

平成 18 年度 (2 次募集)

東京大学情報理工学系研究科創造情報学専攻

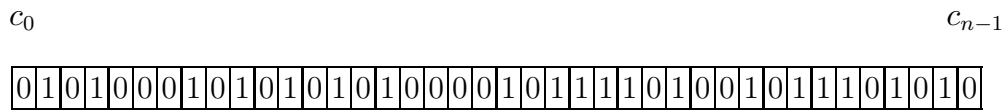
## プログラミング

### 注意事項

1. 試験の合図まで，この問題冊子を開いてはいけない。
2. この表紙の下にある受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
3. 解答用紙，下書き用紙がそれぞれ 1 枚配られる。それぞれに受験番号を記入しなさい。
4. 各自の PC を用いて指定されたプログラムを作成せよ。ただし，問 1 と問 2 の 2-1，2-2 は解答用紙に解答すること。そのあとの問題も (手書きの図を書くなど) 必要であれば，解答用紙に解答の一部を書いてもよい。
5. プログラミング言語は各自の得意なものを使用しなさい。
6. プログラミング言語のマニュアルは 1 冊に限り実技中に参照してもよい。
7. 試験終了時に各受験者に USB メモリが渡される。受験番号名のディレクトリ/フォルダを作成の上，作成したプログラムおよび関連ファイルをその下にコピーし，さらにこのディレクトリ/フォルダを USB メモリにコピーしなさい。
8. コピー終了後，USB メモリ，解答用紙，下書き用紙を回収する。問題冊子を持ち帰ってはならない。
9. 回収後，試験監督が周回し，各受験者の結果を簡単に確認する。そのまま座席で待機しなさい。全員の確認が終わるまで部屋を出てはいけない。
10. 口述試験中にプログラムの動作をより精密に確認する。各自の PC 上でプログラムがなるべくすぐに実行できるようにしておきなさい。
11. 全員の簡易確認が終了した後，各自の PC とこの問題冊子を自分の机の上に残し，部屋から退出しなさい。

受験番号 \_\_\_\_\_

状態として 0 と 1 を取り得る  $n$  ( $3 \leq n \leq 2000$ ) 個のセル  $c_0, c_1, \dots, c_{n-1}$  が下図のように並んでいる。ただし,  $c_{n-1}$  の右に  $c_0$  が隣接しているとする。これらのセルの空間を  $C$  と書く。



離散時刻  $t = 0, 1, 2, \dots$  におけるセル  $c_i$  の状態を  $c_i(t)$  と書く。1 クロック後の時刻  $t + 1$  の各セルの状態は状態遷移関数  $\delta$  により

$$c_i(t + 1) = \delta(c_{i_L}(t), c_i(t), c_{i_R}(t))$$

になる。ただし,  $c_{i_L}$  は  $c_i$  の左隣のセル, すなわち  $c_{i-1 \bmod n}$  のことであり,  $c_{i_R}$  は  $c_i$  の右隣, すなわち  $c_{i+1 \bmod n}$  である。時刻  $t$  における  $C$  の状態  $C(t)$  を以下のように  $c_0(t)$  を一番左側とする 0 と 1 の 2 進列として表現する。これをセル空間状態と呼ぶ。

0101000101010101000010111101001011101010

状態遷移関数は, 引数  $(c_{i_L}(t), c_i(t), c_{i_R}(t))$  の 8 個の組合せ  $(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 1), \dots, (0, 0, 0)$  のそれぞれに対して 0 または 1 を対応させること, すなわち, 8 個の 0, 1 の並びを与えることで記述できる。これを 8 桁の 2 進数として読めば状態遷移関数に 0 ~ 255 の番号をつけることができる。たとえば, 引数の組合せ  $(1, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 1), \dots, (0, 0, 0)$  のそれぞれに 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1, 0 という値を対応させる状態遷移関数は 2 進数で 01011110 番, 10 進数で 94 番となる。以下, 番号はすべて 10 進数で表す。

問 1  $C(t)$  に関わらず,  $C(t + 1)$  においてすべてのセルの状態が 1 になるような状態遷移関数の番号は何か? また, クロックが 1 つ進むたびに各セルの状態が右方向に 1 セル分移動する状態遷移関数の番号は何か?

問 2 状態遷移関数について以下の小問に答えなさい。

2-1 状態遷移関数  $\delta$  には, ある 1 引数の関数  $\varphi$  を用いて

$$c_i(t + 1) = \delta(c_{i_L}(t), c_i(t), c_{i_R}(t)) = \varphi(c_{i_L}(t) + c_i(t) + c_{i_R}(t))$$

と書けるもの, つまり, 次の状態が自分と両隣の状態 0, 1 の和にしか依存しないものがある。このような状態遷移関数は何個あるか?

2-2 状態遷移関数  $\delta$  に対して

$$\delta'(c_{i_L}(t), c_i(t), c_{i_R}(t)) = \delta(c_{i_R}(t), c_i(t), c_{i_L}(t))$$

となる状態遷移関数  $\delta'$  を  $\delta$  を左右反転した状態遷移関数と呼ぶ。このとき  $\delta' = \delta$ , すなわち  $\delta'$  と  $\delta$  が関数として同一になるとき  $\delta$  を左右対称と呼ぶ。左右対称な状態遷移関数は全部で何個あるか?

2-3 状態遷移関数の 0~255 の番号が与えられたとき, それを左右反転した状態遷移関数の番号を求めるプログラムを書きなさい。これを用いて 2-2 の解答を検算しなさい。

問 3  $n$  個のセルからなるセル空間の初期状態  $C(0)$  と状態遷移関数  $\delta$  の番号  $M_\delta$  が与えられたとき,  $t = 0, 1, \dots$  のセル空間状態を計算するプログラムをつくり, 以下のそれぞれの状態遷移関数と初期状態から出発した  $C(t)$  の部分列  $c_0(t), c_1(t), \dots, c_{99}(t)$  ( $t = 0, \dots, 50$ ) を出力しなさい。ただし, 見やすくするために, 以下のように 0 は半角ピリオド “.”, 1 は半角 “#” として出力しなさい。

.#. #. . . #. #. #. #. #. #. . . . #. #####. #. . #. ###. #. #.

クロックごとに改行し, 同じセルの状態が時系列順で縦に並ぶようにすること。初期状態のデータは問題に応じてプログラムで生成すること。口頭試問では異なる  $M_\delta$  を与えて実行してもらったことがある。

3-1  $n = 100, M_\delta = 90$ , 初期状態は  $c_{40}(0) = 1$  を除き, ほかのセルはすべて 0。

3-2  $n = 123, M_\delta = 99$ , 初期状態は  $i$  を 2 進数で表したときに 1 の数がちょうど 3 個のときのみ  $c_i(0) = 1$ , そのほかは 0。

3-3  $n = 860, M_\delta = 129$ , 初期状態は 01001000100001... のように 1 で区切られた連続した 0 の個数が 1, 2, 3, ... と増えていく 2 進列 (一番右は 40 個の 0 が並んだあと 1 で終わる)。

問 4 セル空間状態の変化に新たに次のルールを追加しよう。

追加ルール: 状態遷移のあと, 連続して 3 個以上の 0 が並んだら, その並びの左端に 0 の入ったセルが 1 個挿入される。また連続して 3 個以上の 1 が並んだらその並びの左端のセルが 1 個取り除かれてその両隣りが隣接するように間が詰められる。ただし,  $c_0$  が削除された場合は, もとの  $c_{n-1}$ , つまり左のセルが  $c_0$  の位置に入る。

このルールにより, セル空間が伸び縮みする可能性がある。このルールを織り込んだプログラムをつくり, 以下の小問に答えなさい。なお,  $n < 3$  または  $n > 2000$  になったところで, size-out-of-range といったメッセージを出して計算を中止することにする。

4-1 最初  $n = 100, M_\delta = 53$ , 初期状態の条件は問 3 の 3-2 と同じとする。  $C(t)$  ( $t = 0, \dots, 50$ ) を出力しなさい。出力の長さは変化するが, 右端は高々  $c_{99}$  のセルまで出力すればよい。

4-2 最初  $n = 65, M_\delta = 250$ , 初期状態の条件は問 3 の 3-3 と同じとする。  $C(t)$  ( $t = 0, \dots, 50$ ) を出力しなさい。出力の長さは変化するが, 右端は高々  $c_{99}$  のセルまで出力すればよい。