

## 共生進化における解探索過程の可視化

大谷 紀子 研究室

1772048 佐藤 友暉

### 1. 背景と目的

現在、大谷研究室では、共生進化に基づいて楽曲を自動生成するシステムの研究が進められている。本システムを本学の学園祭や他大学で展示すると、来場者の多くは楽曲の作曲方法に興味を示す。説明員は共生進化の仕組みや処理手順を来場者に解説するが、共生進化のイメージを具体的に伝えることは難しい。

また、2014年に津田は進化計算処理過程の可視化手法を提案<sup>[1]</sup>している。経路探索問題を対象とし、解候補の適応度の推移や解候補が示す経路をリアルタイムに出力する手法であり、共生進化に基づく処理にも適用している。しかし、2つの集団を並行して進化させるという共生進化の特徴の可視化はできていない。

本研究では、共生進化の理解の向上と学習支援を目的とし、フロイド問題を題材として共生進化の処理過程可視化システムを構築する。

### 2. 共生進化とフロイド問題

共生進化は、進化計算アルゴリズムの一種である。“複雑な問題は、単純な問題に分割することによって解決が容易になる”という統治分割法の考えに基づいて考案された手法であり、問題に対する解をいくつかの部分に分解し、部分の組み合わせによって解が構成されると考える。部分解を個体とする部分解集団と、部分解の組み合わせを個体とする全体解集団を保持し、2つの集団を並行して進化させる。1つの集団を進化させる遺伝的アルゴリズムよりも多様な解候補からの探索が可能である。共生進化の処理手順を以下に示す。

1. 部分解を表す個体を複数個生成し、初期世代の部分解集団とする。
2. 部分解の個体を組み合わせ、初期世代の全体解集団を生成する。
3. 全体解の適応度を算出し、全体解の適応度をもとに部分解の適応度を求める。
4. 部分解、全体解の順で次世代の個体を生成する。
5. 終了条件を満たすまで3~4を繰り返す。
6. 全体解集団で最も適応度の高い個体を出力する。

また、フロイド問題とは、Robert W.Floydにより提案された組み合わせ最適化問題の例題であり、 $\sqrt{1}$ から $\sqrt{50}$ までの50個の数を2つの集合に分けるときの、集合の要素の和が最も近くなるような2つの集合を10秒以内に求める問題である。

### 3. システム概要

本システムでは、フロイド問題を題材とし、共生進化で解を探索する過程を動的に表現する。100回世代交代を繰り返すことを終了条件とする。

システムにおいてユーザが閲覧できる画面は、タイトル画面、結果表示画面、解探索画面の3つである。タイトル画面では、共生進化の説明とフロイド問題の内容を見ることが出来る。結果表示画面では、解を探索した結果が表示される。表示内容は、世代交代数、集合Aの要素、集合Bの要素、実行時間、適応度の6つである。

解探索画面に遷移すると、結果を求めるに至った解探索の様子を見ることが出来る。図1に解探索画面を示す。解探索画面では、初めに初期世代



図 1: 解探索画面

の部分解, 全体解の個体がそれぞれ 100 個ずつ, 初期世代の最適解が表示される. 次に, 次世代生成の様子が表示される. 部分解集団では 2 点交叉, 全体解集団では 1 点交叉で次世代の個体を生成する. 2 点交叉および 1 点交叉とは, 個体群の中からランダムに選ばれた親 2 個体の遺伝子を交換することによって新たな個体を生成する手法である. 2 点交叉ではランダムに選んだ 2 つの交叉点の間の遺伝子を交換し, 1 点交叉ではランダムに選ばれた 1 つの交叉点から右側の遺伝子を交換して新たな個体を生成する. さらに, 第 2 世代の全体解集団と部分解集団が表示され, 第 1 世代から第 2 世代の次世代生成の表示が終了する. 以降は, ユーザーが任意の整数  $n$  を入力することで, 第  $n$  世代目の次世代生成の様子を見ることができる.

#### 4. 評価実験

進化計算アルゴリズムを知らない本学学生 8 名を被験者として評価実験を実施した. 被験者には, システムに搭載している共生進化の説明資料を使用して, 共生進化について説明したうえでシステムを使わせた. その後, 「共生進化について理解ができたか」や「共生進化に対するイメージはついたか」など, 合計 9 件の項目に 1~4 s 点の 4 段階で評価させた. また, 本システムに対して, 意見や感じたことなどを自由記述形式で回答させた. 得られた評価値の平均と標準偏差を表 1 に示す.

#### 5. 考察

評価実験の結果, すべての項目の平均値が中央値 2.50 以上であることから本システムの有用性を示すことができたといえる. また, 理解度とイ

表 1: 評価値の平均と標準偏差

評価項目	平均	標準偏差
理解度	3.25	0.66
イメージのしやすさ	3.25	0.66
説明資料のわかりやすさ	3.50	0.50
システムのわかりやすさ	2.75	0.43
解探索画面の満足度	2.62	0.48
システム全体のデザイン	2.75	0.83
本システムを活用しての共生進化の説明可否	2.50	0.70
総合評価	2.90	0.60

メージのしやすさについての平均値がどちらも 3.25 を示し, 「共生進化の仕組みをイメージできた」, 「理論を理解できた」といった意見が挙げられたことから, 本システムを使用することで, 本研究の目的である共生進化の理解の向上と学習支援が達成できたといえる.

一方で, 「事例が他にも欲しかった」や「万人にも分かる例えがあってもいいと思った」, 「素人にもわかるような説明を心掛けることをおすすめする」といった意見が挙げられている. その他, 「解探索画面を確認する際, 見る項目が多すぎてどこを見たらいいかわからない」や「赤と青の配色の影響で数字が見づらい」, 「アニメーションがスムーズでない」といった, システムのデザインの改善に関する意見が挙げられた.

今後の課題として, より初心者配慮し, 説明者が説明しやすいような資料を作成すること, 解探索画面の挙動とデザインを改善することが挙げられる. また, フロイド問題以外の最適化問題に共生進化を適用した解探索過程を可視化することで, よりユーザーの共生進化への興味と関心を引き立てることができ, 理解度とシステムの満足度の向上が期待できると考えられる.

#### 参考文献

- [1] 津田 杏実, “進化計算処理過程のリアルタイム可視化システム”, 東京都市大学卒業論文, 2014