

# 画像処理を用いた在庫閲覧システムの開発と評価

## The development and evaluation of inventory browsing system using an image processing

檜山 正樹<sup>†</sup> 田村 仁<sup>†</sup>

Masaki Hiyama<sup>†</sup> Hitoshi Tamura<sup>†</sup>

### 1 はじめに

日本の食品廃棄物の発生量は 1713 万トン(2010 年度)と世界で最も高い。このうちの約半分は可食部分である。この廃棄物の量は世界全体の食品援助量の約 2 倍となる量である。この中でも最たる原因となるものは家庭から出される生ゴミであることがわかっている。[1]

家庭から出される生ゴミを調べると手つかずの食品が 22%もありその中の 24%は賞味期限前であった。なぜこのように食品を廃棄してしまうかという過剰購入が最たる原因であることが分かっている。これを改善すべく本研究を行う。

本システムはバーコード等を用いない在庫管理システムであり、類似する研究に RFID を用いた冷蔵庫の在庫管理[2]や画像処理と音声対話による冷蔵庫内の食品管理システム[3]がある、

本システムでは対象である食品を出し入れするだけで認識、在庫を管理する。これにより重複した食品購入の減少や、放置された食品の減少が期待される。応用例としては大型の倉庫管理や、糖尿病患者等の食生活を経過観察することなどにも用いる事が可能なため幅広い汎用性を持つものになると考えられる。

### 2. 開発システムの概要と提案

本研究では家庭用冷蔵庫を想定した実験とする。家庭用冷蔵庫に市販されている Web カメラ (iBUFFALO BSW20KM11) を俯瞰カメラとして取り付け認識を行う。取り付け方法は冷蔵庫内部の各段上部にカメラを設置する。カメラが食品を認識する度に各種データを保存し在庫を管理する。(図 1)

冷蔵庫の内部を閲覧するシステムの方式として冷蔵庫内部に取り付ける俯瞰カメラ型の閲覧システムは少なく、扉側から正面画像を撮影して画像処理を行うものが多いが、その方式では奥に保存されている食品ロスにもっともなりやすい状態の食品を発見することができなくなる。そのため、本システムでは俯瞰カメラ型の閲覧システムとして開発を行った。

<sup>†</sup>日本工業大学

<sup>†</sup>Nippon Institute of Technology

データベースに保存した各種データは外部端末によって閲覧できる状態にする。スマートフォンを買い物の際に確認することで冷蔵庫内部にある同一食品の重複購入や賞味期限前の食品の追加購入を未然に防ぎ、過剰購入を減らすことができるのではないかと考える。

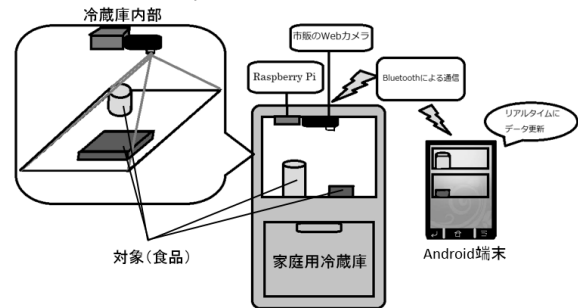


図1 システムの全体像

#### 2.1. システムの動作行程

本システムでは最初の行程として冷蔵庫内部に入れる手を認識する。手を入れている状態と手を出している状態を判別し、その推移から冷蔵庫内部の物を動かしたかどうかを判断する。

物が動いたかを判別した後、動いた物をマスク処理でトリミングし日付、重心位置座標、面積、特徴点、マスク処理後の画像をデータとして登録する。

#### 2.2. 手の認識手法

手の認識については背景画像を撮影後、その差分をループで撮影し、その差分画像面積の増加減少から手の動きを検知する。差分画像面積に一定以上の値になった時、重心位置を計算する。差分二値画像の重心が冷蔵庫奥側に進んでいけば”手を入れている”と認識し、逆に手前側に重心が進んでいるのであれば”手を出している”と認識する。また、差分の面積が一定以上かつ重心位置に変化がない場合は”手を出している”と認識させる。これは手を取り出す速度が高速であった場合に対応するためである。また、手の認識を行うにあたり精度を高めるためノイズの除去及び欠損部の処理を行う。(図 2) (図 3) ノイズの除去及び欠損部の処理には膨張

収縮処理を用いる. これにはモルフォロジー変換を用いて行う.



図 2 食品を持って冷蔵庫内部に手を入れる様子



図 3 ノイズの除去及び欠損部の処理を行った手の差分二値画像

### 2.3. 食品の動き

手の認識が”手を入れている”状態から”手を出している”状態に推移した際に食品になんらかの動きがあることがわかる. この推移後に冷蔵庫内部の撮影を行い, 背景画像との比較から差分画像を出力しマスク処理を行い動きがあった食品部分の画像を作成する.

### 2.4. 食品データの登録及び削除

検知した対象食品は各評価データと共にデータベースに登録される. 評価データは登録した日付, 重心位置座標, 面積, 特徴点, マスク処理後の画像である.

登録する際に重心位置座標, 面積と一致するが特徴点が異なる評価データを検知した場合, 対象とした食品が冷蔵庫内部から取り出されていると判断できるため, データベース内の該当するデータを削除する.

### 2.5. テンプレートマッチング

データベースに登録されたマスク処理後の画像をテンプレートとしてデータベースに登録しておく. マッチングによって移動した食品の位置を特定し重心位置座標の変更を行い食品の多少の動きではデータが削除されないようにする.

食品を取り出した際には常にテンプレートマッチングをかけた取り出した食品だけではなく周囲にあった食品とのマッチングも行い食品が移動していないかを確認する. 動いていた場合にはデータベース内の該当データの重心座標位置, 面積, 特徴点, マスク処理後の画像データを更新する.

### 2.5. 特徴点抽出

特徴点抽出は SIFT, FAST による特徴点抽出及び特徴記述を行う. また特徴点マッチングの際の精度を上げるためにクロスチェックを行う.

SIFT によって特徴点を抽出した後に FAST による特徴記述を行う. マッチングのインターフェースには BruteForce を用いた.

抽出した特徴点はデータベースに登録し以降入ってきた食品との相関係数を計算し閾値以上の値であるかどうかを返す.

### 2.6. 登録データの閲覧

これを閲覧するには外部での受信デバイスを用いる. 外部での受信デバイスは Android 端末に作成した専用の受信アプリケーションをインストールし使用する仕様を提案する.

後述するが, 本研究での 4.2.1. システムの評価実験及び 4.2.2. 実ケースにおける評価実験ではこの専用受信アプリケーションはノートパソコンで代行し評価を行う. また, 6.1. スマートフォンを用いた評価実験では専用の受信アプリケーションではなく FTP 通信によって内部データベースを閲覧できるようにした専用の Web ページを使用して評価実験を行う.

## 3. 再度入庫した際の判別

想定される問題として, 一度, 冷蔵庫から取り出したものの手を付けた後に残し, 再度冷蔵庫にしまうという行動が予想される.

本システムでは特徴点マッチング, 面積から同一食品かを判別する方式を取っている. そのため半分食べ半分残すといった状態になると同一と認識することができない.

この問題を, 対象食品の画像を分割し部分画像として処理することで解決を図った.

値 1, 適合しやすい閾値 2 である.

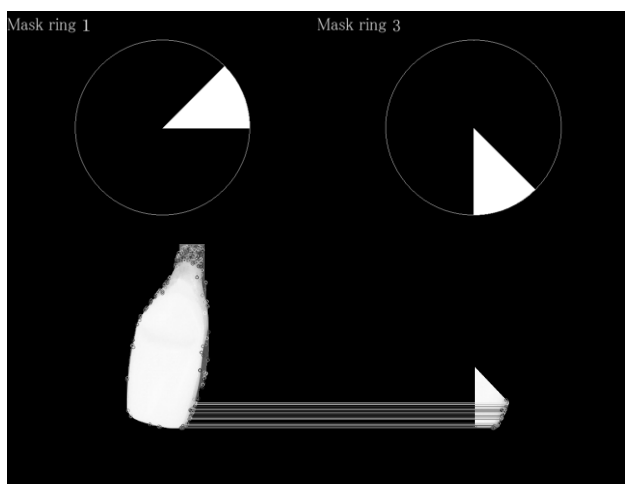


図 4 分割画像とマッチング

本システムで用いる画像のサイズは 640\*480px であるが画像の分割には直径 360px, 中心座標 (320, 240) の円を 45 度ずつ 8 分割した画像を用いる. 分割した画像とデータベース上の画像とで特徴点マッチングを行いその結果同一かどうかを判別する. (図 4) では市販されているマヨネーズを例にした分割及び特徴点マッチング画像である. この分割例は 3 番のマスクを用いているが本来であればすべてのマスクを用いて特徴点マッチングを行う. データベース上にある画像で分割を行うものは取り出されてから再度入庫されるまでの時間を考慮し登録されてから 24 時間未満のものと推定, 24 時間以降のものには食べ残しかどうかの確認は行わない.

## 4. 実験

### 4.1. 実験概要

システム自体の評価実験と家庭に取り付け食品廃棄量を測定する 2 つの実験を行った.

#### 4.2.1. システムの評価実験

この実験はシステムが正しく機能しているかの評価実験である. 評価対象としては手の出入り検知, 手の出入り時の重心座標の推移, 背景画像と対象画像の区別, 同一食品の在庫数の増減確認, データ適合に掛る時間, 同一食品検出時の適合率, 再入庫した際の判別である. 20 種の対象(表 1)を用いて実験を行った. また特徴点マッチングに用いる方式を 2 方式用意しそれぞれの閾値における結果を調査した. 方式は対象食品の適合のしにくい閾

表 1 実験の対象となる品目

対象 1	オレンジジュース(缶)
対象 2	お茶(ペットボトル)
対象 3	冷蔵ご飯(容器)
対象 4	わさび(チューブ)
対象 5	焼きそば(調理済、皿)
対象 6	豚バラ肉(パッケージ)
対象 7	秋刀魚(パッケージ)
対象 8	チョコ菓子
対象 9	キャベツ
対象 10	餃子(冷凍食品袋)
対象 11	カレーライス(調理済、皿)
対象 12	鳥腿肉(パッケージ)
対象 13	キュウリ
対象 14	炭酸飲料(ペットボトル)
対象 15	トマト
対象 16	鰯(調理済、皿)
対象 17	ぶどうジュース(缶)
対象 18	食パン(袋)
対象 19	マヨネーズ(容器)
対象 20	ケチャップ(容器)

#### 4.2.1.1. 手の出入り検知

10 人分の手のデータを用意し, そのデータから出入り検知が正しく行われたかを評価する.

それぞれの被験者に対して 5 回ずつ実験を行い, 手を入れてから手を出したと認識するまでにかかった時間を計測する. この測定は 1 回につき最大 3 回までやり直せるものとする. それ以降のデータは認識できていないとして無効データとして扱う.

#### 4.2.1.2. 手の出入りの重心座標

手の動きを検出した際に手の重心座標の動きがどういった動きをしていたのかを測定する. 10 人分の手のデータ用意し, そのデータから重心座標の調査を行う. 手を入れたと認識した際の重心座標, 手を出したと認識した際の重心座標を測定する. この測定は 1 回につき最大 3 回までやり直せるものとする. それ以降のデータは認識できていないとして無効データとして扱う. これにより手の動きが正確に測定できているかを調査する.

#### 4.2.1.3. 背景画像と食品画像の区別

在庫数の管理に用いるため食品のみを撮影した際に、その撮影した画像が背景画像と食品画像を区別する必要がある。その区別が出来ているのか調査する。調査には食品は表 1 の物を使用し、それぞれ 5 回ずつ区別ができてきているかの確認を行う。この際に食品を配置する座標を全てランダムに変更するものとする。

#### 4.2.1.4. 同一食品の在庫数増減

同一食品の出し入れを行い、在庫数の増減が実際に行われているかを調査する。これには表 1 の対象 1 を用いて実験を行った。対象 1 を 5 個用意し、1 個ずつ追加していき 5 個になった時点で取り除いていく。

#### 4.2.1.5. データ適合に掛る時間

対象のみの画像を撮影した際にデータベースに適合するデータがないかを調べるがこの際にかかった時間を計測する。この実験では表 1 の対象 20 品目を用いてそれぞれ 20 回の測定を 2 セット行った。

#### 4.2.1.6. 同一食品の適合率

この実験では 4.2.1.5. データ適合に掛る時間の実験で行った 1 セット目、2 セット目をそれぞれ閾値 1、閾値 2 で同時に測定を行った。

#### 4.2.1.7. 再入庫した際の判別率

この実験には表 1 の対象 9, 11, 13, 19 を使用して実験を行った。最初に対象をデータベースに登録させた後、対象となる食品を一部欠損させ、その状態で同一対象と判別するかどうかを測定した。それぞれ 50 回ずつ測定を行った。

#### 4.2.2. 実ケースにおける評価実験

この実験では 2 つの一般家庭に本システムを取り付け、実際に本システムを用いて廃棄物量を減少させることができるのかを調査する実験である。家庭 A は 75 歳男性と 70 歳女性で構成されている。家庭 B は 52 歳男性 47 歳女性 14 歳少年で構成されている。

4.2.1 と同様に 2 方式と設置しない条件を用意しそれぞれの閾値を交互に設定した。この実験では 1 カ月ごとに閾値を変えながら 10 月 6 日から 12 月 25 日の 3 カ月間調査を行った。調査の際にキッチンから出るゴミの重さ (g) をゴミ収集日である火曜日及び金曜日に捨てる前に測定し、廃棄物の記録を行った。家庭 A はなし、閾値 A、閾値 B の順に実験を行い、家庭 B は閾値 A、閾値 B、なしの順に

実験を行った。

#### 4.3. 実験結果

実験結果を以下に示す。

##### 4.3.1. システムの評価実験結果

実験結果を次の表 2 に示す。

表 2 システムの評価実験結果

手の出入り検知結果	0.15~0.97(秒)
手の出入り重心位置	推移から検知確認
背景画像と食品画像の区別	区別精度 100%(100/100)
同一食品の在庫数増減	増減確認
データ適合に掛る時間	0.8~1.17(秒)
同一食品の適合率	閾値 1:72%(288/400) 閾値 2:100%(400/400)
再入庫した際の判別率	62%(124/200)

##### 4.3.2. 実ケースにおける評価実験結果

実験結果を以下の表 3 及びグラフ図 4 に示す。

表 3 家庭 A, B の廃棄物量 (g)

日付	家庭(A)	家庭(B)
10/6	2260	3420
10/9	2025	3680
10/13	2320	3240
10/16	1980	3080
10/20	2010	2890
10/23	2660	3350
10/26	2340	3140
10/30	2520	3040
11/3	2010	3200
11/6	1980	3180
11/10	2160	2910
11/13	2110	3400
11/20	1880	3170
11/24	1660	2850
11/27	1720	3140
12/1	1680	3210
12/4	1800	2880
12/8	2140	2910
12/11	1980	3440
12/15	2310	3620
12/18	2120	3350
12/22	2060	2840

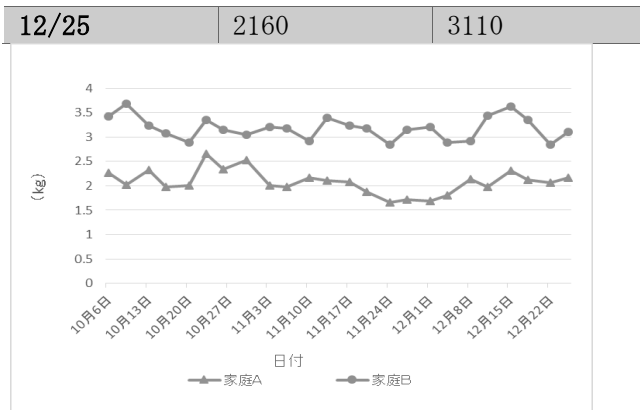


図 4 家庭 A, B の廃棄物推移グラフ (横軸は日付)

家庭 A の平均は 2082(g), 家庭 B の平均は 3179(g) となった. 中央値はそれぞれ家庭 A では 2070(g), 家庭 B では 3175(g) である.

## 5. 2つの評価実験からの考察

4.2.1. システムの評価実験の結果からは, 特筆すべき結果として, データの適合にかかった時間は 0.8 秒から 1.17 秒という結果となった. また適合率が閾値 1 では 72%, 閾値 2 では 100%となった. 対象を一部欠損させ再入庫した際の適合率は 62%となった.

手を入れたと認識するよりも手を出したと認識する方が容易であるということが分かった. これは差分に変化がない場合は手を出したと認識するシステム上の処理が関係しているものと思われる.

適合にかかる時間, 適合率から, 冷蔵庫内部に入れた対象をデータベースに保存していくシステム部は正しく機能していたと考えられる. 再入庫した際の判別に関しては最も起こりうる問題であったが, 適合率は 62%に留まった. この原因となるものは例としてあげるとカレーライスを皿から欠損させた際の汚れや, キャベツの葉のデータを登録していたが, 芯側の画像になってしまった点などがある. この解決法として機械学習を用いた一般物体認識を可能とし冷蔵庫内部のデータにカテゴリを追加していく必要がある.

4.2.2 実ケースにおける評価実験では主な廃棄物として野菜の皮, 野菜の芯, 魚の骨, 魚の皮, 肉や魚を包んでいたパッケージ, 冷凍食品の袋, 食べ残し, 賞味期限切れの食材などが見受けられた. 実験の結果からは, 実際にゴミの量を減らすに至らないという結果になった. これは冷蔵庫の内部の可視化を図っても買い物をする際に冷蔵庫の内部を閲覧することができなければ効果がないと考えられる結果である. 廃棄物推移グラフ (図 4) に一時的な廃棄量の減少がある箇所が複数確認できるが,

これは家庭状況によるものが大きな割合を占めている. 例でいうと家族の 1 人が友人と旅行に行ったケースや子供が試験期間中のため午前授業で家に帰宅し昼食も食べたケースなどが挙げられる.

そのためスマートフォンを用いた実ケースの評価実験を行う必要があると考えた.

## 6. スマートフォンを用いた評価実験

先の 4.2.1 システムの評価実験及び 4.2.2 実ケースにおける評価実験の結果から廃棄物量を実際に減少させるためには買い物をする際に過剰購入を防ぐ必要があることが確認できた. 本実験ではスマートフォンを用いて 4.2.2 同様に一般家庭に本システムを取り付け, 廃棄物量を減少させることができるのかを調査する. 家庭 A 及び家庭 B の構成は変わらないが, 評価実験で高い精度であった閾値 2 の設定を用いて実験を行う.

実験は 3 月 1 日からシステムを取り付け 4 月 1 日まで 1 カ月間調査を行った. 4.2.2 と同様で調査の際にキッチンから出るゴミの重さ (g) をゴミ収集日である火曜日及び金曜日に捨てる前に測定し, 廃棄物の記録を行った.

本実験では 4.2.2 とは違い買い物する際に必ずスマートフォンを携帯してもらい随時確認してもらった. スマートフォンでは Web ページからデータベース内部の日付項目とマスク処理を行った画像データを閲覧できるように設定してある.

本実験対象者として家庭 A では 70 歳女性に, 家庭 B では 47 歳女性にそれぞれスマートフォンを所持させた. また, 実験の内容について事前に説明を行い Web ページの利用方法等は把握している状況である.

Web ページは閲覧する度に日付と時間を確認し, 閲覧した回数も記録する.

### 6.1. スマートフォンを用いた評価実験結果

実験結果を以下の表 4 及びグラフ図 4 に示す.

表 4 スマートフォンを買い物の際に用いた家庭 A, B の廃棄物量

日付	家庭(A)	家庭(B)
3月1日	2110	3240
3月4日	2070	3120
3月8日	1980	3010
3月11日	1800	2940
3月15日	1870	2870
3月18日	1940	3020
3月22日	2040	2880
3月25日	1990	2940
3月29日	1850	2850

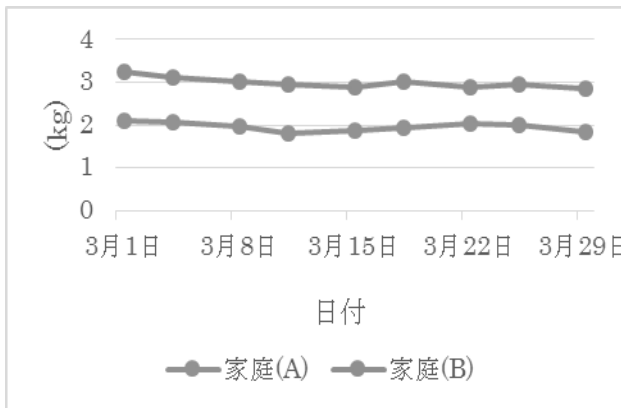


図 5 スマートフォンを買い物の際に用いた家庭 A, B の廃棄物推移グラフ

家庭 A の平均は 1961(g), 家庭 B の平均は 2985(g) となった. 中央値はそれぞれ家庭 A では 1980(g), 家庭 B では 2940(g) である.

Web ページの閲覧回数は家庭 A では 14 回, 家庭 B では 34 回となった.

## 7. スマートフォンを用いた評価実験の考察

4.3.2. の結果と比べて家庭 A, 家庭 B 共に平均値及び中央値が減少する形となった. 図 5 からみてわかるように右肩下りの減少傾向にあることが確認できる. この後減少は一定値で収まりその後は 4.3.2. のような波が発生すると予想できる.

廃棄されたゴミの種類では野菜の皮, 野菜の芯, 魚の骨, 魚の皮, 肉や魚を包んでいたパッケージ, 冷凍食品の袋, 食べ残しの量には大きな変化は見受けられなかったが, 賞味期限切れの食材の廃棄量が減少していた.

Web ページの閲覧回数に関しては家庭構成による買い物頻度が大きく影響していると考えられる. 閲覧した時間では同一の日付の近い時間であっても複数回閲覧していることがあった. これについて家庭 A, 家庭 B にそれぞれアンケートとして尋ねたところ再確認のための複数回閲覧が最も多いという結果であった.

家庭 B では特に少年が春休み期間中で家に居たにも関わらず減少しているため, スマートフォンで冷蔵庫内部を確認しながら買い物をすることで過剰購入を抑止し, 廃棄物量を減らすことができたと考えられる結果となった.

## 8. おわりに

日本の食品廃棄物量の中でも最たる原因となる食品ロスについてと, その解決方法としてスマートフォンを用いた冷蔵庫内部の閲覧システムが有用であるとの結果を述べた.

期間や家族構成が近い環境を複数用意し廃棄物重量の変動要素を補填する必要がある.

### 謝辞

本研究に協力して頂いた同研究室の方々並びに別研究室でありながら携わってくださったの方々, 実ケース評価実験に参加して頂いたの方々等, 多くの方々からご協力をいただきましたことに, 心より感謝申し上げます.

### 参考文献

- [1]農林水産省,平成 21 年度 食品ロス統計調査報告 大臣官房統計部,[http://www.caa.go.jp/adjustments/pdf\\_data/131028\\_sanko2-5.pdf](http://www.caa.go.jp/adjustments/pdf_data/131028_sanko2-5.pdf)
- [2]金野 紋子,増永 良文,RFID を用いたインテリジェント 冷蔵庫システムの構想,日本データベース学会 Letters,Vol.4,No,2,
- [3]松本 拓也,白井 良明,島田 信敬,画像処理と音声対話による冷蔵庫内の食品管理システム,情報処理学会第 71 回全国大会,pp.2-419~2-420,