

# 小学校4年生理科「人の体のつくりと運動」における 筋収縮のしくみを反映した新しい学習教材 「Hand-made (手まで) モデル」の提案と効果の検証

Proposal and Effect Assessment of A New Teaching Material  
“Hand-made Model” for Learning of Human Body and  
the Motion in Science Class of Primary School 4<sup>th</sup> Grader

西野 秀 昭

廣 島 望

Hideaki NISHINO

Nozomi HIROSHIMA

(福岡教育大学理科教育講座 (三重県名張市立百合が丘小学校)  
生物教室)

(平成29年10月2日受理)

## 要 約

小学校4年生理科「人の体のつくりと運動」の筋収縮モデルでは、筋収縮はゴム袋に空気を入れて縮ませる等、本来の筋収縮のしくみ、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントによる滑り運動が反映されていない。そこで赤手袋を筋肉に見立て、筋収縮における滑り運動を反映した新しい「Hand-made (手まで) モデル」を作成し、アンケート調査で効果の検証を行った。その結果、ゴムのモデルと比べて理科教材として優れているとの結果になった。理由は、意味が分かりやすい、空気が筋肉に入るという誤解がない、間違いを教えるはいけない、一方の筋肉が縮むと他方が伸びるしくみがわかりやすい、などが挙げられた。一方で課題も挙げられ、改善を続ける必要もあると考えられた。

キーワード：人の体のつくり、運動、筋肉、骨、収縮

## 1. 目 的

現在の小学校学習指導要領（以降、「指導要領」）（文部科学省，2008）において，小学校4年生理科「(1) 人の体のつくりと運動」の学習では，「人や他の動物の体の動きを観察したり資料を活用したりして，骨や筋肉のつくりや働きとそれらの動きとを関係付けながら調べ，人の体のつくりと運動とのかかわりについての考えをもつことができるようにする」ため，「ア人の体には骨と筋肉があること，イ人が体を動かすことができるのは，骨，筋肉の働きによること」を学ぶこととされている。そのため，小学校学習指導要領解説理科編（以降，「解説」）（文部科学省，2008）では，指導に当たっては映像や模型などの活用も挙げられている。

筋収縮の模型（以降，モデル）は様々なタイプが提案されているが，筋肉部は主にゴムが使われている（例えば，図1）。ゴムの分子構造は絡まった螺旋等であり，ゴム袋に空気を入れて縮ませるなど，本来の筋収縮のしくみ，アクチンとミオシンの両フィラメントによる「滑り運動」が反映されていないという現状がある。学校教育で筋収縮の仕組みが訂正されるとすれば，

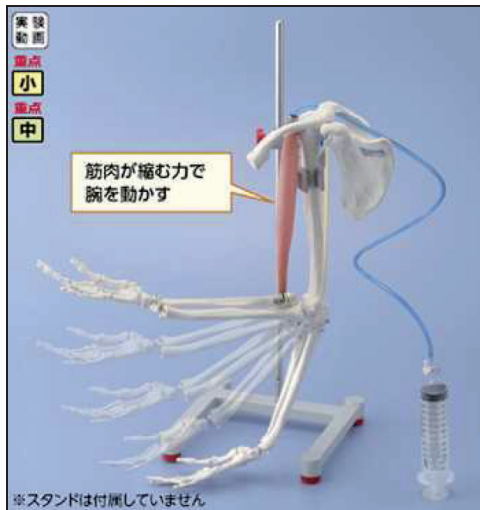
児童が高校生になり，高等学校生物（例えば，浅島誠他，2015）を受講した場合である。しかし高等学校生物は4単位であり，受講する高校生は限られている。すると筋収縮の仕組みがゴムとは異なる事を理解できないまま学校教育が終わってしまう生徒がいることになってしまう。これは学校教育で科学性が維持されているか否かの問題で，実証の成果よりもモデルの作りやすさが優先されている為と考える。

そこで本研究では，小学校においても滑り運動を反映した新しいモデル「Hand-made (手まで) モデル」を作成するとともに，アンケート調査を行ってその効果の検証を行い，同モデルの改善を行った。

## 2. 方 法

筋収縮の際は，赤手袋をはめた手の指が一方の赤手袋の指の間へ入っていくことでアクチンフィラメント・ミオシンフィラメントによる「滑り運動」を表現した（図2）。二頭筋，三頭筋とも赤手袋の指が互いに指間へ入ると，その分，横に広がることで筋肉が縮むと膨らむことを表現した（図2）。腕の骨は面取り仕上げ材（60 cm × 2.4 cm × 1.5 cm 228 円 × 1 本 =

A.



B.



図1 市販されている筋収縮モデルの例  
A,Bともケニス HP から引用。

228円、及び60 cm × 2.4 cm × 1.2 cm 178円 × 2本 = 356円、改善後は、軽量の丸バルサ材60 cm × 10 mm Φ, 5本入1,144円、ゴム手袋238円 × 2 = 476円、真ちゅうヒートン No.0 一袋103円)を用い、関節はボルト(鋼小ねじ, 40 mm × 4.0 mm, 113円)で面取り仕上げ材(又は丸バルサ材)を固定して表現した。面取り仕上げ材(又は丸バルサ材)二本で前腕の橈骨・尺骨をもイメージした。腱が骨に接着する箇所へヒートンを固定し、輪状にしたビニール紐をかけた。その紐を中指にかけた赤手袋で筋肉を表現した(図3)。モデル作製経費は1,300円ほど、重さは347gであった。

アンケート調査は、大学開放事業「教育大へ行ってみよう！」で主に小学生とその保護者に感想を聞き、既存のモデル(図1A, 1個36,720円。)と比較し、改善へ生かした。また生物教育学会年会(東京)でも調査を行った。

A.



B.



C.



図2 筋肉は赤手袋で表現

A: 筋肉が伸びている状態; B: 筋肉が縮み始め; C: 筋肉が縮んで膨らんだ状態



図3 「Hand-made (手まで) モデル」の構造  
上の手袋が二頭筋を、下側の手袋が三頭筋を表す。一方が縮めば他方が自然に伸びる仕組みである。

### 3. 結果

福岡教育大学・大学開放事業(平成28年11月13日)に訪れた小学生とその保護者、及び生物教育学会(平成29年1月8日)参会者にアンケートを取り、効果の検証を行った。その結果、ゴムのモデルと比べて理科教材として優れているとの結果になった(表1及び表2)。理由としては、意味が分かりやすい、空気が筋肉に入るという誤解がない、間違いを教えるはいいけない、一方の筋肉が縮むと他方が伸びるしくみがわかりやすい、などが挙げられた。一方でリアルでない、大きすぎる等の意見もあった。



表1 小学生と保護者へのアンケート結果

《質問：どちらのモデルが優れていますか？\*》

Hand-made モデル…………… 14 票  
ゴムのモデル（図1, A）…………… 6 票  
※小学生とその保護者が両モデルを使って話し合った後、二者択一の問いへの一致した結果を示している。

《Hand-made モデルが優れている理由》

①意味が分かりやすい  
②空気が筋肉に入るという誤解がない  
③間違いを教えるはいけない  
④一方の筋肉が縮むと他方が伸びるしくみが分かりやすい

《Hand-made モデルの欠点としての意見》

①リアルでない ②大きすぎる  
③動かしている子から見えない  
④重い

児童の使用を考え、105 gに軽量化したモデル2号も作製した（図4）。面取り仕上げ材を丸バルサ材に変更した以外、他の材料は変更前と同じである。ただし丸バルサ材が比較的高価なため経費は1,800円となった。しかし、市販のモデル、例えば図1Aと比べても安価である。

4. 考察

表2の回答にもあるように、児童にはアクチンやミオシンの名称説明は不要と考える。日本学術会議からも理科用語削減が唱えられている（中野他, 2017）ように、理科は用語やその定義を憶える暗記科目ではなく、仕組みを観察・実験から理解するものだからである。小学校理科での筋収縮のモデルとして手羽先を使う例もある（例えば森本, 2010）。しかし羽と腕が「相同器官」であることは中学校2年生「進化の証拠」で初めて学習するので手羽先は早計な教材と言える。また、人口筋肉ではゴムに空気が入るしくみが実用化されつつある（例えば渡辺, 2015）が、空気を入れて膨らませている点では既存のモデルと同じ仕組みなので、筋収縮のしくみの学習には適していないと考える。生物教育学会参加者でも、筋肉が収縮すると膨らむ仕組みが理解されていないことがあった。ゴム式モデルの弊害かと思われる。また、研究を通じて実証された本来の仕組みでは、筋収縮の結果、筋肉が膨らんでいるが、ゴム（チューブ）式では、筋肉が膨らんだ結果、筋収縮していることになるので仕組みが逆である。

教員研修等で小学校教諭と話す機会に、これまでの筋収縮モデルでは、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの滑り説が反映されていないことから科学的に成立していないことをお話すると、このことには全く気付かずにととの事であった。今後は、この研究のように小学校理科の観察・実験で科学的に問題があるものを見出しながら、科学的に成立する方向へ誘っていくための研究を進めて行きたい。

表2 生物教育学会会員からの意見と回答

- ・小学生は実践が好きなので手袋をして筋肉の体験をするのはたいへん良いと思う（小・中学校教諭経験者）。
- ・小学校の教師は作るのが好きなのでこのモデルはとても良いと思う（同上）。
- ・筋収縮の仕組み（赤手袋）は高校生物の授業でも使えると思う（私立中高教諭）。赤手袋はどこで手に入るのか？→回答：ホームセンターなどで普通に販売されている。
- ・解説の後、ぜひ写真を撮りたいが良いかと尋ねられた（教員養成系大学等の学生3名, 高校教諭1名）。→回答：ポスターなので構わない旨、答えて撮影してもらった。
- ・腱の位置が正しければ中学校でも使えると思うので、肩甲骨も含めたモデルにすると良いのでは（中学校教諭）。→回答：検討したい。
- ・腱と手袋の接続の部分を本物と同様にすると中学校でも使えるのだが（同上）。→回答：モデルとしての構造を簡単にするか、本来の構造に近づけるかは避けて通れない問題。検討したい。
- ・筋収縮の仕組み図は小学生に説明するのか？（教員養成系大学教員）→回答：小学生への「滑り運動」の説明はしない前提。赤手袋での収縮の表現を介した「滑り運動」の大まかな仕組みは科学的に間違っていない。ゴム式では筋収縮のメカニズムとして高等学校生物（4単位）で否定されてしまうが、本モデルは否定されずに実際の「滑り運動」の仕組み理解につながりやすいのではと考えている。
- ・筋繊維が腱を通じて骨に繋がっていることと筋収縮で体が動くことをつなげられるモデルになれば良いと思う（教員養成系大学教員）。→回答：ヒートンを木に埋め込む等モデルの改善の視点として是非とり入れた。

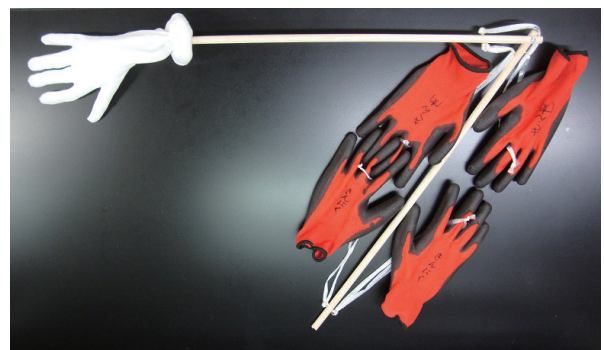


図4 バルサ材で軽量化を図った「Hand-made（手まで）モデル」2号

腕を曲げたときに、二頭筋が縮んで三頭筋が伸びている様子を示す。丸いバルサ材を用いることで軽くなり、骨の丸みも出た。橈骨・尺骨も表現している。子ども用赤手袋では大きさをこの2/3にできる。

5. まとめ

実際の筋収縮の仕組みを反映した新しい「Hand-made（手まで）モデル」を提案した。既製品とは異なる学習効果が期待された。

### 附 記

本研究内容の一部は、日本生物教育学会第101回全国大会（東京学芸大学）で2017年1月8日に発表済である。

本研究は、科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）・基盤研究（C）（一般）・課題番号16K01021・研究課題名「次期改訂理科教科書の生命生物観察実験の再現性と科学性に資する根拠データベース構築」の支援を受けて行えた成果である。

### 参考文献

- ・有馬朗人他：たのしい理科4年，59-60，大日本図書，2015
- ・浅島誠他，高等学校生物，p.249，東京書籍，2015
- ・文部科学省：小学校学習指導要領 第2章第4節 理科 第4学年，67-71，東京書籍，2008
- ・文部科学省：小学校学習指導要領解説 理科編，62-63，大日本図書，2008
- ・森本弘一：教員養成系大学における小学校理科の授業，奈良教育大学紀要，59(1)，2010，151-157
- ・中野明彦他，日本学術会議基礎生物学委員会・統合生物学委員会合同生物科学分科会：報告 高等学校の生物教育における重要用語の選定について（平成29年9月28日），2017
- ・渡辺拓巳：空気圧人工筋肉とMRブレーキを用いた装着型力覚提示装置の開発，中央大学大学院研究年報 理工学研究科篇，45，2015