

1K-01

# 電力機器予防保全プラットフォームとその適用事例

馬場 昭宏† 鶴 薫†

三菱電機株式会社†

## 1. はじめに

電力の総需要が世界的に増加傾向にある一方で、電力機器の高経年化に起因する計画外の停止により想定外の運用コストが発生している。本問題に対し、機器運転データの遠隔監視や故障予測などの電力機器を効率的に運用するサービスが拡大している。

我々は、故障予測・劣化診断の精度向上および監視作業の大幅な機械化を目的に、故障／劣化診断や遠隔保守の自動化を実現するシステム技術として「電力機器予防保全プラットフォーム」（以下、本 PF）を開発した。故障／劣化診断や遠隔保守のためのシステム開発の観点では、案件ごとの個別機能開発による開発期間の長期化や工数の増大が問題となる。本稿では、本 PF による故障／劣化診断システム開発の効率化について記載する。

## 2. 電力機器予防保全プラットフォーム

ここでは、本 PF で取り扱う概念のモデルおよびソフトウェアツールチェーンについて示す。

### 2.1. 故障／劣化モデル

時系列のセンサデータを分析することで、複数のデータ間に相関があることはわかるが、それらの間の因果関係は一般にはわからない。データの間の因果関係を用いて正しく分析できるようにするためにモデルベースのアプローチを採用し、「故障／劣化モデル」の枠組みを定義した。

故障／劣化モデルの中心となる概念は「構成要素」、「事象」、「センサ」、「条件式」である。「構成要素」は診断対象となる設備の構成の木構造を表す。「事象」は「構成要素」で発生する事象の木構造を表す。「センサ」は「構成要素」に関連する時系列データを表す。本 PF では、実世界においてセンサなど何らかの手段を用いて計測もしくは計測値に対し演算を行った時刻と値の組を取得できることを前提としている。「条件式」は事象の発生有無を判定する式である。

### 2.2. ソフトウェアツールチェーン

本 PF のソフトウェアツールチェーンを図 1 に、利用の流れを表 1 に示す。

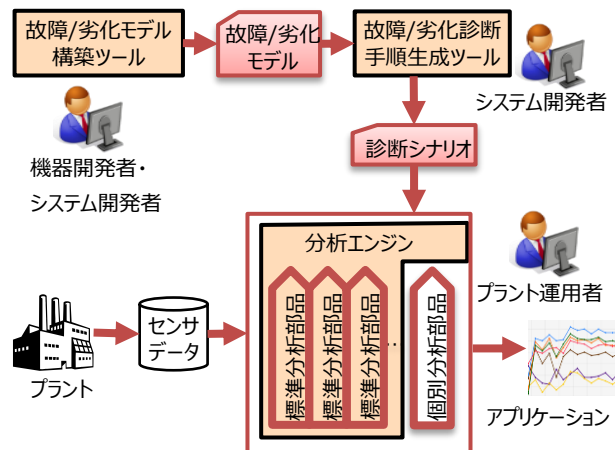


図 1 本 PF のソフトウェアツールチェーン

表 1 本 PF 利用の流れ

No.	実施内容
①	機器知識に基づく故障／劣化モデルの作成
②	故障／劣化診断手法決定と分析部品の選択／開発
③	環境に特化した情報の設定
④	診断シナリオの生成
⑤	アプリケーションの開発
⑥	アプリケーションの実行

①, ②は機器の種別ごとに実施する。①では、機器開発者が故障／劣化モデル構築ツールを用いて機器知識（FTA, 物理式, センサ情報等）に基づいて故障／劣化モデルを作成する。故障／劣化モデル構築ツールは、故障／劣化モデルを作成するための GUI ツールである。②では、機器開発者が故障／劣化診断の分析手法を決めて、標準分析部品の中から手法に対応した分析部品を選択し、故障／劣化モデル構築ツールを用いて故障／劣化モデルを更新する。分析部品は故障／劣化モデルの「センサ」および「条件式」で用いる演算や式を実現するものである。標準の分析部品では実現できない手法を用いる必要がある場合には、システム開発者が個別に分析部品を開発し、分析エンジンに登録する。分析エンジンは分析部品を呼び出すことで診断

を行う機能を提供する。分析エンジンは故障／劣化モデルに対し、分析部品の実装手段を抽象化する役割を担う[1]。

③、④、⑤は診断対象のプラントごとに個別の予防保全システムを開発する際に実施する。これらのステップでは①、②で作成した機器ごとの故障／劣化モデルを用いる。③では、システム開発者が故障／劣化モデル構築ツールを用いて故障／劣化モデル内の閾値等のプラント環境に特化した情報を設定する。④では、システム開発者が故障／劣化診断手順生成ツールを用いて診断シナリオを生成する。診断シナリオは故障／劣化の状況を診断するスクリプトであり、分析エンジンの入力となる。⑤では、分析エンジンを用いて、システム開発者が診断結果を取り込んで監視などを実行するアプリケーションを開発する。

⑥はシステム運用時に実施する。⑥では、プラント運用者がアプリケーションを用いて診断結果を監視する。このときアプリケーションから分析エンジンが呼び出され、分析エンジンは診断シナリオを実行する。さらに診断シナリオから分析部品が呼び出される。分析部品はプラントで発生し RDB など何らかのデータ格納手段に蓄積されたセンサデータの分析を行う。

### 3. 考察

発電機を対象とする2つの事例において本 PF を適用した結果を表 2 に示す。以下の各節では、システム開発の効率化に対する本 PF の寄与について表 2 をもとに考察する。

表 2 2つの事例における開発対象

開発対象	事例1	事例2
故障／劣化モデル	個別開発	個別開発
診断シナリオ	2つの診断シナリオを個別開発	故障／劣化モデルから自動生成
分析部品	診断内容に特化した3つとデータ格納手段に特化した1つ	個別開発なし
アプリケーション	個別開発	個別開発

#### 3.1. 故障／劣化モデル

事例 1 では、開発の途中でデータ格納手段を変更しても故障／劣化モデルを一部変更するだけでシステムの開発を継続することができた。これは、モデルベースのアプローチを採用したことで得られた効果であり、システム開発の効率化に寄与したものと考えられる。

事例 1、事例 2 ともに発電機が対象であるが、それぞれ注目した範囲についてのみモデル化したために故障／劣化モデルは個別の開発となっ

た。発電機など汎用的な機器については、共通的に利用可能な故障／劣化モデルのライブラリの充実が必要である。

#### 3.2. 診断シナリオ

事例 2 においては、故障／劣化診断手順生成ツールを用いて故障／劣化モデルから診断シナリオを自動生成できたため、診断の対象となる構成要素の追加／変更や診断項目の追加／変更時にもアプリケーションのプログラムの修正が不要である。診断対象の追加／変更時の工数を削減できるとともに、開発技術者の確保が容易になると考える。事例 1 では診断シナリオが特定の診断に特化したものであったため、専用の故障／劣化診断手順生成ツールは開発せず、個別に診断シナリオを開発する必要があった。適用事例を増やす中で共通的に利用可能な診断シナリオを抽出し、故障／劣化診断手順生成ツールを拡張することでさらなる開発効率化を期待できる。

#### 3.3. 分析部品

事例 2 では標準の分析部品のみで分析シナリオを実現できた。事例 1 において個別に開発した分析部品は発電機やその他の電力機器においても再利用可能である。今後は電力機器に特化した分析部品を充実させる必要がある。

#### 3.4. アプリケーション

事例 1、事例 2 ともにアプリケーションは個別に開発しており、この部分については本 PF によるシステム開発の効率化への寄与はできていない。故障／劣化モデルを用いた構成要素や故障木の視覚化、時系列データのグラフ表示などの機能は多くのアプリケーションで再利用可能であるため、共通部分のライブラリ化は開発効率の向上に寄与すると考えられる。

### 4. まとめ

本書では故障／劣化診断システム開発の効率化を実現するための開発した電力機器予防保全プラットフォームについて説明した。また、本 PF の 2 つの適用事例から、本 PF が故障／劣化診断システム開発の効率化に寄与することを考察した。本 PF は、電力機器にとどまらず広く故障／劣化診断システム開発を効率化できるものと考えられる。

### 参考文献

[1] 佐藤他：実行環境に依存しないデータ分析処理方式の検討，2018 年電子情報通信学会総合大会（2018）。