

Scratch を用いた灯台シミュレーターで PISA 型学力「数学的リテラシー」を育む

上出 吉則*¹ 辰己 丈夫*²

概要：本研究は、算数数学教育上の課題に対して、Scratch で作成したプログラミング創作教材を用いることが有効な手段であることを示すのがねらいである。これまでに CE139 では「関数の座標」、SSS2017 では「図形の回転移動」、SSS2018 では「トレインシミュレーター」を用いて実践授業をおこない、その効果の検証を進めた。今回取り組む「最小公倍数」は、小学校の算数や中学校の数学で苦手意識を持つ生徒が多く、授業での関心や意欲の低さが問題となっている。そこで、本研究では独自の Scratch で作成した教材としての「灯台シミュレーター」を用いて灯台の点滅周期と最小公倍数との関連を扱う。OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」、とりわけ「数学化サイクル」の生徒の学力向上を目標とした。文献研究から、「数学化サイクル」と「数学的モデリング」の枠組みはほぼ同義であることを明らかにした。その後、「灯台シミュレーター」を用いた中学校数学での実践研究をおこなった。その結果、「最小公倍数」について「数学的モデリング」の成果が認められ、OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」に効果があることが明らかとなった。

キーワード：Scratch, プログラミング, 最小公倍数, 灯台, シミュレーター, 数学的リテラシー, OECD/PISA

In the lighthouse simulator using Scratch Bring up PISA type academic ability "Mathematical literacy"

UEDE Yoshinori*¹, TATSUMI Takeo*²

The purpose of this research is to show that it is an effective means to use the programming creation material created by Scratch for the problems in mathematical mathematics education. "L.C.M." is a unit with many students who are not good at arithmetic at elementary school and mathematics at junior high school. The purpose of this study was to understand the relationship between the flashing cycle of the lighthouse and "L.C.M." using the "Lighthouse Simulator". As a result of practical research, the effect of the academic ability of "Mathematical literacy" of the OECD / PISA survey became clear.

Keywords: Scratch, Programming, L.C.M, lighthouse simulator, Mathematical literacy, OECD / PISA

1. 研究の背景

1.1 研究の経緯

本研究は、算数数学教育上の課題に対して、Scratch で作成したプログラミング創作教材を用いることが有効な手段であることを示すのがねらいである。

研究内容として、すでに我々は「関数の座標」の単元で、Scratch を用いてプログラミング教材を活用し、座標系概念の理解を目標とした実践をおこなった [1]。その際、負の数を含む座標平面上の格子点を直線で結び、結果として座標平面上に生徒が設計したキャラクターを表現する「MSC (Mathematical Simulation of Concept)アニメーション」教材を新規に考案した。

次に、同年代の生徒の創作した Scratch プログラム教材を数学の授業で活かす試みをおこなった [2]。「図形の回転移動」の単元での図形の移動概念の理解を目標とし、数学の授業としての授業理解度の情意面での効果を検証する試みをおこなった。

さらに、小学校の算数と中学校の数学で共通の指導内容としての「速さの問題」に、Scratch で作成した教材の「トレインシミュレーター」を用いて取り組んだ [3]。

その結果 文部科学省による「速さの問題に ICT を活用することの効果」の実証例となる結果が得られ、独自の Scratch で作成した教材としての「トレインシミュレーター」を用いて、「速さの問題」に情意面での効果があることがわかった。

1.2 問題の所在

OECD の「生徒の学習到達度国際調査」(PISA 調査)においては、「数学的リテラシー」の問題として、灯台の点滅周期と倍数との関連を扱う「灯台の問題」がある(後述)。この調査は、義務教育終了段階での生徒の学習到達度を国際比較し、教育政策に反映させるための事業である。ところが、この調査を日本で行うにあたり、日本の学校での算数数学の授業の実施状況を勘案すると、次のような問題点があると筆者は考えている。

①筆者の公立中学校教員としての経験から、従来の数学の授業において、このような現実事象の問題が扱われる場面の割合が低いのが現状であること。

②「倍数」「公倍数」「最小公倍数」の学習において、ド

*1 大阪教育大学
Osaka Kyoiku University

*2 放送大学
The Open University of Japan

リアル形式の解答を求める問題は種々存在するが、現実事象の中の数学的概念の理解を主眼とした教材が少ないこと。

③さらに、実際の灯台の点滅間隔が周期を持つという現実事象と、数学の「倍数」という数学的概念の関連が理解できているかどうか疑問があること。

④「倍数」「公倍数」「最小公倍数」の現実事象を扱った静止画による教材は存在するが、動画による ICT 活用教材が少ないこと。

2. 研究目的と研究方法

2.1 研究目的

そこで今回は、小学校の算数と中学校の数学で共通の指導内容としての「最小公倍数」の単元で、Scratch を用いたプログラミング創作教材の「灯台シミュレーター」の動画を用いて、未来の学力の指標としての OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上に取り組む独自の手法を考案することとした。

まず、文献研究から OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」で「数学化サイクル」と「数学的モデリング」の枠組みはほぼ同義であることを明らかにする。

次に、Scratch を用いたプログラミング創作教材の「灯台シミュレーター」の試作をおこなう。上述の「灯台シミュレーター」を用いて中学校で実践授業をおこない、授業後にアンケートを実施する。結果の検証について、「生徒の授業後の自己評価記述」を項目別に分類する。その結果から「灯台シミュレーター」を授業で使用する場合の「数学的モデリング」の成果を調べ、OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学習効果を明らかにすることを研究目的とした。

なお、今回の「数学的モデリング」の評価は、定量的なデータ分析にそぐわない面があるので、定性的な生徒の自己評価記述から評価を読み取る形式とした。

ここで、本研究の具体的な項目を列挙する。

- 1 では、研究の経緯。
- 2 では、研究目的と研究方法。
- 3 では、先行研究の調査。
- 4 では、教材研究として教材制作過程の概要。
- 5 では、実践授業として実際の授業で「灯台シミュレーター」教材を使用した実施状況を述べる。
- 6 では、実践授業の検証と知見を整理する。
- 7 では、まとめとして研究目的に対する結果を述べる。

2.2 研究方法

まず、実際の港の背景の中で、一定の間隔で点滅を繰り返す灯台を題材として Scratch を用いたプログラミング創作教材として「灯台シミュレーター」の試作をおこなった。まず、画面上に 2 基の灯台を設置する「灯台シミュレーター」を試作した。

その際、従来の静止型画像を用いるのではなく、新規に

動画を用いて学習効果を高める工夫をおこなった。また、実際に試写をおこない、生徒の意見をフィードバックしながら改良を加え完成作品とした。

なお、後述するように実際の灯台の灯質の実況見分もおこなった。次に「最小公倍数」の単元で「灯台シミュレーター」を用いる場合の授業での学習指導の流れを考案し、授業をおこなった。

シミュレーションの動画を駆使することで、静止画による従来の紙と鉛筆での授業では得られない効果が期待される。つまり、「最小公倍数」の学習において ICT でなければできないような授業の構築を目標とした。

実際の授業では「灯台シミュレーター」を運用し、アクティブラーニング形式で授業を進めた。本研究の評価項目として、OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」で、とりわけ「数学的モデリング」を参考指標として用いることとした。その評価項目を以下に示す。

- ①その事象に光を当てるように、数学的問題に定式化する(定式化)。
- ②定式化した問題を解く(数学的作業)。
- ③得られた数学的結果をもとの事象と関連づけて、その有効さを検討し、評価する(解釈、評価)。
- ④問題のより進んだ定式化をはかる(より良いモデル化)。

実際の実践授業の評価については、授業後の自己評価でおこなうこととした。上述の評価項目に対して、「生徒の授業後の自己評価記述」を項目別に分類し、その結果から「灯台シミュレーター」を教員が授業で使用する場合の「数学的モデリング」の成果を調べ、「数学的リテラシー」の学習効果を明らかにする。

3. 先行研究の調査

3.1 OECD の PISA 調査について

OECD や PISA という用語について、清水[4]は、PISA 調査の枠組みを次のように述べている。「『経済協力開発機構』(以下 OECD と略記)による『生徒の学習到達度国際調査』(以下 PISA と略記)は、義務教育終了段階での生徒の学習到達度を国際比較し、教育政策に反映させるための事業である。この OECD/PISA は、読解力・数学・理科の 3 領域について、3 年を 1 サイクルとして 9 年間にわたって実施される壮大なプロジェクトである。」このように OECD/PISA の枠組みを述べている。

また OECD/PISA 調査の特徴については、「OECD/PISA では、教育の営みのアウトプットの水準を明らかにするねらいから、児童・生徒が学校で学ぶ知識や技能の定着の程度よりも、そのような知識や技能が実生活の様々な場面で活かせるようになっているかどうか焦点を当てて評価を行う。」このように調査の目的そのものが、従来のわが国で実施されてきた「知識や技能の定着」型の授業とは一線を画していることがわかる。

3.2 OECD/PISA 調査による数学的リテラシーの定義

2015 年の OECD/PISA 調査による数学的リテラシーの定義[5]は、次のような記述がある。

「数学的リテラシーとは、様々な文脈の中で数学的に定式化し、数学を活用し、解釈する個人の能力のことである。それには、数学的に推論することや、数学的な概念・手順・事実・ツールを使って事象を記述し、説明し予測することを含む。この能力は、個人が現実世界において数学が果たす役割を認識したり、建設的で積極的、思慮深い市民に求められる、十分な根拠に基づく判断や意思決定をしたりする助けとなるものである。」

このように、最近 21 世紀型学力として数学教育関連の学会等で盛んに議論されている内容が多く含まれていることがわかる。

OECD/PISA 調査が日本の数学教育の学力観にも大きく影響を及ぼしていることがわかる。また、日本の次期中学校学習指導要領（数学）や次期小学校学習指導要領（算数）の指導目標にも大きく取り上げられている。

3.3 文部科学省の OECD/PISA 調査の扱い

2015 調査のパンフレット[6]には「子どもたちに、情報化やグローバル化などの急激な社会的変化の中でも、未来の創り手となるために必要な資質・能力を確実に備えることを目指し、『知識及び技能』、『思考力、判断力、表現力等』、『学びに向かう力、人間性等』を育むこととしています。こうした考え方は、PISA 調査の枠組みも参考にしながら、OECD との政策対話を通じて国際的にも共有されています。このように、次期学習指導要領の理念の実現に向けて、PISA 調査の結果をしっかりと検討し、教育政策や教育実践の改善・充実にかかすことが重要となっています。」

と述べられており、文部科学省において OECD/PISA 調査を国際的な学力の基準のひとつと捉え、これからの政策決定に活用する姿勢が見られる。

3.4 次期学習指導要領での OECD/PISA 調査の扱い

次期学習指導要領の解説（数学）[7]においても、OECD/PISA 調査について言及している。

「現行の学習指導要領により、PISA2015 では、数学的リテラシーの平均得点は国際的に見ると高く、引き続き上位グループに位置しているなどの成果が見られるが、学力の上位層の割合はトップレベルの国・地域よりも低い結果となっている。」

このように、OECD/PISA 調査結果分析からこれからの進む教育政策の方向を策定する文言が見られる。

3.5 OECD/PISA の「数学化サイクル」の枠組み

「数学的リテラシー」とは、様々な文脈の中で数学的に定式化し、数学を活用し、解釈する個人の能力のことである。その象徴的な考えとして「数学化サイクル」がある。

清水[4]によると「『数学的リテラシー』を身の回りの問題場面における数学的知識や技能の活用という点からとら

える際に、鍵となるのは数学化の過程である。」と述べている。図 1 は「数学化サイクル」の概念図[8]である。

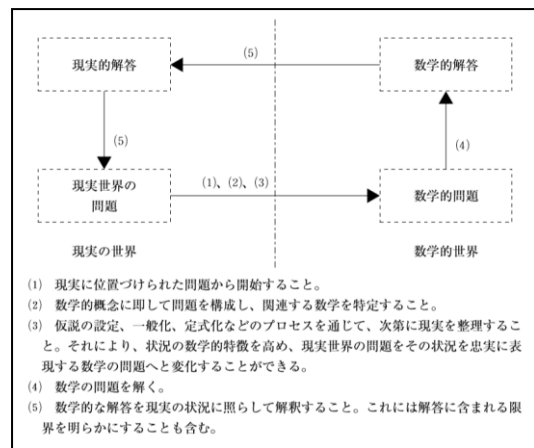


図 1 「数学化サイクル」

清水は「この数学化過程への着目は、数学が活用される活動の全体のなかで、それぞれの局面が果たす役割に改めて目を向けさせてくれる。また、それは、伝統的な数学教育が、ともすると『数学の問題を解く』のみに焦点を当てて行われてきたのではないかと、問題提起をするものと受け止めることができる。」と述べている。

3.6 「数学化サイクル」と「数学的モデリング」

岩田[9]は数学の授業について「数学的モデリング」と「数学化サイクル」という視点から比較検討し、ほぼ同じ概念であることを示している。さらに文部科学省の「数学的活動」についても『「数学的モデリング」は、「数学的活動」そのものであると言える。』と述べている。

そこで、本研究においては、岩田の論点に立脚し「数学化サイクル」を「数学的モデリング」という視点から評価をおこなうこととする。

3.7 OECD/PISA 調査での「灯台」を扱った問題

1. 6. 1 数学ユニット1: 灯台

灯台は、一番上に標識灯がついています。灯台は、夜、船が岸の近くまで来たときに、どちらに進めばよいのかを教えてください。
 灯台の照明は、決まったパターンで光りを点滅させます。どの灯台にも独自のパターンがあります。
 下の図は、ある灯台の光のパターンを示しています。明るい時間と暗くなる時間が交互になっています。

これは規則的なパターンです。一定時間が過ぎると、そのパターンが繰り返されます。この一つのパターンが始まってから終わるまでの時間を周期と呼びます。パターンの周期がわかれば、この図を、簡単に何秒、何分、何時間でも延ばすことができます。

図 2 (PISA 調査問題, 灯台)

図 2 の問題は、実際の OECD/PISA 調査で使用された問題 [10]の例である。灯台の点灯周期を表現したグラフを読み取る問題である。このように PISA 調査問題では、現実場面を扱う問題が多く登場する。出題例を図 3 に示す。



図 3 (PISA 調査問題, 灯台設問 1)

正答は C となっている。

問題の採点基準には以下のような記述が見られる。

- 「ほとんどの生徒は、おそらく、状況を頭の中で模擬的に再現する。暗い—暗い—明るい—暗い—明るい—暗い—暗い—明るい—明るい……という具合である。」

- 「周期に関する基本的概念は単に数学の専門分野にとどまらず、日常生活においても重要である。予備調査によれば、ほとんどの生徒にとって、この問題の見かけは身近なものではなかったにもかかわらず、さほど難しいものではなかった。」

このように、OECD/PISA 調査問題は現実生活の場面で、いかに数学的事象を発見するかが問われているのである。出題例を図 4 に示す。



図 4 (PISA 調査問題, 灯台設問 2)

正答は D となっている。

問題の採点基準には以下のような記述が見られる。

- 「この問題例は問題例 1.1 より多少難解である。問題の性質も多少異なる。生徒は提供された視覚モデルを、時間的周期パターンを分析できるような数値モデルに変換しなければならぬ。生徒は問題例 1.1 の問題に正しく答えている必要はないが、その答えを使うことが 1 つの可能な方法である。したがって、周期は 5 秒間であるから 1 分間では 12 周期となるが、1 回の周期で 2 回点滅するので、正解は 24 秒間でなければならない。」

視覚モデルという現実事象を数値モデルに変換する必要がある。このように実際に出題された問題から「数学化サイクル」の適用される状況が具体的に示されている。

4. 教材研究

4.1 灯台について

「海上保安庁」[11]のホームページを参考にしながら、灯台とは何かを改めて調査する。海上における航路標識は、光波標識と電波標識とその他に分類されるが、光波標識はさらに灯台、灯標、灯浮標、導灯、指向灯、照射灯、立標、浮標に分類される。

灯台の定義は「主に変針点や港の位置を示すため、岬や島、防波堤に設置する施設で、夜間は灯光を発します。船

舶は、船位や変針点を確認するときの指標とします。」となっており全国に 3199 基設置されている。本研究の「灯台シミュレーター」で用いる灯台は、港湾の入り口に設置されている通称の赤白灯台を使用した。

4.2 灯質

公益社団法人「燈光会」[12]のホームページを参考に調査する。灯質とは、「灯台、灯標、灯浮標などの航路標識は、夜になると光をだすので、『夜標』といいますが、夜標は、ほかの標識とまちがえられないように、また、船や町のあかりとはっきり区別できるような光を出しています。これを『灯質』といって、光の色と光の出し方の組み合わせでできています。」との説明がある。

続いて、光の出し方の例として、単明暗光「きまった秒数だけ光って、また何秒かをおいて、くり返し光るもの」、単閃光「きまった間隔をおいて、ピカッと 1 回光るもの」群閃光「きまった間隔をおいて、ピカッ、ピカッと 2 回以上、光るもの」など多種の光の出し方が存在する。

4.3 実際の灯台の実況見分

筆者は、2018 年 8 月に北九州の新門司港から大阪南港まで夜間航行のフェリーに乗船し、実際の灯台の灯質の実況見分をおこなった。瀬戸内海の航路上は多数の灯台が存在するため、その灯質を直接目視で確認し、灯質の周期の解明が可能かどうかの試験を行った。



図 5 (船上からの灯台：筆者撮影)

図 5 は来島海峡付近の夜間航行のフェリーからの灯台である[13]。実際の灯台の灯質は非常に複雑で、単純な周期の灯台はほとんどないことがわかった。また、短時間ではその周期を解明できないこともわかった。

それに付随して、OECD/PISA 調査の灯台の調査問題の信憑性をも疑う結果となった。

4.4 小学校算数教科書での最小公倍数の扱い

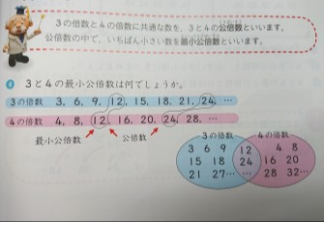


図 6 (教科書、最小公倍数)

図 6 の小学校 6 年生の算数教科書[14]では最小公倍数が教材として扱われている. 図 6 は標準的な最小公倍数の求め方であり, 知識理解や技能の習得がねらいである.

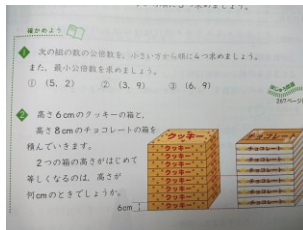


図 7 (教科書, 最小公倍数)

図 7 は仮想現実の問題で最小公倍数の求め方である[15]. OECD/PISA 調査型の現実事象からの「数学化サイクル」には至っていない.

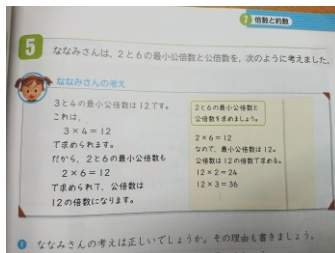


図 8 (教科書, 練習問題)

図 8 の練習問題[16]では, 抽象化された数の世界のみ扱う計算技能の問題演習となっている. このように, 算数教科書は OECD/PISA 調査の学力型に至っていないのが現状である. さらに, 動画による ICT 教材も扱われていないことがわかった.

4.5 「灯台シミュレーター」

今回は, 「灯台シミュレーター」の作業環境として Scratch2.0 上でプログラミングをおこなった. 実際に存在する港の画像を背景に用いて臨場感を演出する工夫を加えた. また, 港湾周辺の音を加えてより臨場感が出るようにしている. その理由として, 前掲の「トレインシミュレーター」ではおもちゃの電車が走る動画を作成し生徒に意見を求めたところ, 「子供だましではいけない。」との否定的な意見が多数を占めたためである.

灯台の点灯周期は専門用語で灯質と呼ばれる. 近隣の灯台どうしは灯質を変えることで船舶から見て区別がつくように設計している. ところが, 一般的に灯台の点灯周期は非常に複雑で, 今回の授業目的には難易度が高いことがわかった. 今回は, 試作ということでプログラミング自体は教員がおこなったが, 灯台シミュレーターの各灯台の点灯周期を自由に設定できるような工夫を加えている. 試作段階で生徒に意見を求めながら, 授業で使用する最適の点灯間隔の試験をおこなった. 創作プログラミング教材では, 生徒の意見をフィードバックできることが他の教材と異なる利点となる. このような, フィードバックという形で生徒の意見を取り入れる改良は従来の DVD (ビデオ) 教材では不可能な内容である.

4.6 「灯台シミュレーター」の連続動画写真

図 9 に「灯台シミュレーター」の連続静止画のスクリーンショットを示し, 実際に Scratch プログラムが動作している動画の遷移状況を示す.

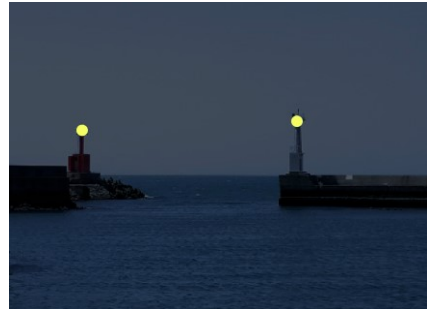
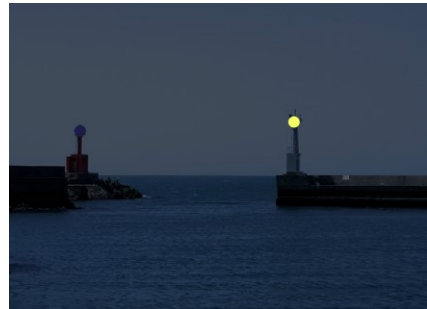
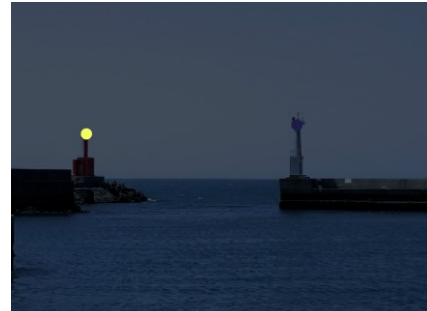
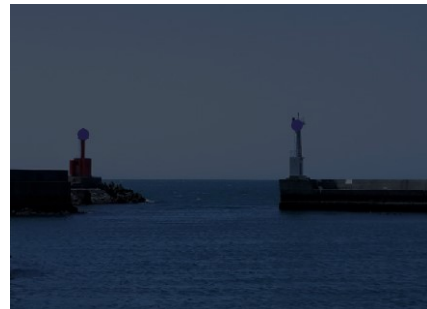
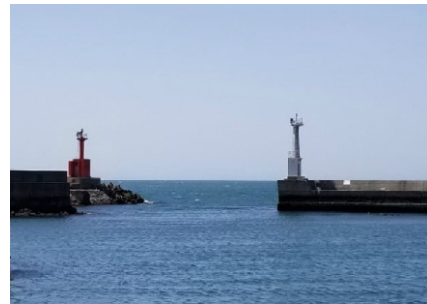


図 9 連続静止画のスクリーンショット

5. 授業実践

5.1 授業実践例

この授業では、小学校での「最小公倍数」の概念を扱う。中学校では文字式を使った倍数の表現として取り扱っている。最小公倍数を通常の授業で扱う場合は、3 の倍数列と 4 の倍数列を黒板に板書して、重なった数を公倍数として、公倍数のうち最小の数を最小公倍数と説明するのが一般的である。

ところがそのような説明では、最小公倍数が現実社会とどのような係わりがあるのか、最小公倍数がなぜ数学で大切なのか、といった疑問に答えることはできない。

そこで、本稿では Scratch で作成した創作教材としての「灯台ミュレーター」を用いて、OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上を目標とし、数学的活動として取り組む。

5.2 授業の概要

- (1)対象生徒 公立中学校 A 第 1 学年
- (2)実施内容 「最小公倍数」1 時間指導
- (3)実施日 2019 年 3 月
- (4)ICT 環境

- ・教師用コンピュータ 1 台
- ・移動式スクリーン 1 台
- ・移動式プロジェクター 1 台
- ・bluetooth パワースピーカー 1 台

(5)数学教育の目標

・本研究においては、灯台という日常の事象を最小公倍数として数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決したり、解決の過程や結果を振り返って考察したりする活動をおこなう。具体的な目標には、「数学的モデリング」を指標として用いることとした。

5.3 授業展開および授業の様子

5.3.1 導入

課題の場면을理解し、2 基の灯台の点滅状況について知る。(課題把握)

・図 10 のように「灯台ミュレーター」を用いて港で 2 基の灯台が点滅を繰り返す状況を見せる (ICT の活用)。

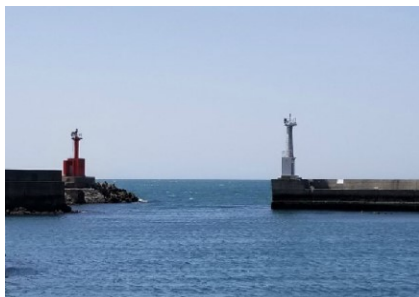


図 10 (灯台ミュレーター：初期画面)

・点灯周期を説明するのではなく、2 基の灯台に注目して何らかの情報を読み取るのを待つ。



図 11 (グループ学習)

・図 11 に示すように、グループ学習形式として現実事象から情報を抽出する場面を、生徒の対話的な活動となるように支援する。

5.3.2 展開・課題 1

左側の灯台に着目し点灯間隔を答え、理由を考える。(グループ思考)

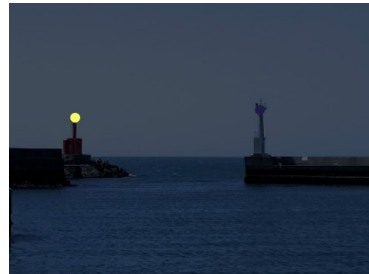


図 12 (灯台ミュレーター：点灯場面)

・図 12 は灯台ミュレーターの点灯場面である。灯台の点灯間隔を求め考え方をワークシートに記入する。点灯間隔と数学の倍数の関係は生徒自身から出てくるのを待つ。



図 13 (ストップウォッチ)

・図 13 は、支援策として配布したストップウォッチの写真である。器具を用いて灯台の周期を測定する。

5.3.3 展開・課題 2

左右の灯台に着目し点灯間隔を答え、そこから考察できることを考える。(グループ思考)

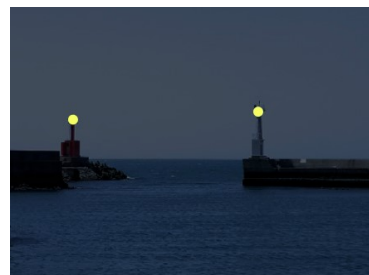


図 14 (灯台ミュレーター：同時点灯場面)

・図 14 は、左右の灯台が同時に点灯している場面である。

同時に点灯する現実事象は、数学の概念としての公倍数へとつながっていく。この場面でも公倍数を教員が説明するのではなく、生徒自身の説明や記述が出てくるまで待つ。やがて、各グループで「倍数」「公倍数」「最小公倍数」などの概念が形成される。

5.3.4 情報の共有

グループの代表者が黒板前で班ごとの考えを発表し、全体で情報を共有する。

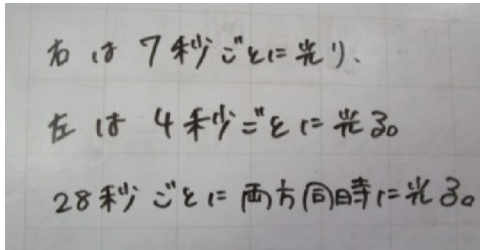


図 15 (発表作品)

・図 15 は、灯台の周期を読み取り、数学的な考え方として言葉で表現している例である。

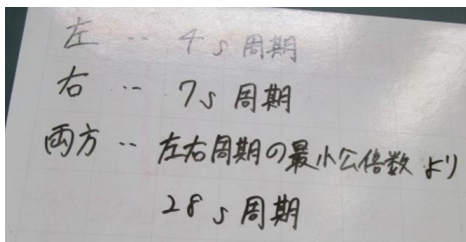


図 16 (発表作品)

・図 16 は、灯台の周期を読み取り「周期」「最小公倍数」などの数学的用語で記述している例である。

6. 実践授業の検証

研究目的と方法に照らして、実践授業後の生徒の自己評価の記述部分を項目ごとに分類し、「数学的モデリング」の4種類の指標に当てはまる記述を分類して、この授業の効果を検証する。

この評価方法は、岩田[9]の先行研究においても用いられている手法で、実践授業の授業中の生徒の数学的活動および授業後の自己評価から、指導者がどの評価項目に当てはまるかを分類する方法である。「数学的モデリング」が定量的評価になじまないため現在は主流となっている評価法である。

6.1 定式化

灯台の点灯の間隔の秒が、倍数だということが分かりました。それぞれの灯台に特徴があることが分かった。

灯台の光りかたと数学の関係を知られて、よかった。

図 17 (実践授業後の生徒の自己評価の記述部分)

6.2 数学的作業

2以上の数字の倍数の中で、同じ倍数のもの。その中で一番小さい数字のことを最小公倍数というのだと思う。

身近な例として数学が使われていることが分かった。灯台の光は数学。最小公倍数が利用されていると分かった。

図 18 (実践授業後の生徒の自己評価の記述部分)

6.3 解釈、評価

日常でも数学が使われていること。灯台の光で数学が使われていること。倍数の意味が分かった。

漁港の灯台が同期的に位置をして、また秒数がそれぞれの漁港で違うということが分かった。そこから、数学と日常生活が繋がっている人だと思った。

図 19 (実践授業後の生徒の自己評価の記述部分)

6.4 より良いモデル化

高度なプログラミングで灯台の光りが光る法則が分かった。身近な所にも、もと々「数学」が隠れている気がした。なんでもないあたり前のことをもう一回数学的視点で見るという楽しさにかわられた。

最小公倍数とはすなわち、数学と灯台をつなげる架け橋みたいなものだと思った。小学校で習ったのかここで生かされているのはすばらしいなと思った。

図 20 (実践授業後の生徒の自己評価の記述部分)

6.5 実践結果の考察

今回の効果の分析は、傾向を文章から読み取る形となるが、実践授業後の生徒の自己評価の分析から、「数学的モデリング」の4種類の指標に当てはまる記述が示された。

したがって「灯台シミュレーター」は数学の授業において、灯台という日常の事象を最小公倍数として数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決したり、解決の過程や結果を振り返って考察したりする活動「数学的モデリング」に一定の効果があることが明らかとなった。

7. まとめ

本研究は、小学校の算数と中学校の数学で共通の指導内容としての「最小公倍数」の単元で、Scratch を用いたプログラミング創作教材の「灯台シミュレーター」の動画を用いて、未来の学力の指標としての OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」の学力向上に取り組む独自の手法を考案することとした。

研究目的に照らして、明らかになったこと次にまとめる。

- (1) Scratch を用いたプログラミング創作教材の「灯台シミュレーター」を試作し、実用教材として完成したこと。
- (2) OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」とりわけ「数学化サイクル」の指標を明らかにしたこと。
- (3) 灯台の「灯質」とは何かを明らかにしたこと。
- (4) 「灯台シミュレーター」を用いて中学校数学で実践授業をおこなった場合、生徒の自己評価の記述部分の分析から、灯台という日常の事象を最小公倍数として数理的に捉え、数学的に表現・処理し、問題を解決したり、解決の過程や結果を振り返って考察したりする活動「数学的モデリング」に一定の効果があることが明らかとなった。
- (5) その結果 OECD/PISA 調査の「数学的リテラシー」とりわけ「数学化サイクル」の学習に一定の効果があることが明らかとなった。

なお、「灯台シミュレーター」の試作段階で生徒に意見を求めながら、授業で使用する最適の点灯間隔の試験をおこなった。創作プログラミング教材では、生徒の意見をフィードバックできることが他の教材と異なる利点である。

生徒の意見をフィードバックする過程が、人間が意図したとおりの条件に合わせてコンピュータを動作させる「プログラミング的思考」そのものであると感じた。この点については稿を改めて考えてみたい。

また、今回の研究では「数学化サイクル」が定量的評価になじまないものであるため、生徒の自己評価の記述部分の分析を行ったが、検討の余地があるものと思われる。また、今回は評価方法について、実践授業の授業中の生徒の数学的活動および授業後の自己評価から、指導者がどの評価項目に当てはまるかを分類する方法を用いたが、文献研究を含めこの点についても今後の研究課題としたい。

なお、実践授業の検証において生徒の記述式自己評価については、文章を読み取って文字情報として掲載するのではなく、あえて写真情報として原文に対するエビデンスとしている。写真画像であるため読みにくい部分もあると推測されるが上述の経緯をご理解いただきたい。

<参考文献>

- [1] 上出吉則, 辰己丈夫, 村上祐子『プログラミングと算数数学教育-Scratch で関数の座標概念を深く学ぶ-』情報処理学会コンピュータと教育学会 CE139(2017)
- [2] 上出吉則, 辰己丈夫, 村上祐子『プログラミングの算数数学教育での効果と検証-生徒の創作した Scratch プログラム教材を授業で活かす-』情報処理学会コンピュータと教育学会 SSS2017(2017)
- [3] 上出吉則, 辰己丈夫『Scratch で作成した教材としてのトレインシミュレーター-速さの問題での算数数学授業実践例-』情報処理学会コンピュータと教育学会 SSS2018(2018)
- [4] 清水美憲「OECD/PISA における数学的リテラシー評価問題の特徴」教育テスト研究センター第6回研究会報告書, CRET 研究会, pp1-10(2007)
- [5] 文部科学省, 国立教育政策研究所: 「PISA2015 年調査国際結果の要約」 p7, OECD 生徒の学習到達度調査(2016)
- [6] 文部科学省, 国立教育政策研究所: 「PISA2015 年調査_パンフレット」 p1, OECD 生徒の学習到達度調査(2016)
- [7] 文部科学省「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説, 数学編(2017), p6
- [8] OECD (2004), The PISA 2003 Assessment Framework (Japanese version): Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills, National Institute for Educational Policy Research, Tokyo, <https://doi.org/10.1787/9784324074077-ja>.
- [9] 岩田栄彦「現実的な問題を取り入れた算数科の指導に関する研究-給食の一人当たり量を調べる問題の事例分析を通して-」山形大学大学院教育実践研究科年報, pp74-81 (2014)
- [10] OECD (2004), The PISA 2003 Assessment Framework (Japanese version): Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills, National Institute for Educational Policy Research, Tokyo, <https://doi.org/10.1787/9784324074077-ja>.
- [11] 海上保安庁: 「灯台, 航路標識の種類と基数」 <https://www.kaiho.mlit.go.jp/soshiki/koutsuu/toudai/> (2019)
- [12] 公益社団法人燈光会: 「航路標識の話, 灯台の光りかた」 <https://www.tokokai.org/sign/sign11/> (2019)
- [13] 筆者が撮影, 新門司港発大阪南港行き「フェリーきたきゅうしゅう II」船上から来島海峡近海で撮影(2018) <http://www.cityline.co.jp/>
- [14] 文部科学省検定教科書, 小学校算数科用『みんなと学ぶ小学校算数5年』学校図書, (2016), p103
- [15] 文部科学省検定教科書, 小学校算数科用『みんなと学ぶ小学校算数5年』学校図書, (2016), p105
- [16] 文部科学省検定教科書, 小学校算数科用『みんなと学ぶ小学校算数5年』学校図書, (2016), p105