

制御故障復旧支援システムの開発

Development of Control Failure Recovery Support System

桑原 智 KUWABARA Satoshi JFE スチール IT 改革推進部 主任部員 (副部長)
見坂 卓郎 MISAKA Takurou JFE スチール IT 改革推進部 主任部員 (副課長)

要旨

JFE スチールは、統合保全システムなどに格納されている過去の故障報告書や作業標準・メーカーマニュアルなどの情報を検索し、故障復旧に向けた処置ガイダンスなどを提供するサポートツールとして、IBM Watson®(コグニティブ技術)を活用した制御故障復旧支援システム(J-mAlster®)を構築した。西日本製鉄所の主要冷間圧延ラインで実機検証を行った後、2018年9月に全製鉄所・工場に導入した。本稿ではJ-mAlster®の概要について記す。

Abstract:

JFE Steel has constructed a control fault recovery support system (J-mAlster™) applying IBM Watson™ (cognitive technology) as a support tool to retrieve information such as past fault reports, work standards, and manufacturers' manuals stored in the integrated maintenance system, etc. and to provide action guidance, etc. for fault recovery. After the verification in actual machine was carried out in the main cold rolling lines of West Japan Works, it was introduced to all steel works and factories in September, 2018. In this report, the outline of J-mAlster™ is described.

1. はじめに

JFE スチールは多様な製品を大量に生産している鉄鋼メーカーであり、**図 1**のように日本各地に主要製造拠点を置いている。これらの生産拠点では、昼夜を問わず 24 時間 365 日休まずにラインを稼働させ、鉄鋼製品を生産している。JFE スチールは 2003 年に川崎製鉄と日本鋼管が統合して発足したが、その創業は古く、各生産拠点の製造ラインも、稼働後数十年以上経過しているラインもあれば、昨今のお客様の要望を受け最新技術を投入して建設されたラインもあるなどさまざまである。これらの製造ラインを安定稼働させるためには、長年蓄積されたノウハウや経験など熟練の従業員の知識が不可欠であり、一方で最新の設備や装置をコントロールするための知識や技術・技能の習得も必須となっている。しかし、特に電気・制御系のトラブルでは、該当ラインに長年携わったベテラン以外は発生状況を見ただけでは原因の究明や対処方法を見出すことは難しく、近年の従業員の世代交代などにより、復旧までの時間が長期化するなどの課題を抱えている。そこで JFE スチールではこれらの課題を解決すべく、IBM Watson®(以下「Watson」)を活用した支援システムを開発した¹⁾。

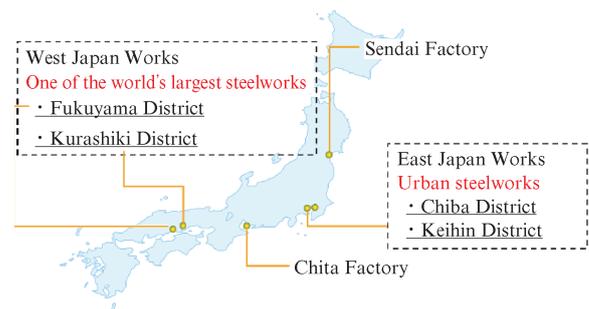


図 1 鉄鋼製品の主要生産拠点
Fig. 1 Main steel works

2. 制御故障復旧支援システムの概要

2.1 開発の目的

2.1.1 直面する課題

JFE スチールの製造現場では、電気・制御系のトラブル対応を担う職場として制御機動班がある。制御機動班は 24 時間故障復旧対応を担う組織で、幅広い知識と経験が要求され、これまでベテランが配置される職場であった。しかし、近年の世代交代によりベテラン層だけの構成が困難になり、未経験者や若年層を配置せざるを得ない状況となっている。その結果、故障復旧対応に要する時間が長期化し、また通常勤務の有識者を夜間などに呼び出す回数が増えていた。

2.1.2 課題対応案

こうした中、ベテラン従業員の故障解析や故障対応のや

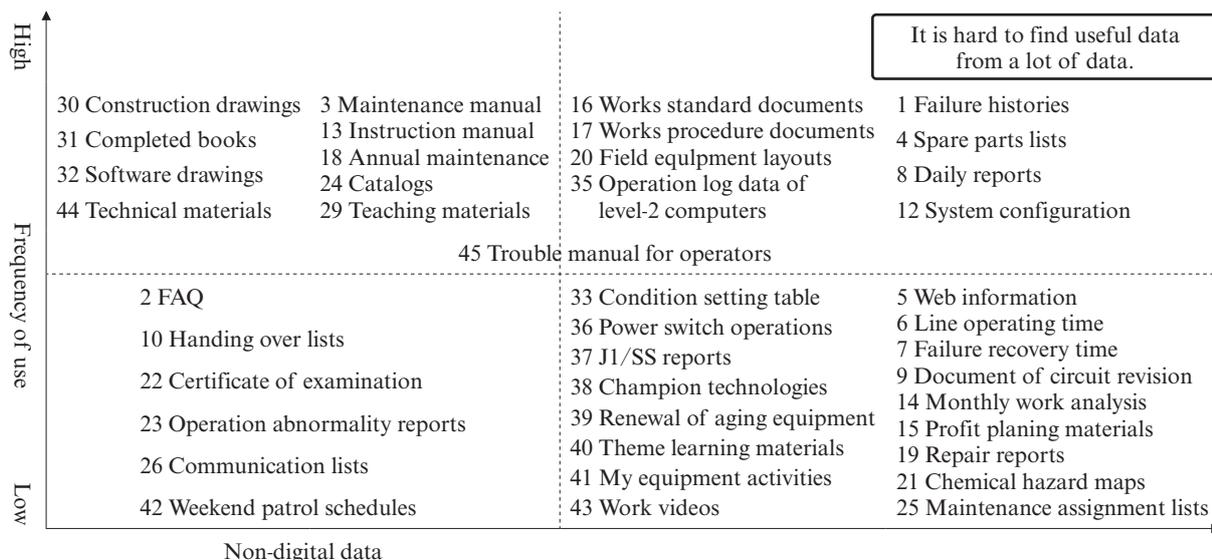


図2 故障復旧関連データ
Fig. 2 Data related to fault recovery

り方を検討すると、過去の経験や豊富な知識・技術・技能といった長年蓄積されたノウハウなどによるところが大きく、それらの情報が可視化され活用できる環境の整備が対策として有効であると考えた。実際に、共有化できていないものの、各製造拠点ごとに故障報告書や作業手順書等の情報を大量に保有していることから、それらを一元管理し、かつ誰でも簡単に検索・閲覧できるシステムを構築することを目的として2016年にシステム構築プロジェクトをスタートした。

2.2 システムの概要

2.2.1 現状調査

まず、制御機動班が故障復旧業務にあたる際に活用する関連データを調査した。それらは図2に示すとおり40種類以上に分類されたが、故障復旧業務で初動の際の活用頻度が高いデータは半分程度であった。それでも対象データ量が膨大で、有効なデータを見つけるのは難しいのが実情であった。

2.2.2 検索エンジン検討

制御技術部会では、従来から、上記のような保全情報の有効活用を目的として、国内ベンダー各社の検索エンジンの導入を検討していた。しかし、検索文字列が含まれるすべての文書を検索して大量の結果が出力されるので、有効な情報を探し出すのが困難と判断していた。そのような状況の中、IBMより「Watson」が発表された。「Watson」は、検索履歴からさらに対象を絞り込む機能や利用者の意図を判断する機能（自然言語分類）などを有しており、これであれば有効な情報を容易に探し出せると考えた。そこで、実ラインでのシミュレーションが可能なプロトタイプを構築し採用可否を検討した結果、良好な結果が得られたため採用を

決定した。

2.2.3 システム構成

JFE スチールで保有している保全情報は、統合保全システムや各製造拠点の文書サーバなどに散在しており、それらを一元的に集約・管理する必要があった。集約方法としては、個別のインターフェースを構築するのは非効率であると判断し、パブリッククラウドサービスの「box[®]」を活用することとした。また、「Watson」の高速かつ高度な検索を可能とすべく、アプリケーションサーバはプライベートクラウドサービスであるJ-OSCloud上に構築した。さらに、利用者の利便性向上のため、IBM Cloud[®]を利用することで自然言語分類機能を使えるようにした。システム構成を図3に示す。これにより、各製造拠点の利用者は、何時でも簡単かつ自由に保全関連データを追加、修正できる。

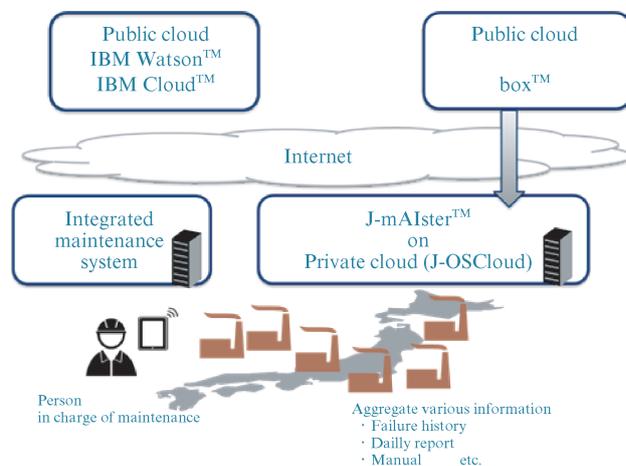


図3 J-mAlster[®]のシステム構成図
Fig. 3 System configuration of J-mAlsterTM

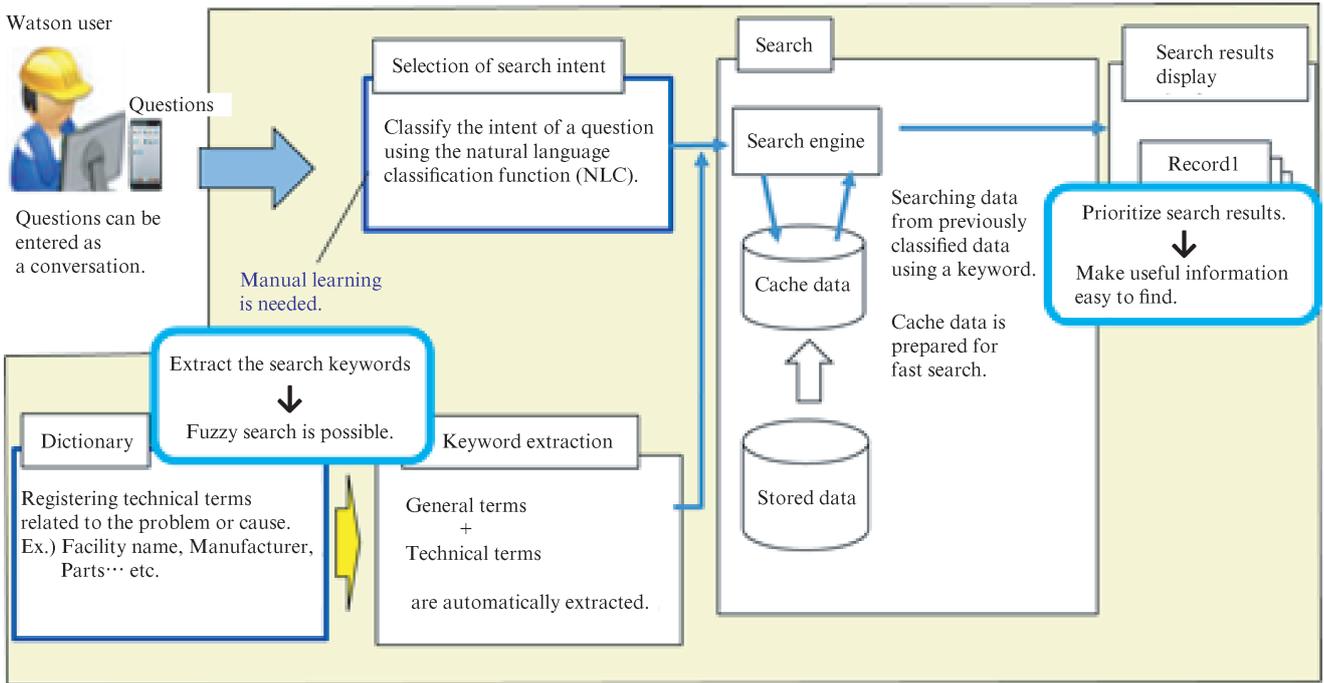


図4 J-mAlster®の基本機能
Fig. 4 Basic functions of J-mAlster™

2.3 システムの機能

2.3.1 基本機能

ここでは、今回開発したシステムの基本的な2つの機能について述べる(図4参照)。

1つ目は、曖昧検索ができることである。利用者が会話形式で調査したい内容を入力すると、システムが自然言語分類機能によって検索キーワードを自動的に抽出し、また検索すべき文書のカテゴリーも自動で判別して、より関連の深い文書を抽出する。

2つ目は、検索結果を表示する際に、優先順位を付け有用な情報を見つけやすくしていることである。この詳細については、2.3.2項に詳述する。

2.3.2 基本機能詳細

検索結果の表示順には、TF-IDF法²⁾を用いている。TF-IDF法の考え方は、ある文書で特徴的に出現度合いが高い単語が検索キーワードとして与えられる場合、その文書を検索結果の上位にするというものである。以下に、具体的な算出式と事例を示す。

(1) TF, IDFについて

TF (Term Frequency): ある文書において、単語(t)が出現する頻度

*ある文書d内で出現する頻度が高い単語=ある文書dを示す特徴的な単語である

IDF (Inverse Document Frequency): 単語(t)が出現する文書数の逆数

*多くの文書に出現する単語=ある文書dを示す特徴的な単語ではない

TF・IDFを求めることで、単語(t)のその文書での特徴度合いを算出できる

*後述するIDFの算出式の特性上、多くの文書に出現する単語のIDF値は小さくなる

(2) TF値の算出式

$$tf(t, d) = n_{t,d} / \sum_{s \in d} n_{s,d}$$

ここで、

tf(t, d): 文書dにおける単語tのTF値(頻度)

$n_{t,d}$: 単語tが文書dの中で出現する回数

$\sum_{s \in d} n_{s,d}$: 文書d内のすべての単語の出現回数の和

である。

算出例: 200単語で構成された故障履歴の中に10回「インバータ」が出現した場合、その故障履歴における「インバータ」のTF値は $10/200=0.05$

(3) IDF値の算出式

$$idf(t) = \log N / df(t) + 1$$

*文書規模が大きくなる場合の影響を小さくするために対数で計算、idfの値が0になることを防ぐために+1している

ここで、

idf(t): 単語tのIDF値

df(t): 単語tが出現する文書数(document frequency)

N: 全文書数

である。

算出例: 10000文書のうち、100文書に「インバータ」が出現する場合、「インバータ」のIDF値は $\log 10000 - \log 100 + 1 = 4 - 2 + 1 = 3$

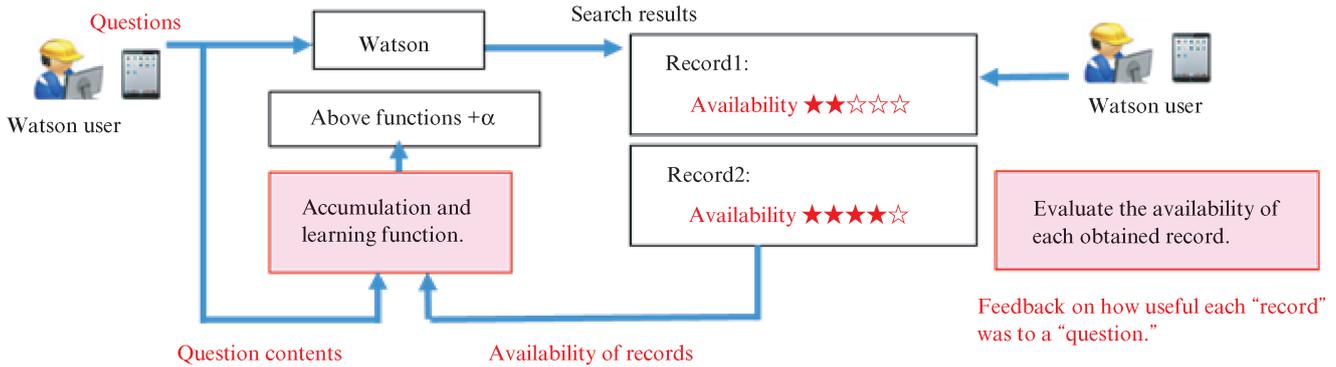


図5 学習機能の向上, 有用度の算出

Fig. 5 Improving learning capabilities and calculating usefulness

(4) 具体的事例³⁾

① 前提

10 000 文書のうち, 次の2単語の DF (document frequency) を以下とする

$$df(\text{インバータ})=100, df(\text{ケーブル})=200$$

$$idf(\text{インバータ}) = \log 10\,000 - \log 100 + 1 = 4 - 2 + 1 = 3$$

$$idf(\text{ケーブル}) = \log 10\,000 - \log 200 + 1 = \log 10\,000 - \log 100 - \log 2 + 1 = 4 - 2 - 0.301 + 1 = 2.699$$

② TF 値の算出

ある文書 d に単語が 200 個あり, インバータが 10 回, ケーブルが 11 回出現したとする

$$tf(\text{インバータ}, d) = 10/200 = 0.05$$

$$tf(\text{ケーブル}, d) = 11/200 = 0.055$$

③ 特徴度合の算出

文書 d におけるインバータ, ケーブルの特徴は次のように求まる

$$tf(\text{インバータ}, d) \cdot idf(\text{インバータ}) = 0.05 \cdot 3 = 0.15$$

$$tf(\text{ケーブル}, d) \cdot idf(\text{ケーブル}) = 0.055 \cdot 2.699 = 0.14795$$

④ 表示順

この文書集合においては, ある文書 d ではインバータのほうがケーブルよりも出現頻度は低いが, 文書 d を表す特徴度合いは高い⇒インバータの上位に表示

2.3.3 個別機能の紹介

本システムでは, 固有の指標値として「有用度」という概念を定義し, 実装している。「Watson」で得られる「頻度」・「相関」以外に, これまで蓄積された保全のノウハウを踏まえた指標値として導入し, 検索結果の表示順などのロジックを継続的なチューニングにより変更・強化していける仕組みを構築した。その概要を図5に示す。

3. おわりに

本システムの導入により, 各製造拠点から, 同様の故障に対する復旧時間が, 従来と比べて 20~30 %程度短縮できた事例が数多く報告されており, 当初の目的とおりの支援ツールが構築できたと言える。また, 操業部門への応用も図っており, 鉄鋼製品の安定供給に貢献している。

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へと改善していきたい。

参考文献

- 1) JFE スチールニュースリリース 2019年3月7日
<https://www.jfe-steel.co.jp/release/2019/03/190307.html>
- 2) Rajaraman, A.; Ullman, J.D. Mining of Massive Datasets. 2011, p.1-17.
- 3) IBM チュートリアル
<https://www.ibm.com/developerworks/jp/topics/>