

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">ロボット基礎工学 指定試験 ①</p> <p style="text-align: center;">月3 熊谷 書籍ノートプリント電卓(プ)可 60分</p> <hr/> <p style="text-align: center;">学生番号 学年</p> <hr/> <p style="text-align: center;">氏 名</p> <hr/> <p style="text-align: center;">日 時 1/24 3コマ manaba 教室</p> </div>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0</td><td style="width: 10%; text-align: center;">1</td><td style="width: 10%; text-align: center;">2</td><td style="width: 10%; text-align: center;">3</td><td style="width: 10%; text-align: center;">4</td><td style="width: 10%; text-align: center;">5</td><td style="width: 10%; text-align: center;">6</td><td style="width: 10%; text-align: center;">7</td><td style="width: 10%; text-align: center;">8</td><td style="width: 10%; text-align: center;">9</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">0</td><td style="width: 10%; text-align: center;">1</td><td style="width: 10%; text-align: center;">2</td><td style="width: 10%; text-align: center;">3</td><td style="width: 10%; text-align: center;">4</td><td style="width: 10%; text-align: center;">5</td><td style="width: 10%; text-align: center;">6</td><td style="width: 10%; text-align: center;">7</td><td style="width: 10%; text-align: center;">8</td><td style="width: 10%; text-align: center;">9</td><td style="width: 10%; text-align: center;">XY</td> </tr> <tr> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">学生番号</td> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">+</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">-</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">+</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">-</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">+</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">-</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black;">確</td> <td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> <td style="border: 1px solid black;">X</td><td style="border: 1px solid black;">0</td><td style="border: 1px solid black;">0</td> </tr> </table>		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	XY	学生番号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	確	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	XY																																																																																																																																																													
学生番号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																													
確	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																																																																																																																																																														

- ・ 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

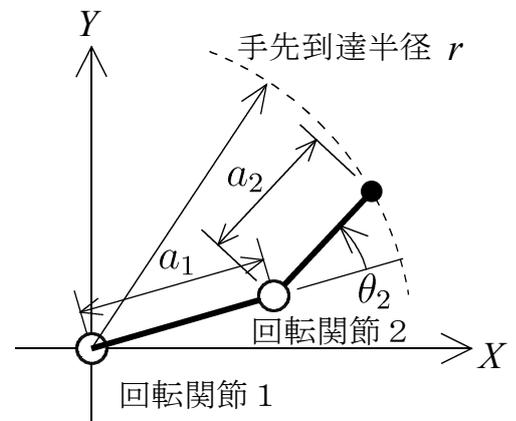
以下のロボットに関わる計算を行い、結果の数値と、その数値に至る途中の計算、考え方を示せ。

(1) 図は3自由度SCARAロボットのような第1第2関節が鉛直軸まわりの回転関節で、水平面内で動くロボットの模式図である(座標系、変数設定は修正DH法にはよっていない)。第1リンクの長さ a_1 を250[mm]、第2リンクの長さ a_2 を{IDABC}[mm]としたときに、原点(関節1中心)からみた、手先の到達可能な半径 r について考える。たとえば、回転関節2の角度 θ_2 に制限がなければ、 r の最大値は $(250 + \{IDABC\})$ [mm]となる。

①同じく θ_2 に制限がない場合の r の最小値、および

② θ_2 の最小角度(=伸ばしている側)が{IDAB}[deg]、最大角度(曲げ側)が120度の場合の r の最大値と最小値を数値(式では無く)で求めよ。

ヒント:②は余弦定理でも計算できるが、余弦定理を使わずとも計算できる。



(2) 対向2輪型ロボットにおいて、組立後の動作試験で設計からのずれを検証した。設計では車輪直径 $2r = 100$ [mm]、車輪の左右方向の間隔 $2d = 200$ [mm]とした。

まず、設計値に基づいて10,000[mm](1万[mm], 10[m])の直進前進(左右車輪同速度)を指令したところ、実際には $(10000 - \{IDABC\})$ [mm]と短かった(=車輪の直径が設計値より小さい)。次に、機体の条件は変えずに設計値に基づいて、その場旋回(左右車輪速度の絶対値は等しいが方向が反対)で90.0[deg]の旋回を指示したところ、87.0[deg]の旋回であった。

実際の車輪直径 $2r$ および間隔 $2d$ は何[mm]であったと計算できるか。

なお、車輪は一点で接地し、車輪の滑りや路面の影響などの不確定要素は考慮せず、駆動系のバックラッシュや制御遅延などが無い(車輪は意図したとおりに同期して回る)とする。

※言い換えれば講義の計算式のみで計算する

- ・ 必要なら、明記の上で、裏面を使用のこと。

ホチキス位置

ロボット基礎工学 まとめテスト ①	
月3 熊谷 書籍ノートプリント電卓(プ)可 60分	
学生番号	学年
氏名	
日 時 12/26 3コマ 教室(多) 324	

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	Y
学生番号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
確	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	●	0	0	0	0	●	0	0	0	0	0	0
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9													

・ 2枚とも番号氏名を記載すること。マーク欄にはマーク不要。

1 以下のロボットに関わる計算問題を解け。(計20点)

(1) 右下図1に示す3自由度マニピュレータの関節変位 $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)^T$ に対して、手先変数を

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} {}^0p_x \\ {}^0p_y \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \cos \theta_1 + a_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + a_3 \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \\ a_1 \sin \theta_1 + a_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) + a_3 \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \\ \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \end{pmatrix}$$

とする。以下のヤコビ行列の9成分を求めよ。

(2) 手先変数から関節変位をもとめる逆運動学の演算のアイデア・手順を述べよ (式は不要)

$$\frac{\partial r_1}{\partial \theta_1} =$$

$$\frac{\partial r_2}{\partial \theta_1} =$$

$$\frac{\partial r_3}{\partial \theta_1} =$$

$$\frac{\partial r_1}{\partial \theta_2} =$$

$$\frac{\partial r_2}{\partial \theta_2} =$$

$$\frac{\partial r_3}{\partial \theta_2} =$$

$$\frac{\partial r_1}{\partial \theta_3} =$$

$$\frac{\partial r_2}{\partial \theta_3} =$$

$$\frac{\partial r_3}{\partial \theta_3} =$$

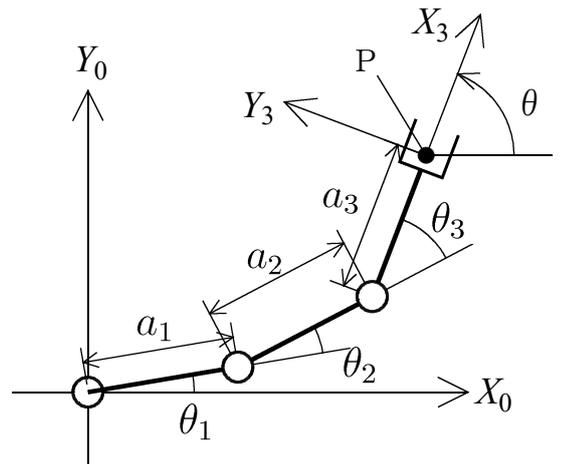
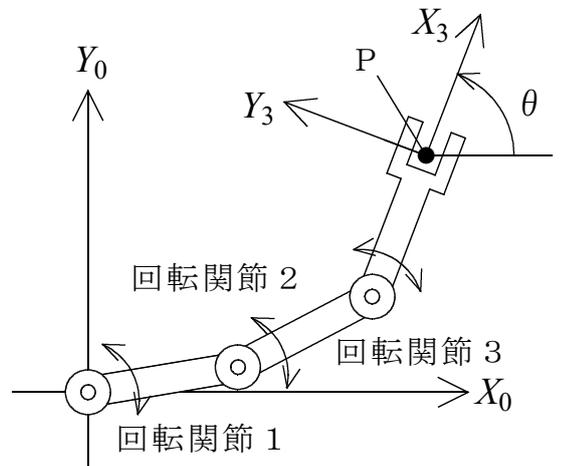


図1 3自由度マニピュレータ

裏面に続きます (はい・いいえ)

ロボット基礎工学 まとめテスト ①	
月3 熊谷 書籍ノートプリント電卓(プ)可 60分	
学生番号	学年
氏 名	
日 時 1/29 3コマ	教室 L603

	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 XY
学生番号	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	
確	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	X	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		

・2枚とも番号氏名を記載すること。マーク欄にはマーク不要。

1 以下のロボットに関する問題を解け。(計20点)

(1) 右下図1に示す3自由度マニピュレータの関節変位 $(\theta_1 \ d_2 \ \theta_3)^T$ に対して、手先変数を

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} {}^0p_x \\ {}^0p_y \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} d_2 \cos \theta_1 + a_3 \cos(\theta_1 + \theta_3) \\ d_2 \sin \theta_1 + a_3 \sin(\theta_1 + \theta_3) \\ \theta_1 + \theta_3 \end{pmatrix}$$

とする。以下のヤコビ行列の9成分を求めよ。

(2) 手先変数から関節変位をもとめる逆運動学の演算のアイデア・手順を述べよ(式は不要)

- $\frac{\partial r_1}{\partial \theta_1} =$
- $\frac{\partial r_2}{\partial \theta_1} =$
- $\frac{\partial r_3}{\partial \theta_1} =$
- $\frac{\partial r_1}{\partial d_2} =$
- $\frac{\partial r_2}{\partial d_2} =$
- $\frac{\partial r_3}{\partial d_2} =$
- $\frac{\partial r_1}{\partial \theta_3} =$
- $\frac{\partial r_2}{\partial \theta_3} =$
- $\frac{\partial r_3}{\partial \theta_3} =$

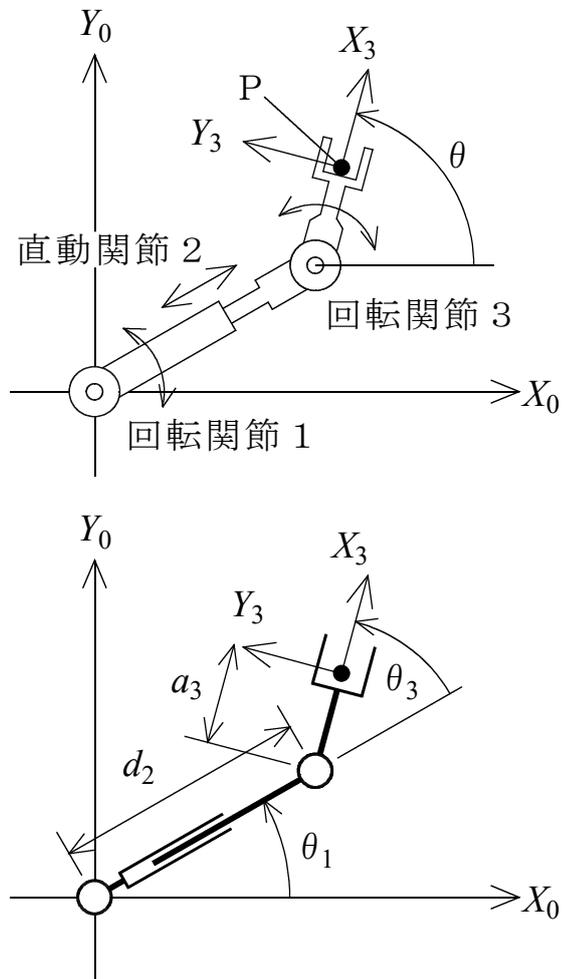


図1 3自由度マニピュレータ

ロボット基礎工学 指定試験 ③	
月3 熊谷 書籍ノートプリント電卓(プ)可 60分	
学生番号	学年
氏 名	
日 時	1/24 3コマ manaba 教室

		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y
学生番号	+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	X	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
確		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		

- ・ 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 次の問題について、数式等を交えて、具体的に述べよ。

- (1) 腕型の産業用ロボットには、様々な自由度のものがある。講義で扱ったSCARA型で見られる3自由度(および手先に鉛直まわり旋回を加えた4自由度)、人の腕に似た形態のもので5自由度、6自由度、7自由度のものが市販されている。空間の位置の自由度が3, 姿勢を含めると6となることを念頭に、3, 5, 6, 7自由度を持つことの特徴(できること、用途)を各々述べよ。
- (2) 自動車をはじめ、実用的な車両では車輪(タイヤ)の接地には軸方向に幅があるが、車輪移動ロボットでは意識して細いタイヤ(タイヤの役割を果たすゴムリング)を用いることが目立つ。接地の幅のロボットとしての制御への影響を述べ、細くした方がよい理由を述べよ。

ロボット基礎工学 まとめテスト ②	
月3 熊谷 書籍ノートプリント電卓(プ)可 60分	
学生番号	学年
氏 名	
日 時	12/26 3コマ 教室(多) 324

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	X	Y
学 生 番 号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
確	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	●	0	0	0	0	●	0	0	0	0	0
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9													

・2枚とも番号氏名を記載すること。マーク欄にはマーク不要。

2 以下の事柄について、図や数式を交えて具体的に文章にて述べよ。(計15点)

- (1) 座標変換における同次変換行列について、その定義(説明)・性質・利点(有用性)について述べよ。
- (2) 対向2輪型(独立2輪駆動型)と、自動車・2輪車・3輪車のような操舵輪を持つ車輛を
 - (a) 構造の違い
 - (b) 動作させるための動力
 - (c) 運動の特性
 - (d) ロボットにする観点からの利点欠点
 について述べよ。

ロボット基礎工学 まとめテスト ②	
月3 熊谷 書籍ノートプリント電卓(プ)可 60分	
学生番号	学年
氏 名	
日 時 1/29 3コマ	教室 L603

	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y
学 生 番 号	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	2-	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	3+	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
確	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	X	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9		

- ・ 2枚とも番号氏名を記載すること。マーク欄にはマーク不要。

2 以下の事柄について、図や数式を交えて具体的に文章にて述べよ。(計15点)

(1) 回転関節からなるマニピュレータは、手先を一定速度で動かそうとしたとき、一般には関節角速度は一定とはならない。その理由を説明せよ。

説明においては、用語「ヤコビ行列」「特異点(特異姿勢)」を用いよ。

(2) 車輪移動の自己位置推定は有用であるが、実用的にはマップマッチングなどの別手段による補正が必要である。なぜか。(「ずれるから」の一言で終わるものではない)