

論文審査の結果の要旨

氏名 矢吹太郎

本論文は8章からなり、第1章は序論、第2章は進化計算、第3章は新しい表現形式の必要性、第4章はさまざまな表現形式、第5章は関数の回帰的なネットワーク、第6章はほかの手法との比較、第7章は考察、第8章は結論である。

第1章は序論であり、本論文の主張が簡潔にまとめられている。

第2章においては、本論文の背景知識と主題が提示される。本論文は、生物の進化をモデル化した自動最適化および設計手法（進化計算）による計算機プログラムの自動生成（遺伝的プログラミング）の際に用いる表現形式を提案するものである。進化計算は設計や最適化においてはかなりの成功を納めているが、一般的な自動プログラミングに応用するのは野心的な試みである。

第3章においては、なぜ遺伝的プログラミングのための表現形式を研究しなければならないのかが議論される。表現形式について議論するための視点が3つ提示される。第1は表現能力の問題である。自動的にプログラムを生成する手法は、あらかじめ問題についての深い知識がない場合には、任意のアルゴリズムを表現可能な形式（チューリング完全）を用いなければならない。第2は進化計算で用いるのにふさわしいかどうかである。チューリング完全であっても、進化計算には向いていないということがどういうことかが、セル・オートマタを例に議論される。進化計算のためのよい表現形式である基準は、すべてのアルゴリズムを表現可能であること、入出力の仕方を仕様を含めることができること、知識を導入しやすいこと、機能が分離していること（モジュール化）、階層化していることである。

第4章においては、第3章で提示された基準に沿って、すでに提案されている既存の表現形式が、遺伝的プログラミングにふさわしいかどうか議論される。具体的には、自動的関数定義とメモリ付き遺伝的プログラミングである。自動的関数定義は前述の基準のうち、モジュール化と階層化のために導入された手法であるが、ユーザが設定しなければならないことが多いことと、実行環境によっては停止問題というチューリング完全ゆえの弊害を回避するのが難しいという問題があることが指摘されている。メモリ付き遺伝的プログラミングはチューリング完全性のために提案された手法であるが、モジュール化という点で難があり、実際に進化計算で利用できるかどうか問題になる（第6章ではこの手法が成功しないことが実験的に示される）。

第5章においては、新しい表現形式である「関数の回帰的なネットワーク」が提案される。標準的な遺伝的プログラミングにおいては、表現形式として単一の構文木が用いられるのに対して、ここで提案される表現形式は、ネットワーク上に複数の純関数を配置し、同時にそのノードが値を持つようにしたものである。先述の進

化計算のための表現形式への要求のうち、階層化以外の要求は満たされている。この表現形式がチューリング完全であることはこの章で具体的に証明される。

第6章においては、実際に関数の回帰的なネットワークを用いてプログラムを自動生成し、他の表現形式を用いた場合との比較がなされている。扱われている問題は、Tomita language の判定、入力中の 0 と 1 の数が等しいかどうかの判定、入力されたビット列の反転などを行うプログラムの生成である。Tomita language の判定は、既存のほかのチューリング完全な表現を用いた比較実験も行われており、その結果からは本論文の手法の有意性が示されている。ビット列の反転に関しては、既存のほかの研究との比較がなされ、本論文の手法のほうがユーザにとって使いやすという結論が得られている。

第7章においては、本論文で提案された手法と関連はあるが第6章では扱われなかったものについての考察がなされる。

第8章においては、本論文の結論が述べられ、それと平行して本論文に関連する未解決の問題が提示される。

なお、本論文の一部は共同研究によって行われたものであるが、論文提出者が主体となって提案及び実験・分析・検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上これを要するに本論文は、生物の進化をモデル化した自動最適化および設計手法（進化計算）による計算機プログラムの自動生成（遺伝的プログラミング）の際に用いる表現形式を提案し、実験的に評価することによりその有効性を示したものであり、情報科学の発展に貢献するところ少なくない。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。