

予兆監視システム (SIAT) が検出した 通常と異なるパラメータ挙動の発生原因を推定する機能の開発

Development of the cause analysis functionality for the abnormal behavior detected by SIAT

中国電力株式会社	林 司	Hayashi Tsukasa	Member
中国電力株式会社	谷川 稔	Tanigawa Minoru	Member
日本電気株式会社	山本 敬之	Yamamoto Takayuki	Member
株式会社 IIU	高瀬 健太郎	Takase Kentaro	Member
株式会社 IIU	児玉 典子	Noriko Kodama	Member

Abstract

System Invariant Analysis Technology, SIAT can detect abnormal behavior of plant parameters. However, the cause analysis functionality for the abnormal behavior has been strongly desired to support engineers making decisions for taking appropriate actions.

For that purpose, we have developed the cause analysis functionality based on the result of the broken invariant analysis. Database of the broken invariant distribution with that cause is prepared and the similarity with the current abnormal behavior of the plant parameters are evaluated.

Keywords: SIAT, Abnormal Behavior of Plant Parameters, Cause Analysis, Support for Engineering Judge

1. はじめに

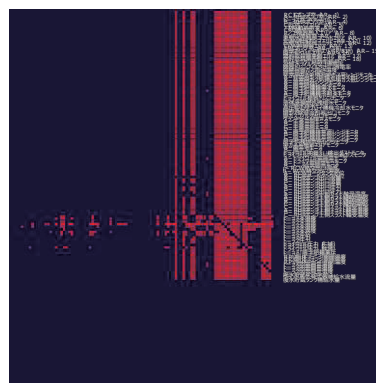
予兆監視システム (SIAT) による常時監視は、与えられた学習期間 (モデル作成期間) におけるモデルを作成し、その関係性が破れることを検出する事で、「いつもと違う」を見つける手法となっている (SIAT = System Invariant Analysis Technology)。しかしながら、数年来課題となっているのが、関係性が破れた時にそれが何に起因するものか、運転員・保修員が採るべきアクションについて、意思決定を行うための情報を提供する事である。つまり、ただ単に「いつもと違う」ことを検出するだけでは、意思決定に際して有用な情報を提供出来ているとは言えない。

そこで、過去データを用いて各種操作の実施時やトラブル発生時の関係性の破れを評価し、予め破れに関するデータベースを作成しておき、それらと比較する事で、原因特定をアシストするための「原因特定アシスト機能」を開発した。

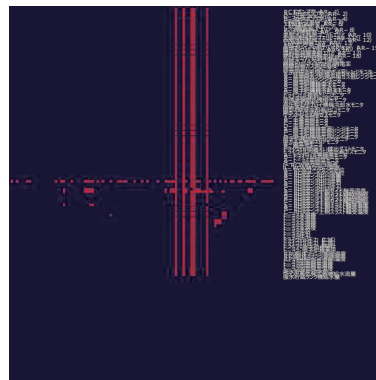
2. 関係性の破れ (指紋) データベースの構築

「リアルタイム監視」において、「各種操作の実施」や「故障等の発生」によって監視対象としているパラメータ間の関係性が破れる。

各試験・操作実施時における関係性の破れの検出結果のスナップショットは図1の様な「関係性の破れの分布」として視覚化する事が出来る。



(a) RCIC 試験



(b) A-RHR ポンプ起動

図1 試験・操作実施における関係性の破れの分布の例

図1における横軸は「予測対象パラメータ」、縦軸は「参照側パラメータ」を表し、図中の各格子はパラメータ間の関係性に対応する。各点は「破れている」「破れていない」の2値のいずれかをとり、点が打たれているものは関係性が破れている事を表す。

「原因特定アシスト機能」はこの「破れの分布」を入力として、それが何の「原因」によるものか、を特定する事を支援する為の機能である。その概要は以下の通りである。

- ①まず、過去のプロコンデータにおける、各種試験・操作実施時やトラブル発生時のパラメータ挙動を入力として、どの関係性が破れたのかを分析し、その内訳をデータベースに登録・蓄積しておく。これを我々は操作・トラブルの「指紋」と呼んでいる。
- ②実際の運用時に関係性が破れた場合、①で蓄積しておいた破れの内訳との「類似度」を独自の計算手法で算出し、破れの要因の推定を試みる。

尚、同一の操作が行われた場合であってもプラントの状況等によって、現れる関係性の破れの分布は必ずしも同一では無く、ある程度のバラつきをもって現れる。

そこで①の指紋データベースの作成では、同一の操作に対しても複数回分の指紋を蓄積しておき、②の類似度評価では、過去のバラつきも考慮した評価を行う。

ただし、本機能はあくまで人間が原因を特定することを補助する目的から開発したものであり、最終的な判断は人間に委ねられるものである。

3. 登録した指紋との類似度評価による原因特定のアシスト

前述の様に、指紋データベースにはトラブルだけではなく、各種試験・操作実施時に発生する関係性の破れについても登録しておく。

ただし、どのような試験・操作が実施されたか等を当てても、それらは通常人間にとっては既知の事であるので、これだけでは特段の意義は無い。実際には、これら操作の推定は、異常兆候の発見に役立てることを目標としている。

すなわち、過去に起きたことのない未知のトラブルが発生した場合であっても、図2のようなフローによ

って、実際には行われていない操作が実施されたものと誤推定させることで、異常兆候の検知に繋げようとするものである。

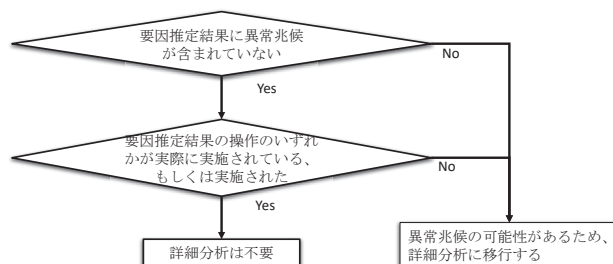


図2 要因推定結果に対するフロー

勿論、学習済みのトラブルであれば、その発生を直接推定しようとする。図3は、実際の定常運転時のプロコンデータを用いて関係性の破れの原因を推定させた結果である。図中の数値は1に近い程、その操作が行われた可能性が高いと評価された事を意味し、○印は実際にその操作が行われていた事を表している。

各種操作による破れが現れる中、放射性流体の漏洩が発生した事を高い確度で推定している（図中の★印の時刻における「放射性流体漏洩」）。そしてそれは実際、PLR ポンプフランジ部からの漏洩事象を捉えたものであった。

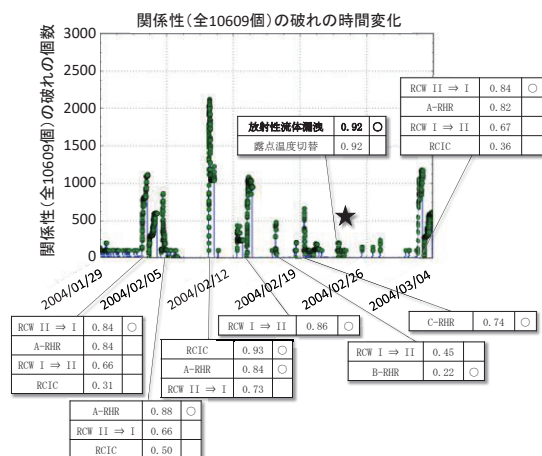


図3 原因特定アシスト機能の分析結果の例 (PLR ポンプフランジ部漏洩事象発生時)

本機能は、運転に伴って、指紋データベース上に指紋を継続して蓄積していく事により、より正しい原因推定を行う事が可能となる。また、原因推定に失敗した場合には、その正しい原因を追加で学習させることにより、次回からは推定が可能となる様にしようとするフレームワークとなっている。