深い学びのための理科の授業設計と指導法

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松原, 道男, Matsubara, Michio メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24517/00051014

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.

深い学びのための理科の授業設計と指導法

松原　道男

Class Design and Teaching Method of Science for Authentic Learning

Michio　MATSUBARA

Ⅰ　問題の所在

新しい学習指導要領（平成29年3月告示）において強調されていることの一つに，「深い学び」があげられる。今後の教育の重要なキーワードになるといえる。深い学びについては，中学校学習指導要領解説総則編[1]において，次のように説明されている。

「深い学びの鍵として見方・考え方を働かせることが重要になること。各教科等の見方・考え方は，どのような視点で物事を捉え，どのような考え方で思考していくのかというその教科等ならではの物事を捉える視点や考え方である。」

この中の「見方・考え方」については，「新しい知識及び技能を既にもっている知識及び技能と結び付けながら社会の中で生きて働くものとして習得したり，思考力，判断力，表現力等を豊かなものとしたり，社会や世界にどのように関わるかの視座を形成したりするために重要なもの」としている。

また，学習指導要領解説書理科編[2]では，「深い学び」について，次の３点から説明されている。一つ目は，「深い学びを実現する方法」である。

・自然の事物・現象から問題を見いだし，予想や仮説をもち，その解決方法を考える。
・知識を関連付けてより深く理解する。

二つ目は，「深い学びのために求められる授業」である。

・理科の見方・考え方を働かせ，見通しをもって観察，実験を行うことなどの問題解決の活動を通して，主体的・対話的で深い学びの実現を図るようにする。

三つ目は，「深い学びになっているかの確認」である。

・理科の見方・考え方を働かせながら問題解決の過程を通して学ぶことにより，理科で育成を目指す資質・能力を獲得するようになっているか。
・様々な知識がつながって，より科学的な概念を形成することに向かっているか。
・新たに獲得した資質・能力に基づいた「理科の見方・考え方」を，次の学習や日常生活などにおける問題発見・解決の場面で働かせているか。

以上のように，深い学びでは，主体的な問題解決を通して，教科の見方・考え方を働かせ，既にもつ知識・技能をもとに，思考力・判断力・表現力を豊かにすることが指摘されている。一方，深い学びとは，たとえば知識や思考の面から，学習者がどのようになることをいうのか，明確な定義がみられない。

ところで，知識や思考の研究の一つに，人工知能の研究がある。人工知能の研究には，「作って知る」といった立場の研究がある[3]。人工知能を人間に近づけることによって，人間の知識や思考がどのようなものかを明らかにする研究である。現代，人工知能の成果が注目され，画像認識，音声認識，自動車の自動運転などの成

平成29年10月23日受理

果が報告されている。人間の認識や思考に近づくか，あるいはそれ以上になってきている。したがって，現代の人工知能の知識や思考のとらえ方は，人間の知識や思考をみていく上で参考になるといえる。

Ⅱ　研究の目的

本研究においては，理科における深い学びとは何かを明らかにするとともに，深い学びのための理科の授業設計と指導法について明らかにすることを目的とした。その際，人工知能の成果における知識や思考のとらえ方を参考にすることとした。

Ⅲ　研究方法

本研究では，まず人工知能の知識や思考のとらえ方をもとに，知識や思考の特徴を示すことにした。そして，その観点から，深い学びとは何かを定義することにした。次に，深い学びの定義に基づき，深い学びのための理科授業設計と指導法を提案することにした。対象とした単元は，小学校第５学年Ｂ区分の「流れる水のはたらき」，中学校第２学年第１分野の「電流とその利用」である。

Ⅳ　知識と思考

１．人工知能における知識と思考

ここでは，人工知能の観点から，人間の知識や思考についての特徴をみていく。

(1) 論理にもとづく知識構成の問題点

日本においては1980年代から1990年初頭にかけて，第五世代のコンピュータとして国家的に人工知能の開発が行われた[4]。知識をデータとして蓄積することやその表現方法，そしてそれを論理的に処理して推論する方法が検討された。代表的にはエキスパートシステムとして，例えば医療などの専門家が病気を判断していくようなものが作られ，人間の判断を支援する活用がみられた。このように専門家が行う一定のルールにもとづく処理については，人工知能が役立つことがあった。

一方，日常生活のように刻々と状況が変わったり，状況が複雑であったりすることに対応する人工知能を作成するのは困難であった。人間の認識や思考は，論理的側面もあるが，状況に合わせて用いる論理が変わる。したがって，論理的なルールに基づく処理は必要であるが，それだけでは，人間の日常的な認識や思考などの表現が十分にできないことが明らかになった[5]。

(2) 特化型人工知能の知的処理

最近の人工知能においては，画像認識，音声認識など顕著な成果がみられる。これは，大量の知識と論理だけでなく，人工知能において入力する情報の特徴量を検出できるようになったからである[6]。この特徴量検出は，パターンやイメージのようなものと解釈できる。このことから，人間らしい認識や思考には，パターンやイメージの形成が重要であることが推察される。

これらの機能は，とくにニューラルネットワークによるディープラーニングにより達成できるようになった[7]。これは，神経細胞をモデルにしたものであり，例えば図１に示したような階層型のモデルをあげることができる。「○」で示したのが一つの神経細胞にたとえられ，ここではユニットとよぶことにする。各ユニットは，上位のユニットと連結している。入力層か

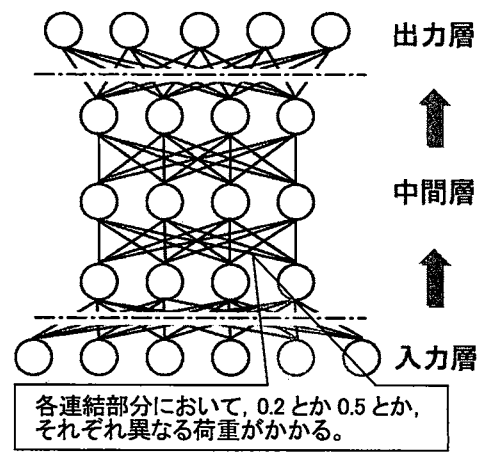


図1　ニューラルネットワークによる情報処理

ら入力した信号は中間層，出力層へと送られる。実際は，各層のユニット数は図で示したものより多い。各ユニットの連結している部分には，それぞれ異なる荷重がかかり，送られる信号の強さが変化するようになっている。この荷重の設定により情報が処理され，全体として複雑な機能をもつことができるようになる。

この中間層は，情報の特徴量を検出しパターン化する機能がある。たとえば犬の信号が入ってくると犬の特徴を検出し判断に役立つというものである。つまり，中間層に特徴量検出のパターンが形成されるが，それは広くはイメージのようなものであるといえる。入力した信号がこのイメージにおおよそ一致していれば，そのパターンの信号が出力層に伝わり，出力層でそのものに対応するユニット，例えば犬のユニットが活性化して認識できるということになる。この特徴量検出は，従来の荷重設定の計算方法では限界があった。ところが，ディープラーニングの方法により可能となり，飛躍的に人工知能の成果が上がるようになった[8]。

(3) 知識と思考の特徴

知識や思考については，初期の人工知能の研究にあるように，論理的な処理の部分は必要である。そして，これに加えてニューラルネットワークのモデルから指摘されることも必要となる。それは，特徴量検出を通してパターンやイメージとして知識が記憶されるとともに，それぞれの知識が独立して記憶されるのではなく，知識どうしが関連づけられて記憶されるということである。このことから，次の３つのことが指摘できる。

①すでにある特徴量検出の枠組みによって，新しく入ってくる情報(知識)が位置づけられる。

日常生活において形成された特徴量検出の枠組みの中でも明確な枠組みの一つに，素朴概念をあげることができる。素朴概念の枠組みがあるために，入ってくる情報を認識しやすいが，科学的な枠組みと異なった解釈が行われる場合がある。

一方，枠組みは固定されているわけではなく，新しい情報によってイメージが変容するように，特徴量検出の枠組みも柔軟な構造であり変容すると考えられる。教育的には，科学的な枠組みを形成していく方向で，変容することが求められる。

特徴量検出にともなうイメージの形成によって，そのイメージに関わる知識が関連をもつことになる。したがって，イメージをもとに関連する知識を想起させて，知識の関連性を深めていくことが考えられる。

②特徴量検出によって形成されるイメージは，具体的知識と抽象的知識の媒体となり，記憶や思考を促す。

特徴量検出によってイメージが形成され，さらにそれらが言語などの抽象的な記号と関連づけられることによって認識や思考が深まる。つまり，イメージをうまく形成することにより，認識や思考を促すことができると考えられる。

③知識はネットワークで形成されるために，他の知識と何らかの関係をもつ

知識の記憶がネットワークによって分散的に行われるということは，これまでに記憶されているいろいろな知識と少なからず関係をもつ可能性がある。したがって，どのようなつながりを強めていくかが教育においては重要となる。また，関連する知識を活性化させることによって，考えを深めることができると考えられ，関連する知識を想起できるような状況や文脈を設定することが重要となる。

ニューラルネットワークのモデルからは，知識や思考について，以上の３点を指摘することができる。これをもとに教育的な観点に立つと，さらに次のことが示唆される。

①から，科学的な特徴量を検出することの重要性は，教育において科学的な枠組みをどう形成するかが重要となる。そのために求められる科学的な枠組みを明確にしておく必要がある。

②から，具体的な情報は，特徴量検出によるイメージを通して，抽象的な知識と結びつくこ

とがわかる。したがって，教育においては，イメージを媒体としていくような工夫を行う必要がある。

③から，特徴量検出だけでなく，関連する周辺の知識を想起できるような状況や文脈を，どのようにつくっていくかを考える必要がある。

2．深い学びのための知識と思考

上述した3点について，深い学びのための知識や思考の観点から，さらに詳しくみていくことにする。

(1) 科学的にとらえる視点

深い学びのためには，まず入ってくる情報が特徴量検出の枠組みによってとらえられる必要がある。理科では科学的な枠組みになる。科学的な枠組みになるための自然事象をとらえる視点は，大きくは次の5つが考えられる。

①因果：自然事象が起きる原因をとらえる。
②類：自然事象の共通性や差異をとらえ分類する。
③定性・定量：自然事象を性質や数量的にとらえる。
④時系列：時間的に変化をとらえる。
⑤空間・視点移動：自然事象を大きさや形からとらえる。また空間での位置や見え方をとらえる。

これらの視点についての具体例をあげると，たとえば，よくわからない植物が発芽している様子を見たときに，次のような視点から疑問をもつことがあげられる。

①因果：「どうすれば大きく育つか」
②類：「ヒマワリと同じ仲間か」
③定性・定量：「芽の形や大きさはどうなっているか」（空間・視点移動も含む）
④時系列：「次はどこから葉が出てきて大きくなるか」
⑤空間・視点移動：「芽の形や大きさはどうなっているか」

さらに，小学校理科の授業の中から例にあげる。「因果」については，第5学年のふりこの学習において，ふりこ時計のふりこやメトロノームが往復している現象をみて，ふりこの「往復にかかる時間は何によって変わるか」など，何が原因かをみていくことがあげられる。また，「流れる水のはたらき」の単元で，洪水などで堤防が削られる映像などから，何が原因で流れる水のはたらきが大きくなるかをみていくことがあげられる。

「類」については，第3学年の「磁石」の学習で，磁石はどんなものにくっつき，どんなものにはくっつかないかをみていくことがあげられる。また，「春の自然」などの単元で，まず虫かごを布などで覆って見えないようにしておき，教師が「中にいる生き物の特徴を言いますから，何かを当ててください」などの質問をする。このことをもとに，「校庭や学校の周りで生き物を見つけ，その特徴をよく観察し，今のようにその特徴からクイズをつくりましょう」といったように，昆虫の特徴をみていくことがあげられる。

「定性・定量」については，第5学年の「もののとけ方」の単元で，食塩が水に溶ける様子から，溶けた食塩はどのようになっているか（定性），また，何gとけるか（定量）といったことからみていくことがあげられる。

「時系列」については，第5学年の「天気の変化」の単元で，今日の空の様子などを見ながら「明日の天気はどうなるだろう」と興味をもたせ，「雲の様子や天気がどう変わるかを調べよう」など，自然がどう変化していくかをみていくことがあげられる。また，第3学年で，植物の今の状態を見て，「これから，どこが大きくなっていくか，新しい葉はどこからでるか」など興味をもたせ，「どのように成長していくか」をみていくことがあげられる。

「空間・視点移動」については，第6学年の「太陽と月の形」の単元で，月の形の変化を太陽の位置と関係があることに気づかせ，太陽と月の位置がどのようになれば，三日月や半月，満月になるかをみていくことがあげられる。

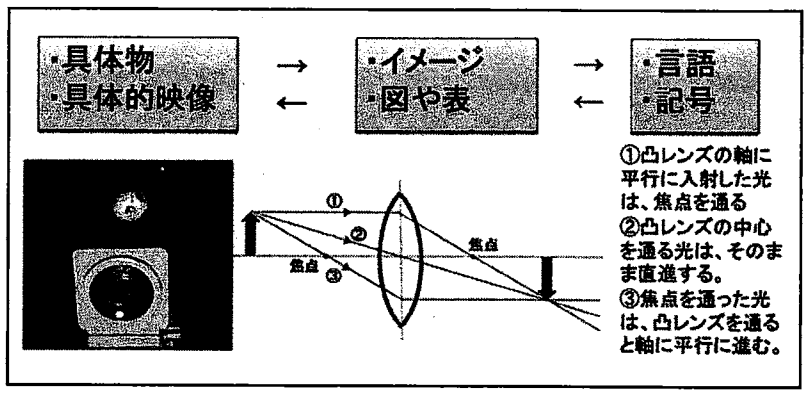


図２ 具体から抽象の知識の関連

(2) 具体から抽象までの知識の関連

深い学びのためには，上述した自然事象をとらえる視点をもとに特徴量検出が行われ，形成されたイメージが，具体的な自然事象や抽象的な知識と結びつき，意味づけされる必要がある。つまり，「具体－イメージ－抽象」の知識のレベルにおいて，それぞれの知識が関連づけられる必要がある。

この知識のレベルとは，①自然事象に関する具体的な経験，②それに関するイメージ，③それに関する言語や記号による説明，といった具体から抽象までのレベルである。図２に示したように，中学校の「光」の単元を例にあげると，知識のレベルは次のようなものである。

①具体：レンズを用いてスクリーンに映った像。
②イメージ：レンズを通した光の進み方の図。
③言語や記号：「凸レンズの軸に平行に入射した光は，焦点を通る」などのきまり。

具体的な自然事象として，レンズを通して像を映すといった体験，そして，どうして像が映るのか線で光の通り道を図示しながらイメージで表現する。さらに言語や記号によってそのきまりを説明する。これらの３つのレベルの知識を関連づけることができれば，深い学びになると考えられる。したがって，事象を体験するだけでは，深い学びが成立したとはいえないし，言葉できまりだけを覚えて説明できても，それがどのような現象か具体的な事象と関連付けできなければ，深い学びが成立したとはいえない。各レベルの知識が関連づけられることによって，深い学びになるといえる。

(3) 他の知識との関連

さらに，特徴量検出によって形成されたイメージに関連づけられた知識だけでなく，その他の知識と関連づけられることにより，より学びは深まると考えられる。その際，どのような知識でもよいというのではなく，関連づけられる知識も特徴量検出においてイメージが形成され，まとまりのある知識であることが望まれる。他の知識と関連づけるためには，関連づけられるような状況を設定する必要がある。その状況は，関連づけることにより意味や意義，有用性などが感じられると，より関連づけが強まるといえる。このことについては，次の例をあげることができる。

中学校第１学年の「光」の単元においては，光の進み方からレンズで像を映す。また，レンズを通して実物を大きくして見ることができる。これを利用して，顕微鏡や望遠鏡では実物を大きくして見ることができるといったように，有用性をともなうことが，深い学びにつながるといえる。

また，小学校第４学年の「月や星の動き」について，第３学年の「太陽の動き」の知識に関連付けて，太陽と同じように「月は東から西に移動する」，「東の空の星は南の空へ移動し，南の空の星は西の空へ移動する」と関連づけると深い学びにつながるといえる。さらに，「北の空の星は，北極星を中心として時計と反対方向に回ること」をとらえることで，北極星をもとに北の方位がわかるといった知識の意義や有用性を感じることができ，深い学びにつながるといえる。

V　深い学びのための授業設計

1．授業設計における留意点

以上のことから，授業設計において考慮すべきこととして，次のことがあげられる。

- 具体的な自然事象を科学的にとらえる枠組みを考慮する。
- 知識の「具体ーイメージー抽象」の関連性を考慮する
- これまでの経験や学習した知識との関連を考慮する。
- 意義や意味，有用性を見いだせるような具体的な状況の設定を考慮する。

以上の視点をもとに，小学校第５学年の「流れる水のはたらき」と中学校第２学年第１分野の「電流とその利用」の単元を取り上げ，深い学びのための授業設計を次に示す。

2．小学校「流れる水のはたらき」の授業設計

「流れる水のはたらき」の単元においては，一般的な授業展開として，川の流れの様子などから場所や水量による流れ方の違いについて学習する。また，上流，中流，下流における川の様子の違いを，浸食や堆積などの観点から学習する。川の流れといった具体的な自然を観察することから始めるのは，理科の学習の基本である。一方，この学習において，深い学びを考えた場合には，次のような問題点があげられる。

川の流れのように「地球」に関する学習では，時間や空間の大きなものを扱う。そのため日常生活における経験やこれまでの学習においては，それをとらえる枠組みが十分に形成されているとはいえない。したがって，その枠組みをもとに学習を行う際には留意を要する。具体的な状況から課題設定を行い，次に枠組み形成のために，具体的事象についてのモデルを用いてイメージの形成などを工夫するとよいと思われる。

以上のことから，まず，日常生活における状況の設定において，たとえば具体的な経験に基づいて防災などの観点から状況を設定する。このことにより興味とともに，学習の有用性をもつようにする。次に，モデルによって自然をとらえる枠組みを形成して学習を進める。具体的には，次のような学習手順が考えられる。

①大雨で水が排水溝からあふれることや川の水が増水するなどの経験を想起させ，必要に応じて川の観察を行ったり，川が氾濫している映像などを見たりする。そして,この単元では，流れる水のはたらきを学習することにより，防災などに役立てることを学習のめあてとしてあげる。

②川に限らず水が流れるときの勢いに関する次の条件について，これまでの雨に関する経験や水鉄砲などの経験を思い出して考える。その際，水を流すことによって，どういうときに水が土地を削ったり，水が川から溢れたりするかについて，川の流れのモデルを用いて考える。

- 水の量
- 水の勢い（モデルの傾斜を大きくする）
- 水の流れる場所（直線やカーブなど）の違いによる水の流れる勢いの違い
- 水によって土地が削られたり，土や石が運ばれたり，たまったりすることやその場所

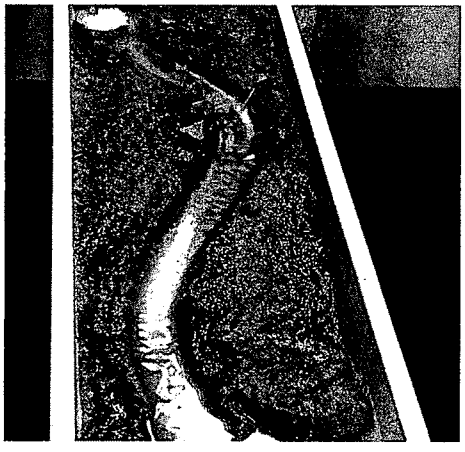
これらは，日常生活におけるものの動きや，これまでのゴムや風で動くおもちゃなどの力やエネルギーの考え方も利用できる。ここでは，自然をとらえる視点として，水の勢いの要因といった因果，上流，中流，下流での川の様子の変化といった時系列や空間・視点移動が用いられる。

モデルについては，図３に示したように，川岸の削られ方の違い，川の曲がったところでの水の流れる速さや，水の量を多くすることによる洪水などの実験を行うことができる。

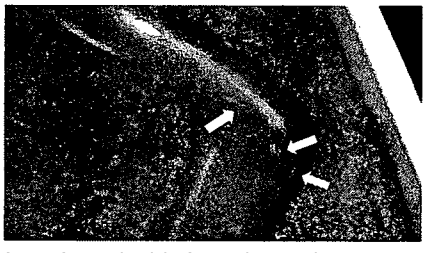
③②による流れる水のはたらきのイメージやきまりを枠組みにして，実際の川の上流，中流，下流の様子の違い，川の曲がったところでの流れの違い，削られたり，運ばれたり，堆積したりしている場所とその特徴をとらえる。

④洪水などの起きやすい場所とその防ぎ方について考える。

このような単元計画において，深い学びがで



川の曲がった外側が削られやすい様子



木屑（矢印）などを流し，流れる速さをとらえる

水の量を多くした場合に氾濫している様子

図３　流れる水のはたらきのモデル実験

きるのは，これまでに述べてきた次の点を考慮しているからである。

一つ目は，本単元では，対象の特徴量検出の枠組みが，これまでの学習では十分に形成されていない。そこで，単元の早い段階で時間・空間を考慮したモデルを用いることにより，具体的な川の流れに関する事象とモデルにおけるイメージ，さらに抽象的な知識が関連づけられるようにしている。とくにモデルからきまりを見つけるようにし，モデルのイメージから抽象的知識との結びつきを考え，それをもとに具体的な事象に関連づけるようにしている。

二つ目は，同じくモデルによって，因果や時系列の視点から，事象をみていくことができるようにしている。三つ目は，防災といった観点から，単元全体の意味や意義，有用性をもたせるとともに，関連する知識の想起や知識の関連づけを行っている。そして，水の流れによって削られることや運搬，堆積のはたらきがあることに注目しやすいようにしている。

３．中学校「電流とその利用」の授業設計

次に，中学校「電流とその利用」の単元の中の「電気回路」の学習を例にあげて，「深い学び」の授業設計について示す。

この単元の教科書における一般的な学習展開は，次に示したようなものがあげられる。まず，単純回路（ここでは乾電池１個と豆電球もしくは抵抗１個をつないだ回路）における，電流の測定，電圧の測定を行う。次に，電圧と電流の関係から抵抗の定義，複雑な回路の電圧や電流，抵抗を求めるといった学習を行う。

- 単純回路における電流の流れる道筋の理解
- 電流計の使い方と単純回路の各部分における電流の大きさの測定
- 電圧計の使い方と電圧の定義，単純回路における電圧の測定
- 電圧と電流の関係の実験，オームの法則の理解と「抵抗」の定義
- 物質の違いによる抵抗の違い
- 直列回路や並列回路での電流と電圧

このように電流，電圧，抵抗といった電気回路を構成する要素を一つ一つ学習し，それを組

み合わせる中で科学的な概念を習得するといった展開である。論理的なステップを踏んでおり，科学的に妥当といえる。しかし，常に部分の分析的な学習であり，全体としての意味，また，学習者のもつイメージを十分に意識したものではない。

これまでの学習，特に小学校においては，類の視点から，電気を通すもの，通さないものといった学習を行っている。また，因果および定性・定量の視点から，２つの乾電池のつなげ方による電流の大きさの違いなどを学習しており，それらの枠組みが形成されていると考えられる。

ここで注目すべきことは，小学校においては，「抵抗」という言葉はでてこないが，電気を通すもの通さないものといった学習を行っており，これは抵抗に関わる内容である。電気を通すものについて，金属を中心として見た目や触った感覚で，子どもは定性的に理解しているといえる。ところが，中学校の学習では，抵抗を定量的にとらえ，直接には感じ取りにくい電流と電圧の関係から定義するといったことを行っている。抵抗＝電圧/電流といった定義で学習する。抵抗は電流と電圧といったわかりにくい概念の割り算ということになるので，ますます理解が困難になる。子どもには抵抗に関する定性的なイメージが形成されているにもかかわらず，それに逆行した学習になっている。

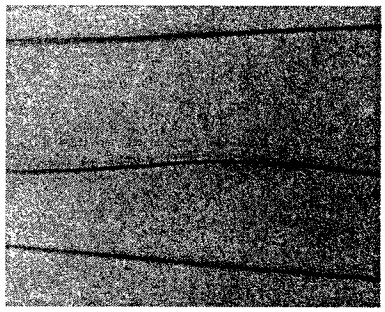
そこで，子どものもっている定性的イメージを生かすことにより，きまりについての数式など抽象的な知識と結びつけることを考える。単元の展開として，まず，抵抗を視点として学習することを考える。中学校では通さないものではなくて通しにくいものというように，やや定量的な視点を入れて提示する。そして，この単元では，通しにくいものの流れる電流を大きくするために，あるいは小さくするために，電池や抵抗のつなげ方を考えていくといった単元全体の枠組みを考える。さらに，日常生活において電気を上手に使うことや省エネなどの観点をいれることによって，知識の有用性を実感させることを考える。

以上のことから，単元の導入における課題設定と単元の大きな枠組みを次のように考える。まず，同じ太さと同じ長さの銅線（エナメル線の皮膜をはいだものなど），ニクロム線，鉄線などを提示する（図 4）。ここから，「同じ金属でできている線はあるか」といった問題を提起する。生徒は，銅線は色を根拠に他のものと違っていると判断できる。しかし，鉄線とニクロム線の違いはわかりにくい。同じか違うかについては，いろいろな調べ方があると思われる。密度を調べるなど，これまでの学習内容がでるとよりよいといえる。電気を通すという考えは出ないかもしれないが，電気を通して豆電球をつけてみる。同じように見えた金属線は，図４に示したように明るくつくもの（鉄線）と暗くつくもの（ニクロム線）に分けられる。

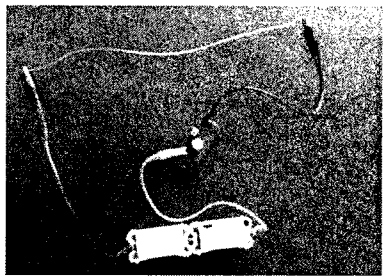
「小学校では電気を通すもの通さないものを習ったが，中学校では電気を通さないのではなくて，他のものに比べて通しにくいものがある。この通しにくさを抵抗という」と説明する。このことにより，電気回路の単元の最初に「抵抗」という言葉とその意味をおおよそ示すことができる。同じ長さや太さの金属線で，豆電球の明るさの違いがでるようにするには，たとえば金属線を次のようにするとよい。

- ニクロム線（径 0.32mm・長さ 40cm）
- 鉄線（針金の＃28 であれば 0.35mm・長さ 40cm）
- エナメル線（径 0.32mm・長さ 40cm，必要に応じて被膜をはがす）
- 乾電池２個（直列）
- 豆電球（3.8V 用）

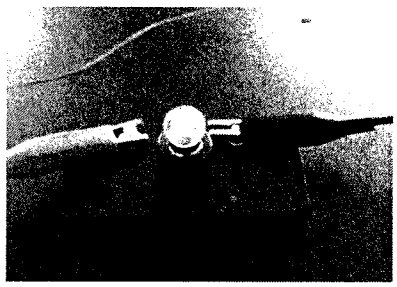
「抵抗については，後ほど改めて定義する」こととして，「この電気を通しにくいニクロム線を用いて，豆電球を明るくするには，あるいはさらに暗くするには」といった問題を投げかけると，「電池の数を増やす」，「線を短くしたり長くしたりする」，「線を太くする」といった予想が，生徒から出てくることが考えられる。それらを



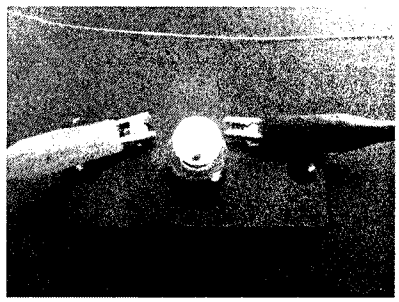
上から鉄線，ニクロム線，銅線



豆電球を点灯させる



ニクロム線（測定結果 2.8V・189mA）



鉄線（2.8V・250mA），銅線もほぼ同様

図4　ニクロム線の違いと豆電球の明るさ

まとめて，「この単元では，電気の通りにくいものの流れる電流を大きくする方法やさらに小さくする方法を理解して，日常生活においても電気を上手に使うことについても考えられるようにする」ということを，単元の大きな目標にすることを生徒に示す。

このような枠組みの中で，電池の数を変えることやニクロム線の長さや太さを変えることを考えることになる。そのためには，ニクロム線を直列につなぐことや，太さを変えるため束ねて並列につなぐことなど，いろいろな回路での電流の大きさを調べていくことになる。その活動を通して，電池を増やす意味としての電圧の変化，ニクロム線の直列や並列といった組み合わせによる電流の大きさの変化を理解していくことができると考えられる。

以上のような学習の順序は，従来の学習とさほど変わらないといえるが，どういう枠組みで学習し，どのようなイメージを形成するかという点が異なる。常に生徒には，「流れる電流が大きいのか小さいのか」といった単元の大きな枠組みを繰り返し意識させることができ，電気回路についての科学的な枠組みが形成されやすくなる。

以上のように自然をとらえる視点について，定量だけでなく定性の視点，類や因果の視点を考慮している。また，具体的事象とイメージ，抽象的なきまりや数式の関連を図っている。さらに，小学校からの知識の関連や知識の有用性について考慮した展開になっている。これらのことから，深い学びを導くといえる。

授業の展開をまとめると次のようになる。

○金属線に電気を通したときの電流の大きさの違い
- 豆電球がニクロム線により暗くなる現象の提示と「抵抗」の定性的定義
- 鉄線，ニクロム線で，同じ乾電池を用いて明るさが違うときの電流の測定

○ニクロム線を用いて豆電球の明るさを変える方法1

・乾電池の数を変えた実験，電圧の測定，電圧の定義

○ニクロム線を用いて豆電球の明るさを変える方法２

・ニクロム線を直列につなげる。(長さを変える)

・ニクロム線を並列につなげる。(束ねて太さを変える)

・各回路での電流と電圧の測定およびその関係の理解

○豆電球の明るいときと暗いときの電圧と電流の関係

・電圧を大きくしたときと電流の大きさの関係

・オームの法則の理解と抵抗の定量的定義

・複雑な回路でのオームの法則の適用

○電気を大切に使うには（発展課題）

・日常生活でどのようなときに，電気をたくさん使うか。どうすれば少なくできるか

各授業では，常に「本単元においては，どのような場合に流れる電流が大きいのか，あるいは流れる電流を大きくするにはどうしたらよいかなどを考える」ことを意識させるようにする。また，授業においては，電流の流れるイメージを図に示しながら，流れる電流が大きいのか小さいのか，予想や考察をさせながら，具体，イメージ，抽象にかかわる各知識の関連を図るようにする。

以上のように，深い学びの授業展開について，人工知能の知識や思考の視点踏まえて，提案することができる。

参考文献

1) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説総則編」，2017

2) 文部科学省：「中学校学習指導要領解説理科編」，2017

3) 松尾豊編著：「人工知能とは」，近代科学社，1-5，2016

4) 「人工知能」，共立出版株式会社，1-10, 1887

5) 松尾豊：「人工知能は人間を超えるか　ディープラーニングの先にあるもの」, KADOKAWA, 60-82, 2015

6) 神崎洋治：「人工知能解体新書」，SBクリエイティブ株式会社，2017

7) 岡谷貴之：「深層学習」，講談社，2015

8) 6) と同書