

プログラミング言語意味論（2020年度）・テスト問題用紙
（2021年02月15日（月）・08:50～10:20）

解答上、その他の注意事項

1. 問題は、問 I～II までである。
2. 解答用紙の右上の欄に学籍番号・名前を記入すること。
3. ノート・プリント・参考書などは持ち込み可である。
4. 携帯電話などの通信機能を持つもの及び PC は持ち込み不可である。
5. テストの配点は 50 点（+ ボーナス 20 点）である。合格はレポートの得点を加算して、100 点満点中 60 点以上とする。

I. (ラムダ計算)

(12点 × 2)

次の λ 式が正規形に到達するまでの、最左戦略による 1 ステップずつの β 簡約の列を書け。ただし、5 回以内の最左戦略による β 簡約で正規形に到達しない式については、それが判別できる時点（以前と同じ式が出現した時点）、または 5 回 β 簡約した時点で止めてよい。

解答例 1:

$$\begin{aligned} & (\lambda fx. f(fx))((\lambda fx. f(fx))g)y \\ \xrightarrow{\beta} & (\lambda x. ((\lambda fx. f(fx))g)((\lambda fx. f(fx))g)x)y \\ \xrightarrow{\beta} & ((\lambda fx. f(fx))g)((\lambda fx. f(fx))g)y \\ \xrightarrow{\beta} & (\lambda x. g(gx))((\lambda fx. f(fx))g)y \\ \xrightarrow{\beta} & g(g((\lambda fx. f(fx))g)y)) \\ \xrightarrow{\beta} & g(g((\lambda x. g(gx))y)) \\ \xrightarrow{\beta} & g(g(gy)) \end{aligned}$$

解答例 2:

$$\begin{aligned} & (\lambda x. xx)(\lambda x. xx) \\ \xrightarrow{\beta} & (\lambda x. xx)(\lambda x. xx) \\ \xrightarrow{\beta} & \text{(停止しない)} \end{aligned}$$

1. $(\lambda xy. yxx)(\lambda xy. y)(\lambda zw. wz)$
2. $(\lambda xy. xy(\lambda uv. u))(\lambda ab. a)(\lambda cd. d)$

なお、必要に応じて $I \equiv \lambda x. x$ など適宜、定数を定義しても良い。

II. (語句)

(7点 × 3 + 5点)

プログラミング言語（やその処理系）で用いられる次の 6 つの語句のうち 3 つを選択し説明せよ。さらにそのうち 1 つについては ソースコードなど、具体的な例を挙げよ。ただし、講義プリントにのっている例ではなく オリジナルの例を考えること。

1. 抽象構文 (abstract syntax)
2. 動的束縛 (dynamic binding)
3. 参照透明性 (referential transparency)
4. 例外 (exception)
5. CPS (continuation passing style)
6. コルーチン (coroutine)

III. (自由記述—ボーナス問題)

(最高 20点)

おかしおかし、一つ前の人工知能ブームのときは Prolog が流行し、個人がコンピューターを所有できるようになったころは BASIC という言語がはやり、インターネット (WWW) が一般化したころは Java が流行した。現在は、機械学習やデータサイエンスといった分野ともに Python や R といった言語が注目を集めている。今後、どのようなコンピューティングの要請が生まれ、どのようなプログラミング言語が必要とされるようになるか、大胆に予測してみよ。

