

■■■■株式会社

■■事業場 殿

モータ等音響データ 解析報告書

平成■■年■■月■■日

株式会社エクストラネット・システムズ

1. 目的：■■■■(株)■■事業場の幾種類かのポンプ駆動用モータの音響を採取し、新しい異常検出アルゴリズムである相関抽出法を適用し、その有効性を検証するとともに、状態監視システムの今後の取り組み方等について考察する。

## 2. 検討内容

今回のデータ採取においては、いずれも正常状態であるので異常状態を模擬するために次の2箇所のモータ付近において電気カミソリの音を発生させた。

- ・ 2Fモータ
- ・ 供給ポンプ用モータ

なお、録音は山武製のパラボラ式 I F - A S S E T システムを使用した。

パラボラとモータの長軸との概略の距離は約 80 cm ~ 100 cm である。

解析は、2つの観点から検討を行った。

- A. 電気カミソリ音で模擬した小さな異常音を検出可能であるか？
- B. 正常状態である2つのポンプ用モータで個別的な音響特性の変動をいかに吸収し、安定した判定指標が得られ、劣化傾向監視に有効であるか？

最後に、劣化傾向監視についての考察を示す。

A. いかに微小な異常を検知できるか？

モータ正常音とその付近にて電気カミソリの回転音を模擬異常音とした場合の識別性能について相関抽出法を用いて解析してみた。

A-1 対象モータ：2Fモータ

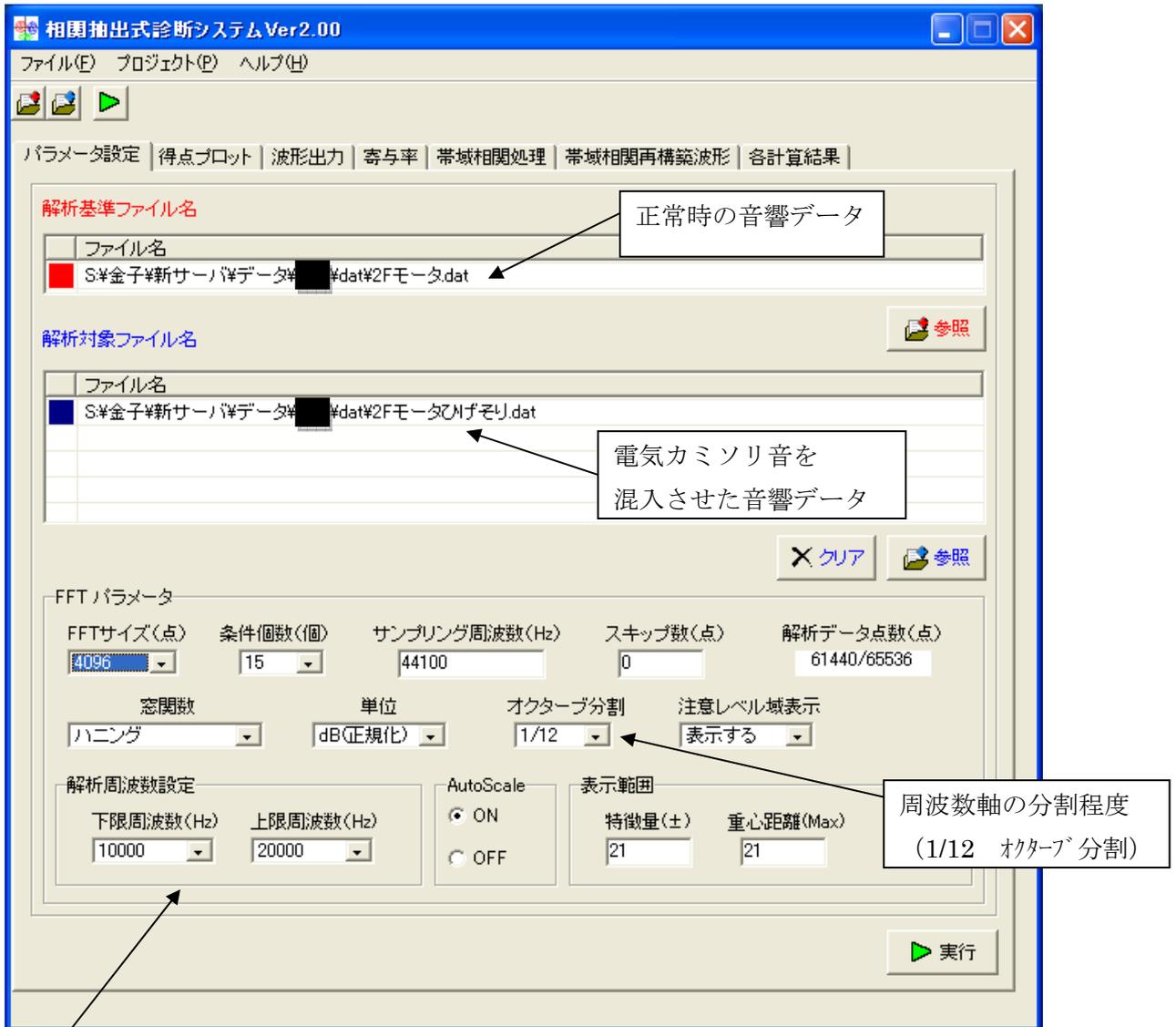


図1 相関抽出法のパラメータ設定

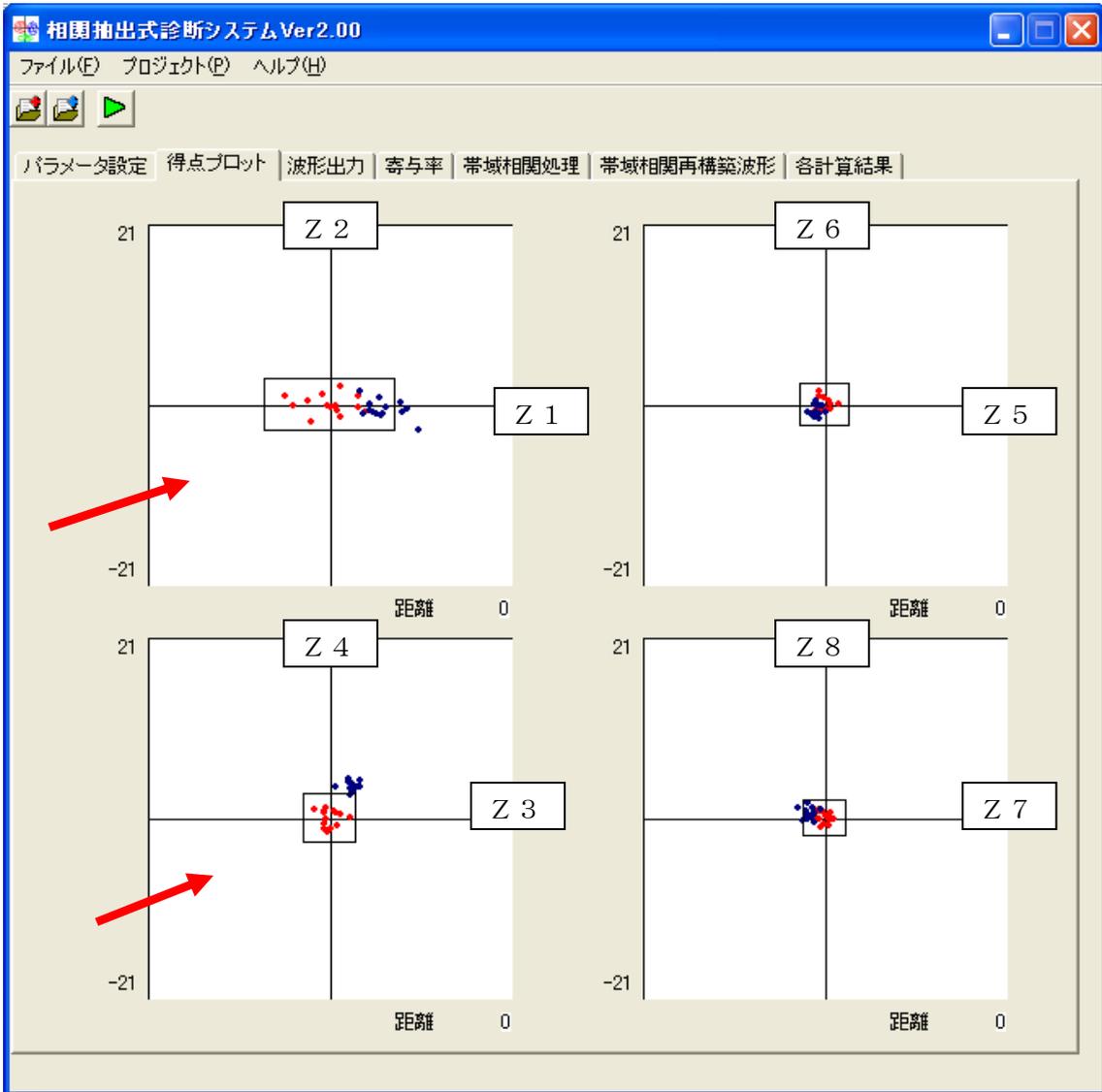


図2 特徴量マッピング (解析結果)

( $Z_n$  は、 $n$  番目の特徴量を示す。)

赤色： 正常時のモータ音

青色： 同上音にカミソリ異常音を混入した場合

この結果から、特に $Z_1 - Z_2$ 軸の図、及び $Z_3 - Z_4$ 軸図において、正常時の赤い点の分布に対して、青い電気カミソリ音が混入した場合には別の分布を示していることが分かる。

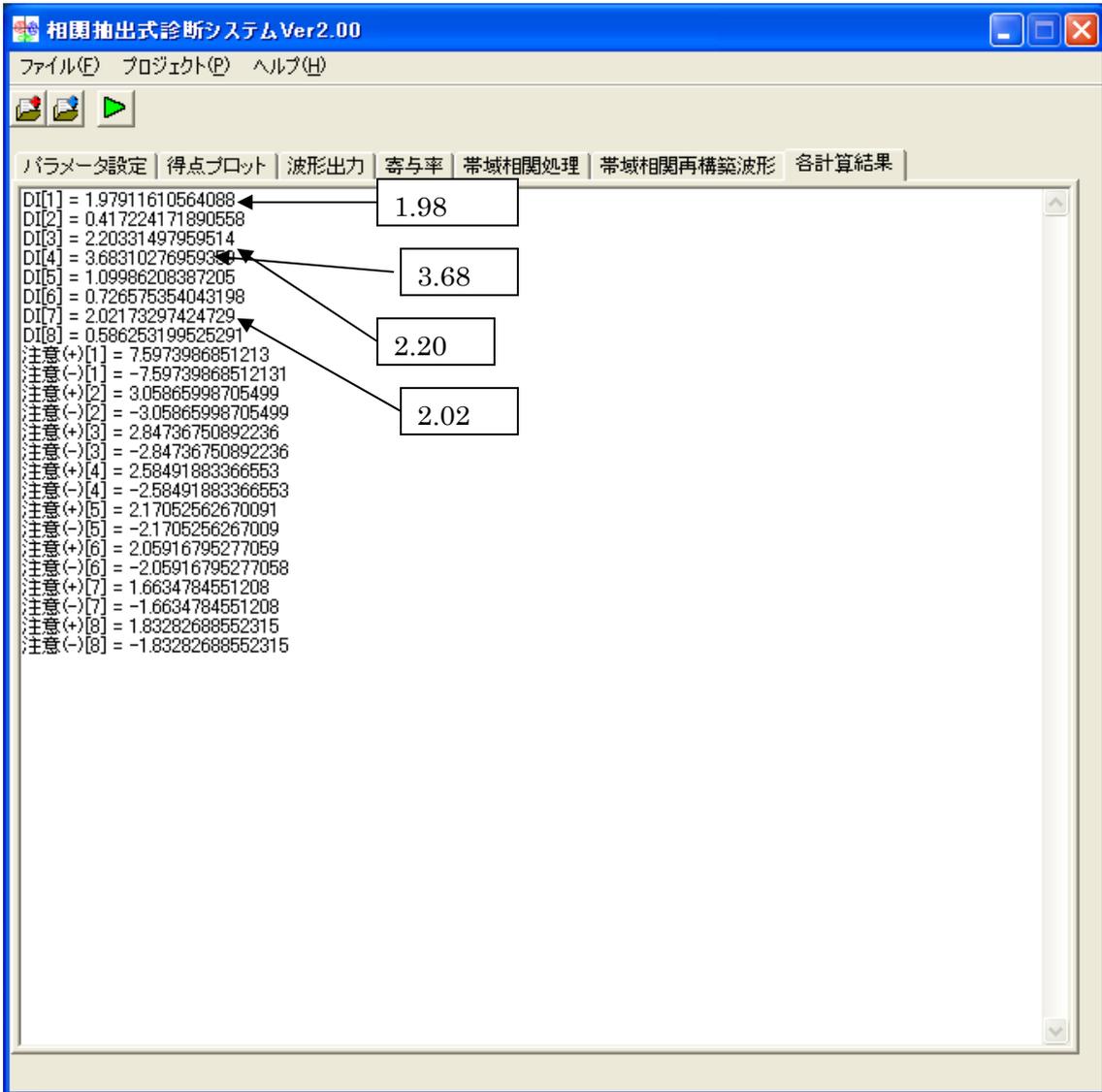
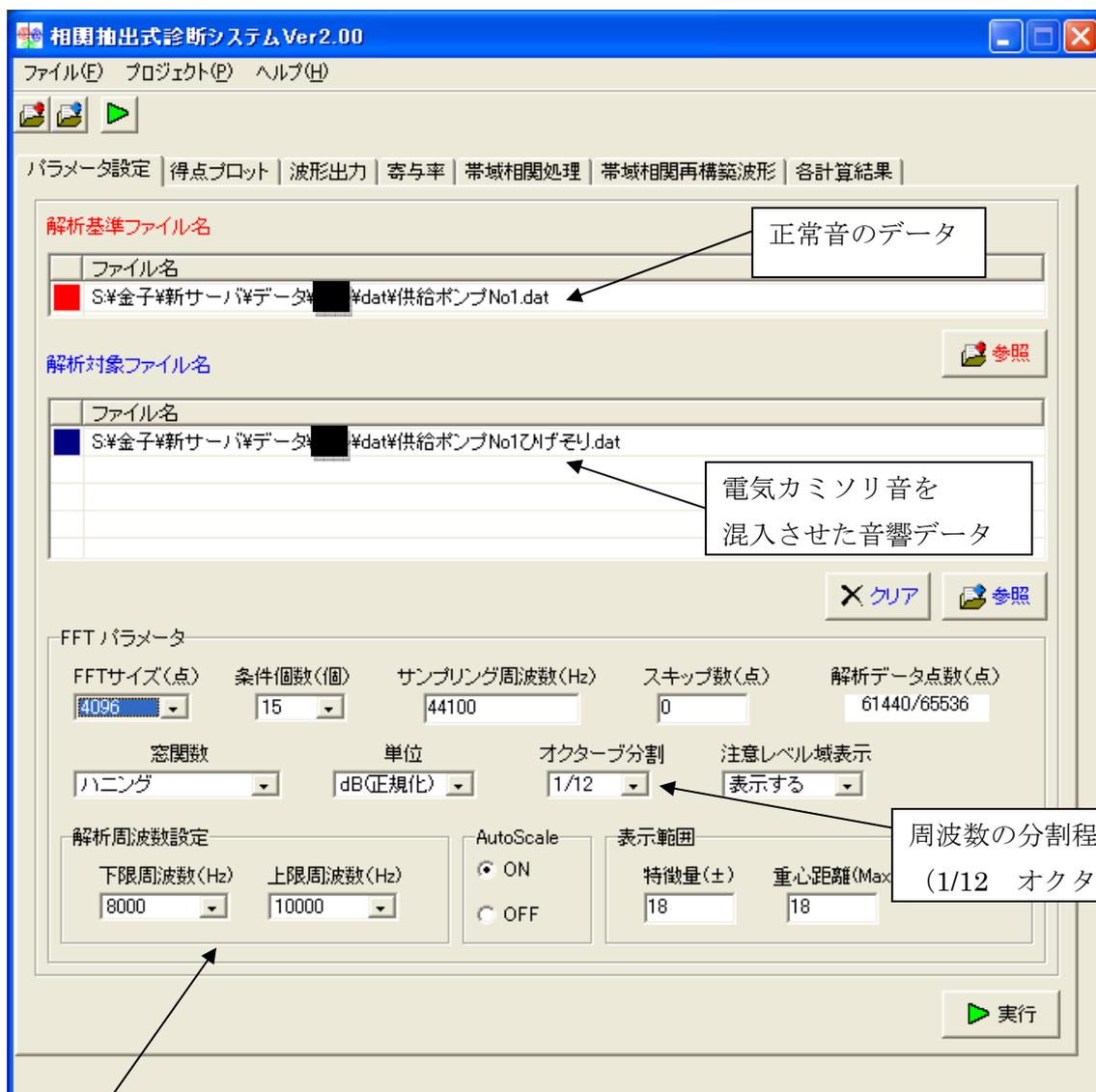


図3 識別指標 DI

(DI = 2.0 ... 97%以上の確率で異なる分布であることを示す。)

第1、第3、第4、第7特徴量にて識別ができていることが分かる。

A-2 供給ポンプ用モータ音



周波数の解析範囲  
(8kHz ~ 10kHz)

図5 パラメータ設定

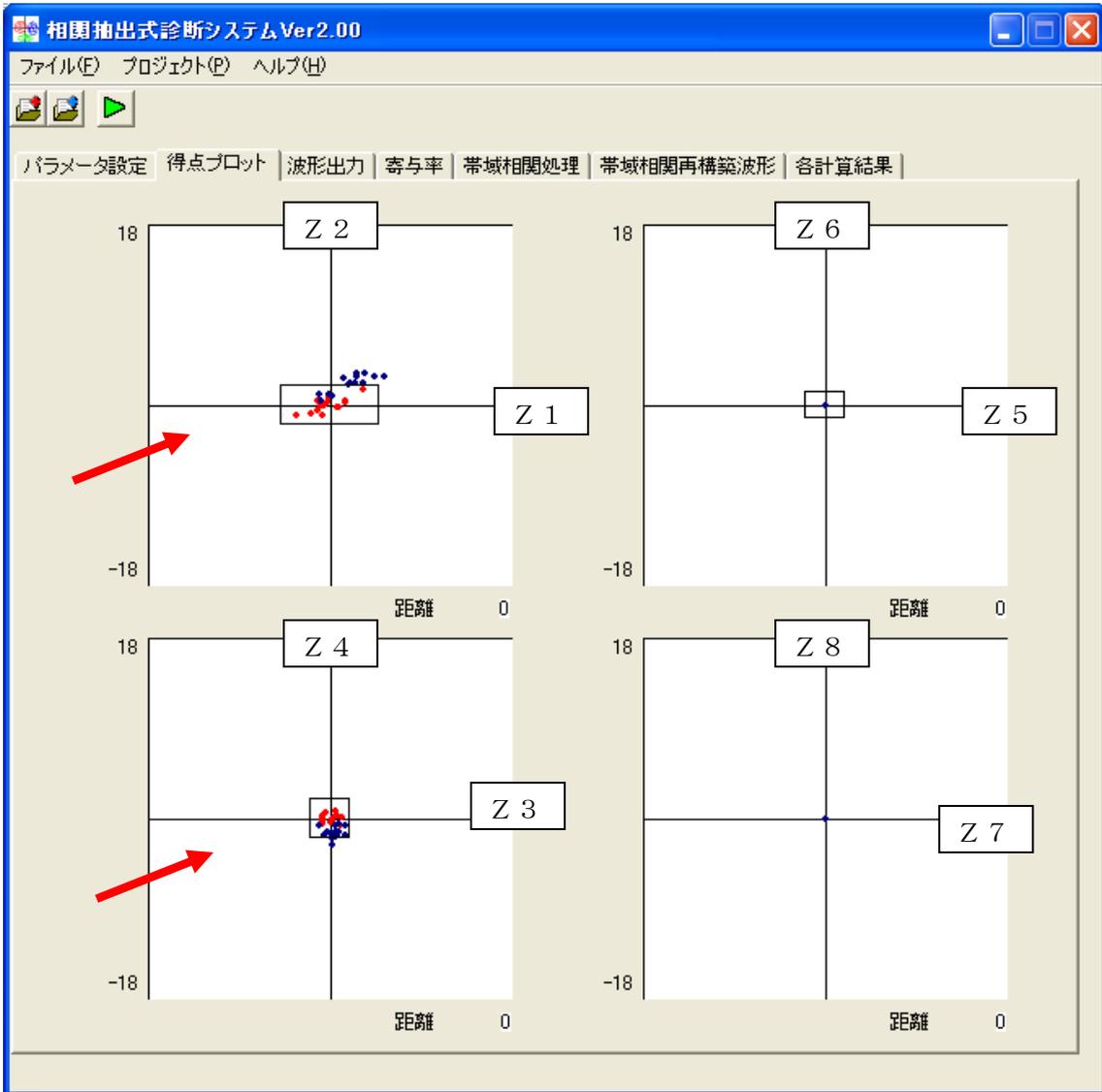


図6 特徴量マッピング (解析結果)

Z 1 - Z 2 軸図及び Z 3 - Z 4 軸図から、赤色のモータ正常音に比べて、電気カミソリ音が混入した場合の青い点群は、別の集団であることが分かる。

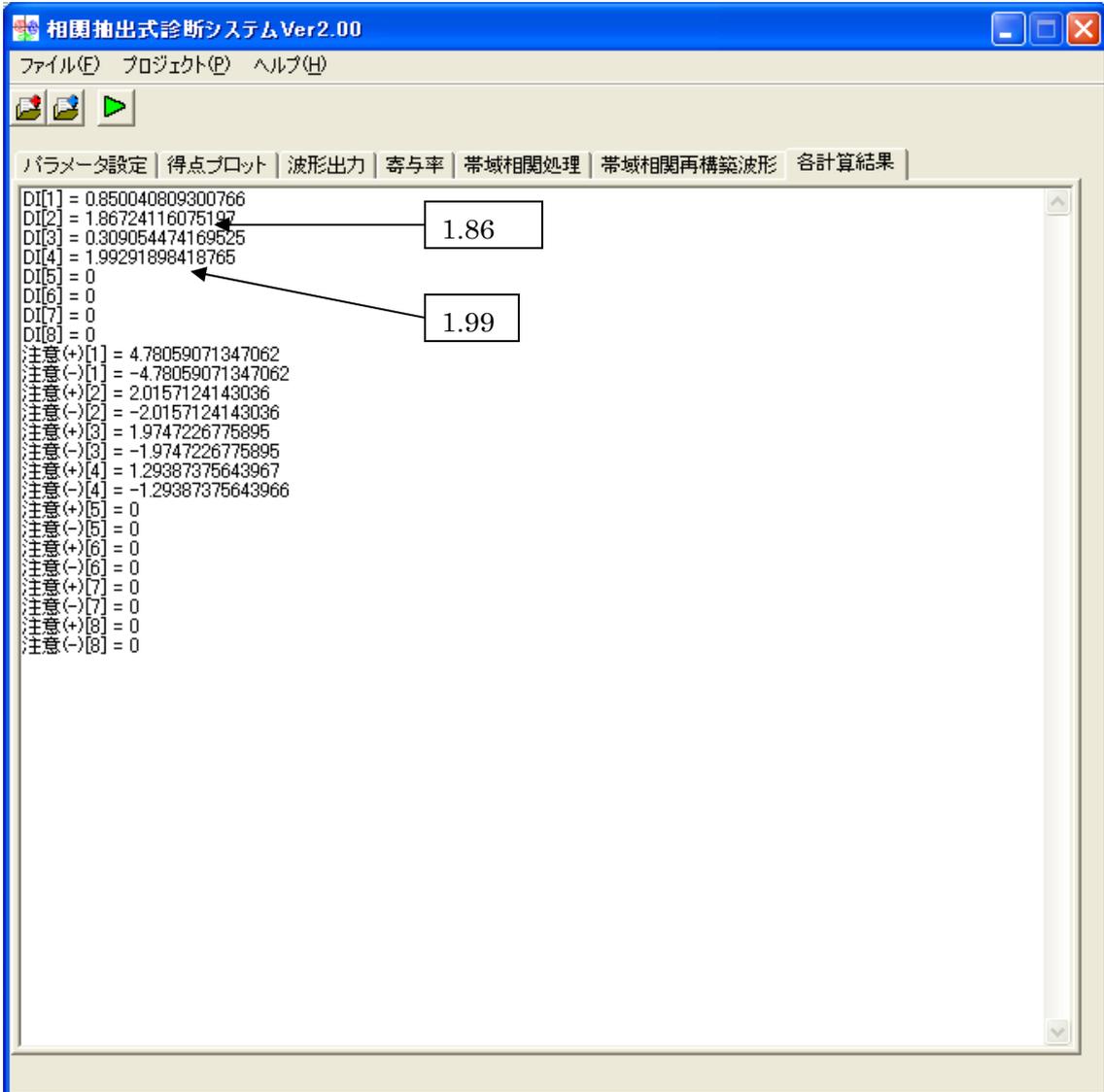


図7 識別指標 DI

第2、第4特徴量にて、DI値がほぼ2になっており、電気カミソリ音の識別が可能であることが分かる。

B. 正常時の変動について

対象機器の機種の違いや負荷等の外部条件の違いが、特徴量に与える影響について検討した。

Cソーダポンプ用モータとDソーダポンプ用モータにおいて相関抽出法により抽出した特徴量がどれくらい変動するか？を見てみる。

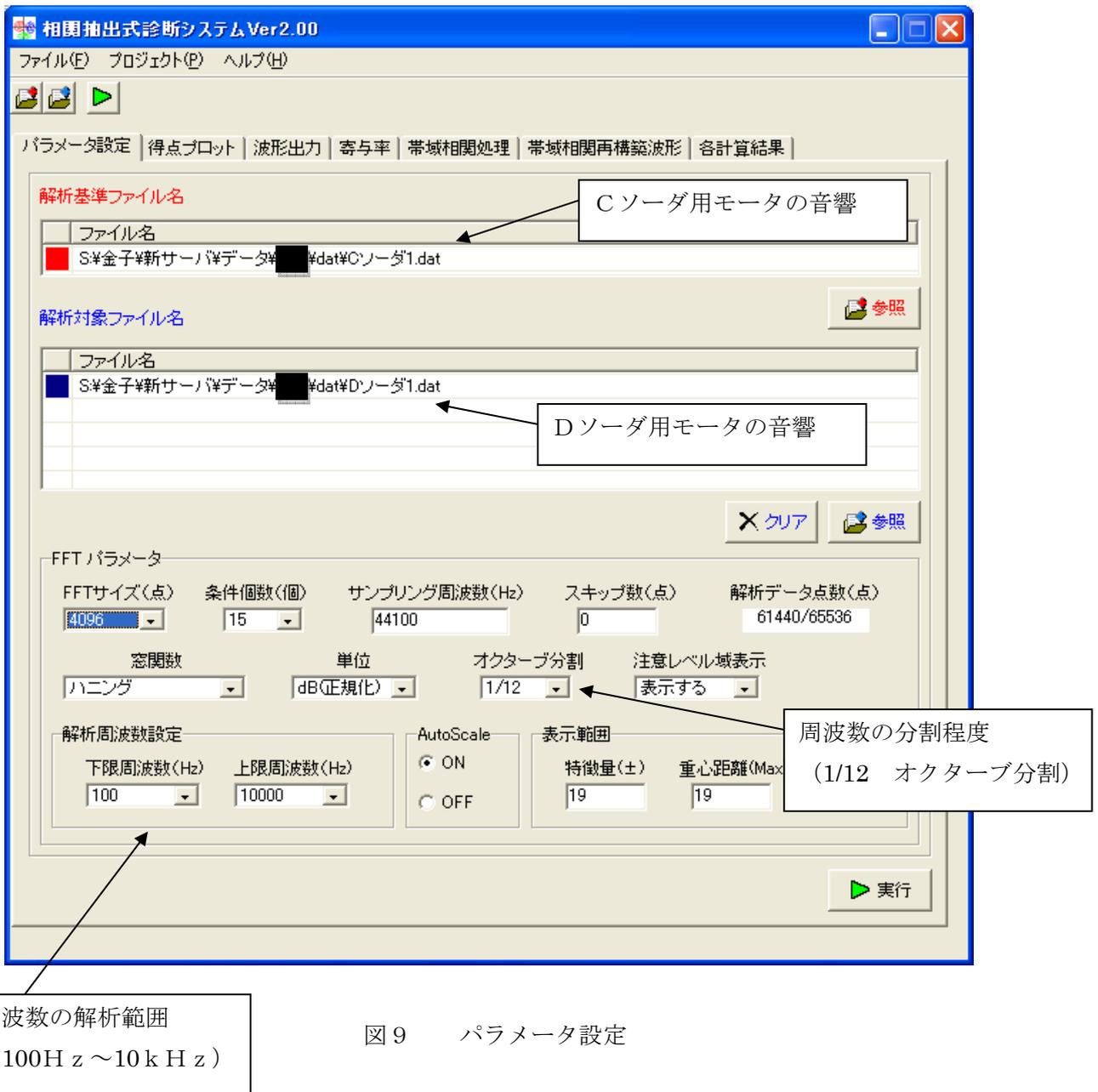


図9 パラメータ設定

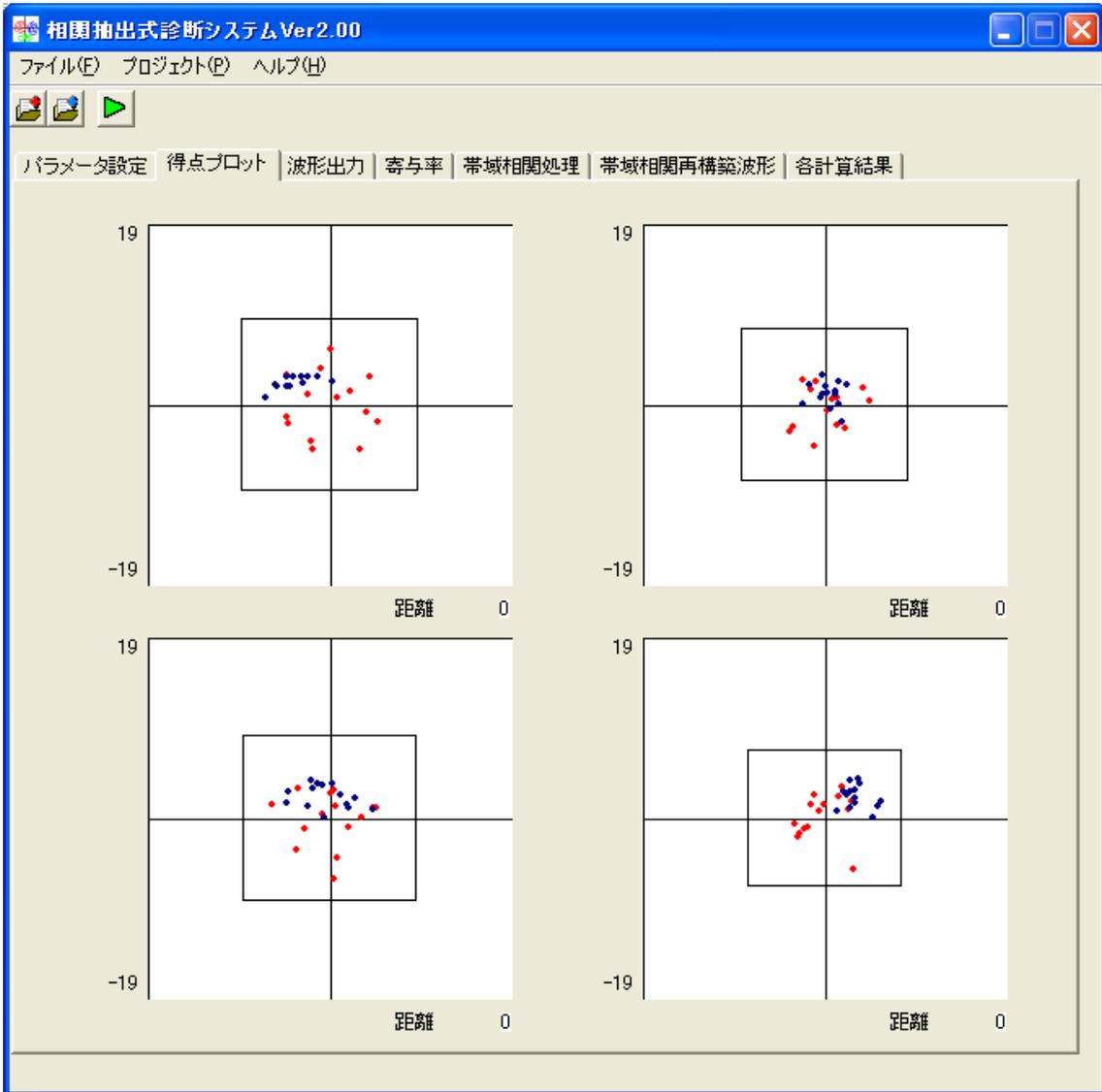


図10 特徴量マッピング（解析結果）

Cソーダポンプのモータ音（赤色）とDソーダポンプのモータ音（青色）とで比較すると、第1から第8特徴量すべてにおいて、同じ集団であることが分かる。

この結果から、この場合の外部条件の違いによる特徴抽出に与える影響は比較的小さいと思われる。

ただし、具体的な異常音の発生に応じた解析・検証によっては、パラメータ設定を調整する必要がある可能性がある。

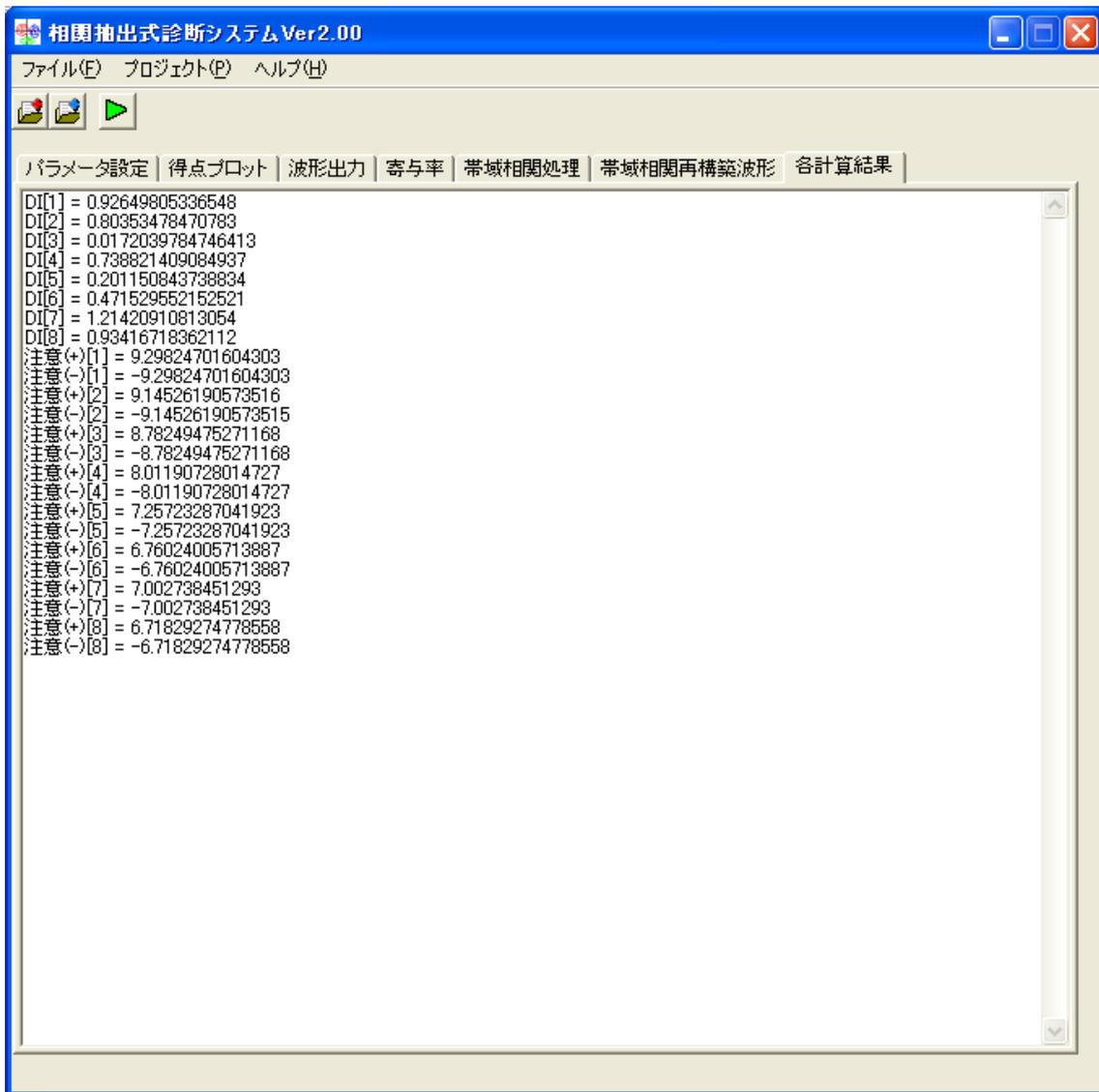


図 1 1 識別指標 DI

いずれのDI値も1以下であり、同じ集団と判断して差し支えない。

## 傾向監視の手法について

従来の劣化傾向監視では、加速度もしくは速度データの大きさに基づく指標が用いられてきた。そのため、対象設備の状態変化が単調に変化する場合や外乱が小さく、運転条件が安定している場合にはそれなりに有効であるが、状態変化は必ずしも単調ではない場合が多く、そのときには劣化が進んでいても加速度もしくは速度の大きさは逆に小さくなり、その後再び大きくなるといった事象が起きる。

このような課題に対応するには、相関抽出法によって抽出した特徴量を劣化傾向監視の指標とすることが有効であろうと考える。

適用例として、エンジンの状態が正常状態から検査員による聴音検査で注意領域、さらに異常音領域となった場合の音響変化について、相関抽出法を適用した例を以下に示す。

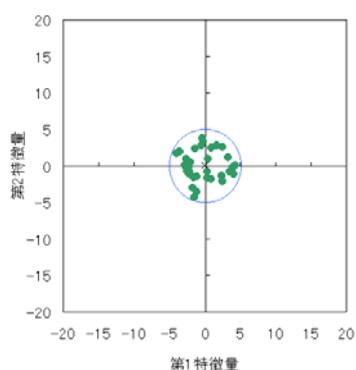


図1 2 正常時の  
エンジン音

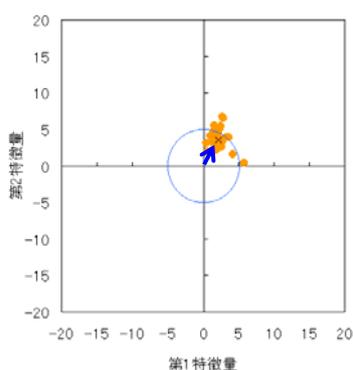


図1 3 注意領域の  
エンジン音（検査員  
の聴音による）

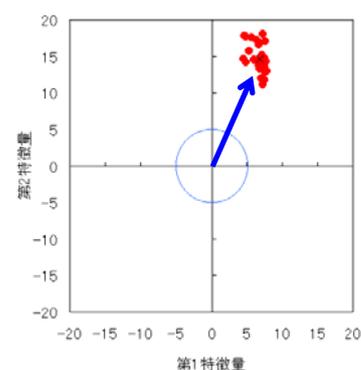


図1 4 異常領域の  
エンジン音

これらの図から分かるように、第1、2特徴量の推移を監視しておくことによって、エンジンの異常判定が可能であるだけでなく、正常時からの乖離度合いからその劣化度合いを推定することも可能となる。

## まとめ

各モータ音響をパラボラで集音したデータを相関抽出法により解析した結果、

1. 電気カミソリ音を微小な模擬異常として混入したとき、2 Fモータ、および供給ポンプ用モータにおいて、検出が可能であった。
2. また、正常時の音響波形から、自己回帰モデルを使った逆フィルタ法では、これらの模擬異常音を検出するためには、判定するための閾値に関する考慮が必要となろう。

以下に、劣化傾向監視についてまとめる。

3. 劣化傾向監視を行う際には、音響もしくは振動の加速度や速度データなど物理的な指標では、対象設備の長期にわたる信頼性の高い傾向監視は困難な場合が多い。
4. そこで、相関抽出法によって抽出した各特徴量を指標とすることにより、より精度の高い予測が可能と思われる。  
そのためには、主機である糸巻機などの中長期にわたる振動データ採取と定期的な主機の状態把握が必要となる。
5. また、指標の選択に加えて予測手法についても従来からの線形、2次曲線、指数関数近似だけでなく、ARIMA（自己相関和移動平均）法<sup>(注1)</sup>などを適用してゆくことによって実用的な寿命予測が達成されるものとする。

(注1)：過去の指標の経時的な変化の有するクセを出来るだけ反映するように考慮した手法であり、その有効性は我々と協力関係にある某大学での研究成果で明らかになっているもの。