

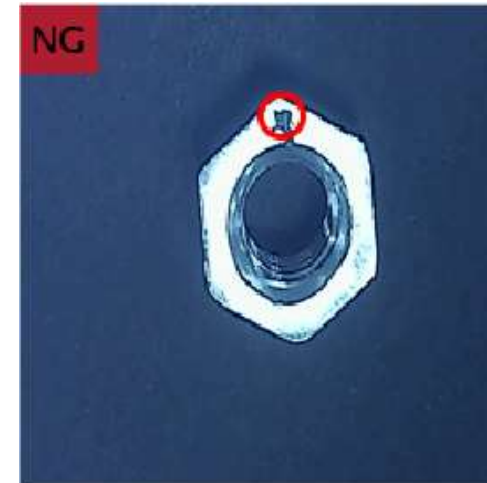
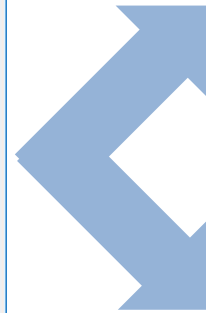
外観検査のための 画像処理・ディープラーニングワークフロー

MathWorks Japan

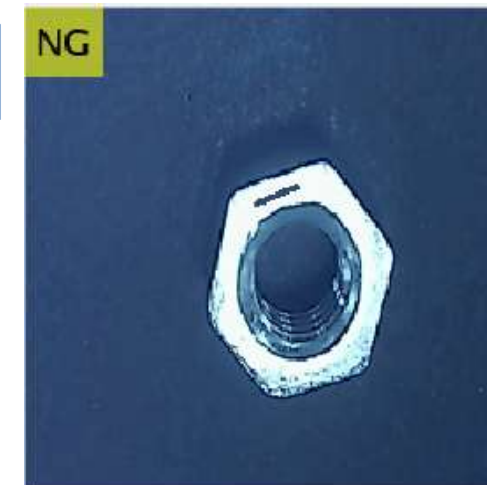
アプリケーションエンジニアリング部

町田 和也

画像処理・ディープラーニングによるナットの良品判定アプリ



画像処理による
内側のキズ検出



ディープラーニング
による分類

画像処理による外観検査の自動化

目盛りを読む



良否判定



数や大きさの測定

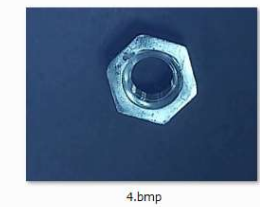
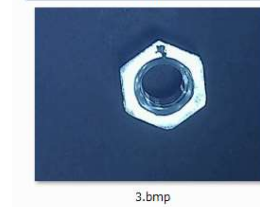
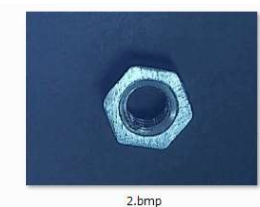
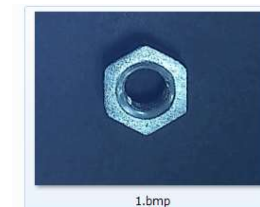


人が目で見て行う
作業の置き換え

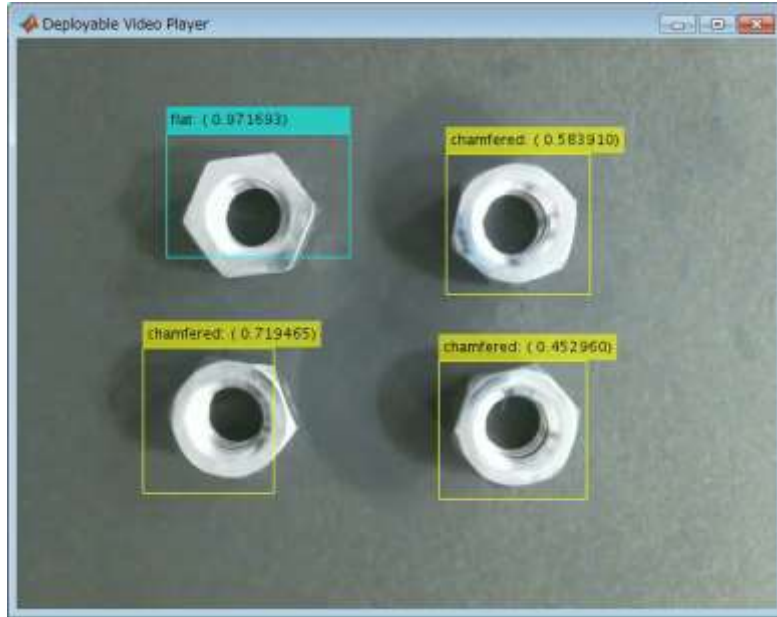
文字認識



ディープラーニングを使った判定



ディープラーニングの適用分野の広がり



自動運転



ロボティクス



予知保全
(製造設備)



セキュリティ



様々な領域でディープラーニングはなくてはならないものに

外観検査のための画像処理・ディープラーニングワークフロー



外観検査のための画像処理・ディープラーニングワークフロー Agenda

- 画像データへのアクセス
- アルゴリズム開発/ネットワークの学習・評価
- システムへの展開
- まとめ

画像データへのアクセス



MATLABによる画像データへのアクセス方法

- 静止画ファイルからの読み込み

```
I = imread('xxx.jpg');
```

- 動画ファイルからの読み込み

```
v = VideoReader('xxx.mp4');
```

- カメラ機器からの読み込み

```
I = snapshot(cam);
```

- Webカメラ

```
cam = webcam;  
I = snapshot(cam);
```

- GigEカメラ

```
cam = gigecam;  
I = snapshot(cam);
```


サポートされている静止画・動画フォーマット

imread() によりサポートされている 静止画フォーマット

BMP — Windows ビットマップ
 CUR — Cursor ファイル
 GIF — Graphics Interchange Format
 HDF4 — Hierarchical Data Format
 ICO — Icon ファイル
 JPEG — Joint Photographic Experts Group
 JPEG 2000 — Joint Photographic Experts Group 2000
 PBM — Portable Bitmap
 PCX — Windows Paintbrush
 PGM — Portable Graymap
 PNG — ポータブル ネットワーク グラフ
 PPM — Portable Pixmap
 RAS — Sun ラスター
 TIFF — Tagged Image File Format
 XWD — X Window Dump

詳細

<http://www.mathworks.co.jp/jp/help/matlab/ref/imread.html>

<http://www.mathworks.co.jp/jp/help/matlab/ref/videoreaderclass.html>

VideoReader によりサポートされている 動画フォーマット

Windows
 MPG - MPEG-1
 WMV, ASF, ASX - Windows Media® ビデオ
 Microsoft® DirectShow® がサポートするすべての形式

Windows7以降
 MP4, M4V - H.264 エンコード ビデオ(Windows 7 のみ)
 MOV - Apple QuickTime Movie
 Microsoft Media Foundation がサポートするすべての形式。

Macintosh
 MPEG-1, MP4, M4V
 MOV – Apple QuickTime Movie
 3GPP, 3GPP2, AVCHD, DV
 MOV - QuickTime Movie および QuickTime がサポートするほとんどの形式

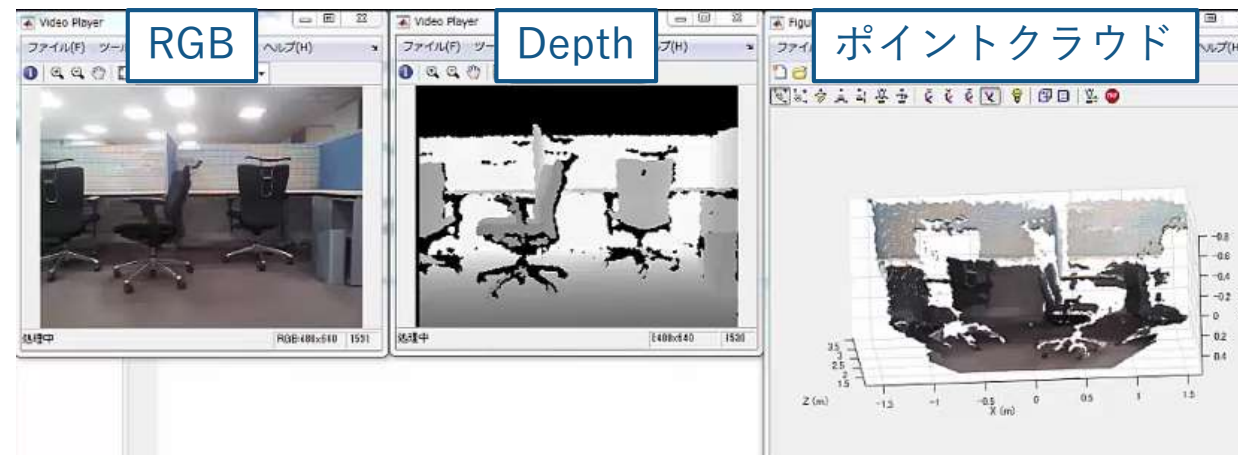
Linux®
 GStreamer 0.10 以降用のプラグインでサポートされる任意の形式

全てのプラットフォームに共通
 AVIファイル
 Motion JPEG2000

産業用カメラデバイスからのデータ取り込み

Image Acquisition Toolbox™

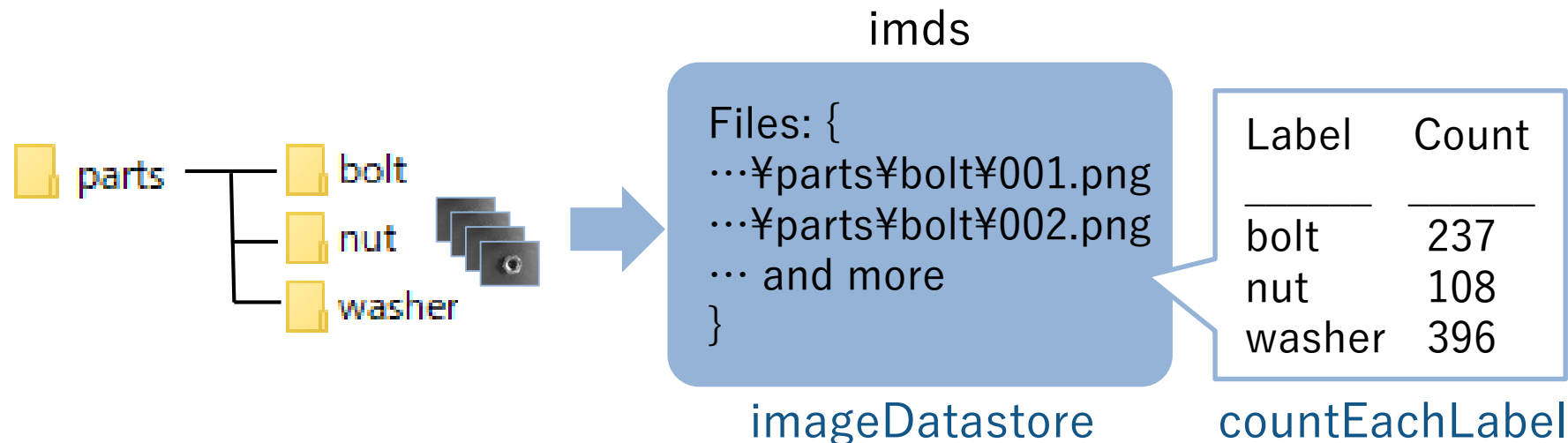
- 業界標準のHWからの動画像取込み機能を提供
 - フレームグラバ
 - Analog
 - Camera Link
 - DCAM 互換 FireWire (IIDC 1394)
 - GigE Vision
 - USB3 Vision
 - IPカメラ
- Microsoft Kinect



大量の画像データセットにメモリ効率の良くアクセス

- ImageDatastoreオブジェクトによる画像データの管理
 - 画像へのパスを管理。必要な分だけ画像をメモリに読み出し
 - フォルダ名/サブフォルダ名による自動ラベリング機能

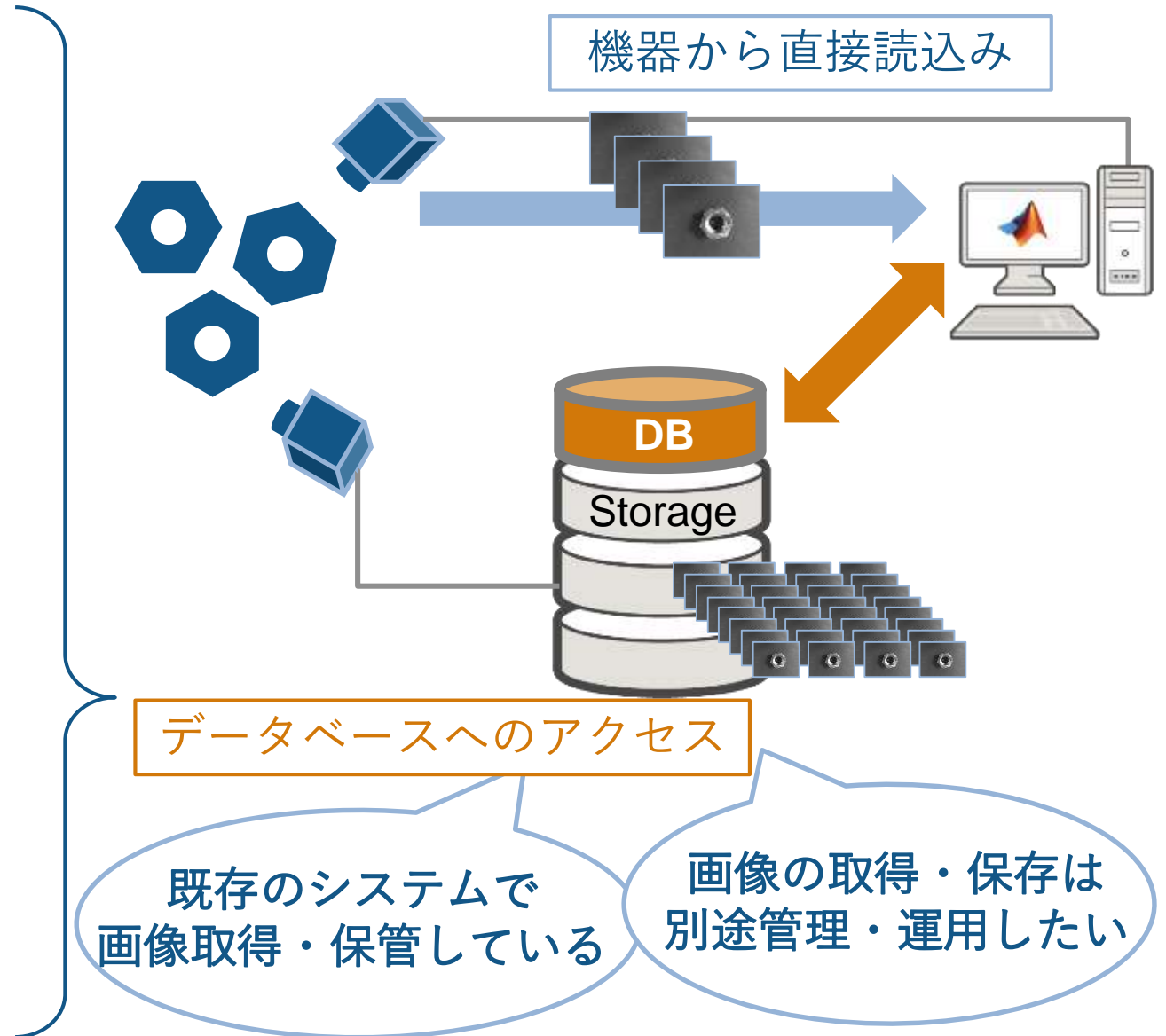
```
>> imds = imageDatastore('./parts', 'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource','foldernames');
```



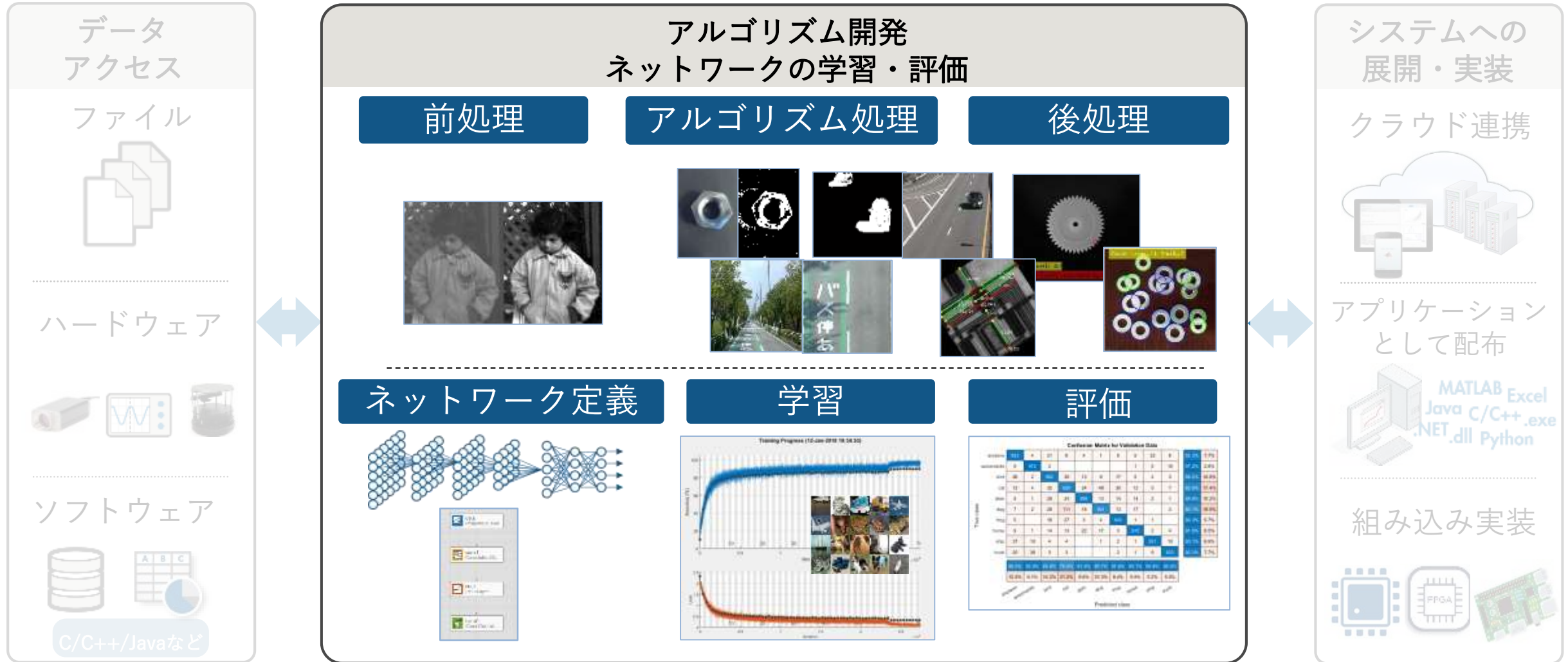
データベースへのアクセス

Database Toolbox™

- 主なサポート対象データベース
 - IBM® DB2®
 - IBM Informix®
 - Ingres
 - Microsoft® Access®
 - Microsoft SQL Server®
 - MySQL®
 - Oracle®
 - PostgreSQL
 - Sybase®
- NoSQL
 - MongoDB
 - Neo4j
- GUIによる対話的なアクセスとSQL生成
 - Database Explore

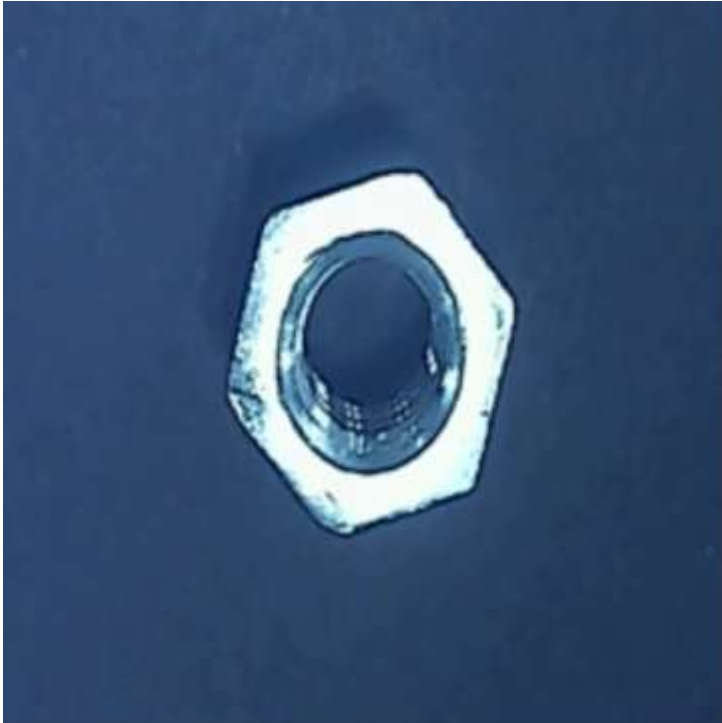


アルゴリズム開発/ネットワークの学習・評価



【例題】 従来の画像処理によるナットの異常検知

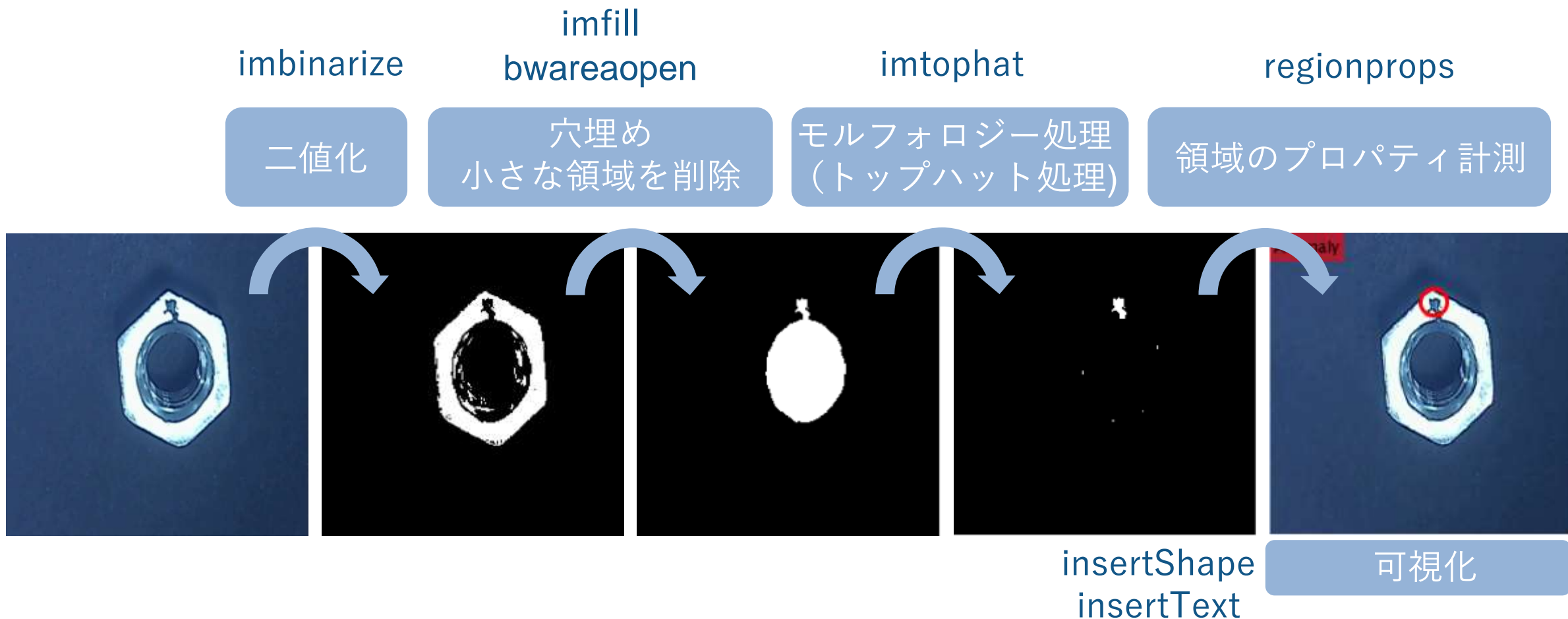
正常



異常



【例題】従来の画像処理によるナットの異常検知



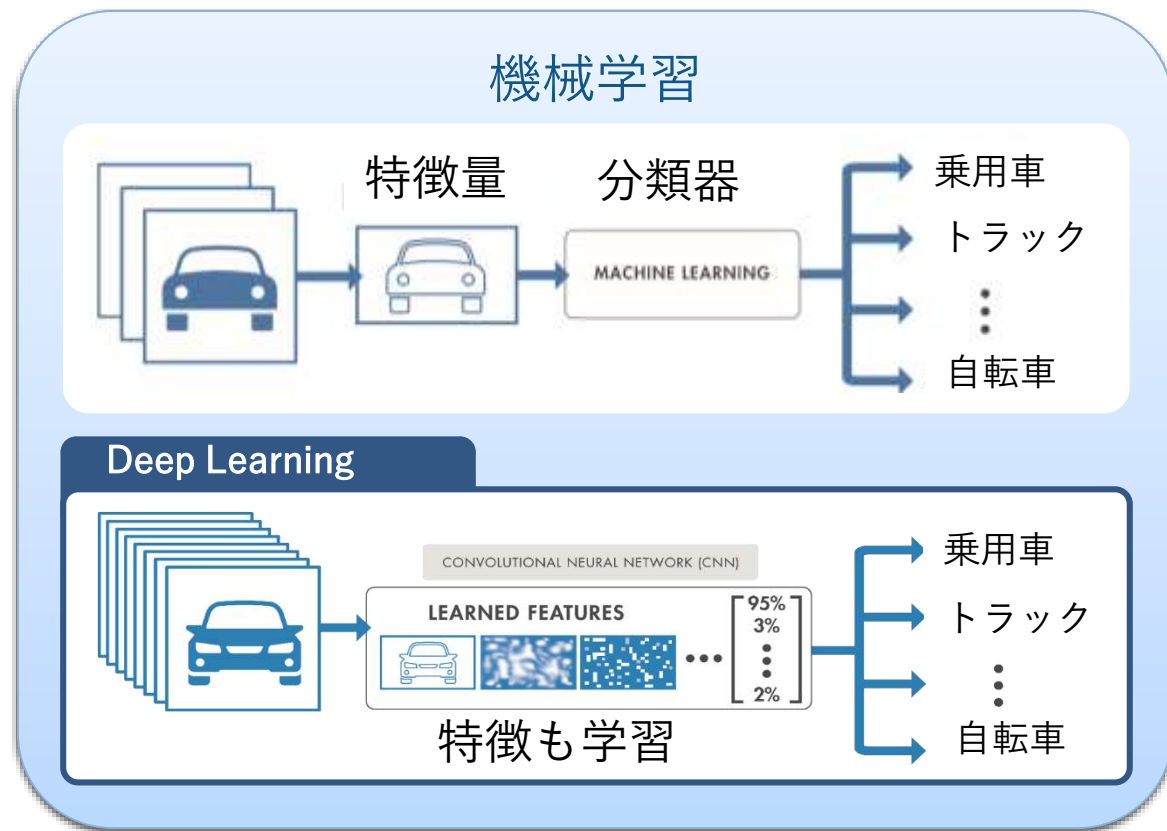
MATLABの関数を組み合わせて、ルールベースのアルゴリズムを効率よく構築

柔軟な判定が得意な機械学習・ディープラーニング



直感的で明確な切り分け。計算コストも少ない

条件が複雑になるとコーディングが複雑に

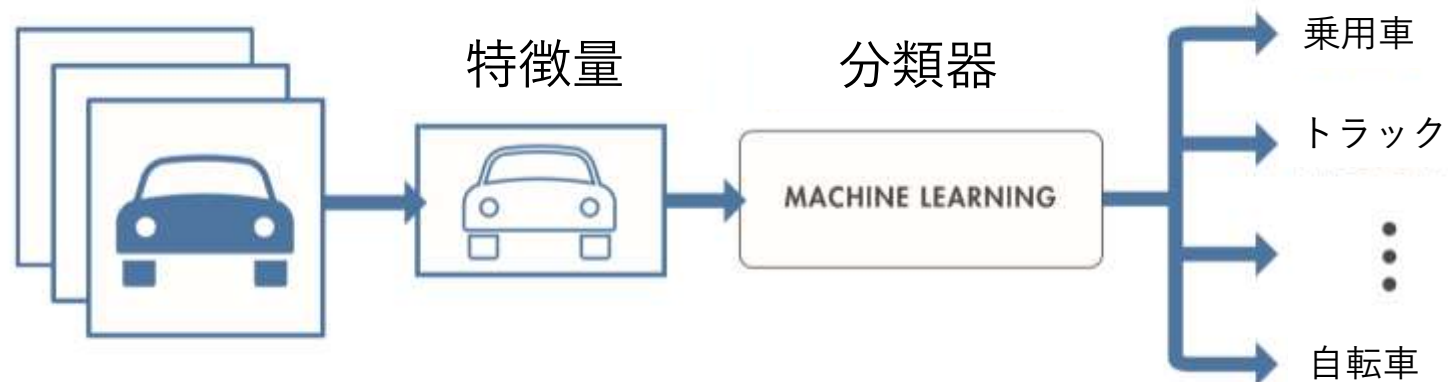


柔軟な切り分けに強い

画像データが多く必要

従来の機械学習とディープラーニングは何が違うのか？

従来の機械学習



特徴量は人間が作成

Deep Learning



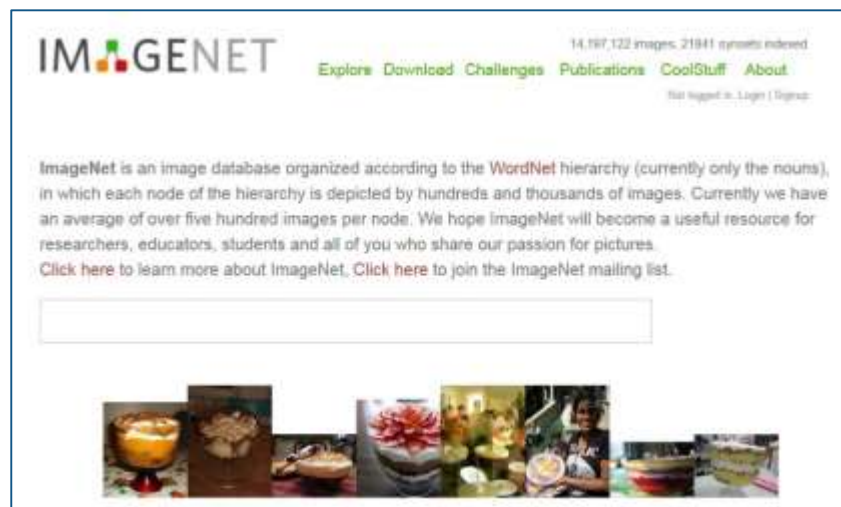
特徴量も学習

なぜディープラーニングが注目されるのか？

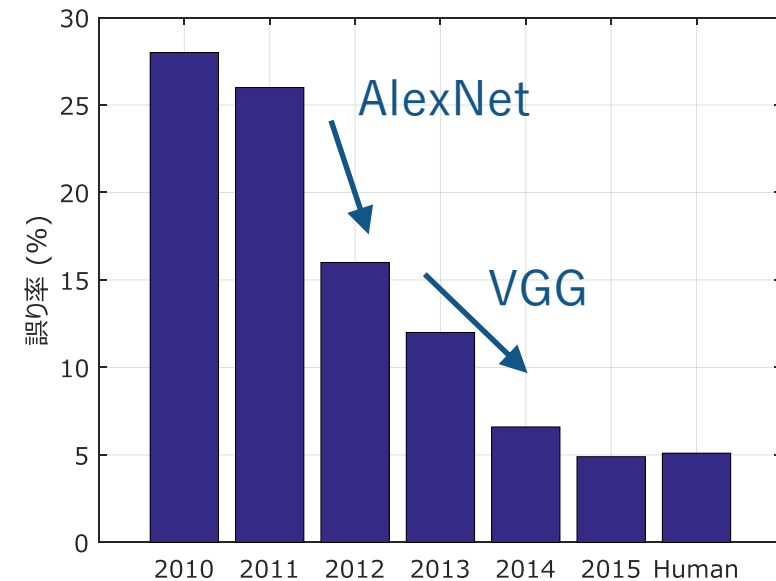
ILSVRC (ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge)

ImageNet とは？

- 画像認識の研究のための大規模な画像データベース
- 1000のカテゴリを持ち、カテゴリ毎に1000枚の画像



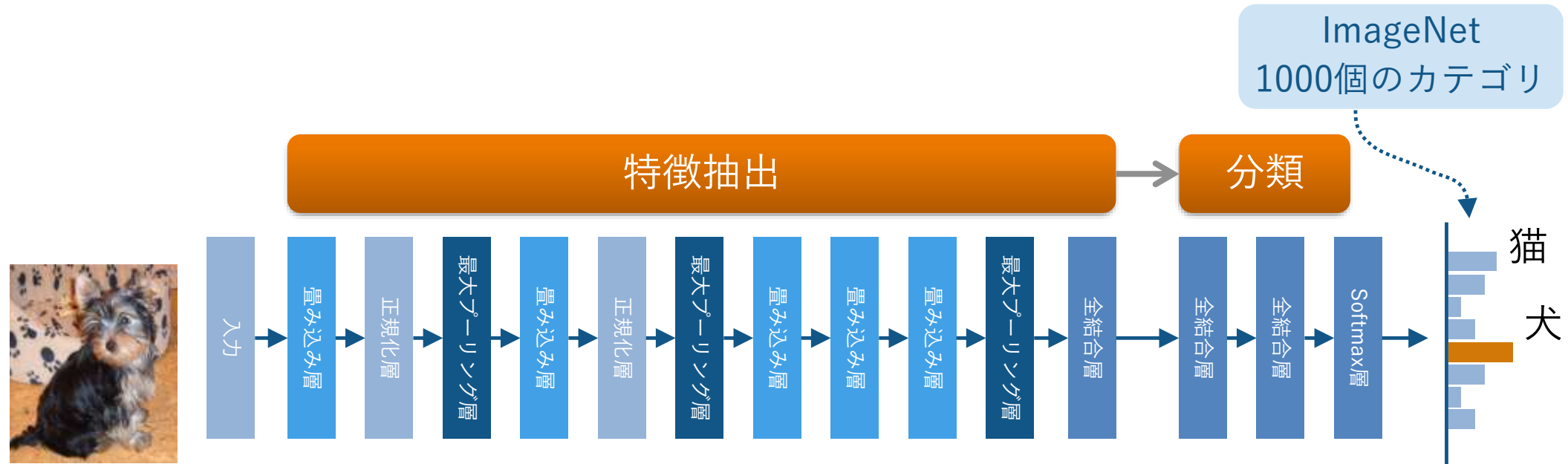
<http://www.image-net.org/>



CNNの登場によって10%以上の性能向上(2012)
GoogLeNet, VGG等の深いCNNが登場(2014)

参考：ILSVRC Top-5 Error on ImageNet

CNN (畳み込みニューラルネットワーク)



畳み込み層・プーリング層・正規化層などを積み重ねて作られた多層のニューラルネットワーク

畳み込みニューラルネットの構築と学習

28×28 ピクセルの画像（数字）を認識させる例題でのネットワーク構築の例



```
layers = [ ...  
    imageInputLayer([28 28 1], 'Normalization', 'none');  
    convolution2dLayer(5, 20);  
    reluLayer();  
    maxPooling2dLayer(2, 'Stride', 2);  
    fullyConnectedLayer(10);  
    softmaxLayer();  
    classificationLayer()];
```

畳み込み層・プーリング層・正規化層
などの層を積み上げて定義

```
opts = trainingOptions('sgdm', 'MaxEpochs', 50);  
net = trainNetwork(XTrain, TTrain, layers, opts);
```

学習率や最大反復数などを定義して
学習の関数を呼び出す

GPU有無を自動で判定。あればGPU,なければCPUで学習。

<http://www.mathworks.com/help/releases/R2017b/nnet/ref/trainnetwork.html>

ネットワークをスクラッチで作るハードル

精度が高いネットワークはどのような学習をしているのか

- ・ 100万枚の画像セット

AlexNet

■ NVIDIA® GeForce® GTX 580 2機 による 5~6日間の学習

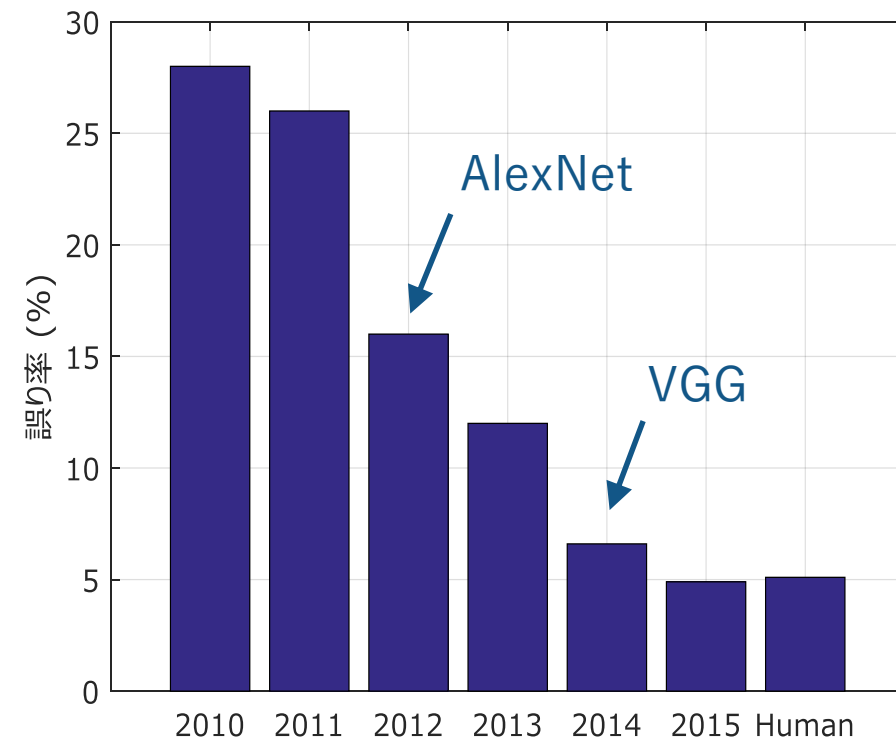
VGG Net

■ NVIDIA® GeForce® TITAN Black 4機 による 2~3週間の学習

ネットワークをスクラッチで作る際のハードル

- ・ ネットワーク構築の知識
- ・ 大量の画像セット
- ・ 膨大な計算コスト

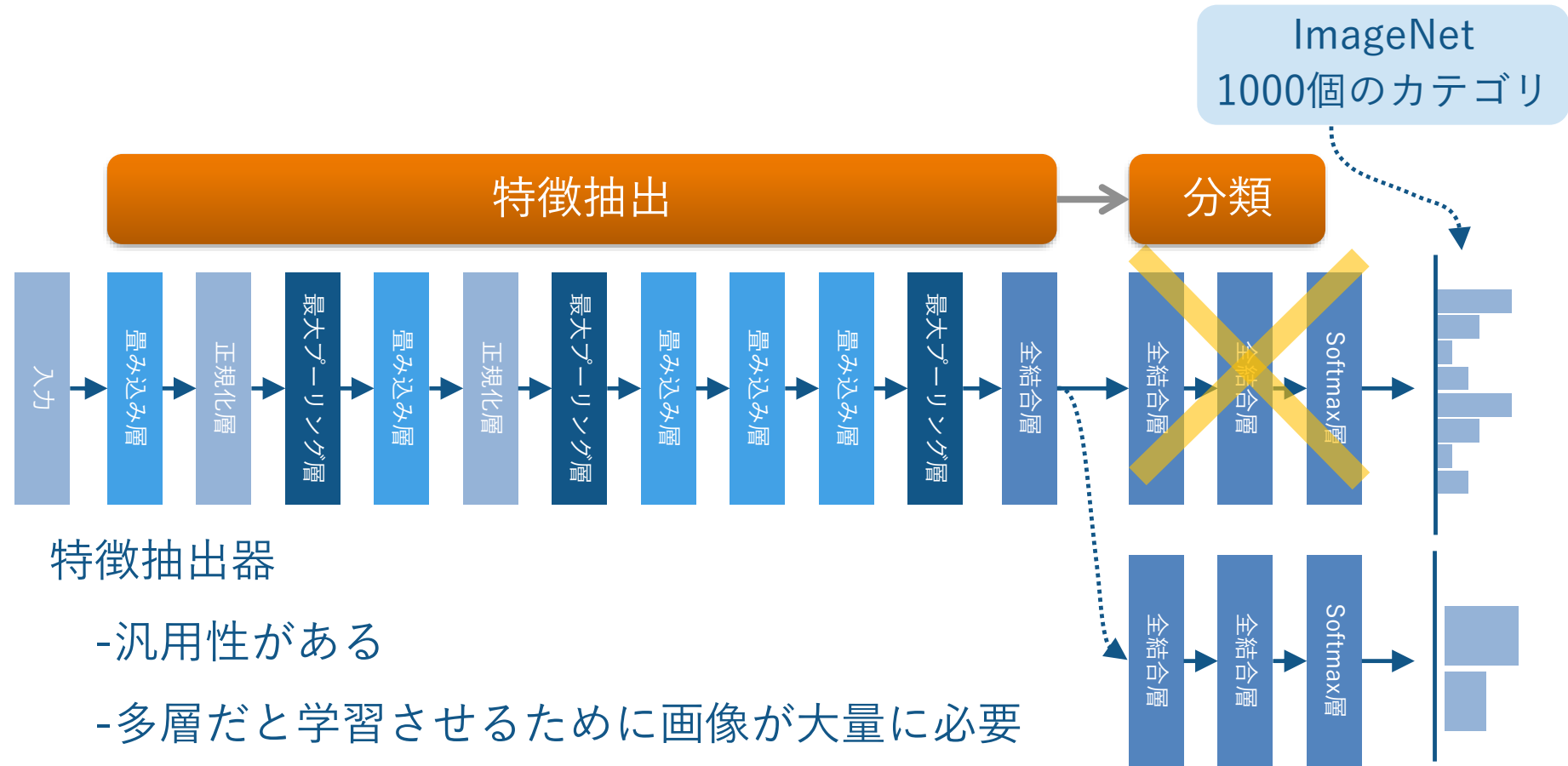
ILSVRC 2010 - 2015



Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, Geoffrey E. Hinton "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks" In NIPS, pp.1106-1114, 2012

K. Simonyan, A. Zisserman "Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition" arXiv technical report, 2014

CNN と転移学習

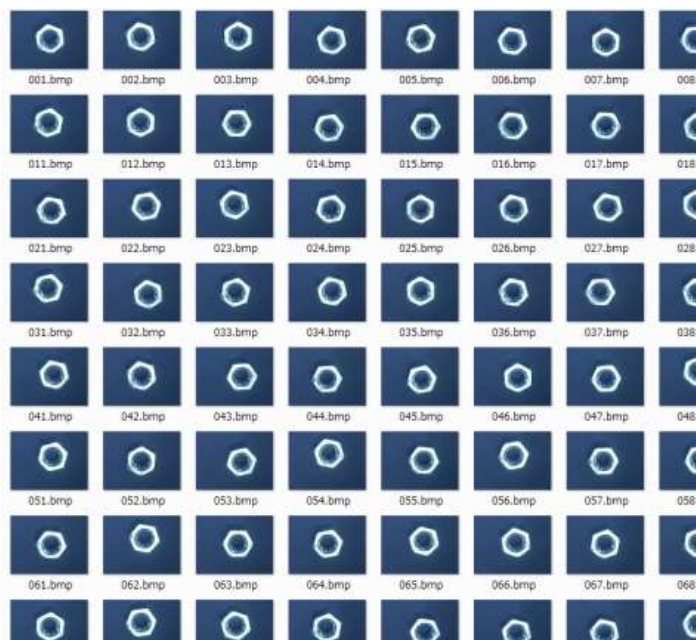


優れた既存ネットワークの特徴抽出器 + 独自分類器



【例題】 転移学習による汚れナットの分類

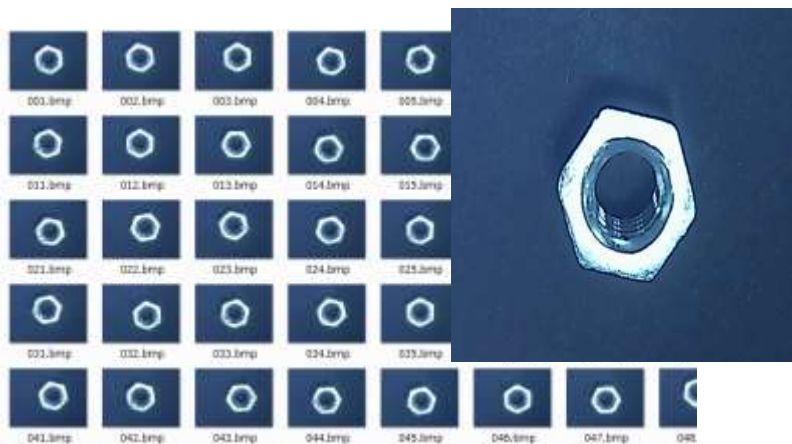
100個の正常ナット



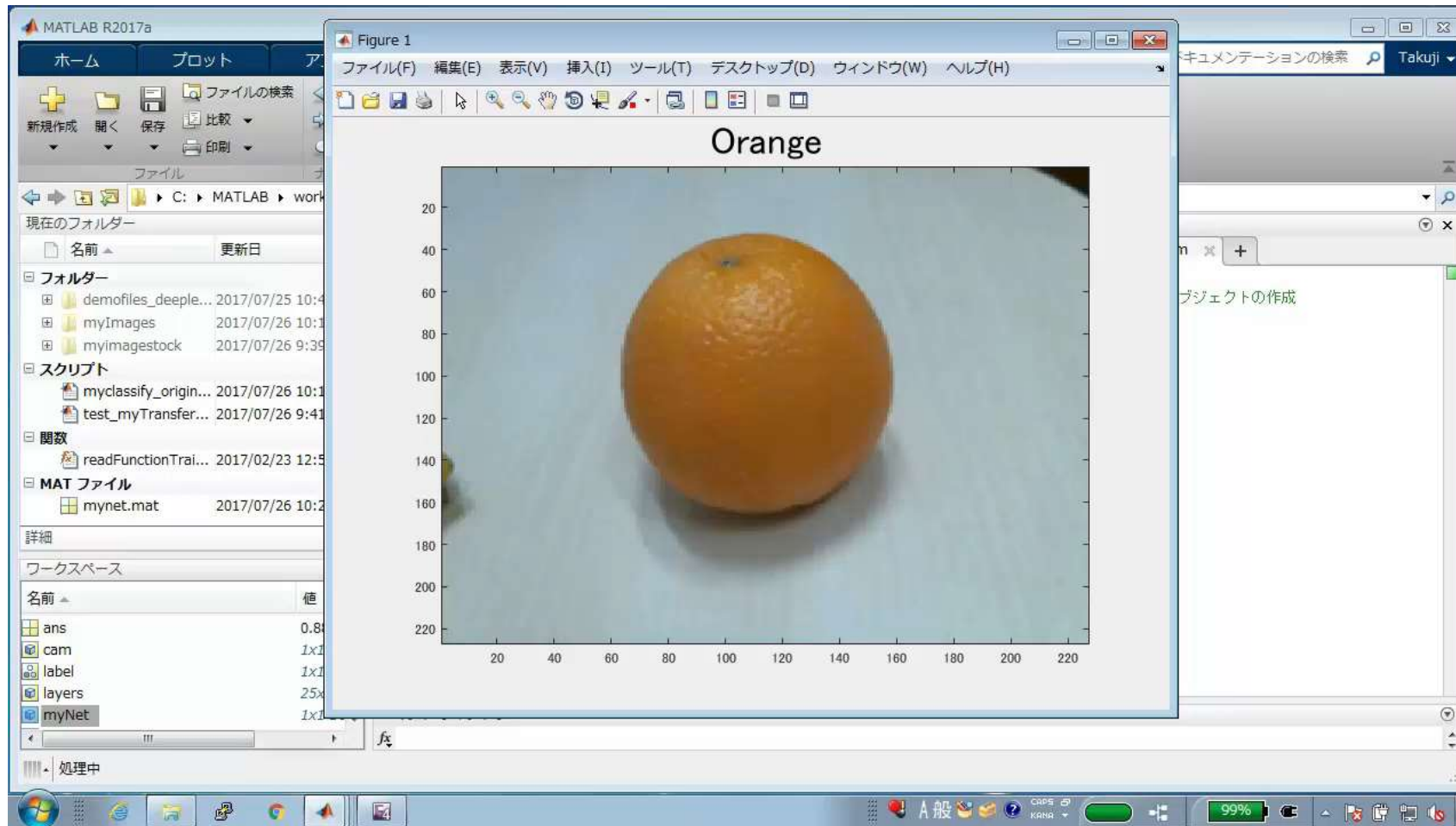
50個のナットに汚れを付ける



50個の正常ナット



【参考】ディープラーニングによる物体認識



Alexnetによる転移学習

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

コード行数： 10行

動画：<https://www.youtube.com/watch?v=XMChiMIT8iE&t=53s>

【参考】ディープラーニング：10行でできる転移学習

```
alex = alexnet; % ネットワークを呼び出し
layers = alex.Layers
```

分類する個数

```
layers(23) = fullyConnectedLayer(5); % 独自の分類をするためにネットワークを変更
layers(25) = classificationLayer
```

フォルダ名

```
allImages = imageDatastore('myImages', 'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource','foldernames');
[trainingImages, testImages] = splitEachLabel(allImages, 0.7, 'randomize');
% trainingImages.ReadFcn = @(filename) readFunctionTrain(filename);
```

70% 学習用

```
%% ネットワークを再学習
```

```
opts = trainingOptions('sgdm', 'InitialLearnRate', 0.001, 'MaxEpochs', 20, 'MiniBatchSize', 64);
myNet = trainNetwork(trainingImages, layers, opts);
```

学習

データセット利用の繰り返し

```
%% 精度の評価
```

```
% testImages.ReadFcn = @(filename) readFunctionTrain(filename);
predictedLabels = classify(myNet, testImages);
accuracy = mean(predictedLabels == testImages.Labels)
```

サンプルコード：<https://jp.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/64008-10>

アプリによるディープニューラルネットワーク設計 deepNetworkDesigner

設計

マウス操作で
ネットワークを設計

一から設計

作成した
ネットワークの
エクスポート



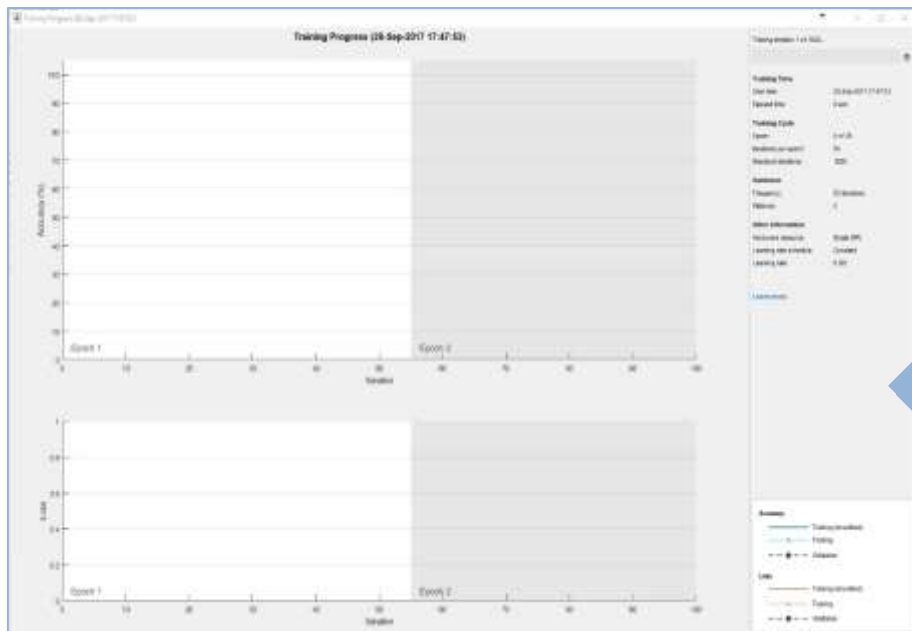
ネットワークの
整合性を自動チェック

既存ネットワークの
インポート

解析

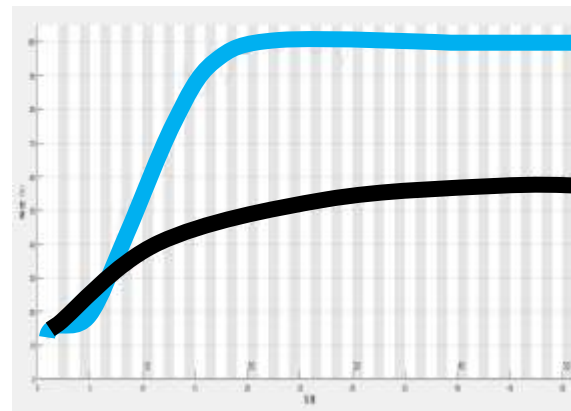
学習の可視化機能

学習進捗の可視化と学習停止



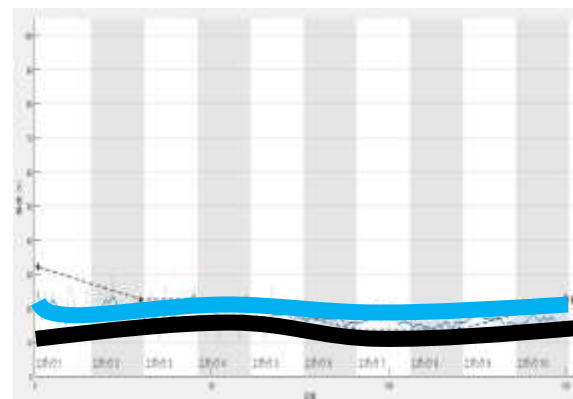
```
opts = trainingOptions(...
    'Plots','training-progress',...
    'ValidationPatience', 3);
```

過学習(Overfitting)



- 画像の追加
- 正則化項を大きく
- ユニット数を減らす
- 学習率(調整)

未学習(Underfitting)

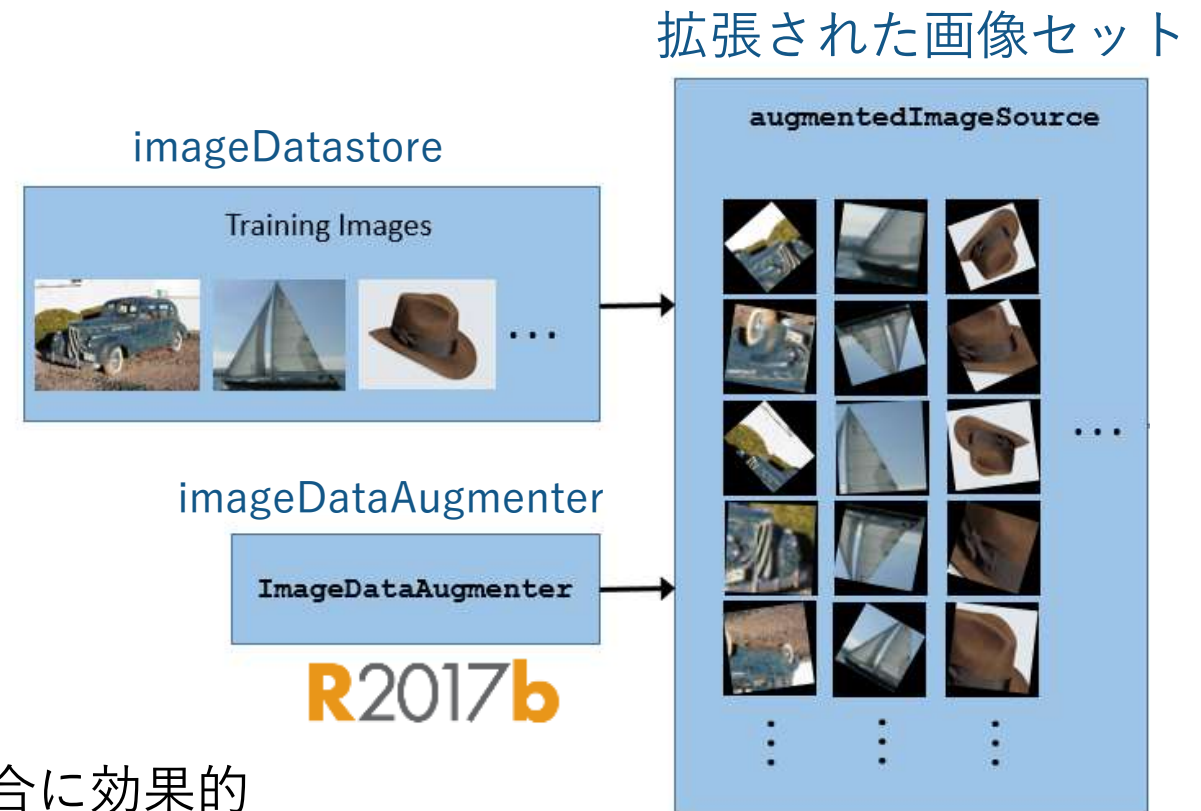


- ネットワークの変更
- 正則化項を小さく
- ユニット数を増やす
- 学習率(初期値)

学習曲線を見ながら、対策を考えていくことが必要

効率よい学習と精度向上のためのデータ拡張(水増し)

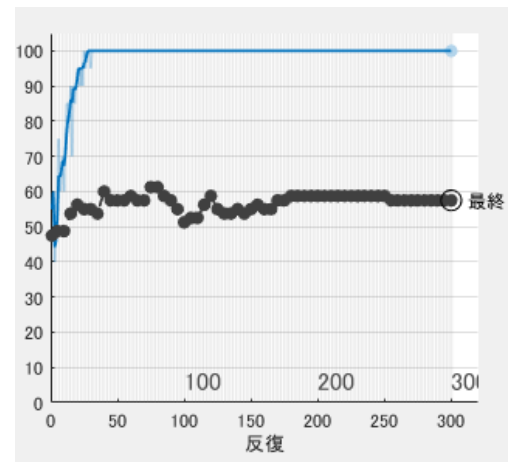
- `imageDataAugmenter`による画像データの拡張
 - スケール
 - せん断
 - 回転等の制限をかけながらデータを拡張
- 画像の水増しを行うメリット
 - 画像が少なく、学習がうまくいかない場合に効果的
 - 幾何学的な変化に対し、ロバスト性が向上



画像データ水増しによる過学習の防止



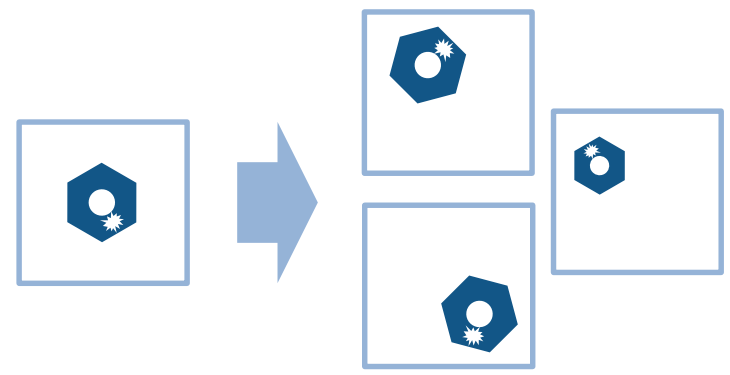
水増し無し



過学習 → 画像の追加

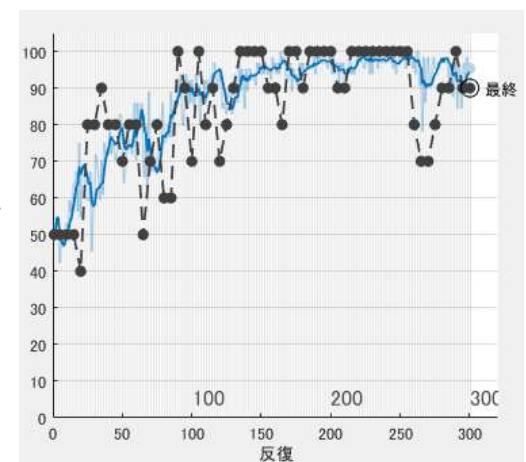
追加する画像がない...

```
aug = imageDataAugmenter( ...
    'RandRotation',[-40,40], ...
    'RandXTranslation',[-10 10], ...
    'RandYTranslation',[-10 10], ...
    'RandXReflection', true, ...
    'RandYReflection', true);
```



回転、スケール、反転、移動...

水増し有り

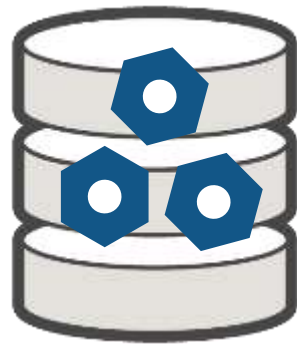


過学習なく学習

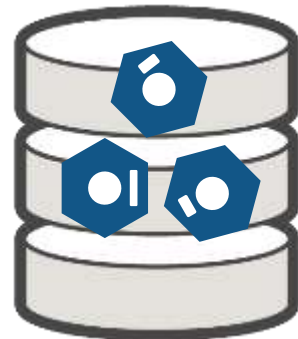
異常検知と教師あり学習

- 教師あり学習

- 各クラスで十分なデータを準備可能
- 入力される画像のクラスは既知



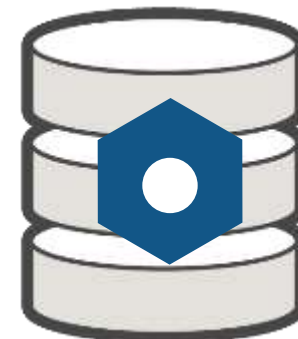
ナット



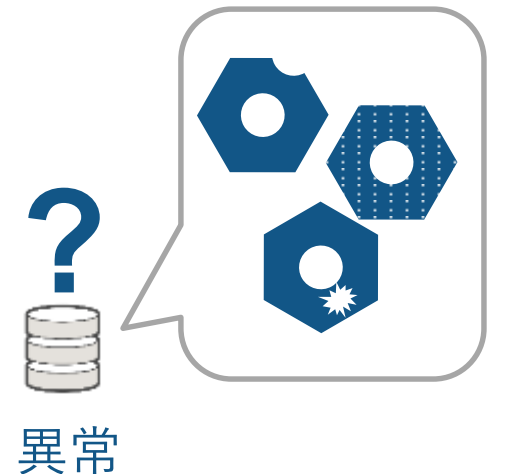
汚れナット

- 異常検知 (Anomaly Detection)

- 異常なデータが極端に少ない
- 異常なデータは未知・予測不可



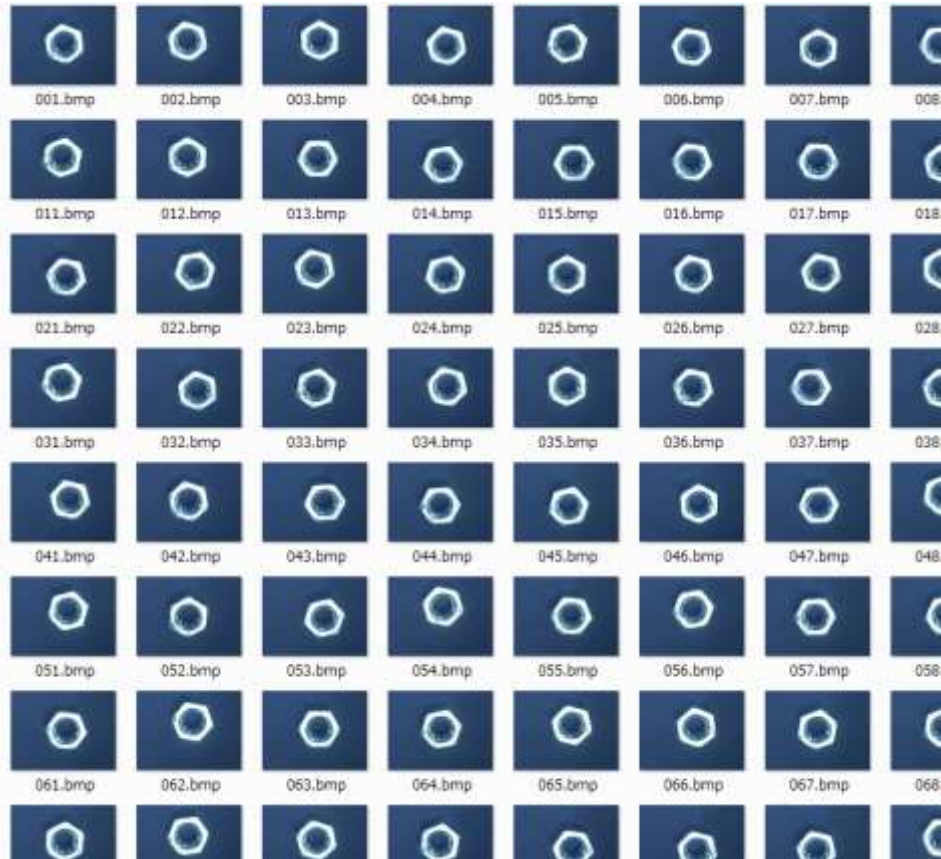
正常



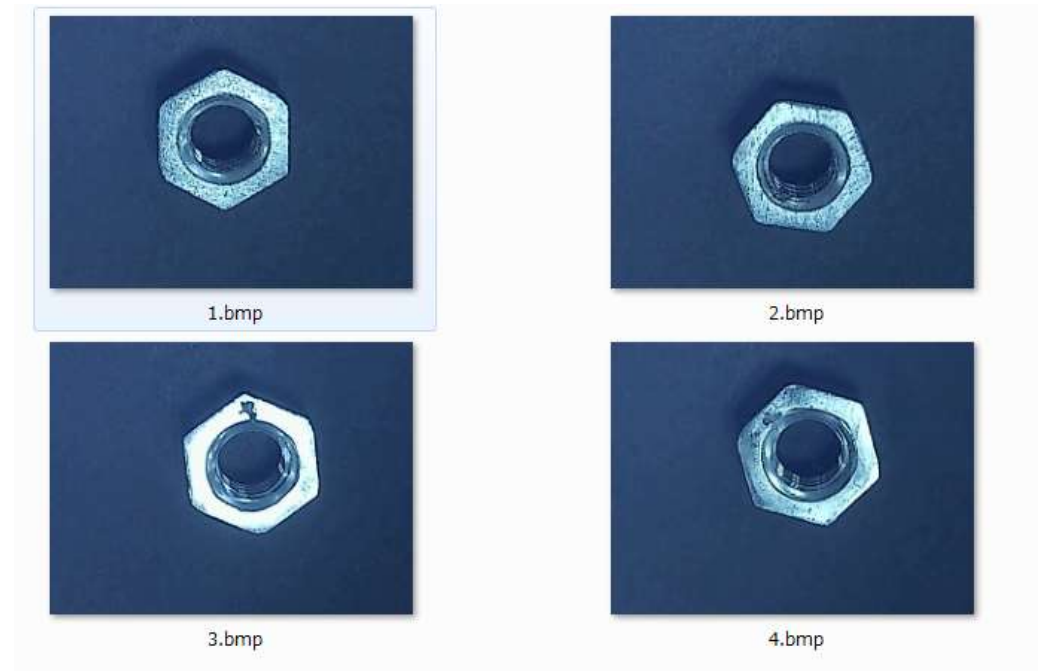
異常

【例題】 ディープラーニングによるナットの異常検知

100個のナット



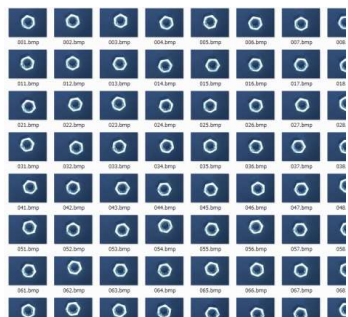
異常のあるナット



約100個の中に紛れ込んでいる4個の異常を見つけられるか

動画&サンプルコード公開中: <https://www.youtube.com/watch?v=brNuygyOmBQ>

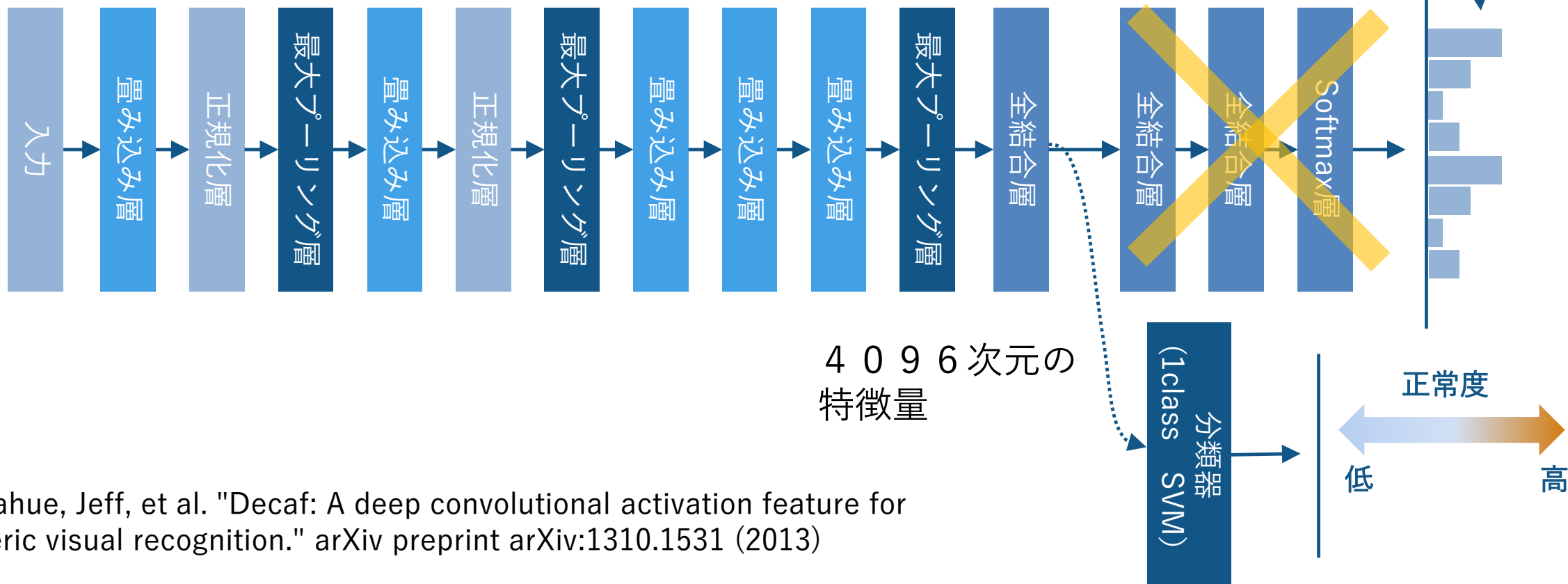
転移学習 + 1-class SVM を使った異常検出



正常/異常のラベルはつけない

学習済みのAlexnet

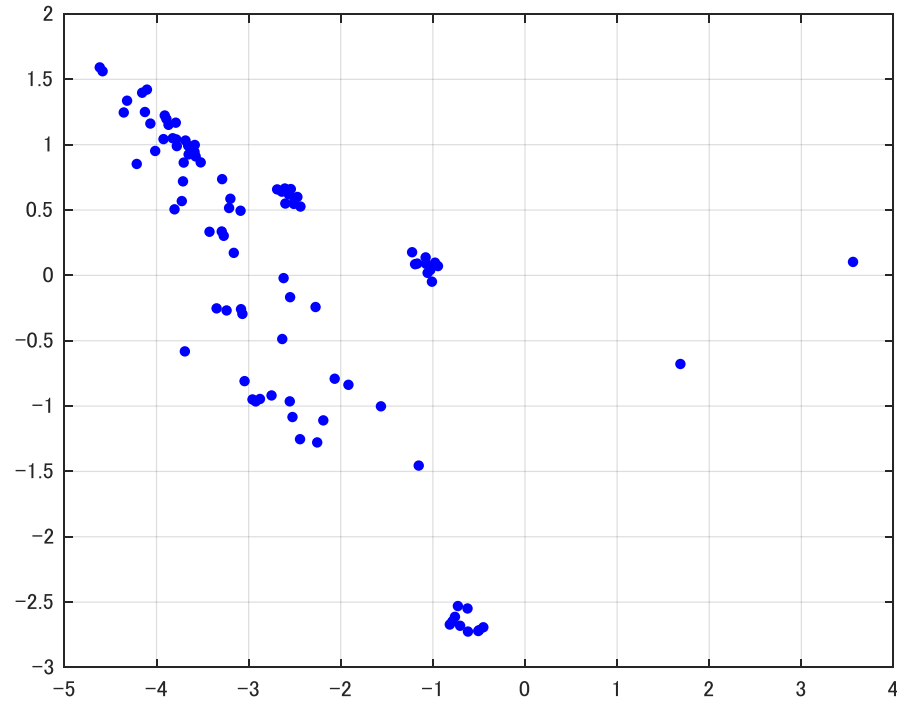
ImageNet
1000個のカテゴリ



Donahue, Jeff, et al. "Decaf: A deep convolutional activation feature for generic visual recognition." arXiv preprint arXiv:1310.1531 (2013)

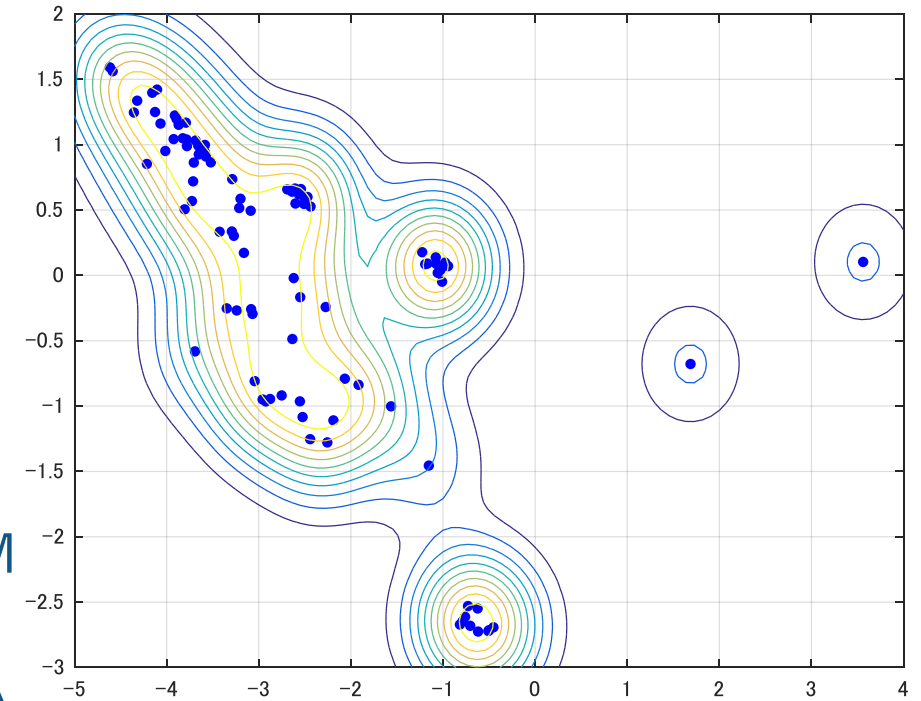
教師なし学習による異常値検出

カーネル法を使った正常度スコアの推定アルゴリズム



異常データを含むデータの例

1-Class SVM

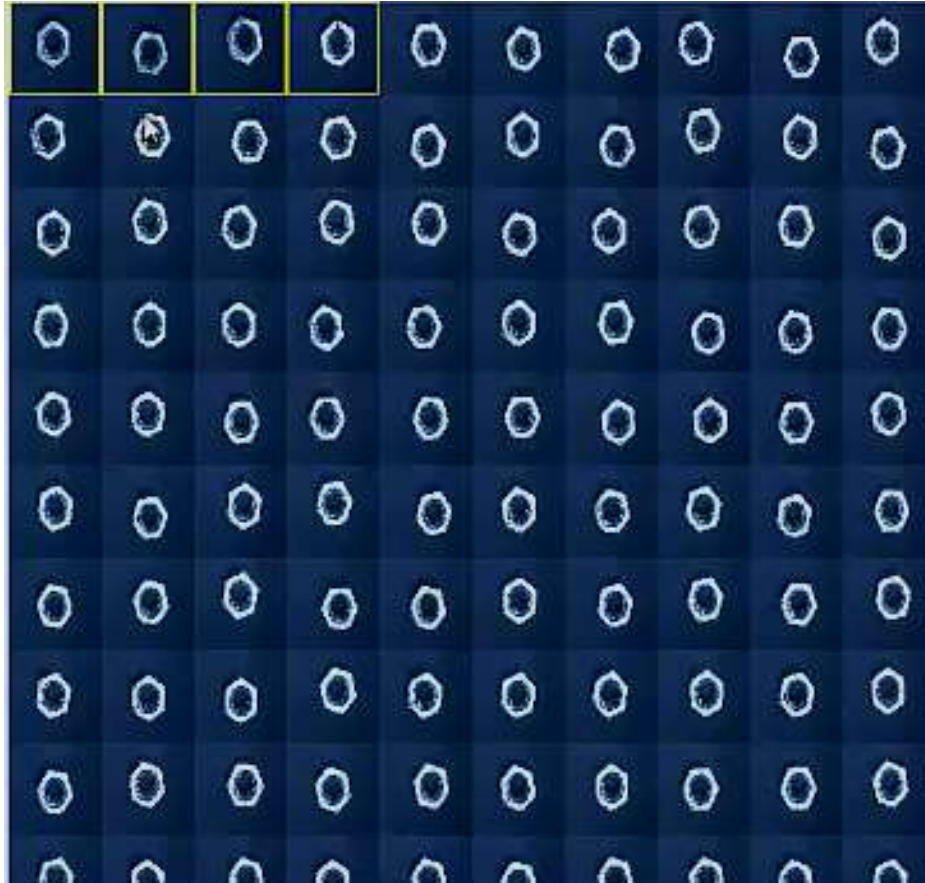


スコアの値が高い方が正常度が高い

ディープラーニングによる異常度の予測

テスト画像100枚の予測をし、スコアの悪い順に並べると...

スコア 低
(正常度)



スコア 高
(正常度)



黄色枠は人が異常と判断したユニットのマーク

ディープラーニングの異常判定と人の判定が同じになり、4つすべての異常を発見できた。

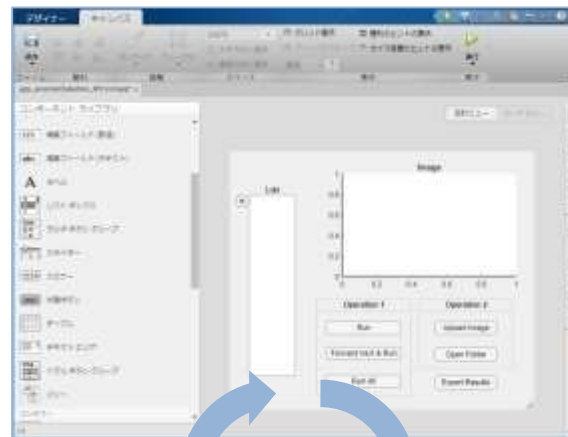
システムへの展開



アプリケーションの作成 App Designer

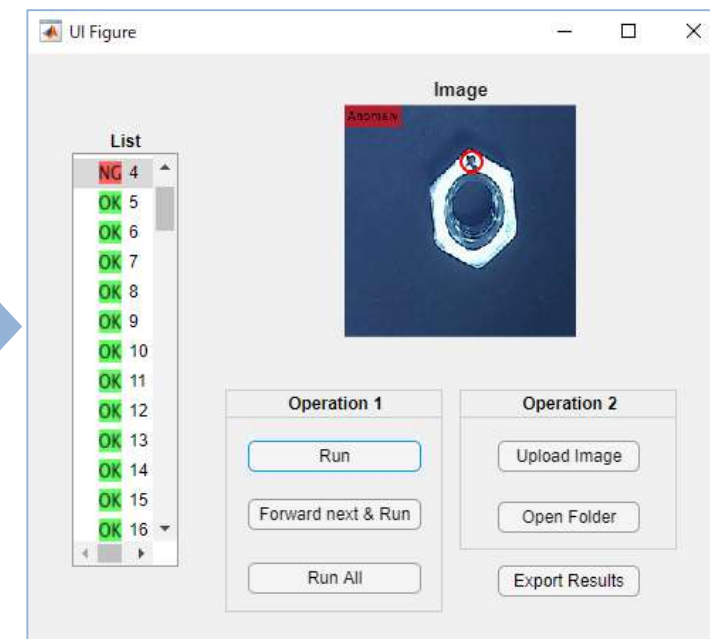
- スマートガイド機能
 - 位置合わせが容易に
- ツールストリップ上で選べる豊富な編集機能
- GUIレイアウトとプログラミングが同一環境で可能
- Classをベースにしたコード生成

GUIレイアウト



プログラミング

アプリケーション化

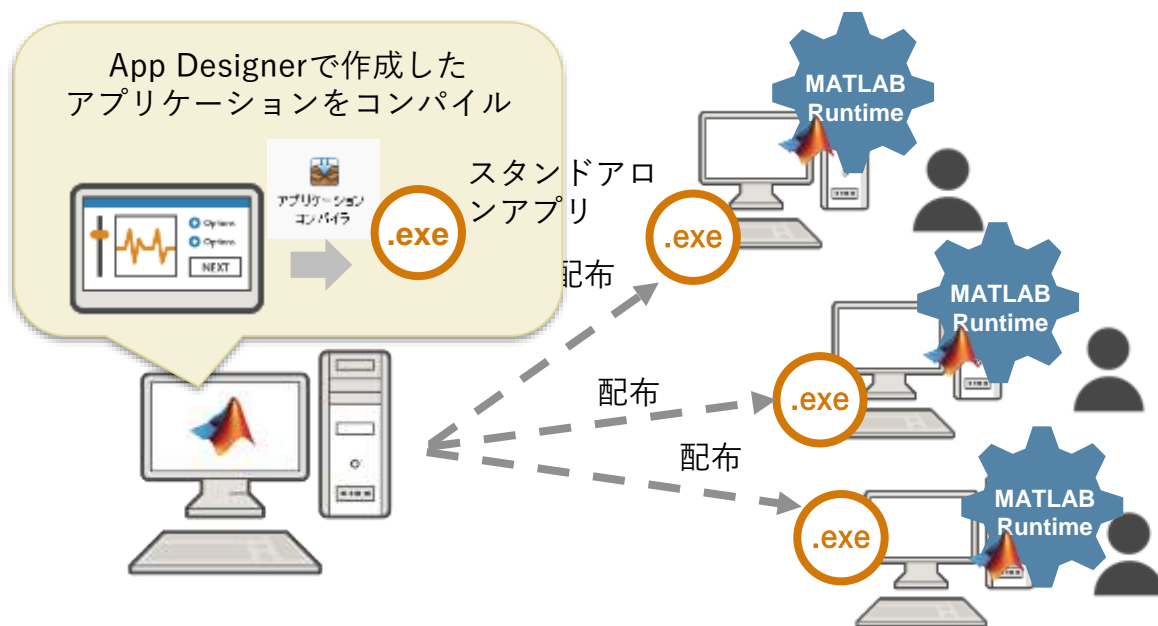


MATLABによるアプリケーションの配布

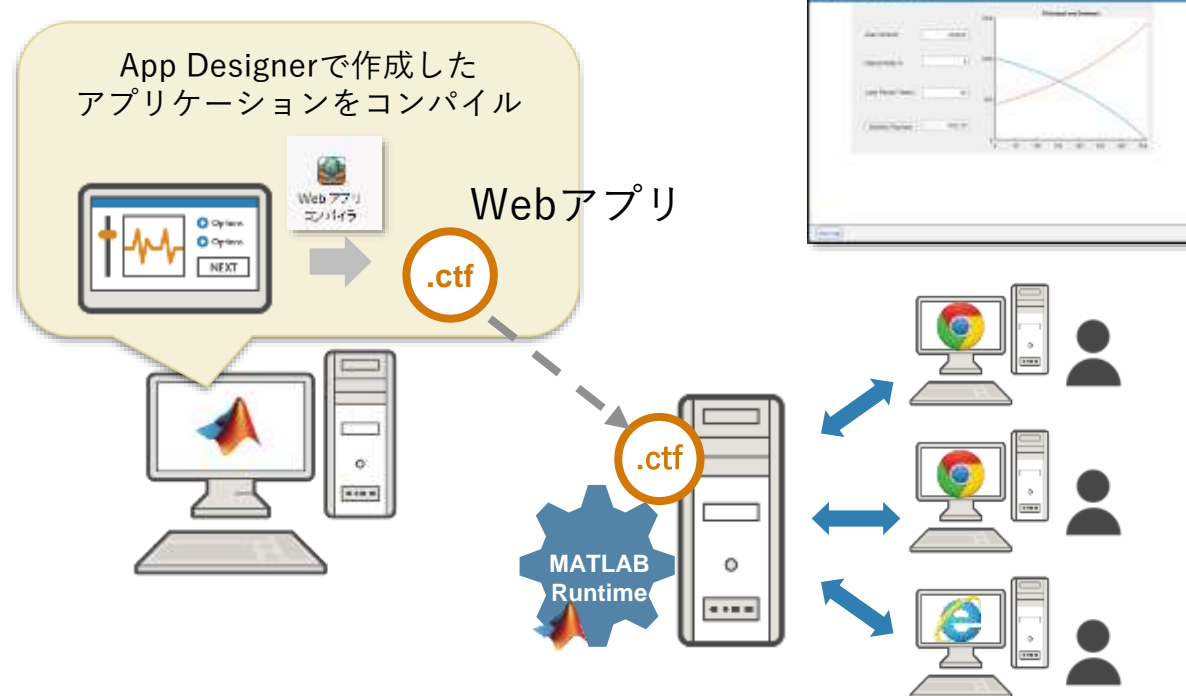
MATLAB Compiler™

- MATLABライセンスがない環境で、アプリケーションを利用可能
- ユーザー環境にあわせて、アプリケーションの展開方法を選択できます

スタンドアロンアプリケーションとして展開

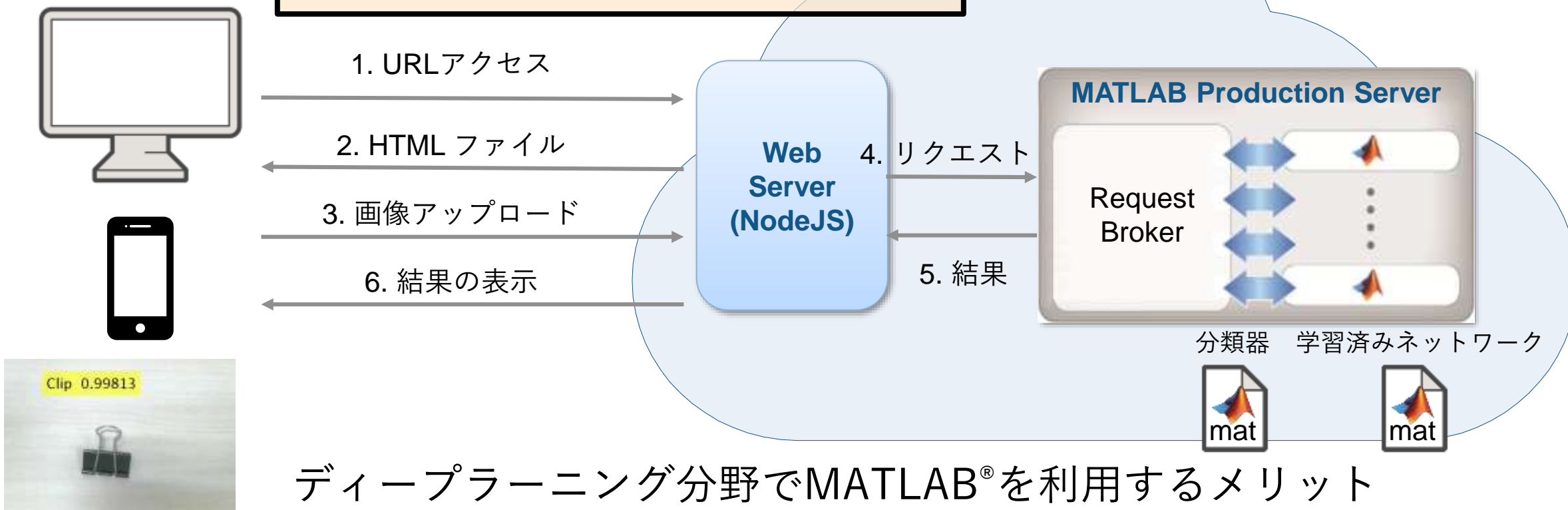


Webアプリとして展開 R2018a



スマートフォンで撮影した映像をその場で評価

- ・ 遠隔地でスマートフォンで判定
- ・ 活用しながら画像収集の継続、
ネットワークの再学習 ⇒ 精度向上



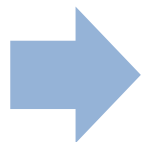
ディープラーニング分野でMATLAB®を利用するメリット

- ・ 画像があれば簡単にはじめられるフレームワーク
- ・ 作ったネットワークをすぐにシステムに統合できる

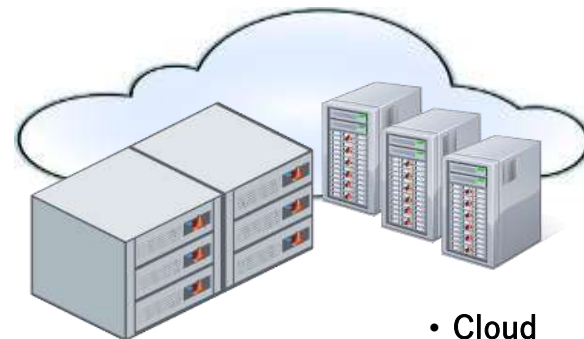
システムへの統合

目的に応じた3種類の統合へのパスをサポート
MATLABライセンスがない環境で利用可能

サーバー/クラウド
による運用



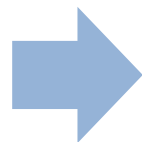
スマホで判定



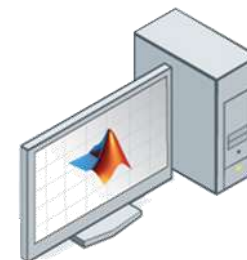
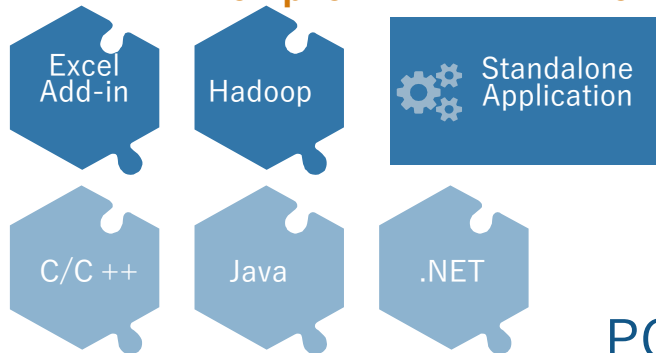
クラウドで利用

- Cloud
- Web
- Cluster
- Mobile

アプリケーション化
システムへの統合と配布

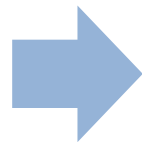
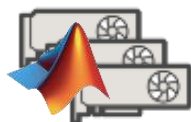


MATLAB Compiler™ / MATLAB Compiler SDK™



PCで利用

C/C++コード・CUDA Cコード生成
による処理速度の高速化
ディープニューラルネットワーク
の実装



GPU Coder™



NVIDIA®
cuDNN/TensorRT™

MATLAB Coder™



MKL-DNN
(Intel® Xeon®)



Compute Library
(Arm® Neon™)

外観検査のための画像処理・ディープラーニングワークフロー Agenda

- 画像データへのアクセス
- アルゴリズム開発/ネットワークの学習・評価
- システムへの展開
- まとめ

外観検査のための画像処理・ディープラーニングワークフロー

画像データへのアクセス

- ✓ 多彩な動画・静止画フォーマットへ標準対応
- ✓ 産業用カメラ、データベースをMATLABに接続可能

アルゴリズム開発 ネットワークの学習・評価

- ✓ ルールベースが得意な画像処理
- ✓ 複雑な判定が得意なディープラーニング

システムへの展開

- ✓ アプリケーションの作成・配布機能
- ✓ クラウドから組み込み機器まで目的に応じた展開をサポート

アルゴリズムの開発から配布・実装までを効率的に実現!

外観検査の自動化に、MATLABをご活用ください



© 2018 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.

參考資料

転移学習のための学習済みモデル読み込み

- [アドオン]から
アドオンエクスプローラーを起動
- MathWorksオプション機能から
学習済みモデルをインストール可能
- インストール後はMATLABから
一行で読み出せます
 - net = alexnet;
 - net = googlenet;
 - net = vgg19();



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
- Inception-v3
- ResNet18 **New**
- ResNet50
- ResNet-101
- Inception-resnet-v2 **New**
- SqueezeNet **New**
- MobileNet (coming soon)

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**
- ONNX読み込み/出力対応 **New**

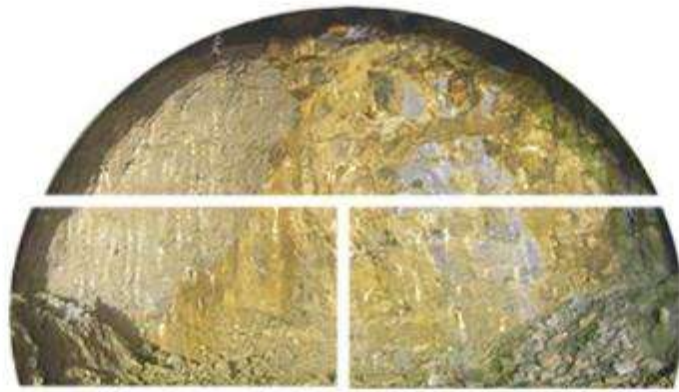
転移学習 + 最適化で多くのことを試すことができます。
どの程度タスクが難しいのか知ることが重要です。

* 一行でモデル読み込み

ディープラーニング活用事例

MATLABを使った転移学習の活用例： 株式会社大林組 様

山岳トンネル工事の切羽（掘削面）評価にディープラーニングを適用



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



土木学会
第**72**回年次学術講演会にて発表

※大林組様プレスリリースより参照

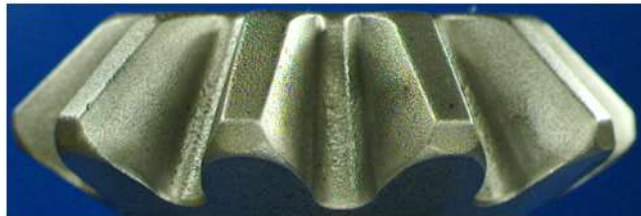
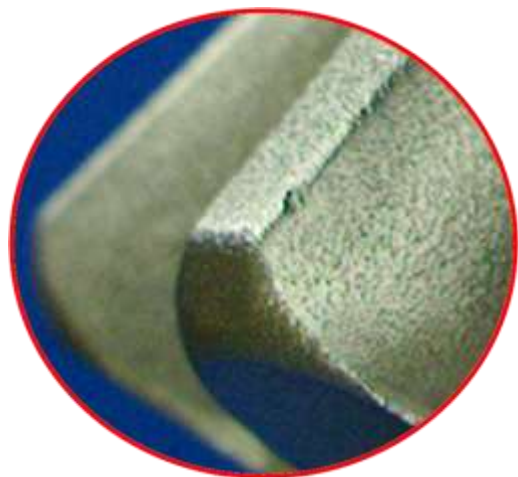
http://www.obayashi.co.jp/press/news20170912_01

転移学習の利用例が増えています

自動車部品の異常検知にディープラーニングを活用： 武蔵精密工業株式会社 様

自動車部品ベベルギア 130万個/月の目視検査を
ディープラーニングで自動化へ

画像撮影からGPU実装までプロトタイピング



※武蔵精密工業株式会社様 提供

※第2回AI・人工知能EXPOで検証結果を発表

ワークフロー全体の開発を目的に MathWorksコンサルティングを活用

- ・画像撮影手法と前処理
- ・アノテーション方法、ツール作成
- ・学習によるモデル作成
- ・モデルの評価とパフォーマンス解析・可視化・改善
- ・CUDAコード自動生成によりJetsonに実装

精度向上の取り組み

- ・転移学習の最適な組み合わせ
(利用CNNモデル、分類器、etc)
- ・予測値に寄与する画像領域の推定
(Activation Map)
- ・複数ショットを用いた統計的精度向上

- ・2018年5月末より製造現場で実証実験
- ・精度/速度の検証 / 対象テーマの拡大

ここから始める画像処理・ディープラーニング

画像処理・コンピュータビジョン評価キットのご案内



- 画像処理関係の紹介資料と対応するサンプルプログラムがセットになった評価用キット

説明資料



サンプルプログラム

```
%% 輝度ベースの自動レジストレーション (位置合せ)
clear all; close all; clc;

%% 2つの画像の読み込み・表示
orig = dicomread('knee1.dcm');
moving = dicomread('knee2.dcm');
figure; imshowpair(moving, orig, 'montage'); % 並べて表示
%%
imshowpair(moving, orig); shg; % 重ねて表示

%% 輝度ベースのレジストレーション実行・表示
[optimizer, metric] = imregconfig('multimodal'); % パラメタ設定 (別々のデバイス: 異なる輝度範囲)
optimizer.MaximumIterations = 150; % 反復回数
optimizer.InitialRadius = 0.002; % 初期検索範囲
```



- 下記の“Download”より説明資料(PDF)とサンプルプログラムをダウンロードください
- <https://jp.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/68741-ipc-v-eval-kit-for-japanese>

初めての深層学習 ディープラーニングによる物体認識入門

YouTube動画

学習画像数：各20枚 コード行数：10行



<https://www.youtube.com/watch?v=XMchIMIT8iE&t=53s>

MATLAB Academy

WEBブラウザ上で
MATLABディープラーニングの操作体験

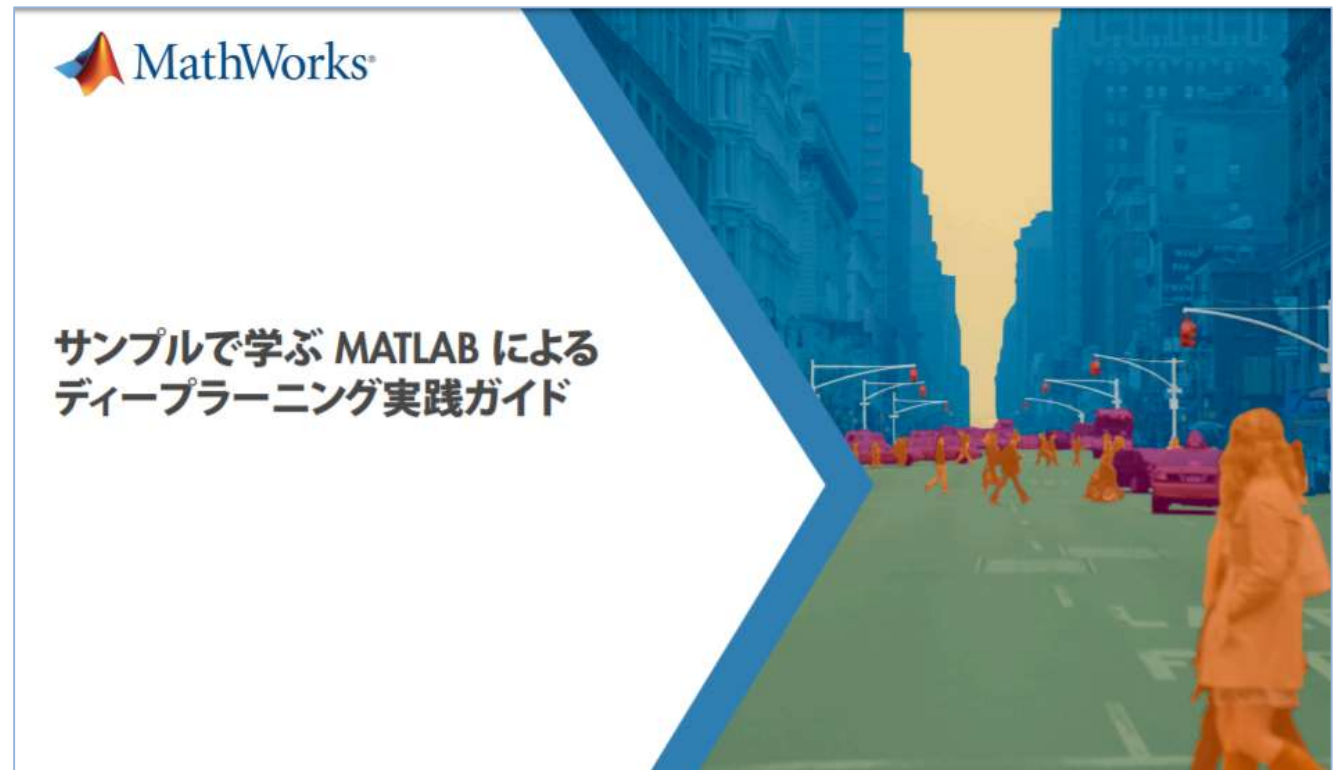


<https://matlabacademy.mathworks.com/jp>

eBookのご紹介



<https://jp.mathworks.com/campaigns/offers/deep-learning-with-matlab.html>



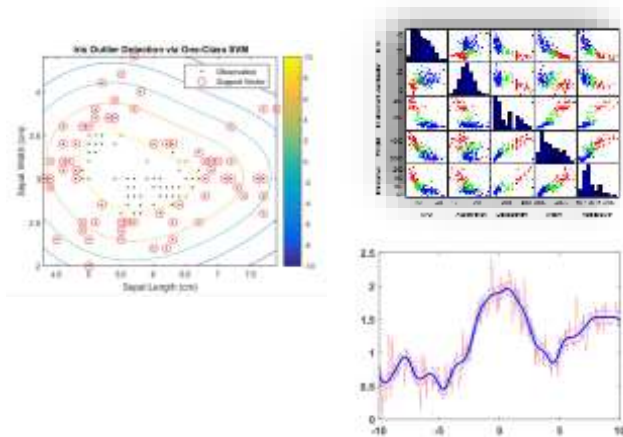
<https://jp.mathworks.com/campaigns/offers/deep-learning-examples-with-matlab.confirmation.html>

画像処理・ディープラーニング系 Toolboxのご紹介

機械学習・並列化・高速化

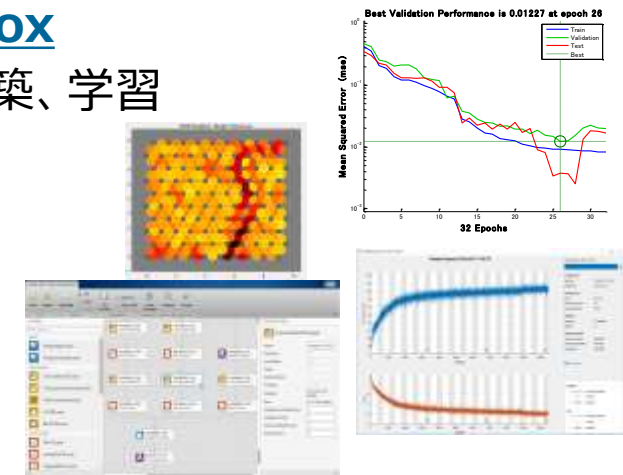
Statistics and Machine Learning Toolbox™

- 機械学習
- 多変量統計
- 確率分布
- 回帰と分散分析
- 実験計画
- 統計的工程管理



Deep Learning Toolbox

- ニューラルネットワークの構築、学習
- データフィッティング
- クラスタリング
- パターン認識
- 深層学習



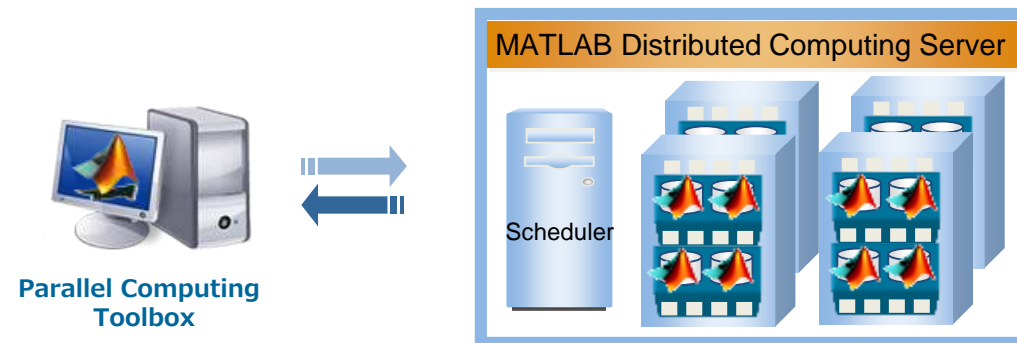
Parallel Computing Toolbox

- MATLAB & Simulink と連携した並列処理
- 対話的な並列計算実行
- GPGPU による高速演算
- ジョブおよびタスクの制御
- 深層学習・推論の高速化



MATLAB Distributed Computing Server

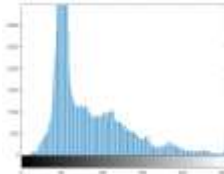
- クラスタによる計算環境を提供



画像処理・コンピュータービジョン・ロボットビジョン

Image Processing Toolbox™

- コーナー、円検出
- 幾何学的変換
- 各種画像フィルタ処理
- レジストレーション（位置合せ）
- セグメンテーション（領域分割）
- 画像の領域の定量評価



Computer Vision System Toolbox™

- カメラキャリブレーション
- 特徴点・特徴量抽出
- 機械学習による物体認識
- 動画ストリーミング処理
- トラッキング
- ステレオビジョン・3D表示

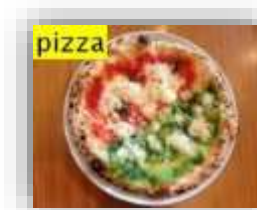
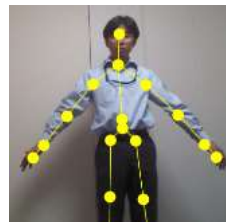


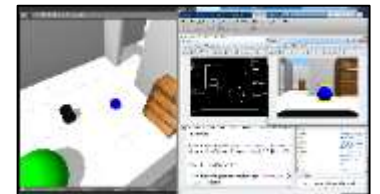
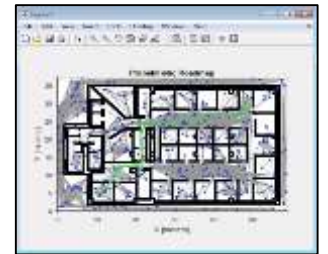
Image Acquisition Toolbox™

- デバイスから画像、動画直接取り込み
 - フレームグラバボード
 - DCAM, Camera Link®
 - GigE Vision®, Webカメラ
 - Microsoft® Kinect® for Windows®



Robotics System Toolbox™

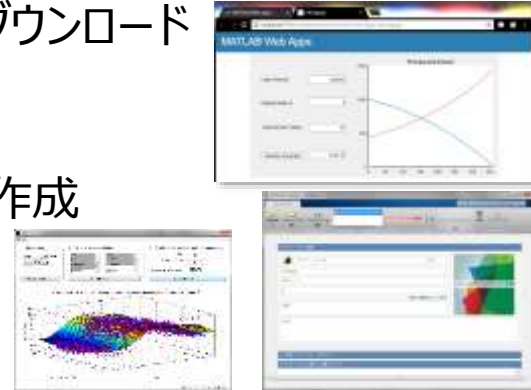
- ロボティクスアルゴリズム開発の支援
- MATLAB・SimulinkとROS間のインターフェイス
- ROSノード生成



システム展開・実装

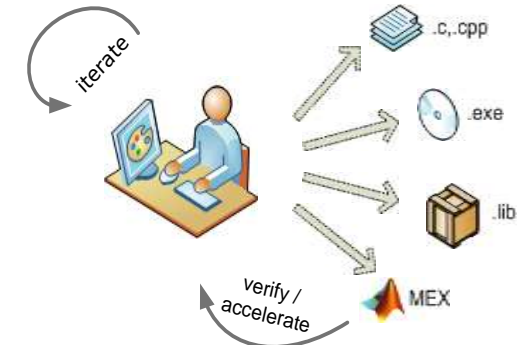
MATLAB Compiler™

- MATLAB無しで動作するスタンドオンアプリ作成
- MATLAB Runtimeの無償ダウンロード
- Excel アドイン、マクロの作成
- Hadoopとの統合
- ブラウザで使えるWebアプリの作成



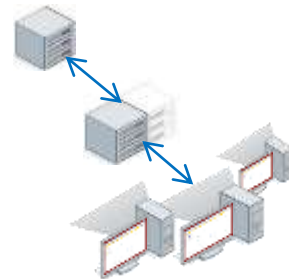
MATLAB Coder™

- MATLABプログラムからC/C++コードを生成
- MATLAB上で、アルゴリズム開発から実装までフローを統合



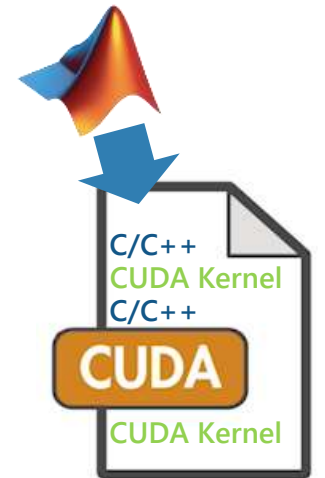
MATLAB Production Server™

- MATLABコードをサーバー環境に展開
- 他言語で作成された環境への統合
- サーバーのアプリケーション一元管理
- 低レイテンシー
- マルチアクセス可能



GPU Coder™

- MATLABプログラムからCUDA C++コードを生成
- ディープニューラルネットワークの実装





© 2018 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.