

問 3.1

以下のそれぞれのプログラムはいずれも型エラーを含む。それぞれについて、型エラーの原因を指摘せよ。

(a) `3 * 3.14`

(b) `fun f1 x = (x 1, x true)`

!(c) `fun f2 x y = if true then x y else y x`

!(d) `fun f3 x = x x`

問 3.2

`fn x => id id x` の型を次の手順で求め、`'a -> 'a` となることを確認せよ。ただしここで `id` は `fun id x = x` で定義される関数である。

1. `id` の型が `'a -> 'a` であることを用いて `id id` の型を求めよ。
2. 一般に、関数 `f` が型 $\tau_1 \rightarrow \tau_2$ を持てば、`fn x => f x` も型 $\tau_1 \rightarrow \tau_2$ を持つことを確かめよ。
3. 以上から全体の型を求め、`'a -> 'a` となることを確認せよ。

問 3.3

以下の各型を推定し、実際の型と比較せよ。

1. `twice cube`
2. `fn x => twice id x`
3. `fun thrice f x = f (f (f x))` (これは問題 3.4 のあとでするべし)

`fun cube x = x * x * x;`
ただし、ここで `fun twice f x = f (f x);`
`fun id x = x;`

問 3.4 略 (講義で解く)

問 3.5

以下の各プログラムについてもしそれが型を持たなければ (つまり型エラーを含めば) その理由を説明し、型を持てばその最も一般的な多相型を推定せよ。

1. `fun S x y z = (x z) (y z)`
2. `fun K x y = x`
3. `fun A x y z = z y x`
4. `fun B f g = f g g`
5. `fun C x = x C`
6. `fun D p a b = if p a then (b, a) else (a, b)`

問 3.6

以下の関数およびプログラムはどのような型を持つか。

`fun f x = f x;`

`f 1;`

さらに、2 番目の式の計算結果について考察せよ。

問 3.7

以下の関数の型を推定せよ。

1. `fun f x y z = x y z : int`

2. $\text{fun } f \ x \ y \ z = x \ (y \ z) : \text{int}$
3. $\text{fun } f \ x \ y \ z = (x \ y \ z) : \text{int}$
4. $\text{fun } f \ x \ y \ z = x \ y \ (z : \text{int})$
5. $\text{fun } f \ x \ y \ z = x \ (y \ z : \text{int})$

問 3.8

以下の関数の動作と型を説明せよ.

$\text{fun } f \ x = K \ x \ (\text{fn } y \Rightarrow x \ (x \ 1))$

ただし K は問 3.5 で定義した関数である.

問 3.9 略

問 3.10 略

問 3.11

以下の各式の型を推定せよ.

1. $\text{fn } x \Rightarrow x > 1$
2. $\text{fn } x \Rightarrow \text{fn } y \Rightarrow \text{fn } z \Rightarrow (x \ y, x \ \text{“Ada”}, y > z)$
3. $\text{fn } x \Rightarrow \text{fn } y \Rightarrow y \ (x > x)$

問 3.12 略

問 3.13 略

問 3.14

以下の各式について型が正しいか判定し, 正しいければ結果の型を予測せよ.

- $\text{“M”} = \# \text{“M”}$
- $\text{“ML”} = \text{“SML”}$
- $\text{fn } x \Rightarrow (x, x) = (x, x)$
- $\text{fn } (x, f) \Rightarrow (f \ (\text{fn } x \Rightarrow x), f \ x, x = x)$

大堀淳:プログラミング言語 StandartML 入門, 共立出版, 2001. より