

三次元CGを用いたプラント保全支援システム

越 雄一¹, 上領 一郎², 荒木俊輔³, 碓崎 賢一²

近年、プラント管理では、保全費用を節減するための保全員やベテラン保全員の定年による引退により、保全に関する知識の消失が急速に進み、保全の質の低下を招いている。また、プラント全体の管理を行う場合、日々増加してゆく保全作業報告書などの書類は、時間が経つにつれて膨大な量となり、有用な情報として管理できない状態を招いている。そこで我々は、少人数でも効果的かつ効率的な保全が行えるように、個別の保全員の知識として管理されていた大量の情報を体系的に管理し、三次元図面をベースとして視覚的に管理・表示する情報システムを提案する。

A Plant Maintenance Support System Using Three-Dimensional Computer Graphics

Yuichi ETSU¹, Ichiro KAMIRYO², Shunsuke ARAKI³, Ken'ichi KAKIZAKI²

This paper describes a plant maintenance support system using a three-dimensional computer graphics and database system. Our proposed system systematically manages facilities' information including drawings, monitoring data of remote sensors, procedures documents for accidents, and so on. In order for a maintenance engineer to get necessary information of a facility, the system assembles and visualizes information associated with the facility in the 3D model of a plant.

1. はじめに

近年、化学プラントや原子力プラントでは、安全な運転を行うために、保全作業の重要性がこれまでも増して高まっている。このため、新しい設備に対する投資額よりも設備の保全費用の占める比率が大きくなりつつある。一方で、増大した保全費用を削減するために保全員の削減が行われている。また、これらのプラントの建設から保全作業に従事してきたベテランの保全員が定年により引退し、知識や技能の消失が急速に進行している。特に「団塊の世代」と呼ばれる世代の保全員が一斉に引退を迎えることにより、日本の産業基盤が危機的な状況を迎えている。

プラント管理では、設計図面、保全手順書、点検履歴、点検報告書、センサ情報などといった様々な情報が扱われている。これらの情報は、個別のシステムを用

いて管理されていたり、棚に書類として保存されている。これらの情報間には密接な関係があるにもかかわらず、管理手法に統一性や関連性がないために、情報の関連を把握することが非常に難しい状況になっている。

例えば、ある設備における故障発生時の対処手順を考える。まず、センサから故障発生情報が中央管理センターに送られる。保全員はその故障が発生した設備に関する保全手順書、図面、点検履歴、点検報告書といった様々な資料を必要とする。しかしながら、既存の情報の管理手法ではこれらの資料を探し出すだけでも時間を要するので保全作業の遅れが発生する。経験豊富なベテラン保全員であれば、故障に対処するために必要とされる資料やその所在を把握している。しかしながら、経験の浅い保全員は、必要とされる資料を手際よく準備することは難しい。

¹ 株式会社ピープルメディア, 〒812-0046 福岡県福岡市博多区吉塚本町 9-5 福岡県中小企業振興センター10F 103 号

² 九州工業大学大学院 情報工学研究科, 〒820-8502 福岡県飯塚市川津 680-4

³ 九州工業大学 情報工学部, 〒820-8502 福岡県飯塚市川津 680-4

このような現状に対処するためには、保全作業の効率化と高度化が必要であり、情報処理システムによる保全作業の支援や属人的な要素を低減していく仕組みを構築することが重要である。このような背景から、情報システムによりプラントのデータを管理するシステムの研究開発[1][2]が進められている。これらのシステムは、データを蓄積することに重点を置いているが、積極的に保全業務の支援を行うためには、蓄積したデータを効果的に可視化する必要がある。本稿では、データの体系的な管理を行った上で、保全業務の支援と、蓄積されたデータを効果的に可視化するための、三次元CGを用いたプラント保全支援システム(図1)について提案する。

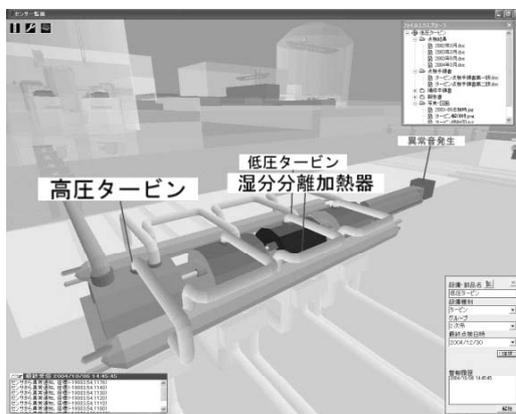


図 1 プラント保全支援システム

2. 保全業務における情報管理について

本章では、保全業務で取り扱われる情報について述べた後に、現状の情報管理における問題点を挙げる。最後に、問題点を踏まえて、プラント保全支援システムを構築する際に要求される点について述べる。

2.1. 保全業務で取り扱われる情報

保全業務に関連する情報として代表的なものを次に挙げる。

- ・ 設備の設計図面や写真, 工具の写真
- ・ プラントの安全を維持するため, 設備に取り付けられたセンサの計測データ
- ・ 保全や点検を行うためにマニュアル化された保全手順書や点検手順書
- ・ 設備の点検や保全の報告書

2.2. 既存の情報管理の問題点

手順書や図面・写真は、書類として棚にしまわれて

いたり、電子化されたファイルとしてディレクトリに分類されていたりする。多くの場合、これらがどの設備に関するものであるということは保全員が記憶しているため、世代交代や人員削減が行われると、保全に必要な情報が失われてしまうという問題点がある。また、プラント全体の管理を行う場合は、日々増加してゆく報告書などの様々な書類は、時間が経つにつれて膨大な量となり、管理できない状態を招いてしまう。このように、情報の所在が明らかになっていない場合、センサで異常を発見しても必要な情報を取り出すのに時間がかかり、保全の処置が遅れてしまうという問題点がある。

2.3. プラント保全支援システムに対する要件

本節では2.2. 節で述べた問題点を解決するために、プラント保全支援システムを構築する上で必要となる要件を示す。

- ・ 設備に関する情報の体系的な管理
- ・ 誰もが必要な情報を迅速に取得可能
 - また、問題点を解決した上で、保全業務をより強力に支援するためには、蓄積された情報の効果的な管理・視覚化する機能が要求される。具体的に必要と想定される機能を次に示す。
- ・ 設備の異常が発生した場合に、迅速に通知
 - センサで設備の異常が検知された場合に、迅速に通知すると共に履歴を記録
- ・ 保全作業に必要な資料を簡単に提供する機能
 - 異常を発見した際に、対応に必要な資料を簡単に提供できる
- ・ 蓄積した情報の、三次元CGを用いて視覚化を行い、効果的な情報提供を実現
 - データベースに記録された数値や文字列が何を意味するのか、利用者が容易に把握できるように、情報の視覚化を行う。
- ・ 設備固有、設備種類、系統別の情報管理
 - 点検結果などは設備固有の情報として、保全手順書などは、設備の種類あるいは系統に対して関連付けられることが望ましい。
- ・ 利用者の要求に合わせた情報の粒度の調節
 - 保全員としては、設備に関する情報が、ネジ単位まで細かく見える必要がある。一方、監視者や運営者は、系統別などの大局的な情報の表示方法が望まれる。

2.4. プラント設備の三次元図面の普及

三次元 CG を用いたプラント保全支援システムを実現するためには、三次元図面が重要な要素となる。

近年、プラントの設計を行う段階で、三次元 CAD を用いて三次元の図面が作成されるようになってきている。また、現存するプラントに関しても、写真計測やレーザー測量によって三次元図面を整備することができるようになってきている。

一般的に設計図と実際に建設されたプラントでは、施工時の変更などにより様々な差異が生じ、必ずしも図面が現況を反映していないという問題がある。しかしながら、測量・計測によって作成された図面は、プラントの現況をありのままに三次元モデル化できるため、プラント保全に用いるには最適な図面となる。本システムは、これらの三次元図面を利用してシステムを構築する。

3. 三次元CGを用いたプラント保全支援システムの提案

2.4. 章にも述べたように、プラントの三次元図面の整備が進み、プラントを三次元で表現することが可能となった。我々は、単に図面として見るためだけにプラントを三次元表示するのではなく、三次元図面をベースとして、情報の管理を行う新しいプラント保全支援システムの提案を行う。提案システムは、2.3. 節で挙げた要件を満たすために、次の特徴を持つ。

- ・ 臨場感があり、立体構造の理解が容易な、プラントの三次元 CG をインターフェースとして持つ
- ・ 手順書などのマニュアル化された情報や、センサの監視データなどの刻々と更新される動的な情報を体系的に管理する
 - 既に電子化された手順書などのファイルなども管理することができる
 - 利用者の要求に合わせて、自由に設備属性情報の設定が行える
- ・ 蓄積された情報の有機的な関係を表示するために、利用者が、情報間の関連や、システムの操作と情報の関連を定義することができる

ここで述べたような特徴を実現するために、システムは、図 2 に示すような構成とした。中核にはプラント保全に関する情報を一元的に管理するデータベースを配置する。そして、プラントの三次元 CG を利用者のインターフェースとする。これにより、利用者の三次元 CG

に対しての入力結果をデータベースに格納したり、ファイルをシステムに登録したりすることができる。逆に、データベースに蓄積された情報を三次元 CG に反映したり、設備に関連付けたファイルを取り出したりすることができる。

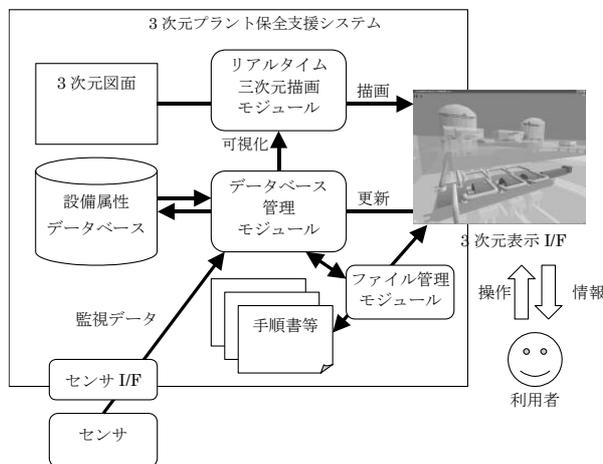


図 2 システム概要図

3.1. 設備に関連情報を記録する直感的なファイルの管理手法

現行の設備の点検手順書や保全手順書の管理方法は、設備と手順書の関連を索引を辿って検索したり、保全員の記憶に頼る必要がある。しかしながら、本システムでは、直感的に誰もが設備に関する情報を簡単に取得できるように、三次元表示されたプラント内の設備に対して、直接手順書などのファイルの関連付けを行う。具体的には、図 3 に示すような三次元の設備に対してファイルをドラッグアンドドロップすれば、設備に対してファイルに関連付けることができる。逆に、設備をクリックすれば、関連付けられているファイルの一覧が表示される。

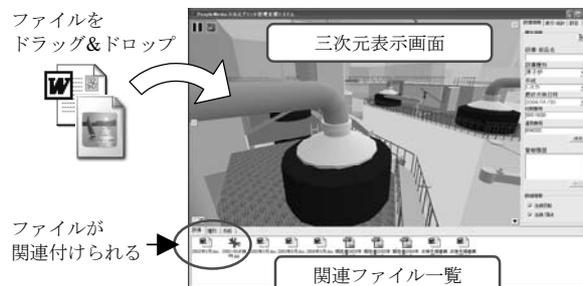


図 3 ファイルの関連付け

また、ファイルを参照する際に、必要な書類だけを表示したり、設備毎にどのようなファイルが関連付いているか統計をとったりするために、関連付けるファイルに

ファイル種別を指定することができる。例えば、代表的な種別として、点検手順書、保全手順書、点検報告書などが挙げられる。

3.2. 設備個体・設備種類・系統に着目したファイル管理

点検結果や保全報告書は各設備固有の情報である。これに対して、点検手順書や保全手順書は、設備種類で共通の情報である。したがって、すべての情報を設備ごとに管理すると、情報の二重管理になってしまい、複数バージョンの手順書が作成されて使い物にならなくなってしまう。そこで、設備種類と設備固体に対して情報を関連付ける仕組みを提供する。具体的には、設備を選択して、参照する情報が設備の固体か修理種類か、ファイル表示パネルのタブを選択(図 4)することで切り替えることができる。

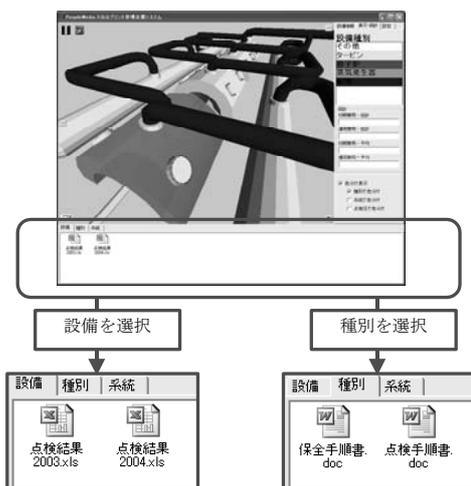


図 4 設備個体と種類別の関連付け

3.3. 設備情報の可視化および更新の設定

属性情報を定義したのみでは、これは単に設備の属性情報の要素を定義しただけにすぎず、情報を有機的に活用するためには、情報同士の関連や、利用者の操作と情報の関連の情報を記述しなければならない。本システムでは、外部入力イベントと可視化イベントにより情報の関連を定義し、イベント駆動[3]を用いて可視化及び、情報の更新を実現する。

- 外部入力イベント
システム外部からの入力により、データベースの更新が発生する過程を定義。
- 可視化イベント

データベースに格納されている属性情報を三次元表示に反映する方法を定義。

次にイベントを定義するために必要な要素について述べる。要素としては、次に示す 5 つを定義する。

- リファレンス
外部入力イベントの場合は、更新する対象となる属性情報であり、可視化イベントの場合は、可視化する対象となる属性情報を指す。また、リファレンスは複数指定できる。
- トリガ
イベントを起動させるきっかけを指す。次に、本システムで実装したトリガを示す。
 - ◇ センサ情報受信
 - ◇ ファイル関連付け
 - ◇ 設備選択
 - ◇ GUI 操作
 - ◇ バックグラウンドのループ毎
- ターゲット
イベントの対象となる設備を指定する。指定できる種類を次に示す。
 - ◇ 全設備
 - ◇ 利用者が選択した設備群
 - ◇ ファイルがドロップされた設備
 - ◇ センサ情報に該当する設備
- メソッド
外部入力イベントにおいて、リファレンスを追加・更新する方法を記述する。また、可視化イベントにおいては、情報を可視化する際に、リファレンスの参照方法および、可視化の方法を指す。本システムで実装した可視化の表現を表 1 に示す。

表 1 情報の可視化方法の種類

色・透明度	設備を任意の色と透明度で表示
点滅	設備が光を放ち明滅している表現
輪郭線	設備の輪郭に線を描画する表現
注記	設備付近に注記を表示
パターン柄	設備のテクスチャによりパターン表示

- オーダー
同じトリガに対して、二つ以上のイベントが登録される場合に、イベントを呼び出す順序を記述する。

4. 本システムの利用方法の提案

本章では、提案システムによって、具体的にプラント保全業務を支援する利用についての提案を行う。

4.1. 点検漏れの確認

本節では、最終点検日時の確認を確実にできる仕組みを提供するために、3.2. 節で述べた、設備の三次元モデルに対して直接ファイルに関連付けるという機能と、3.3. 節で述べたイベントを利用する、外部入力イベントとして、次のような定義を登録する。

- ・ トリガ： 設備に点検報告書ファイルが関連付けられた時
- ・ リファレンス： 設備属性の最終点検日時
- ・ ターゲット： ファイルがドロップされた設備
- ・ メソッド： 現在時刻で、リファレンスを更新

これにより、報告書に関連付ける操作と同期して、自動で設備の最終点検日時が更新される。

一方、視覚的にプラントの隅々までに確認が行き届いているか確認する方法として、最終点検日時の期間別塗り分け表示(図 5)を行う方法について述べる。これは次の可視化イベントを登録しておくことで実現できる。

- ・ トリガ： 系統別表示を指定するチェックボックスが選択されたとき
- ・ リファレンス： 設備の最終点検日時
- ・ ターゲット： 全設備
- ・ メソッド： リファレンスを比較して、181 日以前なら赤で、180 日以内かつ 91 日以前なら黄色で、90 日以内なら青で着色する。また、赤の設備はより強調するため輪郭線を表示する。

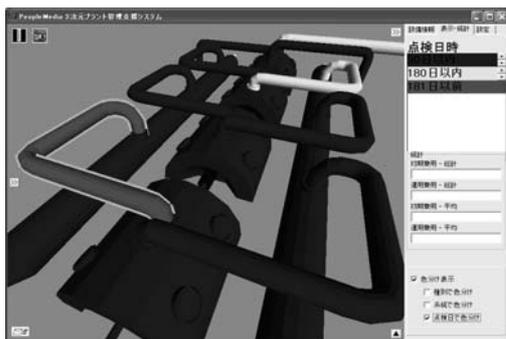


図 5 最終点検日時の視覚化

4.2. センサから送られてくる情報の可視化

本節では、利用者に、センサから送られる設備異常を、危機感と共に伝えるために、該当設備を点滅させて表示(図 6)する仕組みについて述べる。この仕組みを実現するために、次に示す二つのイベントを登録する。

- ・ 外部入力イベント

- トリガ： センサから情報を受信した時
- リファレンス： 設備の異常状態
- ターゲット： センサ情報に該当する設備
- メソッド： リファレンスを、正常から異常に更新
- オーダー： 1

・ 可視化イベント

- トリガ： センサから情報を受信した時
- リファレンス： 設備の異常状態, 設備の温度[度], 設備の音の強さ[dB]
- メソッド： 異常状態を示すリファレンスが異常であった場合、温度と音の数値を見て、正常な範囲を超えている場合に、注記で表示する。
- オーダー： 2

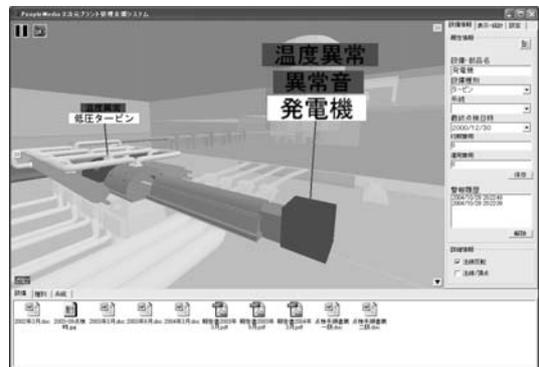


図 6 センサ情報の可視化

また、本システムでは、単純に異常設備を知らせるだけではなく、保全手順書など保全作業に必要な情報を、設備をクリックすることで、迅速に取り出すことができる。したがって、異常発生の際に、保全作業の迅速化がなされ、事故や故障の防止が期待できる。

4.3. 系統に着目した情報表示

異常発生時や、プラント全体を監視する場合などに、状況を大局的に把握するためには系統表示が効果的である。

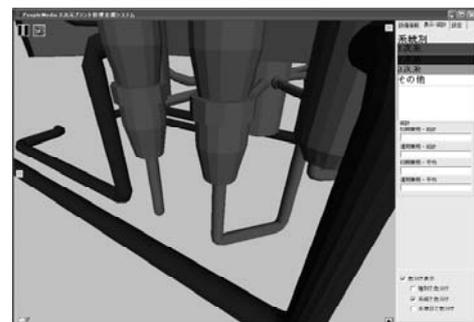


図 7 原子炉の系統別表示

図 7は、原子炉の内部を、赤で1次系、青で2次系に着色して、配管の役割が明確にわかるように表現したものである。これは、次の可視化イベントを定義することで実現できる。

- ・ トリガ： 系統別表示設定のチェックボックスが選択されたとき
- ・ リファレンス： 設備の系統
- ・ ターゲット： 全設備
- ・ メソッド： リファレンスの値が、1次系と一致すれば赤で、2次系と一致すれば青で表示する。

4.4. 設備の使用電力の可視化

近年、プラント管理を行う上で、環境活動に関する法の施行などもあり、省エネに対する関心[4]が高まっている。

図 8は、3次元CGより選択した設備のみを対象に、ここ一年間の、設備の使用電力の分布を可視化したものである。

- ・ トリガ： 使用電力表示が有効の状態、設備を選択した場合
- ・ リファレンス： 最近1年間を範囲とする、設備の使用電力の合計[Kwh]
- ・ ターゲット： 全設備または選択された設備群
- ・ メソッド： 設備の色を、リファレンスの値を参照して、小さい設備は薄く、大きい設備は濃く表現する

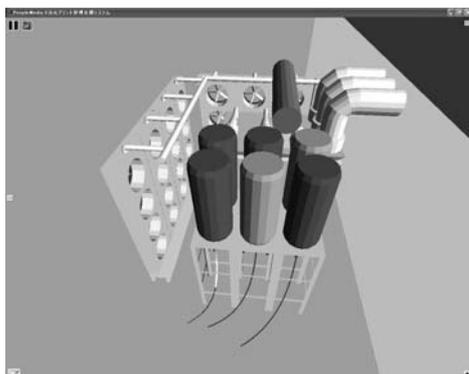


図 8 設備の消費電力の可視化

4.5. 故障と温度の関連性の可視化

故障と因果関係がある事象について検討を行う場合、大まかに広範囲の状況を把握しておいたほうが、問題箇所を絞って重点的に調査が行えるため、効率的である。このため、細かな分析を行う前に、故障回数とある事象との関係を三次元CGによる可視化を行う。

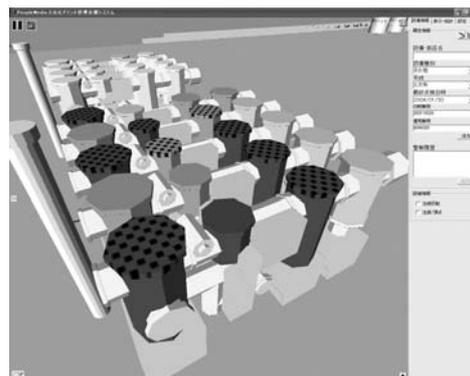


図 9 故障と温度を可視化

図 9は、10件以上の故障の報告書が関連付いている設備にはパターンが貼られ、同時に温度の高さを色の濃さで表現している。これにより、温度の高い場所に故障が集中しているといった、関連性を視覚的に確認することができる。この可視化を行うには、次の可視化イベントを定義する。

- ・ トリガ： 故障情報表示設定が有効で、関連として温度が選択されたとき
- ・ リファレンス： 関連付いている故障報告書の数、設備の温度[度]
- ・ ターゲット： 全設備または選択した設備群
- ・ メソッド： リファレンスの報告書の数が10件以上の場合はテクスチャをパターン柄として貼り付ける。同時に温度を指すリファレンスが、低い方から高い方へ色が濃くなるように表示する。

5. まとめ

本稿では、三次元CGをインターフェースとして、プラント保全で取り扱う情報を体系的に管理するシステムの提案を行った。また、提案の一部を試験的に実装したシステムを構築した。今後は、実際の業務で利用してもらい、フィードバックを取り入れながら、実用的なシステムとして発展させていきたいと考えている。

参考文献

- 1 喜多 伸之, 喜多 泰代, 楊海園: “4DVM: 仮想環境への点検情報蓄積”, 情報処理学会研究報告, DBS-127-4, FI-67-4, 2002年.
- 2 喜多 伸之, 喜多 泰代, 楊海園: “移動可視化によるプラント点検画像の蓄積”, 情報処理学会研究報告, HI-95-5, CVIM-129-5, 2001年.
- 3 Jed Hartman, Josie Wernecke: “The Vrm1 2.0 Handbook: Building Moving Worlds on the Web”, Addison-Wesley, ISBN-0201479443, 1996.
- 4 山口 理恵: “設備ごとの電源単位監視による省エネの実現”, 計装, vol.47 No.1, 2004年.