

研究速報

食材の代替を考慮した食材購入支援方法に関する一考察

前田 康成[†] (正員) 後藤文太郎[†]
 升井 洋志[†] 梶井 文人[†] (正員)
 鈴木 正清[†] (正員)

A Note on Supporting Method for Buying Food Materials
 Considering Substitution of Food Materials

Yasunari MAEDA[†], Member, Fumitaro GOTO[†],
 Hiroshi MASUI[†], Nonmembers, Fumito MASUI[†],
 and Masakiyo SUZUKI[†], Members

[†] 北見工業大学情報システム工学科, 北見市
 Dept. of Computer Science, Kitami Institute of Technology,
 165 Koen-cho, Kitami-shi, 090-8507 Japan

あらまし 本研究では, 食材を購入する際の支援方法について検討する. 食材を購入する際に, 自宅にある食材在庫を考慮し, かつレシピ中の食材を代替可能な他の食材で代替することによって, 食材購入コストを削減する.

キーワード 食材, 購入支援, コスト, 食材在庫, 代替

1. まえがき

近年, 食メディアなどの工学分野において料理や食に関する工学的な研究が行われている. その中で食材の購入支援に関する技術もいろいろと検討されている [1], [2]. 従来技術 [1] では, 既に自宅に保有している食材在庫を入力すると, お薦めの既存料理レシピと, 買い足す必要がある食材を提示する. 他方, 従来技術 [3], [4] では, 食材を他の食材で代替しても料理として成り立つという人の知識を利用し, 既存料理レシピ中の食材を他の食材で代替することにより, 新しい料理レシピを生成する.

従来技術 [1] を利用すると, 既存料理レシピ中の食材リストと自宅の食材在庫が比較され, 不足する食材が追加購入食材として提示される. しかし, 料理に慣れている人であれば実際には, 不足する食材について自宅の食材在庫で代替できると判断した場合には, 追加購入せずに食材在庫で代替する. また, 不足食材を購入する際にも, 不足食材と代替可能な他の食材の方が安価であれば, その安価な代替食材を購入する. このような食材の代替は, 従来技術 [3], [4] における考え方と同様である.

そこで, 本研究では食材の代替可能性も考慮した, 食材購入支援方法を提案する. 提案方法では, 既存料

理レシピ中の食材を他の食材で代替することによって, 食材コストの削減効果が期待できる.

2. 食材の代替を考慮した食材購入支援方法

2.1 食材購入支援方法のイメージ

本研究における食材の代替を考慮した食材購入支援方法のイメージを図 1 に示す. 例えば, 既存料理レシピ (an existing recipe) として, 鶏もも肉を食材に含むチキンカレーが食材代替部 (substitution of food materials) に入力されたとする. 食材シソーラス (food material thesaurus) を参照し, 鶏もも肉を鶏むね肉で代替しても料理として成り立つという情報がシソーラス中にあれば, 既存レシピ中の鶏もも肉を鶏むね肉で代替した代替済レシピ (substituted recipe) が食材購入支援部 (supporting method for buying food materials) に渡される. 自宅の食材在庫情報 (information of food material stock) を参照し, 鶏もも肉はないが鶏むね肉がある場合には, 鶏むね肉に代替することによって, 食材の追加購入をせずに済む案を提示する. 鶏もも肉も鶏むね肉も自宅に在庫がない場合には, 小売店の販売食材情報 (information of food material on sale) を参照し, 鶏もも肉よりも安価な鶏むね肉を追加購入する案を提示する.

2.2 準備

ここでは, 本研究で使用する各種記号の定義などを行う. 以下の食材集合, 食材シソーラス, 既存料理レシピの定義や, 既存料理レシピに食材シソーラスを適用して食材を代替して新しい料理レシピを生成する部分は従来技術 [3], [4] と同様である.

$G = \{g_1, g_2, \dots, g_{|G|}\}$ は食材集合を示し, g_i は i 番目の食材である. $S = \{s_1, s_2, \dots, s_{|S|}\}$, $S \subseteq G$ は自宅に在庫がある食材 (食材在庫) の集合を示し, s_i は i 番目の食材在庫である. $w_s(s_i)$ は食材 s_i の在庫量 (グラム単位) を示す. $P = \{p_1, p_2, \dots, p_{|P|}\}$, $P \subseteq G$

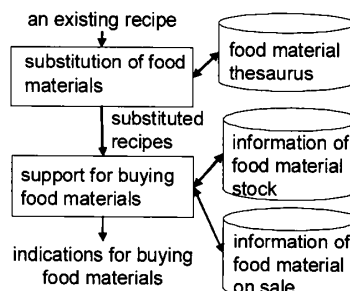


図 1 食材購入支援方法のイメージ
 Fig. 1 An image of supporting method for buying food materials.

は小売店で販売している食材（販売食材）の集合を示し、 p_i は i 番目の販売食材である。 $n(p_i)$ は食材 p_i の商品の種類（重量や個数の違いなど）の数、 $w_p(p_i, j)$, $1 \leq j \leq n(p_i)$ は食材 p_i の j 番目の商品の重量（食材のみの重量）、 $c(p_i, j)$, $1 \leq j \leq n(p_i)$ は食材 p_i の j 番目の商品の価格を示す。なお、 $w_p(p_i, j)$ は $j = 1$ から $j = n(p_i)$ まで昇順に並んでいると仮定するが、 $c(p_i, j)$ は昇順とは限らない。

$R = \{r_1, r_2, \dots, r_{|R|}\}$ は既存料理レシピ集合を示し、 r_i は i 番目の既存料理レシピである。 $f(r_i, j) \in F(r_i) \subseteq G$ は既存料理レシピ r_i の j 番目の食材を示し、 $F(r_i)$ は既存料理レシピ r_i で使用される食材の集合である。 $w(r_i, j)$ は食材 $f(r_i, j)$ の 1 人前当りの使用量（グラム単位）を示す。

料理をする際には、他の食材で代替しても料理として成り立つという、料理の知識や経験を活用して、レシピ中の食材を他の食材で代替することがある。本研究では、従来技術 [3], [4] と同様に、この食材の代替可能性に関する人の知識を食材シソーラスとして利用する。 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_{|B|}\}$, $B \subseteq G$ は食材シソーラス中の被代替食材（元食材）の集合を示し、 b_i は i 番目の被代替食材である。 $A(b_i) = \{a(b_i, 1), \dots, a(b_i, |A(b_i)|)\} \subseteq G$ は被代替食材 b_i を当該食材で代替しても料理として成り立つという意味で代替可能な食材の集合を示し、 $a(b_i, j)$ は被代替食材 b_i の j 番目の代替食材である。 $M(r_i) = \{m(r_i, 1), \dots, m(r_i, |M(r_i)|)\} \subseteq F(r_i)$ は既存料理レシピ r_i の食材の中で食材シソーラス中の被代替食材である食材の集合を示し、 $m(r_i, j)$ は j 番目の被代替食材である。

従来技術 [3], [4] では、既存料理レシピ r_i の $M(r_i)$ の各要素 $m(r_i, j)$ について、順番に代替可能な食材 $a(m(r_i, j), k)$ の組合せを列挙し、新しい料理レシピを生成する。本研究でも同様の仕組みで既存料理レシピ中の食材の代替を行う。ただし、本研究では、新レシピの生成が目的ではないので、食材を一つも代替していない元レシピも候補のレシピとして扱う。

2.3 食材購入支援方法の提案

ここでは、ある既存レシピ r に対して食材を代替した後の 1 レシピ r' （元レシピも含む）と食材在庫情報、販売食材情報、調理数 N （何人前分を調理するか示す自然数）を入力として受け取ったもとで、当該レシピ r' に関する追加購入食材を提示する食材購入支援方法を提案する。レシピ r' 中の代替食材の使用量は、従来技術 [3], [4] と同様に既存レシピ r 中の被代替食材の使

用量と同じと仮定する。なお、厳密には前段の食材の代替処理部分も含めて、本研究において提案する食材購入支援方法である。

レシピ r' について処理する際に、食材在庫が十分にあり食材 $f(r', i)$ ($Nw(r', i) - w_s(f(r', i)) \leq 0$ が成立する食材) については、追加購入を検討する必要がない。 $Nw(r', i) - w_s(f(r', i)) > 0$ である食材 $f(r', i)$ について、以下のアルゴリズム 1 を適用する。

以下にアルゴリズム 1 中の記号、変数を説明する。 $c_{\max}(f(r', i))$ は食材 $f(r', i)$ の商品の最高価格、

$$c_{\max}(f(r', i)) = \max\{c(f(r', i), 1), \dots, c(f(r', i), n(f(r', i)))\}, \quad (1)$$

$c_{g\max}(f(r', i))$ は食材 $f(r', i)$ の商品の 1 グラム当りの単価の最高価格、

$$c_{g\max}(f(r', i)) = \max\left\{\frac{c(f(r', i), 1)}{w_p(f(r', i), 1)}, \dots, \frac{c(f(r', i), n(f(r', i)))}{w_p(f(r', i), n(f(r', i)))}\right\}, \quad (2)$$

$$\text{num} = \left\lceil \frac{Nw(r', i) - w_s(f(r', i))}{w_p(f(r', i), 1)} \right\rceil, \quad (3)$$

$\lceil x \rceil$ は x と等しいか、または x より大きい最小の整数を示し、 num は食材 $f(r', i)$ の商品購入数として可能性のある最大値を示す。 $I_{\min}(f(r', i), 1), \dots, I_{\min}(f(r', i), \text{num})$ は追加購入の総額を最小化するために食材 $f(r', i)$ のどの商品を購入するか示す変数で、変数の値が 1 から $n(f(r', i))$ の整数の場合は購入する商品番号、0 の場合は何も購入しないことを示す。 $I_{g\min}(f(r', i), 1), \dots, I_{g\min}(f(r', i), \text{num})$ は追加購入の 1 グラム当りの単価を最小化するために食材 $f(r', i)$ のどの商品を購入するか示す変数である。 $\text{Cost}_{\min}(f(r', i))$ は食材 $f(r', i)$ の追加購入の総額の最小値用の変数、 $\text{Cost}_{g\min}(f(r', i))$ は食材 $f(r', i)$ の追加購入の 1 グラム当りの単価の最小値用の変数である。

以下にアルゴリズム 1 を示す。

```

Costmin(f(r', i)) = num × cmax(f(r', i)) + 1
Costgmin(f(r', i)) = cgmax(f(r', i)) + 1
for(j1 = 1; j1 ≤ n(f(r', i)); j1++) {
  if(wp(f(r', i), j1) ≥ Nw(r', i) - ws(f(r', i))) {
    j2, ..., jnum を 0 に設定；
    アルゴリズム 2 を実行；
  } else {

```

```

for( $j_2 = j_1; j_2 \leq n(f(r', i)); j_2++$ ) {
  if( $\sum_{k=1}^2 w_p(f(r', i), j_k) \geq Nw(r', i) - w_s(f(r', i))$ ) {
     $j_3, \dots, j_{num}$  を 0 に設定;
    アルゴリズム 2 を実行;
  } else {
    ...
    for( $j_{num} = j_{num-1}; j_{num} \leq n(f(r', i)); j_{num}++$ ) {
      アルゴリズム 2 を実行;
    } ... } } }

```

紙面の都合上、アルゴリズム 1 中で各最小値の候補を更新する部分をアルゴリズム 2 として別に記述する。便宜上、 $c(f(r', i), 0) = 0$, $w_p(f(r', i), 0) = 0$ とする。アルゴリズム 2 を以下に示す。

```

if( $\sum_{k=1}^{num} c(f(r', i), j_k) < Cost_{min}(f(r', i))$ ) {

```

$$Cost_{min}(f(r', i)) = \sum_{k=1}^{num} c(f(r', i), j_k);$$

$I_{min}(f(r', i), 1), \dots, I_{min}(f(r', i), num)$ を j_1, \dots, j_{num} に設定; }

```

 $\frac{\sum_{k=1}^{num} c(f(r', i), j_k)}{\sum_{k=1}^{num} w_p(f(r', i), j_k)} < Cost_{gmin}(f(r', i))$ ) {

```

$$Cost_{gmin}(f(r', i)) = \frac{\sum_{k=1}^{num} c(f(r', i), j_k)}{\sum_{k=1}^{num} w_p(f(r', i), j_k)};$$

$I_{gmin}(f(r', i), 1), \dots, I_{gmin}(f(r', i), num)$ を j_1, \dots, j_{num} に設定; }

$Nw(r', i) - w_s(f(r', i)) > 0$ である食材 $f(r', i)$ に上記アルゴリズムを適用することにより、レシピ r' を調理するために追加購入する必要がある食材について、追加購入の総額の最小コスト $Cost_{min}(r')$ 、追加購入コストのうち今回の必要量分の最小コスト $Cost_{gmin}(r')$ が算出できる。ただし、

$$Cost_{min}(r') = \sum_{i=1}^{|F(r')|} Cost_{min}(f(r', i)), \quad (4)$$

$$Cost_{gmin}(r') = \sum_{i=1}^{|F(r')|} (Nw(r', i) - w_s(f(r', i))) Cost_{gmin}(f(r', i)), \quad (5)$$

$Nw(r', i) - w_s(f(r', i)) \leq 0$ の食材 $f(r', i)$ については、 $Cost_{min}(f(r', i)) = 0$, $Cost_{gmin}(f(r', i)) = 0$ とする。

3. 実験例

ここでは、2.3 で提案した食材購入支援方法を 13 の既存レシピに適用した結果のうち、典型的な 2 例を報告する。既存レシピに関する情報はレシピサイト [5] を参考にした。食材シソーラスは筆者らとその家族の経験から作成した。販売商品に関する情報は筆者らの家庭に新聞とともに届く小売店のチラシを参考にした。食材在庫については実験ごとに架空の食材在庫を想定した。実験では、4 人分の調理を仮定した。実験結果を表 1、表 2 に示す。

各表中のレシピ食材の欄では、食材在庫が不足している食材についてのみ使用量 (4 人分) を明記し、その他の食材在庫が十分にある食材については使用量は省略した。食材の代替欄では、食材 A → 食材 B という表記で、既存レシピ中の食材 A を食材 B で代替することを意味する。最小総額は式 (4)、最小単価は式 (5) に相当し、それぞれの欄には追加購入する商品名、個数と最小総額または最小単価が示されている。

表 1 の例 1 は、タコキムチのレシピに対して、タコが不足している。この例では、タコをより安価なスル

表 1 例 1
Table 1 Example 1.

既存レシピ名	タコキムチ
レシピ食材	タコ (300 g), キムチ, コチュジャン, 醤油, ゴマ油, ゴマ
食材在庫	タコ以外のすべての食材
食材の代替	タコ→スルメイカ
販売商品	スルメイカ 1 はい (200 g, 98 円), スルメイカ 2 はい (400 g, 188 円), スルメイカ 3 はい (600 g, 278 円), タコ (300 g, 578 円)
最小総額	スルメイカ 2 はい (400 g, 188 円) × 1; 188 円
最小単価	スルメイカ 3 はい (600 g, 278 円) × 1; 139 円

表 2 例 2
Table 2 Example 2.

既存レシピ名	鶏もも肉とキュウリのオイスター炒め
レシピ食材	鶏もも肉 (400 g), キュウリ (400 g, 4 本), パプリカ, 酒, ゴマ油, 片栗粉, 塩, ニンニク, ショウガ, 醤油, 砂糖, オイスターソース, 中華スープの素 (顆粒)
食材在庫	ズッキーニ (400 g, 2 本), 鶏もも肉とキュウリ以外のすべての食材
食材の代替	キュウリ→ズッキーニ 鶏もも肉→鶏むね肉
販売商品	キュウリ (100 g, 1 本, 45 円), 鶏もも肉 (100 g, 88 円), 鶏むね肉 (100 g, 58 円)
最小総額	鶏むね肉 (100 g, 58 円) × 4; 232 円
最小単価	鶏むね肉 (100 g, 58 円) × 4; 232 円

メイカで代替した。最小総額としてスルメイカ 2 はいが 1 個，最小単価としてスルメイカ 3 はいが 1 個提示されている。最小総額と最小単価で購入する商品は異なるが，どちらの場合でも元の被代替食材のタコを購入するよりも安価である。

表 2 の例 2 は，鶏もも肉とキュウリのオイスター炒めに対して，鶏もも肉とキュウリが不足している。この例では，キュウリを食材在庫のズッキーニで，鶏もも肉をより安価な鶏むね肉で代替した。最小総額も最小単価も同じ結果で，鶏むね肉を 400g 購入する結果になっている。仮に食材を代替せずに既存レシピどおりの食材を購入する場合には，食材コストが 300 円上昇する。

上記の例では，既存レシピ中の食材を他の食材に代替することによって，食材在庫の有効活用及び追加購入の食材コストの削減を実施した。

4. む す び

従来から，自宅の食材在庫を考慮して追加購入する必要がある食材を提示する食材購入支援方法は検討されていた。しかし，既存レシピ中の食材を他の食材で代替することによって，追加購入する食材コストを削減するような食材購入支援方法は検討されていない。

そこで，本研究では当該食材を他の食材で代替しても料理として成り立つという人の知識を整理した食材シソーラスを利用して，より安価な追加購入食材を提示する食材購入支援方法を提案した。

提案方法を 13 の既存レシピに適用した実験結果の中から典型的な結果を，14 人の 30 歳代から 70 歳代の日常的に食材の買い物をする女性に見せて意見や感想を収集した。約半数が少人数家庭を理由に最小総額の買い方を好み，残りの約半数は状況に応じて最小総額，最小単価及びその折衷案を好んだ。折衷案は提案方法には含まれておらず，今後の課題である。具体的には，冷蔵庫などの収納容量の制約のもとでの最小単価の検討，当日の支出総額の許容額の制約のもとでの最小単価の検討，各商品の賞味期限までの残日数に応じた適切なまとめ買いの検討が挙げられる。

また，一部の食材代替例については，その代替後のレシピが料理として成り立たないと判断する被験者もいた。食材の代替可能性は個人の主観によるものであり，食材シソーラスの作成者に依存する。よって，利用者個人の嗜好を反映させた食材シソーラスの作成や修正が容易に実施できる仕組みが必要である。

食材購入支援方法の具体的な利用形態として，主に以下の 2 パターンが考えられる。一つ目は，利用者が既存レシピを指定することによって，当該レシピと食材の代替によるアレンジ後の各レシピについて，追加購入食材を提示するパターンである。二つ目は，利用者が食材在庫を指定することによって，当該食材を含む既存レシピ及び当該食材が代替食材に該当する被代替食材を含む既存レシピのアレンジ後のレシピ（当該食材に代替後のレシピ）について，追加購入食材を提示するパターンである。どちらの場合も，複数のレシピについて追加購入食材を提示することになるので，出力結果から希望の候補レシピを利用者が探すための効率的な検索方法などの検討も必要である。

本研究では，各商品は一つの食材で構成されると仮定していたが，実際には「鍋用の野菜セット」など複数の食材によって構成される商品や，「クロquette」，「天ぷら」などの惣菜商品も存在する。このような商品の考慮も今後の課題である。

本研究では，食材の必要量全てを代替する仕様で検討したが，元食材の食材在庫が必要量の半分相当ある場合などは，残りの半分の量のみの代替を検討の方が経済的である。よって，必要量の一部の代替も可能な仕様も今後検討したい。

また，栄養バランス，アレルギーなどによる制約も重要である。これらの制約も考慮した仕様についても今後の課題としたい。

文 献

- [1] 大日本印刷，“アットテーブル 冷蔵庫の食材から献立を提案する『チラシ de レシピ (TM)』を開発，必要な食材とスーパーの特売情報もあわせて提供，”大日本印刷，http://www.dnp.co.jp/news/10013194_2482.html，参照 Aug. 31, 2012.
- [2] 谷口詩歩，船曳信生，中西 透，“忙しい人の手料理支援のための献立選択およびまとめ買い選択アルゴリズム，”信学技報，AI2010-35，Nov. 2010.
- [3] 前田康成，吉田秀樹，鈴木正清，“地産地消レシピ発想支援方法に関する一考察，”信学論 (A)，vol.J94-A，no.7，pp.536-539，July 2011.
- [4] 前田康成，榊井文人，鈴木正清，“特定栄養素を調整する新規料理レシピ発想支援方法，”電学論 (C)，vol.131，no.9，pp.1654-1655，Sept. 2011.
- [5] クックパッド株式会社，“レシピ検索 No.1/料理レシピ載せるならクックパッド，”クックパッド株式会社，<http://cookpad.com/>，参照 Aug. 31, 2012.

(平成 24 年 9 月 6 日受付，11 月 2 日再受付)