

# 制御保全支援システムの開発

## Development of Control Maintenance Support System

衛藤 彩香 ETO Ayaka JFE スチール 西日本製鉄所 (倉敷地区) 制御部制御技術室  
諸岡 伸幸 MOROOKA Nobuyuki JFE スチール 西日本製鉄所 (福山地区) 制御部制御技術室 主任部員 (副課長)  
富永 太志 TOMINAGA Futoshi JFE スチール 西日本製鉄所 (倉敷地区) 制御部長

### 要旨

JFE スチールでは、ICT を活用した保全業務の効率化に取り組んでいる<sup>1)</sup>。その一環として、故障復旧作業の際に、保全担当者がタブレット端末を用いて現場で必要な資料を閲覧できるシステムを構築しレベルアップを図った。その活動の中で、国内の鉄鋼業界初となる AI 技術を用いた制御故障復旧支援システム (J-mAlster<sup>®</sup>) を構築し、2018 年 9 月に全製鉄所、製造所に導入した。本報告では、J-mAlster<sup>®</sup> の紹介と共に効果事例について報告する。

### Abstract:

JFE Steel has been working on improving the efficiency of maintenance work using ICT. As part of this effort, we promoted the construction of a system that allows maintenance personnel to browse necessary materials on site using a tablet terminal during failure recovery work. As part of these activities, we built the first control equipment failure recovery support system ("J-mAlster<sup>TM</sup>") using AI technology in domestic steel industry and introduced it to all steel works and other works in September 2018. In this report, J-mAlster<sup>TM</sup> is introduced along with examples of effects.

## 1. はじめに

JFE スチールは、世界トップクラスの生産規模を持つ鉄鋼メーカーであり、その主要生産拠点は、**図 1** のように高炉から圧延加工までを一貫して行う東日本製鉄所 (千葉地区・京浜地区) と西日本製鉄所 (倉敷地区・福山地区)、鋼管を主に製造する知多製造所、棒線を主に製造する仙台製造所である。各生産拠点では、24 時間 365 日休まずにラインを稼働させ鉄鋼製品を製造している。これらの製品をお客様へ安定して供給するためには、設備の安定稼働が欠かせない。このため、設備故障発生時には迅速に故障を復旧させることが非常に重要であることから、故障復旧を支援するツールを構築した。このツールにより、製造ラインで発生し

た故障に対して、保全担当者が故障復旧に必要な情報を現場で効率的に活用することが可能となり、復旧時間及び作業時間の短縮などの効果が得られたので報告する。

## 2. 製鉄業における設備保全業務

### 2.1 製鉄業における設備保全業務の役割

**図 2** に示すとおり、鉄鋼業は他の業種と比較して売上高に対する設備投資費用の割合が高い装置産業である<sup>2)</sup>。装置産業においては、設備を安定的に稼働させて製品を生産することが重要である。設備保全業務は、未然に故障を防ぐ予防保全業務と故障を迅速に復旧させる故障復旧業務の 2 種類に分けられる。本論文では主として故障復旧業務につ

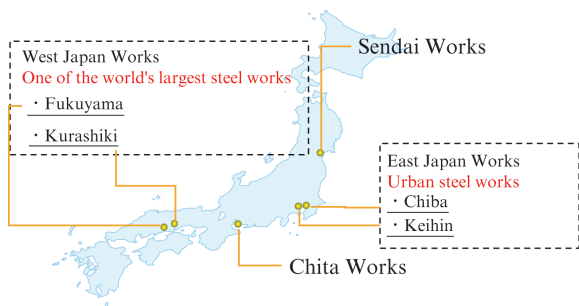
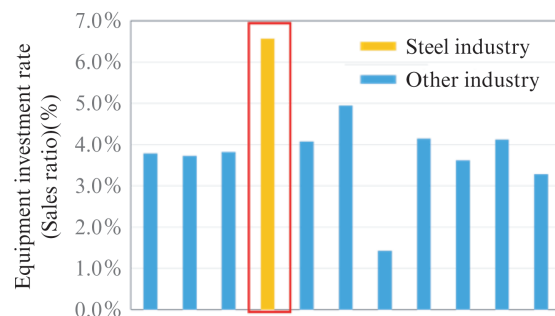


図 1 鉄鋼製品の主要製造拠点  
Fig. 1 Main steel works



Source: Ministry of finance corporate statistics survey (2016) Target: Companies with capital of 1 billion yen or more, excluding finance and insurance

図 2 設備投資率

Fig. 2 Equipment investment rate

2019年10月1日受付

いて述べる。

故障復旧にあたっては、制御、機械といった専門的な知識だけでなく鉄鋼設備の運転方案等の幅広い知識を必要とする。そのため、保全担当者の経験や知識の差が、故障復旧にかかる時間として顕在化してくる。

## 2.2 設備保全業務における取り組みと課題

当社では、設備の安定稼働に向け、保全業務の効率化を目的とした全社統合保全システムを構築し運用している。このシステムでは、保全基準を作り、保全計画を立て、予算や補修の実績を管理することができる。本システムを活用することで図3に示すような、保全業務におけるPDCAサイクルを効率的に展開している。

一方で故障復旧業務における課題の一つに、制御故障復旧の長時間化がある。この背景には、海外からを含めた多種にわたる機器導入に伴う必要な知識量の増大、熟練者層の退職による知識や経験の不足がある。図4に示すように、倉敷地区では、2008年に比べ2015年は故障復旧に要する時間の増加が顕著であった。

倉敷制御部では、この課題の対策として、図5のようなタブレット端末を活用した故障復旧支援を開始した。この支援システムは、複数のサーバに蓄積された故障復旧に必要な過去の故障履歴、予備品情報や手順書といったデータを

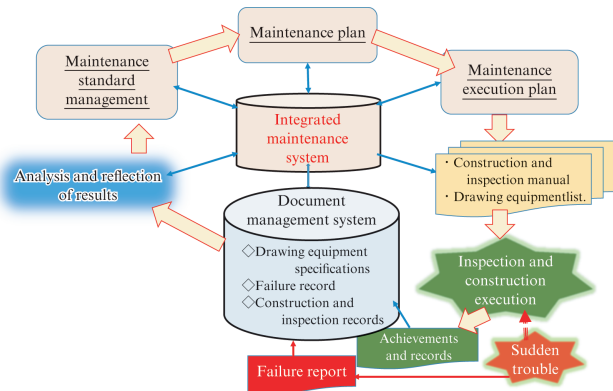


図3 JFE スチールにおける設備保全システム

Fig. 3 Maintenance system in JFE Steel

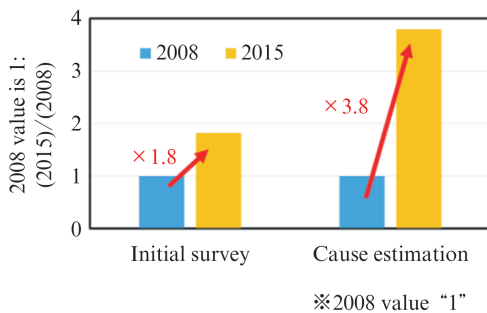


図4 制御故障復旧の対応時間(倉敷)

Fig. 4 Time taken for failure recovery (Kurashiki)

Corresponding procedures, past cases, and drawings on tablet devices search and browse

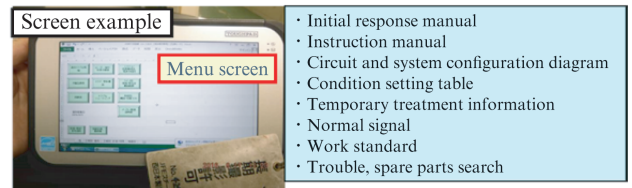


図5 保全活用におけるタブレット端末の活用

Fig. 5 Utilization of tablet terminal in maintenance work

手作業で定期的にタブレット端末へ移すことで、データをタブレット端末の画面上で閲覧することを可能としたものである。

この取組みにより、タブレット端末を活用し、現場において必要な資料を閲覧することで、故障復旧時間の短縮が可能となることを確認した。しかし、従来蓄積してきたデータは、故障報告書や手順書、標準書といった、形式が一律でない、いわゆる非構造化データであった。そのため、一般的な検索システムでは文章中における単語の抽出精度が悪く、また、全データからの文書の検索に長時間を要するといった問題があった。また、保全担当者からは、発生頻度が少ない過去の故障事例の検索と同義語の紐づけ機能、最新データへの連携自動化といった新たな要望も上がってきた。

そこで、故障復旧を支援するシステムのレベルアップによるさらなる故障復旧時間の短縮を目的として、設備保全業務の一部を担う制御部門へのAI技術を活用したシステムの導入の検討を開始した。検索には、非構造化文書から単語を抽出し、分析することに優れたテキストマイニング技術を採用することとした。

## 3. J-mAlster<sup>®</sup>の概要と機能紹介

### 3.1 J-mAlster<sup>®</sup>の導入

一般的にAI技術とは、コンピュータが人間の脳を模倣する技術を指すが、今回のシステムにおいては、AI技術の中でも人間の意思決定への支援を目的とするコグニティブ技術の考え方を重視し、かつテキストマイニング技術にも強みを持つ日本アイ・ビー・エム株式会社の「IBM Watson」を導入した。

当社では、今回のシステムをJ-mAlster<sup>®</sup>と名付け、福山・倉敷の重点ラインで早期運用を実施し、基本機能の動作確認及び効果を確認した上で、2018年9月から社内全地区へ展開した。J-mAlsterとは、JFE Maintenance AI of Smart TPM for Electric Repairsの略称である。

故障復旧業務の流れは、図6に示すようにおおむね以下の8つの過程に分けられる。

まず、工場で故障が発生した際、工場のオペレータから保全担当者に電話連絡が入る。この時、保全担当者は現場

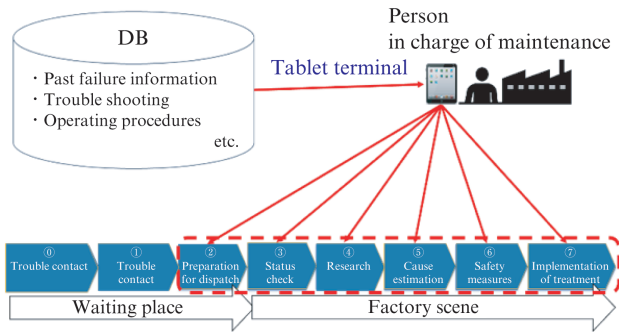


図6 J-mAlster<sup>®</sup>の適用範囲

Fig. 6 Use case of J-mAlster<sup>TM</sup>

から離れた詰所で待機しており、故障の状況をオペレータから詳細にヒアリングする。この内容を整理し、詰所にある一部の関連資料を確認し、現場の工場へ出動する。現場到着後、故障設備の場所を確認し、故障の調査を行う。具体的には、設備のエラー状態や電気的な信号、プログラムの確認等の専門的な調査を実施する。この調査結果に基づき、原因推定を行い、処置を実施する。これらの段階を経て、ようやく故障復旧に至る。ただし、原因推定を誤ると、調査の段階から繰り返すこととなる。

先に 2.1 節で述べたとおり、保全担当者の経験や知識の差が故障復旧時間に影響する。

J-mAlster の適用範囲は、故障復旧に必要な資料を閲覧、活用することにより作業時間の短縮効果を見込むことができる、図6の赤色の枠線内を想定している。

### 3.2 システム構成

J-mAlster のシステムは図7に示すとおり、社内専用のプライベートクラウドである J-OS クラウド上にサーバを構築し、社内全地区で活用可能な構成とした。また、パブリッククラウドである「IBM Cloud」及び既に社内導入済みである「box」と連携することで、セキュリティー要件を保ちながら、「IBM Watson」のような最新技術を導入できた。さらに、統

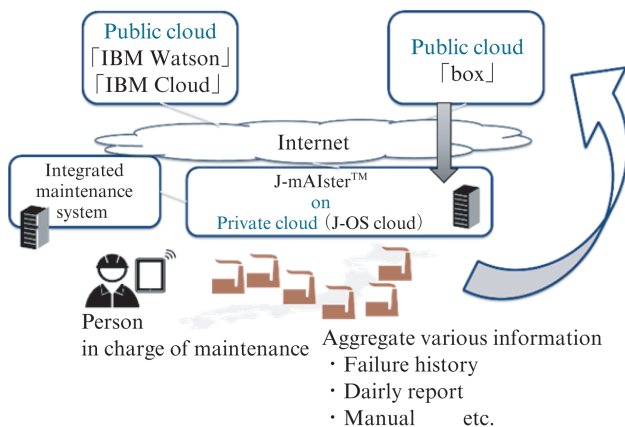


図7 J-mAlster<sup>®</sup>のシステム構成<sup>3)</sup>

Fig. 7 System configuration of J-mAlster<sup>TM</sup><sup>3)</sup>

合保全システムとも連携することで、長年蓄積してきたデータの有効活用を可能とした。

### 3.3 J-mAlster<sup>®</sup>の基本機能

J-mAlster は図8のとおり、統合保全システムに蓄積された故障履歴やトラブルシューティング、作業手順書、予備品等のデータと連結しており、社内の誰もがそれらのデータを閲覧可能である。さらにタブレット端末から接続することで、広大な製鉄所内のどの場所においても必要なデータを閲覧することができるようになった。

J-mAlster の特徴は、故障発生時の設備の状況について、キーボードからのテキスト入力や音声入力にもとづき、膨大なデータから最適なデータソースを特定し、類似性の高い情報を検索及び分析した結果をリアルタイムで画面上に表示することである。それにより保全担当者が未経験な故障に対しても、原因究明への気づきを得るような過去の故障履歴を画面に表示することができる。さらに、類似設備が各地区に存在し類似故障が発生していることから、全地区間を横断したデータを活用できるシステムとした。それにより参照できる類似故障のデータ数が増加し、保全担当者にとってより有用なシステムとなった。

本システムの構築にあたり特に重要なことは、高い検索精度を得ることである。しかし、製鉄所内では専門用語や省略語が多く、単語として認識できない場合が多々ある。そのため専用のキーワード辞書を作成し、同義語や省略語を数万語登録することで、J-mAlster 内でこれらの単語を一単語として認識できるようにした。

### 3.4 J-mAlster<sup>®</sup>の分析機能

前述の基本機能に加えて J-mAlster は、①相関分析②有用度評価③高度な分析の各機能を有している。以下、順に紹介する。

まず、1つ目の相関分析とは、検索条件を含む文書群と特定の単語間の関連性を定量的に表現したものである。

この値を相関値と呼び、この値が大きいほど検索条件を含む文書群と特定の単語間の関連性が高いことを意味する。そこで、相関値が大きい場合は、全体の故障件数に対する発生頻度の少ない故障においても、特定の単語とともに出

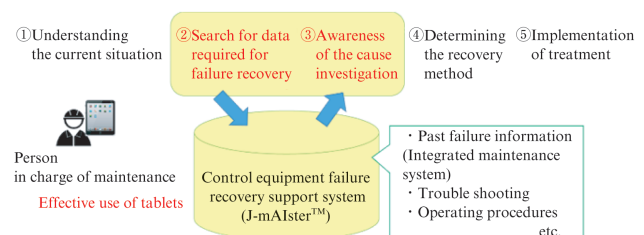


図8 J-mAlster<sup>®</sup>の概要

Fig. 8 Outline of J-mAlster<sup>TM</sup>



現する度数が高い文書の抽出が可能となる。

2つ目の有用度評価とは、検索した文書に対する保全担当者の評価を定量的に反映する機能である。これは、データの精度向上を目的として導入したもので、入力された評価値を基に、単語の有用度を表示し確認することができる。このことにより有用度をもとにデータベース内におけるデータの選別を行うことができるようになり、将来にわたって有用なシステムを構築したと言える。

3つ目の高度な分析とは、故障に関わる設備や部品の数量の時間的な傾向や相関関係を見える化し、故障周期や原因を解析することで、予防保全への適用を可能とするものである。

#### 4. 活用事例の紹介

4地区での故障対応における J-mAIster 活用の効果事例を紹介する。地区名称は A 地区から D 地区と表記する。

A 地区の事例：検査装置が故障し、未検査状態となった。図 9 のように J-mAIster で“装置名称及び未検査”をキーワードとして検索し、2年前の類似事例を見つけることができた。この時の保全担当者は類似故障未経験であったが、過去事例の処置を参考に、故障復旧時間を 30 分短縮した。

B 地区の事例：ある装置が故障し、原因は判明したが、故障復旧時に装置内のパラメータを変更する必要があった。



図 9 効果事例 (A 地区)

Fig. 9 Effect example (A district)

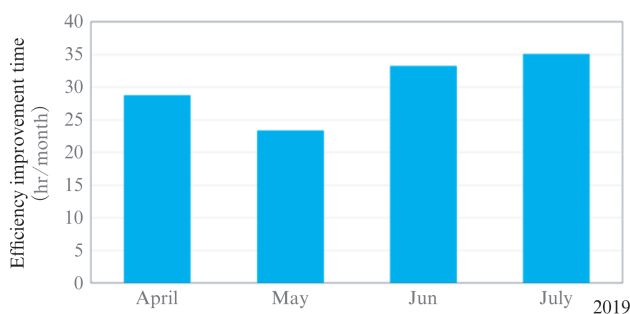


図 10 全地区作業効率化時間 (2019/4~2019/7)

Fig. 10 Work efficiency improvement time in all district (2019/4 - 2019/7)

そこで J-mAIster で、“設備の型式及びパラメータ”をキーワードとして検索し、現場で当該手順書を閲覧することができたため、故障復旧時間を 30 分短縮した。

C 地区の事例：ある装置が故障し、画面にエラーコードが表示されていた。そこで J-mAIster で、“装置名称及びエラーコード”をキーワードとして検索し、15 年前の類似事例を参考に処置を行い、故障復旧時間を 1 時間短縮した。

D 地区の事例：搬送装置が故障し、挿入不能となった。J-mAIster で“装置名称及び挿入不能”をキーワードとして検索し、20 年前の類似事例を見つけることができた。この時の保全担当者も類似故障未経験者であったが、20 年前の処置を参考に、故障復旧時間を 40 分短縮した。

これらの効果事例は、類似故障に関して経験のない保全担当者のみで、熟練者に頼ることなく過去事例を参考に故障復旧時間を短縮した事例である。2019 年 4 月から 2019 年 7 月における全地区の作業時間の短縮効果は、図 10 のとおり合計 120 時間を超えている。

#### 5. おわりに

J-mAIster の活用により、保全担当者から「過去事例からの気づきを現場の工場で得ることが可能となり、作業効率化が図れている。」といった声が上がっており、故障復旧時間の短縮効果も確認することができた。

さらに、次のような効果もあった。従来、保全担当者は、故障対応の記録に関し、故障の原因や故障復旧に至った処置の記録に主眼をおいていた。それに対して J-mAIster の導入により、保全担当者の、データを蓄積し今後の保全に役立てたいという意識が非常に高まった。倉敷地区内で、各拠点の保全担当グループ毎に選出するキーマンに対し、意識向上に関するアンケートを実施した。この結果、図 11 のとおり、J-mAIster の導入により 90% のキーマンの意識が変化したことがわかった。この変化が、以前にも増して対象機器や部品の名称や型式、測定値及び測定箇所等の具体的かつ定量的なデータを統合保全システムへ入力することにつながった。

今後の課題は、非電子化情報の取り込みや予防保全への適用である。これらの課題を解決し、より効果的なシステム

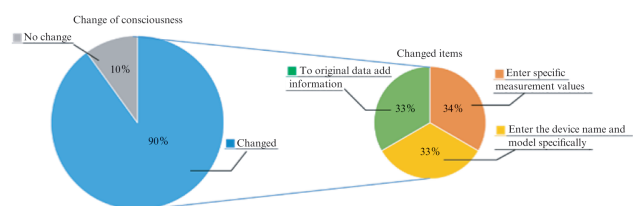


図 11 意識向上アンケート結果 (倉敷)

Fig. 11 Awareness improvement questionnaire results (Kurashiki)

へと改善していきたい。

参考文献

- 1) 衛藤彩香, 村地俊彦, 諸岡伸幸, 前原輝男. 鉄鋼制御設備の保全業務における AI 活用. 2019 年電気学会産業応用部門大会 5-S2-5.
- 2) 財務省 法人企業統計調査. 2016 年度.
- 3) JFE スチールニュースリリース. JFE スチール IBM Watson を活用し故障復旧時間を大幅に短縮～ハイブリッドクラウド環境で安全かつ柔軟に最新技術を活用～. 2019 年 3 月 7 日 <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2019/03/190307.html>



衛藤 彩香



諸岡 伸幸



富永 太志