

# FA 機器のサーボモータ間の相互作用を考慮した故障予測の検討

芳賀 正憲<sup>†</sup> 筒井和彦<sup>‡</sup> 梶 克彦<sup>†</sup> 内藤 克浩<sup>†</sup> 水野 忠則<sup>†</sup> 中條 直也<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>愛知工業大学 <sup>‡</sup>三菱電機

## 1 はじめに

FA 機器の保全コストは製品の製造コストと比較して平均 15～60% 必要であり、決して少なくないと言われている [1].

FA 機器の保全方法には 2 種類ある。1 つは定期的に保全を行う予防保全である。これは機器の状態に関わらず行うため故障が起きてない機器がある場合、余計な保全コストが発生する。2 つ目は機器の状態から故障予測し、必要な時に保全を行う予知保全である。予知保全はその特性から予防保全にあった余計な保全コストを削減できる。IATA によると航空機に対して予知保全を実施した場合 15～20% 保全コストが減少する [2]。そのためには機器の故障時期を適切に予測する必要がある。

本研究では FA 機器を対象として予知保全を目的とする。機器故障に際してデータ推移を分析することで予知保全ができると言われている [3]。FA 機器内には複数のサーボモータが使用されている。サーボモータ間に共振のような何らかの相互作用があり、機器の寿命に影響する恐れがある。本研究ではこの相互作用の確認とそれを考慮した故障予測手法の検討を行う。

## 2 故障予測手法

FA 機器は故障が起きにくい。よって実環境では故障データの蓄積が少なく、教師あり学習の適用は難しい。そのため、教師なし機械学習の技術である主成分分析を用いる。

図 1 は複数のセンサデータに対する主成分分析と故障予測の管理図のイメージである。管理図とは状態の異なるデータ別に境界が引かれている図である。機器が故障する際、正常データから故障データまで徐々に推移していく故障予兆データが存在すると言われている。実験データに対して主成分分析を行い、作成した管理図の中で、この故障予兆データの推移を数値化することで、残りどれだけの動作で故障データの境界の越えるというように故障予測が行えると考えている。

青: 正常データ オレンジ: 故障予兆データ 赤: 故障データ

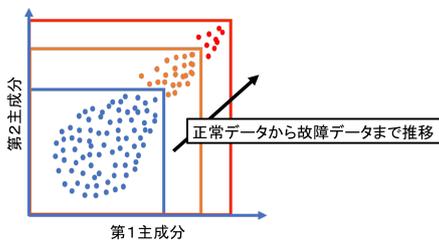


図 1 管理図

## 3 実験

### 3.1 実験システムの構成

実験システムを図 2 に示す。図 2 のようにサーボモータから取得したデータを用いて故障時期の予測を行うシステムである。センサデータはサーボモータから取得できる熱、電流、電圧、回転位置、回転速度、移動時間を使用する。

実験では FA 機器に見立てた実験装置を動作させ、サーボモータの負荷を増加させることで故障予測に必要なセンサデータを取得する。具体的にはリンク部の摩擦を大きくすることでサーボモータへの負荷を増加させる。

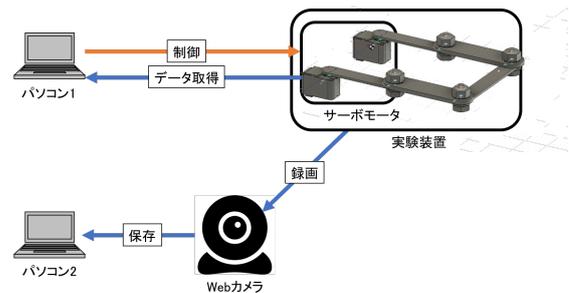


図 2 実験システム

### 3.2 製作した実験装置

物理的に繋がったサーボモータの相互作用を確認するため、2 つのサーボモータで動作するリンク機構の装置を製作した。

製作した実験装置を図 3 に示す。モータをそれぞれ外向きに回転させることで駆動部が前後に動作する。

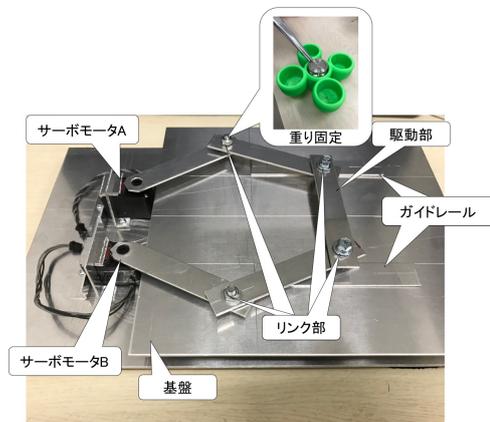


図 3 製作した実験装置

Failure Prediction of Factory Automation Equipment Considering Interaction between Servo Motors

<sup>†</sup> Haga Masanori, Katsuhiko Kaji, Katsuhiko Naito, Tadanori Mizuno and Naoya Chujo: Aichi Institute of Technology

<sup>‡</sup> Kazuhiko Tsutsui: Mitsubishi Electric Co., Ltd.

### 3.3 実験方法

リンク部と基盤間の摩擦の増加を想定した実験を行なった。これにより直接負荷をかけないサーボモータ (サーボモータ B と呼ぶ) の計測データや主成分分析の結果にどのような変化が表れるか確認する。予め指定したサーボモータ (サーボモータ A と呼ぶ) 側のリンク部に重りを固定する。20 分の計測と 30 秒のインターバルを交互に行った。計測するデータは通常時 (重りなし), 重りの固定具と 2 個の重り取り付け時 (70g), 重りの固定具と 5 個の重り取り付け時 (130g) である。

### 3.4 モータへの負荷の増加

実験に使用した重りの固定具には上の面には円柱状の穴が空いており, 重りを入れることで負荷を変更することができる。下には 5 角形の穴が空いており, リンク部のボルトに取り付けられる。

## 4 実験結果

### 4.1 サーボモータ B への相互作用

相互作用が発生しているかの確認を行なった。サーボモータ B の角度データを図 4, 5 に示す。実験中サーボモータ B は①~④の動作を繰り返す。図 4 のように通常時と負荷増加時でサーボホーンの動作のタイミングと移動スピード, 目標位置が一致している。しかしおよそ 100 回中 9 回の頻度で図 6 のように移動スピードが通常時と異なるデータを確認した。図 4 に振った番号は後述する内容と関係する。

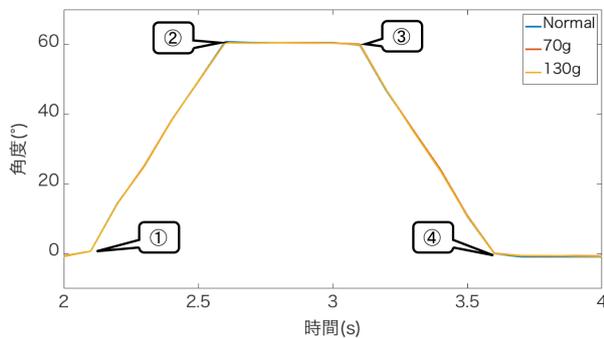


図 4 サーボモータ B 角度データ (一致)

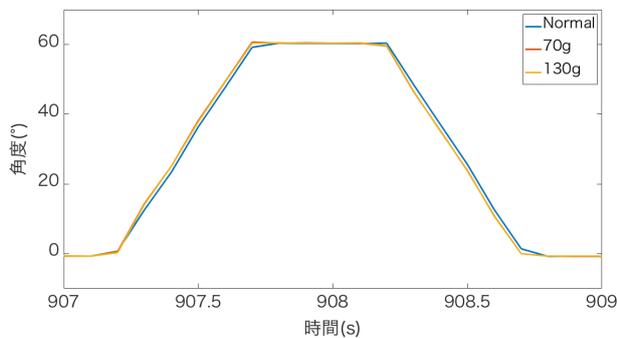


図 5 サーボモータ B 角度データ (不一致)

### 4.2 主成分分析結果

両モータからの 12 次元のデータを用い, 主成分分析を行なった。図 6, 7 のように複数のクラスタが負荷が増えるとともに変化する結果を得ることができた。クラスタは実験装置の動作ごとの点が集合して形成されており, 実験装置の 1 回の動きで複数のクラスタを移動し, 始めのクラスタに戻ってくる。図 6 の①~④の番号は図 4 の番号とリンクしており, そのクラスタがモータの動作のどの部分であるかを表している。他のクラスタについては振った番号間の移動中である。変化が顕著だったのは③のクラスタである。故障予測手法ではこれらクラスタの変化を識別することが必要であることがわかった。

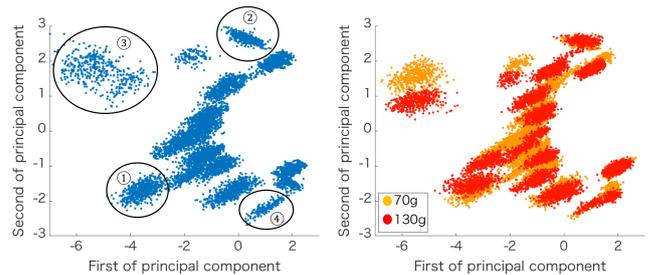


図 6 通常時

図 7 負荷増加時の比較

## 5 おわりに

サーボモータ間の相互作用を考慮した故障予測手法の検討を行なった。サーボモータ 2 個を使ったリンク機構の実験装置を用意し, リンク部と基盤間の摩擦を大きくし片方のサーボモータに負荷をかける実験を行なった。負荷かけていないサーボモータにサーボホーンの移動スピードが変化するデータが確認できた。主成分分析からは複数のクラスタが負荷を大きくするにつれて変化することを確認した。検討した故障予測の有効性が示唆されたと考える。

今後の課題として具体的なクラスタの変化の識別とそれに基づく故障予測手法, その評価がある。

### 参考文献

- [1] R. Keith Mobley, "An Introduction to Predictive Maintenance", pp. 1, Butterworth-Heinemann, 2002.
- [2] IATA'S Maintenance Cost Task Force, AIRLINE MAINTENANCE COST EXECUTIVE COMMENTARY, 2016.
- [3] 実例に学ぶ予知保全向けデータ活用, MathWorks, <https://jp.mathworks.com/content/dam/mathworks/tag-team/Objects/j/jp-predictive-maintenance-whitepaper.pdf> (2018 年 6 月 23 日閲覧)