

ロボット基礎工学 指定試験 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	1/25 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	1 + - + - + - +	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0 0 0 0 0 0 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 1 2 3 4 5 6 7 8 9	X	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

2次元平面での動作する、右下図に示す3自由度マニピュレータについて、以下の問いに答えよ。

- (1) 手先座標系 X_3Y_3 を基準座標系 X_0Y_0 に変換する同次変換行列 0T_3 を求め、行列の各要素を選択せよ。

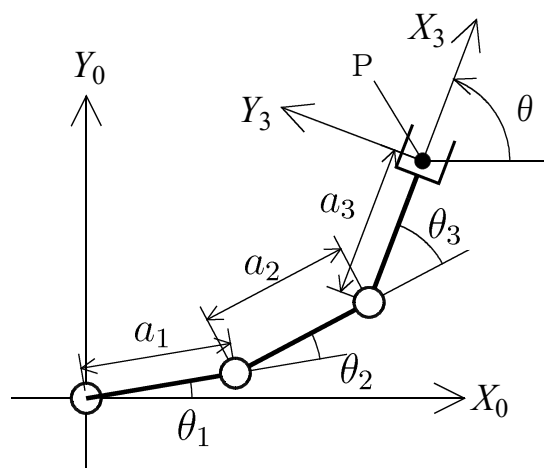
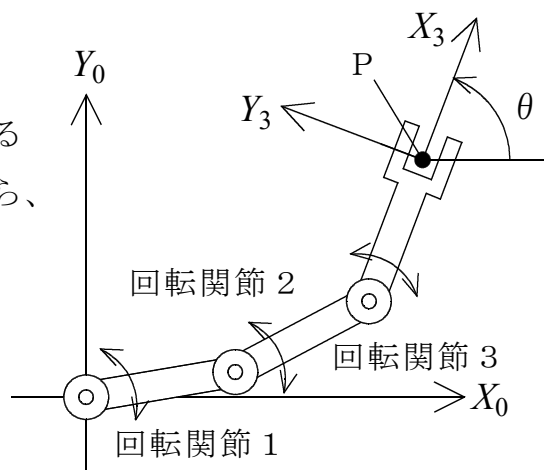
左2列 該当する選択肢がない $\cos\theta_1 + \cos\theta_2 + \cos\theta_3$ $-(\cos\theta_1 + \cos\theta_2 + \cos\theta_3)$ $\sin\theta_1 + \sin\theta_2 + \sin\theta_3$ $-(\sin\theta_1 + \sin\theta_2 + \sin\theta_3)$ $\cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $-\cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $-\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ -1 0 1

右1列 該当する選択肢がない $a_1\cos\theta_1 + a_2\cos\theta_2 + a_3\cos\theta_3$ $a_1\sin\theta_1 + a_2\sin\theta_2 + a_3\sin\theta_3$ $a_1\tan\theta_1 + a_2\tan\theta_2 + a_3\tan\theta_3$ $(a_1 + a_2 + a_3)\cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $(a_1 + a_2 + a_3)\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $(a_1 + a_2 + a_3)\tan(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $a_1\cos(\theta_1) + a_2\cos(\theta_1 + \theta_2) + a_3\cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ $a_1\sin(\theta_1) + a_2\sin(\theta_1 + \theta_2) + a_3\sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)$ -1 0 1

- (2) このマニピュレータの逆運動学を求めたい。

手先Pの座標系 X_0Y_0 での位置を $(x \ y)^T$ 、 X_0 に対する X_3 の角度を θ とし、手先の位置姿勢 $(x \ y \ \theta)^T$ から、各関節変位 $(\theta_1 \ \theta_2 \ \theta_3)^T$ を求める方法を述べよ。

※ヒント：関節3の座標 $(r_{x3} \ r_{y3})^T$ をまず求めよ。



- ・必要なら、明記の上で、裏面を使用のこと。

図1 3自由度マニピュレータ

[illegible]

③

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		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9	
学生番号	学年	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 X Y	
氏 名			
日 時 1/25 3コマ manaba 教室			

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

3

次の問題について、図や数式等を交えて、具体的に答えよ。

- (1) 機械におけるガタ、バックラッシは、たとえば歯車の歯の隙間、ネジ機構の隙間など、実際の動作に必須である場合があるが、モータの回転角に対して、出力の動作が一意に定まらず、ある幅で自由に動いてしまうことを意味する。これはロボット制御において様々に有害である。

直列型の腕型のロボット(マニピュレータ)と、車輪型ロボットのそれぞれにおいて、どのような不具合につながるか、述べよ。なお、腕型については「根元に近い関節」と「手先に近い関節」のガタの影響について比較言及せよ。車輪型については、車輪の回転(走行)と操舵角について論じよ。

- (2) 対向2輪(独立2輪)型ロボットを製作し、走行試験を行ったところ、直進性には問題が無かったが、移動距離の誤差(たとえば、1000mm前進の指示で1010mm移動するような)と旋回角度の誤差(90度の旋回を指示したが89度しか回らないような)があった。

これは、対向2輪型の動作モデルにおける車輪直径 $2r$ 、車輪間隔 $2d$ と、実際のロボットの値が異なっていたことによると考えられ、プログラムで使う値を、設計値から実測に基づく値に修正しようと考えた。

以下の方法から、もっとも適切と考える方法を一つ選択し、それが適切であるとする理由をほかの選択肢と比較して(なぜそれらが不適切か、劣るか)、述べよ。

ただし、車輪はタイヤとしてゴム製のリングを用い、自動車のタイヤのような目立って幅のある接触ではないものとする。モータから車輪への伝達系にガタもないものとし、車輪の回転制御そのものには問題が無いとする。また、滑りのような不確定な(ランダムな)状況ではないと確認できているとする。

方法の選択肢：

(a) 車輪の直径、車輪の取り付け間隔をノギスで測定し、その数値を使う。

(b) まず、ある距離(たとえば1000mm)の走行を指示して移動距離を実測して $2r$ を補正し、つぎにある角度(たとえば1800度=5回転)のその場旋回を指示して $2d$ を補正する。

(c) まず、ある角度(たとえば1800度=5回転)のその場旋回を指示して $2d$ を補正し、つぎにある距離(たとえば1000mm)の走行を指示して移動距離を実測して $2r$ を補正する。

(d) まず、左の車輪を止め、右の車輪だけある距離(たとえば1000mm分)前進させ、左車輪を旋回中心として回った角度から $2r$ と $2d$ を補正し、次に右の車輪を止めて、左の車輪だけを回して、計算通りの角度だけ回ることを確認することで補正の正しさをチェックする。

(e) $2r$ と $2d$ をランダムに少しずつ変更しながら誤差を確認し、十分な正確さで指令通り走るまで繰り返す。

- ・必要なら、明記の上で、裏面を使用のこと。