

氏 名	たけうち いずみ 竹 内 泉
学位(専攻分野)	博 士 (情報学)
学位記番号	論情博第2号
学位授与の日付	平成12年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	Theories of Parametric Polymorphism and Data Types (パラメトリックな多相型とデータ型の理論)

論文調査委員 (主査) 教授 佐藤雅彦 教授 松山隆司 教授 岩間一雄

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、パラメトリックな多相型の理論、及び、その理論と種々のデータ型との関係を論じた結果をまとめたもので、五章からなっている。

第一章は序論であり、パラメトリシティーの研究の重要性、歴史的な経緯、また、種々の情報の型との関係の重要性を論じている。

第二章では、パラメトリシティーの形式的な理論の無矛盾性の、構文論的な証明をしている。

パラメトリシティーとはパラメトリックな多相型の関数の性質のことを言う。当初、パラメトリシティーとは、ある特定の計算モデルの領域の中での要素の振る舞いとして定義された。

形式的論理体系によるパラメトリシティーを表現する形式論理は幾つか提案されている。本研究では、プロトキン・アバディによって定義された二階述語論理の中でのパラメトリシティーの公理系に対し、その無矛盾性の構文論的な証明を与えた。この証明は相対化の方法によってなされている。パラメトリシティーの公理を自己共形性と外延性という二つの性質に分離することによって、相対化の方法を適用することが可能になった。

パラメトリシティーの形式的な論理体系に対する無矛盾性の証明は、モデルを作って健全な解釈を与えるものが既に知られていた。しかし、相対化の方法には優れた点がある。相対化の方法を計算モデルに適用すると、任意の多相型の計算モデルから、パラメトリシティーを満たす計算モデルを新たに構成することができる。これは相対化の方法の優れている点である。

第三章では、多項関係のパラメトリシティーの理論の、相互の同等性を証明している。

これ迄のパラメトリシティーは、二項関係によって構成されていた。これに対しプロトキン・アバディは、一般に多項関係から構成されるパラメトリシティーの理論を示し、これらが相互に論理的に同種であるかどうか、という問題を提示した。これ自体は依然として未解決であるが、本研究はこの問題に部分的な解答を与えた。すなわち、再帰的な型という範疇を定義し、型の動く範囲を再帰的な型に限定した場合には、多項関係のパラメトリシティーの理論は相互に論理的に同等であることを示した。再帰的な型の範疇は、直積型、直和型、最小不動点型など、ソフトウェア基礎論の研究で有用なデータ型を全て含んでいる。よって、この定理は元の問題に対しては部分的なものであるが、データ型の研究にとっては十分に価値のある結果である。

この定理の証明には、再帰的な型の内部構造を表す式を用いる。再帰的な型に対しては、その内部構造を表す式とパラメトリシティーとは同値であることを証明し、それによって定理を証明した。この意味では、パラメトリシティーはデータ構造にとって極めて自然な性質であるといえる。

この証明の系として、再帰的な型に限定された多項関係のパラメトリシティーの理論は、実現可能性解釈が可能であり、項抽出可能性が成り立つことが得られた。この意味で、再帰的な型に関するパラメトリシティーは構成的であることが示された。

第四章では、循環的構造を扱う型理論を定義している。

本研究で循環的構造を扱う体系を定義することの目的は、循環的構造の領域から他の領域への関数を帰納法によって定義できること、及び、循環的構造の上の性質を帰納法によって証明できることである。この目的を満たすために、本研究では論理体系として型理論を採用した。また、その論理体系に対して、二階型付入計算とその上のパラメトリシティーの理論によって、健全な解釈が与えた。

第五章は結論であり、以上の結果を総合して、パラメトリシティーとデータ型の内部構造との関係を論じている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、パラメトリックな多相型の理論、及び、その理論と種々の情報の型との関係を論じた結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

第一の成果はパラメトリシティーの形式的な理論の無矛盾性の、構文論的な証明である。形式的論理体系によるパラメトリシティーを表現する形式論理は幾つか提案されている。本研究では、プロトキン・アバディによって定義された二階述語論理の中でのパラメトリシティーの公理系に対し、その無矛盾性の構文論的な証明を与えた。この証明は相対化の方法によって為されている。

第二の成果は、多項関係のパラメトリシティーの理論の、相互の同等性についてである。多項関係から構成されるパラメトリシティーの理論に対し、これらが相互に論理的に同値であるかどうかという問題があった。これ自体は依然として未解決であるが、本研究はこの問題に部分的な解答を与えた。すなわち、再帰的な型という型の範疇を定義し、型の動く範囲を再帰的な型に限定した場合には、多項関係のパラメトリシティーの理論は相互に論理的に同等であることを示した。

この証明の系として、再帰的な型に限定された多項関係のパラメトリシティーの理論は、実現可能性解釈が可能であり、項抽出可能性が成り立つことが得られた。

第三の成果は、循環的構造を扱う型理論である。本研究で循環的構造を扱う体系を定義することの目的は、循環的構造の領域から他の領域への関数を帰納法によって定義できること、及び、循環的構造の上の性質を帰納法によって証明できることである。この目的を満たすために、本研究では論理体系として型理論を採用した。また、その論理体系に対して、二階型付入計算とその上のパラメトリシティーの理論によって、健全な解釈が与えた。

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12年1月24日実施した論文内容とそれに関連した諮問の結果合格と認めた。