

小学校におけるものづくり教育の実践

大橋 和正

ものづくりの実践は、幼いころには、一つの体験学習として、感性を磨き、器用さを育んできた。しかしながら、小学校において学年が進むにつれて、ものづくりに道具、工具、工作機械を使用する機会が多くなってくると、単なる体験学習からものづくりの道理を理解することが求められる。

そこで本研究では、小学校におけるものづくり教育の実践活動として、組み木製作を取り上げ、道具、機械類を活用することで、寸法精度の良い正確なものづくりが可能になることを知る。そして、ものづくりの面白さ、深さを実感でき、中学校技術分野へつながる論理的思考力の育成を目指す。

Keywords：小学校におけるものづくり、組み木製作、工作機械、思考力育成、生産教育

1. 緒言

小学校での児童の工作学習、とくに低学年では、まずは身近な紙とはさみを使って楽しく工作することから始まる^[1]。しかし、小学校高学年になってくると工作に使う材料の種類も増え、それを加工する道具類についても正しく学習しておくことが重要となる。たとえば、小学校高学年で行う組み木製作では、糸のこぎり、やすり、電動糸のこ盤等を上手に使って木製板を加工する必要がある。このとき、児童は、道具や電動糸のこ盤などの機械の安全作業に注意を払いながら、それらを上手に使うためのテクニックを経験を通して身につけることになる。一方、中学校においては、技術・家庭科の技術分野の授業で加工のための道具・工具・工作機械の使い方を論理的に理解しながら、それらを能率よく活用して、上手なものづくりへとスキルアップしていく^[2, 3]。このように、小学校、中学校という学校種は異なるが、児童・生徒は発達段階に応じて、ものづくりの方法を体験的、あるいは論理的に理解し、スキルを修得することで、さらなるものづくりのためのスキルアップを図ることが可能となる。このように、義務教育の早い段階で、ものづくりの理論と実践を体験的な学習も交えながら、学ぶことが重要である^[4]。

そこで本研究では、子どもの認知発達段階^[5-12]を考えたとき、小学校の段階でもものづくり教育の必

要性を考え、やがて、それは中学校技術・家庭科の技術分野へと考え方をつないでいくことが大切であると考えている。具体的には、組み木製作活動を考え、そこから派生するものづくりの考え方を学び、考察する。

2. 子どもの認知発達段階の区分とものづくり教育の必要性

子どもの知能や発達、いわゆる認知機能の発達という観点から、人はいくつかの段階的発達を遂げるものである。とくに、小学校では7歳から12歳までは具体的操作期といい、論理的・形式的に考えることができるようになるが、思考内容はまだ未熟な時期であるという^[5-8]。12歳以上になると形式的操作期といい、思考は完成した働きをし、科学的・実験的思考が可能となるという^[5-8]。

一方、脳の発達を進化的にみても、10歳児ではほぼ大人の人と同じ大きさの脳をもつという^[5-8]。従って、10歳児から12～13歳のころの教育が一つのキーポイントになる。学校種でいえば、小学校5年生から中学校1年生の時期で、教育的にも小学校から中学校への橋渡し教育、すなわち接続期の教育が大切であるといえる^[8]。

とくに、ものづくり教育の観点では、小学校の工作において、5・6年の学年では道具・工具の使用

と共に、電動糸のこ盤という機械の使用も安全作業に注意しながら実施されているのが現状である。中学校から新しく始まる技術・家庭科の技術分野へのつながりも意識しながらものづくりを指導していく必要があると考えている。

そのためには、小学校での工作指導においては、全体的には道具・工具類の安全な使い方を身につけながら、5・6年では楽しいものづくりだけではなく、精度あるものづくりへの方法論にも気づき、中学校の技術分野で論理的思考力を育成するものづくりへとつながっていくことを期待している。

以上を念頭におきながら、本研究は、小学校におけるものづくり教育の実践を、岡山大学教育学部附属小学校のクラブ活動を通して、試みたものである。

3. ものづくり教育としての組み木製作活動

小学校におけるものづくり教育の実施をクラブ活動で実現することにする。実施日は、平成23年10月13日(木)で、実施時間は15:00から15:45である。

場所は、岡山大学教育学部附属小学校工作室で、参加者は附属小学校児童25名（内訳 4年生 7名、5年生 5名、6年生 13名）である。補助指導員として、大学院生1名があたる。

3.1 活動目的

活動の目的は、以下の通りである。

小学校から中学校へと続く接続期の教育を効果的に実践するために、ものづくりを例にした教育活動を考察する。教科としては、小学校図工から中学校技術への橋渡しとしてのものづくりを考える。具体的には、工具・道具の動作原理を知り、それを正しく安全に使って、上手なものづくりを実践する。このとき、工具、道具、機械類を効果的に使うことが上手なものづくりにつながることを知る。表1に小学校3年生から教科書に掲載される工具・道具・機械類の一覧を示す。本活動では、この表の中の分離・切断用の道具としてののこぎりの種類としくみ等の知識について確認し、使用上の注意喚起を徹底する。

表1 小学校3年生から教科書に掲載される道具類一覧

(注) 文部科学省検定済教科書小学校図画工作科：開隆堂出版（株）

道具名	用途	学年	種類	特徴	備考
げんのう・かなづち	結合	小3・4図工	げんのう	釘の打ち込み時は平らな面、打ち終わりは丸い面を使う。	肘を使って打ち込む。
		小3・4図工	はこやつち	釘を打つ。釘を抜く機能あり。	釘を抜くところが付いている。
		小3・4図工	丸かなづち	片方の形状はとがっている。	
ドライバー	結合・分離	小3・4図工	ドライバー	ねじを締めたり、緩めたりするときに使う。	プラスドライバー、マイナスドライバー
ペンチ	分離・切断	小3・4図工	ペンチ	釘を抜く。針金を切る・曲げる。	
		小5・6図工	ラジオペンチ	先がとがっている。	小さいものもつかめる。
		小5・6図工	ニッパー		針金も切れる。
きり	結合	小3・4図工	四つ目ぎり	穴を開ける。	釘や木ねじでとめる。
のこぎり	分離・切断	小3・4図工	両刃のこぎり	縦びきの刃と横びきの刃がついている。	
		小3・4図工	折りたたみ式のこぎり	縦、横、斜めに切ることができる。	折りたたむことができる。
		小3・4図工	胴付のこぎり	木を切る。	
		小3・4図工	手びき糸のこぎり	曲線などを切りぬく。	替刃の取り付け方に注意する。
		小5・6図工	電動糸のこ盤	曲線などを電動で切りぬく。	替刃の取り付け方に注意（向きあり） 刃を下向きに取り付ける。
やすり	仕上げ	小5・6図工	平やすり	平面を仕上げる。	表面が平らになっている。
		小5・6図工	半丸やすり	曲面を仕上げる。	片面が半丸になっている。
		小5・6図工	紙やすり		あら目用40番、仕上げ用240番を使う。
バール	分離	小3・4図工	バール（かじや）	釘を抜く	木台を支えにして引きぬく。

今、小学校5年生の野外活動で実施する組み木製作を考える。木材の切断には直線的な切断と曲線的な切断がある。通常ののこぎりは直線的な切断には向いているが、曲線的な切断となると困難であることを知る。一方、電動糸のこ盤は工作ミシンと呼ばれ、操作は簡単で、ミシンと同様、加工スピードを上手にコントロールして曲線的に切断することができる（スピードコントロールできる機種もあるが、使用しないものとする。）。切断時に板材の加工方向を変える場合には板材を適度に押さえることで、板材のばたつき現象からまぬがれる（板材ばたつき防止器具が付随している機種もあるが、使用しないものとする）。すなわち、加工スピードと板材の押さえる力、送る力を連続的に制御することが上手な製作につながることを知る。結果として、組み木の楽しさを味わいながら、自分で上手に組み木を作ることができる喜びを知る。

3.2 活動内容

ものづくり活動の内容として、小学生向け組み木製作活動を考える。組み木の図柄と完成品は図1に示すように、クジラとかめとし、これを置き物として利用する。

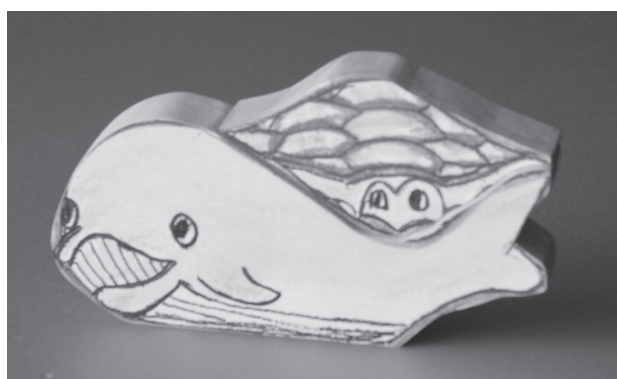


図1 組み木の完成品

準備するものとして、

電動糸のこ盤9台、糸のこ刃

図案付き組み木板（ほうの板）（100mm × 100mm, 厚さ14mm）

である。また、電動糸のこ盤を使って、精度良く、上手に切削するためには、適切な力で組み木板を押さえる必要がある。この組み木板を押さえる力と送る力の測定については、力覚センサーとその測定装置を用いて行う。

力覚センサーとしては、ニッタ（株）製の超薄型フィルム状ボタンセンサー（FlexiForce A201-1型：Max 4.4N, A201-25型：Max 110N）を用いる。このセンサーは、容易に力測定が可能で、回路内への組み込みも簡単である。センサーより得られた力覚信

号を力一電圧変換回路で処理し、結果をオシロスコープで表示する。図2にセンサーと測定装置の結線図を示す。

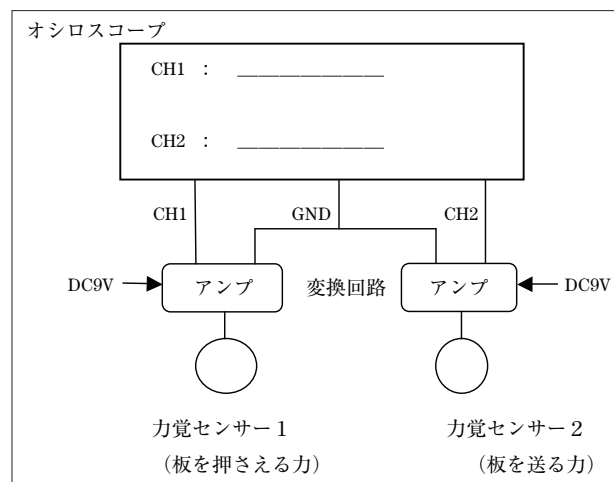


図2 力覚センサーと力測定装置の結線図

4. 組み木製作の実践

4.1 実践活動の内容と展開

次の製作手順に従って、組み木製作活動を実践する。

製作手順：

- (1)班（3名1組）ごとに一台の電動糸のこ盤を使用する。
- (2)電動糸のこ盤の使い方を班ごとに確認する。
- (3)班ごとに一人ずつ順番に電動糸のこ盤を用いて、組み木の板を切断する（図3）。
切断を終えたら、班の他のメンバーと交代する。
センサーを用いて加工時の板を押さえる力と送る力を測定する。
のこ刃の取り付け方、直線削り、曲線削り、のこ刃のスピード、板材の押さえ力・送り力を学習する。
- (4)各班3名とも加工を終えたなら、切断した組み木板を紙ヤスリで仕上げる。
- (5)時間に余裕があれば図柄に着色を試みる。

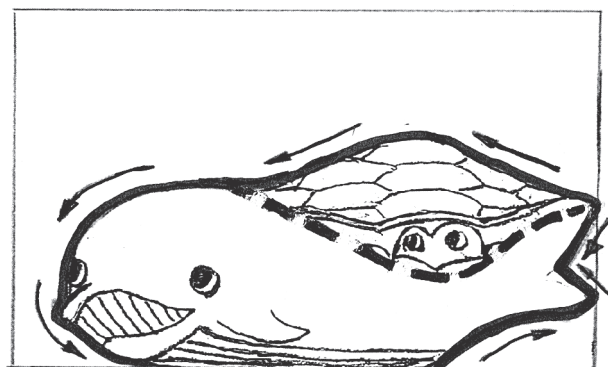


図3 板の切断順序と方法

指導案：

表2 指導案の作成

目標：組み木を上手に製作するためには、道具・工具・機械のしくみを論理的に理解し、安全作業に気を配りながら、それらを上手に活用することを知る。具体的には、曲線的切断の道具としての糸のこ、機械としての電動糸のこ盤を、直線的切断の道具の代表例であるのこぎりと比較してしくみを理解する。また、上手に製作するためには機械としての電動糸のこ盤を上手に活用することを知る。電動糸のこ盤を使う場合には、加工時の板材の押さえ力の大小が加工中の板材のばたつき（振動）現象に関係してくる事実を確認し、学習する。材料を送る場合の力が加工にも影響することを学ぶ。以上より、提案した小学校の工作実践で、中学校の技術分野を見据えた接続期教育が可能となる。		
学習・活動	教師の働きかけと留意点	備考
製作品の説明	安全作業に留意（注意を促す） 製作意欲の向上	パソコンによる資料提示
直線的切断の道具 曲線的切断の道具・機械を知る。	のこぎり 糸のこ、電動糸のこ盤 違いを知る。	のこぎりを見せる。 糸のこを見せる。 電動糸のこ盤を見せる。デモ実施。
道具・工具・電動糸のこ盤の使い方・ 安全作業の説明	電動糸のこ盤のしくみを説明し、上手に組み木を加工するための考慮しなければならない点を述べる。	電動糸のこ盤使用 糸のこ刃スピード vs. 板の押さえ力・ 送る力
組み木作業の説明	電動糸のこ盤で上手に加工する。	
電動糸のこ盤の前に集合する。	班ごとに使用する電動糸のこ盤を決めておく。	
製作の手順 まずは試し切りを実行		板上部の空箇所
① 図柄を張り付けた板材を配布する。 ② 電動糸のこ盤を使って板材を切断	のこ刃の加工スピードと板材の押さえ力に注意を払いながら、安全作業に心がける。まずは、板面上の図柄の極太実線に沿って全体の輪郭を切る。（4年生はここで終了してもよい）。次に図柄の極太点線に沿って切断する。（5, 6年生）（図3を参照） 板材のばたつき現象を抑える切断の仕方、送り力の与え方を指導する。	各人1枚 電動糸のこ盤、糸のこ刃 加工前に試し加工を奨励する。
③ 板の押さえ力、送り力の測定	5, 6年生は測定装置の備わった電動糸のこ盤で被験者となる。	力センサー（測定装置）の備わった電動糸のこ盤
④ 切り取った板の切断面に紙やすりを軽くかけて仕上げる。	切断箇所、加工スピード、押さえ力をまとめる。	紙やすり
⑤ 図柄のくじらとかめに着色する。	班ごとで、時間に余裕が生じた児童は図柄に着色を試みる。	
⑥ 本時のまとめ	出来上がった組み木の楽しさを知る。機械・工具を上手に使った工作のまとめ	クジラとかめの切断面の正確さがポイント。
⑦ 後かたづけ		

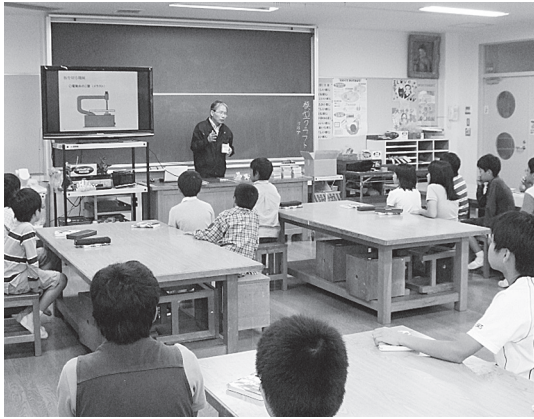


図4 ものづくり活動前の授業風景



図5 ものづくり活動の実際（その1）



図6 ものづくり活動の実際（その2）

4.2 板材を精度良く加工するための実験

電動糸のこ盤を使う場合、板材のばたつき現象を抑える切断の仕方や送り力の与え方が、板材の加工精度に良い影響を与えていることに気づく。とくに、板材のばたつき現象では怪我をしたり、板材の送り力が強すぎると、のこ刃が折れたりして危険である。授業実践の中で、子どもがどれくらいの力で板材を押さえて加工しているか、力覚センサーを用いて測定した結果を表3に示す。

表3 力覚センサーによる板の押さえ力・送り力の測定結果（小学生）

(力：最大値)				
学年	被験者	男女別	押さえ力 (N)	送り力 (N)
6	A	男	17.6	8.8
6	B	男	7.4	2.9
5	C	男	14.7	16.2
6	D	男	13.2	2.9
6	E	男	4.4	2.2

加工作業において、板材のばたつき現象を警戒するあまり、大きな力で板材を押さえ過ぎては、加工作業は前に進まないし、小さすぎる力では、加工途中で板材が浮き上がる可能性もある。また、板材の送り力が大き過ぎると、のこ刃が折れてしまう。適切な力が要求される。表3のデータにおいて、小学生は、板材が切断時に浮き上がるときの怖さを予想するあまり、比較的大きな力で一生懸命に板材を押さえられていることが分かる。送り力は刃への負担を考えながら、慎重に徐々に力を加えた加工作業であるといえる。ただ、被験者Cの送り力は強すぎ、のこ刃のしなり状態から、刃の破損につながった。

5. 考察とまとめ

5.1 板材切断のための道具・工具の学習についての考察

表1に示す道具の種類としくみの説明では、道具・工具に関する専用のデータベースを製作し、活用した。すなわち岡山大学津島キャンパス内の教育学部にある生産教育研究室（大橋研究室）のデータベース専用コンピュータにリモートデスクトップ（TCP受信）機能を設けて、図7に示すように、附属小学校工作室よりリモートアクセスできる環境を整えた。

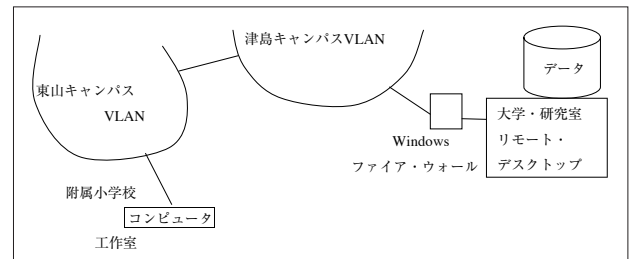


図7 ネットワーク構成図

この道具・工具、機械のデータベースは、附属小学校・附属中学校の枠を越えて、附属学校園一貫教育としての活用が期待される。そのためにも、道具・工具、機械の利活用に関する統一的な指導指標が求

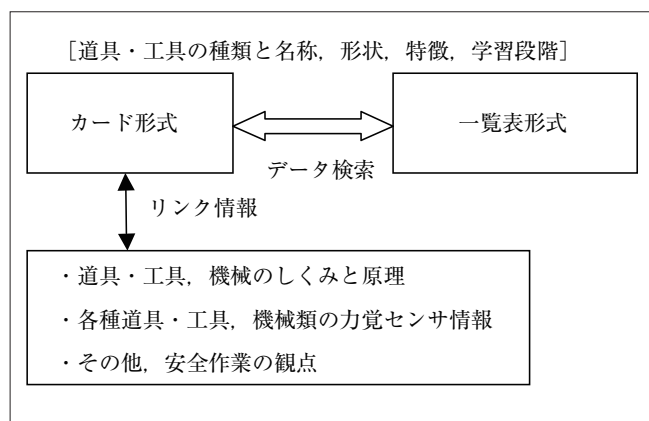


図8 道具・工具、機械データベースの一画面

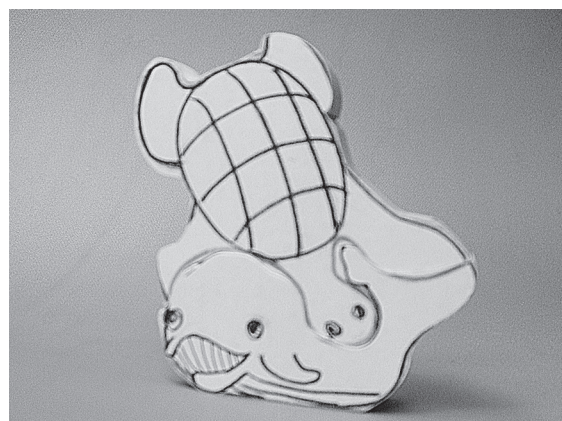


図9 技能難度の高いクジラとかめの組み木(中学生用)

められる。ここで用いるデータベース構築のソフトウェアとしてはFile makerを用いた。実際のデータベースの掲載例を図8に示す。

データベースの構造は、道具・工具、機械類の情報をカード形式と一覧表形式に分けて表示できることとする。一覧表形式では、同種類の道具・工具、機械類の個々の情報を概括的に把握するのに適しているのに対して、カード形式では、一つの道具・工具、機械についての情報を詳細に知ることができる点が有効である。また、カード形式情報には、しくみと原理からなる情報や力覚情報がリンクされており、必要に応じて物理情報が活用できるよう配慮している。

これより、工作を行う際に使用する道具・工具、機械類の事前学習が可能になり、工作のときに使う道具類を単に「知る学習」から、道具類のしくみを理解し、特徴を生かした「納得できる学習」へとつなぐことができる。

5.2 材料切断の際の板の押さえ力と送り力の関係(中学生の場合)

小学校での楽しいものづくりから、製品精度を意識したものづくりへともものづくりの内容が進化していく中で、加工時に板材を押さえる力具合や送りの力の入れ具合が加工精度に大きく依存してくることに中学生はすでに気づいている。もちろん、人の成長とともに知識も増え、スキルも年齢と共に向上している中学生を対象に、4.2節の精度よく加工する実験を行った。製作対象物は中学生の技能レベルに合わせて、同じクジラとかめの置物でも技能難度の高いものとした。図9にその一例を示す。

図9の組み木完成を目指して、実際に加工作業を行った。表3と同様の手順で組み木製作を行い、測定結果を表4にまとめた。

表4 力覚センサーによる板の押さえ力・送り力の測定結果(中学生)

(力: 最大値)

学年	被験者	男女別	押さえ力(N)	送り力(N)
3	a	男	4.4	5.9
3	b	男	16.2	8.8
3	c	男	3.7	2.9
3	d	男	11.8	5.9
3	e	男	8.8	2.9
3	f	男	7.4	1.5

小学生と中学生のそれぞれの力覚センサーによる測定結果(表3と表4)を比較することで、児童、生徒の作業特徴が明らかになる。被験者は年齢・経験と共に、作業技能に慣れてくるとものづくりの勘どころを把握できるようになる。表4では、板材を押さえる力は、小学生に比べて全体的に小さくなっている。しかも、板材が上手に、比較的精度良く切断されている。小学生による加工作業は、安全作業にはつながるが、肩に力が入った作業状況であるといえる。3～4年の年齢差は作業状況にも大きな影響を与えていることがわかる。ただ、表4において、被験者bは初心者であり、板材送り力にも大きな力が働いた結果、のこ刃が折れるという事態につながった。

5.3 まとめ

小学校におけるものづくり教育では、道具・工具、機械類の使い方による安全作業を重視しながら、あくまでも楽しく作ることを基本に考えている。自動で動く機械を操作しながらの工作は、一つ一つが手作業での工作に比べて冒険心を味わった感があり、加工後の材料の切り口の美しさには感動さえ覚えていた。また、今回、板上に描いた切断線に沿って、正確に切ることのむずかしさを知り、いかに正確に

切るかで加工精度に関する考え方を身につけることができた。今回用いた電動糸のこ盤ののこ刃の加工スピードは一定としたが、刃の加工スピードを上手にコントロールして加工することで、さらなる加工に関する精度を上げることが期待できる。このことは、授業後に小学校児童から出た率直な感想である。

工作時の道具・工具、機械に関する情報は、データベースの構築で、児童、生徒にとっても利用しやすくなった。とくに、電動糸のこ盤を使う前には、安全作業の確認もあり、上手につくるための工夫など、オンラインで科学的に学習することが可能になった。リンク情報として導入した板材を押さえる力加減の情報は、実際には、のこ刃の加工スピードと関係し、これらを上手にコントロールすることで、さらなる加工精度の向上を目指すことも可能であることが理解できた。このことこそ、中学校での技術・家庭科技術分野におけるものづくりの論理的思考力の育成につながると考えている。

6. 結 言

本研究では、中学校へのつながりを考慮した小学校におけるものづくり教育の実践に関する研究を行い、その結果は次のようにまとめられる。

- (1) 児童の発達段階に応じた、中学校につながるものづくり学習を実践していく中で、電動糸のこ盤による組み木製作に焦点をあて、ものづくり学習のモデルを構築した。
- (2) 道具・機械類を上手に活用するための専用のデータベースを構築し、授業実践に生かすことで、ものづくりを上手に実施するための道具・機械類のしくみと使い方を論理的に理解することができた。
- (3) 授業実践を通して、寸法精度よく正確なものづくりを実施するためには、加工時に板材を押さえる力加減等、作業条件の設定も大切になってくることに気づき、ものづくりの論理的思考力の向上につながった。

謝 辞

本研究に協力いただいた岡山大学教育学部附属小

学校の図画工作教科部の先生方、児童の皆様、附属中学校の技術教科の先生方、生徒の皆様、さらには補助指導員として大学院教育学研究科の院生に感謝の意を表す。

文 献

- [1] 大橋和正。“ペーパークラフトによる動くおもちゃの製作実践”，岡山大学教育学部研究集録，Vol.145，pp.77-84，2010.
- [2] 大橋和正，“対戦型ロボットの機構設計に関する授業実践”，岡山大学教育学部研究集録，Vol.129，pp.97-102，2005.
- [3] 大橋和正，妹尾一道，“ロボットコンテストを利用したものづくり教育に関する研究”，岡山大学教育学部研究集録，Vol.144，pp.7-12，2010.
- [4] 大橋和正，暮らしに役立つ技術と工学の基礎知識，共立出版，pp.3-6，2008.
- [5] J.ピアジェ（著），中垣啓（訳），ピアジェに学ぶ認知発達の科学，北大路書房，2012.
- [6] 永江誠司，子どもの思考と言語システムの発達と脳—神経発達心理学序論（Ⅳ）—，福岡教育大学紀要，第55号，第4分冊，pp.177-193，2006.
- [7] 安彦忠彦（編），子どもの発達と脳科学—カリキュラム開発のために，勁草書房，2012.
- [8] 岡山大学教育学部一貫教育専門委員会編，附属学校園における幼・小・中一貫教育の理論と実践—考える力を育てることばの教育—，pp.7-8，2013.
- [9] 酒井邦嘉，言語の脳科学—脳はどのようにことばを生み出すか，中公新書，2009.
- [10] 林成之，子どもの才能は3歳，7歳。10歳で決まる，幻冬舎新書，2011.
- [11] 永江誠司，世界一の子ども教育モンテッソーリ（12歳までに脳を賢く優しく育てる方法），講談社+α新書，2010.
- [12] ルドルフ・シュタイナー（著）高橋巖（訳），子どもの教育—シュタイナー・コレクション1，筑摩書房，2012.

