

在来線空調装置のモニタリングデータを用いた異常把握実現に向けた研究

A Study on the Failure Warning Detection using Monitoring Data for the Air-conditioning Systems of the Commuter Train



村上 俊介*



赤荻 剛*



一木 剛*



杉浦 芳光*

The reliability improvement of the commuter train and the reduction in the maintenance cost can be expected by assuming to change from the Time Based Maintenance (TBM) to the Condition Based Maintenance (CBM).

In this study, in order to achieve CBM by the monitoring system, we conducted the Field examination of the air conditioning system for the railway vehicle. Then, we selected appropriate measurement items to the monitoring system.

●キーワード：空調装置、モニタリング、鉄道車両、CBM

1. はじめに

現在、鉄道車両機器のメンテナンスは、劣化状態に関わらず走行距離や使用時間に基づいた検査および修繕が行われている。これに対して車両機器の状態を表す項目をモニタリングすることによって、劣化状態や故障予兆の把握が可能になれば、個々の車両機器の状態に応じてメンテナンスの時期と内容を決定し、実施することが将来、期待できる。

これまでに、空調装置の状態を把握する試験台を用いた試験を実施し、データから定量的な指標で劣化状態・故障予兆を把握することで、メンテナンスに反映させる方法を検討し、モニタリング項目を選定した。

本研究では、首都圏内の一般形直流電車の空調装置を対象にモニタリングデータを営業列車で収集するフィールド試験を実施し、その取得したデータの分析手法を検討した。

2. 研究の概要

モニタリングによる空調装置の状態把握を行うには、状態を表す各種データが必要である。これまでの試験台を用いた試験の知見から得られた、モニタリングに有効な項目を取得できる試験用空調装置を開発した。この試験用空調装置を営業列車に搭載し、モニタリングデータの収集を行い、得られたデータから分析方法を検討した。

3. 試験用空調装置の開発

開発した試験用空調装置は首都圏在来線で使用されている空調装置（AU726B型、表1）を基本とし、従来の空調機能を維持したまま、各種センサーを追加することによりモニタリングデータを記録することができる。さらにWiMAX回線で記録したデータを遠隔で収集することができる。追加したセンサーにより測定する項目は、これまでの試験台を用いた試験

の結果から決定した（表2）。

表1 鉄道車両用空調装置（AU726B型）仕様

項目	仕様
主な搭載車両	E231系、E233系
定格冷房能力	50,000 kcal/h
定格暖房能力	5,160 kcal/h
循環風量	120 m ³ /min
冷媒	R407C
圧縮機	スクロール×2、ロータリ×2
室外送風機	軸流式×2
室内送風機	遠心式×1
室外熱交換器	2
室内熱交換器	2

表2 フィールド試験の測定項目

No	名称	No	名称
1	圧縮機吸込圧力	8	室外熱交吐出温度
2	圧縮機吐出圧力	9	圧縮機吸込温度
3	リターン口温度	10	圧縮機吐出温度
4	リターン口湿度	11	室外熱交入口温度
5	室内熱交通過温度	12	室内熱交入口温度
6	室内熱交通過湿度	13	室内熱交出口温度
7	室外熱交吸込温度		

4. 営業列車でのモニタリングデータ収集

開発した試験用空調装置を首都圏在来線の特定の車両に搭載し、営業中にデータを収集する試験を実施した。収集期間は平成24年10月から平成25年10月までの約1年間である。

5. 収集データの分析

5.1 収集データの前処理

空調装置の出力は7段階あり、それぞれの状態でデータの出力結果が異なることが分かっている。条件を一定に揃えるために、特定の能力段数のみ抽出し分析を行うこととした。また、測定データはさまざまな外乱により図1のように変動があ

るため、測定データの前処理方法を検討し、過去の試験の結果等から前処理方法として第一四分位数によるデータの平準化を用いることとした。

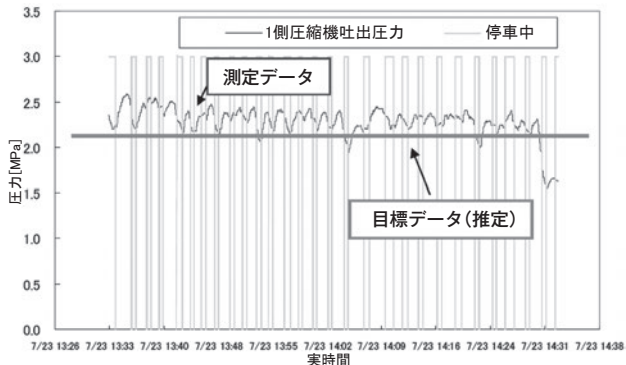


図1 車両運転状態による測定データ変動

5.2 データの分析方法

5.2.1 マハラノビスの距離による分析

収集したデータの変化を定量的に把握するため、定格試験（搭載前）と営業中の試験時の測定データに対してマハラノビスの距離を算出し比較した。その結果を表3に示す。

表3 定格試験とフィールド試験時の比較

2011年度定格試験		車両搭載時測定データ(1側圧縮機)				車両搭載時測定データ(2側圧縮機)				車両搭載時測定データ(3側圧縮機)				車両搭載時測定データ(4側圧縮機)			
ケース	MD	ケース	MD	ケース	MD	ケース	MD	ケース	MD	ケース	MD	ケース	MD	ケース	MD		
1	627	6月3週	1	598	1	989	1	6616	1	11780							
2	594	7月1週	2	1976	2	990	2	2985	2	6979							
3	593	7月2週	3	1345	3	646	3	664	3	1775							
4	591	7月3週	4	1915	4	671	4	556	4	1091							
5	623	7月4週	5	1391	5	771	5	660	5	1898							
6	619	7月5週	6	1283	6	722	6	1177	6	2198							
7	648	8月1週	7	1658	7	678	7	703	7	1743							
8	654	8月2週	8	1273	8	543	8	752	8	1883							
9	651	8月3週	9	1391	9	593	9	708	9	1894							
10	658	8月4週	10	1927	10	1002	10	1243	10	2650							
11	687	9月1週	11	1925	11	1138	11	1348	11	3290							
12	655	9月2週	12	1500	12	816	12	1555	12	3280							
13	654																
14	685																
15	721																
16	721																
17	718																
18	717																
19	682																
20	678																
最大値	721																

この表から、定格試験の測定データと比較してほぼ全てのケースで高い数値を示していることが分かる。これは空調装置を1年使用し、初期に比べて変化していることが推定できる。なお、どの程度の劣化が発生していたかについては、詳細を調査しているところである。

5.2.2 モリエル線図による分析

次に営業中のデータに対して、モリエル線図（p-h線図）による評価を行った。冷凍サイクルを持つ機器は、モリエル線図で、目に見えない冷媒の様子や、機器の現象を表すことができる。このモリエル線図を使用し、分析を検討した。定格試験時とフィールド試験時の測定データを比較した結果を図2に示す。定格試験時に比べて変化が若干確認できる。しかしフィールド試験期間が短いため、汚損等による劣化を明確に判定するまでには至っていない。今後汚損が進めばモリエル線図に影響が出てくると考えられる。

6. まとめ

営業中における空調装置の劣化状態・故障予兆を把握することを目的として、フィールド試験を実施し、収集データから分析手法を検討した。収集データの前処理として第一四分位数による平準化を適応させ、マハラノビスの距離による分析にて劣化判定を行った。さらにモリエル線図による分析を行い、1年間のデータに対して変化を確認した。

このことから、モニタリングデータを適切に前処理し、マハラノビスの距離を算出およびモリエル線図による可視化することで、劣化を把握することが期待できる。今後、データの前処理方法や分析方法について深度化をはかり、実導入につなげていきたい。

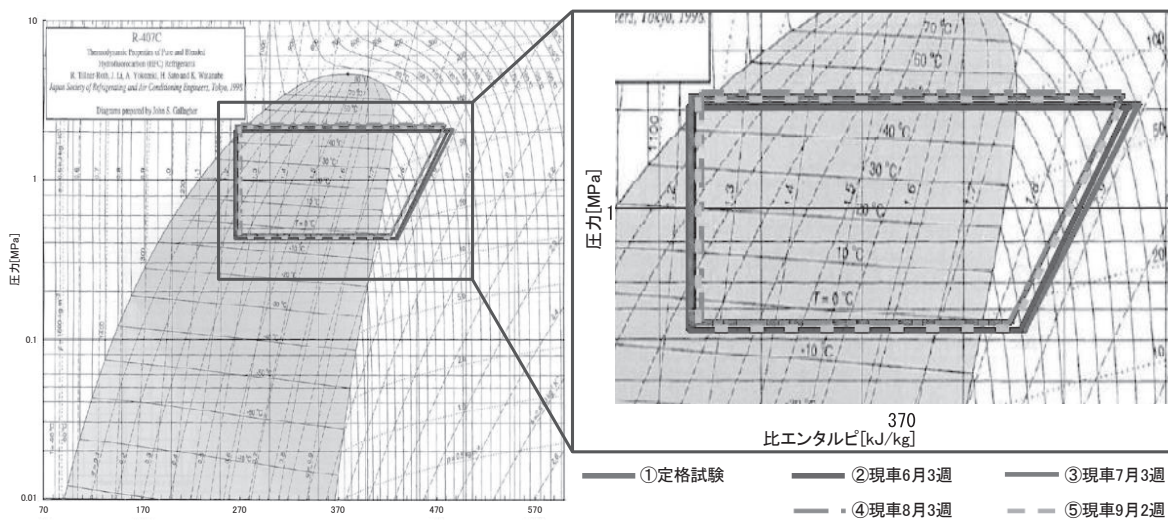


図2 モリエル線図による分析例