

氏名(本籍)	苺米志帆乃				
学位の種類	博士(情報学)				
学位記番号	博甲第 9985 号				
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日				
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当				
審査研究科	図書館情報メディア研究科				
学位論文題目	目的指向の料理レシピ解析手法に関する研究				
主査	筑波大学	教授	博士(工学)	佐藤 哲司	
副査	筑波大学	教授	博士(工学)	森嶋 厚行	
副査	筑波大学	准教授	博士(情報学)	高久 雅生	
副査	筑波大学	教授	博士(教育学)	芳鐘 冬樹	
副査	筑波大学	教授	博士(工学)	宇津呂武仁	

論文の要旨 (2,000 字程度)

本学位論文は、料理レシピや操作マニュアルなどの手順テキストを対象とした解析手法に関する研究の成果を著している。料理レシピは、調理を進めるための手順を示したものであるが、冷蔵庫にある食材で作れる料理の検索や不足する食材の代替食材の検索、更には、調理の難易度や調理時間の把握など様々な目的で利用されている。こうした多様な目的を達成するために、これまで個々の目的に特化した手法が提案されてきているが、本論文では、料理レシピを対象に基本構成要素である「部品一覧」と「手順」に着目した解析手法を提案している。この2つの要素は、料理レシピに限定されることなく、操作マニュアルや特許請求項など一般的な手順テキストにおいても基本構成要素となっていることから、手順テキスト全般に対して適用可能な手法となることが期待される。

全6章で構成される本論文は、第1章において上述した研究の背景、目的と研究課題の設定を述べている。特に、「部品一覧」と「手順」の2つの基本構成要素に着目したところに本研究の意義、新規性があることを、料理レシピの例を示しながら述べている。

第2章では、本論文に関連する先行研究を、食材と、調理手順、ユーザの3つの観点で整理し、本研究の位置づけを明らかにしている。

第3章は、本論文の第一の核となる食材に着目した料理レシピ解析手法を提案している。ここでは食材の持つ主要な属性である栄養素に着目をし、栄養素のバランスに考慮した献立を決定する手法を明らかにしている。ここで献立とは、主菜や副菜、汁物などの複数の料理レシピの組み合わせであり、栄養バランスだけでなく、食材の類似性や調理手順の類似性に基づいて複数レシピを組み合わせた献立を構成できるとしている。厚生労働省が公開している食品群別摂取量は、年齢と性別に応じて、エネルギー、タンパク質、脂質、各種ビタミン類など栄養素を6群に分類して一日あたり摂取量の目安を定めている。食材固有の栄養素含有率とレシピ中での使用量からレシピ毎の栄養素量を算出し、食品群毎に摂取量の目安に対する充足率を計算する。この計算のために食品群辞書とグラム変換辞書を構築している。個々のレシピの充足率を6次元のベクトルで表現することで、摂取できる栄養素のバランスが類似したレシピの検索や、献立を構成する複数レシピの組合せの評価などを実現している。

第4章は、本論文の第2の核となる調理手順に着目した料理レシピ解析手法を提案している。自然言語で記述されている調理手順から食材と調理方法を抽出し、それらをノードに手順の流れ（依存関係）をエッジとするフローグラフを生成するための手法を明らかにしている。最初にフローグラフが満たすべき要件を考察し、調理手順の概観を把握する、あるいは、異なるレシピ間の差分や共通部分を抽出する目的で利用する標準フローグラフと、実際に調理が行える程度に詳細に食材のグラム数や加熱時間などの属性を記述した詳細フローグラフの2段階の詳細度があることを述べている。その上で、本論文では前者の標準フローグラフの生成を試みるとしている。

調理手順に出現する調理方法は、焼くや切るなど単一の食材を調理する動作と、加えるや(皮を)むくなどの複数の食材を混合したり分離したりする動作を表すものがある。そのため、調理手順に出現する動詞を6種類の属性に分類し動詞辞書を作成する。一方、調理手順に出現する名詞には、食材や調味料だけでなく調理道具や「ここ」などの代名詞、「角切り」などの動作を表す固有表現も含まれることから、これらの違いを属性とする名詞辞書を作成する。これら2種類の辞書を用いて、フローグラフの局所的な構造解析を行い、調理手順を最小の単位（セット）に分割する。分割したセットを時間表現や代名詞などを手がかりとして階層的に接続をしていき、最終的に料理を出口とする一つのフローグラフを生成する。

調理手順数が3以上のレシピ10個を使用して、生成されたフローグラフの評価を行っている。フローグラフをノード対に分割して、それぞれのノード対が正しく生成できているかの実験評価と、人手作成した正解フローグラフとの編集距離の比較評価とを行い、いずれの結果も従来手法より優れていることが示されたとしている。

第5章は、提案している食材および調理手順に着目した料理レシピ解析手法が、他の手順テキストに適用可能であるかを、実際に実験を行って考察している。対象とした手順テキストは、業務用に使用するプリンタやカッターの操作説明書であり、そこに示された複数の操作手順を入力としてフローグラフの生成を試みている。この結果、料理レシピで使用される食材や調理方法は限定的であるのに対して、操作マニュアルは対象機器のドメインに依存していることから、辞書の自動構築には更なる改良が求められるが、手順の解析手法は十分に適用可能であることが確認できたとしている。

第6章は、本論文のまとめの章であり、手順テキストの解析手法として部品と操作手順に着目したアプローチの有効性および適用の限界について述べている。

審査の要旨 (2,000字以上)

【批評】

本論文は、料理レシピや操作マニュアルなどの手順テキストを対象とした解析手法の提案であり、自然言語処理とデータ工学の研究領域に関する研究の成果を著している。料理レシピは、調理をするのに必要となる食材とその調理手順を示したものであり、冷蔵庫にある食材で作れる料理の検索や不足する食材の代替食材の検索、あるいは、調理の難易度や調理時間の把握など様々な目的で利用されている。こうした多様な目的を達成するために、本論文では、料理レシピを対象に基本構成要素である「部品一覧」と「手順」に着目した解析手法を提案している。以下、本論文の構成に従って批評を述べる。

第1章は、上述した研究の背景、目的と研究課題の設定を述べている。本論文で着目している「部品一覧」と「手順」は、料理レシピだけでなく操作マニュアルや特許請求項など一般的な手順テキストにおいても基本構成要素となっていると考えられることから、幅広い手順テキストに適用できる基盤的な技術を確立することを目的とする適切

なアプローチといえる。

第2章は、本論文に関連する先行研究を、食材と、調理手順、ユーザの3つの視点から整理している。料理レシピを対象とした多くの研究をサーベイしており、研究の位置づけを明らかにする観点からは十分な量であると言える。一方で、手順の解析に関しては、特許の請求項などを対象とした多くの先行研究があるので、調査の範囲を広げることによって学術的な新規性について本研究の位置づけを一層明確にできた可能性があり、今後の課題としておきたい。

第3章は、料理レシピの主要構成要素である食材に着目した料理レシピ解析手法を述べている。食材の属性である栄養素に基づいて栄養素のバランスに考慮した献立を決定する手法を明らかにしている。ここで献立とは、主菜や副菜、汁物などの複数の料理レシピの組み合わせであり、栄養バランスだけでなく、食材の類似性や調理手順の類似性に基づいて複数レシピを組み合わせた献立を構成できるとしている。栄養バランス算出の根拠とする食品群と食品の対応や、玉葱一玉などの表記からグラム数への変換に辞書を用いている。本論文では、辞書の作成を人手で行っているが、コーパスベースの機械学習など、最近の研究成果を取り込むことで部分的にでも人手作業を減らせれば提案手法の適用範囲の拡大に繋がると期待される。

第4章は、料理レシピのもう一つの主要構成要素である調理手順に着目した料理レシピ解析手法を詳細に述べている。自然言語で記述されている調理手順から食材と調理方法をノードとして抽出し、手順の流れをエッジに対応させることで、調理手順に記述された順序関係をフローグラフとする手法は自然であり、調理手順の依存関係を簡便に把握する手法として有効と考えられる。また、最初にフローグラフが満たすべき要件を考察し、手順の概観を把握するための標準フローグラフと、調理を行うための詳細フローグラフの2段階があることを示しているのは、本研究で取り組む標準フローグラフの位置づけを理解する上で有効な手段となっている。

調理手順を解析するために、調理手順に出現する動詞を6種類の属性に分類した動詞辞書、および、食材や調味料だけでなく調理道具や「ここ」などの代名詞、「角切り」などの動作を表す固有表現など含めた名詞辞書を作成している。これらの辞書の作成に際しても、人手を要するルールベースの手法を用いているが、長短記憶(LSTM)などの自然言語処理領域で目覚ましい発展を遂げている深層学習の適用なども今後の課題として上げることができる。予め用意した上記2種類の辞書を用いて調理手順を解析し、食材と調理方法の組を調理手順の最小単位であるセットに分割し、分割したセットを時間表現や代名詞などを手がかりとして階層的に接続していき、最終的に料理を出口とする一つのフローグラフを生成している。このあたりの処理は、ナイーブではあるが着実な手法を提案していると考えられる。

生成したフローグラフの評価は、グラフをノード対に分解しそれぞれのノード対が正しく生成できているかの実験と、人手作成した正解フローグラフとの編集距離の比較実験とで行っており、従来法と比較していずれの実験でも高い精度が得られたと結論づけている。これらの実験は、グラフの生成精度という観点からは妥当な手法であるといえるが、料理レシピという応用指向のドメインでは、致命的な生成誤りとなるノードやエッジの存在が考えられ、重さ(ペナルティの大きさ)も考慮した評価もなされると、新たな評価方法の提案まで高めることができた可能性を感じる。また、本論文で標準グラフが目指している手順理解の容易化、あるいは、複数のフローグラフの比較に適した評価方法の提案も今後の課題と考えられる。

第5章は、提案している食材および調理手順に着目した料理レシピ解析手法が、他の手順テキストに適用可能であるかを、実際に実験を行って考察している。プリンタなどの操作マニュアルに具体的に適用し、提案手法の適用性と適用限界を明らかにしている点は、学術的価値である信頼性を高めることに貢献しているといえる。

第6章は、本論文のまとめの章である。本論文で明らかにしたこと、および今後の課題について簡潔に書かれており、適切な内容となっていると言える。

【最終試験結果】

2021年1月19日、図書館情報メディア研究科学学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと、本論文について著者に説明を求めた後、関連事項について質疑応答を行った。引き続き、「図書館情報メディア研究科博士後期課程の学位論文の審査に関する内規」第23項第3号に基づく最終試験を行い、審議の結果、審査委員全員一致で合格と判定された。

【結論】

よって、本学位論文の著者は博士（情報学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認められる。