

9D-4 回転機器異常診断システムにおける入力情報量が不十分な場合の

同定精度に関する考察

小熊 康之† 角山 正博†† 小川 昌幸††† 神野 洋一††† 佐藤 達雄††††
 †新潟工科大学 大学院 ††新潟工科大学 †††新潟ウオシントン (株)

1. はじめに

プラント内の回転機器を的確に診断するには豊富な経験と熟練した技術が要求され設備診断技術者の不足という問題が発生している。この問題を解決し更に近年の保守体制の変化に対処するために、設備診断の自動化が求められている。

本稿では、現在故障診断技術に広く用いられている振動法による熟練した設備診断士の知識を知識ベースとし、精密診断を対象として著者等が構築したファジィエキスパートシステムを、保全の大部分を占める簡易診断にも適用するための可能性について検討した結果について報告する。

2. 振動法における精密診断と簡易診断

振動法に基づいてポンプ等回転機器の異常診断を行う場合には、振動測定目的によって精密診断と簡易診断の2つの診断技術に分けられる。まず、精密診断においては、機器稼動時に発生している振動を、下図に示す両ベアリング部分の『垂直・水平・軸』の6箇所において測定し、その振動データをもとに診断を行い種々原因究明のための解析が行われる。それに対して、簡易診断は故障の傾向管理のために行われる測定方法であり、測定箇所はカップリング側、反カップリング側の水平方向のみとする場合が多く精密診断に較べて、大幅にデータが少なくなっている。尚、故障の判定基準はISO2372で定められたしきい値を用いるのが一般的で、いずれかの箇所を基準を超えていれば故障と診断される。

図1に測定箇所を示す。

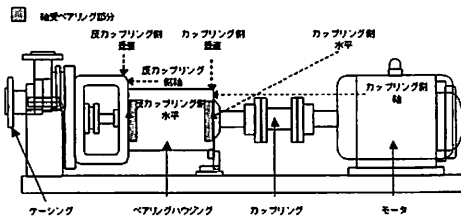


図1. 測定箇所

3. 異常診断システムにおける推論方法

振動法による故障原因の同定は、回転機器における各部位の振動をFFT (Fast Fourier Transform) を用いて周波数分析し、この結果により推論を行う。本システムは入力された振動データをもとにして、故障原因集合と

その可能性を診断結果として出力する。

本システムでは、まず各故障原因の推論に必要なスペクトルを比率スペクトルと発生スペクトルに分類する。比率スペクトルとは、そのスペクトルと他のスペクトルの強度の比率が重要なスペクトルであり、発生スペクトルとは、そのスペクトルの強度が定められた値を超えているか否かが重要なスペクトルである。次に、これらのスペクトルを用いた振動法による熟練した設備診断士の知識に基づく振動兆候マトリックスを用いて知識ベースを構成する。振動兆候マトリックスでは各故障原因に対して、振動兆候ごとに推論に必要なスペクトルが比率スペクトルか発生スペクトルであるかの指定及び典型値と重要度が与えられている。

故障診断においては、まず故障原因集合を定め、エキスパートシステムによって、各部位のスペクトルの強度に基づいて可能性が低い故障原因を除去していく。そして、最後に残った集合に含まれる故障原因について、ファジィシステムを用いて可能性の度合いを決定する。また誤診を避けるために、故障原因集合が空集合である場合には「ルールに該当する故障原因がありません」と出力し、データが不足しており、評価不能であった故障原因に関しては、どのデータが不足していたため評価不能であったかを出力するようにしている。本システムの推論の流れを図2に示す。

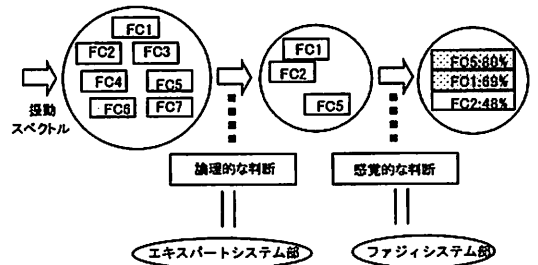


図2. 推論の流れ

図2の上段は故障原因集合の推移を表し、下段は判断基準を表す。なお、ここではFC1とFC5が正しい故障原因である。

4. 評価

精密診断の推論用に故障診断の専門家が作成した15件のテストデータについて、簡易診断データと同様に水平方向のみを残して他のデータを欠損させた場合の推論

結果を表1に示す。表中の絞込みの割合とは、本システムで対象とする全ての故障原因に対する出力された故障原因集合の割合を表し、順位とは正しい原因についてファジィ推論から得られた可能性の順位を表す。なお、×印が記されているものは、正しい故障原因が評価不能と推論されたことを表している。また、評価不能な故障の割合とは、全ての故障原因に対して、垂直及び軸方向のデータが不足していることによって評価不能と推論された故障原因の割合を表す。但し、データの欠損が無い場合には評価不能な故障原因が無いため省略してある。

表1. テストデータの推論結果

| | 絞込みの割合 | | 順位 | | 評価不能な故障の割合 | |
|------------|----------|-----|----|---|------------|---|
| | データ欠損の有無 | | | | | |
| | 無 | 有 | 無 | 有 | | 有 |
| TestData1 | 21% | 12% | 1 | × | 28% | |
| TestData2 | 9% | 9% | 2 | 2 | 14% | |
| TestData3 | 19% | 12% | 1 | 1 | 23% | |
| TestData4 | 14% | 7% | 1 | 1 | 28% | |
| TestData5 | 5% | 5% | 1 | 1 | 26% | |
| TestData6 | 5% | 5% | 1 | 1 | 30% | |
| TestData7 | 23% | 14% | 2 | 1 | 28% | |
| TestData8 | 19% | 2% | 2 | × | 30% | |
| TestData9 | 9% | 9% | 1 | 1 | 23% | |
| TestData10 | 7% | 7% | 1 | 1 | 30% | |
| TestData11 | 12% | 9% | 1 | 1 | 23% | |
| TestData12 | 7% | 7% | 1 | 1 | 28% | |
| TestData13 | 9% | 7% | 1 | 1 | 23% | |
| TestData14 | 28% | 14% | 1 | × | 26% | |
| TestData15 | 7% | 7% | 1 | 1 | 28% | |

表1から精密診断用テストデータを欠損させた場合には、エキスパートシステムによって故障原因集合は15%以内に絞り込まれており、さらにファジィシステムによって、正しい故障原因の可能性をほぼ最上位として推論出来ることがわかる。

次に簡易診断のフィールドデータの推論結果を表2に示す。

表2. フィールドデータの推論結果

| | 絞込みの割合 | 順位 | 評価不能の割合 |
|-------|--------|----|---------|
| Data1 | 2% | 1 | 0% |
| Data2 | 5% | 1 | 25% |
| Data3 | 7% | 3 | 30% |
| Data4 | 5% | 2 | 30% |
| Data5 | 2% | 1 | 26% |
| Data6 | 2% | 1 | 0% |

表2のフィールドデータでは、故障原因集合を全故障原因の7%以内に絞り込むことが出来ており、正しい故障原因の可能性をほぼ最上位として推論出来ている。

5. まとめ

本稿では、著者等が既に作成した精密診断用のシステムをデータ数を減じた簡易診断に適用するための可能性を明らかにするために、精密診断用に作成したテストデータに欠損を生じさせた場合の診断を行い、システムの評価を行うと共にその問題点を考察した。また、併せて簡易診断のフィールドデータを用いて実際の診断における評価を行った。

この結果、テストデータにおいては15件中の3件を除いて全て正しい結果が得られた。またフィールドデータについては6件中の4件において正しい原因が推論され、残りの2件についても正しい原因が推論結果中に残された。これらの結果から、既存の精密診断用のシステムを、入力情報量が不十分な簡易診断に用いる場合にも、ほぼ正しい故障原因を推論出来ることが明らかになった。しかし、今回使用したフィールドデータは、発生している故障原因にやや偏りがあること、及びフィールドデータの件数が少なかつたこと等の問題点があるため、更に多くのフィールドデータについて推論を行い、その結果を評価する必要がある。また、評価不能と推論された故障原因の評価不能理由については、振動伝達の方向性に基づいて推論を行う場合に、与えられている水平方向以外の方向との比較を行う際のデータが不足しているために推論が不可能になるという場合があった。これらの点については、簡易診断のための条件や特徴等を考慮した新たなルールの検討が必要であるものと考えている。

参考文献

- [1]安部 憲広, 滝 寛和, “エキスパート・システム入門”, 共立出版, 1986.
- [2]R.I.レイバン, “AI・エキスパートシステム”, マグロウヒル, 1988.
- [3]田中博/下井優一, “エキスパートシステム構築の方法 OPS83 人工知能プログラミング入門”, パーソナルメディア, 1987.
- [4]日本プラントメンテナンス協会編, “設備診断エキスパートシステム構築実習帳”, 日本プラントメンテナンス協会, 1989.
- [5]奥野 崇, 角山正博, 小川昌幸, “回転機器異常診断ファジィエキスパートシステムの開発”, 平成15年度電子情報通信学会信越支部大会 講演論文集, pp. 257-258
- [6]Takashi Okuno, Masahiro Tsunoyama, Masayuki Ogawa, Tatsuo Sato: "A Fuzzy Expert System for Faculty Daiganosis of Rotating Machines", Proc. of the IASTED, pp.297-301, 2004.