

# 福岡工業大学 機関リポジトリ

## FITREPO

Title	水栓のIoT化による活動見守りシステムの基礎検討
Author(s)	松原 裕之
Citation	福岡工業大学総合研究機構研究所所報 第2巻 P85-P89
Issue Date	2020-2
URI	<a href="http://hdl.handle.net/11478/1487">http://hdl.handle.net/11478/1487</a>
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher

Fukuoka Institute of Technology

# 水栓の IoT 化による活動見守りシステムの基礎検討

松原 裕之 (情報工学部情報システム工学科)

## A Preliminary Research for Activity Monitoring System by IoT Water Faucet

Hiroyuki MATSUBARA (Department of Information and Systems Engineering, Faculty of Information Engineering)

### Abstract

This IoT faucet including sensor nodes has been developed to monitor the usage of the indoor faucets. The usage logs of the IoT faucets in kitchens and bathrooms can be used to determine if residents are safe. As the IoT faucet is an indirect activity monitoring system, the advantage is that the effort of both the watcher and the watched person is reduced. This paper is a preliminary discussion of our efforts through trial and error to install the IoT faucets as part of an activity monitoring system. As an experimental result, the usage of the IoT faucet was detected and the activity could be estimated under the condition that the difference between the room temperature and the water temperature of the IoT faucet was more than 0.6 degrees Celsius.

**Keywords :** Internet of Things, Water faucet, Sensor node

### 1. はじめに

少子高齢化に伴い、安全安心につながる社会課題の一つとして、独居老人や遠隔地の一人暮らしなど（以下、見守られる側）の見守りネットワーク<sup>(1)</sup>の充実が挙げられる。2000 年代初頭から、ユビキタスネットワークとして Machine to Machine(M2M)や Internet of Things(IoT)<sup>(2)</sup>などのネットワーク基盤が活用されている。システム制御情報学会の 2005 年度「人を見守り助ける状況技術の展開特集号<sup>(3)</sup>」では、状況認識技術を 2 つの側面にとらえている。「ユーザの置かれている状況をシステムが認識する側面」、「システム状況をユーザが認識する側面」である。本論文で取り上げる見守りは、前者の側面である。従来、安否などの見守りは監視カメラによる動画像が一般的であった。一方、見守られる側のプライバシーを侵害していた。先行研究には、プライバシーを確保するため、居住者の電気の使い方から見守られる側の電気機器の直接操作の有無を推定する方法<sup>(4)</sup>が提案されている。見守られる側の気疲れを低減する一手法である。

加えて、近年の見守りネットワークは、プライバシーを侵害しにくいセンサ技術と IoT 技術<sup>(2)</sup>の要素技術を組み合わせ実現している。これら要素技術を家電や携帯機器に組み合わせ、見守りの様々なサービスモデルが構築されている。実用化されているサービスモデルを二例示す。

一例目として、2001 年よりサービスが開始された象印マホービンの「みまもりほっとライン<sup>(5)</sup>」が有名である。遠隔地の家族を見守る安否確認サービスで、家庭内の電気ポットに無線通信機器を内蔵したマホービンを用いる。電気ポ

ットは日常生活において、電源を入れてお湯を沸かす、給湯する、などの利用形態がある。これらの利用形態を定期的にモニタリングし、1 日 2 回、家族などの見守る側にモニタリング結果をメールで通知する。電気ポットの利用が途絶えなければ、遠隔地から安否を継続的に確認できる仕組みである。監視カメラによる動画像と異なりリアルタイム性はないが、プライバシーを侵害しづらく、見守られる側、見守る側の気疲れが低減できるサービスモデルである。

二例目として、富士通の「リモートモニタリングサービス<sup>(6)</sup>」では、居室内に設置した音響センサを用いて、プライバシーに配慮しつつ、リアルタイムに異変を把握するシステムである。見守られる側の転倒などの異常音の検出、一定時間生活の気配がない状態の検出、などから安否を確認する仕組みである。

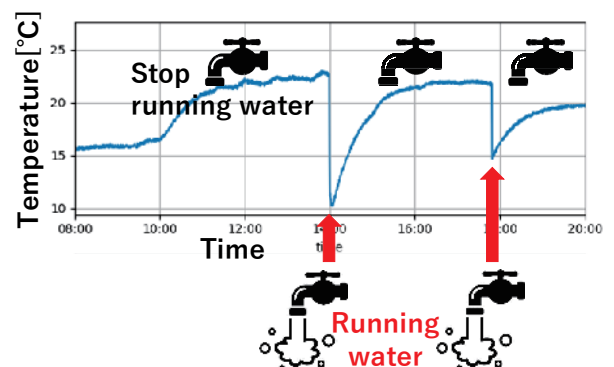


図 1 水栓の利用の検出

Fig. 1. Detection of use of water faucet.

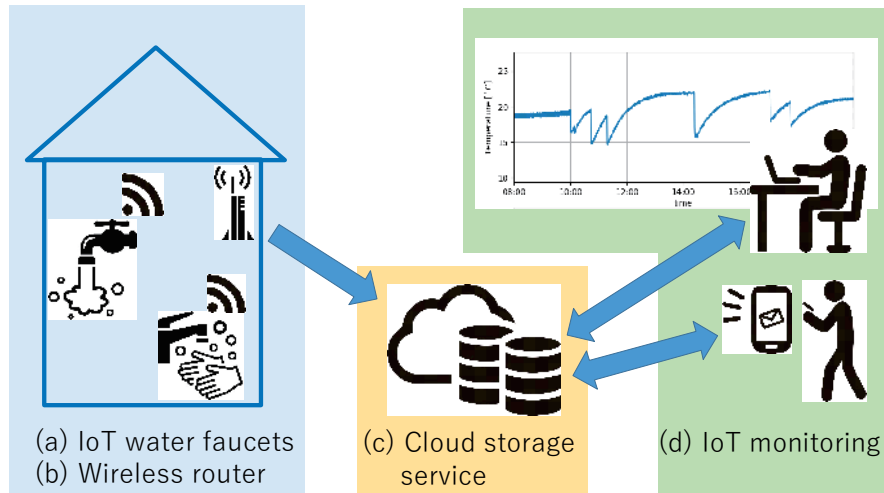


図2 水栓のIoT化による活動見守りシステム

Fig. 2. An activity monitoring system by IoT water faucet.

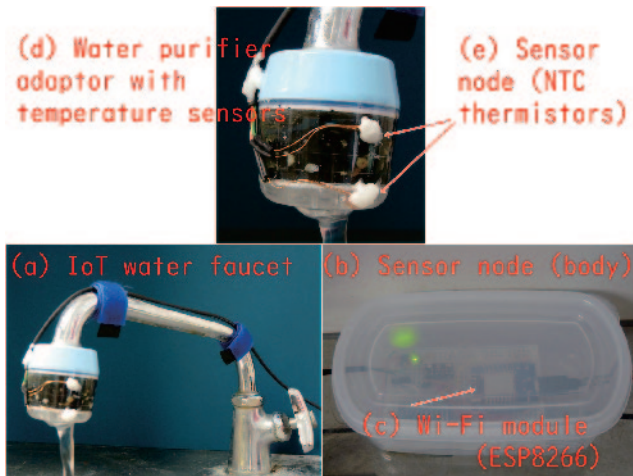


図3 IoT水栓の実装例

Fig. 3. An implementation example of the IoT water faucet.

著者は、気疲れを低減するサービスモデル<sup>(1)(4)(5)(6)</sup>として、日常生活の水回りの利用状況に着目した。台所やお風呂場などの水栓の利用状況から、簡便な方法で安否確認ができないか、と考えた。水栓に着目した安全安心を実現する見守りの先行研究として、混合水栓の熱湯事故を防ぐ見守りシステム<sup>(7)</sup>が知られている。先行研究である電気機器の直接操作の有無の推定<sup>(4)</sup>より、水栓の利用の有無は検出がしやすいと考える。本論文では、水栓本体を加工せずに、浄水型のアタッチメントにセンサ技術とIoT技術を組み込む。水栓のIoT化による活動見守りシステムの基礎検討を行う。

## 2. 水栓のIoT化による活動見守りシステム

### 〈2・1〉 水栓の利用の検出 家庭用の上水道の既存の

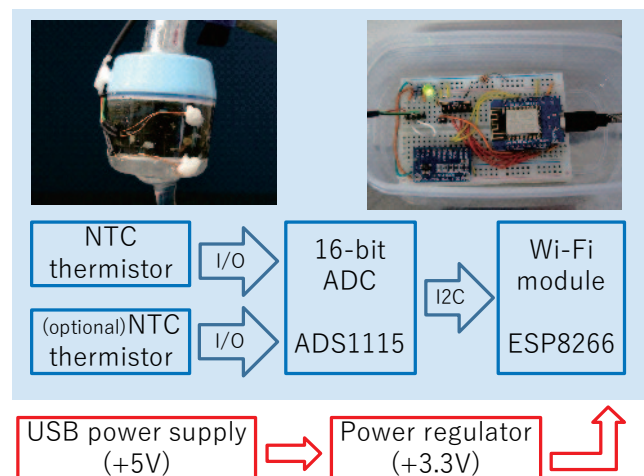


図4 センサノードの構成ブロック

Fig. 4. A block diagram of the sensor node.

安価な流量検出として、羽根車式流量計<sup>(8)</sup>が広く用いられている。羽根車を流体(水道水)の流れる力で回転させて、回転数により、流量を計測する方式である。家庭用の水道メータとして使われている。温度変化に着目した熱式流量計<sup>(8)</sup>は、ヒーターと温度センサを組み合わせた方式である。適用は微小流量に限られ、羽根車式流量計と比べて高価で大型になることが欠点である。

そこで、本論文では、家庭用の水栓に安価かつ手軽に装着できるように浄水器型のアタッチメントを前提とした、浄水器近傍の温度変化を計測することを提案する。図1は浄水器型のアタッチメントを取り付けた水栓の温度変化を示したものである。水栓を使用していない時間では、屋内の室温に近似した温度が計測される。水栓を使用している時間は、水流の温度まで変化する。再び、水栓を閉めて使

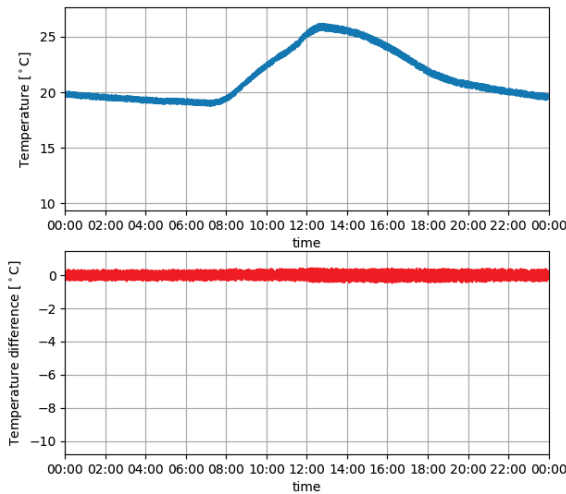


図 5 IoT 水栓の計測例 (未使用かつ非検出)

Fig. 5. A measurement example of the IoT water faucet (Unused and not detected).

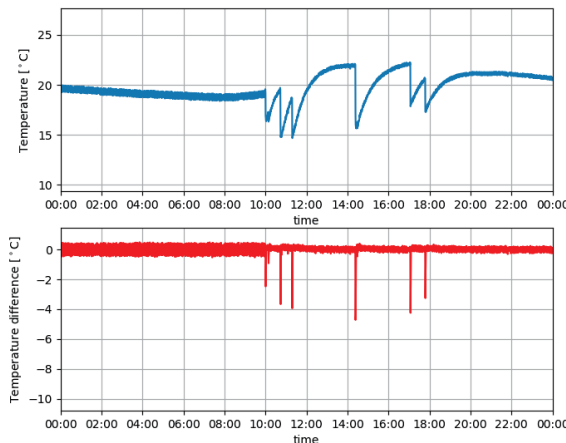


図 6 IoT 水栓の計測例 (使用かつ検出)

Fig. 6. A measurement example of the IoT water faucet (Used and detected).

用をやめると、徐々に屋内の室温に戻る。計測の原理上、室温と水温の差がない場合は、検出が不可能となる。室内の気温の日較差（最高気温と最低気温の差）と上水道の水温の日変化幅が大きく異なることを期待しており、一日を通じて検出可能な時間があれば良いと著者は考えている。

〈2・2〉 活動見守りシステム 水栓の IoT 化による活動見守りシステムの概要を図 2 に示す。家庭内の台所やふろ場などの水栓を IoT 化する。図 2(a)に示す温度計測が可能なセンサノードを内蔵した IoT 水栓からの温度データを Wi-Fi で送信する。それらを図 2(b)で示すインターネットに接続されたワイヤレスルータで受信する。図 2(c)に示すクラ

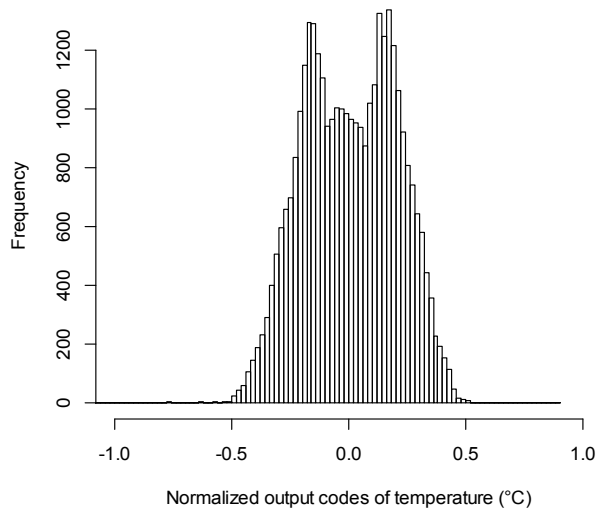

 図 7 A/D 変換のノイズと温度差  $\Delta T(n)$ 

 Fig. 7.  $\Delta T(n)$  including Analog-To-Digital conversion (ADC) noise.

ウドストレージサービス上に IoT 水栓が計測した温度データを蓄積する。これらを図 2(d)で示すパソコンやスマートフォン等でログをモニタリングし、異常値や日常のサマリをメール等で受信する。

〈2・3〉 センサノード 図 3 に IoT 水栓の実装例を示す。図 3(a)は IoT 水栓の実装例を示す。既存の水栓に図 3(b)に示すセンサノードの電子回路と図 3(d)で示す温度計測を目的とした浄水器型のアタッチメントを取り付けている。浄水型のアタッチメントは温度計測用の NTC サーミスタを図 3(d)で示す個所の内側に取り付けている。NTC サーミスタは、温度上昇とともに抵抗値を急減する感熱抵抗素子の一種である。図 4 にセンサノードの構成ブロックを示す。Wi-Fi モジュールは ESP8266<sup>(9)</sup>、ADC は 16-bit の分解能である ADS1115<sup>(10)</sup>を用いている。電源是水栓に商用コンセントがある場合は USB 電源アダプタ、ない場合はモバイルバッテリーを前提としている。

〈2・4〉 水栓の利用の検出アルゴリズム 水栓の温度計測の間隔は、概ね 30 秒毎である。直近の計測温度  $T(n)$  に対して、温度差  $\Delta T(n)$  が閾値以上(例として  $0.6^{\circ}\text{C}$ )となった時、水栓が開かれて水流が発生して利用されたと判定する。現在の計測  $n$  に対して、過去 3 回分の移動平均を用いる。

$$\Delta T(n) = (T(n-1) + T(n-2) + T(n-3)) / 3 - T(n) \dots\dots\dots(1)$$

つまり、30 秒前、60 秒前、90 秒前の 3 回分の計測温度の平均と現在の計測温度の差分を計算している。

図 5 と図 6 にそれぞれ 24 時間分の IoT 水栓の計測温度と (1)式で示す温度差  $\Delta T(n)$  のグラフを示す。それぞれ上のグ

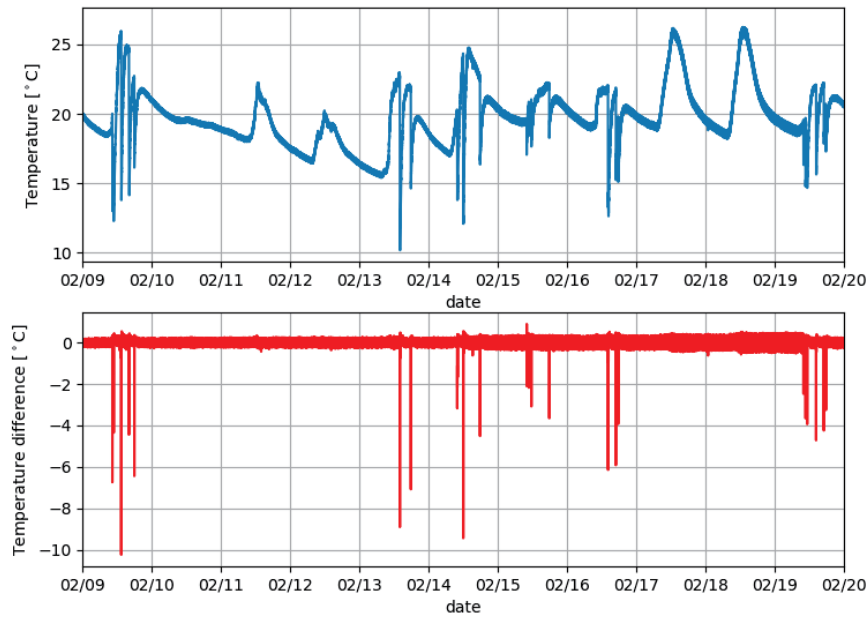


図8 水栓のIoT化による活動見守りシステムの計測結果 (2018/02/09 – 2018/02/20)

Fig. 8. Measurement results of the activity monitoring system by IoT water faucet (2018/02/09 – 2018/02/20).

差 $\Delta T(n)$ のヒストグラムである。温度差 $\Delta T(n)$ にはノイズが含まれる。主に、センサノードのADCであるADS1115による量子化誤差、サーミスタや金属皮膜抵抗などの熱雑音である。図7のヒストグラムから温度差 $\Delta T(n)$ のノイズは概ね $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ であることが分かった。加えて、図5(下)または図6(下)などのIoT水栓の非使用の時間帯においても、ノイズの太さ(赤色)は概ね $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ の幅であることが読み取れる。以上により、本論文では $\Delta T(n)$ の検出の閾値を $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ とする。

### 3. IoT 水栓の運用

〈3・1〉 運用条件 IoT 水栓の設置場所は福岡工業大学の著者の居室の流し場とする。原則として著者のみが居室に出入りが出来る。また、平日の日中は空調が入り、平日の夜間と休日の終日は空調が止まる。IoT 水栓の実装例を図3に示す。IoT 水栓のセンサノードは30秒毎に計測した計測温度をクラウドストレージサービスのThingSpeak<sup>(11)</sup>に送信し、蓄積する。一日当たり最大2880データが蓄積される。運用期間は2018年2月9日0時から2018年2月20日24時までの11日間とする。

〈3・2〉 計測結果 図8に水栓のIoT化による活動見守りシステムの計測結果を示す。計測期間の全体を通じて、図8(上)に示すように計測結果がクラウドストレージサービスに蓄積された。計測結果のデータの欠損はなかった。期間を通じて室温は概ね $15^{\circ}\text{C}$ (2/13)から $25^{\circ}\text{C}$ (2/9, 2/14, 2/17, 2/18)、水温は概ね $10^{\circ}\text{C}$ (2/13)から $15^{\circ}\text{C}$ の範囲であると推測される。加えて、図8(下)に示す温度差のグラフ

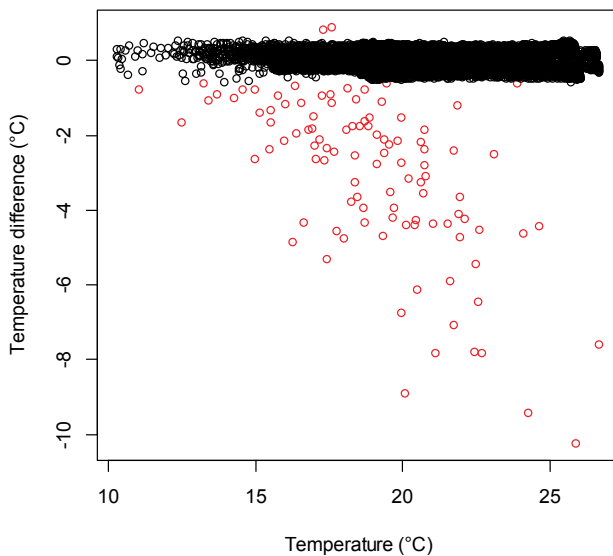


図9 計測温度別の検出結果

Fig. 9. Detection result of IoT faucet use by measurement temperature).

ラフはIoT 水栓の計測温度、下のグラフは温度差 $\Delta T(n)$ である。図5はIoT 水栓が24時間非使用であり、図6は日中に6回利用した履歴が記録されている例である。

図7は 水栓が閉じている時間において、(1)式による温度

より、著者が居室に在室しているか、していないかが、1 日単位の粒度で明確に可視化できた。

図 9 は、計測結果のログを統計ソフトで分析し、横軸にセンサノードの計測温度、縦軸に(1)式で示す温度差、をそれぞれプロットした散布図である。黒の○は IoT 水栓の使用が検出されなかったデータ、赤の○は使用が検出されたデータを示す。今回の運用期間では、計測温度が概ね 15℃以上であれば、赤の○で示す範囲の IoT 水栓の使用の検出が可能である。

**〈3・3〉 考察** 今回の運用期間では、居室の空調の都合もあり、室温は概ね 15℃以上を保っていた。計測結果で 15℃を下回っている例は、IoT 水栓を利用して計測温度が低下したのち、元の計測温度に戻らない内に再び水栓を利用した場合と推測される。居室に在室しているか、していないかを明確に可視化できる場合、概ね 30 分以上の間隔の頻度で IoT 水栓を利用した場合と考えられる。その理由として、(1)式で算出する温度差が、あらかじめ定める検出の閾値を超えるためである。

今回の運用は、2 月中旬の限られた期間かつ福岡県の気候状況が計測結果に大きく影響していると考えられる。今後は、1 年間の四季を通じて、気温や水温が高い時期や低い時期などを含めて計測データを蓄積していきたい。

## 4 おわりに

本論文では、水栓の IoT 化による活動見守りシステムの基礎検討を行った。日常生活の水回りの利用状況に着目し、台所やお風呂場などの水栓の利用状況から、簡便な方法で安否確認ができる NTC サーミスタを用いた IoT 水栓を提案した。水栓本体を加工せずに、浄水型のアタッチメントにセンサ技術と IoT 技術を組み込んだ。居室の室温と IoT 水栓近傍の居室の室温と水温の温度差が概ね±0.6℃以上の差があれば、IoT 水栓の使用の検出が可能であった。

今後は、年間を通じた IoT 水栓の利用状況の蓄積や、複数の温度センサによる精度の向上、接近センサなど他のデ

バイスの加味、などを検討していきたい。

謝辞

本研究は福岡工業大学の平成 30 年度若手教員研究高度化支援制度により実施したものである。

(令和元年 10 月 23 日受付)

## 文 献

- (1) Hiromasa Tomimoto, Keisuke Miura, Kazuo Haruyama, Yoshikazu Hitaka, Shota Nakashima, and Kanya Tanaka : “Safety Confirmation of Elderly People by Monitoring Home Electric Appliances Using Magnetic Resistance Sensor”, The Japanese Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers, Vol.3, No.2, pp.42-47 (2015)
- (2) 天野直紀 : 「実践 IoT: 小規模システムの実装からはじめる IoT 入門」, オーム社 (2018)
- (3) 西山高史 : 「人を見守り助ける状況認識技術の展開特集号を企画して」, システム制御情報学会誌システム／制御／情報, Vol.49, No.4, p.147 (2005)
- (4) Yukio Nakano and Tsuyoshi Ueno : “Watching System for Aged Single Person Based on Electricity Use Part 1: Method Inferring Resident's Direct Operation of Electric Appliances from Total Load Current of Household”, IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol.135, No.5, pp.471-480 (2015)
- (5) 象印マホービン : 「みまもりほっとライン」, <http://www.mimamori.net/> (参照日 2019/10/23)
- (6) 富士通 : 「リモートモニタリングサービス」, <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2018/01/9.html> (参照日 2019/10/23)
- (7) Takashi Nishijima and Taito Tanaka : “Energy-harvesting technology for water supply products(Ⅲ)”, GIFU Technical Research Report, Vol.5, pp.14-15 (2017)
- (8) キーエンス : 「流量知識 .COM」, <https://www.keyence.co.jp/ss/products/process/flowmeter/type/> (参照日 2019/10/23)
- (9) Espressif Systems : 「ESP8266 Overview」, <https://www.espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex/overview> (参照日 2019/10/23)
- (10) Texas Instruments : 「ADS1115」, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1113.pdf> (参照日 2019/10/23)
- (11) MathWorks : 「ThingSpeak」, <https://thingspeak.com/> (参照日 2019/10/23)