

環境試験機の遠隔監視システムの構築

原田磨衣子*¹ 内藤理恵*¹ 関根俊彰*² 岡崎祥吾*²

Construction of Remote Monitoring System for Environmental Test Chambers

HARADA Maiko*¹, NAITO Rie*¹, SEKINE Toshiaki*², OKAZAKI Shogo*²

抄録

Raspberry Piを用いて環境試験機の遠隔監視システムの構築を試みた。恒温恒湿槽においてはエラー音の周波数を特定し、異常を検知した。塩水噴霧試験機においては試験液を貯蔵しているタンクの水位と噴霧圧力を検知することにより噴霧状況の監視を試みた。水位はレーザーセンサを用いて計測した。噴霧圧力はアナログメーターの指示値をカメラで撮影し、画像処理によってデジタルデータに変換した。各試験機から取得したデータは事務室に送信した。以上の結果、試験機の稼働状況を事務室からリアルタイムで監視できるようになり、業務の生産性が向上した。

キーワード：遠隔監視，Raspberry Pi，環境試験機，マイク，カメラ，レーザーセンサ

1 はじめに

近年、ものづくりの分野においてIoTの活用による変革が急速に進んでいる¹⁾²⁾。しかしながら、中小企業においては技術者不足や資金的問題から導入が進んでいない³⁾。

一方、当センターにおいてもIoTの活用により生産性向上が可能となる業務もある。例えば、環境試験機では、稼働状況を確認するために事務室(地上6階)から試験室(地下1階)まで移動しなければならず、異常時に発見が遅れる場合がある。このとき適切な処理が行えないと長時間行った試験が無駄になる。

本研究ではこうした機器のトラブルの早期発見、未然防止を目的とし、稼働状況を事務室から遠隔監視できるシステムを構築した。本システムは安価で汎用性の高いRaspberry Piを用いており、中小企業のIoT導入支援にも繋げることができると考

えている。

2 実験方法

2.1 エラー音による遠隔監視

低湿恒温恒湿槽(PDR-4J, エスペック製)から発せられるエラー音を検知することにより遠隔監視を試みた。あらかじめ試験機周辺の環境音とエラー音を收音し、音声解析フリーソフトウェア(Audacity, Muse Group製)を用いて周波数を解析した。その結果を用いてエラー音を効率的に検知するプログラムを作成した。マイクを接続したRaspberry Piにプログラムを組み込み、試験機を監視した。また、当センター保有の他機種(恒温恒湿槽)についても同様に検証を行った。

試験機から收音及び解析したデータは事務室に設置したマイコンモジュール(M5Stack Core2 for AWS, M5Stack製)に送信して遠隔監視した。

2.2 水位及び噴霧圧力による遠隔監視

塩水噴霧試験機(STP-120, スガ試験機製)の試

*¹材料技術担当

*²電気・電子技術・戦略プロジェクト担当

験液（以下、液）の噴霧量を遠隔監視するため、Raspberry Pi に各種センサやカメラを接続して配管を流れる液流量、液を貯蔵しているタンクの水位及び噴霧圧力の検知を試みた。水位はカメラ及びレーザセンサを用いた測定手法を検討した。噴霧圧力の検知はカメラで撮影したアナログ圧力計の映像を画像処理することにより指示値のデジタル化を試みた。

2.2.1 流量計による流量の測定

タンクと試験槽を繋ぐ配管内の液の流量測定を試みた。腐食性である液との接触を防ぐためにクランプオン式の流量計（FD-Q20C, キーエンス製）を用いた。

2.2.2 カメラによる水位測定

水位の下降を再現するため、タンクの液面上にある蓋を模した灰色の樹脂板に白紙（70mm×36mm）を貼付し、図1のように非接触三次元測定機に設置した。これを Web カメラ（logicool C920n HD PRO, Logicoool 製）で撮影し、距離に応じた白紙の画素数（=面積）を算出した。樹脂板とカメラの距離が長くなるにつれて画素数が減少することを利用し、水位に換算する方法を検討した。



図1 非接触三次元測定機での撮影

①Web カメラ②樹脂板③白紙

2.2.3 レーザセンサによる水位測定

タンクの上方にレーザセンサ（CMOS HG-C1200-P, Panasonic 製）を設置し、液面上の樹脂

板までの距離測定を試みた。測定値を1分毎にグラフにプロットした。また、10分あたりの水位変化を1分ごとに算出した。取得した水位のデータは事務室に設置したPCに送信して遠隔監視した。

2.2.4 噴霧圧力計の監視

噴霧圧力計の監視手法は、小林らの報告⁴⁾を参考にした。図2に示したように噴霧圧力計の正面にカメラ（Raspberry Pi HQ camera V1.0 2018）を設置し、その背面から円形のLEDライトを用いて噴霧圧力計を均一に照らした。

カメラで撮影した映像は、OpenCV ライブラリを用いて画像処理を行い、針の指示値をアナログデータからデジタルデータに変換した。取得データは事務室に設置したPCに送信して遠隔監視した。



図2 噴霧圧力の監視

噴霧圧力計（左）、圧力計を撮影した様子（右）

2.2.5 所内ネットワーク構築

恒温恒湿槽及び塩水噴霧試験機に設置した各 Raspberry Pi から取得したデータは MQTT 通信を用いて事務室に送信した。

3 結果及び考察

3.1 エラー音による遠隔監視

收音した環境音およびエラー音の解析結果を図3に示した。エラー音の周波数（基音）は2200Hz付近であり、その倍音の位置にもピークが認められた。この結果から、收音データを高速フーリエ

変換し、最大音圧時の周波数がエラー音、またはその倍音と一致した時に異常と検知するプログラムを作成した。なお、1000Hz以下の領域は、常にエラー音より音圧が大きいため、環境音(ノイズ)として検出対象から除外した。

実際に現場で検証した結果、単にマイクを機器の横に設置した状態では誤検知が多発した。そこで環境音の収音量を減らすため、マイクの周囲をパラボラ形状の樹脂で覆った。その結果、エラー音が効率的に検知された。

プログラム上でエラー音とノイズの周波数を機種に応じて適した値に設定することで、当センター保有の他の恒温恒湿槽についても同様な結果が得られた。

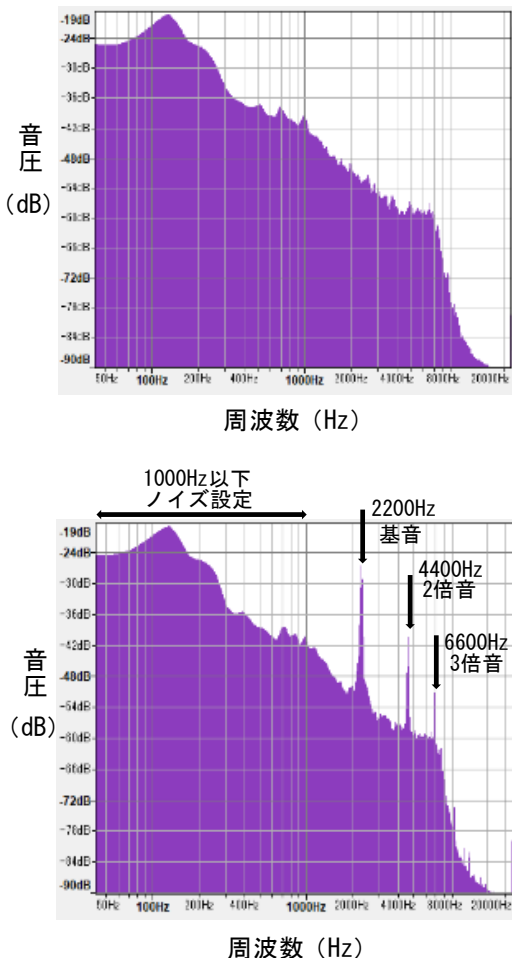


図3 收音データの周波数解析結果

エラー音無し(上)、エラー音有り(下)

図4に事務室に設置した恒温恒湿槽の監視画面を示した。試験機の稼働状況をマイコンモジュール

ルに送信し、同時に三台の恒温恒湿槽を遠隔監視することができた。



低湿恒温恒湿槽
恒温恒湿槽 A
恒温恒湿槽 B

図4 事務室に設置した監視画面

3.2 水位及び噴霧圧力による遠隔監視

3.2.1 流量計による流量の測定

単位時間あたりのタンクの液の減少量から、正常時の流量は0.025ml/minであった。この値を適正基準として流量変化による監視を検討した。その結果、配管の外径(250mm)に対して流量が少ないため流量計の検出下限値を下回り、測定不能となった。このことから、本研究では流量計による測定は適さないことがわかった。

3.2.2 カメラによる水位測定

2.2.2で検討した、樹脂板からカメラまでの距離と白紙の画素数との関係を図5に示した。

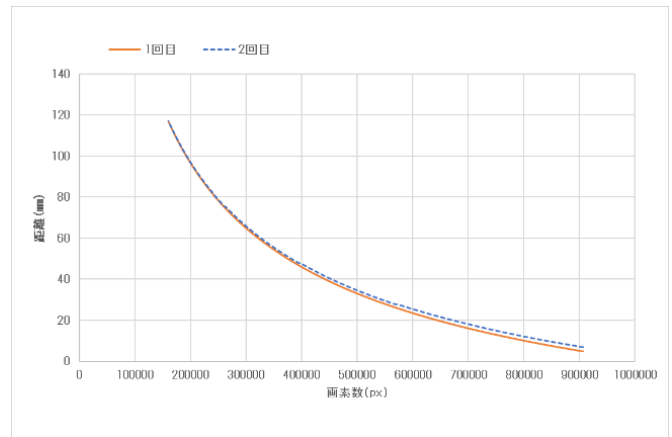


図5 画素数と距離(水位)との関係

測定は2回行ったが、1回目と2回目の測定で最大2mmの誤差が生じた。これはカメラのオートフォーカス機能により測定開始時点における画素数が異なったことが原因と考えられた。正常時

の水位の変化は 0.14mm/min であり、10 分以内に異常を検知するには誤差が大きく当試験機の測定には適さないことが示唆された。

また、測定場所付近に生じるわずかな影などによって画素数が不安定になった。無人で継続的に測定を行うためにはオートフォーカス機能が必要であること、当試験はサンプルの設置およびタンクへの給水のために周囲を職員が通過することが多い点などからも、本研究ではカメラによる水位測定は監視に適さないことが示唆された。

3.2.3 レーザセンサによる水位測定

レーザセンサを用いて液面までの距離を測定し、1 分毎にグラフにプロットした。センサの繰り返し精度が 0.2mm であるのに対し、水位の変化が 0.14mm/min であったこと、液面の微小な揺れなどの影響により 1 分単位では水位の異常が判定できなかった。そこで 10 分間の水位の平均変化を算出し、この値が正常範囲である 1.0～1.4mm/10min から外れた場合に異常と検知するよう設定した。取得したデータを事務室の PC に送信して表示した。

以上の結果より、レーザセンサを用いて 1 分毎にタンクの水位を監視し、水位変化に異常が発生した場合は最短 10 分で検知することができた。短時間で対処できるため試験に大きな影響を及ぼさず、従来は最短でも 10 時間以上を要していた水位の確認手法が大きく改善された。

3.2.4 噴霧圧力計の監視

カメラで撮影した圧力計の映像に対して OpenCV ライブラリを用いた画像処理を行い、指針の位置を特定した。読み取った圧力値を 1 分毎にグラフにプロットした。正常値の範囲内である 0.090MPa～0.110MPa から外れた際に瞬時に異常と検知するよう設定した。取得したデータを事務室の PC に送信して表示した。

以上の結果より、圧力計の映像から指針の位置を特定し、1 分毎に噴霧圧力計のデジタル値として監視することにより異常が発生した際には最短

1 分で検知することができた。

3.2.5 水位と噴霧圧力の監視画面

事務室に設置した、塩水噴霧試験機の水位及び噴霧圧力の監視画面を図 6 に示した。取得した値をリアルタイムでメーター形式にして表示し、グラフに記録した。異常が発生した際には警告灯を赤く点灯させた。

以上の結果より、試験機に異常が発生した際には直ちに現場に向かい対処することが可能となった。



図 6 水位と噴霧圧力の監視画面

①水位、圧力値のメーター表示 ②警告灯 ③水位 (直近 15 分間) ④水位 (直近 24 時間) ⑤水位変化 (直近 24 時間) ⑥圧力値 (直近 24 時間)

4 まとめ

Raspberry Pi を用いて環境試験機の遠隔監視システムの構築を試みた結果、以下の知見を得た。

- (1) 恒温恒湿槽から発せられるエラー音の周波数を特定した。指定した周波数の音が発せられた際に異常として検知することができた。
- (2) 塩水噴霧試験機の水位測定にはレーザセンサを用いた方法が適していた。噴霧量の異常を最短 10 分で検知することができた。
- (3) 塩水噴霧試験機の噴霧圧力計をカメラで撮影し、画像処理によってアナログメーターの値をデジタルデータに変換した。噴霧圧力が正常範囲から外れた際に直ちに異常として検知することができた。
- (4) 所内でネットワークの構築を行い、各試験機から取得したデータを事務室に送信した。

以上の結果から、恒温恒湿槽 (3 台) と塩水噴

霧試験機（1台）の稼働状況を事務室からリアルタイムで監視できるようになり、業務の生産性が向上した。本研究により、中小企業で負荷なく導入できる安価なシステムでも、生産性が向上できることが示唆された。

参考文献

- 1) 榑原伸介, “ロボット技術, IoT および AI の活用による製造業の競争力強化”, 精密工学会誌, vol. 83, pp. 30 (2017).
- 2) Hisashi Uematsu, Yuma Koizumi, Shoichiro Saito, Akira Nakagawa, and Noboru Harada, “Anomaly Detection Technique in Sound to Detect Faulty Equipment”, *NTT Technical Review*, vol. 15, no. 8 (Aug.2017).
- 3) 経済産業省, 厚生労働省, 文部科学省 “2019年版ものづくり白書” .
- 4) 小林達哉, 味方美由貴, 唐牛聖文, 原田勝利, 鈴木浩之, “空気圧縮装置の遠隔監視システムの確立”, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, vol. 20, pp. 61 (2022).