

ここまでの知識を使って 東京大学の入試にトライ

新井 正敏

ここまで本特集では、物理現象をひも解き、運動方程式から微分方程式を導出し、それをSimulinkでモデル化し、SILSを用いて視覚的に動作確認を行ってきました。机上で物理現象を理解するだけでなく、モデルベース開発の流れを通じて物理現象を体感的に理解できたのではないかと思います。

本章では、これまでに身につけた力学の知識を実際を使って、東京大学の入学試験に挑戦します。具体的には、2018年の東京大学入学試験で出題された物理

の問題を解いてみます。これまでに扱ってきた基本的な数学および物理の知識があれば、十分に理解できる内容です。

本章では、いきなり数式の処理に入るのではなく、まず問題の状況をイメージすることを重視します。そのため、最初に問題をモデル化し、動作を確認した上で、順を追って問題を解いていきます。

2018年の東京大学入学試験で出題された物理の問題⁽¹⁾は図1の通りです。

第1問 図1-1のように、水平な床の上に質量 M の台がある。台の中央には柱があり、柱上部の点Pに質量 m の小球を長さ L の伸び縮みしない糸でつるした振り子を取り付けられている。床に固定された x 軸をとり、点Oを原点、水平方向右向きを正の向きとする。小球と糸は、柱や床に接触することなく x 軸を含む鉛直面内を運動するものとする。また、床と台の間に摩擦はなく、台は傾くことなく x 軸方向に運動するものとする。

以下の問に答えよ。ただし、重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさ、糸の質量、および空気抵抗は無視できるとする。

図1-1のように振り子の糸がたるまないように、小球を鉛直方向から角度 θ_0 ($0 < \theta_0 < \frac{\pi}{2}$)の位置まで持ち上げ、台と小球が静止した状態から静かに手をはなしたところ、台と小球は振動しながら運動した。

- (1) 小球が最初に最下点を通過するときの、小球の速度の x 成分を求めよ。
- (2) ある時刻における台の速度を V 、小球の速度の x 成分を v とする。このとき、点Pから距離 l だけ離れた糸上の点の速度の x 成分を、 V 、 v 、 l 、 L を用いて表せ。
- (3) 点Pからの距離が $l = l_0$ の糸上の点Qは、 x 軸方向には運動しない。 l_0 を、 M 、 m 、 L を用いて表せ。
- (4) 角度 θ_0 が微小角の場合の台と小球の運動を考える。この運動の周期 T_1 は、点Qから見た小球の運動を考察することで求めることができる。周期 T_1 を、 M 、 mg 、 L を用いて表せ。ただし、 θ_0 が十分に小さいため、点Qの鉛直方向の運動は無視できる。また、 $|\theta|$ が十分に小さいときに成り立つ近似式、 $\sin\theta \approx \theta$ を用いてよい。

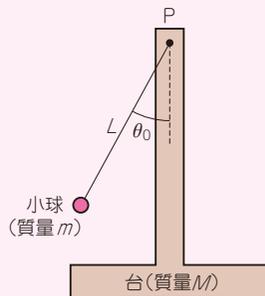


図1-1

出典：第2次学力試験、平成30年 理科 第1問(物理)、東京大学。一部表記は本誌掲載に合わせて変更している。

図1⁽¹⁾(2) 本章でやること…2018年の東京大学入学試験で出題された物理の問題をモデル化して解く