211 歩行モデルの設計・製作による導入教育

Introduction Education to Engineering
through Designing and Manufacturing a Walking Model

○中澤 剛 (小山高専)

三田 純義 (小山高専)

Tsuyoshi NAKAZAWA, Oyama National College of Technology, Nakakuki771, Oyama, Tochigi
Sumiyoshi MITA, Oyama National College of Technology

In recent years, students' learning will and motivation have been declining. So the introduction education to engineering is important for students in colleges and national college of technology.

In Oyama National College of Technology, we are trying a introduction education to engineering for first grade students at mechanical engineering department. We select walking model as the teaching material. The mechanism of this walking model is known as that of traditional toy. Students can learn the basics of mechanical engineering through designing and manufacturing this walking model.

This report describes education practice using walking model and its effect.

Key Words: Introduction Education to Engineering, Walking Model

1. はじめに

近年、若者の工学（理系）離れの傾向が強まり、工学に対する関心・学習意欲を喚起し、理解度を深めるべく様々な試みがなされている。

大学・高専においては、入学してきた学生に工学の基礎を学習させると同時に、工学に対する関心・学習意欲を高めるため、導入教育が盛んに行われるようになってきた。

小山工業高等専門学校でも、本年度から機械工学科1年生を対象として導入教育を実施している。そのための教材として、機械工学の基礎となる力学や加工技術を含み、学生が興味を持って取り組める題材を昨年度まで検討してきた。その結果、幾つかの教材案の中から歩行モデルを取り上げることにした。このモデルは、「一足とび歩行」とも言われ、古くからあるからくりとして広く知られている⁽¹⁾。

本稿では、使用する教材と、教材を取り入れた授業展開について述べる。

2. 本実践の概要

Fig.1に、本実践で取り上げる歩行モデルの一例を示す。この歩行モデルを斜面に置いて手を離すと、ゆっくりと歩きながら斜面を下っていく。図のように非常に単純な構造であり、脚の長さや形状を変化させれば、歩行運動は様々

に変化する。よって、限られた授業時間の中でも、学生に設計・製作させ、完成品の評価実験を行わせることができる。

本実践では、個々の学生に自分なりのモデルを設計・製作させる。完成後に評価実験として、製作したモデルが一定の距離を歩くのに要する時間の測定や、歩行の観察などを行わせる。

評価実験を行うことを念頭に学生自ら設計・製作させることで、能動的な学習を行わせることを狙いとしている。能動的に学習に取り組めれば、学習成果が上がるのが期待できる。さらに、自ら主体的に考え、問題に取り組むという基本的な学習態度を身につけさせることもできる。

2. 教材の動作解析

取り上げた歩行モデルが教材として力学的にどのような運動をするのか解析した。その結果を以下に述べる。

まず、モデルの歩行動作を把握するために、高速度カメラを用いて歩行動作を撮影し、解析した。撮影した写真の一例をFig.2に示す。

この撮影結果をもとに歩行運動を解析した結果、この歩行はFig.3とFig.4に示したような物体の振動として、捉えることができることがわかった⁽²⁾。

Fig.1 An example of Walking Model

Fig.2 Walking of model

Fig.3 Walking on slope

Fig.3 この歩行モデルの動きの概略図を示す。この歩行は、モデル全体が前後に振動することにより発生している。つまり、歩行モデルを斜面の上でゆらしてやると、一振動ごとに一回の脚の開閉が起こり斜面を下ってゆくのである。坂を下ることで位置エネルギーが消費され、運動エネルギーに変換されるので、摩擦などによる減衰があっても、モデル全体の振動は持続する。

Fig.4 An oscillating object

モデル全体の振動を解析しやすくするため、Fig.4 に示したように単純化した。つまり一辺だけが円弧になった四角形のこの物体の前後の振動として捉えたのである。この時の円弧の半径は、脚の裏の曲率半径に相当する。

この物体の振動は支点（接地点）に対する重心の振動として捉えることができる。平衡位置から少し傾けて手を離すと、物体は前後に振動する。

Fig.4 のように単純化した物体の振動をもとに、モデルの歩行解析と検証実験を行った。その結果以下に述べる。

まず、Fig.4 の物体に重心の高さと振動の周期の関係について解析したところ、重心が高くなるにつれて、振動の周期が長くなることがわかった。一般的に振り子運動では、一般に、振り子の支点と質点を結ぶ糸の長さが長くなるほど周期が長くなる。この歩行運動において糸の長さに相当するのは、支点と重心の距離、つまり重心の高さである。検証のため、重心の高さを変化させたモデルの歩行実験を行ったところ、重心の高さが大きくなるにつれて、歩行の周期が長くなることが確かめられた。

3. 授業展開

本実践における授業展開の流れ図を Fig.5 に示す。

Fig.5 からわかるように、本実践は事前指導・設計・製作・性能評価試験の4段階からなっている。

Fig.5 Flow chart of this trial

本実践は、対象を機械工学科の1年生とし、授業「機械工作実習」の一環として行っている。機械工作実習では、学生を8人程度のグループに分け、1つの題材について5回の授業を行っている。1回の授業時間は約150分ある。

以下、事前指導・設計・製作・性能評価試験の各段階における指導内容について詳しく説明する。

4. 1 事前指導

最初に事前指導として、教材の例を見せながら、動作原理について説明する。併せて、動作原理の理解のために必要な知識も指導する。動作原理を理解するためには、重心や振り子についての知識が必要であるが、入学したばかりの学生ではこれらの知識についていまだ十分に理解していないので、この事前指導が必要である。指導後には、確認テストを行い、学生が基礎知識についてどの程度理解できたか確認する。

4. 2 設計

この段階では、事前指導の知識をもとに製作するモデルの形状を学生に考案させる。指導者はアドバイスをしながらも、あくまで学生に主体的に考案させるようにする。また、学生の理解を深めるために、随時考えたことを学習ノートにまとめさせる。

当然、モデルの製作に必要な図面も描かせる。入学したばかりの学生では製図についての知識もまだ十分ではないので、製図についての知識も併せて指導している。本実践で学生に製図させる図面の一例をFig.6に示す。

Fig.6 An example of plan

Fig.6 からわかるように、本実践で描かせる図面は基本的なものであるから、学生は製図の基礎について学習しながら無理なく図面を完成させることができる。この段階は製図教育の導入にもなっている。

4. 3 製作

図面が完成したら、学生に自分が描いた図面をもとに機械加工を行わせる。モデル製作のための加工工程には、ボール盤作業やノギスによる計測など機械工作における主な基本作業が全て含まれる。よって、この教材モデルの製作を通じて、基本的な工作機械や工具の使い方を一通り指導することができる。この段階は機械工作実習全般の導入になっている。

また、製作工程の中には Fig.7 に示したようなNC工作機械を使う工程も取り入れている。学生に入学後の早い段階で使用を体験させることができるとともに、製作時間を短縮することができる。

Fig.7 Working with NC machine

また、加工の段階になって学生が、自らの図面の間違いやわかりにくい点に気付くことも多い。つまり、この段階で学生は、自分が描いた図面を加工する側に立ち見つけ直すことができるのである。

4. 4 性能評価試験

モデルが完成したら、最後に評価実験として一定の長さの斜面を下るのにかかる時間の計測や歩行の観察などを行わせる。

「3. 教材の動作解析」でも述べたように、本教材のモデルの歩行は、重心の位置などによって変化する。実験を行いながら、製作したモデルの歩行の背景にある原理について、学生に再び説明する。

最後に、レポートで、本実践を通じて学生の基礎事項に対する理解が深まったか確認する。

4. 学生の受けとめ方

授業終了後にアンケートをおこない、本実践を受講した学生の状況、および本実践をどのように受けとめたかについて調査した。以下、その結果を検証する。Fig.8 学生に対して行った状況調査の結果を示す。

Fig.8 Manufacturing experience

ここでは、「入学前に学生がどの程度ものづくり（工作）を経験しているか」調査した。学生の回答を見ると、小・中学校での授業以外にも日常生活の中で経験があると答えた学生が約30%いた一方で、授業で行った程度の経験しかない学生が約50%、特に無いと答えた学生も約20%いた。このように、高専入学生の中にも、ものづくりの経験が不足している学生が多い。今回のような導入教育は、学生の経験不足を補う点からも必要である。

次に、本実践に対する学生の受けとめ方について調査した。その結果を Fig.9 に示す。

Fig.9 Students' responses

まず、「今回の学習内容について理解できましたか？」という質問に対する回答を分析してみると、ほとんど全ての学生から肯定的な回答が得られたので、学生は指導内容についておおむね理解できたといえる。

次に、「主体的に学習できましたか？」という質問に対する回答をみると、主体的に学習できたと回答した学生が70%以上にのぼり、学生は主体的に学習に取り組めたことがわかる。事実、学生を指導していても、予想している以上に学生が活発に意見を出して、意欲的に学習している姿に驚かされた。

さらに、「今回の学習内容に興味がもてましたか？」「この実習を通して、機械についてもっと機械について勉強したくなりましたか？」という質問に対しても、ほとんど全ての学生が肯定的な回答をしており、学生の機械工学への興味・関心が高まっていることがわかる。特に、今後の学習に対する興味が非常に強くなったことが、意識調査の結果からわかる。このように、入学してきた学生の学習意欲を高め、今後の学習をより効果的にするのが今回の導入教育の目的であるから、今回の導入教育の実施は成功であったといえる。

5. まとめ

以上、本年度から実施している導入教育について、使用する教材、授業展開および学生に対して行った調査の結果について述べた。

本実践における成果をまとめると、以下のようになる。

- 教材として取り上げた歩行モデルの動作解析を行った結果、モデルの力学的運動を明らかにすることができた。
- 今回の導入教育で学生の学習意欲を高めることができ、教材の有効性も確かめられた。

また、この結果を受けて今回の教材・教育法をさらに改善・活用すべく、今後は以下のような活動を行ってきたい。

- 本実践を通じて学習できる内容を、構造化などの手法⁽⁹⁾を用いて分析し、この教材の位置づけを明確にする。
- 本教材はこの小・中学生を対象とした科学教室用教材としても活用している。さらに改良して有効に活用したい。

最後になったが、本実践で学んだ学生がより充実した学生生活を送れるよう、願っている。

参考文献

- (1) 加藤 孜, 新型コロナシリーズ42 ほんとに動くおもちゃの工作, コロナ社, p 23-38
- (2) 酒井 高男, おもちゃのダイナミックス, 機械の研究, vol. 36 (1984), pp 209-214
- (3) 佐藤 隆博, I SM構造学習法, 明治図書, p 67-91