

# 回転機器異常診断システムにおける推論ルールの評価方法

## An Evaluation Method for Rules of Reasoning for Rotating Machine Diagnosis

堀 隼人† 角山 正博† 小川 昌幸†† 神野 洋一†† 佐藤 達雄††

Hayato Horii† Masahiro Tsunoyama† Masayuki 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

近年、回転機器の保全方式の変化により設備診断の機会が増加している。しかし、設備診断を行う設備診断士の不足や診断コストの増加などの問題があるため、回転機器を対象とした自動診断システムの実現が求められている。

本研究は、自動診断システムの診断精度を向上するためのルール評価方法を明らかにすることを目的としている。

### 2. 回転機器異常診断と推論ルール

回転機器の精密診断には振動法を用いる。振動法では、図1に示す回転機器のカップリング及び反カップリング方向の『垂直・水平・軸』の6箇所の振動データを用いて診断を行う。

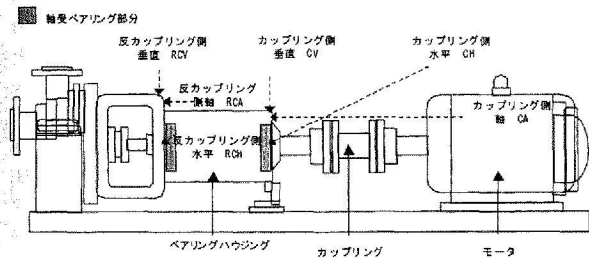


図1. 測定箇所

診断システムは、各測定箇所から得られた振動データをFFT(Fast Fourier Transform)を用いて周波数分析し、各スペクトルの値に基づいて推論を行う。各スペクトルの値が故障原因のルールの条件を満たすか否かにより故障原因を選択する。推論ルールの条件の例を式(1)に示す。

$$\text{if } \left(\frac{1N}{OA} \geq R_1\right) \text{ or } \left(\frac{2N}{OA} \geq R_2\right) \text{ then 故障原因 A} \quad (1)$$

ここで、1Nは基本周波数スペクトルの強度、2Nは2倍高調波スペクトルの強度、OAは全スペクトル強度の合計、 $R_1$ 及び $R_2$ はルールの係数である。

### 3. 多次元正規分布を用いたルールの評価方法

ルールの評価には統計的推定を用いる。評価する故障原因に該当するフィールドデータを集め、それを標本とする。その標本より平均と分散を推定し、それらを用いて正規分布を作成し誤診確率を求める。

推論ルールの前件部は複数の条件からなっている。これらの条件を組み合わせるために多次元正規分布を用いる。ここでは、式(1)に示す2つの条件を持つルールを取り上げ、2次元正規分布を用いて評価する。

2次元正規分布は式(2)で表される。

$$f(x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi)^2 \sigma_1^2 \sigma_2^2 (1-p)}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2(1-p^2)} \left[ \left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1}\right)^2 - 2p \left(\frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1}\right) \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2}\right) + \left(\frac{x_2 - \mu_2}{\sigma_2}\right)^2 \right] \right] \quad (2)$$

式(2)の $\mu_1$ 及び $\mu_2$ は平均、 $\sigma_1^2$ 及び $\sigma_2^2$ は分散、 $p$ は相関係数を表している。

故障原因Aのルールを用いて故障原因Aと故障原因Bを推論した場合、誤診確率は、故障原因Aが否定される確率及び故障原因Bが肯定される確率で表わされる。従って、故障原因Aについては係数 $R_1$ 及び $R_2$ よりも比率が小さい範囲を積分し、故障原因Bについては係数 $R_1$ 及び $R_2$ よりも比率が小さい範囲を積分した値を1から引く事によって誤診確率が得られる。

### 4. 評価結果

本方法に基づいて、フィールドデータを用いて誤診確率を求めた結果を示す。

まず、用いるデータの平均値等を表1に示す。

表1. 評価に用いるデータの数値

故障原因名	故障原因A		故障原因B	
比率	1N/OA	2N/OA	1N/OA	2N/OA
平均 [ $\mu$ ]	0.770	0.243	0.961	0.083
分散 [ $\sigma^2$ ]	0.0546	0.0594	0.0271	0.0049
標準偏差 [ $\sigma$ ]	0.234	0.240	0.052	0.070
相関係数 [ $p$ ]	0.0985		0.0160	

故障原因Aのルールを用いて故障原因A、Bの誤診確率を求める。1N/OA $\geq$ 0.35又は2N/OA $\geq$ 0.15を満たすと故障原因Aであると判断される。故障原因Aは1N/OA $\geq$ 0.35又は2N/OA $\geq$ 0.15を満たさないと誤診になり、故障原因Bは1N/OA $\geq$ 0.35又は2N/OA $\geq$ 0.15を満たすと誤診になる。

ここで、式(2)を用いて誤診確率を求めると、故障原因Aが1.79%、故障原因Bが99.99%となる。

### 5. まとめ

多次元正規分布を用いて誤診確率を求めてルールを評価する方法を提案し評価例を示した。この結果、故障原因Aのルールを用いているにもかかわらず、故障原因Bが故障原因Aと判断される誤診確率が99.99%となった。このことから、故障原因Aと故障原因Bを区別するためには、ルールの係数の変更やルールの追加が必要になることが明らかになり、本方法の有効性が示された。

### 参考文献

[1] 田口 玄一, “経営工学シリーズ4 確率・統計”, 日本規格協会, 1992.