

# Event Learning Sensor: スマートホームユーザ向けのイベント学習・認識システム

石田隼己<sup>†</sup> 高橋伸<sup>‡</sup> 田中二郎<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>筑波大学 情報学群 情報科学類 <sup>‡</sup>筑波大学 システム情報系

## 1 研究概要

スマートホーム向けのアプリケーションを自分の手で作成できる製品が次々と登場している[1]. 現在こういった製品でアプリケーションを作成するには, センサ値を直接利用したり, センサが反応するしきい値を調整したりする必要があることがある. しかし, より手軽に作成するためには, センサ値などを意識することなく, 「何が起こったか」というイベントを入力として利用できることが望まれる. そのためには, イベントの認識が必要だが, 入力として利用したいイベントは人によって異なる.

そこで, ユーザ自身でイベントを学習させ, 認識させることができる Event Learning Sensor を開発した. 本システムの利用イメージを, ドアを開けたら部屋の照明が点灯するというアプリケーションの作成を例にとり示す.

1. ドアに Event Learning Sensor を, 部屋にスマート電球を設置する.
2. スマートフォンから操作し, Event Learning Sensor を学習モードにする.
3. 実際にドアを開けるといったイベントを発生させ, 学習させる.
4. ドアを開けたことをトリガとして, スマート電球が点灯するように設定する.
5. ドアを開けるとその音を認識し, スマート電球が点灯するようになる.

このように, ユーザは自身で学習させたイベントの発生を入力としたスマートホームアプリケーションが利用できるようになる.

## 2 関連研究

ユーザの行動認識に関する研究として, 携帯電話の加速度センサと音センサを利用して生活行動認識を行うという研究がある [2]. この研究では, 携帯電話に内蔵されている加速度センサでユーザの大きな行動認識を行った後に, その結果に応じてマイクを起動し, 環境音の分析によって詳細な行動認識を行っている.

根岸らによる音のイベント認識を手軽に利用できるようにするセンサモジュールの研究がある[3]. この研究では, 信号解析による音イベントの認識を手軽かつ低コストに利用できるスマートセンサと, 自動的に最適な認識処理を行う手法を提案している.

これらの研究では, 認識精度などについての検証を行っていた. 本研究では, イベント認識を手軽に利用できるモジュールを開発し, 実際にアプリケーションが手軽に作成できるかについて検証する.

## 3 設計

利用イメージを実現するための Event Learning Sensor の仕様を示す. イベントの認識には音を利用する. 音を利用することで, ドアを開けるといったユーザの行動や, 洗濯機のブザーのような家電の動作をイベントとして認識できる. また, 本システムは既存のスマートホーム製品の入力として利用できるようにする. これを実現するために, 様々な web サービス等を連携させることができる IFTTT [4] というサービスを利用する. スマートホームアプリケーションの作成は IFTTT のアプリを利用して行う. Event Learning Sensor の設定や学習モードへの切替などの操作にもスマートフォンを利用することで, すべての操作がスマートフォン上で行えるようになる.

## 4 実装

Event Learning Sensor を利用して, 既存のスマートホーム製品と連携するアプリケーションを作成する際の全体構成を図 1 に示す. Event Learning Sensor は, コンデンサマイクや増幅回路などの周辺回路, 学習・認識を行う Arduino, スマートフォンや IFTTT と連携するための Wi-Fi モジュールから構成されている. 試作した Event Learning Sensor を図 2 に示す.

Event Learning Sensor の操作は, Wi-Fi モジュール上で動作する簡易 web サーバにアクセスすることで, スマートフォンのブラウザから行えるようにした. ブラウザから行う操作は, Event Learning Sensor の Wi-Fi 設定や学習の指示などである.

現在の学習・認識の実装について解説する. 学習・認識部は, 増幅回路によって増幅されたコンデンサマイクからの信号を取得し続け, しきい値を超える音の発生がないか監視する. しきい値を超える

---

### Event Learning Sensor: Event Learning & Recognition System for Smart Home Users

Toshiki Ishida<sup>†</sup> Shin Takahashi<sup>‡</sup> Jiro Tanaka<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>College of Information Science, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>‡</sup>Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

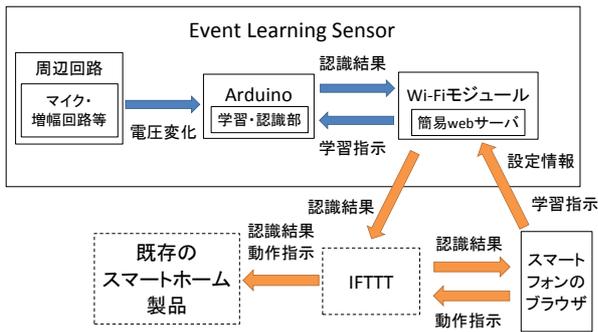


図 1：全体構成図

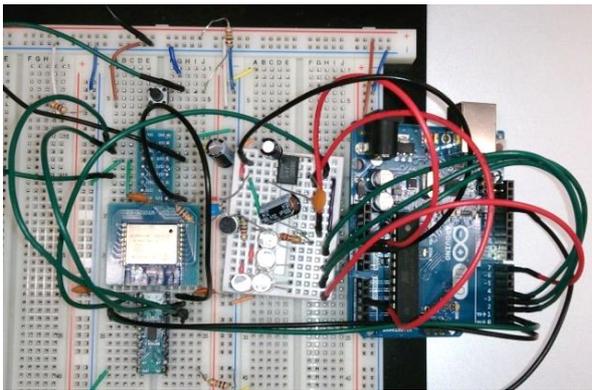


図 2：試作した Event Learning Sensor

大きな音が発生したら、学習の指示が来ているかを確認する。学習の指示が来ていれば学習を行い、来ていなければ認識を行う。学習は、コンデンサマイクからの信号を 10kHz で 256 個サンプリングする。そして、サンプリングしたデータに対して FFT を行う。その結果得られた振幅スペクトルを Arduino の不揮発性メモリ (EEPROM) に格納する。認識は、同様に得た振幅スペクトルを、保存されている各イベントの振幅スペクトルと比較し、各周波数の 2 乗誤差の和を計算し、最も小さいものを認識結果とする。ただし、2 乗誤差の和がしきい値より大きい場合は学習したイベントではないとする。

## 5 試用による評価

作成したシステムを情報系学生 2 名 (ユーザ A, B とする) に試用してもらい、利用状況を観察して使用感を聞いた。試用は、研究概要で示した利用イメージに沿って実施した。実際にユーザが家庭で利用することを想定して自身のスマートフォンを利用してもらい、IFTTT のアカウント取得なども含めて利用状況を観察した。作成するスマートホームアプリケーションには、特に制限を設けず、ユーザに作りたいものを作るように指示をした。また、システムの取扱説明書を作成し、困ったとき以外は口で説明をしないようにした。

実際に作成されたアプリケーションを紹介する。ユーザ A は「掃除機を使ったらメールで通知を送

る」というアプリケーションを作成した。ユーザ B は「手を叩いたらスマート電球の on/off が切り替わる」というアプリケーションを作成した。ユーザ B の試用評価の様子を図 3 に示す。アプリケーションを利用するまでにかかった時間は、IFTTT のアカウント取得から、アプリケーションが利用できるようなるまでで、ユーザ A が約 40 分、ユーザ B が約 35 分だった。

試用の結果、研究概要で示した利用イメージを一通りこなせることが確認できた。どちらの被験者からも、システムの動作状況、特に学習しているタイミングがわからないという意見が得られた。また、音を拾える範囲がわからないという意見や、時間がかかるという意見も得た。今後は、これらの意見を反映し、改善を行っていききたい。

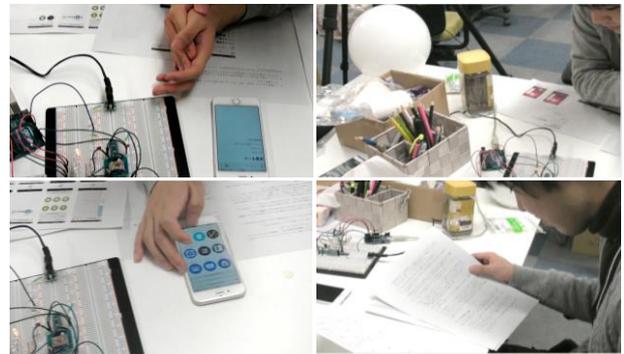


図 3：試用評価の様子

## 7 まとめ

スマートホームユーザ向けのイベント学習・認識システムである Event Learning Sensor を作成した。さらに、これを用いて実際に音を学習・認識させ、スマートホームアプリケーションの作成ができるようになったことを確認した。今回は、Event Learning Sensor の学習・認識部分を簡易的に実装したため、今後は SVM など、より高度な手法で実装し、評価実験を行う。

## 参考文献

- [1] Jong-bum Woo, Youn-kyung Lim. User Experience in Do-It-Yourself-Style Smart Homes. UbiComp '15, Pages 779-790, 2015.
- [2] 大内 一成, 土井 美和子. 加速度と音で日々の生活行動を認識する ActivityAnalyzer インタラクション 2011, 1CR3-7, 2011.
- [3] 根岸 佑也, 河口 信夫. 高度な実世界イベント認識を手軽に利用可能にする Instant Learning Sound Sensor の提案 情報処理学会論文誌, 50(4), Pages 1272-1286, 2009.
- [4] IFTTT <https://ifttt.com/>