

【技術分類】 1 - 4 - 2 用途 / 検査・診断 / 寿命・劣化診断

【技術名称】 1 - 4 - 2 - 1 構造物ヘルスマニタリングシステム

【技術内容】

構造物にセンサを設置または埋め込むことで、構造の状態をモニタリングし、損傷・異常の評価を必要時またはリアルタイムで行う構造ヘルスマニタリング技術が、航空宇宙機や自動車などの輸送機器だけではなく、広くプラント機器の監視・制御に適用されている。

従来、構造ヘルスマニタリング¹の適用には、多種多様なセンサを利用する要求が高く、センサの出力線であるアナログリード線²を監視対象に引き回す必要があったため、機器構成の変更時に多量の回線の変更を余儀なくされていた。

こうした問題に対応するため、イーサネット³を用いたデータ転送技術が開発されている。ここでは、インターネットモニタリングシステムと損傷の自動判別機能を用いた遠隔自動構造損傷モニタリングシステムを例示する。

構造ヘルスマニタリングシステムは、各種センサ、電気信号線、コンピュータから構成され、図1のようなプロセスで、構造物の状態が診断される。

これまでイーサネットによるデータ転送には、ネットワークのトラフィックによる影響で大量データをリアルタイムで転送することが難しいこと、大量に蓄積したデータを活用し人間の判断をいかに導くかという問題があった。

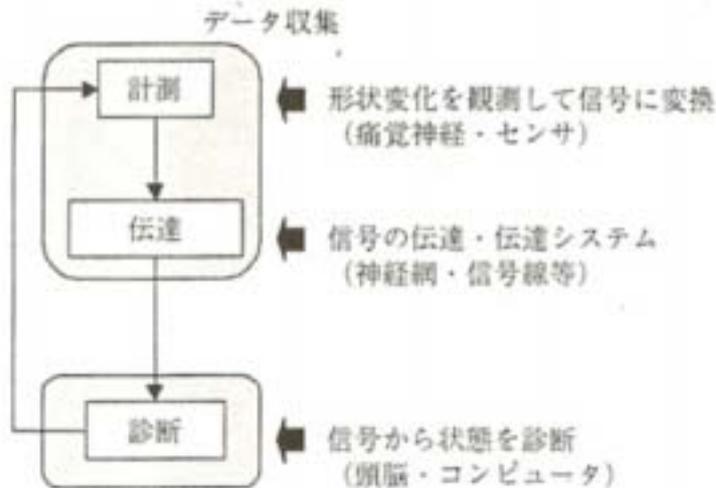
本技術では、従来型のセンサデータを、イーサネットを用いてネットワーク転送する小型端末を設け、この装置に自動診断機能を実装することでこの問題を解決している。

図2にシステムの全体像を示す。センサデータはデジタルデータに変換され、イーサネットによりデータ転送されるが、データ変換機能を自動診断用小型コンピュータ装置と一体化したものを構造物の監視箇所に設置して、センサに接続できるようにしている。また、監視装置においてセンサデータの統計処理、異常診断を行い、その結果をイーサネットで転送あるいは内蔵ハードディスクに保存できるような仕組みが提供されている。

監視端末には、SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)サーバ⁴機能が内蔵されており、測定結果・診断結果をクライアントの Web アプリケーションに容易に転送することができる。

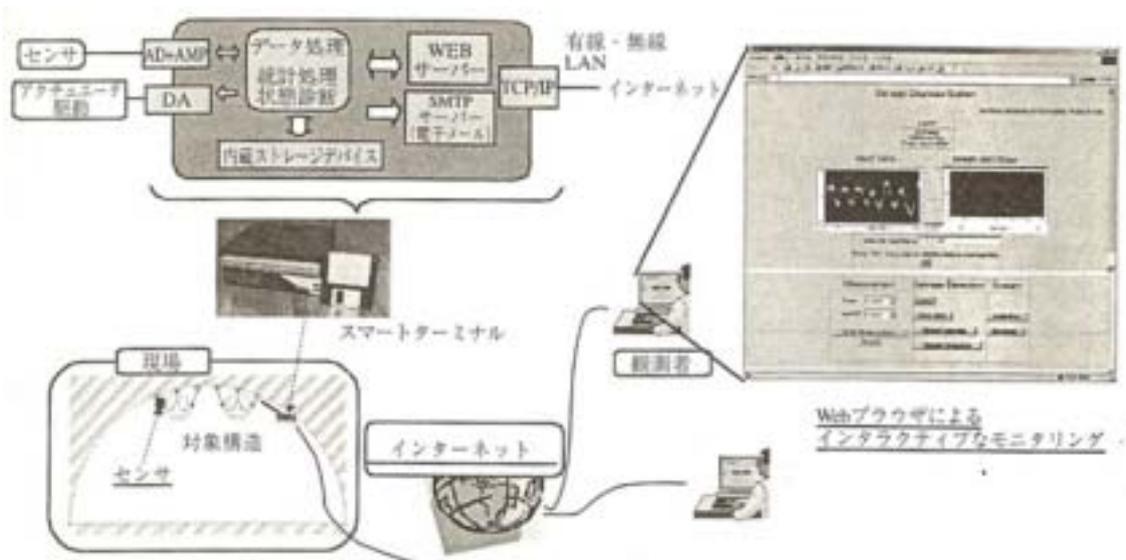
1 構造物内部に予めセンサなどを埋め込んでおき、劣化診断に役立てる手法。
2 センサからの直接出力であるアナログ信号の乗ったリード線。
3 オフィスや家庭などで最も広く使用されている汎用 LAN 規格 / プロトコル。
4 電子メールの送信を行うサーバ。

【図1】構造ヘルスマモニタリングのプロセス図



出典:「インターネット利用構造損傷モニタリングシステム」,「検査技術」,2004年5月,東京大学 岩崎篤、轟章著,日本工業出版社発行,1 12頁 2 構造ヘルスマモニタリングプロセス図

【図2】インターネット構造ヘルスマモニタリングのシステムの全体像



出典:「インターネット利用構造損傷モニタリングシステム」,「検査技術」,2004年5月,東京大学 岩崎 篤、轟 章著,日本工業出版社発行,1 12頁 4 閾値による損傷判定

【出典 / 参考資料】

「インターネット利用構造損傷モニタリングシステム」,「検査技術」,2004年5月,東京大学 岩崎 篤、轟章著,日本工業出版社発行,1 12頁

【技術分類】 1 - 4 - 2 用途 / 検査・診断 / 寿命・劣化診断

【技術名称】 1 - 4 - 2 - 2 リアルタイム腐食モニタリング技術

【技術内容】

腐食モニタリング技術は、プラント機器の健全性評価や余寿命の測定のための技術として利用されている。また、設備診断手法としてだけではなく、腐食損傷の可能性を早期に察知し、腐食個所からの原料等の漏出など、腐食が原因となった異常が生じないように設備管理を行うツールとして利用されている。

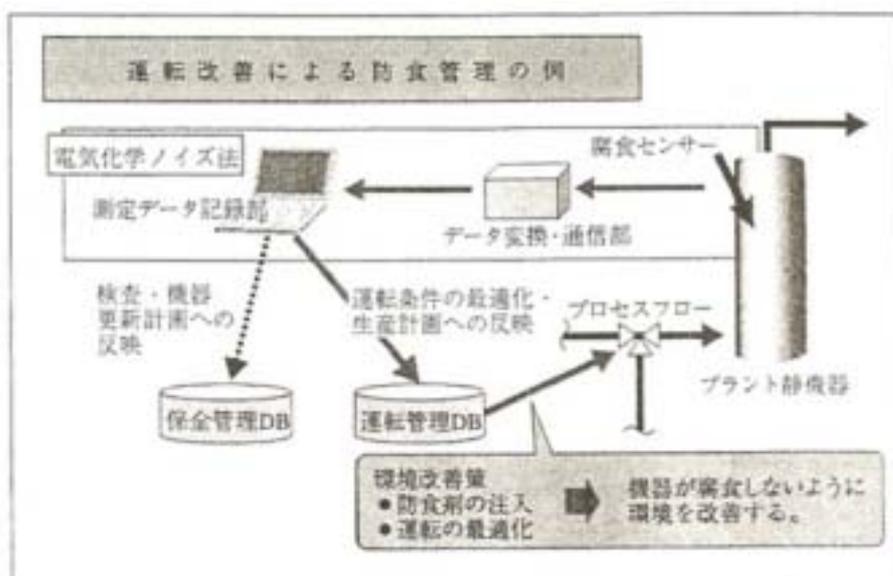
回転機等の腐食モニタリングシステムでは、振動データ等の解析によって腐食状況のある程度の評価が可能であるため、振動データをリアルタイムでモニタリングすることで、評価結果を運転管理に反映させることで腐食を原因とした回転機の設備損傷を未然に防ぐ設備管理手法が実施されている。

一方、静止機器や配管の腐食損傷は、腐食メカニズムが複雑なために、従来技術ではリアルタイムでの損傷状況のモニタリングはできなかった。

こうした中で、近年の計測技術の進歩は、これまで実験室レベルでしか行われてこなかった腐食反応にともなう微弱電流の測定による腐食診断法（電気化学ノイズ法⁵）を、プラントで稼働するモニタリングシステム上で利用することを可能にした。これにより、配管設備等のオンライン腐食モニタリングシステムが実現可能となり、リアルタイムの計測データに基づき、腐食損傷の可能性の高い設備箇所を特定し、事前防止措置を講じる設備管理手法の適用が可能になった。

図1には、腐食モニタリングによる運転改善とそれに基づく防食管理の例を示した。

【図1】腐食モニタリングによる運転改善とそれに基づく防食管理の例



出典：「リアルタイム腐食モニタリング技術を用いた新しい設備管理」,「検査技術」, 2004年4月, 東洋エンジニアリング株式会社 岩脇大仁、川内陽志生, 日本工業出版社発行, 7 12 頁 7 運転改善による腐食管理の例

【出典 / 参考資料】

「リアルタイム腐食モニタリング技術を用いた新しい設備管理」,「検査技術」, 2004年4月, 東洋エンジニアリング株式会社 岩脇大仁、川内陽志生, 日本工業出版社発行, 7 12 頁

⁵ 腐食した金属-溶液界面で発生する電流および電圧ノイズの変動を評価することで局部腐食の発生を検出する。

【技術分類】 1 - 4 - 2 用途 / 検査・診断 / 寿命・劣化診断

【技術名称】 1 - 4 - 2 - 3 ソフトセンサ技術による腐食診断技術

【技術内容】

石油・化学等のプラントは、反応槽、機器類、配管類等の多くの設備で構成され、これらの設備で腐食や劣化等の損傷が発生する。このような設備腐食の要因には、温度や圧力、流速などの運転条件因子、反応物質等の原材料濃度等の腐食成分因子、配管の構造や設備配置を因子とするものがある。

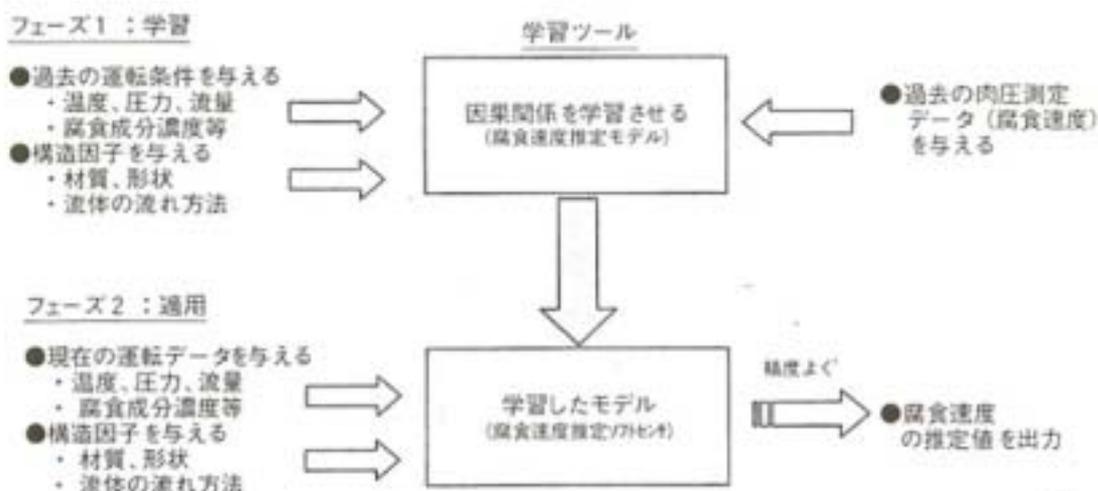
配管設備の場合、数万点に及ぶ管理ポイントが存在し、腐食速度に応じて、重要ポイントの検査が行われている。検査は、配管の余寿命や安全率を考慮して検査周期を設定し実行されている。余寿命の予測技術の高精度化がなされれば、これらの検査周期を延長できるとともに、検査ポイントの絞込みが可能となり、検査費用が低減できる。

こうしたことを目的に、設備管理システムを高度化し、設備構造データの管理を行うとともに、運転データ、腐食成分データ等をデータベース化して、設備管理基準に基づく異常対応や検査計画を作成するための診断技術の開発が進められている。

図1に示す図は、各種因子を総合的に判断し、腐食速度や設備の余寿命を予測する学習システムに関するものである。配管設備等の腐食メカニズムは複雑であり、因子間の相互干渉も強いため、化学工学理論や統計手法によるモデル化によって高精度な予測を行うことができない。そこで、腐食箇所について各種センサデータを収集し、ニューラルネットワーク⁶などの複数の学習モデルを活用してセンサデータを評価し、総合的に予測値を見積もる手法が検討されている。

図2には、ソフトセンサ機能を活用した腐食管理システムの構成例を示す。

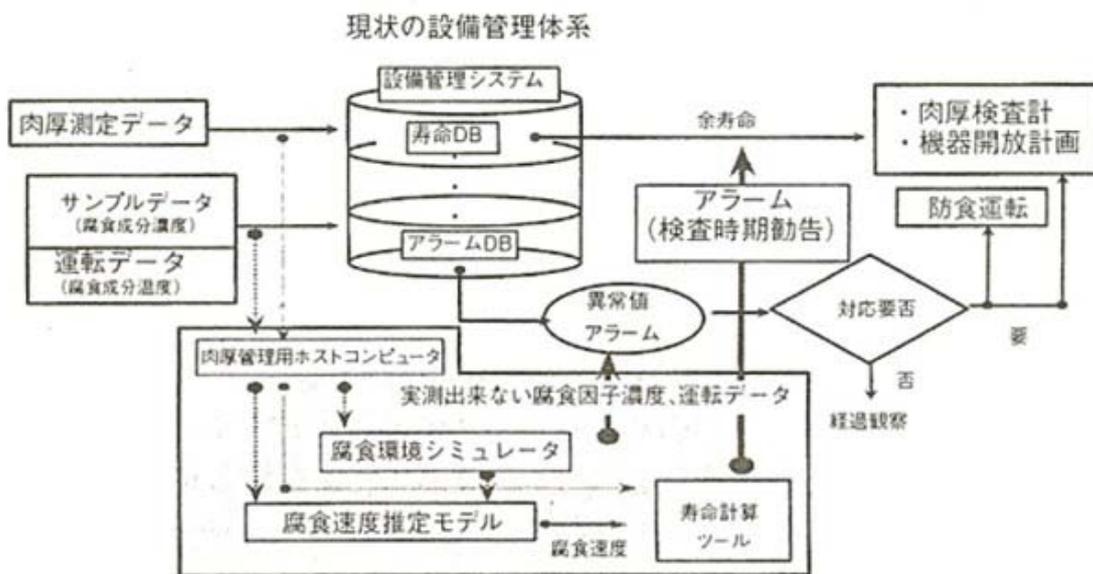
【図1】 学習ツールによるソフトセンサの開発



出典：「石油精製プラントの設備管理と診断のためのソフトセンサ技術の開発」,「オートメーション Vol.46 No.11」, 2001年11月, 株式会社ジャパンエナジー 白川義之著, 日刊工業新聞社発行, 59 65頁 3 学習ツールによるソフトセンサの開発

⁶ 人間の脳の働きを真似たネットワーク構造を利用した計算手法。入力値に対する出力値の推定モデルを与える。

【図2】ソフトセンサ機能を活用した腐食管理システムの構成例



出典：「石油精製プラントの設備管理と診断のためのソフトセンサ技術の開発」,「オートメーション Vol.46 No.11」, 2001年11月, 株式会社ジャパンエナジー 白川義之著, 日刊工業新聞社発行, 59 65頁 9 プロトタイプ構築

【出典 / 参考資料】

「石油精製プラントの設備管理と診断のためのソフトセンサ技術の開発」,「オートメーション Vol.46 No.11」, 2001年11月, 株式会社ジャパンエナジー 白川義之著, 日刊工業新聞社発行, 59 65頁

【技術分類】 1 - 4 - 2 用途 / 検査・診断 / 寿命・劣化診断

【技術名称】 1 - 4 - 2 - 4 老朽化進行期のメンテナンス技術

【技術内容】

老朽化が進んだ設備において、従来通りの定期保全だけでは、設備全体のライフサイクル・コスト（LCC）⁷を最小とする保守・更新の判断は難しい。そこで、図 1 に示すような保全体系を構築し、LCC の最小化を図ることが行われている。

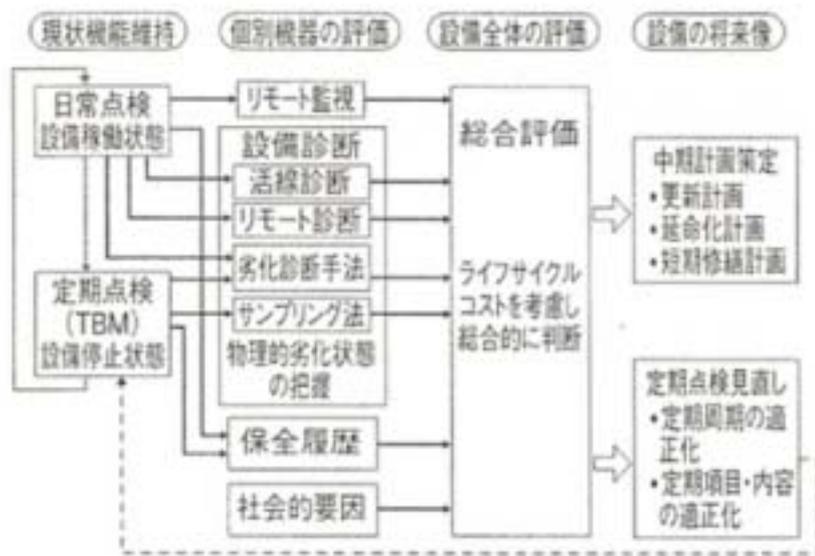
LCC の最小化のためには、設備機器の劣化状況を評価することが必要である。設備機器の劣化状態の評価には、各種診断技術が活用されている。

劣化状態の診断技術には、運用状態で生じる異常兆候を見つけ出す活線診断技術⁸、現場に設置した各種センサのデータを遠地で解析するリモート診断技術、機器レベルから部品レベルまでの現場設備をサンプル試料として持ち帰り、劣化評価を行うサンプリング診断技術などがある。運用状態での劣化評価は一次診断、停止状態での劣化評価は二次診断と呼ばれ、一次・二次の診断において上述の診断技術が使われている。

設備機器の劣化状態を診断したのち、保守・更新計画を立案する。その際、機器を個別の劣化評価に即して保守・更新するのではなく、システム全体を俯瞰し、LCC を最小とする保守・更新の計画を立てる。個別機器の物理的な寿命に余裕があれば更新を先延ばしにするのではなく、周辺機器との関係、また古い技術や部品に依存していれば、それらの確保の容易性、などを考慮して大胆に更新時期を決定することが LCC の最小化を図る上で重要となる。

図 2 にこの評価体系の概念図を示す。

【図 1】老朽化進行期の保全体系



出典：「新技術を活用したメンテナンス」,「明電時報 Vol.289 No.2」, 2003年3月, 安藤敏彦、八代宏、猪山正治著, 株式会社明電舎発行, 56 61頁 1 老朽化新後期の保全体系

⁷ 建築コストだけでなく、維持管理や改修・廃棄に必要なコストも含めた構造物のコスト。

⁸ 停電させることなく機器の劣化状況などを診断する技術。

【図2】診断・評価フロー



出典：「新技術を活用したメンテナンス」,「明電時報 Vol.289 No.2」, 2003年3月, 安藤敏彦/八代宏、猪山正治著, 株式会社明電舎発行, 56 61頁 7 診断評価フロー

【出典 / 参考資料】

「新技術を活用したメンテナンス」,「明電時報 Vol.289 No.2」, 2003年3月, 安藤敏彦/八代宏、猪山正治著, 株式会社明電舎発行, 56 61頁 7 診断評価フロー

【技術分類】 1 - 4 - 2 要素・基盤技術 / 検査・診断 / 自動診断・処理

【技術名称】 1 - 4 - 2 - 5 回転機器のオンライン診断技術

【技術内容】

プラント設備において、重要回転機器の故障による生産システムの停止は大きな損失をもたらすため、異常の早期発見、健全性のチェック、突発事故の回避、異常発生時の迅速な復旧を目的として、機器状態の日常的な管理による異常兆候の早期発見が保守作業員の重要な任務となっている。

しかしながら、保守作業員の高齢化、人員数の削減等により、従来のように現場での人間の目による保守検査・診断が十分に機能しなくなり、現場保守作業に加えて、オンラインでの検査・診断技術による補完が必要になってきている。

回転機器の故障原因として、「構成部品のアンバランスによるもの」、「軸受の歪みや損傷によるもの」、「歯車が不具合によるもの」、「ネジ等の緩みによるもの」などがあげられているが、いずれも回転時の振動を計測することで、異常兆候が発見できるものが中心である。このため、回転機器の異常診断技術として、加速度センサ等の振動計を機器に設置し、データの収集を行う技術が開発されてきた。

一方、これらの振動データの分析により、異常兆候を早期に発見をするだけでなく、異常個所の特定、さらには、故障要因の傾向管理と、危険レベルに達するまでの予測といった技術の開発が行われている。

図1は、回転機器のオンライン診断のプロセスと構成原理を示したものである。以下に示すような手順で回転機器のオンライン診断が行われる。

- ・振動計から収集された振動データから振幅、周波数を算出し、異常兆候の有無を判断する
- ・簡易診断の結果、振幅、周波数がある閾値を超えるようなことがあれば、異常状態であると判定し、管理センタに警告情報を伝える
- ・異常状態が発覚した振動データに関して、波形・周波数分析等の精密診断を行い、異常原因を特定する
- ・異常個所の劣化具合を判定して、システム効率の低下、停止に至らないための必要な処置を検討する
- ・異常個所の傾向管理を行い、危険レベルに達するまでの時間を予測し、システム改善の対応策や実施スケジュールを検討する