

# ロボット 第3回 ゼミナール

## 関節の数と運動学計算

前回までのロボットゼミナールでは、ロボットの歴史や当社産業用ロボットの誕生秘話から、様々なロボットの構造や特徴を紹介しました。これからは、産業用ロボットを動かすために必要な基本知識を、一般的な「垂直多関節型」を例として解説していきます。3回目の今回は、ロボットの関節の数やロボットを動かすための基本的な計算(運動学計算)について説明します。

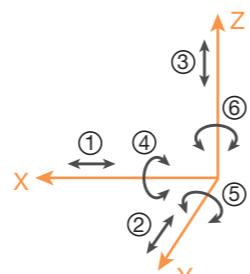
### ◆ロボットの腕をどう呼ぶか? ——— 関節・軸・自由度

ロボットの可動部は、人間の腕に例えて「関節」と表したり、モータの軸の数と一致することで、「6軸垂直多関節型」などと「軸」といった表し方があります。さらに、ロボットに限らず一般的に「自由度」と表現することもあります。

### 3次元空間で動く 自由度はいくつ?

人間が生活する空間は3次元空間です。3次元空間で物体の位置と姿勢をXYZ軸の直交座標系で表すと、X軸方向の1自由度、Y軸方向の1自由度、Z軸方向の1自由度、それから、X軸周りの1自由度、Y軸周りの1自由度、Z軸周りの1自由度の合計6つとなります。

そうです、一般的な産業用ロボットの自由度6つと、3次元空間で物体の位置姿勢を表す自由度6つとが一致します。つまり、3次元空間で



ロボットの機構は最低で6自由度で構成すれば、ロボットの手先は自由な位置と姿勢で動くことができます。このため、6自由度すなわち6つの関節を持つ産業用ロボットは、いろいろな場所にいろいろな角度で部品が置かれていても作業ができるのです。(作業範囲に制限はあります。)  
\*人間の腕の自由度と同様に7つあるとどうなるのかについて、次号で解説します。

### 人間の腕の自由度はいくつ?

みなさんは自分の腕の自由度がいくつあるかということを考えたことがありますか?(ここでいう「腕」とは、肩から手首までで、指のある手は含みません。)

答えは、「7つ」です。肩から順番に数えてみます(図1)。

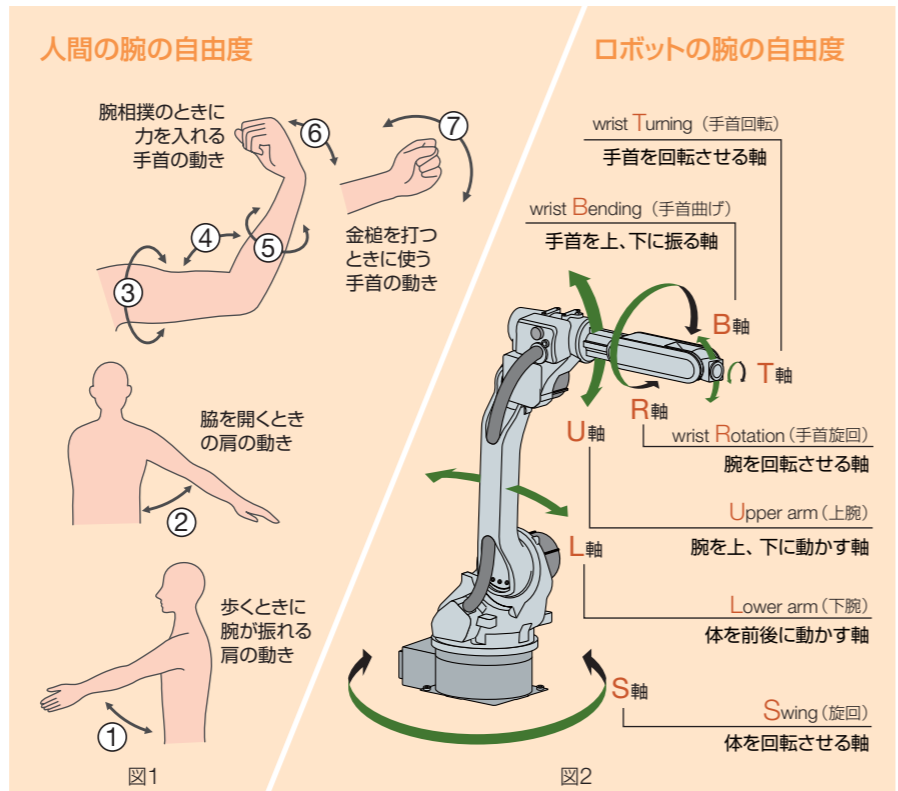
- ① 肩の前後の自由度
- ② 肩の左右の自由度
- ③ 上腕(二の腕)を捻ることができる自由度
- ④ 肘を曲げたり伸ばしたりすることができる自由度
- ⑤ 前腕を捻ることができる自由度
- ⑥ 手首を掌方向に曲げる自由度
- ⑦ 手首を横に動かす自由度

の計7自由度です。正解でしたか?

### 垂直多関節型産業用 ロボットの自由度はいくつ?

では、工場でアーク溶接などの作業を行う一般的な垂直多関節型産業用ロボットの自由度数はいくつでしょうか?(手先のグリッパなどの自由度は含みません。)

答えは、「6つ」です【図2のS軸、L軸、U軸、R軸、B軸、T軸の6つ】。  
そうです。だから「6軸垂直多関節型」なのです。でも、人間の腕の自由度(7つ)よりも一つ少ないのはなぜでしょうか?

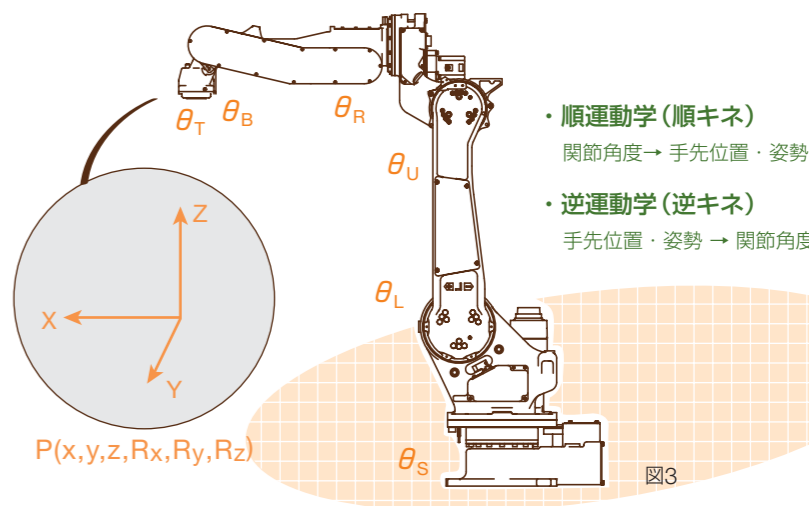


### 多関節をどう動かすか? ——— 運動学計算

各関節を動かすと手先はどう動くか、逆に手先の目標を設定したときに、各関節の角度をそれぞれ何度にすればよいかは、運動学計算で求めることができます。

この運動学計算とは、ロボットの各関節の角度とロボットが作業する手先の位置姿勢(直交座標系)の関係を求める計算で、キネマティクス(kinematics)とも言います。例えば工場の製造ラインで部品をピックアップし、その部品をある方向に正確に10mmだけ移動したいという場合に、各関節角度を何度にすればよいかをこの運動学計算で求めることができます。

運動学計算の中でも、ロボットの各関節【図3の $\theta_S, \theta_L, \theta_U, \theta_R, \theta_B, \theta_T$ 】から手先の位置姿勢【図3の $P(x, y, z, R_x, R_y, R_z)$ 】を求める計算を「順運動学計算」\*といいます。逆に、手先の位置姿勢からロボットの各



関節角を求める計算を「逆運動学計算」\*と呼びます。

この運動学計算、特に、逆運動学計算のおかげで、産業用ロボットのプログラミングペンダントの操作で簡単にロボットの先端を平行に動かしたり、一点を中心に回転

したりすることができるのです。この動作のときに、ロボットコントローラが所懸命にsinやcosなど複雑な関数を用いて、逆運動学計算を行なっているのです。

\*運動学計算はキネマティクスとも呼ぶことから、専門家は順運動学・逆運動学計算のことを略して「順キネ」「逆キネ」と呼ぶことがあります。

今回は、ロボットの冗長自由度や特異点について学びましょう。

## 北九州 食べ歩き

### 「ホルモン鍋」、炭鉱、安川電機

皆さんは「ホルモン鍋」をご存知ですか? 博多の「もつ鍋」とは、全然違います。ホルモン鍋は、もつ鍋と同じように「ホルモン」を使った鍋料理なのですが、鍋といっても

「出汁」が無いんです。「ホルモン鍋」は、野菜などの具材から出てくる水分で煮る鍋料理で、湯気の香りを嗅ぐだけでも元気が出てきそうです。

美味しいホルモン鍋をとっても好んで食べて、元気をつけていたそうです。

ところで、安川電機は、明治鉱業という炭鉱会社を母体として興った会社で、創業当時は炭坑用電機品の製造販売を行っていました。石炭というエネルギー源の採掘に端を発し、現在では太陽光や風力といった自然エネルギーから電気エネルギーに変換する創エネ事業にも取り組んでいます。

ホルモン鍋→筑豊地方→エネルギー(炭鉱)→炭坑用電機品→安川電機→エネルギー(太陽光、風力)...

人類にとってエネルギーは大切です。でも、みんなが元気でないとエネルギーが出ません。体も心も元気になるホルモン鍋を食べて、がんばろう! 日本!



写真提供:「田川ホルモン喰楽歩」

ホルモン鍋の発祥の地は、北九州市の南に位置する筑豊地方です。筑豊地方では、明治から昭和にかけて炭鉱が盛んでした。石油がエネルギーの主役となるまでは、石炭は日本の近代化を支えるエネルギー源として重要な役割を果たし、工業都市として発展した北九州を支えていました。当時の炭鉱での作業は過酷だったため、炭鉱従事者は、栄養価が高く、安く