



## 論文内容の要旨

専攻名 共生環境学専攻

氏名 井上 啓



題 目 モータ相電流を用いた回転機械系の異常検知手法に関する研究  
(Research on Fault Detection Method of Rotating Machinery Systems Using Motor Phase Current)

運転管理・保守業務は人手作業が多いことから省力化や高度化が求められている。そこで、センサデータを活用した予知保全技術による保守省力化のニーズが増加している。

モータは工場やプラントの様々な生産ラインで、動力伝達機構を介して負荷設備を駆動させるために使用されている。生産ラインの停止を防ぐため、点検員による日常点検が行われていたが、近年はモータの物理量に着目した自動的な異常検知手法が導入されている。モータの自動診断手法のうち、電流センサ(CT)をモータのケーブルに接続し、モータ駆動電流波形を用いた手法がある。この手法はモータの異常を低コストかつ容易に検知できるメリットがある。一方、負荷設備である真空ポンプやベルト等の動力伝達機構を電流による異常検知手法は確立されていない。

負荷設備の一つであるドライ真空ポンプは、一般的に半導体製造ラインで使用され、高負荷や異物堆積のため故障の頻度が高い。また半導体製造中に故障が発生した場合、製造中の半導体部品の再利用ができない。これらのことから、ドライ真空ポンプの診断ニーズは高い。

動力伝達機構のうち、ベルトはゴムと繊維で作られる消耗部品であり、長時間の使用で張力が変化することでモータの効率低下や摩耗・亀裂などの異常を引き起こす。従来は熟練員による目視や聴感による点検を実施してきたが、リソース低減のため、ベルト張力低下の検知ニーズは高い。また、V ベルトは動力伝達機構や減速機構が優れており、最も使用されているベルトである。

従って、本研究では、生産ラインの安定運転を常時監視で実現させるために主に以下の内容について提案した。

- (1) 真空ポンプの異常発生を検知する簡易診断手法と異常部位を特定する精密診断手法の確立。
- (2) V ベルトの異常発生を検知する簡易診断手法と異常の程度を特定する精密診断手法の確立。

本論文は上記の諸提案および研究成果をまとめたものであり、具体的内容は次の通りである。

(1) 真空ポンプの異常検知に関して

- 1) 簡易診断手法として特徴パラメータの主成分分析を提案した。シールリング摩耗とベアリング摩耗に提案した手法を適用した結果、両異常でそれぞれ異常識別率が 98 %, 100 % となり、異常検知可能であることが確認された。
- 2) 精密診断手法として統計フィルタを適用した電流波形に対して特徴パラメータを計算し、その特徴パラメータをラフ集合化した後、Partial Linear Neural Network(PLNN)を適用した。適用した結果、識別率 98.7% 異常で部位特定を可能とした。

(2) V ベルトの異常検知に関して

- 1) 簡易診断手法として複数の特徴周波数の信号強度に関して、正常との差分絶対値合計を特徴量として異常検知に用いる手法を提案した。張力 10 パターン、無負荷～定格負荷の 90 % までの 6 パターンの負荷について、この手法を適用した結果、特定の周波数に着目する手法では、負荷に応じて検知可能なベルト張力が適正張力比 79 % から検知可能であることを確認した。
- 2) 精密診断手法として正常との差分絶対値合計を 1 次関数フィッティングすることで、ベルトの適正張力比を推定する手法を提案した。この手法を適用した結果、適正張力比 49 % 以上では 90 % の負荷条件で実測とフィッティングの差が 20 % 以下となり、提案した手法は有用であることが示された。