

第二回CHAIN-Xオープンフォーラム
2024年12月3日

航空機の運用・保守におけるDXの活用

航空機整備における予知整備の現状と未来

全日本空輸株式会社
アシスタントマネージャ
整備センター部品事業室装備品整備部FDCグループ
重富 貞成



- 1. 航空機整備におけるDX動向
- 2. 予知整備の現状
- 3. 具体事例と効果
- 4. まとめ



- 1. 航空機整備におけるDX動向
- 2. 予知整備の現状
- 3. 具体事例と効果
- 4. まとめ

- 航空機整備にとって最大の社会的使命は、**安全・あしんな航空機をお客様に提供すること**
- 特に近代の航空機は高い性能を追求するために、システムが大規模化・複雑化する傾向
- 航空機・地上システムのデジタル化によって**運航を重ねていく中で生成されるデータ量が増加**
- **大量に蓄積した運航データとDX技術の活用**による、航空機整備の効率化や機材品質の向上に取り組む

航空機・部品メーカー



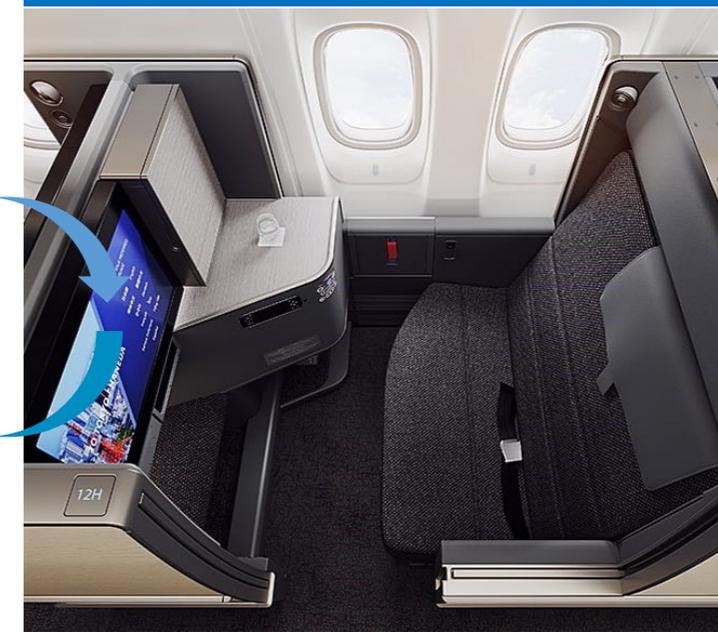
製品設計・製造・改修
整備マニュアルの提供

エアライン（整備士）



整備マニュアルに基づく運航・整備
運航・整備データの蓄積と活用

お客様



安全性・定時性・快適性の
高いフライト

- 1980年代から航空機エンジン向けのHealth Monitoringのコンセプトが登場
- 2000年代に航空機データを整備の効率化のために管理・監視するシステムが登場 (Airplane Health Management)
- 2010年代後半にBigData活用の潮流を受け、メーカー・MRO各社が予知保全ソリューションを相次いで発表

物理モデル（原動機が中心）

物理モデルとデータドリブンの併用



2000s

2010s

2020s

現在

Engine Health Monitoring

Collins Aerospace - *Ascentia*

Boeing - *Airplane Health Management*

Boeing - *AnalytX*

Boeing - *Insight Accelerator*

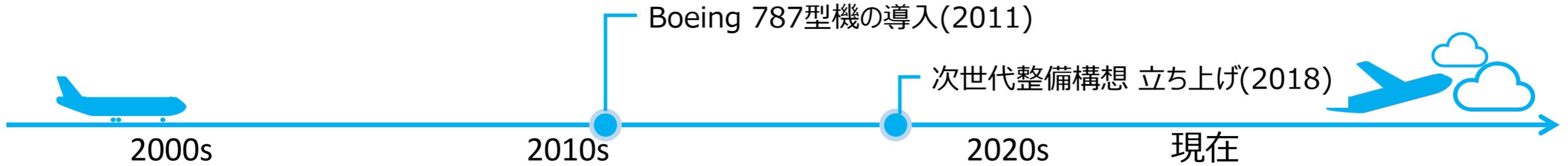
Embraer - *AHEAD*

Airbus - *Skywise*

Lufthansa Technik - *AVIATAR*

AFI KLM - *PROGNOS*

- 従来から**機上システム (ACMS)を活用**したデータ監視を積極的に活用してきた
- Boeing 787型機の導入と事業規模の拡大から**利用可能なデータ量が増加**（表計算ソフトの処理容量を超過）
- データ活用への取り組みを“**予知整備**”として推進するプロジェクトの立ち上げ



機上システムを活用した状態監視

ACMS*によるルールベース監視 / フライトデータを活用したシステム挙動の把握

ACMS: Aircraft Condition Monitoring System

データ活用の文化を
具体的な取り組みへ発展



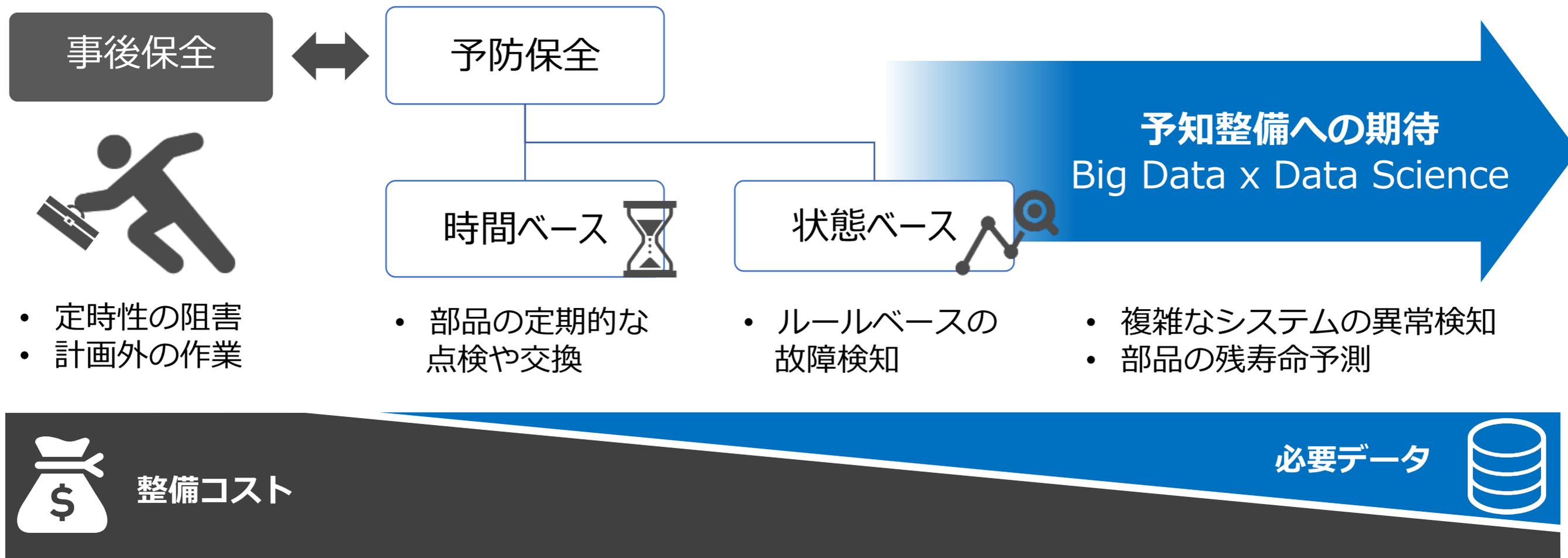
予知保全 × 航空機整備 = 予知整備への挑戦

整備ビッグデータの活用拡大 / 機械学習の活用
によるDXへの挑戦

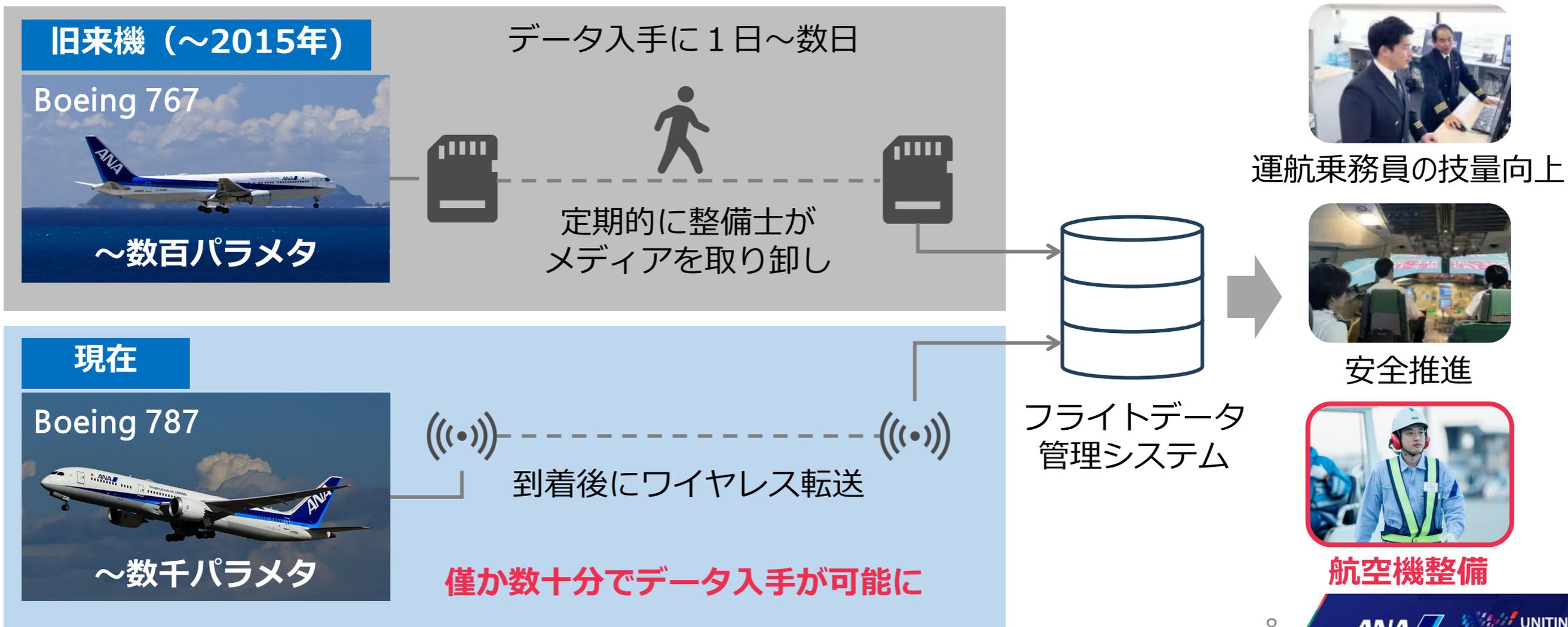


1. 航空機整備におけるDX動向
2. 予知整備の現状
3. 具体事例と効果
4. まとめ

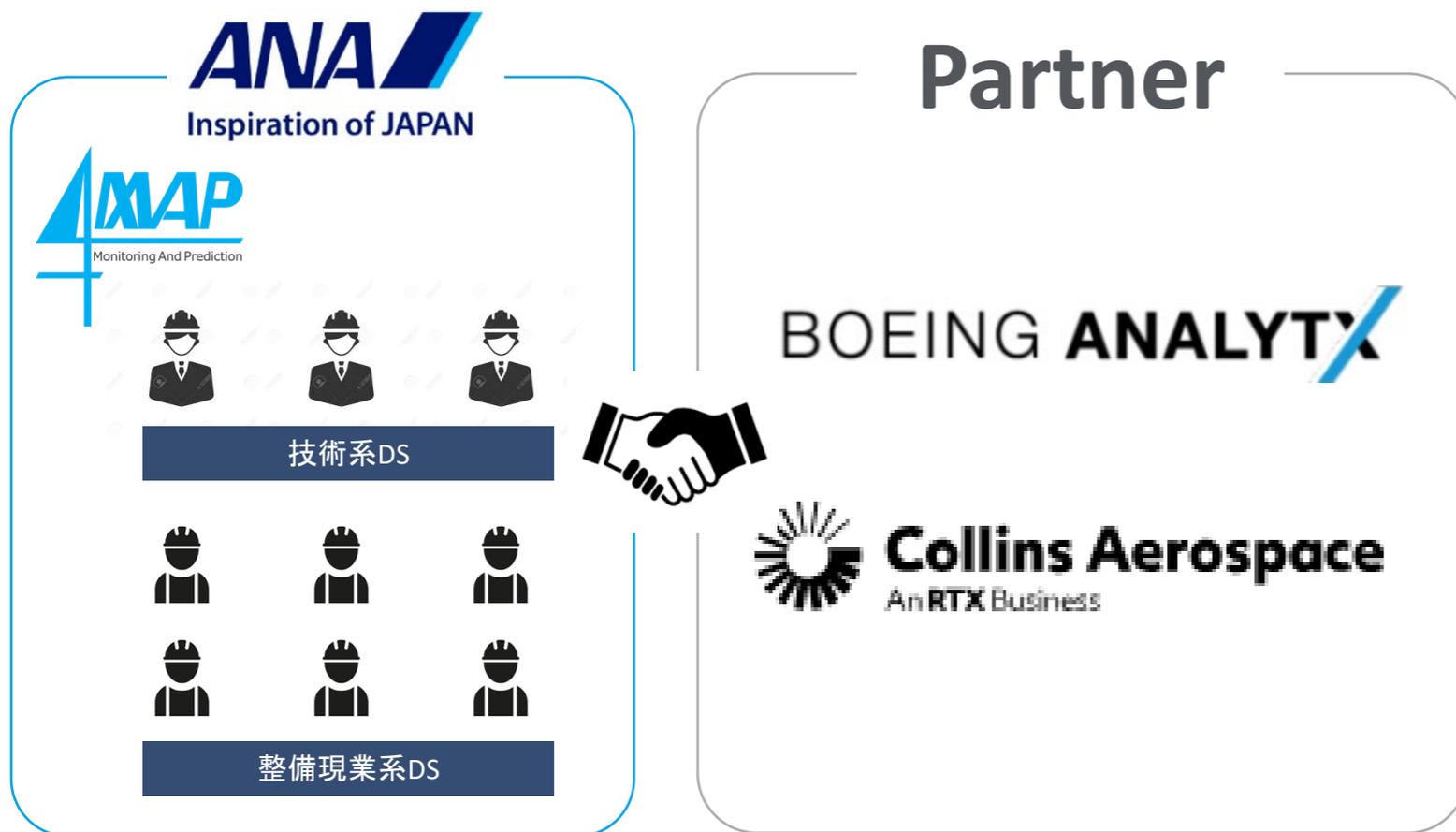
- メーカーのメンテナンス・マニュアルに準拠しつつ、**運航データに分析結果に基づく追加的な整備作業**を設定
- 時間ベース ▶ 状態ベース ▶ 予知整備の順で、**整備コストの低減が期待できるが分析手法も複雑化**する
- 予知整備に期待する効果は、**整備事由による遅延・欠航の防止**である（非計画作業の計画化）



- 既存機ではカード型メディアにフライトデータを記録して、数日おきに地上システムへ取り込んでいた
- Boeing 787以降、**記録可能なセンサーデータの量が飛躍的に増加**して詳細なデータ収集が可能に
- **ワイヤレスでフライトデータを転送するシステム**へ移行（既存機は機体改修で対応）



- 航空機整備（ライン・ドック・原動機・装備品）をバックグラウンドに持つメンバーで構成
- フライトデータの一部はメーカー（Partner）に共有し、**協力しながら状態監視の実用化を進める**
- 問題設定や目的に合わせた最適な分析手法を検討
- エンジニアの経験や仮説に基づいてデータを分析する、**仮説検証型の分析手法に成功事例が多い**



◎ 仮説検証型



▲ 仮説探索型



- 1つの技術課題に対して **1～2名のデータ分析者**で仮説検証・モデル構築を進める体制
- モデルの開発完了後は、**フライトデータを自動的に解析・監視するパイプライン**を構築して運用

予知モデル構築

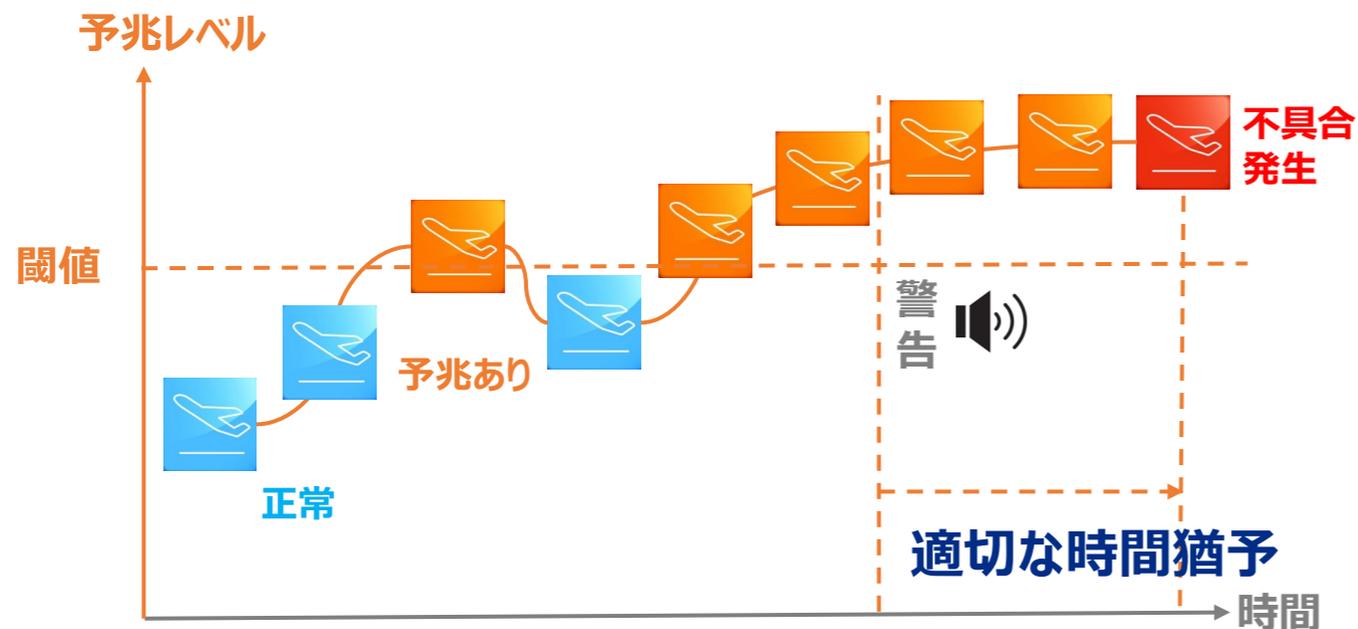


予知整備運用



- 問題設定や目的に合わせた閾値を工夫（外的環境などの影響で予兆レベルは単調増加しないケースが多い）
- 冗長性のあるシステムに対しては**適合率**を優先し、冗長性のないシステムに対しては**再現率**を優先
- 運用実績としては**精度80%以上を合格ライン**として開発している

<概念枠組み>



<予知モデル精度>

		実際		
		陽性	陰性	
予測	陽性	TP	FP	適合率
	陰性	FN	TN	運用重視
		再現率		影響重視



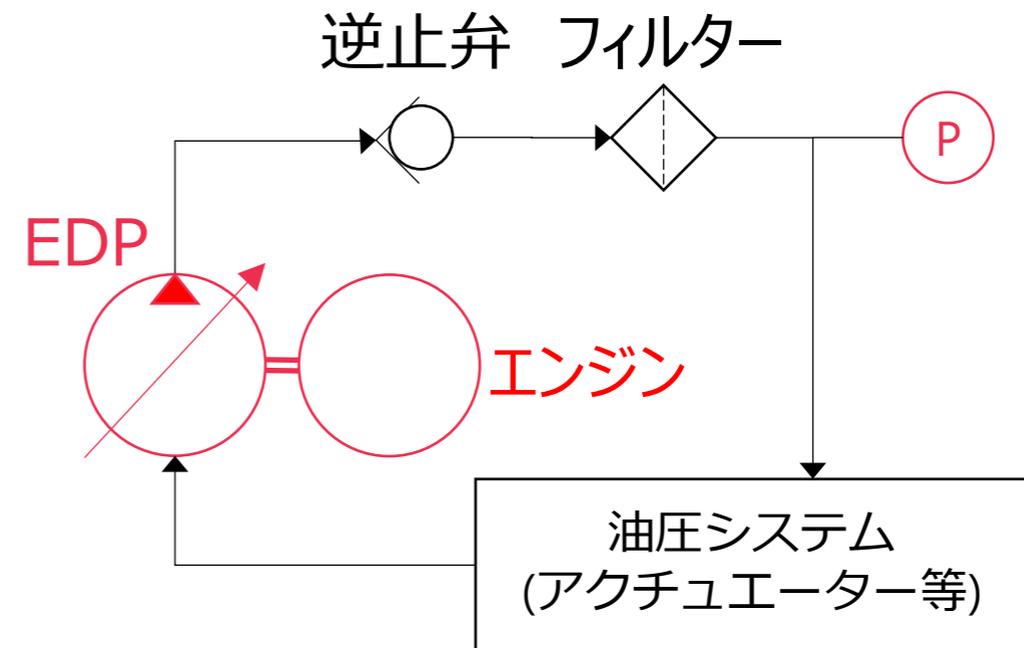
1. 航空機整備におけるDX動向
2. 予知整備の現状
3. 具体事例と効果
4. まとめ

- 国内線プロペラ機材のDHC-8-400型機 (平均飛行時間 約50分/便、飛行サイクル6-7便/日)
- Engine Driven Pump (EDP)はエンジンの回転から定格3,000 [psi]の油圧を作り出すポンプ
- 2022年度に**EDP故障に起因した後続便の欠航を経験** → 予知モデルの開発に着手



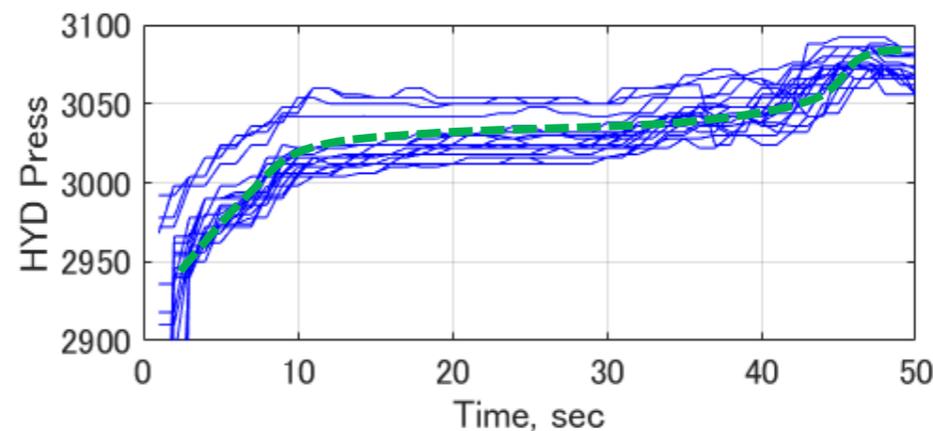
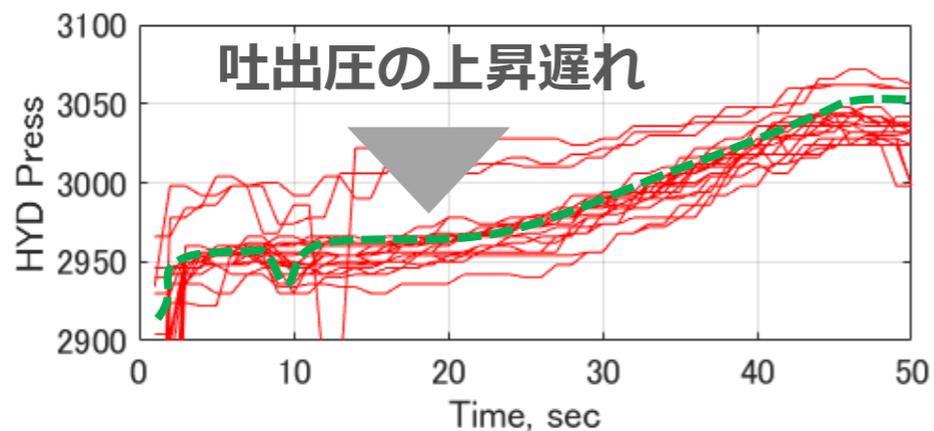
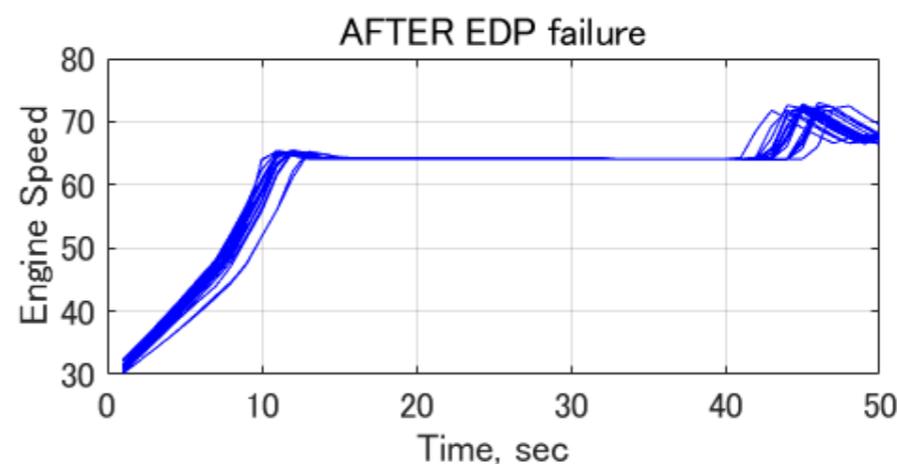
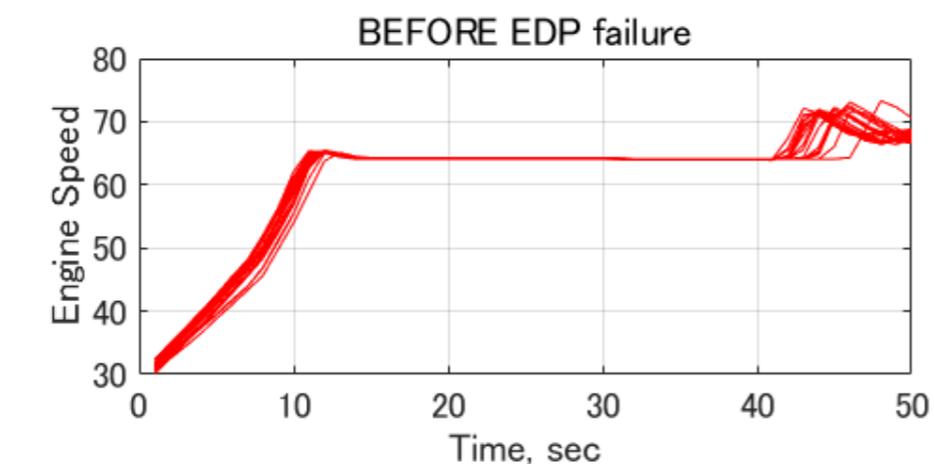
Engine Driven Pumpの装着位置

= 油圧システムを加圧するためのエンジン駆動ポンプ



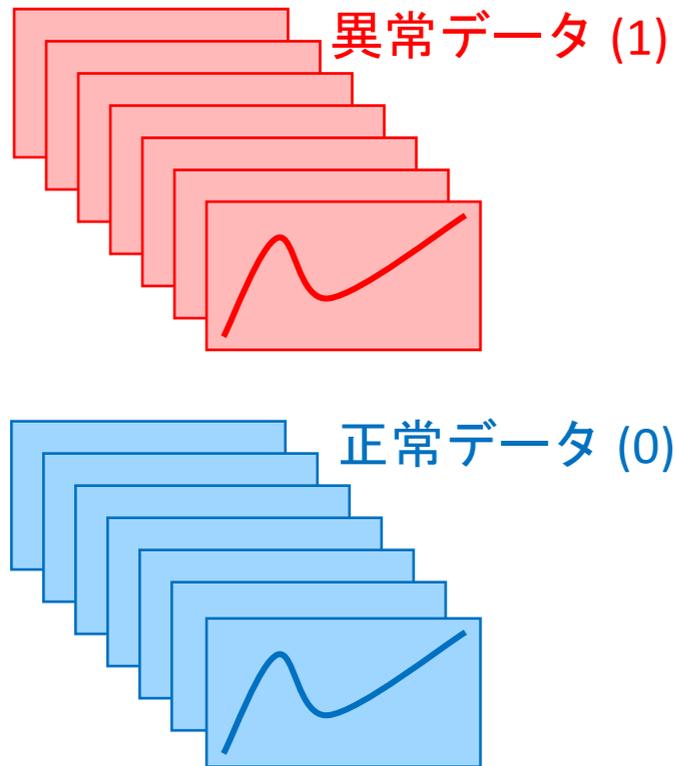
油圧システムの概略図

- ドメイン知識からEDPに入力される回転数が低いエンジン始動時の油圧波形に着目して特徴探索を行った
- EDP故障前後の30便の油圧波形を重ね書きして比較したところ、吐出圧力の形に故障前後で変化が見られた
- 複数の故障ケースで同様の変化があることを確認

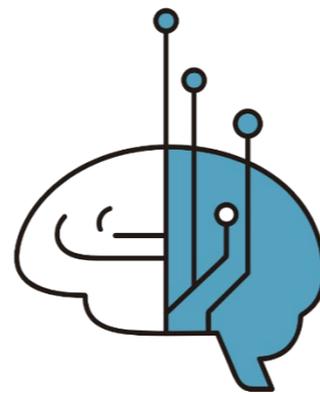


- ▶ 正常・異常データを準備して機械学習モデルに劣化特徴を学習させた
- ▶ 開発した機械学習モデルは未知の波形を入力すると、劣化波形への類似度を出力する（劣化レベルとして監視）
- ▶ 状態監視に基づく交換を行い、故障件数は大幅に減少し遅延・欠航の防止に寄与した

教師データ



機械学習モデル



- ▶ 油圧波形から劣化特徴を学習
- ▶ 未知の波形の劣化レベルを評価





- 1. 航空機整備におけるDX動向
- 2. 予知整備の現状
- 3. 具体事例と効果
- 4. まとめ

- 航空機整備分野における、DXへの期待は**整備作業の効率化と機材品質の向上**にある
 - ✓ 増大を続ける運航データを最大活用するために、エアライン・メーカー・MROが知恵を絞る状況

- 航空機整備へのDX適用の1事例として**フライトデータを活用した予知整備**が挙げられる
 - ✓ 非計画作業（故障）を計画作業に置き換えて**遅延や欠航を防止**する
 - ✓ **エンジニアの経験や知識をデータで裏付けるアプローチ**が多くの成果を挙げている
 - ✓ AI活用が脚光を浴びて久しいが、ドメイン知識無しでデータドリブンに劣化特徴を抽出する段階には至っていない

- 予知整備の適用によって成果が数字に表れるケースも増えてきた
 - ✓ **深いドメイン知識をデータ分析に活かすことが成功の鍵** → 予知整備に取り組める人材育成
 - ✓ 航空機ライフサイクルの**保守・運用段階においても、設計・性能データが活用できる可能性**は大きい
 - エアライン（データ所有者）とメーカー（設計データ所有者）の連携が1つの潮流

ご清聴ありがとうございました

