

工学的視点に基づいた教科「理数」向け教材の開発

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 中田 星矢*,
Seiya NAKATA

芝浦工業大学 工学部 牧下 英世**
Hideyo MAKISHITA

1 はじめに

本稿は筆者が卒業研究の学内中間発表(口頭発表)で提示, 示唆を受けると共に日本数学教育学会第103回全国算数・数学教育研究(埼玉)大会にて一部例示し, 更に研究を深めた内容である。

1.1 背景

2022年度から実施される高等学校学習指導要領において教科「理数」が新設された一方で, 工学に分類される分野からの提案は多くない。また, 同指導要領総則にて「教科等横断的な視点」の重要性についても言及していることから, 多分野からの提案が求められている。

1.2 研究の目的

上記の背景を受け, 本研究では教科「理数」に注目, 工学分野の専門的内容を取り扱うことで生徒に数学を中心とした理数科目の意義を実感させる教材の開発及び提供を目的としている。

2 研究の方針と方法

2.1 研究における方針

本研究で対象とするのは専門的知識を持たない高校生であるため, 内容の取り扱いについては厳密性と指導のしやすさの中で決定する必要がある。その為, 対象生徒と同世代で取り扱う工業科の教科書, 特に「工業数理基礎」を中心に活用している。

2.2 本研究での「工業数理基礎」の活用

本研究では科目「工業数理基礎」の教科書の設問並びに独立行政法人大学入試センターが2016年度まで実施していた試験科目「工業数理基礎」の試験問題に注目, 題材を厳選し, 教科「理数」の科目「理数探究基礎」を対象として教材化している。

3 取り上げる問題の詳細と分析

本教材では2011年の大学入試センター試験問題¹⁾からベルヌーイの定理を用いた流体のエネルギー問題を取り上げる。

3.1 問題の詳細

本問題では問1にて, 図1のように基準面に平行な

管を導入し, 体積流量と流れの連続性からベルヌーイの定理を導かせている。

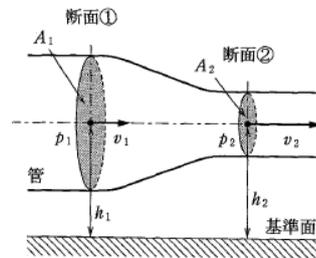


図1 断面積変化がある管の断面図

問2では図1の2つの断面に注目させ, 速度と圧力の関係性を求めさせる。その後, 流量測定器であるベンチリー管を導入, それぞれの断面における液柱の関係から流体の体積流量を求めさせている。

問3では, 図2のように管を垂直に立てた場合を考えさせている。実際に各断面の断面積 $A[\text{m}^2]$ や基準面からの高さ $h[\text{m}]$, 速さ $v[\text{m/s}]$ の数値を提示し, 問2まで誘導付きで立式させた式を用いて各断面における圧力差について数値で求めさせている。

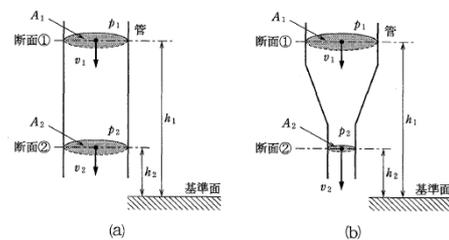


図2 基準面に対して垂直に立てた管の断面図

また, 問題の最後にはキャビテーションを取り上げ, 配管時の安全設計の重要性について取り上げている。

3.2 教材化における問題の分析

上記の問題はセンター試験科目として用いられていることから, 工業高校生が流体力学の基礎的内容を理解できているかを確認する問題だと考える。

その為, 以下の観点に注目し, 専門的知識を持たない生徒でも取り組み可能な教材の開発を行った。

- (1) 単位に注目させることで次元解析の考えを育む²⁾
- (2) 体積流量や連続の式などの専門的知識の取扱い
- (3) 教科「理科」の指導範囲外の事項である圧力エネルギーの指導

(4) 「単位時間」の考え方の具体化

4 作成した教材及び示唆の内容

4.1 提案した教材案

以上の観点から、圧力エネルギーや流体の粘性等については知識として指導し、あくまでも力学的エネルギー保存則の活用と単位から事象を分析する活動を重視する教材を作成した。

全2校時を想定し、1校時目では工業数理基礎の問題を配布し、問1までジグソー法を用いたグループワークで行わせる。2校時目ではベンチレー管の現象を視覚的に提示後、個人で課題に取り組ませる。最後にキャビテーションを取り上げて配管設計から数学と理科の有用性を理解させる教材であった。

尚、授業案作成の過程において吉田、南ら³⁾や日高⁴⁾の実施報告を参考とした。

4.2 示唆の内容並びに研究活動内での気付き

上記の教材を中間発表時に提案、教員から改善のために以下の示唆を頂いた。

- ・ 流体力学の中には同一の意味合いを持つが、注目する視点によって式の表し方が変化するものもある中、指導する上で何か考えはあるのか
- ・ 専門性の厳密さと指導のしやすさの評価手法は明確になっているのか

また、示唆に加え、筆者自身が研究を進めていく中で、グループワークを実施する場合、時間的余裕がなければクラスや班ごとの差が大きくなってしまふ点、誘導付きの問題の配布は生徒の考えを狭め、深い学びに繋がりにくい点に気付き、修正に着手した。

4.3 改善した教材案

教員からの示唆及び研究活動内での気付きから、以下の観点を重視し教材の改善を行っている。

- ・ 式については任意の1式に限定し、他の表現や観点については机間指導時に発問の形で提供する。
- ・ 問1は各生徒に情報を渡し、誘導無しで考えさせる。問2以降は問題を再編成、プリントにすることで必要な誘導のみ残し、議論の活発化を図る。
- ・ 授業時間を1校時増やし、時間的余裕を確保する。
- ・ 対象流体を「水」に設定し、ホースを用いた実験から粘性や圧力エネルギーなどを考えさせる。

特に、センター試験問題をそのまま配布する手法から、問題をまとめ直したプリントを軸とした授業

へと方針を転換させた事が改善点として大きい。

これにより、問題の方針に沿いつつ、より生徒の考えや発想を重視した指導が可能になると考える。

具体的な指導例として、管内の流体を「水」に限定させて考えさせ、後に実験を行わせる方法を提案する。水は本来粘性を持つ流体のため、ベルヌーイの定理で仮定される理想流体にはなり得ない。実験を通して違和感を持たせることで、ナビエ・ストークス方程式への発展を含めた後の理数探究のテーマ構想への発展が期待できると考える。

5 まとめと今後の課題

本研究では工業高校の教科書並びに大学入試センター試験問題に注目し、教科「理数」向け教材への活用を試みている。特に、ベルヌーイの定理では圧力エネルギーが登場するものの、力学的エネルギー保存則の応用例として捉えやすく、数学的活用についても式変形に留まっている。

以上の観点から、理科を中心的に扱う理数探究基礎の教材としての活用が期待できると考える。

また、大学入試センター試験の出題問題はどれも専門的ではあるが基本的な内容でもあり、内容もコンパクトである。その為、中期間での探究が可能であり、教員が軸となって活動をを進めることのできる科目「理数探究基礎」への活用が期待できる。

一方で、教員からの示唆にあった専門性の厳密さの評価基準については、現在も検討を続けている状態にあり、教材の有用性検証と共に今後の課題であると考えている。

文 献

- 1) 独立行政法人大学入試センター，“センター試験の過去問”，サイバーカレッジ，http://www.cybercollege.jp/center/pdf/2011/11center_ks.pdf，(最終閲覧日 2020年7月30日)。
- 2) 文部科学省，小学校学習指導要領(平成29年度告示)，株式会社東洋館出版社，初版(2017)
- 3) 吉田卓司，南学，ジグソー法を用いた高校数学の授業実践およびその効果。三重大学教育学部研究紀要，第67巻，pp.237-244(2016)
- 4) 日高義浩，知識構成型ジグソー法を取り入れた工業高校での授業事例研究，日本教育情報学会 教育情報研究，第32巻，第3号，pp.31-39(2016)

(4) 「単位時間」の考え方の具体化

4 作成した教材及び示唆の内容

4.1 提案した教材案

以上の観点から、圧力エネルギーや流体の粘性等については知識として指導し、あくまでも力学的エネルギー保存則の活用と単位から事象を分析する活動を重視する教材を作成した。

全2校時を想定し、1校時目では工業数理基礎の問題を配布し、問1までジグソー法を用いたグループワークで行わせる。2校時目ではベンチレー管の現象を視覚的に提示後、個人で課題に取り組ませる。最後にキャビテーションを取り上げて配管設計から数学と理科の有用性を理解させる教材であった。

尚、授業案作成の過程において吉田、南ら³⁾や日高⁴⁾の実施報告を参考とした。

4.2 示唆の内容並びに研究活動内での気付き

上記の教材を中間発表時に提案、教員から改善のために以下の示唆を頂いた。

- ・ 流体力学の中には同一の意味合いを持つが、注目する視点によって式の表し方が変化するものもある中、指導する上で何か考えはあるのか
- ・ 専門性の厳密さと指導のしやすさの評価手法は明確になっているのか

また、示唆に加え、筆者自身が研究を進めていく中で、グループワークを実施する場合、時間的余裕がなければクラスや班ごとの差が大きくなってしまいう点、誘導付きの問題の配布は生徒の考えを狭め、深い学びに繋がりにくい点に気付き、修正に着手した。

4.3 改善した教材案

教員からの示唆及び研究活動内での気付きから、以下の観点を重視し教材の改善を行っている。

- ・ 式については任意の1式に限定し、他の表現や観点については机間指導時に発問の形で提供する。
- ・ 問1は各生徒に情報を渡し、誘導無しで考えさせる。問2以降は問題を再編成、プリントにすることで必要な誘導のみ残し、議論の活発化を図る。
- ・ 授業時間を1校時増やし、時間的余裕を確保する。
- ・ 対象流体を「水」に設定し、ホースを用いた実験から粘性や圧力エネルギーなどを考えさせる。

特に、センター試験問題をそのまま配布する手法から、問題をまとめ直したプリントを軸とした授業

へと方針を転換させた事が改善点として大きい。

これにより、問題の方針に沿いつつ、より生徒の考えや発想を重視した指導が可能になると考える。

具体的な指導例として、管内の流体を「水」に限定させて考えさせ、後に実験を行わせる方法を提案する。水は本来粘性を持つ流体のため、ベルヌーイの定理で仮定される理想流体にはなり得ない。実験を通して違和感を持たせることで、ナビエ・ストークス方程式への発展を含めた後の理数探究のテーマ構想への発展が期待できると考える。

5 まとめと今後の課題

本研究では工業高校の教科書並びに大学入試センター試験問題に注目し、教科「理数」向け教材への活用を試みている。特に、ベルヌーイの定理では圧力エネルギーが登場するものの、力学的エネルギー保存則の応用例として捉えやすく、数学的活用についても式変形に留まっている。

以上の観点から、理科を中心的に扱う理数探究基礎の教材としての活用が期待できると考える。

また、大学入試センター試験の出題問題はどれも専門的ではあるが基本的な内容でもあり、内容もコンパクトである。その為、中期間での探究が可能であり、教員が軸となって活動をを進めることのできる科目「理数探究基礎」への活用が期待できる。

一方で、教員からの示唆にあった専門性の厳密さの評価基準については、現在も検討を続けている状態にあり、教材の有用性検証と共に今後の課題であると考えている。

文 献

- 1) 独立行政法人大学入試センター，“センター試験の過去問”，サイバーカレッジ，http://www.cybercollege.jp/center/pdf/2011/11center_ks.pdf，(最終閲覧日 2020年7月30日)。
- 2) 文部科学省，小学校学習指導要領(平成29年度告示)，株式会社東洋館出版社，初版(2017)
- 3) 吉田卓司，南学，ジグソー法を用いた高校数学の授業実践およびその効果。三重大学教育学部研究紀要，第67巻，pp.237-244(2016)
- 4) 日高義浩，知識構成型ジグソー法を取り入れた工業高校での授業事例研究，日本教育情報学会 教育情報研究，第32巻，第3号，pp.31-39(2016)

