

『プログラム言語論』 期末試験

2013年6月27日(木)

解答用紙は2枚である。解答用紙2枚それぞれの上部に、学籍番号と氏名をはっきりと記入すること。解答用紙の両面(表と裏の両方)を使用してよい。必ず、問題番号(「1-a」など)を記載してから解答を書くこと。なお、問題の順番通りに解答する必要はない。

問1. (配点 25点) MiniC 言語で書かれた次のプログラムについて以下の問に答えよ。

```
int x;
int f (int y) {
    return x + y + y;
}
int g (int z) {
    int x; int y;
    x = 20; y = f(0);
    print y;          /* C言語の printf("%d\n", y); と同じ*/
    return 30;
}
int main () {
    x = 10;
    print f(g(0));
    print g(g(0));
}
```

上記のプログラムを以下のそれぞれの方式で実行すると、どのような値が印刷されるかを示しなさい。

- 1-a. 静的束縛かつ値呼び
- 1-b. 静的束縛かつ名前呼び
- 1-c. 静的束縛かつ必要呼び
- 1-d. 動的束縛かつ値呼び

1-e. 上記のプログラムを静的束縛かつ値呼び方式で実行した時のスタックの状態の変化を図示しなさい。

なお、1回の関数呼び出しごとに、1つのスタックフレームがスタックに積まれるとし、また、スタックフレームの中身としては、局所変数とその値、Access Link, Control Link の3つのデータのみを書けばよい。

問 2. (配点 25 点) 次の MiniML プログラムについて考える .

```
let f x = x + 7 in
let rec g n =
  if n = 1 then f 10
  else
    let y = g (n + (-1)) in
      f y
in
let rec h n =
  if n = 1 then f
  else
    let z = h (n + (-1)) in
      fun x -> f (z x)
in
let a1 = f 3 in
let a2 = g 5 in
let a3 = h 10 in
let a4 = a3 9 in
(print a2, print a4) ;; (* a2,a4 の値を印刷 *)
```

このとき，以下の問に答えなさい .

- 2-a. このプログラムを MiniML で静的束縛かつ値呼び方式で実行する時，最後に印刷される a2 と a4 の値を示しなさい。(a1, a3 の値は不要。)
- 2-b. 関数 h が返す値(たとえば a3 に代入される値)は関数である。このような関数 h を何というか，また，そのような関数を定義できることの利点 (merit) を 1-2 行で簡潔に述べなさい。
- 2-c. 前問 (2-b) のような関数を処理する方式として，関数クロージャがある。関数クロージャは，通常，ヒープ上に作成されるが，もし，これがスタックに作成されたとしたら，どのような問題が発生するか簡潔に説明せよ。
- 2-d. 上記のプログラムにおける関数 g と関数 h の型を述べよ。

問 3. (配点 20 点) 次の抽象構文で定まる式からなる言語 L を考える。ただし、 n は -10 や 3 などの整数定数を表す。

$$e ::= \text{Int}(n) \mid \text{Plus}(e, e) \mid \text{Minus}(e, e)$$

L に対して、以下の動作 (遷移規則) をする抽象機械 (CK 機械) を考える。ただし、初期状態は、 $\langle \text{eval}, e, \text{init} \rangle$ である。また、一部を省略して... と記載している。

$$\begin{aligned} \langle \text{eval}, \text{Int}(n), K \rangle &\rightarrow \langle \text{apply}, K, n \rangle \\ \langle \text{eval}, \text{Plus}(e_1, e_2), K \rangle &\rightarrow \langle \text{eval}, e_1, \text{push}(\text{plus1}, e_2), K \rangle \\ \langle \text{eval}, \text{Minus}(e_1, e_2), K \rangle &\rightarrow \dots \\ \langle \text{apply}, \text{push}(\text{plus1}, e), K, n \rangle &\rightarrow \langle \text{eval}, e, \text{push}(\text{plus2}, n), K \rangle \\ \langle \text{apply}, \text{push}(\text{plus2}, m), K, n \rangle &\rightarrow \langle \text{apply}, K, p \rangle \quad (\text{ただし } p = n + m) \\ \langle \text{apply}, \text{push}(\text{minus1}, e), K, n \rangle &\rightarrow \langle \text{eval}, e, \text{push}(\text{minus2}, n), K \rangle \\ \langle \text{apply}, \text{push}(\text{minus2}, m), K, n \rangle &\rightarrow \langle \text{apply}, K, p \rangle \quad (\text{ただし } p = \dots) \\ \langle \text{apply}, \text{init}, n \rangle &\rightarrow n \quad (\text{最終結果}) \end{aligned}$$

ここで $+$ は、整数定数に対する加算 (addition) を表す。また、以下の問題の解答で、整数定数に対する減算 (引き算, subtraction) を表す $-$ を使ってよい。さらに、 K や init は (制御に関する情報をもつ) スタックを表す。 $\text{push}(M, K)$ はスタック K に要素 M をプッシュして得られるスタックをあらわす。

このとき、以下の問に答えなさい。

3-a. 以下の初期状態から始まり、最終結果を得るまでの抽象機械の状態遷移を書きなさい。

$$\langle \text{eval}, \text{Plus}(\text{Int}(10), \text{Int}(20)), \text{init} \rangle$$

3-b. 上記の記述では、 $\text{Minus}(e_1, e_2)$ に対する動作の一部が「...」となっている。式 $\text{Minus}(e_1, e_2)$ の評価は、(1) e_1 を評価し、(2) e_2 を評価し、(3) 最終的に e_1 の評価結果から e_2 の評価を引いた数を返す、とする時、2 か所の「...」を適切に埋めなさい。

問 4. (配点 30 点) 以下の事項から 3 つを選び、それぞれ 3 行程度で説明しなさい。

- 4-a. インタープリタとコンパイラの違い (入出力の違いだけでなく、通常、性能が大きく違うことについてその理由を簡潔に述べよ。)
- 4-b. オブジェクト指向言語における継承とサブタイピングについて。(それらが何を表し、どう違うか。)
- 4-c. 多相型 (polymorphic type) について (それが何か、どのような種類があるか、どのような利点があるか。)
- 4-d. 静的型付けと動的ルックアップの両立 (Java では、動的ルックアップであるのに、型付けは静的に行なっている。なぜ、それが可能か。)
- 4-e. 抽象データ型と情報の隠蔽について (それらは何か、どういう利点があるか。)

以上.