

# 卒業論文

## 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の並列分散処理

Automatic Tuning of Strategies  
for Multi-Objective Utility Maximization  
in High Frequency Data

富山県立大学 工学部 電子・情報工学科  
1815008 安藤 祐斗  
指導教員 Antonio Oliverira Nzinga Rene 講師  
提出年月: 令和4年2月



# 目 次

図一覧	ii
表一覧	iii
記号一覧	iv
<b>第1章 はじめに</b>	<b>1</b>
§ 1.1 本研究の背景	1
§ 1.2 本研究の目的	1
§ 1.3 本論文の概要	1
<b>第2章 自動献立作成の概要</b>	<b>3</b>
§ 2.1 自動献立作成支援システムの概要	3
§ 2.2 Web 上のレシピデータを活用	3
§ 2.3 多目的最適化による自動献立作成	4
<b>第3章 制約条件を考慮できる多目的 GA</b>	<b>5</b>
§ 3.1 多目的最適化とパレート最適解	5
§ 3.2 遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化	5
§ 3.3 並列分散処理による解法	6
<b>第4章 提案手法</b>	<b>8</b>
§ 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	8
§ 4.2 対話による最適な献立の提示	8
§ 4.3 提案システムの構成	8
<b>第5章 数値実験並びに考察</b>	<b>11</b>
§ 5.1 数値実験の概要	11
§ 5.2 実験結果と考察	11
<b>第6章 おわりに</b>	<b>12</b>
<b>謝辞</b>	<b>13</b>
<b>参考文献</b>	<b>14</b>

## 圖一覽

## 4.1 提案手法の流れ . . . . . 9

# 表一覽

# 記号一覧

以下に本論文において用いられる用語と記号の対応表を示す。

用語	記号
インジケーターの計算に使用する期間	$n, N, m,$
時刻 $t$ の終値	$p_t$
標準偏差	$\sigma$
ボリンジャーバンドのレート	$p$
ボリンジャーバンドの期間中のレート	$\bar{p}$
過去 $m$ 日間の最高値	$p_{max}^m$
過去 $m$ 日間の最安値	$p_{min}^m$
$2^n$ 直交表に割付けられた主効果と交互作用の効果	$\theta'$
$s$ 番目の効果	$\theta_s$
実数	$\mathbf{R}$
線形模型	$\mathbf{Y}$
計画行列	$\mathbf{A}$
零ベクトル	$\mathbf{0}$
$\mathbf{A}$ の $i$ 番目の列ベクトル	$\mathbf{A}_i$
誤差ベクトル	$\epsilon$
単位行列	$\mathbf{I}$
帰無仮説	$H_0^{(i)}$
未知母数の推定値	$\hat{\theta}$
$k$ 番目の支店の効率性	$\eta_k$
$k$ 番目の支店に対する変数	$\lambda_k$
$k$ 番目の支店の $m$ 番目の入力データ	$x_{km}$
$k$ 番目の支店の $n$ 番目の出力データ	$y_k$ ん

## はじめに

### § 1.1 本研究の背景

現在、学校給食や病院食の現場では、学生や患者に必要な栄養のことを考え、様々な食材の組み合わせからなる献立を作成している。また、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。その要因には、偏った栄養による食生活や運動不足、飲酒、喫煙などが挙げられる。これを防ぐためには、過度な喫煙や飲酒を控えることや、栄養バランスの良い献立の作成することが重要視されている。また、生活習慣病以外にも、食欲不振や目の疲れ、肩こり、夏バテなどの体の不調に効果的な食事があるように、栄養学の見地から様々な研究がされている。

### § 1.2 本研究の目的

栄養バランスの取れた献立を作成するには、膨大なメニューの組み合わせや、栄養価の煩雑な計算を考慮する必要があり、献立を考える時間がそもそも無かったり、自分で献立を考えること自体が面倒だと考える人は少なくない。また、複数のデータを扱った献立作成の最適化には、膨大な時間がかかる可能性があるため現場で使うことは現実的ではないと考える。そこで本研究では、最適化によって献立作成を自動的に行い、それを並列処理することによって実行速度の向上を図る。

### § 1.3 本論文の概要

本論文は次のように構成される。

**第1章 本研究の背景と目的について説明する。** 背景では栄養バランスの撮れた献立を作成することの難しさと、自動で献立を作成することの重要性、並列分散処理による実行速度向上の意義について示す。目的は多目的遺伝的アルゴリズムによる最適な自動献立作成の並列分散処理について提案することを述べる。

**第2章 多目的最適化による自動献立作成システムの概要と、Web上のデータを活用した例について説明する。**

**第3章** 多目的最適化と、GA を応用した多目的GA の仕組みを説明する。また、並列分散処理に関する用語と手法についてまとめる。

**第4章** 提案手法中のユーザーの情報と作成したい献立の条件を入力する部分と、NSGA-Iによる多目的最適化によって最適な献立を対話型で出力する部分と、最適化の並列分散処理について説明する。

その後、本研究の提案手法の流れについて述べる

**第5章** 提案手法に基づいて自動献立作成システムを構築して、実際に献立の作成を行った結果を示す。そして、本研究の提案手法によって得られた結果が有意であることを示す。

**第6章** 本研究で述べている提案手法をまとめて説明する。また、今後の課題について述べる。



## 自動献立作成の概要

### § 2.1 自動献立作成支援システムの概要

自動献立作成支援システムとは、システムを利用するユーザーにとって最適な献立を、自動で生成することができるシステムである。

献立の作成にコンピュータを利用する場合、食材や料理の選定は人が行い、栄養価の計算や献立によって得られる栄養素をダイヤグラムに表したものや表示などにコンピュータを用いる場合が存在する。

次に、献立そのものをコンピュータによって求める、自動作成については、どの程度の栄養を献立から摂取したいかといった栄養量を制約条件とし、献立にかかる費用の最小化を目的関数とした単目的最適化による線形計画法を利用した研究やが存在する。

これまでに、ある料理メニューを献立に加えるか加えないかを整数計画問題で表現し、組み合わせ最適化による料理にかかる費用や調理時間などの最小化を目的とした研究や、特定の目的関数を設定することなく、ユーザーとの対話型処理によって献立を作成していく研究などが存在する。

また、献立作成ソフトウェアの種類としては、コンピュータ上で動作するWebアプリケーションや、スマートフォンやiPhoneなどの携帯端末上で献立作成が行えるアプリケーションなどが存在する。

本研究で提案する自動献立作成システムの比較対象として、携帯端末上で動作する献立作成アプリケーションの一つである「menew」

本研究では、作成された献立の栄養バランスが取れていること、カロリーがユーザーの基礎代謝量を大きく上回らず、下回らないこと、一週間などの期間で作成された献立に含まれる料理が被っていないかどうか、ユーザーのアレルギーを含む料理が献立に選択されていないか、調理時間と料理の材料コストが最小のものが選ばれているかどうか、といった要素が考慮され作成された献立は、ユーザーにとって最適な献立であると考える。

### § 2.2 Web上のレシピデータを活用

現在、cookpad やクラシル、DELISH KITCHEN、ボブとアンジーなどの料理レシピサイトと呼ばれるサイトが多数存在する。これらのサイトには、料理名、料理のイメージ画像、和食や洋食、主菜や副菜などの料理ジャンル、汁物や丂もの、鍋料理などの料理タイプ、必要な材料名とその材料数、料理工程、摂取カロリー、調理時間、得られるすべての

栄養素などの情報がレシピページに掲載されている。

また、生鮮食品や加工食品、畜産品などの所品の最低販売単位での価格動向を前月や前年同月と比較した情報を提供しているサイトが存在している。

本研究では、レシピサイトである「ボブとアンジー」からレシピ情報を、食品価格動向を調査しているWebサイトから食材とその価格をスクレイピングし、データベースに蓄積し、献立作成の最適化に活用する[1, 2]。レシピサイトと食品価格サイトからのスクレイピングによって得られるデータの流れを図1に示す。

### § 2.3 多目的最適化による自動献立作成

多目的最適化とは、「制約条件のもと、複数の選択肢を組み合わせて何か結果を出すとき、その結果（目的関数）を最小、もしくは最大にすること」であり、メリットとして自動化による結果が出るまでの労力、作業時間が削減されることや、現実的ではない時間がかかる答えを導くことができる事が挙げられ、献立作成にも活用されている。

献立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、特定の栄養素を最低でもどのくらい取得するか、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、材料コストの最小化などが挙げられる。

既存の献立作成の最適化方法は、栄養摂取量を制約条件として、費用最小化を目的関数とした、線形計画法の利用による手法や、既存の単品料理を献立に加えるか加えないかを整数計画問題で表し、費用、調理時間の最小化を目的とした手法が存在する。



## 制約条件を考慮できる多目的GA

### § 3.1 多目的最適化とパレート最適解

多目的最適化とは、ある制約条件のもと、トレードオフの関係にある複数の目的関数を最大化、あるいは最小化する最適化法である。多目的最適化問題は、工学や産業、経済などのあらゆる分野において関係する概念であり、我々が生活する中で大きな影響を与えていている。

しかしながら、複数の目的関数が互いに相反するトレードオフの関係である場合に、一方の目的関数の最小化あるいは最大化が、他方の目的関数の最小または最大化に悪い影響を及ぼすため、単一目的の最適化問題とは異なり、複数の目的関数をすべて満たすような一つの最適解を得ることは困難である。

そのため、多目的最適化での探索では、パレート最適解と呼ばれる概念を導入する必要がある。パレート最適解とは、ある目的関数を満たそうとしたときに他の目的関数が犠牲になり満たされなくなってしまう解のことである。パレート最適解は一般的には一つにとどまらず複数存在するため、集合である。

これらの複数のパレート最適解を、目的関数空間にプロットしたときに形成される曲線は、パレート最適フロントと呼ばれている。実際にはこの中から解を選択することになる。

### § 3.2 遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化

遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) とは、1975年に、ミシガン大学の John Holland が提案した近似解を探索するためのメタヒューリスティックアルゴリズムである。メタヒューリスティクスアルゴリズムとは、特定の問題だけに限らず、どんな問題に対しても汎用的に対応できるように設計された、アルゴリズムの基本的な枠組みのことである。

GA は、データ（解の候補）を遺伝子で表した「個体」を複数用意し、適応度関数によって計算された適応度の高い個体を優先して選択し、生命の進化過程である交叉、突然変異や淘汰などの操作を繰り返し行うことで最適な解の探索をする。

GA の基本的な流れを以下に示し、各ステップの説明をする。

1. ランダムで複数の個体を生成する
2. 各個体それぞれの適応度を計算する
3. 「選択」、「交叉」、「突然変異」の操作により次世代の個体を生成
4. 世代交代を行う

## 5. 最終世代で一番高い適応度を持つ個体が解となる

最初に一世代目の個体をランダムに生成する。このとき、個体の各遺伝子（パラメータ）はランダムに設定がされている。

次に、その世代のすべての個体の適応度を計算する。適応度とは、初期に生成した個体が環境にどれだけ適応できているかを評価する値である。一般にGAでは、適応度関数は最大化、または最小化の形で定義されることが多い。

### 選択

選択とは、新しい世代を生み出す際の遺伝子操作の一つであり、適応度によって次の世代の母集団を作成する。適応度の高い個体ほど多くの子どもを生むように選択を行う。選択の方法として、ルーレット選択、トーナメント選択、ランキング選択、エリート選択があるが、どの方法も、生き残る個体を絞り込み、母集団を最適解に収束させる役割を持っている。

### ルーレット選択

### 交叉

交叉とは、生物が交配によって子孫を残すことをモデル化したものである。基本的には選択によって選ばれた個体に対して、ある交叉位置における双方の染色体の一部ずつを組み換え、新しい個体の染色体を作成する遺伝子操作である。

### 突然変異

突然変異とは、ある一定の確率で、個体の染色体上の遺伝子を別の遺伝子に置き換える操作である。交叉によって生成される個体は、その親遺伝子に依存した限られた範囲の個体であるため、突然変異は個体群の多様性を維持する役割を担っているといえる。

突然変異の操作の後、適応度関数によって各個体の適応度を求め、上記の選択、交叉、突然変異の過程を繰り返すことで、世代を交代しながら最適な解を探索する。世代交代の過程で最適解が得られたと判断された場合や、世代交代数を設定しておき、最終世代数に達したときに生き残っていた個体集団の中で、もっとも高い適応度の個体を最適解と見なす場合にGAは終了する。

## § 3.3 並列分散処理による解法

現在の情報社会では、社会や経済の問題解決や、業務を支援したり付加価値向上を行うために用いる、ビッグデータを扱うために様々なアルゴリズムやアプリケーションによって、

人，プロセス，システム，組織などに関するデータは年中収集され，膨大な量のデータが生成されている。

しかし，問題となるのは，この膨大な量のデータを高速かつ効率的に処理する方法である。並列分散処理とは，複数台のコンピュータを用いて複数のCPUや，メモリを使うことで一つの計算処理を行うことである。メリットは，1台のコンピューターで実行するよりも素早く結果を得られること，1台では困難な大規模な処理を実現できる性能の向上が挙げられる。

とあるタスクをどう分散させ，どう実行するか，複数のコンピュータによる処理結果はどう一つの結果にまとめたらよいか，などの問題があり，導入は容易ではなかったが，HadoopやApache Sparkなどの並列分散ソフトウェアが台頭したことによって並列分散処理の利用に対する敷居は低くなりつつある。



## 提案手法

### § 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

本研究では、献立に含まれる料理の調理時間の最小化と、その料理に必要な材料コストの最小化を目的関数として多目的最適化を行い、二つの目的関数の最小化に基づいたパレート最適な解（レシピ）を出力し、それらのレシピから組み合わされた献立を作成する。

本研究で提案する自動献立作成システムにおける多目的最適化の定式化を図に表す。

NSGA による多目的最適化によって出力された献立は、材料コストと調理時間が最小化され、摂取栄養量やカロリー、主菜と副菜の数制限などの制約条件によって制約された料理レシピ群は、パレート最適な集合として表される。

### § 4.2 対話による最適な献立の提示

対話型とは、ソフトウェアやシステム、機械などが、その利用者と相互に会話をするように作用することを意味する語である。対話型で処理を行うソフトウェアやシステムの具体例としては、利用者が次に選択したいものをディスプレイ上の音声や画像、動画などの形で提示することや、操作する利用者の意図を汲み取り、それに対して反応を返したりすることなどが挙げられる。

本研究では、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。

### § 4.3 提案システムの構成

最後に、本研究で提案したシステムである、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の並列分散処理についてまとめる（図 4.1 参照）。

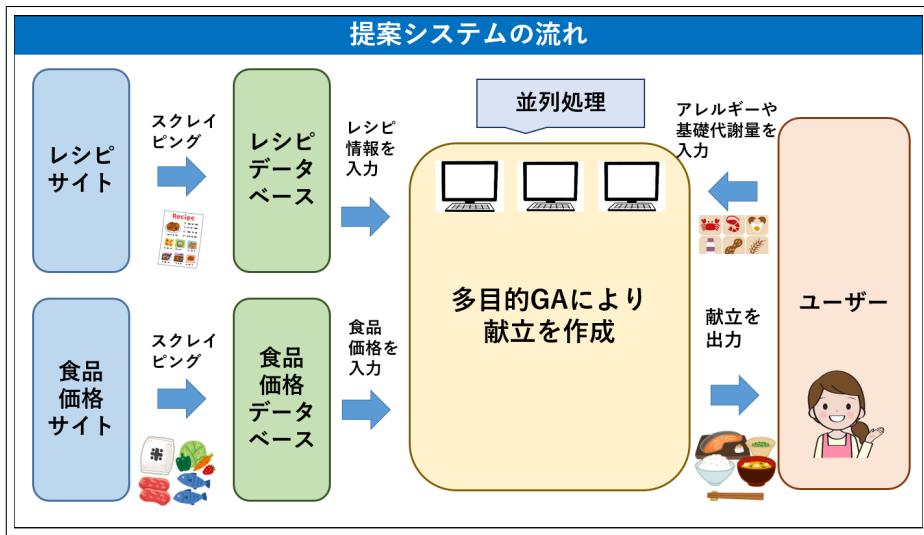


図 4.1: 提案手法の流れ

— [Step1] ユーザー情報と作成したい献立の条件の入力 —

システムを利用するユーザー自身の、身長と体重、年齢、性別、アレルギー情報をシステムのインターフェース上に入力する。また、摂取したい栄養素とその量や、カロリーの制限なども作成したい献立の条件として入力する。

ユーザーに入力されたアレルギー情報から、そのアレルギーを含んでいるレシピを、最適化を行う前にデータベースから除外する。献立作成の条件として入力された、摂取したい栄養量やカロリー量は多目的最適化の制約条件に加えられ、それらの条件を考慮した献立を作成するようにする。

— [Step2] NSGA-II による多目的最適化と最適な献立の出力 —

献立作成を、レシピデータ群から制約条件と目的関数に沿った料理レシピを選択する、組み合わせ最適化問題と捉え、料理レシピサイト「ボブとアンジー」と、食材とその価格を載せているサイト「小売物価統計調査による価格推移」からスクレイピングしたレシピデータと食材価格データのデータベースと、ユーザーによって入力された身長と体重、年齢、性別から計算された基礎代謝量とアレルギー情報を用いて、最適化問題を NSGA-II によって解き、パレート最適な献立を出力する。

目的関数には調理時間の最小化、使用する材料のコストの最小化が与えられ、制約条件には、接種栄養量、摂取カロリー、調理時間による朝、昼、夜の判別、献立に含まれる主菜と副菜の数、1週間で料理が被らないようにする条件が与えられる。

— [Step3] 献立作成における最適化の並列分散処理 —

献立作成の多目的最適化を NSGA-II によって解く際に、並列分散処理を行うことでプログラム実行時間の高速化を図る。

[Step4] 対話型処理による献立の選択

多目的最適化によって得られたパレート最適な献立から、ユーザー自身が献立を選択できるような対話型処理を行う。

## 数値実験並びに考察

### § 5.1 数値実験の概要

本研究では、4.3章で説明したように、ユーザー情報と作成したい献立の条件の入力、NSGA-IIによる多目的最適化と最適な献立の出力、献立作成における最適化の並列分散処理、対話型処理による献立の選択の5つの工程がある。

### § 5.2 実験結果と考察

## おわりに

近年増加する生活習慣病を予防する一つの方法として、栄養バランスのとれた食事をとることが推奨されている。最適な献立作成には、煩雑な栄養価計算やメニューの組み合わせなどから発生する難しさを含んでいる。また、献立作成は学校や病院などの現場で実際に行われているため、ユーザーそれぞれに合った最適解は実時間で解かなければならない。

これらを解決するために、本研究では、Web サイトから得られるレシピ情報や食材価格を活用し、制約条件を考慮できる多目的 PSO によって最適化された献立を自動で作成することにより、煩雑な計算の手間をなくし、また、並列分散処理を行うことで、最適解を得る時間が削減できるシステムを提案する。



# 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大なご指導と終始懇切丁寧なご鞭撻を賜った富山県立大学電子・情報工学科情報基盤工学講座の奥原浩之教授, António Oliveira Nzinga René 講師に深甚な謝意を表します。最後になりましたが、多大な協力をしていただいた研究室の同輩諸氏に感謝致します。

2022年2月

安藤 祐斗



## 参考文献

- [1] “LTCM から得る教訓の重要性 - 銀行員のための教科書”, <https://www.financelpensionrealestate.work/entry/2017/09/03/111854>, 閲覧日 2020.12.25.
- [2] 馬田哲次, “円安が経済に与える影響”, 山口経済学雑誌, Vol. 62, No. 1, pp. 1–13, 2013.
- [3] 片寄諒亮, 吉岡真治. “複数のテクニカル指標を用いた市場動向の予測”. 人工知能学会全国大会論文集 第34回全国大会 (2020), pp. 3Rin412–3Rin412. 一般社団法人 人工知能学会, 2020.
- [4] 長尾将宏, 長尾智晴ほか, “ファンダメンタル分析とテクニカル分析を組み合わせた投資戦略の提案”, 第77回全国大会講演論文集, Vol. 2015, No. 1, pp. 417–418, 2015.
- [5] “FX初心者は必見! FXの始め方からトレードのやり方まで基礎を解説”, <https://www.randcins.jp/media/fx/beginner/>, 閲覧日 2020.12.25.
- [6] 徳岡聖二, 田中美栄子ほか, “進化計算による tick 價格変動のトレンド予測”, 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM), Vol. 48, No. SIG19 (TOM19), pp. 68–74, 2007.
- [7] 馬場則夫, 西田将人, 甲斐良隆, “ニューラルネットを活用した従来型テクニカル分析手法改善の試み”, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 126, No. 11, pp. 1324–1331, 2006.
- [8] “【FX用語】バックテストとは? 言葉の意味とその重要性について”, <https://fx-square.com/backtest/>, 閲覧日 2020.12.25.
- [9] “MT5（メタトレーダー5）のバックテストの方法 — OANDA FX/CFD Lab-education（オアンダ ラボ）”, [https://www.oanda.jp/lab-education/blog\\_mt5/auto\\_trading/mt5backtest/](https://www.oanda.jp/lab-education/blog_mt5/auto_trading/mt5backtest/), 閲覧日 2020.12.25.
- [10] 平林明憲. “遺伝的アルゴリズムによる外国為替取引手法の最適化”. 人工知能学会全国大会論文集 第22回全国大会 (2008), pp. 282–282. 一般社団法人 人工知能学会, 2008.
- [11] 金井喜美雄, “ロバスト適応制御入門”. オーム社, 1989.
- [12] 木村英紀, “ロバスト制御”, 計測と制御, Vol. 22, No. 1, pp. 50–52, 1983.
- [13] 立林和夫, “実験計画法・タグチメソッドの活用”, 応用統計学, Vol. 42, No. 3, pp. 161–171, 2013.
- [14] 川岸裕之, 工藤一彦, “直交表による大域的最適解探索手法の開発”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 72, No. 720, pp. 2344–2351, 2006.

- [15] 岩崎学, “統計的データ解析入門 実験計画法”. 東京図書株式会社, 2006.
- [16] 渕上美喜, 上田和明, 近藤宏, 高橋玲子, “Excel で学ぶ営業・企画・マーケティングのための実験計画法”. オーム社, 2006.
- [17] “Python 用 MetaTrader - 統合 - MQL5 リファレンス - MetaTrader 5 のためのアルゴリズムの/自動化されたトレーディング言語のリファレンス”, [https://www.mql5.com/ja/docs/integration/python\\_metatrader5](https://www.mql5.com/ja/docs/integration/python_metatrader5), 閲覧日 2020.12.25.
- [18] Abraham Charnes, William W Cooper, and Edwardo Rhodes, “Measuring the efficiency of decision making units”, *European journal of operational research*, Vol. 2, No. 6, pp. 429–444, 1978.
- [19] 刀根薰, “包絡分析法 dea”, 日本ファジィ学会誌, Vol. 8, No. 1, pp. 11–14, 1996.
- [20] 杉山学, “データ包絡分析法による JR と大手私鉄の事業活動効率比較”, 群馬大学社会情報学部研究論集, Vol. 24, pp. 33–53, 2017.