

# 知識構成型ジグソー法の授業デザイン：中学校理科「運動の仕組み」 Lesson Study Practice of Knowledge-Constructive-Jigsaw in Junior High School Science Classroom “Mechanism of Body Movement”

堀 公彦  
Kimihiko Hori

東京大学  
The University of Tokyo  
k.hori@coref.u-tokyo.ac.jp

## Abstract

本稿は「知識構成型ジグソー法」による中学校理科「運動の仕組み」の2度の実践について報告する。2014年度は、課題を「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう」とし、神経・骨格・筋肉の3資料を用いたが、理解の深まりが不十分な授業となった。そこで2016年度に「落ちてくる定規を指先でつかむ」運動を題材とした課題に単純化した結果、十分な理解の深まりを確認できた。これは、題材の単純化によって、より焦点化された対話が活発に行われたためと考えられる。

**Keywords** —知識構成型ジグソー法, 科学教育, 理科教育

## 1. はじめに

筆者は、2010年より「知識構成型ジグソー法」(KCJ: 2節参照)を用いた授業開発を行ってきた[1]。これまで、中学1年～3年まで各学年10程度の教材を作成し、実践してきた。

本稿では中学校2年生「運動の仕組み」の単元で行った2度の実践について報告する。最初のものは、2014年に作成・実践した教材で、感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え、刺激に対して反応するしくみを理解させることをねらった実践である。この授業では、メインの課題を「ボールを打つこと」とし、神経・骨格・筋肉の3つの資料を用いた。しかし、複雑な運動のため、話し合いが焦点化されず理解の深まりにかけた。そこで、2016年に資料を変えず課題を単純で全員が経験できる「落ちてくる定規を指先でつかむ」ことに変更し、2度目の実践を行った。その結果、より焦点化された話し合いが活発に行われ、理解も深まった。

## 2. 知識構成型ジグソー法

KCJによる授業は、以下の5つのステップをひとまとまりとして構成される(図1)。1) 教師から提示された今日の授業で「答えを出したい問い」に最初の考えを書き出す 2) グループに分かれて、その問いにより

よい答えを出すためのヒントになる「部品」をそれぞれ担当して確認する(エキスパート活動) 3) それぞれ異なる「部品」を担当したメンバーが集まって別のグループを作って問いに対する答えを考える(ジグソー活動) 4) 出てきた答えを教室全体で共有、比較吟味する(クロストーク) 5) 個々人が問いに対する自分の納得の行く答えを書いてみる。

こうした枠組みに、学習者の実態と授業のねらいに応じた「問い」や「部品」を入れ込むことにより、主体的、対話的で深い学びが起きやすい環境をデザインできる。

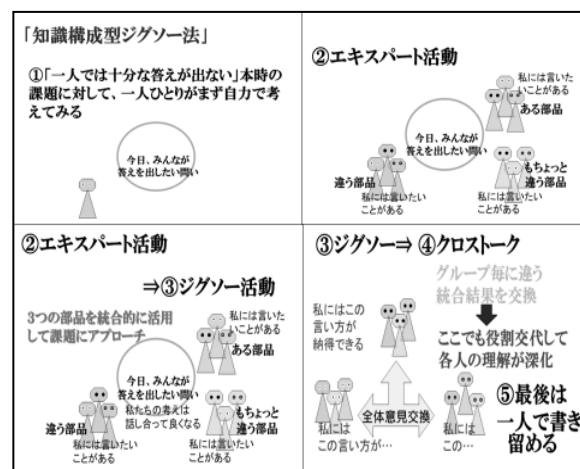


図1 知識構成型ジグソー法 (KCJ)

## 3. 単元について

### (1) 学習指導要領から

「運動の仕組み」は中学校2年生で学習する「動物」の単元に含まれる。文部科学省の学習指導要領解説によれば、

イ 動物の体のつくりと働き

(ア) 生命を維持する働き

消化や呼吸、血液の循環についての観察、実験を行い、動物の体が必要な物質を取り入れ運搬している仕組みを観察、実験の結果と関連付けてとらえること。また、不要となった物質を排

出する仕組みがあることについて理解すること。  
(i) 刺激と反応

動物が外界の刺激に適切に反応している様子の観察を行い、その仕組みを感覚器官、神経系及び運動器官のつくりと関連付けてとらえること。となっており、(i) にあたる学習内容となる。

(2) 単元構成

「動物」単元内容と授業時数は、

- 1 章. 細胞のしくみとはたらき 4 時間
- 2 章. 生命維持するはたらき 12 時間
- 3 章. 行動のしくみ 8 時間
- 4 章. 動物の分類 8 時間
- 5 章. 生物の進化 3 時間
- 6 章. まとめ等 5 時間
- 計 40 時間としている。

「運動の仕組」は、3 章. 行動のしくみで扱う。

この 3 章では、

- ①感覚器官
- ②骨格と筋肉
- ③動物の反応のしかた
- ④神経系のつくりとはたらきの順で学習する。

「運動の仕組」の授業は、2014 年、2016 年ともに①感覚器官と受け取る刺激の種類の関係について学習をしたのちに実施した。

4. 「運動の仕組」授業デザイン

(1) 「運動の仕組」のねらい

次の 2 点がねらいである。

- ・刺激に対するヒトの反応時間を調べる実験を通して、刺激と反応までの結果を感覚器官、運動器官、中枢神経、感覚神経、運動神経などのしくみやはたらきと関連づけて考えることができる。(思考・表現)
- ・刺激と反応のしくみを理解し、各器官などについての知識を身につけている。(知識・理解)

(2) 2014 年度の授業デザイン

2014 年度の授業デザインは、表 1 のとおりである。

①授業のねらい

- ・感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え、刺激に対して反応するしくみを理解する。
- ・刺激から反応まで、具体的な例を示して、自分なりの言葉や図で説明することができる。

表 1 「運動の仕組み」(2014 年度)の授業デザイン

|            |                                                                                                                                                      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 課題         | 「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう。～運動のしくみをわかりやすく説明してみよう～」                                                                                                          |
| エクスパート資料 A | ＜神経＞<br>○感覚器官 → 感覚神経 → せきずい → 脳 :情報の流れ<br>○脳 → せきずい → 運動神経 → 筋肉 :命令の流れ                                                                               |
| エクスパート資料 B | ＜骨格＞<br>○骨格のつくり(内骨格)と関節のつくり                                                                                                                          |
| エクスパート資料 C | ＜筋肉＞<br>○筋肉のつくりとはたらき ○筋肉と骨のつき方(腱)                                                                                                                    |
| 期待する解答の要素  | ○受けた刺激と器官、それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること(感覚神経系についての理解)<br>○脳で考えていることと命令を言葉で表現すること(脳の命令内容についての理解)<br>○脳から筋肉に伝わるまでのルートと、筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること(運動神経系についての理解) |

上記 2 点に加えて、「部活動や普段の生活の中で無意識に行っているからだの運動を、よりよいものに改善することに役立てる。」ことをねらいに加えた。それは、運動部活動顧問として生徒に指導してきた経緯から、生徒の運動体験の少なさから自分自身のからだの動きが分析できないことや目的を意識したからだの動きを考えて実行できないもどかしさを感じていたからである。同じ運動をする仲間とともに、普段何気なく行っている自分自身のからだの動きを考えることにより、より実感を伴って対話しながらねらいにせまること、また、得た知識を部活動に役立てようとする意欲や態度を育てることができると考えた。

②問いと期待する解答、グループ編成

問いを「ボールを打つ動きのストーリーを語ろう。～運動のしくみをわかりやすく説明してみよう～」とし、運動部の生徒がボールを打つ直前の映像(1 秒程度)を提示した。(図 2)

そのため、ジグソー活動のグループを部活動ごとに編成し、運動部に所属していない生徒には、体育で授業を行っているバレーボールを取り上げ、バレーボール部と同じ映像を用いた。



図 2 バレーボールを打つ直前の映像

授業後問いに対して生徒が記述する要素として

- ・ 刺激を分析すること.
  - ・ 脳で考えていることを言葉で表現すること.
  - ・ 脳から出される命令を具体的に表現し、筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること.
- が達成されることを期待した.

③資料

エキスパート資料として資料 A～C の 3 種類を用意した (図 3-1, 2, 3,).

<資料 A> 「神経」

- ・ 感覚器官→感覚神経→せきずい→脳：情報の流れ
- ・ 脳で情報の分析→筋肉に対する命令

脳→せきずい→運動神経→筋肉：命令の流れ

<資料 B> 「骨格」

- ・ 骨格のつくり (内骨格)
- ・ 関節のはたらき

<資料 C> 「筋肉」

- ・ 筋肉のつくりとはたらき
- ・ 筋肉と骨のつき方 (腱)

エキスパート資料 A

神 経 系

「運動神経がいい」という言葉を聞いたことがありますか？理科でいう「運動神経」とは何でしょう？

ヒトのからだには、神経細胞が網の目のように張り巡らされています。これを神経系と呼んでいます。この神経系には、脳やせきずいからできている中枢神経と細かく枝分かれした末しょう神経で構成されています。

末しょう神経は、感覚器官から刺激を中枢神経に伝える感覚神経と中枢から出された命令を筋肉に伝える運動神経に分けられています。

刺激 → 感覚器官 → 感覚神経 → せきずい → 脳 → せきずい → 感覚神経 → 筋肉 → 刺激に対する反応

中枢神経の脳は、感覚器官から送られてきた信号を選び分けて、その内容を分析・判断し、最適と思われる命令を決定します。その後、命令が筋肉に伝えられ、刺激に対する反応行動をとります。

「筆箱を持ち上げてください。」

さて、脳ではどのような刺激を受けて、どのように分析・判断し、どのような命令を下したのでしょうか。ひとつひとつゆっくりと言葉に出しながら、行動してみましょう。

図 3-1 エキスパート資料 A

エキスパート資料 B

骨 格

4月に身体計測をしました。今年はどれくらい身長が伸びましたか？背が伸びる時期や大きさは、個人差があります。でも、身長が伸びるとき、骨が成長していることに変わりはありません。

ヒトは体の中には、およそ 200 個の骨があります。この骨のつくりを骨格といいます。さらに、ヒトの骨格は体の内部にあるため、内骨格とよんでいます。

骨格には、大きく 3 つの役割があります。

- ① からだを支える。  
(足や腰の骨、背骨など)
- ② からだを動かす。  
(頭の骨、ろつ骨など)
- ③ からだの内部を守る。

この骨は、からだを動かすために関節とよばれるしくみでつながっています。からだの動く方向や範囲によって、さまざまな種類の関節があります。

肩を守る骨  
食物をかむ骨  
腕の動きをつくり出す骨  
体を大きく動かすときに中心となる骨  
あしと胴体をつなぐ内臓や胎児(妊婦しているとき)を支える骨  
二本あしで立つたり、歩くのにたいせつな骨  
手やあしを動かすときに役にたつ関節

関節の種類と軟骨の位置

「筆箱を持ち上げてください。」

さて、動いている関節の場所と動きを、ひとつひとつゆっくりと言葉に出しながら、行動してみましょう。

図 3-2 エキスパート資料 B

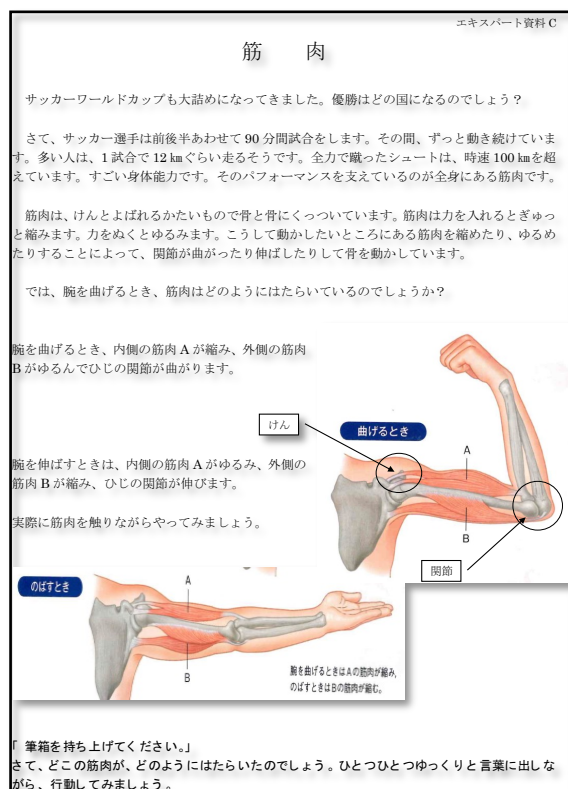


図 3-3 エキスパート資料 C

## ④授業後の生徒の解答

表 2 に、生徒の授業前と授業後の記述したものを 2 点示す。授業前後の解答の変化から、授業をとおして刺激に対する反応に関与する器官の名称と、反応経路の概要をとらえつつあるものの、体の内部で起こっていることを具体的に詳細にイメージすることまではできていなかったことがわかる。

卓球部女子は、授業前には、ボールの刺激をとらえた後、どうなるか表現することができなかった。授業後には、感覚神経やせきずい、脳のはたらきから関節や筋肉といったところまで、表現できた。しかし、イラストで外から見た反応のイメージのみを表している点、「手などが・・・」という表現で運動のようすを表しており、筋肉や関節の具体的な様子までは記述できていない点に課題が残る。

他方、野球部男子は、授業前には体を動かす感覚的な表現にとどまっている。授業後は、刺激に対する反応経路をおおまかにとらえているものの、反応までのイメージを外からとらえたイラストで表現している。打つ動作について、筋肉や関節の動きで表現できていない点に課題が残った。

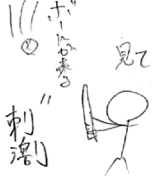
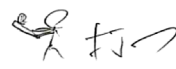
## ⑤授業中の対話、授業前後の生徒の記述に基づく授業の振り返り

感覚器官から筋肉まで、信号の受け渡しをイメージすることは、大まかではあるができていたように感じた。しかし、見た画像が写真ではなくビデオだったので、一連の動きに対して、細かく考えることができていなかった。たとえば、手を動かす場合、腕の内側の筋肉が縮んで腕を曲げ、肩の筋肉が縮んで腕を前に持っていき、縮んだ筋肉の反対の筋肉が伸びながら・・・など、実際の筋肉を意識して考える場面が少なかった。これは、授業者がどこまでイメージをさせようということをはっきりと考えていなかったため、かなり難しい要求だと気が付かず、生徒の表現があいまいになってしまった原因だと考えられる。もっと、解答の要素をはっきりさせておく必要がある。

グループを部活動で分けたが、そのスポーツ特有の動きのとらえ方があり、運動に注目する視点に生徒個々人でばらつきがみられた。部活動にこだわらず、全員に同じ動きを見せて、考えさせた方がよかった。そこから、部活動の動きに注目させるといった、段階を踏んでレベルアップしていくことが必要だと感じた。課題の設定の難しさを改めて感じた。また、同じ資料でも、問いの仕方で大きく変わることも痛感した。たとえば、①「刺激を受けて、筋肉が動く反応までの信号の流れを、わかりやすくまとめてみよう。」という問いに対して、「感覚器官から感覚神経を通してせきずい、脳へと信号が送られる。脳では、刺激に対する命令を考え、その命令がせきずいから運動神経をとおって筋肉に伝わり、関節が動く。」②「ランプが光ったら、右手を上げる。この運動を刺激から反応まで、説明してみよう。」という問いに対して「光が目が受け取り、その刺激が感覚神経をとおってせきずい、脳に送られる。脳は、右手を上げる信号をせきずいから運動神経を通して右の肩の筋肉に伝わり肩の筋肉が縮む。肩の筋肉が縮むと、右腕が上がる。」のように、刺激を受けた信号の伝達から脳による分析・命令、そして動きまでがはっきりするような問いの方が良かった。ワンステップでいきなり、部活動や普段の生活で活かせるような知識の獲得を求めすぎていた。

このような振り返りをもとに、授業改善を行った。

表 2 2014 年度の授業前後の生徒の解答の例（原文ママ）

|       | 授業前                           | 授業後                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 卓球部女子 | まず、目でボールをとらえる。                | <p>1. 目の感覚神経がボールをとらえる</p> <p>2. 脳へせきずいを通して、ボールを打てと命令する。</p> <p>3. 脳が手などに打つように命令する。</p> <p>4. 手などが命令どおりに重くため、関節や筋肉を使って指示どおりにボールを打つ。</p>                                  |
| 野球部男子 | ボールが来る瞬間にあわせて体を動かす。<br>ボールの距離 |  <p>刺激<br/>見て 脳で刺激に反応する。<br/>打つ<br/>↓これ 運動神経に伝わり<br/>運動神経が筋肉を動かす。<br/>ボールを打つ体勢。</p>  |

(3) 2016 年授業デザイン

2016 年度の授業デザインは表 3 のとおりである。

①授業のねらい

- ・ 感覚器官から得られた刺激を中枢に伝え、刺激に対して反応するしくみを理解する。
  - ・ 刺激から反応まで、具体的な例を示して、自分なりの言葉や図で説明することができる。
- この 2 点に絞り、2014 年に取り入れた部活動に絡めたねらいを削除した。

②問いと期待する解答、グループ編成

教科書にある導入の実験を題材にして問いを設定した。この実験は、2 人組で一人が定規を落とすと、それを見た別の一人が親指と人差し指で定規を受け止めその時の長さを読み取るというものである。今回は、長さを測定せず、定規が落ち始めてつかむまでの運動を意識させて 3 回程度行い、「落ちてくる定規を指先でキャッチ。～自分のからだの中で起きていることを細かく、わかりやすく説明してみよう～」という問いを投

げかけた。2014 年と違ってグループ編成を意図的に行う必要がないため、普段の知識構成型ジグソー法の授業と同じようにランダムに編成した。

授業後に期待する解答の要素は、

- ・ 受けた刺激と器官、それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること。例「目から定規が動き始める刺激を受ける。その刺激が視神経から感覚神経を通してせきずいに伝わり、さらにせきずいから脳に伝わる。」
- ・ 脳で考えていることと命令を言葉で表現すること。例「定規が動き出したので、親指と人差し指の内側の筋肉に縮めと命令する。」
- ・ 脳から筋肉に伝わるまでのルートと、筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること。例「脳からせきずいを通して、運動神経により指の内側の筋肉に伝わり、親指と人差し指の内側の筋肉が縮み、定規をキャッチ。」

のように、感覚器官から脳、脳で考えていること、脳から筋肉の 3 点を具体的な例をあげて指標とした。



③資料

2014 年の資料を活用した。ただし、資料 B「骨格」の中で取り上げた「関節」の名前と動作の図は、2014 年の授業の際、生徒がどのように活用していいのかわからず混乱をまねいていたように感じたので、削除した。

表 3「運動の仕組み」(2016年度)の授業デザイン

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 課題                | 「落ちてくる定規を指先でキャッチ～自分のからだの中で起きていることを細かく、わかりやすく説明してみよう～」                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| エキスパート<br>資料 A    | <神経><br>○感覚器官 → 感覚神経 → せきずい → 脳 : 情報の流れ<br>○脳 → せきずい → 運動神経 → 筋肉 : 命令の流れ                                                                                                                                                                                                                                                          |
| エキスパート<br>資料 B    | <骨格><br>○骨格のつくり (内骨格) と関節のつくり                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| エキスパート<br>資料 C    | <筋肉><br>○筋肉のつくりとはたらき ○筋肉と骨のつき方 (腱)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 期待する<br>解答の<br>要素 | ○受けた刺激と器官,それが脳に伝わるまでのルートを図や言葉で表現すること(感覚神経系についての理解)<br>例:「目から定規が動き始める刺激を受ける。その刺激が視神経から感覚神経を通してせきずいに伝わり,さらにせきずいから脳に伝わる。」<br>○脳で考えていることと命令を言葉で表現すること (脳の命令内容についての理解)<br>例:「定規が動き出したので,親指と人差し指の内側の筋肉に縮めと命令する」<br>○脳から筋肉に伝わるまでのルートと,筋肉や関節の動きを言葉や図で表現すること (運動神経系についての理解)<br>例:「脳からせきずいを通して,運動神経により指の内側の筋肉に伝わり,親指と人差し指の内側の筋肉が縮み,定規をキャッチ。 |

④授業前後の生徒の解答と振り返り

次ページの表 4 では、生徒の授業前と授業後の記述したものを 2 点示した。生徒はいずれも授業前には期

待する解答に照らして不十分な解答を書いているのに対し、授業後には、3 つの要素を統合して一連の運動の仕組みを説明できるようになっており、2 人とも、授業をとおして理解が深まっていると言える。

生徒 1 は、授業前には、刺激を受け取る場所から、脳に伝わる部分を書けている。『今!』と思った時は、脳が命令を出しているときと思われるが、それが無意識の反射に近い反応ととらえているようである。授業には、感覚器官があいまいだが、信号の伝達とともに、脳での分析や判断、命令などにふれ、運動のしくみを理解しているとみなすことができる生徒 2 は、授業前から運動のしくみをある程度イメージしているが、具体的に表現はできていない。授業後は、それがより具体的な理解となり、資料中の図を活かしながら自分なりの言葉や図を加えて表すことができるようになった。

⑤授業中の対話、授業前後の生徒の記述に基づく授業の振り返り

2014 年の授業と比較すると、エキスパート、ジグソーともに、意欲的に活動できていた。特にジグソーでは、どんな刺激をどこで受け取るのかを議論しているグループや、脳からの命令が先なのか、刺激を受け取ることが先なのか、自分のこだわっているところを共有して対話しているグループがみられた。また、定規をキャッチする一連の動作のスタートがどこなのかを議論しながら考えていると、最後のキャッチをする場面 (指の筋肉や関節の動きなど) までたどり着けないグループがあった。しかし、それだけ多くの対話をしながら丁寧に考えている様子が見られ、運動のしくみについては大まかにとらえられていると感じた。今回の授業改善で、部活動の複雑な運動から定規をつかむ単純な運動に問いを変えることで、生徒の対話や思考が焦点化でき、より細部にこだわった納得のできる答えを作ろうとしている姿が多くみられ、そのため授業のねらいに迫ることができた。

参考文献

[1] 三宅なほみ・東京大学 CoREF・河合塾編著 (2016)『協調学習とは一対話を通して理解を深めるアクティブラーニング型授業一』京都: 北大路書房

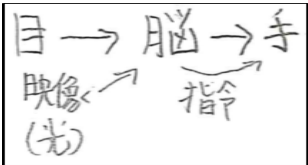
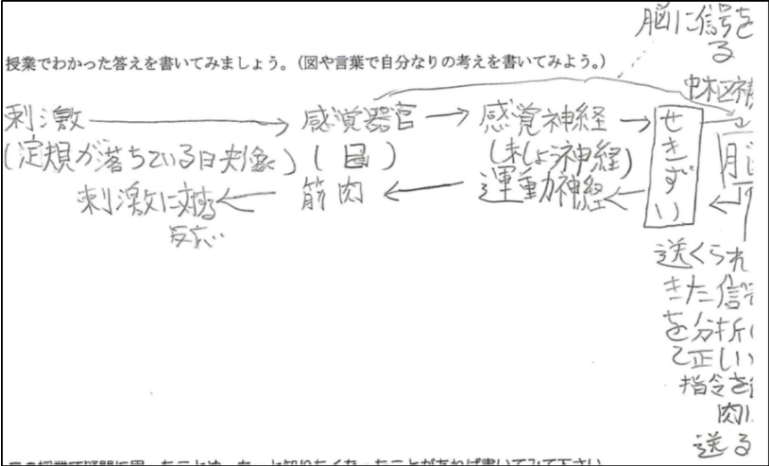
|     | 授業前                                                                               | 授業後                                                                                           |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 生徒1 | ：「今！」と思ったときに、指が動いてくれた。無意識のうちに「パッ！」と。                                              | 「落ちる！」と思うと、皮膚に伝わり、感覚神経を通り、せきずいに伝わり、脳で取り方を分析し、取れると判断し、それを命令する。それがまたせきずいに伝わり、運動神経を通り、筋肉に伝わり取れる！ |
| 生徒2 |  |             |

表4 2016 年度の授業前後の生徒の解答の例（原文ママ）