

# IoTデータを活用したAIによる 異常検知手法の研究紹介

名古屋市工業研究所  
システム技術部 計測技術研究室  
間瀬 剛

# 研究背景・目的

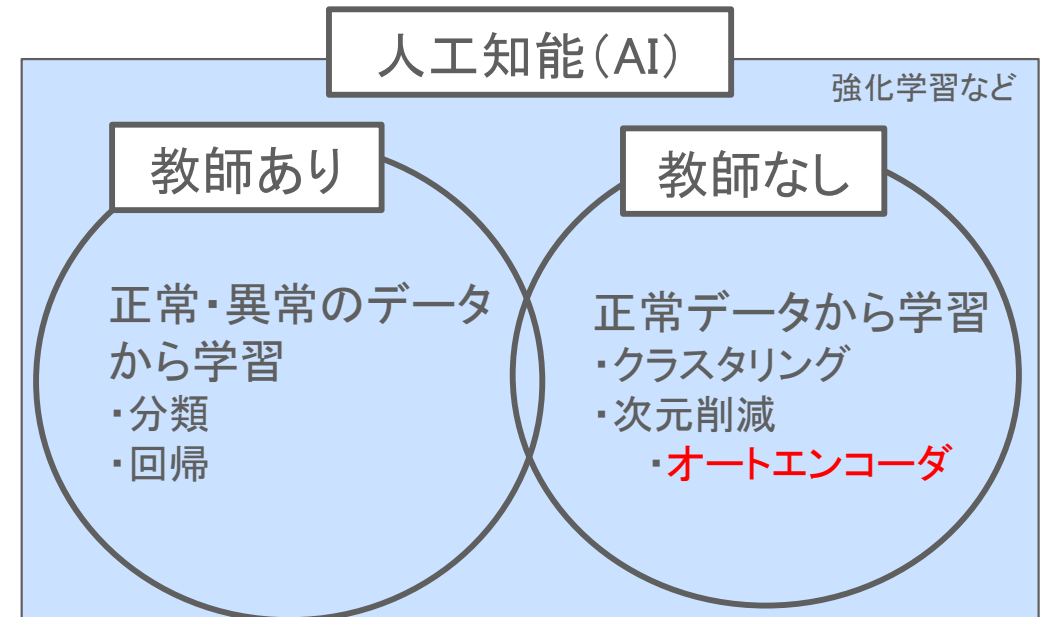
- IoTの普及が拡大し、多くのセンサデータを収集できる環境が整ってきている
- 取得したデータは「見える化」などを活用し、企業の生産性向上に寄与している
- さらなるデータ活用として、AIを用いたいというニーズがある
  - 画像診断
  - 異常検知
  - 予防保全など

## IoTの成熟度

- ① モニタリング・可視化
  - ◆ デバイスの接続、データの可視化
- ② 制御
  - ◆ 通知、遠隔操作
- ③ 自動化
  - ◆ 機械学習、予測分析、予防保全
- ④ 最適化
  - ◆ 人工知能、状況や条件に応じた最適な振る舞いを実現
- ⑤ 自律性
  - ◆ オートパイロット、自律分散、システム間協調

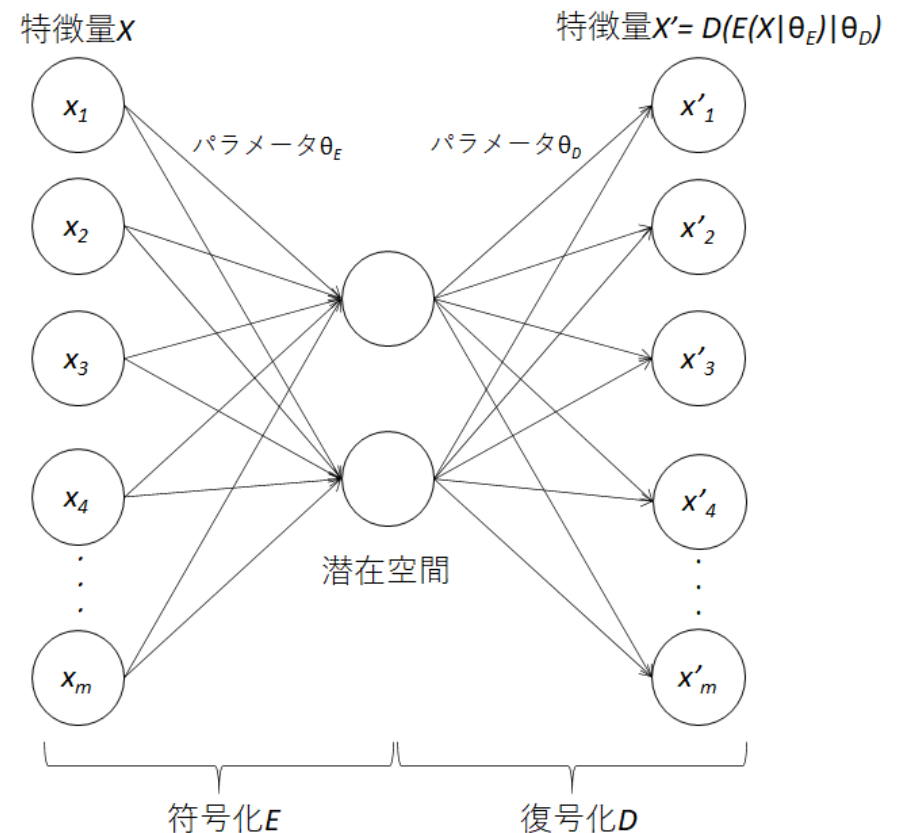
# AI(人工知能)について

- AIには大きく分けて、教師あり学習と教師なし学習がある
  - 教師あり学習: 正解・不正解(正常・異常)等のラベル付きデータから学習する
  - 教師なし学習: データにラベルがなく、学習によって特徴等を見つける
- 産業機器への応用を考えた際には、教師なし学習が適している場合がある
  - そもそもほとんど壊れないので異常状態のデータを持っていなかったり、データがあってもごくわずかしかない
  - 機器の壊れ方は様々なパターンが考えられ、すべての異常状態に対してデータを取得するのが難しい



# オートエンコーダについて

- オートエンコーダは教師なし学習の一種で、異常検知に有効な手法の一種として期待されている
- オートエンコーダ (Autoencoder)
  - 入力データを潜在空間に圧縮する符号化と、潜在空間から復元する復号化から構成される
  - 正常データを再構成するように学習したオートエンコーダは、異常データをうまく再構成できないため再構成誤差が大きくなる



# MNISTによるサンプル実装

- MNISTは機械学習のサンプルとして広く用いられている手書き文字のデータ

## <学習プロセス>

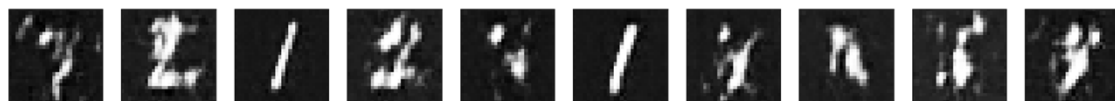
※学習時には正常データだけでよい

- オートエンコーダに正常データとして「1」を入力して学習
- 学習したモデルに「1」とそれ以外の数字を入力して再構成データを取得
- 元データと再構成データの平均二乗誤差を取得し、ROC曲線から閾値を設定して評価

Threshold = 0.050564  
True Positive Rate = 0.989735  
False Positive Rate = 0.012335



元データ



再構成データ

学習した「1」はほぼ同じ形に再構成しているが、それ以外は形が崩れている。

正常な「1」は再構成できるが、それ以外の異常は再構成できない → 異常が検出できる

		判定	
		正常	異常
正解	正常	1121	14
	異常	91	8774

# 研究概要

- 研究テーマ
  - オートエンコーダを用いて産業用機器の異常が検出可能かを評価
- 対象とした機器
  - 加工機や供給装置、検査機などの多くの駆動部として産業用機器に用いられるボールねじとリニアガイドからなる直動機構
- センサ
  - 音響センサ(マイク)および加速度センサ

# 直動機構の測定システム

駆動音および加速度センサでデータ取得可能なシステムを構築

EtherCATコントローラ  
ベッコフオートメーション TwinCAT3

データ解析

データレコーダ EZ7510  
エヌエフ回路設計ブロック  
最大1MHz サンプリング



トリガー信号

加速度信号

音響信号

サウンドレベルメータ  
Bruel&Kjaer 2250型



センサアンプ  
小野測器 PS-1300



デジタルI/O  
オムロン  
GX-MD1611



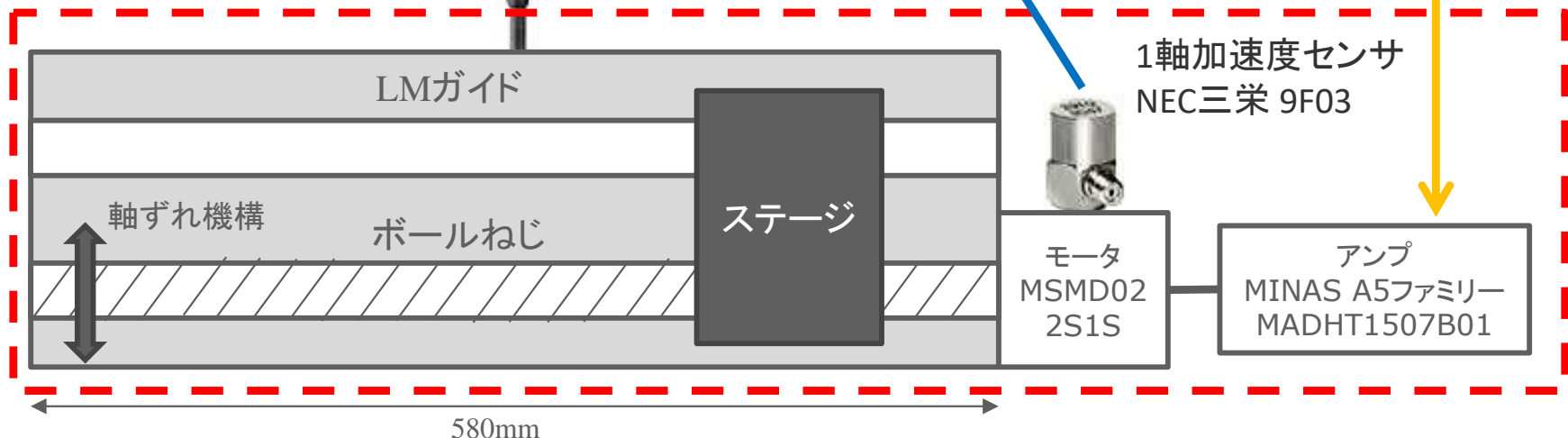
EtherCAT

1軸加速度センサ  
NEC三栄 9F03

モータ  
MSMD02  
2S1S

アンプ  
MINAS A5ファミリー  
MADHT1507B01

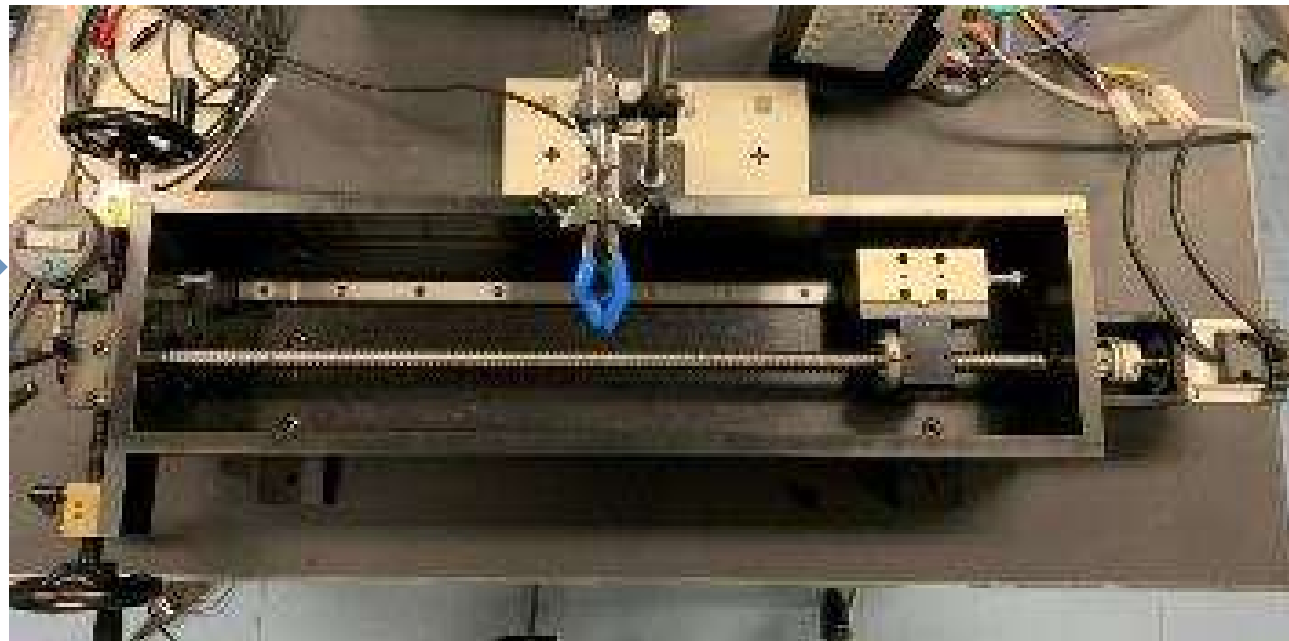
直動機構



# 異常データの取得

- オートエンコーダは正常データのみで学習できるので、通常の状態データを取得して学習できる
- 異常状態をきちんと検出できるのか？
- 異常状態(軸ずれ)を意図的に作り出して検出能力を評価

軸ずれ量は  
マイクロメータ  
で取得

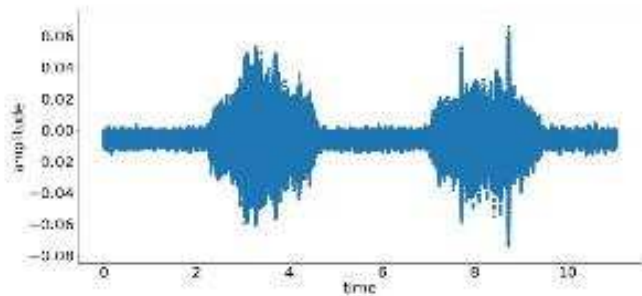


ハンドルを回してボールねじを押し込むことで  
軸ずれ状態にすることが可能



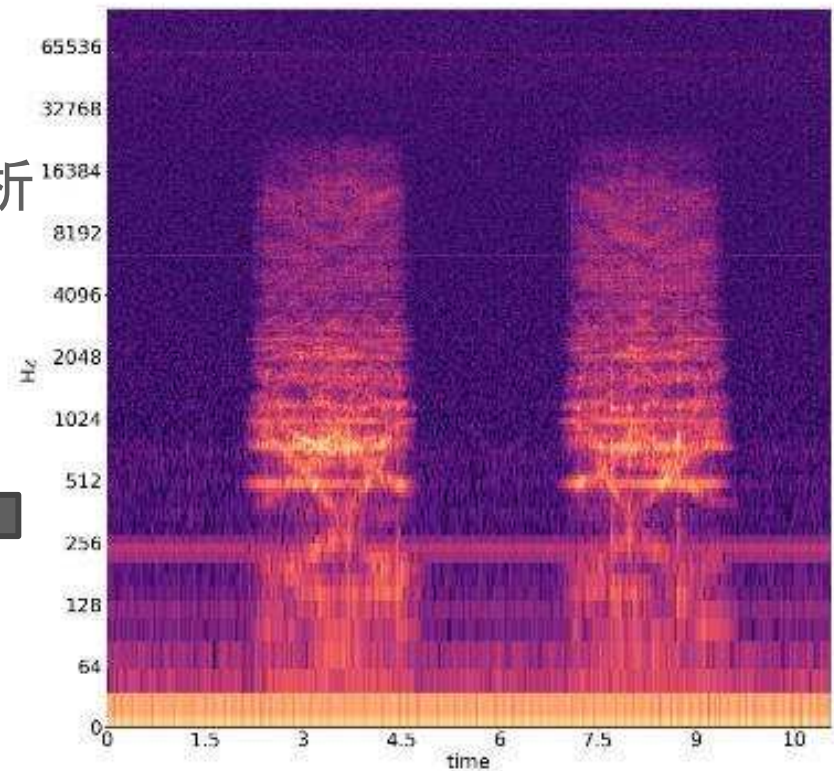
# データの解析、学習、評価システムの構築

駆動音・加速度の生データ

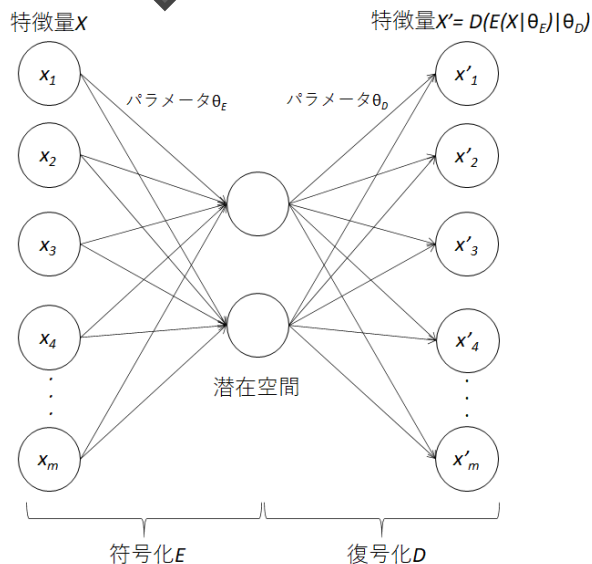


時間周波数解析

STFT  
Wavelet変換  
定Q変換  
メルペクトグラム

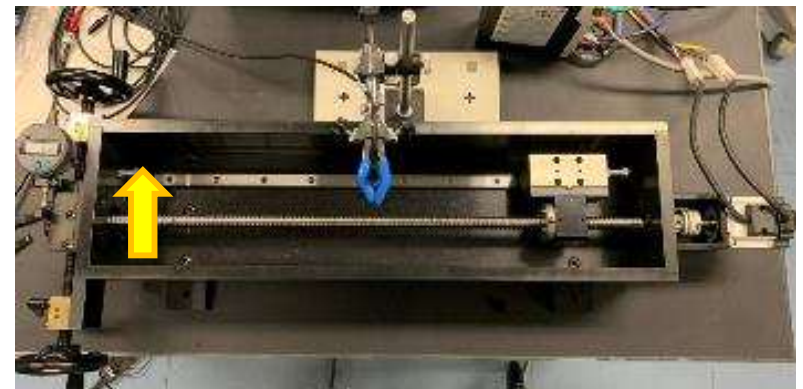


学習  
教師データ生成



オートエンコーダによる学習

モデル評価

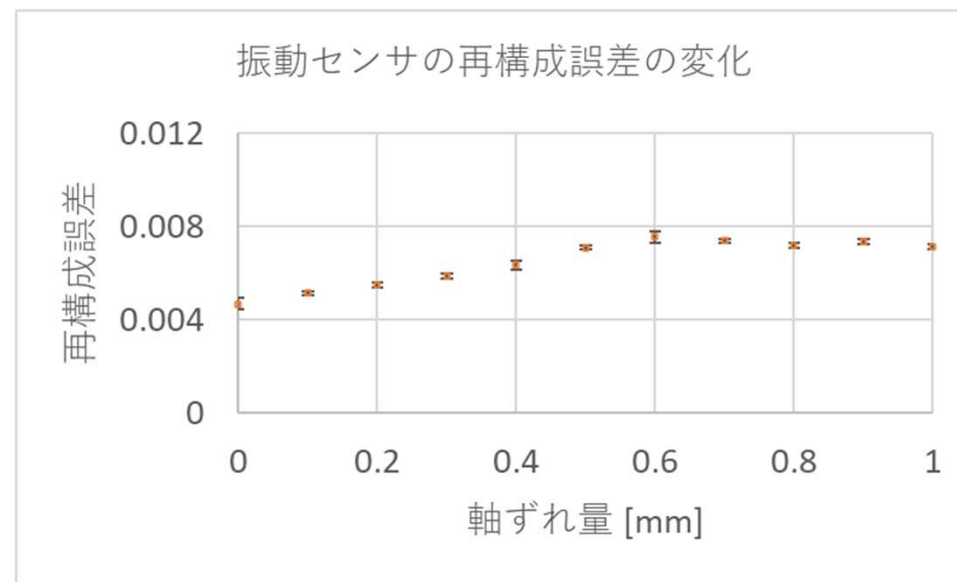
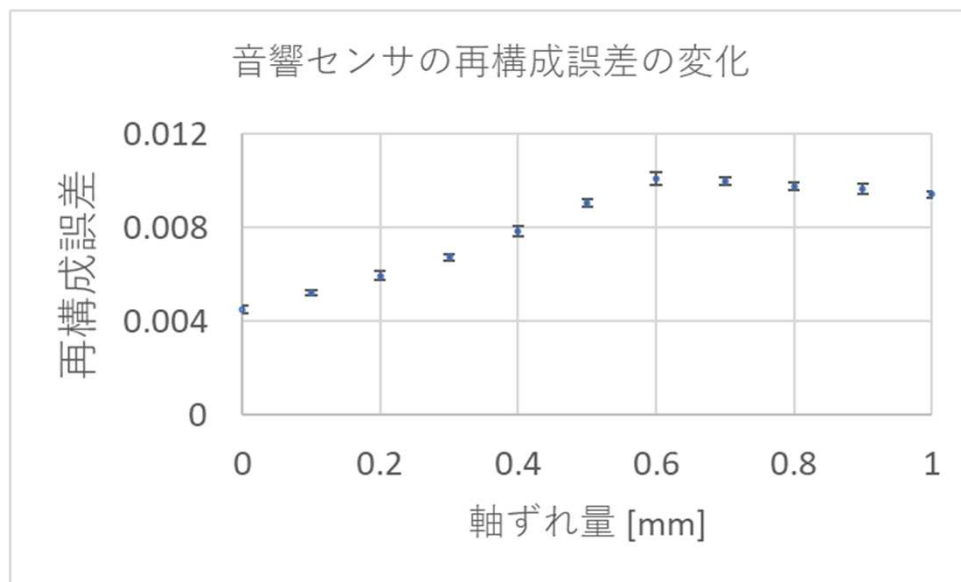
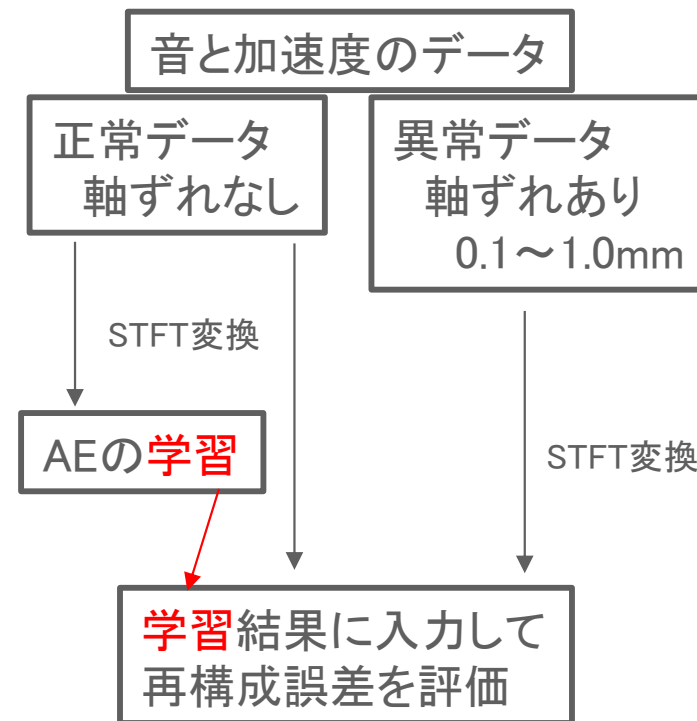


軸ズレ機構を利用したデータで評価

# データ取得と評価

- 軸ずれしていない状態(正常状態)で300往復分のデータを取得
- 0.1mm単位で最大1mmまで軸ずれさせ(異常状態)、それぞれ100往復分のデータを取得
- 正常状態のデータで学習し、学習に用いていない正常・異常状態のデータに対し、元データと再構成データの平均二乗誤差を再構成誤差として評価

データ取得と解析の流れ



軸ずれ量と再構成誤差

# まとめと今後の展望

- AIの一種のオートエンコーダを用いた産業用機器の異常検知システムを構築・評価した
- 軸ずれ可能なボールねじ・リニアガイドからなる直動機構を用いて音響センサと加速度センサによるデータ取得を実施した
- 音響センサと加速度センサがそれぞれ軸ずれ異常の検出能力を有していることが確認され、異常検知にオートエンコーダを用いた手法の有効性を示した
- AIの活用方法や解析方法に悩む中小企業への技術支援につなげられるよう、講演会やセミナー等を活用して普及活動に努めつつ、今後も研究を推進する