

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 1 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04407

研究課題名(和文) 科学的リテラシーを育成する天文分野の探究学習プログラム開発に関する実証的研究

研究課題名(英文) Empirical studies on development of inquisitive learning program in the field of astronomy to promote science literacy

研究代表者

栗原 淳一 (Kurihara, Jun-ichi)

群馬大学・教育学部・准教授

研究者番号：90583922

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、空間認識能力が必要とされる中学校天文分野の学習を対象に、科学的リテラシーを育成する学習プログラムを開発し、その指導の効果を実証的に明らかにした。特に満ち欠けの学習では、天体の位置関係を位相角でとらえさせ、モデル実験用教材で満ち欠けと位相角の関係についての仮説を検証させる指導が有効であることが明らかとなった。現象とそれを引き起こす要因との因果関係について仮説を設定させ、それを検証させる探究的な学習に作図を導入することは、現象を科学的に説明する能力の育成に有効であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed a learning program to foster scientific literacy for learning in lower secondary school astronomy field which is in need of spatial recognition ability, and empirically clarified the effect of guidance. Especially in moon and venus phase learning, it was clarified that teaching which verify the hypothesis about the relation between the positional relation of celestial bodies and the phase angle by model experiment is effective. It was suggested that introducing drawing activities on learning to verify the hypothesis is effective for nurturing the ability to explain phenomena scientifically.

研究分野：理科教育学

キーワード：科学的リテラシー 現象を科学的に説明する能力 満ち欠け 地球の位置と四季の関係 仮説設定 作図

1. 研究開始当初の背景

PISA2006 調査の結果、我が国の子どもについて、科学的リテラシーである「現象を科学的に説明する」ことに課題の一つがあることが明らかにされた。今後の理科教育において、国際標準としての学力観や我が国の教育課題との関連性を踏まえた授業の開発が求められる。そこで本研究では、中学校理科の天文分野における科学的リテラシーを育成する指導に着目する。天文分野における「満ち欠けなどの天文現象」について生徒が問題解決を図るためには、視点移動能力といった空間認識能力が不可欠であることが指摘されている(松森, 1983)。この空間認識能力は、天体の位置関係をイメージし地球上から地球外へと心的に視点を移動させて天文現象を思考する力(松森, 1983) 二次元に描かれた事物を三次元の事物として 或いは三次元の事物を二次元の事物として捉えたりする能力であり(近藤ら, 2012)、中学生にとって獲得が難しいものであるため、生徒が天文現象を科学的に説明できるようにするためには 空間認識能力の育成が重要となる。その方略に関する先行研究は、具体的に視点移動を体験させることで視点移動を支援する教材開発とその評価に関するものが数多く、一定の効果が明らかとなっている(例えば、中高下ら, 2002; 瀬戸崎ら, 2012)。一方で、栗原ら(2012)は、天体どうしの離角を媒介として観察記録との関連付けを図るモデル実験用教材の開発を行い、天体の位置関係を離角で思考する学習が天体の空間的位置関係を明快に捉えることに有効であることを明らかにしている。しかし、これら先行研究の検証授業は理科授業における「実験」と「考察」の局面に着目したものがほとんどである。つまり、生徒がその教材を活用した実験の見通しをどの程度もった上で実験を行ったのか、教師がどのような指導を行ったのかということについては、ほとんど検討されていない。天文分野の学習において空間認識能力を高め科学的リテラシーを育成していく上で、教材開発の観点からだけでなく、理科の探究の過程における指導の観点からも検討していく必要があると考える。そこで、探究の過程について特に、体験・観察により自然事象に働きかけ論理的に推論し探究の見通しをもたせる「仮説設定」の指導に着目する。仮説設定の指導に関する先行研究では、小林・永益(2006)が仮説設定シートを開発し、探究する自然事象の因果関係(従属変数と独立変数)に着目させて仮説を設定させる探究の過程を重視した指導法(4QS)を示している。そして近年、4QSによる指導の効果について特に物理分野を中心に実践的・実証的に検証されてきており(金子・小林, 2010; 金子・小林, 2011)。仮説を設定させ検証させる指導のプロセスの重要性が指摘されてきている。上記のように、天体の空間的位置関係の把握における離角といった

定量的な概念導入の有効性、及び仮説設定から仮説検証に至る探究のプロセスを重視した指導の有効性が示唆されている。しかし、理科の天文分野の授業において、従属変数としての天体の見え方(満ち欠けなど)と独立変数としての天体の位置関係を関係付けて仮説を設定して探究させる指導とその効果についての実証的な研究は、ほとんど行われていない。天体の位置関係と天文現象の関係をイメージし具体から抽象へと心的に思考する必要がある天文分野の学習では、具体のモデル操作と思考レベルの仮説設定や検証結果の考察とが往還する探究学習を通して空間認識能力を高め、科学的リテラシーの育成が図れると考える。

2. 研究の目的

本研究では、探究の過程を重視した科学的リテラシーを育成する中学校天文分野の学習プログラムを開発し、その指導の効果を実証的に明らかにする。具体的には、空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデルを明らかにし、それを踏まえた学習プログラムを開発する。そして、生徒の空間認識能力の向上による科学的リテラシーの育成について、授業実践とその分析により効果を実証的に検証する。

3. 研究の方法

(1) 学習プログラム開発に向けての基礎的調査・分析

天文分野の学習において、科学的リテラシーの育成を図るために必要な空間認識能力にはどのような要因が影響するか、その因果構造を生徒への質問紙調査によって明らかにする。この分析により、空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果構造を明らかにするとともに、どのような学習活動(体験活動や作図して考察する活動など)をプログラムに組み入れるかを検討する。

(2) 探究学習プログラムの開発

「月の満ち欠けと天体の位置関係」、「金星の満ち欠けと天体の位置関係」、「地球の位置と四季の関係」の学習について、探究学習プログラム及び検証のための質問紙の開発を行う。開発に当たっては、明らかにした空間認識能力に影響を及ぼす諸要因を学習プログラムに組み込む。

(3) 検証授業実施とその分析

開発した学習プログラムを実践し、授業前後の質問紙調査データ及び授業の質的データを分析し、空間認識能力や科学的リテラシーの育成に対する指導の効果を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル

中学校第3学年の生徒を対象とした質問紙調査の結果に基づいて、中学生の満ち欠けの

理解に関わる空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル(図1)を明らかにした。

特に、「問題解決への論理的思考」、「関係性の数学的図式化」が、空間認識能力に直接的に影響を及ぼしていることが明らかとなった。この因果モデルから、満ち欠けの学習では、満ち欠けが起こる仕組みを見通しをもって解決させる論理的な思考場面を導入するとともに、天体・太陽・地球の位置関係と天体の陰の関係性を視覚化させる指導方法により、空間認識が促され現象を科学的に説明できるようになることが示唆された。

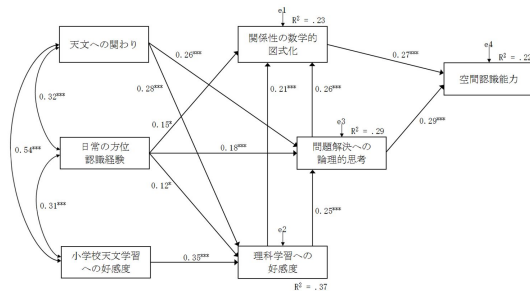


図1 空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル

(2) 「満ち欠け」の学習プログラム開発と指導の効果

空間認識能力を促し満ち欠けの現象を科学的に説明する能力を育成する指導として、仮説の設定とその検証を行う科学的な探究過程を重視し、かつ作図によって天体の位置関係を位相角でとらえさせる学習プログラムを開発した。また、そのプログラムによる指導の効果を検討した。

学習プログラムに以下の3点の要素を組み込んだ授業を行った結果、空間認識が促され現象を科学的に説明する能力の育成が図れた。

「位相角」の大きさで天体の位置関係を把握させること

探究の過程における仮説設定の場面、仮説を検証するモデル実験場面、考察の場面に、

「位相角」を作図する活動を行うこと

「位相角」の大きさと満ち欠けの関係について仮説を立てさせ検証させること

具体的には、モデルやワークシートに描かれたモデル図上で、太陽光が天体に反射して地球に到達する道筋を作図して位相角をとらえさせる(図2、図3)。この時、地球から天体を結ぶ道筋(線分)が、天体でできる陰や輝面のどこに当たるかで、陰の部分や光っている部分を多く見ているか否かを判断する指標となったと考えられる。また同時に、その線分を視線として意識でき、地球から見た場合に左右どちら側が光っているのかを判断できるようになったと考えられる。つまり、作図によって空間認識する際の指標が明確になり、空間認識が促されたと考えられる。また、モデル上での作図は、3次元の現象を2次元の思考に移行させる手がかりと

なったと言える。これにより、探究の過程で使用してきた3次元のモデルや2次元のワークシート上のモデル図が関連付き、2次元のモデル図のみでも、心的に空間を認識できるようになったと考えられる。

また、天体の位置関係を作図によって位相角でとらえさせ、それを従属変数である「満ち欠け」の要因となる独立変数としてとらえさせた。これにより、天体の位置関係を定量的な角度で表せ、従属変数と独立変数の因果関係を明確にとらえた仮説を設定することができた。その結果、仮説を検証した結果を考察する際(図4)、満ち欠けの現象を因果関係で解釈し説明しやすくなったと考えられる。

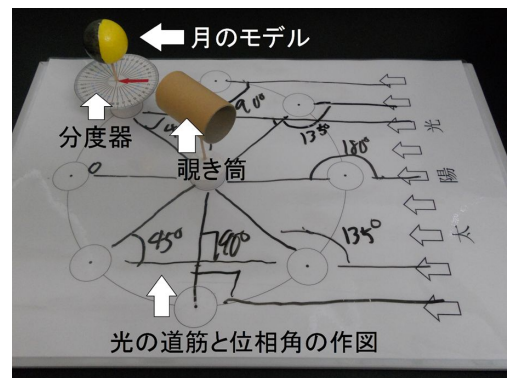


図2 月の満ち欠けの学習においてモデル実験用教材上に生徒が作図した位相角

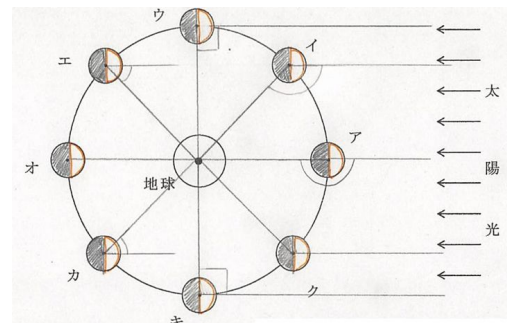


図3 月の満ち欠けの学習においてワークシートのモデル図上に生徒が作図した位相角

作図と月の形の説明 (自分の考え)

角度が小さいと、見えている部分の半分以上が輝いている部分だから満ちていくように見える。

角度が小さいと、光っている部分が明るく見られるので満ちているように見える。

図4 月の満ち欠けについての生徒の説明

(3)「地球の位置と四季の関係」の学習プログラム開発と指導の効果

空間認識能力を促し四季の現象を科学的に説明する能力を育成する指導として、仮説の設定とその検証を行う科学的な探究過程を重視し、かつ南中高度を作図させる活動を導入した学習プログラムを開発した。具体的には、地軸を傾けながら地球が公転すると、地球の位置によって南中高度を地面が受ける光の量が変化し、季節が変化することを見いださせるプログラムである。また、このプログラムによる指導の効果を検討した。

その結果、図5のように地球の位置と四季の関係を生徒が説明できるようになり、「地球の位置と南中高度」、「南中高度と太陽光の量」、「太陽光の量と四季」について、それぞれ正しい因果関係・順序で説明する能力の育成に効果があることが明らかとなった。

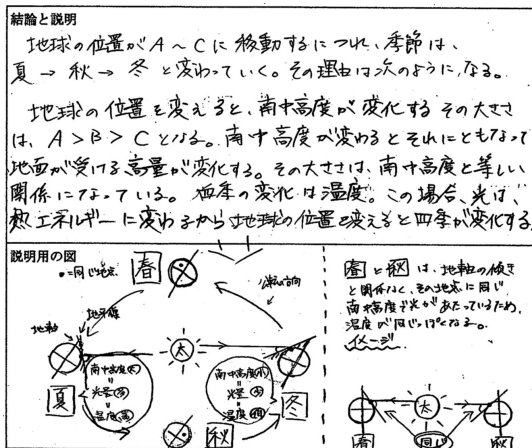


図5 地球の位置と四季の関係についての生徒の説明

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

1. 山田貴之, 栗原淳一「作図を導入した仮説検証型授業が地球の位置と四季の関係を科学的に説明する能力の育成に与える効果 - 中学校第3学年「地球と宇宙」を事例として - 」臨床教科教育学会誌, 第17巻, 第2号, 111-120, 2018, 査読有.
2. 栗原淳一, 益田裕充, 瀧崎智佳, 小林辰至「天体の位置関係を作図によって位相角でとらえさせる指導が満ち欠けの現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果 - 中学校第3学年「月の満ち欠け」と「金星の満ち欠け」の学習を事例として - 」理科教育学研究, 第57巻, 第1号, 19-34, 2016, 査読有.
3. 栗原淳一, 瀧崎智佳, 小林辰至「中学生の満ち欠けの理解に関わる空間認識能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル」理科教育学研究, 第56巻, 第3号, 325-336,

2015, 査読有.

〔学会発表〕(計2件)

1. 山田貴之, 新生香奈, 栗原淳一「南中高度の作図を導入した仮説検証型授業が四季の現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果」日本理科教育学会第56回関東支部大会, 千葉大学, 2017.
2. 井野佑実, 栗原淳一「変数に着目してモデル実験方法を立案させる指導が公転による星座の見え方を科学的に説明する能力の育成に与える効果」日本理科教育学会第56回関東支部大会, 千葉大学, 2017.

〔図書〕(計2件)

1. 栗原淳一 他『探究する資質・能力を育む理科教育』大学教育出版, 417(371-395), 2017.
2. 栗原淳一 他『平成29年改訂中学校教育課程実践講座理科』ぎょうせい, 259(216-223), 2017.

6. 研究組織

(1)研究代表者

栗原 淳一 (KURIHARA JUN-ICHI)
群馬大学・教育学部・准教授
研究者番号: 90583922

(2)研究分担者

小林 辰至 (KOBAYASHI TATSUSHI)
上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授
研究者番号: 90244186
瀧崎 智佳 (TOSAKI TOMOKA)
上越教育大学・大学院学校教育研究科・教授
研究者番号: 40356126
益田 裕充 (MASUDA HIROMITSU)
群馬大学・教育学部・教授
研究者番号: 30511505