



# ユーザ投稿型レシピの情報処理



山肩洋子 (東京大学情報理工学系研究科)  
森 信介 (京都大学学術情報メディアセンター)



## ユーザ投稿型レシピの躍進

Webレシピの躍進が目覚ましい。特に注目すべきは、ユーザ投稿型レシピの急増である。日本においてはクックパッドと楽天レシピがその代表選手である。日本最大のレシピポータルサイトであるクックパッドには、2015年5月現在、205万件ものレシピが投稿されており、世界最大のレシピ掲載数を誇る。クックパッドの動向を知る上で非常に有用なのは、同社によりWebで公開されている決算補足説明資料である。この記事執筆する時点で直近に公開された2015年12月期第1四半期決算補足説明資料<sup>☆1</sup>の14ページによれば、レシピ数は2012年7月の103万件から見れば、ほぼ線形に増加しており、今後しばらく安定した増加が見込まれる。

クックパッドには、レシピを調理したユーザが、そのレシピの作者に対し写真と簡単なテキストで報告する「つくれば」という機能がある。レシピの作者に対するフィードバックやモチベーションの上昇につながるだけでなく、レシピの人気順ランキングにも利用されている<sup>☆2</sup>。この人気順ランキングを見るためには、月額280円(税抜)を支払いプレミアム会員になる必要がある<sup>☆3</sup>。上記の決算補足説明資料によれば、プレミアム会員数は160万人を超えており、こちらもまた

線形に増加している。日本経済新聞社の調査によれば、女性の75%、特に30代女性に至っては87%がクックパッドを一度は利用しているとあり<sup>☆4</sup>、利用頻度は女性では「ほぼ毎日」が5%、「1週間に1回程度」以上の合計は32%。30代女性では43%に達する。2012年5月には、代表執行役がクックパッドの創業者である佐野陽光氏から穂田誉輝氏に引き継がれた。穂田氏は食べログを運営するカカコムの前代表取締役社長であった人物であり、新しいサービスも続々と展開されつつある。

クックパッドは国際展開も行っている。2013年8月には英語版クックパッド<sup>☆5</sup>を公開。同社が日本語のレシピを翻訳することからはじめ、現在では海外のユーザからの投稿も増えてきているようである。海外のユーザ数は2015年3月に1,170万人であり、国内のユーザは5,251万人なので、これからといったところだろう。また2014年3月には、インドネシア語の料理レシピサイト「ダブルマサック」を運営するシンガポール企業を完全子会社にすると発表された。創業者の佐野氏はシンガポールで8年、米国ロサンゼルスで4年間を過ごし、ロサンゼルスの高校を卒業した帰国子女であるから、国際展開はむしろ自然な流れであろう。

一方、楽天レシピも健闘している。我々の手元の記録によれば、2013年11月時点でのレシピ掲載数はクックパッドが158万件、楽天レシピは72万件であ

☆1 [https://info.cookpad.com/ir\\_relevance](https://info.cookpad.com/ir_relevance)

☆2 クックパッドヘルプ「人気順の基準は？」によれば、「つくれば」の投稿数、レシピの閲覧数、その他さまざまな情報からクックパッド独自の方法により計算した結果」とある。

☆3 プレミアム会員には、その他にもつくれば1,000人「殿堂入りレシピ」や、旬の人気レシピ「デイリーアクセス数ランキング」などを閲覧できる機能がある。

☆4 日本経済新聞、「10代女性「スマホに毎日2時間半」普段どう過ごす」、第2回ネットライフ1万人調査(2013/10/23)。

☆5 <https://cookpad.com/us>

った。1年半後の2015年5月現在、クックパッドが205万件で47万件増に対し、楽天レシピは97万件で25万件増であるから、やはり開きはあるが、クックパッドが1997年に創業したのに対し、楽天レシピは2010年10月にサービスを開始したばかりであることの違いも大きい。

楽天レシピとクックパッドのアカデミアへの貢献は特筆すべき点である。楽天レシピのデータは、楽天市場の商品データや楽天トラベルの施設データなどとともに、情報学研究データリポジトリを介して大学および公的研究機関の研究者に対し研究資料として提供されている<sup>☆6</sup>。すでに多くの研究がこのデータを対象として行われており、レシピの研究が盛り上がる一因となった。クックパッドもまた、2015年2月から同様の方式で研究目的でのデータ公開を開始した。筆者らもその恩恵を受けている一員として、両社に対しアカデミアから何らかの有益なフィードバックができるよう研究を進めていきたい。

国外を含むレシピサイトの月間訪問数ランキングは、SimilarWebのFood And Drink > Cooking And Recipesによれば表-1のとおりである<sup>☆7</sup>。このランキングの国籍欄を見ると、Webレシピは多くの国で活発に利用されているコンテンツだと言えるだろう。一方で、人口は世界最多である中国のレシピポータルサイトはランキング上位に登場しない。よく知られているレシピポータルサイトは心食網<sup>☆8</sup>や美食杰<sup>☆9</sup>であるが、SimilarWebにおける順位はそれぞれ66位と142位と低い。中国でインターネットが普及している都市部で外食率が高いことがその理由かもしれない(ただし、レシピ処理の研究は香港や中国、台湾でも盛んに行われている)。なお、人口2位のインドのレシピサイトは99位のveg recipes of india<sup>☆10</sup>であった。この結果から、Webレシピへのニーズが文化に

Rank	国籍	サイト名	月間閲覧数	掲載タイプ
1	米	Allrecipes	30.7 M	ユーザ投稿型
2	米	Foodnetwork	26.4 M	料理番組型
3	米	Food.com	21.6 M	ユーザ投稿型
4	仏	marmiton	16.3 M	ユーザ投稿型
5	米	Homemage Recipes	14.4 M	プロのレシピ
6	独	Chefkoch.de	13.9 M	ユーザ投稿型
7	伯	Tudo Gostoso	10.8 M	ユーザ投稿型
8	日	クックパッド	9.1 M	ユーザ投稿型
9	露	Povarenok.ru	8.2 M	ユーザ投稿型
10	独	kochrezepte.de	7.3 M	プロのレシピ

表-1 レシピポータルサイト月間訪問者数ランキング(2015年3月)

よって大きく異なることがうかがえる。

いずれにせよ、ユーザ投稿型レシピを主たる要素とするWebレシピは世界中で増加の一途をたどっており、多くの利用者がいる。一方で、数が増え選択肢が増えるほど人は迷い貴重な情報は埋没するから効果的な検索アルゴリズムが必要である。また、新たに投稿されるレシピは今はない新しいものであってほしいが、何があって何がないのかを知ることも難しくなっている。そこで本稿では、ユーザ投稿型レシピの性質と、それらの課題に取り組んだ研究について、および、ユーザ投稿型レシピを効率的に利用するための自然言語処理技術を紹介する。

## 料理のレシピ情報の活用

Webで検索可能なレシピの大多数は、一般のユーザが投稿したCGM(Consumer Generated Media)である。レシピに限らずCGMは人によって書き方が異なるから、検索や比較の際に注意が必要である。本章では、レシピタイトル、食材リスト、手順説明文書といった構成要素ごとに、そのテキストの特徴や活用の難しさを紹介する。

### ..... レシピタイトル

レシピのタイトルでは、「肉じゃが」や「ハンバーグ」といった料理名だけでなく、そのレシピの特徴を表す「簡単」「時短」「おいしい」などの言葉がよく使われる。しかし、そのレシピが「簡単」かどうかを判断しているのはそのレシピの作者個人であり、レシピ全体を見回して公正に判断したわけではないから、タイト

☆6 国立情報学研究所情報学研究データリポジトリ, <http://www.nii.ac.jp/cscenter/ldr/>

☆7 このカテゴリには必ずしもレシピがメインコンテンツでないサイトも含まれる。上位に現れる中国の「大衆点评」は口コミがメインであり、フランスの「Clic Bien Etre」は健康・福祉情報サイトであるため、いずれも表から除いた。

☆8 <http://www.xinshipu.com/>

☆9 <http://meishij.net/>

☆10 <http://www.vegrecipesofindia.com/>

ルに「簡単」とあったからといって、そのレシピを「簡単」と判断するのは早計である。そこで、タイトルに付与されたラベルは、そのレシピで使われる食材や道具と関係がある(たとえば「子供が喜ぶ」と「チーズ」、「時短」と「圧力鍋」など)と考え、その関係性を評価する研究が行われている。しかし、「旦那が惚れた」や「我が家の定番」のように、レシピそのものではなく、その作者を取り巻く環境が参照されている場合は、そのレシピの作者の年齢や家族構成などによってそれが指している意味がまったく異なる場合があるため注意が必要である。

### 食材リスト

食材リストは、単にその料理で使う食材の名前とその分量を一覧した物であるが、その構造は意外と複雑である。ネスレ社が Web で提供していたレシピ 3,000 件を対象に分析を行ったところ、3,032 種類の食材名が使用されていた。ただし、この食材名をイコール種類名と考えるには次のような 4 つの問題がある。

1 つめは表記ゆれである。たとえば「豚肉」を表す表現には、「豚肉」「ぶた肉」「ブタ肉」「ブタニク」など、漢字、ひらがな、全角カタカナ、半角カタカナのありとあらゆる組合せの表現が出てくるが、辞書によりある程度解決できる。

2 つめは表現の粒度の違いである。「豚肉」か「豚バラ」か、「だし」は「鰹だし」か「いりこだし」か、「だし 大さじ 1」とあった場合、普通の液体のだしなのか、粉末の「だしの素」なのか。企業が提供しているレシピでは食材名として商品名が使われることも多い。

3 つめの問題は、加工名と食材名からなる複合名詞の解釈であり、これが食材名の種類数を増やしている最大の要因である。たとえば食材名のリストに「溶き卵」や「大根おろし」などが挙げられることがあるが、当然これらはそのような食材が売られているわけではなく、「卵を溶く」ことであり「大根をおろす」ことである。なぜ「卵」「大根」と表現せずにこのような表現を使っているかといえば、使用する分量を指定するタイミングが「卵を溶いたあと」や「大根をおろした後」だからであろう。しかし調理手順を解釈する際には、

用意すべき食材は「卵」「大根」であり、手順書には書かれていないが、事前に「卵を溶く」「大根をおろす」をやっておかなければならないことを理解する必要がある。一方、同一レシピ内にて同じ種類の食材が違う用途で使われる場合は、「揚げ油」「打ち粉」「ソース用のバター」のように、食材名に加工動作名や料理名を添えることで用途を指定することが多いが、このときの「揚げ」や「打ち」は先ほどの「溶き卵」と違い、手順書内でも記載されている点が問題をより難しくしている。また、前日作った「肉じゃが」を翌日「グラタン」に作り変える「リメイクレシピ」や、「めんつゆ」を作るレシピを参照して、その「めんつゆ」を材料として「うどん」や「肉じゃが」を作るレシピでは、食材はほかのレシピによる成果物であり、レシピは本質的には入れ子構造を持っている。

4 つめの問題は、食材リストで代替食材を指定する場合であり、「おろしにんにくまたはガーリックパウダー」「かつおの刺身またはたたき」などの表現である。「ソーセージ 1 本またはベーコン 2 枚」のように、選択する食材によって分量が異なる場合は、もはや一般的な Web レシピの表現力を超えている。中には「家にある野菜」といった漠然とした指定もあり、料理の自由度の高さがうかがえる。

### 手順説明文書

筆者らが最も注目しているのは、調理の手順を説明した文書である。これはいわば料理というモノを作る「ものづくり」の手順書であり、日本人の多くが、必ずしも完璧ではなくとも、レシピという手順書を解釈して実行することができるだけでなく、自分の創作行動を手順書として客観的に記述することができること、その手順書がすでに数百万件に達していることは驚くべきことである。Web の世界にある数多の CGM の中でも、最も構造が整理された大規模データ集合であり、これらの文書を解読することが、あらゆる CGM を解析する第一歩であると信じている。

手順の説明文書から、次章で述べるような自然言語処理手法により食材と調理動作の流れを取り出すと、9 割以上のレシピが図-1 のようなツリーというデータ

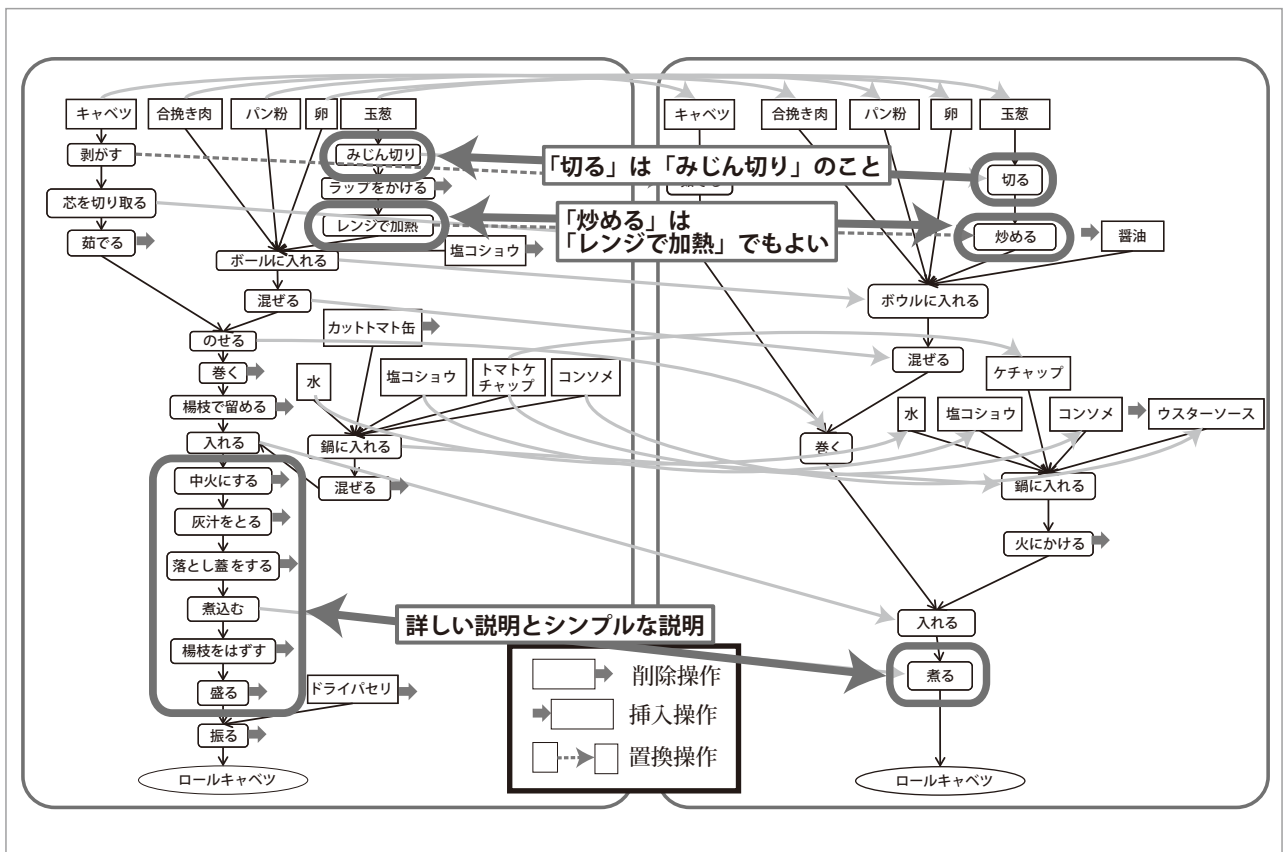


図-1 2つのレシピのツリー間の対応付け結果 (レシピはいずれもクックパッドより参照)

構造になる。このツリーでは、葉が食材であり、中間ノードが加工動作であり、根が料理の完成品に相当する。ツリーはその相違を比較する効率の良いアルゴリズムが利用できるため、調理手順のどこが同じでどこが違うかを簡単に見つけることができる。たとえば、「肉じゃが」において「肉」を最初に炒めるか最後に炒めるか、「醤油」を他の調味料と同時に入れるか分けて入れるかなどの違いが一目で分かる。

また、同じ手順だが説明の詳しさが違うレシピを見つけることもできる。レシピでは、調理手順の説明は詳しくれば詳しいほど良いとは限らない。もし「ハンバーグ」を作るなら「切る」は「みじん切り」だし、「肉じゃが」ならば「くし切り」であろうことは推定できるので、「玉葱は皮をむいて根の部分の部分を切り落とし、みじん切りします」などと書かれたら、文字数が多く冗長で読みづらい。しかし料理の経験や知識に乏しい初心者や、初めて挑戦する異国の料理を作るときにはやはり詳細な説明の方が分かりやすいので、詳しい方が良いかどうかは時と場合による。そこで、手順の

構造が似ているレシピを発見し、その説明の詳しさを文字数などで推定して、適したものを提示することが考えられる(図-1を参照)。

手順構造のツリー表現は、レシピ(自然言語による調理動作の説明)と調理映像の対応付けにも利用できる。このツリーは、葉から根にたどれば、その食材がどのような加工を加えられ、またどのような食材と混ぜ合わされ、完成品の料理になるかをトレースすることができる。よって、そのレシピに従って調理者が調理をした様子をカメラで収録した映像において、動作を認識しながら、物体追跡技術により個々の食材を追跡し続ければ、同様のツリーができあがるはずである。調理観測映像から生成したツリーと、レシピから生成したツリーをノードレベルで対応付ければ、レシピの各手順を指定すると、それに対応する調理映像が再生されるようなコンテンツを生成することが可能となる。

筆者らは実際の調理手順から手順書を自動生成する研究も行っている。調理者の調理の様子をカメラ

で撮影し、その映像において個々の食材を追跡するのと同時に、それらの食材に加えた加工動作を認識する。一方で、大量の手順書から、特定の食材に対し行われがちな加工（例：「玉葱はまず切られる」など）や、特定の加工間のつながりやすさ（例：「炒めてから煮る」は起こりやすいが「煮てから炒める」は起こりにくい）などの情報を獲得する。これらを統合して、最も確率の高い手順フローを生成する。これにより、レシピを書く手間が省けるだけでなく、レシピの手順書の中の「玉葱を切る」という文をクリックすれば、その映像が再生されるようなマルチメディアコンテンツを自動生成できる。

このように、レシピの手順文書から取り出した手順構造はさまざまな応用が考えられる。次章では、この目的に対し、我々が提案している自然言語処理手法について説明する。

### レシピテキストの自然言語理解

本章では「手順説明の自然言語の理解」に着目し、その要素技術である単語分割、レシピ用語の認識、フローグラフの推定、料理オントロジーについて述べる。前述の通り、レシピは料理を作るための食材の一覧と手順の説明を淡々と書きそれにタイトルを付けたものである。これをコンピュータが理解して実行できれば、単に面白いだけでなく、非常に便利である。コンピュータによる操作指示理解の初期の研究としてSHRDLUが有名である。この研究では、コンピュータの中の積み木の操作を自然言語によって対話的に指示できる。同様に、レシピをコンピュータが理解すれば、キッチンの蛇口の横にアームを据え付けて（図-2参照）調理を手伝ってもらったり、自動で調理してもらったりできるようになる。図-2の左は将棋を指すアーム型ロボットで、医薬・医療用ロボットをベースとしている。清潔であるだろうから、将棋のみならず串に食材を刺してもらってもいい。自動調理や調理補助は、自動運転よりもニーズがあるかもしれない。移動しない人はいるが、食べない人はいない。ただし、自動調理は簡単ではないどころか、超難問である。

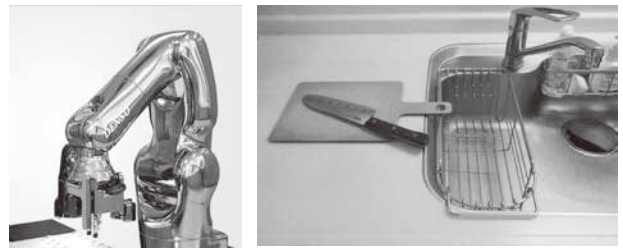


図-2 電王手さん（左）<sup>☆11</sup>とキッチン（右）

図-3のレシピの例では、まず「両手鍋で油を熱する」わけだが、両手鍋を出してきて、油を出してきて、油を両手鍋に入れて、それをコンロにのせて、コンロの火をつけることが必要である。この粒度でも、5つの動作になっている。さらに油を両手鍋に入れるには、油の容器の蓋をとり、口を鍋の上に維持して、適度に容器を傾ける必要がある。このように、このレシピの最初の文を完了するだけでも多くの予備動作や下位動作が必要となる。また、実際には調理ができさえすれば良いわけではないので、今後のために容器の蓋をして片付けるほうがよい。

自動調理の実例としては、なんと、クッキーを自動で焼くロボットの映像が配信されている<sup>☆12</sup>。粉を撒き散らしながらもクッキーを焼き終えている。素晴らしい。が、自ら撒いた粉なのに、後片付けをしている様子はない。現状では「調理ができれば良い」という段階である。

自動調理は、レシピテキストの理解の1つの終着点ではある。しかし、不完全な理解であっても、文字列検索よりも賢い検索や、ヘルプシステム（スマートキッチン<sup>1)</sup>）を実現することができる。たとえば、レシピの意味をフローチャートとして表現することが1980年代に提案されている。筆者らはこれを焼き直して図-4のようなフローグラフを提案し、200以上のレシピをこの表現にして公開している<sup>2)</sup>。図-3のレシピ文ではセロリを加える先が明示されていないが、それは油を入れて熱した両手鍋である。フローグラフでは、セロリを加える先を直前の動作の結果得られるも

☆11 <http://www.denso.co.jp/ja/aboutdenso/sponsor/denoute/denoute-san/>

☆12 <https://www.youtube.com/watch?v=BgDMITjRSs4> (2014年6月アクセス)

1. 両手鍋で油を熱する。  
セロリと青ねぎとニンニクを加え、1分ほど炒める。
2. プイヨンと水とマカロニと胡椒を加えて、  
パスタが柔らかくなるまで煮る。
3. 刻んだセージをまぶす。

図-3 レシピの例

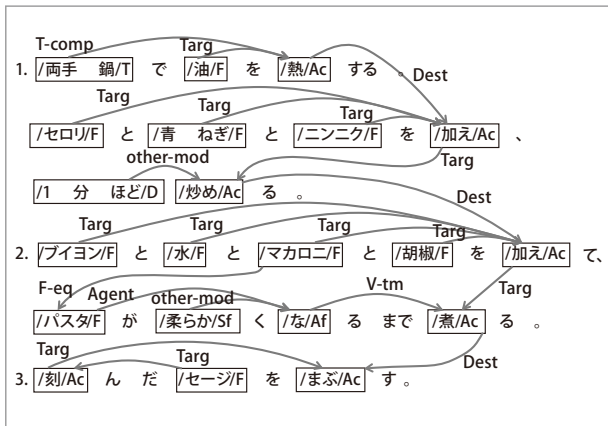


図-4 レシピの例のフローグラフ

の(油を入れて熱した両手鍋)であると表現している。このように、フローグラフは、食材や道具が動作を介して最終生成物である料理にいづくことを表している。頂点は食材や道具などのレシピ用語であり(表-2参照)、辺はレシピ用語の間に関係があることを示し13種類の関係が定義されている(表-3参照)。1レシピあたりの頂点の数は36.34であり、辺の数は38.62であった。木であれば、辺の数は頂点の数より1少ないので、フローグラフはほとんど木であることが分かる。

多くのレシピは簡単にフローグラフに変換できたが、難しいものもあった。たとえば、「加える」と書いてあるが、何にかが省略されているときには、それまでの調理の段階で使用した容器を考慮する。ほかにも、表現として難しいものもあった。「野菜(玉ねぎとにんじん)」のような括弧による補足は、何と何が同一で、何の一部かをよく考えないと分からない。非道い例では、下準備したはずの「しらたき」が最後まで使われないというレシピもあった。「しらたき」から完成品への道がない。ただし、投稿された写真では途中からちゅっかり鍋に入っている。このようなミスはユー

タグ	意味	備考
F	食材	中間・最終生成物を含む
T	道具	調理道具や器など
D	継続時間	概数表現を含む
Q	分量	概数表現を含む
Ac	調理者の動作	語幹のみ
Af	食材の動作	語幹のみ
Sf	食材の状態	
St	道具の状態	

表-2 レシピ用語の種類

ラベル	意味	概説
Agent	主語	動作と動作主の関係(連体修飾等も含む)
Targ	対象	動作と対象の関係(連体修飾等も含む)
Dest	方向	動作と方向や場所の関係
T-comp	道具デ	表される動作とその道具の関係
F-comp	食材デ	表される動作とそれに用いる食材の関係
F-eq	同一の食材	既出の食材とそれに対する参照表現
F-part-of	食材の一部	既出の食材とその一部に対する参照表現
F-set	食材の集合	既出の複数種の食材とその全体に対する参照表現
T-eq	同一の道具	既出の道具とそれに対する参照表現
T-part-of	道具の一部	既出の道具とその一部に対する参照表現
A-eq	同一の動作	既出の動作とそれに対する参照表現
V-tm	動作を行う	別の動作を行う条件やタイミングを示す句の動詞
other-mod	その他の修飾語句	

表-3 レシピフローグラフコーパスの辺のラベル

ザ投稿型レシピなので多少はいたしかたないが、どこで入れるかを書いてほしいものである。そうでないと、前提が満たされずフローグラフにならない。たとえば、「最後にしらたきを添える」でもいいので、書いてくれれば、フローグラフの仮定は満たされる。

以下では、このようなグラフをレシピから構築することを中心に、レシピテキストの自然言語処理について説明する。

### 単語分割

日本語や中国語を対象とする自然言語処理では、まず文中の単語を同定する単語分割が課題となる。単語分割は、各文字間に単語境界の有無を判定する課題である。図-3の文を単語分割した結果が図-5である。

レシピテキストの単語分割は一般分野に比べて難しい。「たま葱」などのように一部または全部が平仮

1. 両手 / 鍋 / で / 油 / を / 熱 / する /。  
セロリ / と / 青 / ねぎ / と / ニンニク / を / 加え /、 / 1 / 分 / ほど / 炒め / る /。
2. フイヨン / と / 水 / と / マカロニ / と / 胡椒 / を / 加え / て /、 /  
パスタ / が / 柔らか / く / な / る / まで / 煮 / る /。
3. 刻 / ん / だ / セージ / を / まぶ / す /。

図-5 単語分割の結果

名で書かれる食材名などが多いのが原因であろう。ユーザ投稿型レシピではさらに顔文字や音符が多用され、加えて誤字脱字も散見される。公開されているツールをそのままレシピテキストに用いると単語分割精度は95%程度となり、平均的な書き言葉に対する精度の99%前後を大きく下回る<sup>☆13</sup>。誤りが5倍程度増えており、これらは後段の処理への影響が大きい。そこで筆者らは辞書やコーパス(例文集)の整備などにより98%程度に引き上げた<sup>3)</sup>。

適応後のモデルを用いたKyTeaによる解析結果の例は以下の通りである。

玉ネギ / 名詞 と / 助詞 水溶き / 名詞 片栗 / 名詞 粉 / 名詞 を / 助詞 入れ / 動詞 る / 語尾

形態素の定義に照らすと、接尾辞とすべき「粉」の品詞が名詞になっている以外は正解である。

### ..... レシピ用語の認識 .....

単語分割の次の課題は、レシピ用語の認識である。最初から用語くらいの長い単位にしておけばよいとも考えられるが、「両手鍋」が「鍋」の一種であることを知るためには、「両手」「鍋」のように用語を分割しておく必要がある。自然言語処理の多くの研究者は単語分割をしてから用語認識をしており、レシピ理解においても多くの場合はこの順に従う。

一般的な言語処理研究では、1つの実体を指示する単語列を固有表現と呼び、それらを自動認識クラスへ分類する研究が行われてきた。歴史的には、まず英語に対して7種類の固有表現クラス(組織名、人名、地名、日付表現、時間表現、金額表現、割合表

☆13 単語分割や形態素解析のツールとしては、JUMAN (<http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?JUMAN>)、MeCab (<http://mecab.googlecode.com/svn/trunk/mecab/doc/>)、KyTea (<http://www.phontron.com/kytea/index-ja.html>) が有名である。分野適応を最も効果的に行えるKyTeaを使った。

1. /両手 鍋/T で /油/F を /熱/AC する。  
/セロリ/F と /青 ねぎ/F と /ニンニク/F を /加え/AC、  
/1 分 ほど/D /炒め/AC る。
2. /フイヨン/F と /水/F と /マカロニ/F と /胡椒/F を /加え/AC て、  
/パスタ/F が /柔らか/sf く /な/af る まで /煮/AC る。
3. /刻/AC ん だ /セージ/F を /まぶ/AC す。

図-6 レシピ用語認識の結果

現)が提案された。日本語に対しては、これに固有物名を加えた全8種類の分類が提案されている。この分類は新聞などの情報抽出を目的にしているのであろう。精度は90%前後である。また、このクラス分類を200種類に詳細化した拡張固有表現というのがある。

レシピに出現する代表的な用語クラスとして、拡張固有表現における「製品名」の下位分類の「食べ物名」の下に「食べ物名その他」と「料理名」がある。しかし、「自然物名」の下位分類の「生物名」の下に「魚類名」や「鳥類名」があり、食材を自動認識する場合には食材を含み得る多数の細分類を列挙する必要がある。逆に「魚類名」や「鳥類名」にはペンギンのように普通は食べないものも含まれており注意が必要となる。ほかの問題として、調理動作のクラスがない点が挙げられる。レシピテキストにおいては形態素解析結果の品詞が動詞であれば、それは調理者の動作である確率が高いが、食材が主語であることもあり、ユーザ投稿型レシピにおいては第三者の動作(例:うちの子は喜んで食べます)である例も散見され、単に品詞を見るだけでは動作主の推定には不十分である。

これらを踏まえ、筆者らは表-2のような8種類のレシピ用語を定義した。これらの自動認識は、固有表現認識と同じなので、固有表現認識の手法を流用している。同様の取り組みが医療の英語テキストに対しても行われており、相当高い認識精度が実現されている。レシピ用語という観点では、「ステーキ屋さんのハンバーグ」の「ステーキ」は食材ではない。単なる辞書引きでは認識を誤る。また、「綿棒」は麺をのばす「麺棒」と同様に調理道具とみなさざるを得ない(クックパッドで「綿棒」を検索すると多数ある)。

図-5のテキストに対するレシピ用語認識の結果は図-6である。筆者らの研究の例<sup>3)</sup>では、レシピ用語

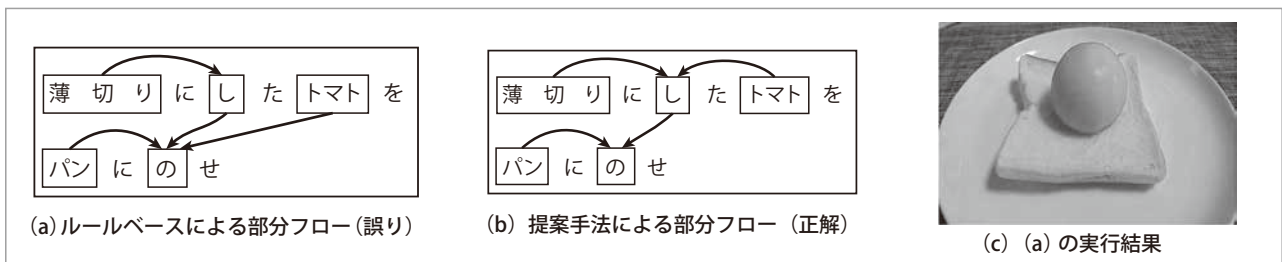


図-7 部分フローとその解釈

認識の精度 (F 値) は約 3,000 文の学習データを用いて平均で 87.78% である。重要と考えられる食材 (F) は 89.66%, 道具 (T) は 88.42%, 調理者の動作 (Ac) は 94.70% である。辞書の整備などによりもう一段の精度向上が簡単に実現可能であると考えられる。筆者らは本ツールを公開している。ただし、利用にあたっては、各タグの定義に注意されたい (食材を参照する数字なども食材としている) <sup>☆14</sup>。

### フローグラフの推定

用語が確定すると、あとは用語の間にある関係を推定すればフローグラフができあがる。これをもってレシピの意味とする。一般の文書に対する意味理解では、意味をどう表現するかという問題が深遠で、研究が進んでいるとは言いがたいが、レシピに代表される手続き文書に関しては、フローグラフの完成で十分とされることが多い。

筆者らは、レシピテキストとフローグラフの対から機械学習を用いてフローグラフを自動推定する方法を考案・実装した<sup>4)</sup>。約 200 のフローグラフで学習したところ、正解の用語が付与されているとして、約 70% の辺が正解であった。図-4 の辺の 70% が正しいという状態である。ラベルを無視すれば 80% 程度が正しい状態である。自動での単語分割や用語認識も含めて、辺の両側の単語列と用語のクラスもチェックするという基準で評価すると、約 50% の辺が正解であった。単語分割が 97%, 用語認識が 90% であることを考えると、難しいのはフローグラフの推定であるとい

えよう。しかし、単語分割や用語認識は辺の両端に影響し、中間の頂点では 2 つ以上の辺に影響するので、これらの精度向上も重要である。

比較のために規則による方法も実装した。あるテキストから推定されたフローグラフが図-7 (a) であった。正解は図-7 (b) であるが、推定結果ではトマトを薄切りにしておらず、これを素直に実行すると図-7 (c) のようになる。食べにくそうである。誤りは規則による方法に限ったことではなく、機械学習による手法にもある。レシピの言語処理の精度を検索や自動調理に有用なレベルまで高める必要がある。

### 料理オントロジーの活用

言語処理の精度向上にとって重要な言語資源である料理オントロジーも公開されている<sup>☆15</sup>。このオントロジーでは、かなり広範な食材に対して異表記や同義語、さらにその部分を指す表現や属性が列挙されている。道具や動作についても同様の記述がある。料理オントロジーを使うと、フローグラフの推定精度が向上することが確認されている。このオントロジーは、表記の揺れや誤りにも対応していて、「綿棒」も含まれている。これを用いれば、ロボットアームが「綿棒」で何かをのばすことはないだろう。

### 展望

情報分野におけるレシピの研究は、古くは 1980 年に、レシピを自然言語で書かれた手順書とし、その

☆14 用語認識までのレシピ処理の詳細はツールとともに Web ページ <http://plata.ar.media.kyoto-u.ac.jp/tool/recipe/> で紹介している。

☆15 <http://www.ls.info.hiroshima-cu.ac.jp/cgi-bin/cooking/wiki.cgi> (2014 年 6 月アクセス)



手順をフローグラフで表現するための表現方法が提案されている<sup>5)</sup>。また、1986年には人工知能分野において、事例ベースプランニングのタスクとしてレシピが扱われた<sup>6)</sup>。このように、料理レシピはしばしば研究対象となってきたが、ここ数年のWebレシピの急増により、実用化を見据えた研究が世界各国で行われている。

筆者らが参加する電子情報通信学会「食メディア」研究会では、毎年、国際ワークショップCEA<sup>☆16</sup>を企画し、2015年は7月3日イタリアのトリノにてIEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME) 2015内で開催した。世界で最も多くのレシピを掲載しているサイトはクックパッドであり、それと同等のレシピ数を誇る楽天レシピの存在を考えれば、日本は世界でおそらく1, 2を争うレシピ大国であり、レシピ処理の分野でも世界を牽引していくことが期待される。

言語処理に関しては、言語資源の整備や解析手法の改良に伴って、レシピテキストに対する言語処理の精度は、一般分野と同程度になると考えられる。より深い理解には、単語ではなく調理用語(単語列)の同一性を含む世界知識が重要なので、料理オントロジーによるレシピ用語のカバレッジの向上も重要であろう。

レシピの決定等のための情報検索のみならず、実際のキッチンにおいて有用なシステムを作ることも重要である<sup>1)</sup>。調理の状況は車の運転に似ており、手が自由ではなく視線が離しにくい。カーナビや運転補助と同様に、レシピに基づいた調理のガイドや調理補助が研究・開発の対象となっている。そのためには、レシピテキストに対する音声言語処理やレシピテキストと連動する画像処理が必要である。

キッチンにおける機械とのインタフェースとしては、音声認識や音声合成が考えられる。読み推定はそれらの重要な要素技術であるが、紹介したいずれのツ

ルでもレシピテキストに対する読み推定の精度は不十分である。読み推定も含めた言語処理の適応も課題である。

画像処理においては、部分的な調理動作の映像にクラウドソーシングで説明文を付与してもらい、新たな映像に対して文を生成する研究<sup>7)</sup>などもある。また、本稿で述べたフローグラフが付与されたレシピを実際に調理する映像を収録し、画像処理とレシピテキスト理解を連動させる取り組みがある<sup>8)</sup>。

今後、検索や自然言語処理などのテキスト情報に加えて、実際のキッチンでの人と機械の共同を目指して、音声言語処理や画像処理も含めた総合的な知能情報処理システムの研究・開発が盛んになることを望む。

#### 参考文献

- 1) Hashimoto, A., Mori, N., Funatomi, T., Yamakata, Y., Kakusho, K. and Minoh, M.: Smart Kitchen : A User Centric Cooking Support System. In *proc. of IPMU08*, pp.848-854 (2008).
- 2) Mori, S., Maeta, H., Yamakata, Y. and Sasada, T.: Flow Graph Corpus from Recipe Texts. In *Proc. of LREC14*, pp.2370-2377 (2014).
- 3) Maeta, H., Sasada, T. and Mori, S.: A Framework for Procedural Text Understanding. In *proc. of IWPT15* (2015).
- 4) 前田浩邦, 山肩洋子, 森 信介: 検索・分析のための手順文章からの意味構造抽出, *DEIM2014* (2014).
- 5) Momouchi, Y.: Control Structures for Actions in Procedural Texts and Pt-chart. In *proc. of COLING80*, pp.108-114 (1980).
- 6) Hammond, K.: CHEF : A Model of Case-Based Planning. In *proc. of AAAI86*, pp.267-271 (1986).
- 7) Regneri, M., Rohrbach, M., Wetzell, D., Thater, S., Schiele, B. and Pinkal, M.: Grounding Action Descriptions in Videos. *Transactions of ACL*, Vol.1, pp.25-36 (2013).
- 8) Hashimoto, A., Sasada, T., Yamakata, Y., Mori, S. and Minoh, M.: Kusk Dataset : Toward a Direct Understanding of Recipe Text and Human Cooking Activity. In *proc. of CEA14* (2014). (2015年7月4日受付)

山肩洋子 yamakata@hal.t.u-tokyo.ac.jp

2005年京都市立大学大学院情報学研究所博士後期課程研究指導認定退学。同年同大情報学研究所研究員。2006年(独)情報通信研究機構専攻研究員。京都大学特定講師, 准教授, 特定准教授を経て, 2015年より日本学術振興会特別研究員。電子情報通信学会「食メディア研究会」副委員長。レシピや調理行動に関するマルチメディア処理の研究に従事。電子情報通信学会, 人工知能学会各会員。博士(情報学)。

森 信介(正会員) forest@i.kyoto-u.ac.jp

1998年京都市立大学大学院工学研究科電子通信工学専攻博士後期課程修了。同年日本アイ・ビー・エム(株)入社。2007年より京都市立大学学術情報メディアセンター准教授。京都大学博士(工学)。音声言語処理および自然言語処理に関する研究に従事。1997年本会山下記念研究賞受賞。2010年, 2013年本会論文賞受賞。2010年第58回電気科学技術奨励賞受賞。言語処理学会, 日本データベース学会, ACL各会員。

☆16 CEAのWorkshop Titleは年によって次のようになっている。  
2009-2013, 2015: "Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities"  
2014: "Workshop on Smart Technology for Cooking and Eating Activities"