

航空機部品が故障する前に交換する ANAの予知保全への挑戦

2023年5月31日

全日本空輸株式会社
整備センター 部品事業室 装備品整備部
重富 貞成・峽戸 直也

- 会社／航空機整備 紹介
- 背景・課題
- 航空機の予知保全への取り組み
- 事例紹介
 - Boeing 787型機 機内空調システムの異常検知
- 結論と今後の展望

会社紹介

会社名 全日本空輸株式会社
(ALL NIPPON AIRWAYS CO., LTD.)



創立 1952年12月27日

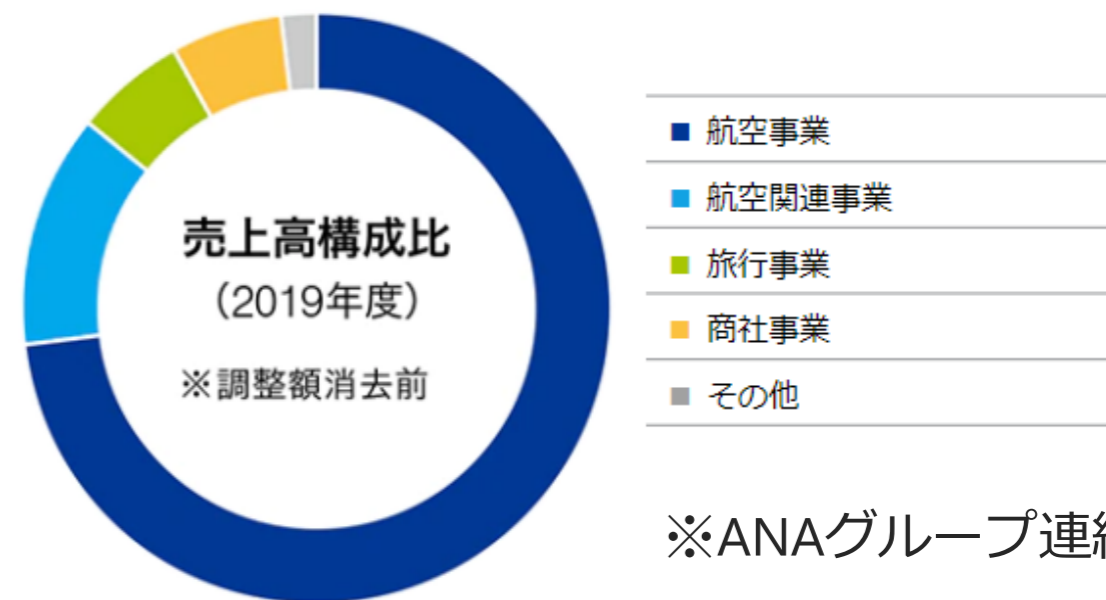
従業員数 13,689名 (グループ連結42,196名)

事業内容

- 定期航空運送事業
- 不定期航空運送事業
- 航空機使用事業
- その他附帯事業

機材 238機 (旅客機 227 + 貨物機 11)

グループ
経営ビジョン



航空機整備の紹介

- エアラインの整備部門にとって「安全・あんしん」な航空機をお客様に提供することが最大のミッション
- 整備作業はメーカーの整備マニュアルに基づいて実施し、運航ノウハウに基づく点検等を追加

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

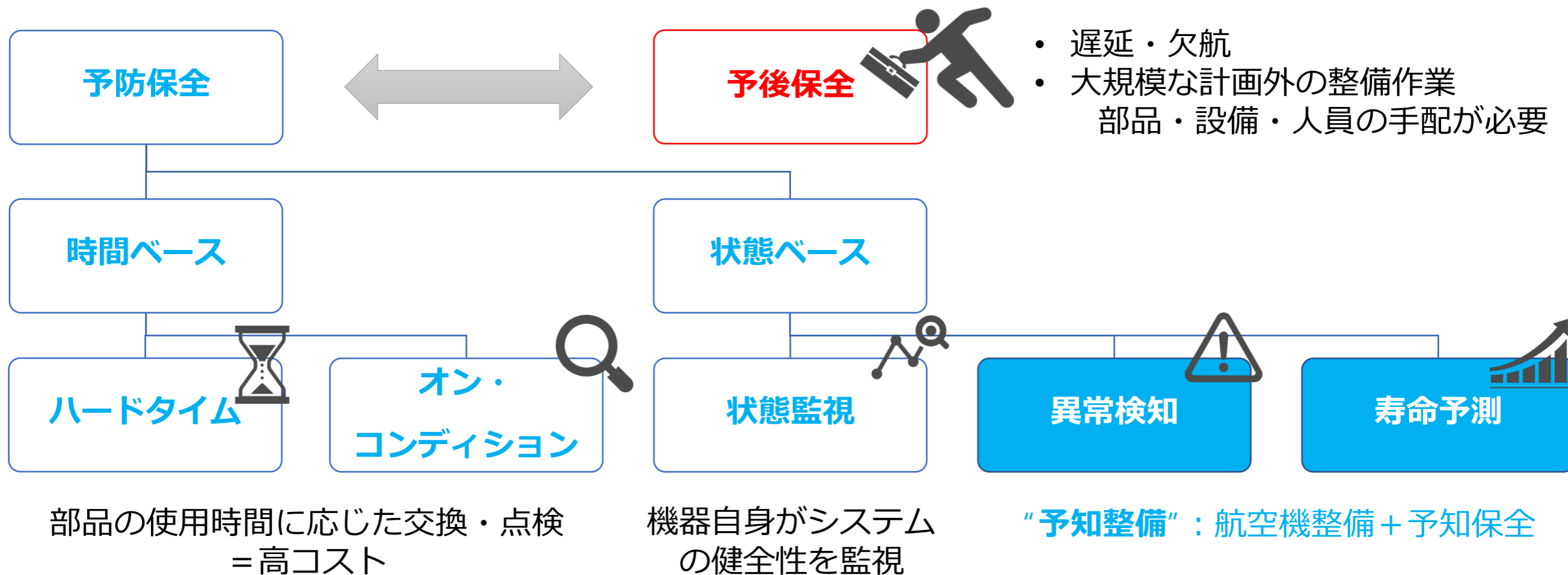
お客様



安全・快適な機材を
ダイヤ通り運航

背景・課題

- 航空機システムは飛行中に故障が発生しても安全に着陸できる設計となっている
- 修理作業が計画外かつ大規模になる場合、運航・整備の面から高コストになる場合が多い
- 航空機のIoT化や取得データの多様化によって、データを利用した予知保全の適用拡大が期待されている。



航空機の予知保全への取り組み

- エアラインが必要と思われるセンサーデータを取捨選択して記録することが可能
- 整備マニュアル・整備記録や乗務員の操作も調査可能
- MATLAB®はデータの可視化・仮説検証ツールの1つとして使用し、機械学習の活用を模索

運航データ



ドメイン知識

- 時系列データ
- 整備記録（航空機 + 部品）
- システムの構造・挙動
- 乗務員の操作手順

データ分析

X



=

INSIGHTS



- データの可視化
- 仮説検証

- 故障の兆候
- 整備作業へのフィードバック

- 会社／航空機整備 紹介
- 背景・課題
- 航空機の予知保全への取り組み
- 事例紹介
 - Boeing 787型機 機内空調システムの異常検知
- 結論と今後の展望

航空機空調装置概要

航空機空調装置の役割

- ✓ 客室内の与圧
- ✓ 客室の快適性維持

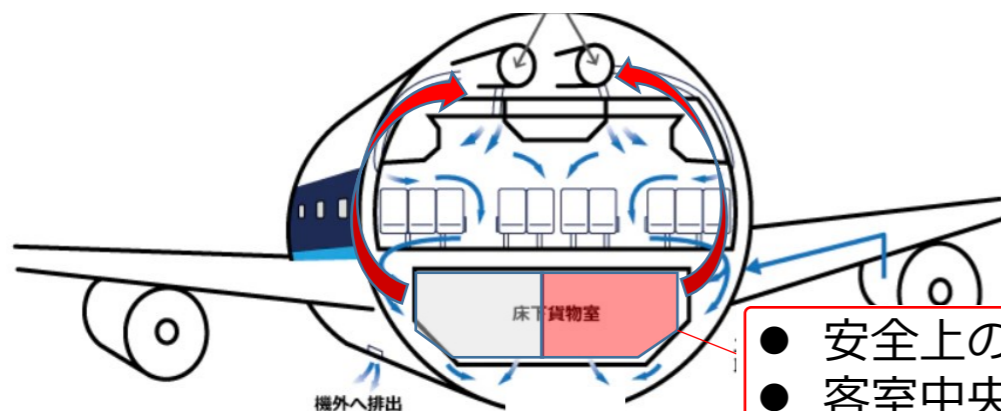
機体構造上求められる条件

- ✓ 軽量
- ✓ 簡素な構造
- ✓ コンパクト

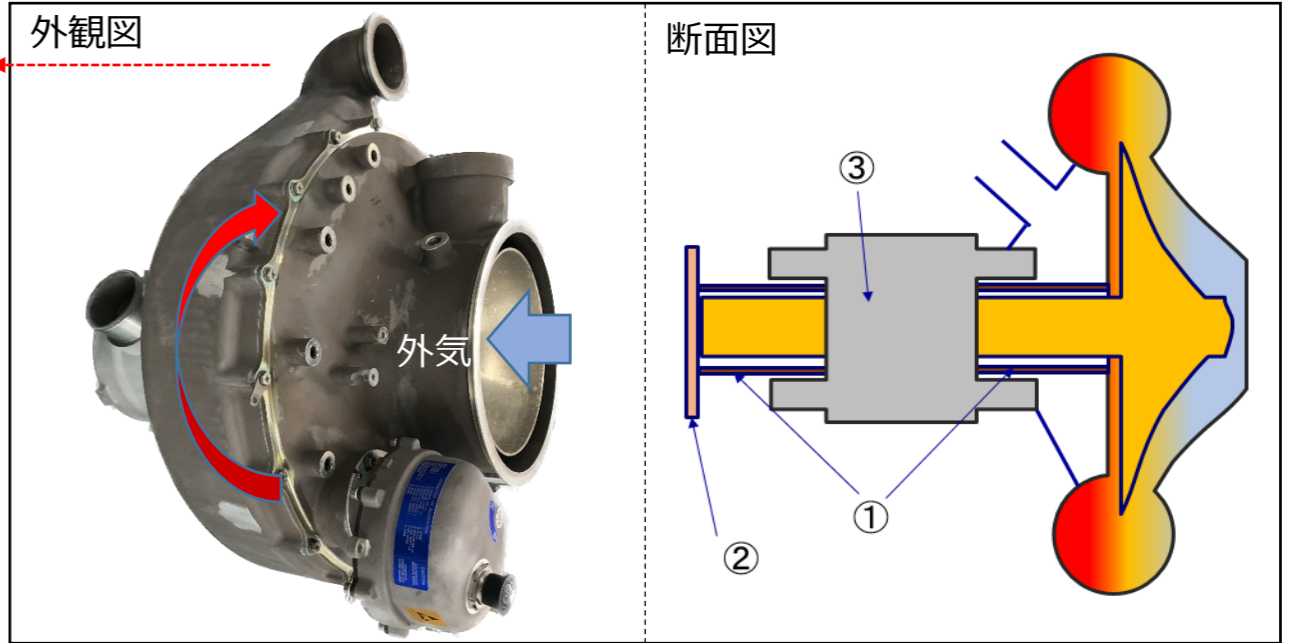
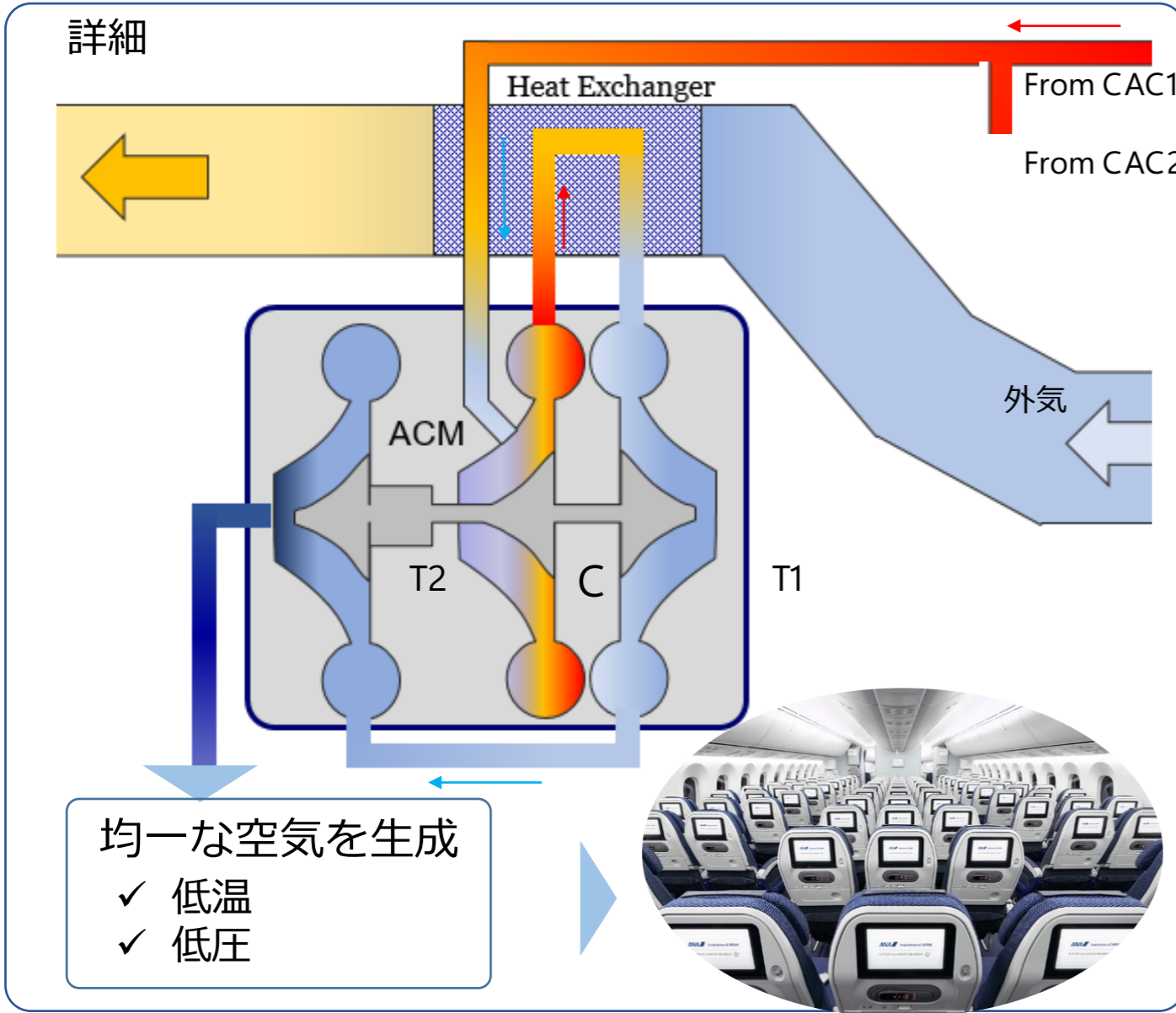


条件からエアサイクル方式が最も有効な手法

空調装置の設置場所



CAC概要と空調装置の関わり

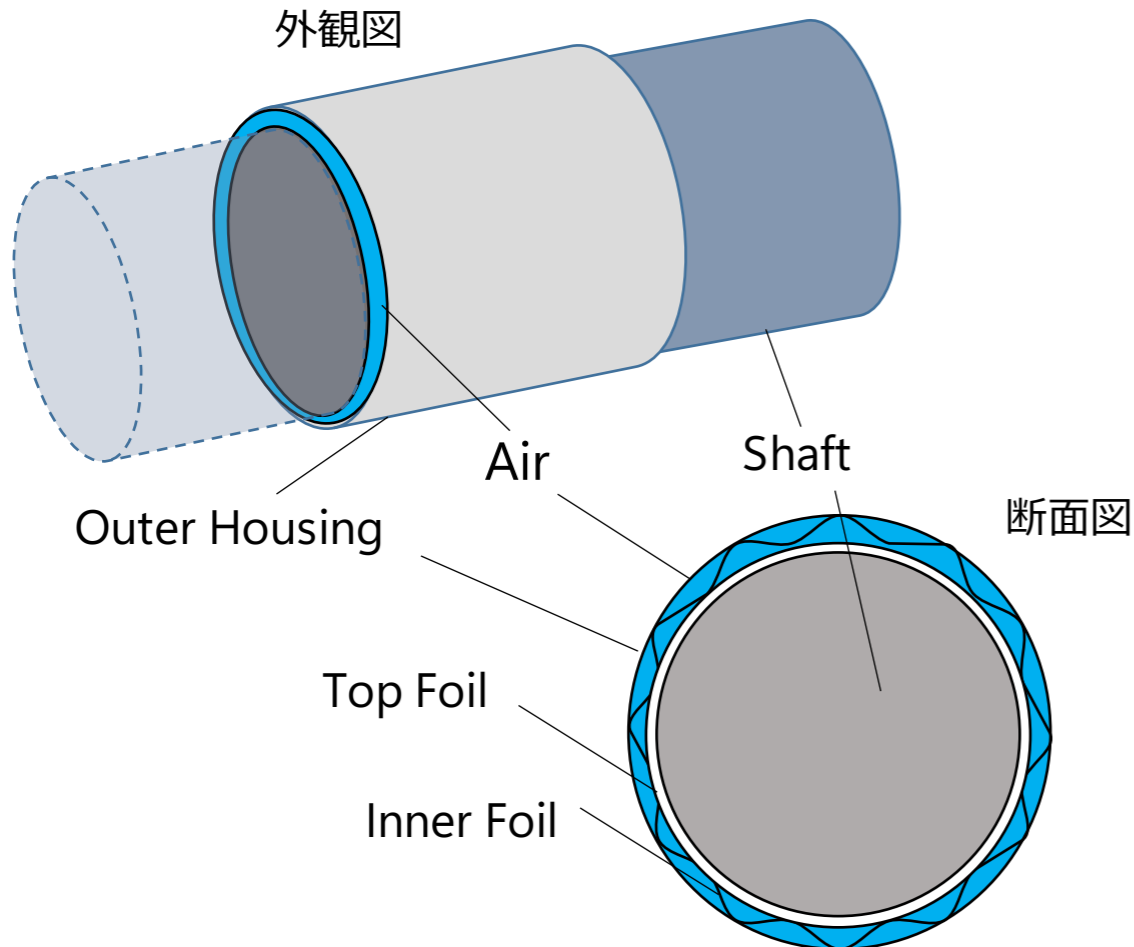


名称	Cabin Air Compressor(CAC)
構造	1段遠心圧縮機
役割	外気の圧縮、高温高圧の空気生成
部品	①Journal Bearing, ②Thrust Bearing, ③Stator, ④Shaft, ⑤Impeller
特記	①、②はAir Bearing

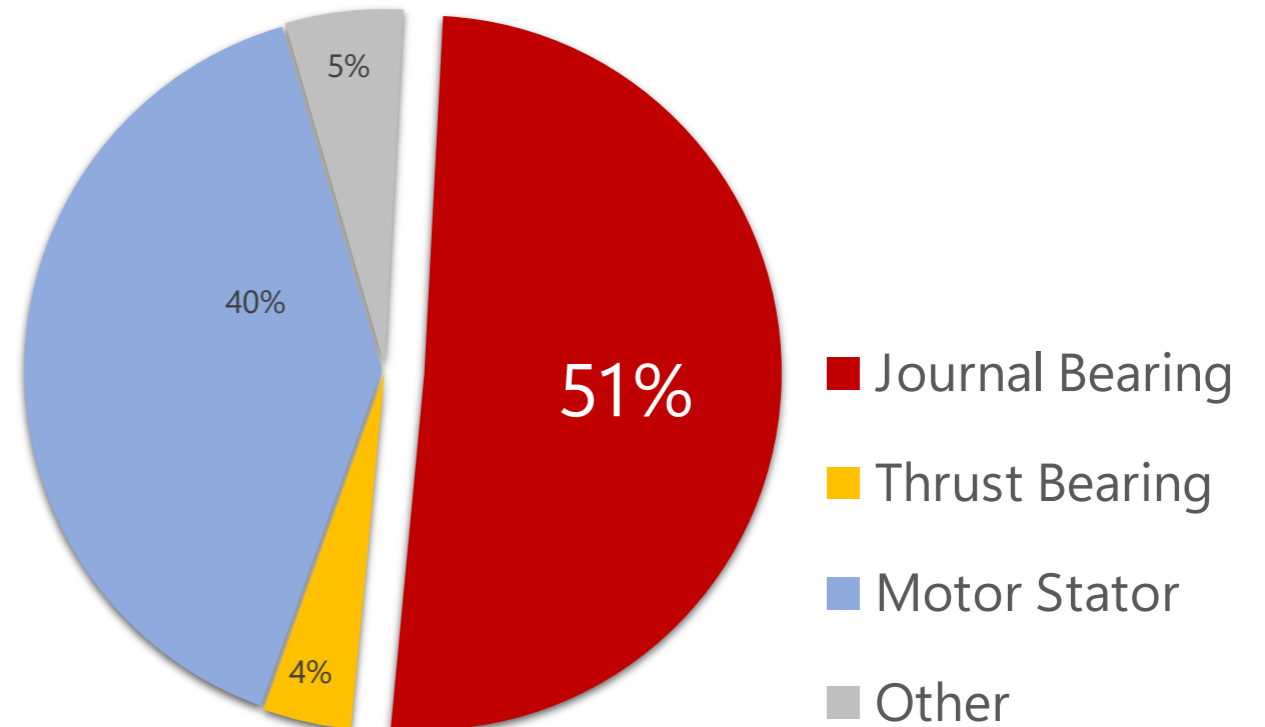


不具合の絞り込み

分析対象: Journal Bearingの不具合



不具合部品内訳

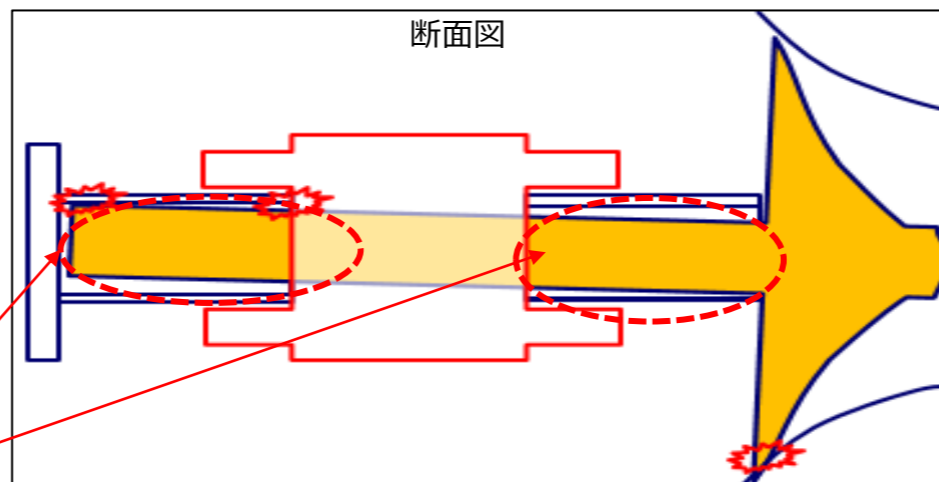
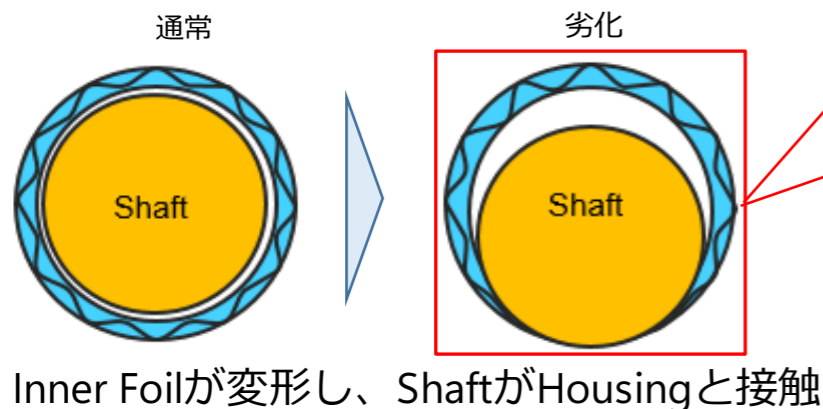


仮説立案

ドメイン知識の活用

① 現物確認(分解検証)から

- ✓ Journal Bearingの状態を確認
- ✓ 他部品の劣化状況を確認



劣化が別不具合を誘発

- Rubbing (ImpellerとHousingの接触)
- Stator焼損 (ShaftとStatorの接触)

② 技術文書やフライトデータから

- ✓ CACのスペック、CACと周辺装備品の挙動を確認

①、②から

パラメータの選定
今回の分析では
約100個のパラメータ
を使用した。

主なパラメータ

- CAC 関連
- Air conditioning system
- 客室関連
- 電気系統
- 外的環境

仮説検証

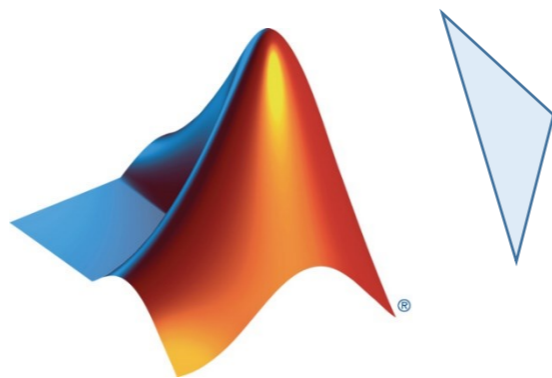
仮説を基にしたフライトデータでの検証

方法

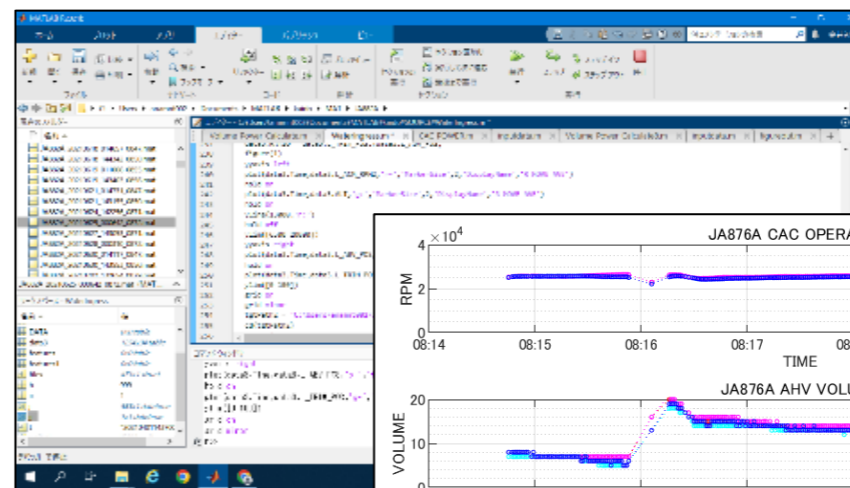
約300フライトデータを使用
(約1機体1年間の飛行数)



サーバーから
CSVファイルでダウンロード

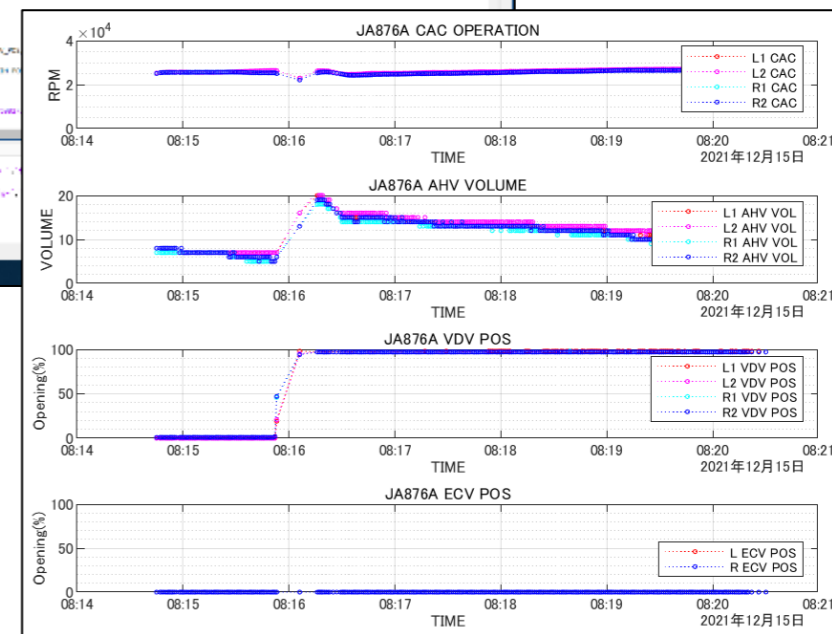


MATファイルに変換



再検討

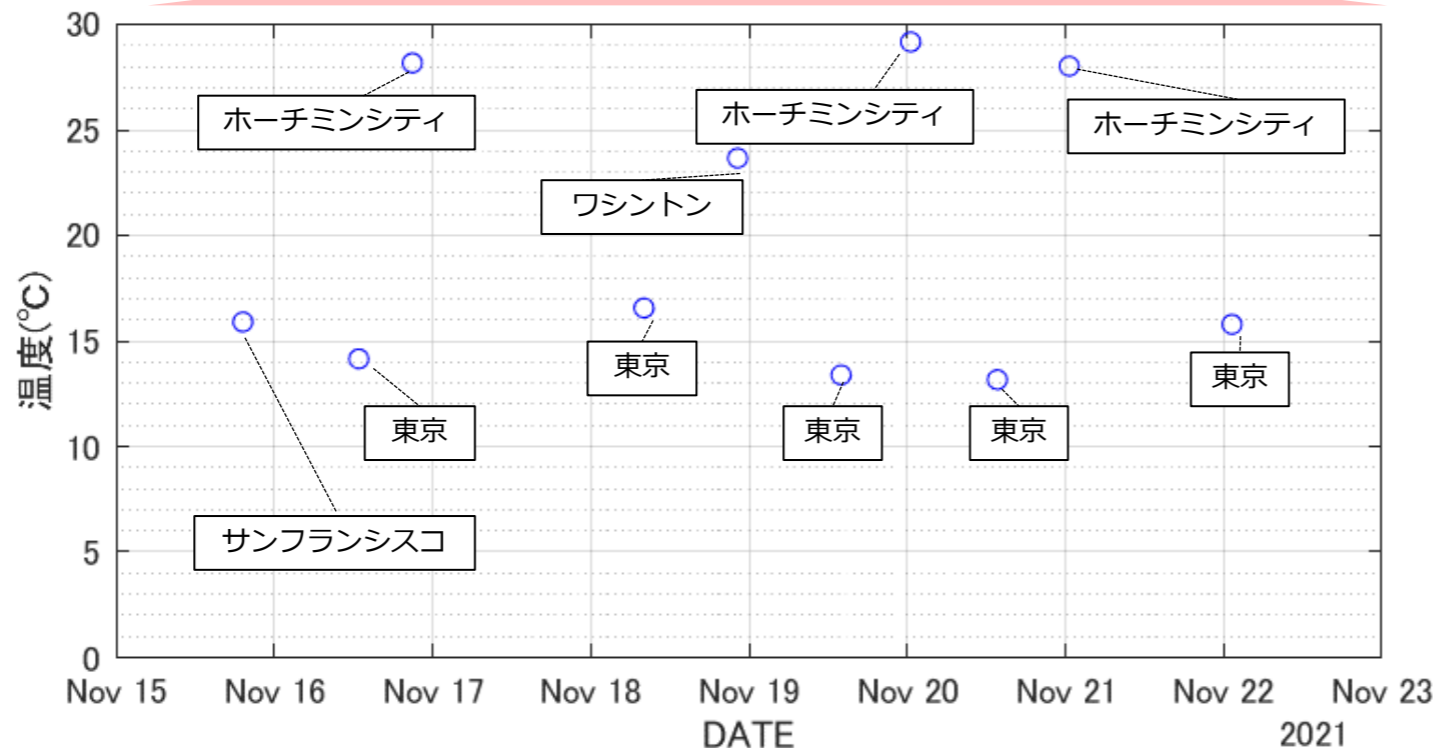
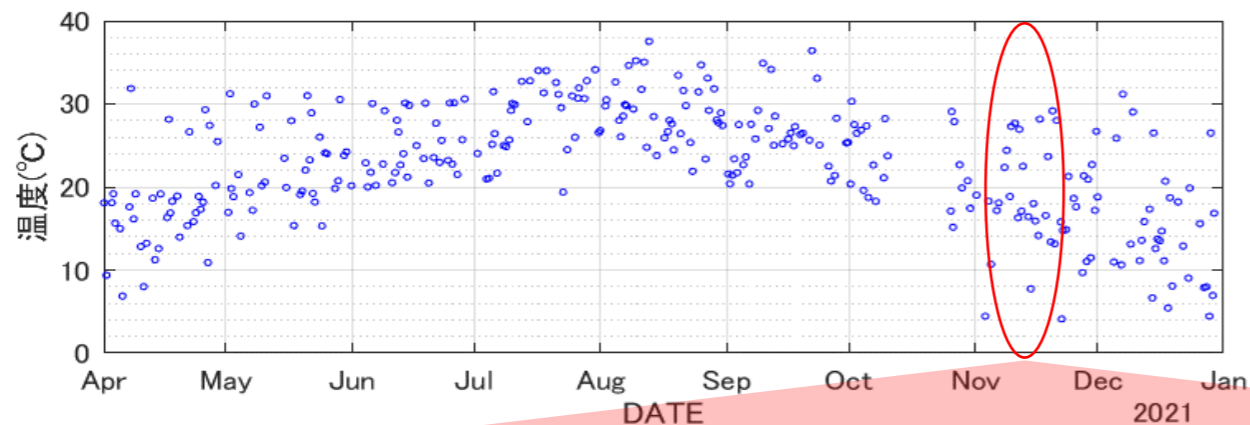
描画



仮説検証を繰り返す事でフライトデータから劣化の特徴を探索

仮説検証の過程

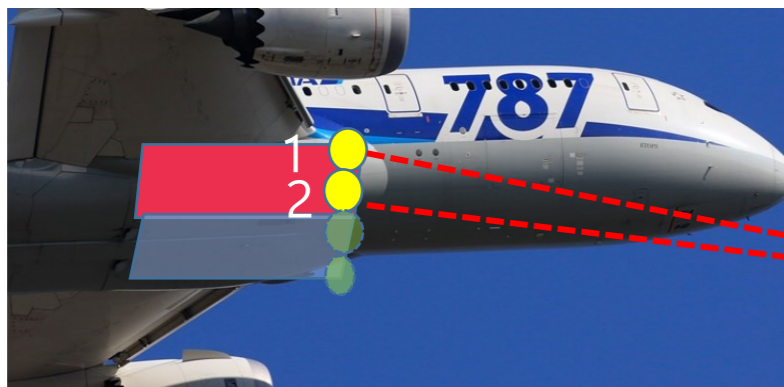
CACが影響を受ける要素の1つである外気温の変化を表した図(1プロットは地上走行時の平均気温)



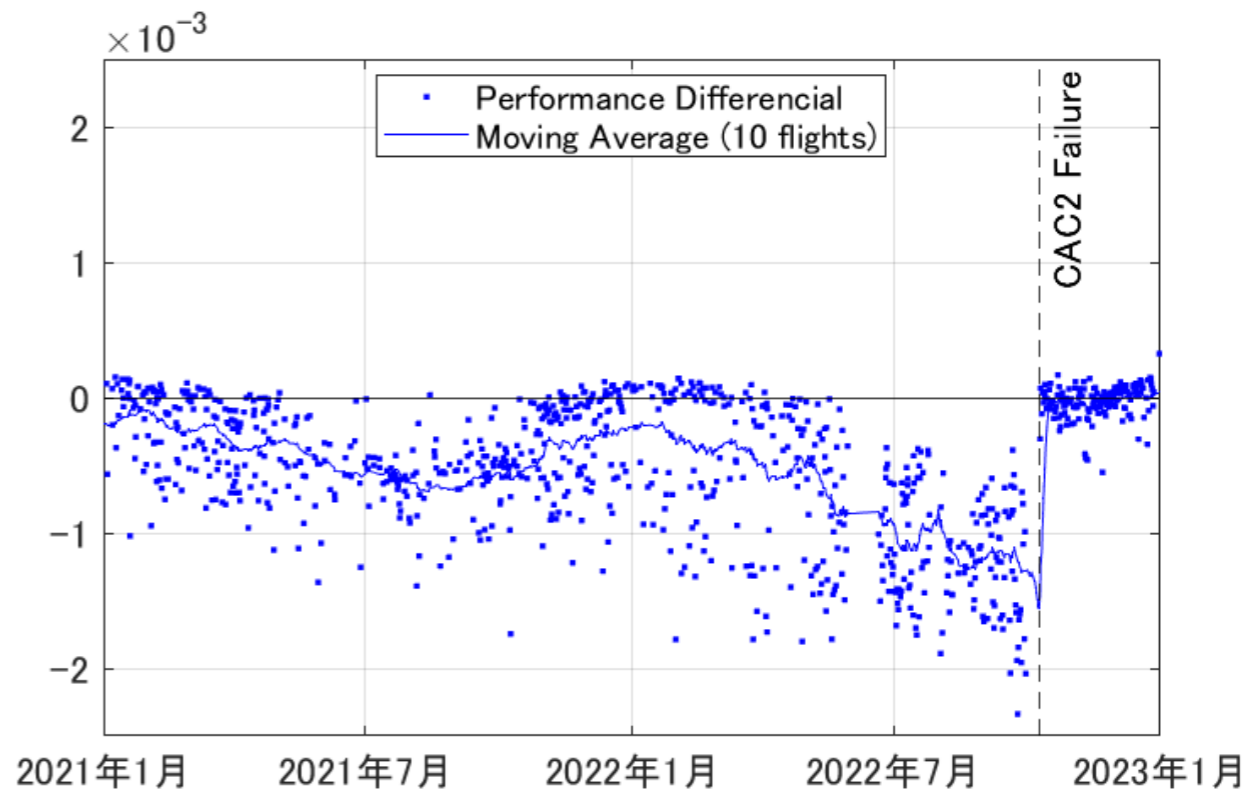
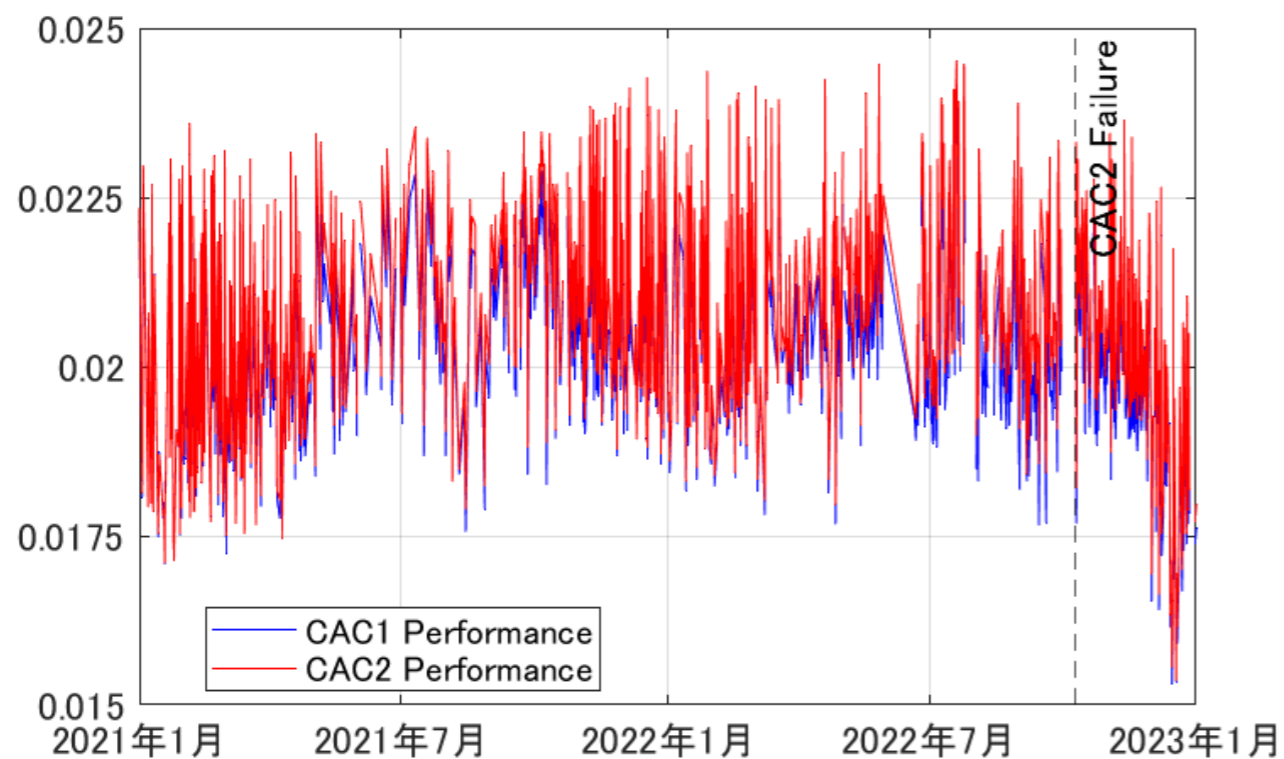
- 出発場所や出発時間がフライト毎に異なるため、温度の影響で挙動の変動が大きい
- 天候以外にも搭乗人数等も挙動に影響を与える

代表値を計算して時系列データ上で劣化の兆候を見つけることが難しい

検出結果



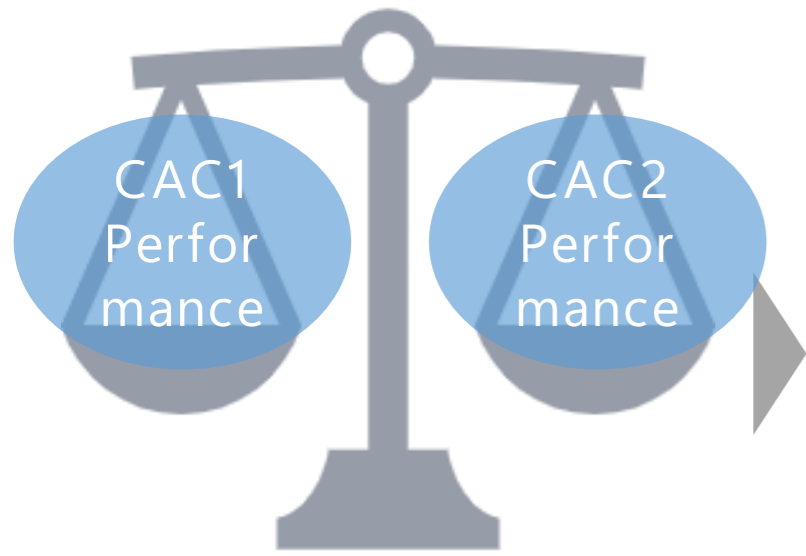
- A. ある範囲にて平均値を計算
- B. 並行運転するCACの差分を計算する
-今回はCAC1とCAC2の差分を計算



交換前にCAC1とCAC2のバランスが崩れることを発見

機械学習の適用

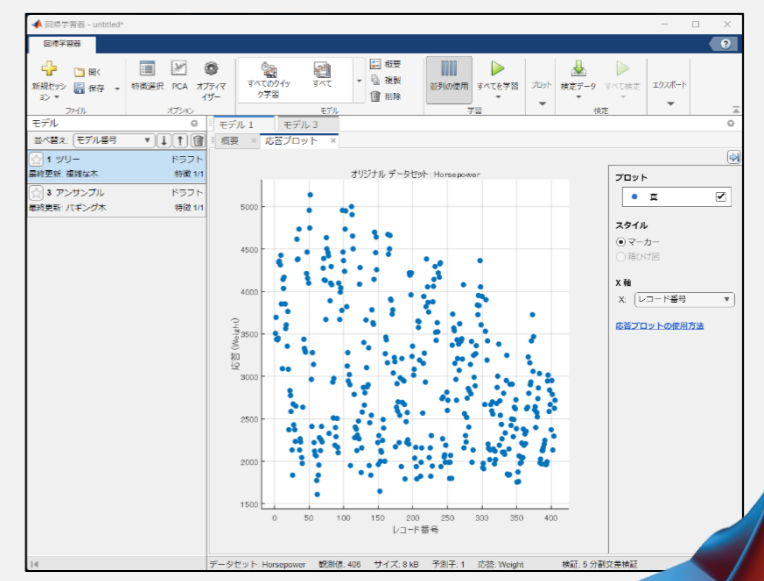
- 並行運転する2台のCACを比較することで運転環境差を消去できるが、単純な閾値による異常検知が困難
- 過去のセンサーデータと整備記録を教師データとして、“相方”と比較せずに異常検知できるモデルを検討



並行運転する2台の比較では閾値による異常検知が困難



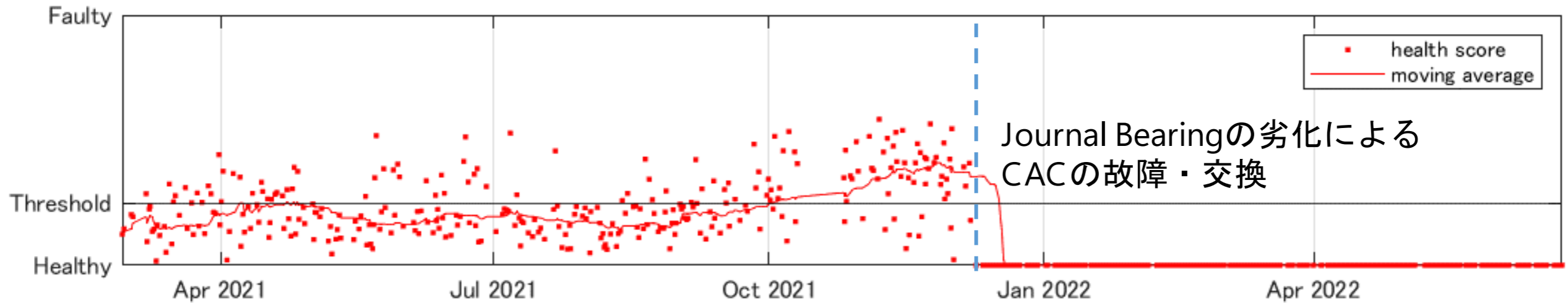
過去数年間分のセンサーデータと整備記録から教師データを作成



異常検知モデルの作成
Statistics and Machine Learning Toolbox™
- 分類学習器アプリ

異常検知モデルの評価

- 分類学習の結果をCACのJournal Bearing異常値として表示した
- Journal Bearingの劣化による故障ケースの23%を、精度77%で検知する異常検知モデルを作成



ある機体番号・部位のCACにおける異常検知結果



精度

= 真陽性
/ すべての異常検知ケース

77%



再現率

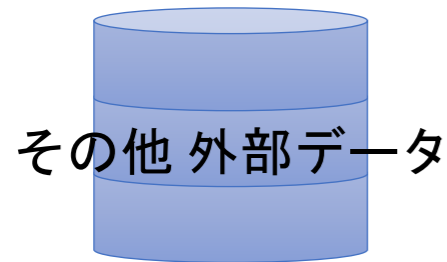
= 真陽性
/ すべての故障事例

23%

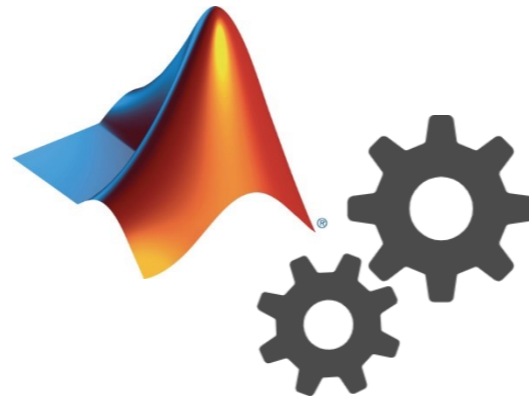
社内システムへのデプロイ・成果

- 多数のCACを効率的に監視するために、異常検知モデルを社内システムへ組み込みもMATLABで実現
- データの前処理、機械学習モデルによる異常判定までを単一の実行ファイルでバッチ化した

データ取得（既存システム）



データ分析・異常度推定



- 特徴量の前処理
- CACの異常度推定
- ダッシュボード連携データ出力

MATLAB Compiler™による
データ処理のバッチ化

結果の可視化・常時監視



- 異常度の高い順に一覧表示
- 監視の省力化

運用フェーズでCAC Journal Bearingの異常検知に成功

結論

- ✓ 航空機システムの高度化による運航データの増大に伴い、**予知保全の適用拡大が期待**されている
- ✓ **外的環境の違いによる運転状態の変化**が、異常検知を困難にする大きな課題である
- ✓ エアラインの立場から得られる**ドメイン知識の活用が特徴抽出の鍵**である
- ✓ 機械学習を活用することで**複雑なシステムへの異常検知の適用可能性**も広がる

今後の展望

- ✓ 異常検知モデルの精度向上とともに、**結果の説明可能性の改善**が必要
- ✓ 他機種やシステムへの適用拡大の検討

Thank you!

