

## 第 15 章 部分型付け(後半)

テキストの解答要約はこんな感じで引用表現にする(引用じゃないけど)

- 15.4 トップとボトム
  - トップ: 唯一の値 Top を持つ
    - オブジェクト指向言語: Object 型
  - ボトム: 値を持たない
    - error 項への型として与える
    - Haskell では: ボトムの代わりに `forall a. a` 型を当てはめる
- 15.5 アップキャストとダウンキャスト
  - アップキャスト: シグネチャを絞るキャスト、自然に型付けできる
  - ダウンキャスト: その地点の型検査を曖昧にし、評価時に型検査をする
    - 評価規則で `as` を取り除く際に前提としてキャスト先の型を持つことを要求する

### 演習 15.5.1. [★★ →]

$\lambda_{\leq}$  に図 11-3(p.92) の型指定を加えた体系において、E-Ascribe を E-Downcast に置き換えることによって型保存の性質が成り立つことを示す。

型付け導出に関する単純な帰納法。定理 15.3.5. の  $\lambda_{\leq}$  に対する保存定理を拡張する。

- T-Ascribe の場合  $t = t_1 \text{ as } T \quad \Gamma \vdash t_1 : T$ 
  - $t \rightarrow t'$  を導ける評価規則は E-Ascribe1 または E-Downcast である。
  - E-Ascribe1 の場合  $t_1 \rightarrow t'_1 \quad t' = t'_1 \text{ as } T$ 
    - 帰納法の仮定と T-Ascribe から結論が導かれる。
  - E-Downcast の場合  $t_1 = v_1 \quad \vdash v_1 : T \quad t' = v_1$ 
    - 帰納法の仮定から  $\vdash v_1 : T$  が得られているので直ちに結論が導かれる。
- T-Downcast の場合  $t = t_1 \text{ as } T \quad t_1 : S$ 
  - $t \rightarrow t'$  を導ける評価規則は E-Ascribe1 または E-Downcast である。
  - E-Ascribe1 の場合  $t_1 \rightarrow t'_1 \quad t' = t'_1 \text{ as } T$ 
    - 帰納法の仮定と T-Downcast から結論が導かれる。
  - E-Downcast の場合  $t_1 = v_1 \quad \vdash v_1 : T \quad t' = v_1$ 
    - 帰納法の仮定から  $\vdash v_1 : T$  が得られているので直ちに結論が導かれる。

### 演習 15.5.2. [★ →]

$$\frac{S_1 <: T_1 \quad T_1 <: S_1}{\text{Ref } S_1 <: \text{Ref } T_1} \quad (\text{S-Ref})$$

#### (1) S-Ref の1つ目の前提をなくした場合

型付け規則は以下になる。

$$\frac{T_1 <: S_1}{\text{Ref } S_1 <: \text{Ref } T_1}$$

このとき、Ref は反変であり、Writeについて安全であるが、Readにおいては危険となる。次の式は型検査を通過するが、評価すると存在しないフィールドラベル  $b$  を呼ぼうとして行き詰まり状態になる。

$(!(\text{ref } \{a = \text{true}\})).b$

## (2) S-Ref の2つ目の前提をなくした場合

(1) の場合とは逆に Ref は共変となり、Writeが危険となる。次の式は型検査を通過するが、評価すると、型  $\{a : \text{Bool}\}$  を想定した記憶域に  $\{a : \text{Bool}, b : \text{Nat}\}$  というより多くの記憶域を要する型の値を代入してしまう。これは直ちに行き詰まり状態を引き起こすとは限らないが、ストアにおける他のセルの値を書き換えている恐れがあり、他のセルの読み出し時に異常な値が読み出され、その値を用いた評価において行き詰まり状態に陥る恐れがある。

$(\text{ref } \{a = \text{true}\}) := \{a = \text{false}, b = 0\}$

## 演習 15.5.3. [★ ★ ★ →]

Javaの配列は非変ではなく共変であり、Writeが危険となっている。

ArrayStoreException → <https://docs.oracle.com/javase/jp/1.4/api/java/lang/ArrayStoreException.html>

- そしてなんと、答えが記載されている.....