Vol.2014-DPS-158 No.32
Vol.2014-CSEC-64 No.32
2014/3/7

複数要因を総合的に考慮した夕食レシピ推薦システムとその評価

伊原 啓晃[1]　玉井 森彦[1]　安本 慶一[1]

概要：本稿では，複数要因を総合的に考慮した夕食レシピ推薦システムの提案を行う．夕食レシピの決定は，(1) 選択肢が多い，(2) 考慮すべき要因が多い，(3) 頻度が高い，という点で面倒であり，レシピの決定を支援してくれるシステムがあれば便利である．このシステムの実現にあたり，嗜好・栄養・カロリー・調理の簡単さ・在庫食材情報・同じレシピの連続推薦の回避の 6 つを主なレシピ決定の要因であると想定し，これらの要因の数値化の方法と，各要因の数値にかける重みをユーザの価値観や生活スタイルに合わせて重回帰分析を用いて最適化する方法を提案する．提案手法に従って実際にレシピ推薦システムを作成し，6 人の被験者により推薦結果に評価点を付けてもらう実験を行った．提案手法を，1 要因のみを考慮したレシピ推薦手法，およびランダムに推薦する手法と比較した結果，ベースラインである 1 要因のみを考慮したレシピ推薦手法・ランダムに推薦する手法の推薦結果が良いと評価した人が共に 3 人であったのに対し，提案手法による推薦結果が良いと評価した人が 6 人となり，提案手法による推薦が最も良いという結果が得られ，提案手法の有用性が確認できた．

Evaluation of a Recommendation Method for Dinner Recipes with Comprehensive Consideration of Multiple Factors

Abstract: In this paper, we propose a recommender system for dinner recipes. The decision making of dinner recipes is troublesome because we need to consider (1) a lot of candidate recipes (2) by taking into account various factors, and that (3) the decision occurs at every mealtime. Therefore, it would be useful if we could have a system that supports the decision making of recipes. In this research, we suppose that the main factors considered when deciding dinner recipes consist of food preference, nutrition, calorie, ease of cooking, foodstuff stocks, and recent meal history. Based on these factors, we propose a method to calculate a quantitative score for each factor, and to find the best weights with multiple regression analysis among factors based on the user's sense of values or lifestyle. We implemented a prototype system according to the afore-mentioned proposed method, and then we conducted an experiment where six subjects gave an evaluation to each recommendation result. Through comparison of the proposed recommendation method with the recipe recommendation method considering only one factor and the random recommendation, we confirmed that the result of the proposed method is better than the other two methods where there are six subjects who evaluated that the proposed recommendation result is good, while there are only three subjects who evaluated the other methods' recommendation is good.

1. はじめに

晩御飯に食べる料理を決めることに困ったという経験をしたことがある人が，世の中に多くいるのではないだろうか．実際，ある Web アンケート [1] では，「献立を考えることが苦痛」・「ほかの人に決めてほしい」と考えている人が全体の 69% 以上を占めているというデータが存在する．そういった背景から，レシピの決定を支援してくれるシステムがあれば便利である．このシステムの実現にあたりレシピ決定を行うことが難しい理由を考えると，(1) 選択肢が多い，(2) 考慮すべき要因が多い，(3) 頻度が高い，という 3 つの点が問題として存在する．まず，「選択肢が多い」という問題が起こる背景には，近年インターネットの普及に伴い，キッコーマン [2]，みんなの今日の料理 [3] などの食品会社・TV 番組のレシピサイトや，クックパッド [4] などのレシピ投稿サイトを代表とする料理レシピ検索システムが多数公開されていることが挙げられる．このようなレシピ検索サイトを利用した食事レシピの決定は，膨大な種

[1] 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科
Ikoma, Nara 630–0192, Japan

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

類のレシピからユーザが自力でレシピ探索を行わなければならず，ユーザに合ったレシピを短時間で発見することは難しい．次に，「考慮すべき要因が多い」という問題について述べる．食事レシピの決定は，何も考えずいい加減に選ばれるのではなく，同じものを連続で食べることを避けたり，好きな食べ物を優先的に選んだり，栄養に気を遣ったりしながら選ばれることが普通である．このように決定要因が複合して絡み合っているため，レシピ決定が難しくなっている．最後に，「頻度が高い」という問題について述べる．食事は日常生活における行動の一つであり，毎日 2，3 回そのような面倒な決定行動を行わなければならないため，人々の負担を増大させている．以上の 3 つの問題点からレシピの決定を行うことは大変な負担であり，効率的にユーザに合った食事レシピを推薦することが求められる．

本研究では「食材の嗜好」・「栄養」・「カロリー」・「調理の簡単さ (調理時間)」・「在庫食材情報」・「レシピの食事履歴（同じ料理の連続推薦の回避）」の 6 つをおもなレシピ決定の要因であると想定し，これら複数要因を総合的に考慮して各ユーザに合ったレシピを短い準備期間で推薦するシステムの実現を目的とする．この目的を達成するため，(1) レシピ決定における各要因の数値化方法，(2) 各要因をどの程度重視するかをユーザの価値観や生活スタイルに合わせて最適化する方法，(3) 最適化に必要なユーザ情報を効率良く収集する方法の考案が課題となる．なお，カロリーはレシピの量の情報も持っているため，本研究では栄養とカロリーは分離して一つの要素として考える．

課題 (1) を解決するため，「食材の嗜好」に基づいた推薦では「材料の特異度と使用頻度の高い」レシピを，「栄養」に基づいた推薦では「より栄養の充足率が高い」レシピを，「カロリー」に基づいた推薦では，「より目標摂取カロリーに近いカロリーを摂取できる」レシピを，「調理の簡単さ」に基づいた推薦では「より調理時間が短い」レシピを，「在庫食材情報」に基づいた推薦では「在庫食材をより多く使用している」レシピを，「レシピの食事履歴（同じ料理の連続推薦の回避）」は「より直近に食べていない」レシピを推薦するよう各レシピに対しスコア付けを行う．課題 (2)，(3) を解決するため，上記の 6 つの要因スコアを，重み付き線形結合によって統合することで，複数要因を総合的に考慮した多角的な視点からレシピ推薦を行う．ユーザごとにカスタマイズを行う部分である重み係数の決定方法については，短時間で行うことができるようにするために重回帰分析を用いて解析的に算出する．

提案手法の有効性を評価するために，提案手法に基づいて作成したレシピ推薦システムを実装し，ユーザが一番重要視する要因一つのみを用いた推薦手法とランダムにレシピを推薦する手法の 2 つのベースラインと比較することで有効性評価とシステムの課題の考察を行った．その結果，被験者の全人数 6 人のうち，2 種類のベースラインの推薦結果を良いと評価した人が共に 3 人であったのに対し，提案手法による推薦結果が良いと評価した人が 6 人全員であったという結果から，提案手法の有効性を確認することができた．

2. 関連研究

本章では本研究と関連の深い既存研究について述べる．レシピの決定において重要と考えられる各要因に注目してレシピ推薦を行っている研究は多数あり，文献 [5][6][7] では，個人の（食材）嗜好を尺度として推薦を行っている．これらの手法では，食材の使用頻度やユーザの手入力から得た個人の嗜好からレシピを定量的に評価している．食材に注目している研究では，他に，文献 [8][9] のように，家にある余剰食材の有効利用の観点から在庫食材をより活用できるレシピを推薦する研究が存在する．これらの手法は，日々の料理から出る余剰食材の在庫を記録し，在庫に存在する食材をより多く消費できるレシピほど得点を高くするように推薦を行っている．また，文献 [10] では，地産地消活動に貢献するために地元食材を有効活用したレシピを発見する研究が行われている．この手法では，地元食材を使ったレシピの考案を支援するために，地元食材がより多く材料に含まれているレシピほど得点を高くするように推薦を行っている．食材以外では，栄養（健康）に注目したレシピ推薦の研究も存在する．文献 [11][12] では，四群点数法 [13] や 6 つの基礎食品群分類 [14] といった栄養学に基づいた食事法を用いてレシピを定量的に評価している．また，文献 [15] では，ユーザの活動記録を利用して目標摂取カロリーを調整して推薦を行う，カロリーと日々の活動との関係に注目したレシピ推薦を行っている．これらの食材や栄養など各要因のみに注目してレシピ推薦を行う研究では，多くが一部の要因に絞って推薦を行っているため，各要因の関係を考慮した多角的な視点から推薦を行っていない点で不十分だといえる．

3. レシピ決定に必要な要因とシステムの概要

3.1 レシピ決定に必要な要因の決定

食事レシピの推薦を行うために，本節では，食事レシピの決定で考慮されるべき要因の選定を行う．

ある Web サイトのアンケート [1] によると，毎日の献立を考えるポイントには，上位に「食材」「冷蔵庫・残り物」「栄養」などが入っている．また，ある生活者アンケート調査 [16] によると，「家事の時間を減らして時間を有効に使用したい」人が 85.4 %も存在することから，調理の手間（簡単さ）も考慮すべき点であるといえる．その他には，飽きを避けるために「同じ料理を頻繁に食べることを回避」することも必要となる．

よって，本研究では，レシピ決定の主な要因として，「食材の使用傾向」「栄養」「カロリー」「調理の簡単さ」「在庫食材の有効利用」「同じ料理の回避」に注目してレシピ推薦を行う．

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-DPS-158 No.32
Vol.2014-CSEC-64 No.32
2014/3/7

3.2 システムの仮定・対象

本研究では，前節で決定した 6 つのレシピ決定要因を指標として夕食のメインディッシュ一品の推薦を行う．

朝食・昼食・夕食でレシピ決定の傾向が違うと考えられるため 1 つの食事だけに絞ることによって問題の簡単化を図った．そして，最も自炊を行いかつレシピ推薦を利用する頻度が高いと考えられる夕食に絞った．「メインディッシュ一品」に関しては，複数品推薦を行うとレシピの組合せ問題が入ってきて，食べ合わせなどの要素が混じり問題が複雑化してしまうため，本研究では単品の推薦に限定することで問題を簡単化した．

レシピのデータは，個人由来の特異なレシピの使用を防ぐため，クックパッド [4] のようなレシピ投稿サイトを避け，「みんなのきょうの料理」のサイト [3]，「味の素」[17]，「キッコーマン」[2]，「ママー」[18] などの TV 番組や食品会社が公開している Web レシピ集のデータを使用する．食材のデータは，「グラムの分かる写真館」[19] や「カロリー Slism」[20] という Web サイトのデータを利用する．

3.3 システムの概要

提案するレシピ推薦手法の概要を図 1 に示す．
レシピ推薦は，以下の手順で行う．

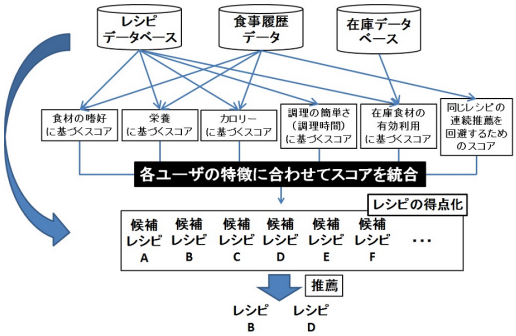


図 1　レシピ推薦手法の概要

(1) 各レシピに対して，レシピデータベースと食事履歴から「食材の使用傾向」・「栄養」・「カロリー」・「同じ料理の回避」のスコアを，レシピデータベースから「調理の簡単さ」のスコアを，レシピデータベースと在庫データベースから「在庫食材の有効利用」のスコアを，それぞれ算出する．
(2) 手順 (1) で算出した各要因に対するスコア（要因スコア）を統合して各レシピの最終スコアを算出する．
(3) 手順 (2) で求めた各レシピの最終スコアが最も高いレシピ 1 件のみ，もしくは上位数件をユーザに推薦する．

また，ユーザの入力事項としては，初期に 1 回だけ収集する入力として「性別」・「同じ料理を何日あけたら食べられるか」の 2 つを，毎日取るデータとして「毎食の食事の履歴」・「在庫情報の履歴」の 2 つの計 4 つが必要となる．

「性別」は，男女によって摂取目標値が変わるカロリーの要因スコアの算出で利用する（詳細は 4.3 節に記載）．「同じ料理を何日以上あけて食べたいか」は，正確には「同じレシピ推薦禁止期間」と「同じレシピを抵抗なく食べられるのは何日後か」の 2 つのデータとして取っている．これらは，同一レシピの連続推薦の回避についてのスコアの算出で利用する（4.6 節に記載）．「毎食の食事の履歴」は食材の嗜好スコア（4.1 節）や栄養スコア（4.2 節），カロリースコア（4.3 節），同一レシピの連続推薦の回避についてのスコア（4.6 節）の算出で利用する．「在庫情報の履歴」は，在庫食材の活用スコア（4.5 節）の算出で利用する．

現状ではユーザの入力について，特に毎日データを取る「毎食の食事の履歴」・「在庫情報の履歴」の入力の負担が大きいが，「毎食の食事の履歴」に関しては，将来，画像認識技術の発達によって食事の写真を撮るだけで入力が可能になると予想されること，「在庫情報の履歴」に関しては，冷蔵庫管理の研究に代表される在庫管理の研究が進めば簡単に在庫食材情報が取得できるようになると予想されるため，将来的には，このシステムのユーザ入力にかかる負担は小さく抑えることができると考えている．

出力については，夕食のメインディッシュ 1 品を決めるための推薦として 1 件もしくは複数件の候補レシピを提示する．推薦結果の表示数に関しては，迷いを避けるために 1 件のみ推薦することが望ましいと本研究では考えているが，確証がないため実験の項でその有効性の確認を行う．また，インターフェースに関しては図 2 のようなものを想定している．



図 2　推薦結果の UI のイメージ

4. レシピ推薦スコアの算出

前章で述べたとおり，提案手法では，

- 食材の嗜好 (使用傾向) に基づく推薦
- 「栄養」に基づく推薦
- 「カロリー」に基づく推薦
- 「調理の簡単さ」に基づく推薦
- 「在庫食材の有効利用」に基づく推薦
- 「同一レシピの連続推薦の回避」に基づく推薦

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

を組み合わせてレシピ推薦を行っており，各推薦方法で算出される要因スコアは値が 0〜1 の範囲に収まるよう正規化する．

以下では，各推薦手法の得点の具体的な算出方法について述べる．

4.1 食材の嗜好に基づいた推薦

「食材の嗜好」に基づいた推薦では，食材の特異度と使用頻度に注目して，「珍しい食材」が「よく使われている」レシピを推薦するようレシピの得点の算出を行う．本研究では，石原ら [5] の推薦手法を用いる．具体的には，食材 i の特異度を p_i，利用頻度を u_i とし，推薦候補となるレシピ R_j に含まれる食材集合を I_j とするとき，レシピの得点 $S_I(R_j)$ は式 (1) のように算出される．

$$S_I(R_j) = \frac{\sum_{i \in I_j} u_i \cdot p_i}{\alpha \cdot \sum_{i \in I_j} p_i} \tag{1}$$

なお，$S_I(R_j)$ の値を 0〜1 の間に収めるために，任意のユーザに対して $\sum_{i \in I_j} u_i \cdot p_i$ が取り得る最大の値を式 (1) の分母として設定する．そのために用いる定数 α (=「食材の利用頻度スコア u_i が任意のユーザに対して取りうる最大の値」) は式 (2) の通りである．

$$\alpha = \sum_{c=1}^{7} \frac{c-1}{c} \simeq 4.407 \tag{2}$$

また，食材 i の特異度 p_i は，レシピデータベースの総数を M，レシピデータベース内の食材 i を含むレシピ数 M_i を用いて式 (3) のように求められる．また，利用頻度 u_i は，何日前までの食事履歴を参照するかを t (本研究では一週間分の食事履歴から利用頻度を測るため，$t = 7$ と設定)，c 日前に調理したレシピを r_c とすると，式 (4) のように算出される．

$$p_i = -log_{10}(\frac{M_i}{M}) \tag{3}$$

$$u_i = \sum_{c=1}^{t} \frac{c-1}{c} \times is_included(i, r_c) \tag{4}$$

ただし，$is_included(i, r)$ は，式 (5) のように設定する．

$$is_included(i, r) = \begin{cases} 1 & (i \in r) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \tag{5}$$

4.2 栄養に基づいた推薦

栄養の計算は，栄養学に存在する食事法の一つである四群点数法 [13] に従って算出を行った．

4.2.1 [参考] 四群点数法について

四群点数法 [13] とは, 女子栄養大学の創立者・香川綾先生が考案された食事法である．あらゆる食品を栄養の働きごとに四つの群で表現したものでそれぞれ,

- 一群：栄養を完全にする食品群 (乳, 乳製品, 卵など)
- 二群：肉や血を作る食品群 (魚介, 肉, 豆, 豆製品など)
- 三群：体の調子を整える食品群 (野菜, 芋類, 果物など)
- 四群：力や体温となる食品群 (穀類, 砂糖, 油脂など)

となっている．量的なバランスをとるために, 食品のエネルギーを 80kcal=1 点としており, 成人男性の場合は一日 25 点 (2000kcal), 成人女性の場合 20 点 (1600kcal) 分摂取することが望ましい. 具体的には一群, 二群, 三群が 3 点分ずつ, 四群で残りの 11〜16 点をとるようにすると栄養バランスのとれた食事ができているといえる.

4.2.2 算出方法

栄養に基づいた推薦では，上記の四群点数法を用いてレシピの得点の算出を行う．

ここでは，あるレシピを食べた場合に栄養の量が充足される割合（充足率）を計算し，「より栄養の充足率が高い」レシピを推薦するようレシピの得点の算出を行う．

具体的には，四群点数法の 1〜3 群（4 群はカロリーの調整のために存在しているため省略）に注目して，第 i 群の栄養の充足率を ${P_{Nut}}^i$，夕食までに摂取目標を超えていない栄養群の数 (後述の $Nut_i(u) < 3.0$ となる i 群の数) を X（X=0,1,2,3）とすると，レシピ R の得点 $S_{Nut}(R)$ は式 (6) のように算出される．

$$S_{Nut}(R) = \begin{cases} 0.0 & (X = 0) \\ \frac{\sum_{i=1}^{3} {P_{Nut}}^i}{X} & (otherwise) \end{cases} \tag{6}$$

また，夕食における第 i 群の摂取目標量を Nut_i 点，レシピ R の摂取栄養量を ${Nut_i}^R$ 点とすると，第 i 群の栄養の充足率 ${P_{Nut}}^i$ は式 (7) のように算出される．

$${P_{Nut}}^i = \begin{cases} 0.0 & ({Nut_i} = 0) \\ \frac{{Nut_i}^R}{Nut_i} & ({Nut_i}^R \leq Nut_i) \\ 1.0 & ({Nut_i}^R > Nut_i) \end{cases} \tag{7}$$

ただし，ユーザ u が夕食より前に摂取した第 i 群の摂取栄養量を $Nut_i(u)$ 点とすると，目標摂取カロリー Nut_i は式 (8) のように算出できる．なお，式 (8) の「3.0」は，4 群点数法の 1〜3 群の 1 日の目標摂取量が 3 点分（240kcal）であることを意味している．

$$Nut_i = \begin{cases} 3.0 - Nut_i(u) & (Nut_i(u) \leq 3.0) \\ 0.0 & (Nut_i(u) > 3.0) \end{cases} \tag{8}$$

4.3 カロリーに基づいた推薦

カロリーに基づいた推薦は，上記の四群点数法の一日の目標摂取カロリーを元に算出を行う．

ここでは，「より目標摂取カロリーに近いカロリーを持つ」レシピを推薦するよう，レシピの得点の算出を行う．具体的には，目標摂取カロリーを C，レシピ R のカロリー

を C_R とすると，レシピ R の得点 $S_C(R)$ は式 (9) のように算出される．

$$S_C(R) = \begin{cases} 1.0 - \frac{|C - C_R|}{C} & (C_R < 2C) \\ 0.0 & (otherwise) \end{cases} \quad (9)$$

ただし，ユーザ u が夕食より前に摂取したカロリーを C_u として，目標摂取カロリー C は式 (10) のように算出される．

$$C = \begin{cases} 2000 - C_u & (\text{男性ユーザの場合}) \\ 1600 - C_u & (\text{女性ユーザの場合}) \\ 400 & (C_u\text{が一日の目標摂取カロリーを超える場合}) \end{cases} \quad (10)$$

4.4 調理の簡単さに基づいた推薦

調理の簡単さに基づいた推薦では，レシピの調理時間を用いてレシピの得点を算出する．

ここでは，上記で述べたように「より調理時間が短い」レシピを推薦するようレシピの得点の算出を行う．ただし，夕食の調理時間の平均が 52 分であることから，余裕を見積もっても調理時間が 120 分を超えることはないと考え，調理時間が 120 分以上のレシピの得点を 0.0 にするよう算出方法を設定した．具体的には，レシピ R の調理時間を $CT(R)$ 分とすると，レシピ R の得点 $S_T(R)$ は式 (11) のように算出される．

$$S_T(R) = \begin{cases} 1.0 - \frac{CT(R)}{120} & (CT(R) \leq 120) \\ 0.0 & (CT(R) > 120) \end{cases} \quad (11)$$

4.5 在庫食材の利用に基づいた推薦

在庫食材の有効利用に基づいた推薦では，在庫食材の使用量からレシピの得点を算出する．

具体的には，レシピの材料集合を I_R とすると，レシピ R の得点 $S_S(R)$ は式 (12) のように算出される．

$$S_S(R) = \frac{\sum_{k \in I_R} W(k)}{|\, I_R \,|} \quad (12)$$

ここで，家に存在する在庫食材の集合を I_{stk} とすると，$W(k)$ は式 (13) のように算出される．

$$W(k) = \begin{cases} 1 & (k \in I_{stk}) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \quad (13)$$

4.6 同一レシピの連続推薦の回避に基づく推薦

同一料理の推薦を回避する目的とした推薦では，同じレシピが前に食べられた日付に注目してその日から離れているほど点数が高くなるようにレシピの得点を算出する．

具体的には，同じレシピの推薦禁止期間を X 日，同じレシピを抵抗なく食べられるのは何日後かの情報を Y 日とし，そして，レシピ R を前に食べた日付を D 日前とすると，レシピ R の得点 $S_S(R)$ は D を用いて式 (14) のように算出される．

$$S_S(R) = \begin{cases} 0 & (D < X) \\ \frac{D - X}{Y - X} & (X \leq D \leq Y) \\ 1 & (D > Y or \text{ 記録期間中食べていない}) \end{cases} \quad (14)$$

5. ユーザに合わせた推薦を行うための重み係数の調整

5.1 重み係数調整の基本方針

3 章で述べたように，各要因スコアを重み付き線形結合した推薦度関数を使って，各要因を総合的に考慮したレシピの推薦を行う．

推薦度関数の各要因にかけられた重み係数をユーザごとに調整することで，各ユーザに合わせた推薦を行えるようにする．その調整方法の 1 つとして，例えば図 3 のように，毎日ユーザにフィードバックをもらって徐々に最適化された重みを見つけていく方法が考えられる．この方法は毎日ユーザが推薦結果のフィードバックを返すことが面倒で，かつ，重みが最適化されるまである程度時間がかかってしまうため，実際にこの方法でレシピ推薦システムを作ると使いづらいシステムになってしまう．

そこで，提案手法では，準備の手間・期間を短くすることを目指して，初回使用時（もしくは重み調整をやり直したい時）の 1 回だけ図 4 のように，ユーザ調整用に用意された 30 個のサンプルレシピの推薦満足度（晩御飯のメインディッシュとして，自炊して作りたい度合い）をユーザにつけてもらい，それを正解データとして重回帰分析を行うことによって，一回のみの調整データの収集で各ユーザに合わせた重み係数の調整を行う．この方法を用いることで，重み係数を最適解に収束させるループ作業をシステムが裏で解析的に算出する方法で代替できるため，ユーザ調整を短時間で行うことができる．

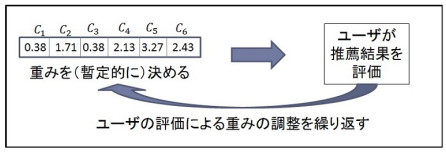


図 3 重み調整手法の一例

具体的な方法は次節で説明する．

5.2 重み係数の調整方法

重み係数の調整の第 1 段階として，重回帰分析の正解データを取得する．ここでは，ユーザにサンプルレシピ 30 個前後のレシピ推薦満足度（晩御飯のメインディッシュとして，自炊して作りたい度合い）を 5 段階で付けてもらい，それを正解データとする．

この方法において，同じ傾向のレシピばかりの偏ったレ

Vol.2014-DPS-158 No.32
Vol.2014-CSEC-64 No.32
2014/3/7

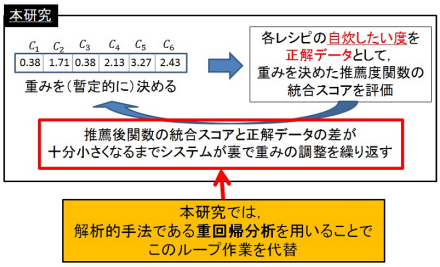


図 4　提案する重み調整手法

シピ群を調整データとして使ってもユーザのレシピ決定傾向（ユーザがレシピ決定に関する各要因をどれだけ重要視しているか）を反映していない調整がなされてしまうため，重回帰分析の正解データの収集に使うサンプルレシピはなるべく偏らないようにすべきである．ここでは，4 章で説明した 6 つの要因スコアに注目して各スコアの組合せの傾向が分散するようにサンプルレシピを選択した．

また，より正確なユーザ調整を行うためには各要因スコアの組合せがばらけたすべてのレシピを評価することが理想であるが，6 つの各要因のスコアを高/低に分けた組合せでさえ 64 通りあり，ユーザの調整作業にかかる労力が大きくなり過ぎるため，レシピ推薦満足度を回答してもらうレシピの数を 30 個前後に減らすことにした．

具体的には，以下の方法でサンプルレシピ集合を選定する．

(1) 食事履歴や現在の在庫食材などのスコアの算出に必要な情報をユーザに入力してもらい，レシピ DB に存在するすべてのレシピ各々の 6 つの要因スコアを（4 章で説明した方法で）算出する．
(2) 6 つの要因スコアの各平均値を使って相対的に高いスコアと低いスコアに分ける．
(3) 6 つのスコアの高/低の組合せ 64(= 2^6 [2:高 / 低の 2 択,6:要因の数]) 通りの傾向に合わせて，DB のレシピを分ける (その傾向を満たすレシピがない場合もある)．
(4) 2. のように分割した 64 個のレシピ群から，各々 1 つ代表レシピをランダムで選ぶ．
(5) 3. で選ばれた代表レシピの集合の中から 32 個ランダムにレシピを選択（代表レシピの集合が 32 個以内ならあるだけすべて選択）し，それらをサンプルレシピ集合とする．

その後，重み係数の調整の第 2 段階として，上記のユーザにつけてもらった 30 個前後のサンプルレシピの正解データ（推薦満足度）と，各レシピの要因スコアを使って重回帰分析を行う．

ここからは，重回帰分析を使った重み係数の調整の方法について簡単に説明する．

まず，3 章で表記した以下の式を用いて，重回帰分析に必要な入力を説明する．

$$S^R = C_1 * {S_F}^R + C_2 * {S_N}^R + C_3 * {S_C}^R + C_4 * {S_E}^R + C_5 * {S_S}^R + C_6 * {S_L}^R \quad (15)$$

重み係数の調整方法は，S^R に各（サンプル）レシピの正解データ，${S_F}^R$, ${S_N}^R$, ${S_C}^R$, ${S_E}^R$, ${S_S}^R$, ${S_L}^R$ に各（サンプル）レシピの要因スコアを代入して，$C_i(i = 1, 2, ..., 6)$ の値を求める 6 変数の重回帰分析である．

そのため，$C_i(i = 1, 2, ..., 6)$ の値を求めるには，正解データである S^R の値に加えて，${S_F}^R$, ${S_N}^R$, ${S_C}^R$, ${S_E}^R$, ${S_S}^R$, ${S_L}^R$ の値が求まっている必要があるため，S^R, ${S_F}^R$, ${S_N}^R$, ${S_C}^R$, ${S_E}^R$, ${S_S}^R$, ${S_L}^R$ が重回帰分析に必要な入力である．

これらの入力は，統合スコア S^R に関しては重回帰分析の正解データである各サンプルレシピの推薦満足度がここに入る．また，${S_F}^R$, ${S_N}^R$, ${S_C}^R$, ${S_E}^R$, ${S_S}^R$, ${S_L}^R$ は各（サンプル）レシピの要因スコアであり，食事履歴などの推薦システムの入力からすでに求まっているため，重回帰分析を行って $C_i(i = 1, 2, ..., 6)$ の値を求めることができる．上記で述べた重回帰分析の結果の計算に関しては，統計解析ソフト「R」を利用して算出を行っている．

6. レシピ推薦システムの評価実験

6.1 実験の目的

提案手法の特徴である「6 つの要因を用いて多角的な推薦を行う」ことによる有用性と「短い準備期間でユーザ調整を行える」ことを評価するため，本実験では，ユーザ調整にかかる操作時間の取得と，ユーザが一番重要視する一要因のみを使ってレシピ推薦する方法とランダムでレシピを推薦する方法の 2 つのベースラインと 6 つの要因を用いて多角的な推薦を行う提案手法との比較評価を行う．両手法の比較には，推薦結果の満足度（被験者にとって各手法の推薦結果として提示されたレシピは夕食に自炊して食べたいものだったか）の値を比べることで評価する．

6.2 実験方法

6.2.1 実験方法の概要

実験は，準備期間：1 週間，本実験期間:2 週間の計 3 週間行った．被験者は，20 代の大学院生 6 名である．

食事に関しては，レシピデータベースに存在する 141 レシピかそれに準ずるものしか食べてはいけないという制約を設けた．ただし，お菓子や飲み物などは制約せず，推薦の処理にも含めなかった．

以上の設定のもと，準備期間では毎日 3 食の食事記録を，本実験期間では，3 食の食事記録に加えて在庫食材の記録を毎日つけてもらい，その後，推薦システムの比較評価を行った．詳しい実験手順は 6.2.3 項以降で説明する．

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

Vol.2014-DPS-158 No.32
Vol.2014-CSEC-64 No.32
2014/3/7

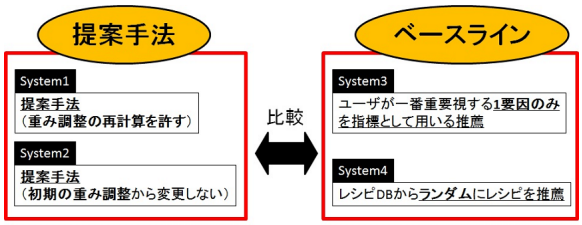


図 5　実験で使う各システムの関係図

6.2.2　実験で比較評価を行うシステム

実験では 4 つのシステムの比較評価を行う．4 つのシステムの関係は図 5 の通りである．

6.2.3　準備期間の実験内容

準備期間中は，被験者には，毎食の食事記録・在庫食材の記録をつけてもらった．

6.2.4　本実験期間の実験内容

本実験期間では，被験者には，毎食の食事記録・在庫食材の記録・ユーザ調整のためのアンケート・推薦結果の評価アンケートの 4 つに対して回答してもらった．

本実験期間の実験内容の流れは，図 6，7 の通りである．

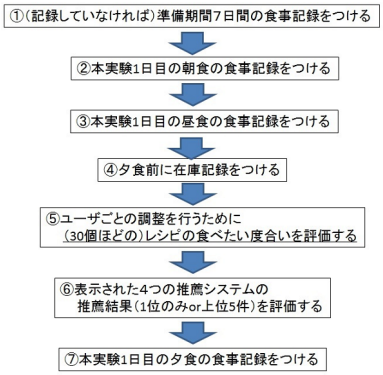


図 6　本実験期間の一日の実験の流れ（本実験 1 日目）

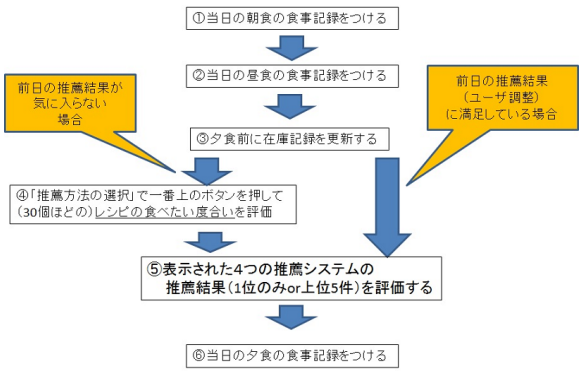


図 7　本実験期間の一日の実験の流れ（本実験 2 日目～）

6.3　結果

実験期間中，各被験者の都合により推薦できない期間があったためその評価は除外した．

まず，5 段階評価を〇・△・×に分けて，各被験者について提案手法とベースラインの推薦システムの評価値の平均を取った結果を表 1 に示す．表 1 のデータの算出において，〇・△・×の分類は，5 段階評価の 1（悪い推薦結果である）・2（どちらかというと悪い推薦結果である）を×，5 段階評価の 3（良くも悪くもない推薦結果である）を△，5 段階評価の 4（どちらかというと良い推薦結果である）・5（良い推薦結果である）を〇としたものである．また，評価値の平均の算出では，×は評価値を 0, △は評価値を 1，〇は評価値を 2 として計算を行った．

表 1 から，以下の 2 つの結果が得られた．

表 1　各被験者の提案手法とベースラインの推薦結果の満足度の平均
※推薦結果に満足 [評価値 >1.0] している部分を 太字下線 で強調

被験者	System1	System2	System3	System4
A さん (1 位のみ)	0.89	0.89	0.11	0.44
A さん (上位 5 件)	**1.11**	**1.11**	**1.56**	**1.56**
B さん (1 位のみ)	0.69	0.77	0.00	0.23
B さん (上位 5 件)	**1.46**	**1.92**	0.08	0.54
C さん (1 位のみ)	**1.38**	**1.38**	0.38	0.13
C さん (上位 5 件)	**1.63**	**1.63**	0.25	0.38
D さん (1 位のみ)	0.00	0.00	0.83	**1.33**
D さん (上位 5 件)	**1.33**	**1.33**	0.67	0.83
E さん (1 位のみ)	**1.36**	**1.36**	**1.73**	**1.63**
E さん (上位 5 件)	**1.91**	**2.00**	**1.91**	**1.91**
F さん (1 位のみ)	0.50	0.25	2.00	1.50
F さん (上位 5 件)	**1.25**	**1.25**	**1.75**	**1.88**

1 つ目は，「推薦結果（の 1 位のレシピ）を 1 つ提示するよりも，上位 5 件のレシピを提示する方が全般的に推薦満足度が高かった」という結果である．

2 つ目は，「提案手法の方がベースラインよりも良い推薦結果だと判断した被験者が多かった」という結果である．簡単の為，上記の図から各推薦システムの「上位 5 件のレシピを提示して評価してもらった結果」のみを抜き出したものを表 2 に記載する．

表 2 から，2 種類のベースラインの推薦結果（平均評価値）に関して 6 人中 3 人しか推薦結果に満足（評価値 >1.0）していなかったのに対して，提案手法の推薦結果（平均評

表 2　提案手法とベースラインの推薦結果の満足度の平均 (上位 5 件のみ)
※推薦結果に満足 [評価値 >1.0] している部分を 太字下線 で強調

被験者	System1	System2	System3	System4
A さん	**1.11**	**1.11**	**1.56**	**1.56**
B さん	**1.46**	**1.92**	0.08	0.54
C さん	**1.63**	**1.63**	0.25	0.38
D さん	**1.33**	**1.33**	0.67	0.83
E さん	**1.91**	**2.00**	**1.91**	**1.91**
F さん	**1.25**	**1.25**	**1.75**	**1.88**

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan

価値）に関しては 6 人すべての被験者が推薦結果に満足していたため，提案手法が有効であるという結果が得られた．

また，本実験期間 14 日の中で，各被験者がレシピ約 30 種に対して点数をつけることにかかった時間を表したのが表 3 である．

表 3 から，調整作業に 10 分かかっているデータが一例

表 3 重み調整の作業にかかった時間

被験者	調整日	重み調整にかかった時間	その日だけの適用か
B さん	2013-12-14	107.84 秒	初期設定
A さん	2013-12-14	127.94 秒	初期設定
C さん	2013-12-14	140.50 秒	初期設定
E さん	2013-12-14	133.52 秒	初期設定
F さん	2013-12-14	282.30 秒	初期設定
D さん	2013-12-14	303.31 秒	初期設定
B さん	2013-12-15	116.50 秒	×
F さん	2013-12-17	627.79 秒	○
B さん	2013-12-17	90.91. 秒	×
B さん	2013-12-25	92.32 秒	×
B さん	2013-12-26	129.45 秒	○

あるものの，概ね「重み調整にかかる時間は約 2〜5 分であった」という結果が得られた．

この重み調整にかかる時間の結果と前述の「提案手法の推薦結果（平均評価値）に関しては 6 人すべての被験者が推薦結果に満足していた」という結果から，5 分程度という短い時間の重み調整作業を 1 回することで各被験者が満足できるレシピが推薦できたため，提案手法が「準備期間の短いレシピ推薦システム」を達成したことを間接的に示すことができた．

7. まとめ

本稿では，短い準備期間で多角的な尺度から食事メニューの決定を行うレシピ推薦システムを提案し，各要因のスコアの具体的な算出方法とそれらのスコアの統合方法，そして，推薦システムを各ユーザに合わせて調整するために必要なユーザ情報を効率良く収集して重み調整を行う方法について述べた．

提案手法に基づいたレシピ推薦システムの評価実験では，提案システムを実装し，ユーザが一番重要視する要因一つのみを用いた推薦手法とランダムにレシピを推薦する手法の 2 つのベースラインと比較することで有効性評価を行った．その結果，被験者全 6 人のうち，2 種類のベースラインの推薦結果を良いと評価した人が共に 3 人であったのに対し，提案手法による推薦結果が良いと評価した人が 6 人であったという結果から，提案手法の有効性を確認することができた．

今後の課題としては，より実践的に使えるようにするため，「ご飯・味噌汁・塩鮭」のように献立の組合せで推薦する複数品推薦をできるように組合せ問題への拡張を行ったり，夕食以外にも朝食・昼食に対しても推薦ができるようにシステムを拡張したりすることが考えられる．また，本研究の重み調整の方法は過去の重み調整の結果と独立に行ってしまっているため，調整の試行回数を重ねるごとに推薦精度が向上するような仕組みになっていない．よって，過去の重み調整データを利用して推薦精度を向上させる推薦方法を構築することも今後の課題である．

参考文献

[1] : みんプロアンケート vol.4 悩める献立事情 ，http://minproject.jp/index.php?r=site/page&view=henshubu.question_vol_4.
[2] : キッコーマン レシピサイトホームクッキング，http://www.kikkoman.co.jp/homecook.
[3] : みんなの今日の料理 公式サイト，http://www.kyounoryouri.jp/.
[4] : クックパッド，http://cookpad.com/.
[5] 石原和幸，上田真由美，平野 靖，梶田将司，間瀬健二：FF-IRF を用いた個人嗜好レシピ推薦手法の有効性検証 (料理メディア研究会特別セッション)，電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎”， Vol. 107, No. 454, pp. 51–56 (2008).
[6] Ueda, M., Takahata, M. and Nakajima, S.: User’s food preference extraction for personalized cooking recipe recommendation (2011).
[7] 岩上将史，伊藤孝行：ユーザーの嗜好順序を利用した料理推薦システムの試作 (2010).
[8] 望月美里，高橋裕樹：余剰食材の有効活用と嗜好に基づく多彩なレシピ推薦 (学生研究発表会)，映像情報メディア学会技術報告， Vol. 36, No. 8, pp. 127–130 (2012).
[9] 木原ひかり，上田真由美，中島伸介：余剰食材の使い切りを考慮したレシピ推薦手法の提案，第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM) (2011).
[10] Tomoda, I., Goto, F., Masui, H., Masui, F., Suzuki, M. and Maeda, Y.: A Note on Supporting Method for Making Recipe Using Local Foods with Constraints, *IJCSNS*, Vol. 11, No. 11, p. 49 (2011).
[11] 苅米志帆乃， 藤井敦，今木常之，樫山俊彦， 西澤格，義久智樹，西尾章治郎：栄養素等摂取バランスの分析に基づく食生活支援システム，日本データベース学会論文誌，Vol. 8, No. 4, pp. 1–6 (2010).
[12] 匠 笹谷，政宏澤井，洋 久保：四群点数法を用いた料理推薦システムによる健康支援に関する基礎研究，SVBL 年報，Vol. 8, pp. 89–90 (2009).
[13] : 4 群点数法とは・女子栄養大学, http://co-4gun.eiyo.ac.jp/KNUmethod/4gun-TOP.html.
[14] : 三食食品群と 6 つの基礎食品について，http://shoku-iku.jpn.org/info02d.html.
[15] 三野陽子，小林一郎：ダイエットのための柔軟なレシピ推薦，*Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics*, Vol. 24, No. 1, pp. 616–626 (2012).
[16] : Panasonic 主婦のキッチンや料理に関する意識・実態調査 ，http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/2013/04/jn130405-3/jn130405-3.html.
[17] : 味の素 レシピ，http://park.ajinomoto.co.jp/.
[18] : ママー 小麦粉 & パスタレシピ, http://www.nisshin.com/entertainment/recipe/.
[19] : 簡単!栄養 and カロリー計算グラムの分かる写真館，http://www.eiyoukeisan.com/calorie/gramphoto/index_gram.html.
[20] : カロリー Slism，http://slism.jp/calorie/.

ⓒ 2014 Information Processing Society of Japan