

施設配置問題に基づく 同一料理のレシピ集合からの基本手順の抽出

瀧本 洋喜[†] 笹野 遼平[‡] 高村 大也[‡] 奥村 学[‡]

[†] 東京工業大学 総合理工学研究科, [‡] 東京工業大学 精密工学研究所

htakimoto@lr.pi.titech.ac.jp, {sasano, takamura, oku}@pi.titech.ac.jp

1 はじめに

Web上のレシピ投稿サイトには、多くのレシピが登録されている。2015年1月時点でクックパッド¹には193万件、楽天レシピ²には92万件的レシピが登録されており、これらのレシピを利用した種々の研究が行われている [1, 2, 3]。

これらのレシピ投稿サイトでは投稿ユーザそれぞれが工夫を凝らした、同一料理の複数のレシピを入手できる。たとえば2015年1月現在「ハンバーグ」の検索結果にはクックパッドでは20784件、楽天レシピでは8245件のレシピが該当する。それぞれのハンバーグのレシピは、調理手順を一部簡略化した物であったり、おろしポン酢のソースを使った物であったり、異なる特徴を持ったレシピで、ユーザはこの大量のレシピの中から、自分の嗜好に合ったレシピを探すことができる。しかし、何千件ものレシピを全て比較し、それぞれのレシピの特徴を掴むことは容易な作業ではない。

そこで本研究では、レシピは対象の料理の基本手順と各レシピに特徴的な特徴手順によって構成されていると考え、レシピの特徴手順の特定に向けた第一段階の処理として、基本手順を抽出する手法を提案する。提案手法は、同一料理に対するレシピには多くのレシピに共通する手順が含まれるとの仮定に基づき、アライメントに基づいた施設配置問題を解くことにより、レシピ集合から基本手順の抽出を行う。

2 提案手法

本研究ではレシピを、動詞とその動詞に係る語からなる述語項構造の集合 $R = \{p_1, \dots, p_{|R|}\}$ として考える。以下では一つの述語項構造を操作と呼ぶ。ただし、「お湯が湧いたらパスタを茹でる」の「お湯が湧いた

ら」のような、従属節に含まれる述語項構造は操作として扱わない。また、レシピ集合の基本手順とは、レシピのバリエーションに依らず出現する、料理を作成するための基礎的な手順であるとする。レシピ集合から基本手順を抽出する処理の概要を、図1に示す。

基本手順を構成する基本操作は、元になったレシピ集合において、多くのレシピで類似した位置に出現する操作だと考えられる。したがって、異なるレシピに存在する二つの操作が同一の操作であるかを知るためには、単純な操作間の関連度に加え、二つの操作がどのレシピでどこに位置していたかを考慮することが重要であると考えられる。そこでまず、各レシピにおける出現位置を考慮したペアアライメントを行い、二つのレシピ間の操作の対応付けを行う。ペアアライメントの詳細は2.1節で説明する。

次に、ペアアライメント結果を利用しながら、基本操作の選択を行う。基本手順がレシピのバリエーションに依らず出現する手順であるならば、それを構成する基本操作もまた、多くのレシピに横断的に出現すると思われる。つまり、選択されるべき基本操作とは、多くのレシピの操作と高い関連度で対応付け操作である。この処理については2.2節で詳説する。

選択された操作は、多くの場合違うレシピから選択されるため、そのままでは順序を決定する事が出来ない。そこで、元のレシピ集合のアライメント結果に基づき、操作の順序付けを行い、最終的な基本手順を生成する。順序付けの詳細は2.3節で説明する。

2.1 操作の関連度によるペアアライメント

レシピ集合に含まれたあらゆるレシピペアに対し、対応付け操作のアライメントを行う。本研究では簡単化のため、レシピ間で操作の対応付けが交差することはない、一つの操作は複数の操作と対応することはない、という二つの制約の下、式(1)に示す目的関数を最大化するアライメントを二つのレシピ A と B の間

¹<http://cookpad.com/>

²<http://recipe.rakuten.co.jp/>

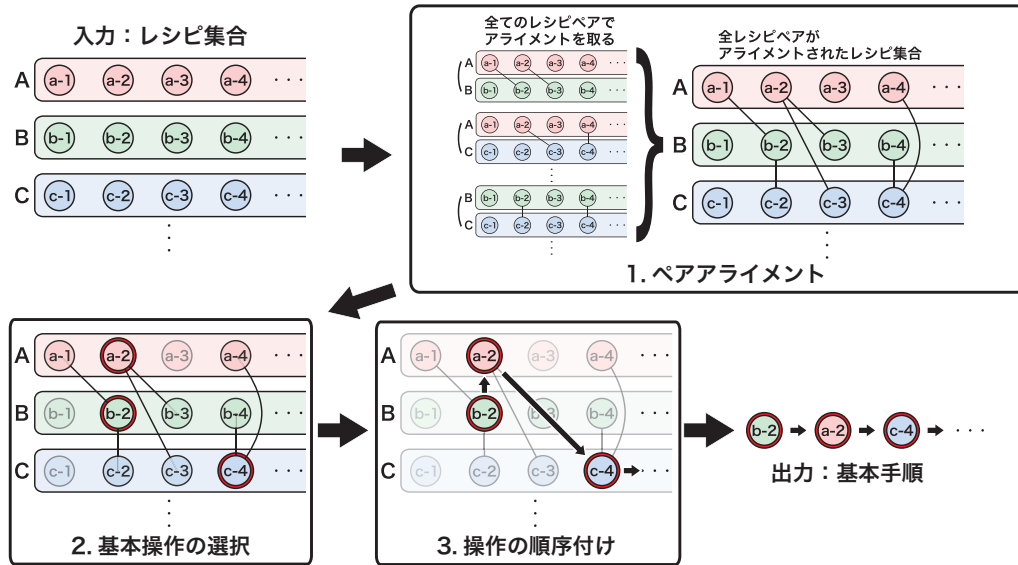


図 1: レシピ集合から基本手順を抽出する処理

のアライメントとした。式 (1) において, $\text{sim}(p_i, p_j)$ は操作 p_i と p_j の関連度を, Recipe_A と Recipe_B はレシピ A, B に含まれる操作集合を表している。

$$\max. \frac{1}{|\text{Recipe}_A| + |\text{Recipe}_B|} \sum_{i,j} \text{sim}(p_i, p_j) \quad (1)$$

$$p_i \in \text{Recipe}_A, p_j \in \text{Recipe}_B$$

また, 本研究では操作間の関連度を式 (2) により計算する。ここで, v_i は操作 p_i に含まれる動詞, $w_i = \{w_{i,1}, \dots, w_{i,k}\}$ は v_i に係る k 個の語の集合である。それぞれを Mikolov ら [4] が提案した分散表現によってベクトル化し, 動詞とそれ以外の語で個別に余弦類似度を計算し, 二つを掛けあわせることで, 操作間の関連度 $\text{sim}(p_i, p_j)$ を計算する。

$$\text{sim}(p_i, p_j) = \cos(v_i, v_j) \times \frac{1}{(k+l)} \left(\sum_k \max_l \cos(w_{i,k}, w_{j,l}) + \sum_l \max_k \cos(w_{i,k}, w_{j,l}) \right) \quad (2)$$

2.2 施設配置問題による基本操作選択

レシピ集合中の任意の二つのレシピの間で操作の対応付けが行われている場合に, 他の多くの操作と高い関連度で対応付くような操作を冗長性無く取ってることができれば, 基本手順に必要な操作を選択することができると考えられる。この問題は, 施設配置問題の一種だと考えることができる。広義の施設配置問題とは, 施設の最適な配置を求める最適化問題の総称で,

病院や学校など, 公共性の高い施設の配置を決定するなどの問題に応用されている。

この問題を今回の選択問題に置き換えると, なるべく少数の操作を選択することで, 選択された操作が持つ, 他の操作との対応付きスコアの総和を最大化する問題として定式化できる。具体的には, 高村ら [5] の施設配置問題による文章要約のモデル化を応用し, 以下のように定式化する。

$$\max. \sum_{i,j} e_{ij} z_{ij} \quad (3)$$

$$s.t. \quad z_{ij} \leq x_i; \quad \forall i, j, \quad (4)$$

$$\sum_i x_i \leq K, \quad (5)$$

$$\sum_i z_{ij} = 1; \quad \forall j, \quad (6)$$

$$z_{ii} = x_i; \quad \forall i, \quad (7)$$

$$x_i \in \{0, 1\}; \quad \forall i, \quad (8)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\}; \quad \forall i, j \quad (9)$$

$$e_{ij} = a_{ij} \times \text{sim}(s_i, s_j) \quad (10)$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & : \text{if } s_i \text{ and } s_j \text{ are aligned} \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

この時 x_i は操作 s_i が選択された場合 1, それ以外の場合は 0 となる変数, z_{ij} は操作 s_i によって s_j が被覆されるか否かを示した変数である。 e_{ij} は操作 s_i と s_j の関連度であり, 二つの操作が 2.1 節に示したアライメントにより対応付けられていれば関連度に 1 を, 対応付けられていなければ 0 を乗じて計算する。すなわち, 任意の二つの操作の対応付けを許すのではなく, ペアアライメントにおいて対応付いた操作だけを考慮する。

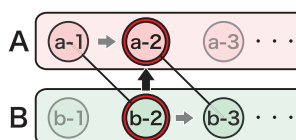


図 2: アライメントに基づいた操作の並び順の推定

表 1: 実験に使用したカテゴリー一覧

オイル・塩系パスタ	ポテトサラダ
チャーハン	マドレーヌ
リゾット・雑炊類	ハンバーグ
豚汁	ロールキャベツ
シチュー	コンソメスープ
グラタン	チンジャオロース

2.3 操作の順序付け

2.2 節に示した施設配置配置により選択される基本操作は、順序を持たない操作の集合であり、選択元のレシピも異なる場合が多いため、そのままでは順序を決定できない。そこで、元のレシピ集合のアライメント結果に基づいて操作の並び順を決定し、順序を持った基本手順として扱えるようにする。

図 2 にアライメントに基づいた並び順推定の例を示す。図 2 中の a-2 と b-2 が基本操作として選択された場合、この二つは同じレシピに含まれる操作ではないので、これらの操作だけでは適切な順序が決定できない。しかし、b-2 が a-2 より前に出現する a-1 と対応付けられており、さらに、a-2 が b-2 より後に出現する b-3 と対応付けられていることを考慮することにより、a-2 は b-2 よりも後に順序付けられるべき操作である可能性が高いと推定できる。

本研究では、図 2 のようなアライメントに基づいた並び順の推定を、選択された操作の全ペアに対して行い、より多くの推定に合致するように操作の順序を決定する。

3 実験

3.1 実験設定

実験にはクックパッドのレシピの内、表 1 に示すカテゴリーに含まれるレシピをデータセットとして用いた。また、レシピを操作に分割するための述語項構造解析には、KNP³を使用した。この際、料理固有の表現に対応するため、難波らの公開する料理オントロジー⁴に含まれる単語を JUMAN の辞書に新たに登録した。

³<http://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?KNP>

⁴<http://www.ls.info.hiroshima-cu.ac.jp/cgi-bin/cooking/wiki.cgi>

表 2: アライメント精度

精度	再現率	F 値	AER
0.359	0.577	0.435	0.395

2.1 節で説明した分散表現には gensim⁵を用い、学習には 2012 年 7 月 5 日時点の楽天レシピの全調理手順データを単語分割した約 250 万文を使用した。

3.2 アライメントの精度調査

アライメントの精度を調査するため、まず、表 1 に示すカテゴリそれぞれから無作為に 5 ペアを抽出し、Lancers⁶を用い、5 人のアノテータにより人手で正解のアライメントを付与した。続いて、2.1 節のアライメント結果と比較し、以下に示す、精度、再現率、F 値、Alignment Error Rate (AER) により評価を行った。評価結果を表 2 に示す。

$$\text{精度} = \frac{|A \cap P|}{|A|}, \quad \text{再現率} = \frac{|A \cap S|}{|S|} \quad (12)$$

$$F \text{ 値} = \frac{2 \times \text{精度} \times \text{再現率}}{\text{精度} + \text{再現率}} \quad (13)$$

$$AER = \frac{|A \cap P| + |A \cap S|}{|A| + |S|} \quad (14)$$

A = システムの出力

S = 作業員 5 人中 4 人以上が一致して付与した正解

P = 作業員が 1 人でも付与した正解

3.3 基本手順生成手法の比較

続いて、生成された基本手順の良さを評価するため、表 1 に示すカテゴリそれぞれから無作為に 30 レシピを抽出しテストセットとし、基本手順を生成した。また、比較対象として以下の二つの比較手法を用いた。比較手法 A 式 (11) の値を常に 1 として生成した手順比較手法 B テストセット内の全てのレシピに対する式 (1) の平均値が最も高かったレシピ

前者は提案手法における基本操作選択において、ペアアライメント結果に依らず任意の二つの操作の対応付けを許したモデルになっている。また、評価は以下の三つの項目をそれぞれ四段階で評価した。

重要操作の被覆度 元のレシピ集合の料理をつくるために十分な操作が抽出されているか

順序付けの妥当性 元のレシピ集合の料理を作るために操作が正しく並べられているか

⁵<http://radimrehurek.com/gensim>

⁶<http://www.lancers.jp/>

表 3: 生成手法による基本手順の良さの比較結果

	提案手法	比較手法 A	比較手法 B
重要操作の被覆度	3.23	3.37	3.27
順序付けの妥当性	2.82	2.60	3.38
非標準手順の少なさ	2.63	2.55	3.35

非標準手順の少なさ 元のレシピ集合の料理を作るために標準でない操作が抽出されていないか

なお、平均値が最も高かったレシピ以外の二つの長さ制約 K は、レシピ集合の平均操作長とした。

評価結果を表 3 に示す。重要操作の被覆度については手法間で差異は確認できなかったが、順序付けの妥当性、および、非標準手順の少なさについては比較手法 B がもっとも高い評価となった。順序付けの妥当性については実際のレシピをそのまま使用している比較手法 B が高い評価となるのは妥当な結果であると考えられる。一方、非標準手順の少なさについては提案手法でも比較手法 B と同程度の評価となることが期待されたが、実際には比較手法 B の方が大幅に良い評価となった。この原因については、今後さらに調査を行う予定である。

提案手法と比較手法 A の差異に着目すると、いずれの実験においても表 3 に示した評価に大きな差は確認できないことから、生成された基本手順の良さは同程度であると考えられる。一方、提案手法において基本手順生成の時間的ボトルネックとなる基本操作選択の速度は、アライメントによる制約をかけた場合とかけない場合で大きく異なっており、提案手法の方が速度の面で優れていると言える。実際に、30 レシピを対象とした本稿の実験ではアライメントによる制約をかけることで 40 倍高速化しており、この差は対象のレシピの数が増えるにつれて大きくなると考えられる。

続いて、提案手法と比較手法 B の差異について考える。比較手法 B と比べた場合の提案手法の特長の一つとして、出力するレシピの長さを自由に設定できるという点が挙げられる⁷。特に、スマートフォンやタブレット端末の普及に伴い、比較的小さな画面でレシピ等の情報を閲覧する需要は増えており、レシピの要点を短かくまとめたレシピ生成の需要は高まっていると考えられる。そこで、レシピの長さをレシピ集合の平均長の半分とした場合に提案手法により生成される基本手順を良さの評価を行った。比較対象として、上記の実験における比較手法 B で選択されたレシピから、レシピ長が同じになるようアラインメントスコア

⁷比較手法 B についても、選択するレシピの長さには制限を設けることで、ある程度、レシピの長さを設定することが可能である。しかし、実際には平均の半分以下の長さのレシピなどレシピ集合の平均長と比べ、長さが大きく異なるレシピの数は少数であった。

表 4: 提案手法と比較手法 B/B' の比較結果

	提案手法	比較手法	合計
平均長	3	9 (B)	12
平均長の半分	7	5 (B')	12

の高い手順を抜き出したレシピ (比較手法 B') を生成し、これと提案手法を比較することにより評価した。

比較結果を表 4 に示す。比較のためレシピの長さをレシピ集合の平均長とし、同様の実験を行った場合の結果も示している。評価は 5 人のアノテータにより行い、表中の数字は実験対象とした 12 カテゴリに対し、過半数の 3 人以上のアノテータが良いと答えたカテゴリの数を表している。レシピの長さをレシピ集合の平均長とした場合、比較手法 B の方が良いと評価されたカテゴリは 9 カテゴリであったのに対し、レシピ集合の平均長の半分とした場合は 5 カテゴリであった。この結果から、提案手法は出力するレシピの長さの変化に対し比較的頑健であると考えられる。

4 おわりに

本研究では、レシピの特徴手順の特定に向けた第一段階の処理として、基本手順を抽出する手法を提案した。同一料理のレシピには多くのレシピに共通する手順が含まれるとの仮定に基づき、まず、ペアアライメントによりレシピ間の操作の対応付けを行い、続いて、アライメント結果を利用し施設配置問題による基本操作の選択と、選択された操作の順序付けを行うことで、基本手順の抽出を行った。今後の課題として、提案手法を各レシピの特徴手順の特定に応用することで、特徴手順の抽出における提案手法の有用性の検証を行う予定である。

参考文献

- [1] 山肩洋子, 今堀慎治, 杉山祐一, 田中克己. レシピフローグラフを介したレシピ集合の要約と特徴抽出. 電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学, Vol. 113, No. 214, pp. 43-48, 2013.
- [2] 難波英嗣, 土居洋子, 辻田美穂. 複数料理レシピの自動要約. 電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report : 信学技報, Vol. 113, No. 338, pp. 39-44, 2013.
- [3] Shinsuke Mori, Hirokuni Maeta, Yoko Yamakata, and Tetsuro Sasada. Flow graph corpus from recipe texts. In *Proc. of LREC'14*, pp. 2370-2377, 2014.
- [4] Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg S Corrado, and Jeff Dean. Distributed representations of words and phrases and their compositionality. In *Proc. of NIPS'13*, pp. 3111-3119, 2013.
- [5] 高村大也, 奥村学. 施設配置問題による文書要約のモデル化. 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 1, pp. 174-182, 2013.