

<原著論文>

おもりの質量が異なる振り子実験の周期の解釈を阻害するミスコンセプション

茨城県霞ヶ浦環境科学センター

(前 筑波大学大学院修士課程・茨城県阿見町立本郷小学校)

宮本直樹

Misconceptions about Interference in the Interpretation of the Period in a Pendulum  
Experiments into Different Masses

Ibaraki Kasumigaura Environmental Science Center

Naoki MIYAMOTO

キーワード：ミスコンセプション，解釈，振り子のおもりの質量，長さ，振れ角

KEY WORD: Misconceptions, Interpretation, Pendulum Masses, Length of String  
Angle of Amplitude

## 概要

本研究では、小学校理科教科書に記述されているおもりの質量が異なる振り子実験に着目し、振り子実験の前・後の児童の周期に関する解釈を阻害する要因を質的に調査した。その結果、以下の4点が明らかとなった。

- (1) 実験前に「おもりの速さは質量に依存する」といったミスコンセプションを表出する児童が多数存在した。
- (2) 児童は実験前にもっていたミスコンセプションに根拠を付加し、それを固持する。そのため、実験後もミスコンセプションが変容しない児童が多く見られた。
- (3) ミスコンセプションに付加する根拠として空気抵抗を考える児童が多く存在した。
- (4) 周期の差異が生じる要因を測定誤差や実験操作の不正確さ、条件設定の不備と考えない児童が存在した。

## 1 はじめに

旧小学校学習指導要領解説理科編には「児童には、糸につるしたおもりが1往復する時間は、おもりの重さに関係があるという見方や考え方をもつ者が多い。」<sup>1)</sup>との記述がある。このことから、質量が異なる振り子実験を解釈することは児童にとって困難な課題であるといえる。隅田は「小学5年生において振り子のおもりの重さの違いと振り子の運動の学習を行っても、おもりが重くても軽くても

振れの速さは同じであるという認識をもつ小学6年生は、大きく増加しない」<sup>2)</sup>と述べている。さらに、Matthewsは「コルクのおもりと真鍮のおもりを同時に振らせ、コルクのおもりの方が早く止まってしまう現象から振り子の動きの法則を承諾させることは難しい。」<sup>3)</sup>と論じ、質量が異なるおもりの振り子運動の理解の困難さを指摘している。Kwonらは「児童は振り子の周期を決定する要因はおもりの質量の差異であるという信念をもち、さらに、仮説を生成する場面においても、35.1%の児童が振り子の周期を決定する要因はおもりの質量の違いであると推論している。」と述べ<sup>4)</sup>、実験前にもっている児童のミスコンセプションの存在を指摘している。

質量が異なるおもりの振り子運動を児童が理解できない原因・背景についてもいくつかの研究報告がされている。Staffordは、実験時の独立変数の同定困難の観点<sup>5)</sup>から、西川は誤差認識の立場から理解の困難さ<sup>6)</sup>を指摘している。このような現状を打破するため、いくつかの指導法の開発や実践が報告されている<sup>7)8)9)10)11)12)</sup>。

しかし、これらの先行研究は、おもりの質量が異なる振り子実験後における児童の理解の困難さや原因・背景、開発した指導法実施後の理解度を論じているだけで、おもりの質量が異なる振り子の周期は等しい、という児童の解釈を阻害している要因を質的に調査した研究ではない。

## 2 研究の目的及び方法

本研究では、まず、2008年度版の教科書の振り子の振れ角<sup>13)</sup>、長さとおもりの形状の条件設定について調査し、教科書で設定されている条件のもとに実際に授業実践を行い、おもりの質量が異なる振り子実験の前・後における児童の周期に関する解釈を阻害する要因について調査する。調査方法は、児童が記述したレポートの記述内容の分析及び発話プロトコルといった質的調査である。

## 3 教科書における振り子の実験の設定条件

おもりの質量が異なる振り子実験時の振れ角は、6社中4社が振れ角20°以上30°以下、2社が振れ角20°未満である(表1)。さらに、振り子の長さは、6社中1社が30cm、4社が50cm、1社が100cmである。また、球形をしていないおもりを実験時に使用している教科書は6社中4社、球形をしているおもりを実験時に使用している教科書は2社である。

表1 教科書6社のおもりの質量が異なる振り子実験時の振れ角、振り子の長さとおもりの形状

社名	振れ角	振り子の長さ	おもりの形状
KY <sup>14)</sup>	10°	30cm	小麦粉を入れたフィルムケースと砂を入れたフィルムケース
KE <sup>15)</sup>	約11°	50cm	実験用梘子の分銅1個(10g)と分銅2個(20g)
S <sup>16)</sup>	20°	50cm	30g, 60g, 90gの球
D <sup>17)</sup>	約24°	50cm	ガラス球とそのガラス玉より重い球 [別のおもりとして、実験用梘子の分銅1個(10g)と分銅2個(20g)も提示]
G <sup>18)</sup>	30°	50cm	砂を入れたフィルムケース(50g)と鉄球を入れたフィルムケース(100g)
T <sup>19)</sup>	30°	100cm	実験用梘子の分銅1個(10g)と分銅2個(20g)

[振れ角や振り子の長さについて記載がないものは、本文中の記述内容や写真、イラスト、作成されたグラフ等から判断した。]

#### 4 授業実践

##### (1) 対象及び実施日等

対象は茨城県公立小学校第5学年1クラス32名である。実施日は2008年3月17日であり、授業実践は筆者が行った。単元名は「ふりこの動きとおもりのしょうとつ」<sup>20)</sup>であり、本時の目標は「振り子の1往復する時間はおもりの重さに関係ないことを理解する。」である。

##### (2) 教材及び指導方法

振り子の振れ角は $20^{\circ}$ 以上 $30^{\circ}$ 以下、振り子の長さは50cmを6社中4社が採用しているため、D社の振れ角と振り子の長さを平均的と考え、振れ角(約 $24^{\circ}$ )、振り子の長さ(50cm)を設定するように指示をした。また、表1に示したように、振り子実験時に使用するおもりの形状は、各社様々であるので、おもりの質量のみが異なることを児童に実感させるため、同じ球形とし、同体積であるものを使用した方がよいと考えた。そこで、図1に示したおもりを使用することにした<sup>21)</sup>。この2つの球は同体積( $28.73\text{cm}^3$ )であり、重いおもりは金属球(228g)でAとし、軽いおもりは木球(18g)でBとした。

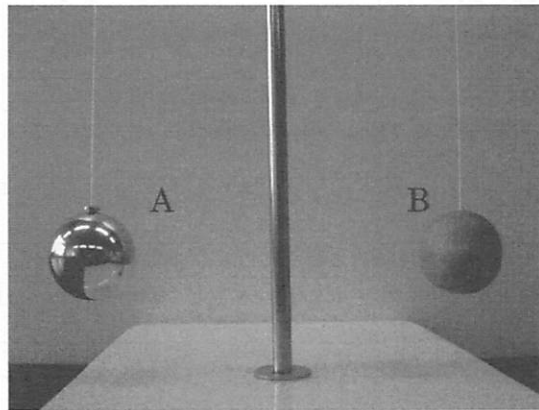


図1 実験に用いた重いおもりA(左)と軽いおもりB(右)

また、測定には誤差が生じるため、振り子が10往復する時間を測定すること、この測定を3回行うこと、測定値の平均を算出することを事前に指導した。実際には、ストップウォッチを用いて振り子が10往復する時間を1/10秒まで読ませ、3回測定させた。さらに、その測定値を平均し、少数第2位を四捨五入させた。

#### 5 実践結果及び考察

##### (1) レポート記述内容の分析

おもりの質量が異なる振り子の実験前に「Aの振り子の方が、Bの振り子に比べて周期が長い。」「Bの振り子の方が、Aの振り子に比べて周期が長い。」を選択した児童は、それぞれ5名(15.6%)、12名(37.5%)存在していたが、実験後には減少した。他方、正答である「Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。」を選択した児童は実験前には15名(46.9%)であったが、実験後には28名(87.5%)に増加した(表2)。

表2 振り子実験前・後における選択児童数 (N=32)

選択肢	実験前	実験後
Aの振り子の方が、Bの振り子に比べて周期が長い。	5(15.6)	0(0)
Bの振り子の方が、Aの振り子に比べて周期が長い。	12(37.5)	0(0)
Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。	15(46.9)	28(87.5)
その他(上記3つ以外の答え)。	0(0)	0(0)
わからない(記述なしも含む)。	0(0)	4(12.5)

[表中のAの振り子は重いおもり、Bの振り子は軽いおもりを示す。実験前の選択肢の児童数はレポートの予想欄から、実験後の選択肢の児童数はレポートの考察欄から判断した。なお、単位は人、( )内は%である。]

さらに、実験前に正答である「Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。」を選択した児童が32名中15名(46.9%)のレポートの予想欄の記述内容を詳細に分析すると、振り子の速さや動く距離(範囲)はおもりの質量に依存していると考えた児童が15名中12名(80.0%)いた(表3)。

表3 予想時に振り子の速さや動く距離(範囲)はおもりの質量に依存していると考えた児童の記述例及びその人数 (N=12)

児童の記述例 ( )内は筆者が加筆	人数
● 重いおもりはスピードが速くなる。だから、高い位置まで上がる。軽いおもりはスピードが遅い。だから、高い位置まで上がらない。	6
● 軽いおもりは風の抵抗を受けやすく(なるため)遅くなり、重いおもりはゆっくりになるから変わらない。	3
● 重いおもりは高く上がらない。軽いおもりは軽い分高く上がりすぎる。	1
● 重いおもりは下(最低点)に下がるスピードは速いけど(最高点に)上がるスピードが遅い。軽いおもりは重いおもりの反対になる。	1
● 軽いおもりの出だしは遅いけど、重いおもりにその後、追いつく。	1

表3より、「Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。」を選択した児童でも「重いおもりも軽いおもりも同じ動きをするため周期は等しい。」という概念をもっている訳ではないことがわかる。シャムペインらは、「①金属のブロックは、プラスチックのブロックより重い。②重い物体は、軽い物体よりも速く落ちる。③したがって、金属のブロックは、プラスチックのブロックよりも速く落ちる。④金属のブロックは、プラスチックのブロックより少ない時間で点0(落下地点)に到達する。」<sup>22)</sup>といったようなミスコンセプションを物理状況に適用すると述べている。おもりの質量が異なる振り子実験においても、児童はこの自由落下と同様な考えを適用し、おもりの速さはおもりの質量に依存するというミスコンセプションを表出したと推測できる。

実験後のレポートの考察において、「Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。」を選択したと児童が32名中28名(87.5%)いた(表2)。児童のレポートの考察欄の記述内容を詳細に分析すると、振り子の速さや動く距離(範囲)はおもりの質量に依存していると考えた児童が、28名中10名(35.7%)も存在した(表4)。

表4 考察時に振り子の速さや動く距離(範囲)はおもりの質量に依存していると考えた児童の記述例及びその人数(N=10)

児童の記述例 ( )内は筆者が加筆	人数
• 軽いおもりは(速さ)が速く、動く距離が長い。重いおもりは(速さ)が遅く、動く距離が短い。	6
• 重いおもりも軽いおもりも周期が変わらないのは、空気との関係があるからだと思う。重いおもりはおもりの重さが重いから、空気の衝突した時の影響が少ない。だから速さが弱まることはないと思う。軽いおもりは本当は周期は速いけど軽いので空気との衝突の影響が大きい。だから、重いおもり、軽いおもりの周期は変わらないのだろう。	2
• 重い球は軽い球より速く落ちる。球を上投げあげると重い球より軽い球の方が高く上がる。それが半分ずつになってほしい時間が同じになると思う。	1
• おもりの重さ(によって)速さに変化する。	1

表4より、実験後に正答である「Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。」を選択した児童でも「重いおもりも軽いおもりも同じ動きをするため周期は等しい。」という概念獲得には至っていないことがわかる。児童はおもりの速さ、動く距離(範囲)は質量に依存するというミスコンセプションが強固なため、実験や測定を行っても「重いおもりも軽いおもりも同じ動きをするため周期は等しい。」という理解に至らないと推測できる。また、「軽いおもりは風の抵抗を受けやすく、遅くなっていた。風の抵抗を受けると遅くなるのは、ランドセルだけでは速く走れるが、ランドセルの中身が重くなると速く走れない。」と記述した児童も存在したことから、重いおもりと軽いおもりの周期の実験データが異なっていたものの、データの差異の要因を導くために日常生活の一場面を取り上げ、ミスコンセプションに根拠を付加したことがわかる。

さらに、正答である選択肢「Aの振り子も、Bの振り子も周期は同じ。」を選んだ児童28名中8名(28.6%)のデータに0.1秒以上、重いおもりと軽いおもりの周期に差異が生じていた。その8名中4名は、重いおもりと軽いおもりの周期の差異は空気抵抗により生じると考えていた。この4名は「重いおもりも軽いおもりも同じ動きをするため周期は等しい。」と認識することができず、周期の差異が生じる要因を測定誤差や実験操作の不正確さ、条件設定の不備と考えず、空気抵抗という要因をもち出したと推測できる。

(2) 実験前・後の発話プロトコル

表5と表7のプロトコルは実験前の予想場面、表6と表8、表9のプロトコルは実験後の解釈場面のものである。なお、表5と表6のプロトコル、表7と表8のプロトコルは同じ班のものである。

表5 予想場面におけるミスコンセプションの表出

01A2: 重いおもりの方が周期が短いと思う。だってさあ、木(球)の振り子は軽いじゃん。
02A1: だからさ、重い分、行く反動は速くなる。
03A3: だからさ、こう(手で振り子が上がっていく様子を表現しながら)勢いがつくけど、離したら、こっちまでずっと行く。
04A1: そうだけど、そうだけど、でも重いからさあ(振り子の動きが)適当だと思う。
05A1: 先生、この間、空気抵抗、受けるって言ってたじゃん。
06A2: そうそう、(木球は)空気抵抗受ける力が小さいから・・・。
07A1: 木(球)は軽いから空気抵抗を受けちゃう。
08A3: (木球は空気抵抗)受けちゃう。
09A1: (木は空気抵抗)受けちゃうから・・・。

[表中のA1~3(B1~3, C1~4)は児童を示す。数字はトランスクリプトの通し番号を示す。なお、

( ) は状況を分かりやすくするため、非言語的行為も含め筆者が加筆したものである。以下の表6-9も同様である。]

01A2 では、軽いおもりは動きが遅いため、重いおもりは周期が短いとしている。そして、02A1, 03A3 においても、A1 と A3 は重ねて根拠付けを行っている。しかし、04A1 では、A1 は A1 と A3 の理由に同意していない状態である。そして、04A1 において A1 は班の児童を納得させるような根拠を示すことができない。そこで、05A1 において A1 は空気抵抗を提案した。06A2 において、A2 より空気抵抗はおもりの質量に依存する意見が述べられると、A1 と A3 は空気抵抗を根拠として受け入れ、その後、B (木球) は軽い分、空気抵抗を受けるので周期は長いという結論に至る。このプロトコルより、軽いおもりは重いおもりより空気抵抗を受け、おもりの速さは質量に依存するというミスコンセプションが表出したことがわかる。班の児童はこの空気抵抗を根拠に周期は軽いおもりの方が長いという予想を立て、「B (木球) の振り子の方が、A (金属球) の振り子に比べて周期が長い。」を選択し、「重いおもりは空気抵抗を受ける力が少ないので少し速い。軽いおもりは空気抵抗を受けやすいので少し遅くなる。」といった理由を記述した。

表6 解釈場面における根拠の付加

01A1 : わかった。面積が小さいほど圧力(空気抵抗)がかかる力が少ないのね。だから、あんまり空気抵抗を起こさないんじゃない。
02A1 : 面積が小さいほど空気抵抗は起きないんじゃない。
03A4 : それは、そうじゃない。 (間)
04A3 : 面積一緒だよ。
05A1 : 一緒だけど、それは重さの関係もある。ちがうよ。本当は重さに関係がないんじゃない。

01A1, 02A1 において、A1 は解釈する場面でも空気抵抗をもち出し、面積と空気抵抗の関係を示した。その後、04A3 において、A1 は A3 に重いおもりも軽いおもりも面積は等しいことを指摘され A1 は重いおもりも軽いおもりも面積は等しいことを受け入れた。そして、05A1 において、A1 はおもりの重さに着目し、空気抵抗はおもりの質量に関係があるといったん話したが、おもりの質量によって、周期は変わらないと考えた。その後、A1 は「おもりの質量が変わってもあまり速さは変わらず、(周期は) 少ししか変わらないので空気抵抗は面積が小さいほど、重さが軽いほど空気抵抗が少ないのではないだろうか。」とレポートの考察欄に記述し、重いおもりでも軽いおもりでも周期はほぼ同じであるという結論を導出したものの、空気抵抗という根拠を付加した。加えて、表6のプロトコルやレポートの考察の記述内容から、A1 は周期の差異が生じる要因を測定誤差や実験操作の不正確さ、条件設定の不備と考えていないこともわかる。

表7 予想場面におけるミスコンセプションの形成

01B1 : 軽いと風の抵抗を受け易いんじゃない。
02B2 : 軽いと風の抵抗を受けにくいんじゃない。
03B1 : 受けにくいのか? B3.
04B3 : え。
05B1 : 軽いと風の抵抗を受けにくいのか?
06B3 : 軽いからどっかに飛んでっちゃうんだよ。

07B1：だから、風の抵抗を受け易いんだよね。  
 08B2：あっ、そうか。  
 09B1：重い方だと風の抵抗を受けにくいから、だから、こっち（軽いおもり）は風の抵抗を受けて遅くなるし、こちらは重いから、重いおもさでいくから（遅くなる）。  
 10B2：それが、同時か。うん、うん。  
 11B1：同じぐらいになるから、変わらない。  
 12B2：あっ、そうか。

01B1～08B2 の発話は、軽いおもりと風の抵抗の関係についての議論である。06B3 の発言で、08B2 において B2 は軽いおもりだと風の抵抗を受け易いという考えを受け入れた。そして、09B1 から 12B2 の発話において、B1 は「軽いおもりだと風の抵抗を受け易い」という根拠をもとに軽いおもりの速さは遅く、重いおもりは動きにくいので速さは遅くなると考え、どちらも遅くなるので「周期は等しい」と結論づけた。その後、B1 は「軽いおもりは風の抵抗を受けやすく遅くなり、重いとゆっくりになるから周期は変わらないと思う。」とレポートの考察欄に記述した。このように、発話を通して風の抵抗を根拠に、おもりの速さは質量に依存するというミスコンセプションが形成された。他方、B2 は B1 の「軽いおもりだと風の抵抗を受け易い」という意見に同意したにもかかわらず、「風の抵抗で変わると考えます。軽いおもりは放す時、風の抵抗で速くなります。逆に重いおもりはすごく重いため風の抵抗を受けにくいと思います。そして、速くなったおもりと遅くなったおもりの周期がだいたい同じだと思いました。」とレポートに記述した。B2 にとって、同意した意見と矛盾する記述内容となった。これは、「抵抗を受け易い」と「おもりの速さが速い」ことを同一視してしまった結果であるといえる。このように、風の抵抗とおもりの速さの関係は理解困難な内容である。

表 8 解釈場面におけるミスコンセプションの再形成

01B2：ねね。風の抵抗っていうことはさあ、球と何かの球と空気がぶつかったことを抵抗って言うの？  
 02B1：風の力によって、ん、ねえ B3、抵抗ってさあ、風の力ってさあ・・・。  
 03B2：それは風の衝突かな？  
 04B1：風と球の衝突で抵抗ができる。  
 05B1：(B3の方を見ながら) 空気と・・・。  
 06B2：空気と球の衝突によって風の抵抗が起きる。  
 07B1：うん。  
 08B2：えっ、そうなの？  
 09B1：えっ、えっ、ちがう。この中(教室の中)に風はないけど・・・。  
 10B2：(消しゴムで例えながら)これが空気。  
 11B1：(定規で例えながら)これが球。  
 12B1：(定規を動かしながら)これと・・・。  
 13B2：(消しゴムを押さえながら)ピコーンとぶつかった時に・・・。  
 14B1：ぶつかった時に風が起きて・・・。  
 15B2：それが抵抗になる。  
 16B1：そう。そんで、風がそこで起きて、風が起きて・・・。  
 17B2：風の抵抗になる。  
 18B1：風になって遅くなる。  
 19B3：ああ、そう言うことか。  
 20B2：それ(レポートに)書こう。おもしろいね。  
 (間)  
 21B1：これさあ、人は風が強い時走ると疲れる？ちょっと、いつもより風がない時走るより？  
 22B2：んん、あんま、変わらない。  
 23B1：変わらないか。  
 24B2：あのさあ、(左側に)人間がこう走ってんじゃん、(左側から)風がこっちに吹いているとすんじゃん、そしたらさあ、風の勢いが(追い風のように)いくんじゃない？  
 25B1：(風が)後ろから来たら走り易い。

26B2：逆に（右側に）人間がこっちに行って、（左側から）風がこっちに行ったら走りにくいよね。  
 27B1：それを考えたら・・・。  
 28B2：別に空気は動いてないから、多分ね。  
 29B1：変わってくるか・・・。  
 30B1：だから、ちょっと今のは違うんじゃない。  
 31B1：確かに。

表8のプロトコルから、班の児童は風の抵抗や空気抵抗による影響でおもりの速さが変化することだけに固執した話し合いを行っていることがわかる。

B1は「軽いおもりは風の抵抗を受けやすく、遅くなっていた。風の抵抗を受けると遅くなるのは、ランドセルの中身が重くなると速く走れないから。」とレポートの考察欄に記述した。風の抵抗、つまり空気抵抗を根拠に、おもりの速さは質量に依存するというミスコンセプションを再形成していた。さらに、表8のプロトコルから、児童B1-3は周期の差異が生じる要因を測定誤差や実験操作の不正確さ、条件設定の不備と考えていないこともわかる。

表9 解釈場面におけるミスコンセプションへの根拠の付加

01C1：重たいおもりは、あのさあ、重いおもりは、こうやって（スタンドに取り付けた振り子を演示しながら）空気に当たるから、重い空気と勝つというか、重いから勢いで空気に当たっても行くけど、軽い球は、本当は空気がない真空でやると、多分だけど、速さはこっち（重い球）の方が遅い。空気に当たった時、これ（軽い球）は軽いから、勢いがあっても空気に押されて速さが弱められる。わかった？  
 02C2：わかるけど、どう説明していいかわからない。  
 03C1：わかった？C4、わかった？  
 04C4：んー。  
 05C1：重いおもりがね、空気に当たった時に、重いから勢いとかで空気に勝てるというか、そのまま行くけど、軽いのは、空気に当たって速さが遅くなっちゃって、真空でやると、空気のないところでやると、（軽いおもりは）多分速いと思う。  
 06C4：風で変わっちゃうっていうこと？つまり？  
 07C1：真空でやって変わらなかったらどうする？  
 08C2：真空って？  
 09C1：空気のないところ。  
 10C2：空気のないところって？  
 11C1：宇宙とか、水の中でやると（周期は）変わるけど。  
 12C2：なんで水の中でやると変わるわけ。あっ、（抵抗が）空気と同じか。  
 （間）  
 13C1：うちの考えでは、空気のないところではこっち（軽い球）の方が速い。  
 14C3：うん。  
 15C1：軽い球は、空気に当たった時に、空気に押されて、いつもは速いんだけど、速さが少し落ちちゃって・・・。  
 16C3：速さが変わっちゃうっていうこと。  
 17C1：そうそう、少し弱まっちゃって、いつもは速いんだけど、少しゆっくり目になる。こっち（重い球）は重いから、（空気に）バーンって当たって弱くなる。

表9のプロトコルは、班の児童が重いおもりと軽いおもりの周期は等しいという結論に至った後の解釈場面に着目したものである。結論を支える理由や根拠を考えることができなかったため、C1は、01C1のように重いおもりと軽いおもりの周期が変わらないのは、空気に関係があると発言した。さらに、05C1以後、C1は、真空の状態での振り子の動きを示しながら、C2やC4に実験結果を納得させてしまう。その後、C1は真空の状態では、軽いおもりの方が速さは速く、周期が短いという考えをもち、C1はレポートの予想欄に記述した「周期が変わる。軽いおもりの方が、速く1往復する。」という内



容に根拠を付け加え、レポートの考察欄には「重いおもりも軽いおもりも周期は変わらないのは、空気との関係があるからだと思う。重いおもりはおもりの質量が重いから、空気の衝突した時の影響が少ない。だから速さが弱まることはないと思う。軽いおもりは本当は周期は速いけど軽いので空気との衝突の影響が大きい。だから、重いおもり、軽いおもりの周期は変わらないのだろう。真空だと軽いおもりの方が速いと思う。」と確証を高めた記述を行った。表9のプロトコル分析から、レポートの予想欄に記述したミスコンセプションに根拠を付加し、おもりの速さは質量に依存するというミスコンセプションを固持したことがわかる。

ただし、表5～9のプロトコルは3つの班に限定した質的な情報を提供する事例データであるため、学級全児童の根拠の付加やミスコンセプションに関することまでは言及できないことを断っておく。

## 6 おわりに

本研究では、教科書で設定されている条件のもとに実際に授業実践を行い、その授業の前・後における児童の周期に関する解釈を阻害する要因について調査した。その結果、質的な分析方法の範囲内であるが、実験前に「おもりの速さは質量に依存する」といったミスコンセプションを表出する児童が多数存在することがわかった。また、実験後に「おもりの重い振り子も、おもりの軽い振り子も周期は同じ。」という選択肢を選んだ児童でも、おもりの速さは質量に依存するというミスコンセプションが強固なため、実験や測定を行っても「重いおもりも軽いおもりも同じ動きをするため周期は等しい。」という概念獲得には至っていないことがわかった。つまり、児童は実験前にもっていたミスコンセプションに、根拠を付加しミスコンセプションを強固にした。そのため、実験後もミスコンセプションが変容しない児童が多く見られた。具体的には、空気抵抗という根拠を付加し、実験前に表出したミスコンセプションを強固にしていた。また、児童は周期の差異が生じる要因を測定誤差や実験操作の不正確さ、条件設定の不備と考えず、空気抵抗という要因をもち出して説明を行っていた。したがって、空気抵抗という根拠を付加した「おもりの速さは質量に依存する」というミスコンセプションが振り子の周期の解釈を阻害していた。

今後は、「おもりの速さはおもりの質量に依存する」というミスコンセプションを変容させる指導法を開発する必要がある。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、授業実践等にご協力いただきました茨城県阿見町立本郷小学校の児童の皆様へ感謝いたします。

## 付記

本研究の一部は、平成21年度日本学術振興会科学研究費補助金（奨励研究）（課題番号：21906024）によって行われた。

## 引用, 参考文献及び註

- 1) 文部省(1999):「小学校学習指導要領解説理科編」, p. 51, 東洋館出版社.
- 2) 隅田学(1995):「『振り子運動』に関する学習者の認知の発達的変容と学校理科学習の効果」, 日本理科教育学会, 『日本理科教育学会研究紀要』, 36巻, 1号, pp. 17-28.
- 3) Matthews, M. R. (2005): Idealisation and Galileo's Pendulum Discoveries: Historical, Philosophical and Pedagogical Consideration, in Matthews, M. R. et al. (eds.): *The Pendulum Scientific, Historical, Philosophical & Educational Perspectives*, Springer, pp. 209-235.
- 4) Kwon, Y., Jeong, J., Park, Y. (2005): Role of Abductive Reasoning and Prior Belief in Children's Generation of Hypotheses about Pendulum Motion, in Matthews, M. R. et al. (eds.): *The Pendulum Scientific, Historical, Philosophical & Educational Perspectives*, Springer, pp. 363-376.
- 5) Stafford, E. (2005): What the Pendulum Can Tell Educators about Children's Scientific Reasoning, in Matthews, M. R. et al. (eds.): *The Pendulum Scientific, Historical, Philosophical & Educational Perspectives*, Springer, pp. 315-348.
- 6) 西川純, 風間美紀(2000):「測定回数を増やすと振り子の周期とおもりの重さの関係は分かるか?」, 日本理科教育学会, 『理科の教育』, 49巻, 4号, pp. 56-57.
- 7) 村山尚士, 久保田善彦(2009):「『振り子』の学習理解に関する研究—振り子『おもりの重さ』概念と類似する自由落下学習を振り子学習前に行う影響—」, 日本理科教育学会, 『理科の教育』, 58巻, 4号, pp. 66-69.
- 8) 蔦岡孝則ら(2009):「創造性を育む理科の授業」, 『広島大学学部・附属学校共同研究機構研究紀要』, 第37号, pp. 139-144.
- 9) 高垣マユミ, 田原裕登志(2005):「振り子の概念形成を促す『学習者主体の思考実験シミュレータ』の開発」, 日本理科教育学会, 『理科教育学研究』, 45巻, 第3号, pp. 79-86.
- 10) 高垣マユミ(2005):「実験・観察によって『振り子の周期』に関する概念はどのように形成されるのか」, 日本科学教育学会, 『科学教育研究』, 29巻, 3号, pp. 184-195.
- 11) 加藤尚裕(2000):「『振り子の特性』に関する概念形成の研究—自由試行を中心として—」, 日本理科教育学会, 『理科教育学研究』, 40巻, 第3号, pp. 1-11.
- 12) 加藤尚裕(2008):「メタ認知ツールとしてのコンフリクトシートの利用に関する試み—小学校第5学年『おもりの働き』の授業を事例として—」, 日本理科教育学会, 『理科教育学研究』, 48巻, 第3号, pp. 45-56.
- 13) 本研究において, 振れ角とは振り子が1往復する時に振れる角度の1/2の角度である.
- 14) 養老孟司ほか(2008):「小学理科5下」, p. 24, 教育出版.
- 15) 大隈良典ほか(2008):「わくわく 理科5下」, p. 37, 新興出版社啓林館.
- 16) 掛川一夫(2008):「新しい理科5年下」, p. 48, 信濃教育会出版部.
- 17) 戸田盛和ほか(2008):「新版 たのしい理科5下」, p. 67, 大日本図書.
- 18) 日高敏隆ほか(2008):「みんなと学ぶ 小学校理科5年」, p. 116, 学校図書.
- 19) 三浦登ほか(2008):「新版 新しい理科5下」, p. 41, 東京書籍.

20) 前掲書 17), pp. 62-75.

21) 使用した振り子のおもりは, Gakken 「振り子実験用おもり」 26892 BNC, 木球×2個, 金属球×2個 計4個組, 糸 1200mm 付き ¥8400 (税込み) である。

22) シャンペイン, ガンストーン, クロファック (1994): 「物理現象についての学生の知識に対する学習指導の効果」, ウエスト, パインズ (編), 進藤公夫 (監訳): 「認知構造と概念転換」, p. 102, 東洋館出版社.