

## ここまで進化した回転機械の振動診断技術②

## 回転機械モニタリングシステム

測定箇所数、機械の運転特性やモニタリングの目的に合せた選択が可能

(株)ティエルバイ 八木 聡

はじめに：

## 回転機モニタリングシステムへのニーズ

プラントの老朽化と設備運転の連続化、メンテナンス周期の長期化を背景として信頼性と安全の確保への要求は益々高まっている。プラントに数多く設置されている回転機では、これまでベテランのオペレーター、保全員の方々によって異常をいち早く発見し、事故を未然に防ぐことができていた。しかし現在は振動をベースとした数字に基づく設備監視へと取り組みがシフトしている。

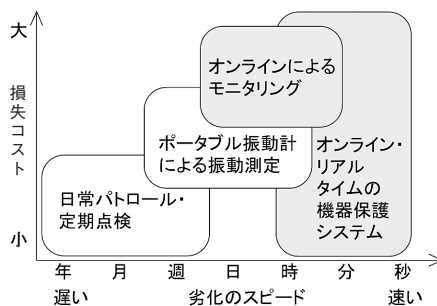
このようなトレンドのなかで次のような多様化したニーズの存在が明らかになってきた。

- ① オフライン（携帯型振動計）からオンラインへ
- ② 大規模オンラインシステムから小規模分散型あるいは将来の拡張ニーズへの対応
- ③ 設備の運転特性にフィットした複数種類の最適モニタリングシステム構成
- ④ トレンド管理ではなく、PLC/DCSと連動したリアルタイムの異常検出システム
- ⑤ 精密診断の支援システム

## 適切なモニタリングツールの選択

そしてこれらのニーズに応えるためにオンラ

インモニタリングシステムが開発されてきたのだが、これらの製品を紹介する前に適切なコンディションモニタリングツール選択の考え方を第1図にまとめてみた。



第1図 最適なコンディションモニタリングツールの選択

コンディションモニタリングの対象となる設備に故障が発生したときに被る生産機会損失、あるいは修理コストなどの損失コストの大きさを縦軸に、そして故障に至るまでの劣化のスピードを横軸にして、モニタリング手段を配置した。

部品の劣化が緩やかで故障にいたるまでの時間が年の単位で、しかも損失コストが低いケースでは日常パトロールや定期点検で対応する。劣化スピードが数ヶ月から数週間単位の設備ではポータブルの振動計やオンラインによるモニタリングを選択する。オンラインは大きな投資

## オンラインモニタリング製品シリーズ

が必要なので重要度の高い設備、損傷発生から致命的なダメージに発展するまでのスピードが速い設備が対象となる。そして極めて短時間で故障停止に至ってしまう設備にはオンラインでリアルタイムの監視が求められる。

オンラインシステムと聞くと、リアルタイムで監視していると思われるかもしれないが、実はリアルタイムではない。多くの測定ポイントもつシステムではコントロールユニットが測定ポイントを順番に切り替えて情報を得ているので、一巡するのに数十分の時間を要することもある。同じ測定ポイント数を振動計で測る事に比べれば、はるかに早い測定周期であるがリアルタイムではないのだ。

したがって大規模なオンラインシステムでは、急激な劣化がすすむ設備には適しておらず、測定周期が短い小規模オンラインシステム、あるいはアナログ信号を出力するセンサを設置し、リアルタイムで監視すべきであろう。

コンディションモニタリングにおいて測定周期をどのくらいにすべきかとよく質問を受ける。

基本的には測定周期は短いほどよく、オンラインでリアルタイムが望ましい。しかし現実には設備の劣化スピードと損失コスト、コストパフォーマンスから決定してゆく。

オンラインコンディションモニタリングを採用する場合は、対象設備にどのような特徴があるかを考える必要がある。そしてこの情報から最適な手段を選択する。たとえば、

- 対象設備はいくつあるか？ 分散しているか？
- 過去、どの箇所でどんな故障を起こしたか？
- 回転数、速さ、負荷が変化するか？
- 複雑な機構を持っているか？
- 故障や異常の兆候が現れるのは振動だけか？
- 劣化のスピードは穏やかか、急激か？







第1表はニーズに基づき開発されたオンラインモニタリング製品シリーズで、以下にそれぞれの特徴を紹介する。

(1) 小規模リアルタイムモニタリング：

VIBROTECTOR (バイプロテクター) /  
VIBREX (バイブレックス)

- 劣化スピードが急激で、リアルタイム監視が必要
- 機械の振動信号をDCSに取り込みモニターしたい
- 異常な振動が検出されれば直ちに警報を出

第1表 オンラインモニタリング製品シリーズ

分類	リアルタイム監視		トレンド管理/精密診断			
	(1) 小規模リアルタイム		(2) 小規模オンライン	(3) 大規模オンライン	(4) 高速測定オンライン	
製品名	VIBROTECTOR バイプロテクター	VIBREX バイブレックス	VIBNODE ビブノード	Signalmaster シグナルマスター	VIBROWEB バイブロウェブ	VIBROWEB XP バイブロウェブ XP
外観						
適用設備	ポンプ、モーター、ファンなど安定した運転条件の設備				回転数、負荷が変動する設備	
最大測定点数	1	2	6または12	162 (9×中継機数で拡張)	32	13
測定・速さ	リアルタイム		1ch		2ch同期・高速	
距離	10m	3m	50m	800m	50m	
管理ソフト	-		オムニトレンド			

し、設備を停止させたい

- モニタリングしたいのは1～2ヶ所だけだが近づけない

- コストをかけずにモニタリングをしたい

このようなニーズにはバイプロテクターとバイブックスが最適である。

バイプロテクターは振動トランスミッターで振動速度の大きさに応じて4～20mADCを出力するのでシステムに組込むことが容易である。

バイブックスは振動センサと測定値評価ユニット、ケーブルがパッケージになっている。振動速度、加速度、転がり軸受診断用ショックパルス計測を組合せることができる。振動センサは最大2個、モジュールも最大2種類の組み合わせが可能でしきい値は自由に設定できる。4～20mADCのアナログ信号出力と警報出力用のリレーを内蔵している。電源供給さえすれば、直ちにモニターを開始することができる。

いずれも電源供給とケーブルの設置だけの極めて低コストのシステムである。

(2) 小規模オンラインシステム：

VIBNODE (ビブノード)

- モニタリング箇所が少なく、エリアが狭い  
このような場合はビブノードが適している。

システムはコントロールユニットとケーブルで接続される6個あるいは12個の振動センサ、イーサネットにつながっている監視用PCから構成されている。

コントロールユニットから最大半径50mのエリアをカバーし、振動のトレンド管理と周波数分析ができる。またブラウザでダイレクトに振動値やFFT測定をさせオンライン解析が可能。高速測定はできないのでポンプ、モーターやファンなどのモニタリングに適する。

(3) 大規模オンラインシステム：

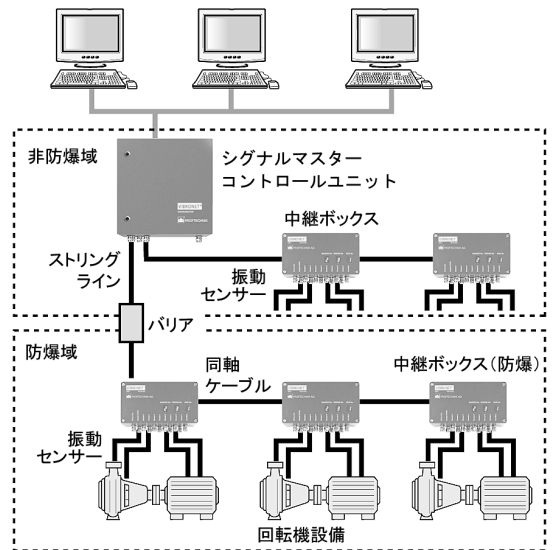
Signalmaster (シグナルマスター)

- モニターする設備台数が多い
- 広いモニタリング範囲
- 対象設備を徐々に拡大したい

- 防爆仕様が必要

この場合に最適なのがシグナルマスターである。システムはコントロールユニットとイーサネットにつながっている監視用PC、振動センサと9個のセンサを接続できる中継ボックス(マルチプレクサ)から構成される。最大の特長は、配線が全て同軸ケーブルであること。これによって計装工事コストを2/3に削減できる。そしてストリングラインを延長し中継ボックスとセンサを追加することで最大162測定ポイント、半径800mのエリアに拡大できる。ポンプ、モーター、ファン、抄紙機、歯車装置などの設備が対象である。

海外の防爆認定を得ており、センサ、中継ボックスは防爆仕様のものを使用するが、第2図のようにバリアはストリングラインにひとつを設置するだけでよく、振動センサ毎に設置の必要がないのでコストを抑えることができる。



第2図 シグナルマスター構成図(防爆対応)

(4) 高速測定オンラインシステム：

VIBROWEB (バイブロウェブ) /  
VIBROWEB XP (バイブロウェブXP)

- 急激な回転数変化を起こす設備がある  
この場合に最適なのがバイブロウェブ、バイ

ブラウザXPである。回転数と振動を同期測定でき、測定周期が2分と高速のため、パイプロウエブXPは風速や風向が急激に変化する風力発電設備のモニタリングシステムとして海外で広く採用されている。

システムは振動センサとコントロールユニット、イーサネット接続される監視用PCで構成され、最大半径50mのエリアをカバーできる。機種間の最大の違いは最大測定点数でパイプロウエブ32点、パイプロウエブXP 13点である。またパイプロウエブはICP、PT100、ひずみゲージなどのセンサをプラグインカードで接続できる。押し機、風力発電設備やコンプレッサ、ポンプ、モーター、ファン、抄紙機などに適用できる。

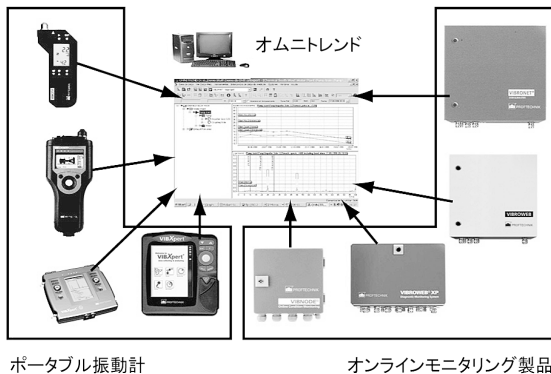
## 管理のためのソフトウェア： オムニトレンド

測定されたデータは監視用PCに集められ、振動の変化（トレンド）のグラフ化、異常箇所のピックアップと警報の出力、FFTデータから異常箇所、原因の分析などをおこなうのがオムニトレンドである。

このソフトには次の特長がある。

### (1) 振動データの一元管理

このソフトの最大の利点は、これまでできなかったポータブル振動計、オンライン製品のデ



ポータブル振動計

オンラインモニタリング製品

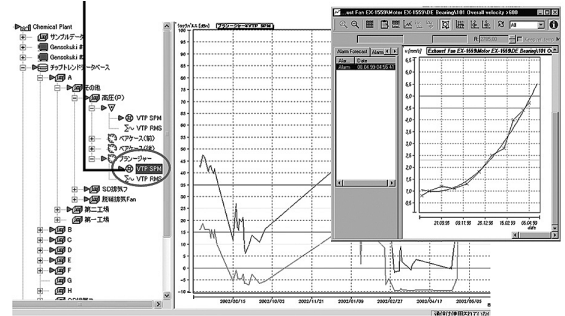
第3図 オムニトレンド 統合管理ソフト

ータを全て一元管理できることである（第3図）。  
こうすることでコンディションモニタリングをしている全ての設備の状態を1台のPCで把握することができる。

### (2) 異常箇所の表示、トレンドグラフ表示、寿命予測（第4図）

異常値が測定された場所と測定モードには△マークが表示され確認が簡単である。またその項目をクリックするだけで自動的にスケール調整されたグラフが現れ、トレンドの確認と寿命予測ができる。

異常値サイン:▶の項目をクリックすると表示



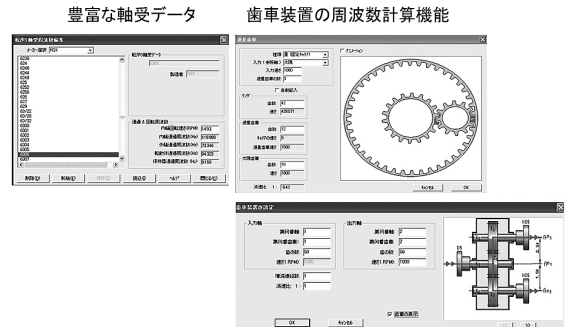
第4図 警報表示、トレンドグラフ、寿命予測

### (3) 精密診断データの自動追加測定

異常が検出されると原因追究に必要な時間波形、周波数データなどが自動的に実施されるプログラミングが可能である。

### (4) 豊富な軸受データベースと歯車特定周波数計算機能（第5図）

周波数データを分析するには軸受や歯車部品

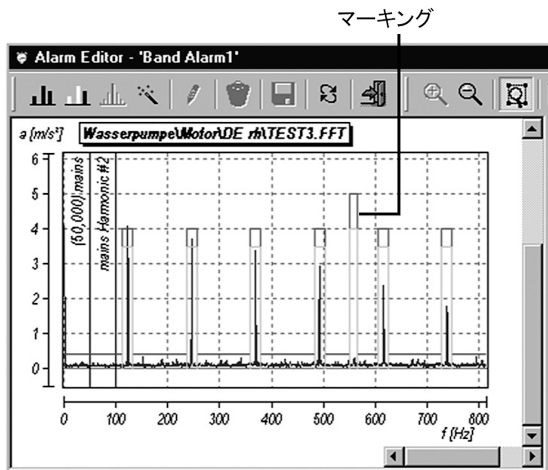


第5図 分析のサポート

の振動周波数情報が不可欠である。膨大な軸受のデータベースと歯車の特定周波数計算する機能が管理者を強力にサポートする。

(5) 周波数マーカ機能 (第6図)

アンバランスや軸受、歯車に損傷が発生した時、発生した箇所の固有周波数域にマーキングし、原因特定を容易にする。



第6図 周波数マーカ

(6) 測定データのリラクシオン機能

正常域内で測定値に変化がない場合、その記録を残さず、無駄なメモリの増加を抑制することが可能である。

## オンラインシステム導入の事例

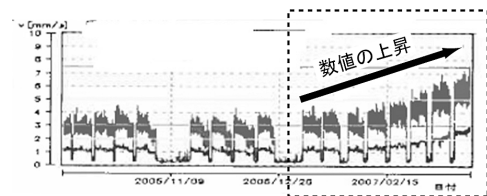
ここで大規模拡張型のオンラインシステムを導入された事例を紹介したい。

A社は2005年にシグナルマスターシステムを減速機設備に導入設置された。それまでポータブルの振動計で設備管理を実施されていたが測定周期を1ヶ月より短くすることが困難で減速機に発生した異常を初期の段階で検出することが難しかった。このため損傷ダメージが進行し、交換部品の調達にも時間を要していた。その設備停止による生産機会損失は2千万と見積もら

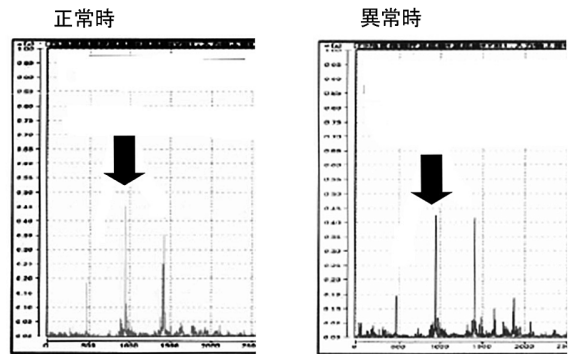
れた。

そこでオンラインシステムの導入が決定されたが、4基全てに設置せず1基で実施された。初期投資金額を約450万に抑え、効果を確認してから対象を広げてゆく計画であった。

稼動開始から7ヶ月後、トレンドグラフに測定値が上昇する変化が認められた(第7図)。また正常時と比べ周波数データには矢印の箇所に明らかな数値の上昇があり、それは入力側歯車の噛合い周波数であると判明した(第8図)。



第7図 トレンドグラフ



第8図 周波数解析

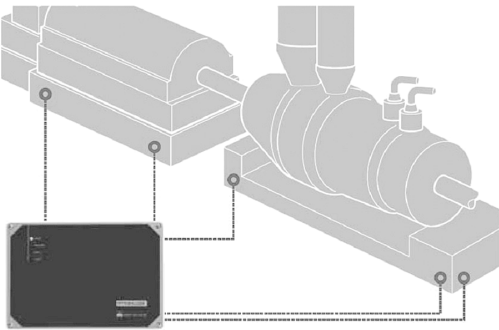
この結果から開放点検を実施し、歯車に亀裂のあることを確認した。この部分を去除き運転を再開することができた。この成果を踏まえ、次年度には残りの3基に対し、2台の中継ボックスと9個の振動センサが追加設置され、その費用は約300万であった。このシステムはこの後も3件の早期異常を発見する活躍を続けている。

## 新しいモニタリング技術： 基礎沈下モニタリング

最後に新しいモニタリング技術を簡単に紹介したい。

チューブ中の水レベルによって構造物の二点の高さの差を調べる方法がある。

この原理を使ってHYDRAGN（ハイドライン）は基礎や構造物の沈下を測定点に設置したセンサ容器内の液体のレベル変化を圧力センサで精密にモニターする（第9図）。



第9図 ハイドラインシステム

例えば埋立地のプラントに設置された大型回転機の異常振動原因が基礎の沈下によるアライメント変化ではないかと疑われたとする。アライメント変化はレーザによるモニタリング技術

が既に確立しているが、このアライメント悪化が冷間時の芯出し精度か、あるいは基礎の沈下が原因かは、基礎の高さの変化を実際にモニターするしかない。これまでであればベンチマークと基礎の高さをスポットで測るしかなかったが、このシステムは連続してモニターすることが可能なのである（第10図）。海外では風力発電設備のタワーや印刷機の基礎のモニターが実施されている実績がある。

## おわりに

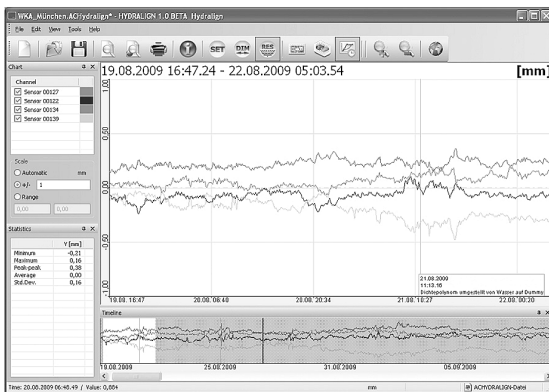
プラントの安全、安定運転のためのコンディションモニタリングの重要性は益々高まっているが、マンパワーによってこのタスクを達成するには人的リソースと世代交代による経験の不足は補えない状況にある。

本稿で紹介した回転機械のオンラインシステムは測定の手を要せず、安全、安定運転の促進に大きく寄与するものと確信している。また、今後も回転機のメンテナンスに関する課題を抱えておられる皆様のニーズに広く応えていく所存である。

<問い合わせ先>

(株)テイエルブイ 技術110番

TEL：079-422-8833



第10図 モニター結果

## 【筆者紹介】

八木 聡

(株)テイエルブイ 顧問

〒675-8511 兵庫県加古川市野口町長砂881