

防災教育における数学の役割

鈴木 正樹^{*1}・宇野 光輝^{*2}・大森 理道^{*3}・小林 大騎^{*4}・松本 行真^{*5}

The Role of the Mathematics in Disaster Prevention Education

Masaki SUZUKI^{*1}, Mitsuki UNO^{*2}, Masamichi OHMORI^{*3},
Daiki KOBAYASHI^{*4}, Michimasa MATSUMOTO^{*5}

Abstract: Necessity of disasters prevention education at school is increasing every year and it is taken up as a class by several subjects, for example science, social studies and health education and physical education. So we take up disaster prevention education from the view point of mathematics and consider about the role of mathematics in disaster prevention education. In this paper we report on some contents of 'research practice : disasters prevention education and mathematics' and 'experience learning for a junior high school student : Disaster mathematics sciences' done in National Institute of Technology, Numazu College at current year.

Key Words: Disaster Prevention Education, Disaster Mathematical Sciences

1. はじめに

阪神・淡路大震災（1995年）、東日本大震災（2011年）をはじめとする近年の大災害の頻発、記憶に新しいところでは熊本地震（2016年）を受けて、人々の防災意識は年々高まってきている。今世紀前半に発生する可能性のある東南海地震や南海地震、東海地震に対しては、被害を予防する取り組みが家庭や地域だけではなく、学校においても増々必要とされ、社会的にも防災教育の重要性を指摘し、それに期待する声は大きい。実際、2011年に開始した「新学習指導要領・生きる力」¹⁾では、防災教育に関する事項が従来よりも大幅に増強された。また、防災教育の指導時間の確保と系統的・体系的な整理の必要性は、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の最終報告²⁾でも強く述べられている。

そのような背景の中、東日本大震災で津波の直撃を受けながら、小中学生のほとんどが助かった岩手県釜石市では、一般の授業に災害の知識を取り入れる試みを先駆的に導入した。また、宮城県教育センター専門研究による防災教育グループでは、防災教育に関する校内研修を支援するために防災教育スタートパック³⁾を開発した。これは、学校全体で組織的に防災教育に取り組むことを目的に、学校ごと、教科ごとの視点で防災教育についてまとめられた資料で、この活用を通して、宮城県内各校における防災教育が一層推進された。このような活動は、その後、主に被災地を中心に普及が進み、2015年には、南海地震による津波被害が想定される和歌山県で一般授業への取り入れ方が盛り込まれた防災教育指導の手引き⁴⁾が作成され、それを元に現在、和歌山県内の一部の学校では一般の授業に防災教育が実施されている。さらに、2016年春には、大阪市の全公立小中学校で理科や社会、保健体育といった一般授業に地震や津波などの防災教育が盛り込まれるまでに至った⁵⁾。理科では、増水時の土地の変化について調べ、そこから自然災害を考える活動を、社会では、身の周りの安全に関する施設や標識を調べさせる活動を、保健体育では、災害時の写真やビデオを利用し、自然災害や二次災害による傷害について理解させ、防止策や備えについて考えさせる等である。

では、算数や数学の授業で行える防災教育とは何か。理科や社会、保健体育と違い、算数や数学という教科での防災教育はほとんど行われておらず、まだまだ発展途上の段

*1 教養科

Department of Liberal Arts

*2 電子制御工学科

Department of Digital Engineering

*3 制御情報工学科

Department of Control and Computer Engineering

*4 電気電子工学科

Department of Electrical and Electronics Engineering

*5 東北大学 災害科学国際研究所

Tohoku University, International Research Institute
of Disaster Science

階であるが、その一つには、前述の宮城県や和歌山県、大阪市などで少しずつ取り組まれている、普通の授業で出題する問題に災害や防災に関する情報を入れ込むことである。そこには、災害や防災の情報に触れさせ続けることで、児童、生徒の防災意識を高めるという狙いがある。また、問題やその解答に現れる数式や公式が、防災という実際の生活に役に立つということを理解させることで、防災意識を高めるだけでなく、算数、数学に対して興味・感心を持たせ、数学力の向上にも繋がることが期待される。

本小文の目的は、様々な方面から多くの取り組みがなされている防災教育を数学という立場から見つめることで防災教育における数学の役割について考えることである。

2. ミニ研究での取り組み

今年度、沼津高専で実施したミニ研究「防災教育と数学」における活動内容を報告する。活動内容は大きく2つからなり、1つは防災に関する問題作成、もう1つはペットボトルを用いたろ過装置の製作である。

2. 1 防災に関する問題作成

身の周りの様々な問題を防災という観点から見つめ直して取り上げ、数学的立場から作題を行った。この目的は、災害や防災を、普通の授業で接している数学を用いることで、より身近な問題としてとらえ、具体的に問題を解くことにより解決にいたる方法を考えさせ、実際の生活に生かすことである。また、前述で述べた通り、昨今の防災教育においては、社会、理科、保健体育などいくつかの教科では防災教育が単元の中で取り上げられているが、数学ではあまり行われておらず、この分野を開拓するという目的もある。作題の方針としては、中学校数学においては、文部科学省による中学校学習指導要領内の第3節数学に挙げられている単元毎に、高専数学においては、今年度、沼津高専で用いられているシラバスを元に単元を区切り、中学校1年生から高専2年生前期までの学習内容の単元に対応する内容を災害、防災、減災、復興等の幅広いキーワードと関連させることとした。

2. 1. 1 中学校数学科の単元とその問題例

中学校数学の学年別に学習する単元および防災に関連する問題との対応は表1の通りである。なお、表中の防災との関連欄が空白の部分は、今年度のミニ研究では、この単元に対応する問題を作題していないことを意味する。

以下、作題した問題例とその解答を各学年1題ずつ紹介する。

表1 中学校数学と防災に関連する問題

学年	単元	防災との関連	問題例
中学校 1年生	正負の数	・海抜 ・津波の高さ	
	文字式	・物資数と収容可能人数 ・貯水タンクから排出される水量	【問1】
	一次方程式		
	平面図形		
	空間図形		
	比例・反比例	・距離、速さ、時間の関係から避難に必要な速さ	
	資料の整理	・過去の災害発生状況からの災害予測	
中学校 2年生	式の計算		
	連立方程式	・津波と人の移動する速さから避難に要する時間	
	平面図形	・避難所までの移動距離	
	図形の合同		
	一次関数	・地震発生からP波とS波の到着時間の予想	【問2】
	確率	・降水確率 ・地震発生確率	
中学校 3年生	平方根	・津波の速度 ・避難所での生活	
	式の展開と因数分解		
	二次方程式		
	図形の相似	・地図の縮尺と空間	【問3】
	円周角・中心角		
	三平方の定理	・複数の地点での揺れの到達状況から震源の推定	
	二次関数	・津波の速度と海底の深さの関係	
	標本調査	・標本から全体の状況の推察	

【問1】

ある学校には全校生徒に1日2食分を配布すると4日間配布可能でさらに500食分の非常食が保管されている。これを1日1食分の配布とすると9日目に300食分足りなくなるという。この学校の全校生徒と非常食の数を求めなさい。また、1日1食の配布で7日間を過ぎるとき、近隣の人へは何人まで非常食を配布できるか求めなさい。

【答1】

全校生徒 800 人, 非常食 6,900 食, 近隣 185 人

【問2】

地震によって震源から放射される地震波にはP波(最初に観測される波)とS波(二番目に観測される波)がある。P波が到着すると初期微動が始まり、S波が到着すると主要動が始まる。P波の伝搬速度は毎秒約 6.5 kmで、S波の伝搬速度は毎秒約 3.5 kmであるとき、震源からの距離 91 km地点ではP波到着からS波到着までの時間は何秒あるか求めなさい。

【答2】

12 秒

【問3】

防災マップ上で、避難所に指定されている建物の敷地の縦、横の長さを測ってみたところ、縦 1 cm, 横 2 cmの長方形であった。マップの縮尺が 1 : 1,500 であるとき、この建物の敷地面積を求めなさい。また、この建物の避難スペースは建物の敷地全体の 6 割だという。避難時におけるパーソナルスペースを一人 3m²とすると、この建物には最大で何人まで避難することができるか求めなさい。

【答3】

敷地面積 4,500m², 最大避難人数 900 人

2. 1. 2 高専数学科の単元とその問題例

高専1年生から2年生前期までの数学学習単元は表2の通りである。高専で学習する数学は、文部科学省の学習指導要領に沿っておらず、各高専の独自のカリキュラムにより、沼津高専では、1年次に基礎数学Ⅰ(数と式、方程式と不等式、点と直線)、基礎数学Ⅱ(二次関数、いろいろな関数、指数関数、対数関数)、基礎数学Ⅲ(三角関数、場合の数、数列)を学習し、2年次の前期に微分積分法Ⅰ(微分とその応用)、線形代数Ⅰ(二次曲線、ベクトル)を学習する。

以下、高専で学習する単元に対応した問題例とその解答を各学年1題ずつ紹介する。

【問4】

地震の規模を表すマグニチュードMと地震のエネルギーE(単位:ジュール)には次の関係式が成り立つことが知られている。

$$\log_{10} E = 4.8 + 1.5M$$

この式を用いて、マグニチュードと地震のエネルギーの関係をもとに、M=7, 8, 9(マグニチュード7, 8, 9)を求めることに

よって答えなさい。また、地震のエネルギーが2倍になるとき、マグニチュードの差はいくらか求めなさい。

【答4】

M=7 のときE=10^{15.3}, M=8 のときE=10^{16.8}, M=9 のときE=10^{18.3} より、マグニチュードが1大きくなるとエネルギーは約32倍(10^{1.5}≒31.62)、マグニチュードが2大きくなるとエネルギーは1000倍(10³=1000)になる。マグニチュードの差0.2

【問5】

上面の円の半径が2m、高さが10mの逆円錐型の新型貯水タンクがある。このタンクに毎分5m³の水を入れるとき、水深4m時点での水面のあがる速さを求めなさい。

【答5】

毎分約2.5m

表2 高専数学と防災に関連する問題

学年	単元	防災との関連	問題例
高専 1年生	数と式		
	方程式		
	不等式		
	二次関数		
	いろいろな関数		
	指数関数	・津波の高さ	
	対数関数	・マグニチュードとエネルギーの関係	【問4】
	三角関数	・斜面を移動する距離 ・建物の高さ	
	点と直線		
	場合の数		
高専 2年生	数列		
	微分法	・タンクに水を入れたときの水面のあがる速さ	【問5】
	微分の応用		
	二次曲線		
	平面のベクトル		
	空間のベクトル		

2. 2 ペットボトルを用いたろ過装置

災害時の生活用水確保のために雨水や川の水等が考えられる。それらを安心して活用するため、ミニ研究のもう1つの活動として、ペットボトルと生活に身近なものを用いたろ過装置を製作した。ペットボトルを用いたろ過装置は広く知られているが、それらを模倣するのではなく、経

験による学習体験のため、学生にはインターネット等で調べ方を禁じ、どのようにすれば良いか考えさせ、2回の試作を踏まえて製作した。ろ過した水に対しては、透視度センサーによる透視度の測定の他にパックテストを行った。パックテストとは、比色法による簡単な水質分析である。

2. 2. 1 ペットボトルろ過装置

図1のように、2Lのペットボトルの底部分を切り取り、逆さにし、ガーゼ、小石、ちぎって丸めた紙を繰り返し詰め、ペットボトルの切り取った部分にストッキングをかぶせ、その上に活性炭を載せた。同じ装置でろ過を繰り返すことに意義があるのかを検証するために、1段のろ過装置と同じものを重ねた2段のろ過装置を製作した。



図1

ペットボトルろ過装置



図2

ため池の水 (汚水)

これらのろ過装置で、校内にあるため池の水 (図2、以下、汚水) をろ過した。図3は左から、水道水、1段のろ過装置、2段のろ過装置を用いてろ過した後の水である。



図3 ろ過後の水

2. 2. 2 透視度測定とパックテスト

汚水、1段のろ過装置と2段のろ過装置によりろ過した水、比較のための水道水の透視度センサーによる測定結果を表3に、PH、水中の鉄分濃度、水の硬度、化学的酸素

量 (COD)、水中の亜硝酸濃度の5つについて行ったパックテストの結果を表4に示す。

表3 透視度測定結果

	透視度 (cm)
汚水	8.0
1段装置	10.7
2段装置	12.1
水道水	100.0

表4 パックテスト結果

	PH	鉄 (mg/L)	硬度 (mg/L)	COD (mg/L)	亜硝酸 (mg/L)
汚水	7.5 ~8.0	0	20~50	20	0
1段装置	7.5	0	20~50	13	0.05
2段装置	6.5 ~7.0	0	20~50	10	0.2
水道水	6.0 ~8.0	0	20~50	0~5	0

ろ過することにより、水の透明度は上がり、2段装置の方がより透明度が増すことから、同じ装置でも繰り返してろ過することには少なからず意義があることがわかる。また、水のアルカリ性が弱まり中性に近づき、一般的な水道水の値より少し高いが、CODの値も下がったことから、飲料水に適するとはまでは言えないが、生活用水として使用するには十分なものが得られた。他、水中に鉄分は元々なく、水の硬度はろ過しても変化しなかった。しかし、亜硝酸の濃度は上昇した。これは、紙に付着していた印刷用インクや小石に含まれる成分が原因ではないかと考えられる。

2. 3 まとめ

ミニ研究における2つの活動から、数学を通じて防災意識を高めるといった面での学生の反応は上々であった。数学と防災という一見かけ離れたように見えるものが、数学の問題として作題することで、少なからず結びついていることを理解でき、さらに、災害、防災に関する知識を増やすこともできた。また、被災時における必要なものとして水のろ過について考えるという経験を通して学習する機会が得られた。今後の課題として、作題に関しては、問題の設定をもう少し深く掘り下げる必要がある、各単元で実用に耐えうるレベルの問題に仕上げることを、ペットボトルろ過に関しては、材料を被災後に集められるもので代用しなければいけないことを考慮した上で、作成方法について

も検討すること、さらには、ろ過装置以外にも被災時の状況に応じて対応できる製作物について考えることなどが挙げられる。災害対応力向上には、このような活動から得られた知識と経験が必要であると考え、今後も継続的な活動を行いたい。この節の最後に、学生3名のミニ研究のまとめを紹介する。

(宇野) 防災のための問題作成を通して、自分がいかに防災への意識が甘いかがよくわかった。事実、被災経験もなく穏やかな暮らしをしていた自分にとって、具体的な状況設定や災害に関する知識などを考慮して、問題を作成することは大変な作業であった。しかし、その分、今まで考えることのなかった事柄に深く関わることができ、災害、防災に関する知識が増えたことが大きな収穫であった。ペットボトルろ過装置の製作を通しては、材料の選定に関して特に考えさせられた。砂や小石など被災後に集められるもので製作しなければならず、さらに、汚水を飲料水のレベルにろ過する性能を得るためにどのような工夫が必要かなど、まだまだ考えるべきことがある。今回のミニ研究では、災害に対する考えを見直すことができ、さらには災害対応力の向上に努めることができたため、とても有意義な経験であった。

(大森) 問題作成においては、災害にどれだけ結び付けられた問題にできるかを念頭に、問題を解く生徒、学生の立場にたって分かりやすい文章を心掛けた。さらに地震や他の災害に対する危機感を感じてもらえるように工夫した。いつでも避難できるような準備が大切であること、避難に要する時間、どれくらいの速さで逃げる必要があるかなど、問題を解くことでイメージしてもらいたい。また、ペットボトルろ過装置については、まだまだ改良できることがある。材料を詰める順番はもちろん、その中で不必要なもの、逆にこのようなものがあれば良いと考えられるものを実証実験によって選別することなどやれることは多々ある。今回のような活動は、これで終わりとして防災について常に考えていきたい。

(小林) 津波発生時に現在いる地点までの津波到達時間を求めさせたり、安全な避難場所までに移動にかかる時間を求めさせたり、避難時に役にたつ知識が身に着くような問題を作ることを意識した。問題に用いた数値は現実味のあるものとし、矛盾のないよう工夫した。これらの問題を解くことで、危機感を持たせ、防災意識を向上させる狙いがある。また、非常食の分配についての問題では、普段の備蓄量の見直しに繋がることを期待し、作題した。ペットボトルろ過装置には可能性を感じた。装置の材料をより詳しく調べ、実用に耐えうるもの、すなわち飲料水となるまでろ過するためには、様々な条件での実験を行い、デ

ータを集める必要があるが、それは時間をかけてやる意味があると考えた。ミニ研究という限られた時間の中ではそれらを行うことはできなかったが、活動を通じて、問題意識として十分に残すことができた。

3. 中学生のための体験授業

10月2日(日)本校の共用教室1にて、中学生のための体験授業「数学で防災教育」を実施した。

3. 1 体験授業の様子

当日は、学生によるミニ研究の活動発表を行い、次に、作題したいくつかの問題を中学生に解いてもらい、その解説を行った。その後、ペットボトルろ過装置を製作した。ペットボトルろ過装置は、ミニ研究の時と同様にろ過の詳細な説明はせずに各自の考えに基づいて製作させた。経験に基づく知識の方が、与えられた知識より深く身に残ると考えるからである。

時間の都合上、ろ過した水に対してのバックテストは行わず、透視度のみ計測した。透視度が大幅に上がった人、少し上がった人、まったく上がらなかった人、と様々な結果が得られたが、それぞれの立場でなぜそのような結果になったかを説明することができ、この体験授業が、防災教育として一定の役割を果たすことができた。



図4 ろ過と透視度の計測

3. 2 他分野との連携

体験授業の最後に、東北大学の松本准教授(専門:社会学, マーケティング論)から防災に向けた取り組みについて、他分野との連携の観点から解説していただいた。

防災に向けた取り組みは、災害が発生する自然メカニズムの把握(理学的視点)、どのように災害を抑えるのかという施設面での対応(工学的視点)、そして、減災という表現をしている人と社会による被害低減に向けた対応(人文・社会科学的視点)の3つに分けられる。これまで、理

学的視点や工学的視点についての取り組みは行われてきており、それらの連携による成果もある程度得られている。しかし、人文・社会科学的視点との連携については、理学的視点、工学的視点に包摂する形で行われており、それらを説明するために都合のよい部分だけ使われている場合が多い。いつ起きるかわからない災害に対して、常に高い意識を持ち続けるためには、この3つの視点からの連携・融合が重要であり、近年では、科学コミュニケーションの分野を中心に人文・社会科学的視点との連携が進められている。特定の専門性を持ちつつもその周知方法の工夫や諸分野間の連携が可能になるような教育指導法の模索がこれから求められるものである。

3. 3 アンケート

今後の参考となるように体験授業で行ったアンケートの一部を載せる。アンケートの回答は受講者6名（中学生3名、保護者3名）のうち中学生3名によるものである。

[A] 防災教育について

- (1) 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 3人 いいえ 0人
- (2) 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 1人 いいえ 2人
- (3) 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 3人 いいえ 0人
- (4) 学校での防災教育（避難訓練を含む）は必要だと思いますか。
はい 3人 いいえ 0人
- (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。
・地震発生メカニズム・地震災害発生メカニズム
・二次災害・災害発生直後にとるべき行動について
・非常食・災害に備えての家庭での備蓄について
・災害に備えて日頃から気を付けておくこと
・自分が住んでいる地域の起こりやすい災害
・過去の体験談・過去の災害の確認

[B] 体験授業について

- (1) 体験授業の内容は理解できましたか。
かなり理解できた 2人
ある程度理解できた 1人
理解できなかった 0人
- (2) 体験授業を受けて防災と数学は関係すると思うようになりましたか。
思うようになった 2人
思うようにならなかった 1人

[C] 自由記述

- ・ペットボトルろ過装置作りが楽しかった。また、数学を使った問題冊子はとても興味深かった。
- ・数学の問題冊子は持って帰りたかった。
- ・ろ過した水の中にある化学物質を少なくするにはどのようなことをすればいいのか知りたい。

4. 今後の展開

数学という視点から防災教育の活動に取り組んでみて、防災意識を高めることに数学も十分に役に立つことがわかった。自然災害のメカニズムだけでなく、災害時における行動を考える手段としても、数学は無視することができず、むしろ数学と防災教育には密接な関係があると言える。今年度ミニ研究で行ったこのような活動は今後も継続して行い、まずは、各単元に相応しい問題を作り、防災用の問題集として充実させたい。そして、体験授業や出前授業などでそれらを用いて、今を生きる子どもたちのためになればと考える。

一方、学校における防災教育の問題点についても考えなければならない。防災教育ばかりに偏って通常の教科方針からの大きな逸脱、一般の授業に防災教育を組み込むことでその学年で習熟すべき単元に割く時間が足りなくなるとの現場の声がある。また、教える側の防災意識の向上が必要であり、負担も大きい。災害に対する備えはより一層充実させる必要はあるが、これらの問題点にも向き合って考えなければならない。他、巷間で行われている防災教育には一定の成果は認められるものの、その限界がある。例えれば、数学の応用問題を解くためのツールを教えているにすぎず、その原理を理解させようとしていないからである。それを克服するには何が必要なのだろうか。一つにはその原理を分かりやすく教えることであるが、防災という社会にとっての総合的な応用問題を解くには、前述の他分野との連携による指導が必要であると考え。今後は、理学、工学、人文・社会科学の立場からの連携を模索したい。

参考文献

- 1) 文部科学省、現行学習指導要領・生きる力、2012年。
- 2) 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年。
- 3) 宮城県教育センター専門研究 防災教育グループ、防災教育スタートパック、2012年。
- 4) 和歌山県教育委員会、防災教育指導の手引き、2015年。
- 5) 大阪府教育委員会、学校における防災教育の手引き（改訂版）、2016年。