

# レシピサイトからの調理のコツ抽出手法の提案

米田 吉希<sup>†</sup> 灘本 明代<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 甲南大学 知能情報学部 〒 658-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1

<sup>††</sup> 甲南大学 知能情報学部 〒 658-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1

E-mail: <sup>†</sup>s1471125@s.konan-u.ac.jp, <sup>††</sup>nadamoto@konan-u.ac.jp

あらまし クックパッドや楽天レシピ等のユーザ投稿型レシピサイトでは、投稿ユーザ自身がレシピ情報を記載できるため、投稿ユーザによってレシピの詳しさが異なるといった問題点が挙げられる。なかでもそのレシピページには、美味しくなるコツや注意すべき点等、知っている役に立つ情報が記載されているページもあれば、これらが記載されていないページも存在する。しかしながら、ユーザ投稿型レシピサイトにあるレシピの量は膨大である為、ユーザがその情報を取得するのに手間がかかる。そこで本論文では、ユーザ投稿型レシピサイトにおいて、ユーザが生成したレシピから、技術面での調理のコツを自動で抽出する手法を提案する。

キーワード レシピ情報, 機械学習, 特徴抽出

## 1. はじめに

近年、「クックパッド<sup>(注1)</sup>」や「楽天レシピ<sup>(注2)</sup>」等のユーザ投稿型レシピサイトの利用者が増加している。ユーザ投稿型レシピサイトに投稿されるレシピは、ユーザが投稿したレシピに関する情報からなる。具体的には、レシピタイトル、概要、材料リスト、調理手順、レシピの生い立ち、コツ・ポイント等が掲載されている。しかしながら、レシピは投稿ユーザ自身が記載し投稿するため、レシピに用いられる表現方法は統一されておらず、詳しく記載されたレシピもあれば、簡潔に記載されたレシピもある。その為そのレシピの料理を作る上で、ユーザの知らない役に立つ情報が含まれたレシピページもあれば、これらが含まれていないレシピページもある。例えば、親子丼を作る際、「鶏肉を料理酒に浸けてよく揉んで、15分ほどおくと柔らかくなる」という情報は美味しい親子丼を作る際に役に立つが、これらの情報が載っているレシピページAもあれば載っていないレシピページBもある。その為、もしもユーザがこのような役に立つ情報の載っていないレシピページBを見て親子丼を作る場合、その役に立つ情報を知っていれば美味しい親子丼が作れるのに、その役に立つ情報を知らないために硬い鶏肉の親子丼になってしまい失敗する場合もある。そこで我々は、レシピページBを見ているユーザに自動でその役に立つ情報を提示すると便利であると考えた。

しかしながら、レシピサイトのレシピページの量が膨大で、役に立つ情報が含まれたレシピページもあれば、これらが含まれていないレシピページもある為、人手でその情報を探すのは困難である。そこで本研究では、ユーザ自身が調理についての知識の拡大や料理の幅を広げる事が可能であり、ユーザ自身の料理技術の向上が期待できる情報を「豆知識」と呼び、その豆知識を自動で抽出し提示する手法の提案を行う。豆知識には、

「下ごしらえ」や「代替」、「切り方」等様々なものがある。そこで我々は有元らの料理のコツ[1]や料理の裏ワザ集[2][3]を参考にし、図1に示すように料理の豆知識を分類した。この分類の中から、「より美味しくなる」や「失敗しない」、「時間短縮」のように、知っているとその料理を作るのに役に立つ情報を本研究では「調理のコツ」と呼ぶ。本論文では、豆知識を自動抽出するはじめの一步として、この調理のコツを自動でレシピサイトから抽出し提示する手法の提案を行う。

図2と以下に、レシピサイトからの料理ごとの調理のコツ抽出手法の手順を示す。

### (1) レシピデータの取得

ユーザ投稿型レシピサイトからユーザが入力した料理名や材料名のレシピを取得する。本研究ではユーザ投稿型レシピサイトとして、クックパッドと楽天レシピを対象とする。

### (2) 調理のコツの抽出

レシピデータから調理のコツを抽出する手法として、ルールベースと機械学習の2つの手法を提案する。

- ルールベースによる調理のコツの抽出

我々の提案するコツ用語のいずれかを含む文を抽出し、この文を調理のコツとして抽出する。

- 機械学習による調理のコツの抽出

調理のコツであるか、そうでないかの二値分類を機械学習を用いて行い、調理のコツを抽出する。

### (3) 調理のコツの提示

調理のコツとして抽出した文をユーザが入力した料理名や材料名のレシピページ中に補充し、ユーザに提示する。また、調理のコツが複数あった場合、ランク付けをして提示する。

以上より、レシピデータから調理のコツを抽出する。

以下、2.章では関連研究について、3.章ではルールベースと機械学習による調理のコツの抽出、4.章では実験により提案手法の有用性について述べる。最後に5.章では本論文のまとめと今後の課題について述べる。

(注1) : <https://cookpad.com/>

(注2) : <https://recipe.rakuten.co.jp/>

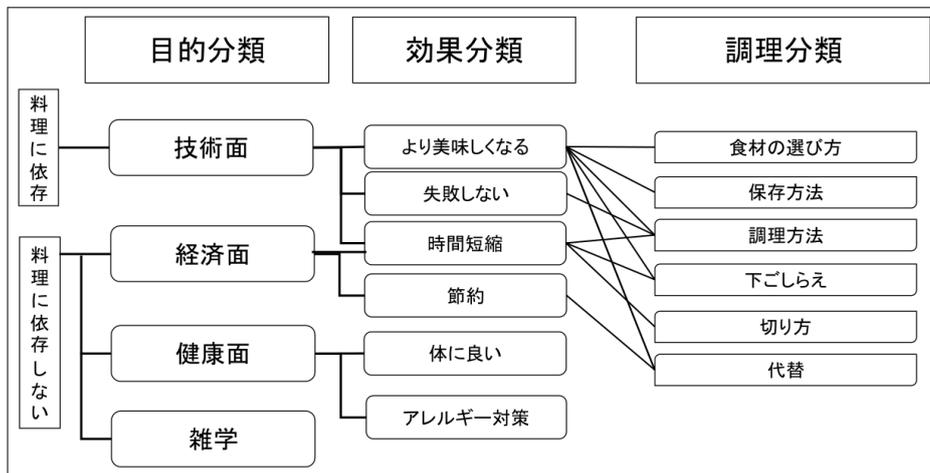


図1 豆知識の分類

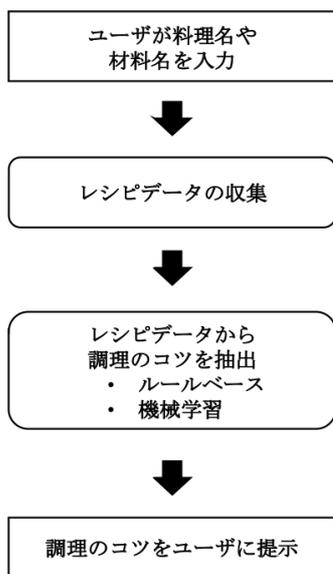


図2 全体の流れ

## 2. 関連研究

近年、レシピを対象とした研究が盛んに行われている。ユーザ投稿型レシピサイトはレシピの量が膨大であり、さらには投稿ユーザ自身が記載し投稿するため、同じの食材で同じの料理を作るにしても、表記がそれぞれ異なり、表現が統一されていない。その為、同じ料理名であっても投稿するユーザの料理知識によって料理レシピにおける調理手順の書き方が異なることが多い。そこでレシピ選別に関する研究として、大杉ら[4]は料理レシピの理解の妨げになっている要因として、表記ゆれと調理過程の細かさの2つの曖昧性に着目し、調理手順における調理に関わる用語に関するオントロジーを作成する手法を用いて料理レシピにおける調理に関わる用語と材料や加工法を示す用語の関係を明確にしている。また、村瀬ら[5]は多数のレシピが存在する中で、ユーザが指定した料理の全体像を把握して、嗜好や目的に合致したレシピの選別を支援するために可視化手法を提案している。そして、レシピに含まれる食材の出現

頻度と調理手順を解析し、レシピを検索する際に、「よく使われる材料やあまり使われない材料の把握」、「レシピの全体像の把握」という2点について、提案手法が有用であることを示している。さらに、難波ら[6]はレシピサイトに投稿された特定の料理に関する複数のレシピから、その料理で使う典型的な材料と調理手順を出力する手法を提案している。これらに対して、本研究は膨大な量のレシピから選別するのではなく、類似するレシピの役に立つ情報を提示することで、ユーザの支援を行っている点が異なる。

また、レシピ推薦に関する研究として、小野ら[7]は機械学習を用いて、ユーザにとってわかりやすく、簡潔で、内容がしっかり書かれていて、コツやポイントが詳細に記述されているレシピの判別手法を提案・実装している。そして、火加減や調理時間等の内容面における7つの特徴に着目して、レシピサイトの人気順ランキング上位のレシピの分析を行い、レシピのわかりやすさや簡潔さ等の人気レシピが持つ特徴を明らかにしている。これに対して、本研究はユーザにとってわかりやすいレシピを推薦するのではなく、類似するレシピの役に立つ情報を提示することで、ユーザの嗜好や目的等に合ったレシピに対して、より美味しくかつ失敗せずに作れるという点が異なる。

また、料理アドバイスの抽出に関する研究として、古本ら[8]はレシピの調理手順に着目し、ユーザの調理を補助する役割を持つ記述である料理アドバイスを抽出し、類似するレシピに補完する手法を提案している。そして、クックパッドのレシピデータの調理手順より料理アドバイスが実用的な精度で抽出できることを明確にしている。これに対して、本研究は調理手順の記載欄からでなく、コツ・ポイントの記載欄の文から抽出しているため、技術面や健康面等で役に立つ情報を提示できるという点が異なる。

## 3. ルールベースと機械学習による調理のコツの抽出

### 3.1 ルールベースによる調理のコツ抽出

調理のコツには「火をつけたまま、卵液を入れると一気に固まってしまうので注意♪」や「ベーコンをカリカリに焼くと、

表1 コツ用語

下処理	下ごしらえ	代用	代替	代わり	無い
足りない	本格	仕上	きれい	キレイ	綺麗
コツ	こつ	大事	重要	美味	おいし
アップ	ポイント	※	オススメ	おすすめ	グッド
風味	いい	良い	コク	引き立	保存
冷蔵	冷凍	日持ち	注意	失敗	気をつけ
楽	スピーディ	簡単	カンタン	効率	時短
時間短縮	安く	安い	予防	防止	含む
含み	効果	効能	アレルギー	防ぐ	防ぎ

表2 データセット

料理名	データ数
カルボナーラ	272
カレーライス	272
親子丼	274
オムライス	274
チャーハン	272
ハンバーグ	272
からあげ	272
たこ焼き	272
肉じゃが	274
プリン	274
だし巻き卵	272
調理のコツ	1,600
調理のコツでない文	1,400
合計	3,000

コクが出て美味しくなりますよ！」といったように「注意」や「コク」のような調理に関する特徴語が含まれている場合が多い。そこで我々は、ここでいう「注意」や「コク」のような特徴語を抽出し、その特徴語を用いた文を調理のコツとして投稿型レシピサイトから抽出する。本論文では、この特徴語を「コツ用語」と呼ぶ。我々は1,000件のレシピを手動で分析し、表1に示すコツ用語を決定した。そして、ルールベースによる調理のコツとして、クックパッドと楽天レシピからこれらのコツ用語を含むレシピを調理のコツとして抽出する。調理のコツを抽出する各サイトのエリアは、クックパッドはコツ・ポイントの記載欄から、楽天レシピからはおいしくなるコツの記載欄から、コツ用語を1つ以上含む文を調理のコツとして抽出する。

### 3.2 SVMによる調理のコツ抽出

ルールベースにより抽出された調理のコツだけでは調理のコツでない情報も含まれている。そこで、本論文では取得したレシピに対してSVMを用いて、調理のコツであるか、そうでないかの二値分類を行う。機械学習にはSVMのライブラリであるLIBSVM[9]を用い、カーネルにはRBFカーネルを用いる。教師データにはクラウドソーシングを用いて、調理に関するコツが書かれている文かコツが書かれていない文かを被験者により人手で判定し、そのうち調理のコツと判定された文を正例データ、調理のコツでない文を負例データとする。また、素性は教師データに形態素解析を行い、得られた名詞・動詞・形容詞全てを対象とし、各々の単語が調理のコツ内に含まれているか否かとする。それを基に取得したレシピデータか

表3 調理のコツ抽出結果(ルールベース)

適合率	再現率	F値
0.616	0.610	0.613

ら調理のコツを抽出する。

### 3.3 CNNによる調理のコツ抽出

SVMの他にCNNも用いて二値分類を行う。教師データとしてSVMで用いたデータやWebや書籍に記載されている調理のコツを用いる。手法は、調理のコツを形態素解析し、Word2Vecを用いて単語をベクトル化する。そのベクトル化した単語をCNNで二値分類する。CNNにはChainerを用いる。このように調理のコツかどうかを判定する。

## 4. 実験

本論文ではレシピサイトから調理のコツを抽出する事を目的とし、ルールベース、SVM、CNNを用いた3つの手法を提案した。このうち、ルールベースとSVMの2つの手法の有用性を計るために、各々の手法を用いて評価実験を行った。

### 4.1 データセット

評価実験で用いたデータセットの一覧を表2に示す。レシピデータには、クックパッドと楽天レシピ各々に投稿された、一般に知られている料理名11種類のレシピ合計3,000件をクラウドソーシングを用いて、調理に関するコツが書かれている文かコツが書かれていない文かを被験者により人手で判定した。そのうち、調理のコツと判定された文を正例データ、調理のコツでない文を判定された文を負例データとした。また、クラウドソーシングによる被験者は週に2-4日とある程度調理をするような料理中級者を対象とした。被験者の選択の理由としては、毎日調理をするような料理上級者だと有用な情報でも当たり前のことだと感じ、判定する文のほとんどを調理のコツでない文と判定し、ほとんど調理をしないような料理初心者だとあまり料理の知識が無いため、判定する文のほとんどが調理のコツだと判定してしまうと考えたため、ある程度調理をし、ある程度料理の知識のある料理中級者を対象とした。

### 4.2 ルールベースによる調理のコツ抽出

表2に示す11種類の料理をクエリとし、データセットにコツ用語54語のうち1つ以上含まれている文を調理のコツとして抽出した。正解データにはデータセットの正例データ1,600文、負例データ1,400文の合計3,000文を用いて、適合率、再現率、F値を求めた。

### 結果と考察

表3に適合率、再現率、F値を示す。適合率、再現率、F値があまり良い結果を得られなかった。これはルールベースでは調理のコツが取り切れていないこと及び、それに反して調理のコツではない文を調理のコツとして抽出していることがわかる。抽出した調理のコツの結果の良い例を表4に、悪い例を表5に示し、抽出できなかった調理のコツの例を表6に示す。表4の良い例では調理のコツ、調理のコツでない文ともに上手く抽出できた。それに対し、表5の悪い例すべてはコツ用語が入っているにもかかわらず、調理のコツでないものばかりである。例え

表 4 抽出した調理のコツの良い例 (ルールベース)

正解	ルール	コツ用語	料理名	判定文
○	○	コツ	オムライス	コツはしっかりケチャップと、ご飯を炒めることです
○	○	注意	カルボナーラ	火をつけたまま、卵液を入れると一気に固まってしまうので注意♪
×	×	-	だし巻き卵	だし巻き卵にしらす入れて焼いただけです…
×	×	-	ハンバーグ	ドライカレー ID:000000 ハンバーグ ID:000001 残り物のハンバーグやカレーでOK

表 5 抽出した調理のコツの悪い例 (ルールベース)

正解	ルール	コツ用語	料理名	判定文
×	○	コツ	チャーハン	コツもポイントもないです適当に作ってできます♪
×	○	おいしい	カレーライス	『さいておいしいモツアレラ』を愛着を持って、さく。
×	○	失敗	プリン	※←失敗しない為のポイントです。あとは気軽に楽しんで！
×	○	重要	オムライス	まゆげが重要です！形によって表情が変わるし、ないとちょっと違和感かも、?!

表 6 抽出できなかった調理のコツの例 (ルールベース)

正解	ルール	料理名	判定文
○	×	カルボナーラ	卵黄はだまになりやすいので火を止めて最後に！
○	×	チャーハン	炒める前に卵かけご飯を作って、炒めるとパラパラにしやすいです！
○	×	プリン	卵を何度も濾すことでなめらかなプリンになりますよ
○	×	親子丼	卵を投入したらすぐ火を止めて蒸らすと卵がふっくらする

表 7 教師データの正例、負例、未知データの正例、負例のデータ数

正例 (教師)	負例 (教師)	正例 (未知)	負例 (未知)
1000	1000	600	400

表 8 教師データの例

ラベル	料理名	教師データ
正例	肉じゃが	お肉は最後に入れると、硬くならず美味しいです♪ マヨネーズをいれると卵がふわふわになります！ もも肉は火を通し過ぎると固くなるので中火までにし、煮すぎないように。 火を消してから卵液を入れるのがトロリと仕上げるポイントです！ 炒める前に卵かけご飯を作って、炒めるとパラパラにしやすいです！
	オムライス	
	親子丼	
	カルボナーラ	
	チャーハン	
負例	肉じゃが	砂糖の量が多過ぎるような気がします、これが大丈夫なんです。何度食べても美味しいと言われます 仕上げの味付けは炊き上がって、味見をしてから加減して入れて下さい。 麺つゆの加減で、薄くも濃くも出来るのでそこはお好みで。自分は、麺つゆ少し多めのが好きです おおざっぱにやると見た目が画像のように汚くなる……慌てないことですか 子供も食べるので、味をシンプル、薄めに。
	オムライス	
	親子丼	
	カルボナーラ	
	チャーハン	

表 9 調理のコツ抽出結果 (SVM)

評価手法	適合率	再現率	F 値	分類精度
10 交差検定	-	-	-	0.754
未知データの分類	0.842	0.692	0.759	0.737

ばコツ用語「コツ」では「コツもポイントもない」といったように否定語が「コツ」や「ポイント」のコツ用語にかかっている。このように、コツ用語のみで判定すると調理のコツでない文も抽出されてしまう為、コツ用語を否定している文に対しては考慮しなければならないことがわかる。また、コツ用語「おいしい」の例では、商品名にコツ用語が含まれていた為、調理のコツでない文を抽出した。このように、商品名にのみコツ用語が含まれている文に対しても考慮しなければならないことがわかる。コツ用語「失敗」の例では、投稿ユーザが記載した調理手順もしくは材料の欄の「※」を示している。現在我々はレシピのコツ・ポイントの記載欄だけを対象としている為、調理

手順や材料を考慮していないが、今後考慮する必要があることがわかった。コツ用語「重要」の例では、オムライスにかけるケチャップによる見た目に関する文だと考えられる。このように、調理に関係のある語がない文に対しても考慮しなければならないことがわかる。さらに、「代替」や「含む」といったコツ用語が含まれている文がルールベースでは調理のコツとして抽出されたが、正解データにそれらのコツ用語が含まれた調理のコツが1つもなかった。これらにより、コツ用語の見直しが必要であることがわかる。このように、ルールベースではコツ用語だけでなく、種々のルールがさらに必要であることがわかった。また、ルールベースによる調理のコツ抽出の精度があまり良くない為、機械学習を用いる方法も検討する必要があることがわかった。

#### 4.3 SVM による調理のコツ抽出

ルールベースと同様に 11 種類の料理名をクエリとし、SVM により調理のコツかどうかの判定を行った。使用するデータは

表 10 調理のコツ抽出結果の良い例 (SVM)

正解	SVM	料理名	判定文
○	○	親子丼	マヨネーズを加えて溶く事で卵がふっくらします。
○	○	からあげ	片栗粉を多めにすると、より一層カリッと揚がります。粉の配分はお好みで
×	×	オムライス	まゆげが重要です！形によって表情が変わるし、ないところと違和感かも、?!
×	×	プリン	小さなプリンカップで作る場合は、蒸し時間を調節してください。(大きさにもよりますが 15 分くらいで OK)

表 11 調理のコツ抽出結果の悪い例 (SVM)

正解	SVM	料理名	判定文
○	×	だし巻き卵	マヨネーズで、ふわふわに♪水溶き片栗粉で、薄くても破れないですよ。
○	×	チャーハン	ご飯をパラパラにするのに水を大きじ 1 入れます。
×	○	からあげ	砂糖と片栗粉で水分を緩じ込めます！170 度でじっくり揚げるだけで OK 衣があるので 4 分揚げても中ジューシー♪
×	○	カレーライス	卵が難しい時は半熟状態のスクランブルエッグでも OK

表 12 ルールベースと SVM による調理のコツ抽出結果の比較

ルールベース	SVM	料理名	調理のコツ
×	○	カルボナーラ	卵液を絡ませる際は火を止め手早く！
×	○	プリン	卵を何度も濾すことでなめらかなプリンになりますよ
○	×	からあげ	最後に強火で揚げることでカラッとじゅわっと仕上がります。
○	×	カレーライス	赤ワインに牛肉を漬け込むとコクと深みが出ます

ルールベースで用いたデータセットと同じデータを使用し、表 7 に示すように正例データ 1,600 文と負例データ 1,400 文それぞれのうち 1,000 文を正例・負例とし、未知データには残りのデータ 1,000 文を用いた。教師データの例を表 8 に示す。素性は、教師データに形態素解析を行い、得られた名詞・動詞・形容詞全てを対象とし、各々の単語が調理のコツ内に含まれているか否かとする。また、SVM の精度を調べるために性能評価を行った。評価には交差検定を用い、分割数は 10 とした。また、教師データ以外のデータである未知データに対する分類も行い、適合率、再現率、F 値を求めた。

#### 結果と考察

表 9 に 10 交差検定の分類精度と未知データの適合率、再現率、F 値、分類精度を示す。10 交差検定の結果はある程度良く、未知データの分類での適合率は高く、再現率、F 値はある程度良い結果となった。未知データの評価実験結果の良い例を表 10 に、悪い例を表 11 に示す。悪い例のだし巻き卵では、調理のコツであるが SVM では調理のコツでないと判定された。また、良い例の親子丼では、悪い例のだし巻き卵と同じような内容ではあるが、調理のコツであると正しく判定された。理由としては同じような内容でも、言い回しの違い等によって出現単語が異なる為、だし巻き卵の例と親子丼の例が異なる判定がされたと考えられる。その為、言い回しの違いによって出現単語が異なっても、正しい判定がされるように教師データを増やす必要がある。また、他の 3 つの悪い例のように誤った判定がされた理由として、これらは教師データの正例と負例と未知データの出現単語にあまり差が無く、本論文の評価実験では素性の名詞、動詞、形容詞の単語の重みが全て同じであったため、正しい判定がされなかったと考えられる。その為、正解データの重要単語に重みを付け、正例と負例との差をつける必要があることがわかった。さらに、料理によっては調理のコツの種類や量が異

なる為、料理の種類ごとの分類や教師データを増やす必要があると考えられる。

また、ルールベースによる調理のコツ抽出手法と SVM による調理のコツ抽出手法の抽出結果の比較を表 12 に示す。カルボナーラとプリンの調理のコツでは SVM では抽出できているが、ルールベースでは抽出できていない。その 2 つの調理のコツにはコツ用語が含まれていないため、これらの調理のコツを抽出できるようにコツ用語を見直す必要がある。また、からあげとカルボナーラの調理のコツではルールベースでは抽出できているが、SVM では抽出できていない。からあげの調理のコツでは「カラッと」や「じゅわっと」のような擬態語や擬音語を考慮できていない為、SVM では抽出できなかったと考えられる。また、カルボナーラの調理のコツでは、具体的な量や方法等が書かれておらず、ユーザに一任するような文であるため、調理のコツではないと判定されたと考えられる。その為、これらは今後考慮する必要がある。

#### 5. まとめと今後の課題

本論文では、ルールベースと機械学習による調理のコツ抽出手法の提案を行い、その有用性を測った。ルールベースによる抽出の精度はあまり良いとは言えなかった。それは本研究で決定したコツ用語では調理のコツを取り切れておらず、調理のコツでない文を抽出している為だと考えられる。その為、コツ用語の見直しやルールの追加が必要である。また、SVM による調理のコツ抽出の精度はルールベースより良い結果を得られ、適合率は高く、再現率、F 値はある程度良い結果を得られた。SVM のさらなる精度向上の為に素性が見直しが必要である。他にも、料理によって調理のコツの種類や量、言い回し等が異なる為、料理の種類ごとの分類や教師データを増やす必要があると考えられる。また、より良い結果を得るために別の調理の

コツを抽出する手法を考える必要があることがわかった。

今後の課題として、コツ用語の見直し、SVMの精度向上、別の手法としてCNNによる調理のコツ抽出の実験などが挙げられる。CNNによる実験を行うにあたって、データ数が足りないでデータ収集も今後の課題として挙げられる。さらに、例えばだし巻き卵の調理のコツで、「弱火でじっくり焼くとふんわりとした仕上がりになります。」と「強火で一気に焼くとふんわりとした仕上がりになります。」といった、矛盾した調理のコツの信憑性についても今後検討する必要がある。

## 謝 辞

本論文の一部はJSPS科研費17K00430, 16K07973及び、私学助成金(大学間連携研究補助金)の助成によるものである。また、本研究ではクックパッド株式会社と国立情報学研究所が提供する「クックパッドデータ」を利用した。ここに記して謹んで感謝の意を表する。

## 文 献

- [1] 有元葉子, “だれも教えなかった料理のコツ”, 筑摩書房, 2017.
- [2] 話題の達人倶楽部, “料理の裏技・基本ワザ大全”, 青春出版社, 2016.
- [3] 料理の達人倶楽部, “料理の裏ワザ 278 テクニック! 編”, KKロングセラーズ, 2014.
- [4] 大杉隆文, 松下光範, “調理手順の曖昧性解消を目的とした料理レシピ構成要素の調査”, The 31st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2017.
- [5] 村瀬秀, 牛尾剛聡, “同一料理に対する多様なレシピ集合からの効率的な選別を目的とした可視化手法”, DEIM Forum 2014 F8-2.
- [6] 難波英嗣, 土居洋子, 辻田美穂, 竹澤寿幸, 角谷和俊, “複数料理レシピの自動要約”, 一般社団法人電子情報通信学会.
- [7] 小野滉太, 関洋平, “機械学習を用いた実用的レシピの判別手法の提案”, DEIM Forum 2014 F8-1.
- [8] 古本健太, 難波英嗣, 角谷和俊, “料理アドバイスを補完したレシピ提示方式”, DEIM Forum 2017 C1-3.
- [9] Chih-Chung Chang and Chih-Jen Lin, “LIBSVM – A Library for Support Vector Machines”, 2014, <https://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>