

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

木戸 勇太¹ 雨森 千周¹ 藤原 聖司¹ 音田 恭宏¹ 水本 旭洋¹ 安本 慶一¹

概要: 近年、様々なモノをネットワークに接続する IoT 技術の研究開発が活発に行なわれている。これに伴い、料理で使用する調理器具を IoT 化する動きも見られており、日々様々なスマート調理器具が登場している。既存のスマート調理器具では、料理の焼き加減を管理するスマートフライパンや小麦粉などの材料を計測し適量が判定するスマート秤などが存在しているが、味付けや栄養バランスに重要な調味料に関するスマート調理器具は存在しない。そこで本研究では、調味料の投入量を推定可能なスマート調理器具（スマート調味料入れ）、および、人によって異なる味の好みや健康志向などの嗜好に合わせて調味料の分量の調整が可能なシステムの実現を目指す。本稿では、開発したスマート調味料入れについて述べた後、スマート調味料入れを用いて行った調味料の投入量推定精度の評価について述べる。

Development of Smart Cruet for Realization of Proper quantity Recommend System by Considering User's preference

YUTA KIDO¹ CHISYU AMENOMORI¹ MASASHI FUJIWARA¹ YOSHIHIRO OTODA¹ TERUHIRO MIZUMOTO¹
KEIICHI YASUMOTO¹

1. はじめに

いつでも、どこでも、何でも、誰でもインターネットにつながるユビキタスネットワーク社会が構想されて久しい。近年では、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実現化が進み、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、時計や眼鏡のような様々な「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)」の時代が到来している。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 [1]。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[2] では、スマートフォンと連動しながら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。また、キッチン自体を IoT 化した Kitchen of the Future[3] では、マイクロフォンやカメラを用いて記録された他人の調理過程を確認しながら調理を行えるため、Web 上のレシピサイトよりも具体的な調理工程を学ぶことができる。このように、調理を支援するための IoT 機器（スマート調理器具）を扱う開発や研究が近年盛んに行われている。

一方で、近年、健康の増進や生活の質 (Quality of Life: QoL) の向上に注目が集まっている。厚生労働省は、生活習慣病予防のための健康情報サイトである e-ヘルスネット [4] において、QoL と食事の関係性について、食事には単に「栄養を摂る」という効果だけではなく、精神的健康感にも大きな影響を与える効果があることを紹介している。また、食事の嗜好は満足感に強く影響を及ぼすこと [5] や、嗜好を考慮しない食事により満足感を得られないことが高齢者の生きがいに影響を及ぼすこと [6] から、嗜好を考慮した食事が重要だということがわかる。食事における嗜好のうち料理の味の好みに関しては、使用する調味料の

¹ 奈良先端科学技術大学院大学, Nara Institute of Science and Technology

種類や量, タイミングや順番などが非常に重要である。しかしながら, 調味料を使用する工程を支援するサービスやスマート調理器具は非常に少なく, 嗜好に合わせて調味料の分量の調整をするものや, 調味料の使用中に過不足を通知してくれるものは存在しない。そこで, 本研究では, 嗜好に合わせて調味料の分量を決定し, 決定した分量が投入されたときにユーザに通知を行うことを可能にするスマート調理器具, および, 調味料の分量調整システムの実現を目指す。

提案する調味料の分量調整システムでは, 1) 調味料の使用量と味付けの評価を学習することでユーザの嗜好モデルを作成する機能, 2) 嗜好に合わせて調味料の分量を決定する機能, 3) リアルタイムに調味料の投入量を計測する機能, 4) 決定した分量が投入された場合にユーザ通知する機能, を備えたシステムを実現する。提案システムを実現することで, 料理を行う人に対しては, これまで経験や計量により行っていた煩雑な調味料の使用を容易にすることができる。また, 健康志向の人には薄味を, 好みの味を望む人には好みの味になるように調味料の分量を調整できるため, 食事による健康増進や満足度の向上, ひいては, 寿命の延伸にも繋がると考えられる。

本稿では, 調味料の分量調整システムの概要や要件を検討したのち, 提案システムを実現するために開発したスマート調味料入れについて述べる。開発したスマート調味料入れは, 加速度および角速度から調味料の傾きを検知し, 投入量推定手法により, リアルタイムに調味料の投入量を計測する。開発したスマート調味料入れを用いて, 一般家庭で使用頻度の高い調味料を用いて投入量を計測した結果, 最大誤差 5.56 %で計測できることを確認した。

2. 関連研究と既存製品

2.1 調理器具に関する研究・製品

2.1.1 Kitchen of the Future

椎尾らは, ビデオカメラ, マイクロフォン, 足元スイッチ, ディスプレイを備え付けたシステムキッチンカウンタ Kitchen of the Future[3] を開発している。Kitchen of the Future では, 調理過程を記録し公開する機能, 記録した調理過程を再生する機能, そして, 遠隔地からナビゲーションする機能により, ユーザの各調理工程をサポートすることができる。これらのサポートにより, ユーザは調理手順や使用する調味料の種類などを容易に学習することができるが, 動画や遠隔地からのサポートでは, 味の良し悪しに大きく影響を与える焼き加減や調味料の使用量などの細かい指導を受けることは難しい。

2.1.2 Pantelligent

Pantelligent[2] は温度センサを内蔵したフライパンにより, 材料に合わせた最適な焼き加減を実現するシステムである。調理中の温度管理を行うことにより, リアルタイム

にスマートフォン上に食材を熱する時間や裏返す時間を提示することができる。これらのサポートにより, ユーザは最適な焼き加減になるように材料を調理することができるが, 料理の味付けに関してはサポートしていない。

2.2 調味料の計測に関する研究・製品

2.2.1 Drop

Drop[7] は, 通信機能を備えた電子秤とスマートデバイスを連携することで, 計測値の可視化や重量ベースの適量判定を可能にするシステムである。Drop は, 複数の材料を混ぜ合わせる場合などの煩雑な計量を容易にすることが可能であるが, 1種類ずつ順に使用することも起こり得る調味料に関しては, 直接使用せずに電子秤で計量を行うこと自体がユーザにとっての負担を大きくする可能性がある。

2.2.2 塩味センサによる調理支援

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 [8]。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。

2.2.3 調味料使用量の自動計測システムの開発および評価

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 [9]。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, 味付けの際にはユーザ自身が計測を行うか使用する度に 1つずつ調味料入れを秤の上に返却する必要があるため, 煩雑になってしまう可能性がある。

2.3 既存研究と本研究の違い

前述した既存研究では, ユーザの嗜好に合わせて調味料の分量を調整するものや調味料の使用中に過不足を通知するものは存在しないなどの課題がある。そこで, 本研究では既存研究での課題を解決するために 1) 調味料の使用量と味付けの評価を学習することでユーザの嗜好モデルを作成する機能, 2) ユーザの嗜好に合わせて調味料の分量を決定する機能, 3) リアルタイムに調味料の投入量を計測する機能, 4) 決定した分量が投入されたときにユーザに通知する機能, を備えた調味料分量調整システムの実現を目指す。

3. 調味料の分量調整システム

3.1 システム概要

本節では, ユーザの嗜好に合わせて調味料の分量を調整し, 調整した分量が投入されたときに通知するような調味

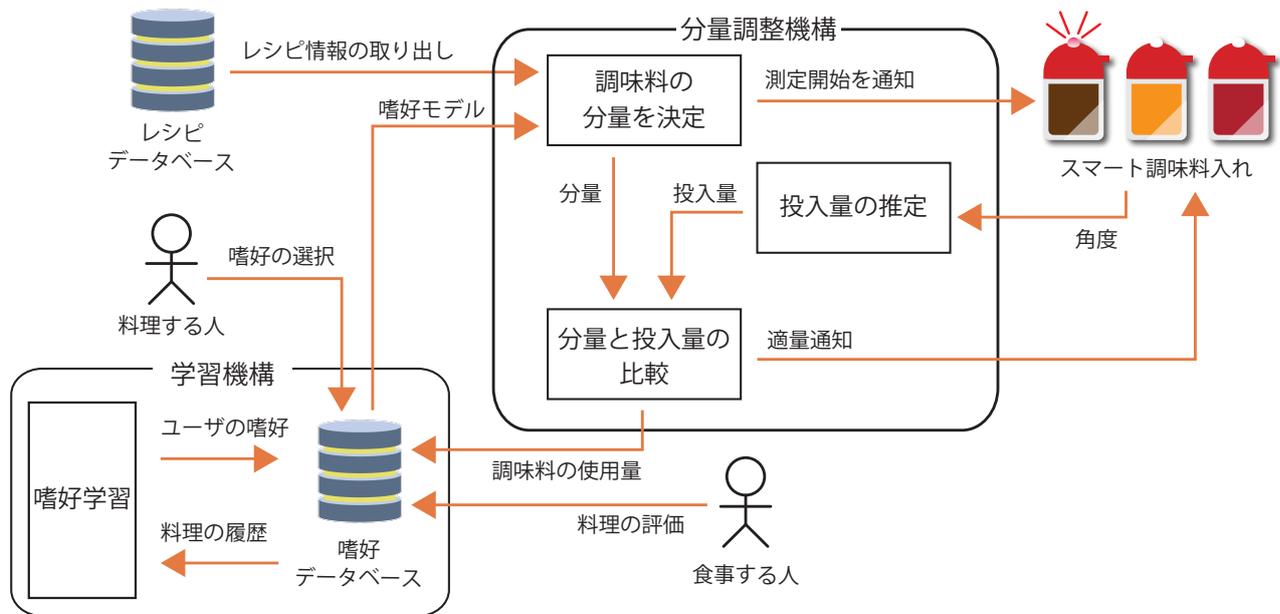


図 1: 提案システム概要

料の分量調整システムを提案する。本研究で提案する調味料の分量調整システムの概要を図 1 に示す。提案システムは、レシピ情報とユーザの嗜好モデルから調味料の分量を決定する機構と、ユーザの嗜好を学習し嗜好モデルを作成する学習機構、リアルタイムに調味料の投入量を推定するためのスマート調味料入れで構成される。提案システムの動作は、1) 調味料の分量を決定しその分量が投入されたかユーザに通知する分量調整フェーズと、2) ユーザの嗜好を学習する嗜好学習フェーズで構成される。

3.1.1 分量調整フェーズ

分量調整フェーズでは、各調理工程においてレシピ情報と後述の嗜好モデルから調味料の分量を調整する。まず、システムはユーザが調理開始時に選択したレシピ情報と嗜好を分量調整機構に入力する。各調理工程で使用する調味料名とその使用量を含むレシピ情報はレシピデータベース上に記録されており、レシピ情報は調理工程の進行に従い分量調整機構に入力される。次に、分量調整機構は入力されたレシピ情報と嗜好モデルを基に調味料の分量を決定し、現在の調理工程で用いる調味料が入ったスマート調味料入れに対して測定開始を通知する。この通知によりスマート調味料入れは調味料入れの角度を送信し始め、調味料調整機構はこの角度から現在の調味料の投入量を推定し、決定した分量と比較する。現在の投入量が決定した分量であれば、スマート調味料入れに適量通知を送信する。この通知を受けたスマート調味料入れは LED により決定した分量が投入されたことをユーザに通知する。調味料の使用が終了した際に、分量調整機構はこの調理工程で使用した調味料の使用量を学習機構に入力する。

3.1.2 嗜好学習フェーズ

嗜好学習フェーズでは、ユーザの評価と各調理工程で使

用した調味料の使用量からユーザの嗜好を学習し、嗜好モデルを構築する。この嗜好モデルはレシピごとに存在し、ユーザの嗜好と各調味料の量の組で表す。ユーザが調理開始時に嗜好を選択すると、該当する嗜好モデルが取り出される。取り出された該当モデルは分量調整機構に入力され、調味料の分量の決定時に用いられる。

嗜好モデルの作成手順については、まず、ユーザは調理開始時にレシピ通りの味付けや健康志向などの嗜好を選択する。各調理工程を終えるごとに、学習機構は使用した調味料の種類とその使用量を嗜好データベースに蓄積する。また、食事の際にユーザに料理の味付けを評価してもらい、その評価結果を嗜好データベースに記録する。学習機構はユーザが選択した嗜好と嗜好データベースに蓄積された調味料の使用量、味付けの評価結果からユーザの嗜好を学習して嗜好モデルを作成し、嗜好データベースに登録する。

3.2 機能要件

本節では、調味料の分量調整システムにおいて必要となる機能要件について述べる。

3.2.1 学習機構

学習機構は、ユーザの嗜好を学習するための機構である。そのために学習機構では、ユーザの嗜好、決定した分量と実際の使用量との差分、ユーザの料理に対する評価を格納するためのデータベースを必要とし、またそれらのデータから嗜好を学習する機能を必要とする。

3.2.2 分量調整機構

分量調整機構は、料理ごとに必要な調味料をリアルタイムにユーザに提示するための機構である。そのために、選択されたレシピ情報とユーザの嗜好から調味料の分量を決定する機能、リアルタイムに調味料の投入量を推定する機



(a) スマート調味料入れの外観



(b) スマート調味料入れのキャップ

図 2: スマート調味料入れ

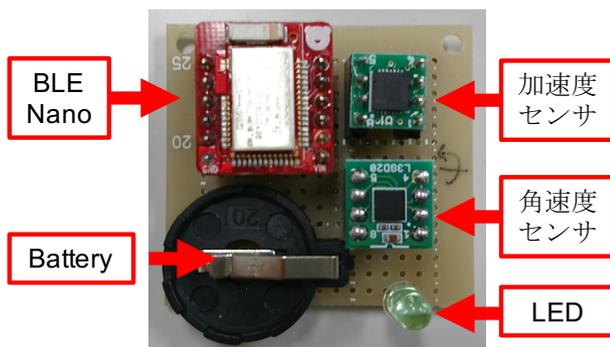


図 3: スマート調味料入れに内蔵された回路

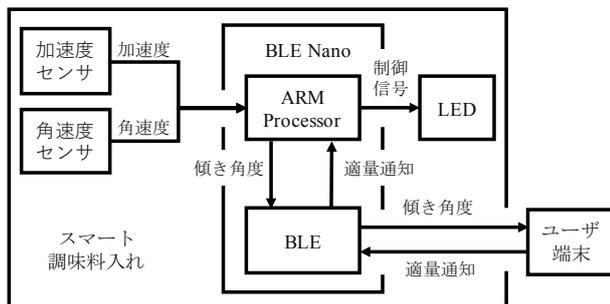


図 4: スマート調味料入れのブロック図

能、決定した分量と実際の投入量を比較する機能、比較した上で適量か不足かをユーザに提示する機能を必要とする。

4. スマート調味料入れ

本節では、リアルタイムに調味料の投入量を推定するために新たに開発したスマート調味料入れについて述べる。

本スマート調味料入れの外観を図 2 に示す。本スマート調味料入れは、図 3 に示す回路が内蔵されたキャップを既存の調味料入れのキャップ部に取り付ける構造であり、上部に LED が搭載されている。回路の構成を図 4 に示す。回路は 1) 加速度センサと角速度センサ、2) BLE 搭載マイクロプロセッサ、3) LED で構成される。

4.1 加速度センサ, 角速度センサ

スマート調味料入れの傾きを検知するため、本スマート調味料入れでは加速度センサおよび角速度センサを用いる。加速度センサには Kionix 社の KXR94-2050*1 を、角速度センサには STMicroelectronics 社の L3GD20 *2 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、後段の 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。

4.2 BLE 搭載マイクロプロセッサ

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 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 Nano *3 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。

4.3 LED

本スマート調味料入れはユーザへの通知のための緑色 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。

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

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

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

5. 調味料の投入量推定手法

本スマート調味料入れで用いている調味料入れは、調味料入れを 90 度傾けなければ調味料が出ない構造となっている。そこで、本スマート調味料入れでは調味料入れが 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。ここで、投入量は投入量 [ml] = $\alpha \cdot t$ と表す。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。

5.1 予備実験

5 章で述べた調味料の投入量推定手法を用いるには、提案するスマート調味料入れにおける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 120 ml の水を入れて 10 秒間 90 度以上傾ける動作を 10 回繰り返し行い、使用された調味料の容量の平均値を求めることで α を算出した。

実験結果を図 5 に示す。図中の直線は求めた平均値を表す。実験結果より、スマート調味料入れを 10 秒間 90 度以上傾けたときの投入量の平均値は 52.72 ml であった。これより、提案するスマート調味料入れにおける α は 5.272 ml/秒であることがわかった。

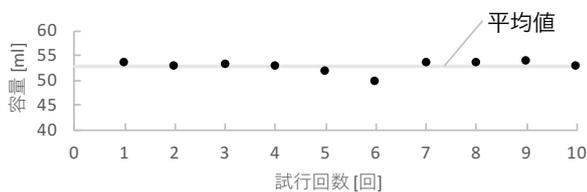


図 5: 水を用いた α の算出

6. 評価実験

6.1 目的

ユーザの嗜好に合わせた調味料の分量調整を行うためには、投入量を正確に計測する必要がある。そこで本実験では、開発したスマート調味料入れを用いた場合の投入量の推定精度を検証する。また、容器内の残量の違いにより圧力の影響で単位時間あたりの投入量に変化する可能性があるため、容器内の残量による影響の有無に関しても検証を行う。

6.2 評価項目及び評価方法

スマート調味料入れを用いた調味料の投入量推定手法の精度を評価するため、各調味料を入れたスマート調味料入れから調味料を 50ml 投入し、推定結果と比較した。本実験では、水に加えて一般家庭において使用頻度の高い調味

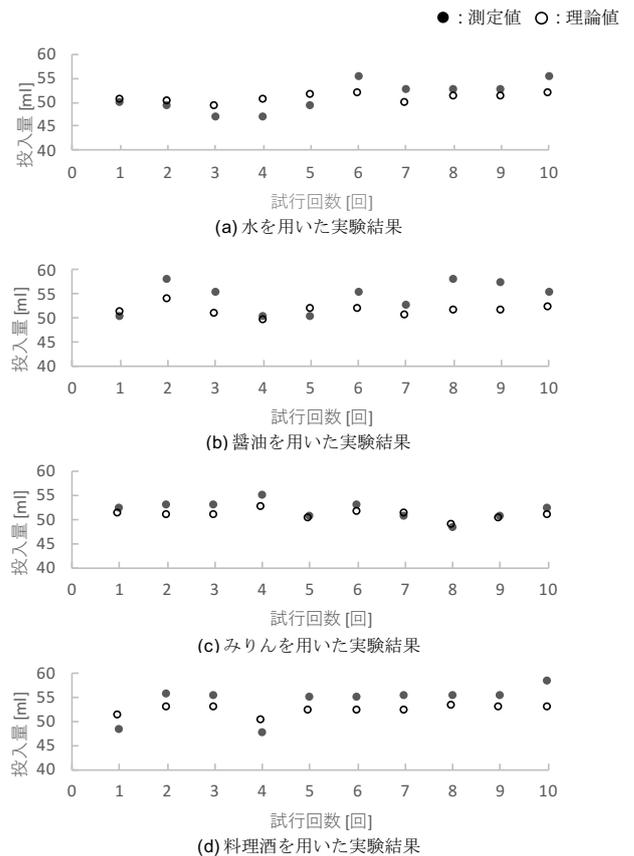


図 6: 各調味料の投入量推定結果

料である醤油、みりん、料理酒を用いた。上記の手順を各調味料につき 10 回繰り返し、各調味料における推定精度を評価した。なお、5 章で述べた式中の α は、水と醤油については 5.1 節で求めた α を用い、みりんについては、水とみりんの比重を考慮し、水における α を 1.15 倍した値を用いた。

また、容器内の残量により、圧力が単位時間あたりの投入量に影響する可能性がある。そこで、容器内残量が投入量の推定精度にどの程度影響するか検証を行った。調味料の残量が 120 ml, 80 ml, 60 ml であるときについて、10 秒間に調味料入れを 90 度傾け、調味料入れから投入された調味料の量を計測した。

6.3 実験結果

6.3.1 投入量推定の精度評価

実験結果を図 6 に示す。図 6(a) に示す水を用いた実験結果より、実際の投入量の平均値は 50.78 ml、投入量推定手法で算出した投入量の平均値は 51.16 ml となり、誤差率は 0.74 % であった。次に、図 6(b) に示す醤油を用いた実験結果より、実際の投入量の平均値は 51.37 ml、投入量推定手法で算出した投入量は 54.23 ml で、誤差率は 5.56 % であった。図 6(c) に示すみりんを用いた実験結果より、実際の投入量の平均値は 51.69 ml、投入量推定手法で算出した

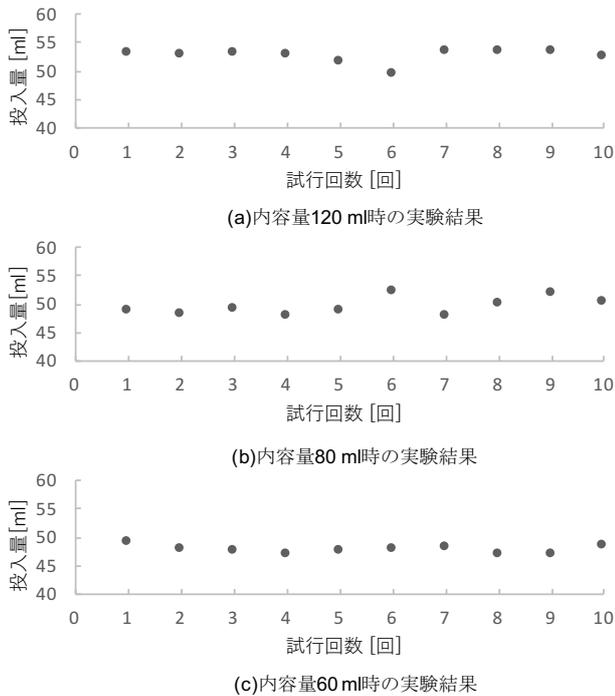


図 7: 容器内残量別投入量

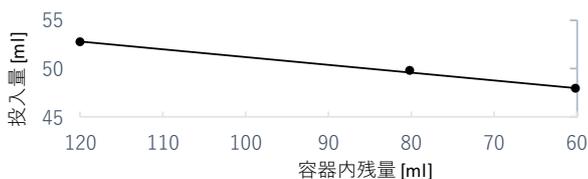


図 8: 容器内残量による投入量の変化

値の平均値は 50.56 ml となり、誤差率は 2.23 %であった。最後に、図 6(d) に示す料理酒を用いた実験結果より、実際の投入量の平均値は 52.03 ml、投入量推定手法で算出した値の平均値は 53.97 ml となり、誤差率は 3.72 %であった。

6.3.2 容器内残量による影響

容器内の残量別に 10 秒間使用したものを 10 回分を図 7 に示す。7(a) は残量 120 ml の時、7(b) は残量 80 ml の時、7(c) は残量 60 ml の時の結果を示す。また、容器内残量が 120 ml、80 ml、60 ml それぞれの時の投入量平均値から容器内残量による投入量の変化について表したものを図 8 に示す。残量が 120 ml 時の平均投入量は 52.72 ml で 80 ml 時は 49.7 ml、60 ml 時には 47.9 ml であった。残量が少なくなるにつれ投入量は図 8 のように一次関数的に単調減少していくことがわかった。

6.4 考察

6.3.1 項の実験では、開発したスマート調味量入れを用いて投入量推定の精度評価を行った。その実験結果より 4 種類の調味料を用いて投入量を推定した時の実際の投入量との最大の誤差率が 5.56 % であり、誤差率の低いものは 0.74

% であった。また、比重の異なる調味料であっても、比重を考慮した値を α に掛けることで調味料の投入量が推定可能であることがわかった。これにより、開発したスマート調味料入れを用いた投入量推定手法で調味料の投入量を十分推定できると考えられる。6.3.2 項の実験では容器内残量による投入量への影響を検証した。その実験結果より、容器内残量が 120 ml 時から 60 ml 時の投入量は、図 8 のように一次関数上に単調減少傾向があることが判明した。そこで、現在の容器内の残量を考慮した上で投入量を推定する機能の導入が必要であると考えられる。

7. おわりに

本稿では、ユーザの嗜好に合わせた調味料の分量調整システムの提案および調味料の投入量をリアルタイムに推定可能なスマート調味料入れを開発し、調味料の投入量推定手法の評価を行った。提案システムでは、調味料の使用量と味付けの評価を学習することでユーザの嗜好モデルを作成し、ユーザの思考に合わせて調味料の分量を決定し、投入量が決定した分量に達したときに調理者に対して通知を行う。提案システムの実現に向けて、調味料の投入量をリアルタイムに推定するためのスマート調味料入れを開発した。評価実験として、水、醤油、みりん、料理酒の調味料を入れたスマート調味料入れを 90 度傾けておよそ 50 ml の量を各 10 回繰り返して使用し、その時の実際の投入量と推定した投入量との比較を行い、スマート調味料入れの投入量推定精度を評価した。その結果、推定した投入量と実際の投入量との最大誤差が 5.56 % であり、比重の異なる調味料であっても使用量が推定可能であることがわかった。

今後、本稿で提案した調味料の分量調整システムを実現するために、ユーザの嗜好を学習する機構とユーザの嗜好から調味料の分量を決定する機構の考案と実装を行うとともに、システムの有用性の評価を行う予定である。また、本稿で開発したスマート調味料入れは、センサと LED が内蔵されたキャップを既製の調味料入れの上部に被せた構造であるため、ユーザが使いやすい形状やサイズになっていない可能性がある。そこで、ユーザの使いやすい形状の設計や回路内蔵キャップの開発による小型化を図りスマート調味料入れを改良する。また今回の実験ではメニューの味を左右するであろう 50 ml で検証を行ったが、調味料によっては隠し味的要素の物もあり少量の使用時を考慮する必要がある。その上で実環境実験によるユーザビリティについても評価する。

謝辞 本研究は、NAIST-CICP(想像力と国際協力を育む情報科学教育コア「プロジェクト型研究」)の助成によって行われたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 総務省：平成 27 年版情報通信白書，総務省（オンライン），入手先〈<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/pdf/27honpen.pdf>〉（参照 2016-12-16）.
- [2] CircuitLab: Pantelligent - The easiest way to make great steaks, salmon, and much more, Patent Pending Inc. (online), available from 〈<https://www.pantelligent.com/>〉 (accessed 2016-12-16).
- [3] Siio, I., Hamada, R. and Mima, N.: Kitchen of the future and applications, *International Conference on Human-Computer Interaction*, Springer, pp. 946–955 (2007).
- [4] 厚生労働省：QOL と食事 — e-ヘルスネット，厚生労働省（オンライン），入手先〈<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/food/e-03-019.html>〉（参照 2016-12-16）.
- [5] 田辺佳代子：食の満足感構成要素の構造，日本家政学会誌，Vol. 49, pp. 946–955 (1998).
- [6] 足立蓉子：高齢者の食事満足度に及ぼす要因，日本家政学会誌，Vol. 42, pp. 529–536 (1991).
- [7] Drop Kitchen Inc.: Drop - Connected Kitchen Scale and Recipe App, Drop Kitchen Inc. (online), available from 〈<https://www.getdrop.com/>〉 (accessed 2016-12-16).
- [8] 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，ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，Vol. 2009, pp. 659–662 (2006).
- [9] 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，電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学，Vol. 112, No. 475, pp. 75–80 (2013).