

## 料理テキスト教材における調理手順の構造化

浜田 玲子<sup>†</sup>井手 一郎<sup>††</sup>坂井 修一<sup>†††</sup>田中 英彦<sup>†††</sup>

Structural Analysis of Cooking Preparation Steps

Reiko HAMADA<sup>†</sup>, Ichiro IDE<sup>††</sup>, Shuichi SAKAI<sup>†††</sup>, and Hidehiko TANAKA<sup>†††</sup>

あらまし 筆者らは、マルチメディアの中でもテキストの付随するマルチメディアに注目し、テキストからの情報を画像・音声解析に反映させることで、実用的な精度のマルチメディア統合技術の実現を目指している。特に、現在はテキスト教材の付随する料理番組に着目し、料理映像とテキスト教材の対応づけシステムを開発している。本論文では、このような対応づけシステムの一部であるテキスト解析部に焦点を当て、調理手順の構造解析手法を提案した。本手法では、解析対象の特徴を最大限に利用し、実用的な処理を目指す。そのため、対象に固有の辞書を構築し、これを利用した構造解析を行う。本論文では、評価実験とその結果から、本手法により高精度で調理手順の構造解析が可能であることを示した。なお、本手法は付随する映像の存在しない調理手順文書などにも適用可能である。調理手順のような説明的文書は、調理に留まらずテキスト教材やインターネット上など様々なメディアから大量に入手可能であるが、それぞれが独自の書式で互いに独立に存在している。本手法は、従来は難しかったこれらの膨大な情報の活用にも役立つものと考えられる。

キーワード 自然言語処理, 構造解析, 料理テキスト, 辞書, 統合メディア処理

## 1. ま え が き

近年、放送やインターネットなどを通して提供されるマルチメディアデータは増大の一途をたどっており、大量の未加工データが各所に整理されずに保存されているのが現状である。一方で、MPEGに見られるように、映像の符号化や表現方法について標準化が進められており、それにあわせて過去に蓄積された映像資源や新たに製作される映像に自動的にタグなどの情報を付加し、分類やデータベース化を行なう必要性が高まっていくと考えられる。

マルチメディアデータは大きく画像・音声・文字情報に分けられ、特に画像の解析を通じた映像のデータベース化は比較的古くから研究されてきた。しかし、このような画像解析技術は完全に成熟した技術ではなく、映像中の人物の特定や映像を意味的なまとまりに分類

するといった、画像情報単体からの高度な構造化は必ずしも容易ではない。そこで、画像とは別に研究されてきた音声や自然言語の利用が注目され始め、1990年代からは画像と音声、テキストを統合的に処理することにより、より高度なマルチメディアの解析を目指す研究が盛んに行なわれてきている[1]。現在でも単独のメディアにおける要素技術は進歩し続けているが、人間が映像を見る際には、画像、音声、文字のすべてから情報を受け取っている。従って、人間の感覚に近いマルチメディアデータの内容理解という観点からも統合技術は今後ますます発展していくことが期待される。

我々は、複数のメディアを統合的に処理することにより、既存の比較的簡単な要素技術を利用した、実用的なシステムの検討・構築を行なう[19]。そのため、意味の把握が比較的容易なテキストメディアに着目している。本研究の扱う対象はテキスト教材が副読本として存在する映像であり、教養番組の中でも最も親しまれている番組の一つである料理番組を採用する。映像には教材では表現しきれない様々な情報が含まれており、テキストと映像の情報を統合的に利用することの効果は大きい。そこで、我々は対象を料理番組に限定することで、対象に関する知識を最大限に活かした実用的な統合システムの構築を目指している。

<sup>†</sup> 東京大学大学院 工学系研究科, 東京都

The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan

<sup>††</sup> 国立情報学研究所, 東京都

National Institute of Informatics, 2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8430 Japan

<sup>†††</sup> 東京大学大学院 情報理工学系研究科, 東京都

The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan

本論文では特に、上記システムにおけるテキスト教材の解析部における調理手順の構造解析について検討する。我々は、画像や音声を統合する際にテキストメディアの情報を最大限に利用する予定であるため、本システムにおいてテキスト解析部は重要な構成要素となる。また、本論文で提案する手順の構造解析手法は、付随する映像の存在しない文書にも適用可能である。調理手順などの説明的文書は、テキスト教材やCD-ROM、インターネット上など様々なメディアから大量に入手可能であるが、それぞれが独自の書式で互いに独立に存在している。本研究は従来は難しかったこれらの膨大な情報の活用にも役立つものと考えられる。

本論文では、2章で提案手法の概要を紹介し、関連研究との比較を行なう。3章では、対象領域に固有の辞書の構築手法を検討し、その構成と内容を述べる。4章で料理手順の構造解析手法の詳細を述べ、5章で評価実験とその結果を示し、考察を加える。最後に6章でまとめとする。

## 2. テキスト構造解析手法の概要

### 2.1 提案手法の概要

料理番組においては、映像とテキスト教材の「手順」の順序は入れ替わることがあり、時系列にそって必ずしも一致するわけではない。一方で、順序が決して入れ替わることのない制約も存在する(材料の加工の流れの不可逆性など)。このような制約条件を明らかにするために調理手順の構造を調べ、その結果から素材に対する加工の流れを有向グラフで表示することで、制約条件および入れ代わり可能な部分を明確にする。

図1に示すように、料理のテキスト教材は素材の一覧と分量からなる「材料」部、何段階かの調理手順からなる「手順」部からなる。本論文では「手順」部の構造解析を行ない、最終的には図2に示すようなフローグラフの作成を目指す。なお、図2におけるノードの種類は、本手法で定義する調理用語の属性の一部を示したものである。語の属性に関する詳細は次章で説明する。

本手法の流れとしては、まず、大量の料理手順文章における「材料」部および「手順」部からキーワードを統計的に収集、人手によって分類・修正を行ない、対象領域(料理)に固有の辞書を構築する。次に、「手順」部の各単語の辞書における属性を利用して、調理手順の構造解析を行なう。解析においては、まず自作の辞書を利用してマッチングにより単語とその意味属性を抽出する。次に、名詞-動詞のセットを作り、名詞の属

材料			
小麦粉	50ml	アスパラガス	500g
牛乳	400ml	ハム	8枚

手順	
1.	バターを溶かし、小麦粉と調味料を加え、よくかき混ぜます。牛乳を少しずつ加え、なめらかになるまで煮ます。
2.	アスパラガスをゆで、ハムでアスパラガスを巻きます。
3.	パスタ、ハムロールをグラタン皿にいれ、ソースをかけます。180 で20分焼きます。

図1 料理番組におけるテキスト教材の例

Fig. 1 Example of a supplementary document of a cooking program.

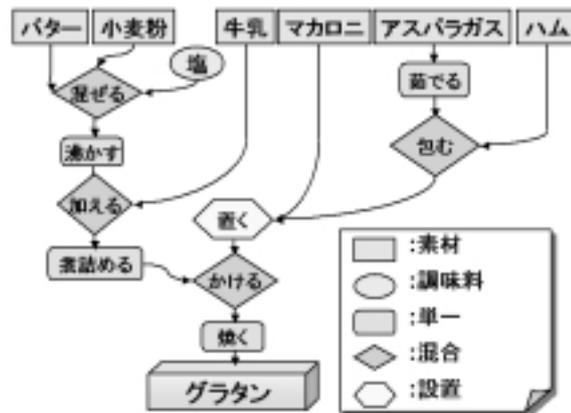


図2 図1の手順より生成されるデータフローグラフの例

Fig. 2 Example of a data flow graph created from Fig. 1.

性および動詞の属性、さらには名詞・動詞以外の格助詞や手がかり語[7]などを利用して、構造を解析する。

### 2.2 関連研究

多くの場合、文章の構造を解析するにはその文章に関する背景知識や特徴を利用する必要があり、従来から、対象を限定してその特徴を利用した研究が多くなされている。特に社説など論説文に着目した研究[9],[11]や、物語文やアニメシナリオなどの特徴を利用して場面や事象のつながりを解析する研究[8],[12]~[14]、談話文の情報伝達などを利用した研究[15]、マニュアル文を対象とした構造解析[10]などがある。

料理手順文章は一種のマニュアル文であり、論説文や物語文のような文脈や場面を想定することは困難である。文章の特徴によって抽出すべき内容も異なるため、他領域の文章に対する構造解析研究を料理手順文章に適用しても有効な結果は期待できない。

上記に挙げた構造解析研究のうち、対象が最も料理手順文章と近いと考えられるのは、ソフトウェアのマ

ニュアル文に対する構造解析 [10] である。この研究では、「ユーザ操作」「システム動作」などの文タイプの接続パターンによって構造の解析を行なっている。しかし、料理手順においては文タイプの種類が非常に少なく、この手法を適用することはできない。そのため、料理手順独自の規則をふまえたより詳しい解析が必要となる。

これまでのところ、調理手順文章を対象とした研究としては、助詞「は」に着目し、料理の文章における提題化の役割について論じた文章 [16] や、調理手順から料理の定義を抽出する研究 [17] がある。しかし、いずれも料理手順文章の文脈・構造解析を扱った研究ではない。

料理手順の解析のためには、料理手順文章に独特の規則と、素材や動作（すなわち名詞・動詞）に関する知識が不可欠であり、本手法ではこれらの知識を辞書形で表現した上で高精度の解析を目指す。そのため、辞書の作成に人手がかかる、領域が限定されるなどの欠点がある。しかし、ひとたび辞書を構築した領域に関しては、実用的な精度での構造解析が可能である。

### 3. 解析対象に固有の辞書の構築

#### 3.1 辞書構築の概要

辞書を構築する際には、まず辞書の目的、種類、規模などを明確にする必要がある [6]。本研究の目的は調理動作の構造解析であるため、辞書の目的は料理という特殊な分野における専門知識、および解析に必要な常識的知識の記述である。本研究では専門知識として料理に関する名詞辞書と動詞辞書、また常識的知識として解析の手がかりとなり得る語を集めた手がかり語の辞書を構築する。

辞書の構築に際しては、名詞・動詞・手がかり語の各々をいくつかの属性に分類する。構造解析の際などに、単語ごとの格構造など詳しい情報が必要な場合は、単語の品詞と属性を利用して推測する。

#### 3.2 名詞辞書の構築

名詞辞書の内容を表 1 に示す 6 つの属性に分類する。また、それぞれの属性の用法や説明も表 1 に示す。

まず、調味料を含む素材名詞をテキスト教材から抽出する。インターネット上における特定の料理番組の WWW ページから約 880 件のレシピを取得し、HTML のタグ形式を利用してテキスト教材の「材料」部分と「手順」部分を切り出す。そして、まず「材料」部分から「素材」に相当する部分を抽出、収集した。

表 1 名詞辞書における語の分類

Table 1 Categorization of nouns.

属性	例	利用方法
素材	にんじん, 鶏肉	構造解析の対象
調味料	塩, こしょう	
容器	器, 鍋	解析の際に状況を示すため、補助的情報として利用
道具	オープン, 包丁	
代名詞的	ここ, 全体	素材や料理を示す可能性のあるものをすべて含む
動作	角切り, 油通し	調理動作の名詞化したもの、あるいは料理名そのものを指す。

表 2 「材料」部及び「手順」部から抽出された素材名詞の一覧（頻度順）

Table 2 Nouns extracted from “Ingredients” and “Preparation Steps”.

順位	名詞	頻度	順位	名詞	頻度
1	塩	864	12	片栗粉	148
2	油	437	13	だし汁	147
3	こしょう	361	14	長ねぎ	144
4	しょうゆ	345	15	卵	144
5	砂糖	339	16	みりん	139
6	酒	287	17	酢	132
7	しょうが	212	18	ごま油	105
8	バター	199	19	白ワイン	97
9	にんにく	164	...	...	...
10	玉ねぎ	164	合計		11,700
11	にんじん	155	異なり数		1,641

また、料理手順中には、表記の違いなどのために「材料」部には現れない語もある。このような素材名詞も収集するため、「手順」部に対して形態素解析システム JUMAN [3] を利用して形態素解析を行ない、名詞およびカタカナ語を抽出した。その中で、「材料」部から抽出した素材名詞と互いに一部が一致する語を抽出し、この結果を人手で修正して素材名と素材以外の単語に分類した。また、素材以外の名詞には「道具」、 「容器」などの名詞が含まれる可能性が高いため、さらに人手で分類した。

また、本研究では、常に調味料として利用される素材は様々な料理に何度も登場するため、出現頻度が高くなるという考えから、表 2 の上位 8 位（バター）までを調味料として分類した。

次に、調理動作として分類される語は、「する」などの動詞と共起して特定の調理動作としての意味をもつものが多い。そこで、このような単語対は同一文章中で共起することが多いと考え、形態素解析された約 880 件のレシピの「手順」部において 1 文中に共起した名詞と動詞の対を抽出した。その結果を頻度順に表 3 に示す。この中から「する」と頻度 2 以上で組になる名詞を抽出した。そして、すでに作成した名詞辞書に

表3 「手順」部において1文章中に共起する名詞・動詞の単語対

Table 3 Result of extracted noun-verb sets by co-occurrence frequency.

名詞	動詞	頻度	名詞	動詞	頻度
器	盛る	480	塩	する	274
皮	むく	377	薄切り	する	265
水気	きる	315	みじん切り	する	262
せん切り	する	298	油	熱する	251
大さじ	熱する	278	長さ	切る	242
塩	ふる	274	...	...	...
単語対数					6,776

表4 各辞書の最終的な語彙

Table 4 Final vocabulary of noun and verb dictionaries.

(a) 名詞辞書 Nouns.		(b) 動詞辞書 Verbs.	
属性	語彙	属性	語彙
素材	1,636	単一	231
調味料	7	混合	70
容器	56	分離	44
道具	132	設置	36
代名詞	10	多義	6
動作	89	使役	2
合計	1,930	合計	389

おける素材・容器・道具の名詞と照合し、それ以外の名詞を抽出した。

この中から、調理動作としてふさわしい単語を人手で分類し、ここまでで80語の調理動作を抽出した。

以上の結果に、手動で単語の追加・訂正を行い、名詞辞書の最終的な語彙は表4(a)に示す通りとなった。

### 3.3 動詞辞書の構築

次に、動詞辞書の構築について述べる。

本研究では、動詞を表5に示す通りに分類する。また、表5にそれぞれの属性の語の説明を示す。なお、使役の助動詞「させる」は様々な語と結合して調理動作を示す(「沸騰させる」など)ため、特別に動詞として分類した。

まず、前節と同様に形態素解析された「手順」部から動詞を抽出する。収集した動詞を人手で分類した結果を表6に示す。表6における「自動詞」は素材の状態を示すためによく用いられる自動詞である。これらは、使役の助動詞「させる」と結合すると調理動作を示すことが多いため、そのうちのいくつかは調理動作として収集した。また、「一般」は一般的な動詞、「誤り」は誤字・脱字、形態素解析の失敗などで生じたと考えられる語で、いずれも調理動作に含めない。

名詞と同様に、4章の構造解析手法を開発する過程

表5 動詞辞書における語の分類

Table 5 Categories of verbs.

属性	例	説明
単一	焼く, 切る	単一の素材を調理・加工する動作
混合	加える, ふる	複数の素材を混合する可能性のある動作
分離	分ける, むく	素材を分割したり、余分な部分を分離する可能性のある語
設置	置く, 入れる	容器などの場所や他の食材の上に食材を置く動作
多義	のばす, もどす	同音異義語などのため、複数の属性にわたる意味をもつ語
使役	させる	様々な語と結合し調理動作を表す

表6 手順部分からの動詞抽出結果

Table 6 Verbs extracted from "Preparation Steps".

分類	例	単語数
調理動作	切る, 焼く, 混ぜる	379
自動詞	ちぎれる, 崩れる, 漬かる	125
一般	きめる, 知る, 好む	35
誤り	に込む, 妬く	78
合計		617

表7 名詞・動詞以外の語の分類

Table 7 Categories of general keywords.

属性	例
添加	さらに・ともに
条件	たら・だら・きたら・まで・ように・ところ みて・場合は・ば・やすい・やすく
時相	直前・直後・まえ・あと・最初・最後・時・とき
否定	ない
助詞	が・の・を・に・へ・と・より・から・で たり・ても・でも・だけ・ずつ・でも こそ・さえ・しか・ごと
接続	た・だ・て・で (動詞の直後)

において新たな誤りや語彙を発見し、修正を行なった。この作業の結果、最終的な動詞辞書の語彙は表4(b)に示す通りになった。

次に、3.2節で抽出した表3の名詞と動詞の対を利用して、共起表現による動詞辞書を生成する。具体的には、表3から、3.2節で抽出した「動作」名詞を含め、名詞の存在によって動詞の意味が決定されると考えられる名詞・動詞対を人手で選択した。この結果、79の単語対を収集した。これらの単語は対で共起用の辞書に登録し、用法に従って、表5の動詞と同様に分類した。

### 3.4 名詞・動詞以外のキーワード

構造解析の際には、名詞・動詞以外にも、助詞や助動詞を含め手がかりとなる様々な語がある。本研究では、文献[18]を参考に、これらの語を表7に示すように用法別に分類した。

### 3.5 辞書構築手法のまとめ

本章では、既存の形態素解析ツールを利用して大量

の調理手順から統計的に名詞・動詞などを集め、これを元に人手で語の分類・訂正を行なって独自の辞書の構築を行なった。なお、構築の際にかけた人手は、1人で2~3日程度であった。

統計的手法などを利用した自動的な単語の意味属性の推測や分類については様々な研究がなされているが、辞書という、より正確さを要求される情報源の性質上、最終的な辞書の内容は人手で修正する必要がある。しかし、コンピュータの性能が向上した現在、辞書の構築のすべての段階を人手で行なうのは現実的ではない。本研究で構築した辞書などは特に語彙も限定されているため、将来的には人手による構築の手間をより削減することが可能であると考えられる。今後はより自動的な辞書構築手法を検討していく方針である。

#### 4. 料理手順の構造解析手法

始めに、本手法の概要を図3に示す。本研究では、3章で構築した辞書を利用して調理手順の構造解析を行ない、最終的には図2に示したような調理手順構造のフローグラフ作成を目指す。ただし最終的なフローグラフへの可視化の部分は他の研究に譲り、本論文では構造解析手法について議論するものとする。

調理手順の構造解析結果は、本論文においては図5に示すオペレーショングラフで示す。図5では、中央にオペレーション、すなわち調理動作が時系列で示され、左右にはデータである素材や調味料の入出力が示される。オペレーションに入る矢印で表示される素材が入力、オペレーションから出る矢印で表示される素材が出力である。本研究ではこのグラフに表示する素材・調味料と調理動作の構造のみを解析対象とする。ただし、解析の過程で抽出される条件文や容器・道具などに関係する様々な情報は、調理の上では重要な情報であるため、備考としてグラフに添えておく。

本論文において提案する構造解析手法は、次の4ステップからなる。

- Step 1: 辞書との照合による語の属性解析
- Step 2: 名詞・動詞セットの形成
- Step 3: セットの接続によるブロックの形成
- Step 4: ブロックの接続

次節以降で、それぞれのステップにおける処理について説明する。

##### 4.1 Step 1: 辞書との照合による語の属性解析

始めに、図4に示す通り、調理手順から辞書に含まれる語と手順参照番号(「手順2」など)を抽出し、各単

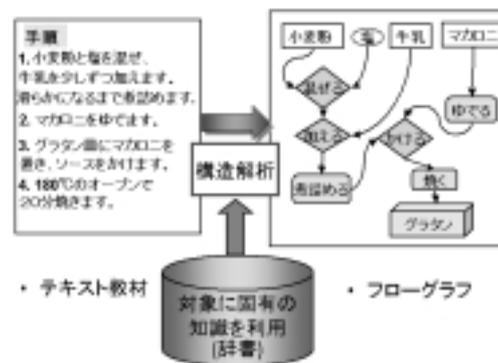


図3 テキスト解析手法の概要  
Fig. 3 Outline of structural analysis.

表8 単語抽出の際に照合の誤りを起こしやすいパターン  
Table 8 Patterns apt to cause mismatch while extracting words.

単語	パターン	パターン例
うに (素材名詞)	ように	焦げないように
切れ (動詞「切る」活用形)	切れ (助数詞)	魚1切れ
かけ (動詞「かける」活用形)	かけ (助数詞)	にんにく1かけ

語の辞書中の属性を参照する。どの属性にも該当しない部分は、「その他」とする。

単語の抽出はマッチングで行なう。辞書中のすべての単語とその活用形について、単語長の長い語から順に照合を行ない、調理手順の文章中のパターンと一致すれば単語として抽出する。この際、表8中の「単語」で示した語が「パターン」で示した語の一部と一致する誤検出が目立ったため、例外的にこれを回避するようにした。また、表7において「接続」に分類される語は助動詞であるため、これらの語は動詞の直後に出現した場合のみ抽出した。

次に、共起辞書中に登録された名詞・動詞対が同一文章中に共起していた場合、動詞を共起辞書で定義された属性に書き換える。これにより、共起する名詞を利用することで多様な用法をもつ動詞の属性を決定することができる。

##### 4.2 Step 2: 名詞・動詞セットの作成

次のステップでは、動詞が最も近い名詞に係り、非交差条件[2]を満たすとして名詞・動詞のセットを形成する。セットの中には名詞または動詞が複数含まれることもある。以下で具体的な手法を説明する。

##### セット形成の前処理

セットを形成する前に、以下に示す条件の語を互い

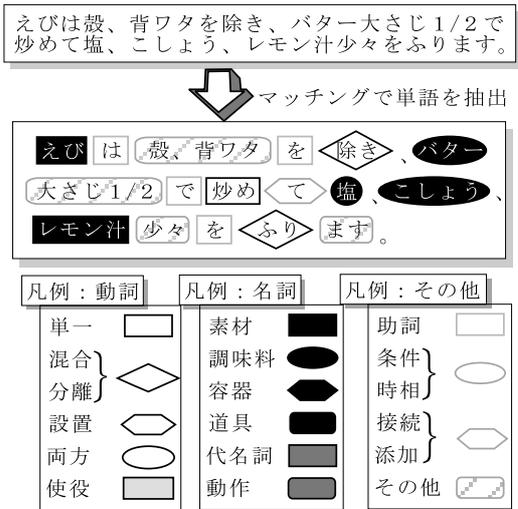


図4 Step 1: マッチングによる単語の切りだし  
Fig. 4 Step 1: Extract words by matching with the dictionary.

に接続し、構造解析の際には1つの属性をもつ1単語として扱う。

- (1) 複合動詞などにより2つの動詞が連続で抽出された場合、1つの動詞に修正する
- (2) サ変動詞が「動作名詞+する」として抽出された場合、サ変動詞の形に修正する
- (3) 「AのB」の形の名詞句をまとめて扱う
- (4) 素材などの名詞に動詞に係る形の名詞句をまとめて扱う(例:「ゆでた卵」など)
- (5) 「食べる」という動詞と「食べやすい」という形容詞を区別するため、「食べやすい+名詞」をまとめて扱う

上記(4)の処置は、最終的に図示する場合は接続を再び分解し、小さなセットを形成することで、もとの文章の正確な構造を示すことができる。

セット形成

次に、手順番号を含む「動作」以外の名詞群と、それに最も近い動詞群、そしてそれらには含まれる単語を「セット」として抽出する。調理手順文書では動詞が遠くの名詞に係ることは少なく、「セット」は動詞とその格フレームや修飾語を一組としてまとめたものとなる。また、セット中に動詞が2つ以上ある場合は、後続する動詞が先行する動詞と同じ目的語をとるために、名詞が省略されている場合である。なお、セットの先頭や読点などの特定の始点と、表7の「条件語」、「時相語」および動詞「作る」の終点には含まれる区間の

うち、最も節が短くなる区間をそれぞれ「条件節」「時相節」「宣言節」として定義し、これらはセットから除外する。またセットからは句読点、および図4における「その他の凡例」中の「その他」の語のうち句点直前のもの(「です」「ます」など)を除く。

以上の方法によるセット形成の例を次に示す。

セット形成の例

えびは殻、背ワタを除き、塩、こしょう、レモン汁少々をふります。焦げないようにバターで小麦粉を炒め、白ワインを加えて塩、こしょうで調味します。

- set 1: えびは殻 背ワタを除き
- set 2: 塩 こしょう レモン汁少々をふる  
(条件節:焦げない ように)
- set 3: バターで小麦粉を炒め
- set 4: 白ワインを加えて
- set 5: 塩 こしょうで調味する

素材・調味料の加除の決定

次に、それぞれの素材名詞が接続する助詞と動詞の属性によって素材の加除を判断する。ここで、考慮する助詞について以下の通りの考察を行なった。

本研究では調理手順を対象を限定しているため、格フレームも限定されると考えられる。そこで、第3章で辞書の抽出に利用した約880件の調理手順に形態素解析を行なった結果から、素材・調味料・代名詞的名詞に接続する助詞の集計をとった。その結果を表9に示す。またこの結果、以下のことがわかった。

- 目的格を示す「を」が最も多く使われている。
- 上位6位までが全体の96%を占める。
- 7位の「が」は主格の助詞であるが、料理文章では主語が省略されるため約2%を占めるのみである。
- 「が」はほとんどの場合、表9中の例に示した通り条件節中に現れる。

以上の所見を考慮し、本研究では表9における上位6位までの助詞を解析の際に考慮する。ただし、8位の「も」は「を」と同格に扱う。

以上のことをふまえ、接続する助詞と動詞の属性から、それぞれの素材の加除を表10に示す通りに判断する。これはオペレーションフローにおける、操作に対する入出力の決定に相当する。この際、入出力するデータは素材・調味料・代名詞的名詞・手順番号のみ、オペ

表 9 調理手順における素材・調味料・代名詞に接続する助詞の割合

Table 9 Ratio of particles connected to Ingredients, Seasonings and Pronominals.

順位	助詞	割合	例
1	を	47%	うどんを煮る.
2	は	23%	豚肉は焼く.
3	の	9%	白菜の漬物を切る.
4	に	7%	お茶をごはんにかける.
5	と	6%	にんじんとごぼうを炒める.
6	で	5%	いんげんをバターで炒める.
7	が	2%	小麦粉が焦げないように
8	も	1%	にんじんも切る.
合計		99%	

表 10 素材・調味料の入出力判断基準

Table 10 Input or output condition of ingredients and seasonings.

動詞の属性	助詞	入出力の判断	例
単一	は・を・	入力	だし汁で煮る
混合	に・と・		だし汁をかける
設置	で・も	出力	だし汁も入れる
分離	を・も		だし汁を捨てる
	は	入力 ('を格'と共起)	だし汁はアクを除く
		出力(単独)	だし汁は捨てる
多義	属性が不明確な場合、「単一」と同様に扱う		

レーションは共起表現を含む動詞のみとする。また条件節・時相節・宣言節や、容器・道具・その他の語などは、備考としてグラフ内の対応する位置に置く。

なお、助詞「と」は、ほとんどの場合、表 9中の例で示したような羅列に使われており、本研究でも「と」でつながれた素材は並列に扱う。従って、助詞「と」に接続する名詞の加除の判断は、後続の名詞に従うこととする。ただし、「A と B する...」という文型の場合は A は追加されると考える。

### 4.3 Step 3: ブロックの形成

Step3 では、同一手順に含まれるセットのうち前後で連続していると考えられるセット同士を接続し、ブロックを形成して新たに番号を与える。

セットの接続条件としては、「セットの最初の動詞が格フレームを充足していない場合、直前のセットの結果が省略されている」と考え、直前のセットに接続する。

そこで、各々の属性の動詞の格フレーム充足条件を考える。なお、本研究で対象としている調理手順文章では主格は原則として省略されているため、考慮しない。

#### 混合動詞の格フレーム充足条件

混合動詞は、「A を B に混合する」という形となる

表 11 各属性の動詞の格フレーム充足条件(セット接続を行わない条件)

Table 11 Case-frame sufficiency conditions of verbs.

動詞属性	格の種類	充足に必要な名詞の数	格を充足する名詞の種類
単一	は・を・も	1	素材・調味料・ 容器・手順・ 代名詞的名詞
混合	は・を・と・に・も	2	
設置	は・を・に・も	2	
分離	は	1	
多義	属性が不明確な場合、「単一」と同様に扱う		

ため、基本的には混合する対象となる 2 つ以上の素材、または場所を必要とする。従って混合動詞の充足条件は表 11 に示す通りとなり、格フレームが 2 つ以上充足されている場合は直前のセットから独立していると考えて接続は行わない。接続例を次に示す。

#### Set 1 と Set 2 が接続する例

Set 1: 肉を焼く。  
Set 2: にんじんを 加える。

#### Set 1 と Set 2 が接続しない例

Set 1: 肉を焼く。  
Set 2: にんじんを サラダ に加える。

#### 設置動詞の格フレーム充足条件

設置動詞も「A を B に置く」という 2 つの名詞を必要とすることから、2 つの格を充足する必要がある。充足条件は表 11 に示す。次に接続の例を示す。

#### Set 1 と Set 2 が接続する例

Set 1: 小麦粉をふるう。  
Set 2: はちみつを 入れる。

#### Set 1 と Set 2 が接続しない例

Set 1: 小麦粉をふるう。  
Set 2: はちみつを 牛乳 に入れる。

#### 分離動詞の格フレーム充足条件

分離動詞も「A から B を除く」という 2 つの名詞が必要であるが、除く対象が不要なものであるためか、しばしば省略されることがある。例えば、「りんごをむく」では「皮を」が省略される。また、除かれる対象が「葉」のように素材のこともあれば、「うるこ」のように素材ではないこともある。このように分離動詞の充足条件を明確に定めることは困難であったので、本手法では経験的に、「は格」が充足されていなければ常に直前に接続するとした。接続例を以下に示す。

<p>Set 1 と Set 2 が接続する例</p> <p>Set 1: いちごは洗う。</p> <p>Set 2: <u>ヘタ</u> を取る。</p>
<p>Set 1 と Set 2 が接続しない例</p> <p>Set 1: いちごは洗う。</p> <p>Set 2: かき <u>は</u> <u>ヘタ</u> を取る。</p>

#### 単一動詞の格フレーム充足条件

単一動詞は、「A を焼く」のように1つの対象があればよい。したがって充足条件は表 11 に示す通りとなる。接続例を次に示す。

<p>Set 1 と Set 2 が接続する例</p> <p>Set 1: 肉を切る。</p> <p>Set 2: <u>バター</u> で焼く。</p>
<p>Set 1 と Set 2 が接続しない例</p> <p>Set 1: 肉を切る。</p> <p>Set 2: ニンニク <u>を</u> <u>バター</u> で焼く。</p>

いずれの動詞の場合でも、「は格」が充足されている場合は新しい素材についての新しい操作が始まっていることが多い。従って「は格」が充足された場合は優先的に直前のセットとの接続は切ることとした。

#### セット接続の際の例外処理

次に、セット接続規則における例外的処理について述べる。「水・湯・油・バター」の4種の名詞は様々な調理動作で用いられるが、暗黙のうちに他の素材と混合されることが多い。特に「鍋に湯を沸かす。麵をゆでる。」のような形の文章の場合、ここまでの規則では2つの文章は別々のブロックを形成してしまうが、実際には連続していると考えられる。そこで、「水・湯・油・バターのいずれかを容器で操作するセットは直後のセットに接続する」という例外的規則を追加した。次に例を示す。

<p>例外規則のため、Set 1 と Set 2 が接続される例</p> <p>Set 1: <u>バター</u> をフライパンに熱する。</p> <p>Set 2: にんじん <u>を</u> <u>炒</u> める。</p>
--

以上のように、本ステップでは複数のセットが接続され、ブロックを形成する。ブロックでは様々な素材が混合され、あるいは調理されて、ブロックごとに新た

な中間生成物になると考えられる。

#### 4.4 Step 4: ブロックの接続

最後に、各ブロックを共通の手順番号または素材を含む最も近いブロックへ接続する。この際、直後のブロックの先頭に、後に示す接続キーワードを含むか素材名詞が存在しない場合は、無条件にそのブロックへ接続する。次から具体的に説明する。

##### 接続キーワードによるブロック接続先の探索

まず、次ブロックの先頭セットが以下の条件をみたす場合は、前後のブロックで接続する。

- 「代名詞的名詞」に属する名詞の存在:

調理手順においては、「ここ」「全体」などの代名詞的名詞は直前の手順や素材を指すことが多く、特にブロックの先頭セットの代名詞的名詞は、ほとんどの場合直前のブロック全体を指すと考えられる。

- 「添加」に属する語の存在:

「さらに」など添加の語は、直前のブロックに続けて操作を行なうことを示す。

- 素材名が存在しない:

ブロックの先頭セットに素材名が存在しない場合は、直前のブロックから調理動作が続いているために素材名が省略されていると考えられる。

##### 手順番号によるブロック接続先の探索

接続キーワードによる接続に失敗した場合は、次ブロックから後方へ順に自ブロックの手順番号を探索し、これを含むブロックがあれば接続する。

##### 素材名の一致によるブロック接続先探索

手順番号を利用した接続にも失敗した場合は、次ブロックから後方のブロックへと順に、それぞれのブロックが含む素材名を確認する。この場合には、次の条件で接続する。

- 自ブロックの素材名と互いに一部マッチする素材名を含むブロックへ接続:

互いに一部マッチとするのは、セット形成の前処理によって「炒めたにんじん」など素材名が変形している可能性があるため。

- 概念辞書<sup>(注1)</sup>を参照し、上位概念の語との一致も考慮する:

例:「にんじん」の上位概念は「野菜」であるため、「にんじん」を含むブロックは「野菜を炒める」という記述のあるブロックへ接続される。

以上の4ステップで、調理手順の構造解析が完了す

(注1): EDR 電子化辞書 [4] の階層構造を参照した。

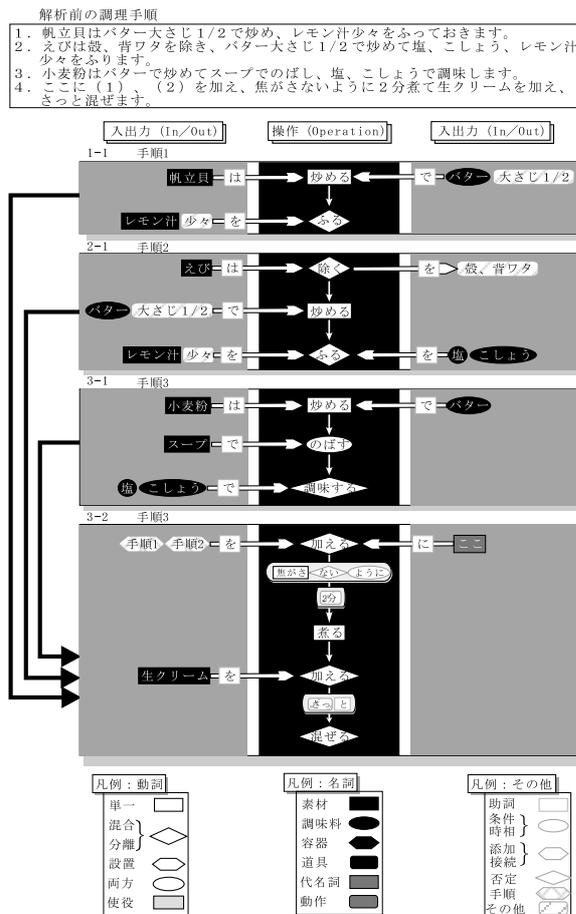


図5 構造解析結果の例  
Fig. 5 A result of structural analysis.

る。その結果を図5に示す。

## 5. 構造解析の評価

### 5.1 評価実験

前章で述べた自動構造解析手法を適用し、評価実験を行なった。実験には、辞書の構築および提案手法の検討の際に利用した料理番組のWWWページから、ランダムに放送日を選んで取得した料理数32件(手順数135件)のレシピを利用した。このレシピは、辞書構築に利用した880件のレシピに含まれるが、提案手法の検討に用いたレシピとは重複していない。

また、本実験では、第3章で構築した辞書を用いた。

評価においては、単語(Step 1)、名詞と動詞のセット(Step 2)、各手順ごとのブロック構造(Step 3)、各ブロックの接続関係(Step 4)の各々の抽出精度、そ

表12 評価実験の結果(Step 1, 2, 4)

Table 12 Result of evaluation experiment (Step 1, 2, 4).

評価方法	再現率	適合率
単語の抽出(Step 1)	99%	98%
名詞・動詞セット抽出(Step 2)	98%	97%
ブロック接続(Step 4)	91%	92%

表13 評価実験の結果(Step 3, 総合)

Table 13 Result of evaluation experiment (Step 3, Total).

評価方法	成功率
ブロック解析(Step 3)	87%
総合解析結果	82%

して各手順ごとのブロック構造解析と接続関係解析を合わせた総合評価を、それぞれ人手による抽出結果と比較して評価した。構造解析においては、調理の対象となる素材・調味料・代名詞的名詞、及び調理動作の構造が正しく抽出されていることを評価し、容器、道具、その他辞書に登録されていない単語の相互関係は評価に含めていない。

まず、Step 1, 2, 4の再現率と適合率を表12に示す。なお、人手による結果を $Ans_H$ 、自動解析による結果を $Ans_M$ 、両者が一致した答えを $Ans_C$ とすると、再現率は $Ans_C/Ans_H$ 、適合率は $Ans_C/Ans_M$ である。この結果は、単語およびセットの抽出率は再現率・適合率共に100%近い高精度であり、またブロック接続も90%以上の精度で成功していることを示している。

次に、全135手順において正しくブロック構造を解析できたもの、及び接続関係も含めて正しく解析されたものの成功率を表13に示す。この結果から、本手法によって、各手順の構造は約9割、互いの接続関係を含めた場合でも8割以上の構造解析が可能であることが示された。

### 5.2 評価実験の考察

以上の実験の結果から、独自の辞書を作成し、対象領域の特徴を最大限に活用することによって、本構造解析手法により高精度の調理手順構造解析が可能であることが示された。以下、今後さらに精度を向上させるために検討が必要な点を述べる。

辞書との照合による単語抽出の段階(Step 1)では、辞書の訂正は人手で行なっているため、語彙にはほとんど問題はない。しかし、様々な原因によりわずかな照合の誤りがあり、構造解析全体の精度に影響した。特に、今回の実験に利用したレシピは辞書構築の際に利用したレシピの中にも含まれていたが、異なる番組に

対する解析の際など、対象テキストと辞書の語彙にずれがある場合は全体の精度が低下する可能性がある。

次に、本手法では、Step 4 のブロックの接続の際に、素材の上位概念の知識を参照することで接続精度の向上をはかっている。ここでは、このような方法では対応できないより複雑な階層的知識を必要とする例を以下に挙げる。

ブロック 1: だし汁に溶いた卵とすりおろした大和芋を加え、すりのばして味をととのえます。  
ブロック 2: とろろ汁に青のり粉を添えます。

この例では、ブロック 1 からブロック 2 へ調理動作が接続しているが、共通の素材名は出現しない。これはブロック 1 の結果が中間生成物「とろろ汁」に置き換えられているためである。このような文章に対応するためには、「ブロック 1 のような調理過程を経た大和芋はとろろ汁と呼ばれる」という階層的かつ調理に関する高度な知識が必要となる。これについては、手動での知識の記述の他に、大量のレシピからの知識の自動抽出などの手法を検討中である。

また Step 4 の失敗例の中には、動作の連続性の考慮が必要となる場合があった。解析に失敗した例を挙げる。

ブロック 1: 卓上鍋にだし汁と酒を入れて煮立て、ごぼうを入れてひと煮立ちさせ、  
ブロック 2: ぶりと長ねぎをさっと煮ながら、もみじおろし、あさつき、ポン酢で食べます。

この例では、本来ブロック 1 とブロック 2 は接続されるべきであるが、共通の素材が出現しないため、接続に失敗した。この調理手順を手手で判断する場合、ブロック 1 とブロック 2 が接続されるのは、「煮る」という共通の調理動作が連続しているためと考えられる。もしブロック 2 の最初の動詞が「焼く」などの動詞であれば、人手でも 2 つのブロックは接続されない。

このような、動作の連続性を考慮する必要のある場合の対処法についても現在検討中である。

さらに、様々な失敗例の考察から、他には以下の点で特に検討が必要であることがわかった。

- 形容詞、副詞、素材名以外の語、などへの語彙の拡張
- マッチングの際の接続関係の考慮
- 複雑な文章に対するセット形成
- 複雑な照応関係への対応
- 場所などの状況解析
- フローグラフの枝分かれ構造への対応

## 6. む す び

筆者らは、マルチメディア統合技術の開発に先立って、テキストの付随する情報に注目し、テキストからの情報を画像・音声解析に反映させることで、同技術をより実用的な精度で実現することを目指している。本論文では、我々の提案した対応づけシステムの一部であるテキスト解析部に焦点を当て、調理手順の構造解析手法を提案した。また、手順解析に利用するための辞書を構築し、構造解析手法の実装、評価実験とその結果を報告した。解析の対象領域を特化することによって、高精度の手順構造解析を実現した。

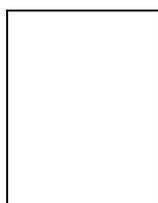
今後は、調理手順の構造解析手法の改善、および本研究結果と料理映像との統合システムの構築を目指していく予定である。

## 文 献

- [1] D. Ponceleon, S. Srinivasan, A. Amir, D. Petkovic, D. Diklic: "Key to Effective Video Retrieval: Effective Cataloging and Browsing," Proc. ACM Multimedia'98, pp.99-107, 1998.
- [2] 黒橋 禎夫, 長尾 眞: "並列構造の検出に基づく長い日本語文の構文解析," 自然言語処理, Vol.1, No.1, pp.35-58, 1994.
- [3] 京都大学情報処理学研究所知能情報学専攻 知能メディア講座言語メディア研究室: "日本語形態素解析システム JUMAN Ver. 3.6," <http://www-lab25.kuee.kyoto-u.ac.jp/nl-resource/corpus.html>, 1998.
- [4] (株)日本電子化辞書研究所: "EDR 電子化辞書 1.5 版".
- [5] 技術研究組合 新情報処理開発機構: "研究開発用知的資源タグ付きテキストコーパス報告書," 1997.
- [6] 吉田 将: "辞書構築における諸問題," 情報処理学会誌, Vol.27, No.8, pp.933-939, 1986.
- [7] 黒橋 禎夫, 長尾 眞: "表層表現中の情報に基づく文章構造の自動抽出," 自然言語処理, Vol.1, No.1, pp.3-20, 1994.
- [8] 荻澤 義昭, 乾 伸雄, 小谷 善行, 西村 恕彦: "連接関係に基づいた物語文の構造解析," 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-113-15, 1996.
- [9] 福本 淳一, 安原 宏: "文の連接関係に基づく文章構造解析," 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-88-2,

- 1992.
- [10] 田中 智博, 林 良彦: “文の接続関係に基づく日本語テキスト構造の解析,” 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-89-1, 1992.
- [11] 田村 直良, 和田 啓二: “セグメントの分割と統合による文章の構造解析,” 自然言語処理, Vol.5, No.1, pp.59-78, 1998.
- [12] 山本 唯史, 山田 篤, 西田 豊明, 堂下 修司: “日本語の動作表現中の空間的概念の解析 - 日本語物語文のプロット理解 -,” 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-87-7, 1992.
- [13] 吉川 耕平, 舟渡 信彦, 花田 恵太郎, 宮本 雅之: “アスペクトをもとにした文脈理解,” 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-82-11, 1991.
- [14] 上田 世志, 瀧口 伸雄, 小谷 善行: “昔話「桃太郎」を対象とする自然言語文の意味構造自動生成,” 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-84-4, 1991.
- [15] 福本 文代, 佐野 洋: “情報伝達に基づく文脈処理へのアプローチ,” 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-78-8, 1990.
- [16] 青山 文啓: “料理の文章における提題化の役割,” 計量国語学と日本語処理 - 理論と応用 -, 水谷静夫教授還暦記念会 (編), pp.285-303, 秋山書店, 1987 年.
- [17] 安達 久博: “類推に基づく料理定義文の自動獲得,” 情報処理学会 自然言語処理研究会研究報告, NL-112-9, 1996.
- [18] 中学国語総合便覧 <全訂増補版>, 古矢 弘, 中井 春男, 山崎 誠也 (編), 正進社.
- [19] Reiko Hamada, Ichiro Ide, Shuichi Sakai, Hidehiko Tanaka: “Associating Cooking Video with Related Textbook,” Proc. ACM Multimedia 2000 Workshops, pp.237-241, 2000.

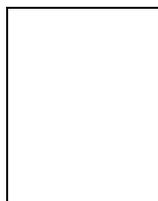
(平成年月日受付, 月日再受付)



浜田 玲子 (学生員)

平 10 東大・工・電子情報卒。平 12 同大学院工学系研究科電気工学専攻修士課程了。修士(工学)。現在同専攻博士課程在学中。日本学術振興会特別研究員。自然言語処理, マルチメディア統合処理に興味を持っている。情報処理学会, 電子情報通信

学会各学生会員。



井手 一郎 (正員)

平 6 東大・工・電子卒。平 8 同大学院工学系研究科情報工学専攻修士課程了。平 12 同研究科電気工学専攻博士課程了。博士(工学)。同年より国立情報学研究所助手。自然言語処理, 統合メディア処理に興味を持っている。平 7 第 51 回情報処理学会全国大会奨励賞受賞。人口知能学会, 情報処理学会, ACM 各会員。

国大会奨励賞受賞。人口知能学会, 情報処理学会, ACM 各会員。



坂井 修一 (正員)

昭 56 東大・理・情報科学卒。昭 61 同大学院工学系研究科情報工学専門課程了。工学博士。同年工業技術院電子技術総合研究所入所。この間平 3~4 年, 米国マサチューセッツ工科大学招聘研究員, 平 5~8RWC 超並列アーキテクチャ研究室室長。平 8~10 筑波大学電子・情報工学系助教授。平 10 より東京大学大学院工学系研究科助教授, 平 13 より同大学院情報理工学系研究科教授。計算機システム一般, 特にアーキテクチャ, 並列処理, スケジューリング問題, マルチメディアなどの研究に従事。平 2 情報処理学会論文賞, 平 3 日本 IBM 科学賞, 平 7 市村学術賞, 平 7ICCD Outstanding Paper Award など受賞。情報処理学会, 人工知能学会, IEEE, ACM 各会員。



田中 英彦 (正員)

昭 40 東大・工・電子工学卒。昭 45 同大学院工学系研究科博士課程了。工学博士。同年同大学工学部講師。昭 46 年助教授。昭 62 より同教授, 現在同大学院情報理工学系研究科長。この間昭和 53~54 年ニューヨーク市立大学客員教授。計算機アーキテクチャ, 並列処理, 自然言語処理, メディア処理, 分散処理, CAD 等の研究に興味を持っている。著書「非ノイマンコンピュータ」, 「情報通信システム」, 共著書「計算機アーキテクチャ」, 「VLSI コンピュータ I,II」, 「ソフトウェア指向アーキテクチャ」。情報処理学会, 人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, IEEE, ACM 各会員。