

目 次

第1章 プログラミング言語のモデル	1
1.1 計算モデルの必要性	1
1.2 本書で使用する集合に関する記法	4
1.3 言語の文法構造の定義	5
1.3.1 形式言語の帰納的な定義	5
1.3.2 言語に対する再帰的な関数定義と文法の曖昧さ	9
1.4 型無しラムダ計算	16
1.4.1 型無しラムダ計算の定義	16
1.4.2 汎用な計算モデルとしての型無しラムダ計算	20
1.4.3 ラムダ計算に基づくプログラミング言語のモデル	26
第2章 型付きラムダ計算	29
2.1 定数と基底型の導入	29
2.2 単純な型付きラムダ計算 Λ の定義	31
2.3 de Bruijn インデックスと束縛変数に関する約束	40
2.4 Λ の表示的意味論	42
2.4.1 集合論的モデル	46
2.4.2 領域論的モデル	47
2.5 Λ の公理的意味論	51
2.6 公理的意味論の健全性と完全性	54
2.6.1 公理的意味論の健全性	55
2.6.2 公理的意味論の完全性	57
2.7 Λ のモデル間の論理関係	64
2.7.1 論理関係の定義	64
2.7.2 $\beta\eta$ 同値関係のモデル	67

viii 目 次

2.7.3 式の構文論的性質のモデル論的証明	71
2.8 Λ の簡約システム	75
2.9 Λ の操作的意味論	84
2.9.1 評価文脈を用いた操作的意味論	85
2.9.2 自然意味論	89
第3章 型付きラムダ計算の拡張	93
3.1 種々のデータ構造の導入	93
3.1.1 単位型	93
3.1.2 バリエント型	94
3.1.3 ラベル付きデータ構造	96
3.2 再帰的データ型	101
3.2.1 正規木を用いた再帰的データ型の表現	102
3.2.2 同型関係を明示的に用いた再帰的データ型の表現	116
3.2.3 再帰的データ型の意味論	120
3.3 再帰的関数の定義	129
3.4 ユーザ定義のデータ型とパターンマッチング	134
3.5 手続き型言語機能の導入	137
3.5.1 参照型の導入	137
3.5.2 繙続計算を用いた広域的なジャンプの導入	148
第4章 型推論システム	157
4.1 暗黙に型付けられたラムダ計算	157
4.1.1 λ の定義	158
4.1.2 λ の表示的意味論	159
4.2 λ の型推論アルゴリズム	164
4.2.1 型推論問題と型判定スキーマ	164
4.2.2 型スキーマの単一化	168
4.2.3 型推論アルゴリズムとその性質	171
4.2.4 型変数を含んだ λ	176
4.3 種々のデータ構造への拡張	177

第5章 多相型言語のモデル	181
5.1 プログラムの汎用性の表現	181
5.2 多相型ラムダ計算 Λ^{\forall}	185
5.3 Λ^{\forall} の表示的意味論	192
5.4 Λ^{\forall} の公理的意味論および簡約関係	199
5.5 種々のデータ構造の表現	207
5.5.1 論理型および自然数型	207
5.5.2 一般の項代数の表現	210
5.5.3 組型	212
5.5.4 バリアント型	213
5.6 ML の多相型システム	213
5.6.1 叙述的多相型ラムダ計算 Λ^{let}	214
5.6.2 ML の核言語 λ^{let}	216
5.6.3 ML の表示的意味論	222
5.6.4 ML の操作的意味論と型システムの健全性	225
5.6.5 ML の型推論システム	227
5.6.6 プログラミング言語 Standard ML	231
第6章 レコード計算系の理論	237
6.1 レコード計算系の登場の背景	237
6.2 サブタイプを含むレコード計算	240
6.2.1 サブタイプシステムの問題点	244
6.3 多相型レコード計算	246
6.3.1 多相型レコード計算の定義	248
6.3.2 $\Lambda^{\forall t::k}$ の簡約システムと型保存定理	253
6.3.3 多相型レコード計算の型推論	256
6.3.4 多相型レコード演算を含んだプログラミング言語	261
参考文献	263
索引	269