

# AI時代の教員養成における教科横断型STEM教育実践

## Cross-Curricular STEM Education Practices in Teacher Training in the AI Era

矢田 敦之\*

高知大学教育学部\*

大学生63名を対象として、防災教育を統合したPBL型の授業を「初等数学科指導法」において設計・実践した。ICTを活用し地域の防災リスクを数学的に分析するSTEM教育を展開した結果、「数学の有用性認識」「防災への当事者意識」「教科横断的教材開発意識」が有意に向上した。学生が数学の実用性を再認識し、防災を自分のこととして捉えるなど、本実践はAI時代の教員養成において統合的な思考力を涵養するうえで有効であった。

キーワード：防災教育，数学教育，教員養成，AI時代の教育

### 1. 緒言

現代社会は、AIやIoTなどの先端技術が社会構造を根本的に変革する「Society 5.0」時代に突入している。この劇的な変化は教育界にも大きな影響を及ぼしており、とりわけ学校教育における防災教育は新たな局面を迎えている。日本は地理的特性上、地震、津波、台風、豪雨など多様な自然災害に繰り返し見舞われており、近年の災害頻発化・激甚化は、従来の避難訓練や知識伝達中心の教育では対応しきれない現実を我々に突きつけている（内閣府，2022）。現代において真に求められるのは、科学的データを自ら解釈し、リスクを評価した上で主体的に判断・行動できる「防災コンピテンシー」の育成である（片田，2012）。この社会的要請と並行して、生成AIの登場は教育の基盤そのものを揺るがしている。AIが高度な計算・分析・予測を瞬時に行う現代において、単純な計算技能の習熟や公式暗記の価値は相対的に低下した。これからの人間に求められるのは、現実世界の複雑な事象を数学的に定式化し、データに基づいて合理的な意思決定を行う高度な思考力である。しかしながら、多くの大学の教員養成課程、特に算数・数学指導法の授業は、依然として学習指導要領の解説や形式的な指導案作成スキルの習得に重点を置いており、学生が現実課題と数学を結びつけた創造的な授業を設計する能力を十分に涵養できていないという課題がある（ガート・ビースタ，2018）。

本研究は、このような「防災教育の高度化」と「AI時代の数学教育改革」という二つの社会的要請を、教科横断的なSTEM教育の枠組みの中で統合しようとする試みである。具体的には、防災という現代的

かつ切実な社会課題を題材に、ICTと数学的手法を駆使するプロジェクト型学習（PBL）を「初等数学科指導法」の授業に導入した。これにより、将来教員となる学生が、現実の問題解決に資する実践的な指導力と授業構想力を身につけることを目指した。こうした背景から、本研究では次の三つのリサーチクエスチョンを設定し、その検証を試みる。

第一に、本実践は学生の「数学の有用性認識」および「防災への当事者意識」をどのように変容させるか（RQ1）。

第二に、本実践は学生の教科横断的な教材開発能力の育成にどのように寄与するか（RQ2）。

第三に、限定的な授業時間内での教科横断型PBLの実践には、どのような可能性と課題が存在するか（RQ3）を明らかにする。

### 2. 理論的背景と先行研究

本研究は、複数の理論的枠組みを統合した基盤の上に構築されている。

第一に、STEM教育（Sanders，2009）は、科学（Science）、技術（Technology）、工学（Engineering）、数学（Mathematics）の各分野を統合し、現実世界の課題解決能力を育成する教育モデルである。本研究で実践する「防災×数学」のテーマは、ハザードマップの科学的解析（Science）、GISなどのICT活用（Technology）、避難計画の工学的設計（Engineering）、そしてデータに基づく数理的分析（Mathematics）を網羅しており、STEM教育の理念を具体化するものである。

第二に、防災教育の転換があげられる。現代の防災教育は、単なる知識伝達型から、主体的な判断力

や行動力を育むコンピテンシー型へと移行している（矢守，2009）。このコンピテンシーの基盤には、客観的なデータや確率を解釈する数理的リテラシーが不可欠となる。

第三に、現実主義的数学教育（RME）の思想を取り入れている（Freudenthal, 1991）。RMEは、現実世界を数学化（mathematizing）する人間の本質的な活動と捉え、学習者が現実的で意味のある文脈から出発し、自ら数学的概念を「再発見」するプロセスを重視し本研究においても、学生は防災という文脈を通して数学の有用性を実感することを目指す。

第四に、AI時代の教員像の変化を考慮している。AIが知識伝達を代替しうる時代において、教員の役割は、学習者の探究心を引き出し、学びの文脈をデザインする「ラーニング・デザイナー」へと移行する。その核となる能力が、教科の枠を超えて現代的課題を探究する力である。

第五に、プロジェクト型学習（PBL）の教育効果を活用する（湯浅ら，2011）。PBLは実社会の課題解決を通して学ぶことで、学生が「学習者」としてだけでなく「将来の指導者」という二重の視点から実践を深く省察することを可能にする。これらの理論を踏まえ、本研究はAI時代の到来という明確な時代認識のもと、教員養成課程において短時間の教科横断型PBLを設計・実施し、その効果を混合研究方法によって多角的に検証する点に独自性を有する。

### 3. 研究方法

#### 3.1. 研究デザイン

本研究では、質問紙調査による量的分析によって学生の意識変化の傾向と大きさを捉え、リフレクションシートおよび授業成果物による質的分析によってその変化のプロセスや背景にある要因を深く探る混合研究方法（Creswell & Plano Clark, 2017）を採用した。このアプローチにより、実践の効果を多角的に検証することが可能となる。

#### 3.2. 調査対象

調査対象は、国立K大学教育学部に在籍し、「初等数学科指導法」を履修する学部2年生63名である。対象者全員が小学校教員免許の取得を志望しており、本実践の目的に合致した集団である。

#### 3.3. 授業実践の設計と内容

授業実践は、「初等数学科指導法」（全15回）のうち、学習指導要領の「測定/変換と関係」、

「数量関係」、「データの活用」領域を扱う3回の授業において、後半の約30分をPBL型の演習として実施した。学生は4~5名からなるグループを形成し、小学校中学年を対象とした「算数と防災を統合した単元計画案」を作成することを最終目標とした。実践の学習プロセスは、現実的課題の提示から始まり、数学的分析、協働的な教材開発を経て、意識変容へと至る一連のサイクルとしてモデル化できる。具体的な授業の流れは次の通りである。第1回の授業では、まず近年の災害事例映像を用いて防災の重要性を再認識させた後、大学が位置する地域のハザードマップを提示し、「地域の危険性を理解するためにどんな算数が使えるか。」という中心的課題を共有した。この後、学生はグループでGIS（地理情報システム）を用いて浸水想定区域や土砂災害警戒区域などのデータを地図上に重ね合わせ、地域の防災リスクを視覚的に分析した。このデータは、分類整理や棒グラフといった算数の考え方をを用いて整理された。第2回の授業では、避難行動の数学的モデリングに取り組んだ。学生は、自治体の公開データから避難所の面積や地域の人口統計を収集し、表計算ソフトを用いて分析した。具体的には、避難所の面積と一人当たりの必要面積から収容可能人数を算出し、地域の人口と比較して需給バランスを検討したり、GISで計測した避難所までの距離と歩行速度から避難にかかる時間を推定したりする活動を行った。第3回の授業では、これまでの分析結果をもとに、グループで具体的な授業案を作成した。学習のねらいや評価方法を明確にすることを求め、完成した授業案を相互に発表した。発表後には、他のグループからの質疑応答や付箋を用いたコメント交換によるピアレビューを行い、アイデアをさらに洗練させた。

本実践におけるPBL型の演習は、学生が単に知識を受け取るのではなく、自らが地域の課題発見者・解決策の探究者となるよう、次の3つのステップで構成されている。

##### ① ステップ1 リスクの可視化と課題の認識

まず学生は、GIS（地理情報システム）を用いて、大学が位置する地域のハザードマップ（浸水想定区域、土砂災害警戒区域など）と、避難所や自分たちの居住エリア、通学路といった情報を地図上で重ね合わせた。これにより、「自分のアパートが浸水区域に入っている」「いつも使う道が危険だ」といった発見が生まれ、防災という課題を自分のこととして捉える強い動機付けがなされた。これは、防災という社会課題（Science）を、情報技術（Technology）を用いて分析する最初のステップである。

## ②ステップ2 データに基づく現状分析

次に学生は、表計算ソフトを用いて、より定量的な分析に取り組んだ。自治体の公開データから、各避難所の面積と一人当たりの必要面積(例:2㎡/人)を用いて最大収容人数を算出した。さらに、担当エリアの夜間・昼間人口と比較して避難所の需給バランスを分析し、どの地域で避難所が不足するかをグラフ化して可視化した。また、GISで計測した避難所までの距離と、高齢者等を考慮した歩行速度(例:時速3km)から避難にかかる時間を推定した。これらの活動は、複雑な現実を数理的にモデル化(Mathematics)し、課題の核心に迫るプロセスである。

## ③ステップ3 解決策の創造と提案

最後に、地理的・数学的分析から得られた複数の知見を統合し、グループで最適な避難計画を立案した。ここでは、「最短経路だが川沿いで危険なため避けるべき」「高齢者施設に近い避難所を優先的に割り当てる」といった多角的な視点での議論が活発に行われた。単一の正解がない問題に対しデータという根拠に基づきつつ、情報弱者への配慮といった人文社会的な視点も加えて、より安全・安心な社会システム(避難計画)を設計(Engineering)する、

## 3.4. データ収集と分析

データ収集は、質問紙調査、リフレクションシート、および授業成果物の3つの方法で行った。質問紙調査は、実践の前後で同一の質問紙を用いて実施した。質問紙は3つの下位尺度、すなわち「数学の有用性認識」(例:「算数は実生活の問題解決に役立つ」)、「防災への当事者意識」(例:「地域の災害リスクに主体的に関わろうと思う」)、「教科横断的な教材開発への意識」(例:「教科の枠を超えた創造的な授業を設計したい」)から構成される計12項目について、「全くそう思わない(1点)」から「非常にそう思う(5点)」までの5段階リッカート尺度で回答を求めた。収集した量的データは、統計解析ソフトSPSSを用い、事前・事後の平均値の差を対応のあるt検定で分析した。その際、有意水準は $p < .01$ に設定し、効果の大きさを示すために効果量(Cohen's d)も算出した。質的データとして、各回の授業後に「本活動で最も学んだこと」や「困難に感じたこと」などを問う自由記述式のリフレクションシートと、最終成果物である各グループの授業構想案を収集した。これらのデータは、質的内容分析の手法(Mayring, 2014)に基づき分析された。具体的には、記述内容を繰り返し精読して意味のあ

る単位にコード化し、それらを類似性に基づいて集約することでカテゴリーを帰納的に生成した。

## 4. 結果

### 4.1. 量的分析の結果

質問紙調査の量的分析の結果、表1に示す通り、3つの下位尺度のすべてにおいて、実践後に平均値が統計的に極めて有意に向上した(すべて $p < .001$ )。特に、効果量(Cohen's d)は「防災への当事者意識」で1.24、「数学の有用性認識」で1.42、「教科横断的な教材開発への意識」で1.51と、いずれも教育実践研究としては極めて大きい値を示した。この結果は、本実践が学生の意識に対して強力なポジティブな影響を与えたことを数量的に示唆している。

表1. 質問紙調査における事前・事後スコアの比較 (N = 63)

下位尺度	調査時期	平均値(M)	標準偏差(SD)	t値	p値	効果量(d)
数学の有用性認識	事前	3.21	0.82	-8.97	<.001	1.42
	事後	4.33	0.65			
防災への当事者意識	事前	3.14	0.91	-7.82	<.001	1.24
	事後	4.19	0.74			
教科横断的な教材開発意識	事前	3.29	0.88	-9.53	<.001	1.51
	事後	4.41	0.61			

### 4.2. 質的分析の結果

リフレクションシートと成果物の質的分析の結果、学生の学びのプロセスは主に四つのカテゴリーに集約された。

第一に、「数学の価値の再定義」である。多くの学生が、これまで抽象的な知識体系と捉えていた数学を、現実の問題を解決するための実践的なツールとして再認識していた。

第二に、「防災意識の転換」が見られた。地域の具体的なリスクデータに触れることで、防災を漠然とした「他人事」から、自らの生活や将来の教え子に関わる切実な自分のことへと捉え直していた。

第三に、「教材開発における創造性・協働性の向上」が確認された。学生はグループでの対話を通して、一人では思いつかない創造的な授業アイデアを生み出す楽しさや、協働の価値を実感していた。

第四に、「実践における課題認識」も明らかになった。具体的には、複雑な現実を単純なモデルに落とし込むことの難しさ、限られた活動時間の制約、

そして自身の教科内容に関する知識不足といった課題が浮き彫りになった。

## 5. 考察

得られた結果をリサーチクエスチョンに沿って考察する。

第一に、学生の数学観と防災への当事者意識の変容(RQ1)について、本実践は顕著な効果を示した。防災という切実な文脈における数学化(mathematizing)の体験は、RMEの理論が示すように、学生に数学を生命と安全を守るための強力な道具として再定義させた。この認知的な変容は、防災を自分のこととして捉える情意的な変容と連動し、さらには将来の教員としての責任感、すなわち教職アイデンティティの形成に寄与したと考えられる。

第二に、教科横断的な教材開発能力の育成(RQ2)に関しても、本実践は有効であった。その要因として、PBLという学習形態そのものが、学生に知識の受け手ではなく、自ら問いを立てて解決策を創造する「学習デザイナー」としての思考プロセスを経験させたことが挙げられる。また、「防災×数学」という具体的な成功モデルを体験したことが、社会的学習理論(Bandura, 1997)が示すように、学生の自己効力感を高め、自らも同様の授業を設計したいという動機づけに繋がった。

第三に、短時間PBLの可能性と課題(RQ3)について、本実践は「30分×3回」という極めて限定された時間内でも有意な意識変容を引き起こしうることを示した。これは、テーマの切実さによる高い関心、協働学習による効率化、PBLによる内発的動機づけが複合的に作用した結果と推察される。これは、多忙な教員養成課程において新たな教育内容を導入する上での有望なモデルとなりうる。一方で、質的分析で明らかになった、複雑な現実の単純化に伴うジレンマ、活動時間の絶対的な不足、学生の教科専門知識の浅さといった課題は、今後の改善点として真摯に受け止める必要がある。

## 6. 結論と展望

本研究は、防災教育と数学教育を統合したSTEM型のPBLが、AI時代の教員に求められる資質・能力、すなわち数学の有用性に対する深い認識、防災への主体的な当事者意識、そして教科横断的な教材開発能力を、極めて短期間であっても効果的に向上させる可能性を実証的に示した。

結論として、本アプローチはAI時代の教員養成力

リキュラムにおいて、導入可能かつ有効な教育モデルであると言える。本研究の成果を踏まえ、今後の展望として四つの課題が挙げられる。第一に、本実践を理科や社会科など他教科の指導法科目とも連携させ、より体系的なカリキュラムとしての展開と学内連携の促進が必要である。

第二に、AIやGIS、災害シミュレーションツールなどをより高度に活用し、テクノロジーと協働する教育モデルを探求することが望まれる。

第三に、沿岸部や山間部など多様な地域特性を持つ複数の大学で実践を行い、その効果の般化可能性を検証する必要がある。

第四に、本実践に参加した学生が教育実習や教職生活でどのような授業を行うかを追跡する縦断的研究による長期的な効果分析が不可欠である。

災害をはじめとする不確実な未来に立ち向かう子どもたちを育てるためには、教員が教科の壁を越え、複雑な現実と向き合い、創造的な学びをデザインできる力量を備える必要がある。本研究が、そのための教員養成構想の一助となることを期待する。

## 参考文献

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and conducting mixed methods research (3rd ed.)*. Sage publications.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education: China lectures*. Kluwer Academic Publishers.
- ガート・ビースタ著上野正道監訳(2018). 『教えることの再発見』, 東京大学出版会.
- 片田敏孝(2012). 『人が死なない防災』. 集英社新書.
- Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: Theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt.
- 内閣府(2022). 『令和4年版 防災白書』.
- Sanders, M. E. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- 矢守克也(2009). 『防災人間科学』. 東京大学出版会.
- 湯浅且敏・大島純・大島律子(2011). PBL デザインの特徴とその効果の検討, 静岡大学情報学研究 16, 15-21.