

FA 機器間の相互作用モデルを用いた異常検知の基礎検討

安藤 弘晃[†] 岩月 佑介[†] 日比 大貴[†] 筒井 和彦[‡] 青木 敏[‡]

内藤 克浩[†] 中條 直也[†] 水野 忠則[†] 梶 克彦[†]

愛知工業大学 情報科学部情報科学科[†] 三菱電機株式会社[‡]

1. はじめに

FA(Factory Automation)とは工場の生産過程を自動化するもので、長時間稼働させる必要がある。しかし不具合が稀に発生するため、異常検知をする手法が必要である。

異常検知をする方法に機械学習を用いる研究がある[1][2]。これらの研究は、大量のセンサを機器に配置して取得したデータから機器の異常につながるデータを探出し、機器の異常検知につながる手法を提案している。しかし、この手法では大量のセンサを必要とするためセンサのコストや設置する労力がかかる。またセンサから取得した膨大なデータを処理する必要があり実装しにくい問題がある。

本研究では大量のセンサを用いない手法を検討する。FAの現場では複数の機器があり、一つの機器が動作するとき、他の機器に音、振動、熱などの影響を与える。これを機器間の相互作用とする。一般的に他の機器による相互作用の影響を受けて振動する際は微小なほど機器の状態は正常と考える。しかし本研究では他の機器による相互作用の影響で想定される振動よりも小さくなってしまふ機器の状態を異常とする。相互作用の影響を受ける側のみセンサを取り付け機器の状態が正常なときの相互作用による振動をモデル化し機器が異常な状態と比較すると機器の異常検知やコスト削減が可能と考える。

2. 提案手法

本研究のアプローチを図1に示す。まず片方のリニアモータ(以下、モータ)を動かしてもう片方のモータを停止した状態でモータの位置情報のデータを収集する。停止したモータは動かしているモータの振動によって微小な揺れが生じる。その揺れを相互作用の正常データとしてデータ収集を行う(図1①)。その正常データから相互作用モデル(以下、モデル)の作成を行う(図1②)。次に停止したモータの動きを抑えるために重りで動きを制限しそれ以外は正常データを収集した時と同じ条件でデータの収集を行う。停止した側の動きを抑えると、正常である場合の振動

よりも小さい振動がデータとして得られる。正常時よりも振動が小さいので異常の可能性が考えられる。これを異常データとする(図1③)。得られた異常データと正常データから作成したモデルの比較を行う(図1④)。

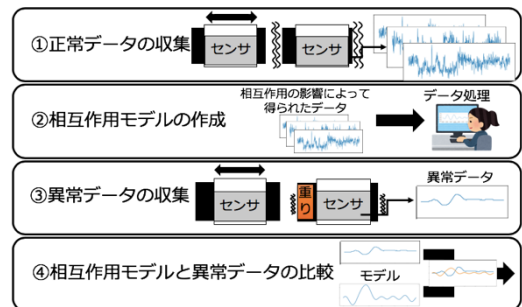


図1: 研究のアプローチ

2.1 モデル化のための正常時データの収集

本稿では、ある機器の動作が他の機器に振動や摩擦などの物理特性として現れる相互作用のモデル化のためのデータ収集をする。相互作用をもたらす要因として、振動、音、熱などが考えられるが、今回は物理的な干渉が検証しやすい振動に注目してモデル化を行う。

本研究では相互作用を計測実験するため、2つのモータを含む実験機器を用意した(図2)。2つのモータは台の上に固定されている。モータは制御用のソフトウェアにより命令を受けて動作する。また各モータの現在位置情報は制御ソフトウェアで収集可能となっている。動作命令がない場合でもセンサデータを収集することが可能である。

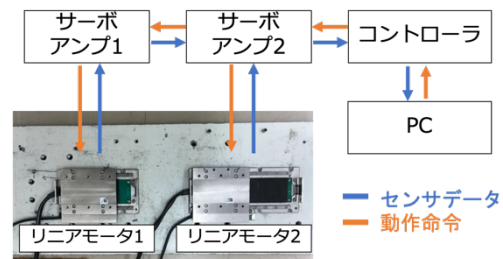


図2: 計測機器構成図と実験機器のリニアモータ

この実験では図2の機器を使いモデル作成に必要な振動の正常データを取得する。モータ1を図3(a)のように速さ1.5m/sで左から右に一度だ

Anomaly detection using an interaction model between FA devices

[†] Hiroaki Ando, Yusuke Iwatsuki, Daiki Hibi, Katsuhiko Naito, Naoya Chujo, Tadanori Mizuno, Katsuhiko Kaji
Aichi Institute of Technology

[‡] Kazuhiko Tsutsui, Satoshi Aoki
Mitsubishi Electric Corporation

け動かし、動かしたモータ1がモータ2にもたらす振動を計測する。モータ2を図3(b)のように停止状態にする。図3(c)に示す通り、停止状態のモータ2の現在位置にわずかな動きが見られた。この実験を10回行い正常データを収集し正常データを元に、以降提案する手法でモデル作成を行う。

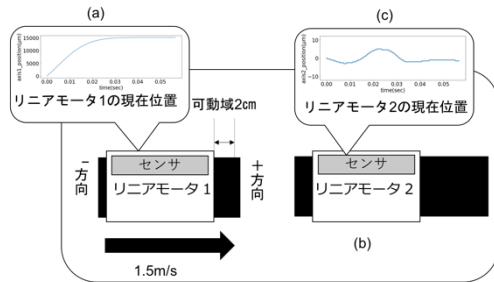


図3: 相互作用の計測実験

2.2 モデル化手法

モデルを作成する際に2.1節で収集した正常データを使用する。設定するパラメータの少なさに注目し、sin関数と対数関数を用いて振動による機器間の相互作用をモデル化をする。モータ2の振動は動作区間では増幅傾向にあり停止区間では減衰傾向にあるため動作区間と停止区間で分けてモデルを作成する。動作区間とはモータ1が動作している区間で停止区間とはモータ1が停止している区間である。動作区間と停止区間はモータの現在位置情報を見て判断する。

sin関数は振動による波の形を表現するのに適しており、対数関数の掛け合わせで動作区間の増幅と停止区間の減衰の表現が可能であると考えモデルを作成した。

sin関数式をs, 対数関数式uとする。tを時間とし0から t_1 までを動作区間、 t_1 から t_2 までを停止区間とする。 ϕ_1 と ϕ_2 は位相で、 f_1 と f_2 は振動の周波数とし a_1 と a_2 は定数、 y_1 は動作区間の振幅の開始位置、 y_2 は停止区間の振幅の開始位置を合わせる定数とする。

$$s(t) = \begin{cases} \sin((2\pi + \phi_1)f_1 t) & (0 < t < t_1) \\ \sin((2\pi + \phi_2)f_2 t) & (t_1 < t < t_2) \end{cases}$$

$$u(t) = \begin{cases} a_1 \log_e t + y_1 & (0 < t < t_1) \\ a_2 \log_e t + y_2 & (t_1 < t < t_2) \end{cases}$$

モデル v_t は上に示したsin関数と対数関数を掛け合わせて作成する。モデルの式を以下に示す。

$$v_t = s(t)u(t)$$

現在相互作用のモデル作成は定義した式を使用し、手動でフィッティングを行なっている。

2.3 異常データの収集

正常時のモデルと比較するために異常データの収集を行う。一例として異常とはネジなどの小さな部品などが機器に混入し正常時の振動よりも小さい振動と定義する。異常データの計測実験では停止状態のモータ2のレール部分に重りを載せ、モータ2の振動を抑制し異常と定義したデータを収集するがそれ以外の条件は正常データを収集したときと同じ条件とする。

2.4 モデルと異常データの比較

作成したモデルと異常データの比較を図4に示す。黄色の線がモデル、その他の線が異常データである。モデルの具体的なパラメータは t_1 が0.0333s、 t_2 が0.0568sである。位相 ϕ_1 は0、周波数 f_1 が32Hz、定数 a_1 が-23、 y_1 が0である。停止区間では位相 ϕ_2 は0、周波数 f_2 が15Hz、定数 a_2 が-33、 y_2 が-115である。

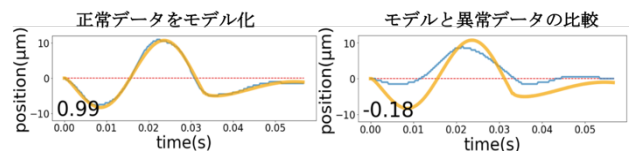


図4: 相互作用モデルと異常データの比較

図4で示したように正常時のデータから作成したモデルよりも停止状態のモータ2の動きが小さくなったという結果が得られた。比較方法は決定係数を使用した。決定係数とはモデル式によってデータをどれくらい説明できるかを表現する値で、1に近いほど精度が高いことを表す。モデルの比較では0.99、モデルと異常データの比較では-0.18という結果が得られた。今回モデルは手動でフィッティングを行なったため近似度が高くなった。

3. 今後の課題

今回モデルと異常データの比較を行ったが異常検知をするまでには至っていない。決定係数を用いた異常検知を行なっていく。また今回の実験ではモデルの作成を手動で行なっているため自動でモデルを作成を行なっていく。

参考文献

- [1] 蛭田智昭 他: 機械学習を使った異常検知技術のための定常状態の抽出条件の自動生成手法, 日本機械学会論文集, 81巻, 826号, p14, 2015.
- [2] 大庭拓也 他: 振動解析に基づく新幹線台車の状態監視, 日本機械学会論文集, 75巻, 757号, p2459-2467, 2009.