

「相関抽出法」を基本とした

- 回転機械の劣化診断サービス
- 生産ラインでの不良品検出の高度化

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が不十分
- 2) 生産用機械の微小な不安定性が、製品品質にバラツキを生じる



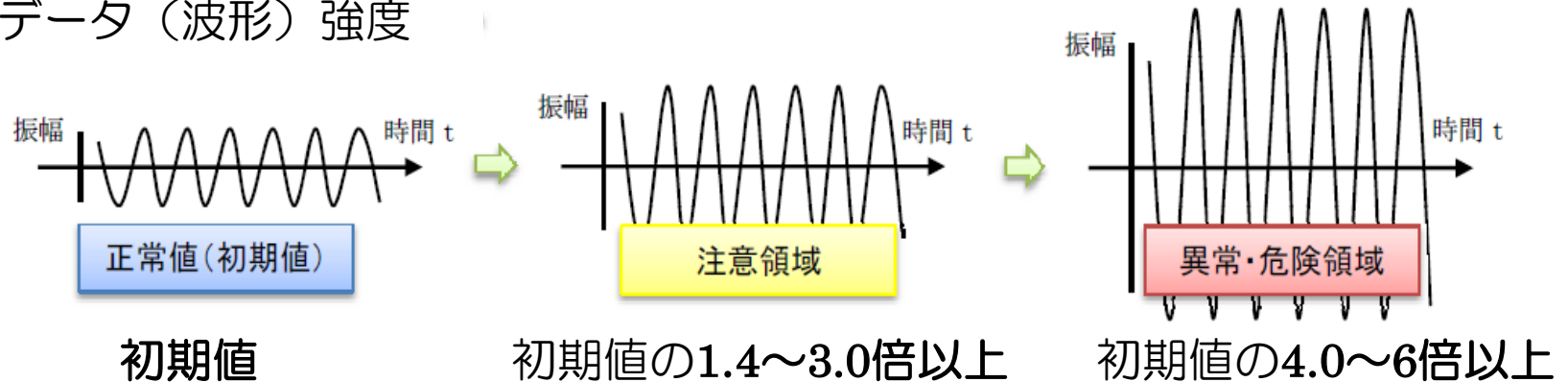
●新技術:「**相関抽出法**」(特許第3382240号、特許第5753301号、特許第6680430号)

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(特許第6154523号)

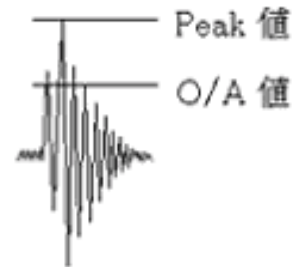
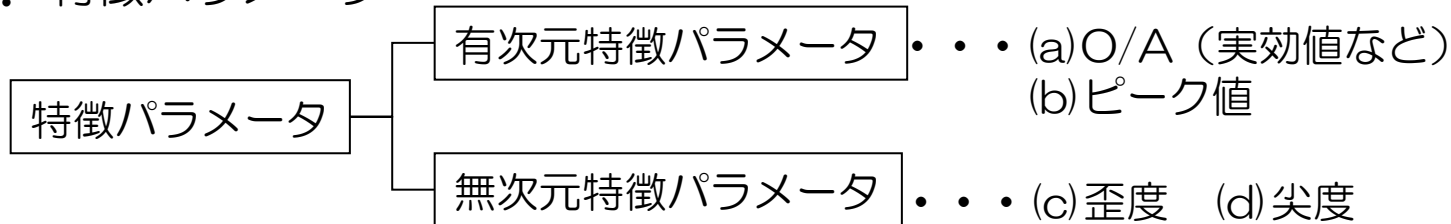
⇒ **潜在異常・欠陥を検出、製品品質を維持**

従来の診断技術(時間波形)

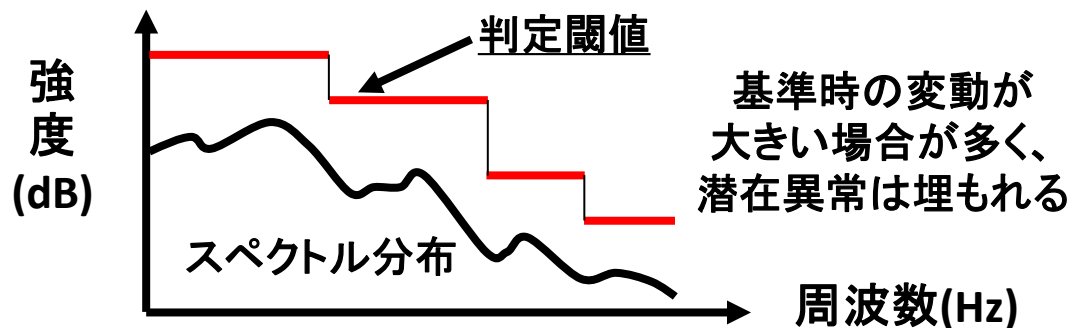
1. データ(波形)強度



2. 特徴パラメータ

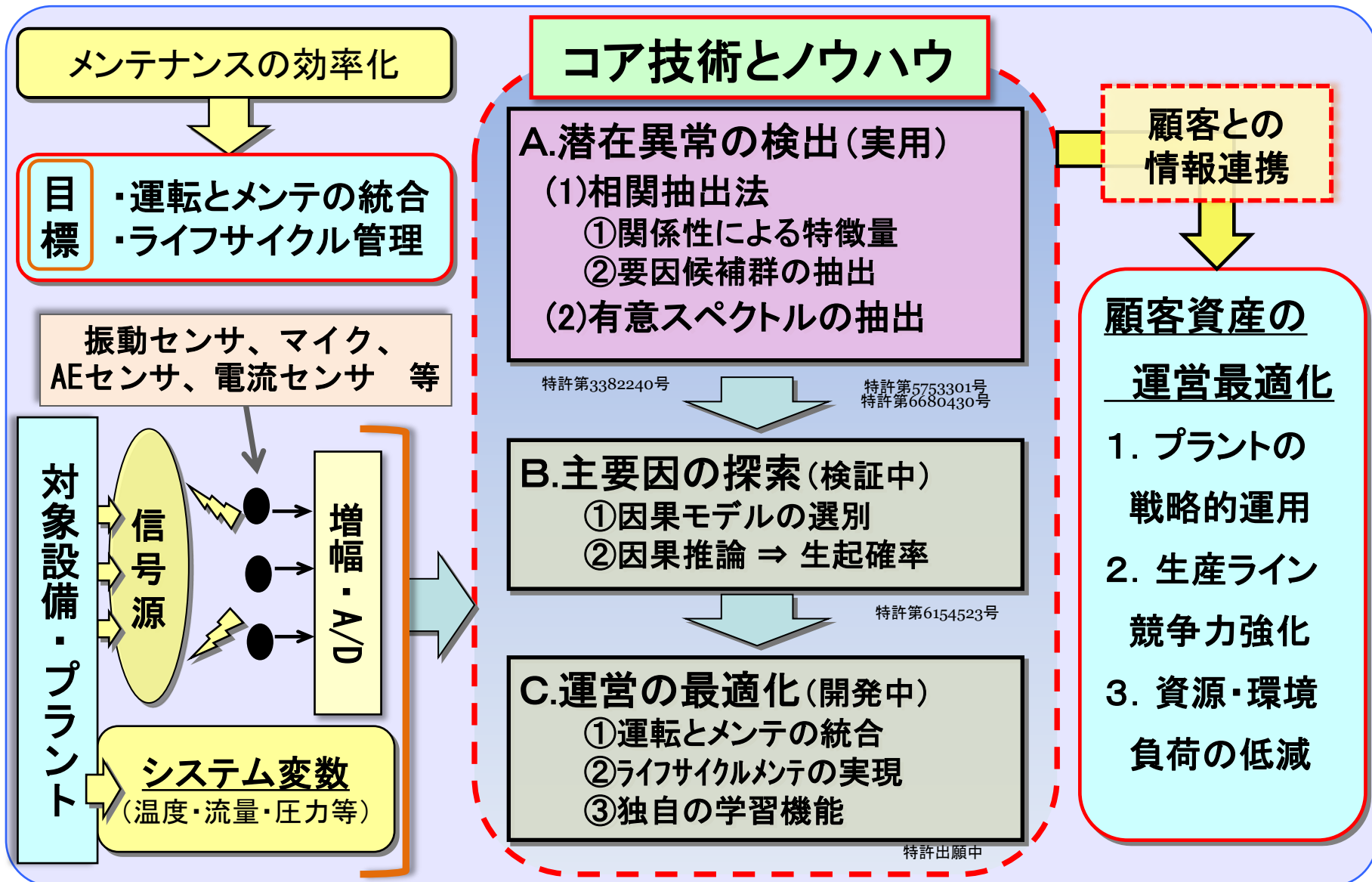


3. スペクトル分布の強度



いずれも、潜在異常の
検出性能に限界

メンテナンス概念の拡大に向けての取組み



「状態監視の高度化」による環境負荷の低減や資源利用効率の向上についての連関

現有技術と各種データベース(劣化度・エネルギー損失) ⇒ 運用の全体最適化
【現有: 1. 潜在異常の早期検知 2. 状態予測 3. 原因推定】+ 運用方案の最適化



プラント装置 (主システム系・回転機械)

高経年設備・部位が散在、運転とメンテの統合、
ライフサイクルシナリオの数が膨大⇒**運用の全体最適化**



CPS(Cyber Physical System) とメンテ情報
傾向監視; 異常度判定・状態予測・運用最適化 等

主システム系

- A. 投入原材料の適正化
- B. エネルギー損失の削減
- C. 設備・部品の延命
- D. 商品の品質維持・向上

回転機械

- A. 軸受潤滑性・
軸ズレ管理⇒延命
- B. 回転効率の維持
- C. 流動効率の維持

- 1. プロセスや周辺機器の**異常リスクの低減**
- 2. プラント性能低下・回転機械劣化を検知&
要因推定、処置⇒**効率維持・設計条件改良**



生産ライン(加工・組立)

部品・製品が多岐・多品種・製造条件の変更が頻繁

機械・部品
センシング

CPS と生産情報
データ分析・予測・判定等

加工状態の
遷移・比較

潜在欠陥
の検知

塑性変形の
進展の推移

加工条件の
最適化

不良率の
低減

工具・治具
磨耗、欠損



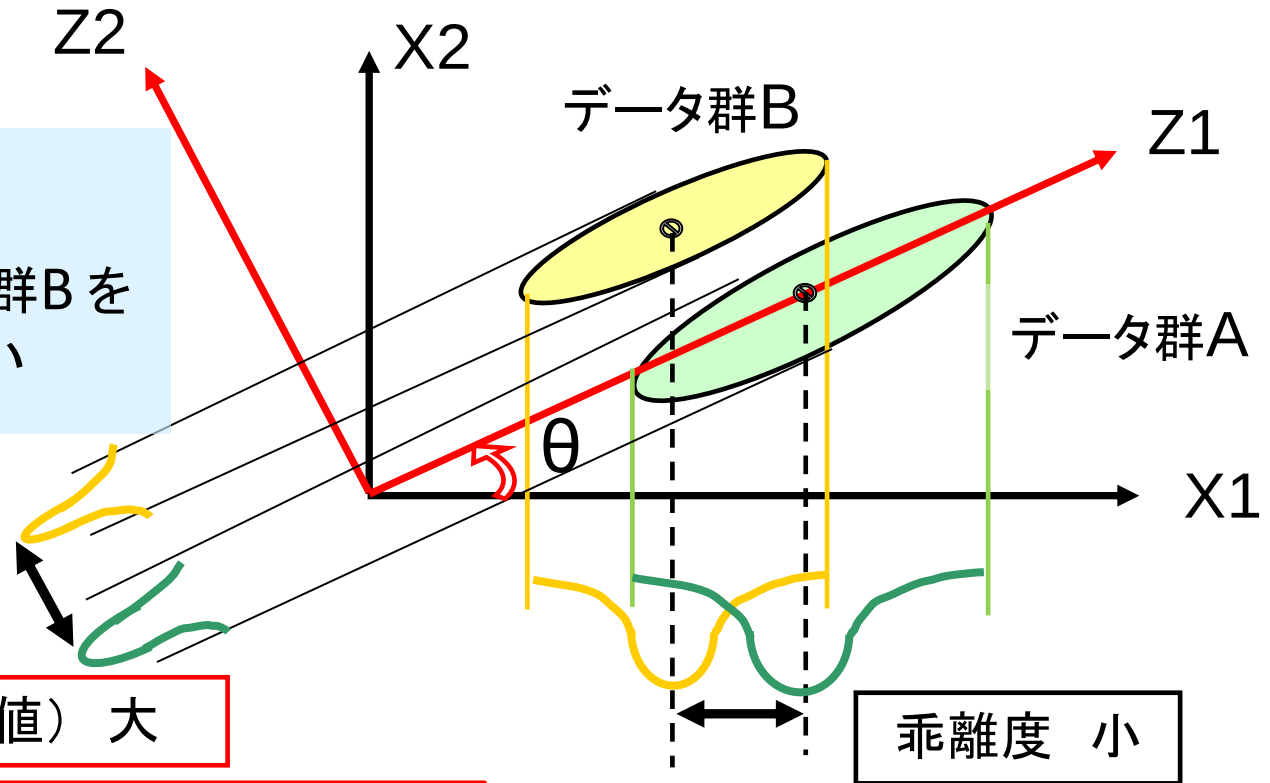
環境効率・生産効率を両立

直接・間接的CO2排出量/エネルギーの損失量
/投入原材料を考慮した**運用の全体最適化**

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



■ 新技術：相関抽出法

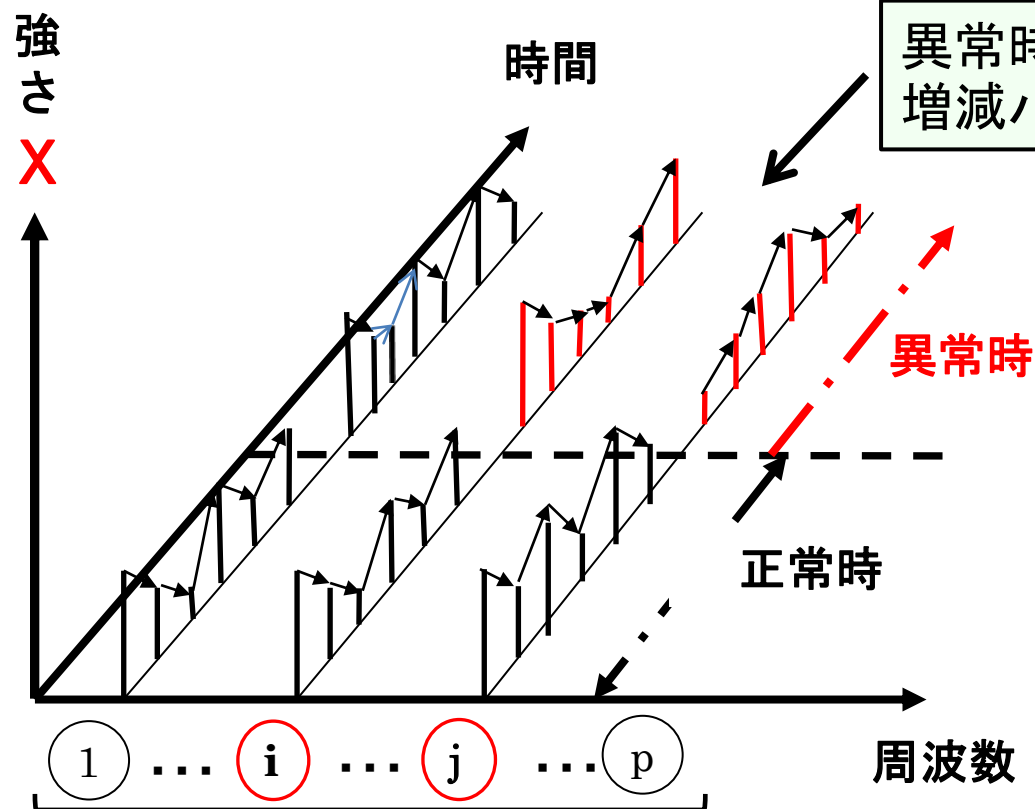
1. そこで、2つのデータ群が最もよく離れる座標軸 $Z1$ 、 $Z2$ を見つける。
2. そのために、基準状態の学習結果に基づき回転角度 θ の最適値を探索する。

■ 従来技術

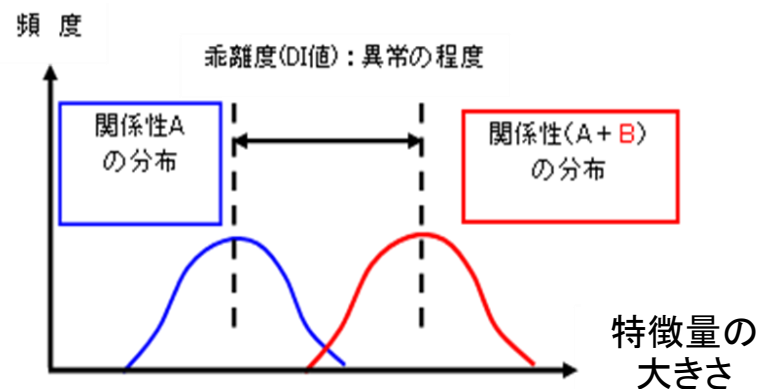
強さ $X1$ 、 $X2$ の軸では、2つのデータ群が重なっていて識別性能が低い。
(乖離度；DI値が小さい)

相関抽出法の時間波形への適用

スペクトル帯域間の“相関の崩れ”に着目した手法



異常時では、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

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

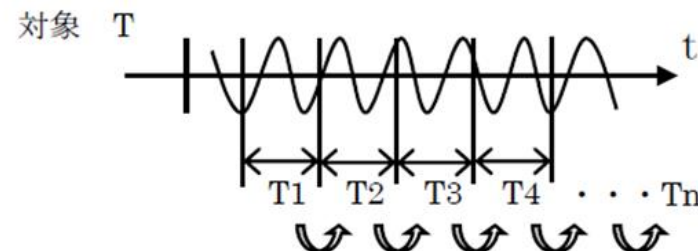
特徴量 O_s と特徴量 T_s を比較し、基準である O_s に対して変化があるかを解析する。

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

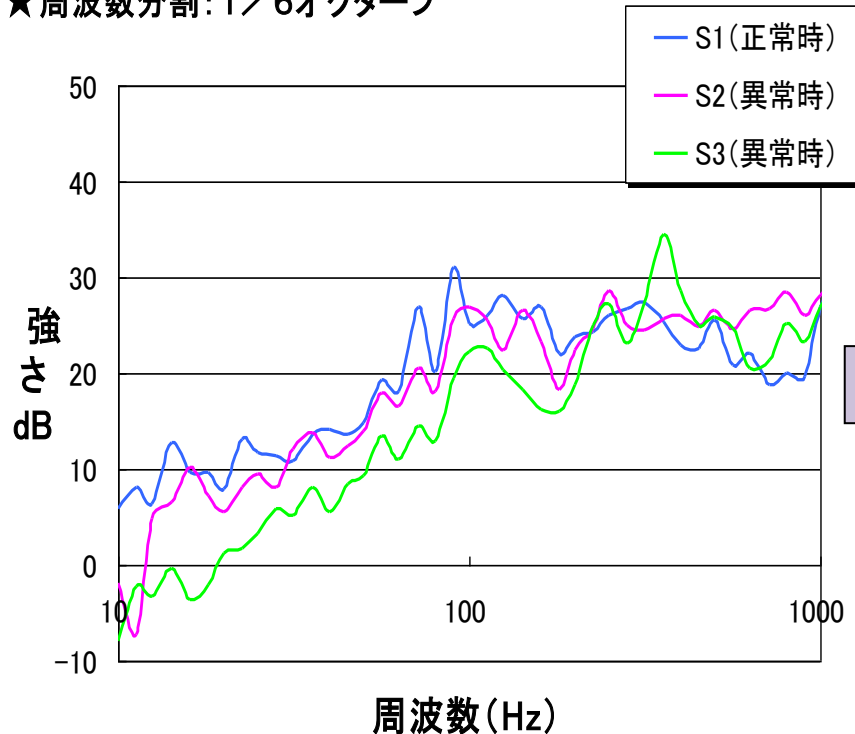
特徴量 T_{d1} と特徴量 T_{d2} とを比較、特徴量 T_{d2} と特徴量 T_{d3} とを比較といったように、分割した時間帯の隣接した特徴量の変動に着目して診断指標を得るものです。

初見検知が可能

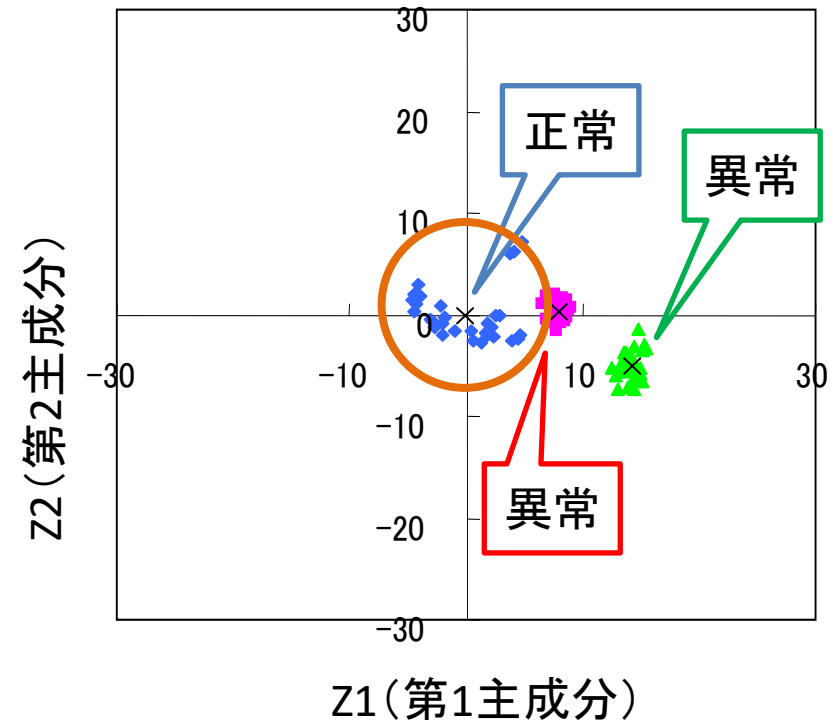
相関抽出法の有効性事例その1(初期異常の検出)

●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

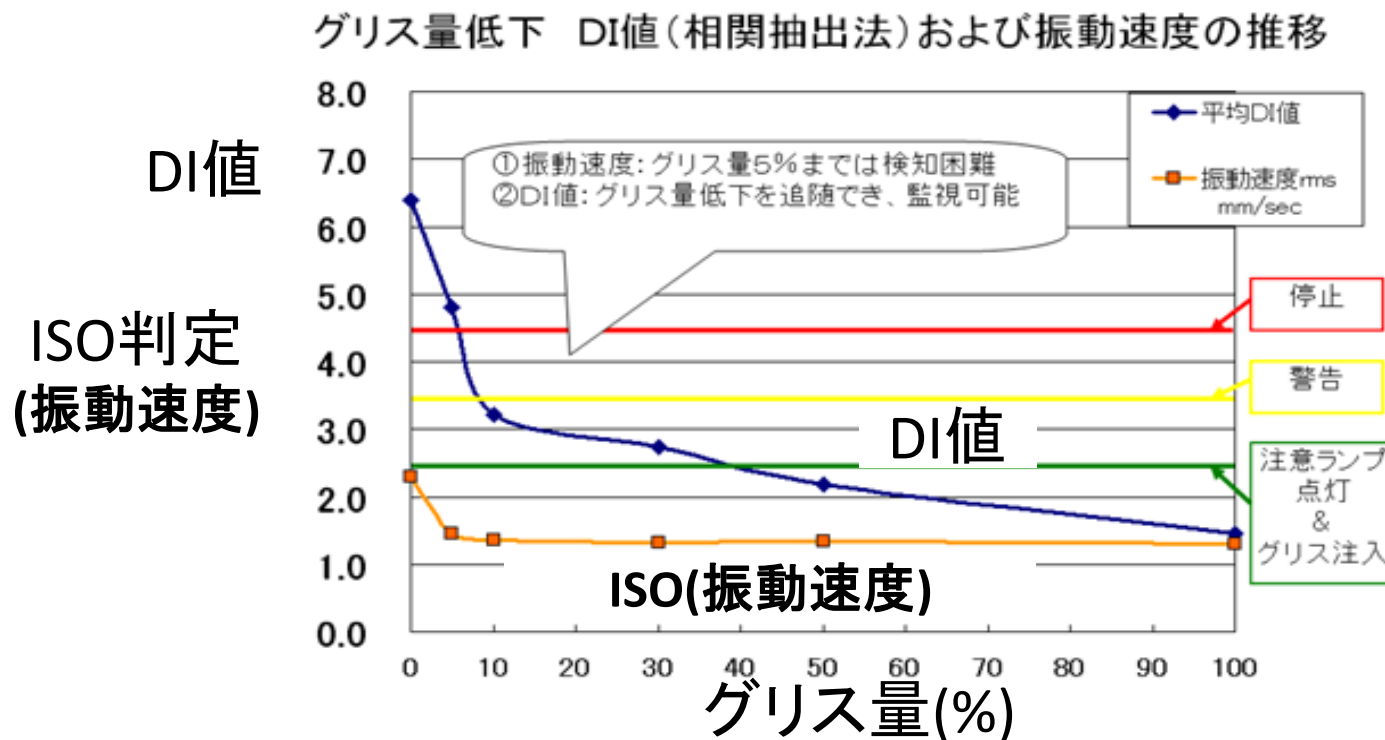
○ 相関抽出法によって検知可能

第1図

第2図

相関抽出法の有効性事例 その2(グリス量低下)

軸受 / グリス量減少 ⇒ 従来、振動では検知不能



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

《導入効果・ニーズが大きい対象設備》

1. 不要なオーバーメンテを削減したい

2. 軸受の交換周期を延長したい

- ①回転中の軸ズレ量を推定 ⇒ 最適な補修時期を知る
- ②グリス量低下を検出し、適時に充填する

3. 突発的な故障を無くしたい(加速度やISO判定では困難)

- ①低速回転機器(30rpm ~ 300rpm)を的確に診断する
- ②運転時の振動が大きく異常検出が手遅れに

4. 主軸の微小な回転むらが問題になっている

- ①製品の厚み不均一などの品質低下
- ②滑り軸受を振動で簡便に診断したい

回転機械への導入事例

劣化診断サービス(振動)

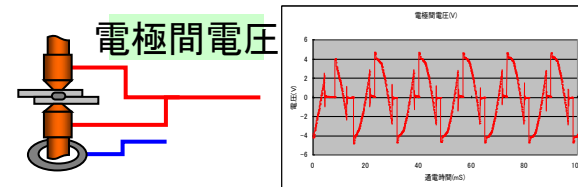
1. 適用機種: ポンプ、モータ、減速機、エンジン、ブロワ等
2. 劣化事象: 潤滑不良、軸ズレ、回転アンバランス、軸受異常
3. 提供: 劣化要因の推定、機器の延命策、余寿命の予測
4. その他:
 - ①電気設備での部分放電検知(音響もしくは振動)
 - ②スクリーン摩耗の検知(振動)

生産ライン／検査機能の高度化事例

潜在欠陥等の検出感度高度化の開発受託 (音響・振動・超音波・電圧データに適用)

①スポット溶接良否判定(電流)

電圧データにて様々な溶接条件下での良否判定が可能



②ガスエンジンの失火検知(音響)

…次ページにて聴音ができます。

③プレス加工時亀裂検出(超音波)



赤枠内データに相関抽出法の適用により検知可能

④エアシリンダの動作不良(振動)

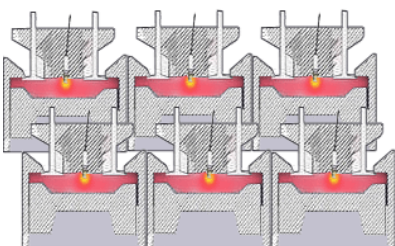
エアシリンダの緩みなど故障予知が可能

⑤製粉プラント機器(6種類・振動)

精米機・粳摺機・ローラミル等の先手管理(故障予知)が可能

ガスエンジン失火の異常検知例(音響)

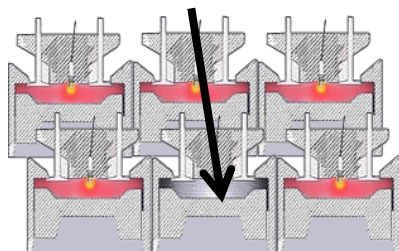
6気筒エンジン
全て**正常**状態



マイク1

計測

6気筒エンジンの
1つ**失火**状態



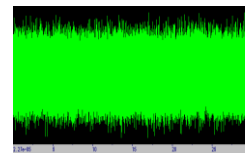
マイク2

計測

相関抽出法にて
失火現象を音響にて識別可能

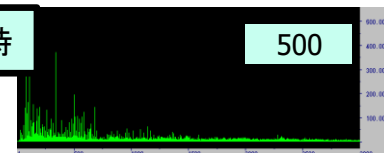
⇒ 熟練者を超える
検知機能を検証

波形@正常時



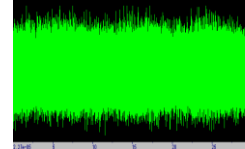
正常時

スペクトル分布 @正常時



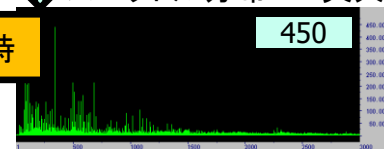
500

波形 @失火時



失火時

スペクトル分布 @失火時

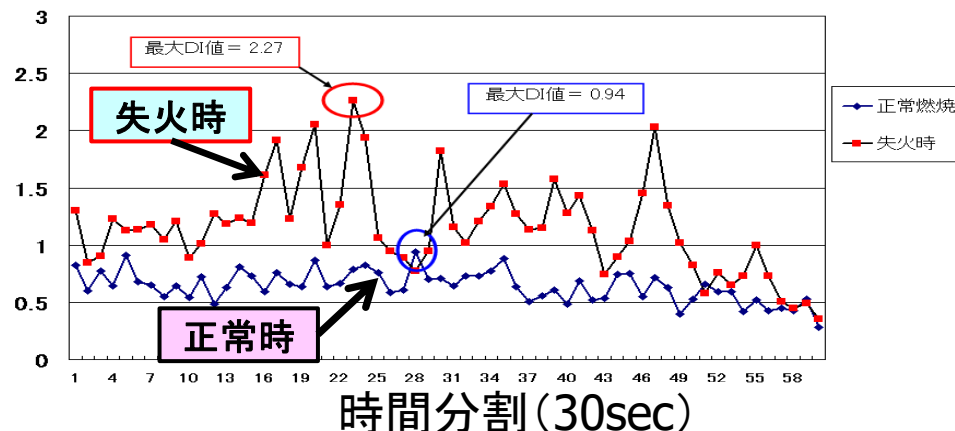


450

波形やスペクトル分布差が小さく識別は困難

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, 201個 50, 5000Hz 1/3オクターブ分割 61分割(30秒間)

DI
値



■ 相関抽出法による解析結果

劣化診断サービスの技術的有効性 1,350台@2017.10

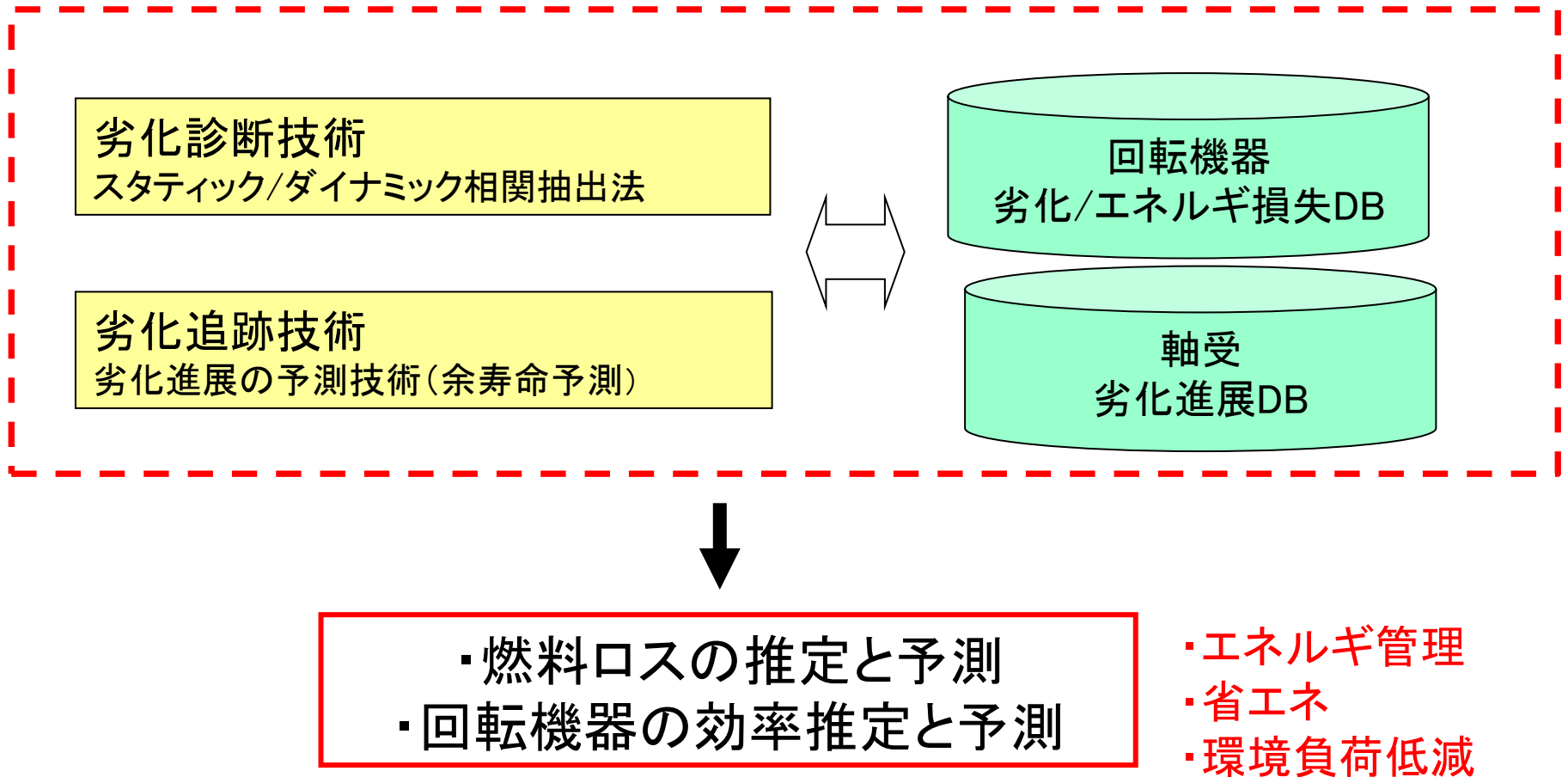
業 界	対 象 機 器	台 数	主 な 有 効 性
石油化学	・ 高圧ポンプ、ドライヤ コンプレッサー、ローラ	5	・ 超低速回転機器 ／軸受傷を検知 ・ メカニカルシール部／ガスリーク検出 など
石油精製	・ エキスパンダータービン コンプレッサー	4	・ タービン内流動異常を検知 ・ モータ異常(固定子) を検知
鉄 鋼	・ 圧延機(熱間・冷間)、 油圧ポンプ、	4	・ ローラ軸受傷検知および進展追跡 ・ 最適な軸受交換時期を検証 など
ガス製造	・ ガスエンジン発電機 コンプレッサー、	3	・ ガスエンジン の爆発による外乱下にて 主軸の回転アンバランスを検知
電 力	・ ミル減速機、ブロワー、 循環ポンプ、水力発電、 ディーゼル発電機、ローラ	238	・ 石炭粉碎ミル減速機 の傘歯車の劣化を診断 ・ ブロワー／ 空気流動異常 を検知 ・ 水力発電系の グリス不良 を 振動・音響 で検出 ・ 送炭コンベア／ローラ; 低速回転振動監視
機械メーカー	・ 駆動台車、ポンプ、エンジン 製粉プラント(6種)、シリンダ	884	・ 軸受転動体の腐食による肌荒れ検知 ・ ベルト駆動／軸ブレの異常検知、 ・ グリス量低下量の追跡機能 を検証
自治体 農水省 国交省	・ 排水／揚水ポンプ・モータ ・ 汚水処理ブロワー、 ・ 各種ファン・モータ ・ 船舶用大型エンジン	212	・ 縦軸ポンプ／吸入部ベルマウス欠損を検出 ・ 排水ポンプの軸ズレ量推定／補修時期検証 ・ モータ軸受グリス減少を検出 ・ 機構的劣化事象を傾向監視

劣化診断サービス導入の経済的効果の事例

NO	項 目	効果の実績			備 考
		対象機器	台 数	効 果	
1	保全間隔の増大	横型ポンプ (ディーゼルエンジン 駆動)	36台	オーバーホール費用低減 約1.5百万円/(年間・台)	排水機場 (農水省)
2	オーバーメンテ の低減	横型ポンプ (電動機駆動)	2台	更新費の低減 8.8百万円/(年間・台)	農業用水 (香川県)
3	軸受/ 潤滑不良の検知	縦軸ポンプ (タービン駆動)	2台	軸受延命による低減 2百万円/(台・年間)	オイル排出 ポンプ
4	・製品検査の実用化 (出荷検査) ・傾向監視	ベルト駆動回転機械	800 台/年	・部品・組立不良製品の 出荷回避 ・潤滑不良の検知	機械製作 メーカ
5	損傷の早期発見	縦軸ポンプ (ディーゼルエンジン 駆動)	1台	吸込み部欠損の検出 (故障回避)	排水機場 (国交省)

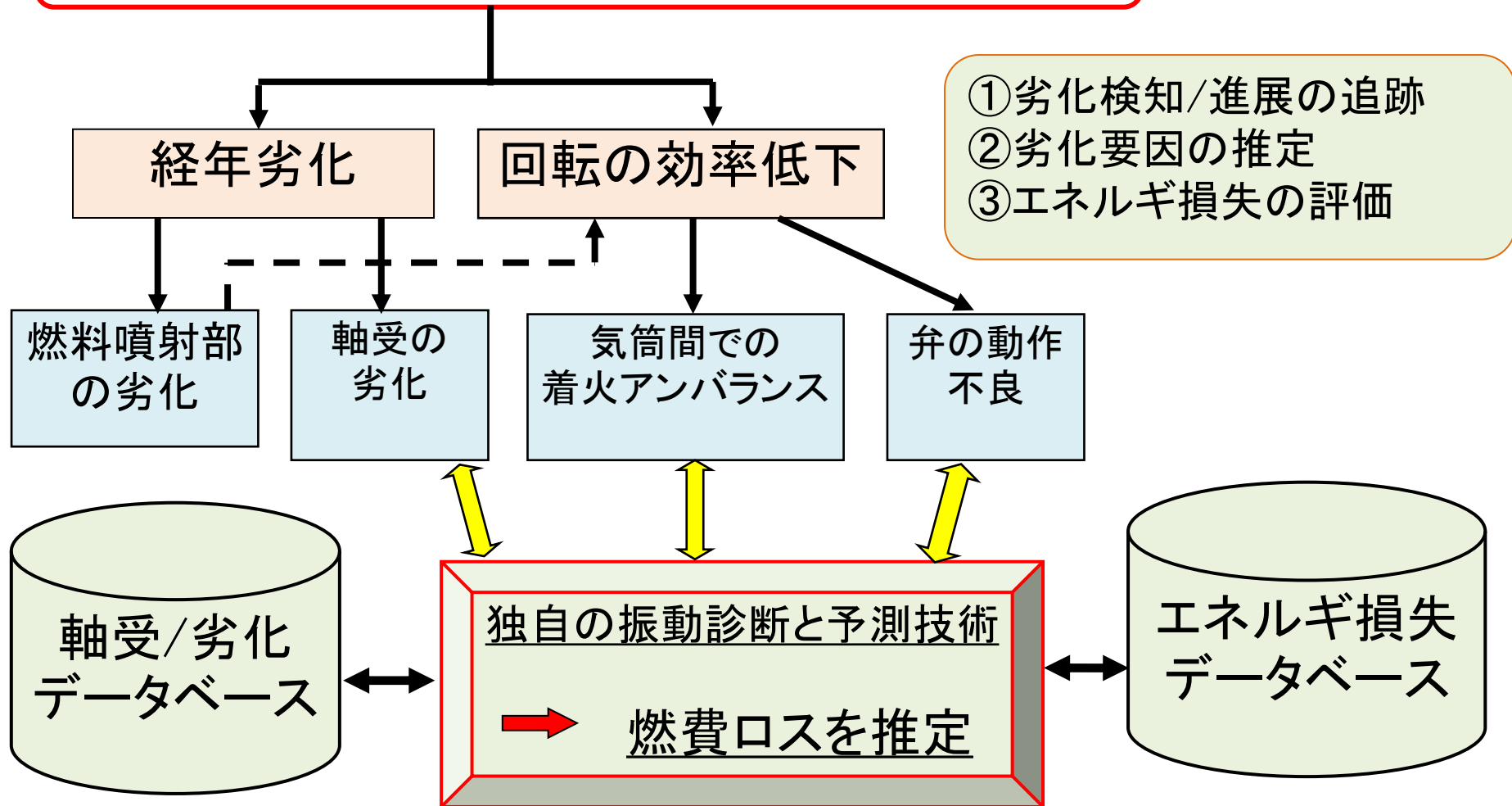
状態監視から効率監視へ

●劣化状態監視から効率監視へ



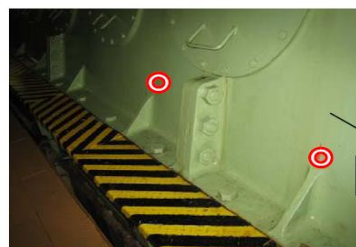
船舶エンジンの燃費ロスを推定

ディーゼルエンジンの燃費ロス（機械的・機構上）

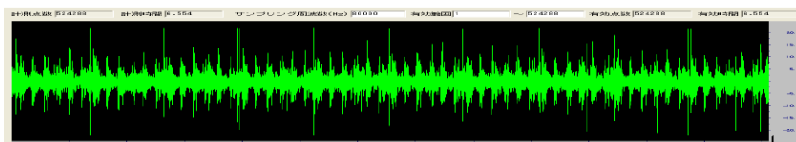
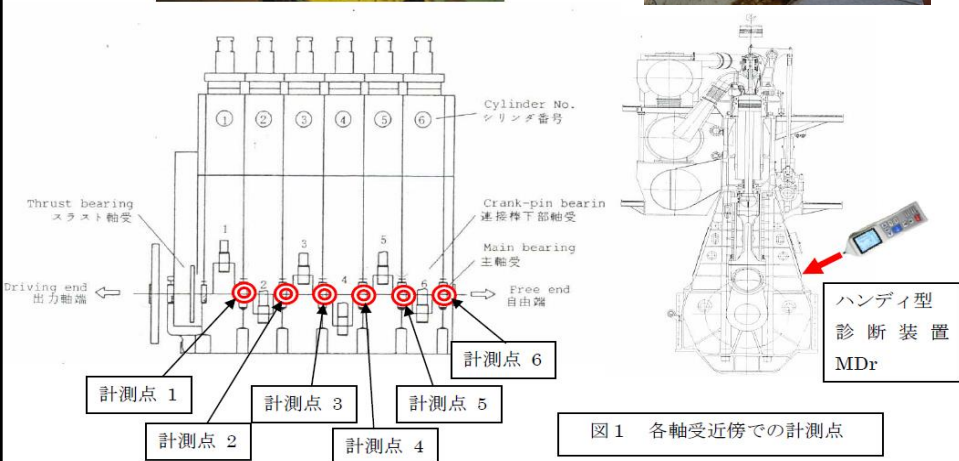


コンテナ船／ディーゼルエンジンへの適用例

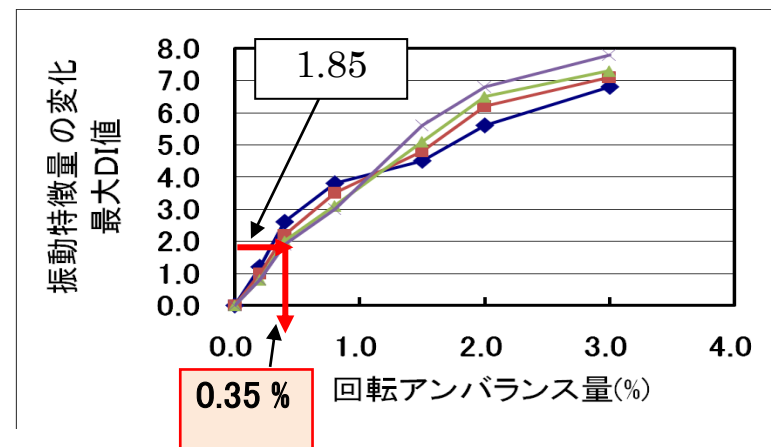
■大型コンテナ船（船舶用ディーゼルエンジン）への適用事例



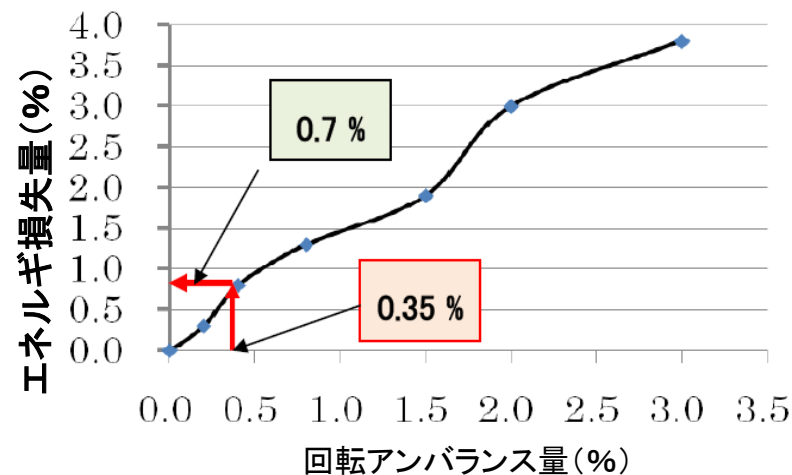
プロペラ側



●振動波形から得たDI値は1.85であった。

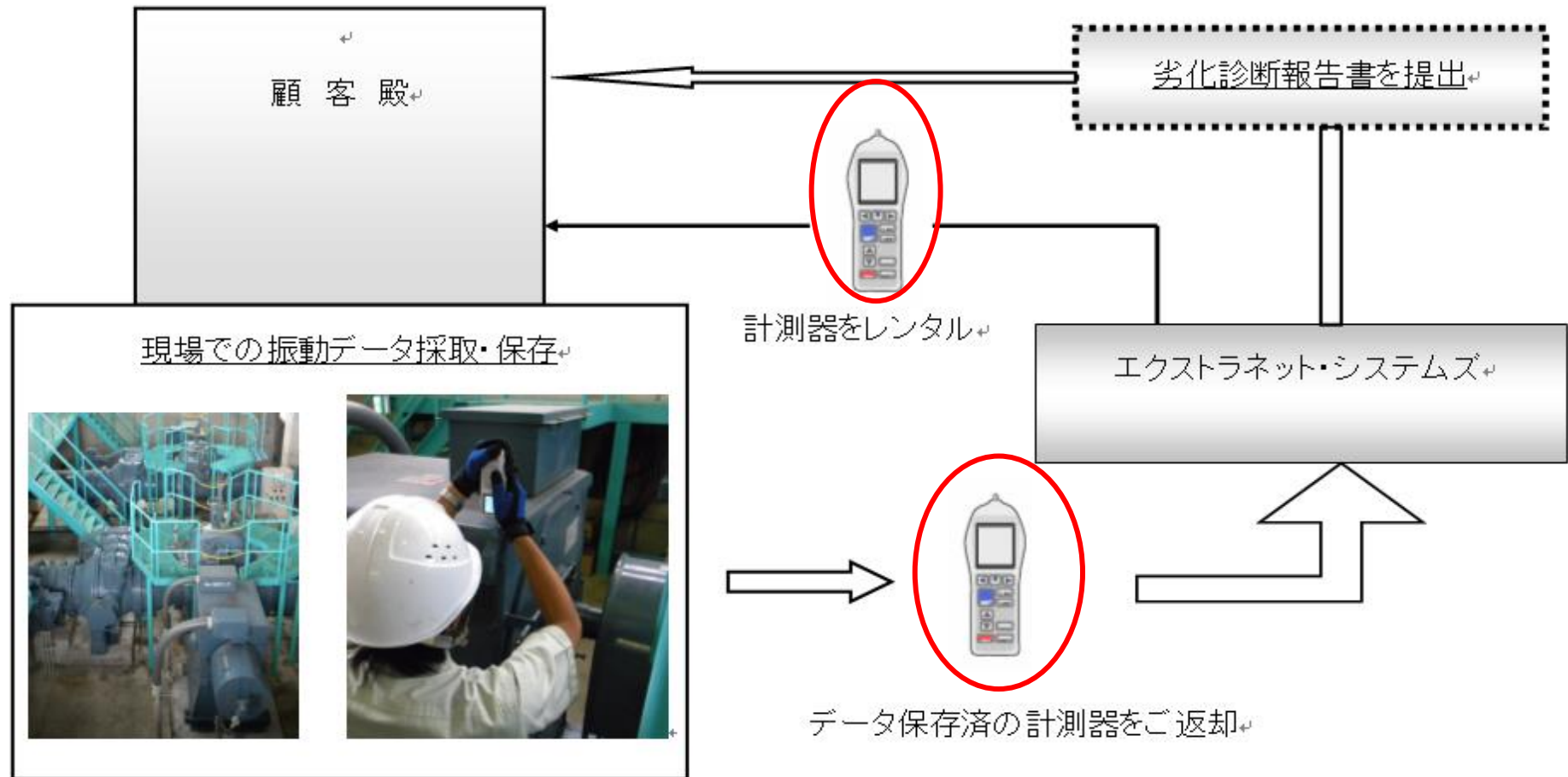


■DI値1.85から回転アンバランス量は0.35%(損傷DB利用)



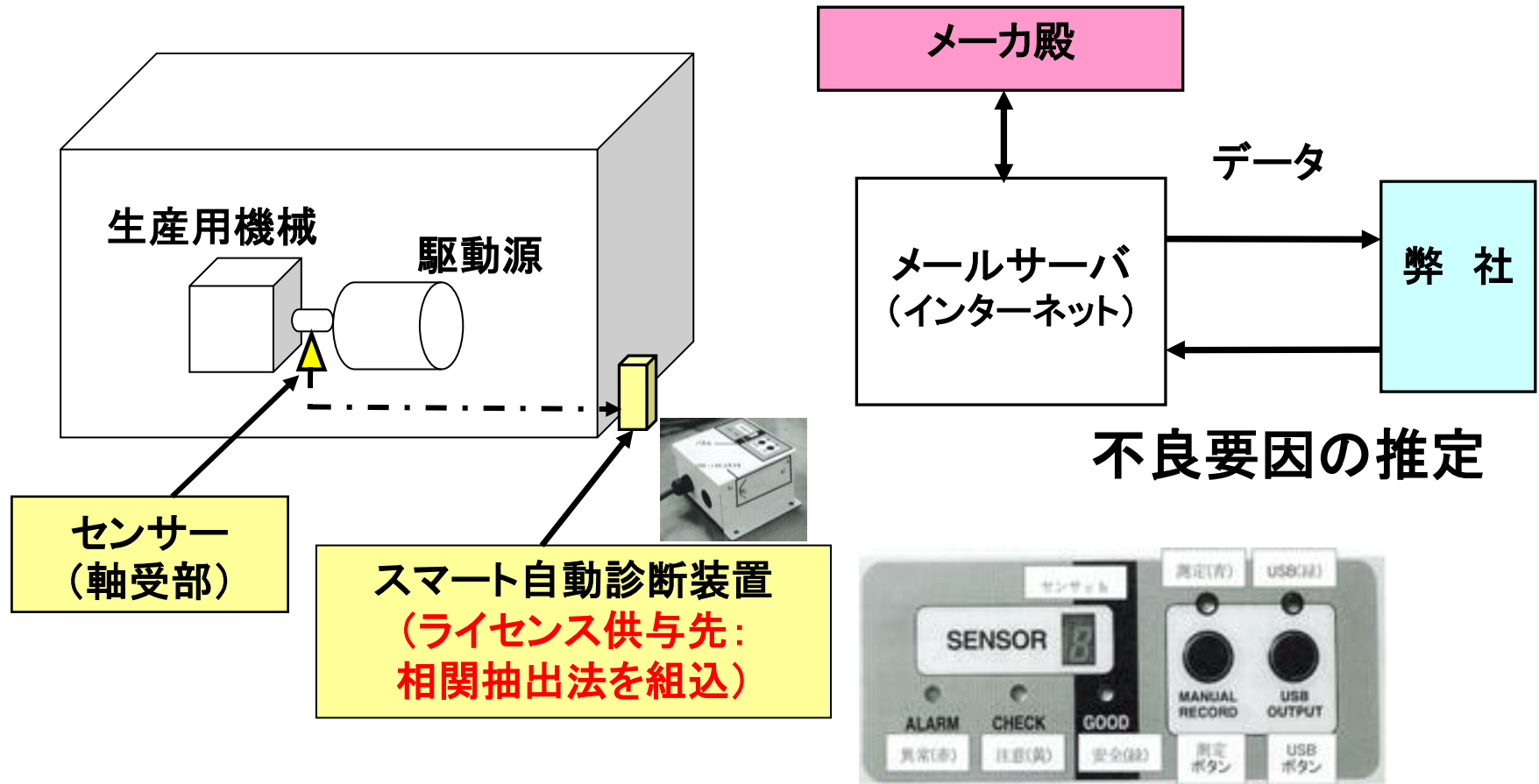
■回転アンバランス量0.35%から燃料損失0.7%(エネルギー損失DB利用)

劣化診断サービスの仕組み



ハンディ型振動装置MDrによってスポット的なタイミングで
手軽に劣化状態の診断ができる。

加工・組立ライン／検査自動化の仕組み (振動による場合)



- スマート自動診断装置にて良否判定を行い、黄色ランプ表示が出たら、警報発令、赤ランプにてライン停止等の処置

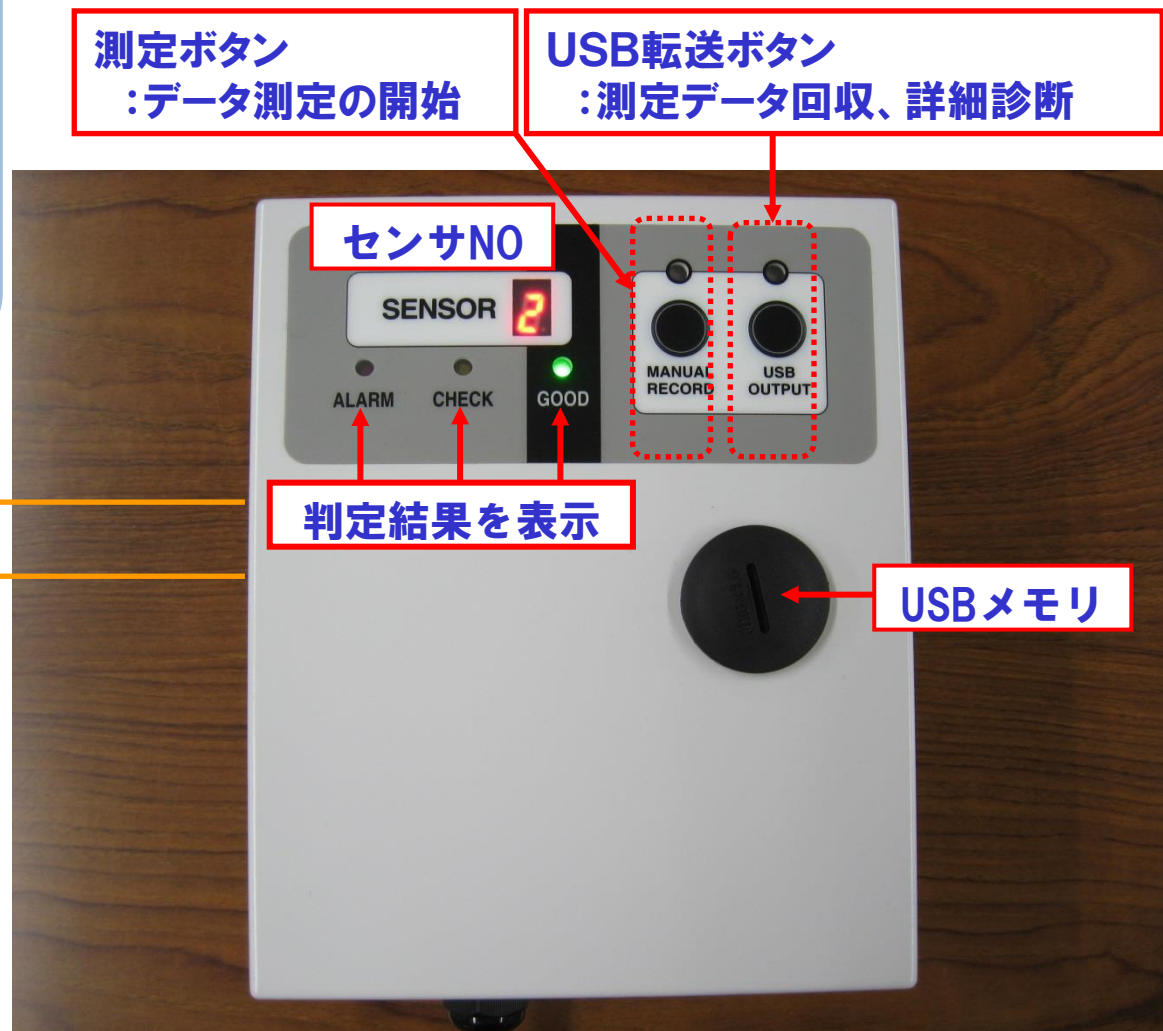
ライセンス供与先企業でのハード化事例

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)



検査機能の向上／“相関抽出法”の導入、ご検討について

