

## 高校物理分野における認知的葛藤を生起させるための発問フレームワークの開発及び実践

○山岡 武邦<sup>\*1, 2</sup>, 白濱弘幸<sup>\*3</sup>, 松本 伸示<sup>\*4</sup>

YAMAOKA Takekuni<sup>\*1, 2</sup>, SHIRAHAMA Hiroyuki<sup>\*3</sup>, MATSYMOTO Shinji<sup>\*4</sup>

<sup>\*1</sup>愛媛県立北宇和高等学校, <sup>\*2</sup>兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科, <sup>\*3</sup>愛媛大学, <sup>\*4</sup>兵庫教育大学  
<sup>\*1</sup>Kitauwa High School, Ehime, <sup>\*2</sup>The Joint Graduate School in Science of School Education, Hyogo University  
of Teacher Education, <sup>\*3</sup>Ehime University, <sup>\*4</sup>Hyogo University of Teacher Education

【キーワード】: 認知的葛藤, 発問フレームワーク, Puzzling picture, Think-Pair-Share

### 1. 問題の所在

Walsh & Sattes (2005)は, 研究に基づく様々な教授方略を組織化した QUILT フレームワーク “Questioning and Understanding to Improve Learning and Thinking Framework” を開発した。しかし, この QUILT フレームワークは, 教育全般のものである。そこで, 山岡・松本(2015)は, QUILT フレームワークに関する理論研究を行い, 表1に示す理科固有の発問フレームワークを開発した。具体的には, 教師の発問後や生徒の返答後のわずかな待ち時間により生徒の思考活動を促す Wait time, 不可解な写真で認知的葛藤を生起させる Puzzling picture, 議論を構築させる Think-Pair-Share, といった教授方略が挙げられていた。本研究では, 発問フレームワークの更な

る実践可能性を探る目的で, 教員研修を通じて高校物理分野に焦点化した発問フレームワークを開発し, その実践を試みることにした。

### 2. 研究の方法

県下の高校物理教師 20 名を対象に, 1 時間程度の研修会を3回にわたり実施し, 高校物理分野に焦点化した発問フレームワークを開発した。さらに, 2015 年 10 月 31 日(土)から 11 月 1 日(日)にかけて, 松山市総合コミュニティセンターで開催された科学の祭典における, 中学生・高校生のためのサイエンスという 45 分授業を実施するコーナーで実践を試みた。対象生徒は, 中学生 3 人, 高校生 2 人の合計 5 人(全て女子生徒)であった。

表1 理科固有の発問フレームワーク

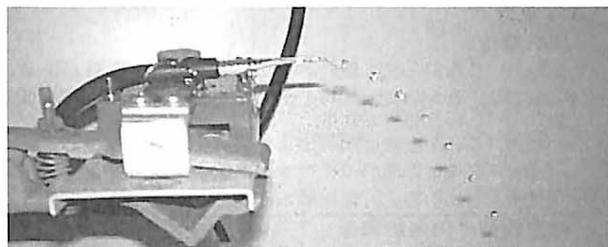
ステージ	具体例
1: 発問の準備	指導案中の指導目標を明確化し, 科学概念を同定する。
2: 発問の提供	科学概念を生徒に導入するための発問を, 解答形式や内容の観点から吟味する。その際に, 山岡(2010)の発問分類法を活用する。
3: 返答への刺激	認知的葛藤を生起させる場面を設定し, 不可解な写真を活用する。その後, 実際に実験を行うとともに, Think-Pair-Share を活用し, 話し合い活動を促進させる。
	【① Puzzling picture】不可解な絵を活用しながら, これは何ですか, という発散的発問から始める。多くの意見が出た後に, この現象を説明できますか, という科学的知識へと導くための収束的発問に至る教授方略を導入する。 【② Think-Pair-Share】実験終了後, 一人 “Think” で考えた内容をワークシートに自由記述する。そのうえで, 二人 “Pair” で話し合い, さらに, 全体 “Share” で共有していく, といった話し合い活動をもとにして, ワークシートを自由記述し, 次に続く発展的理解ができたかどうかを確認させる。
4: 返答への処理	適切なフィードバックを提供する。正答や誤答を発展させ, 活用する。
5: 発問の思案	解答形式や内容の観点から吟味された発問分析の結果を, 次回以降の授業に取り入れる。その際に, 山岡(2010)の発問分類法を活用する。

表2 理科授業における導入の認知的葛藤を生起させる場面での予期される生徒の返答

教師の発問	着眼点	予期される生徒の返答
【第一段階】 これは何の写真で しょうか。	水 滴	ガラス玉。水滴。(※ ノズルの先端にも着目させる。)
	実験機器	黒いホースは何か。電気のコードがある。何の機械か。
	空間配置	等間隔。放物運動。(※ 横軸, 縦軸にも着目させる。)
【第二段階】 どうすれば, この現 象が起きますか。	実験技術	水滴を落とし, 後ろから風を当てる。等間隔の時間で, ホースをつぶす。(ピッチングマシンのように)水が自動的に出る, 出ないという装置を利用。
	写真技術	実は水滴が一つで, 連続写真にしている。

### 3. 結果

教員研修の場は、愛媛県高等学校理科部会物理部門研究委員会の機会を活用することで実現された。1回目は、2013年11月に、発問フレームワークに関する理論研究の成果を発表した。2回目は、2014年11月に、3回目は、2015年8月に、発問フレームワークの実践の成果を発表するとともに、高校物理分野での教材開発に関する議論を行った。この委員会は、年に3回開催され、『演示実験の手引』等の理科指導資料を作成し、愛媛県下全ての物理教師を対象に配布している。さらに、この理科指導資料の改訂版や実践事例資料を、毎年(2006-2015年)作成し、県下全ての高等学校に配布している。この機会を活用することで、県下の物理教師20名が一同に集う教員研修の場が実現された。本研究で活用した Puzzling picture で用いる不可解な写真は、この委員会活動を通じて作成された理科指導資料中の実験から抽出し、**図1**のように撮影された。ストロボスコープを使って、この水滴を観察してみると、水滴は落下したり、止まったり、のぼったりするように見える。この原理を、可能な限り説明できるようにした。



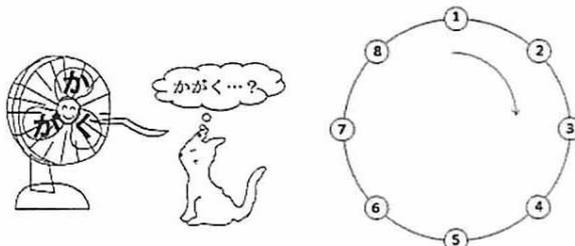
**図1** Puzzling picture で用いる不可解な写真

なお、**図1**に示す実験は、実験そのもののインパクトが強く生徒の記憶に残りやすい反面、その原理の説明にまで踏み込むことができないことが殆どであった。実際に、『演示実験の手引』においても「水滴が放物運動の軌跡を描いている」ことを確認させることだけが目的となっていた。そこで、この実験を題材として、話し合い活動を重視しながら、原理を説明するという試みは発問フレームワークの効果を示すのに適していると判断した。

授業の導入で、**図1**の写真を提示し、認知的葛藤を生起させる場面を設定するとともに、予期される生徒の反応について検討した結果を**表2**にまとめ、高等学校段階における発問フレームワークの実践可能性について検討した。

また、実際に行った授業においても、**図1**の写真を見せる活動から始めた。**表2**中の第一段階の発問に対しては、水滴、空間配置に着目した生徒が多く見られた。実際に、滝をのぼる水滴のよう

な現象を観察した後、この原理の説明に際して、**図2**、**図3**に示す2つの工夫を用いた。



**図2** 残像効果

**図3** 逆に進む原理

一つ目は、**図2**に示す扇風機を用いた実験である。ストロボスコープの発光回数と扇風機の羽根の回転速度とを一致させ、実際の羽根の枚数どおりに止まって見えることを確認し、残像効果の説明を行った。二つ目は、**図3**に示すように円に並び、1, 2, 3...というように順番に声を出すとともに、1と発声した人だけが手を挙げるという活動である。全員が1と述べる場合は、全員が挙手するため、音声と手が右回りに進むことがわかる。しかし、**図3**のように8人の円の場合、1から7までの数字を読むことにすれば、音声は右回りに進むが、手は左回りに進むことが確認される。

実践後の生徒の感想は、以下のとおりであった。「どんどん考えが深まっていくのが分かりました。」「水滴が逆流するのは、最初は嘘だと思っていましたが、扇風機を使って原理を確かめたり、手を挙げたりする活動をするのが面白かった。」「手を挙げる活動が分かりやすかったです。」

本研究における実践を通じて、理解できたという意見が多いため、発問フレームワークを活用すれば、不思議だと思う現象を説明することができるといふ可能性を確認することができた。

### 4. 今後の課題

今後は、高校生を対象に発問フレームワークに依拠した理科授業を実践することで、発問フレームワークの効果を検証していきたい。

[文献]

Blackburn, B. (2014), "Rigor in Your Classroom: A Toolkit for Teachers", pp.37-38, Routledge.

山岡武邦, 松本伸示: 中学校第1学年理科「状態変化」における QUILT フレームワークに基づく発問フレームワークの開発と実践-3つの教授方略「Think-Pair-Share, Wait time, Puzzling picture」に焦点化して-, 科学教育研究 39(3), 252-263, 2015.

Walsh, J., & Sattes, B. (2005), "Quality Questioning Research-Based Practice to Engage Every Learner", v-viii, Corwin Press.

[謝辞]

本研究は、日本学術振興会による科学研究費補助金(課題番号:15H00188)の助成を受けた。