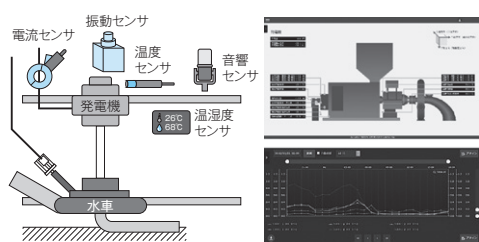


# 回転機の動作状態を計測する センシングシステムの開発

武田秀一 Hidekazu Takeda

キーワード センサ、センシングシステム、見える化、常時モニタリング、異常予兆

## 概要



回転機センシングシステムの概要

回転機などのインフラ設備は、故障停止によるダウンタイムを削減するために、異常予兆を早期に捉え対処することが重要となる。

そこで当社は、既設の設備に外部からセンサを取り付けて、その設備の状態を常時把握できるセンシングシステムを開発した。本センシングシステムは、遠隔操作ができることやインフラ設備の改造が不要で簡単に取り付けられるといった特長を持つ。

さらに、本センシングシステムを取り入れたIoT (Internet of Things) システムは、インフラ設備の余寿命推定や設備更新計画の立案など、お客様への設備更新の提案に活用できる。

現在、社内工場設備やお客様設備の様々なフィールドで実証を進めている。

## 1 まえがき

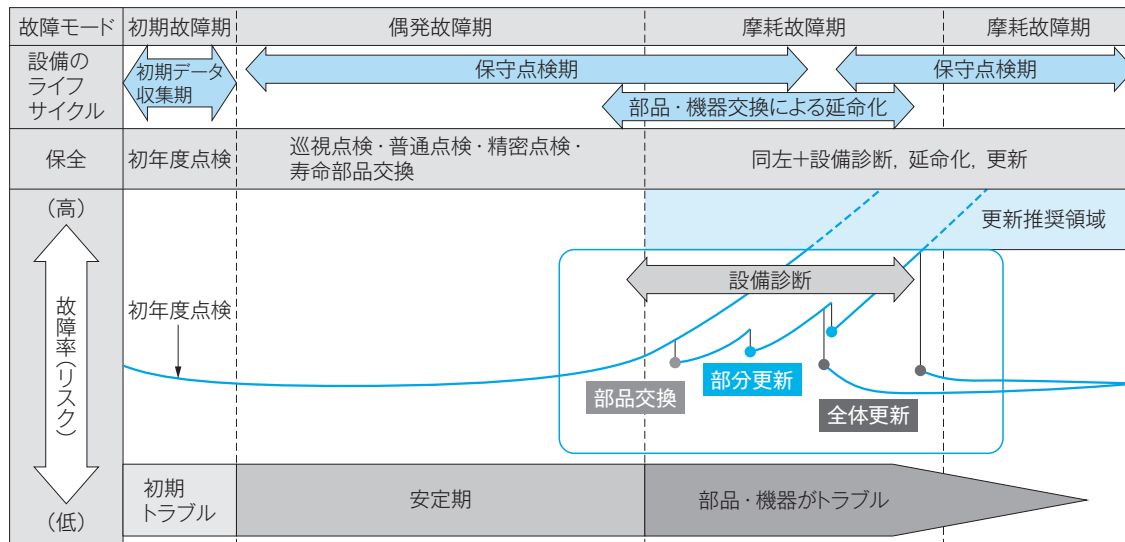
回転機はインフラ設備の動力源や発電機として用いられ、一般に20年以上の長期間にわたって使用される。これらの設備は、予期せず故障した際に生じる社会的影響が甚大なため、回転機の故障前に予兆を検出することが重要である。従来から定期的に点検作業を実施して設備状態を調査しているが、近年では、設備の状態を常時モニタリングして取り替え基準に達した設備の部品を交換する予防保全への関心が高まっている。

当社は、既設の回転機に対する予防保全を目的として、回転機の状態を把握するために各種センサを設置し、これらのセンサデータを継続的に収集するシステムを開発した。本稿では、このセンシングシステムを紹介する。

## 2 インフラ設備の課題

長期間使用され、かつ故障停止による影響が大きいインフラ設備は、適切な保守・点検を行うことが重要になる。第1図に電気設備の故障率のモデルを示す。設備の利用が長期間にわたり、安定期を過ぎると部品や素材の摩耗・故障による設備トラブルが発生しやすくなる。この時期に設備診断を行い、適切な修理・部品交換を実施することで、設備をより長く安定して使用できる。しかし、設備保守には以下の3つの課題がある。

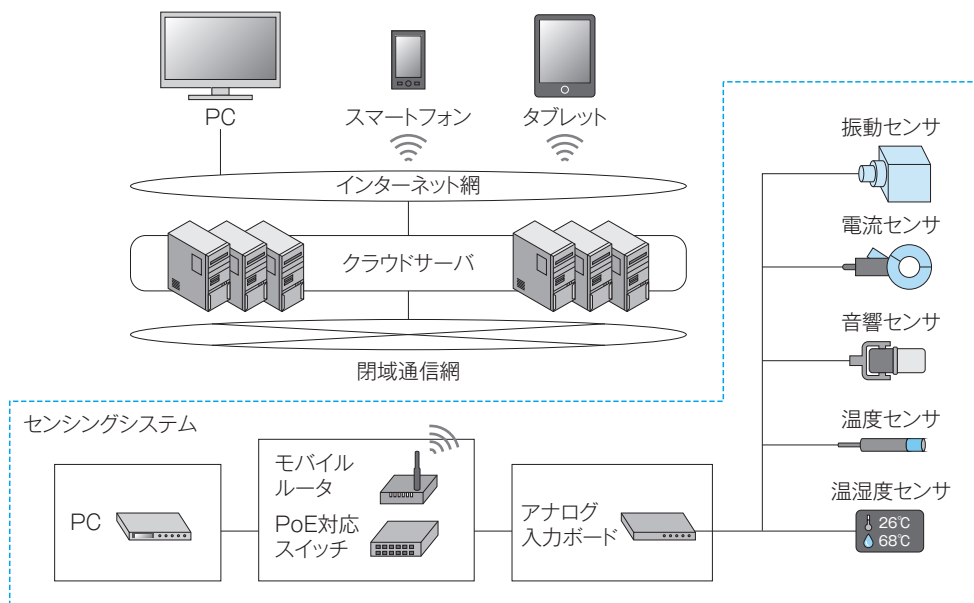
- (1) 常時状態把握が困難 通常の定期点検は、1か月～1年に1回程度の間隔で行う。そのため、点検と点検の間で設備に異常が生じた場合、次の点検時には既に設備の異常が進行している可能性がある。
- (2) 突発故障時の人員確保が困難 設備が突発的に故障した場合、作業人員を確保できず、故障した



出典：(一社)日本電機工業会：「あなたの受変電設備の診断はお済みですか 設備診断と保守点検のおすすめ」を参照して作成

### 第1図 電気設備の故障率モデル

電気設備の故障率の時間的な変化を示す。更新推奨領域で、適切な部品交換や部分更新を行うことで、設備をより長く安定して使用できる。



### 第2図 センシングシステム構成例

各センサの出力をPCで解析し、モバイルルータを経由してその結果をクラウドへ送信する。

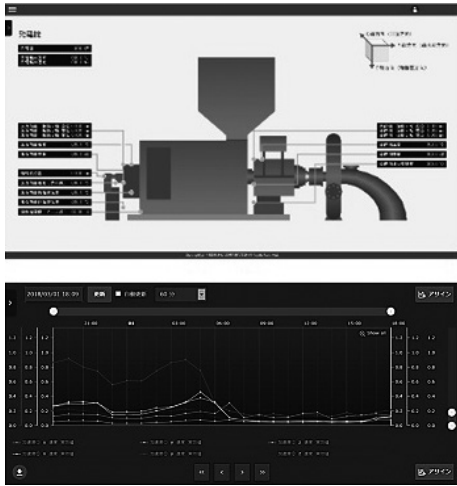
設備の復旧に時間がかかるおそれがある。

(3) 熟練技術者不足 少子高齢化によって、設備の状態を正確かつ早期に判断できる熟練技術者の数が年々減少している。

これらの課題を対処するため、当社はインフラ設備に設置したセンサデータを収集するセンシングシステムを構築し、更なる保守点検業務の高度化を実現した。

## 3 センシングシステム

第2図に当社が開発したセンシングシステムの構成例を示す。本センシングシステムは、PC・PoE (Power over Ethernet) 対応スイッチ・モバイルルータ・アナログ入力ボードで構成される。アナログ入力ボードは、電圧入力・電流入力・IEPE (Integrated Electronics Piezo Electric) など、



### 第3図 クラウド画面例

上図では設備の各部に取り付けたセンサの最新測定値を確認でき、下図では各センサデータの時間的変化を確認できる。

多種の入力方法に対応し、センサに応じたインタフェースを構成できる。

各種センサをEthernet対応のアナログ入力ボードへ接続し、PoE対応スイッチを介してPCに接続する。PCではセンサデータの収集やセンサデータを用いた設備の状態解析を行い、モバイルルータを経由してクラウドへ解析結果を送信する。第3図にクラウドで解析結果を確認した際の画面例を示す。上図に示すように測定対象設備の各部の最新測定値をモニタ画面で明示的に確認でき、下図に示すように各センサデータの時間的変化をトレンドグラフで確認できる。本センシングシステムは、センサデータを継続的に収集することで設備の状態を常に把握でき、異常の予兆を捉えて故障を未然に防ぐことができる。また、解析内容に熟練技術者のノウハウを取り入れることで、熟練技術者不足の問題を解決する。

## 4 センシングシステムの特長

当社が開発したセンシングシステムには、以下の5つの特長がある。

(1) 設備の改造が不要 本センシングシステムと同等のシステムをインフラ設備に設置する際、インフラ設備への大規模な改造作業が必要となる場合が

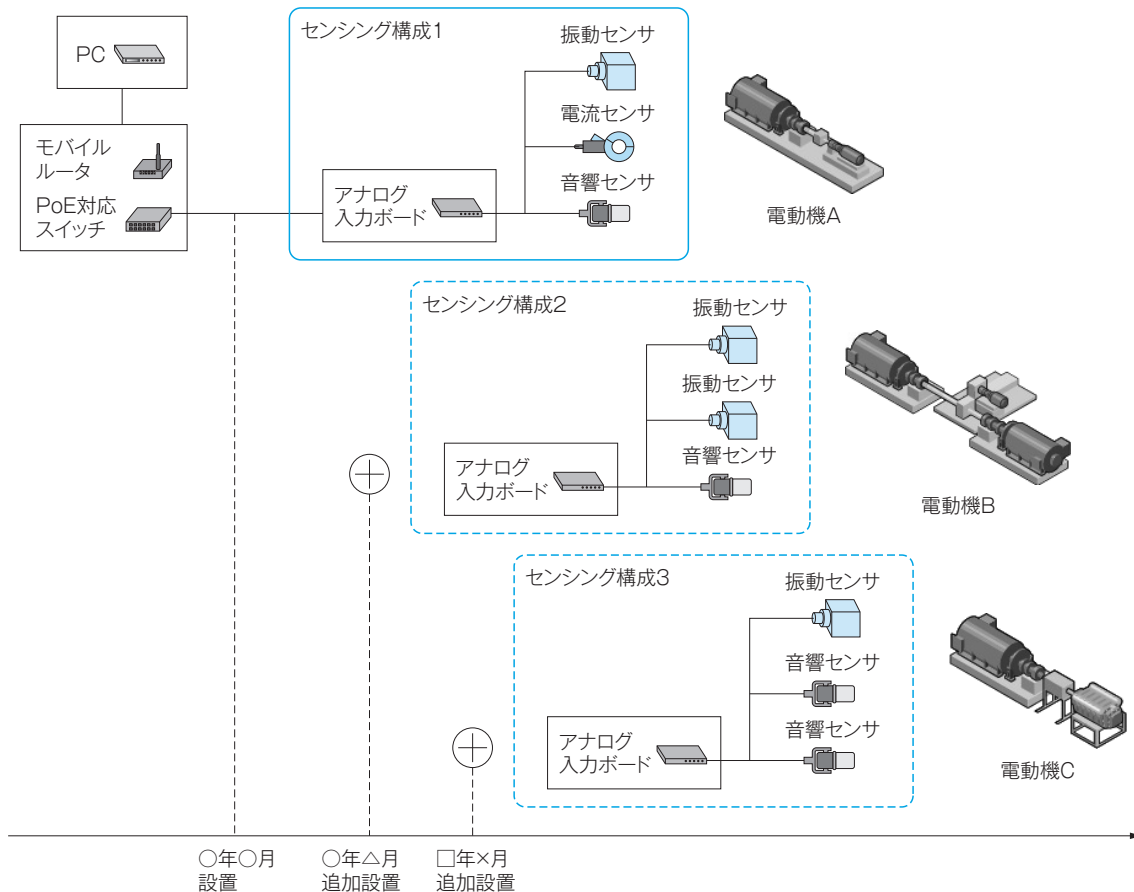
ある。インフラ設備を改造する場合、通常、改造の間その設備を停止させなければならず、またその改造には長期間の時間が必要となる可能性がある。しかし、インフラ設備は住民の生活基盤を担っているため、設備を長期間に停止させることは難しい。本センシングシステムは、センサ・PC・PoE対応スイッチ・モバイルルータ・アナログ入力ボードなどの機器をインフラ設備に外部から取り付けて構成するため、インフラ設備の改造が不要で、長期に停止することなく設置できる。

(2) 少ない配線 通常、アナログ入力ボードには、少なくとも電源供給用とデータ通信用の2本の配線が必要である。しかし、測定対象設備付近でアナログ入力ボード用の電源を確保できるとは限らない。本センシングシステムでは、アナログ入力ボードへの給電及び通信はPoEで行うことで、スイッチとアナログ入力ボード間の配線はPoE対応のEthernetケーブルが1本ですむ。また、PoEは規格上100mまで配線できるため、測定対象設備付近で電源を確保できない環境下でも、センサデータを収集できる。

(3) システム拡張が容易 第4図にセンシングシステムの拡張例を示す。測定対象設備に本センシングシステムを設置した後に測定対象が増え、センサを追加したい場合、アナログ入力ボード及びセンサを追加し、PoE対応ケーブルで配線することで、簡単にセンシングシステムを拡張できる。(4)で後述するように測定対象設備ごとにセンサ構成が異なる場合にも対応できる。

(4) システムを短時間で構築 測定に使用するセンサは、測定対象設備に応じてその種類や個数が異なる。通常、センシングシステムのソフトウェアは各設備専用のアプリケーションを毎回構成しなければならない。前述のアプリケーションには、各設備に特化したデータ測定機能・データ解析機能・データ圧縮機能・データ伝送機能を実装しなければならず、そのアプリケーション構築には長時間がかかる。

第5図に本センシングシステムのソフトウェアの構成を示す。本センシングシステムのソフトウェアは、短時間でアプリケーションを構築するため、機能ごとにプログラムを分割して構成している。



#### 第4図 センシングシステムの拡張例

本センシングシステムは、システムを設置した後にセンシング構成を簡単に拡張することができる。

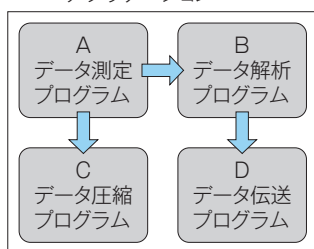
フィールドA用センシングシステムアプリケーション

- フィールドAに特化した
- ・データ測定機能
- ・データ解析機能
- ・データ圧縮機能
- ・データ伝送機能
- ⋮

フィールドB用センシングシステムアプリケーション

- フィールドBに特化した
- ・データ測定機能
- ・データ解析機能
- ・データ圧縮機能
- ・データ伝送機能
- ⋮

本センシングシステムアプリケーション



- ・機能ごとにプログラムを分割
- ・Aのプログラムはフィールドごとに構成
- ・B・C・Dのプログラムは共通で使用

(a) 従来センシングシステムソフトウェア構成

(b) 本センシングシステムソフトウェア構成

設計 0.3か月

ソフトウェア構築 1回目

製作 0.7か月

試験 2か月

ソフトウェア構築 2回目以降

合計 0.5か月

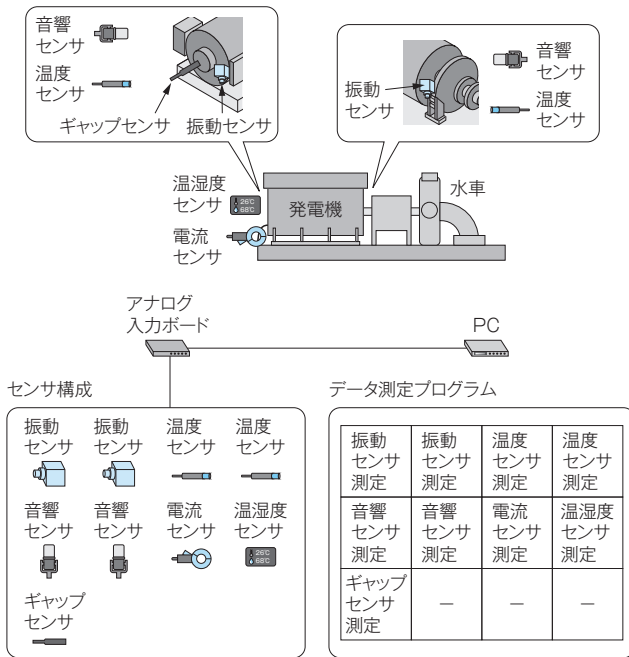
#### 第6図 センシングシステムソフトウェアの構築期間

本センシングシステムは、第5図の特長によってタイムリーにセンシングシステムを構築できる。

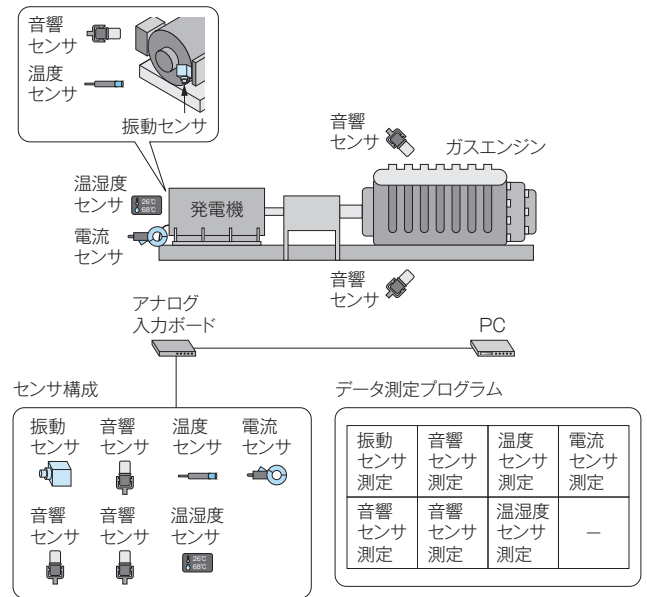
#### 第5図 センシングシステムソフトウェア構成

(a) 従来のセンシングシステムソフトウェアの構成と、(b) 本センシングシステムソフトウェアの構成の違いを示す。本センシングシステムソフトウェアは、測定対象設備ごとにデータ測定プログラムのみを変更するだけでソフトウェアを構築できることを特長とする。

「データ測定プログラム」は使用するセンサに応じて構成を変更する必要があるが、「データ解析プログラム」・「データ伝送プログラム」・「データ圧縮プログラム」は変更する必要がなく、共通で使用できる。最初に作成した「データ解析プログラム」・「データ伝送プログラム」・「データ圧縮プログラム」は、次回以降も再利用できるため、その結果、第6図に



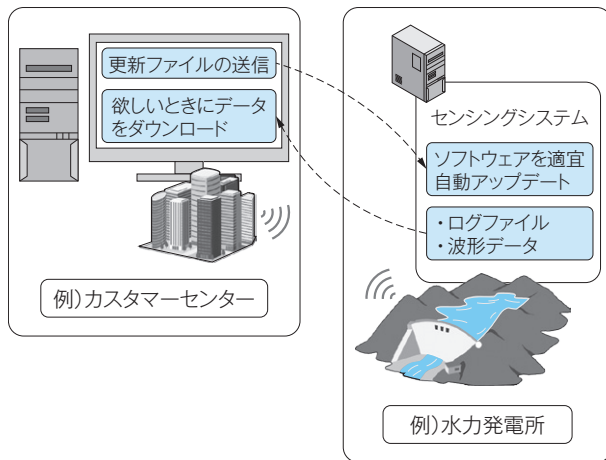
(a) 水車発電機センシングシステム



(b) ガスエンジン発電機用センシングシステム

第7図 測定対象設備によるセンシングシステム構成の違い

水車発電機及びガスエンジン発電機用のセンシングシステムを構成した例を示す。測定対象設備によって設置するセンサが異なる。



第8図 センシングシステムの遠隔操作機能

センシングシステムへのソフトウェアアップデートや、センシングシステムからの波形データ・ログファイルのダウンロードを遠隔で行える。

示すように2回目以降はソフトウェアの準備期間を1/6程度まで短縮できる。

前述のソフトウェアであれば、設備ごとのセンサ構成に対して、センシングシステムを柔軟かつ短時間で構築できる。例として、第7図に測定対象設備によるセンシングシステム構成の違いを示す。

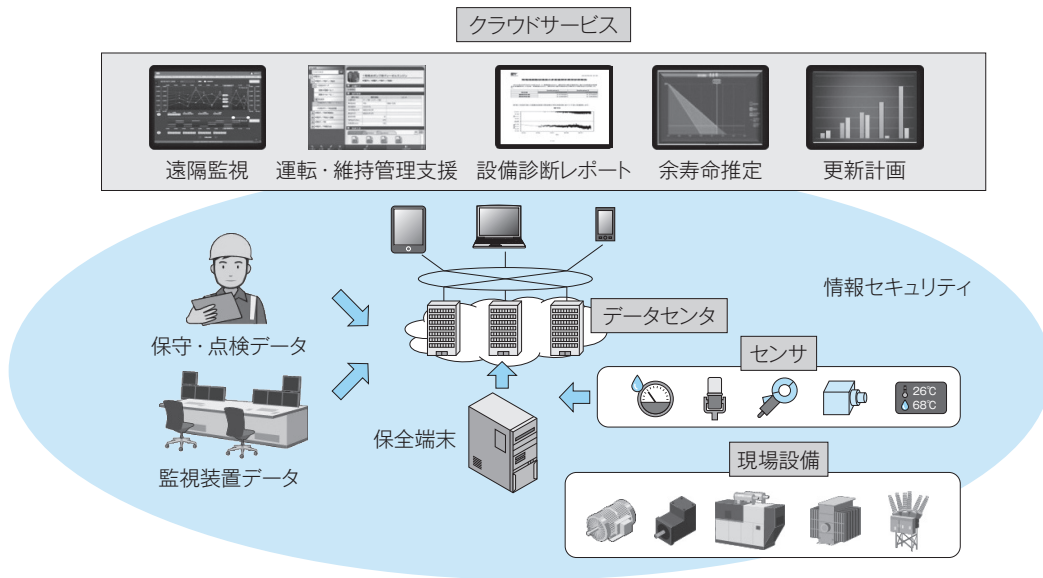
(5) 遠隔操作が可能 本センシングシステムは、

インターネット閉域網を使用してクラウドへセンシングした解析結果を送信する。これにより、回転機からセンシングしたデータをPC・タブレット・スマートフォンなどの端末から簡単に確認できる。また、ソフトウェアの更新や動作ログの回収、測定プログラムの設定変更などを、現地に赴くことなく遠隔で作業できる。第8図にセンシングシステムの遠隔操作機能を示す。

5 むすび

当社が開発したインフラ設備のセンシングシステムを紹介した。本センシングシステムは、既存の設備に対して迅速かつ容易に設置でき、設置したシステムを拡張する際も容易に行えることを特長としている。

また、本センシングシステムを構築することで、第9図に示すようなインフラ設備を保全するIoT (Internet of Things) システムを構築でき、お客様設備の遠隔監視・運転維持計画の支援・診断や余寿命推定・更新計画立案に貢献できる。



## 第9図 IoTシステム構成例

本センシングシステムを用いたIoTシステム構成例を示す。

現場で培ってきた経験やノウハウをICT (Information and Communication Technology) に結びつけ、社会インフラの安定維持につなげることができるのは、当社のような重電メーカーしかいない。今後も業務を通じて、社会インフラ分野の安全・安心・安定に貢献していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

## 《執筆者紹介》



武田 秀一  
Hidekazu Takeda

ICT 統括本部開発部  
インフラ設備のセンシングシステム開発に従事