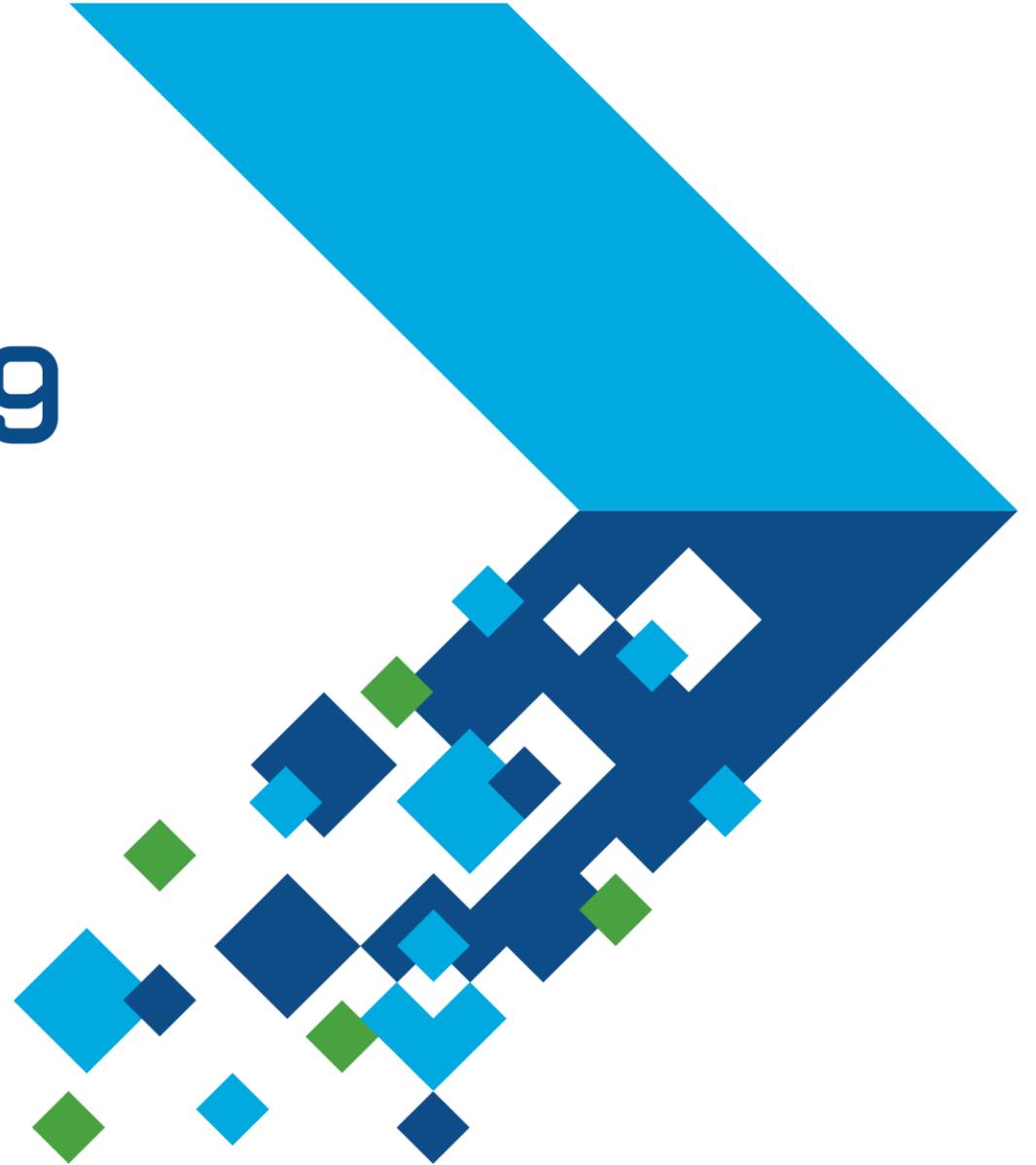


# MATLAB EXPO 2019

故障予測 x IoT

～ 予知保全システムの構築 ～

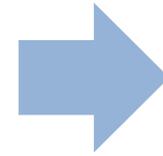
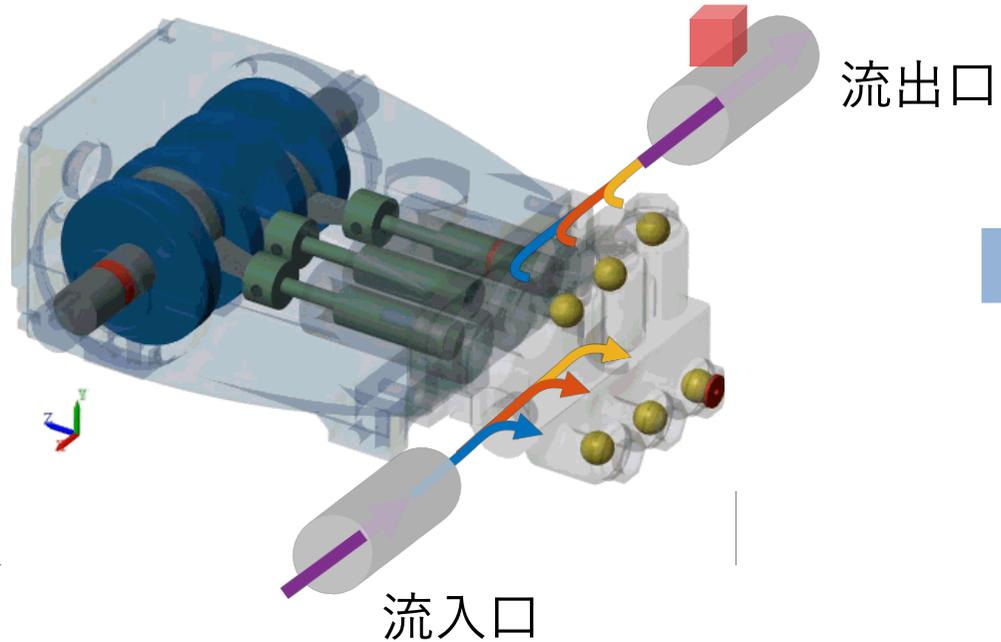
王 曉星



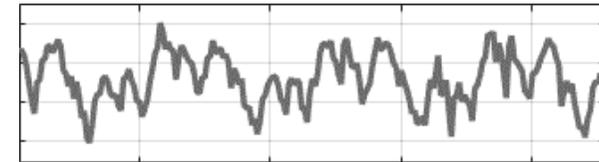
# 予知保全システムイメージ

ピストンポンプ

センサー



センサーデータ



# 予知保全システムイメージ

## Maintenance Translator

Turn off instant translation

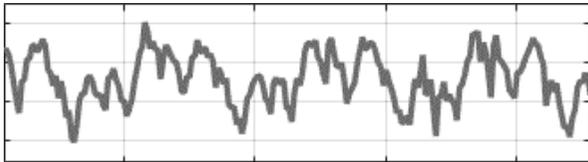


English Spanish French Pump - detected



日本語 Russian Greek

Translate

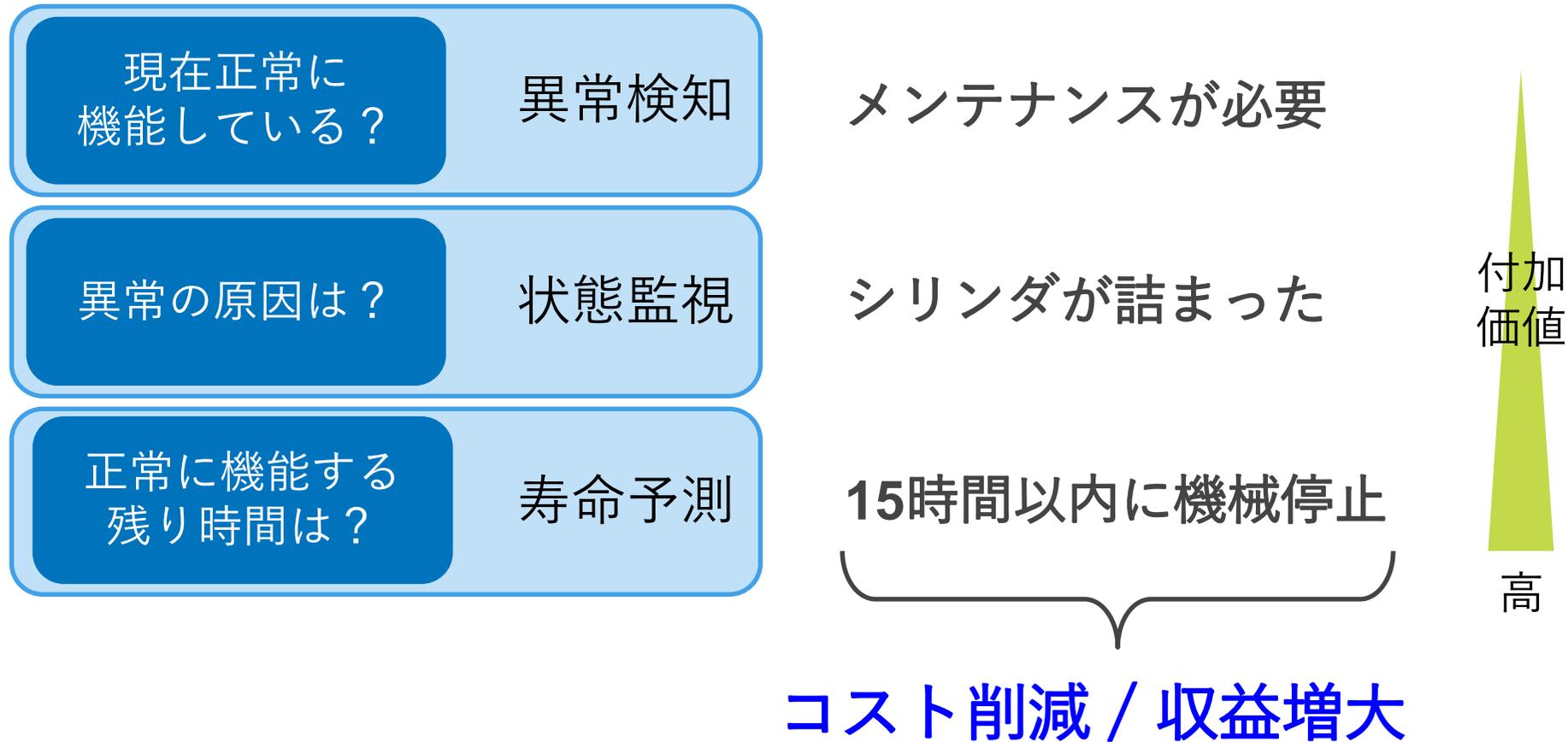


1/5000

メンテナンスが必要。  
シリンダが詰まった。  
15時間以内に機械停止。



## 3つの「機能レベル」別予知保全



# Predictive Maintenance Toolbox™

現在正常に  
機能している？

異常検知

異常の原因は？

状態監視

正常に機能する  
残り時間は？

寿命予測

Predictive Maintenance Toolbox™ lets you label data, design condition indicators, and estimate the remaining useful life (RUL) of a machine.

The toolbox provides functions and an interactive app for exploring, extracting, and ranking features using data-based and model-based techniques, including statistical, spectral, and time-series analysis. You can monitor the health of rotating machines such as bearings and gearboxes by extracting features from vibration data using frequency and time-frequency methods. To estimate a machine's time to failure, you can use survival, similarity, and trend-based models to predict the RUL.

You can analyze and label sensor data imported from local files, cloud storage, and distributed file systems. You can also label simulated failure data generated from Simulink® models. The toolbox includes reference examples for motors, gearboxes, batteries, and other machines that can be reused for developing custom predictive maintenance and condition monitoring algorithms.

## メンテナンスの種類

- **Reactive** – 問題が起こった時に（事後保全）
- **Preventive** – 一定期間経過した時に（予防保全）
- **Predictive** – 問題が起きるまでの時間を予測して（予知保全）

# 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

## 異常検知・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

# 予知保全システム構築事例

暴噴→防噴装置の安全性

原油流出事故



[Link to user story](#)

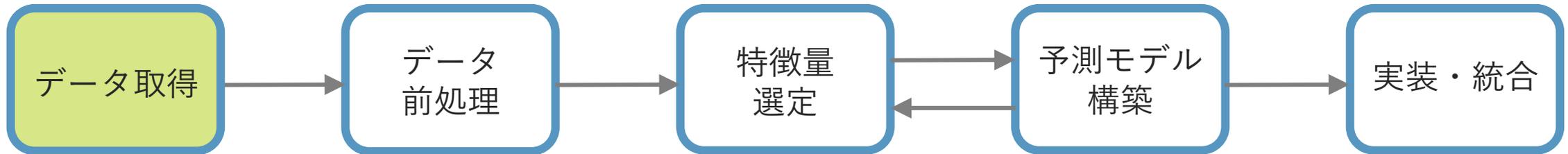
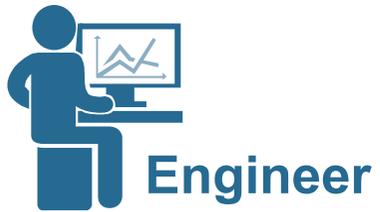
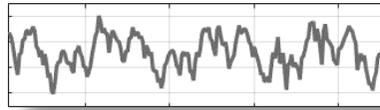
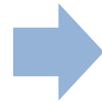
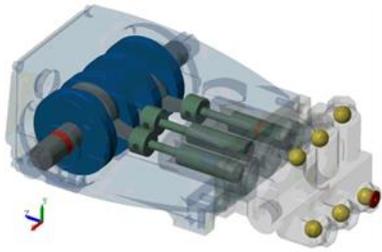


Mercedes-Benz

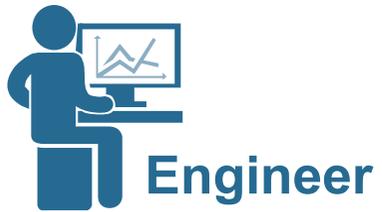
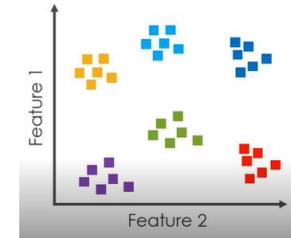
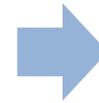
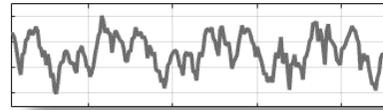
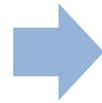
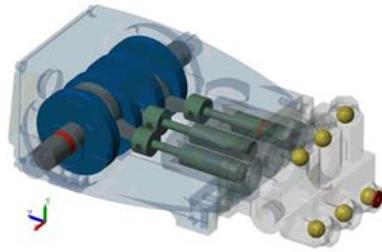


**BOSCH**

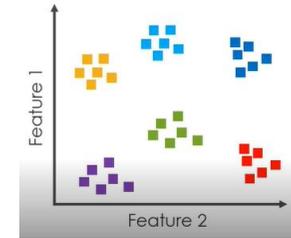
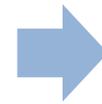
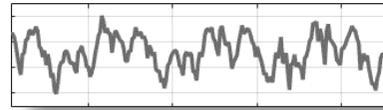
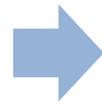
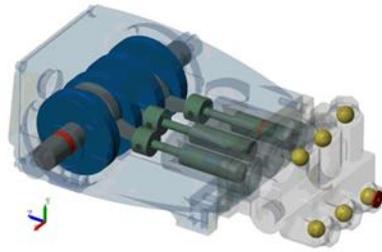
# 予知保全システム構築ワークフロー



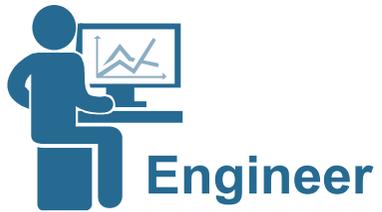
# 予知保全システム構築ワークフロー



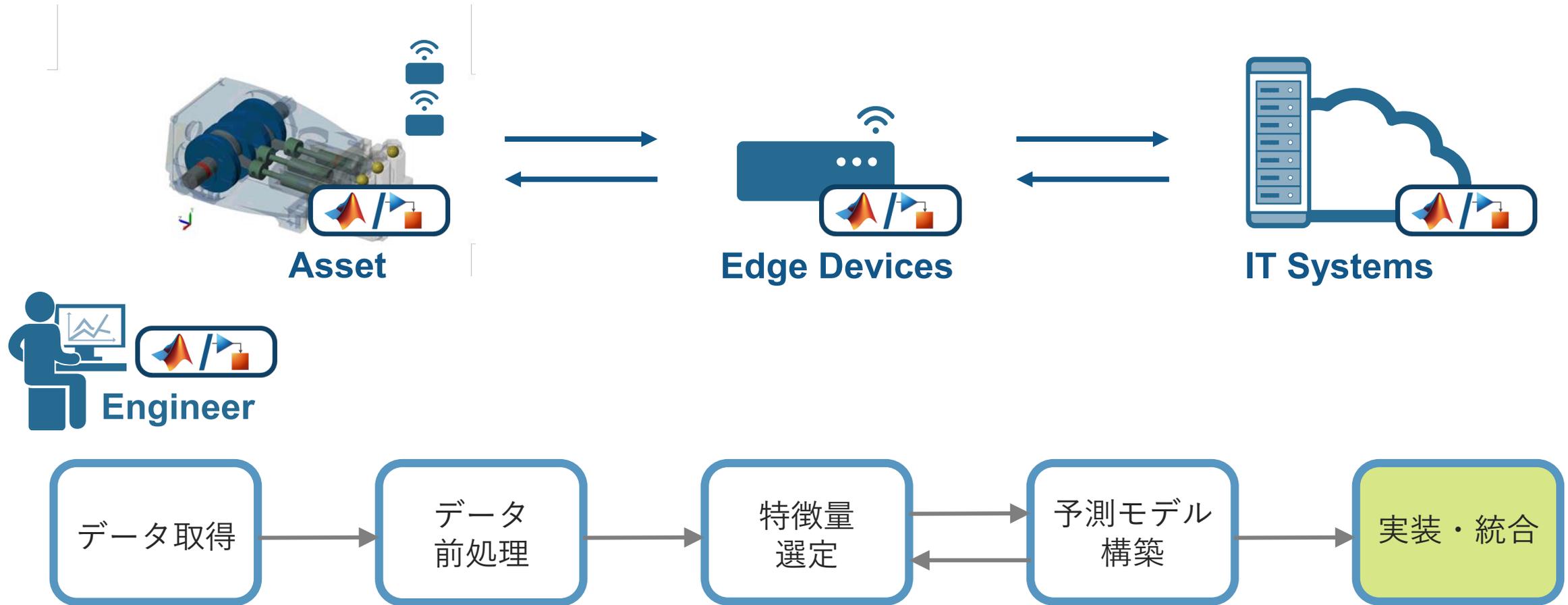
# 予知保全システム構築ワークフロー



正常  
or  
異常



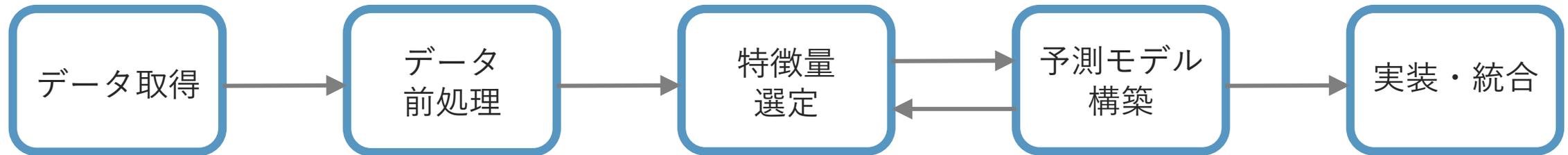
# 予知保全システム構築ワークフロー



# アジェンダ

## 故障予測 x IoT ～予知保全システムの構築～

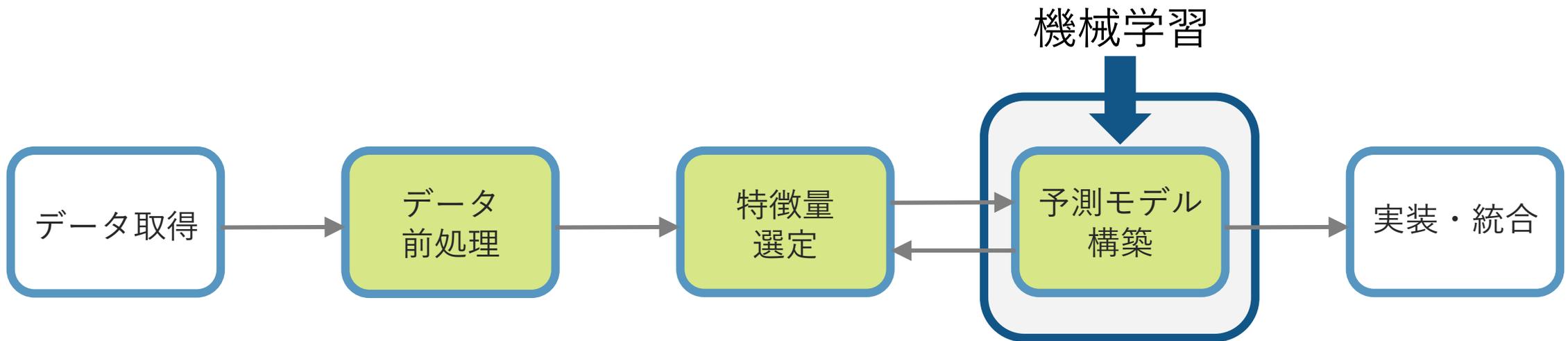
- 故障予測アルゴリズム開発
- エッジ処理によるデータ量削減
- システム化手法及び運用方法



# アジェンダ

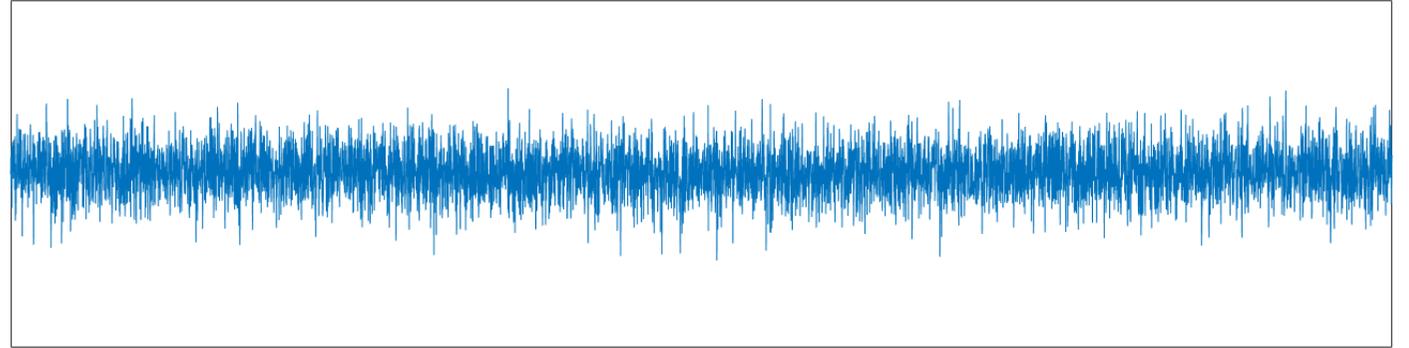
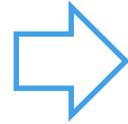
## 故障予測 x IoT ～予知保全システムの構築～

- 故障予測アルゴリズム開発
- エッジ処理によるデータ量削減
- システム化手法及び運用方法



# 課題：異常検知のアルゴリズム構築

## 風力タービン



シャフトに発生する振動データ

- 周波数：約100kHz
- 1日1秒間 x 50日分

ゴール

振動データから  
劣化のヒントを示す**特徴量**を特定

# 課題：異常検知のアルゴリズム構築

1日目

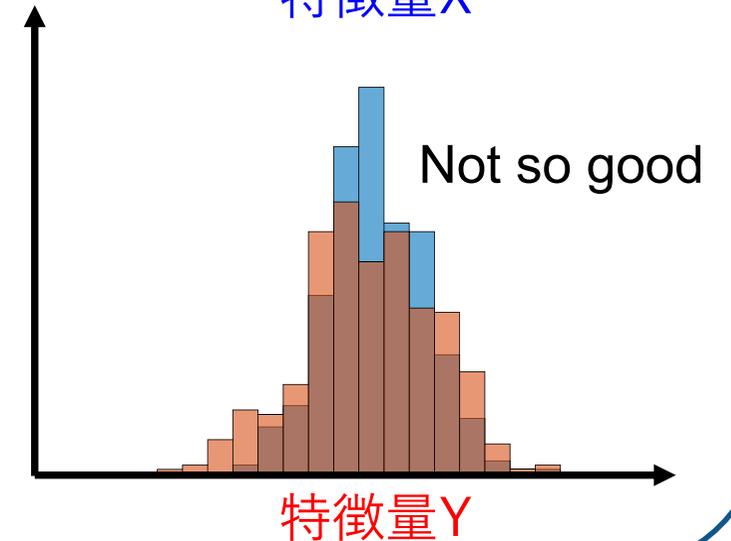
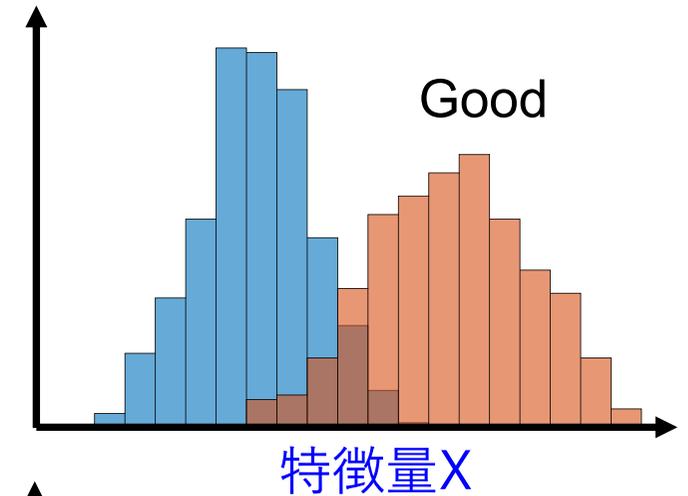
	1	2	3
	Date	vibration	faultcode
1	2013/03/08	97656x1 timetable	0
2	2013/03/10	97656x1 timetable	0
3	2013/03/12	97656x1 timetable	0
4	2013/03/14	97656x1 timetable	0
5	2013/03/16	97656x1 timetable	0
6	2013/03/17	97656x1 timetable	0
7	2013/03/20	97656x1 timetable	0
8	2013/03/22	97656x1 timetable	0
(中略)			
17	2013/04/09	97656x1 timetable	1
18	2013/04/11	97656x1 timetable	1
19	2013/04/13	97656x1 timetable	1
20	2013/04/15	97656x1 timetable	1
21	2013/04/17	97656x1 timetable	1
22	2013/04/19	97656x1 timetable	1
23	2013/04/21	97656x1 timetable	1
24	2013/04/23	97656x1 timetable	1
25	2013/04/25	97656x1 timetable	1

50日目

劣化：低

劣化：高

特徴量のヒストグラム例

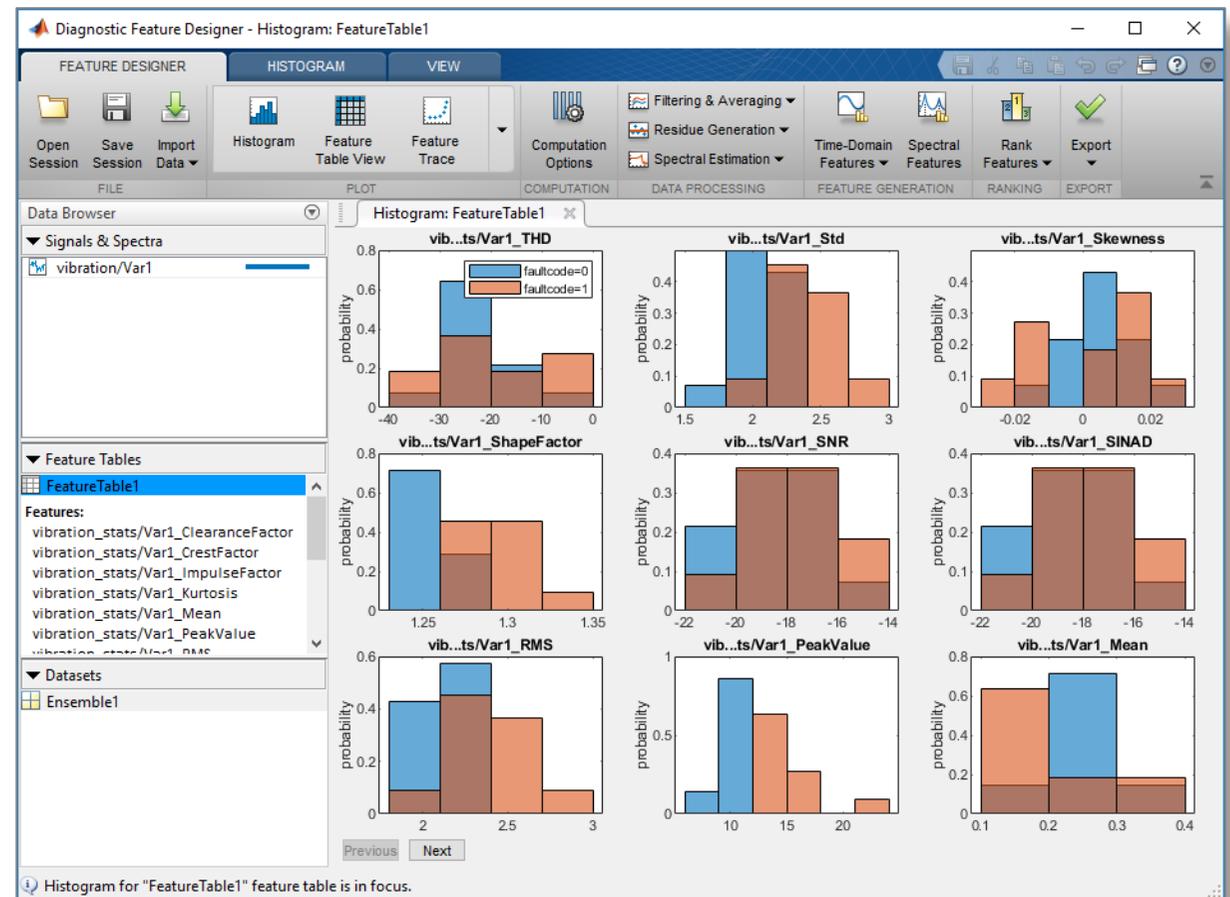


NEW

# Diagnostic Feature Designer アプリ R2019a

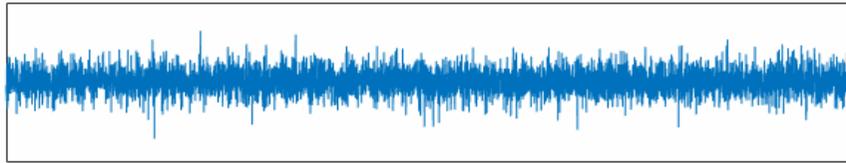
## Predictive Maintenance Toolbox

- 特徴量の算出、可視化、特定コードを書くことなく
- 時間領域・周波数領域における特徴量を計算可能
- メモリに入りきらない膨大なデータも処理可能

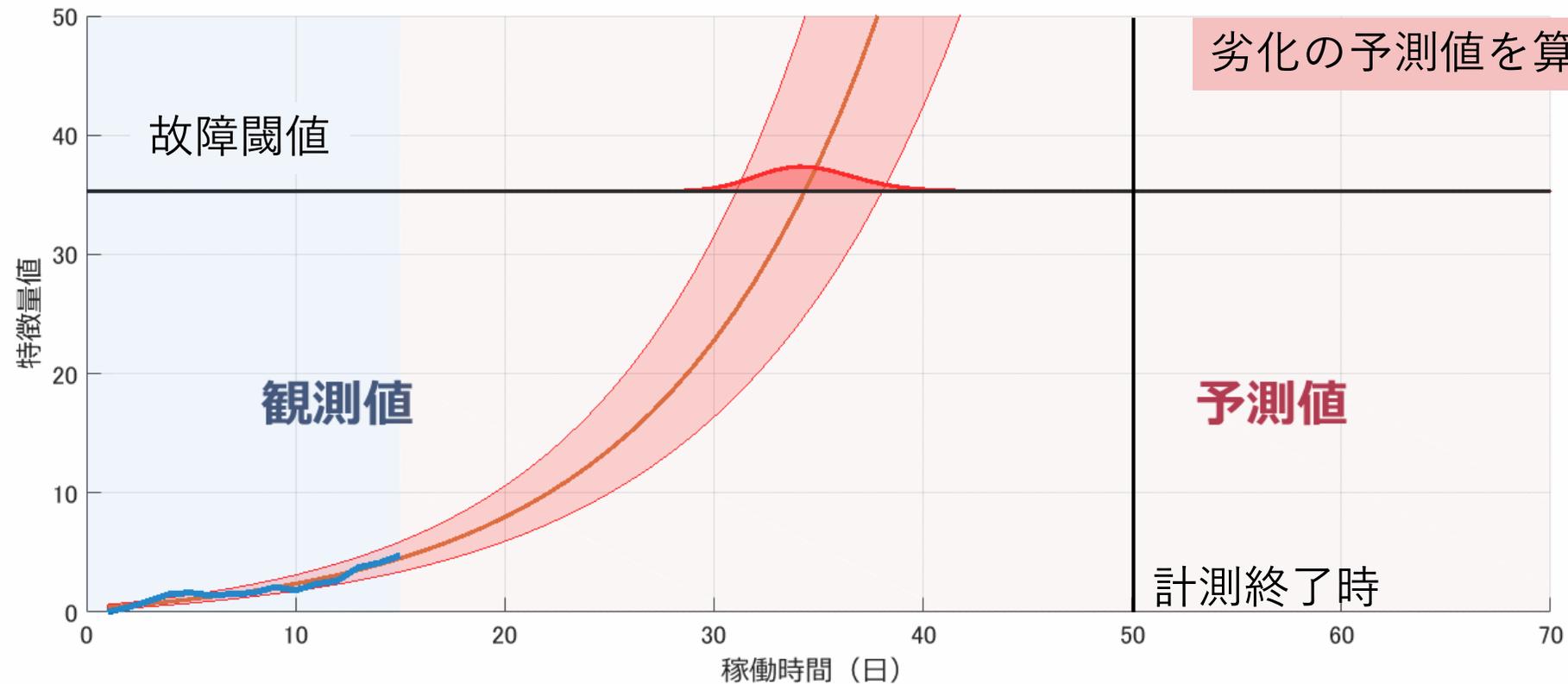


# 【参考】故障までの時間を予測するモデル開発

[詳細URL](#)



故障まで残り 459 時間  
(95%信頼区間 : 374~558 時間)



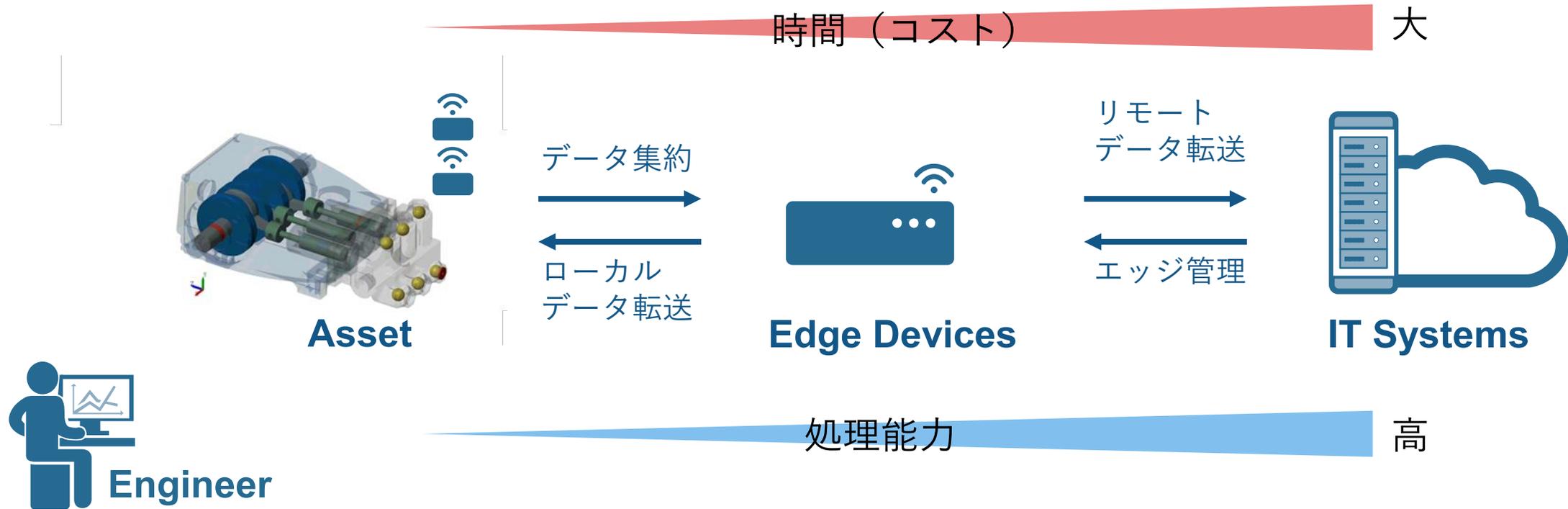
# アジェンダ

## 故障予測 x IoT ～予知保全システムの構築～

- 故障予測アルゴリズム開発
- エッジ処理によるデータ量削減
- システム化手法及び運用方法



# 予知保全システム構築ワークフロー



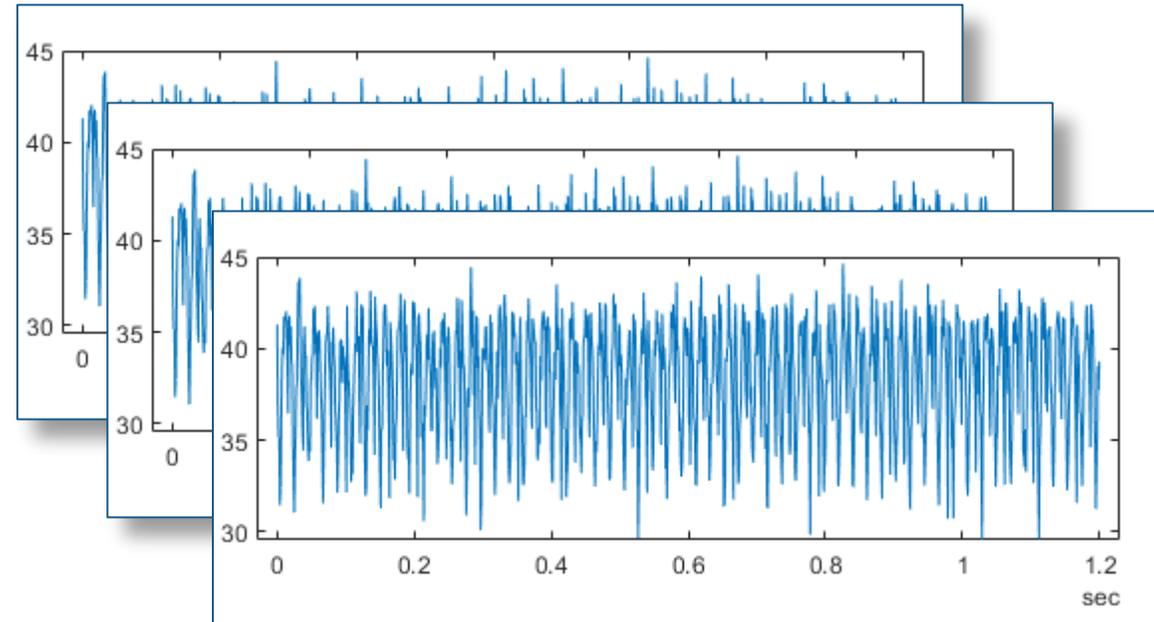
# エッジ処理の必要性

- 約 3 GB/日/センサー
- 10タービン x センサー3個  
約 90 GB/日

例えば・・・衛星通信

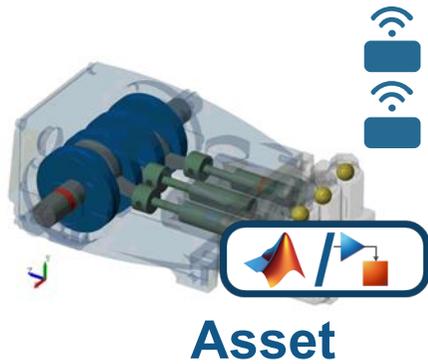
- \$1,000/10GB
- 通信速度128-150 kbps

1 sec. ~ 1000 samples ~ 8 kB



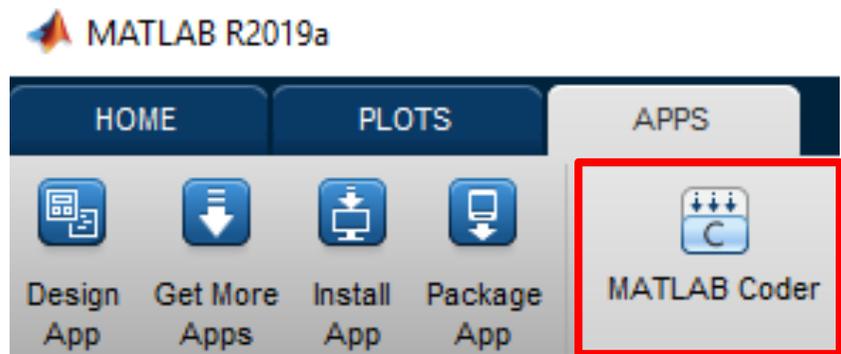
エッジ機器上で前処理し、  
必要なデータ・情報だけを転送する必要性

# 予知保全システム構築ワークフロー



大 意思決定の影響

開発コードの移植・実装  
MATLAB Coder™



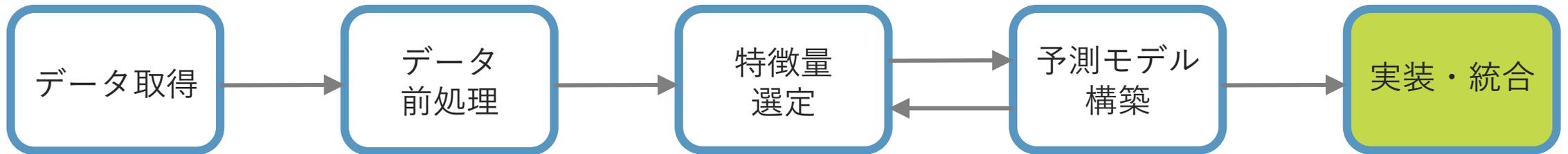
# Raspberry Pi™ + ThingSpeak™ で気軽に IoT



# アジェンダ

## 故障予測 x IoT ～予知保全システムの構築～

- 故障予測アルゴリズム開発
- エッジ処理によるデータ量削減
- システム化手法及び運用方法

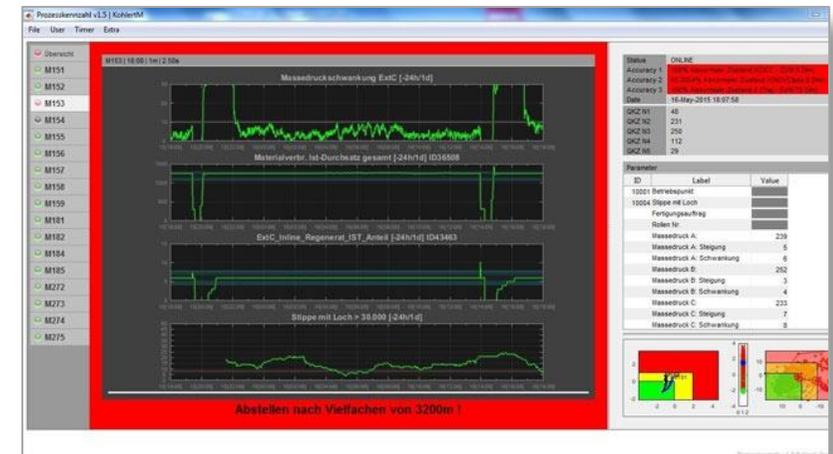


## 予測結果の展開方法

- 現場作業員への情報展開
  - メール送信
  - 工業用PC
  - タブレット上機能するアプリ
- 様々な機器の  
メンテナンススケジュールの最適化
  - IT & OTシステムとの統合
- 定期的な報告書



メール配信



Webアプリ  
ダッシュボード

# 故障警告システムの開発事例

石油サービス会社：Baker Hughes社（米国）

- 課題

天然資源採掘現場で24時間稼動する  
装置の稼働率を上げたい

- ソリューション

バルブからの圧力・振動データにスペクトル解析  
を実施しニューラルネットワークによる故障予測

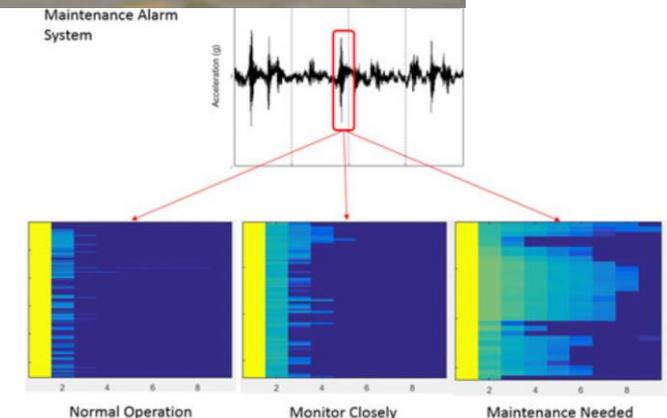
- 結果

- ✓ \$1000万以上のコスト削減
- ✓ 開発時間90%削減

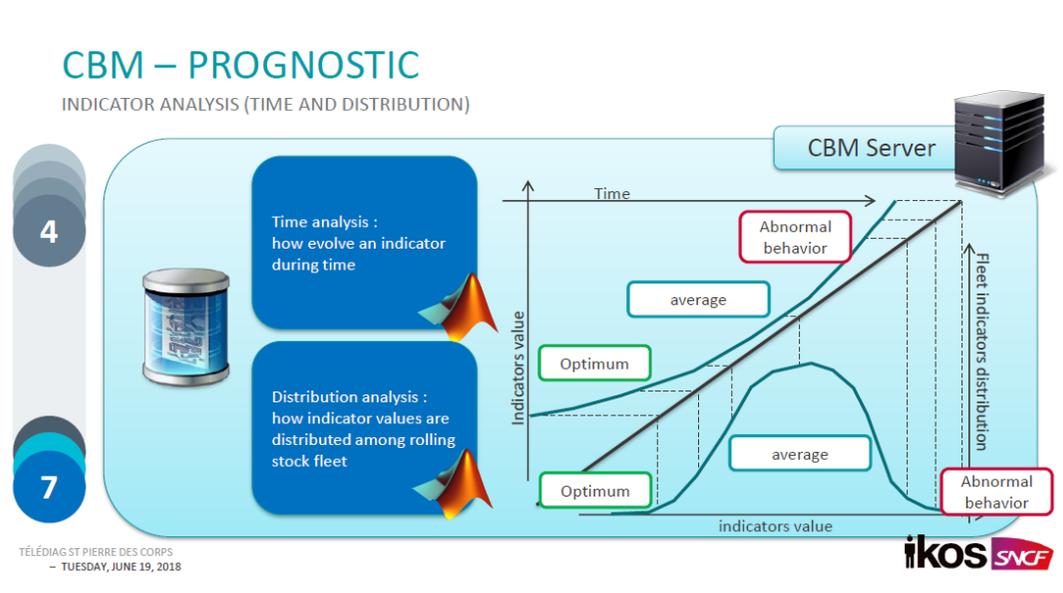
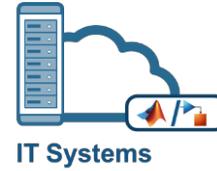
“最適なメンテナンス時期が  
リアルタイムで予測可能に”  
- Dr. Gulshan Singh (Baker Hughes)



[詳細URL](#)

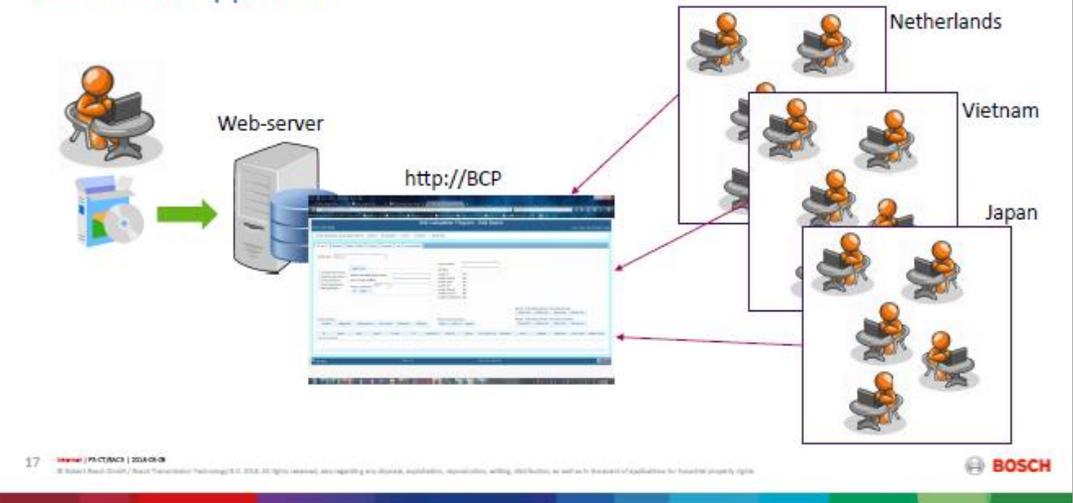


# 稼働中の予知保全システム例 SNCF社 & BOSCH社



[Link to user story](#)

### Web-based Approach



[Link to user story](#)

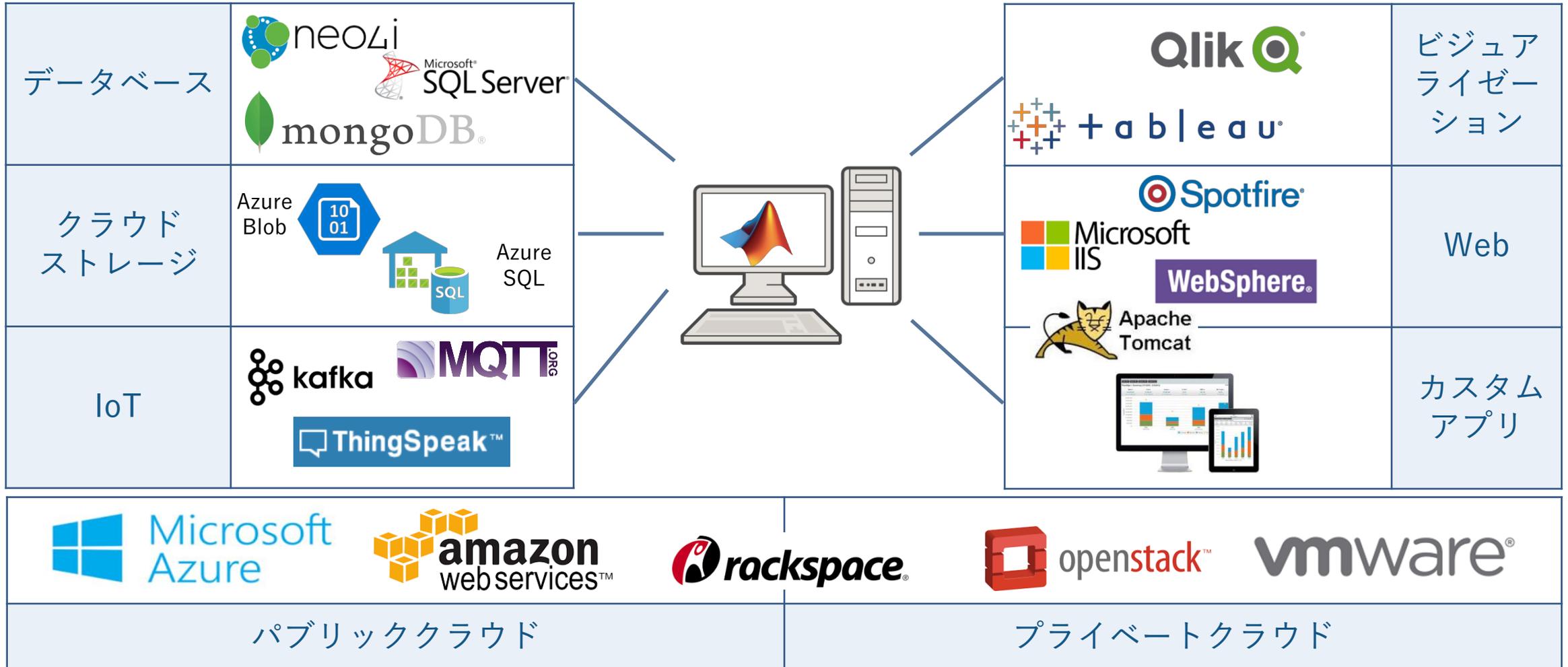
“...[Our solution] optimizes the whole maintenance process...”

“...Maximum of 1 hour downtime for major updates...”

# 大規模システムでのMATLABのインテグレーション

データ

ビジネスシステム



# 大規模システムでのMATLABのインテグレーション

データ

ビジネスシステム

データベース	neo4j, Microsoft SQL Server	Qlik	ビジュアライゼーション
クラウドストレージ	Azure Blob	otfire	Web
IoT	ka	sphere.	カスタムアプリ

Find out more:  
モノづくりにおける  
リアルタイムの意思決定にAIを展開

MathWorks Japan 齊藤 甲次朗  
C4 16:30-17:00

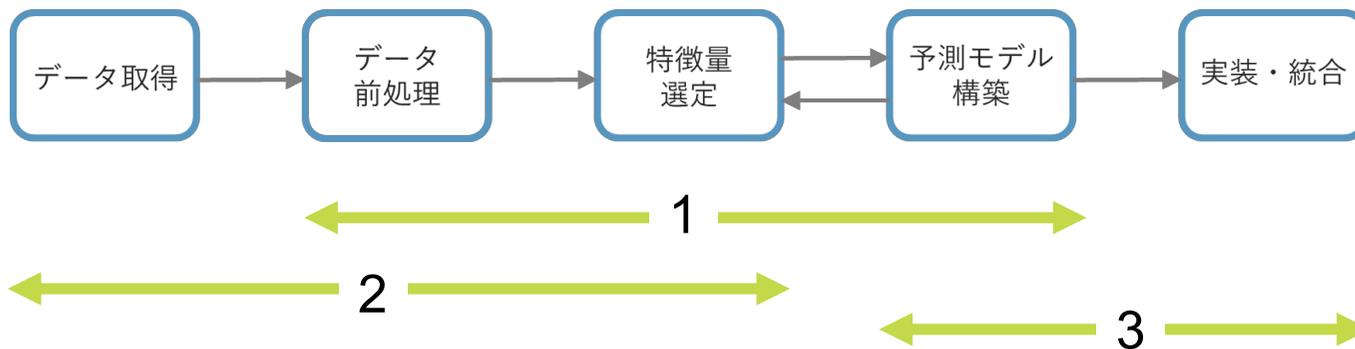
パブリッククラウド	プライベートクラウド

# Key Takeaways

## 故障予測 x IoT ～予知保全システムの構築～

故障予測システム開発を実現するMATLABプラットフォーム

1. アプリによる効率的なアルゴリズム開発
2. エッジ実装のための自動コード生成
3. 運用システムへの統合機能



デモで使用した製品

[MATLAB® / Simulink®](#)

**R2019a**

[Predictive Maintenance Toolbox™](#)

[Statistics and Machine Learning Toolbox™](#)

[Signal Processing Toolbox™](#)

[System Identification Toolbox™](#)

[MATLAB Coder™](#)

# 【補足】異常検知・予知保全についてもっと知るには？

## ホワイトペーパー

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



予知保全システム構築における4つの課題  
とその対処方法をご紹介します

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](#)

予知保全システム構築事例をご紹介します

こちらからDL：[実例に学ぶ予知保全向けデータ活用](#)

ホワイトペーパー

実例に学ぶ予知保全向けデータ活用

～MATLABを使った故障予測で一歩先のメンテナンス～



## 【補足】 異常検知・予知保全についてもっと知るには？

### MATLAB/Simulink による予知保全ビデオシリーズ

- Part 1: 予知保全の概要と開発事例  
予知保全のメリットと開発事例を紹介
- Part 2: 予知保全システムの開発フロー  
Mondi 社の事例をベースに予知保全の実現に必要なワークフローを紹介
- Part 3: 予知保全を可能にする特徴量選択  
機器の劣化を示す特徴量の抽出・選択に便利なアプリを紹介
- Part 4: 機器の寿命を予測するモデル構築  
風力タービンから取得した振動データをもとに、故障までの時間を予測する例を紹介
- Part 5: 「故障データが無い」場合のアプローチ  
故障発生時データが入手困難な場合に有効なアプローチを2つ紹介

# 【補足】機械学習アルゴリズムの特徴について知るには？

## eBook



### [MATLABによる機械学習](#)

基礎から高度な手法やアルゴリズムまで

#### 1: 機械学習のご紹介

教師あり学習・教師なし学習、適切なアルゴリズムの選択、実際の事例など、機械学習の基礎を紹介します。

#### 2: はじめての機械学習

データへのアクセスと読み込み、データの前処理、特徴抽出モデルのトレーニングと調整について説明します。

#### 3: 教師なし学習の適用

クラスタリングについて説明します。モデルのパフォーマンスを向上させるための一般的な次元削減の手法について紹介します。

#### 4: 教師あり学習の応用

分類と回帰について説明し、特徴選択や特徴変換、ハイパーパラメータのチューニングといった、モデルを改善する手法を紹介します。



© 2019 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.