

## 電気電子工学科吉田研究室

本研究室では電子制御技術について基礎的な研究を行っています。制御とは、温度や位置といった量を目的の値に一致させることを言います。制御の技術は、身の回りの製品にも数多く利用されています。

今回のオープンキャンパスでは、以下のコンピュータを使った制御の実験を紹介します。

1. 磁気浮上制御系の実験
2. 倒立振子の振り上げ制御の実験

### 1. 磁気浮上制御系の実験 (magnetic suspension, magnetic levitation)

#### 磁気浮上とその制御

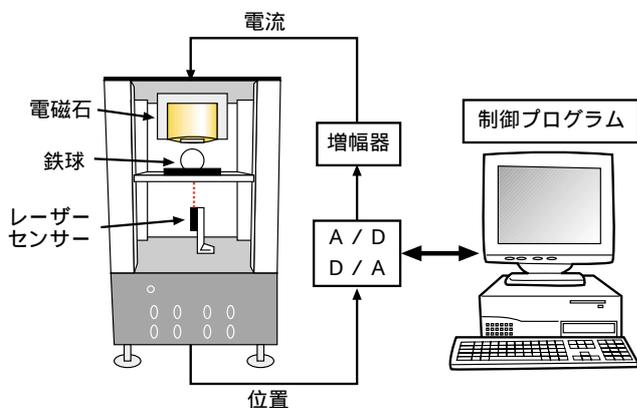
磁石の間の反発力または吸引力を利用して物体を空中に浮かせること、を磁気浮上といいます。磁気浮上の例としては、リニアモーターカーが有名です。

超伝導を利用したリニアモーターカーの場合は、軌道上に置いた磁石と車体の下の磁石との反発力を利用しています。このような「下から支える」構成では、特別に制御を行わなくても安定に浮上することが分かっています。

しかし、磁石の吸引力を使って「上から釣り上げる」場合には、何もしなければ不安定であること、つまり、磁石に吸い付けられてしまうか落ちてしまうかどうか、ということが分かっています。物体をうまく浮上させるには、物体に働く磁石の力と重力が釣り合うことが必要なのですが、「上から釣り上げる」場合には、磁石の力を制御してあげないと釣り合いがとれないのです。

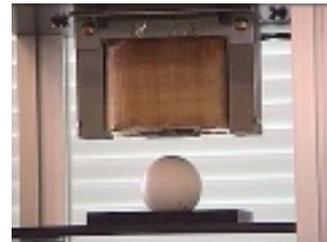
私たちの研究室では、制御が必要な「上から釣り上げる」タイプの磁気浮上を研究しています。磁石の力でうまく釣り上げる制御方法を理論的に考え、実際に鉄球を上から電磁石で吸引する実験を行っています。

#### 実験装置

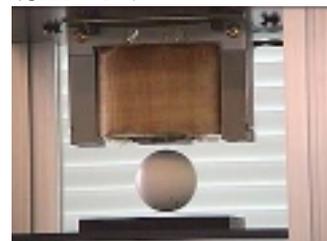


#### 実験の様子

始めの状態：この状態では磁界が発生していないので、白い鉄球は台の上です。



浮上状態：上の電磁石に電流を流し、磁界を発生させると、鉄球は電磁石へ引き寄せられます。鉄球の位置は、下からレーザー光で測定しています。鉄球は制御により一定の高さに浮上します。



## 2. 倒立振子の振り上げ制御の実験 (inverse pendulum)

### 倒立振子とその制御

倒立振子(とうりつしんし)は、その名の示すように、普通の振り子(下向き)を逆立ち(倒立)させたものです。振り子と言っても、ヒモとオモリでは逆立ちさせられないので、しっかりとした形のあるものを振り子として用います(以下の実験では、細長い金属板を使用しています)。倒立振子は、制御の理論を実験的に検証するときに、好んで用いられる題材の一つです。

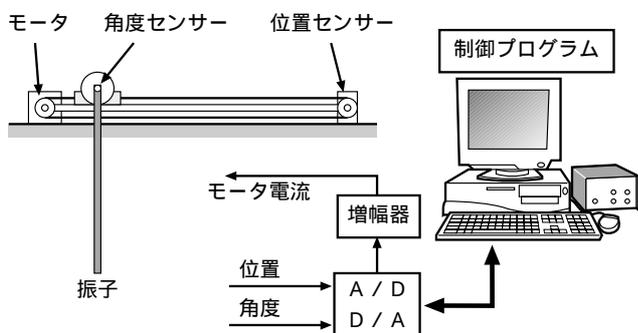
倒立振子の制御を理解するために、「手のひらの上で棒をたてる」という遊びを思い浮かべてみましょう。手のひらの上の棒というのは、倒立振子そのものです。手のひらの上の棒は、逆さにまっすぐ立てておいても、そのまま何もしないと自然と倒れてしまいます。倒れないようにするには、手を動かして、常に棒をまっすぐな状態にしておかなければなりません。倒立振子の制御もこれと全く同じで、手のひら代わりに台車をうまく動かして、倒立振子が倒れないようにしています。

実際に人が棒を立てようとするときには、手の平を空間的(3次元的)に動かしますが、機械を使った実験で同じことをやるのは非常に大変です。このため、実験では、1方向にしか倒れないような振り子を、その方向(1次元的)にしか動けない台車に固定しています。

### 倒立振子の振り上げ

倒立振子の振り上げとは、下向きの振子を揺さぶって、逆立ちの状態まで持っていくことです。器械体操の大車輪の様子を思い浮かべると分かりやすいかもしれません。振子を揺さぶって逆立ちの状態までもっていった後は、倒れないように倒立振子の制御を行います。

### 実験装置



### 実験の様子

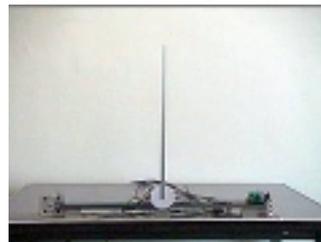
始めの状態：振子は下向きになっています。



振り上げの途中：振子を乗せた台車がレールの端まで画面右方向に移動し停止したため、振子は慣性により右方向に振り上げられています。今回の実験では、台車がレールの上を2往復すると、振子は倒立状態へ移行します。



倒立状態：この状態では、振子が倒れないように台車が小刻みに移動しています。



この実験の様子はインターネットでも公開しています。

磁気浮上：<http://www.eee.kagoshima-u.ac.jp/%7Edc-lab/maglev.html>

倒立振子：<http://www.eee.kagoshima-u.ac.jp/%7Edc-lab/pend.html>