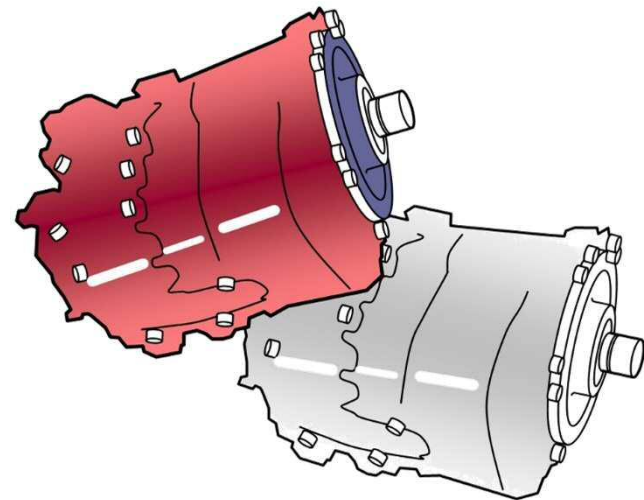


2020年度  
航空機ビジネスプロフェッショナル養成講座

## 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

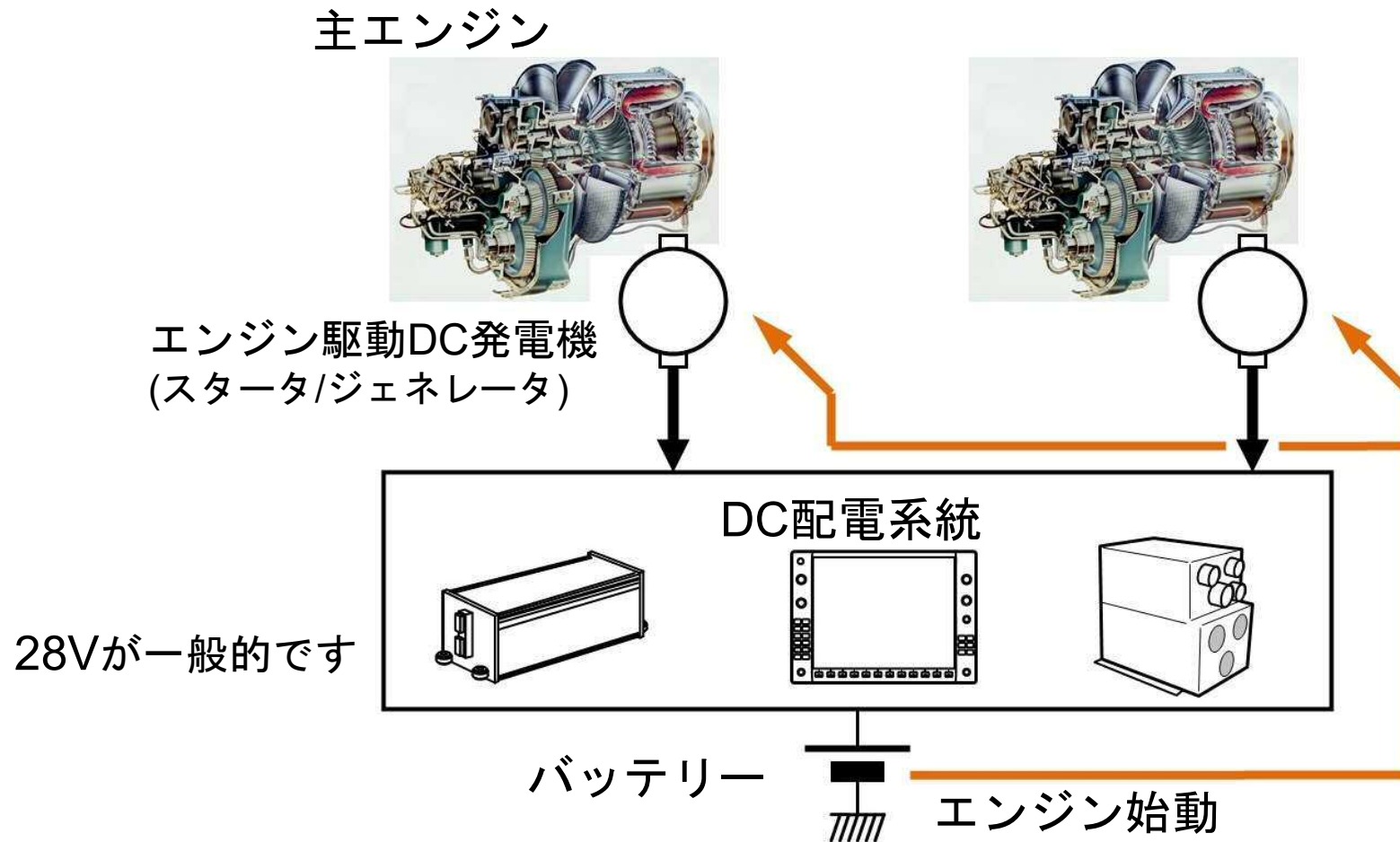
電力 (発電機)

⇒ 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

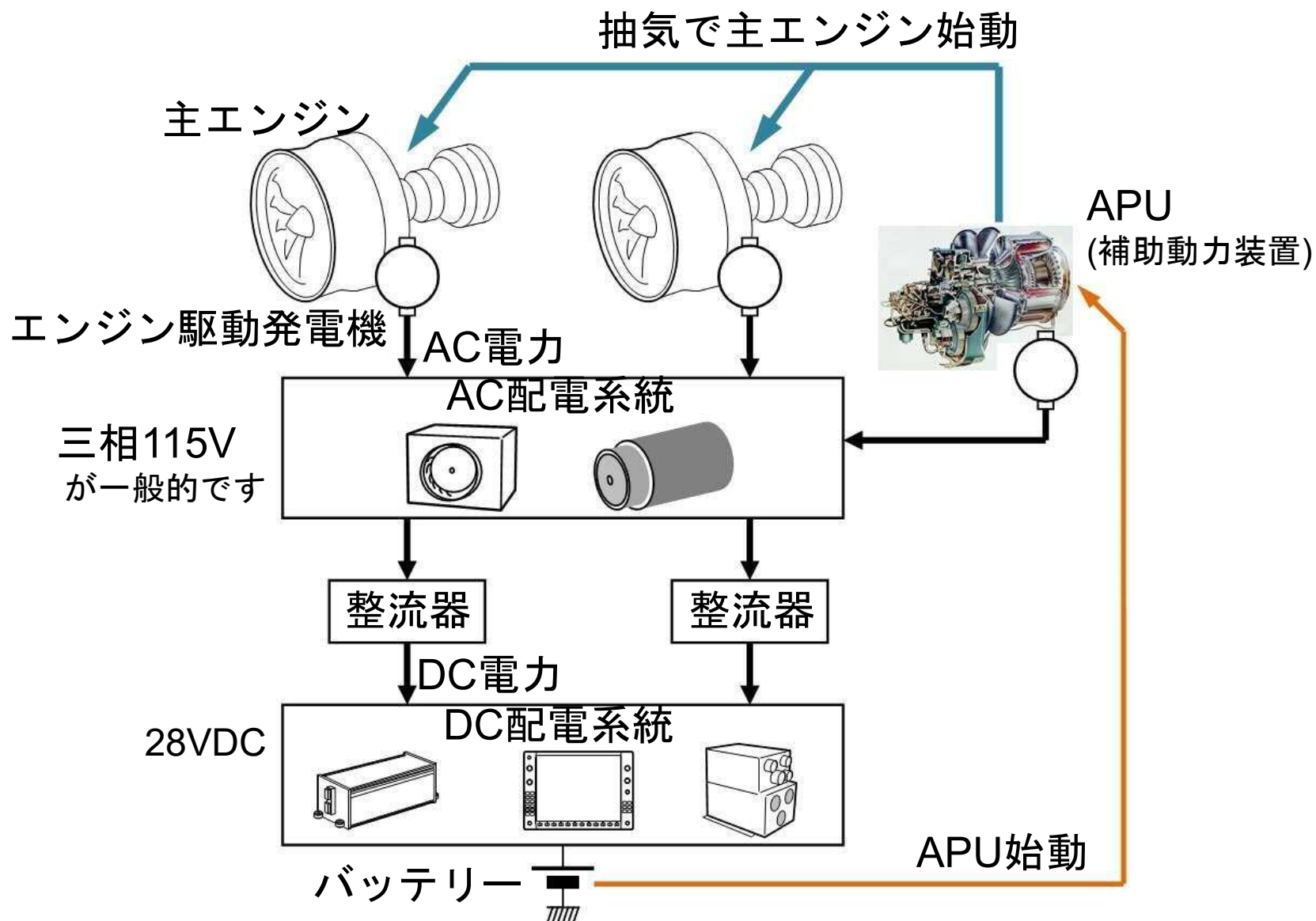
### 電源系統

DC電源 …… 小型機に多く見られる電源システム



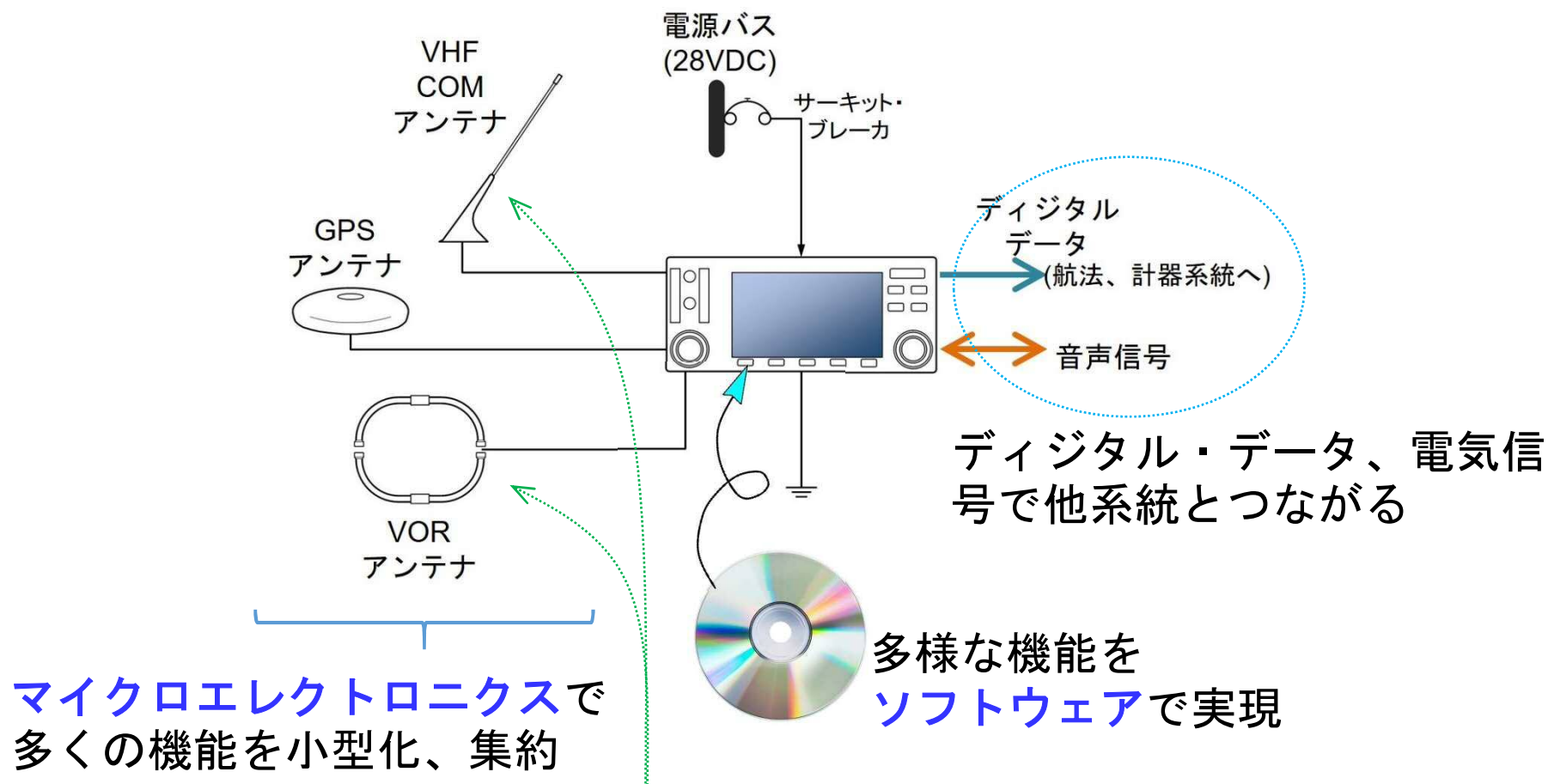
## ■ 航空機システムとアビオニクス 電源系統

AC電源 …… 大型機に多く見られる電源システム



## ■ 航空機システムとアビオニクス

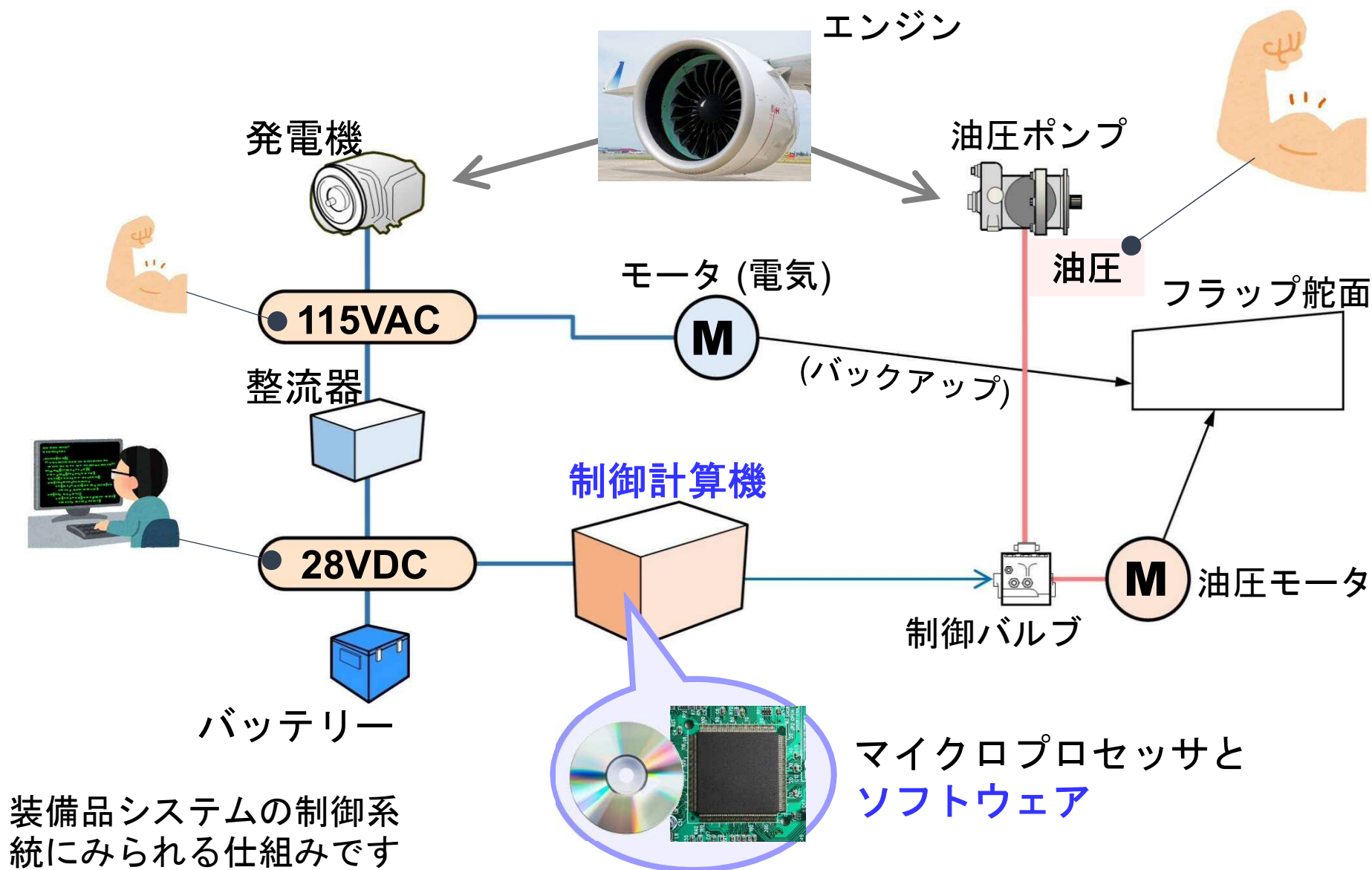
### 電力を利用する系統 — GPS受信機の例



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

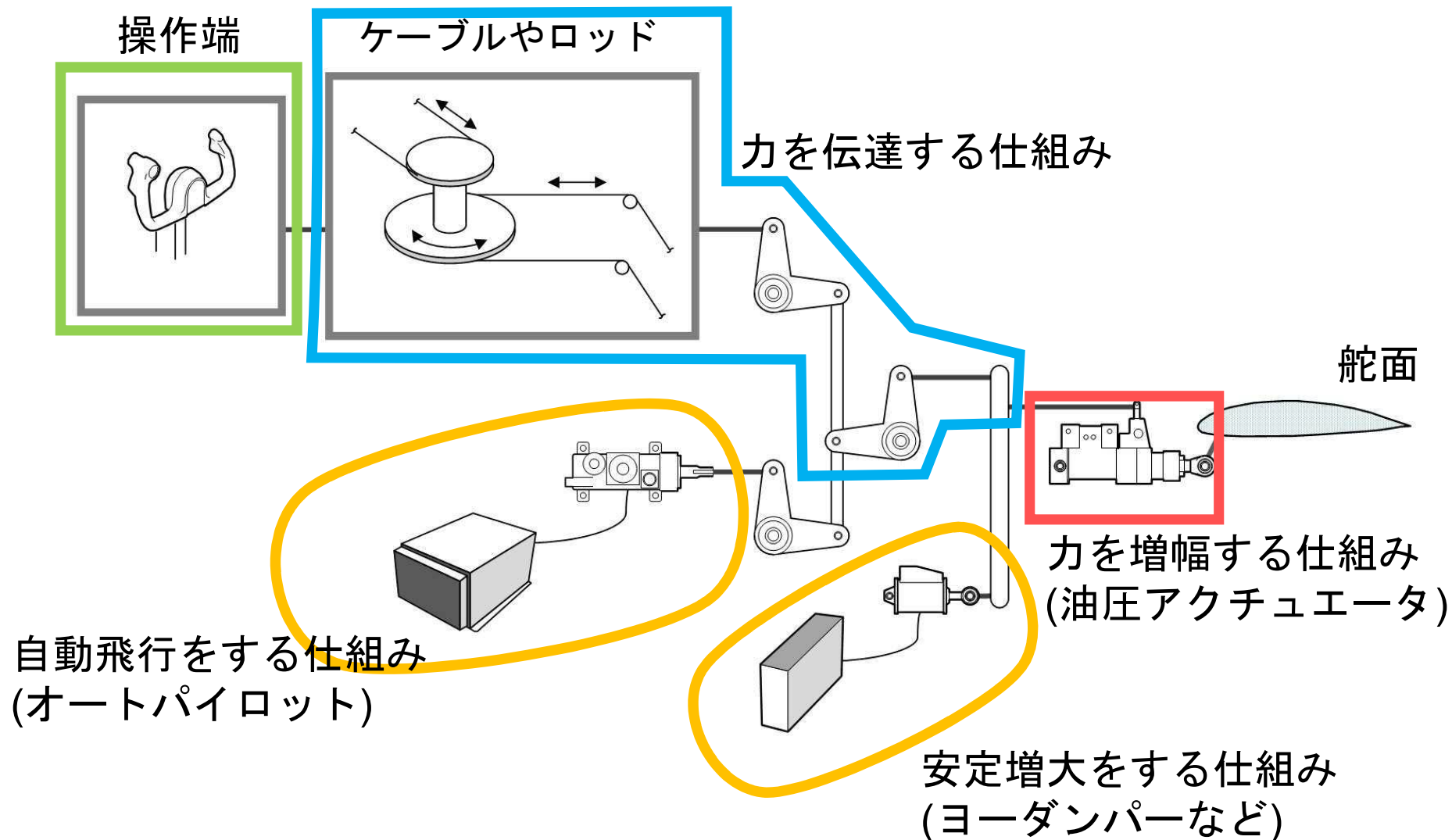
動力源を組み合わせる利用する系統 —フラップ系統の例



## ■ 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)

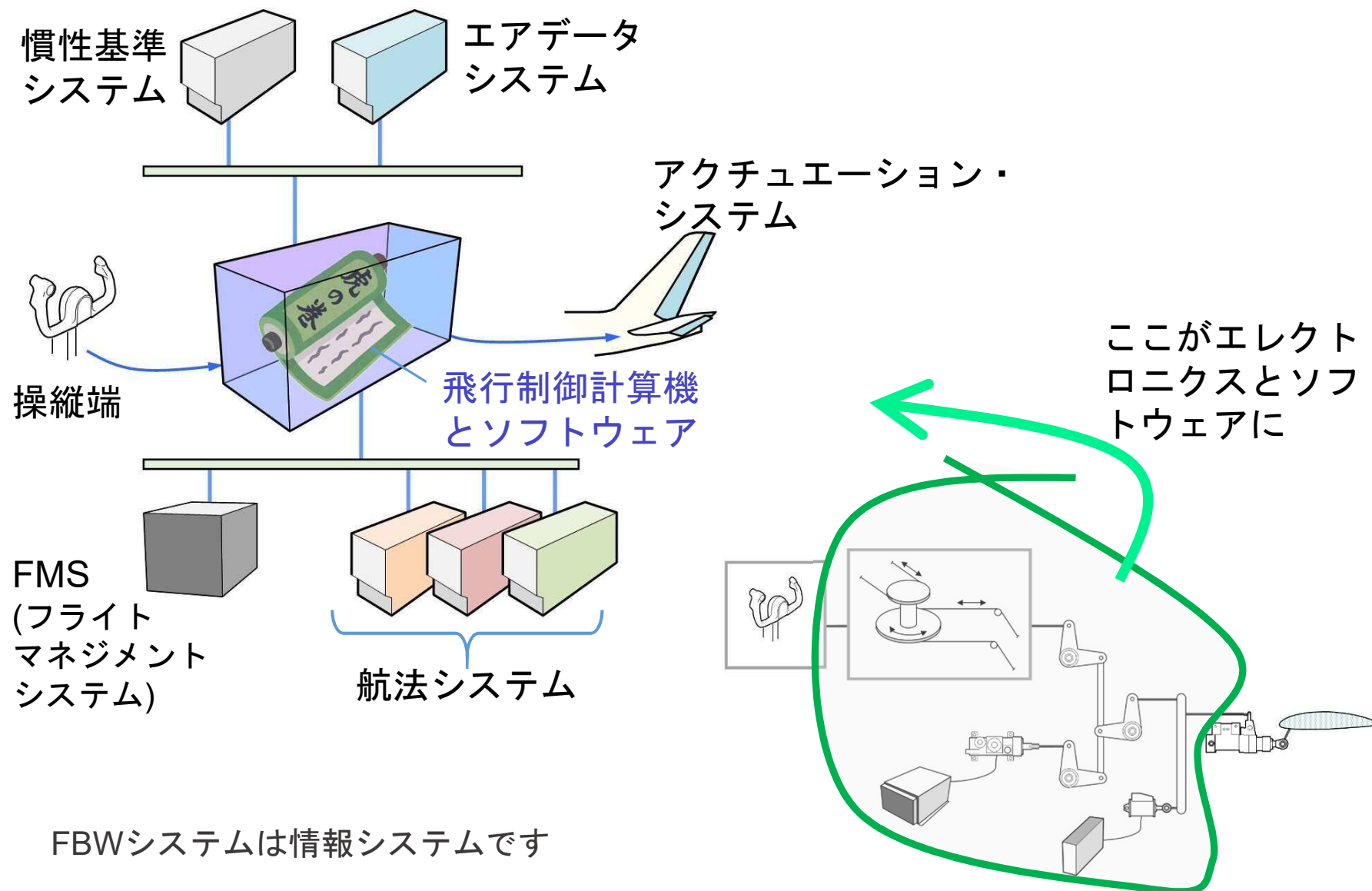


複雑な機械仕掛けが使われていました



## ■ 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

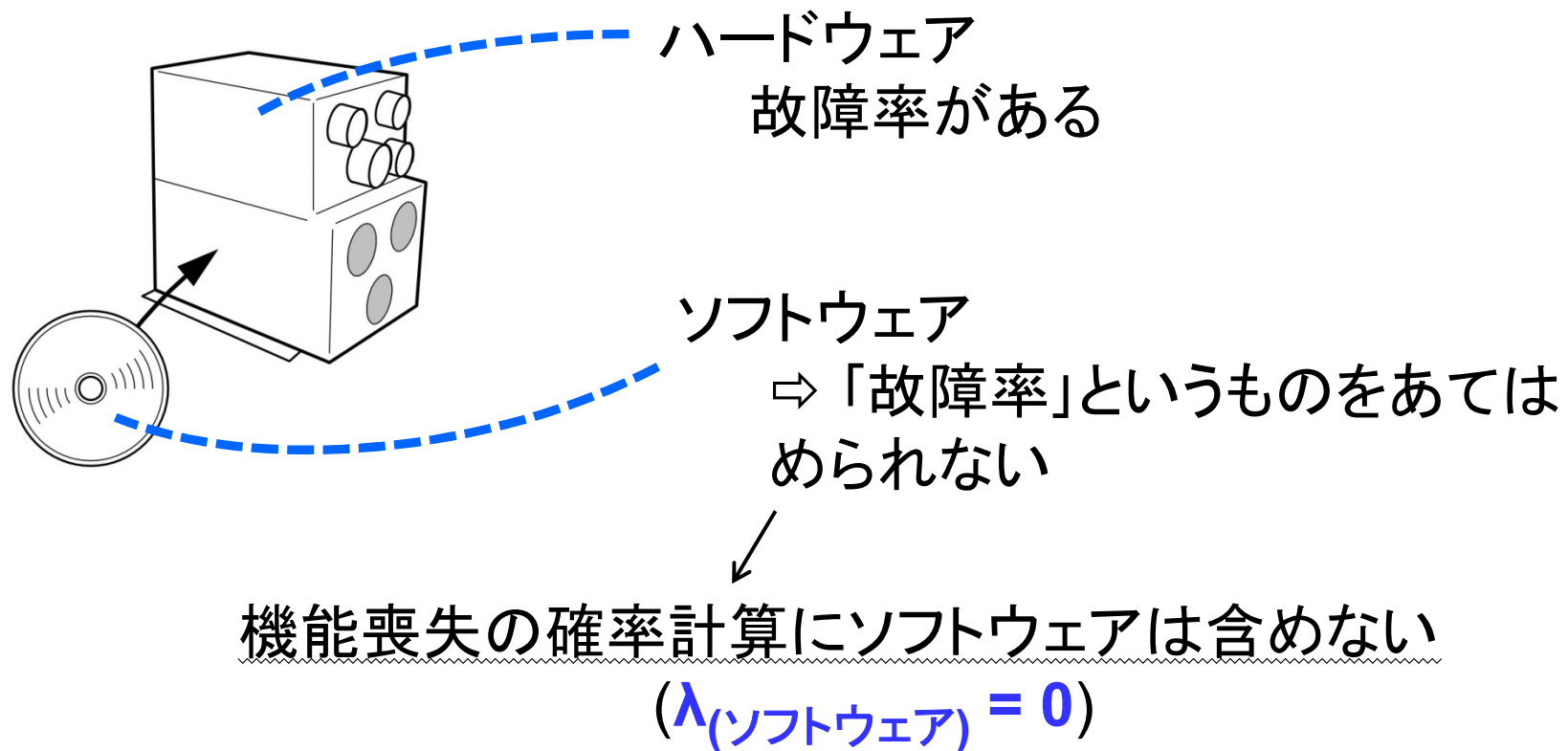
**$10^{-9}/h$** 以下

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

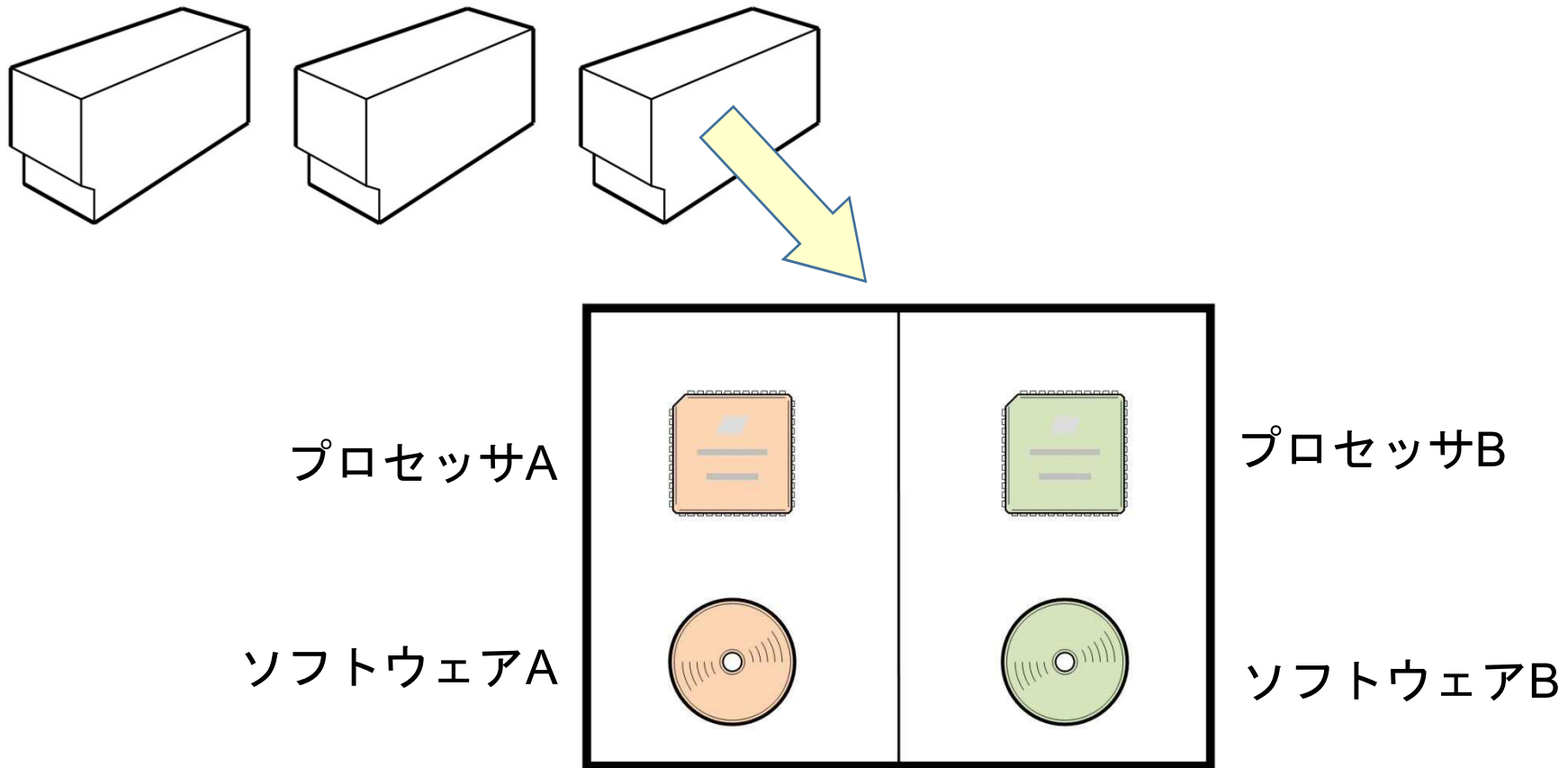
「操縦系統故障による機体や人命の喪失が "Extremely Improbable" (きわめて起こりえない、 $10^{-9}/h$ 以下) な設計」と言いますが...



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

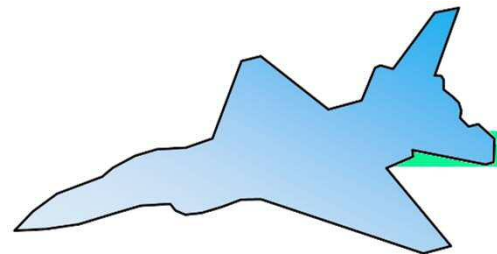
「きわめて起こりえない」 のもう一押し



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**

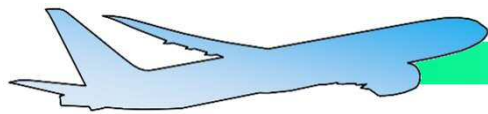
## ■ エレクトロニクスとソフトウェアで飛ぶ — FBW

### FBW ≡ ヒストリーとチャレンジ



FBWの老舗

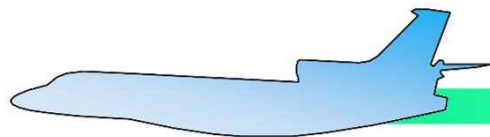
1970年代～ (最初はアナログだった!)



大規模な操縦系統をシンプルに

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

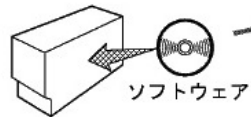
## アビオニクス設計の変化 (1) ⇒ IMA

✓ **IMA** (**I**ntegrated **M**odular **A**vionics) 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。

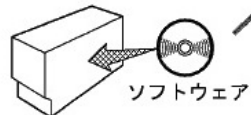
### 従来アビオニクス

機能ごとに「機器+ソフトウェア」

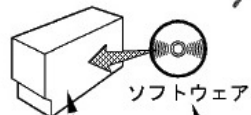
計器系統



エアデータ系統



姿勢・方位基準系統

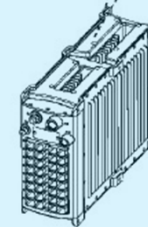
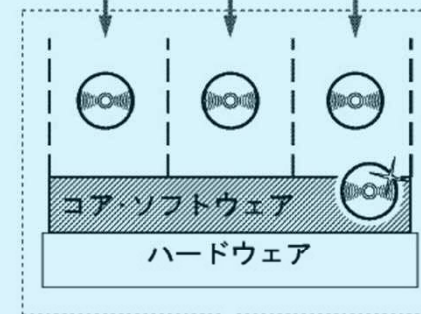


DO-178B 認証

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

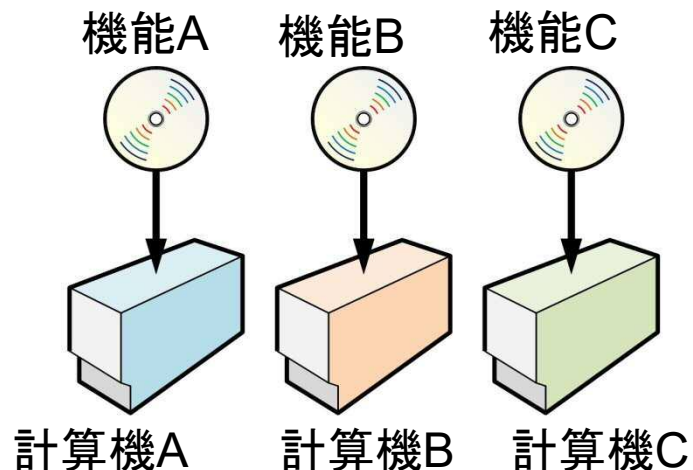
### IMA (Integrated Modular Avionics)

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**

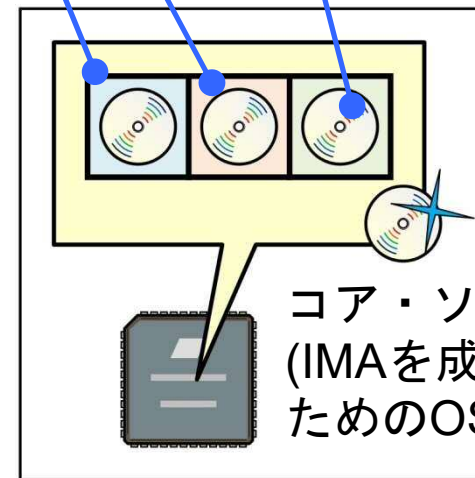
いままで



同等の  
独立性

共有計算リソース

機能Aのアプリケーション  
機能Bのアプリケーション  
機能Cのアプリケーション



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

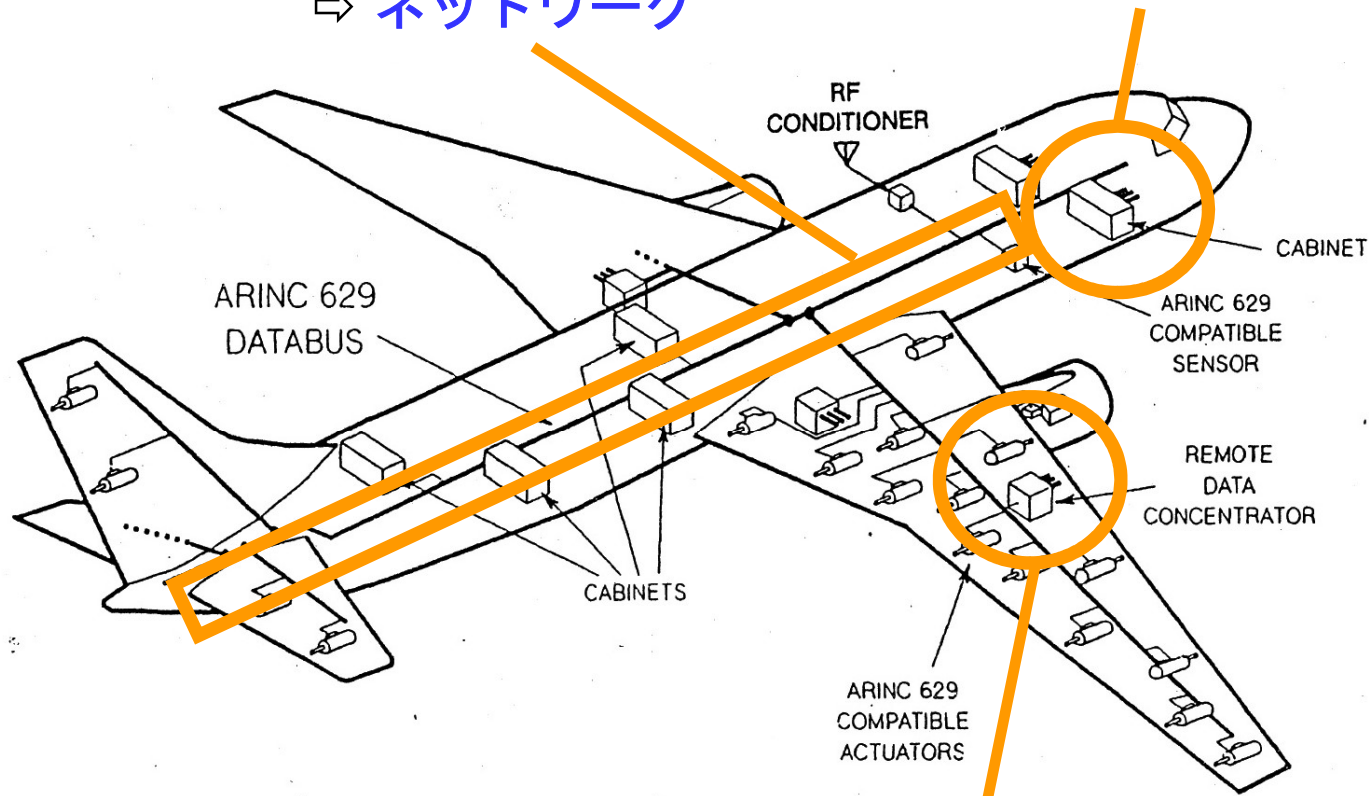


FIGURE 6-1  
FUNCTIONAL DESCRIPTION-EXAMPLE

いまのアビオニクスを特徴づける  
ものが現れています

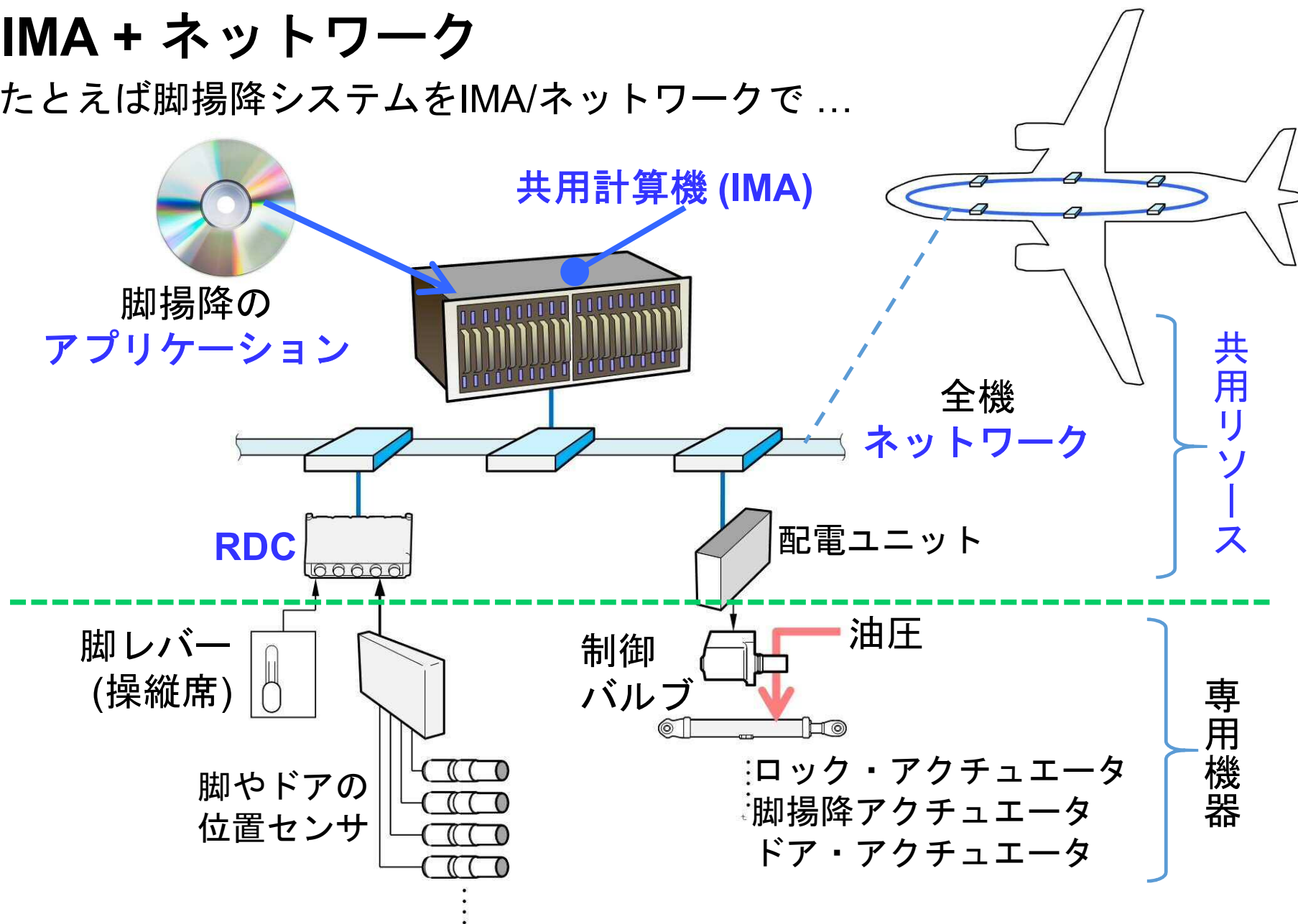
機体各部とデータのやり取りをする  
**RDC** (remote data concentrator)



## ■ ふくらむ、広がる、アビオニクス

### IMA + ネットワーク

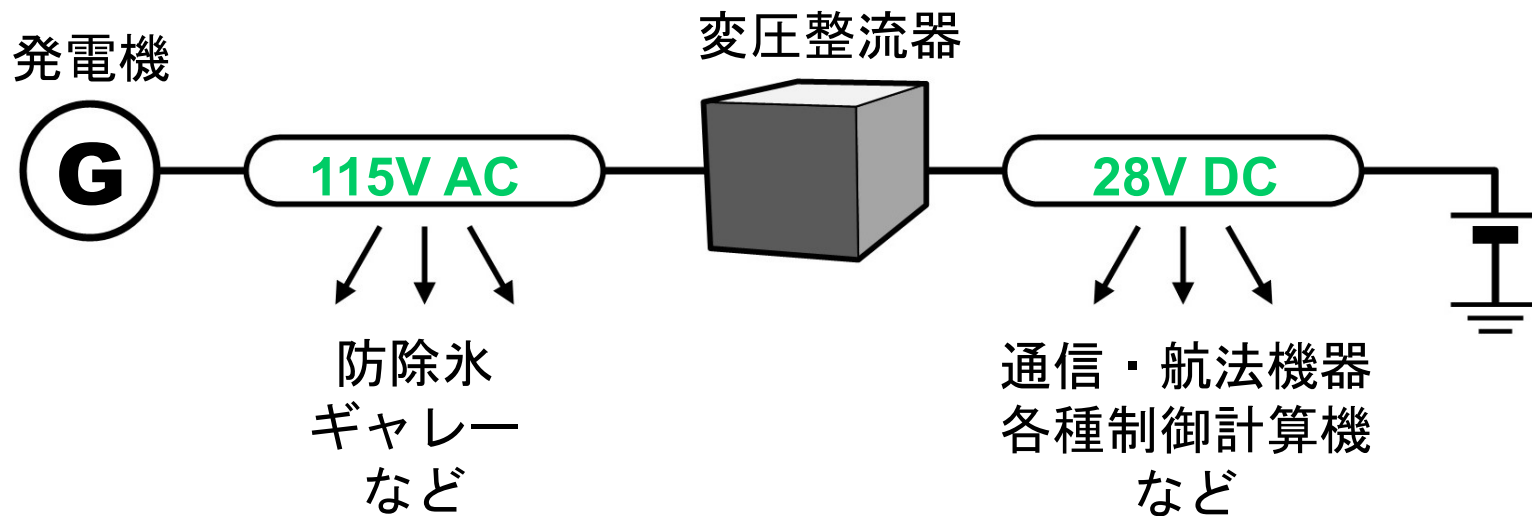
たとえば脚揚降システムをIMA/ネットワークで ...



## ■ 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)

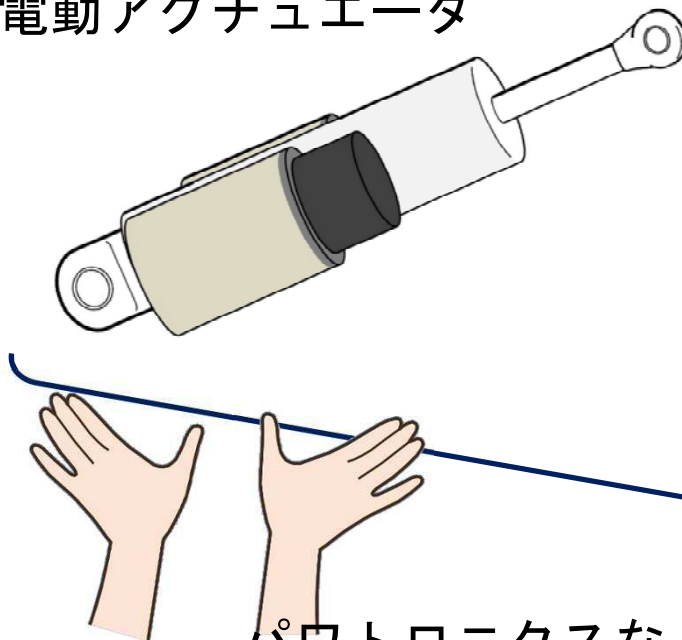


抽気

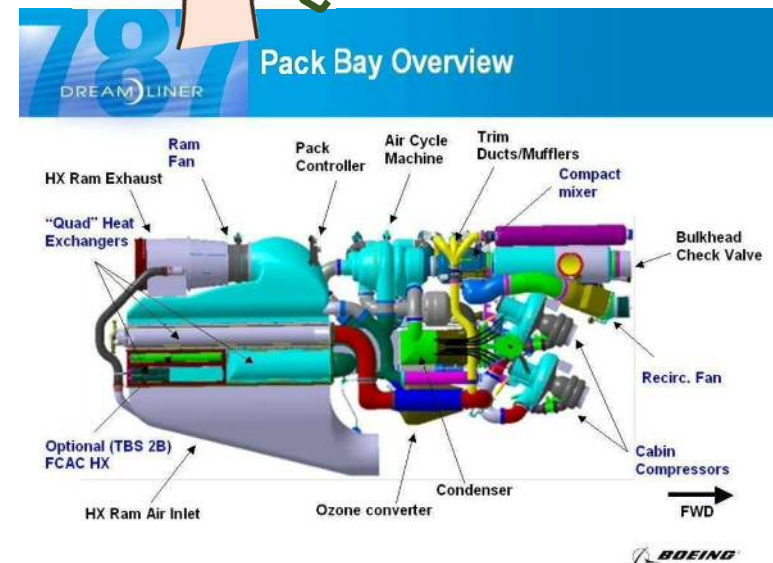
空調・与圧  
エンジン始動  
など



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