

制御技術とAIとの関わり

牧野 浩二

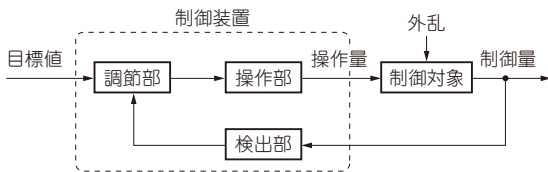


図1 フィードバック制御系の流れ

近年、AIの進歩が目覚ましく、さまざまな既存の技術と組み合わせたり、不良品の検知、チャットボットなど、新しいサービスが生まれています。本稿では将来、制御技術において、AIがどのように使われるようになるのか、どのような関係になるのかについて、制御系の研究機関が多く参加する国際学会での研究発表を紹介しします。

従来の制御技術の考え方

● 制御対象の動きは物理で表す

制御は、図1に示すように制御対象と制御装置とといった大きく2つの部分でできています。なお、ここでは制御するときにも最もよく用いられるフィードバック制御を対象としています。これらの要素を説明するために、図2に示す倒立振子を例にとります。倒立振子とは回転する棒が台車に取り付けられていて、台車を左右にうまく動かすことで棒を立てさせます。これは、ほうきなどの長い棒を手の上でバランスを取って立てる遊びに相当します。倒立振子は制御を学ぶときの初歩的な問題となります。

図2の倒立振子の制御に関する数式を次に示します。

$$\begin{cases} (M+m)\ddot{x} + (m\cos\theta)\ddot{\theta} - ml\dot{\theta}^2\sin\theta = u \dots\dots\dots(1) \\ (m\cos\theta)\ddot{x} + (ml^2)\ddot{\theta} - mgl\sin\theta = 0 \dots\dots\dots(2) \\ u = f_1x + f_2\dot{x} + f_3\theta + f_4\dot{\theta} \dots\dots\dots(3) \end{cases}$$

M が台車の質量[kg]、 m が振子の質量[kg]、 l が振子の回転軸から重心までの距離[m]、 g が重力加速度[m/s²]、 u が台車への与える力[N]、 x は台車の速度[m/s]、 \dot{x} は台車の加速度[m/s²]、 θ は振子の角度[rad]、 $\dot{\theta}$ は振子の角速度[rad/s]、 $\ddot{\theta}$ は振子の角加速度[rad/s²]とします。

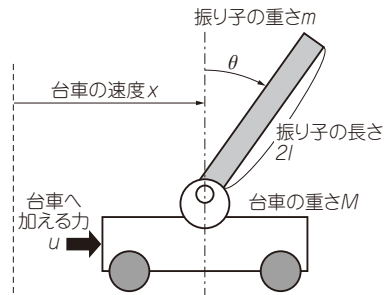


図2 倒立振子の物理

▶ 制御対象

倒立振子の運動を表します。制御では制御対象を数式で表す必要があります。式(1)と式(2)がこれに当たります。このように数式で表すことをモデル化と呼びます。

▶ 制御装置

倒立振子の角度や台車の速度などを計測して、どの程度の力を加えて台車を動かせばよいかといったことを計算する部分となります。台車へ与える力を u とすると、式(3)のように台車の位置(x)と速度(\dot{x})、棒の角度(θ)と角速度($\dot{\theta}$)に対して適切な4つの値($f_1 \sim f_4$)を決めることで行います。

● 複雑な動きを数式で表す

ここで、式(1)や式(2)のように非線形な項(\sin や \cos に含まれていたり、変数が自乗されていたりする変数)が含まれている場合は、非線形システムと呼ばれ、制御することが難しくなります。線形な項とは変数の値が2倍になっても答えが2倍になる変数であり、非線形とは変数の値が2倍になっても答えが2倍にならない変数です。例えば、三角関数や自乗は変数の値が2倍になっても答えは2倍になりません($\sin 2x \neq 2\sin x$)。

非線形項を含む場合は、非線形制御という理論を適用する必要があります。これは非常に難しい理論であるだけでなく、全ての問題に対応できるようなものではないといった問題があります。そこで、問題を簡単にして通常の制御で扱えるように、 θ を0に近い(棒が直立している状態)から少しだけしか倒れていない状

注1：台車の位置と速度、振子の角度と角速度が計測できたとして、各値にそれぞれ $f_1 \sim f_4$ で表される定数をかけて台車に与える力を決めると振子をうまく立てることができます。これらはフィードバック・ゲインとも呼ばれる値で、この $f_1 \sim f_4$ を決める方法はいろいろあり、これらの値の決め方こそが制御工学の本質です。