

IoT を用いた伝統工芸品の製造工程の改善支援*

菊池 貴**、浪崎 安治***

漆器の品質や歩留まりは乾燥を行う漆風呂の温湿度環境の影響を強く受ける。しかし、これまで品質や歩留まりの改善を目的とした漆風呂における継続的な温湿度の測定が行われてこなかった。本報告では、我々が開発した無線センサネットワークを使った環境測定装置を用いて、7週間に渡る測定を行い、漆器工房における漆風呂内部の温湿度を明らかにした。

キーワード：IoT、M2M、センサネットワーク、漆、漆器、伝統工芸

Traditional craft process improved using IoT-based measurement system

Takashi Kikuchi, Yasuji Namizaki

When drying lacquerware in the “Urushiburo” drying chamber, the quality and yield of lacquerware strongly depends on the temperature and humidity in the drying chamber. To improve the quality and yield of lacquerware, we measured the temperature and humidity in “an Urushiburo” drying chamber over 7 weeks using an environmental measurement system developed in-house and based on wireless sensor network.

key words : Internet of Things, Machine to Machine, Sensor Network, Lacquer, Lacquerware, Traditional Craft

1 緒 言

岩手県は国内有数の漆の生産地であり、生漆の国内生産量の約64%を占めている¹⁾。岩手県では、漆を活用した伝統工芸が小規模ながら盛んであり、浄法寺塗、秀衡塗、岩谷堂筆筒などが挙げられる。

漆の乾燥（固化）は漆液中のラッカーゼ酵素を触媒とするウルシオール²⁾の酸化重合によって硬化するものである²⁾。この漆の乾燥は温度と湿度に影響されることから、一般に漆風呂と呼ばれる木製の乾燥器の中で保湿させながら乾燥させる。漆の乾燥には、温度が25～30℃、湿度が75～85%Rhが適していると言われて³⁾。漆風呂の管理が適切に行われないと、温湿度が低い場合、上記化学反応の速度が遅くなり乾燥に要する時間が長くなる。一方、温湿度が高い場合は結露による白化現象が起り易く、艶が無く曇った状態となってしまう。

そのため、一部の事業者では恒温恒湿器を導入しているが、導入コストの問題から小規模がほとんどを占める漆器工房では、職人の経験と勘による温度と湿度の管理が行われている。現在でも温度と湿度の管理は、漆風呂の中に設置した温度計と湿度計を目視で確認している。このように乾燥

工程において継続的な温度と湿度の計測が行われておらず、乾燥状況を定量的に把握できないことが課題となっている。漆器製品の品質の向上や安定、歩留まりの改善のために、漆風呂内部の温湿度を適切に維持し作業工程を標準化することが必要である。

一方、当センターでは、センサと無線通信を組み合わせたIoT/M2M技術の活用に関する研究開発を行っており、農業分野における温度や湿度といった環境情報を測定する装置の開発を行っている⁴⁾。当該研究の応用展開を目的に企業への訪問を行い、これらの技術を紹介したところ、漆風呂内部の温湿度の継続的な測定とデータ化の要望を受けた。

そこで、上記の測定装置を用いて、冬季における漆風呂内部の温湿度の状況を明らかにし、また得られたデータは企業に提供し、製造工程の改善等に活用いただくこととした。

なお、本報告では、漆器製造販売を行っている二戸市の滴生舎における結果について述べる。

2 現 況

今回実験を行った滴生舎の漆風呂を図1に示す。

* 平成27年度 技術シーズ形成研究事業（育成ステージ）

** 電子情報技術部

*** デザイン部

表1 測定装置概要

センサノード	
Wi-Fi モジュール	XBee WiFi S6B ディジインターナショナル
温度センサ	LM61B National Semiconductor
湿度センサ	CHS-GSS TDK
無線ルーター	Cisco-Linksys E1000
タブレット端末	Lenovo IdeaPad Tablet A1-07



図1 漆風呂と加温用ヒーターおよび加湿用トレー



図2 漆風呂内に設置している湿度計

漆風呂と漆風呂内で使用する挿し板はヒバ材製であり、漆を塗布した漆器は挿し板に載せ乾燥に供している。漆器への埃の付着を防ぐため漆風呂内では温風暖房は使用できない。また、湿度が過剰になると結露が発生することから一般的な加湿器も使用できない。そのため、図1に示す加温用ヒーターと水をひいたトレーを設置しており、ゆるやかに加温と加湿を行っている。これは、図2の赤枠に示すような湿度計や温度計を目視で確認し、経験と勘により手で操作し温度と湿度を調整している。そのため、確認の度に扉の開閉が必要であり頻繁な確認は温度と湿度を一定に保つことを妨げてしまう。また、夜間や休業日は温度と湿度について確認することができない。そのため乾燥工程での不具合が発生した際に、状況を時間的に遡って確認することができないことが問題となっている。

3 実験方法

3-1 計測装置

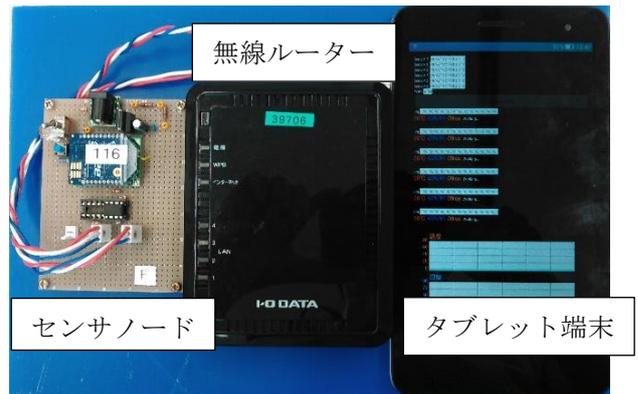


図3 測定装置概観

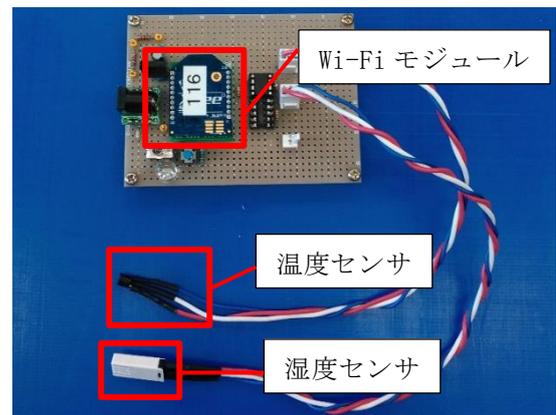


図4 センサノード概観

計測に用いたセンサノード、無線ルーター、タブレット端末の概要と概観を表1および図3に示す。

センサノードは、図4に示すようにWi-Fi モジュール、温度センサ、湿度センサで構成される。各アナログセンサの出力電圧は、オペアンプと抵抗で構成した非反転増幅回路により、Wi-Fi モジュールの参照電圧 2.5Vにスケールした。各センサの測定範囲を表2に示す。Wi-Fi モジュールは一定周期でアナログポートのセンサ電圧を参照し、2byte の ASCII 文字列に変換し無線ルーターを経由してタブレット端末にデータを送信する。

表 2 センサの測定範囲

		温度センサ	湿度センサ
メーカー		National Semiconductor	TDK
型式		LM61B	CHS-GSS
測定範囲	製品仕様	-25～85℃	5～95%RH
	設計仕様 (参照電圧 2.5V)	-25～75℃	5～95%RH
増幅値		1.7 倍	2 倍

表 3 測定実験概要

実験場所	滴生舎 二戸市浄法寺 御山中前田 23-6
実験期間	2015/11/20～2016/1/6
装置設置箇所	漆風呂上部中央
設置台数	1 台
サンプリング周期	10 秒
取得データ	温度・湿度

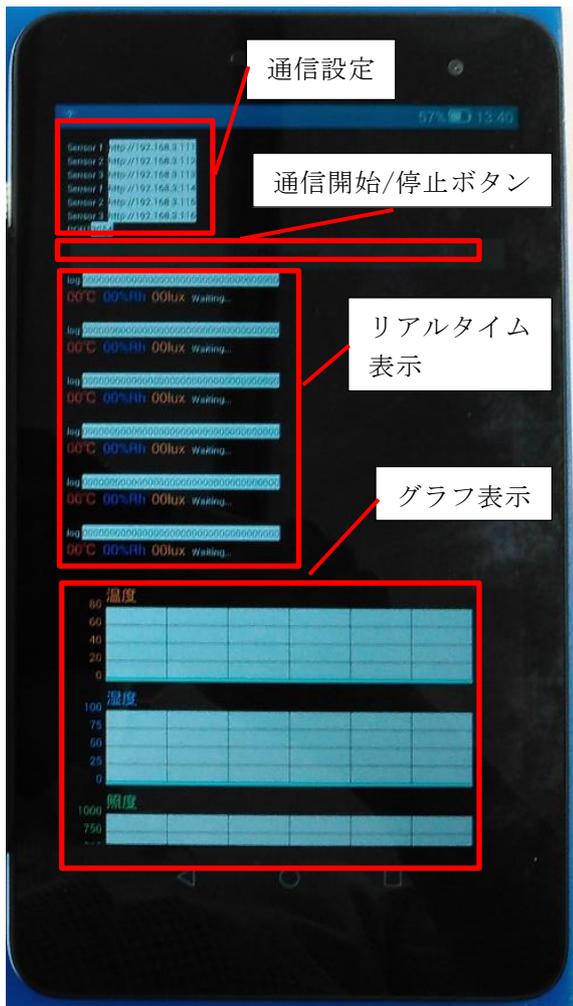


図 5 表示画面

タブレット端末では、受信したパケットを解析し、センサノードを判別する。そして、センサの取得電圧を検量線を基に温度、湿度に変換し表示する。表示方法は、最新の値を表示するリアルタイム表示と、経時的な変化を確認するためのグラフ表示の 2 種類である。表示画面を図 5 に示す。

本装置は無線通信により漆風呂内部のセンサ値を漆風呂外部の携帯端末に送信できるため、漆風呂の開閉による温湿度の変化が起こらない利点がある。



図 6 センサノードの設置状況

3-2 実験条件

上記の計測装置を用いて漆風呂の温湿度測定実験を行った。実験の概要を表 3 に示す。

センサノードはビニール製のケースに格納し、漆風呂上部中央の天井にネジで固定した。設置状態を図 6 に示す。温度センサと湿度センサは個体差により、出力値がばらつくため、事前に恒温恒湿槽 (PL-2KPH エスベック社) を用いてキャリブレーションを行った。

また、確認のために設置時には、リファレンス用の温度・湿度データロガー (TR-76UIC02 ティアンドデイ社) による計測も行い、センサノードの出力値と比較し同様であることを確認した。

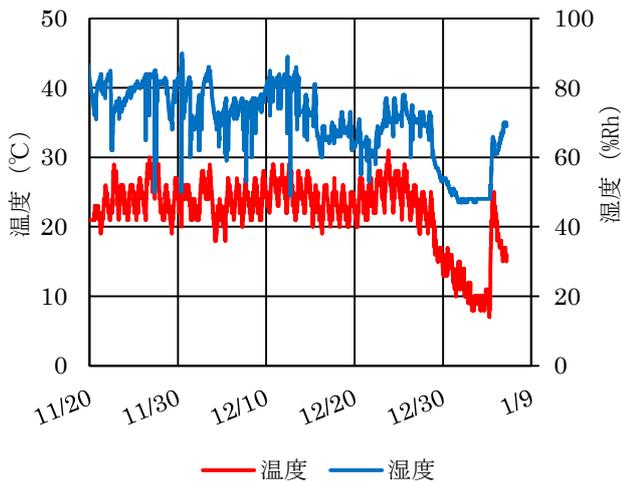


図7 漆風呂内の温度・湿度

4 実験結果

測定結果を図7に示す。漆の乾燥に適した環境は一般に温度が25～30℃、湿度が75～85%Rhと言われている。図7から11/20～12/29の期間は概ね温度が20～30℃、湿度が60～85%Rhの範囲で管理されているが、一部その範囲から外れていることを確認した。また12/30～1/4までの期間について温度は10～20℃、湿度は50～60%Rhと大きく低下していることを確認した。

温度の低下は主に夜間および休業日であり、暖房が稼動していないため外気の影響を強く受けたことが原因と考えられる。日中は作業場内の暖房により温度が適切な範囲に維持されているが、コストの問題から夜間および休業日は暖房を停止している。一方、湿度は11/20～12/29については日中に低下し、夜間に上昇している。これは、作業中の漆風呂の開閉により湿度が低下したこと、夜間は気温が下がることで相対湿度が上昇したものと考えられる。12/30～1/4は休業日のため、乾燥した外気の影響を強く受けたため温湿度が大きく低下したと考えられる。また、湿度が乾燥に適した範囲より低かった理由として、結露による白化現象を防ぐために経験と勘に基づき湿度を低く管理していることも挙げられる。しかし、一方で夜間に湿度が85%Rh以上まで上昇していることも確認された。これは、日中の加湿が過剰だったため夜間の気温低下により湿度が大きく上昇したと考えられる。これまで、夜間の温湿度を把握する手段が無く、結露対策が難しかったが、本環境測定装置により夜間の温湿度の改善が可能となる。一方、温湿度が低いことから、乾燥時間の短縮の余地があると考えられる。そのためには、環境測定により漆風呂内の環境を把握し、結露を防ぎながら温湿度を上昇させる必要がある。

滴生舎に対して製品の仕上がりについてのヒアリングを行い、実験期間内に乾燥させた漆器について問題が無かったことを確認した。また、本実験により、これまで得られなかった夜間の温湿度データが得られたことから、今後も測定を継続し漆風呂の温湿度と製品の仕上がりとの関連の検証を行いたいとの要望を受けた。

また、測定は1月後半までを予定していたが、装置の無線通信になんらかの不具合が生じ、1月前半までのデータしか取得できなかった点が課題として挙げられる。タブレット端末をリセットすることで、測定を再開できたが、通信状態を確認する手段が無かったことから不具合の発生に気づくのが遅れた。これについては対策として、今後タブレット端末の表示ソフトウェアに通信状態を表示する機能を追加する。

5 結 言

本報告では、漆の乾燥工程の改善を目的として、冬季の漆器工房における漆風呂内部の温湿度を明らかにするとともに、企業にデータの提供を行った。

実験結果から温湿度は乾燥に適した範囲よりも低めであることを確認した。滴生舎では、乾燥時間の短縮よりも白化現象の防止を優先しており、湿度を低めに管理していたことから職人の経験と勘と一致する測定結果が得られた。一方、夜間に湿度が85%Rhを上回ることや、乾燥時間の短縮の余地があることも明らかになった。これらの改善のためには漆風呂内の温湿度の把握が必須であることから環境測定装置による監視は有効だと考えられる。また、実験において、通信の不具合の発生といった装置の課題についても明らかにすることができた。これについては改良を行う。

本実験の結果を受け、高温かつ多湿となる夏季の測定について要望された。夏季は湿度が過剰になり白化現象を起こしやすいため、滴生舎では作業記録を作成し、漆器の乾燥状態と漆風呂の温湿度データとの比較検証を行う。現在、2016年6月23日より実験を実施中であり、測定範囲も拡大し、中塗り用漆風呂、下塗り用漆風呂それぞれに2台の計4台のセンサノードを用いた同時計測を行っている。また、漆器に加えて家具の漆の乾燥についても測定を実施しており、支援を拡げている。

今後は、環境測定の継続と測定データの活用を進め、乾燥工程の標準化による品質や歩留まりの改善、加温・加湿・換気等の自動制御による省力化、職人の管理手法の見える化といった技術の継承等の支援につなげていく。

謝 辞

本実験は二戸市の滴生舎様の協力により実施することができました。この場を借りて感謝申し上げます。

文 献

- 1) 農林水産省：平成 26 年特用林産基礎資料、3. 平成 26 年主要品目別生産動向調査、(22) 生うるし (2016)
- 2) 蜷川 彰：うるしと鉄、表面技術、Vol. 51、No. 10、p983-987 (2000)
- 3) 剣持仁・川上信二・垂見健三・藤盛啓治：家具の辞典、朝倉書店、p662(1990)
- 4) 菊池貴・野村翼・千田麗誉：画像情報とセンサーデータを組み合わせた農業用ハイブリッド環境測定システム、岩手県工業技術センター研究報告第 18 号、7(2016)