

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜
好を考慮したデー
タの選別と並列処
理によるシステム
の実用化

提案手法

数値実験

おわりに

ブラウザベースの献立作成システムの 改善による実用化

Practical implementation by improving
browser-based menu creation system

水上 和秀 (Kazuhide Mizukani)
u355020@st.pu-toyama.ac.jp

富山県立大学 工学部 電子情報工学専攻

F121, AM 09:20-09:40 Friday, December 8, 2023.

背景

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。

生活習慣病を患った場合、食生活を見直すことで改善することができる。しかし栄養バランスの取れた献立を作成するには、メニューの組み合わせや栄養価の計算を考慮する必要がある、献立を考えることは面倒と考える人は少なくない

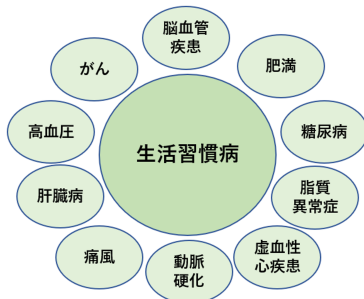


図1 生活習慣病を起因とする疾患

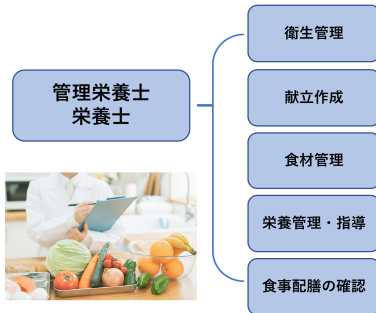


図2 栄養士の主な業務内容

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータ
の選別と並列処理によるシステム
の実用化

提案手法

数値実験

おわりに

目的

献立作成による負担を減らすために、様々な推薦方法が研究されているが、ユーザの嗜好を考慮する機能を持たないものが多いため、ユーザに最適なレシピを推薦することは難しいと考えられる。そこで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。

また、多目的最適化で大量のデータを処理する場合、処理速度が低下してしまう。並列処理など施すことにより、システムの処理速度の向上を図る。

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜
好を考慮したデー
タの選別と並列処
理によるシステム
の実用化

提案手法

数値実験

おわりに

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜好
を考慮したデータ
の選別と並列処理
によるシステムの
実用化

提案手法

数値実験

おわりに

システムに使用するレシピとしてレシピサイト「ボブとアンジー」「eatsmart」「おいしい健康」から、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、参照する。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3 レシピサイト・ボブとアンジーにおける料理レシピ情報

スクレイピングする主なデータ

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



全国のキャベツ 1 k g
価格推移 / 過去84ヵ月



WEBスクレイピング

データ抽出・出力

全国のスーパーで売られているキャベツ 1 k g 単位の平均は124円。
2015年1月～2021年12月（過去84ヵ月）の期間で全国内のキャベツが最も高かった最高価格は2018年2月で374円。逆に最もキャベツが安かった最安価格は2020年2月で110円となっています。
全国エリアでキャベツの最安値（2018年2月）と最安値（2020年2月）との価格差は276.4321円となっています。
キャベツ 1 k g の2015年1月～2021年12月の価格推移とグラフは下記をご覧ください。
出典元：農産物統計局 小売物価統計調査(2021年12月)
関連調査[キャベツのふるさと産地(コミランニング)]

図4 食品価格推移調査サイトの例



図5 Webデータ活用の流れ

組み合わせ最適化による自動献立作成

5/17

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組み合わせの解を探索する、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、栄養素を最低でどれだけとるか、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、調理時間と調理コストの最小化が挙げられる

はじめに

自動献立作成の概要

制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

おわりに

献立作成における 目的関数、制約条件の例

目的関数の例

- ・調理時間の最小化
- ・個人の嗜好の最大化
- ・食材ロスの最小化
- ・食材コストの最小化

制約条件の例

- ・特定の栄養素量の制限
- ・摂取カロリーの制限
- ・献立を作成する日数
- ・調理工程の制限

献立作成における研究例

- ・必要な摂取栄養量をファジィ数で表す、ファジィ数理計画法を用いた献立作成。
- ・ユーザとの対話型処理によって献立を作成する。
- ・ユーザの献立の雰囲気によって献立を作成する。



図6 ナップサック問題の例

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

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

subject to $g_k(x) \leq 0$

$k = 1, 2, \dots, m$

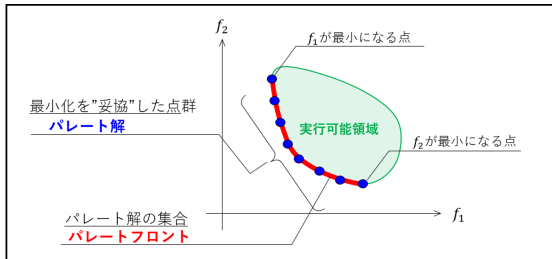


図7 パレート解のイメージ

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

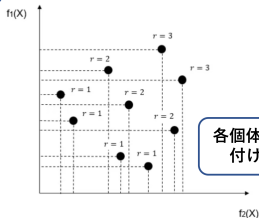
おわりに

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。

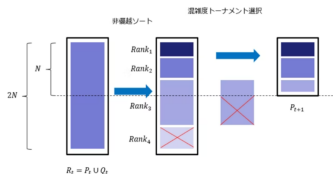
NSGA-IIの特徴

- ・ 非優越ソート
- ・ 混雑度トーナメント選択

非優越ソート



NSGA-IIのアルゴリズム



混雑度トーナメント選択

$$\text{混雑距離} : CD(x^{(i)}) = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k |\tilde{f}_j(x^{i+1}) - \tilde{f}_j(x^{i-1})|$$

- ・ 個体 i のランクが個体 j のランクよりも優れている。
- ・ 個体 i と個体 j はともに同じランクであり、 i の混雑距離が j よりも優れている。

献立作成における変数および定式化

8/17

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。

定式化

$$\text{minimize } \sum_{i=1}^D \sum_{l=1}^R r_l T_i$$

$$\text{minimize } \sum_{l=1}^D \sum_{i=1}^R r_l G_i$$

$$\text{subject to } F_l^L \leq \sum_{i=1}^R r_{li} f_{il} \leq F_l^H \quad (\forall k, \forall l) \quad \text{摂取栄養量の制約}$$

$$B^L \leq \sum_{i=1}^R r_{ki} C_i \leq B^H \quad (\forall k) \quad \text{摂取カロリーの制約}$$

$$\sum_{i=1}^R r_{ki} T_i \leq \tau_1 \quad (k \% 3 = 1) \quad \text{調理時間の制約(朝)}$$

$$\sum_{i=1}^R r_{ki} T_i \leq \tau_2 \quad (k \% 3 = 2) \quad \text{調理時間の制約(昼)}$$

$$\sum_{i=1}^R r_{ki} T_i \leq \tau_3 \quad (k \% 3 = 3) \quad \text{調理時間の制約(夜)}$$

$$0 < \sum_{i=1}^R r_{ki} \sigma_i \leq 1 \quad (\forall k) \quad \text{主菜の制約}$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^R r_{ki} (1 - \sigma_i) \leq 3 \quad (\forall k) \quad \text{副菜の制約}$$

$$\sum_{i=1}^D r_{ki} \leq 1$$

調理時間の最小化

食材コストの最小化

摂取栄養量の制約

摂取カロリーの制約

調理時間の制約(朝)

調理時間の制約(昼)

調理時間の制約(夜)

主菜の制約

副菜の制約

料理種類の制約

変数

対象の日数: D

レシピの数: R

食材の数: Q

栄養素の数: N

データベース上の食材数: S

データベース上の食材番号: $d: 1, 2, 3, \dots, S$

日の番号: $k: 1, 2, 3, \dots, D$

栄養素の番号: $l: 1, 2, 3, \dots, N$

材料の番号: $m: 1, 2, 3, \dots, Q$

レシピの番号: $i: 1, 2, 3, \dots, R$

i 番目のレシピの名前: y_i

i 番目のレシピの献立フラグ: r_{ki}

i 番目のレシピの主菜フラグ: σ_i

i 番目のレシピの調理時間: T_i

i 番目のレシピの摂取カロリー: C_i

i 番目のレシピの食材コスト: G_i

i 番目のレシピの m 番目の材料の名前: q_{im}

i 番目のレシピの m 番目の材料の量: e_{im}

i 番目のレシピの l 番目の栄養素の名前: n_{il}

i 番目のレシピの l 番目の栄養素の量: f_{il}

d 番目の食材名: Z_d

d 番目の食材の販売単位: W_d

d 番目の食材の値段: M_d

ログイン情報

使用者の名前: ε_j

身長: α_j

体重: β_j

年齢: γ_j

身体活動レベル: τ_j

アレルギー情報: θ_j

疾患情報: π_j

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

おわりに

食材の購入と嗜好を考慮したデータの選別

9/17

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜
好を考慮したデー
タの選別と並列処
理によるシステム
の実用化

提案手法

数値実験

おわりに

先行研究では、過去に購入した余剰食材を考慮しておらず、食材購入に関する考慮がされていない。そこで、本研究では余剰食材について考慮できるようにデータを選別する。

手法

2つの文字列の類似度を計算する「ゲシュタルトパターンマッチング」を用いる。

$$D_{ro}(S_1, S_2) = \frac{2K_m}{|S_1| + |S_2|} \quad (1)$$

K_m : マッチした文字数, $|S_1|, |S_2|$: それぞれの文字列の長さ

手順

- 1 ユーザに冷蔵庫にある食材を入力してもらう
- 2 レシピのデータベースのすべてのレシピと比較し、今持っている食材が含まれたレシピを新しいデータベースに蓄積
- 3 新しいデータベースから献立を選択

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜
好を考慮したデー
タの選別と並列処
理によるシステム
の実用化

提案手法

数値実験

おわりに

食事に対する嗜好として、食材に対する嗜好に着目する。食材に対する嗜好は、食材に対する「好き」、「嫌い」で構成されると考える。

ユーザに「好きな食材」および「除きたい食材」を入力してもらい、数式 (1) を用い、好きな食材を新しいデータベースに蓄積し、除きたい食材を含むレシピを除く。

また、人によってはアレルギーを考慮する必要がある。そのため、アレルギーが含まれる食材を削除できるようなチェックボックスを追加する。対象とするアレルギーの項目として「特定原材料等」に指定されている 28 品目を対象とする。¹。

・アレルギーの情報

☒ 特になし

☐ 卵 ☐ 乳 ☐ らっかせい ☐ えび ☐ 小麦 ☐ かに ☐ そば

☐ アーモンド ☐ あわび ☐ いか ☐ いくら ☐ オレンジ ☐ カシューナッツ

☐ キウイフルーツ ☐ 牛肉 ☐ くるみ ☐ ごま ☐ 鮭(さけ) ☐ さば ☐ 大豆 ☐ 鶏肉

☐ バナナ ☐ 豚肉 ☐ まつたけ ☐ 桃 ☐ やまいも ☐ リンゴ ☐ ゼラチン

・なにか抜いてほしい食材があれば入力してください

・今持っている食材を入力してください(複数入力可)

・好きな食材を入力してください(複数入力可)

[次へ](#)

[内容をリセットする](#)

[戻る](#)

図8 嗜好の選択画面

¹ “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)

多目的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、処理速度の向上に務める必要がある。

マルチスレッドとは1つのプロセスを細かいスレッドに分割して逐次的に処理する方式のことであり、マルチプロセスとは複数のプロセスを並行して処理を行う方式のことである。

本研究ではマルチスレッドとマルチプロセスによる並列処理を用いて処理の高速化を図る。

シングルスレッドの場合

CPU1	事前処理	処理A	処理B	処理C	事後処理
------	------	-----	-----	-----	------

マルチスレッドの場合

CPU1	事前処理	処理待ち				事後処理
CPU2						
CPU3						
CPU4						

マルチプロセスの場合

CPU1	事前処理	処理待ち	事後処理
CPU2		処理A	
CPU3		処理B	
CPU4		処理C	

図9 マルチスレッドとマルチプロセス

- 1 レシピサイトからスクレイピングによるレシピデータを作成
- 2 身体情報, 入れたい食材, 除きたい食材を入力
- 3 入力情報から新しいレシピデータベースを作成
- 4 NSGA-II により献立を作成する
- 5 パレート解から献立を選択
- 6 献立の出力

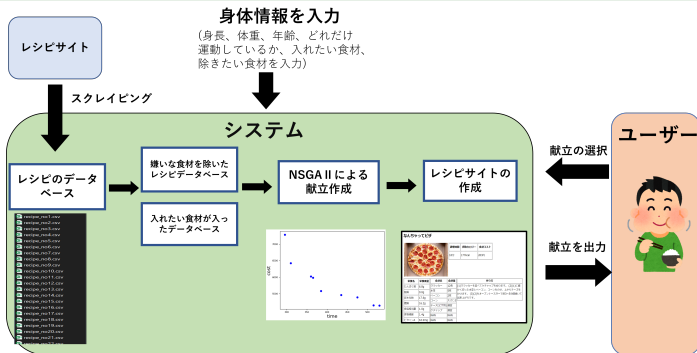


図10 提案システムの流れ

はじめに

自動献立作成の概要

制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

おわりに

数値実験の概要

13/17

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，本研究で用いる各栄養素およびエネルギーを求める式を示す．

表1 レシピデータの例

レシピの名前	主菜フラグ	調理時間	摂取カロリー・材料名	材料量	栄養素名	栄養量	コスト	朝食
うずら卵の蒸し物	0	45	170 (ひき肉蒸し)	たんぱく質	11.5g	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・うずら卵8個	炭水化物	6.2g	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・生しいち8枚	糖質	5.1g	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・片栗粉 少々	脂質	9.7g	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・鶏ひき肉100g	食塩相当量	1.2g	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・酒 大さじ2	食物繊維	1.1g	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・卵白 少々	ビタミンA	160μg	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・塩 少々	ビタミンB	0.13mg	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・こしょう少々	ビタミンB	0.44mg	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・うま味調味料少々	ビタミンB	0.27mg	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 (れんげ蒸し)	ビタミンB	2.2μg	241	0	
うずら卵の蒸し物	0	45	170 ・うずら卵8個	ビタミンC	4mg	241	0	

表2 食材価格データの例

食材名	値段	販売単位
コシヒカリ	2195円	5 k g
お米	2062円	5 k g
もち米	568円	1 k g
鶏肉	134円	1 0 0 g
レバー	147円	1 0 0 g
ハム	196円	1 0 0 g
ソーセージ	179円	1 0 0 g

厚生労働省「日本人の食事摂取基準」
2023年度版より

<基礎代謝量>

基礎代謝量(kcal/日)

=基礎代謝基準値×体重(kg)

<必要推定エネルギー量>

必要推定エネルギー量(kcal/日)

=基礎代謝量×身体活動レベル指数

<必要たんぱく質>

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

<必要脂質>

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

<必要炭水化物>

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

性別	男性		
	基礎代謝基準値 (kcal/kg体重/日)	参照体重 (kg)	基礎代謝量 (kcal/日)
年齢			
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

はじめに

自動献立作成の概要

制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

おわりに

数値実験の結果 1/3

14/17

身長を 172cm, 体重を 65kg, 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, 献立作成を行った結果を示す。

表3 出力されたレシピ

	出力されたレシピ
朝	ツナトーストパン
	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
	ホットブレッドサラダ

表4 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	

・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
できていることが分かる。

図11 出力されたレシピの例

同様な身体情報に加え、入りたい食材を「豚肉」として献立作成を行った結果を示す。

表6 出力されたレシピ

	出力されたレシピ
朝	和風オムレツ
	そぼろ丼
昼	蒸しなすと豚肉の冷しゃぶ梅ごまだれ
	バラカッパ
	高菜雑炊
夕	キャベツと豚の胡麻和え
	肉巻きカボチャ

表7 パラメータ

献立のパラメータ	
摂取カロリー	2731
たんぱく質	93.6
脂質	62.3
炭水化物	262.1
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)	55

表8 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

蒸しなすと豚肉の冷しゃぶ梅ごまだれ



調理時間	摂取カロリー	食材コスト
15分	302kcal	427円

栄養名	栄養量	食材名	食材量	作り方
たんぱく質	19.5g	なす	3本	(1)鍋に水を入れて加熱し、小さなあぶくが鍋底から浮き上がる程度の沸かし具合にします。(2)豚肉を1枚ずつ広げて鍋に入れ、ゆっくりゆすって色が白く変わるまで加熱します。色が変わったらすくに水に入れて冷やします。水がだてと温度差がありすぎて豚肉がかたくなるため、常溫の水で行います。豚肉の温度が少し下がるまで水につけておきます。(3)
脂質	17.9g	豚肉	150g	
炭水化物	15.8g	かいもつれ菜	40g	
糖質	10.3g	梅干し	2個	
		ごまだレッシング(市販)	1/4カップ	

制約条件を満たしながら入力された食材が入った献立が含まれていることがわかる。

図12 出力されたレシピの例

はじめに

自動献立作成の概要

制約条件を考慮できる多目的遺伝的アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

おわりに

並列分散の結果

マルチスレッドにおいてスレッド数を 2, 4, 8 で行い、マルチプロセスにおいてプロセス数を 2, 4, 8 で行った時の処理時間の結果を示す。

表9 並列処理の結果

通常の処理	1回目	2回目	3回目	平均
	5時間46分35秒	5時間38分28秒	5時間41分05秒	5時間42分03秒
マルチスレッド	1回目	2回目	3回目	平均
スレッド数2	5時間32分04秒	5時間21分43秒	5時間26分57秒	5時間26分55秒
スレッド数4	5時間16分12秒	5時間16分37秒	5時間16分13秒	5時間16分21秒
スレッド数8	5時間15分42秒	5時間13分37秒	5時間09分13秒	5時間12分51秒
マルチプロセス	1回目	2回目	3回目	平均
プロセス数2	4時間42分22秒	4時間40分17秒	4時間35分53秒	4時間39分31秒
プロセス数4	4時間09分02秒	4時間06分57秒	4時間02分33秒	4時間06分11秒
プロセス数8	3時間40分42秒	3時間39分37秒	3時間35分53秒	3時間37分51秒

はじめに

自動献立作成の
概要

制約条件を考慮で
きる多目的遺伝的
アルゴリズム

余剰食材および嗜好を考慮したデータの選別と並列処理によるシステムの実用化

提案手法

数値実験

おわりに

まとめ

本研究では、Web上のレシピデータを活用した、個人の嗜好を考慮した自動献立システムの開発と提案をした。

- ・今ユーザが持っている食材が含まれた献立を出力できるようにした
- ・システムの有効性を示した
- ・最適化処理の部分について、並列処理を行い処理速度の向上を試みた

今後の課題

- ・並列処理を行っても処理時間に3時間以上かかってしまうため、ほかに処理速度を早くするための工夫を加える。
- ・食材の使用分量を考慮した出力
- ・別の手法を用いた献立の出力
- ・実用化には遠いので改良が必要