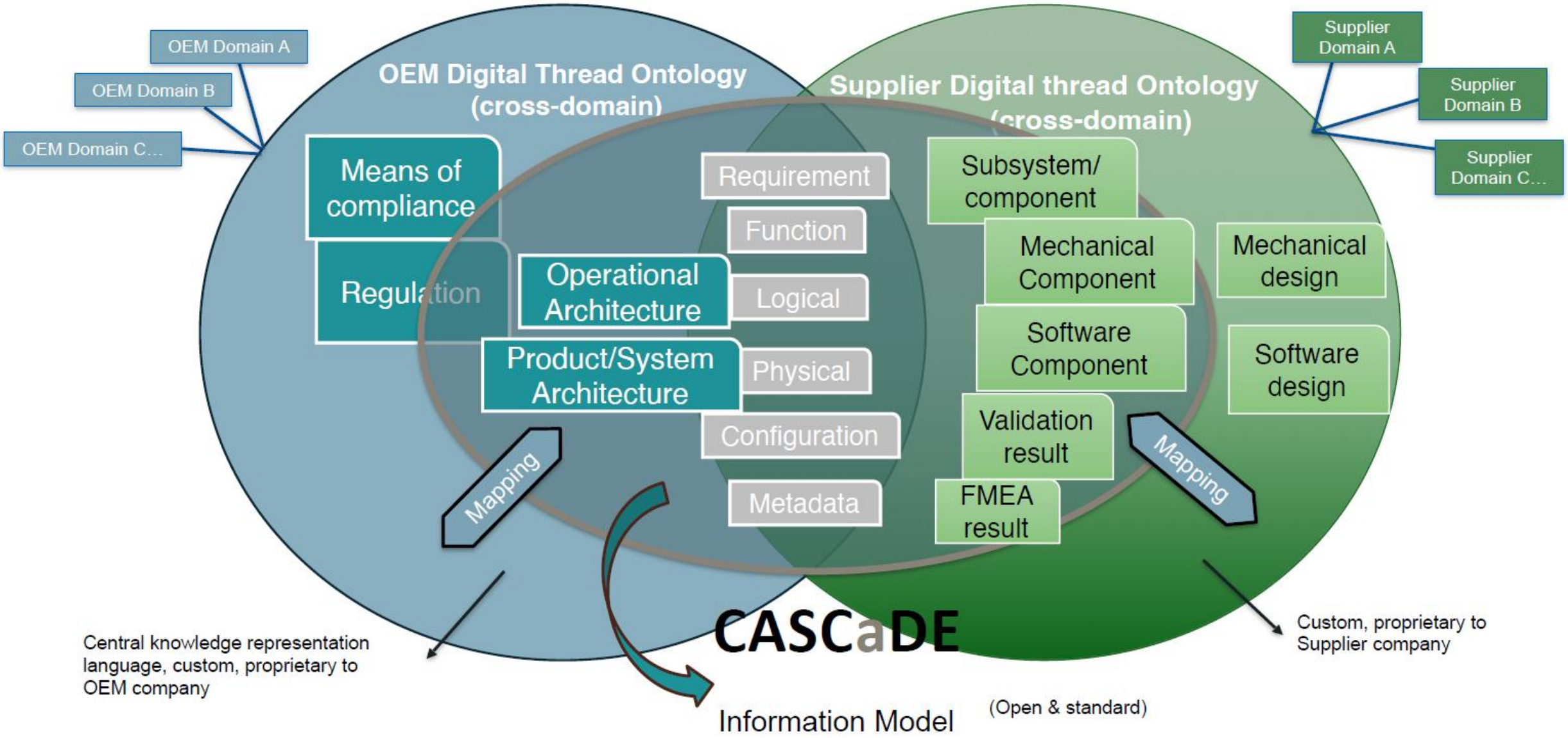
CASCaDE Project Structure

https://github.com/GfSE/CASCaDE-Ontologyで公開されている。
ここで開発されたOntologyがDDPのManifest Schemaに反映される見込み。

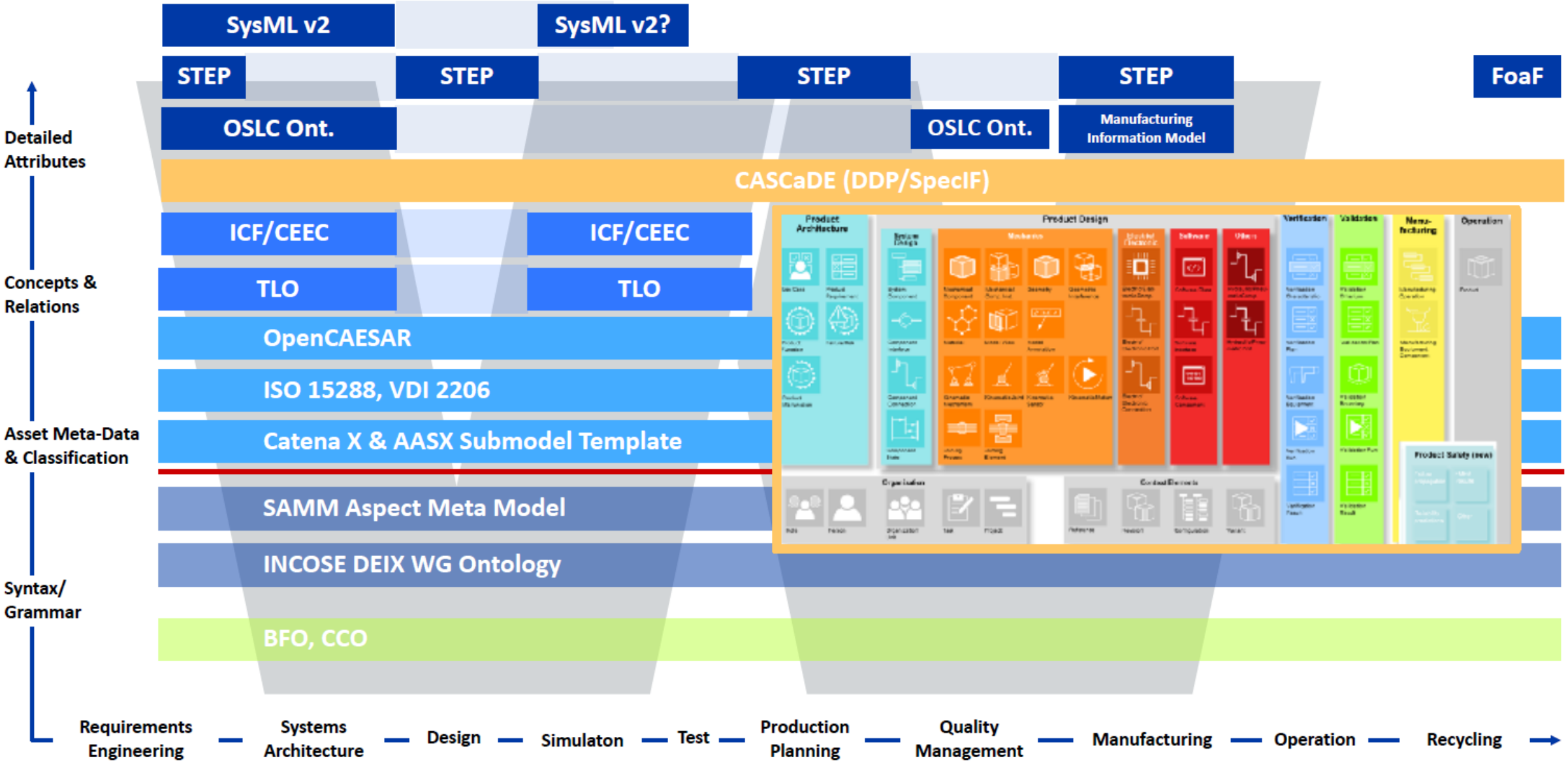


Credit: Michael Kirsch, Oskar von Dungern

CASCaDE as interface between Digital Threads



CASCaDE Ontology (WP2) scope benchmark



Credit: Michael Kirsch

課題

- PLM（3DEXPERIENCE、Teamcenterなど）の対応状況
  - PLMベンダは、ネイティブフォーマットによるデータ交換を基本としており、既存のPLMはDDPの標準にはまだ対応できていない。
  - ユーザ側で、PLMとDDP間でデータモデルのマッピングが必要となる。今後しばらくは、下記のデータモデル間でのすり合わせ、マッピングが必要となる。（標準に統一できればいいが、それなりの時間がかかる。永遠に収束しない？）
    - 標準のデータモデル
    - PLM固有のデータモデル
    - ユーザ企業（OEM/Supplier）固有のデータモデル
  - DDPは標準フォーマット（STEPやJTなど）を想定しているが、標準フォーマットに比べてネイティブフォーマットの方が使用できるPLMの機能が多い。実際には、その機能も考慮して、どちらのフォーマットで送るのかを判断することになる。
  - オブジェクト間のリンク情報をPLMから出力して、DDP標準形式に変換するのは難しい。また、DDP標準形式で受け取ったリンク情報をPLMに入力するのも難しい。

まとめ

- 航空機システムの複雑性及び安全認証要求に対応するためには、デジタル技術の活用は必須である。
- 航空機開発は、国際共同開発になるのが慣例であり、国家間、企業間、分野間を含めたデジタル連携が求められる。
- 国際的な動向（特に海外OEMの動向）を注視し、海外との相互運用性を確保することが必須である。
- デジタル連携は、協調領域の活動であり、日本として一体として取り組むため、航空機ライフサイクル（CHAIN-X）コンソーシアムを立ち上げた。Kプロの研究開発成果を共有することで、日本の競争力の底上げを図る。
- 現在開発中のDXプラットフォーム（SACRA）の概要を紹介した。企業間のデータ交換が鍵であり、国際標準に沿った仕様で構築した。
- デジタル連携に使用されるデータモデルについても調査を進めている。国際標準活動にも参画することで、最新の情報を入手し、提案していく体制が整いつつある。

この成果の一部は，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）の委託業務（JPNP22007）の結果得られたものです。