

## 「調節計診断支援システム」の構築と運用

伊藤 秀臣

BEMSに蓄積される運転データを活用し、調節計の制御挙動に着目して設備の異常兆候を早期に検知する診断支援手法を提案した。日本語表記の揺れを含む計測ポイント名称をTSC/naming\_codesに変換することで、調節計に関わるデータの自動抽出と診断処理の省力化を実現した。実建物への適用事例から、従来の警報監視では見逃されていた潜在的な不具合を警報発生前に把握できることを示し、建築設備の効率的な運用・保全に有効であることを確認した。

### 1. はじめに

2050年のカーボンニュートラル実現に向けて、建築設備の効率的な運用と適切なメンテナンスは、エネルギー分野における喫緊の課題である。そのためには、BEMSにより蓄積される運転データを活用し、設備の無駄な運転を削減しつつ、各機器を最適な効率で制御する必要がある。また、近年の労働力不足や働き方改革への対応という社会的背景を踏まえると、AI技術を用いた自動診断の導入が不可欠である。限られたリソースで効率的に運用改善を進めるためには、BEMSデータを活用した設備診断の自動化・高度化が求められている。

空調熱源システムにおける不具合には、大きく以下の2種類がある。

#### ①明確な警報として検出される不具合

機器の故障やセンサ値の閾値超過など、システムから警報として検出される不具合

#### ②警報として検出されないが進行している不具合

小さな異常が時間とともに蓄積され、最終的に①へと顕在化する潜在的な問題

①の段階では、すでに重大なトラブルに発展してい

る可能性があり、運用上の損失も大きくなる。したがって、②の段階で不具合を早期に発見し、適切に対処することが極めて重要である。②のような潜在的な不具合の主な要因には、以下が考えられる。

#### 1) 時間的要因

- ・機器の経年劣化
- ・保全不足による性能低下
- ・制御用センサのドリフトや故障

#### 2) 人的要因

- ・メンテナンス後の設定値戻し忘れ
- ・操作ミスによる誤設定や固定運転の継続

#### 3) 外的要因

- ・気象条件変化や建物用途変更による負荷構成の変動
- ・設計時に想定されていない運用パターン

このような「警報に現れない不具合」の早期発見は、熟練した運転管理者であっても困難な場合が多い。

本報では、「調節計診断支援システム」を用い、BEMSデータから抽出される調節計の制御情報を分析することで、制御の乱れや異常兆候を捉え、警報が発生する前の段階での異常検知を可能にする手法を報告する。

### 2. BEMSデータ処理における課題

近年のBEMSでは、計測対象の点数が増加し、かつ中長期にわたりデータが蓄積されるようになったことで、データ量は膨大なものとなっている。しかしその一方で、蓄積されたデータを十分に活用できていないという課題も浮き彫りになってきている。その主な要因の一つとして、BEMSにおけるポイント名称表記の「ゆれ」が挙げられる。具体的な「ゆれ」の例を以下

に示す。

- ・全角半角の混在（チラー、チラ-など）
- ・スペースの有無
- ・同一機器でも表記の仕方が違う（冷凍機、チラー、RCなど）
- ・ワードが離れている場合（「積算冷水熱量」のような「積算」と「熱量」）

これは、空気調和・衛生工学会の「BEMSポイント名称標準化小委員会」によってまとめられた報告書R0047-2014『BEMSにおけるポイント名称表記方法』でも指摘されている。日本語で記述されたポイント名称は、施設やシステム構築者ごとに異なる記述ルールが存在し、同一の意味をもつデータであっても、異なる名称で記録されていることが多い。この「ゆれ」により、図1に示すような一覧表から、グラフ作成などに必要なBEMS蓄積ポイントを検索する手間が増大し、自動診断におけるデータ前処理の大きな障壁となっている。たとえば、BEMS上で計測ポイントを検索する際、名称の「ゆれ」により同一の意味をもつデータが異なる表記となっていた場合、分析者はそれらを個別に判別・統合しなければならない。これが診断処理の自動化を困難にしている一因である。この課題を解決するために、同委員会では、日本語ポイント名称の命名に関する注意点や、ポイント名称を活用して情報を抽出する方法の前処理方法についても言及している。

### 3. TSC/naming\_codesの活用

#### 3.1. TSC/naming\_codesの概要

TSC/naming\_codes（以後、TSC/codes）とは、計測ポイント名称の命名規則を定めたものである。すべての計測ポイント名称を共通のルールに従って記号化することで、日本語名称に起因する曖昧さを排除することができる。また、計測ポイントがもつ情報を、以下のように分類することで、複数の機器や建物を横断的に評価可能とする利点がある。

- ・機器の分類
- ・機器表における記号
- ・コアデータ
- ・その他の補足情報

SHASE-M0007-2005「設備システムに関するエネルギー性能計測マニュアル」では、BEMSの計測ポイントを用いた効率などの演算評価式における変数名称としてTSC/codesが採用されており、建築設備の性能診断への応用が進められている。

#### 3.2. TSC/codes変換処理のステップ

図2に、BEMS日本語ポイント名称をTSC/codesへ変換する処理フローを示す。

ID	名称	単位
656	A000674 OH-1 冷水27℃チラー COP-1 冷卻水ポンプ駆動電力量	kWh
657	A000675 COP-1 冷卻水ポンプ駆動電力量	kWh
658	A000676 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻水流量制御用冷卻水ポンプの制御電力量	N
659	A000677 OH-1 冷水27℃チラー COP	m3
660	A000678 OH-1 冷水27℃チラー 冷水積算電力量	m3
661	A000679 OH-1 冷水27℃チラー 冷水流量	m3/h
662	A000680 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機電力量	kWh
663	A000681 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機電力量	kWh
664	A000682 海水温調整機設定電力量(P277)	℃
665	A000683 OH-1 冷水27℃チラー 冷水積算電力量	m3
666	A000684 OH-1 冷水27℃チラー 冷水流量	m3/h
667	A000685 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機入口流量	℃
668	A000686 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機流量	MJ
669	A000687 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機流量	MJ/h
670	A000688 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機流量	MJ/h
671	A000689 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機出口流量設定電力量(P277)	℃
672	A000690 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機出口流量	℃
673	A000691 冷水27℃チラー 冷卻機出口流量制御用電力量(P277)	N
674	A000692 冷水流量制御機設定電力量(P277)	m3/h
675	A000693 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機入口流量	℃
676	A000694 OH-1 冷水27℃チラー 冷水積算電力量	MJ
677	A000695 OH-1 冷水27℃チラー 冷水流量	MJ/h
678	A000696 OH-1 冷水27℃チラー 冷水流量	MJ/h
679	A000697 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機出口流量	℃
680	A000698 冷水流量制御機設定電力量(P277)	N
681	A000699 OH-1 冷水27℃チラー 冷卻機流量設定電力量(P277)	m3/h
682	A000700 OH-1 空冷HPモーター 冷水流量	MJ/h
683	A000701 OH-1 空冷HPモーター 冷水流量	MJ
684	A000702 OH-1 空冷HPモーター 冷水流量	MJ/h
685	A000703 空冷HP COP	
686	A000704 OH-1 空冷HPモーター 冷水流量	m3
687	A000705 OH-1 空冷HPモーター 冷水流量	m3/h

図1 BEMS計測ポイント一覧表の選択画面例

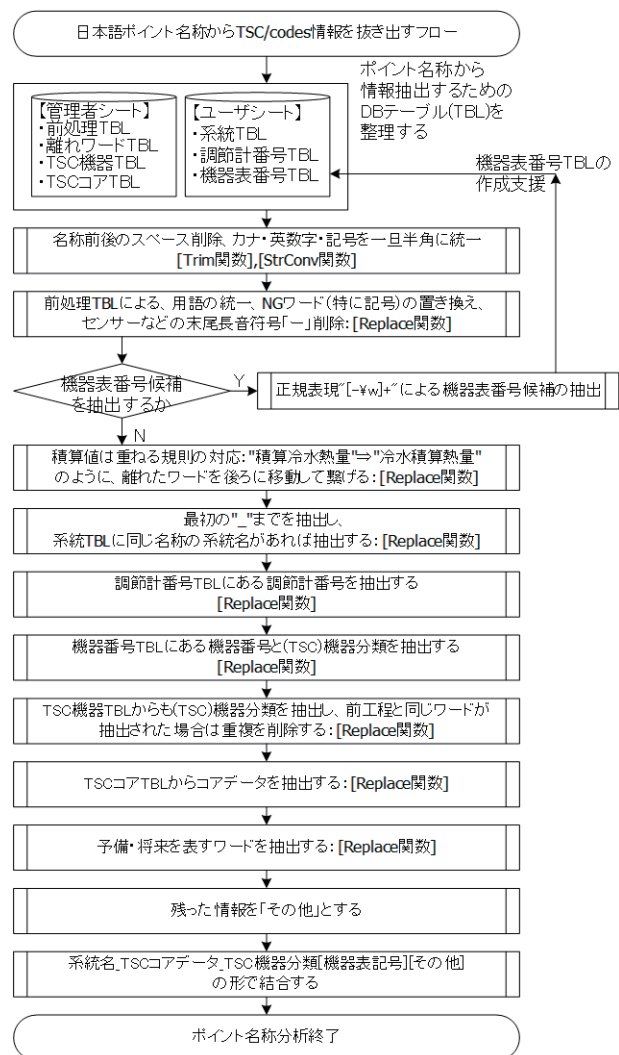


図2 TSC/codes変換処理フロー

本変換処理は以下のステップで構成される。

1) 表記の「ゆれ」の処理

まず、R0047-2014「BEMSにおけるポイント名称表記方法」に示された典型的な日本語ポイント名称の「ゆれ」への対応をおこなう。処理内容には、以下が含まれる。

- ・名称前後のスペース除去
- ・全角・半角の統一
- ・同義語の統一（例：ファンコイルユニット, ファンコイル, FCU）
- ・パルス計量ポイント、積算熱量（QQ）や積算流量（FF）における、瞬時計測ポイントと語の順序を揃えるための語順入替処理（例：「積算冷水熱量」→「冷水積算熱量」）

2) 情報の抽出

次に、名称から以下の情報を抽出する。

- ・系統情報
- ・機器情報
- ・コアデータ情報
- ・「将来」「予備」などの状態に関する情報

3) コードへの再構成

残されたそのほかの情報を「その他情報」とし、以下の形式で結合してTSC/codesとして出力する。

- ・系統名\_TSCコアデータ\_TSC機器分類[機器表記号][その他]

たとえば、「TR-2ターボ冷凍機冷却水出口温度」と「TR-2冷却水出口温度」のいずれも、機器表記号が

TR-2、機器分類がターボ冷凍機（WCRc）、コアデータが冷却水出口温度（TWcd\_out）であり、次のTSCコードに変換される。

・TWcd\_out\_WCRc[TR-2]

このように、日本語のポイント名称に存在する「ゆれ」を統一し、命名規則に基づいて情報をもった新たなポイントリストの作成が可能となる。

### 4. ポイントリストから調節計情報の抽出

近年、空調熱源システムに搭載された調節計（コントローラ）のデータを取得する物件も増えてきており、制御状態の可視化と診断が実現可能となっている。

「調節計診断支援システム」では、TSC/codesを活用することで、従来は手作業でおこなわれていたポイント選定を自動化・省力化している。

まず、図3に示すように、名称・関連名称・種別・種類・設定対象・個別キーワードのリストを作成する。名称および関連名称には主に機器の表記記号、種別には冷房・暖房などのモード、種類および設定対象にはコアデータに対応するキーワード、個別キーワードにはその他の補足情報を入力する。これらの情報は必要に応じて追加可能であり、すべての項目を網羅的に入力する必要はない。

次に、各調節計に対応する情報を自動的に抽出する。変換済みのポイント表にはTWcd\_outなどのコアデータが含まれているため、従来のように系統図や計装図を参照しながら変換前のポイント表と照合する必要はな

利用	ID	名称	名称標準1	名称標準2	PV	SV	SVアノサ	MV
<input checked="" type="checkbox"/>	0	PR-01			PR-01 INV冷凍機 冷水出口温度(T10)	PR-01 INV冷凍機 冷水出口温度過熱設定(SP)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	1	PR-02			PR-02 INV冷凍機 冷水出口温度(T12)	PR-01 INV冷凍機 冷水出口温度過熱設定(SP)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	2	PR-03			PR-03 INV冷凍機 冷水出口温度(T14)	PR-01 INV冷凍機 冷水出口温度過熱設定(SP)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	3	PCT-01-01			PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度(T08)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SP)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PCT-01-01 冷却塔 INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	4	PCT-01-02			PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度(T08)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SP)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PCT-01-02 冷却塔 INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	5	PCT-01-03			PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度(T08)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SP)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PCT-01-03 冷却塔 INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	6	PCT-01-04			PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度(T08)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SP)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PCT-01-04 冷却塔 INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	7	PCT-02-01			PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度(T08)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SP)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PCT-02-01 冷却塔 INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	8	PCT-02-02			PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度(T08)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SP)	PCT-01.02 冷却塔 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PCT-02-02 冷却塔 INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	9	TCV01			PR-01.02.03 INV冷凍機 冷却水出口温度(冷却塔 冷却水入口温度)	PR-01.02.03 INV冷凍機 冷却水出口温度設定(SP)	PR-01.02.03 INV冷凍機 冷却水出口温度設定(SPアノサ)	PR-01.02.03 INV冷凍機 冷却水出口温度制御用バイパスMV
<input checked="" type="checkbox"/>	10	PCDP-01			PR-01 INV冷凍機 冷却水流量(F01)	PR-01 INV冷凍機 PCDP-01 冷却水流量(流量設定)	PR-01 INV冷凍機 PCDP-01 冷却水流量(流量設定(SPアノサ))	PR-01 INV冷凍機 PCDP-01 冷却水流量(流量設定(SPアノサ)) INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	11	PCDP-02			PR-02 INV冷凍機 冷却水流量(F02)	PR-02 INV冷凍機 PCDP-02 冷却水流量(流量設定)	PR-02 INV冷凍機 PCDP-02 冷却水流量(流量設定(SPアノサ))	PR-02 INV冷凍機 PCDP-02 冷却水流量(流量設定(SPアノサ)) INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	12	PCDP-03			PR-03 INV冷凍機 冷却水流量(F03)	PR-03 INV冷凍機 PCDP-03 冷却水流量(流量設定)	PR-03 INV冷凍機 PCDP-03 冷却水流量(流量設定(SPアノサ))	PR-03 INV冷凍機 PCDP-03 冷却水流量(流量設定(SPアノサ)) INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	13	PCP-01			冷水往き還りの配管差圧(GP01)	冷水往き還りの配管差圧設定(SP)	冷水往き還りの配管差圧設定(SPアノサ)	PR-01 INV冷凍機 PCDP-01 冷水往き還りの配管差圧設定(SPアノサ) INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	14	PCP-02			冷水往き還りの配管差圧(GP01)	冷水往き還りの配管差圧設定(SP)	冷水往き還りの配管差圧設定(SPアノサ)	PR-02 INV冷凍機 PCDP-02 冷水往き還りの配管差圧設定(SPアノサ) INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	15	PCP-03			冷水往き還りの配管差圧(GP01)	冷水往き還りの配管差圧設定(SP)	冷水往き還りの配管差圧設定(SPアノサ)	PR-03 INV冷凍機 PCDP-03 冷水往き還りの配管差圧設定(SPアノサ) INV制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	16	FCV-01	1		PR-01 INV冷凍機 冷水流量(F04)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SP)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SPアノサ)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SPアノサ) FCV-01 制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	17	BFV2	-1	-1	外調機系統 冷水融通流量(FM-5)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SP)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SPアノサ)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SPアノサ) BFV2-1 制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	18	BFV2	-1	-2	外調機系統 冷水融通流量(FM-5)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SP)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SPアノサ)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SPアノサ) BFV2-1 制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	19	BFV2	-2		外調機系統 冷水融通流量(FM-5)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SP)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SPアノサ)	外調機系統 冷水往き融通流量設定(SPアノサ) BFV2-1 制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	20	FCV-01	2		PR-02 INV冷凍機 冷水流量(F05)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SP)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SPアノサ)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SPアノサ) FCV-01 制御出力
<input checked="" type="checkbox"/>	21	FCV-01	3		PR-03 INV冷凍機 冷水流量(F06)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SP)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SPアノサ)	冷水往き還りの配管バイパス流量設定(SPアノサ) FCV-01 制御出力

図3 調節計情報抽出用ツールの画面例1

く、調節計単位で必要なポイントを自動的に抽出することが可能である。主な抽出対象となるポイントは以下のとおりである。

- ・上位コントローラからの設定値 (SV)
  - ・下位コントローラや機器 (冷凍機など) から返される実設定値応答 (SVアンサ)
  - ・制御用センサの測定値 (PV)
  - ・下位コントローラからの操作量 (MV)
  - ・対象機器の運転状態およびモード状態
- このうちPVはリスト情報に基づいて抽出される。

SV、SVアンサ、MV、運転状態およびモード状態については、リスト情報に加え、コアデータ内に含まれる「設定」を表す "s"、「開度/出力」を示す "MV"、「状態」を示す "iSWC" などのキーワードを含むポイントが対象となる。

抽出結果の例を図4および図5に示す。

- ・白および灰色のセルは自動抽出された第一候補
- ・緑色のセルは第二候補以下
- ・黄色のセルは自動抽出が困難で手動設定されたもの

設定区分の表示/非表示

調節計設定 PVS/SV/アンサ/MV 検知対象 状態 モード (未選択)

並び替えリセット 並び替えの状況: (なし)

新規登録 編集 許容値/タイム設定の一括置換 PVL設定の設定状況:  自動判定  自動判定(確認済み)

利用	ID	分類	N1	N2	N3	N4	N5	名称	名称 枝番1	名称 枝番2	関連名称	種別	種類	設定 対象	固有キーワード
<input checked="" type="checkbox"/>	0	TIC	1	1	1	0	1	PR-01					TWc	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	1	TIC	1	1	2	0	1	PR-02					TWc	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	2	TIC	1	1	3	0	1	PR-03					TWc	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	3	TIC	1	2	1	1	4	PCT-01-01			PCT-01、02		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	4	TIC	1	2	1	2	4	PCT-01-02			PCT-01、02		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	5	TIC	1	2	1	3	4	PCT-01-03			PCT-01、02		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	6	TIC	1	2	1	4	4	PCT-01-04			PCT-01、02		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	7	TIC	1	2	1	5	4	PCT-02-01			PCT-01、02		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	8	TIC	1	2	1	6	4	PCT-02-02			PCT-01、02		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	9	TIC	1	2	2	0	4	TCV01			PR-01、02、03		TWcd	out	
<input checked="" type="checkbox"/>	10	FIC	1	3	1	0	4	PCDP-01			PR-01		F	Pod	F01
<input checked="" type="checkbox"/>	11	FIC	1	3	2	0	4	PCDP-02			PR-02		F	Pod	F02
<input checked="" type="checkbox"/>	12	FIC	1	3	3	0	4	PCDP-03			PR-03		F	Pod	F03
<input checked="" type="checkbox"/>	13	PIIC	1	4	1	0	1	PCP-01			冷水往還		dP	Wc	
<input checked="" type="checkbox"/>	14	PIIC	1	4	2	0	1	PCP-02			冷水往還		dP	Wc	
<input checked="" type="checkbox"/>	15	PIIC	1	4	3	0	1	PCP-03			冷水往還		dP	Wc	
<input checked="" type="checkbox"/>	16	FIC	1	5	1	0	1	FCV-01	1		PCP-01		V	F	F04
<input type="checkbox"/>	17	FIC	2	1	1	1	1	BFV2	-1	-1	騒音通		F	Wcs	FM-5
<input checked="" type="checkbox"/>	18	FIC	2	1	1	2	1	BFV2	-1	-2	騒音通		F	Wcs	FM-5
<input type="checkbox"/>	19	FIC	2	1	2	0	1	BFV2	-2		騒音通		F	Wcr	FM-5
<input checked="" type="checkbox"/>	20	FIC	1	5	2	0	1	FCV-01	2		PCP-02		V	F	F05
<input checked="" type="checkbox"/>	21	FIC	1	5	3	0	0	FCV-01	3		PCP-03		V	F	F06

図4 調節計情報抽出用ツールの画面例2

設定区分の表示/非表示

調節計設定 PVS/SV/アンサ/MV 検知対象 状態 モード (未選択)

並び替えリセット 並び替えの状況: (なし)

新規登録 編集 許容値/タイム設定の一括置換 PVL設定の設定状況:  自動判定  自動判定(確認済み)  確認済み  ユーザ定義  未設定 選択セルを確認済みにする

利用	ID	名称	名称枝番 1	名称枝番 2	and条件1	and条件2	and条件3	and(or)条件1	and(or)条件2
<input checked="" type="checkbox"/>	0	PR-01			PR-01 インバーター-本-冷凍機 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	1	PR-02			PR-02 インバーター-本-冷凍機 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	2	PR-03			PR-03 インバーター-本-冷凍機 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	3	PCT-01-01			PCT-01-01 冷却塔ファン 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	4	PCT-01-02			PCT-01-02 冷却塔ファン 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	5	PCT-01-03			PCT-01-03 冷却塔ファン 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	6	PCT-01-04			PCT-01-04 冷却塔ファン 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	7	PCT-02-01			PCT-02-01 冷却塔ファン 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	8	PCT-02-02			PCT-02-02 冷却塔ファン 運転	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	9	TCV01			(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	PR-01 インバーター-本-冷凍機 PCDP-01 冷却水ポンプ	PR-02 インバーター-本-冷凍機 PCDP-02 冷却水ポンプ
<input checked="" type="checkbox"/>	10	PCDP-01			PR-01 インバーター-本-冷凍機 PCDP-01 冷却水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	11	PCDP-02			PR-02 インバーター-本-冷凍機 PCDP-02 冷却水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	12	PCDP-03			PR-03 インバーター-本-冷凍機 PCDP-03 冷却水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	13	PCP-01			PR-01 インバーター-本-冷凍機 PCP-01 冷水1次水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	14	PCP-02			PR-02 インバーター-本-冷凍機 PCP-02 冷水1次水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	15	PCP-03			PR-03 インバーター-本-冷凍機 PCP-03 冷水1次水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	16	FCV-01	1		PR-01 インバーター-本-冷凍機 PCP-01 冷水1次水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input type="checkbox"/>	17	BFV2	-1	-1	冷水送液制御許可指令(1-許可、0-禁止)	冷熱源システム群 運転 外調機系統 熱源システム群 指令状態	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input type="checkbox"/>	18	BFV2	-1	-2	冷水送液制御許可指令(1-許可、0-禁止)	冷熱源システム群 運転 外調機系統 熱源システム群 指令状態	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input type="checkbox"/>	19	BFV2	-2		冷水送液制御許可指令(1-許可、0-禁止)	冷熱源システム群 運転 外調機系統 熱源システム群 指令状態	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	20	FCV-01	2		PR-02 インバーター-本-冷凍機 PCP-02 冷水1次水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)
<input checked="" type="checkbox"/>	21	FCV-01	3		PR-03 インバーター-本-冷凍機 PCP-03 冷水1次水ポンプ	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)	(設定なし)

図5 調節計情報抽出用ツールの画面例3

自動抽出の方法は、リストと変換後の情報をもったポイントリストから一致率の高い順に候補として選ばれている。第二候補以下は同一系統の関連ポイントやほか系統の同一計測ポイントなどが抽出されやすい。とくに制御の開始・停止条件などの判断に複数の条件が必要な場合は、ユーザによる補正が必要となることもある。ただし、本システムは情報をもったポイントリストをツールに取り込んでいるため、必要なポイントを容易に検索・修正できるよう設計している。

最後に、入力・設定された各ポイントは、BEMSデータから調節計の制御の乱れを検知するためのポイントリストとして出力される。ここで想定される制御の乱れとは、以下のような状態の継続を指す。

- ・SVとPVの不一致 ( $SV \neq PV$ )
- ・SVとSVアンサの不一致 ( $SV \neq SV$ アンサ)
- ・MVの高出力

## 5. 検知処理・確認の概要

調節計の制御の乱れを自動で検知するため、TSC/codesに基づいて作成したポイントリストと、対象物件のBEMSデータを用いた自動検知処理をおこなっている。

### 5.1. 処理の流れと構成

検知処理・確認の全体イメージを図6に示す。対象となるBEMSデータは、1分間隔のデータを1時間ごとに1ファイルとして生成しており、検知処理を担う拠点において、これらのファイルを1時間単位で取得する仕組みとなっている。取得したデータは、検知処理と検知結果ファイルの更新処理に順次使用され、いずれも自動的に実行される。検知処理においては、検知用のBEMSデータファイルと検知結果ファイルがそれぞれ独立して生成される。検知結果ファイルは年間分の検知結果を1ファイルに統合して順次更新していく方式を採用している。

一方で、BEMSデータは、生成や取得の過程において、データの欠損や遅延といった不具合が生じる可能性がある。これにより、検知処理に用いるデータが不完全となるリスクがあるため、本システムでは、対象BEMSデータの存在確認およびファイル容量の監視機能を備えている。不備が検出された場合には、リトライ処理を自動的に実行し、初回で解消されない場合は、次回処理タイミングで再度リトライをおこなう仕組みとなっている。さらに、再リトライ後も問題が解消さ

れない場合や、検知処理ツール自体が異常により停止した場合には、管理者へメール通知をおこなう機能を設けており、データの品質確保とシステムの安定運用を支援している。

加えて、検知結果ファイルは更新時にクラウドへアップロードされ、WEB画面を通じて検知状況や各ポイントの関連性を視覚的に把握できる「見える化」を実現している。

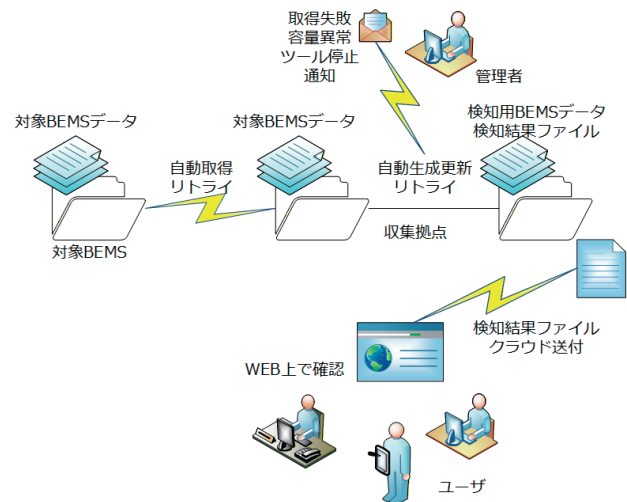


図6 検知処理・確認の全体イメージ

### 5.2. WEB画面による可視化と運用支援

ユーザは、図7に示すWEB画面を通じて、検知結果の閲覧に加え、必要に応じた付加情報の入力による運用支援をおこなうことができる。画面構成は以下のようになっている。画面左上には、検知項目ごとの検知数が表示され、右上には、検知原因の大分類ごとの検知数が表示される。中央部には、年間カレンダー形式で1時間単位に区切られたヒートマップが配置されており、横軸に月曜日始まりの1週間、縦軸に各月の週の開始日が表示される構成となっている。ヒートマップ上の各セルにマウスカーソルを合わせると、そのセルが対応する日時および該当する検知数がツールチップ（情報ウインドウ）で表示される。検知数は1分単位のデータを1カウントとして集計され、1年間分のデータが対象となる。なお、表示開始日は任意に設定可能であり、年単位だけでなく年度単位などでの可視化にも対応している。色調は、白（最小検知数セル）から赤（最大検知数セル）への濃淡によって検知数の多少を表しており、色が濃いほど複数の検知と1時間内の検知分数が長く発生していることを意味する。また、黒色のセルはBEMSデータが欠落していることを示し

ており、たとえば図7の画面例では、停電作業によるBEMSデータ生成の停止が原因となっている。さらに、検知項目および検知原因にはチェックボックスが付与されており、任意の項目の表示・非表示を切り替えることができる。これにより、特定の条件下での検知のみを抽出・表示するなど、柔軟な分析が可能である。

ヒートマップ上のセルを選択すると、図8に示すような詳細画面が表示される。詳細画面では、選択した日を起点とした1週間分の検知情報が可視化される。ユーザは、該当する検知に対して検知原因の選択およびコメントの入力が可能である。単一の原因が選択された場合は、その原因に応じた色で表示され、複数の原因が選択された場合は赤色で表示される。また、詳細画面上のセルにマウスを合わせることで、検知数・検知期間・原因種別の情報が表示される。時刻単位でのコメント入力も可能であり、コメントが入力されたセルは紫色で表示され、セルにマウスを合わせることで、内容を確認できる。加えて、全体画面のヒートマップ上では、コメント付きのセルに枠線が表示されるので識別可能となっている。

これらの入力機能により、検知原因に関する付加情報の蓄積が可能となり、より高度な分析や再発防止策の検討に資する情報基盤を整備している。WEB画面を活用することで、ユーザは場所や時間に縛られることなく検知状況を確認できるため、システム全体としての利便性と即応性の向上を図っている。

## 6. 検知結果の事例

「調節計診断支援システム」により、明確な警報①が検出される前段階で異常を検知できた事例を以下に紹介する。

- ・中央熱源システムを備えた事務所ビルにおいて、冷却水ポンプの流量制御用調節計で操作量(MV)の高出力状態が長時間継続していることを検知した。設定値(SV)に対して測定値(PV)は満足していたにもかかわらず、操作量(MV)は最大付近で張り付いた状態となっていた。調査の結果、清掃後わずか1か月でストレーナが詰まっており、再度の清掃が必要な状況であることが判明した。対象ビルの隣接

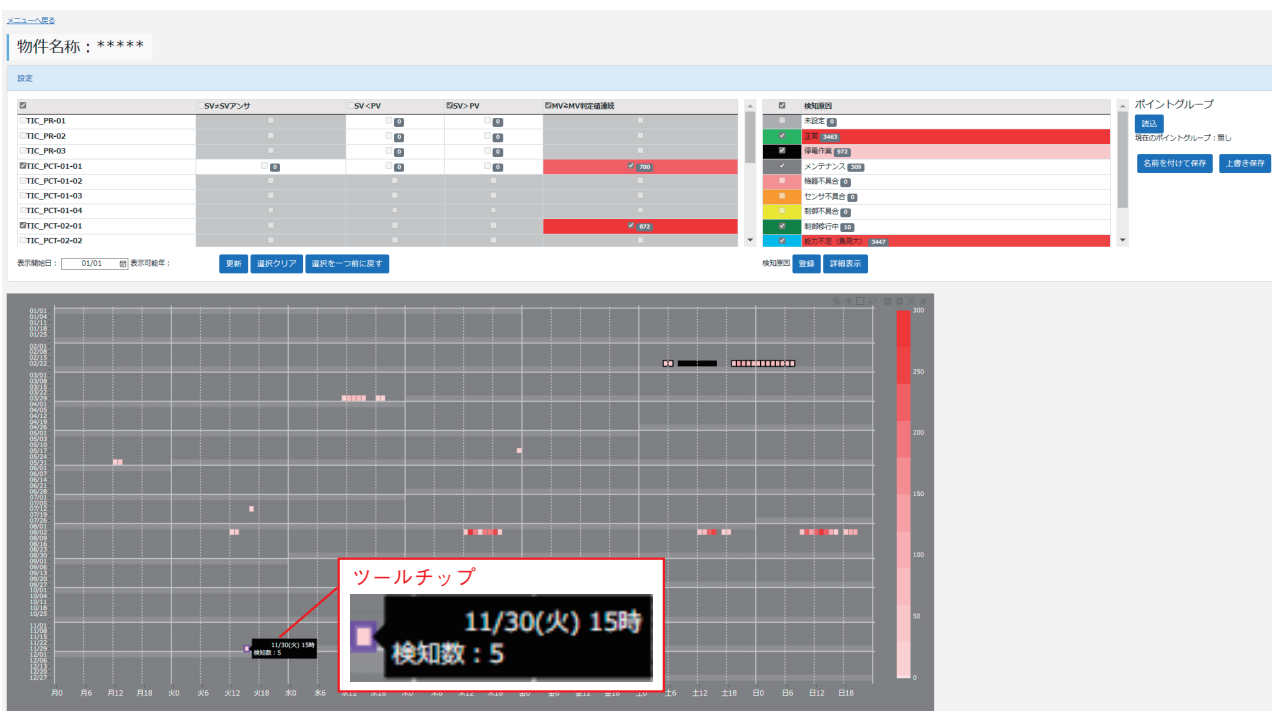


図7 検知結果確認WEB全体画面例



図8 検知結果確認WEB詳細画面例

地では建て替え工事がおこなわれており、工事中に発生した砂埃の影響が要因であると推察された。

- ・生産工場の外調機系統において、流量制御用調節計が操作量 (MV) の高出力状態を継続しており、加えて設定値 (SV) と測定値 (PV) が一致しない状態 (SV≠PV) も低頻度ながら継続していた。調査の結果、対象バルブが固着しており、一定開度から動作しない状態であったことが確認された。この工場では室内温湿度に閾値ベースの警報システム (①) が導入されていたが、当該不具合の発生時期が中間期に該当しており、環境条件が警報検出の閾値に達していなかったため、通常の監視では見逃されていた。
- ・制御用センサの値が断続的に固着し、制御が乱れるものの、正常値を示しているときもあるため異常と認識されにくいケースでは、冷却水温度制御用センサ値が変化せず冷却塔ファン低出力運転が継続され、負荷が大きくなった際に冷凍機冷水出口温度が上昇していた (SV≠PV)。結果としてセンサ交換の必要性に気づくまでに時間を要した。
- ・複数台の熱源をもつ施設で、一部の熱源が設定温度に達しない状態 (SV≠PV) が続いていたが、その他の熱源が負荷を補完していたため、異常が表面化せず、メーカーメンテナンスの必要性が見逃されていた。
- ・近年の特徴として、夏期の外気状態が設計外気条件を超過する状況が増加している点があげられる。ZEBの推進に伴い、空調熱源システムのミニマム容量設計が求められているが、設計外気条件を超えることで、冷却塔や外調機系統の温度調節計において、操作量 (MV) の高出力状態やSV≠PVの状態が継続する事例が増加傾向にある。

これらの事例からも明らかのように、本システムは、従来の警報検出では警報とならず普段の監視業務やBEMSデータの分析では見過ごされてきた故障や不具合につながる前兆的な挙動を調節計の制御の乱れからとらえ、早期に提示することが可能であり、実運用において有効に機能している。

## 7. おわりに

BEMSデータとTSC/naming\_codesを活用し、調節計の制御挙動に基づいて設備の異常兆候を自動的に検知・可視化する診断支援システムを提案した。日本語表記の「ゆれ」を含むBEMS計測ポイント名称を体系

的に整理・変換することで、調節計関連データの自動抽出を可能とし、警報として顕在化する前段階の潜在的な不具合を早期に把握できることを実運用事例により示した。本手法は、建築設備の運用・保全業務における省力化および高度化に寄与する。特に、熟練者の経験に依存してきた異常兆候の把握を、調節計の制御情報という共通指標を用いて支援できる点は、今後の人材不足下における設備管理において有用である。

今後の課題としては、検知条件のさらなる定量化および評価指標の整備、異常原因の自動分類に向けた学習型手法の導入、ならびに他システムとの連携強化が挙げられる。これらを通じて、BEMSデータを基盤としたより高精度かつ汎用的な設備診断技術の確立を目指す。

## 参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会 BEMS ポイント名称標準化小委員会：BEMSにおけるポイント名称表記方法、空気調和・衛生工学会BEMSポイント名称標準化小委員会報告書、2014.3
- 2) 伊藤秀臣、村澤達、立岩一真：TSCネーミングコードを活用したBEMSツールの合理化の研究、空気調和・衛生工学会学術講演会公演論文集、2022.9、pp137-140
- 3) 伊藤秀臣、村澤達、立岩一真：TSCネーミングコードを活用したBEMSツールの合理化の研究、空気調和・衛生工学会学術講演会公演論文集、2023.9、pp117-120