

# 冷蔵庫開閉音を用いた人物識別の検討

光来出優大\* 林健太\* 石田繁巳\* 荒川豊\* 福田晃\*

\*九州大学大学院システム情報研究院

## 1 はじめに

近年、技術の発達に伴いコンピュータの小型化が進み、様々な場面でセンシング技術が活用されるようになってきている。家庭内では生活習慣の把握や体調管理につながり、ヘルスケアの改善や日常行動への提案を行うなどユーザの生活をより豊かなものにすることが期待できる。

人間が日常的に行う冷蔵庫扉の開閉動作には、扉を引く速さや閉める強さなどに個々人の特徴が現れる。そのため扉開閉動作の音データに違いが見られ、人物識別に利用できると考えられる。また、行動センシングではユーザのプライバシーや行動の制限などの負担をかけることが重要である。そのため、本研究では冷蔵庫の扉に設置したタブレット端末に内蔵されたマイクロフォンをセンシングに用いることで、カメラを使用しないためプライバシーに配慮することができ、ユーザの行動を制限することもない。さらに、専用のセンサを必要としないため導入・維持コストを抑えることが可能である。

本研究ではタブレット端末に内蔵されたマイクロフォンより得られた音データから抽出した特徴量を用いて機械学習により人物を識別するシステムを提案する。本稿では冷蔵庫に取り付けたタブレット端末で取得した音データを用いた人物識別システムの識別精度評価結果を報告する。

## 2 関連研究

従来の行動センシング手法は、ユーザにセンサを装着する手法と環境にセンサを設置する手法に大別できる。文献 [1] では、ユーザに装着した加速センサから得られた歩行動作に伴う加速度データを用いて個人識別を行っている。また、文献 [2] では複数のセンサをユーザに装着すること得られたデータを用いてユーザの8種類の行動を識別している。しかし、これらの手法ではユーザに直接センサを取り付ける必要があり、家庭での日常利用には適していない。

環境に設置したセンサを行動センシングに用いた研究では、カメラを用いた手法 [3] やマイクを用いた手法 [4] がある。カメラを用いた手法では、ユーザのプライバシーを侵害する恐れがあるといった問題があり、またカメラやマイクといった専用のセンサを導入・維

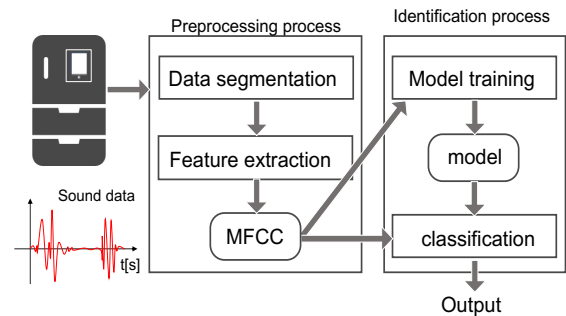


図 1: 人物識別システムの概要

持するコストが高くなるといった問題もある。

## 3 冷蔵庫扉開閉音を用いた人物識別システム

図 1 に提案する人物識別システムの概要を示す。本稿では、冷蔵庫扉の開閉動作に伴う音データを用いた人物識別システムを提案する。提案システムでは、家庭内で利用されなくなった古い iPad などのタブレット端末を冷蔵庫に貼るだけの簡単なシステムである。家庭での利用を考えると、2人5人程度の識別が可能であれば良いと考えている。音データから個人を識別するための特徴量を抽出し、それらの特徴量を入力として機械学習を用いることで人物を識別する。冷蔵庫の開閉動作を用いた開閉扉の識別システムは学習プロセスと識別プロセスから構成される。以下にデータ前処理、特徴量抽出、機械学習について示す。

### 3.1 データ前処理

音データから特徴量を抽出するために収集した音データに前処理を行う。

冷蔵庫扉の開閉動作一連の音データには、扉を開閉する際に生じる音が含まれる部分と、ノイズなどのみで開閉音が含まれない部分がある。特徴量を抽出する際に開閉音が含まれない部分のデータを用いると、抽出した特徴量にばらつきが生じ開閉扉の識別に影響する可能性がある。そのため、収集した音データに対して閾値を決め、閾値以上の音が含まれる部分を切り出す。閾値は、予備実験を行い収集した開閉音の大きさの最大値の5%になるように設定した。

### 3.2 特徴量抽出

表 1 に、音データから抽出する特徴量を示す。前処理によって得られた音データを用いて、4種類48個の特徴量を抽出する。

### Feasibility Study on User Identification Using Fridge Open/Close Sound

Yudai Mitsukude\*, Kenta Hayashi\*, Shigemi Ishida\*, Yutaka Arakawa\*, and Akira Fukuda\*  
ISEE, Kyushu University, Fukuoka, Japan

表 1: 特徴量

特徴量	個数 (個)
平均値 (12 次元)	12
最大値 (12 次元)	12
最小値 (12 次元)	12
標準偏差 (12 次元)	12

表 2: 評価結果

扉	適合率	再現率	F 値
1 番	0.79	0.80	0.77
2 番	0.90	0.87	0.86
3 番	0.91	0.90	0.89
4 番	0.89	0.85	0.85
5 番	0.96	0.93	0.93
6 番	0.94	0.92	0.91
平均	0.90	0.88	0.87

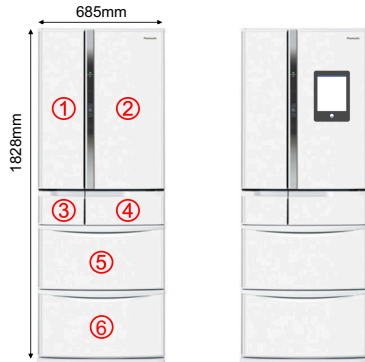


図 2: 冷蔵庫およびセンサ取付け状態

特徴量には音声認識で多く利用されているメル周波数ケプストラム係数 (MFCC) を用いる。初めに、前処理を行った音データをウィンドウごとに区切ったのち、それぞれに FFT を施して振幅スペクトルを算出する。次に振幅スペクトルにメルフィルタバンクをかけデータを圧縮し、離散コサイン変換してケプストラム領域に移す。求めたケプストラムの低次元成分 12 次元分を取り MFCC を抽出する。この時ウィンドウごとに 12 次元分の MFCC が得られるため、算出した全ウィンドウを用いて次元ごとの平均、最大、最小、標準偏差を計算し特徴量とする。

### 3.3 機械学習

本稿で提案する冷蔵庫の開閉扉識別システムでは、抽出された特徴量を用いてマルチクラス分類問題として開閉された扉を識別する。機械学習アルゴリズムは、3.2 節で説明したメル周波数ケプストラム係数から得た特徴量を入力とした Random Forest を用いる。Random Forest のパラメータは  $n\_estimators = 100$  とした。

## 4 評価

### 4.1 評価方法

図 2 に冷蔵庫のサイズおよび冷蔵庫へのタブレット端末の取付け状態を示す。冷蔵庫は一般的な家庭などで広く使用されているもので 6 個の扉が付属している。6 個の扉には図に示すように 1 から 6 までの番号を設定した。タブレット端末は冷蔵庫の 2 番の扉表面にマグネット付きのホルダーを用いて固定した。音データのサンプリング周波数は 44100 Hz で取得した。データ採集時にはユーザに冷蔵庫開閉時にタブレット型端末上で開閉する扉と人物を選択しラベルを付与してもらいつつ、開閉動作に伴う音データを採集した。

九州大学伊都キャンパス内の教室に設置された冷蔵庫を用いて初期的評価実験を行った。実験は 4 人家族を想定し、22~24 歳の男性被験者 4 名に協力してもらい実施した。それぞれに冷蔵庫の 1~6 番の扉を 15 回ずつ開閉してもらった。また、冷蔵庫ドアをラベル 1, 2, 3, 4, 5, 6, 人物をラベル A, B, C, D とした。識別の評価として 5 分割交差検証を用いた。評価ではそれぞれ混同行列より真陽性、偽陽性、および偽陰性の数を元に適合率 (Precision), 再現率 (Recall), F 値 (F measure) を算出した。

### 4.2 評価結果

評価結果を表 2 に示す。以上の結果より、平均で適合率 0.90, 再現率 0.88, F 値 0.87 と高い精度で識別可能である。しかし、1 番の扉での結果を見ると、適合率, 再現率, F 値共に低いことがわかる。精度低下の原因として、1 番の扉の開閉幅が他の扉に比べると小さく開閉動作に個人ごとの特徴が現れにくいこと、有効な特徴量が不足していることが考えられる。

## 5 おわりに

本研究では冷蔵庫扉の開閉動作に基づく音データを用いた個人識別手法を提案した。評価の結果より、平均 F 値 0.87 という高い精度で人物を識別することができた。しかし、開閉する扉によって識別精度が低くなることがわかった。今後の課題として、各扉に対応したより有効な特徴量の提案が考えられる。

## 謝辞

本研究の一部は JST, さきがけ, JPMJPR1651, 及び JSPS 科研費 JP19KT0020 の助成で行われた。

## 参考文献

- [1] 山野井祐介, 沼尾雅之ほか. 一般動作の加速度データによるユーザー識別手法の提案. 第 73 回全国大会講演論文集, Vol. 2011, No. 1, pp. 295-296, 2011.
- [2] Nicky Kern, Stavros Antifakos, Bernt Schiele, and Adrian Schwaninger. A model for human interruptibility: experimental evaluation and automatic estimation from wearable sensors. In *Wearable Computers, 2004. ISWC 2004. Eighth International Symposium on*, Vol. 1, pp. 158-165. IEEE, 2004.
- [3] 村松大吾, 岩間晴之, 木村卓弘, 横原靖, 八木康史. 一歩行映像から取得される複数特徴を用いた個人認証. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 97, No. 12, pp. 735-748, 2014.
- [4] 堀佑貴, 安藤崇央, 福田晃ほか. 一歩分足音を用いた個人識別手法. 研究報告オーディオビジュアル複合情報処理 (AVM), Vol. 2019, No. 10, pp. 1-6, 2019.