

動作の継続性に着目した料理レシピのアウトライン自動生成

杉本 憲哉¹ 藤井 敦¹

概要：物事を系統立てて解説するためには、全体像を概説してから細部を詳説する方が分かりやすい。本研究は料理レシピを題材として、手順の段階ごとに重要な動作を見出しとして特定することで、調理の全体像を示すアウトラインを自動生成する。既存の手法は、同一の調理動作表現が複数出現した場合に、動作の繰り返しと継続のどちらなのかを区別することができない。本手法の特長は、複数の段階にわたって継続する動作を特定してアウトラインにおける見出しの冗長な繰り返しを避けるとともに、継続する動作と連動する動作を特定することで、継続動作を中心としたアウトラインを生成する点にある。

1. はじめに

物事に関する系統的な解説には、全体像を把握した上で詳細に理解するための工夫がなされている。文章を話題の系列や階層構造として複数の領域に分割し、各領域の内容を表す見出しを付与することで、文章全体における話題の展開を表現する。こうして表現される話題の展開とは文章の骨格であり、本研究ではアウトラインと呼ぶ。

アウトラインの具体例として、書籍や論文の章立てが挙げられる。章立ては一般的に目次として示され、目次を読むことでどのように話題を展開していくのかを理解することが出来る。また、最初に話題の展開を知ることによって、読者は必要な部分を選んで読むことが出来るようになり、スムーズに必要な情報を見つけることが出来る。

このように、秀逸なアウトラインは文章の内容を理解する上で有効である。しかし、話題の展開を理解しアウトラインを生成することは難しく、その質は筆者に依存する。そのため、コンピュータによりアウトラインを自動生成することは、人間がどのように話題の展開を認識し、それを説明するかを機械に理解させるということであり、自然言語理解の本質に迫る重要な課題である。

本研究では、料理レシピを対象として、その手順のアウトラインを生成することを目的とする。教師あり機械学習を用いて、手順の段階ごとに重要な動作表現を抽出することでアウトラインを生成する。既存のアウトライン生成手法とは異なり、動作の継続性に着目したモデルを提案し、評価実験により有効性を評価する。

2. 関連研究と本研究の位置づけ

自然言語理解の研究には、アウトライン生成以外に自動要約の研究が存在する。自動要約とは人が文章の中で何が重要であるかを機械に理解させる研究である。自動要約の研究は様々行われているが、アウトライン生成に近い自動要約の研究に Nakao [8] の研究が存在する。Nakao [8] は、白書のような長い文章を対象として自動要約を行った。アウトライン生成と同じく文章を話題ごとに分割し、各話題の境界文を抽出し結合することで要約を生成する。

アウトライン生成の研究には島崎ら [3] や西原ら [11] の研究が存在する。島崎ら [3] は、word 等の応用ソフトウェアを対象としてアウトラインの生成を行った。各ソフトウェアが固有に持つメニュー構造の情報をを用いて、段落分割と見出し生成を行っており、この情報を持たない文章に用いることは出来ない。

西原ら [11] は料理レシピを対象としてアウトライン生成を行った。料理レシピを対象としたアウトライン生成のための一手順として、段落分割された料理レシピに対し見出しを生成する。具体的には、予め段落分けされた料理レシピを対象として、その各段落から最も重要な調理動作を抽出し見出しを生成する。西原ら [11] の手法では、調理動作が時間軸上で互いに孤立していると考え、レシピを行うべき動作が順に書かれた系列として扱う。しかし、これには大きく二つの問題が存在する。

一つ目は、全ての動作表現が別の動作を表すと考えるため、同一の動作を表す動作表現が出現する場合に同じ動作が複数回見出しに成る可能性があることである。料理レシピでは、動作の継続を表すために、同一の動作を表す動作表現が複数回出現することがある。そのため、複数の段落

¹ 東京工業大学大学院情報理工学専攻
Department of Computer Science, Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

に渡って継続する動作がある場合、複数の段落で同一の動作を表す動作表現が出現し、それらが見出しに選ばれ、複数の段落で同じ見出しが付与されてしまうことがある。本研究では複数の段落に渡って継続する動作を「継続動作」と呼ぶ。ここで、調理動作は「肉を焼く」のように名詞、助詞、動詞の組で構成される。ただし、動作に食材が追加されたり、食材の一部が取り除かれた場合でも動作は続いていると考える。例えば、「水と野菜を入れて強火で煮る。煮立ったら玉ねぎを刻んで加えて、さらに5分ほど煮る」という手順では「強火で煮る」から「5分ほど煮る」において「煮る」動作が継続している。しかし、西原らの手法では「強火で煮る」と「5分ほど煮る」が独立した別の動作を表す動作表現であると考え、両者が見出しとして選択されてしまい、冗長なアウトラインが生成されるという問題が生じる。

二つ目は、複数の動作が並行して行われることを考慮しておらず、それによる重要な動作の変化を扱えないことである。継続動作が存在する段落では、継続動作とその調理対象が話題の中心であり、継続動作の調理対象に対して行われる動作が重要である。そのため、継続動作が存在する段落としない段落では重要な動作が異なる。先の例では、「玉ねぎを刻む」と「玉ねぎを加える」という2つの動作が継続動作「煮る」と並行して行われている。継続動作「煮る」は他動作と比べて長い区間で行われる動作であり、料理において重要である。その対象に対して食材を追加する「玉ねぎを加える」は「玉ねぎを刻む」よりも重要である。しかし、西原らの手法ではこの重要な動作の違いを扱うことが出来ない。

これら二つの問題を解決するために、本研究では、継続動作が存在する段落としない段落の集合を個別に用いて分類器を学習し、二つの分類器を使い分けることで継続動作が存在する段落としない段落の間に見出しと成りやすい動作の違いを扱う。また、継続動作とその進行度に関する素性を提案することで、継続動作の進行度に応じて重要な動作が変化する点を扱う。

3. 提案手法

3.1 概要

本研究では、西原ら [11] の手法と同様に、動作の重要度を計算するための分類器を学習し、分類器を用いて動作の重要度を計算し最も重要度の高い動作を見出しとして選択する、という二段階の操作によって見出しを生成する。本手法の全体像は図1のようになり、以降で手法の流れを説明する。本手法ではレシピに対して見出し付与する準備として、先に分類器の学習を行う。学習用レシピ集合内の各段落を継続動作が存在する段落の集合としない段落の集合に分割し、両者に対してそれぞれ分類器を学習する。

分類器の学習を行った後、システムにレシピを入力し見

出し生成を行う。まず対象のレシピの各段落を継続動作の有無で分類する。そのあと各段落で行われる調理動作を抽出し、その素性ベクトルを作成する。継続動作の有無が対応する分類器を用いて素性ベクトルから各調理動作の重要度を計算し、各段落で最も重要度の高い調理動作を見出しとする。

ここで、本手法と西原らの手法の違いは二点存在する。一つ目は、分類器の学習と見出し生成の両者において、継続動作の有無で段落を分類し、継続動作の有無に応じた分類器を学習し使用する点である。継続動作が存在する段落では継続動作とそれ以外の動作が並行して行われており、継続動作の有無で分類器を使い分けることで、複数の動作が並行して行われる段落と単一の動作が逐次的に行われる段落における重要な動作の違いを扱う。二つ目は、調理動作を表す素性ベクトルを作成する際に、本手法では継続動作の進行度に関する素性を追加する点である。複数の段落に渡って行われる動作はその進行度に応じて重要度が変化する。継続動作の進行度に関する素性を提案することでこの重要度の変化を扱う。

3.2 述語項関係の抽出

浜田ら [12] や苅米ら [1] は料理レシピの構造解析を行うために、レシピテキストから名詞-助詞-動詞で構成される述語項関係を抽出し調理動作とした。西原ら [11] は苅米ら [1] の手法を用いて調理動作を表す述語項関係を抽出し、レシピテキスト内に出現する表記を見出しの形式にする整形や複合動詞の分解、食材の上位概念での置き換えを行い、見出しの候補とした。本研究は西原ら [11] と同様に、調理動作を表す述語項関係を抽出し整形を行い、見出しの候補とする。

3.3 継続動作とその区間の特定

3.2節の通りに抽出した各述語項関係に対して、継続動作であるか否かを判断し、継続動作であるならそれが行われる区間を特定する。ここで、多くの動作は動作表現が出現した時点で開始し、別の動作を開始するときに終了する。しかし、「煮る」のように、別の動作が開始されても終了しない動作が存在し、これを本研究では「継続可能動作」と呼ぶ。各継続可能動作に対してその行われる区間を特定し、複数段落に渡るなら継続動作とする。以降でその特定手法について説明する。

3.3.1 継続動作とその区間の特定手法の概要

継続可能動作はその動詞から判断することが出来る。レシピの書籍 [2, 4-7, 9] を調査した結果、継続可能動作は「焼く、炒める、煮る、揚げる」の4種存在した。ただし、「押しつけながら焼く」ことを「焼きつける」と表現するように、これらの動作は状況に応じて表現が変化する。そのため、難波ら [10] によって作成された料理オントロジーを用

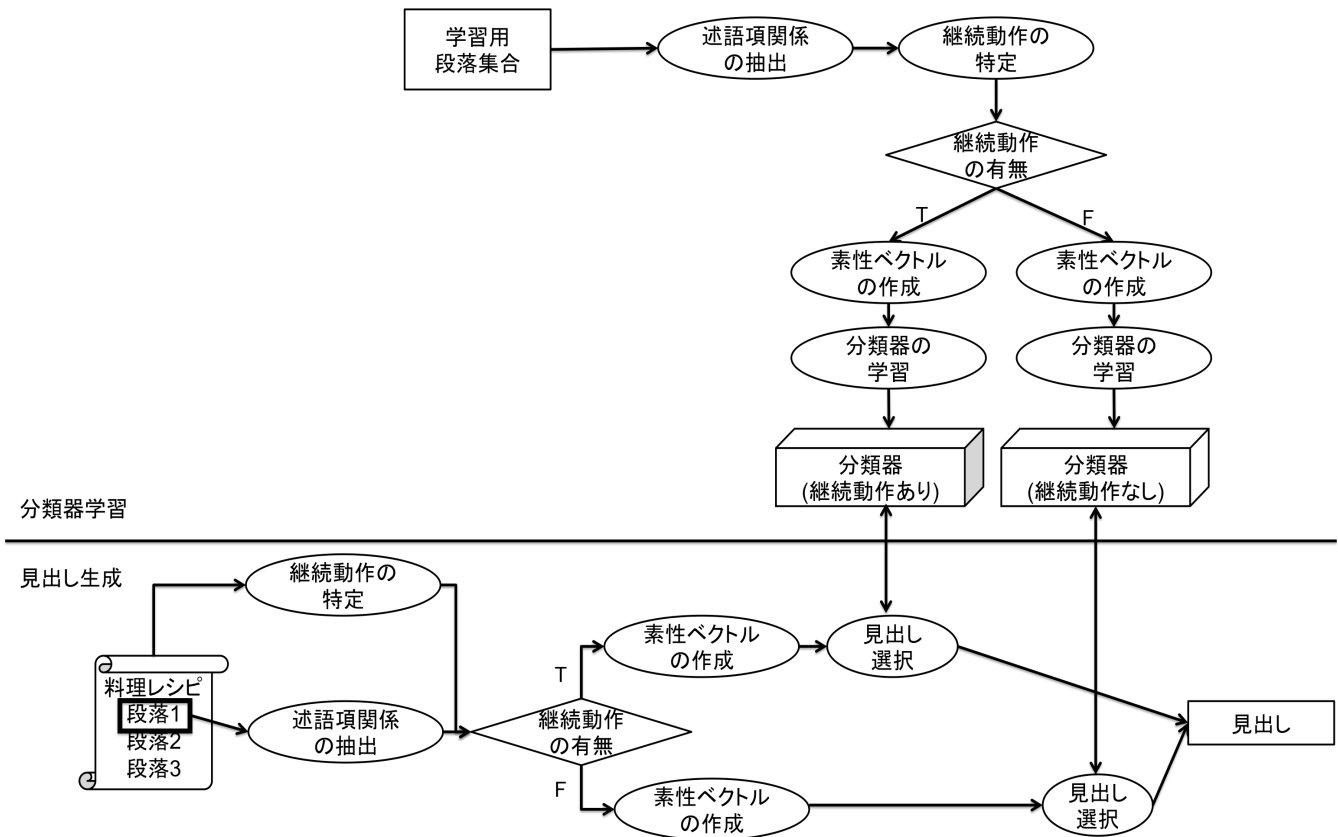


図 1 提案手法の全体像

いて、述語項関係の動詞が継続可能動作に分類されるとき、その述語項関係は継続可能動作を表すと考え、

これらの継続可能動作に対して、行われる区間の特定を行う。ここで、継続可能動作はそれを表す動作表現が出現する以前から開始されている場合があることに注意する。例えば、「鍋に肉を入れ火にかける。焼き色がついたら水 2/3 カップを加える。調味用の材料を加え煮詰める。」という手順であれば、継続可能動作「煮る」は「水 2/3 カップを加える」から「煮詰める」の間で行われており、動作表現「煮る」が出現する以前から行われている。

また、動作「煮る」が調理容器「鍋」において行われるように、継続動作は必ず調理容器の中で行われる。これは継続動作が他の動作と並行して行われる動作であり、常に注意する必要の無い、特定の状況下にある容器に入れることで行われる動作であるためである。

各継続可能動作に対して、例えば「焼く」であれば「食材が入れた調理容器を加熱する」のような、動作が示す状況を予め設定する。そして、料理レシピの各時点における調理容器の状況を確認することで、継続可能動作が行われる区間を特定する。

3.3.2 継続可能動作の区間特定

継続可能動作を開始する動作と終了する動作を特定することで、継続可能動作が行われる区間を特定する。そのために各継続可能動作に対して、その開始動作と終了動作、

行われているときの調理容器の状況を設定する。例えば、継続可能動作「焼く」であれば、表す状況は「加熱されている調理容器内に食材が存在する」状況であり、開始動作と終了動作はそれぞれ表 1 と表 2 のようになる。ここで、調理容器内が継続可能動作の状況に変化する動作を特定するために、各調理動作が行われた時点での調理容器内に存在する食材と加熱の有無を特定し区間特定に用いる。また、開始動作が出現し対応する終了動作が出現しない場合は、レシピの最後まで継続すると考える。

表 1 継続可能動作「焼く」の開始動作	
開始動作	例
継続可能動作	焼く
継続可能動作の同義語	焼きつける
調理容器内を継続可能動作の状況に変化させる動作	中火にかける

表 2 継続可能動作「焼く」の終了動作	
終了動作	例
継続可能動作を終了する動作	焼き上げる
加熱を終了する表現	火を止める
調理対象を移動する動作	器に盛る
調理容器内を継続可能動作の状況から変化させる動作	水を加える
他継続可能動作	煮る

3.4 素性ベクトルの作成

調理動作を表す述語項関係に対して、その特徴を表す素性ベクトルを作成する。西原ら [11] の手法では単語の重要度や文章中の位置などの自動要約で一般的に用いられる素性と加熱動作であるかどうかという料理固有の素性を用いた。本研究ではこれらの素性に加えて継続動作を扱うための素性を追加する。

継続動作

継続動作は初めて出現する段落において見出しと成りやすく、それ以降の段落で見出しと成りづらい。これは、動作の継続を表す表現が見出しとなるのは冗長であるためであり、見出しとしてふさわしくないからである。そのため、継続動作の重要度をその進行度に応じて変化させる素性を提案する。継続動作の進行度を「開始、途中、終了」の三段階に分類し、述語項関係がどの進行度における継続動作であるかを素性とする。

混合動作

料理はその進行に応じて食材が一箇所に集まっていく手順であり、食材を合流させる動作が重要である。本研究では、複数の段落に渡って行われる動作である継続動作が調理の中心であると考え、そこに食材を合流させる動作を扱う素性を提案する。継続動作の素性と同様に、継続動作の進行度に応じた素性を用いる。

3.5 分類器の学習

西原ら [11] の手法と同様に、作成した素性ベクトルから Support Vector Machine (SVM) を用いて、見出しであるか否かの二値分類を行う分類器を学習する。

3.6 見出し選択

段落ごとに抽出された素性ベクトルに対して、事前に学習した分類器により見出しとなるべきか否かの二値分類を行う。ここで、継続動作が存在する段落としない段落でそれぞれ対応する分類器を用いて分類を行う。分類器により得られた分離超平面からの距離に基づいて見出しに成りやすさのスコアを計算し、最もスコアの高い述語項関係を見出しとする。

4. 評価実験

4.1 評価方法

料理レシピの書籍には予め段落分けがされ各段落に見出しが付与されているものがある。このような書籍 [2, 4-7, 9] から西原ら [11] が収集した計 306 件のレシピを対象として評価実験に使用した。当該レシピ集合には 1092 件の段落が存在する。このレシピ集合を用いて 10 分割の交差検定を行い、提案手法の評価を行った。ここで、西原ら [11] の手法と同様に、特定の書籍から収集したレシピが特定の分割に集中しないようにした。また、述語項関係の抽出 (3.2

節) に失敗する場合は、本研究で提案した素性、モデル変更の有効性を評価することが難しくなる。そのため、正解となる述語項関係が抽出できなかった段落はテストデータから除外した。その結果、対象となる段落は 132 段落であった。

ここで、比較する手法を以下に示す。

- 西原手法：テストデータ全体から単一の分類器を学習し、既存の素性を用いて SVM による二値分類を行う。
- 提案手法 (モデル変更のみ)：継続動作の有無により別の分類器を学習し、既存の素性を用いて SVM による二値分類を行う。
- 提案手法 (素性追加のみ)：テストデータ全体から単一の分類器を学習し、既存の素性と 3.2 節で提案した素性を用いて SVM による二値分類を行う。
- 提案手法 (全体)：継続動作の有無により別の分類器を学習し、既存の素性と 3.2 節で提案した素性を用いて SVM による二値分類を行う。

4.2 継続動作とその区間の特定手法の評価

本研究で提案する継続動作とその区間の特定手法を評価するために、まず人手により継続動作とその区間を調査した。その結果、306 件の全レシピ中に 115 件の継続動作が存在した。

4.2.1 比較手法

継続動作とその区間を特定する比較手法として、以下の二つの手法を用いた。

- 表層的手法 1：レシピ内で出現する段落でのみ継続可能動作が行われると考える手法
連続する二つ以上の段落において継続可能動作が出現する場合、その継続可能動作が、出現した段落を区間とする継続動作であると判断する。
- 表層的手法 2：レシピ内で最初に出現した段落から最後に出てきた段落の間、ずっと行われていると考える手法
継続可能動作がレシピ中の複数段落で出現した場合、その継続可能動作は最初に出現した段落と最後に出てきた段落の間を区間とする継続動作であると判断する。

4.2.2 評価実験

提案手法の有効性を示すために、人手で作成した継続動作とその区間を正解として評価を行った。ここで、継続動作とその区間の組が正しいとき正解とする。

提案手法による継続動作とその区間の特定手法の評価を行った。提案手法と二つの比較手法を比較した結果が表 3 である。提案手法は全比較手法より上回り、提案手法による継続動作とその区間の特定が有効であることが確認できた。

4.2.3 継続動作とその区間特定に関する誤り分析

本手法で継続動作を取得する際の誤り原因は大きく分け

表 3 継続動作特定手法の評価

特定手法	精度	再現率	F 値
表層的手法 1	0.390	0.138	0.204
表層的手法 2	0.544	0.371	0.441
提案手法	0.601	0.793	0.684

て以下の二つが存在した。

一つ目は、「液体」である調味料がどの程度の量存在するか判断できないことである。本手法では、調理容器内の「液体」の有無によって、「煮る」が開始するかどうかを判断している。しかし、「液体」である調味料を加えても「煮る」が開始されないことがある。これは図 2 の「白ワインを加える」のように、味付けを目的に少量の調味料をかける場合である。本手法ではこれらの違いを扱うことが出来ず、一様に「煮る」が開始すると判断してしまう。

二つ目は、継続可能動作が出現したとき、必ず一定の区間で継続すると考え、終了させる動作が出現するまで継続すると判断したことである。図 3 の「オープンで焼く」のように、継続可能動作が出現しても、継続せずその場で終了する場合が存在する。このとき、実際には継続していない動作を継続動作と判断してしまい誤りの原因となる。

段落 1

さけに塩・こしょうをふる。フライパンにサラダ油を中火で熱する。さけに粉をまぶし、皮を下にしてフライパンに入れる。こんがりしてきたら返して 4 分焼く。

段落 2

白ワインを加え、さけに香りを移す。ワインが蒸発したらバターを小さく切ってさけにのせ、全体にからめる。器に盛り、レモンとチャービルを添える。

図 2 さけのムニエルのレシピ

段落 1

玉ねぎはみじん切り、シソは千切りにする。玉ねぎ、パン粉、ひき肉、卵をボウルに入れよく練る。粘りが出たら丸めてオープンで焼く。

段落 2

大根おろしを作り、ハンバーグにシソ、大根おろしをのせ、ソースをかけて仕上げる。

図 3 和風ハンバーグのレシピ

4.3 提案手法全体の評価

本研究で提案する「継続動作の有無によるモデル変更」と「継続動作に関する素性」は、継続動作とその区間が特

定できることが前提となっている。そのため、継続動作とその区間を人手により与えた場合と、手法により継続動作とその区間の特定を行った場合の両者を評価する。

その結果、各手法による見出し生成の正解率は以下の表 4 の通りになった。提案手法 (全体) の正解率が最も高くなり、「継続動作とその区間の特定」、「継続動作の有無によるモデル変更」、「継続動作に関する素性」は有効であることが分かった。

表 4 見出し生成の正解率 (%)

継続動作特定	西原手法	提案手法		
		モデル変更のみ	素性追加のみ	全体
人手	48.62	59.85	60.61	63.64
提案手法	48.62	56.81	63.64	63.64

4.3.1 各素性の有効性の評価

提案した素性の有効性を評価するために、提案手法から素性を一つずつ外した場合の正解率をそれぞれ求めた。その結果を表 5 で示す。このとき、継続動作とその区間は提案手法により特定した。

表 5 各素性を外した場合の正解率 (%)

外した素性	正解率	全素性との差
継続動作	61.36	-2.28
混合動作	62.12	-1.52

継続動作・混合動作共に、素性を外すことで正解率が悪化し、両素性が有効であることが確認できた。

4.3.2 提案手法全体の誤り分析

本手法には大きく三つの誤り原因が存在した。

一つ目は名詞と動詞の間の関係を考慮していないことである。本手法で用いている「名詞の属性」の素性により、調理器具より食材が見出しになりやすいと学習され、「器に盛る」のような見出しに頻出する名詞-動詞の組が見出しと成りづらくなってしまい、誤りが生じる。これは、名詞、動詞を独立した要素と見なす素性のみを用いているために生じた問題であり、名詞-動詞間の共起頻度などを用いて改善する必要がある。

二つ目は、継続動作と関係のある食材について考慮していないことである。

図 4 の段落 3 に対して本手法を使用し、見出しの候補を重要度が高い順に並べると以下ようになる。

- (1) 材料を煮る
- (2) 春菊を加える
- (3) 割下を足す

...

ここで、「割下」とは「みりんなどの調味料やだし汁で割ったしょうゆ」のことを意味し、すき焼きや鍋物といった煮物に対して使われるものである。そのため、主に動作

「煮る」が行われるときに用いられるものであり、継続動作「煮る」中において重要度が高く、見出しとなる。本手法では、「煮る」と「割下」の関係性を考慮していないため誤りが生じた。

段落 1

えのきだけは石づきを落とし、食べやすいようにほぐす。春菊はじくを取りしらたきと下ゆです。焼き豆腐を食べやすい大きさに切る。長ねぎは斜め切りにする。

段落 2

鍋に牛脂を溶かし、牛肉、えのきだけ、しらたき、焼き豆腐、長ねぎを加え割下を入れて煮る。

段落 3

春菊を加え、割下を足しながら煮る。取り鉢に卵を割り、具をこれにつけて食べる。

図 4 すき焼きのレシピ

三つ目は動作をまとめた表現を扱うことが出来ないことである。本研究では本文中から正解となる述語項関係が抽出できることを前提とし、抽出できない段落をテストデータから除外している。そのため、正解となる述語項関係が抽出できないことによる誤りが存在する。例えば、塩、胡椒を加える動作をまとめた「調味する」という表現が見出しとなったり、「下準備をする」のような段落内の動作をまとめた表現が見出しとなることがあり、これは提案手法では扱うことができない。そのため、複数の動作をまとめたより抽象的な見出しを生成する手法を提案する必要がある。

5. おわりに

本研究では、料理レシピのアウトラインを生成するために、段落に見出しを付与するアウトライン生成の部分問題に取り組んだ。複数の段落に渡って継続する動作に注目し、それを用いて動作の継続と並行をモデル化することで既存手法の問題を解決し、評価実験により有効性を示した。残された課題として、調味料で味付けする動作を表す「調味する」、料理の準備のための動作をまとめて表す「下準備をする」のような、本文中の動作を抽象化した見出しの生成を試みる必要がある。また、名詞-動詞間の関係性を考慮した素性追加することで、見出しとなりやすい表現を扱うように改良する必要がある。また、本研究は料理レシピを対象を絞る手法を提案した。そのため、本研究により有効性が示されたモデルが他の手順テキストに応用できるかを調査する必要がある。

参考文献

- [1] 苅米志帆乃, 藤井敦: 料理レシピテキストの構造解析とその応用, 言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集, pp.839-842, 2012-03.
- [2] 検見崎聡美: 絶対おいしい! はじめての楽しい料理, 主婦と生活社, 2011.
- [3] 島崎 聡, 藤井 敦: 応用ソフトウェアを対象とした操作手順のアウトライン生成, 言語処理学会第 21 回年次大会発表論文集, pp.613-616, 2015-03.
- [4] 成美堂出版編集部 (編): 週末 男の料理術, 成美堂出版, 2008.
- [5] 高田秀之 (編): 鍋ひとつでできる! 早ワザ&美味ごはん レシピ 83 10 分間でできる簡単ごはん, 宝島社, 2006.
- [6] 田村仁 (編): 「和食」ってかんたん!, 講談社, 2007.
- [7] 田村仁 (編): 「洋食」これができれば!, 講談社, 2007.
- [8] Yoshio Nakao: An Algorithm for One-page Summarization of a Long Text Based on Thematic Hierarchy Detection, Proceedings of the 38th Annual Meeting on Association for Computational Linguistics, pp.302-309, 2000.
- [9] 中村寿子 (編): 手間なし、ササッと早ごはん, オレンジページ, 2009.
- [10] 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, 電子情報通信学会信学技報, Vol.113, No.338, pp.39-44, 2013-12-04.
- [11] 西原弘真, 苅米志帆乃, 藤井敦: 料理レシピを対象としたアウトライン型自動要約, 情報処理学会研究報告, 2013-IFAT-110, No.8, pp.1-7, 2013.
- [12] 浜田玲子, 井出一郎, 坂井修一, 田中英彦: 料理テキスト教材における調理手順の構造化. 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J85-D-II, No.1, pp.79-89, 2002.