

平成24年度

筑波大学情報学群情報科学類

卒業研究論文

題目
重量センサを用いた忘れ物防止のための
持ち物の組み合わせ推定手法

主専攻 ソフトウェアサイエンス主専攻

著者 浜野悠介

指導教員 高橋伸 志築文太郎 三末和男 田中二郎

要 旨

人は様々な物をバッグなどに入れて外出する。その際忘れ物をしてしまうということは誰もがした経験である。こういった忘れ物を防ぐために自分が何を持ったかを確認することは効果的である。しかし通勤などで忙しいときに持ち物を一つ一つチェックすることは難しい。

本研究では、忘れ物防止のために重量センサを用いて持ち物の重さを計測することで、半自動的に持ち物の組み合わせを推定する手法を提案する。物の重さは容易に取得することができ、時間的な変化が少ないことから物を特定する情報として有用であると考えられる。あらかじめ個々の物の重さを量っておくことで、持ち物の組み合わせを推定することができる。持ち物の組み合わせを、急いでる時などに半自動的に推定することができれば忘れ物防止に役立つ。さらに日々の持ち物の組み合わせを持ち物ログとして保存、解析することによってユーザが持っていくべき物を予測し提示することによって忘れ物をする可能性を減らすことが可能になる。

目次

第1章 序論	1
1.1 背景	1
1.2 既存の物の情報取得方法の問題	1
1.3 目的	2
1.4 アプローチ	2
1.5 構成	2
第2章 関連研究	3
2.1 物の情報を用いたヒューマンエラー防止	3
2.2 重さを利用したシステム	4
2.3 リマインダシステム	4
第3章 予備調査	5
3.1 予備調査を行った目的と内容	5
3.2 予備調査から得られた知見とその考察	5
第4章 持ち物の組み合わせを重さを用いて推定する手法の提案	8
4.1 重さ情報のみを用いた推定における問題点	8
4.2 計算量の効率化	8
4.2.1 要素数の限定	8
4.2.2 組み合わせ数の限定	8
4.3 組み合わせの絞り込み	9
4.3.1 持ち物の個数情報を用いる	10
4.3.2 外出時の日付と外出目的を用いる	10
4.3.3 過去の持ち物ログ	10
4.4 提案した持ち物の組み合わせを推定する方法	10
第5章 日々の持ち物の記録と持ち物の組み合わせを推定するシステム	12
5.1 持ち物候補の登録	14
5.2 持ち物の組み合わせ推定と当日の持ち物ログの記録	14
第6章 重さ取得部分の実装	15
6.1 システム実装	15

第 7 章	評価及び考察	17
7.1	重さ取得部分	17
7.1.1	性能評価	17
7.1.2	考察	17
7.2	組み合わせ推定部分	18
7.2.1	評価手法	18
7.2.2	結果と考察	19
7.2.3	今後の課題	19
第 8 章	結論	23
	謝辞	24
	参考文献	25

図目次

1.1	忘れ物防止グッズ	1
2.1	玄関におけるリマインダ	4
3.1	記録した持ち物の総重量	6
4.1	計算量効率化のフローチャート	9
4.2	持ち物の組み合わせ推定手法の流れ	11
5.1	個々の物情報の登録イメージ図	12
5.2	組み合わせ推定のイメージ図	12
5.3	持ち物の候補の登録と組み合わせ推定閲覧フォーム	13
6.1	重量センサ	16
6.2	ストレインゲージを用いた回路	16
7.1	曜日と目的別に分けた試行回数と相違数	21
7.2	絞り込む前の組み合わせ総数	21

第1章 序論

1.1 背景

人為的過誤や失敗のことをヒューマンエラーと言う。忘れ物をしてしまうこともこのヒューマンエラーに含まれる。芳賀は次のように述べている。「人は忘れる生き物です。ミスをしていない完璧な人間などいません。ヒューマンエラーは、起きて当然のことであり、誰しも経験があることです。このうっかりミスは減らしたい、これもまた、だれしものが願うことです。」[1]

忘れ物における記憶のエラーに対しては、自分の頭の中の記憶を信用しないこと、頭の中の記憶をこまめに外に出すという対策が有効である。例えば、付箋や手のひらにメモをしておくといった方法が挙げられる。また、確認する動作を習慣化させることも有効である。自分で意識しなくてもその動作ができ、毎日するようなことであれば、順番をパターン化することで、手順の漏れを無くし忘れ物を防ぐことができる。

1.2 既存の物の情報取得方法の問題

既存の研究において物の情報を取得するために発信機やICタグを使う方法がある。例として、コインぐらいの大きさの Bluetooth 搭載のシールを物に貼りつけることにより携帯端末と通信し、物と端末の位置が離れた場合ユーザにリマインダを与えてくれるグッズなどがある¹(図 1.1)。しかし、これらを物に付ける場合、多くの物の情報を取得したいならばその分のタグを用意することになる。これは、タグを物一つ一つに対応付ける手間もあるが、すべての物にタグを付けることは現実的ではない。例えば、衣服などの場合洗濯を行うため、タグを付けることはできない。また、タグよりも小さい物などにも取り付けすることはできない。この他にもカメラから得られた画像情報を物を認識する情報として扱うことがある。この場合、カメラに映っている物は認識することはできるが、他の物で覆われていたりすると認識することができない。



図 1.1: 忘れ物防止グッズ

¹StickNFind-Bluetooth Powered ultrasmall Location Stickers,Indiegogo

1.3 目的

忘れ物防止のためには持ち物として何を持っているかを認識する必要がある。しかし、物の情報を得るためには IC タグを個々の物に取り付けるなどの制限がある。そこで本研究の目的は忘れ物防止のためにより多くの物の情報を制限なく管理し、その情報からユーザの持ち物の組み合わせを半自動的に推定することとする。

1.4 アプローチ

本研究では物の重さという情報を利用して持ち物の組み合わせを推定しユーザに提示することによって忘れ物を防ぐ手法を提案する。物の重さは容易に取得することができ、時間的な変化も少ないことから物を特定する情報としては有用であると考えられる。また、重さは物がもともと持っている情報のため IC タグなどを付加させる必要がない。物の重さは重量センサを用いて量る。一般の家庭では台座が付いた秤を用いて物の重さを量ることが多いが、外出する時の持ち物はバッグやカバンなどに入れることが多いと思われる理由から、本研究では吊り秤形式で重さを量る。この鞆やバッグをフックに吊るして持ち物の重さを計測する。外出する前、家の玄関で靴を履いたり鏡で身だしなみを確認している間に持ち物の重さを量り、その全体の重さから持ち物の組み合わせを推定していく。

1.5 構成

本論文の構成は以下の通りである。本章では、ヒューマンエラーについてとこれらの防止方法をいくつか挙げ、それを踏まえて目的とアプローチについて述べた。第 2 章では、本研究が扱う忘れ物防止や物の重さの情報をういたシステムといった本研究に関連する研究について述べる。第 3 章では、本研究を行うに当たり筆者の日々の持ち物を記録した結果を予備調査としてまとめ、そこから得られた知見と考察を述べる。第 4 章では、持ち物の組み合わせを推定する手法について述べる。第 5 章では、持ち物の組み合わせ推定を行う入力、閲覧フォームの説明をする。第 6 章では実装した重さ取得部分について述べる。第 7 章では組み合わせ推定に関する評価および議論を行う。最後に第 8 章で結論を述べる。

第2章 関連研究

2.1 物の情報を用いたヒューマンエラー防止

中田らのスポットライトを用いた捜し物発見支援システム [2] は屋内において隠れた位置にあるものであっても高い精度で位置を特定できる。超音波方式と ActiveRFID の計測値を融合することによって高精度な位置特定が可能である。また、測定した位置をスポットライトで照らすことによって、ユーザに分かりやすく捜し物の位置を知らせる。上岡らのウェアラブルシステムを用いた物探し支援システム [4] はユーザの物探しタスクを支援する。システムはカメラによって対象の物の外見特徴と名前を登録する。システムはカメラに映っている登録された物を随時認識し、ユーザによって指定された物が最後に認識された時点の映像を提示することで物探しを支援する。松下らの本棚における文書探索、収納支援システム [3] はカメラを用いて本の表紙画像を取得し、その本が本棚のどの部分にあるか、もしくはどこに収納すべきかを表示する。

Borriello らは鍵や財布など数個の物に PassiveRFID タグといったセンサノードを取り付け外出時それらを持っていったかどうかを認識するシステムを開発した。[5] さらに日々の持ち物のログを解析してその日持っていく可能性があるものをリストアップし、それをユーザに提示することで忘れ物を防止する。このシステムではタグ自体に電源が搭載されていない PassiveRFID を用いているのでタグの取り替えなどは不要であるが、電源を持たないためタグの認識率は低い。また、米沢らはタグなどのセンサノードと財布などの日用品の関連付けを簡単化させるためのインタラクション手法を提案した [6]。先の研究などで挙げたセンサノードを取り付けた日用品 (SmartObject) を利用したサービス・システムではセンサノードと日用品の意味的な関連付けが必要である。しかし、関連付け作業は複数のステップからなり、一般のユーザが行うには困難で煩わしい作業である。そこでこの研究では、センサノードが取り付けられた物にスポットライトを照射するという一つのインタラクションで容易に関連付けを行える。これによりコンピュータの扱いが苦手な人でも直感的に SmartObject を扱うことができる。また、Avrahami らは車内にカメラやセンサ類を設置し車内にある傘などといった事故時に危険な物である移動性異物 (LooseObject) を検知しドライバーに警告を与えるシステムを開発した。[7]

本研究でも、物の情報をセンサで取得するが、既存の研究では使われていない物の重さの情報をを用いている。

2.2 重さを利用したシステム

日常生活において頻繁に使われる重さを利用したシステムとしてスーパーマーケットなどにあるセルフレジが挙げられる。セルフレジは自分でレジを打って会計をすることができる。その際、万引き防止のために会計の前と後で商品の重さを比較している。研究としては山口らの重量センサを利用した消耗品の使用量予測システム [8] が挙げられる。このシステムはオフィスや家庭の消耗品の消費量をロードセルを用いた在庫量測定装置によって常時観測する。ネットワークを用いて情報システムに蓄積・分析することにより、使用量の統計モデルを自動的に確立し、その統計モデルに基づいて、欠品時期を自動的に予測する。消費量の季節変動による統計モデルの切り替えを自動的に行うために、周期の異なる最尤推定方法を組み合わせる方法を考案した。本研究でも同様に重量センサを用いるが、山口らの研究とは違い、忘れ物防止のために複数の物の情報を管理している。

2.3 リマインダシステム

Kim らは玄関に人が近づくとその人に対してリマインダを与えてくれる GateReminder を作成した [9]。あらかじめ入力されたテキストやその日の天気の情報から傘を持っていくべきかどうかをリマインダしてくれる。この研究ではリマインダを与える場所は玄関 (図 2.1) が一番効果的であると述べられている。家の中では靴を脱いで生活するので必ず外出時は玄関で靴を履く。その際に少なからず時間が取られるのでその時間の間にコンピュータが持ち物をチェックしたり、持っていく物をリストアップすることができる。

本研究においても外出時に持ち物の重さを量り組み合わせを推定する時間が必要となるので今回のシステムも玄関の近くに設置することを想定する。

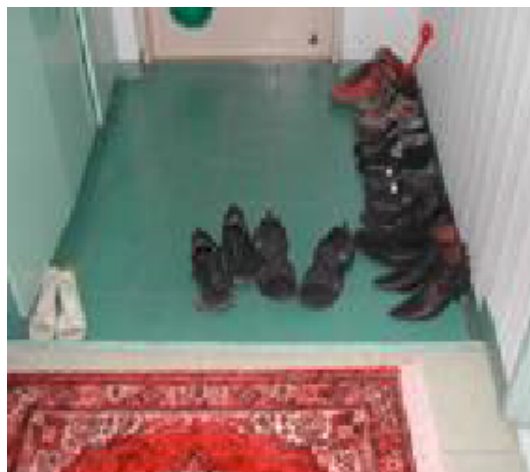


図 2.1: 玄関におけるリマインダ

第3章 予備調査

3.1 予備調査を行った目的と内容

持ち物の重さから組み合わせを推定するにあたって、日々の持ち物はどのように変化し、どういった傾向があるのかを調査した。日々の持ち物の組み合わせに何かしらの傾向があれば持ち物の重さから組み合わせを推定するための有効な情報となることが考えられる。調査の内容としては筆者の外出時の持ち物の記録を行った。記録した期間は2012年11月15日から2012年12月16日までの33日間である。記録した内容は外出時の日付、時間、目的、物それぞれの種類と重さ、持ち物全体の重さと個数である。なお、重さを量るために市販の電子秤を用いた。使用した電子秤は0.1g単位で最大で3000gまで量ることができる。記録した物の重さの最小値はハンコの22.9gであり、最大値はノートPCの2245gであった。

3.2 予備調査から得られた知見とその考察

まず図3.1に日にち毎の持ち物の総重量のグラフを示す。持ち物の総重量の変化は一見、関連性がないように見えるが曜日毎に分けて見ると重さが近いことが分かる。表3.1に曜日毎の重さの平均と標準偏差を示す。これを見ると各曜日で得られた標準偏差全てにおいて全体の標準偏差より値が小さいことが分かる。特に火曜日の標準偏差が非常に低い。これは筆者が学生であることから毎週曜日ごとに決まった時間割で授業を受講しているため持ち物が似通ってくるためであると考えられる。木曜日や金曜日で標準偏差の値が大きくなってしまう理由は今回記録した持ち物の中で一番重いノートPCを持っていく日と持っていない日があったからである。ノートPC一つで2245gあるので持っていく場合と持っていない場合とでは大きく総重量が変わってしまう。しかし、ノートPC以外の組み合わせは同じ曜日ならば近似していた。また、授業がない祝日に着目してみると授業といった決まった習慣がないため、ある程度の重さのバラつきが見られる。しかし、外出時の目的ごとに見てみると重さが近似していた。この傾向は平日の授業がある日にも見られた。表3.2に目的毎の重さの平均と標準偏差を示す。以上のことより持ち物の組み合わせには外出時の曜日（日付）と目的が関係しているということが言える。

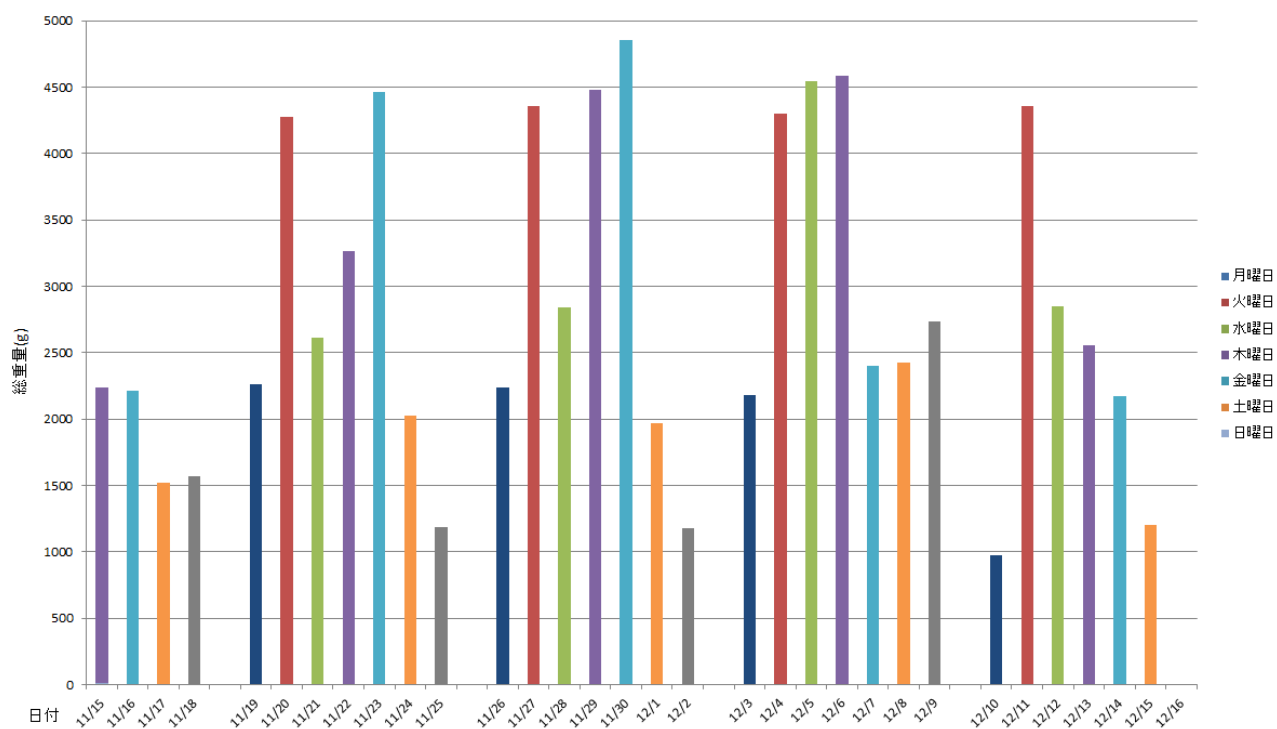


図 3.1: 記録した持ち物の総重量

表 3.1: 曜日毎の重さの平均と標準偏差

	全体	月	火	水	木	金	土	日
平均	2713.6	1914.7	4322.0	3212.1	3423.7	3220.0	1830.0	1334.3
標準偏差	1263.6	545.3	35.0	775.5	964.9	1182.1	423.8	876.4

表 3.2: 目的毎の重さの平均と標準偏差

	授業	ゼミ	運動 (テニス)	アルバイト
平均	2912.7	4392.0	2394.1	1439.9
標準偏差	907.0	108.1	291.1	287.3

第4章 持ち物の組み合わせを重さを用いて推定する手法の提案

本章では具体的にどのように持ち物全体の重さから持ち物の組み合わせを推定していくか説明する。

4.1 重さ情報のみを用いた推定における問題点

単純に重さ情報のみを用いて持ち物の組み合わせを推定する場合、持ち物の候補すべての組み合わせの重さの中から持ち物全体の重さと一致するものを探す必要がある。つまり n =持ち物の候補の総数、 k =持っていく個数とすると $\sum_{k=1}^n nCk$ を計算し、その中から持ち物全体の重さと一致する組み合わせの重さがあるかということになる。この式は $2^n - 1$ と等式である。つまり、 n が大きいと指数関数的に増え、調べる量が膨大な数になってしまうという問題がある。また、今回の場合組み合わせの総数が多いと重さが重複してしまう組み合わせが多数存在してしまうという問題がある。重複率が大きいと持ち物の重さを用いても組み合わせを一意に限定できない場合が多数ある。これらの問題を解くヒューリスティックな方法を以下に述べる。

4.2 計算量の効率化

4.2.1 要素数の限定

持ち物全体の重さより重い物は、持ち物の候補の集合の要素からは除外することができる。例えば、持ち物全体の重さが 1kg のとき、持ち物の組み合わせを考える場合 1kg 以上の重さの物は持ち物として含まれることは絶対にない。持ち物の候補の集合の要素が減ることにより、計算量を減らすことができる。

4.2.2 組み合わせ数の限定

持ち物全体の重さが、持ち物の候補から N 個選び出す組み合わせの最小の重さより軽い場合 $N+1$ 以降の組み合わせは調べる必要がない。例えば持ち物全体の重さが 1kg の時、持ち物の候補から 4 個選び出す組み合わせの重さの最小が 1kg より重ければ $N+1$ 個以降の組み合わせの重さは全て 1kg 以上であり調べる必要がなく、計算量を減らすことができる。

図 4.1 に計算量減少のフローチャートを示す。

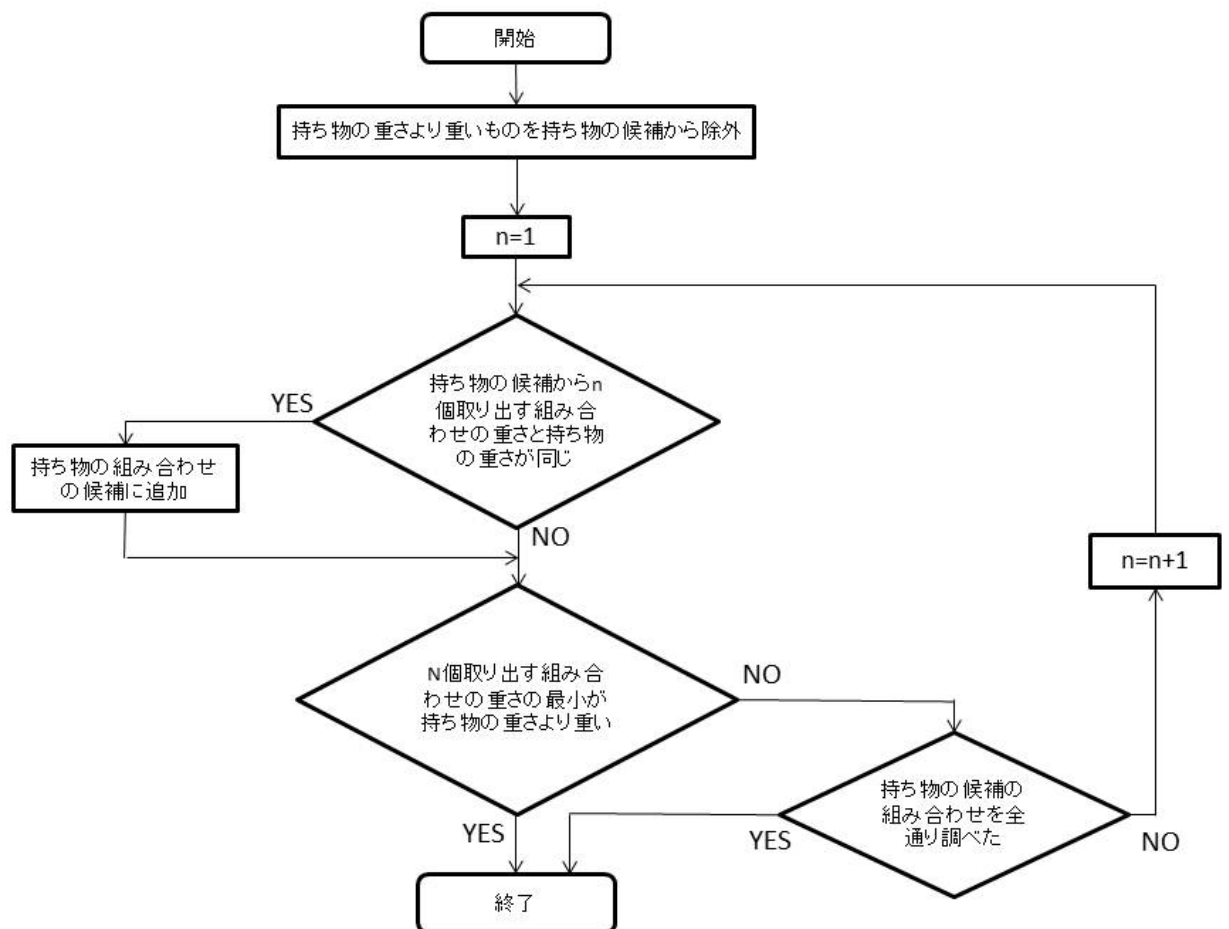


図 4.1: 計算量効率化のフローチャート

4.3 組み合わせの絞り込み

持ち物全体の重さから推定した複数の組み合わせから実際の持ち物の組み合わせと同じ組み合わせ一つに絞り込むために以下の情報を用いる。

4.3.1 持ち物の個数情報を用いる

持ち物の個数が分かれば部分集合の和を全て求める必要がなくなる。個数分だけの部分集合を調べればよい。よって、持ち物の組み合わせの候補の総数が減り、重複率も減少することになり、一意に持ち物を限定できる確率が上がる。

4.3.2 外出時の日付と外出目的を用いる

第3章で行った予備調査より持ち物はその日の曜日や外出目的によりある程度限定されることが分かった。この情報（以下持ち物ログ）を持ち物の候補を限定するために用いる。例えば「運動」という外出目的の場合、ノート PC や教科書を持ち物として持っていくことは可能性として低いことが考えられ、これらの物を持ち物の候補の集合から除外することができる。よって持ち物の候補の総数が減り、重複率を減少させることができる。

4.3.3 過去の持ち物ログ

過去の持ち物を持ち物ログとして保存する。一回持ち出される度にその物の重要度が上がり、重要度が高いと持っていく可能性が高い物であると言える。

4.4 提案した持ち物の組み合わせを推定する方法

組み合わせを推定するための情報として以下の情報を用いた。

- 持ち物全体の重さ
- 外出目的
- 日付
- 持ち物全体の個数
- 過去の持ち物ログ (個々の物の持ち出された時の日付)

これらの情報を用いた組み合わせ推定の手順を以下に述べる。

①外出目的、日付、過去の持ち物ログ情報から当日の理想の持ち物リストを生成する。

当日の外出目的と個々の物ごとに登録された目的が一致する場合その物をリストアップする。そして、リストアップした物からさらに当日の日付と過去の持ち物ログを比較し、当日の曜日と同じ曜日に何回か持ち物として登録された物に限定する。

②持ち物全体の重さ、持ち物の個数情報から持ち物の組み合わせを複数リストアップする

持ち物の個数情報より持ち物候補の中からその分の個数を取り出す組み合わせを生成する。さらにその中から持ち物全体の重さと等しい組み合わせをリストアップする。

③リストアップした複数の組み合わせを一つに限定する

②でリストアップした組み合わせの中で①の理想の持ち物リストの中の物が一番多く含まれている組み合わせを選び出す。この手法を用いた理由としては忘れ物をする時、多くの物を忘れることは少なく、一つか二つの物を忘れることが多いからである。さらに、複数の組み合わせが残ってしまった場合、各組み合わせにおける持ち物ログから得られた忘れ物である可能性のある物の重要度が一番高い組み合わせを選出する。ここにおける物の重要度とはその物がどれぐらいの回数、またどれぐらいの頻度で持ち物として登録されているかを示す。つまり、ほぼ毎日持っていく財布や携帯電話などの重要度は高い。また、この手法を用いた理由としては重要度が高い物を忘れるとユーザへのリスクが高くなってしまうからである。この時最終的に残った組み合わせを推定された持ち物の組み合わせとする。図 4.2 にこの時の推定の流れを示す。

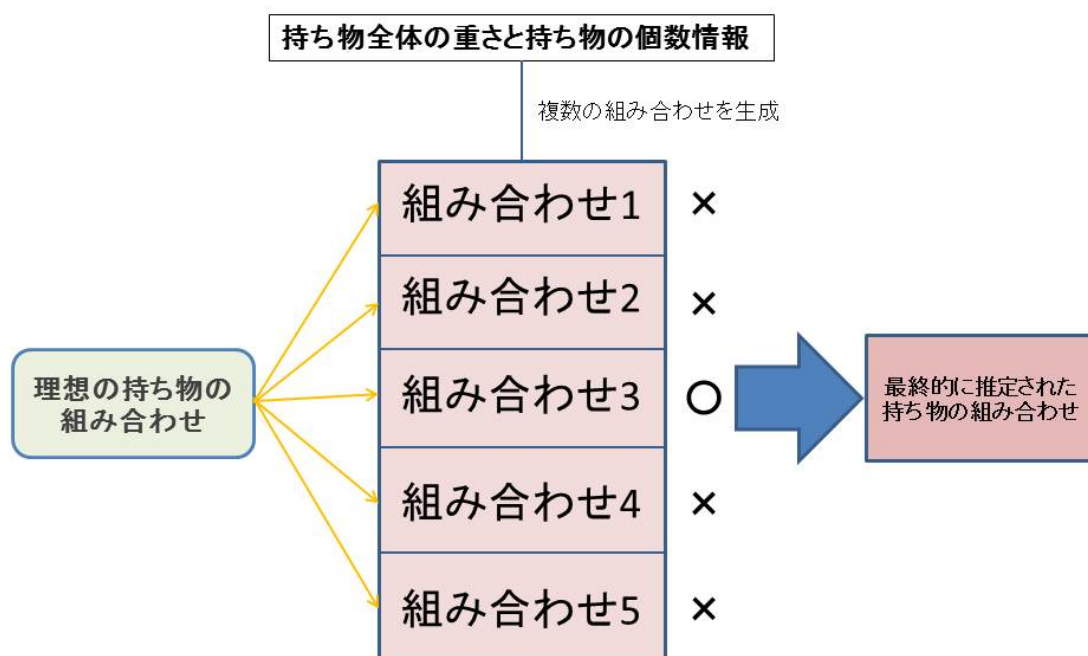


図 4.2: 持ち物の組み合わせ推定手法の流れ

第5章 日々の持ち物の記録と持ち物の組み合わせを推定するシステム

本章ではユーザの日々の持ち物の記録と持ち物の重さから組み合わせを推定しユーザに提示するインタフェースについて述べる。図 5.1 に個々の物情報の登録、図 5.2 に持ち物全体の重さなどの情報から持ち物の組み合わせを推定するまでのイメージ図を示す。図 5.3 に持ち物の候補の登録や組み合わせの推定を行うフォーム画面を示す。

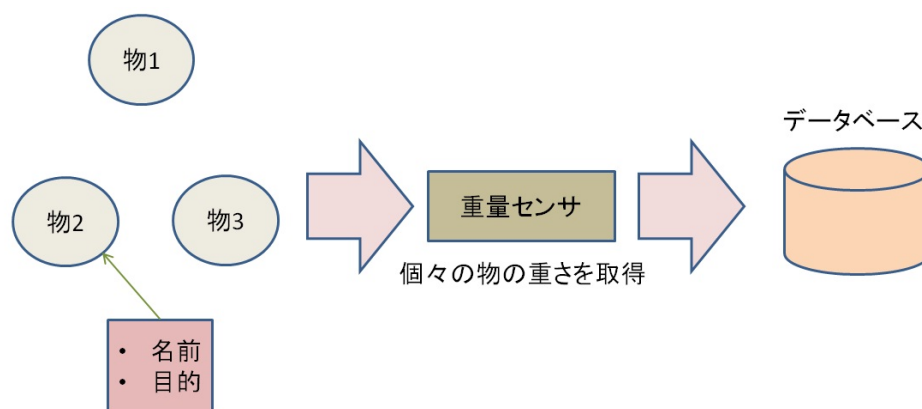


図 5.1: 個々の物情報の登録イメージ図

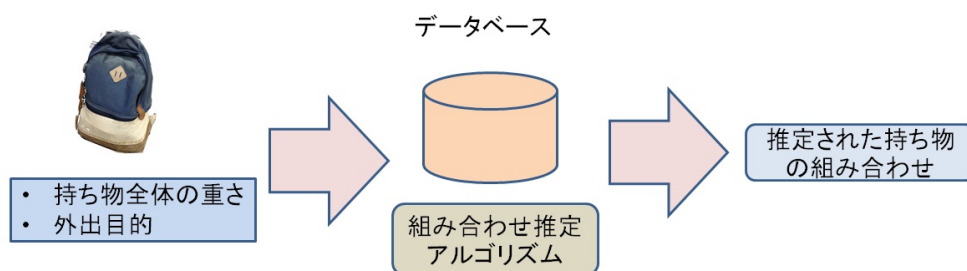


図 5.2: 組み合わせ推定のイメージ図

2013/1/22 Tuesday

500g

目的 研究

分類 教科書

目的 毎日

名前

分類

教科書0

教科書

登録情報

20

名前	分類	目的	重さ
衣服17	衣服	運動	22g
電子機器14	電子機器	研究	49g
その他20	その他	運動	122g
文庫本10	文庫本	アルバイト	142g
電子機器10	電子機器	毎日	149g
教科書3	教科書	授業	260g
衣服10	衣服	運動	279g
文庫本11	文庫本	アルバイト	283g
文庫本12	文庫本	アルバイト	290g
教科書2	教科書	授業	330g
教科書4	教科書	授業	342g
教科書7	教科書	授業	349g
教科書5	教科書	授業	371g
教科書9	教科書	研究	400g
教科書6	教科書	授業	468g
教科書8	教科書	研究	504g
財布10	その他	毎日	750g
衣服16	衣服	運動	884g
教科書1	教科書	授業	993g
電子機器15	電子機器	研究	2245g

推測された持ち物

総重量500g
 教科書0 (教科書) 500.0g

忘れ物の可能性であるもの

名前	分類
電子機器14	電子機器
電子機器15	電子機器

図 5.3: 持ち物の候補の登録と組み合わせ推定閲覧フォーム

5.1 持ち物候補の登録

持ち物の組み合わせを推定するために個々の物の情報をあらかじめ登録する必要がある。この登録された物を持ち物候補とする。物の情報を登録するために図 5.3 にある②の部分を用いる。物の情報を登録する場合は物の名前の入力、分類とその物を持っていく際の目的の選択を行う。入力の後、重量センサに物一つ分の加重を掛け、登録ボタンを押すと重さを検知し、それらの情報が持ち物の候補として登録される。その登録された持ち物候補一覧を図 5.3④に表示している。また、削除ボタンを押すことにより図 5.3④から選択された持ち物候補が登録リストから削除される。

5.2 持ち物の組み合わせ推定と当日の持ち物ログの記録

外出時には図 5.3①を利用して持ち物の推定を行う。ここでは、外出の目的および可能であれば当日の持ち物の個数を入力した後、重量センサに持ち物の加重を掛ける。この状態でチェックボタンを押すと持ち物の重さが計測され、日付、外出目的、個数の情報から持ち物の組み合わせが推定される。この際、推定された持ち物リストが図 5.3⑤に表示される。もし、複数の異なる組み合わせが推定された場合図 5.3⑤の部分に複数の組み合わせリストが表示されるため、ユーザはそこから一つ組み合わせを選択する。持ち物の組み合わせが決まると、図 5.3③の当日の持ち物の一覧にその組み合わせが表示される。また、その際の組み合わせに対する忘れ物である可能性がある物の一覧が図 5.3⑥に表示される。そして、図 5.3③の下部にある追加ボタンや削除ボタンを押すことにより選択された物が当日の持ち物リストに追加、または削除される。そして、当日の持ち物リストが決まった場合に外出ボタンを押すとその日の持ち物として図 5.3③にある物がデータベースに登録される。

第6章 重さ取得部分の実装

6.1 システム実装

持ち物の重さを量るため重量センサ（SparkFunSEN-10245）を使用した（図 6.1）。これは一般的な体重計に使用されているものと同様なセンサであり、最大約 50kg まで量ることが可能である。今回持ち物の重さを量る際に、総重量は最大でも 5,6kg と考えられるので、この重量センサの計量範囲で十分であると思われる。センサの荷重面に重さを加えると、内部にあるひずみゲージの抵抗が変化し、電位差が生じる。重さと電位の変化には比例関係があり、電位差が大きいほど荷重面に力が加わっていることになり、持ち物が重いということになる。重量センサから検出された電位差のアナログ値を Arduino Duemilanove を用いて A/D 変換させ、PC へシリアル通信するが、荷重によるひずみゲージの抵抗値の変化は微小であり、センサに 10kg 程の加重をしても 1mV 程度の電位差しかなく、このままでは Arduino で A/D 変換させてもデジタル値に差が生じないため、この微小な電位差を増幅させるために計装アンプを使用する。計装アンプとは信号源からの微小な差動やフローティング信号の計測や増幅を行うことができる。計装アンプにはアナログ・デバイセズ株式会社の AD620BNZ を用いた。

この重量センサを用いた回路図を図 6.2 に示す。R1 と R2 は外付けの抵抗であり、R3 と R4 は重量センサの内部にある抵抗である。ここでの R4 が重さによって抵抗値が変化するひずみゲージの部分である。R1,R2,R3,R4 の抵抗はブリッジ回路を形成している。つまりセンサへの加重がないとき $R1 \times R4 = R2 \times R3$ とし、電位差が 0 となる。重さを加えるとひずみによって R4 の抵抗値が変化し、電位差が生じる。しかし、個々の抵抗に微小な誤差があり平衡状態にならず、センサに加重を行わなくても 2mV 程の電位差が生じてしまう。よって R2 に可変抵抗を用いることによりブリッジ回路の平衡条件を満たすようにする。次に、ブリッジ回路の電位差を増幅させ、Arduino で計測可能な値にするために計装アンプのゲインの調整を行う。ゲインを G とすると $G = (49.4k \Omega / R5) + 1$ となる。ゲインは外付け抵抗 (R5) で簡単に調整することができ、今回 R5 の抵抗値を 10 Ω にしたためゲインは約 5000 となる。



図 6.1: 重量センサ

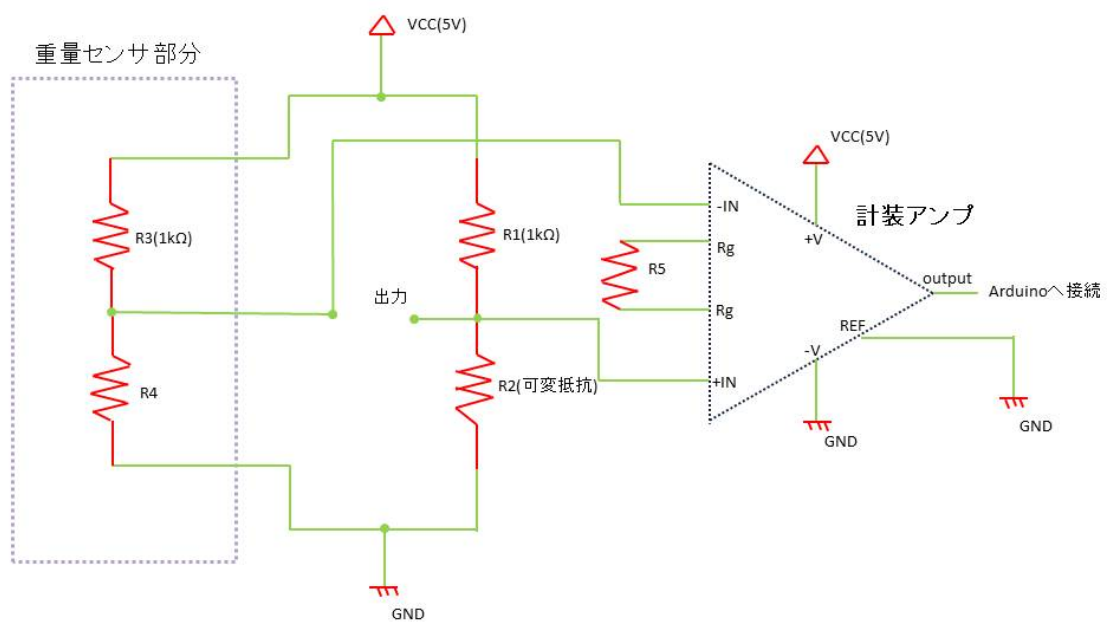


図 6.2: ストレインゲージを用いた回路

第7章 評価及び考察

本章では、前章で述べた重さ取得部分と組み合わせ推定部分それぞれについて評価とその考察を行う。

7.1 重さ取得部分

7.1.1 性能評価

得られた電位差から算出した重さと実際の重さとの比較を行い、どれくらいの誤差が生じるか調査する。電位差の計測にはデジタル・マルチメータを用いた。増幅前の電位差の計測範囲は 200mV まで 0.01mV 単位で計測し、増幅後の電位差の計測範囲は 2V まで 0.1mV 単位で計測した。表 7.1 に重量センサから得られた電位差を示す。増幅前は取得できる電圧が低すぎたため重さを検知することができなかったが、計装アンプによる増幅により電位差の変化を検知することができた。増幅前電位差は荷重が約 2000g を超えないと 0.1mV の変化も起こらなかったが、増幅後電位差を見ると約 550mV の変化になる。この結果を用いて y =荷重 (g)、 x =増幅後電位差として回帰式を求めると

$$y=3873.7x-2425.6$$

となる。この式を用いた計算値と実測値の誤差を表 7.2 に示す。誤差の平均は 51.784g、最小値は 4.537g、最大値は 146.702g となった。

7.1.2 考察

今回、持ち物の重量を量るために重量センサを用いてプロトタイプを作成した。持ち物の組み合わせを推定するために少なくとも 1g 以下の精度が望ましいが、作成したプロトタイプの場合平均で約 50g の誤差となってしまった。原因としてはうまく回路のノイズを除去できなかったことが挙げられる。この問題の解決案として [8] のようにあらかじめノイズが除去されている市販の体重計を分解し、そのセンサから重さを計測することによって大きな誤差を無くすことができると思われる。

表 7.1: 電位差と Arduino 値

荷重 (g)	増幅前電位差 (mV)	増幅後電位差 (V)	Arduino 値
0	0.0	0.625	128
527.5	0.0	0.7519	154
993.3	0.0	0.8735	179
1354.9	0.0	0.9667	198
1589.3	0.0	1.015	208
1853.4	0.0	1.1425	234
1995.1	0.1	1.1712	240
2269.6	0.1	1.2255	251
2499	0.1	1.2785	262
2741.2	0.1	1.3378	274
2914.1	0.1	1.381	283
3098.5	0.1	1.4111	289
3273.9	0.1	1.4835	304
3627.1	0.2	1.5332	314
3878.1	0.2	1.6104	330
4102.5	0.2	1.684	345
4319.5	0.2	1.748	358

7.2 組み合わせ推定部分

7.2.1 評価手法

今回評価するにあたって持ち物の重さ情報を用いるが、先に実装した重量センサから得られた値を用いると実際の重さと大きく変わってしまい、正確な組み合わせを推定することができない。よって今回の評価には電子秤から得られた重さ情報を用いる。使用した秤には 0.1g 単位で最大 3000g まで量ることができる。重さは 0.1g 単位で扱う。

今回提案した手法を用いて推定した持ち物の組み合わせがどれぐらいの割合で実際の持ち物と一致したかを評価した。持ち物の候補情報を 7.3 に示す。また、これらの持ち物候補を過去の持ち物ログから曜日と目的ごとに分類した一覧を表 7.4 に示す。これより、例えば、「火曜日」に外出目的が「研究」ならば理想の当日の持ち物リストは「電子機器 13」、「財布 19」、「教科書 8」、「電子機器,14」、「電子機器 15」となる。なお、過去の持ち物ログとして 2012 年 11 月 15 日から 2012 年 12 月 16 日までの 33 日間の記録を使用した。そして、この期間における各日付における持ち物全体の重さ、外出目的、持ち物の個数を入力したときに出力される持ち物の組み合わせが実際の組み合わせと一致したかどうかを検証した。

表 7.2: 計算値と実測値の誤差

計算値 (g)	実測値 (g)	誤差 (g)
-4.537	0	4.537
487.035	527.5	40.465
958.076	993.3	35.224
1319.106	1354.9	35.7942
1506.205	1589.3	83.095
2000.102	1853.4	146.702
2111.277	1995.1	116.177
2319.682	2269.6	50.082
2526.925	2499	27.925
2756.635	2741.2	15.435
2923.979	2914.1	9.879
3040.578	3098.5	57.922
3321.033	3273.9	47.133
3513.556	3627.1	113.544
3812.606	3878.1	65.494
4097.71	4102.5	4.79
4345.627	4319.5	26.127

7.2.2 結果と考察

図 7.1 には曜日ごとに分けた目的別の試行回数と実際の組み合わせと推定した組み合わせが相違した回数を示す。また図 7.2 には組み合わせを一つに絞り込む前の持ち物全体の重さとその個数から推定した組み合わせの総数を示す。この折れ線グラフの赤い点の部分は組み合わせが一致しなかった時である。結果より推定した組み合わせと実際の組み合わせが一致する割合は 81 %であった。組み合わせが一致しないときがどのような場合であるかという習慣の行動と異なった行動をしたときである。これは持ち物ログのデータが不十分であり、当日持っていく可能性が高い物が正確にリストアップされなかったことが要因であると考えられる。また絞り込む前の組み合わせの総数が多かったとしても習慣に応じた行動であれば実際の組み合わせと推定した組み合わせが一致する割合が高く、総数が少なかったとしても習慣に応じた行動ではない場合一致する割合が低い。

7.2.3 今後の課題

今回持ち物の個数情報を取得するためにユーザの手入力を行った。しかし、これはあまり日常生活で扱うことを想定した場合、現実的ではない。なぜなら、ユーザが日常生活で持ち物

表 7.3: 持ち物候補データ

名前	重さ (g)
教科書 1	993.3
教科書 2	336
教科書 3	268.2
教科書 4	342.3
教科書 5	371.1
教科書 6	468
教科書 7	348.7
教科書 8	503.9
教科書 9	405.8
文庫本 1	141.5
文庫本 2	283
文庫本 3	298.4
電子機器 1	149
電子機器 2	43
電子機器 3	2245
衣服 1	883.6
衣服 2	22.9
衣服 3	278.8
財布 1	750
その他 1	122.4

の個数を把握することはほとんどないからである。よって、自動的に持ち物の個数を取得する必要がある。また、高性能の秤を用いて同じ重さを量ってもある程度の誤差が生じる。この誤差を許容して推定を行った場合、正確に組み合わせを推定することが難しくなる。また、財布や弁当などといった頻繁に重さが変化する物についても対応する必要がある。これは、日々の持ち物ログの解析を行い、個々の物の重さを推定することによって解決できると考えられる。また、今回ユーザが行う物の登録や組み合わせの提示は文字列のみで行っている。これは日常生活において扱う際にユーザに見づらいなどの負担がかかってしまう。ユーザへの負担を軽減させるために物の写真を用いたり、重い物は赤、軽いものは青などの色による提示を行う必要がある。

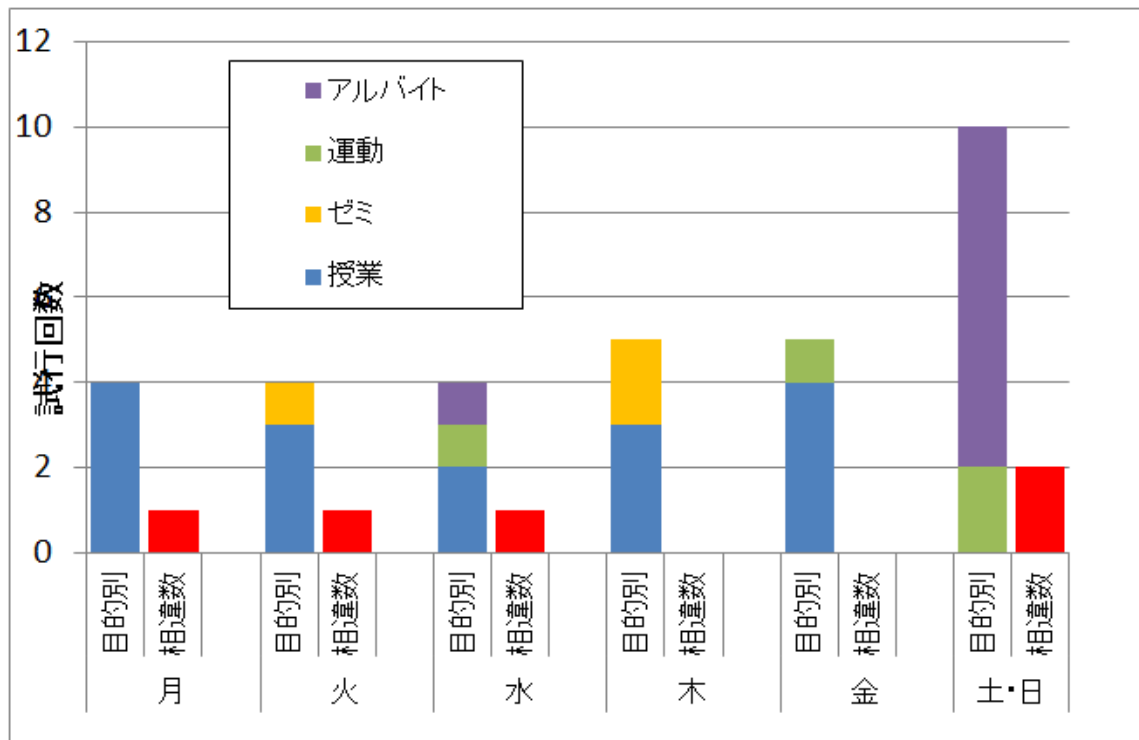


図 7.1: 曜日と目的別に分けた試行回数と相違数

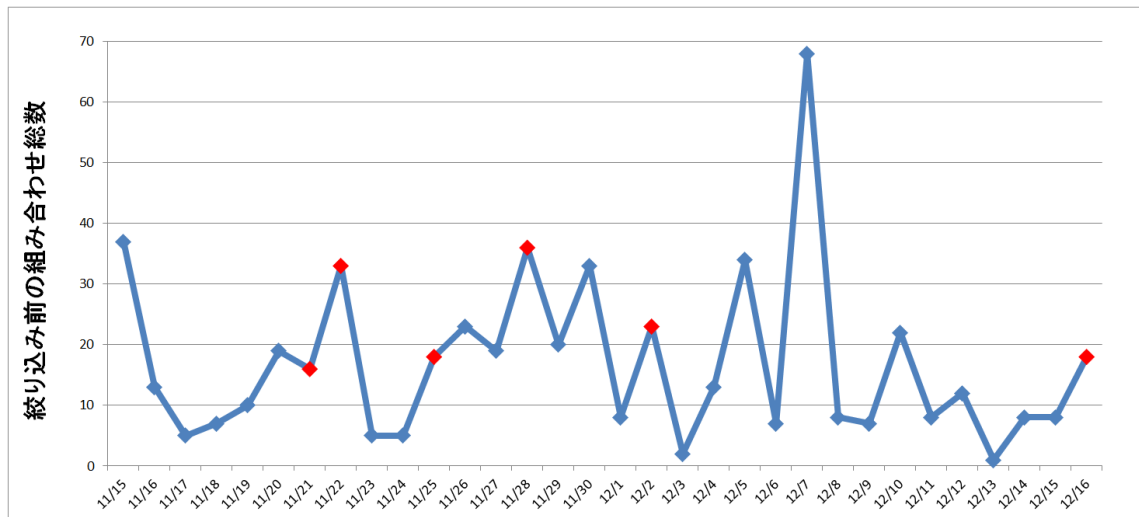


図 7.2: 絞り込む前の組み合わせ総数

表 7.4: 曜日毎に分類した持ち物候補

曜日	名前	目的
毎日	電子機器 13 財布 19	
月曜	教科書 1 教科書 4	授業 授業
火曜	教科書 2 教科書 5 教科書 8 電子機器 14 電子機器 15	授業 授業 研究 研究 研究
水曜	教科書 1 教科書 3 衣服 16 衣服 17 その他 20	授業 授業 運動 運動 運動
木曜	教科書 2 教科書 4 教科書 7 教科書 9 電子機器 14 電子機器 15	授業 授業 授業 研究 研究 研究
金曜	教科書 3 教科書 5 教科書 6	授業 授業 授業
土曜、日曜	文庫本 10 文庫本 11 文庫本 12 衣服 18	アルバイト アルバイト アルバイト アルバイト

第8章 結論

本研究では、重量センサを用いた忘れ物防止のための持ち物の組み合わせ推定手法を提案した。物の重さは時間的な変化が少なく、物を認識する情報としては有用である。持ち物全体の重さと個々の物の重さから組み合わせを推定した場合、同じ重さで異なった組み合わせが多数存在してしまうため、外出時の目的や日付情報などを用いて組み合わせを一つに限定する。結果として、理想の持ち物リストとの一致数が多い場合推定した組み合わせと実際の組み合わせが同じである確率が高くなり、忘れ物防止のための持ち物の組み合わせ推定ができた。

得られた今後の課題として持ち物の正確な重さの取得と日常生活においてユーザになるべく手間がかからないような持ち物の個数情報の自動認識を行う。また、今回ユーザに対するリマインド方法は推定された組み合わせを文字列で表示するのみだが、ユーザに、より直感的にリマインドする機能の実装を行う必要がある。

今後は日常生活においてユーザになるべく手間がかからないように、また持ち物の組み合わせを一意に推定することを目標とし、さらなる改良を目指していきたいと考えている。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、指導教員の高橋伸准教授、田中二郎教授をはじめ、三末和男准教授、志築文太郎准教授にはゼミやミーティングを通して大変貴重なご意見をいただきました。深く御礼申し上げます。また、インタラクティブプログラミング研究室の皆様に日常生活の中で様々なご意見をいただきました。特に、ユビキタスチームの皆様には、ゼミ以外にも研究生生活全体にわたって数多くのご意見、ご指摘をいただきました。心より感謝いたします。最後に大学生活を送る中、経済面や精神面に渡って支えてくれた家族や、大学生活を共に過ごし様々な面でお世話になった全ての友人に心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 芳賀 繁 ミスをしない人間はいない～ヒューマン・エラーの研究～株式会社飛鳥新社 2001
- [2] 中田 豊久, 金井 秀明, 國藤 進 スポットライトを用いた屋内での捜し物支援システム 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.12, pp.3962-3976, 2007
- [3] 松下 和弘, 岩井 大輔, 佐藤 宏介 本棚のインタラクティブサーフェス化による文書探索・収納支援 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.16, No.1, pp.3-12, 2011
- [4] 上岡 隆宏, 河村 竜幸, 河野 恭之, 木戸出 正継 I'm Here!: 物探しを効率化するウェアラブルシステム ヒューマンインタフェース学会論文誌, pp.275-285, 2004
- [5] Gaetano Borriello, Waylon Brunette, Matthew Hall, Carl Hartung, Cameron Tangney Reminding About Tagged Objects Using Passive RFIDs UbiComp, pp.36-53, 2004
- [6] 米沢 拓郎, 榊原 寛, 中澤 仁, 高汐 一紀, 徳田 英幸 Spot & Snap: DIY Smart Object Service を実現するセンサノードと日用品の関連付けインタラクション 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1381-1392, 2007
- [7] Daniel Avrahami, Michael Yeganyan, Anthony LaMarca The Danger of Loose Objects in the Car: Challenges and Opportunities for Ubiquitous Computing UbiComp, pp.173-176, 2011
- [8] 山口 修平, 三次 仁, 吉田 守, 中村 修, 村井 純 センサを利用したサプライ品消費量の自動予測 電子情報通信学会, Vol.111, No.342, pp.43-46, 2011
- [9] SungWoo Kim, MinChul Kim, SangHyun Park, YoungKyu Jin, WooSik Choi Gate Reminder: A Design Case of a Smart Reminder DIS, pp.81-90, 2004