２年実践「ブレインメッセンジャー・神経」（生物の世界Ⅱ－動物－）

『人は本当に電気信号で命令を伝え、からだを動かしているのか』

脳が電気信号で命令を出し、筋肉を動かしていることを知ったときから、生命の神秘性を感じるようになりました。

人の感覚の不思議さを体感することで、人はどのような仕組みで外部から情報を得て、その情報をどのように処理しているのかについて問題意識をもつ。それについて、情報を集めることで、脳や神経のつくりとはたらきについて問題意識を共有していく。いろいろな実験やモデルづくりをとおして理解を深め、身のまわりの生命を科学的にとらえる目を養うとともに、生命のつくりの神秘性を実感していく。

○単元の流れ（13時間完了）

（はたらきかけ）　（子どもの思い）

問題意識をもつ

1 →

- ２本の鉛筆で腕を刺しても、一本で刺されたように感じる
- ただ見ているだけなのに、絵がぐるぐる回り出す。不思議だな

人は感覚をどこで感じているのか

- ブタの目を解剖して、つくりを調べよう
- 感覚器官が、間違えてしまうのかな
- 脳が、情報を間違えてしまうのかな

錯覚は、脳の勘違いだったんだ

問題意識を共有する

神経は、どのように情報を伝えているのか

2 →

- 『ＨＡＬ』は電気コード１本でつながっていたよ
- 人の神経にも、電気が流れているのかな

人は本当に電気信号で命令を伝え、からだを動かしているのか

深め合う

3 →

- ピンポン球と水槽で、神経伝達のモデルができた
- 低周波治療器で調べると2mAの電流が流れていた
- カエルやミミズに電気を流すと筋肉が動いた
- 電極の場所を変えると動く筋肉も変わるから相手を自由に動かせる
- マッスルセンサーで、電気が流れていることが確かめられた
- 錯覚メガネをかけるとずれて見えるけど、すぐに慣れる

深まりの契機

脳は本当にだまされているだけなのか

深め合う価値を自覚する

4 →

- ハイテク義手のような素晴らしい機械を発明している
- 脳は情報をすぐに処理する能力があるので、失われた感覚も取り戻せる

わたしたちのからだは、自然が創り上げた傑作だ
生命のつくりとはたらきは、実に巧妙で美しい

☆『ROBOT SUIT』（ロボットスーツ）、『ROBOTSUIT HAL』（ロボットスーツHAL）、『HAL』（ハル）、『Hybrid Assistive Limb』は、日本国または外国におけるCYBERDYNE(株)の登録商標です。

「人は感覚をどこで感じているのか」（問題意識をもつ）

❶
２本の鉛筆で腕を刺しても一本に感じたり、じっと見ていると動いて見える絵を見たりする体験をとお

して、人はどこで感じ、どこで判断しているのかという問題意識をもつ。

今日､いろいろ錯覚を体験して、目が回ってしまいました。わたしは､目や皮膚がだまされていると思ったけれど､秀一君が「脳じゃないの」と言ったので､もしかしたらそうかもしれないと思いました。人の感覚はどこで感じているのかとても知りたくなりました。
（授業日記①）

今日、ブタの目玉を解剖しました。本物のレンズや網膜はとてもきれいで感動しました。レンズを通過した光は、網膜で逆さまに映ることがわかりました。
でも、このことが動いて見える絵の原因だとは言い切れません。だから、錯覚は、秀一君が言っていたように脳が原因なのかな。脳を追究した子の意見を聞きたいです。
（授業日記②）

「えっ。何で」「目が回る」「自分のからだなのに思ったように動かない」など、久美はいろいろな錯覚体験を行い､身のまわりにある不思議に気づいていった。久美は、「物を見ている器官は目で、物を触っている器官は皮膚だから､きっと目や皮膚がだまされているのではないか」と自分の考えをまとめた。そして､久美はこの考えを学級の仲間に発表した。　約半数の仲間は久美の考えに賛成したが､秀一は違う　視点で錯覚をとらえていた。それは､「目や皮膚がだまされるのではなく､脳がだまされるのではないか」という考えである。久美は、この秀一の発言をきっかけに｢人は感覚をどこで感じているのか知りたい」と　いう思いをもった。
（授業日記①）

久美は、錯視が起こる原因は、目にあると考えていたため、そのつくりとはたらきを調べていった。そして、ブタの眼球を解剖し、レンズや網膜、視神経といったつくりを観察した。この観察から、レンズを通過した光は、網膜に映し出されるとき、上下左右反対に像をつくることを発見した。目では普通に見えているのに､像が反対に映っているのはなぜだろう。そのことから、久美は、錯視の原因は、目ではなく､秀一が言っていた脳かもしれないという考えに変わっていった。そして、脳を追究してきた仲間の意見を聞きたいと思った。
（授業日記②）

このような久美の様子を見とり､ここまでの追究内容をクラス全体で意見交流する時間をとった。

秀一：日常生活でも錯覚はいろいろなところにあります。例えば、雲が動物に見えたり、壁の汚れが顔に見えたりするのも錯覚です。

大紀：脳は今までの経験から見えない部分を補正しようとするはたらきがある。

綾子：わたしはf-MAP で脳について調べていました。この絵のように、ばらばらの三つの図で三角に見えるということがあります。脳は記憶をするときに意味をもたせて記憶します。だから、三角形を書いていなくても、今までの経験から三角形と見えてしまいます。これが、錯覚です。哲夫：目がものを見て脳へ情報を伝え、脳の中で三次元に組み立てます。このときに、ゆがみが生まれ錯覚が起きます。

克行：目は感じるだけで、すべての判断は脳が出します。目がグウととらえても、脳がチョキだと思ったらチョキに見える。黒色を見ていても、脳が白だと思えば、白に見える。

（錯覚についての意見交流）

わたしは、目のことしか調べることができなかったけど、みんなの意見を聞いて、錯覚は脳の間違いだとわかりました。目と脳を結ぶ神経はどのように情報を伝えているのかな。
（授業日記③）

この意見交流により、久美は、目は情報を受け取る器官で、その情報を処理する器官が脳であることを理解した。そして、脳の情報処理の間違いが錯覚原因だと知ることができた。さらに久美は、別々の役割をしている目と脳をつなぐ神経は、どのように情報を伝えているのか」という点を意識するようになった。
（授業日記③）

神経は、どのように情報を伝えているのか」(問題意識を共有する)

❷
人支援ロボット『ロボットスーツＨＡＬ』のＶＴＲを提示する。このＶＴＲから、神経を伝わる命令は電気信号ではないかという新たな視点をもつ。

ＨＡＬについて
　Hybrid・Assistive・Limb の頭文字を取ったもの。CYBERDYNE 社が開発した世界初のサイボーグ型ロボット。

そこで､教師は、人支援ロボット『ロボットスーツＨＡＬ』のＶＴＲを提示した。このＶＴＲには、教師が『ＨＡＬ』を装着し、教師が腕を動かすと『ＨＡＬ』も連動して動く様子が記録されている。久美は、このＶＴＲの視聴において、教師の腕と『ＨＡＬ』は電気コードでつながっていることに着目した。 このことから、人には電気が流れているのかという考えをもっていった。

教師：これは『ＨＡＬ』です。今、わたしの腕にベルトを巻いてコードでつながっています。わたしが、腕を動かすと一緒に機械の腕が動きます。
健一：脳がからだを動かしているんだ。翔太：というより、脳が筋肉を動かしている。久美：機械を動かすのは電気だから、人にも電気が流れているということ？
明菜：目で受け取った情報は網膜で電気信号にかわるらしいよ。
（『ＨＡＬ』との出会いの授業記録）

先生の腕と『ＨＡＬ』は電気コードでつながっていました。機械は電気で動くので、脳から電気が出ているということかな。でも、ちょっと信じられない。調べてみようと思います。　（授業日記④）

この意見交流では、久美の発言をきっかけに「人には電気が流れているのか」「脳からの命令は、本当に電気なのか」ということに、子どもの問題意識が焦点化されていった。
（授業日記④）

「人は本当に電気信号で命令を伝え、からだを動かしているのか」（深め合う）

❸
身近にあるものを工夫して、実験したり、モデルを作ったりすることをとおして、実感を伴った追究ができるように支える。

久美は、人の神経を伝わる命令についてインターネットを用いて調べていった。そして、神経を伝わる命令は電気信号であるが、普通の電気と違ってイオンの移動による活動電位であることを調べた。その内容はかなり難しく、理解するのに随分と苦労していた。その様子を見た教師は、頭で考えるだけでなくモデルを自作するとよいとアドバイスを与えた。久美は ペットボトルを一つの細胞、ピンポン球をイオンの粒と例え、刺激を受けるとイオンが移動する様子をモデルとして表すことができた。

意見交流の時間では、初めに哲夫が発表した。哲夫は、人のからだに人工的に電気を流せば筋肉は動くのかどうかを調べていた。
そこで、家にあった低周波治療器に着目し、機械が出す電気のリズムと一緒になって動く筋肉の動きを演示した。
さらに、電極をはる場所を変えることで、動く筋肉の場所も変わることや、低周波治療器が出す電流は､最大でも２mA しかないことを発表した。この発表から、人はとても小さな電気で筋肉を動かしていることを仲間に伝えていった。
この哲夫の発表にかかわって、カエルを使って実験をしていた萌花や、ミミズを使って実験をしていた章雄の発表が続いていった。これらの発表によって、電気を流せば筋肉が動くということが確かなものであることが導かれていった。ここで、人が電気を出しているのかという視点で追　究してきた翔太を指名し、その追究成果を発表させた。翔太は、生理学研究所へ行き、脳と神経について取　材をしていた。そして、人の神経を流れる電気信号を増幅するマッスルセンサーという装置を借りてきた。
翔太は、このマッスルセンサーの電極を自分の腕につなげ、自分のからだに流れる電気信号を電球の光に変える演示実験を行った。この翔太の発表をきっかけに、以下のように意見交流が展開されていった。

深まりの契機

生理学研究所へ取材へ行き、神経を流れる電流を増幅できるマッスルセンサーを借りてきた翔太の追究を取り上げることで、目に見えない電気信号の存在を意識させる。

マッスルセンサー

生理学研究所が開発した皮膚表面に流れる電流を増幅する装置。この装置を使うと、筋肉を動かす電気信号に合わせて、モーターを動かしたり、電球を光らせたりすることができる装置。

哲夫：ぼくたちがやったマッサージ器の実験は、マッサージ器から電気が出ているけれど、翔太君のマッスルセンサーは、脳から出ている電流をひろっている。

健一：翔太君のマッスルセンサーの実験で、脳から電流が出ていることがはっきりした。ぼくは、その脳からの命令について調べていました。脳からは、活動電流というものが出ていて、刺激を受けるとリレーのように伝わるようです。だから、脳から電気が出るのではなく、脳からの命令が電気信号として伝わるのが正しいと思います。

教師：電気でなくて、電気信号で命令が伝わるということなんだ。

優花：健一君の言っていた電気信号が伝わる穴が、神経細胞には空いています。フグの毒は、その穴を塞いでしまうため、命令が届かないようです。

久美：わたしは、優花ちゃんが言っていた細胞の穴を、ナトリウムイオンが通るモデルをつくりました。このピンポン球がナトリウムイオンです。このペットボトルが細胞で刺激があるとふたが開きます。すると、外のナトリウムイオンが入ってきます。このイオンは電気を帯びていて、これが動くと電気が流れることになります。

（神経についての意見交流）

この翔太の演示実験によって、子どもの意識は、神 経を伝わる命令に焦点化され、自分と仲間の追究の共通点や相違点を意識し始めた。久美も、神経の伝達は刺激を受けるリレーのようなものという健一の発表と、細胞には電気信号が伝わる穴があるという優花の発表を受けて、自分が製作した神経伝達モデルを紹介する姿へとつながっていった。

「脳は本当にだまされているだけなのか」（深め合う価値を自覚する）

❹
人の神経伝達の仕組みを上手に利用したハイテク義手を紹介することで、自然が創りあげた人の巧妙さを改めて感じると同時に、それを利用する人間の知恵に気づく。

ハイテク義手
　電気通信大学の横井浩史先生が開発した義手。指先にセンサーを取り付け、触った感覚が脳へ伝わる義手。

久美は、この意見交流をとおして、仲間が行った多 くの実験と出会い、人は本当に電気信号を使ってからだを動かしているということを実感していった。
その後、人の神経伝達のしくみを上手に利用したハイテク義手を紹介した。久美は、この義手との出会いから、人間がもつ科学技術のすばらしさを知った。それと同時に、だまされていると思っていた脳のはたらきは、とてつもないスピードで処理されていることに気づいていった。このことに気づいたときから、人の脳は自然が創り上げた傑作だと考えるようになった。
単元のまとめから、久美は、人間の神経伝達の仕組みの巧妙さを実感していったことがわかる。また、自分の追究が仲間の役に立ち、仲間の追究によって自分 の見方が広がったことを自覚していった。

<久美の単元まとめ>

最初、いろいろな錯覚体験をして「人はばかじゃないの」と思いました。
みんなで錯覚について調べていく中、人のからだは電気信号で動いていると知りました。わたしは、人のからだに流れる電気はイオンの移動だということを調べました。そして、その仕組みをピンポン球と水槽を使ってモデルを作りました。わたしの発表の後、*みんなが「あのモデルわかりやすかったよ」と言ってくれて、自分の追究がみんなのためになったのかな*と思いました。
また、クラスの仲間の追究もわたしの視野を広げてくれました。萌花ちゃんはカエルを使って実験をしていたし、哲夫君はマッサージ器で実験をしていました。翔太君は生理学研究所まで行き、錯覚メガネとマッスルセンサーを借りてきて、みんなに体験させてくれました。マッスルセンサーは、人のからだを流れている電気信号をキャッチし電球を光らせたので、インターネットで調べただけのわたしの調べが正しいことだと納得ができました。また、錯覚メガネの体験をしている恭治君の姿を見て、人間の脳は短時間で間違いを修正できるすばらしい能力をもっていると気づきました。
今まで、脳や目について調べてきて、人は本当に巧妙なつくりをしていると思いました。文字を書くことも話すことも電気をつくりだし命令を送っている。こんな複雑なことを瞬間的に行っている人間は自然が創り上げた傑作です。

○授業を創る

「ブレインメッセンジャー・神経」（２年　生物の世界Ⅱ－動物－）

～最先端の科学技術を知り、科学の有用性を実感する子どもを支える～

本単元では、生物の神秘性を感じると同時に、その仕組みを利用した最先端の科学技術にふれ、人間のもつ知恵と技術を実感させようと考えた。

１つ目の技術は、サイバーダイン社が開発した人支援ロボット『ロボットスーツＨＡＬ』である。これは、自立動作支援を目的とし、人の筋肉を流れる電流をキャッチし、手や足の動きをサポートするというものである。

つくば市にあるサイバーダインスタジオに行けば、『ＨＡＬ』のコンセプトを聞いたり、実際に『ＨＡＬ』を装着しその動きを体験したりすることができる。教師は、夏休みを利用し、『ＨＡＬ』を体験してきた。実際に『ＨＡＬ』を装着してみると、その動きの正確さとスムーズさに感動する。その様子をＶＴＲで記録し、子どもに『ＨＡＬ』を紹介した。

２つ目の技術は、電気通信大学の横井浩史先生が開発したハイテク義手である。このハイテク義手は、脳の命令を伝え動かすだけでなく、指先につけたセンサーから脳へさわった感覚を伝えるというものである。

教師が、このハイテク義手の存在を知ったのは、テレビで紹介されていたからである。その番組で、ハイテク義手そのもののすごさを知り、またそれを開発する横井先生の夢を追う姿に感動した。教師は、この横井先生に直接話を聞きたいという思いになり、取材の申し込みをした。すると、忙しい中ではあったが、わたしのために時間を割いていただけることになった。

教師がこのような行動ができたのは、本校の子どもの姿に勇気づけられたためだと思う。本校では、f-MAP の学習で、子どもが興味をもつテーマに対して、とことん追究していく活動を行っている。子どもは、知りたい、聞きたいと思えば、すぐに行動に移す。そのような子どもと共に生活をする中で、教師自身も追究の姿勢を学んでいくことができたと感じる。

３つ目の技術は、生理科学研究所が開発したマッスルセンサーである。これは、からだを流れる電流を増幅して、モーターを動かしたり、ブザーを鳴らしたりすることができる。

附属中の隣にある生理学研究所は、脳について最先端の研究を行っており、その研究成果を子どもに分かりやすく教えてくれる機会を設けている。附中生も何度か取材訪問に伺っている。

この生理学研究所が開発したマッスルセンサーを使えば、人から電気が流れていることを実験により確かめることができる。教師は、写真のような腕のモデルにモーターを取り付けたものを製作し、マッスルセンサーにつなげた。すると、人が腕を動かすとモデルの腕も動く様子がわかる。これにより、子どもは、腕を動かす命令が電気信号であるということを実感していった。

○授業を繰り返すたびに、感性が高まる子ども

現在は、情報技術の発達により、自然の原理・原則を利用した科学技術の仕組みを簡単に知ることができる。しかし、本校の子どもは、それだけでは満足しない。自分の足で取材をし、自分の手で実験・観察をしてはじめて納得するのである。

「神経の情報伝達の仕組みを解明する」これは中学生にとって、とても難しい問題である。しかし、彼らは、教師が考える以上に柔軟な発想で、問題に対してさまざまな追究をする。本実践では、カエルや自分の腕を使って、電気と筋肉の動きの関係を確かめたり、生理学研究所へ足を運び、マッスルセンサーを使った実験を行ったりして納得をしていった。仲間に調べたことをわかりやすく伝えるために、身近なものを使ったモデルをつくった。**学級の一人が、そのような自然の仕組みに直接ふれる追究活動を行うことで、その姿勢が仲間に広がっていく。**

また、本校の子どもは、自分が獲得した情報を仲間に伝え、みんなで仮説を証明していくことの価値を知っている。それは、**３年間のすべての単元で繰り返し行われる問題解決的学習過程をベースにした授業スタイル**が、学年を重ねるごとに、子どものからだに染みついていくからである。だからこそ、子どもは、休日を利用して取材活動を行ったり、家でも実験を行ったりする。

このような子どもの追究を支えているのは、単元の導入や中盤で出会う**「日常生活に潜んでいる不思議」**である。錯覚を体験して「人は感覚をどのように感じているのかどうしても知りたい」という気持ち。人支援ロボット『ロボットスーツＨＡＬ』との出会いから「人は本当に電気信号で動いているのか確かめたい」という気持ち。これらの気持ちが、子どもの粘り強い追究を支えている。「ブレインメッセンジャー・神経」の実践後につくば市にあるサイバーダイン社に足を運び、実際に『ＨＡＬ』を装着し動かす体験を行ったグループもある。子どもの学びは、授業だけで終わるのではなく、生涯にわたって問い続けていく姿勢につながっていくのである。