

データ分析による回転機器診断技術の開発

Development of Diagnosis Method for Rotating Machinery by Data Analysis

東芝エネルギーシステムズ(株)	柏瀬 翔一	Shoichi KASHIWASE	Member
東芝エネルギーシステムズ(株)	尾崎 健司	Kenji OSAKI	Member
東芝エネルギーシステムズ(株)	高倉 啓	Kei TAKAKURA	Member
東芝エネルギーシステムズ(株)	大島 朋美	Tomomi OSHIMA	Member
東芝エネルギーシステムズ(株)	西 優弥	Yuya NISHI	
東芝エネルギーシステムズ(株)	日隈 幸治	Koji HIGUMA	
東芝エネルギーシステムズ(株)	當房 拓朗	Takuro TOBO	

Abstract

Condition-based maintenance(CBM) is maintenance performed on the basis of the condition of the equipment. The transition to CBM being considered, it is necessary to make appropriate decision, such as judgment of normality or abnormality. The threshold approach has generally been used for the judgment, but it provides ambiguous decisions due to individual variability of the equipment. Diagnosis using Data Analysis is a promising method to detect variations of the condition of rotating machinery. In this method, it could be possible to make a judgment of the presence or absence of abnormality without criteria. We apply one of Data Analysis methods called “Hierarchical Clustering” to vibration diagnosis of a vertical pump as an example, and show that it classifies the exceptional data as abnormality.

Keywords: Rotating machinery, Fault Diagnosis, Data analysis, Vibration, Clustering

1. はじめに

原子力発電所では、定期検査機関の短縮と保全物量の適正化の観点から、定期検査中の分解点検を主体とした時間計画保全から状態監視保全への移行が検討されており、正常と異常の判断など機器の状態に基づく意思決定の根拠を適切に運用する必要がある。モータやポンプなどの回転機器診断においては、エンジニアの経験やスキルに対する依存度が大きくなっている。そこで、本研究ではデータ分析を行い、人間系による診断業務支援、異常予兆検知に向けた診断技術を開発する。

2. 回転機器診断へのデータ分析適用

図1に示すように回転機器の診断では、簡易診断と精密診断のステップがある。簡易診断は、劣化傾向管理による異常の早期発見や傾向分析による故障発生予測、自動停止等による機器の保護、精密診断対象機器の選択などを目的として行われる。

精密診断は、簡易診断で異常と判断された機器の状態を詳細に解析し、異常の種類および発生源の特定や異常の進行予測、修復計画の策定などを行うステップである。

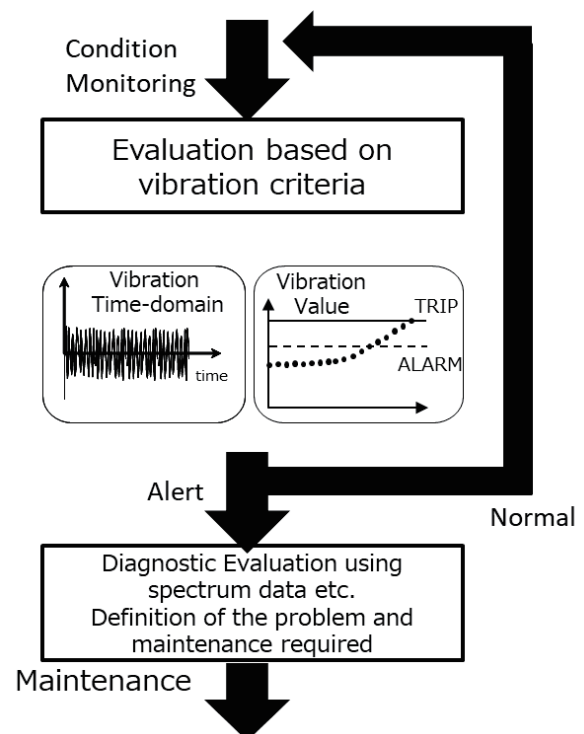


Fig. 1 Vibration Condition monitoring flowchart

連絡先: 柏瀬 翔一

〒183-8511 東京都府中市東芝町1

東芝エネルギーシステムズ(株)

E-mail: shoichi1.kashiwase@toshiba.co.jp

このような機器診断においては、簡易診断で異常を早期に発見することが重要となる。この異常の有無の判断は各計測機器の信号に対して閾値判定で行われているが、閾値については経験に基づいて決定されているため、各機器に対する適用性が不明確といった問題がある。そのため、エンジニアの経験やスキルへの依存度が大きくなっている。

そこで、本研究ではデータ分析による異常判定の手法について検討した。ここでは縦型ポンプを対象に、定期的に測定される振動の加速度振幅をデータ分析し、縦型ポンプの状態変化の有無を評価する。これを可視化し、閾値やエンジニアの習熟度に依らない異常判断手法の適用について評価した結果を報告する。

3. 階層型クラスタリングによる簡易診断

ここではデータ分析手法として階層型クラスタリングを用いた。階層型クラスタリングとは、最も似ている組から順番にクラスター化していく方法で、その途中経過が階層的に表される（図2）。

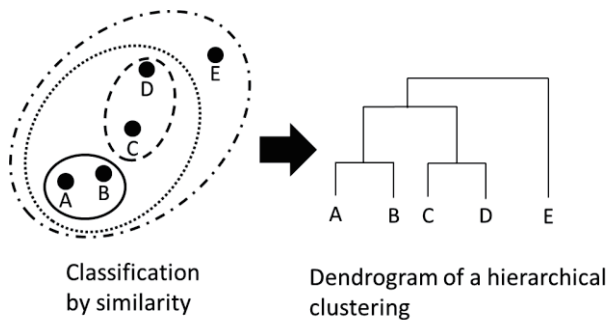


Fig.2 Hierarchical clustering

回転機は、分解点検時の組み立て状態の違いで振動レベルに差が生じることがあり、運転の継続による劣化による状態変化が発生した場合は、この振動レベルの変化を検知することとなる。階層型クラスタリングを適用することにより、正常と異常で大きくクラスターが分類され、また、正常時においても組み立て状態の違いにより、さらにクラスターの分岐が生じることが予想される。したがって、図3のように測定データが蓄積されていく過程においては、正常データの大きなクラスターが構成され、そのクラスター内の下層部で徐々に分岐が生じていく。そして、上層部において正常クラスターから分岐するデータが生じた場合、このデータを異常と考えることができる。

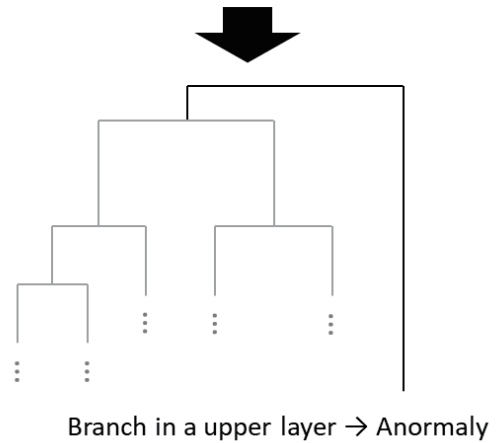
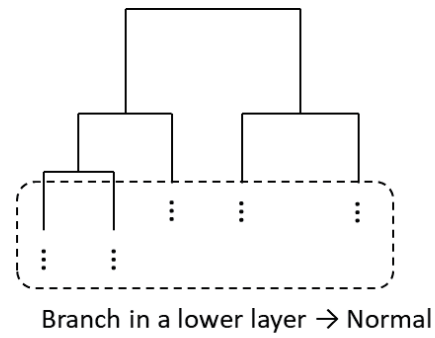


Fig.3 Diagnosis method using hierarchical clustering

図4に縦型ポンプのモーターケーシング上部および下部において、1～59回目まで測定した加速度振幅値（x、y、z方向）の推移を示す。これらの振幅値は57回目測定付近で振幅値が大きく上昇し、xおよびz方向については59回目、y方向については59回目測定データが注意値を上回っている。ここでは、この注意値を超えるデータを異常と定義する。この分析結果については、57回目測定付近まで正常クラスターが構成され、その後、振幅値が注意値を上回る付近で正常クラスターと異なるクラスターが生成されることが考えられる。そこで、上部、下部およびx、y、z方向に関する計6データを合わせて1つのデータセットとして作成し、階層型クラスタリングによる異常検知の可能性について評価した。

階層型クラスタリングによるデータ分析結果を図5に示す。それぞれ1～56回目測定までの分析結果（A）、57回目データ追加後の分析結果（B）、58回目データ追加後の分析結果（C）である。

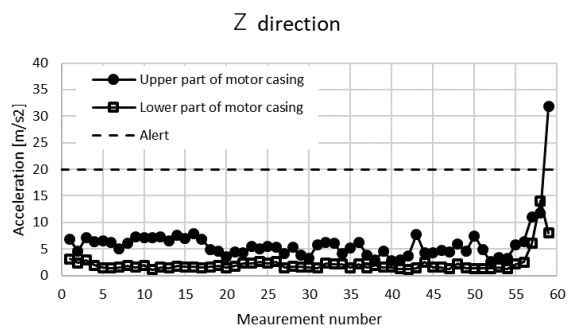
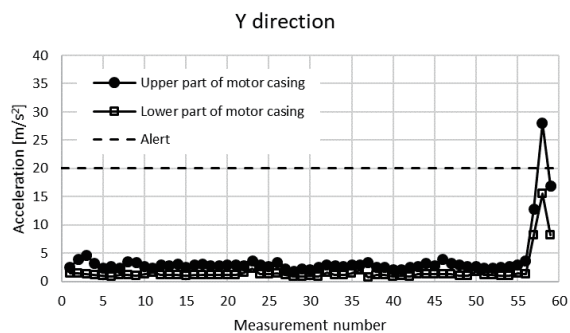
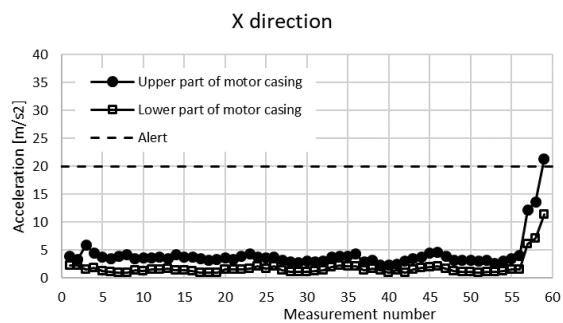
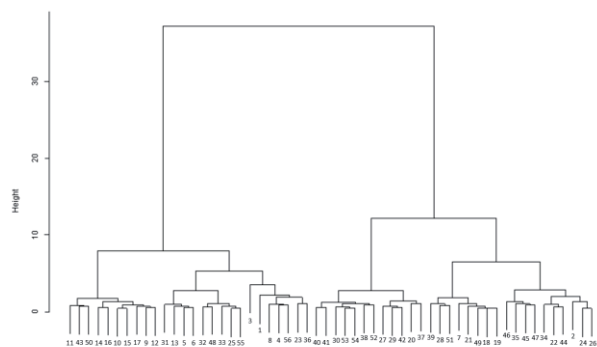
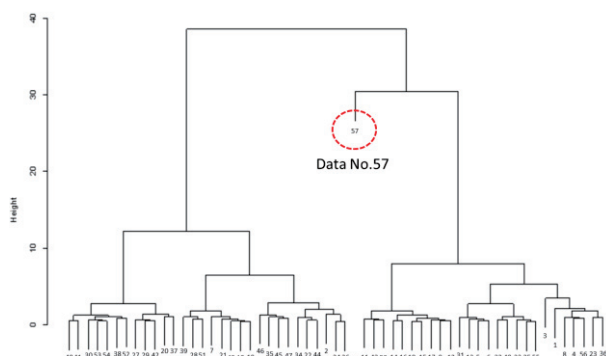


Fig.4 Vibration data of Vertical pump

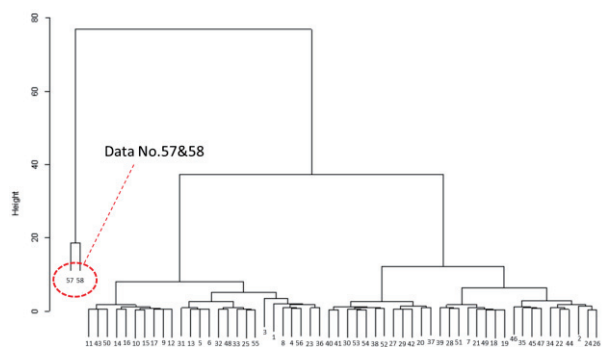
図5 (A) より 56 回目データまでの分布をみると分岐が下層部で生じていることがわかる。(B) で 57 回目測定データを追加すると 50~56 回目測定データに比べて上層部で分岐が生じ、(C) から y 方向が異常と判断される 58 回目測定データの追加後は最上層部での分岐が生じていることがわかる。さらに (D) より、x、z 方向で注意値を超える 59 回目データは、57、58 回目データと同じクラスター内に分類されていることがわかる。これより、階層型クラスタリングにより正常と異常が判別でき、簡易診断への適用見込みを得ることができた。また、分岐が生成される過程を評価することで異常予兆の検知が可能であると考えられる。



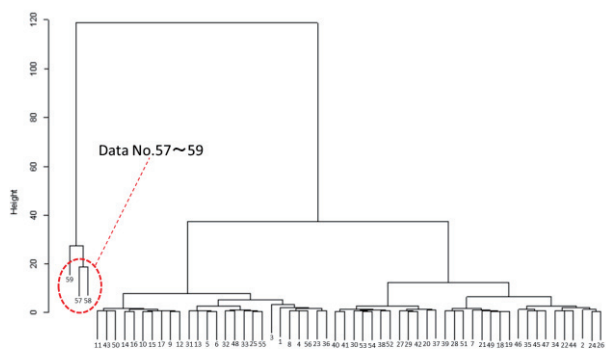
(A) No.1~No.56



(B) No. 57 was added



(C) No. 58 was added.



(D) No. 59 was added.

Fig.5 Result of hierarchical clustering

4. まとめと展望

本研究では診断業務支援、異常予兆検知に向けた診断技術としてデータ分析の適用を検討している。ここでは回転機器として縦型ポンプを対象とし、階層型クラスタリングによる簡易診断を行って異常の有無の判別可否について評価した。その結果、正常データが蓄積される場合、下層部で分岐が生じる一方で、異常データが追加されると上層部でクラスターの分岐が生じていることが確認でき、正常と異常を分類することができた。このため、階層型クラスタリングの簡易診断への適用の見込みを得ることができた。

このような、データ分析による手法は閾値を要しない

ため、機器の個体差などによって異なる機器の劣化状態をエンジニアの習熟度に依らずに判断可能となり、機器診断の効率化が期待できる。今後は様々な機器に対するデータ分析による異常判定手法の適用評価を行っていく。

参考文献

- [1] 平井 有三、「初めてのパターン認識」、森北出版、2012
- [2] 吉岡 哲郎 他、「設備の異常予兆検知における時系列データを対象にしたクラスタリング手法の比較検討ー設備異常予兆検知の研究（1）ー」、2014年度精密工学会春季大会学術講演論文集 A14-19、2014