

# 研究レポート No. 11 ～センサーデータ解析～

2020年10月26日 株式会社アイズファクトリー <https://bodais.com/company/>

## 概要

近年のセンサー機器の発達により、センサーデータの蓄積や利用が容易になり、様々な分野でセンサーデータの解析、応用が進んでいる。主な解析の応用例として、工場プラントや機器の異常検知、常時監視による予兆の解析、人の行動分析が挙げられる。いずれの応用例においても、センサーデータの時系列的な扱いと複数の異なる形式のセンサーデータを統合する方法を考慮した解析手法が用いられている。

本稿では、センサーデータの解析手法とその応用について、文献の例とともに紹介する。

## 1. はじめに

近年、センサー機器の性能向上や安価な機器を利用できるようになったことにより、センサーによる計測とデータの取得が容易になった。また、クラウドプラットフォームの発達により大規模なデータの蓄積が可能となり、センサーデータの分析や産業に活かされるようになった。センサー計測機器には様々な種類があり、温度センサー、気圧センサー、人や物の動きを捉える加速度センサーや角度を検出するジャイロセンサー、映像や音声のセンサー、位置情報を知らせるグローバル・ポジショニング・システム (GPS) 等がある。これらのセンサー計測のデータを解析する技術は、工場プラント等での機械の異常を自動的に検知するシステム、位置情報や映像等のデータから事象の予測、人の生活環境における行動の分析、音声や映像の自動認識の分野で利用されている。

本稿ではセンサーデータの活用事例を、データの収集方法と解析方法とともに紹介する。

## 2. センサーデータの応用分野

センサーデータの解析に用いられるセンサーは、用途に応じて様々であり、機器やプラント、室内環境のモニターにおいては、温度、湿度、照度、圧力の計測センサーが用いられ、人間や機器を追跡してモニタリングする場合は、対象の移動を検知する3軸加速度センサーや角度・傾きを検知するジャイロセンサーが使われる。限られた空間内の位置関係を認識する用途では、レーザー距離計測センサー

や赤外線感知センサー等が用いられる。広域空間における位置や移動の認識の用途では、Wi-Fi 搭載機器の定期的なパケット発信を検知する Wi-Fi パケットセンサー[1]や GPS (グローバル・ポジショニング・システム) が使われている。その他にも多用途に使われるカメラやマイク、医療関係の目的で心電位センサー等が使われている。

センサーデータに共通する特徴としては、データの定期的な収集が可能で収集時刻の間隔も短いことが挙げられる。そのため、再帰型ニューラルネットワーク (RNN) や長短記憶ネットワーク (LSTM) 等の時系列的なデータの扱いの分析が用いられることが多い。また、複数のセンサーが分析に使われることが多く、収集条件や形式の異なるデータを統合させるためにデータフュージョンの技術[2]や主成分分析等による次元削減、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) 等による音声や画像データの特徴量が利用されている。

センサーデータの活用分野と使用されるセンサー、解析手法の例を表1に示す。センサーデータの主な活用分野としては、異常検知や常時監視による予兆の解析、行動分析が挙げられる。異常検知においては、機器やプラント内で起きた異常をモニタリングしているセンサーの情報から自動的に検知する解析が使われる。予兆の解析では、リアルタイムで観測されたセンサーデータを基にこれから起こる事象を予測する。行動分析は、対象の位置や動き、音や映像等の周囲の情報から行動の傾向や頻度を解析し、行動の効率化や他の事象との関連付けを行う。

## 3. 異常検知

異常検知は機器や工場等の生産過程、人体と様々な対象に応用され、使用されるセンサーの種類も対象によって異なるが、解析手法としてはデータの中から通常時から外れるデータを検出するという点で共通している。この章では、異なる対象について異常検知へのセンサーデータ応用例を文献とともに示し、それぞれの解析方法を紹介する。

文献[3]は、圧力センサーや振動センサー等の多数のセンサーのデータから発電プラント内の異常を検知し、計画的なメンテナンスを実施する技術をまとめている。センサーデータ解析を導入する利点として、プラント内の多数のセンサーをまとめて管理できることと、センサー単体の情報では検出できない異常に対しても有効であることを挙げている。解析手法は決定木の重要度から関係性のあるセンサーを選出し、回帰分析の当てはまりによってクラスタに分類する重回帰クラスターリング[4]を用いて異常値の抽出をしている。文献[5]では、高齢者等の被介護者の生体見守りサービスとして、被験者に取り付けた温度、3軸加速度、心電位センサーのデータを携帯電話から解析サーバーに送信し、その変異を検知してユーザーに伝えるプラットフォームを開発している。変異

活用分野	使用センサー	解析手法
機器、健康状態の異常検知	温度、湿度、	F 検定
	圧力、照度、	クラスタ分析
	3 軸加速度、	SVM
	ジャイロ、	RNN
常時監視での予兆の解析	心電位	LSTM
	3 軸加速度、	重回帰分析
	温度、圧力、	NN
職場・家庭内での行動分析	GPS	LSTM
	3 軸加速度、	クラスタ分析
	ジャイロ、	SVM
	レーザー計測、	ロジスティック回帰
個別モニタリング・広域での行動分析	赤外線	ランダムフォレスト
	3 軸加速度、	LSTM
	ジャイロ、	クラスタ分析
	GPS、カメラ、	SVM
音声	CNN	
		LSTM

表1. センサーデータの解析例

のあるデータのみを送受信することで、全データのモニタリングよりも速い情報の提供を実現している。変異の検知方法は解析の処理速度を考慮して、F検定が採用されている。時系列のセンサーデータを一定区間で区切り、区切ったデータの前後で検定を行い、対象の区間の変異の有無を検知している。解析の結果から車載のセンサーでは把握できない危険な運転を高精度で検知することに成功している。センサーデータの異常検知では、プラントやシステムの運用が考慮されるため、解析手法も処理速度や導入過程を重要視して選択されている。

#### 4. 予兆の解析

予兆の解析は、常時監視されたセンサーのデータを解析し、次に起こる事象を予測するために行われる。使用されるセンサーは対象によって様々であるが、リアルタイムでセンサーデータを収集して解析ができる環境が必要とされる。解析の手法も時系列に対する方法が用いられ、未来の予測が出力の対象となる。

文献[6]では、車両に搭載されたGPS等のセンサーデータから観測時より未来の渋滞状況を予測するシステムを開発している。センサーのデータから現在の渋滞度を算出し、過去のデータを基にして予測モデルの学習を行い、現在のデータにモデルを適用して1時間後の渋滞度の予測を行っている。予測モデルには重回帰分析を使っている。文献[7]は、橋脚の設置した振動センサーのデータから、地震時の橋脚の損傷の度合いを検知するシステムを開発した。地震が起きた時の振動のデータを入力値として、その後の損傷の度合いを予測する。予測のモデルにはニューラルネットワーク(NN)を使用している。モデルの予測により、実測による損傷評価値とよく一致した結果が得られている。予兆の解析では、常時モニタリングによるデータが必要であり、センサーを使用したデータの収集が適している。また、解析手法もセンサーから収集したデータから事前にモデルの学習をして、未来の予測をするサイクルを組めるように設計されている。

#### 5. 行動分析

センサーデータ解析による行動分析は、人や動物の行動をセンサーでモニタリングし、そのデータから行動を把握し、その知見を得ることや情報を活用することを目的としている。行動分析では、対象となる空間の範囲によって使用されるセンサーの種類が異なる。使用するセンサーのデータ形式の違いに伴い、解析手法にも違いがある。以下では、センサーデータを使用した行動分析の例を使用されるセンサーと解析手法とともに示す。

文献[8]では、病院の外来待合エリアの歩行者の軌跡から施設利用者の行動パターンを分類し、施設設計に活用することを目的としてセンサーデータを利用した解析手法を示している。歩行者の軌跡のデータは、エリア内に複数設置したレーザー計測のセンサーにより収集される。解析の手法として、2つの軌跡の各点の距離の内、最短の距離を使いクラスタ分析を行う動的時間伸縮法[9]、主成分分析により次元削減をした後に分類する方法、制限付きボルツマンマシンによる方法[10]を挙げている。ここでは制限付きボルツマンマシンの方法を採用しており、歩行者の軌跡や立ち止まった位置を特徴量として分類を行い、目視による分類に近い分類結果を得ている。文献[11]では、災害救助の補助をするレスキュー犬の活用の課題である周辺環境情報と緊急度優先順位のための情報が不足してしまうことを解決するために、レスキュー犬に取り付けたセンサーのデータを使った解析による1人称の行動認識を提案している。取り付けたセンサーの種類は、カメラ、マイク、加

速度、角速度、姿勢であり、全てのセンサーの情報を統合して、レスキュー犬の行動を予測するモデルに適用している。音声と映像データはCNNを、その他のセンサーデータはLSTMを使い特徴量を抽出し、その後、CNNを使ってそれらの情報を統合し、レスキュー犬の行動予測のモデルとしている。この解析手法により、映像と音声のみを使った場合よりもより正確にレスキュー犬の行動を認識することに成功している。これらの文献例に見られるように、行動分析におけるセンサーデータ解析では様々な種類のセンサーを組み合わせて用いることにより、解析の適用範囲が広がり、よりの確な解析結果が導き出されている。

#### 6. まとめ

センサーデータを解析に用いることで、分析の自動化やこれまで捉えられなかった知見を得ることできるようになった。センサーデータの特徴として、データサンプリングの時間間隔が短く長期に渡り自動で稼働し続けることが挙げられ、生産ラインに組み込まれることや長期的なモニタリングに導入されることが多い。解析手法としては異常検知や予兆の解析で用いられているような時系列データに対する解析が適用されることが多い。また、複数センサーを解析に使う必要があることから、データを統合するための次元削減や特徴量の抽出が用いられる。

本稿ではセンサーデータの解析として異常検知、予兆の解析、行動分析に関する例を挙げたが、センサーの種類や用途の多さからその応用分野は広いといえる。今後も、センサーやデータ管理のためのプラットフォームの発達、新しい分析手法の開発に伴い、センサーデータは様々な分野や分析で応用されていくだろう。

#### 7. 参考文献

- [1] 望月ら 「Wi-Fi パケットセンサを利用した匿名人流解析システム」、情報処理学会研究報告, 2014-MBL-70, 1-8 (2014)
- [2] 「研究レポート ～データフュージョン～」, 株式会社アイズファクトリー (2020)
- [3] 久保田ら 「データマイニングを用いたプラントの知的メンテナンス技術」, 東芝レビュー 61(12), 8-12 (2006)
- [4] B. Zhang, Regression Clustering, Third IEEE International Conference on Data Mining (2003)
- [5] 幸島ら 「携帯電話を用いたモバイル生体センサーデータ解析プラットフォームの構築」, 情報処理学会論文誌, 51(4), 1192-1203 (2010)
- [6] 森田哲郎 「データマイニングによる交通情報予測システムの開発」, SEI テクニカルレビュー, 178 (2011)
- [7] 横山ら 「ニューラルネットワークを用いた橋脚の地震時リアルタイム損傷判定法に関する検討」, 日本地震工学会論文集, 7(5), 31-44 (2007)
- [8] 金子ら 「レーザーセンサによる行動モニタリングデータを用いた時空間活動パターン抽出」, 日本建築学会環境系論文集, 80, 559-566 (2017)
- [9] 鶴飼ら 「異常行動検知のための画像処理手法の開発」, 鉄道総研報告, 21(11), 17-22 (2007)
- [10] Geoffrey et al. A fast learning algorithm for deep belief nets, Neural Computation, 18, 1527-1554 (2006)
- [11] 井出ら 「映像・音・センサー情報の統合によるレスキュー犬の1人称行動認識」, 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア, 221, 1-6 (2003)