

# 「プロジェクト・マネジメント」講座

2019/12/14

三菱重工業株式会社

VC本部 VC技術部

**当講座は、航空機開発のプロジェクトマネジメントにおいて、管理すべく具体的項目を紹介することにより、航空機開発全体像の理解を深めることを狙っている。**

**当テキストの内容は、種々の実践的プロジェクトマネジメントの知識を広くカバーするもので、各々の詳細内容を深く説明することは目的とせず、プロジェクトマネージの管理項目の必要性を認識できることを目指している。**

**将来、プロジェクトマネージを実践する時に、個々の管理項目を企画検討するきっかけ・一助となることを期待している。**

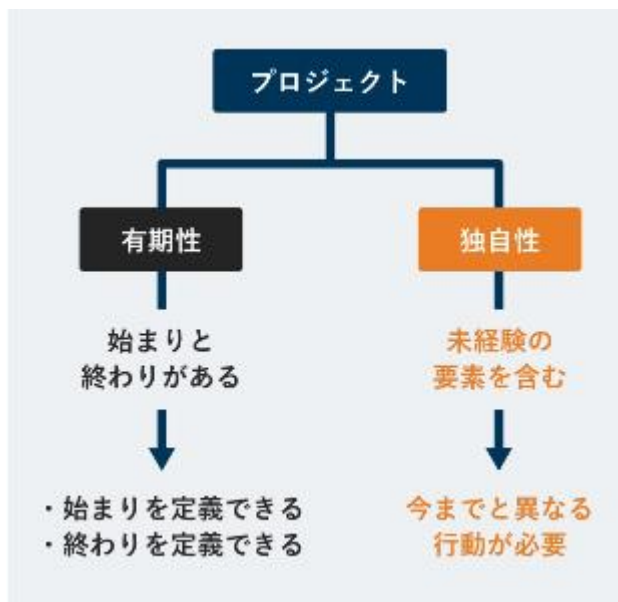
1. **プロジェクトマネジメントとは**
  - ✓ プロジェクトとは
  - ✓ 世界の標準“PMBOK®”
  - ✓ 実践的プロジェクトマネジメント
2. **航空機開発でのプロジェクトマネジメント**
3. **航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)**
4. **プロジェクトマネジメント手法**
  - ✓ 原価企画
  - ✓ MCMD
  - ✓ DFX
  - ✓ MBSE
  - ✓ ツール
    - ✓ 狩野モデル
    - ✓ QFD
    - ✓ DSM
    - ✓ EVM
    - ✓ その他
5. **終わりに**

1. **プロジェクトマネジメントとは**
  - ✓ プロジェクトとは
  - ✓ 世界の標準 “PMBOK®”
  - ✓ 実践的プロジェクトマネジメント
2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント
3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)
4. **プロジェクトマネジメント手法**
  - ✓ 原価企画
  - ✓ MCMD
  - ✓ DFX
  - ✓ MBSE
  - ✓ ツール
    - ✓ 狩野モデル
    - ✓ QFD
    - ✓ DSM
    - ✓ EVM
    - ✓ その他
5. 終わりに

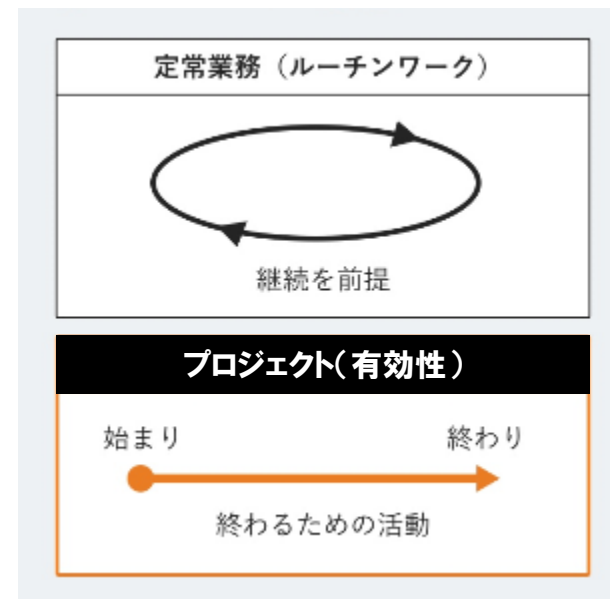
## プロジェクトとは

プロジェクトとは、新商品開発、ITプログラム開発、建設工事、新サービス開発など、目的を達成するための期間が定められている業務です。プロジェクトには有期性・独自性という2つの特長があります。

### プロジェクトの特徴



### プロジェクトの有期性



<https://www.i-think.co.jp/about/project-management/>

## “Project”と“Program”

Project: 独自の製品、サービス、所産を創造するために実施される有期性の業務

Program: 共通の利益の下に関連するProjectの集合体

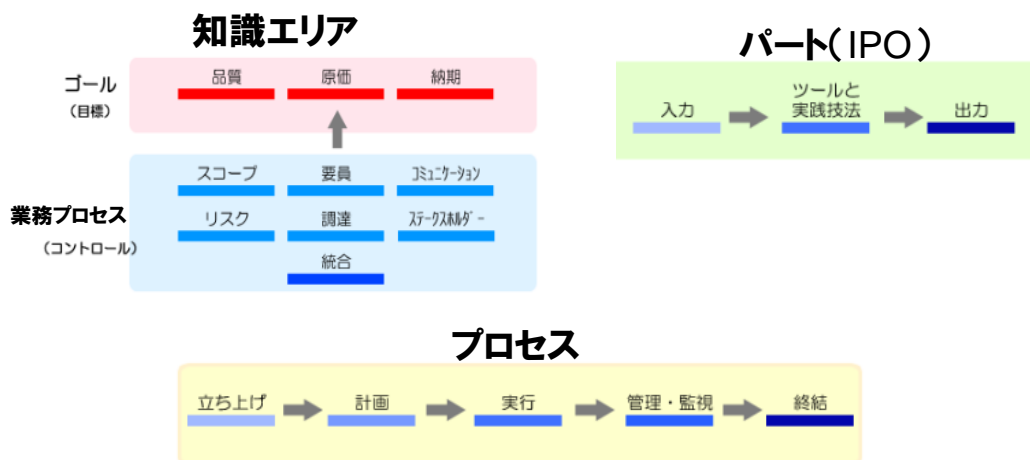
航空機開発では、全機レベルの開発業務を“Program”と呼び、全機レベルのマネージメントを議論する中では、ProgramとProjectを同義と見なして良い。

# 1. Project Managementとは

## 世界の標準 “PMBOK®”

プロジェクトをどのように遂行するか計画を立て、プロジェクトの目的を達成のために活動推進、活動をコントロールしていくプロジェクトマネジメントが重要となる。また、次のプロジェクトの為に経験知識を生かすように知識を残すプロジェクトの終結もプロジェクトマネジメントの重要なプロセスとなっている。

そこで、プロジェクトマネジメントの世界標準(事実上の標準)として世界各国に浸透しているPMBOK (Project Management Body of Knowledge)では、プロジェクトマネジメントに関するノウハウや手法を体系立ててまとめている。



実際の作業 PMBOKの知識管理体系

| 知識エリア                                  | プロジェクトの時間軸          |  |                   |                              |              |
|--|---------------------|--|-------------------|------------------------------|--------------|
|  | Initiating (立ち上げ)   | Planning (計画)  | Executing (実行)    | Controlling (監視・管理)          | Closing (終結) |
| Integration Management (総合管理)          | ・プロジェクトスコープ記述書暫定版作成 | ・プロジェクト管理計画書作成   | ・プロジェクト実行の指揮・管理   | ・プロジェクト作業の監視・管理<br>・統合的な変更管理 | ・プロジェクト終結    |
| Scope Management (スコープ管理)              |                     | ・スコープ計画<br>・スコープ定義<br>・WBSの作成                                |                   | ・スコープ管理<br>・スコープ変更管理         |              |
| Time Management (スケジュール管理)             |                     | ・作業の定義<br>・作業順序の設定<br>・必要リソース見積もり<br>・所要時間の見積もり<br>・スケジュール作成 |                   | ・スケジュール管理                    |              |
| Cost Management (コスト管理)                |                     | ・コスト見積もり<br>・予算設定  |                   | ・コスト管理                       |              |
| Quality Management (品質管理)              |                     | ・品質計画  | ・品質保証             | ・品質管理                        |              |
| Human Resource Management (組織管理)       |                     | ・要員計画  | ・チーム結成/育成         | ・プロジェクトチームの管理                |              |
| Communication Management (コミュニケーション管理) |                     | ・コミュニケーション計画   | ・情報の配付            | ・実績報告<br>・ステークホルダー管理         |              |
| Risk Management (リスク管理)                |                     | ・リスク管理計画<br>・リスクの定義<br>・リスクの定性化<br>・リスクの定量化<br>・リスク対策の計画     |                   | ・リスクの監視/管理                   |              |
| Procurement Management (調達管理)          |                     | ・引合計画<br>・契約の計画  | ・提案依頼<br>・発注先選定   | ・契約管理                        | ・契約の完了       |
| Stakeholders Management (ステークホルダー管理)   | ステークホルダー特定          | ステークホルダー管理計画   | ステークホルダー・エンゲージド管理 | ステークホルダー・エンゲージド・コントロール       |              |

<https://products.sint.co.jp/obpm/blog/serial-umeda01>

## 実践的プロジェクトマネジメント

また製品開発プロジェクトでは、目標を達成させるべくPMBPKで体系化されているプロジェクト知識情報を管理しプロジェクト運営を実践する原価企画型開発の適用も同時に考えることが有効と考える。

日本会計研究学会(1996)による原価企画の定義は、製品の企画・開発にあたって、顧客ニーズに適合する品質・価格・信頼性・開発期間等の目標を設定し、上流から下流までのすべての活動を対象として、それらの目標の同時的な達成を図る総合的利益管理活動とされる。その原価企画の活動は製品の開発段階において目標原価を設定し、その達成方策を立案して実現することである。

### 原価決定曲線

PLM

原価企画型設計



トップダウン  
・経営者視点  
・製品企画

市場要求・事業環境

適用

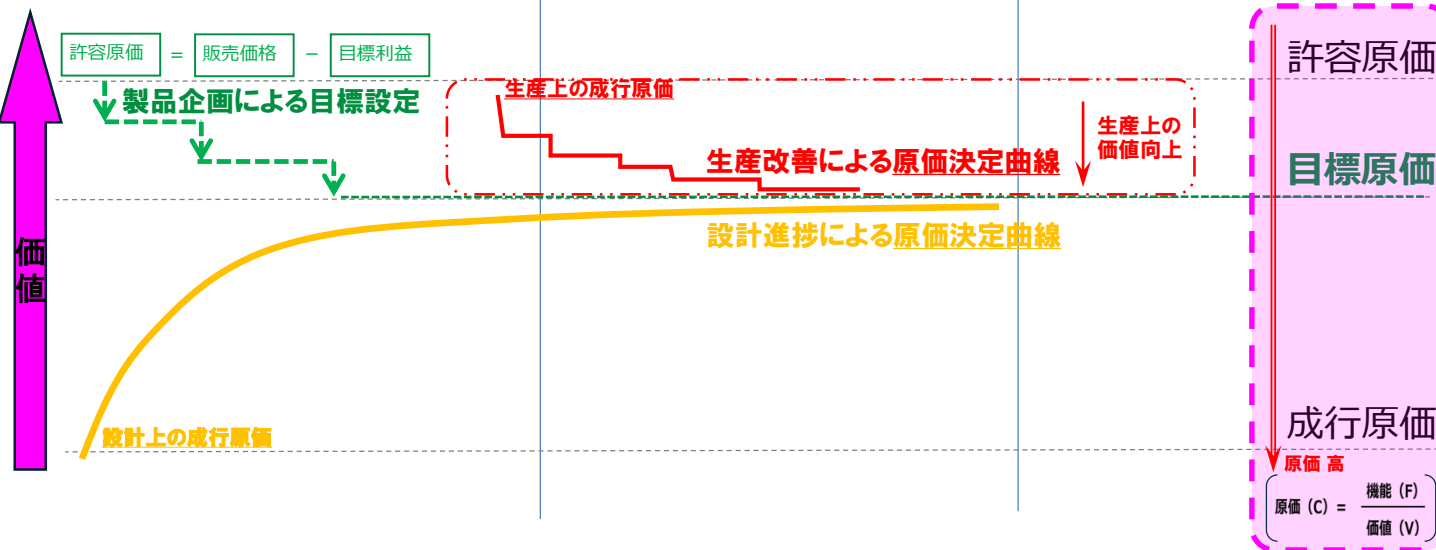
すり合わせ  
・総合的利益管理  
・管理・モニター

製品

制約

ボトムアップ  
・技術者視点  
(実現可能性)  
・機能/  
信頼性向上

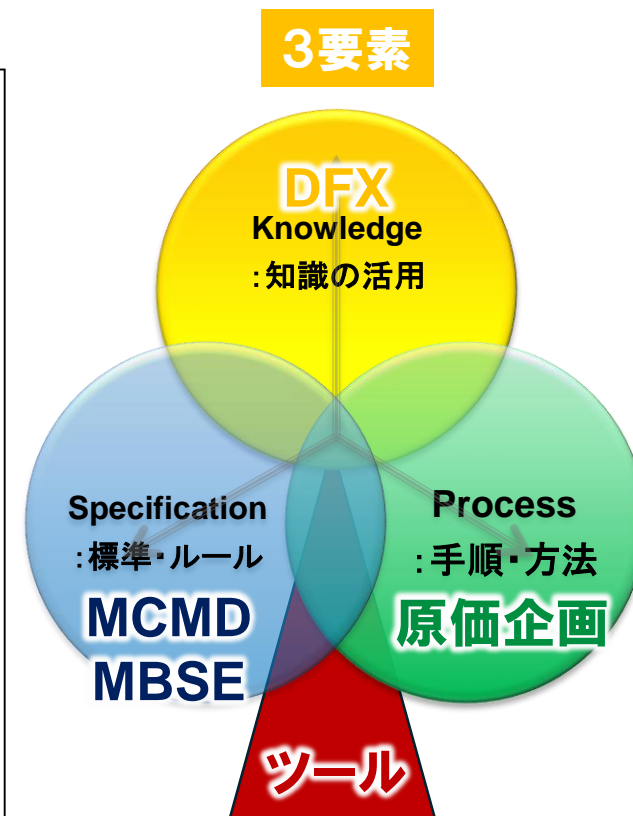
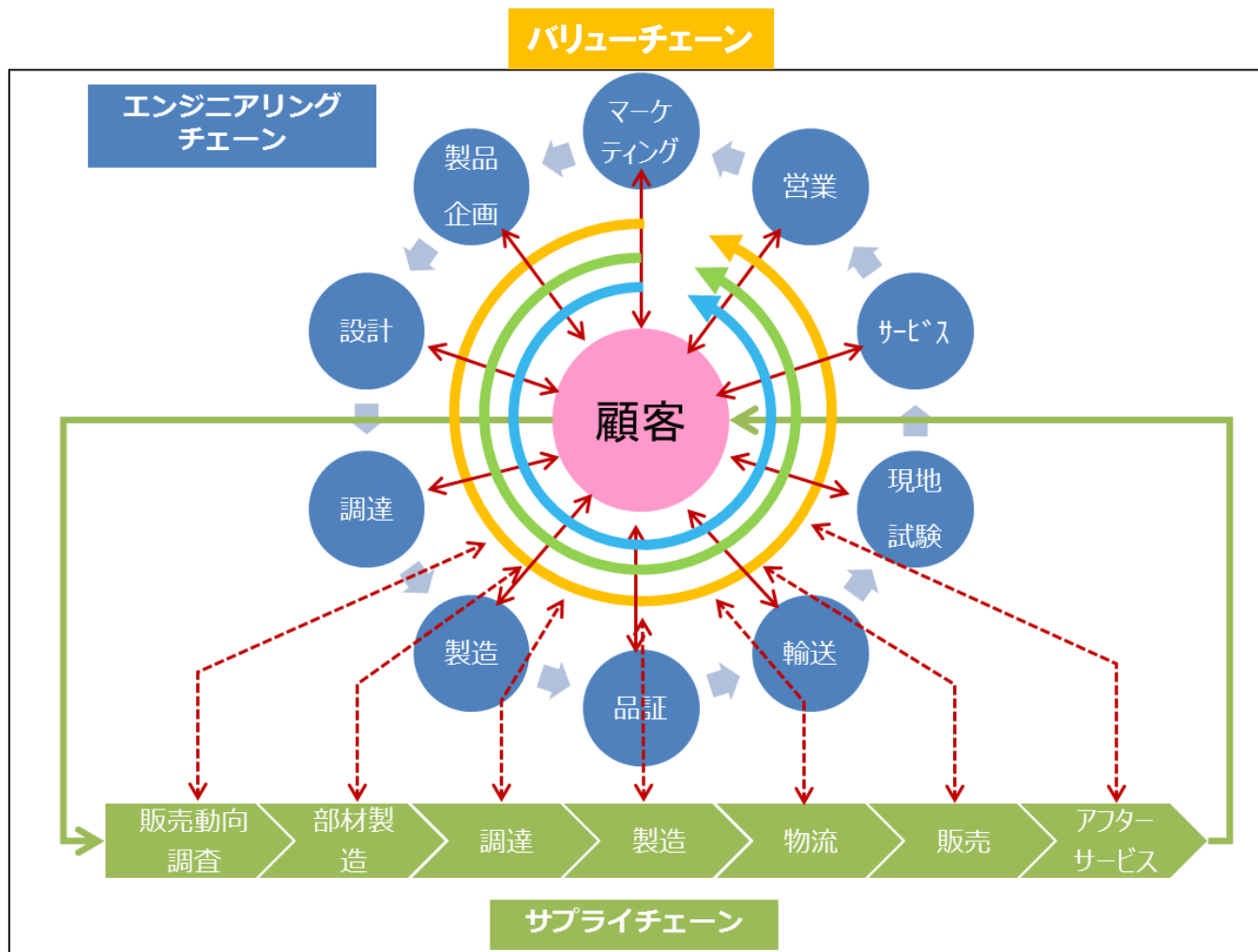
組織能力・設備



# 1. Project Managementとは

## 実践的プロジェクトマネジメント

プロジェクト管理の全体像【バリューチェーンと3要素】



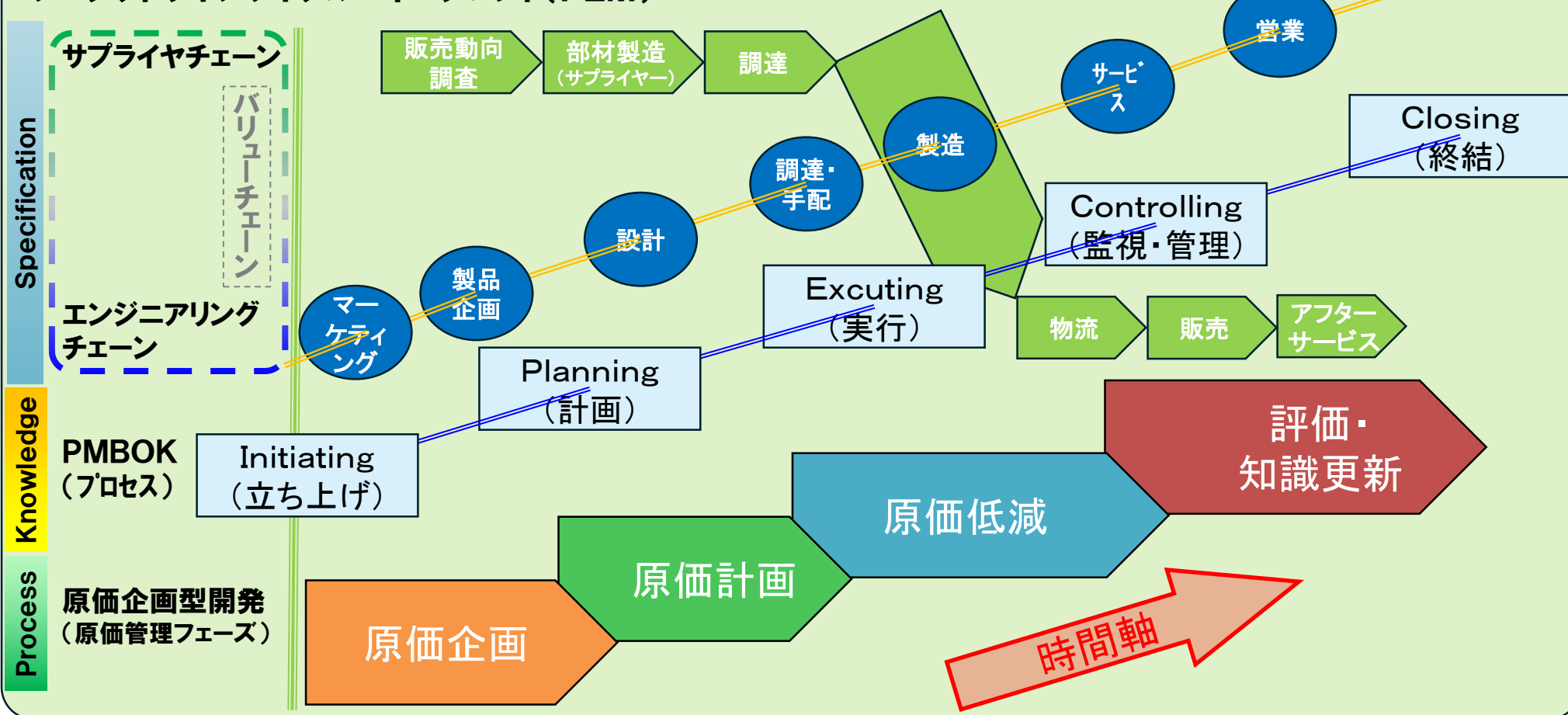


# 1. Project Managementとは

## 実践的プロジェクトマネジメント

製品開発においては、プロダクトライフサイクルマネジメント(PLM)と言われる手法が適用される。  
このPLMでは、製品のバリューチェーンを通し、PMBOKと言われるプロジェクト知識情報を、プロジェクトライフサイクルに沿って、原価企画的に情報管理を実践していくことである。(バリューチェーンに時間軸を付加)

### プロダクトライフサイクルマネジメント(PLM)



1. プロジェクトマネジメントとは
  - ✓ プロジェクトとは
  - ✓ 世界の標準 “PMBOK®”
  - ✓ 実践的プロジェクトマネジメント
2. **航空機開発でのプロジェクトマネジメント**
3. **航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)**
4. プロジェクトマネジメント手法
  - ✓ 原価企画
  - ✓ MCMD
  - ✓ DFX
  - ✓ MBSE
  - ✓ ツール
    - ✓ 狩野モデル
    - ✓ QFD
    - ✓ DSM
    - ✓ EVM
    - ✓ その他
5. 終わりに

## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネージメント

### 航空機開発のアクティビティ

以下は、航空機開発に必要なプロジェクトマネージメント関連アクティビティ。

- ① マスタースケジュール設定
- ② 開発要求の設定
- ③ 開発体制
- ④ 重量管理
- ⑤ ノイズ管理
- ⑥ 形態管理
- ⑦ Certification
- ⑧ 環境規定
- ⑨ サプライチェーンマネージメント(SCM)

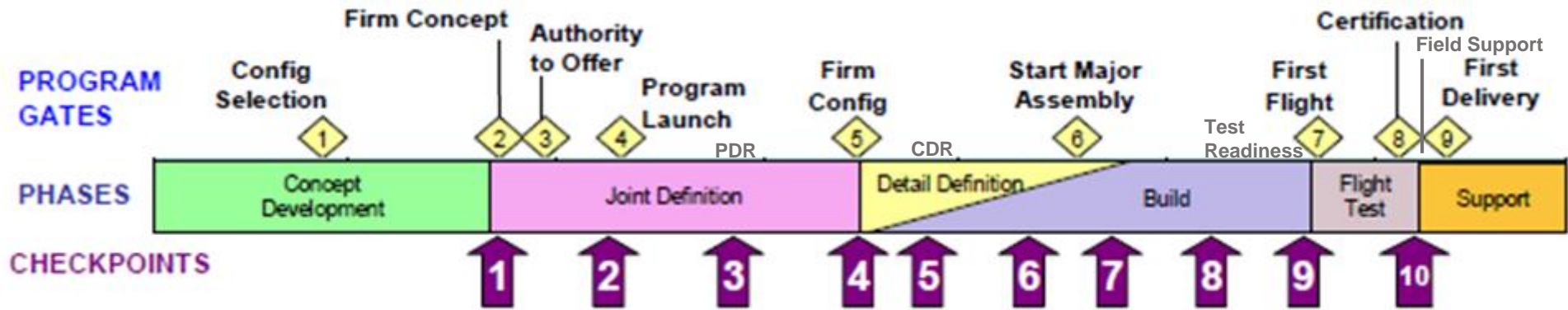
バリューチェーン内のプロジェクト情報管理の為のアクティビティを設定し、その関連の標準化・ルール化を進める。

## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネージメント

### 航空機開発のアクティビティ

#### ① マスタースケジュール設定(プログラムマイルストーン)

- ・ プログラムゲート: プロジェクトのマイルストーン(MPP)における主要イベント
- ・ プロジェクト開発フェーズ
- ・ 開発チェックポイント: 設計進捗に合わせて、設計のマチュリティーを確認するポイント



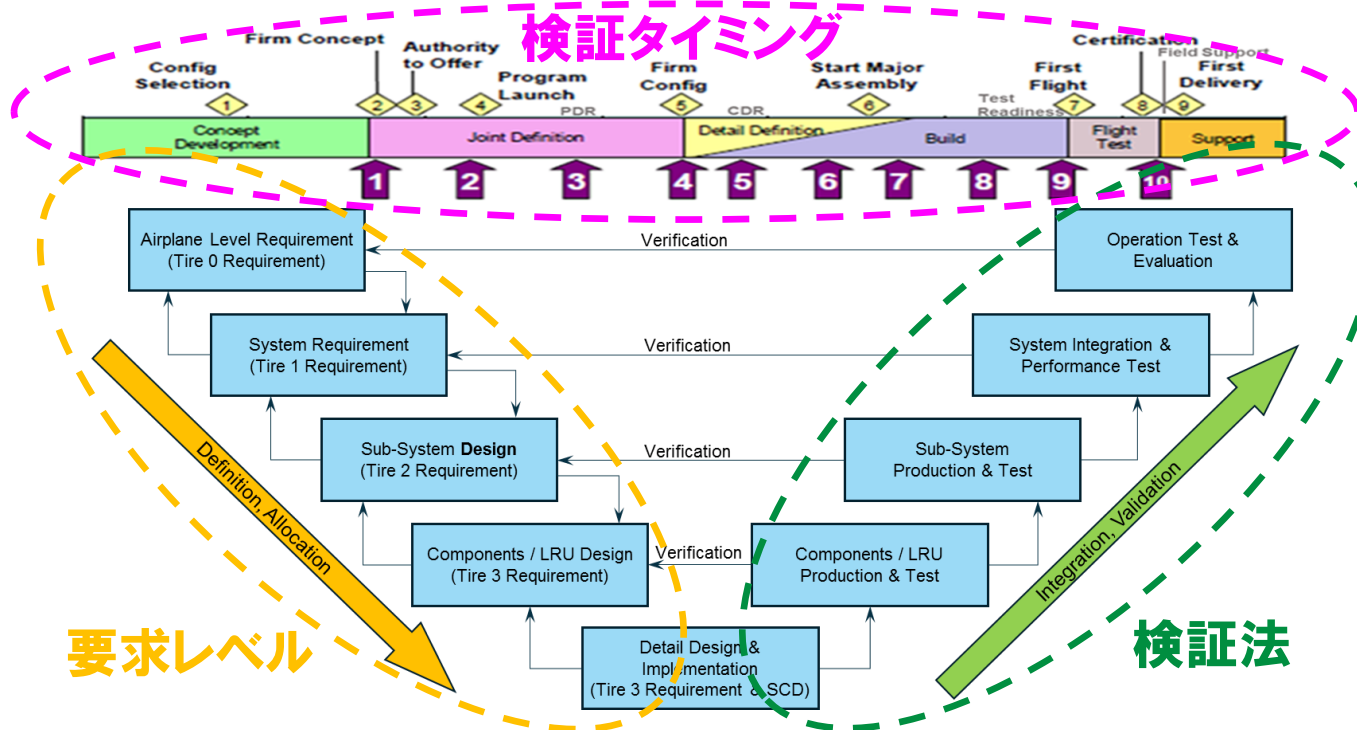
## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネージメント

### 航空機開発のアクティビティ

#### ②開発要求の設定

開発要求の管理項目(例) <DR&O: Design Requirement & Objective> DFXの知恵化による要件定義も含む

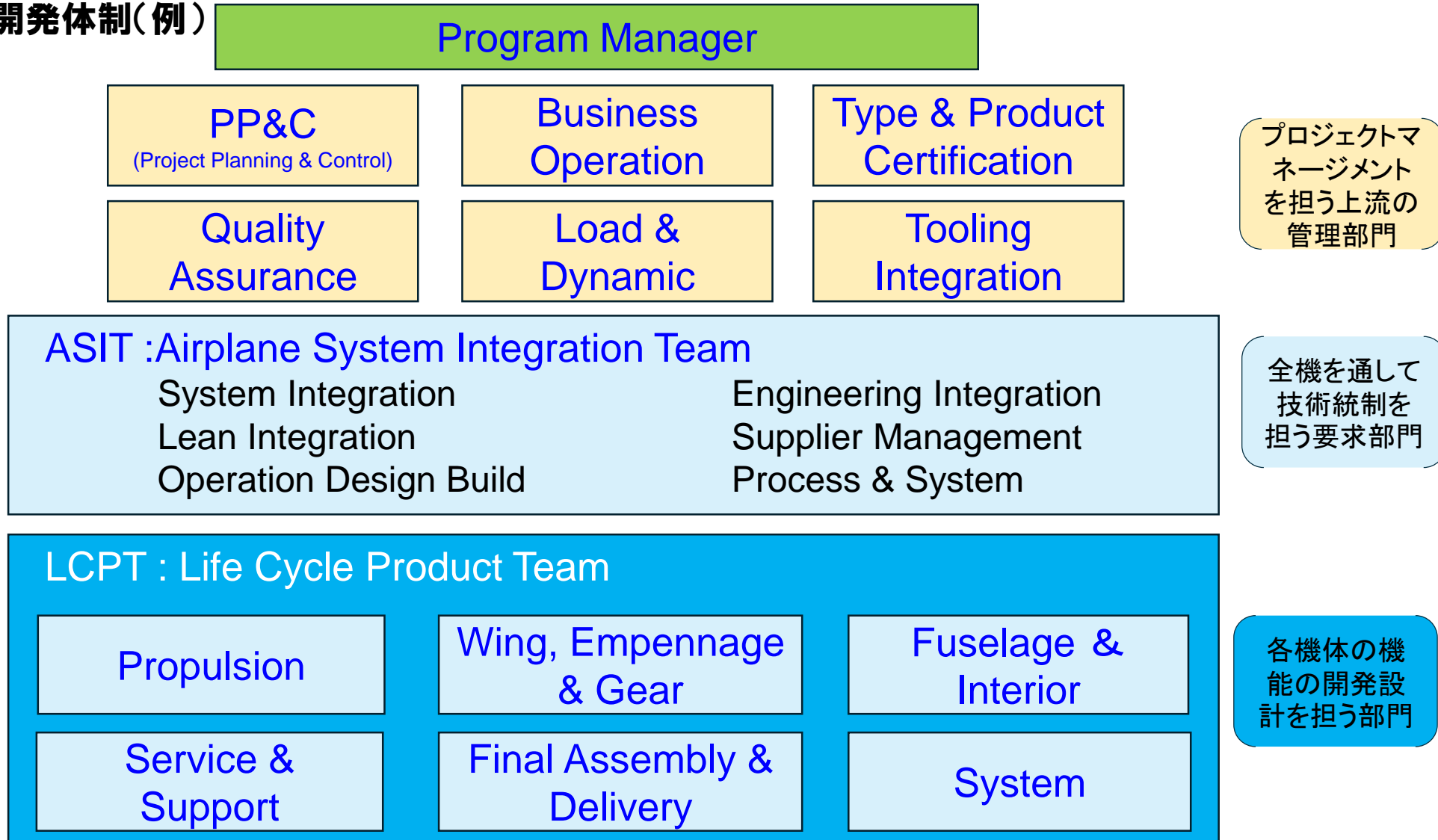
| #              | 要求事項 | タイプ                                  | レベル   | 上位要求   | オーナー | 影響エリア  | 対象                   | 背景                | 検証法   | 継承内容           | 検証タイミング  |
|----------------|------|--------------------------------------|---|--------|------|--------|----------------------|-------------------|---|----------------|--|
| 管理<br>体系<br>番号 | 要求内容 | 要求タイプを分類<br>>法規<br>>要求<br>>目標<br>>情報 | 要求階層<br>>T0: 全機レベル<br>>T1: システムレベル<br>>T2: サブシステムレベル<br>>T3: コンポーネントレベル<br>>T4: 部品レベル | 関連上位要求 | 要求領域 | 影響対象領域 | コモディティ<br>(システム、部品等) | 要求設定の背<br>景、理由、目的 | 検証方法<br>>解析<br>>検査<br>>飛行試験<br>>地上試験<br>>コンポーネント試験<br>>確性試験<br>>設計・図面<br>>安全性評価<br>>シミュレーション試験<br>>デモンストレーション | 検証方法の具<br>体的説明 | マイルストーン<br>の検証するタイ<br>ミング<br>>詳細設計<br>>主要組立時<br>>全機組立時<br>>飛行試験時<br>>TC時 |



## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント

### 航空機開発のアクティビティ

#### ③開発体制(例)

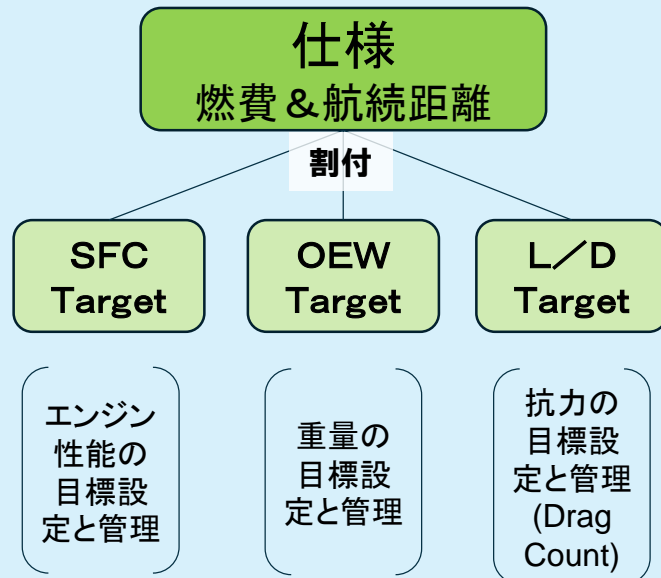


### 航空機開発のアクティビティー

#### ④重量管理

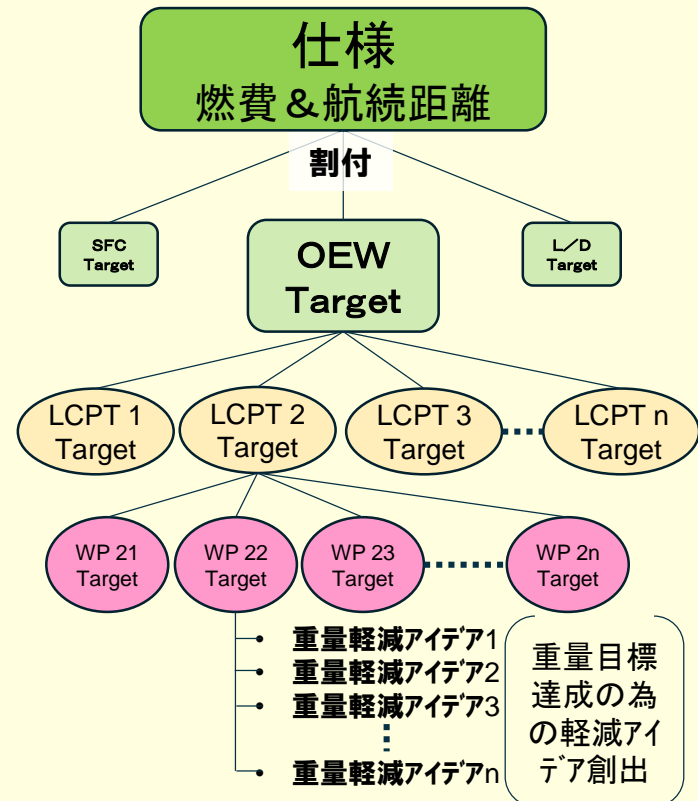
目標重量の達成を図る重量管理活動。原価企画活動と同じスキーム(企画⇒計画⇒削減)で活動を展開する。

重量企画：  
全機レベルの目標重量の設定



SFC: Specific Fuel Consumption  
OEW: Operating empty weight  
L/D: lift-to-drag ratio

重量計画：  
全機レベル目標重量の割付と削減計画立案



## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント

### 航空機開発のアクティビティ

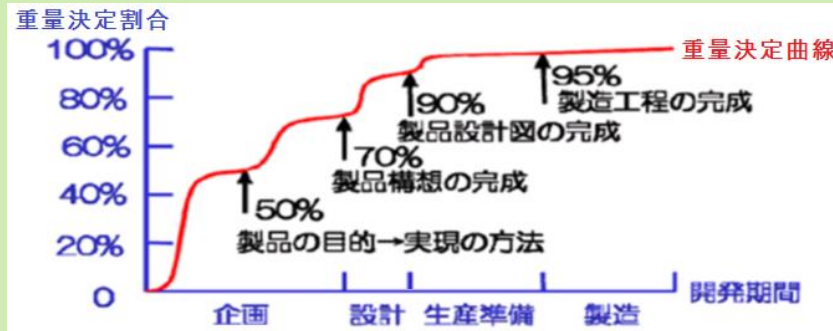
#### ④重量管理

目標重量の達成を図る重量管理活動。原価企画活動と同じスキーム(企画⇒計画⇒削減)で活動を展開する。

重量削減活動:設計の成熟度向上に沿って重量削減を進める。

設計の進捗に沿って成熟度(精度)を上げていく。

【Blanchard(1978)を参考)】

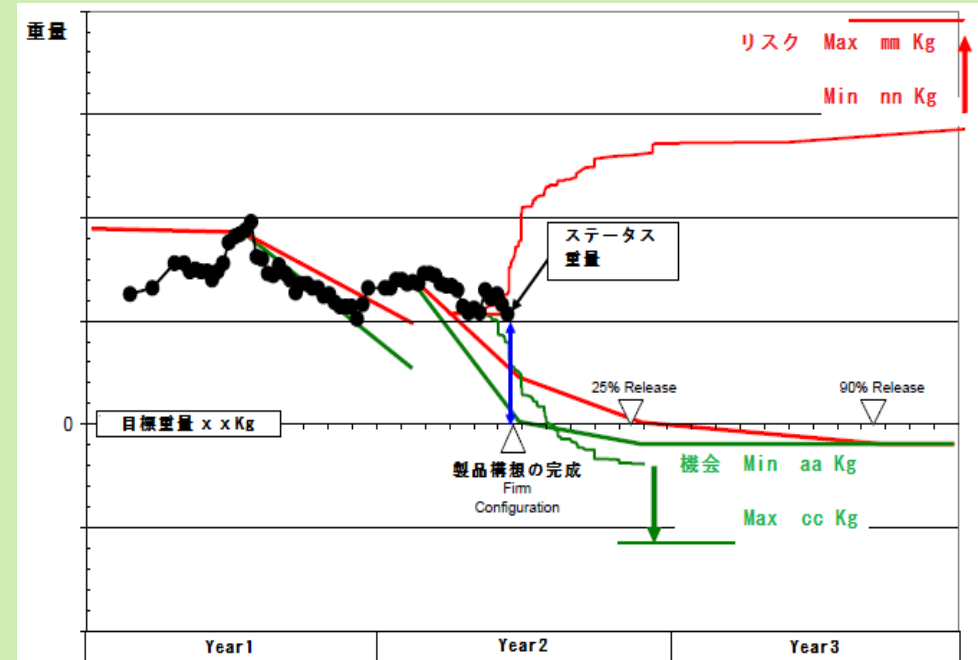


推算 計算 実測

設計の進捗に応じて重量見積手法を考える

削減進捗を管理する。

リスクとオポチュニティー(機会)を把握し、将来予測(Forecast)を考え、将来の目標未達のリスクに備える。必要に応じて追加アイデアを出す。





### 航空機開発のアクティビティー

#### ⑤ノイズ管理

- ✓ 全機レベルのノイズ要求を満足させるために、コンポーネントレベルの設計要求を設定する。このアクションは、DFX(CS)の知恵化(要件化)である。
  - ・ 全機通した胴体設計に適用されるノイズ対策設計(材料、ゾーン毎の防音ブランケットの厚み、機器装着形態)
  - ・ 音響や振動によるノイズを抑えるための配管/配線、機器やブランケット、防音材に対するデザインガイド
- ✓ ノイズクリティカルなコンポーネントの詳細設計と製造手法に対し、全機レベルの要求を満足しているかを確認し、承認する。
  - ・ 初品検査と試験での確認
  - ・ 防音検証供試体での検証
  - ・ 製造ラインでの確認

### 航空機開発のアクティビティー

#### ⑥形態管理

形態管理プロセスにおける5つの機能要件  
特に、**変更管理**は重要な要件となっている。

##### 1. 形態管理計画とマネージメント

- ✓ 要求の識別
- ✓ プロセス文書の設定
- ✓ 役割、責任及びリソースの決定
- ✓ 手段の識別
- ✓ トレーニングの設定と展開
- ✓ 評価方法の識別
- ✓ サプライヤ形態管理要求

##### 2. 形態識別

- ✓ 製品構造(WBS)
- ✓ ベースライン形態
- ✓ 文書化/データセット基準
- ✓ 製品図書のリリース
- ✓ シリアル管理
- ✓ 製造文書改訂
- ✓ 製品マーキング

##### 3. 形態変更と差異の管理

- ✓ 変更管理プロセス
- ✓ 変更識別及び区分
- ✓ 変更評価及び認可
- ✓ 変更実施計画
- ✓ 変更盛り込み/モニター
- ✓ 差異管理
- ✓ 開発管理部品変更
- ✓ 製造使用制限プロセス

##### 4. 形態適合の確認

- ✓ 記録および報告

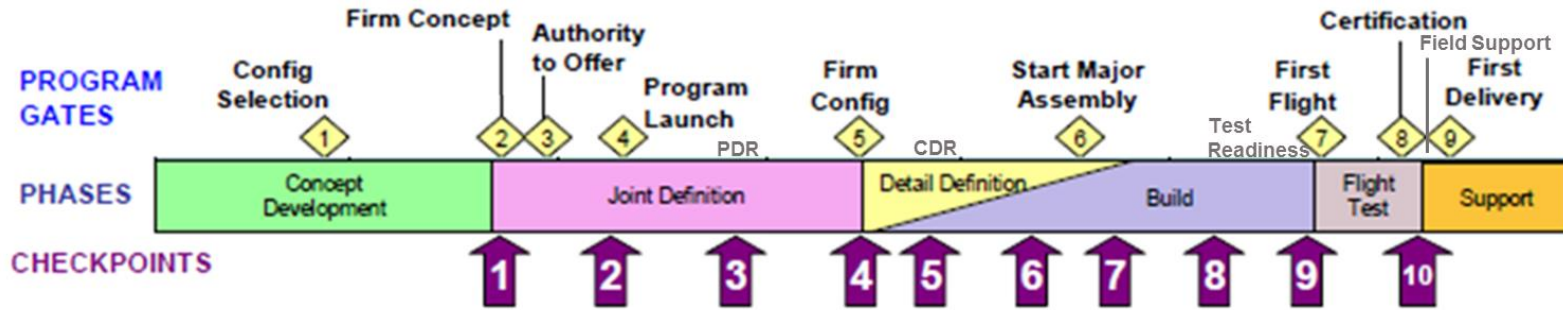
##### 5. 形態検査と監査

- ✓ 機能的な検証
- ✓ 物理的な形態検証
- ✓ 生産システム検証
- ✓ 不適合の解決

## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネージメント

### 航空機開発のアクティビティ

#### ⑦ Certification



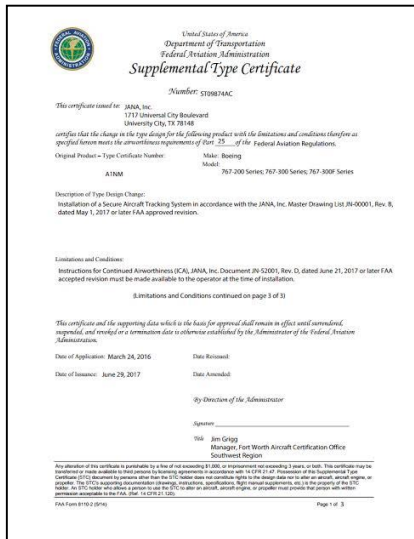
#### TC (Type Certification)

1. Application for Type Certificate
2. Type Certification Basis
3. Type Certification Planning
4. Compliance
5. Issuance of Type Certificates
6. Post Type Certification Design Changes
7. Retention of Records

#### PC (Production Certification)

#### AC (Airworthiness Certification)

1. Certificate of Airworthiness
2. Continued Airworthiness
3. Incident Investigation



[https://www.google.co.jp/search?q=b777+type+certification+FAA&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgzu\\_u5r3lAhXMBaYKHhX5A9YQ2-cCegQIABAA&oeq=b777+type+certification+FAA&gs\\_l=img.3...6583.9564..10151...1.0..0.416.621.1j1j4-1.....0....1..gws-wiz-img.EB\\_7lmgIBKk&ei=cUS2XaDSGsyLmAWI84-wDQ&bih=1014&biw=2021&hl=ja#imgsrc=jj8ZRnsRopJP-M](https://www.google.co.jp/search?q=b777+type+certification+FAA&tbm=isch&ved=2ahUKEwjgzu_u5r3lAhXMBaYKHhX5A9YQ2-cCegQIABAA&oeq=b777+type+certification+FAA&gs_l=img.3...6583.9564..10151...1.0..0.416.621.1j1j4-1.....0....1..gws-wiz-img.EB_7lmgIBKk&ei=cUS2XaDSGsyLmAWI84-wDQ&bih=1014&biw=2021&hl=ja#imgsrc=jj8ZRnsRopJP-M)



[https://www.visionsafe.com/docs/certifications/easa/10015333\\_CERT\\_REV\\_9\\_20160920.pdf](https://www.visionsafe.com/docs/certifications/easa/10015333_CERT_REV_9_20160920.pdf)

### 航空機開発のアクティビティー

#### ⑧環境規定

環境にやさしい航空機開発の為、設計・製造及びマーケティングへ考慮すべく  
DFX(環境)の原則/考え方を定義する。

このアクションは、DFX(環境)の知恵化により要件設定し、DR&Oへ設計要求として規定すること。

【B787で要件定義(例:DR&O)】

環境法規に対応する環境管理システムに従って製造設備での生産を規定している。

## 2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント

### 航空機開発のアクティビティ

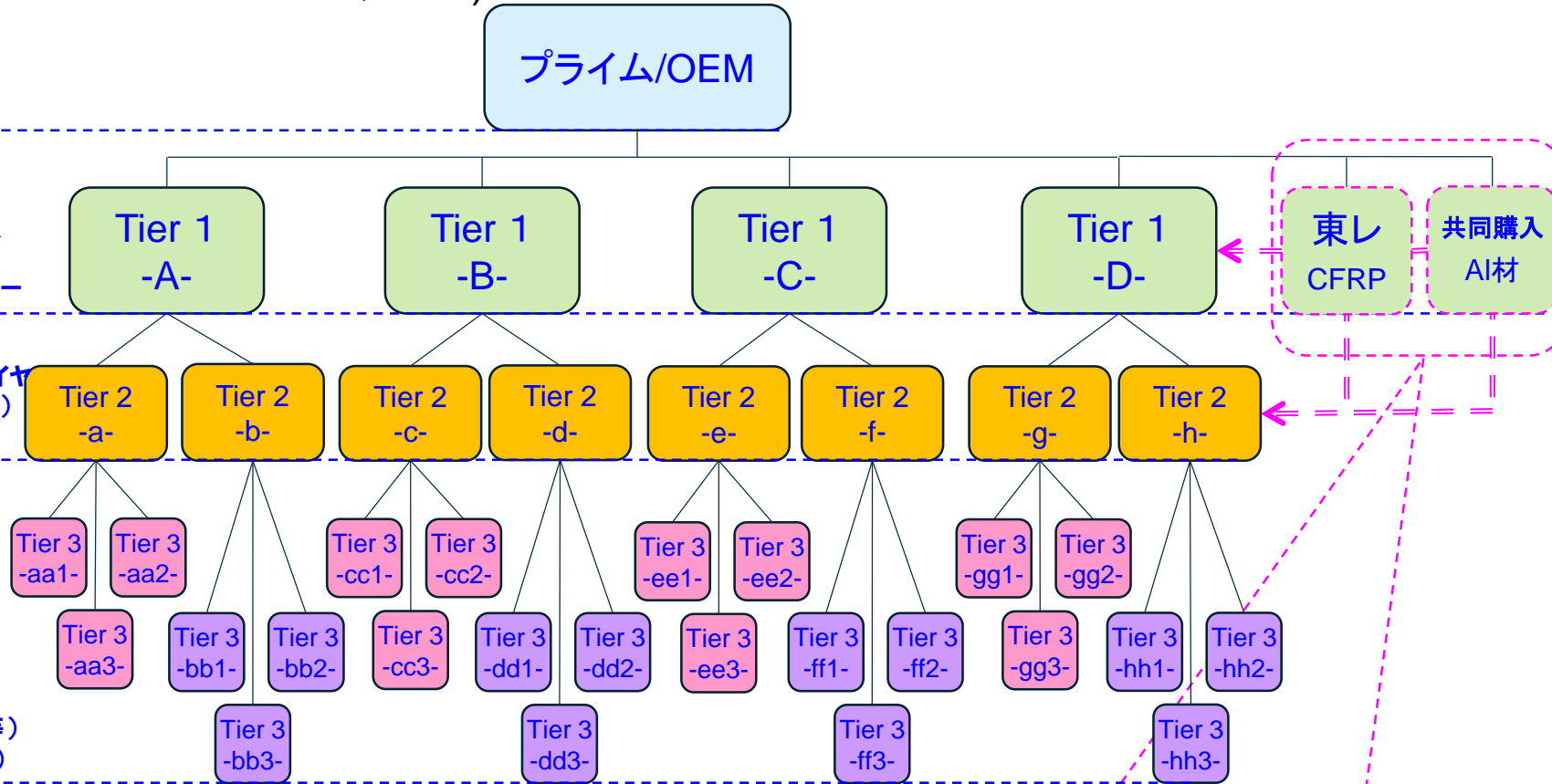
#### ⑨ サプライチェーンマネジメント (SCM)

- 全機インテグレーション
- Customer Delivery
- TCホルダー

- コンポーネントサプライヤ
- 装備品メーカー(エンジン、フラコンシステム等)
- リスクシェアリングパートナー

- サブコンポーネントサプライヤ
- 構成品メーカー(ポンプ等)

- 部品メーカー(コネクタ等)
- 素材メーカー(シール材等)



所要量の大きい素材に対しては、Tier3の分離にあてはめず、プログラム全体での共同購入とする場合がある。

B787の例では、複合材を供給する東レのTier1パートナー扱いや、ボーイング社関連商社によるアルミ材などの共同購入とするなどの形態を取っている。

### 関連文書体系

#### Business

- **RAA: Responsibility, Accountability & Authority**  
開発作業の責任範囲の定義
- **SOW: Statement of Work**  
開発担当の対象部位/作業を定義
- **SBP: Special Business Provision**  
業務プロセスの詳細を定義する特例契約規定
- **IWS: Integrated Work Statement (WBS)**  
開発に必要な作業を定義

#### Engineering

- **DR&O: Design Requirement & Objective**  
設計・製造等開発に必要な要求の定義
- **Configuration Memo**  
設計・製造等開発される航空機の仕様を定義
- **Design Manual**  
設計手法等を定義したマニュアル
- **DFX-HB: Design For X – Hand Book**  
過去の経験や試験結果を反映したルールをまとめたハンドブック(DFXの知恵化により要件化(ルール))

#### Process & System

- **Commonality Matrix**
  - ✓ 業務プロセスとそれに使用するツールを定義。
  - ✓ ツールの定義では、プログラム全体の統制を考え、必要性レベル(要求、推奨、例)を定義している。
  - ✓ 業務プロセスのインプット/プロセスアウトプット/(IPO)を定義
- **Business Process Standard**
  - ✓ 業務プロセスを定義した標準

1. プロジェクトマネジメントとは
  - ✓ プロジェクトとは
  - ✓ 世界の標準“PMBOK®”
  - ✓ 実践的プロジェクトマネジメント
2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント
3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)
4. プロジェクトマネジメント手法
  - ✓ 原価企画
  - ✓ MCMD
  - ✓ DFX
  - ✓ MBSE
  - ✓ ツール
    - ✓ 狩野モデル
    - ✓ QFD
    - ✓ DSM
    - ✓ EVM
    - ✓ その他
5. 終わりに

#### 業務プロセス

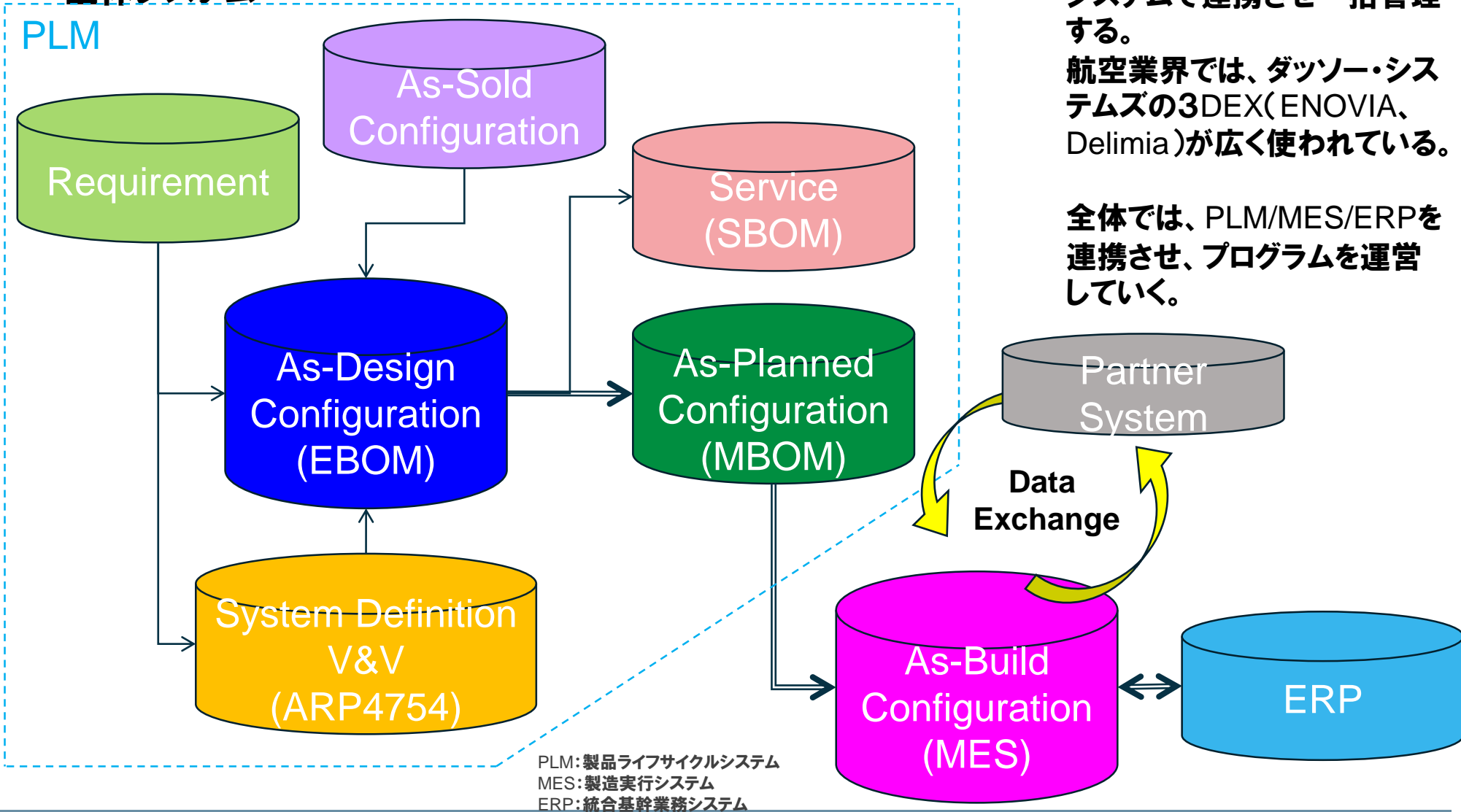
航空機開発で計画される業務プロセスとそのシステム化  
開発の初期の段階で、開発を統制するために決めるべき事項。

- 全体システム
- 要求管理
- リスク管理(RIO管理)
- 開発マイルストーンと技術進捗管理
- 技術データ
- 技術品証
- 空間統制( Volume Integration )とインタフェース管理
- リレーショナルデザイン
- モジュラーデザイン
- 号機管理
- 製造技術開発
- 生産性分析
- 整備性デザイン



### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス ・ 全体システム

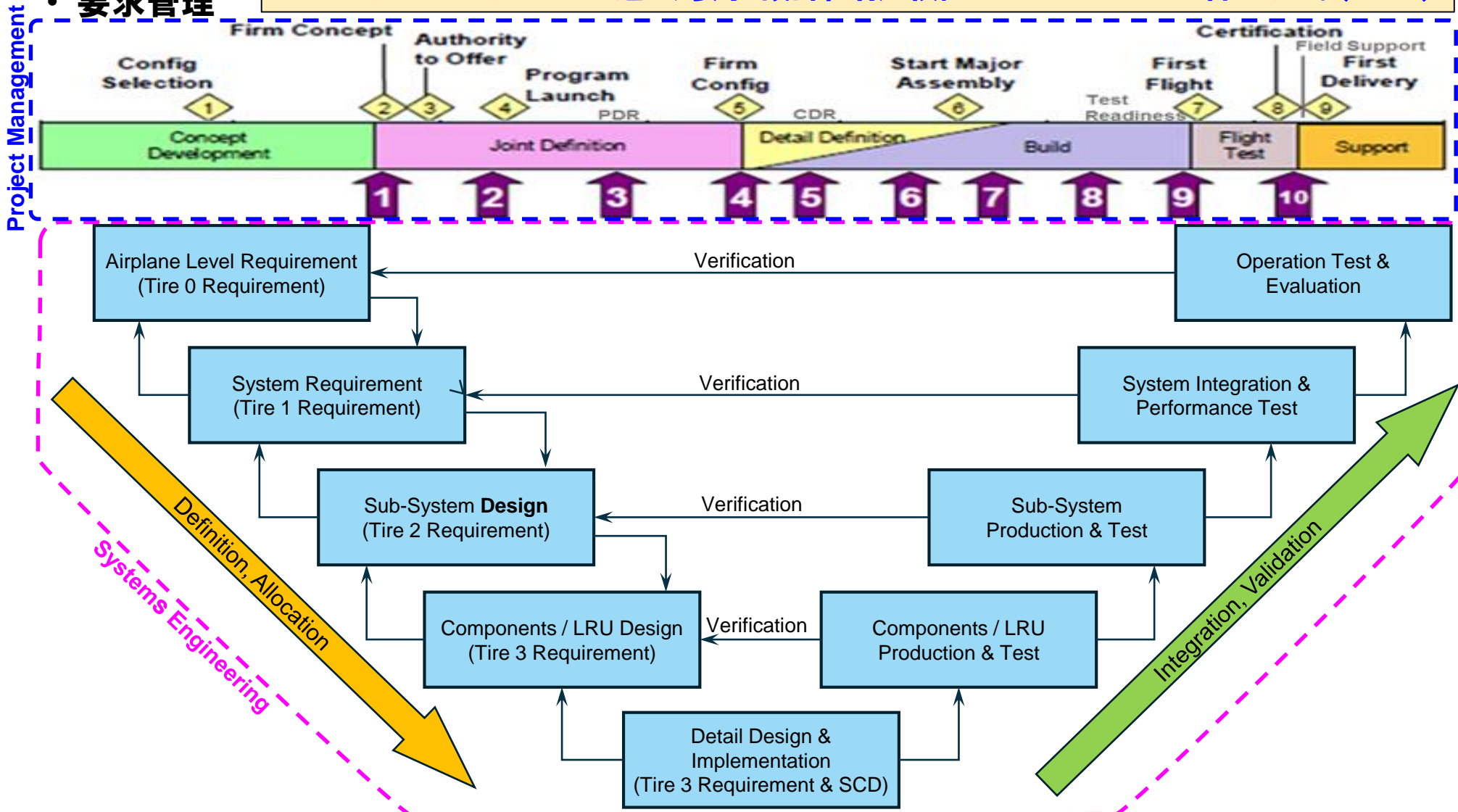


### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

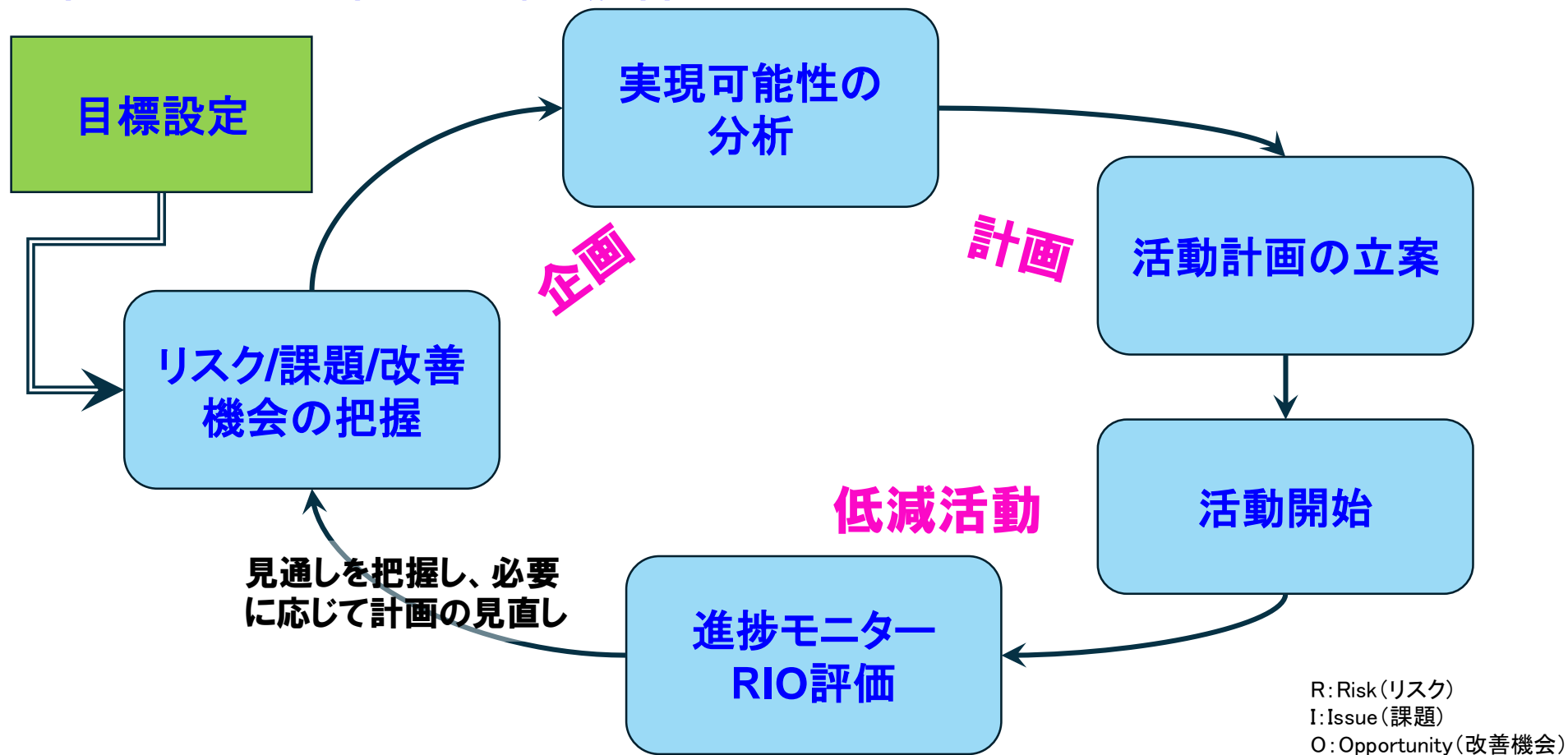
##### ・ 要求管理

プロジェクトマネージメントを通し、要求/設計仕様と検証をPLMシステムで管理する。(V&V)



- ・ **リスク管理(RIO管理)**

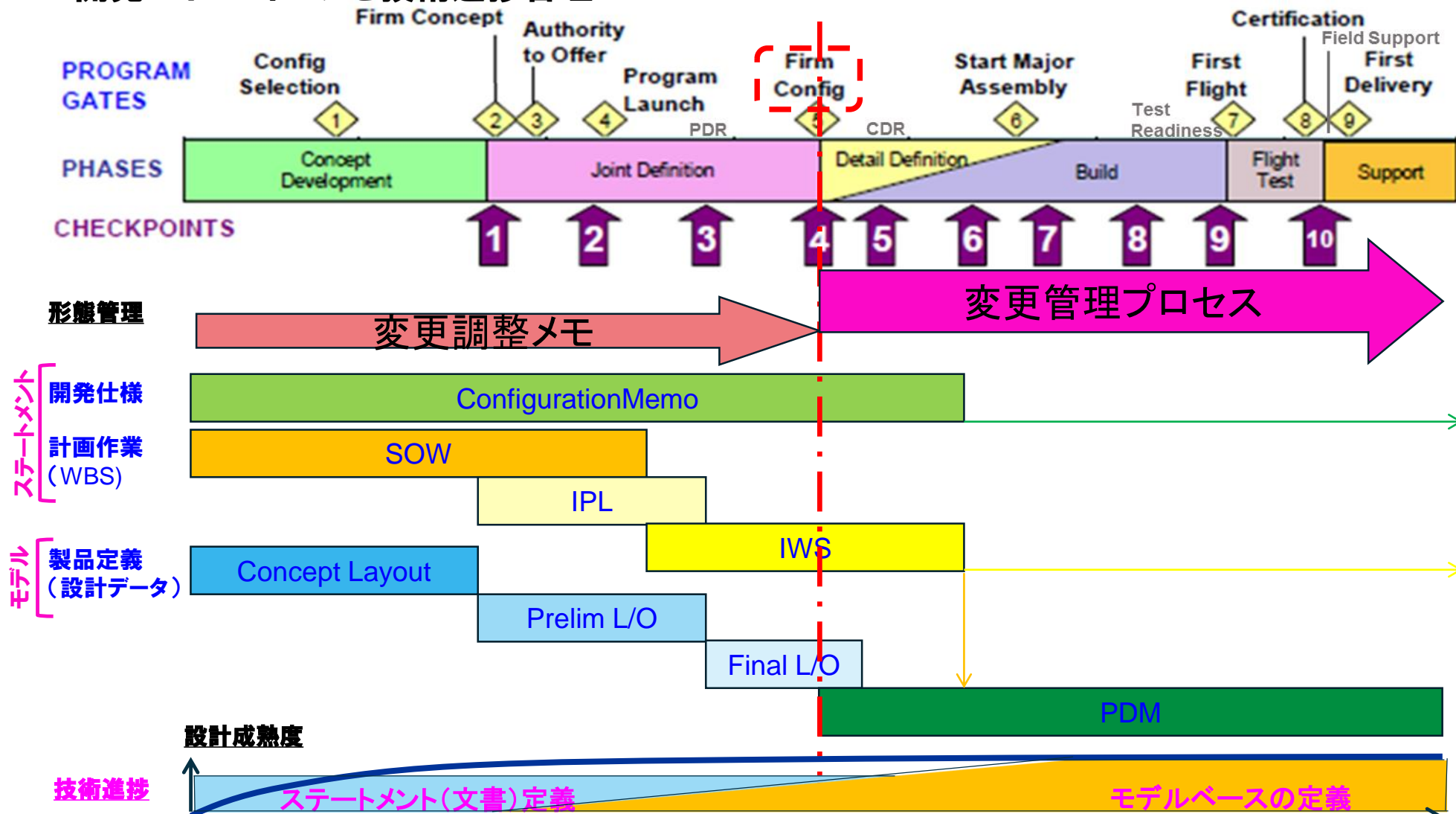
原価企画開発プロセスを適用し、改善(コスト、重量、スケジュール<VSM>等)の目標の設定と現状とのギャップを認識する。開発の進捗に沿って、リスク(R)/課題(I)/改善機会(O)の進捗と見通しを把握し、事前対策などのアクションを管理し、目標達成を図る。



### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

##### ・ 開発マイルストーンと技術進捗管理



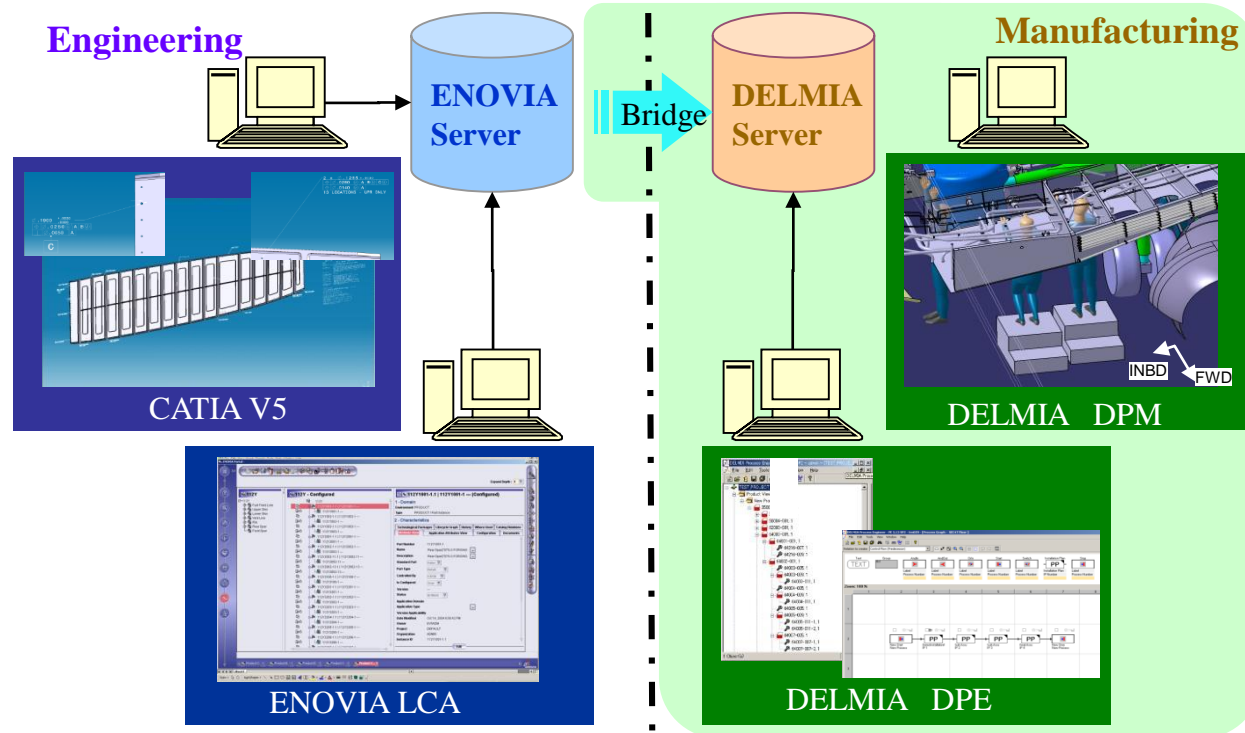
### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

##### ・ 技術データ

MBDによるモデルベースの技術意図定義。

このMBDを一元データとして、関連部門と共有し、他部門の情報と関連付けていく。



MBD (Model Based Definition)

<Specification View>

- ・ 形状情報@CATIA
- ・ テキスト情報(材料情報等)@ENOVIA
- ・ Application情報(位置、個数等)@ENOVIA

Digital Process Engineering

<Process View>

- ・ 製造ステップ
- ・ 製造要求定義
- ・ Digital作業指示書等

### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

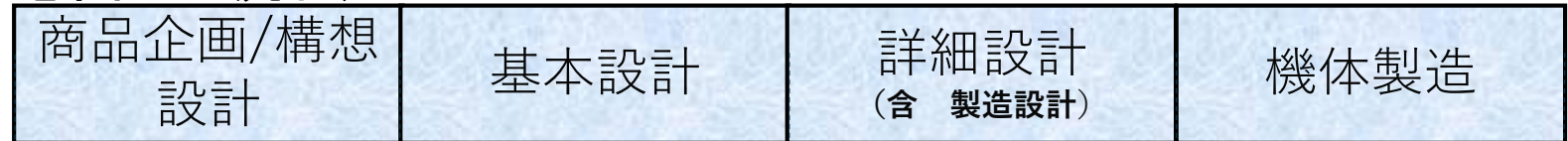
#### 業務プロセス

- ・ 技術データ

#### 形態管理(情報<意図>の流れ)

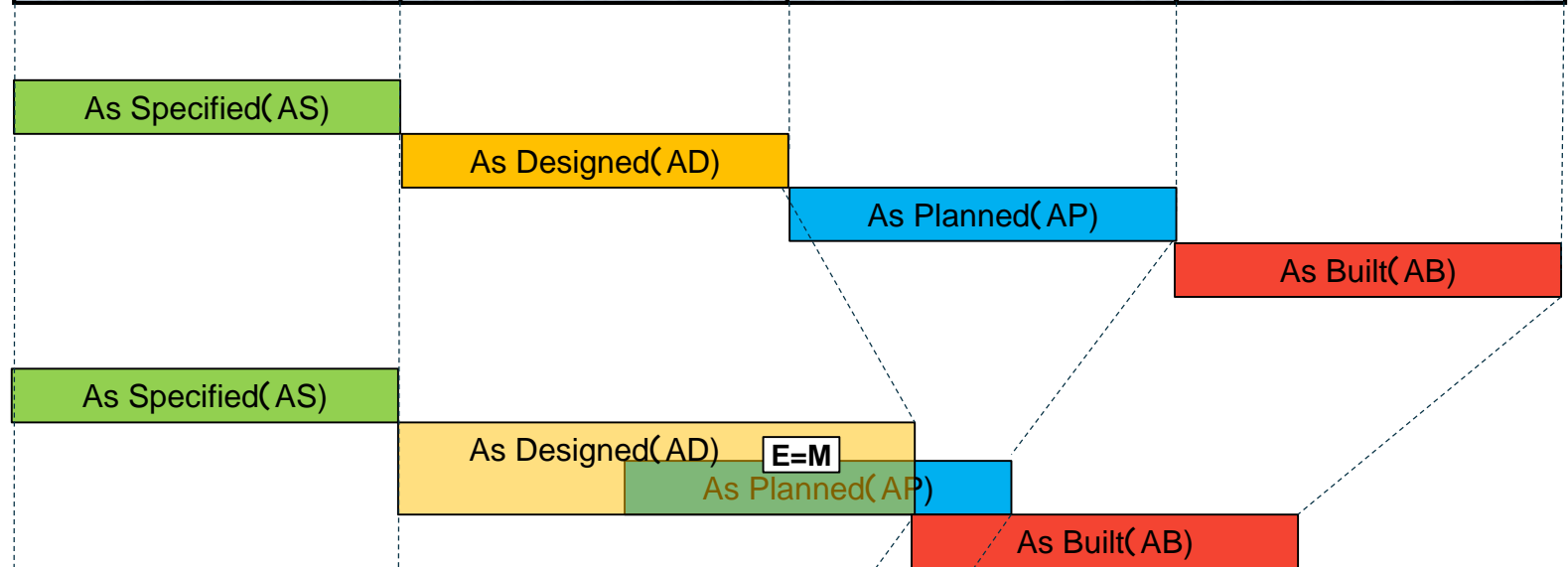
##### ・ 1980～1990年

Sequential Process



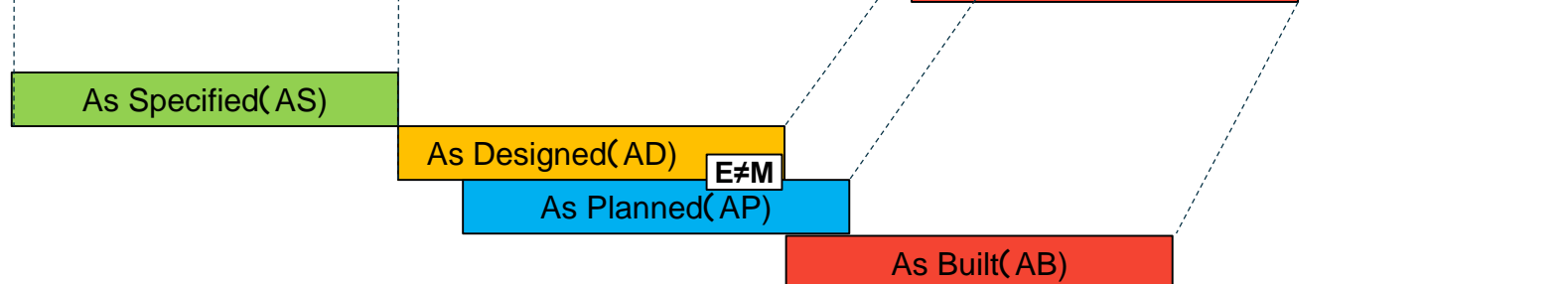
##### ・ 1990～2000年

Concurrent Process  
(E=M)〈Colocation〉



##### ・ 2000～現在

Concurrent Process  
(E≠M)〈Collaboration〉



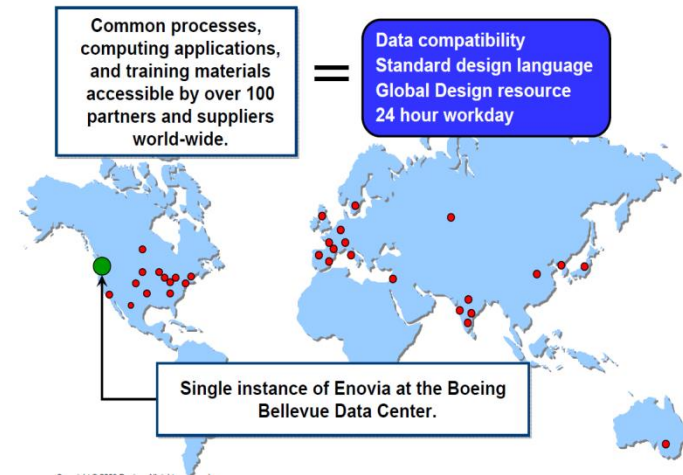
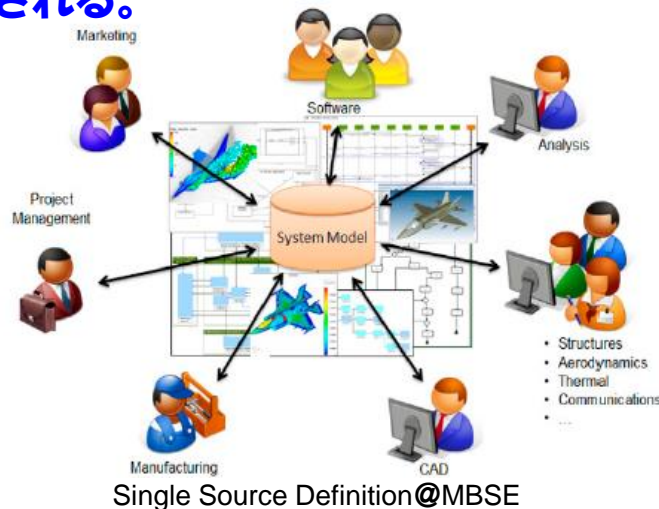
### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

##### ・ 技術品証

技術情報をモデルベース(MBD:Model Based Definition)による一元管理(Single Source Definition)を実践することにより、種々のステークホルダーが同時にGCE(Global Collaboration Environment)の環境下で、技術情報を活用することができる。(Concurrent Engineering)

エンジニアリングチェーンを通して情報を共有するプロダクトライフサイクルマネジメント(PLM)において必須なプロセスに、MBSE(Model Based System Engineering)の考え方が導入される。



GCE(Global Collaboration Environment) 出典:Boeing

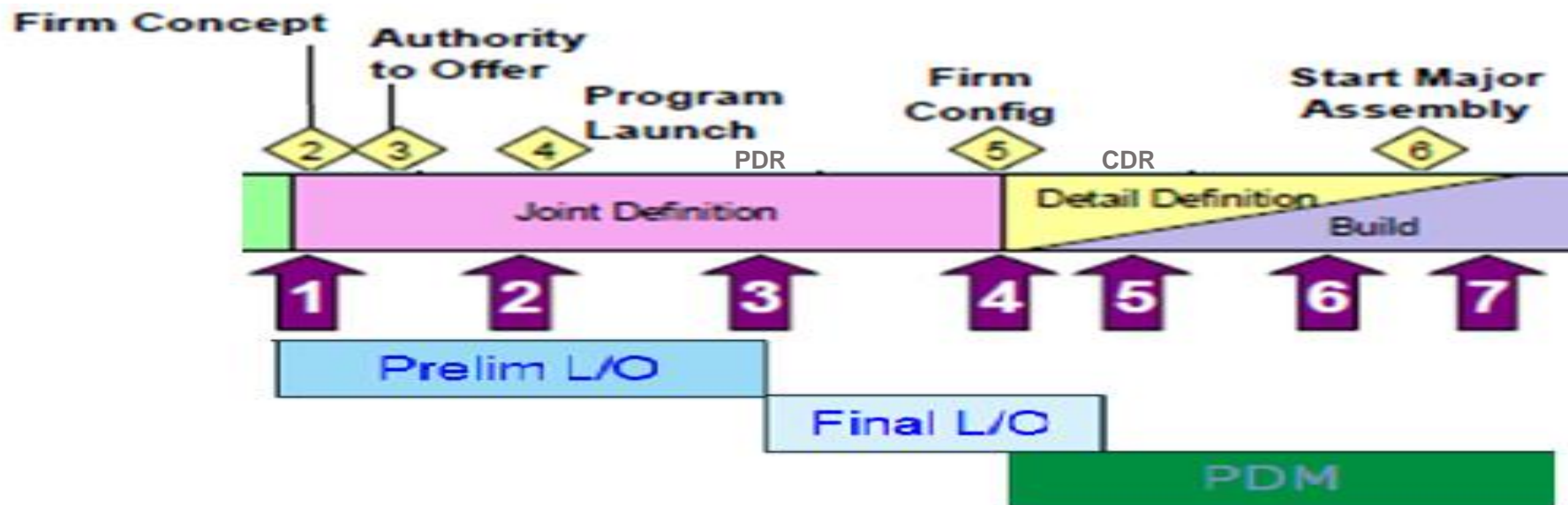
データを一元的に共有・活用するためには、データフォーマットなどのデータ品質を維持するためのルール設定が必要。



### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

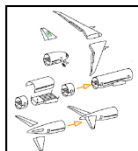
- 空間統制(Volume Integration)とインタフェース管理



#### 空間設計 フェーズ

#### 空間統制形態の設定

- ツール面などのインタフェース仕様
- SOWをもとに分担



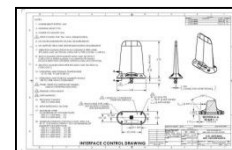
#### インタフェース文書 とスケジュールの設定

- インテグレーション計画
- IPL/IWS維持
- ICD発行計画



#### インタフェースの確定

- ICDリリース



#### インタフェース仕様の確定

- PDM確定
- ICD確定





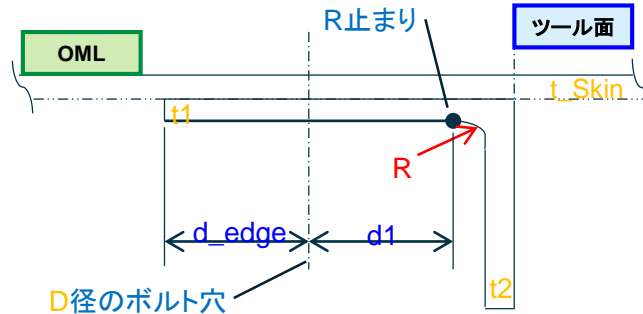
### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

- ・ リレーショナルデザイン(Relational Design)

設計上の基準や製造上の基準からのパラメーター(変数 & 定数)により設計(形状)を決めるルールを設定するパラメトリックデザイン。

#### 【事例】



- ✓ **設計基準: 設計仕様・性能上必要な基準**

OML: Outer Mold Line、空力線図(外形形状の定義)

- ✓ **製造基準: 製造上必要とする基準**

ツール面: 部品を位置決めするツールを充てる面

- ✓ **設計ルール: 経験知識などから知恵化したルール**

- ・ **定数**

R: 標準工具(カッター)の隅R (=3mm)

- ・ **変数(設計値<Given>): 強度解析などの結果**

t: 部材の板厚(=解析値)

D: ボルト径(=解析値)

- ・ **変数(計算値<出力>): ルールから見出した値**

$d1 = d1 + 1.3\text{mm}$

: ボルト頭がRに乗らないようにする。

(製造上のバラツキを考慮して1.3mmを加算)

$d\_edge = 2 \times d1 + 1.3\text{mm}$

: 損傷許容性を考慮したボルト穴から部品の端までの距離

- ・ モジュラーデザイン(Modular Design)

航空機の開発において、以下の観点で共通/標準化(Commonality)は重要。そのために、設計要求・アーキテクチャー、材料/部品、ベストプラクティスを設定し、それらに従う必要がある。

- ✓ 安全性
- ✓ 保守性
- ✓ 試験計画
- ✓ 修理性

航空機開発の標準化を進めるために、設計のルール化やモジュール化を考える。

実践するために、開発の初期の段階に以下を設定し要件化する。

- デザインガイドライン
- 標準部品ガイドライン(推奨部品と使用条件)
- 標準モデル(パラメトリックデザイン、Seed Model)
- DFX-HB
- 等

### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

##### ・ 号機管理

航空機の形態管理上、号機管理は重要。

形態管理対象とするレベルの部品に対して、号機管理を行う。

航空機では、単品レベルを形態管理の対象として、ボルトなどの標準部品は対象外としている。

この号機管理にて、顧客オプション形態も管理する。

#### 可用性(設計適用可能範囲) <Availability>

##### 共通仕様 (Option1)

Op1a # 1 —————> # 100

Op1b # 101 —————> # 999

##### 派生型仕様 (Option2)

Op2a # 1 —————> # 999

Op2b # 1 —————> # 999

##### 標準オプション (Option3)

Op3a # 1 —————> # 999

Op3b # 101 —————> # 999

##### 特注オプション (Option4)

Op4a # 102

#### 適用性(顧客毎仕様) <Applicability>

顧客A (Op1a+Opt2a+Opt3a)

顧客B (Op1b+Opt2b+Opt3b+Opt4a)

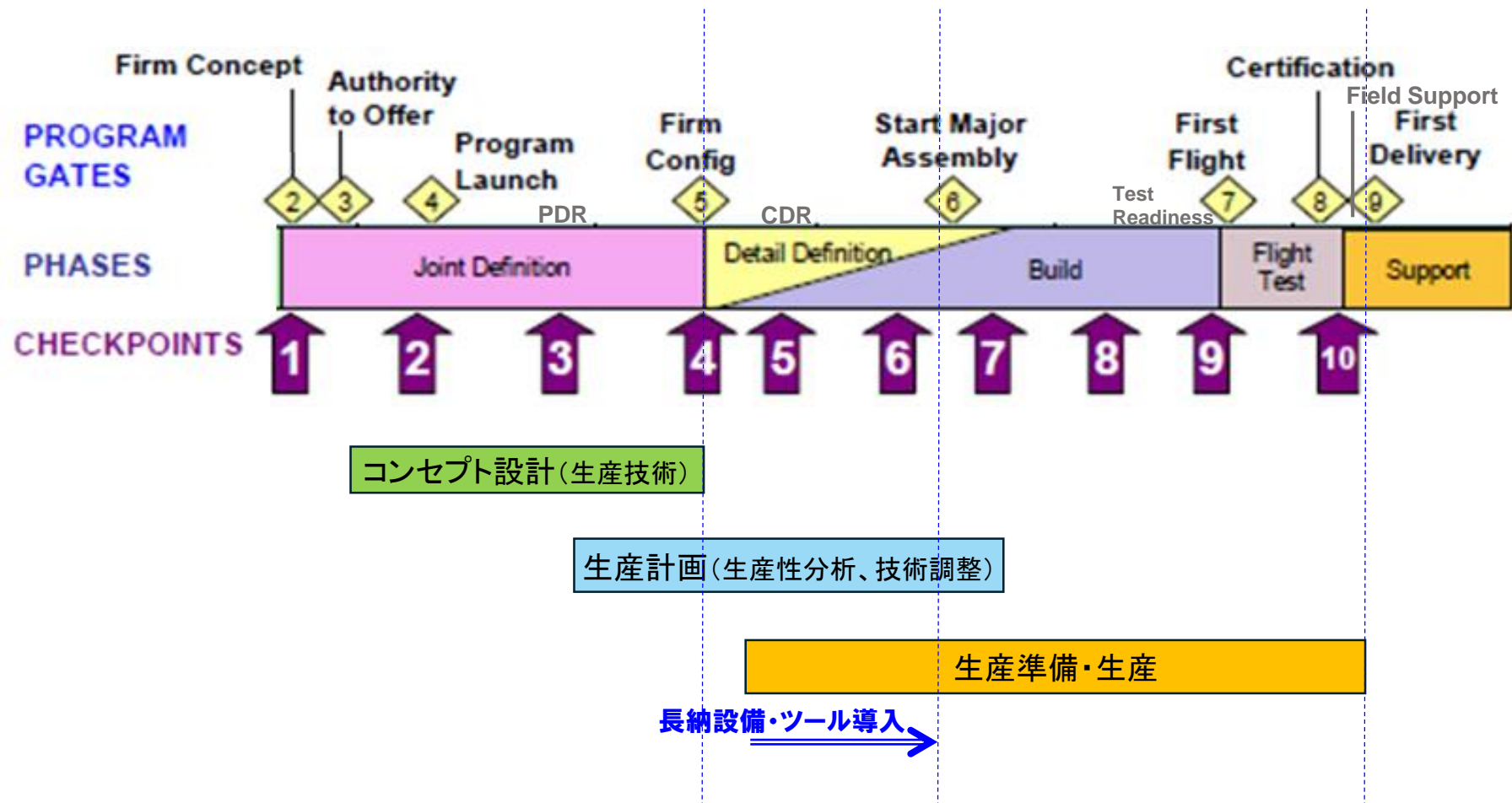
#### 号機(生産計画) <Effectivity>

|     |     |     |       |       |       |
|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1号機 | 2号機 | 3号機 | ..... | 102号機 | ..... |
|-----|-----|-----|-------|-------|-------|

### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

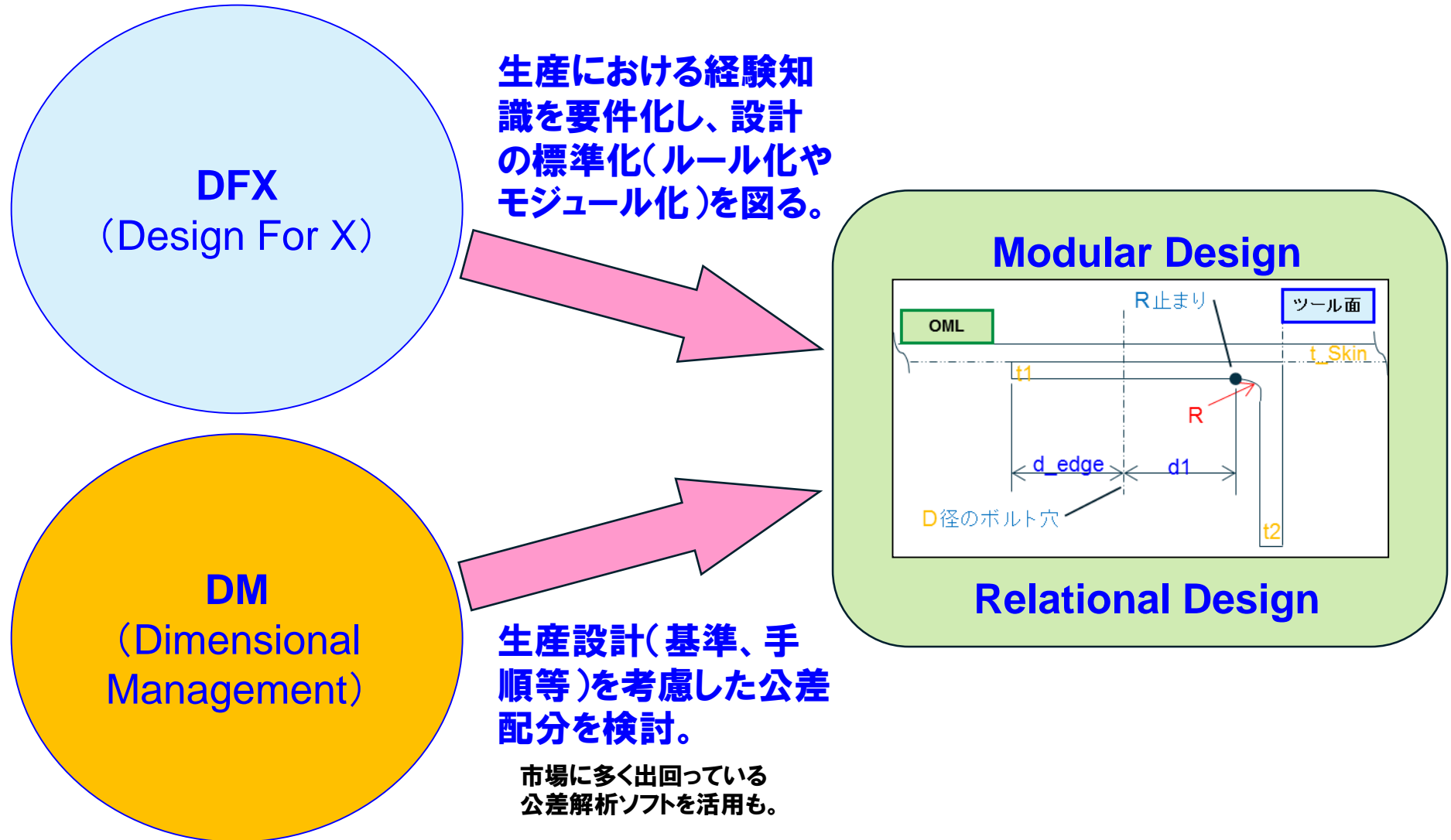
- 製造技術開発



### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

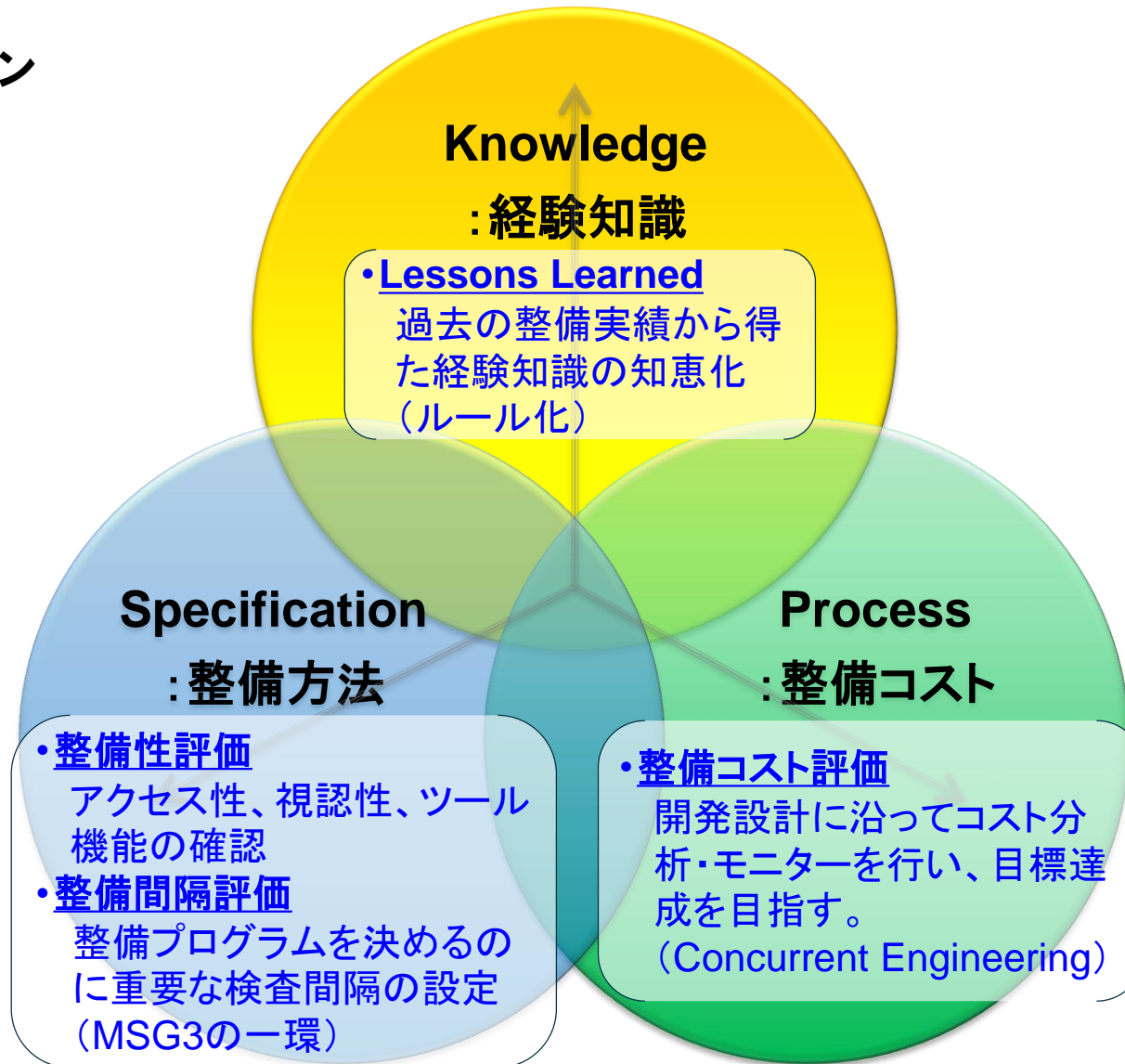
- 生産性分析



### 3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)

#### 業務プロセス

##### ・整備性デザイン



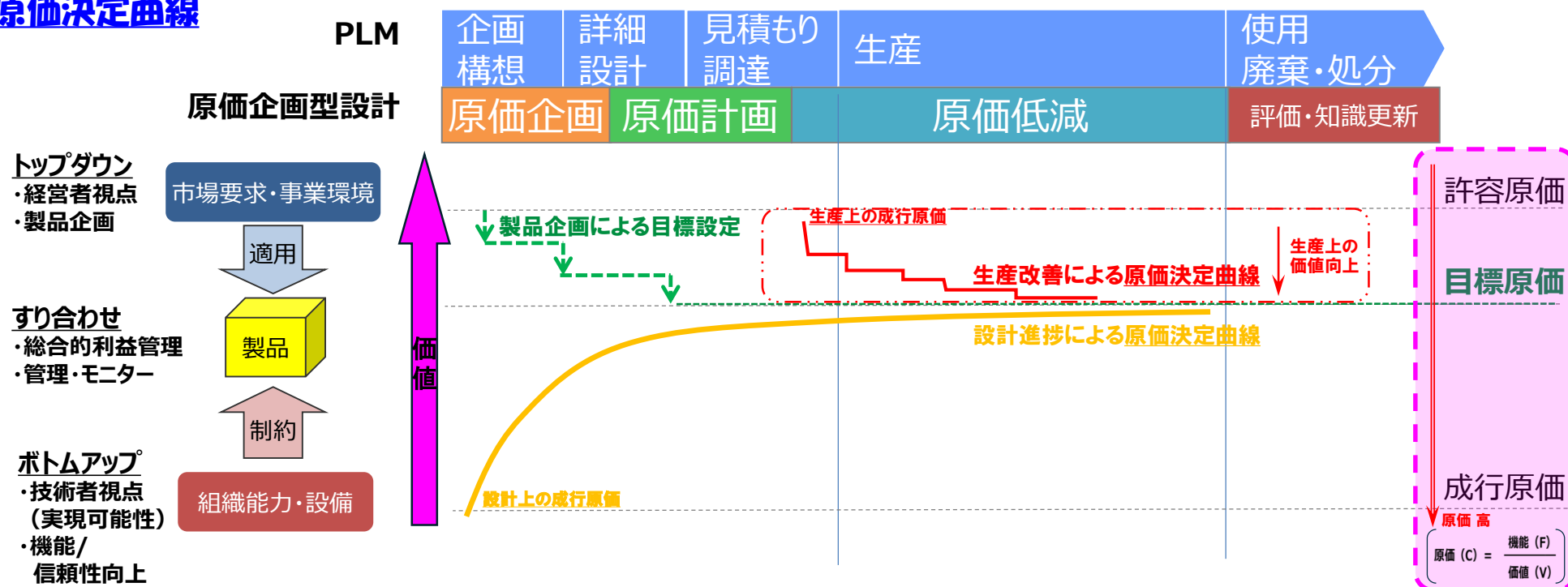
1. プロジェクトマネジメントとは
  - ✓ プロジェクトとは
  - ✓ 世界の標準“PMBOK®”
  - ✓ 実践的プロジェクトマネジメント
2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント
3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)
4. **プロジェクトマネジメント手法**
  - ✓ **原価企画**
  - ✓ MCMD
  - ✓ DFX
  - ✓ MBSE
  - ✓ **ツール**
    - ✓ **狩野モデル**
    - ✓ QFD
    - ✓ DSM
    - ✓ EVM
    - ✓ **その他**
5. 終わりに

## 原価企画型開発

### 原価企画型開発とは、総合的利益管理活動

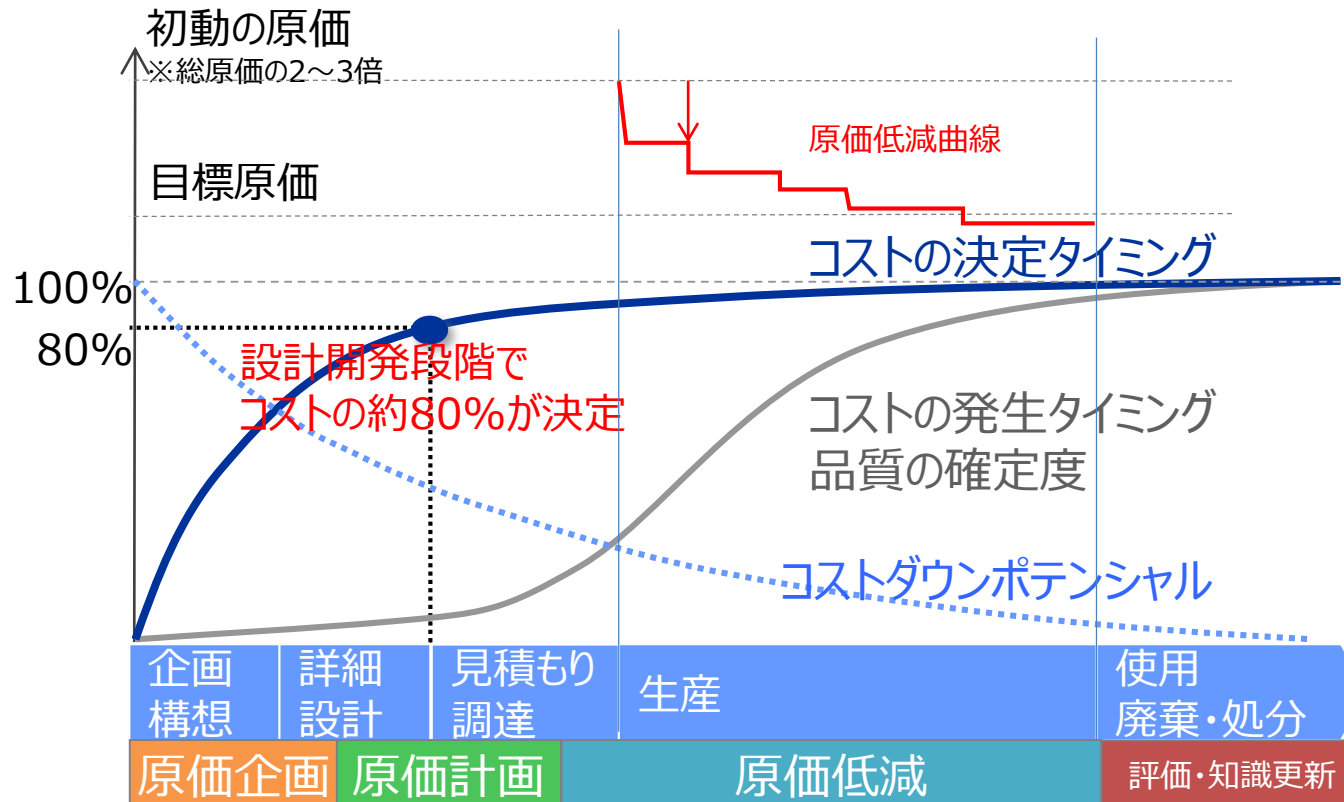
- ・ 経営者視点の期待する原価「許容原価」と技術者視点の企画時点での実現可能な原価「成行原価」とのギャップを認識。
- ・ 製品企画を通して、利益の見直し等を検討、「目標原価」を設定
- ・ 目標原価との差を埋めるべく原価低減の計画を立案
- ・ 目標を達成すべく原価低減活動を管理。
- ・ 最後に事業の評価、経験知識の知恵化を実施し、再利用を図る。

### 原価決定曲線



### 原価企画: 背景

- 原価の教科書によると、下記のような記載がある。  
原価決定曲線をとおして、コスト（原価）の80%は詳細設計までで決まり、製品の規模、機能、使用材料、構造、生産工法などが決まると、下流での発生コストも決まる。
- だからこそ、企画/構想段階から組織横断した活動とその管理が必要。





## 4. プロジェクトマネジメント手法

### MCMD:背景

MCMD: Mass-Customization & Modular-Design

海外市場での  
競争

ニーズ多様化

製品高度化

限られた  
リソース

多様な要望に応じて  
**一品ずつ一から設計**  
する伝統



**設計負荷の増大、不十分なリードタイム**



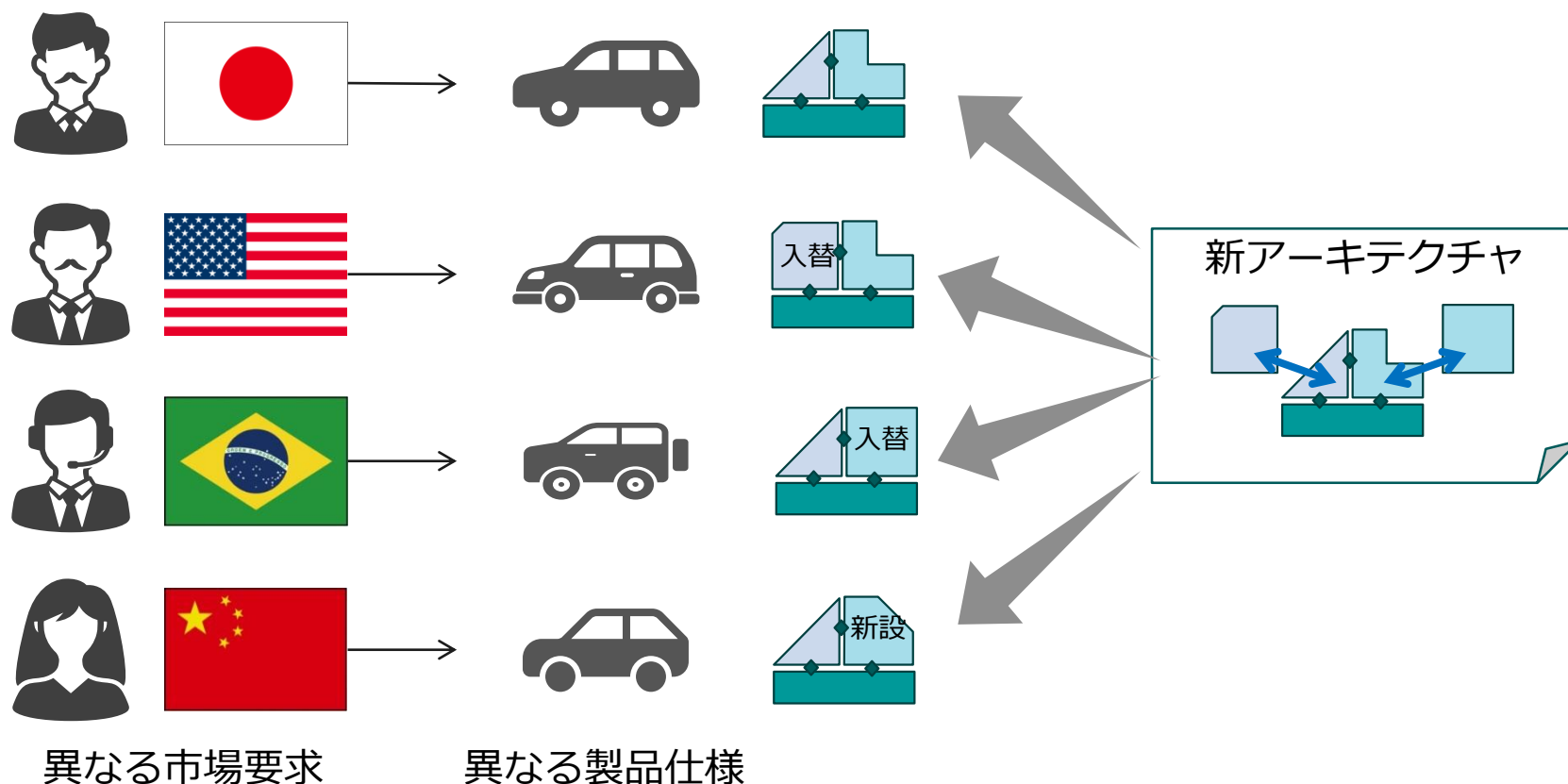
**一から設計していたのでは十分なQCDが得られない。**

## 4. プロジェクトマネジメント手法

### MCMD:MCMDとは

リソース制約の中で、多様なニーズに対応した幅広い製品を設計する手法。  
品質を維持しながらコストや製品リードタイムを改善する。

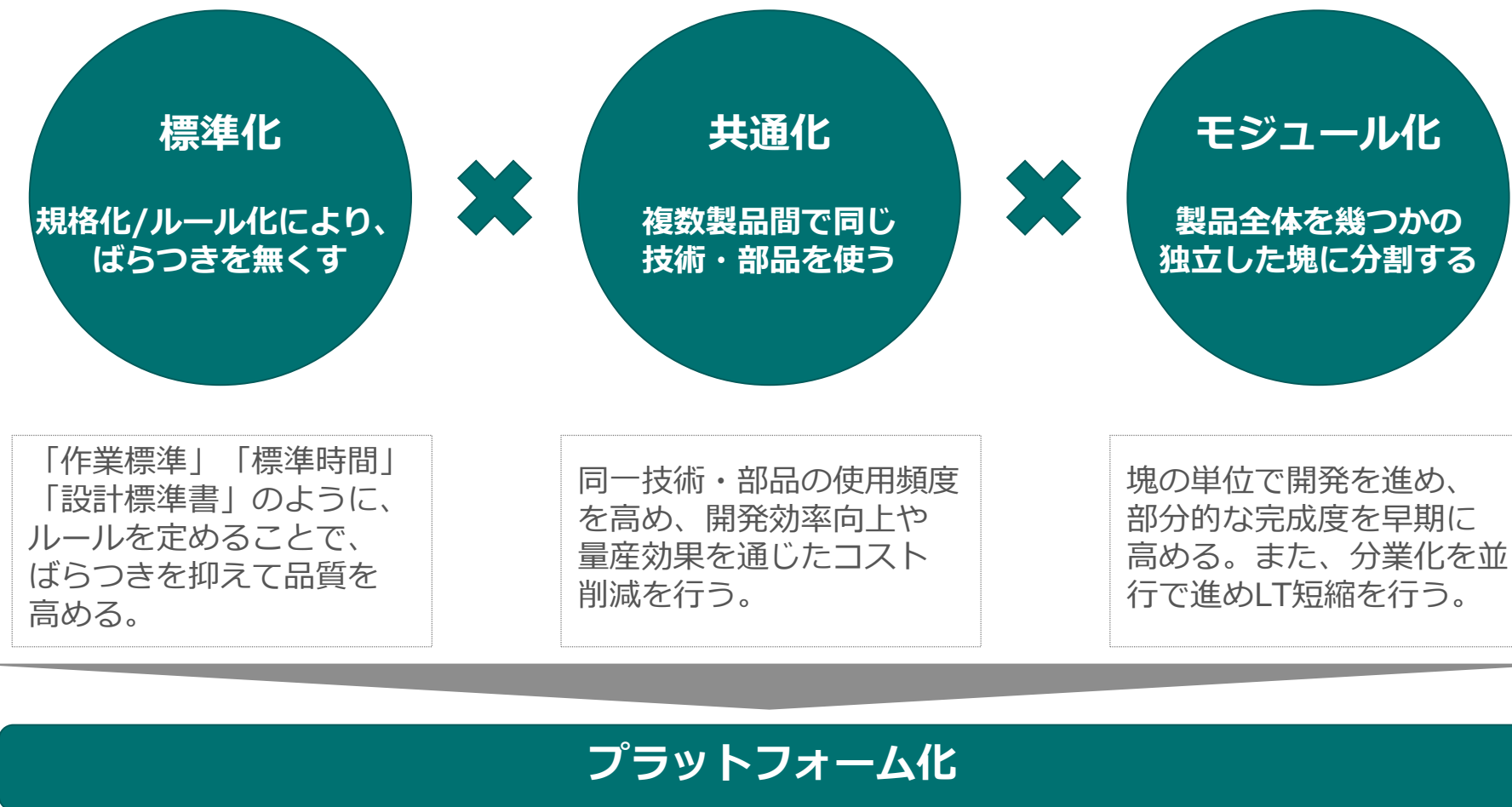
■ モジュール化は多様なバリエーションの商品を効率的に実現する。



### MCMD:MCMDとは

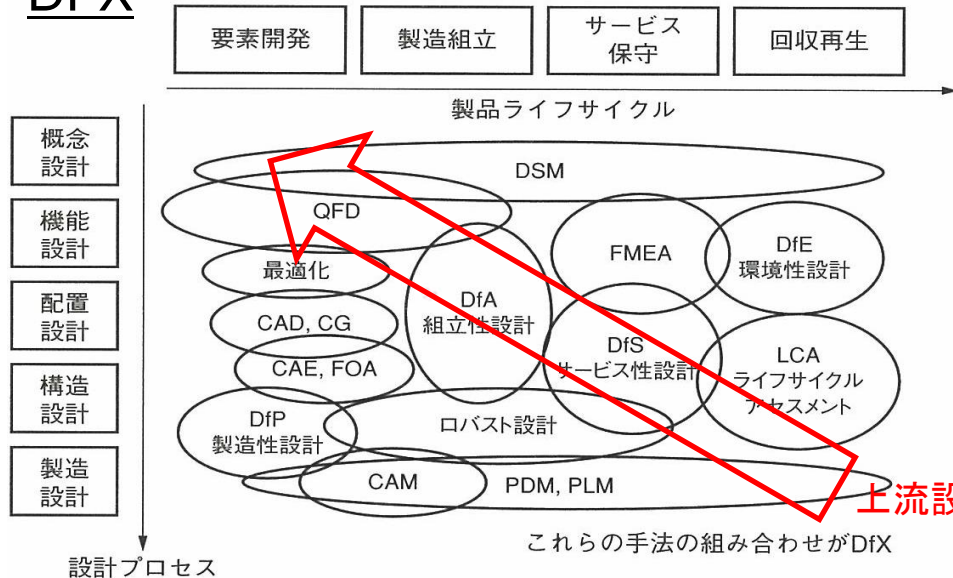
プラットフォーム化 = 標準化 × 共通化 × モジュール化と定義できる。

■ そのため、モジュラーデザインを行う際には、標準化、共通化、を含めて行う場合がある。

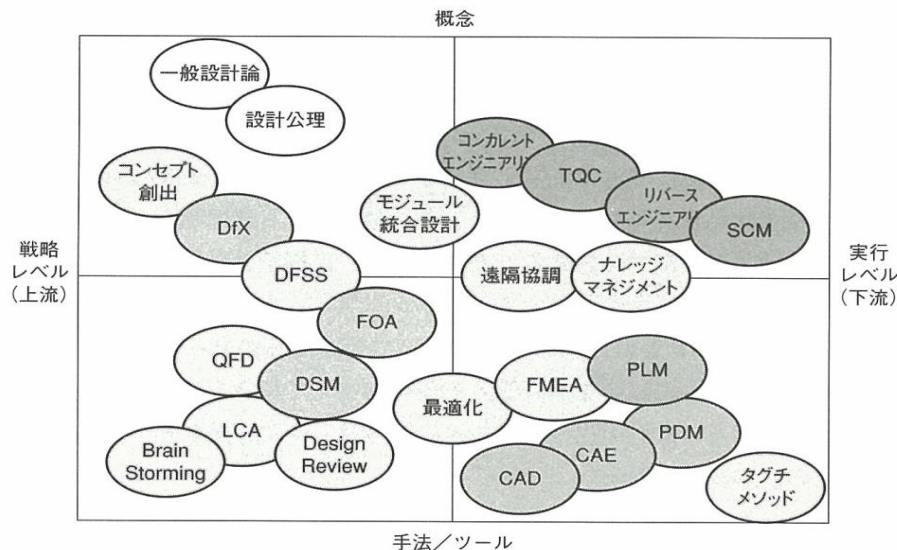


# 4. プロジェクトマネジメント手法

## DFX



- 具体的な製品に対し
- 手法やツールを組合わせ
- 想定される諸問題を上流で検討



## 考え方の枠組みは多岐にわたる

- 戦略⇔実行
- 概念⇔手法/ツール

## 4. プロジェクトマネジメント手法

### DFX

DIKWモデルに基づき、経験情報を活用するプロセスとして、①データや情報を蓄積し、②事故要因、改善の背景や理論として経験として知識化し③設計に活用できる知恵に変え、業務への積極活用を実現、DR&Oに反映し、次のプロジェクトへの要件化を推進する。

### DIKW モデル

Wisdom:

知恵

Knowledge  
:

知識

Information :

情報

Data :

データ

### 設計へ活用

- 設計ルール化（設計要件定義）
- DRチェックリスト 他



#### STEP3 : W (知恵)

過去事例から学ぶものを活用（設計へ活かすルール化）

製品への要求事項とし、設計プロセスに組込む

コンテンツ：要件要求集

#### STEP2 : K (知識)

過去事例から学ぶもの（事例の背景にあるRational）

製品で起こった事例の原因、改善点の決め手となった背景や論拠

コンテンツ：知識リスト

#### STEP1 : D (データ) & I(情報)

製品事例：DFX、戦訓、改善提案 他

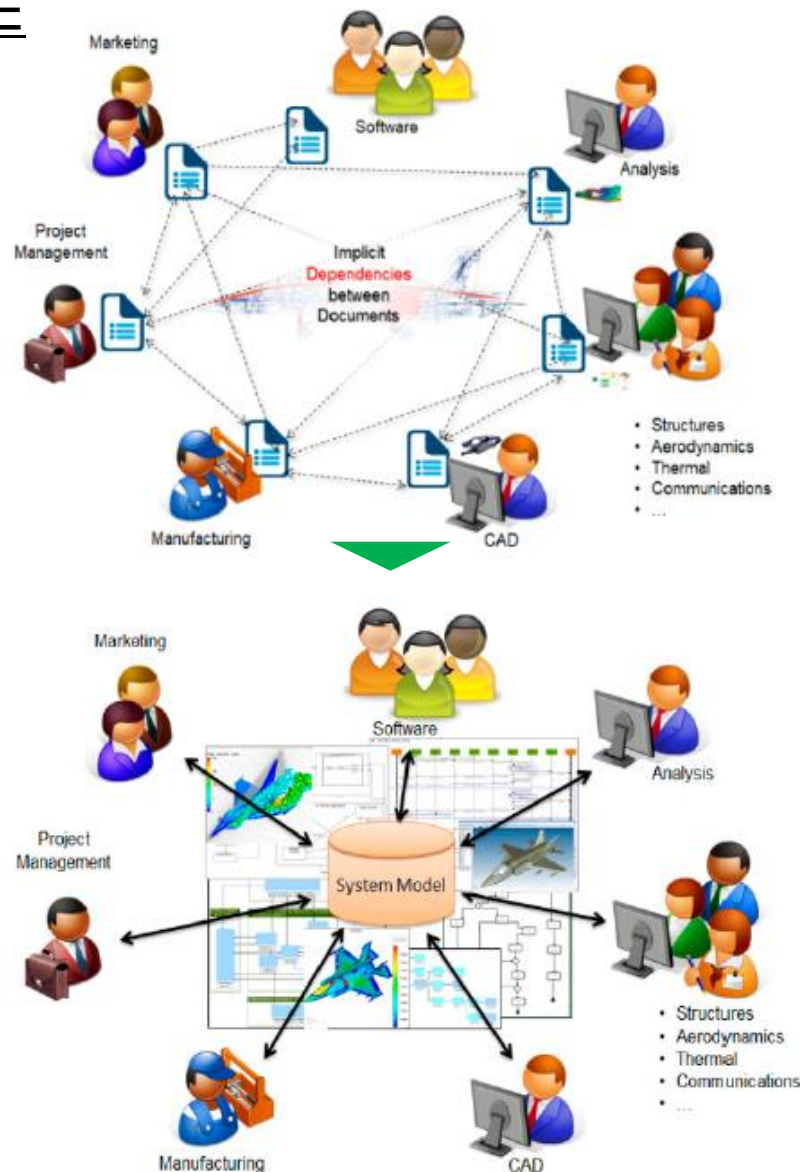
製品で起こった事例を具体的に示す。原因、改善点

コンテンツ：戦訓集、不具合事例集

改善事例集 他

## 4. プロジェクトマネジメント手法

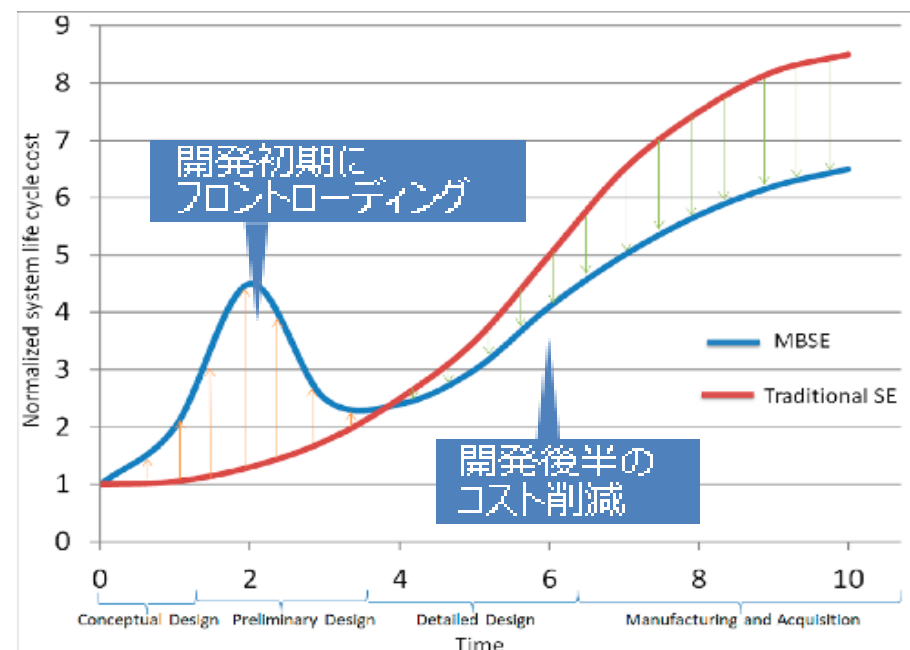
### MBSE



MBSE: Model Based Systems Engineering

### MBSE導入のメリット

- ドキュメントの変更作業負荷低減
- 開発初期段階でエラー検出
- データの再利用
- 規格・標準への対応等

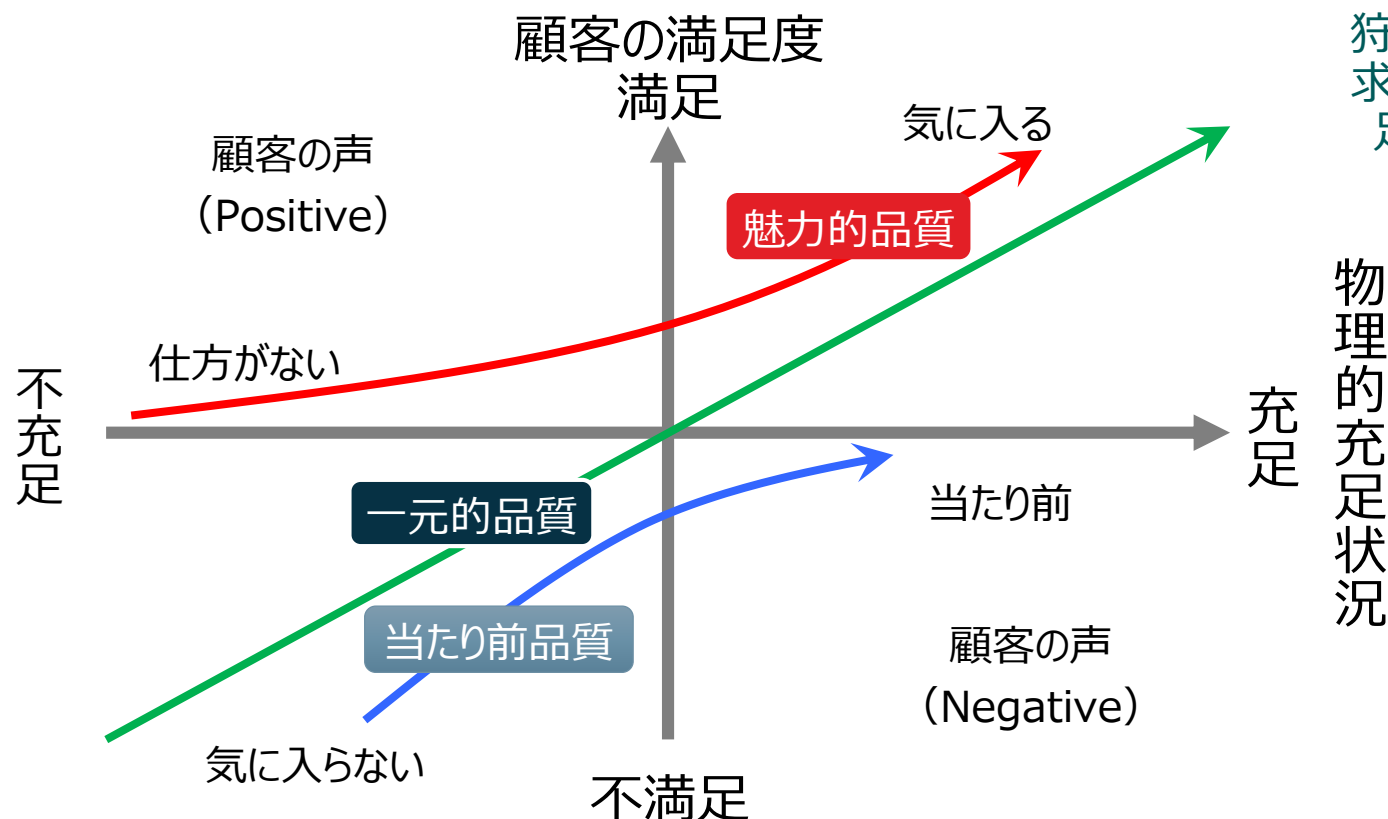


## 4. プロジェクトマネジメント手法

### ツール

#### 狩野モデル

品質の定義 = 顧客の“要求”を満たす程度（日科技連）



狩野モデルにおける品質を要求に置き換えて、重要度・充足度の評価軸に採用可能。

品質指標と満足度（狩野モデル） 1984年に狩野紀昭教授らが提起

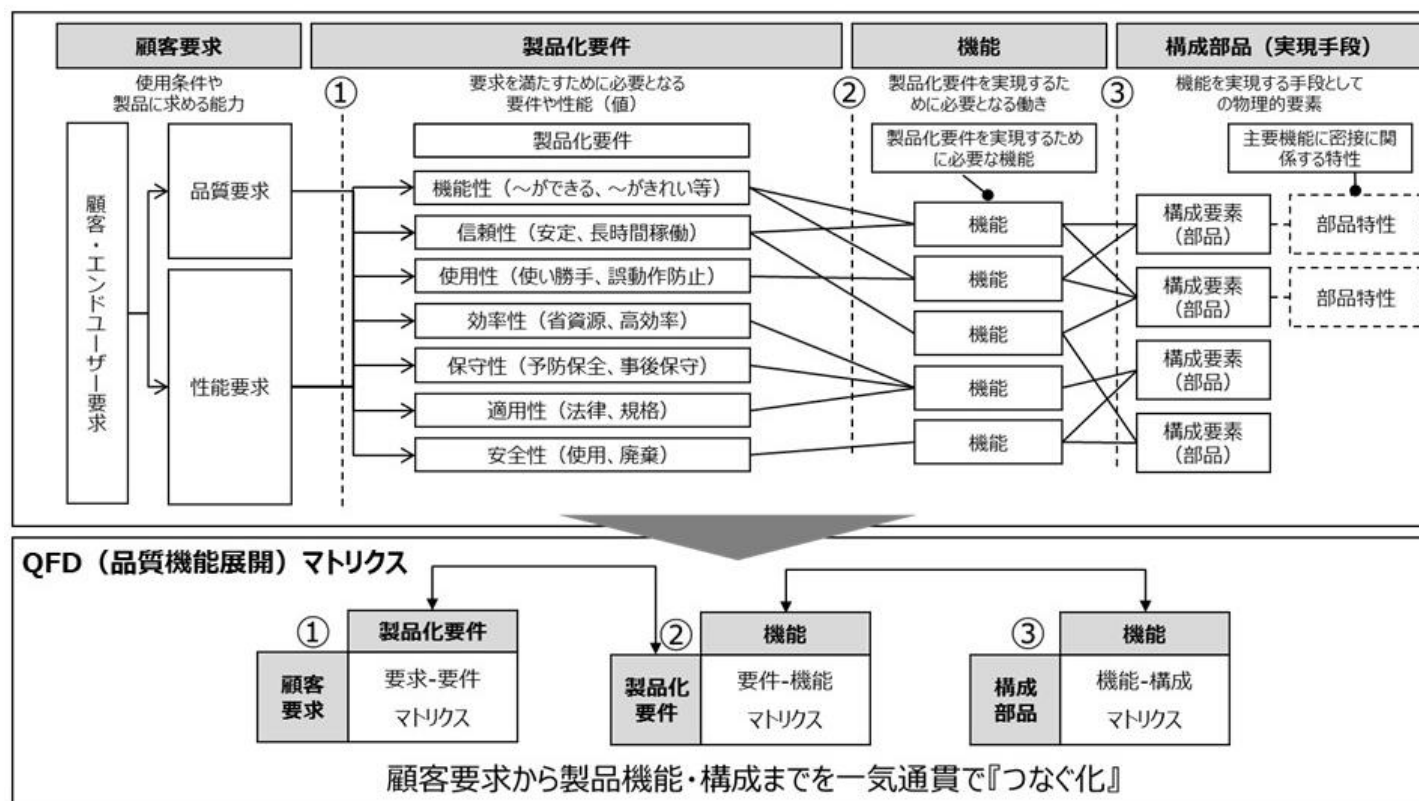


## 4. プロジェクトマネジメント手法

### ツール

#### QFD

- QFD（Quality Function Development）とは、顧客要求を満足させるための製品化要件を設定し、製品機能や構成部品といった製品化に必要な情報や関係性を二元表（マトリクス）によって可視化していく手法





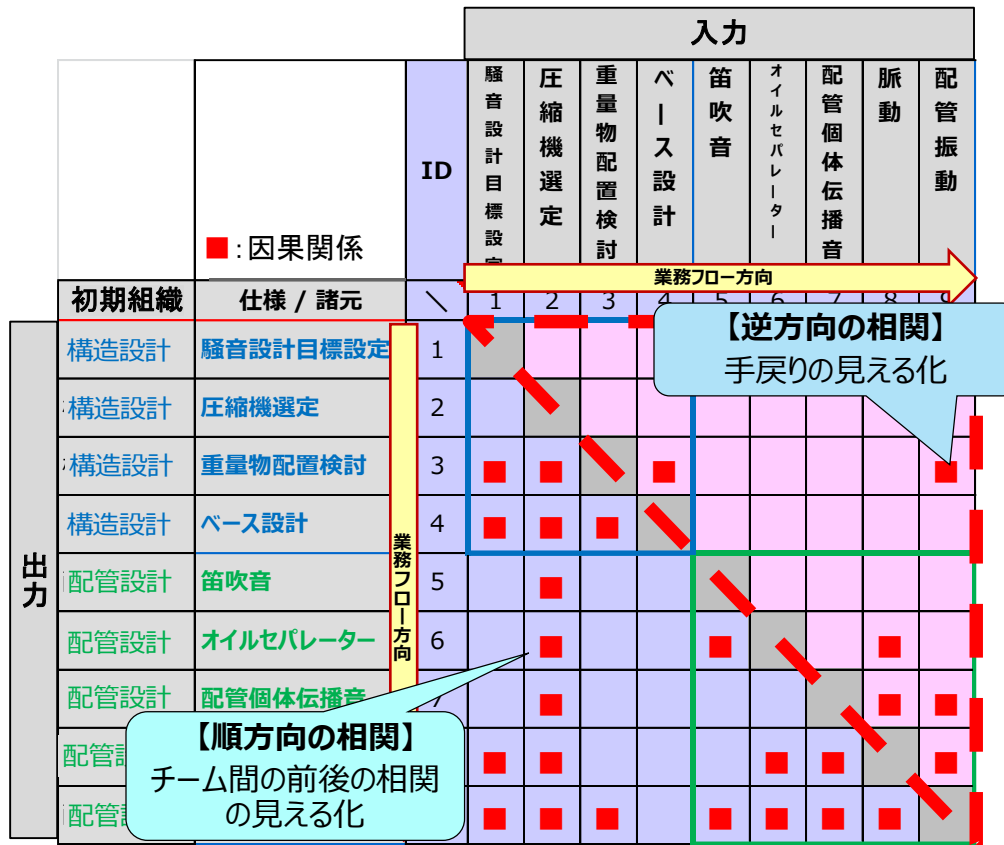
# 4. プロジェクトマネジメント手法

## ツール

### DSM

#### 【DSMとは】

- DSMは業務で扱われる情報の整流化と知識の見える化できる。
- DSMを活用することで、業務の仕組みを可視化/構造化できる。



入力/出力の相関を表す

#### DSM表記

- 業務タスクを、フローなどの相関順序で同じタスクを縦軸・横軸に並べる。
- 横軸が入力となり、縦軸を出力するといった関係をマトリックス上に表現します。

|   | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | A |   |   |   | 2 |   |   |   |
| B |   | B |   | 1 |   | 3 | 1 |   |
| C |   |   | C |   |   |   |   | 3 |
| D | 3 | 2 |   | D |   | 4 |   |   |
| E |   | 1 |   |   | E |   |   |   |
| F |   |   |   |   | 4 | F |   |   |
| G |   |   | 1 |   |   |   | G |   |
| H |   |   |   |   | 1 |   |   | H |

|   | A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | A |   |   |   |   |   |   |   |
| B |   | B |   |   |   |   |   |   |
| C |   |   | C |   |   |   |   |   |
| D |   |   |   | D |   |   |   |   |
| E |   |   |   |   | E |   |   |   |
| F |   |   |   |   |   | F |   |   |
| G |   |   |   |   |   |   | G |   |
| H |   |   |   |   |   |   |   | H |

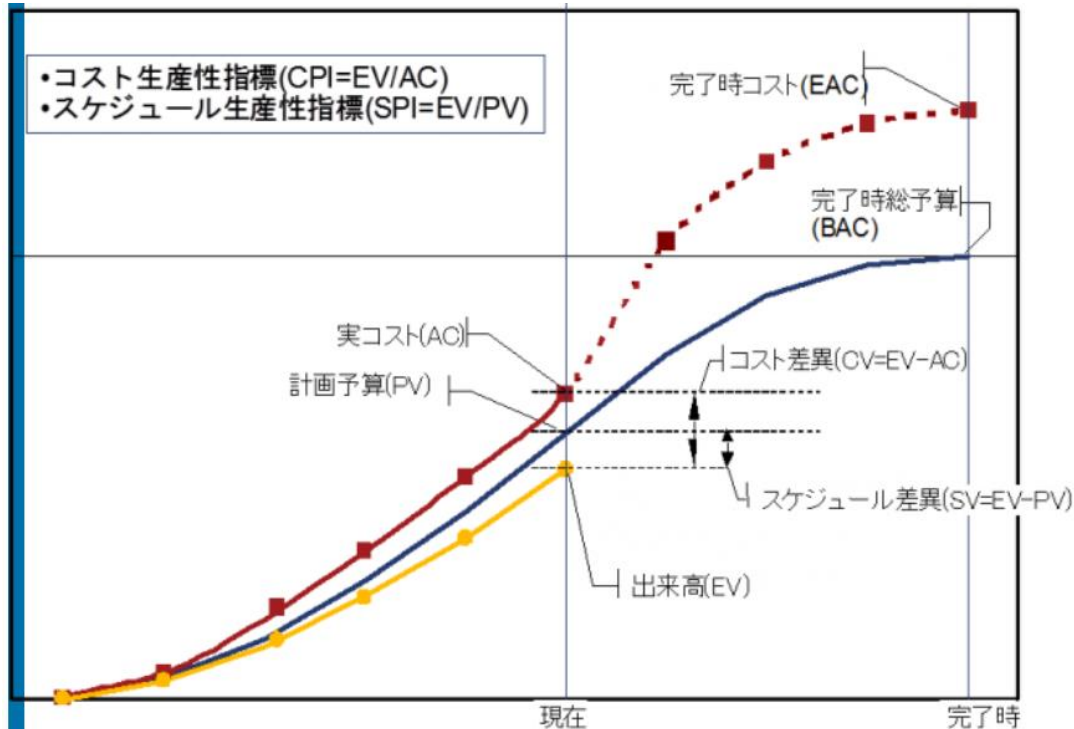
相関の強さを数値または色で表現もできる

## 4. プロジェクトマネジメント手法

### ツール

#### EVM

プロジェクトの進捗(コスト管理)を実績コストと作業の着手/完了を把握管理する手法を出来高(価値を生み出す進捗)も管理することで、将来の見通しコストも評価することを図る。



<https://www.innovationmanagement.co.jp/column/no17/>

- PV(Planned Value): 計画予算
- AC(Actual Cost): 実績コスト
- EV(Earned Value): 出来高(価値を金額で表現)
- EAC(Estimate at Completion): 最終予想コスト

- **コスト生産性指標**  
(CPI: Cost Performance Index) =  $EV/AC$   
計画に対しどの程度の生産性(コスト)で価値を生み出したかを表す指標
- **スケジュール生産性指標**  
(SPI: Schedule Performance Index) =  $EV/PV$   
計画に対しどの程度の進捗(時間的コスト消化)かを表す指標

# 4. プロジェクトマネジメント手法

## ツール その他

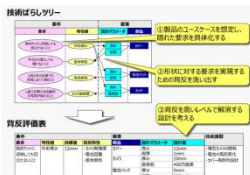
業務管理において、以下の3つの目的に有効な見える化ツールの活用を考える。

- ・ 設計検討の見える化
- ・ プロセス管理の見える化
- ・ プロジェクト管理の見える化

## 設計検討の見える化

### 意見反響表

設計変更時の落とし穴の見える化



### 要求機能コスト分析

要求や機能のコストの見える化



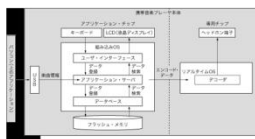
### バリエーションDMM

要求の種と部品オプションの関係の見える化



### 機能ブロック図

製品の機能間の関係の見える化



### FMEA

問題のリスクと対策の見える化

| 品目   | 機能  | 故障モード | 影響   | 原因     | 予防      | 検出    | 検出率 | リスク |
|------|-----|-------|------|--------|---------|-------|-----|-----|
| エンジン | 出力  | 出力低下  | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
|      |     | 出力変動  | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
|      |     | 出力不足  | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
|      |     | 出力過剰  | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
| エンジン | 回転数 | 回転数低下 | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
|      |     | 回転数変動 | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
|      |     | 回転数不足 | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |
|      |     | 回転数過剰 | 燃費悪化 | 燃料供給不良 | 燃料ポンプ点検 | 出力計点検 | 90% | 10  |

### 変更点・変化点管理表

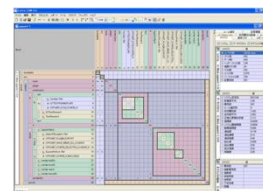
従来製品との違いの見える化

| 品目   | 機能  | 変更点   | 従来製品との違い |
|------|-----|-------|----------|
| エンジン | 出力  | 出力低下  | 燃費悪化     |
|      |     | 出力変動  | 燃費悪化     |
|      |     | 出力不足  | 燃費悪化     |
|      |     | 出力過剰  | 燃費悪化     |
| エンジン | 回転数 | 回転数低下 | 燃費悪化     |
|      |     | 回転数変動 | 燃費悪化     |
|      |     | 回転数不足 | 燃費悪化     |
|      |     | 回転数過剰 | 燃費悪化     |

## プロセス管理の見える化

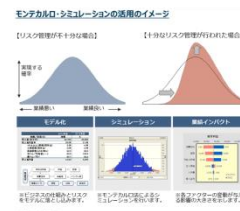
### パーティション分析

手戻りの少ない開発手順の見える化



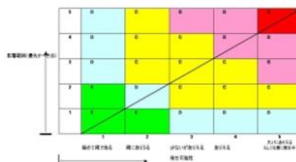
### モンテカルロ分析

開発期間の予測値の見える化



### リスクマトリクス分析

リスク対策の優先順位の見える化



### 直交表

最小の実験パターンの見える化

| 因子   | 水準  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
| 因子1  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子2  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子3  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子4  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子5  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子6  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子7  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子8  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子9  | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子10 | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子11 | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 因子12 | 水準1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |

## プロジェクト管理の見える化

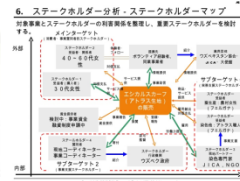
### 技術・タスクDMM

設計変更時の業務への影響の見える化



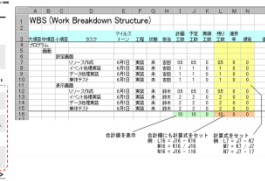
### ステークホルダー分析

開発に誰がかかわっているかの見える化



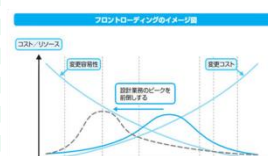
### WBS

開発プロジェクトに必要な業務の見える化



### フロントローディング率

開発プロジェクトの工数配分の見える化



### RACIチャート

役割の見える化

| タスク   | R | A | C | I |
|-------|---|---|---|---|
| タスク1  | R | A | C | I |
| タスク2  | R | A | C | I |
| タスク3  | R | A | C | I |
| タスク4  | R | A | C | I |
| タスク5  | R | A | C | I |
| タスク6  | R | A | C | I |
| タスク7  | R | A | C | I |
| タスク8  | R | A | C | I |
| タスク9  | R | A | C | I |
| タスク10 | R | A | C | I |
| タスク11 | R | A | C | I |
| タスク12 | R | A | C | I |

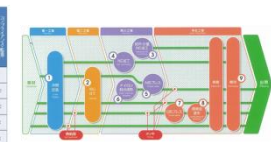
### 過去トラ

過去のトラブル事例の見える化



### 工程図

業務の流れの見える化



### ガントチャート

開発計画の見える化



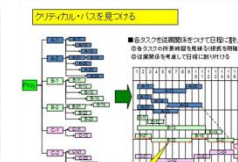
### リスク管理表

プロジェクトのリスクの見える化

| リスク   | 発生確率 | 影響度 | リスクレベル |
|-------|------|-----|--------|
| リスク1  | 高    | 高   | 高      |
| リスク2  | 中    | 中   | 中      |
| リスク3  | 低    | 低   | 低      |
| リスク4  | 高    | 低   | 中      |
| リスク5  | 中    | 高   | 中      |
| リスク6  | 低    | 高   | 低      |
| リスク7  | 高    | 中   | 高      |
| リスク8  | 中    | 中   | 中      |
| リスク9  | 低    | 中   | 低      |
| リスク10 | 高    | 低   | 中      |
| リスク11 | 中    | 高   | 中      |
| リスク12 | 低    | 高   | 低      |

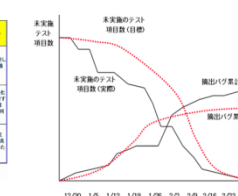
### クリティカルパス

開発期間のボトルネックの見える化



### 問題発見カーブ

問題の発生状況と解決状況の見える化



参照：製品開発の見える化99

1. プロジェクトマネジメントとは
  - ✓ プロジェクトとは
  - ✓ 世界の標準“PMBOK®”
  - ✓ 実践的プロジェクトマネジメント
2. 航空機開発でのプロジェクトマネジメント
3. 航空機開発でのプロセスとシステム(P & S)
4. プロジェクトマネジメント手法
  - ✓ 原価企画
  - ✓ MCMD
  - ✓ DFX
  - ✓ MBSE
  - ✓ ツール
    - ✓ 狩野モデル
    - ✓ QFD
    - ✓ DSM
    - ✓ EVM
    - ✓ その他
5. 終わりに

## 5. 終わりに

### PMBOKと航空機開発における実践的プロジェクトマネジメント(おさらい)

航空機開発におけるプロジェクトマネジメントとPMBOKの体系と照らし合わせてみる。

| 知識<br>エリア | 出力                               | プロセス  |   |   |   |  |
|-----------|----------------------------------|---|---|---|---|--|
|           | ツールと実践技法                         |   |   |   |   |  |
|           | 入力                               |   |   |   |   |  |
|           |                                  |   |   |   |   |  |
|           |                                  |   |   |   |   |  |
|           |                                  | Initiating<br>(立ち上げ)  | Planning<br>(計画)  | Executing<br>(実行)   | Controlling<br>(監視・管理)  | Closing<br>(終結)  |
|           | Integration Management<br>(総合管理) | <ul style="list-style-type: none"><li>RAA</li><li>SBP</li><li>マスタースケジュール</li><li>DR&amp;O</li><li>開発体制</li><li>原価企画型開発</li><li>バリューチェーン</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>Configuration Memo</li><li>Commonality Matrix</li><li>Certification Plan</li><li>重量管理計画</li><li>形態管理計画</li><li>環境規定</li><li>MCMD/DFX/過去トラ</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>重量管理</li><li>抗力管理</li><li>ノイズ管理</li><li>形態/変更管理</li><li>号機管理</li><li>製造技術開発</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>原価低減活動</li><li>技術進捗管理</li><li>作業の監視・管理</li><li>統合的な変更管理</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>活動評価</li><li>知識更新/知恵化</li><li>プロジェクト終結</li></ul> |
|           | Scope Management<br>(スコープ管理)     |   | <ul style="list-style-type: none"><li>SOW/ICD/RACIチャート</li><li>IWS/WBS</li><li>原価企画/計画</li><li>狩野モデル</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>EVM</li><li>原価低減活動</li><li>技術進捗管理</li><li>モジュラーデザイン</li></ul>                         | <ul style="list-style-type: none"><li>EVM</li><li>原価低減活動</li><li>技術進捗管理</li></ul>                       |  |
|           | Time Management<br>(スケジュール管理)    |   | <ul style="list-style-type: none"><li>SOW</li><li>IWS/WBS</li><li>作業順序の設定</li><li>必要リソース見積もり</li><li>所要時間の見積もり</li><li>スケジュール作成</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>EVM</li><li>ERP</li><li>MES</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>PERT図</li><li>ガントチャート</li><li>クリティカルパス</li><li>スケジュール管理</li></ul> |  |
|           | Cost Management<br>(コスト管理)       |   | <ul style="list-style-type: none"><li>原価企画/計画</li><li>コスト見積もり</li><li>予算設定</li></ul>  | <ul style="list-style-type: none"><li>EVM</li><li>ERP</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>要求コスト分析</li><li>コスト管理</li></ul>                                   |  |
|           | Quality Management<br>(品質管理)     |   | <ul style="list-style-type: none"><li>Biz Process STD</li><li>技術データ規定</li><li>Design Manual</li><li>DFX-HB/QFD/DSM</li><li>DM</li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>Single Source Definition</li><li>シミュレーション</li><li>MBSE</li><li>生産性分析</li></ul>        | <ul style="list-style-type: none"><li>品質管理</li></ul>  |  |

・O : Output  
 ・P : Process  
 ・I : Input

<https://products.sint.co.jp/obpm/blog/serial-umeda01>

## 5. 終わりに

### PMBOKと航空機開発における実践的プロジェクトマネジメント(おさらい)

| 知識エリア             | 入力<br>↓<br>ツールと実務技法<br>↑<br>出力            | プロセス   |   |   |   |   |
|-------------------|---|--|---|---|---|---|
|                   |   | Initiating<br>(立ち上げ)   | Planning<br>(計画)  | Executing<br>(実行)   | Controlling<br>(監視・管理)  | Closing<br>(終結)   |
| 知識<br>エ<br>リ<br>ア | Human Resource Management<br>(組織管理)       |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SOW</li> <li>• IWS/WBS</li> <li>• 要員計画</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 原価低減活動</li> <li>• SCM</li> <li>• ECPT</li> <li>• チーム結成/育成</li> </ul>                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• プロジェクトチームの管理</li> </ul>                                      |   |
|                   | Communication Management<br>(コミュニケーション管理) |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 全体システム計画</li> <li>• 要求管理計画</li> <li>• 技術データ規定</li> <li>• ステークホルダー計画</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 原価低減活動</li> <li>• SCM</li> <li>• GCE</li> <li>• ECPTの配付</li> <li>• LCPT</li> <li>• インターフェース管理</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 実績報告</li> <li>• ステークホルダー管理</li> </ul>                        |   |
|                   | Risk Management<br>(リスク管理)                |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• リスク管理計画</li> <li>• リスクの定義</li> <li>• リスクの定性化</li> <li>• リスクの定量化</li> <li>• リスク対策の計画</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• RIO管理</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• RIO管理</li> <li>• リスクマトリクス分析</li> <li>• FMEAの監視/管理</li> </ul> |   |
|                   | Procurement Management<br>(調達管理)          |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SOW</li> <li>• SCM計画</li> <li>• 契約の計画</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SCM</li> <li>• 提案依頼</li> <li>• 発注先選定</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 契約管理</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 契約の完了</li> </ul> |
|                   | Stakeholders Management<br>(ステークホルダー管理)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 開発体制</li> <li>• ステークホルダー特定</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• SOW</li> <li>• IWS/WBS</li> <li>• ステークホルダー管理計画</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 原価低減活動</li> <li>• SCM</li> <li>• GCE</li> <li>• ステークホルダー分析</li> <li>• ステークホルダー管理</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ステークホルダー・エンゲージド・コントロール</li> </ul>                            |   |

•O : Output  
 •P : Process  
 •I : Input

<https://products.sint.co.jp/obpm/blog/serial-umeda01>

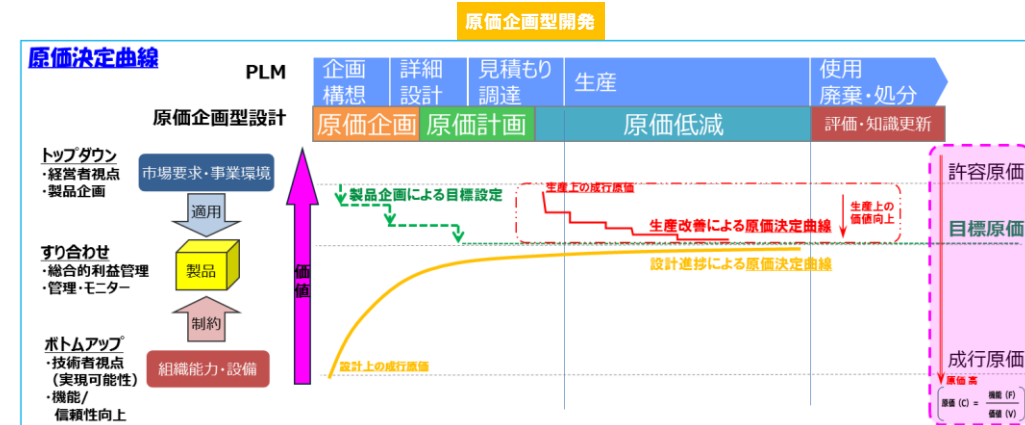
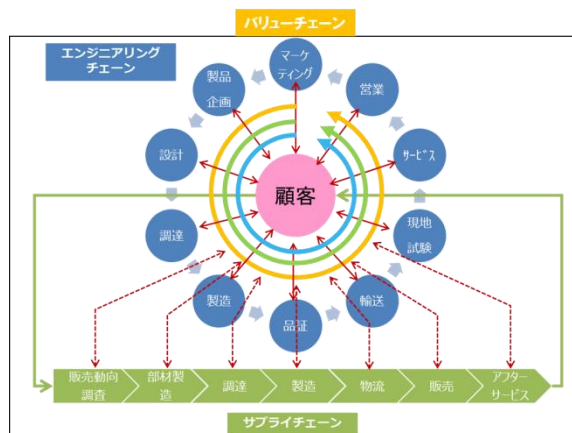
## PMBOKと航空機開発における実践的プロジェクトマネジメント(おさらい)

航空機開発においては、“Knowledge”、“Specification”、“Process”の3要素の連携が重要である。

- 過去の経験知識を知恵化し、ルール化した“Knowledge”を有効に活用
- 再現性のある設計ルールである“Specification”に従った高度な開発設計
- 複雑なシステムを設計進捗/開発フェーズ毎に管理する“Process”による設計品質の保証

バリューチェーンの中ライフサイクルを通して、これらを連携させ整合性を保ち、開発目標を達成する事を目指す原価企画型開発を実践することが有効です。

将来、プロジェクトマネジメントに携わる時には、ここで紹介した具体的項目が、開発プログラムの企画・計画の検討に役立つことを期待します。





**MOVE THE WORLD FORWARD**

**MITSUBISHI  
HEAVY  
INDUSTRIES  
GROUP**