

ニューラルネットワークの基礎と MATLAB®を使った予知保全／故障予測

2017/12/05 15:00 – 16:30 (90分)

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部

井上 道雄 (michio.inoue@mathworks.co.jp)

MathWorks社概況



● Office locations

● Distributors serving 16 countries

- Revenues ~\$850M in 2016
 - 60%以上が北米以外
- Privately held / 株式非公開
- 3,500 employees worldwide
- More than 2 million users in 175+ countries

主要なお客様/適用業務業種

- ✓ Aerospace and defense
- ✓ Automotive
- ✓ Industrial automation and machinery
- ✓ Communications
- ✓ Semiconductors
- ✓ Electronics
- ✓ Software and internet
- ✓ Medical devices
- ✓ Biological sciences / Neuroscience
- ✓ Biotech and pharmaceutical
- ✓ Energy production
- ✓ Financial services
- ✓ Metals, materials, and mining
- ✓ Railway systems

MathWorks Mission

To accelerate the pace of engineering and science

アジェンダ：

ニューラルネットワークの基礎とMATLABを使った予知保全／故障予測

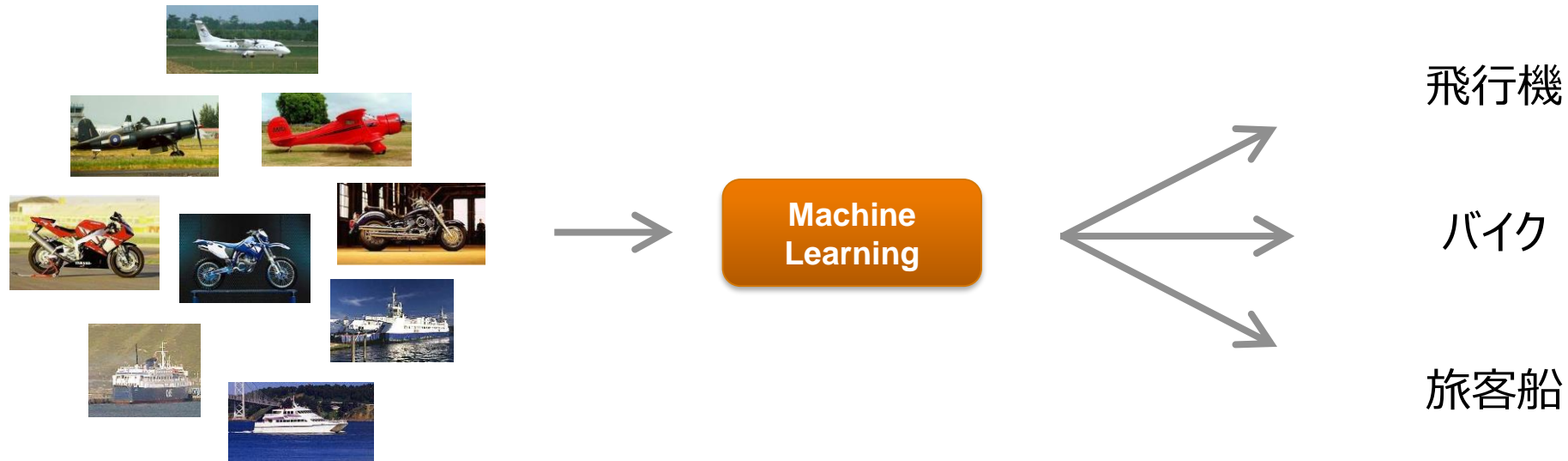
- 機械学習活用事例
- ニューラルネットワークの基礎
- 予知保全／故障予測
- まとめ&おまけ情報

MathWorks Mission

To accelerate the pace of engineering and science

機械学習 – Machine Learning

人間が自然に行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現しようとする技術・手法（※）



※) Wikipedia「機械学習」の項より引用

Machine Learning is Everywhere

More top picks for you

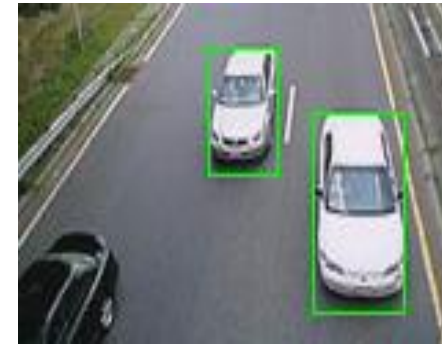
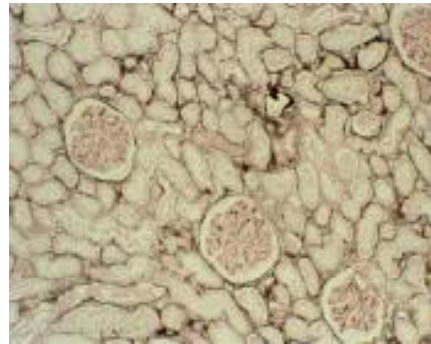
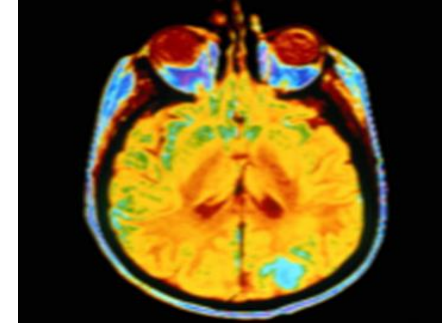


More recommendations for you [Show more](#)



Machine Learning is Everywhere

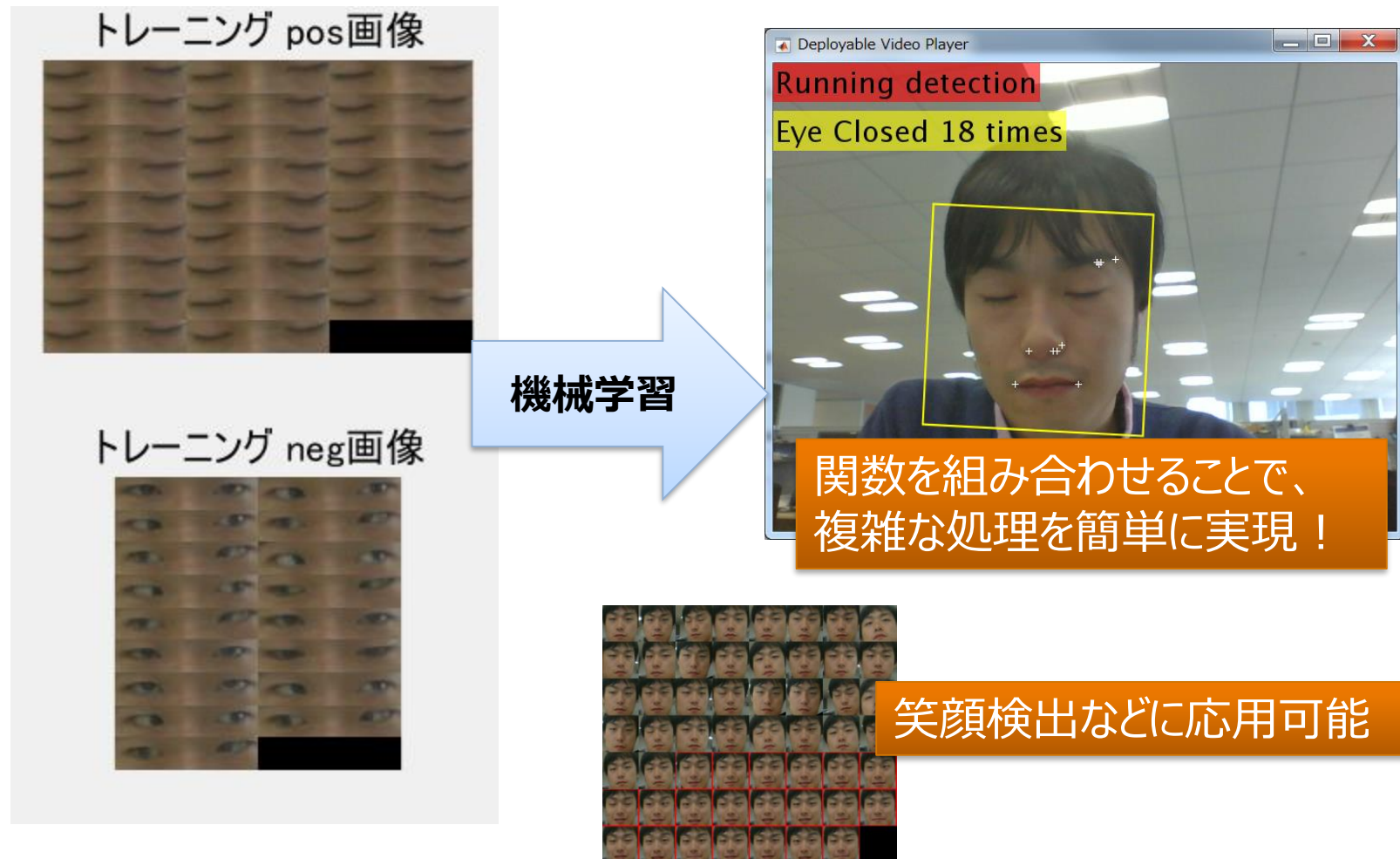
- Image Recognition
- Speech Recognition
- Stock Prediction
- Medical Diagnosis
- Data Analytics
- Robotics
- and more...



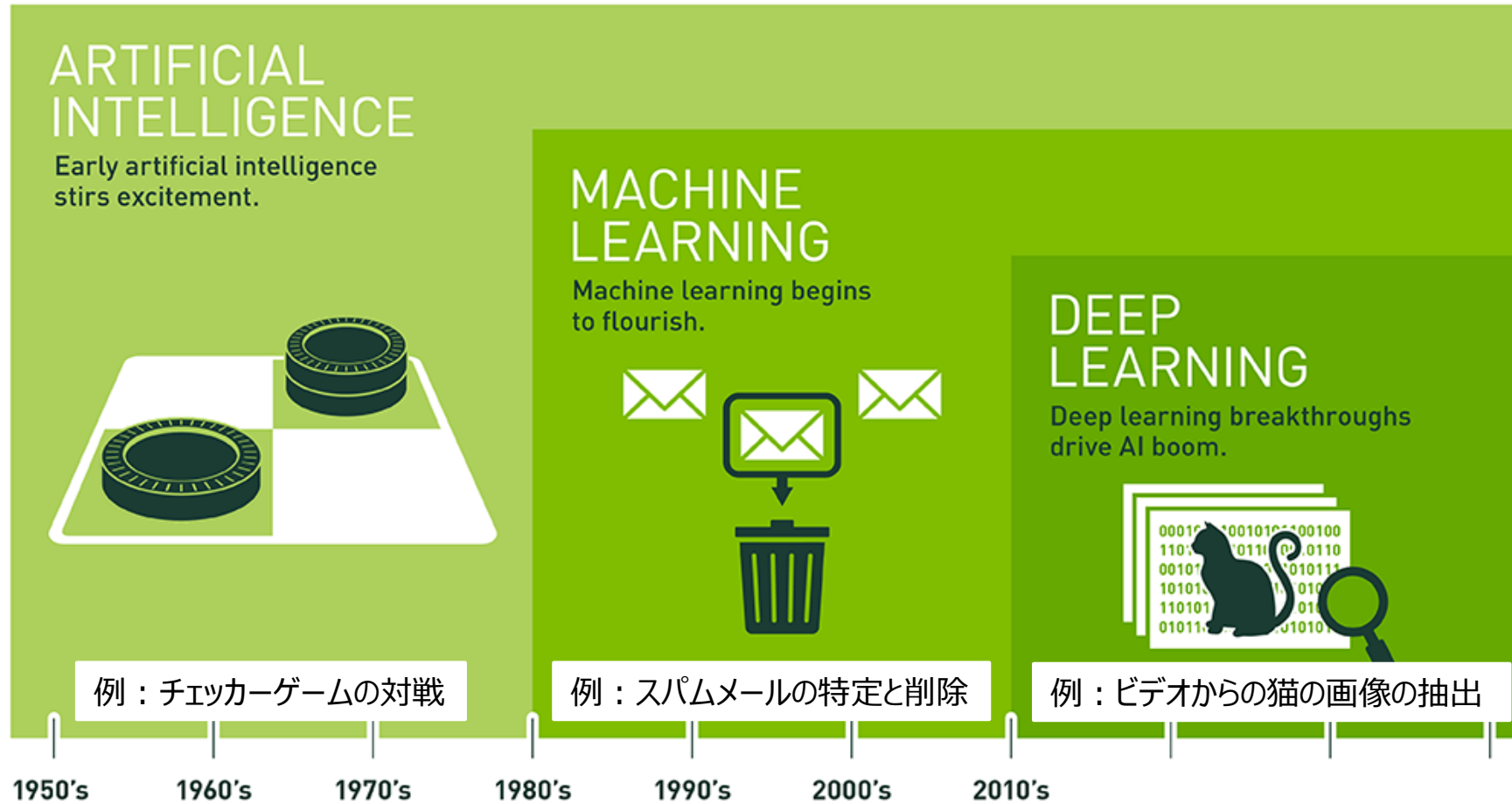
瞬きの回数計測、笑顔検出

Image Processing Toolbox™
Computer Vision System Toolbox™
Statistics and Machine Learning Toolbox™

- 顔検出、両目検出、機械学習を使って瞬きを検出



AI・機械学習・ディープラーニング..



→ 「AI」が最も包括的な概念で...

→ 「機械学習」は
AIにおけるひとつの技術...

→ 「ディープラーニング」は
機械学習におけるひとつの技術

Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

機械学習を利用すべき場面とは？

画像処理のアルゴリズム



手書き
プログラム

'Face'

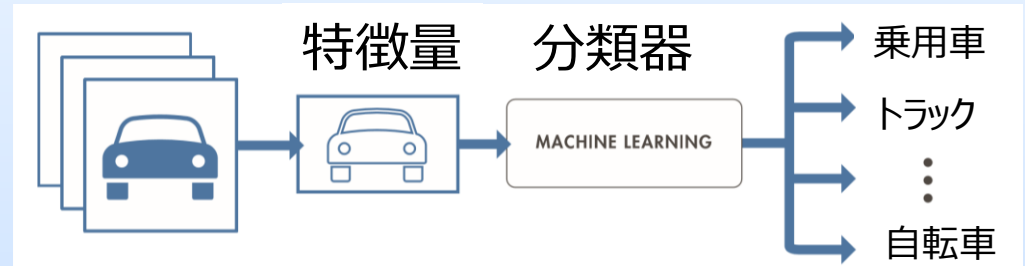
'Helmet'

```
If brightness > 0.5  
    then 'Helmet'  
If edge_density < 4 and major_axis > 5  
    then ...
```

数値で条件を指定し切り分け

明確な切り分けが可能の場合に○

機械学習



Deep Learning

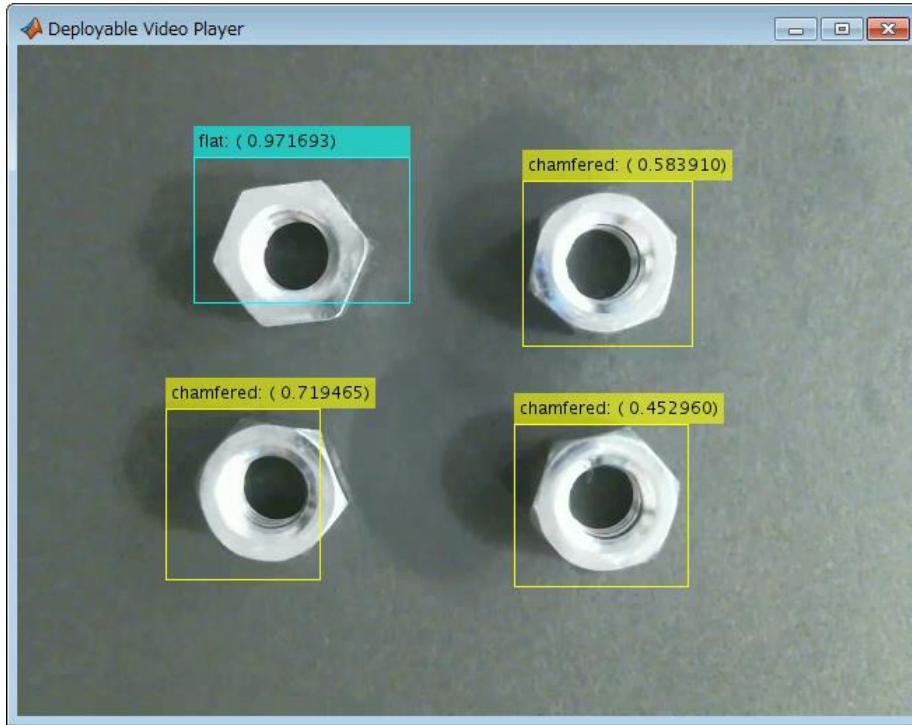


画像データを使って分類器を学習

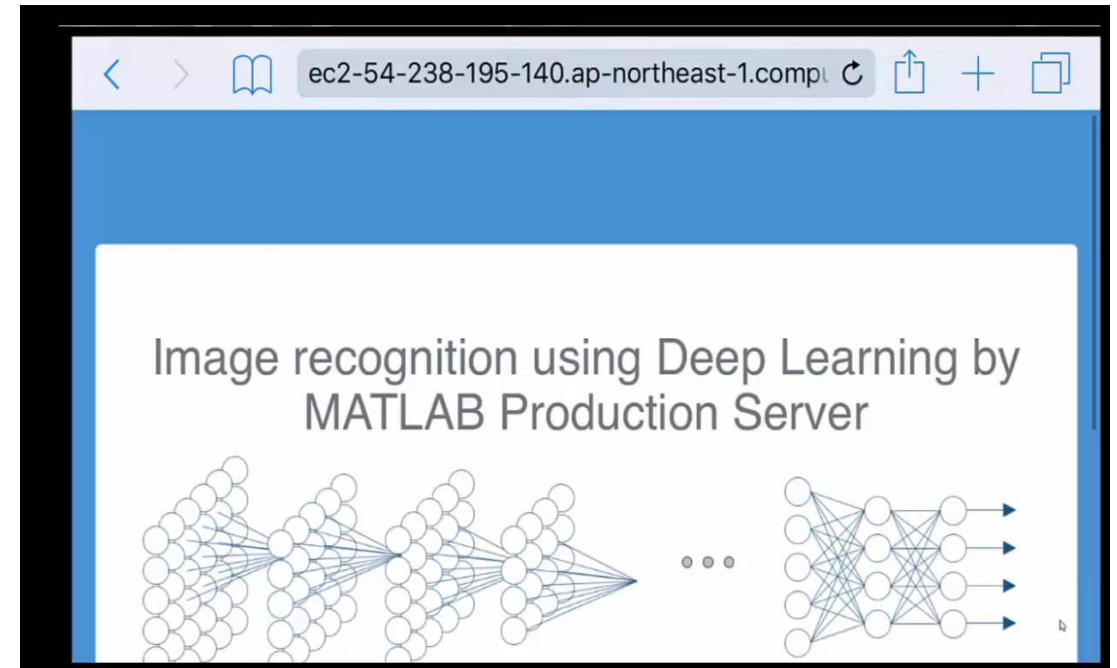
うまくくと柔軟な切り分けができる

異常検知AI自動化によって変わる働き方

高速に物体の位置と状態を判断



スマホでとった画像をAIで判定



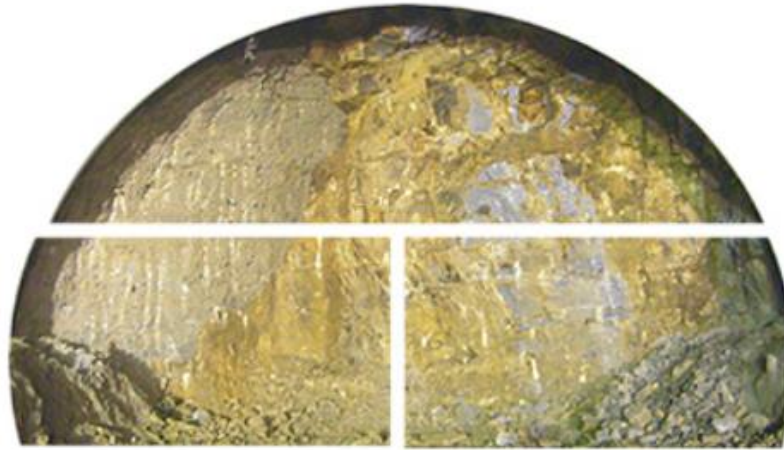
個人差や人為的なミスの影響を受けない判断が可能

- ⇒ 自動化による人件費削減
- ⇒ 遠方への人員派遣が不要
- ⇒ 特定分野の知識の教育が不要

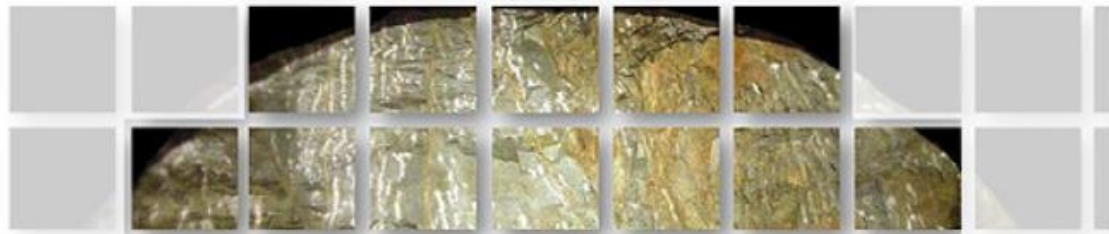
トンネル工事の切羽評価にディープラーニング

株式会社大林組

土木学会
第**72**回年次学術講演会にて発表



従来の切羽の評価領域（上方、左右の3分割）



AlexNet(※3)による切羽の評価領域（分割数は撮影時の画素数によって異なります）

3項目の評価にディープラーニングを適用

- ・風化変質（4分類）
- ・割目間隔（5分類）
- ・割目状態（5分類）

AlexNet + SVMの転移学習
割目状態では89%の的中率

※大林組様プレスリリースより参照

http://www.obayashi.co.jp/press/news20170912_01

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廃棄と
機械ダウンタイムを減らしたい



■ ソリューション

機械学習に基づいた機械の故障を予測する
監視ソフトウェアの開発・実装

■ 結果

- ✓ 潜在的異常の警告を発信するソフトウェア
- ✓ 6か月でプロトタイプが完成
- ✓ 年間50,000ユーロを超えるコスト削減を実現



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

楽器用ラウドスピーカーの分類に機械学習技術を適用

Celestion社

■ 課題

楽器用ラウドスピーカーの評価における、
マニュアルでの官能評価プロセスを自動化

■ ソリューション

ラウドスピーカーの高精度かつ高確度な分類のための
機械学習アルゴリズム構築にMATLABを使用

■ 結果

- ✓ プロセス自動化により、マニュアル作業を数秒で実現
- ✓ 多種多様な機械学習および信号処理技術を評価し適用
- ✓ エラー率を0.1%程度に低減



Celestion社のラウドスピーカーテスト用リスニングルーム

“MATLABと Statistics and Machine Learning Toolboxの使用により、一度データを用意すれば、多種多様な分類手法を数分で評価することができました。もしそれらをマニュアルでコーディングしていたら、数年はかかっていたと思います。”

Andrew Harper
Celestion

ウェアラブルデバイス開発とクラウド解析



- 呼吸状態をモニタリングするシステムの開発と実装
- 息切れ検知で喘息の症状を管理

“MATLABを使うことで音声信号処理アルゴリズムの開発、デバッグやテストを迅速に行うことができ、MATLAB Coderは開発したアルゴリズムをCコードとして実装するプロセスを簡略化しました。同じ開発時間で同じ結果を得ることができるツール・プログラミング言語は、他にはありません。”

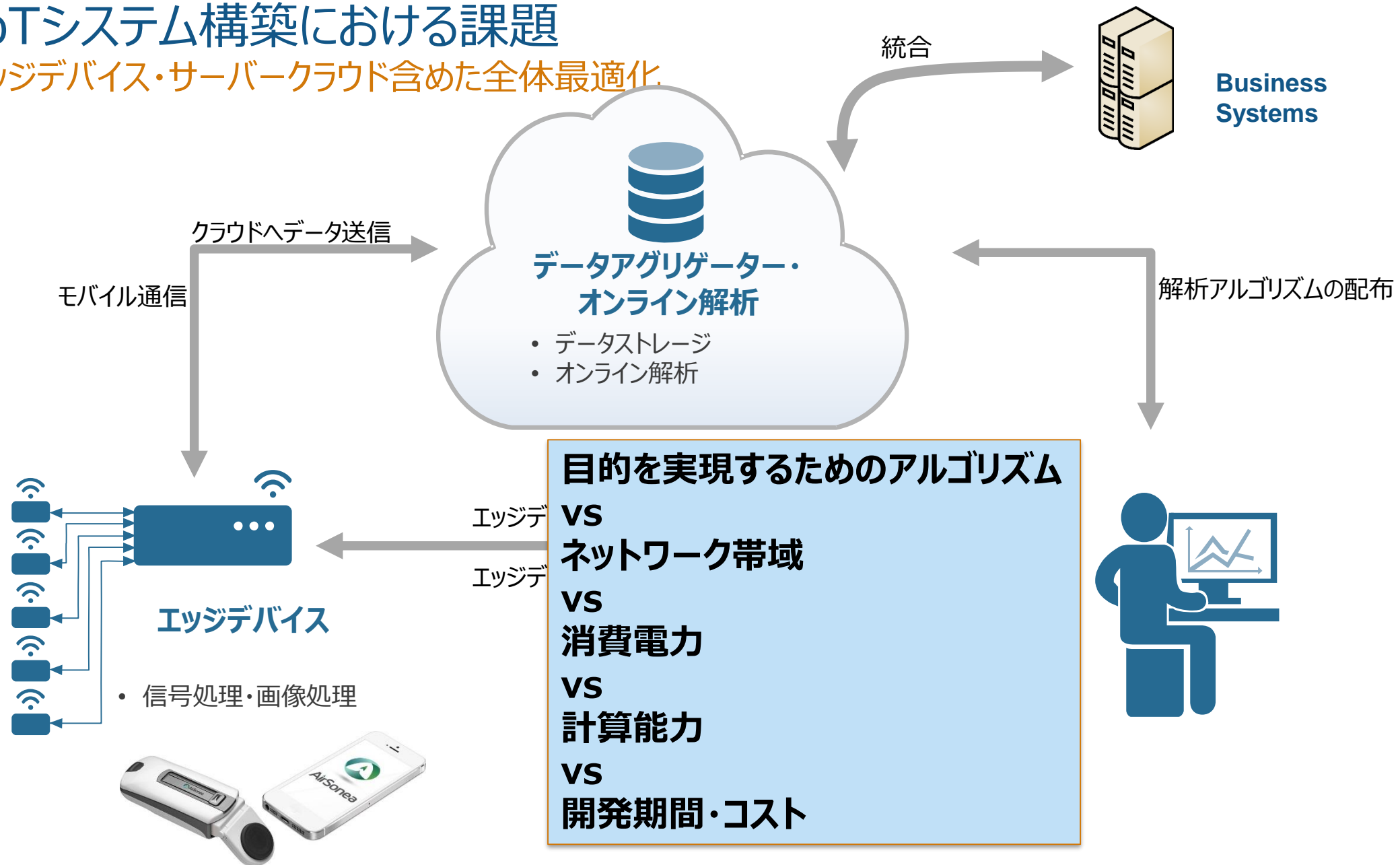
- iSonea

The AirSonea device connects to an asthma patient's smartphone and communicates with wheeze analysis algorithms on iSonea's server.



IoTシステム構築における課題

エッジデバイス・サーバークラウド含めた全体最適化



データ収集&解析を手軽に: ThingSpeak



IoTプラットフォームThingSpeak利用のメリット

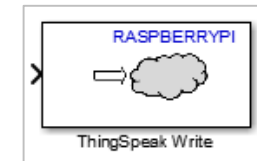
- インターネットでもどこからでもデータ確認&解析
- Arduino/Raspberry Piとの活用で、低価格な実験系を構築
- プログラムの完了/データ異常をスマホでチェック

● 無料ではじめられます！！

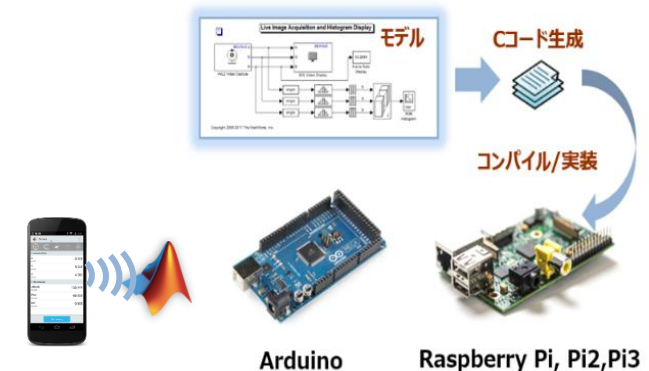
● 準備は簡単 3 ステップ

- アカウント/チャンネル作成
- 関数群のインストール
- 専用コマンド/ブロック
で簡単利用

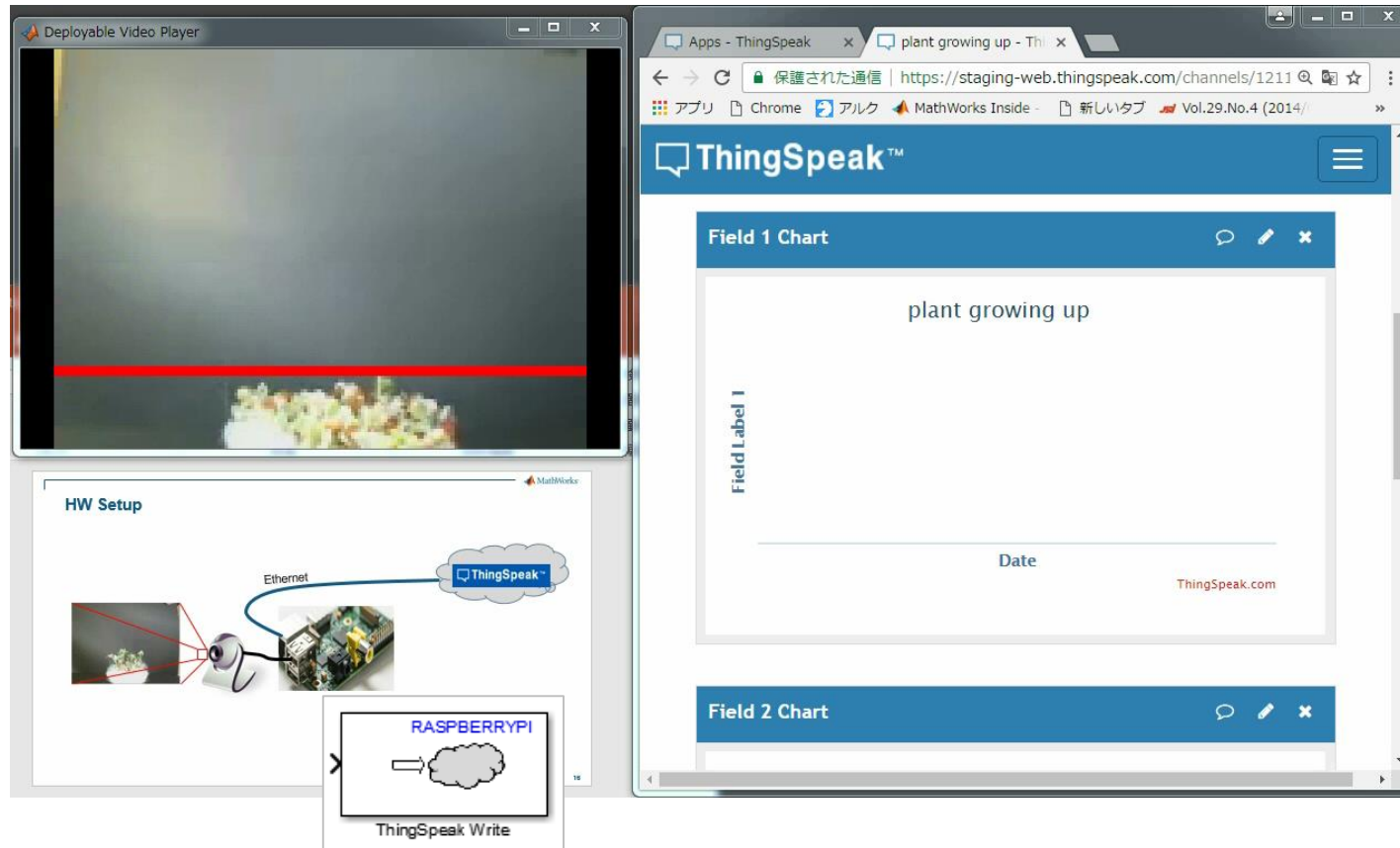
thingSpeakWrite



● 低価格HWとの相性が◎



農業 IoT : 作物の状態監視



他のWEB Service
と接続

ThingHTTP

ThingTweet



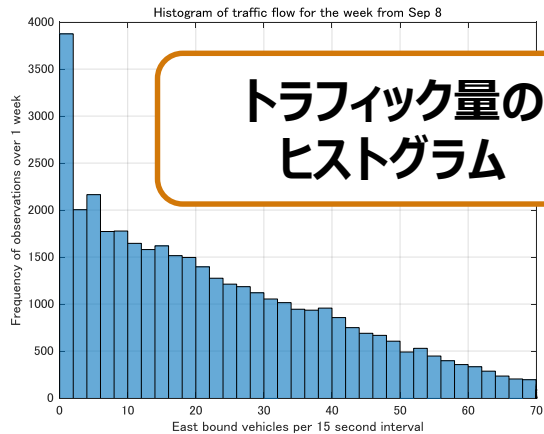
Twitter
@radish_Sprout:
カイワレがそろそろ食べごろです。
スライドで表示

Internetに接続されていれば手軽に
-クラウド環境でデータ収集
-M2M/IoTサービスの利用
ができます

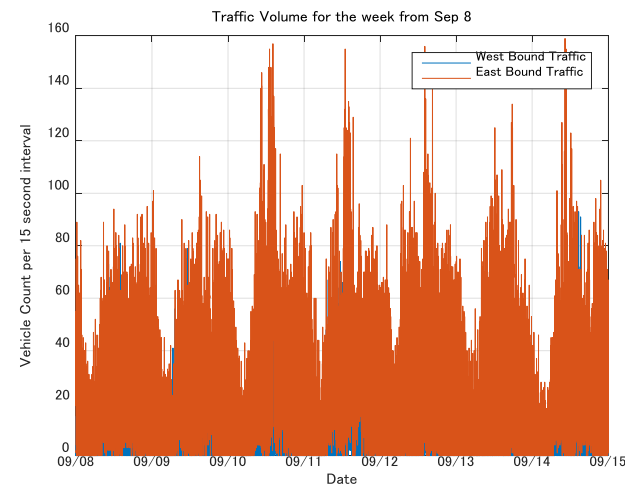
Raspberry Piによるトラフィックモニタ、分析



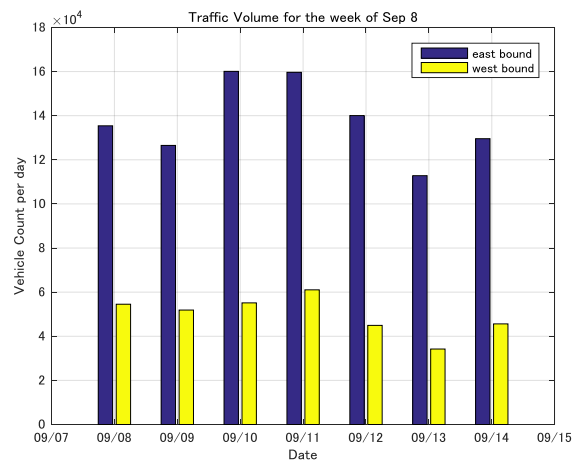
Raspberry Piによるトラフィックモニタ、分析 (cont'd)



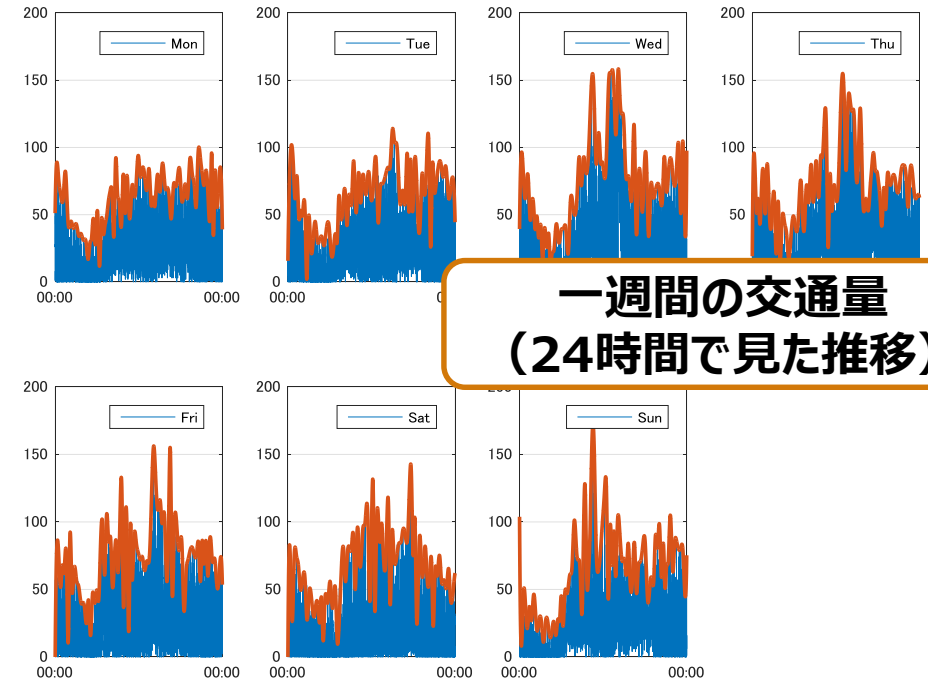
トラフィック量の
ヒストグラム



一週間の交通量
(日ごとの推移)

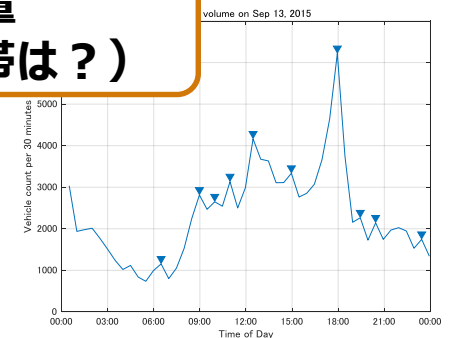


桜通の1週間の交通量
(西行きvs東行き)



一週間の交通量
(24時間で見た推移)

日曜日の交通量
(交通量の多い時間帯は?)



アジェンダ：

ニューラルネットワークの基礎とMATLABを使った予知保全／故障予測

- 機械学習活用事例
- ニューラルネットワークの基礎
- 予知保全／故障予測
- まとめ&おまけ情報

MathWorks Mission

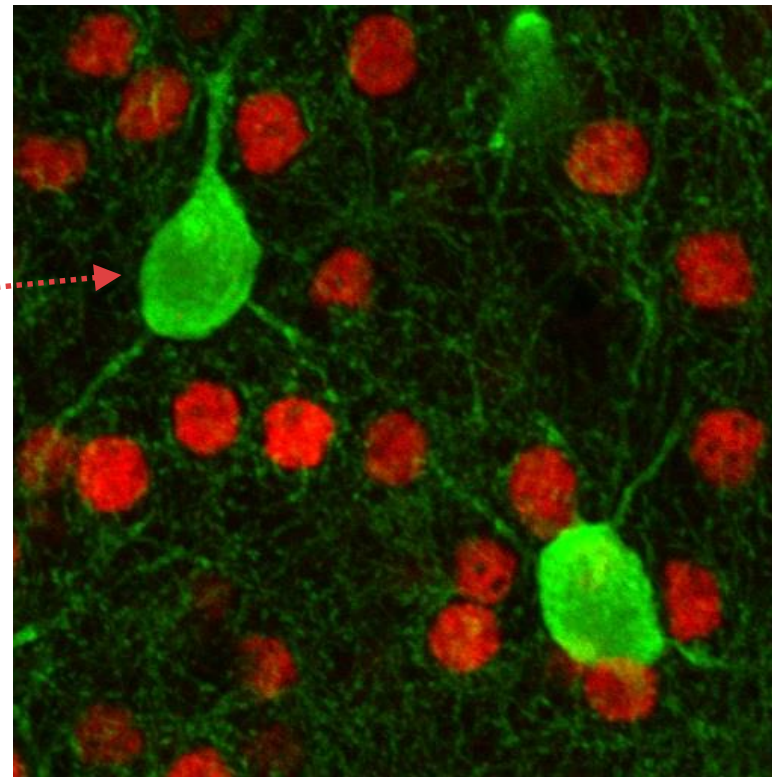
To accelerate the pace of engineering and science

ニューラルネットワークとは？

神経細胞（ニューロン）の数学的なモデル化に起源を持つ学習器

神経細胞（ニューロン）

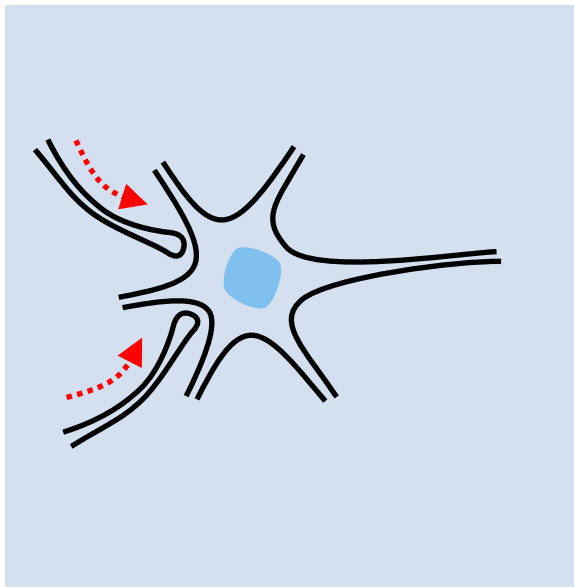
- 軸索によりネットワークを構成
- 電氣的な興奮状態を伝え合う



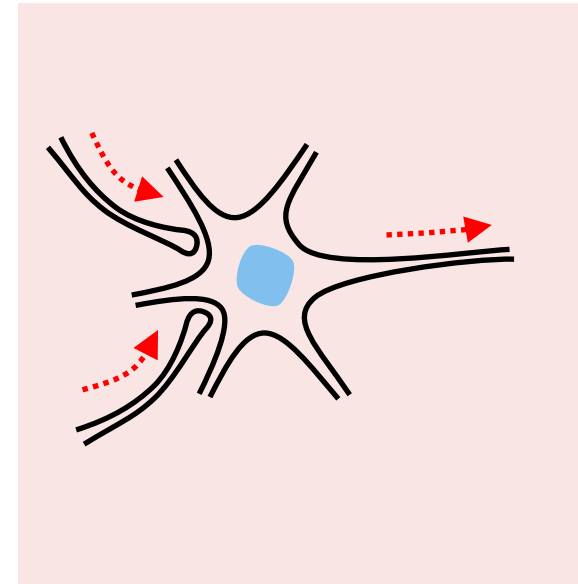
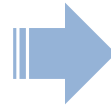
画像提供： 独立行政法人 理化学研究所様

ニューラルネットワークとは？

他の神経細胞からの興奮状態が伝わり、電位のレベルが上昇する



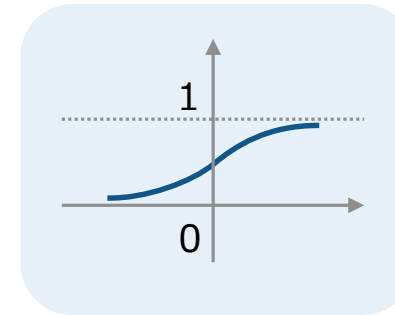
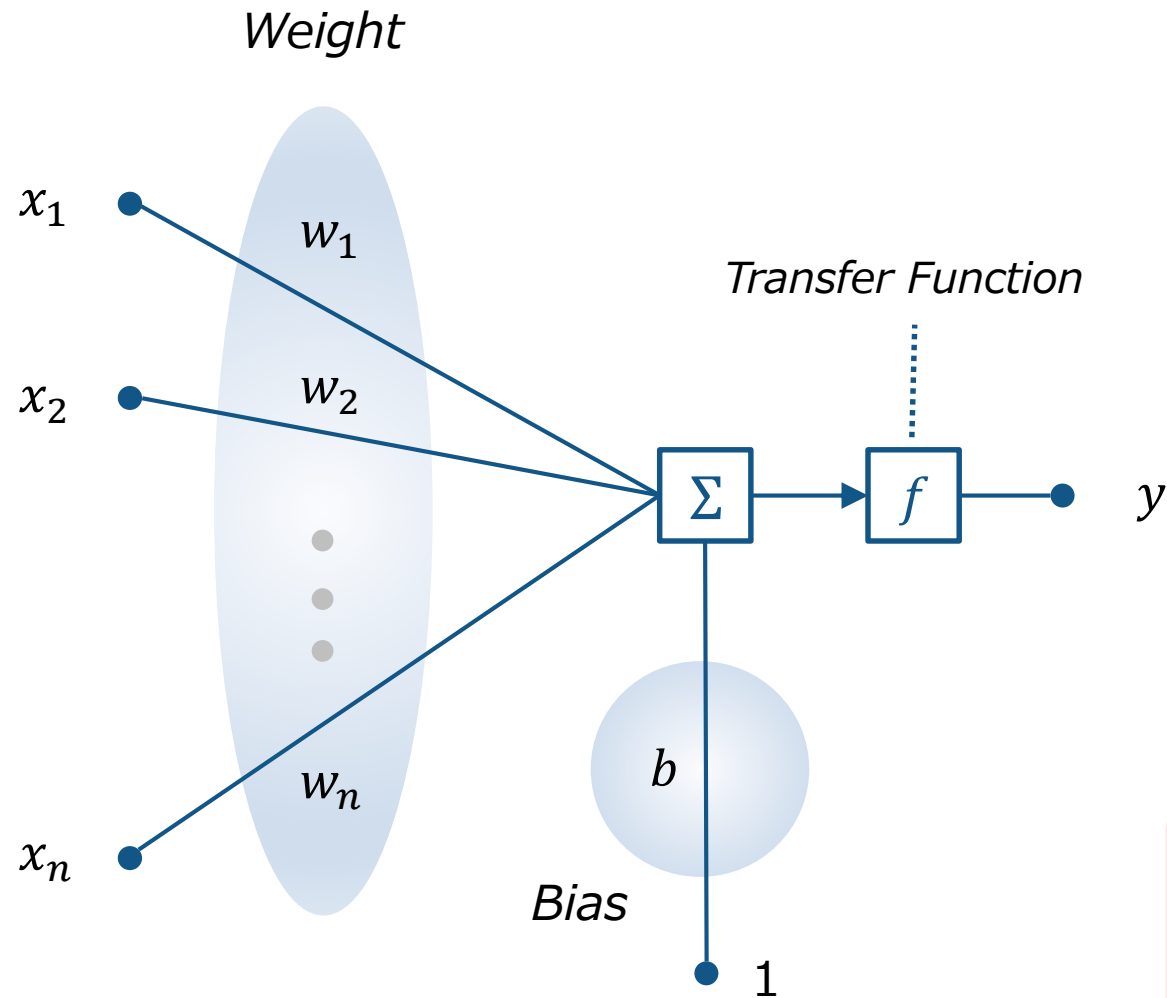
非興奮状態



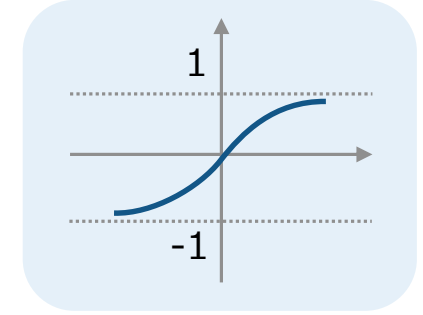
興奮状態

電位のレベルが閾値を超えると自身が発火する

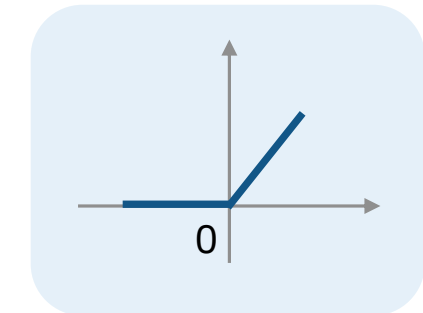
ニューラルネットワークとは？



Logistic Sigmoid



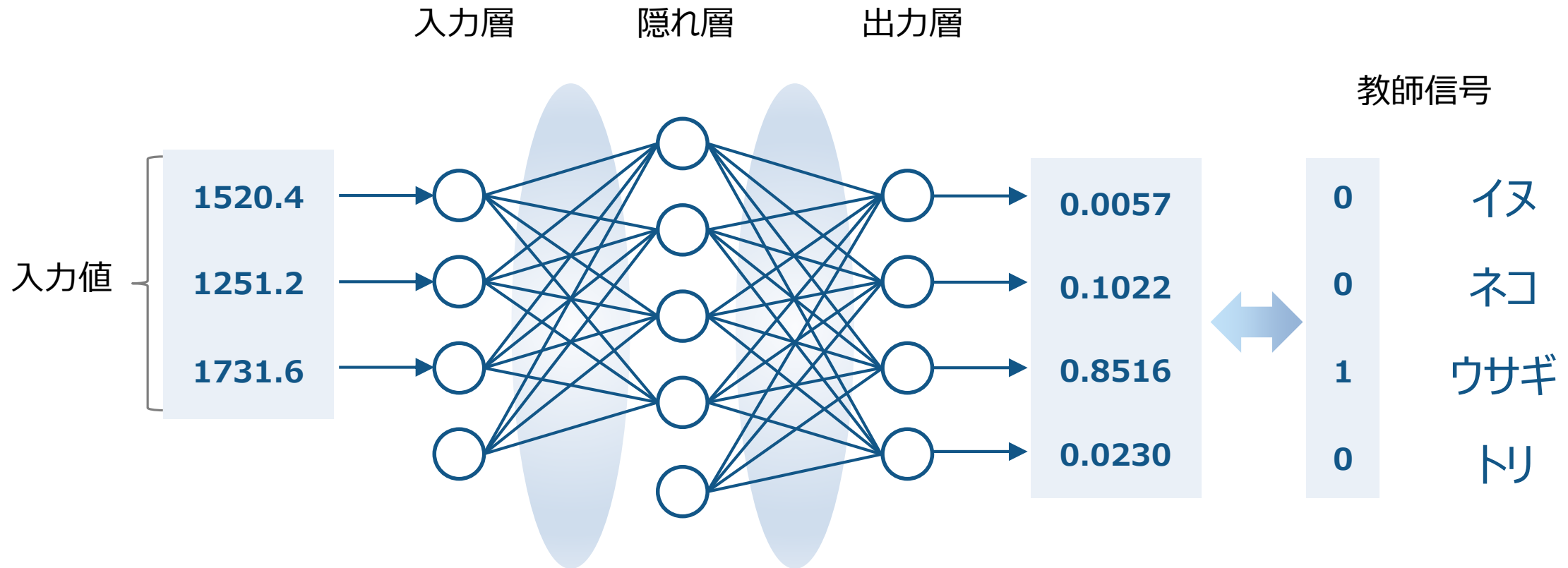
Tangent Sigmoid



Rectified Linear Unit

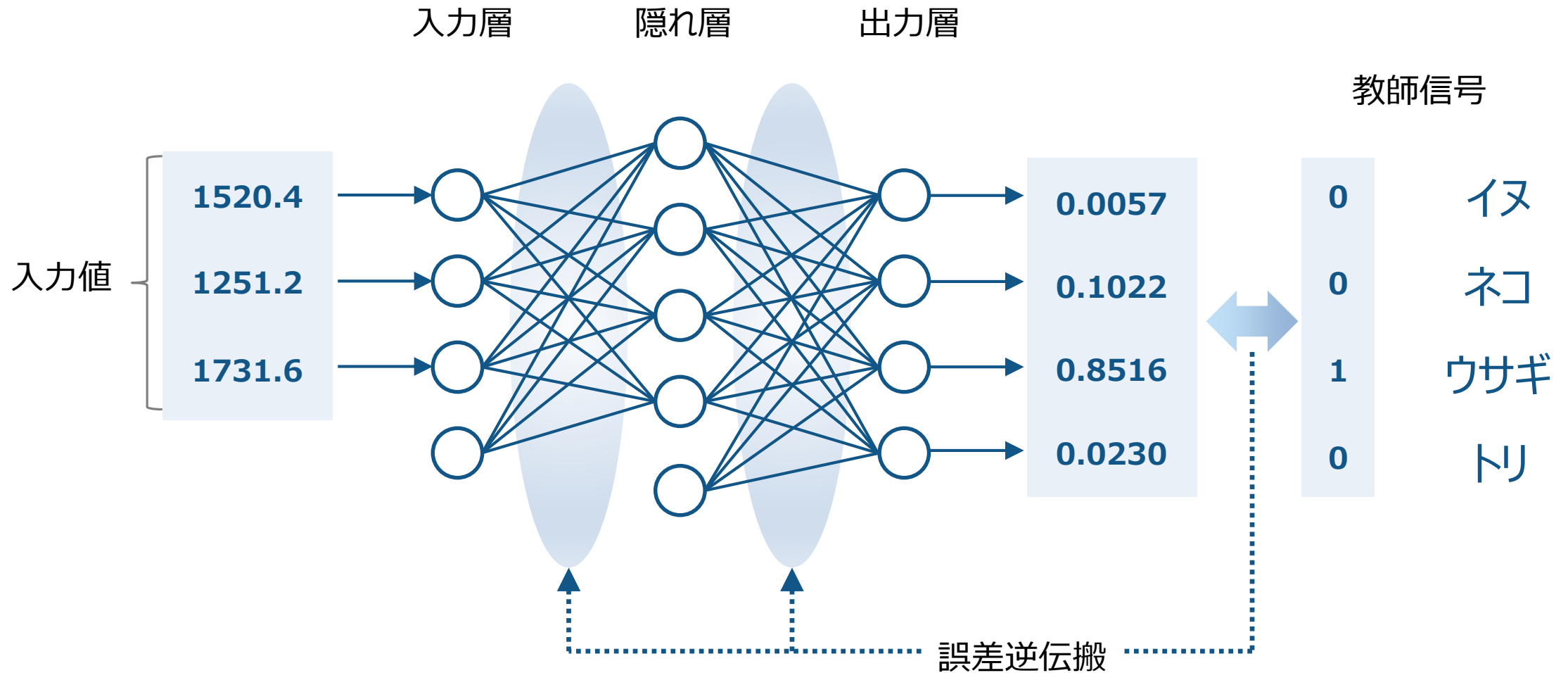
$$y = f\left(\sum_{k=1}^n w_k \cdot x_k + b\right)$$

ニューラルネットワークによる推論・予測



3 個の説明変数で、4 つのクラスへの分類を行うモデル

ニューラルネットワークの学習



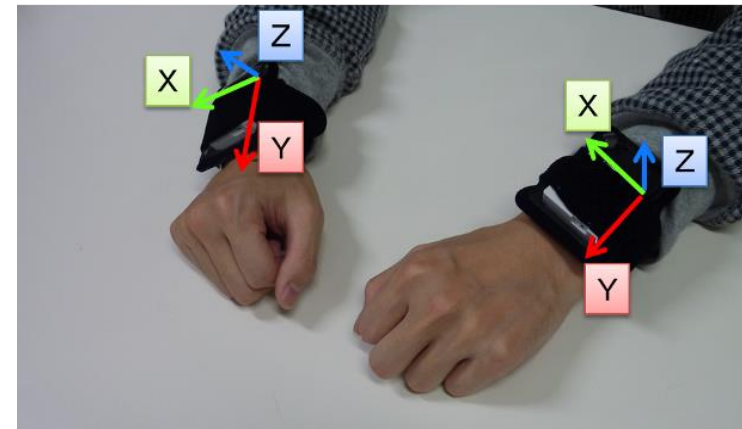
【例題】人の活動状態の予測

測定装置： 両手につけた加速度センサー

入力： X, Y, Z 成分の最大・最小・平均・分散

出力： 次の5つのカテゴリ（活動状態）

読書・キーボード操作・マウス操作・文字筆記・静止



提供：神奈川工科大学 情報工学科 田中（博）研究室

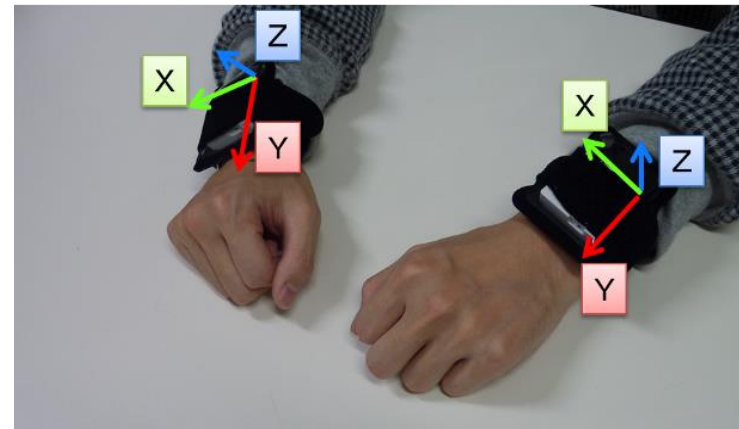
【例題】人の活動状態の予測

Step 1 : データの読み込み

Step 2 : データの前処理

Step 3 : 学習データを利用して、Neural Networkモデル を構築

Step 4 : テストデータでモデルの予測能力を確認



提供：神奈川工科大学 情報工学科 田中（博）研究室

訓練データ (Excel ファイル)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	平均	最大	最小	分散	平均	最大	最小	分散
2	-231.65	-191	-283	179.4347	118.565	141	83	108.438
3	-224.8	-191	-258	160.5628	119.345	150	83	132.4985
4	-218.225	-183	-258	133.2104	119.81	150	66	123.2703
5	-215.945	-191	-266	137.6201	117.85	150	75	123.2839
6	-214.98	-183	-266	202.5222	119.13	150	83	135.8021
7	-212.14	-183	-241	81.92	121.065	141	100	87.80982
8	-213.63	-183	-258	179.4906	120.48	150	75	141.4066
9	-214.63	-183	-258	151.9629	118.88	158	75	174.478
10	-213.245	-175	-258	148.4874	120.23	141	75	109.4242

...

U	V	W	X	Y
平均	最大	最小	分散	種類
-1036.28	-1000	-1083	189.8386	静止
-1036.52	-991	-1066	180.3212	静止
-1036.43	-1008	-1058	138.7488	静止
-1038.33	-1000	-1066	148.8034	静止
-1042.77	-1008	-1066	157.8765	静止
-1043.47	-1008	-1075	156.0895	静止
-1045.52	-1008	-1075	170.0699	静止
-1048.69	-1016	-1083	169.7627	静止
-1050.08	-1016	-1108	174.3051	静止

X-成分 (右手)

Y-成分 (右手)

Z-成分 (左手)

状態

入力 : 両手の加速度に関する情報 ($2 \times 3 \times 4 = 24$ 次元)

出力 : 活動状態 (読書・キーボード操作・マウス操作・文字筆記・静止)

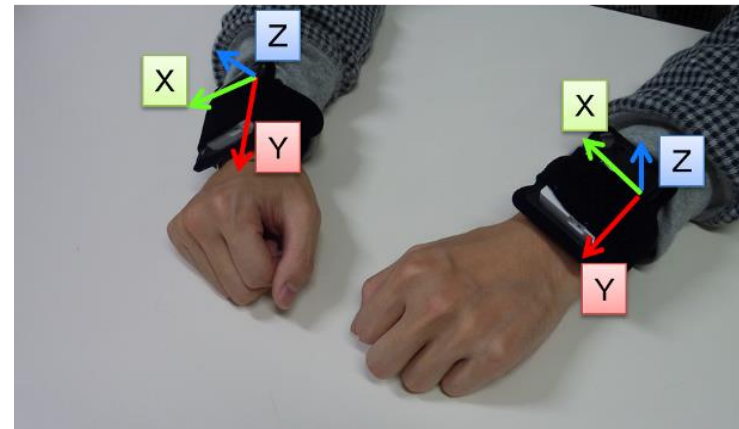
【例題】人の活動状態の予測

Step 1 : データの読み込み

Step 2 : データの前処理

Step 3 : 学習データを利用して、Neural Networkモデル を構築

Step 4 : テストデータでモデルの予測能力を確認



提供：神奈川工科大学 情報工学科 田中（博）研究室

活動状態の符号化（1of K 符号化法）

読書・キーボード操作・マウス操作・文字筆記・静止



10000, 01000, 00100, 00010, 00001

読書
読書
静止
マウス操作
文字筆記
文字筆記



10000
10000
00001
01000
00010
00010

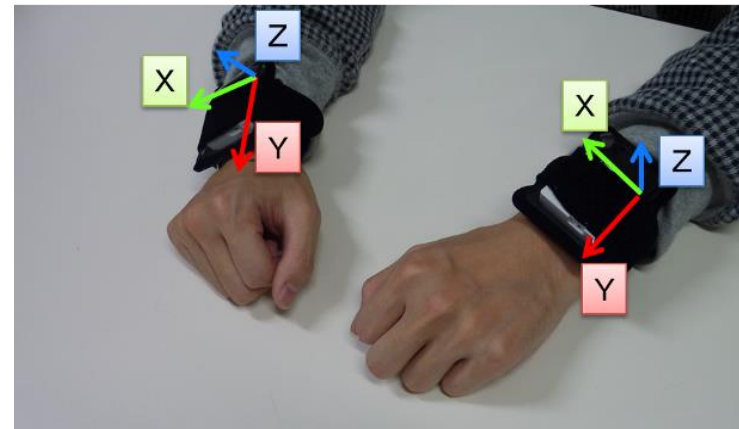
【例題】人の活動状態の予測

Step 1 : データの読み込み

Step 2 : データの前処理

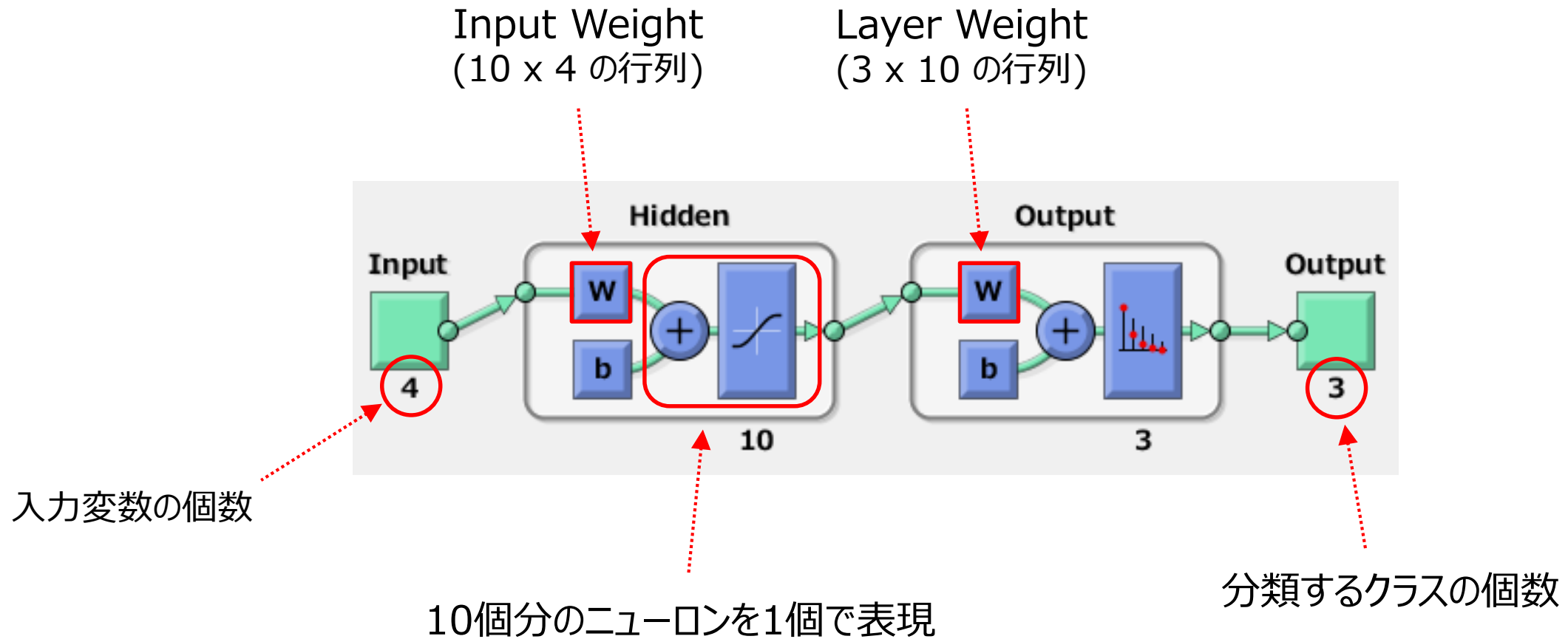
Step 3 : 学習データを利用して、Neural Networkモデル を構築

Step 4 : テストデータでモデルの予測能力を確認



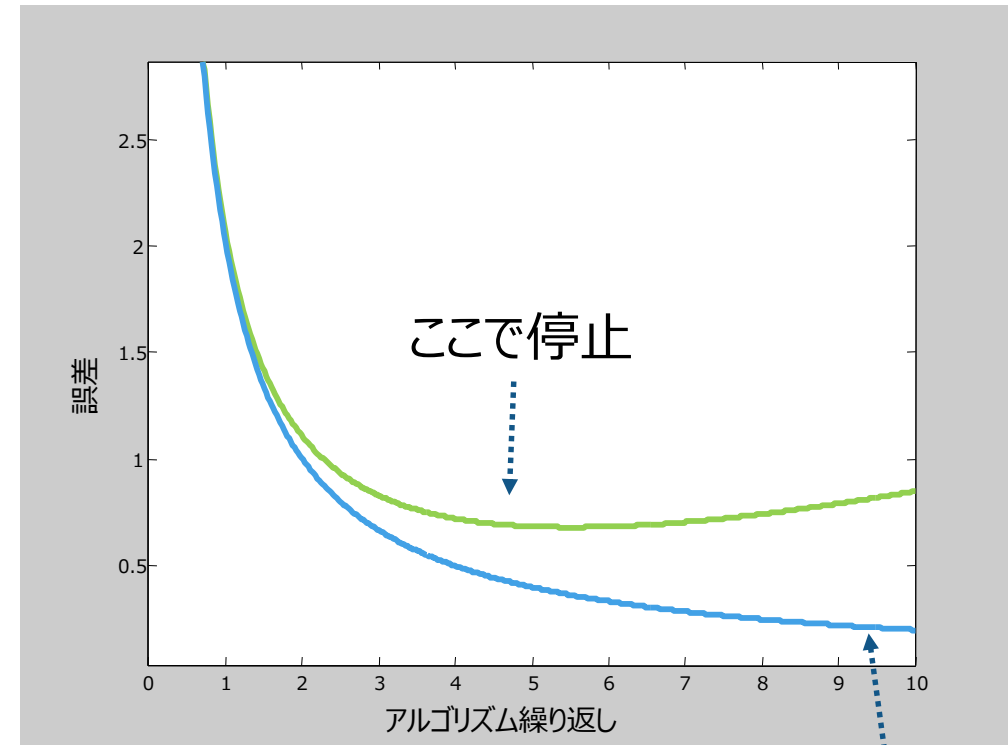
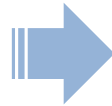
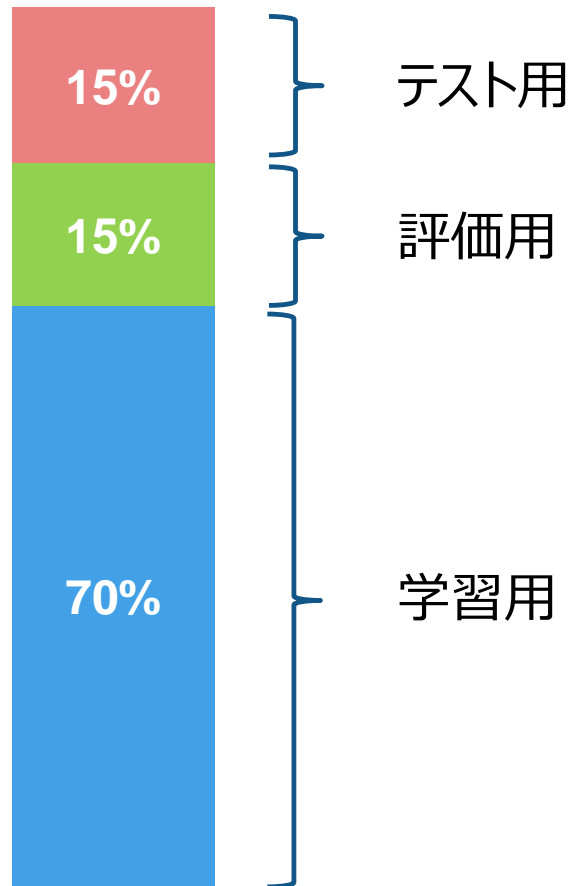
提供 : 神奈川工科大学 情報工学科 田中 (博) 研究室

ニューラルネットワーク構成



ニューラルネットワークでの過適合の防止

データを一定の比率で分割し、評価用のデータを使って、ほどほどのところで止める（早期終了）

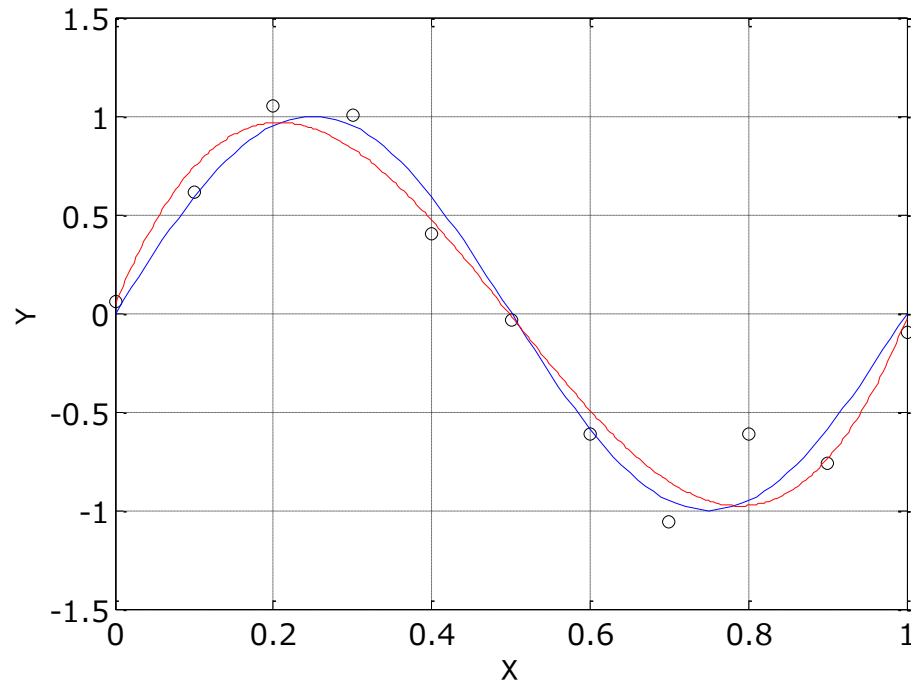


ここまですると過適合

過適合（Over Fitting）とは？

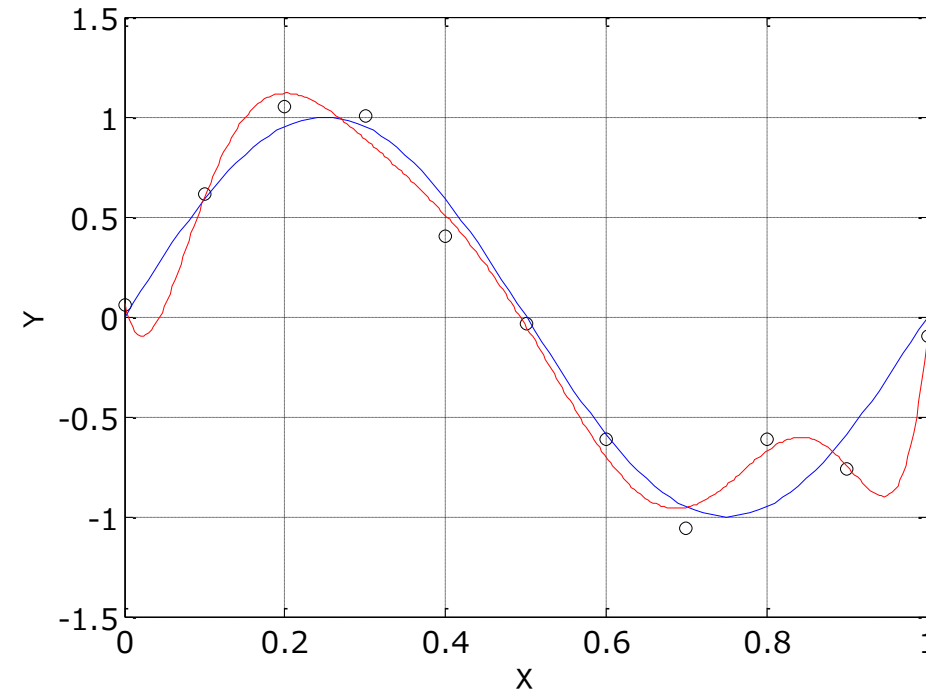
モデルの表現力が強過ぎるため、データに適合し過ぎてしまう現象

3次多項式による近似



誤差の二乗和 : 0.25

8次多項式による近似



誤差の二乗和 : 0.05

手元のデータはよく説明できるが、あまりよい予測のできないモデルになってしまう

ニューラルネットの学習の高速化

```
net = train(net, X, T)
```



```
net = train(net, X, T, 'useParallel', 'yes')
```

CPU による並列処理

```
net = train(net, X, T)
```

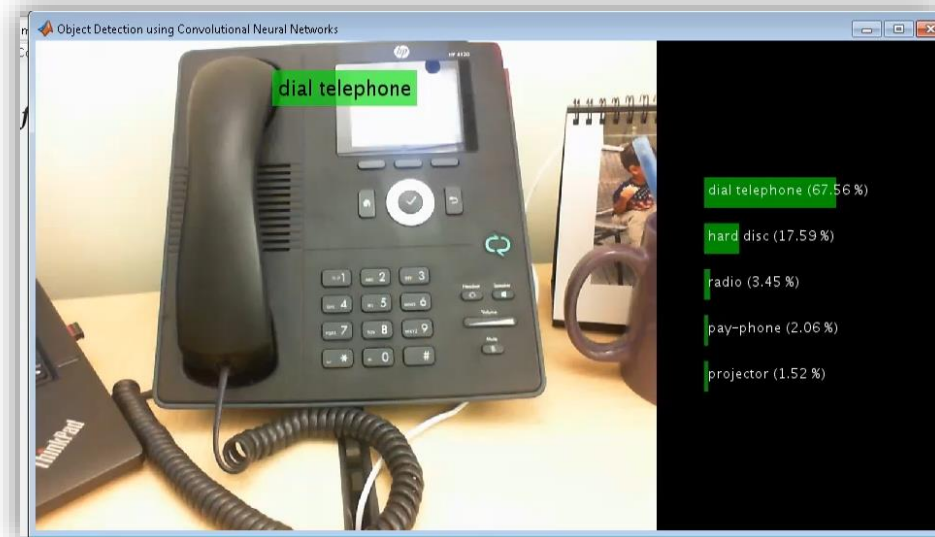
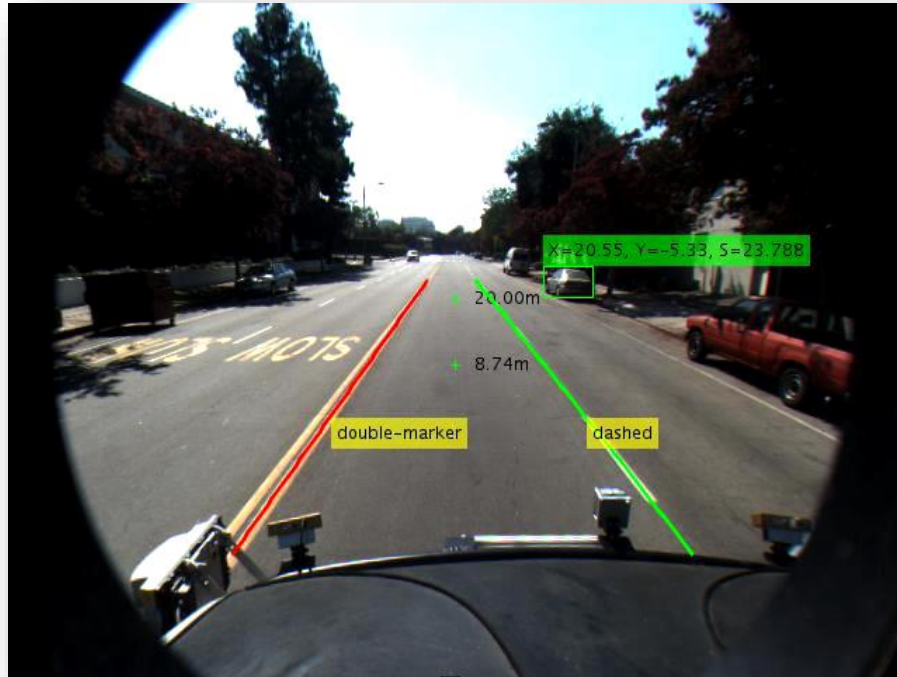


```
net = train(net, X, T, 'useGPU', 'yes')
```

GPU による並列処理



ディープラーニングによって広がる様々な可能性



自動運転



ロボティクス



予知保全
(製造設備)



異常検知
(プロセスモニタリング)



画像分野におけるディープラーニング

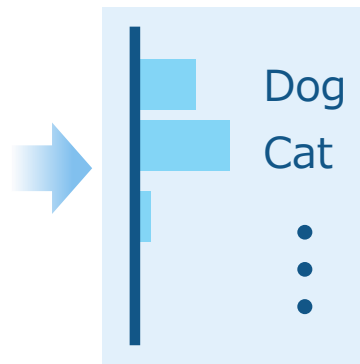
R2017a
R2017b

物体認識（画像全体）

CNN (Convolutional Neural Network)



画像



確率値

物体の検出と認識

R-CNN / Fast R-CNN / Faster R-CNN



自動車の前面

停止標識

物体認識（ピクセル単位）

SegNet / FCN



車道

自動車

ディープラーニングでMATLABを使うメリット

- 環境構築の容易さ
- 画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク
- システムへの統合がスムーズ



1.環境構築

オープンソースのフレームワーク
環境構築のハードル

- ・OSや言語など環境の縛りが厳しい
- ・画像処理等、別ライブラリとVer.が合わない
- ・GPU接続のためのコーディングが大変
- ・ネットの手順に沿ってやってつまづくと解決策がわからず挫折

MATLABのメリット

- 最新版をインストールするだけ
すべてのライブラリが同じ環境
- CUDAライブラリをインストールするだけ
- 技術窓口によるサポート

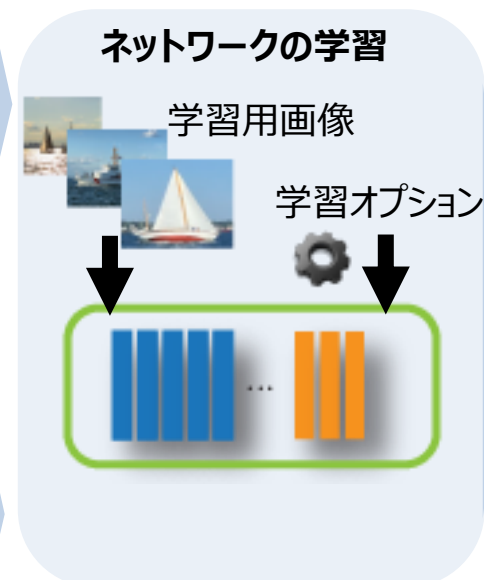
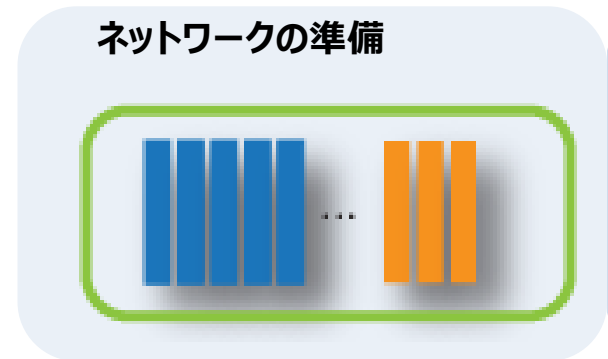


ディープラーニングでMATLABを使うメリット

2.画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク

画像の準備をサポート

- ・メモリ効率の良い画像の取り込み
- ・画像データの拡張・前処理
- ・カメラの接続



転移学習を強力にサポート

- ・多数の学習済みモデルに対応

作業効率・精度を高める機能をサポート

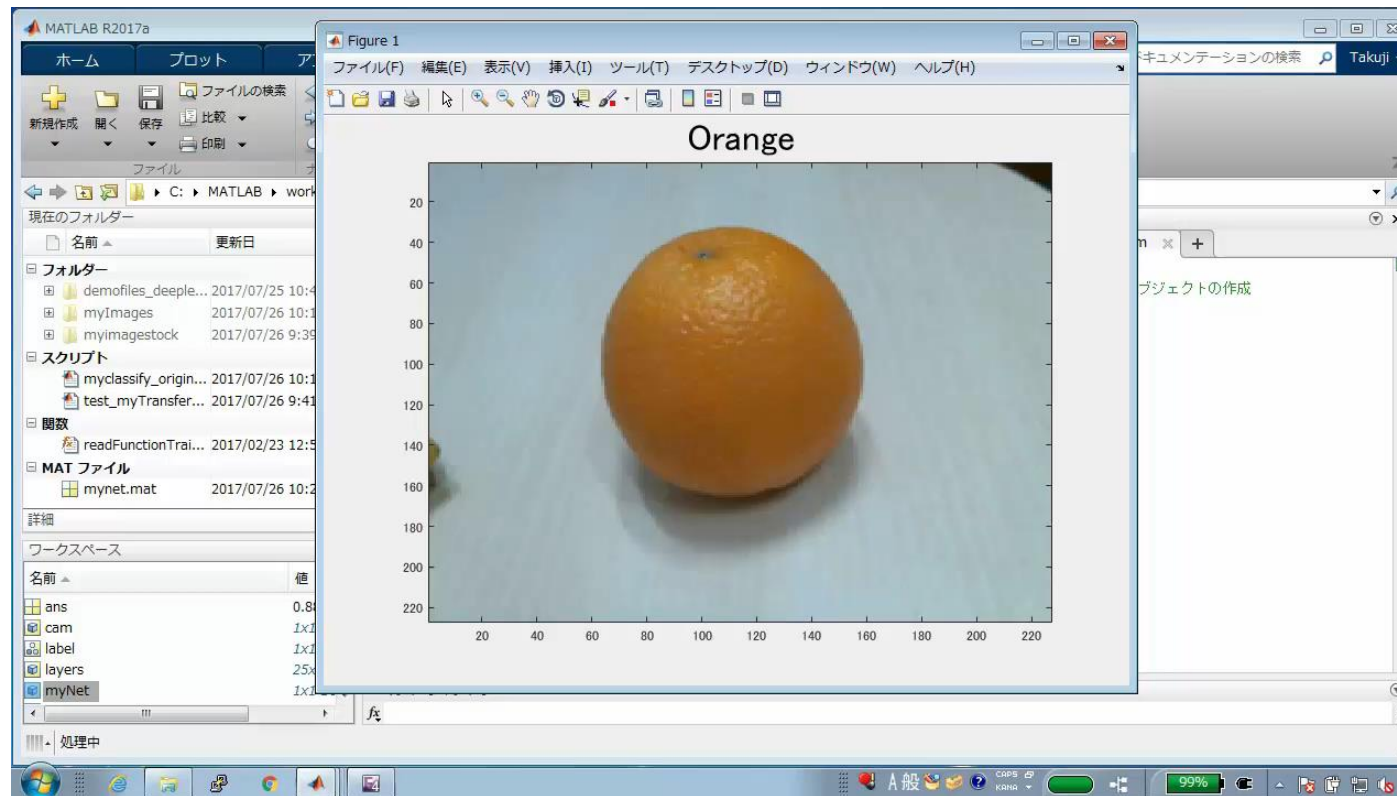
- ・複数GPU/クラウドによる学習高速化
- ・ベイズ最適化
- ・学習過程・ネットワーク・結果の可視化

少ない画像枚数、計算量でディープラーニングを利用する方法

ディープラーニングでMATLABを使うメリット

2.画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク

ディープラーニング：10行でできる転移学習 ～画像分類タスクに挑戦～



学習した種類：

- オレンジ
- みかん
- グレープフルーツ(ルビー)
- グレープフルーツ(ホワイト)
- レモン

学習画像数：各 20 枚

- 要件を満たすPC&MATLAB環境
 - 学習済みAlexnet
 - 画像セット
- で10行のコーディングで始められます

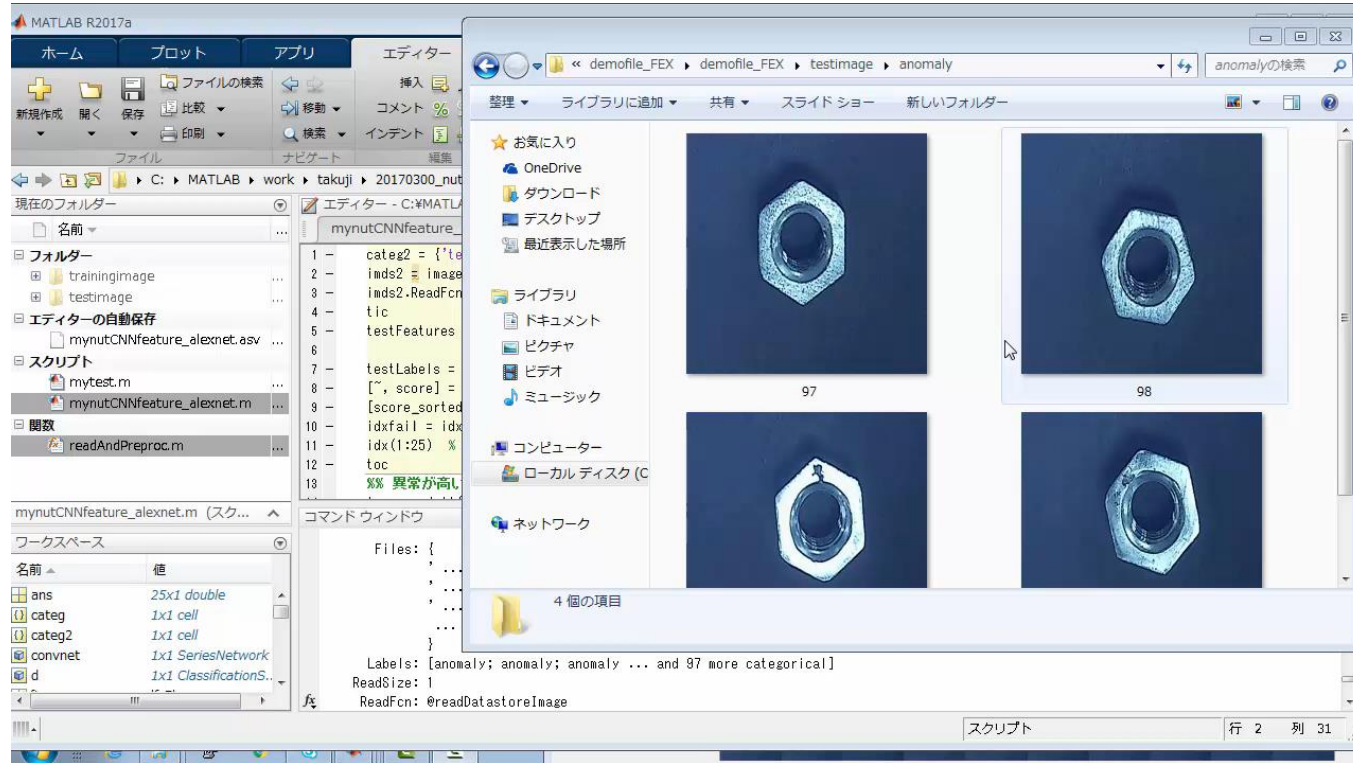
動画&サンプルコード公開中

<https://www.youtube.com/watch?v=XMchIMIT8iE>

ディープラーニングでMATLABを使うメリット

2.画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク

ディープラーニング：製造現場で使える画像による異常検知 ～キズあり「ナット」の発見～



「異常」データが少ない場合の
ディープラーニング活用法

ディープラーニングは、微妙な違いの異常検知にも利用可能

動画&サンプルコード公開中

<https://www.youtube.com/watch?v=brNuygyOmBQ>

ディープラーニングでMATLABを使うメリット

2.画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク

転移学習のための学習済みモデル読み込み

学習済みネットワーク*

- AlexNet
- VGG-16
- VGG-19
- GoogLeNet **New**
- Resnet50 **New**
- InceptionV3 (coming soon)

* 一行でモデル読み込み

他のフレームワークのモデル読み込み

- Caffe Model Importer
- TensorFlow/Keras Model Importer **New**

AlexNet
PRETRAINED MODEL

VGG-16
PRETRAINED MODEL

ResNet
PRETRAINED MODEL

Caffe
MODELS

GoogLeNet
PRETRAINED MODEL

TensorFlow/Keras
MODELS

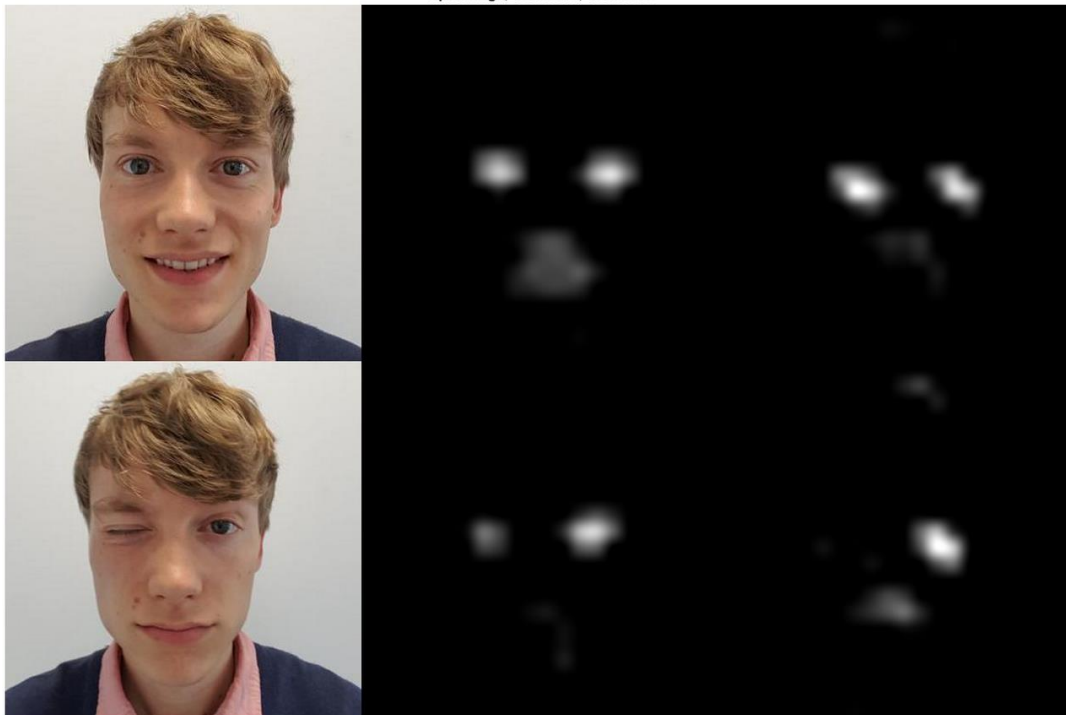
転移学習 + 最適化で多くのことを試すことができます。
どの程度タスクが難しいのか知ることが重要です。

ディープラーニングでMATLABを使うメリット

2.画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク

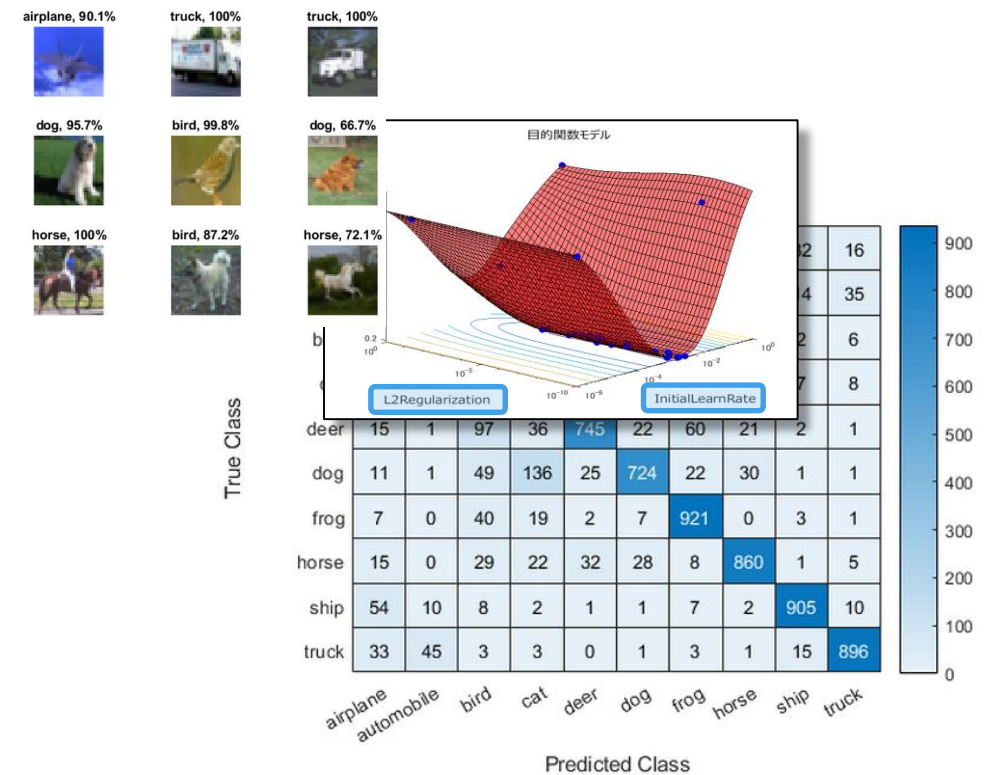
初めての利用 & 精度向上を手助けするサンプルプログラム

たたみ込みニューラル ネットワークの活性化の可視化



<https://www.mathworks.com/help/releases/R2017b/nnet/examples/visualize-activations-of-a-convolutional-neural-network.html>

ベイズ最適化を用いたディープラーニング



<https://www.mathworks.com/help/releases/R2017b/nnet/examples/deep-learning-using-bayesian-optimization.html>

CNNのアルゴリズム開発をMATLAB®で行うための必要要件

● MATLABライセンス

- MATLAB®
- Image Processing Toolbox™ (前処理、Computer Visionの必須要件)
- Computer Vision System Toolbox™ (物体認識の関数群)
- Statistics and Machine Learning Toolbox™ (SVM等の分類器)
- Neural Network Toolbox™ (CNN関数)
- Parallel Computing Toolbox™ (GPU使用(CNNで必須))

● ハードウェア

- NVIDIA CUDA対応GPU(Computing Capability 3.0以上) 搭載PC

最先端のディープラーニングをMATLABで手軽にお試しください

アジェンダ：

ニューラルネットワークの基礎とMATLABを使った予知保全／故障予測

- 機械学習活用事例
- ニューラルネットワークの基礎
- 予知保全／故障予測
- まとめ&おまけ情報

MathWorks Mission

To accelerate the pace of engineering and science

機器の故障時期を予測

過去のトレンドからメンテナンス計画の最適化

● 稼動開始点 ✕ 故障！

過去のトレンド



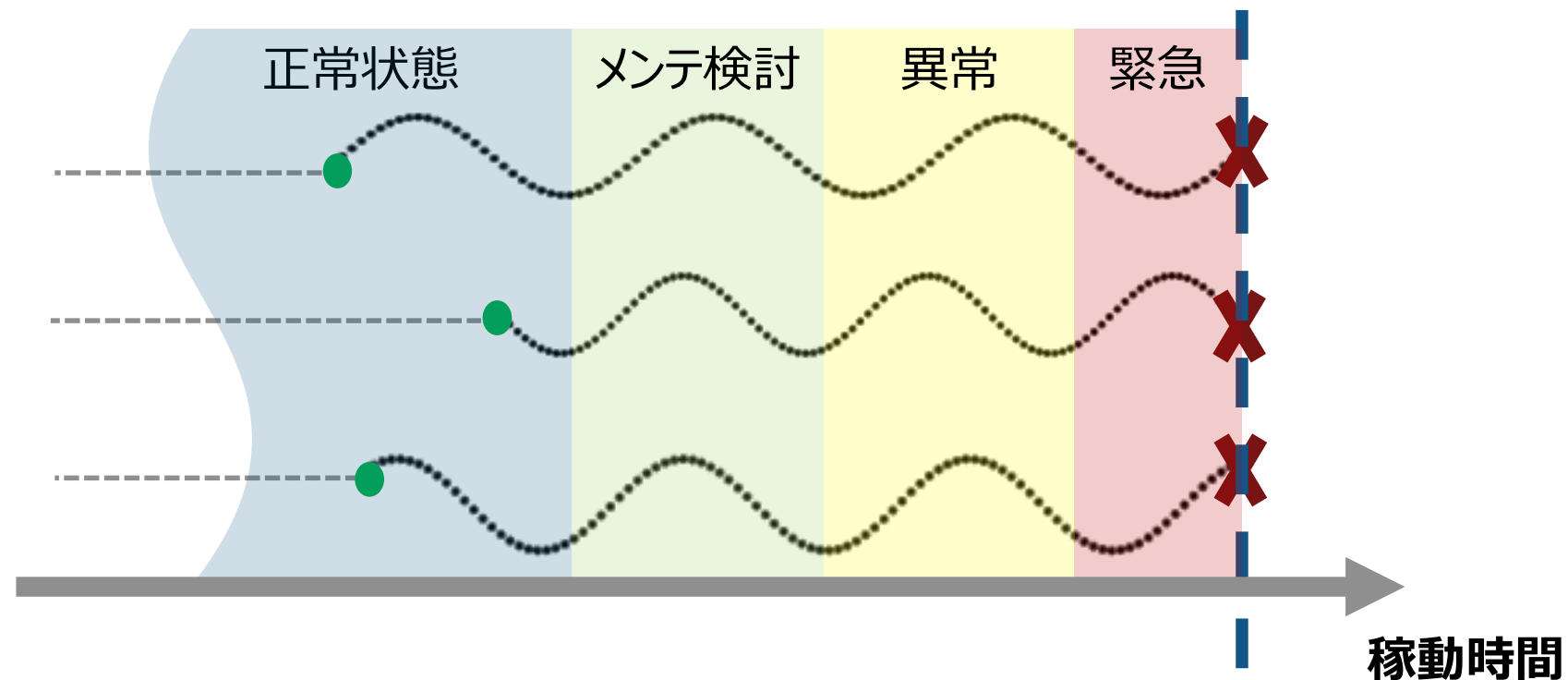
データ#1

データ#2

データ#3

⋮

データ#N



新規

機器の故障までの
時間は？



従来のメンテナンス手法 vs 予知保全

- **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
- 欠点：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。

30%

- **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
- 欠点：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。

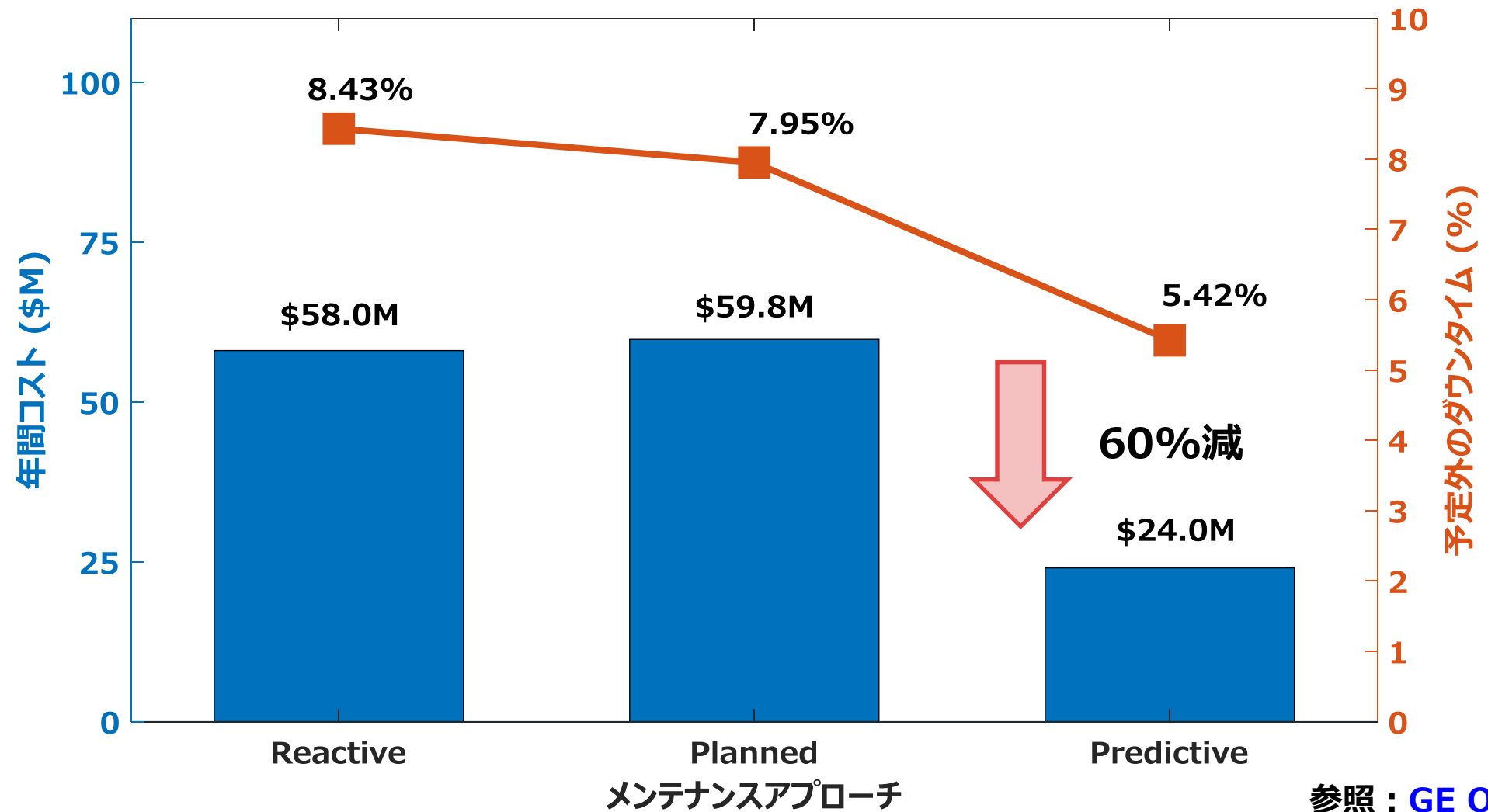
46%

- **Predictive – 問題が発生すると予測される時に（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
- 欠点：正確な予測は困難

24%

想定外の故障発生・メンテナンスコストの削減



予知保全 (Predictive Maintenance) のゴール

機械の状態は？
効率よく稼働しているか？
故障が発生するまであと何日？



故障の事前検知の自動化
機器の稼働率アップ
メンテナンスコスト削減



ポンプのヘルスマニタリングシステム構築

- センサーデータのフィルタリング・スペクトル解析 + ニューラルネットワークによる予測
- 推定1000万ドル以上のコスト削減



オンラインのエンジンヘルスマニタリング

- ・ 企業システムに組み込まれたリアルタイムでの解析
- ・ オイル・燃料・制御・構造などサブシステムのパフォーマンスを予測



製造機械の故障警告システム

- MATLAB で構築したシステムの事前通知によりダウンタイムの削減
- 年間20万ユーロ以上のコスト削減

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廃棄と
機械ダウンタイムを減らしたい



■ ソリューション

機械学習に基づいた機械の故障を予測する
監視ソフトウェアの開発・実装

■ 結果

- ✓ 潜在的異常の警告を発信するソフトウェア
- ✓ 6か月でプロトタイプが完成
- ✓ 年間50,000ユーロを超えるコスト削減を実現



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

性能パラメータ及び品質状態を記録（7GB/day）



アップデート間隔
1分

アップデート間隔
60-90 分

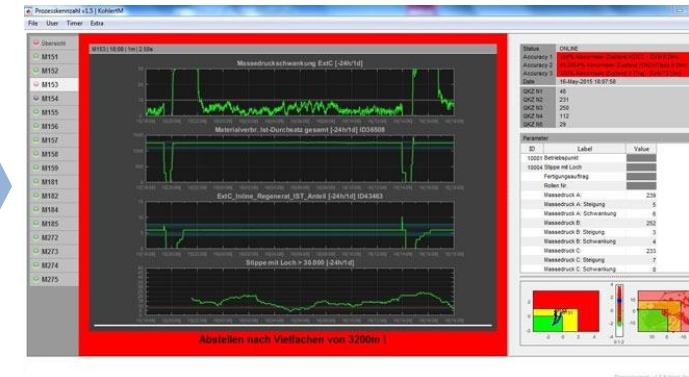
温度、圧力、速度など

センサデータ
300-400個/装置

品質状態

正常 / 異常

工場内のすべての機械の状態データは
イーサネット経由でデータベースに収集



潜在的な故障箇所について
機器オペレーターに警告発信

データへのアクセス・前処理

データへのアクセス

データの前処理

温度、圧力、速度など

アップデート間隔
1分アップデート間隔
60-90 分センサデータ
300-400個/装置

品質状態

正常 / 異常

1 TIMESTAMP	2 PARAMETER										3 STATE
'2015-07-14 00:49:12.0'	160	160	160	160	1000	7	1000	9	33	32	1
'2015-07-14 00:50:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	1
'2015-07-14 00:51:13.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	1
'2015-07-14 00:52:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	1
'2015-07-14 00:53:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	11	33	32	2
'2015-07-14 00:54:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	12	33	32	2
'2015-07-14 00:55:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	2

- データベースアクセス
- 関連の無い変数・異常値削除
- 時系列データの同期

過去のデータから予測モデルを学習

予測モデルの構築



アップデート間隔
1分

アップデート間隔
60-90 分

温度、圧力、速度など

センサデータ
300-400個/装置

品質状態

正常 / 異常

予測モデル

予測モデル学習
(過去のデータ)

1 TIMESTAMP	2 PARAMETER										3 STATE
'2015-07-14 00:49:12.0'	160	160	160	160	1000	7	1000	9	33	32	1
'2015-07-14 00:50:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	1
'2015-07-14 00:51:13.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	1
'2015-07-14 00:52:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	1
'2015-07-14 00:53:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	11	33	32	2
'2015-07-14 00:54:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	12	33	32	2
'2015-07-14 00:55:12.0'	160	160	160	160	1000	8	1000	10	33	32	2

機械学習アルゴリズムの選定・検証

予測モデルの構築

トレードオフを探る

学習速度



メモリ使用量



予測精度



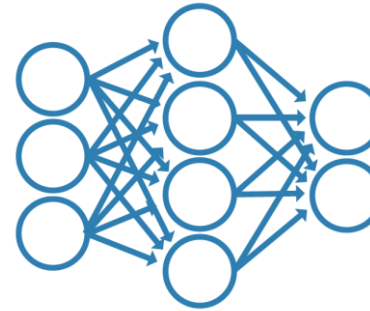
解釈のしやすさ



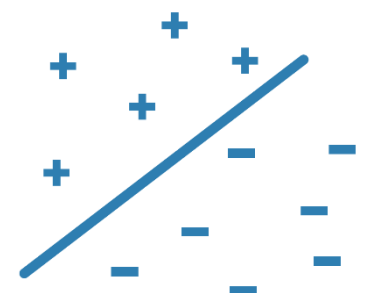
k 近傍法



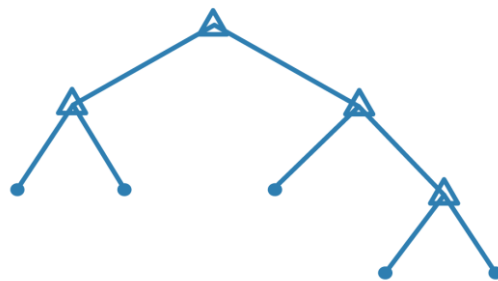
ニューラルネットワーク



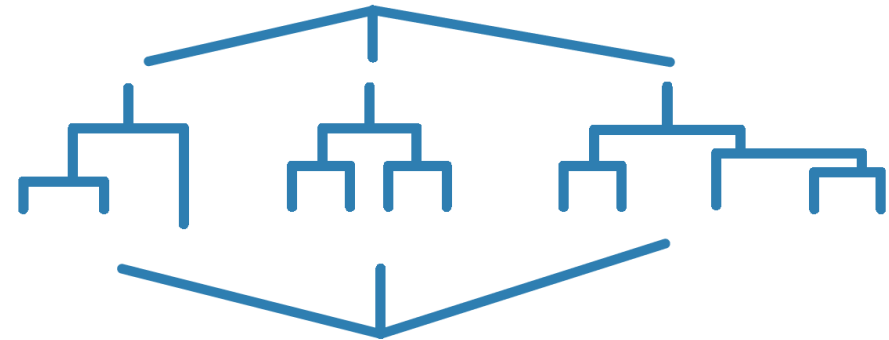
SVM



決定木



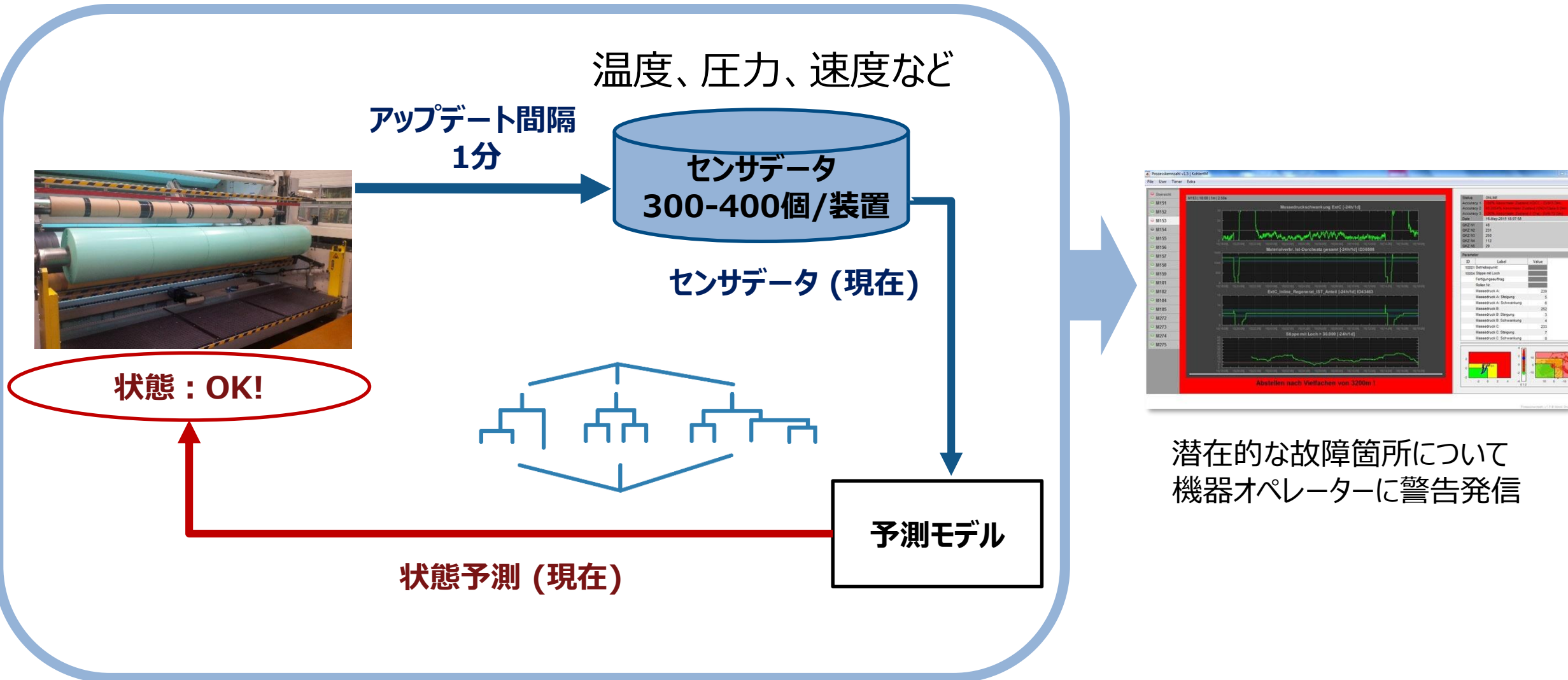
バギング決定木 ★



アプリケーション化し工場に展開

予測モデルの構築

システムへの統合



故障警告システムの開発事例

ワークフローと各機能を提供するオプション製品

データへのアクセス

データベースへのアクセス

- 工場内のすべての機械のログはデータベースに収集

[Database Toolbox™](#)

データの前処理

前処理

- 異常値削除・変数選定・時刻の同期処理

予測モデルの構築

複数の機械学習手法を適用・評価

- ニューラルネットワーク、k最近傍法
- バギングされた決定木、サポートベクターマシン (SVM) など

[Statistics and Machine Learning Toolbox™](#)
[Neural Network Toolbox™](#)

システムへの統合

アプリ化して工場に展開

- MATLABがない環境での実行

[MATLAB Compiler™](#)

Demo: ターボファンエンジンの予知保全

100機と同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

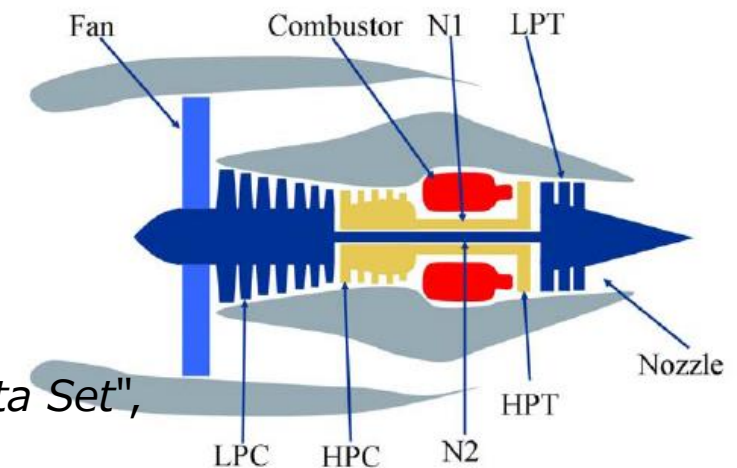
- センサーデータの読み込み・解析
- 故障発生時期を予測するモデルの学習
- センサーデータをその場で処理するモデル展開
- 故障をリアルタイムで予測

[Webセミナー：MATLABを使った予知保全・故障予測](#)

NASA PCoE

<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: ターボファンエンジンの予知保全

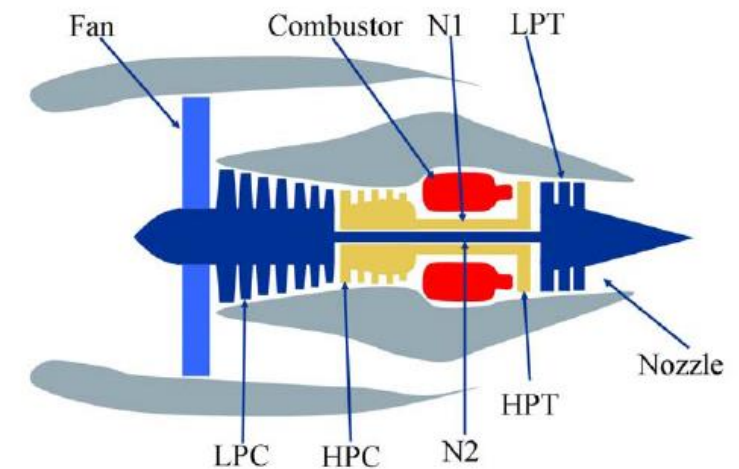
100機と同モデルエンジンからのセンサーデータ

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

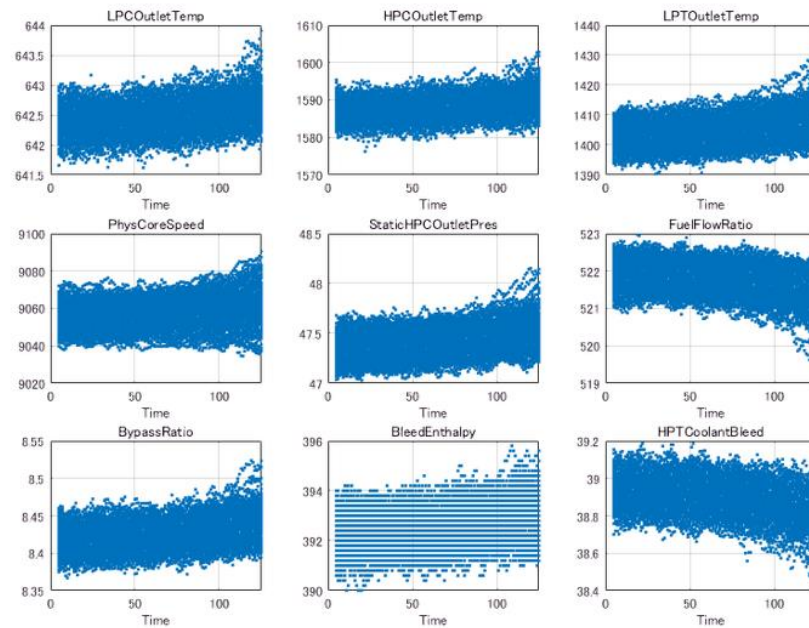
Goal

- 実際の故障データ**無し**で、最適なメンテナンス時期を求める

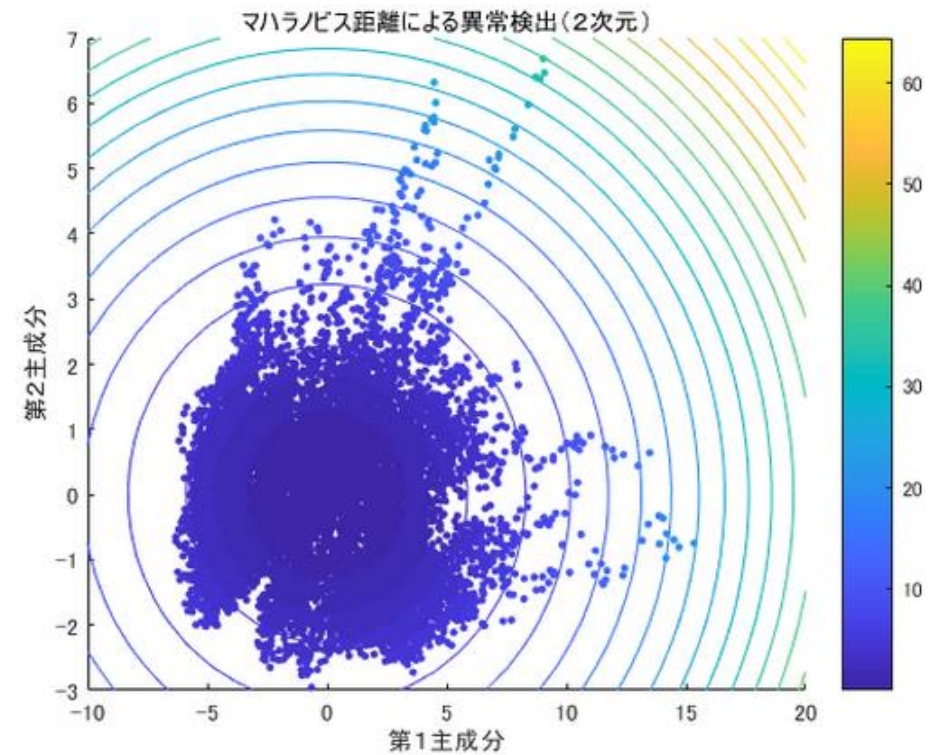


Demo: ターボファンエンジンの予知保全

■ 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

Demo: ターボファンエンジンの予知保全

100機と同モデルエンジンからのセンサーデータ

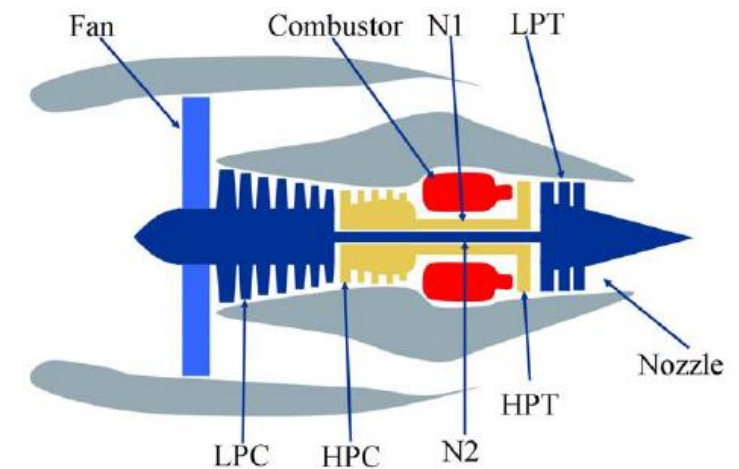
ケース 2: 故障データがある場合

- 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~



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

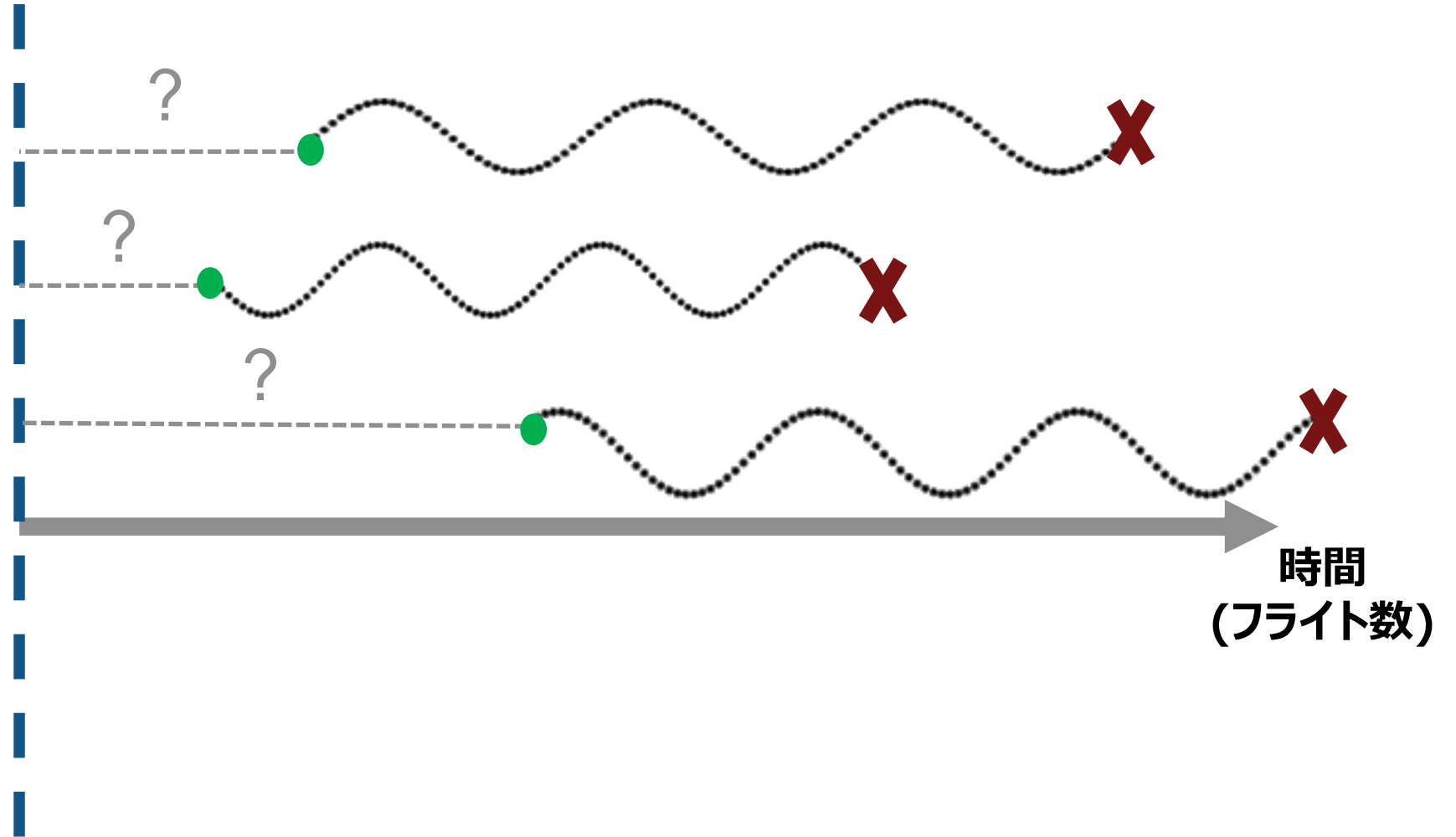
計測データ

エンジン1

エンジン2

エンジン100

時間
(フライト数)



計測データから故障時期を予測するモデル作成

新品/
メンテナンス後

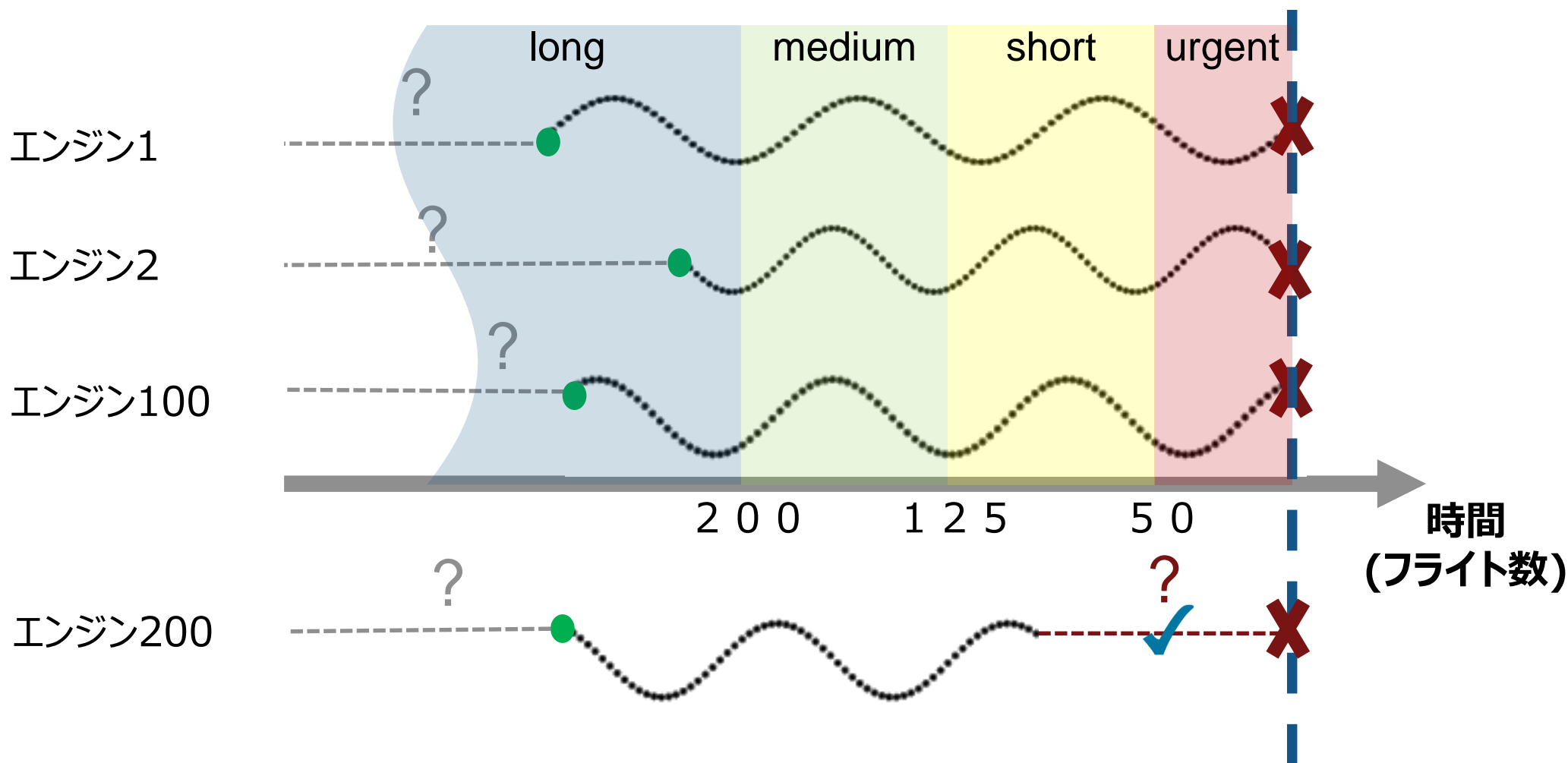
● 計測開始点

✕ 故障！

✓ メンテナンス

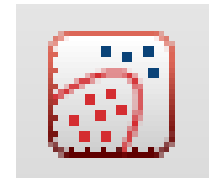
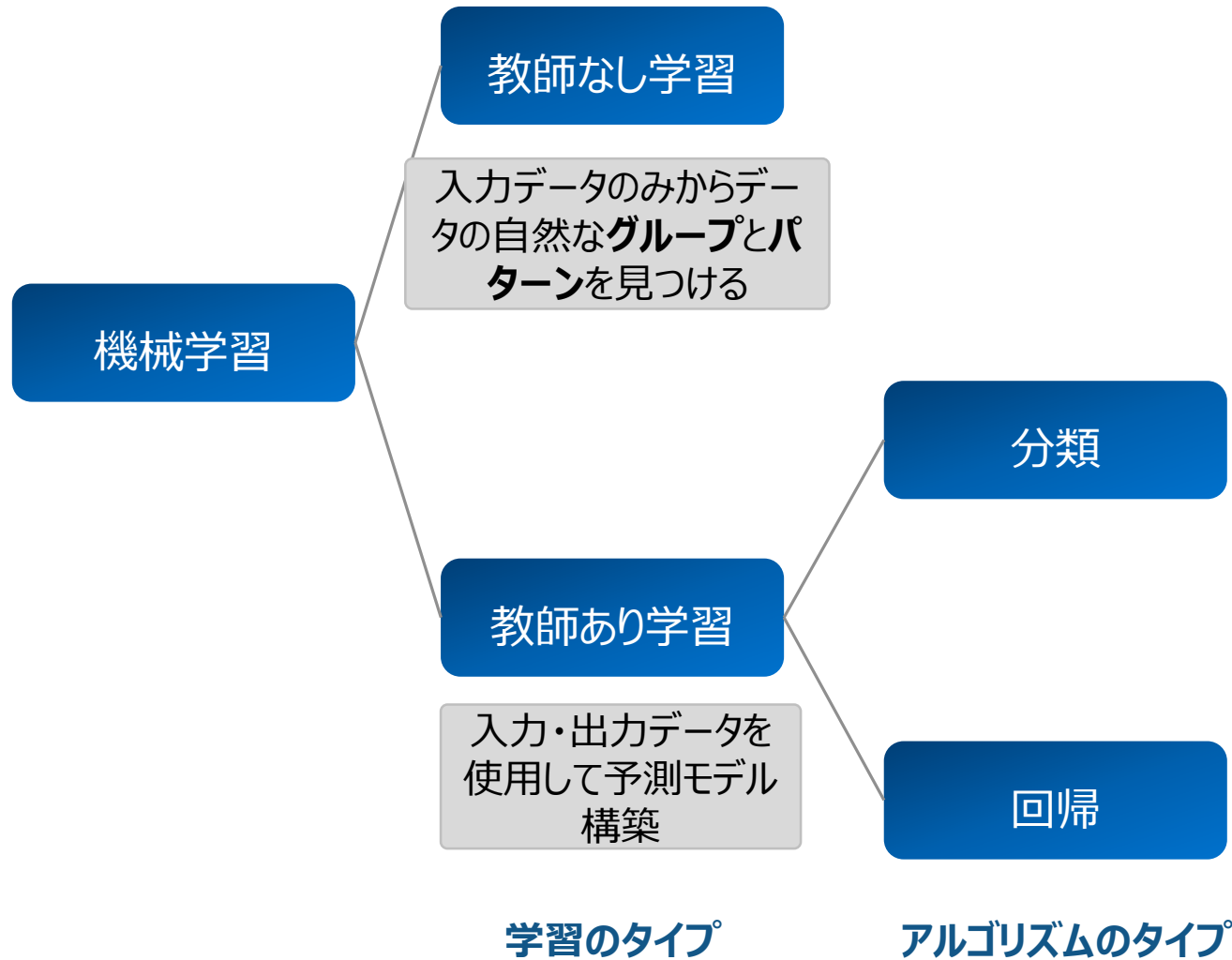
学習データ

新規



機械学習の主な学習のタイプとアルゴリズム

予測モデルの構築



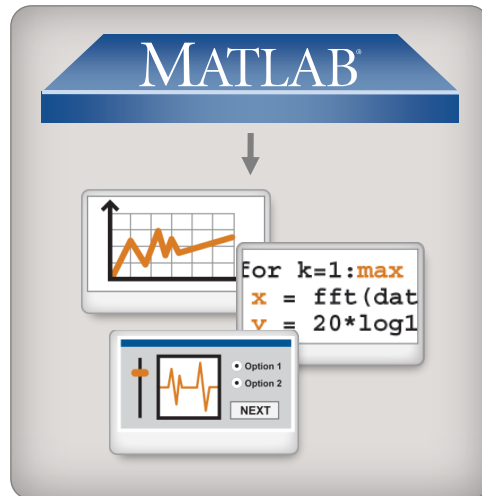
分類学習器アプリ
>> classificationLearner



回帰学習器アプリ
>> regressionLearner

予知保全システムの構築 様々な環境へのスムーズな統合

目的に応じた統合をサポート
MATLABライセンスがない環境で利用



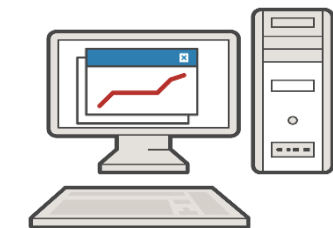
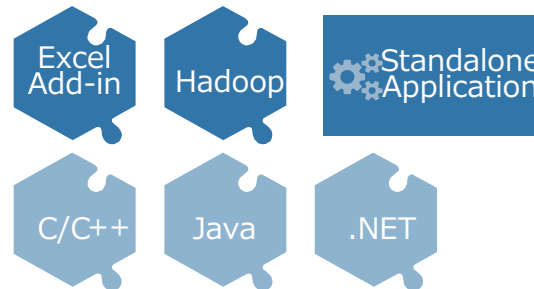
**MATLABで
アルゴリズム開発**

MATLAB Production Server™



クラウドで診断

MATLAB Compiler™ / MATLAB Compiler SDK™

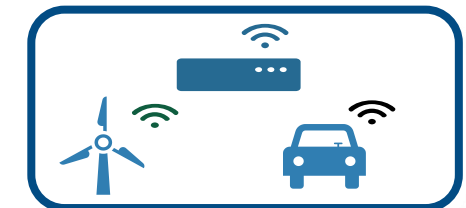


PCで利用

MATLAB Coder™ / Simulink Coder™



組み込みで利用



アジェンダ：

ニューラルネットワークの基礎とMATLABを使った予知保全／故障予測

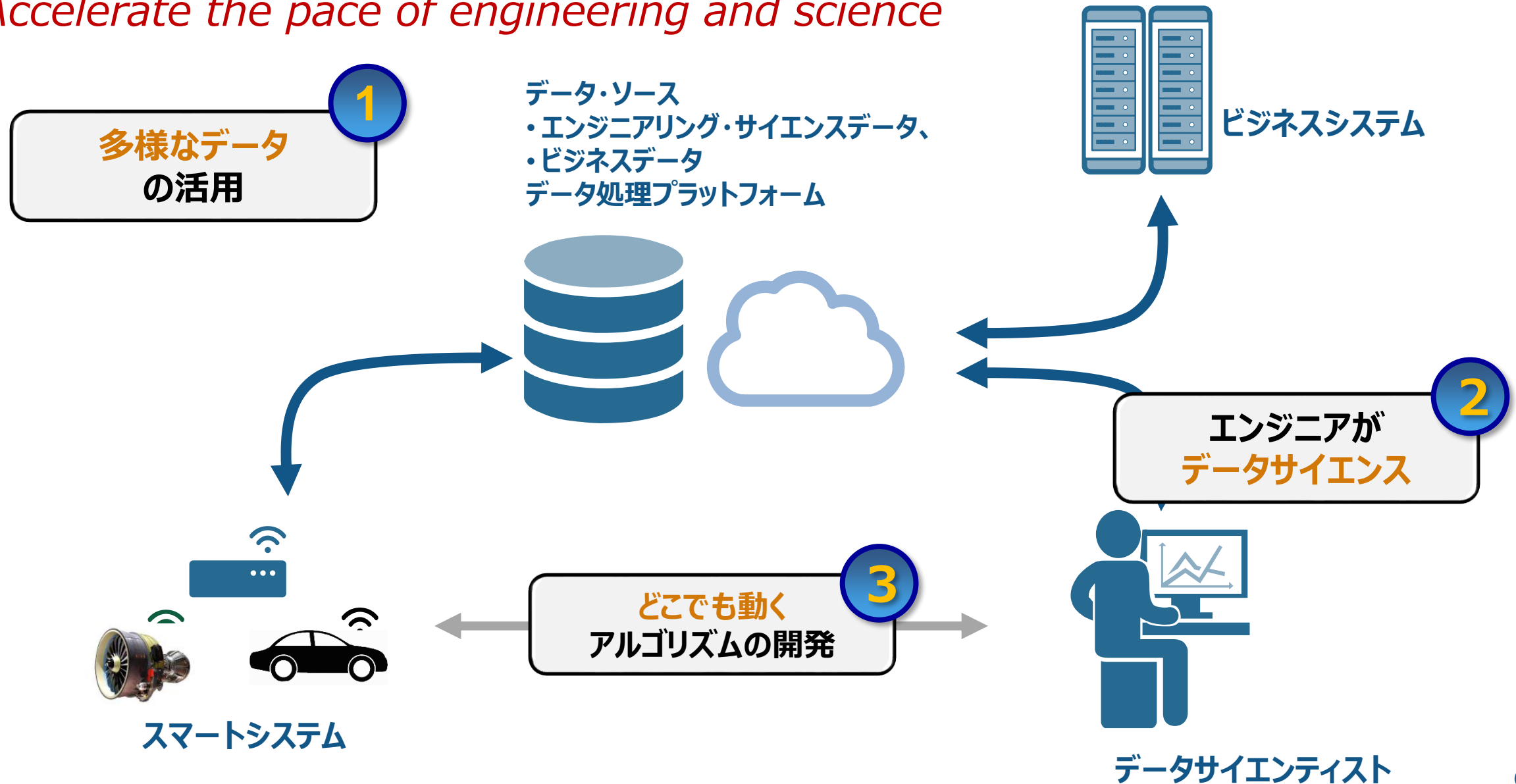
- 機械学習活用事例
- ニューラルネットワークの基礎
- 予知保全／故障予測
- まとめ&おまけ情報

MathWorks Mission

To accelerate the pace of engineering and science

Key Takeaways: Why MATLAB & Simulink?

Accelerate the pace of engineering and science



Appendix: 異常検知・予知保全についてもっと知るには？

Discovery page



予知保全



予知保全とは

機器に取り付けたセンサーから取得したデータを基に故障や劣化を検知し、故障が発生する前の適切なタイミングでメンテナンスを行うことを、予知保全 (Predictive Maintenance) と呼びます。

機器のメンテナンスといえば、故障が発生した後に実施する事後保全 (Reactive Maintenance) や、一定期間経過した時にメンテナンスを行う予防保全 (Preventive Maintenance) が一般的です。予防保全では走行距離 3000km または 3 ヶ月毎に実施する自動車のオイル交換など、状態に関わらずメンテナンスが行われる一方、予知保全は状態監視保全や状態基準保全 (Condition Based Maintenance) と呼ばれ、機器の状態に応じてメンテナンス時期を判断します。余計なメンテナンスを避ける事によるコスト削減だけでなく、予期しない突発的な故障を避けられ安全性の向上にも繋がると期待されています。

「予知保全」で検索



MATLAB を使った予知保全 / 故障予測

異常検知



異常検知とは

異常検知 (Anomaly detection) とは、データの中から異常な状態、すなわち通常のパターンとは異なる挙動を検出することをいいます。「異常」はアプリケーションや状況によって、外れ値 (Outlier)、変化点 (Change point)、逸脱 (Deviation)、誤作動 (Fault)、侵入 (Intrusion)、詐欺 (Fraud) などと呼ばれます。

異常検知には専門家の目視による古典的な方法も有効ですが、ここでは多くの変数からなる複雑なデータからでも、自動でかつ早期に異常を見つけ出すことが期待できる機械学習を用いた統計的手法をご紹介します。

データ解析を応用した異常検知の代表的な利点

- 診断 (Diagnostic) : 異常を自動で診断することにより人的工数を削減。

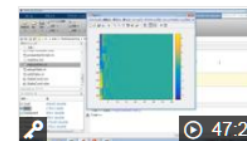
<https://jp.mathworks.com/discovery/predictive-maintenance.html>
<https://jp.mathworks.com/discovery/anomaly-detection.html>

「異常検知」で検索



機械学習を用いたヘルスマネジメント

異常検知には専門家の目視による古典的な方法も有効ですが、ここでは多くの変数からなる複雑なデータからでも、自動でかつ早期に異常を見つけ出すことが期待できる機械学習を用いた統計的手法をご紹介します。



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 ~



Appendix: 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。

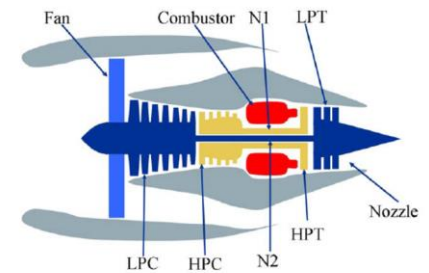
4: 教師あり学習の応用

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。

Appendix: 具体的な使い方について知るには？ 関連Webセミナー

MATLABを使った予知保全・故障予測

ターボファンエンジンのデータを使って
故障時期を予測する簡単なフローを紹介



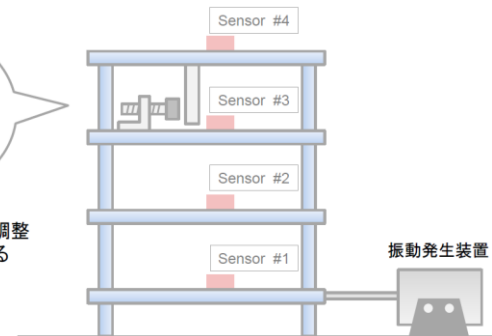
センサーデータ解析と機械学習

構造ヘルスモニタリングで利用される振動データを題材に

- 時系列信号からの特徴抽出、PCAによる次元削減
- 分類木によるデータの分類、1-クラス SVM による異常検出

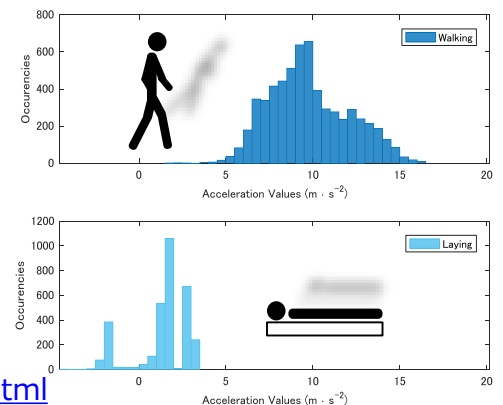


柱と留め具の隙間を調整
できるようになっている



機械学習のための信号処理

「センサーデータ解析による人の行動認識」を題材として、
特徴量の抽出方法を、各種信号処理機能と合わせて紹介



[1] <http://jp.mathworks.com/videos/predictive-maintenance-with-matlab-a-prognostics-case-study-121138.html>

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

[3] <http://jp.mathworks.com/videos/signal-processing-for-machine-learning-119299.html>

Appendix: MathWorks の技術サービス

- ①トレーニング（無償＆有償）
- ②コンサルティングサービス
- ③技術サポート

①トレーニング (まずは無償コース)



オンライン形式 トレーニング

MathWorks の提供するオンライン形式トレーニングによって、旅費などの出張コストなしに MATLAB や Simulink の使い方をより効率的かつ効果的に習得することができます。なお、このトレーニングを受講するためには、インターネットへのアクセス環境と弊社推奨の動作環境が必要となります。

» オンラインコースの受講申請

オンライン トレーニングの利点:

- 出張コストなし
- 最良の例題を用いて、製品の特長やワークフローを学ぶことができる
- 操作体験を通じて学習できる
- 最新の製品機能を学ぶことができる

MATLAB Academy

オンラインで受講可能な MATLAB トレーニングです。

» 今すぐ受講する



WEBブラウザ上で
MATLABディープラーニング
操作体験



<https://matlabacademy.mathworks.com/jp>

①トレーニング（ツールをフル活用）

✓ 定期開催パブリックトレーニング

- MathWorks Japanトレーニングルームにて開催（東京/名古屋/大阪）
- スケジュールとコース情報はWebに公開
<http://www.mathworks.co.jp/services/training/index.html>

1名1日 55,000円～（MATLAB基礎3日間コース 165,000円）



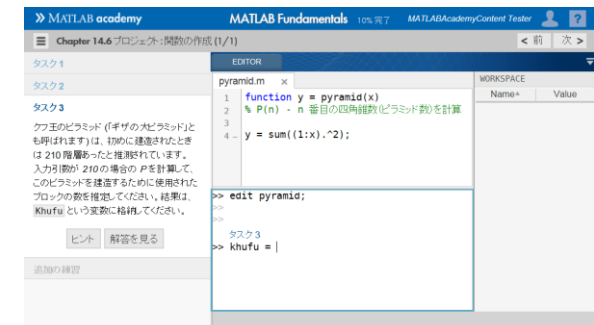
✓ オンサイトトレーニング

- お客様先にてトレーニングを開催（カスタマイズも可能）> 柔軟に対応します
10名1日 350,000円～

✓ オンライントレーニング（自己学習）

Web上のMATLABを操作するのでインストール不要

- MATLAB基礎 75,000円 発注日180日間使い放題！



www.mathworks.co.jp/services/training

②コンサルティングサービス（個別のプロジェクト対応）



ご利用の前に

サービスの内容

MathWorks 技術コンサルティング プロジェクトでは、お客様のスキルを高め、お客様がプロセスやツールを理解して独自に設計作業を行えるようになるまで支援します。

世界中をサポート

MathWorks Consulting Servicesでは、世界中に拠点を展開しており、業界での経験や MATLAB および Simulink の専門知識を現地の言葉でお届けします。

ユーザー事例

性能および製品品質の向上から、開発時間の短縮、科学的発見の進展まで、MathWorks Consulting Servicesでは、エンジニアや科学者の難解な研究や技術的課題への取り組みを支援しています。お客様の業務に MathWorks のコンサルタントがどのような変化をもたらしているかをご覧ください。

» ユーザー事例を見る

実証済みのソリューション

MathWorks Consulting Servicesでは、エンジニアリングにおける課題に対処するための信頼性が高い効果的なソリューションを提供しています。MathWorks のコンサルタントが、戦略レベルのやり取りの中で、事業目標を把握し、要求仕様から技術的な専門知識に基づいて実現可能なソリューションを提案する方法をご覧ください。

» 実証済みのソリューションを見る

チーム メンバー

MATLAB および Simulink の専門知識に加え、実際の業界での経験も豊富なコンサルタントが、コストの削減、業務の効率化、複雑さの管理を実現できるように支援します。

組み込みソフトウェアの開発、金融最適化問題の解決、モデルベース デザインでの生産性と品質の測定など、さまざまな分野における専門知識をご覧ください。コンサルタントの論文やビデオでも詳細を確認できます。

サンプルプログラム作成/ユーザインタフェース作成/
レクチャー（ご自身で作成できるスキルを提供）

お客様データを使って一緒にエンジニアが作成（NDAあり）

www.mathworks.co.jp/services/consulting

③技術サポート（日々の困り事に）

ホームページからの問い合わせ

http://www.mathworks.co.jp/support/contact_us/

MathWorks のサポート窓口では
常時専門のスタッフが迅速な回答をいたします。

- **10名以上の専門のスタッフが対応**
- **70% の問題を24時間以内に解決**
- **8割のお客様が 80-100%満足と回答**

電話およびメールによる問い合わせ

【インストールやライセンス】に関するお問合せ

Tel: 03-6367-6718, E-mail: service@mathworks.co.jp

【製品の操作方法やプログラミング】に関するお問合せ

Tel: 03-6367-6707, E-mail: support@mathworks.co.jp

サポート窓口が最も豊富なサポート情報を
蓄積しています。ぜひ有効活用を！

お客様サポート窓口

オンラインでのお問い合わせ

サービス リクエストを作成する

テクニカル サポートにお問い合わせいただく前に（英語）
オンライン サービス リクエストに関する FAQ（英語）
テクニカルサポートをご利用頂くためには（英語）

左の「サービスリクエストを作成する」ボタンより、オンラインでお問い合わせいただけます。

- Customer Service（ライセンス、アクティベーション、パスコードなど）
- Technical Support（製品の使用方法、インストール方法）

注）メニューは英語で表示されますが、お問い合わせ内容は日本語でご記入いただけます。

Student Version ユーザーの方へ: Student Version のテクニカルサポートの提供範囲は、アクティベーション、インストール、およびバグ関連に限定されています。Student Version サポート ページ（英語）をご覧ください。

このボタンを押すと
メニューが開きます

日本語で
ご質問いただけます

保守契約が有効であることが条件です



© 2017 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.