

小学校理科における擬人化体感学習の利用の検討

吉川 直志・香川 由夏*・森石 千早妃**・山本 莉緒***

Using of the Physical Feeling Study by the Personification for Science in Elementary School

Tadashi YOSHIKAWA, Yuka KAGAWA, Chisaki MORIISHI, Rio YAMAMOTO

要旨

小学校、中学校の理科教育の柱の一つに、「粒子」という見方・考え方が入っている。理科教育においては、児童だけでなく教える側の教師も、見えない「粒子」の存在を認識することが必要となる。この研究では、現象を起こす基本因子としての「粒子」を一人一人が演じて全体の振る舞いをみんなで再現する擬人化による体感学習の方法の利用を検討する。擬人化体感学習を使うことで、「粒子」概念による理解を深めることができる小学校理科の内容をリストアップし、その利用方法を分類することで、見えない粒子による現象を自分の体感として理解する方法の可能性を示す。

1. はじめに

小学校、中学校の理科学習指導要領^{1) 2)}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る。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る。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、教師側においても「粒子」概念を持って教えることが大切になる。しかし、子どもたちが目に見えない小さな世界の出来事を想像することは非常に難しいと言える。そこで、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がイメージできれば、粒子の世界で起こっている現象を理解し、全体での振る舞いとつながりを想像することができると思う。この考え方を基にして、みんなで「粒子」を演じて全体での振る舞いを考える擬人化体感学習の方法を、物質中を伝搬する縦波、横波の伝わり方の再現と理解の方法を例として、吉川 (2013)³⁾ で提案した。また、同じ考え方による擬人化での体験学習の方法として、磁石や核分裂での例が板東他 (2010)⁴⁾ において紹介されている。これらの研究をふまえ、この論文では擬人化体感学習の方法を小学校理科の内容について、粒子的見方考え方により理解するために利用することを考

* 名古屋市立港楽小学校、** 名古屋市立八事東小学校、*** 常滑市立常滑東小学校

える。

「粒子」を柱の一つとする小学校の理科教育において、見えない「粒子」の存在を理解させるにはやはり体験、体感が必要であると考えられる。その手法の一つとして、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の方法の可能性を考えて行くことにする。小学校理科の教科書にある単元で、この手法の活用により、その現象の振る舞いの理解を助けることが可能であると考えられる内容は多々ある。また、手法に遊びの要素を取り入れ、楽しく演じる中で、実際の現象を知らずに体感できることもこの手法の利点であると考えている。そこで、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反応となっていくことを実際にみんなで演じて体験、体感できる小学校理科の教科書にある内容をリストアップし、小学校理科の範囲で擬人化による現象理解の方法をいくつか提案する。小学生が授業で行うには内容が高度な場合もあるが、教師が教えたい内容の真の理解を粒子的見方考え方により得る方法としては有用であると考えており、まず、第一に、教員を目指す名古屋女子大学の学生が「粒子」概念を身につける一つの方法として検討する。

2. 擬人化による現象の理解

全ての物質は、原子や分子などの、小さな粒子の集まりとして構成されている。粒子が集まって全体が構成され、また、その個々の粒子の動きや性質によって全体の振る舞いが現れる。理科の授業では主に全体の振る舞いを自然の現象として学び、実験を行い、実際にそうなることを理解しようとする。しかし、その理解したい現象の根本の理由は、現象を起こす物質を構成している小さな粒子にあることはなかなか理解されない。実際の物理や化学で解析されることのほとんどはその小さな世界の振る舞いを起源としている。この事を、自分の体を使って、みんなで一緒に粒子になってみて、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ことで、その現象の真の理解へとつなげていきたい。小学校の児童であっても、実際に起こっている現象を、体を動かして再現し、自分の動きが全体の振る舞いへとつながる実感を持てることで、知らず知らずに現象を体で理解できるのではないかと考える。また、みんなで動いてみる遊びを取り入れることも考えられ、難しい内容であっても、シンプルに遊びの中で現象を捉えて、科学的な思考が出来るようになることも期待している。

私たちが知っている自然現象は全て、空気中、水中など、他の物質と接する環境で起こる。真空の宇宙空間でない限り、一つの動きは空気などの周辺の物質によってさらに周辺へと波として伝えられる。このことを伝える因子、粒子を擬人化してその伝わり方を体感しながら考える方法を吉川 (2013)³⁾ において提案した。人が一列に並び、自分の動きが隣



図1 横波の伝わり方の体感



図2 縦波の伝わり方の体感

あった人の動きへ伝わり、波となって伝わっていく様子の再現によって、音や声が空気中、水中、固体中での伝わり方を考えることで、そこには波を伝える粒子、因子がたくさん詰っていることを感じることができる。また、地震波のP波（縦波）とS波（横波）の伝わる速度の違いは、実際に一列に並びつながって、みんなで縦波と横波を伝えてみれば、横波（S波）（図1）は大きく横へ揺れてゆっくり進むが、縦波（P波）（図2）は小さく前後へのゆれが横波よりかなり速く伝わることを体感することができ、2列作って、縦波横波の進む速さを比べてもその差を実感することができる。つまり、実際に動いてみて、自分の動きや全体の動きを考えながら、実際の現象への理解へとつなげていくことがこの方法のねらいである。

そこで、擬人化してみんなで現象を再現することで、知識と体感の両方から現象のさらなる理解へとつながることを期待し、理科で扱われる内容での利用の可能性を考えた。

3. 擬人化が使える理科の内容リストと分類

現在、我々が擬人化の方法を適用できると考えている小学校理科の単元をリストする。

第3学年

- (1) 物と重さ (2) 風やゴムの働き (3) 光の性質 (4) 磁石の性質
- (5) 電気の通り道

第4学年

- (1) 空気と水の性質 (2) 金属、水、空気の温度 (3) 電気の働き
- (4) 天気の様子

第5学年

- (1) 物の溶け方 (2) 電流の働き

第6学年

- (1) 燃焼の仕組み (2) 水溶液の性質 (3) 電気の利用

ここでリストの単元の内容は小学校学習指導要領（文部科学省、2008a）に準じた。それぞれの内容における擬人化の手法の取り入れ方については、現在、分担して研究中であるので、詳細は他の論文で発表する予定である。

このリストの内容において、擬人化の仕方は大きく分けて5種類となる。その分類は以下のようなになる。

タイプA 物と重さ、風やゴムの働き、光の性質

小さな粒子が沢山集まって全体の性質となる。全ての物が、小さな原子や分子の集まりであり、巨大な集団として、全体の重さがある。また、全体がまとまってぶつかれば大きな力を伝えることもできる。小学校理科のレベルを超えるが、光さえも小さな光子の集まりとして、光の反射や屈折、そして光が伝える熱を表現することができる。

タイプB 空気と水の性質、金属、水、空気の温度、磁石の性質

粒子のそれぞれの動きが全体の振る舞いになる。水を構成する水分子が暑くなってくると、激しく動きだし暑苦しいのはいやだと隣との距離を開けようとするので、水の熱による膨張を理解し、逆に寒くなると、寒さ対策としてみんなが寄ってくるという水の体積の収縮の現象を個々の水分子の動きと自分の感覚を対比させて理解する。温度（熱）によって個々の粒子の

振る舞いを自分の感覚で再現することで、全体としての振る舞いを理解する。固体においても、構成する粒子が結合することで構成されていることから、熱の伝わり方や体積の変化を考えることができる。

タイプC 電気の通り道、電気の働き、電気の利用

電気（電子）の擬人化により、電気回路中の電流を理解する。これは、電気は回路が繋がっていないと流れないことや、電熱線で発熱する様子など、導線を通れる電気はすでに導線の中に存在し、電池によって導線内に詰まっている電気を押してやることで、一斉に電気が導線を動くことの再現によって理解しようという試みである。豆電球やモーターなどの電気抵抗を、実際に流れを阻止しようと道を狭めることで実感させることができる。ただし、実際の擬人化を行うと、電子1つ1つの擬人化によって流れる電流の様子を再現することになるが、小学校の内容でも、電子ではなく、プラスの電気が流れる電流の素として同様に扱うことも可能であると考える。

タイプD 天気の様子、物の溶け方

媒質を構成する粒子による性質と溶ける物質の性質、両方が関連して全体の振る舞いとなる。飽和水蒸気量や水に溶ける量が温度によって変化する様子は、タイプBと関連し、空気や水を構成する粒子の間の距離が広がるか狭まるかでその量が変わってくる。また、気体が溶けている水溶液の場合、溶けた気体が熱を受け取ると激しい動きへと変わっていくため、泡となって出て行く様子を、自分たちで再現して理解することが可能である。

タイプE 燃焼のしくみ、水溶液の性質

粒子レベルでの反応が集まって全体の振る舞いとなる。個々の化学反応は、個々の粒子同士の結合や分解の反応が全体の反応として見える例となっている。分子の構成や化学反応の様子を自分たちの結びつきの様子を考えて再現することができる。

小学校理科において

小学校においては、「粒子」を直接教えることはないが、理科において、自然現象の「実感を伴った理解」につなげるには、その現象の基本を成す「粒子」による、見方考え方を身に付けることが大事になる。名古屋女子大学での教員養成においても、小学校の理科を教える教師側の粒子的見方考え方を養うことが必要であり、擬人化による簡単な動きや遊びを活用する方法は、物事を本質から見通す力となると期待できる。ここで、各単元で、擬人化による体感学習の利用についての例を考える。

タイプA 第3学年 物と重さ

物と重さの単元では、物の形や体積、重さなどの性質の違いを比較する能力を育て、物の性質についての見方考え方をもつことができるようにすることがねらいである（文部省、2008a）。その考え方をもつための一つとして擬人化を取り入れることも可能であると考える。図3のようにみんなで集まり輪になって広がっ

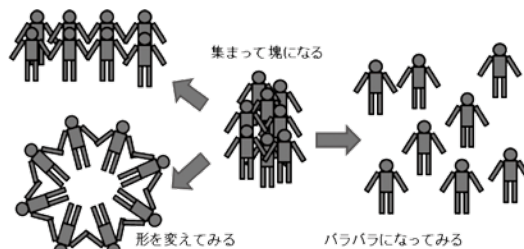


図3 物と重さをみんなで演じる

たりかたまったりすることで体積の違いを感じ、またバラバラになってみることで全体の人数、そして全体の重さは変わらないことを感じる。粘土やアルミホイルを使っての実験と比較できれば、粒子的物の見方考え方を育むことにつながれると考える。

タイプA 第3学年 風やゴムの働き

風やゴムの働きの単元で、風の力で物を動かすことを学ぶ。また、そこで風の強さを変えた時の物の動き方を比較する。実際には、風は空気の流れであり、空気粒子の塊の動きであるが、その理解は曖昧なままであると感じられるため、図4のように、空気粒子の擬人化により人が風を演じ、風を体感することでその動きや強さを理解する。風の強さには、空気の流れの速度の違いの場合と同時に動く空気量の違いの2種類あるが、この単元においては空気の流れの速さの違いを扱っている。このことも実際に体を動かして体感すると理解しやすいと考える。

この単元の中で、風をつくる送風機や、風で回転させるプロペラや風車が出てくるが、風の強さと回転の関係は示されない。この理解も、擬人化の手法を使って考えることが可能であると考える。風を物にあてると物が動かされるが、斜めにした板に風をあてるときにその斜め板がどう動かされるかを、空気の粒子となつて板にぶつかったときの板の動きを実感することで体感することができ、風により回転させられるプロペラや風車の動きを体感により理解出来る。

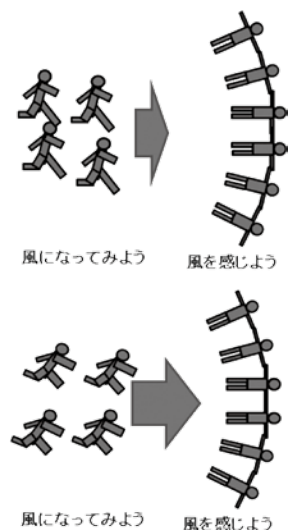


図4 風の強さを体感する

タイプB 第3学年 磁石の性質

この単元では磁石の性質を学ぶが、その中で、磁石につけた鉄釘の磁化についても学ぶ。授業では、実験を通して鉄釘が磁石の性質を持つようになることを知るが、鉄が磁石になるといふ現象の理解は難しいといえる。その理解を助けるために、図5、図6のように擬人化による鉄釘の磁化の再現を行うと、自分の動きの中で鉄釘の磁化の様子を体感することができる。鉄を構成している最小単位の鉄原子が小さな磁石であり、鉄釘は小さな磁石の集まりであるが、そのままの状態であれば、それぞれは勝手な方向を向いているために全体として鉄釘は磁力を持たない。そこで、鉄釘を磁石に付けると、外部の磁力によって内部の小さな磁石が外部の磁石の極に引き寄せられて、一斉に同じ方向を向く。こうして、磁石から鉄釘を取り外してもしばらくは、内部の小さな磁石は同じ方向を向いて並ぶことで磁石のままとなる。この動きを、小さな磁石としての鉄原子一つ一つを人が演じて外部磁石によって一斉に同じ方向を向く様子を自分たちで再現する⁴⁾ことで磁石の性質を理解できる。磁石が小さな磁石の集まりであるという理解が進めば、小さく分けた磁石も磁石

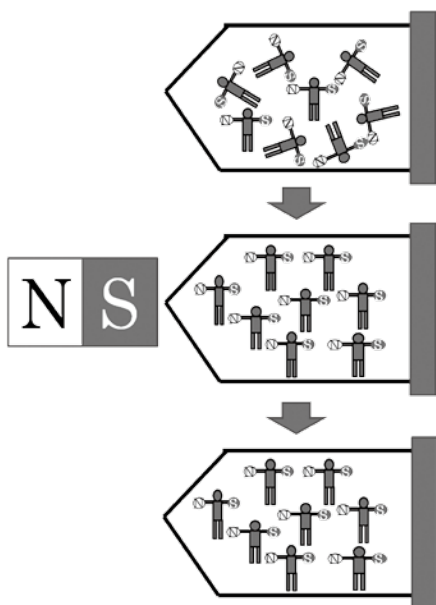


図5 鉄釘の磁化の擬人化



図6 鉄釘の磁化の擬人化の例鉄釘を構成する鉄原子磁石がN極の方向を指さす。外に、磁石(S極)が現れると、一斉にその方向を指さすことで、磁化する様子を再現する。

であること、いろんな形にしてもS極、N極は現れることなど、自分の体感を通して磁石について考え理解することが出来るようになってと期待する。

タイプB 第4学年 空気と水の性質、 第4学年 金属、水、空気の温度

この単元では、「粒子の存在」「粒子のもつエネルギー」にかかわる内容を学習する。ここでは「粒子」を意識した学びである必要がある。粒子と圧力、そして体積との関係の理解においても、擬人化した全体の振る舞いの再現が効果的であると考える。

1つの例として、図7のような水の三態変化の様子をみんなで演じることを考える。

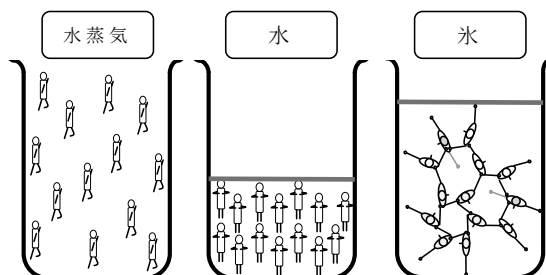


図7 水の三態変化の擬人化



図8 水の擬人化例。左：水分子の集まりとしての水（液体） 中：水が氷始める 右：6人の輪となって氷になった様子を再現



図9 水の状態から熱によって個々に動いて膨張し、沸騰して水蒸気になっていく。

図8、9のようにみんなで演じる擬人化を行うことができる⁵⁾⁶⁾。水は小さな水分子の集まりであり、離れず固まらずに集まっている状態が水であると考え、みんなが集まった状態を水の状態として表現できる(図8左)。水に熱を加えると、個々の動きが激しくなり、全体に広がり体積が増えていくことを実感する。いずれ水は沸騰し、気体である水蒸気へと変化する(図9)。これは、熱により集ま

りから飛び出して自由に飛び回ることを意味し、実際に個々が飛び出して気体となり体積が大幅に増えることを体感できる。一方、水を冷せば、お互いに近づき、いずれ固体としての氷へと変化する（図8中）。水は冷せば体積は減っていくが、氷になるとその体積は増える。この



図10 水分子 (H₂O)

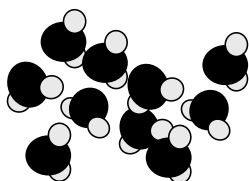
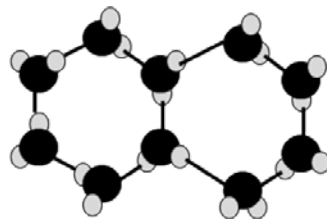


図11 左：水（液体）状態



右：氷の状態

現象の理解も、氷の結晶は水分子が規則正しく結合してできたものであることが理解できれば分かりやすい。水分子（図10）、H₂Oの水素（H）を両腕、酸素（O）を体と考え、一人が水分子を演じる。擬人化では、氷る際のルールを決め、そのルールに従って、6人で六角形を作り、六角形を単位としてつながり広がって結晶化していく。水素、つまり腕は、隣の人の酸素、つまり体と結合する。図7、図8右）で水の状態は上から見た図を表しており、六角形がつながって氷となる。図11のような水から氷への変化を表現できれば、広がりながら6人でつながり、六角形の中に空間が出来ることで、その空間によって体積が増加することが体感として理解出来る。

擬人化による全体の振る舞いの再現には、自分の感覚と共に、動きのルールも重要な役割を果たす。ルールの中で自由に動くことで実際の現象を再現できれば、自分の動きと全体の振る舞いと実際の自然現象を結びつけて理解できると考える。

タイプC 電気の通り道、電気の働き、電気の利用

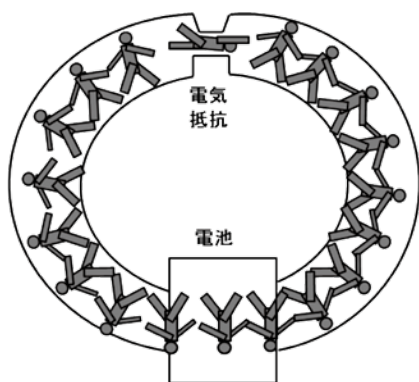


図12 電気回路の擬人化



図13 電気回路の擬人化例
椅子の隙間で抵抗を表現

この単位では、電気の回路について学習する。電気の流れのイメージは、電池から出た電気が回路を一周回って戻ってくると考えていることが多いが、実際は、導線に詰まっている電気（電子）を導線の端から電池が押し出すことで全体が動き電流となっている。長い導線で電気回路を組んでも電流は一瞬で流れる。つまり電気（電子）が一瞬で回路を回るのはなく、導線内の電気（電子）が全体で回るのである。このイメージは、交流電気の利用の理解のために

も必要となる。正しいイメージを持つためにも、回路の擬人化は良い方法であると思える。回路の擬人化では、図12のように電気となって輪になり回路を再現する。図13のように輪になって電気回路を再現し、電池役は輪になった電気の素を回す役割を演じる。途中で豆電球やモーターのような電気抵抗が無ければ、回路内の電気はぐるぐると速い速度で回ることになり回路のショートイメージとなる。図13では簡単に椅子の間を通過することで、その間隔の広さで電気の流れ安さを表現した。電気抵抗は電気の通り道が狭くなることで進みにくくなっている様子を再現し、狭い部分で摩擦を体感できれば、電熱線や熱で光る豆電球のイメージができると考えられる。

ここで5つの簡単な例を紹介したが、小学校の理科においても「粒子」の動きが全体の振る舞いへとつながる現象の学習はたくさんあり、マクロ的な視点での実験とミクロな視点での擬人化体感学習の組み合わせは、学習への効果が期待できると考えている。児童にとって内容が難しい部分もあるが、少なくとも教える側の教師は、「粒子」による見方考え方を持つことが必要であり、その1つの道具として擬人化体感学習を位置づけたい。

4. 擬人化体感学習の利用

表1に、3章でリストした擬人化学習が利用できる小学校理科の単元を学年とタイプで表にまとめた。学年が進むと共に、分類タイプもA→B→C→D→Eと進んでいく。3章で説明したように、タイプAでは、物は小さな「粒子」の集まりであることを体感し、それを基にタイプBでは、個々の「粒子」の動きが全体の振る舞いへとつながっていくことを再現する。タイプCでは、電気も粒子的な見方ができ、実際の電子の動きのイメージへの準備となる。タイプDとタイプEでは、複数の種類の「粒子」において、混合状態や結合を粒子レベルで扱い、実際の現象の理解を助ける。擬人化体感学習を取り入れる場合、どの単元からでも可能であるが、タイプAの物は小さな「粒子」の集まりであることを踏まえての導入が必要となる。擬人化体感学習はあくまで、現象の起源となる「粒子」を自分の体で演じることで、見えない世界の出来事を自分の動き方によりイメージし現象の理解の助けとするものとする。擬人化体感学習の利用は、単独で行うことも可能であるが、実際の現象や実験と対比させて行うことが効果的であると考える。自分の動きが何に対応しどう現れているのか理解するためには実際の実験結

表1 擬人化体感学習における小学校理科単元の分類

タイプ	第3学年	第4学年	第5学年	第6学年
A	物と重さ 風やゴムの働き 光の性質			
B	磁石の性質	空気と水の性質 金属, 水, 空気の温度		
C	電気の通り道	電気の働き	電流の働き	電気の利用
D		天気の様子	物の溶け方	
E				燃焼のしくみ 水溶液の性質

果を知る必要がある。

体感学習を効果的に利用する方法は、図14のように2つある。実験や現象の理解を進める中で「粒子」イメージを持つことが有効であると考えられる場合に、その実験をふまえた擬人化体感学習を取り入れるのが一つ。また、先に擬人化でイメージを持たせてから実際の実験で何が起きているのか連想して実験を行う方法がある。しかし、実際に小学校の学習でこの方法を取り入れることは難しいと考えられるため、実験や学習の中で補助的に遊び感覚でイメージを持たせる程度で生かすことが必要になる。

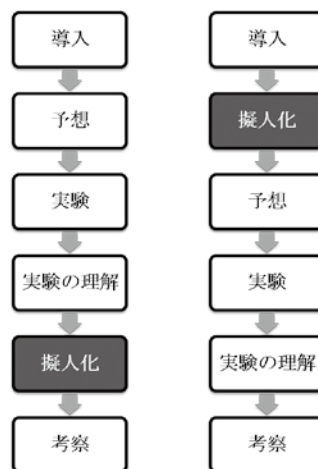


図14 擬人化体感学習の利用

5. まとめと今後の課題

この論文では、小学校理科の内容の中で現象を擬人化できる単元をリストし、その方法の分類を行った。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る。この見方考え方が出来れば、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する。

この擬人化による再現において、個々の動きのルールが必要になる。ルールに従って動くこと、つまり、自然法則が存在し、その法則にしたがって自然現象は起きていることが、何となく分かるであろう。自然現象と擬人化の対応は、表2のようになる。また、みんなで動くことは「遊び」として生かすことができ、その遊びの中で、現象理解のヒントやその応用に結びつくことも期待できる。

ここで提案した擬人化体感学習を実際に小学校理科で用いることは、内容的また時間的に難しい。名古屋女子大学の学生であっても、水が氷る様子を行った場合、6人で六角形を作っていくルールで動いていくが、六角形のつながり方を学生が理解して動けるようになるまで時間がかかってしまった。実際の自然法則に基づいてルールを作る必要があるが、理解度に応じてルールの簡素化し定性的な理解を優先させる必要も出てくる。

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たいと考える。また、この論文では小学校理科の内容について行ったが、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く。

表2 自然現象の擬人化における対応表

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」

謝辞

この研究は、理科教育（物理）研究室の学生と共に行いました。擬人化手法の検討においては、ゼミ生の石川愛氏、加藤沙綾夏氏、竹村美香氏との協同研究となります。擬人化の手法のテストに参加し、有益な意見を頂いた研究室の石原敬子氏、大町純代氏、加藤涼子氏、上野有加氏、金井美和氏、酒井優子氏、澤田亜弓氏、そして学生の皆さんに感謝します。

本研究は、JSPS科研費24501070の助成（日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究C）「みんなで粒子を演じる体感型理科教育の方法」課題番号24501070）を受けたものです。

参考文献

- 1) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 理科編，大日本図書（2008）.
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 理科編，大日本図書（2008）.
- 3) 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 第59号，13-20（2013）.
- 4) 板東，山下，上田，石尾，川村，前：擬人化と体験学習，京都大学高等教育研究第16号，49-60（2010）.
- 5) 森石，石原，大町，香川，加藤，山本，吉川：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回東海支部大会研究発表予稿集 A01（2012）.
- 6) 吉川，香川，森石，山本：理科における擬人化体感学習の提案，日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.27 No.5，p73-76（2013）.