

赤外線応力計測によるポンプ回転体の異常振動検出に関する実証的検討 Irregular Vibration Measurement for Pump Rotating Machinery by Infrared Stress Measurement

○大島圭一郎*, 高橋悠斗**, 坪田到馬***, 萩原大生****, 鈴木哲也*****

○Keiichiro OSHIMA*, Yuto TAKAHASHI**, Toma TSUBOTA***, Taiki HAGIWARA****
and Tetsuya SUZUKI*****

1. はじめに

新潟県の農地部が推進する取り組みは、県の農業農村整備が策定する新潟県農業農村整備の展開方向(2017~2024)に方針が定められている¹⁾。機械設備の予防保全には大きく分けて2つ存在し、TBM (time based maintenance, 時間基準予防保全) とCBM (condition based maintenance, 状態基準予防保全) に分けられる²⁾。TBMは定期的な間隔で機械設備の保全を行い、CBMは機械設備の状態を監視し、故障の兆候を検知して保全を行う。TBMは故障の兆候がない機械設備でも停止し保全を行うため維持管理費が高くなる。そのため取り組み方針は従来の稼働時間を目安とした整備補修に加えて状態監視により適切な補修により維持管理費を削減することを推進している。CBMを適切に行うために回転機械の振動現象が注目されている。回転機械の振動はその原因や問題個所の推定が可能となっており、これは「振動因果マトリクス」に示されている²⁾。よってポンプの停止を行うことなく計測を行うことができ、設置が簡単な赤外線応力計測による異常振動検出の考察を行う。

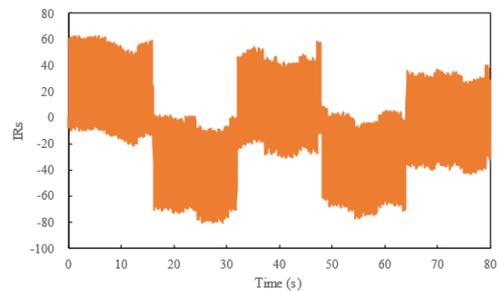
2. 実験および解析手法

非接触、非破壊でポンプ回転体を評価すること

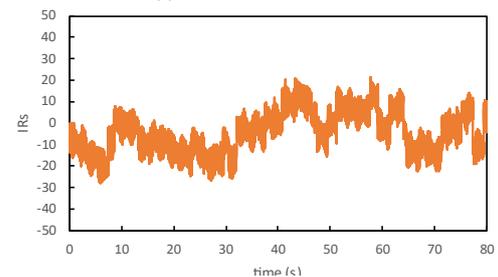
を目的に赤外線応力計測を試みた⁴⁾。計測対象のポンプ回転体は新潟県西蒲区にある升潟排水機場および新潟県加茂市にある三枚田揚水機場を対象とした。対象ポンプ回転体の振動測定結果をTable 1に示す。速度はISO基準⁵⁾に基づくと、升潟排水機場は全ての項目でRMSが良と判定された。三枚田揚水機場はポンプ負荷側の速度のRMS値が3.98 mm/sで評価は警告、また電動機反負荷側の速度の1.64 mm/sで評価は可となった。そのため振動測定では三枚田揚水機場では異常振動が検出された。この結果を踏まえて赤外線応力計測を

Table 1 振動測定結果
The results of vibration measurement

		速度(mm/s)		回転数(RPM)	荷重周波数(Hz)
		RMS	判定		
升潟排水機場6号機	ポンプ負荷側	0.37	良	200	3.3
	減速機入力側	0.39	良		
	減速機出力側	0.39	良		
	電動機負荷側	0.82	良		
	電動機反負荷側	0.82	良		
三枚田揚水機場1号機	ポンプ負荷側負荷側	3.98	警告	970	16.2
	ポンプ反負荷側	1.31	良		
	電動機負荷側	1.12	良		
	電動機反負荷側	1.64	可		



(a) 升潟排水機場



(b) 三枚田揚水機場

Fig. 1 IRSの時系列結果

IRs time series results.

*新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University

**新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

***大林道路株式会社 Obayasi Road Corporation

****山口大学大学院創成科学研究科 Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University

*****新潟大学自然科学系(農学部) Institute of Agriculture, Niigata University

キーワード FFT, 熱弾性応力, 振動測定, 農業用ポンプ, 非破壊検査

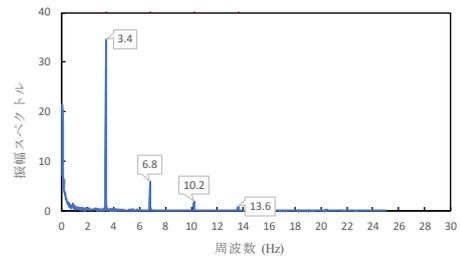
2 地点のポンプ回転体を対象に実施した。計測には FLIR 社製の A655sc の赤外線カメラを用いた。サンプリング周波数を 50 Hz に設定した。撮影距離を升潟排水機場で 1.115 m, 三枚田揚水機場で 1.089 m とした。計測で得た IRs の時系列結果を高速フーリエ変換 (以下, FFT) で解析した。FFT 解析の窓関数は Hamming 窓を使用した。回転曲げを受けるポンプ回転体は一周ごとに応力変動が生じる。熱弾性効果によると引張り応力負荷時には温度低下が生じ、圧縮応力負荷時には温度上昇が生じるためポンプ回転体の表面の温度変動は周期的な変化が生じる。下は熱弾性応力の基礎式である³⁾。

$$\Delta T = -kT\Delta\sigma, \quad (1)$$

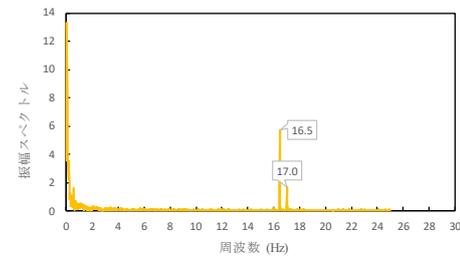
ここで T は測定対象の絶対温度, k は熱弾性定数, ΔT は測定対象の温度変化, $\Delta\sigma$ は主応力の変化を表している。ポンプ回転体の一点に着目した場合温度は回転により周期的な変化が生じるが、赤外線カメラを使い静止場から観察した場合、ポンプ回転体の温度分布は定常的な分布として観察される。異常振動が存在する場合ポンプ回転体にかかる応力が変動し温度分布に異常が生じると仮説を立てることができる。

3. 結果および考察

IRs の時系列結果を Fig. 1, FFT 解析結果を Fig. 2 に示す。振動測定結果において正常と判定された升潟排水機場では 3.4 Hz, 6.8 Hz, 10.2 Hz, 13.6 Hz において振幅スペクトルのピークが確認された。升潟排水機場で確認されたピークは等間隔であり、荷重周波数と一致するためこれらのピーク値は計測対象の回転周波数成分がピークとして検出されたものである。振動計測において異常振動が検出された三枚田揚水機場では 16.5 Hz および 17.0 Hz において振動スペクトルのピークが確認された。三枚田揚水機場では回転周波数成分と近接するピークが検出された。赤外線カメラのサンプリング周波数は 50 Hz でありナイキスト周波数の 25 Hz までしか周波数成分が検出されないため回転成分の 2 次以降の成分は検出されない。近接する 2 つのピークはポンプ回転体に異常振動があることを推察できる。以上より、赤外線応力計測からポンプ回転体の異常振動を検出できる可能性が示唆された。



(a) 升潟排水機場



(b) 三枚田揚水機場

Fig. 2 FFT 解析結果
FFT analysis results.

4. おわりに

機械の故障の兆候を検知するために、実機稼働中のポンプ回転体を対象に赤外線応力計測を行い、異常振動の検出を試みた。

- 1) 赤外線応力計測によりポンプ回転体の荷重周波数を検出した
- 2) 振動測定で異常振動が検出されたポンプ回転体から荷重周波数に近接する周波数のピークが検出された。

参考文献

- 1) 新潟県農地部 (参照 2025.03.31) : 新潟県農業農村整備の展開方向 (2017 年度~2024 年度), (オンライン), 入手先 <<https://www.pref.niigata.lg.jp/>>
- 2) 松下修己, 田中正人, 小林正生, 古池治孝, 神吉博 (2012) : 続 回転機械の振動, コロナ社, p. 342
- 3) 早房敬祐, 工藤大, 岸本喜久雄, 足立忠晴 (2014) : サーモグラフィによる回転軸の応力分布測定, 日本機械学会論文集, **80**, p. 2
- 4) 水島孝典, 小林和夫, 岡本英樹, 星野健介, 萩原大生, 鈴木哲也 (2022) : 振動計測による農業用ポンプの非破壊検査, 農業農村工学会誌, **90**, 337-340
- 5) 国際標準化機構 (2009) : ISO10816