

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：34316

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04725

研究課題名（和文）科学概念とミスコンセプションの関連の解析と授業法の開発

研究課題名（英文）Analysis of relationship between scientific concept and misconception and development of teaching method

研究代表者

多賀 優（TAGA, MASARU）

龍谷大学・農学部・教授

研究者番号：00755671

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：中学校1年生の理科の授業ではレンズの性質について学習する。小学生から大人までの凸レンズを通る光路について調査をすると、凸レンズの中心線で光が屈折するというミスコンセプションを保持していた。また、このミスコンセプションの年代別変化を検証した結果、学習後に大学生、大人へと時間がたつと減少する。一方、「入射時と出射時の2回屈折する」という正しい科学的概念を持つ割合は、時間の経過と共に正しい科学的概念が増加していたことを示唆していた。また、このミスコンセプションは中学校1年生での凸レンズの作図法によるものと考えられ、教科書の記述や凸レンズの教授法により防ぐことができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中学校1年生の理科での学習により、凸レンズを通る光路についてのミスコンセプションが明らかになったが、学術的意義としては、学校の授業で獲得されるミスコンセプションは素朴概念とは異なり、中学校での授業の獲得後は自ずと減少し、逆に正しい科学的概念が増加するという特有の性質があることが明らかになった。

また、社会的意義としては、中学校1年生のレンズに関する理科教科書の記述や、さらに理科の教授法への提言によりミスコンセプションを無くすることができる。

研究成果の概要（英文）：Children and students acquire misconceptions as they grow up. However, in some cases, misconceptions are acquired from science classes. In the science class of junior high school, first graders study the nature of the lens. When we investigated the optical path through the convex lens from elementary school students to adults, we found the misconception that light was refracted at the center line of the convex lens. As a result of examining the age-related changes in misconception, the number of students who have misconceptions declines to university students and adults after learning. This misconception is considered to be due to the method of drawing the convex lens in the first grade of junior high school, and it can be prevented by the description in the textbook and the teaching method of the convex lens.

研究分野：理科教育学

キーワード：ミスコンセプション レンズ 中学 授業法 蛍光発光 誤概念 理科 光路

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 理科の授業において、既知の知識や概念と矛盾し対立する事実や知見と出会ったときに既知の知識が新たな科学概念へと変換される。また、ミスコンセプションについては、その矛盾に気づき反証する中で科学概念が形成されるとしている。本報告者の従来の研究では小学校・中学校・高等学校理科の実践授業における生徒の科学概念の変容や形成過程を明らかにしてきた。これらの授業の中で必ずしも正しい科学概念が形成されるわけではない例も見られた。これらは授業の計画・進め方に大きく依存しており、場合によっては生徒がミスコンセプションを保持する例もあり、そのメカニズムの解明が課題であった。

(2) 多賀ほか(2015)は、コナラの浸出液を用いて紫色レーザーポインター励起の蛍光で光跡を示す教材を開発し、方解石の複屈折現象を説明する教材を提案した。本研究では、様々なミスコンセプションの中でも、中学校での凸レンズの授業を通して生起するミスコンセプションに焦点を絞り、光跡を蛍光で示す手法を応用して、凸レンズを通る光跡を示す教材開発へと発展させることが考えられた。さらにそれを用いた授業実践を行い、授業中での概念の形成過程の評価からミスコンセプションのメカニズムを明らかにすることができると考えられた。

(3) 中学校における理科の授業において、上記の方法により凸レンズの作図法により起こるミスコンセプションの実態を明らかにし、この結果を基に理科の授業法や教科書の記述などの検討を行う中で、ミスコンセプションを生起しないための提言を行うことが必須であった。

2. 研究の目的

具体的な目的は以下の通りである。

小学生から大人までのレンズでの屈折のミスコンセプションについて、素朴概念調査法を行いその仕組みや原因を解明する。

紫色レーザー光励起による蛍光とウランガラスによる凹レンズや凸レンズを用いることで、中学校における「レンズの性質」の授業でのレンズへの入射光、レンズ中、出射光の光跡を連続して目視できる教材や虚像・実像の光跡を連続して目視できる教材の開発を行う。

上記の教材を用いて、中学校におけるレンズの授業でウランガラスによる凹レンズや凸レンズで、レンズでの屈折や虚像・実像などのレンズの性質の実践授業を行い、素朴概念調査法等を用いて生徒の科学概念の形成過程を解明する。

上記の生徒の概念の形成過程から、授業や教材の課題を明らかにする。例えば、上記の場合に、中学生はレンズの中心部で光は屈折すると理解している可能性が高く、大人でも同様に理解していると思われるが、これは作図というレンズの授業方法に課題がある可能性がある。このようにミスコンセプションから、実際の中学校の「レンズの性質(レンズでの屈折、虚像、実像)」についての授業方法の問題点を検討し解明する。

上記の問題点から科学概念の形成過程との関連でミスコンセプションが生起するメカニズムやミスコンセプションから新たな科学概念が形成される仕組みを解明する。さらにミスコンセプションが生起しない授業法の仕組みの解明を行う。その後、ミスコンセプションを修正可能や生起しない授業法や教科書の記述等を提案する。

3. 研究の方法

(1) 幅広い年代層(小・中・高・大学生、大人)への「レンズの性質」についての概念調査とその評価

小学校、中学校、高等学校、大学の生徒及び学生、大人を対象として「レンズの性質」についての素朴概念調査法、概念地図法などを用いた調査を実施する。これらは滋賀県内の小、中、高等学校に依頼する。大学生は、勤務する大学での3回生を対象に調査を実施する。さらに、これらの結果を研究補助者により集計を行う。

実施した素朴概念調査法や概念地図法によるアンケート調査のデータを分析し、統計的な処理を行う。素朴概念調査法の処理は、各世代における数値の変化が明らかになるように解析する。

(2) ウランガラスや紫色レーザー光励起の蛍光を用いた光の屈折やレンズ内外の光路を示す教材開発

岡山県の妖精の森ガラス美術館から小ウランガラスプリズムや、レンズ製作用の大ウランガラスプリズムを購入し、それらを成形して教材開発のためのウランガラス製のレンズを製作する。レンズの製作は滋賀県のクリスタル光学に依頼する。

製作したウランガラスのレンズを用いて、レンズの屈折の教材開発を行う。これは、多賀ほか(2015)が開発した紫色レーザー光励起の蛍光による光路を用いる。

(3) 中学校での「レンズの性質」の授業実践中の生徒の概念変容とミスコンセプションの調

査と評価 1

製作したレンズを通過する光路が屈折することを示す教材を用いて、中学校1年生での「レンズの性質」の分野での授業実践を行う。授業は天津市内の中学校での実施を依頼する。授業者は中学校の教師、あるいは本報告者が担当する。方法としては、授業実践の前後で素朴概念調査法と概念地図法によって生徒の授業での概念変容とミスコンセプションを調査する。これらの結果を研究補助者により集計及び統計処理を行い解析する。

(4) ミスコンセプションの矛盾から新たな科学概念が形成される仕組みの検討とミスコンセプションを生起しない授業法の提案

ミスコンセプションやレンズの性質の概念変容に関わる文献の調査・収集を行う。

授業実践における生徒のミスコンセプションを総合的に検討する。この際には授業での概念の変化との関連を重視してミスコンセプションの形成メカニズムを解析する。

ミスコンセプションを生起しない授業法や教科書の記述などの検討と提言を行う。

4. 研究成果

(1) 幅広い年代層（小・中・高・大学生、大人）への「レンズの性質」についての概念調査とその評価

素朴概念調査法を用いて、大学3年生104人（理工学部68人、社会学部36人）を対象に調査した（Taga & Onishi, 2018）。これに加えて、授業を受ける前の小学校6年生51人、中学校1年生（凸レンズの作図法を用いた授業後）56人、高校1年生426人、大人（30歳～50歳代）77人の合計714人を対象に実施した（多賀、2019）。

調査において回答番号と小学生、中学生、高校生、大学生、大人の人数に関連性があるかをみるために統計的な分析（ χ^2 検定）を行った。その結果を図1に示す。これより、凸レンズの授業で獲得するミスコンセプションの年代別変化としては、中学校1年での凸レンズの学習後に、「凸レンズを通る光路がレンズの縦の中心線で屈折する」というミスコンセプションを保持する割合が、少なくとも高校1年生までは高いが、大学生、大人へと時間がたつと減少していた。一方、「入射時と出射時の2回屈折する」という正しい科学的概念を持つ割合は、高校1年生で有意に低いですが、大学3年生と大人では増加していた。このことから凸レンズの授業後に、時間の経過と共にミスコンセプションが減少し、正しい科学的概念が増加していることが明らかになった。ただ、この正しい科学的概念が増加する原因については現時点では明らかではない。

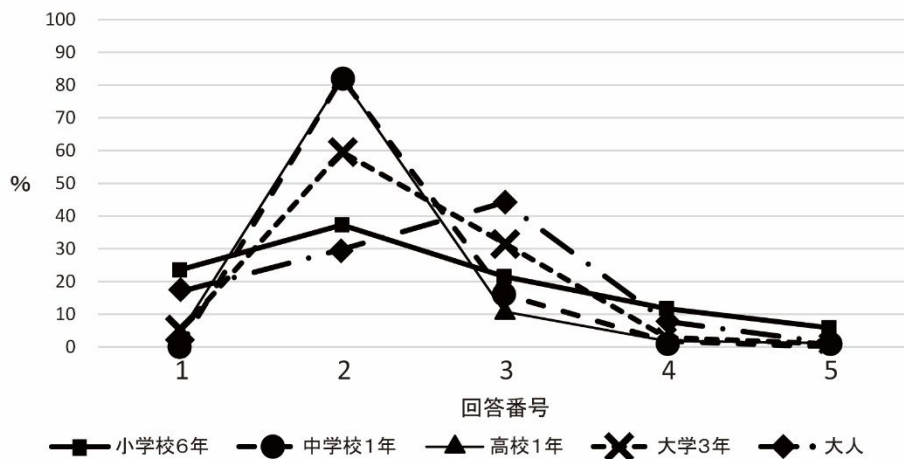


図1 凸レンズについての授業でのミスコンセプション獲得後の変化

（回答番号；1「光は凸レンズへの入射時のみ屈折」、2「凸レンズの縦の中心線で屈折」（授業で生起したミスコンセプション）、3「入射時と出射時の2回屈折」（正しい概念）、4「出射時のみ屈折」、5「1～4に当てはまらない」）（多賀、2019）

(2) ウランガラスや紫色レーザー光励起の蛍光を用いた光の屈折やレンズの内外の光路を示す教材開発

Taga(2017)はコナラ（ブナ科コナラ属）の浸出液とウランガラス製のレンズが発する蛍光で、レンズ内外の光の光路を示した。コナラの浸出液に可視光領域の紫色レーザー光（405 nm）を照射すると青白色の蛍光を発する。また、光路を可視化できるレンズとしてウランガラスを成形して凸レンズと凹レン

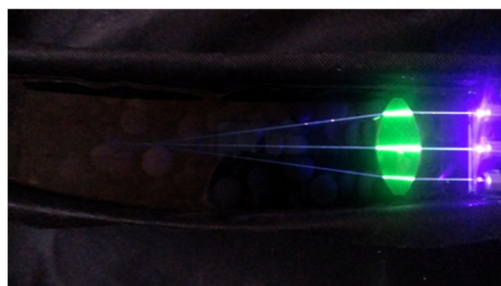


図2 ウランレンズと蛍光の光路

ズの2種類を製作した。このコナラ水中にウランレンズを入れて、入射前の直進する紫色レーザー光の行路が、蛍光により1本の青白色の直線として目視できる。さらにレンズ中に入射したレーザー光は黄緑色の輝線として、レンズの表面で屈折しながらウランレンズ内を進むことが目視できる。出射後の輝線は青白色蛍光で目視でき、これらはレンズ内外の光路を明瞭に示す教材となる(図2)。

(3) 中学校での「レンズの性質」の授業実践中の生徒の概念変容とミスコンセプションの調査と評価 1

上記の(2)の教材を用いて、中学校1学年の2クラスにおいて授業実践を実施した(多賀・大西、2019)。授業実践は本教材を用いた実験群のクラス(32名)と用いない統制群のクラス(28名)に分け、作図法を用いたレンズの授業後に実施した。1時間目(両クラス共通)は紫色レーザー光を発するレーザーポインターを用いて、コナラ水中で鏡による反射、コナラ水中の直方体のウランガラスを用いて屈折を確認させた。2時間目は、実験群においては本教材(コナラ水中に沈めたウランレンズに3本の紫色レーザー光を照射)を用いて、レンズへの入射前、レンズ内、出射後の光路を観察させた。一方、統制群では本教材の代わりに、赤色光とレンズを用いた市販の教材を用いた。

素朴概念調査法を用いて、レンズの中心で光路が屈折する、あるいはレンズと空気の境界で屈折するという選択肢で人数を調査した。分析は、と の人数からクロス表を作成し、統計法を用いて検定した。その結果、実験群で有意にミスコンセプションが減少しており、統制群は変化がなく、ミスコンセプションが多いままであった。また、両クラスの生徒の記述からもこのことが裏付けられていた。これらの結果より、ミスコンセプションをなくし、正しい科学的概念を身につけさせる点で本教材は有効であることが明らかになった(多賀・大西、2019)。

(4) ミスコンセプションの矛盾から新たな科学概念が形成される仕組みの検討とミスコンセプションを生起しない授業法の提案

上記の(2)(3)を経験させた大学生は、「教科書にもあった通り、作図ではレンズの中心で屈折するように書かれている。中学校での代表的な例やテストで出てきやすい作図をよく勉強し覚えているため、ミスコンセプションが起こる」と指摘している。また、その解決方法としては、「仮に生徒にこのようなミスコンセプションがあったとして、これを正すには、やはり、実際の現象を目で見て実感してもらうことが1番手っ取り早く、記憶にも残りやすい」という学生も多くいた。このような大学生の中学時代の理科の授業の記憶からも以下の3点が提言できる。1、ウランレンズを用いた光路を示す教材などのように、実際にレンズを通過する光路の観察をさせることが重要である。また、2、教科書の記述についても、このミスコンセプションの実態を踏まえてミスコンセプションを生起しない記述の工夫、例えば直前の屈折の学習との関連からの考察を加える等の改善が早急に望まれる。3、作図法の改善策としては、レンズの絵を用いる代わりに、オランダのようにレンズを示す記号()等を用いて作図を行うことができる。4、なによりも教員がこのミスコンセプションの実態を把握した上で授業を行うことが重要であろう(多賀・大西、未公表)。

<引用文献>

多賀優・河野俊夫・中野聡志、紫色レーザー光励起による蛍光現象を用いた方解石の複屈折についての教材、地学教育、第68巻、2015、1-12

Taga M. and Onishi T.、Misconceptions among University Students Regarding Convex Lenses Caused by the Drawing Method at Junior High Schools、Proc. Pixel2018、2018、553-558
Retrieved from

<https://conference.pixel-online.net/NPSE/conferenceproceedings.php>

多賀優、School-Made Misconceptionの成因と獲得後の変化：凸レンズの授業で獲得したミスコンセプションの年代別調査から、龍谷教職ジャーナル、第6号、2019、113-125

Masaru,T.、The teaching tools; light traces in uranium-glass lenses with use of luminescence under purple laser-light excitation、New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences、2(4)、2017、86-92
Retrieved from

<https://un-pub.eu/ojs/index.php/pntsbs/article/view/1151>

多賀優・大西俊弘、凸レンズのミスコンセプションの実態とウランレンズの蛍光発光を用いた中学校での授業実践、第69回日本理科教育学会全国大会全国大会発表論文集、第17巻、2019、490

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 廣木義久・多賀優	4. 巻 70
2. 論文標題 日常用語としての石・岩・泥・粘土・土の意味	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地学教育	6. 最初と最後の頁 159-164
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 河野俊夫・多賀優	4. 巻 72
2. 論文標題 紫色レーザーポインターを用いた方解石の複屈折の可視化	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 地球科学	6. 最初と最後の頁 179-184
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 多賀優	4. 巻 6
2. 論文標題 School-Made Misconceptionの成因と獲得後の変化：凸レンズの授業で獲得したミスコンセプションの年代別調査から	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 龍谷教職ジャーナル	6. 最初と最後の頁 113-125
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 多賀優	4. 巻 60
2. 論文標題 画像に言葉を組み込んだ視覚教材：「岩石」と「鉱物」の関係性の理解につなげる小学校での実践授業の試みから	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 理科教育学研究	6. 最初と最後の頁 579～588
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 多賀優・大西俊弘
2. 発表標題 凸レンズのミスコンセプションの実態とウランレンズの蛍光発光を用いた中学校での授業実践
3. 学会等名 第69回日本理科教育学会全国大会全国大会発表論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 多賀優・大西俊弘
2. 発表標題 Misconceptions among University Students regarding Convex Lenses caused by the Drawing Method at Junior High School
3. 学会等名 Conference proceedings. New perspectives in science education 7th edition, Libreriauniversitaria.it, Florence, Italy (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 多賀優・大西俊弘・廣川佐千男
2. 発表標題 Automated Evaluation of Students Comments Regarding Correct Concepts and Misconceptions of Convex Lenses
3. 学会等名 7th International Conference on Learning Technologies and Learning Environments (LTLE2018), Yonago, Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaru Taga , Toshihiro Onishi
2. 発表標題 Misconceptions among University Students Regarding Convex Lenses Caused by the Drawing Method at Junior High Schools
3. 学会等名 7th International Conference “New Perspectives in Science Education” (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taga Masaru
2. 発表標題 Case studies and effectiveness of analytical method of concept maps
3. 学会等名 the 7th International Conference on Concept Mapping (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Onishi Toshihiro & Taga Masaru
2. 発表標題 Investigation of the effectiveness of the use of an advanced concept map in the revision of previously taught content
3. 学会等名 the 7th International Conference on Concept Mapping (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Taga, M., Kiji, M., Murata, M. and the Collaborative Research Group for the Granites around Lake Biwa (CRGGLB)
2. 発表標題 Petrology of the two contrasting Cretaceous granitoid plutons, west to Lake Biwa, southwest Japan
3. 学会等名 35th International Geological Congress (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 多賀優
2. 発表標題 大人の「石」・「岩石」・「鉱物」概念
3. 学会等名 平成28年度全国地学教育研究大会・日本地学教育学会第70回全国大会・徳島大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 左巻健男・他18名	4. 発行年 2018年
2. 出版社 学文社	5. 総ページ数 184
3. 書名 授業をつくる! 最新小学校理科教育法:2017学習指導要領準拠	

1. 著者名 左巻健男・他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 東京書籍	5. 総ページ数 288
3. 書名 授業に活かす理科教育法 中学・高等学校編新訂	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----