

予兆監視システム（SIAT）が検出した予兆情報から NUCIA に登録された過去の類似事例を検索する手法の検討

Examination of a method to search past similar cases registered in NUCIA from predictive information detected by SIAT

中国電力株式会社	林 司	Hayashi Tsukasa	Member
中国電力株式会社	谷川 稔	Minoru Tanigawa	Member
日本電気株式会社	山本 敬之	Takayuki Yamamoto	Member
日本 IBM 株式会社	宇治原 里志	Satoshi Uzihara	Member
株式会社 IIU	高瀬 健太郎	Takase Kentaro	Member
株式会社 IIU	児玉 典子	Noriko Kodama	Member

Abstract

It is thought that we can let knowledge of "Human" substitute by building a function to utilize predictive information, and to extract a similar example from these documents in AI. In this way, we can largely reduce a burden on "Human" by building past accidents as a database, and being resemblance or equivalence, and extracting a cormorant from that. But we may list it by expression varying among document creators even if it is the same company. When we performed a document search with disregard to such a ", we made which considered "the fluctuation of words" because the document using the different expression might leak out from the search results.

Keywords:SIAT、IBM Watson Explorer、AI、NUCIA、building past accidents as a database、the dictionary、the fluctuation of words

1. はじめに

SIAT はプラントに異常が発生した時のプロコンデータの通常とは異なる振る舞いを検知し、インバリエントが崩れたパラメータ群を示すものであり、異常兆候の原因特定に関しては、現状では経験のある運転員・保守員等、「ヒト」の知識に頼るところが大きい。

「ヒト」の知識は過去の保全活動やトラブル等の情報に該当し、様々な文書として蓄積されており、SIAT が検知した予兆情報を活用し AI でこれらの文書から類似事例を抽出する機能を構築することで、「ヒト」の知識に代替させることができると考えられる。このことから、SIAT と他の AI システム連携について検証を進めている。

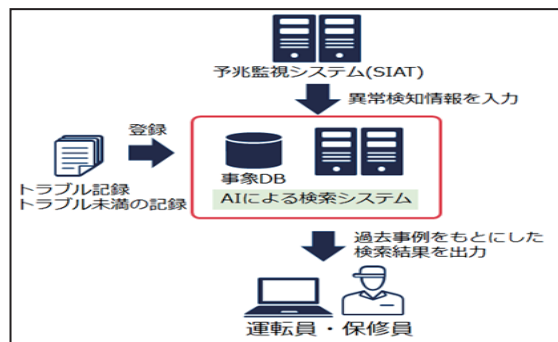


図1 他のAIとSIAT連携の概念

「ヒト」の知識に該当する文書群は、事業者毎に異なる原子力用語等を用いて記述していることがある。また、同一事業者であっても、文書作成者により異なる表現で記載することは十分に考えられる。しかし、このような「言葉の揺らぎ」を考慮せずに文書検索を行った場合、異なる表現を用いた文書は検索結果から漏れてしまう可能性がある。以上のことから、蓄積された文書群から適切に類似事例を検索する手法について検討を行った。

2. SIAT と他 AI 連携の概要

SIAT が検知した異常兆候情報に基づき過去に蓄積された文書から類似事例を検索する AI システムとして、大量の文書を素早く解析し、その内容について様々な角度で分類が可能である IBM Watson Explorer を採用した。

また、検索対象文書として、原子力安全推進協会（JANSI）により公開されている原子力情報公開ライブラリー（NUCIA）の事故情報及び保全品質情報約 3,900 件を用いてトラブル等データベースを作成した。NUCIA には、全原子力プラントのトラブル等の情報が蓄積されており、事業者毎・文書作成者毎の表現の違いによる「言葉の揺らぎ」を評価するのに適している。

3. 検索キーワードの検討

SIAT で異常兆候を検知すると、異常検知情報が IBM Watson Explorer に渡され、異常検知情報に含まれる異常兆候が現れたプロコンデータのパラメータ一覧を基に文書群から過去の類似事例が検索される。

検索において、プロコンデータのパラメータ名称をそのまま検索キーワードとして用いることも考えられるが、パラメータ名称は電力会社ごとに異なっている上、異常兆候が現れたパラメータ名称そのものを NUCIA に登録しているとは限らないことから、パラメータ名称自体をそのまま検索キーワードとして使用することは出来ない。

パラメータ名称自体の構造を見ると、パラメータ値がどの部位のどのような物理量を示しているか名称のみで判断出来るように「系統」「機器」「部位」「物理量」「計測対象」を表す単語・略語が組み合わされている。

例えば、島根原子力発電所 2 号機では、再循環系の再循環ポンプ第 2 段メカニカルシールの温度に関するパラメータ名称は「PLR ポンプ第二段シール圧力」（機器+部位+物理量）命名されている。NUCIA ホームページのトラブル情報等から、このパラメータ名称をそのまま用いて全文検索を行うと、該当事例は 0 件であるが、「PLR ポンプ」「シール」「圧力」のように単語を切り取り全文検索すると、該当事例として 2 件抽出される。

このことから、パラメータ名称から適切な検索キーワードを設定できるように、パラメータ名称を切り分けた「検索キーワード変換テーブル」の作成を行った。切り分けたパラメータ名称の各単語は、上述の「系統」「機器」「部位」「物理量」「計測対象」の 5 種類に整理した。

4. 「原子力用語揺らぎテーブル」の作成

NUCIA 情報で用いられている原子力用語は、登録した電力会社により異なっていることがある。例えば、原子炉給水ポンプの駆動用タービンについて比較すると、「原子炉給水ポンプ駆動用タービン」「給水ポンプ駆動タービン」「給水ポンプ駆動用タービン」のように電力会社毎に表現が少しずつ異なる。AI による文書検索時、このような「言葉の揺らぎ」を考慮できるようにするため、NUCIA 情報から「原子力用語揺らぎテーブル」を作成している。

「原子力用語揺らぎテーブル」の作成手順は以下の通り。

- ① NUCIA 情報のうち「件名」「事象発生時の状況」「事象の原因」を対象とし、形態素解析ツール (MeCab)

を用いて形態素に分解。「名詞」「接頭詞」と評価された形態素を抽出。「名詞」「接頭詞」が連続する場合、連続した範囲を 1 つの単語と評価。

- ② 抽出した単語を原子力用語とその他に区分し、原子力用語を抽出する。
- ③ 原子力用語を、系統毎に同一の機器・部位、物理量等にカテゴライズする。

カテゴライズした原子力用語について、同一の意味である単語ごとに「言葉の揺らぎ」を整理する。

5. NUCIA データの検索検証

作成した「検索キーワード変換テーブル」「原子力用語揺らぎテーブル」を用い、過去に島根原子力発電所 2 号機で発生したトラブル事例について、NUCIA 情報の検索検証を行った。尚、本検証では作成したテーブルの有効性確認を目的としていることから、IBM Watson Explorer は用いず、単純に NUCIA 本文中に指定した単語が含まれるか検索を行い、類似事象が適切に選択されるか、島根原子力発電所 2 号機で過去に起こったトラブル事象データを基に検証した。

再循環ポンプメカニカルシール部漏洩事象の検索

再循環ポンプメカニカルシール部からの漏洩事象発生時のプロコンデータを PMDS で分析すると、メカニカルシールの圧力・温度やブリードオフ流量に関するパラメータのインバリエントの崩れが検知される。これらのパラメータについて、パラメータ名称をそのまま用いて検索した場合、抽出された件数は 0 件であった。対して、「検索キーワード変換テーブル」のみ用いて NUCIA データの検索を行った場合、抽出された件数は 22 件、「検索キーワード変換テーブル」「原子力用語揺らぎテーブル」を用いて検索を行った場合は 66 件となった。

抽出された NUCIA データはほぼ全てが再循環ポンプメカニカルシールの漏洩事象であり、「検索キーワード変換テーブル」「原子力用語揺らぎテーブル」を用いることにより、類似事象を適切に抽出可能であることを確認した。

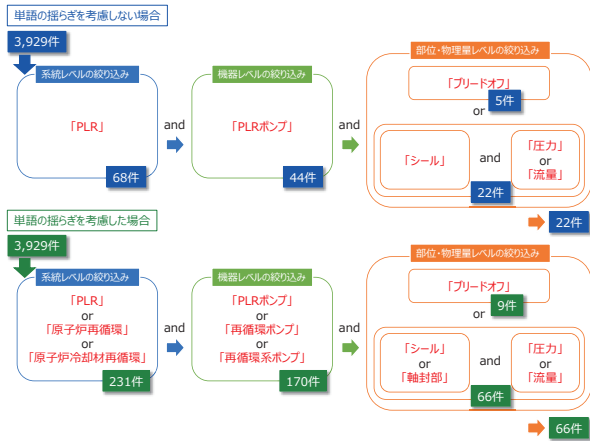


図2 NUCIA データ検索結果

表1 検索キーワード変換テーブル (例)

1	中性子計装系	出力領域モニタ				
2	APRM					
3	LPRM	局部出力領域モニタ	LPRM 検出器			
4	RBM					
5	SRM					
6	熱流束					
7	IRM					
8	PLR	原子炉再循環	原子炉再循環系	原子炉冷却材再循環	原子炉冷却材再循環系	再循環
9	PLR ポンプ	原子炉再循環ポンプ	再循環ポンプ	原子炉冷却材再循環ポンプ	原子炉再循環系ポンプ	原子炉冷却材再循環ポンプ
10	MG セット	M-G セット	MG			
11	電動機	モータ	発電機	永久磁石発電機	駆動用電動機	
12	ASD	速度制御器	速度制御装置	INV	自動電圧調整器	
13	PLR 制御系	可変周波数電源装置制御系	原子炉再循環ポンプ回転速度制御系	原子炉再循環ポンプ速度制御系	自動速度制御系	可変周波数電源装置
14	メカニカルシール	シール	シール部	メカニカルシール部	軸封部	軸封
15	シールパージ水	パージ水	パージ			
16	原子炉	原子炉圧力容器	圧力容器	RPV	炉	
17	炉内					
18	ヘッド	頂部	上部	上側		
19	給水ノズル	給水フローノズル	フローノズル			
20	原子炉保護系	原子炉安全保護系				

表2 原子力用語揺らぎテーブル (例)

入力点ID	入力点名称	計測対象	系統レベル1	機器レベル1	部位レベル1	物理量レベル前	物理量レベル	物理量レベル後
NMS-LPRM-A123	LPRM レベル (20-05A)			LPRM			レベル	
NMS-APRM-A129	APRM レベル CH1			APRM	CH		レベル	
NMS-RBM-A131	RBM レベル CH7			RBM	CH		レベル	
NMS-SRM-A139	SRM レベル CH21			SRM	CH		レベル	
NMS-TPM-A145	熱流束 レベル CH1				CH	熱流束	レベル	
NMS-TPM-A151	熱流束基準レベル CH1				CH	熱流束基準	レベル	
NMS-IRM-A159	IRM レベル CH11			IRM	CH		レベル	
PLR-FLOW-B003	A-PLR ポンプ入口流量			PLR ポンプ	入口		流量	
PLR-TEMP-B007	A-PLR ポンプ入口温度			PLR ポンプ	入口		温度	
PLR-ETC-B009	A-再循環 MG セット出力	再循環		MG セット			出力	
PLR-DIFF-B011	A-PLR ポンプ差圧			PLR ポンプ			差圧	
PLR-PRES-B015	A-PLR ポンプ第1段シール圧力			PLR ポンプ	シール		圧力	
PLR-ETC-B017	A-再循環 MG セット発電機速度	再循環		MG セット	発電機		速度	
PLR-ETC-B019	A-再循環速度制御器出力	再循環			速度制御器		出力	
PLR-FLOW-B021	A-PLR ポンプブリードオフ流量			PLR ポンプ		ブリードオフ	流量	
PLR-TEMP-B025	A-PLR ポンプ第1段シール温度			PLR ポンプ	シール		温度	
PLR-FLOW-B027	A-PLR ポンプメカシールパージ流量			PLR ポンプ	メカシール	パージ	流量	
PLR-VIB-B029	A-PLR ポンプ X 軸振動			PLR ポンプ	X 軸		振動	
PLR-VIB-B031	A-PLR ポンプ Y 軸振動			PLR ポンプ	Y 軸		振動	
PLR-VIB-B033	A-PLR ポンプモータ振動			PLR ポンプ	モータ		振動	
	原子炉圧力 (広域)	原子炉					圧力	
FW-LEV-B043	原子炉水位 (狭域)	原子炉					水位	
	全主蒸気流量	主蒸気					流量	
FW-FLOW-B046	A-原子炉給水流量	原子炉				給水	流量	
	原子炉水位 (狭域)	原子炉					水位	
	原子炉水位設定値	原子炉					水位	設定値

6. 今後の課題

「原子力用語揺らぎテーブル」は作成中であり、引き続き NUCIA データを基に作業を進める予定である。また、今回紹介した「検索キーワード変換テーブル」「原子力用語揺らぎテーブル」を用いた NUCIA データの検索検証は、人為的に「AND」「OR」を組み合わせ文書検索を担う IBM Watson Explorer による検索の検証を進める予定である。

以上