



東京学芸大学リポジトリ

Tokyo Gakugei University Repository

技術科の学習における発話プロトコルの調査を通じた3DCAD作図の特徴

メタデータ	<p>言語:</p> <p>出版者: 東京学芸大学教育実践研究推進本部</p> <p>公開日: 2024-03-12</p> <p>キーワード (Ja): 中学校技術科, 製図, 等角図, 手がき, 3DCAD, ETYP: 教育実践</p> <p>キーワード (En): junior high school technology education, drawing diagrams for production, isosceles diagram, drawing by hand, 3D CAD</p> <p>作成者: 本間, 琢也, 渡津, 光司, 大谷, 忠</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属: 東京学芸大学, 東京学芸大学, 東京学芸大学</p>
URL	<p>http://hdl.handle.net/2309/0002000270</p>

技術科の学習における発話プロトコルの調査を通じた3DCAD作図の特徴

本間 琢也*¹・渡津 光司*²・大谷 忠*³

教育実践創成講座

(2023年9月21日受理)

1. はじめに

近年, 教育界におけるDX(デジタルトランスフォーメーション)化により, 一人一台端末等のテクノロジー革新の一般化が進んでいる。テクノロジーの内容を扱う中学校技術・家庭技術分野(以下, 技術科とする)においても最新のテクノロジーの内容を取り扱う一方で, 古くから取り扱われてきた製図等の学習においてDX化が期待できる。そこで, 著者らの既往の研究では, 中学校技術科における製図に関する学習の取り扱いについて分析した¹⁾。その結果, 技術科の教育課程で実施されてきた製図に関する学習では, 等角図や第三角法による正投影図の役割やかき方を知り, かき表せることが求められており, これらの学習内容として, 実際に手で線をかいて製図することを想定した構成になっていることがわかった。また, これらの学習について, 3次元CAD(以下, 3DCADとする)による製図と比較することで, 3DCADを用いた製図の学習には, 従来の製図に関する学習とは異なり, 正しい線や正確な立体をかくことに重点を置く必要がない新たな学習内容が含まれていることを明らかにした。この成果によって, 新たな製図に関する学習の検討や能力の育成について検討することが課題として挙げられる。

製図に関する学習については, 平成29年に改訂された中学校学習指導要領において, 内容A材料と加工の技術(以下, 内容Aとする)における項目(2)の中で, 「ア 製作に必要な図をかき, 安全・適切な製

作や検査・点検等ができること。」と示されている²⁾。項目(2)には, 「技術による問題の解決」の活動が想定されており, この活動を通して, 自分なりの新しい考え方や捉え方によって, 解決策を構想しようとする態度の育成が図られている³⁾。また, 平成29年改訂中学校学習指導要領に準拠した技術科の教科書では, このような内容を踏まえて, 製図に関する学習を, 製作品を構想し設計する場面において取り上げている⁴⁾。このことから, 製図に関する学習と製作品の構想や設計, すなわち製図と自分なりの解決策(アイデア)の検討は, 密接に関連していると考えられる。

このような学習内容の関連を踏まえて, 森下ら⁵⁾は3DCADによる製図を取り入れた授業実践を報告している。森下らは, 内容Aに関して合板による規格材を教材とした題材指導計画において, 設計の学習の中で3DCADを取り入れており, 画面の中で使用する材料の寸法や形を簡単に調整できる点や, 設計している立体を様々な視点から見ることができる点などを利点として挙げている。また, 技術科における製図の学習を対象とした先行研究には, 三浦ら⁶⁾によるコンピュータシミュレーションやブロックを用いた操作などに関する研究が報告されており, ブロックを組み合わせた中学生の立体の描画能力の形成について検討している。

これらの既往の研究に関して, 森下らは, 一連の題材指導計画の中で, 設計の場面における製図に3DCADを使用することで, 自身が製作したいものの構想(アイデアの検討)を容易にした研究であると捉

*1 東京学芸大学大学院 連合学校教育学研究科 (184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1)

*2 東京学芸大学 技術・情報科学講座 技術科学分野 (184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1)

*3 東京学芸大学 教育実践創成講座 (184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1)

えることができる。また、三浦らは、コンピュータの併用によって、立体描画能力といった新しい能力を育成できる可能性を示した研究であると捉えることができる。ところが、既往の研究ではコンピュータや3DCADを用いた製図の実践を取り上げているが、従来から技術科に取り入れられてきた手がきによる製図の学習と、DX化によって新たに取り入れられた3DCADの学習の効果の違いについては詳しく取り上げていない。また、手がきによる製図と3DCADによる製図に取り組んだ学習者の意識を調査した研究は、管見の限り見当たらない。

そこで本研究では、3DCADを用いた新たな製図に関する学習について詳しく検討するため、前報の成果を踏まえて、従来から取り入れられてきた手がきによる製図と3DCADによる製図の作業において、作業時における作図の捉え方の違いについて分析することを試みる。特に本研究では、製作品の構想（アイデア）を表現するときに用いられる等角図⁷⁾に着目して分析を進め、手がきによる製図と3DCADによる製図についての捉え方の違いを明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

2.1 研究の対象

研究の対象は、T大学における製図を学習した学部生及び大学院生6名（以下、調査協力者とする）とした。調査協力者を、手がきによる製図に取り組む群（以下、手がき群とする）と、3DCADによる製図に取り組む群（以下、3DCAD群とする）に分けて調査を行った。

また、前報¹⁾で得られた製図に関する学習内容を基に、調査項目を検討した。表1は製図に関する学習内容から抽出した調査項目を示す。製図に関する学習内

容の特徴から、「等角図や第三角法による正投影図に関する知識や手順に沿った製図の技能について」「製図を通したアイデアの再検討について」「製図を通した図面を読み取る力について」の三つの調査項目を設定した。なお、本研究では、主に立体を描画する等角図に着目しているため、立体を平面で描画する第三角法による正投影図については除外した。

2.2 調査の方法

調査については、調査者（第1著者）と調査協力者の1対1の形式で行い、Zoomを用いて対話をしながら、発話プロトコルによるデータを収集した。なお、調査の様子については、調査協力者の同意のもと、すべて録画・録音した。手がき群及び3DCAD群で共通の課題を提示し、それぞれ製図等に取り組ませ、録画・録音データを収集した。

本研究における調査の流れを図1に示す。

(1) 課題の説明では、調査者は調査協力者に対し、共通の課題について説明を行った。表2は本調査における課題の詳細を示す。共通の課題として「一枚板（厚さ15mm）で製作する『机の上を整理整頓できるラック』の設計」を提示した。ラックに収納する物品については、寸法を含め具体的に示し、教科書3冊、文庫本4冊、シャープペンシル2本、定規1個、消しゴム1個を収納できるラックを設計させた。手がき群については、ポンチ絵によるアイデアスケッチを行ってから、等角図による製図を行わせた。また、3DCAD群については、アイデアスケッチの描画は行わず、3DCADによる製図を行い、等角図として出力させた。なお、本研究では、3DCADソフトとして、技術科の内容Aにおける使用が推進されている、DIY用の3DCADソフトであるcaDIY3D-X (Ver.3)⁸⁾を用いた。

(2) 調査①では、製図の作業時における発話プロ

表1 製図に関する学習内容から抽出した調査項目

製図に関する学習内容の特徴		調査項目
技術科の教育課程における製図に関する学習内容	等角図や第三角法による正投影図が取り扱われている。	等角図や第三角法による正投影図に関する知識や手順に沿った製図の技能について
	等角図や第三角法による正投影図の役割やかき方を知り、かき表せることが求められている。	
技術科教科書における製図に関する構想図や製作図の学習内容	かき方の手順を詳細に説明している構成になっている。	
	手順に沿って実際に線をかいて作図することによって製図するという前提に立って、製図に関する学習を想定している。	
3DCADを用いた製図の学習内容	作成する立体の形や大きさの微調整や再検討を容易に行うことができるようになる。	製図を通したアイデアの再検討について
	自分のアイデアを再検討することを容易にしたり、空間認識能力といった能力を育成したりすることにつながる。	製図を通した図面を読み取る力について

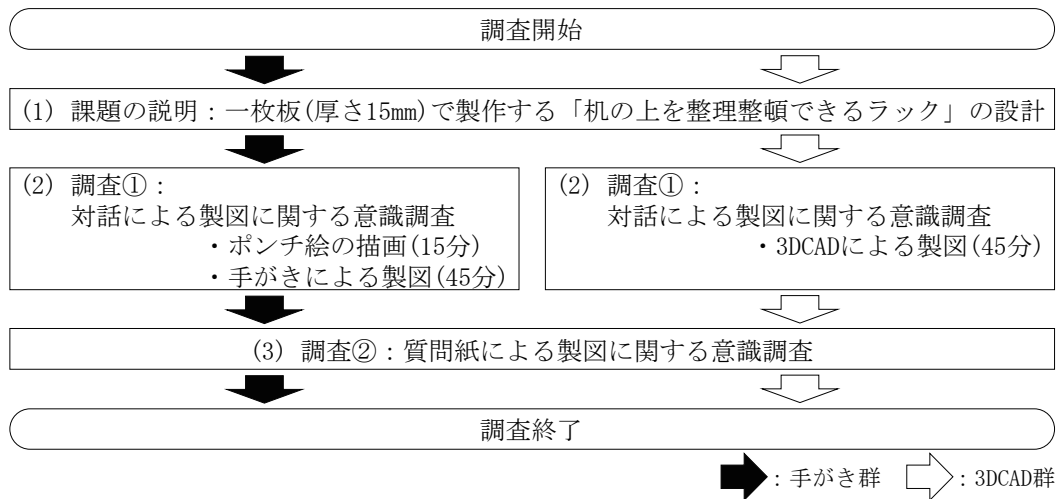


図1 本研究における調査の流れ

表2 本調査における課題の詳細

項目	内容	
課題	一枚板(厚さ15mm)で製作する「机の上を整理整頓できるラック」の設計	
条件①	ラックに収納する物品は, 次の通りとする。 ・教科書(縦260mm×横210mm×厚さ10mm): 3冊 ・文庫本(縦185mm×横130mm×厚さ15mm): 4冊 ・シャープペンシル(長さ150mm): 2本 ・150mm定規: 1個 ・消しゴム: 1個	
条件②	手がき群	ポンチ絵によるアイデアスケッチを行ってから, 等角図による製図を行う。
	3DCAD群	3DCADによる製図を行い, 等角図として出力する。

トコル法による調査を行った。手がき群はアイデアスケッチの描画を15分で行い, その後, 手がきによる製図を45分で行った。また, 3DCAD群は3DCADによる製図を45分で行った。その作業の途中で, 調査者が質問を投げかけ, 調査協力者は作業しながら回答した。表3は調査①における質問の詳細を示す。調査①では, 検討した調査項目(表1)を基に, 五つの質問項目を設定した。例えば, 調査項目「等角図に関する知識や手順に沿った製図の技能について」では, 「製図(描画)をしていて, 大変なところ, 難しいところはありませんか?」という質問を, 調査協力者に投げかけた。同様に, 調査項目「製図を通したアイデアの再検討について」では, 「自分のアイデアをうまく表現できていると思いますか?」「自分のアイデアを表現するために, どのような点に気を付けていますか?」について質問した。また, それぞれの質問のタイミングについては, 手がき群はアイデアスケッチの描画時に1回, 製図時に2回, 3DCAD群は製図時に2回とした。

(3) 調査②では, 質問紙による製図に関する意識

調査を行った。製図の作業が終わった後, 調査協力者に回答させた。表4は調査②における質問の詳細を示す。調査②では, 検討した調査項目(表1)を基に, 九つの質問項目を設定した。例えば, 調査項目「等角図に関する知識や手順に沿った製図の技能について」では, 「製図を通して, 等角図の役割を理解することができた。」「等角図の手順通りにかくことができた。」「自分のアイデアを等角図によって表現することができた。」について質問し, それぞれ選択式の4件法(当てはまる, やや当てはまる, あまり当てはまらない, 当てはまらない)で回答させた。同様に, 調査項目「製図を通したアイデアの再検討について」では, 「製作する立体の大きさを考えながら製図することができた。」「製作する立体の形を考えながら製図することができた。」等について質問した。

2.3 分析の方法

手がきによる製図と3DCADによる製図を通した発話プロトコルの違いについて分析するために, 調査①で得られた回答内容を抽出した。回答内容の抽出は,

表3 調査①における質問の詳細

調査項目	質問項目	質問内容	質問のタイミング		回答方法
			手がき群	3DCAD群	
等角図に関する知識や手順に沿った製図の技能について	(1)	製図(描画)をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか?	描画開始 6 分後		対話式
			製図開始 10 分後	製図開始 10 分後	
			製図開始 35 分後	製図開始 35 分後	
製図を通したアイデアの再検討について	(2)	自分のアイデアをうまく表現できていると思いますか?	描画開始 9 分後		
			製図開始 15 分後	製図開始 15 分後	
			製図開始 40 分後	製図開始 40 分後	
	(3)	自分のアイデアを表現するために、どのような点に気を付けていますか?	描画開始 9 分後		
			製図開始 15 分後	製図開始 15 分後	
			製図開始 40 分後	製図開始 40 分後	
製図を通した図面を読み取る力について	(4)	設計したイメージが、図面(ポンチ絵)にどのくらい表現できていますか?	描画開始 12 分後		
			製図開始 20 分後	製図開始 20 分後	
			製図開始 40 分後	製図開始 40 分後	
	(5)	どのような点が、難しい(簡単だ)と思いますか?	描画開始 12 分後		
			製図開始 20 分後	製図開始 20 分後	
			製図開始 40 分後	製図開始 40 分後	

表4 調査②における質問の詳細

調査項目	質問項目	質問内容	回答方法
等角図に関する知識や手順に沿った製図の技能について	(1)	製図を通して、等角図の役割を理解することができた。	選択式(4件法) ・4 = 当てはまる ・3 = やや当てはまる ・2 = あまり当てはまらない ・1 = 当てはまらない
	(2)	等角図の手順通りにかくことができた。	
	(3)	自分のアイデアを等角図によって表現することができた。	
製図を通したアイデアの再検討について	(4)	製作する立体の大きさを考えながら製図することができた。	
	(5)	製作する立体の形を考えながら製図することができた。	
	(6)	製図を通して、立体の大きさを見直したり、修正したりすることができた。	
	(7)	製図を通して、立体の形を見直したり、修正したりすることができた。	
製図を通した図面を読み取る力について	(8)	製図を通して、立体を様々な角度から見るできるようになった。	
	(9)	立体を想像しながら、製図することができた。	

手がき群における「ポンチ絵の描画時」と「手がきによる製図時」、3DCAD群における「3DCADによる製図時」のそれぞれについて抽出した。また、回答した内容について、質問項目ごとに回答の概要を著者らで検討し、調査協力者における製図を行っているときの発話プロトコルを分析した。

さらに、調査②で得られた回答について集計し、各質問項目において、手がき群と3DCAD群のそれぞれで平均値を算出することで、手がきによる製図と3DCADによる製図の違いについて分析した。

3. 結果及び考察

3.1 手がきによる製図時の発話プロトコルの特徴

製図の実践を通した発話プロトコルの違いについて分析するために、まずは、これまでの技術科の教育課程で実践されてきた、手がきによる製図について調査した。図2は調査①において、手がき群の調査協力者が描画したアイデアスケッチの例を、図3は、同様に、手がき群の調査協力者が製図した等角図の例を示す。これらの描画や製図を通して、調査協力者が製図を通してどのように考えたか対話式で質問した。

表5は、手がき群におけるポンチ絵の描画時の質問(調査①)に対して得られた回答の内容を示す。表5

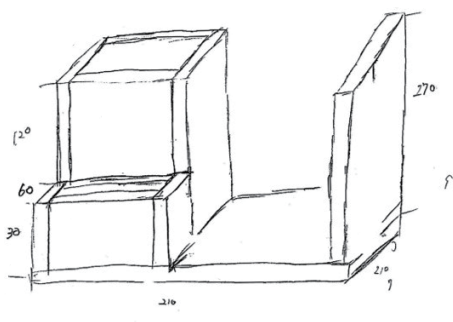


図2 調査①における手がき群で描画されたポンチ絵の例

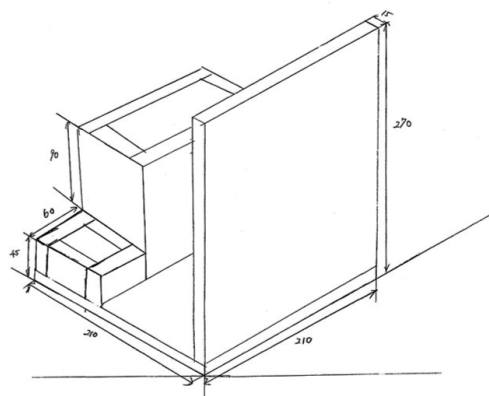


図3 調査①における手がき群で製図された等角図の例

表5 調査①における手がき群（ポンチ絵の描画時）の回答内容

質問項目	質問内容	回答内容	回答の概要
(1)	製図をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか？	<ul style="list-style-type: none"> ・スケッチは線で立体を考えているが、実際に必要な厚さを考えられていなかった点が気になっている。 ・ポンチ絵の段階で、ある程度大枠的なデザインを決めた後に、板の厚さを考えながら、接合をどうするかというところが難しいと感じた。 ・消しゴムの置き場所等を今まで考えたことがなかったので、そこが難しいところだ。 ・今までにない製品を考えるので、かきづらさがある。 ・今考えているもので、本当に頑丈になるのかという疑問がある。 	スケッチのかき方について
(2)	自分のアイデアをうまく表現できていると思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・アイデアがあるというわけではない。 ・なんとなく、大体、機能性というものはあるかと思う。 ・ポンチ絵についてはうまく表現できているので、この後の等角図が心配である。 	スケッチによるアイデアの表現しやすさについて
(3)	自分のアイデアを表現するために、どのような点に気を付けていますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・寸法だけではなく、ここをどうしたいということを、言葉でも表現している。 ・最低限、教科書や文庫本を入れるところ、シャープペンシルと消しゴムを入れるところを分けたいと思ったので、分ける場所を作った。 ・机の端に置くので、ラックの後ろに物が落ちないような設計にしたい。 	ラックの構想についての検討
(4)	設計したイメージが、図面にどのくらい表現できていますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・割と、ある程度イメージ通りにかけている。 ・手がきで短時間ではあったものの、なんとなく形はできている。 ・70%くらいできている。 	スケッチに対する自信
(5)	どのような点が、難しい（簡単だ）と思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・厚さを無視していいのであれば、線でかいているので、考えやすい。奥行き等も表現しやすい。 ・引き出しなどの厚さが関わってくると、線だけでは表現できない部分があるので、そういった部分が難しい。 ・紙にかくところというところが、表現しやすい点なのかなと思う。 ・楽にできるので考えを表現しやすいのかと思う。 ・この線は実際の物では見えている線なのかといったことがわかりにくい。 	スケッチにおける製品の厚さについて

の結果では、例えば「製図をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか？（質問項目（1）」について、「スケッチは線で立体を考えているが、実際に必要な厚さを考えられていなかった点が気になっている。」「ポンチ絵の段階で、ある程度大枠的なデザインを決めた後に、板の厚さを考えながら、接合をどうするかというところが難しいと感じた。」といった回答内容が含まれている。これらの回答を踏まえて、ポンチ絵の描画時における「大変なところや難しいところ」については、調査協力者らは、「スケッチのかき方」について回答していると考えられる。また、このような「回答の概要」に着目すると、ポンチ絵の描画時には、質問項目（3）における「ラックの構想についての検討」に関わる回答や、質問項目

（5）における「スケッチにおける製品の厚さについて」に関わる回答が抽出されている。これらの結果から、ポンチ絵の描画では、アイデアを図にスケッチしているため、ラックの構想に関わる意識は含まれているものの、スケッチのかき方やスケッチにおける製品の厚さといった、「スケッチのかき方をどうするか?」といった部分に多くの意識が向いていると考えることができる。

また、表6は、手がき群における等角図の製図時の質問（調査①）に対して得られた回答の内容を示す。表6の結果では、「製図をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか？（質問項目（1）」という質問に対する回答の概要として、「作図のかき方について」が抽出されており、「自分のアイデアをう

表6 調査①における手がき群(製図時)の回答内容

質問項目	質問内容	回答内容	回答の概要
(1)	製図をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか？	<ul style="list-style-type: none"> ・割合を出す(計算する)のが大変だった。 ・三角定規が必要になる等、準備しなくてはならないものがある。 ・想定していた大きさと異なり、バランスが崩れて苦戦している。 ・縮小しているのに、縮小する割合を誤ると厚さを表現できなくなる。 ・引き出しの寸法をかくときに厚さを考慮してかこうと思っているが、やはり厚さを考慮するのが難しい。 ・製図しているラックが、高さを変えて段差をつけたデザインなので、それを等角図でかくことが難しい。 ・ポンチ絵では、本を置くところを板一枚分で考えていたので、等角図で表すときに実際に狭くなってしまい、ポンチ絵とのずれを感じた。 	作図のかき方について
(2)	自分のアイデアをうまく表現できていると思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・引き出しを等角図で表現するのが難しい。 ・長さの割合をどうしようかという点を気になってしまう。 ・図面にどのように表現しようか悩んでいる。 ・表現できているとは思いません。 ・ポンチ絵でかいているときは、言葉で説明したりできていたが、等角図では、うまく表現できていないような気がする。 ・なんとなくできていると思う。 ・ポンチ絵通りには大枠できていると思っている。 ・微妙だ。 ・ポンチ絵では長さなどをしっかり決めていなくて、板の厚みの計算などを忘れてしまったので、ポンチ絵と比べて形が少し変わってしまった(崩れてしまった)のがショックだった。 	作図におけるかき方の制約について
(3)	自分のアイデアを表現するために、どのような点に気を付けていますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・今の時点では特にない(できていない)が、引き出し本体と周りを別々で等角図で表したい。 ・図法のルールについて気を付けている。 ・アイデア段階でも長さを考えておかないと、等角図にうまく表現できないと感じた。 ・本の厚さと冊数を考慮して計算していたが、使用する材料の厚みと混ざってしまい、デザインがおかしくなってしまった。 ・厚さや寸法を気にした。 ・引き出しをびつぱりに作ると入らないことがあるので、あえて小さくしつつ、小さすぎると違和感が出てくるので、気を付けた。気持ち小さめに設計した。 ・実物を見て考えていないので、どれくらいずれているのか(違和感があるのか)はわかりづらい。 ・厚さを気を付けながら、他の部分の長さを調整してかいていた。 ・板の厚みの計算を忘れてしまった。 	作図における材料の厚さについて
(4)	設計したイメージが、図面にどのくらい表現できていますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・割と比較的に表現できている。 ・4～5割くらい表現できている。 ・長さの割合がもう少し考えたい。現段階で、割合の計算を誤っているかもしれない。 ・思っていた進捗よりも全然進んでいない。 ・思ったイメージがうまく表現できていないかもしれない。 ・40%くらいできている。 ・ある程度は、イメージ通りに表現できていると思っている。 ・しかし、実物のイメージが湧きづらい。 ・立体的にかいているが、立体的ではない、見えない部分が表現しづらい。 ・実物のイメージがしづらい。 ・イメージ的にはかいている。 ・40%くらい(ポンチ絵では70～80%くらい)できている。 	作図におけるイメージの表現しにくさについて
(5)	どのような点が、難しい(簡単だ)と思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・紙にかいているので、線がずれたり、角度を間違えたりして、形が自分の思うようになっていないときに、それを消すために、間違っていない部分を消してしまったり、ごちゃごちゃ汚くなってきて見づらくなってしまいう点が難しいところである。 ・厚みを考慮するのが面倒くさい。 ・合わせやすい割合にした方が、かきやすくなると思った。 ・設計する段階で、長さを合わせやすい割合がよい。 ・実際に長さを考えると難しい。 ・斜めから見たときの、見える部分と見えない部分をどう想像すればよいのかという点が難しい。 ・引き出しに仕切り板を入れたのだが、仕切り板が一本の線になってしまったので、わかりづらいと思った。 ・深さが表現しづらいと思った。 ・実物を実際に見ればわかるのだろうが、紙なのでわかりづらいと感じた。 ・長さの割合をうまく調整してかくところや、厚さや長さを加味してかくことが難しい。 ・長さを考慮してかくと、自分のイメージと違った。 ・物の厚さを考えられていなかった。 	作図のかき方について

まく表現できていると思いますか？(質問項目(2))」という質問に対しては、「作図におけるかき方の制約について」が抽出されている。つまり、表5の結果と同様、製図のかき方についての意識が強い傾向が認め

られる。一方で、等角図の製図においては、「自分のアイデアを表現するために、どのような点に気を付けていますか？(質問項目(3))」という質問に対する回答の概要として、「作図における材料の厚さについ

て」という回答が抽出されており、アイデアの表現について、ポンチ絵の描画とは異なる部分が意識されている。これらの結果から、手がきによる等角図の製図では、ラックの構想に関する意識よりも、図面をかくための作図に意識が集中していることがわかる。

以上の結果から、技術科の学習の中で従来から実践されてきた手がきによる製図では、製図に取り組んでいるときには、主に図面をかくために必要な作図や図面における材料の厚さに意識が集中しており、製図をしながら製作品の構想や設計について検討することは難しいことがわかる。

3. 2 3DCADによる製図時の発話プロトコルの特徴

3DCADによる製図を通した発話プロトコルの特徴について分析するために、手がきによる製図と同様に調査を実施した。図4は調査①において、3DCAD群の調査協力者が出力した等角図の例を示す。

表7は、3DCAD群における製図時の質問（調査①）に対して得られた回答の内容を示す。表7の結果では、「製図をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか？（質問項目（1）」という質問に対する回答として、「位置の変更についての操作に手こずっている。」「コピーアンドペーストが便利であることに気付いた。」といった回答が含まれており、回答の概要として「作図における操作性」を抽出することができる。また、「自分のアイデアを表現するために、どのような点に気を付けていますか？（質問項目（3）」という質問に対する回答の概要として、「ラックの詳細な設計について」が抽出されている。この結果は、前節の手がきによるアイデアスケッチの描画においても同様の結果が得られており、3DCADによる製図では、ポンチ絵の描画と同様に、図面をかきながらラックの設計について検討することができていると考えられる。また、「どのような点が、難しい（簡単

だ）と思いますか？（質問項目（5）」という質問に対する回答の概要として、「作図における製図を通した修正や再検討について」が抽出されており、製図をしながらラックの修正や再検討を行ったという回答が認められる。

このような3DCADによる製図について、実際にどのような製図が行われているのか詳細に分析するために、3DCAD群における調査協力者による製図の行程を、表7の結果に沿ってまとめた一例を図5に示す。図5の結果について、まず質問項目（1）（一回目）では、始めは操作に慣れながら、材料の長さを調節し組み立てている様子が認められる。次に、質問項目（2）（一回目）及び（3）（一回目）では、ラックのデザイン性を考えて、ラックの側板の角を丸めるというアイデアについて検討している様子が認められる。さらに、質問項目（4）（一回目）及び（5）（一回目）では、一度大枠を組み立て終えたラックについて、実際に使用する場面を考えながら、底板の大きさを検討している様子が認められる。最後に、質問項目（1）（二回目）では寸法線を入れており、質問項目（2）～（5）（二回目）では、作図を終えて等角図を出力している。

このように、3DCADによる製図では、始めは3DCADの操作に難しさを感じながらも、使用していく中で操作に慣れていき、3DCADの操作に対する意識から、自身のアイデアを表現したり、製図を通したアイデアの修正・再検討を行ったりしようとする意識に変化している。すなわち、従来の手がきによる製図のように、図面をかくことに意識を集中するだけでなく、製作品の構想や設計といったアイデアを検討することに意識を向けていると考えることができる。

以上の結果から、3DCADによる製図時には、製作品に関する詳細な設計や、構想の修正や再検討に関して意識が向いており、図面をかくことに捉われずに構想や設計を進めようとする意識があることがわかる。

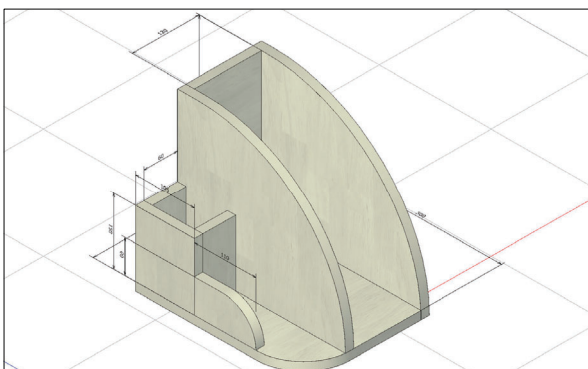


図4 調査①における3DCAD群で製図された等角図の例

3. 3 手がきと3DCADによる製図の捉え方の比較

手がきによる製図と3DCADによる製図を終えた後の意識について比較するために、それぞれの製図後に質問紙による調査（調査②）を行い、4件法による調査を実施した。

図6は、調査②で得られた回答について集計し、各質問項目について、手がき群と3DCAD群のそれぞれの平均値を求めた結果である。図6の結果では、手がき群については、「製図を通して、等角図の役割を理解することができた。（質問項目（1）」や、「等角図

表7 調査①における3DCAD群(製図時)の回答内容

質問項目	質問内容	回答内容	回答の概要
(1)	製図をしていて、大変なところ、難しいところはありませんか？	<ul style="list-style-type: none"> ・位置の変更についての操作に手こずっている。 ・合わせるときに、ずれがあると思った。 ・実際の材料で作っているわけではないのでイメージしづらくて、余計な操作をしているのかもしれない。 ・トラックパッドで操作しているので、視点変更の操作が難しい。 ・コピーアンドペーストが便利であることに気付いた。 ・色々考えながら組み立てをしなくてはいけない。 ・紙だと自分の持っているものを表現しやすいと思った。 ・操作が慣れていないため表現するまでに、時間がかかる。 ・材料が重なる等が起こったときに、気付かずに進めて間違ってしまうことがあった。 ・寸法線を自分が入れたいところに入れるのが難しい(面倒くさい)。 	作図における操作性について
(2)	自分のアイデアをうまく表現できていると思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・現段階では、まだまだ考えていることはかけてない。 ・画面の中の表現について考え中である。 ・手元の紙にざっくりかいて、それを基に作っているが、なかなかうまくいっていない。 ・角が角張っているのが嫌だと思ったので、角を丸めている。 ・定規等を置くスペースをアイデア通りに表現できている。 ・イメージ通りではある。 ・自分がやりたいようにできた。 	作図によるアイデアの表現のしやすさについて
(3)	自分のアイデアを表現するために、どのような点に気を付けていますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・長さなどの大枠を作ってから組み立てるというようにして、細かいところを考えようとしている。 ・入れたい物の大きさを計算して作っている。 ・どうしたら壊れにくくなるのかというのを考えている。 ・シャープペンシルが倒れないような幅にする等、小物入れの部分に板を入れて安定させておくことを検討している。 ・上記の検討を踏まえて、横の長さをしっかり整えて考えて作ってみて、中間板を挟むことで取りやすく、収納しやすくなるのかと考えた。 ・立体で色々な角度からみながら作れるというのが、いろんな発見があると思った。 ・大きいもの(土台)から組み立てた。 ・実際の製作場面を想定して、順序を考えて作った。 ・寸法線はなるべく被らないようにした。 ・本がきつくならないように、本の規格よりもゆとりがあるようにした。 ・ごつごつしていると物々しい雰囲気になってしまうと考えたので、角を丸めた。 	ラックの詳細な設計について
(4)	設計したイメージが、図面にどのくらい表現できていますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・6~7割くらいできている。 ・背面などはまだ確認できていないが、自分が見えているところの範囲では80%くらいイメージ通りである。 ・大体イメージしたものができている。 ・ある程度イメージ通りだ。 ・もう少し工夫の余地があると考えている。 ・見た目は100%だ。 ・不自由なく表現できている。 ・割合で示すなら、9割以上できたと考えている。 	作図におけるイメージの表現しやすさについて
(5)	どのような点が、難しい(簡単だ)と思いますか？	<ul style="list-style-type: none"> ・操作に慣れてきたので、実際に製図するよりも簡単に修正ができる。 ・コピーがすぐにできるのがとてもやりやすい。 ・厚さを考えなくてはいけないということに気付いたときに、長さを簡単に修正することができた。 ・はめるときやサイズを合わせるときに、合図がでるのがとてもよい。 ・3DCADの画面上に設定されている床の部分より下になってしまうのは気になる。 ・視点変換の操作が難しい。 ・始めは戸惑ったが、段々操作に慣れてきた。 ・サイズを自由に決められることが楽に感じる。 ・大きめに作ってから、サイズに合わせて縮めたりすることができた。 ・自分が作りたいものに合わせて、検討し直すことができた。 ・材料の長さの変更とか材料のコピーなどは効率的にできてよい。 ・メモを取りながらやってみたが、設計時にズレがあると直すのが大変であると感じた。 ・パーツを斜めに動かせないのが難しかった(面倒くさかった)。 ・図面の読み取りはしやすい。 ・修正が楽にできる。 ・サイズや斜め加工の部分を修正した。 ・斜め加工はもともと取り入れる予定はなかったのだが、作っていくうちに合った方がよいと感じて取り入れた。 ・材料を回転する操作の方向が難しかった。 	作図における製図を通した修正や再検討について

の手順通りにかくことができた。(質問項目(2))」では、平均値が高い。一方で、「自分のアイデアを等角図によって表現することができた。(質問項目(3))」の平均値が最も低い。また、手がき群の回答は、質問項目によって平均値が異なり、回答にばらつきが認め

られる。この結果から、手がきによる製図では、製図を行う者によって「できた」「できない」の気持ちの差が大きく異なる。すなわち、「図面をうまくかくこと」に意識が集中してしまい、製図の活動がアイデアの検討にまで至らない可能性がある。

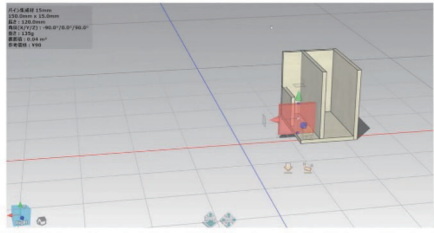
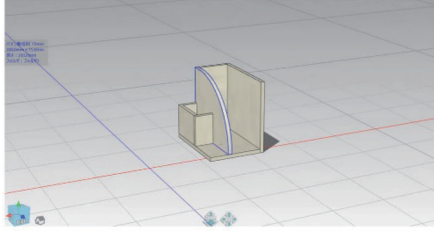
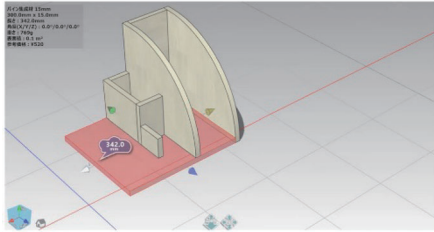
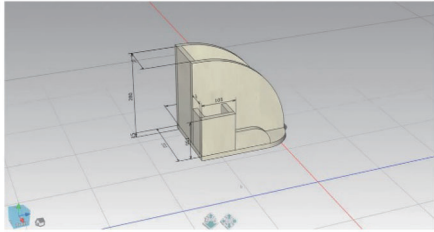
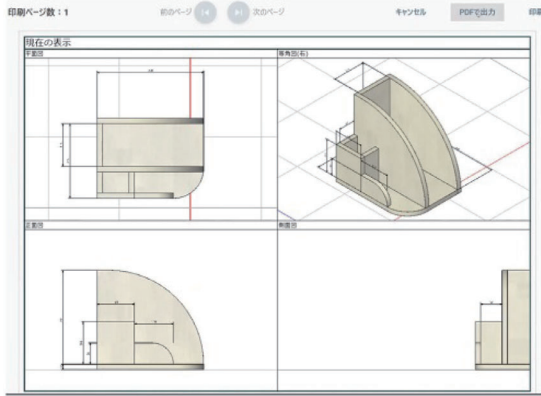
質問項目 (質問回数)	回答の概要	3DCADによる製図の例
(1) (一回目)	作図における操作性について	 <p>材料の長さを調節し、組み立てている様子。</p>
(2) (一回目)	作図によるアイデアの表現のしやすさについて	 <p>角を丸めたいというアイデアを表現している様子。</p>
(3) (一回目)	ラックの詳細な設計について	
(4) (一回目)	作図におけるイメージの表現しやすさについて	 <p>ラックの底板の大きさを検討している様子。</p>
(1) (二回目)	作図における操作性について	 <p>寸法線を入れている様子。</p>
(2) (二回目)	作図によるアイデアの表現のしやすさについて	 <p>作図を終えて、等角図を出力している様子。</p>
(3) (二回目)	ラックの詳細な設計について	
(4) (二回目)	作図におけるイメージの表現しやすさについて	
(5) (二回目)	作図における製図を通した修正や再検討について	

図5 調査①における3DCAD群の製図の行程例

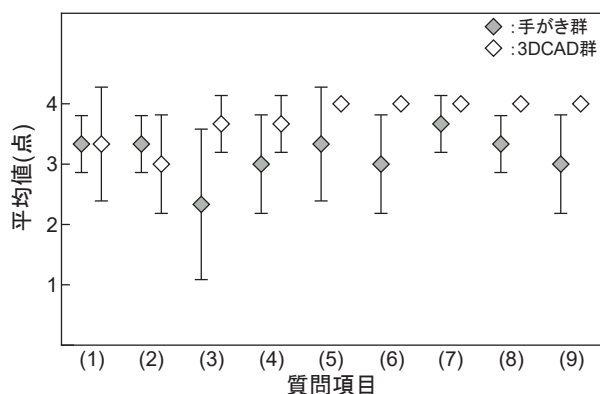


図6 調査②の質問項目における手がき群と3DCAD群の回答の平均値

一方で、3DCAD群については、「等角図の手順通りにかくことができた。(質問項目(2))」について、他の質問項目と比べて平均値が低いものの、すべての質問項目で平均値が3を超えている。特に質問項目(5)～(9)においては、3DCAD群の調査協力者全員の回答にばらつきが認められない。そのため、3DCAD群の調査協力者は、全員が「製図を通したアイデアの再検討について」や「製図を通した図面を読み取る力」について「できた」あるいは「身に付いた」と感じているものと考えることができる。この点は、前報で得られた結果において、正しい線や正確な立体をかくことに重点を置く必要がない新たな学習内容が含まれていることや、冒頭で述べた森下らが提案している、3DCADが設計の学習におけるアイデアの検討を容易にすることや立体を様々な視点から見ることができるという利点と一致している。すなわち、3DCADによる製図の活動では、手がきの製図に認められる「うまくかくこと」を意識する必要があまりないことを示している。

また、「製図を通した図面を読み取る力」について、調査協力者が「身に付いた」と感じている点は、三浦らが提案している、製図におけるコンピュータを併用した立体描画能力の育成に関する学習につながる可能性を示唆している。すなわち、3DCADによる製図の活動には、立体に関わる能力等の製図を通した新たな能力を育成するための学習が含まれていると考えることができる。

以上の結果から、3DCADによる製図の活動には、アイデアの構想や設計を容易にすることに留まらず、従来の手がきによる製図の活動で意識されやすい、「図面をうまくかこう」とする意識に重点を置く必要がない学習活動が含まれており、製図を通した立体に関する新たな能力の育成についての可能性を示してい

る。このような3DCADによる製図の特徴を踏まえ、実際に中学生に対して製図に関する学習を検討していくことが、今後の課題となる。

4. おわりに

本研究では、技術科における製図に関する学習について、手がきによる製図と3DCADによる製図の作業時における発話プロトコルを分析し、以下の結果を得た。

- (1) 技術科の学習の中で従来から実践されてきた手がきによる製図時の意識には、図面をかくための作図のかき方や、作図における材料の厚さなどに意識が集中しており、製図をしながら製作品の構想や設計について検討することが難しいことがわかった。
- (2) 3DCADによる製図時の意識には、製作品の詳細な設計や、構想の修正・再検討に関して意識が向いており、図面をかくことに捉われずに、構想や設計を進めようとする意識が認められた。
- (3) 製図に関する学習に、3DCADによる製図の活動を取り入れることで、従来の手がきによる製図で意識されやすい「うまくかくこと」を意識する必要がない学習を行えることや、製図を通した立体に関する新たな能力の育成の可能性が示唆された。

以上の手がきによる製図と3DCADによる製図の違いを踏まえて、今後は3DCADを取り入れた製図の学習について、指導法の検討や中学生を対象とした授業実践を行うことが今後の課題となる。

参考文献

- 1) 本間琢也・大谷忠・渡津光司：中学校技術科「A材料と加工の技術」における製図に関する学習の取り扱い，東京学芸大学紀要総合教育科学系，74巻，pp.429-439，2023
- 2) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示），p.133，2017 https://www.mext.go.jp/content/1413522_002.pdf，（最終アクセス日：2023年9月19日）
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 技術・家庭編，開隆堂出版，p.29，2018
- 4) 例えば，田口浩継・他80名：新しい技術・家庭技術分野 未来を創る Technology，pp.40-45，東京書籍，2021
- 5) 森下博之・渡津光司・徳光慧・大谷忠・山下晃功：合板DL教材を用いた「材料と加工の技術」における授業実践，

本間, 他: 技術科の学習における発話プロトコルの調査を通じた3DCAD作図の特徴

- 一般社団法人日本産業技術教育学会 実践事例集「テクノロジーとエンジニアリングの教室」第2巻, pp.69-80, 2023
- 6) 三浦吉信・上之園哲也・島田和典・森山潤: 中学校技術科における生徒の立体描画能力の形成を支援する製図学習の検討－立体認識能力の差異に着目して－, 兵庫教育大学教科教育学会紀要, 23巻, pp.17-24, 2010
- 7) 竹野英敏・他118名: 技術・家庭 [技術分野], p.40, 開隆堂出版, 2021
- 8) 株式会社日本マイクロシステム: caDIY3Dらくらく設計ソフト, <https://cadiy3d.com/wp/>, (最終アクセス日: 2023年9月19日)

技術科の学習における発話プロトコルの調査を通じた3DCAD作図の特徴

Characteristics of 3D CAD Drawing through Investigation of Oral Protocols in Technology Education

本間 琢也*¹・渡津 光司*²・大谷 忠*²

HOMMA Takuya, WATATSU Koji and OHTANI Tadashi

教育実践創成講座

Abstract

In order to clarify the difference between drawing by hand and using 3D CAD at the study of drawing diagrams for production in junior high school technology education, the difference between these drawing diagrams for production activities through a survey of oral protocol through drawing was analyzed. The results showed that the awareness during drawing by hand concentrated on the control for drawing and the thickness of materials in drafting. From this result, it was difficult to consider the concept and design of the product while drawing. In addition, the awareness during using 3D CAD was focused on the detailed design of the product and on revising and reconsidering the concept, indicating that they tried to proceed with the concept and design of the product without being restricted to drawing. These results suggest that the drawing using 3D CAD activities not only facilitate the conception and design of ideas, but also enable learning without the need to be strongly conscious of "drawing well," which is often a concern in conventional drawing by hand activities, and that drawing using 3D CAD activities have the potential to develop new competencies related to three-dimensional objects.

Keywords: junior high school technology education, drawing diagrams for production, isosceles diagram, drawing by hand, 3D CAD

Advanced Studies on Transforming Educational Practice, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

*1 The United Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University (4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo, 184-8501, Japan)

*2 Tokyo Gakugei University (4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo, 184-8501, Japan)

要 旨

本研究では、中学校技術・家庭技術分野の製図に関する学習における、手がきによる製図と3DCADによる製図の活動の違いについて明らかにするために、製図を通した作業者の発話プロトコルの調査を通して、これらの製図の活動の違いについて分析した。その結果、手がきによる製図時の意識は、図面をかくための作図のかき方や、作図における材料の厚さなどに意識が集中しており、製図をしながら製作品の構想や設計について検討することが難しいことがわかった。また、3DCADによる製図時の意識には、製作品に関する詳細な設計や、構想の修正・再検討に関して意識が向いており、図面をかくことに捉われずに構想や設計を進めようとする意識が認められた。以上の結果から、3DCADによる製図の活動には、アイデアの構想や設計を容易にすることに留まらず、従来の手がきによる製図の活動で意識されやすい「うまくかくこと」を強く意識する必要がない学習を行えることや、製図を通した立体に関する新たな能力の育成の可能性が示唆された。

キーワード: 中学校技術科, 製図, 等角図, 手がき, 3DCAD