

# 故障データがなくてもできる異常検知 ～物理モデルの活用編～

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部（テクニカルコンピューティング）

王 暁星

[xwang@mathworks.com](mailto:xwang@mathworks.com)

# アジェンダ

- 異常検知・故障予測
- 開発事例
- 故障データが無い場合のアプローチ
  - 第一部：物理モデルの活用
  - 第二部：センサーデータの活用
- まとめ

# 異常検知・故障予測の必要性

- 例: ブレーキシステムの故障による風車破壊  
<https://www.youtube.com/watch?v=gdTOKfmSAsc>
- メンテナンスの重要性
- コスト・危険が伴う
- 故障の事前予測・予知保全



## メンテナンスの種類

- **Reactive** – 問題が起こった時に（事後保全）
  - 例：車のバッテリーに問題が発生した時に交換
  - 難点：予期しない故障には危険が伴い、高コスト、稼働率低下の課題も
- **Preventive** – 一定期間経過した時に（予防保全）
  - 例：走行距離3,000 km または 3 ヶ月毎のオイル交換
  - 難点：故障の有無に関係なく実施、故障をすべて防げるわけではない
- **Predictive** – 問題が起きるまでの時間を予測して（予知保全）
  - 例：バッテリー・燃料ポンプやセルモーターの問題を事前に予測する車両モデル
  - 難点：専門的な技術能力が求められる

## 予知保全で直面する 4 課題

1. 十分な量のデータがない
2. 十分な量の故障データがない
3. 故障予測の方法が分からない
4. 予知保全アルゴリズムの構築方法が分からない

ホワイトペーパー

予知保全で直面しやすい4つの課題と  
その対処法



こちらからDL: [予知保全で直面しやすい4つの課題とその対処法](#)

# 予知保全が注目される背景



オイル & ガス  
採掘



風力タービン



半導体製造機



産業機械



重機



航空機エンジン

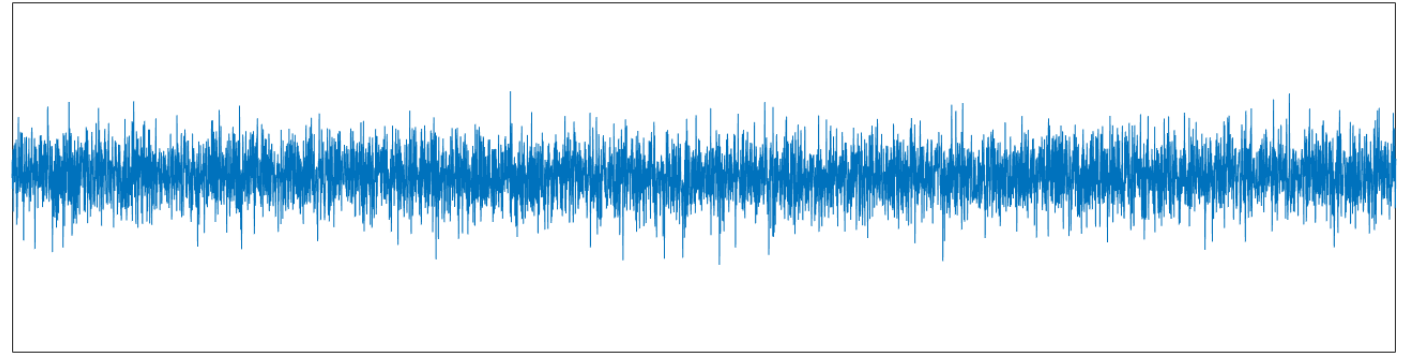
## 予知保全が注目される背景

- 故障の複雑化・メンテナンス費用の高騰
- 機器の老朽化
- 熟練技師の不足
- センサー・データ処理技術の進化

# 予知保全：風力タービンへの応用



時系列データ



現場エンジニア

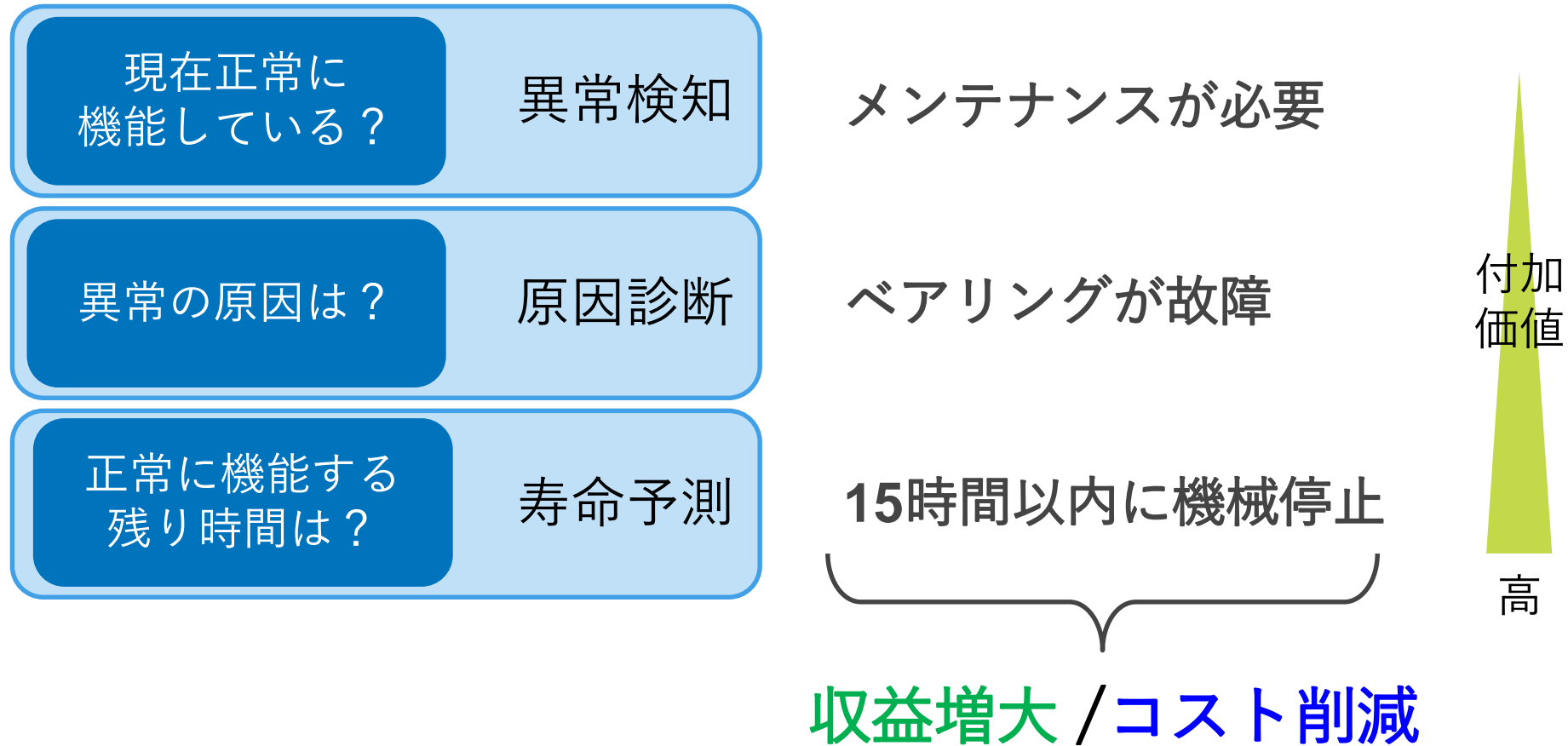
メンテナンスが必要

ベアリングが故障

**15時間以内**に機械が停止

**寿命**

## 3つの「目的・機能レベル」別予知保全





# 故障警告システムの開発事例

包装・製紙メーカー：Mondi Gronau社（ドイツ）

## 課題

プラスチックフィルム製造工場で  
機械ダウンタイムと廃棄を減らしたい

“中断のない安定した運用が可能に”  
- Dr. Michael Kohlert (Mondi)

## ソリューション

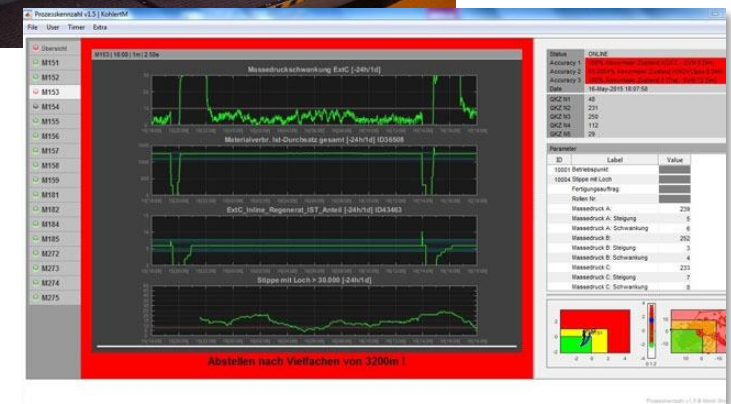
機械の故障を予測する監視ソフトウェア  
の開発・実装（技術コンサル提供）

## 結果

- ✓ 年間€5万以上のコスト削減
- ✓ 潜在的異常の警告を発信するソフトウェア



[詳細URL](#)



# アルゴリズム開発フロー：4つのステップ

データの収集

データの  
前処理

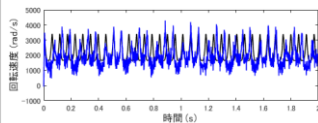
予測モデルの  
開発

システムへの  
統合

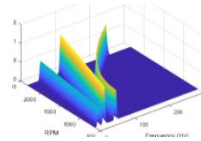
センサーデータ



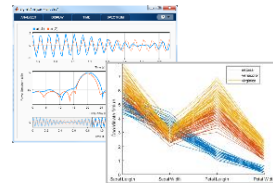
シミュレーション  
データ



データの  
次元削減



特徴量抽出



モデル作成  
機械学習



モデル検証



エンタープライズ  
システム

**MATLAB** Excel  
.NET C/C++  
.exe Java .dll

組み込みデバイス



# データ収集のアプローチ

物理法則に基づく方法

実験データに基づく方法

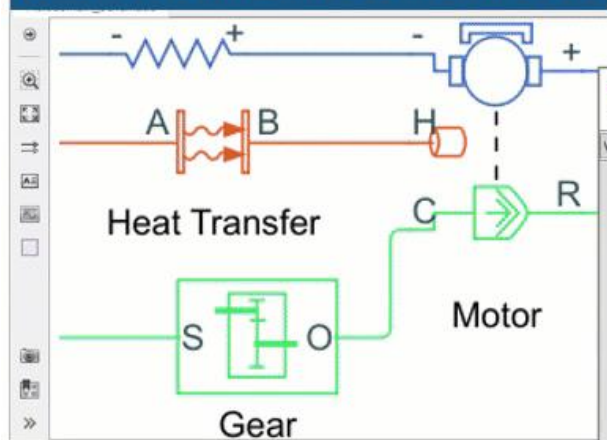


## Model-driven 物理モデルベース

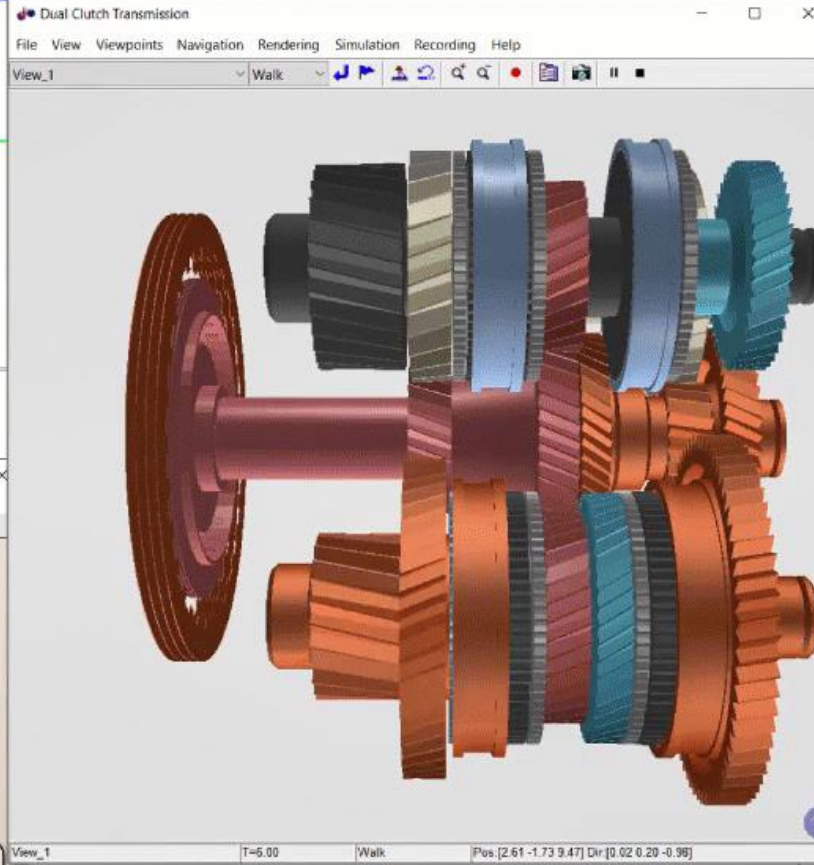
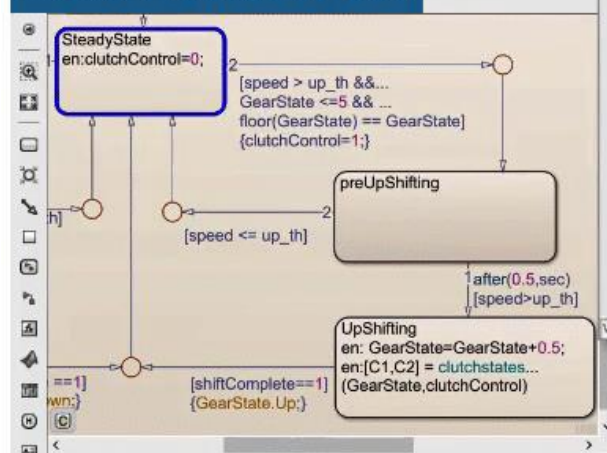
- 専門・業界知識の活用
- 物理的な関係からモデル作成
- 計測しにくいデータなどを補完
- 高精度の予測モデルへの寄与

# Simscape™による物理モデル構築

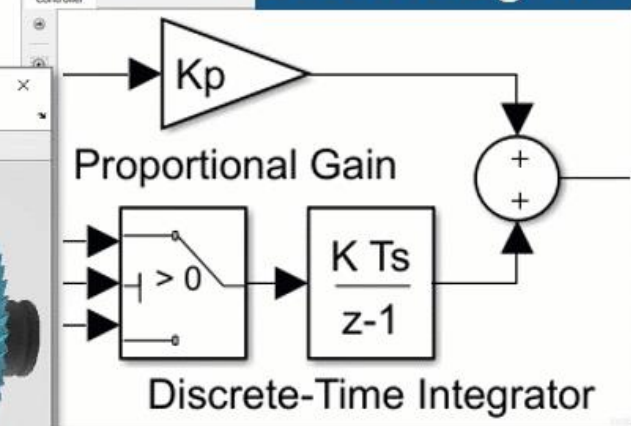
## Multidomain schematic



## State machines



## Block diagram



## Code

EDITOR

VIEW

spring.ssc\* x +

```
equations
```

```
    v == x.der;
```

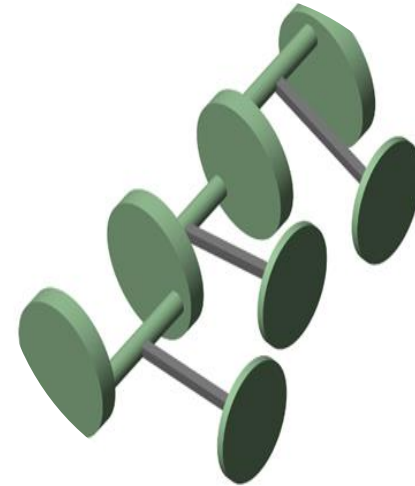
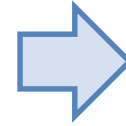
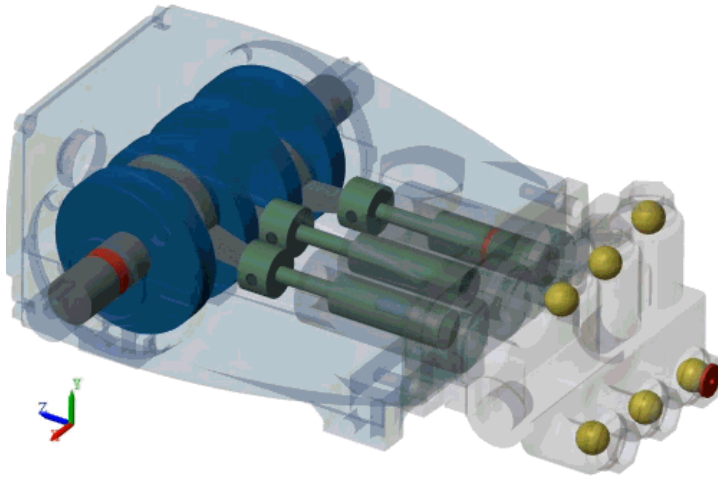
```
    f == spr_rate * x;
```

```
end
```

Simscape model fi

# Simscape™による物理モデル構築

ピストンポンプ



# Demo: Model-driven アプローチ

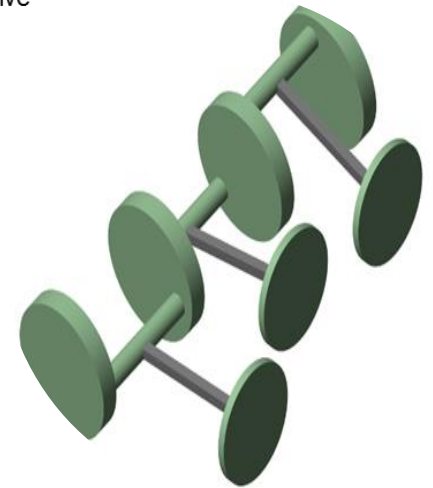
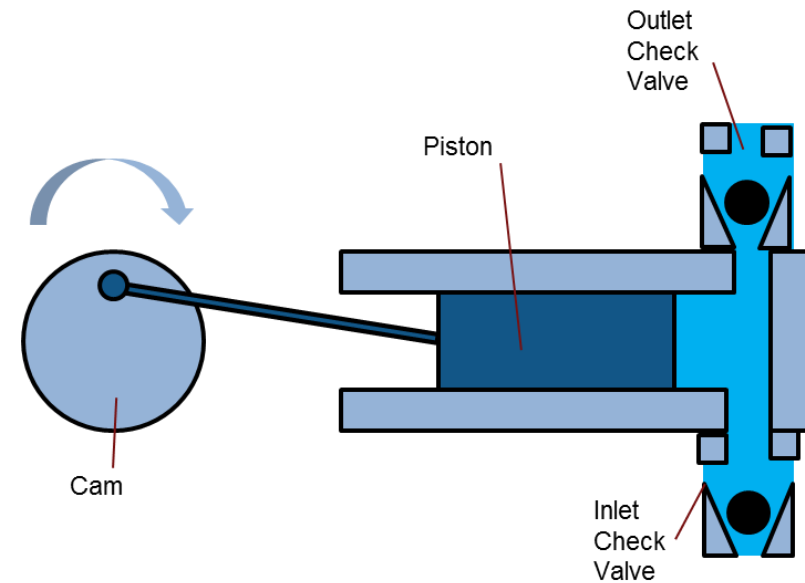
## ピストンポンプの物理モデル作成

### 実装済み劣化モード

- ラインからの漏れ CylinderLeak
- ラインの目詰まり CloggedLine
- モータの劣化 ElectricMoterDecline
- 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
  - 異常検知 & 原因診断



# データ収集のアプローチ

物理法則に基づく方法

実験データに基づく方法

White-box

Black-box

## Model-driven 物理モデルベース

- 物理的な関係からモデル作成
- 専門・業界知識の活用
- 計測しにくいデータなどを補完
- 高精度の予測モデルへの寄与

## Data-driven センサーデータベース

- 機器から得られるデータを使用
- 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



## 異常検知・予知保全関連資料のご案内

- [デジタルツインとは？これだけは知っておきたい3つのこと](#)
- [MATLAB/Simulink による予知保全ビデオシリーズ](#)
- [実例に学ぶ予知保全向けデータ活用](#)
- 30日無料の評価版を試す [jp.mathworks.com/trial](https://jp.mathworks.com/trial)
- 製品、サービスのお見積もり [jp.mathworks.com/quote](https://jp.mathworks.com/quote)
- お問い合わせ [jp.mathworks.com/contact](https://jp.mathworks.com/contact)



## ご紹介製品

- MATLAB®
- Simscape™
- Statistics and Machine Learning Toolbox™



© 2020 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See [www.mathworks.com/trademarks](http://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.