

IoT導入支援キットの開発 －WBGT測定及び毒劇物管理への適用－

林 宏充*1 川畑 将人*1 奥村 克博*1 吉村 賢二*1

Development of IoT Starter Kit for Supporting Installation

- Application of WBGT Measurement and Poisonous/Deleterious Substances Management -

Hiromitsu Hayashi, Masato Kawabata, Katsuhiko Okumura and Kenji Yoshimura

製造業の生産性向上のためにはIoTやAIの活用促進が急務であるが、技術・ノウハウの不足や費用対効果が不明などの理由により、中小企業の生産現場におけるIoT導入は進んでいない。本研究では、県内中小企業が「気軽にIoTをはじめる」ことができるように、様々なセンサによって生産現場の状況を遠隔監視することができる「IoT導入支援キット」の開発を行った。IoT導入支援キットを活用して「WBGT（暑さ指数）測定システム」及び「毒劇物管理システム」を構築し、実証試験を実施した結果、本キットが生産現場に応じたシステムの構築及び効果の検証に有効であることを確認することができた。

1 はじめに

国内製造業の労働生産性は、OECD加盟の主要31ヶ国中15位（2016年）となっており、2000年以降年々低下している¹⁾。九州地域は全国と比べて生産性が低く、IoTやAIを活用した生産性向上への取り組みが急務であるが、中小企業の生産現場におけるIoT導入は進んでいない。

その理由として、技術・ノウハウを持った人材の不足、活用イメージが不明、費用対効果が不明、などが挙げられている。つまり、中小企業のIoT導入促進のためには、中小企業自らが「容易」に「現場に設置」して「効果を検証」できる必要がある。

本研究グループでは、県内中小企業が「気軽にIoTをはじめる」ことができるように、センサの設置からデータの遠隔取得、データの簡易分析までをハンズオンで支援する仕組みづくりに取り組んでいる。その一環として、企業ニーズの高い様々なセンサを備え、センサデータを無線（または有線）で伝送し、生産現場の状況を遠隔監視することができる「IoT導入支援キット」を開発しており、県内企業などの協力のもと現場での実証試験を進めている。

本報告では、IoT導入支援キットを活用して「WBGT（暑さ指数）測定システム」及び「毒劇物管理システム」を構築し、実証試験を実施したので、その内容について報告する。

2 IoT導入支援キット

県内の中小企業が「気軽にIoTをはじめる」ための支援ツールとして「IoT導入支援キット」を開発しており、本体（Raspberry Pi 3 Model B+）と各種センサで構成される。現在対応可能なセンサ機能及び通信機能を表1に、温度測定用（熱電対）の外観を図1に示す。各種センサデータは本体に逐次保存され、無線または有線通信により、PCやタブレットなどを用いて遠隔で監視、制御することが可能である。

表1 対応可能なセンサ機能・通信機能

(a) センサ機能

センサ	仕様
温度（熱電対）	-15～200 ℃
温度（放射温度計）	～1000 ℃
温湿度	20～60 ℃, 20～95 %
振動（加速度）	～400 Hz（～2 G）
画像（カメラ）	動画・静止画
QRコード（カメラ）	～10 kbyte
PLC出力	RS485, RS232C

(b) 通信機能

通信	仕様
IEEE802.11b/g/n/ac	無線（2.4 GHz帯/5 GHz帯）
TWE-Lite	無線（2.4 GHz帯）
IEEE802.3i/u/ab	有線（最大300 Mbps）
RS485	有線

*1 機械電子研究所

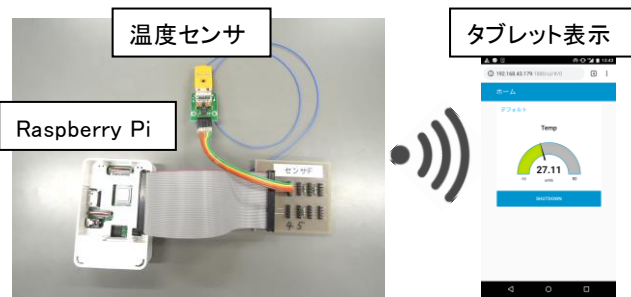


図1 IoT導入支援キット（温度測定用）

3 WBGT(暑さ指数)測定システム

3-1 WBGTと労務環境管理

WBGT(暑さ指数)は、熱中症予防のために提唱された指標で、単位は℃で示されるが、その値は気温とは異なる。人体と外気の熱収支に着目しており、人体の熱収支に与える影響の大きい「気温」「湿度」「日射・輻射」から算出できる²⁾。

WBGTは夏季の労務環境の改善に有効であり、様々な生産現場で採用されているが、作業エリア毎に設置したWBGT計を決められた時間に目視で確認・記録しているケースが多く、リアルタイムでの労務環境管理が課題となっている。

3-2 WBGT測定システムの構築

リアルタイムでの労務環境管理を実現するため、IoT導入支援キットを活用してWBGT測定システムを構築した。本システムはキット本体、温湿度センサ(SHT15:SENSIRION)、及び、遠隔監視用のPCで構成される。

屋内での使用を想定し、気温と湿度から算出可能な表2を基にWBGT計算式を導出する³⁾。表2を離散データとして、湿度H(%RH)におけるWBGT(℃)と気温T(℃)の関係を最小二乗法で直線近似すると、次式となる。

$$WBGT = fa(H) \times T + fb(H) \quad (1)$$

ただし、fa(H)は傾き、fb(H)は切片の値である。湿度H(%RH)における傾きfa(H)と切片fb(H)の関係について最小二乗法で直線近似すると、次式となる。

$$fa(H) = a1 \times H + b1 \quad (2)$$

$$fb(H) = a2 \times H + b2 \quad (3)$$

ただし、a1、a2は傾き、b1、b2は切片の値である。式(1)に式(2)、式(3)と値を代入すると次式となる。

$$WBGT = (a1 \times H + b1) \times T + a2 \times H + b2 \\ = (0.0037 \times H + 0.6835) \times T + 0.0353 \times H - 1.984 \quad (4)$$

式(4)によるWBGTを表3に示す。表2とほぼ同様の傾向となり、太枠で囲んだ部分が表2と異なっているが、いずれも±0.5℃程度の誤差であり、実用上十分な精度といえる。

表2 WBGTと気温、湿度との関係

		相 対 湿 度 (%)																	
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
°C	40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
	39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
	38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	
	37	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	
	36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	39	
	35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38	
	34	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37	
	33	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	
	32	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	
	31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34	
	30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33	
	29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32	
	28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31	
	27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	
	26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29	
	25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	
24	17	18	18	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28		
23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26		
22	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25		
21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24		

表3 WBGTと気温、湿度との関係（計算値）

		相 対 湿 度 (%)																	
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
°C	40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
	39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	
	38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	
	37	27	28	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	40	41	
	36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	39	
	35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38	
	34	24	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37	
	33	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36	
	32	23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35	
	31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34	
	30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33	
	29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32	
	28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31	
	27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	
	26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29	
	25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	
24	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27		
23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26		
22	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25		
21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24		

3-3 実証試験

機械電子研究所の実験棟内に温湿度センサを設置し、WBGT測定システムの実証試験を実施した。センサ設置状況を図2に、気温、湿度、WBGTの遠隔監視画面を図3に示す。各データの画面表示を毎分更新して、同時に測定データファイルへ追記・保存するようにしており、リアルタイムでWBGTを遠隔監視できることを確認した。本システムにより、夏季の労務環境の改善や管理業務の効率化が期待できる。

気温、湿度、WBGTの長期測定データ（測定期間：R1. 5. 22~6. 18）を図4に示す。日々の温度サイクル、湿度サイクルや天気に関連した変動を確認することができる。年間を通して監視、分析することによって、空調設備の配置や稼働計画の最適化、光熱費の予測など様々な応用展開が考えられる。



図2 WBGT測定システム設置状況

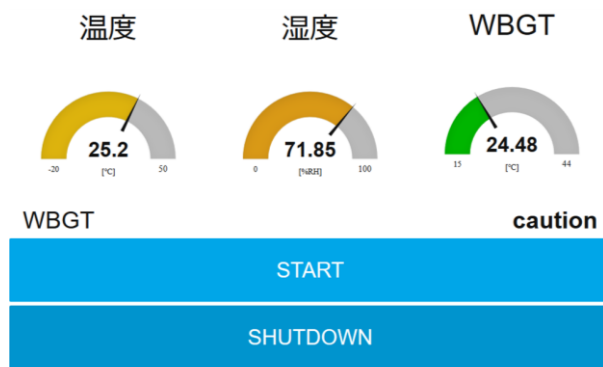
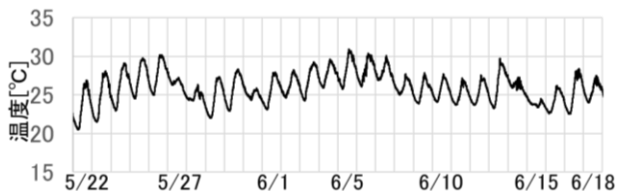
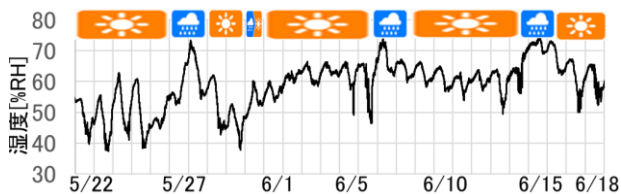


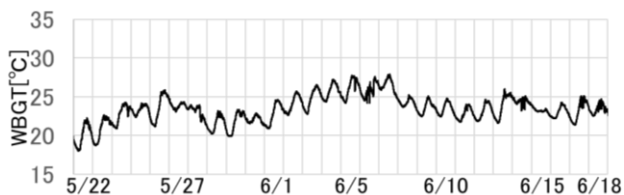
図3 遠隔監視画面



(a) 気温



(b) 湿度



(c) WBGT

図4 長期測定データ

(測定期間：R1. 5. 22～6. 18)

4 毒劇物管理システム

4-1 毒劇物管理

毒劇物の管理については「毒物及び劇物取締法」によって取締りが行われているが、毒物犯罪の増加に伴い、毒劇物の具体的な管理方法の指針が管理マニュアルとして厚生省から示され、「鍵付きの薬品庫」「在庫管理」「複数人で管理」「重量・容量の管理」「管理簿の作成」などが求められている⁴⁾。毒劇物を頻繁に使用する現場では、特に「在庫管理」「重量・容量管理」「管理簿作成」が大きな負担となっている。

4-2 毒劇物管理システムの構築

IoT導入支援キットを活用して毒劇物管理システムを構築した。システムの外観を図5に示す。本システムはキット本体、カメラ(CameraV2:element14)、電子秤(EW-1500i:A&D)、ブザー(UDB-05LFPN:DB Products)、モニタ、及び、遠隔監視用のPCで構成される。「使用者」「管理者」「毒劇物」のQRコードをカメラで読み込み、電子秤で重量計測することにより、毒劇物の「受払簿(在庫管理)」「使用簿(重量・容量管理)」「管理簿」を自動作成することができる。操作フローを図6に示す。毒劇物管理簿作成フローを黒い矢印、受払簿作成フローを白い矢印で示している。

毒劇物管理簿作成の操作手順は以下の通りである。

- ① カメラで使用者のQRコードを読み込む。
- ② カメラで毒劇物のQRコードを読み込む。
- ③ 電子秤で毒劇物の重量を計測する。
- ④ カメラで確認者/管理者のQRコードを読み込む。

これらの操作によって、「いつ」「だれが」「なにを」「使用量」「許可の有無」などの情報がデータベース(MySQL)に保存される。これらの情報は管理者が遠隔で取得することが可能であり、CSV形式やEXCEL形式で出力することができる。

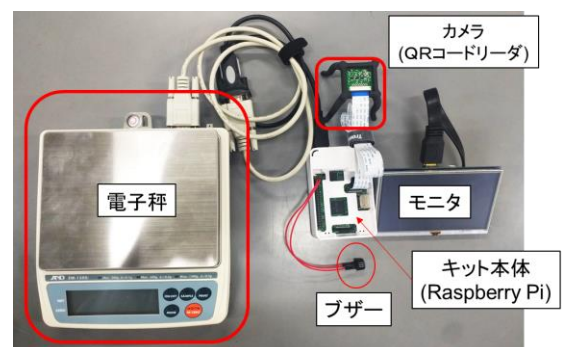


図5 毒劇物管理システム

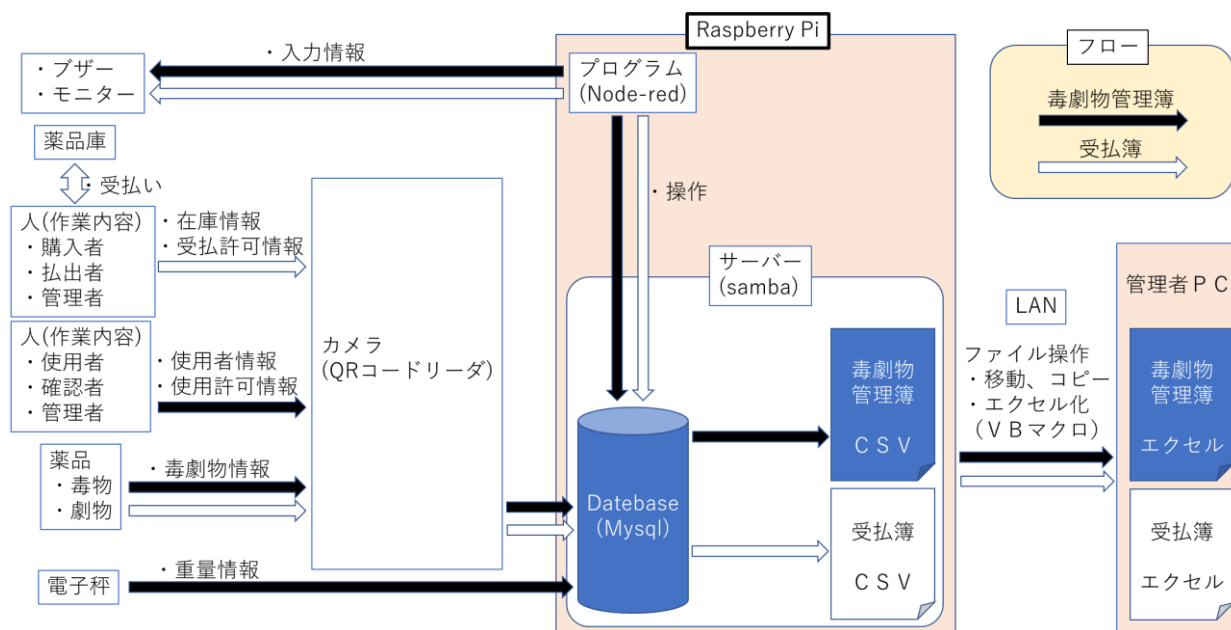


図6 毒劇物管理システム操作フロー

受払簿作成の操作手順は以下の通りである。

- ① カメラで購入者／払出者のQRコードを読み込む。
- ② カメラで毒劇物のQRコードを読み込む。
- ③ カメラで管理者のQRコードを読み込む。

これらの操作によって、毒劇物の増減をデータベースに記録する。毒劇物管理簿と同様に管理者が遠隔で取得することが可能であり、CSV形式やEXCEL形式で出力することができる。

4-3 実証試験

毒劇物の使用者、管理者などによる実証試験を実施し、「受払簿（在庫管理）」「使用簿（重量・容量管理）」「管理簿」が適切かつ自動で作成されることを確認した。本システムにより、毒劇物管理業務の効率化やヒューマンエラーの防止が期待できる。

5 まとめ

県内中小企業が「気軽にIoTをはじめる」ことができるための支援ツールとして「IoT導入支援キット」を開発し、「WBGT測定システム」及び「毒劇物管理システム」の構築、実証試験を実施した。その結果、本キットが生産現場に応じたシステムの構築及び効果の検証に有効であることを確認した。

今後はこれらのシステムを企業の生産現場に適用して「効果の検証」ができるようにハンズオン支援し、県内中小企業のIoT導入を促進する。

6 参考文献

- 1) 日本生産性本部：労働生産性の国際比較（2018）
https://www.jpc-net.jp/intl_comparison/intl_comparison_2018_press.pdf
- 2) 環境省：熱中症予防情報サイト（2019）
<http://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php>
- 3) 日本気象学会：日常生活における熱中症予防指針 Ver. 3 確定版（2013）
<http://seikishou.jp/pdf/news/shishin.pdf>
- 4) 厚生省：毒劇物盗難等防止マニュアル（2005）
<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/doku/manu/manu.pdf>