

DailyProbe: 日用品の動作を記録・活用する スマートステッカーの試作と評価

佐藤 佑亮^{1,a)} 塚田 浩二¹

概要:

近年、日用品にセンサを取り付けることで、既存の日用品の機能を拡張し、生活のサポートやコミュニケーションの促進を図る研究が盛んに行われている。しかし、既存の日用品を拡張しようとする、センサの選定や取り付け位置、認識対象とする動作の登録に大きな手間がかかる。そこで、本研究では日用品の挙動を手軽に記録し、多様なアプリケーションに活用するスマートステッカー「DailyProbe」を提案・実装する。DailyProbeは、センサやディスプレイ、IoTマイコンで構成されており、手軽に日用品に着脱できる機構を持っている。ユーザは実際に日用品の動かしながら手軽に登録し、任意のアプリケーションに対するトリガーとして利用できる。本稿では、システムのコンセプトや実装、応用例を説明する。さらに、性能評価とユーザテストを通して、システムの有効性や課題、展望について議論する。

DailyProbe: Prototyping and Evaluation of Smart Stickers to Record and Utilize Behavior of Daily Commodities

YUSUKE SATO^{1,a)} KOJI TSUKADA¹

1. はじめに

近年、日用品にセンサを取り付けることで、既存の日用品の機能を拡張し、生活のサポートやコミュニケーションの促進を図る研究が盛んに行われている。例えば、Peek-A-Drawer[9]は、2台の引き出しの中身を仮想的に共有することで、離れた家族間のコミュニケーションを支援するシステムである。また、TouchCounter[5]は、収納ケースに取り付けることで、その開閉履歴をLEDマトリクスを用いて可視化するシステムである。このように、日用品にセンサを取り付けることで生活に溶け込んだ形で、さりげなく人々の行動認識やフィードバックを行う日用品インタフェースとして活用できる。

しかし、既存の日用品を拡張しようとする、センサの選定や取り付け位置、認識対象とする動作の登録に大きな手間がかかる。例えば、ドアを「開ける」行為を認識して

通知を送るシステムを作ろうとすると、どのようなセンサを選ぶか/ドアにどのように取り付けるか/センサデータから「開ける」動作をどう認識するか、といった多くの手順が必要となる。

そこで、本研究では、日用品の挙動を手軽に記録し、多様なアプリケーションに活用するスマートステッカー「DailyProbe」を提案する(図1)。

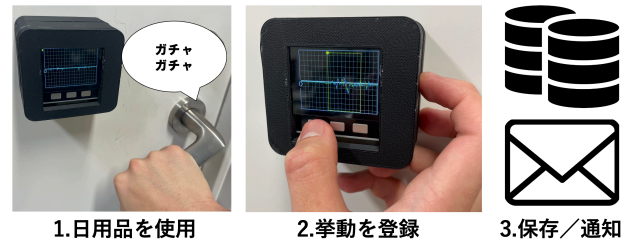


図1 DailyProbeの利用例

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate
^{a)} g2122032@fun.ac.jp

DailyProbe はセンサやディスプレイ, IoT マイコンで構成されており, 手軽に日用品に着脱できる機構を持っている. ユーザは, 日用品の動作をその場で手軽に登録し, 任意のアプリケーションに対するトリガーとして利用できる. 例えば, ある部屋 A のドアを「開ける」という挙動を加速度センサで記録し, その挙動が再度発生した場合に, 「部屋 A のドアが開かれた」という情報をユーザに通知することができる.

2. 関連研究

本章では, 本研究に関連する研究事例として, 「日用品インタフェースの事例」の観点から述べる.

2.1 日用品インタフェース

米澤ら [1] はセンサノードを取り付けたモノとその固有の ID をユーザ自身が登録し, 利用できるサービス DIY (Do-It-Yourself) Smart Object Service と Spot&Snap を提案した. このサービスは, センサノード ID とモノの情報の関連付けという煩わしい過程をサポートする. センサノードを取り付けたものにスポットライトを照射するだけでシステムが自動取得したセンサノード ID と画像を関連づけることができる. 鈴木ら [2] は既存の柔軟物をインタフェースとして利用できる加速度センサアレイを搭載したクッションカバーを開発した. このカバーは柔軟物に対して着脱可能であり, すでに所有しているクッションを入力インタフェースとして利用することが可能である. Lamming ら [3] は人や場所, 物に取り付けることで人間の思考や行動などの研究を支援するための「SPEC」という長時間稼働できる軽量ポータブル近接センサを開発した. 古居ら [4] はリビングや寝室に置かれているクッションを利用した家電操作インタフェースを開発した. Paul ら [5] は収納ケースに貼り付けることで, 使用した回数を LED マトリクスを用いて表現できる TouchCounter を開発した.

Beigl ら [6] は既存のコップを拡張する MediaCups を開発した. これは, 飲み物の温度やコップの動きなどをセンシングし, ユーザに対して様々な通知を送ることが可能である. InfoClip [7] は, オブジェクトにクリップを挟むことで, リマインダを登録できるシステムである. クリップ毎に, 期限が設定されており, 例えば 1 日のクリップと 12 時間のクリップをつけることで, オブジェクトの期限を 1 日半と設定できる. また, LED の色と点滅でタスクの存在と残り時間を表現している. 宮田ら [8] は貼り付けるだけで家具をインテリジェント化するデバイスを開発した. このデバイスを装着した家具を普段通りに使用するだけでデバイスに搭載されているスピーカーで特定のメッセージを読み上げることができる. 例えば, ドアを開けた時に最寄りの駅からの電車の発車時刻を教えてくれるといった機能がある.

Siio ら [9] は家具の引き出しにセンサを取り付けることで, 離れた家族同士をつなぐ仮想の引き出しを共有することができる Peek-A-Drawer を開発した. このシステムは引き出しについているカメラを利用し, その撮影データを遠隔地にある他の引き出しに投影し, 共有することで遠隔コミュニケーションをサポートすることができる. また, 自動車のリアガラスに吸盤で貼り付けることで情報提示を行う「CarWink」[10] や「OTOTOK」[11] がある. これらのデバイスはスマートフォンと連携することで, 表示するメッセージなどを手動で変更することができる. 例えば, 道を譲ってもらった際のお礼のメッセージを表示する等して, 後続の自動車とコミュニケーションを支援している. 佐藤 [12] は, 自動車ドライバーの体調や緊張度, 車内の雰囲気など, 状況に応じて動的に変化するスマートステッカーを提案している.

2.2 本研究の特徴

このように, 日用品にセンサやディスプレイを取り付けて挙動を記録/活用する事例は多数存在しているが, 適切な挙動検出の試行錯誤を支援する研究は少ない. 本研究では, デバイスを日用品に手軽に張り付け, 日用品を動かしながら挙動を登録し, その場でセンサデータを確認できる点が特徴である. さらに, 挙動と対応する通知条件を手軽にカスタマイズすることもできる.

3. 提案

3.1 コンセプト

DailyProbe のコンセプトは以下の 3 点である.

- (1) 手軽に日用品へ固定
- (2) 日用品を直接動かして挙動を登録
- (3) 通知方法をカスタマイズ

1 点目は, DailyProbe は背面に永久磁石と RFID リーダを搭載しているため, 手軽に日用品へ貼り付け, 認識することが可能である. 2 点目は, 日用品のさまざまな「挙動」を可視化し, 実際に日用品を動かすことで, その場で登録できる. 例えば, 「ドア」であれば, 「開ける」, 「閉める」, 「ノックする」など, 「ドア」という日用品に対して考えられる複数の挙動を実際にドアを動かしながら登録したり, 対応するセンサデータを確認できる. 3 点目は, DailyProbe で登録した「挙動」ごとに, 通知方法をカスタマイズできる. 例えば, 挙動毎に通知の頻度やメディア (例: Slack, Google Calendar 等) を変更できる.

図 1 に DailyProbe の利用例を示す. まず, ドアに DailyProbe を貼り付け, ドアノブの「ガチャガチャ」という挙動を登録する. 登録したデータは自動的にストレージに保存され, 次回同じイベントが起こると, メール等事前に設定したメディアで通知される.

3.2 システム構成

DailyProbe のシステム構成図を図 2 に示す。本システムは、一つの筐体に納められた IoT マイコン (M5Stack Gray), RFID リーダ, 拡張センサを中心に構成され, Wi-Fi を介してクラウド上のデータベースやアプリケーションと連携する。本システムの大まかな流れを説明する。

- (1) 日用品へ RFID タグと DailyProbe を貼り付け, RFID リーダで貼り付けた対象の日用品を検出する
- (2) 6 軸慣性センサで日用品に対するユーザの挙動を計測し, ボタン操作で登録する
- (3) 登録した「挙動」を用いて, ボタン操作, または GUI 上で利用するアプリケーションをカスタマイズする

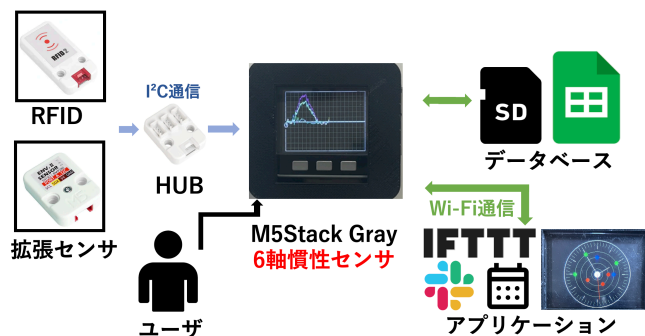


図 2 DailyProbe のシステム構成図

4. 実装

本章では, DailyProbe の実装について述べる。

4.1 ハードウェア

DailyProbe のプロトタイプは図 3 に示す。前述したデバイス群 (M5Stack Gray, RFID リーダ) に加えて, センサを拡張するための GROVE HUB ユニットや, 駆動時間を延ばすための M5Stack 用電池モジュール*1, 拡張センサ用のスペースを 3D プリントした筐体に配置した。筐体裏側には, 日用品に物理的に取り付けるための固定具を搭載でき, ここでは永久磁石を利用している。M5Stack 上のソフトウェアは, 「登録モード」と「アプリモード」にボタン操作で大きく切り替えることができる。

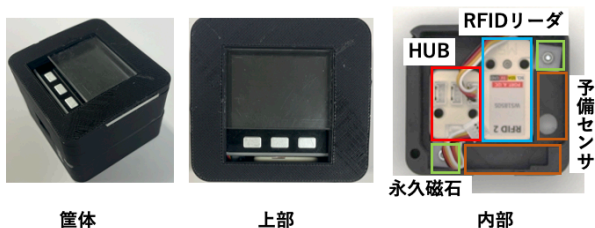


図 3 プロトタイプの外観と構造

*1 <https://shop.m5stack.com/products/battery-module>

次に, IoT マイコンとしては, 液晶ディスプレイ, 無線通信機能, 6 軸慣性センサ (3 軸加速度 / 3 軸角速度), 3 つのボタンを搭載し, 多様なセンサを拡張可能な Grove 端子も備える M5Stack 社の M5Stack Gray*2を採用した。日用品の検出に用いた RFID リーダは M5Stack との互換性がある M5Stack 用 WS1850S 搭載 RFID2 ユニット*3 (以下, RFID リーダ) を利用した。RFID タグは Adafruit Industries の 13.56MHz RFID/NFC White Tag - NTAG203 Chip (以下 RFID タグ) を利用した。なお, RFID タグは金属製の日用品に貼ると反応しない時があるため, 図 4 のように 3D プリンターで自作したスペーサーを挟み込むことで安定動作するように工夫した。図 4 にドアと冷蔵庫にスペーサーを挟み込んだ RFID タグを日用品へ固定した様子を示す。

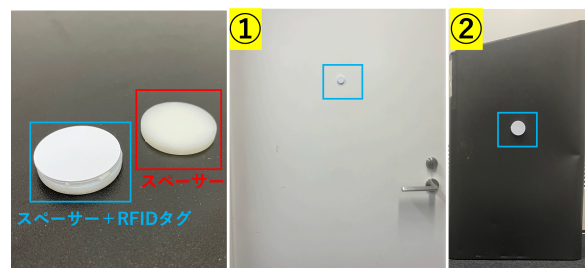


図 4 RFID タグを日用品へ設置した様子 (①ドア, ②ゴミ箱)

4.2 ソフトウェアの概要

DailyProbe の開発環境について説明する。デバイス側の使用言語は Arduino で環境は Visual Studio Code (Platform IO) を利用している。サーバー側では, スプレッドシートを操作するために Google App Script*4 を利用している。また, DailyProbe には, 「登録モード」と「アプリモード」の 2 種類がある。

4.3 登録モード

登録モードでは, DailyProbe を貼り付けた日用品に対する「挙動」を 6 軸慣性センサや拡張センサのデータをグラフで可視化し, 簡易的にラベル付けして保存することができる。なお, グラフ描画時には LovyanGFX*5 というライブラリを用いて, ちらつきを抑えるように工夫した。今回は, 2 種類の登録モードを実装した。まず, 登録モード 1 で日用品の「挙動」を登録する方法について述べる。(図 5)

- (1) 初期状態ではアニメーションを用いて, ユーザに「デバイスを日用品に張り付ける」行動を促す
- (2) デバイスが日用品に固定され, RFID タグが認識され

*2 <https://shop.m5stack.com/products/grey-development-core>

*3 <https://shop.m5stack.com/products/rfid-unit-2-ws1850s>

*4 <https://workspace.google.co.jp/intl/ja/products/apps-script/>

*5 <https://github.com/lovyang03/LovyanGFX>

- ると、センサデータがグラフとして描画される。ここで、日用品を動かしてセンサデータが表示された状態でCのボタンを押すと、グラフの描画を一時停止する。
- (3) 続けて、登録したいデータの開始位置まで赤枠で示した始点を移動させる。Aボタンで左移動、Bボタンで右移動する。
 - (4) Cボタンを押すことで始点を決定し、Aのボタンで選択範囲を拡大する。再度Cのボタン押すことで登録が完了する。登録されたデータは、仮IDのラベル*6を添えて保存する。現在のプロトタイプでは、センサデータはデバイス上のSDカードに、IDやタイムスタンプはGoogle Spreadsheetに保存する。
 - (5) データの保存が完了すると、グラフ描画が再開される。



図5 登録モード1の使い方

また、図6に、様々な日用品に取り付けた DailyProbe が登録モード1で動作する様子を示す。



図6 登録モード1の利用例(左:ドア,中央:冷蔵庫,右:ゴミ箱)

*6 DailyProbeで登録した挙動の「順番」で決めている

次は、登録モード2について説明する。登録モード2は、後述するユーザ評価の結果をもとに改良したものである。登録モード2の流れについて図7に示す。まず、ユーザはDailyProbeを日用品に貼り付けた後、右側のボタンを押すことで、グラフの描画を一時停止する。次に、DailyProbeから音が鳴るとユーザは登録したい「挙動」を開始する。そして、ユーザは「挙動」が終了した時点で中央のボタンを押すことで、センサデータをグラフに描画し、登録が完了する。

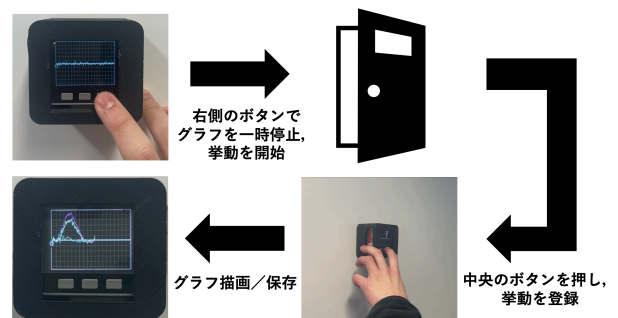


図7 登録モード2の使い方

4.4 スプレッドシートでのカスタマイズ

日用品にDailyProbeを貼り付けた際に、RFIDリーダーで読み取ったID(日用品ID)と日用品の挙動に対応したアクションIDがWiFi通信を介してスプレッドシートへ送信される。図8は、スプレッドシートの一例である。図8の表①, ②, ③について述べる。表①は「日用品ID」と「日用品名」の2種類の項目で構成されている。「日用品ID」はDailyProbeで読み取ったRFIDタグのID情報であり、一意である。赤色の枠の「日用品名」はユーザ自身が書き換えることができる。次に②は「日用品ID」と「登録アクションID」、「登録アクション名」、「イベントID」の4つの項目で構成されている。「日用品ID」は前述した通りである。「登録アクションID」は、日用品の挙動に対応するIDであり、日用品毎に一意の0以上の整数である。赤色の枠の「登録アクション名」はユーザ自身が書き換える項目である。「イベントID」は、後述する表③の「イベント名」と対応しており、登録した挙動と通知手法の対応付けを行なっている。例えば、日用品ID:3bbc4034(冷蔵庫)のアクションID:1は「開ける」、通知の種類は「LINE」と登録されている。表③はIFTTTを通じて作成した通知方法を管理する表である。

①	日用品ID	日用品名	③	イベントID	イベント名
	3bbc4034	冷蔵庫		0	Slack
	ab771e79	ゴミ箱		1	LINE
	eb46eb46	ドア		2	gmail
				3	sms
				4	GoogleCalendar

②	日用品ID	登録アクションID	登録アクション名	イベントID
	3bbc4034	1	開ける	1
	ab771e79	0	ゴミを捨てる	2
	eb46eb46	2	ノックする	0
	eb46eb46	1	開ける	1
	eb46eb46	0	閉める	0

図 8 スプレッドシートでのカスタマイズ例

4.5 類似する「挙動」の検出方法

DailyProbeで類似した「挙動」(センサデータ)の検出方法は Dynamic Time Warping と呼ばれるアルゴリズム(以下 DTW とする)を利用した。DTW を採用した理由は下記の 2 点である。

- (1) 2つの異なる長さの時系列データで類似度を計測可能
- (2) M5Stack 上で手軽にアルゴリズムを実装可能

DailyProbe では、ユーザが日用品の挙動を登録する際、センサデータの数は動的であるため、2つの異なる時系列データで類似度を測ることができる DTW が適していると考えた。

利用する 2つの時系列データは学習データとテストデータに分けられる。各データは、加速度 X,Y,Z と角速度 X,Y,Z の 6 軸を含んでいる。加速度/角速度センサのサンプリングレートは登録モードのグラフ描画速度と合わせて約 0.028 秒とした。また、センサ値のノイズを除去するために、10 サンプル毎に平滑化を行なった。

学習データはユーザが登録した「挙動」のデータであり、データの長さは動的(最小「10」、最大「300」)である。また、ウィンドウサイズは登録したデータの中で最大の長さとした。

4.6 アプリモード

アプリモードとは、登録された「挙動」をアプリケーションへ活用するモードである。本研究で実装したアプリケーションは、「アナログ時計」、「インジケータ」、「Web サービス連携」の 3 点である。

4.6.1 アナログ時計

まず、アナログ時計の上にイベントを重畳表示する例について述べる。任意のラベルを事前に選択すると、対応した挙動と類似するセンサデータが検出された際に、アナログ時計上にその履歴を表示することができる(図 9)。履歴の描画位置は各イベントごとに割り振っている。1 番目のイベントは画面中央付近の小さな円周上であり、イベントの種類が増えるごとに図 9 の白い円状にプロットされていく。図 9 では、1 番目の挙動が「赤色」、2 番目の挙動を

「青色」、3 番目の挙動を「緑色」として、最大で 3 種類のイベントを表示することが可能である。また、12 時間を一つの単位として、12 時間経過ごとに、各イベントの色が薄くなるように実装し、最大 36 時間までの履歴を表示することができる。図 9 は挙動 1, 2, 3 をそれぞれ 3 回実施し、36 時間経過した様子である。

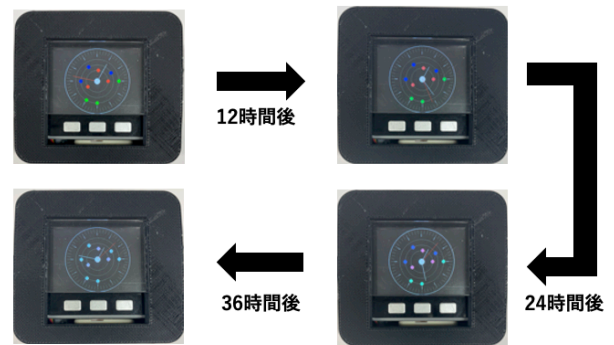


図 9 アナログ時計を用いた履歴表示機能

4.6.2 インジケータ

図 10 のように登録された「挙動」ごとに、三つのゲージで表現するインジケータモードを実装した。ゲージは 7 マスで構成されており、ゲージが 7 個貯まることで 0 個に戻り、ゲージの色が徐々に濃くなる。図 10 は、「action2」を 3 回→7 回→11 回→15 回行った様子である。

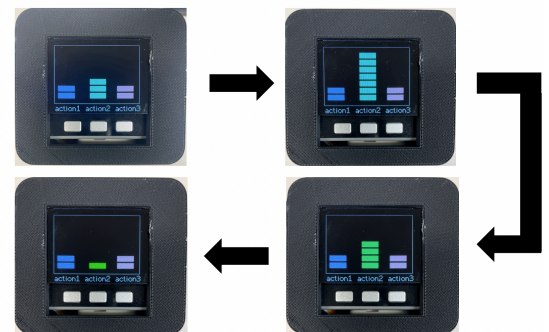


図 10 インジケータを用いた履歴表示機能

4.6.3 Web サービス連携

ここでは、ユーザが事前に登録した「挙動」が起きた際、「IFTTT」*7 と呼ばれる外部サービスとの連携が容易な Web サービスを通じて、ユーザに通知を行う。前述したように、Google スプレッドシートを通じてユーザ自身で通知をカスタマイズすることができる。例えば、「ドアを「ノックする」が検出されたら Slack で通知」、「ドアの「扉を開ける」が検出されたら、LINE で通知」、「ドアの「扉を閉める」が検出されたらカレンダーに追加」というように、通知の種類をカスタマイズできる。Web サービス連携の大まかな流れを説明する。

*7 <https://ifttt.com/explore>

- (1) DailyProbe から「日用品 ID」と「アクション ID」を WiFi 通信でスプレッドシートへ保存する
- (2) ユーザはスプレッドシートで「日用品の名前」と「アクションの名前」、「イベント ID」を登録する
- (3) DailyProbe で登録した「挙動」を検出したら、WiFi 通信でスプレッドシートへ再度「日用品の ID」と「アクション ID」を送信する
- (4) スプレッドシート側で送られた情報 (Json 形式) とユーザが登録した情報を照合
- (5) スプレッドシート側で対応する「イベント名」を DailyProbe に書き戻し、IFTTT への通信時に変数として添付する

上記が通知モードの大まかな流れである。次は、「Slack」を例に IFTTT の設定方法を説明する。まず、IFTTT で「アプレット」と呼ばれる「〇〇というトリガーを受け取ったら〇〇というアクションを実行する」という一連の流れを作成する。

次に、図 11 の「If This」の画面で「Webhooks」と呼ばれる Web アプリケーションでイベントが実行された際、外部サービスに HTTP 通信で通知するサービスを登録する。次に、「Then That」の画面で Slack (図 11 の赤枠) を設定する。この時に、IFTTT 側で通知先のチャンネルや具体的なテキスト等の詳細な設定を行うことができる。

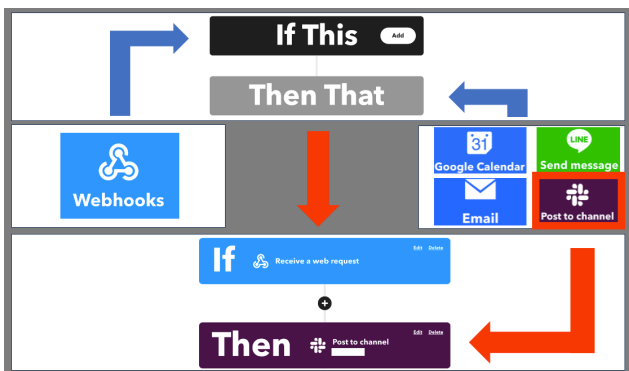


図 11 IFTTT の設定の流れ

5. 応用例

本章では DailyProbe の応用例について述べる。

DailyProbe は複数台で連携することで、遠隔地でどの日用品がどのように利用されたかを通知できる。例えば、図 12 のように、DailyProbe が貼り付けられたドアが利用されると、別の部屋の DailyProbe でメッセージを受信して確認できる。今後は、相互に通知し合えるアプリケーションへ応用したいと考えている。

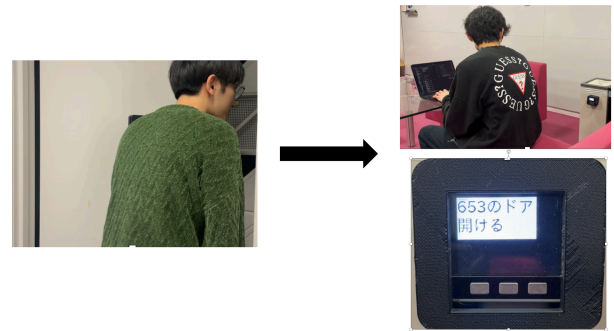


図 12 複数台連携を用いたコミュニケーション支援の例

DailyProbe は日用品へ貼り付けることで、日用品の挙動を可視化することができる。よって、日用品等の挙動をセンサで認識したい場合に、センサの種類や、その位置による影響などを手軽に調査できる。図 13 に「ドアを開く」挙動を対象とした例を示す。図 13 より、「ドアを開く」は、加速度より角速度のほうが著しく変化している。特に、角速度 X と Y の変異が特徴的である。さらに、設置個所についてドア中央と右側と比較したところ、加速度のグラフには若干差が見られたが、変異の大きい角速度のグラフにはほとんど差が見られなかった。そのため、今回のケースではセンサの位置よりもセンサの種類の方が影響が大きいことが分かる。

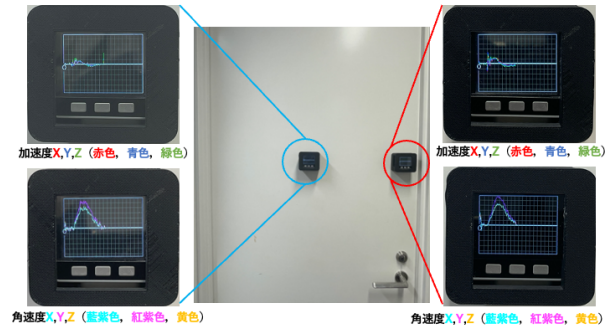


図 13 「ドアを開く」挙動のセンサ位置や種類の確認

6. 評価実験

本章では、本研究で行なった基礎的な評価実験とその結果について述べる。

6.1 性能評価

6.1.1 目的と手法

DailyProbe を用いて登録された「挙動」の検出精度を調査する。被験者は筆者とユーザの 2 名である。今回の実験では、DailyProbe を「ドア」に貼り付けて、4 種類の挙動（「開ける」、「閉める」、「ドアを 3 回ノックする」、「ドアノブをガチャガチャする」）を対象とした。まず、DailyProbe をドアに貼り付けて、4 種類の挙動を登録する。この時、登

録モード2を使用した。次に、筆者とユーザが4種類の挙動を各10回ずつ(合計40回)実施した。認識結果は随時Google Spreadsheetに保存した。また、データを保存後、DailyProbeから音を鳴らすことで、次の動作を被験者に促した。最後に、「実施した挙動」と「予測された挙動」の結果を混合行列でまとめ、システムの検出精度を検証する。

6.1.2 結果

筆者自身で検証した結果を表1に、ユーザが検証した結果を表2に示す。前述したように、いずれも学習データは筆者が登録したものである。表1より、筆者自身が検証した場合は、登録した4つの挙動を全て正しく検出することができた。表2より、ユーザで検証した場合、「1.開ける」、「2.閉める」、「4.ドアノブ」は再現率が1.0と高精度に検出できたが、「3.ノック」のみ、再現率が0.2と精度が悪かった。この原因として、ユーザには「ドアを3回ノックする」という指示のみを伝えており、ノックの強さに個人差があったためだと考えている。

表1 筆者自身で検証した結果の混合行列と評価指標

		予測値				合計	再現率	適合率
		1	2	3	4			
真値	1.開ける	10	0	0	0	10	1	1
	2.閉める	0	10	0	0	10	1	1
	3.ノック	0	0	10	0	10	1	1
	4.ドアノブ	0	0	0	10	10	1	1

表2 ユーザが検証した結果の混合行列と評価指標

		予測値				合計	再現率	適合率
		1	2	3	4			
真値	1.開ける	10	0	0	0	10	1	1
	2.閉める	0	10	0	0	10	1	1
	3.ノック	0	0	2	8	10	0.2	1
	4.ドアノブ	0	0	0	10	10	1	0.55

6.2 ユーザ評価

6.2.1 目的

身近な部屋によくある日用品を対象に、DailyProbeを貼り付け、その日用品で考えられる単純な挙動をそれぞれ登録してもらう。そして、操作性、可視化手法、通知機能の使用感についてアンケートを行い、回答を得る。

6.2.2 手法

被験者は男性9、女性1の大学生・大学院生である。実験場所は公立ほこだて未来大学の院生室で行った。貼り付ける日用品の種類は、「冷蔵庫」、「ゴミ箱」、「ドア」の3つとした。実験の流れを以下に示す。

- (1) DailyProbeについて説明を聞き、対象物に固定。
- (2) 3つの挙動を自由に登録。
- (3) 通知に必要な情報をスプレッドシートで編集。
- (4) 通知方法をIFTTTで設定。

- (5) 日用品を動かし、通知モードを体験。
- (6) アンケートに回答。

まず、登録する挙動の例を筆者が説明した。例えば、DailyProbeを冷蔵庫に貼り付けた時には、「開ける」、「閉める」、「ドアポケットへ収納する」といった内容である。次に、日用品の挙動を登録する方法を説明書を用いて紹介した。IFTTTの通知方法としては、Slack、LINE、Gmail、Googleカレンダー、SMSの5点を用意した。ここで、Googleカレンダーを必須の選択肢とし、残りの2つを選ぶように指示した。実験の様子は図14に示す。



図14 ユーザ実験の様子

6.2.3 結果

結果について、DailyProbeの操作性、可視化手法、総評について述べる。まずは、DailyProbeの「操作性」の結果は表3に示す。表3より、貼り付けの手軽さは全ての被験者が平均値5.0と好評であった。しかし、「挙動の登録のしやすさ」、「スプレッドシートの編集のわかりやすさ」については平均値3.7とやや低い数値となった。挙動の登録について被験者からは、「登録手順が多い」、「説明なしでは難しい」との意見が寄せられた。スプレッドシートの編集においては、「シートの枚数が多く、何をしているかわからない」といった意見が挙がった。「IFTTTの設定のしやすさ」は、平均値3.2と低い結果となった。被験者からは、「ページ遷移が多く、手間がかかる」といった意見が寄せられた。

表3 DailyProbeの操作性の評価結果(1:negative~5:positive)

	平均(標準偏差)
貼り付けの手軽さ	5(0)
挙動の登録のしやすさ	3.7(1.00)
スプレッドシートの編集のわかりやすさ	3.7(1.19)
IFTTTの設定のしやすさ	3.2(1.53)

次に、DailyProbeで行った可視化手法の結果を表4に示す。「登録モード」、「インジケータモード」の可視化は平均値4.4以上と高い数値を得ることができた。被験者からは「個人的にインジケータでの可視化がわかりやすい」といった意見があった。

一方、「アナログ時計モード」は平均値3.5とやや低い結果となった。この理由は、アナログ時計上のイベントの描画ルールがわかりにくいためと考えている。また、被験者からは「挙動の回数と時間をグラフ表示してほしい」といった意見も挙がった。

表4 DailyProbeの可視化手法の評価結果
(1:negative~5:positive)

	平均値(標準偏差)
登録モード	4.4(1.02)
インジケータモード	4.8(0.4)
アナログ時計モード	3.5(1.36)

最後に、DailyProbeの総評の結果について表5に示す。「システムの有用性」は平均値4.8と高い評価を得ることができた。被験者からは、「SMSやSlackに届くのがリアルタイム性の通知があってよい」、「日常の動作がコマンドになる点がよい」という意見が挙がった。しかし、「動作検出の精度の高さ」は平均値3.4と低い結果となった。被験者からも「安心して使うには精度の向上が必要」という意見が挙がった。精度が悪い理由は、実験時に利用していた登録モード1の実装方法にあると考える。登録モード1では、グラフの描画とセンサデータの取得を同時に行なっていたため、センサデータの取りこぼしが発生していたことを確認している。そこで、今回のユーザ評価の結果を参考に、登録の手間や精度を改良し、「登録モード2」を4.3の章で述べた通り実装した。

表5 DailyProbeの総評の評価結果(1:negative~5:positive)

	平均値(標準偏差)
システムの有用性	4.8(0.4)
動作検出精度の高さ	3.4(1.36)

7. まとめと今後の展望

本研究は、日用品に貼り付けることで、手軽にその挙動を記録し、多様なアプリケーションに活用するスマートステッカー「DailyProbe」を提案・試作した。さらに、挙動の検出精度を図る性能評価とユーザ評価を通して、システムの有用性や課題を検証した。

次は、今後の展望について述べる。まず、ユーザ評価の結果でも指摘されたように、Google Spreadsheetを用いた編集方法が煩雑であるため、改善していきたい。現状では編集できる全ての情報を提示してしまっているため、必要

最低限の情報に絞る等工夫していきたい。次に、マッチング手法の改善をしていきたい。現状、加速度/角速度センサの変異をトリガーとして、マッチングを行なっている。現状の範囲では大きな問題は起こっていないが、自動車のような移動体に取り付けると常時トリガーが発生してしまい誤認識が頻発すると考えられるため、滑り窓を用いた実装などを検討していく。また、DailyProbeは日用品に長時間貼り付けることを想定しているため、Qi等を利用して無線給電することを検討している。最後に、DailyProbeの応用例の実装がまだ少数であるため、追加していきたい。例えば、先行研究で構築された日用品インタフェースを手軽に再実装するような例を検討している。

参考文献

- [1] 米澤拓郎, 榊原寛, 中澤仁, 高汐一紀, 徳田英幸: Spot & Snap: DIY Smart Object Serviceを実現するセンサノードと日用品の関連付けインタラクション, 情報処理学会論文誌, Vol.48, Number.3, pp.1381-1392, 2007, March.
- [2] 鈴木優里, 加藤花歩, 杉浦裕太: 加速度センサアレイが装着されたカバーによる柔軟物インタフェース構築手法, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2019論文集, 2019, pp.240-244, September.
- [3] Mik Lamming, Denis Bohm: SPECS: Another Approach to Human Context and Activity Sensing Research, Using Tiny Peer-to-Peer Wireless Computers, The 5th International Conference on Ubiquitous Computing, 2003, pp.192-199.
- [4] 古居なおみ, 坂本大介, 杉浦裕太: クッション型インタフェースによる家電操作に向けたジェスチャ設計と認識, 情報処理学会論文誌, Vol.60, Number.10, pp.1859-1868, 2019, Oct.
- [5] Paul Yarin, Hiroshi Ishii: TouchCounters: Designing Interactive Electronic Labels for Physical Containers, In Proceedings of CHI 99, pp.362-369.
- [6] Michael Beigl, Hans-W. Gellersen, Albrecht Schmidt: MediaCups: Experience with Design and Use of Computer-Augmented Everyday Artefacts, Computer Networks, Vol.35, Number.4, pp.401-409, 2001.
- [7] 呉健朗, 富永詩音, 多賀諒平, 宮田章裕: InfoClip: 日常生活空間中のオブジェクトへのリマインド登録インタフェース, 情報処理学会論文誌, 60巻. 1号, pp.147-156, 2019
- [8] 宮田章裕, 有賀玲子, 宮下広夢, 佐藤隆, 井原雅行, 小林透: 貼りつけるだけで家具をインテリジェント化するデバイス, 情報処理学会インタラクション2013, 2013, February.
- [9] Itiro Siio, Jim Rowan, Elizabeth Mynatt: Peek-a-drawer: communication by furniture, CHI '02 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2002, pp.582-583.
- [10] 「CarWink」: <https://camp-fire.jp/projects/view/69052/>, 2024/02/12 参照.
- [11] 「OTOTOK」: <https://www.indiegogo.com/projects/ototok-your-voice-on-the-road/>, 2024/02/12 参照.
- [12] 佐藤佑亮, 塚田浩二: 自動車体験を拡張するスマートステッカーの試作, 情報処理学会研究報告, 2023-HCI-202(30), pp.1-6. 2023-3.