

目的指向の料理レシピ解析手法  
に関する研究

筑波大学  
図書館情報メディア研究科  
2021年3月  
苺米 志帆乃

## 論文題目

### 目的指向の料理レシピ解析手法に関する研究

#### 概要

情報化社会の浸透にともなって、あらゆる文書が電子化され、再利用と再構成が容易となっている。中でも、何らかの目的を達成するための手順を示したテキスト（以下、手順テキスト）として、料理レシピ、操作マニュアル、特許の請求項などがある。手順テキストを利用する目的は多様にある。例えば、料理レシピは本来調理手順を知るためのテキストであるが、「冷蔵庫にある食材で作れる料理を知りたい」といったレシピ検索や「自分に作れそうか判断したい」といった手順の理解などもある。こうした多様な目的は特定のドメインに限らず存在する。現在までに各々の目的に特化して実現する手法が提案されているが、本論文では「部品」と「手順」に着目する。手順テキストのドメインは多種多様であるものの、一般的なテキストは「部品一覧」と「手順」で構成されている。よって、多様な目的があるものの「部品」と「手順」に関する項目に帰着する。

本論文では手順テキストの中でも利用目的が多い「料理レシピ」を対象とする。近年では様々な方法で料理レシピを調べることができる。料理番組や書籍などで多種多様な料理が紹介されている。しかし、これらの方法では自分の要望に沿う料理レシピがあるとは限らない。別の方法として、ウェブなどのオンライン情報で料理レシピを調べる方法もある。ウェブでは数多くの料理レシピがあり、料理の種類が豊富であるという利点がある。例えば、食品会社が提供している料理レシピサイトや一般ユーザが投稿し共有できる料理レシピサイトがある。また、SNSを通して料理レシピが紹介されるケースもある。このように様々な形態で料理レシピが提供されているものの、基本的な構成要素は「食材一覧」と「調理手順」であることに変わりはない。ユーザは「食材一覧」を見ることで、その料理に使用される食材や分量を知ることができる。「調理手順」では、食材一覧に示された個々の食材に対して適切な調理動作を順次適用し、最終的に一つ料理を完成する手順を示している。このため、ほとんどの料理レシピの調理手順は、番号付けされた箇条書きで記述されている。前述したように料理レシピが利用される多様な目的において、「食材」と「調理手順」における観点からの解析が必要となる。

「食材」の観点からは、食材の持つ栄養素に着目した解析を行う。レシピを選ぶ際には「健康」へ配慮する必要もある。どの食材にどんな栄養素が含まれているか、そして摂取すべき量についての知識が必要である。さらに、一度の食事で単品の料理だけでなく、複数の料理を組み合わせた献立の場合もある。そのため、栄養学に関する知識が必要であり、さらに栄養素の計算をしなくてはならずユーザにとって負担となる。本論文では、食材に着目した解析として、食材の持つ栄養素から栄養バランスを自動で計算し可視化する

手法を提案する。ユーザが栄養学に関する知識がなくても、栄養バランスの計算をしなくても、栄養バランスを考慮しながら複数のレシピを組み合わせた検索が可能となる。「調理手順」観点からは、調理手順の可視化に着目した解析を行う。調理手順を見ることで、調理の難易度や使用する調理道具などから調理が可能かどうかを判断することができる。しかし、テキストベースだと時間がかかることや概要が掴みにくいという欠点がある。また、以前調理したことのある料理や類似する料理レシピ同士を比較することができればより調理手順への理解につながると考えられる。そこで本論文では、料理レシピを可視化することを目的とした調理手順の解析手法を提案する。料理レシピをグラフに可視化することで、俯瞰や料理レシピ同士の比較といった調理手順への理解へとつながる。

本論文の構成は以下の通りである。まず第1章で、上述した背景を述べ、代表的な手順テキストである料理レシピについて説明する。本論文では、テキストの基本構成である「食材」と「調理手順」の観点から目的指向の料理レシピ解析手法の提案を目的とする。

第2章では、関連研究の概要について概観し、研究の位置付けを明らかにする。本論文では大きく2つの手法から成り立っており、「食材」に着目した料理レシピの解析手法と「調理手順」に着目した料理レシピの解析手法に関する研究を紹介する。

第3章では、「食材」に着目した料理レシピの解析手法を提案する。ここでは、食材の持つ属性である「栄養素」に着目した。毎日の食生活を豊かにするためには「健康」と「食べる楽しみ」への配慮として、栄養バランスやメニューの豊富さを考慮しながら献立を決める必要がある。そのためには、様々な料理や作り方に関する知識が必要である。近年はウェブなどのオンライン情報で料理レシピを調べる豊富であるが、多くの場合は単品の料理しか検索できず、複数の料理を組み合わせる献立を考えるのはユーザの負担である。ここでは栄養バランスを考慮した献立の作成を目的として、複数の料理レシピを同時に検索するシステムを提案する。栄養バランスは一日に摂るべき食品の分量に関する目安である「食品群別摂取量」を充足する割合で計算する。食品群とは、含まれる栄養素の種類によって食品をまとめた集合であり、6つの食品群がある。本手法では、料理レシピに記述されている「食材一覧」から、使用される食材とその分量を抽出して栄養バランスを計算する。食品を食品群に分類する「食品群辞書」、食品群別摂取量の単位であるグラムに統一するための「グラム変換辞書」を構築する。辞書に登録されていない語との柔軟な照合手法を提案し、評価実験によって有効性についても述べる。

第4章では、「調理手順」に着目した料理レシピの解析手法を提案する。具体的には、調理手順の理解支援を目的とした料理レシピの可視化手法を提案する。料理には調理方法が類似するものや共通手順を持つ場合がある。例えばグラタンとクリームパスタでは、「ホワイトソース」を作る手順が共通する。調理手順の重複性や差異を知ることで、より調理手順

の理解が深まる．そのためにはフローグラフのようなグラフ構造で可視化することが有用だと考えられる．ここでは料理レシピからフローグラフを自動生成するための，構造解析手法と可視化手法を提案する．はじめに，フローグラフが満たすべき要件について説明する．次に提案手法について述べる．構造解析手法は従来法から多様性と精度を高めるために有効な手法を提案している．また，可視化手法は，構造解析結果をもとにフローグラフへと可視化する手法を提案している．本研究のフローグラフとは，食材の調理過程を表すグラフである．食材と調理動作がノードとなり，手順に沿ってエッジで接続される．提案手法により生成されたフローグラフの評価実験についても述べる．ここでは2種類の評価実験を行う．1つ目はフローグラフを細分化しノード対の単位で，精度と再現率を用いて検証する．2つ目はフローグラフを木構造とみなし，木構造の編集距離を求める手法 Tree Edit Distance を用いて検証する．

第5章では，「食材」と「調理手順」に着目した解析手法の効果を考察する．前者では食材の持つ属性である「栄養素」に着目した解析手法における効果，後者では調理手順の可視化に着目した解析手法における効果を説明する．ここまでで，基本構成である「食材」と「調理手順」を解析できたことによる，料理レシピにおける様々な目的での利用の可能性について議論する．具体的には2つの方向性によって議論している．本論文で提案した手法についての可能性，「食材」と「調理手順」を組み合わせた場合の可能性である．さらに，料理レシピ以外の手順テキストへの適用について検討する．本研究で対象とした料理レシピは一般用語が多く，比較的解析が容易である．料理レシピ以外のテキストでは，専門用語が多く含まれる場合も多い．ドメインを変更した場合における解析手法の課題について議論する．

第6章では，本論文をまとめている．手順テキストは日々増え続け，ユーザは多様な目的で利用する機会が増えた．本論文では手順テキストの一つである料理レシピを対象とし，各々の目的へ対応するための解決策として，基本構成である「食材」と「調理手順」を解析する手法を提案した．「食材」の解析では，食材の持つ栄養素に着目し，栄養バランスを自動的に計算し，栄養バランスのとれた献立検索を可能とした．「調理手順」の解析では，手順をフローグラフとして可視化し，手順の概要把握や料理レシピ同士の比較といった調理手順の理解を可能とした．以上述べたように本論文では，典型的な手順テキストである料理レシピを対象に，基本の構成要素である「食材」と「調理手順」の解析手法を提案し，有効性を明らかにしている．料理レシピ以外の一般的な手順テキストにおいても，操作対象である「部品」と「操作手順」が基本構成であることに変わりなく，本論文で提案した解析手法を適用することで，提案手法の適用の可能性と限界を明らかにしている．これらのことから，様々な応用を意識した目的指向の手順テキスト解析の基盤となる要素技術が実現できたといえる．

## **Title**

A Study on Purpose-Oriented Cooking Recipe Analysis Methods

## **Abstract**

As the ubiquity of the information society of the modern world deepens, many different kinds of documents have been digitized, a process that simplifies their reuse and restructuring. Recipes, operation manuals, and patent claims are texts that show procedures for achieving specific purposes (hereinafter called procedural texts). Such procedural texts satisfy various purposes, including those that are not limited to specific domains. Although specialized methods have been proposed to achieve each individual purpose, we focus on "parts" and "procedures." Even though different domains of procedural texts can be found, we focus on two items related to a typical text: "parts list" and "procedure."

We concentrate on "cooking recipes" because they are very commonly used. Although recipes can be looked up in a variety of ways, finding recipes that meet particular needs is often complicated. Recipes can also be found on the web or on social networking sites. Even though recipes are provided in various forms, their basic components generally remain the same: "ingredient list" and "cooking procedure." To satisfy the various purposes for which recipes are used, they must be analyzed from the perspective of "ingredient list" and "cooking procedure."

From the viewpoint of "ingredient list," our analysis focuses on the nutrients of the ingredients. When choosing a recipe, health should be considered. We must identify which ingredients contain what nutrients and how much of each ingredient should be consumed. A single meal is usually composed of a combination of dishes. We focus on ingredients and propose a method that automatically calculates and visualizes the nutritional balance of food items based on the nutrients contained in the ingredients. We analyze the cooking procedure's visualization to determine whether the procedure is feasible based on its level of difficulty and the available utensils. However, a text-based method is time-consuming and grasping its outline is difficult. In addition, if dishes can be compared to those that a user has already cooked before or to similar recipes, comprehension of the cooking procedure will increase. Our proposed method analyzes cooking processes to visualize recipes in a graph for understanding such cooking procedures from a bird's eye view and to compare recipes. This paper is structured as follows. Chapter 1 describes the above background and explains how recipes resemble typical procedural texts. We propose a purpose-oriented recipe analysis method from the viewpoint of the text's basic structure: "ingredient list" and "cooking

procedure."

In Chapter 2, we overview related research and clarify its position. Our thesis consists of two major methods. We introduce our research on analysis methods for recipes by focusing on "ingredient lists" and "cooking procedures."

In Chapter 3, we propose a recipe analysis method that focuses on the "ingredient list" and "nutrients," which are attributes of ingredients. To enrich our diets, we must consider the nutritional balance and variety of menu items to ensure "health" and "eating enjoyment." Such consideration requires knowledge of various cuisines and their preparation. We propose a system to simultaneously search for multiple recipes to create menus that are founded on nutritionally balanced recipes. Nutritional balance is calculated by the percentage of food intake that satisfies the "intake by food group," which is guidelines for daily caloric intake. Foods are categorized into six groups by the types of nutrients they contain. In this method, nutritional balance is calculated by extracting the ingredients used and their amounts from the recipe's ingredient list. We also construct a "food group dictionary" to classify foods into groups and a "gram conversion dictionary" to unify into grams the intake units for each food group. We propose a flexible-matching method for words that are not registered in the dictionary and experimentally evaluate its effectiveness.

In Chapter 4, we propose an analysis method that focuses on "cooking procedures" and a visualization method to increase understanding of them. There are cases where dishes have similar cooking procedure or common procedures. For example, gratin and cream pasta share the same procedure for making "white sauce". Knowing the overlaps and differences in the cooking procedures will help us better understand the cooking procedures. We propose both structural analysis and visualization methods to automatically generate a flow graph from a recipe. First, we explain the requirements that a flow graph should satisfy and then describe the proposed method. We propose a structural analysis method that effectively increases the diversity and accuracy of the flow graphs from conventional methods. For the visualization method, we propose a scheme that visualizes flow graphs based on structural analysis results. This research's flow graph represents the cooking process of the ingredients and cooking operations as nodes that are connected by edges along the procedure. We also describe an evaluation experiment of the flow graph generated by the proposed method. The flow graphs are evaluated using accuracy, recall, and Tree Edit Distance.

Chapter 5 discusses the effects of the analysis method by focusing on the "ingredient list" and the "cooking procedure." The former explains the effect of the analysis method by

focusing on the "nutrients" of the ingredients from the ingredient list; the latter explains the effect of the analysis method by focusing on the cooking procedure's visualization. We discuss various uses of the basic structure of the "ingredient list" and "cooking procedure" for recipes and propose two discussion directions: using our proposed method and combining the "ingredient list" and the "cooking procedure." We also discuss the application of our method to other kinds of procedural texts. The recipes targeted in this study have many general terms and are relatively easy to analyze. However, other texts contain too many technical terms. We discuss our analysis method when the domain is in Chapter 2, changed. In general, since the basic structure of procedural texts is identical, we developed elemental techniques that can be applied to texts other than recipes.

In Chapter 6, we summarize our paper. We proposed a method that analyzes the basic structure of "ingredient lists" and "cooking procedures" to address different purposes of recipes as one example of a procedural text. Our analysis of "ingredient lists" focused on the nutrients of the ingredients, automatically calculated the nutritional balance, and enabled searches for combinations of recipes that provide good nutritional balance. Our analysis of "cooking procedures" visualized them as a flow graph to increase user comprehension of cooking procedures and included an overview of recipe procedures and comparisons. We obtained an effect for each element. By analyzing the "ingredient list" and "cooking procedure" components, we created an elemental technology that can be applied to various procedural text purposes.

# 目次

第1章	序論	1
1.1	背景	1
1.2	本論文の目的	2
1.3	本論文の構成	3
第2章	関連研究	5
2.1	料理レシピ解析に関する研究	5
2.2	「食材」に着目した料理レシピ解析に関する研究	6
2.3	「調理手順」に着目した料理レシピ解析	7
2.4	「食材」と「調理手順」に着目した料理レシピ解析	8
第3章	食材に着目した料理レシピ解析	9
3.1	はじめに	9
3.2	料理レシピを対象とした検索システム	10
3.2.1	システムの概要	10
3.3	関連検索	12
3.3.1	栄養バランス	12
3.3.2	食材の類似	15
3.3.3	調理手順の類似	16
3.4	システムの構成	17
3.4.1	検索条件	18
3.4.2	レシピのデータ	19
3.4.3	食品群辞書	20
3.4.4	グラム変換辞書	22
3.5	システムの実行例	23
3.6	評価実験	27
3.6.1	概要	27



3.6.2	食品群辞書との柔軟な照合 . . . . .	27
3.6.3	グラム変換辞書との柔軟な照合 . . . . .	28
3.6.4	誤り分析 . . . . .	29
3.7	まとめ . . . . .	31
<b>第 4 章</b>	<b>調理手順に着目した料理レシピ解析</b>	<b>32</b>
4.1	はじめに . . . . .	32
4.2	フローグラフが満たすべき要件 . . . . .	33
4.3	フローグラフ生成手法 . . . . .	34
4.3.1	概要 . . . . .	34
4.3.2	辞書構築 . . . . .	35
4.3.3	構造解析 . . . . .	35
4.3.4	グラフの可視化手法 . . . . .	39
4.4	評価実験：精度と再現率による評価 . . . . .	40
4.4.1	概要 . . . . .	40
4.4.2	辞書構築 . . . . .	40
4.4.3	評価対象 . . . . .	40
4.4.4	フローグラフの評価 . . . . .	40
4.4.5	処理単位の評価 . . . . .	41
4.5	評価実験：編集距離による評価 . . . . .	42
4.5.1	概要 . . . . .	42
4.5.2	辞書の構築 . . . . .	42
4.5.3	評価対象 . . . . .	43
4.5.4	編集距離によるフローグラフの評価 . . . . .	43
4.5.5	提案手法で追加した手法の評価 . . . . .	44
4.6	まとめ . . . . .	47
<b>第 5 章</b>	<b>考察</b>	<b>54</b>
5.1	料理レシピへの適用 . . . . .	54
5.2	プリンタの操作説明書への適用 . . . . .	54
5.3	汎用性における課題 . . . . .	57
<b>第 6 章</b>	<b>結論</b>	<b>65</b>
	文献リスト	68

全研究業績のリスト

73

# 目次

2.1	料理レシピに関する研究 . . . . .	5
3.1	システムの概要 . . . . .	11
3.2	レシピを対象とした関連検索システムの構成 . . . . .	17
3.3	「にんじん」という入力に対する Cyclone [60] の検索結果 . . . . .	21
3.4	レシピ検索システムの入力画面 . . . . .	24
3.5	「キャベツ 100g 以内かつ主菜」という条件に対する初期検索の結果 . . . . .	24
3.6	「組み合わせで検索」による検索結果の例 . . . . .	25
3.7	「材料の類似」で検索した結果 . . . . .	26
3.8	「調理手順の類似」で検索した結果 . . . . .	26
4.1	料理レシピのフローグラフ（「肉じゃが」の例） . . . . .	48
4.2	Block1 の可視化 . . . . .	49
4.3	Block2～Block5 の可視化 . . . . .	50
4.4	「牛肉とセロリのマスタードレモン炒め」のフローグラフ . . . . .	51
4.5	正解のフローグラフ (左) と出力されたフローグラフ (右) . . . . .	52
4.6	3 種類の可視化手法 . . . . .	53
5.1	部品一覧 (1/2)* <sup>1</sup> . . . . .	59
5.2	部品一覧 (2/2)* <sup>2</sup> . . . . .	60
5.3	手順例：「電源を入れる」* <sup>3</sup> . . . . .	61
5.4	手順例：「インクをセットする (1/2)」* <sup>4</sup> . . . . .	62
5.5	手順例：「インクをセットする (2/2)」* <sup>5</sup> . . . . .	63
5.6	「インクをセットする」のフローグラフ . . . . .	64

# 表目次

3.1	食品群の分類と属する食品の例	12
3.2	摂取量	13
3.3	「肉じゃが」, 「卵豆腐」, 「チーズサラダ」に対する食品群別摂取量	13
3.4	20代男性が「肉じゃが」と「チーズサラダ」を食べた場合の過不足分	14
3.5	食品群辞書の抜粋	21
3.6	グラム変換辞書の抜粋	22
3.7	図 3.6 における 3 つの献立に対する充足率	27
3.8	食品群分類の評価	28
3.9	グラム変換処理の評価	29
3.10	食品群に分類ができなかった食材名の一部	30
3.11	グラム変換処理を誤った食材名と単位の一部	30
4.1	動詞辞書	35
4.2	名詞辞書	35
4.3	「牛肉とセロリのマスタード炒め」の調理手順から形成されたセット	36
4.4	「牛肉とセロリのマスタード炒め」の調理手順から形成されたブロック	37
4.5	各属性のフレームワーク	37
4.6	「多義」属性の分類パターン	38
4.7	ブロック接続の結果	39
4.8	評価データの特徴	41
4.9	A1~A10 のフローグラフ評価	42
4.10	各セットのフローグラフ評価	43
4.11	グラフ生成の評価	44
4.12	辞書の登録数	45
4.13	R1~R10 の評価結果	45
4.14	編集操作の内訳	46

---

4.15	評価対象中に含まれる (a)~(d) の適用数 . . . . .	47
5.1	「インクをセットする」の手順 . . . . .	55
5.2	評価対象 . . . . .	56
5.3	辞書の評価結果 . . . . .	57
5.4	フローグラフの評価結果 . . . . .	58

# 第 1 章

## 序論

### 1.1 背景

情報化社会の浸透にともなって、あらゆる文書が電子化され、再利用と再構成が容易となっている。中でも、何らかの目的を達成するための手順を示したテキスト（以下、手順テキスト）として、料理レシピ、操作説明書、特許の請求項などがある。

本論文では中でも利用目的が多い「料理レシピ」を対象とする。近年では様々な方法で料理レシピを調べることができる。料理番組、書籍、ウェブなどのオンライン情報で料理レシピを調べる方法もある。ウェブでは数多くの料理レシピがあり、料理の種類が豊富である。例えば、「味の素レシピ大百科」<sup>\*1</sup>や「キューピー 3 分クッキング」<sup>\*2</sup>といった食品会社が提供している料理レシピサイトや一般ユーザーが投稿できる料理レシピサイトがある。投稿型の料理レシピサイト「cookpad」<sup>\*3</sup>は、2018 年には世界で 500 万品ものレシピが登録されている。また、SNS を通して料理レシピが紹介されるケースもある。このように様々な形態で料理レシピが提供されているものの、基本的な構成要素は「食材一覧」と「調理手順」である。ユーザーは「食材一覧」を見ることで、その料理に使用される食材や分量を知ることができる。「調理手順」では、食材一覧に示された個々の食材に対して適切な調理動作を順次適用し、最終的に一つ料理を完成する手順を示している。このため、ほとんどの料理レシピの調理手順は、番号付けされた箇条書きで記述されている。

料理レシピは本来調理手順を知るためのテキストであるが、料理レシピを利用する目的は多様である。例えば、「トマトを使った料理が知りたい」という場合は、食材一覧を見ることで確認ができる。「栄養バランスのとれた食事を取りたい」という場合は、栄養学の知識があることが前提ではあるが食材一覧で使用される食材から確認できる。さらに栄養素によっては調

---

<sup>\*1</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/>

<sup>\*2</sup> <https://www.ntv.co.jp/3min/>

<sup>\*3</sup> <https://cookpad.com/>

理動作によって栄養素量が変化する場合もあるため、調理手順の確認が必要である可能性がある。また、「必要な調理道具が知りたい」という場合は、調理手順を読むことで確認ができる。「簡単に作れる料理が知りたい」という場合は、調理手順を読むことで確認ができる。ただし、調理が難しい食材や入手が難しい食材が入っていないか食材一覧で確認する必要もあるかもしれない。

現在までに各々の目的に特化して実現する手法が提案されているが、基本構成である「食材」と「調理手順」に関する項目に帰着する。前述したように料理レシピが利用される多様な目的において、「食材」と「調理手順」における観点からの解析が必要となる。

この2種類の解析対象について、「食材一覧」は、それを見ることでそのその料理に使用される食材や分量を知ることができる。「調理手順」は、食材一覧に示された個々の食材に対して適切な調理動作を順次適用し、最終的に一つ料理を完成する手順を示す。このため、ほとんどの料理レシピの調理手順は、順位付きリストで記述されている。つまり、「食材一覧」は定量的な情報である。一方で「調理手順」は、順位付きリストであり、構造を持つ情報である。各々の特徴があり、それぞれのもつ情報が異なるため別々の解析手法が必要となる。

## 1.2 本論文の目的

本論文では、「食材」と「調理手順」の観点から目的指向の料理レシピ解析手法の提案を目的とする。

「食材」の観点からは、食材の持つ栄養素に着目した解析を行う。レシピを選ぶ際には「健康」へ配慮する必要もある。どの食材にどんな栄養素が含まれているか、そして摂取すべき量についての知識が必要である。さらに、一度の食事で単品の料理だけでなく、複数の料理を組み合わせた献立の場合もある。そのため、栄養学に関する知識が必要であり、さらに栄養素の計算をしなくてはならずユーザにとって負担となる。食材に着目した解析として、食材の持つ栄養素から栄養バランスを自動で計算し可視化する手法を提案する。ユーザが栄養学に関する知識がなくても、栄養バランスの計算をしなくても、栄養バランスを考慮しながら複数のレシピを組み合わせた検索が可能となる。

「調理手順」観点からは、調理手順の可視化に着目した解析を行う。調理手順を見ることで、調理の難易度や使用する調理道具などから調理が可能かどうかを判断することができる。しかし、テキストベースだと時間がかかることや概要が掴みにくいという欠点がある。また、以前調理したことのある料理や類似する料理レシピ同士を比較することができればより調理手順への理解につながると考えられる。そこで本論文では、料理レシピを可視化することを目的とした調理手順の解析手法を提案する。料理レシピをグラフに可視化することで、俯瞰や料理レシピ同士の比較といった調理手順への理解へとつながる。

### 1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。まず第1章で、上述した背景を述べ、代表的な手順テキストである料理レシピについて説明する。本論文では、テキストの基本構成である「食材」と「調理手順」の観点から目的指向の料理レシピ解析手法の提案を目的とする。

第2章では、関連研究の概要について概観し、研究の位置付けを明らかにする。本論文では大きく2つの手法から成り立っており、「食材」に着目した料理レシピの解析手法と「調理手順」に着目した料理レシピの解析手法に関する研究を紹介する。

第3章では、「食材」に着目した料理レシピの解析手法を提案する。ここでは、食材の持つ属性である「栄養素」に着目した。毎日の食生活を豊かにするためには「健康」と「食べる楽しみ」への配慮として、栄養バランスやメニューの豊富さを考慮しながら献立を決める必要がある。そのためには、様々な料理や作り方に関する知識が必要である。近年はウェブなどのオンライン情報で料理レシピを調べる豊富であるが、多くの場合は単品の料理しか検索できず、複数の料理を組み合わせる献立を考えるのはユーザの負担である。ここでは栄養バランスを考慮した献立の作成を目的として、複数の料理レシピを同時に検索するシステムを提案する。栄養バランスは一日に摂るべき食品の分量に関する目安である「食品群別摂取量」を充足する割合で計算する。食品群とは、含まれる栄養素の種類によって食品をまとめた集合であり、6つの食品群がある。提案手法では、料理レシピに記述されている「食材一覧」から、使用される食材とその分量を抽出して栄養バランスを計算する。食品を食品群に分類する「食品群辞書」、食品群別摂取量の単位であるグラムに統一するための「グラム変換辞書」を構築する。辞書に登録されていない語との柔軟な照合手法を提案し、評価実験によって有効性についても述べる。

第4章では、「調理手順」に着目した料理レシピの解析手法を提案する。具体的には、調理手順の理解支援を目的とした料理レシピの可視化手法を提案する。料理には調理方法が類似するものや共通手順を持つ場合がある。例えばグラタンとクリームパスタでは、「ホワイトソース」を作る手順が共通する。調理手順の重複性や差異を知ることで、より調理手順の理解が深まる。そのためにはフローグラフのようなグラフ構造で可視化することが有用だと考えられる。ここでは料理レシピからフローグラフを自動生成するための、構造解析手法と可視化手法を提案する。はじめに、フローグラフが満たすべき要件について説明する。次に提案手法について述べる。構造解析手法は従来法から多様性と精度を高めるために有効な手法を提案している。また、可視化手法は、構造解析結果をもとにフローグラフへと可視化する手法を提案している。本研究のフローグラフとは、食材の調理過程を表すグラフである。食材と調理動作がノードとなり、手順に沿ってエッジで接続される。提案手法により生成されたフローグラフの評価実験についても述べる。ここでは2種類の評価実験を行う。1つ目はフローグラフを細分



化しノード対の単位で、精度と再現率を用いて検証する。2つ目はフローグラフを木構造とみなし、木構造の編集距離を求める手法 Tree Edit Distance を用いて検証する。

第5章では、「食材」と「調理手順」に着目した解析手法の効果を考察する。前者では食材の持つ属性である「栄養素」に着目した解析手法における効果、後者では調理手順の可視化に着目した解析手法における効果を説明する。ここまでで、基本構成である「食材」と「調理手順」を解析できたことによる、料理レシピにおける様々な目的での利用の可能性について議論する。具体的には2つの方向性によって議論している。本論文で提案した手法についての可能性、「食材」と「調理手順」を組み合わせた場合の可能性である。さらに、料理レシピ以外の手順テキストへの適用について検討する。本研究で対象とした料理レシピは一般用語が多く、比較的解析が容易である。料理レシピ以外のテキストでは、専門用語が多く含まれる場合も多い。ドメインを変更した場合における解析手法の課題について議論する。

第6章では、本論文をまとめている。手順テキストは日々増え続け、ユーザは多様な目的で利用する機会が増えた。本論文では手順テキストの一つである料理レシピを対象とし、各々の目的へ対応するための解決策として、基本構成である「食材」と「調理手順」を解析する手法を提案した。「食材」の解析では、食材の持つ栄養素に着目し、栄養バランスを自動的に計算し、栄養バランスのとれた献立検索を可能とした。「調理手順」の解析では、手順をフローグラフとして可視化し、手順の概要把握や料理レシピ同士の比較といった調理手順の理解を可能とした。

以上述べたように本論文では、典型的な手順テキストである料理レシピを対象に、基本の構成要素である「食材」と「調理手順」の解析手法を提案し、有効性を明らかにしている。料理レシピ以外の一般的な手順テキストにおいても、操作対象である「部品」と「操作手順」が基本構成であることに変わりなく、本論文で提案した解析手法を適用することで、提案手法の適用の可能性と限界を明らかにしている。

## 第 2 章

# 関連研究

### 2.1 料理レシピ解析に関する研究

料理レシピ解析に関する研究は大きく 3 つに分類される。図 2.1 に示すように、「食材」、「調理手順」、「ユーザ」に関する項目があり、複数の項目を解析対象とした研究もある。ここでは本研究の対象とする「食材」に関する研究、「調理手順」に関する研究と、「食材」および「調理手順」に関する研究に整理して 2.2～2.4 節で紹介する。

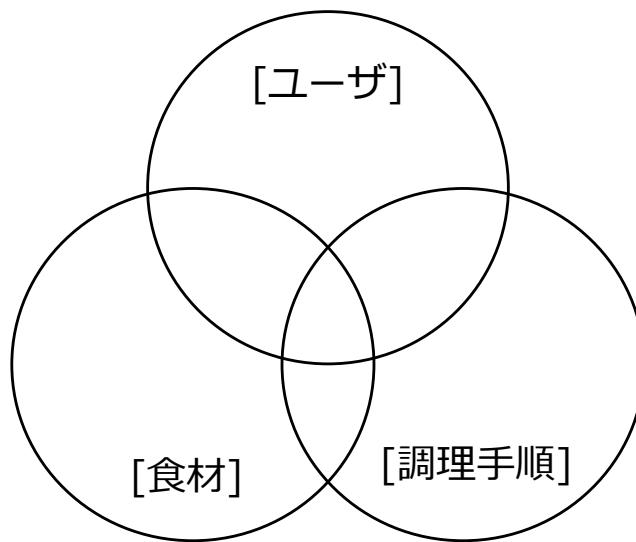


図 2.1 料理レシピに関する研究

## 2.2 「食材」に着目した料理レシピ解析に関する研究

はじめに、料理レシピ検索に関する研究について紹介する。料理レシピの増加にともない、検索の必要性が高まっている。「味の素レシピ大百科」<sup>\*1</sup>では、検索窓に食材名を入力すると、その食材を使った料理のレシピが検索される。「料理レシピ提案装置、料理レシピ提案方法、およびその方法をコンピュータで実行させるプログラム」[61]という特許出願は、手元にある食材だけで作れる料理のレシピを検索する。「料理レシピ情報処理システム」[53]という特許出願は、調理道具を入力してレシピを検索する。角ら [42] は、作成した辞書を使ってレシピ中の食材と分量から栄養価を計算し、レシピに栄養価情報を付加することで、栄養価の値による検索ができる。しかし、論文中では説明の記述が完全ではないため、栄養価の値を使ってどのような検索ができるのかを確認する手段がない。利田ら [38] は、栄養バランスのとれた献立を作成するエキスパートシステムについて研究した。性別、年齢、好みの料理様式などを入力すると、その人に合った朝食と夕食の献立が推論される。しかし、献立として複数の料理がまとめて提案されるため、例えば献立の中で一品だけ変更したいといった場合は作り直すことができない。また、辞書に載っていない食材については人手で処理しているため、拡張性に問題がある。

荻谷ら [40] は、味覚に関する印象語を問い合わせ語に利用した。L-グルタミン酸やグリシリンなどの味覚に関する成分情報をレシピから抽出する。さらに、抽出された成分を「酸味」や「旨味」などの味覚メタデータに対応づける。ユーザは「ワイン」や「麺」などのドメインと「まろやか」や「さわやか」などの印象語を入力する。ドメインが「ワイン」である場合、「まろやか」という印象語は「旨味」などの味覚データに対応づけられ、その成分を含む料理や飲料のレシピが検索される。料理の見た目や味などに関する印象語によって検索を行う研究もある。坂井ら [52] は、印象語による検索を可能とした料理の感性データベースを作成した。例えば、印象語として「ジューシー」を入力すると、その印象語に合った料理として「ハンバーグ」などのレシピが検索される。[17] また、食材や料理の画像から料理レシピを検索するシステム [16] [3] がある。

料理レシピの推薦に関する研究について紹介する。これまでに多種多様な料理レシピ推薦システムが提案されている [51]。多田ら [68] と三石 [57] は、ユーザの嗜好を分析し、分析結果を検索に反映させた。右田ら [43] は、ユーザが苦手な食材や食材ごとの栄養素に着目し、ユーザの好みと栄養バランスのとれたレシピ推薦手法を提案している。「食材」と「ユーザ」の両方を組み合わせた研究では、ユーザの嗜好考慮したレシピ推薦手法 [13] [31] [17] [30] がある。

料理レシピの分類に関する研究について紹介する。花井ら [49] は、類似レシピクラスタリ

---

<sup>\*1</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/>

ングの手法を提案した。類似レシピを判断する上で、料理の主となる食材と調味料を抽出し、これらと食材の希少度を用いてクラスタリングする。

料理レシピを通して食材自体の解析に関する研究について紹介する。花井ら [48] [26] は、食材に含まれる栄養素やその食材の食感から、代替可能な食材を発見する手法を提案している。類似する研究として、料理レシピを通して食材間の関係を解析し、代替食材があるか、分量は変更できるかといった、その食材が必要不可欠であるかを特定する手法 [28] もある。菊地ら [63] [62] は、レシピで使用される食材の共起パターンを解析する手法を提案した。

梅本ら [55] は、食材名の表記揺れに頑健な栄養素推定法を提案した。小泉ら [39] は、使用する食材を抽出し、それらの特売情報を抽出するシステムを提案し検討した。

料理レシピに関するゲームソフトもある。「健康応援レシピ 1000 DS 献立全集」\*<sup>2</sup> というゲームソフトは、料理様式や栄養素などの検索条件によってレシピを検索することができる。例えば、栄養素で検索する場合に、「ビタミン C」を検索条件として選択すると、ビタミン C を多く含むピーマンやブロッコリーなどを使用する料理が検索される。「しゃべる！ DS お料理ナビ」\*<sup>3</sup> というゲームソフトは、食材、サイドメニューの数、スープの有無などを条件として献立を作成することができる。研究推進のための食品や食事データの解析も行われている [5] [32]。

本論文の「食材」に着目した料理レシピ解析では、食材のもつ「栄養素」に着目し、栄養バランスを考慮した献立の作成を目的として、複数の料理レシピを同時に検索するシステムを提案する。さらに、栄養バランスを考慮した上で、一品ずつユーザの条件で検索でき、選択しながら献立を作成できる手法を提案している。

## 2.3 「調理手順」に着目した料理レシピ解析

伊尾木ら [50] は、料理レシピを機械可読にする技術とその可能性について議論している。調理手順への理解として一つとして可視化がある。はじめに、調理手順の可視化に関する研究について紹介する。料理レシピを可視化するためのフレームワークを提案した研究 [8] [15] もなされている。いくつかの研究では料理レシピをフローグラフの形式で表現するための研究が行われている。人手によって食材や調味料の調理過程をフローグラフにし、その手法や自動化への手法について検討がされている [18] [19]。自動で料理レシピを可視化する手法 [1] も提案されている。そのうちのひとつとして浜田ら [4] [24] は、調理動画と信仰と調理手順を対応づけることを目的とした調理手順の解析手法を提案した。さらに、調理操作の時間構造を解析する手法 [41] がある。料理レシピは、料理分野特有の表現が多く含まれている。また、レシピの表現

---

\*<sup>2</sup> <https://www.nintendo.co.jp/ds/aoij/>

\*<sup>3</sup> <https://www.nintendo.co.jp/ds/a4vj/>

では、暗黙の了解で手順が省略されている場合がある。省略された情報を補完する研究も行われている [58] [27] [33]。曖昧性解消の研究 [65] もある。また、手順理解を目的とし、調理手順だけでなく料理画像や料理動画を含めて解析する手法 [2] [29] がある。

さらに、調理手順を解析することで、調理のコツの抽出 [36]、調理の難易度の算出 [12]、調理のアレンジ手法の提案 [66]、ユーザの好みの食材や調理法が用いられているレシピの推薦 [13] [37] などがある。また、画像とテキストを合わせて提示する研究 [21] もある。

次に料理レシピの自動生成に関する研究について紹介する。レシピのフォーマットを定めて生成する手法 [6] [56] [22] や、テキスト本体ではなく調理動画やフローグラフから生成手法 [59] [44] もある。

料理用語辞書を自動構築するための手法 [64] が提案されている。日本語と英語の料理レシピにおける構造的な違いを分析 [35] し、英語の料理レシピコーパスも提案されている [34]。また、手順テキスト全般に対して、名詞と動詞の関係性や意味構造を抽出する研究 [7] [45] がある。

また、代替食材の発見を目的とした調理手順の解析手法 [25] がある。また、料理レシピ以外の手順テキストを対象としたフローグラフ生成手法の研究 [10] [11] [20] がある。

本論文の「調理手順」に着目した料理レシピ解析では、料理レシピからフローグラフを自動生成するための、構造解析手法と可視化手法を提案する。従来手法 [24] とは解析の目的が異なり、調理手順を解析することで食材の加工過程を表すフローグラフを生成することが目的である。ただし、構造解析として類似する部分があり、本論文では構造解析の精度と解析対象の汎用性の改善を目指す。

## 2.4 「食材」と「調理手順」に着目した料理レシピ解析

食材と調理手順の両方を解析対象とした研究もある。植田ら [46] は、栄養素の自動計算を目的として、使用される食材とその調理方法による栄養素の変化について計算する手法を提案した。池田ら [54] は、料理レシピの共有サイトにおける人気レシピについて、旬の食材や食材の利用順序などを考慮して解析する手法を提案した。永井ら [67] は、食材と調理手順を手がかりに、省略されている調理器具を推測する手法を提案した。

本論文では、「食材」の解析と「調理手順」の解析を各々で提案している。しかし、この2つを組み合わせることで、本節で挙げたような多様な目的への適用の可能性を示している。

## 第3章

# 食材に着目した料理レシピ解析

### 3.1 はじめに

「食材」に着目した料理レシピの解析手法を提案する。ここでは、食材の持つ属性である「栄養素」に着目した。

毎日の食生活を豊かにするためには、「健康」への配慮が重要である。食材によって栄養素が異なるため、栄養バランスを考慮して、献立を決定する必要がある。献立とは、主食、主菜、副菜、汁物といった料理の組み合わせである。しかしそれだけでなく、食べる「楽しみ」への配慮も必要である。栄養バランスが良くても毎日同じ料理では飽きてしまうため、種類の豊富さを考慮して献立を決定する必要がある。また、食事の時間帯や好みなども考慮して献立を決めなくてはならない。そのためには、様々な料理や作り方に関する知識が必要である。

ここで知識とは、どんな料理があるのか、その料理はどんな食材を使用するのか、どんな栄養素が含まれているのかなどである。料理を作る場合には、料理の作り方（レシピ）も必要である。近年は、様々な方法でレシピを調べることができる。例えば、詳しい人に教えてもらう、料理の本を読む、料理番組を見るなどの方法がある。しかし、これらの方法では自分の要望に合う料理の作り方が分かるとは限らない。また、料理の種類が限られるという問題がある。別の方法として、World Wide Web（以下、Web）などのオンライン情報で料理のレシピを調べる方法がある。例えば、にんじんを使ったレシピを調べる場合は、検索エンジンに「レシピ にんじん」と入力すると、個人のブログや食品会社などにあるレシピを検索することができる。Web上には数多くのレシピがあり、料理の種類が豊富であるという利点がある。しかし、検索エンジンに「レシピ にんじん」と入力しても、ほとんどの場合は単品の料理しか検索されない。多くの場合は独立した単品のレシピしか検索できず、複数の料理を組み合わせで献立を考える作業はユーザの役割となっている。また、レシピ以外のページも多数検索されてしまうため、レシピのページを探す手間がかかる。仮にレシピのページだけを検索できたとしても、条件に完全一致したレシピしか出力されない。レシピの種類をより豊富にするために

は、条件に完全一致しなくても何らかの関連にある別のレシピを検索するなどの柔軟な検索が必要となる。

以上の問題点を踏まえ、本研究は料理レシピを対象とした検索システムを提案し、ユーザーにとって必要な情報を効率的に検索することを目的とする。具体的には、栄養バランスと食べる楽しみを考慮した3種類の関連検索によって検索条件を拡張して多彩な料理を検索する。3.2節では、本研究で提案するシステムについて説明し、3.4節ではシステム構成について説明し、3.5節では実行例を紹介する。3.6節では、システムの評価について説明する。

## 3.2 料理レシピを対象とした検索システム

### 3.2.1 システムの概要

本研究で提案するレシピ検索システムの構成を図 3.1 に示す。本システムは、料理名や食材などの検索条件を入力して「初期検索」を行う。次に、出力された各レシピと何らかの関係にある別のレシピを検索する。この点は本研究の特長であり、「関連検索」と呼ぶ。初期検索で出力されたレシピ B と他のレシピとの関連度を計算し、関連度が高いレシピ E, F, G が出力されている。本研究では関連の種類として、「栄養バランス」、「食材の類似」、「調理手順の類似」を対象とする。「栄養バランス」は、料理どうしの関係を事前に定義することなく「献立検索」を実現する効果がある。具体的には、複数の料理を一緒に食べた場合に、栄養量が充足される割合（充足率）を計算し、充足率によって献立の候補に順位を付ける。ただし、献立の候補数を制限するために、現在は献立を構成するレシピの数を 1 以上 3 以下としている。また、料理の種類や様式のカテゴリをユーザーが定義すれば献立の候補を絞り込み、汁物ばかりの献立を避けたり、和食で統一された献立を検索することができる。さらに「食材の類似」と「調理手順の類似」は柔軟な検索によってユーザーの発想を膨らませる効果がある。本研究の主旨は、初期検索で取得された複数のレシピを組み合わせる点にある。

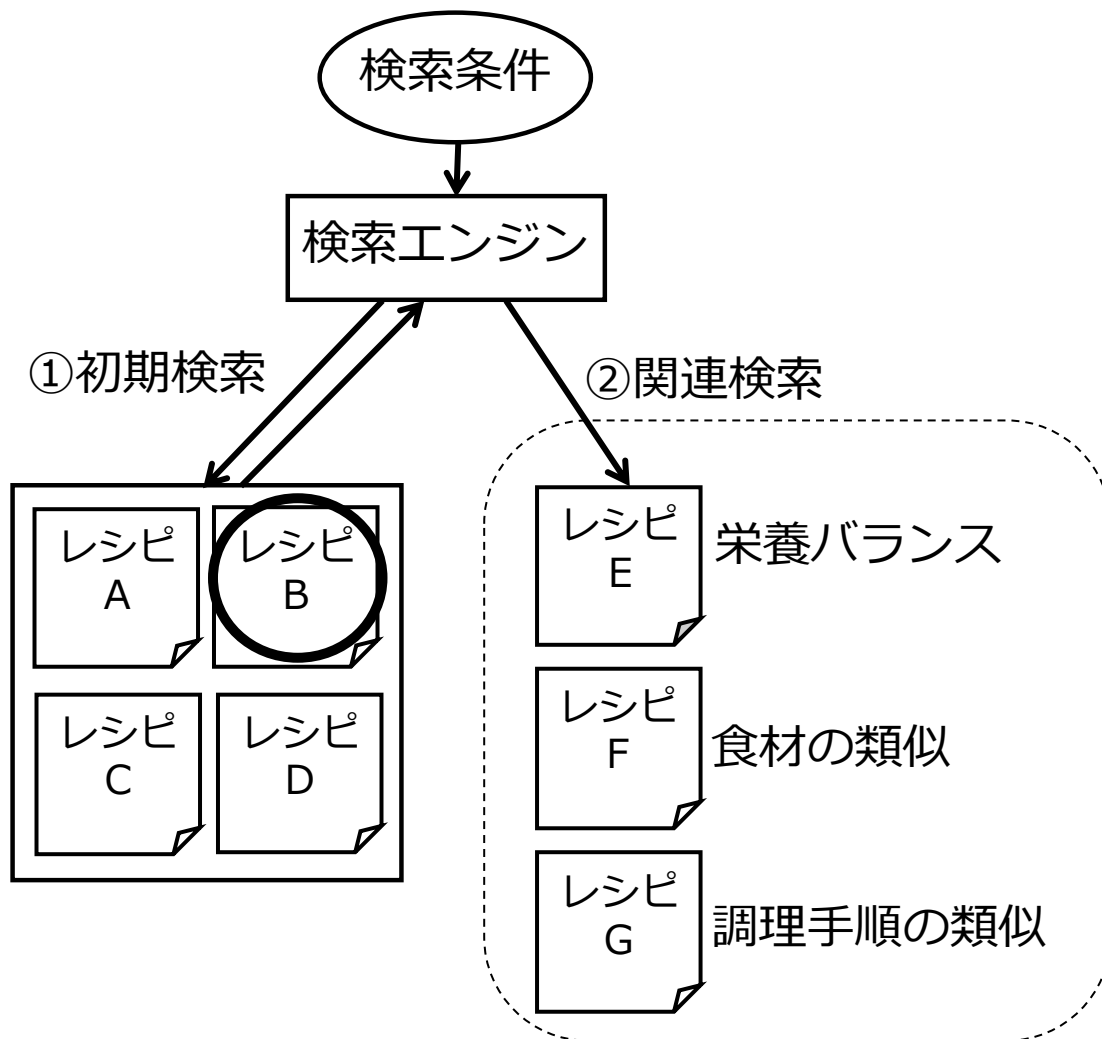


図 3.1 システムの概要



表 3.1 食品群の分類と属する食品の例

食品群	食品の例
1	魚介類 (あじ, マグロなど) 肉類 (牛肉, 鶏肉など) 豆類 (大豆, 豆腐など) 卵類 (鶏卵, うずら卵など)
2	乳製品 (牛乳, チーズなど) 海藻類 (のり, 昆布など)
3	緑黄色野菜 (にんじん, トマトなど)
4	その他の野菜 (キャベツ, きゅうりなど) きのこ類 (しいたけ, しめしなど) 果物 (りんご, みかんなど)
5	穀類 (米, パンなど) イモ類 (じゃがいも, さつまいもなど) 砂糖類 (砂糖, はちみつなど) 菓子類 (ケーキ, ビスケットなど)
6	油脂類 (バター, ごま油)

### 3.3 関連検索

#### 3.3.1 栄養バランス

栄養素バランスを考慮して献立ごとに充足率を計算するため、一日に摂るべき食品の分量に関する目安「食品群別摂取量」[47] \*1を利用する。食品群別摂取量には、年齢や性別に応じて食品群ごとの摂取量に関する目安が記載されている。

食品群とは、含まれる栄養素の種類によって食品をまとめた集合であり、表 3.1 に示す 6 つの食品群がある。食品群別摂取量で考慮される栄養素は、エネルギー、タンパク質、脂肪エネルギー比率、カルシウム、鉄、ビタミン A、ビタミン B1、ビタミン B2、ナイアシン、ビタミン C、ビタミン D である。酢やソースなどの調味料は一般にエネルギーが低いため食品群に分類しない。ただし、調味料の中でもエネルギーの高い砂糖、マヨネーズ、ドレッシングは例外とし、それぞれ 5 群, 6 群, 6 群に分類する\*2。

食品群別摂取量について 20 代の男性を例として説明する。20 代の男性が 1 食で摂るべき摂取量を表 3.2 に示す。1 食で摂るべき摂取量である「規定量」は、年齢と性別によって決められている。ただし、食品群別摂取量は目安であり、規定量に対して $\pm 10\%$ 程度の誤差は許容

\*1 「第五次改定日本人の栄養所要量」に基づいている。

\*2 <https://www.med.or.jp/forest/health/eat/03.html>

範囲である。

表 3.3 で「肉じゃが」と「卵豆腐」を組み合わせた場合と「肉じゃが」と「チーズサラダ」を組み合わせた場合を比較する。味の素レシピ大百科によれば、肉じゃがは、牛肉（1群）、玉ねぎ（4群）、じゃがいも（5群）、バター（6群）を含む。また、卵豆腐は、卵（1群）を含み、チーズサラダは、チーズ（2群）、トマト（3群）、レタス（4群）、オリーブオイル（6群）を含む。表 3.2 と表 3.3 を比べると、肉じゃがと卵豆腐の組合せでは、1群の摂取量が125（50 + 75）となって規定量の87を超過し、他方で2群と3群は摂取できない。すなわち、摂取できる食品群が偏っているため好ましくない組合せである。それに対して、肉じゃがとチーズサラダの組合せは、先の組合せに比べると、各食品群をまんべんなく摂取できるため好ましい。

表 3.2 20代男性の食品群別摂取量

食品群	1食分の摂取量
第1群	87
第2群	133
第3群	33
第4群	133
第5群	170
第6群	8

表 3.3 「肉じゃが」、「卵豆腐」、「チーズサラダ」に対する食品群別摂取量

食品群	肉じゃが	卵豆腐	チーズサラダ
第1群	50	75	0
第2群	0	0	10
第3群	0	0	18
第4群	31	0	16
第5群	150	0	0
第6群	0	0	3

食品群をまんべんなく摂取できているかどうかを判定するために、食品群ごとの充足率によって関連度を計算する。まず、複数の料理を組み合わせた場合の食品群別摂取量を合計し、ユーザの年齢と性別で規定されている量と比べて過不足分を計算する。過不足分に基づいて食品群  $i$  ( $1 \leq i \leq 6$ ) の充足率  $i$  を計算する。充足率  $i$  は式 (3.1) で計算する。

$$\text{充足率 } i = \frac{|\text{規定量 } i - \text{過不足分 } i|}{\text{規定量 } i} \quad (3.1)$$

ここで、規定量  $i$  は対象のユーザに対する食品群  $i$  の摂取量であり、過不足分  $i$  は食品群  $i$  の過不足分である。さらに、式 (3.2) によって、全食品群を横断して関連度を計算する。

$$\text{関連度} = \sum_{i=1}^6 \text{充足率}_i \quad (3.2)$$

20代男性が肉じゃがとチーズサラダを食べた場合を例にとって充足率を計算する。まず、表 3.2 と 3.3 を用いて、肉じゃがとチーズサラダの組み合わせを食べた場合の過不足分を食品群ごとに計算する。計算した結果を表 3.4 に示す。

表 3.4 20代男性が「肉じゃが」と「チーズサラダ」を食べた場合の過不足分

食品群	過不足分
第1群	37
第2群	123
第3群	15
第4群	86
第5群	20
第6群	5

次に、式 (3.1) を使って食品群ごとに充足率を計算する。

- 第1群： $\frac{87-37}{87} \doteq 0.43$
- 第2群： $\frac{133-123}{133} \doteq 0.08$
- 第3群： $\frac{33-15}{33} \doteq 0.55$
- 第4群： $\frac{133-86}{133} \doteq 0.35$
- 第5群： $\frac{170-20}{170} \doteq 0.88$
- 第6群： $\frac{8-5}{8} \doteq 0.38$

最後に、肉じゃがとチーズサラダの組み合わせに対する、関連度を計算する。

$$\text{関連度} = \frac{0.43 + 0.08 + 0.55 + 0.35 + 0.88 + 0.38}{6} \doteq 0.445$$

なお、同様の手法によって3つ以上の料理に対しても組み合わせの良さに関する関連度を計算することができる。

### 3.3.2 食材の類似

ある料理に対して食材を少し変えることで、様式等が異なる別の料理になる場合がある。例えば、「ほうれん草のオムレツ」という料理は、ほうれん草、玉ねぎ、卵、ハムで作ることができる。「高野豆腐のグラタン」という料理は、ほうれん草、玉ねぎ、卵、高野豆腐で作ることができる。ここで、「ほうれん草のオムレツ」における「ハム」を「高野豆腐」に置き換えることで、「高野豆腐のグラタン」というまったく別の料理になる。このように、食材が類似している別のレシピを検索する。その結果、ユーザが気付かなかった別の料理を発見できる可能性がある。

2つの料理における「食材の類似」を定量化するために、各料理を食材の分量に関するベクトルで表現し、ベクトル間のコサイン距離で料理どうしの関連度を計算する。料理AとBの関連度は式(3.3)で計算する。関連度は0以上1以下の値となる。

$$\text{関連度}(A, B) = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (3.3)$$

ここで、料理AとBは以下に示すようなベクトルで表現されている。 $A_i$ と $B_i$ は、食材の分量をグラム表記した値である。

$$A = (A_1, A_2, A_3, \dots, A_n)$$

$$B = (B_1, B_2, B_3, \dots, B_n)$$

関連度の計算について、「とり大根」\*<sup>3</sup>、「大根とこんにゃくのそぼろ煮」\*<sup>4</sup>、「ぶり大根」\*<sup>5</sup>を例に説明する。各料理を食材の分量に関するベクトル（鶏肉、大根、こんにゃく、ぶり）で表現する。

- とり大根 = (250,400,0,0)
- 大根とこんにゃくのそぼろ煮 = (50,200,100,0)
- ぶり大根 = (0,400,0,400)

\*<sup>3</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/card/703569/>

\*<sup>4</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/card/703125/>

\*<sup>5</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/card/703187/>

「とり大根」とそれ以外の料理に関する関連度を計算すると、「大根とこんにゃくのそぼろ煮」は0.86となり、「ぶり大根」は0.60となる。すなわち、「大根とこんにゃくのそぼろ煮」の方が「ぶり大根」よりも「とり大根」に対する関連度が高くなる。

### 3.3.3 調理手順の類似

使用する食材が異なっても調理手順はほとんど同じ料理が存在する。例えば、「鮭の南蛮漬」と「鶏肉のマリネ」の調理手順を要約すると、

「鮭の南蛮漬」の調理手順は以下のようになる。

- (1) 塩を振る。
- (2) 鮭を焼く。
- (3) 漬け汁をかける。

また、「鶏肉のマリネ」の調理手順を要約すると、以下のようになる。

- (1) 塩とこしょうを振る。
- (2) 鶏肉を焼く。
- (3) 漬け汁をかける。

2つのレシピに対する調理手順の要約を比べると、下線を付けた動作表現が同じで、食材と調味料が異なることが分かる。そこで、「鮭の南蛮漬」を作れる人は「鶏肉のマリネ」も作れる可能性がある。このように、ある料理と調理手順が類似する別の料理を検索することで、自分に作れそうな料理を発見することができる。

上の例で示したように、調理手順の類似に関する関連度は動作表現の並び方によって定量化することができる。そこで、以下の手順(1)と(2)によって関連度を計算する。

- (1) 調理手順テキストを形態素解析し、動詞を抽出する。
- (2) 出現する動詞の出現順序からレシピ間の関連度を計算する。

DP マッチングによって、2つの調理手順間の差分（挿入，置換，削除された動詞）を数える。この差分が少ないほど関連度を高くする。関連度は式(3.4)で計算する。関連度は1以下の値をとる。

$$\text{関連度} = \frac{\text{動詞列の総数} - 2 \times \text{差分の数}}{\text{動詞列の総数}} \quad (3.4)$$

### 3.4 システムの構成

本研究で提案するレシピ検索システムの構成を図 3.2 に示す。システムの構成は、オンライン処理とオフライン処理に大別される。オフライン処理では、Web からレシピを収集し、レシピから食材や様式などの情報を抽出し、レシピのデータを作成する。食材の単位において、グラムに変換が必要な場合は、「グラム変換辞書」を利用する。また食材を食品群に分類する「食品群辞書」を用いて、食品群ごとに摂取量を計算し、食品群別摂取量のデータを作成する。作成したデータは RDB のツールである PostgreSQL<sup>\*6</sup>を用いてデータベース化する。オンライン処理では、検索システムに検索条件を入力し、条件に合致するレシピをデータベースから検索する。さらに、検索された各レシピとそれ以外のレシピとの間で3種類の関連度を計算し、関連検索を行う。

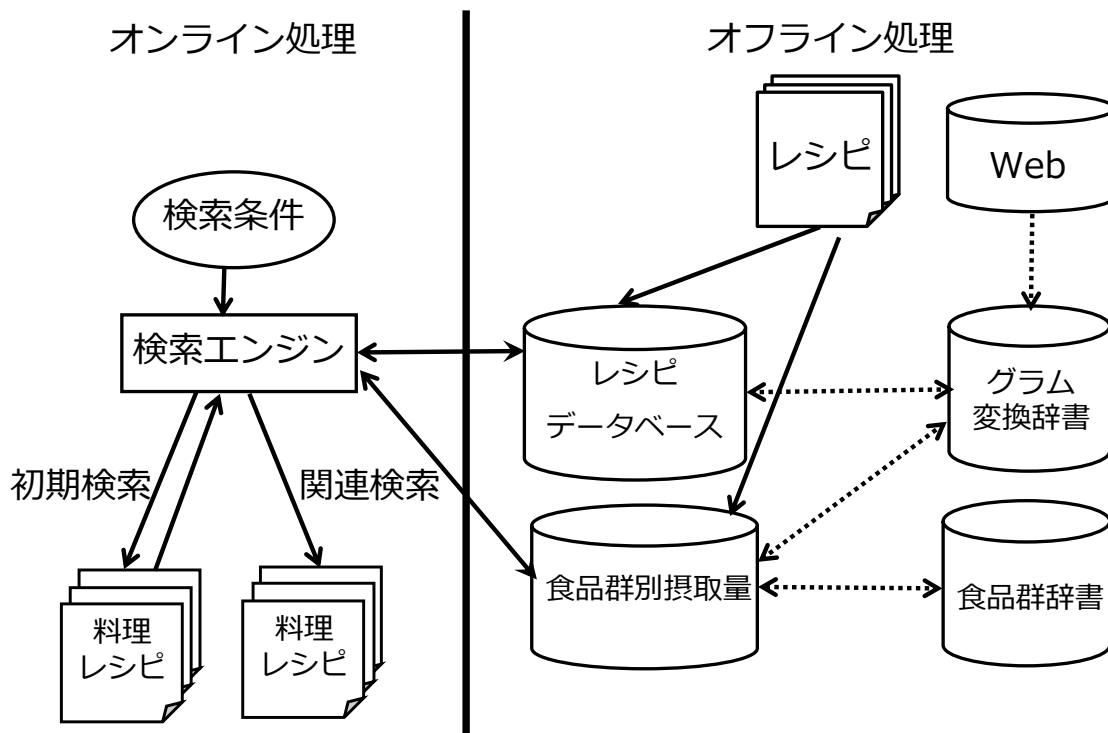


図 3.2 レシピを対象とした関連検索システムの構成

<sup>\*6</sup> <https://www.postgresql.org/>

### 3.4.1 検索条件

本システムにおける初期検索の検索条件は以下の8項目である。括弧を伴っている項目は、括弧内から1つ以上の値を選択する。ただし、「ユーザの年齢や年代」と「ユーザの性別」は1つだけを選択する。

- ユーザの年齢や年代（6歳，7歳，8歳，9歳，10歳，11歳，12歳，13歳，14歳，15歳，16歳，17歳，18歳，19歳，20代，30代，40代，50代，60代，70代，80歳以上，指定しない）
- ユーザの性別（女性，男性）
- 料理名
- 食材
- 様式（和食，中華，洋食，その他）
- 種類（主食，主菜，副菜，汁物，デザート・お菓子，その他）
- 調理方法など（煮る，焼く，蒸す，炒める，揚げる，鍋，オーブン，酢のもの・和えもの）
- 季節（春，夏，秋，冬）

栄養バランスで検索する場合には、「ユーザの年齢や年代」と「ユーザの性別」と残りの6項目のうち1つ以上条件を入力もしくは選択する必要がある。それ以外の場合は，ユーザ情報を除いた6項目のうち1つ以上条件を入力もしくは選択する必要がある。

### 3.4.2 レシピのデータ

対象とするレシピのデータは、「キューピー3分クッキング」\*7の Web サイトから収集した。当サイトには、テレビ番組で放映されたレシピが掲載されている。1996年1月から2005年6月までに放映されたレシピ2873件を収集した。レシピを構成している項目を以下に示す。

- テレビで放映された日付
- 料理のキャッチフレーズ
- 料理名
- 料理の完成写真
- エネルギー
- 塩分
- 食材とその分量
- 作り方
- 料理に対するアドバイス

「キューピー3分クッキング」のサイトでは、1つのレシピが1つのHTMLファイルとして保存されている。しかし、レシピごとにタグ付けが統一されていない。そこで、検索条件として利用するために必要な項目をHTMLから人手で抽出し、整備した。収集したレシピ2873件のうち、現在までに整備したレシピは341件である。抽出した項目を以下に示す。

---

\*7 <https://www.ntv.co.jp/3min/>



- 放映日  
季節で検索するために抽出した。4月から6月を「春」、7月から9月までを「夏」、10月から12月までを「秋」、1月から3月までを「冬」とした。
- 料理名
- 食材
- 分量
- 部品名, 小部品名  
本研究では, 複数の食材で作られたものを「部品」と呼ぶ。部品も食材として扱うことで, 部品名による検索を可能にする。
- 様式  
「和食」, 「中華」, 「洋食」, 「その他」がある。
- 種類  
「主食」, 「主菜」, 「副菜」, 「汁物」, 「デザート・お菓子」, 「その他」がある。
- 調理方法  
「煮る」, 「焼く」, 「蒸す」, 「炒める」, 「揚げる」, 「鍋」, 「オーブン」, 「酢のもの・和えもの」がある。

### 3.4.3 食品群辞書

食品群別摂取量を利用するために, レシピ中の食材名を食品群に分類する必要がある。分類するために用いる「食品群辞書」は, 食材名とその食品群を定義した辞書である。辞書は「カラグラフ食品成分表」[47]を参考に作成した。食品群辞書の抜粋を図3.5に示す。

食材名は, 照合できた食材名と同じ食品群に分類する。しかし, 異表記のために照合できない食材名や辞書にない食材名への対処として, 柔軟な照合が必要となる。そこで, 以下に示す(A)から(F)を順番に実行し, 分類できた段階で処理を終了する。

- A. 食材名をそのまま照合する。
- B. 食材名の読み仮名で照合する。
- C. 食材を形態素解析して, 一部を照合する。

例えば, 「りんごのすりおろし」を形態素解析すると, 「りんご」, 「の」, 「すり」, 「おろし」に分割される。これらのうち, 「りんご」は第4群に属するため, 「りんごのすりお

表 3.5 食品群辞書の抜粋

食品群	辞書の例
第1群	あいなめ, あぶらめ, あこうだい, あじ, まあじなど
第2群	乳類, 牛乳, 生乳, 低脂肪乳, 乳飲料
第3群	青じそ, あさつき, せんぼんわけぎ, せんぶき, あしたば
第4群	ホワイトアスパラガス, うど, えだまめ, エンダイブ, にがじしゃ
第5群	こんにゃく, 板こんにゃく, しらたき, 糸こんにゃく, さつまいも
第6群	オリーブ, ごま油, 調合油, 牛脂, ラード

ろし」を第4群に分類する。なお、一般に先頭の単語が食材の主語であることが多いため、複数の単語が異なる食品群に対応した場合は、食材名の先頭に近い単語を優先して分類する。

- D. 食材名の単位が「大きじ」、「小さじ」、「その他（適量、少々など）」の食材は調味料に分類する。単位が「大きじ」、「小さじ」などは、ほとんどの場合、食材が調味料や香辛料である。
- E. Nグラム検索と Cyclone [60] で検索される関連語を使い、多数決によって分類する。Nグラム検索は、構成文字が似ている食材名を検索する。例えば、「にんじん」を構成するバイグラムは、「にん んじ んじ じん」である。構成文字が似ている食材名として、にんにく（にん んに にく）、ちりめんじゃこ（ちり りめ めん んじ じゃやこ）などがある。

Cyclone の関連語検索は、検索窓に入力した語と関連がある言葉を検索する。Cyclone の検索窓に「にんじん」と入力した場合の出力画面を図 3.3 に示す。



図 3.3 「にんじん」という入力に対する Cyclone [60] の検索結果

図 3.3 では、検索窓の下に、入力した語の分野名、関連語、複合語が表示される。「にんじん」の関連語は、ビタミン A、カロチン、バターなどである。

N グラム検索と Cyclone 検索によって得られた関連語を使う。しかし、得られた関連語には、食材名とは関係のない語も含まれることがある。そこで、整備したレシピから収集した食材名と一致する語だけを使う。その結果、図 3.3 の例では、「ビタミン A」や「カロチン」は削除され、「バター」や「りんご」が残る。

検索された関連語の食品群を調べ、一番多い食品群に食材名を分類する。食品群辞書の食材名と完全一致もしくは読み仮名で食品群を調べる。

例えば、「焼き豆腐」について、N グラム検索を行うと、高野豆腐（第 1 群）、木綿豆腐（第 1 群）などが検索される。また、Cyclone 検索を行うと、こんにゃく（第 5 群）、しょうが（第 4 群）などが関連語として検索される。「焼き豆腐」の関連語として、第 1 群に分類される食材が多いため、「焼き豆腐」を第 1 群に分類する。

F. 以上の手順で照合できない場合は、調味料に分類する。

なお、(A) から (F) の最適な適用順序を調べるために、3.6 節では比較実験を行う。

#### 3.4.4 グラム変換辞書

食品群別摂取量の単位はグラムである。しかし、レシピには「にんじん 2 本」のようにグラム以外の単位で表記されている食材がある。そのため、レシピにある食材の単位をグラムに変換する必要がある。変換には、食材名と分量の単位、それに対するグラム表記を定義した「グラム変換辞書」を用いる。図 3.6 にグラム変換辞書の抜粋を示す。

表 3.6 グラム変換辞書の抜粋

食材名	単位	グラム表記 (g)
酒	小さじ	5
酢	小さじ	5
かぼちゃ	個	700
えび	尾	350
かぶ	個	106

グラム変換辞書は以下の方法で作成した。

- a. 「カラーグラフ食品成分表」を参考にして人手で作成した。辞書の項目数は95件である。
- b. Google<sup>\*8</sup>とYahoo!<sup>\*9</sup>を用いて、食材名などでWebページを検索し、検索されたページから分量に関するパターンによって抽出された食材名と分量の単位、さらにその分量に対するグラム表記の組み合わせを使って辞書を作成した。辞書の項目数は、Googleから50件、Yahoo!から67件追加した。次に、括弧表現に関するパターンとの照合によって、数値を自動的に抽出する。

例えば、「にんじん 1本 g」という質問を用いて、Webページを検索し、検索結果の中から該当パターンを探す。該当パターンである「にんじん 1本 (200g)」から数値を抽出し、辞書に「にんじん 本 200」を辞書に登録する。

グラム変換辞書を引く場合にも辞書中の項目と食材名との柔軟な照合が必要となるため、食品群辞書の場合における照合方法(A)から(F)のうち、(D)と(F)を除き、同じ手法を用いた。(D)と(F)を除く理由は、グラム変換では調味料を対象としないからである。

### 3.5 システムの実行例

レシピ検索システムの入力画面を図3.4に示す。検索画面には、「年齢」、「性別」、「料理名」、「食材」、「様式」、「種類」、「調理方法など」、「季節」といった検索方式を入力もしくは選択するフォームとボタンがある。「季節」は、キューピー3分クッキングにおいて各レシピが放映された日付から、4~6月を「春」、7~9月を「夏」、10~12月を「秋」、1~3月を「冬」に分類して入力できるようにしている。また、食品群別摂取量の規定量は年齢と性別によって異なるため、ユーザは年齢と性別を入力しなければならない。

図3.4では、20代の男性に対して、「キャベツ 100g 以内かつ主菜」である料理を条件として検索している。食材に「キャベツ ≤ 100」と入力して、種類の「主菜」を選択し、検索ボタンをクリックして検索する。初期検索の結果を図3.5に示す。

図3.5には、条件に合致した料理名とその料理の様式と種類の一覧が表示されている。初期検索で検索された各料理について、「組み合わせで検索」(3.3.1節)、「材料の類似で検索」(3.3.2節)、「調理手順の類似で検索」(3.3.3節)を選択することができる。

まず、図3.5で「組み合わせで検索」を選択した場合の結果を図3.6に示す。図3.6の下方に組み合わせで検索された結果が表示される。初期検索で検索された「キャベツ肉だんご」と

\*8 <https://www.google.com/>

\*9 <https://www.yahoo.co.jp/>

---

年齢   男  女

料理名

材料

様式  和食  中華  洋食  その他

種類  主食  主菜  副菜  汁物  デザート・お菓子  その他

調理方法など  煮る  焼く  蒸す  炒める  揚げる  鍋  オーブン  酢のもの・和えもの

季節  春  夏  秋  冬

検索方式  AND  OR

---

(レシピ数: 341件)

図 3.4 レシピ検索システムの入力画面

検索結果 (12件中 10件表示)

年齢: 20代 性別: 男性 検索方式: AND  
 材料: キャベツ<=100  
 種類: 主菜

1. [キャベツ肉だんご](#) 和食 主菜 煮もの
2. [プチトマトポークジンジャー](#) 洋食 主菜 焼きもの
3. [あじとキャベツのお好み揚げ](#) 主菜 揚げもの
4. [豚肉のスパイス焼き](#) 主菜 焼きもの
5. [鶏レバーとキャベツの辛しあえ](#) 主菜 和えもの
6. [キャベツとにんじんの春巻き ナンブラーソース](#) 主菜 揚げもの
7. [青じそギョーザ](#) 中華 主菜 焼きもの
8. [塩豚と野菜の蒸し煮](#) 主菜 蒸しもの
9. [卵とキャベツのチーズグラタン](#) 洋食 主菜 オーブン
10. [豚肉と塩もみキャベツの炒めもの](#) 主菜 炒めもの

[次の10件](#)

---

[組み合わせで検索](#)   [材料の類似で検索](#)   [調理手順の類似で検索](#)

図 3.5 「キャベツ 100g 以内かつ主菜」という条件に対する初期検索の結果

年齢：20代 性別：男性 検索方式：AND

材料：キャベツ<=100

種類：主菜

1. [キャベツ肉だんご](#) 和食 主菜 煮もの
  2. [プチトマトポークジンジャー](#) 洋食 主菜 焼きもの
  3. [あじとキャベツのお好み揚げ](#) 主菜 揚げもの
  4. [豚肉のスパイス焼き](#) 主菜 焼きもの
  5. [鶏レバーとキャベツの辛しあえ](#) 主菜 和えもの
  6. [キャベツとにんじんの春巻き ナンプラーソース](#) 主菜 揚げもの
  7. [青じそギョーザ](#) 中華 主菜 焼きもの
  8. [塩豚と野菜の蒸し煮](#) 主菜 蒸しもの
  9. [卵とキャベツのチーズグラタン](#) 洋食 主菜 オープン
  10. [豚肉と塩もみキャベツの炒めもの](#) 主菜 炒めもの
- 次の10件

[組合せの良さで検索](#)    [材料の類似で検索](#)    [調理手順の類似で検索](#)

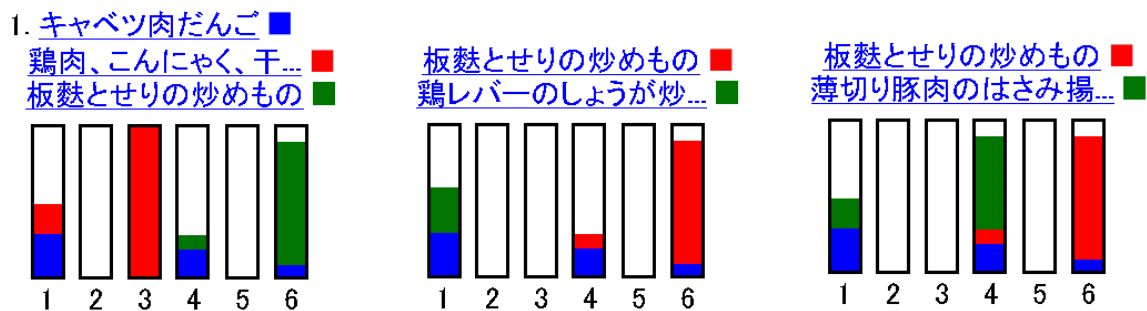


図 3.6 「組み合わせで検索」による検索結果の例

栄養バランスが良い2つの料理の上位3件の料理名とグラフが表示されている。このグラフの横軸は食品群であり、縦軸は式(3.1)で計算された食品群ごとの充足率を表している。青色の部分、「キャベツ肉だんご」を食べた場合の充足率を表す。赤色の部分、緑色の部分は組み合わせが良い料理上位3つをそれぞれ食べた場合の充足率を表す。

図 3.6 に表示されている3つの献立をそれぞれ A, B, C とする。各献立について食品群ごとの充足率と全食品群を横断して計算した充足率を表 3.7 に示す。表 3.7 では、献立 A の充足率が最も高いことを示している。

次に、図 3.5 で「材料の類似で検索」を選択した場合の結果を図 3.7 に示す。図 3.7 の下方に食材の類似で検索された結果が表示されている。初期検索で検索された「キャベツ肉だんご」と食材が類似している料理上位3件の料理名が表示されている。

最後に、図 3.5 で「調理手順の類似で検索」を選択した場合の検索結果を図 3.8 に示す。図 3.8 の下方にあるのが調理手順の類似で検索した場合の検索結果である。初期検索で検索された「キャベツ肉だんご」と調理手順が類似している料理上位3件の料理名が表示されている。

検索結果 (12件中 10件表示)

年齢：20代 性別：男性 検索方式：AND  
 材料：キャベツ<=100  
 種類：主菜  
 1. [キャベツ肉だんご](#) 和食 主菜 煮もの  
 2. [プチトマトポークジンジャー](#) 洋食 主菜 焼きもの  
 3. [あじとキャベツのお好み揚げ](#) 主菜 揚げもの  
 4. [豚肉のスパイス焼き](#) 主菜 焼きもの  
 5. [鶏レバーとキャベツの辛しあえ](#) 主菜 和えもの  
 6. [キャベツとにんじんの春巻き ナンブラーソース](#) 主菜 揚げもの  
 7. [青じそギョーザ](#) 中華 主菜 焼きもの  
 8. [塩豚と野菜の蒸し煮](#) 主菜 蒸しもの  
 9. [卵とキャベツのチーズグラタン](#) 洋食 主菜 オープン  
 10. [豚肉と塩もみキャベツの炒めもの](#) 主菜 炒めもの  
 次の10件

[組み合わせで検索](#) [材料の類似で検索](#) [調理手順の類似で検索](#)

1. [キャベツ肉だんご](#)  
[青じそギョーザ](#)  
[肉だんごの黒酢あん](#)  
[ごまつくねの甘辛ソース](#)

図 3.7 「材料の類似」で検索した結果

検索結果 (12件中 10件表示)

年齢：20代 性別：男性 検索方式：AND  
 材料：キャベツ<=100  
 種類：主菜  
 1. [キャベツ肉だんご](#) 和食 主菜 煮もの  
 2. [プチトマトポークジンジャー](#) 洋食 主菜 焼きもの  
 3. [あじとキャベツのお好み揚げ](#) 主菜 揚げもの  
 4. [豚肉のスパイス焼き](#) 主菜 焼きもの  
 5. [鶏レバーとキャベツの辛しあえ](#) 主菜 和えもの  
 6. [キャベツとにんじんの春巻き ナンブラーソース](#) 主菜 揚げもの  
 7. [青じそギョーザ](#) 中華 主菜 焼きもの  
 8. [塩豚と野菜の蒸し煮](#) 主菜 蒸しもの  
 9. [卵とキャベツのチーズグラタン](#) 洋食 主菜 オープン  
 10. [豚肉と塩もみキャベツの炒めもの](#) 主菜 炒めもの  
 次の10件

[組み合わせで検索](#) [材料の類似で検索](#) [調理手順の類似で検索](#)

1. [キャベツ肉だんご](#)  
[ギョーザ鍋](#)  
[えびとセロリのワンタンスープ](#)  
[ごまつくねの甘辛ソース](#)

図 3.8 「調理手順の類似」で検索した結果

表 3.7 図 3.6 における 3 つの献立に対する充足率

食品群	A	B	C
1 群	0.51	0.61	0.50
2 群	0	0	0
3 群	0.99	0.01	0.05
4 群	0.32	0.32	0.76
5 群	0.04	0.04	0.05
6 群	0.98	0.98	0.14
充足率	0.47	0.33	0.25

## 3.6 評価実験

### 3.6.1 概要

本システムは食品群別摂取量を計算する際に種々の辞書を使用するため、辞書に登録されていない食材名の表記との柔軟な照合手法を 3.4.3 で提案した。本システムは、3.4.3 と 3.4.4 で提案した「食品群辞書」と「グラム変換辞書」を使用する。これらの辞書に対する照合はシステムの有効性に影響するため、人手で整備した 341 件のレシピデータを使って評価実験を行った。

さらに、グラム変換辞書の作成において、グラムに変換する必要がある「食材と分量の単位」がどれだけ正確に網羅されたかも評価した。

### 3.6.2 食品群辞書との柔軟な照合

整備した 341 件のレシピから抽出した食材名 502 に対して実験を行った。3.4.3 で説明した (A)~(F) を順番に実行した場合に「正しく照合できた食材数」、「再現率」、「精度」を表 3.8 に示す。再現率は、すべての食材数に対して、正しい食品群に分類された数の割合である。精度は、食品群に分類された食材数に対して、正しい食品群に分類された数の割合である。全ての食材名を食品群に分類した場合は再現率と精度の値は必ず一致する。(A) から (F) に処理が進むにつれて精度は下がった。しかし、(A) から (F) のいずれも再現率を向上させ、再現率と精度は最終的に 79.5% になった。すなわち、79.5% の食材名が正しい食品群に分類された。管理栄養士の方にこの再現率と精度で実用上問題がないという評価をいただいた。

しかし、肉類 (1 群) は 1 食における栄養の大半を占めるため、照合を誤ると栄養素等摂取バランスの計算に大きな誤差が生じる。そこで、肉類について内訳を調査した。食材名 502 のうち、肉類は 39 あり、このうち 36 の食材名が 1 群に分類された。すなわち、肉類は再現率



表 3.8 食品群分類の評価

照合方法	正しく照合できた食材数	再現率 (%)	精度 (%)
(A)	145	28.9	100
(B)	162	32.3	99.4
(C)	286	57.4	96.0
(D)	350	70.1	89.6
(E)	389	77.9	82.8
(F)	397	79.5	79.5

と精度ともに 92.3% という高い値で食品群に分類することができた。分類を誤った食材名は「砂肝」、「ウインナーソーセージ」、「粗びきウインナーソーセージ」の3つである。これらは (E) の段階で照合しており、料理で一緒に使われる食材名が関連語として検索されたために誤りが生じた。例えば、「砂肝 (1 群)」の関連語として、にんにく (4 群)、しょうが (4 群)、ごま油 (6 群) などが検索されたために、分類誤りが生じた。

### 3.6.3 グラム変換辞書との柔軟な照合

整備した 341 件のレシピから抽出した「食材と分量の単位」の組合せは 743 ある。このうち、もとよりグラム表記されている 252 の組合せはグラムに変換する必要がない。分量が「少々」や「適量」で表記されている 83 の組合せはグラム変換できない。残りの 408 についてグラム変換を行った。

3.4.4 で説明した辞書の作成方法 (I) と (I) + (II) を用いて、3.4.3 の (A), (B), (C) を順番に実行した場合の再現率と精度を表 3.9 に示す。再現率は、グラム変換が必要な「食材と分量の単位」の組合せに対して、正しくグラムに変換された割合である。精度は、グラムに変換された「食材と分量の単位」の組合せに対して、正しくグラムに変換された割合である。

不適切な食材名と照合してグラムに変換された場合は誤りとした。例えば、「ニンジン 1 本」の代わりに異表記の「にんじん 1 本」が辞書に登録されていたとする。「にんじん 1 本 (150g)」を使ってグラムに変換した場合は正解とし、「バナナ 1 本 (180g)」を使って変換した場合は誤りとした。

表 3.9 より、(I) だけを用いた場合は、処理が進むにつれて精度は 98.4% まで下がった。しかし、照合できる食材数は増え、再現率は最終的に 29.7% になった。(I) + (II) を用いた場合は、再現率と精度がそれぞれ 41.2% と 97.7% になった。また、表 3.8 と同様に、(A), (B), (C) のいずれも再現率の向上に貢献した。

また、(I)+(II) を用いた場合、正しくグラムに変換できた「食材と分量の単位」の組合せは 168 件であり、グラムに変換する必要がない組合せ 252 件を含めると全体の 67.7% が正しい

表 3.9 グラム変換処理の評価

照合方法	辞書	再現率 (%)	精度 (%)
(A)	(I)	18.6	100
	(I)+(II)	29.2	100
(B)	(I)	20.1	100
	(I)+(II)	30.9	100
(C)	(I)	29.7	98.4
	(I)+(II)	41.2	97.7

グラム表記になった。管理栄養士の方にこの再現率と精度で実用上問題がないという評価をいただいた。

しかし、肉類（1群）は1食における栄養の大半を占めるため、照合を誤ると栄養素等摂取バランスの計算に大きな誤差が生じる。そこで、肉類について内訳を調査した。「食材と分量の単位」の組合せ743のうち、肉類は47あり、このうちグラム表記である組合せは39あった。残り8の組合せ中、グラムに変換できた組合せは5であった。全体として44の組合せがグラム表記になった。すなわち、肉類の分類について再現率と精度はそれぞれ93.6%と100%という高い値だった。グラム表記できなかった3つの組合せは、「牛肉 大きじ」、「生ハム 枚」、「豚ロース肉 切れ」だった。

さらに、グラム変換辞書を評価するために、辞書に登録された「食材名と分量の単位、それに対するグラム表記」の組合せに対して、検索されたページから正しく抽出できた件数を調査した。正しく抽出できた件数の判定について「食材は、にんじん1本（150g）が必要で、塩分はにんじん1本（1g）・・・」という記述を例に説明する。前半から「にんじん 本 150」を抽出した場合を正解とし、後半から「にんじん 本 1」を抽出した場合は、「1g」が塩分量であるため不正解とした。(I)では人手で辞書を作成するため、登録されている組合せは全て正解であった。(I)+(II)を用いた場合も登録された43項目は全て正しく抽出された。(II)は自動手法であり、効率的に辞書を更新することができるため有効であるといえる。

### 3.6.4 誤り分析

「食品群辞書」との柔軟な照合について、正しく分類できなかった食材名を人手で分析した。その内訳を表3.10に示し、誤りの原因について考察する。

(B)では、同音異義の食材名が誤って分類される場合があった。具体的には、「酒」と「鮭」の誤りが1件あった。対策として、漢字が異なる場所は読みが同じでも異表記と見なさない方法がある。しかし、「卵」と「玉子」のように漢字が異なっても読みと意味が同じ組があるため、根本的な解決は困難である。

表 3.10 正しい食品群に分類できなかった食材名の例

照合方法	食材名の例
(B)	酒
(C)	りんご酢, 粉唐辛子
(D)	サラダ油, 干しエビ
(E)	レーズン, ゆでたけのこ

表 3.11 グラム変換処理を誤った食材名と単位の一部

照合方法	食材名と単位の例
(C)	「ドライトマト 個」, 「ジャンボピーマン 個」 「うずらの卵の水煮 個」, 「うずら卵の水煮 個」

(C) では、調味料に関する誤りが多かった。例えば、「りんご酢」を形態素解析すると、「りんご (4群)」と「酢」に分割され、酢は照合できる食品群がないため、「りんご酢」が4群に分類されてしまった。

(D) は、単位が「大きじ」もしくは「小さじ」、分量が「適量」もしくは「少々」である食材名を調味料に分類する。しかし、分量が「適量」と書かれた食材名は正しく分類されない場合があった。

(E) では、料理で一緒に使われる食材名が関連語として検索されたために誤りが起こった。例えば、「レーズン (4群)」の関連語として、バター (6群)、ベーキングパウダー (調味料)、生クリーム (2群)、チーズ (2群) などが検索されたために、分類誤りが生じた。

次に、「グラム変換辞書」との柔軟な照合について、正しく照合できなかった食材名を人手で分析した。その内訳を表 3.11 に示し、誤りの原因について考察する。なお、(A) と (B) では誤りがなかった。

(C) では、形態素解析して分割された単語が重量が大きく異なる食材名と照合した場合に誤りがあった。例えば、「ドライトマト 1個」がある。「ドライトマト」を形態素解析すると、「ドライ」と「トマト」に分割される。そのため、食材名の「トマト」で照合し、グラム変換が行われた。その結果、辞書にある「トマト 1個 170g」より、ドライトマトの1個が170gと変換されてしまった。しかし、ドライトマト1個は7gであり、重量が大きく異なるため、誤りである。

ここで、栄養バランスに関する指標について議論する。農林水産省が提案する「食事バランスガイド」<sup>\*10</sup>では、食事を「主食」、「主菜」、「副菜」、「牛乳・乳製品」、「果物」という5つのグループに分けて、1日に必要な食事量を規定している。具体的には、年齢、性別、生活様式

\*10 <https://www.maff.go.jp/j/balance-guide/>

に応じて、各グループから摂取すべき分量を「単品料理の単位」で決める。例えば、「うどん1杯は主食2つ分」というように料理を計量し、12~17才の男性で1日中座っていることがほとんどであれば、1日に必要な食事量は、主食5~7、主菜3~5、副菜5~6、牛乳・乳製品2、果物2である。

必要とされる食事量を規定する点では、食事バランスガイドは、3.4.3節で説明した食品群別摂取量と類似する。しかし、食事バランスガイドは、「おにぎり1個は主食1つ分」、「うどん1杯は主食2つ分」、「野菜サラダ1皿は副菜1つ分」といった具合に、料理と分量に関する大雑把な目安しか規定しない。それに対して、食品群別摂取量は、摂るべき食事量を食材ごとにグラム単位で計算できる点で、食品群ごとの摂取量を詳細に算出することができる。

しかし、食事バランスガイドも本システムで積極的に利用できる可能性がある。具体的には、本システムが食品群別摂取量を用いて検索した献立の候補が多い場合に、食事バランスガイドで推奨されているグループの組合せを優先する方法である。ユーザが使用可能な条件を増やすことによって、本システムの有用性を高める効果がある。

そのためには、レシピごとにグループと分量に関する情報が必要である。現在使用しているレシピのデータには、料理の種類として「主食」、「主菜」、「副菜」の情報が付与されているものの、「牛乳・乳製品」と「果物」の情報は付与されていない。また、「1つ分」や「2つ分」といった分量に関する情報も付与されていない。さらに、食事バランスガイドで例示されている料理は少ないため、実際に食べる料理との柔軟な照合が必要である。これらの点について今後検討の余地がある。

### 3.7 まとめ

本研究は、栄養素等摂取バランスを考慮した献立作成の支援を目的として料理レシピの検索システムを提案した。栄養素等摂取バランスを計算するために必要な種々の辞書を作成した。また、辞書に登録されていない食材名の表記との柔軟な照合手法を提案し、実験によって有効性を評価した。

今後の課題として、対象とするレシピの件数を増やし、さらなる評価を行うことがある。また、レシピデータを Web から自動的に収集して拡張性を高めることがある。さらに、週や月といった長期的な単位における栄養素等摂取バランスを考慮する必要がある。

## 第 4 章

# 調理手順に着目した料理レシピ解析

### 4.1 はじめに

「調理手順」に着目した料理レシピの解析手法を提案する。インターネット上には様々なレシピ投稿・共有サイトがある。数 100 万を超える膨大な数のレシピ<sup>\*1</sup>が登録されている。調理手順を分かりやすく示したビデオや写真を多用した料理レシピも増えてきているが、レシピの基本的な構成要素は「食材一覧」と「調理手順」であることに変わりはない。調理手順は、食材一覧に示された個々の食材に対して適切な調理動作を順次適用し、最終的に一つの料理を完成する手順を示している。このため、ほとんどの料理レシピの調理手順は、番号付けされた箇条書きで記述されている。本論文では、このような処理の順序を記述した文書を「手順テキスト」と称する。上記の調理手順以外にも、様々な機器の操作法を示した取扱説明書や、特許の請求項なども手順テキストと見なすことができる。

手順テキストを解析するための様々な研究がある。料理レシピを対象に、異なる調理手順間での重複（同一性）や差異を検出する研究 [23] も盛んに行われている。調理手順の一部が置き換わっている、あるいは、実行の順序が入れ替わっていることを検出するには、調理手順をフローグラフのようなグラフ構造で可視化することが有用と考えられる。実際、Wang ら [14] は、料理レシピのグラフを作成し、類似する部分グラフが存在することを示している。このように、手順テキストに記述された動作の順序を概観し、比較による理解を容易にすることを目的に、様々な観点から手順テキストを構造解析する手法が知られている。

本章では、料理レシピからフローグラフの生成手法を提案する。提案手法は構造解析手法とグラフ可視化手法で構成される。前者の構造解析手法では、従来手法 [24] における解析のロバスト性を高めるために有効な技術を提案する。後者のグラフ可視化手法では、最終的に一つの料理を完成させるまでの手順を記述している特徴を利用して、グラフ生成の精度を向上する。

---

<sup>\*1</sup> 例えば、cookpad には 2020 年 12 月 2 日時点で 343 万以上のレシピがある。

以下、本論文では、4.2, 4.3 節では、フローグラフを定義し、料理レシピからフローグラフを生成するための構造解析手法とグラフ可視化手法について詳述する。4.4, 4.5 節では、実際の料理レシピに提案手法を適用し、精度と再現率での評価と編集距離での評価について説明する。最後に、4.6 節でまとめる。

## 4.2 フローグラフが満たすべき要件

典型的な料理レシピとして、「肉じゃが」の調理手順を以下に示す。この例では、3段階のステップで肉じゃがが完成するまでの調理手順を示しており、各ステップには、調理の対象となる食材と適用する調理動作が記述されている。また、直前のステップで生成された調理済み食材は、次のステップで使用することが暗黙的に示されている。例えば、ステップ1で炒められた肉は、そのままステップ2に引き継がれ、じゃがいもと玉ねぎを加えて更に炒めている。

肉じゃがの調理手順

1. 油をひいて肉に火が通るまで炒める
2. じゃがいもと玉ねぎを入れて炒める
3. 水、みりん、醤油を入れて、中火で10分ほど煮込む

調理手順から生成するフローグラフが満たすべき要件を、以下に整理する。j

- 食材をノードとすると、各ステップで調理された食材もノードとなる。上記の「肉じゃが」の例では、炒められた肉がステップ2の入力となる食材に相当するが、与えられた調理手順には、炒められた肉は陽には記述されていない。そこで、炒めるという調理動作をノードに割り当てることとする。
- 食材リストとして与えられる食材および調理された食材の流れ、すなわち調理のフローをエッジで表す。それぞれに調理した食材を混ぜ合わせて、新たな調理手法を適用する場合はフローが合流する。フローが合流する典型的な調理手法には「混ぜる」がある。一方で、調理された食材を分岐（取り分ける）こともある。例えば、途中まで下ごしらえをした食材の一部を餡として包むとともに、残りをすりつぶしてソースの材料としても使う、というような場合が分岐に相当する。
- ノードに割り当てる食材および調理動作の種類数は有限であり、レシピ集合からあらかじめ抽出しておくことができる。また、混ぜる、加えるなどの調理動作は、フローの合流を前提としているなど、調理動作に固有の属性を調査しておくこともできる。
- フローグラフは、完成料理に至るまでの手順を表すことから、ゴールとなる唯一のノード、すなわち、使用する全ての食材に対して適切な調理動作を適切な順序で適用するフローグラフを生成できる。これは、一つのレシピが一つの料理を作成するための手順を記述していることに起因する特徴である。
- いくつかの調理動作には、調理の具体的な指示がなされている場合がある。例えば、「焼く」という調理動作に対して「3分間」や「焦げ目が付くまで」、「煮る」に対して「煮汁が無くなるまで」などの終了要件が記載されている場合などである。一方、エッジで表すとした調理のフローに関しても、「冷めるまで待つ」などの要件が指示されている場合がある。このような詳細な指示は、ノードやエッジの属性として付与することとし、このようなグラフを「詳細フローグラフ」と称

する。

上述した肉じゃがの調理手順を例としたフローグラフを図4.1に示す。この図の(b)詳細フローグラフでは、調理動作の「炒める」「煮込む」に対して、「火が通るまで」や「中火で10分」などの調理の詳細を属性として付与している。同様にして、食材の量、例えば豚肉を「100g」や玉葱を「2個」などの情報についても、対応する食材の属性として付与する。

標準的なフローグラフ(図4.1(a))と、詳細フローグラフ(図4.1(b))のいずれが適しているかは、応用に依存すると考えられる。フローグラフを見ながら調理を行う場合であれば、食材の量や調理動作の詳細を記述した詳細フローグラフが適当であると言えるが、調理手順の概要を把握する、あるいは、複数の調理手順の類似性や差異を検出する応用であれば、フローを構造的に表現した簡潔な表現のフローグラフを用いるのが適当であるといえる。

## 4.3 フローグラフ生成手法

### 4.3.1 概要

調理手順から食材や調味料の調理過程を表すチャートを生成する先駆的な研究として、従来手法の研究[24]が知られている。ここでの取り組みを[牛肉とセロリのマスタードレモン炒め\*2]を例に概観する。

この研究では、放映されている料理番組のビデオに対して、調理手順を解析してアノートを付けることを目的としている。このため、調理手順の各ステップ(手順)に書かれた調理動作を、これ以上分解できない基本的な調理動作に分解し、調理動作の実行順序を明確にしている。例えば、手順1に記載された「牛肉は一口大に切り、塩、粗びき黒胡椒をふる。」と「セロリは筋をとり、斜め薄切りにする。」とは、適用する食材も調理動作も異なることから、この二つの調理動作は独立で並列関係にあるため、順序を入れ替えても問題ないことが分かる。

また、ビデオが用意されている限られた数のレシピを対象としていることから、調理手順に出現する食材一覧と調理動作とから、料理に固有の辞書を人手で構築している。さらに、構築した辞書を利用して、食材(名詞)と調理動作(動詞)の属性を用いて調理手順のチャートを生成している。

本論文では、先行する従来手法の手法をベースに、幅広いレシピに適用可能とするための拡張を図る。以下、辞書の構築とフローグラフの生成のそれぞれについて、提案手法を詳細に説明する。

牛肉とセロリのマスタードレモン炒め\*3

手順1. 牛肉は一口大に切り、塩と粗びき黒こしょうをふる。セロリは筋をとり、斜め薄切りにする。

手順2. マスタードとレモン汁を合わせておく。

手順3. フライパンにバター大さじ1を溶かして牛肉を強火で炒め、肉の色が変わったらセロリを加えてさっと炒め合わせ、しょうゆをふる。火を止めて(2)を加え、全体に味をからめる。

\*2 <https://www.ntv.co.jp/3min/recipe/20040406/>

表 4.1 動詞辞書

属性 [24]	具体例	説明
単一	焼く, 切る	単一の食材を調理する動作
混合	加える, ふる	複数の食材を混合する動作
分離	分ける, むく	食材の分割や余分な部分を分離する動作
設置	置く, 入れる	容器などの場所や他の食材を置く動作
多義	のぼす, もどす	同音異義語など, 複数の属性をもつ動作
使役	させる	様々な語と結合し調理動作を表す語

表 4.2 名詞辞書

名詞属性	具体例
食材	トマト, にんじん
調味料	塩, こしょう
調理道具	フライパン, 鍋
代名詞	ここ, これ
動作	角切り, 油通し

### 4.3.2 辞書構築

提案手法では, 従来の手法と同様に辞書を構築する. フローグラフのノードとして, 調味料を含む食材名と調理動作を辞書に登録する. 食材一覧と調理手順を形態素解析し, 名詞と動詞を抽出しする. 定義された属性には人手で分類する. 辞書の属性 [24] と例を表 4.2 と表 4.1 に示す.

### 4.3.3 構造解析

#### (1) セットの形成

はじめに, 調理手順を表 4.1 に登録されている調理動作ごとに分割する. ここで調理動作とは, 「切る」や「混ぜ合わせる」といった調理に関する動詞または複合動詞を指し, 調理動作とその対象 (食材, 調味料) の組を「セット」と呼ぶ [24]. 「牛肉とセロリのマスタード炒め」の結果を表 4.3 に示す. 対象レシピからは 12 個のセットが形成される.

従来の手法から, 提案手法では以下の 3 つの特徴を追加で提案する.

#### (a) 連体修飾節

食材名の表現には, 「連体修飾節+名詞」の形で調理動作が含まれている場合がある. 例えば, 「ゆでたじゃがいも」は, 「ゆでる」という調理動作を抽出する必要がある. 連体修飾節から調理動詞とその対象を特定し, セットに追加する. 例えば, 「ゆでたじゃがいもを切る」の場合, 「じゃがいもをゆでる」と「切る」の 2 つのセットを抽出する.



表 4.3 「牛肉とセロリのマスタード炒め」の調理手順から形成されたセット

---

<b>Set1:</b> 牛肉は一口大に切り,
<b>Set2:</b> 塩, 粗びき黒こしょうをふる.
<b>Set3:</b> セロリは筋をとり,
<b>Set4:</b> 斜め薄切りにする.
<b>Set5:</b> マスタードとレモン汁を合わせておく.
<b>Set6:</b> フライパンにバター大さじ1を溶かして
<b>Set7:</b> 牛肉を強火で炒め, <b>Set8:</b> 肉の色が変わったらセロリを加えて
<b>Set9:</b> さっと炒め合わせ,
<b>Set10:</b> しょうゆをふる.
<b>Set11:</b> 火を止めて(2)を加え,
<b>Set12:</b> 全体に味をからめる.

---

### (b) 時間表現

従来手法では、「沸騰する前に」や「きつね色になった後に」といった「～(する)前」や「～(した)後」を含む節は、調理動作でなく食材の状態を表すとし、セットから除外している。しかしこれらの節でも調理動作が含まれる場合がある。例えば「切る前に焼く」は、焼いてから切るという調理動作を表している。

そこで、食材の状態か、調理動作かを区別し、食材の状態を表す場合はセットから除外、調理動作を表す場合はセットに残すこととする。すなわち、特徴語(～前に、～後に)の直前が、調理動作を表す動詞である場合は、セットから除外しない。ただし、そのまま抽出すると調理動作の順序が逆になる場合があるため、特徴語が「前に」の場合は、その前後にある調理動作を逆順として並べ替える。

### (c) 調理動作の表現

調理手順には、調理道具に関する動作が記述されていることがある。例えば、「電子レンジを温める」という表現は、食材に対する調理動作では無いことから、セットからは除外しなければならない。提案手法では、調理道具に関する動作を表す表現を、「調理道具+を+調理動作を表す動詞」と定義し、この形式に該当する表現をセットから除外する。ただし、調理道具が「ラップ」もしくは「包丁をいれる」の場合は、食材や調味料に対する調理動作を表すため、セットとして抽出する。

#### (2) ブロック形成

調理手順では、同じ調理対象が連続して調理される場合、調理対象が省略される場合が多い。そのため、セットの中に調理対象がない場合には前のセットを接続する。セットの集まりを「ブロック」と呼ぶ[24]。「牛肉とセロリのマスタード炒め」の結果を表4.4に示す。例えば、Set2はSet1に接続する。これはSet2に含まれる「ふる」の調理対象である「牛肉」がなく、Set1にある調理対象が連続しているためである。一方、Set5の「合わせる」は、動作対象は同一セット内に含まれているため、Set5はそれだけで1つのブロックとなる。

表 4.4 「牛肉とセロリのマスタード炒め」の調理手順から形成されたブロック

**Block1:**

Set1: 牛肉は一口大に切り,

Set2: 塩, 粗びき黒こしょうをふる.

**Block2:**

Set3: セロリは筋をとり,

Set4: 斜め薄切りにする.

**Block3:**

Set5: マスタードとレモン汁を合わせておく.

**Block4:**

Set6: フライパンにバター大さじ 1 を溶かして

**Block5:**

Set7: 牛肉を強火で炒め,

Set8: 肉の色が変わったらセロリを加えて

Set9: さっと炒め合わせ,

Set10: しょうゆをふる.

Set11: 火を止めて (2) を加え,

Set12: 全体に味をからめる.

動作対象が不足しているかどうかは、調理対象（食材、調味料、調理道具、代名詞、手順番号）が含まれているかを確認する。また、属性によっては対象が2つ以上必要な場合もある。調理対象数の下限は、表 4.5 に示すように、動詞の属性によって定義される。例えば、単一属性を持つ動詞は、動作対象が1つあればよい。一方、混合属性を持つ動詞は、少なくとも2つの動作対象が必要となる。

表 4.5 各属性のフレームワーク

属性	動作対象の数
単一	1
混合	2
分離	1
設置	2
多義	単一と同様に扱う

表 4.6 「多義」属性の分類パターン

動詞	属性	分類パターン
する	混合	食材 + する
ふる	混合	食材 + ふる
のぼす	混合	食材 + で + のぼす
くわえる	混合	食材 + を + くわえる
かける	混合	食材 + (に, を) + かける
	混合	調理道具 + に + かける
もどす	設置	調理道具 + (に, へ) + もどす
いれる	設置	食材 + を + いれる
あける	設置	調理道具 + (に, へ) + あける,
	設置	食材 + を + あける

#### (d) 属性の曖昧性解消

表 4.5 を見ると、動詞属性として「多義」は「単一」と同様に処理される。しかし多義属性の動詞は混合や設置の意味を持つ場合があり、その場合、動作対象の数が単一ではなくなるためブロック接続を誤る場合がある。より詳細な分類が必要なため、本研究では「味の素レシピ大百科」\*4のレシピ 100 件を調査した。多義の属性をもつ動詞 8 つを本来の属性に処理するために定義した。分類パターンを表 4.6 に示す。

#### (3) ブロック接続

最後に従来と同様の手法でブロック接続を行う。ブロックを接続するために、ブロック中に含まれる手がかりを探す。具体的には、代名詞、手順番号、食材の順に接続先を探す [24]。従来手法では特に指定していなかったが、手がかりがない場合は前のブロックに接続する。

##### (i) 代名詞

ブロックの先頭セットが以下の条件のいずれかを満たす場合は、直前のブロックと接続する。

- 代名詞がある  
「ここ」や「これ」などの代名詞は直前の手順や食材を指す。特にブロックの先頭にくるセットの代名詞は、直前のブロックを指すと考えられる。
- 添加に関する語がある  
「さらに」などの添加に関する語は、直前のブロックから調理動作が連続することを示す。
- 食材名が含まれていない  
食材名が省略されている場合は、直前のブロックと同じ調理対象であり調理動作が連続すること

\*4 <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/>

を示す。

(ii) 手順番号

接続キーワードによる接続に失敗した場合は、手順番号を探索し、自ブロックと同じ手順番号を含むブロックと接続する。

(iii) 食材名

手順番号による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の順に探索し、同じ食材名が含まれているブロックと接続する。例えば、ブロック1には(i) 接続キーワードや(ii) 手順番号が含まれておらず、(iii) 食材名による接続を行う。ブロック1には「牛肉」という食材名が含まれており、ブロック1から後方のブロックを探索し、「牛肉」が含まれているブロックがあれば、そのブロックと接続する。

表 4.7 ブロック接続の結果

Connection source → destination	Clue
Block1 → Block5	食材名
Block2 → Block5	食材名
Block3 → Block5	手順番号
Block4 → Block5	手がかりなし

#### 4.3.4 グラフの可視化手法

はじめに、形成されたブロックごとに可視化を行う。まずは調理対象となる食材とその調理動作のノードを作成し、ノード同士を順番にエッジで接続する。例えば、Block1ではSet1から「牛肉」と「切る」のノードを生成し、エッジで接続する(図4.2(a))。そして、Set2から「塩」、「黒胡椒」、「ふる」のノードを生成し、さらに接続する。Block1を可視化すると、図4.2(b)となる。同様に、Block2からBlock5までを可視化した結果を図4.3に示す。

次に、ブロック接続時の手がかりを用いて可視化した各ブロックを接続する。ここでは、調理動作ノードから調理動作ノードへの接続する。例えば、Block1の手がかりは、Block5のSet6に含まれる「牛肉」である。そのためBlock1の末尾ノードである「ふる」からBlock5の先頭ノードの「炒める」へとエッジで接続する。Block1と同様に、Block2の手がかりは、Block5のSet8に含まれる「セロリ」である。Block2の「薄切りにする」から、Block5にあるSet8の「加える」へ接続する。Block3とBlock5はSet11に含まれる手順番号が手がかりである。Block3の「合わせる」からSet12の「加える」を接続する。手がかりがない場合は、そのブロックの先頭ノードに接続する。例えば、Block4の「溶かす」は、Block5の先頭ノードである「炒める」へ接続する。最終的な結果を図4.4に示す。

## 4.4 評価実験：精度と再現率による評価

### 4.4.1 概要

インターネット上には、様々なレシピサイトが公開されている。そこで、比較的用語や表現が統制されている「味の素レシピ大百科」\*<sup>5</sup>、「キューピー 3分クッキング」\*<sup>6</sup> および、ユーザが自由に投稿できるために、レシピによって表現が異なる「cookpad」\*<sup>7</sup>からレシピを収集し、フローグラフの生成実験を行った。

提案手法は複数の処理から成っているため、総合評価として「フローグラフの評価」と処理単位の評価としてセット形成、ブロック形成、ブロック接続の各処理において評価を行った。さらに、本研究で提案した各修正点における有効値も評価した。

### 4.4.2 辞書構築

レシピテキスト固有の名詞辞書と動詞辞書を構築し、先行研究と比較評価する。評価に使用したレシピは、「味の素レシピ大百科」からランダムに選択した500件である。選択した各レシピに対して、「食材一覧」と「調理手順」を形態素解析し、名詞辞書には名詞と未知語を、動詞辞書には動詞を登録する。

登録した各項目の属性は、人手で付与した。また、名詞属性の「代名詞」と「動作」は、茶筌 ver2.4.4のIPA辞書2.7.0にある「代名詞」と、「サ変接続」に登録されている名詞をそれぞれ登録した。構築した名詞辞書と動詞辞書の項目数を表4.12に示す。

### 4.4.3 評価対象

生成実験に使用したレシピは、「味の素レシピ大百科」のレシピから、掲載順(id順)に調理手順数が3以上のレシピを、10件(R1~R10)選択した。これらの評価データの特徴を表4.8に示す。

また、辞書構築に使用していないレシピに対する評価を行うために、上記と同様の条件で、「味の素レシピ大百科」から10件(B1~B10)、「キューピー 3分クッキング」から10件(C1~C10)、「cookpad」から10件(D1~D10)を選択した。

### 4.4.4 フローグラフの評価

レシピテキストが正しく解析できたか、生成されたフローグラフをもとに評価を行った。完全一致で一箇所でも誤りがあると再現率と精度が0になってしまい、0か100でしか評価できない。解析精度を100%にすることは難しく、ほとんどが0%になってしまう。そこで、解析がどのくらい正しくできたか評価するために、フローグラフを細分化し、ノード対に着目した。評価の方法は、フローグラフから接続されたノード対の集合を抽出し、ノード対の正解数で評価を行った。評価方法の例を示す。

図4.5に正解と出力されたフローグラフの具体例を示す。

\*<sup>5</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/>

\*<sup>6</sup> <https://www.ntv.co.jp/3min/>

\*<sup>7</sup> <https://cookpad.com>

表 4.8 評価データの特徴

ID	それぞれの個数				
	種類	手順	文字	セット	ブロック
R1	主菜	5	390	18	7
R2	主菜	6	368	16	8
R3	主食	7	507	24	8
R4	主食	3	270	11	5
R5	副菜	4	306	11	6
R6	主食	3	228	10	6
R7	主食	4	274	13	5
R8	副菜	5	379	17	5
R9	主菜	3	439	18	8
R10	副菜	8	523	21	8

図 4.5 左の正解のフローグラフから抽出されるノード対を以下に示す。

(ノード 1, ノード 2), (ノード 1, ノード 3), (ノード 2, ノード 4),  
(ノード 3, ノード 4), (ノード 4, ノード 5)

また、図 4.5 右の出力されたフローグラフから抽出されるノード対を以下に示す。

(ノード 1, ノード 2), (ノード 1, ノード 3), (ノード 1, ノード 4),  
(ノード 2, ノード 5), (ノード 3, ノード 5), (ノード 4, ノード 5)

抽出されたノード対のうち正しいノード対は 3 つである。よって、この例では再現率は 60%(3/5)、精度は 50%(3/6) となる。

以上の評価方法により、従来手法と提案手法を比較した際の再現率、精度、F 値を表 4.9、4.10 に示す。従来手法と提案手法を平均の精度、再現率、F 値で比較する。

レシピ A~D をみても、精度をあまり下げずに再現率を向上させることができた。この評価では、再現率、精度、F 値ともに有意水準 5% において有意な差があった。

#### 4.4.5 処理単位の評価

セット形成、ブロック形成、ブロック接続における処理単位の評価を行った。従来手法と提案手法を比較した際の再現率、精度、F 値を表 4.11 に示す。ブロック形成に関しては、再現率、精度、F 値ともに差異はなかった。

セット形成の処理では、レシピ A~D は従来手法の手法と比較すると、F 値はすべて向上している。

表 4.9 A1~A10 のフローグラフ評価

レシピ	再現率		精度		F 値	
	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
A1	22.2	44.4	66.7	50.0	33.3	47.1
A2	<b>6.2</b>	37.5	25.0	37.5	10.0	37.5
A3	12.5	25.0	33.3	25.0	18.2	25.0
A4	54.5	72.7	75.0	72.2	63.2	72.7
A5	18.2	54.5	100.0	54.5	30.8	54.5
A6	30.0	80.0	75.0	80.0	42.9	80.0
A7	23.1	69.2	75.0	64.3	35.3	66.7
A8	17.6	76.5	60.0	76.5	27.3	76.5
A9	16.7	66.7	60.0	75.0	26.1	70.6
A10	23.8	61.9	100.0	59.1	38.5	60.5
平均	22.5	58.8	67.0	59.5	32.6	59.1
差分	+36.3		-9.5		+26.5	

また、精度を下げずに再現率が向上している。

ブロック接続の評価では、レシピ A~C は従来手法の手法と比較すると、F 値はすべて向上している。一方でレシピ D は精度が大幅に低下している。cookpad は様々なユーザーがレシピを投稿しており、用語や表現が統一されていない。そのため、ブロック接続する際の手がかりを発見できず、誤った接続を行ってしまう場合があった。

## 4.5 評価実験：編集距離による評価

### 4.5.1 概要

実際のレシピを用いて提案手法の有効性を評価した。比較的用語や表現が統制されているレシピサイト「味の素レシピ大百科」\*<sup>8</sup>のレシピを収集し、評価を行った。評価では、まず辞書を構築し、生成されたフローグラフを人手で作成した正解のフローグラフと比較する。フローグラフは木構造とみなして評価を行う。

### 4.5.2 辞書の構築

4.3.2 節に示した手法に従って、評価に使用する名詞辞書と動詞辞書を構築した。レシピは「味の素レシピ大百科」のレシピサイトから無作為に選んだ 500 件を使用する。名詞属性の「代名詞」と「動作」

\*<sup>8</sup> <https://park.ajinomoto.co.jp/recipe/>

表 4.10 各セットのフローグラフ評価

セット	再現率		精度		F 値	
	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法	従来手法	提案手法
A1～ 平均	22.5	58.8	67.0	59.5	32.6	59.1
A10 差分	+36.3		-9.5		+26.5	
B1～ 平均	14.0	50.3	70.2	50.3	21.7	50.2
B10 差分	+36.3		-19.9		+28.9	
C1～ 平均	23.4	46.9	45.2	43.9	28.7	45.3
C10 差分	+23.5		-1.3		+16.6	
D1～ 平均	16.3	25.7	40.0	28.5	21.2	27.0
D10 差分	+9.4		-11.5		+5.8	

は、茶筌 ver2.4.4 の IPA 辞書 2.7.0 にある「代名詞」と「サ変接続」に登録されている名詞をそれぞれ登録した。構築された名詞辞書と動詞辞書の項目数を表 4.12 に示す。

### 4.5.3 評価対象

評価対象は、辞書構築に用いた「味の素レシピ大百科」のレシピから 10 件とした。条件として、調理ステップが 3 以上のレシピについて、投稿順 (ID 順) に選定した。

### 4.5.4 編集距離によるフローグラフの評価

生成したフローグラフをもとに総合評価を行った。フローグラフは、最後に完成する調理をルート(根)とする木構造であるとして評価を行う。Tree Edit Distance [9] は、木構造同士の編集距離を求める手法である。具体的には、「挿入」「削除」「置換」の 3 つの編集操作について、その操作回数で編集距離が決まる。構造が類似しているほど編集距離は小さくなる。今回は各編集距離のコストは全て 1 とした。さらに、編集距離から構造の類似度を計算した。計算式を式 (4.1), (4.2) に示す。

$$\text{類似度} = \frac{1 - \text{編集距離}}{\text{グラフサイズ}} \quad (4.1)$$

$$\text{グラフサイズ} = \text{ノードの数} + \text{エッジの数} \quad (4.2)$$

ここで、ノードとエッジの数は、人手で作成した正解フローグラフのノードとエッジである。

編集距離と類似度の評価結果を表 4.13 に示す。表中の ID (R1~R10) が生成された個々のグラフであり、10 件のうち、従来手法から改善したのは 8 件、低下したのが 1 件、変化なしが 1 件であった。平均編集距離を見てみると、提案手法は 11.2、従来手法は 15.5 で、約 4.3 ポイント低下している。類似度を見ると、提案手法は 0.76、従来手法では 0.67 であり、約 9 ポイントの改善がみられた。

提案手法と従来手法を比較した編集操作数の内訳を表 4.14 に示す。「挿入」は編集回数は 8 件で減少、



表 4.11 グラフ生成の評価

			レシピ			
			A	B	C	D
セ ッ ト 形 成	再現 率	従来手法	86.2	81.4	81.5	51.9
		提案手法	87.9	83.5	81.5	52.3
	精度	従来手法	87.9	82.9	75.3	56.4
		提案手法	88.7	83.9	76.2	57.6
	F 値	従来手法	86.9	82.1	78.2	53.9
		提案手法	88.2	83.7	78.7	54.8
ブ ロ ッ ク 形 成	再現 率	従来手法	78.4	56.0	58.9	56.5
		提案手法	78.4	56.0	58.9	56.5
	精度	従来手法	82.7	67.0	52.4	54.6
		提案手法	82.7	67.0	52.4	54.6
	F 値	従来手法	80.1	60.8	55.1	54.6
		提案手法	80.1	60.8	55.1	54.6
ブ ロ ッ ク 接 続	再現 率	従来手法	86.2	81.4	81.5	51.9
		提案手法	53.1	46.0	75.6	53.4
	精度	従来手法	74.9	65.5	85.3	62.5
		提案手法	90.8	73.5	90.7	89.2
	F 値	従来手法	66.1	54.0	81.9	63.3
		提案手法	74.9	65.5	85.3	62.5

2件で変化しなかった。「削除」は3件で減少、4件で変化なし、3件で増加した。「置換」は7件で減少、3件で変化しなかった。特に「挿入」の編集操作に関する項目が改善した。

#### 4.5.5 提案手法で追加した手法の評価

4.3.3節で述べた(a)~(d)の効果を検証した。評価対象中に含まれる(a)~(d)に該当数を表4.15に示す。(a)~(d)を適用したレシピのうち、R3とR7は影響がなかった。R3については、(b)による副作用で評価が下がった。理由について説明する。「蒸す前に米を洗って漉し器に入れる」の部分に、(b)が適用されセットが形成された。その結果を以下に示す。

- 米を洗う
- 蒸し器に入れる
- 蒸す

しかし、後述の手順で調理動作「蒸す」が記述されており、重複して抽出してしまった。重複を防ぐ対策について検討する。同じ動作対象に対して同じ動作を連続して行う場合、重複である可能性が高い。以下に例を示す。

表 4.12 辞書の登録数

名詞辞書		動詞辞書	
食材	656	単一	225
調味料	90	混合	46
調理道具	102	分離	47
代名詞	113	設置	40
動作名詞	12,097	多義	8

表 4.13 R1~R10 の評価結果

ID	編集距離		類似度	
	提案手法	従来手法	提案手法	従来手法
R1	15	16	0.68	0.66
R2	4	8	0.92	0.84
R3	10	9	0.83	0.84
R4	5	8	0.86	0.78
R5	9	10	0.78	0.76
R6	8	12	0.80	0.70
R7	11	11	0.69	0.69
R8	18	29	0.60	0.36
R9	14	30	0.75	0.45
R10	18	22	0.72	0.66
avg	11.2	15.5	0.76	0.67

- A を焼く． A を焼く．
- A を焼く． A と B を焼く．

一つ目の例では、どちらの「焼く」も調理対象は A と同じであるが、二つ目の例では、前半の「焼く」の調理対象は A、後半の「焼く」は調理対象が A と B であり異なる。一つ目の例では同じ調理対象が同じ調理動作が続くため、前者は重複として一つのみ抽出し、後者は重複していないとしてそのまま抽出する。

R7 については、(a) の副作用で評価が低下したものの、(d) の効果で補填され、結果は従来手法の数値と変化はなかった。具体的には、「サフランを熱湯につけ、・・・湯に浸したサフランを・・・」の部分に (a) が適用されセットを形成した。結果を以下に示す。

- サフランを熱湯につける
- サフランを湯に浸す

R3 と同様に重複が問題となった。しかし、今回は「つける」と「浸す」というように表現が異なるため、調理動作の内容が同じかどうかを判断する必要がある。この問題は今後の検討課題である。

さらに検討すべき課題として、食品が複数に分割されている場合である。例えば、R3 の「鮭の缶詰」

表 4.14 編集操作の内訳

ID	挿入			削除			置換		
	提案手法	従来手法	差分	提案手法	従来手法	差分	提案手法	従来手法	差分
R1	3	3	0	7	7	0	5	6	-1
R2	1	2	-1	2	2	0	1	4	-3
R3	1	1	0	6	5	+1	3	3	0
R4	0	1	-1	2	3	-1	3	4	-1
R5	4	5	-1	4	4	0	1	1	0
R6	2	4	-2	2	2	0	4	6	-2
R7	1	2	-1	6	5	+1	4	4	0
R8	4	7	-3	3	2	+1	11	20	-9
R9	4	8	-4	0	6	-6	10	16	-6
R10	6	8	-2	9	10	-1	3	4	-1

の中身が「骨と皮」と「スープ」に分かれており、それらを使って異なる調理動作が行われている。そこで、このような場合の可視化手法として、3種類のグラフを提案し検討した。「鮭の缶詰は骨と皮を取りAと混ぜ、スープはBと混ぜる」という手順について、3種類のグラフを図4.6に示す。

図4.6(a)は、最初から別々の食材としてノードを生成する例である。この場合、Section 4.3のメソッドを変更することなくノードを生成することができる。ただし、元の対象（例、鮭の缶詰）に関する調理動作がある場合は表現できない。また、分離属性に関する調理動作が行われる食材について、ノードを生成するかどうかの解析が必要となる。

図4.6(b)は、分離する前の食材のノードと分離後のノードを生成する例である。この型で表現できない場合はない。この形で可視化するためには、4.3.4節の接続ルールを変更し、調理対象から調理対象への接続ができるようにする必要がある。しかし、この接続により、ブロックを接続する際の手がかりがない場合、接続できなくなる可能性がある。接続規則を再検討する必要がある。

図4.6(c)は、エッジに情報を付加する例である。本研究で提案した図4.2のグラフでは、エッジは順序関係を示す役割を果たしている。さらに、エッジに食材や食材の状態を加えることで表現できる範囲が広がる。図4.6(b)のように、ブロック接続の規則を変更する必要はない。

これまでに3種類の可視化方法が検討したが、今回は評価の規模が10と小さいため、さらなる評価を行い再検討する。さらに、ウェブ上には多種多様なレシピが公開されている。評価対象とした「味の素レシピ大百科」の他にも、用語や表現が比較的統一されている「キューピー3分クッキング」や、ユーザーが自由に投稿できる「cookpad」などがある。今回は、「味の素レシピ大百科」のレシピサイトのみを評価したが、今後は対象となるレシピサイトの種類を増やしていく予定である。

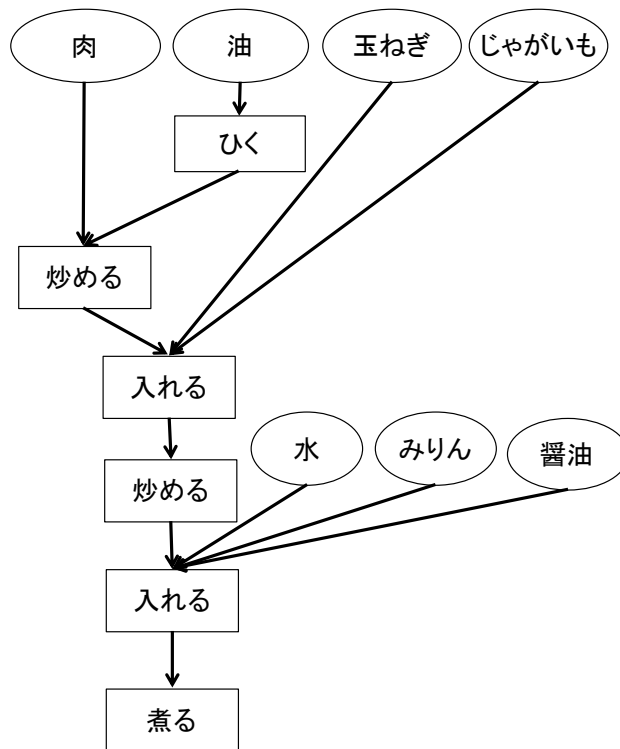
表 4.15 評価対象中に含まれる (a)~(d) の適用数

ID	手法			
	(a)	(b)	(c)	(d)
R1	1	0	0	2
R2	2	0	0	1
R3	0	1	0	1
R4	0	0	0	1
R5	1	0	0	1
R6	1	0	0	1
R7	1	0	0	2
R8	0	0	1	2
R9	0	0	3	3
R10	0	1	1	1

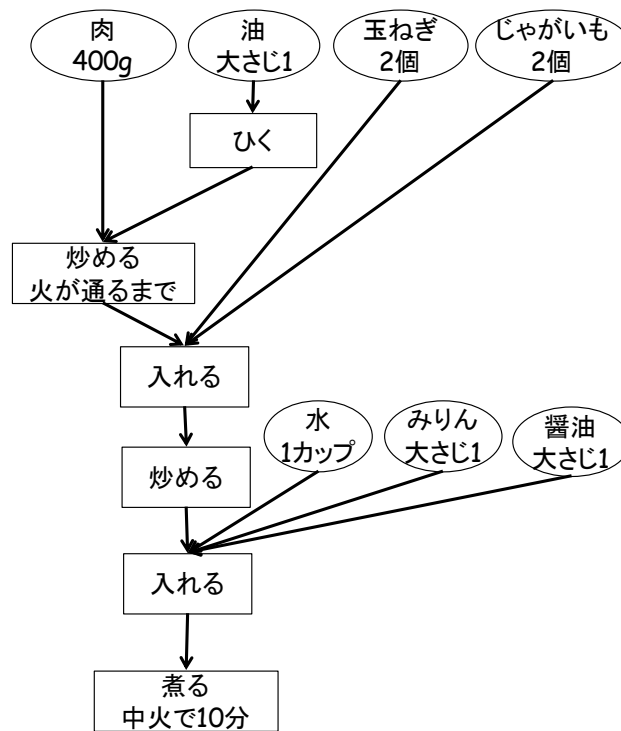
## 4.6 まとめ

料理レシピのフローグラフを生成する手法を提案した。この手法は、構造解析手法とグラフ可視化手法から構成されている。具体的には、多種多様なレシピに適用可能な構造解析手法と、フローグラフを生成するためのグラフ可視化手法を提案し、実際のレシピを用いた実験により、提案手法の有効性を評価した。フローグラフの評価では、生成したグラフを木構造とみなし、木構造同士の編集距離を用いて類似度を計算し評価した。また、各追加手法の効果を詳細に分析し、有効性と問題点を明らかにした。

今後の課題として、対象となるレシピテキストの数を増やし、さらなる評価を行う。また、新たに発見された問題点とその解決策を検討する。



(a) 標準グラフ



(b) 詳細グラフ

図 4.1 料理レシピのフローグラフ（「肉じゃが」の例）

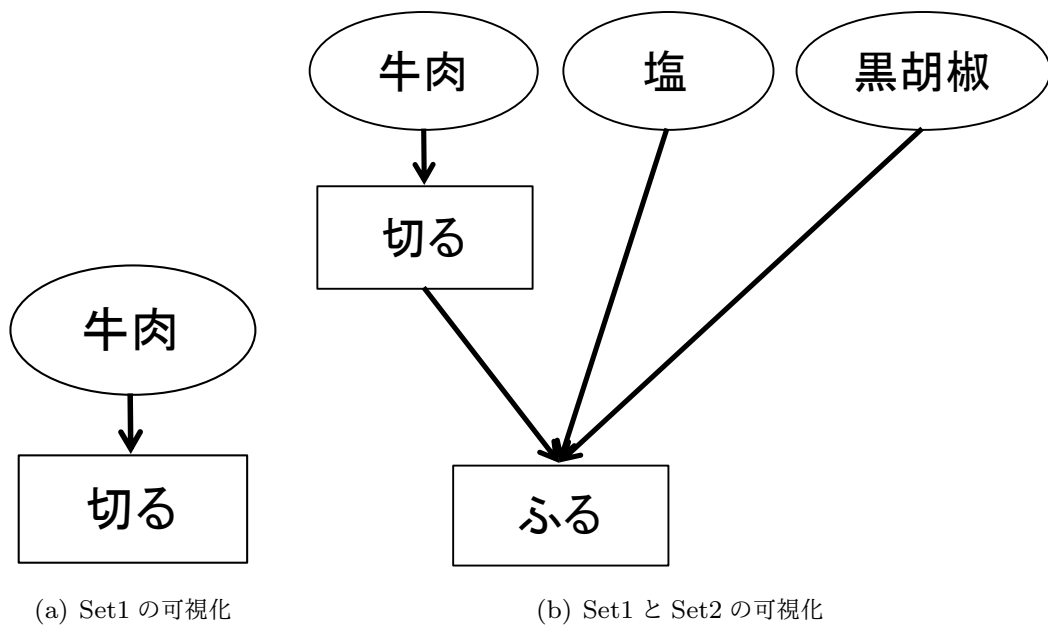


図 4.2 Block1 の可視化

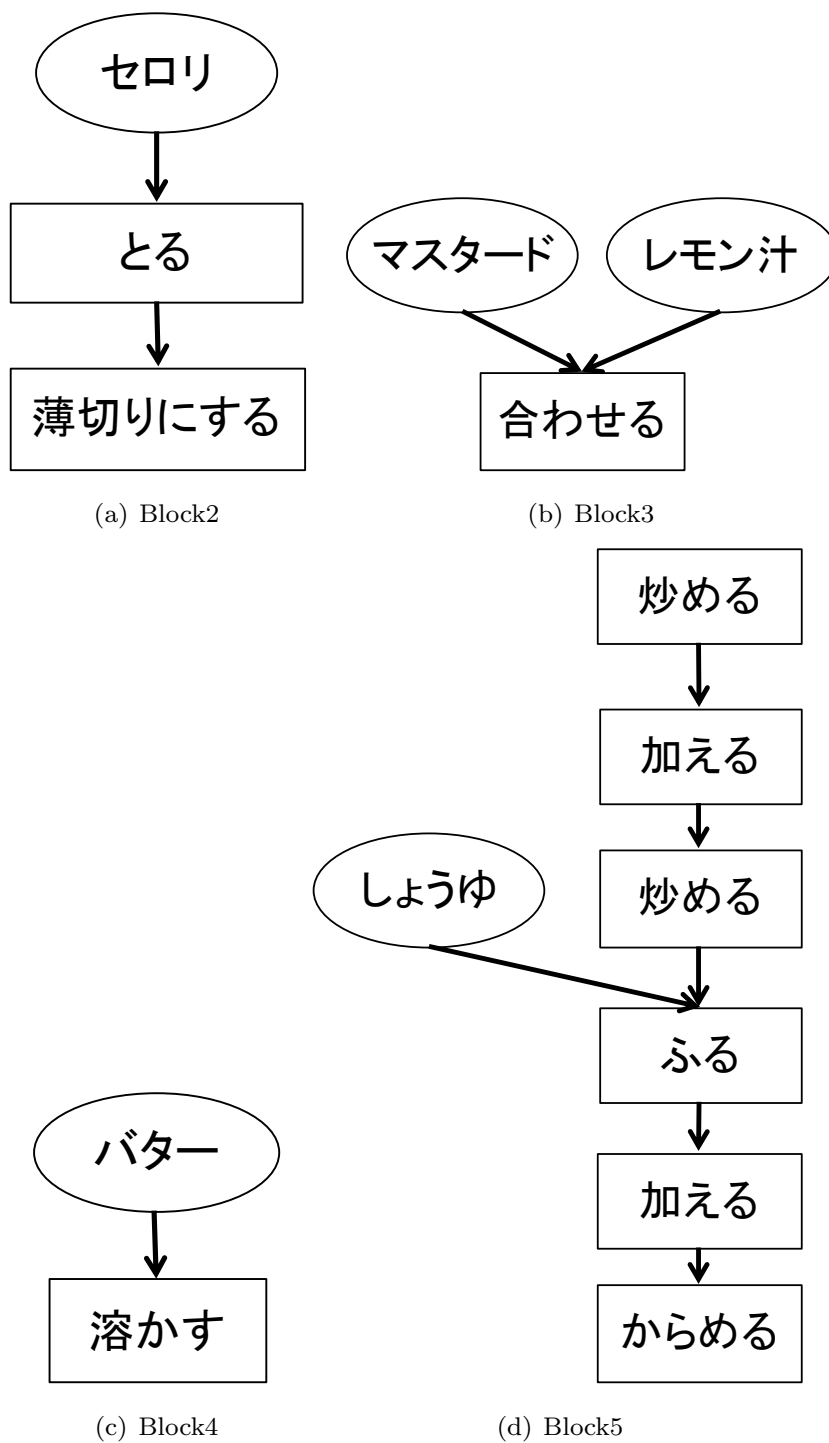


図 4.3 Block2~Block5 の可視化

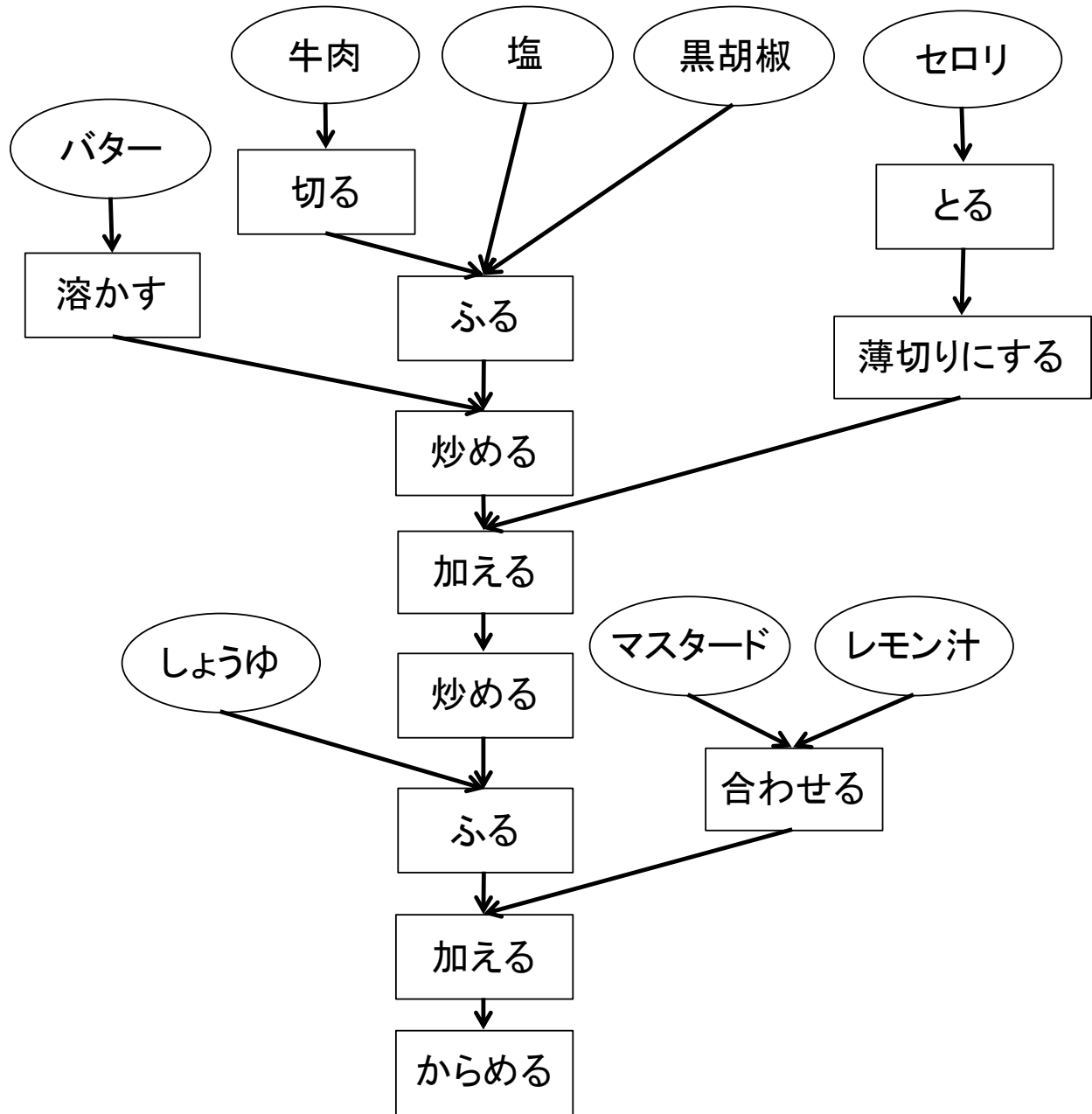


図 4.4 「牛肉とセロリのマスタードレモン炒め」のフローグラフ



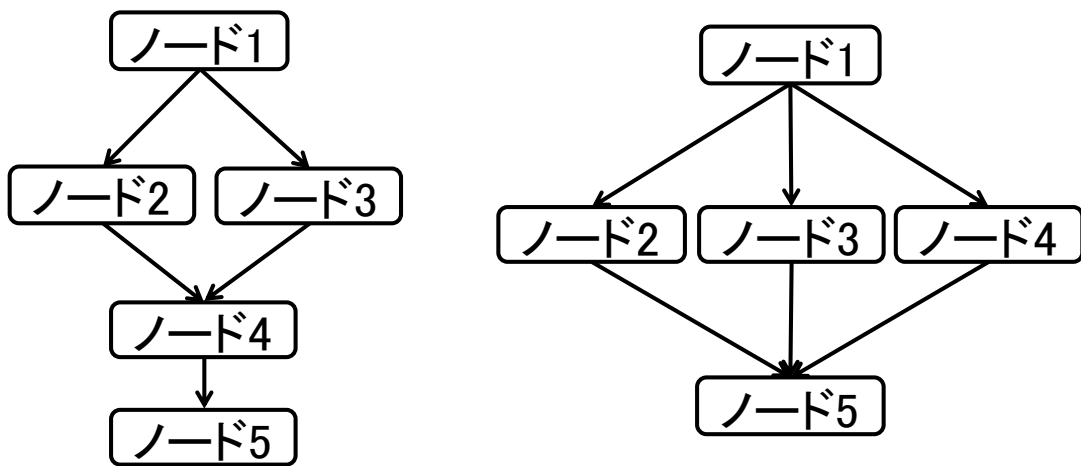
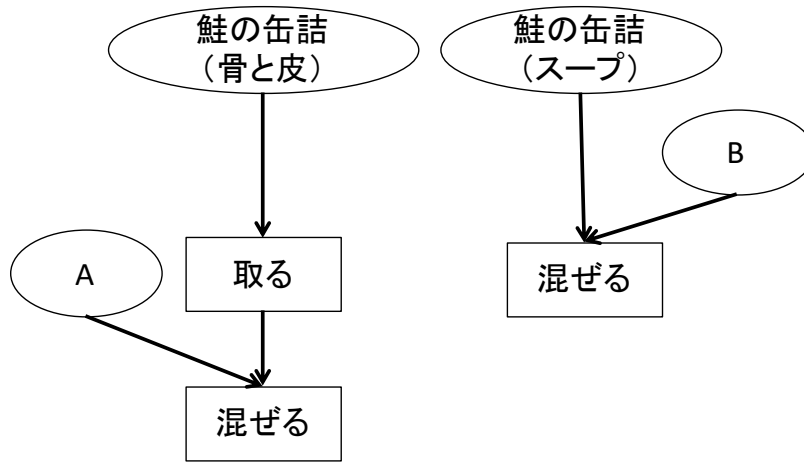
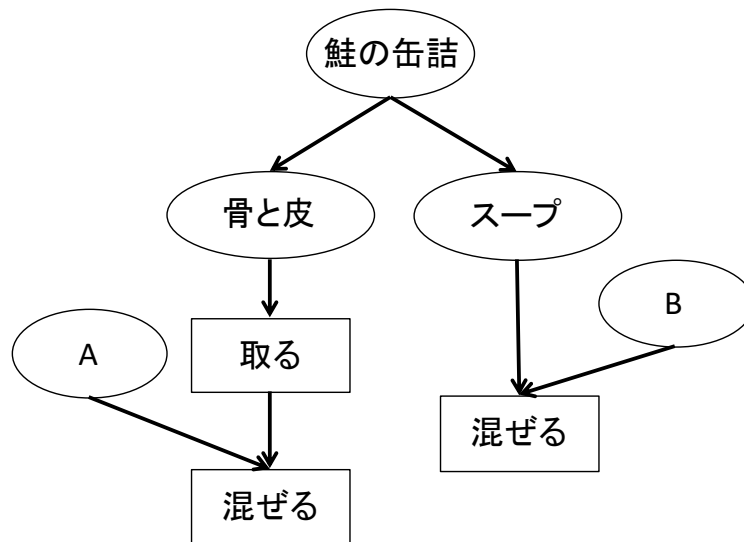


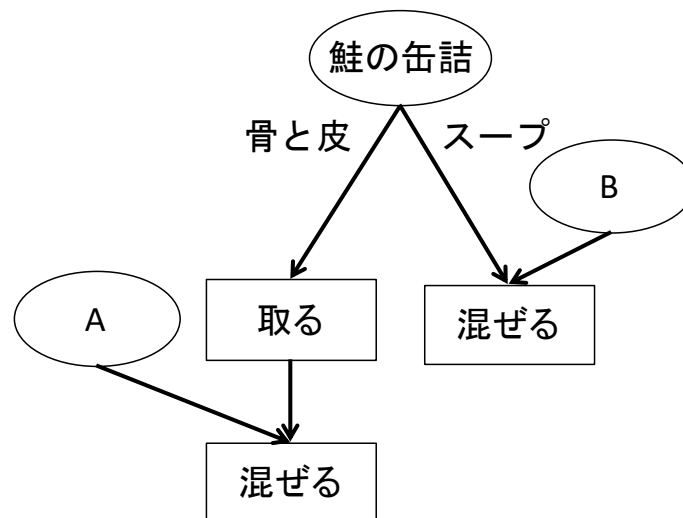
図 4.5 正解のフローグラフ (左) と出力されたフローグラフ (右)



(a) Type A



(b) Type B



(c) Type C

図 4.6 3種類の可視化手法

## 第 5 章

# 考察

### 5.1 料理レシピへの適用

3章および4章で提案した料理レシピ解析手法により、「食材」と「調理手順」の着目した解析が可能となった。それぞれの解析手法における効果を考察する。食材の観点から解析することで、本論文では栄養バランスのとれた献立のレシピ検索を実現した。また、調理手順の観点から解析することで、調理手順を可視化し、調理手順の理解を実現した。今回は食材と調理手順の解析によりレシピ検索と可視化を実現した。2.2, 2.3 節に示すような、レシピ推薦、レシピ分類などへのアプローチとして有効である。

また、「食材」と「調理手順」の解析を組み合わせた場合の応用例についても考察する。3章では食材を解析することで食材のもつ栄養素に着目した。栄養素は調理動作によって変化する可能性がある。例えばビタミンCは水に溶けやすく、熱に弱い性質がある。そのため調理動作によって栄養素量が変化する。調理動作の解析を加えることで、より正確に栄養素量を特定することができる可能性がある。また、4章では調理手順を解析することで調理手順のフローグラフを生成している。一つ一つの調理動作にかかる時間を特定することができれば、調理時間の推定にもつながる。そのためには、火の通りやすさといった調理動作の対象である食材の特徴も重要である。食材の解析を加えることで、さらなる解析が期待できる。

食材は栄養素や食感といった多様な属性を持つ。調理手順の解析と組み合わせることで、さらなる応用が期待できる。

### 5.2 プリンタの操作説明書への適用

料理レシピ以外の手順テキストへの適用について議論する。一般的に手順テキストの基本構成は共通している。インクジェットプリンタの操作説明書<sup>\*1</sup>の例を図5.1~5.5に示す。

図5.1,5.2は、料理レシピでは「食材一覧」に該当する部分である。図5.4, 5.5は「インクをセットす

<sup>\*1</sup> <https://japan.mimaki.com/product/inkjet/textile/tx300p-1800b/download-manual.html>

<sup>\*3</sup> <https://japan.mimaki.com/archives/045/D20312222-Tx300P1800B-OperationManual-j.pdf>, p.1-4

<sup>\*5</sup> <https://japan.mimaki.com/archives/045/D20312222-Tx300P1800B-OperationManual-j.pdf>, p.1-5

<sup>\*7</sup> <https://japan.mimaki.com/archives/045/D20312222-Tx300P1800B-OperationManual-j.pdf>, p.2-3

<sup>\*9</sup> <https://japan.mimaki.com/archives/045/D20312222-Tx300P1800B-OperationManual-j.pdf>, p.1-10

<sup>\*11</sup> <https://japan.mimaki.com/archives/045/D20312222-Tx300P1800B-OperationManual-j.pdf>, p.1-11

る」ための手順が記述されている。手順部分を抽出した結果を表 5.1 に示す。この例のように、各手順について詳細が記載されている場合がある。詳細が記載されている場合、重複が生じるため、詳細がある場合は詳細部分を用いる。表 5.1 では (1-1), (2), (3-1), (3-2), (3-3), (4) を用いる。

表 5.1 「インクをセットする」の手順

(1) インクパックを用意する
(1-1) 小さい段ボールからインクパックと IC チップを取り出します
(2) IC チップを取り付ける
(3) インクパックをエコケースに入れる
(3-1) エコケースを開ける
(3-2) インクパックに付いている、シールを剥がす
(3-3) インクパックを入れ、エコケースを閉じる
(4) エコケースを台座に取り付ける

この手順を 4 章で定義したフローグラフに可視化した結果を図 5.6 に示す。料理レシピ同様、楕円形のノードが「動作対象」、四角形のノードが「動作」である。

実際の操作説明書を対象とした評価実験を行った。評価対象は、カラーインクジェットプリンタの操作説明書<sup>\*12</sup> から 8 件、プリンタカッターの操作説明書<sup>\*13</sup> から 6 件、インクジェットプリンタの操作説明書<sup>\*14</sup> から 4 件の合計 18 件とした。手順数が 1 つしかない、ただ順番に押していくボタン操作説明のようにフローグラフにするメリットが見られない、といった内容の手順テキストは除いて選定した。表 5.2 に対象にした手順テキストの項目を示す。

評価実験のために「動作対象」と「動作」の辞書を構築した。操作説明書では、図 5.1, 5.2 のように、共通の部品一覧がある。ここでは、共通の部品一覧から支持線や太字で表現されている語を、「動作対象」の辞書に登録した。抽出した件数は、カラーインクジェットプリンタ 34 件、プリンタカッター 28 件、インクジェットプリンタ 18 件である。さらに、各手順について、図を用いて説明されている場合より詳細に動作対象名が記述されている場合がある。その場合も支持線や太字で表現されている語を辞書に登録した。「動作」の辞書は形態素解析を行い、動詞または複合動詞を抽出した。構築した辞書の評価結果を表 5.3 に示す。今回の構築方法では、「動作対象」では精度 1、「動作」では再現率 1 となるため省略した。

4 章で提案した手法を用いて、フローグラフを自動で生成し評価を行った。評価は 4.4 節で説明した尺度を用いた。フローグラフの評価結果を表 5.4 に示す。精度の平均は 0.87 で、再現率の平均は 0.68 であった。また、F 値の平均は 0.76 であった。

誤りの要因について考察する。今回の評価実験では 5 つの課題が生じた。1 つ目に、手順テキスト上で動作対象が省略されている場合である。省略されていると動作と対になる動作対象が抽出できず正しい構造解析が行うことができない。例えば、「IC チップを取り付ける」という手順では、IC チップを取り付ける動作対象である「本体」が省略されている。2 つ目の要因として、動作を繰り返す、条件で分岐するという複雑な手順の処理に対応していなかった点である。「条件分岐」は条件によってフローグラフ

\*12 <https://japan.mimaki.com/product/inkjet/textile/tx300p-1800b/download-manual.html>

\*13 <https://japan.mimaki.com/product/inkjet/print-cut/cjv300-series/download-manual.html>

\*14 <https://japan.mimaki.com/product/inkjet/i-flat/ujf-3042mkII/download-manual.html>

表 5.2 評価対象

ID	項目
1	インクをセットする
2	布巻ローラーを取り付ける
3	モーター直結ユニットを交換する
4	引き剥がしセンサの位置調整
5	湾曲バーを使ってメディアのたるみを取る
6	本機の移動
7	ベルト補正ユニットの清掃
8	電源ケーブルを接続する
9	インクカートリッジを入れる
10	ヘッド高さを調整する
11	リーフメディアをセットする
12	カッターを取り付ける
13	ボールペンの取り付け方
14	刃先の交換
15	ワイパとキャップの清掃
16	インクボトルをセットする
17	インクボトルを交換する
18	テーブルの高さを変更する

が枝分かれしてしまう。このような特殊な動作に対しての構造解析手法を検討する必要がある。3つ目に参照表現が含まれている手順テキストの場合である。以下の例のように、他の手順や項目、載せられている画像を参照した手順テキストがある。他の手順や他の項目を参照する場合はテキストとして存在しているため、適した構造解析の手法を検討する必要がある。

- 手順参照：「手順 (1) を繰り返す」
- 項目参照：「p.1-13 を参照してインクをセットする」
- 画像を参照：「図のようにして振る」

4つ目の要因として、同じ意味である語句に対し表記が統一されていない「表記ゆれ」である。例えば動作対象となる「インクボトル」を「ボトル」と異なる表現を同手順テキスト内でしているため、動作対象だと判別できず抽出漏れとなった。5つ目の要因として動作が複数の意味を持つ「多義語」がある。例えば「電源を入れる」という手順テキストで、「入れる」という動作が本来正しい意味である「ON にする」という意味ではなく、2つ以上の対象を結合するという意味で解析されている。よって、本来動作対象は1つだけであったが余分な動作対象も抽出して誤りとなった。

表 5.3 辞書の評価結果

ID	辞書の項目数	動作対象		動作	
		該当数	再現率	該当数	精度
1	38(34+4)	5	0.60	7	0.78
2	38(34+4)	5	0.75	7	0.70
3	40(34+6)	4	1.00	5	0.71
4	38(34+4)	2	1.00	2	1.00
5	39(34+5)	4	1.00	6	0.67
6	59(34+25)	3	0.00	9	0.90
7	56(34+2)	3	1.00	8	0.53
8	39(34+5)	4	1.00	3	1.00
9	28(28+0)	2	1.00	2	0.67
10	58(28+30)	3	0.67	7	0.88
11	60(28+32)	6	1.00	11	0.92
12	62(28+34)	2	1.00	4	1.00
13	64(28+36)	12	0.82	16	0.89
14	59(28+31)	2	1.00	3	1.00
15	40(18+22)	8	0.88	14	0.93
16	41(18+23)	8	0.43	11	0.92
17	38(18+20)	6	0.17	8	0.73
18	37(18+19)	9	0.78	20	0.87
<b>avg</b>			<b>0.78</b>		<b>0.79</b>

### 5.3 汎用性における課題

料理分野での用語は一般的なものが多く、ユーザの調理経験にもよるが、写真がなくても伝わる場合が多い。また動作もある程度決まっている。それに対し、料理以外の分野での用語は専門的なものや初見のものがある。さらに動作も多岐にわたる。基本構造は同じであるため、「部品一覧」と「手順」の解析が必要である。ドメインを変えることで、辞書の自動構築については課題があるものの、手順部分の解析が可能であり、有効性が検証できた [11]。料理レシピ同様解析することができれば、多様な目的へのアプローチとして有効である。

表 5.4 フローグラフの評価結果

ID	精度	再現率	F 値
1	1.00	0.92	0.96
2	0.76	0.81	0.79
3	0.75	0.75	0.75
4	0.67	0.50	0.57
5	0.78	0.64	0.70
6	1.00	0.83	0.91
7	0.83	0.50	0.63
8	1.00	0.83	0.91
9	1.00	0.67	0.80
10	0.83	0.83	0.83
11	0.82	0.75	0.78
12	0.75	0.38	0.50
13	0.89	0.74	0.81
14	1.00	0.40	0.57
15	0.92	0.86	0.89
16	1.00	0.53	0.70
17	0.82	0.69	0.75
18	0.89	0.65	0.76
<b>avg</b>	<b>0.87</b>	<b>0.68</b>	<b>0.76</b>

第1章 ご使用の前に

## 各部の名称とはたらきについて

### 装置前面

#### メンテナンスカバー（上）

メンテナンス時にカバーを開けます。電源スイッチがオフの場合でも、カバーは閉じておいてください。

**インクカートリッジ**  
各色のインクが入っています。

#### フロントカバー

メディアのセット、メディア詰まりの処置およびステーション内部のメンテナンス時に開けます。電源スイッチがオフの場合でも、カバーは閉じておいてください。

#### 搬送ベルト

布を搬送します。

#### 引き剥がしローラー

布を搬送ベルトより引き剥がします。

#### キャリッジ

印字を行うヘッドがあり、左右にスキャンします。

#### 操作パネル

本機に必要な設定を行う操作キーや、操作項目を表示するディスプレイがあるパネルです。

#### 洗浄液カートリッジ挿入口

洗浄カートリッジをセットします。

#### ロール置き台

メディアを置くための台です。

#### 巻取装置

プリント終了後のロールメディアを自動で巻き取ります。

#### 布巻ローラー

引き剥がしローラーに付着したインクを取り除いて布メディアの汚れを防ぎます。

#### 廃インクタンク

廃インクを溜めるタンクです。

#### 洗浄水バルブ

洗浄水を送るためのバルブです。

#### 脚

本体を支える部分です。移動するためのキャスタが付いています。

#### ベルト洗浄ユニット

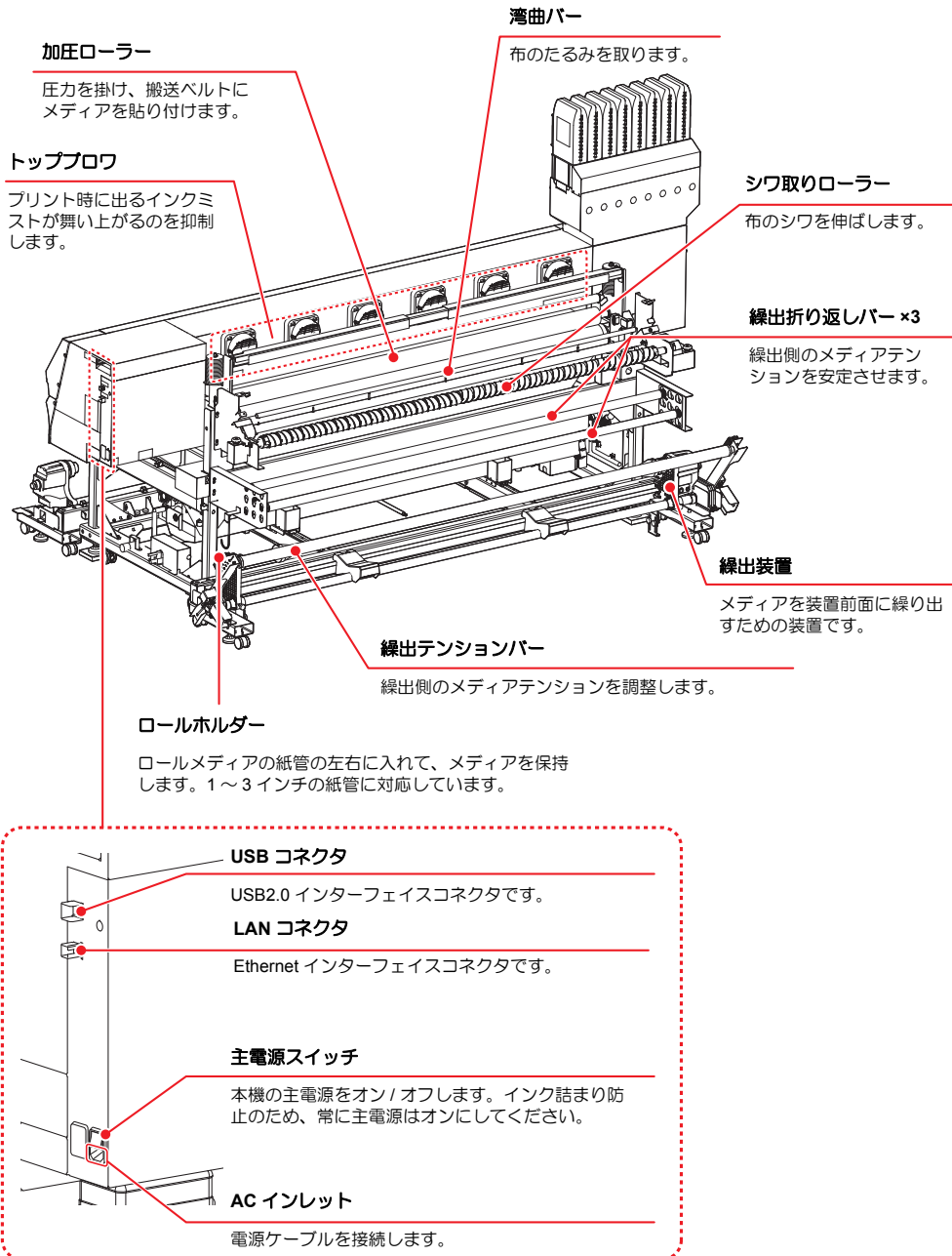
搬送ベルトを洗浄します。

#### メンテナンスカバー（下）

メンテナンス時にカバーを開けます。電源スイッチがオフの場合でも、カバーは閉じておいてください。



装置背面 / 側面



1

図 5.2 部品一覧 (2/2) \*5

## 電源を入れる / 切る

### 電源を入れる

本機には、2つの電源スイッチがあります。

#### 主電源スイッチ：

本機の側面にあります。常時「オン」にしておいてください。

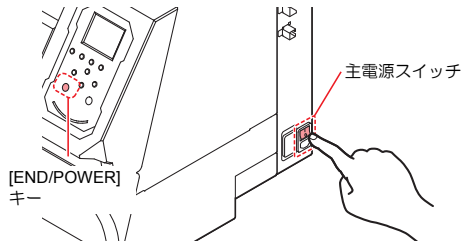
#### [END/POWER] キー：

通常、電源のオン/オフをするときはこのキーを使用します。

[END/POWER] キーがオフでも、主電源スイッチがオンになっていれば、定期的に電源が自動的に入り、ノズル詰まり防止機能が動作します。

#### 1 主電源スイッチを入れる

- ・装置側面にある主電源スイッチを「I」側に倒します。



- ・電源をオンにするとファームウェアのバージョンを表示し、初期動作を実行します。

#### 2 [END/POWER] キーを押して、電源を入れる

- ・ローカルになります。

#### 3 接続しているコンピュータの電源をオンにする

- 重要!**
- ・フロントカバー/メンテナンスカバーを開けてから電源を入れてください。
  - ・主電源スイッチを「オフ」のまま長時間放置すると、ヘッドのノズル詰まりの原因となります。

### 電源を切る

プリンタの使用が終了したら、装置前面にある電源スイッチを押して電源をオフにします。

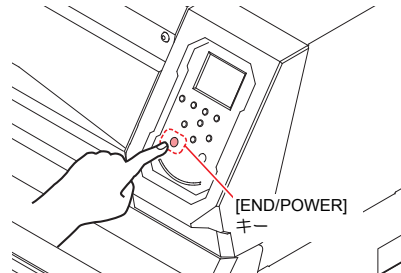
電源を切るときは、次のことを確認してください。

- ・コンピュータからデータを受信中ではないか、また、未出力のデータが残っていないか。
- ・ヘッドはキャッピングステーションに戻っているか。
- ・エラーは発生していないか。  
(☞ P.5-8 エラーメッセージ)

#### 1 接続してあるコンピュータの電源をオフにする

#### 2 [END/POWER] キーを長押しして、電源を切る

- ・装置側面にある主電源スイッチは、切らないでください。
- ・次に、本機をご使用になるときは、[END/POWER] キーを押してからお使いください。



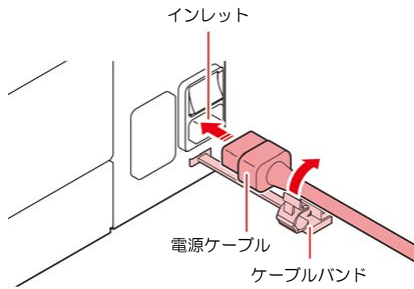
### 電源を切るときのご注意

- **主電源スイッチは切らないでください。**  
主電源スイッチが入っていると、定期的に電源が入りノズル詰まり防止機能(フラッシング機能)が働きます。主電源スイッチを切っていると、フラッシング等のオートメンテナンス機能が働かず、ノズル詰まりの原因となります。
- **フロントカバー/メンテナンスカバーは閉めた状態にしてください。**  
カバーが開いていると、フラッシング等のオートメンテナンス機能が働かなくなります。
- **装置背面の加圧ローラーを上げた状態にしてください。**  
降りたままだと、加圧ローラーがベルトに固着し、搬送不良の原因になります。
- **ヘッドの位置を確認してから電源を切ってください。**  
ヘッドがキャッピングステーションに戻っていない状態で電源を切ると、ヘッドが乾燥してノズル詰まりの原因となります。このときは、再度、電源を入れ、ヘッドがキャッピングステーションに戻ったことを確認してから電源を切ってください。
- **プリント中は電源を切らないでください。**  
ヘッドがキャッピングステーションに戻らないことがあります。
- **[END/POWER] キーで電源を切ってから、主電源スイッチを切ってください。**  
装置の移動や装置のエラー対処等で主電源スイッチを切る場合、必ず、装置前面にある [END/POWER] キーを長押し、操作パネルのディスプレイ表示が消えていることを確認してから主電源スイッチを切ってください。

第1章 ご使用前に

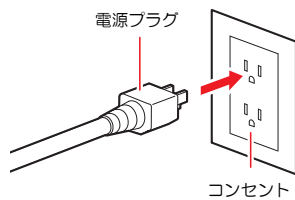
電源ケーブルを接続する

- 1** 電源ケーブルを本機のインレットに差し込む



- 2** ケーブルバンドを固定する  
 ・本機に備え付けのケーブルバンドでケーブルを固定します。

- 3** 電源プラグをコンセントに差し込む



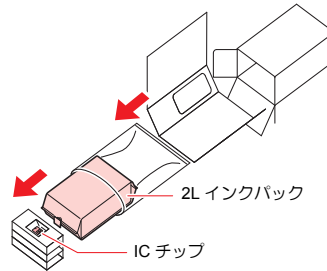
・付属品の電源ケーブル以外は使用しないでください。

**重要!**

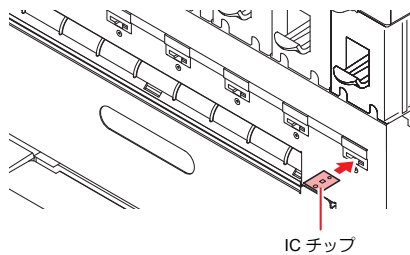
・必ず本機の近くにある電源コンセントに接続し、容易に取り外しができるようにしてください。  
 ・電源ケーブルのプラグは、アース処理したコンセントに接続してください。感電・火災の原因となります。

インクをセットする

- 1** 2L インクパックを用意する  
 ・小さい段ボールからインクパックとICチップを取り出します。

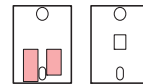


- 2** ICチップを取り付ける

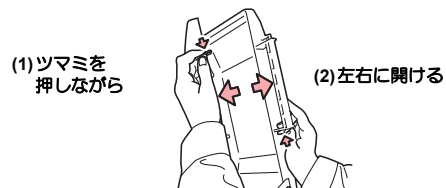


・ICチップの向きに注意してセットしてください。ICチップが正しくセットされていないと、正常にインクの供給が行われません。

金属が付いている方を左側にして差し込む。セットするときは、金属部分に触れないようにしてください。(静電気によるICチップ破壊の恐れがあります。)

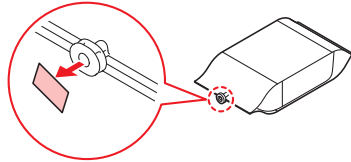


- 3** 2L インクパックを2L エコケースに入れる  
 (1) 図のようにして、2L エコケースを開ける



第1章 ご使用の前に

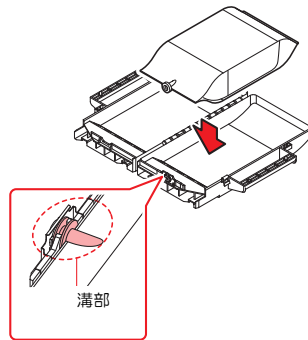
(2) 2L インクパックのコネクタ部に付いているシールを剥がす



・シール残りがあると、2L インクパックを台座から取り外した際、インクが大量に漏れる可能性があります。必ずシール残りがないように注意してください。



(3) コネクタ部を下にして 2L インクパックを入れ、2L エコケースを閉じる



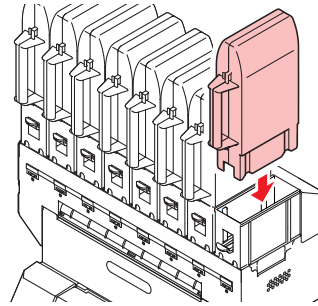
・2L インクパックを入れるときは、2L エコケース内にあるラベルに従って、形を整えてください。形を整えずにインクパックを入れると、インクを使い切れない場合があります。

・2L エコケースを閉じる前に、2L エコケースの溝部にインクパックのコネクタが合っていることをご確認ください。コネクタが溝部に合っていない状態になると、インク供給ができなくなる場合があります。

4

2L エコケースを台座に取り付ける

- ・2L エコケースから接続しているプリンタにインクが供給されます。
- ・1～2分すると、接続しているプリンタのEMPTYランプが消灯します。



・2L エコケースは、奥までしっかりと押し込んでください。十分に押し込まれていないと、インクが供給されない場合があります。

1

図 5.5 手順例：「インクをセットする (2/2)」\*11

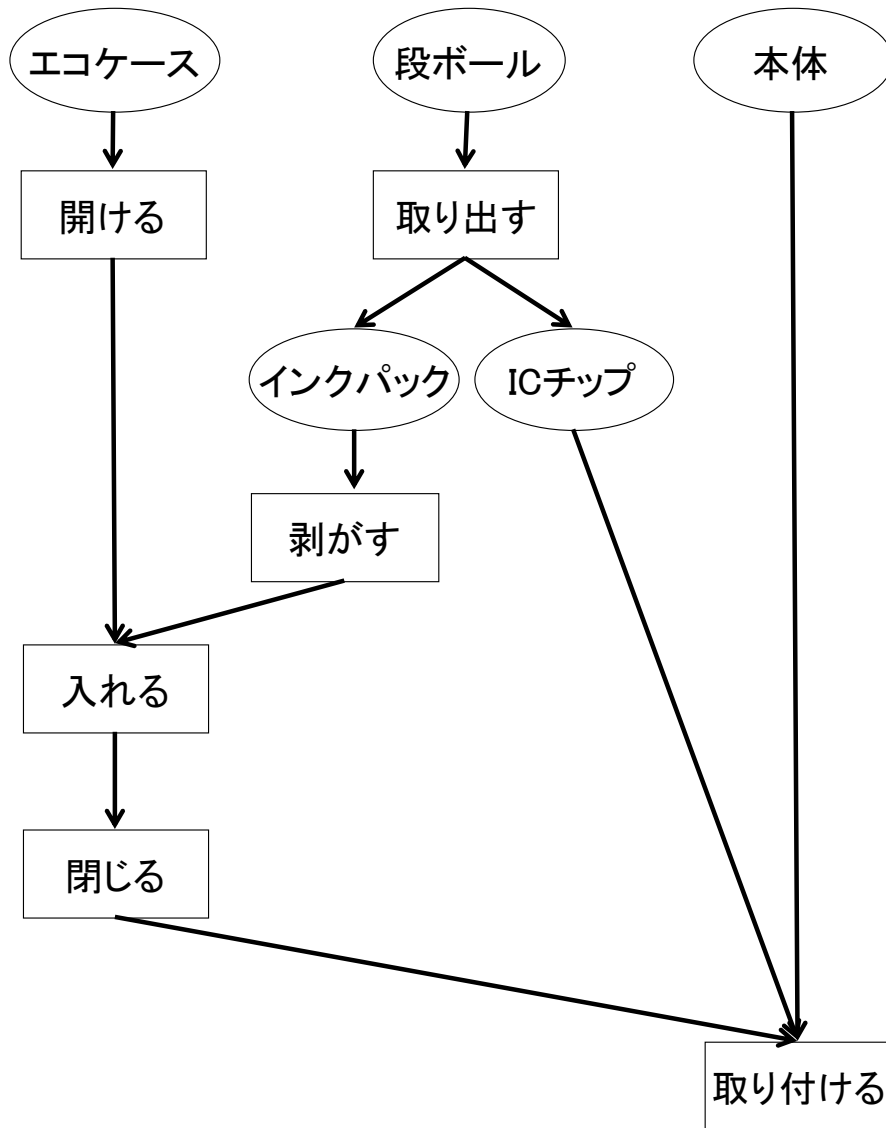


図 5.6 「インクをセットする」のフローグラフ

## 第6章

# 結論

情報化社会の浸透にともなって、あらゆる文書が電子化され、再利用と再構成が容易となっている。料理レシピも日々増え続け、ユーザが目的に合わせて選択する機会も増えた。多種多様な目的への対応として、本論文では基本構成である「食材」と「調理手順」を解析する手法を提案した。

「食材」の観点からは、食材の持つ属性である「栄養素」に着目した。毎日の食生活を豊かにするためには「健康」と「食べる楽しみ」への配慮として、栄養バランスやメニューの豊富さを考慮しながら献立を決める必要がある。そのためには、様々な料理や作り方に関する知識が必要である。近年はウェブなどのオンライン情報で料理レシピを調べる豊富であるが、多くの場合は単品の料理レシピしか検索できず、複数の料理を組み合わせて献立を考えるのはユーザの負担である。ここでは栄養バランスを考慮した献立の作成を目的として、複数の料理レシピを同時に検索するシステムを提案した。栄養バランスは一日に摂るべき食品の分量に関する目安である「食品群別摂取量」を充足する割合で計算する。食品群とは、含まれる栄養素の種類によって食品をまとめた集合であり、6つの食品群がある。本手法では、料理レシピに記述されている「食材」から、使用される食材とその分量を抽出して栄養バランスを計算する。食品を食品群に分類する「食品群辞書」、食品群別摂取量の単位であるグラムに統一するための「グラム変換辞書」を構築する。辞書に登録されていない語との柔軟な照合手法を提案し、評価実験によって有効性についても述べた。

「調理手順」の観点からは、料理レシピの可視化手法を提案した。料理には調理方法が類似するものや共通手順を持つ場合がある。調理手順の重複性や差異を知ることによって、より調理手順の理解が深まる。そのためにはフローグラフのようなグラフ構造で可視化することが有用だと考えられる。ここでは料理レシピからフローグラフを自動生成するための、構造解析手法と可視化手法を提案した。構造解析手法は従来法から多様性と精度を高めるために有効な手法を提案した。また、可視化手法は、構造解析結果をもとにフローグラフへと可視化する手法を提案している。本研究のフローグラフとは、食材の調理過程を表すグラフである。食材と調理動作がノードとなり、手順に沿ってエッジで接続される。提案手法により生成されたフローグラフの評価実験についても述べた。ここでは2種類の評価実験を行った。1つ目はフローグラフを細分化しノード対の単位で、精度と再現率を用いて検証した。2つ目はフローグラフを木構造とみなし、木構造の編集距離を求める手法 Tree Edit Distance を用いて検証した。

以上述べたように本論文では、典型的な手順テキストである料理レシピを対象に、基本の構成要素である「食材」と「調理手順」の解析手法を提案し、有効性を明らかにしている。料理レシピ以外の一般的な手順テキストにおいても、操作対象である「部品」と「操作手順」が基本構成であることに変わりなく、本論文で提案した解析手法を適用することで、提案手法の適用の可能性と限界を明らかにしている。

これらのことから、様々な応用を意識した目的指向の手順テキスト解析の基盤となる要素技術が実現できたといえる。

# 謝辞

本論文は、筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程および博士後期課程、また東京工業大学博士後期課程に在籍中の研究成果をまとめたものです。本論文の作成にあたり、多数の皆様からのご指導とご支援をいただきました。

博士後期課程で主指導教員としてご指導をいただきました、図書館情報メディア系の佐藤哲司教授には、研究指導のみならず、博士号を取得することの意義や、学位取得後の心構えや考え方、キャリアについてもご教示いただきました。謹んで感謝申し上げます。また、同系の森嶋厚行教授、高久雅生准教授には、副指導教員としてご指導いただき感謝申し上げます。さらに、学位論文審査員としてご指導いただいた、同系の芳鐘冬樹教授、システム情報系の宇津呂武仁教授にも感謝申し上げます。そして、筑波大学学部生から東京工業大学博士後期課程まで、熱心に研究指導して下さった東京工業大学情報理工学院の藤井敦准教授にもここに感謝申し上げます。ご指導いただいた内容を活かしながら、今後も研究を進めていきたいと考えております。

本論文に関わる共著者である、国立情報学研究所の神門典子教授には、研究室のゼミ等で研究内容のみならず発表練習など様々な面でご支援いただきました。改めまして深く感謝申し上げます。

研究を進めるにあたり、株式会社ミマキエンジニアリングには2015年度より御支援いただきました。ここに厚く御礼を申し上げます。

学位取得に向けて仕事と学業の両立にあたっては、長野工業高等専門学校、木更津工業高等専門学校をはじめ、長野工業高等専門学校電気電子工学科教員の皆様および木更津工業高等専門学校情報工学科教員の皆様には多大なご支援をいただきました。ここに感謝申し上げます。

また、同年に社会人の博士後期課程に入学した大塚淳史氏には、仕事のスケジュールを調整し、ゼミで夜遅くまで議論に参加いただいたこと、さらに、博士論文を執筆する際にも多くのアドバイスをいただきました。ここに感謝申し上げます。

最後に、私を博士前期課程まで進学させてくれたと同時に、社会人になった後に博士後期課程に在籍して博士号を取得することについて応援して下さった家族に心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

たくさんの方々のご支援により、博士論文をまとめることができました。ありがとうございました。



## 文献リスト

- [1] Ninomiya Akari and Ozaki Tomonobu. Learning distributed representation of recipe flow graphs via frequent subgraphs. In *Proceedings of the 11th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities*, pp. 25–28, 2019.
- [2] Jing-Jing Chen, Chong-Wah Ngo, Fu-Li Feng, and Tat-Seng Chua. Deep understanding of cooking procedure for cross-modal recipe retrieval. In *MM '18: Proceedings of the 26th ACM international conference on Multimedia*, pp. 1020–1028, 2018.
- [3] David Elsweiler, Christoph Trattner, and Morgan Harvey. Exploiting food choice biases for healthier recipe recommendation. In *SIGIR '17: Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, pp. 575–584, 2017.
- [4] Reiko Hamada, Ichiro Ide, Shuichi Sakai, and Hidehiko Tanaka. Structural analysis of cooking preparation steps in japaneses. In *IRAL '00: Proceedings of the fifth international workshop on on Information retrieval with Asian languages*, pp. 157–164, 2000.
- [5] Jun Harashima, Michiaki Ariga, Kenta Murata, and Masayuki Ioki. A large-scale recipe and meal data collection as infrastructure for food research. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC'16)*, pp. 2455–2459, 2016.
- [6] H.Lee Helena, Shu Ke, Achananuparp Palakorn, Prasetyo Philips, Kokoh, Liu Yue, Lim Ee-Peng, and Varshney Lav R. Recipegpt: Generative pre-training based cooking recipe generation and evaluation system. In *Companion Proceedings of the Web Conference 2020*, pp. 181–184, 2020.
- [7] Park Hogun and Motahari Nezhad Hamid, Reza. Learning procedures from text: Codifying how-to procedures in deep neural networks. In *Companion Proceedings of the The Web Conference 2018*, pp. 351–358, 2018.
- [8] Jermsak Jermsurawong and Nizar Habash. Predicting the structure of cooking recipes. In *Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, pp. 781–786, 2015.
- [9] Zhang Kaizhong and Shasha Dennis, E. Simple fast algorithms for the editing distance between trees and related problems. *SIAM J. Comput.*, Vol. 18, No. 6, pp. 1245–1262, 1989.
- [10] Shihono Karikome, Noriko Kando, and Tetsuji Satoh. Structural analysis of procedural texts for generating flow graphs. In *Proceedings of 19th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services(iiwwas2017)*, pp. 577–581, 2017.
- [11] Shihono Karikome, Noriko Kando, and Tetsuji Satoh. Flow graph generation method for

- visualizing procedural texts. In *Proceedings of 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services(iiwas2018)*, pp. 358–362, 2018.
- [12] Kusu Kazuma, Makino Nozomi, Shioi Takamitsu, and Hatano Kenji. Calculating cooking recipe’s difficulty based on cooking activities. In *Proceedings of the 9th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities in conjunction with The 2017 International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 19–24, 2017.
- [13] Qing Li, Wei Chen, and Lijuan Yu. Community-based recipe recommendation and adaptation in peer-to-peer networks. *ICUIMC’ 10 Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, pp. 115–120, 2010.
- [14] Wang Liping, LI Qing, Li Na, Dong Guozhu, and Yang Yu. Substructure similarity measurement in chinese recipes. pp. 979–988, 2008.
- [15] Hirokuni Maeta, Tetsuro Sasada, and Shinsuke Mori. A framework for procedural text understanding. In *Proceedings of the 14th International Conference on Parsing Technologies*, pp. 50–60, 2015.
- [16] Takuma Maruyama, Yoshiyuki Kawano, and Keiji Yanai. Real-time mobile recipe recommendation system using food ingredient recognition. In *IMMPD ’12: Proceedings of the 2nd ACM international workshop on Interactive multimedia on mobile and portable devices*, pp. 27–34, 2012.
- [17] Mari Takahashi Mayumi Ueda and Shinsuke Nakajima. Recipe recommendation method based on user’s food preferences. In *IADIS International Conference e-Society 2011 (ES 2011)*, pp. 591–594, 2011.
- [18] Yoshio Momouchi. Control structures for actions in procedural texts and pt-chart. In *COLING 1980 Volume 1: The 8th International Conference on Computational Linguistics*, pp. 108–114, 1980.
- [19] Shinsuke Mori, Hirokuni Maeta, Yoko Yamakata, and Tetsuro Sasada. Flow graph corpus from recipe texts. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC’14)*, pp. 2370–2377, 2014.
- [20] Sheshera Mysore, Zachary Jensen, Edward Kim, Kevin Huang, Haw-Shiuan Chang, Emma Strubell, Jeffrey Flanigan, Andrew McCallum, and Elsa Olivetti. The materials science procedural text corpus: Annotating materials synthesis procedures with shallow semantic structures. In *Proceedings of the 13th Linguistic Annotation Workshop*, pp. 56–64, 2019.
- [21] Taichi Nishimura, Atsushi Hashimoto, and Shinsuke Mori. Procedural text generation from a photo sequence. In *Proceedings of the 12th International Conference on Natural Language Generation*, pp. 409–414, 2019.
- [22] Taichi Nishimura, Suzushi Tomori, Hayato Hashimoto, Atsushi Hashimoto, Yoko Yamakata, Jun Harashima, Yoshitaka Ushiku, and Shinsuke Mori. Visual grounding annotation of recipe flow graph. In *Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference*, pp. 4275–4284, 2020.
- [23] Masaki Oguni, Yohei Seki, Risako Shimada, and Yu Hirate. Method for detecting near-duplicate recipe creators based on cooking instructions and food images. In *Proceedings of the 9th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities in Conjunction with The 2017 International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 49–54, 2017.

- [24] Shuichi Sakai Reiko Hamada, Ichiro Ide and Hidehiko Tanaka. Structural analysis of cooking preparation steps. In *The Transactions of IEICE D-II*, Vol. J85-D-II, pp. 79–89, 2002.
- [25] Yuka Shidochi, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, and Hiroshi Murase. Finding replaceable materials in cooking recipe texts considering characteristic cooking actions. In *CEA '09: Proceedings of the ACM multimedia 2009 workshop on Multimedia for cooking and eating activities*, pp. 9–14, 2009.
- [26] Hanai Shunsuke, Nanba Hidetsugu, and Nadamoto Akiyo. Clustering for closely similar recipes to extract spam recipes in user-generated recipe sites. In *Proceedings of the 17th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, pp. 1–5, 2015.
- [27] Ohsugi Takafumi and Matsushita Mitsunori. Presentation of failure-prone processes in a cooking recipe. In *Proceedings of the Joint Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities and Multimedia Assisted Dietary Management*, pp. 38–41, 2018.
- [28] Chun-Yuen Teng, Yu-Ru Lin, and Lada A. Adamic. Recipe recommendation using ingredient networks. In *WebSci '12: Proceedings of the 4th Annual ACM Web Science Conference*, pp. 298–307, 2012.
- [29] Kaisa Torkkeli, Johanna Mäkelä, and Mari Niva. Elements of practice in the analysis of auto-ethnographical cooking videos. In *Journal of Consumer Culture*, Vol. 20, pp. 543–562, 2018.
- [30] Mayumi Ueda, Syungo Asanuma, Yusuke Miyawaki, and Shinsuke Nakajima. Recipe recommendation method by considering the user's preference and ingredient quantity of target recipe. In *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 第 1 卷, pp. 519–523, 2014.
- [31] Mayumi Ueda, Mari Takahata, and Shinsuke Nakajima. User's food preference extraction for personalized cooking recipe recommendation. In *SPIM'11: Proceedings of the Second International Conference on Semantic Personalized Information Management: Retrieval and Recommendation*, Vol. 781, pp. 98–105, 2011.
- [32] Min Weiqing, Jiang Shuqiang, Wang Shuhui, Sang Jitao, and Mei Shuhuan. A delicious recipe analysis framework for exploring multi-modal recipes with various attributes. In *Proceedings of the 25th ACM international conference on Multimedia*, pp. 402–410, 2017.
- [33] Yoko Yamakata, Hirokuni Maeta, Takuya Kadowaki, Tetsuro Sasada, Shinji Imahori, and Shinsuke Mori. Cooking recipe search by pairs of ingredient and action - word sequence v.s. flow-graph representation -. In *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol. 32, pp. 1–9, 2017.
- [34] Yoko Yamakata, Shinsuke Mori, and John Carroll. English recipe flow graph corpus. In *Proceedings of the 12th Language Resources and Evaluation Conference*, pp. 5187–5194, 2020.
- [35] Yamakata Yoko and Shinsuke Mori John A, Carroll. A comparison of cooking recipe named entities between japanese and english. In *Proceedings of the 9th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities in conjunction with The 2017 International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 7–12, 2017.
- [36] Yoneda Yoshiki and Nadamoto Akiyo. Knack for cooking extraction from user generated recipe sites. In *Proceedings of the 20th International Conference on Information Integration*

- and Web-based Applications & Services*, pp. 134–137, 2018.
- [37] Lijuan Yu, Qing Li, Haoran Xie, and Yi Cai. Exploring folksonomy and cooking procedures to boost cooking recipe recommendation. In *13th Asia-Pacific Conference on Web Technology*, pp. 119–130, 2011.
- [38] 利田いずみ, 加久間勝. コンピュータを用いた料理献立システム—献立作成用エキスパートシステム—. 情報処理学会研究報告, 第 91-CH-10 巻, pp. 1–8, 1991.
- [39] 小泉ルウ, 三好力. 料理レシピの食材の特売情報抽出システムの提案及び検討. 情報処理学会第 78 回全国大会, pp. 29–30, 2016.
- [40] 苅谷花子, 倉林修一, 清木康. 味覚印象を対象としたメタデータ生成方式と印象検索方式の実現. 情報処理学会研究報告, 第 2004-DBS-134 巻, pp. 145–152, 2004.
- [41] 林絵梨, 吉岡卓, 東条敏. 日本語レシピ文における時間的関係構造の自動生成. Vol. 10, No. 2, pp. 3–17, 2003.
- [42] 角沙月, 塚本享治. 栄養価計算機能を有する料理レシピ検索サービスの構築. 第 70 回情報処理学会全国大会講演論文, pp. 703–704, 2008.
- [43] 右田貴大, 王元元, 河合由起子. 苦手な食材に着目したレシピ推薦手法の提案. 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, pp. P1–5, 2018.
- [44] 山崎健史, 吉野幸一郎, 前田浩邦, 笹田鉄郎, 橋本敦史, 船富卓哉, 山肩洋子, 森信介. フローグラフからの手順書の生成. 情報処理学会論文, 第 57 巻, pp. 849–862, 2016.
- [45] 前田浩邦, 山肩洋子, 森信介. 手順文書からの意味構造抽出. 人工知能学会論文誌, 第 32 巻, pp. 1–8, 2017.
- [46] 植田嗣也, 高橋淳, 吉村卓也, 伊藤孝行. 料理レシピの栄養素自動計算システムの試作: 「焼く, 煮る」などの調理加工による栄養素の変化の自動計算手法. 情報処理学会第 74 回全国大会, pp. 435–436, 2012.
- [47] 実教出版出版部. カラーグラフ食品成分表.
- [48] 花井俊介, 難波英嗣, 灘本明代. 健康を意識した代替食材の発見手法. 第 7 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, pp. G6–6, 2015.
- [49] 花井俊介, 難波英嗣, 灘本明代. 主食材と主調味料を考慮した類似レシピクラスタリング. 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, pp. E2–7, 2016.
- [50] 伊尾木将之, 原島純, 犬塚眞太郎. 【調理× ict】 レシピを機械可読にする技術とその可能性. 電子情報通信学会誌, 第 103 巻, pp. 903–908, 2020.
- [51] 中島伸介, 上田真由美. レシピ推薦システム. 人工知能学会誌.
- [52] 坂井伸明, 大塚真吾, 宮崎収兄. 多変量解析を用いた感性データベース. 情報処理学会研究報告, 第 2001-DBS-125 巻, pp. 161–168, 2001.
- [53] 日比谷新平. 料理レシピ情報処理システム. 特開 2006-119924.
- [54] 池田真大, 熊野雅仁, 小堀聡, 木村昌弘. 食材と時季に基づいた料理レシピの人気分析. インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会, 第 20 巻, pp. 15–22, 2018.
- [55] 梅本晴弥, 豊田哲也, 大原剛三. 食材名の分散表現学習を用いた料理レシピの栄養推定手法. 行動変容と社会システム, 第 5 巻, 2019.
- [56] 西村太一, 橋本敦史, 森信介. 重要語に着目した写真列からのレシピの自動生成. 自然言語処理, 第 27 巻, pp. 275–279, 2020.
- [57] 三石大, 多田和彦, 佐々木淳, 船生豊. 媒介変数を用いた嗜好分析による感性情報検索の提案. 情報処理学会研究報告, pp. 1–8, 2001.

- [58] 高野哲郎, 上島紳一. Cooking scenario : レシピの scenario 化とその応用. *IEICE technical report*, Vol. 103, No. 190, pp. 19–24, 2003.
- [59] 牛久敦, 橋本敦史, 森信介. Cooking recipe search by pairs of ingredient and action - word sequence v.s. flow-graph representation -. 言語処理学会第 23 回年次大会, pp. 1129–1132, 2017.
- [60] 藤井敦, 伊藤克亘, 秋葉友良. 事典的 web 検索サイトの構築. 言語処理学会第 9 回年次大会発表論文集, pp. 129–132, 2003.
- [61] 土井美和子. 料理レシピ提案装置、料理レシピ提案方法、およびその方法をコンピュータで実行させるプログラム. 特開 2006-277410.
- [62] 菊地悠樹, 熊野雅仁, 木村昌弘. 料理レシピ共有サイトにおける食材の句の利用パターンの抽出. 研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS), 第 116 巻, pp. 1–6, 2017.
- [63] 菊地悠樹, 熊野雅仁, 木村昌弘. 料理レシピ共有サイトにおける食材のアクティブ共起パターンの抽出. 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), 第 11 巻, pp. 30–40, 2018.
- [64] 山肩洋子, 難波英嗣, 大須賀智子, 原島純, 但馬康宏, 森信介, 大山敬三. 料理レシピデータセットを用いた料理用語辞書の自動構築 ~フローグラフから得られる加工履歴に基づく食材名の分布類似度計算に関する検討~. 電子情報通信学会技術研究報告, 第 116 巻, pp. 13–18, 2016.
- [65] 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, pp. 1–4, 2017.
- [66] 大仁田龍也, 北山大輔. 手順のレシピ頻度特徴量と lexrank に基づくアレンジ抽出手法. 研究報告データベースシステム (DBS), 第 2020-DBS-171 巻, pp. 1–6, 2020.
- [67] 永井廉人, 大杉隆文, 松下光範. 料理レシピ中に記載されていない調理器具の推定に関する基礎検討. 第 32 回人工知能学会全国大会, pp. 1–4, 2018.
- [68] 多田和彦, 三石大, 佐々木淳, 船生豊. 媒介変数により個人の嗜好を反映可能なレシピ検索システムの構築と評価. 情報処理学会研究報告, 第 2002-DBS-126 巻, pp. 137–144, 2002.

# 全研究業績のリスト

## 【本論文に関する業績】

### 学術雑誌論文

- 苺米志帆乃, 藤井敦. 栄養素等摂取バランスの分析に基づく食生活支援システム. 日本データベース学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.1-6, 2010. (査読付論文)
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 栄養素等摂取バランスを考慮した料理レシピ検索システム. 電子情報通信学会論文誌, Vol.J92-D, No.7, pp.975-983, 2009. (核論文 2, 査読付論文)

### 国際会議論文

- Shihono Karikome, Tetsuji Satoh. Generation and Evaluation of Flow Graphs for Cooking Recipes. 9th International Conference on E-Service and Knowledge Management (ESKM 2020), pp.102-109, 2020. (核論文 1, 査読あり)
- Shihono Karikome, Noriko Kando, Tetsuji Satoh. Flow Graph Generation Method for Visualizing Procedural Texts. Proceedings of 20th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, iiWAS2018, pp. 358-362, 2018. (査読あり)
- Shihono Karikome, Noriko Kando, Tetsuji Satoh. Structural Analysis of Procedural Texts for Generating Flow Graphs. Proceedings of 19th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services, iiWAS2017, pp. 577-581, 2017. (査読あり)

## 国内会議論文

- 寺島太平, 苺米 志帆乃, 佐藤哲司. 手順テキストの可視化を目的とした構造解析手法. 第 10 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2018.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 料理レシピテキストを対象とした構造解析の高精度化. 電子情報通信学会技術研究報告, vol.112, no.75, DE2012-8, pp.43-48, 2012.
- 苺米志帆乃, 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.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 食事ログにおける栄養バランスを考慮した食生活支援システム. 情報処理学会第 72 回全国大会, 2010.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 食生活支援システムにおける食事ログとアクセスログの分析. 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2010.
- Shihono Karikome, Atsushi Fujii. A System for Supporting Dietary Habits: Planning Menus and Visualizing Nutritional Intake Balance. Proceedings of the 4th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication(ICUIMC2010), pp.386-391, Korea, 2010. (査読あり)
- Shihono Karikome, Atsushi Fujii. Design and Evaluation of a System for Supporting Dietary Habits. IDB Workshop2010, 青山学院大学, 2010.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 料理レシピの検索と栄養バランスの分析による食生活支援システム. 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2009.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 料理レシピの推薦と栄養バランスの可視化による食生活支援システム. WebDB Forum 2009, 2009. (査読あり)
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 料理レシピを対象とした関連検索システム. 情報処理学会第 70 回全国大会, 2008.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 料理どうしの類似と組合せに基づく関連レシピ検索システム. 言語処理学会第 14 回年次大会発表論文集, pp.959-962, 2008.
- 苺米志帆乃, 藤井敦. 栄養バランスを考慮した料理レシピ検索. 言語処理学会第 14 回年次大会発表論文集, pp.127-130, 2008.

## 【その他業績】

- 池上十五, 苺米志帆乃. 地方議会会議録の解析による社会課題の可視化. 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2020.
- 江村歩, 苺米志帆乃. Twitter を用いた各地域の紅葉状態を表す紅葉マップの作成. 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2020.
- 遠藤圭太, 苺米志帆乃. インフルエンザ患者数推定のためのツイート分類手法. 第 11 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2019.
- 長谷川瞳, 苺米志帆乃. シラバスの可視化を目的とした授業項目単位での関係解析. 第 11 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2019.
- 池上十五, 苺米志帆乃. 地方議会会議録の解析による社会課題の可視化. 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2020.
- 江村歩, 苺米志帆乃. Twitter を用いた各地域の紅葉状態を表す紅葉マップの作成. 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2020.
- 遠藤圭太, 苺米志帆乃. インフルエンザ患者数推定のためのツイート分類手法. 第 11 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2019.
- 長谷川瞳, 苺米志帆乃. シラバスの可視化を目的とした授業項目単位での関係解析. 第 11 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2019.
- 竹内秀幸, 苺米志帆乃, 吉田光男. 科目間の関係性を考慮したシラバスの可視化手法. 第 9 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2017.