Vol.2017-MUS-115 No.51
2017/6/18

レシピテキストの構造解析データを活用した対話的調理支援システムのための料理手順表現形式の提案

是松 優作[1,a)]　齋藤 大輔[1]　峯松 信明[1]

概要：人は不慣れな料理を調理するときレシピを参照することで必要な情報を得る．しかし，レシピは主にテキストで記述されており，レシピを参照しながらの調理は不便である．また，レシピは一般的に単一料理の調理手順を示しており，同時に複数の料理を作るという状況では次に行うべき手順を調理者が選択する必要があり，これも調理者の負担となる．本研究では，これらの問題を解決するために調理者に適切なタイミングで次に行うべき手順を教示する調理支援システムの構築を目的とする．複数料理の同時調理にも対応可能な料理手順の表現形式として，レシピフローグラフから得られる調理手順群を検討し，レシピ合成や枝分かれの処理等について自然な結果が得られることを確認した．また，調理の並列処理の導入のために必要な表現拡張について検討を行った．

キーワード：調理支援, 対話システム, フローグラフ, 手順最適化, 並列処理

1. はじめに

近年，cookpad[*1]をはじめとするレシピ共有サイトがインターネット上で広く利用されている．しかし，書籍やインターネット端末を介したレシピ情報の利用は調理者の行動を阻害する要因となっている．また，複数の料理を一度に調理する場合，二つの料理を組み合わせたレシピは一般に存在しないため独立したレシピを参照する必要があるが，料理の初心者にとってどのような手順で調理を行うかを決定することは困難であると考えられる．

これらの問題解決のために，調理者の動作を妨げない形でのレシピ情報の提示と調理者の状況に合わせた動的な手順の提示が求められる．調理者の動作を妨げない形での効率的なレシピ情報提示については，映像や音声による指示が考えられる．調理者の状況に合わせた動的な手順の提示については，調理の状況を把握することと，レシピの構造解析が必要である．

本研究では，調理の状態を把握するために，調理音から得られる特徴をもとに推定を行うこと目標に，それに適したレシピ表現について検討する．調理音は携帯端末があればデータの取得が容易であり，既存の調理環境に大きな変更を加えることなく調理音を利用した調理支援システムを構築することが可能であると考えられるため，システム導入のコストが低い．タッチパネルや音声という形での調理者からシステムへの能動的な働きかけも必要としないため，調理者の手間を必要としないという利点もある．しかし，調理音のみから実際にどのような調理が行われているかを推定することは容易ではないことが推測される．一般に人間は調理音だけからどのような調理が行われているかを推定することが困難だからである．そこで，レシピの情報を用いて次に行われる調理を絞り込むことで推定の精度を向上させることが考えられる．ここで問題となるのが，レシピの情報をどのように利用するかである．

レシピテキストを分析し，レシピ理解を目的として構築された新たな表現形式としてレシピフローグラフが提案されている [1]．これはレシピの工程をテキスト中の重要語とその関係性によって表現しようと試みたものである．一般的にレシピテキストでは調理手順が時間順序に沿そって表現されているが，レシピフローグラフでは各用語の依存関係によってレシピが表現されているため，調理手順をレシピフローグラフから復元することは一般にできない．例えば人参を切るという動作と玉ねぎを炒めるという動作は，レシピテキストでは順序が指示されていたとしても，実際にはどちらからでも実行が可能である．このような依存関係のない手順の自由な並べ替えが可能な表現形式であるレシピフローグラフの方が，対話的な調理支援システムにおいては有効であると考えられる．実際にレシピフローグラフを用いて対話的な調理支援のシミュレーションを行った．

[1] 東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻
[a)] korematsu@gavo.t.u-tokyo.ac.jp
[*1] https://cookpad.com

© 2017 Information Processing Society of Japan

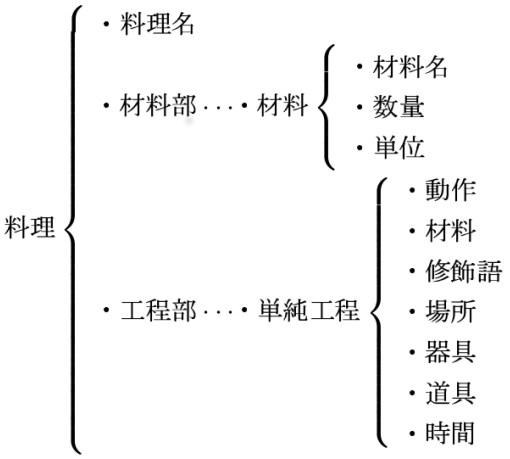


図 1: Cooking Scenario の構造

また，実際の調理を考えた時に，並列調理というものが重要な要素として挙げられる．必要なものは動作に必要な時間とそれが同時に実行可能な動作であるかの判断である．しかしそれだけでは不十分である．なぜなら，並列な動作では，連続して行うべき動作などをうまく扱うことができないからである．これは現状では有効な解決策を提案できていないため，今後表現形式を拡張する必要があるであろう．

本研究ではレシピフローグラフを利用して様々な調理手順の可能性の検討と複数の調理を行う時の合成フローグラフの生成についてその有効性を検討した．異なる動作を並列して行う，調理の並列処理についてもその実装に必要な表現拡張について検討を行った．

2. レシピ構造に関する先行研究

2.1 木構造に基づくレシピ表現

高野らはレシピを Cooking Scenario という形で表現することでレシピテキストでは省略されているような情報も補間し，調理支援において有効なレシピ表現形式を提案した [2]．図 1 に示すように Cooking Scenario は大きく材料部と工程部に分かれており，材料部は調理で使用する食材の情報のリストで構成され，工程部は食材に対して行う調理動作を記したリストで構成されている．通常レシピテキストにおいては，調理動作の対象となる食材・調理場所・調理道具・調理時間などは全て記載されているとは限らない．人がレシピを参考にしながら調理を行う場合はこのような省略された情報を，自身の常識などによって補間することでレシピを理解している．Cooking Scenario は省略された要素も表現できるという点で有用な表現形式である．

浜田らは，Cooking Scenario の工程部に相当する情報を，レシピテキストから食材と調理動作の関係性を抽出し木構造として自動構築することを試みた [3]．調理者の動作の最小単位を Action Unit として定め，Action Unit 間の

1. サルサソースを作る。トマトは角切り、たまねぎは
みじん切りにし、☆の材料を全てボールにいれて混ぜる。
味を見ながら調味料を加えてください。
2. キャベツは千切り、ピーマンは輪切りにする。
3. ナンにとろけるチーズを巻いたウィンナーをのせ、
かる～くオーブントースターでチンする。
4. チーズのとけた上から、サルサソース、切った野菜
（キャベツ、ピーマン）をのせる。
5. ケチャップを好きなようにかけてめしあがれ♪

図 2: 「なんなんなん♪」のレシピテキスト

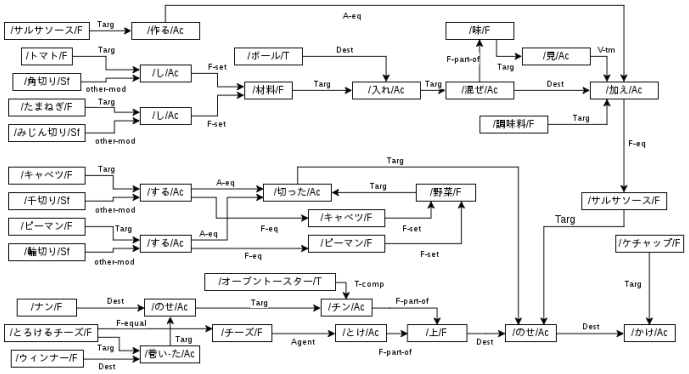


図 3: 「なんなんなん♪」のレシピから生成されたフローグラフ

依存関係を精度良く求める手法を提案した．このように，レシピテキストに基づいてレシピの構造を推定する手法として，レシピテキストから調理動作の単位を求め，それらの関係性を推定するという手法が有効であると考えられるが，これらのレシピ表現は木構造となっている．すなわちノードの分岐を表現することができず，例えば食材の分離といった操作の表現が不可能となっている．

2.2 レシピフローグラフ

森らは手続き文章であるレシピに着目し，文章理解のためのコーパスとしてレシピ文章をフローグラフで表現することを試み，その定義を行った [1]．木構造では上手く表現できない内容も表現できるようにするため，無閉路有向グラフが提案されている．また，レシピテキストでは，形態素解析によって全ての動詞を検出したとしても，その中には同じ動作を示す動詞群が含まれる場合もある．図 2 と図 3 は，調理作業が複雑で，かつ説明文の解釈における難易度も高いレシピの例であるが，例えばレシピテキスト中の「サルサソースを作る」という表現をもとに，サルサソースを作るように調理者に指示することは不適切である．「サルサソースを作る」という表現がその後に続くレシピ手順で言い換えられているという文書構造を読みとらなければならない．レシピテキストを単純に木構造に変換する手法ではこのような記述に対応することができないが，森らが提案するフローグラフならば適切に表現することが可能である．

レシピフローグラフはレシピテキストの中から必要な情

© 2017 Information Processing Society of Japan

タグ	意味	備考
F	食材	代名詞・中間・最終生成物を含む
T	道具	調理道具や器など(代名詞を含む)
D	継続時間	概数表現を含む
Q	分量	概数表現を含む
Ac	調理者の動作	語幹のみ
Af	食材の動作	語幹のみ
Sf	食材の状態	味、切り方など
St	道具の状態	温度設定など

図 4: レシピフローグラフの頂点のタグ一覧

ラベル	意味	概説
Agent	主語(ガ格)	主に「が」や「は」で表される動作と主語の関係
Targ	対象(ヲ格)	主に「を」で表される動作と対象の関係
Dest	方向(ニ格)	主に「に」で表される動作と方向や場所の関係
T-comp	道具デ	主に「で」で表される動作とその手段の関係
F-comp	食材デ	主に「で」で表される動作とその手段の関係
F-eq	同一の食材	既出の食材とそれに対する参照表現
F-part-of	食材の一部	既出の食材とその一部に対する参照表現
F-set	食材の集合	既出の複数種の食材とその全体に対する参照表現
T-eq	同一の道具	既出の道具とそれに対する参照表現
T-part-of	道具の一部	既出の道具とその一部に対する参照表現
A-eq	同一の動作	既出の動作とそれに対する参照表現
V-tm	動作のタイミング	別の動作を行う条件やタイミングを示す句の動詞
other-mod	その他の修飾語句	

図 5: レシピフローグラフの辺のラベル一覧

報であるレシピ用語を抽出し，レシピ用語間をエッジで結びつけることで生成される．

レシピ用語とエッジにはそれぞれタグとラベルが付いている．図 4 と図 5 にその一覧を示す．レシピ用語のタグの中では，食材を表す F タグと調理動作を表す Ac タグがレシピフローグラフの主要素となる．多くのレシピは食材とそれに対する調理動作の組に補足情報としてその他のレシピ用語が付随するという形式で構成されている．エッジのラベルについては，食材と調理動作の関係性を示す Targ ラベルを主として，食材や調理動作の同一性を示す F-eq ラベルや A-eq ラベルなどのテキストでは明示的に表現されていないレシピの構造についての情報が含まれている．レシピテキストからレシピフローグラフを自動生成した場合，エッジのラベルを適切に配置することは困難であり，本研究で使用するレシピフローグラフコーパスは全て手作業で作成されたものである．先ほどの例では，糸蒟蒻は食材であるから F，下茹でしは調理者の動作であるから Ac のタグが付けられ，エッジは対象（ヲ格）を意味する Targ となる．

3. 提案手法

3.1 レシピフローグラフからの情報抽出

レシピを表現する方式として木構造よりも表現力の高いレシピフローグラフを採用し，調理支援システムへの応用を考える．そこで，レシピフローグラフから Action Unit に相当する情報を抽出する．これは調理動作を中心としてそれに付随するノード群で構成された部分フローグラフとなる．これを抽出することで一対話に相当するユニットが得られる．このユニットはレシピフローグラフにおいてはシーケンシャルに並んでいるとは限らない．そのためこの部分フローグラフ群はそれぞれの状態間の依存関係を示す新たなフローグラフによって表現される．

レシピフローグラフの調理手順列（調理動作に分割した部分フローグラフを一列に並べたものをこう呼ぶことにする）を定める方法として，調理段階ごとの，調理動作の出現確率の違いをもとに調理手順列を推定するという手法を提案する．調理動作の，調理段階による出現確率の違いについて詳しく説明する．一般に，調理というものは食材の下準備，本調理，仕上げの 3 パートに分けて考えることができる．調理動作というものは，そのような特定の場面で行われると仮定すると各調理動作が調理の全工程のうち，どのような場面で使用される頻度が高いかという情報を得ることが可能ではないかと考える．レシピフローグラフ中に出現する調理動作についてもとのレシピテキストから得られる調理手順列を正しいと仮定して，調理手順の調理段階ごとの出現分布を求めた．図 6 に一部の調理動作について，調理段階 (0 - 100 %) と出現回数の関係を示す．この情報を用いて，複数の選択肢が考えられるレシピフローグラフの調理手順列のうち，最も自然な調理手順を推定することが可能になる．

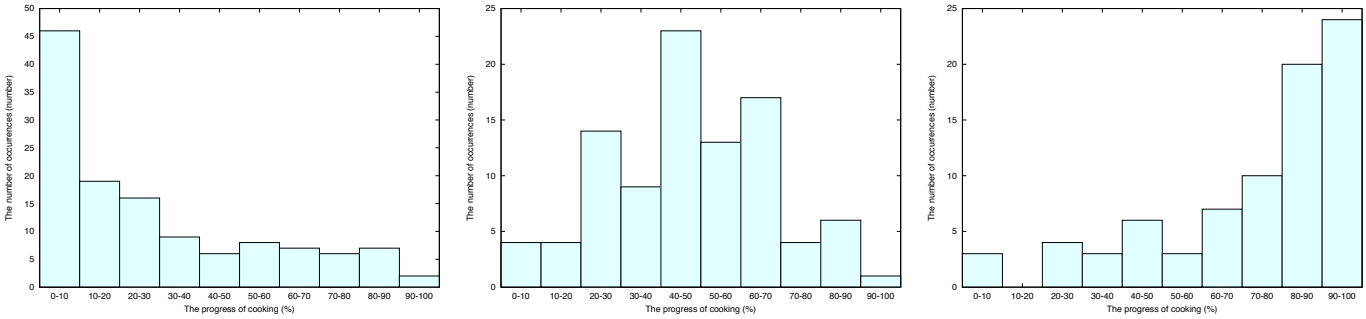
4. 提案手法の検証

提案したレシピフローグラフから調理手順列を推定する手法を検討する．単一料理のレシピフローグラフでは，フローグラフの構造が単純なものが多く，調理手順列推定の効果がうまく検証できないため，今回は複数の料理を同時に作る場面を想定して，二つの異なるフローグラフを合成し，その調理手順列を推定することで提案手法の検証を行った．この時得られる調理状態間関係は物理的制約のない手順が比較的多く含まれており，許容される手順列は様々である．片方の料理だけを進めて完成させた後にもう片方の料理を作っても良いし，交互に調理を進めても良い，このような場合に先に述べた調理手順の並べ替えが有効となる．提案するレシピ表現が有効であるかを検証するため，異なる二つのフローグラフについて，それらを同時に調理した時の手順生成を行った．図 7 に示す二つのレシピフローグラフについて，それらを同時に調理すると仮定した時の調理手順列を推定した結果を表 1 に示す．

5. 並列化のためのレシピ表現の拡張

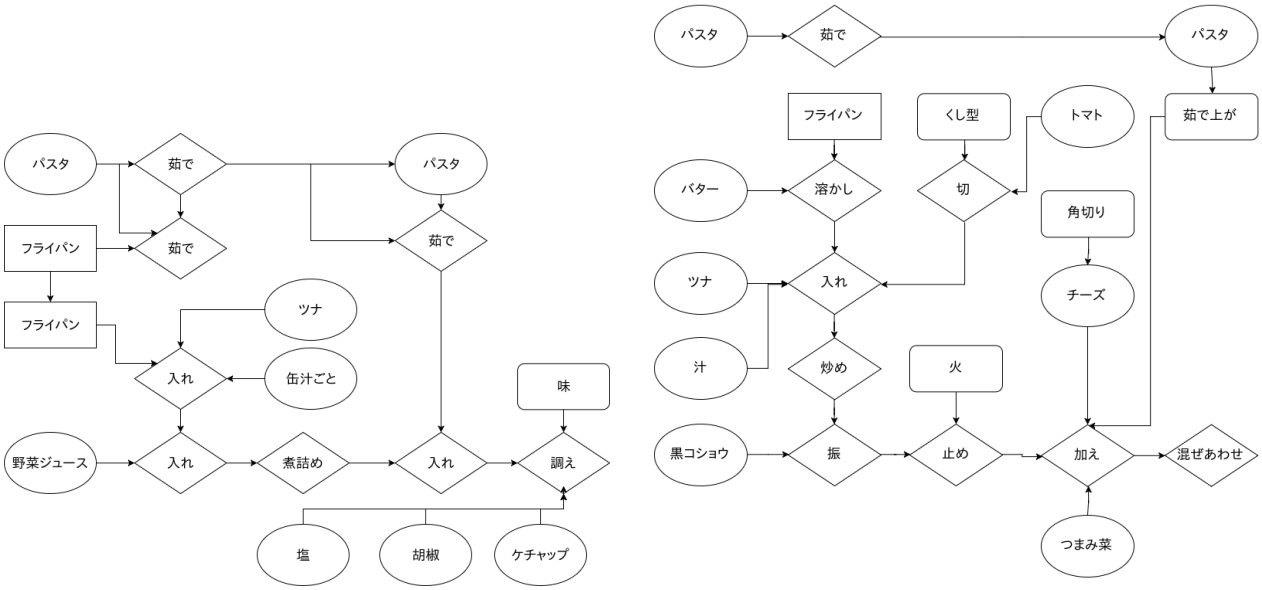
実際の調理においては，ある調理動作の合間に他の調理動作を実行するという状況が考えられる．しかし，ここまでで提案してきた調理動作列の情報のみでは，並列な調理を行うことができない．調理の並列化については，調理動

© 2017 Information Processing Society of Japan



(a) 「切」の出現分布　(b) 「炒め」の出現分布　(c) 「焼」の出現分布

図 6: 調理動作の時間分布



(a) 料理 A のフローグラフ　(b) 料理 B のフローグラフ

図 7: 二つの料理のレシピフローグラフ

表 1: 二つのフローグラフの調理手順列

id	料理の種類	調理動作	付随する要素
0	A	茹で	パスタ
1	B	茹で	パスタ
2	B	切	トマト， くし型
3	A	入れ	ツナ， 缶汁ごと， フライパン
4	B	溶かし	バター， フライパン
5	B	入れ	ツナ， 汁， 2， 4
6	A	入れ	野菜ジュース， 3
7	B	炒め	5
8	A	煮詰め	6
9	A	入れ	0， 8
10	B	振	黒コショウ， 7
11	B	止	火， 10
12	B	加え	角切り， チーズ， つまみ菜， 1
13	B	混ぜあわせ	12
14	A	調え	味， 塩， 胡椒， ケチャップ， 9

作に時間と動作の負荷の二つの変数を付与し，調理者の負荷が一定値を超えないという制約をもとに調理時間が最短となる調理スケジュールを求める研究がある [4]．また，調理動作を，調理者の手がかかるもの・調理者の手がかからないもの・調理者の手がかからないが定期的な注目が必要なものに分類することで調理行動の時間的な関係構造の分析を行う研究もある [5]．

このように，並列的な調理手順のスケジューリングを行うためには，レシピフローグラフに記述されている情報のみではなく，調理動作の時間情報と調理動作の性質の情報が必要である．これらの情報を用いることで，複数の調理者がいる場合でもそれに合わせたスケジューリングの実行が可能である．しかし，この形式では問題も存在する．例えば，「調味料を加えてすぐに炒める」という記述があった場合に，「すぐに」という単語は加える動作と炒める動作を連続的に行うべきであるという情報を表すが，レシピフローグラフに基づく調理動作群の並べ替え問題では，各

© 2017 Information Processing Society of Japan

調理動作の依存関係しか考慮しないため，調理動作の連続性を保証することができない．同様に，「10 分間置いておく」という記述があった時，少なくとも 10 分間は置いておくことは保証されるが，「置く」動作の直後に別の動作が行われるとは限らない．並列処理を考える場合は全てのスレッドにおいて常に何らかの動作が行われるわけではないためこのような問題が発生する．このように，並列な調理のモデルは，料理を単純な調理動作の列として考えるだけでは不十分であり，特に時間経過が大きな影響を与えるような料理に関しては調理支援が困難であることがわかる．

6. まとめ

調理支援に向けた料理の表現形式について検討を行った．テキストでは扱いにくい複雑な操作もフローグラフを用いることで表現が可能となる．異なる料理を同時に調理する場合も，フローグラフ形式であれば適切な手順を提示することができる．これらの高度な調理支援に必要なのは料理に関する高度な知識であり．その知識をフローグラフの構造に組み込むことが期待される．並列処理に関しても今後実装していくことが求められるが，動作についてさらに分類が必要となる．時間的な情報を組み込むことでさらに精密な調理スケジュールを管理することができる可能性があるが，この場合どのようにルールを決めていくかの議論が必要となるであろう．

参考文献

[1] 森　信介，山肩洋子，笹田鉄郎，前田浩邦：レシピテキストのためのフローグラフの定義，技術報告 13，京都大学学術情報メディアセンター, 京都大学情報学研究科, 京都大学学術情報メディアセンター, 京都大学情報学研究科 (2013).
[2] 高野哲郎，上島紳一：Cooking Scenario： レシピの Scenario 化とその応用 (セッション 1A：教育等支援システム)，情報処理学会研究報告. データベース・システム研究会報告，Vol. 2003, No. 71, pp. 25–31（オンライン），入手先 ⟨http://ci.nii.ac.jp/naid/110002911177/⟩ (2003).
[3] 浜田玲子，井手一郎，坂井修一，田中英彦：料理テキスト教材における調理手順の構造化，電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン処理， Vol. 85, No. 1, pp. 79–89（オンライン），入手先 ⟨http://ci.nii.ac.jp/naid/110003184237/⟩ (2002).
[4] 中岡義貴，杉本和香奈，佐藤哲司：既存レシピを活用した並行調理支援に関する提案 (調理支援, データ工学と食メディア)，電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学， Vol. 112, No. 75, pp. 1–6（オンライン），入手先 ⟨http://ci.nii.ac.jp/naid/110009588364/⟩ (2012).
[5] 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，自然言語処理，Vol. 10, No. 2, pp. 3–17（オンライン），入手先 ⟨http://ci.nii.ac.jp/naid/130004101362/⟩ (2003).

© 2017 Information Processing Society of Japan