

旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する献立提案方式

藤森 恭兵[†] 岡田 龍太郎[†] 峰松 彩子[†] 中西 崇文[†]

[†]武蔵野大学データサイエンス学部データサイエンス学科 〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

E-mail: [†]s2022029@stu.musashino-u.ac.jp, {ryotaro.okada, takafumi.nakanishi}@ds.musahino-u.ac.jp

あらまし 本稿では、旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する献立提案方式を提案する。本方式は、季節と使用したい食材をそれぞれ一つ選択することで、季節に合わせた必要な栄養素を摂取できる献立を提案する。本方式は、入力から食材群を選定する過程と、食材群からレシピを選定する過程の2段階で構成されており、食材群を選出する課題をナップサック問題と捉え、食材群からレシピを選出する課題を集合被覆問題と捉え、それぞれに線形計画法を用いて摂取栄養素を最適化する献立の選出を行う。ナップサック問題では目的関数として栄養素・満足度・四季の3つの観点から総合的な指標を定義する。集合被覆問題では目的関数として料理の調理時間と食材数の2つの観点から総合コストを定義する。本方式を実現することにより、季節の移ろいを反映しつつ栄養面に配慮した献立作成の手助けとなる。

キーワード 線形計画問題、レシピ、料理

1. はじめに

2013年12月に和食がユネスコの無形文化遺産に登録された[1]。無形文化遺産に登録されたことにより、世界中から和食文化が注目されるようになった。和食には大きく4つの優れた特徴がある[2]。1つ目は多様な食材の利用をしている点である。和食は四季のある日本の自然がもたらす作物、海の恵み、豊富で良質な水の恵みの中で、時代ごとに海外の文化を取り入れ、融合させながら独自の文化を築いてきた。2つ目は健康的な食生活への貢献が成されている点である。和食は一汁一菜から二菜が多い。単純な組み合わせの献立でも、菜に多種類の食材を組み合わせ、調理法を工夫することでバランスを取ることが可能となる。3つ目は料理や器に自然の美しさを表現している点である。各季節に得られる食材を用いて食事を用意することや料理にふさわしいいろいろな形、素材、柄などの器を選択して盛り付けをするなど、自然を盛り込んだ料理が工夫されてきた。4つ目は自然への感謝と祈りを込めた行事・行事食がある点である。自然に神を感じて畏敬の念をもち、豊作、健康、子孫繁栄などを願い、災害を避けるなど、謙虚に暮らしてきた行事への思いを感じることができる。行事食が特別なハレ食であるのは、神に捧げる神饌としての食べ物で、神とともに食べる神人共食の考え方が存在している。各地域には、行事・行事食を通し、また日々の食生活を通し、それぞれ特有の食が存在する。しかしながら、和食には形式に則った献立の決定や季節の食材の魅力を引き出すような献立策定が難しい点がしばしば見受けられる。和食の献立を作成する際に、献立形式の差異や献立形式の種類を覚えるのは大変である。精進料理や懐石・会席料理など和食の中でも異なる形態に分かれており、それぞれの形態にて献立形式や作法・礼法が異なる。

形態ごとに献立形式の差異や種類を覚えることは困難である。また和食において、摂取栄養素が最適な組み合わせの献立を作成することは困難である。

本稿では、和食の食材における旬の概念、摂取栄養素、満腹度[3]とレシピにおける調理時間、食材数に着目し、旬と摂取栄養素に適した献立提案方式を示す。

本稿は次の通り構成される。2章では、関連研究について紹介する。3章では、本方式である旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する献立提案方式について述べる。4章では、本方式を実現する実験システムを構築し、5章で本稿をまとめる。

2. 関連研究

本章では、本方式に関連する研究について挙げる。これまで、レシピサイトや栄養素に焦点を当てた献立推薦研究や、献立間の関連度に着目した研究がされてきた。ここでは、特に栄養素や関連度・アルゴリズムに着目した関連研究について挙げる。

2.1. ダイエットのための柔軟なレシピ推薦

三野ら[4]は「ダイエット」という観点に着目し、スケジュールと食材の栄養素、カロリーから線形計画法の最適化問題に当てはめ、ユーザに最適なレシピの推薦を行った。特筆すべき点は、レシピ抽出の際の柔軟性の高さである。スケジュールと目標体重・期間、夜ご飯の履歴、嫌いな食材又は使いたい食材をユーザの入力事項としたことで、より具体性のあるレシピの抽出を可能としている。また、状況等が変動した場合に再計算を行い、初期検索時との類似度を計算することでレシピごとの精度向上が可能となっている。

2.2. 栄養バランスを考慮した料理レシピ検索

苅米ら[5]はweb上の献立検索に着目し、栄養バラン

スを考慮した料理レシピ検索システムの研究を行った。従来の web 上での料理検索はレシピ単体の抽出である。単品レシピから栄養バランスを考慮した献立を作成することはユーザ自身で行わなければならない、負担が大きい。苅米らは検索システムを二段階構成にすることで単体レシピからさらに栄養バランスに考慮した料理レシピを抽出することを可能にした。栄養バランスに考慮する点では、食品群別摂取量を用い、食品群ごとの充足率によって関連度の計算を行う。

2.3. 苦手な食材に着目したレシピ推薦手法の提案

右田ら[6]はレシピに含まれる利用者の苦手な食材や食材ごとの栄養素に着目し、食材の嗜好と栄養バランスの両方を重視したレシピ推薦手法の研究を行った。食材の嗜好に関しては、TF-IDF の考えを応用し食材利用頻度と食材の特異度を元にスコアの算出を行う。栄養バランスに関しては、文部科学省が発表している日本食品標準成分表と厚生労働省が発表している食事摂取基準を用い、それぞれ特徴ベクトル A, B を算出し正規化を行い、コサイン類似度の計算を行う。食材の嗜好スコアと栄養バランスのスコアをかけ合わせ、料理レシピ自体のスコアを導出することでユーザの条件に合致した適切なレシピ推薦を可能としている。

2.4. 本研究の位置づけ

本研究は和食における「旬」の概念を取り入れることで食材本来の価値を十二分に反映することが可能である。そのため、和食ならではの、季節の移ろいの表現や栄養バランス・満腹度[1]に考慮したレシピの組み合わせの提案が可能である。また、旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する食材抽出問題を、線形計画法におけるナップサック問題、最適化された食材リストから全ての食材を使用するレシピ抽出問題を、線形計画法における集合被覆問題として捉えることで、摂取栄養素が最適な献立を高い精度で導出することが可能である。

3. 提案方式

本章では提案方式である旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する献立提案方式について提示する。

3.1. 全体像

本節では、本研究における提案手法の概要を述べる。提案システムの全体像を図 1 に示す。本システムは、食材成分データ更新機能、総合価値算出機能、最適食材抽出機能、総合コスト算出機能、食材被覆抽出機能、最適献立抽出機能及び、食材成分データセット、レシピデータセットで構成される。食材成分データ更新機能はユーザが選択した季節・食材名を食材成分データセットへ反映を行う機能である。総合価値算出機能は食材成分データセット内の食材を栄養素・満腹度[3]・季節の 3 つの観点からそれぞれしきい値を元に評価を

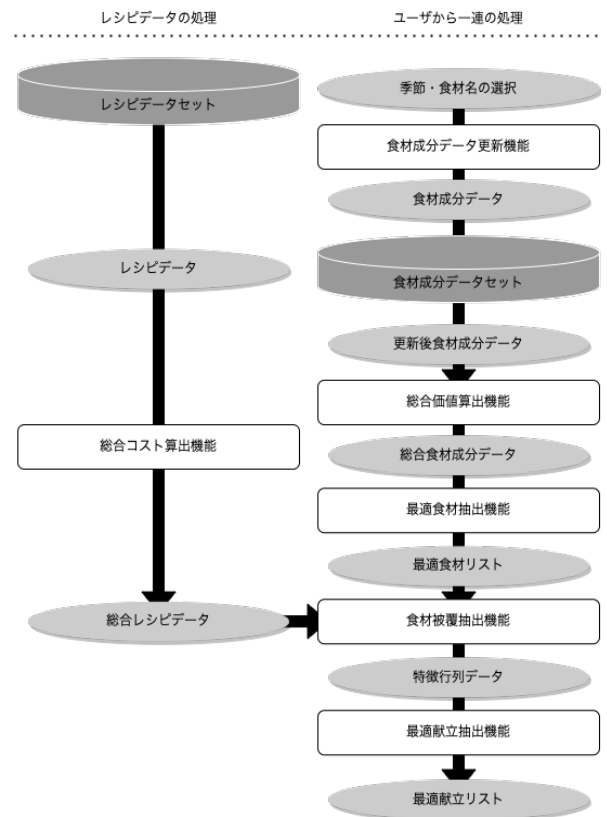


図 1 提案方式の全体図

行い、最終的な総合価値を算出する機能である。最適食材抽出機能は総合価値算出機能で算出された総合価値とカロリーの 2 つを条件として線形計画問題に落とし込み、ナップサック問題と捉えることで、摂取栄養素が最適になるような食材群の抽出を行う機能である。総合コスト算出機能はレシピデータセットのレシピ 1 つを作成する際の使用食材数・調理時間をコストとして定義し総合コストを算出する機能である。食材被覆抽出機能は最適食材抽出機能から抽出された栄養素が最適な食材群と総合コスト算出機能から抽出した総合レシピデータの 2 つから特徴行列データを抽出する機能である。最適献立抽出機能は食材被覆抽出機能で抽出された特徴行列データを条件として線形計画問題に落とし込み、集合被覆問題と捉え摂取栄養素が最適になるようなレシピの組み合わせを抽出する機能である。食材成分データセットはカロリー Slism[7] のデータベースから食材における五大栄養素とカロリー、食材名、食物繊維量を抽出したものである。レシピデータセットは macaroni[8] というグルメメディアからレシピ名と使用食材、調理時間、使用食材数を抽出したものである。これらの機能により、旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する献立を抽出することが可能となる。

本研究の目的は、毎日の献立における栄養素に配慮した理想的な献立を抽出することである。

表 1 栄養度評価方式

栄養度評価方式	しきい値	得点	しきい値	得点	しきい値	得点
タンパク質 (g)	0~10	+0	11~30	+1	30~	+0
脂質 (g)	0~5	+1	5~	+0		
ビタミン (mg)	0~20	+0	20~30	+1	30~	+0
炭水化物 (g)	0~10.8	+0	10.8~30	+1	30~	+0
ミネラル (mg)	0~2300	+0	2300~3000	+1	3000~	+0

表 2 満腹度評価方式

満腹度評価方式	しきい値	得点	しきい値	得点	しきい値	得点	しきい値	得点
タンパク質 (g)	0~10	+0	11~30	+1	31~50	+2	50~	+3
水分量 (%)	0~40	+0	40~80	+1	80~100	+2		
食物繊維 (g)	0~5	+0	5~10	+1	10~	+2		

表 3 食材名・旬の評価方式

旬の評価方式, ユーザ選択	得点
季節	+5
食材名	+10

3.2. 食材成分データセット

本研究では、カロリーSlism という食品ごとのカロリー・栄養情報が掲載されているオンライン食品辞書を用いる。カロリーSlism は食品の登録数が 3500 種類以上あり栄養成分 61 項目が全てグラフにて表示されるのが特徴である。中でも特筆すべき所は食材 1 つのデータでも複数のデータが抽出できる点である。カロリーSlism から食材名、カロリー、タンパク質、脂質、炭水化物、ビタミン、ミネラル、食物繊維量を抽出し食材成分データセットを作成した。

3.3. レシピデータセット

本研究では、macaroni というグルメメディアの掲載レシピを用いる。macaroni では 10,000 種近いレシピが掲載されているのが特徴である。macaroni からレシピ名、使用食材名、調理時間、使用食材数を抽出しレシピデータセットを作成した。

3.4. 食材成分データ更新機能

本研究では、使用したい食材と任意の季節の選択を提案方式に反映するために食材成分データ更新機能を作成した。具体的には食材成分データセットからデータを抽出した際に、ユーザが選択した食材名と旬の季節がそれぞれ合致する食材に対して価値の付与を行う。価値の付与を行うことによりユーザが選択した食材と季節に合致している食材群は選択される優先度が高くなり、ユーザの満足度の高い食材群の抽出を実現できる。価値の具体的な反映方式については 3.5.3 節で詳細を述べる。

3.5. 総合価値算出機能

本研究では、摂取栄養素を最適化した食材の抽出を行うために、食材を 3 つの観点から評価を行い、総合価値として算出する機能を作成した。3 つの観点はそ

れぞれ栄養度評価方式、満腹度評価方式、旬の評価方式である。評価するにあたり、設定したしきい値はそれぞれ以下の表 1,2,3 の通りである。栄養度評価方式・満腹度評価方式・旬の評価方式の 3 つの評価方式で算出された数値を全て足し合わせたものを総合価値として算出する。

3.5.1. 栄養度評価方式

栄養度評価方式は食材ごとに含まれる 5 大栄養素に対して理想的な一食分の栄養素のしきい値を設定し食材を栄養の観点から見たとき、どの程度優れているかを評価し数値として算出したものである。これらの栄養素ごとの得点を全て足し合わせたものが栄養度評価方式である。

3.5.2. 満腹度評価方式

満腹度評価方式は食材ごとに含まれるタンパク質・水分量・食物繊維に対して適切なしきい値を設定し食材が満腹度[3]の観点から見たときの優良度を評価し数値として算出したものである。満腹度についてはシドニー大学のスザンナ・ホルト博士が考案したもので、食後にどれだけ満腹になるのかというレベルを数値化したものである。本研究はスザンナ・ホルト博士の実験結果である食材一つに含まれるタンパク質・水分量・食物繊維の量が多ければ多いほど満腹度の数値は上昇するという点に着目し、しきい値を設定し満腹度評価方式として食材の評価を行った。しきい値に関しては含有量の値が大きければ大きいほど得点を大きくするように設定を行った。これらの得点を全て足し合わせ算出したものが満腹度評価方式である。

3.5.3. 旬の評価方式

旬の評価方式は食材ごとにおける旬の季節を評価し数値を算出するものである。この方式は 3.4 節の食

材成分データ更新機能と連動している部分である。例えば、ユーザが選択した季節が「春」の場合は食材成分データセットに格納されている食材の内、旬の季節が「春」である食材に対して評価を行い得点として+5を与える。さらにユーザが選択した食材に合致する食材がある場合は得点として+10を与える。旬の評価方式にてユーザの選択季節の反映を可能としているのである。

3.6. 最適食材抽出機能

本研究では栄養素が最適な食材群を抽出するための手法として線形計画法のアルゴリズムを取り入れた。本研究の食材抽出アルゴリズムは線形計画法の中でもナップサック問題に用いられる解法に類似しているため、食材抽出アルゴリズムをナップサック問題として捉え、栄養素が最適な食材群の抽出を行う。ナップサック問題はナップサックの中にいくつかの品物を詰め込み入れた品物の総価値を最大にするという問題である。ただし、ナップサックと品物にはそれぞれ容量やサイズが与えられていて、入れた品物のサイズの総和がナップサックの容量を超えてはならないという条件がある。数式は以下の通りである。

集合

$$obj = \{x_1, x_2 \dots x_n\} \dots \text{品物の集合}$$

整数変数

$$qua_i, i \in obj \dots \text{品物 } i \text{ を詰め込む個数}$$

定数

$$cap \dots \text{ナップサックの容量}$$

$$val_i, i \in obj \dots \text{品物 } i \text{ の一個辺りの価値}$$

$$wei_i, i \in obj \dots \text{品物 } i \text{ の一個辺りの重さ}$$

目的関数

$$\sum_{i \in obj} val_i \cdot qua_i \dots \text{総価値を最大化する}$$

制約条件

$$\sum_{i \in obj} wei_i \cdot qua_i \leq cap \dots \text{容量に関する制約}$$

$$qua_i \geq 0, \forall i \in obj \dots \text{各品物は } 0 \text{ 個以上詰め込む}$$

本研究ではナップサック問題における品物を食材、ナップサックの容量をカロリー、品物1個あたりの重さをカロリー、品物1個あたりの価値を総合価値としてナップサック問題を解いた。ナップサック問題を解くことで、栄養素が最適である食材群の抽出が可能となる。

3.7. 総合コスト算出機能

本研究では、前節にて抽出された栄養素が最適である食材群から栄養素が最適であるレシピ群を抽出するために、レシピデータセットを用いて、総合コスト算出機能を作成した。総合コスト算出機能はレシピデー

タセットのレシピ1つを作成する際にかかる調理時間と使用食材数から作成コストを算出する機能である。作成コストは、レシピから料理を作成する上でかかる難易度を指標化し数値に変換したものである。レシピ1つに対して、レシピデータセットに含まれる特徴量のうち、調理時間と食材数についてそれぞれ、データベース内に存在するデータの最大値と最小値を用いて、0~50の範囲に収まるように正規化する。この2つの値を同じ倍率でそのまま足したものを総合コストとする。総合コストは0~100の間の値をもつ数となる。

正規化の数式は以下の通りである。

$$Y = \frac{X - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}(M - m) + m \dots M, m \text{ の値は任意}$$

3.8. 食材被覆抽出機能

本研究では最適食材抽出機能にて抽出された栄養素が最適な食材リストとレシピデータセット内のレシピで栄養素が最適な食材が使用されているものを見つけ出し特徴行列へ変換する機能を作成する。この機能を食材被覆抽出機能とする。ここで被覆とはレシピの選択の際に、抽出された食材をすべて用いるようにすることを指している。特徴行列は栄養素が最適な食材リストの食材名に着目し作成を行う。例えば、栄養素が最適な食材リストが{たまご, バナナ, 白菜}の場合、レシピデータセットのあるレシピの使用食材名に「たまご」が含まれていれば「たまご」の特徴行列に+1, 含まれていなければ+0を加える。上記の動作を繰り返し行う。最終的に $m \times n$ 列の特徴行列を作成する。

3.9. 最適献立抽出機能

本研究では栄養素が最適な献立を抽出するための手法として線形計画法のアルゴリズムを取り入れた。本研究の献立の抽出アルゴリズムは線形計画法の中でも集合被覆問題に用いられる解法に類似しているため、献立抽出アルゴリズムを集合被覆問題として捉え、栄養素が最適な献立の抽出を行う。集合被覆問題は集合 U とその部分集合の族および各部分集合に対応するコストが与えられたとき、 U の要素全てをカバーするように部分集合の族から部分集合を選び、その際にかかるコストを最小にするものである。数式は以下のとおりである。

集合

$$M = \{x_1, x_2, \dots x_n\} \dots \text{部分集合}$$

$$U = \{A, B, C, D, E, F, G\} \dots \text{集合}$$

0-1 変数

$$x_i, i \in M \dots \text{部分集合 } i \text{ を使用するとき } 1,$$

しないときに 0 をとる変数

表 4 実験結果 1

季節, 食材名	春, チーズ
食材群	卵, 人参, ブロッコリー, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, チーズ, ヨーグルト, マヨネーズ
献立	ほうれん草と人参の白和え, 三つ葉とササミのかきたま味噌汁, ブロッコリーのごまマヨネーズ和え, パプリカのレモン風味, しじみの潮汁, ピーマンのチーズ焼き, キウイヨーグルト

表 5 実験結果 2

季節, 食材名	夏, 食パン
食材群	人参, ブロッコリー, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト, マヨネーズ, 食パン
献立	ほうれん草とにんじんの白和え, ブロッコリーのごまマヨネーズ和え, パプリカのレモン風味, しじみの潮汁, ピーマンのチーズ焼き, キウイヨーグルト, りんごトースト

表 6 実験結果 3

季節, 食材名	秋, 秋刀魚
食材群	鮭, 秋刀魚, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト
献立	カレイの煮付け, さんまのごま味噌煮, 鮭茶漬, パプリカのレモン風味, しじみの潮汁, ピーマンのチーズ焼き, キウイヨーグルト

表 7 実験結果 4

季節, 食材名	冬, 人参
食材群	納豆, 人参, ブロッコリー, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト, アーモンド, ピーナッツ
献立	ほうれん草とにんじんの白和え, ブロッコリーのごまマヨネーズ和え, パプリカのレモン風味, しじみの潮汁, ピーマンのチーズ焼き, キウイヨーグルト, オクラ納豆, カラメルアーモンド, ピーナッツ味噌

定数

d_{ij} , $i \in M$, $j \in U$... 部分集合 i が集合 j を含んでいるときに 1, 含まれていないときに 0 をとる変数
 $cost_i$, $i \in M$... 部分集合 i を選んだときのコスト

目的関数

$$\sum_{i \in M} cost_i x_i \dots \text{総コストの最小化}$$

制約

$$\sum_{i \in M} d_{ij} x_i \geq 1, \forall j \in U \dots \text{全ての集合を満たすようにする}$$

本研究では集合被覆問題における集合を栄養素に最適な食材リスト, 部分集合をレシピデータセットの使用食材, コストを総合コストとして集合被覆問題を解いた. 集合被覆問題を解くことで, 栄養素が最適な献立の抽出が可能となる.

4. 実験

本章では, 本手法の実験内容と結果, 考察について述べる.

4.1 節では, 実験環境について述べる. 4.2 節では, 実験結果について述べる. 4.2.1 項では季節と食材名別に検証結果を述べる. 4.2.2 項では食材ごとの栄養素をレーダーチャートに起こし, 栄養素について述べる. 4.2.3 項では 4.2 節の実験結果である食材群の旬の季節

の内訳について結果を述べる. 4.3 節では, 本研究による実験結果について考察を行う.

4.1. 実験環境

本節では, 3 章で提案したシステムを実装し, 旬の食材に合わせた摂取栄養素が最適な献立を抽出した.

本研究では Python を用いて分析可視化を行い, 線形計画法を適用する際に, cvxpy[9]のライブラリを用いた. cvxpy ライブラリは凸最適化問題のためのオープンソースの Python 組み込みモデリング言語であり, 自由に目的関数や制約を記述できることが大きな特徴である. レーダーチャートの可視化には matplotlib[10], japanize_matplotlib[11]ライブラリを用いた. また, 本研究で用いたレシピデータセット, 食材成分データセットはそれぞれ 54 行 3 列のテーブル, 29 行 14 列のテーブルからなる.

4.2. 実験結果

本実験では, ユーザの入力ごとの実験結果と有用性について検証を行う.

4.2.1. 献立提案

本節では, 3.9 節の最適献立抽出機能の検証として, 入力季節と食材名を 4 回変更し, 結果の比較を行う. 実験結果は表 4,5,6,7 に示す. 入力として, 季節と食材 1 つを選択して, システムは食材群と献立を出力する.

季節が「春」, 食材名が「チーズ」を入力した結果を



図2 春・チーズ



図3 夏・食パン



図4 秋・秋刀魚

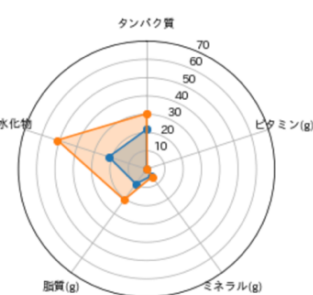


図5 冬・人参

表8 栄養素比較表

対応チャート 季節, 食材名	図2 春, チーズ	図3 夏, 食パン	図4 秋, 秋刀魚	図5 冬, 人参	理想値
タンパク質 (g)	29.57	23.68	42.43	30.33	21.67
脂質 (g)	25.68	17.46	25.57	20.82	10.00
ビタミン (g)	0.36361	0.3629	0.20959	0.36839	0.039
炭水化物 (g)	42.47	70.08	22.03	51.18	21.67
ミネラル (g)	5.17713	4.84897	4.11871	5.16258	4.67
カロリー (kcal)	492	498	485	469	500

表4に示す。季節が「夏」、食材名が「食パン」を入力した結果を表5に示す。季節が「秋」、食材名が「秋刀魚」を入力した結果を表6に示す。季節が「冬」、食材名が「人参」を入力した結果を表7に示す。

4.2.2. 栄養素比較

本節では、4.2節の実験1の検証結果の栄養素をレーダーチャートに可視化を行い栄養素の比較検証を行う。図2,3,4,5は4.2節の実験1で抽出した際の最適な食材群の栄養素をレーダーチャートに起こしたものである。栄養素の比較については表8に栄養比較表を示す。対応チャート欄は図2,3,4,5のレーダーチャートと栄養素が対応していることを示す。最終列は1食分における理想的な栄養素である。

結果として、表8の栄養素比較表から、1食分における必要な栄養素は抽出されている。

4.2.3. 季節比較

本節では、4.2節の実験1の検証結果の食材群と対応するように旬の食材表を作成し、比較検証を行う。実験結果を表9,10,11,12に示す。表について、季節欄に複数の食材が記載されている点については、複数の旬を有している食材である。

結果として旬の食材に合わせる形で食材が抽出されている。

4.3. 考察

本節では、旬の食材に合わせた摂取栄養素を最適化する献立提案の有用性を検証するために、ユーザの入力選択が異なるときの結果に着目し、献立抽出をした。表4,5,6,7の実験結果からそれぞれ4つの選択された食材である「チーズ」、「食パン」、「秋刀魚」、「人参」

が抽出結果に反映されており、ユーザの要望通りの献立提案ができていていることがわかる。旬の季節の反映については、全ての食材をユーザが選択した季節での献立構成には至らなかったが、比較的ユーザが選択した季節の食材が多く抽出される結果となった。全ての食材をユーザが選択した季節での献立構成にならなかった原因としては、使用したデータ数が少なく代替食材が見つけれなかったのか、本実験において食材成分データセットに格納されている食材数が少ないためか、4つの検証結果から重複して抽出される食材が多数見受けられる。図2,3,4,5の実験結果では青のラインが1日の1食分時に摂るべき栄養素の基準である。基準値からそれぞれ栄養素の比較を行った時、図2の結果は理想値と比べて大きな差異はなくバランス良く栄養素を取得できていることがわかる。図3の結果は基準値と比べて炭水化物の値が大きい結果となっているが、ユーザの選択食材である「食パン」自体が炭水化物の含有量が高いため栄養素については偏りがなくバランス良く取得できていることがわかる。図4の結果は基準値と比べてタンパク質と脂質の値が大きい結果となっている。これはユーザが選択した「秋刀魚」自体に含まれるタンパク質、脂質の含有量が多いためである。そのため、栄養バランスは満遍なくきれいに摂取できていることがわかる。図5の結果は基準値と比べて炭水化物の値が大きくなっていることがわかる。これは「人参」の炭水化物の含有量が多いため炭水化物の値が大きくなっているためである。そのため、栄養バランスは偏りが無くバランス良く取得できていることがわかる。

以上の実験より、旬の食材に合わせた摂取栄養素が

表 9 実験結果 1 の食材群の旬の季節表

季節, 食材名	春, チーズ
食材群	卵, 人参, ブロッコリー, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, チーズ, ヨーグルト, マヨネーズ
春	卵, チーズ, ヨーグルト, マヨネーズ
夏	ピーマン, パプリカ, しじみ, ヨーグルト, マヨネーズ
秋	ヨーグルト, マヨネーズ
冬	人参, ブロッコリー, レモン, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト, マヨネーズ

表 10 実験結果 2 の食材群の旬の季節表

季節, 食材名	夏, 食パン
食材群	人参, ブロッコリー, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト, マヨネーズ, 食パン
春	ヨーグルト, マヨネーズ
夏	ピーマン, パプリカ, しじみ, ヨーグルト, マヨネーズ, 食パン
秋	ヨーグルト, マヨネーズ
冬	人参, ブロッコリー, レモン, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト, マヨネーズ

表 11 実験結果 3 の食材群の旬の季節表

季節, 食材名	秋, 秋刀魚
食材群	鮭, 秋刀魚, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト
春	ヨーグルト
夏	ピーマン, パプリカ, しじみ, ヨーグルト
秋	鮭, 秋刀魚, ヨーグルト
冬	レモン, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト

表 12 実験結果 4 の食材群の旬の季節表

季節, 食材名	冬, 人参
食材群	納豆, 人参, ブロッコリー, レモン, ピーマン, パプリカ, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト,アーモンド, ピーナッツ
春	卵, チーズ, ヨーグルト,
夏	ピーマン, パプリカ, しじみ, ヨーグルト,
秋	ヨーグルト,
冬	納豆, 人参, ブロッコリー, レモン, しじみ, ほうれん草, ヨーグルト, ピーナッツ, アーモンド

最適である献立を抽出することが出来た。

5. おわりに

本稿では、和食における旬の概念と栄養素と満腹度に着目した、最適な献立提案方式について述べた。本研究では、線形計画法と栄養素、旬、満腹度[3]、調理時間、食材数からユーザの選択に合わせた最適な献立の提案方式を実現した。

本研究にて実現した献立提案方式は、柔軟性が高く普段の献立策定の際の手助けとして役立つ。

本研究において最適化した栄養素はあくまで食材を抽出する段階時であるため、献立を抽出した際の栄養素もバランス良く最適化できるようにする点と和食における一汁三菜の形式にまとめて献立提案ができるように今後の展望として挙げられる。

参 考 文 献

- [1] Unesco, Washoku, traditional dietary cultures of the Japanese, notably for the celebration of New Year 2013
- [2] 江原絢子, ユネスコに登録された「和食」とは何か—その特徴と継承—, 2017

- [3] S H Holt, J C Miller, P Petocz, E Farmakalidis, A satiety index of common foods 1995
- [4] 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 2012
- [5] 苅米志帆乃, 藤井敦, 栄養バランスを考慮した料理レシピ検索 2008
- [6] 右田貴大, 王元元, 河合由紀子, 苦手な食材に着目したレシピ推薦手法の提案 2018
- [7] カロリーSlism <https://calorie.slism.jp/>
- [8] macaroni <https://macaro-ni.jp/>
- [9] cvxpy <https://github.com/cvxpy/cvxpy>
- [10] matplotlib, <https://matplotlib.org/stable/index.html>
- [11] Japanize-matplotlib, <https://pypi.org/project/japanize-matplotlib/>