

「筋肉と骨の働き」に関する理科学習におけるニワトリの足の解剖実験

Anatomical study of chicken legs in the subject “structure and movement of bones and muscles” in science education

水野恭兵¹・石原 智²・松田義彦³

勝田長貴⁴・川上紳一⁵

Kyohei Mizuno¹, Satoshi Ishihara², Yoshihiko Matsuda³,
Nagayoshi Katsuta⁴ and Shin-ichi Kawakami⁵

要 約

小学校第4学年, 中学校第2学年では, 人の体のつくりと運動について学習することになっている。体の運動には関節をまたいで筋肉が腱によってつながっており, 筋肉が縮むことで体が動くことを学習するが, こうしたしくみをモデルで再現することは困難であり, さまざまな工夫がなされている。本研究では, ウズラやニワトリの足の解剖を行って, こうしたしくみを, 実感を伴って理解することを目指した。ウズラの足の解剖は, 2002年に松田が実践して以来, この単元の学習で活用されてきた。今回, ニワトリの足を入手し, その解剖に関する授業実践および教員研修を行った。これらの実践をもとに, 骨と筋肉の学習におけるウズラやニワトリの足の解剖の効果について考察する。

キーワード: 骨と筋肉, 解剖, ニワトリ, 足, 筋収縮, 中学校, 教員研修

1. はじめに

平成20年に発行された小学校学習指導要領解説-理科編では, 小学校第4学年に「人の体のつくりと運動」という単元が位置づけられた(文部科学省, 2008a)。この単元では, ヒトのからだのしくみについて, 骨, 関節, 筋肉についてとりあげ, 筋肉が縮むことで, 体が動くことを学習することになっている(萱野・佐伯, 2012; 岩間・松原, 2012)。この学習のために, 骨と筋肉の働きについて, さまざまな模型が開発され, 授業実践が行われている(中野, 2009; 平野, 20

11; 片桐, 2012; 竹下ほか, 2013)。腕の曲げ伸ばしでは, 2つの筋肉が交互に縮むことで肘が動くが, 2つの筋肉が働いていることを理解しやすい教材は多くない。

この学習内容は, 中学校理科第2学年の「動物の世界」でも学習する(文部科学省, 2008b)。中学校では, 筋肉が腱によって関節をまたいで二つの骨とつながっていることを学習する。また, 筋肉は腕の骨を囲み, たがいに向かい合うようについていて, どちらかの筋肉が縮むことで, 肘を曲げたり伸ばしたりすることを学習

1: 下呂市立金山中学校, 〒509-1622 岐阜県下呂市銀山町金山2619

; Kanayama Junior High School, 2619, Kanayama, Kanayama-cho, Gero-shi, Gifu, 509-1622, Japan.

2: 高山市立国府中学校, 〒509-4115 岐阜県高山市国府町三日町450

450, Mikkamachi, Kokufu-cho, Takayama-shi, 509-4115, Japan

3: 岐阜県総合教育センター, 〒500-8384, 岐阜市藪田南5-9-1

Gifu Prefectural General Education Center, 5-9-1, Yabutaminami, Gifu-shi, 500-8384, Japan

4: 岐阜大学教育学部, 〒501-1193 岐阜市柳戸1番1

Faculty of Education, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan

5: 岐阜聖徳学園大学教育学部, 〒501-6194 岐阜市柳津町高桑西一丁目1番地

Faculty of Education, Gifu Shotoku Gakuen University, 1-1, Takakuwanishi, Yanaizu-cho, Gifu-shi, 501-6194, Japan

する。中学校の教科書では、こうした骨、関節、筋肉、腱の働きについて、ニワトリの手羽先を使って観察する実験例が提示されている。

骨と筋肉の働きの学習において、体のつくりの巧みさについて実感できる教材が必要とされる。和田（2009）は、一般に「モミジ」と呼ばれているニワトリの足の解剖を演示することを提案し、さらに内臓の観察まで視野に入れて、教材として「丸焼き用」のニワトリを使うことを提案している。松田（2003）は、中学校の理科学習において、ウズラの足を解剖して、骨と筋肉が腱によってどのようにつながっているかを調べる授業実践を行っている。

本研究は、平成28年度の岐阜県総合教育センター「理科教育講座」における、授業実践研究の検討の際に、ニワトリの足（「モミジ」）が精肉店で購入できることが話題になり、この講座の実施責任者である松田が、以前にウズラの足で授業実践を行ったことがあることを受け、岐阜県下呂市立金山中学校において、ニワトリの足の解剖を取り入れて授業を実践したものである。さらに、その成果を受けて、岐阜県内の若手教員の自主研究会として、ニワトリの足の解剖実験を行って、デジタルコンテンツの開発を行った。

本論では、ウズラやニワトリの足の解剖実験のねらいと意義を明らかにしたあと、金山中学校での授業実践、若手教員の自主研究会の実施について報告し、ウズラやニワトリの足の教材としての意義について議論する。

2. ウズラの足の解剖を取り入れた理科授業の展開

岐阜県におけるウズラの足の解剖を取り入れた授業実践は、2002年に著者のひとりである松田義彦が岐阜市立長良中学校で最初に行った。猛禽類を飼育した際に、エサとして冷凍のウズラを与えていたときに、教材としても使えることを発想した。松田は、2003年8月19日に開催された、岐阜県中学校理科教育研究部会の自主研究会で、その実践を発表している。この発表を受けて、ウズラの足の解剖を取り入れた授業実践が県内に広がったが、これ以後、著者の一

人である石原智は、中学校に勤務し、その後継続してウズラの足の解剖を取り入れた授業実践を行っている。ウズラは、孵化業者である愛知県豊橋市伝馬町の遠藤鶉孵化場（tel.0532-61-8484）から仕入れている。

松田の指導案では、授業のねらいを「筋肉と骨の仲立ちをしているのが腱であることを、実物を見て確認するとともに、腱と骨はつながっており、腱を引くと指が動くしくみを調べる観察を通して、筋肉、腱、骨それぞれが関わって動物の体が動いていることを理解する」とした。この授業実践における生徒の感想には

- 腱が何本もあることにびっくりした。自分の手や足もあんな感じになっていると思うとすごいと思った。
- 腱を引っ張ったら本当に指が開いたり閉じたりしてびっくりした。
- 自分たちの体なのに知らないことがたくさんあり勉強になった。
- 腱を引くと指が動き、体の動きには腱や筋肉などいろんなつながりあがるのがわかった。実物を使うとよくわかる。
- 腱というのはとても大切な部分だと思った。運動の前には準備体操が必要だと思った。

こうした感想から、骨、腱、筋肉のつくりがわかるウズラの足の解剖は、実感を伴って、理科の内容を理解させる手立てとして有効であることが示唆された。また、その後の石原による授業実践で、裏付けられた。

実験に使われた動物の種類や数に関する調査によると、かなり古いデータではあるが、鳥類ではニワトリとウズラが使われることがほとんどである（わが国における実験動物の生産・調査・研究班，1973）。大学や研究機関での研究用として使われる場合がほとんどであり、理学部や農学部を卒業して教職についた方のなかで、学習教材として活用している事例があるかもしれないが、文献調査では和田（2009）以外には、見つけられなかった。ウズラを仕入れた業者の話では、岐阜県の中学校教員のほかには、愛知県の高校教員が教材として購入した実績があるという。

3. 下呂市立金山中学校での実践

(1) 授業実践の構想

平成28年度の第1回（6月7日）、第2回（8月2日）の理科教育講座で、受講する教員は、それぞれの勤務校で授業実践する単元を決め、教材・教具の開発や単元指導計画を練った。その際に、本実践のきっかけとなる、骨と筋肉の働きの学習において、ニワトリの足の解剖のアイデアが生まれた。ニワトリの足は、ヒトの手のつくりと似ているため、指が複雑で器用な動きができる仕組みを調べることができること、観察しやすい大きさであるため、一つ一つ筋肉をメスで切り離し、それぞれを引っ張ることで、指一本一本を動かす筋肉と腱の存在を確認することができるものと考えた。

(2) 授業実践

①授業の導入

生徒たちは、肘などを曲げ伸ばしできるのは、対となる2つの筋肉が縮むためであることを理解している。そこで、本時の導入では、肘よりもさらに複雑な動きをする手の動きに注目させ、一本一本の指が複雑な動きをするのはどうしてだろうか、ということを考えさせた。生徒の予想には次のようなものがあった。

- ・小さい筋肉が手にたくさんついているから
- ・一本一本の指に1つずつの筋肉がついているから

生徒は、指を動かす筋肉がどこにどのようにしているのかということに疑問をもち、自分の指を動かしながら、使っている筋肉を予想していた。

このように、普段何気なく動かしている手の動きに着目させ、「どうして指はいろいろな動きができるのだろうか」、「指を動かす筋肉はどこにあるのだろうか」といった、疑問をもたせることができた。そして、「ヒトの指が器用で複雑な動きができるのはどうしてだろうか」という課題を設定し、生徒の抱いた疑問をもとに、ヒトの指が動く仕組みを理解することを目的として、ニワトリの足の解剖へとつなげた。

②ニワトリの足の解剖

今回は、一人一人が実物に触れる機会を多くして、体のつくりの精巧さを実感できるように、

班に一つニワトリの足を用意して観察を行った。ニワトリの足を見て、生徒は最初戸惑ってはいたようであったが、どの生徒も熱心に解剖を始めた（図1）。



図1. 解剖を始める生徒.

解剖をしていくと、手羽先の解剖とは違い、小さな筋肉がたくさんついていることに気付くことができた（図2）。



図2. 解剖の結果. 筋肉が腱で骨とつながっていることが確認できる.

また、それらを引くことで指が動くことを確かめることができた（図3）。また、引っ張る筋肉によって、指の動き方や動く指が異なることを実感することができた。

さらに、「この指を動かすにはどこの筋肉を引けばよいのだろう」、「この筋肉はこの指とつながっているのだ」というように、探究的に観察を進めることができた。



図3. 筋肉のついた腱を引っ張って、指の動きを調べる生徒。

観察を通して、生徒が気付いた事実として次のようなものがあった。

- ・指一本一本に筋肉がついていた。指の本数以上に筋肉がたくさんついていた。だから、指は複雑な動きができるのだと分かった。
- ・足の指を動かす筋肉は、指についているのではなくその先の太ももあたりについていることが分かった。

図4に、生徒のノートの記述の例を示す。

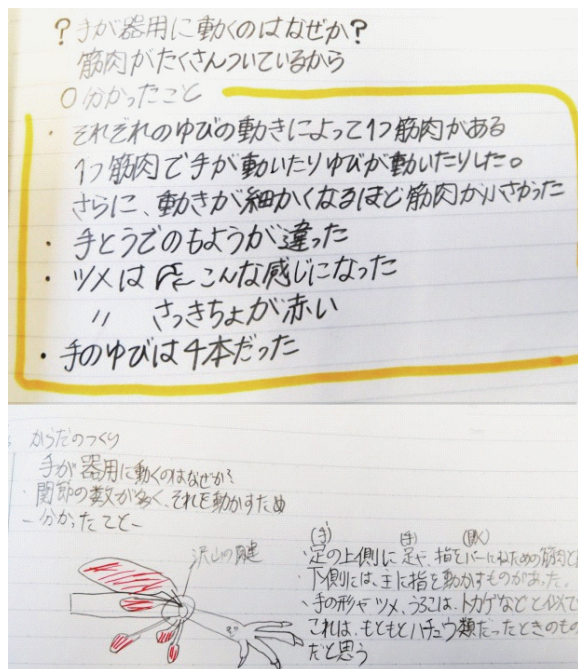


図4. 生徒のノートにみられた記述の例。

③授業後の生徒の感想

授業実践のあと、ニワトリの足の解剖につい

て感想を書かせた。以下に、生徒の記述例を示す：

- ・指の本数分の腱しかないと思っていたが、それ以上の腱と筋肉があって驚いた。細かな筋肉がたくさんあるから、人の体はいろいろな動きができるのだということが分かった。
- ・人の筋肉は、複雑に絡んでいて、器用な動きができるので、すごく計算されているのだと思った。
- ・単元を通して、体のつくりについてよく分かったし、ロボットより細かな動きができる人間の体はすごいと思った。

このように、ニワトリの足の解剖を通して、指が複雑な動きをするためのつくりについて理解し、その事実には驚きや感動した生徒が多くいたことが分かった。

4. 教員対象の自主研究会の開催

2016年11月2日に岐阜県博物館で開催された平成28年度第3回理科教育講座（中学校）において、研修を受けている教員の間で実践交流を行い、今年度実施した授業実践とその成果・課題について話し合いをした。このときに、金山中学校におけるニワトリの足を使った授業について交流した。これを受けて、若手教員研修の実施担当者間で自主研修会の開催の可能性を検討し、ニワトリの足の解剖を行うことにした。そして、理科教育講座を受講する教員だけでなく、岐阜県教育委員会6年目研修を受講した教員にも参加を呼びかけた。2016年12月17日、午前10時から正午にかけて2時間、岐阜聖徳学園大学の8号館8301教室において、解剖実習と授業用ビデオ撮影を行った。参加した教員は8名である。

研修会の開始にあたり、松田が2002年に岐阜市立長良中学校で実践したウズラの足の解剖を取り入れた授業の概要を説明した。続いて、ニワトリの足の解剖に取りかかった(図5)。もも肉を切断したあと、足の筋肉をほぐし、腱と筋肉をばらばらにした。

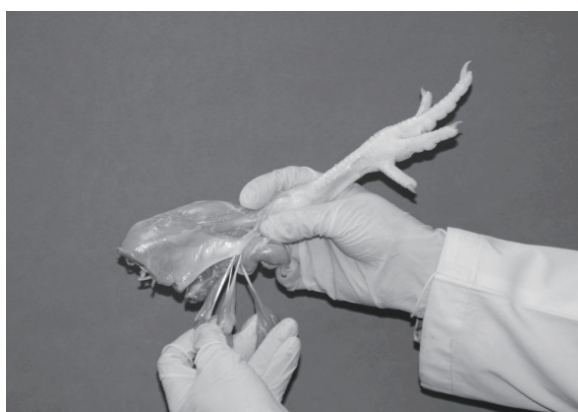


図5. 自主研究会でのニワトリの足の解剖の様子。

全員が解剖を終えた段階で、ビデオカメラの前で、授業用ビデオを撮影した。撮影は参加した若手教員全員が行い、解剖実験前の解説と、解剖した結果をもとに、筋肉のついた腱を引っ張って、体の動きを示しつつ解説を行った。

5. 議論

(1) 実験教材としてのウズラとニワトリの足

小学校第4学年における骨と筋肉の働きに関する学習では、ニワトリの手羽先を用いて、筋肉の働きによって体が動くことを学習させた実践がある(藤井・川上, 2010)。小学校段階では、解剖は行わないため、あらかじめ解剖して観察しやすいものを教師が準備している。ニワトリの手羽先の解剖は、中学校の第2学年「動物の世界」の単元では、広く行われている。

その一方で、ウズラやニワトリの足の解剖を取り入れた授業はあまり多くない。松田は、猛禽類の飼育用のエサとして市販されているウズラを教材化できることに着目して授業実践を行っている。この実践を受けて、石原も毎年ウズラ

を入手し、解剖を行う実践を行っている。ウズラは1羽30-50円と安く、1羽につき2本足がとれることから、一人一人が解剖させるにも、600-1000円と安価である。解剖実習では、足が小さいことから、骨、腱、筋肉のつくりについて詳細な観察を行うことが困難であった。

一方、ニワトリの足は、1本500円であったため、解剖は班に一つずつとしたが、部位が大きいので、骨と腱、筋肉のつくりについては、わかりやすかった。ニワトリの足を用いて班ごとに解剖を行わせるには、5000円程度の予算が必要であること、ニワトリの足を販売している精肉店は多くなく、入手可能であっても、10日以上前から予約を入れておく必要があるなど、事前に計画的な準備が必要であった。金山中学校および若手教員の自主研究会で使用したニワトリの足は、下呂市萩原町の(株)天狗より入手している。

(2) デジタルコンテンツの開発について

岐阜県CST事業の教員研修では、生物、地学分野を中心に、教室で生徒に直接提示することが難しい事象を中心にデジタルコンテンツの開発を進めている(山田ほか, 2011)。開発現場では、ビデオカメラ、ワイヤレスマイクなどを使用し、テレビ番組のロケと同様の場面を設定して、撮影を行っている。その際に、カメラの前で説明する解説者は、実際に授業を実践する教員が、授業で使うことを想定して、生徒に向かって解説を行うようにしている。今回のニワトリの足の解剖は、岐阜CST事業実施事務局の承認を受けて実施したものではないが、岐阜CST事業における教員研修と同様に、受講者を募集して、解剖実習およびデジタルコンテンツ開発を行った。解剖実習では、若手が中心に行い、大学教員や上級CSTは、アドバイザーとして関わった。開発したコンテンツは、岐阜聖徳学園大学web教材「理科教材データベース」に登録して、広く活用できるようにした。自主研修会に参加した若手教員からは、「研修会で学んだことが、そのまま授業に生かせるのがありがたい」、「若手教員が集まっていっしょに実習しながら学ぶ機会は有意義である」といった感想が寄せられ

た。

(3) 筋肉の収縮メカニズムについて

小中学校の理科学習では、ヒトの体のつくりと運動について、筋肉が縮むことで体が動くことを学習する。その際には、筋肉はなぜ縮むのかについてまでは扱わない。しかし、筋肉の働きについて学習した児童・生徒の中には、筋肉がどのように縮むのかについて疑問を抱くものがあるかもしれない。筋肉が収縮するしくみについては、ミオシンとアクチンという2つの蛋白と、ATPの相互作用で成り立っており、2つのフィラメント状線維がすべるように配列を変化させることで、筋肉の収縮が起こることが明らかにされている(江橋, 1981)。こうした筋肉の収縮機構の解明は、1940年代のノーベル生理学・医学賞を受賞したハンガリー出身の生理学者セント-ジェルジ(Szent-Gyorgyi)に始まり、1950年代のハックスリー(A.F. Huxley)による「すべり説」、「首振り説」で発展した。1990年代になって、新たな課題が生じ、再び研究が活発になっている(三井・大島, 1993)。筋肉の働きに関する分子生物学的研究の歴史を解説することで、新たな課題に気づかせ、科学的探究に関する生徒の知的好奇心を高めることにつながるかもしれない。筋肉の構造と収縮メカニズムは、高校生物で学習する内容である。

西野・榮永(2011)は、小学校理科授業を想定して、筋肉の収縮を実験的に調べる教材を研究している。実験には、ニワトリのササミとホタテ貝の貝柱を用い、50%グリセリン溶液に浸し、単純なアクチン・ミオシン系の構造とし、濃度の異なるATP溶液を用いて、筋肉の収縮率を調べている。さらに、小学校教員向けの実験プロトコルを作成している。この研究は、児童・生徒の疑問を科学的に探究することで解決することを目指しており、実際の授業実践で検証することが期待される。

6. おわりに

骨と筋肉の働きについては、わかっていると思いついでいるが、いざ実物を解剖してどのようになっているか調べてみると、体のつくりの

巧みさについて実感できるものである。今回解剖を行ってみて、体の動きは、操り人形と同じように、一つ一つの体の動きに、それぞれ対応した筋肉が働いていることが実感としてよく理解できた。小中学校の理科で学習する内容について、ニワトリの足の解剖のように、一步踏み込んで教材研究を行うことで、個別の事象についての指導力が身についていくものと考えられる。今後も、さまざまなテーマで、教員の自主研究会を行って、若手の育成、指導力の向上、ひいては児童・生徒の学力の向上に努めていくことが必要である。

謝辞。 2016年12月17日開催の自主研究会の開催では、学校法人聖徳学園・岐阜聖徳学園大学羽島キャンパス8号館(理科実験棟)8301教室を使用させていただいた。ここに記して深謝する。

引用文献

- 江橋節郎(1981) 筋肉の動き. 日本結晶学会誌, **23**, 64-70.
- 藤井志保・川上紳一(2010) 実感を伴った理解を深め生命尊重の態度を育む指導のあり方-第4学年B区分「動物のかだらのつくりと運動」における手羽先と人工関節の活用-. 教師教育研究, 第6号, 131-139.
- 平野謙二(2011) 骨と筋肉の運動モデル「きんに君」の開発と授業実践. 日本理科教育学会全国大会要項, **61**, 397.
- 岩間淳子・松原静郎(2012) 小学校理科における生物教材の分析-「人の体のつくりと運動」を例に-. 日本科学教育学会年会論文集, **36**, 426-427.
- 片桐大樹(2012) 「科学的な思考・表現」の力を高める「模型づくり」の在り方: 第4学年「人の体のつくりと運動」を通して. 理科の教育, **61**, no.5, 289-292.
- 萱野誠・佐伯英人(2012) 教材の有効性に関する研究」第4学年「人の体のつくりと運動において. 日本理科教育学会全国大会要項, **62**, 231.
- 松田寿彦(2003) 平成14年度岐阜県中学校理科教育研究部会自主研究会資料, 4p.
- 三井利夫・大島広行(1993) 筋収縮の仕組み. 応用物理, **62**, 377-385.
- 文部科学省(2008a) 小学校学習指導要領-理科編, 大

- 日本図書.
文部科学省 (2008b) 中学校学習指導要領-理科編, 大日本図書.
- 中野正俊 (2009) 小学校第4学年「人の体のつくりと運動」学習の実際: 児童の理科離れに対応する博学連携. 日本理科教育学会全国大会要項, **59**, 288.
- 西野秀昭・榮永勇樹 (2011) 小学校理科「人の体のつくりと運動」における生物教材の工夫～人の体のつくりと運動とのかかわりについて考えをもつことができるように～. 日本理科教育学会全国大会要項, **61**, 426.
- 竹下俊治・徳田敬・間賀綾音 (2013) 作って学ぶ「骨と筋肉の働き」「花つくり」: ペーパークラフトの製作を通して (ワークショップ). 日本理科教育学会全国大会要項, **63**, 498.
- 和田重雄 (2009) ニワトリを用いた「体のつくりと運動」の教材開発-小学校4年「骨や筋肉の働き」を中心に. 日本理科教育学会全国大会要項, **59**, 255.
- 我が国における実験動物の生産・調査・研究班 (1973) 実験につかわれた動物種ならびにその数-1970年度の調査結果から-. 実験動物, **22**, no.4, 307-340.
- 山田茂樹・清水哲司・大門佳孝・川上紳一 (2011) 岐阜県飛騨地区を拠点とするコア・サイエンス・ティーチャー (CST) 事業の取組み. 岐阜大学教育学部研究報告 (自然科学), **35**, 49-56.