

氏 名	アッザ アブデル ラーマン タハ アブデル ハリム Azza Abdel Rahman Taha Abdel Halim
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	情 博 第 46 号
学位授与の日付	平成 13 年 11 月 26 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	情 報 学 研 究 科 知 能 情 報 学 専 攻
学位論文題目	A Foundational Theory of Contexts in Functional Programming Language (関数型プログラミング言語における文脈の基礎理論)
論文調査委員	(主 査) 教 授 佐 藤 雅 彦 教 授 小 林 茂 夫 教 授 奥 乃 博

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、プログラミング言語における文脈についての理論的な基礎を与えるものである。ここで、文脈とはプログラムのテキスト中の一部を空所として抽象化して得られる表現のことであり、空所を別のプログラムで補充することにより完全なプログラムが得られる仕組を提供するものである。本論文は、文脈計算の可能性を理論的に考察し、ソフトウェアを動的に結合することを可能にする関数型プログラミング言語についての理論的基礎付に寄与するものであり、以下の6章からなっている。

第1章は序論であり、本論文の背景、研究の動機および関連研究の概要を述べている。

第2章では、型の無い λ 計算、明示的代入、単純型付 λ 計算、2階 λ 計算、変数名なしの λ 計算等の後に必要となる基本的な定義を与えている。

第3章では、文脈を第一級の値として持ち、明示的な空所補充のできる型の無い λ 計算を導入している。この体系は型の無い体系であるために、関数の自己適用が可能であり、空所を持つ再帰的なプログラムを表現することができる。この計算体系では、空所は通常の変数で表現され、空所補充は関数適用により実現される。また変数の抽象化についても新しい工夫がされている。この体系について合流性、 $\lambda\beta$ 計算の保守的拡大であること、 $\lambda\beta$ 計算の項で強正規化可能な項はこの体系でも強正規化可能であることを示した。

第4章では、代入の新しい定義を与えている。この定義は、変数を通しての項の押入を定義することにより代入による変数の衝突を避けることを可能にし通常の入力操作の定義で必要となる α 同値性の概念を用いない代入の定義を与えるものである。この新しい代入の定義は従来の代入より簡明であり、同時に一般的な構文に対して一様な方法で定義が与えられている。

第5章では、2階の文脈計算体系を与えている。この体系において、文脈は第一級の対象であり、空所補充は明示的な操作として定められる。文脈が第一級の対象であるため、文脈を変数に束縛したり、計算の結果の値として文脈を返すことも可能になる。さらに、空所補充が明示的な操作であるため、本章の体系の内部で空所補充を直接計算することができる。この体系では、文脈の空所は通常の変数で表現され、空所補充は通常の入力適用で実現される。さらに、この体系では、様々なデータ型を内部で定義することができ、また、空所補充後に項を動く変数だけでなく型を動く変数も束縛することが可能である。この体系について、合流性、2階の λ 計算の保守的拡大であること、強正規化定理、型保存定理等の性質を証明している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、プログラミング言語における文脈についての理論的な基礎を与えるものである。ここで、文脈とはプログラム

のテキスト中の一部を空所として抽象化して得られる表現のことであり、空所を別のプログラムで補充することにより完全なプログラムが得られる仕組みを提供するものである。

本論文の主要な結果は以下のようである。

1. 文脈を第一級の値として持ち、明示的な空所補充のできる型の無い λ 計算を導入した。この体系は型の無い体系であるために、関数の自己適用が可能であり、空所を持つ再帰的なプログラムを表現することができる。この計算体系では、空所は通常の変数で表現され、空所補充は関数適用により実現される。また変数の抽象化についても新しい工夫がされている。この体系について合流性、 $\lambda\beta$ 計算の保守的拡大であること、 $\lambda\beta$ 計算の項で強正規化可能な項はこの体系でも強正規化可能であることを示した。

2. 代入の新しい定義を与えた。この定義は、変数を通しての項の押入を定義することにより代入による変数の衝突を避けることを可能にし、通常の代入操作の定義で必要となる α 同値性の概念を用いない代入の定義を与えるものである。この新しい代入の定義は従来の代入より簡明であり、同時に一般的な構文に対して一様な方法で定義を与えた。

3. 2階の文脈計算体系を与えた。この体系において、文脈は第一級の対象であり、空所補充は明示的な操作として定められる。文脈が第一級の対象であるため、文脈を変数に束縛したり、計算の結果の値として文脈を返すことも可能になる。さらに、空所補充が明示的な操作であるため、体系の内部で空所補充を直接計算することができる。この体系では、文脈の空所は通常の変数で表現され、空所補充は通常関数適用で実現される。さらに、この体系では、様々なデータ型を内部で定義することができ、また、空所補充後に項を動く変数だけでなく型を動く変数も束縛することが可能である。この体系について、合流性、2階の λ 計算の保守的拡大であること、強正規化定理、型保存定理等の性質を証明した。

以上、本論文は、文脈計算の可能性を理論的に考察し、ソフトウェアを動的に、結合することを可能にする関数型プログラミング言語についての理論的基礎付を与えたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成13年10月9日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。