

Title	関数プログラムの形式的コスト評価に関する研究
Author(s)	西田, 誠幸
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41511">https://hdl.handle.net/11094/41511</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	西田 誠幸
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14721 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	関数プログラムの形式的コスト評価に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 都倉 信樹  (副査) 教授 谷口 健一 教授 井上 克郎

### 論文内容の要旨

本論文は、著者が大阪大学大学院基礎工学研究科（物理系専攻）の学生として、都倉研究室において行った研究のうち、関数プログラムの形式的コスト評価手法に関する研究をまとめたものである。

関数型言語は、計算機に処理させたい内容すなわちプログラムを、処理結果を表す式により表現する言語である。関数型言語における実行とは、プログラムをあらかじめ定められた規則にしたがって書き換えて、式が表す値や関数を得ることを指す。この操作を関数プログラムの評価と呼ぶ。手続き型のプログラムではプログラムにより処理の手順が決まるのに対して、関数型言語ではプログラムとは別に、先行評価や遅延評価などの評価順序によって処理の手順を定める。よって処理に要するコストは評価順序に依存する。

従来のコスト評価に関する研究では、特定のコストの種類、プログラムの評価順序、基本演算のコストのもとで、実装可能性を重視した、あるいは精度を重視したコスト評価法が提案されている。

本論文では、コストの種類、評価順序、基本演算のコストの3つの要因に依存するコストを評価する枠組を提案している。提案手法ではコスト評価尺度を指定するのにモナドと呼ばれる代数を用いる。またプログラムの評価順序、基本演算のコストを指定するのに関数を用いる。モナドと関数を組み合わせることで多様なコストの種類、評価順序、基本演算のコストの定義のもとでのコスト評価関数が得られる。

まず第2章では、本論文で扱う表記法とコスト評価の対象言語の定義を行っている。

第3章では、対象言語に対する形式的コスト評価の枠組を提案している。本提案手法はコストの種類を表すモナドの定義と、評価順序を反映する関数と、基本演算のコストを表す関数からなる。例として、時間計算量、空間計算量を表すモナドの定義と、先行評価、遅延評価の評価順序のもとでのコストを評価する関数を示している。

提案手法により得られるコスト評価法はプログラムの実行を伴うので、停止することが保証されるプログラムに適用が限られる反面、詳細なコスト評価が行える。よって、プログラムの停止性が保証されるプログラム導出の分野で、提案手法は有用である。

第4章では、プログラム導出の面での提案手法の有用性を示している。有用性を示す一例として、プログラム導出における代表的な導出ルールの一つを取り上げ、ルール前後のプログラムの先行評価における逐次時間計算量の差を提案手法を用いて評価している。評価結果から、ルールの適用によりプログラムの時間計算量が減少するための十分条件を示している。さらに導出ルールを複数用いた比較的大きなプログラム導出の一つについて、各導出過程にお

るコスト評価を行っている。コスト評価結果から、プログラム導出全体における各導出ルールの役割を明確にし、得られた知見をもとにプログラム導出の一戦略を導き出している。そして得られた戦略を用いて、別の問題に対するプログラム導出を行っている。

最後に第5章では、得られた結果と今後の研究課題について述べている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、関数プログラムのコストの形式的な評価手法に関する研究をまとめたものである。関数プログラムのコストとは、関数プログラムの評価（実行）に要する実行ステップ数や空間使用量など、プログラムの優劣を表す値である。また形式的コスト評価手法とは、一つの関数型言語の構文にしたがってコストを評価する（計算する）関数を定義する手法であり、定義したコスト評価関数を用いて同言語に属する任意のプログラムに対するコストを評価できる。

本研究では以下のような成果が得られている。

- (1) プログラムのコストを決定付ける様々の要因のうち、コストの種類、プログラム評価順序、基本演算のコストの3つの要因に依存するコストを評価する枠組を提案している。この枠組では、コストの種類を表す「モナド」という代数と、評価順序、基本演算のコストの尺度を表す関数を与えることによって具体的なコスト評価関数が構成される。これら代数と2種類の関数とを様々に組合せることによって、様々なコストの種類、評価順序、コストの尺度のもとで、コストを形式的に求められることを示した。
- (2) 提案した形式的コスト評価の枠組がプログラム導出の研究分野で有用であることを示した。まず、提案手法により得られるコスト評価関数を用いて、プログラム導出における導出ルールの有用性を示した。具体的には、導出ルールの一つに対して、ルールの適用によりプログラムの効率が改善されるための十分条件を示した。また、複数の導出ルールを適用する、比較的大きなプログラム導出例の一つを取り上げて、導出の各段階におけるコストを評価した。そしてコスト評価結果を用いて、プログラム導出全体における各導出ルールの役割を示し、さらにプログラム導出の一戦略を示した。また、同戦略を用いて別の問題に対するプログラム導出を行なうことによって、コスト評価から得られた同戦略が有用であることを示した。

これらの研究は、関数プログラムのコストの形式的評価について新しい知見を得ており、関数型言語の研究分野に貢献するところが多い。よって、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。