

| ロボット工学 定期試験<br>担当：熊谷正朗 手書きノート持込可 |    | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|----|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 学生番号                             | 学年 | 学生<br>番号                |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 氏 名                              |    |                         |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 日 時                              | 教室 |                         |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                  |    |                         |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                  |    | 確                       | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

| 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
|-------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
| +                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| 1                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| +                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| 2                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| +                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| 3                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| +                       |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |
| X                       | ● |  |  |  |  |  |  |  |  |  | ● |  |

- ・ 3枚とも氏名等を記入し、学生番号(縦に7桁)をマークすること。右枠はマークしないこと。
- ・ [確]には学生番号の各桁の数字をバラして足したものの1の位をマーク 例 9941100 → 計24 → 4

1

2次元平面での運動を行う、図1に示す2自由度マニピュレータについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 基準座標系  $X_0Y_0$  で見た、手先位置Pの座標  $({}^0p_x \ {}^0p_y)^T$  を求めよ。
- (2) 手先座標系  $X_2Y_2$  を基準座標系に変換する同次変換行列  ${}^0T_2$  を求めよ。
- (3) 逆変換の同次変換行列  ${}^2T_0$  を求めよ。

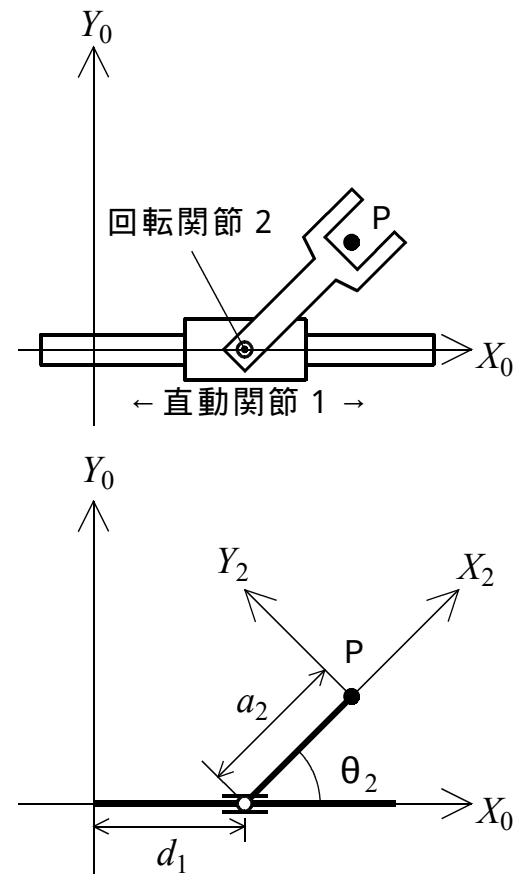


図1 2自由度マニピュレータ

|                                                                                                                                                                                                                                  |      |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-------------------------|-----|--|-----|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|---|---|--|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>ロボット工学 定期試験</b><br>担当：熊谷正朗 手書きノート持込可                                                                                                                                                                                          |      | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">学生番号</td> <td style="width: 50%;">学年</td> </tr> <tr> <td colspan="2">氏 名</td> </tr> <tr> <td>日 時</td> <td>教室</td> </tr> </table> | 学生番号 | 学年                      | 氏 名 |  | 日 時 | 教室 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="4" style="width: 30px; text-align: center;">学生番号</td> <td style="width: 30px;"></td> <td colspan="10">0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td colspan="10" rowspan="3" style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">確</td> <td></td> <td colspan="10">0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y</td> </tr> </table> | 学生番号 |  | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 | 3 | 確 |  | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 学生番号                                                                                                                                                                                                                             | 学年   |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 氏 名                                                                                                                                                                                                                              |      |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 日 時                                                                                                                                                                                                                              | 教室   |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 学生番号                                                                                                                                                                                                                             |      | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                  | 1    |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                  | 2    |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                  | 3    |                         |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 確                                                                                                                                                                                                                                |      | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |     |  |     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |   |   |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

- ・ 3枚とも氏名等を記入し、学生番号(縦に7桁)をマークすること。右枠はマークしないこと。
- ・ [確]には学生番号の各桁の数字をバラして足したものの1の位をマーク 例 9941100 → 計24 → 4

2

対向2輪型の車輪移動ロボットを考える。車輪の直径(2r)を100mm、車輪の左右間隔(2d)を200mmとして、以下の問いに答えよ。ただし車輪の滑りはないものとする。

- (1) ロボットの右車輪を後退方向に角度 $\pi$ 、左車輪を前進方向に $\pi$ だけ、同じ時間で一定角速度で回転させた。ロボットは具体的に(数値を含め)どのような運動をするか。
- (2) ロボットの左右の車輪を図2に示すように時間の経過と共に回転させた。

4秒後のロボットの位置、姿勢および両輪の4秒間の軌跡を具体的に図示せよ。

なお、時刻0でロボットは原点にいて、姿勢は図中上向きにあるとする。また、必要なら $\pi = 3.14$ としてかまわない。

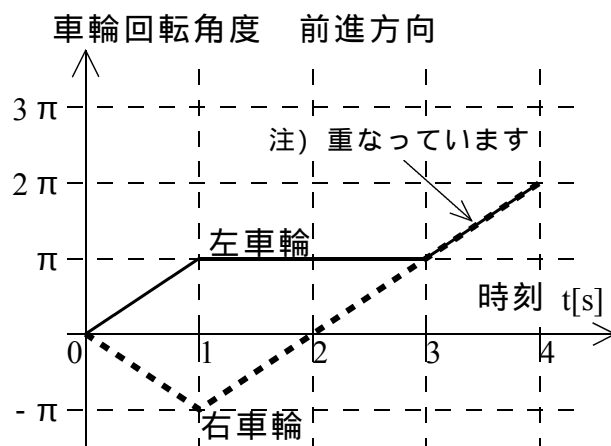
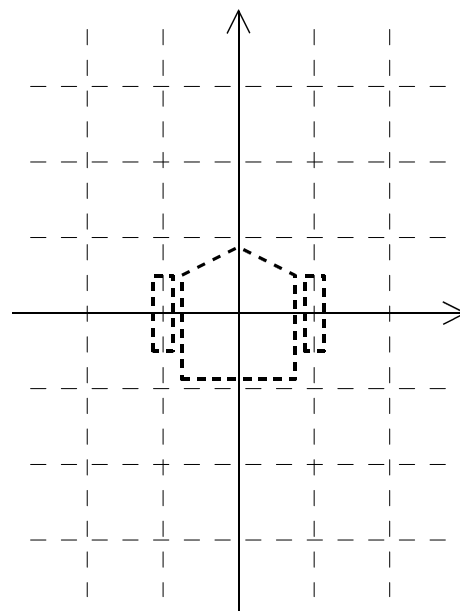


図2 車輪回転角度の時間変化



- ・ 必要なら、明記の上で、裏面を使用のこと。

| ロボット工学 定期試験<br>担当：熊谷正朗 手書きノート持込可 |    | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------------|----|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 学生番号                             | 学年 | 学生<br>番号                | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="13" style="text-align: center;">0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table> |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | + |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y          |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| +                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| X                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 氏 名                              |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 日 時                              | 教室 |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 確                                |    |                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

- ・ 3枚とも氏名等を記入し、学生番号(縦に7桁)をマークすること。右枠はマークしないこと。
- ・ [確]には学生番号の各桁の数字をバラして足したものの1の位をマーク 例 9941100 → 計24 → 4

3

近い将来、我々の生活にロボットやそれに類するものが深く関わってくると予想される。ロボットが人間社会に及ぼす、良い影響、悪い影響について検討し、ロボットの応用先や、ロボットのあるべき姿について論述せよ。

- ・ 必要なら、明記の上で、裏面を使用のこと。