業務シナリオセッション B

AI装い現場改革

On-site reform accompanied by AI

IVIシンポジウム2020 -Spring-2020年3月13日

PoC型

一品一様設備の AI活用による劣化予兆監視



河田 健一 (ダイキン工業(株))



梅原 淳二(㈱日本ユニシス)



小林 弘明(㈱たけびし)



杉浦 俊昭 (㈱ニコン)

原田継介 (㈱ニコン)

天沼 光太郎 (アルティーブ(株))

谷山 勝俊 (シスコシステムズ(同))

原田 寿之 (㈱エヴァアビエーション)

斉藤 政宏 (㈱三井E&Sホールディングス)

呉 仕強 (華為技術日本㈱)

白井 呂尚 (横河電機ソリューションサービス(株))

蒋 海鷹 (華為技術日本㈱)

発表者:河田健一









テーマ設定の背景(困りごと)



モノづくり現場での最大の困りごとは突発故障によるさまざなロス発生

- ·生産中断
- ·原因分析、再発防止対策
- ・その結果・・・過剰な点検工数

検査機器追加などによりコスト増

予知保全を可能にしたい!

AIに期待!

困り事

故障停止時間が長い

故障原因の究明に時間がかかる

交換部品の在庫がなく、調達にも時間がかかる

エンジニアの手配時間がかかる

復旧に多大なコストが発生

緊急対応に多額の費用が発生する

再発防止対策に工数・コストがかかる

故障が前兆なく発生する

社内で解決できない

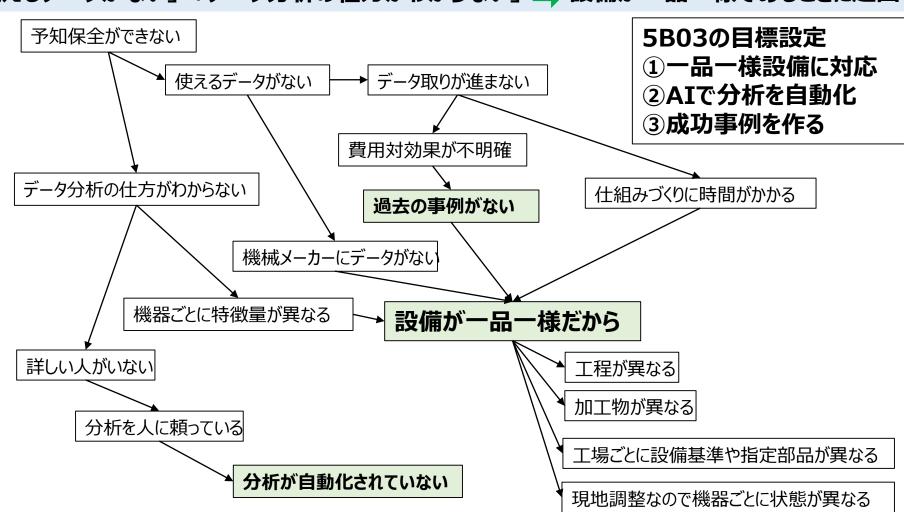
過去のトラブル事例が 資産化されていない





なぜ予知保全の実現が難しい?





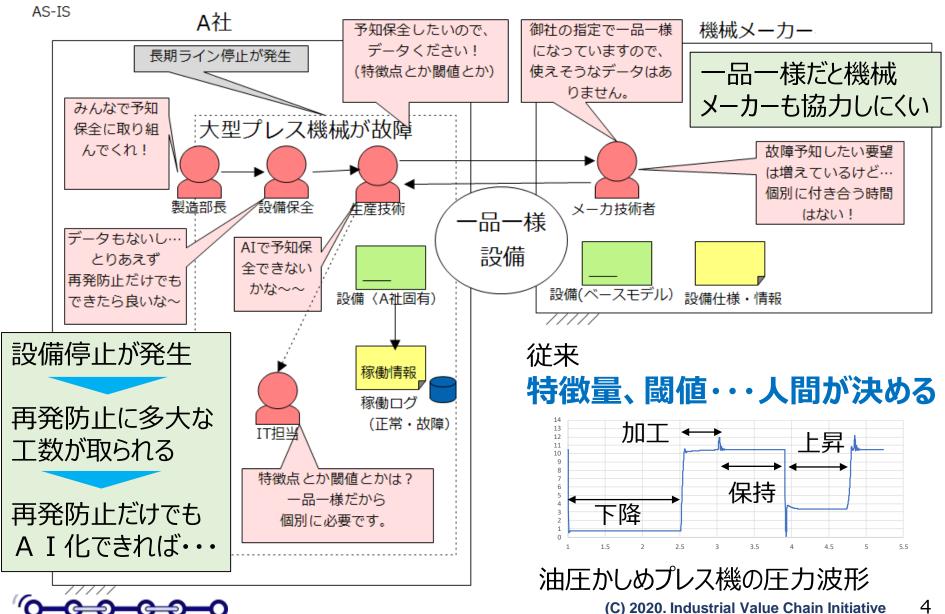
テーマ名を「一品一様設備のAΙ活用による劣化予兆監視」に決定!!





A 社の「とある生産ライン」の現状 (AS-IS) **| **







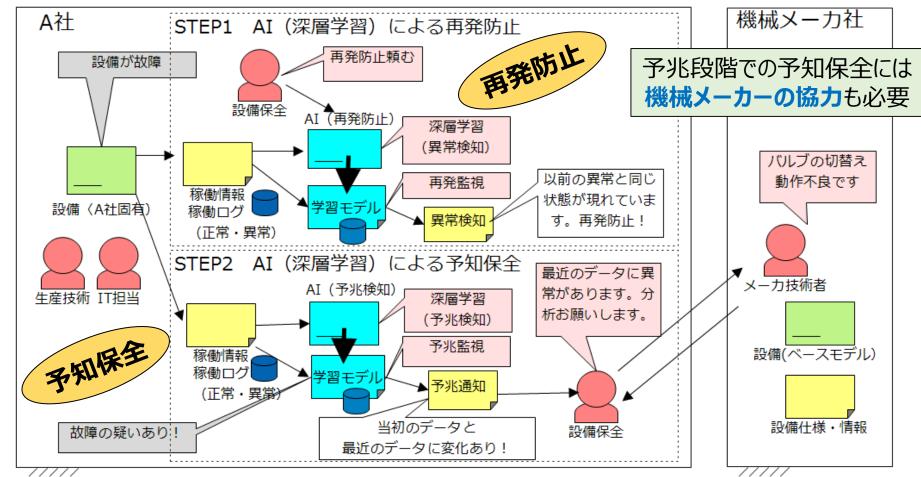
A 社のあるべき姿(TO-BE)



一品一様の設備に対し、**ソリューション**は「一品一様ではない」ことが重要

特徴量、閾値など不要:現場でレベルで扱える AI故障予知を目指す

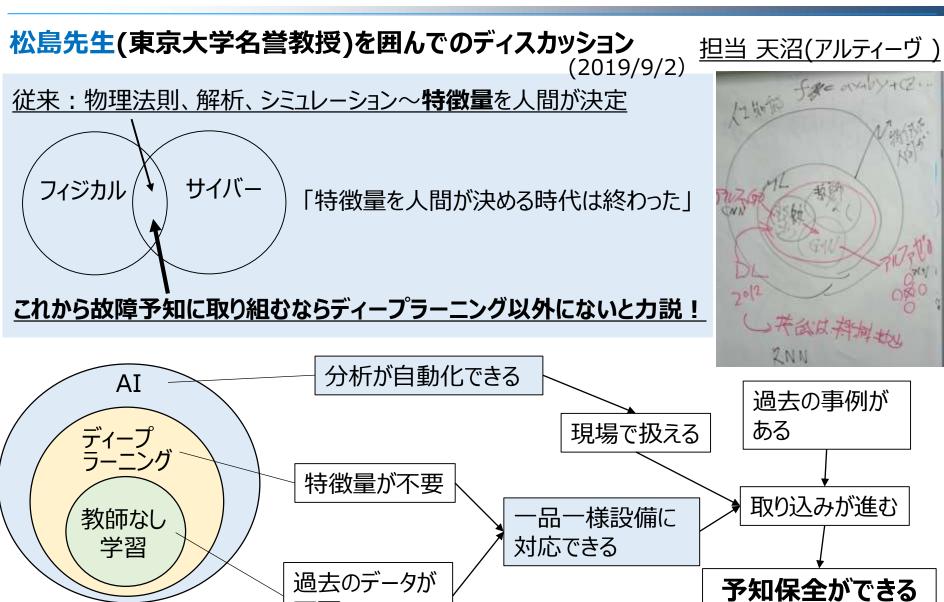
TO-BE





有識者からのアドバイス(俯瞰技術研究所訪問)





不要

(C) 2020. Industrial Value Chain Initiative



システム構成



簡易プレス装置

ダイキン工業(株) 油機事業部

性能劣化要素

- ・シリンダー
- ・バルブ
- ・オイルクーラ
- ・ポンプ

変動要素

- •気温
- ·加丁対象

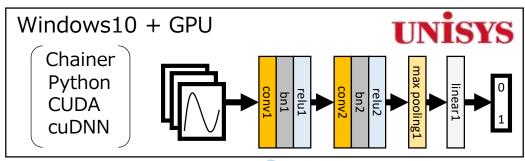




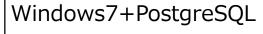
ポンプ



ディープラーニング実行環境



データサーバ



日時

ModbusRTU

RS485

圧力[4290] ※

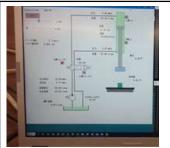
流量[4290] ※

※:1ショットデータを配列型で保存



イーサネット relaySQL(たけびし)

シミュレータで劣化状態を模擬

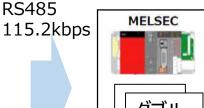


1msec サンプリング 1ショット 4.2秒

4290 ポイント x2 ワード (圧力、流量)

ダブル バッファ

PLC



ダブル バッファ イーサネット **MCProtocol**

IoTゲートウェイ







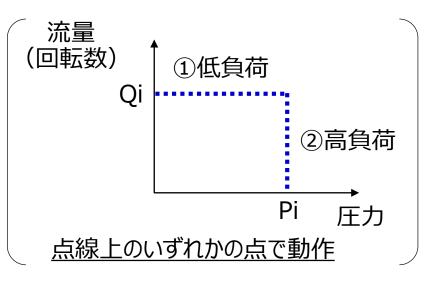
実証実験のしくみ(ポンプコントローラの動作)



圧力指令 Pi、流量指令 Qi を与える

①低負荷: Pi以下では設定流量で動作

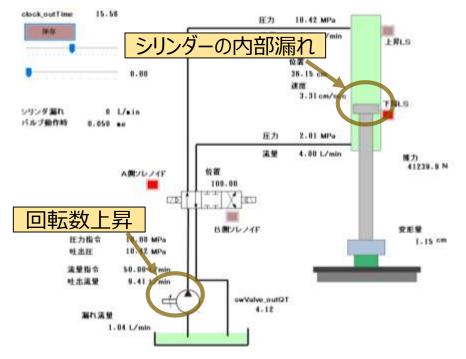
②高負荷:流量(回転数)を下げ Piを維持

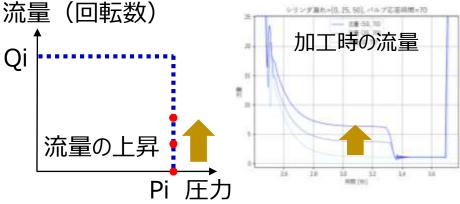


油圧回路内の負荷が変わるとポンプ出口の 圧力、流量に変化が現れる (人の心電図・脈拍と同じ)



シリンダー内部漏れ増大時の加工時の流量変化





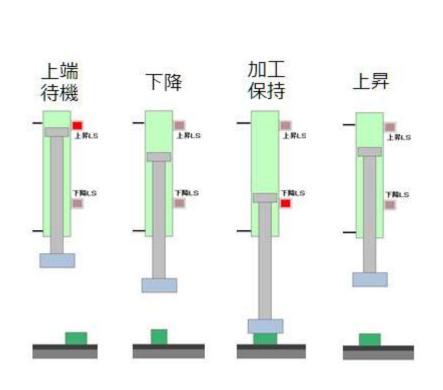


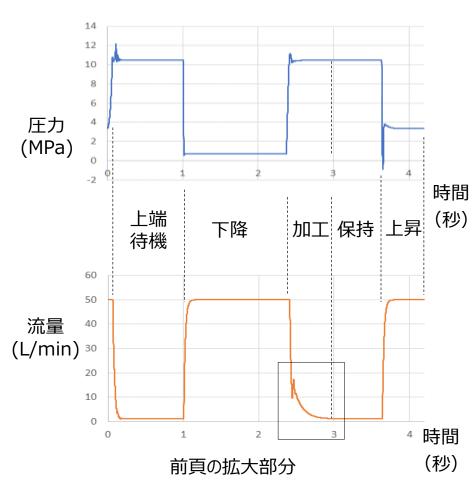
実証実験のしくみ(ポンプコントローラの動作)



加工サイクル一連の動作

圧力流量の変化









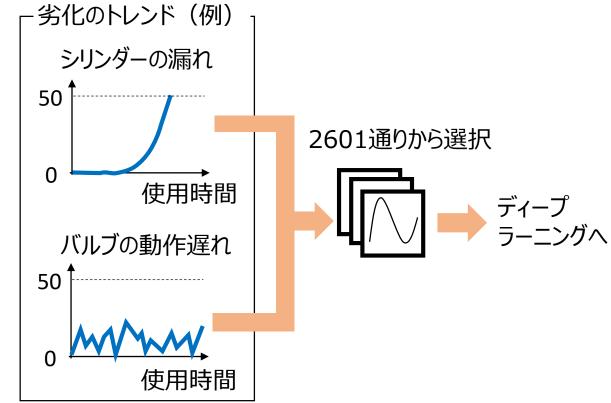
実証実験に使用したデータ



- 1シリンダーのシールの内部漏れ
- ②バルブ開閉の動作時間の遅れ それぞれの変化を50レベル(51点)設定 すべての組み合わせ(51×51=2601通り)の波形をシミュレータで事前に生成

バルブの動作遅れ(ms) 50 2601通り 1ms おき 51点 0.00.5 0.01 おき 51 点 シリンダーの漏れ(L/min/MPa)

実際の運用時を想定したデータ生成







想定するユースケース



ワーキングの目的のひとつは、メンバー全員のディープラーニングの知識向上

より多くの手法を学びたい・・・ 実証試験は以下の2ステップ

- ①「教師あり学習」による波形の正常・異常の分類
- ②「教師なし学習」による正常波形からの変化の検知

ユースケース① 【再発防止実証】

初期状態から1回目の故障発生までのデータを用い 異常な波形が観測されたときに警告を発する。

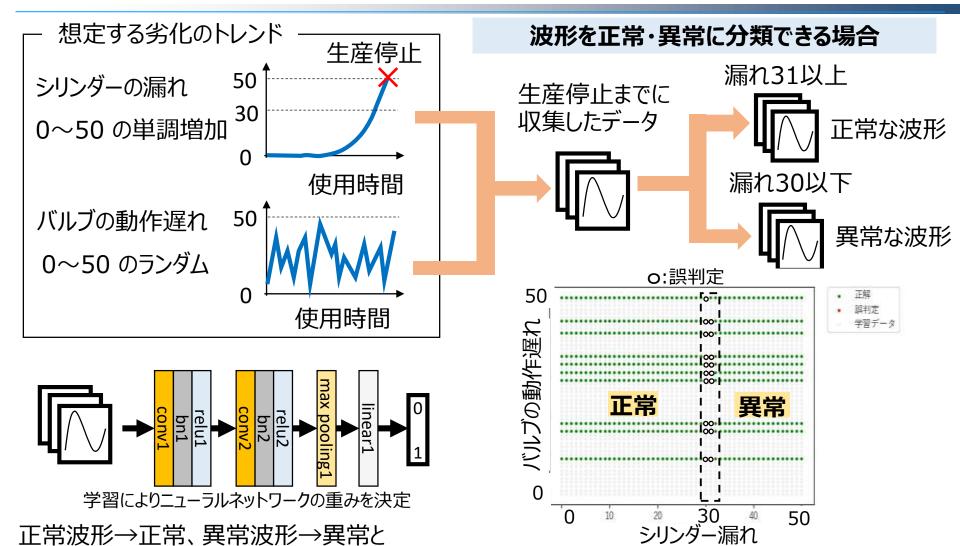
ユースケース② 【予兆検知実証】

初期状態から観測を開始し変化の大きい波形が観測されたときに警告を発する。



ユースケース① 再発防止 (教師あり)





境目の30前後以外は正しく分類できた (隠れ層を増やすことで正解率100% にできた)



(全データの80%で学習、20%でテスト)

答えを出すように学習



ユースケース① 再発防止

(教師あり)

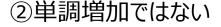


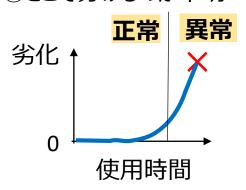
CNN を用いて波形の分類が可能であることは実証できたが、実際の運用には使えない!

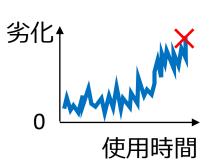
取得したデータはブラックボックス 正常・異常に分けることができない

- ①どこからが異常データかが不明
- ②劣化は単調増加でない場合の方が多い

①どこで分けるのか不明



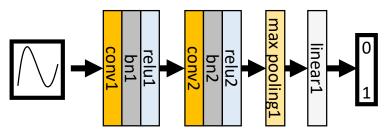




劣化検知は「教師なし」であることが必要

(参考)

畳み込みネットワーク(CNN)の構成



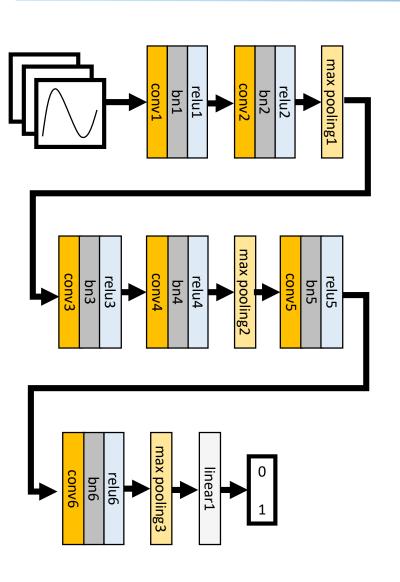
bn:バッチ正規化

関数	入力	出力	ksize	stride	padding
conv1	2 x 4290	16 x 4286	5	1	0
bn1	16 x 4286	16 x 4286		-	
relu1	16 x 4286	16 x 4286		-	
conv2	16 x 4286	32 x 4282	5	1	0
bn2	32 x 4282	32 x 4282		-	
relu2	32 x 4282	32 x 4282		-	
max pooling1	32 x 4282	32 x 2141	2	2	0
linear1	68512	2		_	



(参考)隠れ層を増やしたCNN構成





mm slot					
関数	入力	出力	ksize	stride	padding
conv1	2 x 4288	16 x 4288	3	1	1
bn1	16 x 4288	16 x 4288		-	
relu1	16 x 4288	16 x 4288	-		
conv2	16 x 4288	16 x 4288	3	1	1
bn2	16 x 4288	16 x 4288		-	
relu2	16 x 4288	16 x 4288		-	
max pooling1	16 x 4288	16 x 2144	2	2	0
conv3	16 x 2144	32 x 2144	3	1	1
bn3	32 x 2144	32 x 2144		-	
relu3	32 x 2144	32 x 2144		-	
conv4	32 x 2144	32 x 2144	3	1	1
bn4	32 x 2144	32 x 2144		=	
relu4	32 x 2144	32 x 2144		=	
max pooling2	32 x 2144	32 x 1072	2	2	0
conv5	32 x 1072	64 x 1072	3	1	1
bn5	64 x 1072	64 x 1072		-	
relu5	64 x 1072	64 x 1072		-	
conv6	64 x 1072	64 x 1072	3	1	1
bn6	64 x 1072	64 x 1072		-	
relu6	64 x 1072	64 x 1072		-	
max pooling3	64 x 1072	64 x 536	2	2	0
linear1	34304	2		-	



ユースケース② 劣化の予兆検知(教師なし) | 🗸

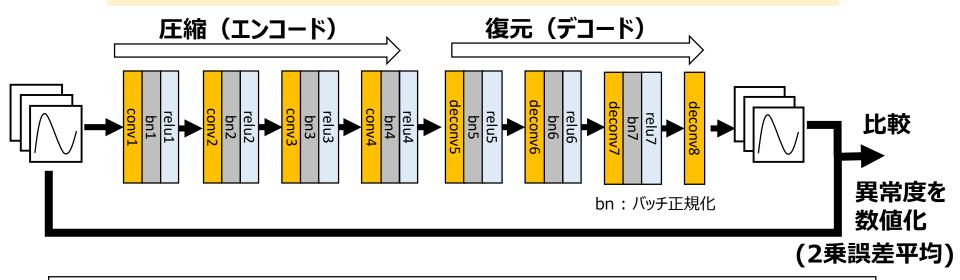


教師なし学習の代表的手法である「オートエンコーダ」の適用

オートエンコーダは、出力波形が入力波形に一致するようにNNを構築

学習した波形に**近い波形** → 同じ波形が復元される(**誤差が小さい**)

学習した波形と**異なる波形** → 波形が復元できない(**誤差が大きい**)



稼働開始から一定期間の波形を「正常な波形 として学習

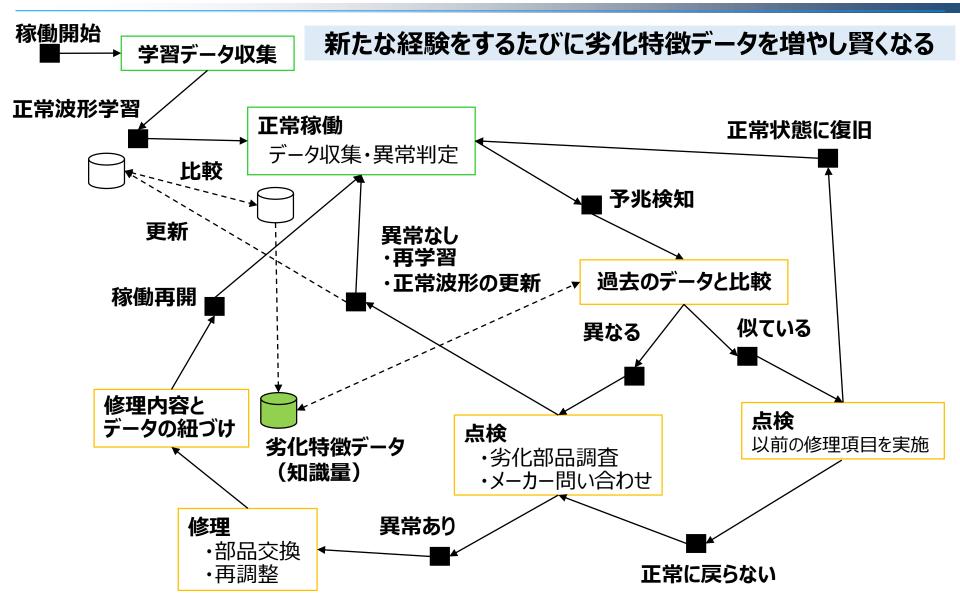
異常な波形が観測されると通知 → 異常(かも知れない)として点検を促す 確認し要修理であれば修理し、そのときの波形と修理内容を紐づけ





状態遷移チャート(目指す姿)







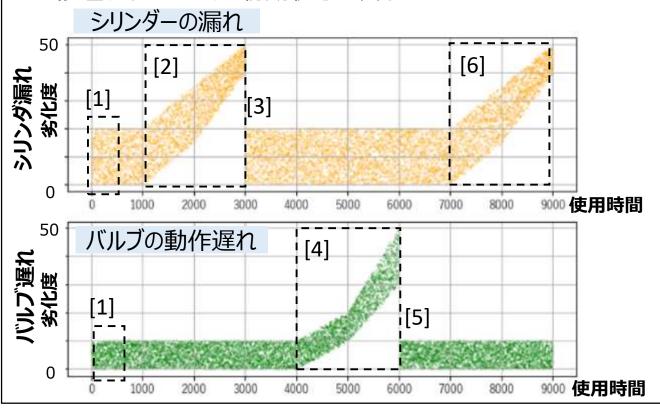


教師なし実証試験の目標設定



実証試験の劣化トレンド

- ・常にばらつきを持って動作、ある時期から片方が悪化する(複合した劣化はなし)
- ・修理することにより、初期状態に戻る



[1]:正常範囲として学習

[2]:シリンダーが劣化

[3]: シリンダーを修理

[4]:バルブが劣化

[5]: バルブを修理

[6]:シリンダーが劣化

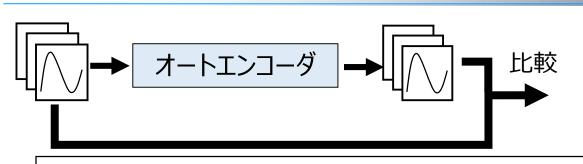
本ワーキングの目標設定

[2]: 劣化の予兆検知 → [4]: 劣化の予兆検知→ [6]: 劣化箇所の特定(シリンダー)



検出ロジック





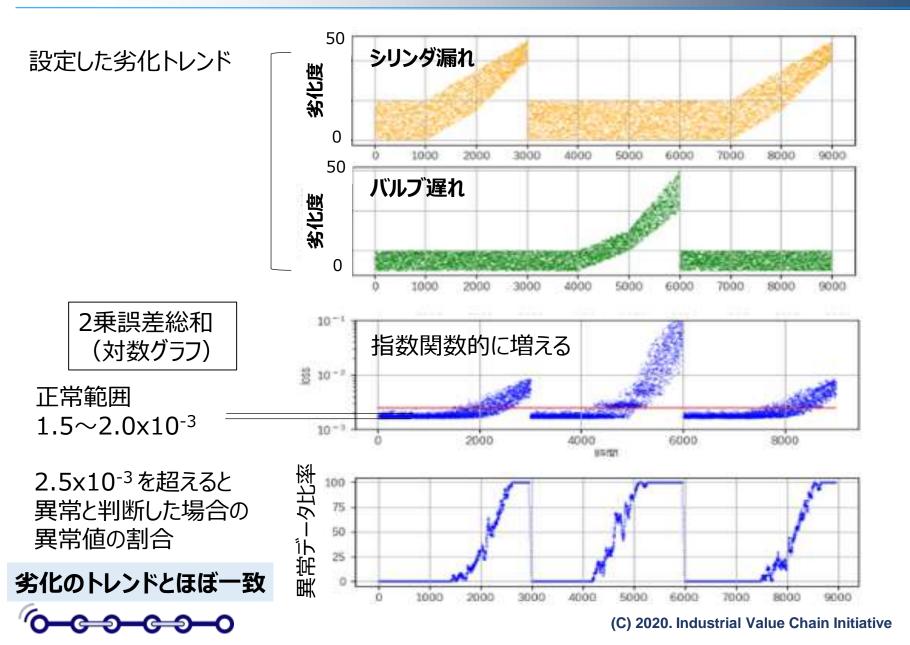
1ショット4200点(4.2秒)の 誤差2乗総和 (圧力誤差+流量誤差)

正常範囲の誤差例 2 乗誤差平均 流量誤差 圧力誤差 0.4 0.2 2×10^{-3} 0.2 压力算差 沈豐郑是 0.0 -0.2-0.2-0.4-0.4-0.6-0.63000 4000 2000 3000 1000 2000 1000 4000 シリンダー漏れ増大時の誤差例 2 乗誤差平均 圧力誤差 流量誤差 0.4 8×10^{-3} 0.2 年力加州 対抗機能 -0.2-0.4-0.4-0.6-0.62000 1000 2000 3000 4000



変化の予兆の見える化







異常パターンの見える化による故障個所特定



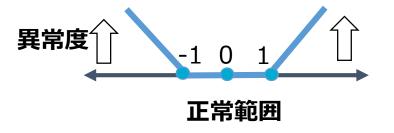
誤差パターンの見える化ロジック

サンプリングタイムごとに正常時の ばらつきにより発生する誤差の 標準偏差を基準

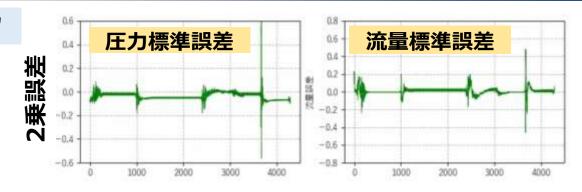


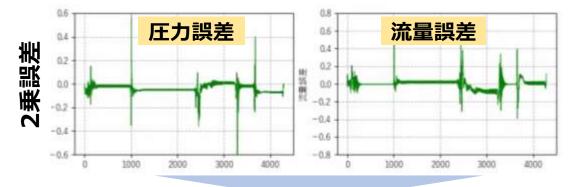
入力した波形に対し、標準誤差で 正規化

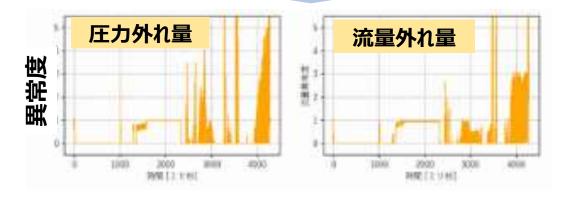
正常範囲(-1~1)を外れた 点の外れ量(絶対値)をプロット



誤差の異常値のみを強調





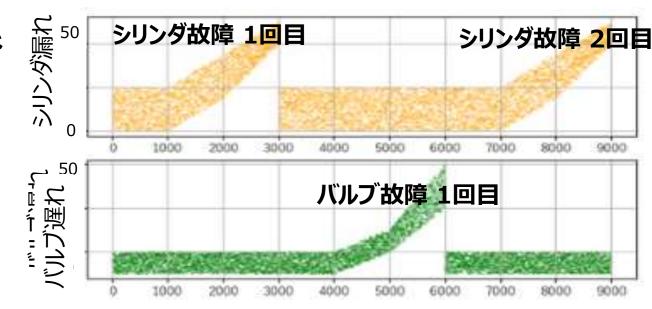


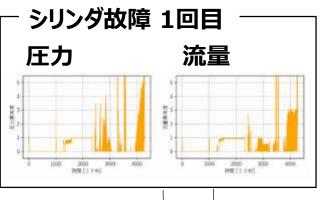


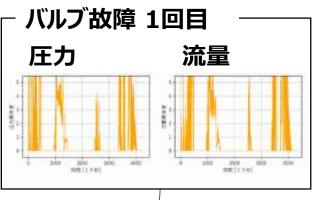
異常パターンの見える化による劣化個所特定 【】

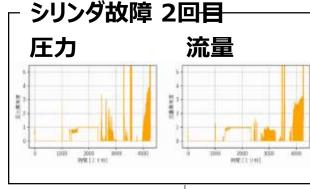












異なるパターン

同一パターン

原因が特定できる



(参考) オートエンコーダの構成



bn:バッチ正規化

関数	入力	出力	ksize	stride	padding	bn	relu
conv0	2x4288	16x4288	3	1	1	0	0
conv1	16x4288	32x2144	4	2	1	0	0
conv2	32x2144	32x2144	3	1	1	0	0
conv3	32x2144	64x1072	4	2	1	0	0
conv4	64x1072	64x1072	3	1	1	0	0
conv5	64x1072	128x 536	4	2	1	0	0
conv6	128x 536	128x 536	3	1	1	0	0
deconv6	128 x 536	128x 536	4	2	1	0	0
deconv5	128x 536	64x1072	3	1	1	0	0
deconv4	64 x1072	64x1072	4	2	1	0	0
deconv3	64x1072	32x2144	3	1	1	0	0
deconv2	32 x2144	32x2144	4	2	1	0	0
deconv1	32x2144	16x4288	3	1	1	0	0
deconv0	16 x4288	2x4288	3	1	1	-	-



成果と今後の課題



成果

- ①画像認識と比べ事例・情報の少ない波形分析への ディープラーニング適用について、「教師あり学習」、 「教師なし学習」ともに有効性が実証できた。
- ②AI の判断と人の目の判断を組み合わせた 実用的な劣化予兆検知システムが提案できた
- ③実際のモノづくり現場への適用を意識し、 小規模・低コストで導入できる業務シナリオを提案できた。

今後の課題

- ①複数の劣化が同時進行した場合における要因の特定
- ②現場で使いやすい「劣化の見える化」アプリの開発





活動のまとめ



武井宏将さん(日本ユニシス)を囲んでのディスカッション。今回の実証試験への多大なご協力に感謝します。

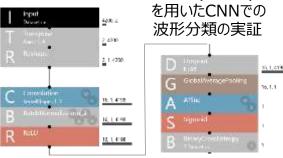
武井さん著「初めてのディープラーニング」





Chainer だけでなく Neural Network Console での実証や ASG-05「AI深層学習応用研究分科会」との連携などグループ メンバの知識向上にも重点を置いた。 担当:杉浦(ニコン)

Neural Network Console (SONY)



ワーキンググループ活動

- ①アドホックその1 ダイキン東京(7/2)
- ②AI勉強会 日本ユニシス (8/1)
- ③俯瞰技術研究所訪問 (9/2)
- **4 アドホックその 2** ニコン(11/7)
- **⑤システム連携打合せ** たけびし(12/2)
- ⑥システム連携実証 ダイキン大阪(12/26)
- プアドホックその3 日本ユニシス (1/19)



