

オルゴールとコンピュータのつながりを考える授業研究

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 内田瑛一郎

1. 研究の目的

昨年の研究は、「C エネルギー変換の技術」で、電磁誘導に注目し、現象を可視化できる教材を開発した。その教材を生徒が自ら製作して、その過程で原理を考える授業実践を行い検証した。

身近なところで使用されている多くの製品は微小かつ精密で中身がブラックボックス化している。しかし、そのような製品の中にも教材として学習につなげることができるものもある。電磁誘導もその一つだと考えた。スマートフォンやウェアラブルデバイスなどワイヤレス充電を行うことができる製品が多くなった。充電のときは、接続端子とコンセントをつないで充電をするが、ワイヤレス充電ができる製品は、接続をする手間が省け、故障する事が多い接続部の消耗を防ぐことができる。簡単に取り扱うことができる反面、ワイヤレス充電の仕組みについて知識があるとは限らない。昨年度、授業実践を行った研究校の生徒はワイヤレス充電ができる製品があるということは知っていたが、アンケートを実施した結果、ワイヤレス充電の仕組みに関して回答できる生徒はいなかった。しかし、授業で製作を通して学習し、現象の説明を受けると、調査問題では88%の生徒が「電磁誘導」を回答することができた。調査問題の記述欄に、「製作をした後、原理を学んで理解は深まりましたか。」について回答させた。肯定的な回答が多く、その理由には、「電磁誘導やQiについて最初は分からなかったが実験をするにつれ徐々に分かってきたから。」、「最初問題を解いたときは全く分からなかったけど、製作を通して知ることができたから。」、「友達の家でワイヤレスで充電できるものがあった

ので、どうなっているか原理が気になっていたため、細かいところまで説明を聞いて理解が深まった。」などの回答があった。さらに、授業の感想では、「電磁誘導はタイトルを聞いただけで難しそうだなと思ったけれど、実験をして仕組みを理解することができて楽しかった。」、「電磁誘導を初めて聞いて最初はよくわからなかったけど、製作を通して学べたからよかった。」、「今日の授業で電磁誘導は自分の近くにもあるということが分かり、電磁誘導の仕組みについてわかったので良かったです。」などの回答があった。このことから、生徒にとって仕組みが可視化されるような教材を用いることは、教材を通して製品の仕組みを学ぶきっかけになり、深い学びにつながると考えられる。

教材づくりの解釈を、「①一定の目標を実現するような働きを持った学習材料のこと、②学習者にとって思考を働かせる素材のうち、教師が意図的に準備するもの、③誰が用いても授業で一定の成果を保証できるように組織されたもの」と藤岡（1989）はしている。技術分野において山本（2018）は、教材について生徒や学校の実態に合わせて学習環境を的確に捉え、生徒の興味・関心を高めつつ資質・能力を高めるために用いるとし、その重要性を示している。このことから、技術分野の教材には生徒の興味・関心を高め意欲的に学習に臨むことができる教材であり、一定の目標を実現するように仕組まれた教材であることが求められる。

以上のことから、本年度の研究も教材開発に取り組んだ。身の回りの製品を取り上げ、ものの仕組みを考えることができること、生徒の実態を把握し、興味・関心を高めながら

意欲的に学習に臨むことができる教材の開発に臨んだ。その授業実践を報告する。

2. 実験授業

- (1) 実施校 山梨県内A中学校 2学年 27名
- (2) 題材名 オルゴールとコンピュータのつながり D(1)ア
- (3) 指導計画
指導計画を表1に示す。

表1 指導計画

D	情報の技術 1-2
	情報とコンピュータ
1	コンピュータの構成, コンピュータの機能と装置・・・1時間
2	コンピュータを使って機器を自動で動かす仕組み コンピュータによる処理の仕組み ・・・・・・・・・・1時間
3	プログラムの構造と表現 ・・・・・・・・・・1時間
4	情報のデジタル化 ・・・・・・・・・・1時間(本時)
5	デジタル情報の特徴・・・ 1時間

(4) 教材

オルゴールは大きく分けて、ピンを取り付けた金属の円筒を用いるシリンダーオルゴールと、突起の付いた円盤を用いるディスクオルゴールに分類されている。シリンダーオルゴールは、シリンダーにピンが組み込まれて、曲として記録されている。シリンダーがゼンマイまたはモータの力で回転し、ピンが振動板の弁をはじき、メロディーが鳴る。ディスクオルゴールは、シリンダーオルゴールのドラムを円盤状にしたもので、円盤に設けられた孔の下の突起が、櫛歯の前に取り付けられた一つ一つが独立した回転体の爪車をひっかけると同時に弁を弾いて音を出す仕組みである。

オルゴールだけでは音量が小さいので、音を大きくするために木製の箱を使用することでその音を増幅し、豊かな音量で聞くことができる。この箱を共鳴箱といい、非常に重宝

されている。

共鳴箱は、一般的には木材を使用して製作され、片側に開口部を設けた構造で、木材にオルゴールを載せて鳴らすと振動に木材が共鳴し、開口部から音を出す仕組みになっている。共鳴箱は使用する木材の材質と形状により、その響きを変えることができる。低音を響かせたいときは大きめの木材を、高音を出したい場合には小さめで固めの木材を使用することでより効果的な音になる。

紙式手回しオルゴールは、ディスクオルゴールのドラムを紙状にしたもので、紙に設けられた穴が、櫛歯の前に取り付けられた一つ一つが独立した回転体の爪車をひっかけると同時に、弁を弾いて音を出す仕組みである。本授業で用いた紙式手回しオルゴールを図1に示す。デジタルデータは、「0」と「1」の2種類だけで表し、「0」と「1」をいくつも並べることで情報を記録することができる。記録媒体に、紙テープが使われていた時期もあったが、現在では磁気ディスクが使われている。本授業で用いた紙テープを図2に示す。この紙テープは、紙式手回しオルゴールの紙と同じで、「穴がない」、「穴がある」で「0」と「1」を表すことができる。

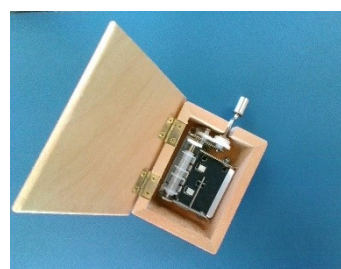


図1 紙式手回しオルゴール

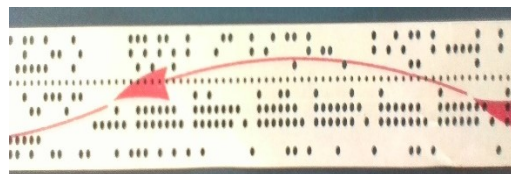


図2 紙テープ

本授業では、紙式手回しオルゴールと紙テープを用いて行った。デジタルデータは、「0」と「1」からなり、紙式手回しオルゴール、紙テープともに「穴がない」、「穴がある」で

情報を表現していることを理解させ、それがデジタルデータの仕組みであることを考える授業を実施した。

(5) 調査方法

本研究においては、比較的短時間で多数の対象者から事項について多くの調査をできること、また、それらの結果を数量化しやすいという理由から、質問紙法により調査を行った。具体的には、質問紙を用いて空欄に単語を記述するという方法で実施した。調査問題を、表2に示す。

調査問題は、[1]は、オルゴールとコンピ

ュータとの関連についての問題である。[2]は、共鳴に関する問題であり、木や材質などに関する問題である。事後調査問題には、[3]、[4]、[5]に記述式で回答する項目を設けた。

生徒は調査問題を3回行った。本授業では、全ての調査を授業中に行った。1度目は、始業後すぐに実施した。2回目は、教材を用いて原理を説明したり、音を聞かせたりしながら、教師が説明をしながら記入をさせた。3度目はまとめの振り返り後にすぐに実施した。

表2 事前事後調査問題

事後調査問題	
事前調査問題	
年	組 番 名前
[1]	<p>図に示す紙式オルゴールは、ディスクオルゴールのドラムを(① 紙)にしたもので、(① 紙)に設けられた孔が、櫛歯の前にとりつけた一つ一つが独立した(②回転体)の爪車を(③ひっかける)と同時に(④ ピン)で弁を弾いて音を出す仕組みです。</p> <p>紙式オルゴールの穴が開いていない、開いていることと同じく、情報のデジタルデータが、「(⑤ 0)」と「(⑥ 1)」の2種類だけで表し、「(⑤ 0)」と「(⑥ 1)」をいくつも並べることで情報を記録することができる。記録する媒体は初期段階で、(① 紙)テープが使われていますが、現在では(⑦ 磁気)ディスクが使われている。この(① 紙)テープは、紙式オルゴールの紙テープと同じで、「穴がある」、「穴がない」で「(⑤ 0)」と「(⑥ 1)」を表すことができる。</p>
[2]	<p>オルゴール自体の音量が(⑧ 小さい)ので、音を(⑨ 大きく)するために(⑩ 木)製の箱を使用することでその音を(⑪ 増幅)し、豊かな音量で聞くことができる。この箱を(⑫ 共鳴)箱といい、非常に重宝されている。(⑫ 共鳴)箱は、一般的には(⑩ 木)を使用して制作され、片側に開口部を設けた構造で、(⑩ 木)にオルゴールを載せて鳴らすことでその振動に(⑩ 木)が(⑫ 共鳴)し、開口部から音を出す仕組みになっている。(⑫ 共鳴)箱は使用する(⑩ 木)の(⑬ 材質)と形状により、その響きを変えることができる。</p>
[3]	<p>難しかったことは何でしたか。</p>
[4]	<p>おもしろかったこと(興味関心を持ったこと)は何でしたか。</p>
[5]	<p>オルゴールについて学習したことは何でしたか。</p>

(6) 授業内容

授業の流れを表3に示す。実験授業を行った学校の生徒は小学校を卒業するときにシリンダーオルゴールを卒業記念品として受け取っている。受け取った記念品を思い出させながら、授業を開始した。そして、ディスクオルゴールの画像を見せて、オルゴールの種類について説明した。

次に、紙式手回しオルゴールを見せた。まずは穴の開いてない紙式手回しオルゴール専用の用紙をオルゴールに通して、穴がないと音が鳴らないことを確認させた。そして、穴が開いてある用紙を見せてから、オルゴールに通しハンドルを回転させて音を鳴らし、生徒に聴かせた。情報端末を用いて、紙の穴が開いている様子を拡大させて、穴があると音が鳴ることを強調した。生徒にも、紙式手回しオルゴールのハンドルを回させて音を鳴らさせた。

紙式手回しオルゴールの仕組みを確認した後、図3に示す紙の音を聴かせた。最初に、カタカナで教師の名前になるように穴を開けて音を聴かせた(図3の①)。次に、ローマ字で教師の名前になるように穴を開けて音を聴かせた(図3の②)。最後に、2進数で教師の名前になるように穴を開けて音を聴かせた(図3の③)。2進数を知っている生徒はほとんどいなかったもので、紙に穴が開いている様子を見て、どのような穴が開いているのか分からなかったようである。この音を聴かせた後、穴が開いていないを「0」で表し、開いていることを「1」で示していることを伝えた。

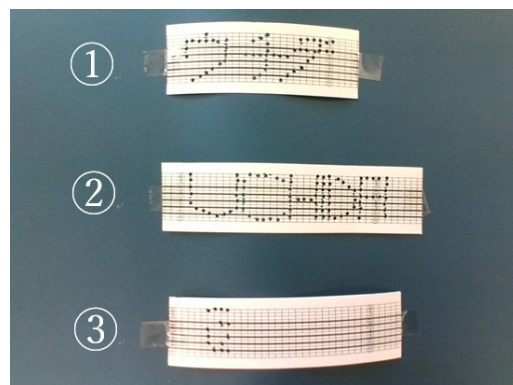


図3 紙に開けた穴

その後、紙テープを見せた。紙テープを読み込むためには、紙テープ穿孔機が必要である。その動画を用意して視聴させた。コンピュータでは現在、ハードディスク(記憶装置)にデータが保存されていることを伝えて、コンピュータがどのように情報を伝えているのか、オルゴールとの共通点を考えさせた。

最後に、オルゴールを用いて共鳴について学習をさせた。シリンダーオルゴールだけでは、音は小さく聞き取りにくい。しかし、机に置くと音は増幅する。まずは、直接、手で持ち音を聴かせた。何も聞こえないと多くの生徒が反応した。机の上に置くと音は大きくなり生徒にも音が聞こえるようになった。さらに、シリンダーオルゴールをプラスチック板に置き、プラスチック板を折り曲げた。すると音はより増幅する。その音を聴かせた。その後、共鳴箱について説明した。また、共鳴箱は材質によって音が変わることも伝えた。

表3 授業の流れ

段階	時間	学習活動	教師の指導・支援
導入	1分	<ul style="list-style-type: none"> ○事前調査問題を行う。 ○オルゴールがどのように音を出すのか考えさせる。 ○本時の目標と内容を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ○一人一枚事前調査問題を配布する。 ○オルゴールが音を出す映像を見せ、学習内容を確認する。 ○本時の目標を知らせる。
		オルゴールとコンピュータのつながりを考えよう。	

展 開	3 0 分	<p>○オルゴールが音を出す仕組みを理解する。 →オルゴールで音が鳴る様子を観察する。 →オルゴールが音を出すための歯とシリンダーの関係を知る。 ○オルゴールで、音を鳴らす。 →紙を入れても音が出ない。 →紙に穴を開けて歯を動かすことで音が鳴る。 ○紙に教師の名前になるように穴を開け、その音を聴く。 ○紙式手回しオルゴールで「0」と「1」で鳴る音を聴く。</p> <p>○紙テープを見せる。</p> <p>○紙テープ穿孔機が利用されている動画を視聴する。</p>	<p>○情報端末を活用し、歯とシリンダーを拡大して説明をする。 ○オルゴールのシリンダーが歯を弾いて音が鳴ることを理解させる。 ○シリンダーの弁がないところは音がでないことを理解させる。 ○紙を入れるだけでは音が鳴らないことを理解させる。 ○オルゴールの音がならないことを「0」、オルゴールの音が鳴ることを「1」として指導する。 ○クイズ形式で何を表しているのか考えさせる。 ・カタカナで”ウチダ” ・ローマ字で”UCHIDA” ・2進数で”1001110 1000001 1010011 1010101 ”</p> <p>○オルゴールとコンピュータが同じデジタル信号を用いて情報伝達を行っていることを理解させる。 ○動画を視聴させながら、現在は紙ではなくハードディスク（記憶装置）に保存していることを伝える。</p>
		<p>オルゴールとコンピュータのつながりは何だろう？</p>	
		<p>○共鳴について知る。 ○共鳴箱を用いると音の大きさが変化することを知る。</p>	<p>○共鳴や共鳴箱について説明をする。 ・手で持ったときのオルゴールの音の大きさを聴かせる。 ・机の上に置いたオルゴールの音を聴かせる。 ・オルゴールにプラスチック板をつけて、折り曲げたときの音を聴かせる。</p>
ま と め	1 0 分	<p>○授業を振り返る。 ○事後調査問題を行う。 ○次時の内容を知る。</p>	<p>○授業の振り返りを行う。 ○一人一枚事前調査問題を配布する。 ○事後調査問題を回答させる。</p>

(7) 事前・事後調査問題の結果

図4～図7に、[1]、[2]の事前調査問題と事後調査問題の正答率を示す。調査問題の空欄の順に正答率をグラフに示している。事前事後調査問題の結果を比較すると正答率が全体的に増加していることがわかった。[1]に関しては、デジタル信号の特徴である「0」と「1」に関する正答率を上げることができ

た。しかし、オルゴールの仕組みである「回転体（シリンダー）」や記憶媒体に関する「磁気」などは正答がその他と比べて少なかった。[2]については、「木」や「小さい」などは全員が回答することができた。しかし、「増幅」については正答率がその他と比べて少なかった。

[1] 事前調査問題 正答率 [%]

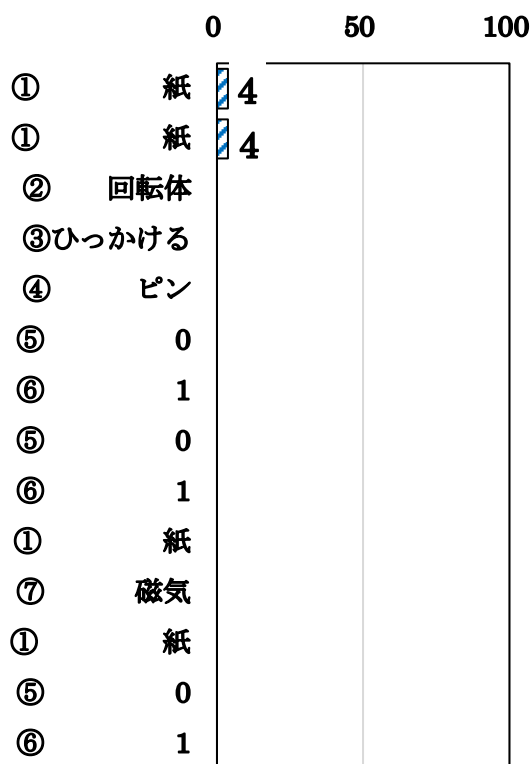


図4 [1] 事前調査問題の正答率

[1] 事後調査問題 正答率 [%]

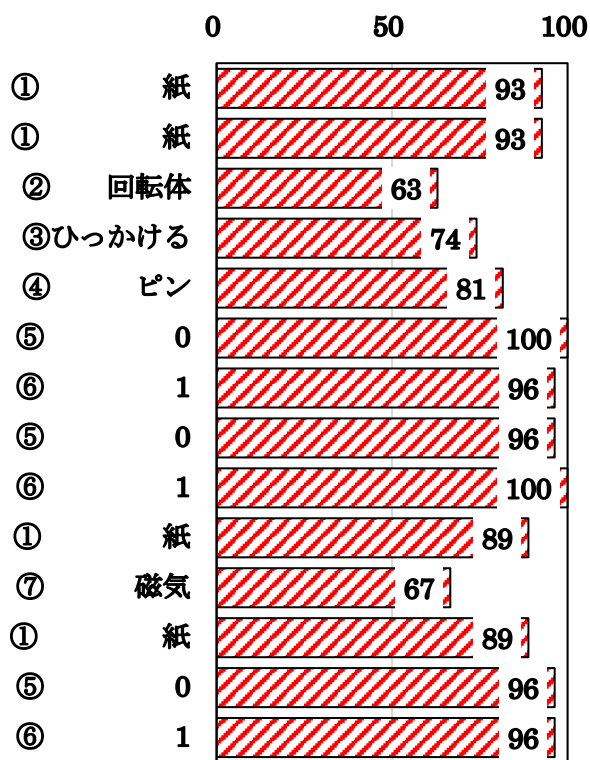


図5 [1] 事後調査問題の正答率

[2] 事前調査問題 正答率 [%]

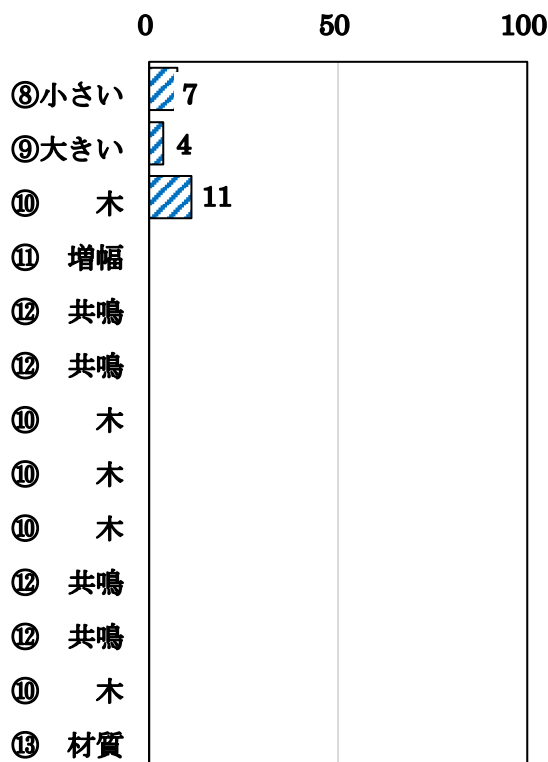


図6 [2] の事前調査問題の正答率

[2] 事後調査問題 正答率 [%]

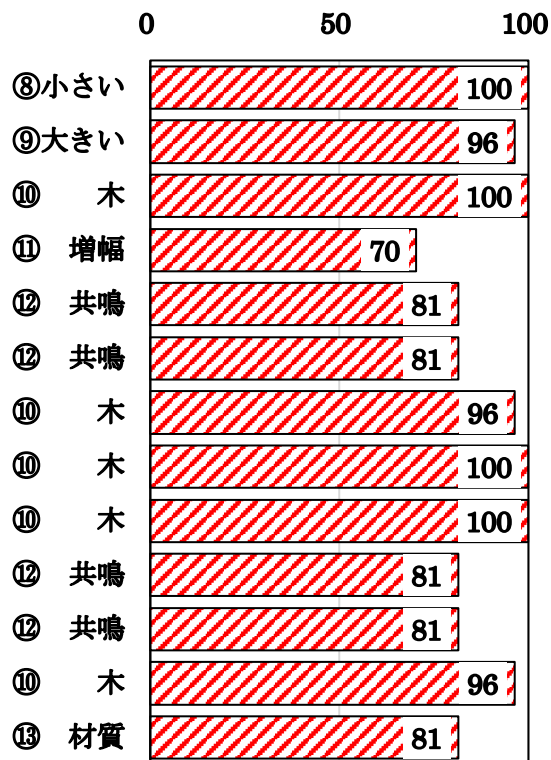


図7 [2] の事後調査問題の正答率

[3]の「難しかったところ。」、[4]の「おもしろかったところ（興味関心を持ったこと）は何でしたか。」、[5]の「オルゴールについて学習したことは何でしたか。」の記述について、KHcoderを使用して共起ネットワークを制作した。共起ネットワークとは、出現頻度の高い単語を拡張点とし、それらを接続することで、単語の関係性をネットワークにして表現しているものであり、単語の関連性を知ることができる。単語を囲んでいる円が大きければ大きいほど出現率が高い単語である。

[3]の共起ネットワークを図8に示す。

[3]では「オルゴール」と「仕組み」の出現率が高くつながりができている。生徒の記述には「オルゴールの中の仕組みや紙テープの2進数について。」「紙のオルゴールなどの他に情報デジタルデータが0と1で表されていること。」などの記述があった。

[4]の共起ネットワークを図9に示す。

[4]では「オルゴール」と「音」の出現率が高くつながりができている。「オルゴールの仕組み。」「木の机にオルゴールをつけたり、プラスチックの板を曲げたりしたら、音が大きくなったこと(共鳴)。」などがあった。コンピュータについて生徒の記述として、「紙テープで、穴があるか、ないかで、0と1を表すことができるというのが難しいが、とても興味を持てた。」「1と0の数字だけで字や数、記号を表せる2進数に興味があった。」などの記述があった。この記述から、共鳴についての興味が高かったことがわかる。

[5]の共起ネットワークを図10に示す。

[5]では「オルゴール」と「音」、「仕組み」の出現率が高くつながりができている。生徒の記述には「オルゴールは情報ともかわり、共通点があることを学習できた。」「紙式手回しオルゴールの穴が開いてないと鳴らないところや2種類だけという仕組み。」などの記述があった。中央部には「デジタル」、「データ」などデジタルに関する記述が出現した。

3. 研究のまとめ

シリンダーオルゴールを小学校の卒業記念品として受け取っていたことで、オルゴールがどのように構成されているかを見た事がある生徒を対象にした実験授業を行った。事前調査問題においてはほとんどの問題が空欄だった。授業の最後に「オルゴールとコンピュータのつながりを答えなさい。」という質問をした。答えた生徒は「0と1で、データを表現することができる。」と回答した。オルゴールについて、シリンダーが回転し歯がピンを弾くと音が鳴ること、紙テープのように穴が開いているところと、開いていないところを区別しながらデータを読み取ることが同じであることを認識できているということがわかる。しかし、このことからデジタルデータについて理解が深まったと考えることはできない。

本研究では中学校、技術・家庭科の技術分野における「D 情報の技術」において紙式手回しオルゴールとコンピュータのつながりを考える授業実践をした。その授業ではオルゴールとコンピュータの共通点を認識させることはできた。授業を終えてからも、さらにデジタルデータの理解を深めるために武田(2010)を参考にFAXの原理を用いて画像のデジタル表現を学ぶ授業や、モザイクアートを行ってデジタルカメラの仕組みを教える授業を実施した。

身近な機器を教材として用いることは、学習への興味・関心を高めるだけでなく、その製品を見つめるときの見方・考え方につながると考えている。教材が日常で見えるもの、使うものであれば、その製品を見るときに仕組みを考えることにつながる。この繰り返しが、自ら機器の仕組みを知ろうとする生徒の育成になると考えている。今後も、身近な製品に注目し、現象を可視化するなど、仕組みを理解できるような教材開発を行い、機器の仕組みを自ら知ろうとするような生徒の育成に向けて研究をしていきたい。

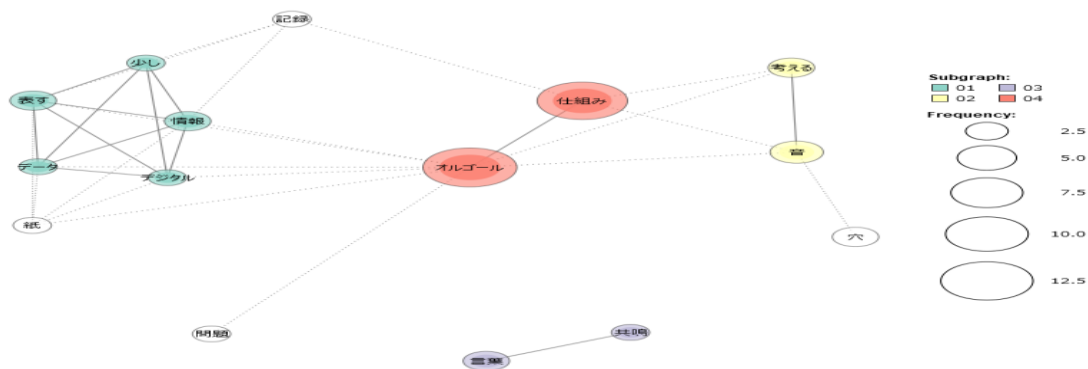


図8 [3] 難しかったことは何でしたか。

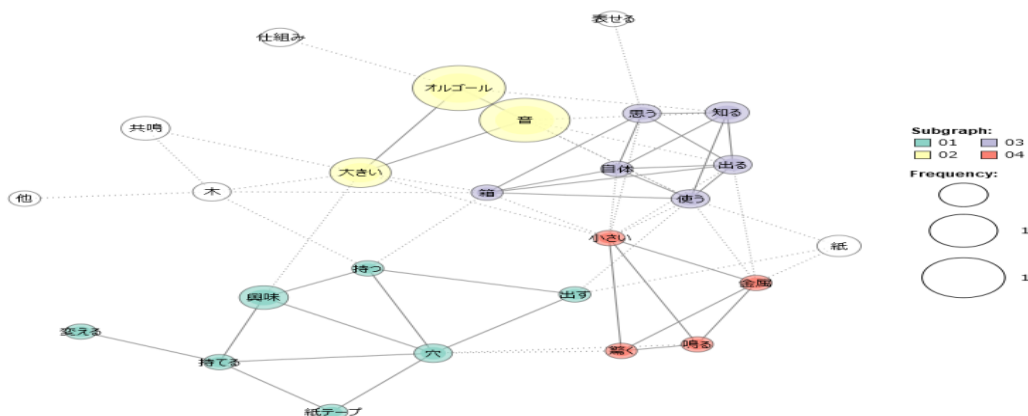


図9 [4] おもしろかったこと(興味関心を持ったこと)は何でしたか。

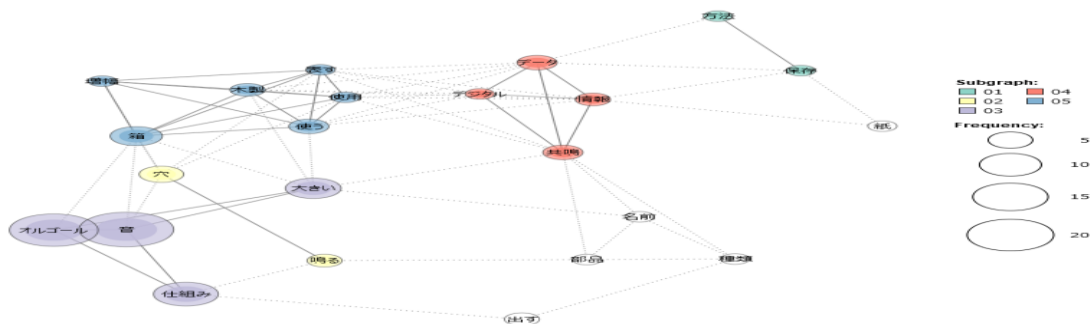


図10 [5] オルゴールについて学習したことは何でしたか。

○引用・参考文献

- ・朝倉邦造,(1993)技術科教育の研究,朝倉書店
- ・新しい技術・家庭,技術分野,東京書籍,(2021)
- ・井戸坂幸男; 久野靖; 兼宗進. (2011)コンピュータサイエンスアンプラグドに基づく授業方法改・善の試みとその実践. 日本産業技術教育学会誌, 53.2 : 115-123.
- ・技術・家庭, 技術分野, 開隆堂,2021
- ・技術・家庭, 技術分野, 教育図書,2021
- ・近藤義美 (1990) 技術科の指導論 開隆堂
- ・竹田正幸, 転がしてわかるデジタルの仕組み: デジたま講座における教材・教具の開発. 日本情報科教育学会誌, 2010, 3.1: 73-74.

- ・並木美太郎,(2016)中学生対象の「未来のスーパー科学者養成 EPOCH プログラム」における・CSUとドリトルを用いたコンピュータの仕組みの理解. 研究報告コンピュータと教育 (CE), 4: 1-8.
- ・藤岡信勝(1989)授業づくりの発想, 日本書籍, pp64 - 69
- ・文部科学省: 中学校学習指導要領解説, 技術・家庭編(2018)
- ・山本利一(2018)日本産業技術教育学会・技術教育分科会, 技術科教育概論, pp118 - 119

謝辞

本研究を行うにあたり, ご指導くださった自習校の先生方, 生徒, 教職大学院の先生方に厚く御礼申し上げます。