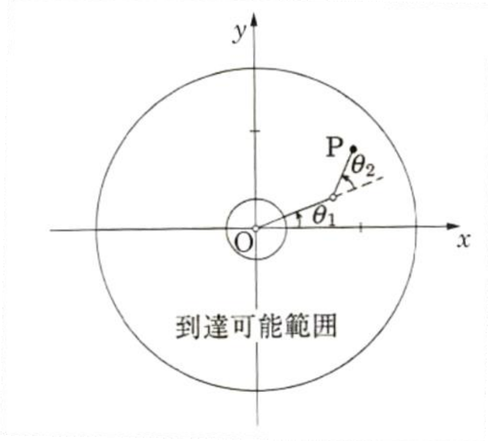
学部講義ロボティックス 第6回演習課題

学籍番号

氏名



1.　右図を用いてマニピュレータの特異点について述べよ。

（回答）右図は2リンク・マニピュレータの（　　　　　　　　　　）範囲をあらわしている。境界（大円あるいは小円上）にある点は先端部が到達可能であるが、その点は（　　　　　　　　　）になっており、マニピュレータのヤコビ行列が（　　　　　　）でなくなる。多関節マニピュレータにおいても同様に、関節がひとつでも『伸びきった状態』や『折りたたまれた状態』になるとヤコビ行列は正則でなくなる。

2.　ヤコビ行列と静力学について述べよ。

（回答）マニピュレータが不動壁を押すような手先の力と各関節のトルクがつりあった状態における（　　）力学について考察する。

（　　　　　　　　　　）の原理とは、『ひとつの質点に対して複数の力（トルクを含む）が作用し、それらが釣り合っているとき、任意の仮想変位に対する力の仕事の和は（　　）になる』というものである。

これは関節角と関節トルクをθ、τ、手先の位置と力をx、Fとして、

$\delta\theta^T\tau - \delta x^T F = 0$　とあらわされ、Jをヤコビ行列とすると、

$$\delta\theta^T\tau = \delta x^T F = (J\delta\theta)^T F = \delta\theta^T J^T F$$

よって、$\tau = J^T F$

ここで注目すべき点は、マニピュレータの（　　　　　）モーメントや質量などとは無関係に関節トルクと先端力が関係づけられることである。　　　　　　　　　　（裏面につづく）

3.　ロボットのヤコビ行列（ヤコビアン）について述べ、下図の 2 リンク・マニピュレータのヤコビ行列を求めよ。

（回答）一般に『ロボットのヤコビ行列』という場合はロボットの手先の微小変位と（　　　　　）の微小変位を対応づけるヤコビ行列を指すことが多い。ヤコビ行列の要素は（　　　　　）関数を含む多項式であらわされるので、（　　　）線形成分で構成されるが、（　　　　）変位という観点からは、両者は（　　　　）関係にある。下図は 2 リンク 2 関節であらわされる平面マニピュレータを表している。アーム先端位置 r=[x y]^T と関節角 θ=[θ$_1$　θ$_2$]^T の関係は次式であらわされる

$$x = l_1 \cos\theta_1 + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2)$$

$$y = \underline{\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad}$$

⇦　$r = [x, y]^T$ と θ は非線形関係

$C_1 \triangleq \cos\theta_1$、$C_{12} \triangleq \cos(\theta_1+\theta_2)$、$S_1 \triangleq \sin\theta_1$、
$S_{12} \triangleq \sin(\theta_1+\theta_2)$ としてヤコビ行列 J は、

$$J \triangleq \begin{bmatrix} \dfrac{\partial x}{\partial \theta_1} & \dfrac{\partial x}{\partial \theta_2} \\ \dfrac{\partial y}{\partial \theta_1} & \dfrac{\partial y}{\partial \theta_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_1 S_1 - l_2 S_{12} & \qquad\qquad \\ \qquad\qquad & l_2 C_{12} \end{bmatrix}$$

微小変位は線形関係：$\delta r = J\delta\theta$