

監視カメラと計測ソフトを組み合わせた ネットワーク型フィールドデータベースシステム

今井慈郎* 藤原新市** 才谷明宏** 永野 尚** 井面仁志* 白木 渡* 古川善吾* 石川 浩*
* 香川大学 工学部 信頼性情報システム工学科
** テクノ・クリエイト株式会社

和文抄録

電子機器や機械システムの運用を円滑に行うため、監視カメラと計測ソフトを組み合わせて、対象物の外観画像情報と機器・システム内部の状態情報(信号)を定期的に取得し、機器・システムの安全性を確保することが考えられる。外観画像情報や内部状態情報をフィールドデータとして時系列的に蓄積・データベース化することで、非同期に発生するクライアント側からのアクセス要求に応じて、画像情報あるいは信号情報を検索抽出して、HTTP プロトコルで転送し、フィールドデータを利用した信頼性維持管理を効果的に支援するネットワーク型フィールドデータベースシステムの概要について報告する。

A Distributed Field Database System Using Network-oriented Camera and Data/Signal Acquisition Software

Yoshiro IMAI* Shin-ichi FUJIHARA** Akihiro Saitani** Hisashi NAGANO**
Hitoshi INOMO* Wataru SHIRAKI* Hiroshi ISHIKAWA*
* Faculty of Engineering, Kagawa Univ.
** Techno-Create Inc.

Summary

It is effective for insuring safety of electronic devices and mechanical systems to obtain periodically outview and/or internal status of the devices and systems through network-oriented camera and measuremental software, accumulate them into field database, and perform reliability analysis using field data.

This paper describes general concept and prototype of a distributed field database system which can support system monitoring, reliability analysis and maintenance of electronic devices and/or mechanical system. Our field database system can facilitate accumulating image data of camera and internal signals from data acquisition software, managing them as field database, and providing database services for client's requests through network.

1. はじめに

プラントなどの機械システムにおける安全性確保のため、ネットワーク環境で動作する監視カメラとネットワーク接続された PC 上の計測ソフトを組み合わせることで、監視対象となる機器やシステムの外観を画像情報として入手し、対象物が正常に稼働しているかどうかを把握するため計測ソフトから得られ

る内部情報(状態信号)を取得して、データベース化することが考えられる。外観画像情報や内部状態情報をフィールドデータとして時系列的に蓄積・データベース化することで、非同期に発生するクライアント側からのアクセス要求に応じて、画像情報あるいは信号情報を検索抽出して、HTTP プロトコルで転送し、フィールドデータを利用した信頼性維持

管理を効果的に支援するネットワーク型フィールドデータベースシステムの概要およびサブシステムの機能について報告する。また、想定する利用形態および現時点での課題についても言及する。

2. フィールドデータによる信頼性維持管理

プラントなどの機械システムにおける安全性確保のため、廃却部材解析に基づく寿命診断技術や信頼性工学的手法による安全性向上が図られている。また、定期点検から得られるフィールドデータを活用することで、信頼性維持管理のためのフィールドデータベースの構成や、確率論的手法を用いた機器やシステムの寿命予測の手順などが提案されている。図1にはフィールドデータを用いた寿命予測の処理手順を示す。

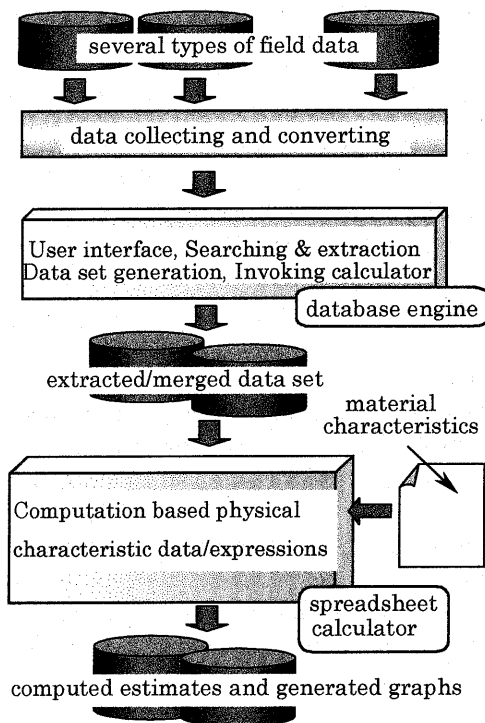


図1 フィールドデータを用いた信頼性解析手順

システムの信頼性維持管理を行うためには、システムのチェックポイントを定期的に点検する作業が必要となる。一般に専門家による

定期点検は人件費の点、作業効率の点などで経費が増加する傾向にあり、コスト性能比の高い点検作業を、しかも人件費を低減させながら実現できないかが重要な課題となっている。定期点検で発生する作業は対象となる機器やシステムによっても異なり、一般論では必ずしも効率的ではないが、視覚によるチェックと非破壊検査はいずれも重要な点検作業と言える。また、定期点検を実施する際、対象物を停止させるか移動中に点検を行うかも作業効率と共にコスト面での考慮も大きく影響される。一般に、移動中に外観の画像情報を取得する場合はコストを低減でき、計測ソフトなどを活用して内部状態を取得することができれば非破壊検査としても効果的である。従って、ネットワーク環境下に監視カメラや計測ソフトを実装したPCなどを分散配置して、これらから得られる画像情報および内部状態情報を対象としてフィールドデータの取得し、データベースを図るシステムが信頼性維持管理上も有効であると言える。次節では監視カメラは計測ソフトをどのように利用するかという観点からフィールドデータベースシステムの概要について述べる。

3. フィールドデータベースのシステム構成

フィールドデータ取得を目的とするデータエントリシステムは、監視カメラと計測サブシステムから構成される。一方、フィールドデータベースとクライアントとのデータのやり取りはDB-Web連携を活用する。これらは総てネットワーク環境下に分散配置され、有機的に統合されている。

3.1 システムの全体構成

監視対象に近く配備された監視カメラ(含む周辺機器)および計測サブシステムは独立のネットワーク(必要に応じてIPネットワークも可)で接続され、ネットワーク型フィールドデータベースシステムの中核であるデータベースサーバと円滑な情報交換を実現している。一方、データベースサーバと複数台のクライアントは一般にIPネットワークで接続され、データベースサーバに付加されたDB-Web連携を活用して情報交換を行う。また、必要に応じてPHSや携帯電話などの広域

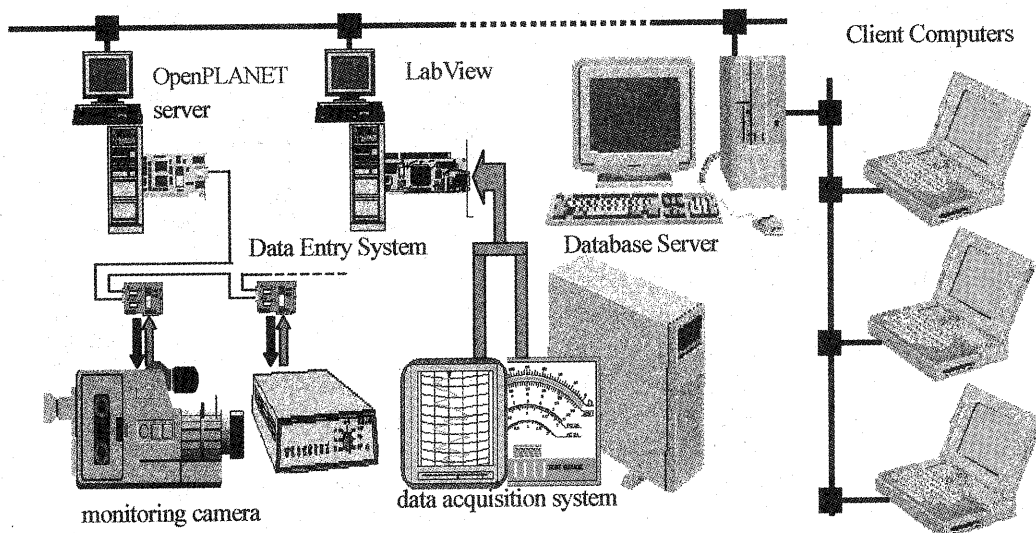


図2 ネットワーク型フィールドデータベースシステムのシステム構成

無線公衆回線も利用可能である。

ここで強調すべき事項としては、監視カメラや計測サブシステムから入手可能な情報は一度データベースサーバに蓄積され、非同期に発生するクライアントからの情報転送要求に対するバッファ的役割を果たすと共に、データ検索機能を提供することで、検索条件を反映して一連の情報をデータベースから抽出することで、フィールドデータの利用価値を向上させようとしている点が挙げられる。

監視カメラおよび計測サブシステムは個々の内部に監視対象から取得した情報を過渡的に（バッファが一杯になれば過去の情報から上書きされる形式で）保存し、データベースサーバから発行される定期的な情報転送指令に対応して HTTP 手順で情報のやり取りを行う。システムは図2のようなネットワーク環境下に分散配置された複数要素の統合システムとして構成される。

3.2 自動データエントリシステム

監視カメラは自律的に動作しネットワークへ直接接続可能なタイプとズーム首振りなどの制御可能なカメラを独自のハードウェアでコントロールするタイプなどが考えられる。前者はコンパクトだが自由度が少なく、後者は拡張性があるがその分実装に手間が掛かるという利害得失が存在する。いずれの場合も

撮影した画像情報は時系列的な JPEG データ流に変換され、ネットワークを介してデータベースが稼動するサーバへ転送される。サーバ側では受信した JPEG データを画像情報として蓄積される。写真1に実際に使用している監視カメラ一式を示す。

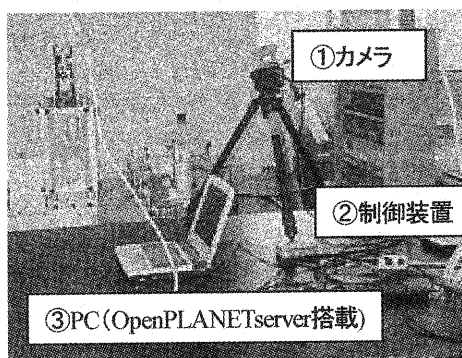


写真1 OpenPLANET 技術を活用した監視カメラ (①カメラ本体、②制御装置、③PC)

我々が採用している監視カメラは図2に示すように、カメラ、制御用ハードウェアおよびローカルコントロール用の WindowsNT 搭載の PC から成る。自由度を高めるため機器構成は少し複雑かつ大掛かりになるが、制御用ハードウェアを拡張することで、スイッチなどの ON/OFF など可能となり、監視

対象となる機器・システムに対する簡単な制御も可能となるなど利便性に優れている。制御用ハードウェアおよびローカルコントロール用の PC は四国電力(株)が開発提供している OpenPLANET 技術を活用した構成となっている。

画像情報の取得の手順は次の通りである。

(1)カメラから得られる NTCS カラービデオ信号を制御用ハードウェアにおいて JPEG データに変換し、OpenPLANET が稼動する WindowsNT 搭載の PC に転送され、ここでモーション JPEG のデータ流として一時的に格納される。PC から JPEG データを取り出すためのドライバソフト Java で記述される。監視カメラ本体を制御するハードウェア装置は OpenPLANET の構成要素であり、これを介してハードウェアを制御する(結果として監視カメラを制御し画像を JPEG 形式で取得することになる。OpenPLANET ではインタフェースとして JavaAPI が提供されているため、処理記述も比較的容易である。

計測サブシステムは計測対象の機器・システムの内部状態からどのような信号を取り出すかによって構成が影響を受ける。しかし、一般には図2のような構成を採ることで柔軟性を向上させ、システム構成も容易となる。すなわち、PC 上に計測ソフト(最も一般的な存在として LabView を想定)を搭載し、PC と機器・システムとのインタフェースとなる専用ハードウェアを PC の拡張ボードに実装することで、LabView の強力な信号入力、信号解析、解析結果表示などの機能が利用できる。写真2に LabView を搭載した PC および表示画面を示す。隣にあるのが機械システムの制御パネルであり、ここから内部状態情報を入手している。

通常、LabView を搭載した PC 上で信号の入力、解析、表示までを一貫して実行するケースが多いが、LabView はプログラミング環境を提供するため PC 上の機能拡張は比較的容易であり、本システムでも LabView がオプションとして提供する簡易 Web サーバ機能を利用することで、計測 PC からネットワークを介してデータベースが稼動するサーバへ信号解析結果を転送させ、時系列的に内部

状態情報をデータベース化して蓄積させる手順を考える。

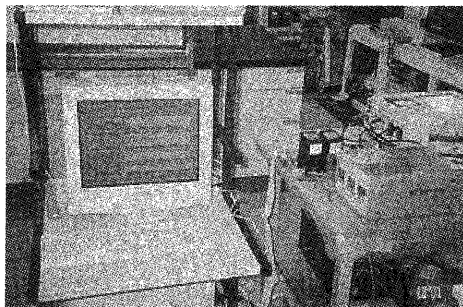


写真2 LabView を搭載した PC と表示画面

3.3 フィールドデータベースの構成

データベースシステムの中核はフリーウェアであるが定評の高いデータベースエンジンソフトウェア ProgreSQL で実現し、安定稼動の実績から Linux サーバ上に搭載して利用する。解説書が豊富でインストールが容易、DB・Web 連携や Java プログラムとの連携で実績などを基準に ProgreSQL を採用することを決定した。

フィールドデータベースとしての処理手順は以下の通りである。

- 1) 予め設定されたタイミングにより、データエントリシステムに対して(画像情報と内部状態情報とをインターリーブさせながら)情報転送指令を発行。
- 2) 指令に応じて転送された情報を項目別、時刻別に分類して、データベースとして蓄積。
- 3) 画像情報と内部状態情報とを同期することで、クライアントによるフィールドデータ検索の効率化を支援。
- 4) 検索速度の改善を目指すため、2モードのプレイバック機能を提供することで、時系列順序表示(単純プレイバックモニタリング)とサンプリング表示(間欠プレイバックモニタリング)を可能。

特徴としては、データエントリシステムをフィールドデータベース側から制御することで、フィールドデータの半自動的収集、クライアントによるフィールドデータ検索時の効率化を支援、特定イベント発生時のプレイバック

機能などが挙げられる。

一方、Web 連携機能はクライアントとの情報交換時に活用される。個々のクライアントからはデータエントリシステムへ直接アクセスさせるパスは用意せず、必ずフィールドデータベースシステムを介してのみ情報の授受を可能としている。このため、データエントリシステムとフィールドデータを要求するクライアント間での同期問題を単純明快に処理でき、結果としてフィールドデータの取得と活用が効率化される。

4. 評価と課題

ネットワーク環境下での使用事例を挙げてプロトタイプの評価を示すと共に、そこで問題となった事項を課題として述べる。

4.1 ネットワーク環境での使用事例

多くの機械・構造システムでは稼働時間が累積するに伴い、寿命消費が進む。寿命消費は、大別すれば、累積稼働時間に支配される損傷(クリープ損傷など)と稼働回数に依存する損傷(低サイクル熱疲労損傷など)に分類できる。例えば、クリープ損傷においては部材温度や累積稼働時間が、低サイクル熱疲労損傷においては稼働パターン、総稼働回数あるいは熱応力が、それぞれ機械・構造システムの構成部品の寿命消費を支配しており、定期点検時に得られる稼働履歴情報を、材料情報や設計解析情報と組合せて信頼性解析(Weibull 統計解析などを含む)を行うことで、累積稼働時間に支配される損傷度や稼働回数に依存する損傷度を確率論的に算出することもできる^[3]。従って、これらの情報を定期的かつ適正に取得し、寿命診断や信頼性解析による寿命予測などを実施することで、機械・構造システムの信頼性評価を行い、安全性を確保することが可能である。

これらの情報はこれまで定期点検時にフィールドデータとして入手されてきた。フィールドデータ取得とデータベース化を定期点検時の人的作業に依存することは経費発生の大きな要因となっており、人件費を低減できる定期点検の実施方法が課題となっている。そこで、前節で紹介したリモートメンテナンスシステムを利用したフィールドデータの取得

およびデータ蓄積の自動化により、システムの信頼性評価を実現する方法を検討したい。

(1) フィールドデータ取得：

データエントリシステム(監視カメラが接続された OpenPLANET サーバが稼働する PC および LabView が稼働する PC)を活用することで、電子機器や機械システムの画像情報と内部状態情報を入手できるので、信頼性確保を目指す対象である電子機器や機械システムの稼働時間や稼働パターンなどのフィールドデータを取得してデータエントリシステムで一時的に蓄積される。

(2) 定期的なフィールドデータ取得とフィールドデータの蓄積と参照：

OpenPLANET サーバに対して、専用マイコンを介して対象システムから予め指定したフィールドデータを定期的に取得し、受け取ったデータをデータベース化するように指示するプログラムを作成し、ユーザからの指示により実行させるか、独立プロセスとしてバックグラウンドで自動実行させる。データベースは OpenPLANET サーバと同一の環境に用意し、ユーザからの指示(クライアントパソコンからのリクエスト)に応じてデータの書込み(蓄積)や読出し(参照)などのサービスを行う。

(3) フィールドデータを利用した信頼性解析：

データベースから読出したフィールドデータを用いた統計解析を行い、機械・構造システムの特定構成要素に関する損傷度や寿命消費を計算し、確率論的に寿命予測を計算するプログラムをクライアントコンピュータにダウンロードして実行させる。

4.2 今後の課題

現在、フィールドデータベースシステムのプロトタイプを試作し、データエントリシステムから転送された画像情報および内部状態情報をデータベース化する手順は動作確認済みである。また、入手したフィールドデータを活用することで、効率的な信頼性解析が可能である点は既にいくつかのアルゴリズムを示してきた。従って、機器やシステムの信頼性維持管理においてもフィールドデータを活用することで、有効な手順が提案できると期待している。

一方、フィールドデータとして入手したい情報が総て、画像情報や内部状態情報であるとは断定できない。そこで、この手法を拡張して、様々な情報取得を試みる必要があり、その点が今後の課題の1つである。また、データベースと呼びながら、現時点ではデータ蓄積と単純プレイバック手順の提供に終始しており、全文検索手法などの方法論で目的の情報をどこまで絞り込めるかが大きな問題となっている。時系列で画像情報および内部状態情報を蓄積しているだけなので、データベースの検索機能を十分に利用できない状況となっている点が今後改善すべきポイントである。

また、クライアントとのインタフェースがHTTP ベースのみである点もプロトタイプとは言え、柔軟性に欠ける点である。もちろん、データベースサーバはLinux 上で可能するため、直接telnet やftp などアクセスすることも不可能ではないが、セキュリティ上の問題を抱え込むこととなり、あまり適切ではない。今後改善すべき点の1つと思われる。となるサービスプログラムをチューニング中である。

5. おわりに

本稿では、定期点検から得られる情報を基に信頼性工学的手法を用いたシステムの寿命予測を行う情報処理手順を述べ(信頼性維持管理の具体例の紹介)、フィールドデータベースの概要を示し、監視システムを含むネットワーク型フィールドデータベースシステムの全体構成について説明した。今後は上述した課題の改善を図りつつ、データエントリシステムの機能拡充に不可欠な物理センサや画像センサの制御プログラム、OpenPLANETサーバ上で稼動する信頼性解析プログラムなどの充実を図り、フィールドデータシステムを機能アップしてリモートメンテナンスシステムへの応用も視野に入れて研究を進めたい。

謝辞

リモートメンテナンスの方法論および遠隔監視の手法について有益なコメントをいただいた香川大学工学部木村好次教授、若林利明助

教授に謝意を表します。

参考文献

- [1]井上:「LabView グラフィカルプログラミング」森北出版,1998
- [2]石井:「改訂版 PC UNIX ユーザのための PostgreSQL 完全ガイド」技術評論社,1999
- [3]堀田,石井,広川:「PHP 徹底攻略」ソフトバンク,1999
- [4]西村:「全文検索データベース Web の作り方」ソシム,2000
- [5]今井他:「信頼性維持管理のためのネットワーク型フィールドデータベースシステム」電気関係学会 四国支部 平成12年度 四国支部連合大会 講演論文集 pp.303, 2000
- [6]今井, 藤原他:「専用マイコンによるリモートメンテナンスと信頼性評価」構造物の安全性および信頼性 Vol.4 JCROSSAR2000 論文集 94-B pp.567-570, 2000
- [7]今井他:「フィールドデータに基づく蒸気タービン構造部品の確率寿命予測」日本機械学会 第12回計算力学講演会 講演論文集 pp.385-386,1999
- [8]OpenPLANET 技術に基づく製品の参考資料 <http://www.netwave.or.jp/~t:create/>
- [9]OpenPLANET プロジェクトの公式ホームページ <http://www.openplanet.co.jp/>