

流域の概念を学ぶことができるタブレット教材の開発

相楽 菜摘^{1,a)} 鈴木 優^{1,b)}

概要: 日本は、地形的・気象的特徴から、洪水や土砂災害が発生しやすく、防災教育が必須である。これらの水害等の自然災害を考える上では流域の概念を学ぶことが重要である。そこで本研究では、小学校での流水の作用に関する学習から発展させ流域の概念を学習できるタブレット教材の開発を行った。タブレットの画面には立体地形図が表示されており、児童が画面に触れると接触した地点に雨水に見立てた球が落下する。球は落下した後、地形図上を転がっていく。児童は、基礎的な流水の性質について学ぶ基礎学習モードと、流域の概念や防災について学ぶ発展学習モードで、球の行方を観察することを繰り返しながら学習をする。本稿では、教材の2つの学習モードのうち、基礎学習モードの開発と試用実験、実験結果に基づく教材の改善について述べる。

1. はじめに

日本は全国土の約7割を山地・丘陵地が占めており、世界の主要河川と比べ、標高に対し河口からの距離が短く、急勾配である。そのため、降雨が山から海へと一気に流下するという特徴がある [1]。また、世界的にも多雨地帯であるモンスーン・アジアに位置し、梅雨や台風などによる大雨の影響を受けやすい。このような国土条件によって、日本では洪水や土砂災害が発生しやすく、防災教育が必須である。

さらに、近年、大雨や短時間強雨の回数が増加傾向にある。土砂災害の発生件数は、1990年からの10年間では年間平均1027件だったが、2010年からの10年間では年間平均1476件となっており、大雨や短時間強雨の増加に伴い、土砂災害の発生も増加傾向にある [1]。このように、近年では降雨時の災害発生頻度が上昇しており、防災教育の重要性はさらに高まっている。

平成31年に告示された学習指導要領では、教育内容の主な改善事項として、理科における自然災害に関する内容の充実が図られた [2]。流水の作用について取り扱われる単元に小学校第5学年「流れる水の働きと土地の変化」があり、改訂に伴い、この単元を補足するために新しく小学校第4学年「雨水の行方と地面の様子」が追加された。これらの単元では自然災害について取り扱うことが示されており、水害等に対する防災教育として流水の作用を学ぶ機会が増加している。しかしながら、実際には限られた授業

時間内で流水の作用に関する学びから深い防災教育までを展開することは難しい。

洪水や土砂崩れといった自然災害は流域単位で発生することから、河川財団は「流域」という概念を多くの人が認識していれば、災害時に自ら考え主体的に避難できると指摘している [3]。すなわち、洪水や土砂崩れといった水害等の自然災害を考える上では流域の概念を学ぶことが重要である。しかしながら、現行の学習指導要領では理科の流水の作用について取り扱う領域において、流域の概念に関する初歩的な学習を含む一方で、「流域」という言葉や流域について深く学ぶ内容が明記されていない。

本研究の目的は、小学校での流水の作用に関する学習から発展させ流域の概念を学習できる教材を開発することである。

開発する教材は、流域の概念を理解するために必要な基礎的知識を学ぶ基礎学習モードと、流域の概念や防災について学ぶ発展学習モードからなるタブレット教材である。本稿では、基礎学習モードの開発と、開発した教材の試用実験、試用実験に基づいた教材の改善について述べる。

2. 既存教材の課題

流域の概念を学習するための既存教材は以下のようなものがあるが、それぞれ児童が学習する上で課題がある。

立体地形図模型とビー玉を用いた教材

大型の立体地形図模型とビー玉を用いた教材である。児童は、立体地形図模型の上部から水に見立てたビー玉を落下させ、ビー玉が転がる様子を観察し、水が高い場所から低い場所へと流れて集まり流域を形成する

¹ 宮城大学

^{a)} p1820084@myu.ac.jp

^{b)} suzu@myu.ac.jp

ことを学ぶ。このような大型の模型を用いた教材は、授業時間内に複数人で1つの教材を使うことが想定されるため、児童は自己の学習ペースに合わせて学習を進めることが難しいという課題がある。また地形図模型にはあらかじめ河川や流域を示す線が描かれているため、主体的に考える要素が少ない。

projectWet「流域探し」

projectWetは世界66以上の国と地域で活用されている体験型の水教育プログラムであり、プログラムの1つに「流域探し」がある。ワークシートを用いて、本流、支流、水源、河口、流域についての知識を習得し、自力で流域の境界線を把握できる力を養う。この教材は、資格を持った指導者がプログラムを進行する中で使用されるため、児童の学習機会が制限される。また、限られた時間内で学習する必要があり任意のペースで学びを深めていくことが難しい。

学習振り返り用動画

小学校理科における流水の作用に関する学びを振り返り、その内容と関連付けて流域の概念も学ぶことができる教材である。動画教材の視聴は実験や観察といった体験的な学習ではないために児童が主体的に考えながら学ぶことが難しいという課題がある。

3. 開発する教材の指針とデザイン

3.1 教材の指針

開発する教材は、本研究の目的に則り、小学校での流水の作用に関する学習から発展させて流域の概念を学習できる内容にする必要がある。また、既存教材が抱える課題を解決し、児童がより良い学びをできるようにするため、以下のような教材設計の指針を設ける。

- ① 流域の概念を学ぶための基礎的な流水の性質についての知識を習得できる
- ② 発展的に流域の概念や地域の防災について考える学習ができる
- ③ 学習機会の制約が少なく、児童が各個人のペースで学習を進めることができる
- ④ 実験や観察のような、児童が主体的に考える学びを実現する

3.2 教材のデザイン

3.2.1 対象単元

教材の開発を行うにあたり、対象単元を選択する。小学校において流水の作用について学ぶ単元は、小学校第5学年「流れる水の働きと土地の変化」と小学校第4学年「雨水の行方と地面の様子」がある。第4学年「雨水の行方と地面の様子」では、知識として以下の2点を習得すること

が求められる。

- (1) 水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること
- (2) 水のしみ込み方は、土の粒の大きさによって違うことがあること

このうち、(1)は流域の概念について理解するための初歩的な知識となる。そのため、本研究では小学校第4学年「雨水の行方と地面の様子」を対象単元として選択し、基礎的な「水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること」の学習から発展的に流域の概念に関する学習を展開できる教材を開発する。

3.2.2 教材の形態

文部科学省は、多様な子供たちに対し、公正に個別最適化され資質・能力が一層確実に育成できる教育環境を実現することを目的に、1人1台端末と高速大容量の通信ネットワークを一体的に整備するGIGAスクール構想を進めている[4]。全自治体の96.2%が令和3年7月末時点で端末の納品を完了しており、現在、タブレット端末は児童全員が個別に使用できる標準的な学習用具である。文部科学省は、GIGAスクール構想で整備されるICT環境を活用し学習活動の一層の充実や主体的・対話的で深い学びの視点からの授業改善を求めている。1人1台端末環境では、児童が1人ひとりの教育的ニーズや学習状況に応じた個別学習を行うことが可能になると指摘している。

タブレット端末は児童にとって標準的な学習用具であり学習機会の制約が少なく、1人1台の端末環境であるため任意のペースで主体的に学習に取り組むことができることから、教材の指針③を満たすことができると考え、教材の形態として選択した。

3.2.3 参考とする教材

立体地形図模型とビー玉を用いた教材は、対象単元で学ぶべき「水は、高い場所から低い場所へと流れて集まる」という学習項目を実現に近くかつ簡潔に表現している。簡潔な表現でありながら、基礎的な知識の習得から流域の概念についての発展的な学習までを展開しやすいため、立体地形図模型とビー玉を用いた教材を参考に、タブレット教材の設計を行う。また、実験や観察が行える実際の教材を参考にすることにより、児童がタブレット上で疑似的に実験や観察を行えるため、教材の指針④を満たすことができると考える。

4. 教材の開発

4.1 教材の概要

立体地形図模型とビー玉を用いた教材を参考に、教材の開発を行った。タブレットの画面には立体地形図が表示されており、児童が画面に触れると接触した地点に球が落下する。球は落下した後、地形図上を転がっていく。水に見立てた球の行方を観察することを繰り返し、基礎的な流水

の性質や流域の概念を学ぶ。

4.2 開発環境

本教材はゲームエンジンの Unity を用いて開発した。地形図や地図は国土地理院が公開している地理院地図を用いた [5]。

4.3 教材の構成

教材には基礎学習モードと発展学習モードの2つの学習モードがある。

基礎学習モードは、流域の概念を理解するために必要な基礎知識を習得するための学習モードであり、指針①を満たす。児童は、基礎学習モードで以下の3つの項目を学習する。

- (A) 水は、高い場所から低い場所へと流れること
- (B) 流れてきた水は、やがて合流すること
- (C) 水は、ある地点を境に分かれて流れること

児童は、対象単元で学ぶべき「水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること」に加え、流域の概念を理解するために必要な「水は、ある地点を境に分かれて流れること」という流水の性質について学習する。「水は、高い場所から低い場所へと流れて集まること」は、児童がより簡潔に学習内容を理解できるよう、「水は、高い場所から低い場所へと流れること」と「流れてきた水は、やがて合流すること」の2つの項目に分けた。はじめに、画面には(A)(B)(C)の3つの学習項目が表示される。児童が学習項目を選択すると、それぞれの学習に適した地形が表示される(図1)。児童は、各地形図上で、球を落下させてその行方を観察することを繰り返し、学習すべき内容を理解していく。

発展学習モードは流域の概念や防災について学ぶための学習モードであり、指針②を満たす。児童が学習したい地域を選択し、それぞれの地域の地形図上で観察を繰り返しながら流域の概念や地域の流域の構成について学ぶことができる。本稿では、基礎学習モードの仕様について述べる。

4.4 基礎学習モードの機能

児童の学習を支援するために、基礎学習モードは以下の機能を持つ。

視点の切り替え

上から広い範囲を俯瞰する固定された視点と球に追従する視点の2つの視点がある(図2a, 図2b)。通常は上から俯瞰する視点となっている。児童は、画面に表示されるアイコンに触れることで2つの視点を切り替える。視点を切り替えるためのアイコンに触れてから、球を落下させると、その球に追従していくような視点へと切り替わる。上から俯瞰する視点は、複数の

球が合流したり分かれたりする様子を観察しやすい。球に追従する視点では、水に見立てた球がどこをどのように流れていくかをより詳細に観察できる。

マルチタッチによる視点操作

マルチタッチ操作により視点移動ができる。1本指でのスワイプ操作で平行移動、2本指でのピンチアウトで拡大、2本指でのピンチインで縮小、2本指でのスワイプ操作で水平軸周りの回転、2本指での回転操作で鉛直軸周りの回転操作が可能である。一般的な地図アプリと同様の操作によって、児童は、任意の位置や角度で球の行方を観察することができる(図2c)。

学習のヒントの表示

球の行方を観察することを繰り返す中で、児童は様々な点に着目し複数の気づきを得ることが想定される。実際に存在する地形を用いているため、学習すべき要素のみを含む地形図を用意することは難しい。そこで、各項目で着目すべき点を明確にするため、学習のヒントを表示するためのアイコンに触れると、着目すべき点を示す文章が表示されるようにした(図2d)。児童は、学習の途中でヒントを表示し、着目すべき点を認識したうえで球の観察を繰り返していくことで、確実に知識の習得をすることができる。

5. 基礎学習モードの試用実験

基礎学習モードのユーザインタフェースと3つの学習項目での理解度について評価するため、小学校第4学年の児童5名を対象に試用実験を行った(図3)。

5.1 実験方法

教材の基礎学習モードの3つの項目をそれぞれ5分ずつ使用してもらった。児童3名には1人1台の端末を使用してもらい、児童2名には2人で1台の端末を使用してもらった。ユーザインタフェースについて、児童が混乱や支障なく操作できるかを確かめるため、児童の手元をビデオカメラで記録した。また、学習すべき事項が学べるかを確かめるため、各学習項目を使用してもらいながら気付いたことを質問紙に記入してもらった。

5.2 実験結果

5.2.1 ユーザインタフェースの評価

ビデオカメラの記録から児童の学習の様子を確認し、表記と視点の切り替え機能の2点においてユーザインタフェースの理解に混乱する様子が見られた。漢字表記や単語の意味を理解することが難しく、質問する場面が見られたことから、対象学年に適切な表記に変更する必要がある。視点の切り替え操作は、球を落下させてから視点切り替え機能

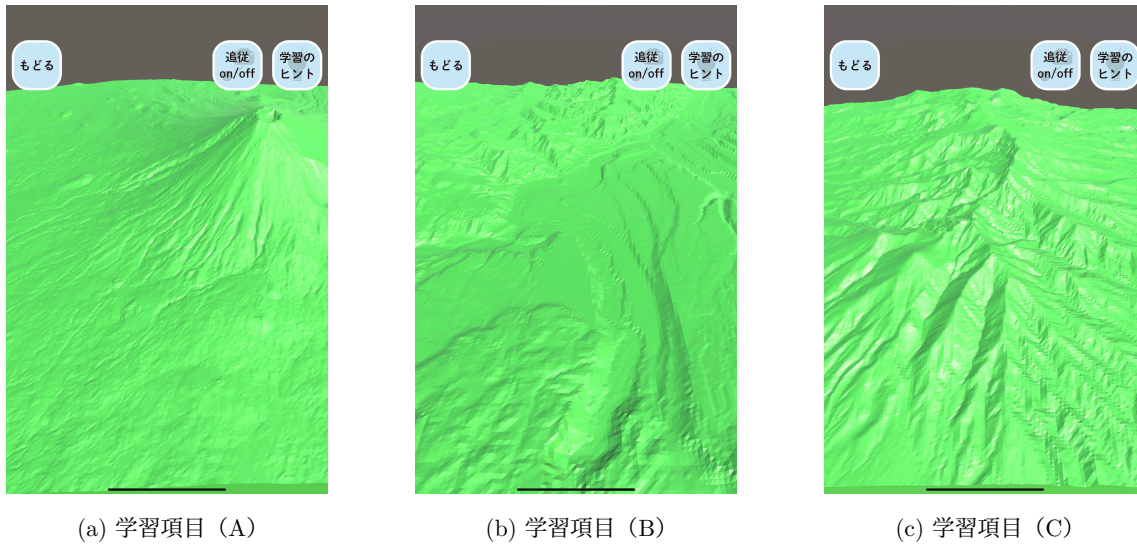


図 1: 各学習項目の地形

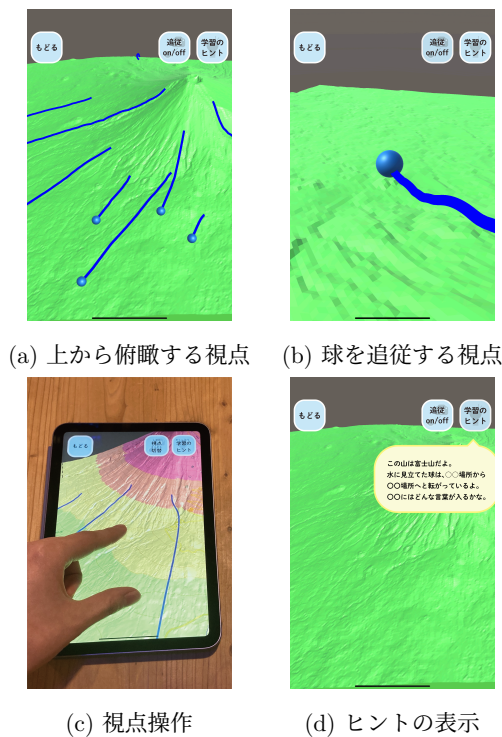


図 2: 基礎学習モードの機能

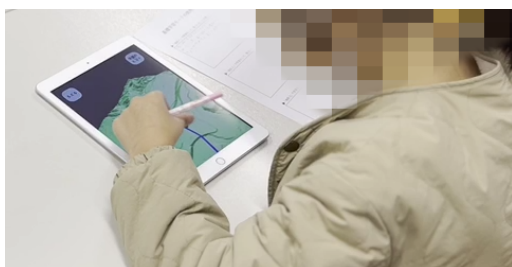


図 3: 試用実験の様子

のアイコンを押すことで最も新しく生成された球に追従する視점에切り替わるが、アイコンを押してから球を落下さ

せようとする児童もおり、操作方法に混乱する様子が確認された。その他の操作については概ね支障なく行われ、主体的に機能を活用する様子を確認できた。

5.2.2 各学習項目の理解度に関する評価

児童が質問紙に記入した回答から、各学習項目で学習すべき事項を理解できているかを調べた。

学習項目 A : 水は高い場所から低い場所へと流れること

この項目における質問紙への回答として、球が高いところから低いところへと転がること、球が転がる速度は一定ではなく変化すること、高い場所では速く、低い場所では遅く転がること等が挙げられた。1人1台端末環境で学習した3名の児童は学習すべき事項を理解している回答が見られ、2人1台端末環境で学習した2名の児童は抽象的な回答をしており、具体的に気づいたことの記入がなかった。3名の児童が学習すべき事項に気づいた要因は、教材の使い方をすぐに理解し5分間でじっくりと学習に取り組めていたことが挙げられる。一方で、2名の児童が学習すべき事項に気が付かなかった要因は、最初に漢字の読み方に苦戦したり、意見交換をしながら他の児童よりもゆっくり観察を行っていたため、5分間では十分な学習ができなかったのではないかと考察する。

学習項目 B : 流れてきた水はやがて合流すること

この項目における質問紙の回答では、球が高いところから低いところへと転がること、球が地形のくぼみで静止し溜まること、球は同じ地点を繰り返し通ること等が挙げられた。1人1台端末で学習した児童1名が学習すべき事項を理解している回答をした。その他4名中3名の児童が、球が静止する事象について記入しており、地形の起伏が小さかったために球が十分に転がらず合流する事象を観察できなかったのではないかと

と考察する。

学習項目 C：水はある地点を境に分かれて流れること

この項目における質問紙の回答では、球が高いところから低いところへと転がること、球が右か左に分かれて流れること、異なる地点から転がり始めた球も同じ地点を通ること、球は起伏が激しい地点に溜まりやすく滑らかな場所では転がりやすいこと等が挙げられた。1人1台端末環境で学習した児童1名が学習すべき事項を理解している回答をした。この児童は、学習の冒頭にヒントを表示し着目すべき点を理解したうえで学習を進めたため、学習すべき事項に気が付いたのではないかと考察する。その他4名中3名の児童は3分程経過した時点で、1名は学習終了の直前にヒントを表示したが、残りの時間で学習すべき事項に気が付くことはなかった。

学習項目 A に比べ学習項目 B と学習項目 C の理解度が低かった要因として、地形の明快さの違いと学習項目の性質の違いが考えられる。学習項目 A で使用した地形は明らかに高低差が分かりやすい比較的滑らかな地形であったために、学習すべき事項が明確に分かりやすかったと考えられる。一方、学習項目 B で使用した地形は傾斜が小さく起伏が多い地形であったために、開発時に想定していた合流地点へと球が集まらなかった。

児童の質問紙への回答傾向として、球が転がることや止まること、転がる速さ等、単体の球が持つ性質についての記述が多く見られ、球が集まる、分かれるといった複数の球の関係性についての記述は少数であった。学習項目 A は単体の球の性質であるが、学習項目 B と学習項目 C は複数の球の関係性から考察される性質であり、理解度に差が生じた。これは落下させた球が少なかったために複数の球の関係性を考察できなかった、もしくは複数の球の関係性に着目して学習することの難易度が高いという要因が考えられる。

6. 教材の改善

評価実験で明らかになった課題を受け、以下のような改善を行った。

表記の変更

視点の切り替えアイコンの追従という単語は対象学年の児童にとって意味を理解することが難しいため、視点切替という表記に変更した。また、すべての文章やアイコンに使われる漢字に仮名を振り、児童の操作に関する理解を支援できるようにした。

視点の切り替え操作

実験では視点の切り替え機能の操作方法に混乱が見られたため、仕様の変更を行った。児童は、視点の切り

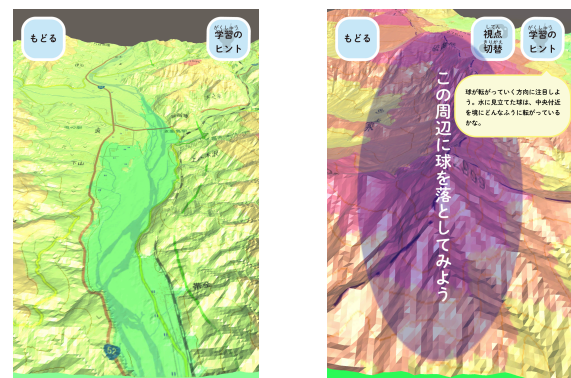
替えアイコンを押すと、その後、1つの球のみ落下させることができ、球が静止するまたは対象地域外に出るまで落下した球を追従する視点で観察を行うことができる。

地形の差し替え

学習項目 B で使用した地形は、学習すべき事項に対して地形が明快ではなかったため、差し替えを行った。富士川流域の傾斜が大きく球が転がりやすいかつ合流が分かりやすい地形に変更を行った。また、標高地図を表示することで地形の高低差をより分かりやすくし、一般的な地図を表示することで学習する地形や観察している地点を理解しやすくした(図 4a)。

学習のヒントの改善

学習項目 A と比較し、学習項目 B と学習項目 C は複数の球の関係性に着目しなければならないために、児童は学習すべき事項に気が付くことが難しい。そこで文字のみではなく地形図上に図形的表現でヒントを示す事で、複雑な学習を支援できるようにした(図 4b)。



(a) 学習項目 B の地形

(b) ヒントの表示

図 4: 改善した教材の機能

7. まとめと今後の展望

小学校での流水の作用に関する学習から発展させ流域の概念を学習できる教材を開発することを目的とし、立体地形図模型とビー玉を用いた教材を参考としたタブレット教材を開発した。本稿では、流域の概念を理解するために必要な流水の性質について学べる教材を開発し、評価実験を行った。評価実験の結果、ユーザインタフェースと、各学習項目の地形や機能に課題が見られた。明らかになった課題に基づき、表記、操作方法、地形表現、学習のヒントの改善を行った。

本研究では、小学校での流水の作用に関する学習から発展させ流域の概念を学習できる教材の一部として、流域の概念を理解するために必要な流水の性質について学べる教

材を開発した。今後、流水の性質についての基礎的な学習以上に流域の概念について詳しく学習することができる教材を開発したいと考える。流域の概念を学べる多様なコンテンツが開発されることで、小学校における防災教育に寄与することを期待する。

謝辞 本研究は公益財団法人河川財団からの受託事業の一環として実施したものです。本研究を実施するにあたり、有益なご助言をいただいた河川財団の方々に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 国土交通省. 令和2年度版国土交通白書.
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r01/hakusho/r02/pdf/np101100.pdf>.
- [2] 文部科学省. 小学校学習指導要領（平成29年度告示）.
https://www.mext.go.jp/content/1413522_001.pdf.
- [3] 菅原一成, 和明, 鈴木篤, 森範行, 吉野英夫. 流域から学ぶ河川教育～流域は問題解決のフレームワーク～. 河川総合研究所報告, Vol. 22, pp. 63-74, 2016.
- [4] 文部科学省. Giga スクール構想の実現に向けて.
https://www.mext.go.jp/content/20200625-mxt_syoto01-000003278_1.pdf.
- [5] 国土地理院. 地理院地図（電子国土web）.
<https://maps.gsi.go.jp/#9/34.404644/133.796997/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m1f0&d=m&base2=std&ls2=std&disp2=1>.