

携帯端末とモバイルエージェントによる 保守支援システムに関する研究

- Development of Maintenance Support System using Portable Device and Mobile Agent -

東北大学大学院	佐藤 寿	Hisashi SATO	Member
東北大学大学院	伊藤 洋	Yo ITO	
東北大学大学院	高橋 信	Makoto TAKAHASHI	Member
東北大学大学院	北村 正晴	Masaharu KITAMURA	Member
三菱電機株式会社	大井 忠	Tadashi OHI	
三菱電機株式会社	Wu Wei	Wei WU	

The framework of intelligent support system for the maintenance of nuclear power plant is proposed in this paper with emphasis on the combined use of a portable device and intelligent information processing. The purpose of this system is the realization of flexible inspection process and effective diagnosis process to be performed on-site. The prototype system has been implemented for the experimental facility with mobile-agent technology and PDA (personal digital assistant) to show the basic functionality of the proposed framework. The results of the scenario-based and function-based evaluation showed that the proposed framework is effective for the data management for the maintenance activities.

KeyWords : maintenance support, intelligent diagnosis, portable device, PDA, mobile agent.

1. はじめに

原子力プラントにおける保全活動の効率化には、情報化技術の広範囲な適用が不可欠である。コンピュータやネットワーク技術は近年急速に発達し、ハードウェア的性能は指数関数的に向上しているが、その性能的向上に見合うように現場での適用が進んでいるわけではない。更に、原子力における時間計画保全から状態監視保全へという保全方策の動向を考えた場合、処理する必要のある情報の量はますます増大することが予想されている^[1]。保全活動における情報処理の効率化、信頼性の向上という観点からも、情報化技術の積極的導入を行う必要がある。また、原子力プラントの保全活動という観点から考えると、人間中心の活動であるという点を見逃すことはできず、ヒューマンファ

クターに関する視点を重視する必要がある^[2]。情報化技術の導入に当たっては、利用する側の人間（保修員）にとってメリットがありかつ使いやすいシステムでなければならない。

本論文では、経産省支援による革新的実用原子炉技術開発提案公募事業「原子力発電プラント運用高度化のための次世代ヒューマンマシンシステムの研究」^[3]の一環として行った、携帯端末とモバイルエージェントによる保守支援システムに関する研究結果について述べる。この研究プロジェクトにおいては、最終的にオフサイト運転保守センターの実現を目指した研究を多面的に行ってきたが^[2]、本研究はそのための要素技術の開発と位置づけられ、日常点検を対象にして現時点で利用可能な情報処理技術の適用を試み、その有効性について検討を行ったものである。

2. 現場作業支援におけるニーズ

本研究においては、効率的な作業支援システムの開発を目的としている。ここで、「効率的な作業支援」とは、作業員に対する負荷（主に情報獲得、操作に関

◆連絡先：佐藤 寿

〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉01
東北大学大学院工学研究科
E-mail : sato@luke.qse.tohoku.ac.jp

する負荷)を増大させることなく、蓄積される量的に増大する情報を効率的に扱うことを可能にする支援を意味している。このような支援を実現するためには、近年急速に発展している情報化技術の導入が不可欠であるが、特に、携帯型のポータブル情報デバイス(PDA)等の利用と、その背後の情報管理・検索技術が中心的な課題となる。PDAデバイスに関しては既に実用的なレベルでの利用が行われているが、既存の利用形態においてはPDAデバイスを情報の入力と一時保存のためにのみ利用している場合が多く、ネットワークに接続し動的にデータの参照を行うようなシステムはまだ一般化してはいないというのが現状である。このような動的なデータのやりとりを実現するためには、単なるPDAの導入だけにとどまらず、その背後に効率的なデータ処理系とデータベースシステムを準備する必要がある。

現場作業員へのヒアリングの結果では、トラブルの発生時に現場において独自に状況把握とトラブル対処が行えるような支援環境の重要性が示唆されている。ここでのポイントは、通常は事務・管理棟まで戻らないと確認できないような詳細な保守関係の情報(過去のパラメータの履歴、過去のトラブル事例等)を、現場において煩雑な操作を必要としないインタフェースを通じて獲得できる点である。このような現場作業におけるニーズに関する考察に基づいて、本研究では、日常保守において、現在帳票により行われているようなデータ収集と確認作業に関しては、自律的な機能を有するソフトウェア「モバイルエージェント」により行われるという枠組みを提唱する。作業員は携帯情報端末を携帯し、現場の機器設備側に設置される小型UCD(Ubiquitous Computing Device)と通信することで、モバイルエージェントの通信を行い、現場機器の状態に関する更なる詳細なデータを収集することができる。本研究において携帯情報端末を通じて現場で行うと仮定している作業は以下になる。

- ・計測パラメータの確認：現状表示、傾向表示
 - ・事例ベース型診断：過去の事例との類似性照合による診断
 - ・概要診断：統計的な異常の診断
 - ・詳細診断：高度信号処理技術による異常診断
- これらの作業は、これまではデータを持ち帰って事務・管理棟での作業であったが、現場において少ない

負荷でこれらの作業が実施できれば、トラブル対処の効率化が期待される。

3. 保守支援システムの全体構成

3-1) システム概要

Fig. 1に本研究で提唱する次世代型大規模プラント保守・診断支援システム(MASSIA, MAintenance Support System using Intelligent Agents)の概要を示す。本システムは複数のプラントがネットワークを介して互いに接続され、分散データベースによって情報が分散して蓄積されている状況を想定し、それらの情報をモバイルエージェントによって伝達、処理することによって日常点検および保守作業時における保守作業員の情報獲得活動および情報認識を支援するシステムである。

MASSIAシステムが利用される状況として以下のような状況を想定する。

- ・作業員は携帯型の情報端末(PDA)を携帯する。以後携帯情報端末をWID(Wearable Information Device)と呼ぶ。
- ・各監視対象機器は、計測用のUCD(Ubiquitous Computing Device)により監視を行う。但し、このUCDは、小型化のために機能的にも能力的にも制限があるとする。
- ・各コンポーネント間はネットワークにより相互に接続されデータのやりとりを行うことが可能であるが、接続帯域および安定性には制限があるとする。
- ・本研究で導入するモバイルエージェントは自律的にネットワーク内の各要素(現場機器、作業員・

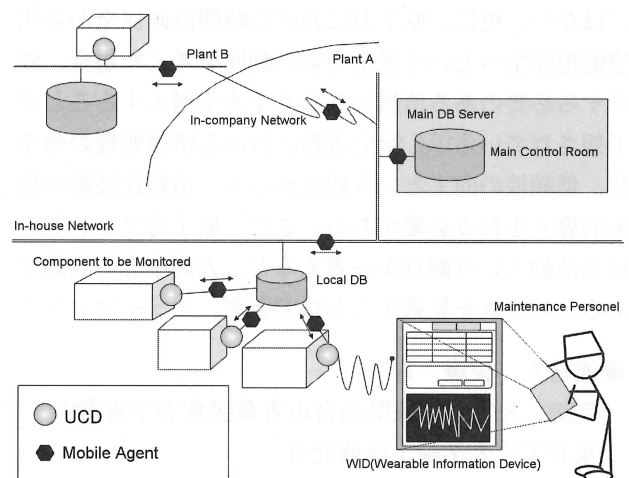


Fig. 1 Over view of MASSIA

DBサーバ)の間を移動しデータの収集・分析・判断を行うことができる。

3-2) 支援の枠組み

本システムでは、保守作業員による日常監視と、モバイルエージェントが行う日常監視とのシームレスな統合を目指している。通常時には主要機器に接続されたUCDを用いてモバイルエージェントが自律的にデータの取得を行い、収集されたデータはネットワークを介して現場単位のLDBに保存する。以下に、エージェントの動作、および作業員との連携について述べる。

3-2-1) エージェントによる監視

エージェントは定期的なパラメータの監視を行うが、対象機器の状態に応じてどのような挙動をするかという点に関しては、異常レベルという考え方を導入しその方針を決定している。異常の生起のパターンに関しては様々なモードが存在するが、本研究では、状態監視保全において考慮される経年劣化的な異常の進展を対象に、以下の三つのレベルを定義している。

Level 1：軽微異常

正常値からのパラメータの逸脱が警報設定値よりも低い場合であり、既存プラントにおけるいわゆるプレアラームに対する閾値よりも更に低い場合を指す。エージェントの挙動は、実際に作業員がこのような軽微な異常を発見した場合の行動を規範としており、要注意パラメータとして監視の頻度を高くする強化監視モードへと移行する。この段階では、エージェントの方から作業員側への異常の通知は行わない。作業員はエージェントに対して問い合わせを行うことで、このような軽微異常に該当するパラメータを知ることが出来るが、全ての軽微異常の発生を作業員に知らせることは、作業員に対する負荷の増大に繋がってしまう可能性があるために、行わないという方針をとっている。

Level 2：中程度異常

軽微異常の段階から異常が更に進展し、プレアラームレベルに達した段階を本研究では中程度異常と定義している。この段階では、エージェントは異常の発生を作業員に通知し、作業員の現場への介入を要請する。本研究でのエージェントの役割は、作業員を代替するものではなく、あくまでも作業員のタスクを支援することである。従って、後述のように作業員の日常点検もエージェントの監視と平行して行うことを想定

しているが、この場合はエージェントからの通知によりパラメータの異常発生を知ることが可能となり、異常の見落としの可能性を減少させることが期待される。更に、現場に赴いた作業員は、前述のようなエージェントが提供する様々な診断機能を現場で利用することにより、現場における異常対応作業をより効率的に行えるものと期待される。

Level 3：重度事象（自動系作動レベル）

原子力プラントにおいては、アラームが発生し自動系が動作するレベルの異常が発生した場合、ロジック系の動作によりプラントは自動的に静定状態になるように設計されている。本システムは、日常点検時における作業員のタスクを支援することで、Level 2の段階で異常を発見しその進展を防ぐことを目的としている。従って、Level 3のように自動系が動作し、緊急の対応操作が要求されるような状況は本システムの適用対象外と考えている。

3-2-2) エージェントからの要請

エージェントは、ある程度は自律的に処理を行ってその結果を記録し、更に必要に応じて点検頻度の変更等を行うが、五感に基づく異常の認識能力や判断能力においては人間の方が上位であるのは当然である。従ってあるレベル以上の異常を認識した場合には、人間の作業員が現場に赴き、判断することを要請する。その際作業員に対し、エージェントが異常と判断した信号の発生源および根拠となる情報を提示する。その情報をもとに作業員は現場において判断に必要となる追加情報を、WID上のインタフェースから解析・検索を通じて獲得する。

3-2-3) 現場判断

エージェントにより全ての異常を検知することは不可能であり、監視を完全に任せてしまうことはできない。従って、従来通り保守作業員が定期的に現場を巡回し自主的な監視、診断を行う状況を想定する。その際、現状のプラントでは現場では出来ずに事務・管理棟に持ち帰っている詳細な解析や診断を現場において行うことができる環境をWIDにより実現する。これにより作業員の自主的な情報獲得活動を支援するとともに、現場における状況認識能力の向上が期待される。

以上のようなモバイルエージェントによる支援を導入することで以下のようなヒューマンファクター的なメリットが期待される。第一に情報処理の効率化を行うことで人間の認知的な負荷を減らし、それに伴いヒューマ

ンエラーを減少させることが出来る可能性がある。日常点検におけるデータの収集や異常の検知の過程が自動化されることで、ヒューマンエラーの減少が期待される。もう一点は、エージェントを利用することによる冗長性のもたらすメリットである。提案システムにおいてはエージェントに全ての処理を任せるのではなく、あくまでも作業員の行うタスクを背後で支援するのがエージェントの役割であり、作業員はエージェントからの指摘を常に確認することができることが重要である。このような人間・機械協調型の枠組みを実現することで、より信頼性の高いタスク実行を支援できると考えられる。

3-3) モバイルエージェント技術

モバイルエージェントは、自身のコード・内部変数等を保持したまま、ネットワークを介して接続された各種のマシン上へと転送・移動し、移動先の計算機資源を利用して実行可能なアプリケーションであり、それぞれが相互にプログラムとして実行されるとともに、データの授受、生成、廃棄といったプロセスを通して相互に協調し、目的とするタスクを実行する。

本プロトタイプシステムにおいてエージェントは、データベースや解析処理を担う計算機上を移動しつつ、データの取得や分析を行い、人間のバックエンドモジュールとしての役割を担う。各々のデバイスおよび要素間の通信の性能には制限があることを踏まえ、本研究ではモバイルエージェントの特性を積極的に利用したシステム構築を行った。エージェントのミドルウェアとしては、JAVA^[4]をベースとしたモバイルエージェント環境のフレームワークであるAglets Framework SDK (Software Development Kit) Version202^[5]を用いた。モバイルエージェントを用いたアプリケーションを用いることによって、従来の固定実行型のプログラムでは実現できない柔軟性が得られる。例えばリモートホスト上で実行されているサービスに対してのアクセスについての例を挙げると、リモートホスト上からRPC (Remote Procedure Calling) によって行う場合とエージェントを用いる場合では、前者が両ホスト間に一定の接続帯域を確保して情報の授受をするのに対して、後者ではサービスと同一ホスト上のエージェントに対して単純な命令を行い、エージェントがサービスに対して接続を行うという形態をとる。この間、エージェントはクライアント側との接続と独立して実行可能であるから、接続を維持する必要は無い。また異なるホスト間の転送速度と比べ、

サービスを行うローカルマシン上、または隣接するマシン上でのサービスに対するアクセスは高速であるため、特に本システムのようにホスト間の接続帯域に制限があり、かつ多量のデータ授受が行われる場合には、エージェントの利用が有効であると考えられる。このようなネットワーク負荷に関するメリットに加え、モバイルエージェントを利用することには以下のような利点が考えられる。本研究で行うと仮定している解析処理は、UCD又はLDB等に予め実装したソフトウェアにより行うことも可能である。しかしながら、予め必要とされると機能を全て予測して事前に実装しておくことは非現実的である。その時点で必要とされる解析ソフトウェアをエージェントとして送り込むことにより、常に最新のソフトウェアが利用可能となり、ソフトウェアの管理上大きなメリットとなる。また、モバイルエージェントを利用することで処理のモジュール化が行えるために、解析タスクを複数のエージェントによる協調タスクとして実行可能であり、これにより状況に応じた柔軟な処理が可能になると期待される。

3-4) PDAの導入

本システムにおいてはWIDは、システムに対する窓口であり、システムの使いやすさを大きく左右するデバイスである。このため、携帯性がよく、情報の閲覧性の高いデバイスをWIDとして選択するのが妥当である。また、プロトタイプシステムの構築には最新のJava環境を用いるため、J2ME (Java 2 Micro Edition; 小型機器向けのJava 2サブセット版) が整備されていることが必須条件である。この観点から本プロトタイプシステムではZAURUS SL-C760 (SHARP) をWIDとして採用した。SL-C760は重量が約250gと軽量で、画面解像度が480×640と高精細でJ2MEがサポートされているという点を考慮してこの機種を選定した。接続に関しては現時点では無線LAN (IEEE802.11b) 接続でネットワークへ接続する形態をとっているが、実運用時にはUCDと直接接続する形態 (例えばBluetooth等) となる予定である。

このWID上で動作するアプリケーションとしてMASSIA Toolを開発した。以下に、MASSIA Toolについて概説し、WIDとモバイルエージェント間の連携について述べる。

3-4-1) MASSIA Tool

MASSIA ToolはMASSIAシステムに対する窓口となるアプリケーションである。Fig. 2にPDA上で実行

した場合の画面例を示す。インタフェースの設計は作業員にとって使いやすいシステムとするためには重要なポイントである。本研究では、PDA上の小さな画面上で操作を行う必要があるために、特にインタフェース設計には注意を払っている。タブパネルによる画面切り替え、及びタスク順序に対応した画面配列を行う等の配慮を行った。

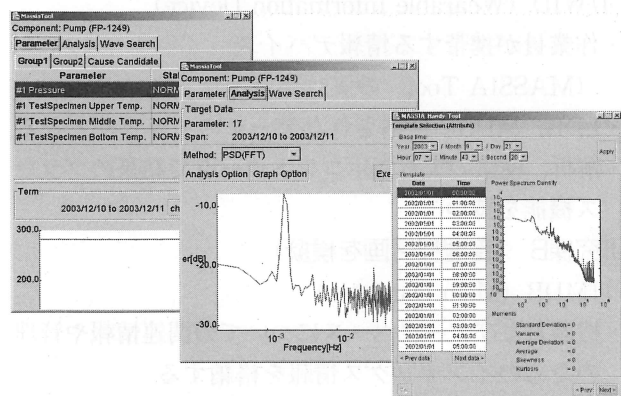


Fig. 2 Panels of MASSIA Tool

MASSIA Tool としては現時点では以下の機能が実装されている。

- ・プラントパラメータ確認機能

エージェントからの要請で現場に来た作業員が、異常が疑われる機器の主要なパラメータをトレンドグラフとして確認するための機能であり、パラメータリスト上で異常・正常の確認、及び指定したパラメータのトレンド表示を行うことができる。

- ・解析機能

トレンドデータだけでは異常の診断が難しい場合、更に高度な信号解析を行う機能であり、現時点では周波数分析を行うFFT解析が実装されている。解析機能は必要に応じて解析モジュールを追加することで多様な解析を実行することが出来る。

- ・類似波形検索機能

トレンドデータ上で異常が確認できた場合、同じような異常が、その機器、及び類似の他の機器で過去になかったかどうかを検索する機能である。本システムの枠組みにより複数のプラントがネットワークで接続される環境が実現できれば、同一プラント内だけに限らず、他のプラントにおける類似機器の異常履歴との対応も検索することが可能となる。

3-4-2) WIDとモバイルエージェント間の連携

実運用に当たっては、WIDを携行した保守作業員が監

視対象機器に近づいた時点で、WIDが対象機器を認識しUCDと接続を確立する。この時点で作業員はWID上のプラントパラメータ確認機能画面で、機器の履歴データを確認し対処方策を検討する。この段階で更に詳細な解析が必要と判断した場合には、WIDを通じて必要な解析処理の内容をUCDに通知する。UCD上に要求された解析を実行するためにリソース（実行モジュール）が存在する場合にはエージェントが解析を実行し結果をWIDに返す。もしも、UCD上に必要なリソースが存在しない場合には、リソースの格納場所であるMASSIAサーバからリソースをコピーし、解析を実行することになる。ここでのポイントは、必要なリソースがどこにあるかということは、作業員は一切関与する必要がなく、エージェントが自律的に判断し解析を実行するという点である。但し、次節で述べるプロトタイプシステムにおいては、WID上でのエージェントプログラミングの制約上、連携はFig. 3に示すようにMASSIAサーバを介して行う方式となっている。つまり、WIDが直接通信するのはMASSIAサーバであり、MASSIAサーバが各種エージェントの生成、派遣、通信等を行うこととなる。

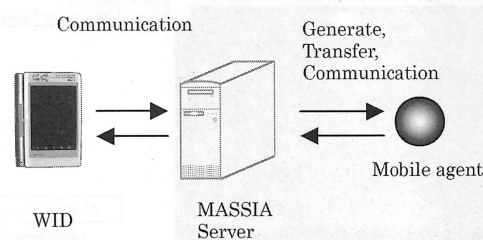


Fig. 3 Role of MASSIA Server

4. プロトタイプシステムと模擬プラントにおける評価

4-1) プロトタイプシステム

プロトタイプシステムは大きく二つのブロックから成る。一つは作業現場となる監視対象機器を含む監視区画、そしてもう一つはその区画から隔離された管理区画である。実際とのプラントとの対応としては、監視区画は実際の監視対象機器が存在する現場、管理区画は事務・管理棟などに対応する。

監視対象機器としては、材料試験用の安全裕度テストベンチ（以後SSBF；System Safety Benchmark Facilityと呼ぶ）を用いた。SSBFは沸騰水型原子力プラントの配管を模擬した実験施設で、高負荷環境下におけるプラ

ント構造材の劣化および破壊挙動について評価を行うための大型の実験施設である⁶⁾。このSSBFにおいては、常時試験機器に設置したセンサからの情報をA/D変換しデータベースに記録を行っている。計測パラメータは温度や圧力、配管内を流れる水の流速やpH等の水質データなど29chに及ぶ。実際のプラントと比較した場合パラメータ数は遥かに少ないが、プラントにおける一つのサブコンポーネントとして捉えた場合、本対象システムはパラメータ数、計測対象の複雑さ、パラメータの多様性等の面で、十分な現実性を有していると考ええる。

このSSBFを対象として、パラメータの確認、解析や検索といった機能の実証を行うため、実験施設（監視区画）に隣接してLSB、UCD、およびCEX（Computation Executer）といったデバイスを設置し、距離的に離れた別研究棟内（管理区画）にMDB、MASSIA Server、およびOffice PCを設置し、ネットワークにより接続した。以下では、安全裕度テストベンチが設置されている建物を研究棟A、別研究棟を研究棟Bとする Fig. 4 にシステムの全体構成を示す。

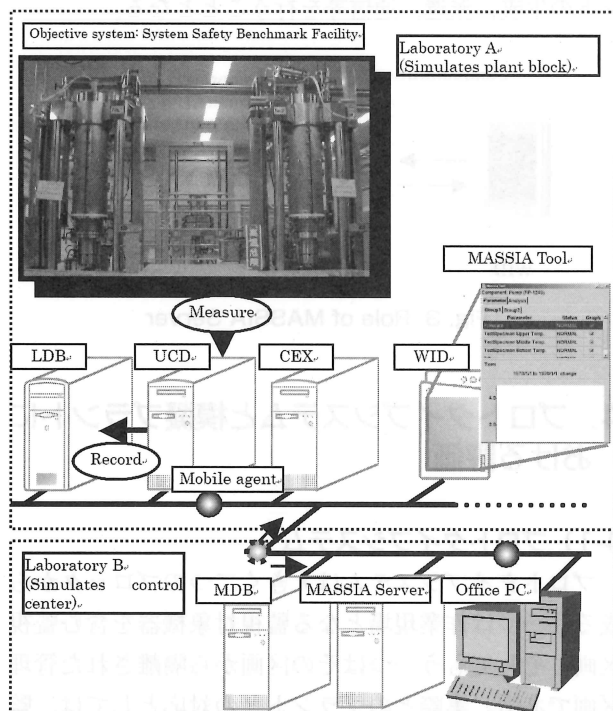


Fig. 4 Overview of proto type system

各々のデバイスの主な役割は以下の通りである。
研究棟A（プラント区画を模擬）

(1)UCD (Ubiquitous Computing Device)

- ・計測エージェントによりデータの計測を行い常時監

視すると共にデータベースに蓄積する

- ・解析用のリソースを提供する

(2)LDB (Local Database)

- ・計測エージェントにより計測したデータを格納する

(3)CEX (Computation Executer)

- ・現場単位の補助計算用サーバ（UCDの計算能力を補う役割を担う）

(4)WID (Wearable Information Device)

- ・作業員が携帯する情報デバイス

（MASSIA Tool）の実行環境となる

- ・LDB、MDBに格納されたデータのブラウザとなる

- ・解析、検索の実行指示コントローラで結果のブラウザ機能を持つ

研究棟B（管理棟区画を模擬）

(1)MDB (Main Database)

- ・機器およびデータベースについての関連情報や管理のためのインデックス情報を格納する

- ・データを収集するエージェントに対し、データの格納場所、関連情報を提供する

(2)MASSIA Server

- ・WIDに対するホストとなる。

- ・WIDからの指示コマンドに対して必要に応じたエージェントを生成、派遣する

- ・エージェントによって得たデータ（リスト・数値グラフ等の情報）をWIDに返送する

(3)Office PC

- ・管理を行っているオフィス上にある事務用のPC

- ・作業員に対し異常発生時に通知を行う

- ・WIDと同機能の監視、解析機能を持つ（MASSIA Tool）

以上のようなプロトタイプシステムを構築し、次節以降に述べるシステム評価を行った。

4-2) シナリオベース評価

3-2) 節に述べた支援の枠組みに基づき、その一連のシナリオを達成できることを確認した結果を以下に示す。

4-2-1) 監視・計測エージェント

計測エージェントは、内部変数として一定個数のデータを保持し、監視エージェントにデータを提供すると共にデータをLDB上に記録する役割を担う。監視エージェントが用いる診断手法は、現状のシステムでは単純に閾値との比較を行うのみで行った。各チャンネルの平均的な値を元に二段階の上限閾値および下限閾

値を設定し、その値との比較によりシステムの異常の判定を行った。チャンネルによってはノイズを異常と判断したケースや、正常な変動であるにも関わらず異常と判定されるケースが生じるものの、結果として定義通りの閾値を超えた際には確実に異常レベルが判定され通知が行われることを確認した。

4-2-2) 通知エージェント

通知エージェントは、何らかの定常状態からの逸脱が発生した場合、Office PC上に、Fig.5に示すようなポップアップウインドウを表示する。右側が異常発生箇所のP&ID図上への表示で、左側が異常のレベルと発生時間、そして異常発生時の時系列波形を表示している。時系列波形に関しては異常発生時を中心にしたスナップショット的な表示となっている。

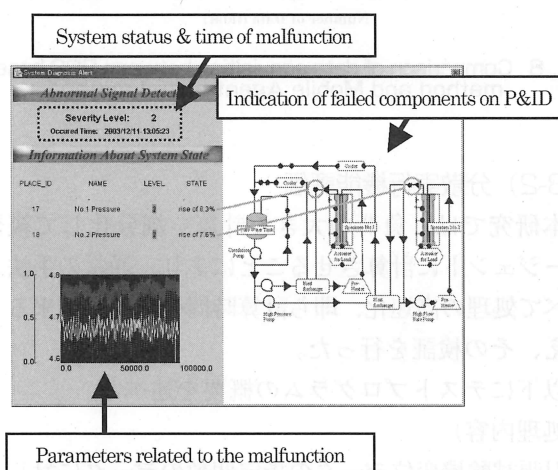


Fig. 5 Notification window raised by agent

4-2-3) パラメータ確認

通知エージェントから異常の報告を受けた作業員は現場での情報収集を行うが、同時にWIDを用いてプラントパラメータ履歴を参照する。MASSIA Tool (WID用端末アプリケーション) が、エージェントと連携しパラメータのグラフ表示が可能であることを確認した。

4-2-4) 解析作業

現段階では基本的な解析方法の一つであるFFTによる周波数解析を実装している。計測パラメータに対して、実際にFFTによる周波数解析を行った結果を以下に示す (Fig. 6)。WIDを通じた簡単な操作で周波数解析が可能であることを確認した。

4-2-5) 類似波形検索

本システムでは、何らかの異常が発生した場合、過

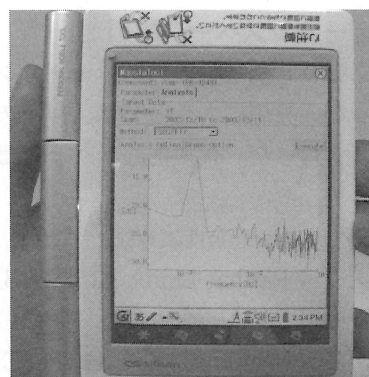


Fig. 6 Result of spectrum analysis using FFT on MASSIA Tool

去の履歴の中から類似した事例を検索する機能を実装している。時系列波形類似度の計算を行い、高類似度の点を抽出するPCベースのテストアプリケーションを用いた評価を行った。以下にサンプルアプリケーションの実行例を示す (Fig. 7)。

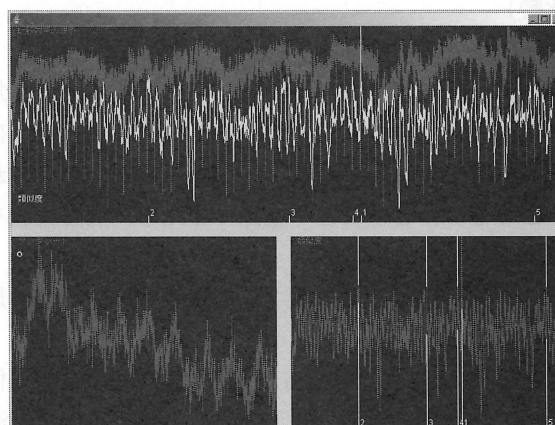


Fig. 7 Result of similarity matching test

上が検索対象のデータ、左下がマッチング用のテンプレート、右下が類似度である。検索対象のグラフには結果として得られる類似度を重ねて表示している。この例では試験体の変位データ (400,000点、約1ヶ月に相当) を検索対象として、1000点 (約1時間半に相当) のテンプレートに対する類似度を計算し、類似度の高い点を抽出している。このような過去の事例と類似した事例を探すというタスクは、保全業務においては重要な位置づけにある。本システムはこの解析過程を現場で現実的な時間範囲内で行うことが出来ることを確認した。

以上、シナリオベース評価を行い、想定する枠組みに対する機能がシステムとして実装され機能することを確認した。

4-3) パフォーマンスベース評価

システムに実装した各機能のパフォーマンスの定量的評価を行った。評価にあたっては、以下の3台のデバイスを用いて行った。代表的なスペックは下記の通りである。

Device A: CPU : Pentium4 2.26GHz / RAM : 512MB / OS : Redhat Linux 7.3 (MDB)

Device B: CPU : Pentium4 2.0 GHz / RAM : 512MB / OS : Windows2000 (OfficePC)

Device C: CPU : Celeron 700MHz / RAM : 384MB / OS : Redhat Linux 7.3 (LDB)

なお、以下のアクセス手法による実行時間の比較には、それぞれのデバイスにおける実行速度の差によって生ずる影響を考慮し、Device A及びBを用いて比較を行っている。

4-3-1) データ取得機能評価 (RPCとMobile Agentの比較)

エージェントベースのデータ取得は、エージェントがデータベース上でローカルにアクセスすることに加え、必要なデータのみ集約して戻するため、理論的にはRPCベースのアクセスより高速であることが期待される。ここでは、このことを検証するため、実証実験を行った結果を示す。

この実験におけるテストプログラムの処理内容は以下の通りである。

- (1) Device BからAに対するRPCによりデータを指定個数取得し、配列に格納した後、所要実行時間を計測
- (2) Device B上にエージェントを生成し、Device A上に転送する。Device A上で指定個数のデータを取得し、データをWID上のグラフ表示に必要な量に圧縮した後、データを保持したまま戻る

実験の結果をFig. 8に示す。エージェントを用いた場合は、WIDの解像度が固定であることを利用して、転送されるデータを1.6MBから3.84kBへとデータ量を最大でおよそ1/416にまで削減している。RPCの場合はこのようなデータの集約を行っていないために、ネットワーク上を流れるデータに関しては、厳密な比較とはなっていないが、結果として、RPCを用いた場合と比べ140%の速度向上が観測され、処理全体としての高速度が図られていることが示された。

この実験により速度の向上効果に加えて、更にネットワークに対する負荷の軽減効果が大きいことが確認された。RPCによるアプローチでは、データの取得開

始から終了までの時間は全て接続を確立した状態であり、17秒にわたってネットワークに負荷を掛けることになるが、エージェントを用いた場合には、転送には1秒足らずしか必要としないことが示された。

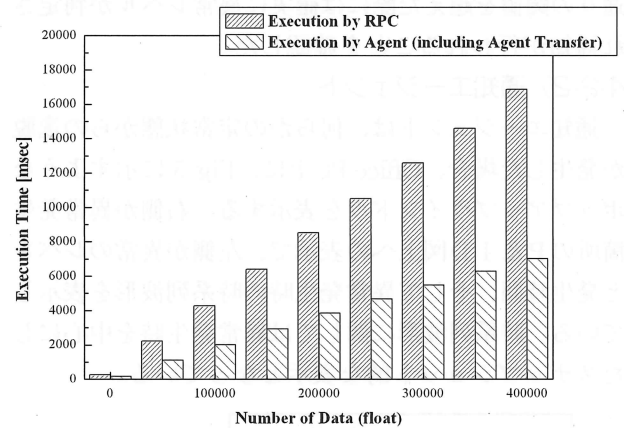


Fig. 8 Comparison of data-acquisition between RPC-based method and Mobile Agent-based method

4-3-2) 分散実行機能評価

本研究では、負荷の大きな計算を細分化して複数エージェントに計算させることにより、通常的手法と比べて処理の高速化、即ち計算時間の短縮が出来ると考え、その検証を行った。

以下にテストプログラムの概要を述べる。

(処理内容)

- ・引張試験機変位データの指定個数のデータに対し、データを1～3分割する
- ・それぞれのデータをDevice B上から各デバイス上に転送した子エージェント (類似度計算エージェント) により取得し、データ点数1000点 (約1時間半のデータ) のテンプレートに対して類似度を計算する
- ・結果をDevice B上の親エージェントに返す
- ・以上の処理に要した実行時間を計測する (類似度計算には本研究グループが開発したEDS^[7]を用いている)

結果より、単一のエージェントを用いた場合と比べ、3台のデバイスを用いて並列計算した場合は、実行速度がほぼ倍になっている (Fig. 9)。例えば、400,000点 (約1カ月分) のデータ点数に対する処理を見る場合、単一のエージェントを用いたときの処理時間がおよそ43秒、3つのエージェントを用いた場合処理時間が20秒程度と200%以上の高速化が図られていることが確認できた。このような高速化はシステムの使用感を大きく

向上させると考えられる。本実験においては同一スペックのPCを用いたわけではなかったため、必ずしも一律な速度の向上は得られていない。しかしながら、長期間のデータに対する検索を行う際の複数エージェント連携の有効性は確認できたと考える。

以上の結果は全てWIDにとってのリモートマシン上での処理に相当する。エージェントによりデータベース上の情報、計算結果は表示に必要なデータに最適化し、転送するため、WIDが行うデータ転送のコストは十分に低いレベルであることが実証された。WIDとの接続は無線等の比較的帯域の狭い接続形態である可能性が高いのでこの結果は処理の効率化のためには重要な意味を持つ。

5. 結論

本研究では、時間計画保全に向けての保全作業における情報処理の効率化を図るために、モバイルエージェントと携帯情報端末を用いた支援システムを提案し、その有効性の検証を行った。携帯情報端末を用いて、保全作業の現場でどれだけ効率的に情報へのアクセスが行えるかという点に重点を置きプロトタイプシステムを作成し、実験用の設備を用いてその有効性を検証した。結果として、開発したシステムは想定されるシナリオに対して十分な機能を提供出来ること、エージェントによるデータ処理が効率の点で有効であることを確認した。

現時点ではエージェントの自律性、処理のスケラビリティの点で更に検討すべき課題は残っているが、本研究において提唱した保全作業に対する情報化の方向性は、今後のオフサイト運転保守センターの実現へ向けて基盤となる要素技術を提供するものであると考える。

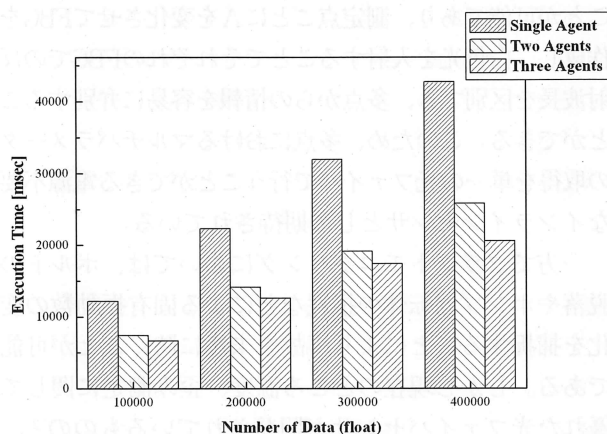


Fig. 9 Similarity calculation time using multiple mobile agents

今後は、現場における付加的なセンシングによる状況の絞り込みや^[8]、運転との関連を視野に入れた診断^[9]の実現に向けて研究を続けていく予定である。

謝辞

本研究は、(財)エネルギー総合工学研究所の革新的実用原子力技術開発提案公募事業により支援を受け実施しました。深く感謝いたします。

本システムの実験評価において利用した材料試験テストベンチの運用に関して協力頂いた東北大学破壊制御研究施設庄子研究室の皆様にご感謝致します。

参考文献

- [1]北村(編)、日本原子力学会 ヒューマン・マシン・システム部会、“原子力施設保守保全高度化研究調査委員会報告書”、(2000)。
- [2]吉川榮和、大井忠、“オフサイト運転保守支援センター”、保全学、Vol.3, No.1, (2004)。
- [3]尾崎禎彦他、“原子力発電所運用高度化のための次世代HMSに関する技術開発”、日本原子力学会2002年春の年会要旨集、H31, p.407, (2002)。
- [4]Sun Microsystems, Inc., “Java™ Reference Documentation”, <http://java.sun.com/reference/docs/>
- [5]IBM東京基礎研究所、“Java™による移動エージェント：Aglets”, <http://www.tr.ibm.com/aglets/index.htm>
- [6]Y. Lu et al., “A System Safety Benchmark Facility for SCC Pipe Tests with High and Low Flow Rate Condition and Some Preliminary Test Results in BWR Environment”, Proc. of 11th Int Symp on environmental degradation of materials in nuclear power system-water reactors, (2003), 805-815.
- [7]Catur DIANTONO、高橋信、北村正晴、“原子力プラントにおける知的情報統合のための情報検索手法”、日本原子力学会誌Vol.42, No.11, pp.1215~1225 (2000)。
- [8]M.Takahashi, T.Miyazaki, A. Miyamoto and M.Kitamura, “Goal-Oriented Flexible Sensing for Higher Diagnostic Performance of Nuclear Power Plant Instrumentation”, Progress in Nuclear Energy, Vol. 43, No.1-4, (2003), 105-111.
- [9]“進化する診断技術－人間・機械協調型の新しいパラダイムを目指して－”、日本原子力学会誌、40(9) (1998), 652-683.

(平成16年 5月 6日)