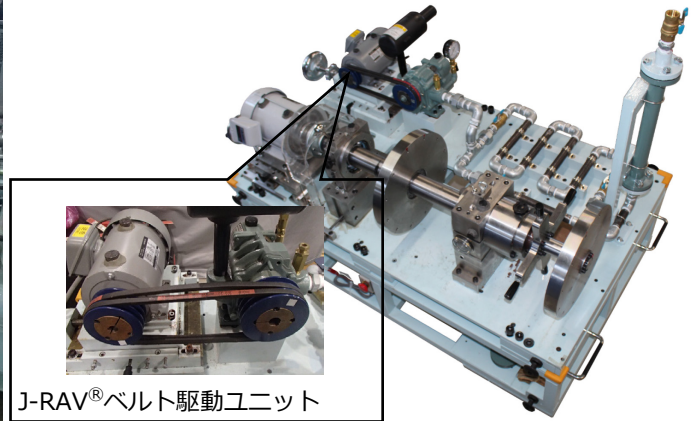


# 回転機器異常振動模擬訓練装置 (J-RAV<sup>®</sup>) を用いた 多本掛けベルト駆動回転機器における V ベルトの 緩み・脱落に係る振動診断の検証

佐々木 一人



回転機器異常振動模擬訓練装置 J-RAV<sup>®</sup>



J-RAV<sup>®</sup>ベルト駆動ユニット

回転機器の振動診断の対象となる主設備は、ブロワやポンプ、電動機（モータ）である。これらの回転機器の状態監視において、ベルト駆動機器は、V ベルトの状態が変化する兆候を振動値トレンドの変化のみで確認するのは困難である。

そこで、当社が開発した各種回転機器における異常事象を再現する回転機器異常振動模擬訓練装置「J-RAV<sup>®</sup>」を用いて、ベルト駆動機器の振動的特徴とそこから導き出せる振動診断手法について検証を実施した。

本稿は 2022 年度の日本保全学会[1]にて発表した内容であり、JT 技報として紹介する。

**キーワード:** 回転機器、振動診断、V ベルト

## 1. はじめに

回転機器の振動診断の対象となる主な設備は、ブロワやポンプ、電動機（モータ）である。これらの回転機器の状態監視においては、軸受の潤滑不良や損傷、据付バランスの不均衡は振動値のトレンドの変化に現れるため事象の兆候を検知することが容易である。しかし、ベルトを用いて動力伝達を行うベルト駆動機器については、V ベルトの状態が変化する兆候を振動値トレンドの変化のみで確認するのは困難である。

当社は 2004 年から振動診断を用いた回転機器の状態監視を実施している。その中で、V ベルト 2~5 本の多本掛けベルト駆動回転機器（以下、「ベルト駆動機器」という）について、V ベルトの緩みや脱落事象の兆候を検知することを課題のひとつとしてきた。

そこで、当社が開発した各種回転機器における異常事

象を再現する回転機器異常振動模擬訓練装置「J-RAV<sup>®</sup>」

（以下、「J-RAV<sup>®</sup>」という）[2]を用いて、ベルト駆動機器の振動的特徴とそこから導き出せる振動診断手法について検証を実施することとした。

本稿では本検証の結果について紹介する。

## 2. ベルト駆動機器の振動的特徴

### 2.1 事例

当社が長く振動診断を実施している中で、過去に V ベルトの異常を予見できなかった事例がある。当該機器は 3 本の V ベルトが懸架されたベルト駆動機器で、定期振動測定では振動値トレンドに大きな変化は無く良好判定内の値となっていたことから「異常無し」と判断していた。しかし、その 2 日後に V ベルトの脱落事象が発生した。

なお、当該機器は巻き込み防止のため、V ベルトやプーリは金属カバーで覆われており、外観確認で V ベルトの

緩みを確認することは困難な状態であった。

## 2.2 ベルト駆動機器の振動的特徴

Vベルトが脱落する場合、前兆としてVベルトの緩みが発生することが考えられる。Vベルトのテンションが緩んだ場合、バタつきやスリップが発生し、これらの事象やプーリに加わるトルクの変化が振動データ(振動値、周波数)に現れる。

ただし、前述の事例ではVベルトが脱落する直前で振動値の変化は確認されていない。このことから、従来回転機器の状態監視で用いてきた振動値のトレンド管理だけではベルトの緩みを検知することが困難である。ただし、Vベルトの緩みは動力伝達の状態にも変化を与えるため、緩みの兆候を示す変化は周波数データの機微な変化から確認できるものと推測した。

## 3. 検証

前項2.2において述べた振動的特徴を確認するため、J-RAV<sup>®</sup>のベルト駆動ユニット(図1参照)を用いてベルト駆動機器におけるVベルトの懸架状態の変化と振動データの相関性について検証を実施した。

当該ユニットの3本掛け用プーリに下記のVベルトを組み合わせ、緩みや脱落が生じた際の振動値と発生する周波数を再現することとした(図2参照)。

- ①適正な撓み量のVベルト
- ②撓み量の大きいVベルト

Vベルトの懸架パターンについて表1に示す。Vベルトにおける様々な事象を再現するため、Vベルトの状態(撓み量)と本数をA~Hのグループに分類し、そのグループ内でVベルトの懸架列を入れ替えて振動測定を行った。

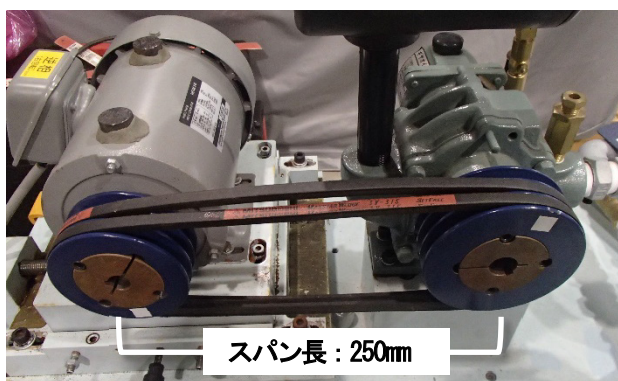


図1 J-RAV<sup>®</sup>ベルト駆動ユニット

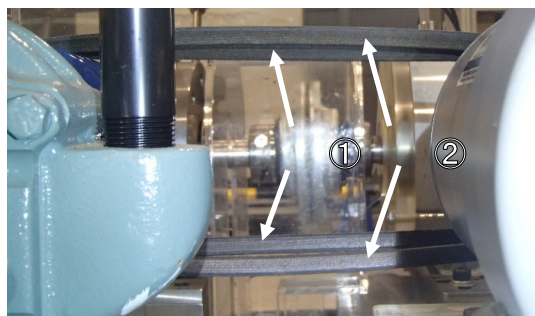


図2 検証で使したVベルト

使用Vベルト：マックスターウェッジVベルト 3V-315

①適正な撓み量のVベルト

→INのテンションを加えた時の撓み量が4~5 mm

②撓み量の大きいVベルト

→INのテンションを加えた時の撓み量が15~20 mm

表1 Vベルトの組み合わせ

グループ	パターン	内	中	外	
A	①:3本	a	①	①	①
		b	①	①	②
B	①:2本	c	①	②	①
		d	②	①	①
	②:1本	e	①	②	②
		f	②	①	②
C	①:1本	g	②	②	①
		h	①	①	—
	②:2本	i	—	①	①
		j	①	—	①
		k	①	②	—
		l	②	①	—
D	①:2本	m	—	②	①
		n	②	—	①
	②:1本	o	①	—	②
		p	②	②	—
		q	—	②	②
		r	②	—	②
E	①:1本	s	①	—	—
		t	—	①	—
	②:1本	u	—	—	①
		v	②	—	—
		w	—	②	—
		x	—	—	②

※①適正な撓み量のVベルト、②撓み量の大きいVベルト、—:懸架無し

## 4. 検証結果と考察

### 4.1 振動値

振動速度パラメータ (図3 参照)・振動加速度パラメータ (図4 参照) とともに複数のVベルトが懸架されている状態 (グループ A~F) においては振動値に顕著な変化は現れていない。ただし、振動速度パラメータにおいてはVベルトが1本となるグループGとグループHでは振動値が顕著に下降している。

グループ A~F で振動値に顕著な変化が生じない理由については、Vベルトの撓み量に関わらず、モータ部および本体部のプーリにトルクが加わる状態ではVベルトの緩みから生じる振動値の変化が小さく、オーバーオール値を占める割合が僅かであるためと推測する。

グループ G~H における振動速度パラメータの下降については、懸架されたベルトが1本になったことで振動状態が単純化し、加えて緩みの生じたVベルトが発する振動が無くなったためと推測する。

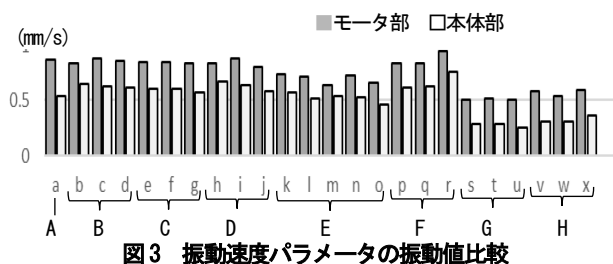


図3 振動速度パラメータの振動値比較

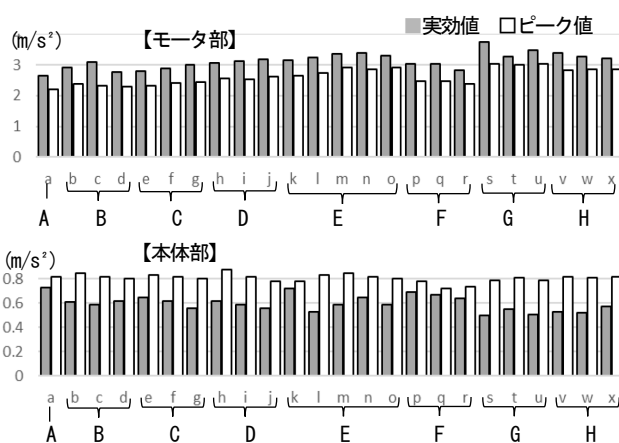


図4 振動加速度パラメータの振動値比較

### 4.2 周波数データ

周波数データについてはモータ部の振動速度パラメータにおいて特徴的な変化を確認した (表2 参照)。

以下、各グループにおける特徴と考察について記す。

(1) 時間波形について

[グループ A]

特徴：整然としたうねりとなる。

考察：撓み量が適正で、ばらつきも少ないため、緩みに伴う振動が抑制されている。

[グループ B~C]

特徴：うねりの中に僅かな乱れが現れる。

考察：撓み量の大きいVベルトが組み込まれたため、緩みで生じたスリップおよびバタつきといった振動事象の影響が現れる。

[グループ D]

特徴：整然としたうねりだが全体の振幅が狭まる。

考察：Vベルトの本数が減ったことにより、プーリに加わるトルクが低下し、振動の振幅が狭まる。

[グループ E]

特徴：周期性が乏しく振幅もさらに狭くなる。

考察：Vベルト1本分に近い状態で動力伝達している。他のVベルトからの振動的干渉が少ないため、うねりの少ない波形となる。

[グループ F]

特徴：周期性が現れるが、乱れを伴ううねりとなる。

考察：懸架されたVベルトの撓み量のばらつきが少ないため周期性を伴った時間波形となっている。Vベルトの緩みに伴う事象 (スリップ、バタつき) の影響がうねりに乱れを生じさせている。

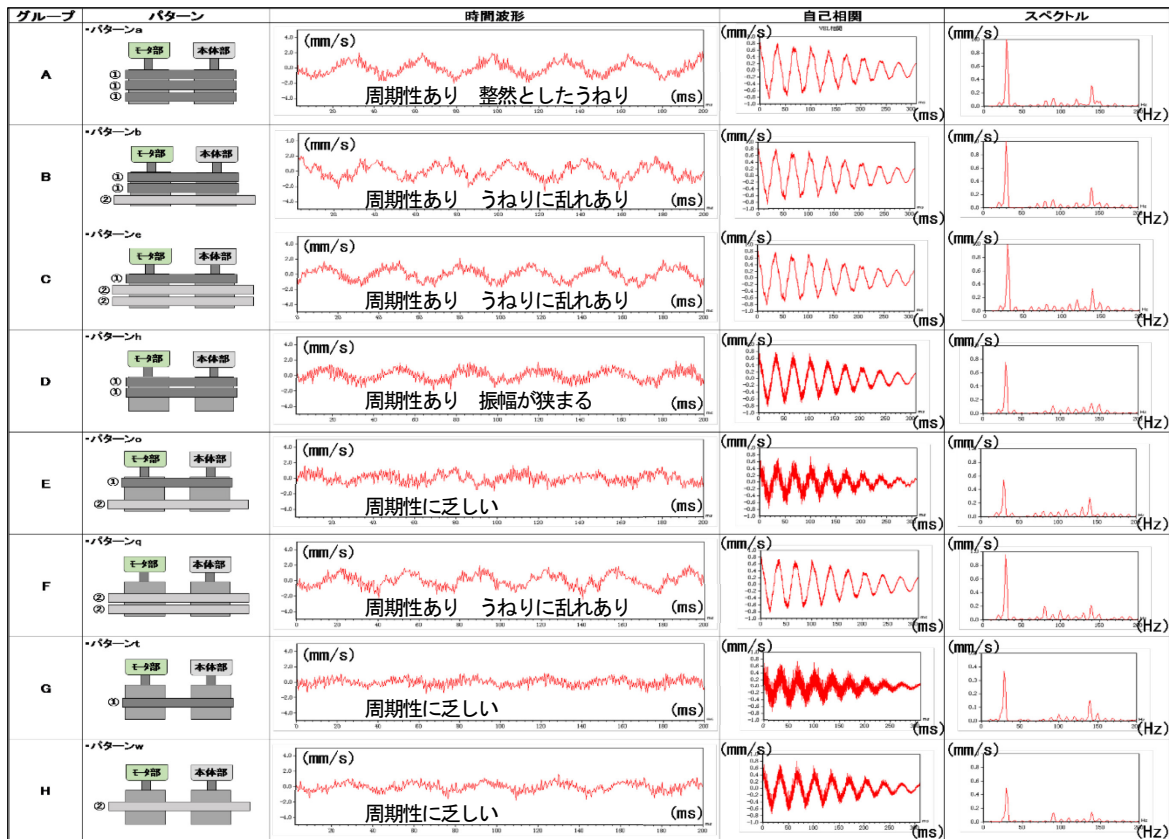
[グループ G~H]

特徴：周期性が乏しく、細かい振動が増加する。

自己相関からも振動の変化が顕著に現れる。

考察：Vベルトが1本となり、他のVベルトの振動的干渉が無くなるため、うねりが少ない波形となる。3本掛け用のプーリをVベルト1本で動力伝達するため、細かい振動が増加する。

表2 Vベルト懸架条件別の振動速度データ



※①適正な撓み量のVベルト ②撓み量の大きいVベルト

(2) スペクトルについて

グループ B~C において 100~200 Hz 帯でベルト公転周波数の倍数成分が顕著に現れている。緩みの生じた V ベルトのスリップ成分が顕著に現れたものと推測する (図5 参照)。

また、グループ A~F まで現れていたベルト公転周波数の約 17 Hz がグループ G~H では明らかに減衰している。V ベルトの緩みと脱落に伴ってプーリに加わるトルクが著しく低下したためと推測する (図6 参照)。

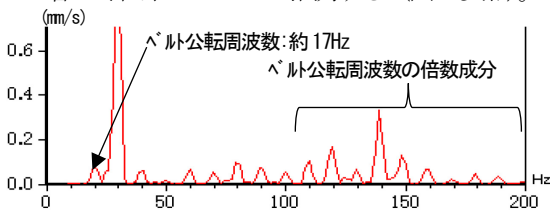


図5 グループB-bのスペクトル

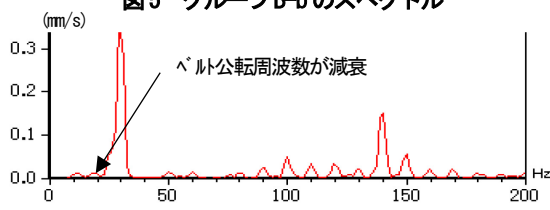


図6 グループG-tのスペクトル

4.3 検証結果まとめ

(1) 振動値について

振動値については V ベルトが懸架された状態の変化を明確に示すような変動は現れていない。このことから、振動値のトレンド管理のみで V ベルトに係る異常を検知することは困難である。

グループ G~H のように V ベルトが 1 本掛けとなった際には振動値の下降が現れるが、実機での事象発生を想定した場合、脱落したベルトの回転部への干渉や巻き込みのリスクが伴う。したがって、グループ G~H の状態より前に V ベルトの緩みを検知することが求められる。

(2) V ベルトの状態毎の振動データの特徴

振動速度パラメータの周波数データにおいて、V ベルトの懸架条件に応じて明確な変化が生じていることを確認した。検証結果の特徴から推測される V ベルトの状態と脱落危険度の評価を図7に示す。

振動値トレンド管理では困難であった V ベルト異常の兆候検知も、周波数データの変化に着目することで可能になると考える。

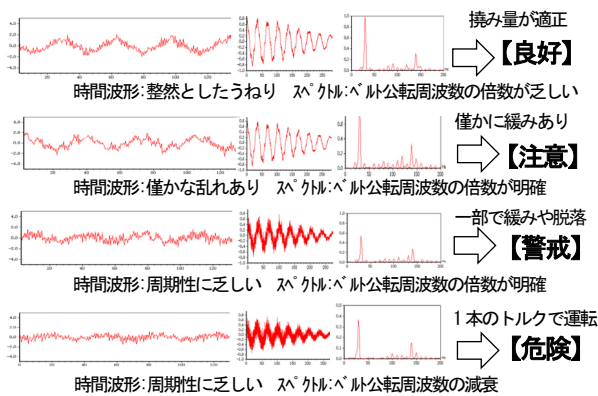


図7 周波数データとVベルトの脱落危険度の評価

## 5. まとめ

今回の検証は訓練用モックアップである J-RAV<sup>®</sup>を使用したものである。今後はプラント内で稼働している実機の振動データ検証結果との比較が必要である。

これまでのベルト駆動機器の分解点検記録には点検前後のVベルトの撓み量も記載されているため、それらの記録と振動データの相関性に係る調査を継続し、本稿で示したベルト駆動機器の振動診断手法の確立に努めていきたい。

## 参考文献

- [1] 佐々木一人、 “回転機器異常振動模擬訓練装置 (J-RAV<sup>®</sup>)を用いた多本掛けベルト駆動回転機器におけるVベルトの緩み・脱落に係る振動診断の検証”、日本保全学会 第18回学術講演会 要旨集、2022、pp.205-208.
- [2] 佐々木一人、瀬川佑太、他 “回転機異常振動模擬訓練装置の開発と活用計画”、日本保全学会 第16回学術講演会 要旨集、2019、pp.601-608.



佐々木 一人  
 (株)ジェイテック  
 機械保守部 兼 開発・設計室