

Title	モラル向上を促す家庭用スマートゴミ箱の開発研究
Author(s)	山中, 孔聖
Citation	
Issue Date	2016-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/13582
Rights	
Description	Supervisor:宮田 一乗, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

モラル向上を促す家庭用スマートゴミ箱の開発研究

1450034

山中 孔聖

主指導教員 宮田 一乗
審査委員主査 宮田 一乗
審査委員 由井蘭 隆也
Dam Hieu Chi
金井 秀明

北陸先端科学技術大学院大学

知識科学研究科

平成 28 年 2 月

目次

1	序論	1
1.1	背景	1
1.1.1	世界のごみ問題	1
1.1.1.1	世界のごみ問題の現状	1
1.1.1.2	世界のごみ問題への対策	2
1.1.2	日本のごみ問題	3
1.1.2.1	日本のごみ問題の現状	3
1.1.2.2	日本のごみ問題への対策	5
1.2	研究の目的	6
1.3	論文の構成	7
2	関連研究	8
2.1	廃棄量削減に関する研究	8
2.2	スマートゴミ箱	9
2.3	廃棄物発生抑制行動の心理的要因	10
2.4	本研究の位置付け	13
3	予備実験	15
3.1	実験の目的	15

3.2 実験概要	15
3.2.1 廃棄量調査	15
3.2.2 インタビュー	18
3.3 結果	18
3.4 考察	22
4 スマートゴミ箱の開発	24
4.1 スマートゴミ箱の提案	24
4.2 システム概要	24
4.3 システム構成	25
4.4 設計	26
5 結論	30
5.1 まとめ	30
5.2 今後の課題	30
謝辞	32
参考文献	33

1 序論

本章では、研究の背景として廃棄物がもたらす影響や現状、また各国でのごみ問題への対策について説明する。その後研究の目的について述べ、最後に論文の構成について記述する。

1.1 背景

人類による急速な経済発展は我々の生活を豊かにするとともに、大量消費、大量生産、大量廃棄型の社会を構築してきた。

廃棄物の増加は、温室効果ガスの発生や土壌汚染といった地球環境の悪化や経済的な損失を生むとして、先進国を中心に以前から問題視されている。そうした中、多くの国では廃棄物の発生抑制や削減のために様々な対策を行っている。本節ではごみ問題に焦点を当て、ごみ問題の現状や、どのような対策が取られているのかについて述べる。

1.1.1 世界のごみ問題

大量の廃棄物は世界規模で問題視されている。そこで、本項では各国のごみ問題の現状と、どのような対策をしているのかを述べる。

1.1.1.1 世界のごみ問題の現状

国ごとに廃棄物の分類や定義、公表しているデータが一律ではないため、各国の廃棄物量を単純に比較することは難しい。しかし、吉澤・田中・Ashok(2004)の研究によると、一人当たりのGDPと一人当たりの都市ごみ排出量には相関関係があり[1]、先進国ほど多くのごみを排出しているとされる。また、発展途上国と呼ばれる国々も経済の発展や人口のさらなる増加によって、今後廃棄物量は益々増加していくと考えられている。

田中(2011)は、こうしたGDPとの相関関係を利用することで、2050年までの世界の廃棄物量の推移予測を計算して導き出した(Figure 1)[2]。それによると、2010年では約104.7億トンの廃棄物量が、2050年には約223.1億トンにも上るとされている。こうし

た廃棄物量の増加は地球環境や経済に大きな損失を与えるとして、先進国を中心に世界中の国々や様々な国際機関においてごみの削減や発生抑制の必要性が叫ばれている。

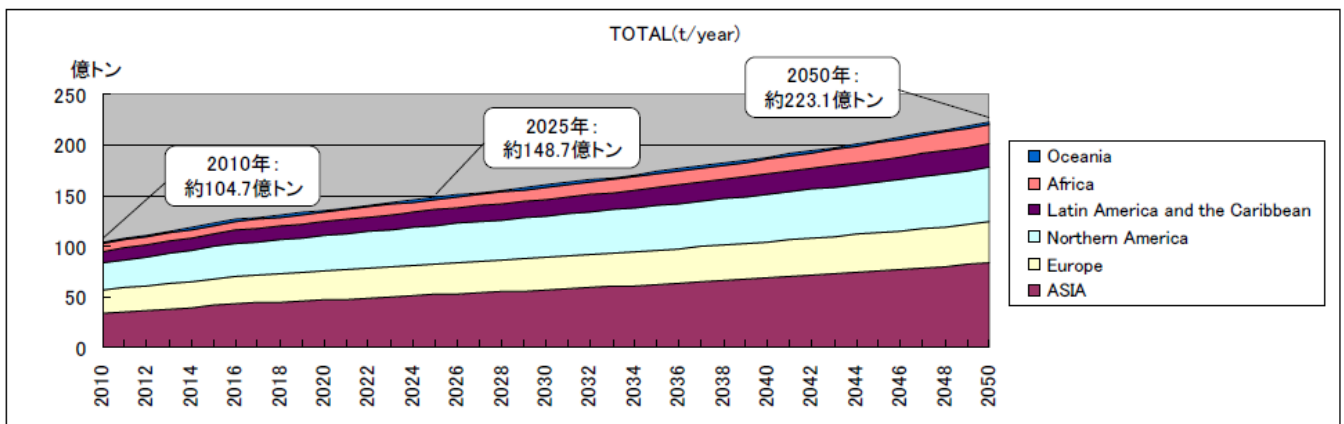


Figure1 世界の廃棄物量の推移（参考文献[2]より）

1.1.1.2 世界のごみ問題への対策

増え続ける廃棄物量に対し、様々な国や地域で対策が取られている。

特に欧州諸国では環境問題への意識が高く、廃棄物への対策にも積極的である。欧州連合（EU）では 1994 年に「包装廃棄物指令」が採択され、加盟国に対して包装廃棄物の発生を避けるよう求めた[3]。この包装廃棄物指令は廃棄物の多くを占める包装材を回収しリサイクルさせることで廃棄物の発生を抑えることを目的とした。

しばしば環境先進国として挙げられるドイツでは、「包装材リサイクル規制令」を受け、Dual System（デュアルシステム）と呼ばれる容器包装のリサイクルシステムを構築した。また、強制デポジット制の導入によりビンやペットボトルの再利用も多く行っている。

同じく EU の加盟国であるスウェーデンでは、廃棄物をエネルギーに変えることでごみ問題と向き合っている。株式会社アーシンによる『国内外における廃棄物処理技術調査業務』（平成 23 年 3 月）によると、2008 年時におけるスウェーデンの家庭ごみの処理は発生量 100% に対しリサイクル量が 35.0%、コンポスト量が 12.6% となっており、家庭ごみの 47.6% がリサイクル、あるいは堆肥等となっていることがわかる[4]。また、48.5% がエネルギー回収のための焼却に回されており、最終処分として埋め立てされる割合はわずか 3% 程度である。ただしスウェーデンの場合、ごみから電気等のエネルギーを生み出しているため、近年では国内のエネルギー必要量に対してごみの量が不足し始めている。その結果、他国からごみの輸入をする必要があるなど新たな問題も存在している[5]。

一方、消費大国として有名な米国は、広大な土地を利用して埋め立てを行うことで多くのごみを処分している。

廃棄物の処理が適正な手段であるか否かは兎も角として、どの国も独自の対策を行って

いる。それは土地や環境、歴史など、様々な面で状況が違うからである。そのため、例えば優れた廃棄システムであっても環境などの状況が違うことによって導入が困難であることも多い。ただし、一つ言えることは、『循環型の社会』を目指すことは各国の努力次第である程度までは可能だということである。このことは EU 主導の下、多くの加盟国が廃棄物を大幅に削減した例からも言えることである。よって、今後は世界規模で循環型の社会を目指し、各国がそれぞれ努力していく必要がある。

1.1.2 日本のごみ問題

我が国、日本においても毎年大量の廃棄物が発生し、環境破壊だけではなく最終処分場の残余問題など様々な問題が存在している。そこで本項では、日本のごみ問題の現状と、その対策について述べる。

1.1.2.1 日本のごみ問題の現状

日本は急速な発展により、世界でもトップクラスの経済大国となった。しかし華やかな経済発展の裏では大量生産、大量消費、大量廃棄というライフスタイルが定着し、廃棄物量の増加や、それに伴う環境破壊が深刻化している。そのため、1980 年代以降、循環型社会の構築に向けて法改正などが行われてきた[6]。こうした法改正や産業構造の変化があり、大幅な廃棄物量の増加傾向に歯止めはかかった。しかし、依然として高い排出量のままである(Figure 2)。

日本における廃棄物の定義は昭和 45 年(1970 年)12 月 25 日に制定された「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」においてなされた。それによると、大きく分類して産業廃棄物と一般廃棄物に分類される (Figure 3) [7]。産業廃棄物は事業活動によって生じた廃棄物であり、廃棄物処理法で規定された 20 種類の廃棄物をいう。一方、一般廃棄物は所謂家庭などから排出される廃棄物などで、定義としては産業廃棄物以外の廃棄物のことを一般廃棄物としている。環境省によると、平成 25 年度時点で日本では約 3 億 8470 万トンの産業廃棄物と、4487 万トンの一般廃棄物が排出されている [8][9]。

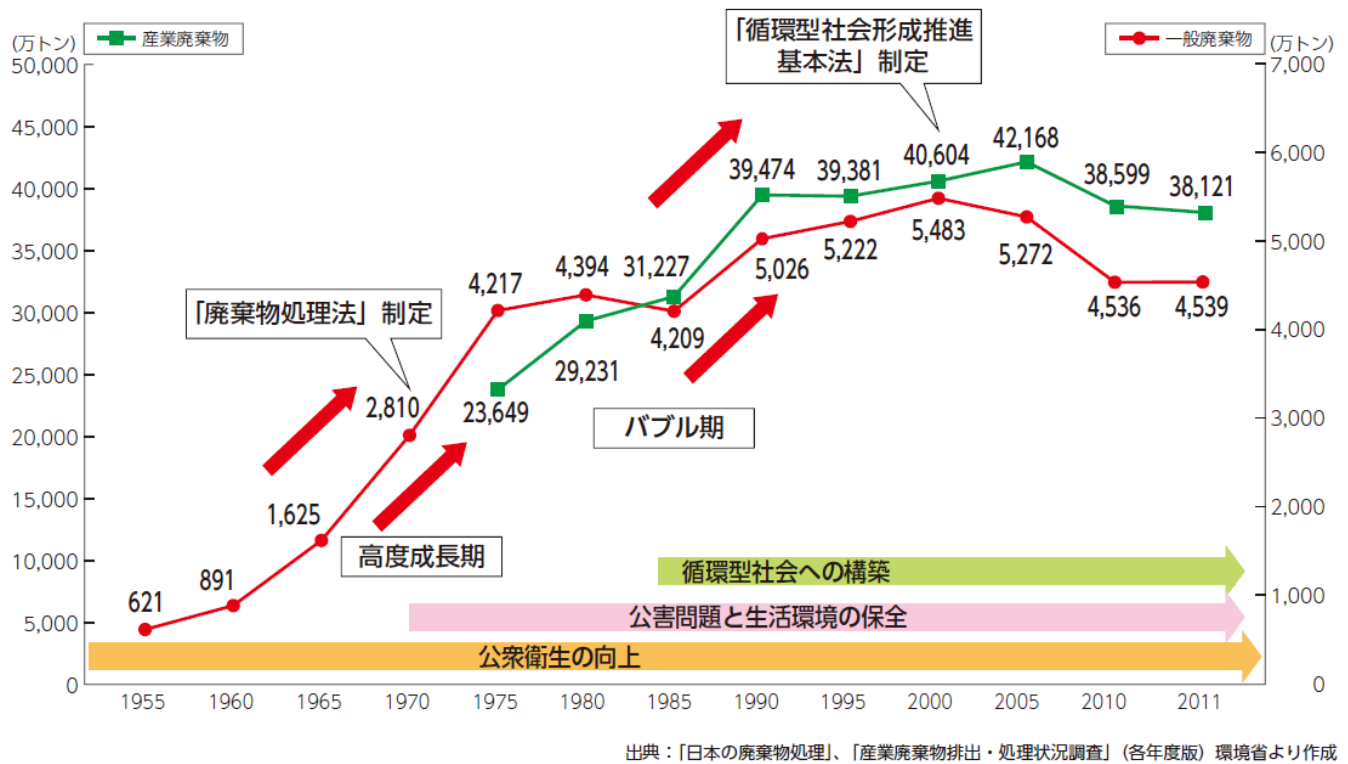


Figure2 廃棄物総排出量の推移（参考文献[6]より）

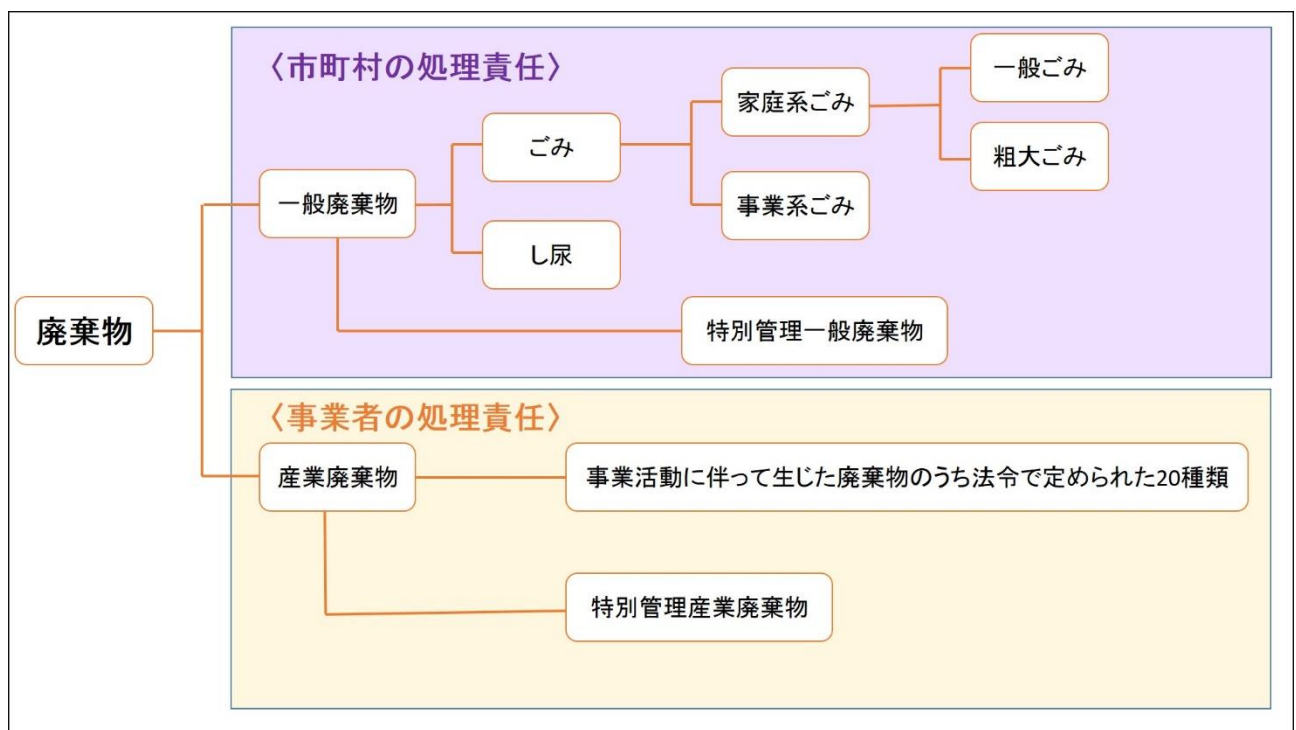


Figure3 廃棄物の分類（環境省、2016 を参考に作成）

1.1.2.2 日本のごみ問題の対策

日本ではごみの多くが焼却され、焼却によって生じた灰や燃え残りは最終処分場へと運ばれ埋め立てられている。しかし、日本は国土面積が狭く、最終処分場の残余年数が逼迫しているにも関わらず、新たな最終処分場用地の確保が難しいなどの問題がある[6]。そのため、循環型社会の形成を目指すべきだとして平成 12 年(2000 年)に「循環型社会形成推進基本法」(平成 12 年法律第 110 号)が公布された。

この法律では廃棄物処理の優先順位を決め、まず第 1 に「発生抑制 (リデュース)」、第 2 に「再使用 (リユース)」、第 3 に「再生利用 (リサイクル)」、第 4 に「熱回収」、そして第 5 に「適正処分」とした。

そうしたことから、現在の日本では 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) の推進、特に第 1 優先とされた廃棄物の発生を抑制 (Reduce) するための活動に力を入れている。環境省では廃棄物・リサイクル対策部が設置され、廃棄物等の発生抑制、循環資源のリユース・リサイクルなどに取り組んでいる。また、事業者や消費者向けに「3 R 行動見える化ツール」を無料公開し、誰でも簡単に自分の 3 R 行動の効果を実感できるようにするなど、実際に廃棄物を発生させている個人への支援も行っている [10]。一方、一般廃棄物の処理責任を負っている各市町村の自治体はごみ袋の有料化 (Figure 4) や、マイバッグ、マイボトル利用の呼びかけなどを行うことで廃棄物の発生抑制を促している。

こうした努力の結果、年々僅かずつではあるものの廃棄量は減っている。しかしながら、最終処分場の残余年数は依然として厳しい状態にある。他にも現在の問題として、焼却による温室効果ガスの排出やリサイクルにおける多額の費用負担なども挙げられる。こうした問題の根本的な解決を目指すためにもごみの更なる発生抑制が必要である。



Figure4 有料ゴミ袋(石川県能美市)

1.2 研究の目的

廃棄量の増加問題に対して、各国をはじめ日本でも様々な取り組みがなされている。しかし、世界的に今後益々の増加が見込まれ、先進国として現在多くの廃棄物を排出している日本でもより有効な解決策が求められる。

先述のように、現在の日本における廃棄量の削減実績は微々たるものである。そもそも「3R 行動の見える化ツール」やマイバッグ、マイボトルの利用はゴミ問題や環境問題に熱心な人には効果が見込めるが、無関心な人は問題意識が低いため、呼びかけを行っても効果は見込めない。また、ゴミ袋の有料化は家庭ゴミの削減に効果的だと言われている一方、徐々に廃棄量が元に戻ってしまう「リバウンド現象」の報告[11]もあり、経済的な負担を課すことで廃棄量を減少させる方法は根本的な解決にはなっていないと言える。

日本の場合、廃棄物は産業廃棄物と一般廃棄物に分類され、それぞれ処理責任は異なるが、ゴミを排出するのはいずれも人間である。そのため、日本で廃棄物の発生を抑制するには国民一人一人がゴミ問題を意識していく必要がある。筒井(2006)も今後の日本におけるゴミ問題への対策について、「リサイクル技術は確実に進歩している。そして、一人一人のゴミ問題への意識を高め、地域や自治体、県そして国といったようにすべての人がゴミ問題に取り組んでいくような社会にすることが求められる。」と述べており、一人一人の意

識を高めていく必要性を提唱している[12]。

以上のことを踏まえ、本研究ではごみ問題の根本的な解決に繋がる廃棄物の発生抑制に着目し、一人一人の意識を変えるために必要な要素、及び有効な手段を提案する。加えて、実際にシステムを設計することで実現可能な提案であることを示す。

1.3 論文の構成

本論文は全 5 章で構成する。

第 2 章では、廃棄量削減に関する関連研究について説明し、その後本研究の位置づけについて説明する。第 3 章では予備実験を行い、廃棄物の発生抑制を促す効果的な方法の確認を行う。第 4 章では、予備実験による結果と考察を踏まえ、スマートゴミ箱の提案と設計について述べる。最後に第 5 章で、本研究の総括を行い、今後の課題を述べる。

2 関連研究

廃棄物の発生を抑制するために一人一人の意識を高めていく必要がある。本章では、今まで廃棄物の発生抑制のためにどのような研究がされてきたのかを紹介し、その後、本研究の位置づけを記述する。

2.1 廃棄量削減に関する研究

個人レベルでの廃棄量削減を目的とした場合、対象は一般廃棄物となる。一般廃棄物は生活系ごみ(家庭のごみ)が最も高い割合で排出されており(Figure 5)、家庭ごみの削減や、削減における効果に関する研究は少なくない。特に家庭ごみの大半を占める生ごみ(燃えるごみ)に目を向けた研究は多い。

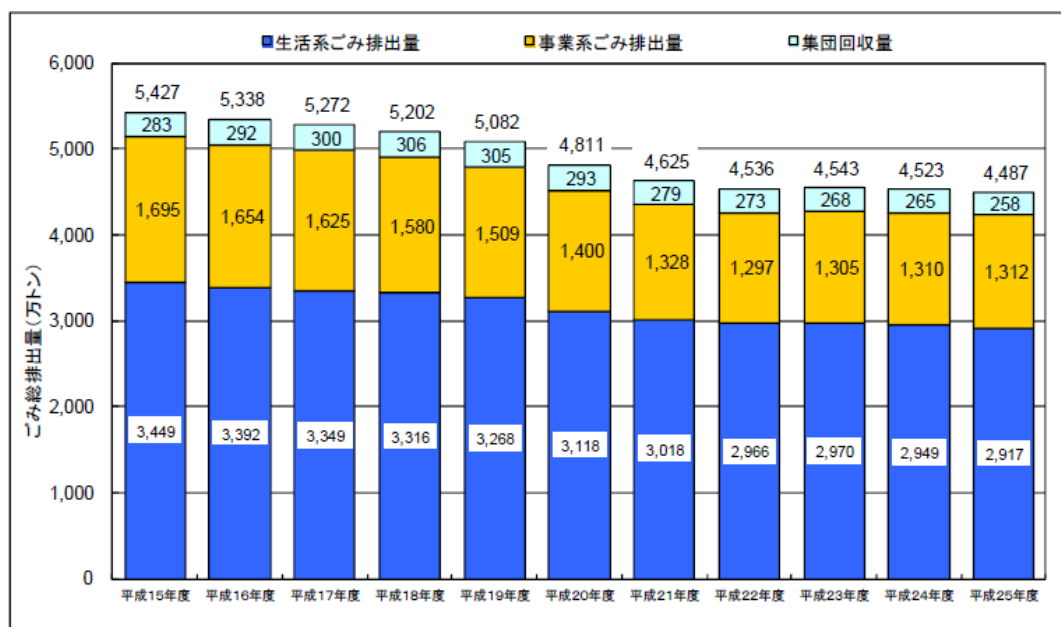


Figure5 生活系ごみと事業系ごみの排出量推移(参考文献[9]より)

長尾・喜多・松田・加藤・十河・三神(2008)はエコ・クッキング教育によって、電気・ガス・水・生ごみ量が減り CO₂ の削減に繋がったことを明らかにし、また、生ごみ量に関しては約 60%削減されたと報告している[13]。イギリスのデザイナー、Pakstait は購入した生鮮食品が温度や湿度などによって傷む速度が変わることに着目し、ゼラチンで作成した

バイオ反応食品ラベル (bio-reactive food label) を開発した[14]。このラベルは『BUMP MARK』と呼ばれ、生鮮食品と同じ速度で劣化することで凹凸が出現する。その凹凸の具合で生鮮食品の傷み具合がわかるというものである。この BUMP MARK により、今まで傷んでいると判断され、廃棄されていた食品ロスが削減されると期待されている。これらは何れも廃棄量を減らすための研究である。

一方、廃棄物の発生そのものの抑制させる研究も存在する。國分、鈴木(2015)は冷蔵庫内に WEB カメラを設置し、サーバに画像を送ることで、外出中でもスマートフォンから冷蔵庫内の食材を確認できるという食材管理システム econcie の開発を行った[15]。このシステムによって買い物時の買い過ぎを防ぎ、食品ロスの発生を防ぐことができる。また、加茂田・上田・船富・飯山・美濃(2012) [16]や松本・白井・島田(2009) [17]、山下(2013) [18]も同様の冷蔵庫管理システムに関する研究を行っている。これらは何れも食材を管理することで食品ロスなどの廃棄物発生を未然に防ぐことが期待できる。

以上の研究の位置づけを Figure 6 に示す。上述した廃棄量削減に関する研究は、個人で行うことができる廃棄量削減のための実践的な研究であるが、問題意識の薄い人は廃棄物に意識が向いておらず、これらシステム等を活用するとは考えにくい。そのため、まずは自発的な減量行動を促すための仕組みが必要である。

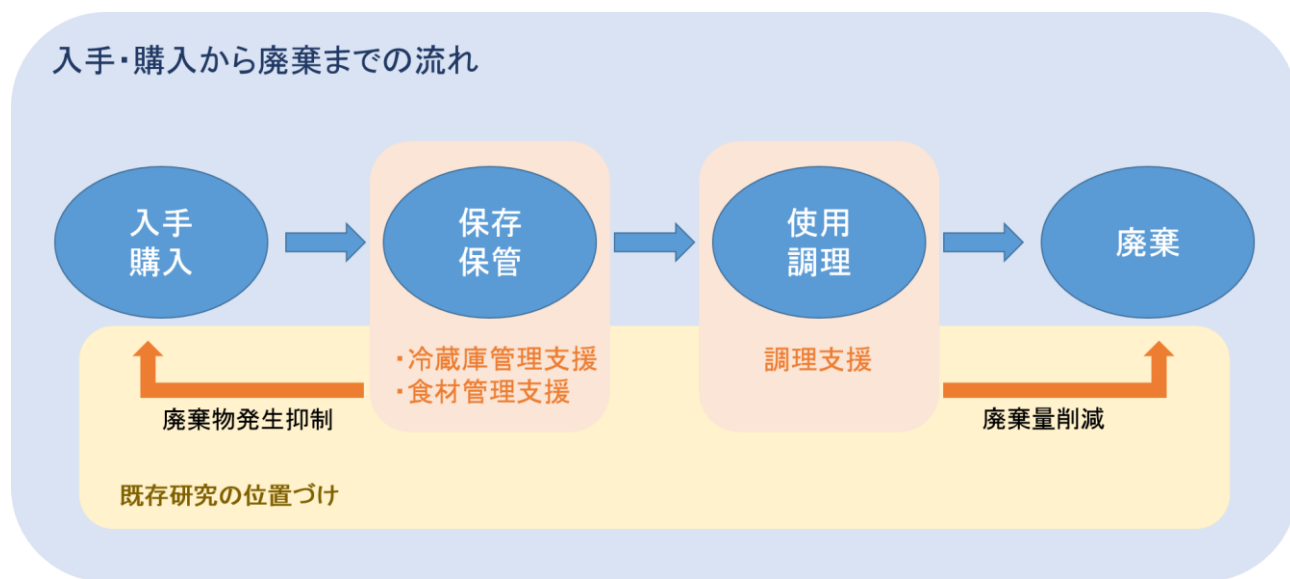


Figure6 入手・購入から廃棄までの流れと既存研究の位置づけ

2.2 スマートゴミ箱

近年 IoT としてスマートゴミ箱が注目されている。イギリスのロンドンでは、2012 年のロンドンオリンピック開催に向け、Renew 社の『bin』が設置された[19]。この『bin』には液晶ディスプレイが付いており、そこに企業の広告や公共情報が表示された。また、近くを歩いている通行人のスマートフォンから Mac アドレスを取得する機能も搭載されて

いた。しかし、それがプライバシーを侵害するとして 2013 年に運用停止命令をロンドン市から出され、今は Mac アドレスの収集は行っていない。

また、アメリカでは『Big Belly』というスマートゴミ箱が存在する[20](Figure 7)。このスマートゴミ箱はソーラーバッテリーで駆動し、廃棄物を圧縮するため収集効率がよい。また、廃棄物量を携帯の電波に信号として乗せ、ゴミ箱の管理者へ通知する機能を備えており、ほかの場所に設置された『Big Belly』と連携させることで、回収経路の短縮や人件費の削減など経済的なメリットを生み出すことを可能とした。

この Big Belly は日本でも導入されており、2016 年 1 月 21 日には東海大学に設置され、廃棄物の収集の効率化に関する実証実験が撫中らによって開始された[21]。

ほかにも、KDDI は廃棄物の収集日を管理し、曜日に応じて回収予定の廃棄物の種類をゴミ箱の LED とスマートフォンアプリで知らせる、『Dust bin』を 2015 年に発売した[22]。

以上のようにスマートゴミ箱は世界的に普及し始め、日本でも去年辺りから認知され始めている。ゴミ箱は廃棄という行為と直接的に関わっているため、廃棄に目を向けさせるためには効果的である。しかしながら、現状では廃棄量の削減を目的としたスマートゴミ箱はまだ確認されておらず、そうしたことを目的とした研究事例も筆者の知る限りほぼ存在しない。



Figure7 カリフォルニア大学サンタバーバラ校の Big Belly
(Bigbelly 社の HP より引用)

2.3 廃棄物発生抑制行動の心理的要因

廃棄物の増加は環境悪化を招く原因の一つであるため、廃棄物の削減は環境配慮行動と密接な関係にある。そのため、環境社会心理学の分野でもしばしば廃棄量削減の研究が行

われている。特に人間の行動原理や思考プロセスから環境配慮行動や廃棄物削減についてアプローチしており、ごみ問題を考える際によく見られる行動と態度の不一致について盛んに研究が行われている。

行動と態度の関係性については、合理的行動理論(Fishbein & Ajzen,1975[23])と計画的行動理論(Ajzen,1991[24])と呼ばれる理論がある(Figure 8)。

合理的行動理論によると個人の行動は、行動に対する態度と主観的規範によって「行動意図」が形成され、行動という行為が引き起こされるとしている。

計画的行動理論は合理的行動理論の拡張的な理論であり、個人の行動は、行動に対する態度と主観的規範に加え、知覚された行動統制可能性によって「行動意図」が形成されるとしている。また、行動統制可能性が直接実際の行動へと結びつくこともあるとされている。

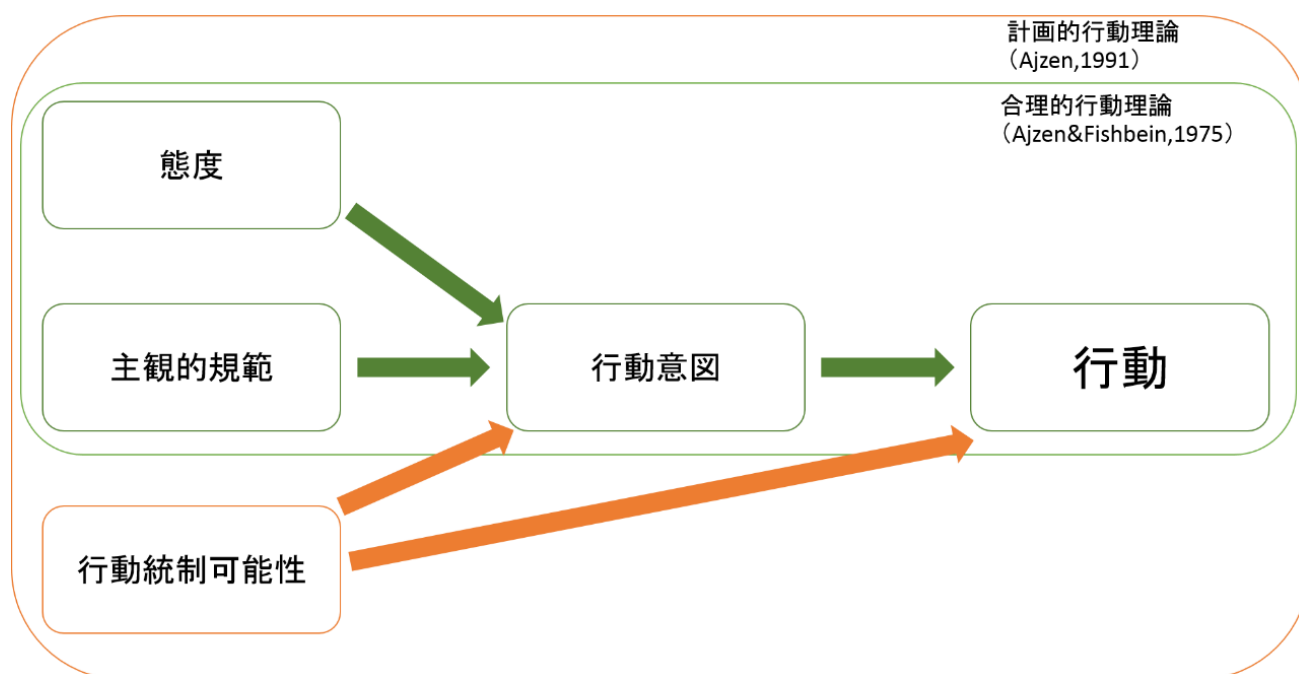


Figure8 合理的行動理論と計画的行動理論 (栗栖、2012 を参考に作成)

広瀬(1994)は計画的行動理論をベースに「環境配慮行動と規定因との要因連関モデル」(Figure 9)を提唱した[25]。このモデルでは環境配慮行動は「目標意図」と「行動意図」の二段階の意思決定があると仮定している。そして、目標意図は環境リスク認知、責任帰属の認知、対処有効性認知という三つの環境問題についての認知によって形成され、行動意図は実行可能性評価、便益・費用評価、社会規範評価の三つの環境配慮的行動の評価によって形成されるとしている。

さらに、栗栖(2012)は「環境配慮行動と規定因との要因連関モデル」を元に、目標意図を個人的規範と置き換えることで、「廃棄物発生抑制行動の規定因に関する仮説モデル」

(Figure 10)を提唱した[26]。また、同研究内で複数の廃棄物発生抑制行動の規定因に関する調査をしており、その結果、行動ごとに廃棄物発生抑制行動の規定因は異なる可能性はあるものの、「個人的規範を高めること、そのために責任帰属や対処有効性といった環境認知を高めることが重要であることは基本的に共通していると考えられる。」と述べており、仮説モデルの有用性を示した。

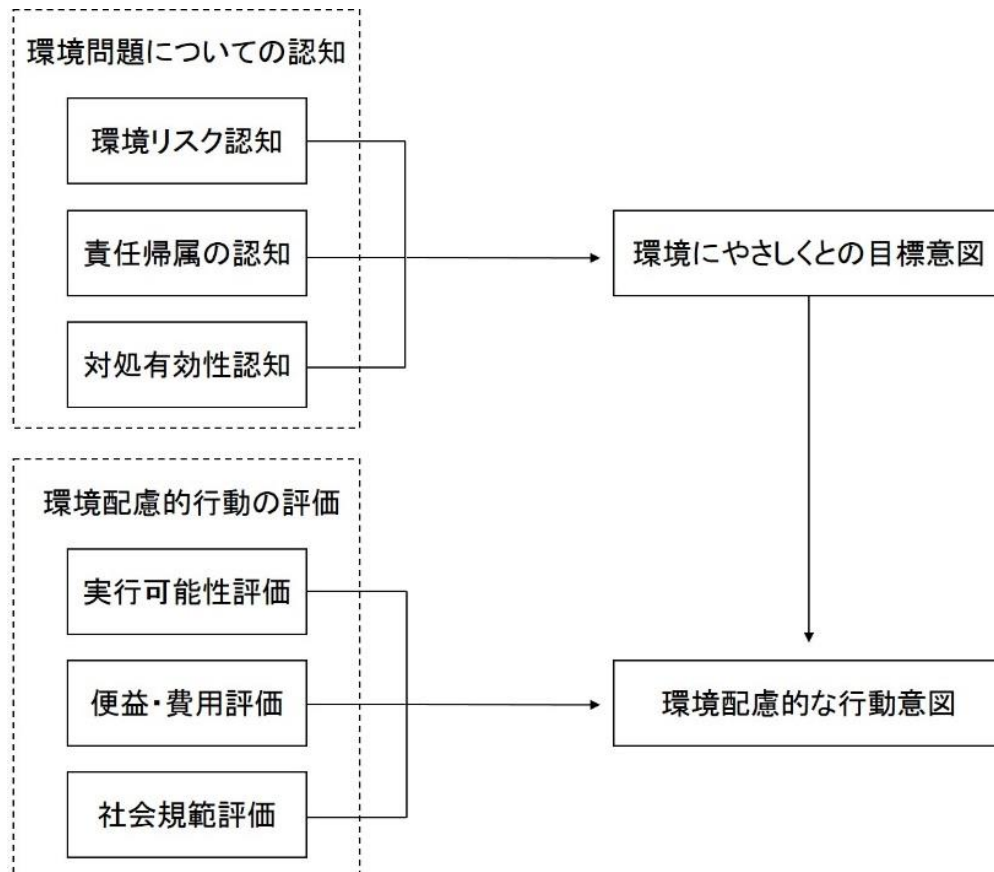


Figure9 環境配慮的行動と規定因との要因連関モデル(広瀬、1994 を参考に作成)

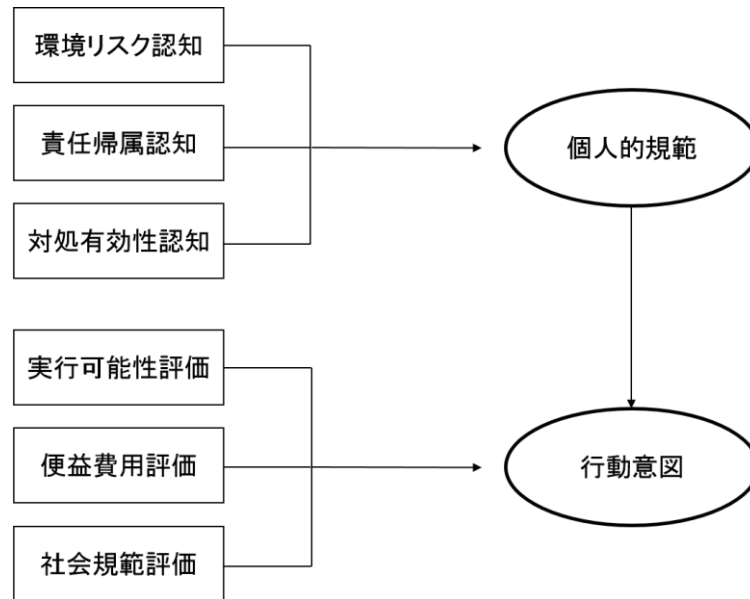


Figure10 廃棄物発生抑制行動の規定因に関する仮説モデル（栗栖、2012 を参考に作成）

2.4 本研究の位置づけ

既存研究では食材の管理支援を行うことで廃棄物の発生を事前に防ぐということを目的とした。しかし、それでは廃棄に意識が向かず、廃棄物を削減させるという目的意識の形成は期待できないのではないかと考えた。

そこで本研究では、廃棄段階に着目し、自身で発生させた廃棄物についての自覚を促すことで、廃棄に意識を向けさせる仕組みを提案する。廃棄に意識が向くことで、個人的規範の規定因となっているそれぞれの認知を想起させ、結果として一人一人の意識向上へと繋がると考えた。ただし、持続的なものでなければ、廃棄から意識は遠ざかってしまう。そこで、日常生活において廃棄と最も関連性のあるメディアといえるごみ箱に着目し、そこに IoT を活用することで、持続的に意識を廃棄へ向けさせる仕組みを実現する。

以上のことから、本研究では廃棄量を可視化するスマートゴミ箱を提案する。ごみは毎日発生するものではあるが、正確に自分がどのくらいの量を捨てているのかを把握している人はほぼいない。そのため廃棄量の可視化によって自分が廃棄物を発生させている実感と、正確な自分の廃棄量を知ることによって、廃棄へと意識を向けさせ、個人的規範の規定因である各認知を想起させることを期待する。本研究の位置づけを Figure 11 に示す。

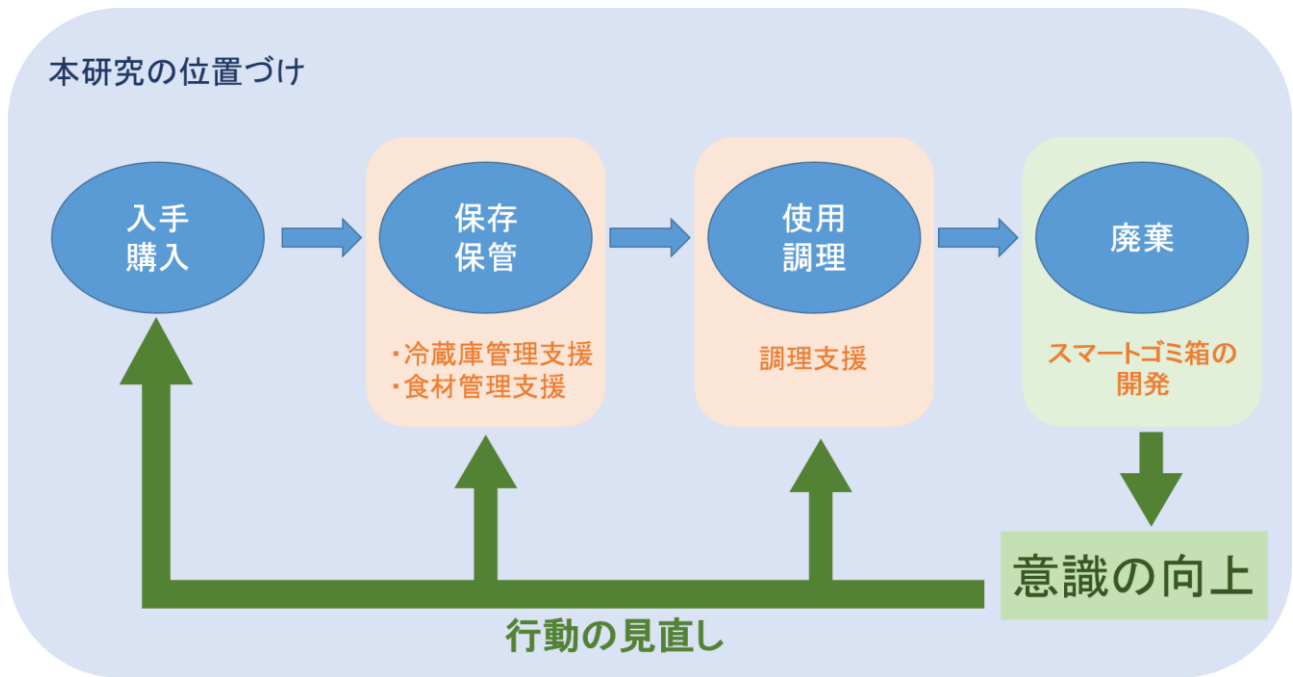


Figure11 本研究の位置づけ

3 予備実験

この章では、廃棄量の可視化による効果、及び可視化の効果的な手法に関する予備実験について言及する。まず実験の目的について述べ、その後どのような実験を行うのか概要を述べる。そして、実験の結果を示した後、最後に結果に対する考察を述べる。

3.1 実験の目的

廃棄量を可視化して提示することが、実際に個人的規範を高めることに繋がるのかについてはまだ明らかではない。また、どのような可視化がより効果的な方法であるのかも明らかになっていない。そこで予備実験を行い、実際に複数の被験者に対して廃棄量を提示する。そして、後日インタビューを行うことで廃棄量の可視化が与える影響と効果的な可視化方法について調査する。

3.2 実験概要

予備実験で行う実験の概要を廃棄量調査とインタビュー調査の二つに分けて述べる。

3.2.1 廃棄量調査

調査期間は1被験者につき2週間とする。調査においては、被験者に廃棄量の可視化を通じて、いつ、何を捨てているのかなどといった自分の廃棄行動を認識してもらう必要がある。人間は一定の区切りにより反復性のある生活を送っており、ごみの収集所への廃棄は毎日行うものではないことから、週というサイクルが調査可能な最低限の単位であると考えられる。また、行動の変化を調査するためには、そのサイクルが複数回発生する必要がある。一方で、長期の調査は被験者の心理的な負担になってしまうことが考えられる。上記を踏まえ、2週間という期間を設定した。

また、本実験では自治体によるごみの分別ルール等の違いを考慮し、被験者は同地域で募ることとする。そのことから地域は本学のある石川県能美市とした。能美市の可燃ごみ収集日は水曜日と土曜日なので、ごみの回収はそれぞれの前日である火曜日と金曜日の週

2 回行い廃棄量の測定をする。測定した廃棄量に関しては、google ドライブを利用し (Figure 12)、測定した値を入力した後、各被験者に対しメールで URL を送付し、廃棄量を確認するよう指示を出す。その他、各条件については下記の通りである。

- ・被験者の条件について

対象とする世帯に関して、家庭ごみのごみ排出原単位 (g/人日) は一般世帯 (2 人以上の世帯) よりも単身世帯の方が多いため[27]、一般世帯よりも単身世帯の方が廃棄量の可視化による意識の変化が顕著にみられると予想し、今回の調査では単身世帯を対象とする。

また年齢層に関して、浅利 (2011) はごみ問題や 3R 配慮行動に関するアンケート調査から、学生(高校生、大学生、大学院生)はごみ問題や 3R 配慮行動に関する意識・行動レベルが低いということを明らかにした[28]。そこで、今回の廃棄量調査では学生を対象とする。

- ・提示方法について

今回の予備実験では、内省を促すための情報として、廃棄量の「重量」に注目する。「重量」は自分の廃棄量を数値として具体的に把握でき、数値の増減によって自分が何をどのくらい廃棄したのかを知ることが非常に明確となる。そのことによって、自分の廃棄物が増加した際に、内省してくれることを期待した。

ただし、重量のみの提示が最善な可視化方法であるとは言い難い。そこで、効果的な廃棄量の提示方法を調査するため、以下の 3 つの被験者のグループを用意した。

- ① 個人の廃棄物の重量を提示するグループ
- ② 個人の廃棄物の重量と全被験者の廃棄物の重量の平均を提示するグループ
- ③ 個人の廃棄物の重量と廃棄物の写真を提示するグループ

①の個人の廃棄物の重量を提示することに関して、個人の廃棄物の重量のみを提示した場合、比較基準となるものは自分の廃棄量のみである。よって、今までの自分の廃棄量より多いか少ないかが内省のための判断材料となる。

②の個人の廃棄物の重量と全被験者の廃棄物の重量の平均を提示することに関しては、他者の廃棄量が比較基準となるので、自分の出すごみが他者より多いか少ないかが内省のための判断材料となる。①と違い、今までのごみの出し方を見直すきっかけとなることが期待される。ただしここでの提示はあくまで平均値のみであり、被験者個々人の廃棄量を伝えるようなことはしない。このことは、自分の廃棄量も他人に見られていると思わせないようするためである。自分の廃棄量が他人に見られていると思わせた場合、個人的規範ではなく社会的規範への影響が考えられてしまうことへの考慮である。

③の個人の廃棄量の重量と廃棄物の写真を提示するグループでは、廃棄物の重量に加えて写真を提示することで、廃棄物の重量が増した時に何が重かったのかを写真で振り返ることができる。このことによって、自分の廃棄物発生の問題点を、自分自身で気づくことが期待できる。ただし、②と同様、他人の目を意識すると別の廃棄物発生抑制行動の規定

因に影響を与えるため、写真を見るタイミングのみ指示し、こちらでは撮影した写真の一切を管理しないこととした。また、写真を撮らせる行為も被験者にとっては面倒な行為であり、実行可能性評価などに影響を与えることが危惧される。よって写真はスマートフォンのアプリを利用し、一定間隔で自動撮影を行うようにした。

・廃棄物について

一般家庭で排出量の割合が最も高い燃えるごみを対象とする。ごみ袋は実験実施者が用意し、被験者には廃棄物の回収後、新たに用意したごみ袋を配布する。また、ごみ袋はプライバシー等を考慮し、能美市指定のごみ袋（大）を黒いごみ袋で覆ったものを用意した (Figure 13)。

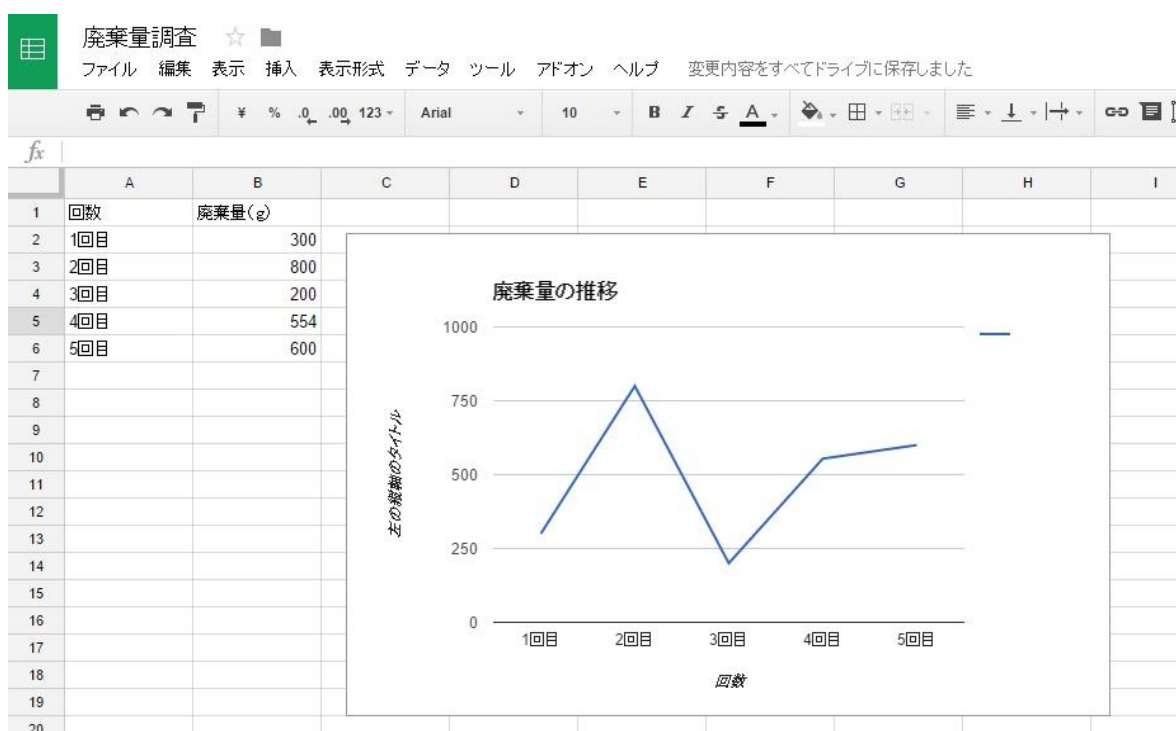


Figure12 被験者に提示した Google Drive の画面



Figure13 被験者に配布したごみ袋

3.2.2 インタビュー

予備実験で行う廃棄量調査から、およそ一週間後を目処にインタビュー（定性調査）を行い、廃棄量の可視化によってどのように意識の変化があったのかを聞き出し、分析する。廃棄量調査終了から一週間の期間を開けたのは、一旦今まで通りの生活に戻り、実験中との違いを被験者により感じてもらいやすくするためである。

3.3 結果

被験者は北陸先端科学技術大学院大学の学生 15 人（いずれも 20 代）の協力を得ることができた。グループ分けは、

個人の廃棄物の重量を提示するグループ（6 人）

個人の廃棄物の重量と全被験者の廃棄物の重量の平均を提示するグループ（6人）

個人の廃棄物の重量と廃棄物の写真を提示するグループ（3人）

とした。その中で、個人の廃棄物の重量と廃棄物の写真を提示するグループについては、写真による振り返りが廃棄量を視覚的に認識させるという点において、今回着目することとした廃棄量の『重量』に関連した提示とは大きく異なっているため、他の2グループよりも少ない人数からでも変化がわかりやすいと考え3名とした。

調査は当初2週間、週2回(全4回)の回収を予定していたが、人によって始日が若干ずれ、平均値がうまく取れなかったため、1回目の回収日を始日として、平均値を提示するグループには2回目から平均値の提示を行った。その関係から回収は全5回となった。各被験者の廃棄量の推移に関しては、それぞれグループごとに Figure 14、Figure 15、Figure 16 に示す。

測定にはキッチンスケールを使用し、1gの精度で行った。また、回収したごみの測定は先述のようにゴミ袋に入れた状態で行うが、ゴミ袋は型崩れが起きやすいことから、キッチンスケールの積載可能面積を超過するケースが発生しうる。この状態になるとゴミ袋の一部がスケールではなく地面に接地するなど、測定に誤差が生じる可能性がある。そのため、段ボールをスケールの上に配置してトレイとして用いることで、ごみの自重がすべてスケールにかかるようにする。その際、段ボールの重さをスケールでの測定値から減算することにより、ごみ自体の重量を算出する(Figure 17)。

また、インタビューでは主に、実験を通じて感じたことや気づいたこと、変わったことなどを自由に語ってもらった。

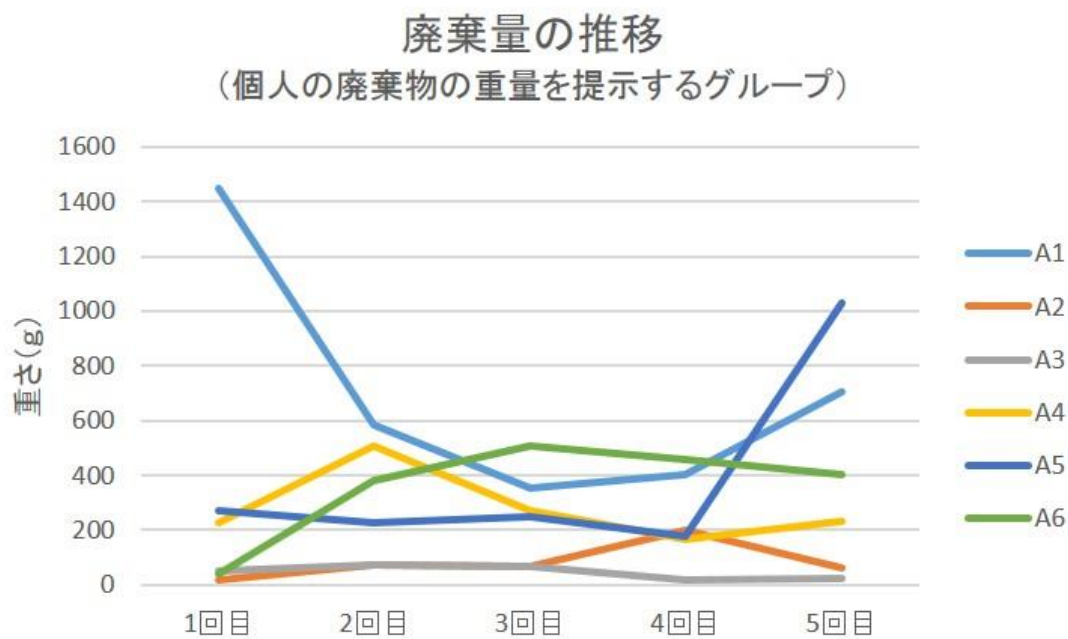


Figure14 各被験者の廃棄量の推移 A

※アルファベットは各グループを表し、数字は被験者を示す

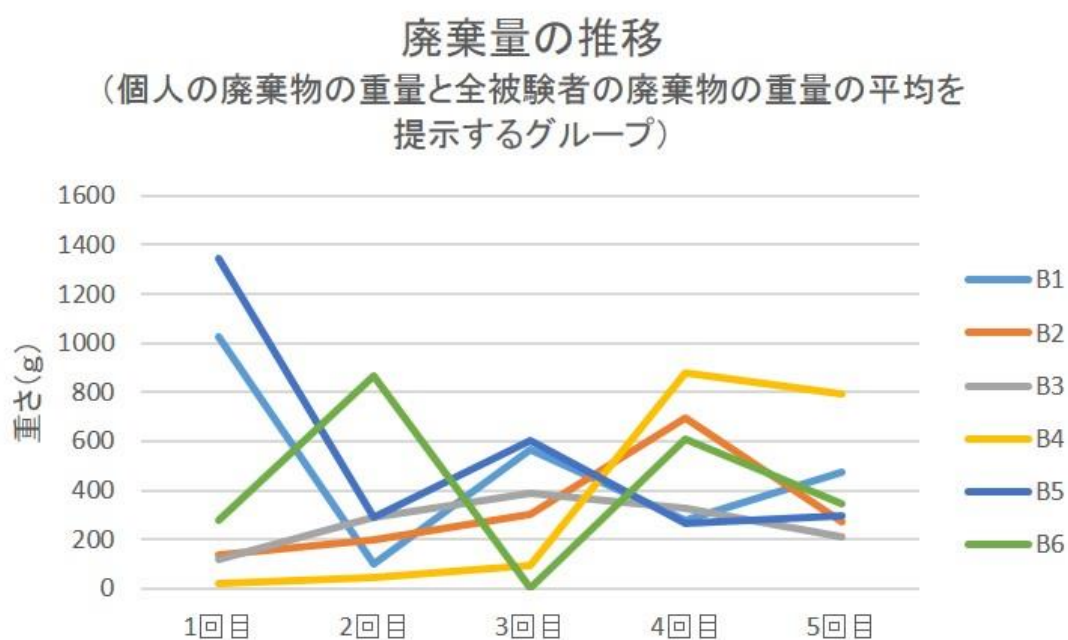


Figure15 各被験者の廃棄量の推移 B

※アルファベットは各グループを表し、数字は被験者を示す

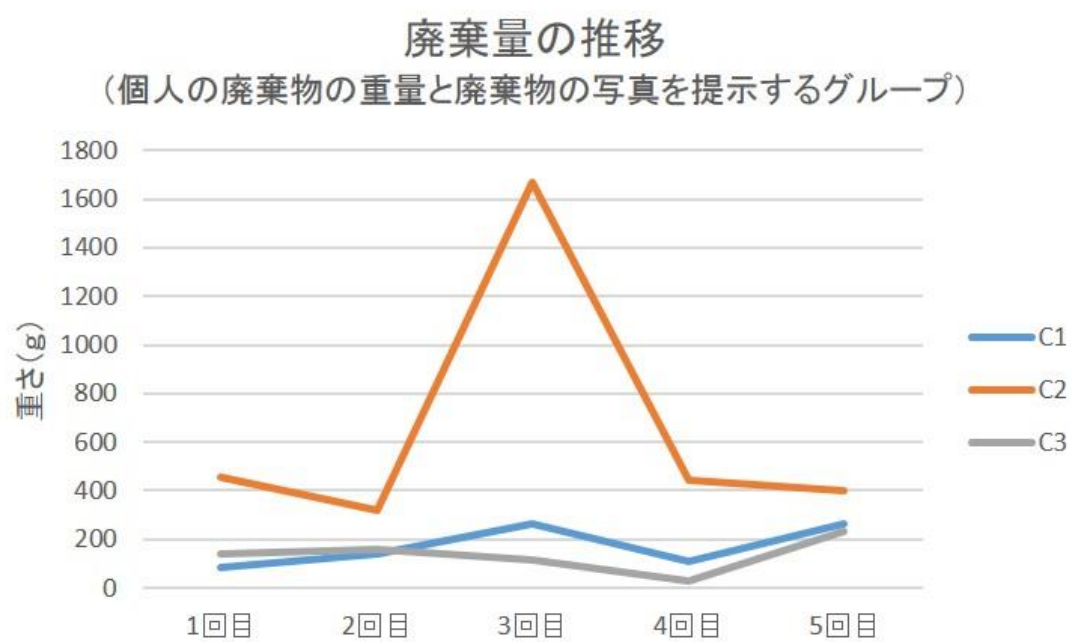


Figure16 各被験者の廃棄量の推移 C

※アルファベットは各グループを表し、数字は被験者を示す



Figure17 計測の様子

3.4 考察

インタビュー調査で得られた意見を元にグループごとの傾向と考察を行った。

●個人の廃棄物の重量を提示するグループ

「ごみの重さを知ったところで何かが変わるということは特にない」という意見が多かった。だが、「ほかの人がどのくらい出しているのかが気になる」や、「ほかの人よりも多かつたら恥ずかしい」、「ほかの人よりも多かつたら減らそうと思うかもしれない」など、廃棄量に関して他人との比較を望む意見は多かった。

また、「その日の気温によってごみの量が変わっていた（寒い日は量が多かった）」、「自炊するかしないかでだいぶごみの量が違う」、「食事のごみがほぼでなかったが、自分は自炊をほとんどしていないことに気が付いた」、「自分は空き箱のごみが多かった」など、廃棄量の重量を知ることによって自分なりに重さに関する分析や、生活を振り返る人が多かった。

●個人の廃棄物の重量と全被験者の廃棄物の重量の平均を提示するグループ

被験者 6 人全員から「平均より重いか少ないかは気になった」という意見が得られた。また、その中でも、平均より重かった人は「平均を超過したときに平均より下にしよう意識した」、「ほかの人の平均値と自分のごみの重さを比べて若干反省した」、「うしろめたいと感じた」など、内省へと繋がる意識があった。このことから、廃棄物に目を向けさせるということにおいて、平均値を提示する方法は効果的であり、また内省へも繋がるきっかけとなることがわかった。

●個人の廃棄物の重量と廃棄物の写真を提示するグループ

全員が「写真を見ても何も思わなかった」という意見だった。また、今回は写真を上から撮ったこともあり、「写真でみたときのほうが少なく見えた」という意見もあった。廃棄物の内容は覚えていることが多く、写真を見たからといって自分が何を捨てたのかを再認識することにそれほどメリットがあったようには感じられなかった。さらに、「写真を見るのが面倒だった。」という意見を 3 人中 2 人が言っており、負担が大きくなるというデメリットがあった。これらの意見を踏まえ、写真は廃棄物に目を向けさせる方法としてあまり有効ではないと結論付けた。

また、廃棄量を知ることに関しては『個人の重量を提示するグループ』と同様に、「自分の量だけ知っても何も感じなかった」という意見があり、「ほかの人がどのくらい出してい

るのか知りたい」というように他人との比較を求める声があった。また、「実験中のごみの量のグラフを追うのが楽しく、ごみに興味（どうなると重くなって、どうすれば軽くなるのかについて）を持ってしまった」や、「実験中は重さを気にしていたので、なんらかの意識変化があったと思う」というように廃棄量を把握できる環境にあると意識が廃棄物に向くことがわかった。

予備実験では、いずれのグループでも自分の廃棄物の内容について言及しており、廃棄量の重量を提示することで、今までの生活態度やごみの捨て方などについて振り返り、様々な気づきが得られることがわかった。廃棄量の重量の可視化だけでは直接的に廃棄物発生抑制行動へは結びつかない被験者も多かったが、ほとんどの被験者が今までは興味、関心のなかった廃棄物に対して意識が向くようになったことが明らかとなった。

また、今回の提示方法において、廃棄量を数値だけではなくグラフ化することによって廃棄量の増減がよりわかりやすくなり、また、「グラフを追うのが楽しく、ごみに興味を持ってしまった」という意見からもわかるとおり、より廃棄物への興味・関心を引き付けられる可能性も示唆された。

さらに、他の被験者の平均値を提示することによって、より廃棄物や廃棄量に意識が向き、他人より廃棄量が多いときにはうしろめたさを感じる他、反省したと言う被験者もあり、内省へのきっかけとなることも明らかになった。

ただし、廃棄物の写真に関しては、そこから得られる気づきや、意識を向けるなどの効果は確認できず、効果的な廃棄量の可視化とは言えないと結論付けた。

他に、今回週2回の計測を行ったが、そのことに関して「今までは、なんとなくごみ袋がいっぱいになったときに、ごみステーションにごみを持って行っていたが、今回の実験によって自分が今までにどのくらいの周期でごみ袋をいっぱいにしていたのかがわかった。今後は節約も兼ねてごみの量を減らしたい」という、ごみ出しまでの周期に関する意見も複数人から寄せられた。加えて、経済面での指摘も多く、「自分は（金銭的な）見返りを求めることで行動する」や、「自分にとってどのくらいコスト優位があるのかがわかると、行動が変わると思う」、「ごみには興味はないが、健康とお金には興味がある」などの意見が得られた。今回の予備実験ではごみ出しの周期や経済的なメリットに関しては考慮に入れていなかったため、こうしたことに関する意見も今後の参考にしたい。特に金銭に関しては、われわれの生活にとって最も身近なもののひとつであるため、金銭による情報提供は廃棄物に目を向けるために有効な手段であると考えられる。

4 スマートゴミ箱の開発

この章ではスマートゴミ箱の開発について述べる。まず、どのようなスマートゴミ箱にするのかについて、予備実験で明らかにした必要な要素を基に提案する。次にシステムの概要について述べ、その後システムの構成で、スマートゴミ箱の開発に必要な構成要素を示す。最後に、設計したプロトタイプについて述べる。

4.1 スマートゴミ箱の提案

予備実験によって、廃棄量に意識が向くための条件として効果的だった要素は以下であることが明らかとなった。

- ・ 廃棄量の重量提示
- ・ 廃棄量の重量のグラフ化
- ・ 参加者の平均値

また、写真を提示したグループでは、被験者にとって手間となる要素は面倒だという意見があった。手間による面倒くさは計画的行動理論に基づくと行動統制可能性の阻害要因として考えられる。当然ながら本システムは利用してもらうことが前提のシステムであるため、参入障壁を低くすべきである。よって、極力利用者にとって手間にならないようなシステムを開発することとした。

加えて、ごみ袋がいっぱいになるまでの個人の廃棄周期と廃棄にかかる税金額がわかるような要素も追加したい。

そこで、廃棄量に意識が向くための条件として効果的だった上述の要素を満たし、かつ日常生活に溶け込むものとしてスマートゴミ箱の開発を提案する。

4.2 システム概要

本システムは廃棄量の可視化を目的としたスマートゴミ箱システムである。本システムに必要な要素は、なるべくユーザに負担を要さない、廃棄したものの重量がすぐに確認可能、廃棄量の推移が確認可能、他ユーザの平均値が確認可能、個人の廃棄周期が確認可能、金銭的なメリットの 6 要素である。このうち、ユーザに提示する情報に関する部分は、廃

棄したものの重量がすぐに確認可能、廃棄量の推移が確認可能、他ユーザの平均値が確認可能、個人の廃棄周期が確認可能、金銭的なメリットの 5 要素である。これら 5 要素を満たす情報提示の方法として、

- ①廃棄物重量のリアルタイム提示
- ②廃棄物重量の 1 時間おきのグラフ
- ③廃棄物重量の 1 日おきのグラフ
- ④廃棄物重量に対応した処理にかかる税金額

を設定した。

①に関しては、廃棄物の重量をリアルタイムでセンシングし、数値としてユーザに提示する。これは廃棄したものの重量がすぐに確認可能という要素を満たすための提示方法である。

②に関しては、1 時間おきの廃棄量の重量をセンシングし、グラフに書き込んでユーザに提示する。また、グラフには個人のもものと、他のユーザの平均値を計算したものを書き込むものとする。これは廃棄量の推移が確認可能、他ユーザの平均値が確認可能の 2 要素を満たすための提示方法である。また、個人の廃棄量の推移と他ユーザの平均値を同グラフ内に表示させることで、自分の廃棄量と他ユーザの平均値との差異を視覚的に把握させる。

③に関しては、1 日おきの廃棄量の重量をセンシングし、グラフに書き込んでユーザに提示する。これは個人の廃棄周期が確認可能の要素を満たすための提示方法である。

④に関しては、廃棄物の重量をリアルタイムでセンシングし、廃棄物量に対応した処理にかかる税金額をユーザに提示する。これは、金銭的なメリットという要素を満たすための提示方法である。

これら①～④の提示を、ユーザが廃棄物をごみ箱に入れる際に行うことで、システムに必要な 6 要素の『なるべくユーザに負担を要さない』を満たすこととする。

4.3 システム構成

本システムは大きく分けてハード部とソフト部に分けて構成される。それぞれのシステムは次のように構成する。

●ハード部

ハード部は主にハードウェアに関する部分を担当する。必要な要素は、

1. ユーザに情報を提示するためのディスプレイ
2. 重量をセンシングするセンサ

3. 廃棄物を入れるごみ箱

となる。

また、上記要素を満たすためのハードウェアは以下とし、これらで構成することとした。

- ・ごみ箱
- ・デジタルスケール
- ・Arduino UNO
- ・Surface pro 3
- ・電源ケーブル
- ・USB ケーブル

●ソフト部

ソフト部は主にシステムを実装するためのソフトウェアに関する部分を担当する。本システムの実装は Arduino と Processing で行う。

・Arduino

Arduino ではセンサから値を受け取り、SurfacePro3 へ渡すという単純なデータのやりとりを行う。

・Processing

Processing では情報を提示するための UI の描画と、Arduino から送られてきた値の数値変換を行う。

4.4 設計

提案したシステムが実現可能なシステムであるのか、実際にプロトタイプを設計することで明らかにする。

・重量のセンシング

デジタルスケールはドリテック社の KS-274（最小表示 1 g、計量範囲 0 ～2000 g）を使用した。デジタルスケール内のひずみゲージから Arduino を利用して値を取得しようと試みたが、値が小さく、うまく取得できなかった。そのため、オペアンプ（LT1167CNB）で取得した値を増幅させた(Figure 18)。その後、Arduino 側で確認したところ、値の取得に成功した。

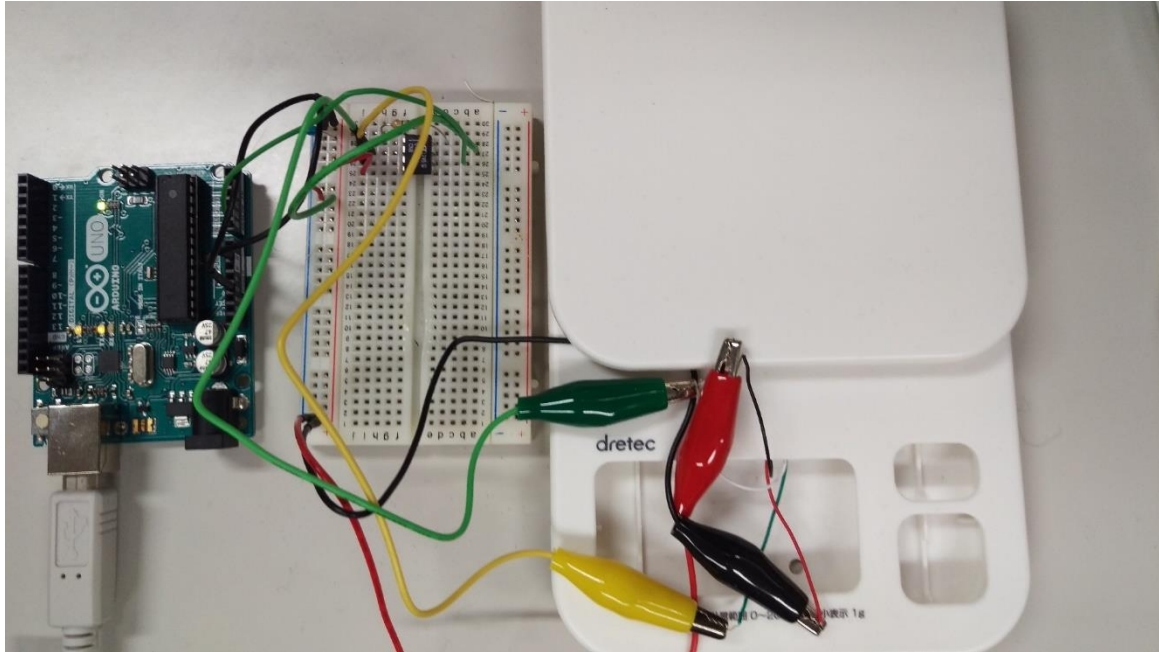


Figure18 設計した回路（オペアンプでの値増幅後）

・ 数値データへの変換

ひずみゲージから送られてくる値は金属の抵抗値であるため、重量の数値に変換する必要がある。今回は水の重さともう一台のデジタルスケールを利用して、0 g から 2000 g までの重量をひずみゲージから取得した値にマッピングした。また、ひずみゲージから取得した値が非線形であったため、マッピングは 100 g 単位で行った(Figure 19)。

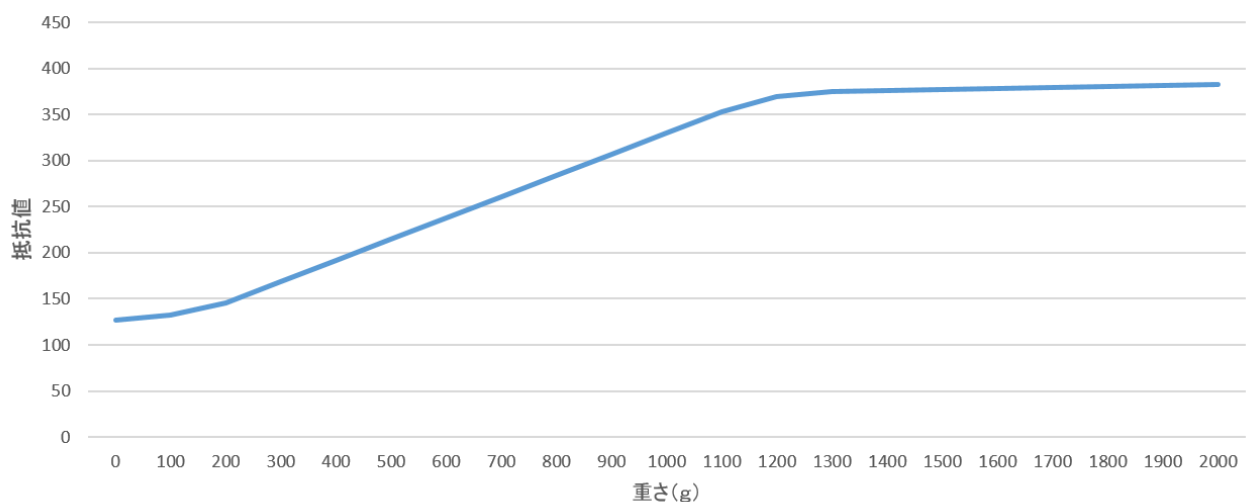


Figure19 抵抗値と重量のマッピング

・情報の提示

提示する情報は、①廃棄物重量のリアルタイム提示、②廃棄物量の1時間おきのグラフ、③廃棄物量の1日おきのグラフ、④廃棄物量に対応した処理にかかる税金額の4つだが、ユーザに負担とならないように考慮した結果、これら情報は切り替えを行うことなく、一画面にすべて収めることにした。

①の廃棄物重量のリアルタイム提示はセンシングし、重量データへと変換した値をそのまま反映させることにした。

②の廃棄物量の1時間おきのグラフは、一時間おきに重量をセンシングし、センシングした時点の重量値をグラフへと反映させることとした。X軸は時間（0時～23時まで）、Y軸は重量（0g～2000g）とする。

③の廃棄物量の1日おきのグラフは、日付の変更時に重量をセンシングし、センシングした時点の重量値をグラフへと反映させることとした。X軸は日にち（1日～30日まで）、Y軸は重量（0g～2000g）とする。

④の廃棄物量に対応した処理にかかる税金額は環境省の『一般廃棄物の排出及び処理状況（平成25年度）について』[8]内の一人当たりのごみ処理事業経費14,600円/年と1年間の一人当たりの排出量349920gから1g当たりのごみ処理経費を算出したものを、リアルタイムでセンシングした重量に割り当てて提示する。

以上の条件を基に作成したUIをFigure 20に示す。



Figure20 UI

各設計を基にスマートゴミ箱システムのプロトタイプを設計した(Figure21)。



Figure21 作成したスマートゴミ箱のプロトタイプ

5 結論

本章では、本研究の全体的な総括を行う。まず本研究の全体的なまとめについて述べ、その後、本研究の今後の展望について、今後の課題として述べる。

5.1 まとめ

本研究ではごみ問題の根本的な解決に繋がる廃棄物の発生抑制に着目し、一人一人の意識を変えることを目的とした。そしてそのために必要な要素、及び有効な手段について提案し、その提案を基に実際にシステムを設計することで実現可能な提案であることを明らかにした。

はじめに、一人一人がごみ問題への意識を高めていくことが、今後日本のごみ問題を考えていく上で必要だとされていることを述べ、その上で、既存研究では廃棄物の発生抑制を目的としていながらも、廃棄物に意識が向くような仕掛けがないという問題点を挙げ、まずは廃棄物に意識を向けさせることが必要だとした。

また、スマートゴミ箱は、廃棄物に意識を向けさせるためには効果的であるが、個人レベルでの廃棄物の発生抑制を目指した事例は皆無に等しいことを指摘し、廃棄物の発生を抑制するために廃棄量を可視化するスマートゴミ箱の提案をした。

提案したスマートゴミ箱には、廃棄量を可視化させることによって一人一人の意識が高まると期待し、実際に意識に変化が起こるのかの確認と、効果的な可視化方法を確認するために、予備実験を行った。予備実験では約 2 週間にわたって被験者 15 名に対して可視化した廃棄量を提示し、その後のインタビュー調査を通じて、可視化による意識の変化や効果的な可視化について調査を行った。その結果から、一人一人の意識を変えるためには廃棄量の重量提示、廃棄量の重量のグラフ化、参加者の平均値に加え、個人の廃棄周期と金銭的メリットの提示が必要であることがわかった。

最後に、予備実験で明らかとなった、意識を変えるための要素を基にスマートゴミ箱システムのプロトタイプを作成することで、提案が実装可能なものであることを示した。

5.2 今後の課題

本研究では廃棄物発生抑制行動の前段階として、廃棄段階からのアプローチによる個人的規範の高まりを目的とした要素、及び手段を提案し、プロトタイプの設計までを行った。しかし、実際に提案したスマートゴミ箱を利用することで廃棄物発生抑制行動にまで至る

のかは確認できていない。廃棄物発生抑制行動を確認するには時期や環境に影響されない、長期的な観測と追跡調査を要するため、そのことを今後の課題としたい。

また、本システムは燃えるごみを対象とした家庭用のスマートゴミ箱であるが、実際の家庭では燃えないごみや、プラスチック、缶やペットボトルなど、非常に多岐にわたる廃棄物が発生する。それらについても今後考慮しなければならず、システムの改良を通じて、循環型社会への促進を目指していきたい。

さらに、本システムのプロトタイプ設計において、ひずみゲージを利用した重量のセンシングを行ったが、取得した値にばらつきがあり、満足するほどの精度は得られなかった。加えて、プロトタイプでは上限を 2000 g としたが、大きめのごみ袋(45L)を利用した場合、満杯になるまでにおおよそ 8.5kg になることもあり、より重い重量をセンシングできる必要がある。これらも今後の課題とする。

謝辞

本研究を進めるにあたり、終始適切な助言を賜り、また数多くのご指導をしてくださった主指導教員である宮田一乗教授に深く感謝する。日頃より研究だけではなく、公私ともに沢山の助言をいただき、時に熱い議論に付き合ってくださった浦正広助教に深く感謝する。

一年時に行った VR 作品の制作では、木田将博氏、**Matthieu Tessier** 氏には多大な貢献をしていただいた。この制作活動を通じて、本研究にも活かせる技術や精神面での大きな成長が得られた。ここで、綿あめアニマルの制作メンバー各位に心より感謝する。

宮田研究室の各位には、日頃より沢山の助言をいただいた。不慣れなプログラミングで途方に暮れていた際に適切な助言をしてくださった北直樹研究員に深く感謝する。また、研究遂行にあたり、有益な討論及び数多くの助言をいただいた斎藤祐樹氏、武田幹也氏に感謝の意を表す。論文執筆時の辛い時期に、気晴らしのために数多くのくだらない話に付き合ってくれた、林宏紀氏と三浦雅人氏に深く感謝する。さらに、ゼミや学外活動を通じて有益な助言や精神面の支援をしてくださった、井戸田彰義氏、王睿氏、**Zeng Zhen** 氏、高田勝美氏、林千晴氏に感謝の意を表す。

最後に、本研究の実験に快く協力してくださった被験者の方々に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 「世界の廃棄物発生量の推定と将来予測に関する研究」 吉澤佐江子、田中勝、Ashok V. Shekdar (岡山大学大学院)、第15回廃棄物学会研究発表会(2004)、講演論文集 pp.38-40
- [2] 「『世界の廃棄物発生量の推定と将来予測に関する研究』(2004年)のデータ更新について」 田中勝(株)廃棄物工学研究所(2011)
- [3] EIC ネット 環境用語集 包装廃棄物指令【EU】
<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2427> (2016年2月10日最終アクセス)
- [4] 「平成22年度『国内外における廃棄物処理技術調査業務』報告書(平成22年度 環境省委託業務)」株式会社アーシン(2011)
- [5] 「ごみ「不足」で争奪戦の北欧2国」 AFPBB News 2015.9.28
<http://www.afpbb.com/articles/-/3061494> (2016年2月10日最終アクセス)
- [6] 「日本の廃棄物処理の歴史と現状」 一般財団法人 日本環境衛生センター(2014)
- [7] 「平成27年度版 環境・循環型社会・生物多様性白書(PDF版)」 環境省(2016) <http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h27/pdf.html> (2016年2月10日最終アクセス)
- [8] 「産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成25年度実績)について」 環境省(2015)
- [9] 「一般廃棄物の排出及び処理状況(平成25年度)について」 環境省(2015)
- [10] 「3R行動見える化ツール」 環境省
http://www.env.go.jp/recycle/circul/3r_visu-tool.html (2016年2月10日最終アクセス)
- [11] 「ごみ処理の有料化に関する調査報告」 石川誠 京都教育大学環境研究年報第14号 1-10(2006)
- [12] 「日本におけるごみ問題とその対策」 筒井敬治 経済政策研究 第2号(2006) pp.189-205
- [13] 「家庭におけるエコ・クッキングの実践がCO2削減に及ぼす効果」 長尾慶子、喜多記子、松田麗子、加藤和子、十河桜子、三神彩子 日本家政学会誌 Vol.59 No.11(2008) pp.903-910
- [14] 「DESIGN BY SOL」 <http://www.designbysol.co.uk/bumpmark/> (2016年2月10日最終アクセス)

- [15] 「食品ロスを減らすための画像を用いた食材管理システム econcie の開発」國分茜、鈴木優 情報処理学会 インタラクシオン 2015 (2015) pp.496-497
- [16] 「食材管理のための加重特徴を用いた食材同定」加茂田玲奈、上田真由美、船富卓哉、飯山将晃、美濃導彦 電子情報通信学会技術研究報告 vol.111, No.479 (2012) pp.181-186
- [17] 「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」松本拓也、白井良明、島田伸敬 情報処理学会 第 71 回全国大会講演論文集 No.2 (2009) pp.419-420
- [18] 「重量センサを利用した冷蔵庫内のモノの種類および残量推定システムの提案」山下徹、水本旭洋、玉井森彦、安本慶一 電子情報通信学会技術研究報告 vol.113 No.168(2013) pp.25-30
- [19] 「This recycling bin is following you」QUARTZ August, 08, 2013 <http://qz.com/112873/this-recycling-bin-is-following-you/> (2016 年 2 月 10 日最終アクセス)
- [20] 「BigBelly solar trash cans rolling out in Michigan, and maybe Bay City」BAY CITY NEWS August, 18, 2009 http://www.mlive.com/news/bay-city/index.ssf/2009/08/bigbelly_solar_trash_cans_roll.html (2016 年 2 月 10 日最終アクセス)
- [21] 「BigBelly Solar」NSW クラウドサービス <http://www.nsw-cloud.jp/cloud/service/m2m/bigbellysolar/#newspaper> (2016 年 2 月 10 日最終アクセス)
- [22] 「スマホで生活をちょっと便利に！IoT を活用した au オリジナルのインテリア雑貨を「au WALLET Market」で発売！」2015 年 8 月 25 日 <http://www.au.kddi.com/information/topic/auwallet/20150825-01.html> (2016 年 2 月 10 日最終アクセス)
- [23] 「Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research. Addison-Wesley」Fishbein, M., & Ajzen, I., (1975)
- [24] 「The theory of planned behavior.」Ajzen, I., Organizational Behavior and Human Decision Processes, 50 (1991) pp.179-211
- [25] 「環境配慮的行動の規定因について」広瀬幸雄 社会心理学研究 第 10 巻第 1 号 (1994) pp.44-55
- [26] 「廃棄物発生抑制行動を推進する心理要因の構造化と市民協働プログラムの実践」栗栖聖 平成 23 年度環境研究総合推進費補助金 研究事業 総合研究報告書 (2012)
- [27] 『一般廃棄物基本計画』東京二十三区清掃一部事務組合 (2015)
- [28] 「3R に関する環境教育プログラムの実証と社会行動モデルの開発」浅利美鈴 平成 22 年度循環型社会形成推進科学研究 総合研究報告書 (2011)