パラメタライズドモナドによる依存アップデートの形式化に向けて

池守 和槻　叢 悠悠　増原 英彦 (東京工業大学)

背景

- Idris … 依存型を持つ純粋関数型言語
- プログラムの実行前後のエフェクトを表す型を
  - 静的に検査できる
  - 異なる型に更新できる（強アップデート[1]）
  - 返り値に依存して更新できる　(依存アップデート[2])

IdrisのEffectsライブラリ

```
f : Eff () [STATE Int] [STATE Bool]
f = do
    x ← get          – Int型の状態の値をxに束縛
    let y = x < 10
    putM y           – 状態をBool型の値yで更新
```

fの返り値の型 / 実行前の状態の型 / 実行後の状態の型

(Idrisにおける強アップデート)

```
g: Eff Bool [STATE $ Vect n Int]
            (\ok ⇒ if ok then [STATE $ Vect n Int]
                         else [STATE $ Vect (S n) Bool])

g = do
    xs ← get              – Vect n Int型の状態の値をxsに束縛
    case length xs > 1 of
     True  ⇒ pureM True   – 状態の更新はしない
     False ⇒ do
              let ys = True::(map (\x ⇒ x < 10) xs)
              putM ys     – Vest (S n) Bool型の値に状態を更新
              pureM False
```

gの返り値の型 / 実行前の状態の型 長さがn，要素の型がIntのリスト / 返り値okに依存した実行後の状態の型

(Idrisにおける依存アップデート)

パラメタライズドモナド

- **パラメタライズドモナドのHaskellにおける型クラスの定義**

```
class PMonad (T :: * → * → * → *) where
  return :: a → T s s a
  bind :: T s1 s2 a → (a → T s2 s3 b) → T s1 s3 b
```

型コンストラクター / 初期状態の型と最終状態の型がs1, s3に更新されている / 実行前の状態の型 / 実行後の状態の型 / 返り値の型

- **パラメタライズドモナド(T, return, bind)の型判断**

$$\Gamma \vdash c : \mathrm{T}(S_1, S_2, A)$$

実行前の状態の型 / 実行後の状態の型 / 返り値の型

⇒ 強アップデートの形式化が可能[3]

類似点と相違点

類似点

- 型の対応関係

$$\Gamma \vdash c : \mathrm{T}\ (S_1, S_2, A)$$

返り値の型 / 実行前の状態の型 / 実行後の状態の型

```
Eff a [STATE s1] \res ⇒ [STATE s2]
```

相違点

- Idrisのエフェクトライブラリでは実行前後の状態の型
  - s1，s2を依存型にできる
  - s2が返り値resに依存できる

目標

Idrisの依存アップデートの形式化

アイディア

パラメタライズドモナド ＋ 依存型

＝ Idrisの依存アップデート ？

参考文献

1. A. Ahmed, M. Fluet, and G. Morrisett. L^3 : A Linear Language with Locations. Fundamenta Informaticae, 2007.
2. E. Brady. Programming and reasoning with algebraic effects and dependent types, IICFP'13, 2013.
3. R. Atkey. Parameterised notions of computation. Journal of Functional Programming, 2009.

今後の課題

パラメタライズドモナド + 依存型の形式化

- **依存性に対応した型判断の設計**

A型の項xに依存した型

$$\frac{\Gamma \vdash c_1 : \mathrm{T}(S_1, S_2, A) \quad \Gamma, x : A \vdash c_2 : \mathrm{T}(S_2, S_3, B)}{\Gamma \vdash \mathrm{let}\ x = c_1\ \mathrm{in}\ c_2 : \mathrm{T}(S_1, S_3, B)[c'/x]}$$

$\mathrm{T}(S_1, S_2, A)$型の項c_1からA型の項c'を得る必要がある！

- **健全性の証明**