

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

# Web 情報を活用した自動献立作成のための 多目的遺伝的アルゴリズムによる 並列分散処理

Parallel Distributed Processing  
of a Multiobjective Genetic Algorithm  
for Automatic Menu Planning Using Web Information

安藤 祐斗 (Yuto Ando)  
t815008@st.pu-toyama.ac.jp

富山県立大学 工学部 電子・情報工学科 情報基盤工学講座

Teams, 14:45-15:00 Wednesday, February 16, 2022.

## 1.1 本研究の背景

2/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

近年、生活習慣病を患う人々が増加している。生活習慣病とは「食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒、ストレスなどの生活習慣を原因として発症する疾患の総称」のことであり、深刻な疾患に深く関与している。これを防ぐためには、過度な喫煙や飲酒を控えることや、しっかりと栄養を食事から摂取することが重要視されている。また、学校給食や病院食の現場で献立作成業務を担当している栄養士は、摂るべき栄養素の計算や、食事にかかる金額などを設定する作業を、繰り返し見直す必要があるため、献立作成の負荷は高いことがわかる。



図1 生活習慣病を起因とする疾患



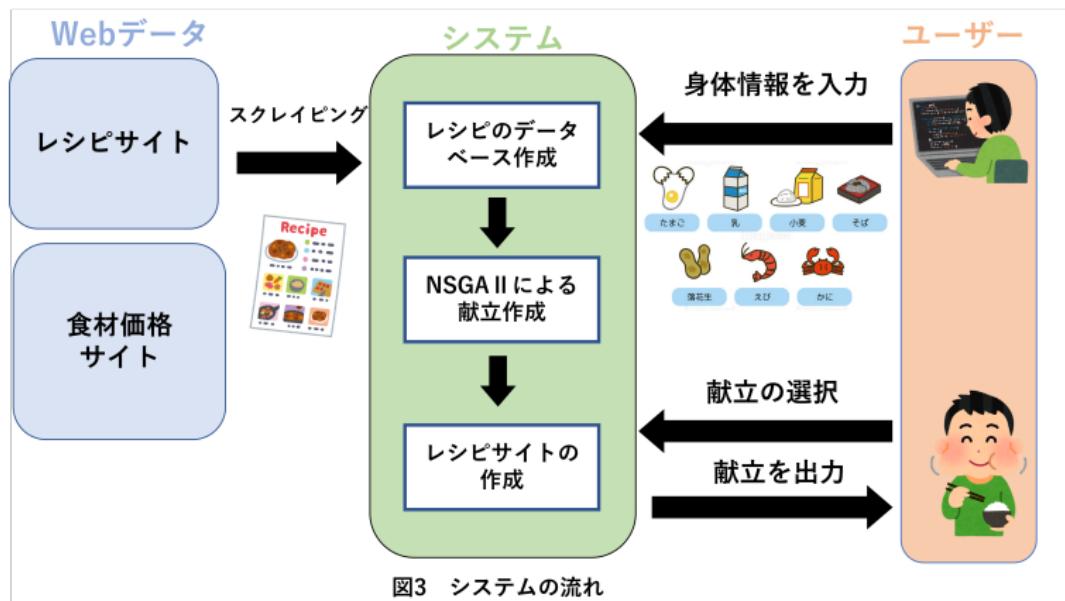
図2 栄養士の主な業務内容

# 1.2 研究の目的

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験
6. おわりに

## 目的

そこで、健常者だけでなく、生活習慣病やアレルギーを持っていて制限食を必要とする人でも摂るべき栄養素やカロリーが満たされた献立作成をコンピュータによって自動的に行うシステムを提案する。



## 2.1 自動献立作成支援システムの概要

4/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに



図4 献立作成アプリケーションの例



図5 主菜と副菜のイメージ

15分

表1 時間帯別の調理時間アンケート

45分

	n	15分未満	15~30分	31分~60分	61分以上	無回答
朝食	10043	70%	24.2%	4.1%	0.4%	1.3%
昼食	10074	47%	37.0%	14.7%	0.8%	0.5%
夕食	10151	8.7%	47.3%	36.6%	5.9%	0.9%

※nはアンケート回答者数を指す

60分

## 2.2 Web 上のレシピデータを活用

5/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

レシピサイト「ボブとアンジー」から、主菜と副菜カテゴリーに含まれる料理と、朝食でキーワード検索した料理レシピデータ（必要材料、摂取栄養量、カロリーなど）をスクレイピングし、食品価格動向を調査しているサイト「小売物価統計調査による価格調査」から様々な食品とその価格データをスクレイピングする。次に、料理レシピデータの食材と食材価格データの食材を照らし合わせて食材コストを計算する。



図7 レシピサイト・ボブとアンジーにおける料理レシピ情報



図8 食品価格推移調査サイトの例

### スクレイピングする主なデータ

- |         |        |
|---------|--------|
| ・料理レシピ名 | ・必要食材量 |
| ・調理時間   | ・作り方   |
| ・摂取カロリー | ・画像URL |
| ・摂取栄養名  | ・食材価格  |
| ・摂取栄養量  | ・販売単位  |
| ・必要食材名  | ・食材名   |

WEBスクレイピング      データ抽出・出力



図9 Webデータ活用の流れ

### 3.3 健康のための制限食の考慮

8/17

1. はじめに
2. 自動文献作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験
6. おわりに

人によっては制限食を考慮しなければならない。制限食とは、個人の健康状態、病気の状態に合わせてカロリーや摂取栄養素などを制限する食事のことである。病気の種類にあった制限食を摂ることで病気の症状を改善することができる。また、病気にかかっていなくても生活習慣病を予防することができる<sup>1</sup>。

#### 糖尿病

- 1日の炭水化物摂取量を100g以下に抑える
- 1日の脂質の摂取量を必要推定エネルギーの15~25%に抑える
- 1日の食物繊維の摂取量を20g以上にする

#### 腎臓病

- 1日のたんぱく質の摂取量を標準体重当たり0.6~0.7gに抑える
- 1日の塩分の摂取量を3~6gに抑える
- 1日のカリウムの摂取量を1500mgに抑える

#### 脂質異常症

- 1日の脂質の摂取量を必要推定エネルギーの15%以下に抑える
- 1日のコレステロールの摂取量を200mg以下に抑える
- 1日の食物繊維の摂取量を20g以上にする

#### 高血圧

- 1日の塩分の摂取量を6g未満に抑える
- 1日のカリウムの摂取量を1500mgに抑える
- 1日の食物繊維の摂取量を20g以上にする

<sup>1</sup> “日本人の食事摂取基準(2020年版)”, 厚生労働省.

[https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_08517.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_08517.html)(参照 2023-02-07)

## 3.3 健康のための制限食の考慮

9/17

### アレルギーについて

アレルギーの項目は過去に一定の頻度で血圧低下、呼吸困難又は意識障害等の重篤な健康危害が見られた症例が見られる「特定原材料等」に指定されている 28 品目を対象とする<sup>2</sup>。

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験
6. おわりに



図11 対応するアレルギー情報

<sup>2</sup> “食物アレルギーガイドライン”, 厚生労働省, 2023. <https://minds.jcqhc.or.jp/n/med/4/med0501/G0001331>(参照 2023-02-07)

## 2.3 多目的最適化による自動献立作成

6/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

献立作成システムは、決められた制約条件の中で、目的関数を最大または最小となるパラメータの、組み合わせの解を探査する、組み合わせ最適化問題として捉えられる。献立作成における制約条件として、何日分の献立を作成するか、カロリーをどのくらい制限するか、などが挙げられる。また、目的関数として、調理時間の最小化や個人の嗜好の最大化などが挙げられる。

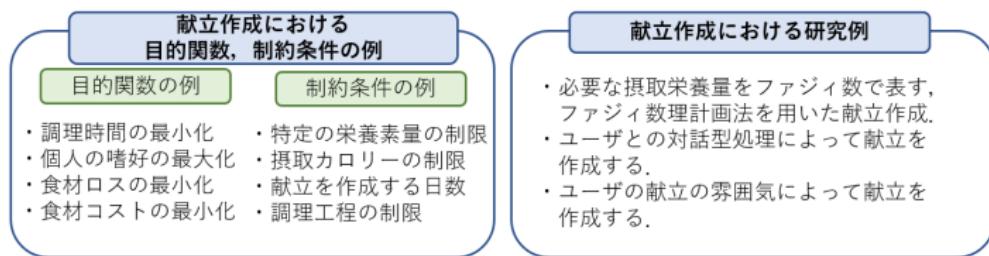


図10 ナップサック問題の例



図11 PERT図の例

## 3.1 多目的最適化とパレート最適解

7/16

1. はじめに
2. 自動文献作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

多目的最適化は、ある制約条件のもと、複数の目的関数を最大化、あるいは最小化する手法である。全ての目的関数を最大化、あるいは最小化するような最適解が存在するとは言えないため、パレート最適という概念を導入する必要がある。

### 多目的最適化の定式化

$$\underset{x}{\text{minimize}} \quad \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)\}$$

$$\text{subject to} \quad g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, m$$

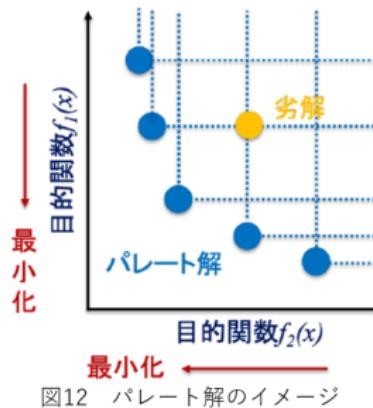


図12 パレート解のイメージ

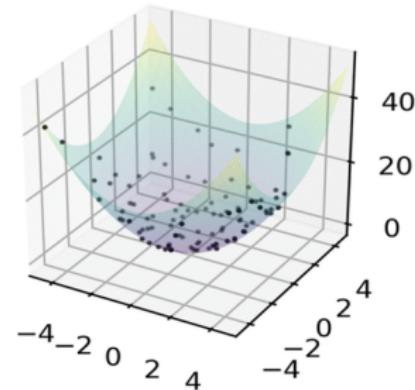


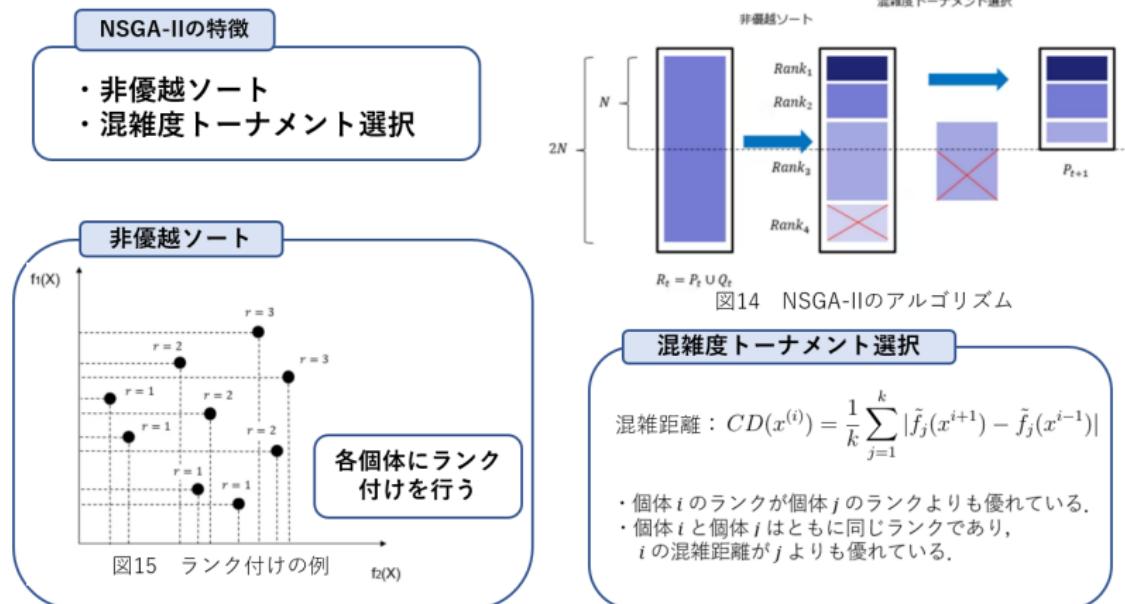
図13 解探索のイメージ（粒子群最適化）

## 3.2 遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化

8/16

1. はじめに
2. 自動文献作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

多目的最適化問題を解く手法として、NSGA-II を用いる。これは、遺伝的アルゴリズムを多目的最適化問題に拡張したものであり、非優越ソート、混雑度トーナメント選択といった特徴を持つ。



### 3.3 並列分散処理による解法

9/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

最適化問題において大量のデータを扱う場合、処理速度が低下してしまうため、処理速度の向上に努める必要がある。並列分散処理とは、複数台のコンピュータを用いて1つの計算処理を行い、性能や処理速度の向上させることで、並列分散ソフトウェアである、Daskを用いて献立作成における最適化部分の並列分散処理を行う。

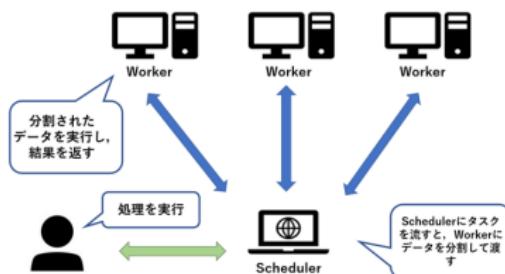


図16 並列分散処理のイメージ

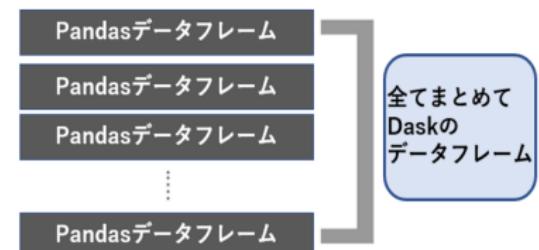


図18 Daskデータフレーム



図17 並列分散ソフトウェア「Dask」

Numpyがグリッド上に配置された  
ものが1つのDask配列となる



図19 Dask配列

## 4.1 調理時間とコストを最小化するパレート最適な献立

10/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

献立に含まれる料理の調理時間の最小化と、料理の食材コストの最小化を目的関数とし、摂取カロリーや摂取栄養量などを制約条件として多目的最適化を行い、パレート最適な献立を出力する。

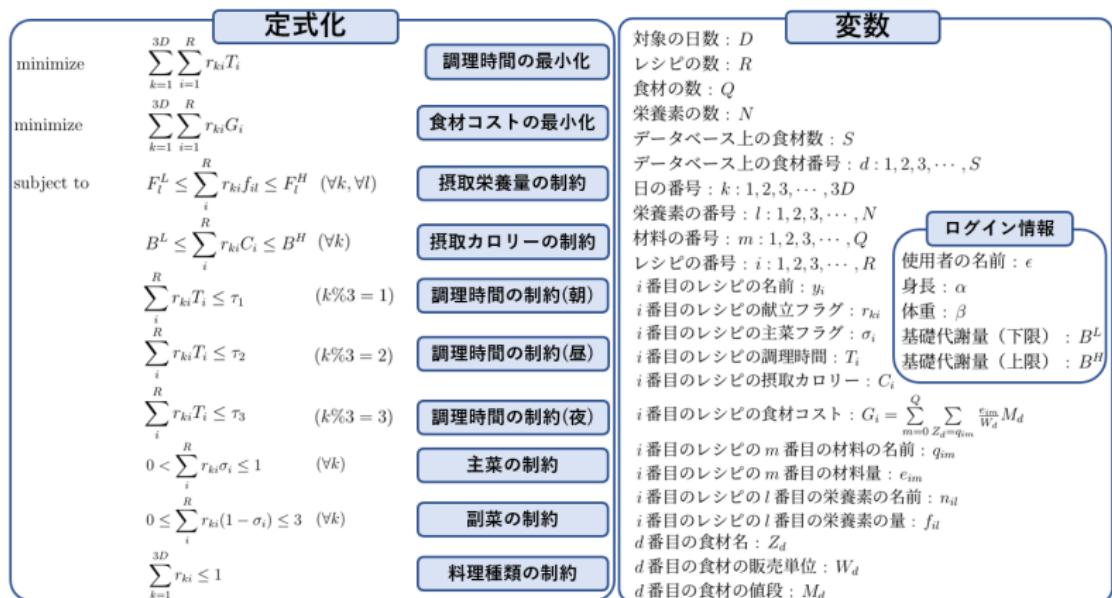


図20 献立作成における多目的最適化の定式化

## 4.2 対話による最適な献立の提示

11/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

多目的最適化によって得られた、調理時間と材料コストが最小化されたパレート最適解（レシピ）の中から、利用者が選択して献立を作成する際に対話型処理を行う。Tkinter を用いて、0 に近づくほど調理時間の最小化を重視した献立を、1 に近づくほど食材コストを重視して最小化した 1 週間分の献立を出力されるように設定するためのスライダーを作成する。



図21 対話型処理のイメージ

### 正規化

データの最小値を0、最大値を1にスケーリングする手法。

$i = 1 \cdots n$ ,  $i$ 番目の観測値を  $x_i$ , 全観測値を  $x$ , 正規化した値を  $x'$  とするとき以下の式で与えられる。

$$x'_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

パレート解に含まれる、  
1週間分の調理時間合計  
と食材コスト合計を  
正規化



図22 スライダーの例

調理時間と食材コストの  
どちらかを重視する方向  
にスライダーを動かす

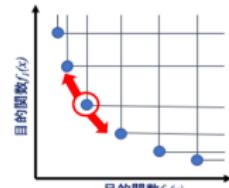


図23 パレート解

パレート解からスライダーに則った献立が出力される

## 4.3 提案システムの構成

12/16

### 動画

提案システムのアルゴリズムを実装した開発システムの概要を動画で示す。

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

## 5.1 数値実験の概要

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

データベースに蓄積した、料理レシピ、食材の価格データの例を示す。また、実際に作成した1週間分の献立の、食材コストの合計と調理時間の合計を縦軸と横軸に設定したパレート解と、対話型処理に用いたスライダーを示す。

レシピの名前	主菜フラグ	調理時間	コスト	摂取カロリー	材料名	材料量	栄養素名	栄養量
ポークソテーりんごソース	1	15	306	236	豚ロース肉厚切り(脂身なし)	120g	たんぱく質	12.3g
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	塩	少々	炭水化物	10g
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	こしょう	少々	糖質	9g
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	小麦粉	小さじ2	脂質	15.6g
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	油	小さじ2	食物相当量	0.9g
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	りんご	60g	食物繊維	1g
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	トマトケチャップ	小さじ4	ビタミンA	17μg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	きやいんげん	30g	ビタミンB1	0.44mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンB2	0.11mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンB6	0.22mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンB12	0.2μg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンC	4mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンD	0.1μg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンE	1mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	ビタミンK	18μg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	カリウム	306mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	カルシウム	13mg
NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	NAN	鉄	0.4mg

図24 レシピデータの例

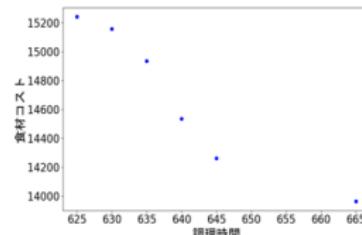


図26 出力されたパレート解

食材名	値段	販売単位
キャベツ	171円	1 k g
ほうれん草	985円	1 k g
白菜	245円	1 k g
ねぎ	703円	1 k g
レタス	450円	1 k g
もやし	173円	1 k g
ブロッコリー	675円	1 k g
アスパラガス	1777円	1 k g
さつまいも	586円	1 k g
じゃがいも	406円	1 k g

図25 食材価格データの例

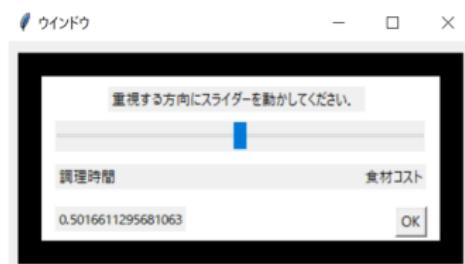


図27 作成したスライダー

## 5.2 実験結果と考察(制約条件, 献立のパラメータ)

14/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

自分の身長を 160cm, 体重を 58kg, 年齢を 23 歳, 性別を男, 身体活動レベルを普通として入力とし, 1 日に必要な推定エネルギー量を算出し, 目的関数と制約条件に基いて 1 週間分の献立作成を行った結果を示す.

< 基礎代謝量 >

$$\text{基礎代謝量 (kcal/日)} = \text{基礎代謝基準値} \times \text{体重 (kg)}$$

< 必要推定エネルギー量 >

$$\text{必要推定エネルギー量 (kcal/日)} = \text{基礎代謝量} \times \text{身体活動レベル指數}$$

< 必要たんぱく質 >

$$\text{たんぱく質 (g/日)} = \frac{\text{必要推定エネルギー量 (kcal/日)} \times 0.13}{4(g)}$$

< 必要脂質 >

$$\text{脂質 (g/日)} = \frac{\text{必要推定エネルギー量 (kcal/日)} \times 0.15}{9(g)}$$

< 必要炭水化物 >

$$\text{炭水化物 (g/日)} = \frac{\text{必要推定エネルギー量 (kcal/日)} \times 0.4}{4(g)}$$

厚生労働省「日本人の食事摂取基準」  
2020年度版より

性別	男性			
	年齢	基礎代謝 基準値 (kcal/kg体重/日)	参考体重 (kg)	基礎 代謝量 (kcal/日)
	18-29	24.0	63.2	1520
	30-49	22.3	68.5	1530
	50-69	21.5	65.3	1400
	70 以上	21.5	60.0	1290

表2 設定された制約条件

制約条件	設定した値
摂取カロリー (kcal)	2336~2536
たんぱく質 (g)	75.92
脂質 (g)	38.93
炭水化物 (g)	233.6
調理時間合計 [朝] (分)	15 以下
調理時間合計 [昼] (分)	45 以下
調理時間合計 [夕] (分)	60 以下
主菜	1(昼, 夕)
副菜	2(昼, 夕)
料理の種類	1

表3 1週間分の献立のパラメータ

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目
摂取カロリー (kcal)	2461	2345	2491	2491	2397	2394	2352
たんぱく質 (g)	88.9	80.5	97.5	100.7	77.9	107.5	87
脂質 (g)	88.4	58.5	56.6	89.2	89.2	74.5	56.9
炭水化物 (g)	278.9	332.6	366	284	279	299	360.3
調理時間合計 [朝] (分)	10	10	10	10	15	15	10
調理時間合計 [昼] (分)	40	40	40	45	30	35	40
調理時間合計 [夕] (分)	35	35	45	35	55	35	50

・表2と表3を比較すると、制約条件を満たしながら1週間分の献立作成ができることが分かる。

## 5.2 数値実験の結果(健常者)

14/17

### 健常者の数値実験

身長を 170cm, 体重を 67kg, 年齢を 22 歳, 性別を男, 身体活動レベルを普通として入力とし, 1 日に必要な推定エネルギー量を算出し, 目的関数と制約条件に基いて 1 日分の献立作成を行った結果を示す。

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験
6. おわりに

表3 出力されたレシピ

出力されたレシピ	
朝	ひまわりご飯
	なんちゃってピザ
昼	イワシのガーリックトマトソース
	絹さやの卵とじ
	ブリのもぐり飯
夕	ほうれん草とえのきのお浸し
	ホットプレッドサラダ

表4 健常者のパラメータ

献立のパラメータ	
摂取カロリー	2621
たんぱく質	92.3
脂質	72.1
炭水化物	276.3
調理時間合計[朝](分)	15
調理時間合計[昼](分)	40
調理時間合計[夕](分)	45

表5 設定した制約条件

制約条件	設定した値
摂取カロリー(kcal)	2595~2795
たんぱく質(g)	84.33~
脂質(g)	43.25~
炭水化物(g)	259.5~
調理時間合計[朝](分)	15
調理時間合計[昼](分)	45
調理時間合計[夕](分)	60
主菜	1
副菜	2

なんちゃってピザ



調理時間	摂取カロリー	食材コスト
10分	177kcal	203円

栄養名	栄養素量	食材名	食材量	作り方
たんぱく質	6.8g	クラッカー	12枚	(1)クラッカーを並べてケチャップをぬります。 (2)(1)に細かく切った水菜とベーコン、コーンをのせ、上からチーズをかけます。 (3)(2)をオーブントースターで約3~5分間焼いて出来上がりです。
脂質	9.0g	水菜	5枚	
炭水化物	17.6g	ベーコン	2枚	
糖質	16.2g	コーン	大さじ3	
食塩相当量	1.0g	チーズ(ピザ用)	適宜	
食物繊維	1.4g	ケチャップ	適宜	
ビタミンA	63.0mg	NAN	NAN	

図15 出力されたレシピの例

・表4と表5を比較すると、制約条件を満たしながら1日分の献立作成ができることが分かる。

## 制限食を必要とする人の数値実験の結果

各制限食を必要とする人のモデルとして、以下のユーザー像を想定した。



表6 制限食を必要とする人の制約条件

	摂取カロリー(kcal)	たんぱく質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	塩分(g)	食物繊維(g)	カリウム(mg)	コレステロール(mg)
糖尿病	1819～2019	62.36～	31.98～53.3	0～100.0	設定なし	20.0～	設定なし	設定なし
腎臓病	1819～2019	36.7～42.82	30.31～	181.9～	3.0～6.0	設定なし	～1500	設定なし
脂質異常症	2738～2938	92.23～	0～47.3	283.8～	設定なし	20.0～	設定なし	0～200.0
高血圧	2524～2724	82.03～	42.06～	252.4～	0～6.0	20.0～	3510～	設定なし

表7 出力された献立のパラメータ

	摂取カロリー(kcal)	たんぱく質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	塩分(g)	食物繊維(g)	カリウム(mg)	コレステロール(mg)
糖尿病	1926	80.1	42.3	96.2	8.1	22.5	3210	141
腎臓病	1830	35.7	32.6	194.5	3.9	18.3	1465	72
脂質異常症	2925	93.5	40.5	294.6	8.2	26.7	2988	156
高血圧	2655	92.3	43.5	265.1	4.5	26.4	3612	204

## 5.2 数値実験の結果(大人数)

### 大人数を想定したときの数値実験の結果

大人数を想定した場合のモデルとして、以下のユーザー像を想定した。

- ・モデル1：年齢 52歳、性別 男、身長 170.8cm、体重 70.4kg、身体活動レベル 普通
  - ・モデル2：年齢 48歳、性別 女、身長 158.3cm、体重 55.2kg、身体活動レベル 普通
  - ・モデル3：年齢 22歳、性別 男、身長 172.6cm、体重 64.0kg、身体活動レベル 高い
  - ・モデル4：年齢 17歳、性別 女、身長 154.8cm、体重 47.2kg、身体活動レベル 低い
- そのときの制約条件および出力結果を以下に示す。

表8 大人数の場合の制約条件

	摂取カロリー(kcal)	たんぱく質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)
モデル1	2509～2709	81.54～	41.82～	250.9～
モデル2	1876～2076	60.97～	31.27～	187.6～
モデル3	2953～3153	95.97～	49.22～	295.3～
モデル4	1575～1775	51.19～	26.25～	157.5～

表9 大人数の場合のパラメータ

	摂取カロリー(kcal)	たんぱく質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)
モデル1	2620	85.15	43.67	262.00
モデル2	2017	65.57	33.63	201.74
モデル3	3039	98.77	50.66	303.92
モデル4	1755	57.05	29.26	175.54

## 4.3 提案システムの構成

12/16

### 動画

提案システムのアルゴリズムを実装した開発システムの概要を動画で示す。

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

## 5.2 実験結果と考察(献立イメージ, 並列分散処理の結果)

15/16

1. はじめに
2. 自動献立作成の概要
3. 制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

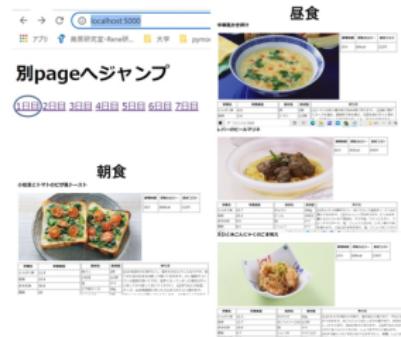


図28 htmlに出力された献立の例(1日目)

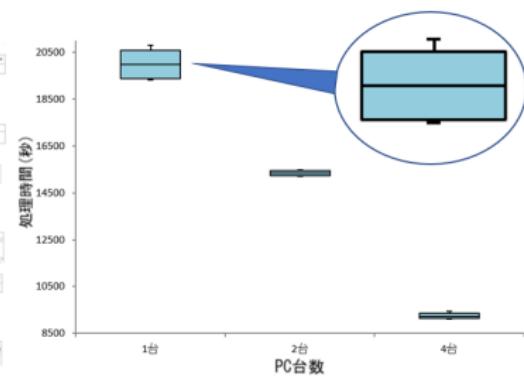


図29 PC台数別における処理時間の箱ひげ図

表4 並列分散処理の結果

台数	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均	標準偏差
1	5h24m	5h22m	5h46m	5h33m	5h39m	5h33m	9m18s
2	4h14m	4h13m	4h16m	4h17m	4h15m	4h15m	1m38s
4	2h32m	2h33m	2h32m	2h34m	2h37m	2h34m	1m47s

## まとめ

本研究では、Web上のレシピデータを活用した制限食と大人数料理に対応した自動献立システムの開発と提案をした。

- ・制約条件をユーザーが選択できるようにした
- ・パレート解のうちの最適解を選択できるようにしてユーザにとって一番最適な献立を出力できるようにした
- ・システムの有用性を示した

## 今後の課題

- ・ユーザ好みに合った献立を出力する
- ・今ある食材が含まれるレシピを出力できるようにする
- ・システムのデザインの改良

# おわりに

16/16

## おわりに

本研究では、Web上のデータを活用し、1週間分の献立を最適化によって作成したのちに、対話型処理によってその中から選択できるシステムを提案した。

- 入力したユーザ情報によって設定された制約条件を満たしながら、2つの目的関数について最小化された1週間分の献立を作成した。
- スライダーを動かすことによって、対話型で1週間分の献立をパレート解から選択できるようなシステムを構成した。
- 自動献立作成システムの最適化処理部分について、並列分散処理を行なうことで、処理速度を向上させた。

## 今後の課題

- 献立のバリエーションを増やすため、他の料理レシピサイトからスクレイピングしたレシピデータも扱えるようにする。
- 4台で並列分散処理を行った場合でも、処理時間に2時間30分はかかるため、並列分散処理以外の手法を扱うなどの、処理速度を速くするための工夫を加える。