

モバイルエージェントによるプラント情報の知的統合

Intelligent information management of process plant using mobile agents

○柴川 勝之, Catur Diantono, 高橋 信, 北村 正晴

○Shibakawa Katsuyuki, Catur Diantono,

Takahashi Makoto, Kitamura Masaharu

東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻

Tohoku University

キーワード: モバイルエージェント, ネットワーク分散システム, プラント情報統合

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉01

電話: 022-217-7907

連絡者氏名: 柴川 勝之

1. 背景

大規模プラントの安全かつ効率的な運用を実現するためには、運転・監視・診断等の問題だけでなく、保守・保全に関する問題が重要であることは言うまでもない。ここで重要な点は、この保守・保全の活動が運転・監視・診断と独立しているわけではなく、密接に関連しているという点である。例えば、機器に関して何らかの異常の可能性が発見された場合、これまでの保守の履歴を参照することは良く行われることであり、また保守に関連して問題がありそうな機器に関しては重点的な監視を行うということもしばしば行われることである。ここでこの運転・監視・診断と保守・保全の活動を人間・機械協調系の活動として捉えた場合、この活動全体を動的な状況認識 (Dynamic Environmental Supervision) 過程として位置づけることが可能であると考えられる。[1] 本研究グループでは、このような大規模システムにおける動的状況認識を支援するための知的な情報統合システムに関する研究を行っている。[2,3] 現在運転中のプラントにおいては、運転・制御のためのセンサーだけでも数千のオーダーの数が実装されており、その情報量は膨大なものとなっている。情報量の単なる量的な多さに関しては、近年の記憶デバイスの劇的な進歩を背景として重大な問題にはならないと考えられるが、情報の効率的な利用という観点から考えると、現在のような中央集権的な枠組みが必ずしも適切なものではないということが近年指摘されている。全ての情報を中央の大型計算機で一括して管理する中央集権的なシステムでは、以下のような問題点があるものと考えられる。

1. 情報の過度の集中
2. 中央システムの不具合時の影響の大きさ
3. ネットワーク上のトラフィックの増大
4. 情報処理の柔軟性

しかし、単に情報を分散させただけでは、4.の情報処理の柔軟性は生まれてこない。分散した情報を効率よくかつ柔軟に処理するためには、ある程度の自律性を有するエージェントを利用し、人間とのインタラクションを考慮したシステムとする必要がある。今後技術の発展に伴い数多くの診断手法が導入されることが予想されるが、それに伴う警報の発信数の増大は、一般的に情報過多の状態にある場合が多い運転員にとっては好ましい状況ではない。運転員にとっては、通常は背後で監視を行い「黙っている」が、本当に危険な状況になったときだけ確実に知らせてくれるような情報システムが望ましいことは言うまでもない。そのためには、ある程度自律的な判断を行いながら監視・診断を運転員が意識しない背後で行う Silent Agents が必要であると考えられる。

本報では、近年ネットワーク技術の急速な発展を背景として生まれてきたモバイルエージェントの概念を、プラントにおける情報の知的統合のために応用する可能性に関して検討した結果と、構築中のプロトタイプシステムについて述べる。

2 手法

2.1 プラント情報統合の方針

本研究で開発するプラント情報の統合管理システムは、以下のような基本方針に従いそのフレームワークの検討を行っている。

1) 運転・監視・診断活動と、保守・保全活動で用いられる情報の相互利用を前提にした情報管理を行う。

2) 情報と処理の分散化を行い、より効率的な情報管理を実現するためにモバイルエージェントを利用する。

システムの全体構成について説明する(図1)。

本システムは、ネットワークにより相互接続された複数の計算機により構成されるが、それぞれの計算機は互いに対等な関係にあり、システムの中に大型計算機を利用する構成はとらない。それぞれの計算機は、物理的には監視対象となる機器・システムの近傍に設置され、計測のためのセンサーが接続されていると仮定する。それぞれの計算機で実現可能な機能は、移動可能なエージェントにより規定され、あらかじめ機能が限定されているわけではない。このように、機能単位であるエージェントによって、それぞれの計算機上での処理が実現されることにより、予め想定していないような状況に対しても対応が可能となり、より広範囲な状況を扱うことが可能となる。エージェントが実現する機能に関しては後述するが、運転員との間のインタラクションを実現するのもエージェントの一つの機能である。

2.2 モバイルエージェント

モバイルエージェントとは、機能単位のモジュールとしてのオブジェクトに自律性と移動性を持たせたものである。データベース検索を例に自律性と移動性の説明を行う。データベースを検索するオブジェクトの動作例を図2に示す。

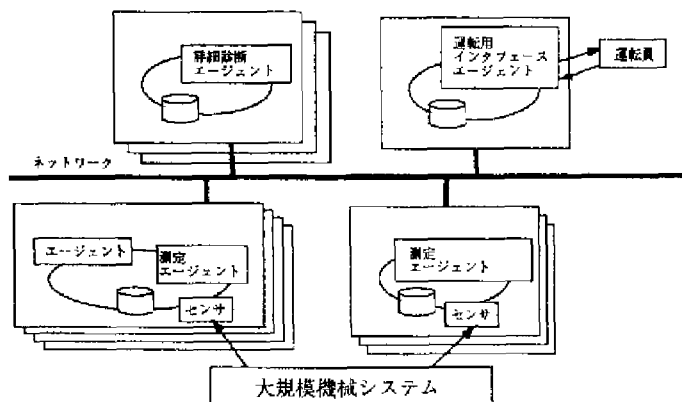


図1 システム全体構成

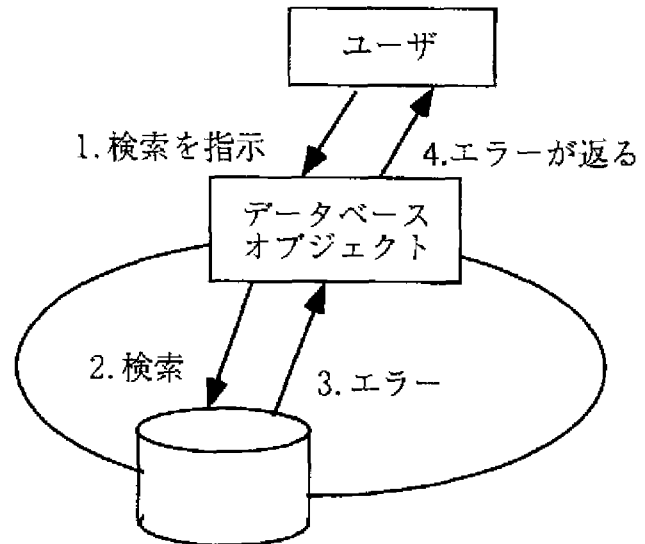


図2 データベース検索オブジェクト

ユーザからの指示を受け取ったデータベース検索オブジェクトは、指定されたデータベースについて検索を行い結果をユーザに返す。例えば検索結果がエラーであってもユーザに対してエラーを返すだけである。次に、データベース検索モバイルエージェントの動作例を図3に示す。

ユーザからの指示を受け取ったデータベース検索モバイルエージェントは、指定されたデータベースについて検索を行い結果をユーザに返す。検索結果がエラーであれば、エージェントは自ら判断してユーザからの要求を実現可能な他の適当なデータベースを探す。そのデータベースが別の計算機上にあるなら自らを移動させデータベースへの検索を行う。結果を取得したらユーザのいる計算機に戻り結果を返す、という動作を行う。

この例のように、ユーザの直接の指示が無い場合でも、ある程度の知的な判断に基づきタスクを達成

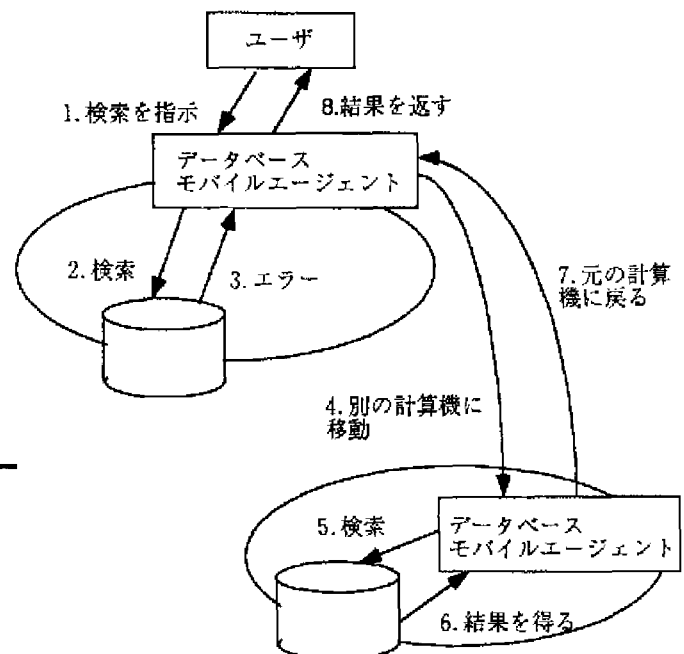


図3 データベース検索モバイルエージェント

できる能力をエージェントの自律性と考える。また、ネットワーク内を機能単位として移動して、他の計算機上でタスクを実行できる能力を移動性と呼ぶ。

更に、エージェントと呼ばれる機能単位には協調性を持つことが要求される。協調性とは、単一のエージェントで実行不可能なタスクを複数エージェント間の協力を通じて実現可能にする能力を意味する。エージェントを用いたシステムでは、協調可能な単機能エージェントを組み合わせることで複雑な機能を実現するため、システムの構成を動的に柔軟に変更可能になる。

2.3 分散データベース

本節では、プラント情報を蓄積するデータベースについて述べる。前述のように、本研究で構築している情報システムにおいては、情報は中央の大規模データベースで中央集権的に管理されるのではなく、分散した計算機上に蓄積されると仮定している。このような分散型のデータベースを分散データベースと呼ぶ。ここでは、プラント状態監視のために開発している分散データベースの枠組みについて述べる。

2.3.1 データベースの内容

本研究グループでは、状態監視保全のための症候データベースの開発を行っている[4]。このデータベースは、プラントにおいて計測される多数の信号を生データの形で記録するデータのデータベースであり、運転員が希望する任意時点のデータ検索と経時照合、データの特性量への縮約、感度可変の変化検出などの機能を実現している。特徴は、時系列データの直接格納により、後日の詳細な解析を可能にする点である。プロトタイプシステムにおいて格納されるデータは以下のとおりである。

- 1)信号の種類と各種類毎のサンプリング時間、データ数、データ
- 2)計測・記憶の周期
- 3)縮約、変換の値(平均、分散、APSDなど)
- 4)機器のシステムにおけるユニークな識別子(すべての機器について識別子を与える)
- 5)機器独自の情報(取り付けられているセンサなど)
- 6)機器の履歴(予兆履歴、異常履歴、修復履歴、注意履歴)
- 7)機器の一般的な情報(定格、規格など)
- 8)機器の相対的な配置情報

このデータベースを運転・監視・診断情報と保守・保全情報の統合データベースと呼ぶ。

2.3.2 統合データベースの利用

監視エージェントがなんらかの予兆を発見した場合、予兆履歴に、日時、どのような予兆であるかが記録される。保守作業ではこの履歴を機器のあるその場で確認し、作業を行う。また、保守中に機器の老朽化が予定より進んでいることが確認されたら、注意履歴に日時、どのような症状であるかをその場で記録する。監視作業ではエージェントがこの注意を評価してより重点的に監視を行う。このようにエージェントが履歴の評価を行うことで、人間の負担は増やさずにプラント情報を有効に利用出来るようになると思われる。

3 システムの実装

本章では開発を行っているモバイルエージェントによるプラント情報の統合管理システムのプロトタイプシステムについて述べる。

3.1 システム構成

本システムはWindows95及びNT上で開発を行い、3台の計算機をネットワークで接続して実装を行っている。アプリケーションの主な開発言語としてはJavaを用い、計測の制御のためにCによるネイティブメソッドの作成を行った。モバイルエージェントを実現するためには、日本アイ・ビー・エム 東京基礎研究所で開発されたAgletsフレームワークを利用している。AgletsフレームワークはJavaベースのフレームワークで、移動性、エージェント間メッセージ(同期、非同期、1対1、1対多)というモバイルエージェントの基本的機能を提供する。AgletSDKとしてJavaで記述されたエージェント実行環境が提供されている。エージェントをすべてJavaで記述可能なため、エージェントのためだけの言語の習得は不要であるという利点がある。さらにJavaとAppletの基本的なAPI構造に近いデザインになっているため、エージェント作成が容易である。Javaの実行環境にはSunのJDK Version1.1.6を用いている。データベースにはJDBC-ODBCブリッジからODBC経由でMSAccessを利用している。JDBCはJavaからSQLデータベースを利用するためのしくみで、クラスライブラリとドライバの形で提供される。ODBCはOpen Database Connectivityの略で、Windows上でのSQLデータベースへの統一的なプロトコルである。図4にソフトウェア構成を示した。

本研究では大規模なプラントの情報管理を想定して

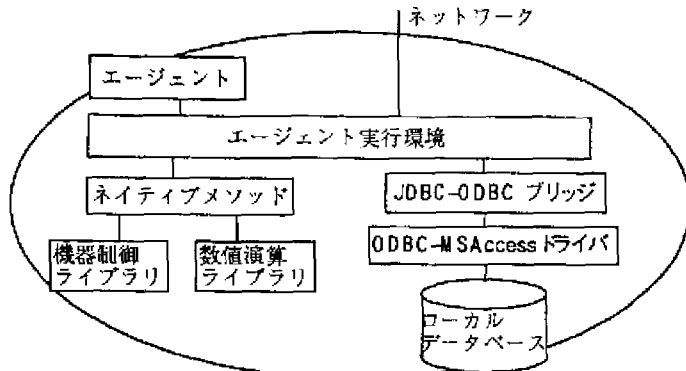


図4 ソフトウェア構成

いるが、手法としての基本的な妥当性を検証するために、現段階では比較的小規模な対象を用いることとした。対象システムは図5に示すような水の循環ループである。

ループには異常を模擬するためのバルブを取り付けてあり、ポンプ吸い込み負荷上昇、ポンプ吐き出し負荷上昇、配管漏洩を模擬することが出来る。本テストループではシステムの異常としては、徐々に進行し、即座にシステムの停止を招かないようなゆるやかに進展する異常を過程している。システムの監視のために2つの非接触式のレーザー変位センサ(KEYENCE LK-030)と1つの水位センサ(KEYENCE UD-300)を取り付け、配管の振動とタンク水位を測定している。

図6にセンサの配置とシステムの構成を示す。3台の計算機のうち2台は計測とデータベースの保持を主に担当し、もう一台はユーザとのインタラクション

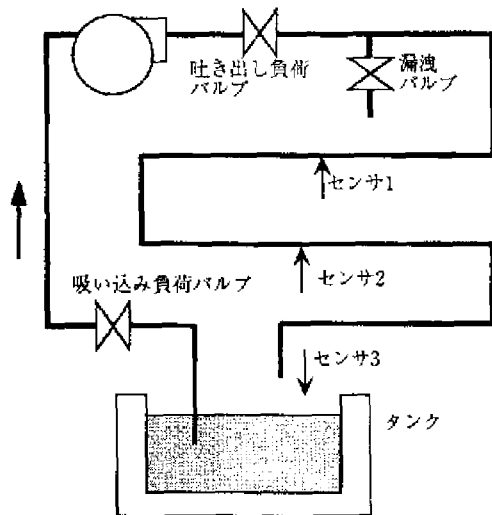


図5 監視対象ループ

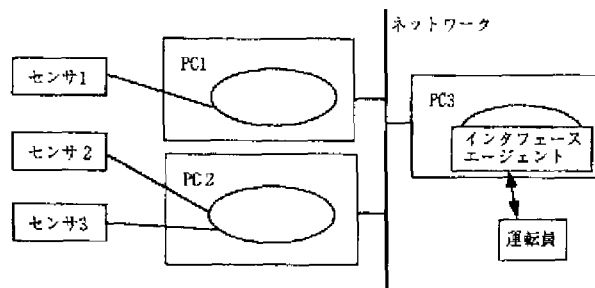


図6 センサと監視システムの構成

を主に担当するという役割分担となっている。しかしながら、この役割分担は固定されたものではなく、モバイルエージェントの移動により状況に応じて柔軟に変更することが可能であることは言うまでもない。

3.2 エージェント

システムを構成するエージェントについてその機能を説明する。以下の文中でメッセージをブロードキャストすると書かれている場合には、メッセージを希望しているエージェントにのみブロードキャストすることを意味する。

1) 定期測定エージェント

指定のセンサが接続された計算機に移動した上で、時間間隔、サンプリング周波数、サンプリング数などの測定パラメータを適当に設定し時系列データを取得する。その際には機器履歴を参照する。メッセージを送ることで測定パラメータを変更可能である。測定終了後、測定データをデータベースに格納し、測定終了のメッセージをブロードキャストする。

2) 異常診断エージェント

測定データを受け取り異常診断を行う。異常診断エージェントは複数起動可能であり、異常診断の手法もその対応もエージェントにより異なる。異常診断エージェントの例としてSimilarity照合エージェントについてその動作を説明する。Similarity照合とは時系列データの複数の特徴量について他のデータとの類似度を評価する手法である。類似度の評価関数と得られた複数の類似度の評価関数はデータにより適切に設定されなければならない。測定終了メッセージを受け取ると、データベースへのアクセスを行い測定データを取得する。多属性のSimilarity照合を行い過去のデータとの類似性を調べる。通常データとの類似性を調べた後、異常データの場合には異常発生メッセージをブロードキャストする。異常発生メッセージの評価はそれぞれの異常診断エージェントに任されている。Similarity照合エージェントは処理を続行し、保存されている異常データとのSimilarityをとり異常の種類を特定する。異常が特定できた場合には、異常特定のメッセージをブロードキャストする。異常履歴にその時刻と異常の種類を記録する。異常が特定出来なかった場合には、異常特定不能メッセージをブロードキャストする。

3) 異常通知エージェント

異常診断エージェントとは独立して動作し、異常発

生、異常特定、異常特定不能のメッセージを受け取り、運転員に通知すべき異常であればユーザインタフェースエージェントに対して異常通知メッセージを送る。通知するか否かの閾値を変更することで、危機レベルの低い警告を抑制したり、逆にすべての警告を通知させたりすることが可能になる。異常と診断されてユーザに通知されなかった場合が予兆であり、予兆データベースに保存を行う。

4) 詳細診断エージェント

詳細診断エージェントは異常診断エージェントで異常特定できなかった場合の処理を行う。異常診断エージェントは比較的計算量が少なく、短時間で異常を診断する手法を用いる。すべての異常診断エージェントが異常特定不能である場合には詳細診断エージェントはより多くの計算量とデータを扱う手法により診断を行う。計算機資源と診断に必要なデータ量を評価し、どの計算機で診断を行うべきかを評価する。そして自らとデータを移動し診断を行う。CPU パワーの少ない計算機では、詳細診断エージェントの実行を最初から想定していない場合もあり、その場合には他の計算機にある詳細診断エージェントを探し出し依頼することで診断特定不能に対処することとしている。

5) ユーザインタフェースエージェント

インタフェースエージェントを通じて運転員はシステムを利用する。システムのブート、シャットダウン、システムチェック、エージェントの動作のモニタ、警告の表示、システムデータベースの検索などが行える。ユーザインタフェースエージェントはユーザの指示の具体的な処理を行うエージェントを起動する。図7に異常診断エージェントで異常が発見された場合の関係図を示しておく。詳細診断エージェントで

も異常が特定出来なかった場合には運転員に対して異常特定不能が通知される。

3.3 データベース

システムには以下のデータベースがある。プラント情報データベースとして、機器一覧(機器の識別子、その機器の種類、オプション)、機器の一般的性質(機器による)、予兆(日付、その内容、対処したか、改善されたか)、異常(予兆と同様)、修復(日付、内容)、注意(日付、内容)の各データが管理される。監視システム情報データベースとして、ネットワーク情報(マシン名、IPアドレス、オプション)、起動情報(エージェント名、初期値)がある。時系列データベースとして通常データ(信号種類、サンプリング周期、データ数、データ、縮約の値)、異常信号(通常信号と同じデータと異常種類)、データ収集の履歴(計測周期、記憶周期の変化)がある。

3.4 システムの現状

現時点では、定期計測エージェント、Similarity照合による異常診断エージェント、異常通知エージェントが、実装され、その動作を確認している。ユーザは、インタフェースエージェントを通じてシステムの起動・終了を制御可能であり、定期計測エージェントは、予め定められたスケジュールに基づき計測を行えることを確認している。一旦、システムを起動後は、監視作業は自律的に実行されるという意味で、エージェントの要件である自律性もある程度実現されていると考えている。

今後は以下のような課題を実現すべく研究を続けていく予定である。

1. ユーザインタフェースエージェントの実現

現時点では、エージェントの起動・終了を指示する機能のみのインタフェースとなっているが、エージェントの動作状況の確認や、分散データベースへの透過的アクセスを実現するインタフェースが必要である。

2. 複数の診断エージェント間の協調の実現

診断のための手法は一つとは限らず、それに対応して複数のエージェントが異なった視点から診断を行うことが、より正確な状況判断のためには有効な手段である。このような複数の診断エージェントが独立に働きのながらも、それらの情報を合理的に統合してユーザに提供することが出来れば、より多様な視点からの診断が可能になると考えられる。

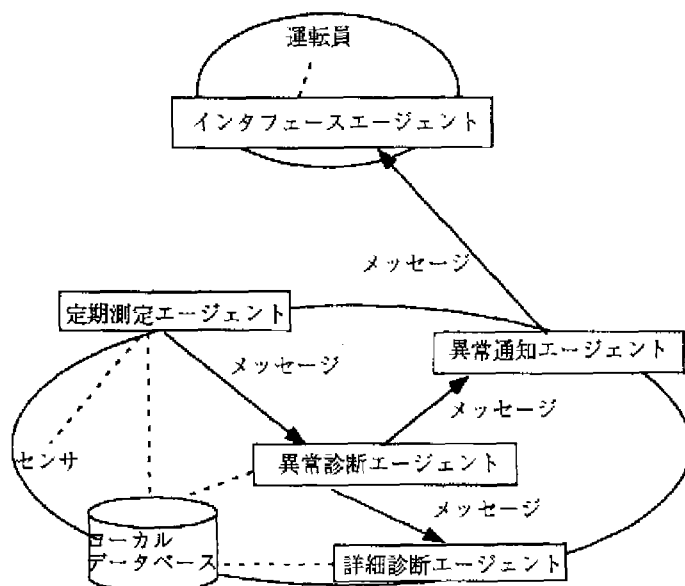


図7 異常発見時のエージェント関係図

参考文献

- 1) Hoc, J. H.(Ed.): " Expertise and Technology" , Lawrence Erlbaum(1995)
- 2) 北村正晴:進化する診断技術 人間・機械強調の新しいパラダイムを目指して, 日本原子力学会誌 Vol.40 No.9 652/683 (1998)
- 3) Makoto Takahashi: LIFE CYCLE INTEGRITY MONITORING OF NUCLEAR PLANT WITH HUMAN MACHINE COOPERATION, Preprints-MAN-MACHINE...(1998)
- 4) Catur Diantono: 大規模機械システム状態監視保全のための症候データベースに関する研究, 計測自動学会東北支部 第171回研究集会 資料番号 171-8,(1997)