

修士論文

オンラインレシピユーザを対象とした
個人の嗜好に合わせた調味料の分量調整支援

木戸 勇太

2018 年 2 月 1 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

木戸 勇太

審査委員：

安本 慶一 教授 (主指導教員)

金谷 重彦 教授 (副指導教員)

荒川 豊 准教授 (副指導教員)

水本 旭洋 特任助教 (副指導教員)

オンラインレシピユーザを対象とした 個人の嗜好に合わせた調味料の分量調整支援*

木戸 勇太

内容梗概

近年、スマートフォンの普及に伴い、Allrecipe やクックパッドなどのオンラインレシピのユーザ数が増加している。実際、60%以上の主婦がオンラインレシピサイトを使用する機会が増えたと回答しており、オンラインレシピサイトのレシピを見ながら料理をする人は増加していることがわかっている。オンラインレシピは無数に存在するが、レシピごとに記載されている味付けは1通りであるため、そのレシピに従ったとしても、ユーザの嗜好に合った料理ができるとは限らない。そこで予備実験として個人毎の嗜好にどの程度ばらつきがあるのか独自に調査したところ、レシピの規定量より濃度から-20%、又は、+20%調整したものを適量と判断した被験者は全体の3分の1であった。また、76.5%の主婦が料理の手間を省くために様々な工夫をしていることがわかっている。しかし、調味料を投入する動作については、工夫の方法は存在せず、その都度計量スプーンを使用するか、計量スプーンを持っているにも関わらず目分量で投入を行っている人が過半数以上存在することがわかっている。そこで予備実験としてどの程度目分量での投入によって誤差が生じるのかを独自に調査したところ普段から料理を行っている人でさえ30%以上の誤差があることを確認した。

本研究は人が料理をする際の負担を軽減しつつ、その人の嗜好に合う味付けを可能とするシステムを実現することで、食生活を豊かにすることを目的としている。そのためには、(1)個人の味の嗜好を把握すること(2)個人の味の嗜好モデル

*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 修士論文, NAIST-IS-MT1651043, 2018年2月1日。

を基に味付けの度合いを変更し、投入する調味料の分量を決定すること、(3) 調味料の分量をユーザが容易かつ高精度で投入できるようにすることの3点の課題が挙げられる。しかし、既存研究において嗜好に近いレシピの推薦を行うシステムは数多く存在するが、味の嗜好をシステムが把握し、味の嗜好を基にレシピの分量を調整する研究や調味料の投入を嗜好に合わせ支援する研究は存在しない。そこで、(1)(2)を解決するために、味に存在する5つの基本味である五味（甘味、苦味、酸味、塩味、旨味）について食事毎に評価を行い、その都度味の嗜好モデルを調整することができ、味の嗜好モデルを基にレシピデータの調味料分量を調整するシステムを提案する.. そして(3)を解決するために、投入中にリアルタイムで調味料の投入量を教示するスマート調味料入れの開発を行った。このデバイスは、調味料入れの上部に角度情報を取得することのできる機構を内蔵している。

開発したシステムによる食事後のユーザの評価データを基に味の嗜好の分析を行った結果、2日間の味の嗜好モデル分析実験では、過半数の被験者に対して適切な味の嗜好モデルを構築することができた。さらに詳しく分析するために追加で行った2週間の味の嗜好モデル分析実験では、7日目の味の嗜好モデルと14日目の味の嗜好モデルを構成する味覚5要素の各要素の値の差が5%以内であったために7日間でユーザの嗜好を把握することができたと考える。加えて開発したスマート調味料入れのリアルタイム投入量推定精度について検証した結果、最大誤差 6.5%で調味料を投入できることを確認した。

キーワード

スマート調味料入れ, 嗜好分析, レシピの分量調整, 料理支援

Supporting seasoning quantity adjustment based on individual preference for online recipe users *

Yuta Kido

Abstract

In recent years, the number of people using online recipe services for cooking has increased with the SPREAD of the smartphone. In a recent survey, more than 60% of housewives answered that they use the opportunity to use online recipe sites more often. It is difficult to match food taste to user's preference as each online recipe page shows a recipe to realize just one taste even though there are countless numbers of recipes in an online recipe service. As a preliminary experiment, we investigated the degree of individual difference in taste preference. As a result, one-third of the subjects preferred to adjust the amount of hot water used for a Miso Soup by -20 % or + 20% of the specified amount of the original recipe. It has also been reported that 76.5% of housewives are generally interested in using new systems for cooking. Over 50% of housewives simply eye measure the amount of seasoning to simplify matters, using a measuring spoon is often considered as extra effort. There is, to our knowledge, no IoT device currently in use that can assist in analyzing the exact amount of seasonings. As a preliminary experiment, we investigated the deviation between the suggested amount by the recipe and the actually added seasoning through eye measuring. As a result, even those who are cooking frequently showed that there was an error of 30% or more.

The results of the two conducted experiments lead to the decision, that there is a need for a system that can help to adjust the optimal amount of seasoning

*Master's Thesis, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT1651043, February 1, 2018.

to personal taste and to support the addition of the exact amount of seasoning. The purpose of this research is, therefore, to increase daily meal satisfaction through the realization of a system, that improves the taste of food based on an online recipe closer to the user's preferable taste without burdening the user. To realize this system, the following three problems are approached: (1) building an individual preference model for food taste, (2) determining the seasoning quantity based on the individual preference model, and (3) adding easily and accurately the quantity of the seasonings. Existing Research focuses on recommending recipes according to personal taste. However, there is no research on the usage of a system which supports the adjustment of the recipe based on personal preference. Therefore, we develop a system that extracts the user's preference by assessing the individual taste through a questionnaire in a learning model and adjusting the amount of seasoning in the base recipe accordingly, which solves the problem (1) and (2). The developed system called Smart Cruet, measures and notifies the user when the desired amount of seasoning is added in real time, solving the problem (3).

As a validating experiment, we analyzed the user preference models based on feedback before and after adjusting the seasonings. The results showed that the preference model estimation using a two-day timeframe was not able to assess the taste of a majority of the participants, which lead to the conclusion that the time period was not sufficient. Therefore, the period was extended to a two-week timeframe whose results show that the longer timeframe also increased the accuracy of the preference model, to a point, that the individual preference model can be built correctly. The measuring accuracy of the Smart Cruet showed that it is capable of measuring the desired amount of seasoning with 6.5% max error.

Keywords:

Smart cruet, Preference analysis , Seasoning quantity adjustment, Cooking support

目 次

1. 序論	1
2. 関連研究・関連サービス	4
2.1 食品・食材認識の関連研究	4
2.2 レシピ推薦についての関連研究	5
2.3 ICT (Information and Communication Technology) を利用した調理支援サービス	6
2.4 味付けに関する既存研究	6
2.5 関連研究・サービスを踏まえた提案手法	7
3. 予備実験	8
3.1 味の嗜好個人差調査	8
3.2 目分量の投入による誤差についての調査	9
3.3 考察	13
4. 提案システム	14
4.1 システム要件	14
4.2 システム構成	14
4.3 スマートフォンアプリケーション	15
4.4 データベース	17
4.5 嗜好分析機構	17
4.6 分量調整機構	18
4.7 スマート調味料入れ	18
4.8 レシピデータ	22
5. 評価実験	23
5.1 2日間の味の嗜好分析	23
5.1.1 実験方法	23
5.1.2 実験結果	23

5.1.3	考察	25
5.2	2 週間の味の嗜好分析	25
5.2.1	実験方法	25
5.2.2	実験結果	25
5.2.3	考察	26
5.3	スマート調味料入れの投入量推定精度評価実験	27
6.	結論	28
	謝辞	30
	参考文献	32

図 目 次

1	普段料理をしないユーザの小さじでの目分量投入結果	10
2	普段料理をしないユーザの大さじでの目分量投入結果	11
3	普段料理をするユーザの小さじでの目分量投入結果	11
4	普段料理をするユーザの大さじでの目分量投入結果	12
5	システム構成	15
6	アプリケーション動作フロー	16
7	液体用スマート調味料入れ	19
8	固体用スマート調味料入れ	19
9	スマート調味料入れ構造	20
10	スマート調味料入れ回路	20
11	1 日目の評価結果	24
12	2 日目の評価結果	24
13	2 週間の味の嗜好モデル数値の推移図	27
14	スマート調味料入れによる推定精度の誤差分布図	28

表 目 次

1	5 種類の濃度の味噌汁を用いた味の嗜好個人差調査結果	9
2	1, 2 日目の評価結果 (灰色に着色した部分は, 2 日目に嗜好に近づいた被験者を表す.)	24
3	14 日間のメニューリスト	26

1. 序論

近年，スマートフォンの普及に伴い，Allrecipe やクックパッドなどのオンラインレシピの利用者が増加している．実際，クックパッドでは2013年時点で月間利用者数は2600万人程度であったが2016年2月時点で6000万人に到達した．クックパッドの調査 [1] によると，回答者の60%以上がオンラインレシピを使用する機会が増えたと答えている．また，料理本や雑誌を買うのをやめた主婦は50%を超えていることがわかっている [2]．これらのことから，料理時に使用するレシピとしてオンラインレシピサイトを用いることが主流となっていると言える．しかし，ユーザ毎に味の嗜好が異なるため，オンラインレシピに掲載されているレシピ通りに料理したとしても食べる人の味の嗜好と一致するとは限らない．そこでどのくらい個人間に味の嗜好に差が生じるのかを調べるために，予備実験として濃度を変えた味噌汁を5種用意し，一番味の嗜好に沿うものを選択してもらう実験を行った．その結果，個人間の味の嗜好にレシピ規定量の+20%，-20%の濃度が適量であったと答えた人が被験者全体の3分の1を占めるほどばらつきが存在していたことを確認した．このことからオンラインレシピに掲載されたレシピ通りの分量で料理したものではユーザの味の嗜好に完全に対応できてはいないと言える．

また，近年，情報通信技術の進歩により，ユビキタスネットワーク社会の現実化が進み，スマートフォンやタブレットのようなICT機器だけではなく，様々な「モノ」が無線通信を介してインターネットに接続される「モノのインターネット（Internet of Things: IoT）」というコンセプトが広まっている．インターネットに繋がる「モノ」の数は，2013年時点で約158億個存在し，2020年までに約530億個まで増大すると予想されている [3]．産業，医療などの分野でIoT機器の導入が進む中，料理で使用する調理器具やキッチン自体をIoT化する動きも始められている．例えば，フライパンに温度センサと無線通信機能を埋め込んだ Pantelligent [4] では，スマートフォンと連動しながらフライパンの温度管理を行うことで，食材を熱する時間や裏返す時間を提示できる．IoTキッチン用品がどんどん普及していおり，パナソニックの調査結果によると76.5%の主婦が料理の手間を省くために便利な調理器具を導入していることがわかっている．主婦の需要

が高いことから今後もさらに、様々なIoTキッチン用品の市場が拡大していくことが考えられる。しかし、まだ、調味料の投入を支援するIoTに関するサービス・システムは存在しない、そのため計量スプーン等の使用が煩わしく、目分量で調味料の投入を行っている人が50.6%いることがわかっている [5]。このことから生じる問題として、目分量での投入であるために正確に料理の味付けができていない可能性が考えられる。

本研究では人が料理をする際の負担を軽減しつつ、その人の味の嗜好に合う味付けを可能とシステムを実現することで、食生活の満足度を向上・QoLの向上を目的としている。そのためには、(1) 個人の味の嗜好を把握すること (2) 個人の嗜好モデルを基に味付けの度合いを変更し、投入する調味料の分量を決定すること、(3) 調味料の分量をユーザが容易かつ高精度で投入できるようにすることの3点の課題が挙げられる。しかし、既存研究において様々な嗜好を基にレシピの推薦を行うシステムは数多く存在するが、味の嗜好をシステムが把握し、味の嗜好を基にレシピの分量を調整する研究や調味料の投入を嗜好に合わせ支援する研究は存在しない。そこで、(1) (2) を解決するために、味に5つの基本味である五味（甘味、苦味、酸味、塩味、旨味）が存在する [6] [7] ためそれぞれ食事毎に評価を行い、その都度味の嗜好モデルを調整することができ、味の嗜好モデルを基にレシピデータの調味料分量を調整するシステムの提案をし、料理中の使用を容易とするためにスマートフォン上で動作するアプリケーションを開発した。当アプリケーションを用いて評価する際は、味覚を構成する五味についてそれぞれ5段階で評価を行う。1は、薄い2は少し薄い、3は適量、4は、少し濃い、5は濃いを示す。開発したシステムにより五味ついて5段階で評価されたデータを蓄積し、分析を行う。分析結果を基にアプリケーション上で調味料の分量を調整し、表示する。食後に都度評価を行い味の嗜好モデルの調整を行っていく仕組みとなっている。そして(3)を解決するために、投入中にリアルタイムで調味料の投入量を教示するスマート調味料入れの開発を行った。このデバイスは、調味料入れの上部に角度情報を取得することのできるセンサー、点灯パターンによって適量を通知するためのLED、そして投入する分量情報を取得するためのBLEモジュールを内蔵した機構となっている。そして、投入量を推定するために、こ

のデバイスでの単位秒あたりの投入量を決定し、傾いた時間とを乗算し、推定している。

開発したシステムによる食事後のユーザの評価データを基に味の嗜好の分析を行った結果、2日間の味の嗜好モデル分析実験では、過半数の被験者の嗜好モデルを構築することができた。さらに詳しく味の嗜好モデルを分析するために実験期間を2週間とする追加実験を行った。2週間の味の嗜好モデル分析実験では、7日目の嗜好モデルと14日目の味の嗜好モデルを構成する五味の各要素の値の差が5%以内であったため7日間でユーザの味の嗜好を把握することができたと考える。加えて開発したスマート調味料入れの大さじ1～4杯の投入量をリアルタイムで投入量の推定を行った結果、最大誤差6.5%で調味料を投入できることを確認した。

2. 関連研究・関連サービス

本章では, 本研究・料理支援に関する関連研究及び関連サービスについての現状と問題点について述べる.

2.1 食品・食材認識の関連研究

M.Mirtchouk らは音響センサとスマートウォッチの加速度センサと GoogleGlass の加速度センサを用いて食事, 料理の量を推定する研究を行っている. この手法では, 食事の際の咀嚼音, 腕の動作, 頭の動作に関するセンサデータの取得を行い, 食事の分類及び, 料理の量を推定している [8]. 40 種類の食事を高精度で分類することが可能である. 高精度に認識を可能とするが, 種類は少ない. 小島らは CogKnife というスマート包丁を用いて調理中の食品を判定する手法を提案している [9]. この手法では, 小さなマイクをナイフに装着し, 切断音を記録する. その切断音からスペクトルグラムを抽出し, 特徴ベクトルとして分類器の訓練を行った結果, SVM で分類実験を行うと 95 % で 6 種の食品を認識を行うのだが, 認識可能な食材が少ない. これらのシステムでは料理に使用する調味料の種類を認識したり及び調味料の使用量を推定したりすることはできない.

川村らは, 冷蔵庫内にウェブカメラを取り付け食品認識を行う研究を行っている [10]. この手法では, 開閉時に自動で撮影を行う仕組みとなっている. その理由としては庫内灯を利用するためである. 冷蔵庫に取り付けるだけでよく常に録画するわけでもない仕組みであることが利点である. しかし, 認識できる食材に制限があり, 調味料の認識をすることはできない. 河野らは, スマートフォンの独自で開発した専用アプリケーションのカメラを用いて料理の認識を行う研究を行っている [11]. この手法では, アプリケーション上のカメラを料理に向けることで認識可能な 100 種類の料理の中から 5 種類まで SVM を用いて絞ることが可能である. 認識の精度は 79 % である. Vinay Bettadapura らは, 位置情報とカメラ情報から食品分類をする研究を行っている. この手法では, 位置情報からレストランの種別を認識することに加えスマートフォンのカメラ情報を用いて食品の分類を行っている [12]. これらのシステムは, 写真から食品や食材の種類を認

識することができるが，消費される調味料の種類を特定することはできず，調味料の量も推定することができない．

2.2 レシピ推薦についての関連研究

丸山は，画像認識を用いて認識した食材に応じてレシピを推薦するシステムを提案している [13]．スマートフォンのカメラを食材にかざすだけで手軽に認識し，その認識した食材を利用すると調理可能なレシピが複数表示される．平川らは，食事の目的に応じたレシピの推薦を行うシステムを提案している [14]．この手法では，20 件のレシピに色相，明度，彩度という三要素すなわち HSV 値という色情報を持たせ，ユーザが選択した自己の体質改善，来客時のおもてなし等といった目的の色情報と近い色情報の料理を推薦するシステムである．門脇らは，Twitter のつぶやきからレシピ推薦を行うシステムを提案している [15]．この手法では，Twitter のつぶやきの情報からユーザの状況を 15 種類の「飲み会」，「寒さ」，「仕事」などの状況語を抽出し，状況語が tweet されてから 3 時間以内に食したものを関連性の高い料理として認識する．そして次に tweet があった際過去のデータから状況を推定し，レシピの推薦を行っている．Z.Li らの研究では特殊なアルゴリズムを用いてレシピの推薦を行うシステムを提案している [16]．この手法では，コンテンツベースのフィルタリングと協調フィルタリングを組み合わせたハイブリッド推薦アルゴリズムを用いて例えば，軽い料理が好きかどうかについて考慮し，似た嗜好の人の好むものを推薦する．山本らは料理の作成履歴を基にレシピ推薦を行うシステムを提案している [17]．この手法では，料理作成履歴から嗜好のレシピを抽出するモデルと嗜好のレシピ以外のレシピに挑戦した確率を基にレシピ推薦を行う．森下らは，ユーザに好みだと考える味付けを選択させ，その味付け群に当てはまるレシピを推薦するシステムを開発している [18]．この手法では，好みの味付けを選択すると，あらかじめ 150 のレシピの中から味付けによって分類されたものの中から近い味付け群のレシピの推薦を受けることができる．

しかし，これらのレシピ推薦を行う研究では調味料の調整に焦点を当てておらず，ユーザは推奨レシピの中から嗜好に近いレシピを選択することしかできず，ユーザの嗜好に合う味付けでの料理を作ることは難しい．

2.3 ICT (Information and Communication Technology) を利用した調理支援サービス

Pantelligent は温度センサと無線通信機能を備えたスマートフライパンである。材料毎に最適な焼き加減での調理を可能とするために、フライパンの温度を常に管理し、材料を加熱するのに適切な時間と、材料を裏返す適切なタイミングをスマートフォンで通知することができる [4]。Grill alert は温度センサと無線通信機能を備えたスマート網である。網の温度を常に管理し、スマートフォンへ適切な焼き加減のタイミングを通知することができる [19]。Crock Pot は、調理鍋に温度センサと無線通信機能を内蔵したスマート鍋である。調理鍋の温度を検知して適切な温度に調整することができるが、味付け自体を調整することはできない [20]。しかし、これらの器具では、ユーザの嗜好に合わせた焼き加減の実現は可能となるが、嗜好に合わせた味付けを実現することはできない。Moley Robotics 社が開発しているロボットキッチン、タブレットで専用のアプリケーションを使用してレシピを選択すると、調理を行ってくれるロボットである [21]。レシピに必要な材料を切るところから始まり完成まで全自動で行う。また皿の洗浄まで可能となっている。しかし、レシピ通りにしか調理できないシステムとなっているので、味の嗜好を取り入れることができればさらに有用なシステムとなると考える。

2.4 味付けに関する既存研究

村上らは、電気抵抗率と温度を基に液体状の料理の塩分濃度を測定する塩味センサを開発している [22]。塩分濃度を可視化することで、遠隔地や過去の調理の映像に合わせて料理の塩味の濃さを調整することができる。しかし、塩味センサは料理に含まれる塩分濃度を測定するため、個々の調味料の使用量を特定することができず、調味料に対する嗜好を考慮した調理を行うことは難しい。中村らは、AR マーカと秤を用いて調味料の使用量を推定するシステムを開発している [23]。調味料入れの蓋に貼付された AR マーカで調味料の種類を識別し、秤で使用量を計測することにより、個々の調味料の使用量を推定することができる。ユーザは計測の手間を掛けず、調味料の使用量を把握することができるが、使用中には測

量できないため，調理中の支援にはならない．

2.5 関連研究・サービスを踏まえた提案手法

上記のように，食品認識，レシピ推薦については多くの研究が行われ，またICTを利用した調理支援サービスについても数多く存在する．また，嗜好を考慮したレシピ推薦を行う研究は数多く存在する．既存研究では一口に嗜好と言っても，料理や，材料の嗜好に焦点を当てるものであった．しかし，人の満足度には味の嗜好を考慮するのが良いことがわかっている [24] が，考慮している研究は無い．そこで本研究では，1) 塩味，酸味，苦味，甘味，うま味の5つの基本的な味覚についてユーザの味の嗜好を分析し，2) 分析した嗜好に応じて調味料の分量調整を行い，3) スマート調味料入れのLEDを使用して，調味料の適切な投入終了タイミングを教示する料理支援システムを提案する．

3. 予備実験

個人毎の味の嗜好にどの程度差があるのか調査する実験と目分量で調味料を投入するとどの程度誤差が出るのか調査する2つの予備実験を行う。その予備実験の詳細な方法と結果、考察について述べる。

3.1 味の嗜好個人差調査

個人毎の味の嗜好にどの程度差が生じるのかを調査する。被験者24人に対して、お湯の量により濃度を調整した味噌汁を5種用意し、一番味の嗜好に近いものを選択してもらう。濃度の調整をお湯のみで可能とする容易さから対象物を味噌汁とした。お湯160mlがレシピ規定のところ128ml (-20%)、144ml (-10%)、160ml (レシピ上の正確な量)、176ml (+10%)、192ml (+20%)の5種類のお湯の量を変えた味噌汁を用意する。被験者に各味噌汁の濃度がわからないよう順番をランダムにし、試飲してもらう。調査の結果を表1に示す。表1にて各濃度に対して最も嗜好であったもしくは、嗜好に近いものと答えた人数を示す。結果として160mlのレシピ規定量よりも濃度の濃い味噌汁である128mlと144mlの味噌汁が最も嗜好に近いと回答した人が12人であった。一方で、レシピ規定量より濃度が薄い味噌汁である176mlと192mlが最も嗜好に近いと回答した人は11人であった。また、160mlのレシピ規定量通りの濃度となっている味噌汁が最も嗜好に近いと答えた被験者は1人だけであった。これらの結果から、レシピが設定した規定量よりも人の嗜好に20%差異がみられ、味の嗜好には、個人差があることがわかる。

表 1: 5 種類の濃度の味噌汁を用いた味の嗜好個人差調査結果

味付け: 水分加減量	人数
濃い: -20%	6
少し濃い: -10%	6
レシピ通り: $\pm 0\%$	1
少し薄い +10%	9
薄い +20%	2

3.2 目分量の投入による誤差についての調査

主婦の 50%以上が、計量スプーンを持っているにも関わらず、目分量での調味料の投入を行っていることがわかっている。投入の度にスプーンを取り出す手間であったり、使用後に洗浄の手間がかかるためであると考えられる。しかし、目分量での調味料の投入では、レシピと比較して調味料の量を適切に投入することは困難であり、レシピ通りの味とは大きく異なる可能性がある。そこで、目分による投入量と正確な分量との誤差の程度を確認するために実験を行った。本実験では、大さじ 1, 2, 3, 4, 小さじ 1, 2, 3 を被験者に目分量で入れてもらう。本実験では醤油を使用し、大さじ 1 杯は 15ml を表し、小さじ 1 杯は 5ml を表す。投入してもらう分量を記入した 7 つの紙カップに一つずつ投入を行ってもらう。連続投入によるパターン性を無くすために紙カップをランダムに並べる。被験者は 15 人で その内 6 人は 1 週間に 3 日以上料理をしており、残りの 9 人は、週間に 3 日未満を料理する人である。週に 3 回以上料理をする人を普段料理をする人とし、それに満たない人を普段料理をしない人としてこれら二つの比較も行う。図 1 と図 2 は、普段料理をしない 9 人の被験者の小さじおよび大さじスプーンの目分量での投入量と正確な分量との差を示している。点は目分量による調味料の量を表し、赤い線は正解量を表している。結果として普段料理をしない人の小さじでの平均誤差は 71.8%であり、大さじでの平均誤差は 41.4%であった。やはり、普段料理をしない人の方が、小さじ大さじ共に平均誤差に大きく誤差が見られた。一方、図 3 と図 4 は普段料理をする 6 人の被験者の結果では、小さじの平

均誤差は46.2%であり、大さじでの平均誤差は31.8%であった。普段料理をする被験者は、普段料理をしない被験者より目分量による投入精度は15%程高いと言えた。しかし、レシピを用いて調理する際に、目分量では測定誤差が30%以上であるため、レシピに記載された味付けとなっているとは言えない。



図 1: 普段料理をしないユーザの小さじでの目分量投入結果

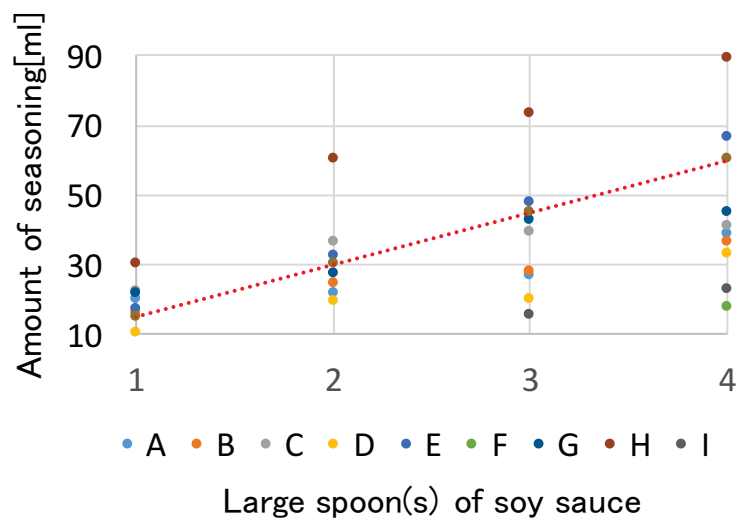


図 2: 普段料理をしないユーザの大さじでの目分量投入結果

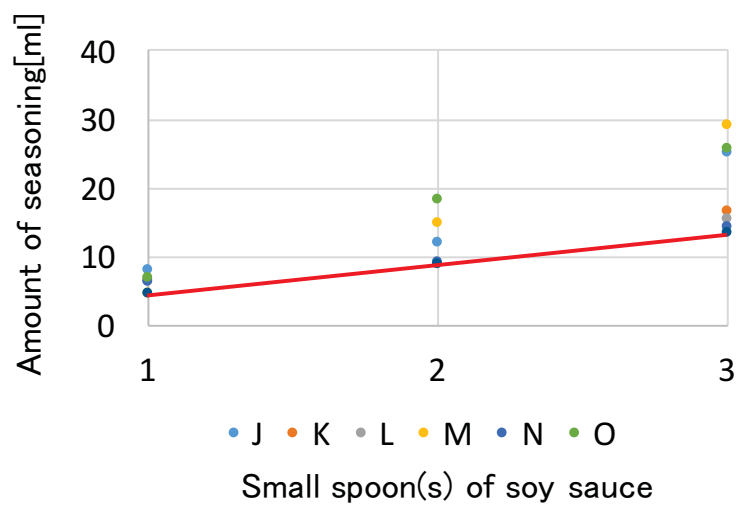


図 3: 普段料理をするユーザの小さじでの目分量投入結果

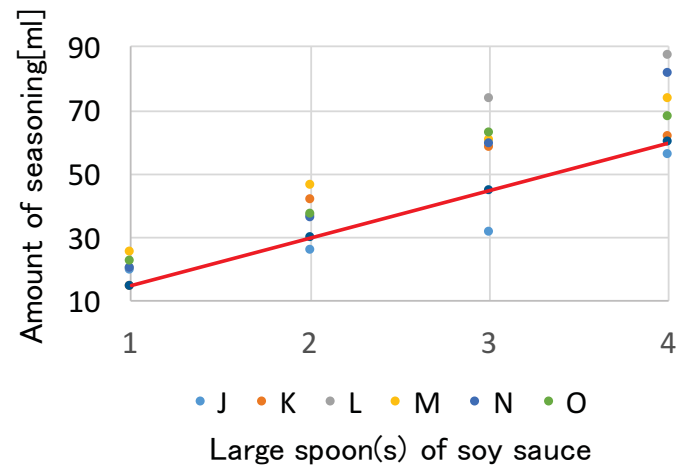


図 4: 普段料理をするユーザの大さじでの目分量投入結果

3.3 考察

表1に示す様に人の味の嗜好にはばらつきが存在することがわかり、レシピの規定量通りの味付けを適量と答えた人は24人中1人しか存在しなかったため、レシピ通りの分量が個人の味の嗜好と一致していないことがわかる。このことから味の嗜好通りの食事をする事で食生活の向上に繋がるため個人の味の嗜好に合わせた味付けの食事を可能とするシステムは有用であると考ええる。

また、目分量による投入では測定誤差が30%以上となるため、レシピ通りの味付けを完璧に実現しているとは言えない。このことから、ユーザの味の嗜好に応じて調味料の分量を調整し、調整した分量を正確に投入することができるシステムが必要であると考ええる。

次章では、個人の味の嗜好に合わせた味付けの食事を可能とし、個人の味の嗜好二合わせた味付けとするために調整した分量を正確に投入可能とするシステムの要件について述べた後、提案するシステムの全体構成を述べ各構成要素の役割について述べる。

4. 提案システム

本章では，提案するシステムのシステム要件を述べ，要件を基に開発したシステムの全体像を示した後，各構成要素を述べる．

4.1 システム要件

3章の予備実験の結果から，個人毎に味の嗜好に差があることがわかる．しかし，個人毎の味の嗜好をモデル化し，レシピに記載されている調味料の分量を調整するような手法は存在しない．そこで着目したのが人の味蕾に受容される基本味の五味である．五味とは5つの基本味（甘味，塩味，酸味，苦味，旨味）[6] [7]から構成される．味の嗜好をシステムが把握するためには，この五味についてそれぞれの好み度合いを数値化し，嗜好モデルを構築する必要がある．また，個人毎の味の嗜好通りの味付けを可能とするために，レシピごとに味の嗜好に合わせて調味料の分量を調整し，調整された分量まで調味料を容易かつ高精度に投入できるデバイスが必要である．

4.2 システム構成

提案するシステム構成の全体像を図5に示す．本システムは，スマートフォンアプリケーション，サーバ，スマート調味料入れの構成要素で構成されている．スマートフォンを使用して料理や料理の手順，材料を確認することができ，食後に都度，食事に対しての評価を行う．評価したデータはサーバ内の嗜好データベースに蓄積される仕組みになっている．サーバは，レシピデータベース，嗜好データベース，嗜好分析機構，および分量調整機構で構成されている．また，スマート調味料入れは，サーバ内の分量調整機構によりユーザの味の嗜好に調整した調味料の分量を正確に投入するための機構である．

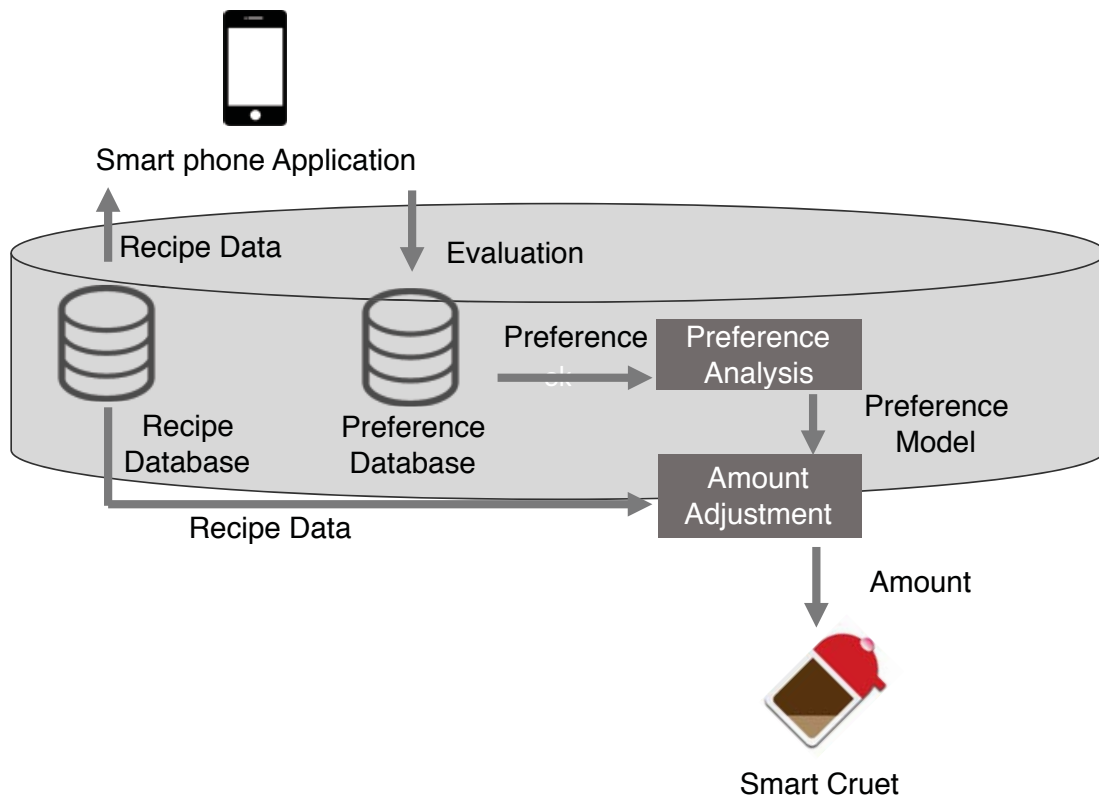


図 5: システム構成

4.3 スマートフォンアプリケーション

開発したスマートフォンアプリケーションの開発言語，機能及び動作について述べる．Android 端末での動作を行うために Java 言語を用いている．ユーザの料理の味の嗜好モデルデータをサーバに送信し，サーバ内で分析された味の嗜好モデルを基にレシピの分量を調整し表示するアプリケーションとなっている．当アプリケーションを使用する際の動作について述べる．アプリケーションを開始すると図 6 の (a) に示す画面が表示される．



図 6: アプリケーション動作フロー

青い START ボタンをタップすると (b) の味の嗜好モデルを表示する。表示されるモデルは、自己の味の嗜好モデルを確認するために過去の蓄積された評価デー

タから分析されたユーザの嗜好モデルをサーバ内の嗜好分析機構から受信し可視化したものである．次に (c) のように料理カテゴリ分類画面が表示される．現在のシステムでは肉料理，魚料理，サラダなどの野菜料理，デザート of 4 種類から選択可能である．カテゴリを選択するとサーバと通信を行い選択したカテゴリの料理の料理例の写真と名前をリスト形式で (d) のように表示する．表示されたレシピ一覧の中から料理したいものを選択し，タップする．すると (e) に示す料理の写真，材料，材料の分量，手順を含むレシピの詳細画面が表示される．

表示される材料の分量は分析された味の嗜好モデルを基に調整された分量となっているので必ずしもレシピ通りの分量になっているとは限らない．レシピ詳細画面を見て料理を終え，食後に評価ボタンをタップし (f) の画面に進み，五味についてそれぞれ5段階で評価を行う．評価は5段階で行い，星1であれば薄い，星2であれば少し薄い，星3であればちょうど良い，星4であれば少し濃い，星5であれば濃いとする．全5項目を評価後に確定ボタンをタップし，評価終了すると データはサーバに送信され，評価データベースに記録される．

4.4 データベース

本研究で使用するデータベースは，Apache CouchDB というドキュメント指向のオープンソースデータベースを用いた．WebApi は JavaScript で記述している，本稿でのデータベースは，レシピデータベース，レシピ材料データベース，レシピ分量データベース，評価データベースの合わせて5つから構成される．レシピデータベースには4000件のレシピ名・レシピの写真が格納されている．レシピ材料，分量データベースには4000件の各レシピの材料及び分量が格納されている．評価データベースにはスマートフォンアプリケーションからの評価データが料理後に随時蓄積される仕組みになっている．

4.5 嗜好分析機構

嗜好分析機構では，ユーザが行った評価のデータを基に味の嗜好モデルを作成する．この嗜好モデルは，各ユーザの調味料の適切な量を決定するために，分量

調整機構で使用される。嗜好モデルを作成するには、食事後に受け取った評価をユーザ毎に分析し、以下の式を使用して嗜好モデルを構成する五味の要素の値をそれぞれ計算する。

$$M_i = \begin{cases} 0 & (i = 1) \\ M_{i-1} - \frac{F_{i-1}}{i-1} & (i > 1) \end{cases} \quad (1)$$

$$-2 \leq F_i \leq 2$$

M_i と F_i は、それぞれ i 日目の嗜好モデル値と評価値を示す。

4.6 分量調整機構

分量調整機構は、作成したユーザの嗜好モデルに応じて調味料の分量を調整する。嗜好モデルを用いて、適切な分量を導出する際に使用する式を以下に示す。

$$Adjusted\ amt. = (M_i - 3) \times 0.1 \times Amt.\ of\ seasoning \quad (2)$$

レシピ通りの分量に対して当式を用いて導出した調整量を加算もしくは減算して分量調整を行う。

4.7 スマート調味料入れ

スマート調味料入れは、ユーザの味の嗜好に応じて調整した調味料の正確な投入を行うことができるように開発を行った。液体の調味料用に開発したスマート調味料入れの外観を図7に示し、固体の調味料用に開発したスマート調味料入れの外観を図8に示す。液体用の本スマート調味料入れは、図9に示すように既存の調味料入れの上部に取り付ける構造となっている。

角度情報から投入量推定



図 7: 液体用スマート調味料入れ



図 8: 固体用スマート調味料入れ



図 9: スマート調味料入れ構造

また内部に格納される回路は，図 10 に示すように，加速度センサ，角速度センサ，Bluetooth Low Energy (BLE) 搭載マイクロプロセッサ，バッテリー，発光ダイオード（LED）で構成されている．固体用のスマート調味料入れについても同様の機構である．

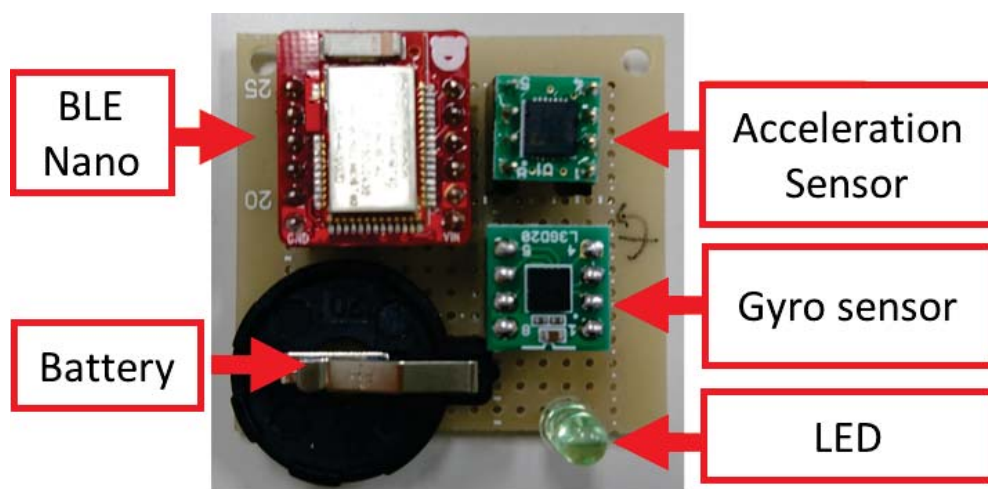


図 10: スマート調味料入れ回路

加速度センサには Kionix 社の KXR94-2050¹を，角速度センサには STMicro-

¹KXR94-2050:<http://jp.kionix.com/product/KXR94-2050>

electronics 社の L3GD20²を用いる。これらのセンサは X 軸, Y 軸, Z 軸の 3 方向を測定することができる。しかし, 本スマート調味料入れでは, 調味料を出すために傾ける方向のみを測定すればよいとため, 1 方向 (スマート調味料入れでは X 軸) のみを測定する。センサで取得した加速度および角速度は, Bluetooth Low Energy (BLE) 搭載マイクロプロセッサに入力され, スマート調味料入れの傾き角度を算出する。各センサはサンプリング周期 10 ms でサンプリング可能である。

センサで得られた加速度, 角速度からスマート調味料入れの傾き角度をリアルタイムに算出するために, マイクロプロセッサを用いる。また, 低消費電力でユーザ端末に送信するために, 消費電力の少ない無線通信規格である Bluetooth Low Energy (BLE) を用いる。本スマート調味料入れでは, BLE 搭載マイクロプロセッサとして ARM プロセッサと BLE モジュールを搭載した RedBearLab 社の BLE Nano³を用いる。算出した傾き角度は, BLE の Notification によってユーザ端末に送信される。なお, 送信間隔はユーザ端末から任意に設定することができる。また, ユーザ端末から受信した適量通知に応じて LED の点滅制御を行う。

ユーザへの通知を行うために緑色 LED を搭載している。ユーザ端末から測定開始の通知を受けると, 現在の調理工程で使用するべきスマート調味料入れの LED が点滅し始める。調味料の投入量が決定した分量を超えた場合には, LED を点滅から点灯に切り換えることでユーザに通知する。また, LED はユーザがスマート調味料入れの使用を終えたとき (スマート調味料入れを水平に戻したとき) に消灯する。この LED による教示機能により, ユーザは簡単に適切な分量を投入したタイミングが判断でき, 適切なタイミングで投入を終えることができる。

使用する液体用のスマート調味料入れのケースは, STOPPY というしょうゆ差し用の筐体を用いている。このしょうゆ差しは, 90 度以上傾いた時のみ投入が行われる構造となっている。そこでこの筐体が 90 度以上傾いている時間を測定し, その時間から調味料の投入量を推定することとした。ここで投入量を投入量 $= \alpha \times t$ で表す。このとき, α [ml/s] は単位時間あたりの調味料の投入量, t [s] は調味料入れが 90 度以上傾いている経過時間を表す。

²L3GD20:http://www.st.com/content/st_com/en/products/mems-and-sensors/gyroscopes/l3gd20.html

³BLE Nano:<http://redbearlab.com/blenano/>

前述した調味料入れの推定方法を用いるためには、単位時間あたりの調味料の投入量 α を決定する必要がある。そこでスマート調味料入れに水を満タン（120ml）入れ、10 秒間 90 度以上傾けた時の投入量を 10 回試行し、平均値から α の決定を行った。その結果、10 回試行した際の投入量の平均は 52.72ml であったことから 1 秒あたりの投入量 α を 5.27 と決定した。

次に固体用のスマート調味料入れの筐体は、CAINZ の小さじ一杯がでる調味料入れを用いている。この上部に液体用のスマート調味料入れと同様の機構を備えている。この筐体は、一振りで 4g を投入することができる構造となっているため、角度情報から振った回数を認識し、投入量 = $4 \times \text{time}$ で表す。このとき time は振った回数を表す。

4.8 レシピデータ

ユーザの味の嗜好を分析し、分析した嗜好に合わせて調味料の量を調整することを目的としているため、クックパッドのような様々な人の味の嗜好を受けたレシピデータでは分析及び味の調整が困難であると考えたため、味付けが一定であるレシピデータが必要となる。そこで、オーグス総研株式会社が提供する Bob & Angie のレシピデータセットを使用した [25]。Bob & Angie のサイト内全てのレシピは管理栄養士監修の健康と栄養に重点を置いており、味に偏りの無い基本的な味付けのレシピデータセットであると考えたためである。オーグス総研株式会社の許諾を受けた上で 4000 件のレシピデータセットを借り、使用している。

5. 評価実験

提案したシステムによりユーザの味の嗜好を分析し、ユーザの味の嗜好に近い調味料の分量調整ができるのかを調査する実験を行った。また、スマート調味料入れの精度を検証する実験も行った。それぞれの結果についてまとめ、考察を述べる。

5.1 2日間の味の嗜好分析

5.1.1 実験方法

レシピ通りに調理した肉じゃがを15人の被験者に食事してもらう。そして食事後に塩分の味付けについて5段階で評価してもらう。その結果を図11に示す。2日目に、1日目の評価を基に5段階に分量調整を行った肉じゃがと料理の中で煮物という分類が同じであるちくわと小松菜の煮物の食事後に1日目と同様に料理の塩分の味付けに対して評価を行ってもらう。

5.1.2 実験結果

図11は、塩味についての分量調整前の食事に対し、10人の被験者から受け取った評価を示し、図12は、調整後に受け取った評価を示す。評価は、1～5段階から選択し、1は塩味が最も不足していたことを示し、5は最も超過していたことを示し、3は適していたことを示す。表2に示すように分量調整前の評価では、被験者のうち適していると判断し3と評価をした人は5人、被験者の内2人が最も薄かった1と評価し、最も超過していたと評価したのは3人であった。これらの評価を基に調整した後の評価では、4人の被験者が味付けが適していたと答えた。しかし、3人の被験者が2と評価し1人の被験者が5と評価した。

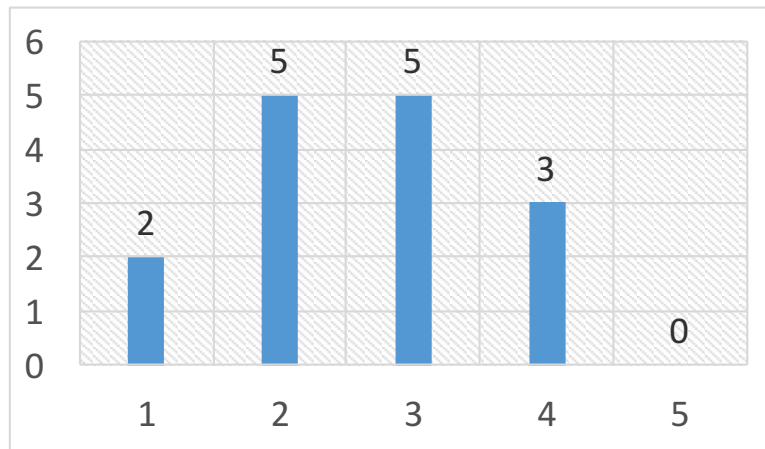


図 11: 1 日目の評価結果

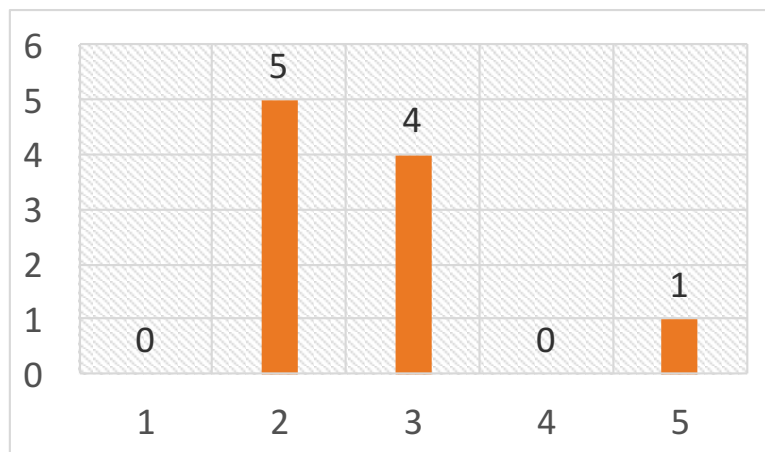


図 12: 2 日目の評価結果

表 2: 1, 2 日目の評価結果

(灰色に着色した部分は, 2 日目に嗜好に近づいた被験者を表す.)

評価	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
レシピ通りの味付け	1	1	2	2	2	2	2	4	4	4
調整した味付け	2	3	2	2	3	2	2	3	5	3

5.1.3 考察

2日間の期間で行った評価実験では、被験者の過半数以上に対し適切な味付けに調整することができた。また、さらに詳しく個人の味の嗜好を分析するために期間を2週間とする追加実験を行う。

5.2 2週間の味の嗜好分析

5.2.1 実験方法

この実験では、多くの評価データを取得することで、2日間の実験より嗜好モデルを高精度に構築することができるのか調査する。実験初日は、味の調整をしていないレシピ通りの料理をユーザがアプリ上で選んだメニューを調理する。調理した食事を食べた後にスマートフォンを用いて味の基本味である五味について5段階で評価を行う。その評価した際の数値に基づき、提案するシステムで、2日目の調味料の分量を調整する。2日目以降に調理する際は、調味料の分量は調整された分量となる。すなわち13日間料理と分量調整を繰り返し、味の嗜好モデルを作成する。2週間、実験の評価データを貯め嗜好モデルの分析を行っていく中で嗜好モデルの要素の値の変化量を基に実験の期間と提案システムの評価を行う。また表3は14日間ユーザが選択し、調理したメニューのリストを示している。

5.2.2 実験結果

図13は、被験者の味覚（甘味、苦味、酸味、塩味、旨味、）についての味の嗜好モデルの数値を示している。縦軸が各味に対するの強弱を表しており、3が標準的数値を示す。3を越えていれば、その味について濃い味付けを好むことを示し、また3を下回る場合は薄い味付けを好むことを示している。図13によると、苦味を除いて全て7日目まで大きく味の嗜好モデルの数値は変化した。しかし、最終日の嗜好モデルは、7日目に作成された嗜好モデルと差はあまり無く大きく

表 3: 14 日間のメニューリスト

日数	料理名
1	肉じゃが
2	さやいんげんのベーコンドレッシングサラダ
3	豚キムチ
4	きゅうりとかにかまぼこの酢の物
5	基本の粕汁
6	豚バラ肉の塩ねぎ焼き
7	シンプル焼きおにぎり
8	じゃがいものキムチ和え
9	レタスとハムの中華スパゲティ
10	チャーハン
11	かまぼことしめじのすまし汁
12	低カロリー焼うどん
13	豚キムチ丼
14	ペペロンチーノ

は変わらなかった．このことから 実験の開始から 7 日間で，ある程度被験者の嗜好モデルを推定することができたと言える．

5.2.3 考察

2 週間の期間で行った評価実験では，7 日目から 14 日目の間構築された嗜好モデルに差がみられなかったことから 7 日目時点でユーザの嗜好をモデル化することができたと考える．しかし 2 週間の評価実験では，被験者は 1 人と，サンプル数として少なく、同様に実験を行って他の人の嗜好モデルを構築できるのかどうかまでは判断できない．そのため今後は被験者を増やし，嗜好モデルを構築し，味の嗜好の分析に必要な期間について検証する必要があると考える．

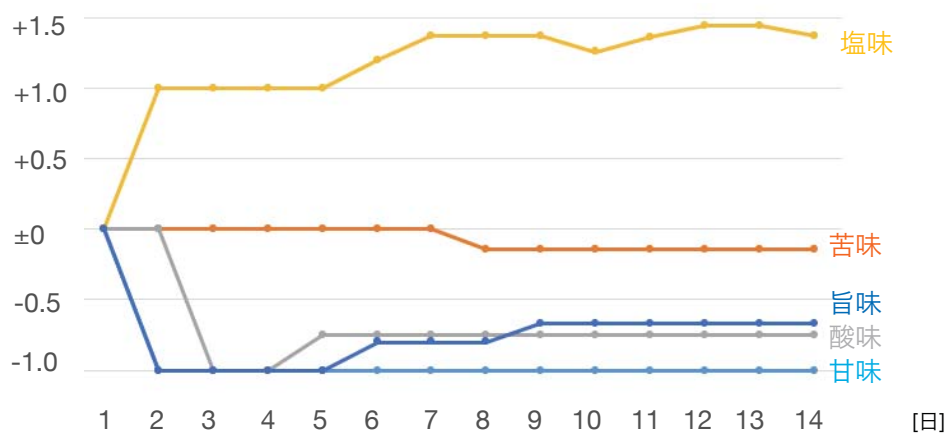


図 13: 2 週間の味の嗜好モデル数値の推移図

5.3 スマート調味料入れの投入量推定精度評価実験

スマート調味料入れの投入量推定精度を確認するための実験を行った。当実験では、スマート調味料入れを使用して投入した分量と、その際にスマート調味料入れ内部でセンサー情報から推定した分量との差の誤差を確認する。大さじ 1 から 4 杯において推定精度を評価する実験を行った。スマート調味料入れを用いた投入量推定結果の誤差率の分布を図 14 に示す。縦軸に単位は%の誤差率を示し、横軸に大さじの杯数を示す。平均誤差として、大さじ 1 杯では、6.5%，大さじ 2 杯では 2.8%，大さじ 3 杯では、4.4%，大さじ 4 杯で 4.7%であった。上記に示す結果と、普段料理を行っている人の目分量による投入との差を比較してみても、目分量による投入には 30%以上の誤差があるため、スマート調味料入れを用いて味付けをした料理は、目分量での投入よりも、ユーザの投入したい量を投入することが可能であると言える。さらに、計量スプーン、カップを調味料投入の都度使用し、洗浄する手間も無いため使用は容易である。

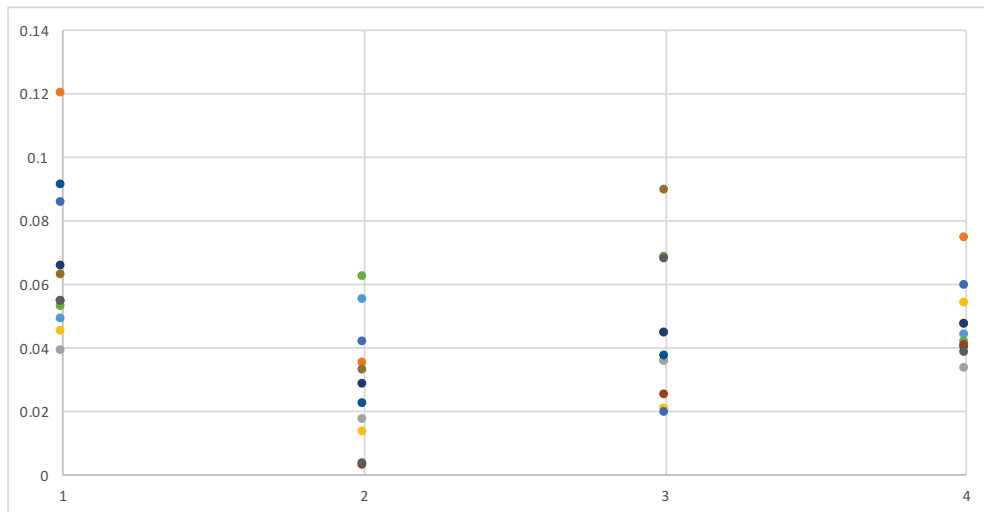


図 14: スマート調味料入れによる推定精度の誤差分布図

6. 結論

スマートフォンの普及に伴いオンラインレシピのユーザ数が増加しており、オンラインレシピは無数に存在するが、レシピごとに記載されている味付けは1通りであるため、そのレシピに従ったとしても、ユーザの味の嗜好に合った料理ができるとは限らない。そこで予備実験として個人毎の味の嗜好にどの程度ばらつきがあるのか独自に調査したところ、レシピの規定量より濃度から-20%, +20%調整したものを適量と判断した被験者は全体の3分の1を占めていた。また、目分量で調味料の投入を行っている人が過半数以上存在することがわかっている。そこで予備実験としてどの程度目分量での投入によって誤差が生じるのかを独自に調査したところ普段から料理を行っている人でさえ30%以上の誤差があることがわかった。本研究は人が料理をする際の負担を軽減しつつ、その人の味の嗜好に合う味付けを可能とシステムを実現することで、食生活を豊かにすることを目的としている。そのためには、(1) 個人毎の味の嗜好を把握すること、(2) 個人の嗜好を基に味付けの度合いを変更し、投入する調味料の分量を決定すること、(3) 調味料の分量をユーザが容易かつ高精度で投入できるようにすることの3点の課題を解決する必要がある。そこで、(1) (2) を解決するために、味の基本味である五味について食事毎に評価を行い、その都度味の嗜好モデルを調整することが

でき、味の嗜好モデルを基にレシピデータの調味料分量を調整するシステムの提案をし、スマートフォン上で動作するアプリケーションを開発した。そして (3) を解決するために、投入中にリアルタイムで調味料の投入量を教示するスマート調味料入れの開発を行った。そのためにこのデバイスは、調味料入れの上部に角度情報を取得することのできるセンサーを内蔵する機構とした。

開発したシステムによる食事後のユーザの評価データを基に味の嗜好の分析を行った結果、2 日間の味の嗜好モデル分析実験では、過半数の被験者の味の嗜好モデルを構築することができた。さらに詳しく味の嗜好モデルを分析するために追加で行った 2 週間の味の嗜好モデル分析実験では、7 日目の嗜好モデルと 14 日目の嗜好モデルを構成する味の 5 要素の各要素の値の差が 6% 以内であったために 7 日間でユーザの味の嗜好を把握することができたと考える。加えて開発したスマート調味料入れのリアルタイム投入量推定精度について検証した結果、最大誤差 6.5% で調味料を投入できることを確認した。

また、今後の課題として 2 点挙げる。1 点目は、本システムが、クックパッドのような様々な人が作成したレシピのデータを使用できるようにすることを挙げる。現段階では、レシピデータを作成した人の味の嗜好に依存しないように管理栄養士が作成したレシピのみを扱うものを使用していた。しかし、レシピデータの味の嗜好自体をも分析することができれば可能になると考える。2 点目は、評価実験の被験者を増やすことである。今回の評価実験では、1 人の味の嗜好を分析を行い、味の嗜好モデルの構築を行うことができたが、サンプル数が少ないと考える。

謝辞

本研究を進めるにあたり、主指導教員である安本慶一教授には、お忙しい中、様々なご指導及びご指摘をいただきました。研究のきっかけとなった CICP や、ヒューマノフィリック、企業との共同研究の際も、参加の機会を頂き、またご指導、ご助言を頂きありがとうございました。心より感謝申し上げます。

副指導教員である金谷重彦教授には、ご多忙にも関わらず論文審査委員を引き受けていただき、ありがとうございました。中間発表会の際には、本研究に関して、面白いねというご意見をいただき、より一層研究に自信を持つ事ができ、身が入りました。心より感謝申し上げます。

副指導教員である荒川豊准教授には、本研究を進めるにあたり、発表練習や、論文の添削等での的確なご指導及びご指摘をいただきましたこと、様々な学外コンテストへ挑戦する機会をいただき、その際も数多くの助言をいただいたことに心より感謝申し上げます。

副指導教員である水本旭洋特任助教には、本研究を進めるにあたり、CICP の応募、アイデア出しの時から助言を頂き、研究の始まるきっかけをいただきました。そして、どんなに忙しい時であっても時間を作ってください、親身になって研究の相談に乗っていただきました。心より深く感謝申し上げます。ありがとうございました。

諏訪博彦助教には、本研究を進めるにあたり、発表の練習や、データの解析についてご意見をいただきました。心より感謝申し上げます。

藤本まなと助教には、発表の練習の際にご意見いただきありがとうございました。また、普段から頻繁に声を掛けてくださり、ありがとうございました。心より感謝申し上げます。

金岡恵事務補佐員、山内奈緒事務補佐員、小川恵理事務補佐員には、研究会の手続き等、研究生生活の様々な場面で支えていただきました。心より感謝申し上げます。

株式会社オーグス総研様には、本研究を進めるにあたり、貴重なレシピのデータ 4000 件をお貸しいただきました。心より感謝申し上げます。

本学ユビキタスコンピューティングシステム研究室に配属当初より、多くの助言をくださった諸先輩方、共に研究生生活を過ごした同輩、慕ってくれた後輩の皆様

に心より感謝申し上げます。とりわけスマートハウス班，CICP，学外のコンテストにおいて，連携を取った同期の雨森君，梅木君，音田君，千住さん，高橋君，藤原君，後輩の佐々木君，渡邊君には深く感謝申し上げます。最後に，実験にご協力いただき，私生活においてもさまざまな場面で大変お世話になった本学ユビキタスコンピューティングシステム研究室の皆様へ，心から感謝の気持ちとお礼を申し上げたく，謝辞にかえさせていただきます。

参考文献

- [1] クックパッド. クックパッド、月間利用者数が6,000万人を突破！, 2016.
- [2] Panasonic. An attitude survey for cooking and kitchen. <http://news.panasonic.com/jp/press/data/2013/04/jn130405-3/jn130405-3.pdf>. Accessed: 2017-12-3.
- [3] 総務省. 平成 27 年版情報通信白書.
- [4] Inc., Circuitlab. Pantelligent - the easiest way to make great steaks, salmon, and much more. <https://www.pantelligent.com>. Accessed: 2017-11-26.
- [5] 安藤昭代, 赤木啓子. 家庭における主婦の調理用計量器使用の実態. 第 1986 巻, pp. 1–12. 東海学園大学, 1986.
- [6] C. Pfaffmann. The sense of taste. Vol. 1. American Physiological Society,, 1959.
- [7] Y. Kawamura and M. R. Kare (eds). Umami: A basic taste. Marcel Dekker, Inc., 1987.
- [8] Mark Mirtchouk, Christopher Merck, and Samantha Kleinberg. Automated estimation of food type and amount consumed from body-worn audio and motion sensors. In *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, UbiComp '16, pp. 451–462. ACM, 2016.
- [9] T Kojima, T Ijiri, J White, H Kataoka, and A Hirabayashi. CogKnife: Food recognition from their cutting sounds. In *2016 IEEE International Conference on Multimedia Expo Workshops (ICMEW)*, pp. 1–6. ieeexplore.ieee.org, July 2016.
- [10] 川村紘菜, 三好力. 冷蔵庫内食品の自動認識の研究. 第 3 巻, pp. 257–258. 情報処理学会, 2016.

- [11] Yoshiyuki Kawano and Keiji Yanai. FoodCam: A real-time food recognition system on a smartphone. Vol. 74, pp. 5263–5287. Springer US, July 2015.
- [12] Vinay Bettadapura, Edison Thomaz, Aman Parnami, Gregory Abowd, and Irfan Essa. Leveraging context to support automated food recognition in restaurants. pp. 580–587, 2015.
- [13] 丸山拓馬, 秋山瑞樹, 柳井啓司. 食材画像認識を用いたレシピ推薦システム. 信学技報, Vol. 111, No. 478, pp. 43–48, March 2012.
- [14] 平川芽依, 牛尼剛聡, 角谷和俊. 料理画像の色情報に基づく目的に応じたレシピ選択支援. *DEIM Forum 2016*, 2016.
- [15] T Kadowaki, Y Yamakata, and K Tanaka. Situation-based food recommendation for yielding good results. In *2015 IEEE International Conference on Multimedia Expo Workshops (ICMEW)*, pp. 1–6, 2015.
- [16] Z Li, J Hu, J Shen, and Y Xu. A scalable recipe recommendation system for mobile application. In *2016 3rd International Conference on Information Science and Control Engineering (ICISCE)*, pp. 91–94, 2016.
- [17] Shuhei Yamamoto, Noriko Kando, and Tetsuji Satoh. Continuous recipe selection model based on cooking history. In *Social Informatics, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 138–151. Springer, Cham, November 2016.
- [18] 森下恵美理, 小川克彦. 好みの味の料理が見つかる検索システム「テイスト検索」. 第 102 巻, pp. 223–228. 電子情報通信学会, 2017.
- [19] Brookstone. Grill alert bluetooth connected thermometer. <http://www.brookstone.com/pd/grill-alert-bluetooth-connected-thermometer/919441p.html>. Accessed: 2017-12-3.
- [20] Crock-Pot. Crock-Pot WeMo enabled slow cooker. <https://www.crock-pot.com/wemo-landing-page.html>. Accessed: 2017-12-3.

- [21] Moley Robotics. Robot kitchen. <http://www.moley.com/>. Accessed: 2017-12-3.
- [22] 村上愛淑, 早樋沙織, 鈴木優, 佐藤修治, 三末和男, 田中二郎, 椎尾一郎. 塩味センサによる調味支援. 第 2009 巻, pp. 659–662. ヒューマンインタフェース学会, 2006.
- [23] 中村和晃, 船富卓哉, 橋本敦史, 上田真由美, 美濃導彦. 調味料使用量の自動計測システムの開発および評価. 第 112 巻, pp. 75–80. 一般社団法人電子情報通信学会, 2013.
- [24] 鈴野弘子, 鈴木恵子, 石田裕, 笹田陽子. 要介護高齢者施設における食物形態の実態とその物性評価. (63), pp. 469–480. 日本家政学会, 2012.
- [25] OGIS-RI Co., Ltd. Recipe Site [Bob & Angie] Health recipes supervised by national registered dietitian. <https://www.bob-an.com/>. Accessed: 2017-12-3.

発表リスト

[1] 木戸 勇太, 雨森 千周, 藤原 聖司, 音田 恭宏, 水本 旭洋, 安本 慶一, ユーザの嗜好に合わせた調味料の分量調整支援に向けたスマート調味料入れの開発, 第 169 回 DPS 研究発表会

[2] 木戸 勇太, 水本 旭洋, 諏訪 博彦, 荒川 豊, 安本 慶一, 個人の味覚を考慮したレシピの調味料分量調整手法, Workshop of Social System and Information Technology (WSSIT18)