

NTN のサービス・ソリューション事業の取り組み Efforts for Service & Solution Business in NTN



紅林 博行* Hiroyuki KUREBAYASHI

転がり軸受は人間の活動を支える様々な設備に組み込まれる機械要素部品である。機械部品の不具合による設備の停止は利益の逸失となり、不具合の未然防止のために軸受周辺の温度や振動のモニタリングが重要である。NTN では軸受とセンシング機能を融合させたセンサ付軸受を開発するとともに、軸受の状態監視サービスの提供にも取り組んでいる。センシングした情報から、お客様の困りごとと解決に有益なサービスとソリューションを提供していく。

Rolling bearings are fundamental mechanical parts working in various equipment that support our life activities. The failures on mechanical parts in the industrial equipment cause a stop of the equipment and induce a considerable amount of profit loss. It is important to monitor the condition of temperature or vibration around the bearings, in order to prevent the unexpected stop of the equipment. NTN develops bearings with sensing functions and provides condition monitoring service of the bearings. We are willing to provide the service & solution, which is valuable to solve the customer's problems by using the sensing data.

1. はじめに

現代社会の豊かな生活は回転機構を持つ機械設備に支えられている。自動車や鉄道などの輸送機械、空調設備や家電機器、それらを製造する機械設備の多くは回転機構を備えている。これら回転機構における主要な部品の一つとして転がり軸受（以下、軸受）があり、回転軸を支持してなめらかに回転し、長期間安定動作することが求められる。軸受の性能向上が継続して進められているが、それでも機械設備の故障の30%が軸受に起因すると言われている¹⁾。

生産現場においては、機械部品の不具合による設備の停止は利益の逸失となるため、不具合の未然防止を目的とした軸受周辺の温度や振動のセンシングによる状態監視が重要である。また、自動車分野においても、自動運転の普及により所有から共有へとインフラ化が進むため、軸受の状態監視が必須になっていくと考えられる。

以上のように、軸受自体の技術開発（モノの提供）だけでなく、軸受をできるだけ長期間安定して使用方法の開発（コトの提供）も求められている。これに対し NTN では軸受技術を中心にモノとコトを合わせたソリューションを提案し、以下のような商品とサービスを提供している。

- ・センシング機能と軸受をユニット化した高機能商品（モノ）
- ・軸受の状態診断、適切な使用方法、交換時期等の情報をユーザに提供するサービス（コト）

ここでは、NTN が取り組むサービス・ソリューション事業について、その概要を紹介するとともに、今後の展望を

述べる。技術内容の詳細や対象商品については、個別の記事でも紹介されており、一部内容が重複することをご了承いただきたい。

2. 軸受周辺でのセンシング

NTN では、以下に示すニーズへの対応を目的に、軸受とセンシング機能を融合させたセンサ付軸受を開発している。

①軸受の多機能ユニット化

②機械設備・部品の信頼性向上と保全への対応

①は、モータやポンプなどの比較的小型の装置におけるニーズである。軸受にセンシング機能を組み込むことにより、省スペース化、組立て工数の削減、等の効果を提供するものである。軸受周辺のセンシング対象は回転速度、回転角度、荷重などであり、機器の運転制御などに使用される。

②は、長期連続稼働や安定運転が要求される大型設備などにおけるニーズである。軸受に組み込まれたセンサにより軸受の動作状態をセンシングし、損傷の有無など軸受の状態診断に関する情報を提供する。予期せぬトラブルを防止し、故障による停止時間を最小化することが目的である。軸受の状態を診断するには、温度、振動（音）、潤滑状態（油膜形成状態、グリース劣化状態、コンタミ混入状況）などのセンシングが必要となる。

生産設備やインフラ関連設備の突発停止は、事業者や社会に大きな影響を与える。そのため、「究極は壊れない軸受が欲しいのだが、せめて適切な交換時期を知りたい」といっ

* 産業機械事業本部 副本部長

た要望が強い。NTN では故障の予知・検知を高い精度で実現する技術サービスを提供し、お客様の設備のトラブル防止や運用保全作業に役立ててもらおうことを目指している。

3. センサ付き軸受の実現例

3.1 回転センサ付軸受

回転センサ付軸受は、**図 1** に示したように磁気センサと磁気エンコーダを軸受に組み込んだ構造で、標準の深溝玉軸受の型番でラインナップ化している。磁気センサを使用しているため、一般的な光学式センサに比べて汚れに強く、かつ高温下でも使用できることが特長である。フォークリフトの駆動モータの制御や車輪のスリップ防止制御などに利用されている。

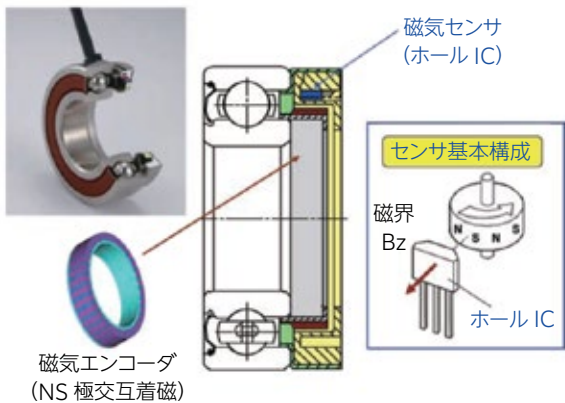


図 1 回転センサ付軸受²⁾

3.2 自動車用 車輪速センサ

自動車のホイール用軸受（ハブベアリング）には車輪速検知用の磁気センサが搭載され、ABS（アンチロックブレーキシステム）制御などに利用されている。ハブベアリングのシール部分にはゴム製の着磁リングが内蔵されており、車輪まわりの劣悪な環境でも長期間劣化しない高い耐久性を備えている。NTN では、通倍機能を備えた磁気センサを用いた高分解能回転センサ内蔵ハブベアリング²⁾も開発している（**図 2**）。

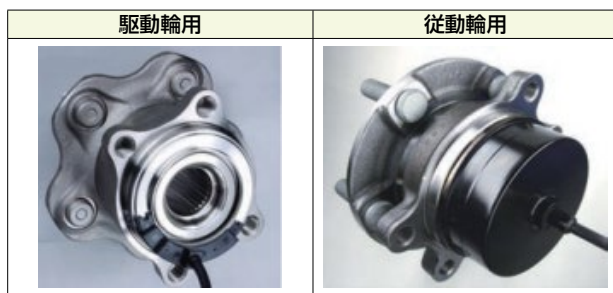


図 2 高分解能回転センサ内蔵ハブベアリング²⁾

車輪の回転信号には、タイヤの状態（空気圧など）や路面状況の影響が含まれる。高分解能な回転信号を分析すると、タイヤの状態や路面状況の違いをより高い精度で検知できる可能性もある。例えば、**図 3** に示したように、アスファルト路面に砂利が撒かれた部分を通過した時には、回転速度変動スペクトルが変化する²⁾。こうした高分解能信号を利用することで、車両制御のさらなる高度化が可能と考えられる。

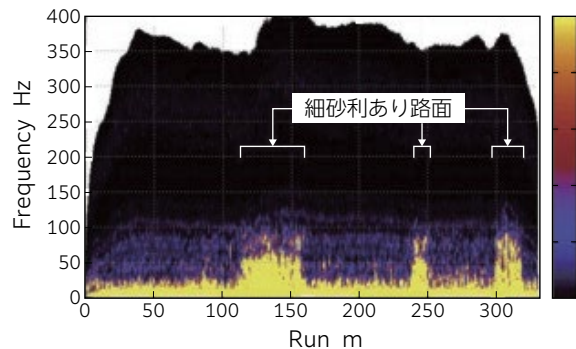


図 3 走行中の速度変動スペクトル変化²⁾

3.3 絶対角度センシング用の複列磁気リング

NTN では、**図 4** に示す複列磁気リング³⁾を開発し、絶対角度検出用の磁気センサと組み合わせて使用する検出ターゲットとして販売している。磁気センサの高度な通倍機能と複列磁気リングの高い磁気パターン精度により、1 回転（360 度）を 10 万分割以上の角度分解能で検出することが可能となる。磁気式のため光学式センサに比べ耐環境性能に優れ、コンパクトな構成で省スペース化に適するという特長があり、ロボット関節部や各種モータの制御用センサとして利用されている。



図 4 複列磁気リング：ラジアル着磁タイプ³⁾

3.4 工作機械主軸用センサ内蔵軸受ユニット

工作機械の主軸ユニットでは、高速、高剛性、高精度などの基本性能に加えて、状態監視やIoTへの対応が求められている。NTNでは、軸受に隣接する外輪間座に各種センサを内蔵し、軸受内部の状態監視を実現するとともに、荷重検出機能、ワイヤレス通信機能を加えた工作機械主軸用「センサ内蔵軸受ユニット」(図5)を開発した⁴⁾。振動や温度のセンシング情報から潤滑状態の悪化や損傷の兆候を検知して不具合の発生を防止する、あるいは加工力や軸受の予圧量などをモニタリングして加工条件の調整に利用することを提案している。

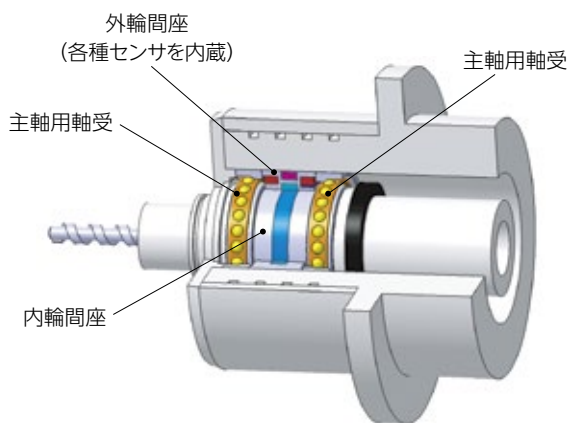


図5 工作機械主軸用「センサ内蔵軸受ユニット」⁴⁾

3.5 シャベる軸受®

NTNではセンシング機能を内蔵する軸受の究極の姿として「シャベる軸受®」(図6)を開発した⁵⁾。標準型番の軸受と同じ外形寸法でありながら、その内部には振動、温度、回転センサと発電機、信号処理回路、無線通信ユニットが組み込まれている。軸受の回転によって発電し、センシングした結果を無線で送信するため、軸受は自ら「しゃべって」情報を伝えることができる。

現状では、電子回路や発電機を組み込むスペースが必要なため、実現可能な軸受のサイズが限定されるが、センサデバイスの小型化や省電力化を進め、より小径の軸受でも本コンセプトを今後実現していく。



図6 シャベる軸受®

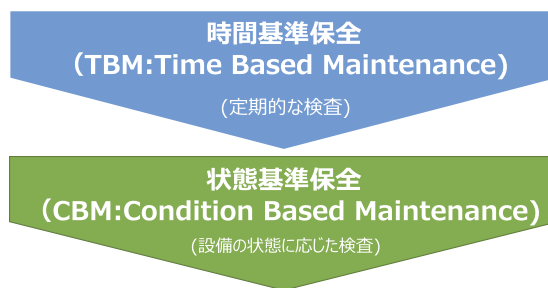
4. 状態監視サービスへの取り組み

4.1 状態監視の動向

近年、道路や建物などインフラ設備の維持管理や保守運用を対象としたアセットマネジメントの考え方が機械設備分野にも拡大し、機械の状態監視から部品の調達管理まで幅広く適用されてきている。設備のメンテナンス手法については、従来のTBM(時間基準保全、予防保全)からCBM(状態基準保全、予知保全)へのシフトが進んでいる(図7)。

このような状況下、運転中の軸受状態をモニタリングして不具合の兆候を検知し、トラブルが発生する前に対策する取り組みが注目されている。

省人化や生産性の向上、効率的な設備保全のニーズが高まる



IoTを活用して設備や稼働状況を監視
設備の不具合や故障をいち早く知り、計画的なメンテナンスを実施

図7 時間基準保全から状態基準保全へ

4.2 工場設備への状態監視システムの導入

大型の機械設備、連続運転するポンプや発電機などを長期間安定稼働させるためには、軸受の状態監視と診断技術、および状態に応じた適切な保守作業が欠かせない。特に、大規模設備や重要な生産ラインにおいては、包括的な状態監視システムが導入されるとともに、定期点検や日常の保守作業が継続実施され運用保守の記録も紐づけられている。このように、大型設備に関するトラブルを未然防止するため、工場全体での状態監視・運用管理体制が各社で構築されている。

それに対して、小規模な設備では、装置ごとに個別の運用管理が実施されていることが多い。工場内には部分最適化されたシステムが混在しているため、状態監視機器を導入しても、統一したシステムに接続して運用するのが難しいという問題がある。

このような問題を解消するためにIoTプラットフォームが提案されている。各設備にIoTプラットフォームを導入して、その上で計測ソフトなどのアプリケーションを動かすと、設備間でのデータのやり取りや、蓄積されたデータの一元管理・相互利用が容易になる。

NTNではIoTプラットフォームであるEdgecross⁶⁾上で動作する軸受診断アプリケーション(図8)を開発し、

インターネット接続が不要で、細かな設定も不要な状態監視ツールとして提供している⁷⁾。詳細については解説記事を参照されたい。

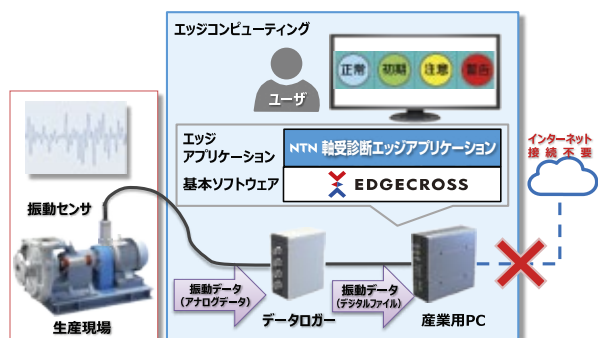


図 8 軸受診断アプリケーション

4.3 ポータブル異常検知装置

TBM が実施されている現場などで、作業員が巡回監視で設備を定期的に定点観測する場合には、持ち運びやすい計測器で、簡単にデータを記録できることが求められる。この用途には、図 9 に示す NTN ポータブル異常検知装置⁸⁾ が有用である。

作業員の携帯端末と接続して設備の振動を計測して記録し、あらかじめ設定した判定基準により状態を判定、あるいは状態トレンドの分析ができる。観測データの精密分析が必要な場合には、周波数分析機能を利用して、カップリングの損傷や軸受の損傷などの診断を実施できる。



図 9 NTN ポータブル異常検知装置

4.4 大型風力発電装置での状態監視動向

図 10 に示すような大型風力発電装置は、機械設備が地上 60 メートル以上の高さであり、その多くが沿岸部や山岳地帯などアクセスが悪い場所で稼働している。天候による作業制限もあるため、設備の状態把握や保守作業は容易ではない。そのため、状態監視システム (CMS: Condition Monitoring System) による遠隔モニタリングが必要とされ、日本国内でも普及が進んでいる。

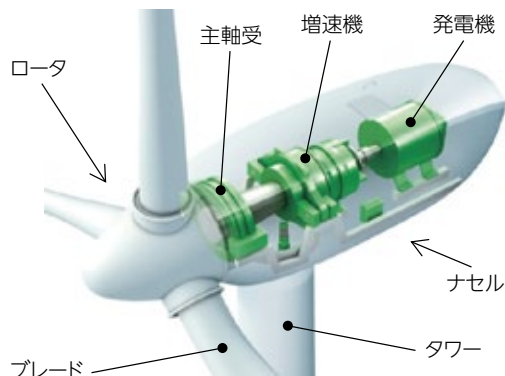


図 10 大型風力発電装置の構造

さらに、日本国内では、2030 年までに 10 GW、2040 年には 30 ~ 45 GW の洋上風力発電規模の案件形成を目標として、大型風力発電装置の大規模な導入計画が進められている。発電コストの低減も技術課題として挙げられており、着床式洋上風力発電で 8 ~ 9 円/kWh の達成目標が示されている。これを実現するために、風車の生涯コストの 36 % を占める O&M (運用管理と保守) コストの低減が重要視されている (図 11)。

洋上風力発電の低コスト化プロジェクト (全体像)

- 今後急拡大が見込まれるアジアの市場を獲得するためには、これまでの浮体の開発・実証成果も踏まえながら、風車の大型化に対応して設備利用率を向上し、コストを低減させることが不可欠。
- そのため、
 - ① 台風、落雷等の気象条件やうねり等の海象条件等のアジア市場に適合し、また日本の強みを活かせる要素技術の開発を進めつつ (フェーズ 1)、
 - ② こうした要素技術も活用しつつシステム全体として関連技術を統合した実証を行う (フェーズ 2)。

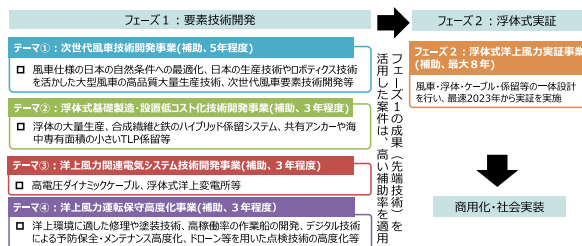


図 11 洋上風力発電の低コスト化 (出典：経済産業省資料⁹⁾ より引用)

4.5 風力発電装置用状態監視システム Wind Doctor[®]

NTN は、2012 年から風力発電装置用 CMS (Wind Doctor[®]) を販売し、現在、国内風車の約 300 基で運用中である^{10) 11)}。Wind Doctor[®]では、図 12 に示すモニタリングサービスを提供している。風力発電装置に設置したセンサで、振動などのデータを定期的にリモートで収集・蓄積して監視し、異常や変化点を検出した場合には、お客様へ直ちに情報を発信する。モニタリングサービスを利用しているお客様は、得られた情報を風力発電設備の運用管理と保守作業に活用されている。

前述のように、アクセスが陸上よりも困難な洋上風力発電装置においては、軸受などの基幹部品をリモートで状態監視する重要性が高くなる。さらに、世界最強レベルと言

