

水処理プラント統合情報システムにおける異常診断支援

仲谷善雄、築山誠、前田和男*、早坂浩*

三菱電機(株)

産業システム研究所 電力・交通システム開発部 *制御製作所 公共部

概要

水処理プラントに関する統合情報システムにおいて、異常診断支援システムから入力された異常処置報告書(異常事例)をサブシステムが共有することで、サブシステムが協調的に運用管理する枠組みを提案する。オペレータがプラントを円滑かつ効果的に運用するためには、実際の運用を通じてプラントの個性を把握する必要がある。この目的にとって異常事例は有効な知識となる。サブシステムには異常診断支援、運用支援、設備計画支援、教育訓練、設計支援などが含まれるが、とくに中核となる異常診断支援システムについて説明する。

キーワード

上下水道、統合情報システム、人工知能、異常診断、事例ベース推論

1. まえがき

統合情報システムが喧伝されているが、具体的にサブシステムがどのようなデータをどのように分散管理/利用すればよいかの具体的な提案は少ない。本稿では、水処理プラント統合情報システムにおいて、異常事例として異常診断支援システムから入力される異常処置報告書に注目し、異常事例およびそれに関連する知識をサブシステムが共有することによって、プラントに固有で最新の知識を利用できる枠組みを提案する。サブシステムには異常診断支援、教育訓練、運用支援、設備管理支援、設備計画支援、設計支援などのシステムが含まれる。

異常事例に注目するのは以下の理由による。第1に、各プラントには個性がある。これはプラントを構成する機器の特性の影響、およびプラントが設置される環境の違いによる。オペレータがプラントを円滑かつ効果的に運用するためには、運用を通じてプラントの個性を学習する必要がある。異常事例はそのための有効な知識となる。そもそも異常診断のための十分な設備モデルを作成すること自身が困難である。第2に、予め予想される異常に対しては対策が講じられるため、実際には予想されなかった異常が発生する。異常事例の蓄積は、将来的な対策に有用である。第3に、プラント状態は経時的に変化する。異常事例によりこの変化をうまくとらえることができる。

オペレータは、異常に対して処置した後、異常診断支援システム上で症状、原因、処置、(原因推定および処置の)評価に関する異常処置報告書を作成し、異常事例ベースに記憶させる。新たな事例は各サブシステムから即時に参照される。逆に、他のサブシステムは様々な知識を異常診断支援システムに提供する。例えば、設備管理支援システムが管理する設備構成機器に関する設備データは、事例ベース型異常診断を行うときの機器間の類似性判断のための基礎知識となる。

現在、下水処理場を対象として本枠組みのプロトタイプシステムを構築している。現在構築を進めているのは、キーサブシステムである異常診断支援システムである。以下では、第2章で本枠組みをより詳細に説明する。第3章で異常診断支援システムを説明する。最後にまとめと今後の課題を整理する。

2. 異常事例共有枠組み

異常事例を図1に示すようなサブシステムの間で共有する。図中、括弧でくくって苦情事例などと表

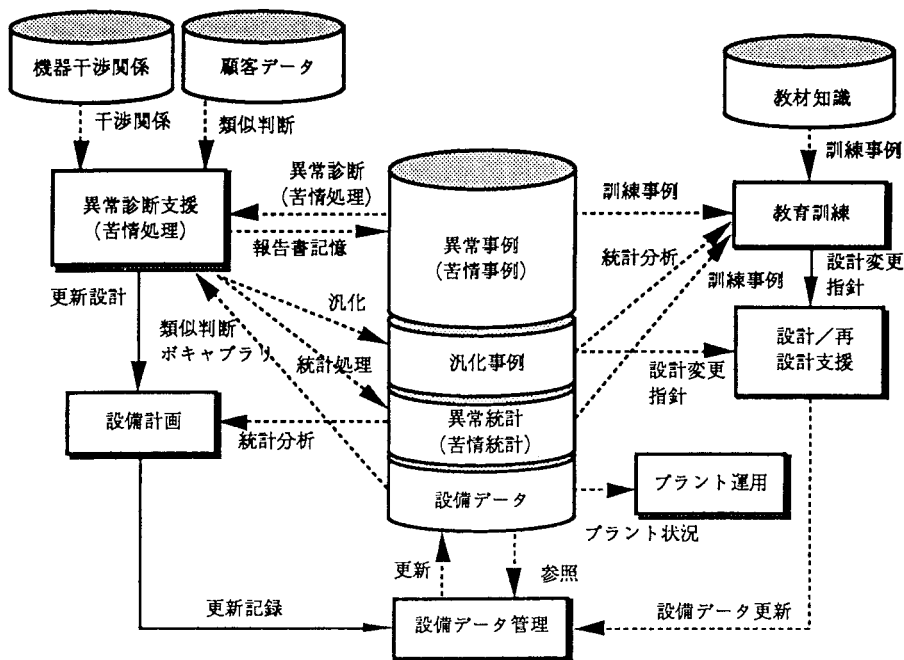


図1 統合情報管理システムのサブシステム間の関係

記しているのは、苦情事例も異常事例と類似の枠組みで扱えることを表す。

2. 1 データベース

本統合情報システムで共有されるデータには以下の8種類がある。

- ①異常事例 … 異常に関する症状、原因、処置、評価、およびそれぞれに関するメモからなる異常処置報告書を異常発生年月日、報告者名などとともに記憶する。
- ②異常統計 … 異常の統計的分析（機器毎の異常発生頻度や異常内容の経年変化など）を記憶する。
- ③設備データ … 構成機器名、機器および異常の上位/下位関係および全体/部分関係に関する知識などを記憶する。
- ④汎化事例 … 設備データに基づいて異常事例中の機器名を上位機器に置換したものを記憶する。
- ⑤教材知識 … 同種プラントに関する一般的知識を記憶する。各機器に発生しうる異常やそれらの発生機構などを含む。
- ⑥機器干渉関係 … 2つの機器間での何らかの影響関係の存在を記憶する。
- ⑦苦情事例 … プラントのサービスに対するユーザの苦情に関する苦情処置報告書を記憶する。
- ⑧苦情統計 … 苦情処置報告書を統計的に分析した結果を記憶する。ユーザ種別、地域別などの苦情発生頻度や苦情内容の経年変化などを含む。

2. 2 サブシステム

(1) 異常診断支援システム

オペレータは、設備に異常な症状を発見すると、異常診断支援システム上で異常処置報告書を作成する。オペレータは、過去の異常事例から、新たな異常と類似の症状（原因、処置）を持つ事例を探索し、その原因や処置を参考にしたリ、新たな異常処置報告書の原版として利用できる。当該設備に関する事例だけでなく、他設備の事例、あるいは一般的な知識を事例という形式で表現したものでよい。

(2) 設備計画支援システム

設備計画支援システムは異常統計を用いて「いつ」「どの」機器を更新すればよいかを提案する。異常発生頻度が高かったり、最近になって重大な異常が発生するようになった機器は即時に更新する必要がある。設備更新計画は設計支援システムに送られる。

（3）設計支援システム

プラントの設計を行ったり変更したりする作業は設計支援システム上で行われる。設計支援システムは異常事例ベースおよび異常統計DBから設計変更を要求するような異常に関する知識を参照し、設計者と対話的に機器を決定/設計し、それらの特性を明らかにする。

（4）設備管理支援システム

設備管理支援システムは設備データを管理する。設備データの内容は異常診断支援システムの指摘によって設備計画支援システムが作成する設備更新計画を、設計支援システムが実行して、更新（追加、削除、変更）される。更新された結果はすぐに異常診断や教育訓練などに反映される。

（5）プラント運用支援システム

特定の機器がプラントからはずされたり変更された結果は、プラントの運用に反映される。例えば、特定の機器がはずされた場合は、代替機器を選定し、運用計画を立案し、それを実行する。

（6）オペレータ教育訓練システム

オペレータに異常診断/処置方法を教育訓練する。異常診断課題を、異常事例や教材知識から作成する。このとき、最近の発生頻度の高い異常を課題とすることにより、異常の経年変化を考慮した教育訓練が可能になる。異常事例から教材を作成するのでプラントの個性を教授できる。

（7）品質管理支援システム

設備異常に対するメーカー側保守員用ヘルプデスクシステムで、基本的には異常診断支援システムと同じ枠組みで可能である。

（8）窓口対応支援システム

ユーザの苦情の内容とそれへの対応に関する苦情処置事例を用いて、新たに発生する類似の苦情への対応を決定する他、設備運用、設備計画、設計/再設計支援、窓口対応者の教育訓練などに用いる。

3. 異常診断支援システム

3.1 概要

本異常診断支援システムは、異常処置報告書の作成と異常診断を同時平行的に容易に実行できるとともに、複雑な異常については無矛盾な複数の異常事例によって診断する。

記述内容を不慣れなオペレータにガイドするため、症状、原因、処置を分類し、分類毎に入力テンプレートを用意した。例えば原因を7タイプ：不良、欠損、誤設定、誤操作、異物、不明、その他、に分類した。オペレータはテンプレートのスロットを埋める形で異常処置報告書を作成する。本システムで使用する概念はすべて設備データ中に記憶されている。設備データの内容は計算機画面上にグラフィカルに表示され、オペレータは画面から概念を入力テンプレートのスロットにマウス操作だけでコピーできる。これにより長い文字列を手入力する負荷を軽減できる。

原因の推定を事例ベース推論で行う。システムは入力された症状ともっとも多くマッチする症状を持つ過去の事例を探索し、その事例の原因を原因候補として提案する。マッチ数が同じ事例があれば、異常統計を用いて、最近もっとも頻繁に異常が発生している機器を原因に含む事例を選択する。オペレータは4種類の方法で事例を探索できる。

- ①完全マッチによる探索 … 全テンプレートの全スロットとマッチする事例を探索。
- ②部分マッチによる探索 … いくつかのテンプレートの全スロットとマッチする事例を探索。
- ③意味的類似性による探索 … 基本的には部分マッチによる探索だが、設備データに基づいた類似

概念が使用されている事例もマッチと見なす。例えば「第1除塵機」というスロット値は「第2除塵機」とマッチする。

④文字列の類似性による探索 … 基本的には部分マッチによる探索だが、どの文字列ともマッチする特殊文字を使用できる。例えば「*除塵機」は「第1除塵機」や「第2除塵機」とマッチする。

単一の事例では観測された症状の多くを説明できない場合は、システムは複数の事例を組み合わせて説明する。そのとき、相互に干渉する機器に発生した症状をひとまとめにして、各まとまりとマッチする事例を探索する。干渉とは、症状Aが症状Bに影響（因果関係など）を与えることをさす。症状間の干渉可能性は、機器干渉関係DBに記憶された機器の間の干渉可能性によって判断する。

オペレータは、原因推定に用いた事例に基づいて処置を決定し実行する。その後、確定した原因と実行した処置、および原因推定と処置の適否に関する評価を入力する。

3. 2 システム構成

本システムはエンジニアリングWS上に実現されている。主に手続き的知識ベースとデータベースからなる（図2）。手続き的知識ベースは3つのユニット：報告書作成支援部、診断支援部、データベース管理部、からなる。データベースは図1に示したもののうち、異常事例ベース、設備DB、汎化事例ベース、機器干渉関係DB、異常統計DBの5種類を利用する。設備DBを概念間の類似性の判断と複数オペレータ間の使用概念の統一のために使用する。汎化事例ベースは異常事例ベースを補完する。機器干渉関係DBにより機器間の干渉を判断する。異常統計DBを適切な事例を絞り込むのに使用する。これらのデータを汎用の関係DB管理システムで管理している。

4. あとがき

本稿では、統合情報システムにおいて、サブシステムが異常事例を共有することによって、プラントに固有で最新の情報を利用できる水処理プラント統合情報システムの枠組みを提案し、その中心となる異常診断支援システムを紹介した。サブシステムのさらに詳細な仕様の決定、プロトタイプシステムの試用に基づく本枠組みの評価と洗練、複数のデータベース間に相互作用がある場合（例えば設備データと教材知識）の変更などへの対応方法の検討、などが今後の課題である。

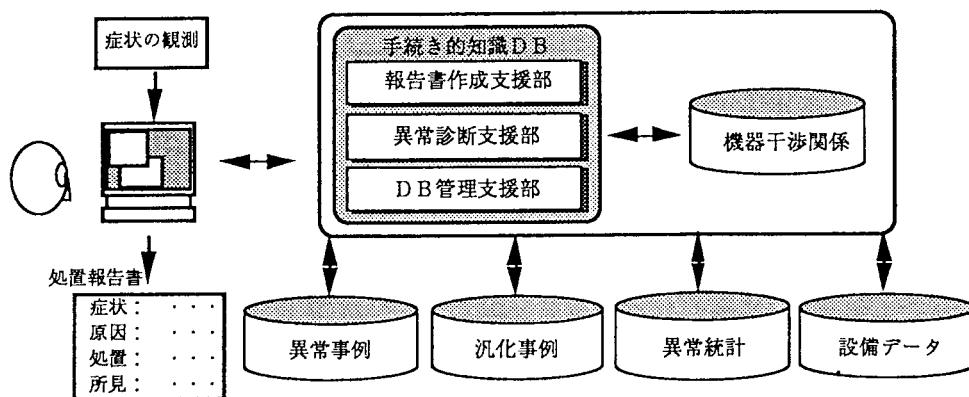


図2 異常診断支援システムのソフトウェア構成