

## 保守作業支援のための情報処理システムの開発

### Development of Information System for Maintenance Support

佐藤 寿\*, 伊藤 洋\*, 高橋 信\*, 北村 正晴\*

Hisashi Sato\*, Yo Ito\*, Makoto Takahashi\*, Masaharu Kitamura\*

\*東北大学大学院工学研究科

\*Graduate School of Engineering, Tohoku University

キーワード：保守支援(maintenance support), 知的診断技術(intelligent diagnosis), 携帯デバイス(portable device), PDA(portable data appliance), モバイルエージェント(mobile agent)

連絡先：〒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  
量子エネルギー工学専攻 北村研究室 佐藤 寿, Tel & Fax: 022-217-7921 ,  
E-mail: sato@luke.qse.tohoku.ac.jp

## 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,コンピュータを中心にした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守の流れを考えた場合,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<sup>1)</sup>.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<sup>2)</sup>.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.

本稿では,(財)エネルギー総合工学研究所の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」<sup>3)</sup>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,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。当然のことながら、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おり、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。以上述べた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行し、現場の機器設備側に設置される小型 UCD (Ubiquitous Computing Device) と交信することで、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ようになる。

- 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知的システムである。

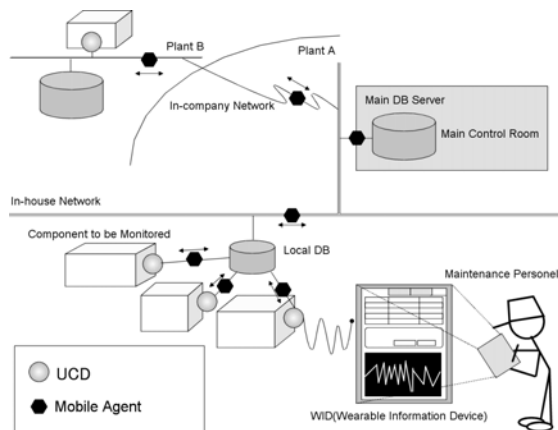


Fig. 1 Over view of MASSIA

本システムは次に示す三つの特徴を持つ。

- (1)分散型データベースの導入
- (2)モバイルエージェントの導入
- (3)作業員用携帯型情報端末の導入

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 PDA ,タブレット PC といった携帯型の情報端末を携行する .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・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

本研究では , 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

通常の点検・監視業務はエージェントが定期的に巡回して行き , その巡回周期は機器の重要性 , サンプルング時間等に応じて柔軟に変更することができるものとする . 更には , 状況に応じてその監視体制のレベルをエージェントが自律的に変更する . 具体的には , 運転の継続には支障ないが , 明らかに何らかの異常が発生したことが確認されたという場合には , 巡回頻度を上げて , 密度の高い監視レベルに移行するといった処理を行う . WID を持った作業員が行う現場巡回は以下のような場合に行うものとする .

#### 3.2.2 エージェントからの要請

エージェントの位置づけは保守作業員と同等であり , 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 , センシング能力や判断能力においては人間の方が上位である . 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・検索を通じて獲得し , その情報を更に加味した上で判断を下すことを可能にする .

#### 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オフィス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、即ち異常への速やかな対応を可能とする。

### 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<sup>4)</sup>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り、オープンソースであることから必要に応じた仕様の拡張が可能である Aglets Framework SDK (Software Development Kit) Version 2.0.2<sup>5)</sup>を用いた。このフレームワークは充実したライブラリ群と情報資源の豊富さ、及びシンプルで汎用性の高い環境を有しており、本システムに適した環境であると判断した。

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シンプルな命令を行い、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ない (Fig. 2)。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極めて高速であるから、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極めて有効であると考えられる。

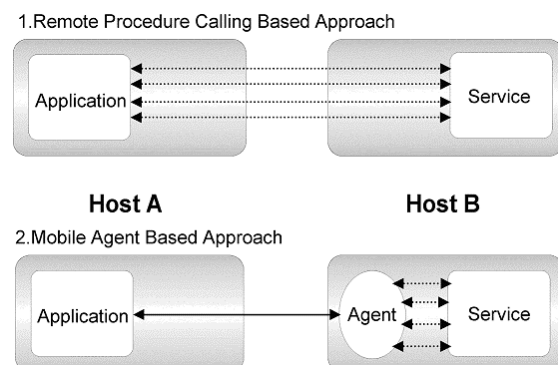


Fig. 2 Comparison of service access approach between remote procedure calling and mobile agent

### 3.4 PDA の導入

本システムにおいては WID (Wearable Information Device)は、システムに対する窓口であり、システムの使用感を大きく左右するものである。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 PDA (Personal Data Appliance)である 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、かつ画面解像度が 480 × 640 と高精細で情報の閲覧性が高い。かつ J2ME がサポートされているため SL-C760 が妥当な選択であると考えられる。

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言及する。

### 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り、次の機能を有する (Fig. 3)。

- ・ プラントパラメータ確認機能  
プラントパラメータ毎にグラフ表示が可能
- ・ 解析機能  
任意のプラントパラメータに対し周波数解析等の高度解析が実行できる
- ・ 類似波形検索機能  
任意の波形をテンプレートとし、類似する波形を検索する

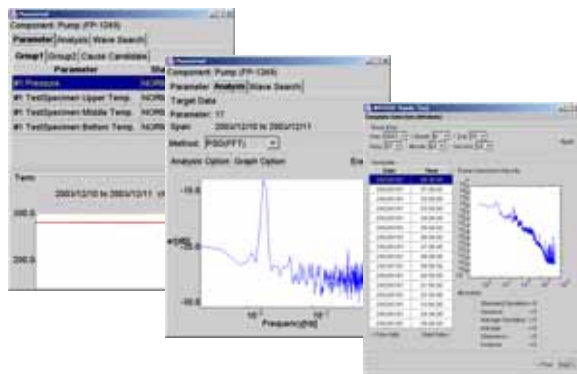


Fig. 3 Panels of MASSIA Tool

### 3.4.2 WID とモバイルエージェント間の連携

WID とモバイルエージェントとの連携は MASSIA サーバを介して行う。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。この場合、WID と MASSIA サーバ間に限って言えば、RPC (Remote Procedure Calling) のアプローチを取っていることになるが、グラフ描画結果受信時には圧縮されたデータとして WID が受信する等の負荷低減策を講じた。

## 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区画、そしてもう一つはその区画から隔離された区画にある管理区画である。

作業現場および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) を採用した。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、また、その過程におけるループ水質の挙動について評価を行うための施設である。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 におよぶ。これらのデータを対象として、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、施設内に LDB、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)。

各々のデバイスの主な役割は以下の通りで

ある。

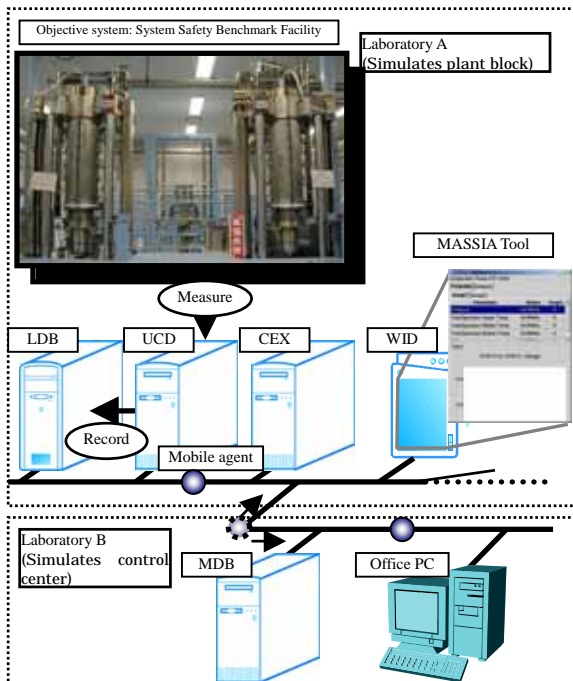


Fig. 4 Overview of proto type system

#### 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
- 内部データおよび記録領域は持たない
- エージェントの実行環境を提供する

##### (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
- エージェントの実行環境を提供する

##### (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)
- エージェントの実行環境を提供する

##### (4) WID (Wearable Information Device)

- 作業員が携帯する情報デバイスで解析ツール(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,次節以降の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.実装においては,計測エージェントの内部変数上にコピーしたデータ配列を一定時間毎に監視エージェントが自ら保持する診断用データ配列にコピーし,古いデータと入れ替えを行うという操作を行った。

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、通知が行われた。

#### 4.2.2 通知エージェント

通知エージェントが、以下のようなポップアップウィンドウを表示することにより、監視員に対して異常についての情報を提供することを確認した。

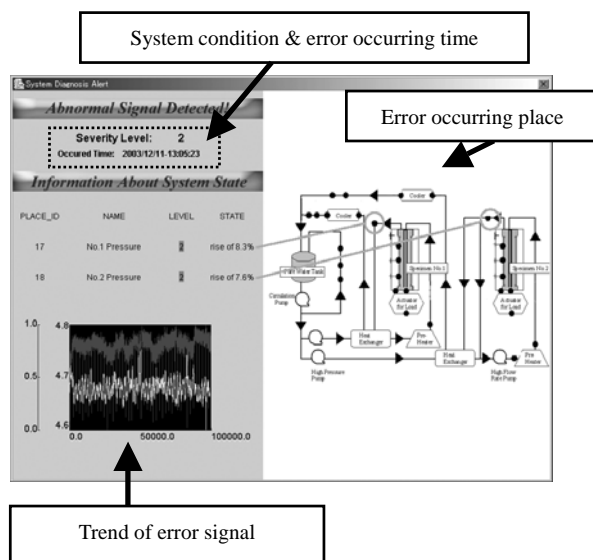


Fig. 5 Pop-up window raised by notification agent

#### 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互換による情報収集を行うが、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なことを確認した。

#### 4.2.4 解析

一つの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)。



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

MASSIA Tool による FFT 解析は、その解像度を変更することが可能であり、注目する周波数帯に対する詳細な解析が可能であることも確認した。

#### 4.2.5 類似波形検索

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)。

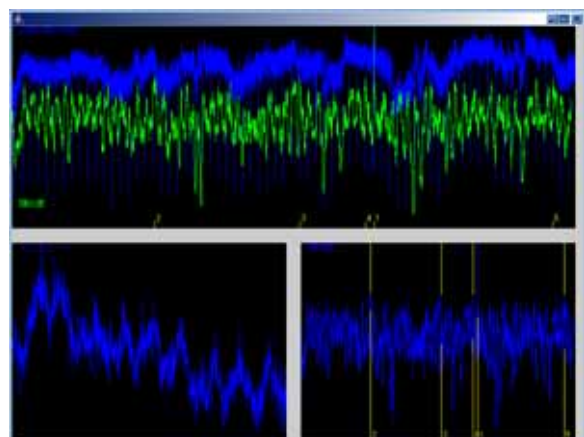


Fig. 7 Result of similarity matching test

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

象のグラフには類似度を重ねて表示している。類似度のグラフ下部の番号で類似度の高い順にピーク位置を示している。

この例では、引張試験機の変位データ(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。この場合、テンプレートは検索対象のデータの一部を切り出して用いた。結果として完全に一致した部分だけが突出して類似度が高く、一致する部分を完全に特定できていることが分かる。

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ていることを確認した。また、トラブル対応における原因同定における効果的なシステムであることも確認できた。

### 4.3 パフォーマンス評価

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。

Table 1 Specification of Devices

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	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帰還するため、理論的には RPC ペ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帰還する

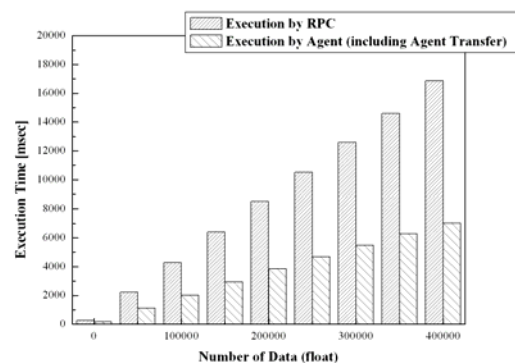


Fig. 8 Comparison of data-acquisition between RPC-based method and Mobile Agent-based method

実験の結果を Fig. 8 に示す。結果、RPC を用いた場合と比べ 140% の速度向上が観測された。従ってエージェントによるデータの取得は従来の手法と比べ大幅に効率が良く結論づけられる。

上記実験においては、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。特に、読み込むデータ量が増加した場合、WID のような限られた記憶領域しか持たないデバイスでは、メモ



りのオーバーフロー等の問題が発生しやすいが、このデータ削減のアプローチによってそのような問題も回避可能である。

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はっきりと確認された。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、前述の例を用いると 400,000 点のデータを取得する際にはおよそ 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。それに対してエージェントを用いた場合では、転送には 1 秒足らずしか必要とはせず、転送されるデータ量もまたごくわずかである。

#### 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、通常の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<sup>6)</sup>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には、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 秒程度と体感できるほどの高速化が図れていることが確認できる。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、複数エージェントの有効性は十分に確認できた。

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 が行う授受コストは極めて低いレベルで実現可能であることが実証された。また、並列計算など、従来では行えなかった複雑な計算処理も高速で実行可能であり、全く新しい機能が携帯型デバイス上に実現可能であることが示された。

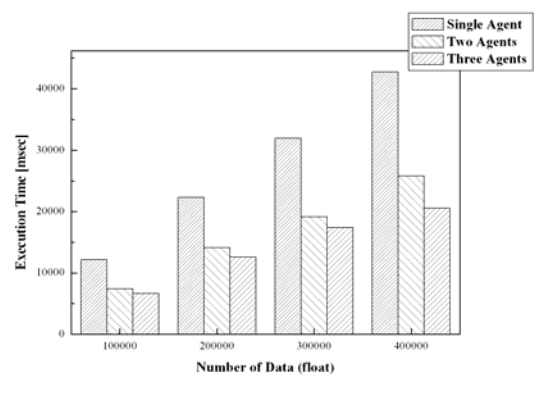


Fig. 9 Similarity calculation time using multiple mobile agents

## 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。

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<sup>8)</sup>、運転との関連を視野に入れた診断<sup>9)</sup>の実現に向けて研究を続けていく予定である。

## 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, 3(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, 407, (2002)
- 4) Sun Microsystems, Inc.: “Java<sup>TM</sup> Reference Documentation”,  
<http://java.sun.com/reference/docs/>
- 5) IBM東京基礎研究所:  
Java<sup>(TM)</sup>による移動エージェント Aglets,  
<http://www.trl.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, 805-815, (2003)

- 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, 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, 105-111, (2003)
- 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), 652-683, (1998)