所属 [　　] 学籍番号 [　　] 氏名 [　　]

問 1

以下の CCS プロセスについて、一ステップごとの内部遷移 (reaction) の列を、可能な限り最後まで示せ。遷移が無限に続くときは、そのことがわかるところまで遷移を示し、最後に $\to \ldots$ と書け。いくつかの列が考えられるときは、そのうちの一つを示せ。

例 1. $a.b.A \mid \overline{a}.\overline{b}.B \mid \overline{c}.C \to b.A \mid \overline{b}.B \mid \overline{c}.C \to A \mid B \mid \overline{c}.C$

例 2. $A = a.\tau.(\overline{a} \mid A)$ とすると、$\overline{a} \mid A \to \tau.(\overline{a} \mid A) \to \overline{a} \mid A \to \ldots$

(1) $a.A \mid \overline{a}.(b.B \mid \overline{b}.C) \to A \mid b.B \mid \overline{b}.C \to A \mid B \mid C$

講評: 基本問題だが、$a.A \mid \overline{a}.(b.B \mid \overline{b}.C) \to a.A \mid \overline{a}.(B \mid C)$ とする誤りが見られた。テキスト 34 ページの Definition 4.13 において、$P \to P'$ から $\overline{a}.P \to \overline{a}.P'$ を導くようなルールはない（すなわち $\overline{a}.P$ の内部の P は、そのままでは遷移しない）ことに気をつけよ。

(2) $C_0 = inc.C_1 + \overline{zero}.C_0$ かつ任意の非負整数 n について $C_{n+1} = inc.C_{n+2} + \overline{dec}.C_n$ とすると、
$C_0 \mid \overline{inc}.(zero.A \mid dec.B) \to C_1 \mid zero.A \mid dec.B \to C_0 \mid zero.A \mid B \to C_0 \mid A \mid B$

講評: これも基本問題だが[1]、$P \equiv Q$ を $P \to Q$ と混同した解答が多く見られた。$\to$ はあくまで**一ステップの**遷移であって、0 ステップの遷移（$\equiv$ ないし $=$）を包含しない。すなわち、一般には $P \equiv Q$ であっても $P \to Q$ は成立しない。

また、$(P + Q) \mid R$ という形のプロセスを $P + Q \mid R$ と書いていた者も多かったが、$P + (Q \mid R)$ と紛らわしいので、これらの括弧は通常は省略しない（テキスト 29 ページ 17〜19 行目参照）。ただし、そのような括弧を省略しても減点はしていない。

(3) $Q_\varepsilon = enq_0.Q_0 + enq_1.Q_1$ かつ任意の $s \in \{0,1\}^*$ について

$$Q_{0s} = enq_0.Q_{0s0} + enq_1.Q_{0s1} + \overline{deq_0}.Q_s$$

および

$$Q_{1s} = enq_0.Q_{1s0} + enq_1.Q_{1s1} + \overline{deq_1}.Q_s$$

とし、$P = \overline{enq_0}.\overline{enq_1}.P$ かつ $C = deq_0.C + deq_1.C$ とすると、
$Q_\varepsilon \mid P \mid C \to Q_0 \mid \overline{enq_1}.P \mid C \to Q_{01} \mid P \mid C \to Q_1 \mid P \mid C \to Q_\varepsilon \mid P \mid C \to \ldots$
別解 1: $Q_\varepsilon \mid P \mid C \to Q_0 \mid \overline{enq_1}.P \mid C \to Q_\varepsilon \mid \overline{enq_1}.P \mid C \to Q_1 \mid P \mid C \to Q_\varepsilon \mid P \mid C \to \ldots$
別解 2: $Q_\varepsilon \mid P \mid C \to Q_0 \mid \overline{enq_1}.P \mid C \to Q_{01} \mid P \mid C \to Q_{010} \mid \overline{enq_1}.P \mid C \to Q_{0101} \mid P \mid C \to \ldots$

講評: 遷移列の可能性は（$\equiv$ による違いを除いても）無限に存在するが、問の文に「いくつかの列が考えられるときは、そのうちの一つを示せ」とあるので、一つだけ示せば十分である（もちろん二つ以上示しても良いが）。

なお、授業やレポート課題でもやったように、$\{0,1\}^*$ は 0 または 1 の列の集合であり、$s_1 s_2$ は列 s_1 と s_2 の連結である。したがって、$s = \varepsilon$ とすれば $0s = 0$ および $1s = 1$ であることに注意せよ。

[1] というか、今回の試験はほぼすべて基本問題だが