

# 中学校の理科における対話による理解を阻害する要素についての検討 The Analysis of the Factors that impede the Understanding of Concept through Dialogue in Science Education

野口 聡

## 要旨

The aim of this study is to expose the causes behind the difficulties for students to understand scientific concepts in discussion-based science education, where teachers often lack time to assist each student efficiently. To identify such causes, the author analyzed conversations between students and with the teacher in Osaka Prefecture third year junior high school classes. The results show without doubt that difficulties arise from a lack of understanding of the concepts by the students and from discrepancies in the interpretation of problem statements. This study ends with suggestions on how to reduce such causes, suggestions whose efficiency will be established in further studies.

【キーワード】 概念理解, 対話, 理科教育, 中学校

## 1. 研究の背景

### 1-1 科学的な概念の理解の深化を促す要素についての検討

理科で学習する概念（以下、科学的な概念）の正確な理解は難しいとされる。それには2つの理由が考えられる。1つ目に、人は経験や観察をもとに自分なりの既存知識を構成するからである。たとえば物は、軽い物よりも重たい物の方が早く落下するという考え方が、それにあたる（麻柄 2001）。これは素朴概念とよばれ、学習者の素朴概念が正確な科学的な概念の理解を妨げる。2つ目に、理科の用語は厳密に定義されているが、同じ用語に複数の現象や概念が含まれるからである（芦葉 1989）。たとえば慣性という用語には、運動している物体が運動し続けること、静止している物体が静止し続けることの二つの概念が含まれる。理科の用語を使うことによって、科学的な概念を理解している者同士では意味を伝えやすくなるが、十分に理解していない者同士では、正確に伝わらない可能性がある。すなわち科学的な概念の正確な理解が難しいのは、経験や観察をもとにした素朴概念が優先されること、それに加えて理科の用語に複数の意味が含まれることが理由である。

科学的な概念を正確に理解するには、科学的な概念と既存知識を関連づけるための対話が有用である。田島（2008）によれば、他の学習者に上手く説明できなかつ

たり、説得ができなかつたりすることで、説明内容の不十分さを自覚するという。また高垣（2013）によれば、授業者の発問により学習者に知識の不十分さを自覚させられるという。つまり対話によって、科学的な概念についての自らの理解の不十分さおよび自分なりに構成した知識の誤りを自覚するのである。

ところで対話による科学的な概念の理解に関する研究では、学習者の理解の深化を促す要素が検討されてきた。たとえば高垣・中島（2004）は、小学生を事例として学習者の自然現象の解釈過程についての発話内容を分析し、授業者の発問が学習者に知識の不十分さを自覚させる要素であったことを示した。また田島・茂呂（2006）では、小学生を事例として学習者の日常生活の経験と科学的な概念の矛盾を解消する話し合いを分析し、学習者のこういった種類の発話や授業者の支援が、理解の深化に結びつくのかを示した。これらの研究では、学習者の発話や行為を促す授業者の支援が重要な要素になっている。

## 1.2. 中学校の理科における対話による授業の課題

野口（2015）によれば、中学校の理科は、扱う科学的な概念が複雑になるため、単元の途中では理解に至りにくく、また小学校に比べて割り当て時数に対して指導事項も多くなるという。そのため対話による授業を実践するには、授業内容や授業時数の工夫が必要となる。そうした工夫を取り入れた授業の方法として、野口（2015）の「ミニ説明方略」がある。ミニ説明方略とは、学んだことを、相手に分かるように説明する学習方法である。具体的には、学習事項が教授されたあとに、4名程度の小集団で与えられた課題について、考えたことを説明し合うことをする。そのとき授業者は、小集団ごとに知識の不十分さを自覚させる発問をする。しかしミニ説明方略では、教室のなかに複数の小集団ができるため、授業者の支援が十分に届かないこともある。

対話による授業において、学習者が授業者の支援を十分に受けられないとき、科学的な概念の理解の深化は阻害されるのだろうか。先行研究では、学習者の理解の深化を促す要素に着目されていたが、それを阻害する要素の検討はされていない。そこで本研究では、授業者の支援が十分にされないとき、学習者の科学的な概念の理解の深化を阻害する要素を明らかにする必要があると考えた。それを明らかにしなければ、具体的な授業者の支援を提案することができないだろう。したがって学習者の理解の深化を阻害する要素を検討することは重要である。

## 2. 研究の目的と意義

本研究の目的は、対話による授業において学習者の科学的な概念の理解の深化を阻害する要素を明らかにすることである。その際、授業者が十分な時間をかけて学習者の支援ができない授業に着目した。本研究は、授業者が学習者の支援を十分にできない対話による授業のデザインを検討する際の有用な知見になると考えられる。

### 3. 研究の対象と方法

本研究では、大阪府内の北河内地域の A 中学校の 3 年生 4 名を対象とした。授業は、2015 年 10 月から 12 月の期間で、授業時間外に 4 回行われた。授業時間を事例にしなかったのは、学習者の詳細な発話や行為を記録するためである。なぜなら学習者同士の発話は小さい声で話されることもあり、教室の中に 35 名程度いる中で、そうした発話を記録できないからである。なお授業者の支援の時間は、実験授業と通常の授業と同じ程度になるように、授業者に依頼した。

4 回の実験授業から、それぞれ対話により概念の理解の深化が成功した事例および失敗した事例の典型例の 2 つを取り上げる。事例 1 は、学習者が科学的な概念をもとに日常経験を説明できた成功した事例である。事例 2 は、学習者が正しいとされる科学的な概念を利用できなかった失敗した事例である。

#### 3-1 研究の対象および実験授業

対話による実験授業のデータを得るには、学習者同士が話し合っ課題に取り組む必要がある。著者は、対象校において 2014 年から 2015 年 10 月現在にかけて継続した調査活動（たとえば野口 2014, 2015）を実施した。その対象とした学習者の中から、授業時間において逸脱せずに話し合いをする学習者を対象者とした。その選別した学習者の中から授業者に依頼して、学習成績がばらつくように 4 名の学習者が選定された。つまり対象として選出された学習者は、通常の授業時間の対話に十分に取り組む学習者である。

実験授業の実施内容は、本研究の対象の学習者が受ける授業の範囲より数時数ほど先のものである。たとえば授業時間において、力と運動の領域の第 1 時を学習者が受けていれば、実験授業では第 2 時や第 3 時を実施するということである。つまり実験授業に参加する学習者は、未知の内容を学習する。このようなデザインをすることで、学習者にとって実験授業が授業時間と同質なものになるように配慮した。なお実験授業で実施される内容は、事例 1) 等加速運動、等減速運動、等速直線運動の性質について、事例 2) 力の作用および反作用の原理についてである（表 1）。

実験授業では、学習者が日常生活のなかで観察できる事象に科学的な概念を適用

するような課題を設定した。たとえば事例1では、「グラフの形からどのような性質の運動をしているのか、またそれはどのような運動なのかを説明しなさい」という課題が与えられた。事例1の目標は、科学的な概念を身近な事象に適用することが求められた。こうした科学的な概念を具体的な事象に適用させることで、科学現象を各々にとっての意味づけができる（益田，森本 2000）。

表1 実験授業における学習内容および既習概念

<p>事例1) 等加速運動，等減速運動，等速直線運動の性質について</p> <p><b>本時に関わる既習内容</b>：前時に，通常の授業において5度，10度の坂を下る力学台車および自由落下における速度の変化についての実験をしている。その実験では，徐々に加速する運動と速さが一定になる運動を確認したが，科学的な概念としては説明していない。</p> <p><b>本時</b>：科学概念として等加速運動，等減速運動，等速直線運動の性質，どのような条件で起こるのか，グラフでの表現方法について確認した。</p>
<p>事例2) 力の作用および反作用の原理について</p> <p><b>本時に関わる既習内容</b>：力のつり合い条件についてバネばかりを利用した実験から法則を見出し，まとめている。</p> <p><b>本時</b>：力の作用および反作用の原理について，また力のつり合いと対比して相違点を見出した。</p>

### 3-2 分析方法および収集データ

対話をすることで科学的な概念の理解の深化を阻害する要素を明らかにするには、授業で何が起きているのかを可視化する必要がある。授業を可視化する研究手法の1つに、会話分析がある。会話分析とは、人が会話や行動のなかで行う行為の意味を示すものである。会話分析は、発話や行為をもとに授業の特性や問題点を探るのに有効な方法である（寅丸 2012）。

収集したデータは、実験授業における授業者と学習者の映像、音声である。映像、音声は、3台のビデオカメラ（1台は教室全体を収め、2台は学習者の様子を収めた）と、補助としてボイスレコーダーを学習者の机に設置した。さらに録画記録で採取できない授業の全体像や授業の流れを文字記録と、学習者の記述したプリントをフィールドノーツとして採取した。以下、文中の記号は会話分析（H.サックス，E.A.シェグロフ，G.ジェファソン 2010）による，トランスクリプトを用いて説明する。

## 4. 結果と考察

はじめに実験授業における学習過程の全体像を説明する。次に学習者の発話が学習内容の理解にどのような影響を及ぼし、阻害する要素になるのかを示す。

### 4-1 学習過程の全体像

本研究で扱うデータは、学習者が課題について検討する場面である。事例1の課題は、「グラフの形からどのような性質の運動をしているのか、またそれはどのような運動なのかを説明しなさい」であり、また事例2の課題は、「停止した車Aに時速

80km/h で車 B が衝突したとき、それぞれの車の潰れ具合はどのようになるか。またそれぞれ車の中にマネキンが乗っていたとしたら、どのような向きの力を受けるか」であった。

抜粋 1 は、授業者が課題を与えた直後の学習者の相互行為である。学習者は、授業者に提示された課題文を読み、その課題に関係する理科の用語や現象の確認を始めた。具体的には、抜粋 1 の 1 行目で S1 が「最初は、あれやろ」と、課題についての自らの解釈を同班の学習者に対して投げかけた。その S1 の解釈に対し 2 行目では、同班の S2 も自らの解釈として「速さが上がって」と応答した。そして授業者 T は、4 行目で「そうそうそう」と、解釈が適切だというフィードバックを与えている。こうした抜粋 1 で見られるように、課題に関わる理科の用語や現象についての学習者の検討は、すべての対話場面で見られた。

**抜粋 1 事例 1 の課題で扱われる概念の検討**

1 S1:	最初は、あれやろ あのお： v やから[速さが上がって]=
2 S2:	[速さが上がって]
3 S1:	= 一定なって、その後落ちていくってい[う]
4 T:	[そう]そうそうそう. =

次に学習者は、実験授業の中で教えられた科学的な概念をもとに、科学的な立場による課題の検討を始めた。この科学的な概念の想起および事例の検討は、すべての対話場面で見られたが、学習者の科学的な概念が正確に想起できなければ、科学的な立場での事象の検討には至らなかった。抜粋 2-1 は、科学的な概念を想起したあとに、学習者が話し合っ課題を解決しようとする場面である。1 行目で S1 が「最初が早くなって速さが一定になって[その後スピードが落ちるもの]」と、課題で問われる科学的な概念を整理する。これに対して S2 は、2 行目で S1 の解釈に対して直接応答せずに「何で例える」と応答した。続けて S2 は、「車かなんかにする？」と S1 に質問した。S2 は、S1 の発言が妥当だと判断したため、S1 の解釈について応答せず、科学的な概念を適用する事象を検討し始めた。

一方で、抜粋 2-2 は、科学的な概念を想起したあとに、正確な科学的な概念を適用できない場面である。1 行目で S1 が「これシートベルトつけてる？」と、課題の条件を授業者に質問した。S1 がシートベルトの着脱の有無を確認した理由は、着用していると止まっているものが静止し続けようとする慣性をはたらかなくなると捉えていたからだと考えられる。具体的に 6 行目で S1 は、「(1)えっじゃあ普通に(.)とんで行かんのじゃないん」と 1 秒間考えてから発言した。この S1 の飛んでいかないという発言は、車同士が衝突したときマネキンが車と一体化することで、車と一緒に

### 抜粋 2-1 事例 1 の科学的な概念の正確な想起

1 S1:	まあ要するに、最初が早くなって速さが一定になって[その後スピードが落ちるものや]
2 S2:	[何で例える]=
3 S2:	=何で例える？車かなんかにする？

### 抜粋 2-2 日常感覚からの事象の解釈

1 S1:	先生、これシートベルトつけてる？
2 S2:	hh
3 T:	hh つけてる.
4 S2:	つけてるんか. [hh]
5 T:	[つけてる]
6 S1:	(1)えっじゃあ普通に(.)飛んで行かんのじゃないん？
7 S2:	飛んでいく [hh]
8 T:	[ない方が]いい？
9 S1:	えっ？
10 T:	ない方がいい？
11 S1:	なんかさ
12 T:	うん. でもつけてるなら両方つけてる [な=]
13 S1:	[うん.]
14 T:	=A, B 両方つけてる. つけてないんやったら A, B 両方つけてない.
15 S3:	なんで運転してるのにシートベルトつけてないねん
16 S2:	hh
17 T:	せやな. じゃあつけとこ. シートベルト.

に動くもしくはとどまると考えたからだとして解釈できる。つまり S1 は、慣性とは異なる力のはたらきを考え始めたのである。そして S2 は、S1 の誤解を修正するような発言はなかった。学習者は、慣性のはたらきのは車の内側のみであると捉え始めており、車と一体化したマネキンには、はたらかないと考えていた。この抜粋 2-2 より、曖昧に理解している学習者同士が対話をして、誤りに気付かないため科学的な概念の理解の深化を促せないことが分かる。

最後に、学習者は与えられた課題について、身の回りで起こる自然現象をもとに検討した。この身の回りで起こる自然現象での検討は、正確な概念の想起ができた事例でのみ見られた。抜粋 3 は、1 行目や 3 行目で S1 が自然現象を選択するための指針として「最初早いやつを先、考えればいい」というように、S2 に話しかけた。その自然現象の選択方法について、5 行目で S2 は納得し「早くなるもんな」と応答した。このようにグラフの形から特徴を読み取り、その形に応じた運動を、話し合いながら事例の検討を続けた。その結果、科学的な立場での解釈に加えて、身の回りで起こる自然現象に適用して課題の検討をした。一方で、正確な科学的な概念の想起ができなかった対話では、誤った概念をもとに事例の検討が進められた。たと

### 抜粋 3 事例 2 事例の検討

1 S1:	まあ最初早いやつを先、考えればいいんやん
2 S2:	早いやつを考えて
3 S1:	そうそう=
4 S1:	=最初は早くなるやつをまず考えて、それで、そこから絞っていけばいいねん
5 S2:	①は早くなるもんな

えば事例2では、学習者が「慣性」の意味を曖昧に理解していたため、事例の検討から日常経験に依存した解釈が進められた。その結果として、学習者の素朴概念での解釈を強化する形で、科学的な概念を適用した。

#### 4-2 概念理解を妨げる要素と支援の検討

学習者の科学的な概念の理解の深化を阻害する要素として、1) 問題文の解釈のずれと2) 理科の用語の解釈のずれを確認することができた。以下は、それぞれの要素について説明する。

##### 1) 問題文の解釈のずれ

問題文の解釈のずれとは、学習者が問題の本質とは異なる部分に関心を持つことである。授業者は課題について話し合わせるとき、解決に必要な科学的な概念や自然現象が想起されることを期待している。具体的に事例2の必要な科学的な概念は、「慣性の法則」や「作用・反作用」であり、現象は「運動しているものは運動を続ける、静止しているものは静止し続ける現象」である。

学習者は、科学的な概念や自然現象を想起し、事例2の課題である衝突した車の中にあるマネキンにかかる力の向きについて考える。しかしながら学習者は、問題文を常識的な感覚で検討し始めた。たとえば車を運転する際のシートベルトの有無である。こうした学習者の問題文の解釈のずれが起こるのは、2つの理由が考えられる。

1つ目の理由は、授業者が学習者の質問の意図を見極めにくいからである。抜粋2-2の1行目で授業者Tは、S1に「先生、これシートベルトつけてる？」と質問を受けたことで、授業者Tは学習者に近づいていった。そして3行目で授業者Tは、「つけてる。」と応答した。このとき授業者Tは、なぜS1がシートベルトに着目したのかを把握しないまま、シートベルトの着脱の有無に応答した。それはシートベルトの着脱の有無は、授業者Tの考える課題解決に重要なことではなかったからである。実際に10行目で、授業者Tは「ない方がいい？」と、学習者に再び確認している。さらに14行目で授業者Tは、「A,B両方つけてる。つけてないんやったらA,B両方つけてない。」と述べていることから、授業者Tにとって重要なことが、課題の条件を統制することであったことが分かる。対象校の授業では、9つの班を作り、生徒に話し合いをさせる。実験授業では、授業と同じ程度の授業者の関与になるように、授業者には離れた位置に居てもらった。つまり授業者は、学習者が質問をする前にどのようなことを話し合っていたかを把握できない。そのため授業者にとって、学習者の解釈のずれが生じていることを認知することは困難である。学習者が問題

文の解釈がずれていても、授業者はその理由を聞きだす時間が授業中にはなく、それを修正できない可能性が高い。

2つ目の理由は、課題文が複雑だからである。坂本（1993）によれば、算数の文章問題において、問題文中に過剰な情報が含まれることが、誤答の原因であるという。これは算数の例であるが、理科の問題を検討するときにも問題文中に過剰な情報が含まれることが、科学的な概念の理解の深化を阻害する要素になったと考えられる。ただし身の回りで起こる自然現象を文章で書き表すには、過剰な情報が含まれることもある。

以上の理由から、学習者に与える課題文には、過剰な情報を減らすことに加えて、明示的に着目すべき科学的な概念を示すといった工夫が必要だと考えられる。

## 2) 理科の用語の解釈のずれ

理科の用語の解釈のずれとは、学習者が用語を知っているが、その意味を曖昧に理解している状態である。田島（2010）によれば、こうした用語を答えることができるが、その用語の意味を説明することができない学習者の状態をわかったつもりという。学習者は、教授されたばかりの理科の用語を使って課題の解決をする。たとえば事例1では、S1が「最初は、あれやろ。あのお： $v$ やから[速さが上がって]」と課題として示されたグラフについての解釈を示す。そうした理科の用語を用いて現象を捉えることは、事例2においても同様であった。ところが事例2では、学習者が理科の用語を曖昧に理解していたため、科学的な概念と既存知識を関連づけるような検討が十分にできなかった。実際、事例2のS1は慣性の法則を誤って捉えていた。抜粋4は、学習者が曖昧な理解で現象を検討する場面である。1行目でS1は、「シートベルトしてたら、このまま進んで、こう、あのこういきたいとこやねんけど。」や4行目で「あのシートベルト自体が車とひっついてるから、なんか、これ」と説明する。こうした説明からS1は、シートベルトで車と一体化したマネキンが、慣性の力がはたらかなくなると解釈していたと考えられる。つまり慣性のはたらきは、ものの内側にはたらくものと捉えていたため、一体化するとはたらかなくなると考えたのだろう。またS2は、S1の説明する慣性についての解釈に納得し、2行目で「ほんまや」というように同意をしている。ただしS2は、5行目では「こっちはたらくんちゃうんじゃない」と疑問を投げかけたり、繰り返し事象について自分の筆箱とペンを使って試したりしており、完全にS1の説明を同意していたのではないと解釈できる。しかしS1とS2が話し合った結果、シートベルトで固定されることで車とマネキンが一体化すると解釈し、結果として慣性の法則を無視し



た解釈を示した。曖昧な理解をしている学習者同士での検討では、正確な科学的な概念の理解には至らなかった。

学習者が科学的な概念を曖昧に理解していることを自覚するには、授業者の発問などによって気づく必要がある。しかし複数の班があるとき、適切なタイミングで行えるとは限らない。また学習者の対話が始まれば、その最中に学習者の理解状態を確認し、適切な支援をするのは難しい。そのため学習者が対話を始まる前に、考えを表出させ、曖昧に理解している自覚させるような工夫が必要である。

#### 抜粋4 科学概念での検討が十分に行えない例

1 S1:	=で、力受けるのは車だけやん。例えば、シートベルトなしとしたら、やからこう車だけがパンと弾かれて、こう、こうなっちゃうねん。((筆箱を車に、ペンを人に見立てて事象を説明する))
2 S2:	ほんまや。シートベルトしてるかしてないかで変わるな。
3 S1:	シートベルトしてたら、このまま進んで、こう、あのこういきたいとこやねんけど。=((慣性の法則に沿うはずというジェスチャー))
4 S1:	=あのシートベルト自体が車とひっついてるから、[なんか、これ]
5 S2:	[でもこっち]に働くんちゃうんじやないん？((S2も筆箱で事象を繰り返し試す))
6 S1:	こう行く？
7 S2:	いや、ちが、いや、ちょ、か。固定されたまま、こう、が、力が、マネキンのな。ここがこっち、こっち向きになる。いやさっきのがこうなるんとしたら、持っていかれるわけやろ？

## 5. まとめと今後の課題

授業者が十分に介入できない事例において学習者の対話を会話分析した結果、科学概念の理解を阻害する要素として、問題文の解釈のずれおよび理科の用語の解釈のずれの2つが明らかになった。2つの理解を阻害する要素を低減するために、学習者が課題に取り組むには着目すべき科学的な概念を明確にするような工夫が必要である。その方法の1つとして、教えることを通して学ぶ(Lernen durch Lehren: LdL)がある。LdLは、初学者に向けた説明を検討したり、実際に教えたりする方法である。学習者が初学者にも分かる説明を検討するために、対象となる科学的な概念を精細に確認しなおすことで、曖昧な理解を自覚できる可能性がある。その際、教える相手が、どういった科学的な概念を誤解しているかが明示されていれば、関連する科学的な概念の想起が容易になると考えられる。

本研究の課題は、阻害する要素から授業者の支援方法を提案したが、その有効性が確認できていない点である。提案した方法が有効にはたらくかについて、今後、さらに検討をしていく必要がある。

## 参考文献

- 芦葉浪久 (1989) 「科学概念の類型と概念構造」, 『日本教育情報学会学会誌』 4 (4), pp.3-27.
- 麻柄圭一 (2001) 「落下スピード」と「重力の大きさ」に関する学習者の誤った関連づけとその修正」, 『千葉大学教育実践研究』 8, pp.27-37.
- H. サックス・E.A. シェグロフ・G. ジェファソン (2010) 「会話分析基本論集: 順番交替と修復の組織」, 西阪仰 (訳), 世界思想社.
- 坂本美紀 (1993) 「算数文章題の解決過程における誤りの研究」, 『発達心理学研究』 4 (2), pp.117-125.
- 益田裕也・森本信也 (2000) 「子どものコミュニケーション活動に見るメタファーとしての科学概念理解の深まり: 中学生の分解概念理解を事例として」, 『理科教育学研究』 41 (2), pp.21-29.
- 森田和良 (2004) 「わかったつもり」に自ら気づく科学的な説明活動」, 学事出版.
- 野口聡 (2015) 「中学校の理科教育における授業者の発問を取り入れたミニ説明方式による科学概念理解の効果」, 『日本教育工学会論文誌』 39(Suppl), pp.121-124.
- 田島充士・茂呂雄二 (2006) 「科学的概念と日常経験知間の矛盾を解消するための対話を通じた概念理解の検討」, 『教育心理学研究』 54 (1), pp.12-24.
- 田島充士 (2008) 「再声化支援が概念理解の達成を促進する効果: パフチン理論の視点から」, 『教育心理学研究』 56(3), pp.318-329.
- 田島充士 (2010) 「わかったつもり」のしくみを探る: パフチンおよびヴィゴツキー理論の観点から」, ナカニシヤ出版.
- 高垣マユミ・中島朋紀 (2004) 「理科授業の協同学習における発話事例の解釈的分析」, 『教育心理学研究』 52 (2), pp.472-484.
- 高垣マユミ (2013) 「ピアを介した概念変化のプロセス」, 中谷素之・伊藤崇達(編) 『ピア・ラーニング: 学びあいの心理学』 pp.139-155, 金子書房.
- 寅丸真澄・中井陽子・大場美和子 (2012) 「会話データ分析を行う実践研究論文の社会的意義への言及の考察: 学会誌『日本語教育』掲載の実践研究論文の分析をもとに」 『日本語教育実践研究フォーラム報告』 pp.1-10.