

[理 科]

問題意識を焦点化する事象提示と条件制御の資質・能力を育てる実験装置の工夫

－第5学年「おもりの動きとはたらき」の実践を通して－

中島 稔*

1 問題の所在

現学習指導要領では、問題解決の資質・能力を確実に育てるために、学年ごとに重点を置いて育成すべき資質・能力が示されている。第5学年では条件を制御しながら観察や実験を計画的に行っていく資質・能力（以下、条件制御の資質・能力と略す）に重点が置かれている。その育成には、前学年で培った変化と関係する要因を抽出する資質・能力に加えて、制御すべき要因と制御しない要因とを区別しながら観察や実験などを計画的に行うことが求められているため、単元構成や学習過程の工夫など、指導法の改善が必要である⁽¹⁾。

そこで筆者は、「おもりの動きとはたらき」の単元において、条件制御の資質・能力を育てる学習過程の工夫を試みた⁽²⁾。ここでは、おもりの性質を利用したいろいろなものにふれ、その中から問題を見出し、条件制御の必要性を認識しながら追究していくことが大切であることが分かった。しかし、児童の問題意識を焦点化させることができず、追究活動が散漫になるという課題が残った。また、教科書等に例示されている実験装置で周期の違いを調べる活動を展開したが、条件を変えて実験することがうまくイメージできないという課題も残った。

以上の理由から、問題意識を焦点化する事象提示の工夫と条件制御の資質・能力を育てる実験装置の工夫を試みることにした。なお、これまで条件制御の資質・能力を育てるのに有効な実験装置を検討した研究は少ない⁽³⁾。

2 研究の目的

本研究は、第5学年「おもりの動きとはたらき」の単元における事象提示と実験装置の在り方を検討し、問題意識を焦点化する事象提示と条件制御の資質・能力を育てる実験装置の有効性を検証することを目的とする。

3 研究の方法

(1) 問題意識を焦点化し、条件制御の必要性を感じさせる事象提示の工夫

条件制御の資質・能力を育てるためには、問題意識を焦点化し、条件制御の必要性を感じさせることが必要である。そのためには、自分の考えとの矛盾やずれなどと遭遇させ（認知的葛藤）、問題意識を形成させるような事象提示の工夫が大切である。そこで、問題意識を焦点化し条件制御の必要性を感じる事象（表1）を提示し、その有効性を授業実践を通して検証する。

表1 事象提示

衝突①	見た目には同じ形・大きさ・重さの2つのボールを乾電池に衝突させ、高い位置から転がした方が乾電池の飛距離が小さいという現象
衝突②	見た目には同じ形・大きさ・重さの2つの振り子を乾電池に衝突させ、大きく振らせた方が乾電池の飛距離が小さいという現象
振り子①	見た目には同じ形・大きさ・重さの2つの棒振り子を同じ振れ幅で振らせ、1往復する時間が違うという現象（モンキー振り子の提示）
振り子②	見た目には同じ形・大きさ・重さの2つの振り子を同じ振れ幅で振らせ、1往復する時間が違うという現象（カメ振り子とウサギ振り子の提示）

(2) 条件制御の資質・能力を育成するのに適した実験装置の検討

教科書等に記載されている実験装置（以下、従来の実験装置と言う。）は、準備に時間を要し、操作も難しく、測

* 長岡市立新組小学校

定誤差も大きいなどの問題点があった。また、条件制御の資質・能力を育てることが重視されていることなどから、同時に比較実験ができる実験装置を村山（2001）⁴⁾を参考に考案した（図1～図4）。その有効性を授業実践を通して検証する。

同時比較ができる実験装置〈衝突〉とその特性（○：特性）	
「斜面を利用した衝突実験装置」	「振り子を利用した衝突実験装置」
<ul style="list-style-type: none"> ・角材にカーテンレールを2組取り付け、その上に単三乾電池を置く。 ・ボールを使って衝突させる。 ・使用するボールは同じ大きさで重さが異なるものである。 ○レールの傾きを自由に変えることができるため、転がす高さを容易に変えられる。 ○条件を変えた比較実験が同時にできる。	<ul style="list-style-type: none"> ・角材にカーテンレールを2組取り付け、その上に単三乾電池を置く。 ・振り子を使って衝突させる。 ○フィルムケースに砂や鉄球を入れて、重さの異なるおもりを用意する。ふたを取って中身を変えることで、簡単に重さの違うおもりに変えることができる。 ○条件を変えた比較実験が同時にできる。
<p>図1 斜面を利用した衝突実験装置</p>	<p>図2 振り子を利用した衝突実験装置</p>

同時比較ができる実験装置〈振り子〉とその特性（○：特性）	
「棒振り子の実験装置」	「V字形振り子の実験装置」
<ul style="list-style-type: none"> ・糸の代わりに棒を用い、棒振り子にした。 ・軌道がずれないように、支柱と棒の先端に穴をあけ、その部分に鉄芯を通して振らせる。 ○粘土を加えることで、自由に重さを変えることができる。 ○条件を変えた比較実験が同時にできる。	<ul style="list-style-type: none"> ・振り子の軌道がずれないように糸をV字形にした。 ○フィルムケースに砂や鉄球を入れて、重さの異なるおもりを用いる。ふたを取って中身を変えることで、簡単に重さの違うおもりに変えることができる。 ○条件を変えた比較実験が同時にできる。
<p>図3 棒振り子の実験装置</p>	<p>図4 V字形振り子の実験装置</p>

4 研究の実際（5年1組29名、5年2組29名）

（1）事象提示の有効性

－問題意識を焦点化し、条件制御の必要性を感じる事象提示であったか。また、それが条件制御の資質・能力を育てるのに有効であったか。－

図5のように5年1組には「衝突①」を、5年2組には「衝突②」を提示し、おもりの働きを追究する活動を展開した。その後、1組には「振り子①」を、2組には「振り子②」を提示した。具体的な展開は、次の項で述べる。

なお、条件制御の設定能力の変容を調べるために、事前調査（学習前）、中間調査（学習中）事後調査（学習後）を実施した。

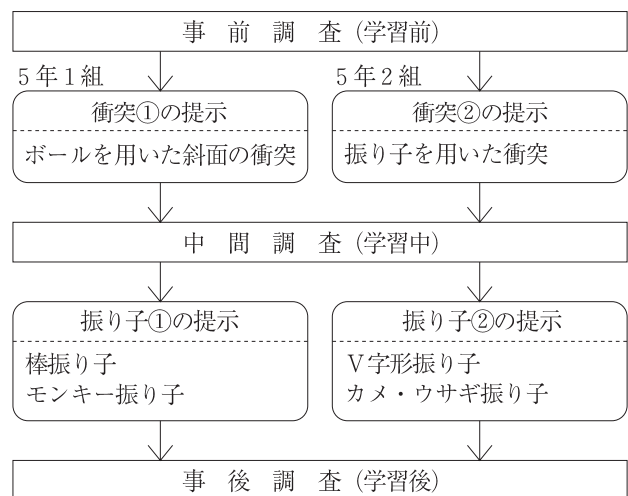
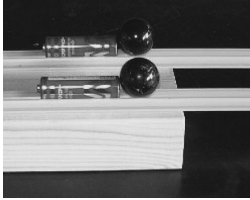
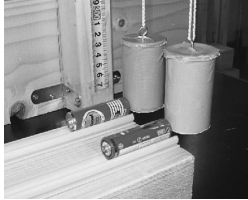


図5 条件制御の資質・能力に関する調査
（1組：N=29 2組：N=29）

① 衝突における事象提示の有効性

ア 問題意識が焦点化され、条件制御の必要性を感じたか

既存の概念と相反する現象を提示して問題意識を焦点化させ、追究の方向を明確にする	
「衝突①」	「衝突②」
<p>見た目には、同じ重さのボール（一方は重いボール）を提示。重いボールを斜面の途中から転がし、乾電池に当てた。もっと遠くに飛ばすには、もっと高い所から転がせばよいという意見がでたので、高い所から同時に転がし衝突させた。すると、児童の予想に反し、乾電池はあまり動かなかった。このような現象を提示して、問題を焦点化させた。児童は、「なぜ、高い所から転がしたのに飛ばなかったのか」疑問を抱いた。そこで、ボールが乾電池を動かす働きは、何によってかわるかを追究することとした。「重さが関係しているのかも知れない」という考えをもつ児童がでた。条件をそろえて調べないとはっきりしないという考えをもつようになった。</p>	<p>見た目には同じ重さの振り子（一方は重い振り子）を提示。レール上に置いてある乾電池に一方の振り子を衝突させた。もっと遠くに飛ばすには、振り子の振れ幅を大きくすればよいという意見がでたので、振れ幅を変えて同時に衝突させた。すると、児童の予想に反し、振れ幅の小さかった方がよく飛んだ。このような現象を提示して、問題を焦点化させた。児童は、「なぜ、振れ幅が小さいのによく飛んだのか」疑問を抱いた。そこで、振り子が乾電池を動かす働きは何によって変わるかを追究することとした。「重さが関係しているのかも知れない」という考えをもつ児童がでた。条件をそろえて調べないとはっきりしないという考えをもつようになった。</p>
 <p>図6 見た目には同じ重さのボール（衝突①）</p>	 <p>図7 見た目には同じ重さの振り子（衝突②）</p>

このように問題意識が焦点化され、条件制御の必要性を感じて追究する姿が見られた。

イ 条件制御の設定能力は身に付いたか（衝突）

条件制御の設定能力の変容を調べるために、中間調査を行った。調査問題を図8及び図9に示す。

1組はボールを用いた斜面の衝突の学習、2組は振り子を用いた衝突の学習である。衝突の学習直後に、それぞれの学習で提示した事象と同じ条件制御を問う問題を課した。例えば、1組では「ボールを重くすると飛距離が長くなるのではないか」という考えを確かめるために、おもりの重さやボールを転がす位置をどうするかということに答える問題である。3つの選択肢から選ぶもので、すべての条件について正しく選択した場合を正答とした。結果を図10及び図11に示す。両クラスとも同等の正答率を示している。2クラスで行った異なる事象提示は同等の効果があったと考えられる。

No. 2
しゃめんからボールをころがします。
ボールの重さを重くすると、木が動きよりは長くなるのではないか。

Q1 この考えを確かめるには、図のボールやボールをはなす位置をどうしますが、それぞれ1つに○をつけてください。それらを選んでおわりも書きましょう。

どれを選ぶかな？	方法の説明	
ア() 重いボールに変える。	アの方法 ● 重いボール ○ 同じボール	イの方法 ○ 同じボール
イ() 同じ重さのボールのまま。	アの方法 ○ 同じボール	イの方法 ○ 同じボール
ウ() わからない。		
はなす位置	アの方法 ○ 位置をかえる	イの方法 ○ 位置をかえない
ア() 位置をかえる。		
イ() 位置をかえない。		
ウ() わからない。		
選んだおわり		

図8 条件制御を問う問題（1組）
（「ボールの重さと飛距離」問題）

No. 3
5年 組 番 なまえ
ふりこを乾電池にしようとしてみます。
おもりを重くすると、乾電池が動きよりは長くなるのではないか。

Q1 この考えを確かめるには、ふりこの重さやふりこばねの長さや振り子の長さをどうしますが、それぞれ1つに○をつけてください。それらを選んでおわりも書きましょう。

どれを選ぶかな？	方法の説明	
ア() 重いおもりに変える。	アの方法 ● 重いおもり	イの方法 ○ 同じおもり
イ() 同じ重さのおもりのまま。	アの方法 ○ 同じおもり	イの方法 ○ 同じおもり
ウ() わからない。		
ふりこばね	アの方法 ○ ふりこばねをかえる	イの方法 ○ ふりこばねをかえない
ア() ふりこばねをかえる。		
イ() ふりこばねをかえない。		
ウ() わからない。		
振り子の長さ	アの方法 ○ 振り子の長さをかえる	イの方法 ○ 振り子の長さをかえない
ア() 振り子の長さをかえる。		
イ() 振り子の長さをかえない。		
ウ() わからない。		

図9 条件制御を問う問題（2組）
（「振り子の重さと飛距離」問題）

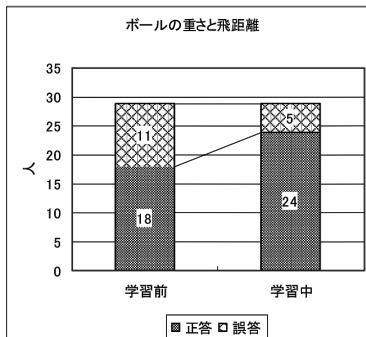


図10 衝突の条件制御（1組）
（「ボールの重さと飛距離」問題）

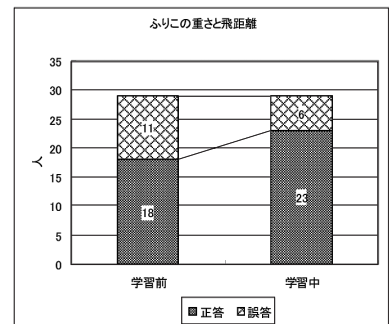


図11 衝突の条件制御（2組）
（「振り子の重さと飛距離」問題）

ウ 条件制御の設定能力が転移できるまで高まったか（転移）

次に、衝突で習得した条件制御の設定能力が転移できるまで高まったか調べた。衝突の学習直後に未習の条件制御の問題（振り子の条件制御を問う問題図12）を課した。「おもりの重さを重くすると1往復する時間は長くなるのではないか」という考えを確かめるために、おもり・ひも・ふり方をどのようにするかをきいた。すべての条件について正しく選択した場合を正答とした。

図13及び図14はクラス別の調査結果である。学習前に比べて2クラスとも誤答者が半数近く減り、正答者が増えてきている。衝突の学習における2つの事象提示の効果と比較するために、正答から誤答、誤答から正答へと考えを変えた児童を1×2表に集計し、検定（直接確率計算 両側検定）をそれぞれ行った（表2、表3）。その結果、1組にのみ有意差が認められた（ $p=.01$ ）。1組の正答者が有意に多くなることが分かった。このことから、1組の「ボールを用いた斜面の衝突」の学習は、未習である振り子の条件制御の問題にも転移する効果があると言える。

1組は、斜面にボールを転がして衝突させる学習である。この学習は、振り子の衝突に比べて調べる変数が少ないのが特徴である。そのために、条件制御の場面がとらえやすく、条件制御の考えを身に付けやすかったと考えられる。一方、2組は、振り子を振らせて衝突させる学習である。調べる変数が多いため、条件制御の設定がやや複雑になる。そのため、条件制御の考えが1組と比べて身に付きにくかったと考えられる。転移できた児童が前者に比べてやや少なかったのは、このためであると考えられる。

以上のことから、条件制御の資質・能力を育てるためには、まず変数の少ない場面で考えさせ、より複雑な場面へと発展させていくことが効果的だと考えられる。

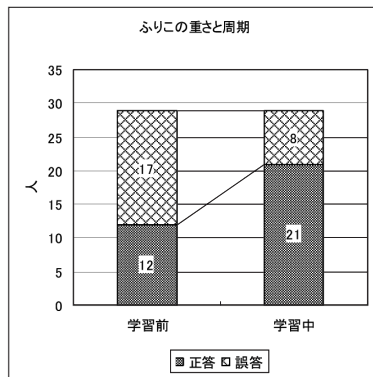


図13 振り子の条件制御（1組）

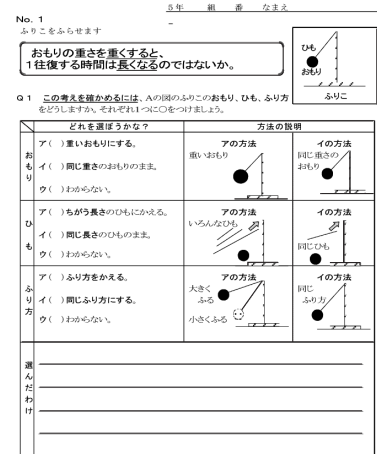


図12 条件制御を問う問題
（「振り子の重さと周期」問題）

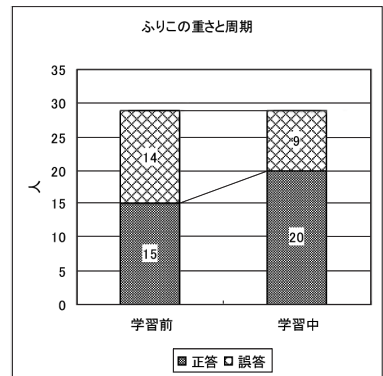


図14 振り子の条件制御（2組）

表2 衝突の学習前後の正誤①（検定）

	正→誤	誤→正
振り子の重さと周期の問題（1組）	1	10

$p=.01$

表3 衝突の学習前後の正誤②（検定）

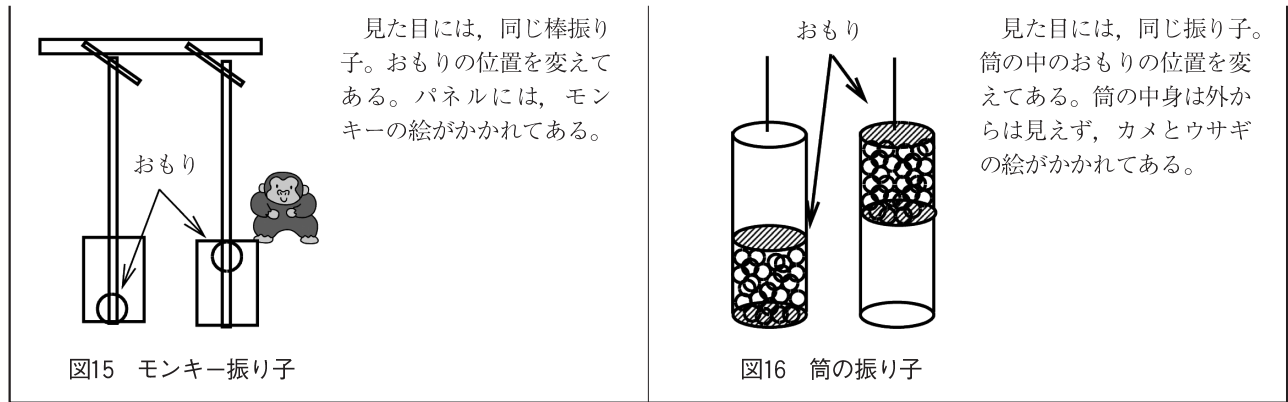
	正→誤	誤→正
振り子の重さと周期の問題（2組）	2	7

$p=.17$

② 振り子における事象提示の有効性

ア 問題意識が焦点化され、条件制御の必要性を感じたか

既存の誤った概念を強める現象を提示して問題意識を焦点化させ、概念の転換を促す	
「振り子①」	「振り子②」
<p>モンキー振り子を提示。見た目には、同じ振り子（おもりの位置が異なる棒振り子）であるが、周期が異なる。この振り子を用いることにより、児童は、周期の違いはおもりの重さが違うからという考えをより強くもつようになった。そこで、重さによって1往復する時間が変わるかどうか確かめることになった。その考えを確かめるためには、重さだけを変えて実験すればよいという考えをもつようになった。実験してみると反証を得る結果になった。この結果が子どもの既存の概念をゆさぶり、新たな問題意識を喚起させた。他の要因（振れ幅・おもりの位置）を探すという追究へと発展した。</p>	<p>カメとウサギの振り子を提示した。見た目には同じ振り子（糸の長さが異なる振り子）であるが、周期が異なる。この現象を見た児童は、「振れ幅も同じだし、糸の長さも同じだから、重さに関係していると思う。」と考えた。この振り子を用いることにより、周期の違いはおもりの重さが違うからという考えをより強くもつようになった。そこで、重さによって1往復する時間が変わるかどうか確かめることになった。その考えを確かめるためには、重さだけを変えて実験すればよいという考えをもつようになった。実験してみると反証を得る結果になった。この結果が児童の既存の概念を揺さぶり、新たな問題意識を喚起させた。他の要因（振れ幅・おもりの重さ）を探すという追究へと発展した。</p>



イ 条件制御の設定能力は身に付いたか (振り子)

振り子の学習直後に、振り子の条件制御の設定能力を調査した。結果を図17から図18に示す。全体の9割近くの児童が正答している。表4及び表5は、「振り子」の学習の効果を明らかにするために、学習前と学習後において考えに変化があった児童を集計して検定 (直接確率計算 両側検定) した結果である。その結果、2クラスとも有意差がみられた ($p=.00$ $p=.00$)。したがって、両クラスで行った振り子の学習は効果があったと言える。

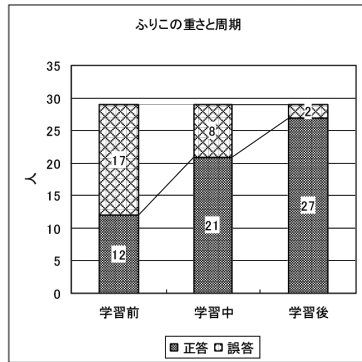


図17 振り子の条件制御 (振り子学習直後1組)

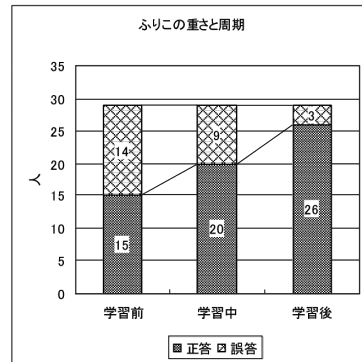


図18 振り子の条件制御 (振り子学習直後2組)

表4 振り子の学習前後の正誤① (検定)

	正→誤	誤→正
振り子の重さと周期の問題 (1組)	1	12
$p=.00$		

表5 振り子の学習前後の正誤② (検定)

	正→誤	誤→正
振り子の重さと周期の問題 (2組)	0	15
$p=.00$		

ウ 他の単元における「日光と成長」の条件制御を問う問題へ転移できたか (転移2)

衝突及び振り子の学習を通して獲得された条件制御の資質・能力が、「日光と成長」の学習における条件制御を問う問題にも転移できたのかを調査した。図19は「日光と成長」の条件制御を問う問題である。図20は、その結果を示したものである。学習後の正答者が多くなっている。

転移の効果を明らかにするために、学習前と学習後において考えに変化があった児童を集計して検定した (直接確率計算 両側検定) 結果 (表6), 有意差がみられた。本実践で培った条件制御の資質・能力は、他の条件制御を問う場面にも転移できるまで高まったと言える。

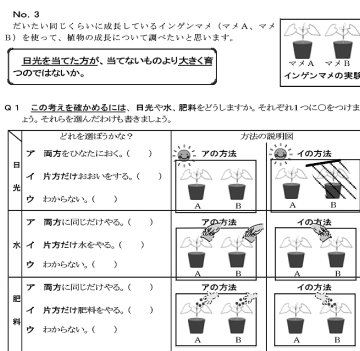


図19 「日光と成長」の条件制御を問う問題

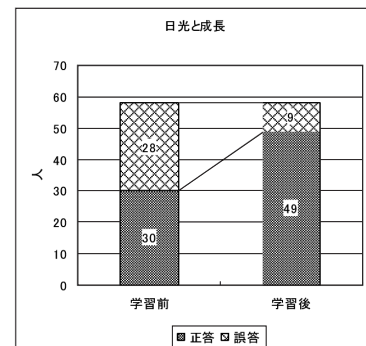


図20 「日光と成長」の条件制御 (衝突及び振り子の学習前後1・2組)

(2) 同時比較ができる実験装置の有効性

一条件制御の資質・能力を育成するのに適した実験装置であったかー

授業では、同時比較ができる実験装置を用いて衝突や振り子の実験方法を考えさせた。この実験装置の有効性を児童の発話から検証した。

図21は、「振り子の周期が重さによって変わる」という考えを確かめるために、班で実験方法を相談しているときの典型的なプロトコルである。～線の部分から、実験装置を思い描きながら具体的な実験方法を考えていることが分かる。重さ以外の条件を統一する必要性を感じている。同時に振り子を振らせる本実験装置の効果がうかがえる。

図22は、「重さが変わると1往復する時間が変わる」という考えを確かめている班のプロトコルである。重くなると1往復する時間は変わるとして実験している。しかし、結果は予想に反していた。糸の長さを確認し、何回も実験しようとしていた。同時に振らせる振り子実験装置は、瞬時に考えを確かめることができるため、実験方法を見直したり結果を考察したりする上で有効だと言える。

本研究で用いた実験装置は、2つのおもりを同時に操作できる特徴をもつ。そのため、常に比較しながら実験方法を考えることができ、条件制御の考えをもたせるのに効果的であったと言える。また、条件を変えて実験した結果の違いが実感できるため、確証や反証を得た喜びや驚きを引き出すことができた。斜面を利用した衝突実験装置は条件制御の実験方法を考える上で特に有効であることが分かった。

表6 単元の学習前後の正誤(検定)

	正→誤	誤→正
日光と成長の問題(1・2組)	3	22

p=.00

【A班】 T:教師 C:児童
 T1: どうやって実験するの
 C1: (実験方法をプリントにかいた図を指し示しながら) こっちが重いおもりで、こっちは軽いおもりで、同じ角度から一緒に放して返ってくる時間を確かめる。
 T1: 糸は?
 C1: 糸の長さもみな同じ。重さ以外はすべて同じにする。
 T1: 何が同じなの
 C1: えっと。放す角度と糸の長さで・・・もうないかな。
 図21 実験方法を相談しているときのプロトコル

【B班】 C:児童
 重さの違う振り子を同時に振らす。
 (振れ幅と糸の長さは同じにしてある)
 C1: かわんないじゃん!
 C2: 何でかわんないんだー
 C3: もう1回やってみよう
 C2: あれっ。
 C3: あれっ。
 C2: 重さ関係ないのかー
 C3: えっ!
 図22 実験をしているときのプロトコル

5 研究の成果と課題

本研究では、条件制御の資質・能力を育てる指導の在り方を事象提示及び実験装置から検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- ①自分の考えとの矛盾やずれと遭遇させる事象提示は、問題意識を形成させ、条件制御の必要性を感じさせること。
- ②同時比較ができる実験装置は、条件制御の実験方法を考えやすくさせ、条件を変えた実験結果を実感させること。
- ③ボールを用いた衝突の学習は、振り子を用いた衝突の学習よりも条件制御の考えを転移させる効果があること。したがって、問題意識を焦点化させる事象を提示して追究課題を明確にし、同時比較ができる実験装置を用いて追究活動を行えば、条件制御の資質・能力が育つと言える。

問題解決能力の育成を目指す理科教育では、日常生活の中から問題を見出し、解決していきけるような資質・能力まで高めなければならない。しかし、児童の日常生活においては、条件制御の場面が極めて少ないのが現状である。今後は、おもりの性質を利用したいろいろなものにふれ、その中から問題を見出すなど、日常生活と関連させた追究活動の在り方を検討していきたい。

引用文献

- 1) 村山哲哉「問題解決の資質・能力を育てる学習指導の工夫ー第5学年「植物の発芽と成長」の学習を通してー」『理科の教育』東洋館出版社, 2000, Vol.49, No.12, 20-22pp
- 2) 中島稔「ものづくりとの関連を図りながら条件制御の資質・能力を育成する課題選択学習ー第5学年「おもりの動きとはたらき」ー」『理科の教育』東洋館出版社, 2001, Vol.50, No.4, 16-18pp
- 3) 水澤哲「条件制御の資質・能力を育成する学習指導のあり方」『理科長研報告』2002, 21-30pp
- 4) 村山実「実感を伴った理解を促す実験装置の工夫」ー小学校第5学年「おもりの動きとはたらきー」『理科の教育』東洋館出版社, 2001, Vol.50, No.10, 42-45pp