

小嶋君 レター構想補足

横河電機 熊谷渉

2022年12月2日

本資料の目的

- 小嶋君のレター構想をサポートする、特にストーリーの可能性についてまとめた資料である。
- 構成やタイトルの議論の前に、アルゴリズムと数値実験結果を踏まえて、ストーリーの可能性を整理する必要がある。
 - ストーリーに応じて、構成やタイトル、比較手法の妥当性などが決まってくる
 - 学会発表は申込と原稿投稿に時間差があるため、そのときの可能性だけで暫定のタイトル案をざっくり決めた後、原稿執筆をしても良い
 - 一方、投稿論文は原稿投稿するまで構成やタイトルは変更できるため、ストーリーを優先的に決める必要がある

フォーカスしている領域

レターでフォーカスを当てている問題と手法の領域は、下記の通りである。

問題クラス

有制約最適化

良スケール性

悪スケール性

多数制約

手法

制約対処法(CHT)

ペナルティ

分離

多目的最適化


パレートランキング

問題分割(MOEA/D)

重み調整法

悪スケール性対処法

 先行研究の領域

 提案手法の領域

大前提の背景

- メタヒューリスティクスは無制約最適化のアルゴリズム群だが、制約対処法（CHT）によって有制約最適化に拡張することが可能である。
- 近年のCHTとしては、単一目的の問題を、目的関数と制約条件を違反した量（制約違反量）の2目的の問題として解く多目的最適化アプローチが知られている。
- 中でも、MOEA/Dのような問題分割ベースのCHTは、重み調整を活用することで、実行可能領域への収束性が高いことが利点である。
- しかしながら、目的関数と制約違反量のスケール差が大きい（悪スケール性）とき、問題を均一に分割できず、探索性能が悪化する。
- そこで本稿では、悪スケール性への対処が可能なMOEA/DベースのCHTを基礎的に検討する。

提案手法の説明

- 「正規化に用いる基準点の更新を、実行可能解を得たタイミングで辞める」は正しいが、論文におけるアイディアの書き方としては魅力的でない。
- きっかけはジャストアイディアでも、深掘りや俯瞰することで、魅力的な書き方にできる。
 - なぜ基準点の更新に注目したのか、なぜ更新を途中でやめるのか、なぜ実行可能となるタイミングなのか
 - 恐らく、アイディアの「目的・戦略」があったはず。

例)

個体群が制約境界から遠い

(f,v) のスケール差が大きいと判断

スケールになるべく適応させた重み調整がしたい

基準点に、現在の個体群の情報を反映したほうが良い

個体群が制約境界に十分近い

(f,v) のスケール差が小さいと判断

基準点は十分スケールに適応できている

探索がさらに進むと、基準点の微小な変化でも、
個体群が受ける正規化の影響が過大になる

暫定の基準点を使ったほうが良い

ストーリーの方向性

レターでは、どの部分を提案として捉えるのかによって、ストーリーが変わる。

① 先行研究のMOEA/DベースCHTの改良

- 先行研究のCHT（安田君レター）に注目して、悪スケール性に対処できるように改良する。
- つまり、悪スケール性に対処可能な重み調整付きMOEA/Dの提案となる。
- その性能検証のために、既存のCHTと比較する。

問題分割(MOEA/D)

重み調整法

悪スケール性対処法

左をまとめて提案
手法として定める

② MOEA/DベースCHTのための正規化法の提案

- MOEA/DベースCHTに汎用的に有効な正規化法の提案となる。
- その実装事例として、先行研究のCHT（安田君レター）に導入して実験する。
- その性能検証のために、正規化無し・他の正規化法と比較する。

問題分割(MOEA/D)

重み調整法

悪スケール性対処法

正規化法のアイデアを
提案部分として定める

ストーリー①案

1章 背景

- 著者らは適応的重み調整則を有するMOEA/DベースのCHTを提案した[1]が、悪スケール性に対処する工夫が無い。
- そこで本稿では、悪スケール性を考慮した重み調整則を有するMOEA/DベースのCHTを提案する。

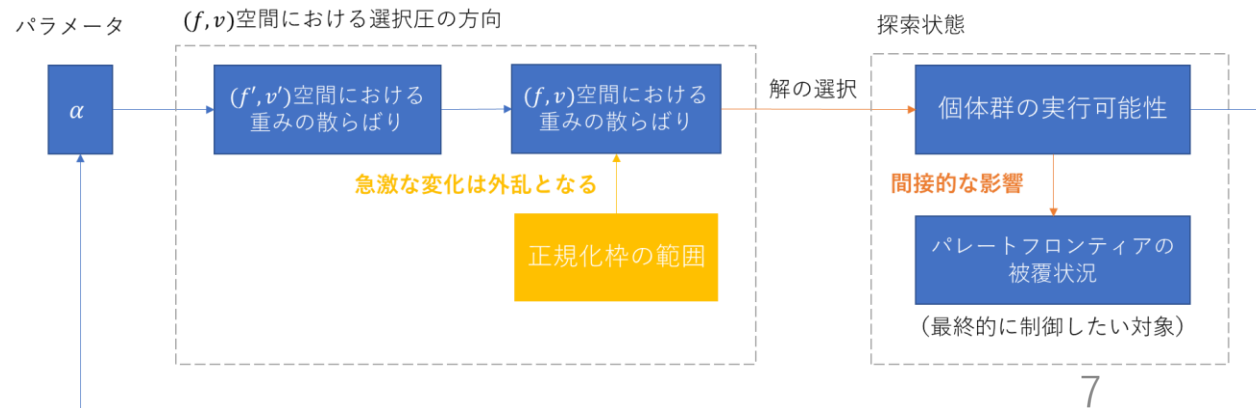
2章 正規化法との親和性の分析？

- 著者らの方法[1]は、制約境界付近を効率的に探索するように、 (f,v) 空間上の各個体の重みを適応的に微調整する。
- 探索過程で (f,v) 空間における基準点を算出し、個体群を正規化することは、悪スケール性に有効だと考えられる。
- 例えば、先行研究[2]で使用されている正規化法も、個体群情報から世代毎に基準点を更新し、min-maxスケーリングする。
- しかし、著者らの方法にこの正規化法を適用すると、各世代の基準点の微小な変動でも、正規化の影響が過大となり、 (f,v) 空間における選択圧の方向が安定しないため、適切な重みに調整できなくなる。
- よって、この正規化法は著者らの手法との親和性が低く、重み調整とのバランスを考慮する必要がある。

[1]：安田君レター
[2]：MOEA/D-DE

3章 提案手法

- 本稿では、悪スケール性に対処するための正規化法を導入したMOEA/DベースのCHTを提案する。
- 提案手法は、著者らの手法[1]で、基準点に基づいて個体群を正規化を適用したMOEA/Dだが、 (f,v) のスケール差に応じて基準点の更新方法を工夫する。
- 具体的には、個体群が制約境界から遠い場合は (f,v) のスケール差が大きいと判断し、2章の通り各世代で基準点を更新し、個体群が制約境界に十分近い場合は、暫定の基準点を用いる。
- 本稿では、最良解が実行可能となったときに、個体群が制約境界に十分近い状態と判断し、それ以外は遠い状態と判断する。
- よって、提案手法は、探索過程でスケールに応じた適切な重み調整が働くため、悪スケール性の影響を緩和することが期待される。



ストーリー②案

1章 背景

- 悪スケール性に対処可能なMOEA/DベースのCHTのための正規化法を提案する。

2章 正規化法との親和性の分析？

- MOEA/DベースのCHTは、 (f,v) 空間を各個体の重みに応じて分割し、スカラ化関数に基づく選択圧によって個体群をパレートフロンティアに一様に収束させる。
- さらに、探索過程で重みを調整することで、実行可能領域への収束性や探索効率を高められるが、スカラ化関数では (f,v) を均等に扱うため、悪スケール性に対処できない。
- この対処法として、探索過程で (f,v) 空間における基準点を算出し、個体群を正規化することは有効だと考えられる。
- 例えば、先行研究[1]で使用されている正規化法は、 (f,v) 空間の個体群情報から世代毎に基準点を更新し、min-maxスケーリングする。
- しかし、 (f,v) 空間内に生じる選択圧の方向は、重みと正規化の両方で決まるが、探索過程で正規化の影響が過大になると安定しなくなり、実行可能領域への収束性を失う。
- よって、MOEA/DベースCHTに適用する正規化法は、実行可能領域への収束性や探索効率を失わない範囲で、悪スケール性を緩和させることが必要である。

[1]：MOEA/D-DE、[2]：安田君レター

3章 提案手法

- 本稿では、MOEA/DベースのCHTのための正規化法を提案する。
- 提案手法は、基準点を用いて個体群を正規化するが、 (f,v) のスケール差に応じて、基準点の更新方法を工夫する。
- 具体的には、個体群が制約境界から遠い場合は (f,v) のスケール差が大きいと判断し、2章の通り各世代で基準点を更新し、個体群が制約境界に十分近い場合は、暫定の基準点を用いる。
- 本稿では、最良解が実行可能となったときに、個体群が制約境界に十分近い状態と判断し、それ以外は遠い状態と判断する。
- よって、提案手法は、探索過程のスケール差に応じて、適切な基準点に基づく正規化が適用されるため、実行可能領域への収束性を失わずに悪スケール性にも対処することが期待できる。
- 本稿の数値実験検証は、上記の正規化法を、著者らがこれまでに提案した、適応的重み調整則を有するMOEA/DベースのCHT[2]に導入・実装して行う。

