

Title	データ抽象化に於ける仕様とプログラムとの対応に関する論理的アプローチの研究
Author(s)	金藤, 栄孝
Citation	
Issue Date	2004-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/960">http://hdl.handle.net/10119/960</a>
Rights	
Description	Supervisor:大堀 淳, 情報科学研究科, 博士

保守が容易で信頼性の高いプログラムを開発する為には、プログラムを一連の適切なモジュールに分割して構成する事が不可欠であり、そのモジュール化の手段として抽象データ型は最も代表的な概念である。

抽象データ型はデータとそれを操作する演算との一体化された定義に特徴があるが、その仕様を形式的に記述する方法としては等式論理やその拡張に基づく代数仕様が代表的な方法として広く活用されており、代数仕様での抽象データ型の意味は項の成す集合を等式が与える同値関係で割った商代数の成す一定の条件を満たすクラスとして与えられる。

一方、プログラミング言語に於ける型システムの定式化は、適当な型付き  $\lambda$ -計算の体系として定義する事が標準的であり、抽象データ型も存在限量化された型として理解可能である事が Mitchell と Plotkin により示された。プログラミング言語の場合の（抽象データ型も含めて）型の意味は計算の近似 / 収束の概念を反映した順序位相に基づく Scott 領域論で与えるのが標準的であるが、上で述べた抽象データ型の仕様の意味としての商代数と全く関連性がなく、抽象データ型の仕様とプログラムとは意味論レベルでの対応が完全に欠如した状況となっている。

この抽象データ型の仕様とプログラムとの意味論的対応の欠如の問題を解決する為には、仕様もプログラムも共通の意味論に基づく枠組で記述する事が望まれる。即ち、同一の意味論の上で、仕様もプログラムも共に記述出来る広帯域言語により、抽象データ型の仕様と実現とを一貫して記述できれば、仕様と実現との間の正当性やその検証も広帯域言語の意味論に基づく裏付けを与える事が可能となる。

本研究では、広帯域言語 Funiq を定義し、その型システムを型理論 FUNIQ として定式化する。Funiq は、プログラムレベルでの抽象データ型の実現も記述可能な関数的プログラミング言語の難型として広く評価されている Cardelli と Wegner との型付き  $\lambda$ -計算の体系 Fun をベースとし、Fun に対して、代数仕様の抽象データ型の為の仕様記述方法として、代数仕様での等式の代わりに基本演算の振舞の部分正当性を表わす不等式の形の表明を集合論での内包的記法の述語として許した詳細化型（部分集合を表わす型）を付加した言語である。

この広帯域言語 Funiq と型理論 FUNIQ は以下の基本的な諸性質を有し、従って、広帯域言語 Funiq とその型システム FUNIQ は抽象データ型の仕様と作用的な実現とを共に記述出来る実用的な広帯域言語のベースとする上で充分に自然で良い性質を持つと示す事ができた。Funiq/FUNIQ が有する優れた基本的な諸性質とは以下のものである。

(1) 証明論に関する性質

- 型理論 FUNIQ が基礎としたプログラミングの為の型システムである Cardelli と Wegner による強力な型システムを許す型付き関数的プログラミング言語の為の難型となる言語体系 Fun の為の型理論 FUN に対して保存的拡大となっている事。
- Funiq による部分正当性を表現する仕様に関する正当性検証が、コンパイル時の型検査の自然な拡張となっている事。即ち、部分正当性に関して正しいプログラムはコンパイル時の型検査でも受理されるというコンパイル時型検査の忠実性。
- Fun 以外の様々な 2 階の型付き  $\lambda$ -計算の体系の各々に対しても、それを詳細化型により拡張した体系は元の体系の保存的拡大となっている事。即ち、不等式表明に基づく詳細化型の導入による広帯域言語化の方法が極めて自然で一般的である事。中でも、再帰型を付加した場合にも保存的拡大性が成立する事。

(2) 簡約論（操作的意味論）に関する性質

- 簡約で式の持つ型が不変である事を表わす主部簡約性。
- 不動点再帰を含まない Funiq の式に対する強正規化性。
- 式の評価結果が評価の対象となる簡約基の選択順に依存しない事を示す合流性。

(3) 表示の意味論に関する性質

- 完備半順序集合 (cpo) 上の完備部分同値関係 (cper) として型の解釈を与える意味論に対する型理論 FUNIQ の健全性。
- 構文的に型付け可能な式が実行型エラーを起こさない事を保証する実行時の型の安全性。

以上で示された事は Funiq が実用的な計算機言語の為の難型言語に対して求められている資質を充分に有する事であり、それ故、Funiq とその型の体系 FUNIQ の発展として実用的広帯域言語を得る道が存在する事が示された。