

人工知能（AI）による動作音からの異常検出

静岡大学大学院・総合科学技術研究科・工学専攻・電気電子工学コース
教授・学部長補佐 犬塚 博

Department of Engineering, Graduate School of Integrated Science and Technology
SHIZUOKA UNIVERSITY
Professor Hiroshi Inuzuka



1. はじめに

最近、人工知能という言葉をよく耳にするようになってきた。これは長年研究されてきたが必ずしもうまくいってなかった人工知能の研究が近年やっとディープラーニング（深層学習）の登場により実現の可能性が見えてきたことによる。人間の知的活動を機械で実現させる人工知能の研究はコンピュータの登場とほぼ同時にスタートして、1956年のダートマス会議以来本格的に研究が行われてきた。最初はコンピュータの豊富な計算力で実現できると考えられていたがうまくいかなかった。さらに全てをプログラミングすれば知性を実現できるのではないかと研究されたが、得られたものは知性とはほど遠いものであった。この時代の技術は現在のスマートスピーカーやペッパー君にも使われているが、少し話をしてみると底の浅さが目に付いてしまい人間はすぐに飽きてしまっ使われなくなってしまう場合が多い。それらの反省から人間の知性を司る脳の働きを模擬することで人工知能を実現しようという考え方が生まれてニューラルネットワークやファジーが提案された。これらは私もその時代に研究に従事したが、ある程度の結果は得られるが画期的とはいえない難い成果の場合が多かった。その様な歴史を経て生まれたのがディープラーニングである。これは、本質的にはニューラルネットワークを多層化したものであるが、多層化によって当時使われていた3～5層のニューラルネットワークに比べて画期的に性能が向上できることがわかった。多層化が困難であったのは当時のコンピュータの計算能力が貧弱で実用的な演算時間で多層ニューラルネットワークの演算に要する大量の演算ができなかった理由が大きい。多層ニューラルネットワークの計算は莫大な数の積和演算であるが、各々の演算の多くの部分は順序依存性のない独立な演算であるので並列演算が可能である。したがって、最近のパソコンに搭載されている多数の演算器を持つGPUで演算させることが効率的であり、実用的な演算時間とコストで計算できるようになったことがディープラーニングが多くの応用分野で使われるようになった理由の一つである。さらに、ディープラーニングの最適化を行う機械学習の部分は巡回セールスマン問題と同様の最適化問題であるので、量子コンピュータも利用可能となる。それらの結果、ディープラーニングによる人工知能は実用的な演算時間とコストで実現できるようになって様々な応用分野で活用されるようになってきた。人間の名人を凌駕する囲碁・将棋プログラム、自動車の自動運転、画像認識・音声認識・翻訳・文章や音楽・絵画の創出まで様々な分野で応用が始められている。これは、多くの分野で今まで必ずしもうまくいっていなかった機械で行っていた仕事が知性的な判断を可能にすることで画期的にうまくい

くようになって、場合によっては人間が行ってきた仕事を機械に置き換えることが見えてきたからである。

2. 機械の動作音からの異常検出

このようにディープラーニングによる人工知能は様々な分野で応用されているが、その一つの応用として機械の異常や故障を動作音を始めとする計測データから判断・検出させる研究がある。自動車やバイク等の機械の調子が音からある程度判断できることは日常的に経験される。その様に機械やモノは調子や異常状況によって音が変化する場合が多い。だからこそ動物は五感の一つとして聴覚を発達させてきた。また、工場でのモノづくりにおいても機械の異常や故障の検出や製品の良否判定を人間が音を聞いて判断する場合も多い。その様な良否判定の場合においても正常な場合と異常な場合の音の違いは極僅かな差であることが多いので、訓練された検査員や職人がその音の違いによる判断に携わっている。人間の感覚に匹敵するような計測器を作るのは簡単ではないというのは計測の仕事に携わっている者の常識であり、集中している時の訓練された人間の感覚は大変優秀で人間の感覚は極僅かの違いを見極めることができる場合も多い。しかし、人間はすぐに飽きてしまっ集中を長時間維持するのが困難であるし訓練にも時間がかかる。その様なことができる職人的な人材の後継者が育たず人材が不足してきているのも問題である。そこで、それらの人間の匠の技をコンピュータで置き換えることが様々な現場で必要となってきた。

3. 水力発電所や風力発電所での異常検出^{(1),(2)}

水力発電所や風力発電所もその様な機械による異常検出が必要とされる現場である。それらの発電所は辺鄙な場所にあることが多く現在は無人化も進んでいる。もちろん、それらの発電機器の信頼性は極めて高いのだが全く故障しない機械は存在しない。さらに、異常や故障はその状態をほっておくとより大きな事故にまで発展してしまう場合もあるので、小さな異常の内に見つけて早めに対策を施すことが望ましい。エネルギーの安定供給や故障や異常の拡大防止のためには、それらの発電所での異常や故障をできるだけ早く検知することが重要であるし、可能ならば異常や故障の事前予知や予兆保全ができることが望ましい。それらを実現するためには計測データからの機械の調子や様子の「見える化」が最も重要であり、発電データや動作音を24時間監視して異常を検知することが必要となる。しかし、絶え間なく得られる大量のデータはいわゆるビッグデータとなるので、それら大量のデータから異常検知を行う仕事を人間が行うのはあまりに大

変である。そこで、この部分に人工知能を用いて機械で行わせることが必須となる。我々はこの様な研究を共同研究として実施させて頂いており、既に水力発電所や風力発電所内の動作音を取得する装置を設置して動作音を取得してそれらのデータから人工知能で異常検知を行わせることを研究している（図1）。特に風力発電所の風車のナセル内は温度・電磁界・振動・落雷等厳しい環境であるので、その過酷環境でも動作する音響の取得装置を開発してインターネットを介して遠隔地からの観測を可能とした（図2）。



図1 本機で実験を行っている風力発電所



図2 音響の取得装置

4. ディープラーニングによる人工知能

ディープラーニングによる人工知能で計測データを解析して知的判断を行わせるまでには、いくつかの手順が必要である。まずは正常な場合と異常な場合で様相が異なる計測対象（特徴量）を見つけてやり、それをセンサで計測して、さらにIoTやICT技術でデータをコンピュータに集約した後、雑音除去や特徴量強調等の信号処理を行って、最終的にディープラーニングによる人工知能で知的判断を行わせる手順となる（図3）。

ディープラーニングによる人工知能にもいくつかの手法があり、例えば正常異常判別を行わせる場合には正常な場合の

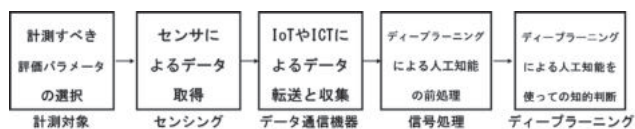


図3 人工知能による計測データからの知的判断の手順

データと異常な場合のデータを使って機械学習させる教師あり学習と正常な場合のデータのみを使って何らかの方法で学習させる教師なし学習がある。日本のモノづくりの現場や多くの機械では歩留まりや信頼性が極めて高い場合も多いので異常な場合のデータが取得できない状況や取得できても極めて数が少ない状況も発生する。その様な状況には教師なし学習の手法が採用されるが、教師あり学習の手法に比べて判別精度が劣る場合が多い。その様に両手法には一長一短があるので、我々はその両方の手法で水力発電所や風力発電所の発電設備を始めとする各種機械の異常検出に応用してきており^{(3),(4)}、いくつかの異常に対しては90～100%の判別精度が得られており人間の行ってきた仕事を人工知能に置き換えることが十分可能であることが確認された。

ディープラーニングによる人工知能では機械学習させた時と全く同一条件でのデータに対しては高い判別精度が維持されることが多いが、条件が異なると判別精度が悪化してしまう場合が多い。例えば音の場合は製品の規格やサイズが違う状況や、画像の場合は照明や日光の当たり具合に敏感に反応して判別精度が悪化してしまうことがある。これらの問題に対しては条件を変えての再度の機械学習が有効である。また、当然のことながら教えていないことに対しては判別精度は全く期待できない。全ての条件を学習させることは簡単ではないので自動運転が期待されているにもかかわらず簡単ではないのはそれも理由の一つである。それらの点が人工知能による異常検知の最大の欠点となる。

5. おわりに

この様な工場設備や機械に多数のセンサを配置してそれらからのデータをインターネットを介して集約し、それらのデータから人工知能を活用して異常検出・不良品発生の原因究明・生産の合理化等に応用する考え方はスマートファクトリやインダストリー 4.0と呼ばれる。これらの考え方は、将来のモノづくりを担う工場のあるべき姿として様々な現場で導入が始められている。その様な技術の中核を担うのが、センサデータの人工知能による知的判断や分類となる。これらの技術が工場や現場での信頼性向上・故障復旧の迅速化・予兆保全実現に繋がることを期待している。

参考文献

- (1) 出口淳一、田崎貴斗、水野保則、犬塚博、原田泰典、鹿島直仁「運転中の風力発電設備の動作音の取得と発電機器の状態把握への応用」令和2年度電気学会全国大会予稿集、2020年3月
- (2) 井上綾介、福重和、犬塚博、原田泰典、鹿島直二「風力発電設備の動作音の取得とディープラーニングを用いた異常検知」令和4年度電気学会全国大会予稿集、2022年3月
- (3) 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・認知能力の可視化とメカニズム解明（技術情報協会）、第5章第3節、pp.222-232、2021年6月
- (4) 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年10月

犬塚 博（いぬづか ひろし）氏 略歴

1985年3月 名古屋大学大学院 工学研究科 電気電子工学専攻
博士後期課程単位取得退学
1985年4月 名古屋大学 工学部 電気工学科 助手
1988年3月 工学博士取得（名古屋大学）
1990年4月 静岡大学 工学部 電気工学科 助教授
2004年4月 静岡大学 工学部 電気電子工学科 教授