

理科と技術科の教科横断型授業

—問題発見・解決能力の育成を目指して—

教育学研究科 教育実践創成専攻 教科領域実践開発コース 中等教科教育分野 池田大誠

1. 緒言

近年教科横断的な学習が求められるようになった。その背景の一つとして、松原・高阪(2017)は、「実世界の課題を解決する力を身につけるため、各教科の学習で獲得する体系的なスキルだけでなく、教科を横断する知識や概念及び汎用的なスキルが重要」と示している。近年では、中央教育審議会の答申(2021)や文部科学省(2021)等でSTEAM教育に関する言及がなされる等、理学や工学、芸術、人文・社会科学等を横断した学習を推進する風潮が強まっている。特に科学(Science)教育の主たる教科である理科と技術(Technology)教育及び工学(Engineering)教育の主たる教科である技術科は、密接な関連を有していると考えられる。「中学校学習指導要領解説技術・家庭編」

(2017)では、原理・法則の指導に当たって技術と理科の指導内容について、「材料と加工の技術」と、「植物の体のつくりと働き」や「原子・分子等の物質の成り立ち」、「生物育成の技術」と、「植物の体のつくりと働き」や「動物の体のつくりと働き」、「情報の技術」と、「電気や光、音の性質」等で連携が図れるよう配慮することが記述されている。

さらに、大谷・渡津(2015)は、理科と技術科の教科書の内容には、以前から関連する指導内容が含まれており、理科では指導内容の増加に伴い、技術と関連する指導内容も増していたのに対して、技術科では指導内容自体は以前に比べて少なくなっているにも関わらず、理科と関連する指導内容が増えていると述べている。

以上のことから、理科と技術科の教科書の指導内容を関連させた教科横断型授業は成立し得るとともに、問題発見・解決能力の育成に寄

与すると考えられる。しかし、その実践例は極めて少ない。そこで、本研究では、技術科の指導内容を取り入れた理科授業を開発し、その授業実践から生徒の学びについて調査し、教科横断型授業を実施する上での課題点を発見した。

2. 方法

単元

- ・理科の「物質の状態変化」と技術科の「金属の加工方法」(【授業1】)
- ・理科の「音の伝わり方」と技術科の「動力や音・信号に変換するしくみ」(【授業2】)

実施日

- ・【授業1】令和3年9月29日の理科の時間
- ・【授業2】令和3年11月25日の理科の時間

対象

- ・山梨県内の公立中学校の第1学年(39名)

分析内容

- ・ワークシートの学習感想の内容の分類
- ・テキストマイニングによる学習感想の頻出単語の調査
- ・小テストによる調査(【授業2】のみ)

3. 結果・考察

3. 1. 【授業1】について

3. 1. 1. 授業内容

「物質の状態変化」の学習は、中学校学習指導要領解説理科編(2017)における「(2)身の回りの物質、(ウ)状態変化」に当たる。ここでは、「物質を加熱したり冷却したりすると状態が変化すること」を理解するとともに、状態変化について生徒の興味・関心を高めることに焦点を当てた活動を行う必要があると考えた。そこで、物質の状態変化を利用

し、日常生活に寄与している例として、技術科の「金属の加工方法」の指導内容である鋳造が挙げられ、これと関連させた理科授業を起案した。

教科横断型授業を開発するに当たって、Vasquezら(2013)、松原・高阪(2017)の知見を参考とし、STEM教育から足掛かりを得ることにした。STEM教育の統合の度合いは、低いものから、Disciplinary, Thematics (Multidisciplinary), Interdisciplinary, Transdisciplinaryの4つのアプローチに大別されており、本研究の教科横断型授業はInterdisciplinaryアプローチに当たると考えた。Interdisciplinaryアプローチとは、知識やスキルを深めるために、2つ以上の教科に関して深く結びついた概念とスキルを学習するアプローチである。ここでは、「どのような物質でも状態変化するか」と「金属はどのように加工されているか」の両方に結びつく概念として「鋳造」に焦点を当てるのがよいと考えられた(図1)。

授業で用いたワークシートを図2に示す。なお、表1は学習指導案の「本時の展開」である。

本授業では、東大寺の盧舎那仏像(以下大仏)を取り扱うこととした。大仏の画像から、疑問に思う点を発見し、製作方法に問題意識が持てるよう導入を工夫した。ここでは、「中身がスカスカで大丈夫だろうか」、「どうやって頭や指などの細かい部分をつくったのか」、「どのような材料を使ったのか」、「なぜ15mの大仏を技術があまりない中つくったのか」等の様々な記述を確認できたが、本授業では、これらの問題に対して思考する時間が設けられなかったことが課題として挙げられた。

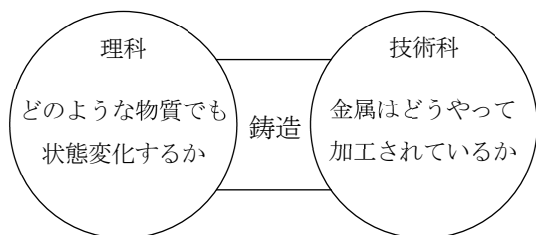


図1 【授業1】のInterdisciplinaryアプローチ

【目標】	【振り返り】
<p>① 製作方法について「なぜ」、「どうやって」と疑問に感じることを発見し、記入しましょう。</p> <p>例：どうやって、大仏の大きさの像をつくることができたのか</p>	
<p>② 上記①を踏まえて大仏のつくり方について予想し、理由も書きましょう。</p> <p>予想： _____</p> <p>理由： _____</p>	
<p>③ 他の人の②を聞き、記入しましょう。</p> <p>(さん) _____</p> <p>(さん) _____</p>	
<p>④ ヒントを受け、もう一度大仏のつくり方について考えてみましょう。</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>⑤ 状態変化について</p> <p>() ... _____</p>	
<p>⑥ 金属の加工について</p> <p>() ... _____</p> <p>例： _____</p> <p>() ... _____</p> <p>例： _____</p>	

図2 【授業1】のワークシート

3. 1. 2. 学習感想の記述について

【授業1】の学習感想として【振り返り】に生徒が記述した内容を分類し、その記述例及び

表1 【授業1】の本時の展開

	学習活動と内容	指導の意図や留意点
導入 (7分)	1. ワークシートを受け取る。 2. 大仏の画像を確認し、どの時代のものか当てる。 3. 大仏の画像を見て、疑問に感じることを自由に書く。 4. 本時の目標を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> 本授業で扱う大仏は奈良県の東大寺盧舎那仏であり、右手を上げ左手を下げているという特徴を伝える。 形状や色から予想する材質に注目させる。
大仏のつくり方について考えてみよう！		
展開 (38分)	5. 鎌倉の大仏はどうやってつくられたのか考える。 → 個人でワークシートを記入 → 隣の生徒と考えを共有する → 学級全体で意見を共有し、記入する ☆予想される生徒の反応 <ul style="list-style-type: none"> 引っ張って伸ばした 叩いて伸ばした 大きな金属のかたまりから削り出した 6. 型枠で作られた氷を観察し、これをヒントに大仏のつくり方について再び考え、ワークシートに記入する。 7. NHK for School「大仏のつくりかた」を観て、金属は高温になると液体になることを知り、それを利用して鑄造を行うことができることを知る。 8. 物体は温度によって固体、液体、気体になり、それを状態変化とすることを知る。 9. 鑄造と鍛造について知り、これらによってつくられる道具について確認する。 10. ドライアイスを各班に配り、固体から気体に変化する物質もあることを知る。	<ul style="list-style-type: none"> 机間巡視では、金属の性質(延性・展性)の知識をもとに考えている生徒を確認し、意見を述べさせる。 水は、液体の時に型に入れて固体にすることで様々な形の氷をつくることのできることに気付かせる。 全ての生徒がテレビ画面をしっかりと見られるように席の移動を指示する。 事前に状態変化の図を記入したホワイトボードを見せる。 鑄造は状態変化を利用した金属加工であることを理解させる。 鍛造は金属の展性を利用した金属加工であることを理解させる。
終末 (5分)	11. 本日の振り返りを記入する。	<ul style="list-style-type: none"> 「今回は大仏のつくり方を通して、いろいろなことを学習しました。分かったことや思ったことを自由に書いてください」と声掛けを行う。

その類型に割り振られた人数を示す。

(1) 理科に関する記述

内容：状態変化やドライアイスの性質に関する
ことについて述べている

記述例：「固体が直接気体になる物があるとは
おどろきました」

人数 (%) : 1 (3.0)

(2) 技術科に関する記述

内容：鋳造，鍛造，金属の加工に関すること
について述べている

記述例：「金属はいろいろな形や物に加工でき
るいろいろなものに使われているなど感じた」

人数 (%) : 10 (30.3)

(3) 両教科の内容を含む記述

内容：上記 (1)，(2) の両方の記述がある

記述例：「大仏のつくりは理科で行われる状態
変化と金属の加工を使ってつくられていた」

人数 (%) : 13 (39.4)

(4) 大仏のつくり方の感想

内容：上記 (1)，(2) の内容を含まず，大仏の
つくり方での感想を述べている

記述例：「大仏はとてつくるのが大変だなと
思いました」

人数 (%) : 7 (21.2)

(5) その他

内容：上記以外または判別不可

記述例：「金属はなんにでもなるとおもった」

人数 (%) : 2 (6.1)

上記の内，(3) 理科と技術科の両方を含む記述が 13 人と最も多かったことから，多くの生徒が理科と技術科の学習を結びつけていたと考えられる。また，(2) 技術科に関わる記述が 10 人であったことから，理科より技術科の学習が印象深かったと考えられる。この要因として，本授業の目標に挙げたテーマは「大仏のつくり方について考えてみよう！」であり，その直接的答えが「鋳造でつくられた」であったため，「鋳造」という言葉が生徒にとって強く印象付けられたと推察される。(1) 理科のみに関する記述は 1 人であったことから，理科の学習の

みが印象付けられた生徒はほとんどいなかったことが分かった。また，(4) 大仏のつくり方に関する感想は 7 人であり，これは大仏のつくり方に対して，鋳造という概念にのみ焦点が当たるのではなく，動画によって語られた大仏づくりの規模の大きさや時代的背景が印象深く残り，その感想が表出したと考えられる。

生徒が学習感想として振り返りに記述した内容に対して，テキストマイニングによって言葉の頻出度を大きさ，言葉同士の関係を位置，品詞を色で表したものを図 3 に示す。動詞を除くと「大仏」が最も多く，次いで「金属」，「鋳造」等の技術科に関する言葉が多く，「状態」や「変化」，「固体」，「液体」，「気体」等の理科に関する言葉はそれらより少なかった。このことから，【授業 1】では，大仏や技術科の学習内容が理科の学習内容より強く印象付けられたと考えられる。

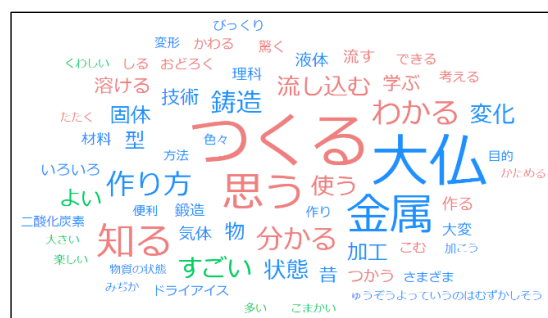


図 3 【授業 1】の学習感想の
テキストマイニング

3. 2. 【授業 2】について

3. 2. 1. 授業内容

「音の伝わり方」の学習は，中学校学習指導要領理科編 (2017) における「(1) 身近な物理現象，(ア) 光と音」の学習に当たる。ここでは，「物体は振動して音を出しており，音 (振動) は空気中等を波のように伝わること」の理解に焦点を当てた活動を行う必要があると考えた。音を受け取る物体や音を出す物体としてマイクやスピーカが挙げられる。その仕組みは技術科の教科書に明記してあり，「音の正体は振動である」ことと深く関係

表2 【授業2】の本時の展開

	学習活動と内容	指導意図や留意点
導入 (7分)	<ol style="list-style-type: none"> 1. ワークシートを受け取る。 2. 拡声器を例に、マイクロホン（マイク）は音を電気信号に変え、スピーカは電気信号を音に変えるという働きがあるということを知る。 3. 本時の目標を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・マイクやスピーカのしくみは技術科の内容であることを伝え、これと深く結びついている音の性質について関心を高める。
展開 (33分)	<ol style="list-style-type: none"> 4. 日常でマイクやスピーカを用いる場面を記述し、発表する。 ☆予想される生徒の反応 ・インターフォン ・拡声器 ・無線機 ・携帯電話 ・カラオケ 5. 太鼓の膜の上に紙片を置いて叩くと紙片が細かく振動する様子を観察する。 6. のどに手を当てて喋り、発声するときは喉が震えていることを知る。 7. 音を出している物体は振動していることを理解する。 8. 振動して音を出しているものを音源ということを学習する。 9. マイクやスピーカのしくみを考えて図に表す。 10. 音が出ているおんさを水に浸けて鳴らすと、水面に振動が次々と伝わっていく様子から、音は波として伝わることを見出す（ヒント1）。 11. 耳をふさいで話すと相手の声が聞こえにくくなることから、固体を介すると音の振動は小さくなることや耳にはこまくがあることを確認する（ヒント2）。 12. ワークシートの端をつまんで声を当てると紙が細かく振動することに気付かせる（ヒント3）。 13. ヒント1～3と照らし合わせながら、マイクやスピーカのしくみについて確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・「声を大きくすることができる」、「遠く離れた人と会話できる」等、利便さについて見出させる。 ・紙片が細かく跳ねるのは太鼓の膜が震えるからということに気付かせる。 ・「震え」を「振動」と表現させ、本授業のキーワードであることを伝える。 ・マイクやスピーカの中には何があるか考えるためには音の正体について理解しなくてはならないことを伝える。 ・おんさを水に沈めた状態でも音が聞こえることを確認した後、水面で音の伝わり方を可視化する。 ・こまくと同じように、マイクの中には音を受け取るものがあることに気付かせる。 ・音を受け取るものは音を出す物と同様に振動していることに気付かせる。
終末 (10分)	<ol style="list-style-type: none"> 14. 本日の振り返りを記入する。 15. 小テストを記入する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・「今回はマイクやスピーカのしくみを知ることを通して、いろいろなことを学習しました。分かったことや思ったことを自由に書いてください」と声掛けを行う。

しているため、技術科の「動力や音・信号に変換する仕組み」の指導内容を関連させた理科授業を起案した。図4に示すように、本授業のInterdisciplinaryアプローチでは、「音は波のように伝わる」と「マイクやスピーカの電気信号と音を相互に変換するためのしくみは何か」は「音の正体は振動」という概念によって結び付くと考えられた。今回は、理科の学習に焦点が当たるように、「音の正体は振動である」ことをキーワードとして授業設計を図った。考案した学習指導案の「本時の展開」を表2、ワークシートを図5、小テストを図6に示す。なお、小テストの【2】については、そのまま問いを与えても記入できる生徒がほとんど見られなかったため、小テストの途中で「音の正体は〇〇である」の〇〇にはどのような言葉が入るか答えるよう指示した。

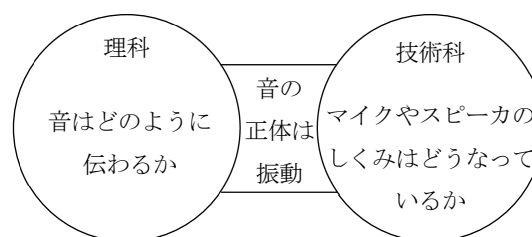


図4 【授業2】のInterdisciplinaryアプローチ

3. 2. 2. 学習感想の記述について

生徒が【授業2】の学習感想として振り返りに記述した内容の分類等は次のようになった。

(1) 理科に関する記述

内容：音源、音の伝わり方に関することを述べている

記述例：「音を出す物全てはしんどうしてすることで音を出していることがよくわかった」

人数 (%) : 11 (31.4)

(2) 技術科に関する記述

内容：マイクやスピーカの仕組みや働きに関することを述べている

記述例：「マイクは、音を電気信号に変換し、逆に、スピーカは電気信号を音に変換することが分かった」

人数 (%) : 6 (17.1)

(3) 両教科の内容を含む記述

内容：上記(1)、(2)の両方の記述がある

記述例：「音は波のように伝わり、それをマイクがひろう事によって、スピーカは、ひろった音を大きく広げるといふ事を知ることができた」

人数 (%) : 17 (48.6)

(4) その他

【目標】	【振り返り】
① 音や信号への変換について書きましょう。 1) マイクロホン… (1))を (2))に変換する。 2) スピーカー … (3))を (4))に変換する。 ②マイクやスピーカーを日常で用いる場面を思い出してみましょう。	
③ 音を出している物体に共通する特徴を考えましょう。 ・音を出している物体は (1))している。 ・(2))して音を出す物体を (3))という。 ④ 空気中での音の伝わり方、マイクやスピーカーのしくみを考え、図を描いてみましょう。	
⑤ ヒントで行う活動を文章や図に描いてみましょう。 (1) おんさを水につけて鳴らすと… (2) 耳をふさぐと… (3) 瓶に向かって声を出すと…	

図5 【授業2】のワークシート

「音の伝わり方」小テスト

【1】次の文章の()に当てはまる言葉を書きなさい、○でかみなさい。
 (1) 音を出している物体のことを()という。
 (2) 音が聞こえるのは、物体が振動すると周りの空気が次々に波のように振動して音を伝えていき、耳に達すると()が振動するからである。
 (3) 水の中でおんさを鳴らすと音は()聞こえる・聞こえない。

【2】下図は本授業のイメージを示した図です。理科と技術科に共通する知識としてどのようなことを学習したか、図中に記入しなさい。

理科
 音は音源から波として広がりが伝わる

技術科
 マイクやスピーカーは電気信号と音を相互に変換するためのしくみがある

*このテストは研究のために用いるものであり、教科の成績・評価などには一切関係しません。

図6 小テスト

内容：無記入である
人数 (%) : 1 (2.9)

上記の内、(3) 理科と技術科の両方を含むに分類される記述が 17 人と最も多く、次いで(1) 理科に関わる記述が 11 人であったことから、本授業では、理科の学習が生徒にとって印象深かったと考えられる。この理由として、本授業では理科に関する体験的な活動が多かったからであると考えられた。

図 7 に本授業の学習感想のテキストマイニングの結果を示す。「音」の記述が一番多く、次いで「電気信号」、「マイク」、「スピーカ」等の技術科に関する言葉が多く、「振動」、「音源」、「物体」等の理科に関する言葉も少なくなかった。このことから、【授業 2】は、両教科の学習がほぼ同等に印象深かったものであると考えられた。

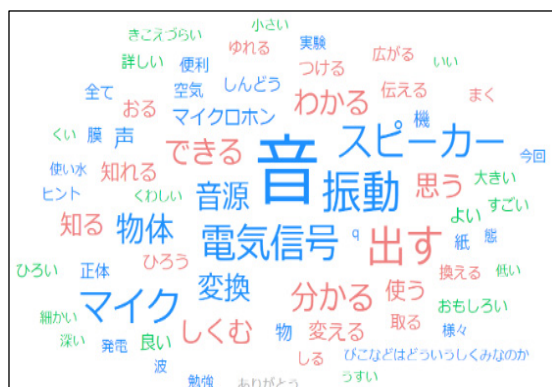


図 7 【授業 2】の学習感想の
テキストマイニング

3. 2. 3. 小テストについて

表 3 は小テストの正答者の人数を示したものである。設問【1】(1) と (3) は正答者が多かった。これは、音源と水の中の物質も振動すると音が聞こえるという学習内容が、体験的な活動によって定着したためであると考えられた。【1】(2) と【2】は正答者が半数以下と少なかった。【1】の(2)の正答である鼓膜については、授業で言葉を確認する程度であったため正答率が低く、【2】に関しては、教科横断型授業の構造やイメージを捉えるのが難しかったため正答率が低くなったと推察できた。

表 3 小テストの正答者の人数

設問	正答の人数 (%)	
【1】	(1)	35 (82.9)
	(2)	17 (48.6)
	(3)	34 (97.1)
【2】	13 (37.1)	

4. 成果と課題

成果として、学習感想の記入内容から教科横断型授業は成立していたと考えられた。また、教科横断型授業によって、理科と技術科の学習内容が結び付くことが明らかとなった。

課題として、理科と技術科で扱う言葉は同じ、または似ていても、それぞれの教科の学習を通して育成する資質・能力や働かせる見方・考え方、目標、教材のねらい等は異なる。次の研究では、これらの課題を解決する方策を取り入れながら、授業開発に臨む必要がある。

引用・参考文献

- 大谷忠, 渡津光司 (2015) 科学技術リテラシーを育成するための教育課程編成に関わる課題—技術科と理科における指導内容の比較を通して—. 科学教育研究 39(2) : 186-194
- 中央教育審議会 (2021) 令和の日本型学校教育の構築を目指して～全ての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～ (答申). pp56-58
- 松原憲治, 高阪将人 (2017) 資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い. 科学教育研究 41(2) : 150-160
- 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領解説 理科編. pp29-39
- 文部科学省 (2017) 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編. pp35-52
- 文部科学省 (2021) STEM 教育等の教科等横断的な学習の推進について. pp9-16
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M (2013) STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics, Heinem