# 移動単位空間

異常予兆検知の最適化技術

## 2020年2月

アングルトライ株式会社

MT 法による異常予測問題では、異常をいち早く感度よく検出するために「移動単位空間」 の技術が利用されます。移動単位空間は MT 法ならではの技術であり、深層学習など他の AI 技術では適用は困難です。

以下に、移動単位空間の意味と使いこなすための考え方について記載いたします。

1. 時系列データと MT 法

設備や機器監視、地震予測などでは温度・圧力・変位などが計測されます。それらは時系 列データであり、図に示すような複数の折れ線グラフで表されます。



時間

図 1.1 監視用時系列データの例

そして、このグラフから近い将来の異常予兆を発見することが MT 法の役割です。MT 法 における「単位空間」は正常状態ですから、「問題が発生しなかった期間」となります。し かし正常状態は、季節変動などゆるやかな変動要因の影響を受けます。

この場合、**直近の正常期間**を移動(更新)しながら単位空間とするほうが、異常有無をより的確に捉えることができます。もちろん単位空間の位置を固定しても構いませんが、多くの監視問題では移動したほうが、異常の見逃しが少なくなります。

### 2. 移動単位空間の具体的方法

ここでは、1時間ごとに計測データが得られる場合を例にご説明します。

まず、過去の正常な期間を単位空間とします。ここでは 100 時間とします。これを図に 示します。図では、単位空間は現在より過去の側に 240 時間離れています。この間隔は1時 間でも 5 時間でもいいのですが、一般的には少し空けるほうが適切です。また、240 時間

(10 日間)前のことであれば、その時点が正常だったか確認するには十分でもあります。 そして、この単位空間に対して現在のマハラノビス距離(MD)を求めます。



次に、現在の時間がさらに1時間進んだとします。そのとき、100時間の単位空間と MD を計算する現在との関係を1時間分前進させます。前進させた期間の状態は正常であるこ とを確認しておきます。



時間はさらに進行しますが、同様な操作を続けると下図のようになります。



図 さらに MD 計算が進行した状態

このように、MD を求める時点と単位空間との間隔を一定に保ちます。

3. 移動単位空間での設定事項

移動単位空間では、次のことを決めなければなりません。

① 単位空間の期間(時間の幅)。前の図では100時間とするかどうか

② 単位空間期間と MD を求める日の間隔。前の図では 240 時間とするかどうか

1 時間ごとにデータを採る課題であれば、前述のように単位空間は 240 時間離れた 100 時間と設定してもよいかもしれませんが、300 時間離れた 200 時間とした場合がより良い かもしれません。これは「やってみるしかない」と言えますが、MTRT-AddIns は、容易に 確認する機能を持っています。

4. 異常時の原因診断

もし MD が大きな値となった場合には、原因診断により「どの項目が異常原因か」「どの 項目とどの項目の関係が崩れている」が分かります。機器監視などの場合には、異常の未然 防止に役立てることができます。これは MT 法の大きな特性の一つで、MTRT-AddIns はそ の機能を持っています。



図 異常原因診断結果の例

#### 5. MTRT-AddIns の概要紹介

移動単位空間の機能を MTRT-AddIns に追加しました。その概要をご紹介します。

(1)準備するデータの形式

移動単位空間で利用するデータ形式は、以下の表に示す通りです。行方向に時間、列方向 に項目(計測値・特徴量)が並んでいます。この表中の値は、熊本地方にある基準点 A~F の6か所の観測データから求めた特徴量で、1日に1データセットです。1か所のデータか ら3種類の特徴を求めましたので、項目数は18です。時間方向には1,096日分のサンプル が並んでいます。

Excel 画面の A 列と B 列は、データ No.と日付といったラベルです。また、行方向の 2 行 は項目番号と項目名になっています。ですから、計算対象となるデータは 3 行目、3 列目(C 列)から始まっています。

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
データNo.	日付	A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3	D-1	D-2	D-3	E-1	E-2	E-3	F-1	F-2	F-3
1	2013/8/1	202.966	1003.85	-69	252.802	1093.59	-84	312.055	520.446	-74	186.384	2179.63	-36	182.532	458.941	-54	243.629	1194.3	-63
2	2013/8/2	199.178	941.82	-69	254.639	1168.03	-84	314.231	543.069	-74	177.556	1999.73	-36	179.05	396.876	-54	240.439	1039-63	-63
3	2013/8/3	198.9	888.079	-69	250.855	1201.36	-84	310.678	509.112	-73	174.419	1766.17	-36	174.726	294.524	-53	240.294	946.558	-63
4	2013/8/4	199.334	781.695	-69	249.74	1097.57	-84	311.567	459.008	-73	175-79	1567.91	-36	181.926	349.379	-53	239.437	748.384	-63
1094	2016/7/29	260.14	301.023	-119	330.282	761.09	-127	386.835	313.8	-118	298.68	862.937	-42	165.109	233.05	-44	370.224	944.978	-117
1095	2016/7/30	255.086	224.223	-119	326.639	669.927	-127	384.181	235.773	-117	298.163	849.911	-41	169.667	171.498	-44	367.287	895.607	-118
1096	2016/7/31	254.606	80.0575	-119	325.446	547.815	-127	384.787	147.659	-117	296.867	781.635	-41	163.074	-30.979	-44	367.392	820.64	-118

図 移動単位空間に用いるデータの例

(2)マハラノビス距離の計算

メニューバーの「アドイン」をクリックし、現れたプルダウンメニューの  $MT(M) \rightarrow$  移動単位空間 $(M) \rightarrow$  マハラノビス距離(D)

を選択します。

🖬 5· ở· 🖻	₽ ⊽						
ファイル ホーム 挿		レイアウト	数式		校閲	表示	アドイン
MTRT V5 +							
MT( <u>M</u> )	÷ .	単位空	間(旦)				
T-1(I)	×.	マハラノ	ビス距離(D	)			
RT( <u>B</u> )	× .	有効性	解析( <u>S</u> )				
誤圧法(P)		MT個別	刂診断( <u>C</u> )				
T-M( <u>A</u> )	•	貢献度	法(E)				
設定(1)		移動単	位空間(M)	•	マハラ	パス距離(	( <u>D</u> )
バージョン( <u>¥</u> )	1				MT個	別診断( <u>C</u>	)
MTRT-AddIns 🗸	プ(日)				貢献的	E法(E)	

図 MTRT-AddIns のメニュー

下図のダイアログが表示されます。図の右側に簡単な説明を記載しています。

移動単位空間MD	×
(入力パラノージー 単位空間情報設定 単位デージット・ 「対象データ     「 デーク開始位置 列: 3 小 行: 3 小 (C3)     」     (C3)	<ul> <li>→ データシートの名前</li> <li>→ データ開始位置</li> </ul>
14日初 18 テータ数 1096     単位空間を広めた     単位空間を広めた     単位空間を広めた     「 単位空間サングル数    「100    ・     ・     「    ・     ・	▶ 単位空間サンプル数
● 単位空間作成回激な最大単位空間作成回激な指定する 単位空間作成回数 996 / 最大単位空間作成回数 996 「「「「「」」」	▶ 単位空間作成回数
P 単位アーンボウンルの次のアーショム/重ご用炉白い道に指定 96 対象データ 最初の信号デーシ開始位置 列: 3 小 行: 103 ÷ (C103)	→ 信号データのシートと位置
項目数 18 データ数 996 「信号データルの計算条件 「 MD計算回数は最大MD計算作成回数を指定する 1単位空間のMD計算回数 996 → / 最大MD計算回数 996	→ 信号データ MD 計算条件
計算開始	

図 移動単位空間のダイアログ

(3) 結果表示

計算が終了すると、「移動単位空間 n 回前 MD」と「移動単位空間 MD」のシートが作成 されます。まず、「移動単位空間 n 回前 MD」についてご説明します。

表示されているグラフは右の図の B=1 の場合です。つまり、MD は1 サンプル分前まで を単位空間としています。グラフ上部の表題に"1 データ前"と表示されています。



図 結果表示の例と概念図

次に、グラフ右に表示されている上下移動用のカーソルを 300 サンプル分下に移動しま す。グラフ上部の表示を確認しながら移動してください。この操作は、B を 300 に広げる ことを意味します。

グラフは以下のようになります。横軸は時系列のサンプル番号(ここでは日付)、縦軸が マハラノビス距離(MD)です。縦軸の初期値は最大 1,000 ですので、必要に応じて変更し てください。また、MD と単位空間との関係は図の右側のとおりです。



図 時間間隔を空けたときの結果表示の例と概念図

グラフの下に MD の表が表示されています。



## (4) 原因診断

「移動単位空間 n 回前 MD」シートでは、"300 データ前"は以下のグラフになりました。 そして、異常(地震)発生前の矢印の箇所(2016 年 1 月~2 月)で大きな MD となってい ます。その原因診断を行います。



図 異常原因診断のための時間指定概念図

次に、下図のようにプルダウンメニューの

```
MTRT→MT (M) →移動単位空間(M)→貢献度法(F)
```

を選択します。

<b>⊡ 5</b> • ∂•	Q. 7						
ファイル ホーム	挿入 ページ	レイアウト	数式		校閲	表示	アドイン
MTRT V5 -							
MT( <u>M</u> )	•	単位空	뭼 <u>(∪</u> )				
T-1( <u>T</u> )	•	マハラノ	ごス距離( <u>D</u> )				
RT( <u>R</u> )	•	有効性的	解析( <u>S</u> )				
誤圧法(P)	<b>&gt;</b>	<b>MT個別</b>	診断( <u>C</u> )				
T-M( <u>A</u> )	•	貢献度	去(E)				
設定(I)		移動単	立空間( <u>M</u> )	- F	マハラ	バス距離(	<u>D</u> )
バージョン(⊻)					MT個	別診断( <u>C</u> )	i
MTRT-AddIns	ヘルプ( <u>H</u> )				貢献	ē法(E)	

図 原因診断のためのメニュー

以下のようにダイアログが表示されますので、"計算開始"ボタンを押します。

	*-4	<del>۹</del> ۸ -	ページレイブ				6250	6-期半位立同員就度法 ×	CERT			
MTRT	V5 •							「く入力パラメージー				
TOT												
1000												
								17-9				
2- JR	728							デー5時時位置				
								列: 3 · 行: 543 ÷ (0543)				
		×	√ fx	238	.851							
								項目数 18 データ数 556				
A	8		D				H	中心交話你成年你	2	R		T
529	2015/1/11	239.973	291.333	-87	292.522	81.4462	-107	単位変類サングル数 70	-61	285.424	-41.45	-76
530	2015/1/12	237.415	462.849	-87	291.704	292.343	-307		-61	283.305	117.035	-76
531	2015/1/13	235.735	403.878	-87	289.178	270.872	-107	and the second	-61	283.325	90.6451	-76
532	2015/1/14	237.302	433.099	-87	288.016	230.545	-107	14 HT STRAIGE	-61	284.823	162.193	-76
533	2015/1/15	236.797	435.365	-87	293.304	305.007	-107	1 C (147-00/01)	-61	284.763	201.699	-76
534	2015/1/16	237.407	440.099	-87	293.472	367.935	-107	<i>₹</i> −9 •	-61	283.94	209.225	-76
535	2015/1/17	238.688	582.894	-86	292.7	555.498	-107	- 信号子 4年初的 10 mm	-61	284.051	300.901	-76
535	2015/1/18	239.568	631.771	-86	290.787	595.57	-107	1 81 1 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	-61	287.411	440.191	-76
	2015/1/19	237.415	577.78	-87	290.384	551.221	-107	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	-61	285.235	445.888	-76
538	2015/1/20	237.103	519.067	-87	291.278	596.691	-107	道日数 18 デーカ数 495	-61	285.62	534.401	-76
539	2015/1/21	238.13	644.388	-87	291.373	776.626	-107		-61	285.235	684.628	-76
540	2015/1/22	237.415	685.504	-88	292.33	791.251	-107	一質就度活計算条件	-61	284.358	630.094	+77
541	2015/1/23	238.851	758.588	-88	291.695	851.893	-107	質動度法計算回数 426 ·	-61	285.215	694,438	-77
542	2015/1/24	238.774	887.391	-55	293.276	926.348	-107		-61	289.305	845.33	-77
543	2015/1/25	238.33	954.371	-88	291.1	927.933	- 107	60/6380317 - 248-9 3.00 - / 400	-61	285.374	877.702	-77
544	2015/1/26	238.279	960.943	-88	293.997	1019.09	-107	112	-61	295.915	984,607	-77
545	2015/3/27	237,466	929.807	-88	293.673	1046.5	-107	debut 15	-61	285.62	995.293	-77
546	2015/1/28	240.179	992.175	-88	294.311	1134.88	- 107	Survey and a survey of the sur	-61	288.375	2044.47	-77
	2015/1/29	238.992	1004.45	-88	291.786	1109.48	-107	移動單位呈現興味度法aT具結果 移動單位空間貢獻度法	-61	286.575	2068.59	-77
548	2015/1/30	239.309	1037.93	-58	293.723	1144.7	-107		-61	287.934	1152.52	-77
549	2015/1/31	241,673	1122.51	-88	295.694	1250.69	-107		-61	287.315	1240.73	-77
550	2015/2/1	238.122	1187.7	-88	292.029	1267.38	-107		-61	285.205	1265.77	-77
551	2015/2/2	237,573	1180.13	-88	292.344	1384.3	-107		-62	285.055	1240.21	-77
552	2015/2/3	245.1	1389.97	-88	300.043	1594.71	-107	2+10.5250 X.er^/(1).	-67	295.055	1516.43	-77

図 原因診断のためのダイアログ

以下のグラフが表示されます。棒グラフの横軸は項目、縦軸は MD を大きくする貢献度 を示します。円グラフは項目ごとの貢献度割合を示します。この例では、項目 12 つまり D-3 の項目の貢献度が大きいことがわかります。設備・機器監視の場合には、どのセンサーか ら得た情報が異常を示すかがわかり、対処するための重要な情報になります。



なお、診断に "MT 個別診断(C)"を使用した場合も、同じ傾向の結果が得られます。

MT( <u>M</u> )	) b	単位空間(U)		30 SNUL	
T-1( <u>T</u> )	•	マハラノビス距離(D)		25	
RT( <u>R</u> )		有効性解析( <u>S</u> )		20	
誤圧法(P)	•	MT個別診断( <u>C</u> )		- 15	
T-M( <u>A</u> )	•	貢献度法(E)		at	
設定(I)		移動単位空間(M) >	マハラノビス距離(D)	5	
バージョン(⊻)			MT個別診断(⊆)	0	
MTRT-AddIns	ルプ(土)		貢献度法(E)	-	
				1 2 3 4	5 6 7 .8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

以上