

圧力センサを用いた冷蔵庫開閉動作特徴に基づく 個人識別手法の提案

石田 茜^{1,a)} 村尾和哉^{2,b)} 寺田 努^{3,4,c)} 塚本昌彦^{3,d)}

概要: 冷蔵庫は家庭や職場において複数人で共有して使用することが一般的であるが、利用者各々が飲食物を雑多に置くため、所有者不明の飲食物が冷蔵庫内に放置されたり、誤って他人の飲食物を取り出してしまうなどの問題が発生する。これらの問題に対処するには冷蔵庫内の飲食物とその所有者を管理する必要があるが、冷蔵庫に飲食物を入れるたびにその食品の所有者を手動で入力するのは面倒で実用性に欠ける。そこで本研究では、冷蔵庫のドアハンドル部分に圧力センサを設置し、冷蔵庫使用者のドアを開ける動作で個人識別を行う手法を提案する。実験より、4人グループにおいて平均識別精度 88.6%を得た。

An User Identification Method based on Features of Opening/Closing a Refrigerator Door using Pressure Sensors

ISHIDA AKANE^{1,a)} MURAO KAZUYA^{2,b)} TERADA TSUTOMU^{3,4,c)} TSUKAMOTO MASAHIKO^{3,d)}

Abstract: A refrigerator is commonly used by multiple people in the home and office. Sometimes, however, expired foods are left in the fridge and someone eats others food since each user puts their food disorderly in the refrigerator. To prevent making unknown user's food leave or taking other's out of a refrigerator, every time a user puts food in a refrigerator, it is troublesome to control things in a refrigerator manually. Though user and food management is required to prevent these troubles, it is not realistic that users manually input their food and owner. In this paper, we propose a user identification method based on action of opening a refrigerator door using pressure sensors on the door handle of the refrigerator. From the experiment, average accuracy of 88.6% was achieved for groups of four people.

1. 研究の背景と目的

家庭や職場などでは複数人で冷蔵庫を共有して使用することが一般的であるが、使用者各々が飲食物を雑多に置くため、賞味期限切れの飲食物が放置されるなどのトラブル

が発生することがある。複数人で共用する冷蔵庫（共用冷蔵庫）の中に保存されている飲食物とその所有者を関連づけることで、所有者不明の飲食物が冷蔵庫内に放置されることや、誤って他人の飲食物を取り出してしまうなどの問題を防ぐことができ、より快適に共用冷蔵庫を使用できると考えられる。冷蔵庫内部の飲食物を記録する研究として、加茂田らは荷重センサを用いて、冷蔵庫内の食材管理システムを構築している [1]。しかし、所有者の識別は行っておらず、冷蔵庫に飲食物を入れるたびにその食材の所有者を手動で入力するため面倒で実用性に欠ける。そこで本研究では、冷蔵庫に入れられた飲食物とその所有者を自動的に関連付けるために、既に家庭で使用されている冷蔵庫に設置可能で、カメラのように使用者のプライバシーを侵害しない圧力センサを用いて、冷蔵庫を開ける時のドアハンドルを握る力から使用者を識別する手法を提案する。

¹ 神戸大学工学部
Faculty of Engineering, Kobe University
² 立命館大学情報理工学部
Collage of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University
³ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of engineering, Kobe University
⁴ 科学技術振興機構さがけ
Japan Science and Technology Agency, PRESTO
a) ishida_a78@stu.kobe-u.ac.jp
b) murao@cs.ritsumeikan.ac.jp
c) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp
d) tuka@kobe-u.ac.jp

2. 実験

2.1 実験環境

冷蔵庫のドアを開く時のドアを握る力の個人差を調査する実験を行った。実験に用いた冷蔵庫はパナソニック社製 NR-B140W で、高さ 1,119mm、幅 480mm の 2 ドアのものであり、上段のドア上部の左端には握りやすくするためのくぼみがある。これをドアハンドルと定義する。ドアハンドルに指を置いたときの位置と圧力のデータを得るため、図 1 に示すようにセル数 12 個の圧力センサアレイを 2 枚横に並べてドアハンドルに取り付け、ドアを開くのに要した時間および圧力値の時系列データ（開動作データ）を 6 名の被験者 (A~F) から 10 回ずつ取得した。なお、圧力センサアレイの長さはドアハンドルのくぼみよりも十分長く、174mm である。また、今回の予備実験では普段センサが取り付けられている範囲以外の部分を握ってドアを開ける被験者にも、センサが設置されている範囲を握るよう指示した。

2.2 識別処理

固定用テープによる圧迫で圧力センサの出力値が不安定になるため、識別処理には時間差分データを用いる。現在の時刻を t 、ドアハンドルの左端から i 個目のセルの圧力値を $f_i(t)$ として、時間差分データを以下の式より計算する。

$$F_i(t) = f_i(t) - f_i(t-1) \quad (1)$$

24 個のセルから得られた時間差分データ $F_0(t) \sim F_{23}(t)$ より、力の入れ方、動作時間、握り方に関して表 1 に示す 9 種類の特徴量を計算し、k 近傍法 ($k=1$) を用いて 10 分割交差検証で評価した。なお今回は家庭において 4 人での利用を想定し、6 人から 4 人を選ぶ組合せ ${}_6C_4 = 15$ 通りで個人識別精度を調査した。

3. 結果と考察

結果を図 2 に示す。平均識別率 88.6%、最高識別率 97.5%、最低識別率 82.5% となり、被験者の組合せに依存することがわかった。今回の実験では被験者 A と C を含む組合せの識別率が高く、被験者 E と F を含む組合せの識別率が低かった。被験者 A と C を含む組合せでは、いずれの組合せにおいても A と C 共に 100% の識別精度が得られた。被験者 E と F は動作時間に関する特徴量である $t_{\text{end}} - t_{\text{start}}$ や $t_1 - t_{\text{start}}$ 、握り方に関する特徴量 $F(t_1) + F(t_2)$ が類似しており、E と F を含む組合せでは、お互いに誤って識別されていた。また、識別率が最も低かった BCDF の組合せにおいて、これら 4 人の被験者の特徴量は類似していないが、開動作の再現性が低いことが識別率が低い理由として考えられる。開動作の再現性が低い被験者は主にドアハンドルを握る手の位置がずれていたり、指の間隔が異なっており、これらの違いを吸収する特徴量を提案する必要がある。



図 1 実験におけるセンサ設置図 (左) と拡大図 (右)

表 1 実験で用いた特徴量

種類	特徴量	計算式
圧力	$F(t)$ の最大値	$F(t_1) = \max_{t_{\text{start}} \leq t \leq t_{\text{end}}} \{ \sum_{k=0}^{23} F_k(t) \}$
	$F(t)$ の最小値	$F(t_2) = \min_{t_{\text{start}} \leq t \leq t_{\text{end}}} \{ \sum_{k=0}^{23} F_k(t) \}$
	各セルの総和	$\sum_{t=t_{\text{start}}}^{t_{\text{end}}} F_k(t) \quad (k=0 \sim 23)$
	全セルの総和	$\sum_{k=0}^{23} \sum_{t=t_{\text{start}}}^{t_{\text{end}}} F_k(t)$
時間	全動作時間	$t_{\text{end}} - t_{\text{start}}$
	動作開始から t_1	$t_1 - t_{\text{start}}$
	t_1 から t_2	$t_2 - t_1$
握り	加力速度と脱力速度の差	$F(t_1) + F(t_2)$
	握った幅	$l_{\text{max}}(t) - l_{\text{min}}(t)$

t_1 : 全セルにかかった圧力の総和が最大の時刻

t_2 : 全セルにかかった圧力の総和が最小の時刻

t_{start} : 開動作開始時刻 t_{end} : 開動作終了時刻

l_{max} : 圧力がかかった最大のセル番号

l_{min} : 圧力がかかった最小のセル番号

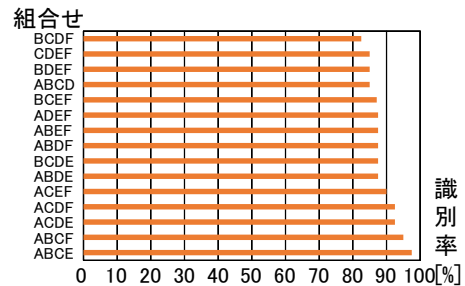


図 2 実験における各組合せに対する識別結果

ある。開動作が類似している使用者や、目立った特徴のない使用者の識別率を改善するためには、圧力センサ以外のセンサを用いるなどして特徴量を追加する必要があると考えられる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、圧力センサアレイを冷蔵庫のドアハンドル部分に設置し、開動作の圧力から冷蔵庫を開けた人物を識別する手法を提案した。実験では、利用者が 4 人の場合の平均識別率は 88.6% であったが、使用者によって精度にばらつきが生じることがわかった。今後の課題として、使用者によらず、また共用する人数が増えた場合でも、高い識別率を維持できるように、特徴量の見直しや圧力センサ以外のセンサの導入を検討する。

参考文献

- [1] 加茂田玲奈, 上田真由美, 船富卓哉, 飯山将晃, 美濃導彦: 食材管理のための荷重特徴を用いた食材同定, 信学技報, Vol. 111, No. 479, pp. 181-186 (Mar. 2012).