

材料力学教育プログラムの国際比較研究

伊澤 悟^{*1}

A international comparative study of material mechanics educational program

Satoru IZAWA

Mechanics of materials is a key subject in the Department of Mechanical Engineering. This paper discusses the features of the Japan, U.S. educational assessment systems, analyzing the systems of Kosen and university. We obtained syllabuses of material statics at random through the university's homepage on the web. The study first describes the curriculum of material mechanics program and discusses total units earned. Second, we research the examinations and evaluation process. Third, the paper describes textbooks. In order to clarify the characteristic of Kosen educational program, we continuously draw a parallel between university and Kosen. We propose a new Kosen style teaching method, which is effective combination of lecture and exercise.

KEYWORDS : Strength of Materials, Curriculum, Syllabus

1. まえがき

教育に関する国際比較研究は、「理科教育の国際比較」¹⁾(国立教育政策研究所)に代表されるような教養科目のカリキュラム構成と学習到達度に関する研究が多い。

材料力学は機械系カリキュラムの中ではコアカリキュラムとして位置づけられていて、世界中の機械系学生の必須科目として学習されている。日本では、明治時代にティモシェンコ流の材料力学がドイツから移入され、現在でもこれがベースとなって技術者教育の基礎を担っている。

本研究では、工学教育の分野における国際比較研究としてコアカリキュラムである材料力学教育カリキュラムについて調査した。ここでは、日本・アメリカの機械系学科における体系化している材

料力学科目のカリキュラムの比較を通じて、工業高等専門学校(以下、高専)と大学における日本型工学教育の特徴について研究を行うとともに、外国における良い教育システムを高専教育に還元することを目的としている。

2. 調査方法

2. 1 調査の概要

本報告では、日本の高専・大学およびアメリカの大学機械系学科における材料力学教育について、インターネットに公開されているシラバス分析によって以下の調査を行った。ここでは、開設単位数や学習項目といった純粋なカリキュラム構成の他に、特に講義の形態と関連性の深い成績評価の内容に着目し、両国の特徴が明確である教科書と共に比較検討を行った。

*1 機械工学科(Dept. of Mechanical Engineering), E-mail: izawa@oyama-ct.ac.jp

2. 2 調査対象

表 1 調査対象

| 教育機関 | 高専 (日) | 大学 (日) | 大学 (米) |
|------|--------|--------|--------|
| 調査数 | 52 | 48 | 35 |

本研究で調査した調査対象と学校数を表 1 に示す。機械系学科を有する日本の 52 高専と 48 国立大学に加えて、国際比較の対象としてインターネット上で検索機能によって無作為抽出しシラバスの確認が出来た、アメリカの 23 州立大学および 12 私立大学の計 35 大学に対して調査を実施した。

3. 調査結果と考察

3. 1 開設単位

表 2 は各教育機関におけるカリキュラム中に占める材料力学の開設単位数の平均値を示す。

表 2 開設単位数の平均

| 教育機関 | 高専 (日) | 大学 (日) | 大学 (米) |
|------|--------|--------|--------|
| 調査数 | 4.3 | 3.5 | 3.7 |

昭和 47 年の日本機械学会教育資料調査分科会報告²⁾では、全国 89 の国公立の大学機械系学科の材料力学教育について、開校時間数、講義内容(含む教科書)、実験との関連などの項目について、アンケートによる調査結果が公表されている。この昭和 47 年の大学調査では、開設単位数は 2~6 単位まで広く分布しており 4 単位大学が多くを占めている。更に、これらの開設単位のほとんどが必修科目であった。

これに対して今回の大学調査では、4 単位開設大学が多いものの 2 単位大学を含めて二極化の傾向を示し、先の日本機械学会の調査結果と比較して材料力学の開設単位数が少しずつ減少してきている。これに対して高専では 3~5 単位と、過去の大学調査結果と同様に 4 単位を山の中心とした分布を示した。

小山高専では、4 単位を必修科目で構成している。高専ではほとんどの学校で材料力学を必修化しているのに対して、大学では必修と選択科目が二分しており、先の単位数の結果と総合して、特に高専では材料力学の教育に大きく力を入れていることが窺える。また、開設単位が 4 単位の大学においては、2 単位を必修科目、残り 2 単位を選択科目化している大学が目立った。アメリカの大学の開設単位数の平均値は日本の大学とほぼ同様の 3.7 単位であった。

3. 2 成績評価

アメリカの大学における成績評価は非常にシビアであるため、シラバスに詳細な成績の評価基準を記載して明確化している。近年、日本でも JABEE 審査等の影響もありシラバスの利用が定常化してきているため、この成績評価基準についても比較検討を行った。

図 1 に成績評価に占める試験、宿題や演習、発表などその他の割合を示す。各教育機関ともに試験を重視しているが、ここでは、大学 (米国)、大学 (日本)、高専の順に、成績評価中の試験の占める割合が高くなっている。高専は、学校間格差が少なくシラバス中に記載された課題や演習の評価割合は、試験 8 : 課題 2 の学校が多かった。

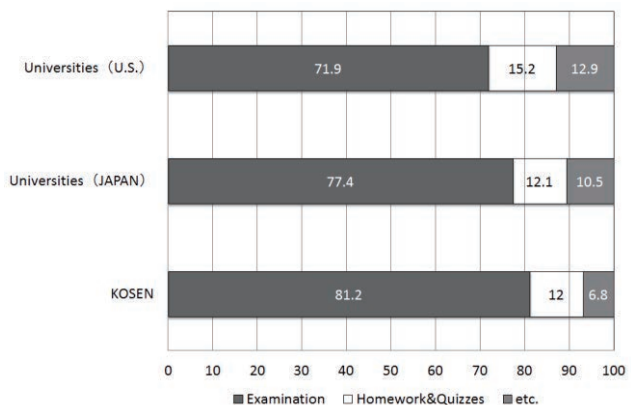


図 1 成績評価に占める評価項目の割合

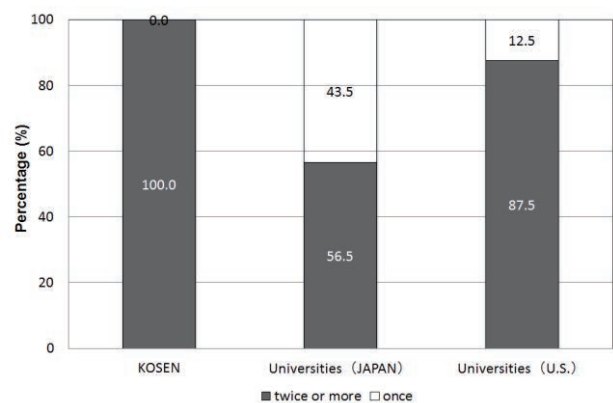


図 2 試験の回数 (1 セメスターあたり)

図2に半期、米国における Semester に相当する期間中に実施した試験の回数を示す。

高専は調査した学校のすべてにおいて中間試験を実施している。短いスパンで定期的に試験を複数回行い、これと課題学習を組み合わせで成績評価をする傾向が強い。これに対して、日本の大学では全体として試験の回数が他機関と比較して少ない。ここでは、学期末試験の1回の試験で成績評価を行う大学と、アメリカと同様にレポートや演習課題を組み込んで多項目で成績評価を行う大学に二極化の傾向が見られた。

対照的に、アメリカの大学のほとんどは成績評価に含まれる項目が多岐にわたり、試験の他、課題、小テスト、演習、更に口述試験、実験レポートなどが評価項目に付加するなど定常的な講義における評価ポイントが高かった。図3はアメリカの大学において採用している、評価項目ごとの採用割合を示した。

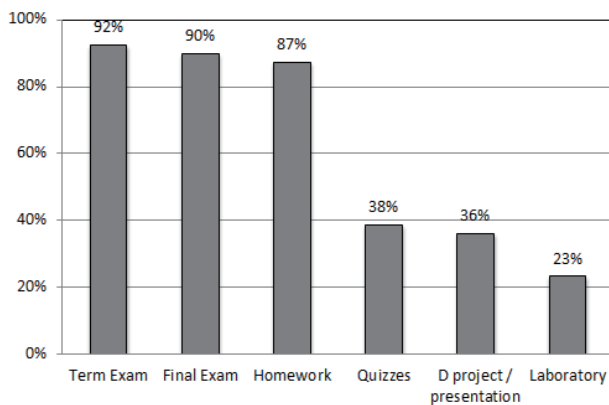


図3 成績評価の項目と採用割合 (米国)

3. 3 教科書

学習内容の比較のため、教科書についても調査を行った。教科書は教科教育の中心であり、学習内容の把握に好都合であるばかりでなく、学習項目や演習問題の難易度の確認を通じて、それぞれの国で科目をどのような教え方をしているのか比較する際の重要なアイテムである。ここでは、シラバス中に記載の多かった教科書の中から日本とアメリカについてそれぞれ2冊をピックアップして、比較検討を行った³⁾⁶⁾。表3に比較のために選択したそれぞれの国で使用している教科書について、教科書のページ数、章立て、演習問題数などの比較結果を示す。

表3 教科書の比較例

| 項目 | 日本 | | 米国 | |
|------|-----|-----|--------------|--------------|
| | A | B | A | B |
| 教科書 | A | B | A | B |
| サイズ | A5 | A4 | 8×10 inch | 8×10 inch |
| ページ数 | 256 | 216 | 780 | 608 |
| 章数 | 19 | 11 | 11 | 9 |
| 例題数 | 140 | 81 | 978 | 613 |

教科書に記載された学習項目については、章立ての細かさに違いがあるものの、国間格差や教科書の全体を構成している内容に大きな違いはない。このことから、材料力学が機械系のコア科目として広く浸透していることが分かる。

違いは教科書のボリュームと演習問題の違いに現れた。特にアメリカでは、教科書は非常に分厚く重たいものであるが、それらは演習問題の多さに直結している。また、教科書の例題は、実際に我々が身近な生活の中で体験している、例えば自動車などの題材を取り上げて、具体的な数字を出す計算問題が多い。

これに対して、日本の教科書はドイツと似たような傾向があり、教科書のボリュームが薄くても概念等の基礎についてはおおよそ網羅しているのに対して、演習問題の問題数はそれほど多くない。教科書については、戦前に日本に影響を与えたドイツ型の教科書の影響が現在も継続していることが分かる。

更に、最近の教科書の傾向として問題図等で利用する図がCAD技術等の向上に伴い、二次元から三次元に変化していることが挙げられる。また、教科書中に写真やイラストの使用が増えてきているため、概念や問題を学習者がイメージしやすい工夫がされてきている。

4. 結言

日本とアメリカにおける材料力学科目のシラバス調査を通じて、カリキュラムと学習単位について以下の結言を得た。

(1)高専では機械系コアカリキュラムである材料力学の教育に力を入れており、時間をかけて講義を形成、短いスパンで定期的に試験を複数回行い、これと課題学習を組み合わせることで成績評価をする傾向が強い。

(2)日本の大学では全体として試験の回数が他機関と比較して少ない。対照的に、アメリカの大学は成績評価に含まれる項目が多岐にわたり、試験の他、課題、小テスト、演習、更に口述試験、実験レポートなどが評価項目に付加するなど定常的な講義における評価ポイントが高い。

(3)日本の教科書は基礎概念理解の項目が教科書のベースを占めるが、アメリカの教科書ではこれに実例に関連した演習問題を、概念理解の項目と同等に多くのボリュームをかけて盛り込むことで、実践的な問題解決の際に有効な参考書としての機能を持っている。

5. あとがき

日本およびアメリカにおける高専と大学における材料力学科目のシラバス調査と教科書調査を通じて、各教育機関のカリキュラム構成の相違について考察した。ここでは、選択科目の全学生に占める履修者の割合など、機械系の学生がどの程度材料力学を学んでいるかを知る上で重要な情報、そして試験問題や到達度など学習効果等に関わる情報がまだ不足している。

現在、海外の大学としてドイツの大学における調査を拡大し展開しており、日米独の3ヶ国のカリキュラム比較に加え、特に教科書を含めた教材について調査を進め、限られた単位数の中で、より教育効果の向上が展開できるような、日本型の効果的なカリキュラムと教材について検討を進める予定である。

なお、本研究は科学研究費補助事業基盤研究費(C)「材料力学教育を通じた教材と教示方法に関する国際比較研究」(課題番号:25350216)の助成により研究を進めたものである。

参考文献

- 1) 国立教育政策研究所, 理科教育の国際比較, 明石書店
- 2) 材料力学教育資料調査分科会報告: 材料力学教育資料調査分科会報告, 日本機械学会誌第75巻第638号,

p.443-p.446(1972)

- 3) 伊藤 勝悦: やさしく学べる材料力学, 森北出版
- 4) (社)日本機械学会, JSME テキストシリーズ材料力学, 丸善
- 5) Fredinand P.Beer,etc.,Mechanics of materials, McGrawhill
- 6) James M.Gere,etc.,Mechanics of materials, Cengage learning

【受理年月日 2015年 9月30日】