

研究速報

料理レシピマイニングによる代替可能食材の発見

志土地由香^{†*} 井手 一郎^{†,††a)} (正員: シニア会員)
高橋 友和^{†††} (正員) 村瀬 洋[†] (正員: フェロー)

Finding Replaceable Materials by Cooking Recipe Mining

Yuka SHIDOCHI^{†*}, Nonmember,

Ichiro IDE^{†,††a)}, Senior Member,

Tomokazu TAKAHASHI^{†††}, Member, and

Hiroshi MURASE[†], Fellow

[†] 名古屋大学大学院情報科学研究科, 名古屋市

Graduate School of Information Science, Nagoya University,
Nagoya-shi, 464-8601 Japan

^{††} 情報・システム研究機構国立情報学研究所, 東京都

National Institute of Informatics, Research Organization of
Information and Systems, Tokyo, 101-8430 Japan

^{†††} 岐阜聖徳学園大学経済情報学部, 岐阜市

Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen
University, Gifu-shi, 500-8288 Japan

* 現在, トヨタ自動車株式会社

a) E-mail: ide@is.nagoya-u.ac.jp

あらまし 類似した料理レシピ群における特徴的な調理手順の類似度に基づいて, 代替可能な食材を発見する方法を提案する. これにより, 利用者の要求に応じて料理レシピ中の食材を柔軟に置き換えられるようになることが期待される.

キーワード 料理レシピ, 食材, 調理動作, 書換え
1. まえがき

近年, ウェブ上に存在する料理レシピの数が増えている. 特に我が国では, レシピ投稿サイト “Cookpad”^(注1) が普及しており, 誰でも容易に料理レシピを公開できるようになった.

一方, 種類が増えても, 個々の利用者が抱える様々な要求条件を満たすような料理レシピの数は少ない. 家庭における料理レシピ検索を想定すると, 使用食材に関する以下のような要求条件があると考えられる.

- 手元にある食材
- 廉価な食材, 入手しやすい食材
- 食事制限内の食材
- 好みの食材

現実には, 個々の利用者がこのような要求条件に応じて, 経験と知識に基づいて食材や分量等を適宜修正しながら調理している. しかし, 特に経験や知識が少ない初心者にとっては, この作業は必ずしも容易ではない. また, 料理レシピ検索システムを考えても, 使用される食材との単純な一致だけでは, ごく少数の料理レシピしか検索されないこともあるため, 柔軟な検索方法が求められる.

これを踏まえ, 我々は料理レシピ中の食材を置き換えた検索を実現するために, 代替可能な食材の発見に取り組んでいる [1] ~ [3]. 本論文ではこの中で, 類似した料理レシピにおける特徴的な調理動作との共起関係に基づいて, 代替可能な食材を発見する方法を提案する.

なお, 実利用場面では, 味や他の食材との組合せなどを考える必要があるため, 本研究の結果得られる代替可能な食材の妥当性について, 最終的には利用者が経験と知識や嗜好などに基づいて判断する必要がある.

レシピ中の食材を置き換える研究として, 一連の “Computer Cooking Contest”^(注2) 参加者の研究がある. これらの中には食材だけでなく, その分量を含めて代替する方法を提案しているものもあるが [4], それらを実現するために必要な知識は, 既存の分類体系, 人手で作成した知識, ウェブサイト上の代替食材に関する記述などから抽出している. これに対して, 本研究は, 実際の料理レシピにおける使われ方に基づき, 既存の知識にとらわれない代替食材を発見することを目指す点で, 問題設定が異なる. ただし, 最終的な利用場面では, 両者を組み合わせて利用することを考えている.

2. 料理レシピ群からの代替食材の発見

2.1 料理レシピの分類

例えば, 「煮物」という料理カテゴリーで「豚ヒレ肉」と「カジキマグロ」を代替できても, 「寿司」という料理カテゴリーでは代替できない (一般には食べられない, 美味しくない, など) ように, 食材の代替可能性には一定の限界があると思われる. そこで, 似た調理方法の料理レシピをまとめた「同一料理カテゴリー」を考える. 同一料理カテゴリーの定義には様々なものを考え得るが, 簡単のため, 以下では料理名の末尾の語が一致する料理レシピの集合と定義した.

以下の処理は, 同一料理カテゴリーごとに適用される.

2.2 食材に対する調理手順の抽出

同一料理カテゴリー中の代替可能な食材に対しては, 各料理レシピ中でほぼ同じ役割を果たすことから, 細かな調理手順は異なっても, おおむね同じ調理手順が施されると考えられる. そこで本研究では, 料理レシピ中で適用される調理手順 (調理動作の系列) が類似している食材を, 代替して使用される食材と考えることにした. そのために, まず各調理動作とその対象素

(注1): クックパッド (株), “クックパッド” <http://cookpad.com/>

(注2): ECCBR2008, ICCBR2009, 2010 国際会議に併設されて開催.

材を対応づけた後、素材ごとに各料理レシピ内で適用される調理動作を列挙することで、その素材に対する調理動作系列を記述する。

2.2.1 料理レシピの構造

一般に料理レシピは、図 1 に示すような構造をもち、素材一覧と調理手順の二つからなる。これには、以下のような特徴がある。

- 各調理手順に番号が付される。各調理手順で得られる中間生成物は、他の調理手順からこの調理手順番号で参照される。

- 素材一覧中の複数素材に対して記号が付されることがある。これらをまとめて調理する場合、調理手順中からこの素材記号で参照される。

2.2.2 調理動作と素材の対応付け

まず、素材一覧から使用する素材を抽出しておく。次に、調理手順の各文を形態素解析し、全ての動詞（調理動作）と、素材が出現する箇所を検出する。ここで、人手で作成した辞書を用いて、以下の例外処理を適用する。

- 形態素解析による過分割を結合
- 動詞：有対動詞^(注3)を統一
- 素材：表記の揺れを統一
- 素材：調味料は除去

日本語の一般的性質及び料理レシピの構造を考慮し、以下の手順で各動詞に素材を対応づける。

(1) 文中で当該動詞より前に出現する調理手順番号中の全ての素材を展開する。

(2) 文中で当該動詞より前に出現する素材記号に

含まれる素材を展開する。

(3) 文中で当該動詞より前に出現する全ての素材を対応づける。

(4) 以上のいずれの処理でも素材が対応づかない場合に限り、前の文（があれば）に出現する全ての素材をその動詞に対応づける。

2.3 素材に対する特徴的な調理動作系列の作成

前節の結果を各料理レシピ中で素材 m ごとにまとめて、調理動作系列 $P_m = \{v_1, v_2, \dots\}$ を記述する。この際、以下の 2 種類の観点で特徴的な動詞 $v_c, v_{c,m}$ のみを用いて記述すること（つまり、 $v_i \in \{\{v_c\} \cap \{v_{c,m}\}\} (i = 1, 2, \dots)$ ）により、各レシピにおける細かな調理手順の差異による影響を吸収する。以降の処理で、これ以外の動詞は無視される。

- 同一料理カテゴリー内で特徴的な動詞 v_c
- 同一料理カテゴリー内に出現する各素材に対して特徴的な動詞 $v_{c,m}$

2.3.1 同一料理カテゴリー内で特徴的な調理動作の抽出

同一料理カテゴリー内に出現する全ての動詞 v のうち、次式のように定義する $tf-idf$ 値を計算し、 $tfidf_{c,v} > \theta_{tfidf}$ を満たすものを、同一料理カテゴリー c 内で特徴的な動詞 v_c と判定する。

$$tfidf_{c,v} = tf_{c,v} \cdot idf_v \quad (1)$$

$$tf_{c,v} = \frac{f_{c,v}}{n_c} \quad (2)$$

$$idf_v = 1 + \log \frac{n}{f_v} \quad (3)$$

ここで、 n, n_c は各々、全料理レシピ数、同一料理カテゴリー c 内の料理レシピ数、 $f_v, f_{c,v}$ は各々、全料理レシピ中の動詞 v の出現頻度、同一料理カテゴリー c 内の料理レシピ中の動詞 v の出現頻度である。

2.3.2 同一料理カテゴリー内に出現する各素材に対して特徴的な調理動作の抽出

同一料理カテゴリー内に出現する全ての動詞 v のうち、次式のように特定の素材 m としきい値 θ_{VM} 以上の割合で、強く共起するものを、同一料理カテゴリー内に出現する各素材に対して特徴的な動詞 $v_{c,m}$ と判定する。

$$\frac{f_{v,m}}{f_{v,\Sigma m}} > \theta_{VM} \quad (4)$$

ここで、 $f_{v,m}, f_{v,\Sigma m}$ は各々、 v と m の共起頻度、 v

Figure 1 shows a cooking recipe for 'ハリングのたたく' (Herring with Potato and Radish). The recipe is divided into three main sections: Recipe Name (レシピ名), Materials List (素材一覧), and Instructions (調理手順).

レシピ名: ハリングのたたく

材料: (1人前)

ハリング(塩ニシン)	1匹
柴漬け	適量
玉ねぎ	適量
オチトマト	3個
ラディッシュ	3個

調理手順:

- ハリング1匹を適当にたたく。玉ねぎのみじん切も合わせてたたく。オランダでは、普通ハリングと一緒にもらえます。
- 柴漬けは汁気を切り、適当にたたく。
- 【2】、【1】の順に型に入れる。スプーンでぐぐぐ押しつけて形を整えると、後で取り出しやすい。
- 型を裏返して、皿に盛る。柴漬けの汁が余っていたら、上から少量かけて、魚にも染み込ませる。
- オチトマト、ラディッシュを半分は切って盛りつける。

図 1 料理レシピの例

Fig. 1 Example of a cooking recipe.

(注3): 同じ動作を示すのに、異なる表記の自動詞と他動詞が存在する動詞(例:「揚げる」↔「揚がる」)。

と共起する全ての素材の頻度である。

2.4 代替素材の発見

同一料理カテゴリー内の任意の2素材 m_1, m_2 について、次式の条件を満たす場合に代替可能と判定する。

$$w(m_1, m_2) \frac{(P_{m_1}, P_{m_2})}{\|P_{m_1}\| \|P_{m_2}\|} < \theta_P \quad (5)$$

ここで、 (\cdot, \cdot) はベクトルの内積を表し、重み $w(m_1, m_2)$ は、 m_1, m_2 の素材としての類似性を示す値であり、食品成分表^(注4)中で同じ分類のものについて、 $w(m_1, m_2) = 1$ 、異なる分類のものは $w(m_1, m_2) = 0.3$ と、経験的に決定した。なお、素材が同表に掲載されていない場合は人手で判断した。

この過程で、同一料理レシピから代替可能素材が発見される可能性がある。しかし、それらはしばしばともに使われる素材である可能性もあるため、同一料理カテゴリー内の料理レシピのうちしきい値 θ_{MM} より大きい割合で共起する場合には代替可能としないことにした。

3. 実験と評価

提案手法に基づく代替可能素材抽出実験及びその考察、更に参考までに実際に素材を置き換えて調理した結果を示す。

3.1 実験

3.1.1 実験方法

ウェブ上の料理レシピサイト^(注5)から取得した料理レシピ 6,779 件に対して提案手法を適用して、代替可能素材を抽出した。本実験のために同レシピサイト専用のパーザを作成し、素材一覧及び調理手順を抽出した。

これらは 307 種類の同一料理カテゴリーに分類され、2,202 種類の素材が出現した。このうち料理名の末尾の語が調理動作名または一般的な料理名であり、適度に多様なレシピを含むと考えられるもの、かつ一定数 (14 件) 以上のレシピを含むものを選択し、表 1 に示す 9 種類の同一料理カテゴリーを対象に実験を行った。なお、この中には、168 種類の素材が出現した。

なおしきい値は各々経験的に、 $\theta_{\text{find}} = 0.8$ 、 $\theta_{VM} = 0.75$ 、 $\theta_{MM} = 0.03$ 、 $\theta_P = 0.8$ と設定した。

3.1.2 結果

全同一料理カテゴリーにおいて、92 対の代替可能素材が発見された。「タマネギ (野菜類)」→「ネギ (野菜類)」のように同一食品成分表で同じ分類のもの以外にも、「スモークサーモン (魚介類)」→「サラミ (肉類)」や「じゃがいも (いも及びでん粉類)」→「かぼちゃ (野菜類)」のように、異なる分類のものも発見さ

表 1 実験に使用した同一料理カテゴリーと該当する料理レシピの件数

Table 1 Dish categories used in the experiment and the number of corresponding recipes.

同一料理カテゴリー	件数	同一料理カテゴリー	件数
巻き	72	トースト	32
グラタン	70	きんぴら	27
マリネ	67	コロッケ	26
カレー	51	肉じゃが	14
オムレツ	32		

表 2 「コロッケ」カテゴリーから発見された代替可能素材

Table 2 Replaceable materials found from the “croquette” category.

素材の種類	被代替素材	代替可能素材
主体的素材	玉ねぎ	ねぎ
	ねぎ	玉ねぎ, 牛挽肉
	鶏挽肉	牛挽肉
副次的素材	エンダイブ	チャービル
	パプリカ	チャービル
	ピーマン	エンダイブ, チャービル
	だいこん	エンダイブ, チャービル

れた。ここで、括弧内は食品成分表上の分類である。

表 2 に、「コロッケ」カテゴリーから発見された代替可能素材を示す。なお、参考のため、その料理における主体的素材が副次的素材か、人手で分類した結果に応じて示してある。

3.2 評価

3.2.1 評価方法

得られた結果に基づく料理レシピ中の素材の置換えについて、栄養士の資格をもつ主婦に依頼し、明らかにあり得ない不適切な置換えがないか評価した。

評価には、3.1 において使用した 6,779 件のレシピから選んだ 13 件及び、それらに対して代替可能素材を 1 箇所ずつ置き換えた 40 件、合計 53 件の料理レシピにより行った。また全レシピにおいて、分量に関する記述は消去した。被験者は、置換えを行った料理レシピを知らされず、全料理レシピについて以下のいずれかの評価を下した。

- (1) 置換えは適切。対応する調理動作も適切。
- (2) 置換えは適切。対応する調理動作は不適切。
- (3) 置換えは不適切。
- (4) 判定不能。

3.2.2 結果

表 3 に、代替可能素材を置き換えた料理レシピに関

(注4): 食品成分研究調査会, “五訂日本食品成分表” 医歯薬出版, 2001.

(注5): 味の素 (株), “レシピ大百科” <http://www.ajinomoto.co.jp/recipe/>

表 3 代替可能素材を置き換えた料理レシピの評価
Table 3 Evaluation of cooking recipes where replaceable materials were replaced.

評価	(1)	(2)	(3)	(4)	合計
料理レシピ数	15	15	1	9	40

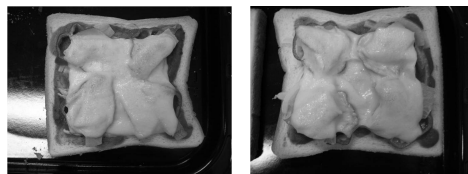
表 4 評価実験で素材の置換えが適切と判断されたもの
Table 4 Replaceable materials which were judged as appropriate in the evaluation.

同一料理 カテゴリー	被代替素材	代替可能素材
巻き	スモークサーモン	サラミ, まぐろ
	グリーンアスパラ	トマト, まぐろ
グラタン	ベーコン	カリフラワー, ハム
	マッシュルーム	しめじ
	玉ねぎ	キャベツ, ねぎ, カリフラワー
	じゃがいも	豆腐, カリフラワー
	溶き卵	溶き卵黄
マリネ	ほうれん草	ベーコン, カリフラワー
	白魚	鮭
	パプリカ (黄)	トマト
カレー	じゃがいも	かぼちゃ
	ピーマン	マッシュルーム
オムレツ	ベーコン	にんじん
トースト	サラミ	にんじん
きんぴら	ごぼう	うど
コロッケ	ねぎ	玉ねぎ
	玉ねぎ	ねぎ
	鶏挽肉	牛挽肉
	エンダイブ	ラディッシュ, チャービル, 青じそ
	牛挽肉	鶏挽肉, ねぎ

する評価結果を示す。置換え前の 13 件については当然 (1) の評価が得られたので、ここでは置き換えた 40 件のみの評価について示す。評価の結果、素材の置換えという点では、(1), (2) を合わせて 75% が適切と判断された。表 4 に評価実験において (1), (2) と評価された代替可能素材を示す。

参考までに、代替素材で置き換えた料理レシピに基づいて、実際に調理してみた。作りやすさの点から、「トースト」カテゴリー中のレシピ「ピザトースト」を選んだ。図 2 に調理結果の一部を示す。数名による試食の結果、美味しいという回答のほか、特に図 2 (b) の場合に、他の食材との組合せが不適切との回答もあった。この結果から、他の食材との組合せや利用者の嗜好も考慮する必要があることが示唆された。

表 3 の結果から、単純に代替可能素材を置き換えるだけでは不十分との結果が得られた。評価 (3) を受けた置換えは、「マカロニ」→「ごはん」だった。これについて被験者から、「マカロニ」→「米」(「ごは



(a) サラミ → にんじん (b) サラミ → オレンジ

図 2 レシピ「ピザトースト」を代替素材により調理した例

Fig. 2 Examples of actual dishes cooked by replaceable materials in a “pizza toast” recipe.

ん」を炊く前の状態) ならば代替可能とする付帯意見があった。このことから、代替前に既に加工がなされている素材の扱いには注意を要することが分かった。

4. むすび

本論文では、同一料理カテゴリー中の料理レシピ群における特徴的な調理手順の類似度に基づいて、代替可能な食材を発見する方法を提案した。その結果、様々な代替可能素材を抽出することに成功した。今後の課題として、より調理手順と密接に関連した同一料理カテゴリーへの分類方法の検討、料理レシピ書換えにおいて、素材だけでなく調理動作も含めた置換えを考える必要がある。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金 (21013022) による。実験に協力して下さい、田中弘美氏及び研究室諸氏に感謝する。

文 献

- [1] 唐沢 隆, 浜田玲子, 井手一郎, 坂井修一, 田中英彦, “料理教材テキストからの素材と調理法に関する知識の抽出” 第 66 回情処学全大講演論文集, vol.2, pp.119–120, March 2004.
- [2] 志土地由香, 高橋友和, 井手一郎, 村瀬 洋, “調理レシピテキストからの代替素材の発見” 人工知能学第 22 回全大論文集, no.1B1-2, pp.1–4, June 2008.
- [3] Y. Shidochi, T. Takahashi, I. Ide, and H. Murase, “Finding replaceable materials in cooking recipe texts considering characteristic cooking actions,” Proc. ACM Multimedia 2009 Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities, pp.9–14, Oct. 2009.
- [4] A. Blanché, J. Cojan, V. Dufour-Lussier, J. Lieber, P. Molli, E. Nauer, H. Skaf-Molli, and Y. Toussaint, “Taaable 3: Adaptation of ingredient quantities and of textual preparations,” 18th Int. Conf. on Case-Based Reasoning Workshop Proc., pp.189–198, July 2010.

(平成 22 年 9 月 23 日受付, 23 年 1 月 14 日再受付)