

# AIを使って機械の異常時のセンサデータから異常を検知する計測器

静岡大学 発ベンチャー 株式会社AI技研 犬塚 博

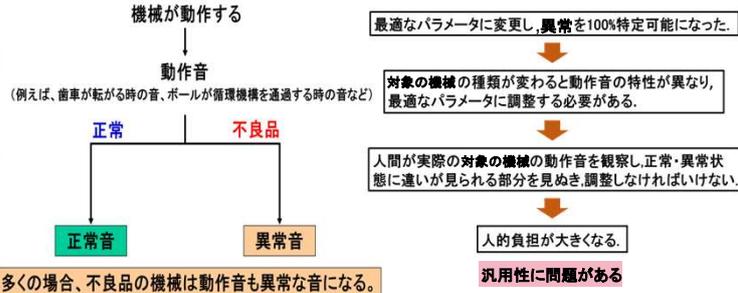
- ・動作音や加速度・画像等のセンサ情報から機械の調子や異常・故障をAIで判定
- ・計測段階や前処理(計測データ処理)にも力を入れて高い判別率(F値)を実現
- ・スマートファクトリやIndustrie4.0を見据えた将来のDX化された工場での計測の基盤技術

スマートファクトリやIndustrie4.0を見据えた将来のDX化された工場や物作りの現場では人手によって行われている部分が最大の問題となります。人間が行う作業は信頼性が十分ではないし客観的な計測データも取得できないからです。そこで、工場の機械や製品に大量のセンサを配置してデータを取得することが必要となりますが、そのままではビッグデータとなるので人間の解析では間に合いません。その為、AI(人工知能)の導入が必須となります。そこで、我々は多数のセンサデータを使ってAIによる知的判断や異常判定を行って来ました。現状でも多くの例で90~100%の精度が得られているので、人間からの置き換えが十分可能です。



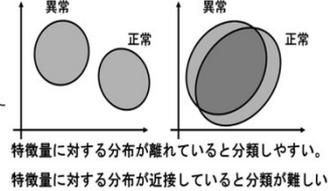
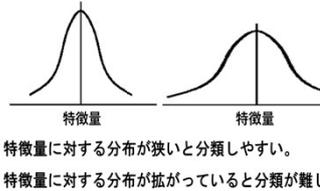
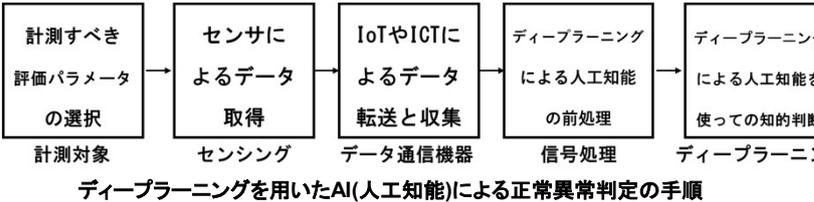
現状では、ベテラン職人の感覚による判断(官能評価)で良否判定が行なわれています。

官能検査による良否判定



動作音に含まれる正常音と異常音

既存の人間による良否判定法



ディープラーニングを用いたAI(人工知能)による正常異常判定の手順

人工知能による判別や分類のし易さ

## センサデータの無線による集約と雑音対策

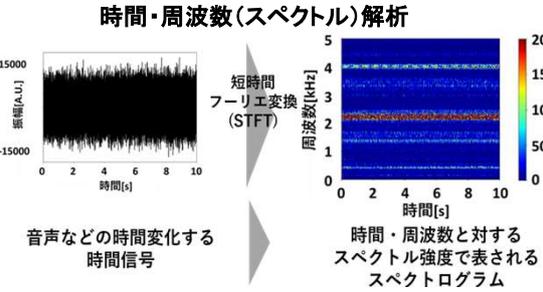
センサで取得された計測データは、一台のパソコンに集約して、そのパソコンで人工知能又はルールベースでの判定がなされます。そこで、工場の各所に配置された多数のセンサからのデータをIoTやICT技術でインターネットを介して収集します。しかし、工場内は電磁環境・振動・温湿度・水濡れ・煤塵等の環境が劣悪である場合も多いので有線での通信は難しい場合が多く雑音対策の為に無線を使ってデータ転送する必要があります。



## センサデータを無線で伝送する装置

- 教師あり学習: 学習に正常な場合と異常な場合のデータが必要、CNN等が代表的
- 教師なし学習: 正常な場合のデータのみでも学習可能、AE・t-SNE・UMAP等が代表的

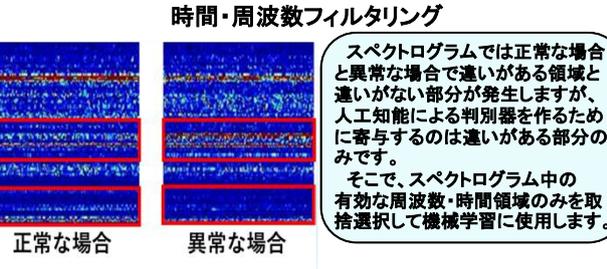
## 人工知能の前処理



## 前処理の最適化

STFTのパラメータの最適化

各種条件	正解率	再現率	適合率	F値
窓のデータ数: 16	0.748	0.715	0.631	0.682
窓のデータ数: 32	0.945	0.834	0.850	0.892
窓のデータ数: 64	0.920	0.884	0.840	0.829
窓のデータ数: 128	0.962	0.944	0.940	0.949
窓のデータ数: 256	0.984	0.970	0.966	0.967
窓のデータ数: 512	0.992	0.985	0.984	0.984
窓のデータ数: 1024	0.988	0.977	0.975	0.976
窓のデータ数: 2048	0.933	0.950	0.856	0.862
窓のデータ数: 4096	0.927	0.891	0.854	0.843
窓のデータ数: 8192	0.927	0.879	0.854	0.849
窓のデータ数: 16384	0.955	0.915	0.910	0.910
窓のデータ数: 32768	0.902	0.820	0.804	0.799
窓のデータ数: 512	0.986	0.974	0.971	0.971
窓のデータ数: 512	0.927	0.879	0.854	0.849
窓のデータ数: 16384	0.955	0.915	0.910	0.910
スケール補正係数表示	0.974	0.955	0.946	0.946
スケール補正係数表示	0.993	0.987	0.985	0.985
スケール補正係数表示	0.993	0.987	0.985	0.985
ウェーブレット変換	0.915	0.975	0.954	0.947
σ=30	0.987	0.976	0.974	0.973
σ=45	0.987	0.975	0.974	0.973
σ=60	0.985	0.972	0.969	0.969



すべてのデータに対して予測が正解した割合

$$\text{正解率} = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN}$$

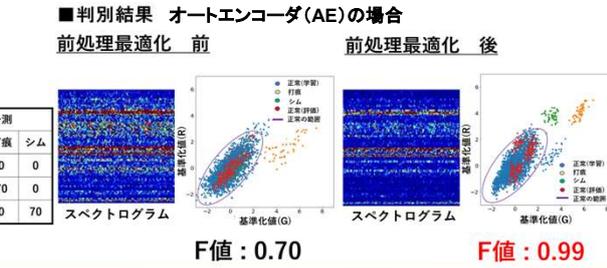
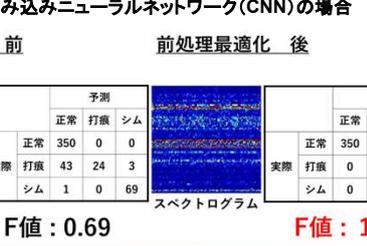
実際に正常であるデータのうち正常と予測されたデータの割合

$$\text{再現率} = \frac{TP}{TP+FN}$$

正常と予測したデータのうち実際に正常であるものの割合

$$\text{適合率} = \frac{TP}{TP+FP}$$

適合率と再現率の調和平均

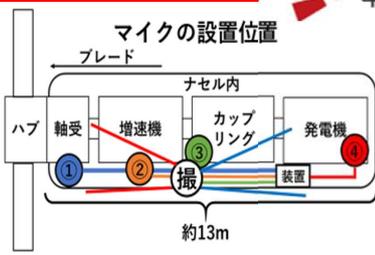
$$F \text{ 値} = \frac{2 \times \text{適合率} \times \text{再現率}}{\text{適合率} + \text{再現率}}$$


keyword: 正常異常判定、異常検知、傷検知、動作音、異音、振動、前処理、スマートファクトリ、人工知能

風力発電所や水力発電所の異常検知にも応用



風力発電所の風車



風車ナセル内部のマイク位置

中部電力 音取得装置



異常や故障の連続自動監視システム

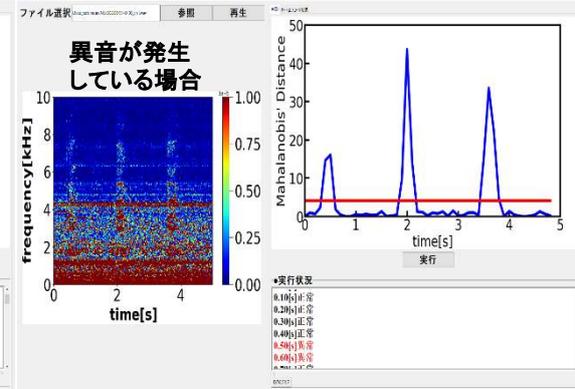
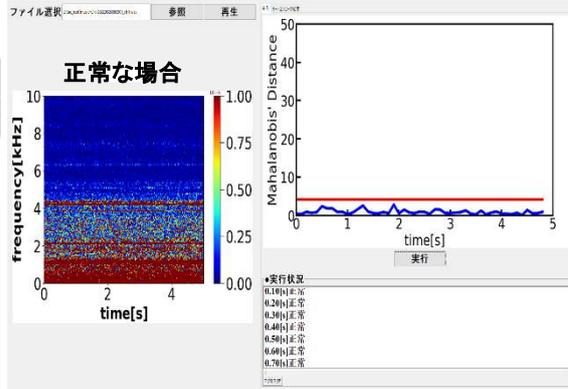
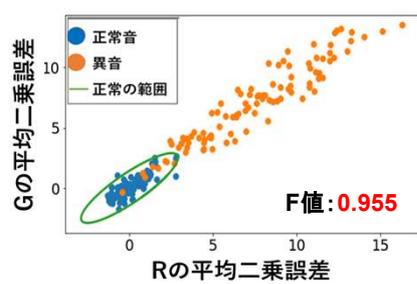


音取得と異常検知システム

◆畳み込みニューラルネットワーク (CNN)の結果

正解率	適合率	再現率	F値
0.984	0.977	0.971	0.974

◆オートエンコーダ (AE)の結果



AI(人工知能)を用いた判断では、正常・異常等の二値判断を行わせる場合が多いが、オートエンコーダ(AE)を用いる場合には、マハラノビス距離で評価した最小二乗誤差の値を用いることで、異常の程度の情報も得ることができます。上図の右側の場合は左側の正常時と異なり周期的な異常音が発生しています。そのタイミングで評価値が大きくなっています。

動作音の識別にも応用

製品検査の検査工程でスイッチの動作音の発生タイミングを測定して許容範囲に入っているかを確かめる必要がありました。

しかし、これまでは発生する極めて小さな動作音を人間が聴覚を使って検査(官能検査)しており大変な作業でした。

第一段階「センサの交換」

測定条件に最適なセンサに交換することでSNを改善しました。

第二段階「ルールベースを用いた機械による正常異常判定」

人間が設定したルールベースで判定させて、やや誤判定が残るものの人間の検査員を置き換えられる判定精度を実現。

第三段階「Sonyのニューラルネットワークコンソールを用いて

実現されたAIを使って人間と同程度の判定精度を実現」

F値0.996が達成されて実際に検査工程に導入され毎日稼働中。

AI技研ってどんな会社

株式会社AI技研は2022年7月に設立した静岡大学発ベンチャーの企業です。静岡大学名誉教授である犬塚 博が唯一の従業員である所謂マイクロ法人です。その様な極小の企業ですが、モノづくり企業様に対する長年の工場現場での研究と経験に基づくAI技術や計測技術・信号処理技術のアドバイスや教育・コンサルティングを提供することを主な業務としております。

AI技研はAIの応用製品を生産・販売したりプログラムを提供したりするよくある会社ではありません。AI技研が提供するのAI技術や工場のDX化の技術、そして、工場データの見える化の為の計測技術のアドバイスと教育です。ですから、社内の技術力向上と技術蓄積にも貢献できて多くの企業様にご活用頂いております。

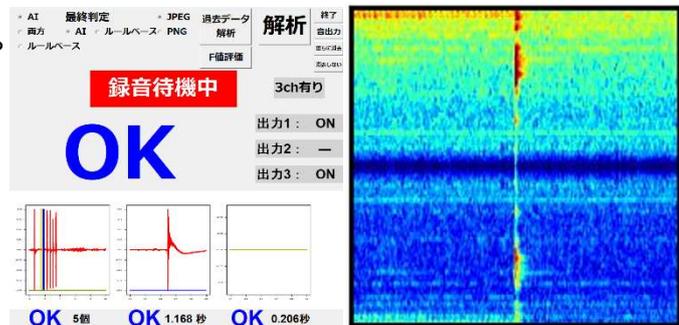
「AI技研」がお引き受けできるお仕事

- AI・工場のDX化・計測技術の技術的アドバイスやお手伝い
- AI・工場のDX化・計測技術についての社内技術者向け教育
- AI・工場のDX化・計測技術についての講演
- AI・DX化・計測技術を応用した機械や製品の開発やプログラム開発

本技術に関連した論文: 犬塚博:「深層学習を用いた製品の異常音判断」(人工知能を用いた五感・認知機能の可視化とメカニズム解析) (株)技術情報協会発行書籍, 第5章, 第3節, pp.222-232, (2021).  
 犬塚博:「ディープラーニング(AI)による異常判定」機械の研究, Vol.73, No.10, pp.755-768, (2021).  
 犬塚博:「人工知能(AI)による動作音からの異常検出」中部電力技術開発ニュース, Vol.166, pp.3-4, (2022).  
 犬塚博:「AI技術による異常検知の現状と展望」電気計算, Vol.90, No.6, pp.20-27, (2022).  
 犬塚博:「AIによる機械の異常検出」, はかる, Vol.39, No.3, pp.10-13, (2023).

本技術の紹介動画: [https://scii-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/inuzuka\\_hiroshi\\_cii\\_shizuoka\\_ac\\_jp/EavdvKSoVgVDs1-u43CKPvcB6KZmkhvBdtKUyEfl9SH74g?e=Dx0qGu](https://scii-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/inuzuka_hiroshi_cii_shizuoka_ac_jp/EavdvKSoVgVDs1-u43CKPvcB6KZmkhvBdtKUyEfl9SH74g?e=Dx0qGu)  
<https://talk.yumenavi.info/archives/2503?site=d&close=true>  
[https://scii-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/inuzuka\\_hiroshi\\_cii\\_shizuoka\\_ac\\_jp/ERLcHqRG9hZfK\\_IJZdnmQqagBRZqYGyF32Ah6UrfR53aSjg?e=uNISO8](https://scii-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/inuzuka_hiroshi_cii_shizuoka_ac_jp/ERLcHqRG9hZfK_IJZdnmQqagBRZqYGyF32Ah6UrfR53aSjg?e=uNISO8)

犬塚の連絡先: e-mail: inuzuka.hiroshi@shizuoka.ac.jp TEL: 070-4003-0380 home page URL: <https://aigiken.tech>



F値=0.9956

