

多階層有向グラフの自動配置に関する研究*

4 P - 3

嶋谷良人†

松田郁夫‡

日本工業大学§

1 はじめに

本研究は、多階層有向グラフの頂点配置順序決定問題の遺伝的アルゴリズム（以下 GA）による解決が目的である。

多階層有向グラフの自動配置問題は、大きく分類して2つの問題を含んでいる。頂点の相対的な位置を決定する配置順序決定問題と、頂点の描画座標を決定する配置座標決定問題である。本研究では、配置順序決定問題を対象とする。配置順序決定問題は、NP 完全問題である。従って、最適解の導出には、総当たりの方法しかない。しかし、総当たりの方法は、有効ではあるが、時間的制約が伴う。従って、本研究は、NP 完全問題に対し比較的良い結果を示している GA を用い、時間的制約を排除する。

2 システムの構成

本研究では、構造分析と多階層有向グラフの自動配置を行うシステム（Ariadne-System）を開発する。システムの構成図を図1に示す。

Ariadne-System は、入力された情報から構造を分析しその結果を出力するアプリケーションと、構造分析された情報を自動配置するアプリケーションの2つから成るシステムである。構造分析アプリケーションは拡張 ISM による分析を行い、自動配置アプリケーションは GA を用いて自動配置を行う。

Ariadne-System へ入力される情報は、入出力インターフェースを通して入力される。構造分析アプリケーションは、入力された情報を構造分析し、その結果を多階層有向グラフとして出力する。自動配置アプリケーションは、構造分析アプリケーションから出力された多階層有向グラフを受取、利用者にとって見やすい配置を自動で行い、その結果を出力する。その出力結果は、再び入出力インターフェースを通して利用者に提示される。利用者は、システム内部が隠蔽されるので、複雑な操作を必要としない。

*Study of automatic layout of multi-level digraph

†Yoshihito SHIGIYA

‡Ikuo MATSUDA

§Nippon Institute of Technology, 4-1, Gakuendai, Miyashiro-machi, Minamisaitama-gun, Saitama-ken, 345-8501

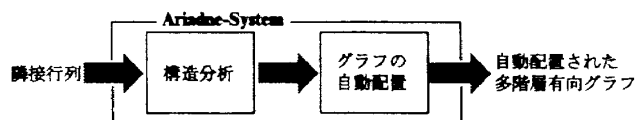


図1: Ariadne-Systemの構成図

3 拡張 ISM

本研究の対象となる多階層有向グラフは、構造分析法の1つである拡張 ISM [1] によって得られるグラフである。

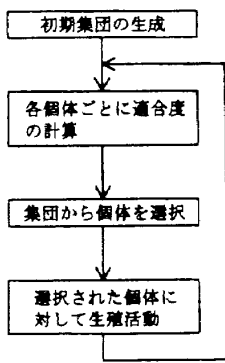
拡張 ISM の基本となる ISM は、複雑なシステムを構成している多数の要素の間に存在する何らかの因果関係を、コンピュータとの対話によって明確化する目的で開発された手法である。ISM は、システムを構成する要素間の関係を2項関係において一対比較し、その構造を多階層有向グラフとして図示する手法である。

拡張 ISM は、要素の関係に PART の概念を追加し、構造の把握をより容易にする効果をもたらす。拡張 ISM は、要素間の関係の在る要素群を1つのグループ (PART) として捉える。1つのシステムを構成する要素群は1個以上の PART に分類され、PART 毎に多階層有向グラフを出力する。本システムへの拡張 ISM の導入は、多階層有向グラフの視認性の向上と、Ariadne-System の計算量の軽減を目的としている。

4 遺伝的アルゴリズムの適用

本研究の対象となる多階層有向グラフの配置順序決定問題は、利用者にとって見やすい頂点の配置順序の組み合わせを求める問題である。この問題は NP 完全であることが知られている。従って、NP 完全問題において比較的高速に解を得る GA を用いる。GA [2] は、生物の進化を模倣した探索アルゴリズムである。GA の基本的な流れを図2に示す。

GA の特長として、大量のデータの中からの高速な探索が挙げられる。本研究で取り扱うデータは、多階層有向グラフの配置順序情報である。h 階層ある多階層有向グラフの配置順序の種類 P は、階層 i に属する頂点の数を $n^{(i)}$ とすると、 $P = \sum_{i=1}^h n^{(i)}!$ となる。



上記の式より、頂点の数の増加が指数関数的な配置順序情報の増加を招くことが分かる。従ってGAは、頂点の増加によって配置順序の量の爆発的な増加が予想される本研究に有効である。

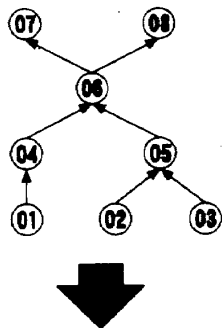
GAを用いる際に問題となるのは、GAによって得られた解が必ずしも最適ではない、という点である。しかし、本研究の目的は、見やすい多階層有向グラフ

図2: GAの流れ
 の提供であり、最適である必要はない。従って、本研究において、この問題は重要ではない。

4.1 提案した遺伝的アルゴリズムの手法

本研究にGAを適用するに当たり、従来のGAの手法では適さない部分がある。そこで、以下の3点に関して、新しい手法の提案を行う。

4.1.1 提案する遺伝子コード



GAの基本的なデータ構造は、遺伝子コードと呼ばれる。本研究では、図3に示される遺伝子コードの構造を提案する。図中の大枠が遺伝子コードである。小枠は遺伝子といい、多階層有向グラフの頂点を意味する。遺伝子の集まりを遺伝子座といい、多階層有向グラフの階層を意味する。

図3: 遺伝子コード

4.1.2 提案するGAオペレータ

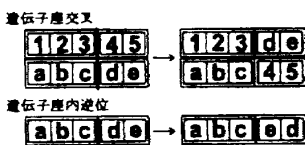


図4: オペレータ
 GAにおいて、遺伝子コードを操作するオペレータは、一般に交叉、突然変異の2種類が存在する。しかし、これら従来のオペレータは、本研究の遺伝子コードの操作に適さない。従って、本研究では図4に示す遺伝子座交叉と遺伝子座内逆位の2つのオペレータを提案する。

4.1.3 提案する適合度

GAでは、解の適合の度合いを教師的な価値規準（適合度）で一律に判断する。本研究では、見やすい多階層有向グラフが適合したデータであるので、“見やすさ”を適合度とすれば良い。しかし、“見やすさ”という規準は人間の感性に訴えるものであり、この類の測定は困難である。そこで、見やすいグラフの規則 [3] を設定し、この規則を満たしている度合いを適合度とする。本研究における、見やすいグラフの規則は“グラフの枝の交差数を最少にする”である。従って、本研究における適合度は、多階層有向グラフの枝の交差数とし、交差数0を最適とする。

一般に、多階層有向グラフの上位の階層に属する頂点の関係は下位の階層に比べ重要度が高いとされている。従って、より見やすい多階層有向グラフを提供するには、上位の階層間の枝の交差を優先して取り除く必要がある。そこで、優先度（priority）の概念を提案する。優先度は、多階層有向グラフの各階層ごとに設定され、上位の階層ほど高い値となる。従って、GAの探索の過程において、上位の階層間の枝の交差は下位に比べ適合度に対する影響力が強くなる。

上記の2提案より、 h 階層ある多階層有向グラフにおいて、 i 階層と $i+1$ 階層間の枝の交差数を $C(M^{(i)})$ 、優先度を $Pr^{(i)}$ とすると、適合度 f は式1となる。

$$f = \sum_{i=1}^{h-1} C(M^{(i)}) Pr^{(i)} \quad (1)$$

5 最後に

本研究の現段階では、頂点の配置順序決定問題のみを取り扱っており、実際の描画座標を決定する配置座標決定問題については取り扱っていない。従って、今後は配置座標決定問題の解決を目指す。

参考文献

- [1] 田村担之:構造モデリング—理論とアルゴリズムを中心に—, 計測と制御 vol.18 No.2,1979
- [2] 伊庭斉志:遺伝的アルゴリズムの基礎—GAの謎を解く—, オーム社,1995
- [3] 杉山公造:グラフ自動描画法とその応用—ビジュアルヒューマンインタフェース—, 自動計測制御学会,1993