

# 超電導MRI装置向け故障予兆診断サービス「Sentinel Analytics」の開発

Development of Predictive Failure Analysis Service “Sentinel Analytics” for Superconducting MRI System

稲原 徹 Tetsu Inahara

株式会社日立製作所 ヘルスケアビジネスユニット サービス事業部 カスタマーサポート本部

2006年より運用開始している医療機器のリモート保守サービス「Sentinel<sup>\*1</sup>カスタマーサポート」において、さらなる装置の稼働率向上と保全コストの最適化が課題となっていた。この課題を解決するために、これまでの運用で蓄積した装置センサのビッグデータを利活用して故障予兆診断する「Sentinel Analytics<sup>\*2</sup>」システムを開発し、2015年10月よりサービス提供を開始した。この新サービスにより、部品の交換サイクルの適正化と突発故障の回避が可能になり、CS(Customer Satisfaction)向上につながった。

In the remote maintenance service “Sentinel<sup>\*1</sup> Customer Support” for medical equipment which started operation in 2006, further improvement of equipment availability and optimization of maintenance cost was a subject. In order to solve these problems, we developed the “Sentinel Analytics<sup>\*2</sup>” system that predictive failure analysis service, and start service provision in October 2015. With this new service, it became possible to optimize the parts replacement cycle and avoid catastrophic failures, leading to an improvement in customer satisfaction.

**Key Words:** Sentinel Analytics, IoT, M2M, Big Data, Machine Learning

## 1. はじめに

近年、製造業などを中心に、機器の稼働率向上や保守・サービスの充実を図るため、IoT(Internet of Things)技術を活用して、遠隔で機器の状態を監視し、故障による想定外の停止を回避するといった取り組みが広がっている。医療現場において、例えば、超電導MRI装置は液体ヘリウムで冷却することで超電導状態を常に維持する必要があるが、冷凍機に突発的な故障が発生すると、MRI装置が使用できず、復旧作業に時間を要することもある。当社では従来リモート保守サービス「Sentinel<sup>\*1</sup>カスタマーサポート」を利用して装置状態を各種センサで監視し、保守作業の要否や部品の交換時期

などを判定していた。しかし、日々のセンサデータが膨大な上、病院ごとに設置環境や使用方法が異なるため、技術者の経験・ノウハウに基づくデータ分析だけでは高精度で効率性に優れたアフターサービスを提供することに限界があった。

そこで、技術者の経験・ノウハウをシステム化するため、装置センサのビッグデータを利活用することで、超電導MRI装置の冷凍機の故障とその原因を高精度で検知できる「Sentinel Analytics<sup>\*2</sup>」システムを開発し、2015年10月よりサービス提供を開始した。本稿では、開発した故障予兆診断サービス「Sentinel Analytics」を紹介する。

## 2. 背景

当社が販売して病院に納入したMRI装置やCT装置は、患者に安心・安全な検査を受けていただくために医療法で保守点検が義務付けられている。本来ユーザー自ら保守点検を実施しなければならないが、MRI装置やCT装置のような高度な医療機器の場合、ユーザー自ら保守点検するのが困難であり、多くのお客さまは、われわれメーカーに保守業務を委託する人が多い。保守業務の委託を受けたわれわれメーカーは、病院に伺ってオンサイトで定期点検を行うほか、リモートでも保守を行い、常時監視している。このリモート保守サービスにIoTの技術が使われており、「Sentinelカスタマーサポート」のサービス名称で2006年より提供している。リモート保守での主な業務は、図1に示すようにコールセンターより装置のセンサ監視、ログ収集、操作支援、画像診断等の作業である。この保守業務を行うにあたって、病院側、メーカー側にそれぞれ課題がある。

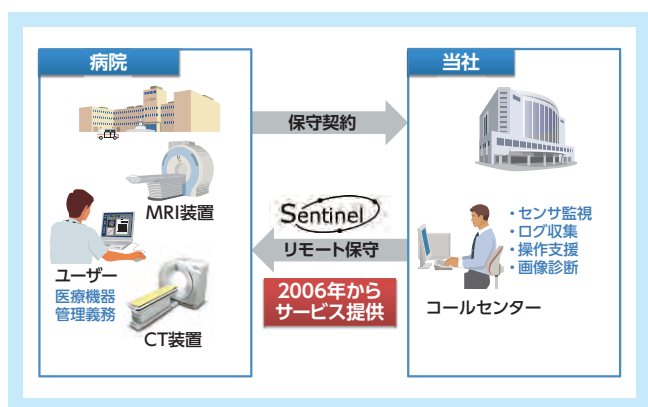


図1: Sentinelカスタマーサポート

### (1) リモート保守における「病院」のリスクと課題

病院にとっての課題は、装置の突発故障の回避と稼働率向上である。装置の突発的な故障はわれわれメーカーが定期点検やリモート保守をしていたとしても、回避できない場合がある。また、故障による修理対応で装置が計画外停止してしまうことも大きな問題となっている。その場合のリスクは、多くの患者の検査が中止となることや患者の予約再調整が必要となることである。このような緊急対応は、病院にとって何としても避けたいリスクである。

### (2) リモート保守における「当社」の課題

当社にとっての課題は、属人的運用からの脱却による業務効率向上である。従来のリモート保守での予兆診断は、システムではなく特定のエキスパートに頼った運用で実現していた。例えば複数センサの経年変化のグラフを観察し、故障の予兆を読み取っていた。このような人に頼った運用では、世界中の何千台という保守先から集まる、日々の大量のデータを分析することは不可能であった。目標は、これらの課題を解決するために、保守作業の最適化と、高精度で安定した分析を実現することである。

## 3. 開発した新システム「Sentinel Analytics」

システム開発にあたり、最初に着目したのは、長年の「Sentinelカスタマーサポート」運用で蓄積したセンサのビッグデータである。過去の故障対応等のイベントデータとそれに対応するセンサデータを突き合わせて分析することで故障の前に表れるセンサの特徴的な故障予兆パターンを発見した。このパターン抽出を自動化するために機械学習による診断技術を導入し、データ分析システムを構築した。図2に機械学習による診断処理の概要を示す。

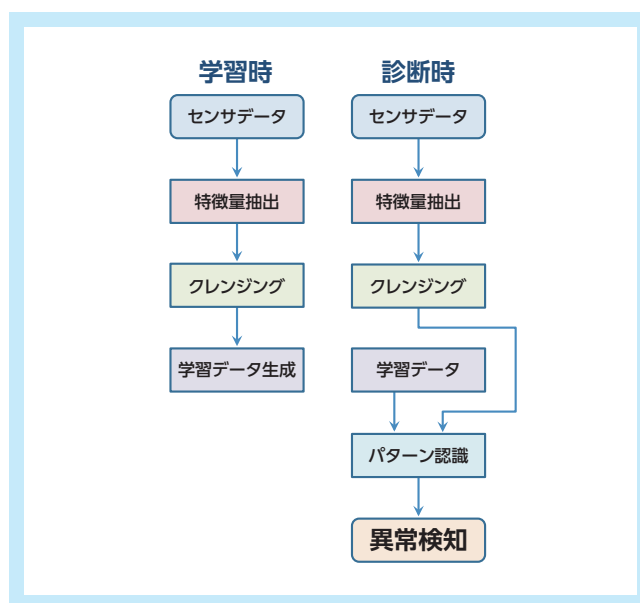


図2: 機械学習

MRI装置には、数百個のセンサを搭載している。そのセンサデータを「Sentinelカスタマーサポート」により世界中の装置からデータ収集し、サーバに収集・蓄積する。こうして集まったビッグデータを二つの診断機能で分析するシステムを構築した。システム構成を図3に示す。

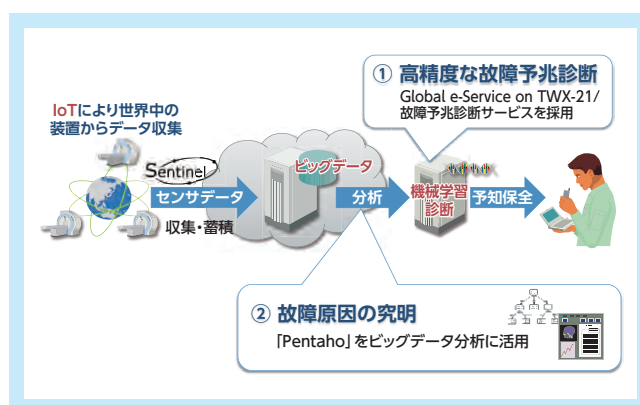


図3: Sentinel Analyticsのシステム構成

### (1) 「Global e-Service<sup>\*\*3</sup> on TWX<sup>\*\*4</sup>-21/故障予兆診断サービス<sup>\*</sup>」

これは、局所部分空間法(LSC: Local Sub-space Classifier)を応用し、日立独自の診断アルゴリズムを採用したシステムである。個別の装置ごとに各種センサの正常状態を機械

学習して診断モデルを作成する。診断時は、学習結果をもとに装置状態を単一の「異常度」として算出する。「異常度」の大きさに基づき、故障予兆を自動的に診断する。このような分析を行うことで、壊れる数カ月前に故障の予兆を検知することができる。

## (2) 「Pentaho」

これは、ビッグデータ分析に定評のあるオープンソースソフトウェアの「Pentaho<sup>※5</sup>」を採用したシステムである。故障の前に表れるセンサの特徴的な故障予兆パターンのトレンドを機械学習して診断モデルを作成する。診断時は、パターン認識により故障モードを分類することで故障原因の究明が可能となる。この「Pentaho」は、診断結果のレポート作成にも活用している。

## 4. 効果

### (1) システム導入における「病院」の効果

予兆診断の導入前は、装置を定期点検していたとしても回避できない突発故障がまれに発生した。突発故障が発生すると、患者の検査中止や予約再調整、緊急修理等で病院に大変ご迷惑をお掛けすることとなった。また、故障した場合は、修理が完了するまで装置が使えないダウンタイムが発生していた。

予兆診断の導入後は、故障発生前に予兆を検知できるようになり、計画的に交換・調整することで突発故障を回避できるようになった。この結果、従来とダウンタイムを比較したところ、当社比で16.3%低減できた(図4)。

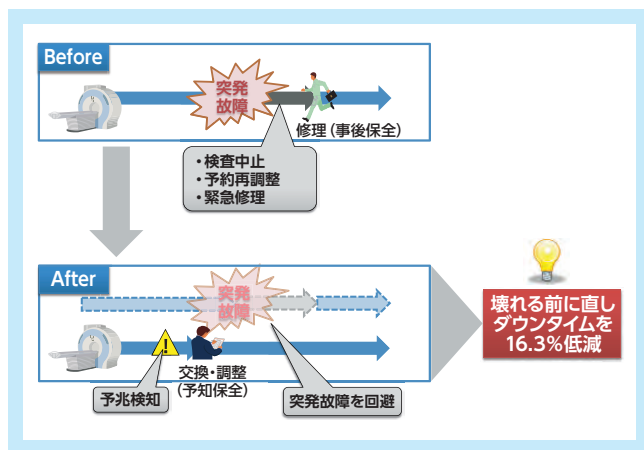


図4: 「病院」の効果

### (2) システム導入における「当社」の効果

システムの導入前は、リモート保守で予兆診断を行う場合は、エキスパートのノウハウに頼った属人化した運用となっていた。経験の浅いエンジニアでは、正確に診断できないケースもあった。このため、全世界から集まる膨大なセンサデータを人だけで分析するのが困難であった。

システムの導入後は、診断レポートを自動生成し、経験の浅いエンジニアでもエキスパートと同様に高精度な分析を安

定して実現できるようになった。この結果、保守品質が向上し、業務効率が向上した(図5)。

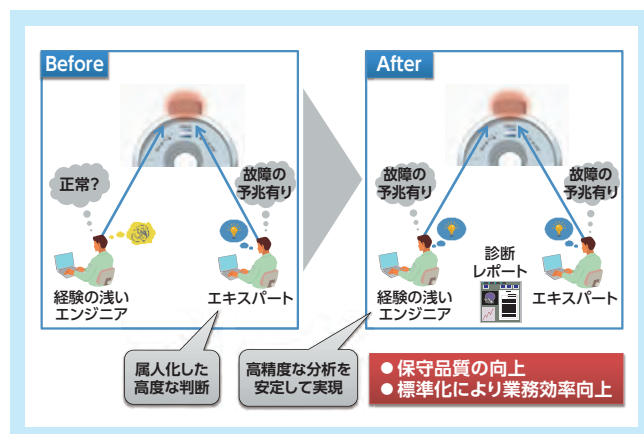


図5: 「当社」の効果

## 5. おわりに

本稿では故障予兆診断サービス「Sentinel Analytics」を紹介した。本サービスを提供することにより全世界の病院に安心・安全に装置を使っていただき、患者に優しい医療を届ける保守サービスの実現にイノベーションで貢献できることを期待する。

\* Global e-Service on TWX-21/故障予兆診断サービスは、株式会社日立製作所が提供するSaaS(Software as a Service)型機器ライフサイクル支援サービス「Global e-Service on TWX-21」における故障予兆診断サービスです。

※1 Sentinelおよび※2 Sentinel Analytics、※4 TWXは株式会社日立製作所の登録商標です。

※3 Global e-Serviceは日立建機株式会社の登録商標です。

※5 Pentahoは、米国日立データシステムズ社の子会社であるペンタホ社が提供するビッグデータ分析関連ソフトウェアであり、ヒタチデータシステムズコーポレーションの登録商標です。

## 参考文献

- 1) グローバル展開する医療機器の稼働効率向上と保全コスト最適化を実現した「Global e-Service on TWX-21/故障予兆診断サービス」,はいたっく 2015年11月号 p.17-18, 株式会社日立製作所.
- 2) 日立メディコ、数カ月前の医療機器故障を予知IoT×データ分析で故障原因まで特定, 月刊テレコミュニケーション 2016年4月号 No.381 p.58-59, 株式会社リックテレコム.