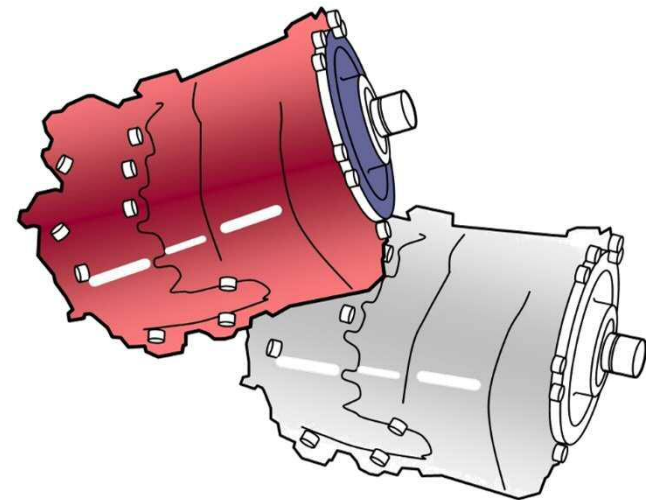


2020年度
航空機ビジネスプロフェッショナル養成講座

電装システム設計



内容

- 航空機システムとアビオニクス
- エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW
- ふくらむ、広がる、アビオニクス

■ 航空機システムとアビオニクス

航空機システムを動かすための動力源

もとをたどると
すべてエンジン



抽気 (高温の圧縮空気)

⇒ 空調・与圧、防除氷など

油圧 (油圧ポンプ)

⇒ 大きな力を必要とする装備品

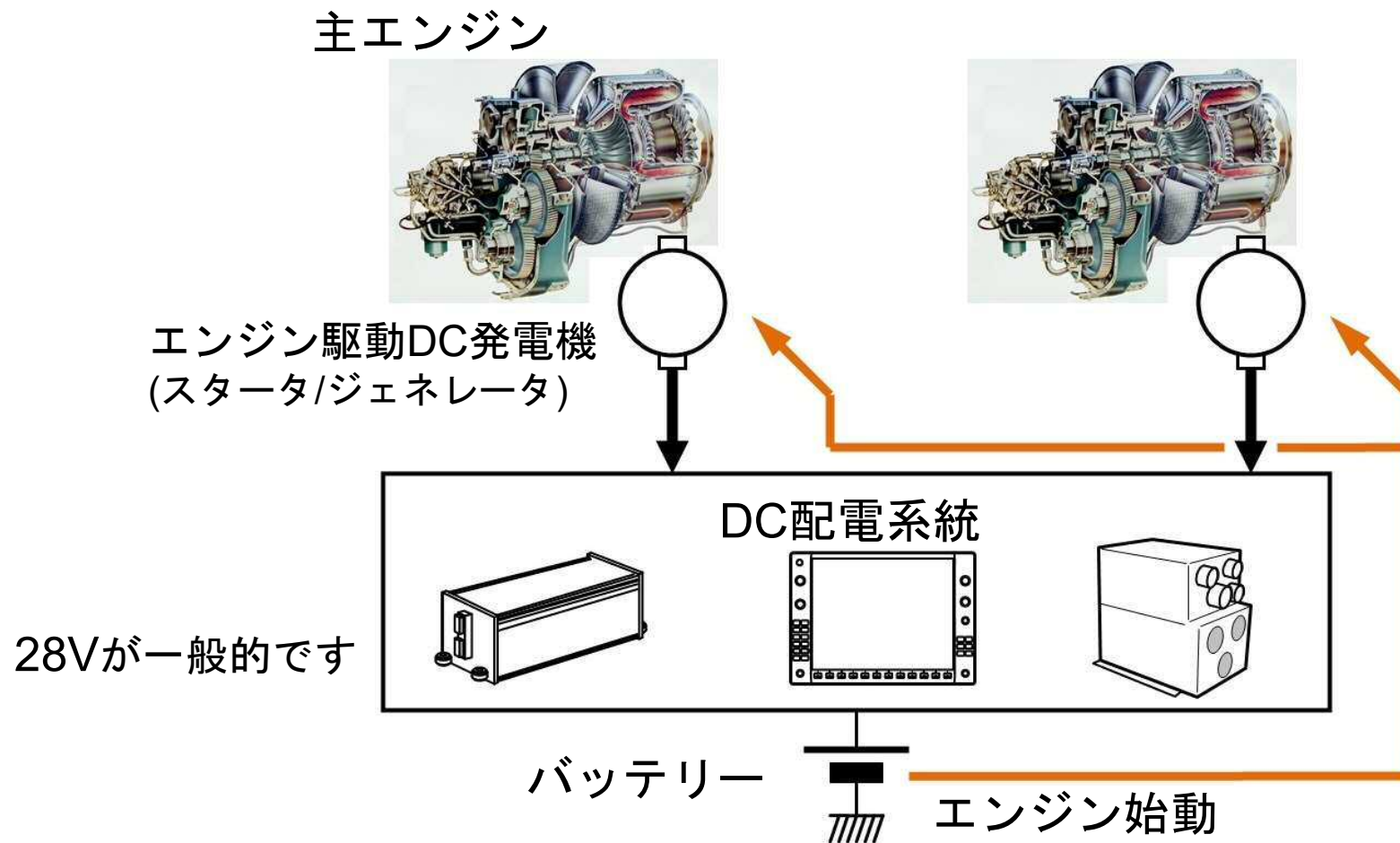
電力 (発電機)

⇒ 通信・航法、機器の制御、灯火など
多くの用途

■ 航空機システムとアビオニクス

電源系統

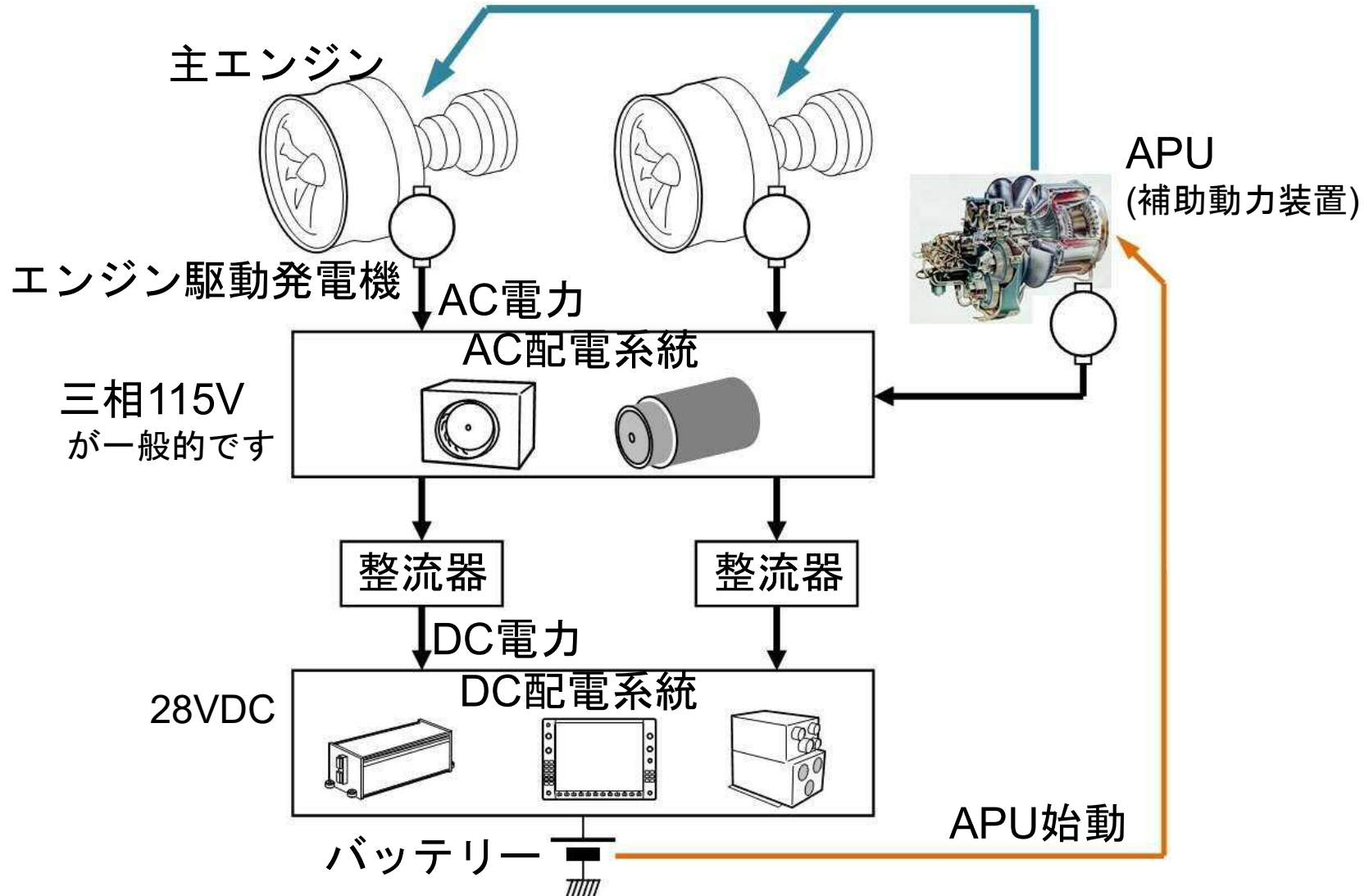
DC電源 …… 小型機に多く見られる電源システム



■ 航空機システムとアビオニクス 電源系統

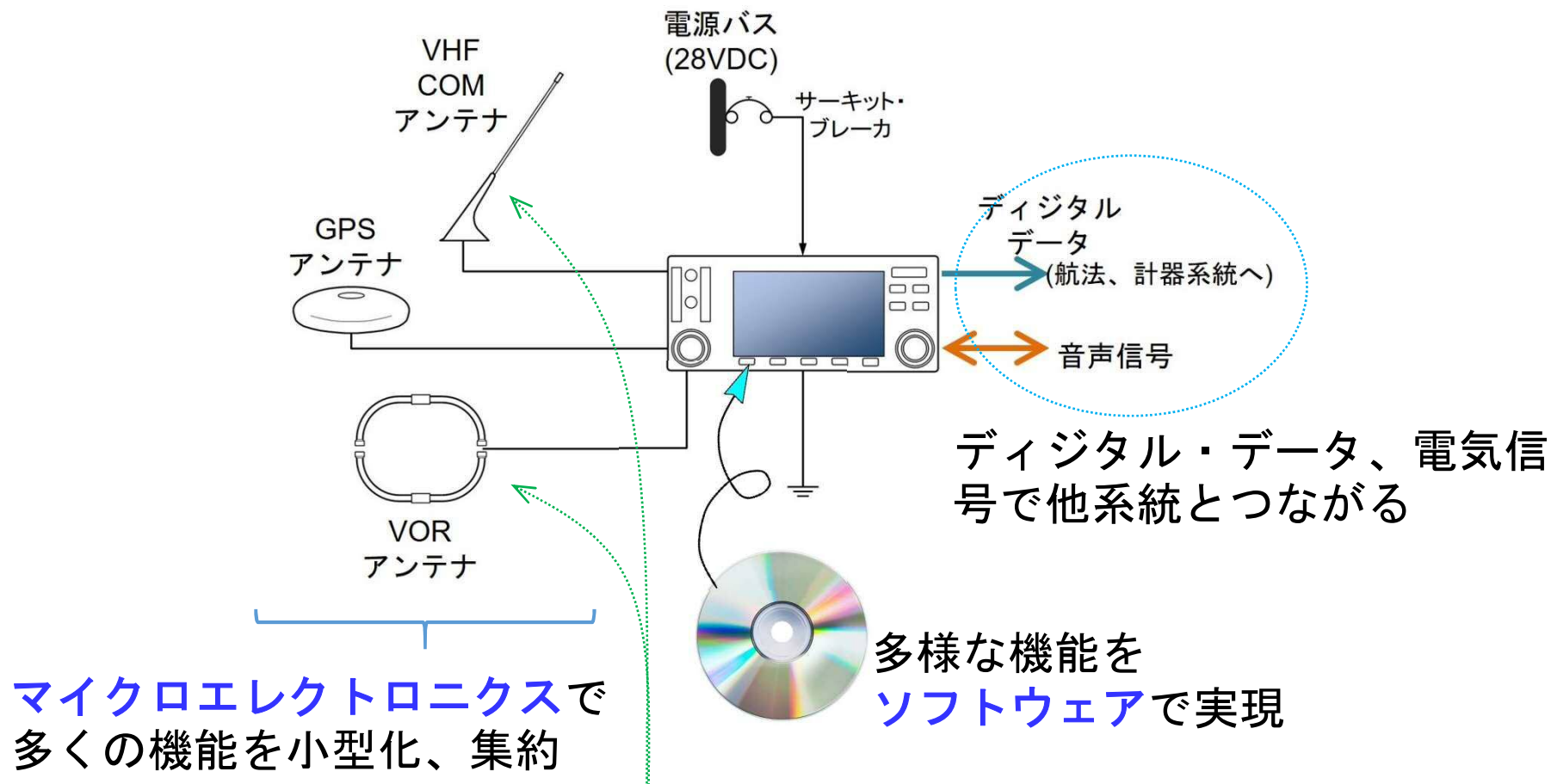
AC電源 …… 大型機に多く見られる電源システム

抽気で主エンジン始動



■ 航空機システムとアビオニクス

電力を利用する系統 — GPS受信機の例

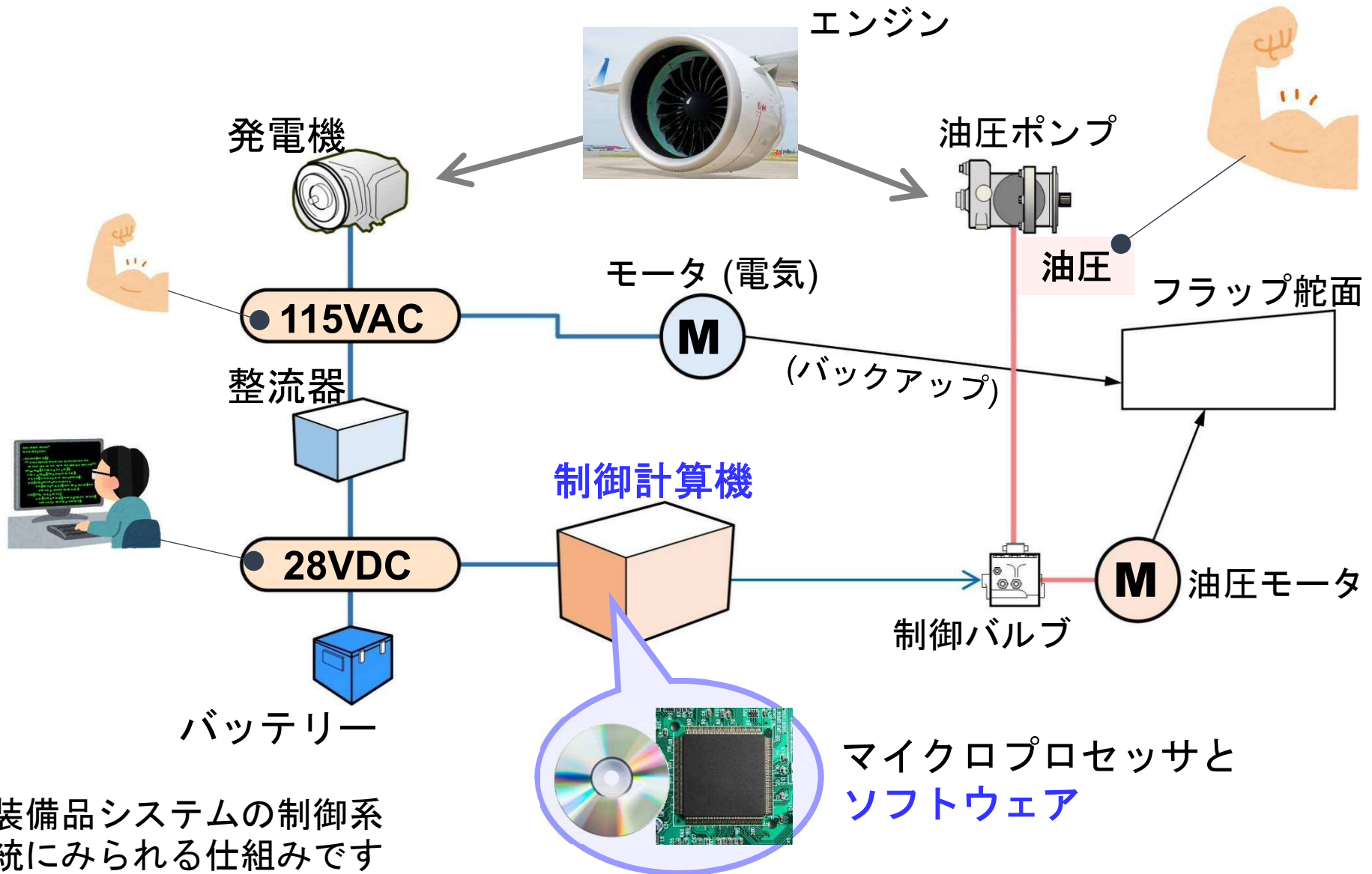


GPS受信機にVHF通信・航法などの機能も集約することができます

通信・航法などの系統がこんな形をしています

■ 航空機システムとアビオニクス

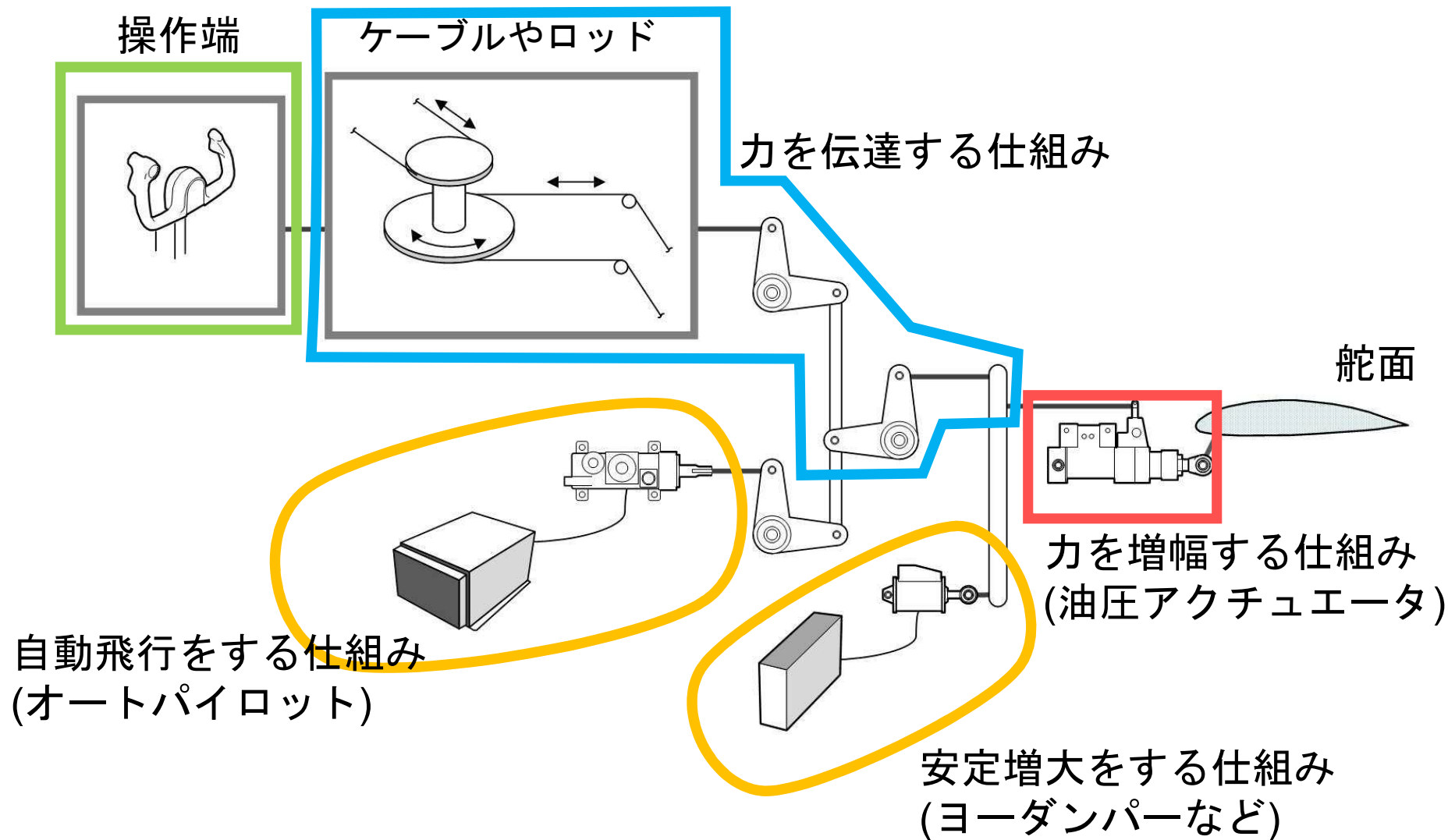
動力源を組み合わせるシステム — フラップシステムの例



■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

FBW = Fly By Wire

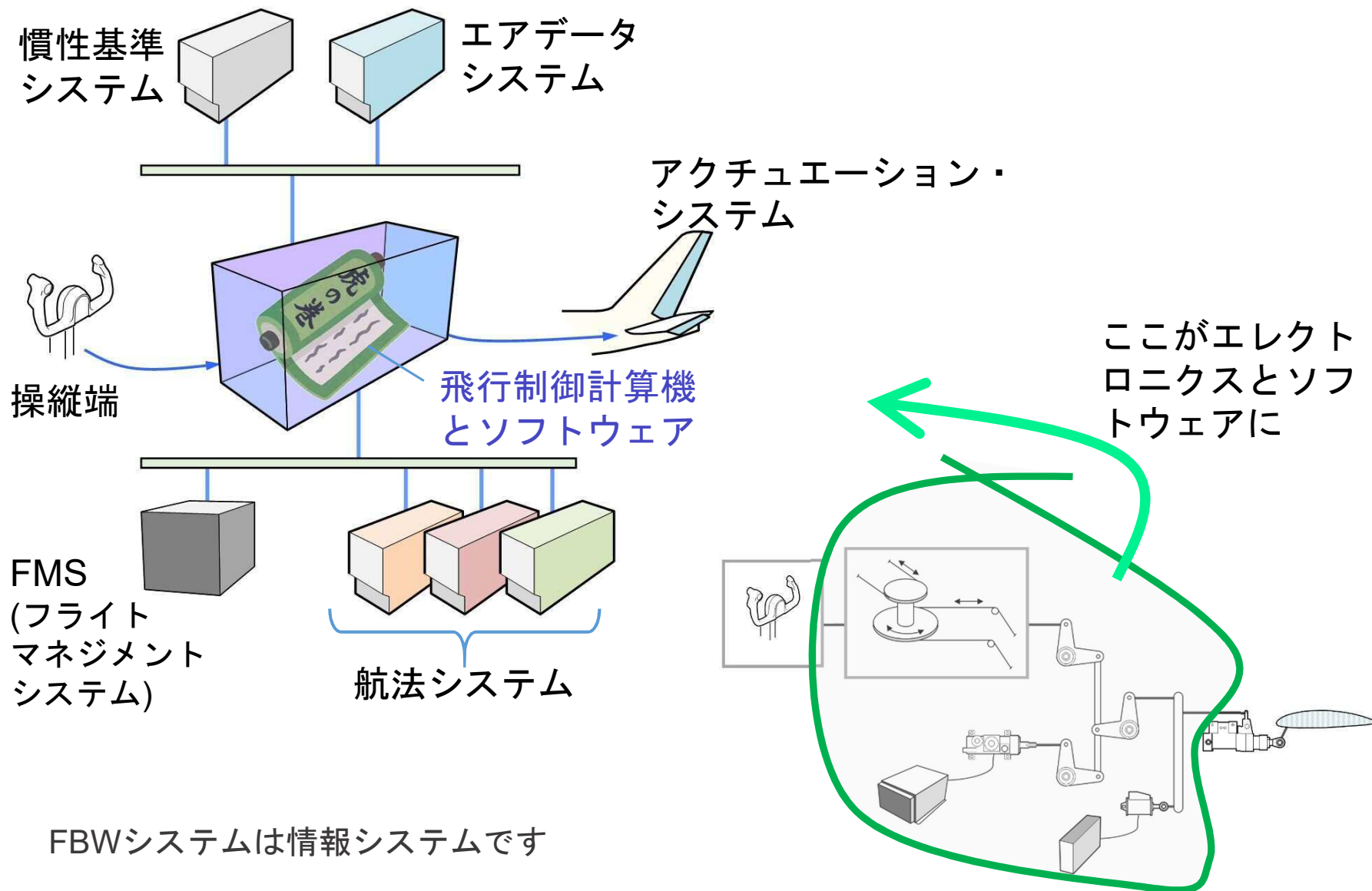
今までの操縦系統 (機力式)



複雑な機械仕掛けが使われていました

■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

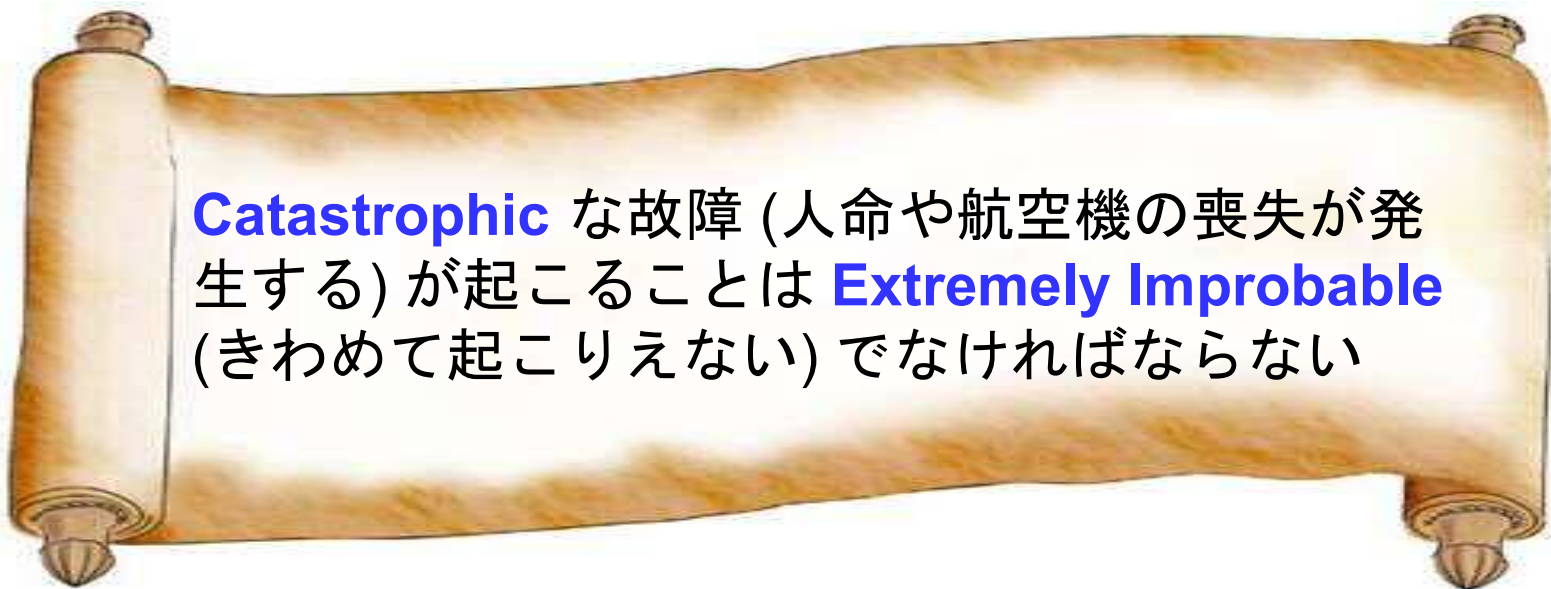
FBW方式の操縦系統



■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

FBWシステムに求められるもの

「きわめて起こりえない」



Catastrophic な故障 (人命や航空機の喪失が発生する) が起こることは **Extremely Improbable** (きわめて起こりえない) でなければならない

米 Federal Aviation Regulation/ 日 耐空性審査要領

「**Extremely Improbable**」は

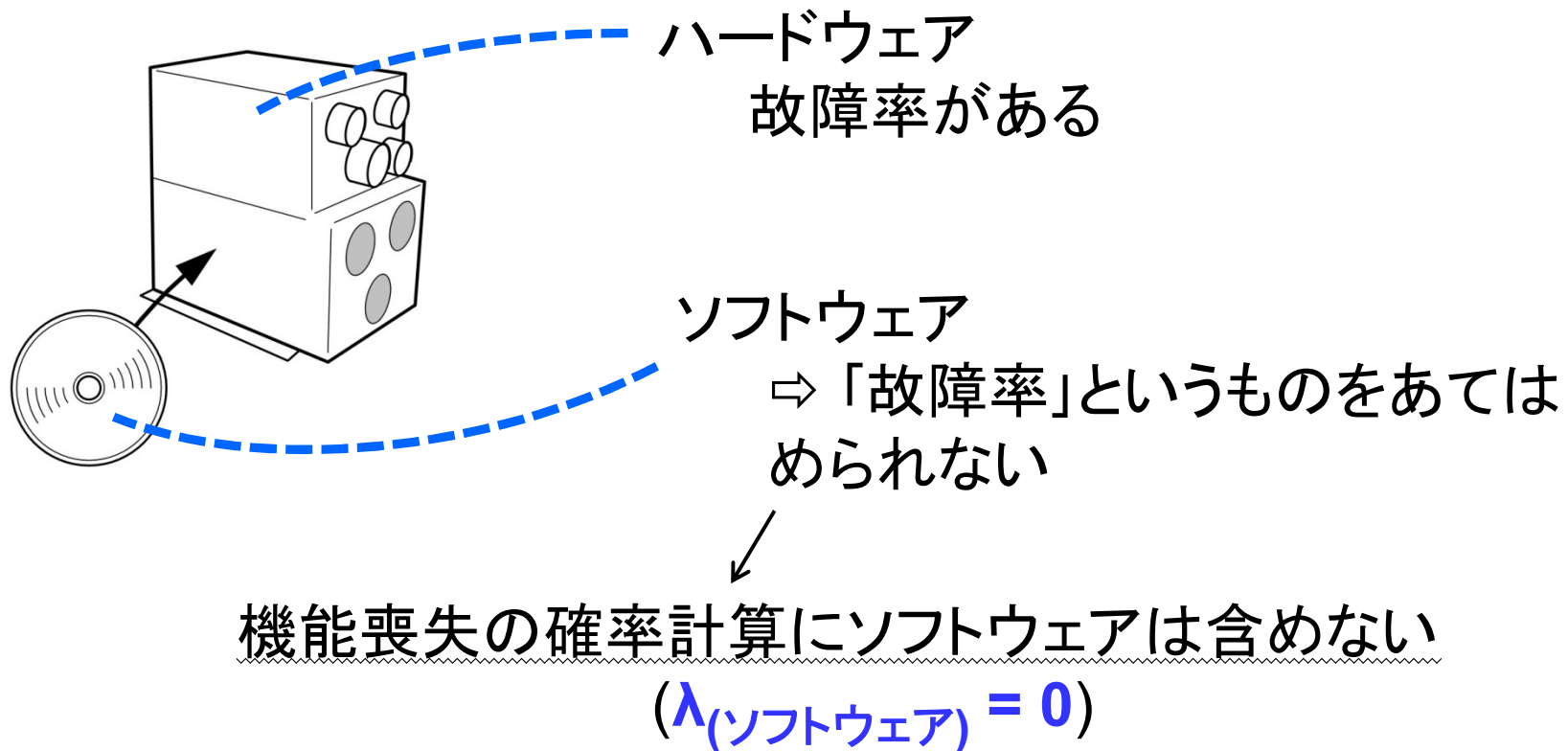
$10^{-9}/h$ 以下

単一故障でカタストロフィックな状態に陥るのももちろん許されない

■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

故障率とソフトウェア

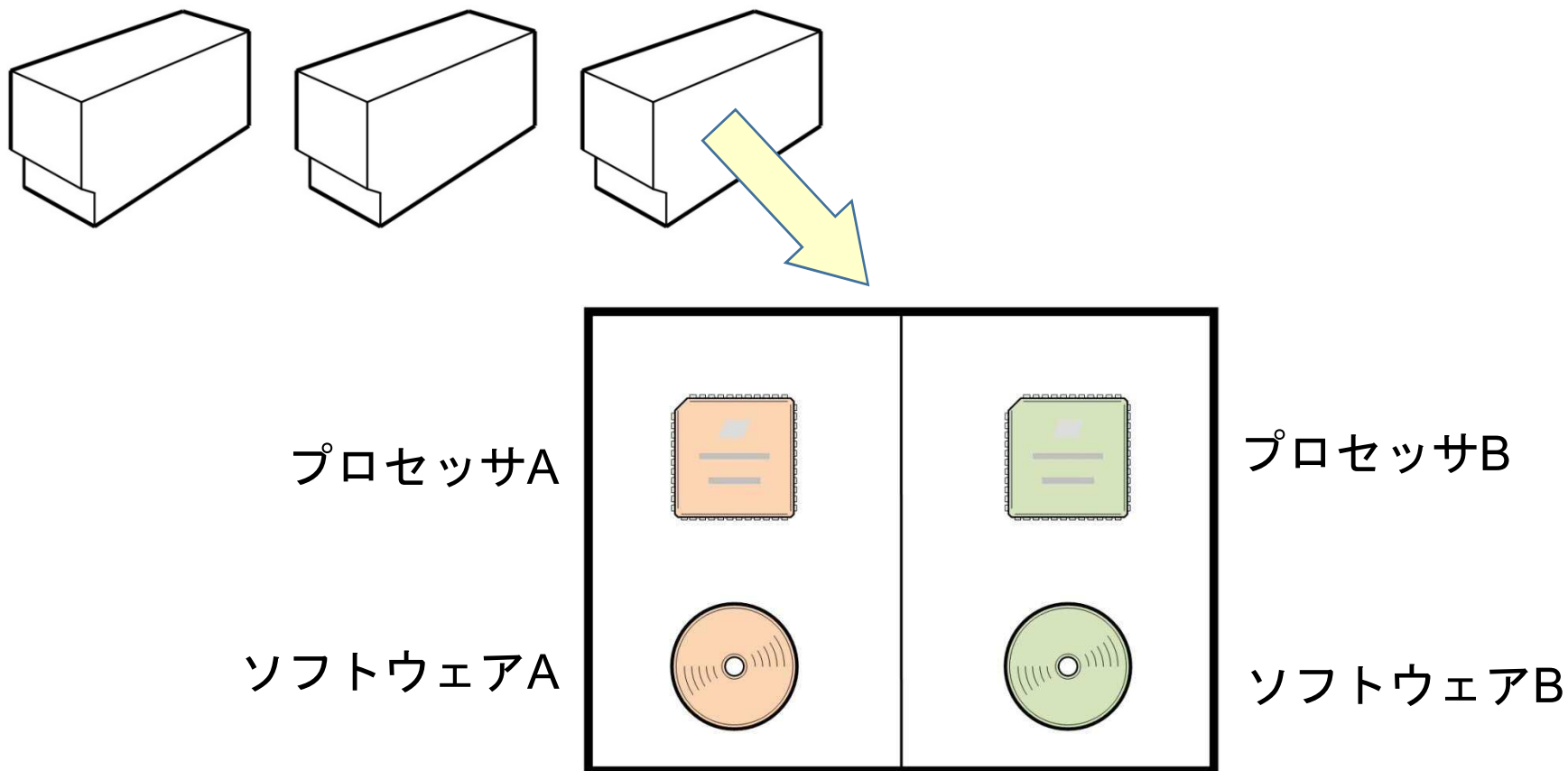
「操縦系統故障による機体や人命の喪失が "Extremely Improbable" (きわめて起こりえない、 $10^{-9}/h$ 以下) な設計」と言いますが...



確率計算とは切り離して「設計保証」という考え方を取ります。

■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

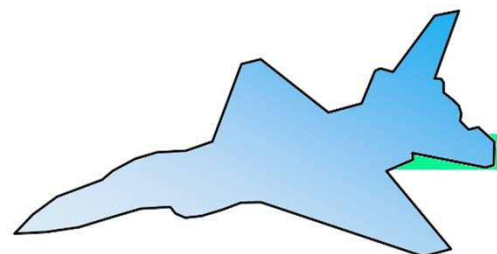
「きわめて起こりえない」のもう一押し



ハードウェア (プロセッサ)、ソフトウェアを2種類 (もしくはそれ以上) にしておけば、同時ダウンを避けることができる ⇒ **ディシミラー設計**

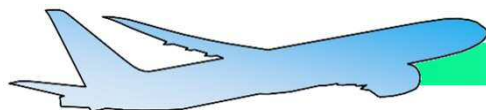
■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

FBW ≡ ニ ヒストリーとチャレンジ



FBWの老舗

1970年代～ (最初はアナログだった!)

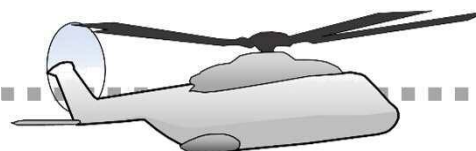


大規模な操縦システムをシンプルに

1980年代初めに部分適用。
1980年代後半から全面適用 (A320、777 ...)



2000年代に入ってビジネス機も (Falcon 7X ...)



ヘリコプターはNH90 (実運用)、Bell525(開発中)など限られた適用例

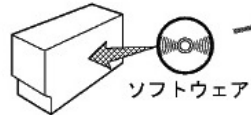
■ ふくらむ、広がる、アビオニクス アビオニクス設計の変化 (1) ⇨ IMA

✓ **IMA (Integrated Modular Avionics)** はいくつもの機体レベル機能をひとつのコンピュータにのせたもの。

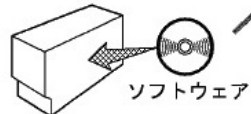
従来アビオニクス

機能ごとに「機器+ソフトウェア」

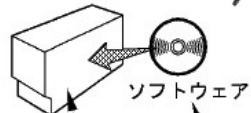
計器系統



エアデータ系統



姿勢・方位基準系統

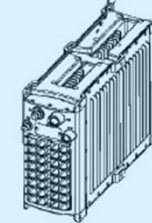
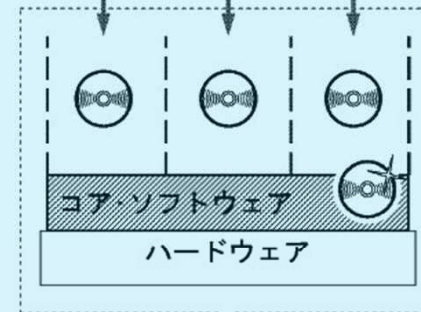


DO-178B 認証

DO-254 認証
(プログラマブルなデバイス)

IMA

複数ソフトウェアを1系統に統合



IMA

DO-297 (IMA)
DO-254 (ハード)
DO-178B (ソフト)

■ ふくらむ、広がる、アビオニクス

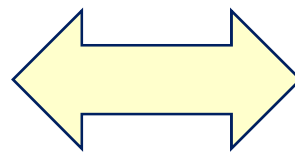
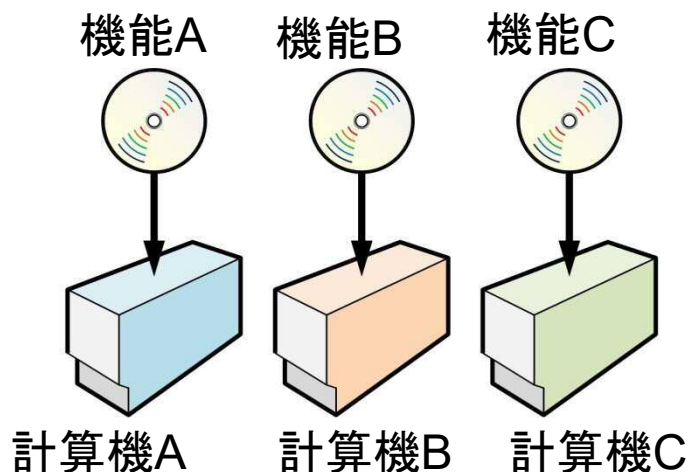
IMA (Integrated Modular Avionics)

ハードウェアのモジュラー化もともかく...

IMAの大事なところは **ソフトウェア** です

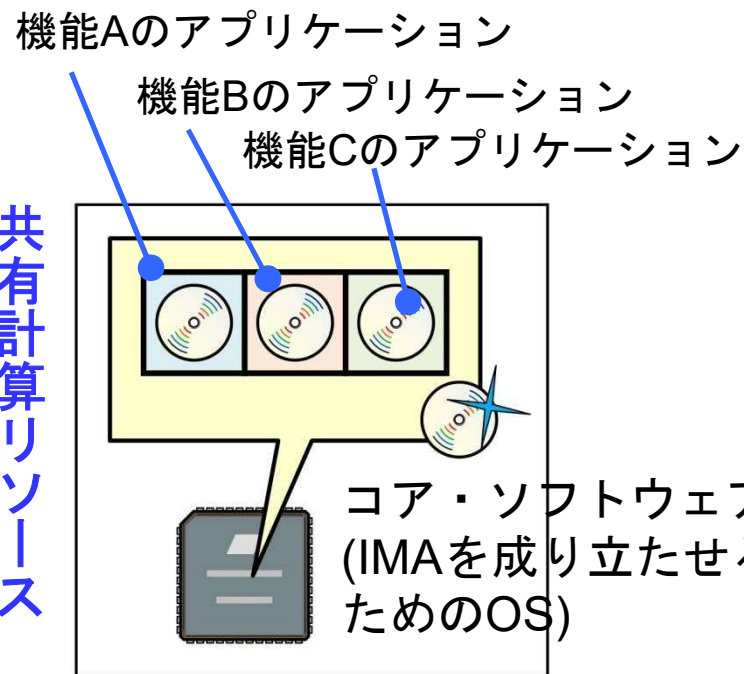
IMA

いままで



同等の
独立性

共有計算リソース



ロバスト・パーティショニング

■ ふくらむ、広がる、アビオニクス

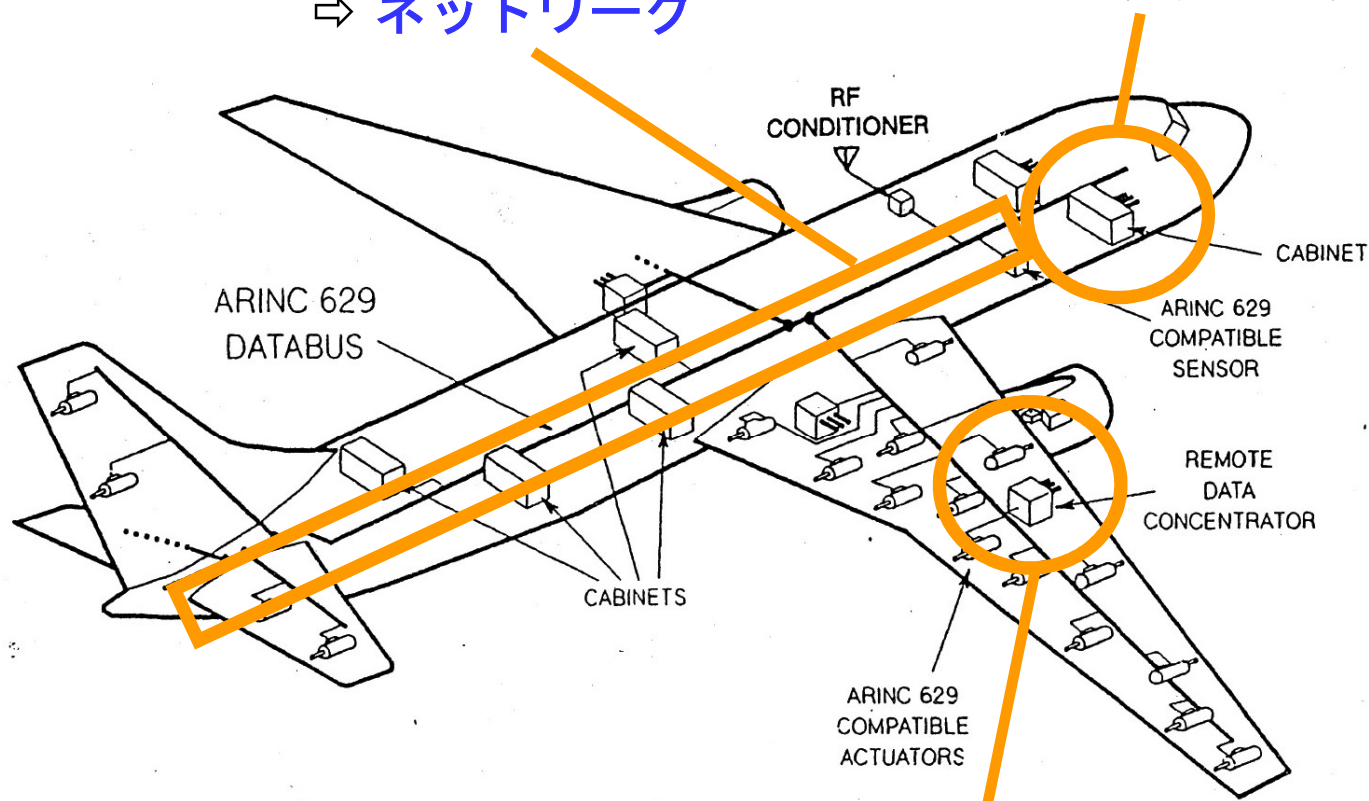
アビオニクス設計の変化 (2) ⇨ IMA + ネットワーク

ずいぶん前からそのアイデアはありました。

ARINC Report 651 (1991)

シリアル・データ・バス
⇨ ネットワーク

IMAコンピュータの
キャビネット



FUNCTIONAL DESCRIPTION-EXAMPLE
FIGURE 6-1

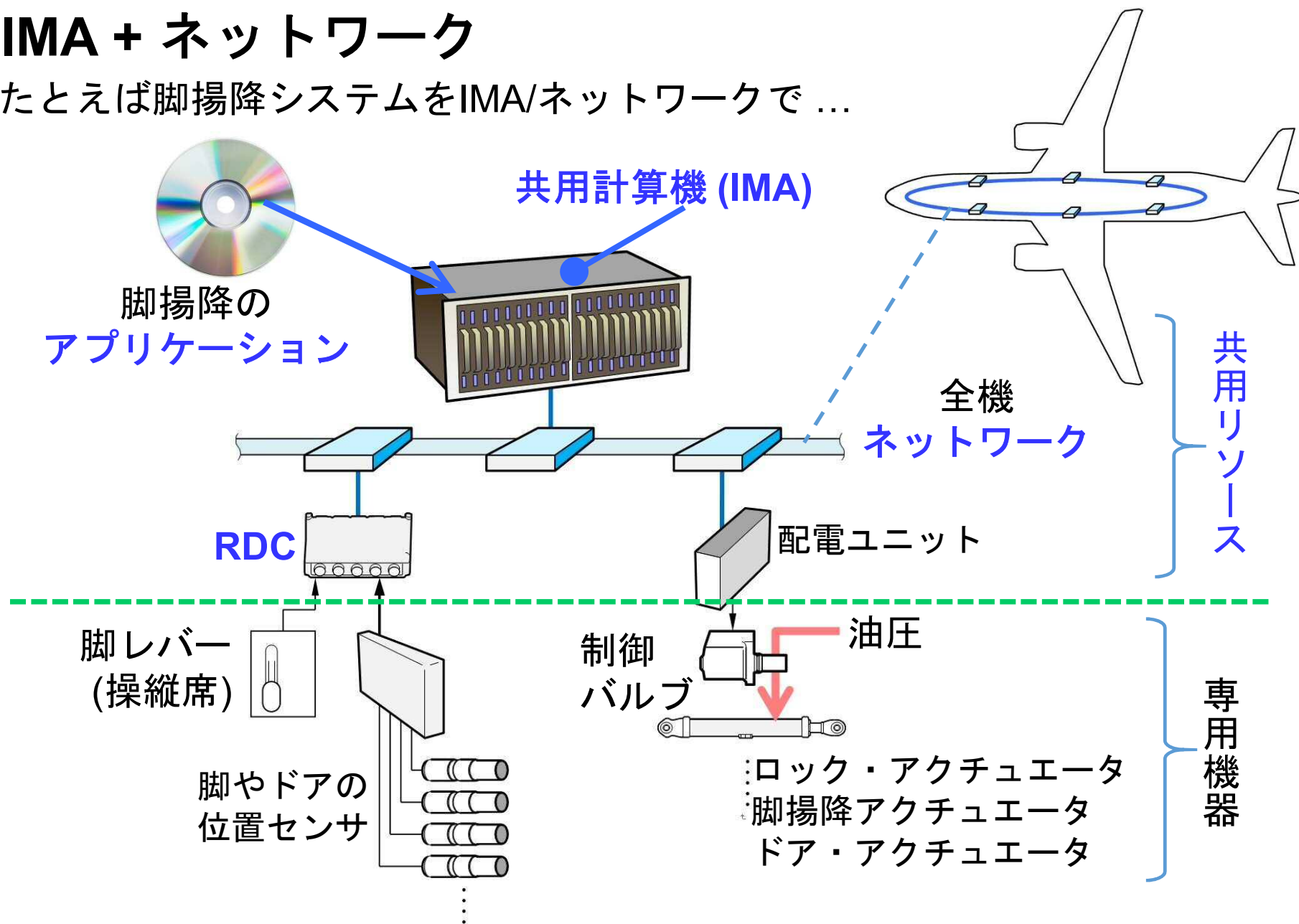
いまのアビオニクスを特徴づける
ものが現れています

機体各部とデータのやり取りをする
RDC (remote data concentrator)

■ ふくらむ、広がる、アビオニクス

IMA + ネットワーク

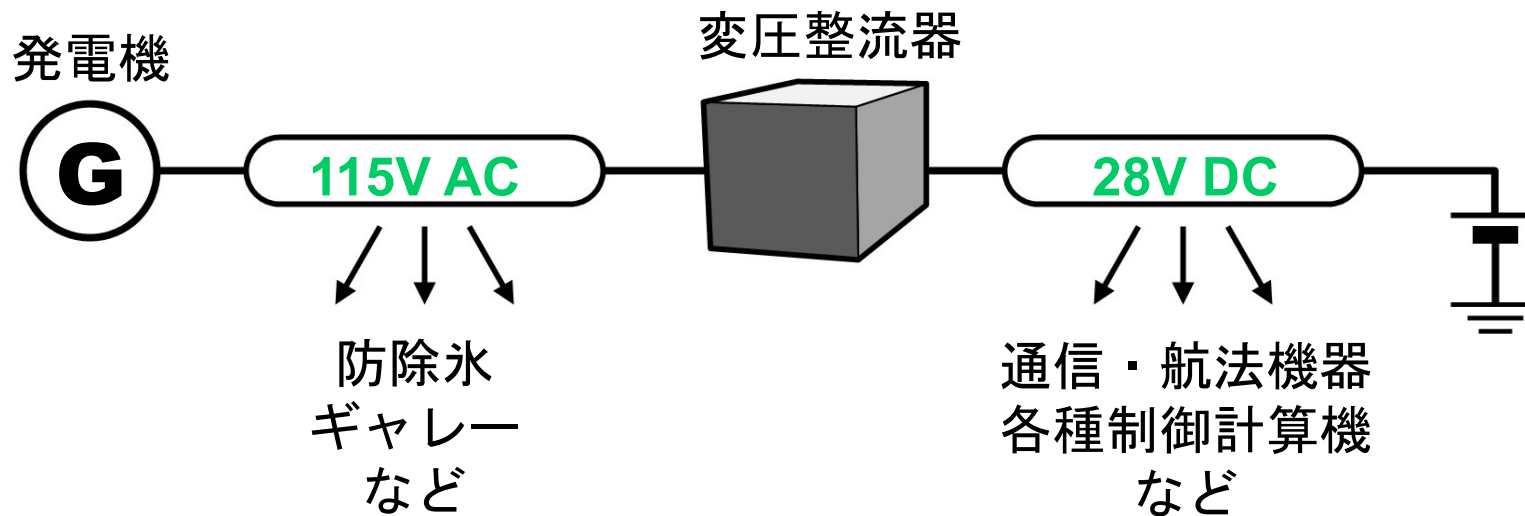
たとえば脚揚降システムをIMA/ネットワークで ...



■ ふくらむ、広がる、アビオニクス アビオニクス設計の変化 (3)

いままでの動力源の使い分け

電力



油圧

操縦系統、脚系統など
(大きな力が必要なところ)

抽気

空調・与圧
エンジン始動
など

■ ふくらむ、広がる、アビオニクス

アビオニクス設計の変化 (3) ... 装備品の電動化

油圧

操縦系統、脚系統など
(大きな力が必要なところ)

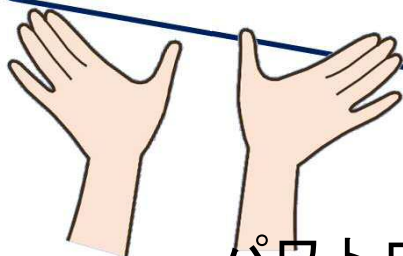
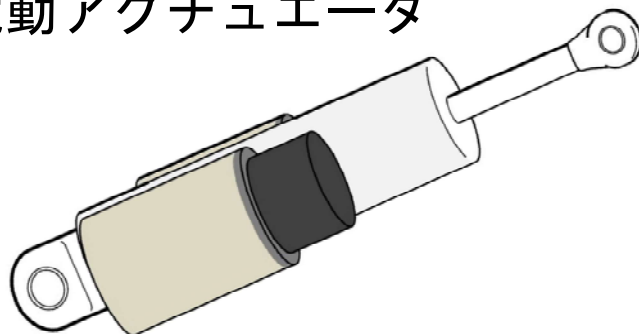


抽気

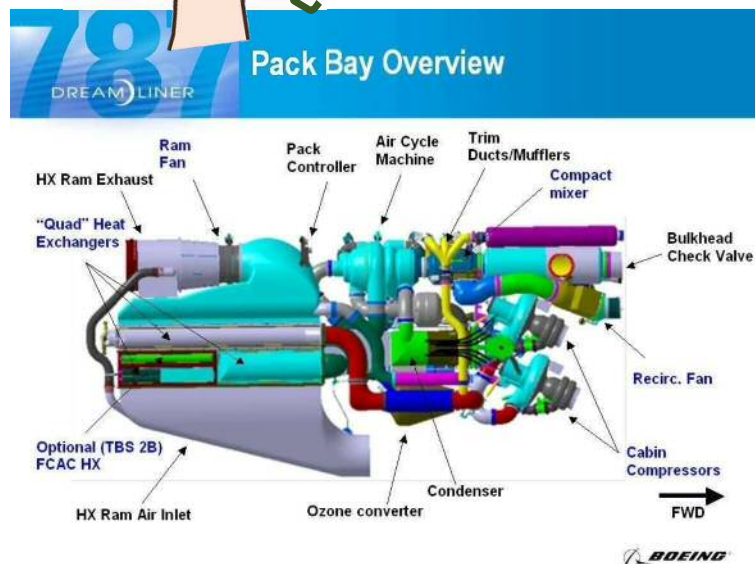
空調・与圧
エンジン始動
など



電動アクチュエータ



パワトロニクスなどの進歩に後押しされて



電気式空調・与圧装置
(ボーイング787)

■ まとめ

- 歴史: 1980年代に航空機の世界にもデジタル化が本格的に押し寄せた
 - ⇒ デジタル世代のアビオニクスは爆発的に進歩する途上にある
- 今のヒコーキはエレクトロニクスとソフトウェアで飛んでいる
 - ⇒ ソフトウェア化で航空機システムに単なる素材の変化を超えた進化が起きた
- IMA/ネットワーク化で全機にわたるシステム統合がなされている
 - ⇒ そして、電源 (動力源) のありようも変わってきている
 - ⇒ 航空機全体で「大きな装備設計」をするようになっている
- 「複雑なシステム」としてのヒコーキを開発する力が求められている
 - ⇒ 「見よう見まね」では太刀打ちが難しい

名大BP講座-油圧システム設計

『航空装備システム』 主操縦システム用アクチュエータ

ナブテスコ株式会社
航空宇宙カンパニー 技術部
田中 成人

2020年11月28日



ナブテスコって、ナンデスコ？

うごかす、とめる。
Nabtesco

あらゆるものを、
「うごかし」「とめて」世の中に貢献する
モーションコントロール技術



当社の概要と沿革

設立

2003年9月29日

所在地

東京都千代田区平河町二丁目7番9号

資本金

100億円

代表者

代表取締役社長 寺本 克弘

従業員数*

単体 2,323名 連結 7,736名 (2019年12月末)

連結会社数*

国内：14社(他持分法適用会社：4社)
海外：46社(他持分法適用会社：5社)

Nabtesco

2004年10月 事業統合完了

TEIJIN SEIKI

帝人製機株式会社 1944年設立

2002年11月

経営統合に関する基本合意

2003年9月

ナブテスコ設立(純粋持株会社)

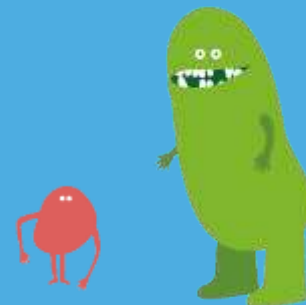
NABCO

株式会社ナブコ 1925年設立
(旧日本エヤーブレーキ株式会社)

合併して
誕生しました



Aerospace Company



飛行制御用油圧アクチュエータ/ 油圧部品



電源関連 / 電動アクチュエータ



エンジン・ 燃料関連機器



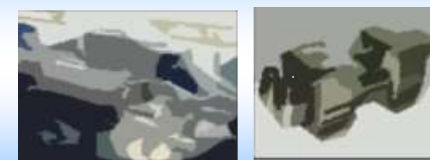
油圧関連



電動モーションコントロール



熱交換関連



1. 主操縦システム

2. 技術と歴史

3. アクチュエータの作動原理と設計

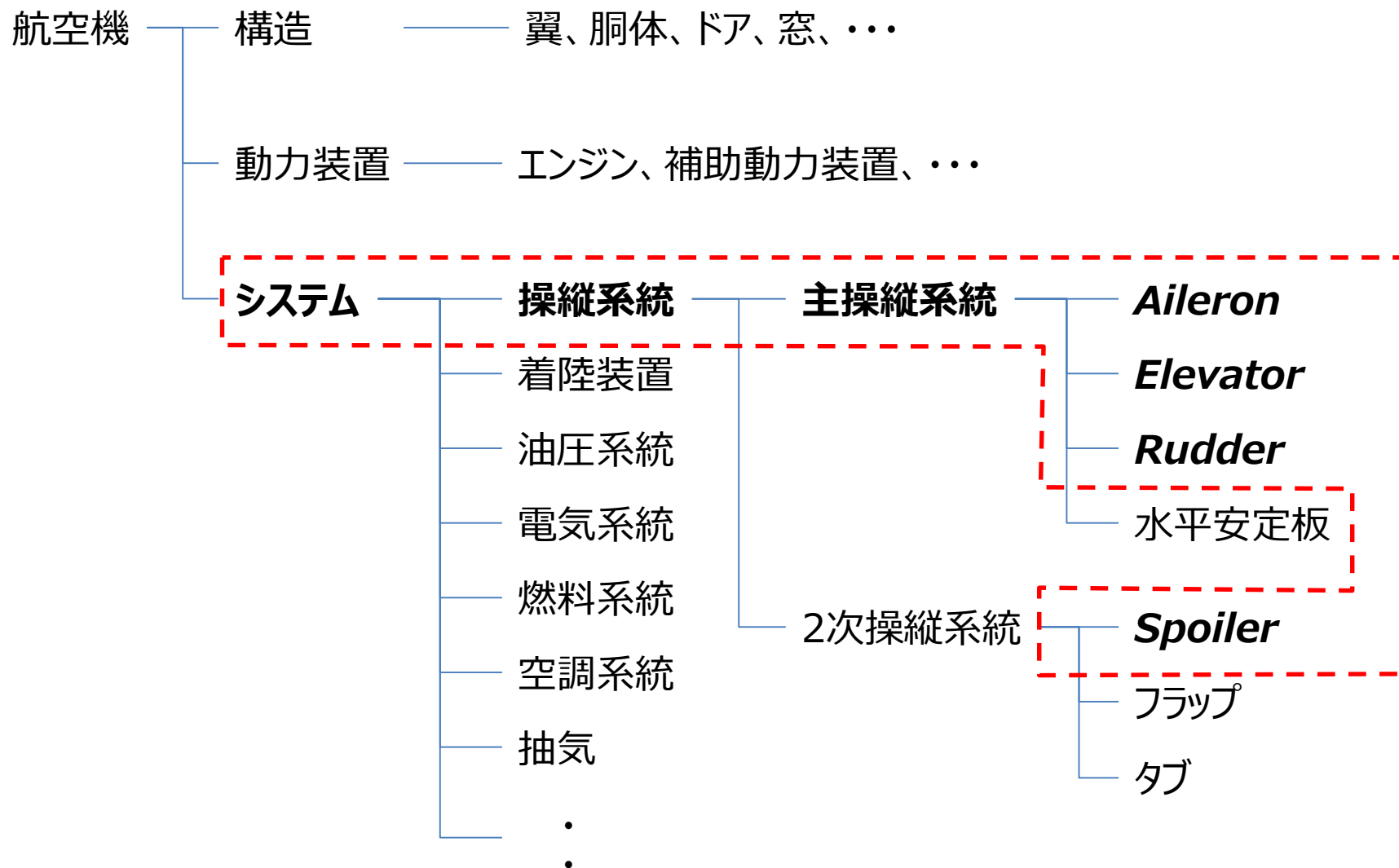
4. アクチュエータの開発

5. 今後の動向と課題



1. 主操縦システム

1. 主操縦システム



1. 主操縦システム

■ フライトコントロールシステムの役割

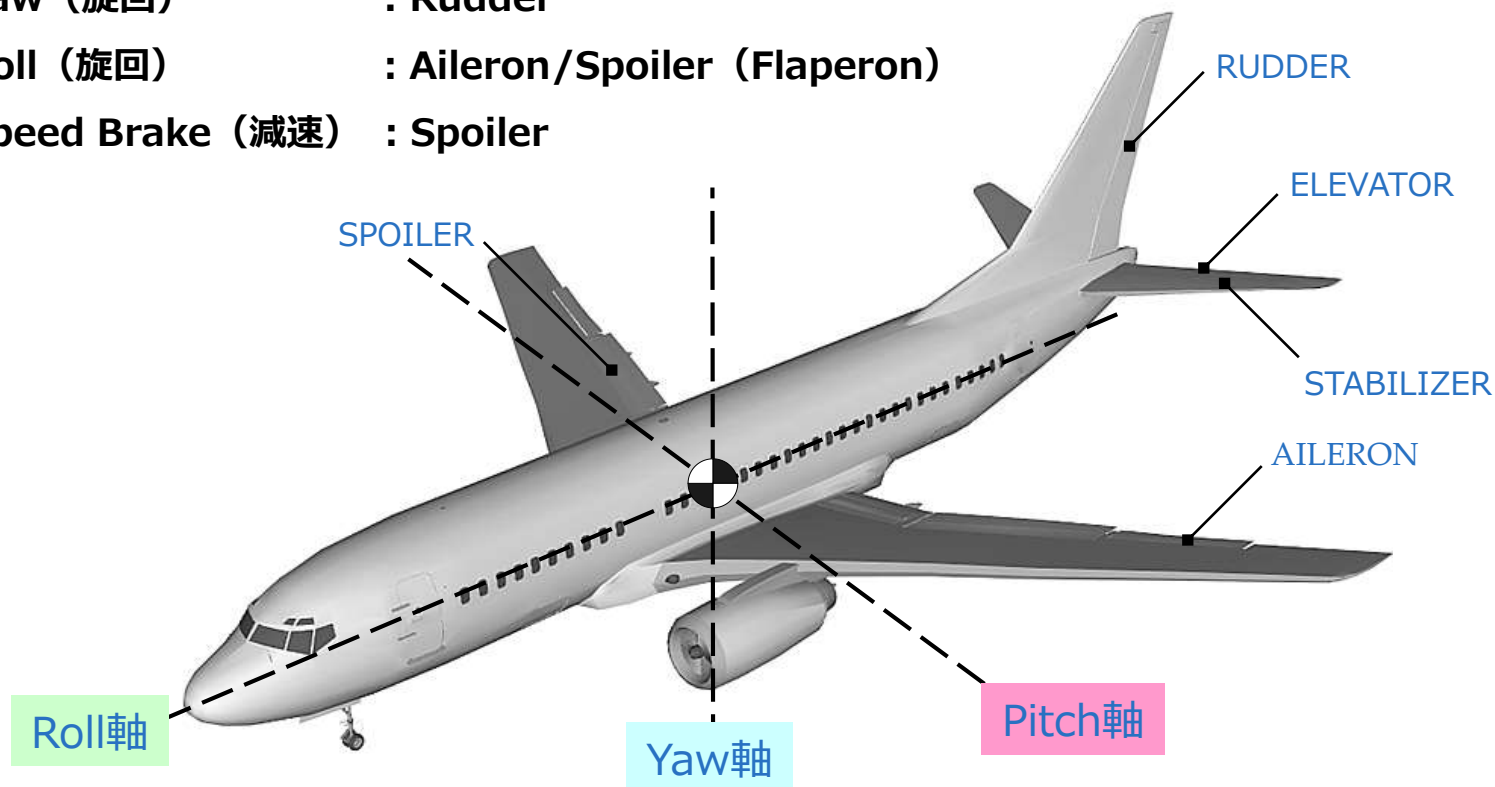
(Primary Flight Control System 舵面構成と用途)

Pitch (上昇/下降) : Elevator/Stabilizer

Yaw (旋回) : Rudder

Roll (旋回) : Aileron/Spoiler (Flaperon)

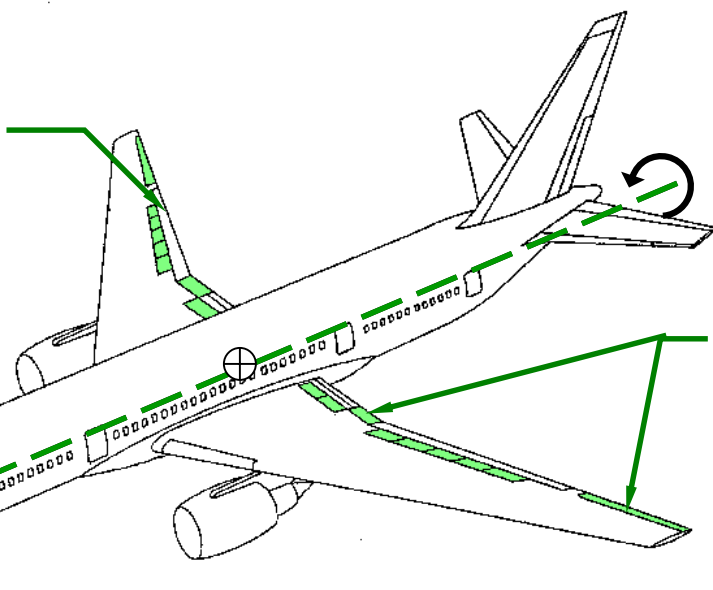
Speed Brake (減速) : Spoiler



1. 主操縦システム

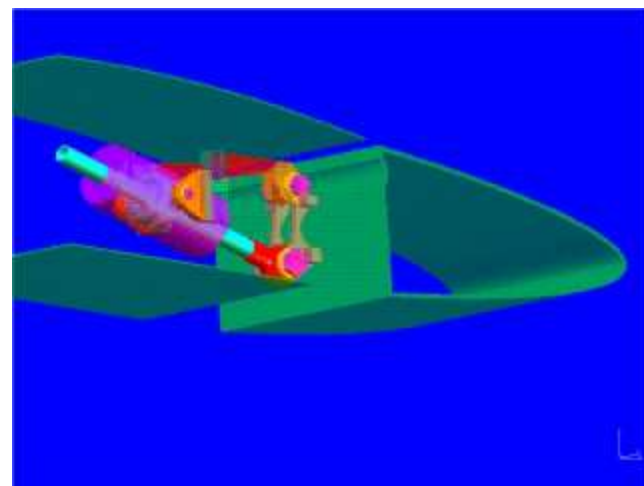
飛行舵面構成と用途

Spoiler
舵面



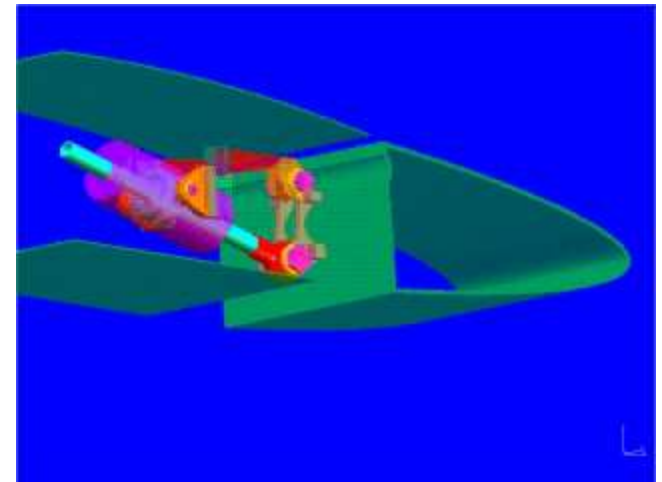
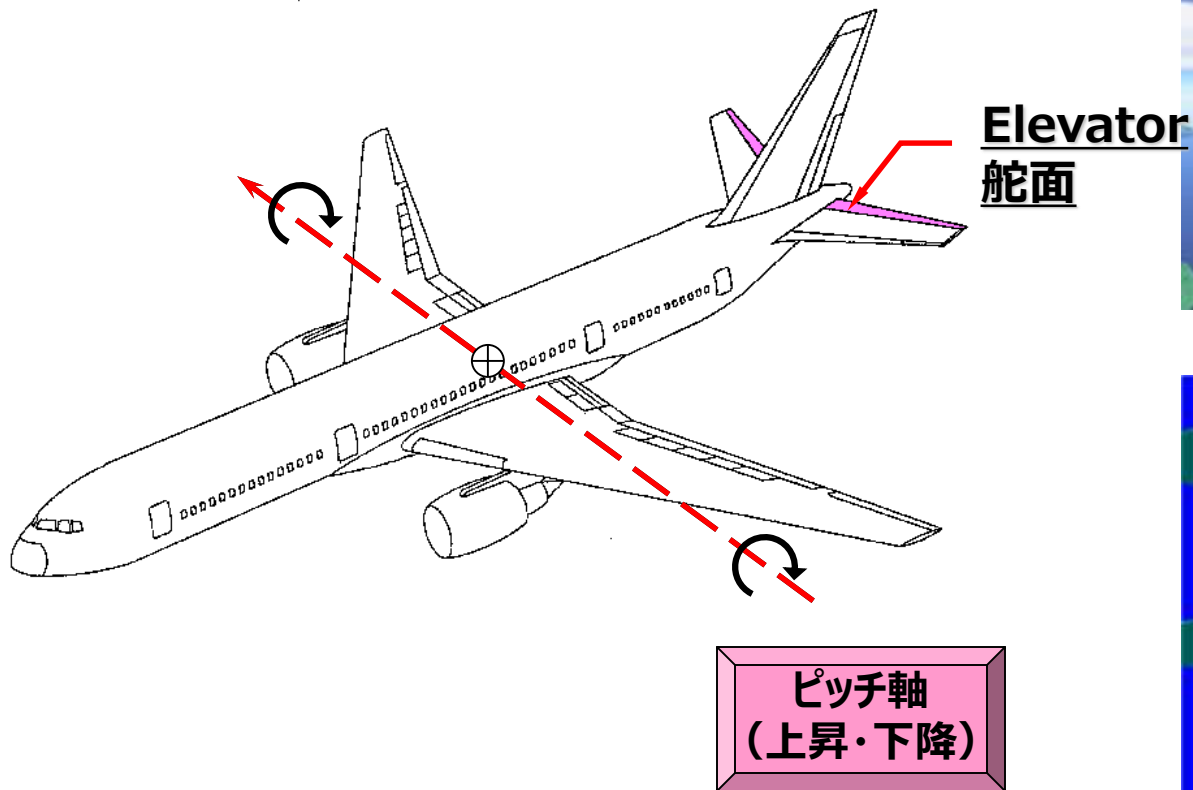
Aileron
舵面

ロール軸
(旋回)



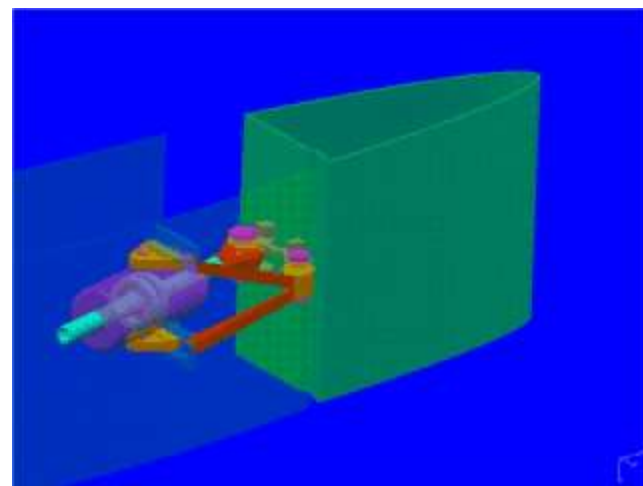
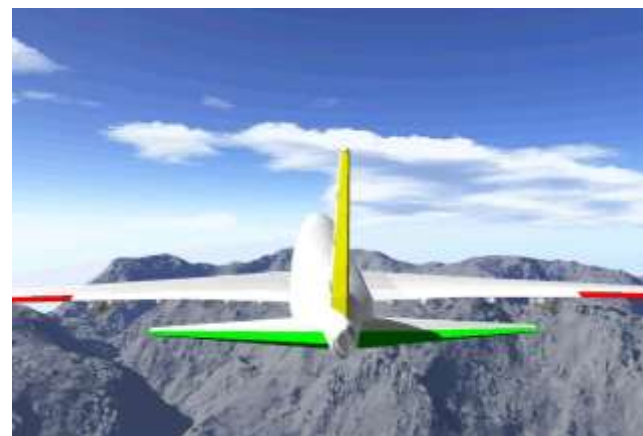
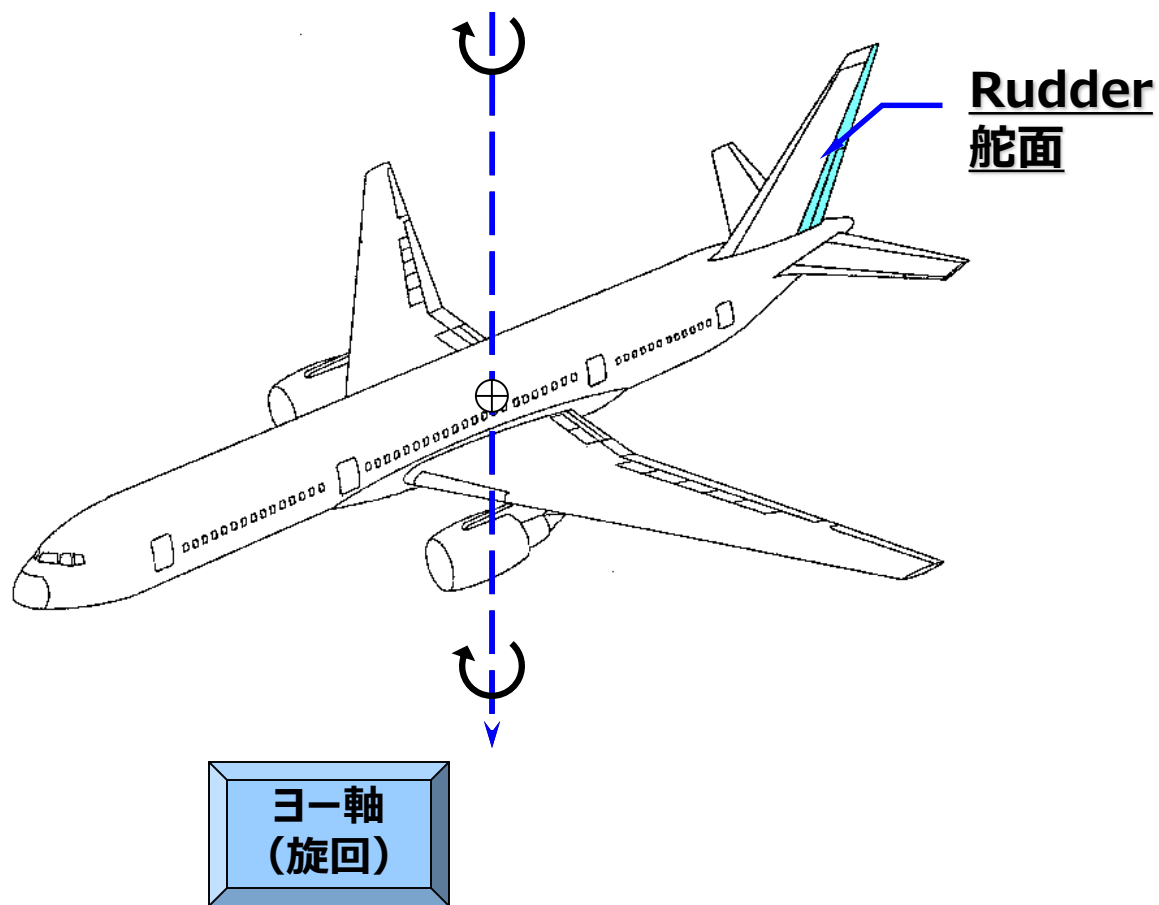
1. 主操縦システム

飛行舵面構成と用途



1. 主操縦システム

飛行舵面構成と用途

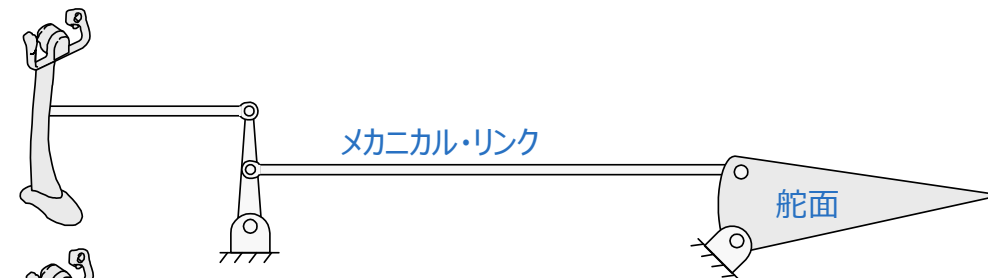


2. 技術と歴史

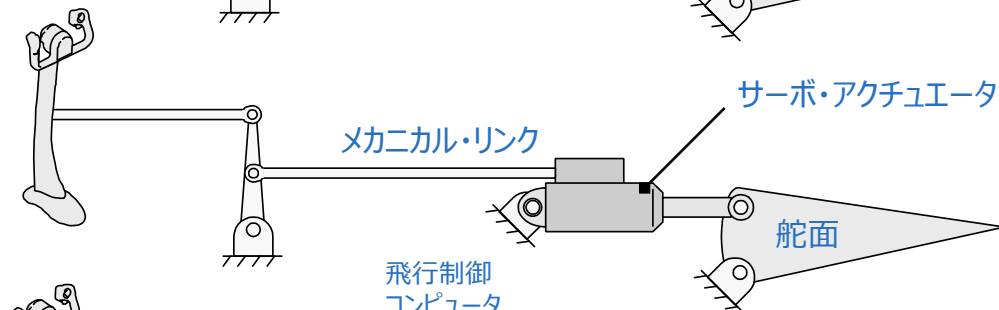
主操縦システムの変遷

メカニカル方式

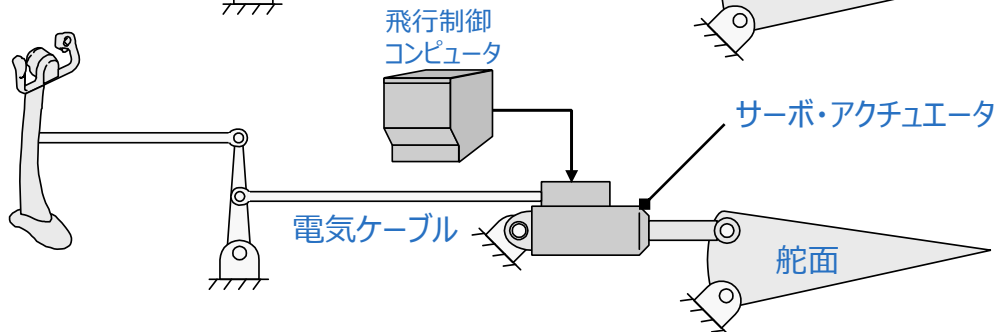
人力制御方式



油圧サーボ方式



加算方式

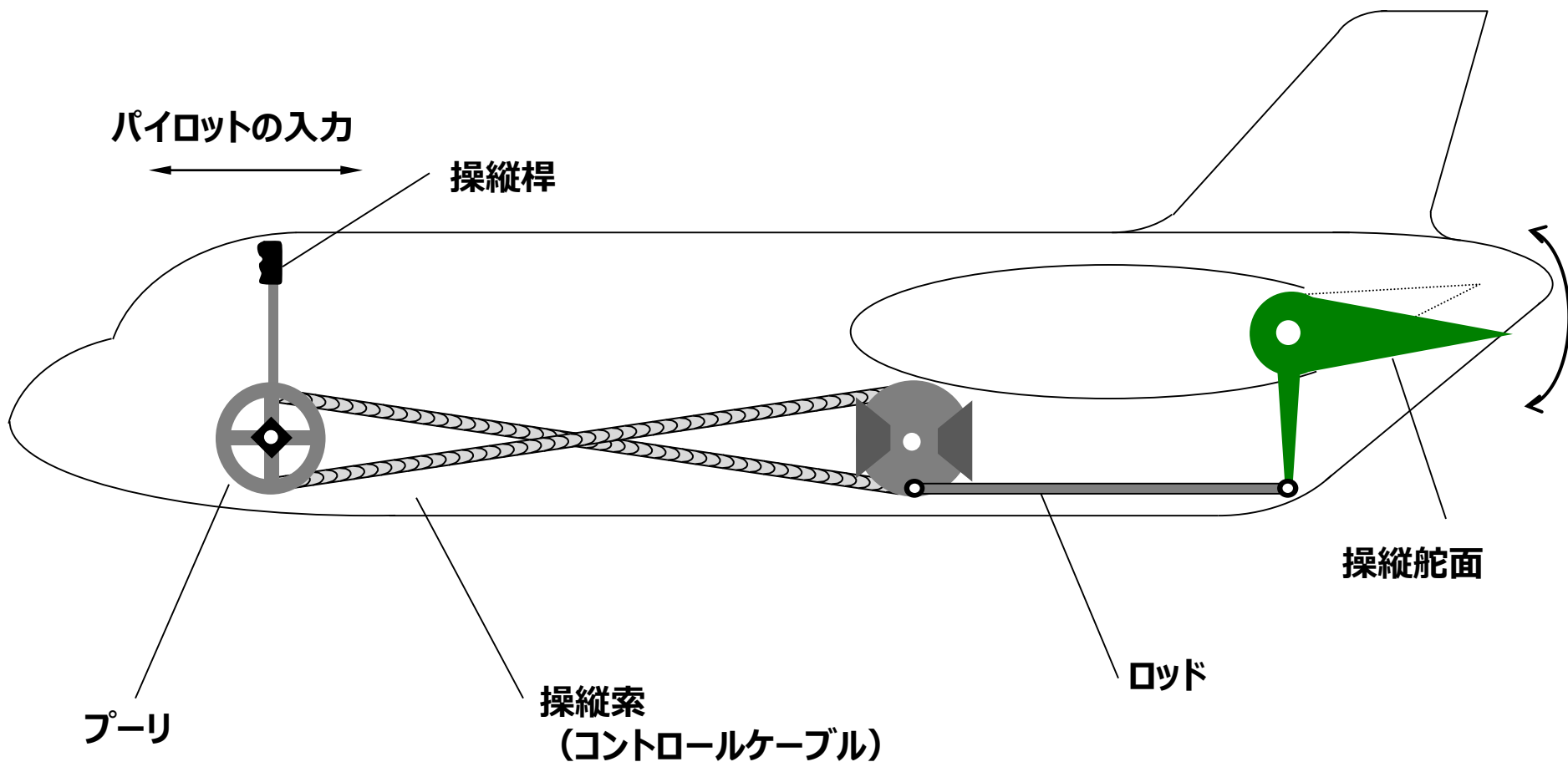


Fly By Wire方式

大型化
コンピュータ制御化
(乗りごちが良い)

主操縦システムの変遷

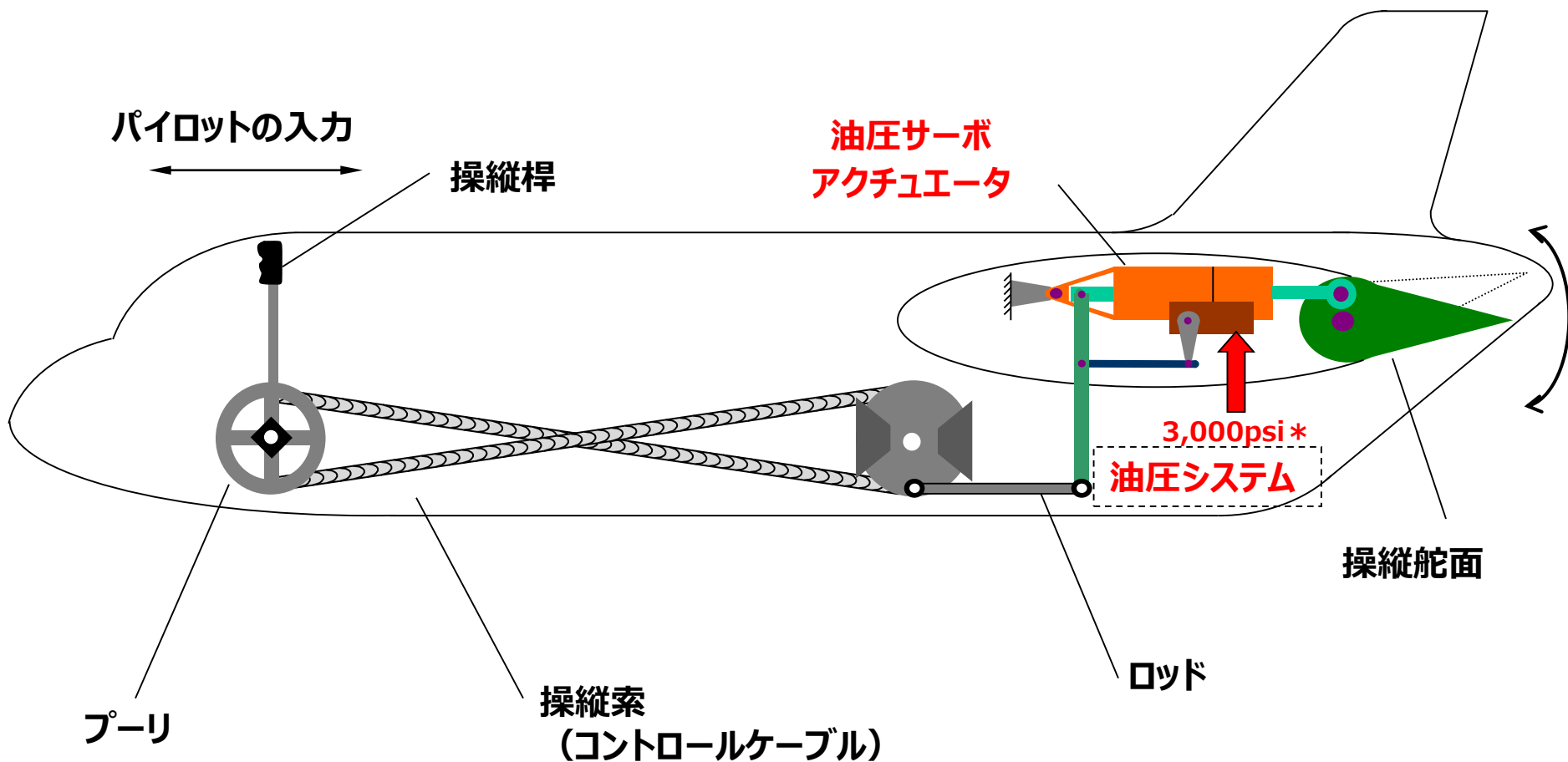
(1) 人力式舵面制御



2. 技術と歴史

主操縦システムの変遷

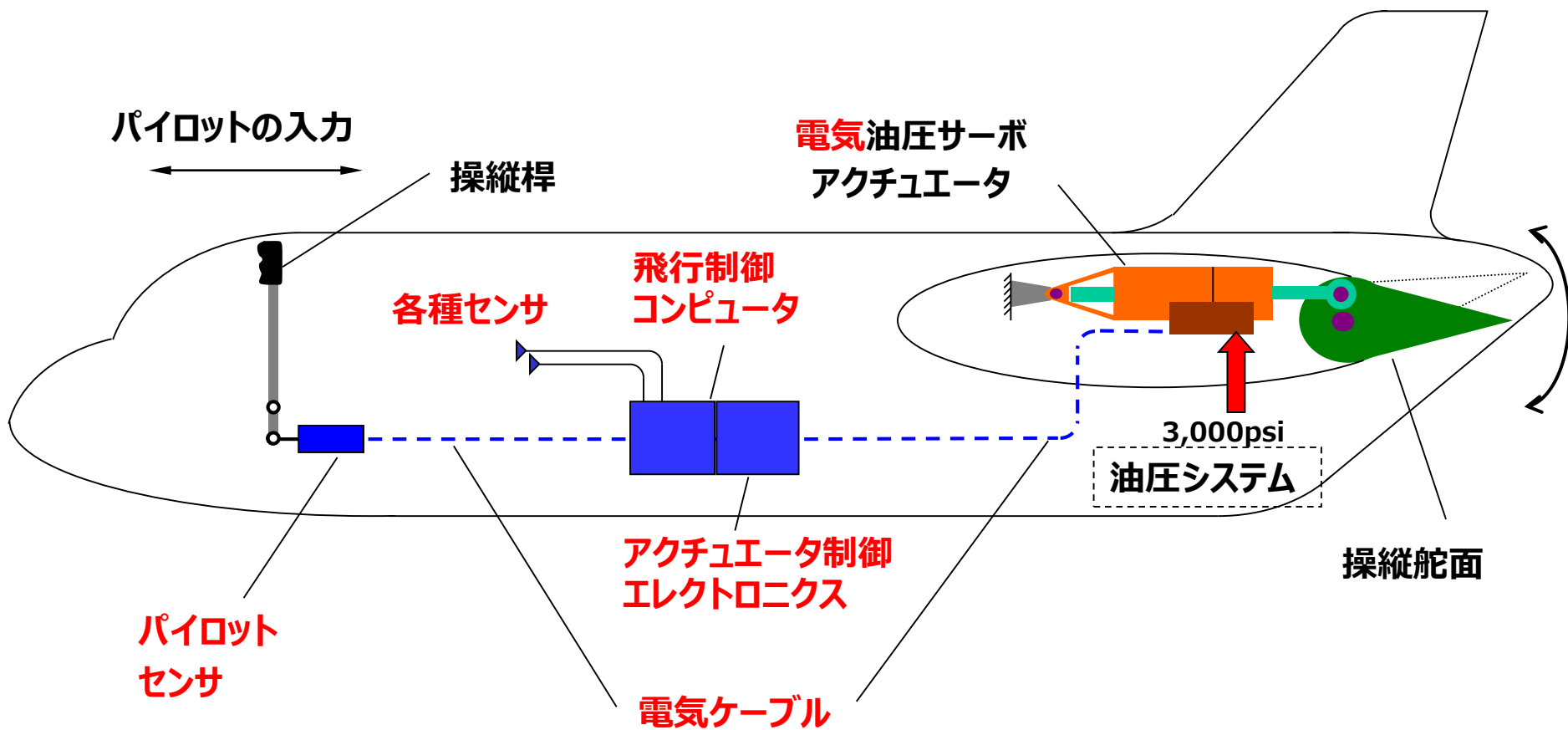
(2) 油圧サーボ式舵面制御 - メカニカル入力方式



*約210kg/cm²

主操縦システムの変遷

(3) 電気油圧サーボ式舵面制御 - Fly By Wire (FBW) 方式



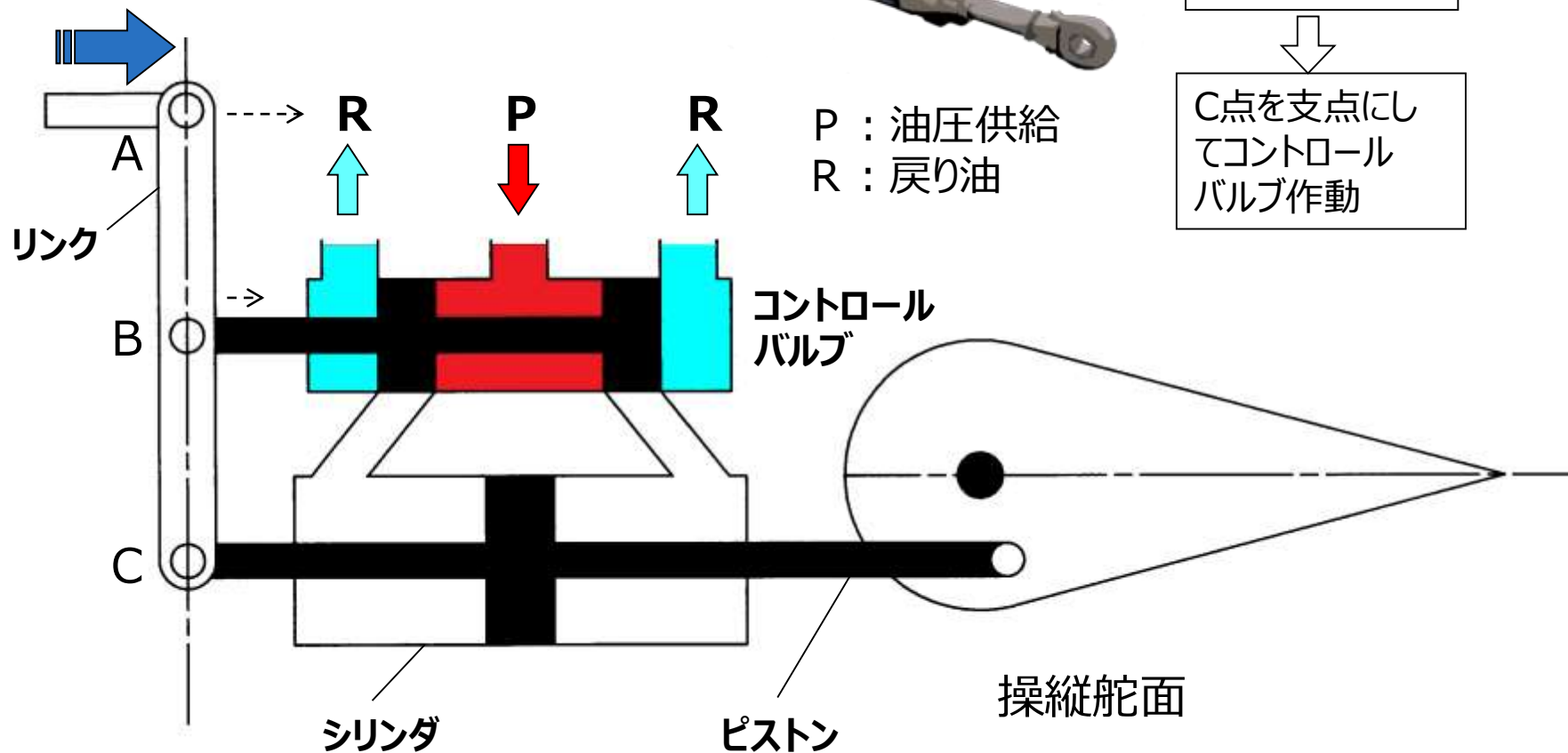
3. アクチュエータの作動原理と設計

3. アクチュエータの作動原理と設計

(1) メカニカル入力方式

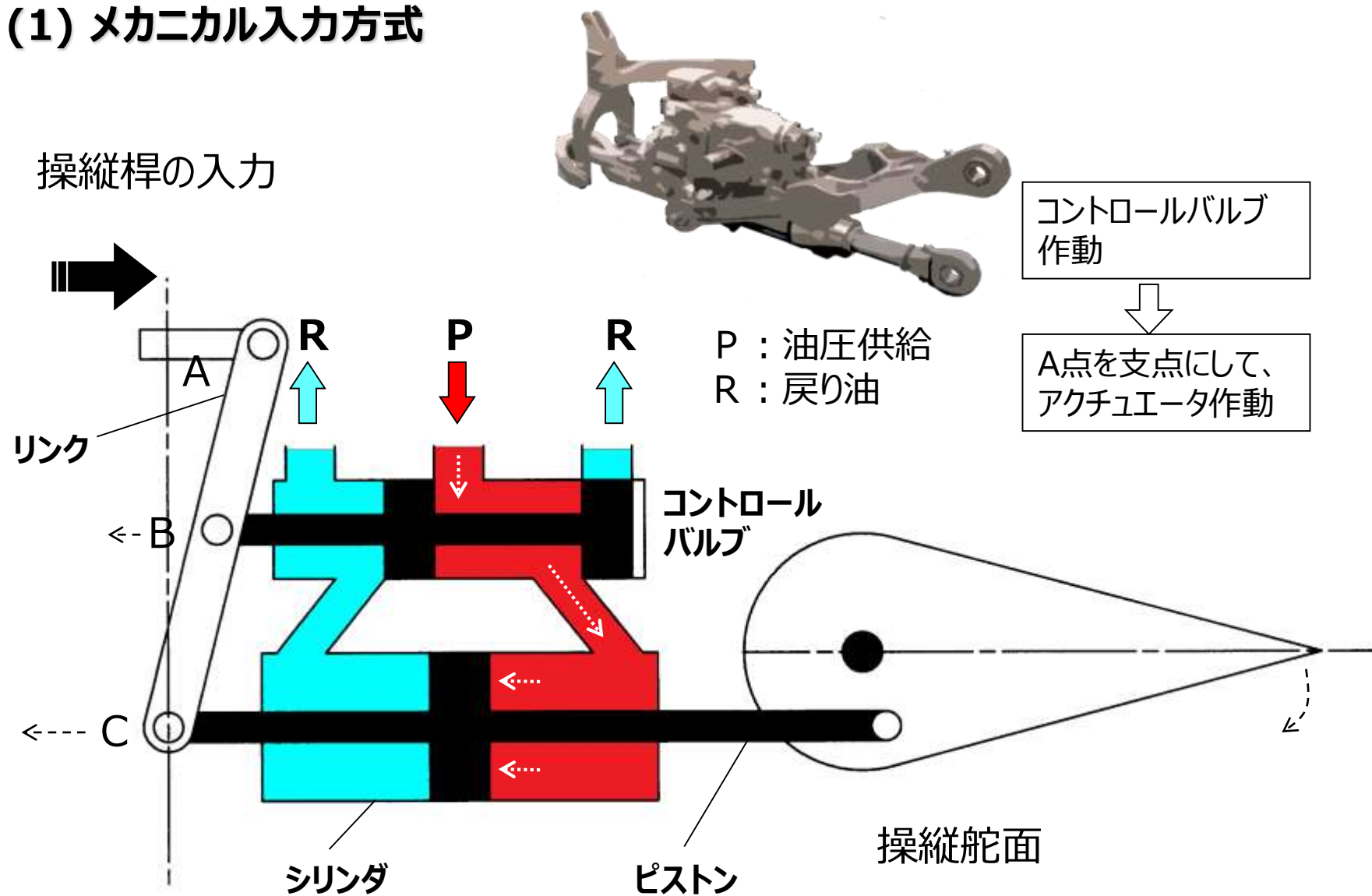


操縦桿の入力



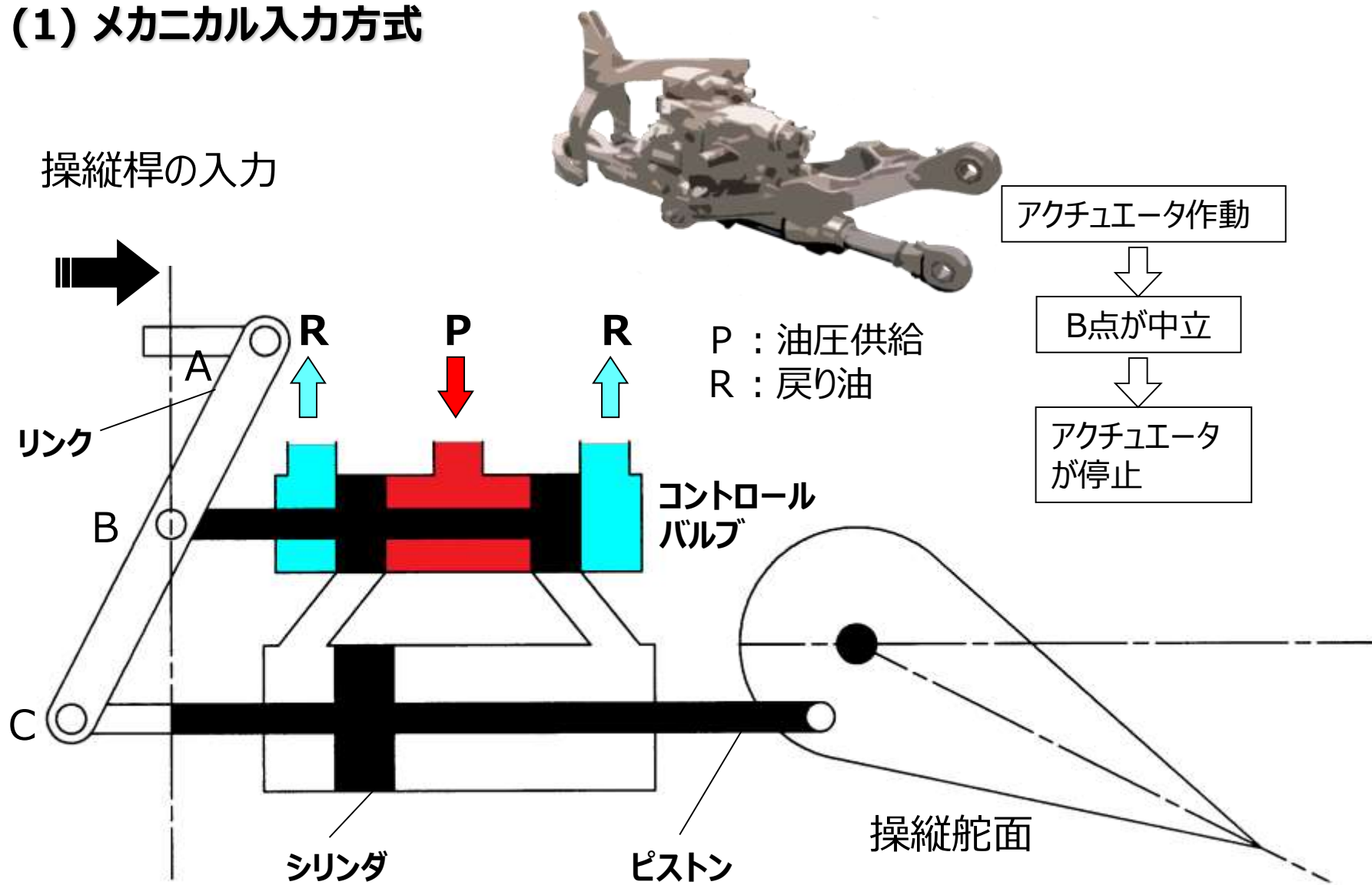
3. アクチュエータの作動原理と設計

(1) メカニカル入力方式



3. アクチュエータの作動原理と設計

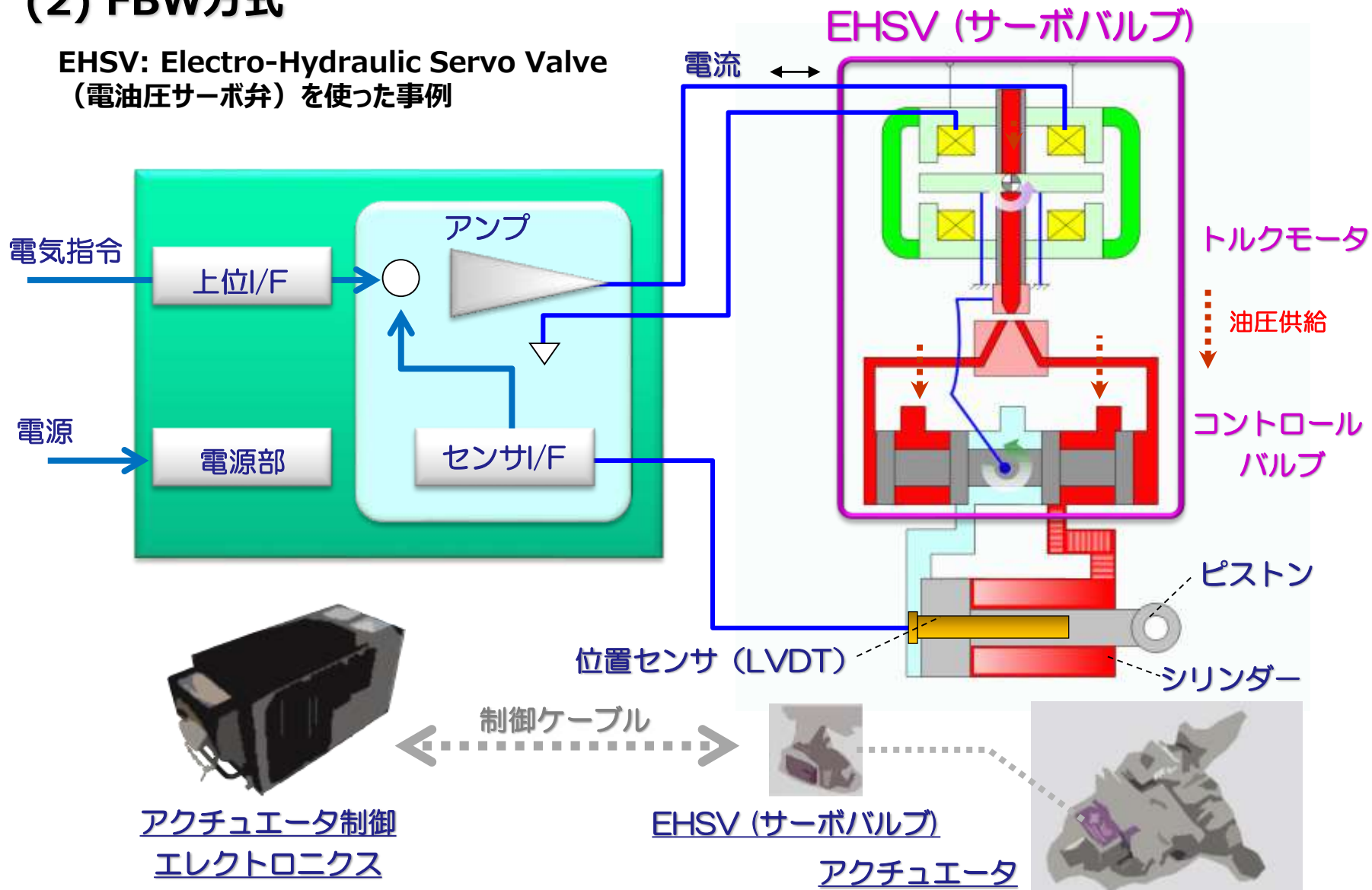
(1) メカニカル入力方式



3. アクチュエータの作動原理と設計

(2) FBW方式

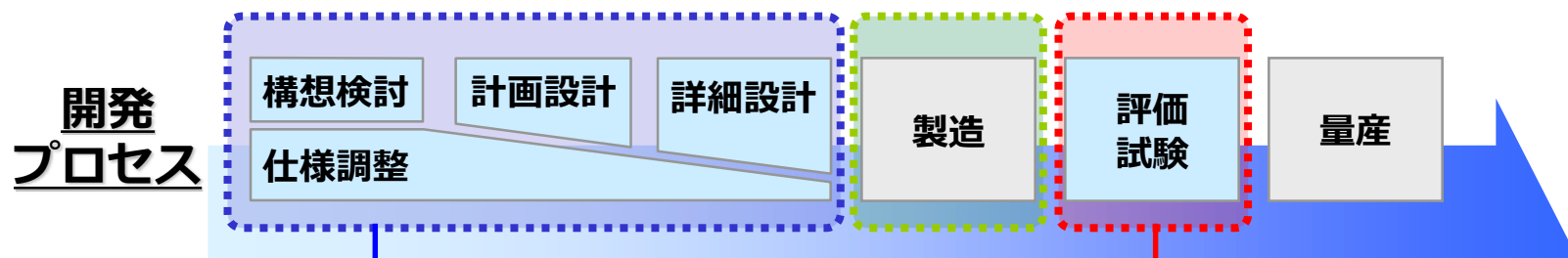
EHSV: Electro-Hydraulic Servo Valve
(電油圧サーボ弁) を使った事例



4. アクチュエータの開発

- **開発の流れ**
- **安全性設計**

製品開発の流れ



- 顧客との仕様調整
- 設計及び設計検証文書の作成
(図面、試験要領書、試験報告書)
- 解析文書の作成
(安全性, 強度, 性能)
- 性能、耐久性、環境性確認試験
- 品質確認試験報告書の作成

認証用書類

4. アクチュエータの開発

- 開発の流れ
- **安全性設計**

4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

信頼性と安全性の違い

信頼性 : 製品が故障しない確率

安全性 : 製品の故障が原因で、**人命に関わる事故が発生しない確率**

航空機の安全性要求

- 各国航空局が規定
- 全ての民間航空機、およびその装備品は、安全性要求に準拠した設計を実施、航空局の認証取得が義務付けられている（認証無しには飛行不可）

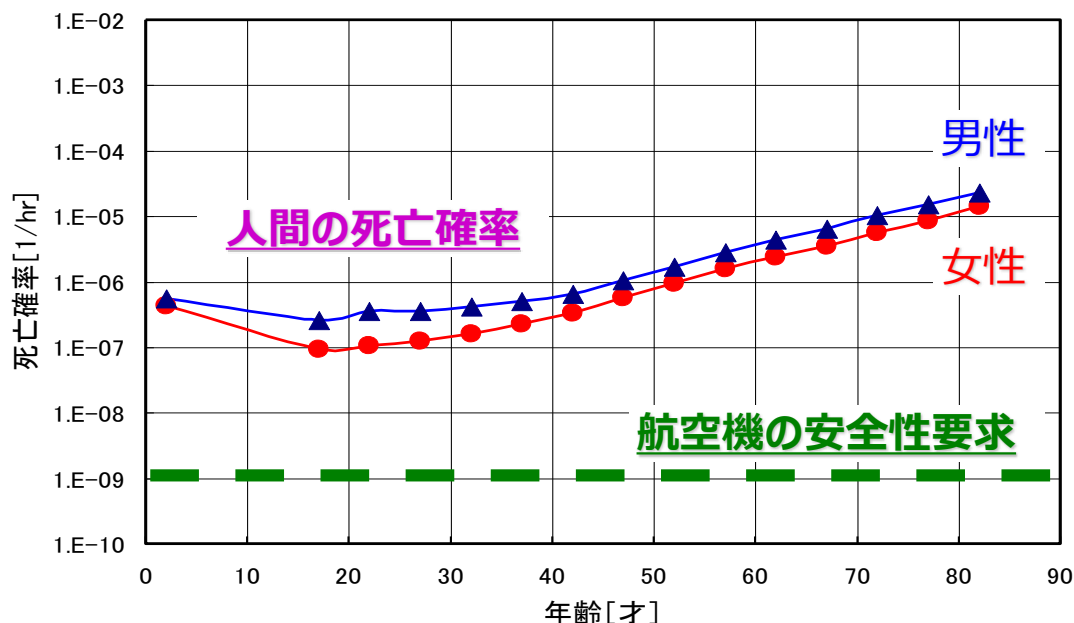
	航空局	規定
米国	連邦航空局 (Federal Aviation Administration)	Federal Aviation Regulations Part 21: 認証方法 Part 25 (23) : 大型 (小型) 機耐空性要求
欧州	欧州航空安全局 (European Aviation Safety Agency)	Certification Specifications AMC21: 認証方法 CS-25 (23) : 大型 (小型) 機耐空性要求
日本	国土交通省航空局 (Japan Civil Aviation Bureau)	航空法 (Civil Aeronautics Regulations) 第3章 : 航空機の安全性 (耐空性審査要領)

4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

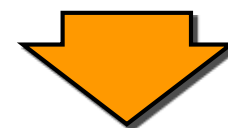
操縦系統に関する機体レベルの安全性要求

- 1つの故障： 機体が制御不能に陥らないこと
- 全ての故障の組合せ： 機体が制御不能に陥る故障の発生は「極めてまれ」（10億時間に1回以下）なこと

年齢別の死亡確率と航空機安全性要求との比較



厳しい安全性要求

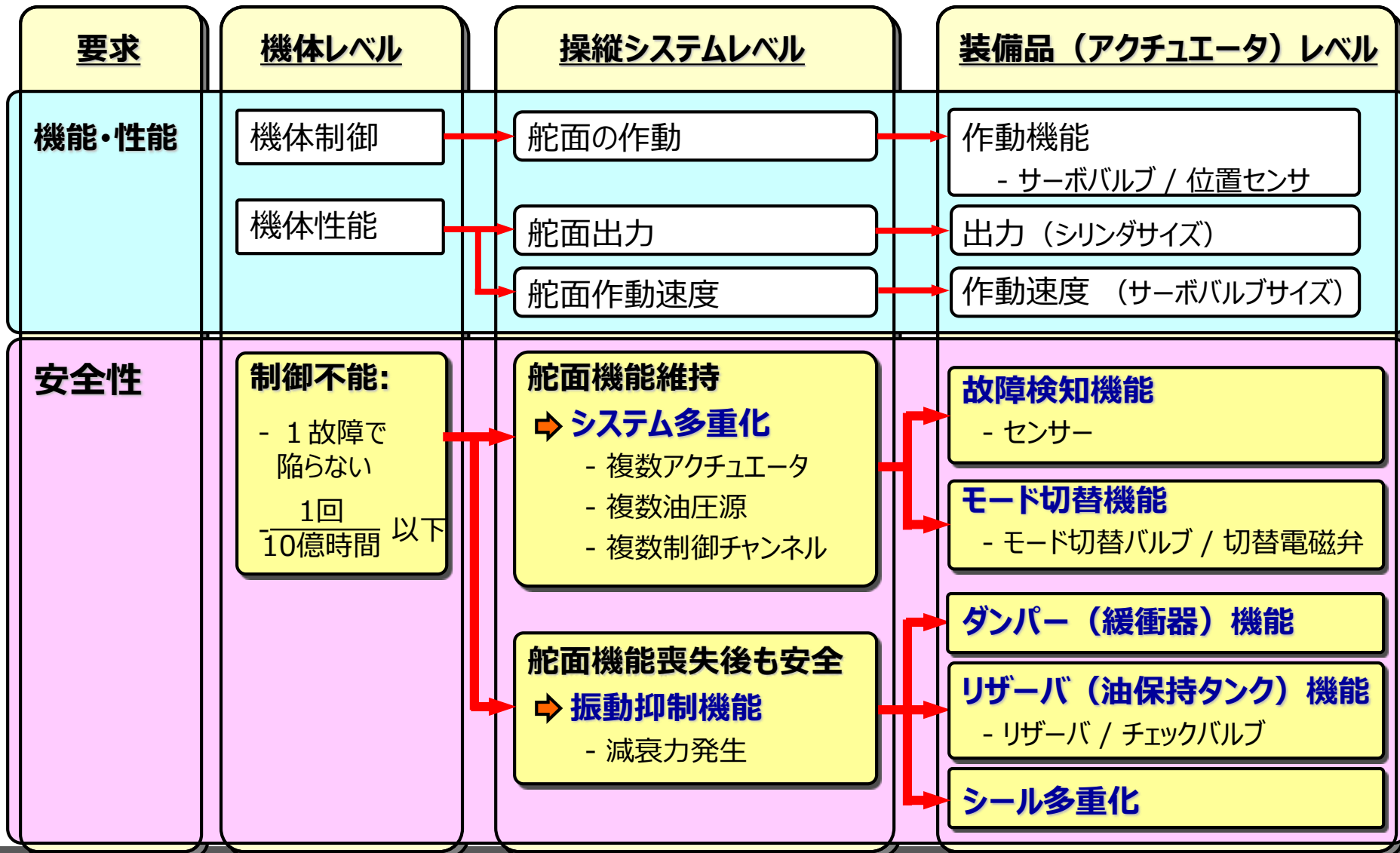


設計へのフローダウンで達成

- システム構成の多重化
- 装備品部品構成、設計の選定

4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性要求の操縦システム、装備品設計へのフローダウン（1 / 3）



4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性要求の操縦システム、装備品設計へのフローダウン（2 / 3）

機体レベル

- 安全性要求：
- 1つの故障で機体が制御不能に陥らない
 - 機体が制御不能に陥る故障の発生は 10億時間に1回以下

操縦システムレベル

安全性要求： 舵面機能維持

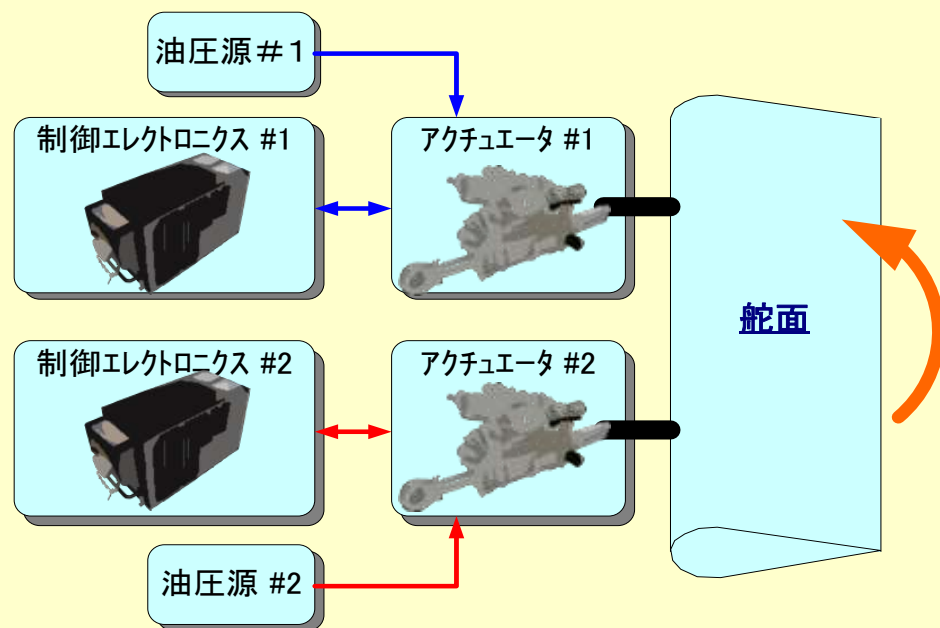
➡ システム多重化により実現

➤ アクチュエータ

- Elevator/Aileron : 2台/舵面
- Rudder : 3台/舵面

➤ 油圧源 / 制御チャンネル

- 油圧源 : 3系統
- 制御チャンネル : 4チャンネル



4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性要求の操縦システム、装備品設計へのフローダウン (3 / 3)

操縦システムレベル

- 安全性要求：
- 1. 舵面機能維持
 - 2. 舵面機能喪失後も安全
- ➡ システム多重化
- ➡ 舵面振動抑制機能

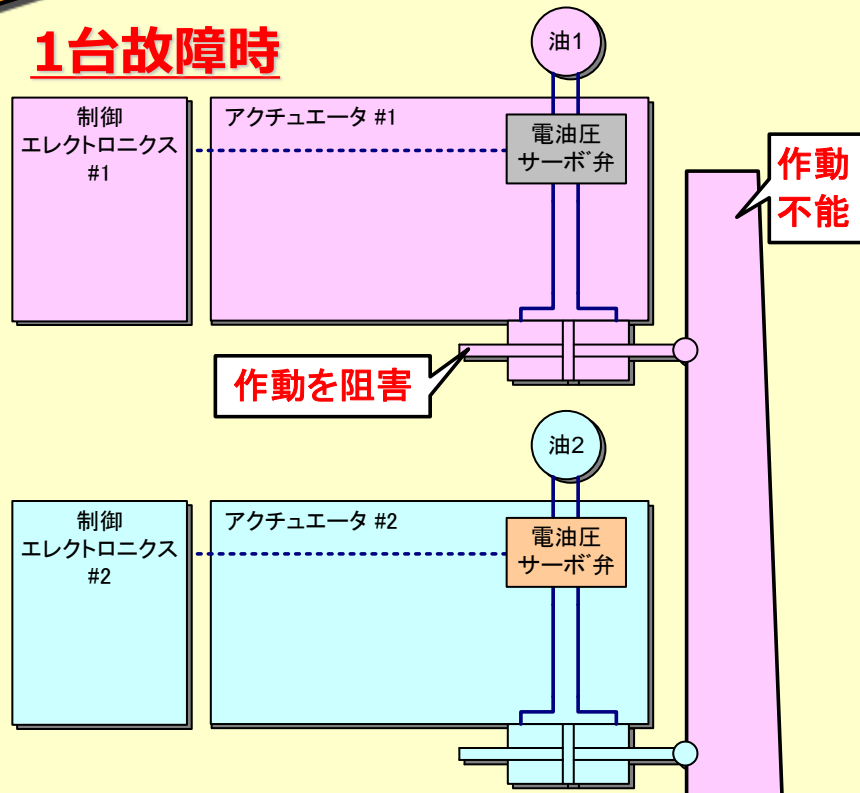
装備品 (アクチュエータ) レベル

多重化のみ実施した場合：
一台故障で舵面機能喪失 (多重化効果無)

アクチュエータ作動モードと舵面への影響

	アクチュエータ作動モード		舵面作動
	# 1	# 2	
全正常時	正常	正常	正常作動
1台故障時	故障	正常	作動不能 (機能喪失)
全故障時	故障	故障	作動不能

1台故障時



4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性要求の操縦システム、装備品設計へのフローダウン (3 / 3)

操縦システムレベル

- 安全性要求 :
- 1. 舵面機能維持
 - 2. 舵面機能喪失後も安全
- ➡ システム多重化
- ➡ 舵面振動抑制機能

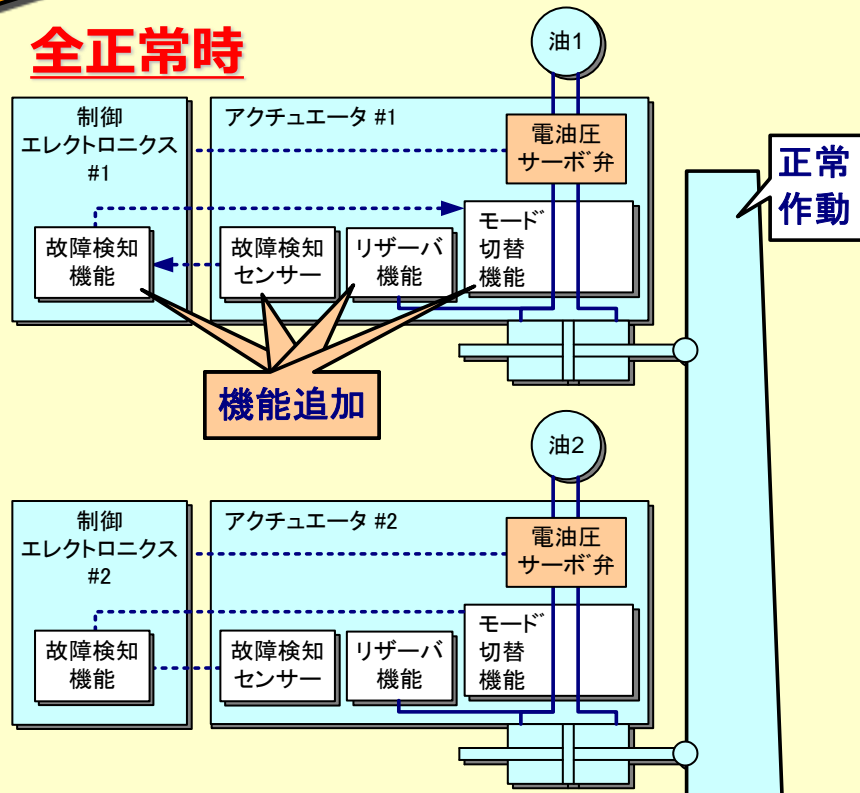
装備品 (アクチュエータ) レベル

- 機能要求 :
- 1. 故障検知 + 切替機能
 - 2. ダンパー + リザーバ機能

アクチュエータ作動モードと舵面への影響

	アクチュエータ作動モード		舵面作動
	# 1	# 2	
全正常時	正常	正常	正常作動
1台故障時	従属 (ダンパー)	正常	正常作動
全故障時	従属 (ダンパー)	従属 (ダンパー)	作動不能

全正常時



4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性要求の操縦システム、装備品設計へのフローダウン (3 / 3)

操縦システムレベル

- 安全性要求 :
- 1. 舵面機能維持
 - 2. 舵面機能喪失後も安全
- ➡ システム多重化
- ➡ 舵面振動抑制機能

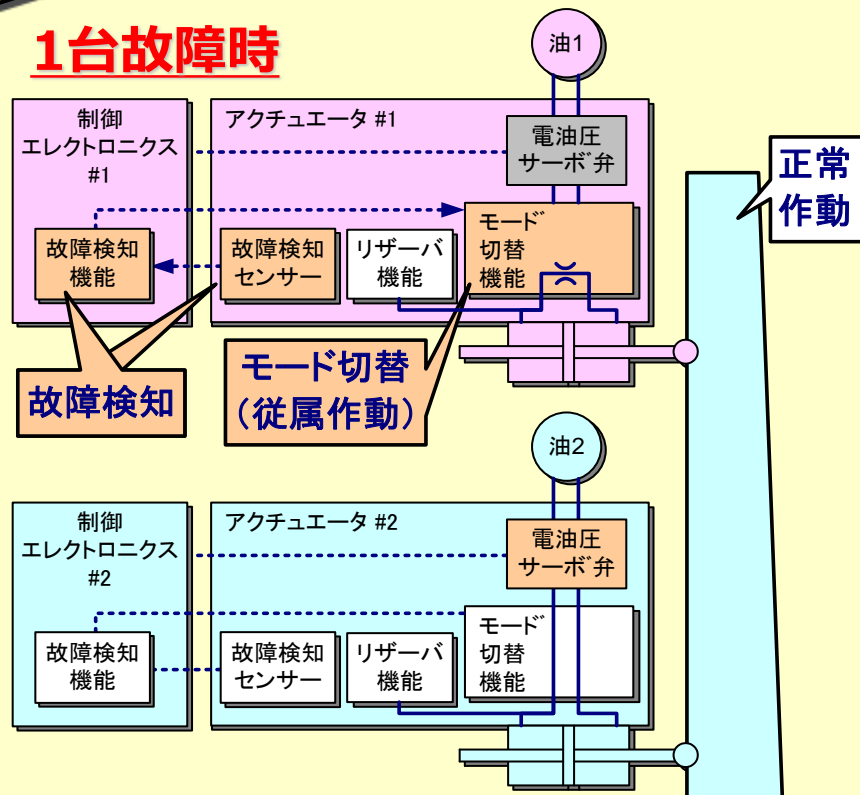
装備品 (アクチュエータ) レベル

- 機能要求 :
- 1. 故障検知 + 切替機能
 - 2. ダンパー + リザーバ機能

アクチュエータ作動モードと舵面への影響

	アクチュエータ作動モード		舵面作動
	# 1	# 2	
全正常時	正常	正常	正常作動
1台故障時	従属 (ダンパー)	正常	正常作動 (機能維持)
全故障時	従属 (ダンパー)	従属 (ダンパー)	作動不能

1台故障時



4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性要求の操縦システム、装備品設計へのフローダウン (3 / 3)

操縦システムレベル

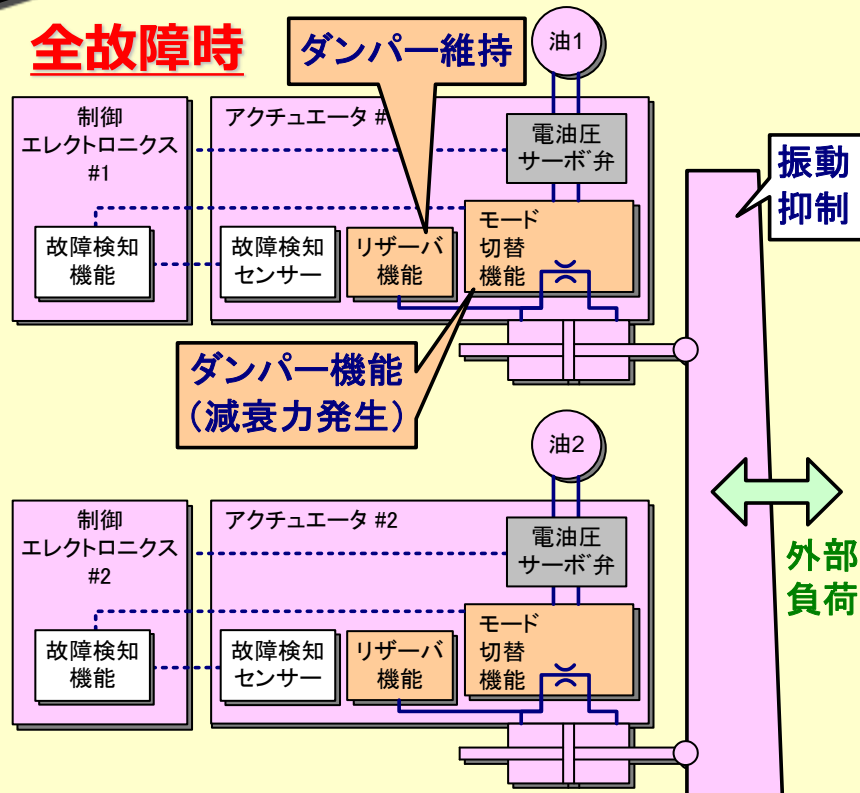
- 安全性要求 :
- 1. 舵面機能維持
 - 2. 舵面機能喪失後も安全
- ➡ システム多重化
- ➡ 舵面振動抑制機能

装備品 (アクチュエータ) レベル

- 機能要求 :
- 1. 故障検知 + 切替機能
 - 2. ダンパー + リザーバ機能

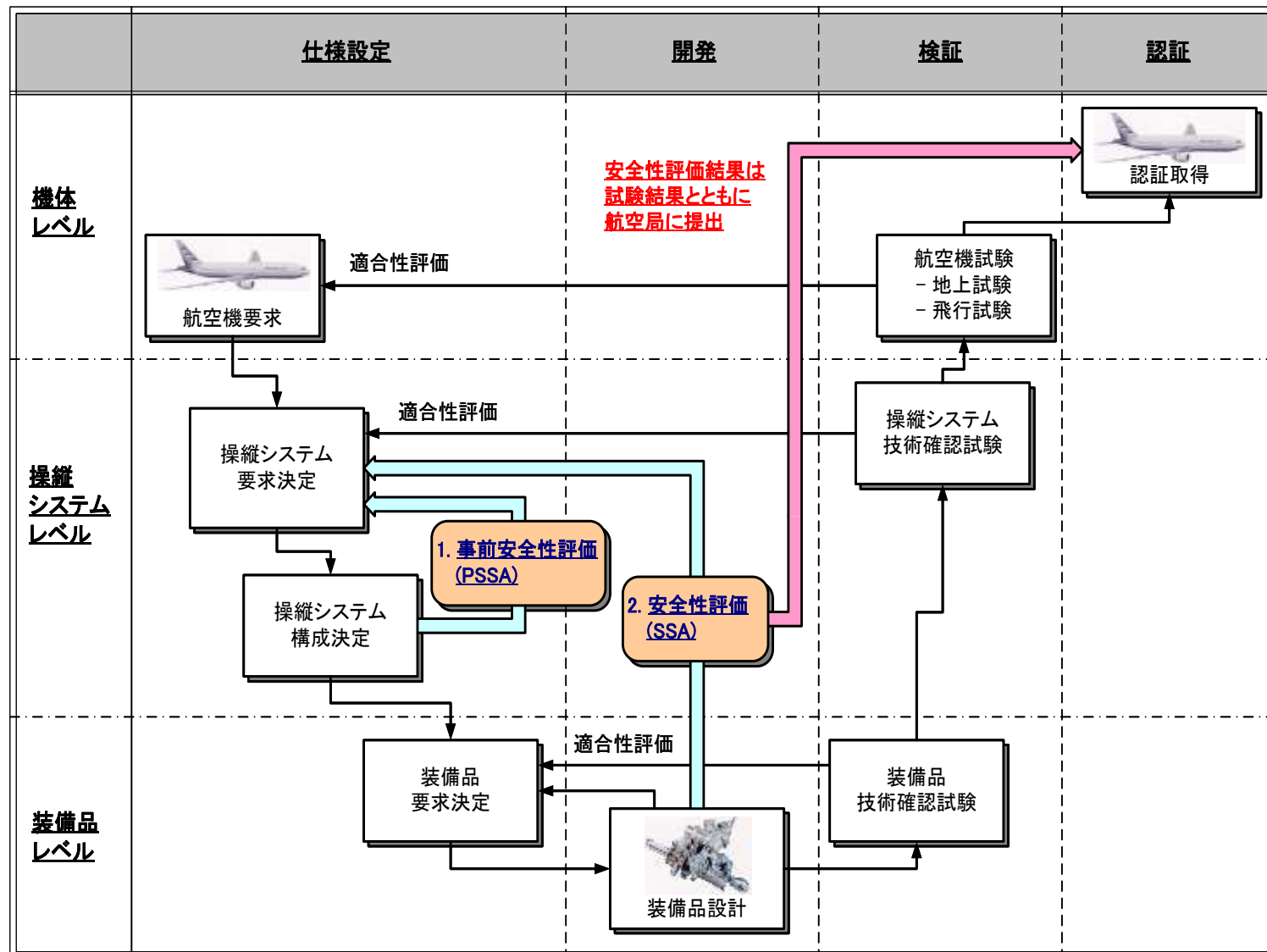
アクチュエータ作動モードと舵面への影響

	アクチュエータ作動モード		舵面作動
	# 1	# 2	
全正常時	正常	正常	正常作動
1台故障時	従属 (ダンパー)	正常	正常作動
全故障時	従属 (ダンパー)	従属 (ダンパー)	作動不能 (振動抑制)



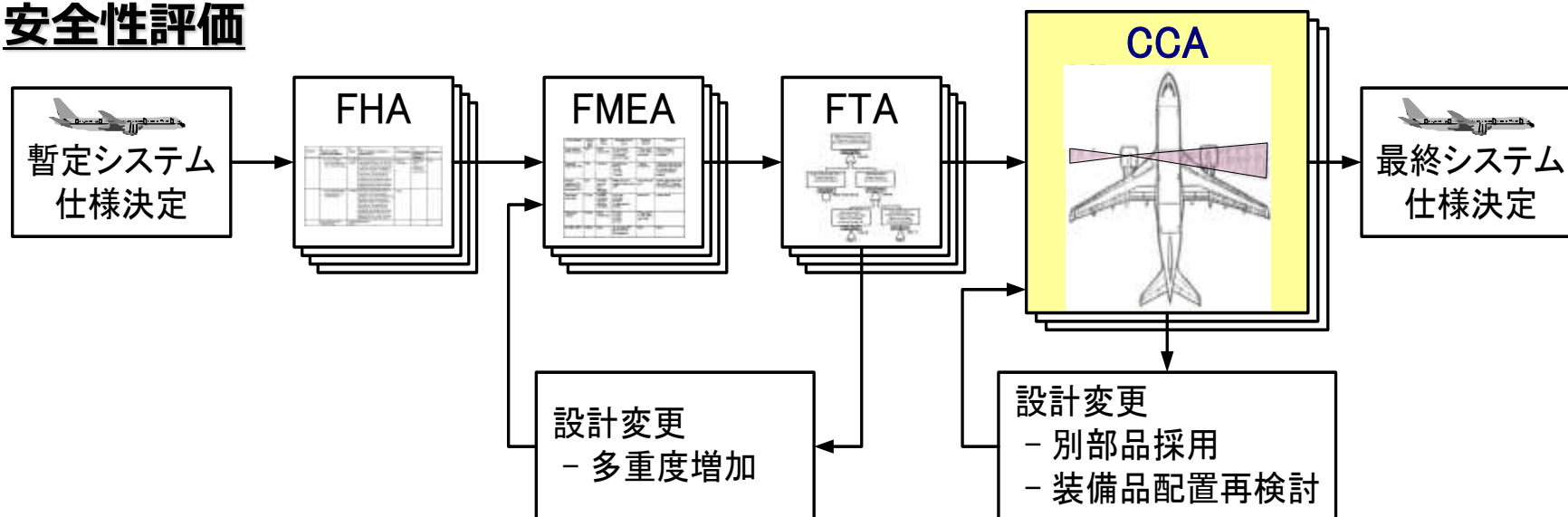
4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

航空機の開発プロセスにおける安全性評価



4. アクチュエータの開発 - 安全性に関する設計

安全性評価



FHA: Functional Hazard Analysis

機体に及ぼす影響度に応じて、各舵面機能の故障に発生確率要求を設定

FMEA: Failure Mode and Effect Analysis

各構成部品の故障の影響を評価し、各舵面機能に影響する故障モードを抽出

FTA: Fault Tree Analysis

各舵面機能の故障確率を算出し、FHA で設定した確率要求に対して評価

CCA: Common Cause Analysis

多重化したシステムの機能が、1つの要因により喪失する条件がない事を確認

- エンジン爆発時、飛散した破片による複数油圧システムの喪失
- プログラムのエラーにより、全ての制御チャンネルが喪失 等

安全性に関する設計のまとめ

- 民間航空機には厳しい安全性要求 ($\frac{1\text{回}}{10\text{億時間}}$ 以下) が規定されている
- 機体の安全性要求がフローダウンされ、操縦システム、装備品の設計が決定
- 航空機の安全性評価には、特徴的な手法 (CCA) が用いられる

5. 今後の動向と課題

主操縦用アクチュエータの最新技術

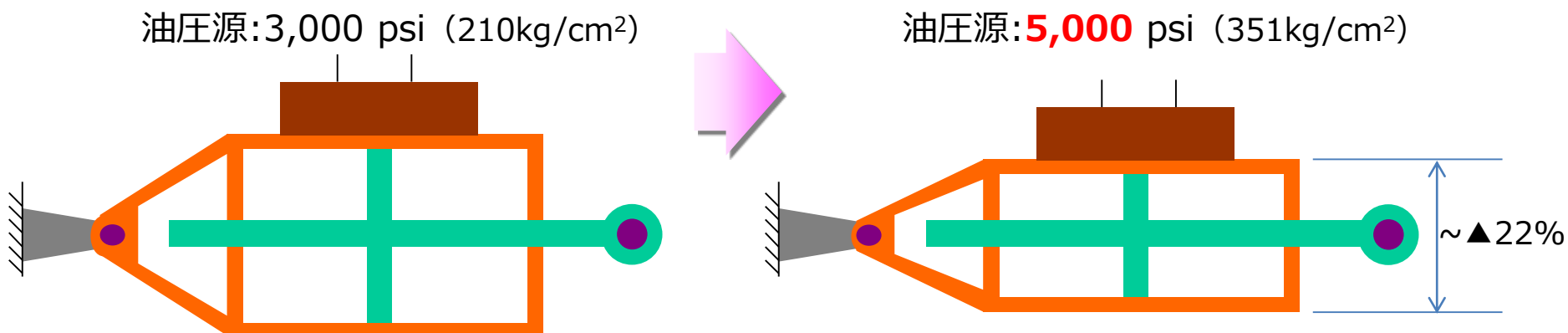
(1) 高圧化

(2) 分散制御化

(3) 電動化

5. 今後の動向と課題

(1) 高圧化



- メリット :
- ・ アクチュエータサイズ ↓
 - ・ アクチュエータ重量 ↓
 - ・ 油圧システムの重量*1 ↓

- デメリット :
- ・ アクチュエータコスト ↑
 - ・ 油圧システムコスト ↑
 - ・ エアライン設備投資*2 ↑

燃費向上 = 運用コスト ↓

初期費用 ↑

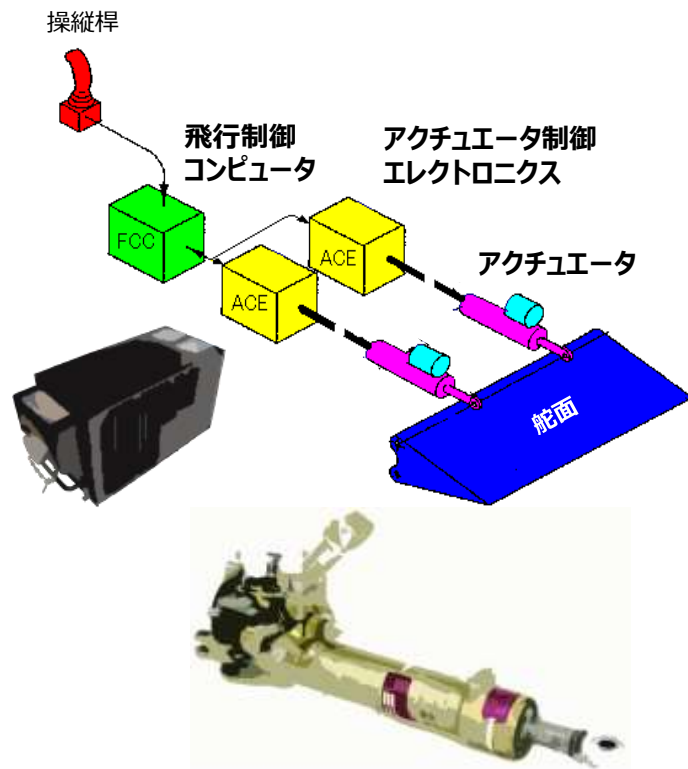
機体レベルでの
定量評価が必要
※大型機ほど効果大

例) B787, A380, A350

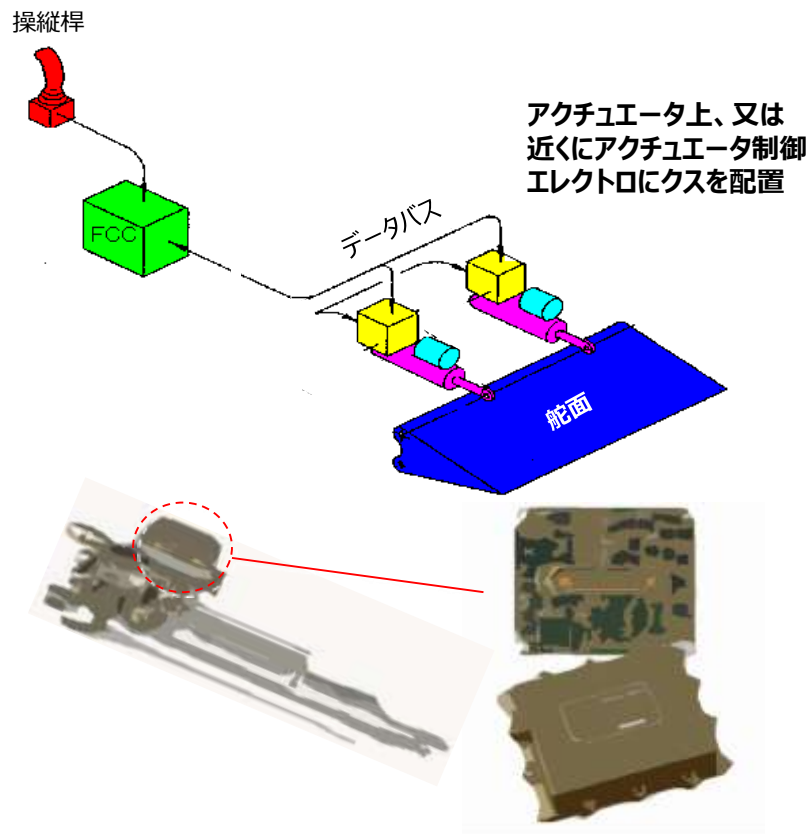
*1 配管、作動油量

*2 新規地上試験設備

(2) 分散制御化



集中制御



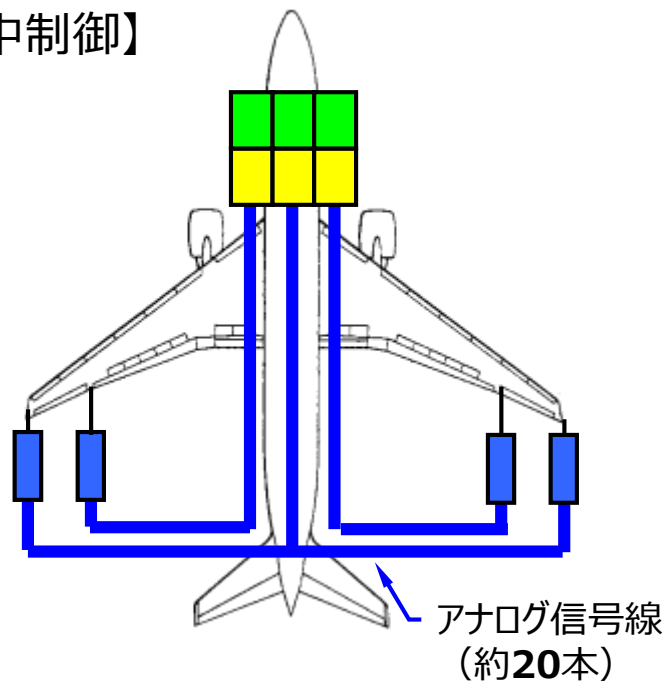
Remote Electronics Unit

分散制御

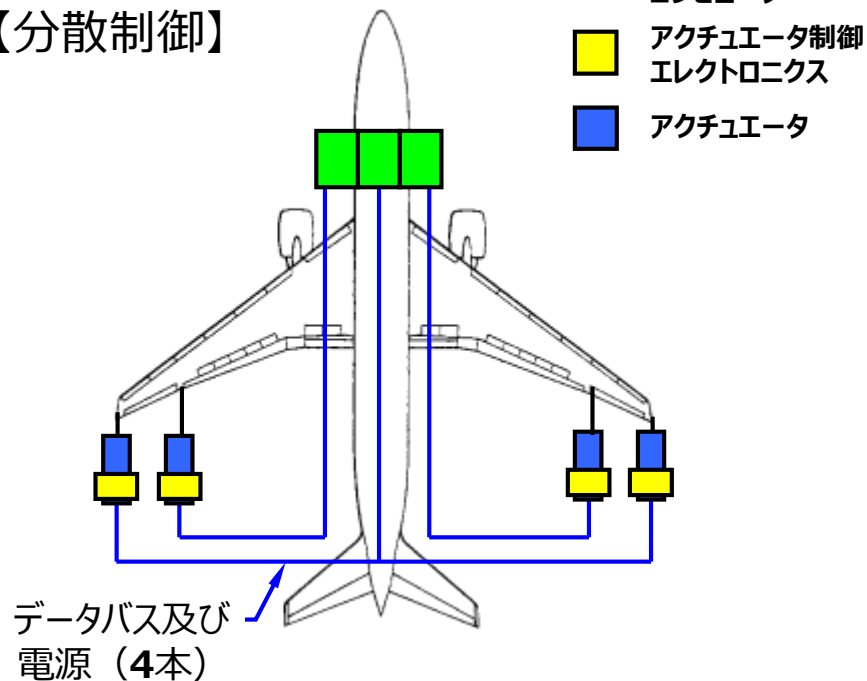
5. 今後の動向と課題

(2) 分散制御化

【集中制御】

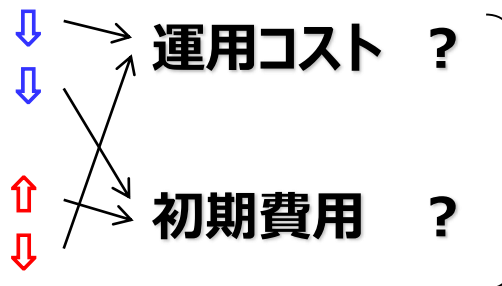


【分散制御】



メリット：
・電気配線重量
・電気配線コスト

デメリット：
・エレクトロニクスコスト
・信頼性

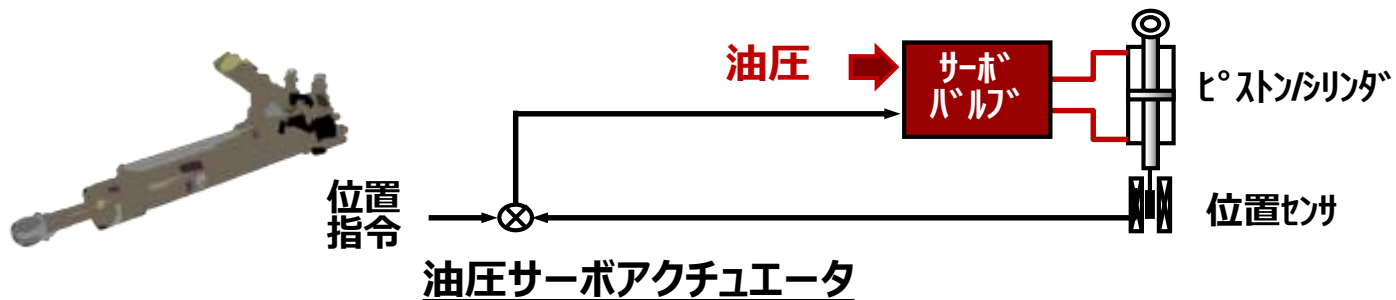


機体レベルでの
定量評価が必要
※大型機ほど効果大
例) B787, A350

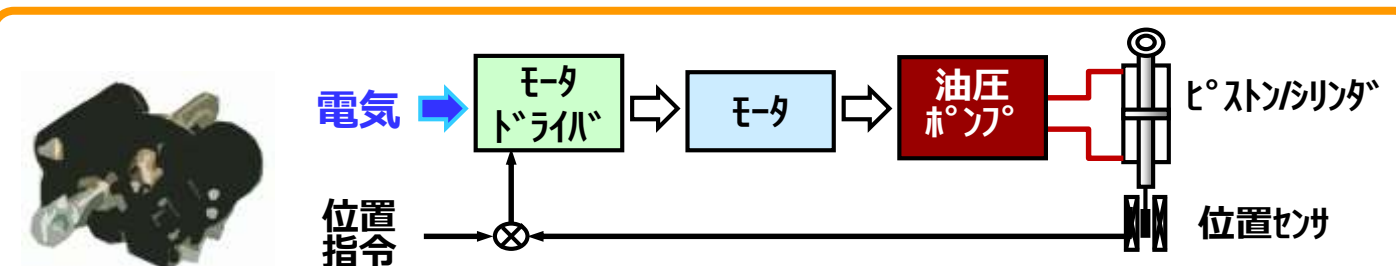
5. 今後の動向と課題

(3) 電動化

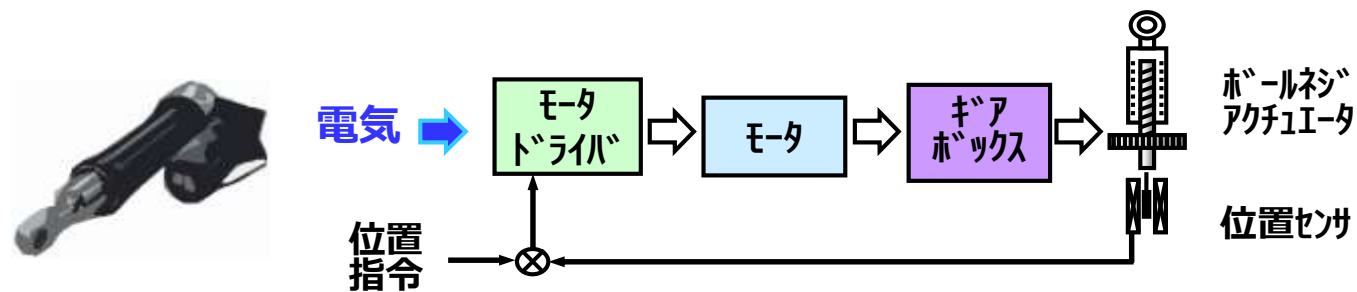
"Fly By Wire"



"Power By Wire"



EHA (Electro Hydrostatic Actuator)

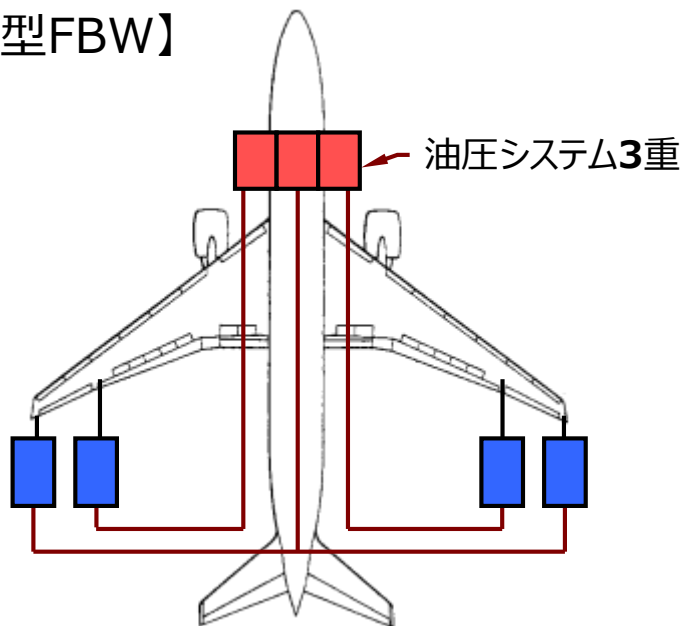


EMA (Electro Mechanical Actuator)

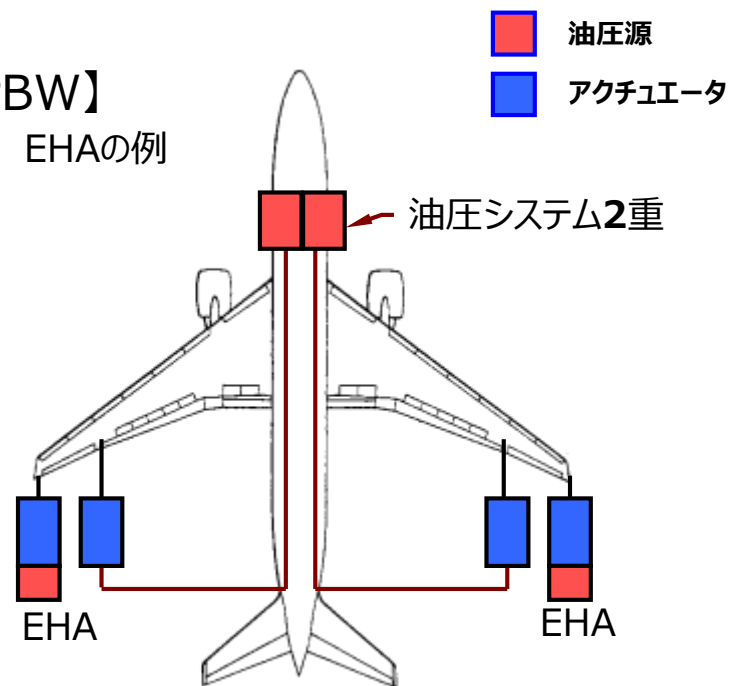
5. 今後の動向と課題

(3) 電動化

【従来型FBW】



【PBW】
EHAの例

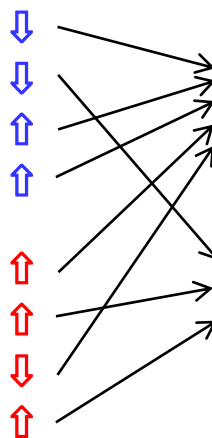


メリット :

- 油圧システム重量 ↓
- 油圧システムコスト ↓
- エネルギー効率 ↑
- 整備性 ↑

デメリット :

- アクチュエータ重量 ↑
- アクチュエータコスト ↑
- 信頼性 ↓
- 電源システムコスト ↑



運用コスト ?

初期費用 ?

機体レベルでの
定量評価が必要
※大型機ほど効果大

例) A380, A350

(3) 電動化

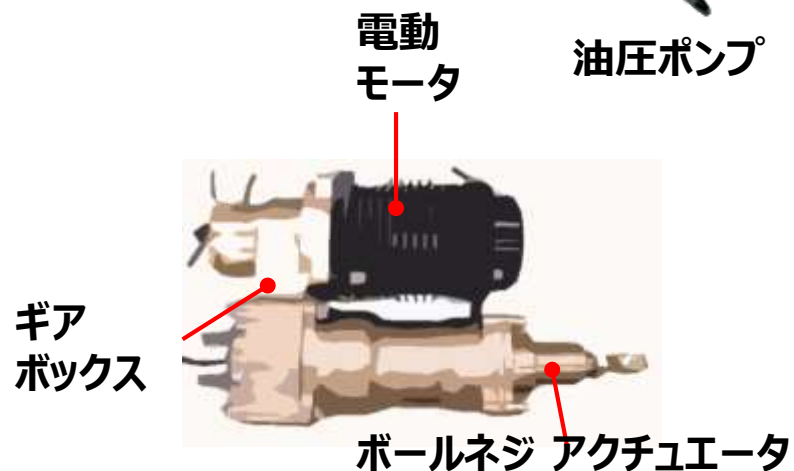
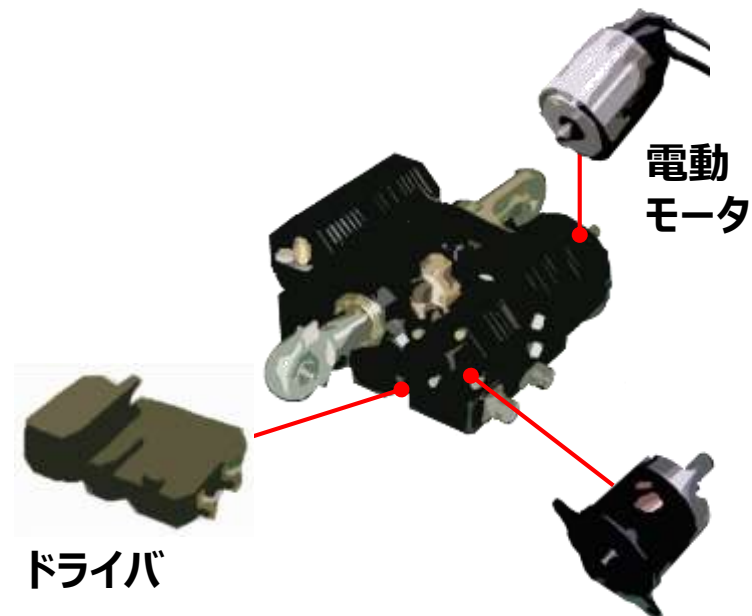
技術課題

EHA

- **小型・軽量化**
 - 電動モータドライバの小型化
 - 耐熱設計
- **高信頼性化・長寿命化**
 - 油圧ポンプの信頼性・寿命の改善

EMA

- **小型・軽量化**
 - 電動モータドライバの小型化
 - 耐熱設計
- **固着対応設計**
 - ギアボックス、ボールネジの固着対策



主操縦システム

- Aileron (Spoiler) 、 Elevator、 Rudderの各舵面によるRoll、 Pitch、 Yaw軸制御

操縦用アクチュエータの技術と歴史

- 人力 ⇨ 油圧サーボアクチュエータ ⇨ 電気油圧サーボアクチュエータ
- EHSVを使った電気油圧サーボアクチュエータによるFBW方式が主流

安全性

- 1/10億時間の安全性要求 ⇒ システム冗長化、安全性を確保した部品設計

最新技術

- 高圧化、分散制御化、電動化 2050年には全て電動化に？

名古屋大学

航空機ビジネスプロフェッショナル養成講座

内装設計

民間航空機 キャビン・インテリア製品の設計・開発について

28 November 2020

株式会社ジャムコ

航空機内装品・機器事業部、技術本部

本日のアジェンダ

1. キャビン・インテリア概要
2. 設計開発
 - 質疑応答①
 - 休憩
3. システム・インテグレーション
4. 試験・解析評価と認証取得
 - 質疑応答②

はじめに

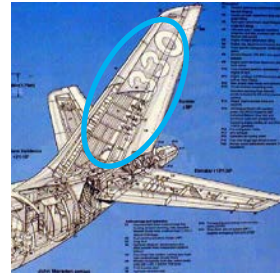
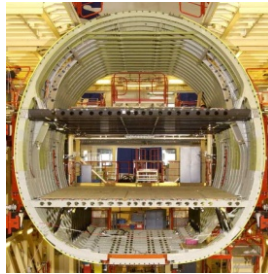
キャビン・インテリア・サプライヤーとしての
株式会社ジャムコのご紹介

JAMCOのご紹介 - 主要事業



航空機内装品事業 **Cabin Interiors**

Seat, Galley, Lavatory, Bar, Console



航空機器製造事業 **Components**

ADP : CFRP Floor Beam & Vertical Fin Stringer
Heat Exchanger, Turbine Shroud



航空機整備事業 **Maintenance**

Aircraft/Wheel Overhaul

JAMCOのご紹介 - インテリア・サプライヤーとして



Over 150

World-Wide Airline Customers

29% / 24%

Market Share on Lavatory & Galley

18% / 6%

Market Share on First and Business Class Seats

SFE supplier

A350 ICE Rear Galley & Lavatory Complex
B777 & 787 Lavatory, and B787 Galley



2016 エアバス サプライヤー・サポート・レーティング・アワード受賞

2015 ボーイング サプライヤー・オブ・ザ・イヤー受賞

2014 米国連邦航空局より、ODAとして初めてのICA認定を取得

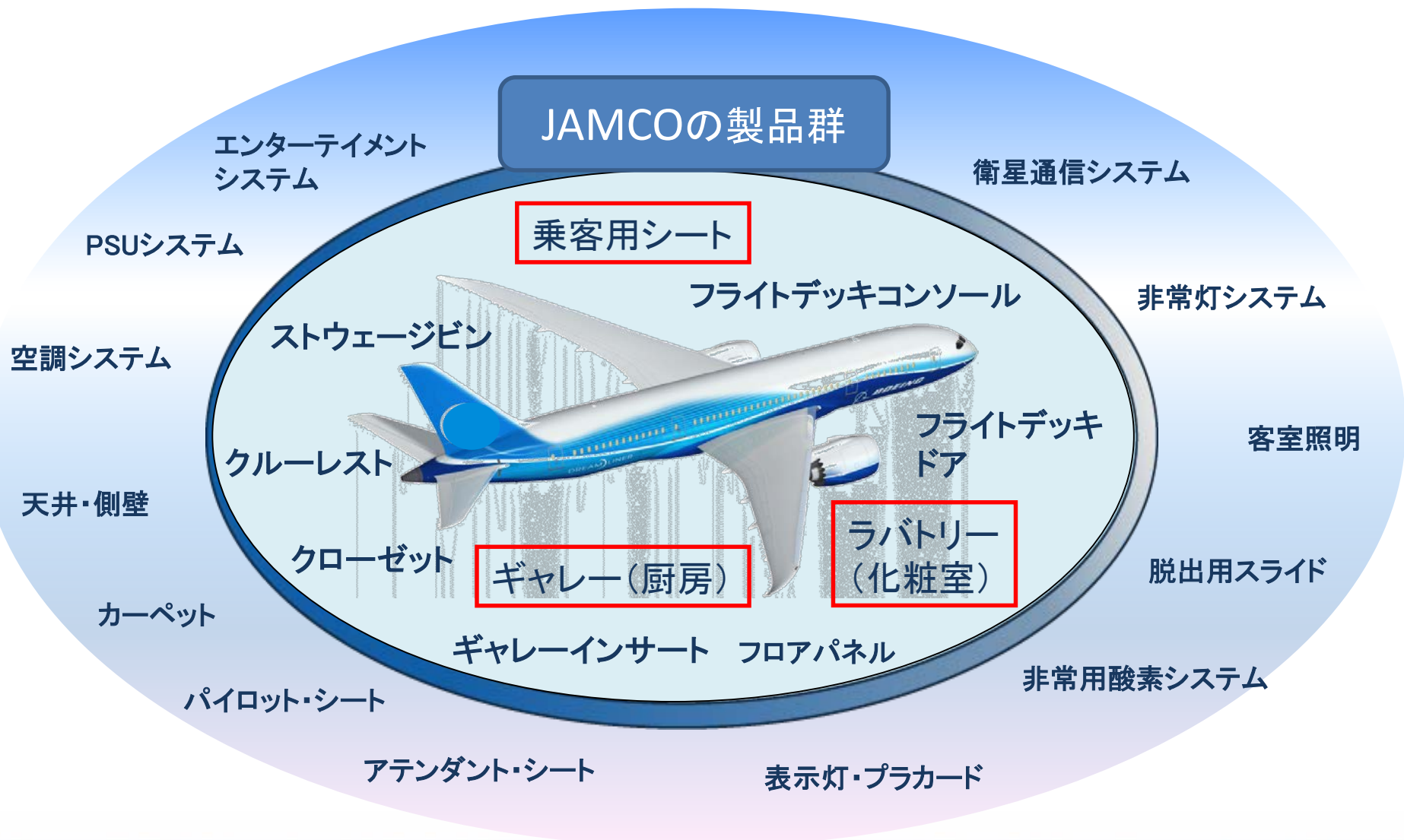
JAMCOのご紹介 - キャビン・インテリア事業拠点



目次

1. キャビン・インテリア概要
2. 設計開発
 - 質疑応答①
 - 休憩
3. システム・インテグレーション
4. 試験・解析評価と認証取得
 - 質疑応答②

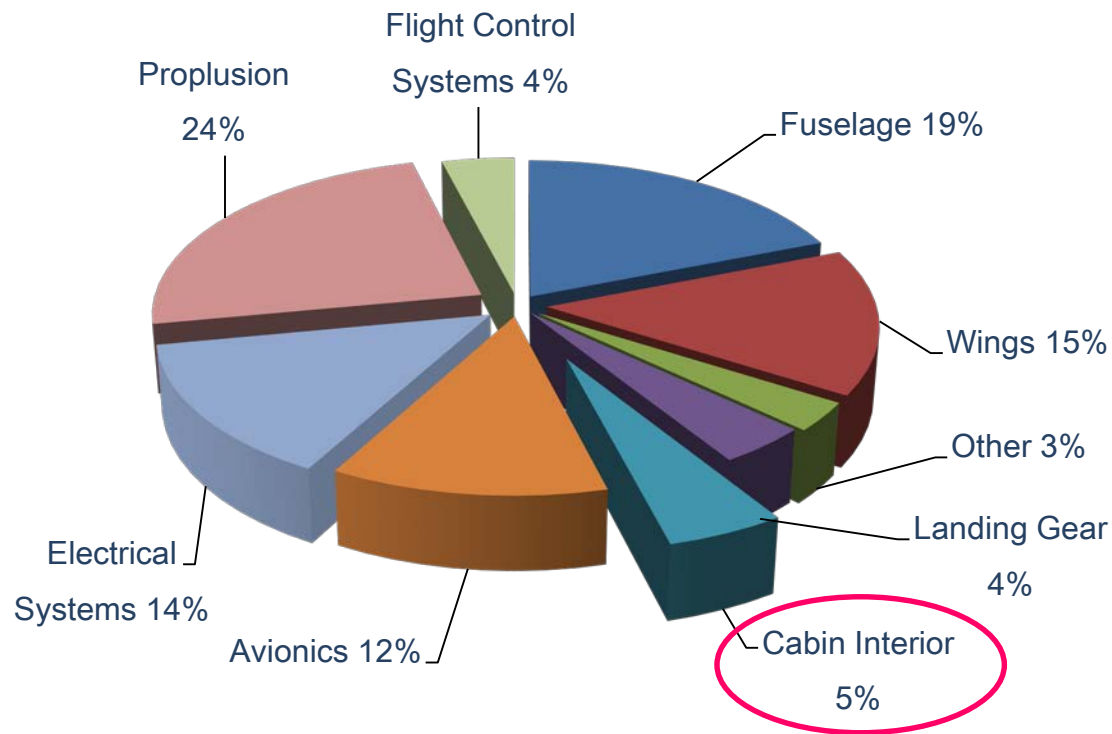
主なキャビン・インテリア製品



市場規模

今後20年間の
旅客機投資額
400兆円(?)

キャビン・インテリア
機体価格の5%



出典：経済産業省 航空機産業の現状と課題 平成28年5月

産業としての特徴

厳しい品質要求
JIS Q 9100
(AS9100/EN9100)

長い開発期間
新機種 3～5年
新製品 2年～

多品種少量生産
1機～20機程度

長い製品寿命
5～25年

キャビン・インテリアの主要装備品

ラバトリー(化粧室)



シート(乗客用座席)



ギャレー(厨房)



キャビン・インテリアの進化と関連事象

1978: 米国 国内航空規制緩和法

1985: B767-200ER 初のETOPS-120認可

1985-1990: 安全性の規制強化

1991: 湾岸戦争による航空需要低迷、一部の航空会社でファーストクラスの廃止

1995: フル・フラット・ベッドとソロ・シート

1997-2000: 航空連合の発足(スターアライアンス、ワン・ワールド、スカイチーム)

2000: キャビン・インテリア・デザインに特化した国際展示会初開催

2001-2003: 米国同時多発テロ、イラク戦争、SARSにより、航空需要の低迷

2005: プレミアム・エコノミー・クラスの導入が広まる

2007: シャワールームやコンパートメント型の個室を持つ、ラグジュリー・クラスの登場

2008: 世界金融危機による不況

2009: 新造機への16g対応シートの搭載義務化、シート用エアバッグの導入

2010: LCCが本格的に各国で定着始める。旅客嗜好の二極化

2011: B777-300ER ETOPS-330認可

2017: ビジネスクラスへの個室ドアの導入が本格化

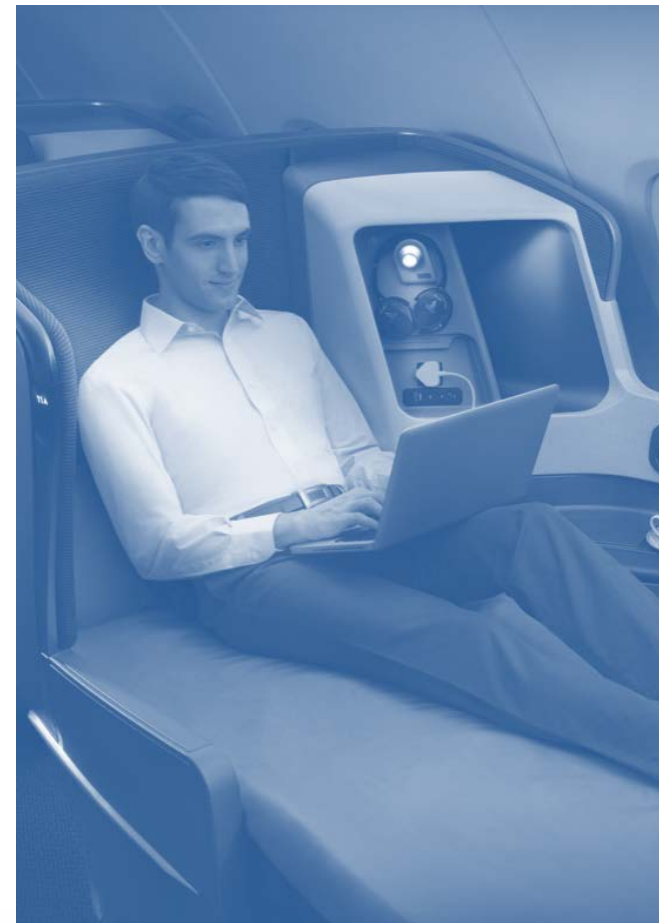
2020: COVID-19による全世界的な旅客航空需要の激減

航空機の信頼性向上による変化

航空機とそのエンジンの信頼性向上
によるETOPS基準の緩和

飛行の長時間化と
ノンストップ・サービスの提供

長時間を過ごすことに最適化された
シートなどのキャビン・インテリアの需要



出典：Singaporeair.com

世界情勢や経済状況による影響

国際紛争や原油価格、経済状況など
による旅客需要の低迷

ビジネス客の一時的減少や
エコノミークラス利用への移行

ファーストクラスの減少と
プレミアム・エコノミークラスの創出



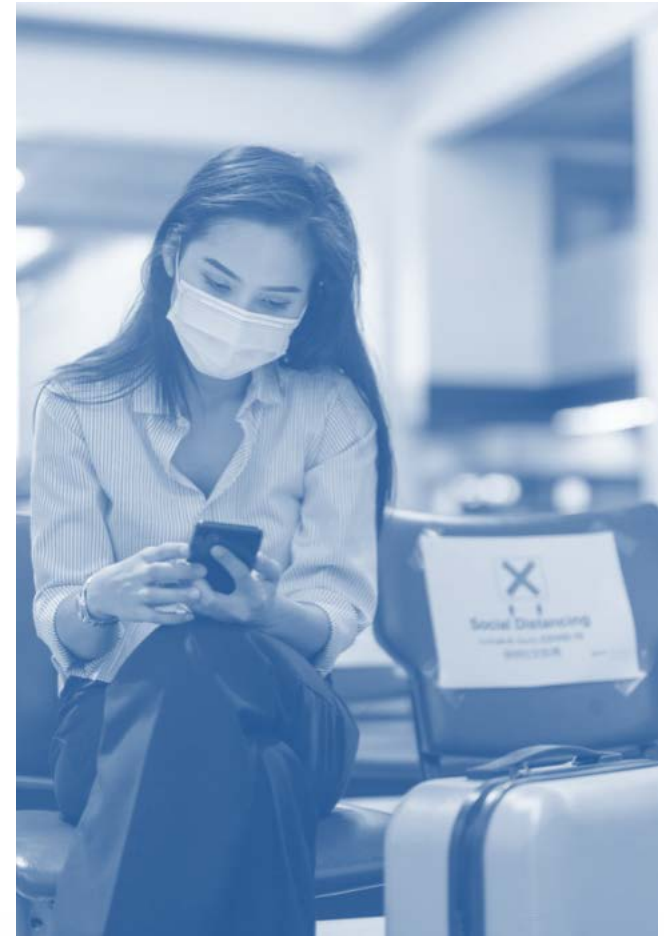
出典：ana.co.jp

感染症の流行による健康懸念からの影響

COVID-19やSARSなど、世界的
または地域的な感染症の流行
による旅客需要の低迷

渡航や入国制限による国際的な移動
そのものの減少や、感染リスクによる
密集空間での長時間移動の不安

フリートのリストラと、乗客の不安を軽減
するキャビン・レイアウトのニーズ

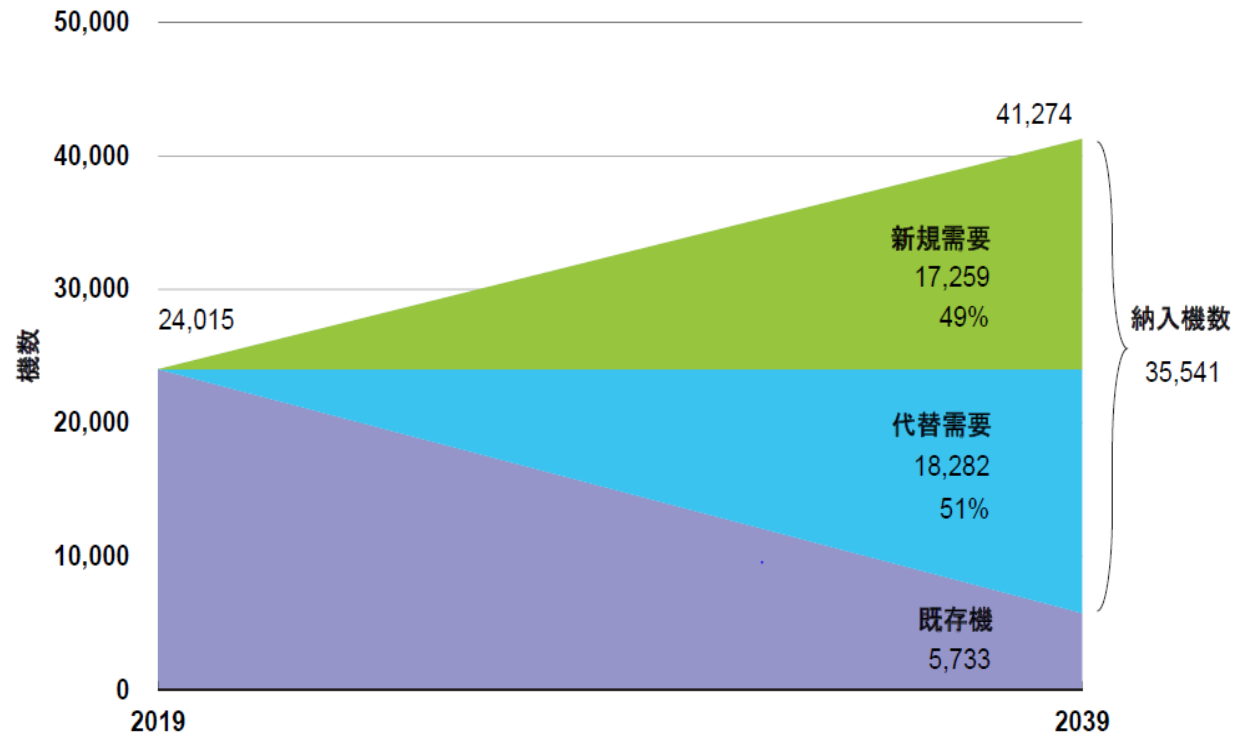


市場規模 — COVID-19以前の予測

2019 - 2039
旅客数 4.7%増

旅客機需要
35000機

アジアの需要
全体の40%



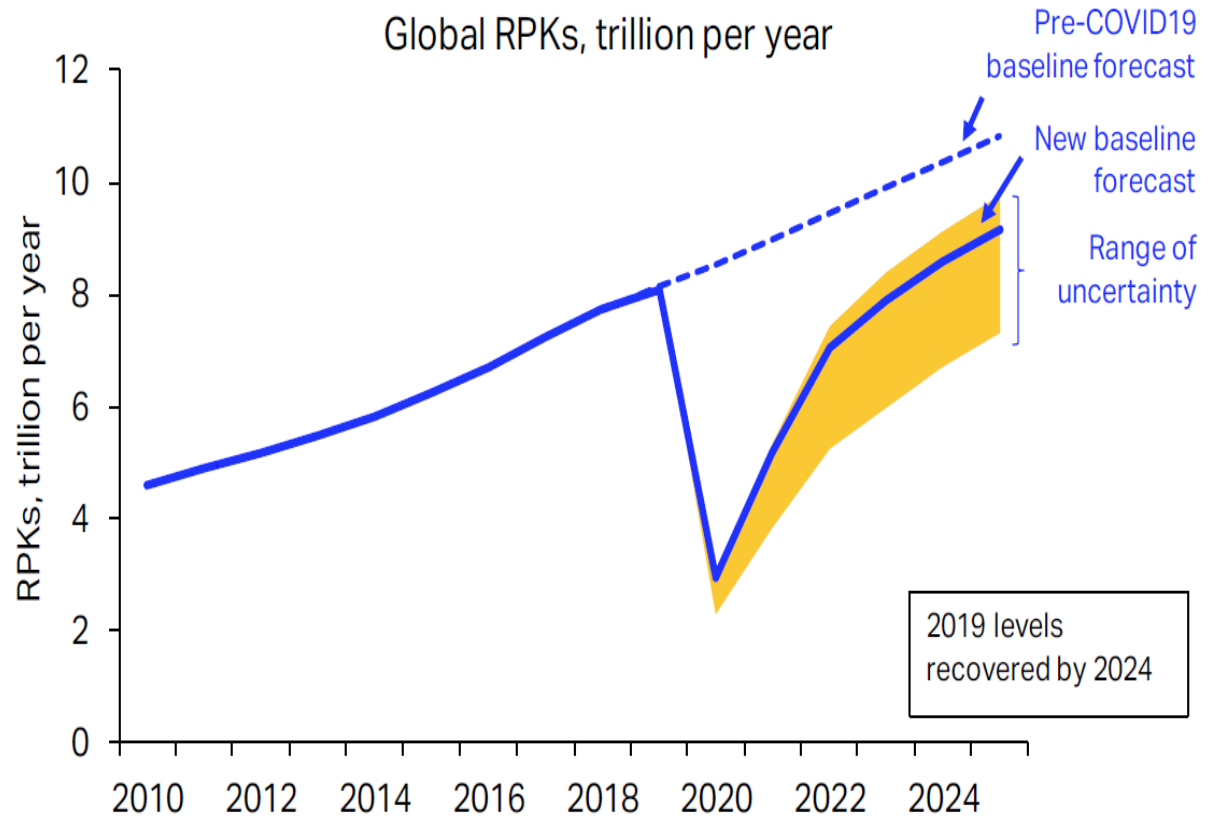
出典：日本航空機開発協会 民間航空機に関する市場予測 2020-2039

市場規模 — COVID-19の影響

2020年のRPKは
昨年比4割減

旅客機需要の
回復に5年

新造機需要の
落ち込み



Source: IATA/Tourism Economics Air Passenger Forecasts

キャビン・インテリアを取巻く環境 ・ サービス

航空会社のブランド戦略
によるサービスの差別化

CX(顧客体験)価値
の重要性の増大

シームレスな利用体験の提供
航空券購入から目的地到着まで



キャビン・インテリアを取巻く環境 ・ 需要

旅客需要の拡大に伴う
航空機生産量の増大

LCCの普及
MROの需要増加

キャビン・インテリアの
SFEカタログ化



キャビン・インテリアを取巻く環境 ・ 機材

キャビン・インテリアのスリム化
1席でも多く

キャビン環境の改善
LED照明、気圧、湿度、騒音など

PED(個人用電子機器)普及
IFEの在り方の変化



キャビン・インテリアを取巻く環境

・ SDGs・EGS

SDGsやEGSなど環境意識の高まり
社会的な責任としての
サステイナブルな事業活動の取り組み

SDGsやEGSの理念に沿った
機材の選定や調達
高燃費効率の機体やバイオ燃料用など

キャビン・インテリア製品に対する
環境への配慮の要求

**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS**

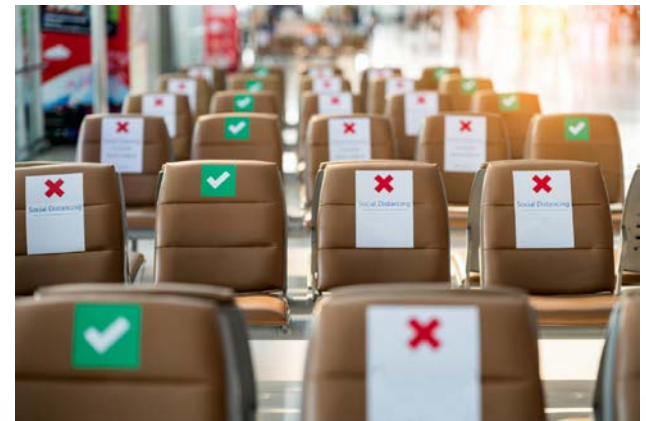


キャビン・インテリアを取巻く環境 ・ 感染症対策

キャビンの在り方の模索が続く
座席配置、食事サービス、感染対策

除菌、滅菌、洗浄
衛生的なキャビン空間の維持

乗客の安心感のための配慮
ハードウェア、ソフトウェア



目次

1. キャビン・インテリア概要
2. 設計開発
 - 質疑応答①
 - 休憩
3. システム・インテグレーション
4. 試験・解析評価と認証取得
 - 質疑応答②

キャビン・インテリアに求められるもの

➤ 航空機装備品として
安全性のための要求

航空機の安全な運航を確かなものにする
ための物理的要求事項

乗客の安全と生存のための要求事項

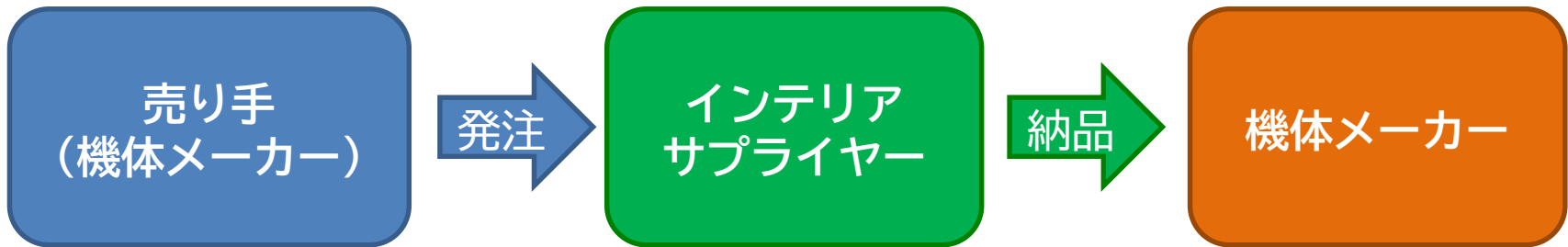
➤ 客室内装品として
快適性のための要求

乗客の快適性や利便性、満足度を
高めるためのデザインや機能、配慮

航空会社のブランドとサービスを実現する
ためのハードウェアとしての要求事項

調達形態

SFE (Seller Furnished Equipment)



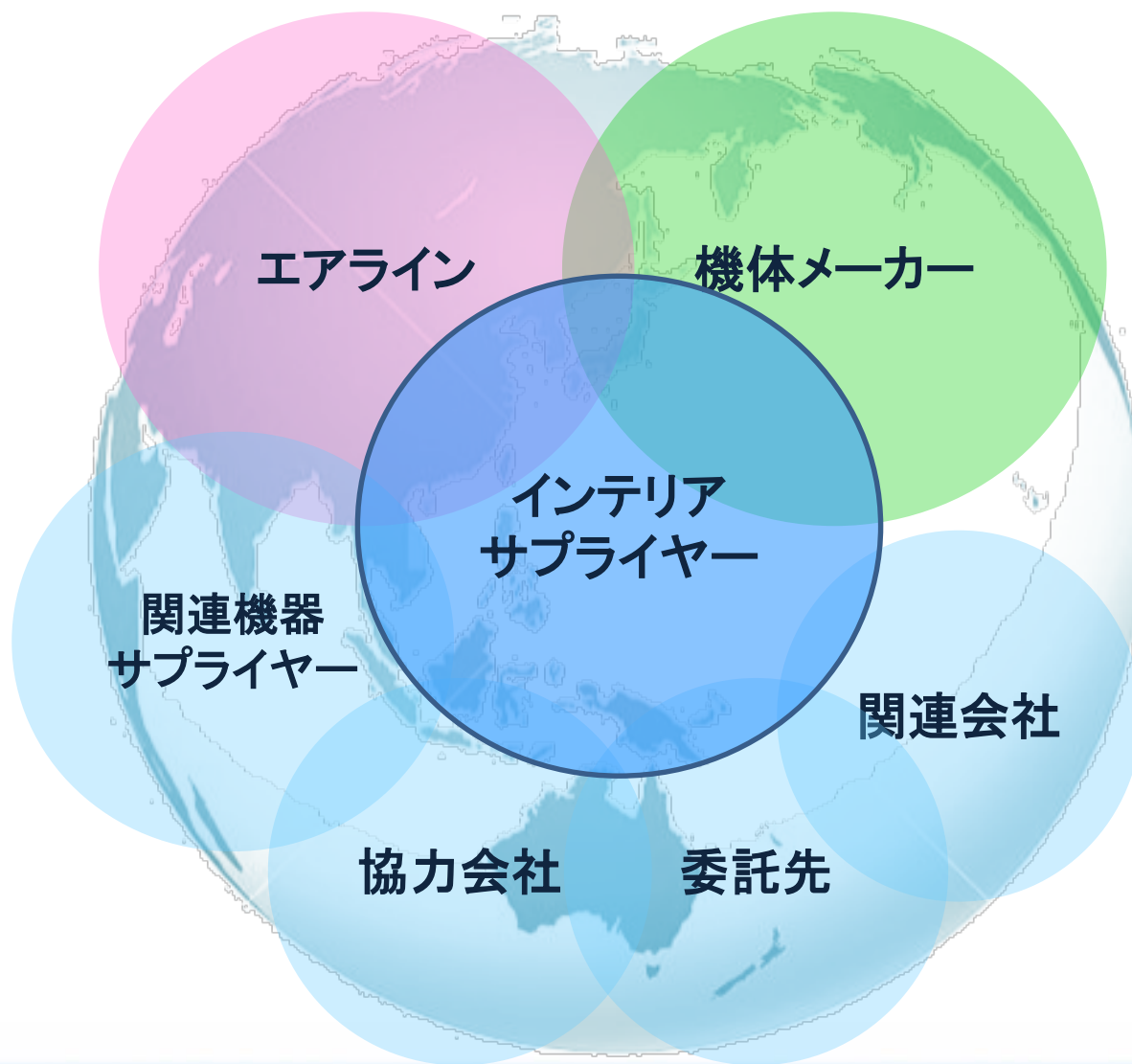
BFE (Buyer Furnished Equipment)



設計開発フロー

	担当	Y1Q1	Y1Q2	Y1Q3	Y1Q4	Y2Q1	Y2Q2	Y2Q3	Y2Q4
開発会議	航空会社 機体メーカー サプライヤー	ITCM	PDR		CDR				FAI
仕様策定	サプライヤー デザイナー 航空会社								
設計	サプライヤー								
調達	サプライヤー 航空会社								
生産	サプライヤー								
試験	サプライヤー								
検査・納品	航空会社 機体メーカー サプライヤー								

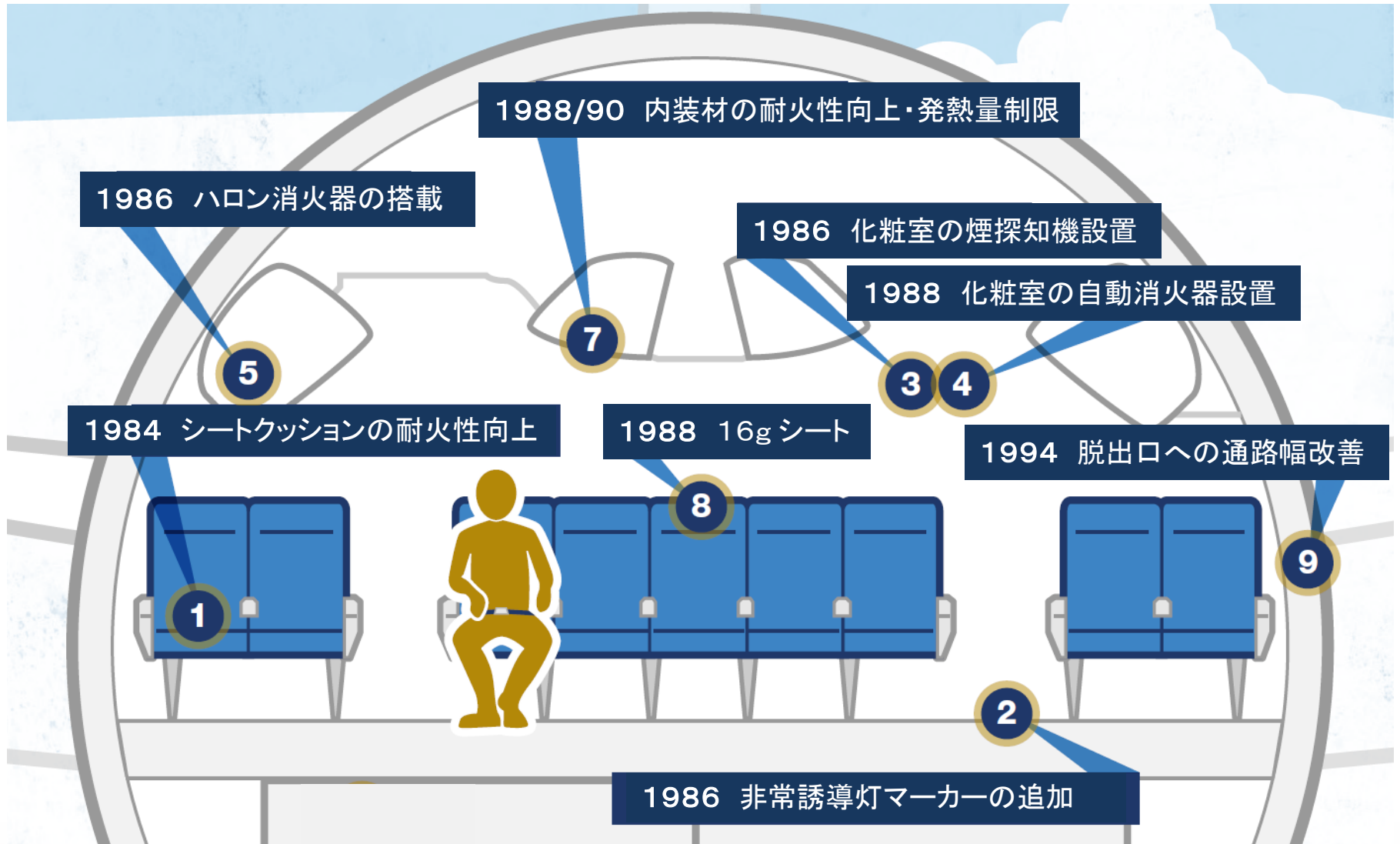
グローバル・コラボレーション



主な設計要求事項 (Certification & Qualification)

発行組織		内装品に適用される主な規格	Galley	Lavatory	Pax Seat
FAA	米国連邦航空局	14 CFR Part 25 AC-25	○	○	○
EASA	欧州航空安全機関	CS-25 AMC / GM to Part 25	○	○	○
Boeing	航空機メーカー	Specification Control Documents	○	○	○
Airbus	航空機メーカー	Frame Specifications	○	○	○
SAE	米国自動車技術者協会	ARP5526 AS8049			○
RTCA	航空無線技術委員会	DO-160 DO-178	○	○	○
FDA	米国食品医薬品局	Interstate Carriers and Support Facilities (4/95) USPHS-308	○	○	

キャビン・インテリアの安全性の改善



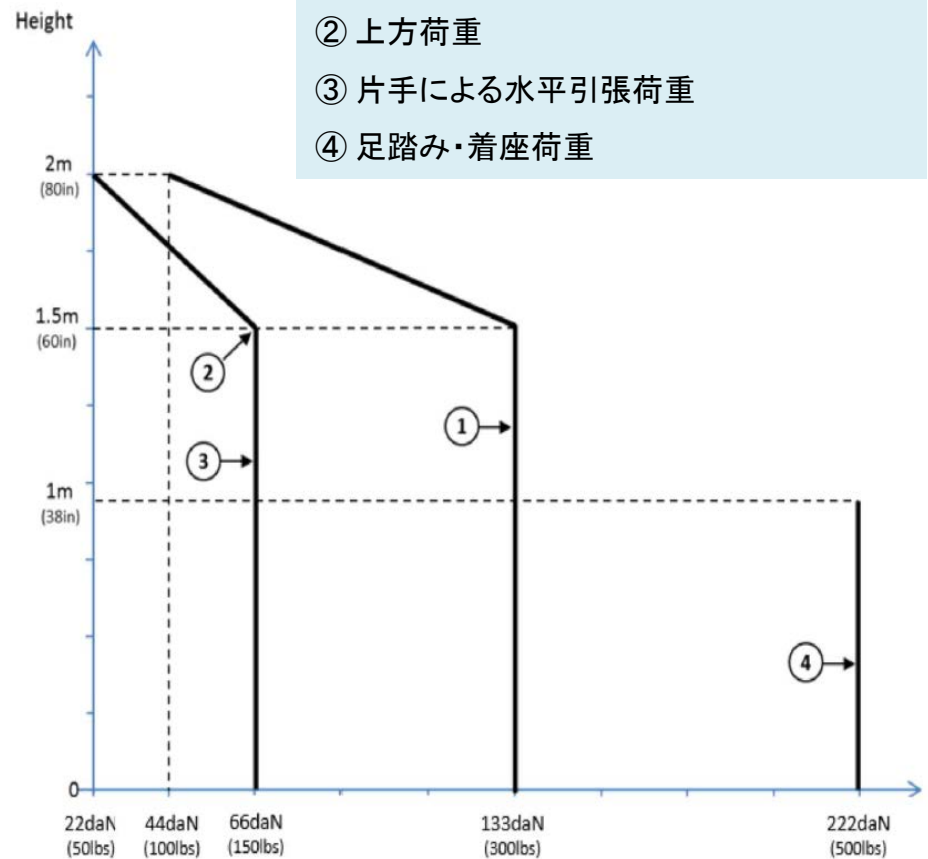
出典：Federal Aviation Administration

キャビン・インテリアの設計要求事項

強度に関する主な要求事項

乱用・アシスト荷重 (EASA CM-S-009)

- 人が対象物に対して加えると想定される使用時の、または乱用した場合の荷重
- キャビン・インテリア製品の高さ(人体を想定した)位置に応じた荷重が規定される。

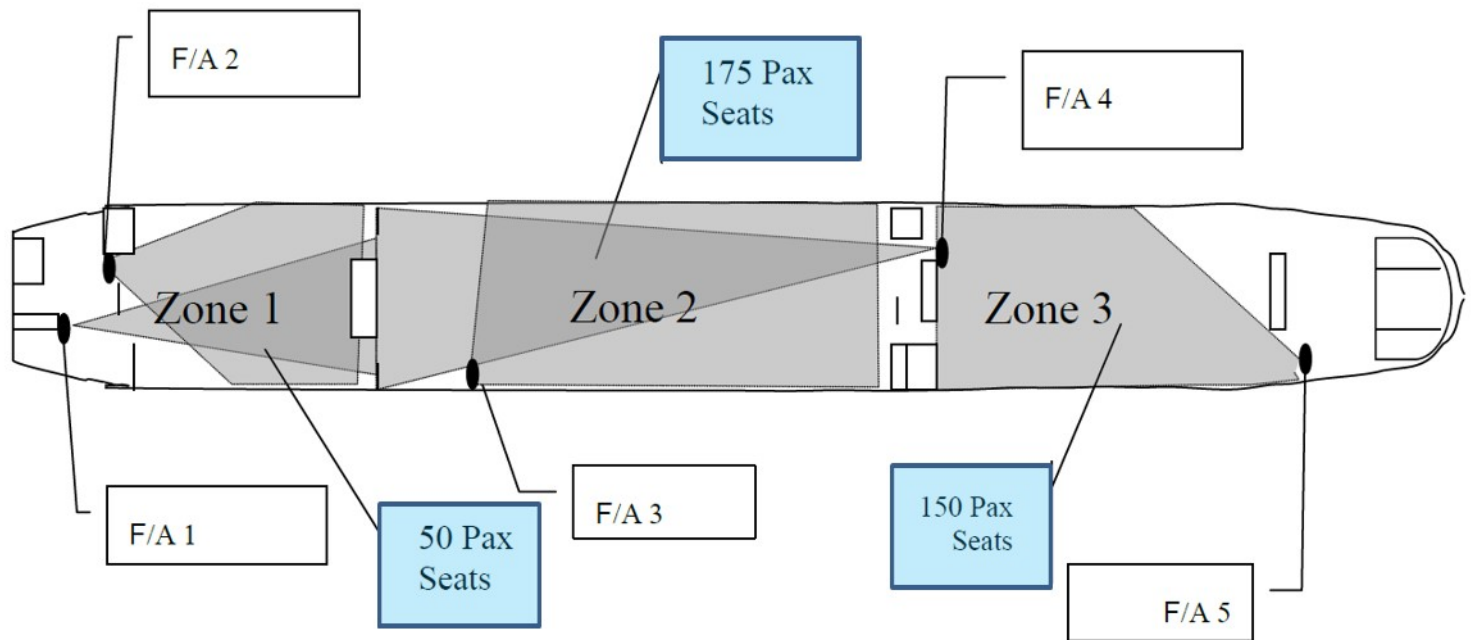


キャビン・インテリアの特別な設計要求事項

客室直接視野 14 CFR 25.785 (AC 25.785-1B)

客室乗務員の直接視野に収まる乗客数の要求

- 各客室区画の25%以上、全乗客の50%以上
- 内装品の配置と大きさ(床からの高さ)に考慮が必要



キャビン・インテリアの特別な設計要求事項

避難経路の確保 FAA 14CFR 25.813, 25.815

非常時避難経路の寸法要求

Type A	主通路幅	横断通路幅	非常口通路幅	補助員スペース
最小値 (インチ)	20/15	20	36	20×12 (2カ所)

- 要求値は非常口のタイプにより異なる。

通路幅の寸法要求

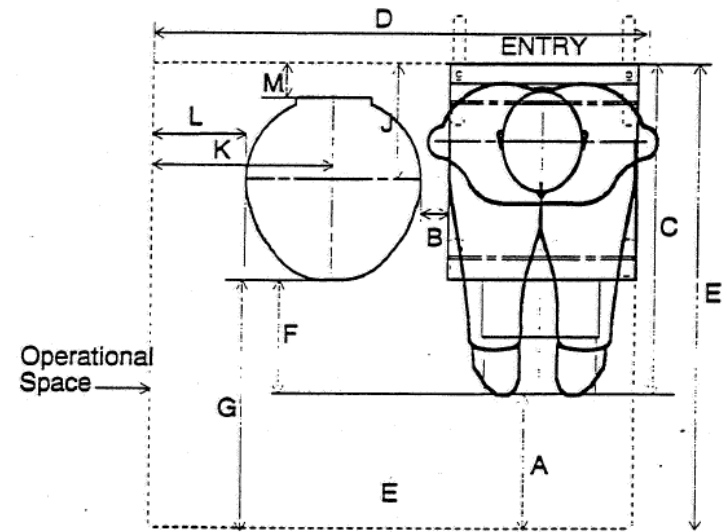
- 主通路(機軸に平行の通路):
 - フロアから高さ25インチ以上: 20インチ
 - フロアから高さ25インチまで: 15インチ
- FAA 横断通路: 20インチ



キャビン・インテリアの特別な設計要求事項

移動困難者 (PRM) への配慮 DOT 14CFR 382 Subpart E

- 可動式通路側アームレスト
乗客30人乗り以上の機体、通路側の座席の半数以上に装備する
- 車椅子が利用できるラバトリー
ワイドボディ機において、プライバシーを確保できる化粧室を少なくとも1つ
- 客室搭載用車椅子の用意
乗客60人乗り以上の機体で1つ
- 乗客の車椅子の収納場所確保
13x36x42インチのスペース 1カ所



キャビン・インテリアの特別な設計要求事項

ラバトリーの火災防止

FAA 14CFR 25.853, 121.308

1. 煙探知警報器の設置
2. 自動消火器の装備
3. 密閉式灰皿の設置

4. 火災封じ込め性能の要求
 - ゴミ箱内での火災の自然消火
 - ゴミ箱外への火炎が貫通又は露出しないこと
 - 消火活動を妨げる程の発煙がないこと

インダストリアル・デザイン会社の関与

今日キャビン・インテリアの大型プログラムでは、航空会社が独自に選定して契約したデザイン会社がインダストリアル・デザイン全体を監修して、製品の外観計上や色柄、素材などを指定することが広く行われている。

このことは、航空会社にとって、そのブランドイメージやCX価値の向上に直接結びつく成果が期待できる一方、サプライヤーにとっては、製品設計や認証試験の課題を増加させたり、スケジュールに影響を与えたりするリスクを孕んでおり、円滑な設計開発の進行には、木目細かなプログラム・マネージメントが重要となる。

目次

1. キャビン・インテリア概要
2. 設計開発
 - 質疑応答①
 - 休憩
3. システム・インテグレーション
4. 試験・解析評価と認証取得
 - 質疑応答②

給排水、および、汚水処理システム

ラバトリーとギャレイの給排水装備は、機体側の給排水システムに接続されており、各インターフェースの仕様から配置、配管の取り回しに至るまで、機体側給排水システムのサプライヤーとの詳細な調整が必要となる。

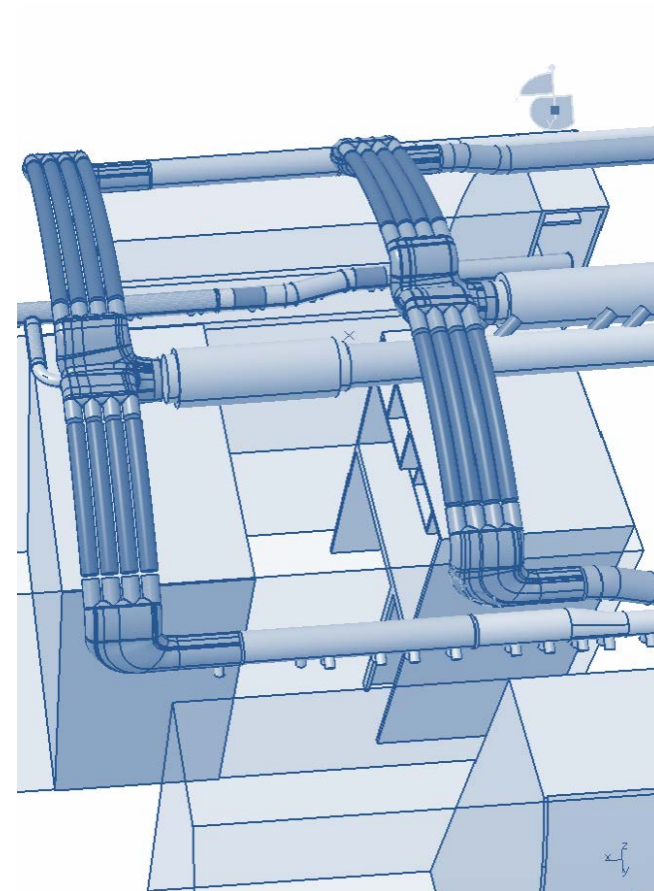
給排水管の取り回しでは、各機種種の巡航姿勢に応じた重力排水勾配の設定、衛生要求による給排水機器間の物理的隔離、汚水の真空排出管の経路設計、また、ベント・バルブ、排水マフラーも設置が必要な場合がある。

空調、排気、および、ギャレー冷却システム

ラバトリーとギャレーには、客室の空調システム(ECS)から、新鮮な空気が供給されると共に、臭気の排気ダクトも接続されている。

各内装品には空調では流速、排気システムの場合は圧力損失等の要求値があり、ダクトの形状や取り回しを調整して要求に適合する必要がある。

また、新しい機種では、ギャレーの食事の保冷のための冷風を、機体側に集中配置したエアチラーから供給するシステムもある。



機内エンターテイメント・システム (IFE)

インフライト・エンターテイメント・システム (IFE) は、主に乗客用シートに組み込まれ、個人用モニターなどにエンターテイメント・プログラムを配信する。

IFEシステムは、単にエンターテイメント・プログラムの配信だけでなく、シートの電源供給装置としての機能もあり、機体側から電源供給を受け、電動シートのアクチュエータ・システムなどの電気電子装備に配電する機能も併せ持っている。

また、IFEのシステム・インテグレーションにおいては、排熱に対する配慮など、機器の配置や周囲の設計との細かな調整も求められる。

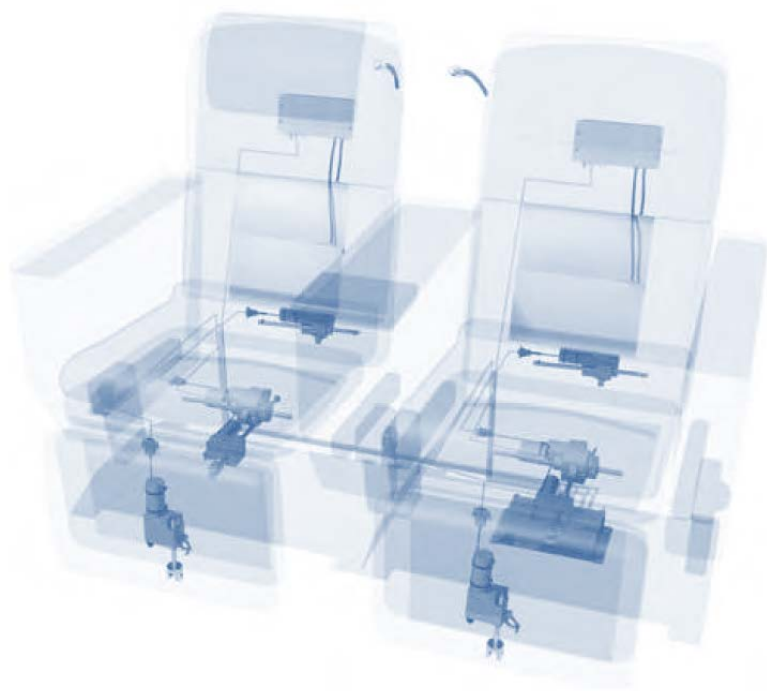


Seat Actuation System

今日ビジネスクラス以上のプレミアムクラスのシートは、短距離路線以外では、そのほとんどが電動式である。シートに求められる機能によって、リニア式、または、回転式のアクチュエータが組み合わせて使用される。

シート各部の動きの速度と角度、タイミングなどを、シートを取り囲むコンソールなどの物理的制限を加味しながら、快適で自然な動きとなるように、プログラミングを行う必要がある。

前述したIFEシステムとのインターフェースなども含めて、シートの快適性を決める重要なインテグレーションである。



目次

1. キャビン・インテリア概要
2. 設計開発
 - 質疑応答①
 - 休憩
3. システム・インテグレーション
4. 試験・解析評価と認証取得
 - 質疑応答②

キャビン・インテリアの試験・評価要求

安全性能に関する主な国や
地域の航空当局の要求事項

- 日本: 航空法 (耐空性審査要領)
- 米国: FAA 14 CFR Part.25
- 欧州: EASA CS-25



キャビン・インテリアの試験・評価要求事項

強度に関する主な要求事項

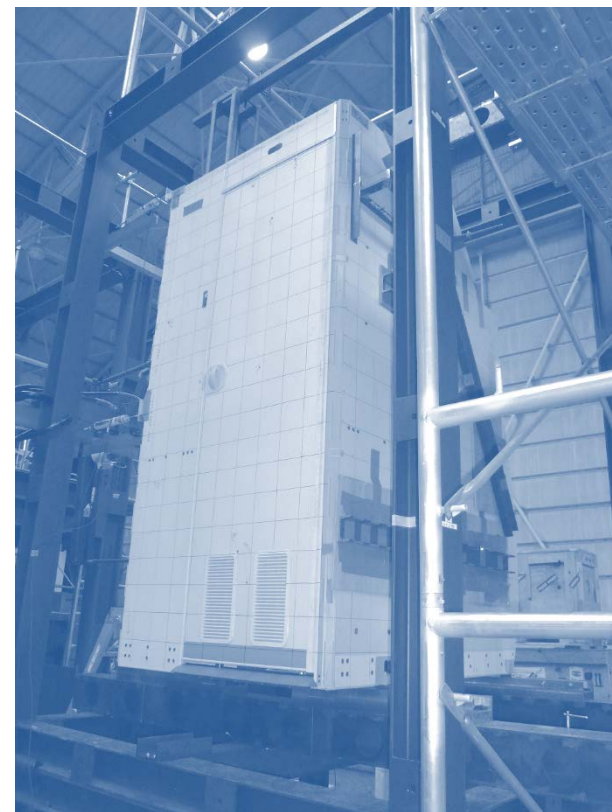
終局荷重(静荷重)試験 14CFR 25.561

荷重方向	前方	後方	上方	下方	側方
荷重倍数	9.0	1.5 ~ 1.7	3.0 ~ 3.7	6.0 ~ 6.8	3.0

運航荷重(静荷重)試験 14CFR 25.365

荷重方向	前方	後方	上方	下方	側方 +下方1.5
荷重倍数	1.5	1.5	1.8 ~ 3.7	4.4 ~ 6.8	1.3 ~ 2.3

注) いずれも荷重倍数は機種により異なる

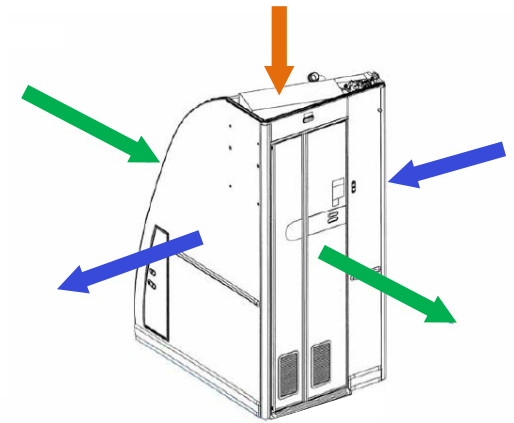
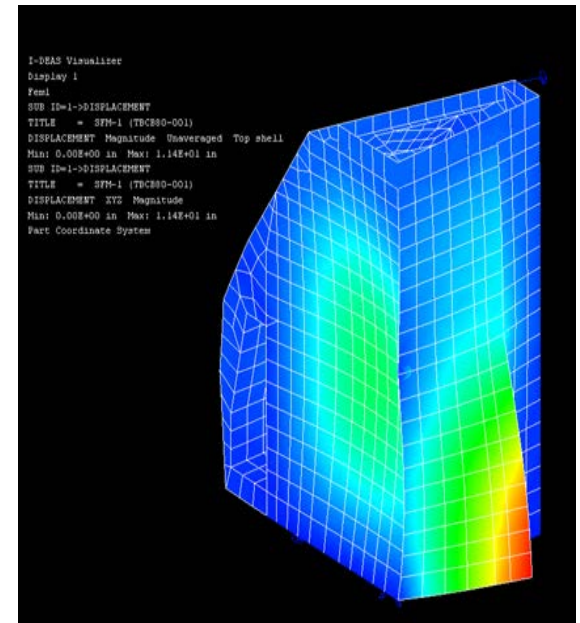


キャビン・インテリアの試験・評価要求事項

強度に関する主な要求事項

急減圧荷重試験 DO-160 Sec.4.6

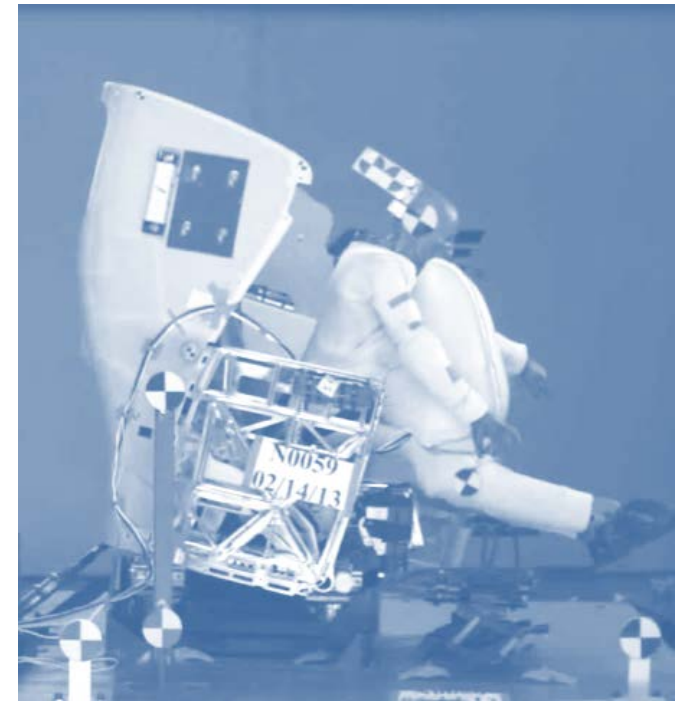
- 操縦室などの外壁破損による急減圧を想定
- 閉鎖空間を持つ内装品に限らず適用される
- 機種と破損個所、内装品の位置や壁面により荷重が異なる



キャビン・インテリアの試験・評価要求事項

シートの強度や安全性に関する主な要求事項

- 動荷重試験 FAR 14CFR 25.562, AS6316, AS8049
前方16g ・ 下方14g
人体に掛かる荷重に制限値がある。
- 頭部衝突基準 HIC=1000
- 頸部損傷基準 $N_{ij}=1.0$
- 頸部回転基準 105°
- 腰部脊柱引張荷重 $F_z=1200\text{ lbs}$
- 致命傷危険排除



キャビン・インテリアの試験・評価要求事項

燃焼性に関する主な要求事項

1. 自己消火性能(ブンゼンバーナー試験) 14CFR 25.853 (a)

- 垂直着火60秒： 自己消化15秒以内、燃焼長6インチ以下
- 垂直着火12秒： 自己消化15秒以内、燃焼長8インチ以下

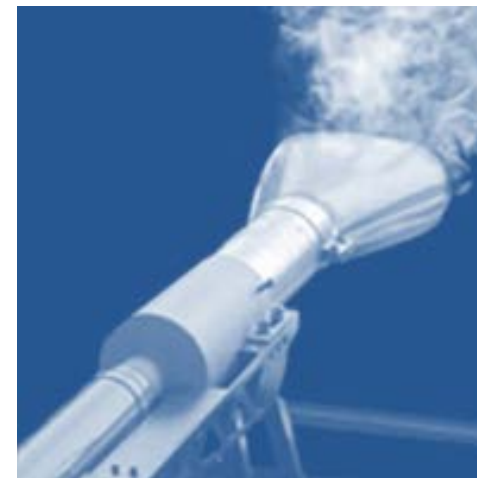
2. 発熱量率(ヒートリリース) 14CFR 25.853 (d)

- ピーク時発熱量：65 KW/m²
- 総発熱量：65 KW・min/m²
- シートについては、FAAの発熱量率の特別条件(HRSC)を適用



キャビン・インテリアの試験・評価要求事項

燃焼性に関する主な要求事項



3. 発煙量 14CFR 25.853 (d)

- 最大光学濃度 200

4. 有毒ガス発生量

種類	HCN	HF	HCl	SO ₂	NO _x
濃度 ppm	150	200	500	100	100

5. オイル・バーナー試験(シート・クッション) 14CFR 25.853 (c)

- 燃焼による重量損失 10%以下
- 最大燃焼長 17インチ以下

認証の取得 ① TC/Line-Fit

FAA・EASA: Type Certificate (TC)

JCAB:

- 航空機: 型式証明
- 重要装備品以外の装備品の設計承認: 仕様承認

新造機 (Line-Fit) として機体のTCの下で内装品が機体に搭載される場合は、機体メーカーの組織認証に基づいて必要書類を添えて製品を納品する。

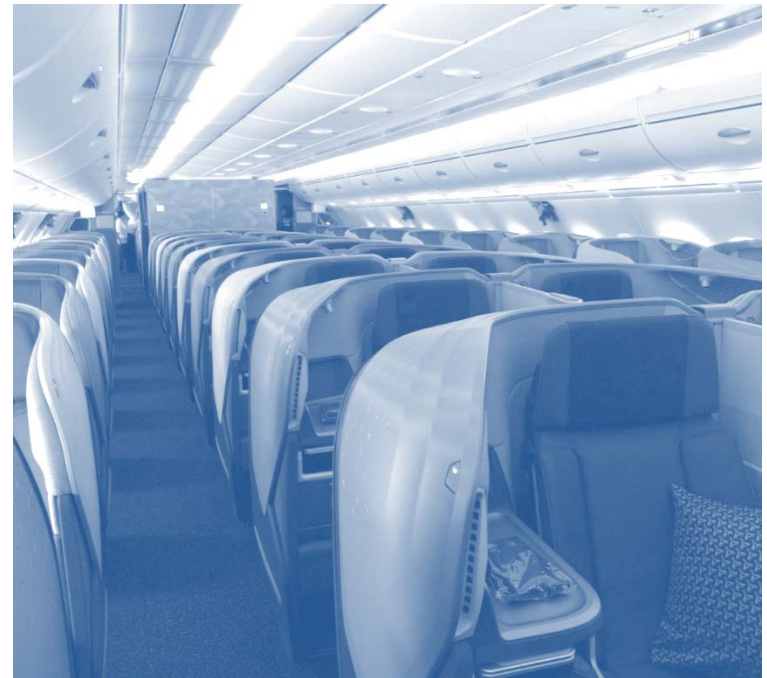


JCAB

認証の取得 ② STC/Retro-Fit

FAA ・ EASA ・ JCAB

追加型式設計承認 STC (Supplemental Type Certificate)



認証の取得 ③ TSO

TSOの要求事項に基づいて材料、部品、または機器を製造することを認可された製品をTSO認可品と呼び、設計と製造の両方の承認が得られるが、機体へ搭載するための認可ではない。



FAA TSO

TSO-C22 Safety Belts

TSO-C39 Aircraft Seats and Berths

TSO-C127 Rotorcraft, Transport Airplane, and Normal and Utility Airplane Seating Systems

TSO-C174 Galley Cart, Containers and Associated Components

TSO-C184 Airplane Galley Insert Equipment, Electrical/Pressurized

EASA ETSO

基本的にFAA TSOに準じ、TSO番号も同じ。

認証の取得 ④ 改修キット・スペアパーツなど

Authorized Release Certificate

- FAA: Form 8130-3 Airworthiness Approval Tag
- EASA: Form 1
- JCAB: 装備品基準適合証

(現在は重要装備品が対象。2022年6月から全ての装備品に適用)

1. Approving National Aviation Authority/Country: UNITED STATES		2. AUTHORIZED RELEASE CERTIFICATE FAA Form 8130-3, AIRWORTHINESS APPROVAL TAG				
4. Organization Name and Address:						
6. Item:	7. Description:	8. Part Number:	9. Eligibility:*	10. Quantity:	11. Serial/Batch N	
13. Remarks:						

1. Approving Competent Authority/Country	2. AUTHORISED RELEASE CERTIFICATE EASA FORM 1
4. Organisation Name and Address:	



ご清聴ありがとうございました。

名大Business Professional講座

航空機製造

講義資料

2020.12.05

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

名古屋ヒューマンバリューセンター
センター長 石川 彰彦

「航空機製造」

0. 自己紹介
1. 航空機製造ってどんなもの？
 - ・ 航空機製造の美学とは
 - ・ 製造の起点は分割。どうやって分割する？
 - ・ MAKE／BUY仕分けって何？
 - ・ どこで生産するの？
 - ・ マスタースケジュール
 - ・ BOMって何？
 - ・ インターフェースコントロールに注力せよ
 - ・ Q（品質）C（コスト）D（納期）を守る
2. 閑話休題
 - ・ 戦時中航空機生産
3. 航空機の恐ろしさ
 - ・ 中華航空機墜落
 - ・ MH-2000墜落
 - ・ F-2戦闘機墜落
4. 主要構造と各種加工技術
5. 部品製造技術の紹介
 - ・ ショットピーン成形技術/歪抑制技術、
 - ・ 超高速加工と振動解析技術
6. 複合材製造技術の紹介
7. 自動組立技術の紹介
8. デジタル技術の紹介
9. まとめ

石川彰彦

- 福岡県久留米市出身
- 64歳（1956年生まれ）
- 三菱重工（株）39年勤務
- 製造部門（製造部、品質保証部の担当長い）
- 艀装、機能試験、飛行試験が専門
- 執行役員フェロー就任（2015）
- 三菱航空機副社長としてモーゼスレイク
フライトテストセンター長（2016）
- 現在、名古屋ヒューマンバリューセンターで
人材育成関連業務担当

1. 航空機製造ってどんなもの

航空機の製造とは100万点部品の**奇跡の合体ショー**



材料調達

部品製造

部品調達

構造組立

艤装

機能試験、
飛行試験

カスタマーサービス

高い安全性が求められシステムがどんどん複雑に。
何十万人が関与、気が遠くなる根気のいる作業。
たやすく作れない製品
→だからこそ面白い

飛行機は世界中の人々の生活を豊かにする乗り物

飛行機のものづくりの楽しさ、遣り甲斐、
達成感を知って欲しい

飛行機製造とは、100万点部品の奇跡の合体ショー である。
たやすく作れないものを最高品質であつという間にやってみせることこそ、
プロの美学。

極意は

BEST QUALITY を「流れ」で作る。

・ 製造の起点は分割。どうやって分割するの

航空機の仕様が決まるのと並行して、作り方検討が始まる。

まずは**作れるサイズ、運べるサイズに分割**。

- ・ 部品加工の限界 加工機の最大ストローク、表面処理槽の最大容積、等
 - ・ 搬送方法とその限界 最大コンテナサイズ、道路の幅員、高さ制限、
 - ・ 特殊加工、試験の限界 事業所のサイズ条件
 - ・ 各分割単位で仕事量が一定になるように。（**ポジションバランス**）
- 等の知見を必要とする

機能上分割できる場所と出来ない場所がある。
区画の設計要求が変化するところで分割するのが基本。

生産ピッチ（すなわち量産レート（機／月））を決める重要要素。途中で変更し
難い。意外と面白い作業である。

・ MAKE／BUY仕分けって何？

部品構成が決まったらどこの部品を作り、どこの単位で購入するか、を一つひとつ決めてゆく作業

事業戦略に関わる重要プロセス。

自分の会社の強みを生かし、**優位に立てるシナリオ**を作る。機体の性能、価格、品質を確保するために

- ①自主コントロールできる内作部分を増やす方法→生産技術を磨く
- ②サプライヤに任せ購入部分を増やす方法→管理技術を磨く

従来のM社の強みは炭素繊維複合材、アルミ合金加工、電装品、
将来は→内装品、エンジン、APU、油圧機器、AVIONICS機器、パイロン、脚、
搭乗客の好みに合わせたシート、エンターテイメントソフト、
最適飛行経路データ製造、
データ/運用データを活かしたMRO (Maintenance, Repair and Overhaul)

近年はサプライヤ統合拡大→主導権が逆転

「この単位で発注してくれなければ受注しない」とサプライヤが機体メーカーに注文 **サプライヤ管理力が重要**

政治的な配慮、営業的な配慮も必要になってきている。

オフセットと呼ばれるものは、発注の交換条件として一部の構成品をその国の関連メーカーに生産移管するもの。販売促進用の材料として使われる。

・ BOMって何？

BOM(Bill of Material)は1機分の航空機の構成部品を示すリストである。
約100万点の部品で構成される飛行機の構成表。設計、生産技術プランニング作業の結果がここに集大成され、**材料、部品の手配の原器**となる。

BOMが整備されていない機種は未成熟。

設計変更のたびに構成品が変化するため、膨大な維持管理が必要だがこれを堅持できる仕組みが重要。どの号機はどんな部品が付いているのか形態管理を行う原器ともなる。（ダッソー社のDELMIAは3Dシステム形態管理ツールの最新型）

設計用の系列 E-BOM、 製造用の系列 M-BOM の二つがある。

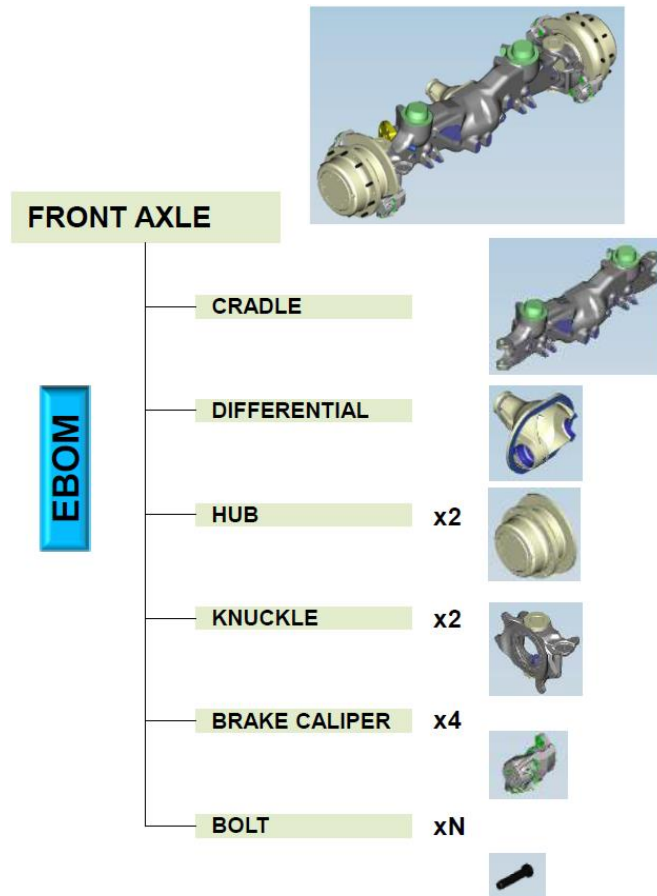
E=M が基本だが、製造が独自に部品番号を付けて管理する場合（Manufacturing Numberという）はE≠M となることがある。

正しい飛行機を作るには正しいBOMを構築すること

・ BOMって何？

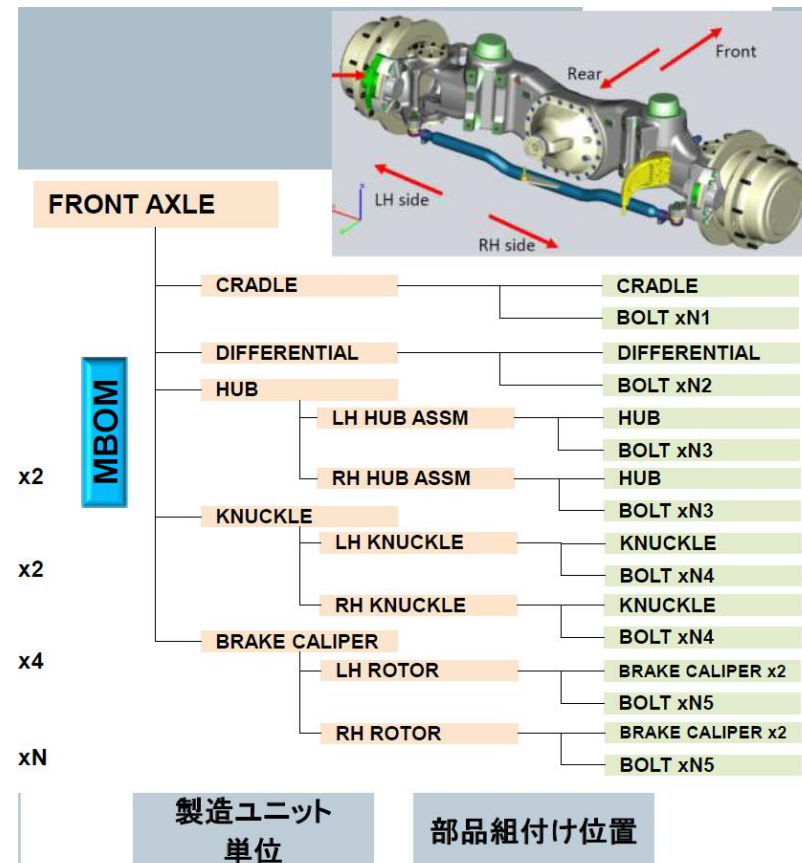
設計系列 (E-BOM)

設計図面で規定された部品表。
 部品の技術情報や仕様、代替可能部品などの情報から構成されている。



製造系列 (M-BOM)

製造時に参照される部品表。
 製品ごとの構成部品情報からなり、部品の在庫確認や部品手配、資材調達などで利用される。



Siemens PLM Software

・ BOMって何？

MAPL (Manufacturing Assembly Part List) サンプル

組立作業に必要な構成部品を組立体単位で、個々の部品の内作・購入区分等を明示した部品表である。これはショップにおける部品の組立及び管理に使用される。

製造組立部品表 (MANUFACTURING ASSEMBLY PART LIST)																								
機種		777																						
DATE		2018.04.12																						
PAGE		1 / 2																						
MDL	製造組立番号	REV	CL	JOB NO	部品名称	SEG	BOOK NO	IDNO	号機	担当														
FP1	131W1102-1201-9101			221L0100	MAJOR A	:221	1/4NL	298501	02567	NYDO														
M S	PL,SMP,SCML NO.	REV	CL	製造組立番号	REV	CL	SEG NO	STP	CMP	EC	PART TYPE	仮付	D	C	客先	号機		個数	単位	U S A G E	訂符	REC	Remarks (SHT./ZONE)	
				部品番号	REV	CL	名称	PLAN情報								スタート	エンド	組立						
				**** APPLICATION ****																				
				**** PARTS LIST ****																				
				131W1001-9111N			221	010	004	31	FLA					2567	9996	1	EA	N				
				131W1110-1103-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1110-1203-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1103	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1203	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1303	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1405-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1503-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1607-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1707	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1803	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1131-1903	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1141-1103	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1141-1203	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1141-1303	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1141-1403	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1141-1503	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1142-1103	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1142-1303	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1142-1503	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1143-1103	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1143-1303	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1143-1403	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1143-1503	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1144-1103-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1144-1505	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1145-1103-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1145-1203-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1145-1303	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1146-1103	A						11					2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1146-1403-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	
				131W1146-1503-911							31	LF				2567	9996	1	EA	N			1	

KIT CODE	JOB NO	製造組立番号	REV	CL
	221L0100	131W1102-1201-9101		

・ インターフェース管理に注力せよ

多種部品の合体をスムーズに行うためには、図面に従い部品を作り納入することだけでは不十分である。

ハードのインターフェースとは

部品同士が接する面、位置をぴったり合わせる。生じる誤差をコントロールして調整、摺合せが不要になる関係を作りあげる。

ソフトのインターフェースとは

動作を制御する信号のやり取りがロジック通り狂いなく（スツタク、フリーズ無く）作動するように作り上げる。ソフトバージョンアップで干渉しないロバストなソフト。

環境とのインターフェースとは

製造途中や運用途中で環境汚染、破壊をもたらす（加害者）ケース。（音、におい、熱、放射能、電波など）このようなことが起こらないプロセスを選び実行する。

他の施設、機体、気象などから干渉受ける（被害者）ケース。（電磁干渉、ばい煙、雷、鳥、着氷）このようなことが起こる前提で耐えうる方策を取る。

次の工程、その次の工程でどのような作業が行われるのかを知り、そこがスムーズに行くように自工程を改善、改良する努力が求められる。近年、自分Firstの傾向が強くなっており、後で相互干渉する問題が増えている。**インターフェース管理を重んじる技術者＝あれこれお節介する人が本物。**

・ Q（品質） C（コスト） D（納期）を守る

製造での3原則QCDはどの分野にも必ず存在する。

3つ共に大事であり、**全て守らなければならない。それがプロ。**

Q：品質基準は図面やスペックに記載され必ず守る（**基本動作**）もの。

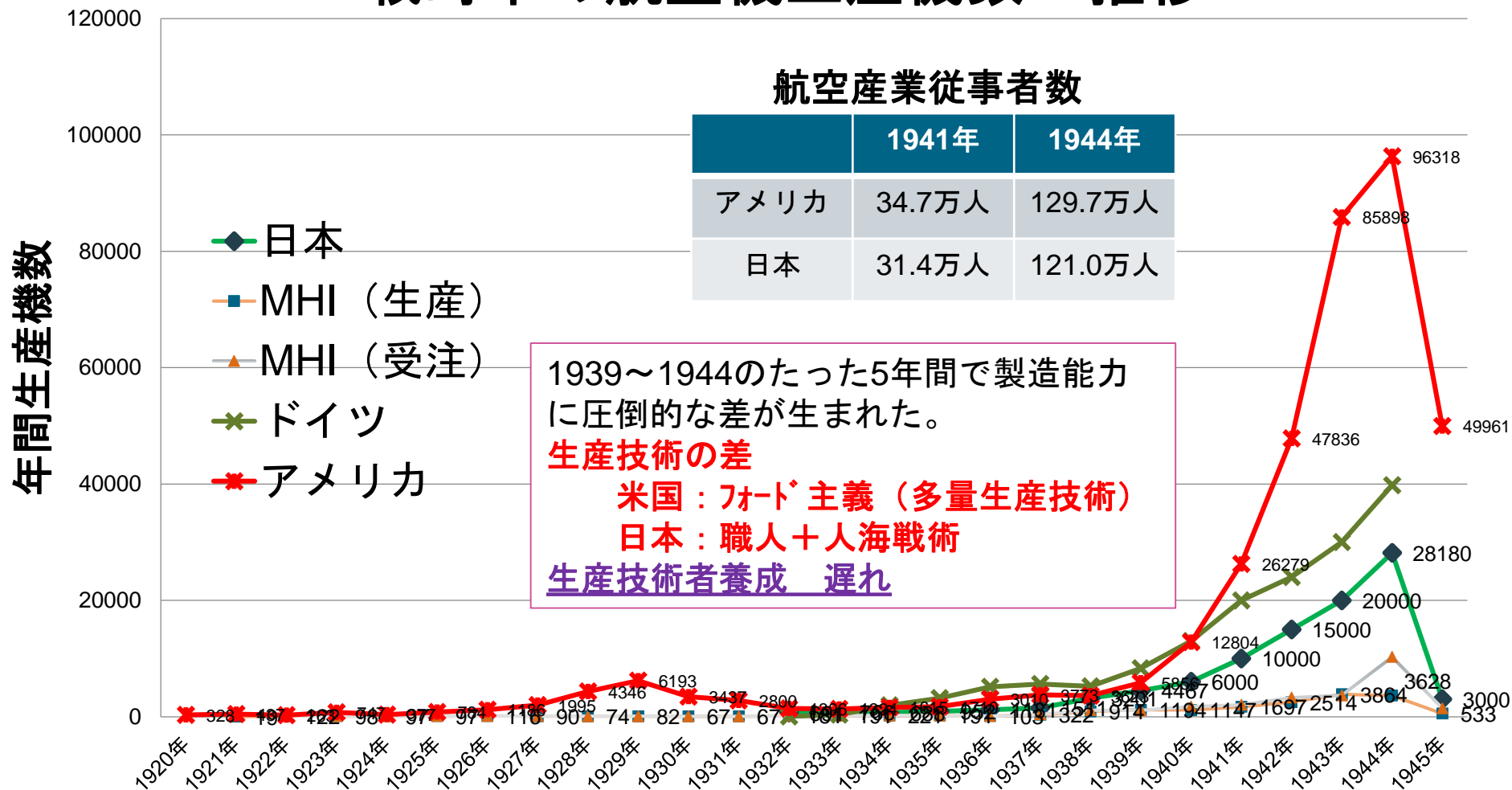
多すぎるとがんじがらめだが、応用動作で基準を変えてしまう行為は決して許されない。

C：コストは**設計力と製造力**の両方で作り上げるもの。

管理者の強要では一時的にしか良くならぬ。知らぬ間にQを犠牲にする場合がある。

D：マスタースケジュールに沿うように言い訳なしで立ち回るのがプロ。100万点も部品あるとどこかで誰かがトラブルに遭遇している。**問題解決力**が無いと守れない。

戦時中の航空機生産機数 推移



3. 航空機の恐ろしさ

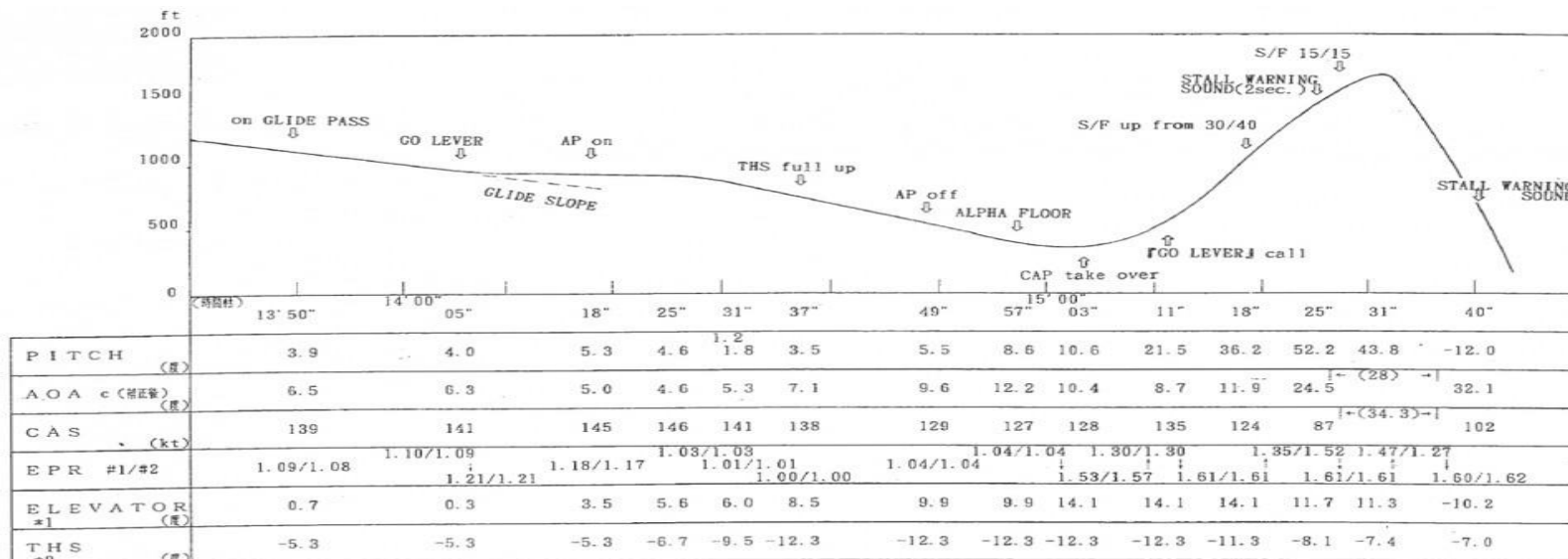
身近な航空事故を通じて航空機の危うさ、恐ろしさを体験した。

①1994.4 中華航空機名古屋空港に墜落

1994年4月26日、中正国際空港（現：台湾桃園国際空港）発名古屋空港行きの中華航空140便（エアバスA300B4-622R）が名古屋空港への着陸進入中に墜落し、乗員乗客271人中264人が死亡した。

原因は**パイロットエラーによる失速**。

進入は副操縦士の手動操縦で行われていたが、副操縦士が誤ってゴーレバーを作動させ、自動操縦の着陸復航モードが起動した。そのため機体は降下せず水平飛行を開始した。機長は着陸復航モードを切るように指示したが、モードは解除されなかった。副操縦士は降下するために操縦桿を押しした。水平安定板は機首上げ位置の最大に近いマイナス12.3度まで動いた。機長が操縦を交代しスロットルを引き戻すと共に操縦桿を強く押しした。機長はゴーレバーと呼唱した。スロットルが全開となり機体は急上昇した。その後機体は失速し墜落した。



*1: Movable range -30 to 15°, accuracy ±0.9°, <0 = Nose Up
 *2: Movable range (Electrical) -13 to 2.5°, accuracy ±0.9°, <0 = Nose Up

②2000.11.27 MH-2000ヘリコプター鈴鹿市の水田に墜落

2000年11月27日MH2000試作初号機が名古屋空港を出発後、三重県鈴鹿市の水田に墜落。三菱重工テストパイロット機長1名死亡、副操縦士、同乗者5名重傷。

原因は テールロータ取付部（複合材製ストラップ）の疲労による破断。（限界使用時間7000時間に対し、341時間で破断）設計者が予想していた以上に疲労が進展。**疲労試験条件（振じり角、温度）が実態と合っていないかった。**



3. 航空機の恐ろしさ

③20007.10.31

F-2支援戦闘機名古屋空港で墜落

2007年10月31日 F-2B (#8126) が離陸後直ぐに名古屋空港に墜落。三菱重工テストパイロット2名が重傷。

原因は作業者の配線ミス。ピッチレートジャイロとロールレートジャイロへの配線を逆に取付たため。離陸時に操縦桿を引いてピッチ上げたがコンピュータはピッチ応答が無いので更に引き上げた。これに対し操縦桿を下げたところ、今度は更に過剰にピッチを下げて墜落。

複雑なシステムを支えるコンピュータや試験。

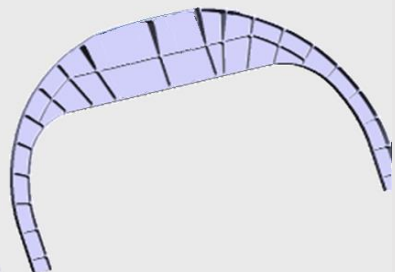
しかし人間は想定しないことをやろうとして飛行機を落とす。

技術者はどこまで想定して設計すれば良いのか。

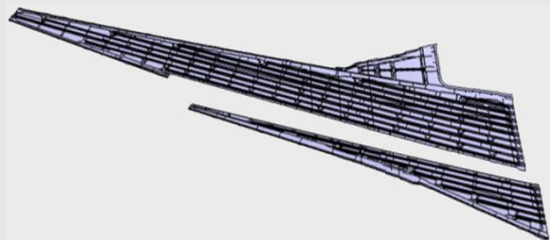


4. 主要構造と各種加工技術

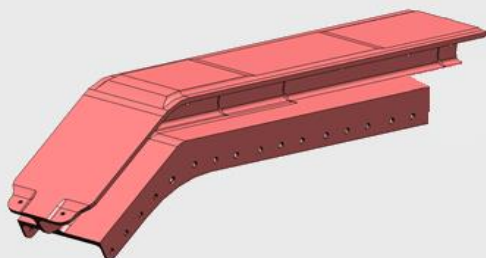
胴体構造部材 (高強度アルミ合金)



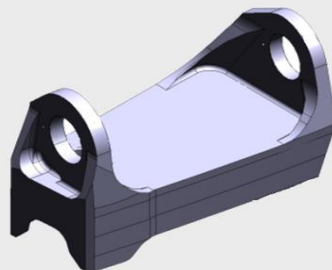
主翼構造部材 (高強度アルミ合金)



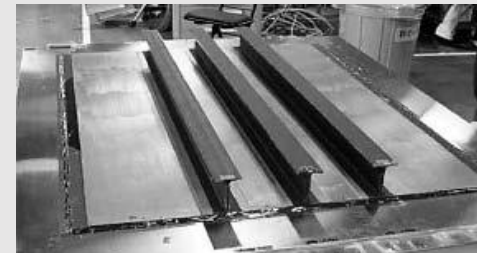
動翼レール (高強度鋼材)



脚廻り金具 (大型Ti合金)



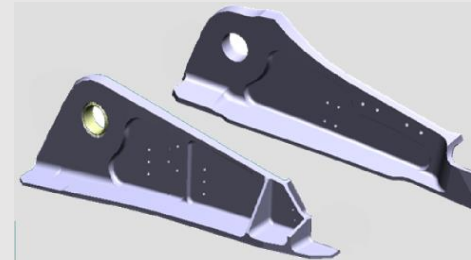
尾翼構造部材 (複合材料)



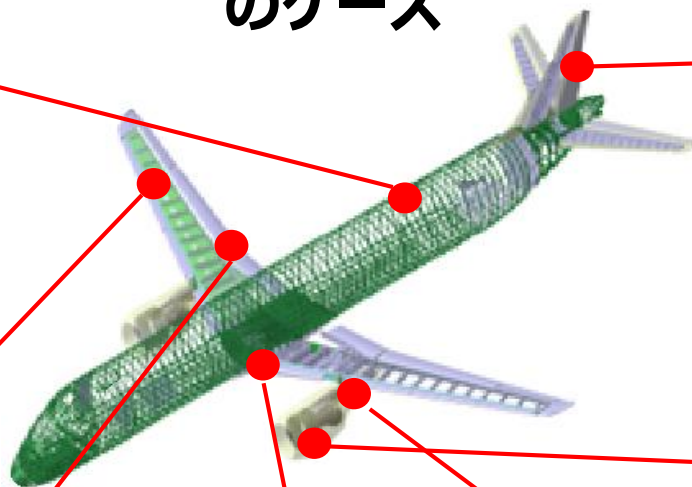
エンジン (Ni基耐熱合金)



エンジン取付金具 (Ti合金)



航空機部品 のケース



4. 主要構造と各種加工技術

奇跡の合体ショーを演ずるために
どんな苦勞をしているのだろうか。

部品加工

構造組立

板金加工

プレス成形

ブレーキプレス成形

液圧成形

ピーン成形

ロール成形

⋮

機械加工

同時5軸加工

超高速加工

振動解析

ピーン成形

3次元空間補正

⋮

プロセス加工

熱処理

ショットピーニング

化学処理

ケミカルミリング

めっき

ロボット塗装

画像認識による
部品識別システム

リアルタイムモニタリング

⋮

複合材加工

熱硬化CFRP

Co-Bond / Co-Cure

高速積層

RTM / VaRTM

熱可塑CFRTP

Water Jet加工

融着技術

⋮

レーザーシステムによる高
精度位置決め

ロボットによる
大物ハンドリング

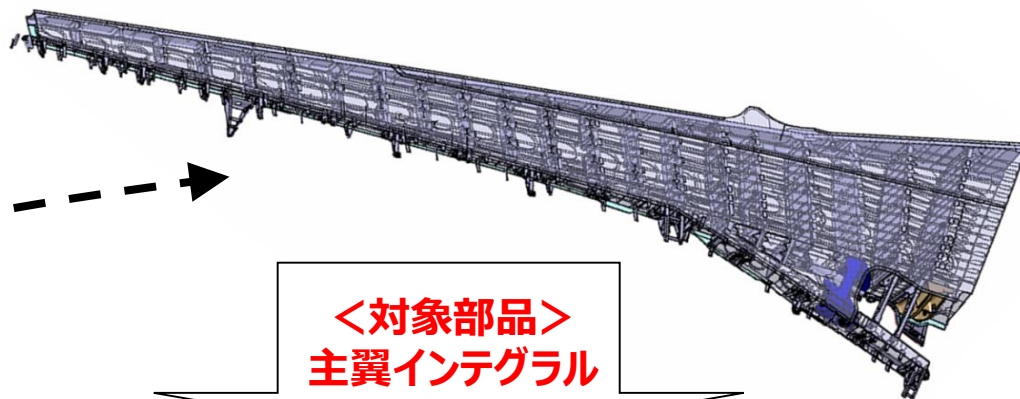
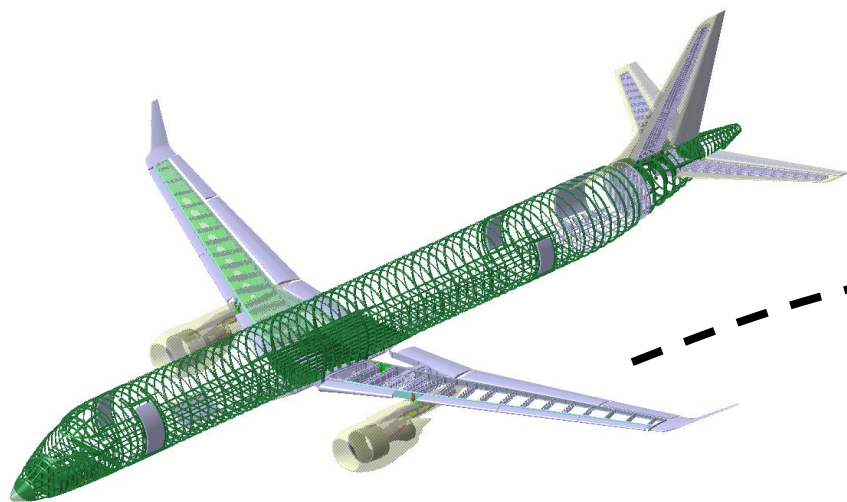
自動打鋌システム

画像認識システムによる
外観検査

レーザー位置決め

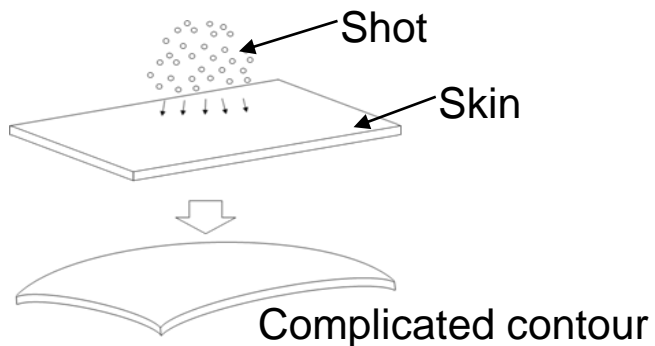
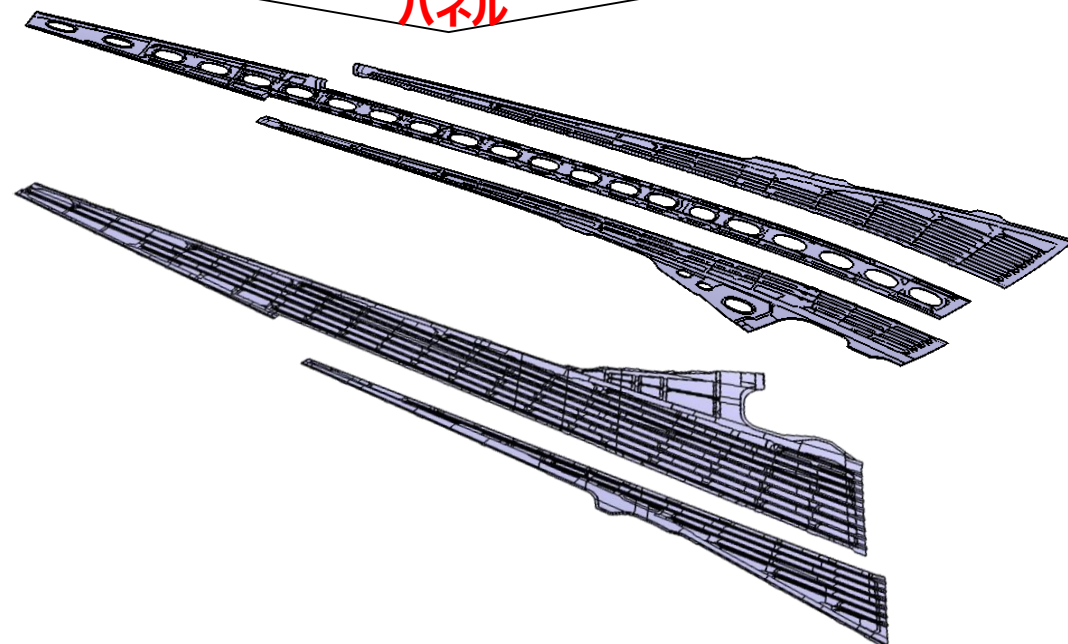
デジタルシミュレーション

⋮

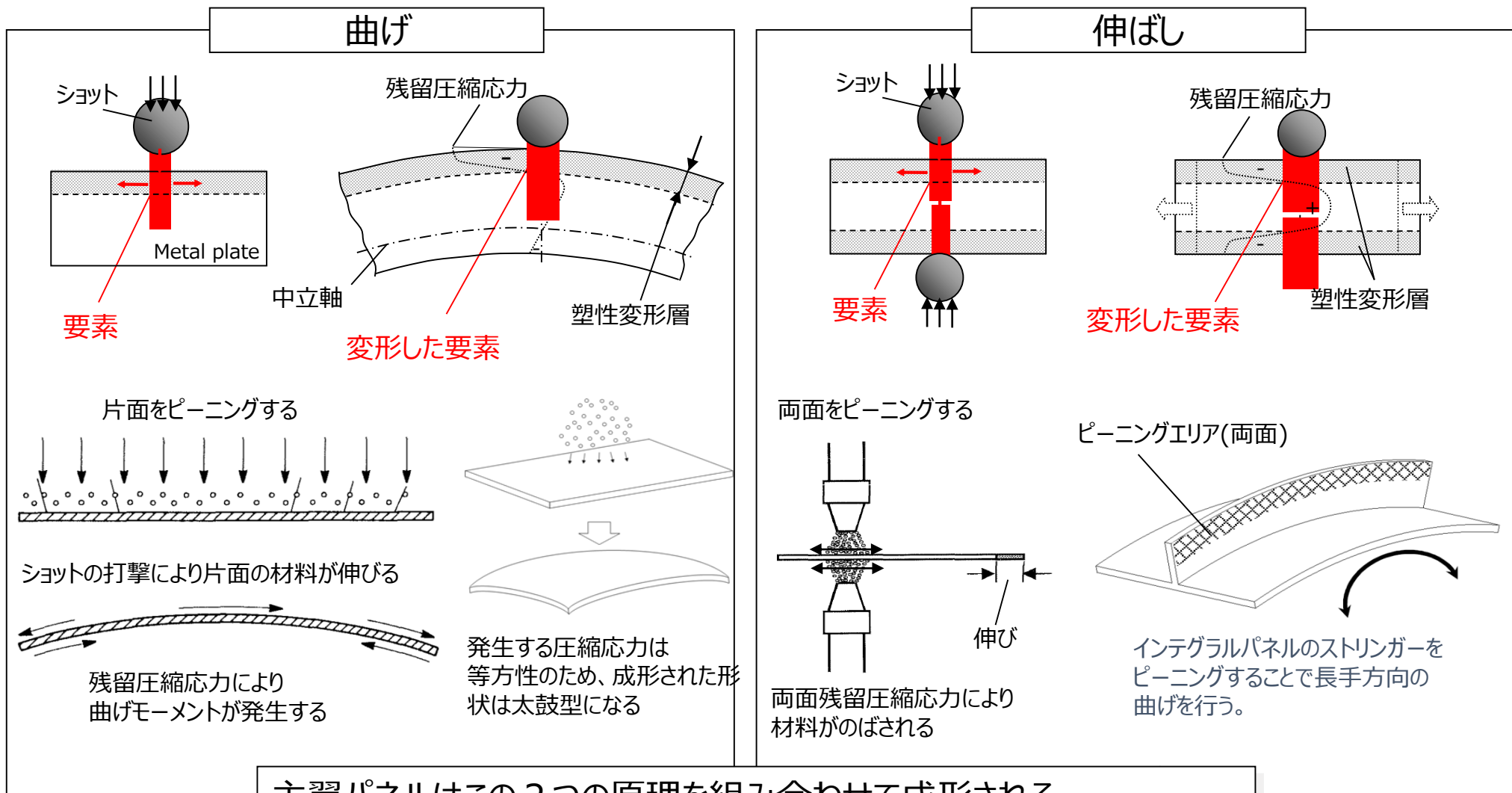


＜対象部品＞
主翼インテグラル
パネル

- ✓ ショットピーニングを板材の片面のみに行い、表裏の応力差により曲率を付与する加工法。
- ✓ 型や治具を用いずに複雑な曲面を形成することができる。

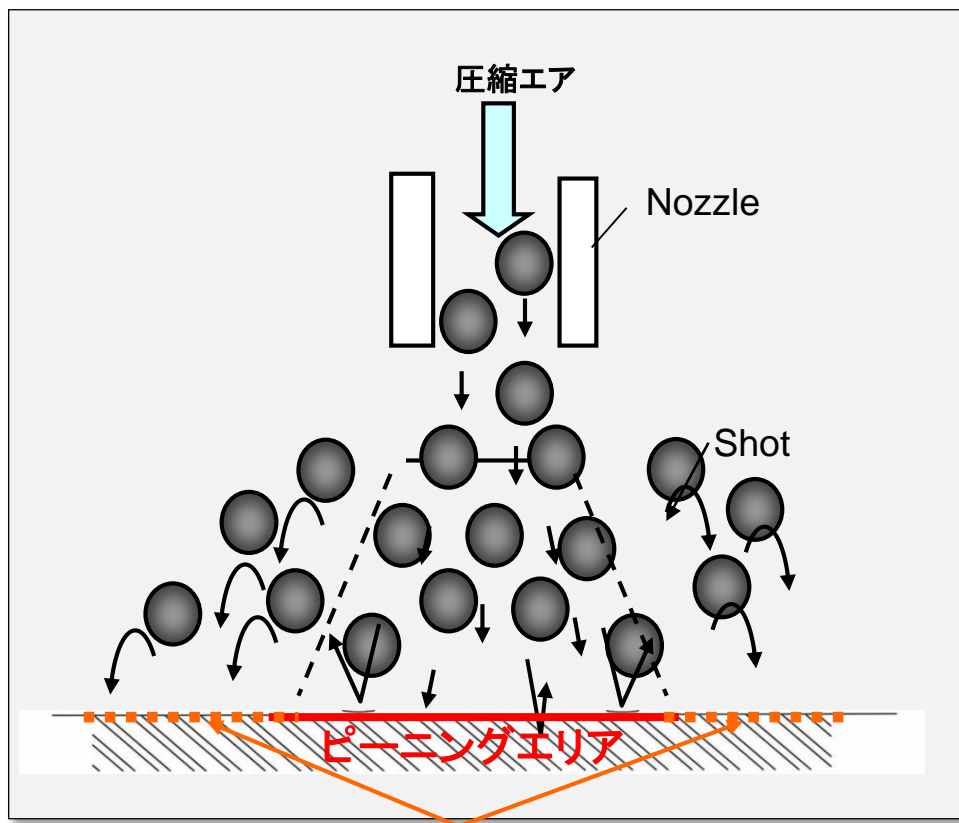


ショットピーニング原理



主翼パネルはこの2つの原理を組み合わせることで成形される

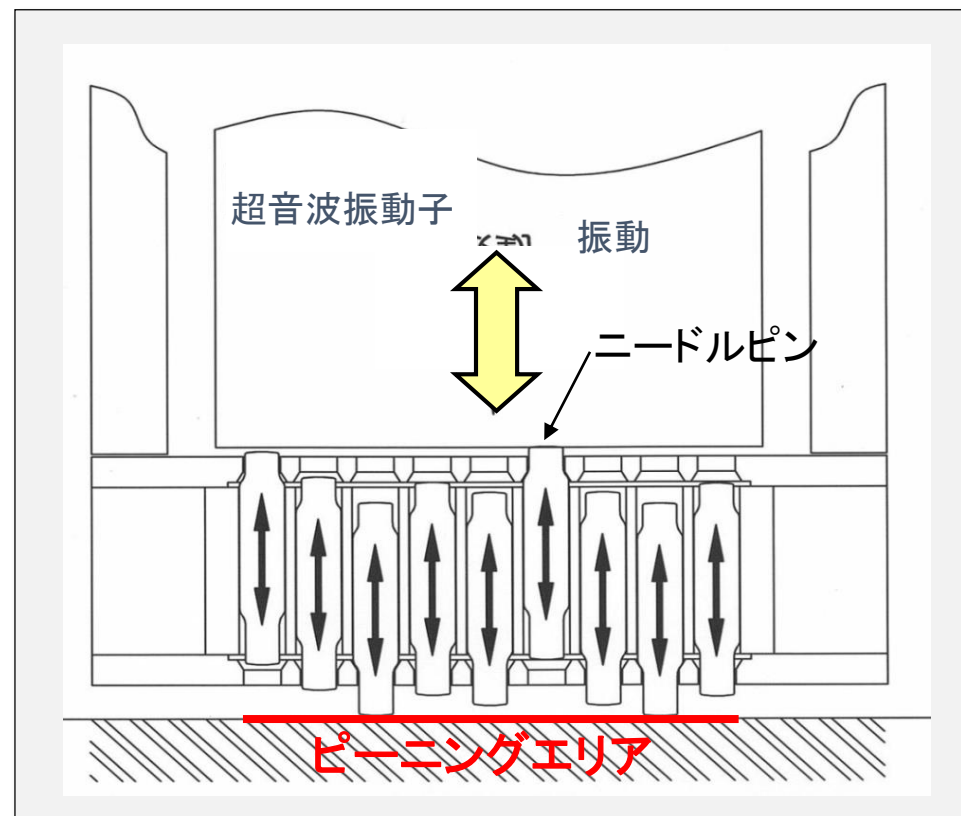
従来



ピーニング不要だが当たってしまうエリア

- ・マスキングが必要
- ・ショット飛散やサンディングによる粉塵による作業環境悪化

新手法 : 超音波ピーニング



- ・ショットピーニングよりもピーニングエネルギー大
= より厚板の成形が可能
- ・狙った場所のみピーニングができる
= マスキング作業が不要
- ・ピーニング後の表面粗さが良好
= サンディング(表面仕上げが不要)

超音波ピーニング装置を活用した手作業による形状修正（従来方式）
重労働、且つ、騒音大きく作業者負担が大。

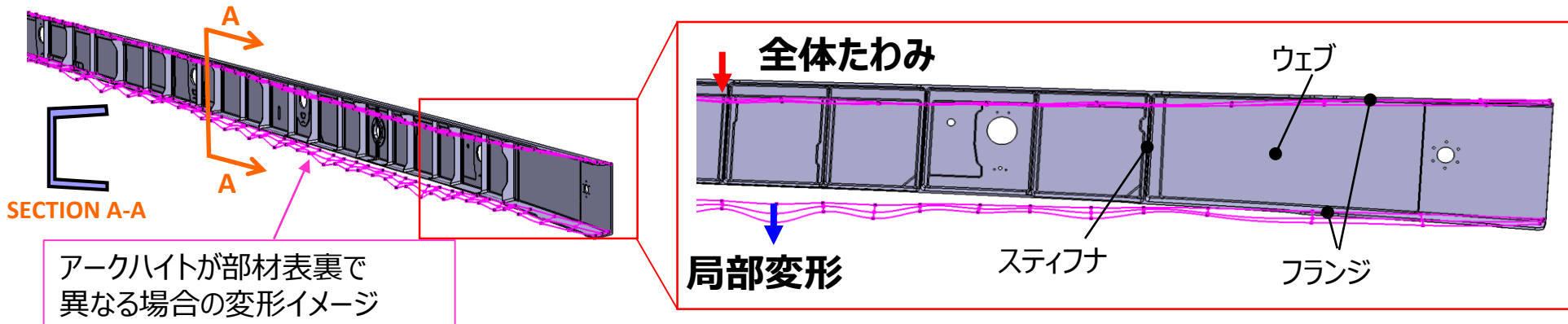
超音波ピーニング成形



部分超音波ピーニング成形

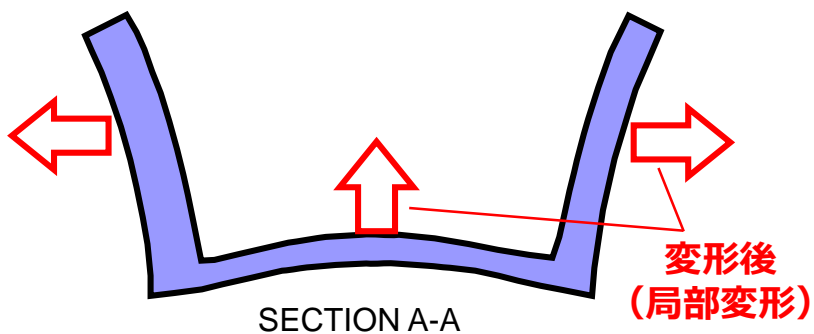


代表：コの字断面部品



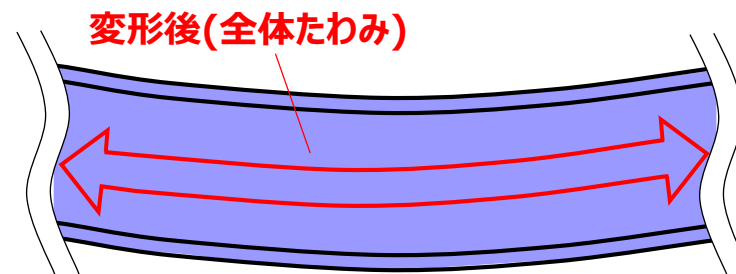
局部変形

フランジ内側のアーカハイトが高い場合
→コの字断面が開く方向に変形が生じる



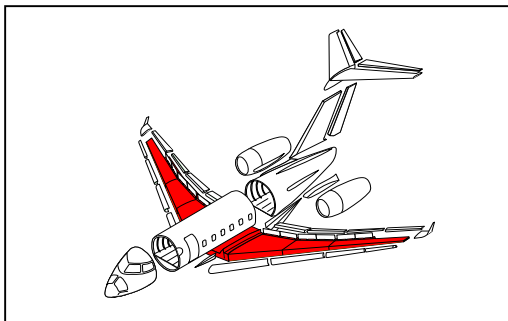
全体たわみ

フランジ上下でアーカハイトが異なる場合
→アーカハイトの高い側に部品全体がたわむような変形が生じる



ショットピーニング歪抑制の為には、部材表裏のアーカハイト差を無くす必要有

主要構造部品名称：主翼スキン, スパー, リブ



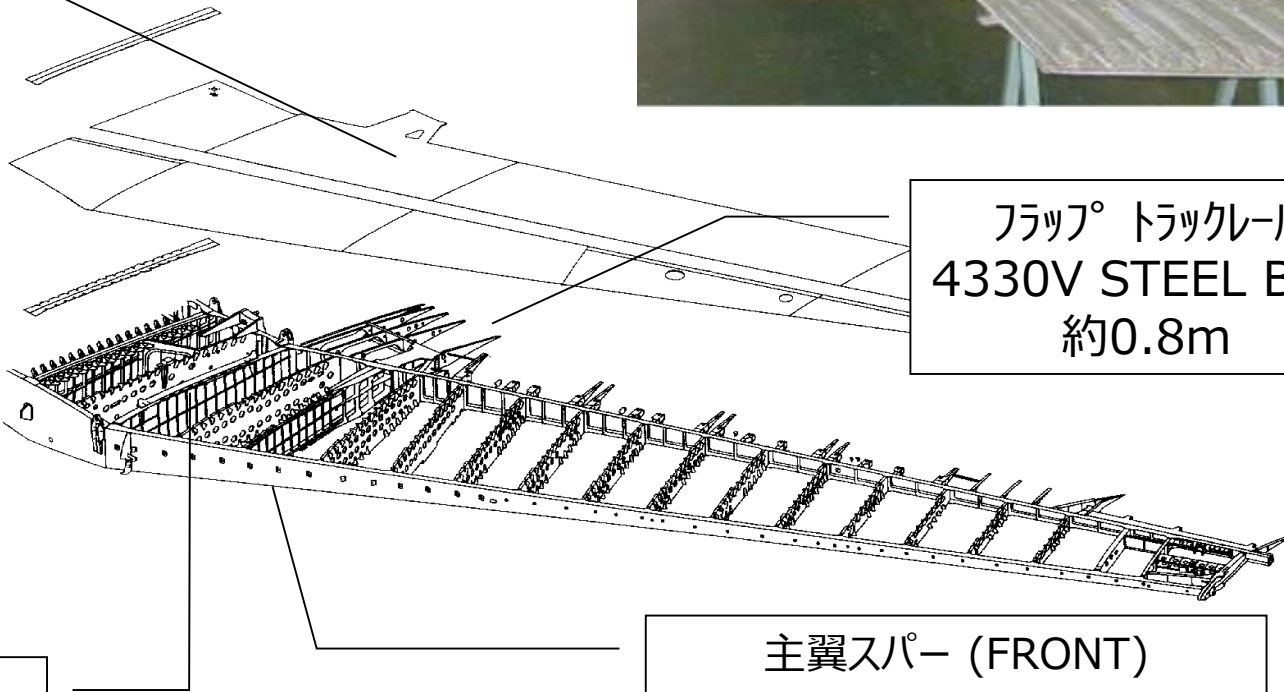
主翼スキン (AFT)
7050-T7451 PLATE
約10m



フラップ° トラックレール
4330V STEEL BAR
約0.8m



主翼桁間リブ
7475-T7351 PLATE
約2m



主翼スパー (FRONT)
7475-T7351 PLATE
約9m

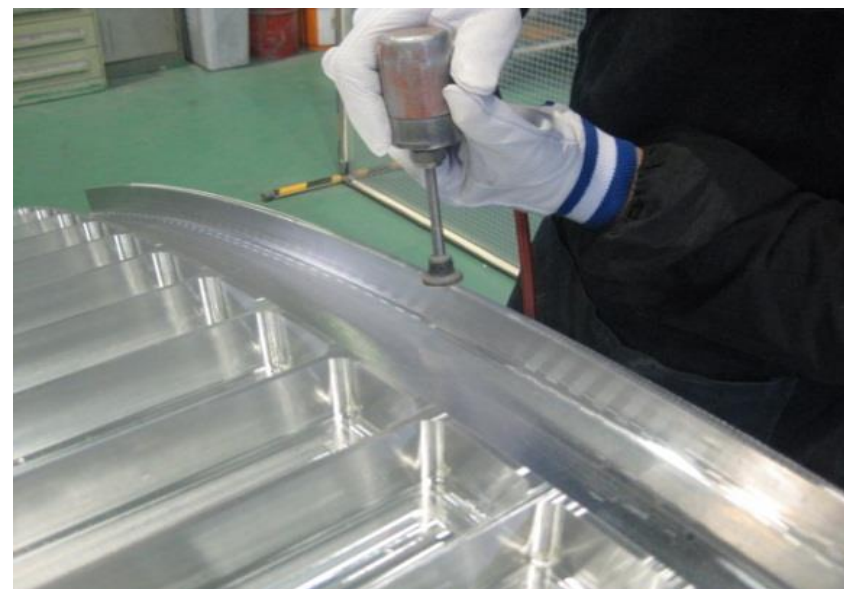
代表的な機械部品



びびり振動の例

びびり振動が引き起こす問題

- 板厚過小などの不良発生
- 手仕上げ修正の増加
- 工具の破損



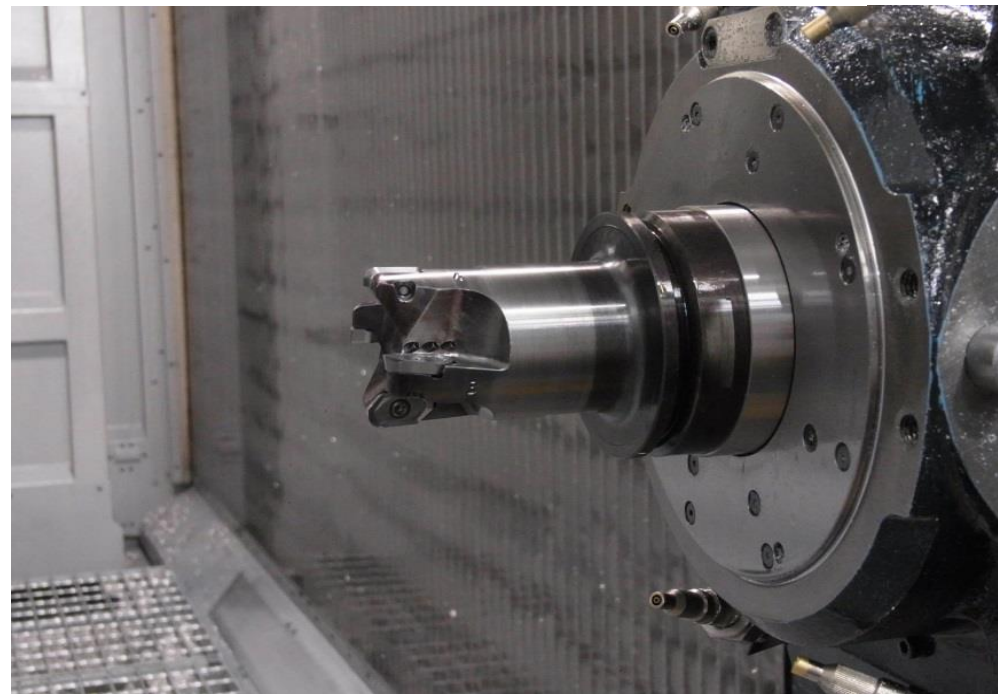
びびり振動発生で手仕上げ作業が増加

航空機アルミ部品の機械加工時間削減のために
超高速加工機の適用が広がっている

- ①横型
- ②高速高出力主軸(80kW, 30,000rpm以上)
- ③高速送り(50m/min, 0.5G以上)



横型超高速加工機

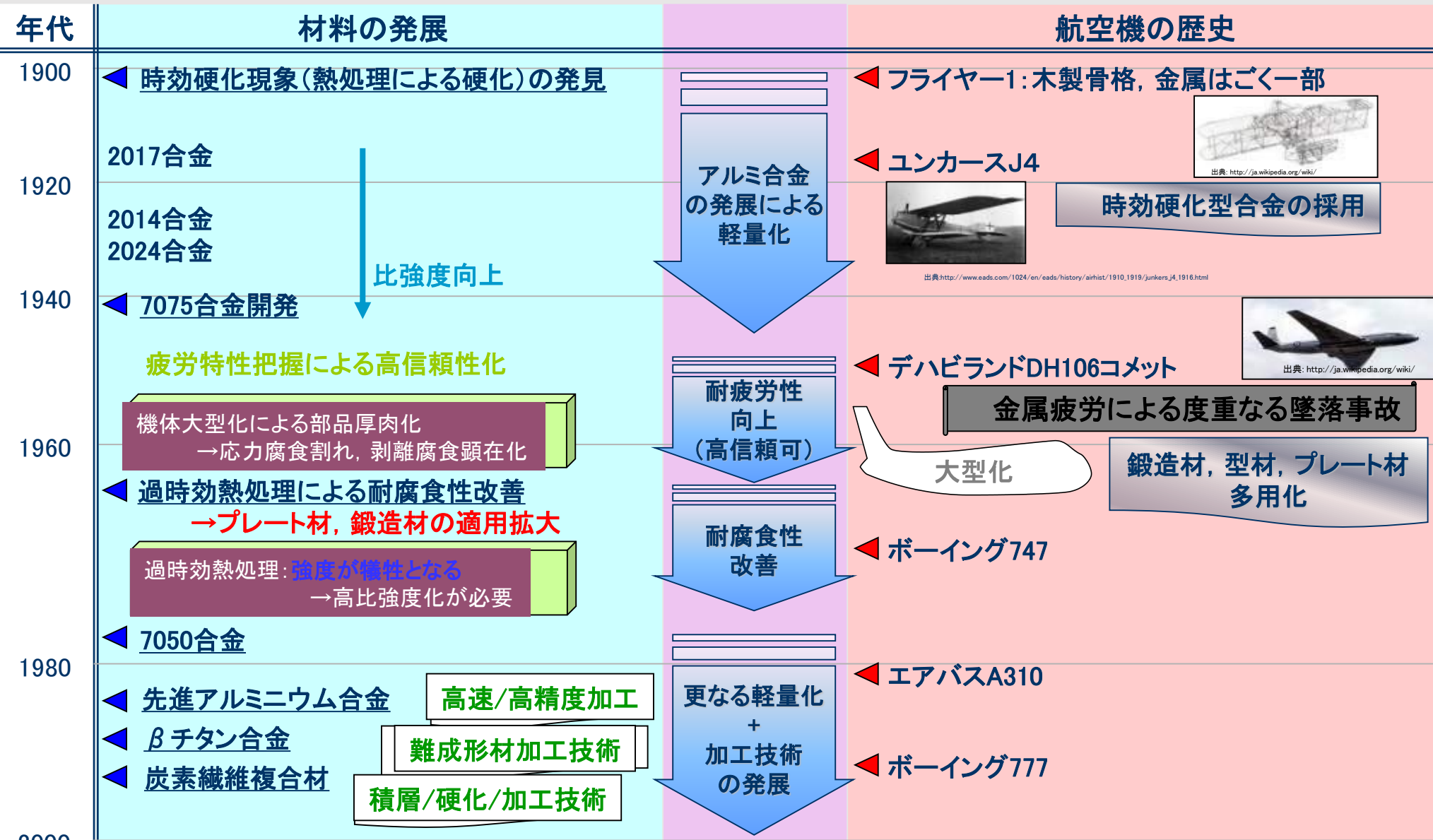


Da50mm 荒加工用カッター

切粉排出量は**最大8,000cc/min (荒加工時)**に達する。

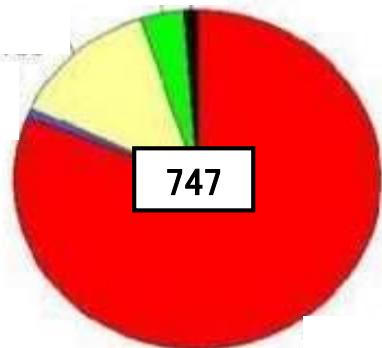
6. 複合材製造技術の紹介

航空機構造の材料変遷

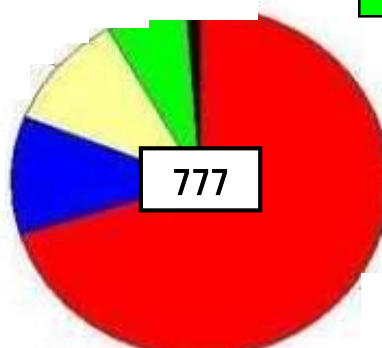


炭素繊維複合材基幹構造材化

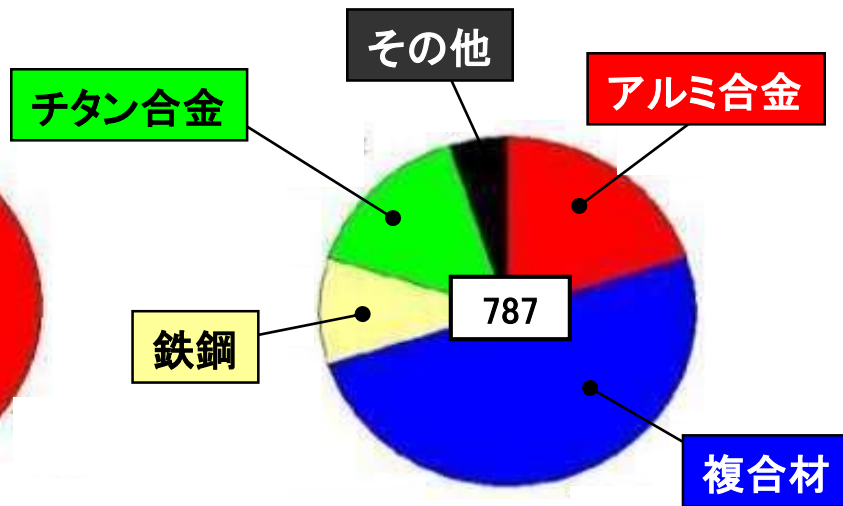
ボーイング機種使用材料の推移



1970年代

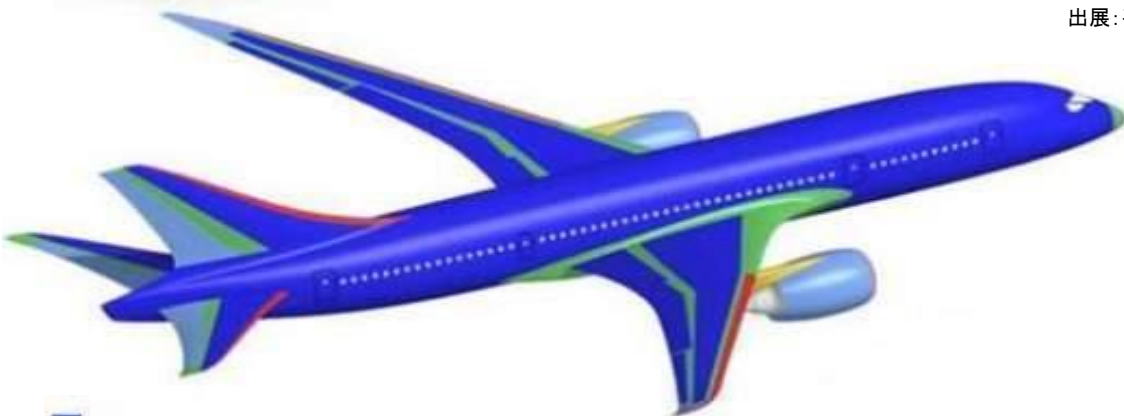


1990年代



2000年代

出展: 平 博仁「航空機へのアルミニウム合金適用の現状と今後の展開」軽金属, 56 pp.588-591 (2006)6



- CFRP (ラミネート)
- CFRP (ハニカムサンドウィッチ)
- GFRP
- アルミニウム

主翼, 胴体にも複合材を使用
複合材使用量: 35t/機

-複合材化の効果-

- 軽量化による燃費改善
- 耐腐食性良好のため整備負担削減
- 加湿可能化による客室環境改善

出典: http://www.carbonfiber.gr.jp/english/tanso/images/plane02_b.jpg

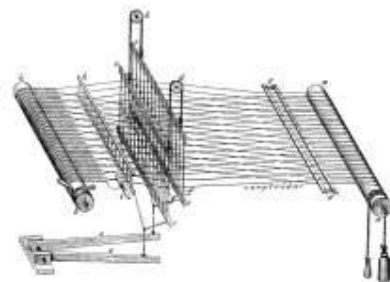
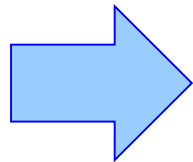


1. 最初は糸



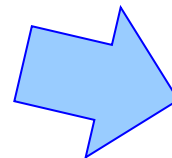
出展: 東レHPより

(素材は炭素やガラス)



出展: Wikipediaより

束ねたり編んだりして繊維にする

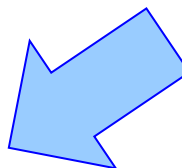


2. 次に繊維



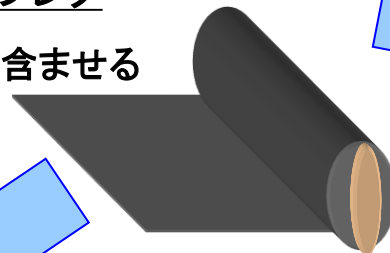
出展: Twaron HPより

引張強度は高いが
このままでは形状保持できない



3. プリプレグ

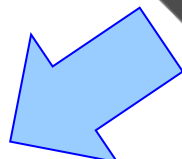
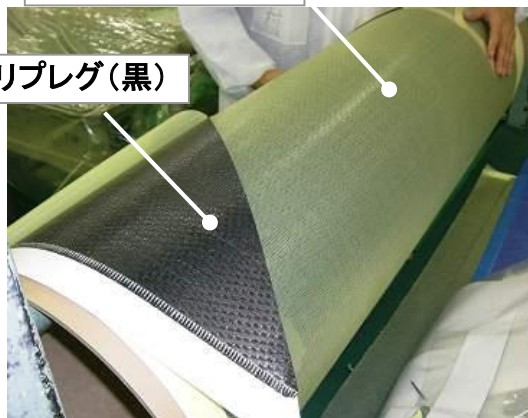
樹脂を含ませる



4. 成形型に積層

保護フィルム(黄)

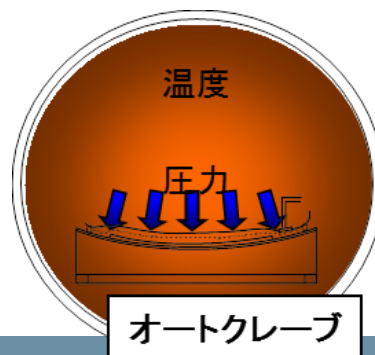
プリプレグ(黒)



5. 硬化

温度

圧力

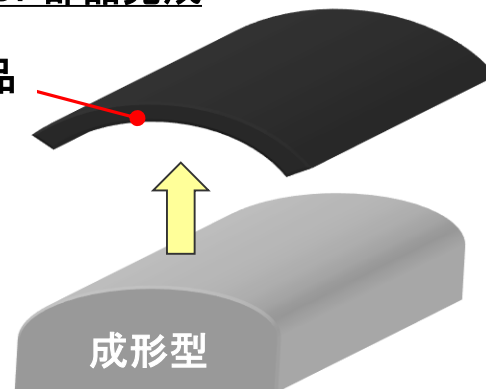


オートクレーブ



6. 部品完成

部品



硬化した樹脂が形状を保持

大型民間機の複合材主翼

複合材一体接着方式



サイズ： 5.3m×29.4m



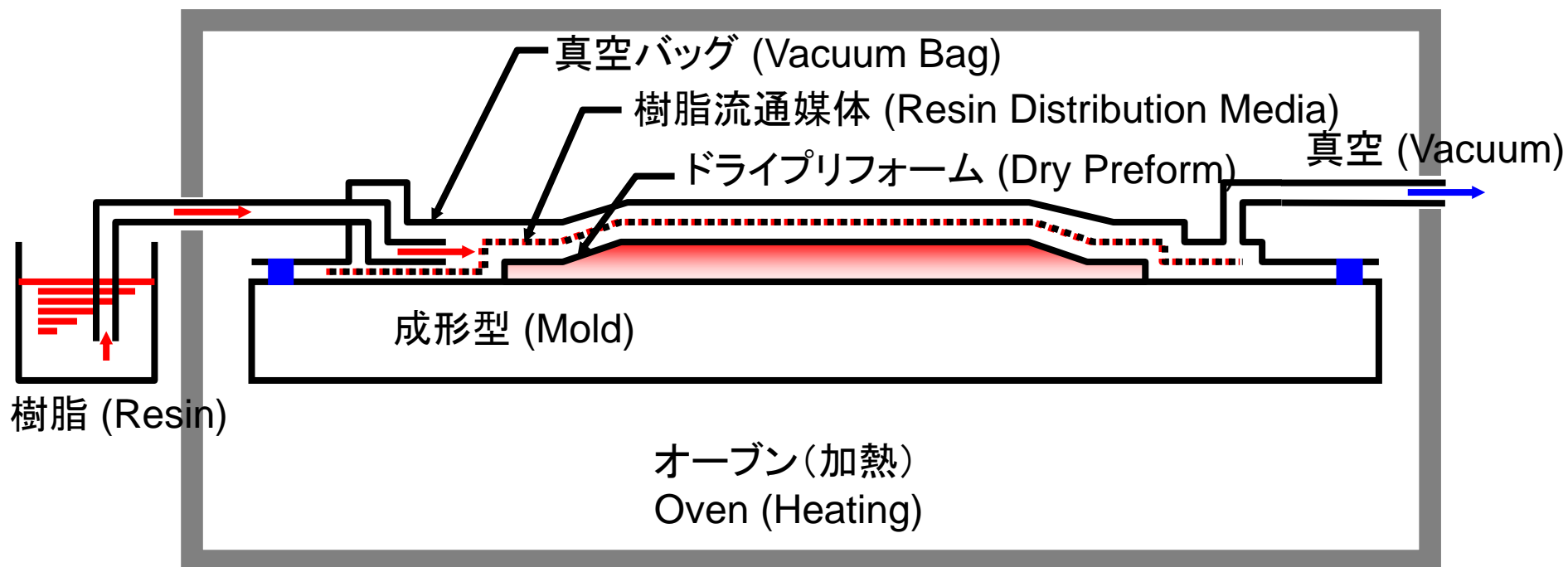
出展：Boeing社 HPより



設備：圧力釜（オートクレーブ）

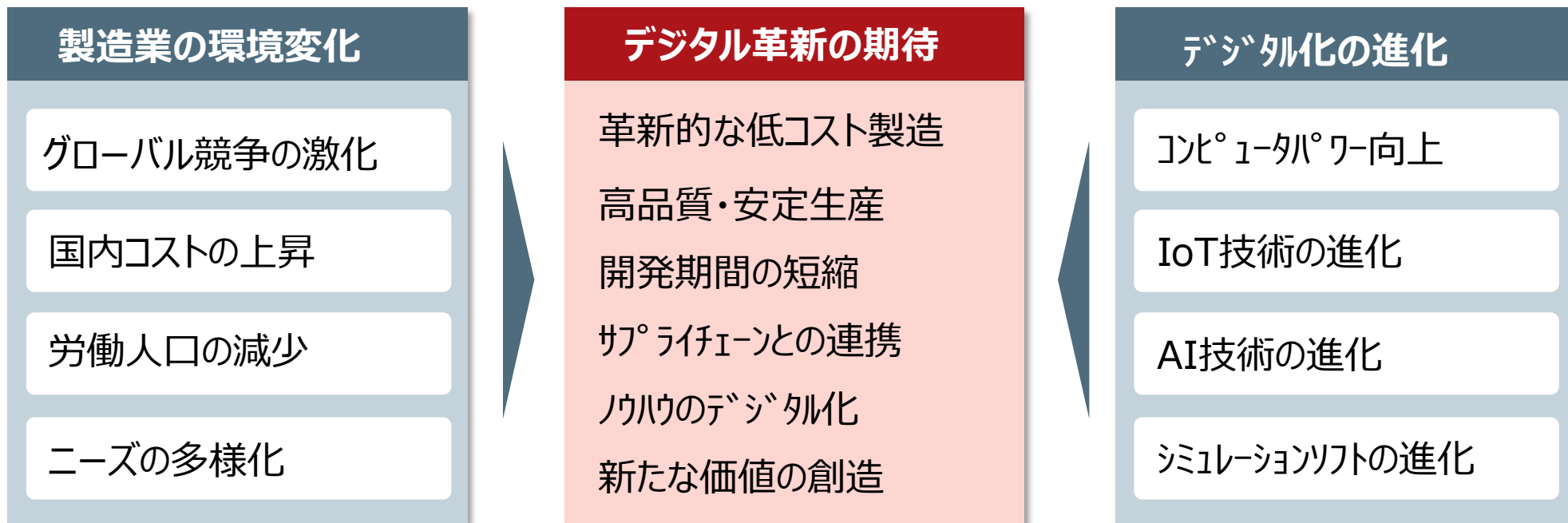
VaRTM (Vacuum Assisted Resin Transfer Molding)

- ▶ ドライプリフォームに樹脂を真空吸引して硬化
→ 高価なオートクレーブ設備不要
- ▶ 管理の容易なドライプリフォームの使用で低コスト化



8. デジタル技術の紹介

コンピュータパワーの向上、通信ネットワーク、AI技術の進化により、過去に経験したことのないスピードでデジタル革新が進行中。 様々なアプリケーションが開発され期待が膨らんでいる



デジタル化による技術革新のスピードが速く、日本企業の遅れが顕在化。
(経産省発行の「デジタルトランスフォーメーション (DX) にむけた報告書」 参照^{*})
先行する欧米企業に対し、生き残りをかけて追いつかねばならない。

※<https://www.meti.go.jp/press/2018/09/20180907010/20180907010.html>

8. デジタル技術の紹介

デジタルの進化によって、従来実現できなかった生産現場での課題を様々デジタル機器/ソフトウェアにより解決できるようになりつつある。

開発
期間短縮

生産現場での課題

- ✓ 生産ラインの迅速設計と実現性検証
- ✓ 設計・調達・工作・品証部門との連携
- ✓ 立上げ不適合の撲滅（出戻り削減）
- ✓ 治具・設備の準備期間短縮
- ✓ 投資規模最小化

生産
最適化

- ✓ 生産リードタイムの削減
- ✓ ラインバランスの最適化
- ✓ 省エネ・設備稼働率最大化
- ✓ 人員配置の最適化&自動化
- ✓ 増産・減産への即時対応
- ✓ 在庫の縮減

生産
安定化

- ✓ ライン停止、品質不良撲滅
- ✓ 品質計測、記録の効率化
- ✓ トレーサビリティの向上
- ✓ 安全の確保

デジタル化による解決の方法

- ✓ 3Dシミュレーション、VR技術による革新アイデア創造^(※1)
- ✓ PLMによるデジタル連携の強化^(※2)
- ✓ サイバー空間の中で不適合の事前検証
- ✓ FRM解析と3Dシミュレーションの融合
- ✓ 3Dラインシミュレーションによるリソース検討

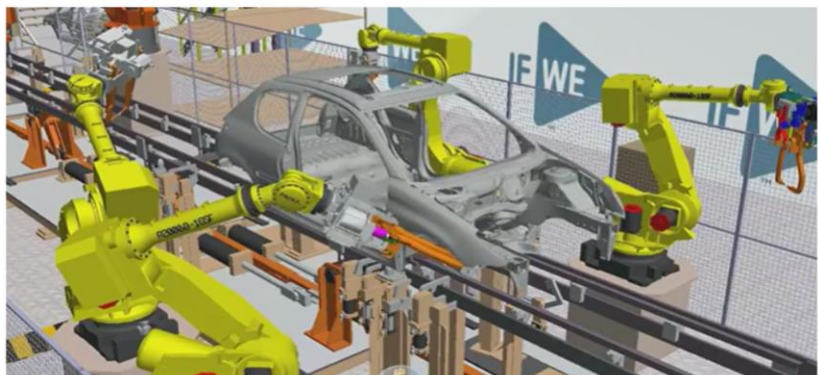
- ✓ 3Dシミュレーションによるネックジョブ特定と改善検討
- ✓ 設備稼働データの収集・分析・改善（IoT）
- ✓ 製造現場とマネジメント情報のKPI可視化
- ✓ デジタルとリアルとの融合（Digital Twin）
- ✓ 3Dシミュレーションによる増産・減産時の事前検証
- ✓ サプライヤーとのデジタル情報共有と管理の容易化

- ✓ 故障予知、品質不良予知（IoT⇒AI）
- ✓ 計測/記録の自動化（レーザー/画像認識等）
- ✓ PLMによるデータマネジメント向上
- ✓ 安全の事前検証と作業教育（VR）

8. デジタル技術の紹介

3Dデジタルシミュレーションでライン構築と検証後、そのデータはリアルライン製造に活用される。

3Dデジタルシミュレーション

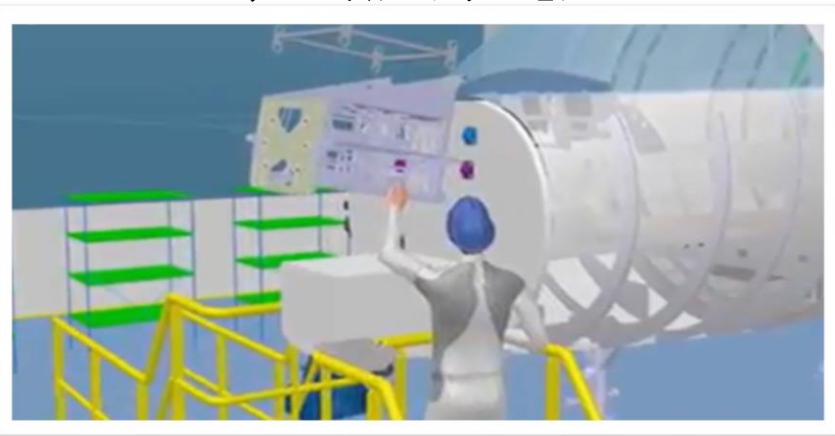


出典： Robot Programmer in the Transportation & Mobility | DELMIA
URL : <https://www.youtube.com/watch?v=sUrXHsx3nnk>

リアル製造ライン

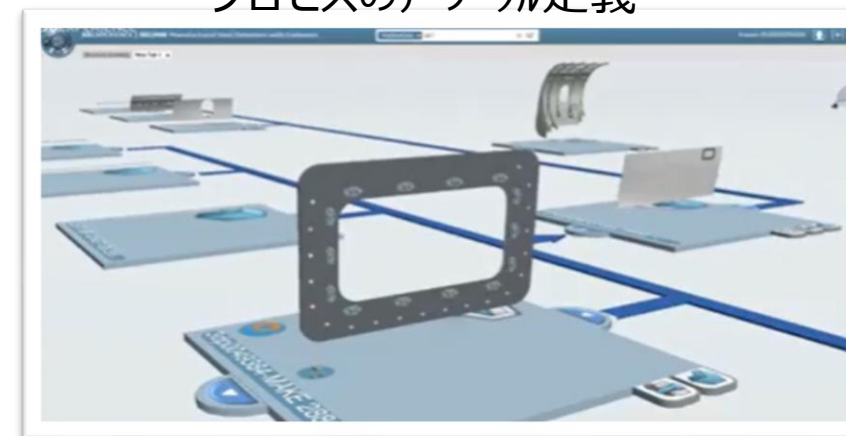


3Dデジタルシミュレーション



出典： Process Planning for Aerospace and Defense | DELMIA
URL : <https://www.youtube.com/watch?v=2EB-LyDF5fQ>

プロセスのデジタル定義



作業指示、品質保証、コスト管理のベース

【参考】

①主翼生産ラインのデジタルシミュレーション動画

Future Lean Wing Factory Simulation in 3DEXPERIENCE - LOCOMACHS

<https://www.youtube.com/watch?v=jmmNTUKsyug>

②自動車生産ラインのデジタルシミュレーション動画

DIGITAL FACTORY SIMULATION (DMWORKS)

<https://www.youtube.com/watch?v=1yL7sUxPYCo>

③エアバスの将来工場コンセプト動画

Airbus future factory

https://www.youtube.com/watch?v=w2Qsqy2_Bg

④エアバスの自動組立工場 動画

<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2019/10/airbus-inaugurates-new-a320-structure-assembly-line-in-hamburg.html>

デジタル技術が競争力の源泉に！

民間航空機とは、100万点の部品が合体すると、鳥のように動き、人々の生活を豊かにする、素晴らしい製品。

多くの人々が夢を持って参画して欲しい。

しかし、隙間に陥ると、一瞬にして多くの生命を奪い取る凶器にもなる。

これから求められる航空機エンジニアとは、飛行機の面白さと怖さを知り、あらゆる技術側面に目を向け、あらゆる人間に興味を持ち、「隙間を無くすことに全力尽くす人」のことではないだろうか。

航空機業界はCOVID-19のインパクトで戦後最大の危機に陥っている。だが「必ず復活」する。

その時まで一時退避し、復活の準備を怠らないこと。

2020.12.5 石川彰彦

MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**

Supply Chain Management Strategy

Aerospace Industry

Commercial Aircraft

OEM* Development Phase

NAGOYA UNIVERSITY

VALERIA MUCCIACITO

February 6th, 2021.



Agenda

1. BIO
2. Definitions
3. Before COVID-19
4. After COVID-19
5. Opportunity or Threat
6. 5 Strategies
7. Industrial Base Workforce



1. BIO





Valeria Mucciacito



- ❖ Master in Business Administration *Stricto Sensu*
Fundação Instituto de Administração (FIA) Sao Paulo - Brazil
Project: “Leadership Competences for Innovation”-
12/2016

- ❖ Executive MBA – *Lato Sensu*
Executive Master of Business Administration
Business School São Paulo &
Laureate International Universities, 1998

- ❖ Managing in the Global Economy EMBA
University of Toronto, Canada, 1999

- ❖ Bachelor of Business Administration

- ❖ Over 25 years of experience in the Business Management industry, and significant contributions as a Supply Chain/Procurement Leader.
- ❖ 17 years in Aerospace.
- ❖ Implemented a competitive business model strategy for alternative procurement functions which resulted in ~17% cost reduction in the E-jets commercial business.
- ❖ Managed high-value contracts (RR, GE, Honeywell and P&W) over USD\$1B/year Powerplant purchasing, for all Programs: Commercial, Executive and Defense segments.
- ❖ Managed high-performance team and monitored high performance suppliers.



2. Definitions



Definitions (1/3)

Supply Chain:

“...is a set of organizations directly linked by one or more of the upstream and downstream flows of products, services, finances and information from a source to a customer. [1]”

“... is the process through which a company creates and distributes its products and services to the end user. It includes several specific elements; production planning, material sourcing, transportation management, warehouse management and demand management. These functions are tightly integrated to provide the products and services to the end user in an efficient, timely and profitable manner. [2]”

Source:

[1] T. Mentzer et.al., Defining Supply Chain Management, in Journal of Business Logistics, Vol. 22, No.2,2001.

[2] W. Scott and Ch. Oldfield, The Nine Basic Rules of a Successful Supply Chain URL: <http://www.aia-aerospace.org/assets/smc_wp-nine.pdf>



Definitions (2/3)

Supply Chain Management:

“...is the integration of key business processes across the supply chain for the purpose of creating value for customers and stakeholders. [3]”

“... is a set of approaches utilized to efficiently integrate suppliers, manufacturers, warehouses and stores, so that merchandise is produced and distributed at the right quantities, to the right locations, and at the right time, in order to minimize system-wide costs while satisfying service level requirement. [4]”

In a general, SCM is an action based on the integration of organizational units that compose the supply chain and coordinates material, information, performance measurement, compliance, governance and financial flows in order to meet requirements from the perspective of end users throughout the supply chain to increase its competitiveness.



Aviation Industry (3/3)

“Aviation is a vital enabler of economic activity by providing defense services through military aviation and transport and related services through civil aviation. Civil aviation covers not only the commercial air transport of passengers and freight, but also include all related industries such as general aviation, airports, air navigation service providers and those activities directly serving passengers or providing air freight services. These aviation related industries form together the civil aviation industry.”



Aviation Industry

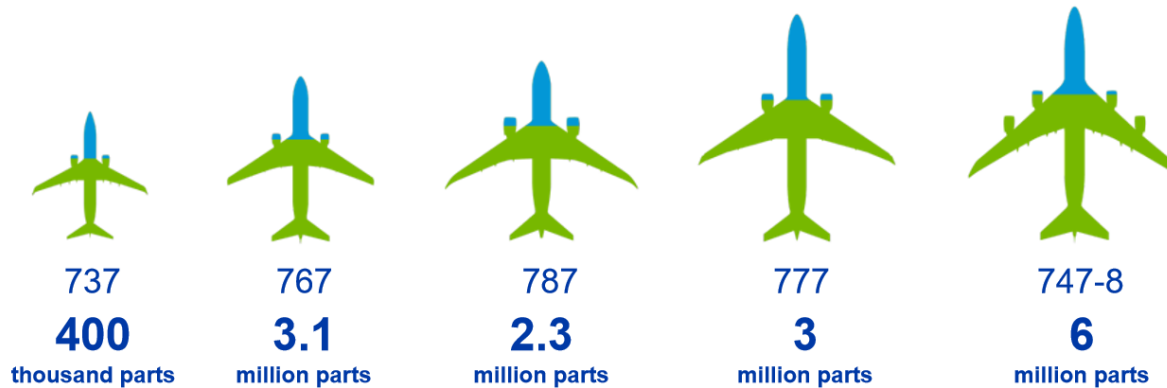
Commercial Aircraft

- Complex and Expensive.
- Its high technology is one of the major contributors to the economic development.
- Flight safety and reliability of the aircraft.
- Certified by Authorities with full traceability back to origin.
- Requires high standards for production and approval of parts, as well as other quality regulations for suppliers.
- Stakeholders must comply with all Compliance and Governance rules.



Relevance of the SCM in the Aerospace

Boeing will not be successful if our supply chain partners are not successful



\$43 billion spend • 5,400 factories • 500,000 people

65% Suppliers ■ Boeing

Percent of Boeing airplanes cost that comes through the supply chain



Supply Chain Management



The **aviation**, space and defense industry **by nature of the complexity** of its products **is highly dependent** on the supply chain having a complete and comprehensive understanding of the product and process requirements that are meant to assure product conformance and control.



Contractual requirements review and management are important elements of a **Quality Management System (Reference: IAQG 9100:2016)** and will enhance overall supply chain performance with regards to On-Time-On-Quality Delivery (OTOQD).



Procurement Categories

Structures

- Major assemblies
- Body sections
- Movable wing sections
- Doors
- Flight Control Surfaces
- Fuselage



Systems

- Avionics
- Flight Systems
- Hydraulics
- Wheels & Brakes
- Landing Gear
- Environmental Control Systems
- Electrical Systems



Services

- Materials Management & Spares
- Technical & Engineering Services
- Customer Support
- Internal
- Non-Production



Interiors

- Passenger Seats
- Cabin Systems
- Galley Inserts
- Interiors
- Cargo Systems



Propulsion

- Engines
- Struts
- Nacelles



Common Commodities

- Machined parts
- Sheet metal parts
- Assemblies
- Tubing
- Wiring
- Tooling
- Raw materials
- Standards



Boeing categories present opportunities across the corporation



Engine

- It represents around 25% of the cost of the Aircraft.
- A new engine development investment is over USD 1Bi.
- Engine must perform accordingly to the market segment requirements.
- Modern Powerplant encompasses high complexity technology and expertise.
- Long Term development.
- It helps to sell the aircraft.
- Greener: less fuel consumption, less noise, less maintenance cost.
- Customer support through the life of the Aircraft accordingly to the market standards.



Market Information

GE's Jet Engine Business Continues Its Dominant Run

GE and its CFM joint venture reeled in tens of billions of dollars of orders in the first two days of the 2019 Paris Air Show.



 Adam Levine-Weinberg (TMFGemHunter)

 Jun 19, 2019 at 8:24AM

 [Author Bio](#)

While **General Electric** ([NYSE:GE](#)) has struggled mightily over the past two years, its jet engine business has been a [steady source of strength](#). Last year, GE Aviation surpassed the company's troubled power segment to become the conglomerate's largest division, with annual revenue of more than \$30 billion and an enviable 21.2% operating margin.

GE Aviation has been reporting strong revenue growth in recent years, due to the rapid growth of commercial aviation and the company's dominant market share. (GE and its CFM joint venture with **Safran** ([OTC:SAFRY](#)) account for about two-thirds of the commercial jet engines in service around the world today.)

At this week's Paris Air Show, GE Aviation paved the way for its strong growth to continue, logging numerous engine orders -- including one huge victory.

CFM lands a massive conquest order

CFM has an exclusive contract for its LEAP engines to power **Boeing's** ([NYSE:BA](#)) 737 MAX family jets. That exclusivity gives CFM a big share of the narrow-body jet engine market by default. However, the LEAP-1A engine is also an option for **Airbus'** ([OTC:EADSY](#)) popular A320neo family of jets, competing with a geared turbofan (GTF) offering from **United Technologies** subsidiary Pratt & Whitney.

While Pratt & Whitney's engine is slightly more fuel-efficient than the LEAP-1A, CFM has still managed to win a majority of the Airbus business. The GTF engine has suffered [a string of reliability issues](#), reducing its attractiveness.

MOTLEY FOOL RETURNS

	Stock Advisor	S&P 500
5 Years	52% ▲	36% ▲
17+ years	336% ▲	93% ▲

Stock Advisor launched in February of 2002. Returns as of 11/14/2019.

[Join Stock Advisor](#)

STOCKS



General Electric
[NYSE:GE](#)



Engine

→ ↻ 🏠 🔒 <https://www.globenewswire.com/news-release/2020/05/25/2038178/0/en/Aircraft-Engine-Market-Size-to-Reach-USD-97-12-Billion-by-2026-Integration-of-Hi-tech-Systems-in-Aircraft-to-Propel-Market-states-Fortune-Business-Insights.html> 📖 ☆ ⋮ 📄 ↶



[Media Partners](#) [Regulatory Filings](#) [NewsWire Services](#) [Global Distribution](#) [Contact Us](#) [Français](#) [English](#) [Sign In](#) [Register](#) 🔍



Aircraft Engine Market Size to Reach USD 97.12 Billion by 2026; Integration of Hi-tech Systems in Aircraft to Propel Market, states Fortune Business Insights™

Key players covered are CFM International SA, General Electric Co, International Aero Engines AG, MTU Aero Engines AG, Rolls-Royce Holdings Plc, Safran SA, Textron, Inc, United Technologies Corporation and more players profiled in aircraft engine market research report

f 🐦 in G+ 📌 @ Email 🖨️ Print Friendly 🔄 Share

May 25, 2020 | 1:05 ET | Source: Fortune Business Insights

Pune, May 25, 2020 (GLOBE NEWSWIRE) – The global **aircraft engine market** size is predicted to reach **USD 97.12 billion by 2026**, exhibiting a **CAGR of 4.16%** during the forecast period. The introduction of fuel-efficient and cost-effective engines will bolster healthy growth of the market during the forecast period, states Fortune Business Insights in a report, titled *“Aircraft Engine Market Size, Share & Industry Analysis, By Engine Type (Turboprop, Turboshift, Turbofan, Piston Engine), By Technology (Conventional Engine and Electric/Hybrid Engine), By End-user (Commercial, Military, and General Aviation), By Component (Compressor, Turbine, Gear Box, Exhaust Nozzle, Fuel System, and Others), and Regional Forecast 2018-2026”* the market size stood at USD 70.10 billion in 2018. The growing technological advancements in aircraft engines will bode well for the market.

Global COVID-19 Impact on Aircraft Engine Industry:

The emergence of COVID-19 has brought the world to a standstill. We understand that this health crisis has brought an unprecedented impact on businesses across industries. However, this too shall pass. Rising support from governments and several companies can help in the fight against this highly contagious disease. There are some industries that are struggling and some are thriving. Overall, almost every sector is anticipated to be impacted by the pandemic.

We are taking continuous efforts to help your business sustain and grow during COVID-19 pandemics. Based on our experience and expertise, we will offer you an impact analysis of coronavirus outbreak across industries to help you prepare for the future.

To Get The Short-Term and Long-Term Impact of COVID-19 on this Market,


Please Visit:

<https://www.fortunebusinessinsights.com/enquiry/request-sample-pdf/aircraft-engine-market-101766>

Profile
Fortune Business Insights

- Subscribe via RSS
- Subscribe via ATOM
- Javascript

Pune INDIA
<https://www.fortunebusinessinsights.com>

Media Files
 FBI LOGO TM.png
LOGO URL | Copy the link below
<http://www.globenew>



3. Before COVID-19

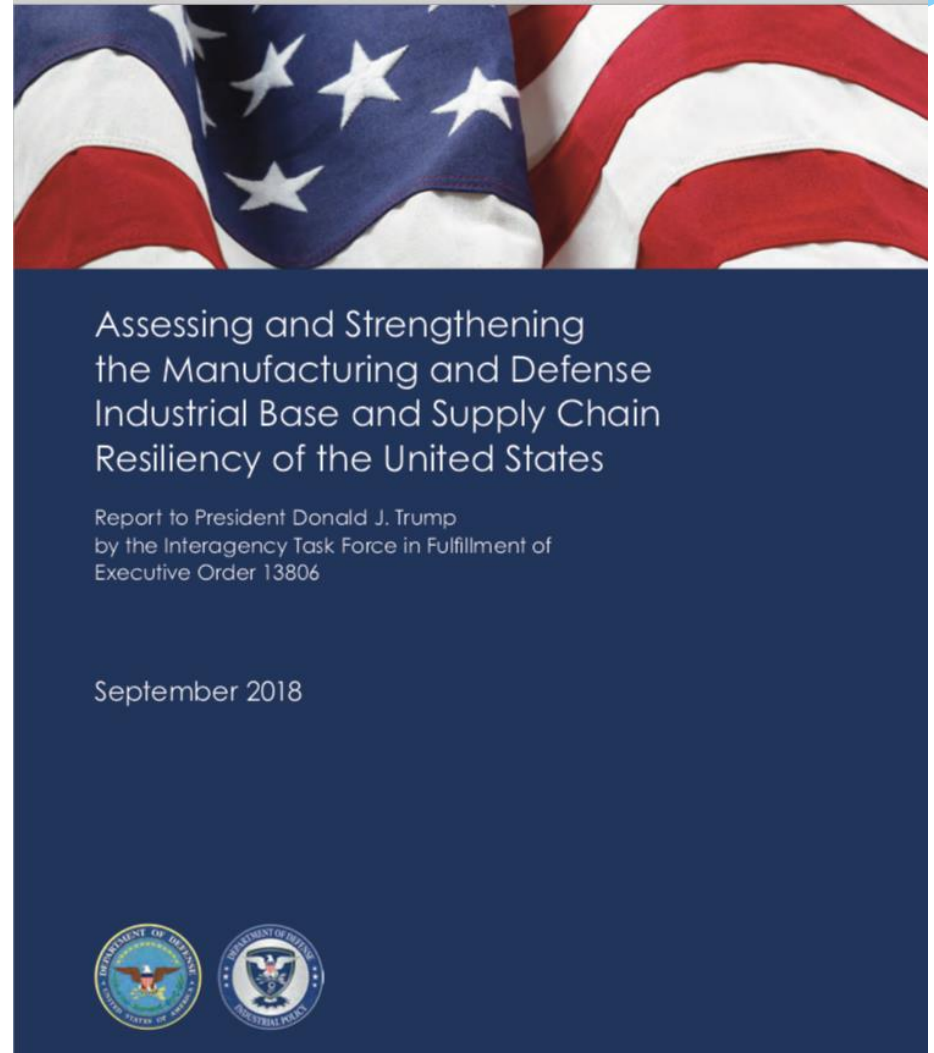


Challenges in the Supply Base

U.S. Manufacturing Base Capabilities and Capacity.

As a Risk to the Industrial Base:

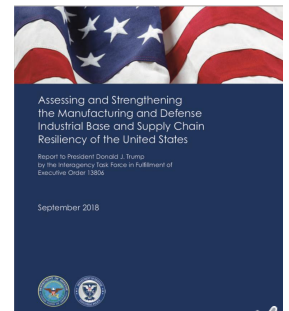
1. Commercial Industry Volumes;
2. Shrinking Supply Chain;
3. Adequate Visibility Into Lower Tier;
4. Capitalization with Uncertain Demand.



1. Industry Volume (1/2)

Commercial Aircraft

- In 2018, the global aerospace industry recuperated and experienced a solid year as passenger travel demand strengthened;
- The industry is expected to continue its growth trajectory in 2019 led by growing commercial aircraft production backlog remains at an all-time high as demand for next-generation, fuel-efficient aircraft continues to surge with the rise in oil prices;
- The commercial Aircraft order backlog is at its peak of more than 14,000 with about 38,000 aircraft expected to be produced globally over the next 20 years.

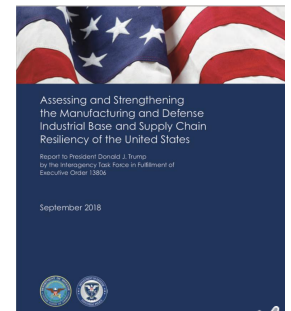


1. Industry Volume (2/2)

Commercial Aircraft

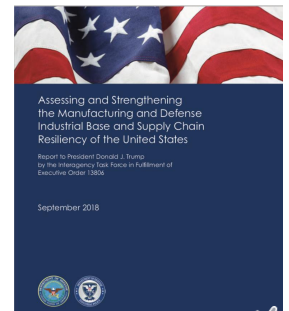
Japan

- Japan's passenger traffic growth over the next 20 years is expected to be sluggish at about 3.2%, much below the Asia Pacific passenger growth of 5.3%.
- The country's domestic market is dominated by two major Japanese airlines, but their market share has decreased over the past decade.
- The recent surge in low-cost carriers (LCCs) is likely to drive commercial aircraft demand in the future.
- Aiming to increase traffic from the high-growth Asia Pacific region by collaboration with other airlines.



2. Shrinking Supply Chain

- With the aircraft backlog at its peak, manufacturers are expected to ramp up production rates, hence, driving growth in the sector. However, manufacturers could experience supply chain interruptions as some suppliers may struggle to increase production to keep up with the growing backlog.
- OEMs continued to put pressure on suppliers to reduce costs and increase production rates, which, in turn, pushed many suppliers to consolidate for scale, cost-effectiveness, and higher negotiating power.
- This trend is likely to continue as OEMs focus on expanding their margins.
- Megadeals as bigger players focus on vertical integration.



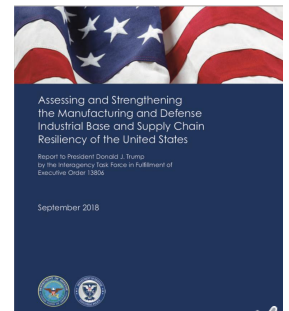
3. Adequate Visibility into Lower Tier

- Setting up Suppliers for Success:
 - building a collaborative environment based on trust.
 - evaluating alternatives for supplier's strategic partnership.
 - respecting lead time to place a PO.
 - practicing a real root cause analysis.
- Implementing Risk Assessment to manage potential supply chain risk.
- Focus on Risk Reduction & Reward Performance.
- Strong Supplier Performance Management by a pre-agreed KPIs Definition.



4. Capitalization with Uncertain Demand

- Billions of USD in investment.
- Long Term Development.
- Additional impacts in the schedule or cost.





4. AFTER COVID-19

2020





Aerospace Impact after COVID-19

- The dramatic drop in demand for passenger air transport due to the COVID-19 pandemic and containment measures is threatening the viability of many firms in both the air transport sector and the rest of the aviation industry, with many jobs at stake:
 - Uncertainty.
 - Social Distance.
 - Lockdowns.
 - Business Volume Reduction.
 - Unemployment.
 - Bankruptcy.



Supply Chain Management

Aerospace Industry

Commercial Aircraft



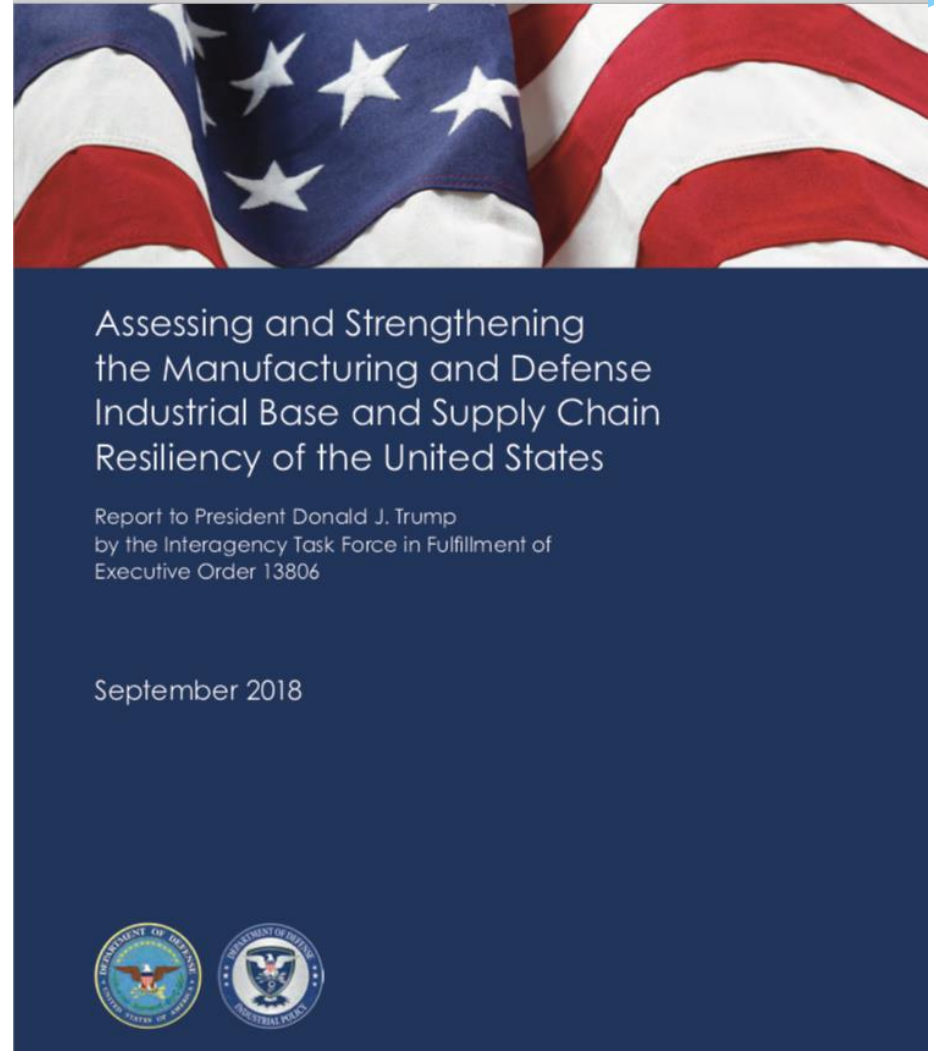
Challenges in the Supply Base



U.S. Manufacturing Base Capabilities and Capacity.

As a Risk to the Industrial Base:

1. Commercial Industry Volumes;
2. Shrinking Supply Chain;
3. Adequate Visibility Into Lower Tier;
4. Capitalization with Uncertain Demand.



New Normal



https://www.rolandberger.com/ja/Insights/Publications/How-the-Covid-19-crisis-is-expected-to-impact-the-aerospace-industry.html

Roland
Berger

専門知識

最新の知見

会社概要

採用情報



> Jobs

THE AEROSPACE INDUSTRY

2020年6月10日

By [Manfred Hader](#), [Robert Thomson](#) and [Holger Lipowsky](#)

Latest update: The coronavirus pushes the airline and aerospace industry into the era of "new normal"

GLOBAL TOPIC

[Managing the Coronavirus Crisis](#)

With its rapid global spread, massive death toll and resultant lockdowns and border closures, Covid-19 has devastated demand for travel globally. Indeed, Covid-19 is a "perfect storm" for the travel sector due to a combination of changes in passenger behaviour, government restrictions on travel, and the broad economic downturn which it seems to have triggered globally.

In our [April 2020 study on Covid-19's impact on aerospace](#), we elaborated on "How we will need to rethink the Aerospace industry", formulating 3 key scenarios for the industry through the crisis and how it may recover.



New Normal Inputs



https://www.rolandberger.com/ja/Insights/Publications/How-the-Covid-19-crisis-is-expected-to-impact-the-aerospace-industry.html



専門知識

最新の知見

会社概要

採用情報



> Jobs

What can aerospace suppliers do to thrive through the crisis?

A clear playbook to master the crisis has emerged – Preparing for the "new normal" is the next priority

I. Crisis Management

Immediate future

- Operational measure: Establish a crisis mgmt. taskforce to manage/monitor crisis response
- Operational measure: Implement hygiene measures, ramp down operations, secure continuity of critical functions
- Operational measure: Secure and monitor ongoing liquidity position
- Operational measure: Monitor health of critical suppliers, and provide necessary support
- Operational measure: Compress spend without destroying the basis to recover
- Operational measure: Ensure commercial continuity and link with the customer

LARGELY DONE

Operational measure Strategic measure

Source Roland Berger

II. Transition

Rest of 2020 & 2021

- Essential focus area now: Revisit and revise corporate strategy to fit with the 'new normal'
- Operational measure: Realign production and supply chain planning in line with revised demand signal
- Operational measure: Begin shifting operations and resources back to new normal mode
- Operational measure: Secure operational ramp-up in a timely and cost-controlled manner in both MAKE and BUY
- Operational measure: Implement "No Regret" resizing and efficiency measures

→ Prepare efficient re-start after crisis

III. "New normal"

2021+

- Strategic measure: Review supply chain strategy and configuration to fit with the defined corporate strategy
- Strategic measure: Assess and revise operating model in line with changes in strategy
- Operational measure: Monitor health and longevity of business & supply chain operations
- Operational measure: Optimise existing footprint in line with changes in industry demand/landscape
- Operational measure: Implement restructuring and operations efficiency programmes

→ Emerge stronger out of the crisis



✓ Review
✓ Revise

Over the past few weeks and months, most suppliers have managed to secure liquidity, manage their workforce, and undergo an effective production ramp-down.

Next, while companies must of course continue managing the key operational basics – keeping an eye on cash flow, tracking demand signals (such as airline



Revise & Review



<https://www.pwc.com/us/en/library/covid-19/coronavirus-impacts-aerospace-and-defense.html>



Operations and supply chain

Issues:

Commercial aircraft producers should expect continued weakening links in their supply chain, as some vendors and suppliers will likely face operational or financial struggles of their own. Brace for continued supply chain bottlenecks, both nationally and internationally.

Because of existing regulations and controls, US defense companies can expect their supply chains to be less vulnerable to global disruptions compared to producers of commercial aircraft.

As in previous downturns, the industry will likely move quickly to cut discretionary and capital spending to support operations. A key question for all A&D companies will be: Do you have the financial reserves to successfully ride out — or even capitalize on — the tumult in the industry?

Steps to consider:

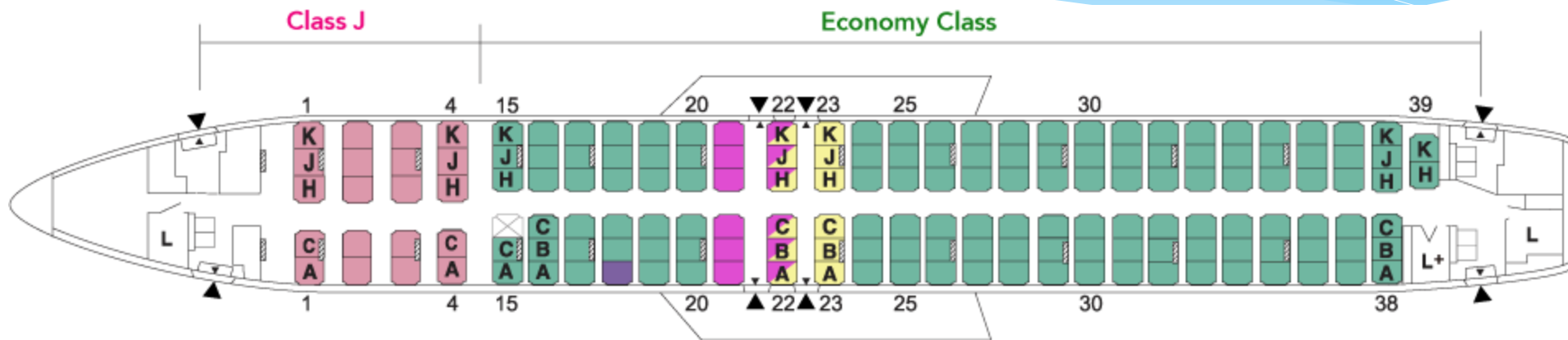
- Gain a keener, more real-time situational awareness of your supply chains. Assess all links in your supply chain and identify potentially weak ones — especially in geographies now affected and those that are prone to be impacted by COVID-19.
- Prepare for supply chain pivots that could mean identifying alternative suppliers.
- Improve your supply chain visibility and lines of communication to help detect and remediate potential problems early. If you don't have digital supply chain transparency solutions in place, create greater transparency through daily self-reporting with all critical suppliers.
- Keep an open and regular dialogue with your suppliers and customers on how they're being impacted by COVID-19 and how their experiences could affect your business.
- Seek alternatives that allow you to preserve relationships, co-create solutions and sustain both businesses. It's possible that a third-party provider may prove to be a critical point of failure in creating a response to COVID-19.



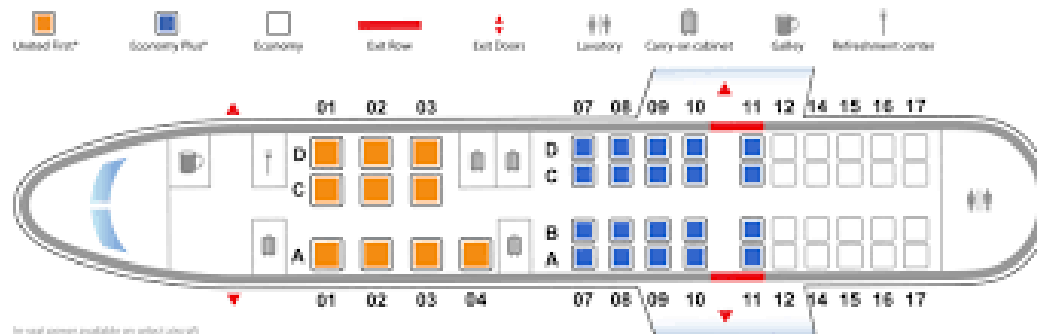
“New Normal”



[5] Boeing 737-800



[6] Bombardier CRJ 900



Source:

[5] www.being.com

[6] www.bombardier.com



“New Normal” (2/2)



Social Distance



Implications:

- Cost Increase.
- New certification.
- Evacuation procedure.
- Extra weight.
- Less Passengers.



5. Opportunity or Threat?



STOP **COVID** **19**



Aerospace Industry

Commercial Aircraft

Connectivity and mobility are essential to humanity, this unprecedented crisis calls for a stronger action in support of the aviation sector's transformation than there has been to date.



Aerospace Industry

Commercial Aircraft

Besides COVID-19:

- The aviation industry's contribution to economic growth is well recognized.
- While already subject to intense and increasing global competition, there is now an urgent need to address the developing climate emergency.
- To avoid jeopardizing its role and foregoing the benefits to citizens, the aviation sector has a duty to act:
 - A new breed of aircraft with entirely new configurations allowing significantly lower environmental impact will be required strongly amplifies the issue of aviation's emissions and its impact on the environment and climate.
 - Research indicates that of aviation's emissions, CO₂ and NO_x form the sector's main contributors to global warming, even if other emissions species contribute as well.



First Things, first...

Product Strategy



Segment Defined



Budget



Concept



Conception Phase



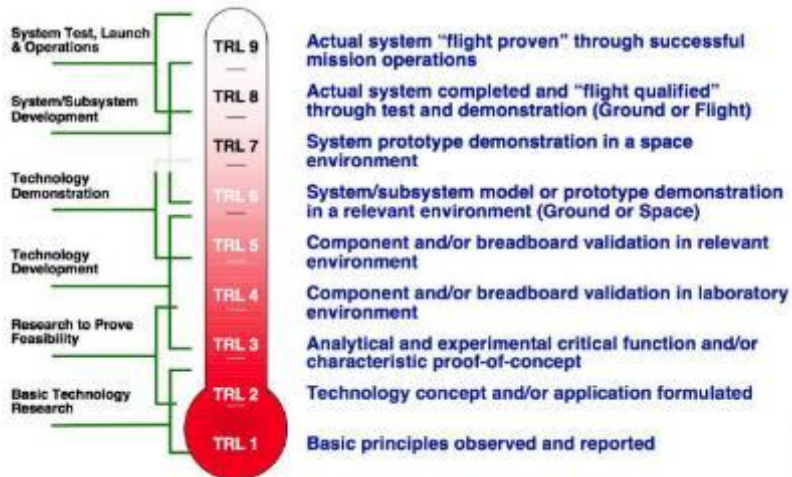
Project Study



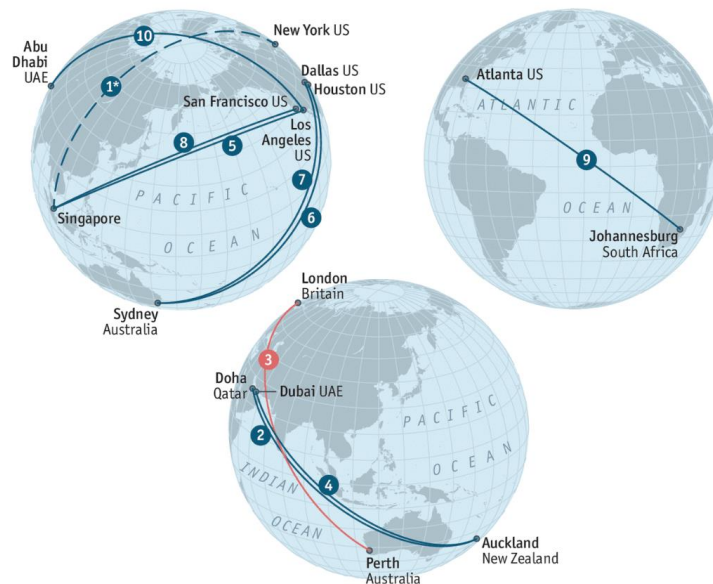
Project Concept

Product Strategy

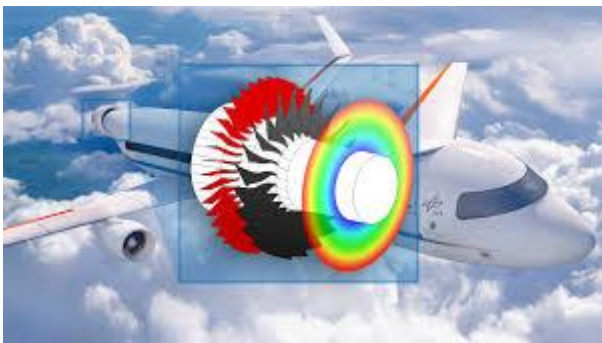
NASA/DOD Technology Readiness Level



Segment



Budget



Rank	Route	Airline	Distance (km)
1	Singapore-New York*	Singapore Airlines	15,345
2	Doha-Auckland	Qatar Airways	14,556
3	London-Perth	Qantas Airways	14,500
4	Dubai-Auckland	Emirates	14,201
5	Singapore-Los Angeles	United Airlines	14,114
6	Sydney-Houston	United Airlines	13,993
7	Sydney-Dallas	Qantas Airways	13,805
8	Singapore-San Francisco	United/Singapore	13,593
9	Atlanta-Johannesburg	Delta Air Lines	13,581
10	Abu Dhabi-Los Angeles	Ethihad Airways	13,502

Sources: FlightAware; OAG Economist.com

*Route planned for later this year; a similar route ran from 2004 to 2013



6. Strategies



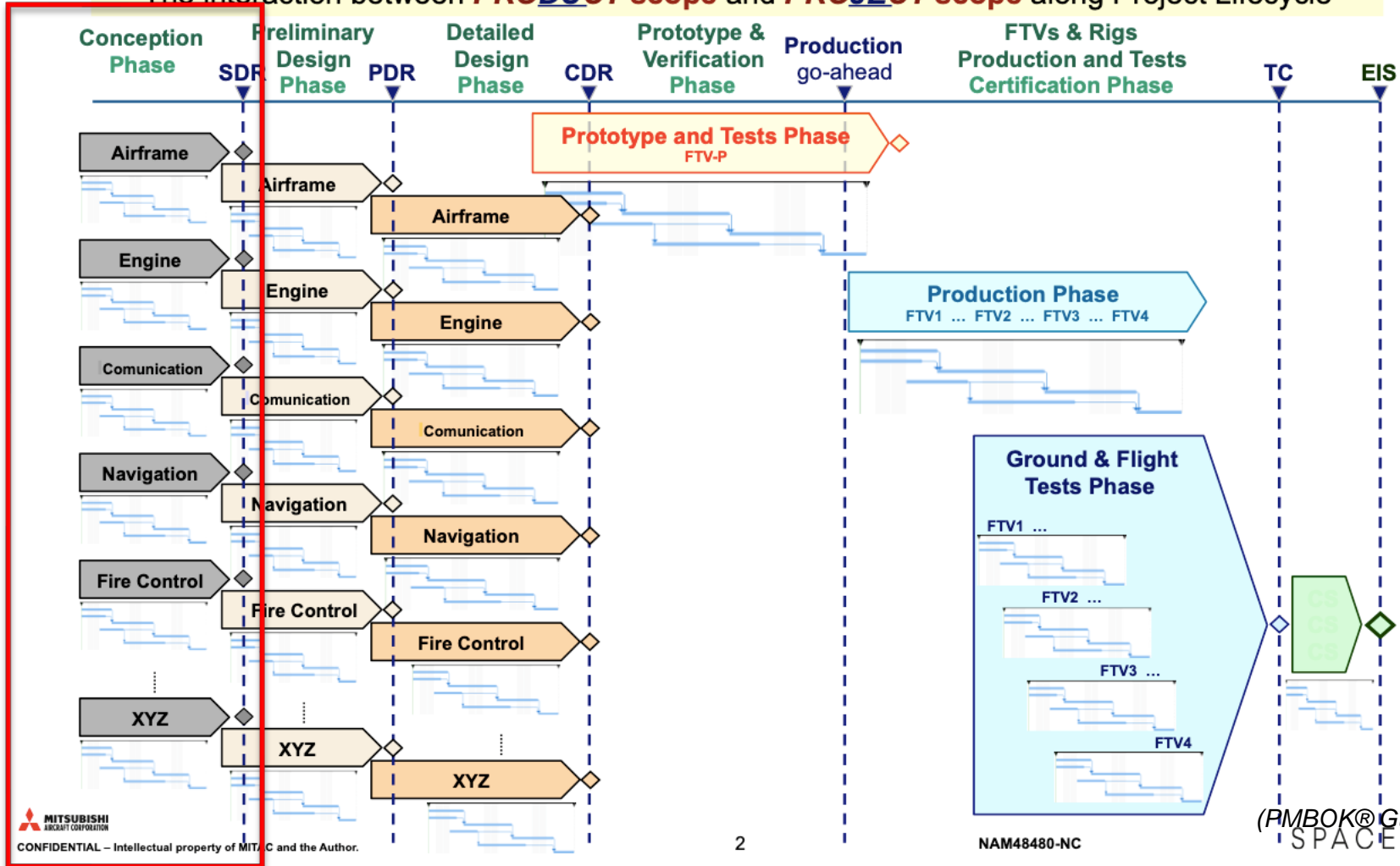
Strategy 1: Supply Chain Management

Multiproject Management (Program and Portfolio)

Multiproject Scheduling for Aircraft System Development Integration

The interaction between **PRODUCT** scope and **PROJECT** scope along Project Lifecycle

SCM ENGAGEMENT



Supply Chain Management

- Deals with ways to effectively use information and communication technologies to support supply chain, which can lead **to benefits for all participants** in the supply chain.
- Aims to build a **competitive infrastructure**, ensuring synchronization of supply with demand and performance measurement.
- It is an action based on the **integration of organizational units** that make up the supply chain and coordinating material, information and financial flows in order to meet requirements from the perspective of end users throughout the supply chain and increase the competitiveness of the supply chain.
- Every step of the supply chain there is a requirement for **Traceability and Compliance**.





Value Proposition

- ✓ It should explain what the business will offer, who will buy it and why.
- ✓ Is it Viable?
- ✓ Is it Sustainable?

Get Board Approval



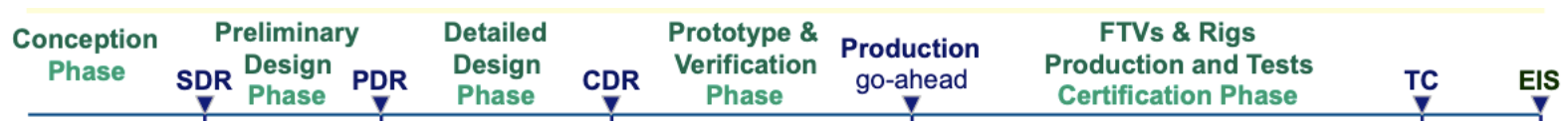
Defining SCM Scope in the WBS

(Work Breakdown Structure)

When the project is initiated, the project team will focus on defining the overall scope for the product and project in WBS.

The project team must develop a plan to deliver the product and its deliverables.

Then proceed through phases to execute the plan within that scope.[1]



Strategy 2: Collaboration in the Selection Process



C
O
L
L
A
B
O
R
A
T
I
O
N

YEAR 0 CONCEPT
M0
▲ 1. Set Based Design. 2. Technologies Defined. 3. Bidder's Defined. 4. NDA Signed. 5. Contract & Exhibits concluded. 6. Technical MOA Concluded. 7. Commerical MOA Concluded.

During Conception Studies:

- * Invite Bidders for a Collaborative Study for a certain period of time.
- * Best Technical TRL Solution.
- * Market Standard Terms and Conditions.
- * Bidder's adherence to the business model (**PMD**) and contract (**SCM**);
- * Bidder's performance during collaborative phase.

Outcome:

- * The final deliverable from the team is a contract negotiated ***** NOT SIGNED *****, which includes a detailed specification with associated drawings that clearly define all characteristics, requirements and systems.

Collaboration During Selection Process

- * A **collaboration** involves cooperation in which parties are not necessarily bound contractually.
- * There is a relationship, but it is usually less formal than a binding, legal contract and responsibilities may not be shared equally.
- * A collaboration exists when several people pool their common interests, assets and professional skills to promote broader interests for the common benefit.
- * The most important thing to remember is:

Organizations don't collaborate – **people** collaborate.



Strategy 3: Contract Management Process

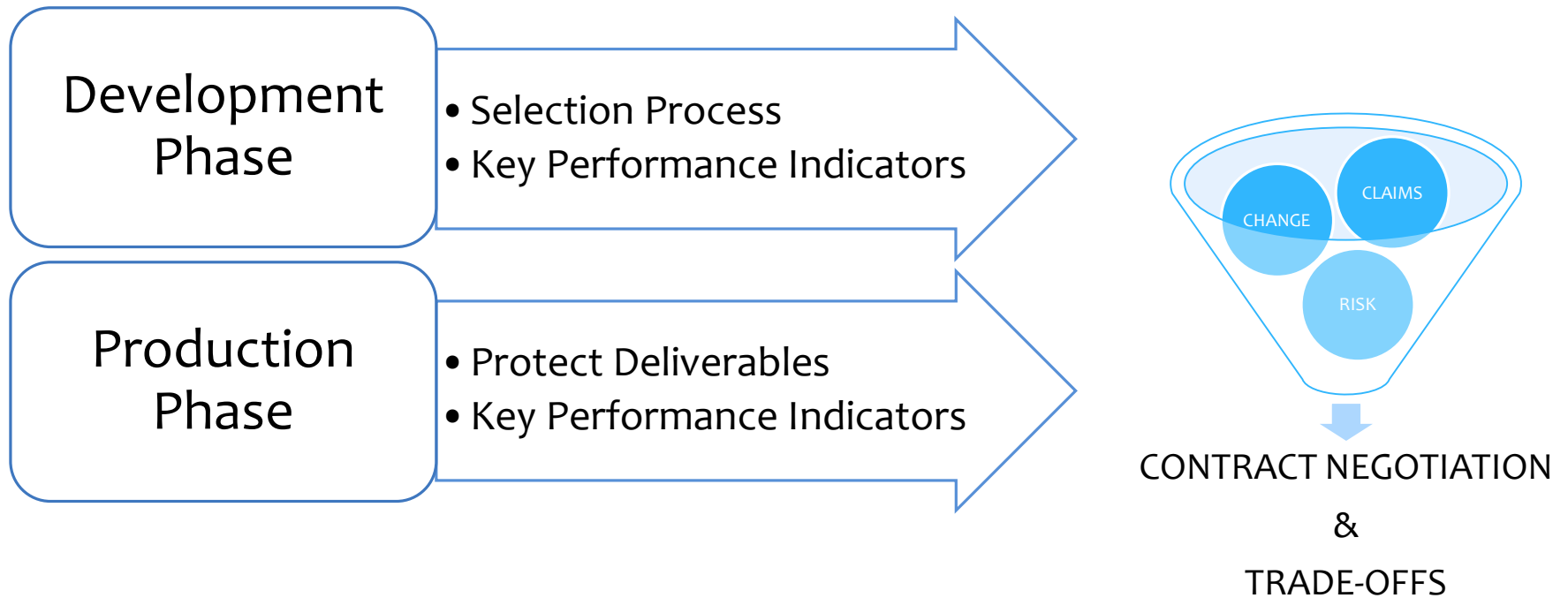


Contract as Strategy

- Maximize results following Market Standards.
- Must follow the premises and Operational Directives from the Business Plan.
- Product Strategy as innovative solution.
- Collaborative Selection Process.
- No obligation to launch the program, minimum sales or schedule;
- Avoid providing Exclusivity:
 - Funding return conditions, in case it happens.



Supply Chain Management Procurement



Business Plan

SCM is the face to the Supplier.
SCM represents all departments inside a company.



*Develop a **collaborative** network to create better solutions for the Aircraft and services, explore new opportunities and so increase business margins to all stakeholders while improving customer results with enhanced performance and lower operating costs.



SCM Role in the Business Plan

1. Executive Summary: Commercial Aviation Marketing, Product Strategy and Segmentation, Investment, etc;
2. Business Strategy: Product Development, Manufacturing & Quality, SUPPLY CHAIN, Aftermarket and Sales;
3. Financial Analysis: Volume, Recurring and Non-Recurring Costs, Cash Flow, Financial Indicators/Indexes, Sensitive Analysis;
4. Company Impacts: Image, other business, Human Capital, Infra-Structure, Profit & Value;
5. Risk Assessment: Market, Product, Schedule, SCM, Aftermarket, Manufacture, Costs;



Strategy 4: Escalation Formula (1/2)

Financial Hedge Strategy

- ✓ BLS indexes.
- ✓ Escalation Formula.
- ✓ Business Plan Approval.

An official website of the United States government [Here is how you know](#) ▼ United States Department of Labor

U.S. BUREAU OF LABOR STATISTICS

Follow Us [Twitter](#) | [Release Calendar](#) | [BLC](#)

Search BLS.gov

HOME ▼ SUBJECTS ▼ DATA TOOLS ▼ PUBLICATIONS ▼ ECONOMIC RELEASES ▼ CLASSROOM ▼ BETA ▼

Announcements

Bureau of Labor Statistics Security Statement [Full Story »](#)

BLS COVID-19 Questions and Answers Updated January 12, 2021 [Full Story »](#)

JAN 12 **Job openings and hires little changed in November; total separations increase**
Job openings were little changed at 6.5 million on the last business day of November. Total separations increased to 5.4 million; hires were little changed at 6.0 million.
[HTML](#) | [PDF](#) | [RSS](#) | [Charts](#)

01/08/2021 **Payroll employment declines by 140,000 in December; unemployment rate unchanged at 6.7%**


01/05/2021 **Nov. jobless rates up over the year in 386 of 389 metro areas; payroll jobs down in 242**

12/22/2020 **Civilian workers spend 4.25 hours of the workday standing in 2020**

12/18/2020 **Nov. jobless rates down in 25 states, up in 7; payroll jobs up in 17 states, down in 3**

[All Releases »](#)

BEYOND THE NUMBERS



A look at employer-provided bonuses

This article examines the types of businesses that provide nonproduction bonuses and which employees have access to them. [read more »](#)

1 2 3 4 5

LATEST NUMBERS

Consumer Price Index (CPI): +0.2% in Nov 2020

Unemployment Rate: 6.7% in Dec 2020

Payroll Employment: -140,000(p) in Dec 2020

Average Hourly Earnings: +\$0.23(p) in Dec 2020

Producer Price Index - Final Demand: +0.1%(p) in Nov 2020

Employment Cost Index (ECI): +0.5% in 3rd Qtr of 2020

Productivity: +4.6%(r) in 3rd Qtr of 2020

U.S. Import Price Index:

GEOGRAPHIC INFORMATION »

REGIONAL HOMEPAGES

BLS offers many types of data for regions, states and local areas. To browse for available information, visit the regional pages to the right or use the economic news release finder below.

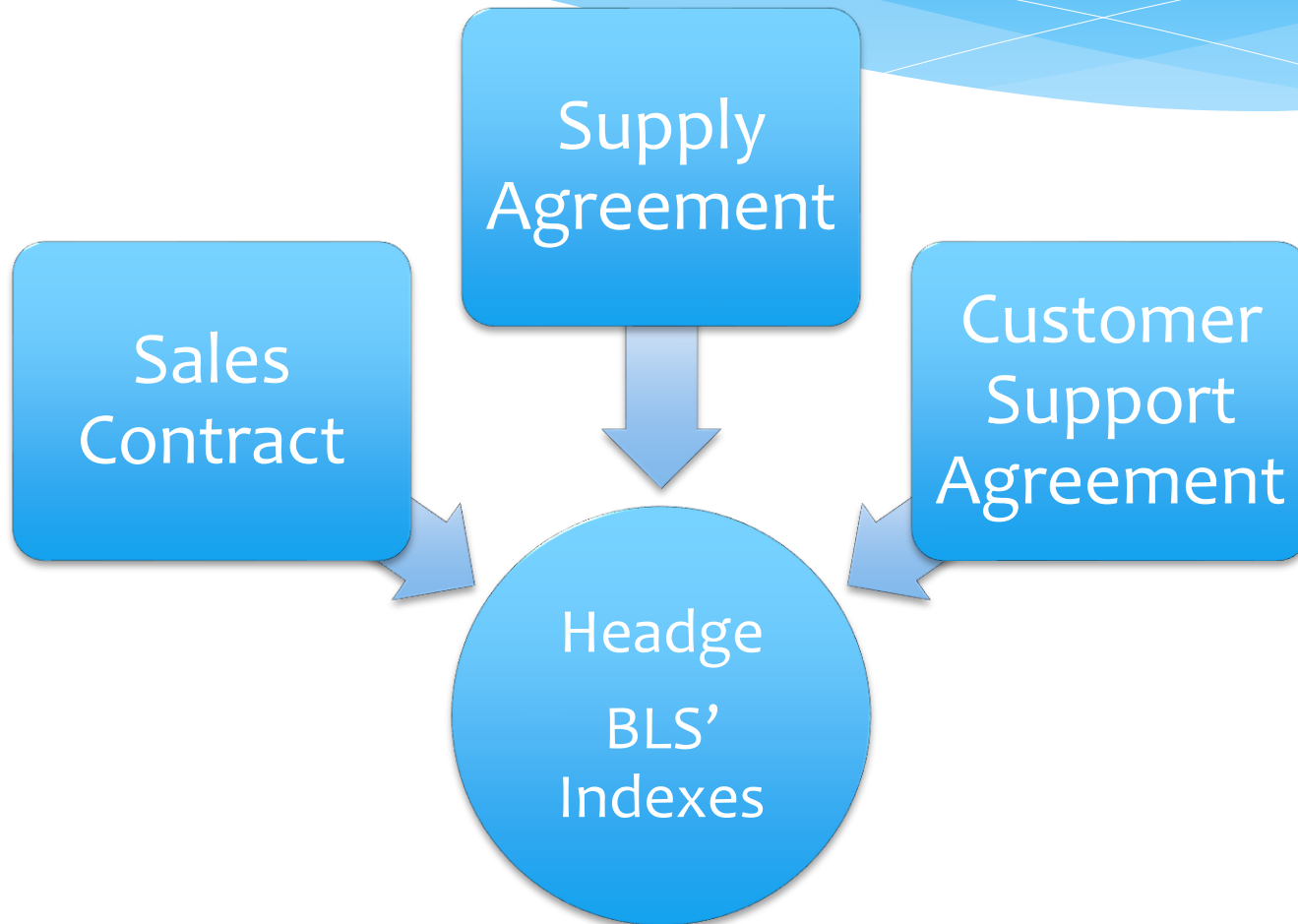
Economic news release finder

Choose a State [GO](#)

Choose a Subject [GO](#)

NEW ENGLAND
NEW YORK - NEW JERSEY
MID - ATLANTIC
SOUTHEAST
MIDWEST
SOUTHWEST
MOUNTAIN - PLAINS
WEST

Escalation Formula as Strategy (2/2)



Strategy 5 Customer Support

It is a contract inside another contract.

- 24/7/365 Services.
- High system reliability and quick return to service.
- Material, services and support promptly and globally available.
- Easy to operate and maintain systems, with no demand for specialized resources.
- Comprehensive aircraft condition monitoring.



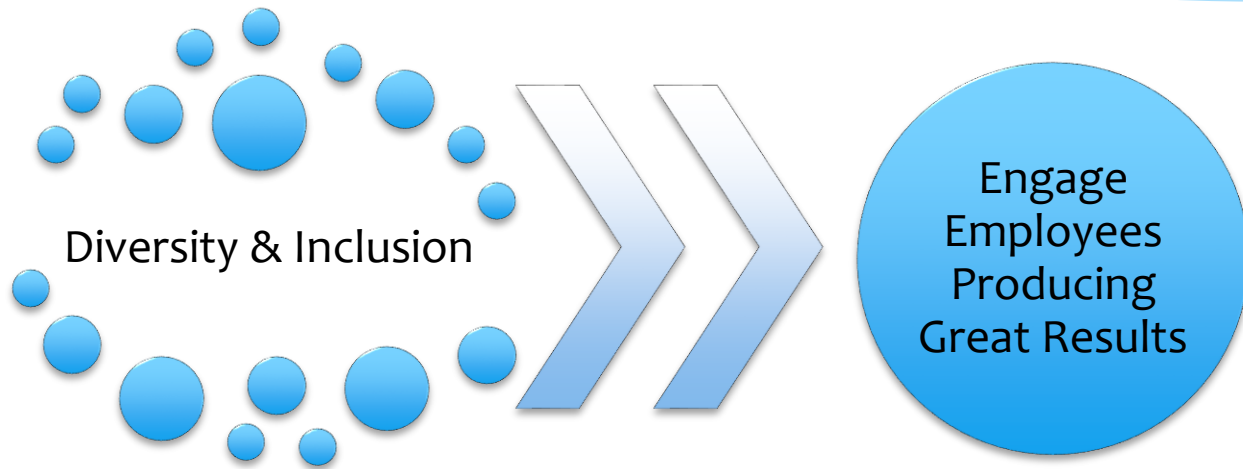
7. Industrial Base Workforce



Industrial Base Workforce Challenges 1/2

- Diminishing Trade Skills – (Negotiation).
- Growth & Market Forces Driving Broad Opportunities Across Industries.
- Retention Strategy.
- Attract & Retain a Quality Workforce with Changing Demands.
- Strong partnerships with Colleges and & Local High Schools.

Industrial Base Workforce Challenges 2/2



Treat your Employees
in a Way to make
them want to Stay

Being Valued and
Having Opportunity
to Grow.



THANK YOU!

