

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500813

研究課題名（和文） 極東アジアにおける機械設計に関するテキストの状況調査と日本の課題

研究課題名（英文） Survey of Engineering Textbooks in Far East Asian Countries and Choices and Issues in Japan

研究代表者

有光 隆 (ARIMITSU YUTAKA)

愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：20151186

研究成果の概要（和文）：著者らは日本の大学で用いられている工学の教科書は易しくなっていると考えている。このような状況は初学者の基本的理解の観点から好ましいと考えられるが、学習プロセスとして適切であるかどうか議論の余地がある。著者らは極東アジアの機械設計の教科書を調査してきた。これらの諸国の特徴は以下の通りである。

- 1) 中国では、教科書の内容は実用的で国家により企画されている。
 - 2) 韓国では、英語からの翻訳と韓国のオリジナルを用いて広範囲の内容が利用されている。
 - 3) 台湾では、アメリカの規格やヤード・ポンド法を用いた英語の教科書が使用されている。
- 工学は産業や社会制度に関係しているので、工学書は国家の政策に影響を受け、産業に影響を与えている。

研究成果の概要（英文）：The authors think that engineering textbooks used in Japanese universities have been getting easier. The situation is favorable for beginners because of their basic understanding, but whether learning process is suitable or not is disputable. The authors have been surveying the situation of mechanical design textbooks in Far East Asian countries. Characteristics in these countries are as follows: 1) in China, textbooks in universities whose contents are practical are planned by the state, 2) in Korea, wide ranging contents using translations from English and originals by Korean are employed, 3) in Taiwan, English textbooks using American standards and imperial systems are employed. Since engineering is related to industries and social system, engineering textbooks are reflected from nation's policy and influence industry.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：工学教育，教科書，機械設計，機械要素，国際比較

1. 研究開始当初の背景

日本では、いわゆる易しい教科書が多数出

版され、次第に大学の講義に採用されてきている。最近では漫画形式の専門書まで現れ

ている。また、インターネットの書籍検索により専門書の売り上げを調べると、易しいテキストが多数出版されていることが理解できる。

学生の教科書・参考書の利用状況を調査したところ、「参考書を購入しない理由」の1つに「教科書だけで十分理解できる」という意見が多くあった。易しい教科書を多くの講義で利用している結果と考えられる。また、図書館の利用について調査したところ、図書館の参考書に対して「文字が多く、堅苦しい」との意見が散見された。易しい教科書に慣れた学生が本格的な内容の専門書に対して拒否反応を示していると考えられる。

易しい教科書の利用は学生の理解を深めるのに有効である反面、このような教科書に慣れた学生の読解力・思考力の低下が危惧される。日本での状況を見るうちに、近隣の極東アジアでの工学教育の現状についてテキストの調査をすると、「それらの国々が抱える課題ならびに日本の工学教育の問題点があぶり出されるのではないか」という考えに至った。

2. 研究の目的

極東アジア地域（韓国、中国、台湾、日本）では、生産の相互依存が高まり技術者・留学生の交流が活発になっている。これらの地域での大学等の高等教育機関の講義で使用されているテキストの動向について機械設計を中心に調査する。これらの調査結果から近隣諸国の課題と日本での工学教育の問題点を探り、改善への提言を行う。

3. 研究の方法

極東アジア地域で使用されている機械設計に関する教科書および大学のカリキュラム・シラバスを収集し分析した。授業での教科書の利用や教育方針などについては機械設計の担当教員から意見聴取を行った。また、機械工学系の学生に対して「授業や教科書をどのように考えているのか」についてアンケート調査を行った。

4. 研究成果

本研究では、東アジアの大学で使用されている機械設計、力学、機械加工、材料力学の教科書を収集した。その内、機械設計に関する22冊（中国語：6冊、韓国語：7冊、日本語 J1-J8 冊、英語（台湾）：1冊）の教科書について比較した。台湾で使用されている教科書以外は全て母国語で書かれている。また、韓国の教科書のうち3冊は英語の原典からの翻訳である。

(1) 教科書の外観と概略

一般的に日本の教科書はコンパクトで、他

の国のものは大きく、韓国のもはとりわけ大きいと言える。機械設計の教科書は「設計の基礎」、「要素の原理」、「実際の応用例」、「設計上のデータ」などの内容を含んでいる。韓国の教科書は応用例や実用データが豊富で詳細な記述であるので、卒業後の仕事に役立つ。シラバスによると韓国の機械設計の科目では日本と同じく15回（演習込みで30回）の授業が行われている。したがって韓国では、各要素の重要な箇所が授業で解説され、学生は詳細を教科書で自学している。一方、日本の教科書は「要素の原理」を中心にコンパクトにまとめられているので、更なる学習のためにはハンドブックや参考文献が必要になる。

(2) 図

機械設計の教科書において、図は明確な理解を促すためには必要不可欠で、工学書の中では比較的図が多い書籍である。その図は原理を示す概略図、規格品の形状を示す部品図、要素の適用例を示す組立図などに分類できる。中国語、韓国語、英語の教科書の図の数は日本のものより多い。

日本の教科書では概略図が多く、中国や韓国のもものでは規格や要素の応用例を示す詳細な図が多い。このような図の様式の違いは「教科書が基礎と実用のどちらに重点をおくか」に関係している。韓国の教科書には実際の機械部品を示す図が多く掲載されている。中国の教科書では実用例を示す図が多く、複雑な図を解説するために、図を収録したCD教材が準備されている。

英語を原典とする教科書では斜投影図が多く、正投影図が多い日本などの国々と異なる。複数の投影図から立体をイメージする正投影法は図学・製図教育においてトレーニングを要する。アメリカでは3次元CADの普及が早く、「視覚的に理解しやすい図法が広く利用されている」という社会背景が理由として考えられる。

(3) 演習問題

演習問題は設計過程の理解と技術者としての技量を高めるためには必要である。一般に中国語、韓国語、英語の教科書には、日本語のものより多くの演習問題が掲載されている。中国および韓国の教科書の演習問題は機械要素の実用的な例が多く、応用能力を高めることを意図している。また、計算問題以外に大多数の教科書で「理由を述べる論述問題」が採用されている。更に、「空欄を埋める問題」や「○×による問題」のように学習者自身の理解を簡単にチェックできる問題などもある。一方、日本のものは学習者自身の理解を確認するための基礎的な計算問題が多く、解答では導出過程を丁寧に解説して

いる。日本以外の問題数が多い教科書では、スペースの制約から「解答なし」や「解答のみ」のものが多くある。中国には、「教科書に沿った教員用の指導書」があり、これらは市販されている。この指導書には教科書の解答や他の例題が収録されている。

(4) 第1章の内容

機械設計の教科書の第1章には、各機械要素に共通な基礎知識(たとえば強度計算、材料の性質、公差・はめあい、規格・標準化など)が解説される。「他にどのような項目を含めるか」については著者の考えに依存している。原典をアメリカとする教科書では、規格と標準化についてほとんど述べられていない。そのかわりに、これらの教科書では応力解析や材料強度(破壊)に焦点(全ページの40%)が当てられている。機械設計は力学を理論的な基礎にしており、力学の後に機械設計を学習する。しばしば授業において、学生の力学に対する理解が不十分な場合がある。このような場合に力学の解説が多い教科書を用いると、教員は関連する部分を簡単に復習できる。

(5) 教科書中の機械要素の学習順

機械要素は次の5つの種類に分類できる。すなわち締結要素(ねじ、溶接、リベットなど)、伝達要素(軸、歯車、ベルト車など)、案内要素(軸受、ガイドなど)、制御要素(クラッチ、ブレーキなど)、緩衝要素(ばね、ダッシュポットなど)である。これらの要素の中で締結要素を最初に学習する方が、駆動系を学習するより容易である。なぜなら、前者は要素が固定されているため静力学を基礎にしているのに対し、後者は要素自体が運動するため運動学と動力学の知識が必要になる。実際の設計では駆動系を最初に設計し、その後それらを支える構造について締結要素を用いて設計する。多くの教科書は「日本の教科書」のように、締結要素から学習し始める。中国の教科書の中には歯車(駆動系)を早い段階で学習し、より実際の設計に近い形で学習するようにしたものがある。

伝達要素の中で歯車は、歯形が数学的なインボリュート曲線であるため、特に難しい内容である。歯車の多くの特性はこのインボリュート関数に基づいている。また、転位歯車や歯車の強度設計では複雑な設計過程や弾性学の難しい概念を必要とする。中国の教科書の中にはインボリュート関数の数学的な説明や難しい理論を省略したものがある。難しい内容を省略することは実用的な設計教育の1つの手法と言える。

歯車列はその構造から歯車の応用と考えられるが、その動きは容易に理解できる。中国の教科書の章立ては機械要素の構造を重

視する従来の教育方法とは異なる教育方法のヒントになる。

(6) 単位と規格

日本、中国では国際単位系(SI単位)が広く用いられているが、アメリカやイギリスの機械産業ではヤード・ポンド法がまだまだかなり用いられている。これは、機械工学の分野では現場で稼働している機械を保守のために、従来からある部品や規格化された機械要素を供給するためである。これらの国々から出版される教科書では、「力学や物理などの自然科学では系統だったSI単位系」、「機械設計の教科書は両方の単位系」が用いられている。単位の変換表が準備されているが、ヤード・ポンド法は初学者に混乱をもたらす。

同様な問題は工業規格においても起こる。調査対象国はそれぞれ自国の工業規格をもっている。台湾で使用されている教科書と韓国の翻訳書では、ANSI(米国規格協会)規格が紹介されている。また、代表的な製造企業名が紹介されているが、日本では馴染みが薄い。したがって、入手可能な規格品が教科書と異なるなど学生の混乱が予想される。これらは海外で出版された教科書を用いる際のデメリットになる。

(7) 日本の工学教育への提言

①教科書の言語について

台湾の大学では英語の教科書が用いられ、中国語による授業が行われている。また、理解を助けるための参考書は中国語で出版されている。日本では中央教育審議会が大学のグローバル化の観点から英語による授業を増やすように答申している。「英語による教育は国際的なコミュニケーションの観点ではメリットがあり」、「内容を明確に理解するためには母国語によるものが有効」と言えよう。教育の効率から考えると台湾のように「英語のテキストを用いて母国語による授業」が「英語による授業」より導入が容易で現実的な方法と考えられる。このようなときには日本で多く出版されている易しい専門書は理解の助けになり得る。

台湾では、高等学校までは母国語のテキストを使用しているため、台湾の大学1年生は英語の教科書に対応するために多くの時間と労力を割いている。「日本の大学1年生が勉強の習慣から急激に遠ざかる」現状に対して参考になると考えられる。

②実用性と学問性について

機械設計は理論を実際問題に適用するために理論的側面と実用的側面の両方が常に必要になる。したがって設計教育において、理論と実用のどちらを重視するかについて意見の分かれるところである。教員がこれら2つのアプローチから1つを選ぶとき、学生

の能力、教育方針、産業界の要求などの要素を考慮する必要がある。以上の他に関連技術の進歩に応じて、次のような考え方も参考にする必要がある。つまり、工学的に確立した領域では、多くの設計技術を教える場合には実用的な手法の教授は習得の近道になり得る。一方、発展途上にある分野については原理に基づいた理論的なアプローチが将来の発展性に対して有益である。それゆえ、教員は理論的か実用的かについてその長所短所を理解して、教科書の内容を時代の変化に応じて見直すべきであろう。

学生は異なる設計手法を通してしだいに設計のプロセスや考え方に対して理解を深める。したがって、発展的な内容は、授業中に教員によって重要な部分について解説がなされるならば、有益である。この点、日本の教科書では発展的な内容が削られている分、コンパクトで「何が本質的か」を理解し易い。ただし、このような教科書を用いていると、「記述されている内容が全てである」という錯覚に陥り易い。特に日本の学生は他の参考書により、「機械設計はいかに広範囲の知識を必要とし、深い考えに基づいているか」を知るべきであろう。

③力学から設計のつながり

中国の力学の教科書には、機械系の学生を対象としたものがある。この教科書では、「剛体の力学から変形体の力学へつながり」をもたせ、「機械への適応例」が多く掲載されている。日本の力学の教科書は「力学を必要とする全ての学生」を対象としており、理学部出身の教員によるものが多い。力学の内容を機械系の学生向けに絞り込んでも多くの需要があるから成立するのかもしれないが、日本でも一考に価する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Yutaka Arimitsu, Hidetsugu Yagi, Jaehoon Lee, Zhiqiang Wu, An Experiment of Reading aloud Meeting in English, J. Engineering Education Research, Vol.15, 2012, pp.26-30, 査読有
- ② Jae Hoon Lee, Shingo Okamoto, A Short-Term Experimental Class for Robotics Education, J. Engineering Education Research, Vol.15, 2012, pp.19-24, 査読有

[学会発表] (計9件)

- ① 有光 隆, 八木 秀次, 呉 志強, 李 在勲, 読みやすいテキストと文章構造に関する

一考察, 日本工学教育協会年次大会, 2012年8月23日, 芝浦工業大学(東京都)

- ② 八木 秀次, 有光 隆, 呉 志強, 李 在勲, 東アジアにおける機械設計テキストの比較, 日本工学教育協会年次大会, 2012年8月23日, 芝浦工業大学(東京都)

- ③ Yutaka Arimitsu, Hidetsugu Yagi, Jaehoon Lee, Zhiqiang Wu, Hikaru Kanesaka, An Experiment of Reading Aloud Meeting in English, 2nd Asian Conference on Engineering Education, October 9, 2011, The University of Tokushima, Tokushima, Japan

- ④ Hidetsugu Yagi, Yutaka Arimitsu, Zhiqiang Wu, Jaehoon Lee, Comparison of Textbooks of "Machine Design" in East Asia, 2nd Asian Conference on Engineering Education, October 9, 2011, The University of Tokushima, Tokushima, Japan

- ⑤ 八木 秀次, 李 在勲, 有光 隆, 呉 志強, 韓国の大学における機械設計教育, 日本工学教育協会年次大会, 2011年9月9日, 北海道大学(北海道)

- ⑥ 有光 隆, 呉 志強, 八木 秀次, 李 在勲, 台湾の大学における機械設計教育, 日本工学教育協会年次大会, 2011年9月9日, 北海道大学(北海道)

- ⑦ 有光 隆, 八木 秀次, 呉 志強, 李 在勲, 日本と中国での工業力学の教科書の比較, 日本機械学会中国四国支部講演会, 2011年3月5日, 岡山理科大学(岡山県)

- ⑧ 八木 秀次, 有光 隆, 呉 志強, 李 在勲, 日本と中国での機械設計の教科書の比較, 日本機械学会中国四国支部講演会, 2011年3月5日, 岡山理科大学(岡山県)

- ⑨ 有光 隆, 八木 秀次, 呉 志強, 李 在勲, 日本と中国での材料力学を中心とした教科書の比較, 日本工学教育協会年次大会, 2010年8月22日, 東北大学(宮城県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有光 隆 (ARIMITSU YUTAKA)

愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 20151186

(2) 研究分担者

八木 秀次 (YAGI HIDETSUGU)

愛媛大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 40036471

呉 志強 (WU ZHIQIANG)

愛媛大学・大学院理工学研究科・講師
研究者番号: 10274333

李 在勲 (LEE JAEHOON)

愛媛大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 00554411