

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 12 日現在

機関番号：33915

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501070

研究課題名(和文) みんなで「粒子」を演じる体感型理科教育の方法

研究課題名(英文) Using of the Physical Feeling Study for Science by playing "Particle" all together

研究代表者

吉川 直志 (YOSHIKAWA, Tadashi)

名古屋女子大学・文学部・准教授

研究者番号：70377919

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、理科で扱う自然現象の理解を助ける一つの方法として、みんなで粒子を演じて現象を理解する擬人化体感学習の方法を提案しました。見えない小さな粒子の世界の出来事を想像して考えるために、自分の体のスケールで表現し、みんなが集まって動くことで実際の現象を粒子的見方考え方により想像できる方法とし、この方法の有効性と可能性について考察しました。小学校の理科でこの方法が使える内容のリストを作り、それぞれの内容について表現例による擬人化体感学習の提案としました。

研究成果の概要(英文)：In this study, as a method to help in the understanding of the natural phenomena for science, we made a proposal of the method of the personification physical feeling study to understand the phenomenon by playing "Particle" all together. We discussed the effectiveness and the possibility of this method to imagine a world of invisible small particles. By performing the particle on a scale of own body and moving everyone, we can imagine the actual phenomenon. We made the list of contents that can be used in the elementary school science. And we showed how to use for each of the contents as the our proposal of the personification physical feeling study.

研究分野：科学教育

キーワード：理科教育 科学教育 体感学習 擬人化 粒子的見方考え方

1. 研究開始当初の背景

小学校、中学校の理科学習指導要領において、理科教育は「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの柱で構成されています。科学の基本的な考え方として「エネルギー」と「粒子」の概念は、素粒子物理において全ての物質は素粒子でできており、物質はエネルギーと等価であるという考え方からすれば当然であると言えます。この中で、特に「粒子」の存在という考え方、概念は現代科学の中心となっている量子力学、量子化学、さらには全ての物質を構成する最小粒子の素粒子物理へと系統立ってつながっていきます。こうした考え方を小学校、中学校の段階で身につけておくことは、科学を正しく理解するための強力な武器となります。しかしながら、見えない「粒子」の存在やその動きを想像し、目に見える全体での振る舞いと結び付けて理解することは難しいと言えます。粒子の存在を理解するために構成する粒子を絵や図で表して考えることが一つの方法となっていました。粒子の一つ一つの動きが自分たちの知る現象へとつながっていることまでの実感が伴った理解は難しいと思えました。そこで、粒子の目線で実際の現象を考えることが必要であるという考えに至り、自分が粒子となって動くことが全体でどう表れていくのかを体験、体感しながら試してみる必要があると考えました。その手法の一つである児童・生徒一人一人が「粒子」を演じて全体の振る舞いを再現する擬人化を利用した学習方法の研究を進め、「粒子」や「エネルギー」概念に基づく現象を理解する方法の構築を目指していくことにしました。この研究では、擬人化した人間の粒子が個々に動くことで全体の動きとなり、自分の動きが反応や現象となっていくことを実際にみんなで演じて体験、体感することで、実感のある理解を深めていく手法としての『みんなで「粒子」を演じる体感型理科教育の方法』の構築を行いました。

2. 研究の目的

私たちの身のまわりの現象のほとんどは目に見えない小さな粒子のふるまいが原因となって起こっています。「粒子」の存在という考え方、概念は現代科学の中心となっており、多くの現象は、分子、原子、電子の集団としての振る舞いにより起こると解釈できます。しかし、子どもたちが目に見えない小さな粒子の世界での出来事を想像することは非常に難しいと言えます。まして、理科を教える教員であっても、正しいイメージで「粒子」による現象を理解することは難しいでしょう。そこで、粒子の世界の現象をイメージで捉えるために、自分でコントロールできるスケールの世界、つまり、自分の体の大きさのスケールで粒子の振る舞いを考え、自分の体を使ってみんなで一緒に粒子になってみんなが集まったときの性質や振る舞い

で実際に起こっている現象が再現できることを経験する方法を検討していきます。そこから、粒子の世界で起こっている現象を理解し、そしてその動きが全体での振る舞いとながり実際の自然現象に対応していくことを想像できる学習方法としていきます。

この研究では、小・中学校での児童や生徒が自分たちで粒子を演じてみんなで自然現象の理解を深められるコンテンツの提案を目的とします。しかし、実際に用いるためには方法の簡素化や動きのルール設定など難しい点が多くあるため、まずは、小学校教員を目指す大学生が、動きのルールを理解しみんなで動いて現象の再現を試み、その方法で理解がどのように進むかを検討していくことにしました。コンテンツの拡充と、体感学習の利用方法例を映像資料としてまとめ、誰でも利用可能な体感学習の方法とするための準備とします。

3. 研究の方法

みんなで「粒子」を演じる体感型理科教育の方法の構築を目指し、以下の手順で研究を進めました。

(1) 小学校、中学校の理科の内容での利用方法を検討し、そのリストの作成と利用方法の分類を行いました。リスト作成にあたり、粒子としての役わりを演じることでどのような理解につながるのかを考察し、それぞれの知識のつながりを示す系統図を作成します。一つの現象をみんなで演じて再現することで、さらに先の別の現象や、その発展的な理解につなげられる可能性を探ります。

(2) リストした内容を個々に検討し、一人一人が実際に演じて全体の振る舞いを再現する方法を考えました。小学校、中学校理科の学習指導要領、教科書の内容を吟味し、粒子となって一人一人が演じることで、全体の現象へどう伝わり、またその現象の理解を深められるかをまとめていきます。

(3) この研究の効果を知るために、名古屋女子大学児童教育学科の学生の力を借りて、みんなで演じてみたり、指導の手法を試したりを繰り返し、より確立した手法となるように研究しました。

(4) 名古屋女子大学の学生の持つ「粒子」イメージを調査し、その後、学生に粒子を演じてもらう体感学習を実践してもらうことで、「粒子」イメージの獲得につながっていくのかを試みます。小学校教員を目指す学生の持つ粒子イメージは、小学校の児童の持つ粒子イメージであるという仮定のもと、この学習方法の効果を検討します。

(5) 一つの基本的な現象を実践し、それを基に、自分たち学生が考え、別の現象を表現す

ることを考えてもらいました。その過程で正しい粒子イメージがどのように表れていくのかを見ていきました。例えば、水分子を一人一人が演じてみんなで水の三態変化を行った後、水の循環や雲のでき方を自分の動きを基に考えてみんなでやってみることで、水が「粒子」の集まりであるというイメージが持てていることを確認していきます。

(6)理科の内容や自然現象を自分たちがその因子となって表現できる方法、コンテンツを増やし、その利用方法の検討を行いました。それぞれの方法を映像としてまとめ、自分が加わって実践してみることで、客観的に映像を見ることの相補的な利用による効果を確認していきます。

(7)この手法を用いるにあたり、準備すべき小道具や、導入時の授業展開において実際の自然現象とどう関係づけて、また、どのように感じさせられるのか。同時に、どうすれば、より楽しく行えるのかをまとめていきます。小学校で用いる場合においては、ゲーム性を取り入れることも効果的であると思われる、そうした可能性を考えながら、小学校の内容から順に方法を検討していきました。

(8)さらに先へとつながる自然法則の理解方法とできるかを検討していきます。理科で学ぶ、光と音は物質中を進む波として扱われます。この波の動きもみんなで演じて感じる事が可能です。しかし、さらに学びを進めると、光は光子という「粒子」であり、音は、空気などの「粒子」の集まりが伝える信号であり異なっています。この光子をどう扱って表現すれば、理解の助けとなるかを考えながら、量子力学や素粒子物理の世界を再度ながめて、これらをうまく紹介できる手法の第一歩となるように考察を深めていきます。

こうして、みんなで「粒子」を演じることでより深い理解を得られる手法となるように、この研究を進めていきました。素粒子物理学の研究者の考え方や見方を通して、小学校からの理科教育での「粒子」「エネルギー」の見方を、「粒子」を演じることで得られるイメージにより進展させ、さらに発展した内容や現象においてもほぼ正しいイメージで捉えて理解できる基礎づくりのための1つの手法となるかどうかを研究しています。個々の内容から全体を見渡した内容へと拡張を考慮して、また系統性を強めて、理科教育の1つの道具に進化させられるか研究していきます。

現代の物理の進展を踏まえつつ、基礎的な「粒子」の見方考え方がどのようにつながっていくかを示し、遊びの中で多くの学びができる道具と出来るように進めていきたいと考えています。

4. 研究成果

(1)自分たちが「粒子」となって動き、みんなで現象を再現できる小学校理科の内容をリストし、方法と対象学年により分類を行いました。

①タイプA：粒子がたくさん集まることで全体の性質が現れるもの。単純に集まるだけで、みんなで表現できるもの。小学校第3学年 物と重さ、風やゴムの働き。

タイプB：粒子それぞれの動きが全体の振る舞いとしての現象として現れるもの。小学校第4学年 空気と水の性質、金属、水、空気の温度、第3学年 磁石の性質。

タイプC：電気（電子）の擬人化により、電気回路中の電流を表現するもの。粒子としての対象が電子となるため、タイプを分けて分類した。

タイプD：媒質、溶質など複数種類の粒子の動きによって現象を表現するもの。小学校第4学年 天気の様子、小学校第5学年 物の溶け方。

タイプE：異なる種類の粒子により、粒子のレベルでの反応が集まって全体の振る舞いとして現れるもの。ここの反応を表現することで全体の様子を表現するもの。小学校第6学年 燃焼のしくみ、水溶液の性質。

(2)名古屋女子大学の学生の持つ粒子イメージを基にして、この方法の進め方を検討するため、粒子イメージのアンケート調査を行いました。例)水蒸気、水、氷の三つの状態を、体積変化を踏まえて、絵で表してもらいました。平成25年7月92名へのアンケート(図1)では、氷の表現で体積が増えることを、粒子の数が増える、粒子自体が大きくなるという表現の絵が大半を占める結果となり、粒子数保存というイメージは持っていないことが分かりました。これを基に、水を自

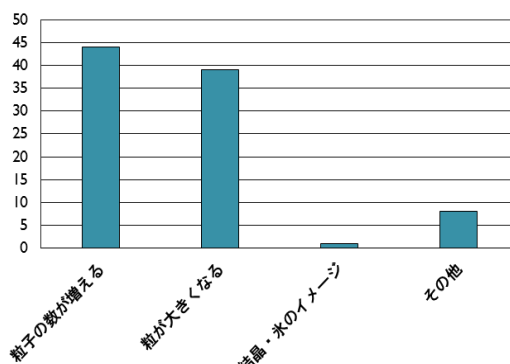


図1 学生の持つ氷の粒子イメージ



図2 みんなで水を表現

分たちで演じて表現し三態変化を実践しました。ここで、氷の結晶は単純化して6人でつながり6角形になっていくという方法を

とります。私たちがよく知る水であっても目に見えない小さな粒子の集まりであり、その粒子の動きや振る舞いが水の三態変化へと表れる様を自分たちで考え実践するという試みを行い、方法の検討を行いました。水分子を演じて集まり水の状態(図2)を表現し、温めたり冷やしたりというイメージを基に



図3 温められて水蒸気へ



図4 水から氷へ

に空間ができることから、氷っていくときに



図5 水の蒸発(左上)から、上空で雲(右上)となり雨となって落ちて(左右下)、水の循環を表現

個々が動いて状態を体感していきます。温めていくことで個々の動きが活発になって体積が膨張し、さらに水蒸気へと変わっていくことを表します。次に冷えていくと体積が減り、さらに氷へと状態が変化していきます。図4のように水分子がつながり結晶となることで硬い氷に変わっていくことを表現します。6人がつながってその中

自分たちが広がっていくことを体感します。現象を表すため人数も個々の大きさも変えずに、粒子による状態変化の表現が可能であると分かります。ここから粒子数保存の原則をイメージで捉えることも可能です。こうした実践により学生の粒子イメージの改善につながられることがわかってきました。

(3)水の三態変化の表現を基に、他の水が関わる現象をみんなで表現することを考え提案してみました。水は蒸発し、水蒸気が上空で冷やされて雲になり、水に戻って落ちてくる雨となって循環している様を、水粒子となって表現するとどうなるのかを考え表現します(図5)。このように自分たちが粒子になって表すことを他の現象表現へと応用していくことも可能であることが分かります。

(4)電気回路を自分たちで表現し、電流を理解する方法を検討しました。電気に苦手意識を持つ学生は多く、導線を通る電気(電子)が目に見えないため、回路内で起こっていることが想像できないことが原因の一つと考えられます。学生の持つ電気の流れのイメージは、電池から電気が流れ出て一周して戻ってくるというものでした。実際には導線(金属)内を電気(電子)が数珠つなぎとなって輪になり、電池が一つ押すと全体が回るというのが本来のイメージであると考えます。小



図6 電気回路

学校3年生の理科から登場する電気回路において、電流イメージをどこかの段階で持たせることが必要であると考え、みんなで演じて現象を理解する方法を用いることにしました。この研究での提案は、電気(電子)になって回路の輪になり、電池が押し出し、豆電球などの電気抵抗を通してみんなで作った輪が回るという表現です(図6)。電気抵抗は二人で通り道のゲートとなり狭めると抵抗が大きくなり、輪の回る速さが遅くなり、ゲートの幅を広げると通り



図7 抵抗の直列(左)と並列(右)つなぎの電気回路の表現

やすく、抵抗が小さくなって輪が速く回り出すことから、電気の流れや電気抵抗についてのイメージがつかみやすくなると思います。さらに、この表現を基に、苦手とする抵抗の

直列、並列つなぎの理解の方法へとつなげることができず(図7)。

(8)水や電気以外にもリストした小学校理科の内容について、みんなで粒子を演じて理解する方法の利用方法を検討し、例として学生が行ったものをビデオ撮影しました。その中で、自分たちが演じることと同時に、自分たちが表現した全体の動きを改めて見ることが相補的な効果があることが分かり、映像などの利用方法の検討の必要性が分かってきました。名古屋女子大学の学生がこの方法での表現を行うことで、粒子イメージをもった現象理解をしようとするきっかけになっていると感じており、今後、この方法の利用方法について更なる検討を行っていきたいと考えています。

(9)今後の展望：本研究において、みんなで粒子を演じて現象を理解する擬人化による体感学習の方法の提案を行いました。目に見えない粒子の世界を擬人化して、自分がコントロールできるスケールで動き、考えることができればその現象の理解が進み、粒子的見方考え方が出来るようになります。この見方考え方が出来るようになれば、それを基に、他の現象についてもイメージを持って予想できるようになると期待できます。ここまで、一人一人が粒子となって全体で一つの現象を表現することができる理科の内容について、表現方法の例をまとめました。それぞれのコンテンツを利用可能というところまでできましたが、大学生に対しての例としての検討までとなりました。つまり、本研究では実践での効果や、実際の児童・生徒の反応まで至っていないのが現状です。今後は、対象を想定した利用方法の検討に進んでいきます。自分が粒子となっていることは理解できるが、その動きは自然法則に従う動きが必要となります。つまり、各コンテンツにおける動きのルール作りと、対象に応じた利用マニユ

自然現象		擬人化体感学習
粒子	=	自分
自然法則	=	ルール
自然現象	=	全体の振る舞い
現象の理解	=	ルールに従った「遊び」

図8 自然法則と体感学習の対応

アルの作成が必要となります。また、児童・生徒が自分たちで考えみんなで表現していく実践形式において、新たな発想や、遊びによって新たな発見につながることを期待しています(図8)。

今後、それぞれのコンテンツについて擬人化体感学習の方法を検討し、効果的な利用方法を提案していきたいと考えています。また、ここまでは小学校理科の内容について検討してきましたが、擬人化体感学習の方法は、「粒子」を基とする自然現象全てについて適

応できると考えられるため、自然現象を擬人化して考えてその振る舞いを理解する方法の適用できるコンテンツを増やし、その可能性を研究していきます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

①吉川直志、石川愛、加藤沙綾夏、竹村美香、見えない粒子の世界をみんなで演じて理解する方法の提案、名古屋女子大学紀要、査読有、第61号、2015、15-25

吉川直志、香川由夏、森石千早妃、山本莉緒、小学校理科における擬人化体感学習の利用の検討、名古屋女子大学紀要、査読有、第60号、2014、1-10、

https://nagoya-wu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1368

吉川直志、理科教育における擬人化による体感学習の可能性、名古屋女子大学紀要、査読有、第59号、2013、13-20、

https://nagoya-wu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=5

吉川直志、石田典子、中村早耶香、小学校第6学年理科「電気の利用」に関する授業検討、名古屋女子大学紀要、査読有、第59号、2013、61-72、

https://nagoya-wu.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1298

〔学会発表〕(計 8件)

①大西菜々、河合桃子、安藤千晶、勝島優衣、岡愛由美、吉川直志、見えない粒子の世界をイメージさせる擬人化体感学習の提案、日本理科教育学会 第60回東海支部大会、2014年11月29日、静岡大学(静岡県・静岡市)

吉川直志、石川愛、加藤沙綾夏、竹村美香、見えない粒子の世界をみんなで演じて理解する方法の提案(2)、日本科学教育学会第38回年会、2014年9月14日、埼玉大学(埼玉県・さいたま市)

吉川直志、石川愛、加藤沙綾夏、竹村美香、見えない粒子の世界をみんなで演じて理解する方法の提案、日本科学教育学会 東海支部会 第8回研究会、2014年6月22日、三重大学教育学部(三重県津市)

吉川直志、石田典子、中村早耶香、小学校理科「天気の変化」の授業のための基礎知識の検討、日本理科教育学会 第59回東海支部大会、2013年11月10日、愛知教育大学(愛知県・刈谷市)

竹村美香、石川愛、加藤紗綾夏、吉川直志、
みんなで粒子を演じて現象を理解する擬人
化体感学習の利用方法、日本理科教育学会
第 59 回東海支部大会、2013 年 11 月 10 日、
愛知教育大学（愛知県・刈谷市）

吉川直志、石川愛、加藤紗綾夏、竹村美香、
理科における「粒子」イメージを持たせる擬
人化体感学習の提案、日本科学教育学会第 37
回年会、2013 年 9 月 8 日、三重大学（三重県・
津市）

吉川直志、香川由夏、森石千早妃、山本莉
緒、理科における擬人化体感学習の提案、日
本科学教育学会東海支部会第 5 回研究会、
2013 年 6 月 22 日、岐阜大学（岐阜県・岐阜
市）

森石千早妃、石原敬子、大町純代、香川由
夏、加藤涼子、山本莉緒、吉川直志、小学
校理科における「粒子」を理解する擬人化体
感学習の可能性、日本理科教育学会第 58 回東
海支部大会、2012 年 12 月 18 日、三重大学（三
重県・津市）

6 . 研究組織

(1)研究代表者

吉川 直志 (YOSHIKAWA, Tadashi)
名古屋女子大学・文学部・児童教育学科・准
教授

研究者番号： 70377919