

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 階層的グラフの書き換え系での文脈等価性証明支援

2. 個人研究者名

室屋 晃子（京都大学数理解析研究所 助教）

3. 事後評価結果

プログラムは単純な計算の組み合わせでできあがっているが、組み合わせの変更で元の計算の振る舞いが変わってしまうことがある。

コンパイラの最適化やプログラムの自動生成などソフトウェア分野で重要ないくつかの技術は、プログラム中の計算の組み合わせを変えることによって望ましい性質を引き出す技術である。これらの技術では、計算の組み合わせの変更により計算の振る舞いが変わっていないことを保証しながら処理を進める必要がある。

本研究はこの問題に文脈等価性という理論的な切り口から取り組み、計算の振る舞いが変わらないことを証明する新しい手法を構築することを目指した。当初は階層的グラフ書き換え系を元に研究をすすめ、その成果を論文投稿している。また状態遷移系（オートマトン）を元にした研究もおこない、同様にその成果を論文投稿している。

いずれの研究でも、計算の組み合わせを変える前後のプログラムをそれぞれの系で表現し、一方の系での計算の進捗を他方の系での計算の進捗で常に模倣できることを証明する手法を考察している。残念ながら研究期間中に論文を出版するには至っていないが、加速フェーズに向け期待できる成果をあげている。

本研究の分野では研究者間の交流・議論により研究が進む面があるが、それがパンデミックにより期間中大きく阻害されたのは本研究にとって残念であった。

（加速フェーズ）

上記の評価を受けて研究実施期間を1年間延長し、加速フェーズを実施した。

加速フェーズでの研究は、大きく、階層的グラフ書き換えをオートマトンと見なして証明を行う手法と、階層的グラフ書き換えを項書き換えとして見なして証明を行う手法の二つからなる。

前者の研究では、オートマトンとして見なすことで、従来から可能であった決定的なプログラムだけでなく、非決定的なプログラムについても証明を行える手法が得られた。証明を行えるのは非決定的な入出力を伴うプログラムであり、確率的な分岐を伴うプログラムにはまだ対応できないが、ここまでの成果を論文にまとめ投稿している。

後者の研究は、プログラムをまずグラフで表現し、それを項書き換え系と見なすことで、項書き換え系の様々な手法を活用して証明を行う、という目論見の研究であった。しかしながら、グラフを項書き換え系と見なすときの同値性の確保が困難であることが判明し、いったんは頓挫したが、グラフを介さずプログラムを直接的に項書き換え系と見なすというアイデアで研究を復活させている。その後、プログラムを項書き換え系と見なすと、従来から研究されている非決定的な自由な項書き換えではなく、制約付きの項書き換えとなることを発見した。この発見により、制約付きの項書き換え系という新たな研究分野を生み出せる可能性がでてきた。今後も研究を続け、実際にその研究分野を切り開き、大きな成果を得られることが期待される。