

機械工作を中心に「講義」と「実験・実習」の総合学習を目指した教材開発

○中澤 剛

群馬大学 工学系 技術部 研究推進支援センター

概要

大学や高専で行われている実験・実習などの実技教育において、安全は最優先のキーワードである。実技科目の中でも機械工作実習は、学生が機械工作を体験的に学習できる貴重な科目として、ほとんどの機械系学科で実施されている。実習中の事故を防ぎ、学生が安全に学習できるようにするためには、安全教育の充実が欠かせない。安全教育は単なる作業法の暗記にとどまってはならず、事故の起きる状態とその理由などをいろいろな角度から予想させ、その防止策を考えさせるなどして指導する必要がある。そのためにはまず、講義で学習した物理法則や加工理論などから、学生に安全作業とその背景を正しく理解させる必要がある。

そこで本研究では講義で学習した理論や法則から安全作業とその背景を正しく理解できる e-ラーニング形式の教材を開発した。具体的な題材として、数多くの工作機械の中から、卒業研究や授業において学生の使用頻度が高い基本的な工作機械であるボール盤を取り上げた。本稿では開発した教材について述べる。

1 教材のねらい

本研究では、ボール盤を主な題材として e-ラーニング形式の安全教材を開発した。本教材のねらいを以下に述べる。

安全教育の本質は、安全指導による事故の予測や発生事故への対処能力育成にあると考えられる[1][2]。このような能力を身につけるためには、安全作業について自ら考察できるように、作業の背景にある原理にまで踏み込んで正しく理解しておくことが必要不可欠といえる。本教材では物理や機械工作法など講義で学習した内容から、安全な機械工作の作業方法とその背景について正しく理解させることをねらいとした。

2 教材の内容

本教材の一例を図1に示す。学生は、画面に表示される解説を読み、問題を解きながら学習する形式であり、安全作業とその背景について考察しながら学習を進められる。講義で学習した理論を機械工作実習などで体験した実際の機械工作作業にあてはめながら考察するので、両者を関連づけながら学習できる。また途中で、間違えた問題については繰り返し取り組み、理解不十分な点を繰り返し学習できるようになっている。特に、基礎的な問題については間違えた場合にヒントや解説を表示するようにした。また、学生の学習履歴はすべて自動的に保存される。教材の製作は Visual Basic を用いて行った。

開発にあたっては、ボール盤作業において安全上注意すべき点が多岐にわたるので、特に注意すべき内容に絞って教材を開発することにした。そこで、広く使われている文部科学省の検定教科書と、教科書出版社の副読本を調査し、教材で取り上げるべき内容について検討した。参考文献に示した4冊[3]~[6]

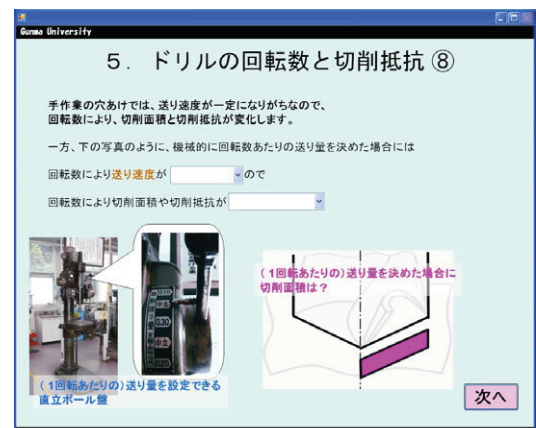


図1 開発した教材の一例

にボール盤の安全作業に関する記述があったので、各注意項目の記述回数を調べた。その結果を図2に示す。記述回数が1回以下の項目は非常に多いので省略した。図2で特に記述回数が多かった内容に注目し、巻き込まれ、切削条件（材料固定含む）、貫通時を題材とし、3種類の教材を開発した。すべての教材は、順を追って無理なく学習できるように、幾つかの章に分け、基本的な内容の復習からそれらを応用した考察へと順を追って進む構成とした。以下、開発した3つの教材の内容を述べる。

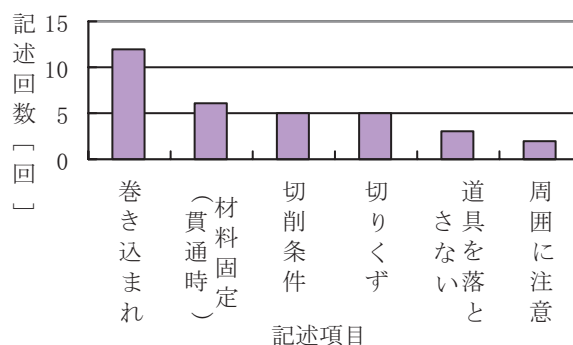


図2 教科書記述回数の調査結果

2.1 教材1・巻き込まれ

教材の各章で学習する主な項目と、学生が履修する講義・実習との関連を表1に示す。表1の括弧内には、群馬大学機械システム工学科での履修年次などを示した。この教材では、機械工作実習で使用するボール盤のドリルにもし巻き込まれてしまった場合にどれほど大きな力で引っ張られるか、物理学などの知識から計算させ、しっかりと認識させる。

教材は、計算に必要な物理学とボール盤加工についての知識を順に復習し、最後にドリルの巻込む力を計算から具体的に求められる構成とした。また、計算で求めた巻き込む力の大きさを身の回りにある物体に働く重力と比較することで、ドリルの巻き込む力がいかに大きいか認識できるようにした。

この教材1については、プロトタイプを高専生対象の授業で使用し、学習履歴やごく簡単なアンケート調査から、学生の受け止め方が良好な事を確認してある[7]。

2.2 教材2・切削条件（材料固定含む）

この教材では、ドリルの回転数や送りなどの切削条件に着目し、安全かつ効率的に作業するには切削条件をどのように決定すべきか、その理由や作業への影響を含めて学習できる。

教材の主な内容を表2に示す。1～2章では安全作業の基本である材料の固定について、基本的な力学や材料が受ける切削抵抗について学

表1 教材1の主な学習項目と関係科目

第1章 力学基礎	
・物体の運動	
・力のはたらきとつり合い	物理 I (高校)
・運動の法則	
第2章 仕事と仕事率	
・仕事と仕事率	物理 I (高校)
・等速運動と仕事率	
第3章 円運動	
・ラジアン	数学 II (高校)
・等速円運動	物理 II (高校)
第4章 回転体の巻込む力による仕事	
・1～3章までの内容整理, まとめ	
第5章 電気とエネルギー保存	
・エネルギー保存の法則	物理 I (高校)
・電気とエネルギー	
第6章 ボール盤の構造とドリルの巻込む力	
・ボール盤・ドリルの構造	機械システム工作実習(2年)
・ドリルの切削条件	機械加工学(2年)

表2 教材2の主な学習項目と関係科目

第1章 トルクとモーメント	
・トルク	工業力学(1年)
・モーメント	
第2章 材料の固定	
・加工材料の固定	機械システム工作実習(2年)
・切削抵抗	機械加工学(2年)
・摩擦力	物理 I (高校)
第3章 旋盤の切削抵抗	
第4章 ドリルの切削抵抗	
第5章 ドリルの切削条件と切削抵抗	
・旋盤, ボール盤加工	
・切り込み量, 送り量	機械システム工作実習(2年)
・切削面積	機械加工学(2年)
・切削抵抗と比切削抵抗 (三次元切削)	
第6章 切削条件と工具寿命	
・切削熱	機械システム工作実習(2年)
・工具寿命	機械加工学(2年)
・切削条件の決め方	

習しながら考察する。3～5章では旋盤加工で例示されることが多い三次元加工における切削抵抗の概念を、

ボール盤にあてはめて考察する。切削条件により切削抵抗つまり材料が受ける力がどのように変化するかを学習した後に、6章で切削条件による工具の摩耗や破損の危険性についても学習する。

実際の作業では、条件表などから機械的に切削条件を決める場合が多く、加工条件が決められた背景や理由や作業への影響まで説明されることはあまりない。本教材により、切削条件が作業にどのような影響を与えるか理解しておけば、安全に作業するために切削条件が何故重要であるかしっかりと認識できる。また、切削条件とその影響についての知識は、ボール盤に限らず旋盤やフライス盤等、他の切削機械での作業にもあてはめられる。

2.3 教材3・貫通時

貫通時にはドリルの先端であるチゼル部分が裏側に抜け出て、急に切削抵抗が減るので切れ刃が下方へ食い込みやすくなり、工作物が回されたりドリルが折れたりする[3]。何故このような現象が起こるのか理論的に考察し、危険を避けるにはどうすればよいかをこの教材でしっかりと認識させる。

教材の主な内容を表3に示す。教材の1～2章では、チゼルと切れ刃部を中心にドリル各部で切削性が異なることを、二次元切削機構の内容から考察し理解させる。3～6章では、貫通時の現象について、どのような順序でドリル各部が貫通し切削機構や切削抵抗が変化していくか、順を追って詳しく考察していく。切れ刃の食い込みによる危険がなぜ生じるのか理解できたところで、このような危険を避けるためにはどのように作業すれば良いか、その理由を明確に示した上で学習させる。

表3 教材3の主な学習項目と関係科目

第1章 二次元切削	
・切りくずの生成機構 (二次元切削)	機械加工学(2年)
・すくい角	
第2章 ドリル各部の切削機構	
・ドリル各部の名称	機械加工学(2年)
・切れ刃とチゼル	機械システム工作実習(2年)
・ドリル各部の切削性	
第3章 貫通時の状態	
第4章 貫通時のスラスト抵抗	
第5章 貫通時の切削面積	
第6章 貫通時の切削抵抗トルク	
・切削面積	機械加工学(2年)
・切削抵抗の求め方	
・ドリル貫通時の作業法	機械システム工作実習(2年)
・ドリル貫通時の切削抵抗トルク	

3 教材を使った指導方法と教育効果の検証

群馬大学の機械システム工学科2年生を対象に教材を使った指導を実践し、評価テストやアンケート調査などを行った。その中で、記入漏れなどが無かった60名を対象に教育効果を検証した。教材を使った学習を行うには、前提知識として必要な物理学、機械加工学および機械工作実習を履修している事が望ましい。そこで、これらの内容を履修し終える年度末に教材を使った授業を実施した。以下、教育効果の検証結果について述べる。

3.1 評価テスト

各教材を使用する前(以下、事前と呼ぶ)と後(以下、事後と呼ぶ)で、教材で学習する内容についての理解度を調査する評価テストを行った。

テストの内容は表1～3に示した各教材の学習項目について、教材1に関する問題4問、教材2に関する問題8問、教材3に関する問題6問の合計18問作成した。物理など基礎科目の内容から加工理論や実際の作業に関

表4 評価テストの結果

	解答回数	平均正解率	標準偏差	検定結果
教材1	事前テスト	66.3	22.5	p<.05
	事後テスト	73.3	26.0	
教材2	事前テスト	64.7	12.5	p<.01
	事後テスト	73.3	13.3	
教材3	事前テスト	56.9	20.4	p<.01
	事後テスト	76.7	19.0	

する項目まで、幅広い内容に関する問題となっている。すべての問題は、学生が既に講義や実習で学習した内容から解答できるよう作成した。事前と事後テストでは、同じ内容について質問するが問題を変えてある。

評価テストの結果を表4に示す。事前テストに比べ事後テストの正解率が高まっており、対応ありとした有意差検定からは有意水準1%もしくは5%で有意差があることも確認できた（危険率 p を用いて “ $p < .01$ ” もしくは “ $p < .05$ ” と記述する）。この結果から学生は、本教材により安全作業とそれに関連する講義の内容について理解を深めたことがわかる。

4 まとめ

ボール盤の安全作業で特に注意すべき内容について作業の背景にある原理にまで踏み込み、正しく理解できる e-ラーニング形式の教材を開発し授業に導入した。教材を使用する前後で学生に対しテストを行った結果から、教材によって学生はボール盤の安全作業とその背景について理解を深めていることがわかった。

参考文献

- [1] 西田好光：技術科における安全教育－卓上ボール盤作業を題材として－，日本産業技術教育学会誌，30，3 (1988)，207-221.
- [2] 引地力男，松田忠大：実験中の事故を防ぐための安全衛生対策の検討，工学教育，55，6 (2007)，93-99.
- [3] 嵯峨常生，中西佑二，他 10 名：機械実習 2，実教出版，(2004).
- [4] 加藤幸一，永野和男，他 52 名：新しい技術・家庭 技術分野，東京書籍，(2008).
- [5] 間田泰弘，他 85 名：技術・家庭 技術分野，開隆堂，(2008).
- [6] 土井正志智，岡野修一，稲本稔，杉浦五，鈴木午一，児崎昭久，河井邦芳：機械実習 安全のころえ，実教出版，(2000).
- [7] 中澤剛，三田純義，松原雅昭，高島武雄，田中好一，伊澤悟，川村壮司：機械工作での安全教育における e ラーニング教材の開発，工学教育，57，6 (2009)，74-80.