

ファジィ測度を用いた回転機器の異常診断

Diagnosing Faults in Rotating Machines using Fuzzy Measure

遠藤尚人† 角山 正博† 小川昌幸†† 神野洋一†† 佐藤達雄††
 Naoto Endou† Masahiro Tsunoyama† Masyayuki Ogawa†† Hirokazu Jinno†† Tatsuo Satou††
 †新潟工科大学大学院 ††新潟ウオシントン (株)
 †Graduate School for Engineering, Niigata Institute of Technology ††Niigata Worthington Co.,Ltd.

1. はじめに

本研究ではクリスプ推論とファジィ推論を併用した振動法に基づく自動診断システムを開発しているが、特にファジィ推論部の精度が十分でないという問題点がある。本稿では、回転機器異常診断システムの診断精度向上を目的とし、ファジィ測度を用いて、熟練した設備診断技術者の持つ曖昧で主観的な知識を表現する異常診断方法について検討した結果を報告する。

2. 振動法とファジィ測度

振動法とは、機器の構造などから予想される故障原因毎の振動スペクトルパターンと、振動データを周波数分析して得たスペクトルを対比させて故障原因を推測する手法である。

振動データの周波数分析は、速度域、エンベロープ域、及び加速度域の3つの領域で実施する。速度域のデータは加速度センサを用いて測定されたデータを積分することによって得る。また、エンベロープ域は加速度域の振動データに包絡線処理を施したのち周波数分析したものである。

本システムでは、設備診断技術者の知識に基づいて、各故障原因に対して推論に必要なスペクトルとその強度の基準値、重要度、及び方向性を決めファジィ測度を構成する。重要度はファジィ積分で可能性を求める際に用いる。振動の方向性とは、機器の構造と故障の発生部位及び振動の伝達方向に基づいて決められる。

ファジィ測度は故障原因の可能性を求める際に用いられるスペクトルの各部分集合に対して定義される。本稿では次式を用いて故障原因ごとにファジィ測度を定義する。これを γ -ファジィ測度と呼ぶ。

$$g_{\gamma}(A_i) = \left(\sum_{x_j \in A_i} g(x_j) \right)^{\gamma}$$

$$g(x_1) + g(x_2) + \dots + g(x_n) = 1, \quad 0 \leq \gamma \leq \infty \quad (1)$$

ここで、全体集合 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, $A_i \subset X$ である。

3. ファジィ積分による可能性の算出

式(2)に示すショケ積分によりファジィ積分を行い、故障原因の可能性を求める。

$$(C) \int h(x) dg = \sum_{i=1}^n (h(x_i) - h(x_{i-1})) \cdot g(A_i) \quad (2)$$

ここで、 $h: X \rightarrow [0,1]$, $g: 2^X \rightarrow [0,1]$ であり、 $0 = h(x_0) \leq h(x_1) \leq \dots \leq h(x_n)$, $A_1 \supset A_2 \supset \dots \supset A_n$ とする。

γ -ファジィ測度を用いたショケ積分による可能性の決定方法を次に示す。

- (i) 速度域、エンベロープ域、及び加速度域の全てのスペクトルの適合度を求める。
- (ii) 振動の方向性に基づいて適合度を求める。
- (iii) 上記の(i)及び(ii)のグループについて、グループ内でファジィ積分を行いグループの可能性を求める。
- (iv) (iii)のグループの可能性についてファジィ積分を行い、最終的な故障の可能性を求める。

適合度を求めるために、スペクトル強度の基準値の-15%を最小値、+15%を最大値とする三角型メンバーシップ関数を用いる。

4. 結果

複数の故障原因に対するテストデータを用い、本稿で示した方法に基づいて得られた各々の故障原因の可能性を下図に示す。

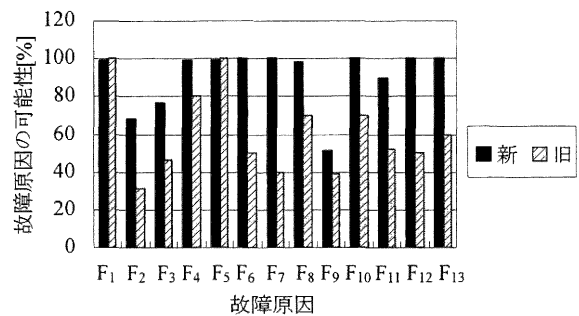


図1. 推論結果

ここで、「新」とは本稿で示した方法を用いて求めた可能性であり、「旧」とは以前の方法で求めた可能性である。

5. まとめ

本稿では、回転機器異常診断システムのための、ファジィ測度を用いた故障原因の可能性を算出する方法について検討し、テストデータを用いて評価した結果を示した。この結果考案した方法を用いることによって以前に較べて、故障原因の可能性が最大60%、平均30%増加し、より熟練した診断技術者に近い結果が得られた。今後はデータの件数を増加させるとともにより多くの故障原因について検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 菅野道夫, “講座ファジィ第3巻 ファジィ測度”, 日刊工業新聞社, 1993.
- [2] 田中英夫, “ファジィモデリングとその応用”, システム制御情報学会, 1993.