

機械学習を使った予知保全・故障予測

MathWorks Japan
アプリケーションエンジニアリング部
井上 道雄

予知保全・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://youtu.be/-YJuFvjtM0s?t=39s>
- 風力タービン自体のコスト
- 故障が及ぼす危険性
- メンテナンス自体もコスト・危険が伴う



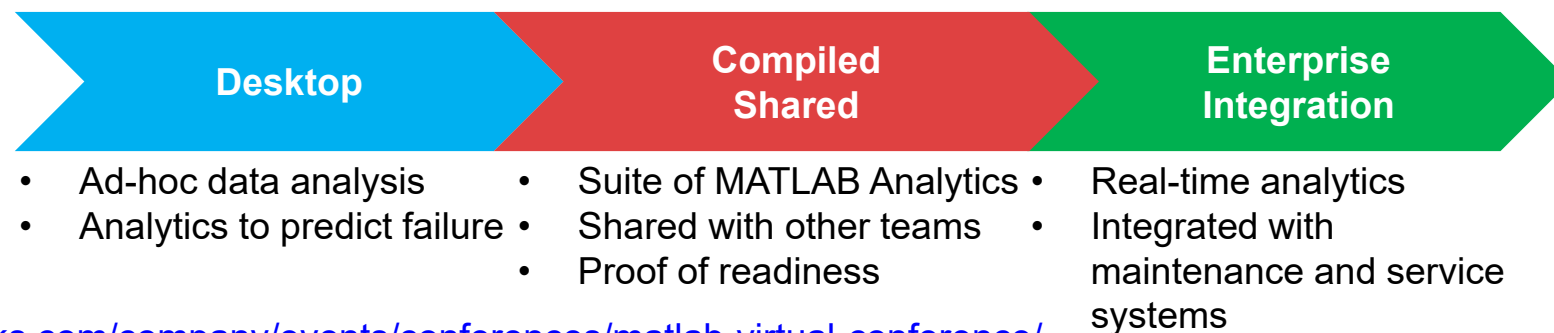
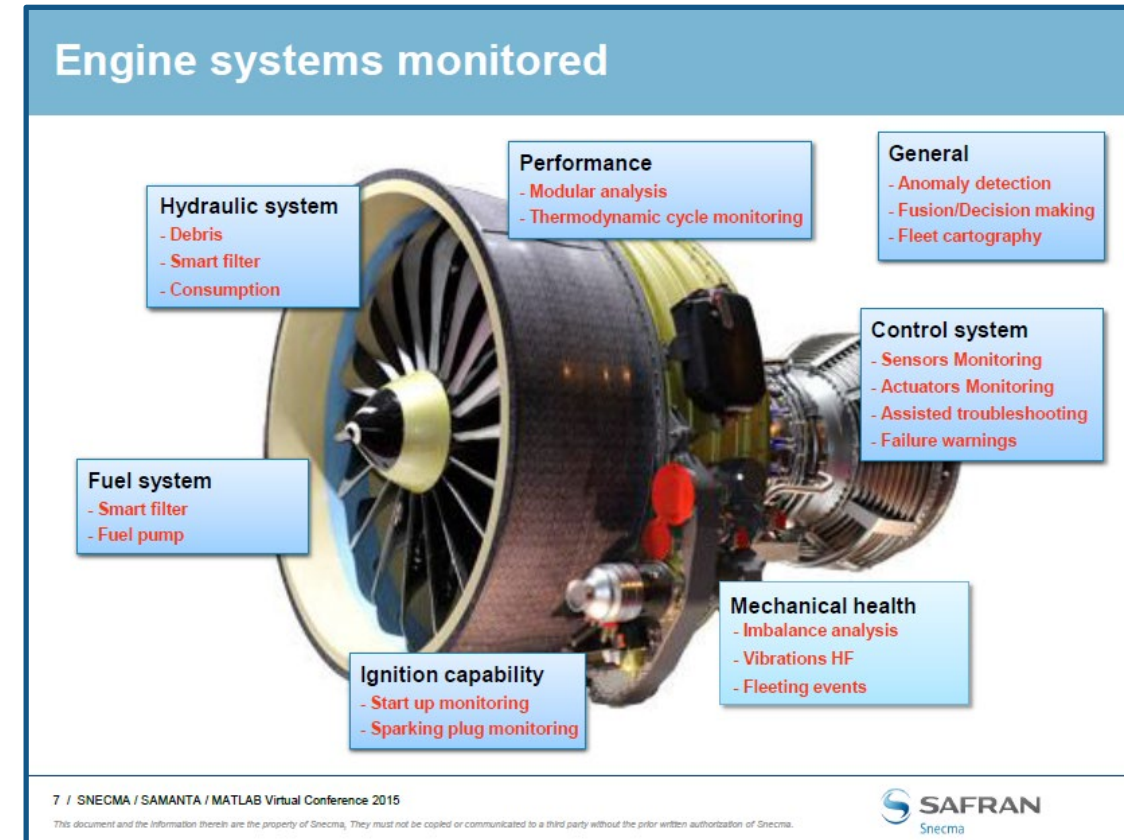
メンテナンスタイプ

- **Reactive – 問題が起こった時に**
 - 例：車のバッテリーに問題が発生した時に交換
 - 欠点：予期しない故障には危険が伴い、高コスト
- **Scheduled – 一定期間経過した時に**
 - 例：走行距離3,000 km または 3ヶ月毎のオイル交換
 - 欠点：不必要なメンテナンス。故障をすべて防げるわけではない
- **Predictive – 問題が発生すると予測される時に**
 - 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
 - 欠点：正確な予測は困難

エンジンのヘルスマニタリング

SAFRAN

- **モニタリングシステム**
 - 故障の予兆を検知
 - メンテナンスの必要時期を予測
 - 故障部品を識別
- **航空機の稼働時間を改善**
 - 時刻通りの到着・出発
 - メンテナンスの最適な実施
 - エンジンの稼働率の向上
- **メンテナンスコストの軽減**
 - トラブルシュートのアシスト
 - 二次的被害の防止



アジェンダ：MATLABを使った予知保全・故障予測

- 予知保全・故障予測とは
- 例題：ターボファンエンジン
 - ケース1：故障データがない場合
 - ケース2：故障データがある場合
- システムへの統合



アジェンダ：MATLABを使った予知保全・故障予測

- 予知保全・故障予測とは
- 例題：ターボファンエンジン
 - ケース1：故障データがない場合
 - ケース2：故障データがある場合
- システムへの統合

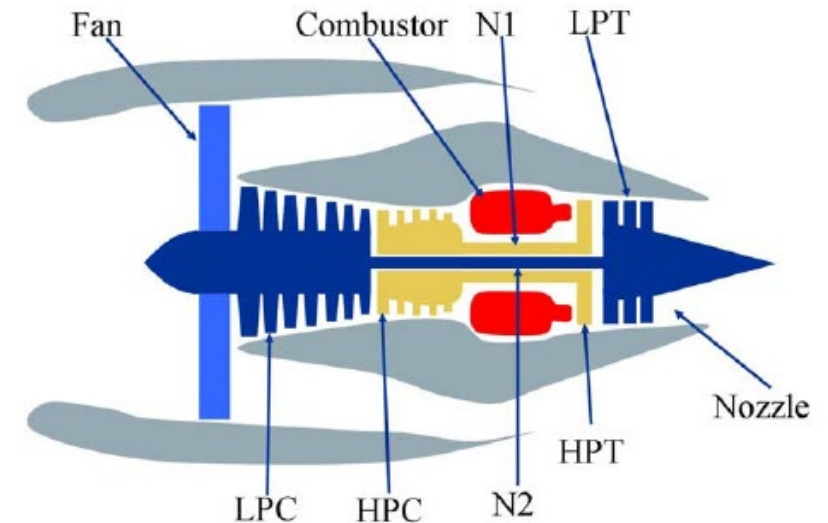


ターボファンエンジンの予知保全・故障予測

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



NASA PCoE 提供のデータ

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

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

ターボファンエンジンの予知保全・故障予測

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

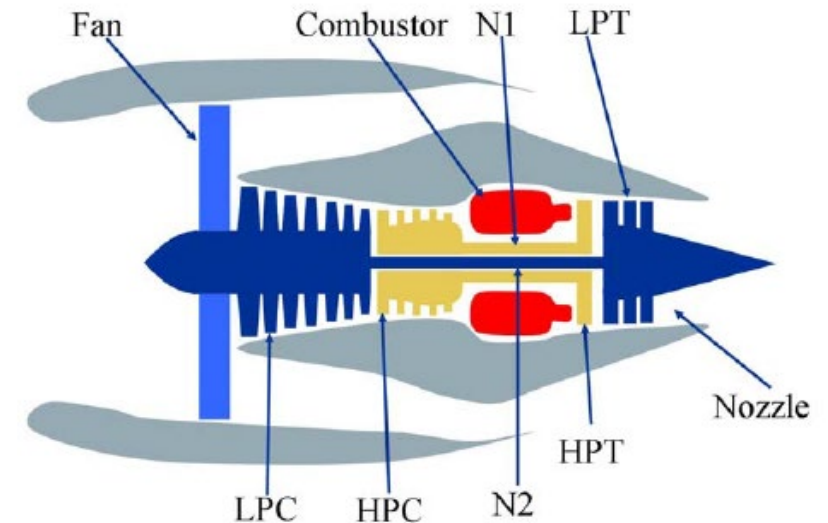
ゴール

- 故障データ**無し**で、最適なメンテナンス時期を推定

NASA PCoE 提供のデータ

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

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



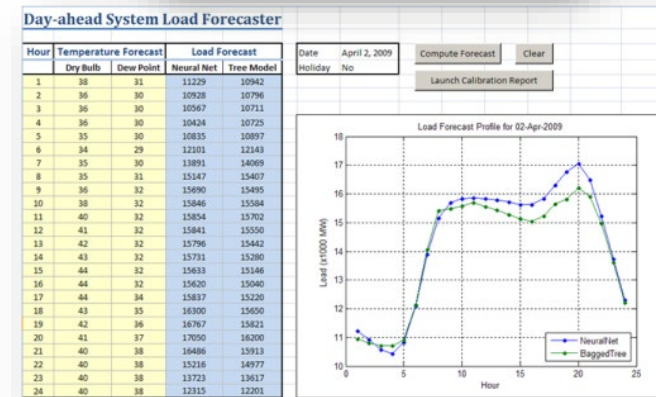
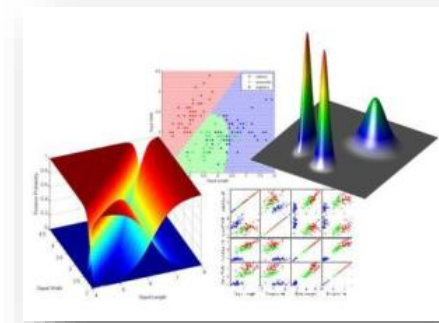
機械学習に適した課題とは

■ 特徴

- 説明変数が多い
- システムが複雑で支配方程式がわからない
(例：ブラックボックスモデル)

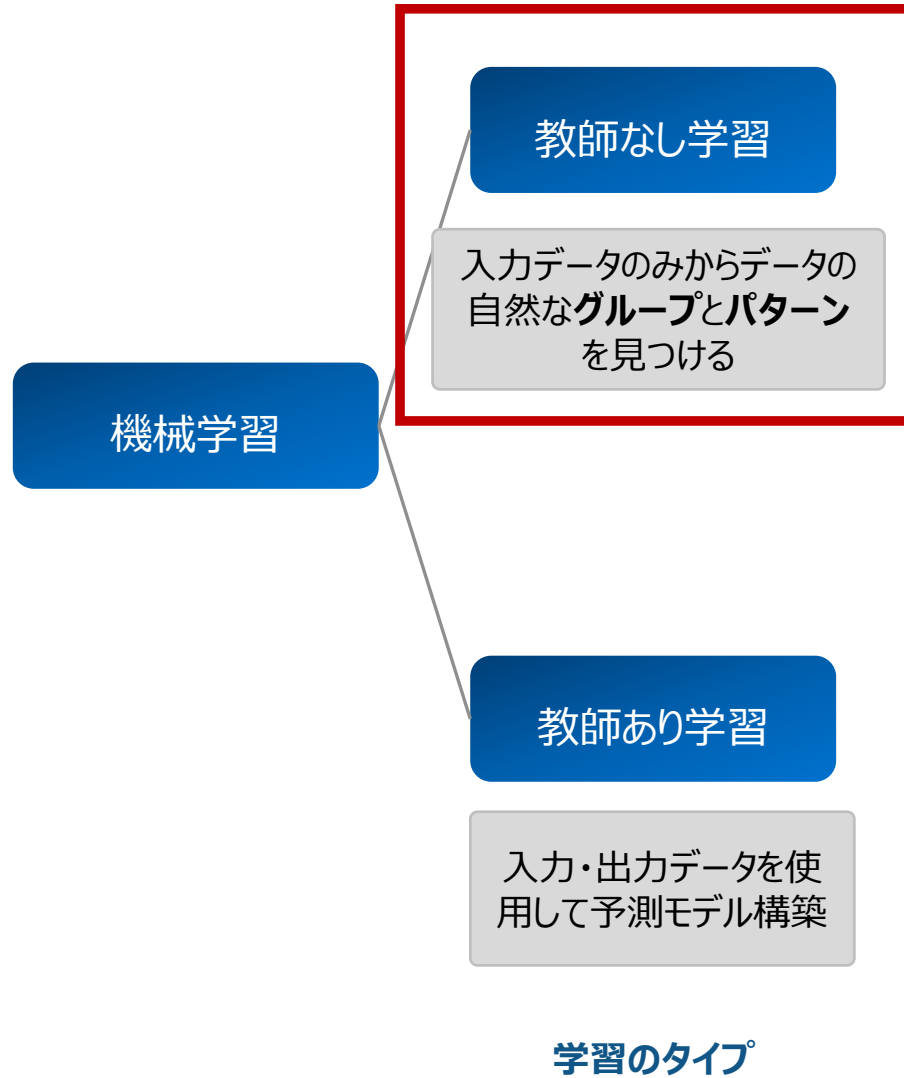
■ 事例

- パターン認識 (音声、画像)
- 金融で使われるアルゴリズム (信用評価, アルゴリズム取引)
- エネルギー需要予測 (負荷, 価格)
- 医療 (腫瘍検出, 薬物伝送)
- 工業技術 (フリート管理, 予測メンテナンス)



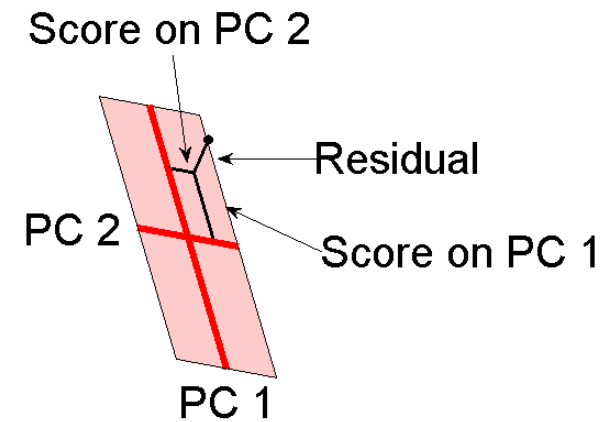
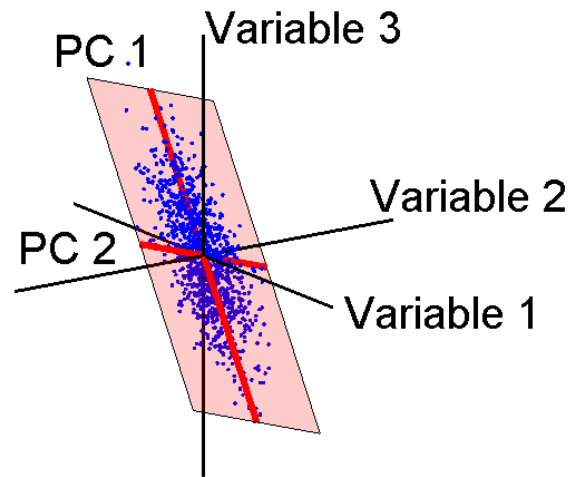
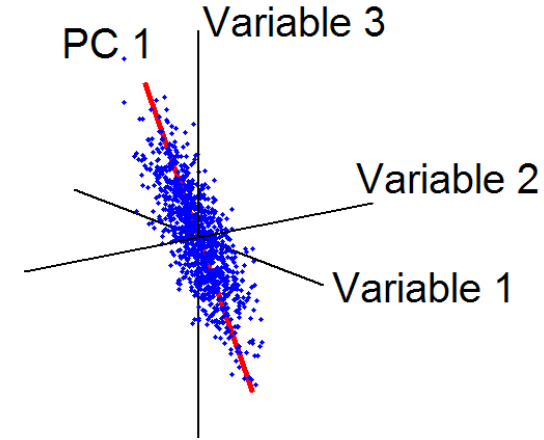
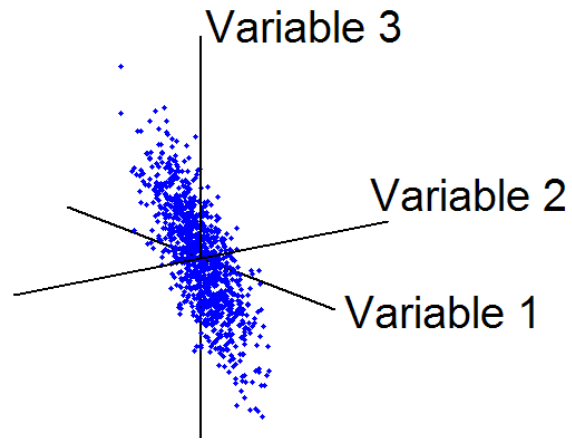
AAA	93.68%	5.55%	0.59%	0.18%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
AA	2.44%	92.60%	4.03%	0.73%	0.15%	0.00%	0.00%	0.06%
A	0.14%	4.18%	91.02%	3.90%	0.60%	0.08%	0.00%	0.08%
BBB	0.03%	0.23%	7.49%	87.86%	3.78%	0.39%	0.06%	0.16%
BB	0.03%	0.12%	0.73%	8.27%	86.74%	3.28%	0.18%	0.64%
B	0.00%	0.00%	0.11%	0.82%	9.64%	85.37%	2.41%	1.64%
CCC	0.00%	0.00%	0.00%	0.37%	1.84%	6.24%	81.88%	9.67%
D	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	D

Overview – 機械学習



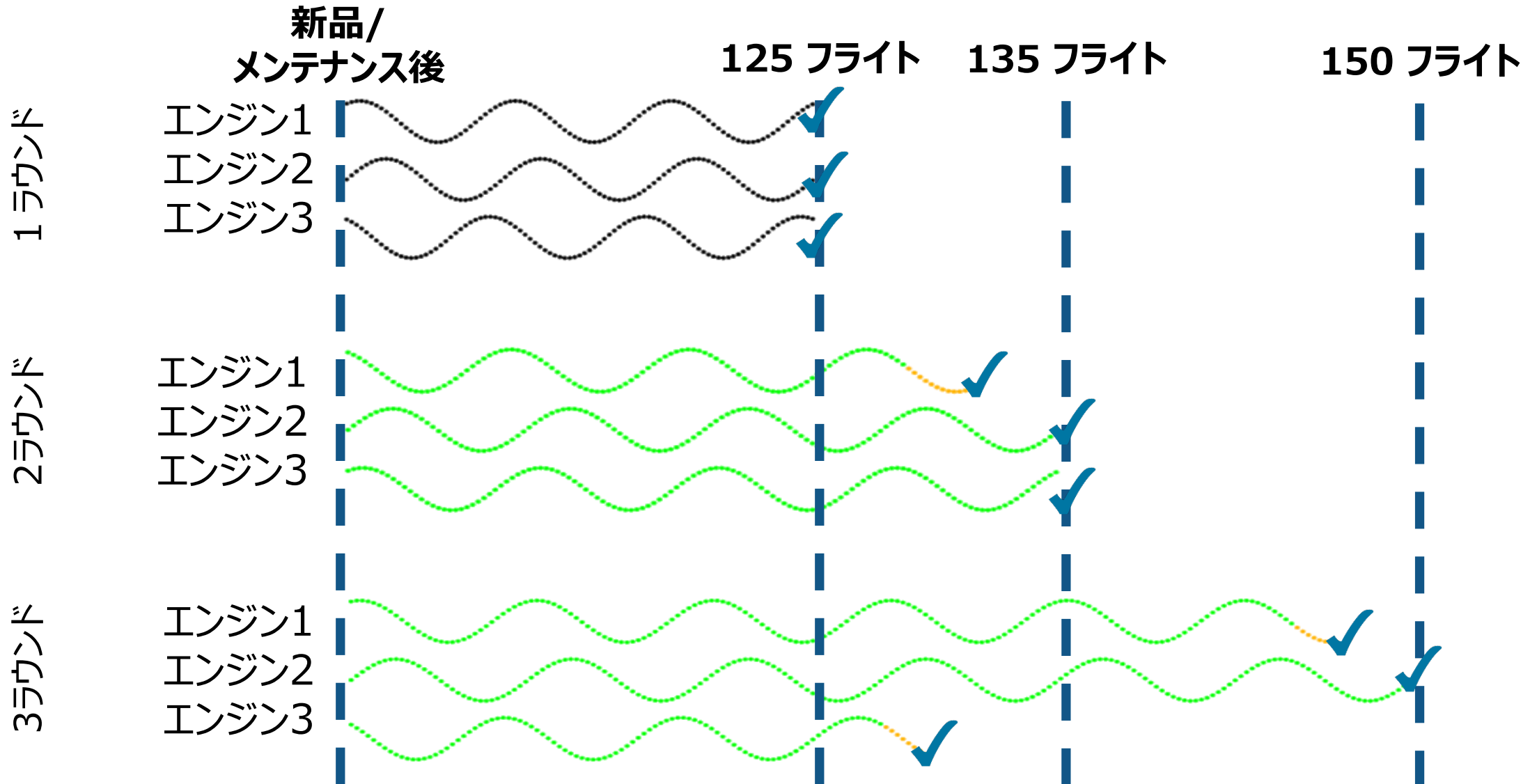
主成分分析

Principal Components Analysis



教師なし学習の実施例

✓メンテナンス



ターボファンエンジンの予知保全・故障予測

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 2: 故障データがある場合

- 故障発生前のデータを収集
- 故障までに残された時間を予測することは可能？

ゴール

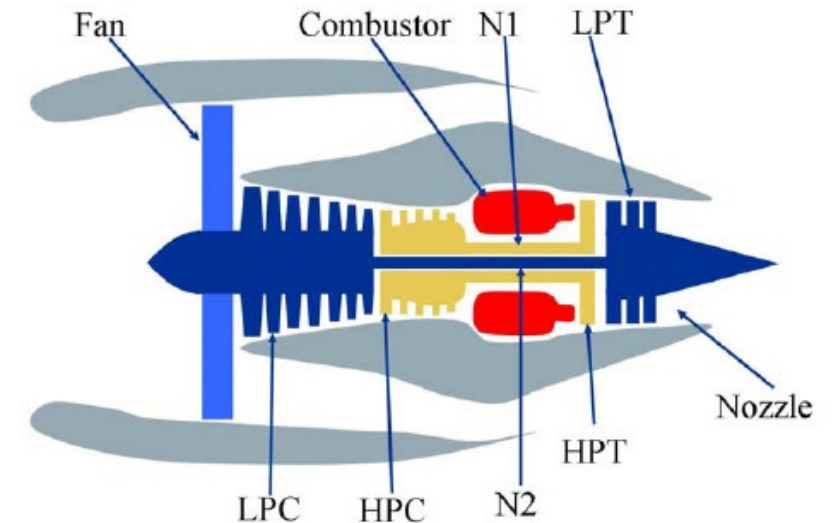
- エンジンの危険度を4段階に分類

Category	Urgent	Short	Medium	Long
残りサイクル数	~50	51~125	126~200	201~

NASA PCoE 提供のデータ

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

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



計測データの状況

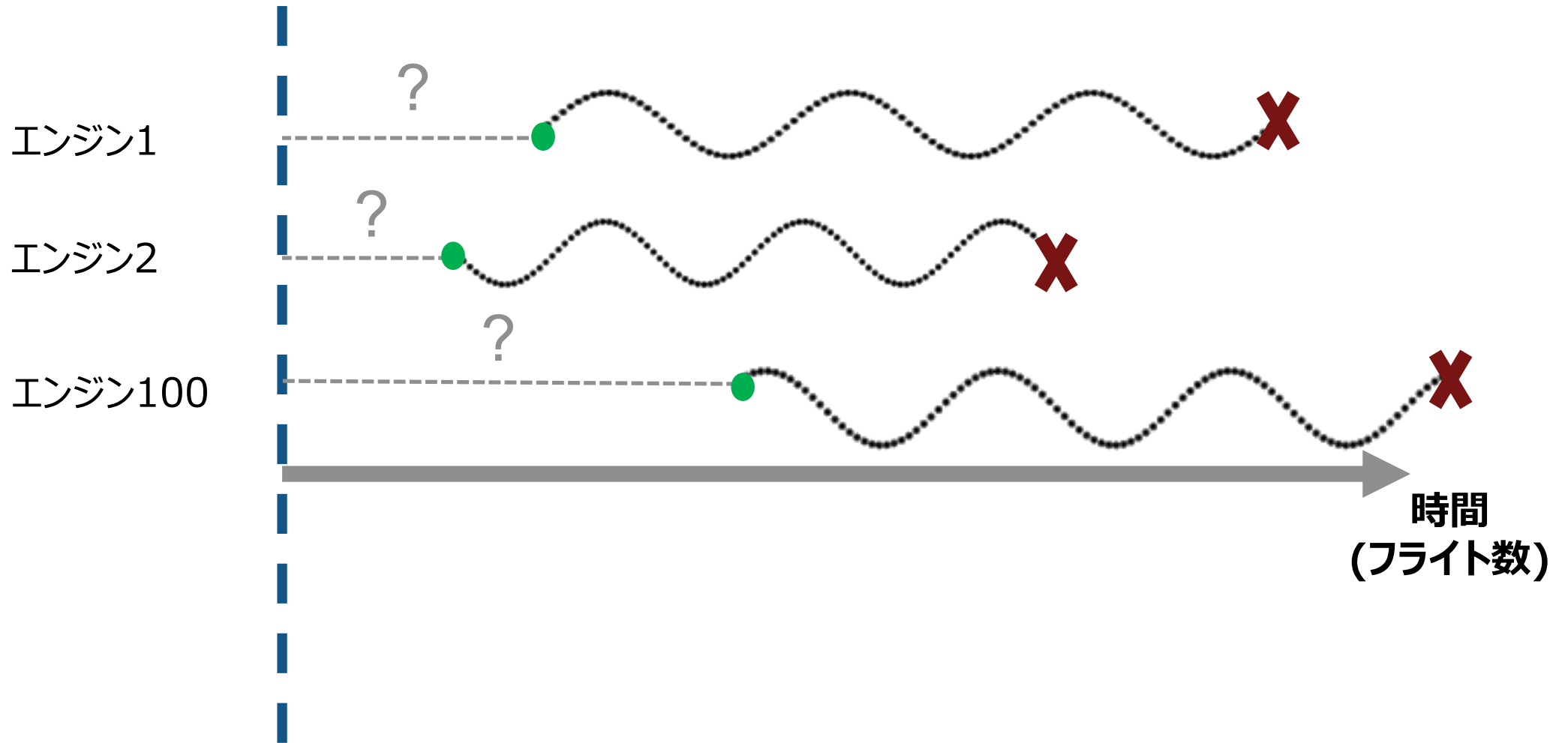
新品/
メンテナンス後

● 計測開始点

✗ 故障!

✓ メンテナンス

学習データ



計測データから故障時期を予測

新品/
メンテナンス後

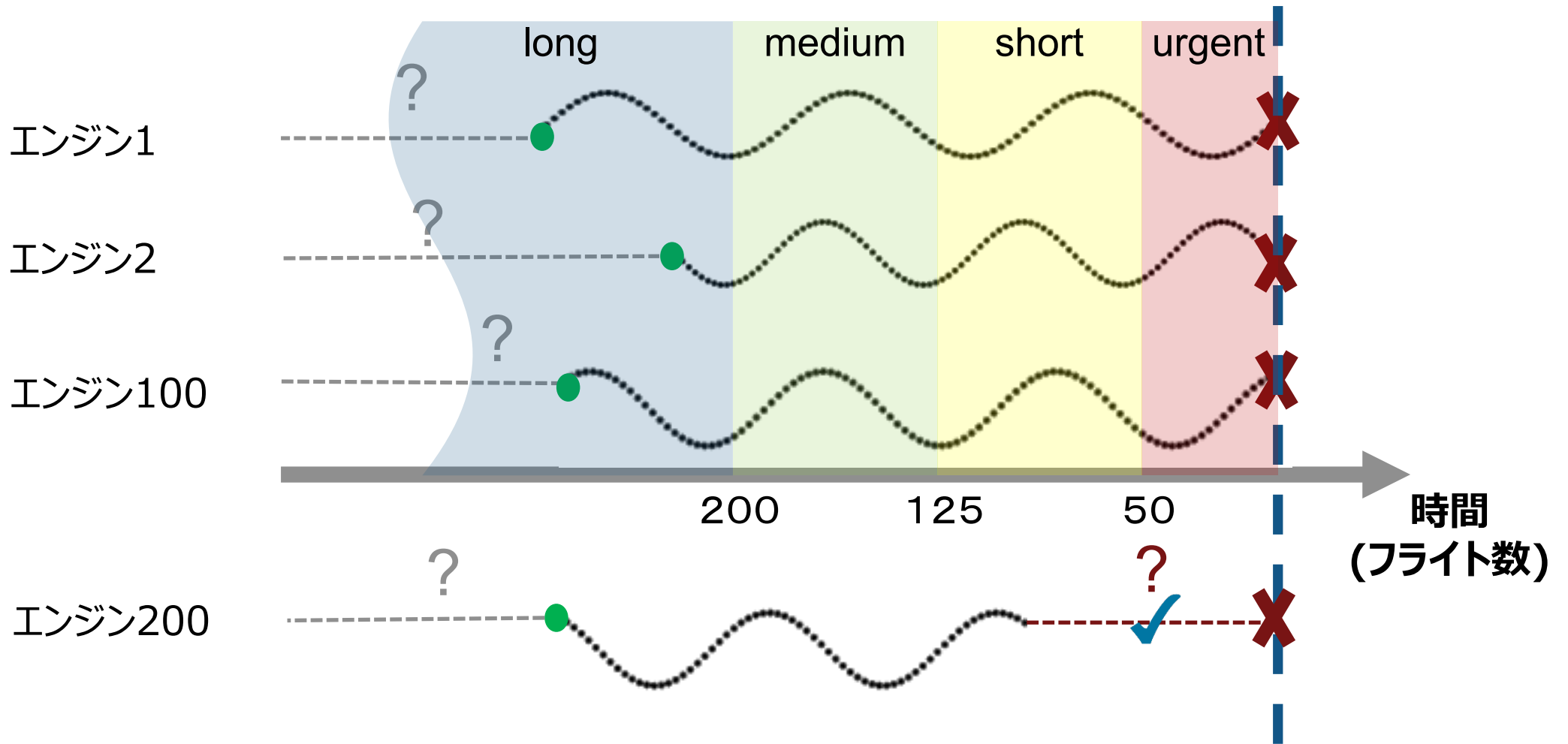
● 計測開始点

✗ 故障!

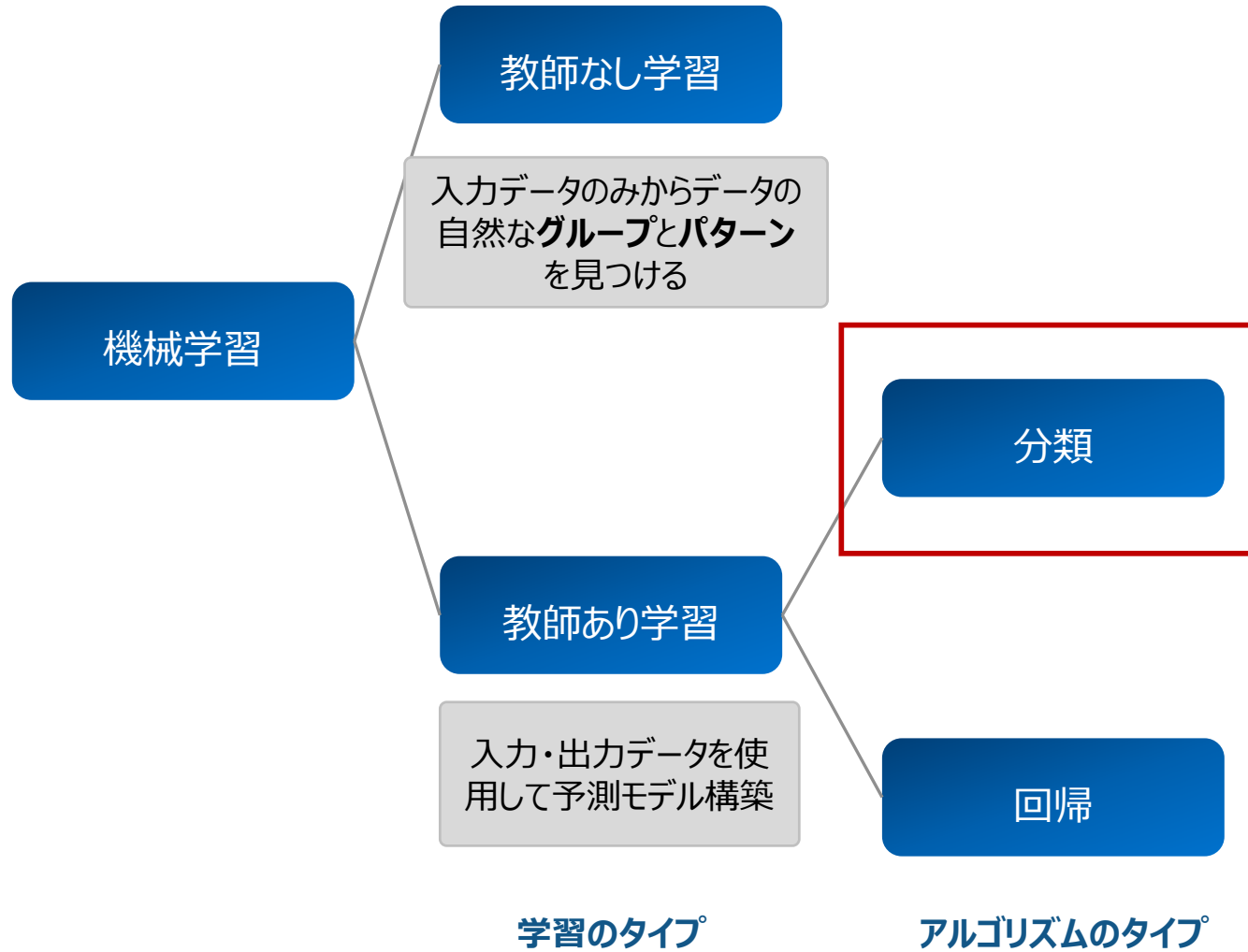
✓ メンテナンス

学習データ

新規



Overview – 機械学習



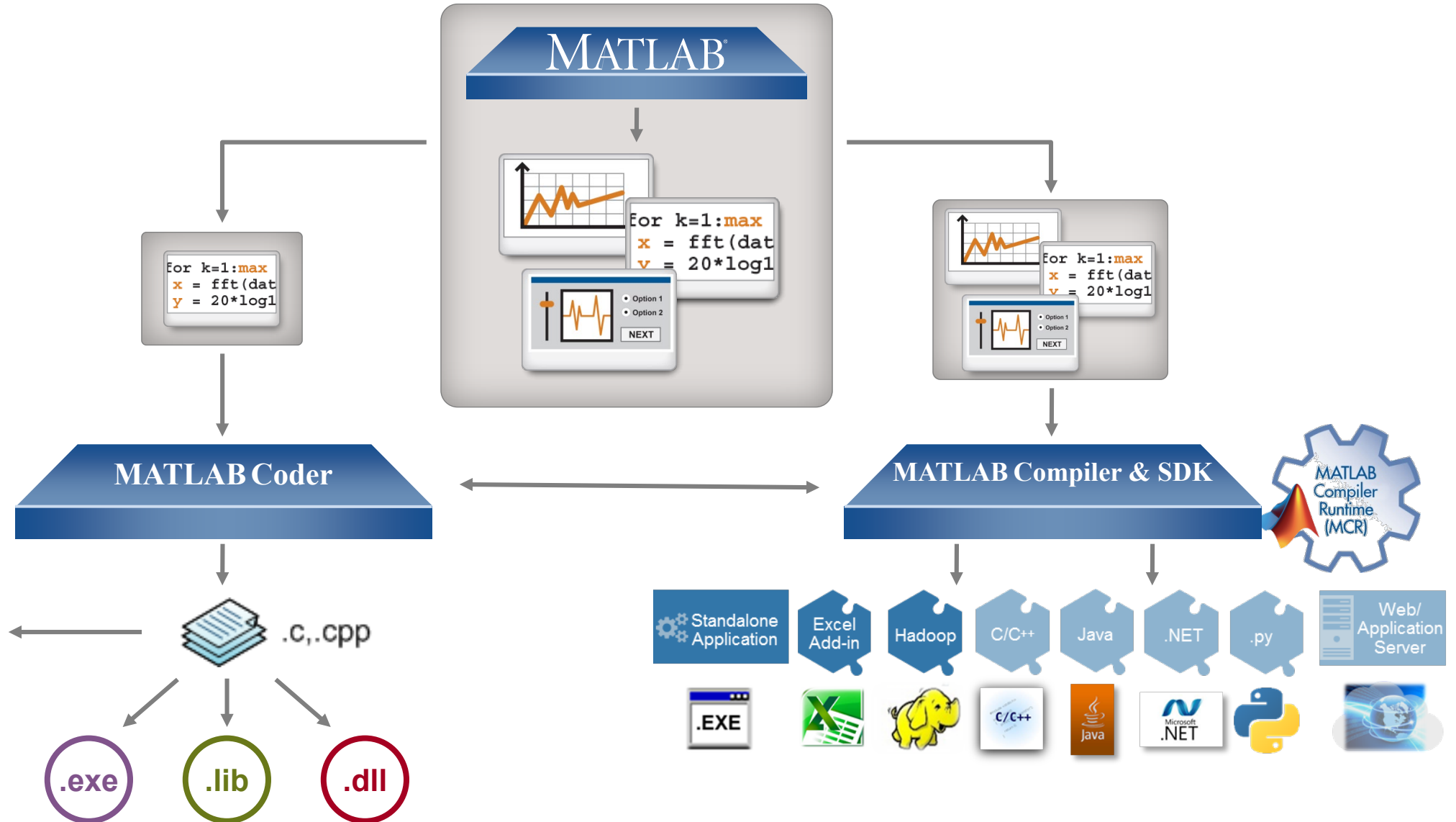
アジェンダ：MATLABを使った予知保全・故障予測

- 予知保全・故障予測とは
- 例題：ターボファンエンジン
 - ケース1：故障データがない場合
 - ケース2：故障データがある場合
- システムへの統合



解析手法のシステムへの統合

MATLAB Compiler と MATLAB Coder



“Predictive Maintenance” で検索



Products Solutions Academia Support Community Events Company

Contact Us How To Buy Log In

Predictive Maintenance

Search MathWorks.com



Contact sales Trial Software

Forecast potential equipment failures

Predictive maintenance (also known as PHM or equipment “health monitoring”) refers to the intelligent monitoring of equipment to avoid future equipment failures. In contrast to conventional preventive maintenance, the maintenance schedule is not determined by a prescribed timeline; instead, it is determined by analytic algorithms using data collected from equipment sensors.

Predictive maintenance offers the following benefits for customers and equipment manufacturers:

- Reduce equipment downtime by identifying issues before failure, thereby enabling convenient scheduling of equipment service and extending equipment lifetime.
- Automatic determination of the root cause of the failure, enabling appropriate service to be performed without utilizing resources to determine a diagnosis.
- Avoid the costs of unnecessary maintenance.

Algorithms are critical to predictive maintenance success. Sensor data preprocessing is performed using advanced statistical and [signal processing](#) techniques. [Machine learning](#) techniques are then used to estimate equipment health.

Once tested, predictive maintenance algorithms may be operationalized in an IT environment such as a server or cloud. Alternatively, algorithms may be implemented in an embedded system directly on the equipment, allowing for faster response times and significantly reducing the amount of data sent over the network.



Lockheed Martin Builds Discrete-Event Models to Predict F-35 Fleet Performance (User Story)

Download White Paper

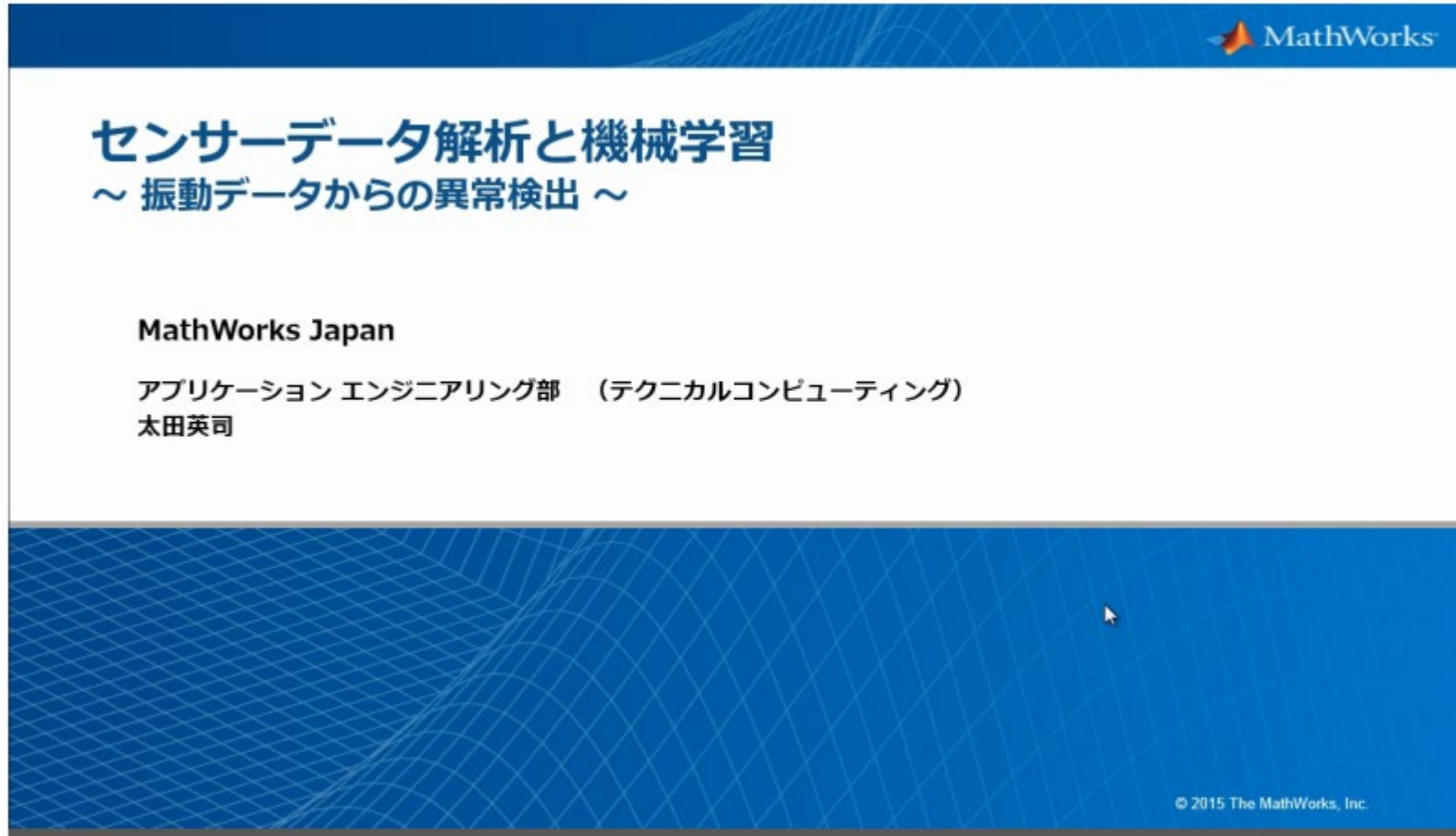
Fleet Test Data Analytics for Engine and Vehicle Design

[» Download Now](#)

<http://jp.mathworks.com/discovery/predictive-maintenance.html>

関連Webセミナー:

センサーデータ解析と機械学習 ～振動データからの異常検出～



The screenshot shows a webinar page with a blue header containing the MathWorks logo. The main content area is white and contains the following text:

センサーデータ解析と機械学習
～ 振動データからの異常検出 ～

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)
太田英司

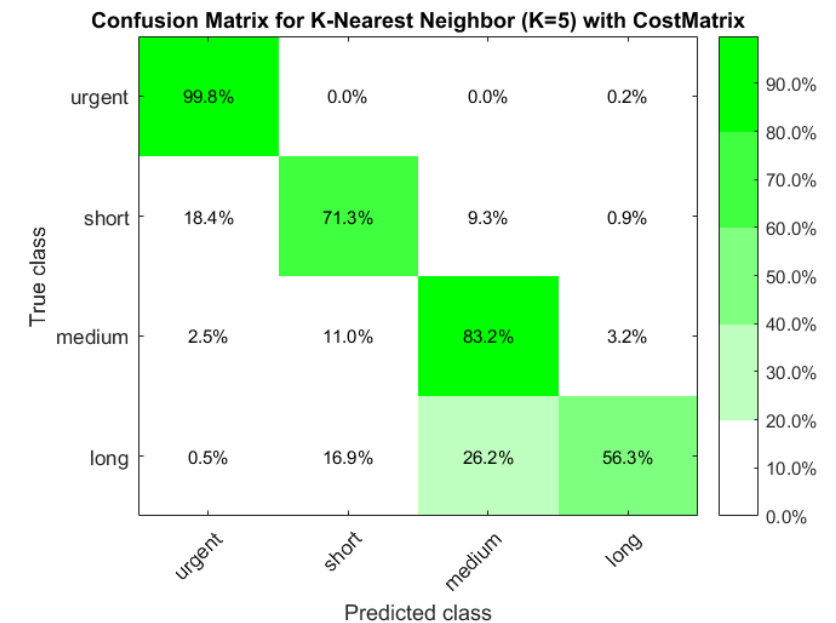
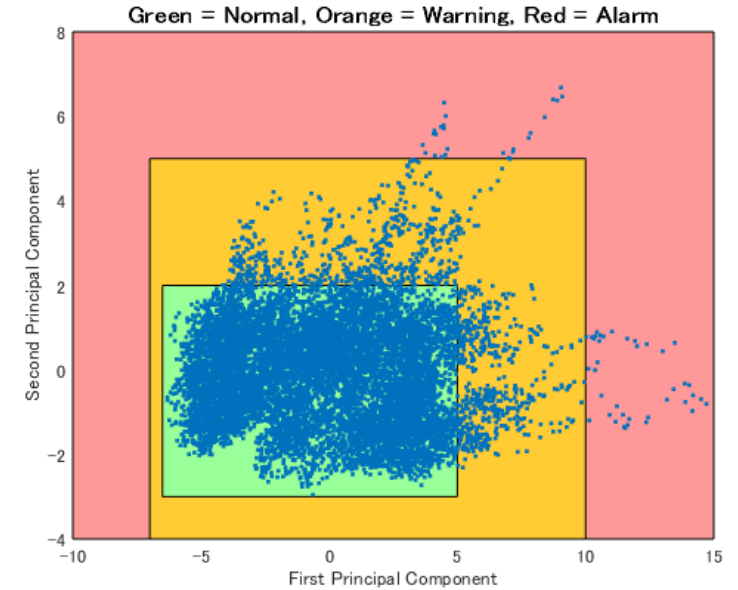
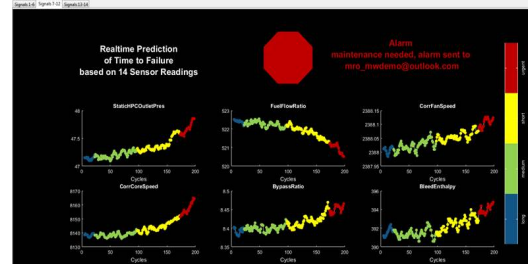
At the bottom right of the page, there is a copyright notice: © 2015 The MathWorks, Inc.

<http://jp.mathworks.com/videos/sensor-data-analysis-and-machine-learning-anomaly-detection-using-vibration-data-100241.html>

Key Takeaways

- 頻繁なメンテナンスや予期しない故障は高コスト
- MATLAB を使用して予知保全の仕組みを手軽に構築・検証・展開することが可能

- 予知保全・故障予測
 - オペレーションコストの低減
 - 機器の信頼性・安全性向上
 - 機器メーカーによる新しいサービスの創造

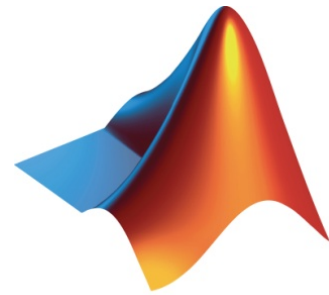


使用製品

MATLAB

R2016a

Statistics and Machine Learning Toolbox



MathWorks®

Accelerating the pace of engineering and science

© 2016 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.