

# 複数要因に基づいた 3 食献立推薦システム A Daily Menu Recommendation System Based on Multiple Factors

青野 春佳

Haruka Aono

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

E-mail: haruka.aono.3i@stu.hosei.ac.jp

## Abstract

*When people eat, they have several dishes. Such a set of dishes for a meal is called a menu. Planning a menu with several dishes makes it easier for people to have a balanced meal. However, people who cook often have difficulty in planning menus because they need to consider multiple factors and do it three times a day. Therefore, there has been research on menu recommendation systems for automatically generating menus by considering multiple factors as well as the development of actual applications such as “me:new” and “ohganic.” However, planning with multiple factors requires multi-objective optimization that is often difficult to treat. In fact, there has been no system that considers the combination of nutrition balance, dietary preferences, and meal histories. This paper presents a daily menu recommendation system that considers the combination of these 3 factors. The system recommends 5 candidates as a daily menu. Nutrition balance is based on Japanese Food Guide Spinning Top presented by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. Dietary preferences are estimated by using TF-IDF measures. Meal histories lessen the repetition of recent dishes during the past 2 weeks. This paper presents the results of experiments using 2 persons' monthly meal histories. The results show that the system was able to recommend appropriate menus that matched with 3 factors. However, it turned out that meal histories were too strong to exclude recent dishes during the past few days and also that overlaps among menus often occurred, which is considered to be due to the inappropriate influences of the 3 factors. For the future it is necessary to reconsider the calculation method and the weights of these factors.*

## 1. はじめに

人が食事をする際、1 食分として食べる料理は 1 品でなく、複数であることが多い。このような複数の料理の組み合わせを献立という。献立づくりは、料理に関する作業工程の中で最も面倒な作業としてよくあげられる [1]。そのため、現在では、献立づくりの際に複数の要因を考慮して献立を自動生成し、推薦するシステムの研究が行われている。しかし、複数要因を考慮する多目的最適化問題は解決することが難しい。現に、従来システムには、

栄養バランス、個人的嗜好、食事履歴の 3 つの要因を考慮した 3 食献立推薦システムは、著者の知る限り存在しない。

本研究では、栄養バランス、個人的嗜好、食事履歴が反映された 1 日分の献立推薦システムを開発した。栄養バランスは、農林水産省の食事バランスガイド [2] に基づき、個人的嗜好は、食事履歴から TF-IDF の概念を応用して推測する。食事履歴は、最近 2 週間に食べた料理を推薦献立に出にくくする。このシステムを実行すると、ユーザには、朝昼晩の 3 食献立例が 5 種類推薦される。提案手法を評価するために、1 か月分の食事履歴を 2 人分用意して、それぞれに推薦される献立が個人に合っているのかの実験を行った。結果、3 要因すべてを考慮した推薦献立を提案することができた。しかし、3 要因が推薦献立に均等な影響を及ぼしているとは言えなかった。それを解決する方法として、各要因の評価方法の厳しさに差があることと考へ、重み係数の再検討を行うことを今後の課題とした。

## 2. 関連研究

献立を考える際に考慮する要因は多岐にわたるが、個人の考えや抱える事情によって考慮すべき要因の中身や個数は異なる。そこで本研究ではその中でも、万人に共通する最低限の条件として、栄養バランス、食事履歴、個人的嗜好を扱う。この 3 要因それぞれについて、献立推薦の先行研究を述べる。

栄養バランスについては、食品群別摂取量を用いた研究がある [3]。食品群別摂取量とは、食品を栄養素の特徴で 6 群に区分し、群ごとに 1 日に摂取すべき量を示した目安表である。[3]の研究では、食品群別摂取量の 3 分の 1 を 1 食分で食べる量とし、それを満たす献立を推薦する。

食事履歴では、最近食べた食事の履歴を反映する研究がある [4]。過去に何を食べたかを忘れ、結果マンネリを引き起こすという問題を解決するために、食事を記録し、最近食べた料理が出てこない献立を提案する。

個人的嗜好では、情報検索の分野でよく使われる TF-IDF の概念を料理に応用し、ユーザの好きな食材と嫌いな食材を推測する研究がある [5] [6]。

## 3. 準備

本研究の献立推薦システムで用いる食事バランスガイドと個人的嗜好の算出方法について述べる。

### 3.1. 食事バランスガイド

食事バランスガイド [2]とは、1日に摂取すべき食物の量を図で表現した資料である。食事バランスガイドでは食物を主食、副菜、主菜、牛乳・乳製品、果物の5つの要素に分類する。

各要素の1日の摂取目安量は、SVという単位をつかって説明される。例えば、主食の場合は、1日5~7SV摂取することが推奨されている。1SVの計算方法を以下に示す。

- 主食：約40gの穀類に由来する炭水化物
- 主菜：約6gの主材料の魚・肉・卵・大豆・大豆製品に由来するたんぱく質
- 副菜：約70gの主材料の野菜・きのこ・いも・豆類(大豆除く)・海藻類
- 牛乳・乳製品：約100mgの牛乳・乳製品に由来するカルシウム
- 果物：約100gの果物

### 3.2. 関連研究の個人的嗜好の評価値算出

TF-IDF (Term Frequency-Inverted Document Frequency)の考えを基に、個人が好んで食べている食材を特定する研究がある [5] [6]。[5]は一定期間中にある食材が何回食べられたかでTFを計算し、[6]はある食材が今日から何日前に食べられたかでTFを計算している。IDFは2つの論文とも共通した計算式で計算されている。このIDFの式は本研究でも使用しており、詳細は4.2節で述べる。

## 4. 提案手法

本研究の献立推薦手法は以下の手順からなる。

1. 料理名やその料理で使用した食材などの料理に関するデータと、ユーザが過去に食べた料理の食事履歴が登録する。
2. 事前にデータ登録されている料理を掛け合わせて、3食献立の候補をつくる。
3. 3食献立の候補に対して個人的嗜好、食事履歴の評価値を算出し、さらに、その合計が閾値を越えた候補に対して、栄養バランスを評価する。
4. 3要因の合計点で降順に並べ、あまり類似していない5つを推薦献立とする。

#### 4.1. 献立の候補の作成

3食献立の構成は以下である。

朝：主食、主菜、副菜、牛乳・乳製品、果物

昼：主食、主菜、副菜

夕：主食、主菜、副菜、牛乳・乳製品、果物

3食献立の候補の作成では、はじめに主菜、副菜のペアを総当りでつくり、その中から3つのペアを選ぶ。これが3食献立の土台となる。ただし、料理を掛け合わせるときは、1食分の献立の料理が同じジャンルであることと、朝昼夕それぞれの時間帯にあった料理が推薦されるように条件付けする。

主食、牛乳・乳製品・果物は、後から献立に付け加える。主食は、各主菜のデータに「パン1個」と「ご飯1杯」のどちらか合う方が登録されており、1食ごとにどちらかを食べればSVが1日の目安量を満たす。牛乳・

乳製品、果物も、データ登録されている食品がすべて1SVであるため、1日2回摂取すれば、1日の目安量を満たす。そのため、牛乳・乳製品、果物によって栄養バランス評価値に差がでることはない。

#### 4.2. 献立の順位付け

献立推薦は、栄養バランス、食事履歴、個人的嗜好の3要因を考慮した上で最適な献立を導き出すことから、多目的最適化問題とみなすことができる。多目的最適化ではパレート効率な最適解を求める必要があり、一般に1つの問題に対して解が複数存在することがある。

本研究では線形結合を用いることで、パレート効率な最適解の中から推薦する献立を5つに絞る。献立 $m$ に対して、その評価値 $f_m$ を以下の通り算出する。

$$f_m = ax_m + by_m + cz_m$$

線形結合する変数 $x_m, y_m, z_m$ は、順に、栄養バランス、個人的嗜好、食事履歴の評価値である。 $a, b, c$ は、3要因に等しい影響力をもたせるための係数で、 $a = \frac{1}{2}, b = 1, c = \frac{14}{13}$ である。この計算によって、献立を順位付けすることができるようになる。

#### 4.2.1. 栄養バランスの評価値算出

3.1節の方法にしたがってSVを計算する。ただし、SV計算は、1日分の献立ごとに、すべての料理の炭水化物量、主材料の重量、たんぱく質量を合算してから計算する。

その後、主食、主菜、副菜が食事バランスガイドの目安摂取量の範囲内かを調べ、範囲内であれば3、1SV多ければ2、1SV少なければ1を項目ごとの評価値として与える。どれかの項目で、1SVより大きい過不足があった場合は、3食献立の候補から除外する。3項目とも1SV以内の過不足であった場合、3食献立候補 $m$ 内の主食、主菜、副菜の3項目の平均を栄養バランスの評価値 $x_m$ とする。

#### 4.2.2. 個人的嗜好の評価値算出

個人的嗜好の観点で献立を評価し、値を算出する。はじめに料理に使われる材料がどれだけユーザに好まれているのかをTF-IDFによって調べる。TFIDF $f,t$ の定義は、以下の通りである。ただし、食事履歴 $f$ の中の料理に使われている材料を $t$ とする。

$$TFIDF_{f,t} = TF_{f,t} \cdot IDF_t$$

$$TF_{f,t} = \frac{FREQ_{f,t}}{N_f}$$

$$IDF_t = 1 + \log \frac{N}{DFREQ_t}$$

$N$ : 全レシピの数

$N_f$ : 食事履歴 $f$ 内のすべての材料の出現回数の和

$FREQ_{f,t}$ : 食事履歴 $f$ 内の材料 $t$ の出現回数

$DFREQ_t$ : 材料 $t$ を含むレシピの数

各材料のTF-IDFを求めた後、料理データにある料理と食事履歴とのコサイン関連度を算出する。コサイン関連度が1に近ければ、ユーザ好みの料理だと解釈する。3食献立候補 $m$ の個人的嗜好評価値 $y_m$ は、 $m$ に含まれる料理のコサイン関連度を平均することで求める。

### 4.2.3. 食事履歴の評価値算出

[4]では、1週間前までに出た料理を推薦献立に出にくくしていたが、それでは1週間ごとに同じ料理が推薦される可能性がある。本研究では、1週間ごとに同じ食事を摂ることはマナーであるとし、最近食べた料理を出現しにくくする期間を2週間に延ばした。よって、 $j$ 日前に食べた料理の食事履歴評価値 $d$ を以下の式で求める。

$$d = \begin{cases} 1 & (j \geq 14) \\ j/14 & (j < 14) \end{cases}$$

献立 $m$ に含まれる料理数は牛乳・乳製品、果物を除くと6個で、それぞれの食事履歴評価値を $d_1, d_2, \dots, d_6$ と表す。このとき、 $m$ の食事履歴評価値 $z_m$ を、 $m$ に含まれる料理の平均で求める。

### 4.2.4. 合計評価値の算出

栄養バランス、個人的嗜好、食事履歴の評価値の範囲は、それぞれ $1 \leq x_m \leq 3, 0 \leq y_m \leq 1, \frac{1}{14} \leq z_m \leq 1$ で、項目によって値の振れ幅が異なっている。この振れ幅を同じにするために係数を本節冒頭で定義した。例えば、栄養バランスが3、個人的嗜好が0.5、食事履歴が0.7の献立の合計評価値は約2.75となる。

## 5. 実装

献立推薦システムの実装にはPythonを用いた。システムにはあらかじめ料理データがあり、各料理に使われている食材、ジャンル、朝昼夕の向き不向き、炭水化物量、主材料の重量、たんぱく質量、カルシウム量、果物の重量が記録されている。ボブとアンジー [7]を基にした。

前節に述べた提案手法で献立を求めた後、献立を合計点順に並べる。実装では、推薦献立同士が類似しないようにするため、1番最近採った推薦献立と朝食の主菜が同じものは推薦献立に入れていない。順位が隣り合った献立は、朝食の主菜が同じ場合、それ以外の料理も重複する傾向にあるためである。最後に、朝と夕の食事に、果物、牛乳・乳製品を加え、選ばれた5つの推薦献立をユーザに提示する。

## 6. 実験

提案手法を評価するために、2人のデータを用いて実験を行った。一方のデータは、本研究のために実際の食生活を1ヶ月間記録したデータで、68種類の料理がのべ206個登録してある。以降この食事履歴をAと呼ぶ。もう一方のデータは、インターネット上に掲載されていた1週間の食事記録で、55種類の料理がのべ193個登録してある。以降この食事履歴をBと呼ぶ。図1にAの実験結果を、図2にBの実験結果を示す。

推薦献立を比較すると、「ミックスサンドイッチ」など、Aの献立にあってBの献立にない料理が確認できた。逆に、「目玉焼き」など、Bの献立にあってAの献立にない料理も確認できた。ユーザごとに結果の違う献立を提供できることがわかった。栄養バランス値は、両方の推薦献立のすべての献立で3.0だった。栄養バランスの評価値の範囲は、 $1 \leq x_m \leq 3$ であるため、3.0は最大値である。つまり、主食をはじめとする全項目で目安SV

範囲内の献立を提供することができた。無論、推薦献立の候補には、栄養バランス評価値が2.67や2.3の候補もあったが、候補を絞る際に候補からはずれていた。

図1 Aの推薦献立

図2 Bの推薦献立

次に、いくつかの料理を例にとって比較する。Aとその推薦献立の関係を表1に、Bとその推薦献立の関係を表2に示す。ただし、出現回数とは、A(あるいはB)内で料理が出現した回数で、推薦回数とは、推薦献立で料理が出現した回数である。コサイン関連度は、A(あるいはB)と各料理との関連度である。

表1 Aとその推薦結果の関係性

料理名	出現回数	推薦回数	コサイン関連度
野菜炒め	13	2	0.43
納豆	8	0	0.12
目玉焼き	7	0	0.17
生野菜のサラダ	15	5	0.35
卵の花炒り	2	0	0.23
卵焼き	2	0	0.17
カレー	2	1	0.40

表2 Bとその推薦献立の関係性

料理名	出現回数	推薦回数	コサイン関連度
野菜炒め	8	5	0.32
納豆	8	0	0.11
目玉焼き	1	1	0.10
生野菜のサラダ	33	5	0.60
卵の花炒り	8	5	0.32
卵焼き	7	0	0.10
カレー	6	1	0.34

表 1, 表 2 とともに, 出現回数, 推薦回数, コサイン関連度の関係性に完全な規則性を見つけることができなかった. 例えば表 2 では, コサイン関連度が 0.32 以上だと推薦回数が 5 回になるように見えるが, 「カレー」だけはコサイン関連度が 0.34 でも推薦回数が 1 回だけである.

次に, 表 1, 表 2 から, A と B の各料理のコサイン関連度が似ていることがわかった. つまり, A と B で 1 ヶ月間に食べた料理やその回数は異なるが, 食べる料理の傾向は似ている. そのため, 両者の料理の出現回数に差があっても, 推薦回数にはあまり差をみることができなかった. ただし, 食事バランスガイドは, 主菜や副菜までは意識しても, 何の材料を食べたかについては無頓着であるために, 好みの細分化ができず, 大きなくくりで好みが似ているようにみなされた可能性を指摘できる.

また, A のデータに「生野菜のサラダ」を新しく 2 日前に食べたという設定で挿入すると, 推薦献立から「生野菜のサラダ」が完全になくなった. これは, 2 週間以内に食べた料理の推薦値が著しくさがったことによるものと考えることができる.

最後に, どれか 1 つの要因のみ値を通常値の 3 倍にし, A のデータで実行する実験を行った. すると, 栄養バランスの比重を大きくしたときだけ, 料理の種類が増加した. その結果を図 3 に示す.

ミックスサンドイッチ	肉野菜炒め	ミックスサンドイッチ	野菜炒め	野菜肉巻き
卵いため	にんじんしりしり	スクランブルエッグ	卵焼き	卵焼き
冷奴	ごはん1杯	牛乳	ごはん1杯	ごはん1杯
柿一個	チーズ1かけ	いちご7個	ヨーグルト1パック	スライスチーズ1枚
-----	ミカン1個	-----	パイナップル1/4	グレープフルーツ1/2
鶏の唐揚げ	-----	カレー	-----	-----
野菜炒め	カレー	卵いため	カレー	カレー
ごはん1杯	卵いため	-----	卵いため	生野菜のサラダ
-----	-----	肉じゃが	-----	-----
カレー	鍋	筑前煮	チーズフォンデュ	鍋
コブサラダ	ひじき煮	ごはん1杯	コブサラダ	卵いため
スライスチーズ1枚	ヨーグルト1パック	牛乳	チーズ1かけ	冷奴
グレープフルーツ1/2	パイナップル1/4	いちご7個	ミカン1個	柿一個

図 3 栄養バランスの比重を大きくした A の推薦献立

## 7. 議論

推薦献立の栄養バランス評価値が, すべて 3.0 であるということは, すべての推薦献立が, 栄養バランスの摂れた献立だったということである. 栄養バランスの摂れた献立を生成できたのは, 事前登録した料理に, SV をまんべんなく満たす料理や, 1 つの項目の SV だけ突出して高い料理など, さまざまな特徴をもった料理が存在していたからだと考えた. 料理に多様性があることによって, 不足した部分を料理同士が補い合い, 理想的な献立をつくることができたのだと考えた.

次に, 食事履歴 A で「生野菜のサラダ」を好んで食べたことから, 推薦献立にはよく野菜が使われる料理が登場した. ただ, 「生野菜のサラダ」は, 料理名から具体的に何の食材を想像しにくいいため, 今後料理を細分化する必要がある.

また, コサイン関連度が高いと推薦回数も多いという規則が成り立たないのは, 栄養バランスという食事履歴とは関係性のない要因が, 考慮する要因の 1 つとして入っているからだと考えた.

「生野菜のサラダ」を食事履歴に追加する実験から, 個人的嗜好が推薦献立に強く反映されていることがわかった. また, 栄養バランスの比重を大きくした実験から, 栄養バランス値を従来の値より大きくすると, 料理の幅が広がることがわかった. この 2 点から, 各要因で評価値を算出する際, 評価の厳しさに差があるのではないかと考えた. 今後は, 3 要因の評価方法を再検討する必要がある.

## 8. おわりに

献立づくりは, 料理に関する作業工程の中で最も面倒な作業としてよくあげられる. そのため, 現在では, 献立の自動推薦手法の研究が行われている. 本研究では, 栄養バランス, 食事履歴, 個人嗜好の 3 要因を考慮した 1 日分の献立推薦手法を提案した. 栄養バランスは食事バランスガイドに, 個人的嗜好は TF-IDF に, 食事履歴は, ユーザの過去の食事に基づいて, ユーザに提示する推薦献立を決める. 3 要因を満たす朝昼晩の 3 食分の献立は 5 候補推薦する. 提案手法を評価するため, 被験者 2 人の 1 か月分の食事履歴を登録してシステムを実行し, 推薦結果を比較した. 結果, 栄養バランスのとれた推薦結果を出すことができた. しかし, 献立には 3 要因の影響力の強さに差がみられたため, 各要因の評価方法の再検討を行う必要がある.

## 文献

- [1] ソーシャルワイヤー株式会社, "全国の主婦 4,176 名を対象に「料理に関するアンケート調査」を実施," 2014. [Online]. Available: <https://www.atpress.ne.jp/news/43668>.
- [2] 農林水産省, "「食事バランスガイド」について," 2005. [Online]. Available: [http://www.maff.go.jp/j/balance\\_guide/](http://www.maff.go.jp/j/balance_guide/).
- [3] 菊米志帆, 藤井敦, "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.
- [4] 野間裕子, 庄司裕子, "毎日の献立作成における物語性と感性価値," 第 51 回自動制御連合講演会, pp. 1053-1054, 2008.
- [5] 高畑麻理, 上田真由美, 中島伸介, "食材に対する好き嫌いを考慮した料理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, 2011.
- [6] 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," 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 107, no. 454, pp. 51-56, 2008.
- [7] オージス総研, "ボブとアンジー," [Online]. Available: <http://www.bob-an.com/>.