

装置系プラントへの 新しい状態監視システムのご提案 【キャラマップ式監視方法】

株式会社エクストラネット・システムズ

背景と目的

1. 運転側からの視点

(1) 顕在化していない障害の予兆を検出

- ① NEC “大規模プラント向け故障予兆監視システムを開発” 2013年4月
- ② IBM “センサー・データによる状態監視技術” ProVISION No.78 2013年Summer
 - ⇒ 課題1:「何かおかしい」センサを検出のみで要因は不明
 - ⇒ 課題2:回転機のメカトロパラメータとの関連は見えていない(?)ので検出性能に限界

2. 保全側からの視点

- (1)「運転」と「メンテナンス」の相互関係を考慮した統合的ライフサイクルメンテ
(“プラントエンジニア” 2014.12月号 早大理工 教授 高田祥三)
- (2)回転機械の微小異常の検出や劣化進展の追跡には、主システム系の変動との関連性を考慮要
(“状態監視技術便り” 日本保全学会 Vol.4,No.3 2013年3月)

キャラマップ式監視方法

(特許第5753301号)

1. システムパラメータとメカトロパラメータとを統括して特徴を抽出
2. 各特徴量の乖離度を予兆監視の判定指標
3. 各特徴量と各パラメータとの関係性から異常兆候の要因群を推定

キャラマップ式監視方法の適用例

数値シミュレーション(データは推定値)

- 適用プラント: 蒸発式海水淡水化プラント
- 異常事象: 蒸発室からのベント不良

■システムパラメータ: 7個

a. 流量

- ①ボイラ蒸気
- ②ブライン循環量

b. 温度

- ①ブライン最高
- ②ブラインヒータ入口
- ③同上蒸気

c. 圧力

- ①ブライン循環ポンプ出口

d. 液レベル

- ①最終段ブライン

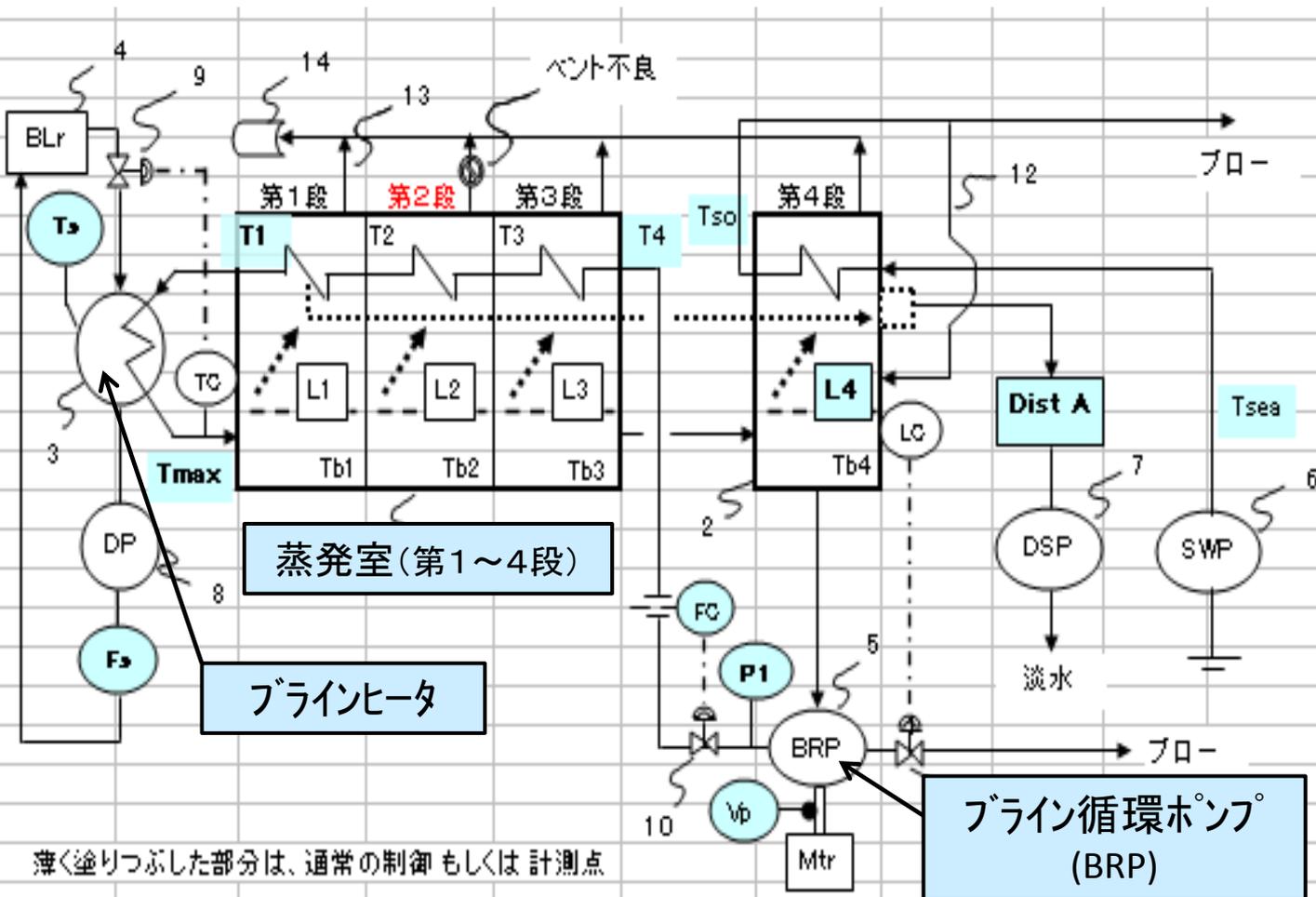
e. 淡水純度

- ①最終段出口

■メトロパラメータ: 8個

a. 振動加速度

- ①ブライン循環ポンプ
主軸軸受
周波数帯域8分割

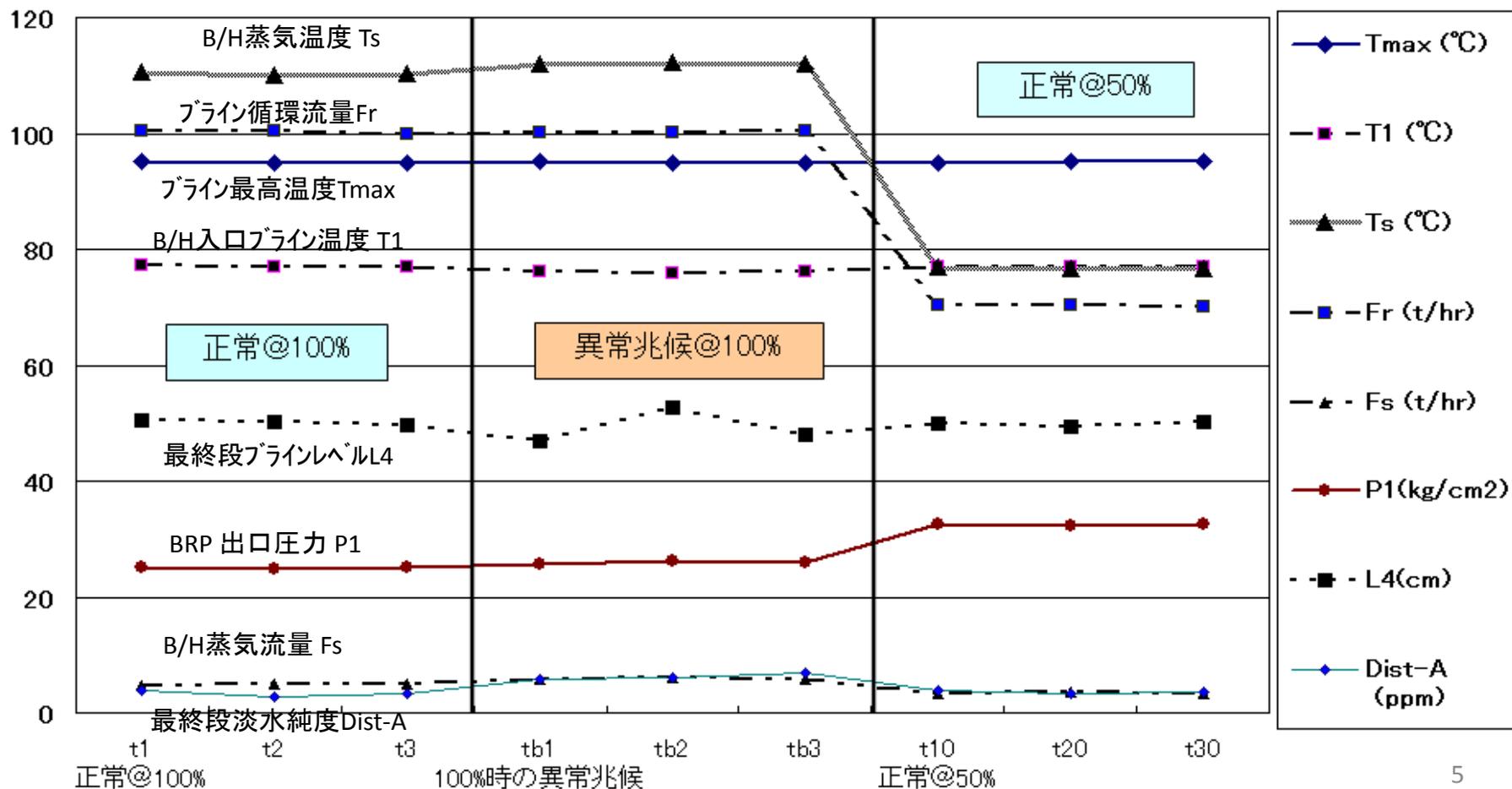


運転負荷(100%及び50%)及び異常時のシステムパラメータの変化(推定値)

各パラメータ値は、3回の時刻にて推定。

(100%負荷時 t_1, t_2, t_3 異常兆候時 t_{b1}, t_{b2}, t_{b3} 50%負荷時 t_{10}, t_{20}, t_{30})

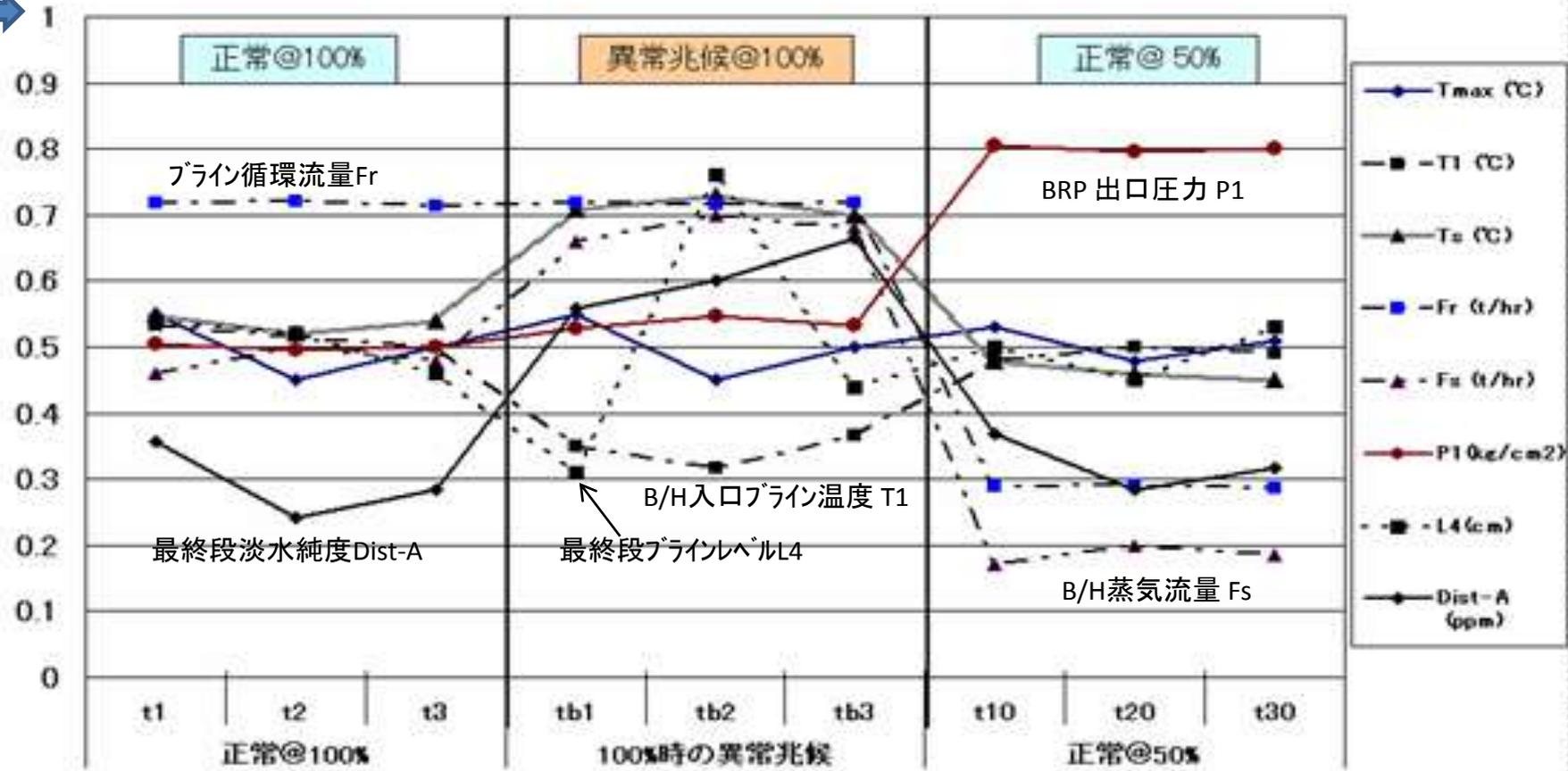
正常時100%負荷時、50%負荷時および異常兆候時のシステムパラメータ値の時間変化



従来：システムパラメータ警報による異常兆候の検出

正常時 (100%及び50% 負荷)と異常兆候時のシステムパラメータの変化(標準化後)

上限



設計上もしくは運転上の最大値・最小値によって標準化……1.0未満⇒「正常」
 ●異常兆候時でも、100%～50%負荷変動の範囲内にあり、**検出は困難**

メカトロ パラメータ:

ブライン
循環ポンプ
主軸

軸受部での

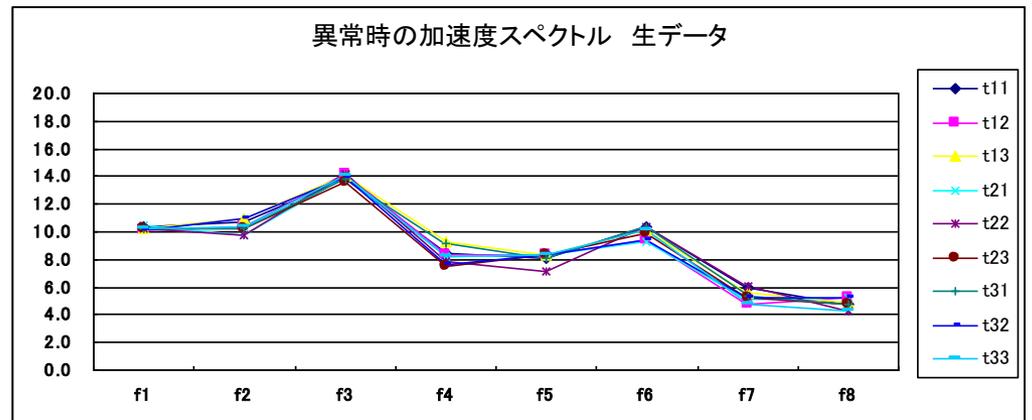
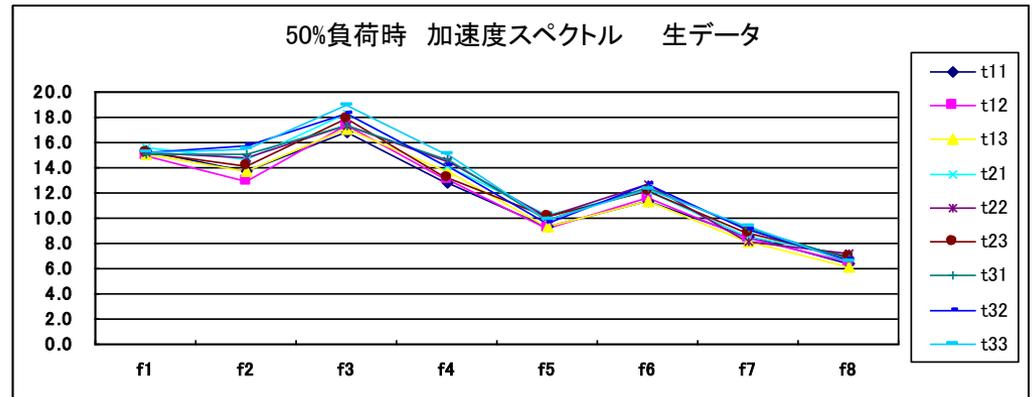
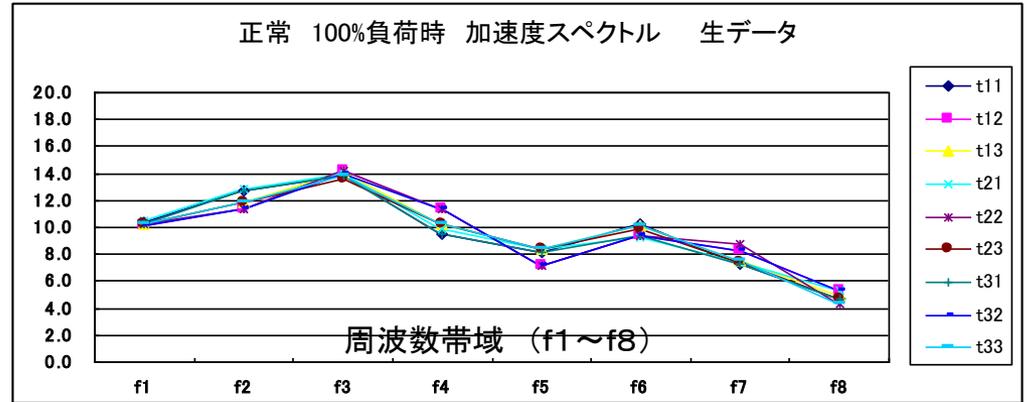
加速度
スペクトルの
時間変化
(推定)

正常時
@100%負荷
(基準)

正常時
@50%負荷
(出口弁絞
⇒加速度上昇)

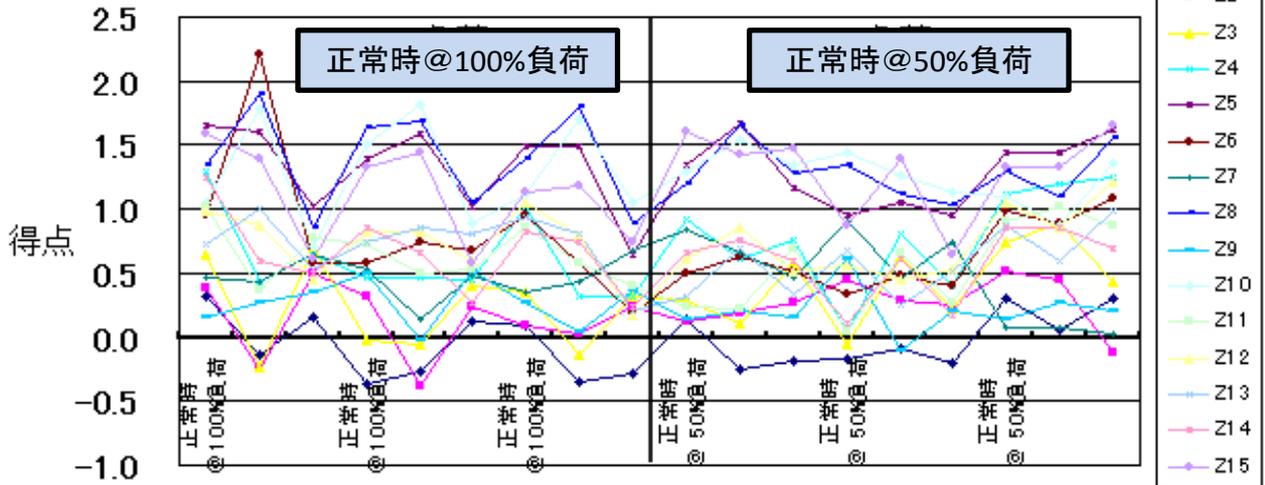
異常時
@100%負荷
(強度は正常時と
ほぼ同程度だが、
帯域は若干異なる)

スペクトル
強度



正常時と異常時／主成分得点の分布比較

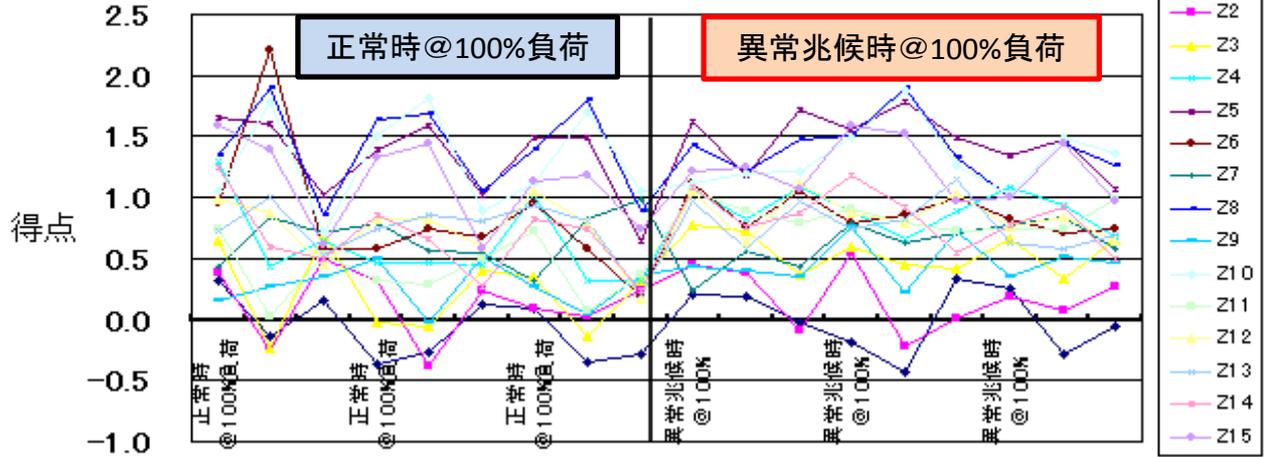
主成分得点 正常 100%負荷と 50%負荷



正常時／負荷変化
100% ⇒ 50%

乖離度 (DI値)

主成分得点 正常時 と 異常兆候時 @100%負荷

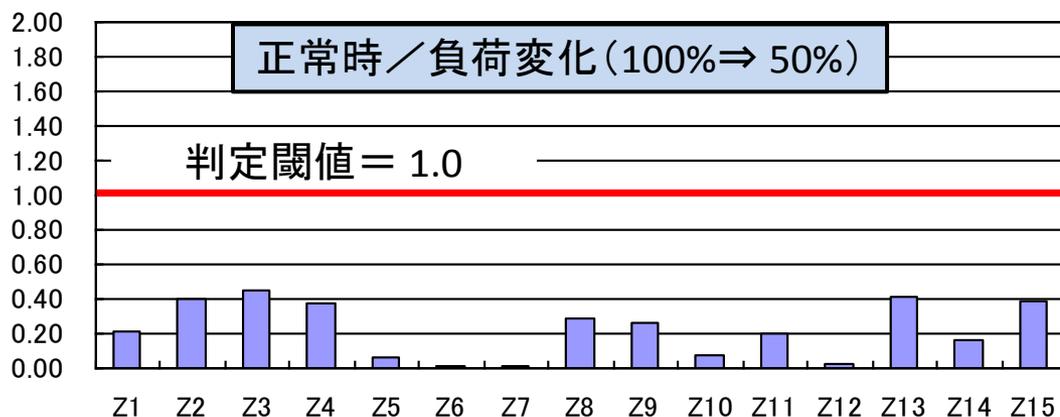


正常時／
異常兆候時

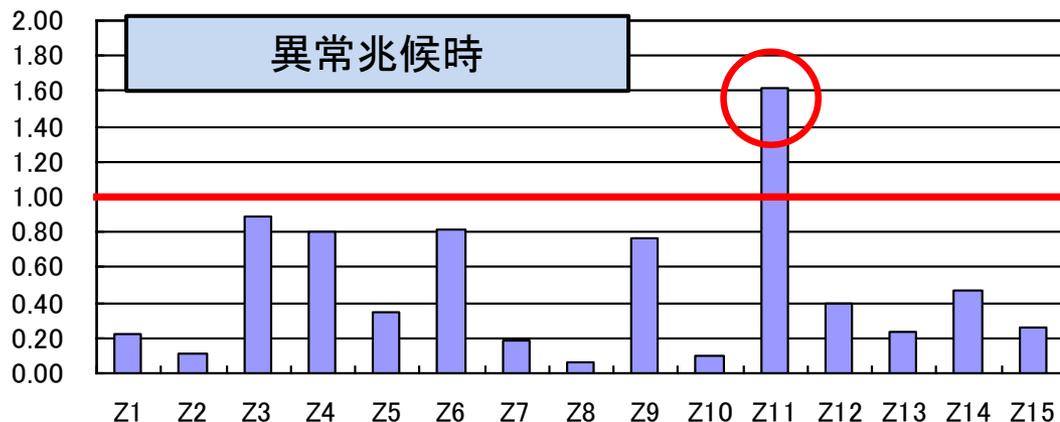
乖離度 (DI値)

正常時 (@100%負荷、@50%負荷) 及び異常時の DI値分布と判定

正常100%負荷 / 50%負荷時の各DI値の次数分布



正常 / 異常兆候時の各DI値の次数分布



結果

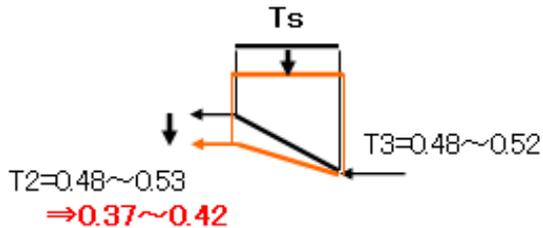
- 基準 ; 正常100%負荷時
- DI値の判定閾値 = 1.0

- (1) 負荷変化100%- 50%
においても「正常」と判定
- (2) 異常兆候時を検出可能
次数は、Z11 (DI=1.6)
であった。

ベント不良時の異常現象

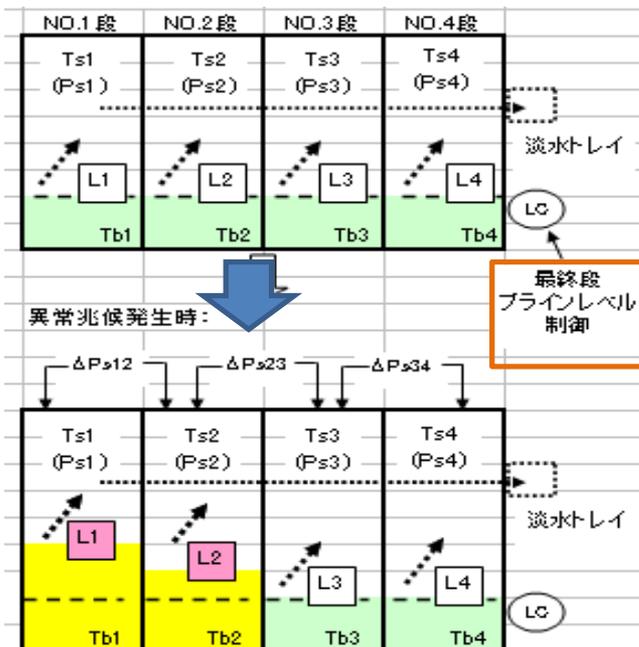
■ NO.2段において、室内からのベント不良により非凝縮性ガスの濃度が上昇

蒸気温度 $T_{s2} = 0.47 \sim 0.52 \Rightarrow 0.32 \sim 0.38$



NO.2段冷却側における温度差パターンの変化
 正常時: 黒色 \Rightarrow 異常時: 赤色

ブラインレベルの変化



蒸発を抑制。⇒ブラインが沸騰する際の蒸気温度 T_{s2} が設計値より低下。⇒当該段における蒸発量の低下を招き、冷却側のブラインの温度上昇 ($T_2 - T_3$) が小さくなる。

そしてNO.2段の室内圧力 P_{s2} は、設計値より小
 ⇒NO.1 室内 P_{s1} との圧力差 ; 大
 ⇒逆に、NO.3 室内 P_{s3} との圧力差 ; 小
 (蒸気温度 T_s に対応する飽和圧力 P_s が室内圧力)

NO.4段は設計通り50cmに制御されており、NO.3段は
 No.4段レベルは50cmでほぼ安定。
 ⇒NO.2段とNO.3段との圧力差 ; 小
 ⇒NO.2段から定格のブライン量を次のNO.3段へ流す
 ためにNO.2段のブラインレベルは高くなる。
 ⇒NO.1段レベル ; 高

ベント不良時の異常現象における因果関係

■NO.2段において、室内からのベント不良

NO.2段冷却管
出口温度 低下

ブラインヒータ
入口温度 T_1 低下

ブラインヒータ
・蒸気量 F_s やや増加
・蒸気温度 T_s やや上昇

NO.2段～上段の
ブラインレベル 上昇

最終段ブラインレベル
微小変動 L_4

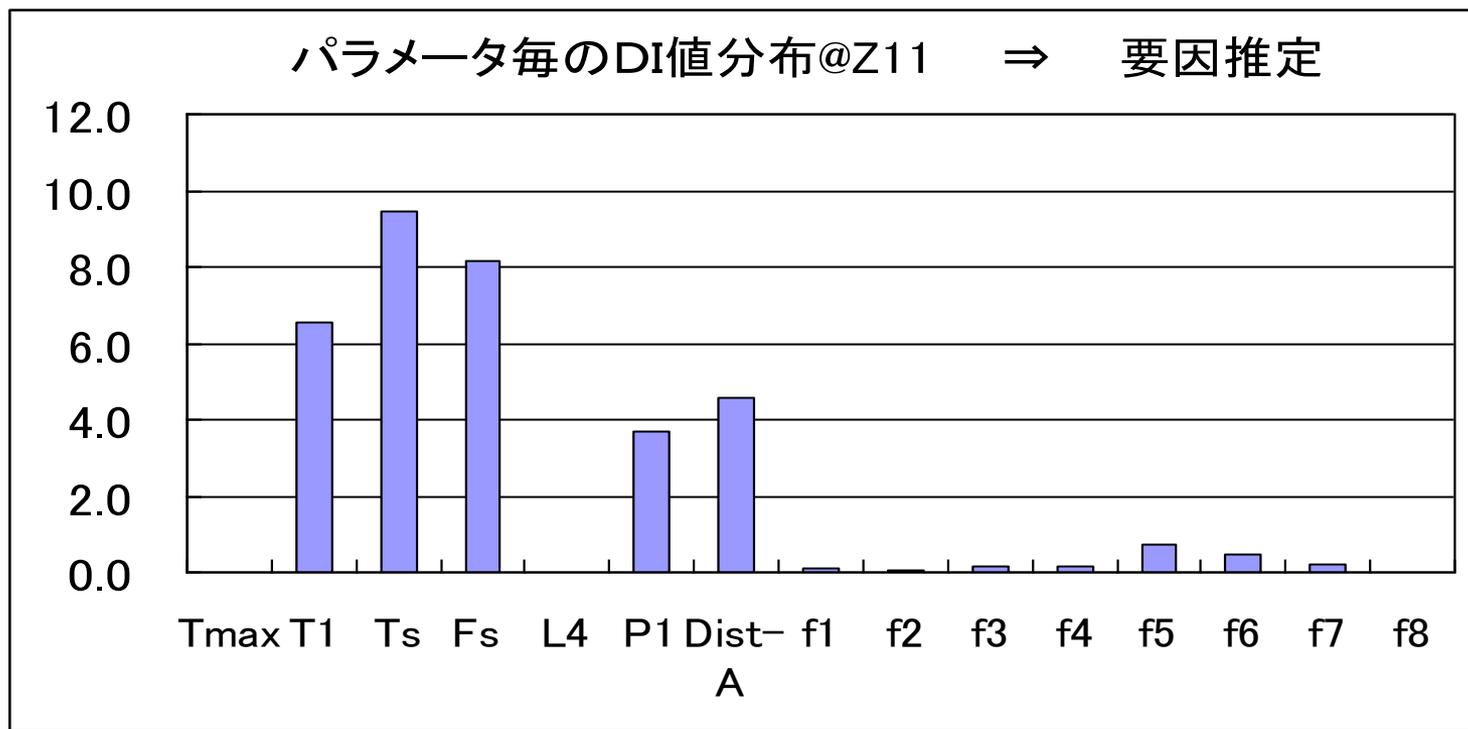
淡水純度 やや悪化
Dist-A

最終段のNO.4段のレベルを一定に制御
⇒ブラインのブロー量をブロー弁にて調節
⇒BRPの出口圧力 P_1 が若干変動
(ブライン循環流量は一定)

着目:どの段内からのベントが不良であるのか?は不明であるが
朱記パラメータの微小変動や制御量変化が発生、**相互に関連する。**

ベント不良判定時の各パラメータの要因推定

■最大DI値となったZ11の固有ベクトルを適用して、各パラメータ毎に対して、正常時と異常時の得点を求め、DI値を算出する。 ⇒ 要因推定



ベント不良の実機特性から推定される因果関係(T1, Ts, Fs, P1, Dist-A)と、キャラマップ式分析結果から推定した要因群とよく一致する。

まとめ

蒸発式海水淡水化プラントの室内からのベント不良という事象は、熟練の運転員でも早期発見は難しい。これにキャラマップ式監視方法を適用してみた。

1. システム及びメカトロパラメータの統括的特徴量の乖離度によって異常兆候を検出可能
2. 各特徴量と各パラメータとの関係性から異常兆候の要因群を推定可能

■ 効果: 以下の損害を回避可能

本異常発見の遅れ ⇒ 淡水純度の警報

⇒ (1) 淡水供給の遮断

⇒ (2) 復旧に多大の手間と時間要

① 淡水系統の洗浄

② デミスタ等の洗浄or交換