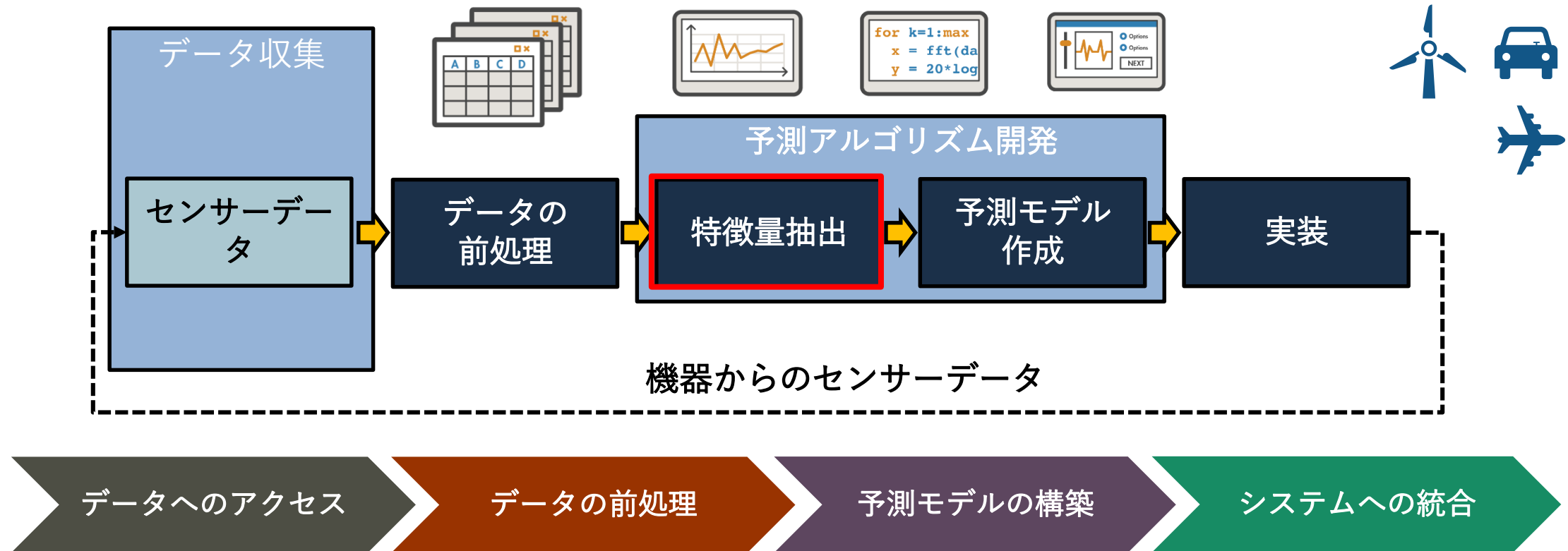


## Part 3: 予知保全を可能にする特徴量選択

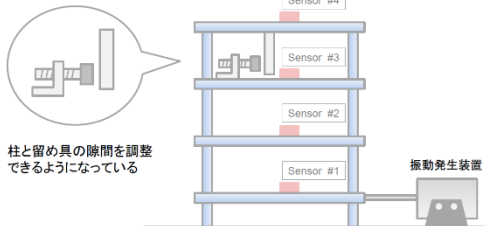
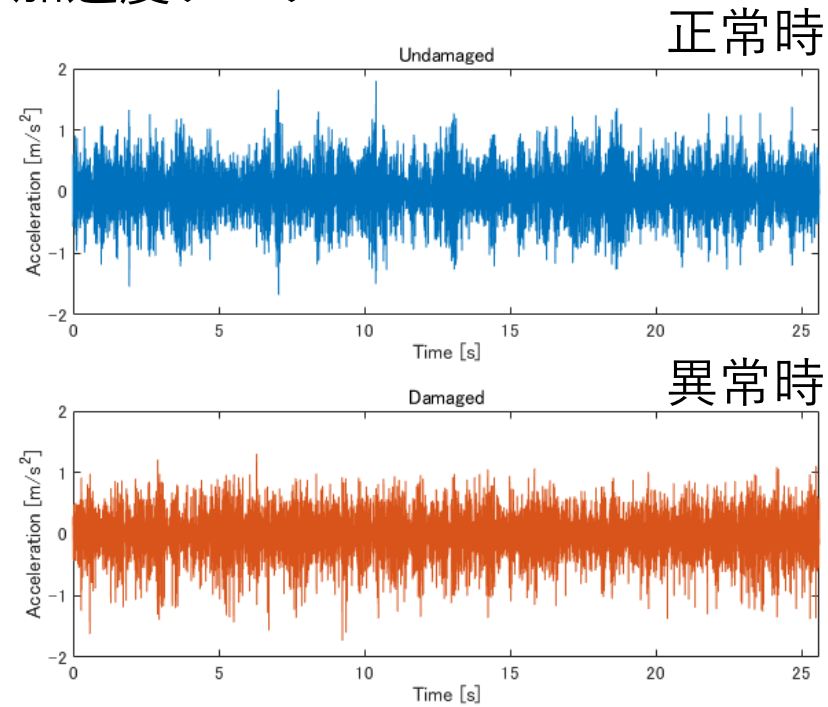
# 予知保全システム構築のワークフロー



# 特徴量抽出

## 異常検知・故障予測の最大の「壁」

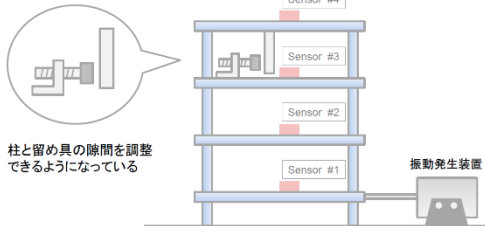
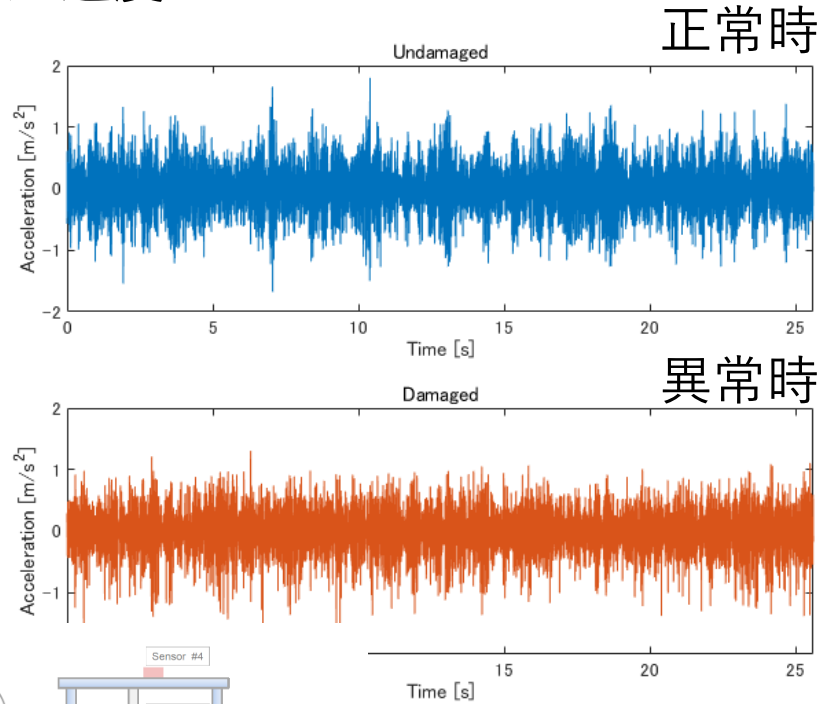
### 加速度データ



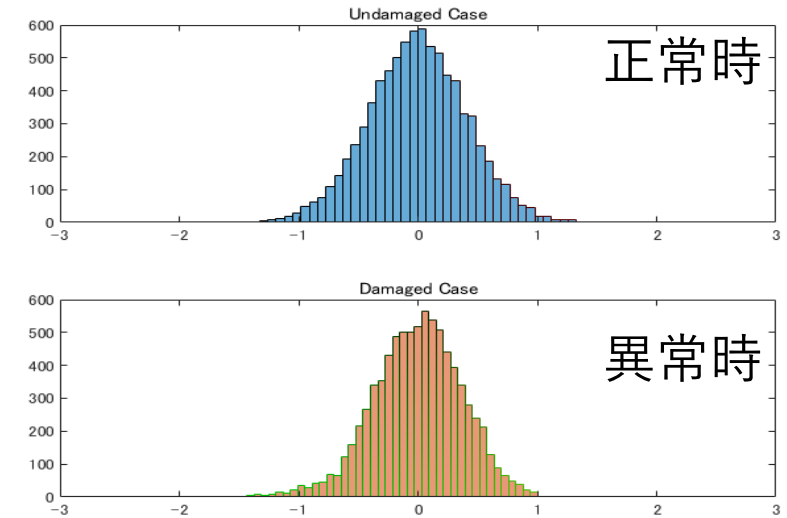
# 特徴量抽出

## 異常検知・故障予測の最大の「壁」

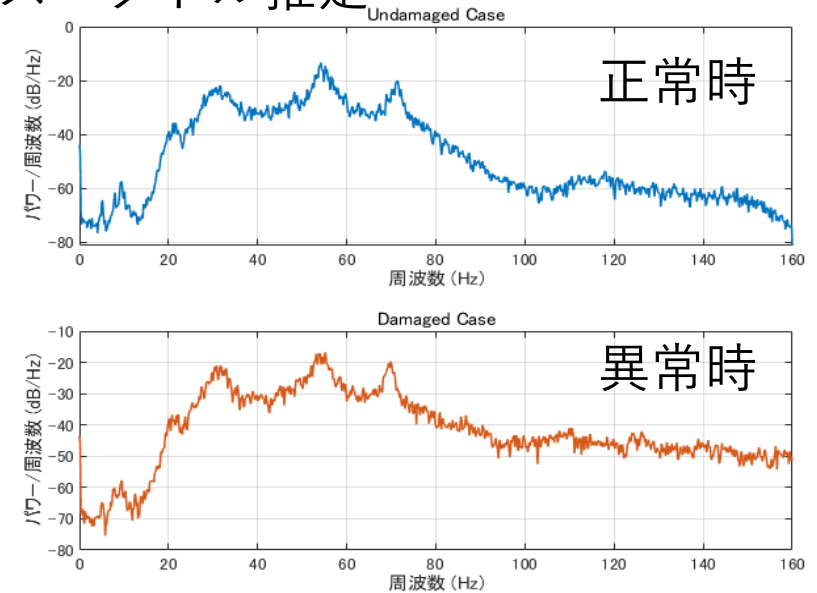
### 加速度データ



### ヒストグラム



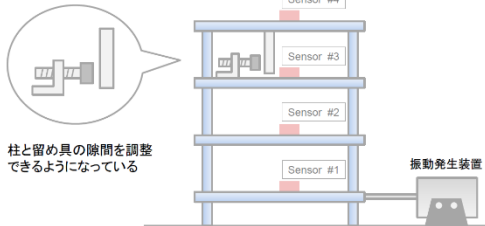
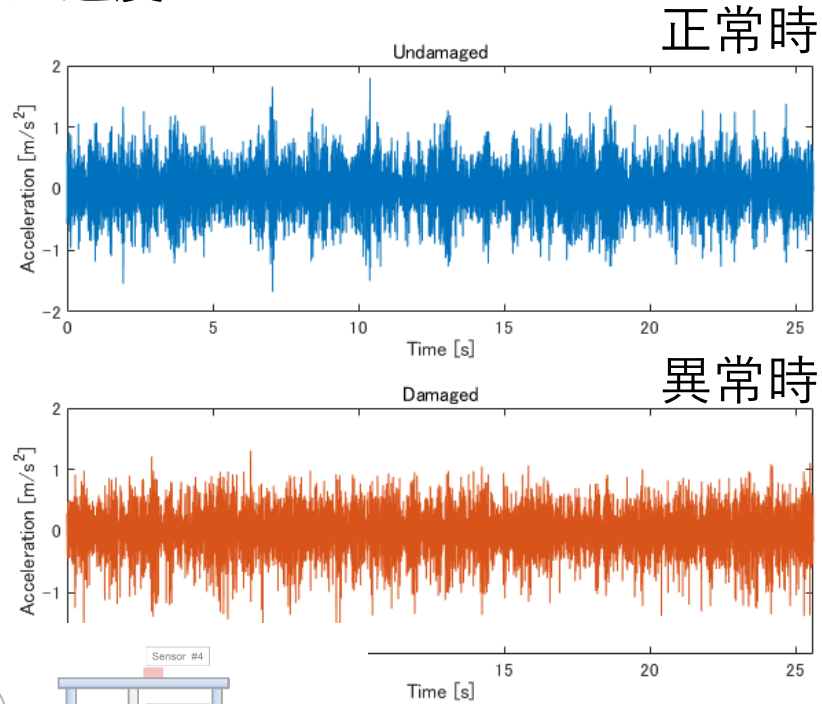
### スペクトル推定



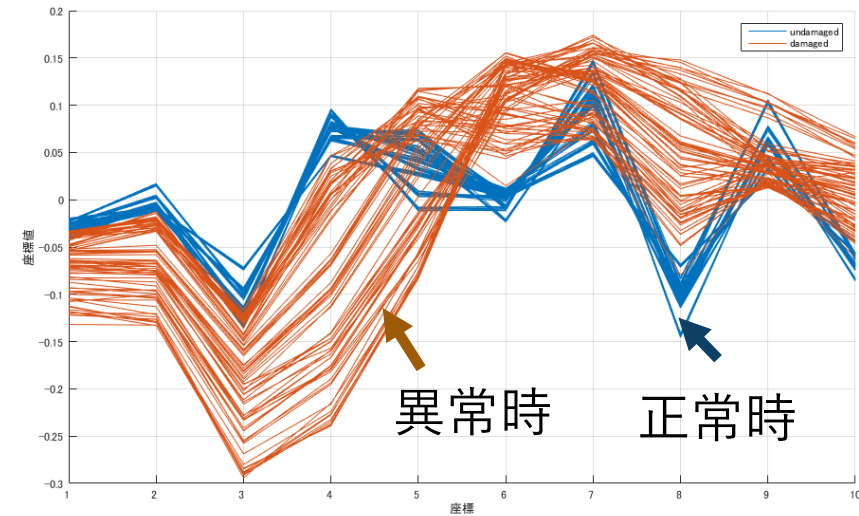
# 特徴量抽出

## センサーデータの前処理が成功の鍵

### 加速度データ



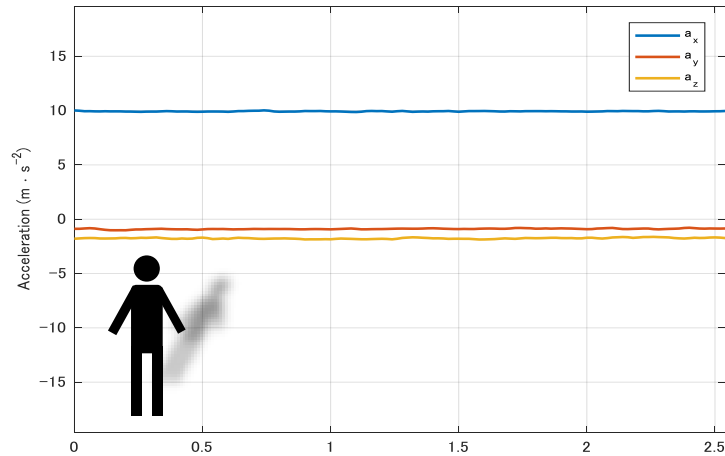
### 自己回帰モデル係数(N=10)



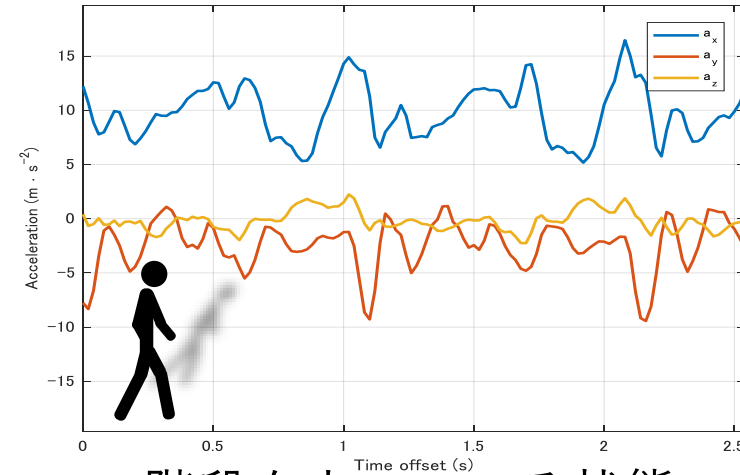
$$X_n = a_0 + \sum_{i=1}^N a_i X_{n-i} + \varepsilon_t$$

# 加速度センサー情報による人の活動認識

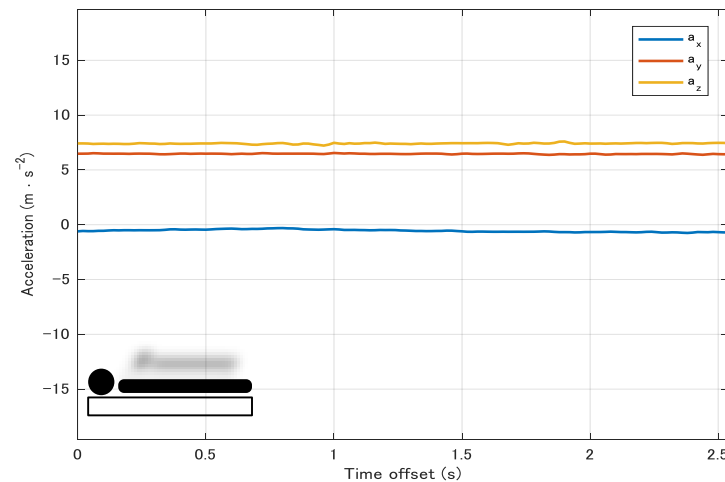
## 直立の状態



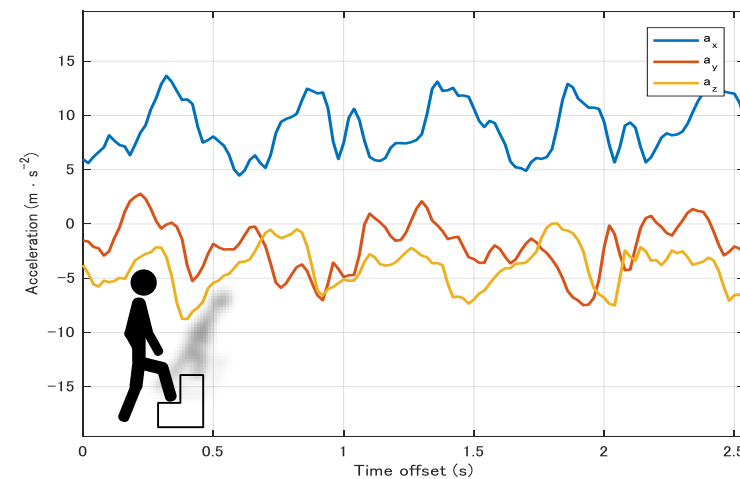
## 歩いている状態



## 寝転んだ状態

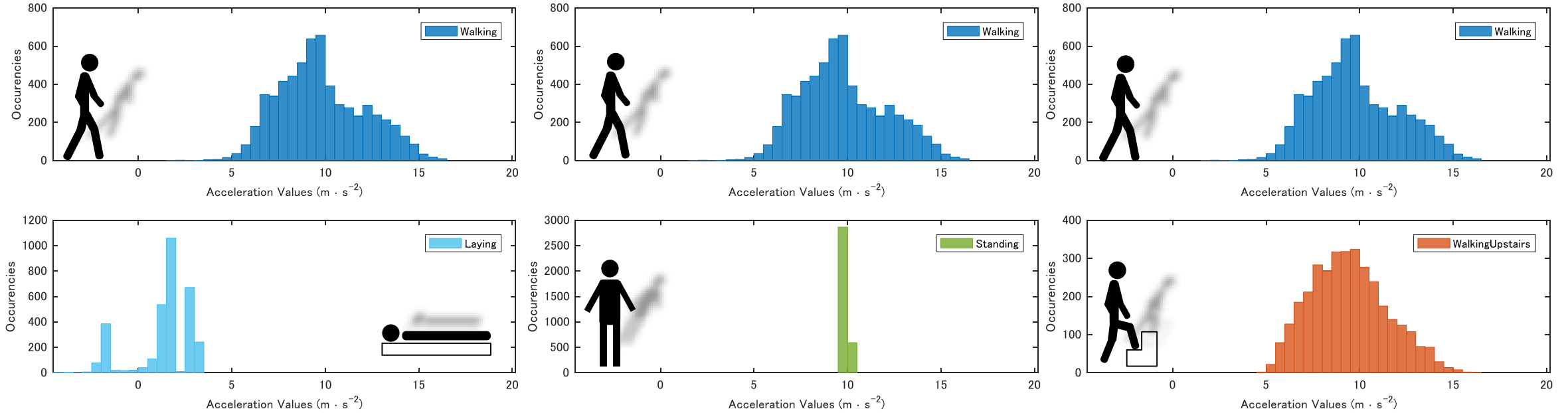


## 階段を上っている状態



# 加速度センサー情報による人の活動認識

## 同じデータでも分類対象によっても最適な特徴量は様々



歩く vs. 寝る



平均値で識別

歩く vs. 立つ



標準偏差で識別

歩く vs. 階段を上る

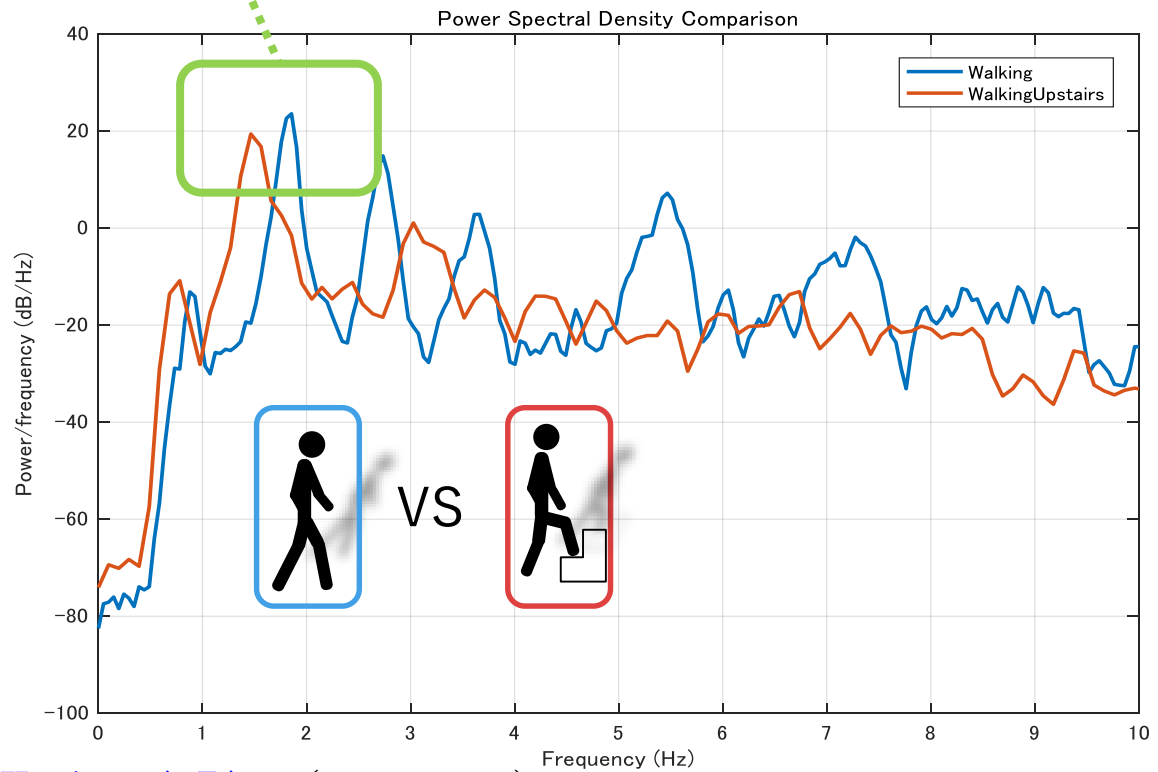


???

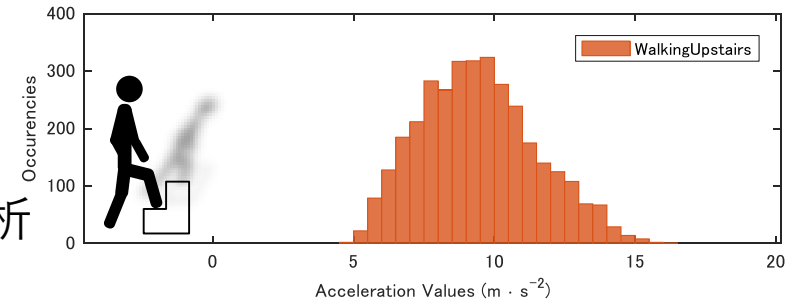
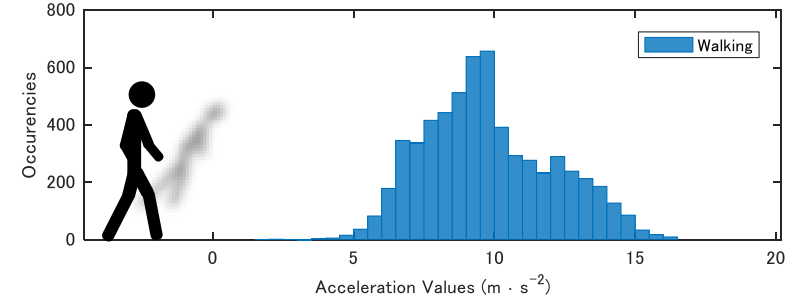
# 加速度センサー情報による人の活動認識

## 同じデータでも分類対象によっても最適な特徴量は様々

- 「階段を上る」の方が全体的に左より
- 一周期の時間が長い
- 動作が遅い



← 周波数解析



歩く vs. 階段を上る

↓

ピーク周波数



# Diagnostic Feature Explorer

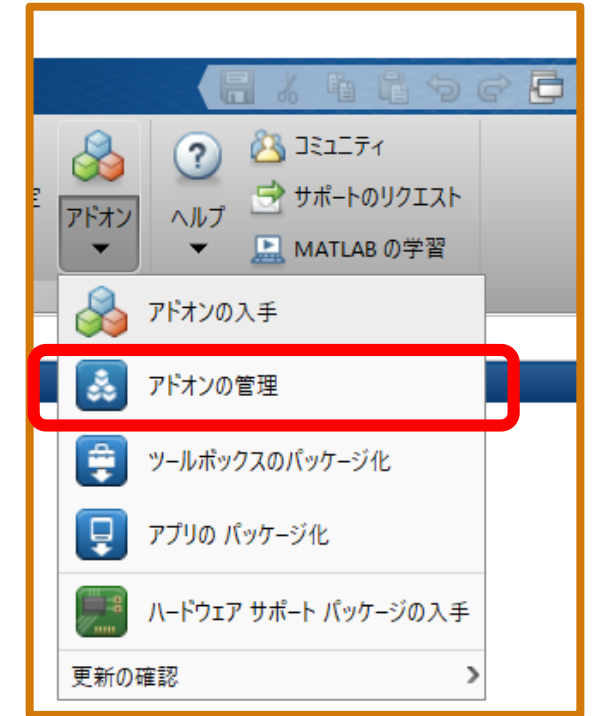
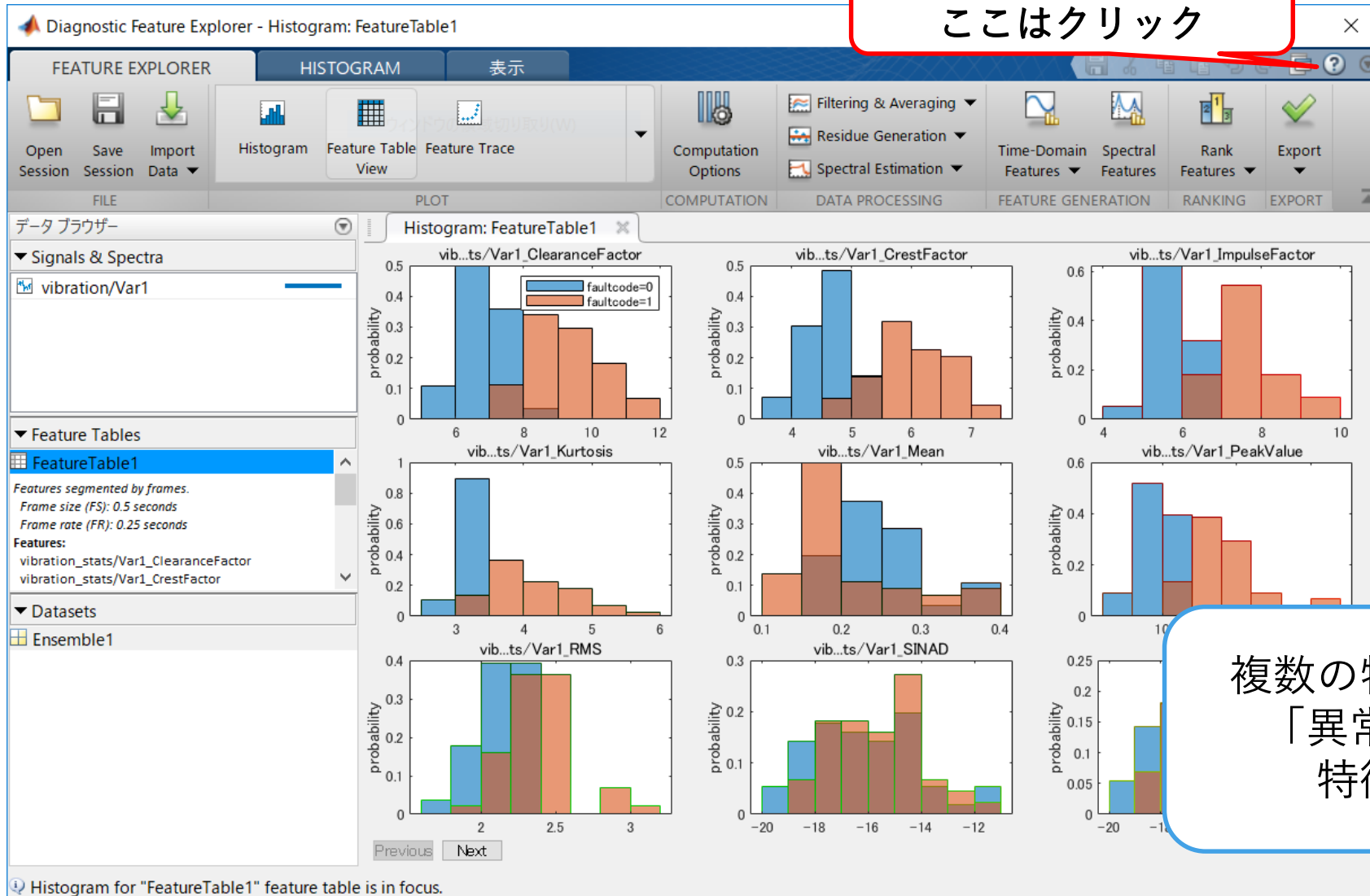
## 特徴量選択を簡単に実施するアプリ



注：R2018bではSupport Package としてのリリース

[File Exchange](#) もしくは【アドオン管理】からDL

Users Guide の起動は  
ここはクリック



複数の特徴量を算出・可視化し  
「異常/正常」を区別できる  
特徴量の特定を容易に

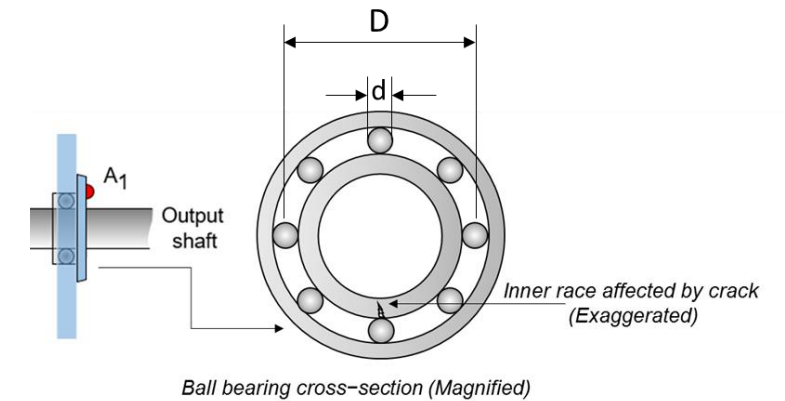
# Demo : アプリを使用した特徴量調査

## 風力タービンの劣化検知

- シャフトに発生する振動データ (加速度)
- サンプリング周波数 : 約100kHz
  - 2013/3/8 – 2013/4/25 (50日間)
  - 1日1秒間 x 25日分を使用

### ゴール

正常データからの劣化のヒント (特徴量) 発見



データ元 : <http://data-acoustics.com/measurements/bearing-faults/bearing-3/>

Bechhoefer, Eric, Brandon Van Hecke, and David He. "Processing for improved spectral analysis."

*Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society, New Orleans, LA, Oct. 2013.*

# Demo : アプリを使用した特徴量調査 (データ詳細)

課題 : faultcode (劣化度) を分類する特徴量の特定

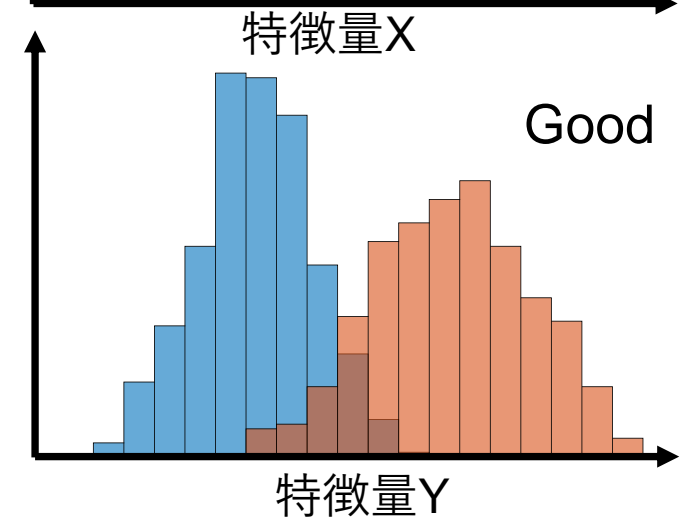
25x3 table

	1	2	3
	Date	vibration	faultcode
1日目	2013/03/08	97656x1 timetable	0
	2013/03/10	97656x1 timetable	0
	2013/03/12	97656x1 timetable	0
	2013/03/14	97656x1 timetable	0
	2013/03/16	97656x1 timetable	0
	2013/03/17	97656x1 timetable	0
	2013/03/20	97656x1 timetable	0
	2013/03/22	97656x1 timetable	0
	(中略)		
	2013/04/09	97656x1 timetable	1
	2013/04/11	97656x1 timetable	1
	2013/04/13	97656x1 timetable	1
	2013/04/15	97656x1 timetable	1
	2013/04/17	97656x1 timetable	1
	2013/04/19	97656x1 timetable	1
	2013/04/21	97656x1 timetable	1
	2013/04/23	97656x1 timetable	1
50日目	2013/04/25	97656x1 timetable	1

劣化 : 低

劣化 : 高

特徴量のヒストグラム例



# Predictive Maintenance Toolbox

## 予知保全アルゴリズム開発の効率UP

# R2018a

## Get Started with 予知保全

- アルゴリズム開発の流れをまとめたドキュメンテーション ([Link](#))
- 開発の各ステップで使える手法一覧
- バッテリーやギアボックスなどの例題

The screenshot displays the documentation for the 'Identify Condition Indicators' tool in the Predictive Maintenance Toolbox. The page is titled 'Identify Condition Indicators' with a 'URL' link. Below the title, there is a brief description: 'Explore data to identify features that can indicate system...'. A definition follows: 'A condition indicator is a feature of system data whose behavior is different from any other feature that is useful for distinguishing normal from fault status apart.' Another paragraph states: 'You can derive condition indicators from signal analysis, build dynamic models to your data, and examine model parameters for Monitoring, Fault Detection, and Prediction.' Below this text, there is a 'Functions' section with three expandable items: 'Signal-Based Features', 'Model-Based Features and Residuals', and 'Feature Selection'. The background shows a 'Preprocess Data' section with a 'URL' link and a 'Functions' list including 'Basic', 'Filtering', 'Time-Frequency', 'Frequency', and 'Time-Frequency'.

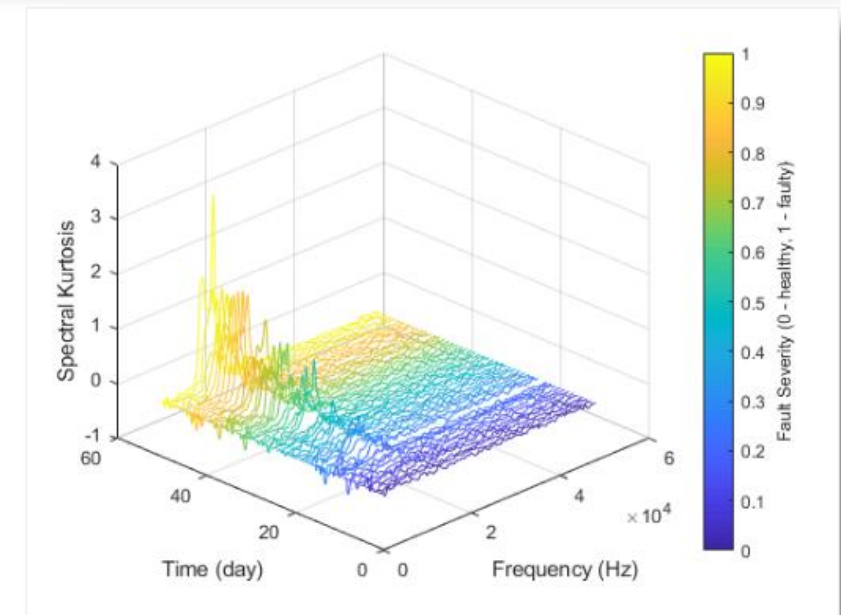
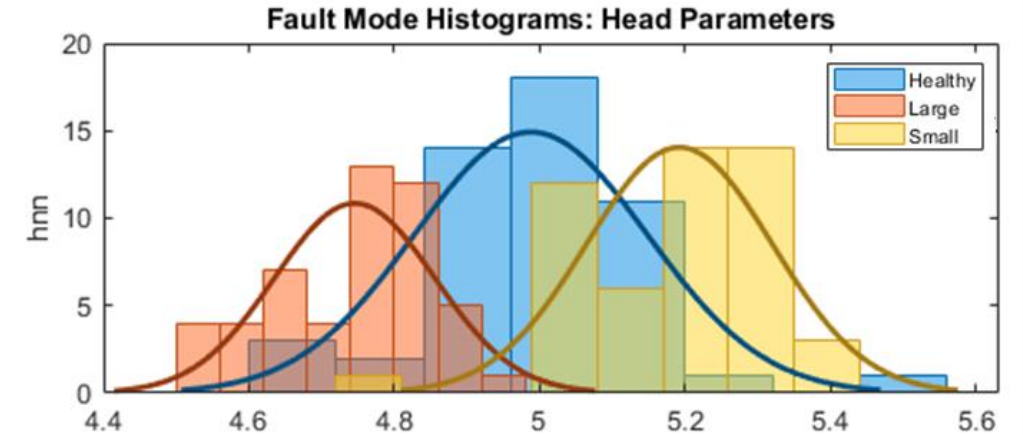
# Predictive Maintenance Toolbox

## 予知保全アルゴリズム開発の効率UP

R2018a

### 予知保全向けの機能

- 予測モデル作成向けのデータ管理機能
- 機器の残り寿命を予測するモデル
- 機器の状況を表す特徴量を抽出する機能
- Simulinkモデルを使った故障データ作成



## 【補足】 Predictive Maintenance Toolbox の特徴量抽出機能

- データ発生源のシステム変動を定量化
  - [lyapunovExponent](#) : 相空間における軌道が離れていく度合いを表す量
  - [approximateEntropy](#) : 時系列データの秩序性を定量化する値
  - [correlationDimension](#) : 相空間における次元数
- 周波数領域の時間変化をモーメント(平均, 分散, 歪度, 尖度)で定量化
  - 時間周波数モーメント (time-frequency moment)
    - [tfsmoment](#) : Conditional spectral moment
    - [tftmoment](#) : Conditional temporal moment
    - [tfmoment](#) : Joint time-frequency moment

- 異常を早期にとらえることができる可能性
- ベアリングやギアから発生する振動や音データの解析向き

[1] Caesarendra, Wahyu, et al. "An application of nonlinear feature extraction-A case study for low speed slewing bearing condition monitoring and prognosis." *Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2013 IEEE/ASME International Conference on. IEEE, 2013.*

[2] Loughlin, P., F. Cakrak, and L. Cohen. "Conditional moments analysis of transients with application to helicopter fault data." *Mechanical Systems and Signal Processing 14.4 (2000): 511-522.*

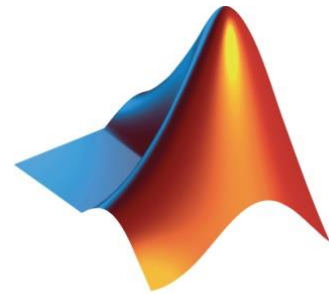
# 生産ラインモニタリング

生産機械：Daimler & Dr. Türck Ingenieurbüro (ドイツ)

*Predictive Maintenance using MATLAB: Pattern Matching for Time Series Data*

MathWorks  
AUTOMOTIVE CONFERENCE 2018  
17 April | Stuttgart

[Link to presentation slide](#)



# 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](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.