

IoT を活用した生産工程の可視化に関する研究（第 1 報）

生産技術部

福島章吾 田中徹 中野太郎

ものづくりを行う生産工程では、製造に係る諸条件や生産管理数量、検査結果の情報等の数多くの情報が収集・管理されている。しかしながら、これらの情報が他部門と共有されていないために、製品の不良原因等に対する具体的な対策を取れない場合が見受けられる。そこで、本研究では、近年注目されている IoT 技術を活用することで、県内企業の実生産工程において、これまで取得することが難しかった様々な情報の収集を含めて、得られた情報を一元的に管理して共有できるシステムの構築を目的として取り組む。本年度は、複数箇所の環境データ（温度、湿度）を計測する電子回路を作製し、ローカルネットワーク（LAN）を経由して、データベースへ蓄積するシステムを試作した。

1. はじめに

県内企業において、ものづくりを行う生産工程では、部品または製品毎の製造条件の情報（装置の設定情報、工程時間の情報、工具の位置情報等）をはじめ、生産管理の情報（材料の情報、工程の進捗状況、在庫情報、出荷情報等）、品質管理の情報（作業ミス、検査結果の情報、不良品の情報等）等数多くの情報が収集・管理されている。しかしながら、これらの情報は、担当する部門において収集・管理され、収集された情報は各部門で保有されたままの状態而他部門と共有されていないのが実情である。そのため、検査工程において不良となった製品が、製造のどの工程でどのような状況であったのかをつかみ、不良原因を各部門だけで検討するのが難しく、不良品の発生に対する具体的な対策を取れない場合が見受けられる。

近年、「モノのインターネット」と呼ばれる Internet of Things（以下 IoT）技術が注目されている。IoT 技術によって、身の回りのモノがインターネットに代表されるネットワークに繋がり、自律的に通信を行うことで、人を介さずに様々な情報（環境、動作、位置等）を大量に取得することができるようになってきた。

本研究では、IoT 技術を活用することで、県内企業の実生産工程において、各部門で収集・管理されている情報とこれまで取得することが難しかった様々な情報を収集し、得られた情報を一元的に管理できる計測管理システムの構築を目的に取り組む。

本年度は、環境データ（温度、湿度）を対象とし、複数箇所のデータをローカルネットワーク（以下 LAN）を経由した通信により、データベースに自動

的に取得し蓄積するシステムを試作した。

2. システムの構成

2.1 システム構成指針

本研究において構築する計測管理システムのイメージを図 1 に示す。システムは、データベースサーバ、WEBサーバ、サーバ、ゲートウェイ及び複数のセンサノードで構成する。

検出データを入力し蓄積するデータベースサーバとそれらのデータを整理・処理・出力する WEBサーバは、専用回線である LAN 内での使用を想定し

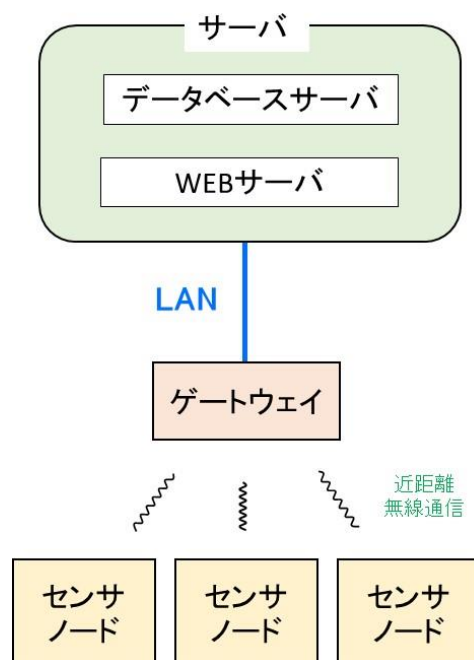


図 1 計測管理システムのイメージ

て、1つのサーバ内で構成する。1つのサーバに集約することで、データベースサーバと WEB サーバ間の通信時間の短縮や導入コストの低減、保守管理の負担低減等のメリットがある。

また、本システムでは検出データを収集する複数のセンサノードを使用するが、全てのセンサノードから一度にサーバへデータを送信するとサーバの負荷が大きくなりすぎることを考慮して、センサノードで取得したデータを近距離無線通信（1対多通信のセンサネットワーク）により一旦ゲートウェイに集約する。そしてゲートウェイから集約したデータを LAN 経由でデータベースサーバに送ることとする。

2.2 システムの概要

本年度は、センサノードで収集した検出データをデータベースサーバに蓄積する方法について検討した。そのシステムのイメージを図 2 に示す。本システムは、「データベースサーバ」、「ゲートウェイ (PC)」及び「複数のセンサノード (マイコンボード、環境センサ他)」で構成している。データベースサーバとゲートウェイ (PC) の OS は、どちらも Windows 系を用いているため、データベースサーバとゲートウェイ間の LAN 経由の通信による連携が容易である。

ゲートウェイが近距離無線通信 (ZigBee) により各センサノードの検出データを収集・蓄積し、それらのデータは LAN を経由してデータベースサーバに送信し蓄積される。

2.3 データベースサーバ

データベースサーバは FUJITSU, Primergy TX1320M2 を使用し、OS は Windows Server 2012 Standard, データベースソフトは Microsoft SQL Server 2016 Standard を用いた。

データベースは SQL Management Studio を用いて蓄積するデータのテーブルを作成した²⁾。なお、同じ LAN 内の端末等からデータベースサーバへのアクセスを許可するため、「TCP/IP」プロトコルの有効化と任意のポート指定 (ファイアウォールの開放) を行っており、外部からデータベースサーバへのアクセスは、ID とパスワードにより制限している。

2.4 ゲートウェイ

ゲートウェイは、WindowsPC (TOSHIBA, dynabook) を使用し、通信デバイスには Microsoft Visual Studio 2015 Community を用い、プログラミング言語 Visual Basic により開発した。

ゲートウェイでは、サンプリング時間 1 分毎に、

複数のセンサノードに対して検出データの送信命令を各々送信し、センサノードから返信された検出データを収集し、まとめて所内 LAN を経由してデータベースサーバに送信する。なお、ゲートウェイからの送信命令に対してセンサノードから返信がなかった場合、最大 3 回まで命令を再送し確実にデータを受信するようにしている。

2.5 センサノード

センサノードに用いている環境センサは環境データ (温度、湿度、気圧) を検出することができる。本報告では、温度及び湿度を測定することとした。

センサノードは、図 3 に示すようにマイコンボード (Arduino), ZigBee 規格無線モジュール (XBee) 及び環境センサ (BME280) で構成する。

マイコンボードは、環境データの計測に高速のサンプリング間隔は要求されないため、低価格で入手性が良く、他のセンサや拡張部品と互換性が高いものを選定した。表 1 に今回使用した環境センサの仕様を示す。

各センサノードは、ゲートウェイから命令が送信されるまで待機し、命令を受信したタイミングで、該当するセンサノードであった場合検出データを返信する。

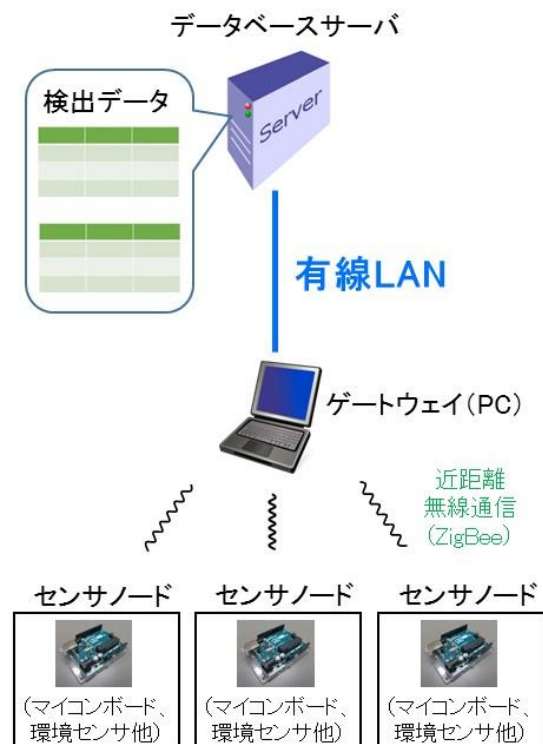


図 2 本年度試作したシステムのイメージ

3. システムの動作確認実験

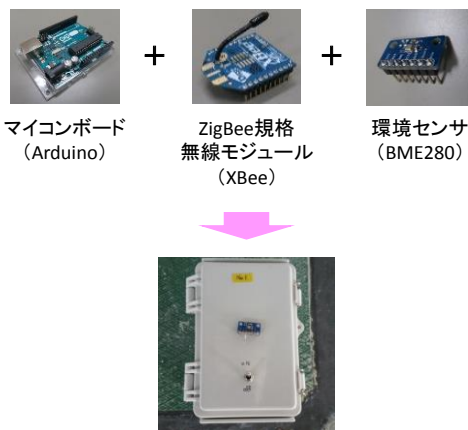
3.1 試作したセンサノードと市販の計測器の測定精度比較

センサノードによる検出データとして温度データと湿度データを対象に測定精度を評価するため、市販の計測器（T&D、おんどとり TR-72wf-H）を比較基準に用い、試作したセンサノードと同じ部屋に設置し、温度及び湿度を1分間隔で連続4日間取得した。ここで、市販の計測器の測定精度は、温度が $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ($0\sim 50^{\circ}\text{C}$)、湿度が $\pm 2.5\% \text{RH}$ (25°C $10\sim 85\% \text{RH}$)である。本実験の測定誤差の範囲は、試作したセンサノードと市販の計測器の精度から、温度が $0.7\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 、湿度が $0.5\sim 5.5\%$ と算出できる。

測定結果のグラフを図4の(a)、(b)にそれぞれ示す。試作したセンサノードと市販の計測器の測定結果を比較すると、市販の計測器に対して、温度の誤差は平均 1.55°C (最大 1.81°C)、湿度の誤差は平均 3.14% (最大 4.14%)であった。温度は誤差範囲の上限より 0.51°C 大きく、湿度は誤差範囲内であった。なお、温度データと湿度データは両方とも交差することなく同じ傾向で推移している。したがって、特定の日を基準として別の日の温度及び湿度を比較する場合、センサノードにより相対的な環境の変化を取得することができると考えられる。

3.2 システムの動作確認実験

本年度試作した計測管理システムについて、連続



ケースに実装した状態

図3 センサノード

表1 環境センサの主な仕様

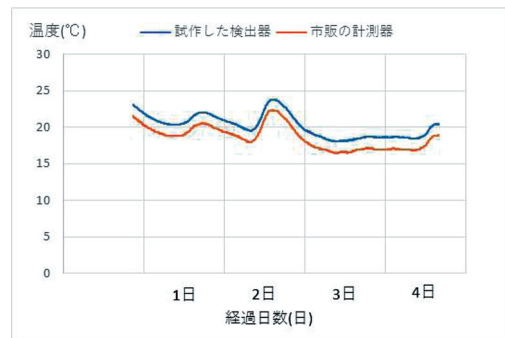
	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)	気圧 (hPa)
測定範囲	$-40 \sim +85$	$0 \sim 100$	$300 \sim 1100$
測定精度	± 1	± 3	± 1
分解能	0.01	0.008	0.0018

的な動作確認を行った。

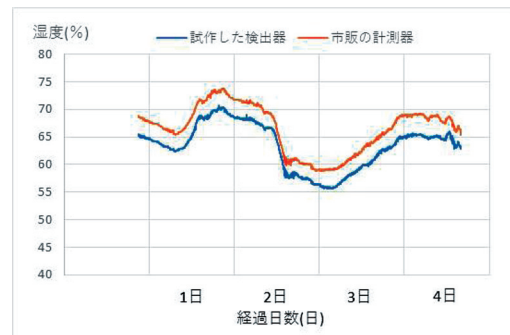
今回は、データベースサーバとゲートウェイをLANに接続し、試作したセンサノード4台を異なる4箇所の部屋に設置した。実験条件は、各部屋の温度及び湿度を1分間隔で連続12日間取得した。センサノードを設置したそれぞれの部屋の条件を表2に示す。

データベースに蓄積されたデータの確認を行うため、SQL Management Studio を用いて4台のセンサノードの温度及び湿度のデータを取得した。その結果を図5の(a)、(b)にそれぞれ示す。収集した環境データ(温度、湿度)の数値データがデータベースのテーブルに蓄積できていることが分かる。

テーブルに蓄積されたデータの推移の確認を行う



(a) 温度データ



(b) 湿度データ

図4 試作したセンサノードと市販の計測器の測定結果の比較

表2 センサノードを設置した部屋の条件

測定器	設置場所	空調の有無
1	A	無
2	B	有
3	C	無
4	D	無

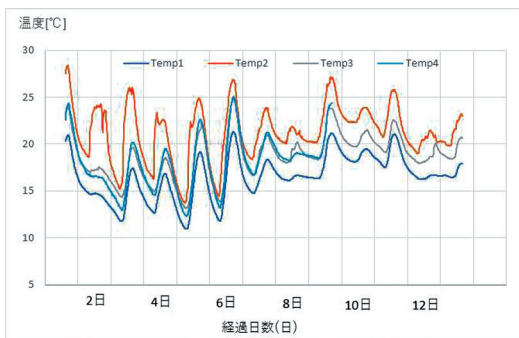
Time	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5
2017-03-30 1...	20.27	27.44	23.17	22.84	22.02
2017-03-30 1...	20.27	27.45	23.16	22.97	22.09
2017-03-30 1...	20.27	27.47	23.17	23.09	22.2
2017-03-30 1...	20.28	27.5	23.28	23.19	22.26
2017-03-30 1...	20.27	27.52	23.27	23.3	22.26
2017-03-30 1...	20.28	27.49	23.29	23.28	22.45
2017-03-30 1...	20.29	27.53	23.35	23.47	22.53
2017-03-30 1...	20.3	27.56	23.32	23.53	22.59
2017-03-30 1...	20.3	27.57	23.32	23.6	22.64
2017-03-30 1...	20.31	27.57	23.36	23.66	22.69

(a) 温度データ

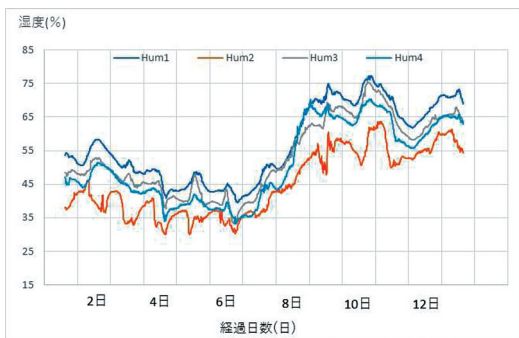
Time	Hum1	Hum2	Hum3	Hum4	Hum5
2017-03-30 1...	53.08	38.2	48.64	46.3	48.03
2017-03-30 1...	53.14	38.1	48.7	45.98	48.07
2017-03-30 1...	53.25	38.12	48.68	45.75	47.85
2017-03-30 1...	53.34	38.11	48.48	45.54	47.74
2017-03-30 1...	53.43	38.08	48.28	45.23	47.57
2017-03-30 1...	53.52	38.12	47.99	45.09	47.45
2017-03-30 1...	53.59	38.03	48.24	44.87	47.24
2017-03-30 1...	53.65	38.04	48.48	44.73	47.16
2017-03-30 1...	53.69	38	48.43	44.63	46.96
2017-03-30 1...	53.76	38.07	48.45	44.5	46.90

(b) 湿度データ

図 5 データベースに蓄積したデータ (一部抜粋)



(a) 温度データ



(b) 湿度データ

図 6 蓄積したデータのグラフ化

ため、データを Excel に取り出して、図 6 の(a), (b) に示すように温度及び湿度のデータのグラフ化を行った。温度及び湿度のいずれの結果でも、ほぼ同じような環境の変化が取得されている。また、部屋 B の結果からは、室内空調の影響による大きな変化が示されている。以上のことから、今回試作した計測管理システムにより、確認実験期間に 4 台のセンサノードからデータベースサーバに検出データを確実に取得・蓄積できた。

4. おわりに

IoT 技術を活用した計測管理システムの構築に向けた試作・検討を行い、複数箇所の環境データ (温度、湿度) を LAN 経由の通信により、動作確認実験を行うことで以下のことがわかった。

(1) 試作したセンサノードの温度及び湿度の測定精度は、市販の測定器と比較して温度は平均 1.55°C、湿度は平均 3.14% の誤差があったが、いずれも交差することなく推移しているため、相対的な変化を取得できると考えられる。

(2) 試作したシステムを連続的に動作させた結果、複数箇所の環境データ (温度、湿度) をデータベースサーバに取得・蓄積できることが確認できた。

今後は、データベースサーバに入力・蓄積された検出データを、WEB サーバで整理・処理・出力し可視化するシステムを構築する予定である。また、インターネット回線を使用して、所外の場所から各種検出データの取得を試みるため、県内企業の協力のもと生産現場にセンサノードを設置して生産工程のデータ通信試験を実施する予定である。

参考文献

- 1) 河村雅人, 大塚鉦史, 小林佑輔, 小山武士, 宮崎智也, 石黒佑樹, 小島康平: IoT/センサの仕組みと活用, 翔泳社 (2015)
- 2) 松本美穂, 松本崇博: SQL Server 2016 の教科書開発編, ソシム (2016)