

「故障データが無い」場合の2つのアプローチ

- Data-drive アプローチ
- Model-driven アプローチ

2つのアプローチ方法 「故障データが無い」場合

Data-driven (センサーデータベース)

- 機器から実際に得られるデータ
- 多変量解析・機械学習など統計的手法を用いて予測モデルを作成

Model-driven (物理モデルベース)

- 電気系・機械系など、数学的な関係からモデル作成
- 実際には計測しにくい変数や、再現が難しいデータなどを補完
- 高い精度の予測モデルに繋がり、故障の原因などより細かい診断も
- 劣化メカニズムなどの知見の有効活用

Demo: Data-driven アプローチ ターボファンエンジン

100機の同一モデルエンジンからのセンサーデータ

故障が発生する前に予測・修理

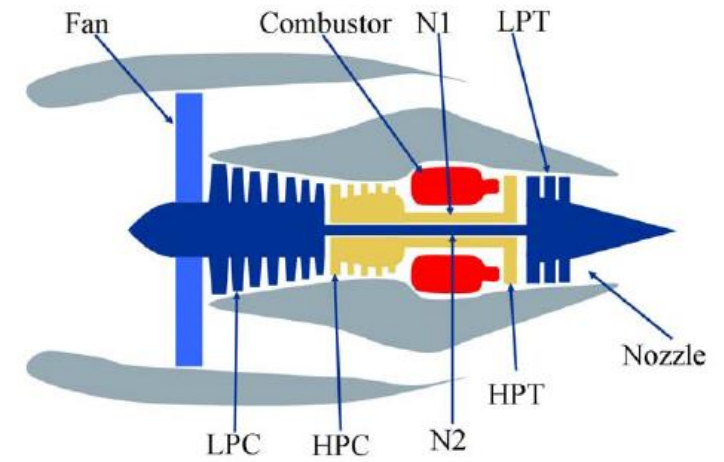
- ケース 1：故障データがない場合 -> 教師なし学習
- ケース 2：故障データがある場合 -> 教師あり学習

[Webセミナー：MATLABを使った予知保全・故障予測](#)

NASA PCoE 提供のデータ

<http://ti.arc.nasa.gov/tech/dash/pcoe/prognostic-data-repository/>

Saxena and K. Goebel (2008). "Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set", NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA



Demo: Data-driven アプローチ

ターボファンエンジン

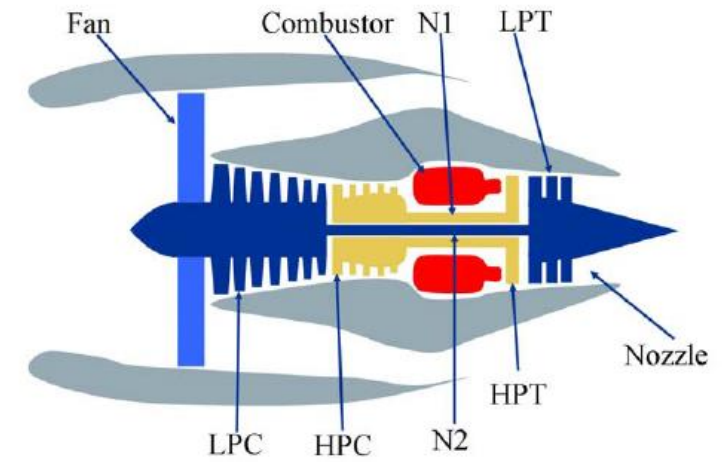
100機の同一モデルエンジンからのセンサーデータ

ケース 1: 故障データがない場合

- 定期的なメンテナンスを実施
- 故障は発生していない
- 整備士曰く殆どのエンジンは問題ない状態

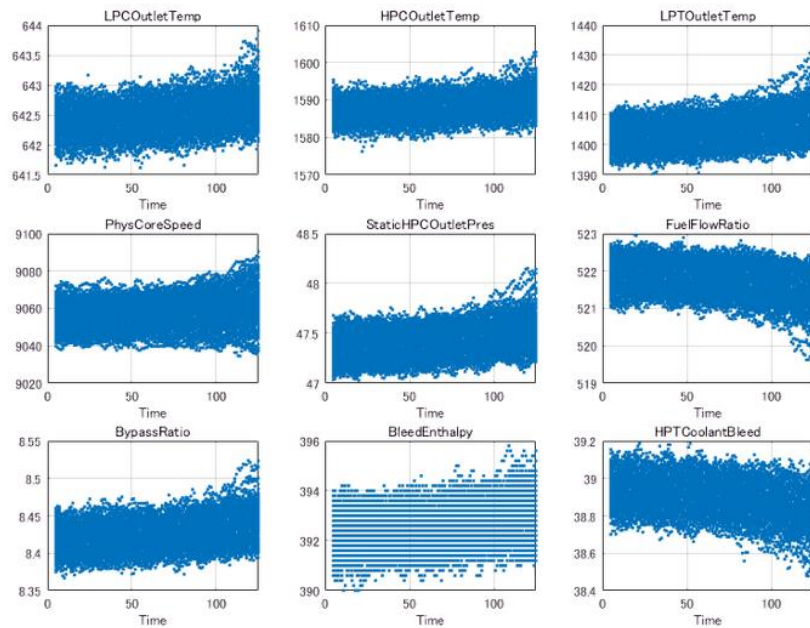
ゴール

- 故障データ**無し**で、最適なメンテナンス時期を推定

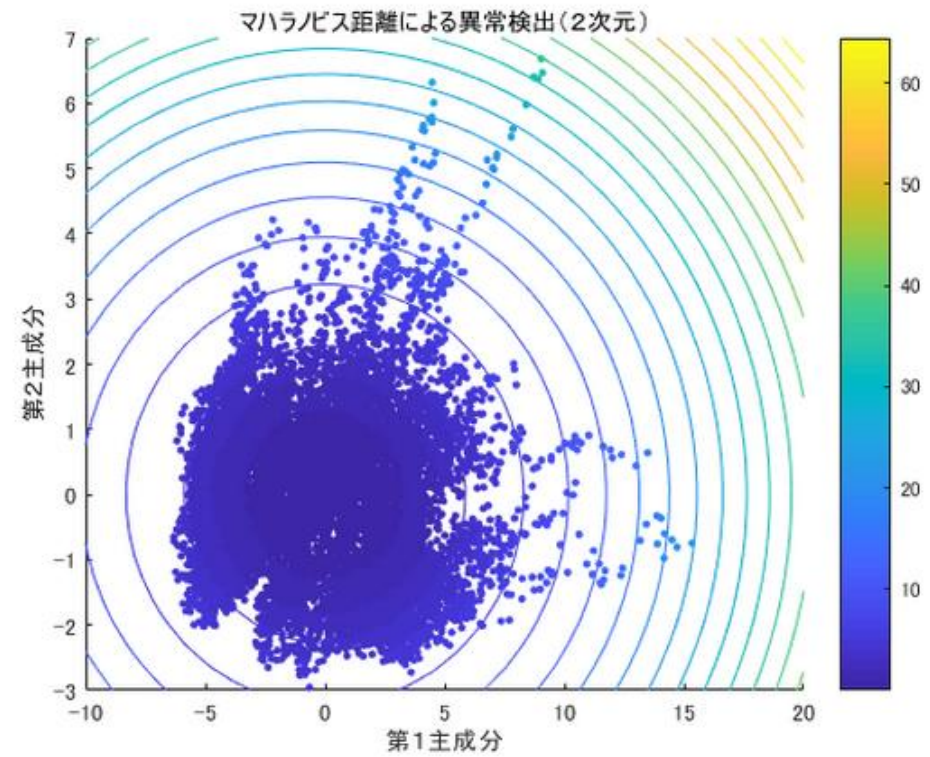
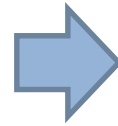


Demo: Data-driven アプローチ ターボファンエンジン

- ケース 1: 故障データがない場合

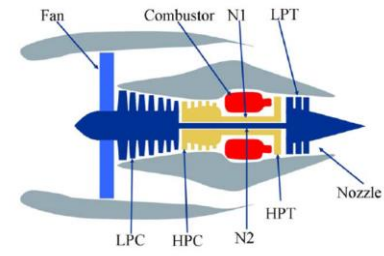


多数のセンサーからの時系列信号 (多次元データ)



主成分による状態診断

予知保全：Data-driven アプローチ



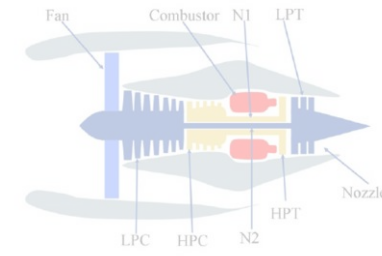
Data-driven (センサーデータベース)

- 機器から実際に得られるデータ
- 多変量解析・機械学習など統計的手法を用いて予測モデルを作成

Model-driven (物理モデルベース)

- 電気系・機械系など、数学的な関係からモデル作成
- 実際には計測しにくい変数や、再現が難しいデータなどを補完
- 高い精度の予測モデルに繋がり、故障の原因などより細かい診断も
- 劣化メカニズムなどの知見の有効活用

予知保全：Model-driven アプローチ



Data-driven (センサーデータベース)

- 機器から実際に得られるデータ
- 多変量解析・機械学習など統計的手法を用いて予測モデルを作成

Model-driven (物理モデルベース)

- 電気系・機械系など、数学的な関係からモデル作成
- 実際には計測しにくい変数や、再現が難しいデータなどを補完
- 高い精度の予測モデルに繋がり、故障の原因などより細かい診断も
- 劣化メカニズムなどの知見の有効活用

Simscape™による物理モデル構築

The image displays a Simscape model of a transmission system, overlaid with four different views:

- Multidomain schematic:** Shows a circuit-like representation of the transmission's electrical and mechanical components, including a motor and a clutch actuator.
- State machines:** A state transition diagram for the transmission controller. States include:
 - SteadyState:** Initial state where $clutchControl = 0$.
 - preUpShifting:** Triggered when $speed <= up_th$.
 - UpShifting:** Triggered when $GearState = GearState + 0.5$, leading to $clutchControl = 1$.
- Block diagram:** Shows a control loop with a **Proportional Gain** block (K_p) and a **Discrete-Time Integrator** block ($\frac{K T_s}{z-1}$).
- Code:** MATLAB code defining the discrete-time integrator:

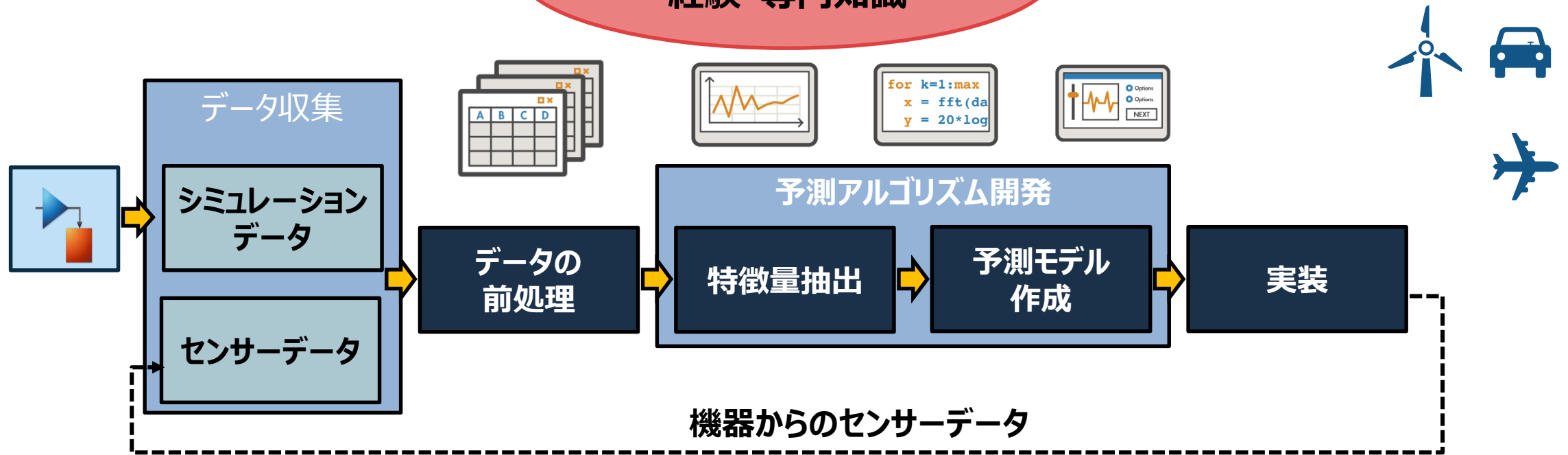

```

      v == x.der;
      f == spr_rate * x;
      end
      
```

In the center, a 3D cutaway view of a transmission assembly shows multiple gears of different sizes and colors (orange, blue, black) mounted on shafts.

予知保全・故障予測のワークフロー

対象機器に対する
経験・専門知識



データへのアクセス

データの前処理

予測モデルの構築

システムへの統合

Demo: Model-driven アプローチ 三連型ピストンポンプ

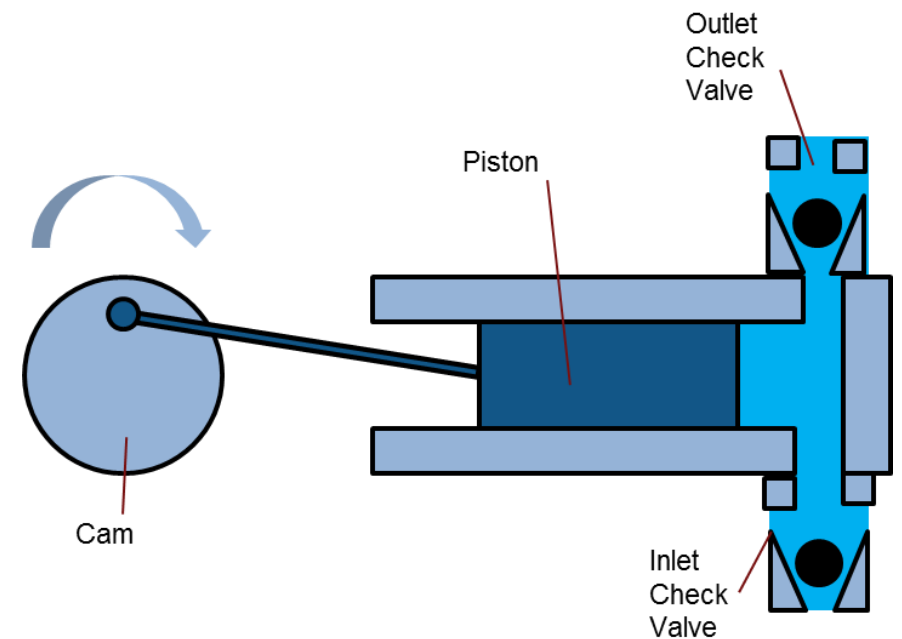
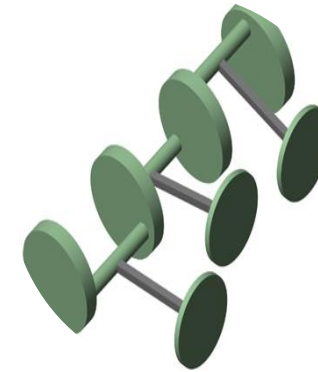
三連型ピストンポンプの物理モデル作成

実装済みの劣化モード

- モータの劣化 ElectricMoterDecline
- ラインの目詰まり CloggedLine
- ラインからの漏れ CylinderLeak
- ベアリング劣化 BearingLubrication

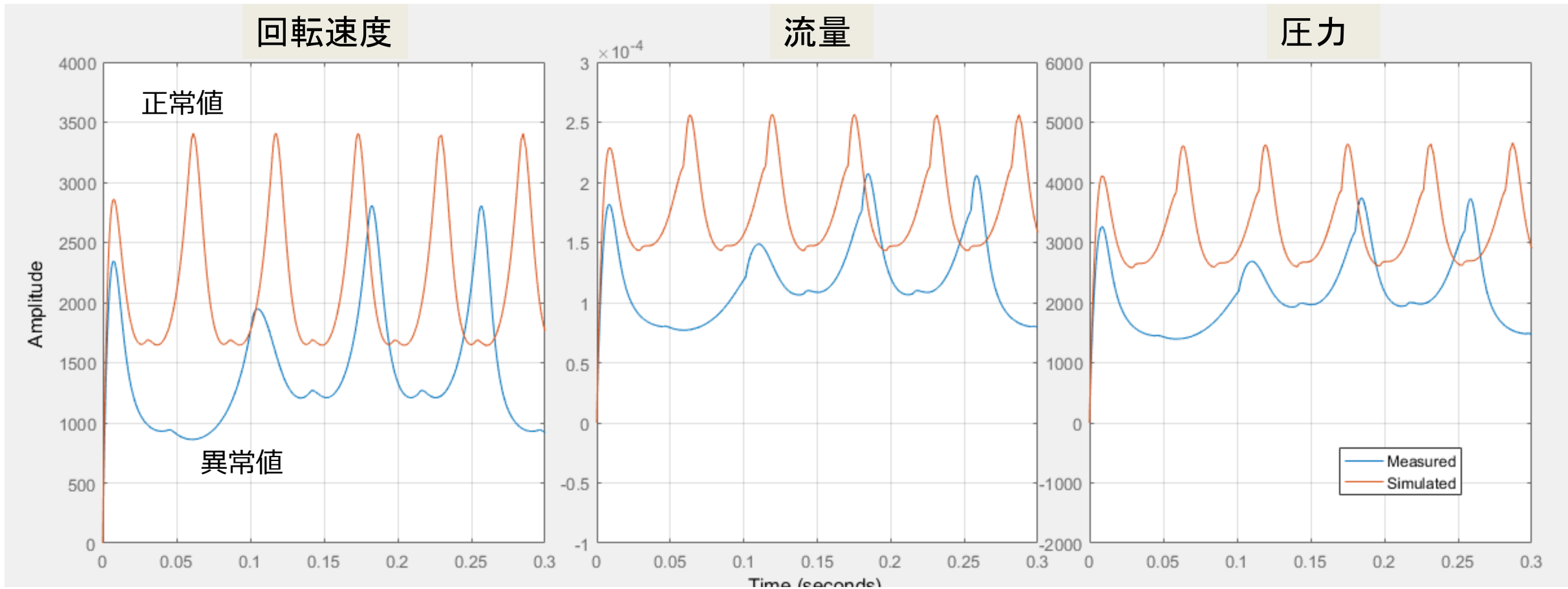
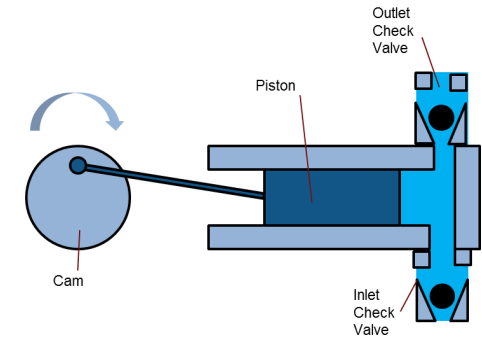
ゴール

- 劣化箇所を特定する予測モデルを作成



Demo: Model-driven アプローチ 三連型ピストンポンプ

- 劣化箇所は？



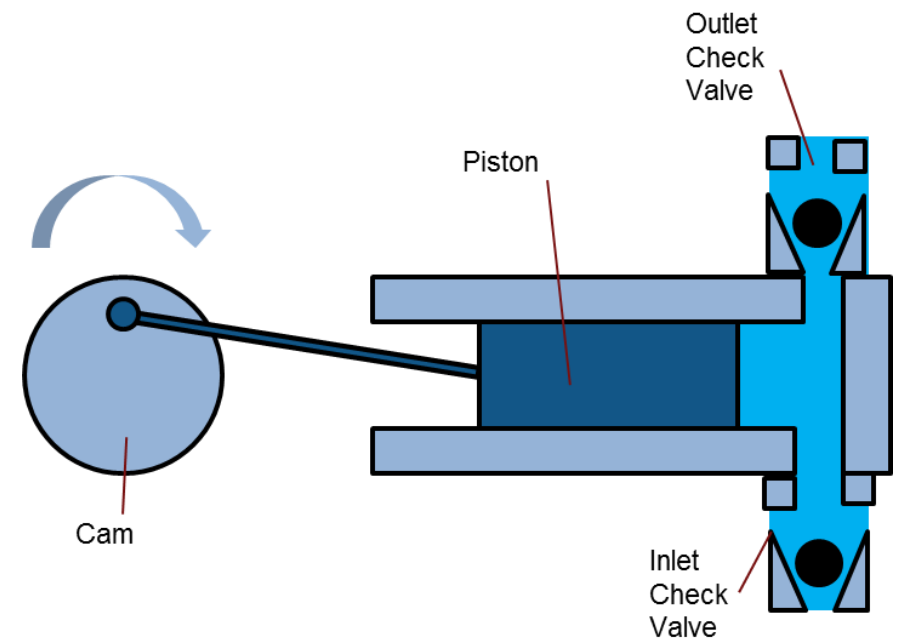
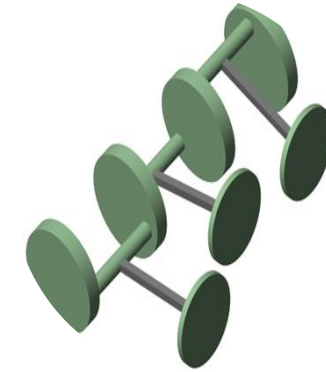
Demo: Model-driven アプローチ 三連型ピストンポンプ

Step1: 複数の劣化モードのデータ作成

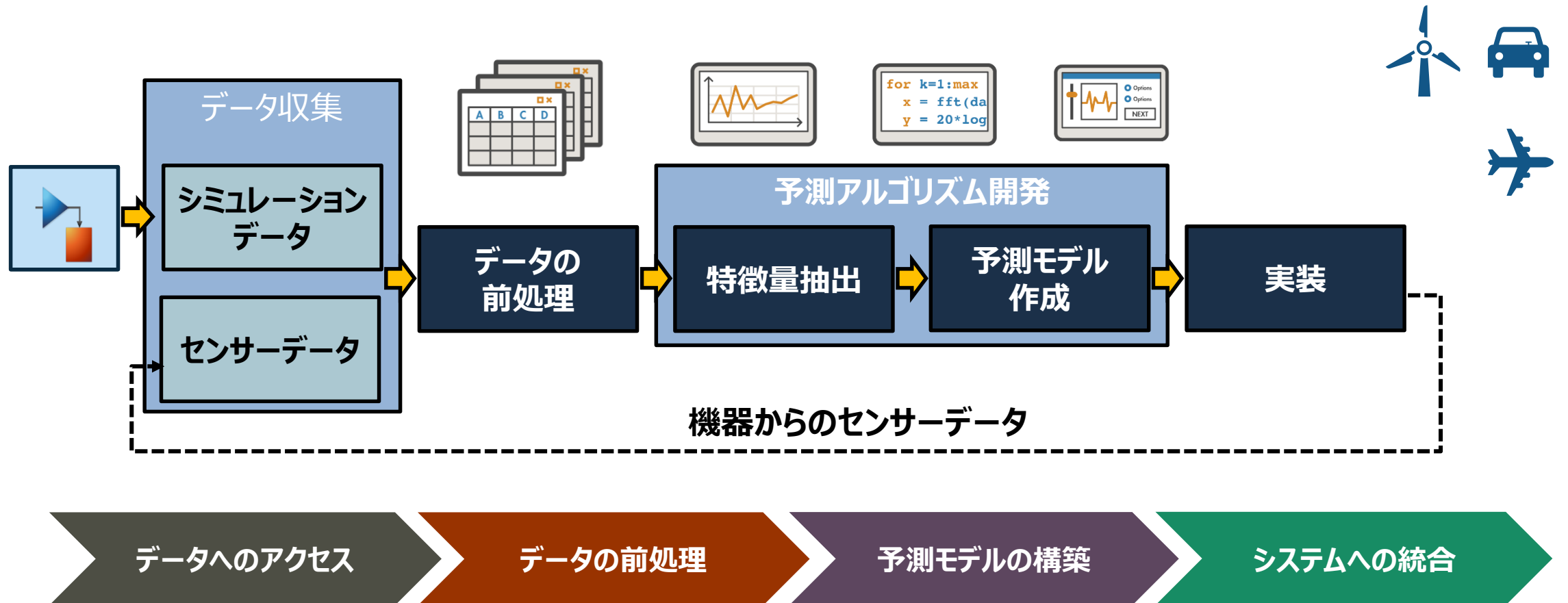
1. ベアリング劣化 + モータの劣化
2. ラインの目詰まり + モータの劣化
3. ラインの目詰まり + ラインからの漏れ
4. ラインの目詰まり + ベアリング劣化

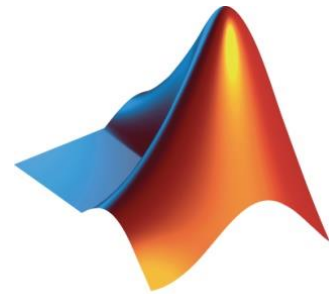
Step2: 予測モデル作成

Step3: 新たなデータに対して検証



予知保全・故障予測のワークフロー





MathWorks®

Accelerating the pace of engineering and science

© 2018 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See www.mathworks.com/trademarks for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.