

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

# 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

谷口 詩歩 船影 信生 中西 透  
大森 一輝

富山県立大学 電子・情報工学科  
t915015@st.pu-toyama.ac.jp

October 29, 2021

## 背景と目的

勤労者、学生、子育て家庭など、多忙な毎日を送る人にとっては、平日の帰宅後に、手作り料理に必要なとなる食材の購入や、料理の調理作業に費やす時間を十分に取ることは困難である。

その対策として、2段階調理が有効な時間短縮法として考えられる。これは、比較的余裕のある週末に、一週間分の料理献立を考え、それらに必要な食材をまとめ買いすると共に、各料理の下拵え調理を済ませておき、平日には、まとめ買いできなかった食材を、帰宅時に、駅や近所のコンビニで急ぎ買いして仕上げ調理のみを行うことである。

本研究の目的は、そのような人を対象とした手料理支援を行うことである。

## 概要

調理時間制約の中で、週末の下拵え調理、および、平日の仕上げ調理のための料理献立選択を行う、献立選択問題の定式化を行い、その決定問題の  $NP$  完全性の証明をナップサック問題からの帰着により行う。

ユーザにその週に食べたい料理を複数、好み度と共に選択させる。その中で、下拵え調理可能な料理の中から、時間制約の下で、好み度の高い料理を最大限、下拵え料理として選択する。

一週間分の献立に選択された料理に必要な全食材のリストの中から、保存期間および冷蔵庫サイズに関する制約を満たし、購入コストを最小化する、まとめ買い選択問題の定式化と、そのアルゴリズムを提案する。

実際にこのアルゴリズムを例題を用いてシミュレーションし、その有意性を評価した。

## 献立の問題

本問題の入力は、各料理には、図 1 の情報が与えられているものとする。  
出力は、週末の下拵え料理の集合とそれを含む各平日の献立  $\pi$  とする。

- 対象平日数:  $N$
- 料理数:  $M$
- 料理  $i$  の以下のデータ
  - 好み度:  $f_i$
  - 下拵え調理可能: 0: 不可, 1: 可能
  - 主菜フラグ: 0: 主菜ではない 1: 主菜
  - 料理タイプ:  $t_i$
  - 調理時間:  $T_i$  (全調理, 下拵え調理, 仕上げ調理)
  - カロリー:  $C_i$
  - 塩分:  $S_i$
- 食数:  $L$
- 下拵え調理時間上限
- 仕上げ調理時間上限
- 下拵え料理使用日数上限

図 1: 入力与えられるデータ

## 献立の制約条件

- ・調理時間制約：下拵え、仕上げの総調理時間がその上限以下
- ・下拵え料理保存制約：下拵え調理可能な料理のみ、下拵え料理に選択可能
- ・下拵え料理使用回数制限：下拵え料理の平日使用日数が上限以下
- ・主菜制約：各平日に含まれる主菜が1つ以上
- ・料理タイプ制約：1つの献立の全料理のタイプが異なること

## 献立の目的関数

本問題の目的関数は、献立に選択された全料理の好み度の総和  $g(\tau)$  とし、その最大化を行う。

## 献立選択問題

調理時間制約の献立選択問題の決定問題を定義し、その  $NP$  完全性を、 $NP$  完全の  $0-1$  ナップサック問題からの帰着のより証明する。献立選択問題の出力は  $g(\tau) \geq g_0$  とする。

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

## 証明

0-1 ナップサック問題は、図 2 のように定義する。0-1 ナップサック問題の任意のインスタンスが、図 3 の献立問題のインスタンスに多項式時間で変換できるので、献立問題は 0-1 ナップサック問題よりも難しいといえる。すなわち、献立問題のアルゴリズムは 0-1 ナップサック問題の任意のインスタンスの解を求めることができる。これより、献立問題は  $NP$  完全である。

- 入力：
  - 要素数:  $n$
  - 要素毎の以下の属性値
  - \* サイズ:  $s_i$
  - \* 利得:  $c_i$
  - ナップサックのサイズ:  $S$
  - 利得の下限:  $C$
- 出力:  $\sum_{i \in U'} s_i \leq S, \sum_{i \in U'} c_i \geq C$  となる  $U$  の部分集合

- 入力
  - 対象平日数 = 1
  - 料理数 =  $n$
  - 料理  $i$  の以下のデータ
  - \* 好み度 =  $c_i$
  - \* 下拵え調理可能 = 0
  - \* 調理時間 (全調理) =  $s_i$
  - \* 主菜フラグ = 1
  - \* 料理タイプ =  $i$  (全料理で異なる)
  - \* 調理時間 =  $s_i$
  - 食数 = 1
  - 下拵え調理時間上限 = 0
  - 仕上げ調理時間上限 =  $S$
  - 下拵え料理使用日数上限 = 1
  - 目的関数下限  $g_0 = C$

図 2: 0-1 ナップサック問題の定義

図 3: 献立問題のインスタンス

## 前処理

前処理では、本アルゴリズムの実行に必要な変数の初期化、各料理の調理時間の計算を行う。

料理毎の調理時間の算出は、入力 of 調理時間の食数に平方根をかけることで、各料理の食数分の調理時間を算出する。その際、下拵え調理可能な料理に対しては、下拵えのみ、仕上げのみ、および、全調理手順の3通りで算出する。

## 下拵え料理の選択

料理毎の優先度の算出は、各料理の優先度を  $p_i$  として算出する。調理時間には下拵え調理時間を使用する。

$$p_i = f_i / T_{cook}^i$$

優先度順の下拵え料理の選択は、下拵え料理の選択、下拵え料理の使用日数の選択、制約条件量の更新を繰り返して行う。



## 下拵え料理のソート

全下拵え料理の中で主菜を、その仕上げ調理時間の降順にソートする。その後、主菜以外をソートする。

## 下拵え料理の平日献立選択

ソート順に、各下拵え料理をその日数分、以下の条件を充たす日の献立に選択する。

- ・その日の献立に未選択
- ・その日の献立に同じ料理タイプが未選択
- ・今回の料理が主菜の場合、その日の献立の主菜数が最小
- ・総仕上げ調理時間が最小
- ・以上を満たす日が複数の場合、選択された料理数が最小

## 制約条件量の更新

下拵え料理の平日献立の仕上げ作業の調理時間を用いて、その日の総仕上げ調理時間を更新する。

## 料理毎の優先度の算出

下拵え料理の平日献立選択で下拵え料理の選択されなかった全料理の優先度を算出する。その際、全手順の調理時間を用いる。

## 主菜料理の選択

主菜が1つも割り当てられていない日を選択し、条件を充たす料理を1つ選択する。

- ・ これまでに下拵え料理で未選択
- ・ 主菜料理である
- ・ その日の献立に同じ料理タイプがない
- ・ 優先度最大

## 献立料理の選択

未選択の料理で優先度が最大のものを選択する。

## 献立日の選択

選択された料理を、以下の条件を充たす日の献立に選択する。ここで、いずれの日にも選択できない場合、その料理を献立に選択しない。最後に制約条件量の更新を行う。

- ・その料理を追加調理した場合の総仕上げ調理時間が上限以下
- ・その料理と同じ料理タイプがない
- ・上記が複数の場合には、選択された料理数が最小

## 制約条件量の更新

献立料理の選択による、その日の総仕上げ調理時間を更新する。

## 入力と出力

本定式化において、まとめ買いは、週末に近郊の量販店に車で出かけて食材をまとめがて購入すること、急ぎ買いは、平日在宅時に駅や自宅近くのスーパーやコンビニに徒歩または自転車で出かけて食材を少量購入することを位置している。入力は図 4 に示す。出力は、まとめ買い食材の選択結果  $\theta$  である。

- 対象平日数：  $X$
- 食材数：  $Y$
- 食材  $i$  の以下のデータ
  - 食材名：  $E_i$
  - 料理日：  $D_i$
  - 要冷蔵保存：  $K_i$ ：(常温保存，要冷凍，要冷蔵)
  - サイズ (容量)：  $P_i$
  - 保存期間の上限：  $U_i$
  - まとめ買いコスト：  $Q_i$
  - 急ぎ買いコスト：  $H_i(Q_i \leq H_i)$
- 冷蔵庫容量：  $R$
- 冷凍庫容量：  $V$
- 持ち帰り容量：  $B$

図 4: 本問題の入力

## 制約条件

- ・ 冷蔵庫制約： 要冷蔵まとめ買い食材の総サイズが冷蔵庫の容量以下
- ・ 冷凍庫制約： 要冷凍まとめ買い食材の総サイズが冷凍庫の容量以下
- ・ 保存期間制約： 各まとめ買い食材の保存期間が上限以下
- ・ 持ち帰り制約： 急ぎ買い食材の総サイズが持ち帰り可能容量以下

## 目的関数

全食材の総コスト  $h(\theta)$  とし、その値を最小化する。

提案アルゴリズムでは、目的関数の最大化のために、調理時間当たりの好み度 (優先度) の大きい料理から順に、調理時間制約の下で最大限選択する。

## 変数の初期化

全食材を「急ぎ買い」とする。

## 保存期間制約の充足

保存期間が「まとめ買い」日とその食材の料理日の間よりも短いものは、「急ぎ買い」に固定する。

## 優先度の算出

優先度 = (急ぎ買いコスト - まとめ買いコスト) / 調整サイズを計算する。ここで、調整サイズは保存方法によるサイズの影響を考慮するために用いる。常温保存では冷蔵庫が不要なため 1、要冷蔵ではサイズそのもの、用冷凍ではサイズの 2 倍としている。

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

## 持ち帰り制約の充足

持ち帰り制約を満たさない日を選択し、その日の優先度の高い食材から順次、その制約を充足するまで「まとめ買い」に変更する。

## 優先度順のまとめ買い選択

冷蔵庫、冷凍庫の容量が許す限り、優先度の高い食材から順次、その制約を充足するまで「まとめ買い」に変更する。

## 結果

図 5 に評価例題として用いた 55 種類の料理の中から、献立選択アルゴリズムによる 6 日間の下拵え料理と、仕上げ調理を含む月曜日と火曜日の献立選択結果を示す。各料理の好み度は 1~10 の乱数、料理タイプは豚肉、鶏肉、牛肉、野菜、汁物、丼・鍋、生野菜、魚、生魚、その他の 10 種類とした。また、下拵え調理時間制限を 60 分、仕上げ調理時間制限を 40 分、下拵え使用日数上限を 2、1 日の食数を 2 とした。

曜日	料理	好み度/タイプ
下拵え	(*) 豚カツ	8/豚肉
	(*) 和風おろしハンバーグ	10/豚肉
	れんこんのはさみ揚げ	10/野菜
	(*) ほうれん草と卵のグラタン	10/丼・鍋
月曜	(*) ほうれん草と卵のグラタン	10/丼・鍋
	れんこんのはさみ揚げ	10/野菜
	豚肉の野菜巻き焼き	10/豚肉
	カロリー：895kcal 塩分：4g	
火曜	(*) ほうれん草と卵のグラタン	10/丼・鍋
	れんこんのはさみ揚げ	10/野菜
	かつおのたたき	5/生魚
	ブレンオムレツ	7/その他
	カロリー：1089kcal 塩分：6.2g	

図 5: 献立選択結果

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ



## 評価

いずれの日の献立においても、仕上げ調理時間 40 分以内で、1 つ以上の主菜と下拵え料理を含む、好み度 7 以上で料理タイプの異なる 3~4 品の料理が選択され、有効性が確認できた。しかし、カロリー量、塩分量にはばらつきが大きく、今後の課題となる。

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

## 評価例題

評価例題として、図 5 の献立に選択された手作り料理 50 種類 2 人分の食材を用いる。サイズは、ししとうがらし 3 個分を 1 として各食材の大きさを設定、方法は保存方法、期間は賞味期限 (日数)、コストはまとめ買いコスト (左側) および急ぎ買いコスト (右側) を設定した。アルゴリズム制約として、冷蔵庫容量を 100、冷凍庫容量を 50、持ち帰り容量を 50 とした。

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

# まとめ買い選択アルゴリズムの評価

19/20

図 5 の献立に選択された手作り料理 50 種類 2 人分の食材の一部を図 6 に示す。

## 評価

本アルゴリズムの適用結果、総購入コストとして全食材を「まとめ買い」した場合の最小値 8,520 に近い値 8,990 が得られた。

まとめ買い食材の総サイズも全体の 75 % となる 366 となったので、大多数の食材がまとめ買いしたもので構成されていることが確認できる。

食材名	方法	サイズ	期間	コスト	結果
豚ロース	冷蔵	10	3	300/400	まとめ
キャベツ	冷蔵	20	7	100/200	まとめ
小麦粉	常温	30	100	150/200	まとめ
卵	常温	15	7	100/200	まとめ
パン粉	常温	20	100	150/200	まとめ
カイワレ	冷蔵	2	5	50/50	まとめ
油	常温	20	100	250/300	まとめ
合びき肉	冷蔵	15	3	300/400	まとめ
長ネギ	冷蔵	5	5	100/150	まとめ
牛乳	冷蔵	15	5	200/200	まとめ
ししとうがらし	常温	1	5	100/100	まとめ
しめじ	冷蔵	3	5	80/100	まとめ
大根	冷蔵	8	7	150/200	まとめ
しょうが	常温	1	7	100/100	まとめ
れんこん	冷蔵	10	7	150/200	まとめ
豚バラ肉(冷凍)	冷凍	10	100	300/500	まとめ
片栗粉	常温	9	100	100/150	まとめ
ほうれん草	冷蔵	7	5	100/150	まとめ
ベーコン	冷蔵	8	7	250/300	まとめ
玉ねぎ	常温	5	10	50/80	まとめ
バター	冷蔵	8	30	300/300	まとめ
粉チーズ	冷蔵	8	30	300/300	まとめ
ホワイトソース	常温	10	100	200/200	まとめ
チーズ	冷蔵	8	30	300/300	まとめ
豚ロース薄切り	冷蔵	10	3	300/400	急ぎ
アスパラ	冷蔵	2	7	80/100	急ぎ
にんじん	冷蔵	4	7	30/50	急ぎ

図 6: 献立に選択された食材

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

はじめに

献立選択問題

献立選択アルゴリズム

まとめ買い選択

まとめ買い選択アルゴリズム

評価

まとめ

## 研究の内容

忙しい毎日を送る人の手料理支援を目的として、週末の下拵え料理と平日の仕上げ料理で構成される、2段階調理のための献立選択アルゴリズム、および、まとめ買い選択アルゴリズムを提案した。

## 今後の課題

献立選択での調理時間の計算精度とカロリー・塩分を含む栄養バランスの改善、Web アプリ化による提案アルゴリズムの利便性の向上などが挙げられる。