

# 要介護者と複数介護者をつなぐ IoT 型サブパットのセンサ実験及び評価

中谷結香<sup>†1</sup>  
東京電機大学

岩井将行<sup>†2</sup>  
東京電機大学

## 1. はじめに

近年、日本では急速に高齢化が進み、高齢者介護における介護者の負担が問題となってきた。また、高齢者における尿失禁の頻度は極めて高く、高齢者尿失禁ガイドライン [1] によると、在宅高齢者の 10 %、介護施設などに入居している高齢者の 50 %以上に尿失禁が見られている。尿失禁は直接生命に関わることはないが、生活の質 (QoL) を脅かす疾患であり、精神的な苦痛や日常生活での活動性低下をもたらすとされている。IoT を使用した介護サポートは、センサやデバイスを介して介護者と要介護者を結びつけ、役立つ情報を提供することや、要介護者の情報のモニタリングや介護の負担軽減が可能となる。そこで、我々は「各センサを用いた要介護者にとって意図せず起こる尿失禁の検知及び複数介護者への通知システム」を提案する。本研究では熱電対センサ、湿度センサ、気体センサの比較を行い、センサを組み込んだ装置を装着させ、そのデータを Node-RED を介して収集することで失禁時のデータを記録するとともに、複数の介護者への通知を可能とすることで負担の軽減を図る。本稿では各センサの比較実験の詳細を記載するとともに、介護者への通知システムの提案及び有用性や手法についての検討を行う。

## 2. 関連研究

### 自宅介護者の負担

自宅での高齢者介護において、介護する家族の現状における課題は多くある。森らの文献検討によると [2]、介護において家族関係の悪化につながることや、精神的な辛さやきつさのような自覚を持つことが明らかとなっている。また、介護においての問題には日本特有のものが存在するとされており、長男に介護の負担が集中することや、日本における主介護者の 7 割が女性であるなど、介護負担の偏りも問題となっている。これらの問題から、要介護者や介護者

単体へのサポートだけではなく、家族全体や介護者全体で協力し合う意識を生むことができるようなアプローチが必要である。特に、様々な介護に関する通知を個人に対してのみ送信するのではなく、複数間でリアルタイムに状況共有を行うことが肝要である。

### 失禁検知

高齢者介護における IoT の活用例に関して、尿失禁を検知することのできる製品はいくつか存在する。トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社の DFree[3] は下腹部に直接装着し、超音波によって事前に膀胱の尿の溜まり具合を検知して排尿のタイミングを通知することが可能である。松永ら [4] は、専用の尿取りパットを作成し、内蔵された導電性繊維束を用いて尿失禁を検知するシステムを開発している。また、朝日産業株式会社の介護用おむつセンサー [5] は、おむつ内の温湿度の変化によって尿失禁を検知することが可能である。本研究では上記研究を参考に、皮膚に直接装着することによる違和感を軽減し、より付け替えが簡単になるよう、熱電対センサ、湿度センサ、気体センサの 3 つのセンサの比較を行い、最適なセンサの検討を行う。

### 自宅介護における介護者のサポート

山下ら [6] は、在宅介護における家族介護者のストレス軽減のためにみまもメイトというシステムを開発した。このシステムを活用し、介護状況を介護者が記入し共有することによって、他の介護者の記録を見ることができるようになり精神的サポートを得るとの結果が示された。また、共有機能が家族間のコミュニケーションを促進する役割も持つことが報告されている。しかし、これらは介護後の記録を共有するため、即時に負担を軽減するサポートをすることは不可能である。そこで、本稿では状況の共有を Node-RED を介して 1 対多の通信を実装することによって、リアルタイムでの負担軽減や意識付けを可能とすることを目指す。

Sensor Experimentation and Evaluation of IoT-Based Support System Connecting Care Recipients and Multiple Caregivers

<sup>†1</sup> YUIKA NAKATANI, Denki University

<sup>†2</sup> MASAYUKI IWAI, Denki University

表 1 使用センサ

Table 1 Utilized Sensors

使用センサ	詳細
ENV Pro Unit(BME688)	湿度センサ 気体センサ
Kmeter Unit(MAX31855)	熱電対センサ

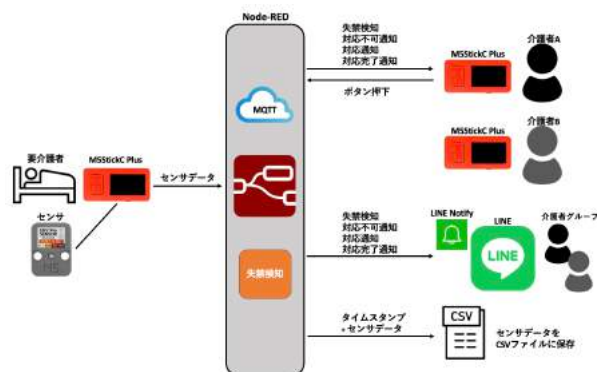


図 1 システム構成図

Figure 1 System Configuration Diagram

### 3. 提案システム

#### 3.1. システム構成

開発するシステムの構成図を図 1 に示す。本システムは、尿失禁を検知するセンサ部分と介護者へと通知する通知デバイス部分とで構成されている。センサ部分で得られたデータを Node-RED へと MQTT を使用して送信し、Node-RED 上でデータの処理を行う。センサデータの変化を検知した場合に、M5StickCPlus で作成した通知デバイスの介護者端末 A と介護者端末 B に対してデータを送信することに加えて、LINE Notify を利用して、複数介護者の参加する LINE グループに対してもデータの送信を行う。また、各デバイスのボタンの押下情報も Node-RED 上で処理され、必要に応じた通知が各デバイスと LINE グループ上に反映される。センサデータは time stamp とともに常時 CSV ファイルに保存され、第三者が要介護者の状態をデータを分析することも可能とする。

#### 3.2. 介護者への通知部分の実装

介護者端末部分は図 2 のようになっている。通知デバイスにバンドを装着することによって、腕部分に装着することを可能にしている。また、vibrationHAT を装着することにより、振動によって介護者への通知を行うことを可能とする。通知デバイスのボタンは、尿失禁検知時・紙おむつ交換対応時・紙おむつ交換完了時の 3 つの状況に対応して



図 2 通知端末

Figure 2 Notification Device

いる。

### 4. 各センサの検知実験

初めに、熱電対センサ・湿度センサ・気体センサそれぞれの尿失禁検知の精度を調べ、実装するセンサについての検討を行う。本研究では表 1 のセンサそれぞれに対して、尿失禁時の検知精度の実験を行った。実験には、紙おむつ\*1・湯たんぽ・温度計・灯油ホース・タオル・バンドを使用した。尿失禁の状況を擬似的に再現するために、湯たんぽに 38 度のお湯を入れて紙おむつを履かせ、内部に灯油ホースを挟み込み、(図 3) 紙おむつの外部にそれぞれのセンサを設置した後にタオルを被せバンドで固定した。(図 4) 灯油ホースから流し込む擬似尿は、一般的な 1 回の排尿を再現するために 37 度の 100ml のお湯を用意し、食紅で色をつけることで量を視覚的にも確認できるようにした。

#### 4.1. K-meter の熱電対センサ検知実験

K-meter の検知実験において、先端部分に防水加工を施し、紙おむつの下部に固定して実験を行った。(図 5) 擬似尿を流し込んだ際のセンサの温度変化の様子を記録し、同じ環境下で 3 回行った際のグラフを図 7 に示す。

擬似尿を流し込んだ瞬間から温度が約 4 度上昇していることから、尿失禁を検知することは可能であると考えられる。しかし、尿がかかる位置や、少しずつ排尿された場合に紙おむつの外側の温度が下がってしまうことにより、うまく温度の上昇を検知できないことが懸念される。

#### 4.2. ENV-Pro の湿度センサ検知実験

ENV-Pro の検知実験において、センサの装着部分を市販のブラケースを加工してカバーを作成し、紙おむつの下部

\*1 <https://kao-direct.kao.co.jp/shopdetail/000000001707/b603200/page1/recommend/>



図 3 実験装置の内側  
Figure 3 Inside



図 4 実験装置の外側  
Figure 4 Outside



図 5 K-meter の装着  
Figure 5 Attach the K-meter



図 6 ENV-Pro の装着  
Figure 6 Attach the ENV-Pro

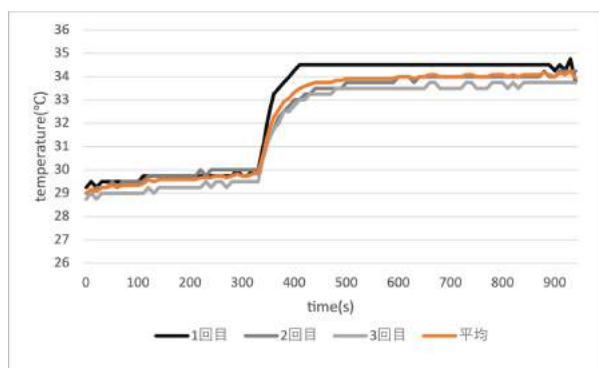


図 7 K-meter の熱電対センサグラフ  
Figure 7 Temperature Graph of K-meter

に固定して実験を行った。(図 6) 灯油ホースから擬似尿を流し込んだ際のセンサの値の外部部分・内部部分・2つの値の差の変化の様子を記録し、同じ環境下で3回行った際の値の差のグラフを図8に示す。

擬似尿を流し込んだ瞬間から湿度が約35%上昇していることから、尿失禁を検知することは可能であると考えられる。加えて、湿度は温度に比べてなかなか下がりがづらく、尿失禁の検知には向いていると考えられる。

#### 4.3. ENV-Pro の気体センサ検知実験

ENV-Pro の気体センサ部分の検知実験において、市販のアンモニア水<sup>\*2</sup>を用いて実験を行った。アンモニア水は200倍に希釈したものを用意し、水溶液の上部に気体センサを配置した際の値の変化を記録した。同じ環境下で3回行っ

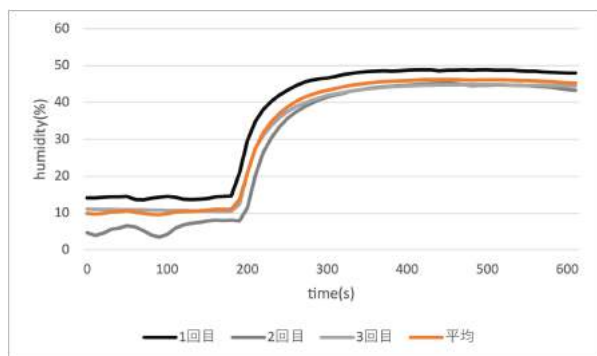


図 8 ENV-Pro の湿度センサグラフ  
Figure 8 Humidity Sensor Graph of ENV-Pro

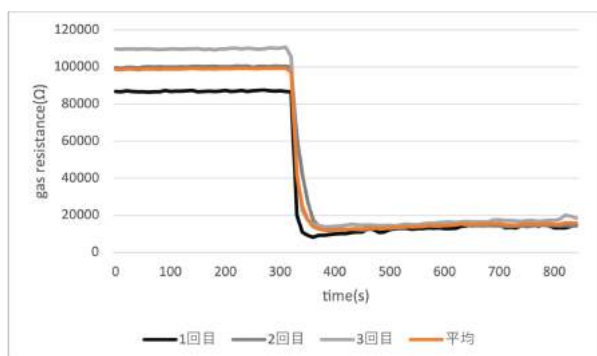


図 9 ENV-Pro の気体センサグラフ  
Figure 9 Gas Sensor Graph of ENV-Pro

た結果のグラフを図9に示す。

希釈したアンモニア水の入った容器の上部にセンサ部分を固定した瞬間に気体センサの値が大きく下がっていることから、アンモニア臭の検知は可能であると考えられる。しかし、実際の匂いが紙おむつの外側まで到達するまでの時間や紙おむつの消臭機能による臭いの軽減などにより、現在の装着方法では正確に検知することができないことが懸念される。

上記の実験により、本稿での通知実験に使用するセンサは湿度センサを優先する。

## 5. 通知部分の評価実験

### 実験方法

通知部分を評価するために、それぞれのシナリオの完了までの時間を比較した。シナリオAは介護者Aのみが通知デバイスを装着して介護を行い、シナリオBでは介護者Aと介護者Bがそれぞれ通知デバイスを装着して介護を行った。また、各シナリオは次の条件で実行された。

<sup>\*2</sup> <http://www.taiyo-pharm.co.jp/anmonia.html>

表 2 各シナリオの実行結果

Table 2 Execution Results for Each Scenario

回数	シナリオ A	シナリオ B
1	7:00(A)	1:59(A)
2	7:59(A)	3:53(A)
3	5:01(A)	3:55(A)
4	5:00(A)	8:53(B)
5	2:01(A)	1:32(B)
6	4:59(A)	4:47(B)
平均値	5:20	4:10
中央値	5:01	3:54

- 介護者は今回の通知システムを使用する
- 介護者はそれぞれ (2 分/3 分/5 分/10 分) と書かれたくじを引いて順番に並べその時間介護に向かえない
- 介護に向かえない場合、ボタンを押下してもう片方の介護者に向かって欲しい旨を伝える
- くじとくじの間は 1 分あけ、自由時間とする
- 1d23 分後に尿失禁するものとしてランダムに時間を決定し、決定時刻になったら尿失禁を検知させる
- 尿失禁してから介護者が向かうまでの時間を計測する

## 実験結果

各シナリオを 6 回ずつ実行した結果を表 2 に示す。シナリオ B のかかった時間の平均値がシナリオ A に比べて 1 分 10 秒短く、中央値も同様にシナリオ B の方が 1 分 7 秒短い結果となっていることから、1 対 1 で検知部分を活用した場合よりも 1 対多の通知を活用した場合の方が、検知から介護に向かうまでが短くなると考えられる。また、シナリオ B においてそれぞれが介護に向かった回数は、介護者 A と介護者 B のどちらも 3 回となっていることから、1 人にかかる負担をうまく分散することができているといえる。また、各シナリオを実行した際の LINE グループのトーク画面を図 10 に示す。検知時の時間や状況がリアルタイムで記録されていくため、介護者だけでなくグループに参加している人物全員に自動的に状況を共有することが可能である。



(a) シナリオ A

(b) シナリオ B

図 10 各シナリオにおける LINE のトーク画面

Figure 10 LINE Chat Screens in Each Scenario

## 6. 今後の展望とまとめ

本稿では、尿失禁がもたらす QoL の低下と介護者 1 人に負担が偏ることによる精神的な辛さや重荷の問題があるという背景から、リアルタイムでの尿失禁検知及び複数への情報共有を目的としてシステムの検討を行った。M5StickCPlus を活用し、センサの値を Node-RED を介して MQTT で通信して送ることにより、複数の通知デバイスや LINE へのメッセージを送信を可能とした。このシステムを活用し、介護の場面を想定して比較実験を行ったところ、介護者のリアルタイムでの意思疎通や負担の分担が可能であることが示された。

今後の展望として、本稿では尿失禁検知部分に一番数値の変化が大きかった ENV-Pro の湿度センサを使用したのが、この検知方法では尿失禁は検知することができても便失禁の検知が難しいと考えられる。4.3 章において使用した気体センサの値を、BME AI-Studio<sup>\*3</sup>を使用して機械学習を活用することにより、より複雑な排泄状態を分類可能とすることが期待できる。また、評価実験において単純な時間の短縮と介護の分担における肉体的な負担の軽減は可能であることを示すことができたが、精神的なサポートに関する働きかけが少なかったため、通知送信部分のアルゴリズムやデバイス部分の改善によって対応していく。

## 参考文献

- [1] 平成 12 年度厚生科学研究費補助金 (長寿科学総合研究事業) 事業高齢者尿失禁ガイドライン (2000).
- [2] 森英里奈, 上杉裕子: 在宅における家族介護者の現状と課題, 日本保健医療行動科学会雑誌 = Journal of the Japan Academy for Health Behavioral Science, Vol. 31, No. 1, pp. 57–63 (オンライン), <https://cir.nii.ac.jp/crid/1520009407540470528> (2016).
- [3] トリプル・ダブリュー・ジャパン株式会社 DFree - 排泄予測デバイス. Accessed on 2023-12-01.
- [4] 松永美輝恵, 井関智美, 田内雅規: 感度の異なる排尿検知装置の試作と高齢者介護施設における臨床評価, 岡山県立大学保健福祉学部紀要 = Bulletin of Faculty of Health and Welfare Science, Okayama Prefectural University, Vol. 20, pp. 53–62 (オンライン), 10.15009/00000534 (2014).
- [5] 朝日産業株式会社介護用おむつセンサー. Accessed on 2023-12-01.
- [6] 山下直美, 葛岡英明, 平田圭二, 荒牧英治, 工藤 喬, 服部一樹: 家族介護者間の情報共有が家庭内コミュニケーションに及ぼす影響, 情報処理学会インタラクショナル 2018 = IPSJ interaction 2018, (オンライン), <https://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2018/data/pdf/INT18006.pdf> (2018).

<sup>\*3</sup> <https://www.bosch-sensortec.com/software-tools/software/bme688-software/>