

MATLAB EXPO 2019

信号処理アプリケーションのための AI技術

アプリケーションエンジニアリング部
竹本佳充



多様な産業においてディープラーニングの活用がすすんでいます

航空宇宙、防衛、通信

民生品、デジタルヘルス



通信デバイス、セキュリティ



マルチスタンダード受信機、ドローンによる認識



音声アシスタント



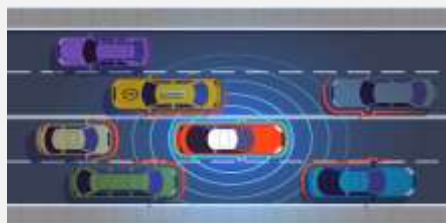
デジタルヘルス

自動車

工業オートメーション



インフォテイメントを可能とする音声制御



センサー処理、自動運転

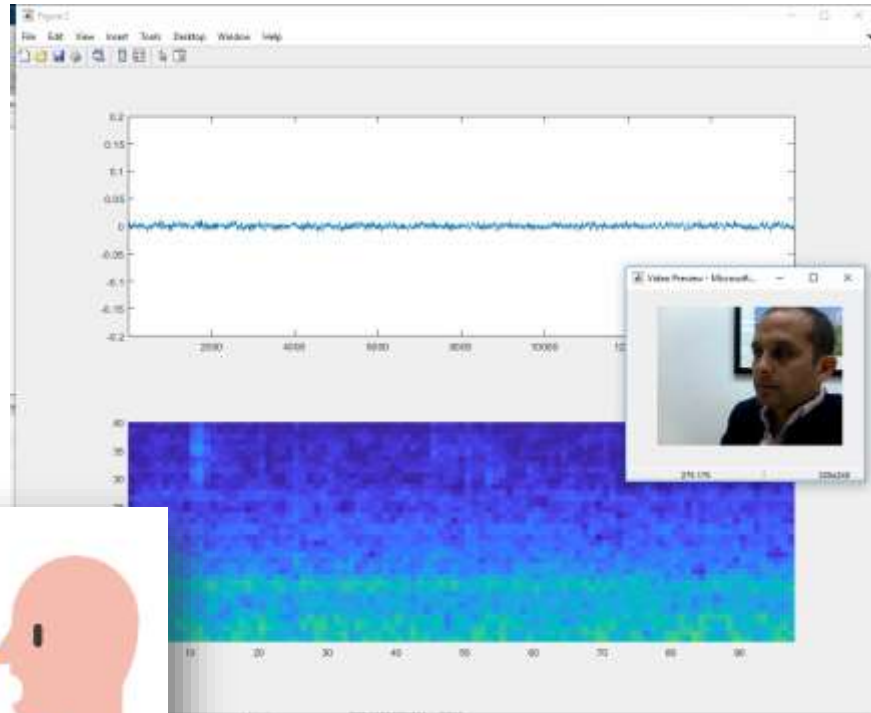


環境モニタリング



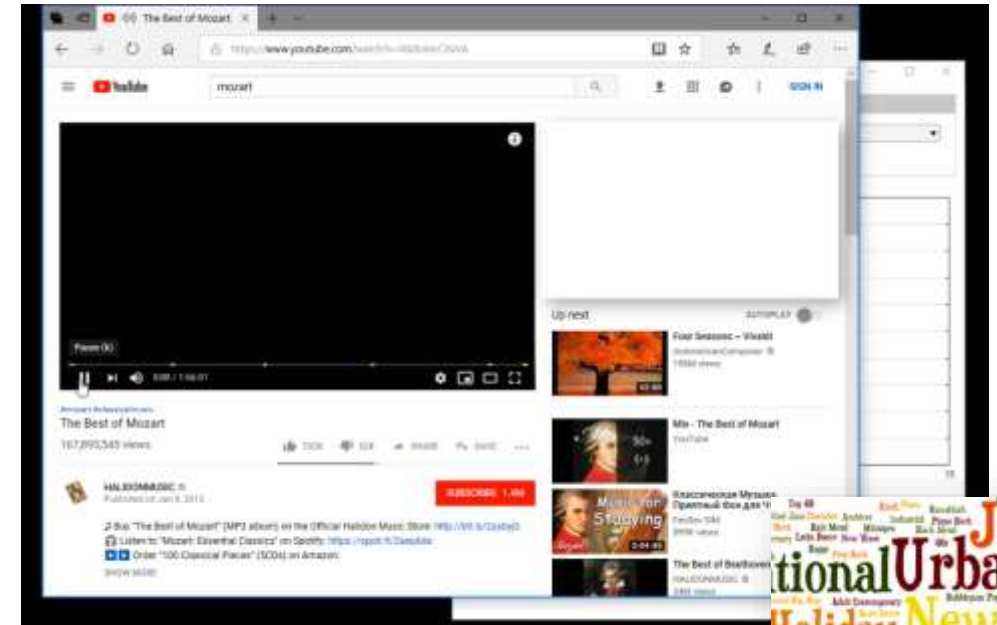
予知保全

MATLABによるアプリケーション例 – オーディオ、音声処理



スピーチコマンド認識
(a.k.a. "Keyword Spotting")

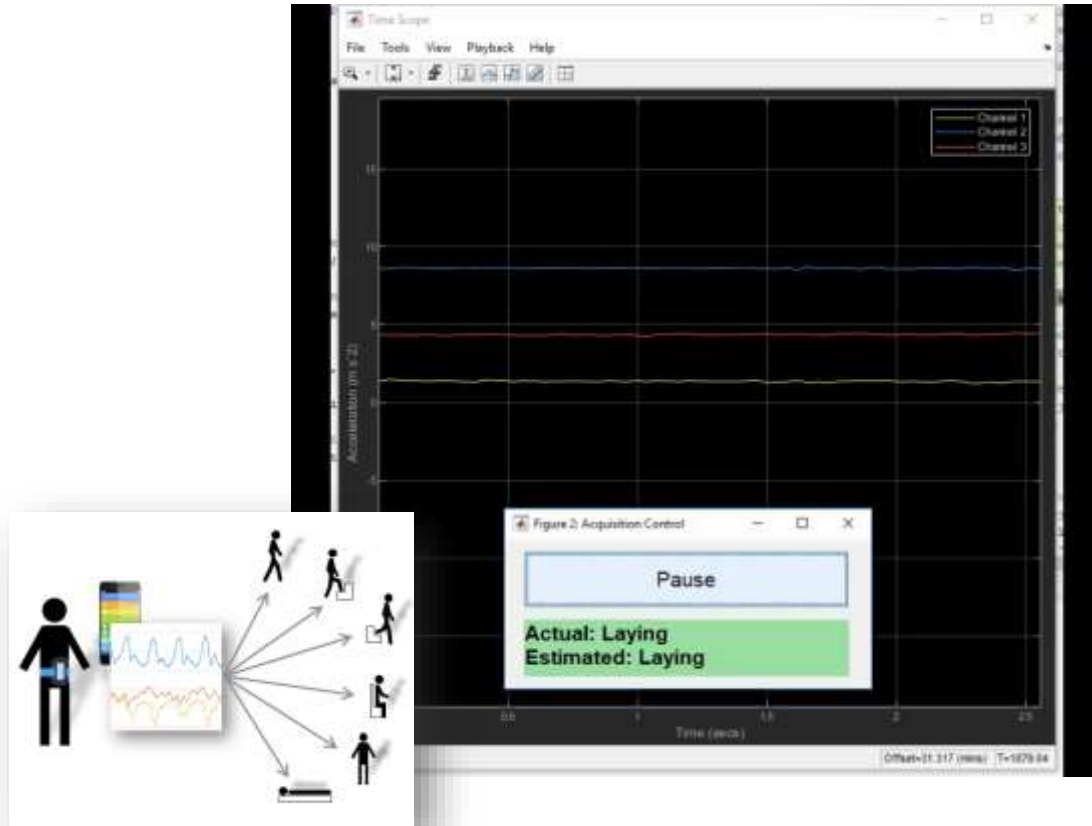
<https://www.mathworks.com/help/deeplearning/examples/deep-learning-speech-recognition.html>



音楽ジャンル分類

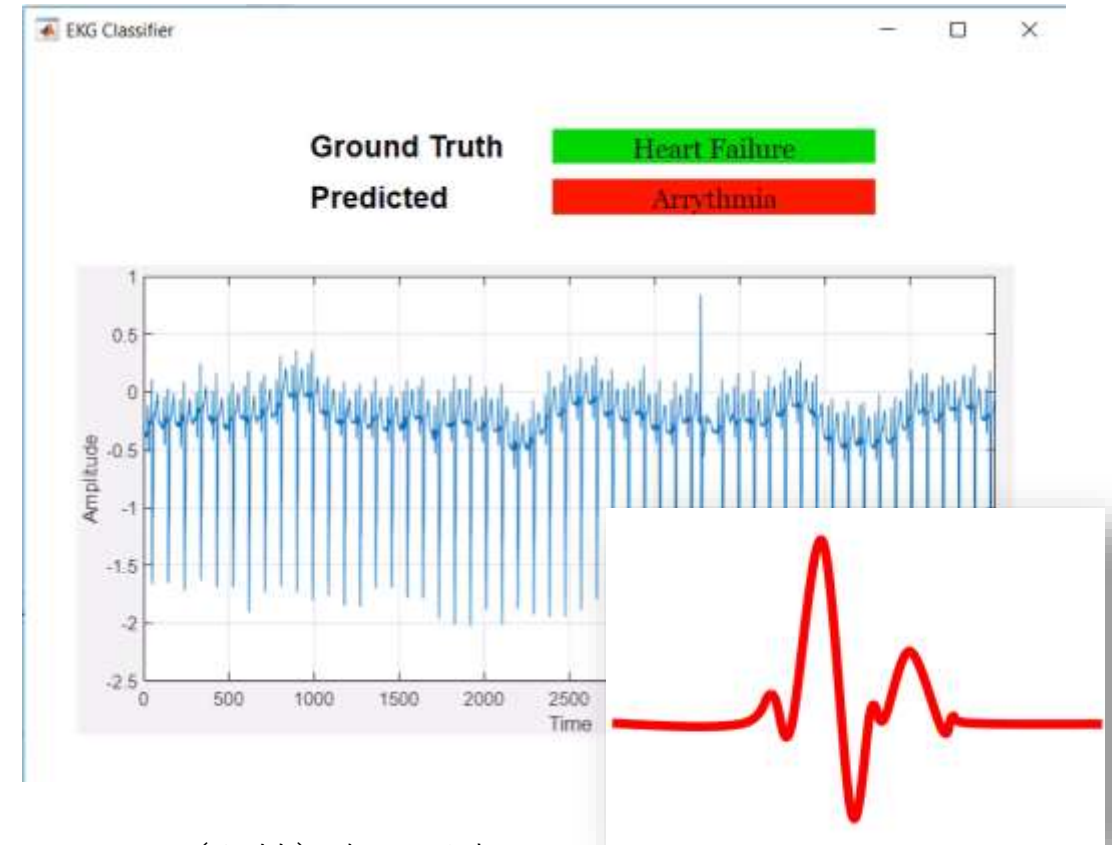
<https://www.mathworks.com/help/audio/examples/music-genre-classification-using-wavelet-time-scattering.html>

MATLABによるアプリケーション例 – センサー（産業用、生体用）



人の行動認識

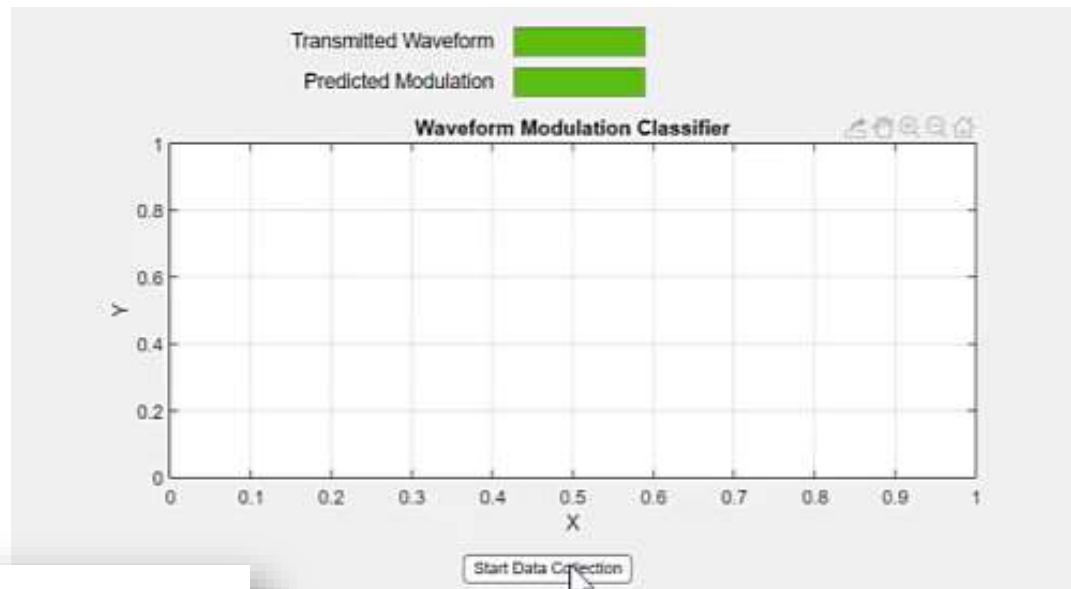
<https://www.mathworks.com/help/deeplearning/examples/sequence-to-sequence-classification-using-deep-learning.html>



ECG（心拍）信号分類

<https://www.mathworks.com/help/signal/examples/classify-ecg-signals-using-long-short-term-memory-networks.html>

MATLABによるアプリケーション例 – レーダー、通信



変調方式分類

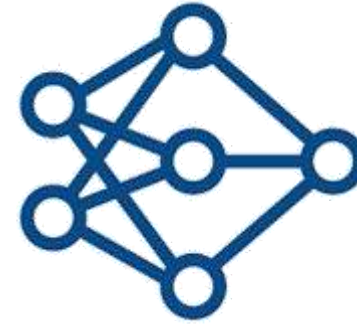
<http://www.mathworks.com/help/comm/examples/modulation-classification-with-deep-learning.html>

Confusion Matrix for Test Data

16QAM	89	11								89.0%	11.0%
64QAM	1	99								99.0%	1.0%
8PSK			100							100.0%	
B-FM				100						100.0%	
BPSK					100					100.0%	
CPFSK						100				100.0%	
GFSK							100			100.0%	
PAM4								100		100.0%	
QPSK			4						96	96.0%	4.0%
	16QAM	64QAM	8PSK	B-FM	BPSK	CPFSK	GFSK	PAM4	QPSK		

True Class (Y-axis) / Predicted Class (X-axis)

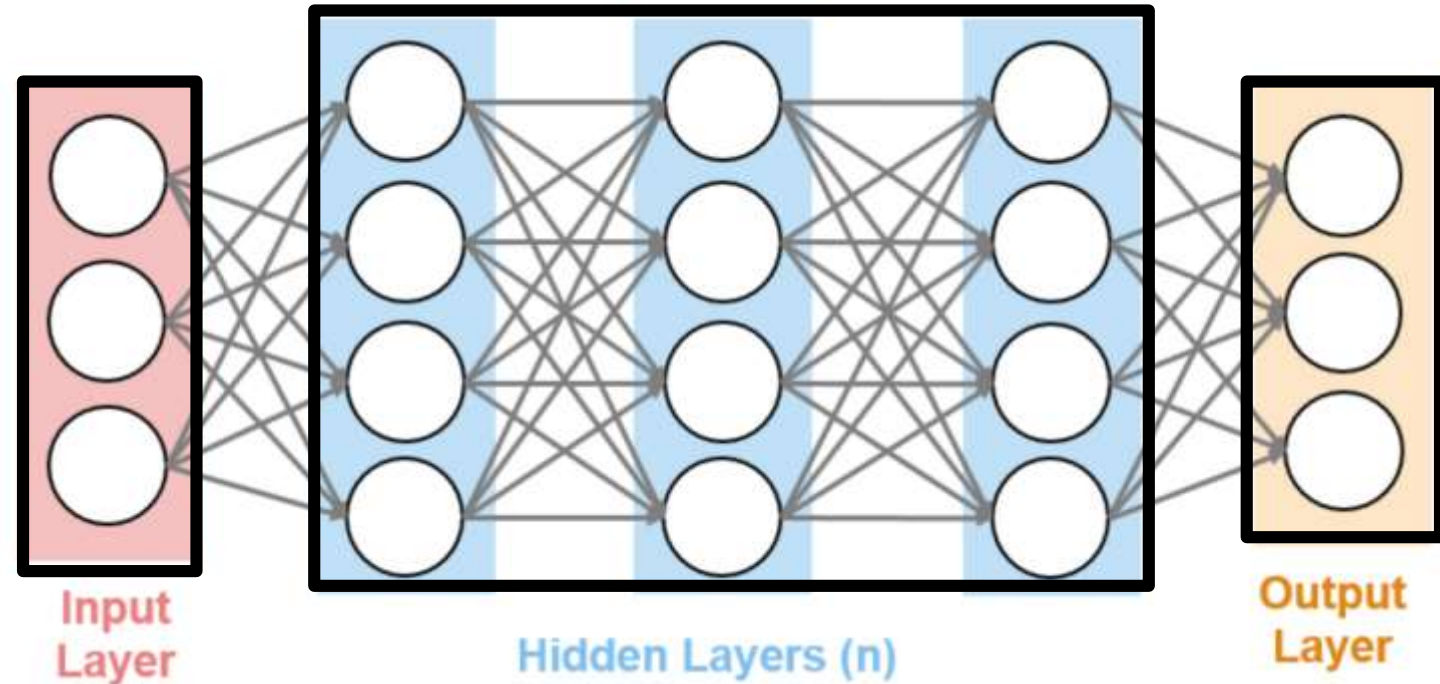
Agenda



- **ディープラーニング- 基本的な考え方**
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発
- まとめ

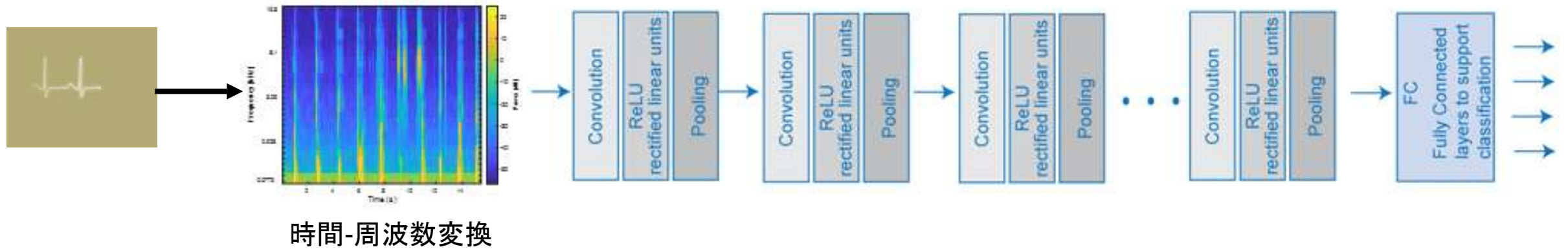
ディープラーニングとは?

ディープラーニングは機械学習の一種で、モデルが直接画像や時系列データ、テキストデータ等を学習します

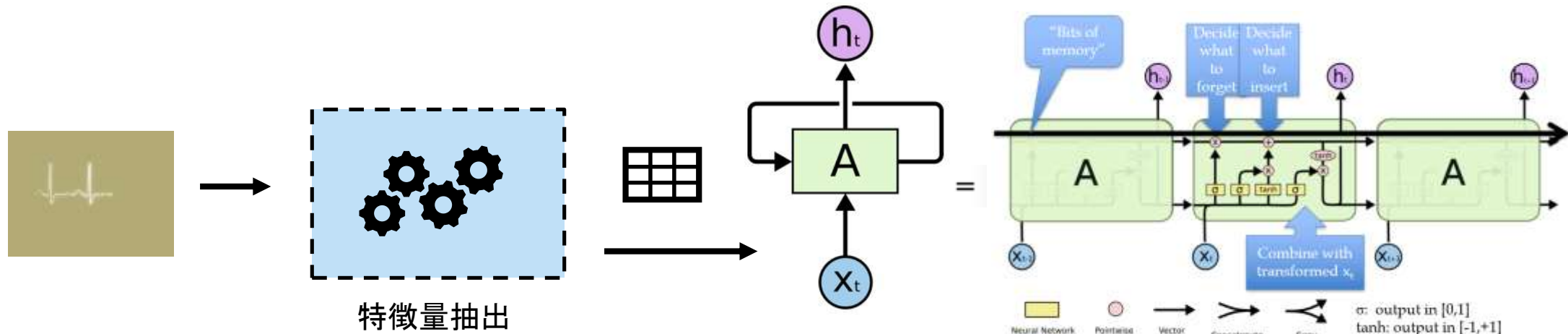


一般的なネットワーク構造 – 信号処理

畳み込みニューラルネットワーク (CNN)



Long Short Term Memory (LSTM) ネットワーク



ディープラーニングワークフロー

データセットの作成と
アクセス

前処理と変換

予測モデルの開発

実システムへの展開

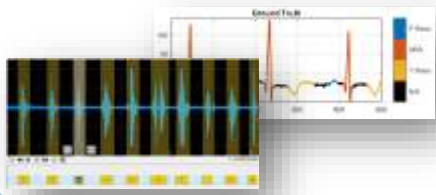
■ データソース



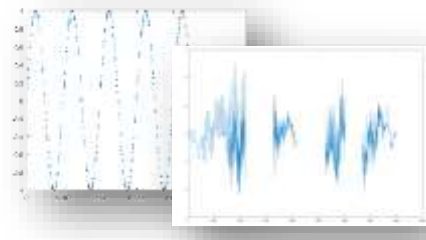
■ シミュレーション
■ オグメンテーション



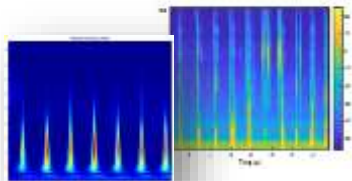
■ データラベリング



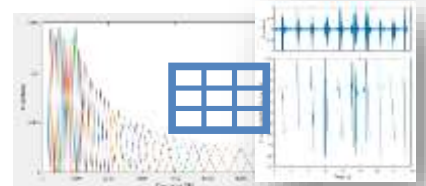
■ 前処理



■ 変換



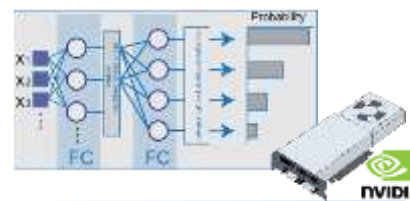
■ 特徴抽出



■ リファレンスモデルの流用
■ オリジナルモデルの作成



■ GPUによる高速な学習



■ ハイパーパラメータの
解析とチューニング



■ デスクトップアプリ



■ エンタープライズシステム

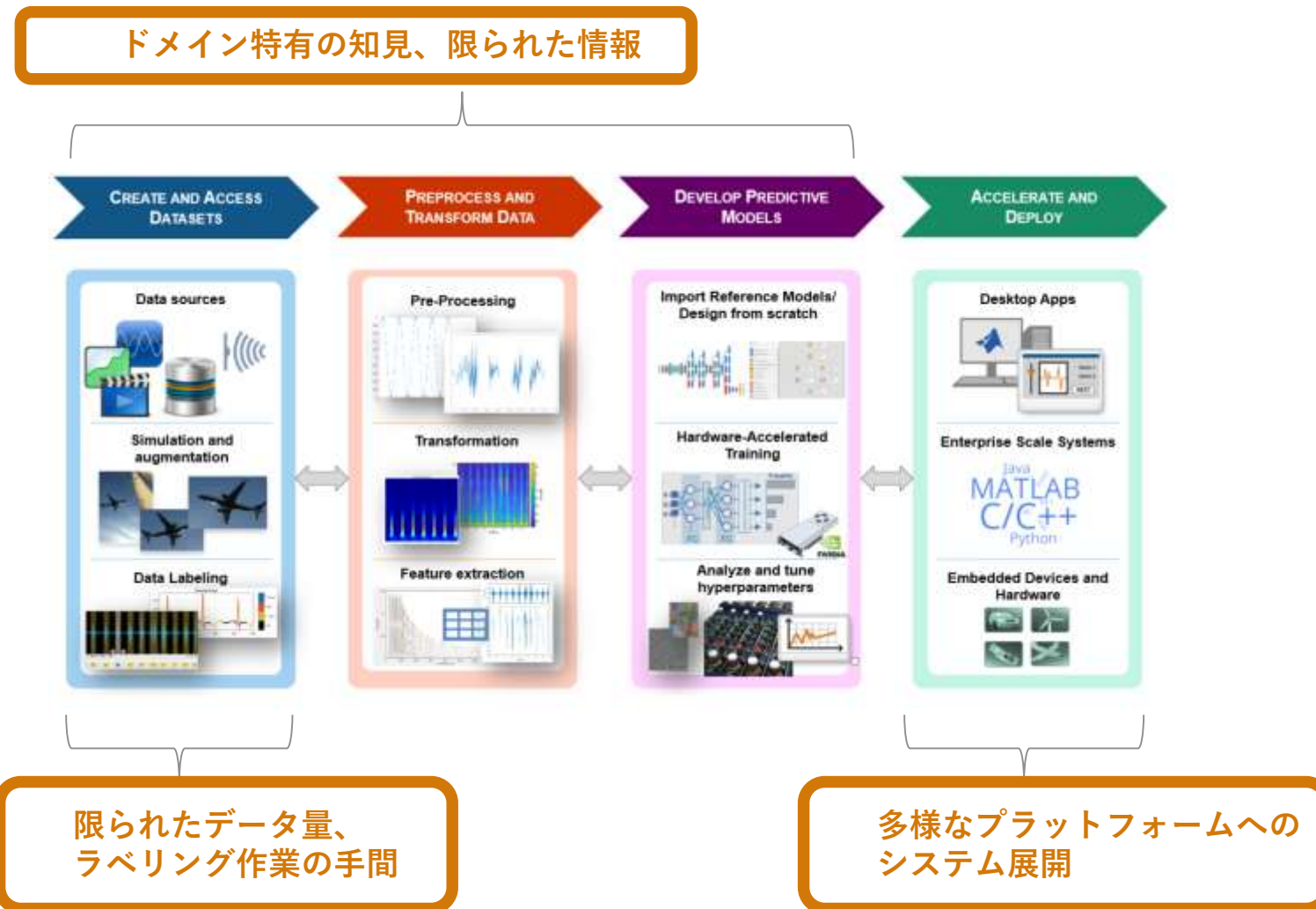
Java
MATLAB
C/C++
Python

■ エッジ（組み込み）デバイス

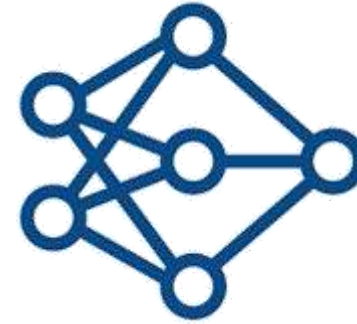


ディープラーニングワークフロー

信号、時系列データへの適用時の課題

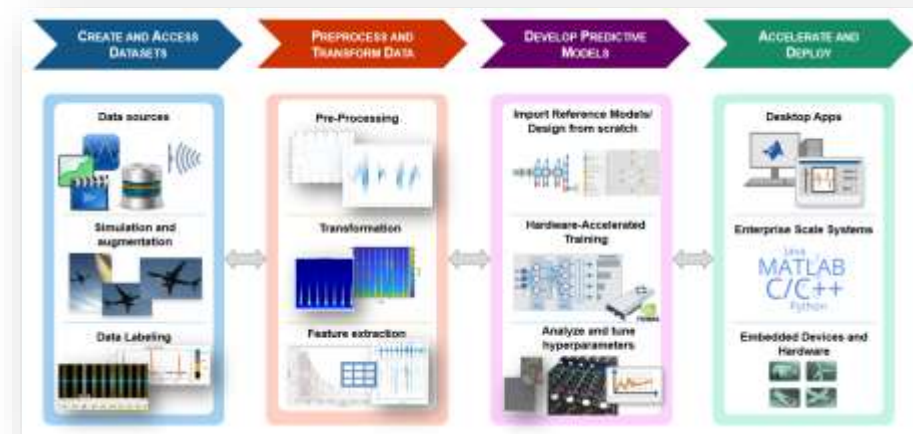


Agenda



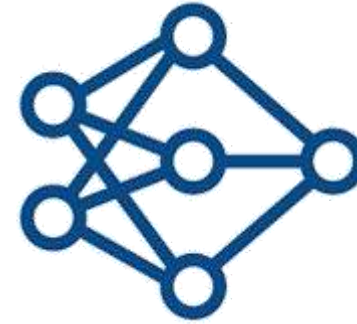
- ディープラーニング – 基本的な考え方
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発

- データ
- 処理・変換
- モデル設計と最適化
- 高速化、プロトタイピング、展開



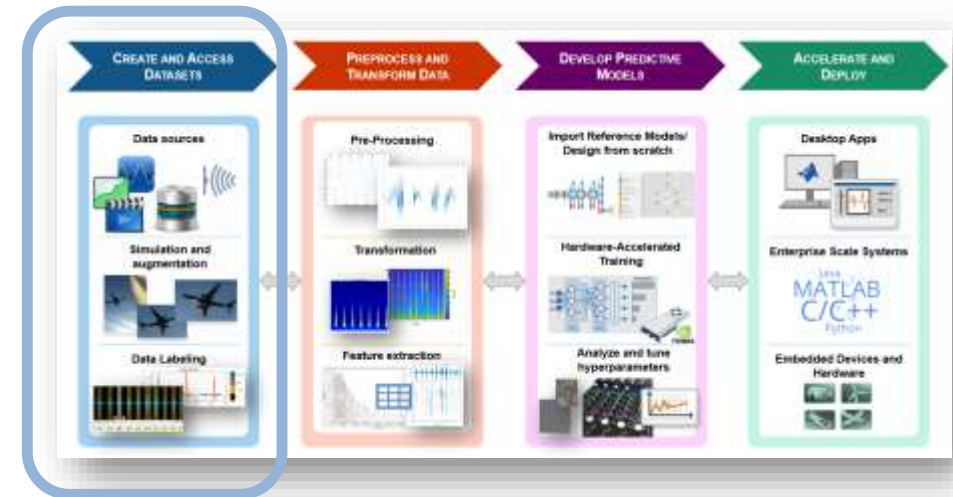
- まとめ

Agenda



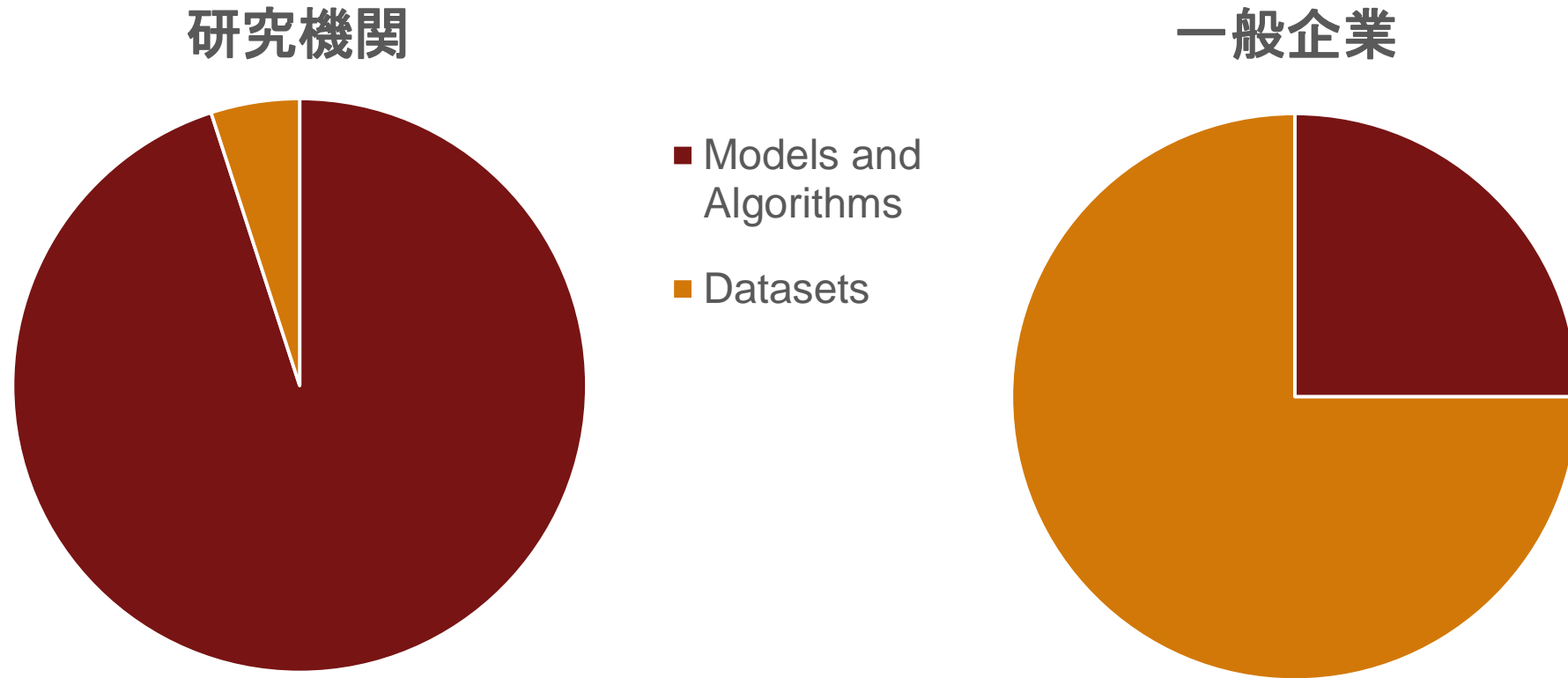
- ディープラーニング – 基本的な考え方
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発

- データ
- 処理・変換
- モデル設計と最適化
- 高速化、プロトタイピング、展開



- まとめ

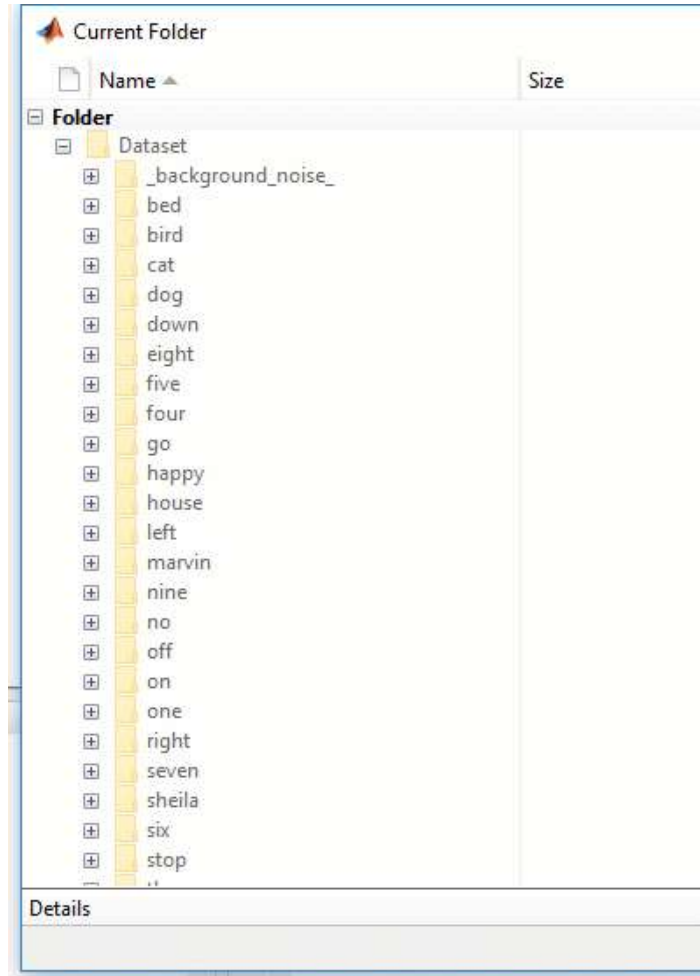
消費される技術リソース – アルゴリズム vs. データセット



データセットのハンドリング効率化が鍵

大規模データとはどのようなものか？

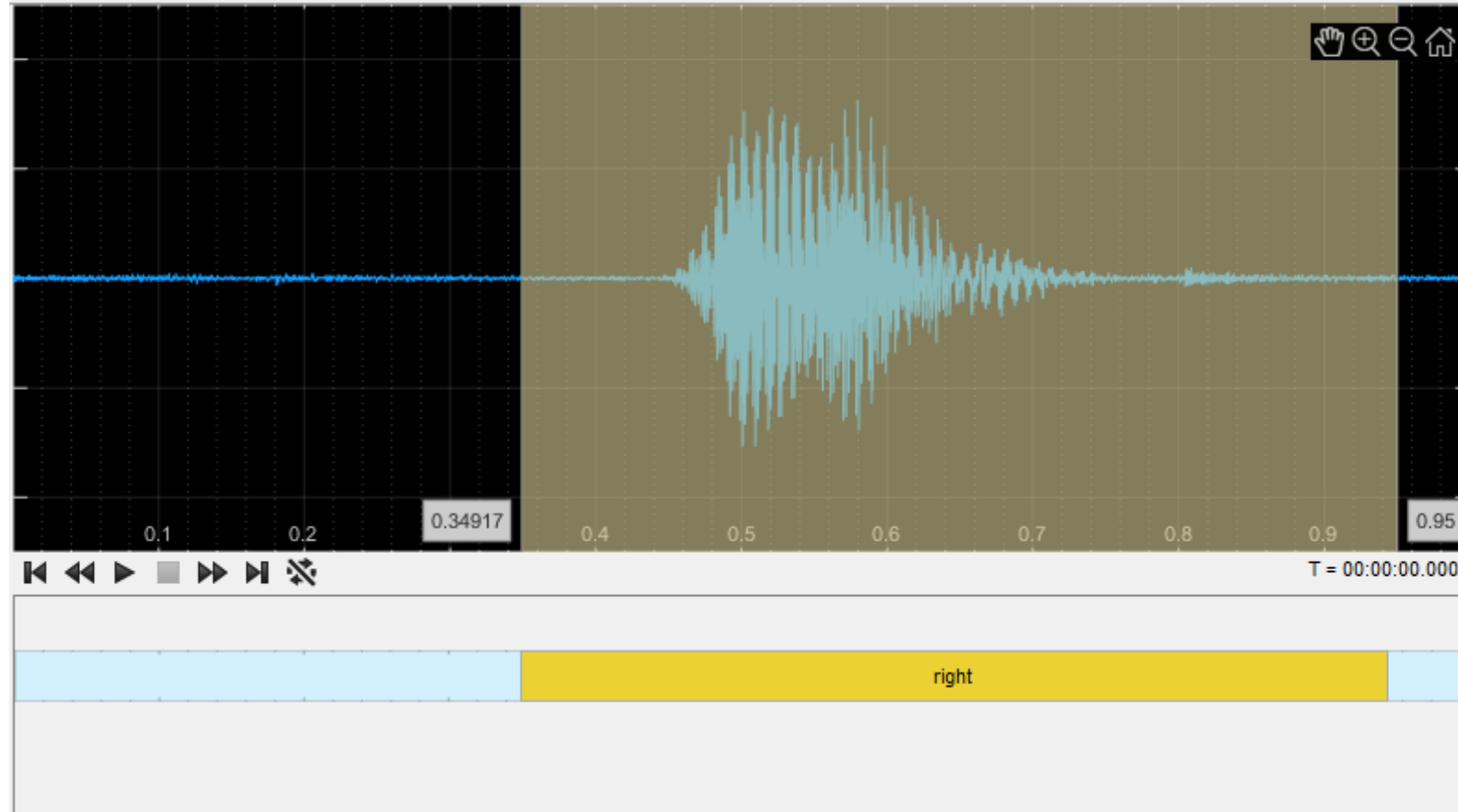
どの様に獲得し、整理し、そして読み込むのか？



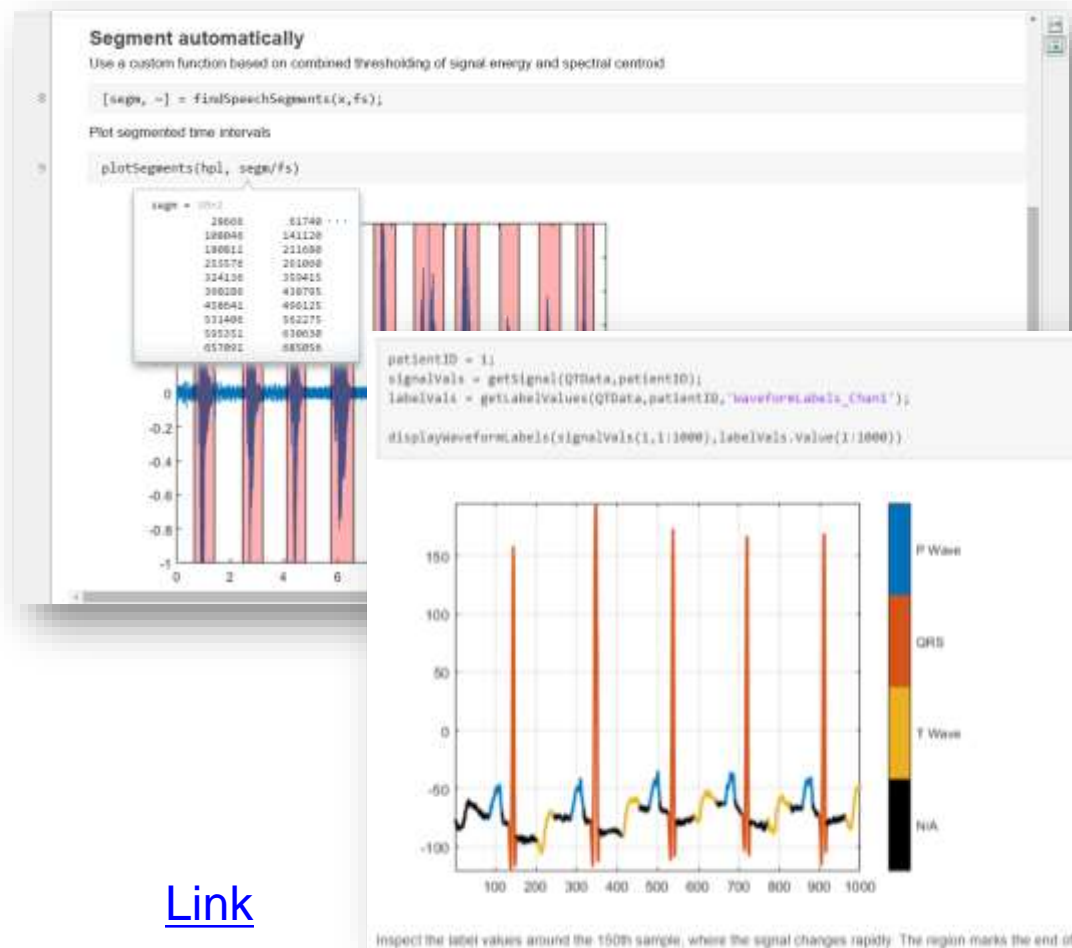
どのように...

- 全データのリストとラベルを作成するか？
- データの基本的な統計値を俯瞰するか？
- 多重のforループやdir、ls、what、等を多用せずに、データのサブセットを選択する？
- 「データ読み込み」と「ラベル付け」環境を統合する？
- 分散処理を自動化する？

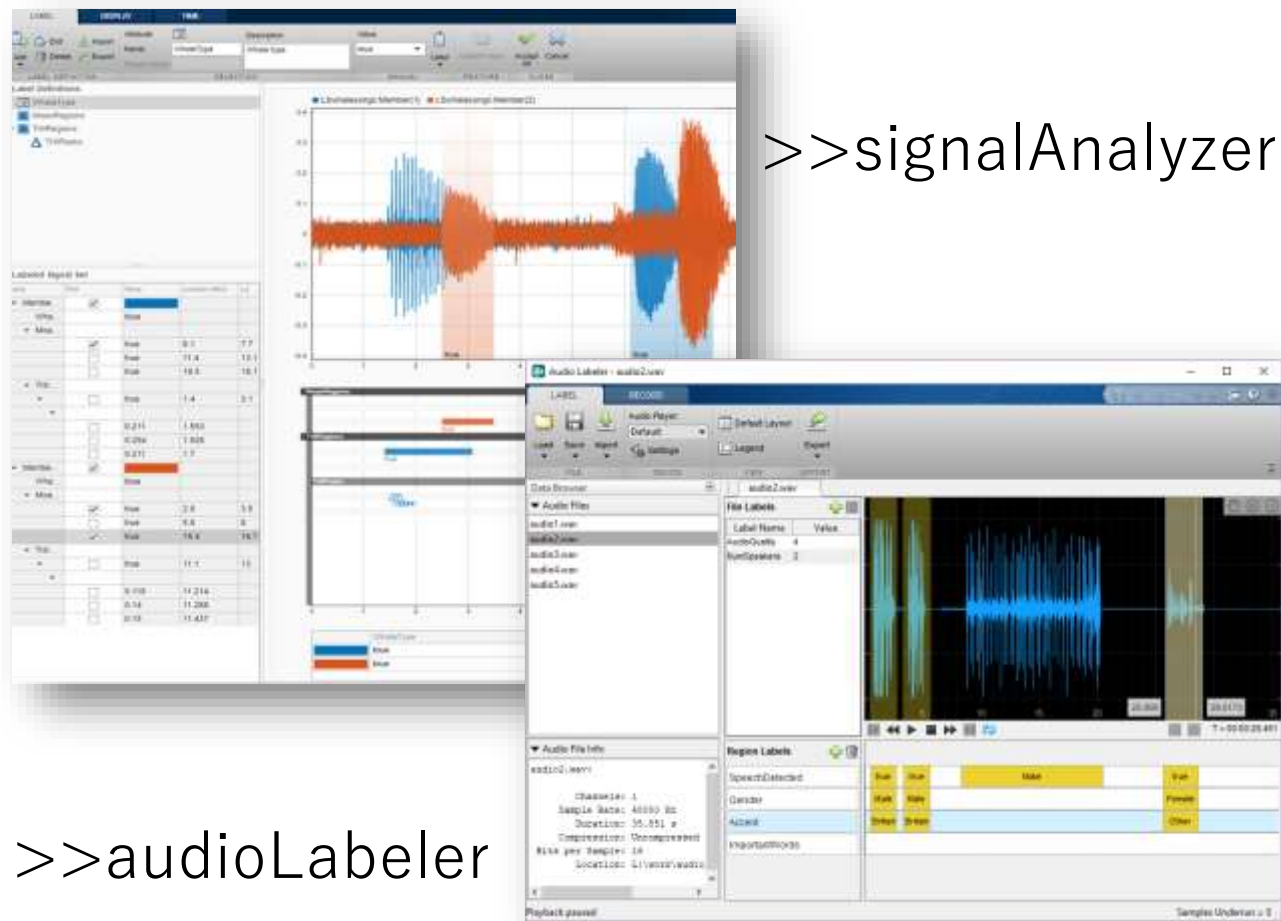
データの質や量と同様、ラベルの"質"はモデルの性能を左右する



信号へのラベリング：二つのアプローチ



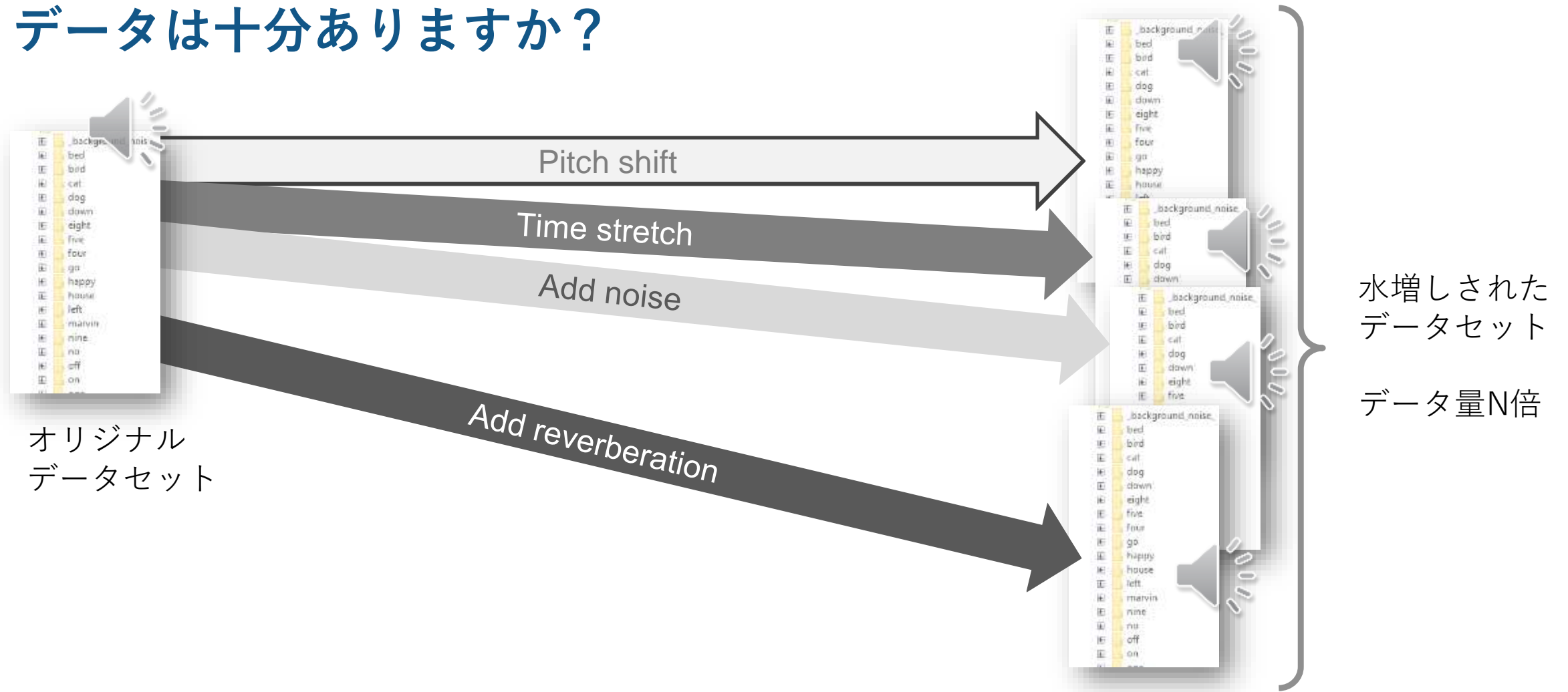
[Link](#)



- プログラミングベースの例題

- アプリによるラベリング

データは十分ありますか？



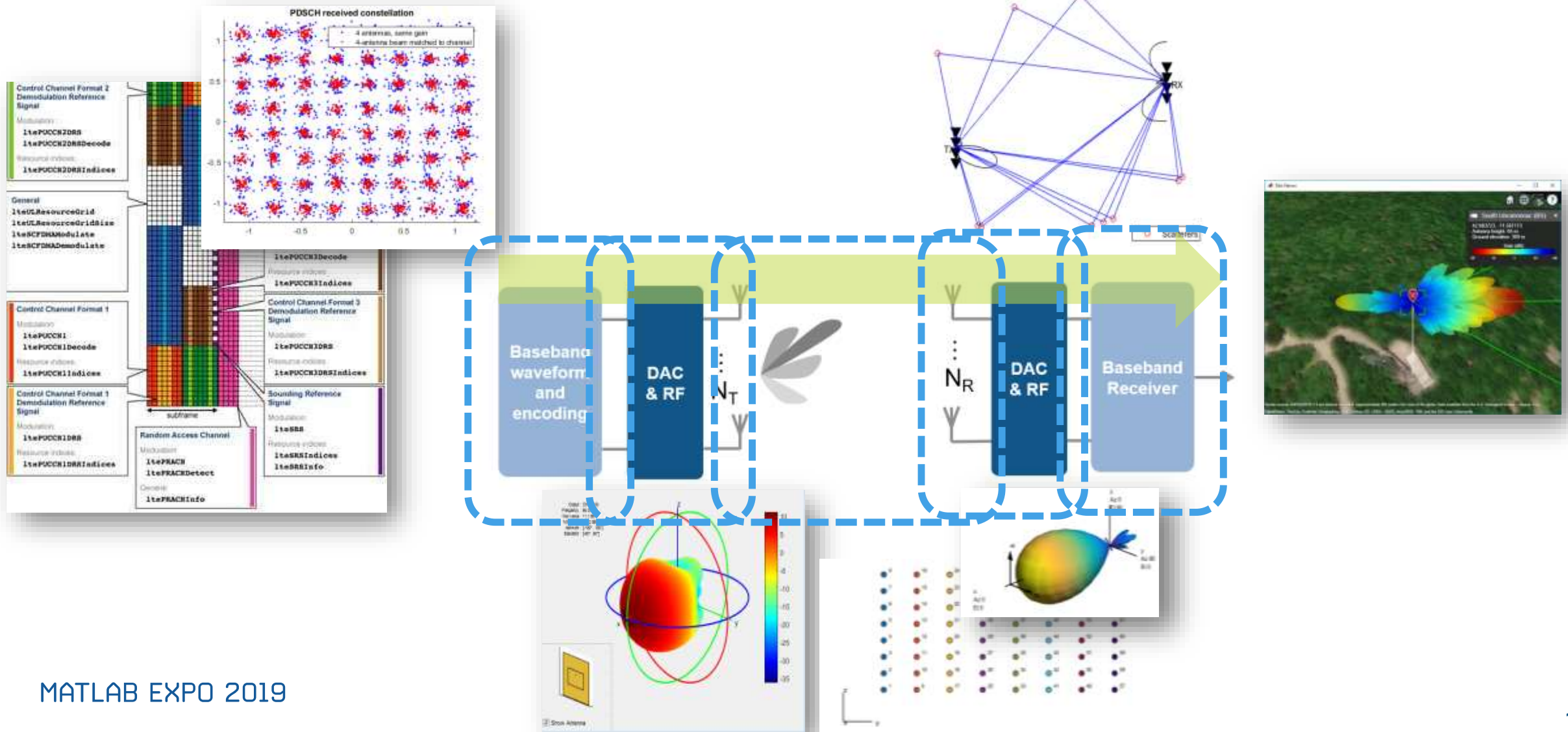
オリジナル
データセット

水増しされた
データセット

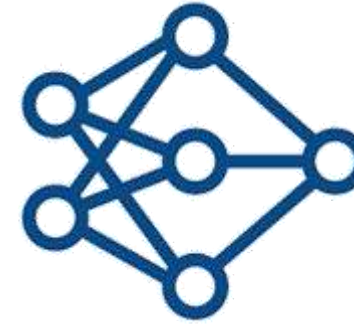
データ量N倍

データのオーグメンテーションにより、複雑でロバストなモデルに対応

実データの獲得が困難な場合は、シミュレーションが鍵 通信信号の場合

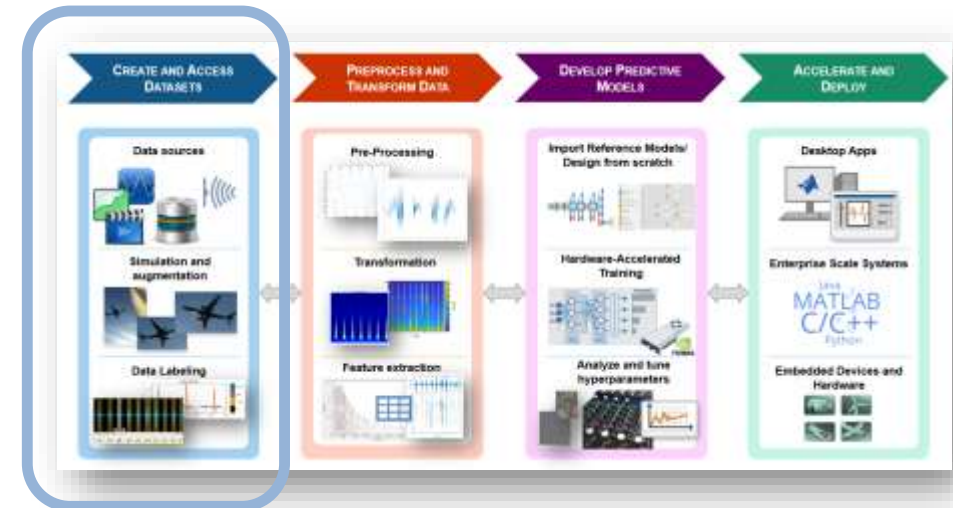


Agenda



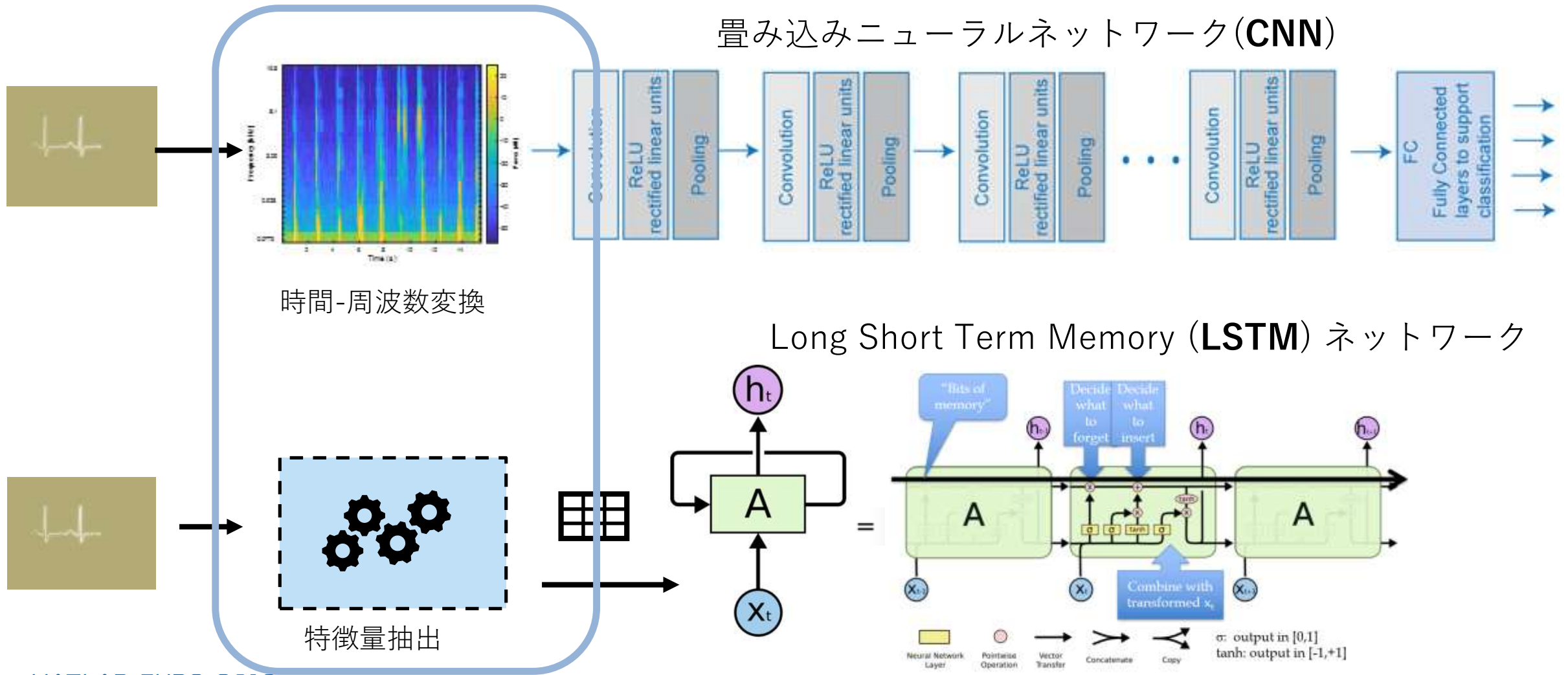
- ディープラーニング – 基本的な考え方
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発

- データ
- **処理・変換**
- モデル設計と最適化
- 高速化、プロトタイピング、展開

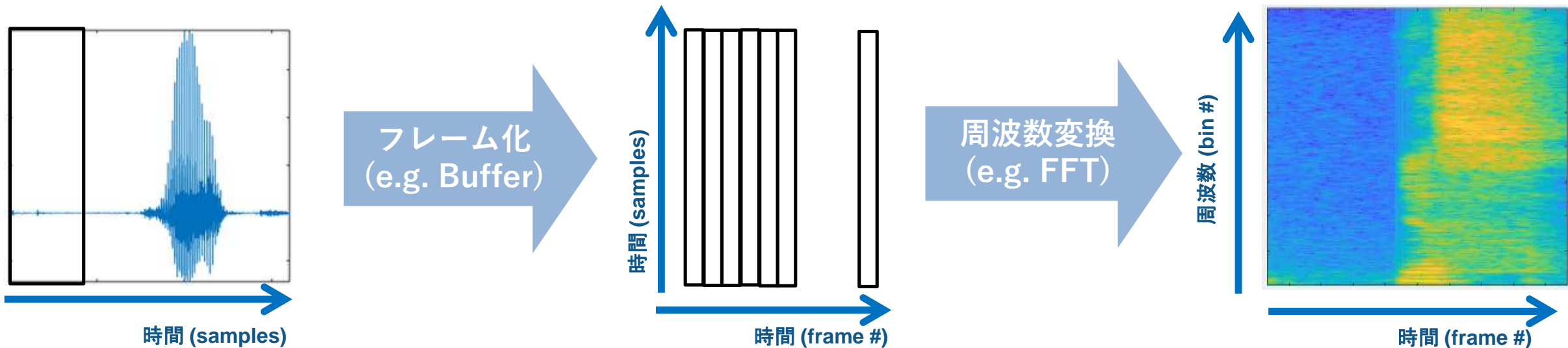


- まとめ

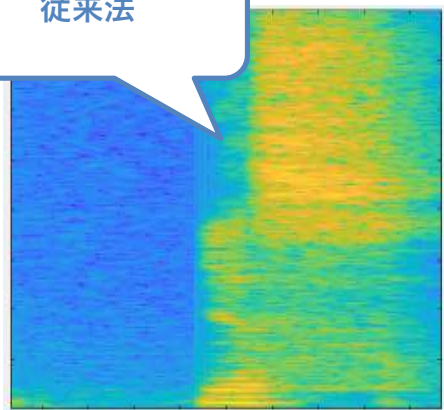
信号処理とテキスト解析に使用される一般的なネットワーク構造



時間-周波数変換

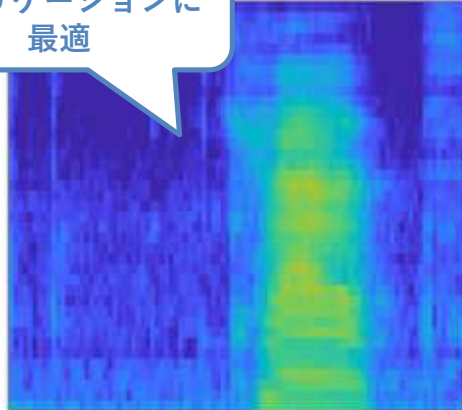


従来法



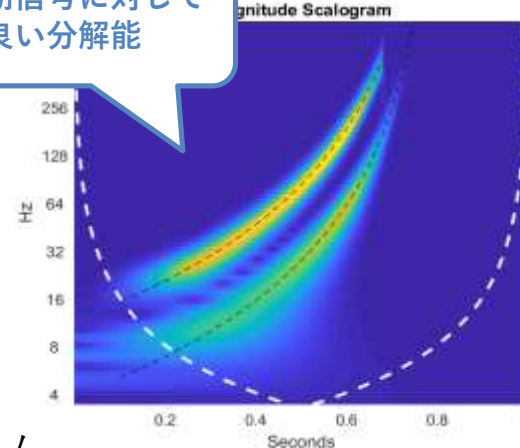
スペクトログラム
MATLAB EXPO 2019

音声・音響の
アプリケーションに
最適



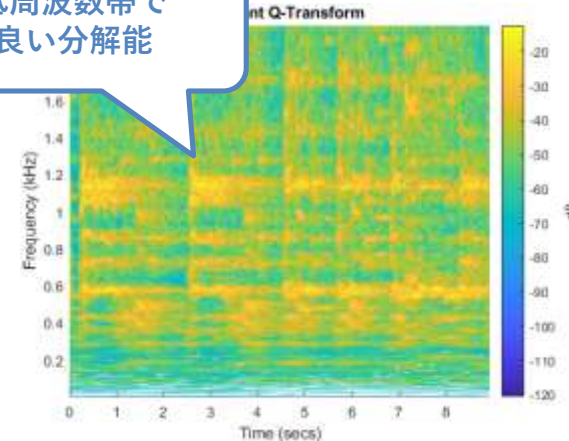
知覚を加味したスペクトログラム
(e.g. Mel, Bark)

非周期信号に対して
良い分解能



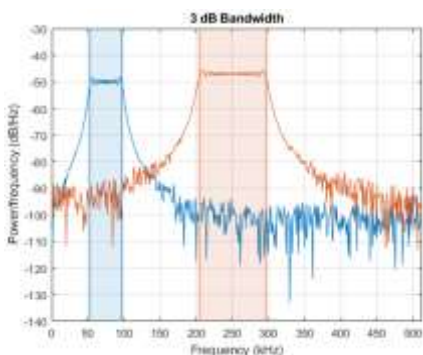
ウェーブレット
スカログラム

低周波数帯で
良い分解能

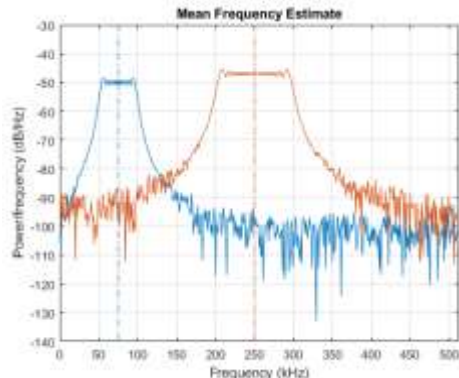


定Q変換

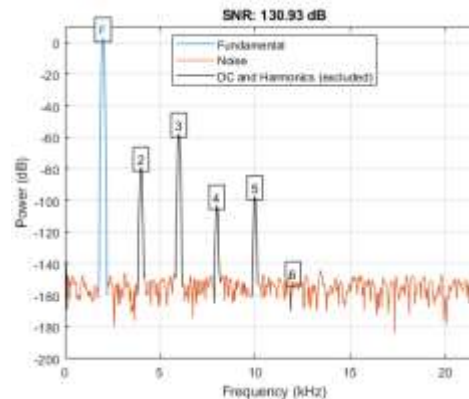
信号からの特徴抽出: アプリケーションに依存しない各種特徴量



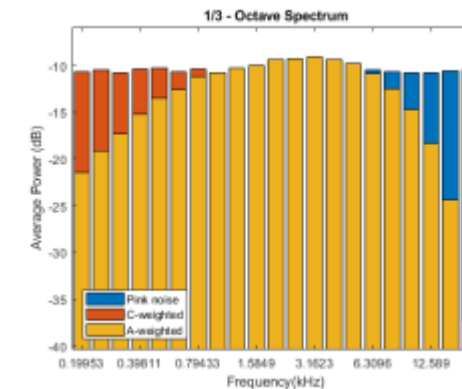
周波数帯域



スペクトル統計量
(中心周波数他)



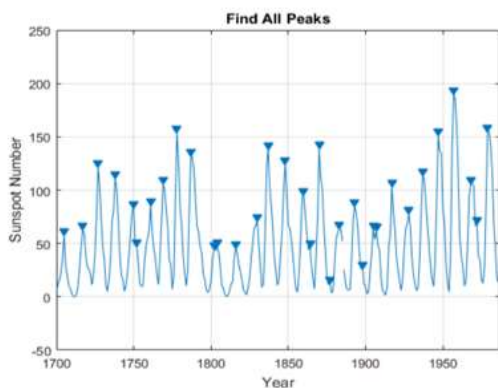
高調波解析



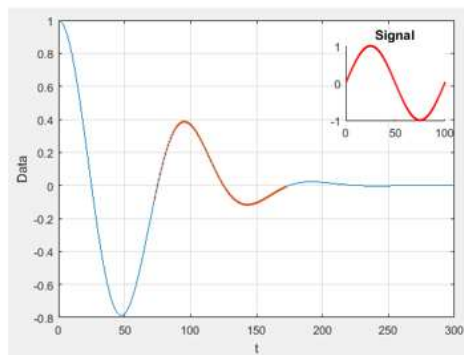
オクターブスペクトル

周波数領域

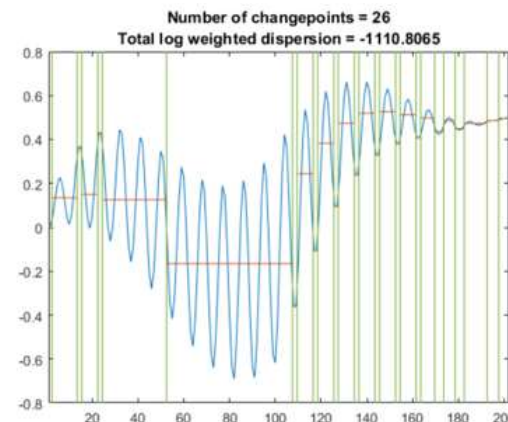
時間領域



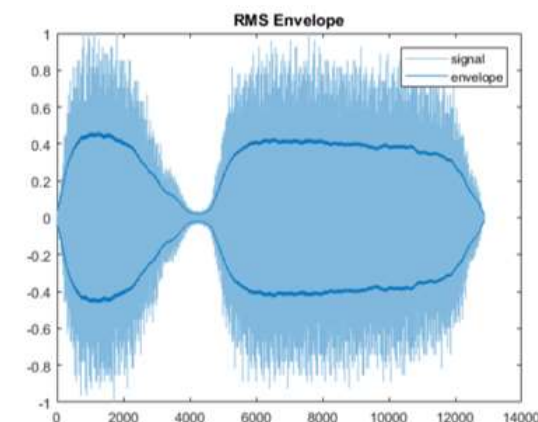
ピーク解析



波形類似度の定量化



変化点抽出

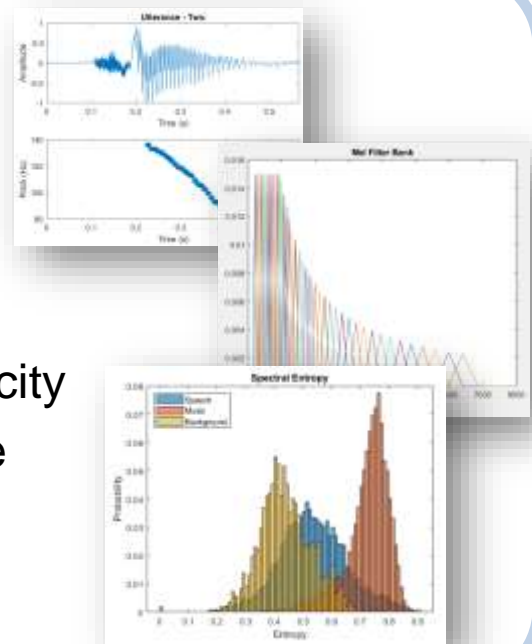


包絡線

アプリケーションに特化した特徴量と変換処理例

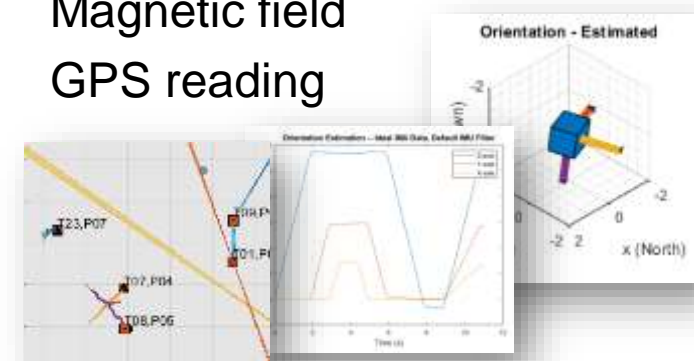
音声・オーディオ

- MFCC
- GTCC
- MDCT
- Pitch, harmonicity
- Spectral shape descriptors
- ...



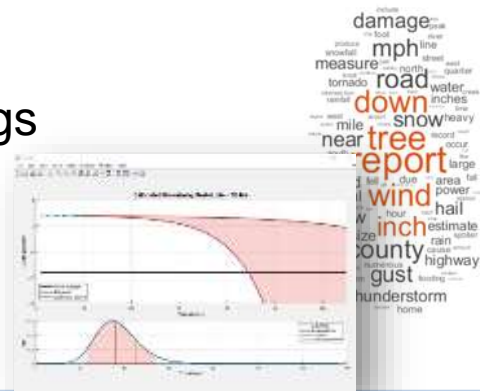
ナビゲーションとセンサーフュージョン

- Orientation
 - Height
 - Position
 - Multi-object tracking
 - ...
- from
- Acceleration, angular velocity
 - Magnetic field
 - GPS reading



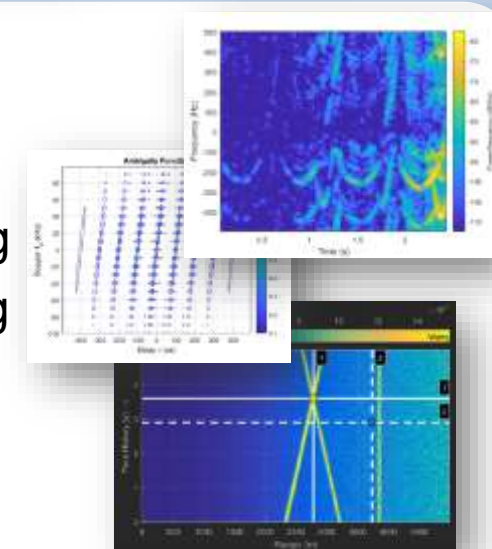
テキスト解析

- Train Word Embeddings
- Word2Vec
- Topic Modeling
- ...

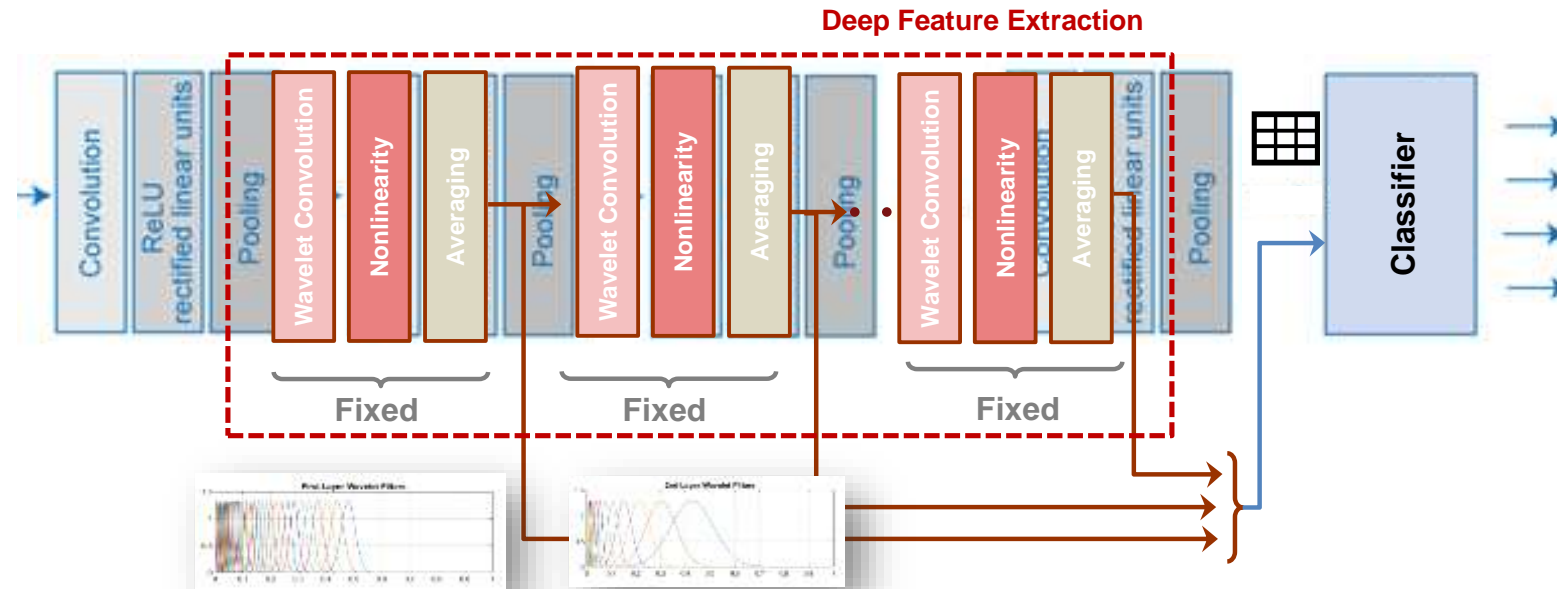


レーダー

- Micro-Doppler analysis
- Range-Doppler processing
- Synthetic aperture imaging
- Spectral analysis
- Waveform ambiguity
- ...



特徴獲得の自動化: ウェーブレットスキャタリング

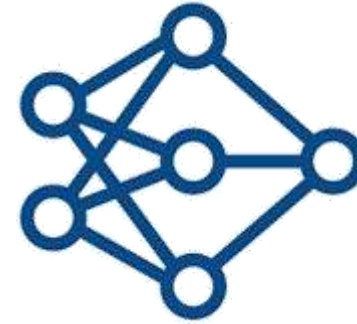


- ウェーブレットスキャタリング
 - データ量の低減・モデルの簡略化が可能
 - 既知の固定重みを使用
 - 多くのコンペティションで実績
 - "Framework for extracting features" [1]

[1] Joan Bruna, and Stephane Mallat, P. 2013. Invariant Scattering Convolution Networks. [IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence](#), Vol. 35, No. 8, pp. 1872-1886.

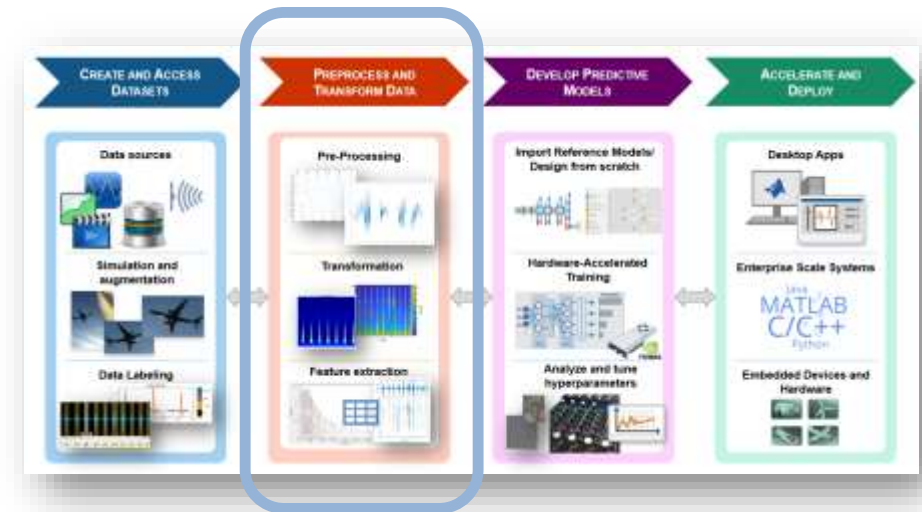


Agenda



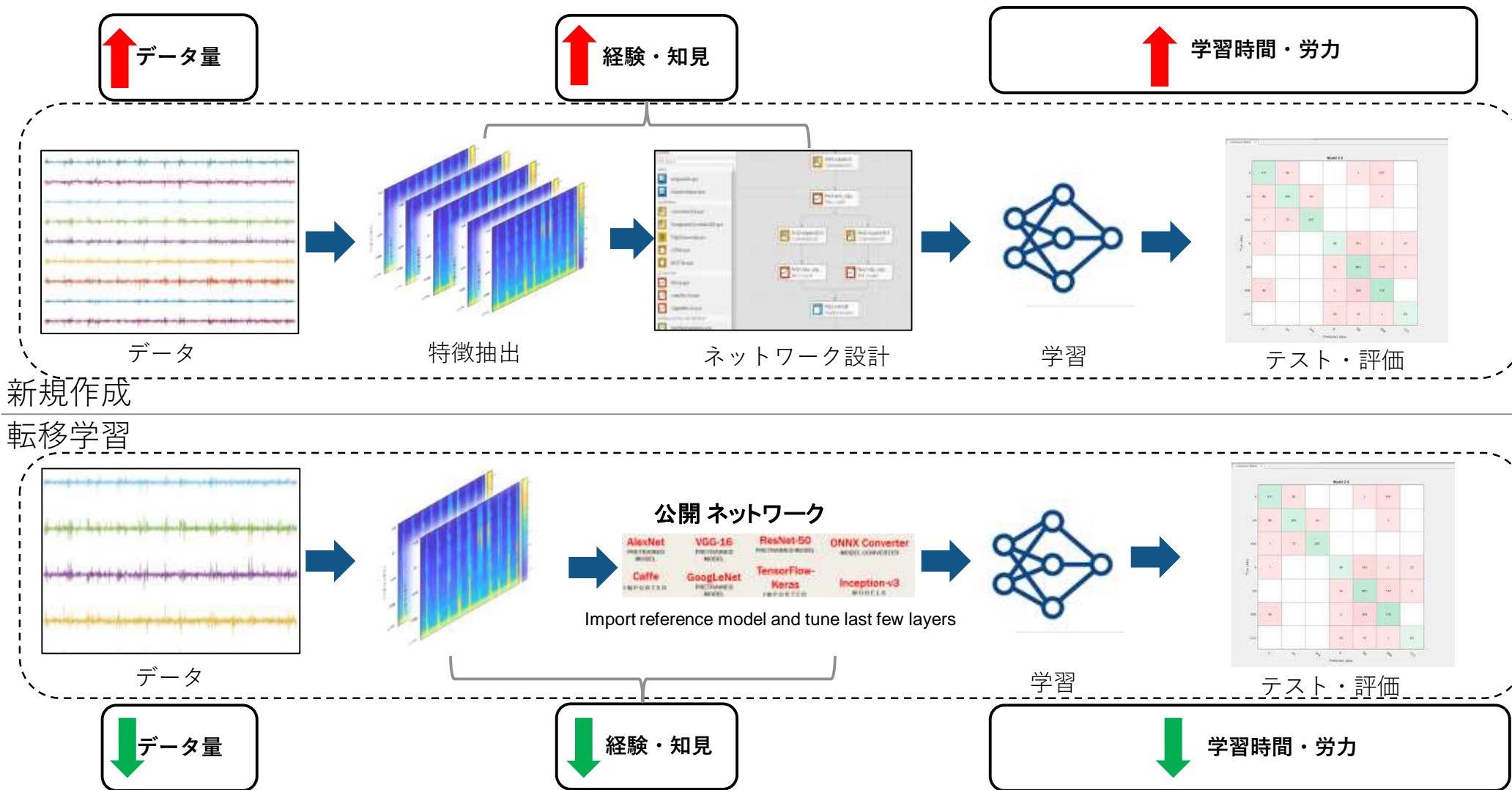
- ディープラーニング – 基本的な考え方
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発

- データ
- 処理・変換
- **モデル設計と最適化**
- 高速化、プロトタイピング、展開

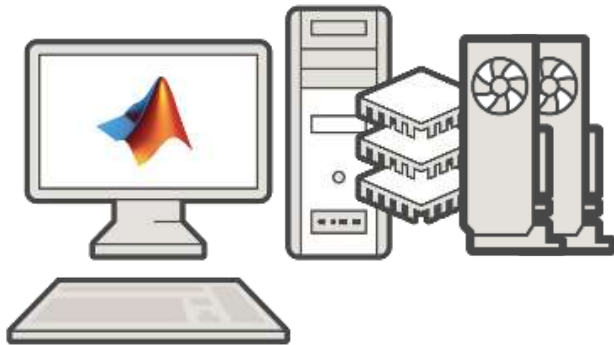


- まとめ

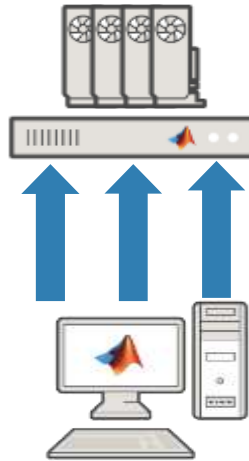
ディープラーニングの二つのアプローチ



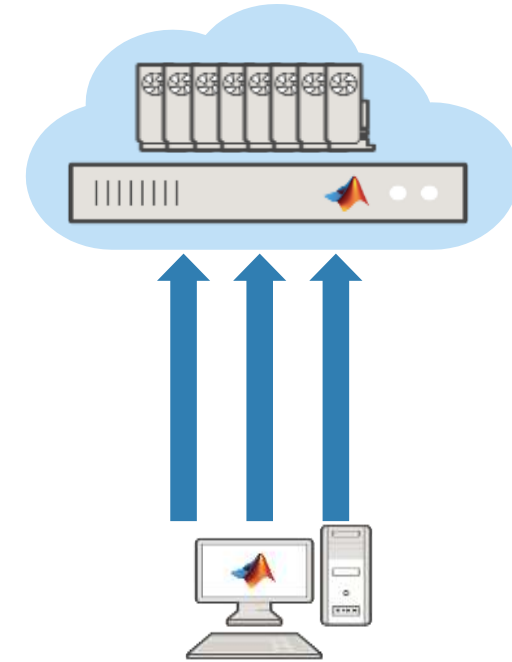
多様な学習環境・GPUによる高速化



Multiple GPUs



On-prem server with GPUs

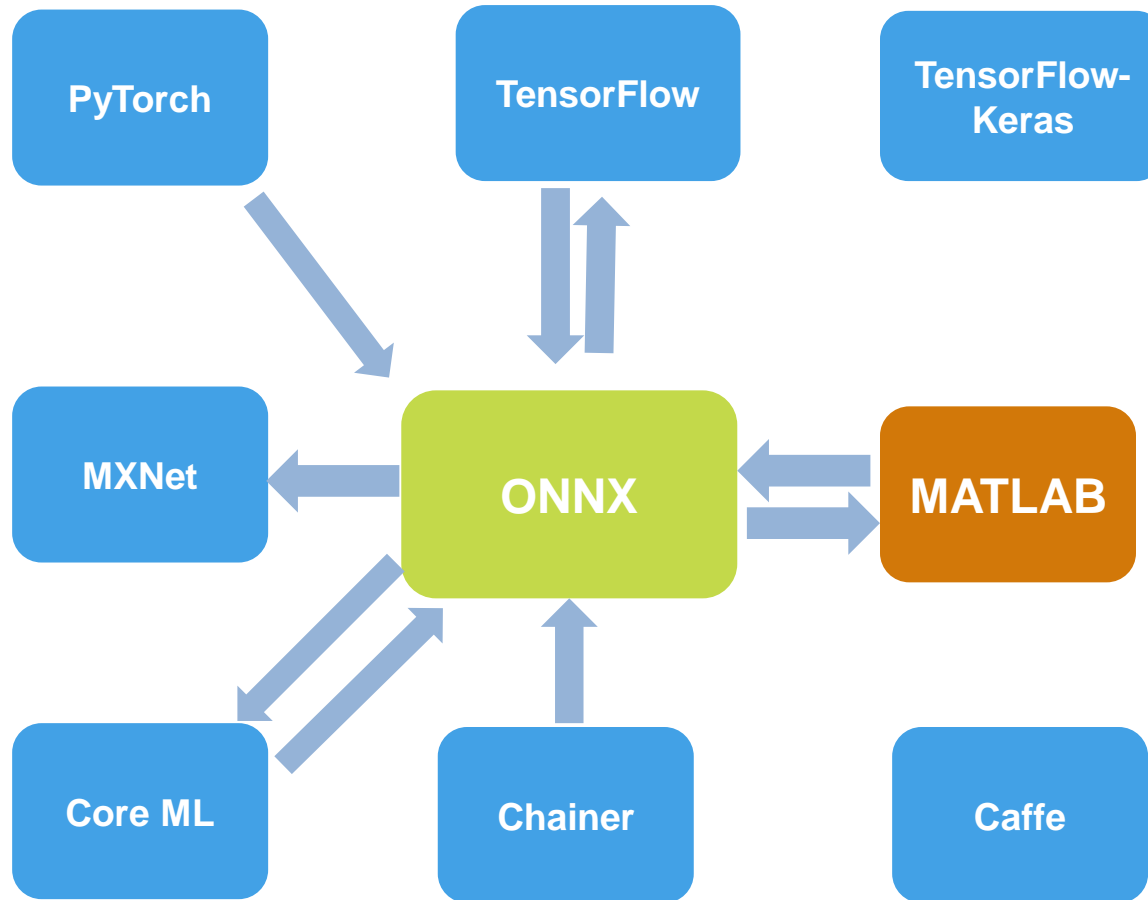


Cloud GPUs

```
opts = trainingOptions('sgdm', ...  
    'MaxEpochs', 100, ...  
    'MiniBatchSize', 250, ...  
    'InitialLearnRate', 0.00005, ...  
    'ExecutionEnvironment', 'auto' );
```

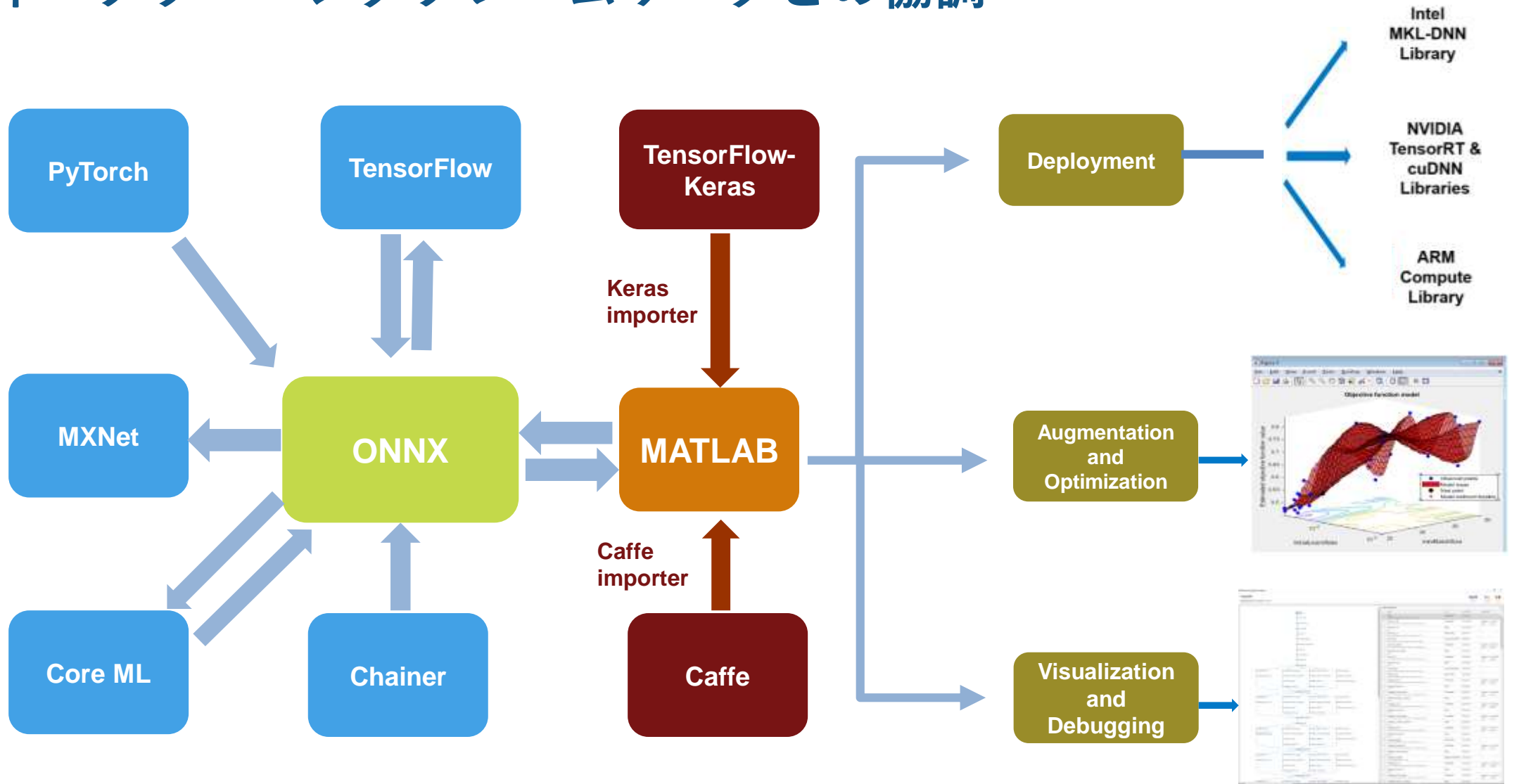
```
opts = trainingOptions('sgdm', ...  
    'MaxEpochs', 100, ...  
    'MiniBatchSize', 250, ...  
    'InitialLearnRate', 0.00005, ...  
    'ExecutionEnvironment', 'parallel' );
```

ディープラーニングフレームワークとの協調



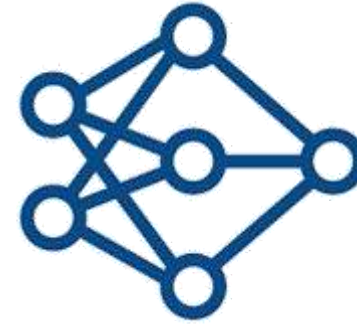
ONNX = Open Neural Network Exchange Format

ディープラーニングフレームワークとの協調

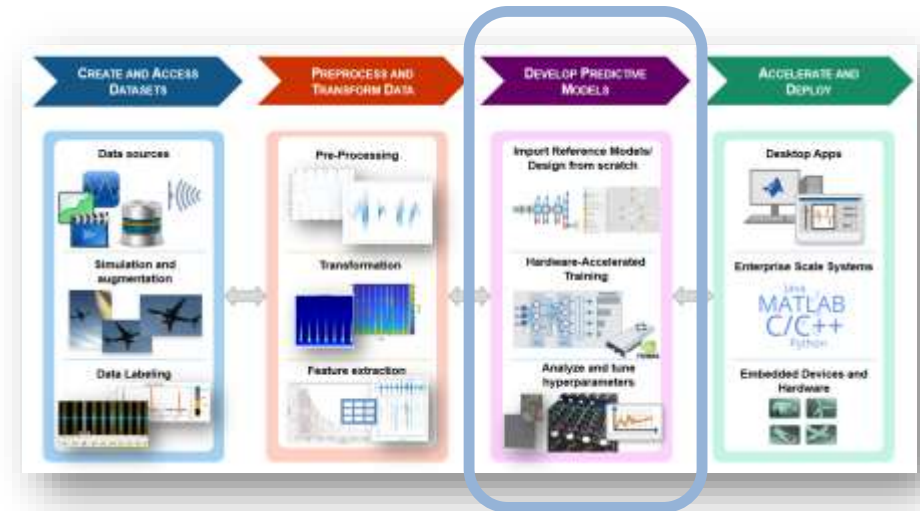


ONNX = Open Neural Network Exchange Format

Agenda

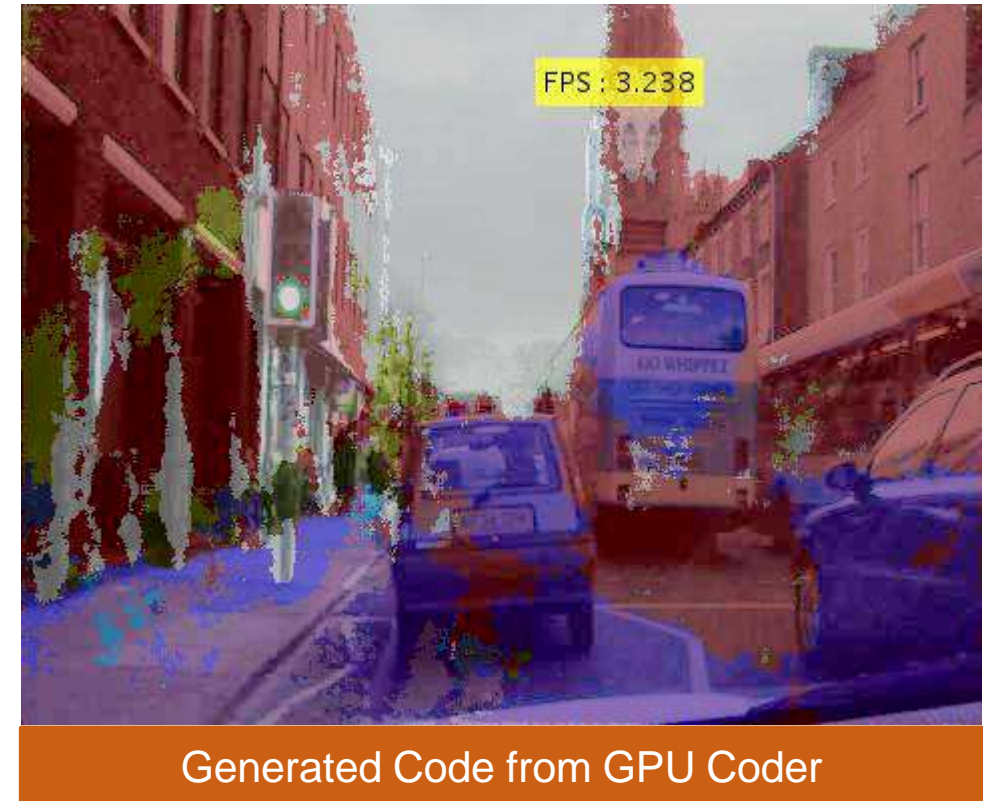


- ディープラーニング – 基本的な考え方
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発
 - データ
 - 処理・変換
 - モデル設計と最適化
 - 高速化、プロトタイピング、展開



- まとめ

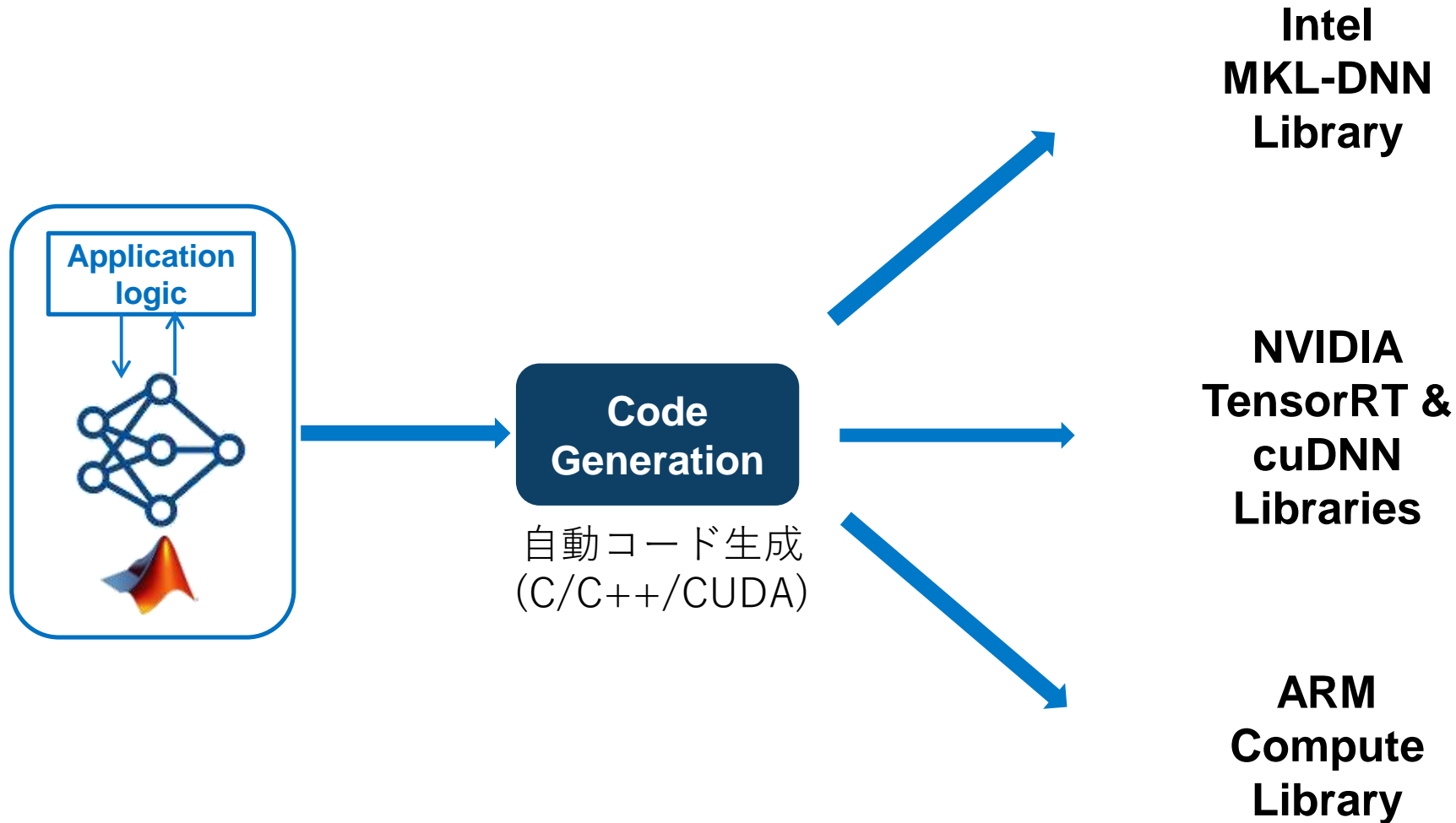
学習済みモデルのGPUへの展開により、 推論のリアルタイム性を劇的に向上



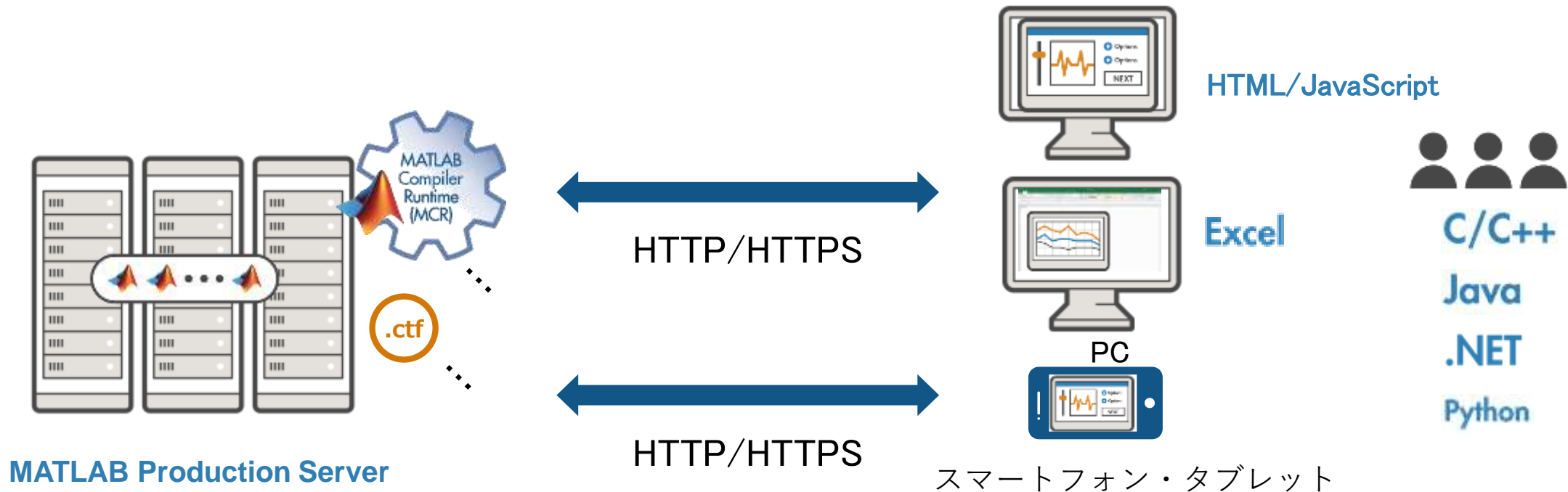
A.I.のシステム展開



ディープラーニングモデル推論部のデプロイ

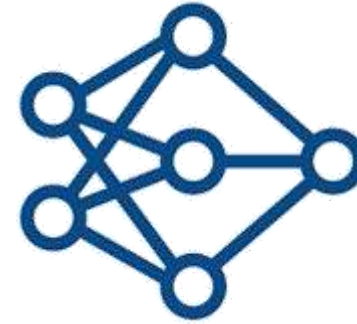


エンタープライズへの展開



- MATLAB解析をWebアプリケーション(HTTP/HTTPS)へ展開
- 様々なプログラム言語、RESTful APIとのインタフェースをサポート
- クライアント側のMATLAB Runtimeのインストール不要。サーバー側で一元管理
- **MATLAB解析をすぐにデプロイ可能**
- アプリケーション毎に利用するMATLAB Runtimeのバージョンを設定可能
- **同時アクセスの処理／複数のワーカーを利用した低遅延での処理**

Agenda



- ディープラーニング – 基本的な考え方
- 信号や時系列データのためのディープラーニングモデル開発
 - データ
 - 処理・変換
 - モデル設計と最適化
 - 高速化、プロトタイピング、展開



■ まとめ

ディープラーニングワークフロー

信号、時系列データへの適用時の課題



Speech and Audio

- MFCC
- GTCC
- MDCT
- Pitch, harmonicity
- Spectral shape descriptors

Navigation and Sensor Fusion

- Orientation
- Height
- Position
- Multi-object tracking

from

- Acceleration, angular velocity
- Magnetic field
- GPS reading

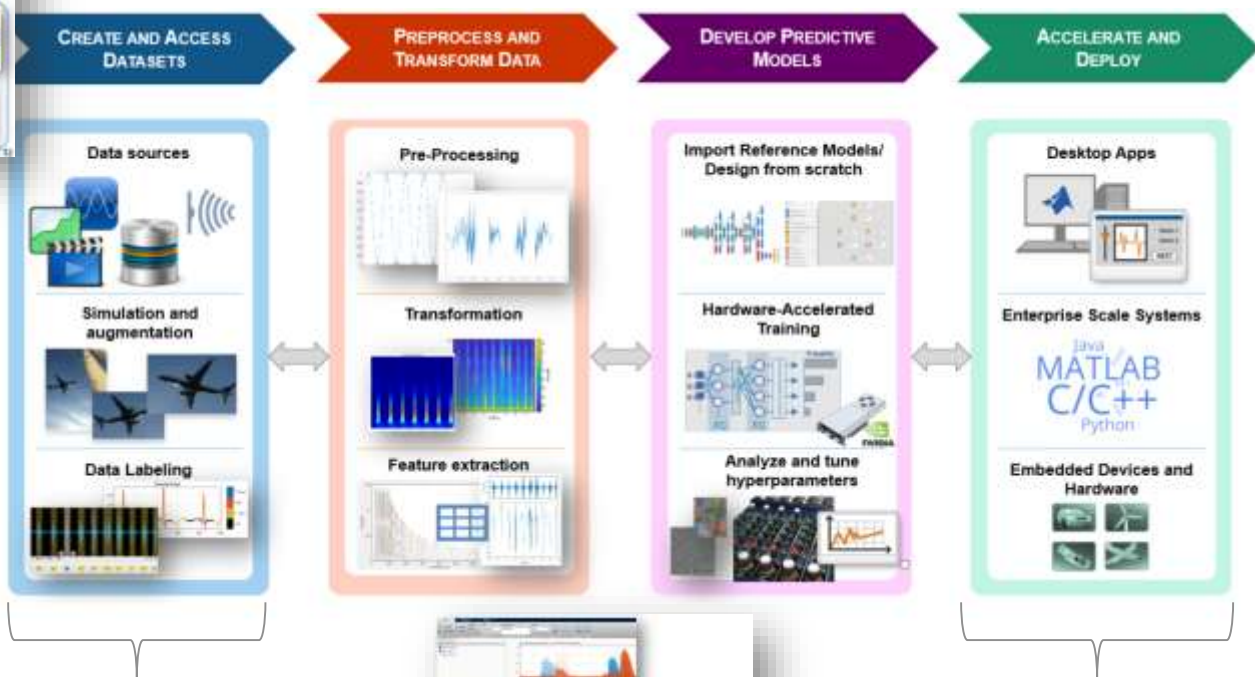
Text Analytics

- Train Word Embeddings
- Word2Vec
- Topic Modeling

Radar

- Micro-Doppler analysis
- Range-Doppler processing
- Synthetic aperture imaging
- Spectral analysis
- Waveform ambiguity

ドメイン特有の知見、限られた情報



限られたデータ量、ラベリング作業の手間

多様なプラットフォームへのシステム展開



- Intel MKL-ONN Library
- NVIDIA TensorRT & cuDNN Libraries
- ARM Compute Library