

新技術「相関抽出法」による 潜在異常の検出アプリの適用について

株式会社エクストラネット・システムズ

目的及び概要

●従来技術の課題: 信号の強度を基本的な指標

【対象設備から得た振動などの波形データ⇒健全性を診断】

- 1) 初期異常の安定した検出が難しい
- 2) 初見(1回のみ)のデータ)の異常診断は困難

【生産ライン／振動・電流などの波形データ ⇒ 良否判定】

- 1) 微小欠陥や不良品の安定した検出性能は不十分
- 2) 生産用機械の微小な不安定性が、製品品質のバラツキを生じる

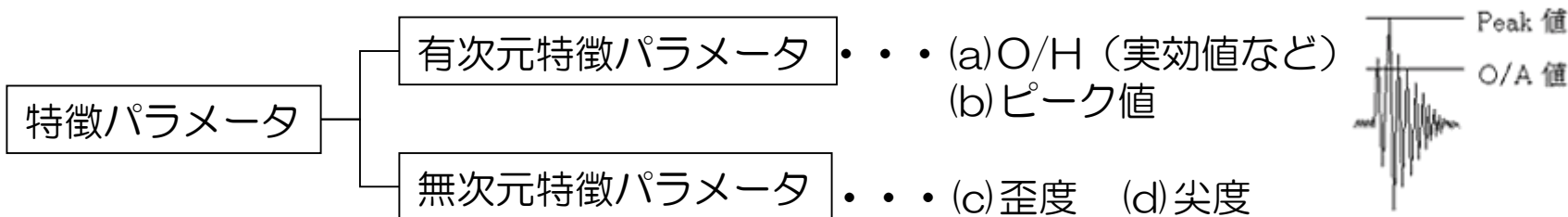
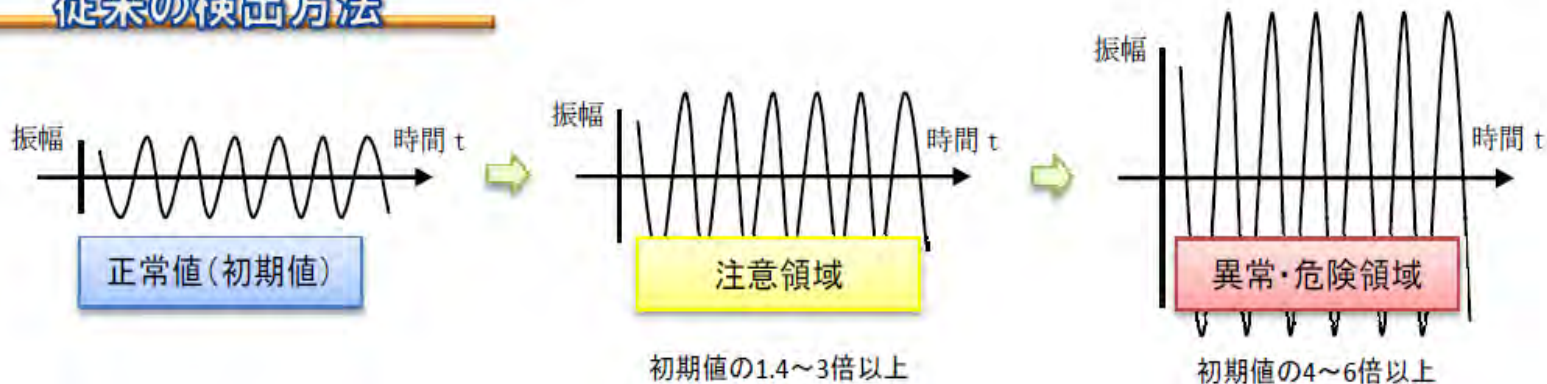


●新技術:「**相関抽出法**」 (特許第3382240号、特許第5753301号)

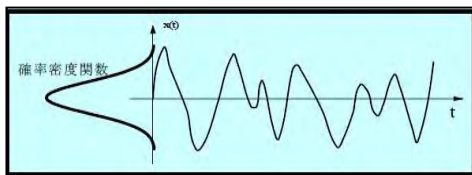
波形データに潜在する特徴を抽出し、設備の劣化状態を反映する指標により微小異常の検出感度が向上、原因推定が実用的に。

従来の診断技術

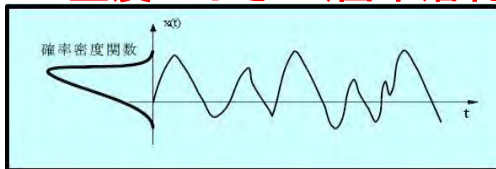
従来の検出方法



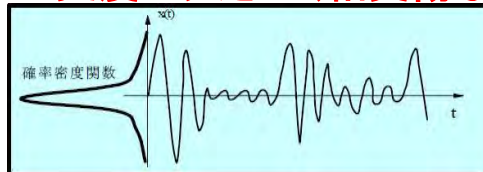
○尖度・歪度が正常
(正常運転時)



×歪度が小さい(歯車磨耗など)



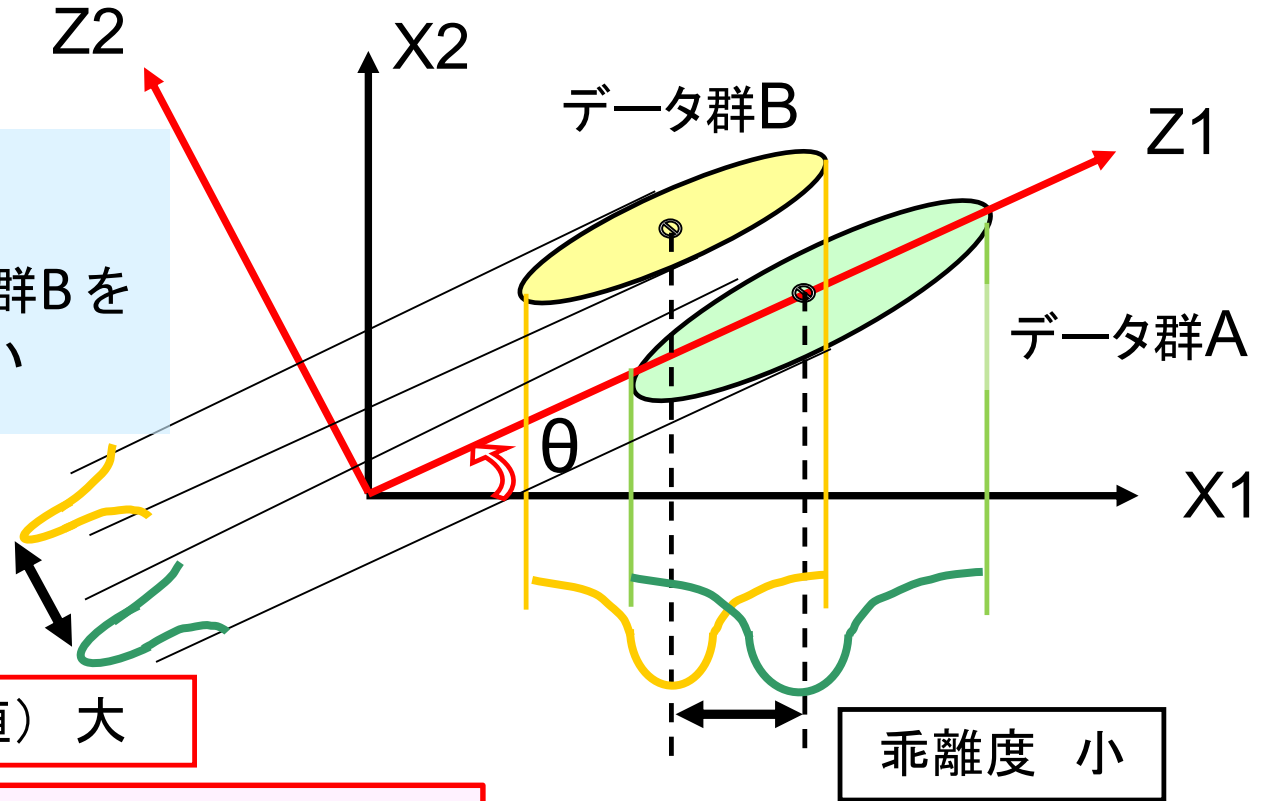
×尖度が大きい(軸受傷など)



**劣化状態の
検出性能に限界**

新技術; 相関抽出法の概要

■ 目的
データ群Aとデータ群Bを
うまく識別したい



乖離度 (DI値) 大

乖離度 小

■ 新技術; 相関抽出法

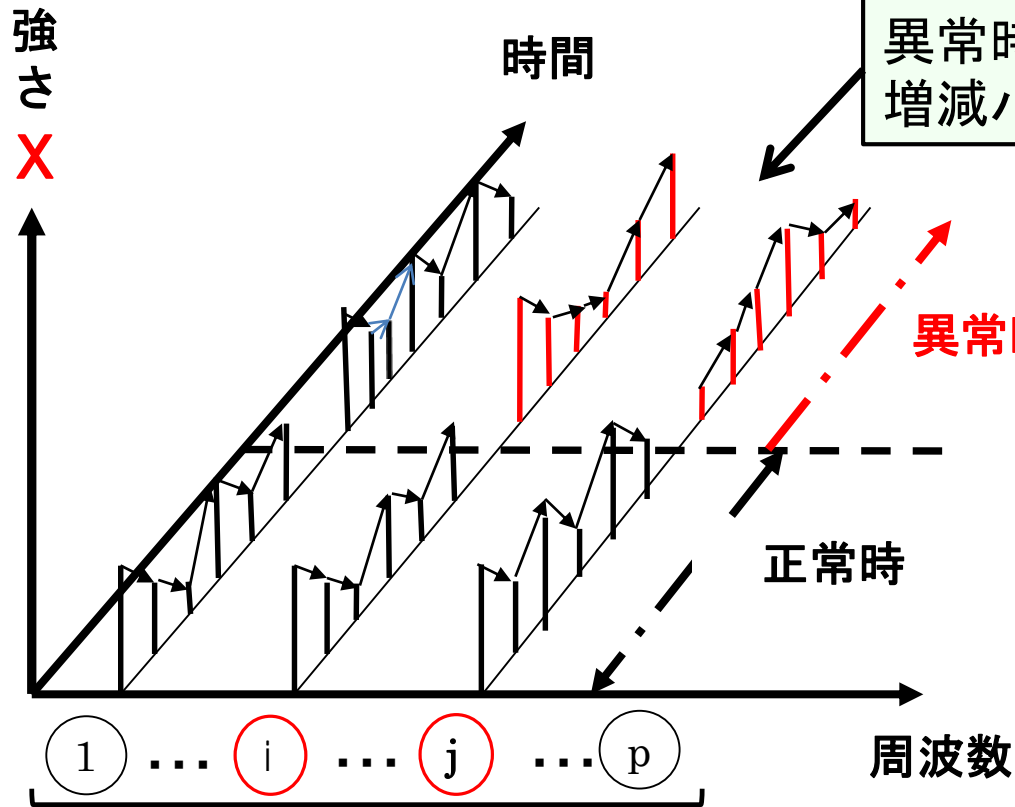
1. そこで、2つのデータ群が最もよく離れる座標軸 $Z1$ 、 $Z2$ を見つける。
2. そのために、基準状態の学習結果に基づき回転角度 θ の最適値を探索する。

■ 従来技術

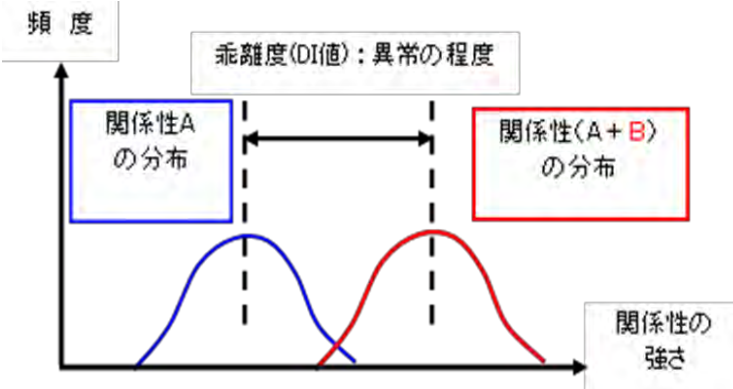
強さ $X1$ 、 $X2$ の軸では、2つのデータ群が重なっていて識別性能が低い。
(乖離度; DI値が小さい)

相関抽出法とは

スペクトル帯域間の“相関の崩れ”に着目した手法



異常時には、正常時での増減パターンとは異なって現れる。



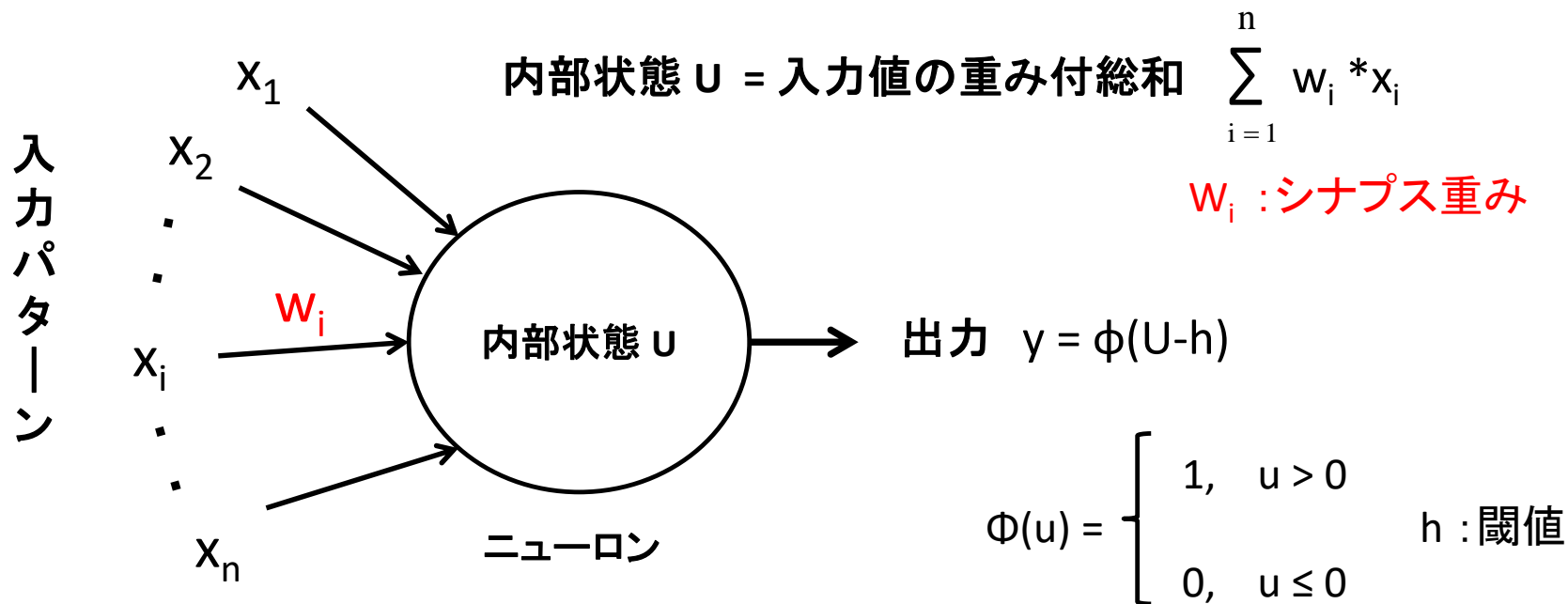
乖離度DI値を算出

正常時の増減パターンから、各帯域の強さに関する**重み係数 W**を決定

特徴量 $Z=W*X$ を算出

脳内での基準状態の学習と、“相関抽出法”

着目;『入力パターン内の“相関”は、ニューロン間のシナプス重みに記憶される(注1)』



データに潜在する特徴 \Rightarrow その時間変化における相関行列
 \Rightarrow 主成分分析 \Rightarrow 固有ベクトル(不変情報)

■この固有ベクトル W_i が、
人間の脳内記憶におけるニューロン間のシナプス重みとアナロジーがあるとしたもの。

(注1)S.Amari “Neural Theory of Association and Concept - Formation” 1977, Biological Cybernetics , 26

2つの相関抽出法（スタティックとダイナミック）

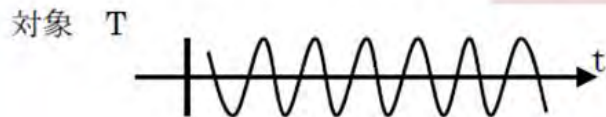
● スタティック相関抽出法 ●

基準データが存在する場合

基準データの時間波形と対象データの波形全体に潜在する特徴量を抽出し比較する。



⇒ 特徴量 O_s を抽出



⇒ 特徴量 T_s を抽出

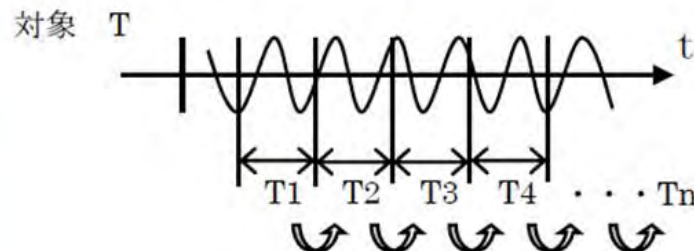
特徴量 O_s と特徴量 T_s を比較し、基準である O_s に対して変化があるかを解析する。

検出精度が高い

● ダイナミック相関抽出法 ●

基準データが存在しない場合

基準データとの比較ではなく、対象データの波形を時分割し、隣接した時間帯における潜在する特徴量を順次比較してゆく。



⇒ 特徴量 $T_{d1}, T_{d2}, T_{d3}, T_{d4}, \dots, T_{dn}$ を抽出

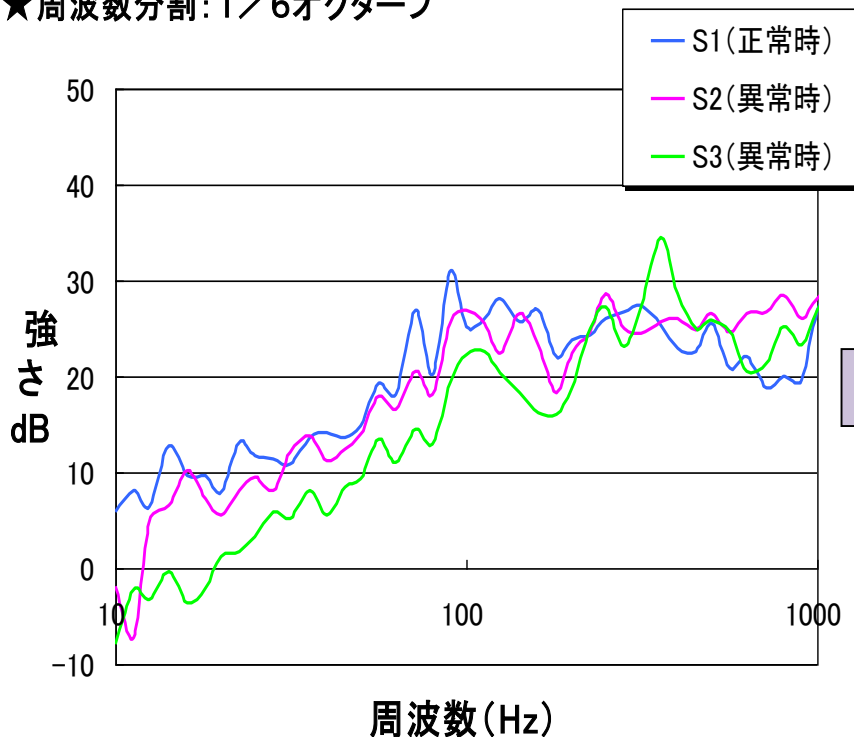
特徴量 T_{d1} と特徴量 T_{d2} とを比較、特徴量 T_{d2} と特徴量 T_{d3} とを比較といったように、分割した時間帯の隣接した特徴量の変動に着目して診断指標を得るものです。

初見検知が可能

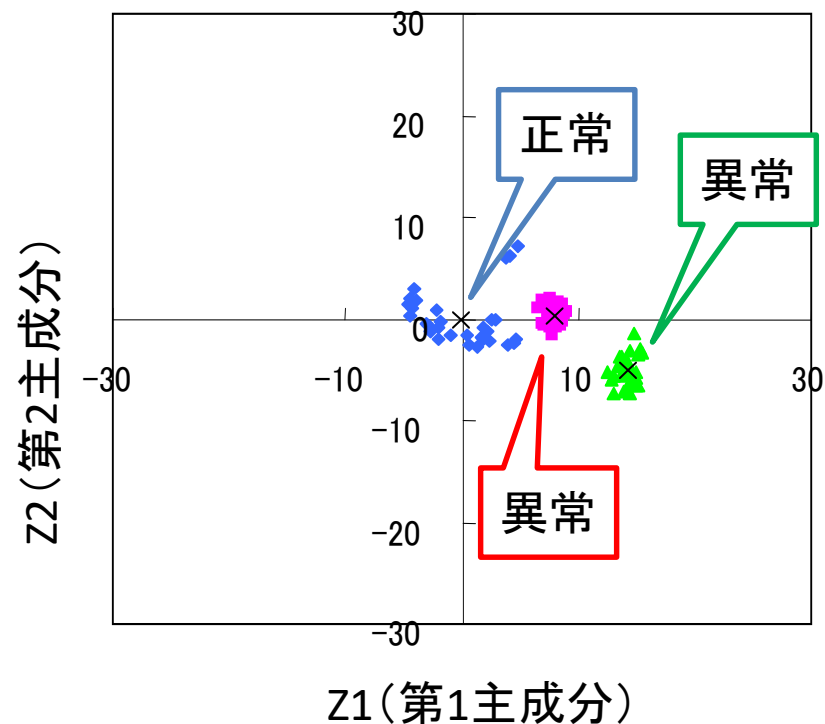
相関抽出法の有効性事例(初期異常の検出)

● 転がり軸受の軌道面肌荒れ(微小傷)の検出事例

★周波数分割: 1/6オクターブ



★1/6オクターブ



× 周波数解析では異常判定は困難

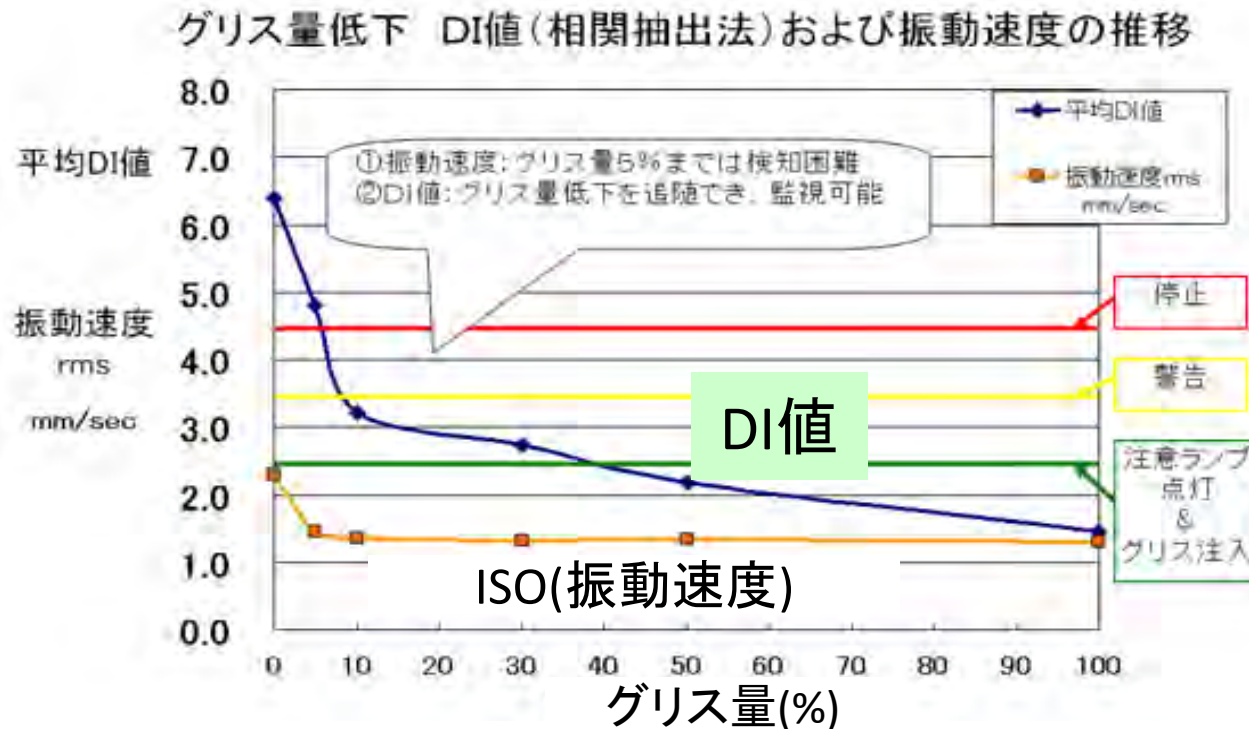
○ 相関抽出法によって検知可能

第1図

第2図

相関抽出法の有効性事例（グリス量低下検知）

従来は、振動データでは検知不能



第3図

“プロアクティブ保全(原因除去型)”のための診断を実現
2014年度TPM優秀商品賞(開発賞)受賞

監視・検査機能を向上した事例

A 監視・検査機能の開発受託（音・振動・超音波・電流）

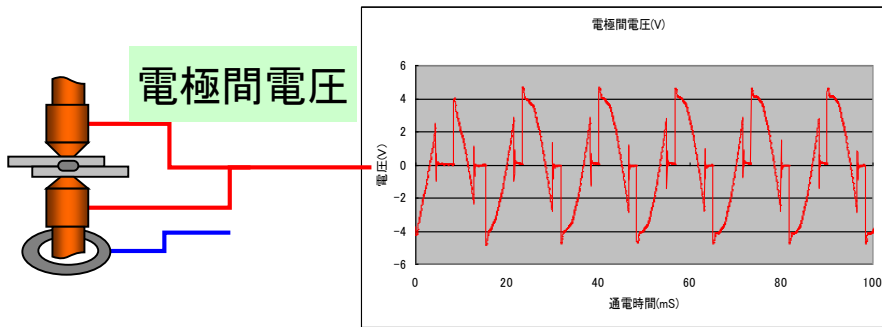
- ・生産ラインでの検査機能を高度化
 - ①スポット溶接良否判定
 - ②ガスエンジンの失火検知
 - ③プレス加工時亀裂検出
 - ④エアシリンダの動作不良
- ・出荷検査 ; 製粉プラント機器（6種類）

B 劣化診断サービス（振動）

機種：ポンプ、モータ、減速機、エンジン、ブロワ等
事象：潤滑不良、軸ズレ、回転アンバランス、軸受異常
提供：劣化要因の推定、機器の延命策、余寿命の予測

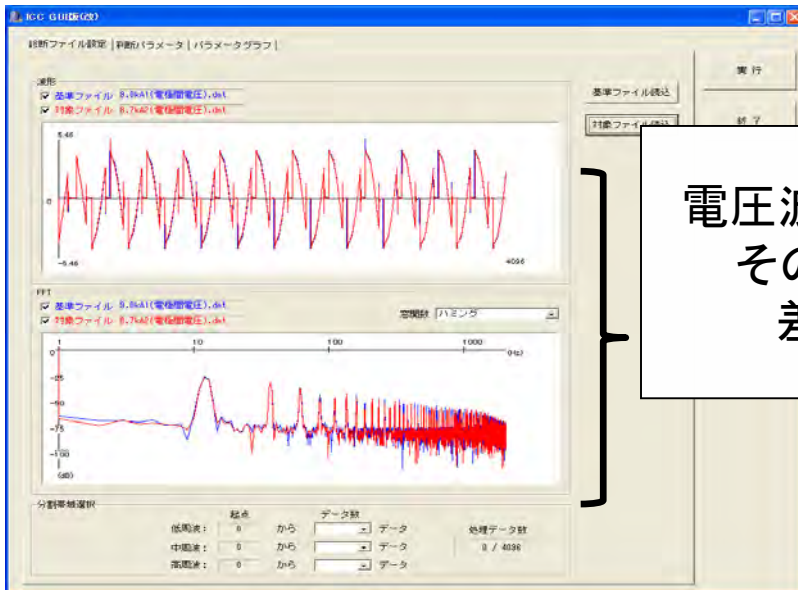
その他：①電気設備での部分放電検知（音響もしくは振動）
②スクリーン摩耗の検知（振動）

①スポット溶接の良否判定(電圧データ)



・スポット溶接は、電極状態・加圧力
電流・溶接部温度などの影響が
絡み合っている

⇒精度の良い
診断手法が確立されていない。



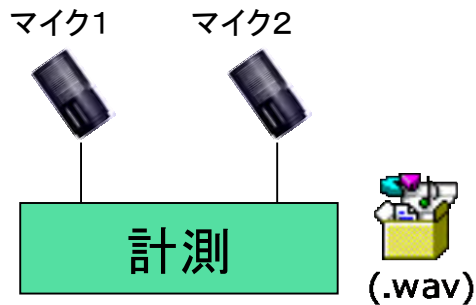
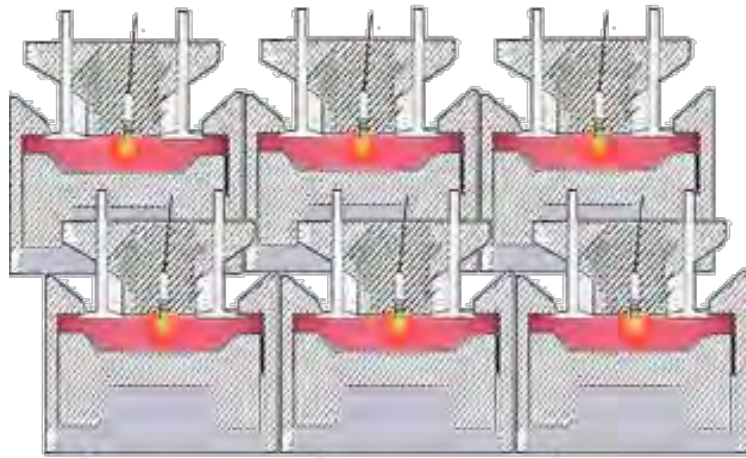
電圧波形、周波数分布
そのものにおける
差異は小さい

溶接性能が良好な場合と不良時の
電圧波形及び周波数分布

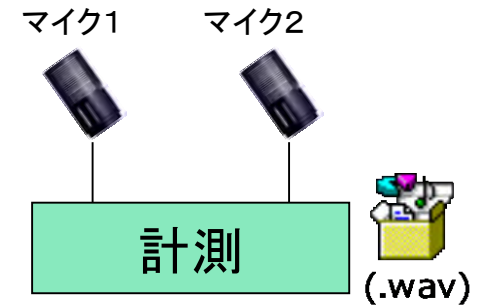
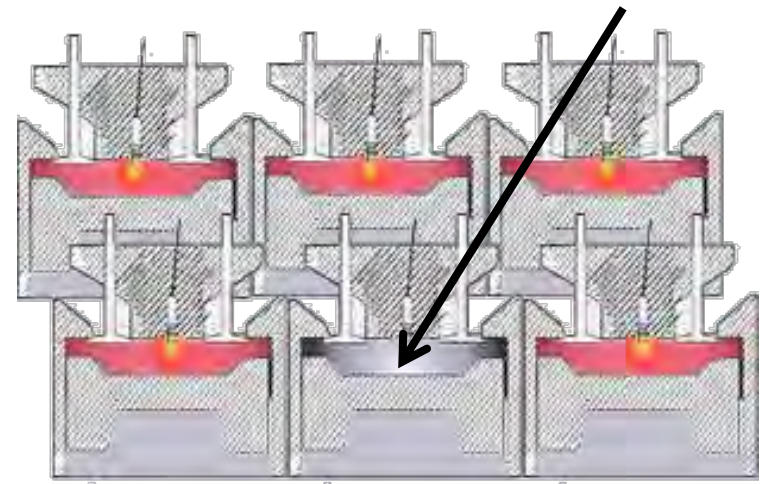
●相関抽出法による電圧波形の解析
により、電流値・加圧力・電極状態の
変動に対応したスポット溶接性能の
判定が可能に

②ガスエンジンの失火検知(音響データ)

6気筒エンジン全て**正常**状態

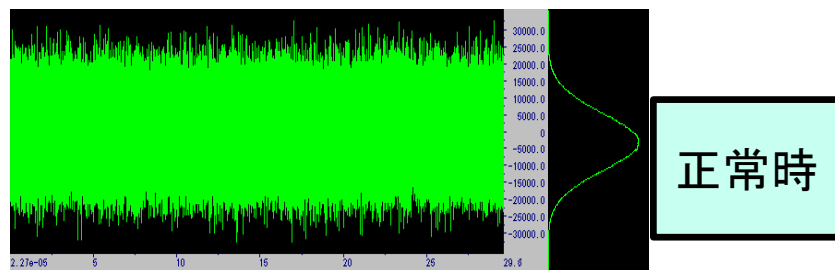


6気筒エンジンの1つ**失火**状態

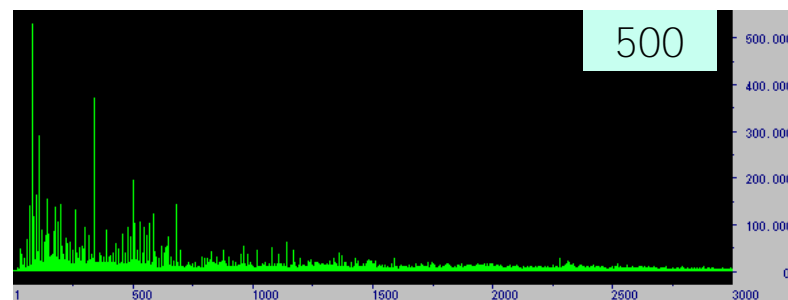


②ガスエンジン音の失火有無での差異

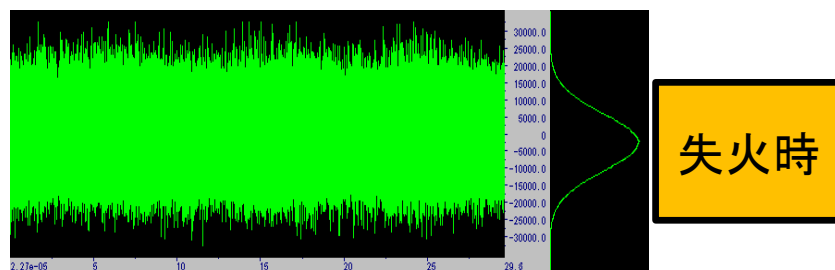
波形やスペクトル分布の比較



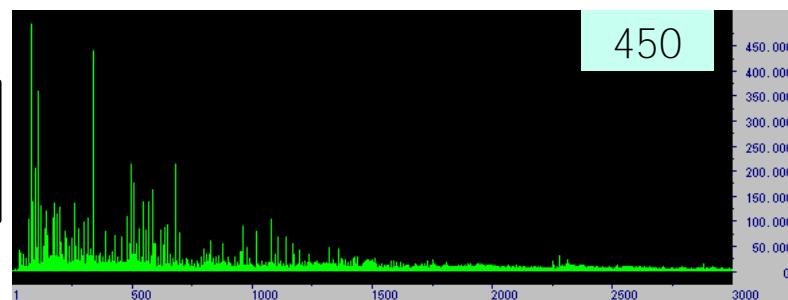
波形 @正常時



スペクトル分布 @正常時



波形 @失火時



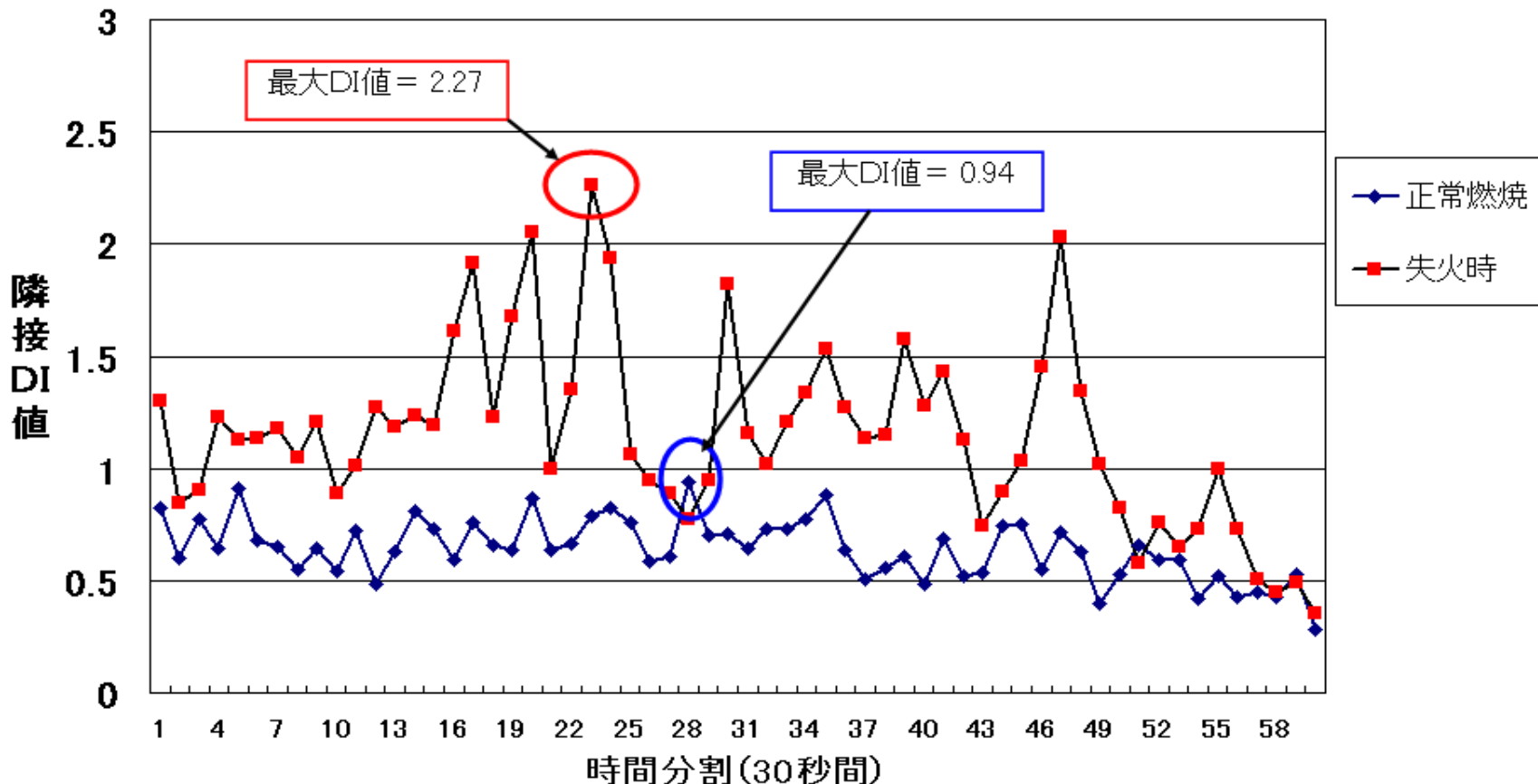
スペクトル分布 @失火時

従来法: 波形やスペクトル分布差が小さく識別が困難

② 相関抽出法によるエンジン音の失火検知

音響によるガスエンジンの失火検知 ダイナミック相関抽出法による識別

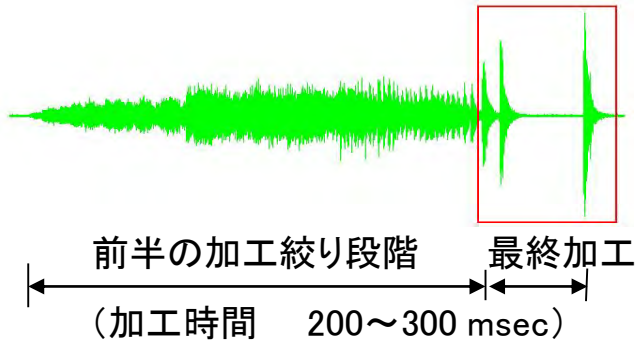
2048_20個 50_5000Hz 1/3オクターブ分割 61分割(30秒間)



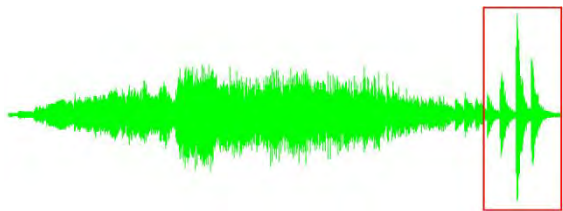
● 熟練者を超える失火検知機能を検証

③プレス加工時の亀裂検知(AEセンサ)

金型にAEセンサーを取付けて加工時に製品に発生する亀裂等を検知する。

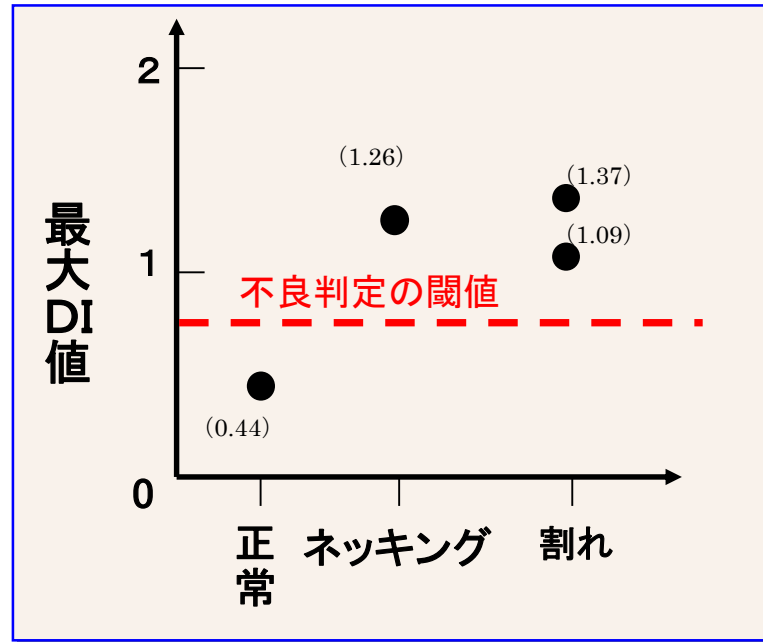


正常加工時のAE波形



ネッキング発生時のAE波形

相関抽出法による識別結果

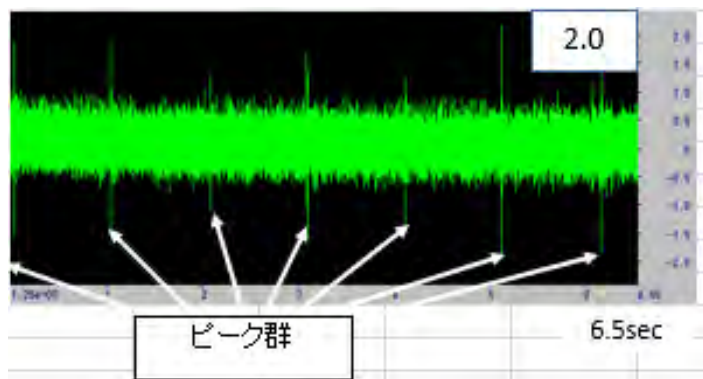


●相関抽出法によりプレス加工時のネッキングや亀裂発生を検知

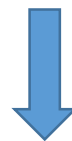
④検査装置用／エア－シンリンダの不良動作(振動)

振動波形の観察結果

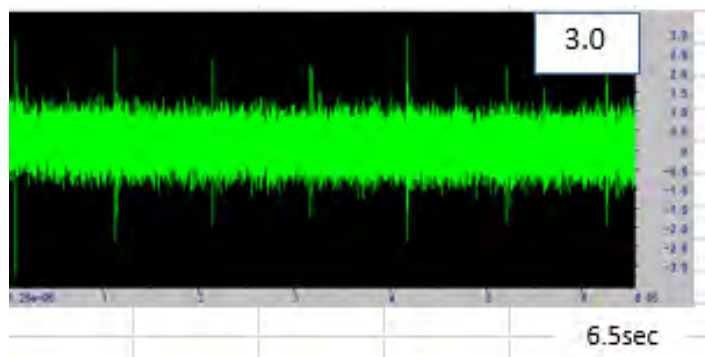
1. 調整後(正常)の波形



- ・シリンダ動作に起因して衝撃性の振動
(約1秒間隔のピーク群)
- ・緩み状態; 波形強度は約1.5倍程度

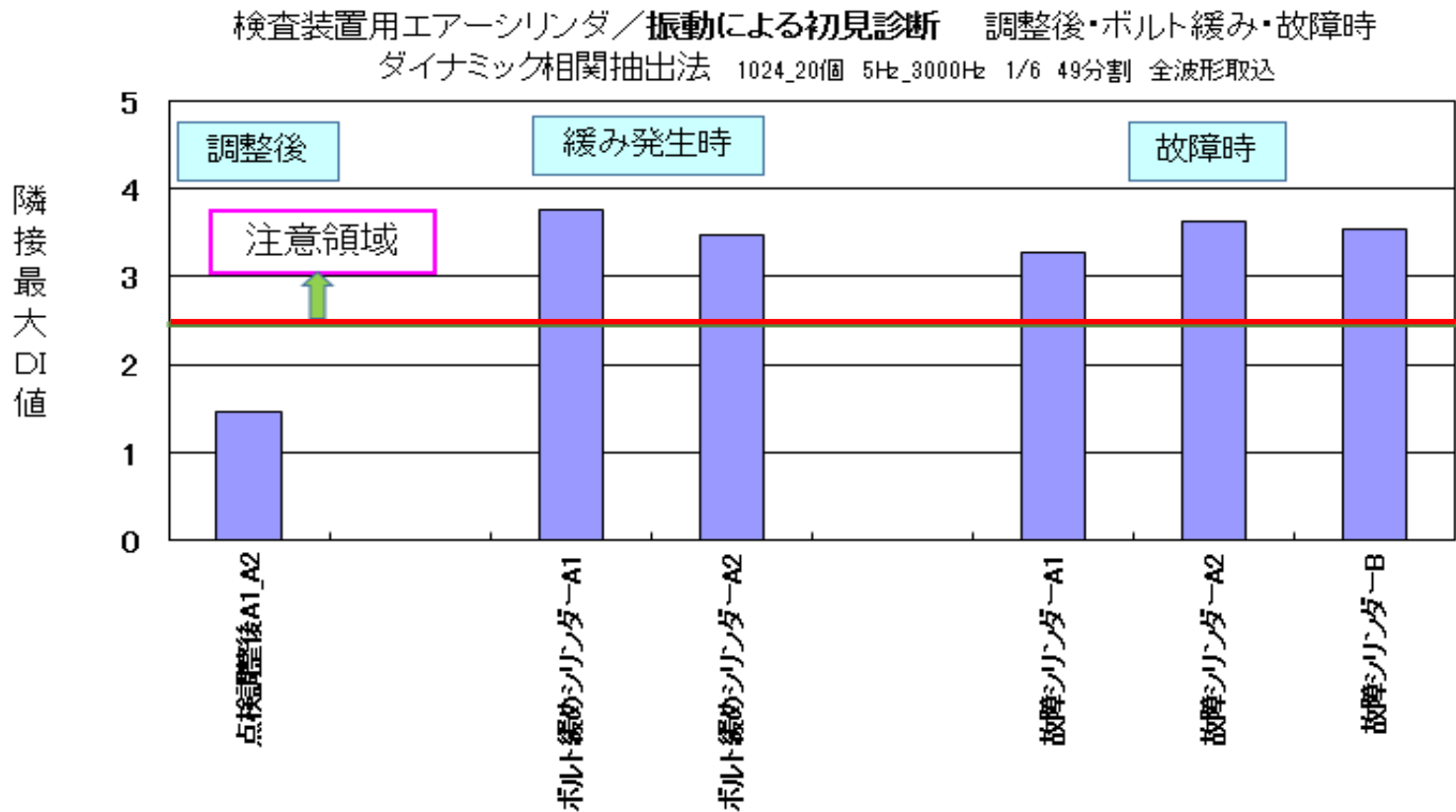


2. 緩み状態(異常)での波形



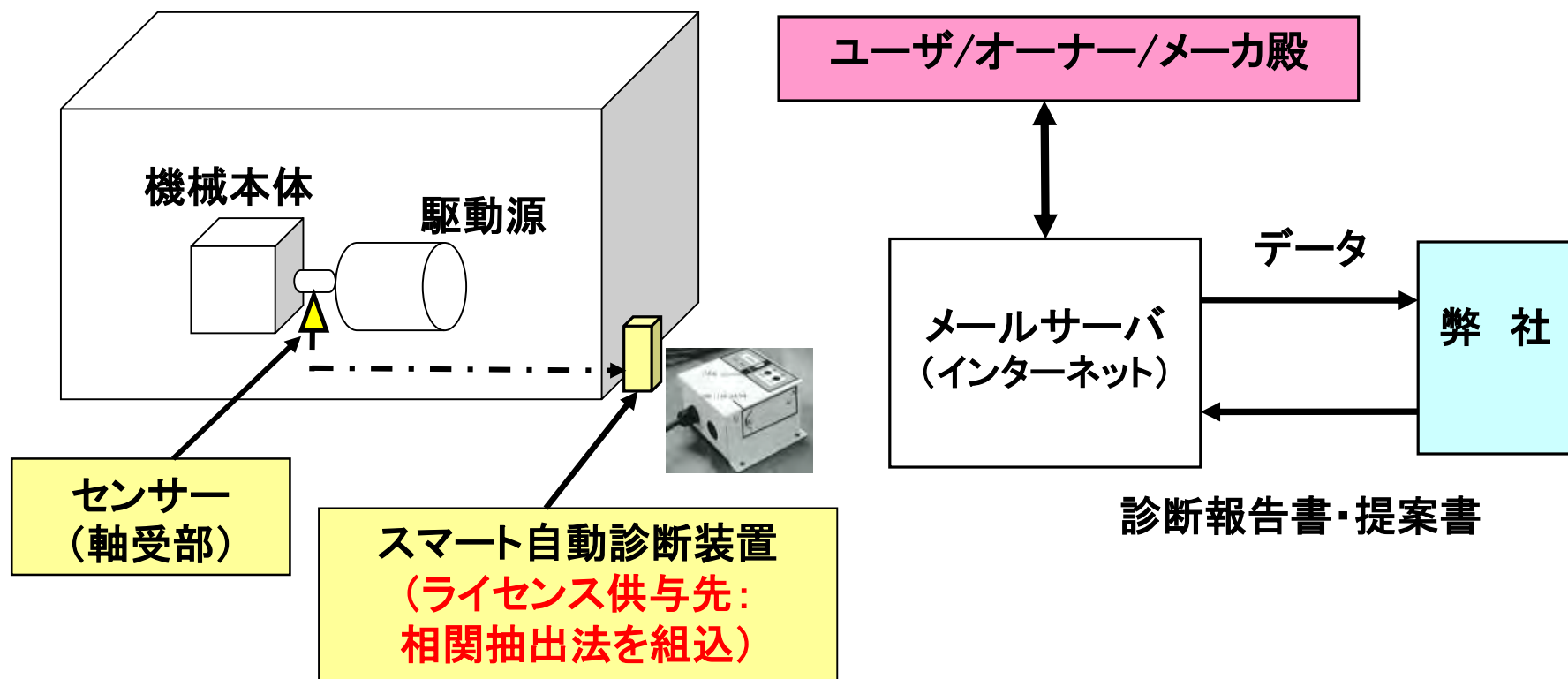
従来法では、安定した検知が困難

④ダイナミック相関抽出法による初見診断の結果



●初見診断にて、エアースリンダの不具合検出が可能

設備不良／品質監視の仕組みの一例



- 加速度センサを軸受部にネジ込にて恒久的に取付け
- スマート自動診断装置にて簡易診断を行い、黄色ランプ表示が出たら、USB等にて生データを授受、要因特定・対処案を提供

ライセンス供与の事例

1. ライセンシー: 機械メーカー
2. 目的: 自社製品に自己診断機能を付加し、稼働率向上
3. 供与範囲:
 - ① 相関抽出法
 - ② 総合判定マトリックス

最大 8個ヶ 取付可能



センサ (1ch) センサ (2ch)



監視・検査機能の向上／“相関抽出法”の導入について

