

# オープンデータを用いた地形模型の作成による防災教育の実践と評価 —帝京大学宇都宮キャンパス周辺地域を対象として—

坪井 壱太郎

帝京大学経済学部地域経済学科

## 概要

本稿の目的は、地図を「立体的」に「見る」「作る」「考える」ことを主題に、オープンデータと透明プラスチック容器蓋を用いた低コスト型の防災教育教材の開発と実践を通して教育効果を検討するものである。2023年度後期の筆者の担当講義科目「地理学Ⅱ（自然地理学）」内で実施した模型作成演習と受講前後における評価分析の結果、受講後の地形認識や発災想定、関心度のスコア向上傾向がみられるなど、防災教育の主幹を成す受講者自身の「地域理解力」と主体的な「地域説明力」の向上に一定の効果が認められた。

## 1. はじめに

1995年(平成7年)に発生した阪神・淡路大震災の発生以降、「防災教育」を通して個人の防災意識の向上を図ると同時に他者との連携を促進することで地域防災力を強化していくための取組みは、現在では広く認知が得られている。2004年(平成16年)に発生した、新潟県中越地震による被害をはじめ、観測史上最も多い10個の台風上陸に伴う各地の洪水災害による被害を契機に、翌年には中央防災会議の中に「災害を軽減する国民運動の推進に関する専門調査会」が設置され、これ以降も「防災隣組育成促進モデル事業」(2008年)や「地域連携型防災活動育成促進モデル事業」(2010年)において、地域で一体的に取り組む防災事業が推進されてきた。こうしたなか2011年に発生した東日本大震災を踏まえ、翌年に災害対策基本法が改正される中で、はじめて「防災教育の実施」の必要性が明記された。

同法改正の中ではその理念として、地域の災害履歴や防災に関する「知識」、協力して災害に立ち向かう「態度」、安全な避難行動等を実践できる「技能」を平時から育成していくことの重要性が掲げら

れている。学校におけるこれまでの防災教育の多くは、非常階段を利用した全校生徒一斉避難や、起震車による地震動の体験、語り部による講話などが実施され、受講者にとって貴重な知識と経験になってきている。しかし、近年の頻発化、複雑化する災害に対し、従来の一方向型の講義や画一的教訓などの教育手法・手段には、やむを得ず限界が生じているともいえる。そこで、本研究では上述の課題意識のもと、地域を伝えるための簡便・廉価な教材開発を試み、この実践と評価をもとに、防災教育における「新たな手法」を提示することを目的とする。防災はその対象範囲が広く、「防災学」としての統一的教育手法は少ないものの、義務教育課程における各教科・分野の該当範囲と関連付けることで災害や防災との関連を学ぶための方法が展開されてきている。高等学校においてこれまで選択科目であった「地理(A・B)」は、社会科学習指導要領の改訂により、2022年度より「地理総合」として必修化され、その支柱には防災、GIS(地理情報システム)、ESD(持続可能教育)が掲げられるなど、「地域」や「防災」との親和性が極めて高い内容となっている。

本取組みは、帝京大学(宇都宮キャンパス)における2023年度後期の筆者の担当講義科目「地理学Ⅱ(自然地理学)」の受講生を対象とし、宇都宮キャンパスを含む範囲の「地形模型」の作成による教育方法の提示と効果の検証を試みたものである。本手法では、地図から地域を広域かつ鳥瞰・

俯瞰的に「見る」と同時に、これを立体的に「作る」作業を通して地域のかたち・成り立ちと防災、災害対応を「考える」ための機会として実施した。

本研究で対象とした大学生は、小中学生および高校生と比して、一般的に行動範囲が広く、移動のための交通手段に多様性があることが特徴となっているほか、域外からの出身者にとっては当該地域の認識が必ずしも醸成されていないことが課題として挙げられる。しかし、防災教育で対象とする実際の「地域」は、幅広い年齢層や、多様な生活圏を持つ居住者、来訪者の混住・混在の場であることから、本稿では、受講対象者が大学生のみという限定性はあるものの、「地域の構成員」として位置づけることで、これを実施した。また、成人年齢に相当する大学生は、発災時における社会的「受援者」に対し、自立主体的な行動を通して「支援者」となることが期待されることから、防災学習の波及効果は大きいものと考えられる。

## 2. オープンデータによる教材地図の作成

防災教育用の教材開発にあたり、地理学における基礎的な学習内容と連動させることで知識と理解力の向上を図ると同時に、「簡便性」「安全性」「廉価性」を実現することに留意した。

二次元(平面)で構成される地図において地盤の高低は等高線(Contour)で示されるが、その基礎的な学習は小学校 4 年生の社会科課程において行われる。一般的に高さの概念は、野外学習と併せて体感的に学ぶことでその効果が得られることが知られているが、本研究では、地図を三次元(立体)で作成することで教室内においても地域の特徴を把握することができることを目的としたものである。具体的には、食品トレー等に使用される身近な素材のひとつ「透明プラスチック容器蓋」を用いて立体地形模型の作成を行うための方法を考案した。

従来行われてきた地形を立体的に模型で表現するための主な手法には、段ボールやスチレンボード等を等高線に沿って切り抜き、これを積層させていくものが知られており、建築設計や都市計画分野のプレゼンテーションなどにおいても広く用いら

れている。また、近年では、3D プリンタの普及に伴い、国土地理院により公式サイトにおいて 3D 地形模型用地図データの公開が行われ、これによる地形模型作成も可能になっている(図 1)。しかし、前者においては曲線をカッターナイフ等で切り抜いていく技術が不可欠であり、低学年の児童・生徒においては、ケガや作業上の支障が推察されることや、後者においても、導入コストや高度な操作技術が要される。

本研究において考案した立体地形模型の作成にあたっては、オープンデータから演習用の等高線地図を作成し、当該地域の等高線数分の透明プラスチック容器蓋を用いることとした。

等高線のデータは、国土地理院・基盤地図情報「数値標高モデル」[1]10m メッシュより、当該地域を含むデータをダウンロード(無償)取得し、これを、フリーの地理情報分析支援ソフト GIS・MANDARA [2]を用いて、以下の手順で等高線を取得した。

はじめに、①基盤地図情報(10m メッシュ)から任意の地域のデータ範囲をダウンロードし取得する。次に、②MANDARA を起動し、「マップエディタ」→「地図データ取得」→「標高データ等高線取得」→「等高線取得」で操作画面を開く。さらに、③ダウンロードデータの格納フォルダおよび取得範囲を指定した後、任意の間隔(1メートル単位で指定可能)で等高線の取得を行った。

国土地理院による既定の地形図では縮尺に応じて主曲線と計曲線の間隔が定められているが、GIS を用いることで、対象地域の高低差や、受講者の年齢・学齢等に応じて自由に等高線間隔を設定することができる。本対象地域は、地盤高さが概ね 140m から 200m であることから、等高線を 15m 間隔で設定し、5 枚の透明プラスチック容器蓋で模型を完成できるように作成した。これは、多人数での一斉演習を実施する際の「時間管理」上の進捗対応と、可能な限り完成模型の出来上がりの差異を縮小することで、受講者間で地形の共通認識を図ることを視野に入れたものである。透明プラスチック容器蓋 10 枚で一人分の教材とし、一人当たりの教材費は、190 円(税込)であった。



図1 立体地図表現の事例  
(左) スチレンボード (右) 3Dプリンタ使用

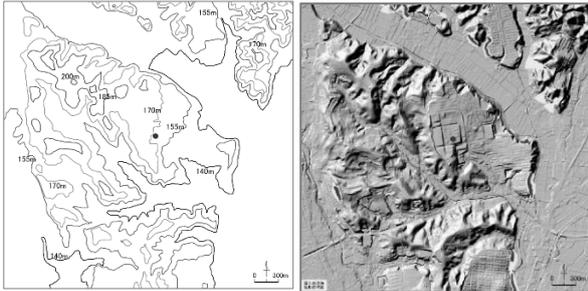


図2 同一図郭による演習用の地図  
(左) 等高線 (右) 陰影起伏図・土砂災害警戒区域

取得した等高線をもとに、演習用の等高線地図を作成すると同時に、同一範囲において、標準地図のほか、旧版地形図や、陰影起伏図に国土数値情報[3]より取得した土砂災害警戒区域データを重ね、多角的に地域を見るための複数枚の地図を作成した(図2)。

地形模型の作成は以下の手順で実施した。はじめに①透明プラスチック容器蓋を積層させるときの方向を一定にするために、容器蓋の右端に、印(マーク)をつける。次に、②透明プラスチック容器蓋の上に、等高線地図を両面テープで仮止めし、さらにこの上に、無地の透明蓋を1枚重ね、等高線の低い方から順に「ひとつの等高線に対して1枚分の等高線を油性マジックでトレース」する(図3)。③前作業でトレースしたプラスチック蓋を順に積み重ね、立体地形模型を完成させる(図4)。本取組みでは、防災学習と関連させるために、作成した地形模型からの気づきや対応策を受講生相互で話し合う「Peer Learning」を通して知見の共有を図ると同時に、同地形から発生が想定される災害事例について実際の土砂災害に関する映像を全受講生が視聴することで理解の深化を図る内容で構成した。

この模型の立体表現は、蓋と蓋が上下で圧着しない中空の隙間を利用した「疑似的」なものである(図5)。そのため、現実空間における縮尺と異なり、狭域で作成する場合等においては、高度差が強調される特性を持つことから、地域の解釈・説明に際しては、同点に留意し解説を行った。



図3 立体地形模型作成演習の様子



図4 立体地形模型 (完成)

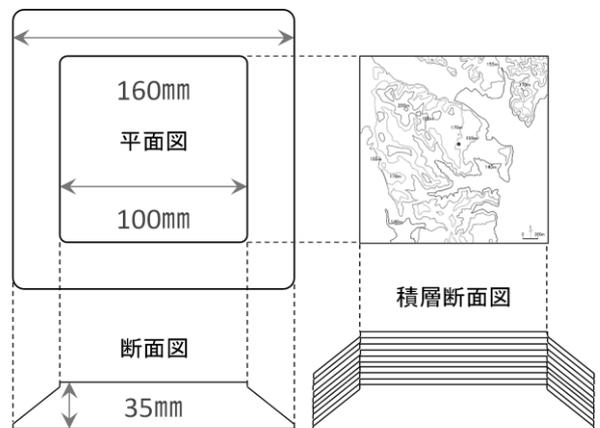


図5 立体地形模型の構造(平面図・断面図)

本演習で作成対象とした宇都宮市「豊郷台」は、市の中心市街地の北側に隣接する宇都宮丘陵の一部に位置し、ほぼ中央に帝京大学宇都宮キャンパスが立地するほか、ショッピングセンター、戸建住宅で構成されるニュータウンとなっている。

豊郷台は、1989年(平成元年)の帝京大学宇都宮キャンパスの開設以降、1990年代には不動産開発業者・住宅販社等により宅地開発がすすめられ、2020年の国勢調査では、人口約4,600人、1,680世帯を有する宇都宮市有数の「ベッドタウン」的機能を担っている。大学敷地を除く、豊郷台二丁目と三丁目は、「第一種低層住居専用地域」(用途地域)となっており、住宅の高さ制限や、敷地面積の制約が行われているほか、地区が独自のまちづくりの規定として「地区計画」により外壁、屋根等の色彩規制、看板広告物の規制などが定められるなど、良好な住環境が構成されている場所となっている。

前掲図2に示す通り、当該地域の住宅地の地盤面は、河川水面より約30~40m程度高く、内水・外水氾濫による浸水被害の想定対象にはなっていないものの、丘陵地とこれに沿って南流する河川(一級河川・田川)の崖線部分に土砂災害警戒区域および土砂災害特別警戒区域を有していることが特徴となっている。受講生に対しては、地形模型を用いて、災害リスクと域内の避難所・避難場所の位置関係について説明を行ったほか、豊郷台以外の近隣のニュータウン開発が行われた、「富士見ヶ丘団地」および「ニュー富士見ヶ丘団地」の開発経緯や災害時における地域課題に関する相互議論を促す取組みを行った。

本講義名称に含まれる「自然地理学」は、系統地理学のうち、地形、水質、気象等の現象を主対象とする学問分野であり、「人文地理学」と区別される。しかし、「防災」において、両者は明確に分化されるものではなく、双方を関連させながら講義を構成していくことが求められる。本講義においてもこれに留意し、災害発生の仕組みや他地域の実際の被害事例を図解した講義資料を作成・配布することで、受講生が常に、本習対象地域の状況を比較・確認しながら作業ができるよう進化した。

### 3. 受講者評価と考察

本研究では、立体地形模型作成による講義・演習受講前後の変化を把握することで、防災に係る意識や行動意思の変容等を明らかにすることを目的とし、受講生(61名)を対象とした質問紙調査を行った。また、同調査とあわせ、自由記述方式で受講後の感想文の提出を課し、同内容を含めた検討を行った。

質問紙調査の設計では、演習「前後」における「被害想定」「地形認識」「主体意識」の大項目を設定し、それぞれについて、中間点を含む「なし(低い)」から「あり(高い)」までの5段階により主観的評価の取得を行った。分析にあたっては、対応のある因子による一元配置の分散分析を実施し、適宜、検定結果を踏まえて解釈を行った。

図6に演習対象地域とした豊郷台における洪水に伴う「浸水」と「土砂」のそれぞれの被害想定(「被害が発生すると思う」に対する5段階評価)を演習前後の比較と併せて示す。本図より、両災害種とも演習後の被害想定割合上昇に有意差がみられたが、浸水被害は想定上昇が僅かであったことは、本対象地域が丘陵地にあたり、作成模型を通してある程度正確に理解が得られていたことが推察される。一方、土砂被害については、丘陵地と河川の境界部分における急峻な崖線地形が模型で表現されたことから、発災想定のうち「やや高い」「高い」を含む高発災想定群は、55.7%から80.3%への上昇がみられた。

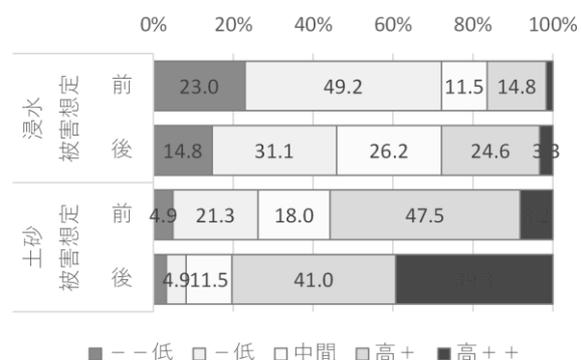


図6 演習前後の土砂被害と浸水被害の想定  
注:浸水被害想定(F=12.307, p<0.01) n=61  
注:土砂被害想定(F=21.388, p<0.01) n=61

次いで、図7に「地域認識」に関する地域安全度評価(豊郷台は災害に対して安全度が高いと思う)と、地形理解度評価(豊郷台の地形特徴を理解していると思う)に対するそれぞれ5段階の評価を示す。本図より、前者において演習後に「低い」「やや低い」割合の増加はあったものの、有意差は見られなかった。これは、本地域が土砂災害警戒区域を含む領域を有する一方、水害に対する安全度の高さから評価が分化したことが背景にあるものと想定される。また、後者(地形理解度評価)では、「高い」「やや高い」を合算した割合は、19.7%から85.3%へと大幅な上昇がみられるなど、本手法が地形の理解に有効な方法であることが示唆された。

本研究では、防災学習においては、自らの理解と(自立的理解)同時に、他者・外部への発信する能力の獲得が重要であるとの想定の下、図8に「主体意識」に関する演習前後の「地域説明力量」(豊郷台の地形特徴を他者に説明することができると思う)と、「防災関心」(防災に対する関心があると思う)に対するそれぞれ5段階の評価を取得した結果を示す。本研究で用いる「地域説明力」とは、模型制作を通して、自ら当該地域の地形の特徴や災害リスクを他者に伝える主観的力量を指し、分析の結果、「やや高い」「高い」を合算した高力量群は13.1%から72.1%へと上昇がみられた。また防災に関する全般の関心「防災関心度」においても、同高関心度群は、21.3%から72.1%と大幅な上昇がみられた。

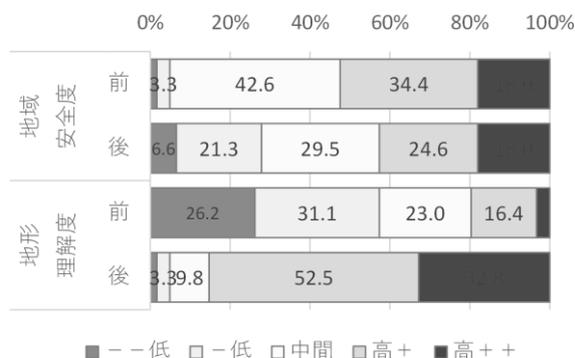


図7 演習前後の地域安全度・地形理解度評価

注:地域安全度評価(F=7.615, n.s) n=61

注:地形理解度評価(F=104.009, p<0.01) n=61

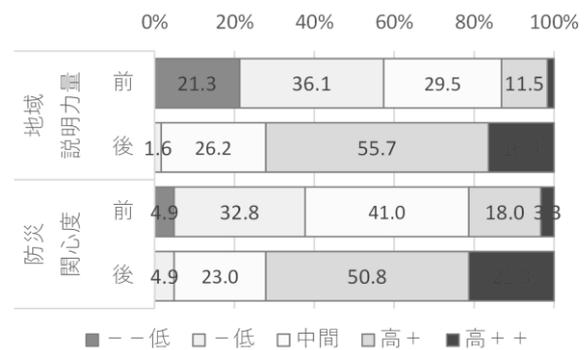


図8 演習前後の地域説明力・防災関心度

注:地域説明力量(F=100.008, p<0.01) n=61

注:防災関心度(F=59.591, p<0.01) n=61

本演習を通じた防災に関する「波及効果」(地形模型作成による防災学習効果があると思う)および「全体評価」について、演習後の評価(5段階)を取得した結果、前者では「やや思う」「思う」を合算した割合は82.0%となったほか、後者でも「やや高い」「高い」を合算した割合は85.3%と高い評価が得られるなど、一定の有用性が示された。本研究では、平時における個人の防災に関する関心、行動等を把握する観点から、それぞれ「地図」に関する設問項目(「防災地図の公開に対する重要度」「地図の避難行動時重要度」と「行動」に関する設問項目(「気象情報の積極的取得度合」「災害発生時のボランティア行動意思」)および「理解」に関する設問項目(「被災受容度合」「発災に対する心構え」)を低位から高位までの5段階の主観的評価で取得した。図9に示す結果より、「行動」における支援行動(災害ボランティア等)は必ずしも高い結果は得られておらず、今後に向けては当事者意識を醸成する講義等を併用していくことが求められる。

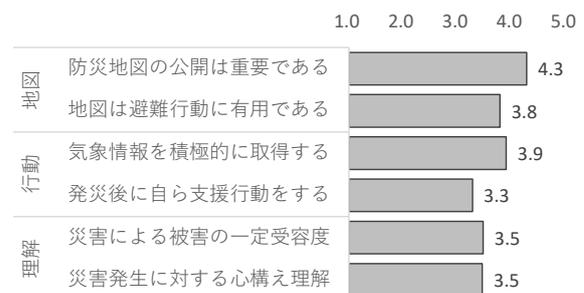


図9 地図・行動・理解に関する主観的評価(n=61)

本演習の設計段階において「地図を作る」という体感的な作業を通して地形や災害リスクを理解するという目的を設定した。演習後に課した自由記述形式の感想では多様な内容が提示されたが、本研究では全文通読の上、以下に示す①～⑤の内容に大別し、あわせて、その代表的な感想事例を示す(下線部は筆者記入)。具体的には、「地図作成作業」(受講後感想①)、「防災教育としての活用可能性」(受講後感想②)、「地図活用・立体地図による理解」(受講後感想③)、「災害リスク理解」(受講後感想④)、「自主的・能動的防災行動」(受講後感想⑤)であり、従来の「地図を見る」だけでない作業を伴う演習内容により、地域理解の向上や認識向上に結節する防災教育効果が示された。

【受講後感想①】はじめはこの作業にどんな意味があるかわからなかったが、徐々にその意味を理解できたように思う。その理由は、これを行うことにより視覚的に周辺の地形が理解できること、書くことにより頭に残りやすいことが挙げられる。実際、完成した模型を見てみると、帝京大学の校舎がいかにも高い台地の上にあるのかということが理解でき、その事が鮮明に頭に残っている。手を動かすと頭に残りやすいのだなと感じた。(地域経済学科1年・男子)

【受講後感想②】私たちは普段、スマートフォンの地図アプリやGoogleマップを利用しており、それらはとても便利であるが、地形の特徴までは把握できない。しかし今回の模型を用いることで、崖などの危険箇所を視覚的に表現できることがわかり、防災教育の教材として活用できると思った。(地域経済学科1年・男子)

【受講後感想③】手軽なものから簡単に地形の構造を理解することが出来たことに驚いた。また、模型を使って土砂災害警戒区域と照らし合わせることでそれらがどのようにになっているかということも詳細に理解することが出来た。(地域経済学科1年・男子)

【受講後感想④】帝京大学付近は勾配の大きい丘陵地であることが分かった。それゆえ、洪水災害の際の避難地に最適であると感じた。豊郷台の上に避難すれば自分の身を守れるだろうと考える。しかし、豊郷台の縁辺部では土砂災害警戒区域や土砂災害特別警戒区域があり、土砂災害の危険性があることには注意をする必要があると感じた。(バイオサイエンス学科1年・男子)

【受講後感想⑤】豊郷台は思っていたより高台になっていて急斜面もあることに気づいた。ハザードマップと照らし合わせてみると危険な場所の特徴もつかめた。自分の住んでいる地域は坂や山があるため、是非等高線を見てみようと思った。また、土砂崩れなど危険な場所をあらかじめ予想したうえでハザードマップを見て照らし合わせてみようと思う。(地域経済学科1年・女子)

#### 4. 成果と課題

本稿では、透明プラスチック容器蓋を用いた立体地形模型作成を通して、地図と地形から地域理解の促進を図り、併せて防災教育の効果の検証を試みた。教材作成に当たっては、オープンデータやフリーソフト(GIS)を用い、低コストで入手可能な部材により教材作成の汎用性を確保したほか、導入コストの障壁を排することを可能にした。本演習受講者の受講後感想においては、当初掲げた地域理解の促進や災害リスク理解・認知の向上に関する目的に対し一定程度の達成度が見られたが、今後においては、他地域での実践事例を蓄積していくことのほか、低学齢や高齢者等の多層年代を対象とした実践を通して防災教育効果の検証を図っていくことが必要である。また、得られた自由記述内容の計量的分析を行い、より具体的に防災教育効果の検証を図っていくことが課題である。

#### 参考文献

- [1] <http://www.gsi.go.jp/kiban/> 2024/05/01 アクセス
- [2] <http://ktgis.net/mandara/> 2024/05/01 アクセス
- [3] <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> 2024/05/01 アクセス