

## 生産効率の低下を招くトラブルを予測する中小製造業向け IoT システムの提案

## An IoT system for predicting production inefficiency in manufacturing

加藤 哲朗<sup>†</sup> 大倉 裕貴<sup>‡</sup> 岩本 健嗣<sup>§</sup>

Tetsuro Kato Yuki Okura Takeshi Iwamoto

## 1. はじめに

近年、センサを様々なモノに付加しインターネットに接続することで、モノの状態を明らかにし、モノ同士で制御を行う Internet of Things (以下、IoT と呼ぶ) が注目されている。その中でも、製造業では、特に生産性の向上を目的に IoT の普及が進んでいる。中小製造業が生産性向上に対して抱えるトラブルの一つとして「複数台持ちの両機械停止」がある。中小企業では一般的な複数台持ちにおいて、片方の機械が停止する状況は許容されるが、両方の機械が停止している状態は生産効率が低下するトラブルとされている。複数台持ちの両機械停止の発生が事前に分かれば、現場の管理者は作業者の増援や、生産計画の変更が可能であり、生産効率の低下を防ぐことができる。よって、本研究では、複数台持ちの両機械停止を、機械の稼働状態を表すセンサデータのみで予測することが可能であるか検証することを目的とする。

## 2. 複数台持ちの両機械停止の予測

本章では、センシングから複数台持ちの両機械停止を予測する手法について説明する。

## 2.1 予測に関する関連研究

本節では、機械学習を用いた製造業の IoT の予測に関する関連研究について述べる。切通らが行った「機械学習を用いた工場機器の故障検知」[1] では、化学プラントに設置したセンサのデータを用いてロジスティック回帰、サポートベクターマシン、ニューラルネットワーク (以下、NN と呼ぶ) のモデル構築を行い、その評価実験を行った。さらに結果が優れていた NN のモデルを用いて工場機器の故障予測システムを作成し、未知データに対して予測実験を行い、その有効性を確かめた。故障予測システムを評価した結果、適合率は 82% と高い数値を示した。

## 2.2 両機械停止の予測

本研究では、センサデータから推定した機械の稼働や停止といった、稼働状態のパターンには、両機械停止が起こる場合とそうでない場合に異なる特徴があるという仮説の基、稼働状態のデータから両機械停止の予測を行うことを目的とする。本節ではセンサデータから稼働状態のパターンを取得する方法を説明する。

## 2.2.1 稼働状態のセンシング

本研究では図 1 左のようなマシニングセンタを対象に両機械停止の予測を行う。マシニングセンタとは、生産物に

合わせて、削る、中ぐり、穴あけなどの加工を自動工具交換機能によって 1 台で行うことのできる工作機械である。一般的にマシニングセンタには図 1 右のようなシグナルタワーが設置されており、生産機械が稼働中の場合には緑色、生産が問題なく終了した計画停止中の場合には黄色、トラブル等で緊急停止した場合には赤色に点灯する。従って、このシグナルタワーに光センサを外付けすることで生産機械の稼働状態を推定することが可能である [2]。



図 1 マシニングセンタとシグナルタワー  
(左: マシニングセンタ, 右: シグナルタワー)

## 2.2.2 機械の稼働状態の可視化

図 2 に、ある 1 日の両機械停止の可視化の結果を示す。3 本の時系列ガントチャートのうち、一番上は 5 号機の稼働状態、真ん中は 9 号機の稼働状態、一番下は 5 号機と 9 号機が同時に停止している両機械停止の状態を表す。本研究では一番上のガントチャートに着目し、10 分以上の両機械の停止を「複数台持ちの両機械停止」と定義した。

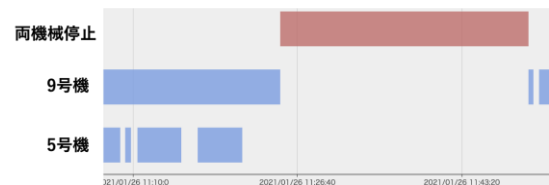


図 2 稼働状態と両機械停止の状態の可視化

## 2.2.3 両機械停止の稼働パターン

本節では、両機械停止が発生する稼働のパターンについて述べる。図 3 の 5 号機の稼働は長時間の安定した稼働だが、9 号機は短時間の短い稼働になっている。このような場合、9 号機が安定した稼働に入る前に 5 号機が停止してしまい、両機械停止が発生する。本研究ではこのような稼働パターンを学習させるモデルを構築する。



図 3 稼働パターン

<sup>†</sup> 富山県立大学 大学院 工学研究科 電子・情報工学専攻  
Graduate School of Engineering, Electrical and  
Computer Engineering, Toyama Prefectural University

<sup>‡</sup> 富山県立大学 工学部 電子電気工学科

<sup>§</sup> 富山県立大学 工学部 情報システム工学科

### 3. 提案システム

本研究で構築した NN を用いた学習モデルの概要を図 4 に示す。本モデルは、実際に両機械停止が発生した時点に基づき、両機械停止トラブルから 5 分前までの一定時間の両機械の稼働状態の稼働パターンを「トラブル前データ」、トラブル前でもトラブル中でもない正常な一定時間の両機械の稼働状態を「非トラブル前データ」として学習させた。本研究では、中小製造業を対象としており工場の規模が小さい、現場の管理者は 5 分前に両機械停止の発生が分かれば作業員の増援などの対応策を取ることが可能であるため、5 分後の両機械停止の予測を行う。センサーデータから推定した稼働状態は、1 を稼働、0 を非稼働とした。

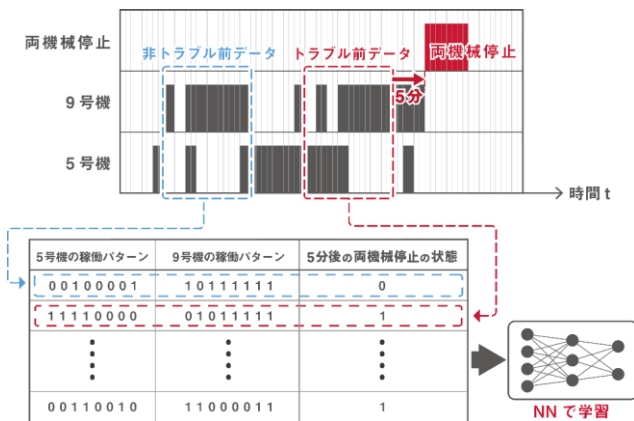


図4 構築した学習モデルの概要

### 4. 予備実験

予備実験では、学習モデルの入力のパラメータを決定することを目的として、5 分後の両機械停止の発生を予測するために必要な稼働データの長さを確かめた。

#### 4.1 予備実験に使用したデータ

予備実験では、2021年1月8日から2月26日までの使用可能な30日分の稼働状態データのうち、2日間のデータをテストデータとして使用し、残りを学習に使用した。テストデータに用いる2日分のテストデータはランダムに選択した日のデータを使用し交差検証を行った。

#### 4.2 予備実験の結果と考察

予備実験の正解率、適合率、再現率の平均を表1に示す。本モデルの評価方法として、両機械停止の発生を漏らさずに予測することが重要であるため、正解率と再現率を評価に用いる。15分間から50分間までデータの長さを変化させて評価した結果、表1に示すとおり、30分間の両機械の稼働状態を入力として5分後を予測した場合の正解率と再現率が高いことが分かった。この理由として、今回対象とした5号機、9号機の稼働時間は20分程度の稼働が多く、稼働の終了のタイミングと次の稼働の開始のタイミングを正確に学習できたからだと考えられる。本実験の結果として、5分後のトラブル発生を予測するために最適な稼働データの長さは30分間であることが分かった。この結果を基に評価実験を行う。

表1 トラブル予測の結果

稼働データの長さ	正解率	適合率	再現率
50分間で5分後を予測	46.5	75	50
40分間で5分後を予測	65	80	75
30分間で5分後を予測	74.5	87.5	70
25分間で5分後を予測	44	53.5	60
20分間で5分後を予測	36	46	30
15分間で5分後を予測	40	36.5	30

### 5. 評価実験

評価実験として、予備実験で最適であった30分間の稼働データの場合に学習済みモデルがトラブル前データと非トラブル前データを判別できるかの評価を行った。評価実験では、4日間のテストデータに対して評価を行った。

#### 5.1 評価実験の結果と考察

4日間の交差検証を行った結果を表2に示す。結果として、正解率、再現率共に8割程度であることが分かった。正解率、再現率が最低であった2月2日は、両機械停止のトラブル発生前に、9号機の20秒程度の短い稼働が1度だけ発生していた。さらに、9号機の短い稼働の前には7分程度の両機械停止が発生しており、本モデルでは想定していなかった稼働パターンであった。このような稼働パターンが正解率、再現率を下げる結果へと繋がったと考えられる。一方、正解率、再現率が最も高い1月8日は、トラブル前に9号機は安定稼働していたが、5号機は作業員が介入する短い稼働を繰り返しており、モデルが正しくトラブル前データを判別できていた。このことから、学習させたモデルはイレギュラーを除いた、トラブルが起きやすいパターンは学習できていることが分かった。

表2 予測結果の平均値

日付	正解率	再現率
1月8日	83	100
1月22日	71	83
2月2日	63	60
2月17日	86	80
平均	76	81

### 6. まとめ

本研究では、中小製造業が生産性向上に対し抱える複数台持の両機械停止について事前に予測する NN のモデルを構築した。評価実験の結果は、正解率は76%、再現率は81%であった。

今後の課題としては、工場での実運用を想定し、トラブル前データと非トラブル前データが混合したようなデータに対しても正しく予測ができるようにモデルの改良を行わなければならない。また5分後にトラブルの発生が分かった場合は現場の管理者に通知を送るシステムなどを提案する必要がある。

#### 参考文献

- [1] 切通 恵介, 泉谷 知範, “機械学習を用いた工場機器の故障予測”, DEIM Forum 2017.
- [2] 経済産業省 関東経済産業局 “中小ものづくり企業 IoT 等活用事例概要資料” P4 飯山精機, 2017.  
[https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/iot\\_robot/data/iot\\_katsuyo\\_jirei\\_shu\\_kani.pdf](https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/iot_robot/data/iot_katsuyo_jirei_shu_kani.pdf)