

防災教育における数学問題集の開発

鈴木 正樹^{*1}・飯尾 成輝^{*2}・長井 是親^{*2}・齊藤 吾朗^{*3}・松本 行真^{*4}

Development of Mathematics Workbook for Disaster Prevention Education

Masaki SUZUKI^{*1}, Naruki IIO^{*2}, Korechika NAGAI^{*2},
Goro SAITO^{*3}, Michimasa MATSUMOTO^{*4}

Abstract: Our research group is doing integrated research on disaster prevention education by social science, natural science and engineering. The author is in charge of a natural science in the research group and the development of mathematics workbook is one of the research group activities. In this paper we report 'the development of mathematics workbook for disaster prevention education' and 'experience learning for a junior high school student : Disaster prevention education by mathematics' done in National Institute of Technology, Numazu College at current year.

Key Words: Disaster Prevention Education, Mathematics Workbook Development

1. はじめに

近年、文系・理系両方の要素を持ち合わせた、いわゆる文理融合の研究推進の重要性が盛んに謳われている。2018年度には、文理融合領域などで活躍する人材を社会に排出するために、複数の大学から選抜した学生と教員による博士人材プログラム「卓越大学院」がスタートする。これは、既存の研究科や機関の枠を超えた教育課程プログラムで、今日の現実社会の諸問題に対応していくためには、異分野連携や文理融合、理工融合などの統合的なアプローチが重要であることを意味している。

著者は、2016年度から防災教育に関する取り組みを行っており、前報では、その活動内容とともに、今後の展開として他分野との連携の必要性について述べた[1]。今年度は、防災教育を理工連携により展開することを目的に研究グループを立ち上げ、活動している。理工連携とは、何らかの施策（ここでは防災教育）を実行するために、コ

ミュニティなどの地域社会のソフト面を把握・理解する文系分野、自然災害等の現象把握・理解の理系分野、地域の主なハード面の整備を行う工学系分野のそれぞれにより得られた知見を協働することを意味する。

本小文は、「理工連携による防災教育の展開に関する研究」において、理系的立場の取り組みの一つとして行った、防災教育における数学問題集の開発について報告するものである。開発した問題集は、パイロット実践研究として、今年度、沼津高専で実施した「中学生のための体験授業：数学で防災教育」にて教材として用いた。その体験授業についてと受講者のアンケート結果について、合わせて報告する。

2. 防災用数学問題集の開発

今年度、沼津高専で実施したミニ研究「防災教育における数学の役割」の活動として、防災に関する数学問題集の開発を行った。これは、昨年度のミニ研究「防災教育と数学」における活動を引き継ぐものであり、コンセプトはそのままに、今年度のミニ研究配属学生の3名（飯尾、長井、齊藤）が、新たに知恵を出し合い、問題集としてまとめた。

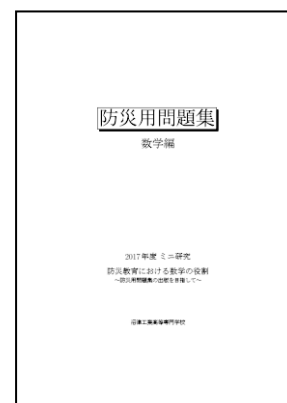


図1 防災用問題集

*1 教養科

Division of Liberal Arts

*2 電子制御工学科

Division of Digital Engineering

*3 電気電子工学科

Division of Electrical and Electronics Engineering

*4 東北大学 災害科学国際研究所

Tohoku University, International Research Institute
of Disaster Science

2. 1 問題集開発の経緯

一般の授業に災害の知識を取り入れる試みは、東日本大震災の被災地を中心に、主に理科や保健体育などの授業で普及が進み、今日では、その他の教科も含めて、日本全国に広がっている。算数や数学の授業においては、授業で取り扱う問題に、災害や防災に関する情報を入れ、数学の知識や考え方を生かしながら防災意識を高める取り組みが行われている。このような取り組みは、身近な学習の中で防災を学ぶことができる、特別な授業を設ける必要がなく時間の節約になる、などの利点がある一方で、防災教育に携わる人材の不足、防災への意識や理解を高める必要があり負担が大きくなる、教材の充実が必要、との問題点等が挙げられている[2],[3]。これらの問題点を解消する一つの手段として、防災用の数学問題集の開発に至った。

2. 2 問題集の構成と内容

本問題集が備えるべき条件の中で最も重視したのは、中学校で学習する単元すべてにおいて防災に関連付けた問題を用意したことである。補助教材としての利用を想定し、学習進度に依存せずに防災教育を取り入れることができるように配慮した。また、できるだけ親しみやすく、興味をひくものであることも重視し、コラム等を取り入れた。問題集の章・節構成およびその節における問題数を表1に示す。

表1 問題集の章・節構成と問題数

章	節	問題数
第1章 中学1年生	1節 正負の数	4
	2節 文字式	8
	3節 一次方程式	4
	4節 比例・反比例	6
	5節 平面図形	2
	6節 空間図形	3
	7節 資料の整理	5
第2章 中学2年生	1節 式の計算	1
	2節 連立方程式	7
	3節 一次関数	3
	4節 平行と合同	1
	5節 三角形と四角形	1
	6節 確率	6
第3章 中学3年生	1節 多項式の計算	2
	2節 平方根	2
	3節 二次方程式	1
	4節 2乗に比例する関数	2
	5節 相似	3
	6節 円	1
	7節 三平方の定理	5
	8節 標本調査	4

各節の基本構成は、

- ① その節で学習する要点のまとめ
- ② 各問題の防災という側面からの学習の狙い
- ③ 防災をテーマにした節に対応する問題
- ④ 節や問題に関連するコラム、4コマ、発展的内容である。

①の要点のまとめでは、既存の多くの問題集の形式を踏襲し、その節で学習する内容の基本事項を記載した。

②の学習の狙いは、その問題を解くことで、何がわかるのか、何を意識することができるのか、という防災教育としての狙いであり、例えば、実際の場面を想定し避難に要する時間を求めることで、被災時の行動を的確に判断し、能動的に避難できること、すなわち、災害対応力の向上を狙う、などである。

③の問題は、防災、災害、減災、復興等の防災教育に関連した幅広いキーワードをもとに、各単元に対応するように作題し、易から難へ、そして応用問題へと配列した。問題数は、単元によっては1題のみ、多くても8題と少ないものの、類似問題を避けることで問題を厳選した。

④のコラムでは、その節や問題に関連する防災の興味深い話題を紹介している。例えば、方程式で非常食の分配を考える問題のコラムとしては備蓄品の話題を、立体図形の問題でラップフィルムが出てきたときの直後のコラムではラップの有効活用方法を、円の節では円の作図を用いた震源地の推定の話題をそれぞれ紹介した。その他、数は少ないが4コマ漫画として話題を紹介している節もある。

各節は、見開きで完結するように、2ページ構成を基準とし、問題数の多い単元は4ページ構成とした。2ページ構成の場合、1ページ目に①、②を、2ページ目に③、④を配置し、4ページ構成の場合は、1ページ目に①、②を2ページ目、3ページ目に③を、4ページ目に③、④を配置した。例として、「第3章2節 平方根」を図2、図3に示す。

2. 3 問題集開発の展望

本問題集は商品化、すなわち出版を視野にいれて開発している。実用に耐えうるには、問題の質、量ともにまだまだ検討の余地があるが、さらに、対象とする指導者と学習者のことや、学習する単元に合う内容であるかを考えた上で、問題の多様性、難易度、そして一番重要な防災教育という目的を十分に考えて編集する必要がある。それには、指導する教員および学習する生徒からの意見への対応が重要である。本問題集を教材とした出前授業や公開講座を実施し、関与者の評価を通じた改善により、今後、問題集としての質をさらに高めていく。

◇◇◇ 2節 平方根

まとめ

【平方根】

- 2乗するとaになる数、すなわち $x^2 = a$ を満たすxの値をaの平方根という。正の数の平方根は2つあり、それらの絶対値は等しく、符号は異なる。0の平方根は0である。
- 正の数aの2つの平方根を、記号 $\sqrt{\quad}$ を使って、正の方を \sqrt{a} 、負の方を $-\sqrt{a}$ のように表す。この記号 $\sqrt{\quad}$ を根号といい、 \sqrt{a} をルートaと読む。
- a, bが正の数で
 $a < b$ ならば $\sqrt{a} < \sqrt{b}$
- a, bが正の数のとき
 $\sqrt{a}\sqrt{b} = \sqrt{ab}$, $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$ ($b \neq 0$)
- 根号の中の数がある数の2乗を因数にもっているときは $a\sqrt{b}$ の形になおすことができる。
- 分母に根号のある式を、その値を変えないで分母に根号のない形になおすことを、分母を有理化するという。

【有理数と無理数】

- 終わりのある少数を有限小数といい、終わりがなくどこまでも続く小数を無限小数という。また、いくつかの数字が同じ順序で繰り返し現れる無限小数を循環小数という。循環小数は、循環する小数部分の初めと終わりの数字の上に \cdot をつけて表す。
 $\frac{1}{7} = 0.142857142857\cdots = 0.\dot{1}4285\dot{7}$, $\frac{5}{3} = 1.66666\cdots = 1.\dot{6}$
- 整数aと正の整数bを使って、 $\frac{a}{b}$ の形で表すことのできる数を有理数という。有理数でない数を無理数という。
 $\sqrt{2} = 1.4142\cdots$, $\sqrt{3} = 1.732\cdots$, $\sqrt{5} = 2.236\cdots$

数

有理数	整数	正の整数 (自然数)
		0
無理数	分数	負の整数
		有限小数
		循環小数

学習の狙い

54. 平方根を用いて、水深から津波の速さを求めることができる。
55. グリーンの法則を用いて、沿岸付近の津波の高さを求めることができる。

図2 ①要点まとめ, ②学習の狙いの例

3. 中学生のための体験授業

10月15日(日)本校の共用教室1にて、開発した防災用問題集を教材とし、中学生のための体験授業「数学で防災教育」を実施した。受講者は中学生13名及びその保護者20名である。

3.1 体験授業

ミニ研究の学生3名によるポスター発表を行い、次に、累乗根(指数)から津波の速さと高さが求められること、地震の規模や放射性物質の放射線量には対数という概念が用いられていることを解説した。累乗根や対数は、中学生の学習範囲外であるが、今回は、体験授業ということで高専1年の前期で学習する単元を選び、問題集には表2のように補章を追加し、それを教材として使用した。

熱心な受講者のもと、授業の雰囲気はとても良く、問題集の手ごたえを感じることができた。

表2 問題集の章・節構成と問題数

章	節	問題数
補章	1節 指数関数	1
高専1年生	2節 対数関数	1

54. 津波の速さは、水深をh(m)とすると、次の式で求めることができる。次の各水深における津波の速さを求めよ。

$$V(\text{km/h}) = 3.6\sqrt{9.8h}$$

- 水深200mのとき
- 水深1000mのとき
- 水深1.5mのとき

55. 【発問】沿岸付近の波の高さは、グリーンズの法則と呼ばれる次の式で求めることができる。沿岸での水深が1mとすると、次のそれぞれの場合について、沿岸付近の波の高さを求めよ。

【グリーンズの法則】

ある沖合での波の高さを H_1 、水深を h_1 とし、沿岸付近の波の高さを H 、水深を h とすると、次の式が成り立つ。

$$H = \sqrt{\frac{h_1}{h}} \times H_1$$

- 水深が16mのある沖合で津波の高さが1mの場合
- 水深が100mのある沖合で津波の高さが2mの場合

【コラム：津波の速度】

津波は、海が深いほど速く伝わる性質があり、水深5000mではジェット機に匹敵する速さで伝わる。逆に、水深が浅くなるほど速度が遅くなるため、津波が陸地に近づくとつれづれから来る波が前の津波に追いつき、波高が高くなる。

【コラム：沿岸での津波の高さの予測】

津波警報の基準となる、沿岸で予想される津波の高さは、シミュレーションで計算された沿岸における高さをそのまま使っているわけではない。それは、計算格子の大きさを一定にしているため、海岸近くの水深が浅く地形も複雑になってくる場所では、津波の再現精度が落ちてくると考えられるためである。これを解決するには、沿岸近くで計算格子を細かくするなど非常に詳細な計算を行う方法があるが、全国の計算を行うには膨大な時間がかかり現実的ではない。そこで、誤差がまださほど含まれない沖合での津波の高さから「グリーンズの法則」を用いて、沿岸での高さを推定している。気象庁では、グリーンズの法則で水深1mでの高さを求め、これを沿岸での津波の高さとしている。

図3 ③問題, ④コラムの例

3.2 アンケート

体験授業終了後に、今後の活動の参考となるように中学生の受講者13名にアンケートを実施した。その結果の一部を報告する。

[A] 防災教育について

- 学校で行われている避難訓練は必要だと思いますか。
はい 13人 いいえ 0人
- 学校での防災教育(避難訓練を含む)は興味が湧く内容でしたか。
はい 9人 いいえ 4人
- 避難訓練以外の防災教育を受けたことがありますか。
はい 3人 いいえ 10人

- 地域での避難所設立訓練。
- 2泊3日での避難所体験訓練。
- 被災後の対応について、防災ポスターの作成。
- 学校での防災教育(避難訓練を含む)の問題点・改善点を教えてください。
- 色々な知識を教えてください。
- 現実味が欲しい(訓練を事前に伝えないなど)。
- 実際の被害状況を知れば関心が湧く。
- 指導する側(教員)のやる気が低い。

(5) 学校での防災教育で学びたい内容はどのようなものですか (複数回答).

地震災害発生メカニズム	6 人
地震以外の災害発生メカニズム	9 人
日頃から気を付けておくこと	5 人
災害に備えての家庭での備蓄	2 人
災害発生直後にとるべき行動	8 人
避難場所・避難方法	2 人
住んでいる地域の起こりやすい災害	9 人
過去の体験談・過去の災害の確認	4 人

[B] 体験授業について

(1) 体験授業「数学で防災教育」を受講した理由を教えてください (複数回答).

沼津高専に興味がある	8 人
防災教育に興味がある	3 人
災害全般に関心がある	1 人
数学が好き	9 人
理科が好き	7 人
同時時間帯の講座が埋まっていた	4 人

(2) 体験授業の内容は理解できましたか.

かなり理解できた	6 人
ある程度理解できた	7 人
理解できなかった	0 人

(3) 体験授業を受けて数学は防災に役に立つと思うようになりましたか.

思うようになった	13 人
思うようにならなかった	0 人

- ・数学を学ぶ具体的な意味を知ることができたから.
- ・数学の知識で津波の高さを求めることができると思ったから.
- ・津波の高さや地震の規模を表す式をみて、効率よく避難などができると思ったから.

(4) 体験授業を受けて防災意識が高まりましたか.

高まった	13 人
高まらなかった	0 人

- ・実際に数字を求めたことで現実味がでてきたから.
- ・防災に関心は無かったが、数学が好きで、数学と結びついたことで防災にも関心が湧いたから.
- ・数学を使って考えると面白いから.

4. 今後の展開

防災教育を進めていく中で、数学だけの立場からでなく、様々な観点からの防災教育の連携・融合の必要性を感じ、災害の現象解明の理学、災害対応の工学、地域・社会対応

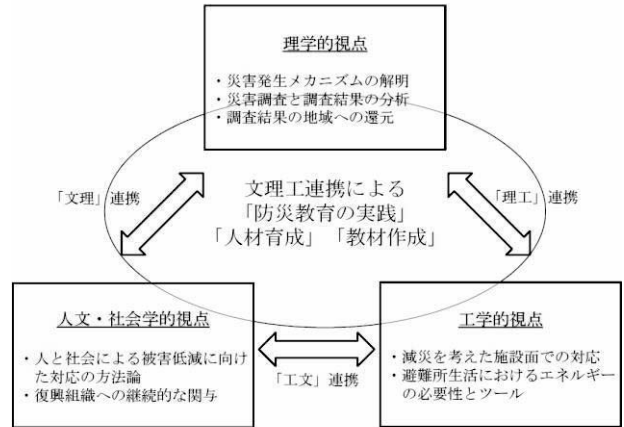


図 4 文理工連携による防災教育

の人文・社会学との連携を模索し、今年度から、理学分野 2 名、工学分野 1 名、人文・社会学分野 3 名からなる防災教育の研究グループにて、「文理工連携による防災教育の展開に関する研究」を行っている。この活動は、図 5 のように、3 つのステップからなり、本小文で報告した、防災用数学問題集の開発は、ステップ 1 の理系的立場の活動にあたる。今後、問題集の質を高めるとともに、自然災害のメカニズムを分かりやすく解説する教材を開発していく。

さらに、その先の展開としては、ステップ 1 で得られた各分野からの知見をもとに防災教育の補助教材を作成する。この補助教材は、高度な事項を理解できない子どもや外国人向けに、やさしい日本語版も作成し、言葉の検討を十分に行う。その後、実践研究を経て、地域や教育機関向けへの公開を目指していく。

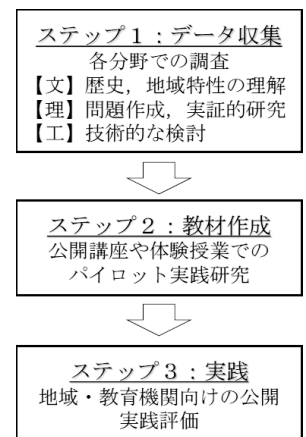


図 5 今後の展開

参考文献

[1] 鈴木正樹, 宇野光輝, 大森理道, 小林大騎, 松本行真: 防災教育における数学の役割, 沼津工業高等専門学校研究報告集, 第 51 号, (2017), pp.69-74.
 [2] 橋立達夫, 油川洋, 西村眞治, 網河秀二: 実態調査に基づく防災教育の現状と課題 - 栃木県の学校教育現場における防災教育-, 作大論集, 5, (2015), pp.247-272.
 [3] 文部科学省, 東日本大震災を受けた防災教育・防災管理等に関する有識者会議 最終報告, (2012).