

ものづくりを取り入れた算数的活動に関する研究 — 図形分野における教材開発において —

左右田 睦月*・魚住 明生**

Study on Making Things in Mathematical Activities

— Development of Teaching Material in Graphic Field of Elementary School —

Mutsuki SAYUDA and Akio UOZUMI

要 旨

2008 年度に改訂された小学校算数科の学習指導要領解説では、算数を机上の思考活動のみでなく、具体的な活動を取り入れた指導、つまり子どもたちが実感的に理解できるような体験活動が重視されている。この活動の中でも、ものづくりは体験的に知識・技能を習得することができ、思考・判断・表現を繰り返すことで、子どもが主体的に学ぶことができるため、学校教育において有効な手立てであると考えられる。

本研究では、小学校算数科の図形分野において、子どもたちの算数への興味・関心を高めるとともに意欲的に取り組める、ものづくりを取り入れた算数的活動の教材を開発することを目的としている。具体的には、まず算数的活動におけるものづくり教材を開発して、それをを用いたものづくり教室を実施し、実践後のアンケート調査と製作品から教材の有効性を検証する。次に、これらの検討結果を基に、小学校算数科の図形分野におけるものづくりを取り入れた算数的活動の指導計画と学習過程を構築する。

1. はじめに

今日の子どもたちの学力に関しては、判断力や表現力が十分に身につけていないことや、勉強が好きだと思ふ子どもが減少し学習意欲が低下していることなどが課題とされている。このことに関連して、自然体験や生活体験など、子どもたちの学びを支える体験が不足しており、人やものに関わる力が低下していることも挙げられている¹⁾。このような現状から、学習指導要領では総合的な学習の時間の創設や、体験的な学習や問題解決的な学習の充実を重視し、わかる授業を通して、確かな学力を育むことが必要であるとしている。

一方、我が国の小学校教育では、各教科で幅広くものづくりが行われている。ものづくりでは、体験的に知識・技能を習得することができるとともに、思考・判断・表現を繰り返すことで子どもが主体的に学ぶことができるため、学校教育において有効な手立てであると考えられる。算数科においても、子どもたちが実感的

に理解できるようなものづくりを含む体験活動が重視されている。具体的には、算数を机上の思考活動のみでなく、目に見え、触ることのできるものとして捉え、具体物を作る活動などを取り入れた算数的活動がなされている²⁾。本研究では、小学校の算数科における図形分野において、より効果的なものづくりを取り入れた算数的活動について検討し、教材を開発する。

2. 研究の方法

本研究では、まず小学校算数科における算数的活動とそれに関わる既往の研究について検討する。次に、これらの検討結果を基に教材を開発し、学習過程を構築して、これらを用いたものづくり教室を実施する。さらに、そこでのアンケート調査などの分析から教材や学習過程の有効性を検証し、それを基に算数科におけるものづくりを取り入れた算数的活動を提案する。

* 三重大学教育学部研究科院生

** 三重大学教育学部技術・ものづくり教育講座

3. 算数的活動におけるものづくりの検討

3.1 算数的活動について

小学校学習指導要領解説算数編³⁾では、算数的活動は、基礎的・基本的な知識・技能を確実に身に付けるとともに、数学的な思考力・表現力を高めることや身に付けた知識・技能を生活や学習に活用することを重視した「児童が目的意識をもって主体的に取り組む算数にかかわりある様々な活動」と定義されている。算数的活動には、身体を使ったり、具体物を用いたりする活動など、様々な作業的・体験的な活動が挙げられている。具体例としては、図形を「かく・作る・比べる」ことを含めた「具体物を用いて数量や図形についての意味を理解する活動」や「知識・技能を実際の場面で活用する活動」などが挙げられている。実践例としては、三角形や円を書き、図形について考え理解する「かく活動」を核とした授業⁴⁾や、立体図形を作ることで、頂点の数や辺の数など図形の関係性をみつける活動⁵⁾、立体図形を自由に転がして「転がるもの」と「転がらないもの」を比べる、機能的な側面から仲間分けをする活動⁶⁾などが行われている。以上のように、算数的活動では具体物を用いる、作業を取り入れるなど、ものづくりと密接に関連していると考ええる。

3.2 既往の研究の検討

千石⁷⁾は、『技術・家庭科（技術分野）と数学科の共通性について技術科教育の「技術とものづくり」の[製作品の設計]と数学科の[図形]領域、技術科教育の「技術とものづくり」の[工具や機器の使用・加工技術]と数学科の「図形」領域において、三角形の構造や寸法の共通する学習がみられた』と述べており、技術は設計や製図など様々な場面で数学を応用して行われていると考える。

長崎⁸⁾らは、『数学の利用での課題として抽象化を思考するため、学習者は実世界から離れてしまい、そのため、学習者が身につけた知識を実際の生活や今後の学習に活用することは困難である』と述べている。これは身近な事象を例に挙げても、数字や文字、数式で処理するため、次第に身近な事象である感覚がなくなってしまうからだと考える。

また、堀江⁹⁾によると、『図形領域において、平面図形については理解できているが、空間図形については、十分な理解が得られていない。その要因として、図形の豊かな感覚の育成がまだ十分に図られておらず、様々な図形に触れるなどの経験が不足していることが考えられる』と述べている。このことから、子どもにとって空間図形は机上の思考活動のみでは十分に理解することが困難であると考ええる。

志水¹⁰⁾は『ねらいに迫るような作業的・体験的活動は、授業を活性化するものである』と述べており、浅野¹¹⁾は『外的な活動は楽しくする、分かりやすくする以外にも、児童の思考活動（内的な活動）を促すことに繋がり、授業を展開する上では、外的な活動を積極的に取り入れることが重要である』と述べている。これらのことから、子どもに学習内容を理解させるには、活動を取り入れることが効果的であると考ええる。

さらに、比護¹²⁾によると、『空間認識力を育むためには、具体物を用いながら念頭操作を必要とする活動が必要であると考えられる』と述べている。このことから、図形分野を学習する子どもたちにとってものづくりを取り入れることは効果的であると考えられる。また、辻井¹³⁾によると、『小学校低学年では、算数は答えがはっきりしており、自力で解決できることからできたという実感が得られ、算数を好きという子どもが多くいるが、学年があがる毎に好きという子どもが減る傾向にある』と述べている。このことを検討するために、小学校から中学校までに学習する図形分野の学習項目の一覧表を作成した。資料1より、算数科・数学科の学習項目は易しいものから難しいものへと繋がりがあることがわかった。この橋渡しがうまく行われていないことが子どもたちの算数嫌いにつながると考える。

4. 算数的活動におけるものづくり教材の提案

算数的活動におけるものづくりの検討結果を基に、平面図形と立体図形でのものづくり教材と、それを用いた学習過程を提案する。具体的には、二次元から三次元形状を形成する折り紙建築教材と、自らが作成した図形を工夫して求めるジオボード教材、立方体を使って造形遊びを行う造形ブロック教材を用いたものである。

4.1 折り紙建築教材

折り紙建築とは、1枚の紙から切り起こし、切りこみ、折り曲げのみで三次元形状を形成するポップアップカードの一種である。折り紙建築の一例を図1に示す。



図1 折り紙建築の一例

この教材を用いた学習過程を表1に示す。目標については以下の4つを設定した。

- 平面が立体になるところなど、製作を通して図形の面白さを見出すことができる。(関心・意欲・態度)
- 飛び出す仕組みを理解することができる。(知識理解)
- はさみや両面テープなどの工具、材料を正しく安全に使うことができる。(技能)
- 土台や装飾の大きさ・位置・数を工夫し、自分の作りたい形を用紙全体で表現することができる。(思考・判断・表現)

表1 折り紙建築を用いた学習過程 (35分)

学習活動	時間	指導者のはたらきかけ
1. 学習内容を知る。	1分	• 折り紙建築の製作活動であることを伝える。
2. 折り方の練習をする。	5分	• 折り紙を配り、説明書を見ながら山折り・谷折りの練習をさせる。
3. 基本形を作る。	15分	• まず、一段目(土台)を作る。 • 一段目は①～⑥の手順で行う。 • ①では、しっかりと折り目を付けるよう指導する。 • ②では、切れ目の長さ、両端の幅をそろえるよう指導する。 • ④では、他の部分はおらないように注意する。 • ⑤は、全ての折り目をしっかりつけるために行う。 • 次に、土台上部に二段目を作る。 • 二段目は⑦のことに注意し、一段目と同様に①～⑥の手順で行う。 • 最後に、土台下部に三段目を二つ作る。 • 手順はこれまでと同様に行う。 • 一列に二つ階段を作るので、切るときの幅に注意する。
[基本形完成]		
4. 自由製作を行う。	20分	• 自由製作に入る。 • 新しい画用紙を配り、自由に考えた形を作る。 • 思い通りの形にならなかった場合は、やり直しまたは続行のどちらでもよい。 • やり直しをする子どもには、何枚も途中で終わるのではなく、終了時に1つは作品として完成できるように導く。

5. カードにする。	4分	• ある程度土台が作り終わった子どもには、細かい切りこみを入れて装飾をさせる。 • 出来上がった作品は、色画用紙に貼り付け、カードにして持ち帰らせる。
------------	----	--

この学習において、基本的な作業を定着させるため、子どもたちはまず説明書を基に基本形を作り、その後自由製作を行う。どのような形状を製作するにしても、その手順は変わらないため、基本形を作ることによってそれを習得できれば、工夫次第で様々な形を作ることができる。このことにより、子どもたちの個性ある製作品ができると予想される。完成した製作品品においては、色画用紙に貼ることで強度を高め、カードとして持ち帰れるようにする。

4.2 ジオボード教材

ジオボードとは、主に5行5列、合計25本のピンに複数の色輪ゴムをかけて図形を完成させる学習教材である。ジオボードの一例を図2に示す。

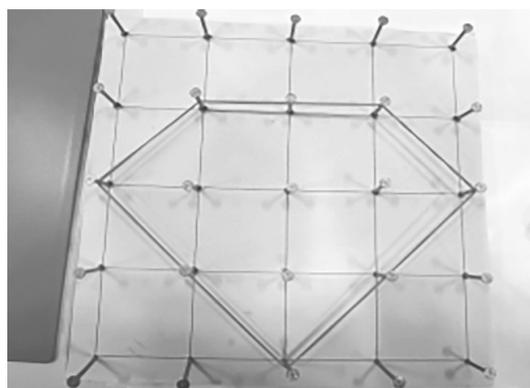


図2 ジオボードの一例

この教材を用いた学習過程を表2に示す。目標については以下の4つを設定した。

- 様々な図形を作る活動を通して、試行錯誤することで図形のおもしろさを見出すことができる。(関心・意欲・態度)
- ジオボードでの求め方の特徴を理解し、図形の面積を工夫して求めることができる。(知識理解)
- 玄能などの工具を安全に使い、くぎ打ちをすることができる。(技能)
- くぎの本数の選択やゴムのかけ方を工夫し、自分の作りたい図形をジオボードで作ることができる。(思考・判断・表現)

表2 ジオボードを用いた学習過程 (40分)

学習活動	時間	指導者のはたらきかけ
1. くぎ打ちをする。	10分	<ul style="list-style-type: none"> ・ジオボードの端一列に5本くぎ打ちをさせる。 ・子どもの力だけでは打ちづらいと予想されるため、指導者が補助に入る。 ・ゴムチューブをくぎに被せ、打ち込む長さの目安にさせる。
[ジオボード完成]		
2. 面積を求める。	30分	<ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートを配り、それに沿って活動を進める。 ・ワークシートへの書き込みとジオボードを同時進行で行う。
① 面積は何枚になるかな？		<ul style="list-style-type: none"> ・ワークシートのみでも求められるが、まずジオボードで同じ図形を作って考えさせる。 ・ここでは、四角形(1マス)の枚数で答える。 ○いえ⇒7枚 ○さかな⇒3枚
② いえと同じ大きさになる図形を作ろう		<ul style="list-style-type: none"> ・いえ(7枚)と同じ面積になる図形を自由に作らせる。 ・四角形7枚は不可とする。 ・ジオボードで図形を作り、できたものをワークシートに書き込ませる。 ・指導者は枚数を子どもと一緒に確認しながら進める。 ・難しいようであればヒントを与える。
③ 好きな図形を作って面積を求めよう		<ul style="list-style-type: none"> ・自由製作として行う。 ・自分で自由に図形を作らせ、面積を求めさせる。 ・作った図形をワークシートに書き込ませ、答えも記入させる。 ・ワークシートの記入欄全て書き込んだところで活動を終了する。

ここでは、自由に図形を作った後、その図形の面積を工夫して求める活動を行う。なお、補助教材としてワークシートを用意する。活動時には、ジオボードと同時進行でワークシートに書き込みを行うことで、自分の作った図形を確認しながら活動を行うことができるようにする。

4.3 造形ブロック教材

造形ブロックとは、一辺が8mmの立方体の木片を積み重ねたり並べたりして接合し、立体的な構造物を作る教材である。造形ブロックの一例を図3に示す。

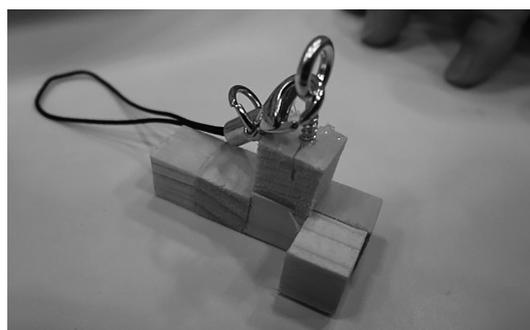


図3 造形ブロックの一例

この教材の特徴として、簡単な木材加工を体験できることと、遊びの中で立体に触れられることが挙げられる。学習対象は幼児から小学校低学年とし、造形遊びの教材として位置づけた。

この教材を用いた学習過程を表3に示す。目標については以下の4つを設定した。

- ・立体を考え、積む作業を通して、立体図形のおもしろさを見出すことができる。(関心・意欲・態度)
- ・立体図形に触れることで、奥行など平面図形との違いを知ることができる。(知識理解)
- ・のこぎりなどの工具を安全に使うことができる。(技能)
- ・立方体の積み方を工夫し、自分のオリジナルのキーホルダーを作ることができる。(思考・判断・表現)

表3 造形ブロックを用いた学習過程 (30分)

学習活動	時間	指導者のはたらきかけ
1. ブロックを切る。	10分	<ul style="list-style-type: none"> ・マイターボックスを使って、ブロックを3つ切る。 ・のこぎり引きが初めての子どもには、持ち方から指導する。 ・力を入れすぎるとのこぎりが引かかることが予想されるため、指導者は力の入れ方やのこぎりの引き方などの指導をする。
2. ブロックを選び、形を考えて積む。	10分	<ul style="list-style-type: none"> ・用意したブロックの中から好きな物を3つ選ぶ。 ・自分の切った3つのブロックと、選んだ3つのブロックの、合わせて6つを使用する。 ・好きな形にブロックを積む。 ・必ず面と面がくっつくような形になるように積ませる。
3. 接着とやすりがけを行う。	5分	<ul style="list-style-type: none"> ・形が決まったら、接着を行う。 ・細かい作業の中で、指に接着剤がつくことが予想されるため、接着剤を少しずつ出して使用することや、接着部分をすぐには触らないなどの指導をする。 ・ついってしまった場合はアセトンで対応する。

4. キーホルダーの金具をつける。	5分	<ul style="list-style-type: none"> ・接着が終わり、完全に乾いたらやすりがけを行う。 ・指導者がきりで下穴をあける。 ・どの面が上になるか、開ける前に子どもに確認する。 ・下穴にキーホルダーのヒートンを取り付ける。 ・ストラップの金具も付け終わったら完成とする。
-------------------	----	---

この学習過程において、のこぎりびきの補助具として、マイターボックスを用いる(図4)。これは、木材を正確に切るためのガイドである。ボックスに木材をセットし、ボックスの溝に沿ってのこぎりを動かすと木材が真っ直ぐ切れる仕組みになっている。

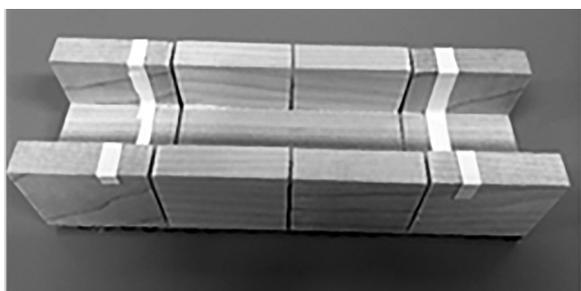


図4 マイターボックス

5. 教材と学習過程の有効性の検討

提案した折り紙建築とジオボード、造形ブロックの3つの教材の有効性について、各教材を用いたものづくり教室を実施し、その後に行ったアンケート調査結果と製作品を基に検証する。ここでは、アンケート調査の一例として、折り紙建築でのアンケート用紙の質問項目を示す。また、本調査で用いたアンケート用紙を資料2に示す。

問1では「今回の活動は楽しかったですか?」、問2では「今回の活動をもっとしたいと思いますか?」、問3では「三角形や四角形などの図形、箱やボールなどの立体について興味がありますか?」の設問に対して4件法「とても思う・どちらかといえば思う・あまり思わない・全く思わない」で回答を求めた。問5では「今回の活動は楽しいと感じたところはどこですか?」、問6では「今回の活動で難しいと感じたところはどこですか?」という設問に対して複数回答を求めた。

5.1 折り紙建築を取り入れた算数的活動の検討

5.1.1 アンケート調査での結果の検討

この教材を用いたアンケート調査の結果を図5・6に示す。

問5の活動で楽しかったところでは、多くの子ども

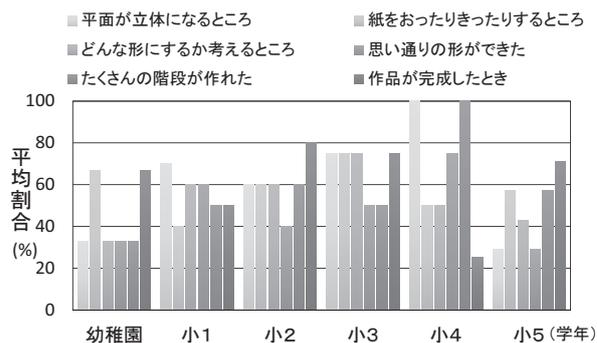


図5 折り紙建築教材のアンケート調査結果 (楽しかったところ: 複数回答)

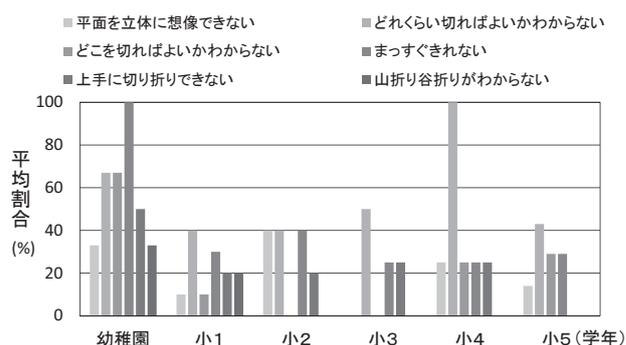


図6 折り紙建築教材のアンケート調査結果 (難しかったところ: 複数回答)

たちが「平面が立体になるところ」「たくさんの階段が作れた」等に回答していることから、立体図形に面白さを見出していることが窺える。立体図形を学習する直前である第4学年に注目すると、「平面が立体になるところ」や「思い通りの形ができた」への回答が他の学年に比べて特に多い。この学年は、既習内容として様々な平面図形を学んでいるが、未習の立体図形と出会うことで、新しい算数の内容を楽しんでいると考えられる。製作活動の様子としては、全学年において試行錯誤を繰り返しながら、製作品を完成させ達成感を感じている姿など、自らの課題に主体的に取り組む姿が多くみられた。

問6の難しかったところでは、「どれくらい切ればよいかわからない」の項目が全学年で高い数値を示している。この回答したほとんどの子どもが、「完成形をイメージできない」にも回答していることから、完成形をイメージできないがゆえに、どこを切ればよいかわからなかったことが推察される。このような原因としては、基本形を作るだけでは十分に製作方法が定着しておらず、自分の作りたい形を思うように作れなかったのではないかと考える。学校での実践では、何度か試作品を作る時間を設けるなど、スモールステップを含めた指導計画が必要である。また、幼稚園では「まっすぐきれない」など工作の面で難しいと感じた子どもが多く、この要因の1つとして、はさみが大き

く、手に合わなかったことが考えられる。このことから、発達段階に即した道具の準備や、正しい使用についての技能指導を行う必要がある。

5.1.2 製作品の検討

製作品については、技能・表現の観点で5段階での評価を行った。製作品における技能・表現での評価基準を表4に、子どもの製作品例を図7に示す。

表4 製作品における技能・表現での評価基準

評価	評価基準
5	・用紙全体を使い、大きく表現している。 ・全体が細かい装飾で工夫されている。
4	・複数の土台または土台内部に様々な種類の階段が作られている。
3	・切れ目がそろっており、折りがしっかりしている。 ・複数の階段が作られている。
2	・土台、階段に加えて装飾がされている。
1	・土台といくつかの階段が作られている。

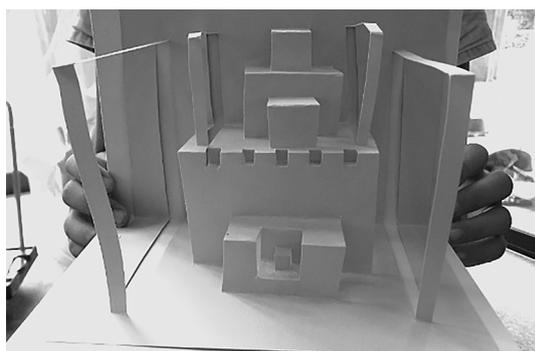


図7 折り紙建築教材における製作品例

この製作品では、用紙全体を使い大きく表現していることと、階段を複数重ね、様々な形の装飾を全体に作っていることから評価5とした。

次に、発達段階と完成度の関連性を検討するために、低・中・高学年別の製作品の技能・表現での評価を表5に示す。

表5 学年別の製作品の技能・表現での評価結果

学年	評価	5	4	3	2	1
幼稚園		0	0	2 (100%)	0	0
低学年 (小1~2)		0	1 (7%)	5 (36%)	5 (36%)	3 (21%)
中学年 (小3~4)		2 (25%)	2 (25%)	2 (25%)	2 (25%)	0
高学年 (小5~6)		2 (28%)	2 (28%)	3 (42%)	0	0

学年が上がるごとに完成度は高くなってはいるが、高学年だけが良い作品を作れているとは限らず、高学年以外の学年でもよい評価を得られていることから、学年問わず取り組める活動であることが窺える。

5.2 ジオボード教材を取り入れた算数的活動の検討

5.2.1 アンケート調査での結果の検討

この教材を用いたアンケート調査の結果を図8・9に示す。

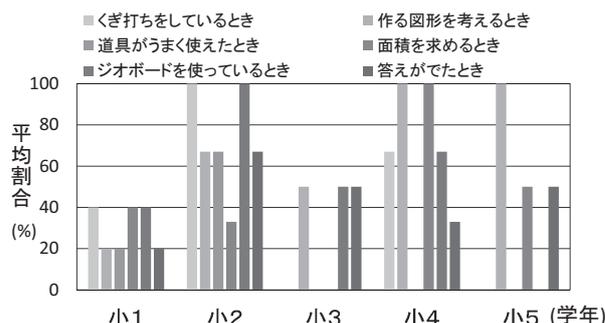


図8 ジオボード教材のアンケート調査結果 (楽しかったところ：複数回答)

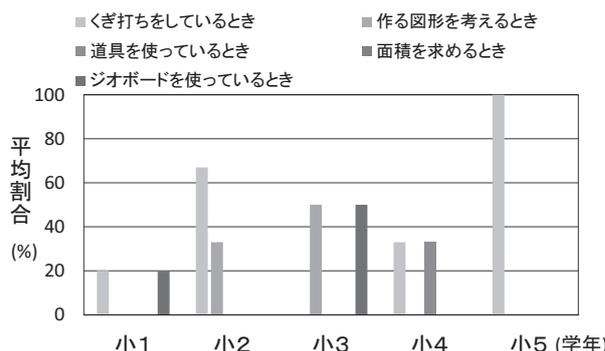


図9 ジオボード教材のアンケート調査結果 (難しかったところ：複数回答)

活動で楽しかったところでは、学年によってそれぞれ取り組みの捉え方が違うことがわかった。第2学年は、「くぎ打ちをしているとき」「ジオボードを使っているとき」に多く回答しており、このことから自分で作ったものを使う喜びを感じながら取り組んだことが窺える。第4学年は、「作る図形を考えるとき」「面積を求めるとき」に多く回答していることから、自分で考えた図形を自分で求めること、つまり、主体的に取り組んでいたことが窺える。これに加えて「ジオボードを使っているとき」からは、自分の作ったものを使って求めることで、学習過程をより充実したものにできていたと考えられる。第5学年は、「作る図形を考えるとき」「ジオボードを使っているとき」「答えがでたとき」に回答していることから、より算数的な捉え方をしており、算数の内容を楽しんでいたことが窺える。

難しかったところでは、第1学年は技能面で困難と回答しているが、図形を考える、面積を求めるなどの算数的な面については回答がなかった。この学年の製作品のスケッチをみると、複雑な図形を作っていないことがわかった。このことから算数的な面で難しいと感じることがなかったと考えられる。第4, 5学年においても、技能面のみ回答しているが、これは指導者の低学年と高学年の支援の違いが関係していると考えられる。低学年への支援は、釘打ちのほとんどを指導者が行い、高学年においては、全て子ども自身に行わせたからであると考えられる。第2, 3学年では、「作る図形を考えるとき」を回答している。この学年は、台形やひし形、多角形については学習前であるが、これらの図形を作っている子どもが多くみられた。まだ学習していない図形に挑戦したために難しく感じたと考えられるが、「作る図形を考えるとき」について楽しかったところにも同じ子どもが回答していることから、難しいものに挑戦し、達成感を味わえたことが窺える。本活動では、材料が固かったことや子どもが作る図形を考え込んでしまったことが課題として挙げられている。学校での実践では、材料をよく考え、技能面で子どもに困難を感じさせない工夫や、作る図形を無理なく自由に考えられ、造形遊びができるような支援の工夫が必要であると考えられる。

5.2.2 製作品の検討

子どもたちが作ったジオボードでの図形を基に検討する。子どもたちの製作品は、ハートやダイヤなどのものの形をジオボードに大きく一つ作る場合と、2つの図形を組み合わせて作る場合の2つに分けられた。図形を組み合わせて作った子どもでは、低学年は四角形と三角形など既習の図形を作り、高学年では複雑な多角形を作っており、学年によって違いが示された。この一例として、低学年の製作品を図10に、高学年のものを図11に示す。

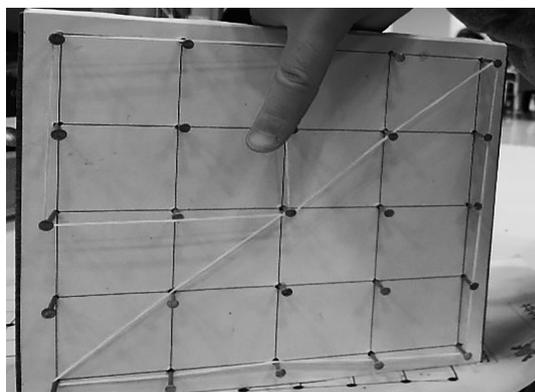


図10 ジオボード教材における低学年の製作品

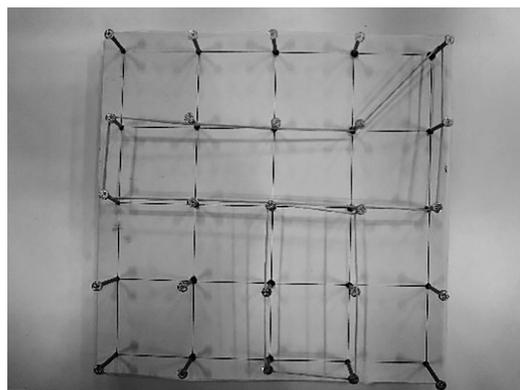


図11 ジオボード教材における高学年の製作品

ワークシートには、自由に作った図形をスケッチする所を2か所用意した。1つ目は台形などの四角形を多く含む図形であったが、2つ目では多角形や星などの線が交差している、より複雑な図形を作っていることがわかった。このことから、ジオボードの取り組みが基礎から応用へと発展しており、それを子どもたち自ら行っていたことが窺える。以上から、ジオボードを用いることで子どもたちが算数的活動に意欲的に取り組むのではないかと考える。

5.3 造形ブロック教材を取り入れた算数的活動の検討

5.3.1 アンケート調査での結果の検討

この教材を用いたアンケート調査の結果を図12・13に示す。

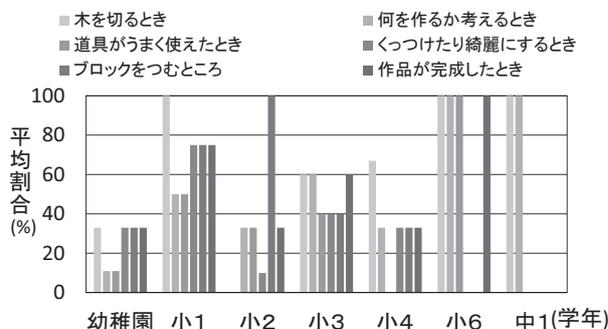


図12 造形ブロック教材のアンケート調査結果
(楽しかったところ：複数回答)

活動で楽しかったところでは、全体的に「木を切るとき」や「道具がうまく使えたとき」など、ものづくりを楽しめていたことが窺える。それに加えて、第1学年では、「くっつけたり綺麗にするとき」や「作品が完成したとき」など取り組みを工作として楽しめていたことが窺える。第2学年では、「ブロックをつむところ」に回答が多く示された。自由記述での「ピラミッドが上手にできた」などの回答から、積む作業を行っており、第1学年よりも作りたい形を工夫して取り組んでいたと考えられる。活動中の様子からは、キー

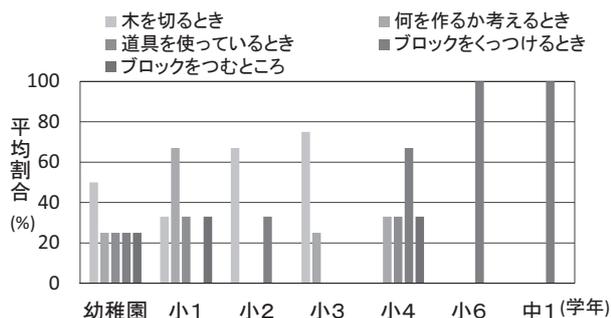


図13 造形ブロック教材のアンケート調査結果
(難しかったところ：複数回答)

ホルダー作りを一から行うことで、作る楽しさや完成したときの喜びを感じ、自分だけの作品に愛着を持って持ち帰る姿がみられた。

難しかったところでは、第3学年以下が「木を切るとき」に回答しているが、高学年は回答していないことがわかった。この作業は細い木材を細かく切らなければならなかったことから、切ることに加えて材料をしっかりと押さえることも必要であった。2つのことに注意しなければならなかったことから、低学年には困難であったと考えられる。第1学年は「何を作るか考えるとき」に回答が多くあった。この学年の算数科での図形学習は「四角形から三角形を作る」など、基本的な図形を作り出すことのみであり、自分で新たな図形を作り出す経験がないために、困難と感じたことが考えられる。高学年においては、「ブロックをくっつけるとき」に多く回答していた。低学年に比べ、ブロックの角を揃えて面と面を隙間なく接着しており、より正確に組立て・接合しようとする意識の違いが見受けられた。作業中の様子から、のこぎり引きがうまく行えていなかったことが課題として挙げられる。学校での実践では、握り方や力加減など、のこぎりの使い方の説明や切る練習を事前に行う必要があると考える。また、ブロックの数を増やすことで、より多くの種類の図形ができることが期待できる。

5.3.2 製作品の検討

製作品については、技能・表現の観点で5段階での評価を行った。製作品における技能・表現での評価基準を表6に、子どもの製作品例を図14・15に示す。

このように、子どもの製作品は、大きくブロックを繋げた形と積み上げた形の二つに分けることができる。図14の製作品は小学2年生のもので、全体のバランスを考え、線対称な図形を面を揃えて接着していることから評価3とした。図15の製作品は幼児の製作品で、ブロックを積み上げていることと、角や辺を揃えて隙間なく接着していることから評価5とした。

表6 製作品における技能・表現での評価基準

評価	評価基準
5	<ul style="list-style-type: none"> ブロックを積み上げている。 角を揃えて、面を隙間なく接着している。
4	<ul style="list-style-type: none"> 平面的ではあるが、点対称など工夫した図形を作っている。
3	<ul style="list-style-type: none"> 全体のバランスを考え、面を揃えてずれなく接着できている。 ピラミッド型など、線対称な図形を作っている。
2	<ul style="list-style-type: none"> 四角形以外の形を繋げて作れている。
1	<ul style="list-style-type: none"> 6つのブロックを繋げられている。



図14 ブロックを繋げた製作品



図15 ブロックを積み上げた製作品

次に、発達段階と完成度の関係性をみるために、低・中・高学年別の製作品の技能・表現での評価を表7に示す。

中・高学年においては、全ての子どもが評価3以上を得ていることがわかる。また、この教材の対象としている低学年に注目すると、過半数が評価3以上を得ている。また、評価5を得た子どももいることから、幼い子どもにも無理なく取り組める立体図形を用いた活動であると考えられる。

以上より、ものづくりを取り入れることは、学習活動を活性化し、興味・関心を高める手立てとなること

表7 学年別の製作品の技能・表現での評価

学年 \ 評価	5	4	3	2	1
幼稚園	1 (12.5%)	1 (12.5%)	1 (12.5%)	4 (50%)	1 (12.5%)
低学年 (小1~2)	1 (12.5%)	2 (25%)	3 (37.5%)	1 (12.5%)	1 (12.5%)
中学年 (小3~4)	2 (25%)	2 (25%)	4 (50%)	0	0
高学年 (小5)	1 (50%)	0	1 (50%)	0	0

がわかった。また、活動の様子からは自ら考え工夫し、主体的に取り組む姿がみられた。

6. 教材と学習過程の有効性の検討

ものづくり教室での実践の検討から、算数的活動にものづくりを取り入れることは、子どもの学習意欲を向上させる可能性があることが窺える。特に、図形分野においては、具体物を用いることでより理解を得られると考える。そこで、先の検討結果と学習指導要領を基に、算数科における各教材を用いた学習指導計画を提案する。なお、この学習指導計画では「書く・作る・比べる」を含めた具体物を用いた活動を全ての学習内容に取り入れた。

6.1 折り紙建築教材の学習指導計画

第4学年を対象とした、図形分野の単元『直方体と立方体』全6時間の学習指導計画を表8に示す。

表8 折り紙建築を用いた学習指導計画

時数	学習内容
第1時	箱の仲間分けをしよう －箱の仲間分け－（比べる）
第2時	特徴を見つけよう －箱の分解－（作る・比べる）
第3時	展開図をかいてみよう －展開図をかく－（かく・作る）
第4時 [本時]	辺や面について考えよう －折り紙建築－（作る）
第5時	見取り図をかいてみよう －見取り図をかく－（かく）
第6時	『直方体と立方体』の学習のまとめ

第1時では、導入として箱の仲間分けを行う。面の形や辺の長さに注目して分けると、2種類に分けられることがわかる。このことから、「長方形だけで囲まれた形や長方形と正方形で囲まれた形が直方体、正方形だけで囲まれた形が立方体である。」と「直方体」と「立方体」を定義する。

第2時では、直方体と立方体の箱を用意し、分解することでそれぞれの特徴を見つける。切り開いた形を見て、「面は6つ」であることや「向かい合う面の形は同じ」であること、「直方体は2組ずつ同じ形をしており、同じ形は隣り合うことはない」ことなどの特徴を知り、直方体と立方体を理解する。また、分解する際には切り口を変えることで、1つの図形から様々な展開図ができることに気づかせる。

第3時では、展開図を実際にかく活動を行う。第2時で分解した箱を見ながら展開図をかき、展開図のかき方や規則性について理解する。また、自分のかいた展開図を組み立てることで、正しくかけているか確認することもできる。

第4時では、折り紙建築を用いて辺や面の関係について理解する活動を行う。この詳細については表9に示す。

表9 第4時の学習過程（45分）

活動内容	時間	指導者の働きかけ
1. 学習内容を知る。	1分	・飛び出すカードを作ることを伝える。
2. 立体図形を作る。	5分	・説明書をもとに、飛び出す仕掛けを作る。
3. 観察する。	20分	・作成したカードを使って辺と面に注目して図形の観察を行う。
① 向かい合う面について観察しよう		・向かい合う面に注目してカードを動かしながら観察させる。
② 向かい合う辺について観察しよう		・①と同様。
③ 辺と面の関係について観察しよう		
4. 折り紙建築の作成をする。 (造形遊び)	15分	・辺と面の関係に注目してカードを動かしながら観察させる。 ・立体図形の作成と同様の手順で、折り紙建築の製作を行う。
5. まとめ、片づけをする。	4分	・出来上がった作品は色画用紙を貼り、カードにする。

第5時では、見取り図を書く活動を行う。第3時の復習として、展開図をかき組み立てて直方体を作る。この直方体を見ながら、全体がわかるように工夫して見取り図をかく。このとき、立体図形には奥行があることに気づかせる。また、辺や面が必ず平行であることを第4時の内容から理解させる。

第6時では、単元「直方体と立方体」の学習のまとめを行う。

以上の『直方体と立方体』の学習過程では、具体的な活動を取り入れることで立体図形を実感的に理解できると考える。立体図形を実践的・体験的に学ぶこと

は、児童の苦手意識を軽減し、興味・関心を高めることが期待できる。

この学習過程において、手を動かしながら図形の特徴を理解できるように折り紙建築を用いた。図形の特徴は複数あるため、一つひとつ注目するポイントを与えながら観察を進める。学習の後半では、折り紙建築の自由製作を行い、立体図形を身近に感じられることをねらいとしている。紙とはさみのみで行える活動であるため、休み時間などに遊びの一環として製作するなど、子どもたちが図形に触れる機会が増えることが期待できる。

6.2 ジオボード教材の学習指導計画

第5学年を対象とした、『面積の求め方を考えよう』全10時間のジオボードを取り入れた学習指導計画を表10に示す。

表10 ジオボードを取り入れた学習指導計画（全10時間）

時数	学習内容
第1時 [本時]	いろいろな面積を求めよう ージオボードの製作ー
第2時	ジオボードで求めよう
第3, 4時	平行四辺形を求めよう
第5, 6時	三角形を求めよう
第7, 8時	台形の面積を求めよう
第9時	高さとの関係性をみつけよう
第10時	学習のまとめ

第1時では、いろいろな面積を求める活動とともに、ジオボードの製作を行う。この詳細については表11に示す。

表11 第1時の学習過程（45分）

活動内容	時間	指導者の働きかけ
1. いろいろな面積を求める。	15分	・基本的な形（三角形、四角形等）の面積を求め方の確認とともに考えさせる。 ・複雑な形（平行四辺形、鈍角三角形、台形等）の面積を各自自由に考えさせる。
2. ジオボードの製作をする。	15分	・表2（ジオボードを用いた学習過程）と同様にして製作を行わせる。
3. ジオボードで操作する。	10分	・完成したジオボードで遊ぶことによって、操作に慣れさせる。
4. まとめ、片づけをする。	5分	・次回からジオボードで面積を求めることを伝える。

第2時では、前時で製作したジオボードを使って、工夫して面積を求める活動を行う。ここでは、いくつかに分けて求めることや面積を移動させるなど、複雑な形でも工夫して求めることで、簡単に求められることに気づかせる。この活動を通して、自然と等積変形

の感覚を身に付けることをねらいとしている。

第3, 4時では、平行四辺形の面積を求める活動を行う。ここでもジオボードを使い、等積変形を行いつつ求める。

第5, 6時では、いろいろな三角形の面積を求める活動を行う。ここでは、三角形の外部に高さがくるものなど、前学年までに習っていない三角形にも挑戦する。

第7, 8時では、台形の面積を求める活動を行う。これまでの等積変形の感覚を使い、様々な求め方があることに気づかせる。

第9時では、高さとの関係性について考える活動を行う。

第10時では、学習のまとめを行う。

6.3 造形ブロック教材の学習指導計画

第1学年を対象とした、『かたちあそび』全7時間の造形ブロックを取り入れた学習指導計画を表12に示す。

表12 造形ブロックを用いた学習指導計画（全7時間）

時数	学習内容
第1, 2時間	かたちのちがいをみつけよう
第3時間	かたちのとくちょうをつたえよう
第4, 5時間 [本時]	かたちをつくろう ー造形ブロック・キーホルダー作りー
第6時間	かたちをかいてみよう
第7時間	学習のまとめ

第1, 2時では、様々なかたちの観察を行う。自由に観察させ、形には違いや特徴があることに気づかせる。

第3時では、前時までに見つけた形の特徴を周りに伝える活動を行う。

第4, 5時では、造形ブロック・キーホルダー作りを行う。ここでの学習過程は、表3と同様の流れで製作活動を行う。

第6時では、作ったキーホルダーのスケッチを行う。じっくり観察してかかせることで、形には奥行きがあることに気づかせる。第1学年では、奥行きをかくことは難しいと予想されるため、気づくことを重視する。

第7時では、学習のまとめを行う。

7. おわりに

本研究では、小学校の算数における図形分野において、子どもたちの算数への興味・関心を高めるとともに、子どもたちが意欲的に取り組めるものづくりを取り入れた算数的活動における教材の開発を行った。ま

ず、算数科における算数的活動と既往の研究について検討した。次に、算数的活動におけるものづくり教材を提案し、幼児から小学生を対象に実践を行った。実践後にはアンケート調査を行い、調査結果と製作品を基に教材の有効性を検証した。これらの検討結果を基に、算数科の図形分野における、ものづくりを取り入れた算数的活動の学習指導計画と学習過程を提案した。これらの詳細を以下に示す。

(1) 算数的活動について

算数的活動は、「児童が目的意識をもって主体的に取り組む算数にかかわりある様々な活動」と定義されており、作業的・体験的な活動など身体を使ったり、具体物を用いたりする活動を主とするものが多く挙げられている。具体物を用いることや作業を取り入れるなどの点から、ものづくりと密接に関連していることがわかった。

(2) 既往の研究の検討

図形分野において、子どもたちは図形の豊かな感覚の育成がまだ十分に図られておらず、様々な図形に触れる経験が不足していることや、作業的・体験的な活動は授業を活性化するなど点から、学習内容にもものづくりを取り入れることは、学習する子どもたちによって効果的であることがわかった。

(3) 算数的活動におけるものづくり教材の提案

「折り紙建築」「ジオボード」「造形ブロック」の3つの教材を提案した。これらの教材の特徴、並びに指導上の留意点を以下に示す。

<折り紙建築>

- ・二次元形状が三次元形状へ変化する。
- ・紙とはさみのみという、身近な材料・道具だけで行える。
- ・作業手順は、切り起こし、切りこみ、折り曲げの3つのみである。
- ・自由製作を行う前に、折り方や基本形の製作練習を行い、作業を定着させることができる。
- ・基本形を習得すれば、工夫次第で様々な形を作ることができる。
- ・完成した製作品を色画用紙に貼り、カードとして持ち帰ることで、製作品に愛着を持つことができる。

<ジオボード>

- ・図形の作りなおしが何度でも可能である。
- ・輪ゴムをかけ変えるだけで様々な図形が作れる。
- ・遊び感覚で気軽に図形に触れることができる。
- ・紙面上の図形を具体化できる。
- ・自分の作った図形の面積を自分で求める活動もできる。

<造形ブロック>

- ・簡単な木材加工を体験できる。
- ・複雑な作業がないため、幼い子どもも体験可能である。

- ・造形遊びという形で立体図形に気軽に触れることができる。
- ・奥行など平面図形との違いを実感的に理解できる。
- ・キーホルダーにすることで、自分の作品に愛着を持たせることができる。

(4) ものづくりを取り入れた算数的活動の実践と評価
実践後に行ったアンケート調査の結果から考察を行い、次のことが明らかになった。

<折り紙建築>

- ・折り紙建築に対して多くの子どもが興味・関心を示すことがわかった。
- ・子どもたちの図形や立体への興味は少なかったが、活動を通して図形や立体についてもっと知りたいという関心・意欲に繋がった。
- ・折り紙建築を用いたことで、立体図形に面白さを見出していることがわかった。
- ・試行錯誤することで完成時に達成感を得られ、自らの課題に主体的に取り組む姿がみられた。

<ジオボード>

- ・ジオボードを用いたことで、複雑な図形を四角形に分けて考え、面積を工夫して求めることができたと感じる子どもが多くいたことがわかった。
- ・自分で作ったものに愛着を持って取り組めたことがわかった。
- ・学年によって取り組みの捉え方に違いが出るのがわかった。低学年は工作的に楽しいと感じ、高学年では算数的な考え方で活動を楽しんでいることがわかった。

<造形ブロック>

- ・この教材に対して多くの子どもが興味・関心を示すことがわかった。
- ・簡単な木材加工を取り入れたことで、ものづくりを楽しみながら取り組めたことがわかった。
- ・キーホルダー作りをすることで、作る楽しさに加えて、完成したときに喜びを感じ、自分だけの製作品として愛着を持つ姿がみられた。

これらの結果より、算数的活動にもものづくりを取り入れることは、学習活動を活性化し、興味・関心を高める手立てとなることがわかった。また、活動の様子からは自ら考え工夫し、主体的に取り組む姿がみられた。

(5) ものづくりを取り入れた算数的活動における学習指導計画と学習過程の提案

全ての学習内容に具体物を用いた算数的活動を取り入れることができた。折り紙建築においては、第4時「辺や面について考えよう」の学習内容に用いることとした。学習内容に具体物を用いる算数的活動を多く取り入れることは、子どもたちの図形に触れる機会を増やし、実感的に学ぶことで理解度が深まり、苦手意識の軽減も期待できると考える。

今後の課題として、各教材で次のことが挙げられる。

<折り紙建築>

- ・何度も試作品を作る時間を設けるなど、スモールステップを含めた指導になるよう改善する。
- ・自由製作で思い通りにいかない子どもに対する支援について検討する。
- ・評価1に当てはまる子どもに対する支援について検討する。

<ジオボード>

- ・子どもが容易にくぎ打ちを行えるよう、材料を改善する。
- ・子どもが自ら進んで取り組み、学習意欲が向上する内容になるよう、ワークシートを改善する。
- ・図形を考えることが困難に感じる子どもに対する支援について検討する。

<造形ブロック>

- ・工具を安全で正しく使用できるよう、工具の使い方についての指導や切断の練習を含めた学習過程に改善する。
 - ・幼い子どもにも体験できるよう、製作手順や補助具について検討する。
 - ・立体図形を学習する前の学年に対する支援について検討する。
- 全体の課題としては次のことが挙げられる。
- ・子どもたちが自分の力で製作できるように材料や工具について適切なものを選択する。
 - ・図形について考え込む子どもに対して、楽しみながら自由な発想で造形遊びができる支援を検討する。
 - ・算数科におけるものづくり教育の位置づけをさらに明確にする。

今後は、本研究で得られた知見を基に、題材や学習過程、教材をより良いものにし、ものづくりを取り入れた算数的活動についてさらに追究をしていく。また、これまでの研究を基に、中学校数学科における数学的活動についても研究を進めていく。具体的には、数学をより具体的・実感的に学習し、数学を活用して考えたり判断したりすることができる、技術事象を取り入れた数学的活動についての研究を進めていく。

(参照 2015-1-17)

- 5) 納土恵美香・山路健祐：「立体図形に対する感覚を豊かにする教材の提案—正多面体を展開図から作っていく活動を通して—」, 岐阜数学教育研究, 第11号, pp.154—161 (2012)
- 6) 「身の回りにある立体図形を転がして、機能的な側面から仲間分けをする活動」 <http://tosanken.main.jp/data/H21/kenkyu/1nenkatatiasobi.pdf> (参照 2015-1-17)
- 7) 千石洋平：「技術教育におけるクロスカリキュラムに関する研究—数学との連携において—」, 富山大学教育学部, 平成16年度卒業論文 (2005)
- 8) 長崎栄三：「科学技術リテラシーの発展に向けた数学教育・理科教育・技術教育の協働 (科学技術リテラシーの発展に向けた技術教育と理数教育の関係, 自主企画課題研究, 次世代の科学力を育てる—社会とのグラウンディングを求めて—)」, 一般社団法人日本科学教育学会年会論文集, 34号, pp.73—74 (2010)
- 9) 堀江侑加・愛木豊彦：「図形領域における算数的活動を取り入れた授業方法の研究」, 岐阜数学教育研究, 第4号, pp.16—22 (2005)
- 10) 志水廣：「概念形成のための算数的活動」, 愛知教育大学数学教育学会誌, 第41巻, pp.55—69 (1999)
- 11) 浅野邦彦：「児童が主体的に取り組む算数科の学習指導—楽しさと充実感を味あわせる算数的活動を通して—」, 神奈川県立総合教育センター長期研修員研究報告, 第3号, pp.5—8 (2005)
- 12) 比護智洋：「空間認識力を育む教材に関する研究」, 新潟大学教育学部数学教室, 『数学教育研究』, 第47巻, 第1号, pp.146—165 (2012)
- 13) 辻井満雄・原稔：「小学校の算数科における算数的活動についての一考察」, 富山国際大学子ども育成学部紀要, 第4巻, pp.55—64 (2013)

引用文献

- 1) 文部科学省：「確かな学力」 http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku/genjo.htm (参照 2015-1-10)
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 算数編 (2008)
- 3) 前掲2)
- 4) 山下照代 (発行年不明), 「児童一人一人が考え, 表現する力を育てる算数的活動の在り方—図形学習における「かく活動」を核とした実践授業を通して—」, <http://www.kec.kagawa-edu.jp/curriculum/houkoku/hiraku/h21/2009s03.pdf>

資料1 小学校から中学校までに学習する図形分野の学習項目

学年	小1	小2	小3	小4	小5	小6	中1	中2	中3
学習項目	身の回りのものの形	ものの形	図形	図形	図形	図形	図形	図形	図形
	ものの形の特徴	三角形 四角形 長方形 正方形 直角三角形	角 二等辺三角形 正三角形	平行四辺形 ひし形 台形	多角形 正多角形	対象図形	角の二等分線 線分の垂直二等分線		
前後、左右、上下方向や位置について		箱		立体図形	合同			合同条件	三平方の定理
				直方体 立方体	角柱 円柱		空間図形	三角形 平行四辺形	相似条件 相似比 面積比 体積比
			円 半径 直径		円周率 3.14		円周率 π		円周角 中心角

資料2 折り紙建築の教材についてのアンケート用紙

 **アンケート** 

あてはまるものに○をつけてください。

せいべつ 性別： 男・女 ねんれい 年齢 _____ 才

がくねん 学年： ようちえん・ほいくえん・ しょうがっこう 小学校・ ちゅうがっこう 中学校 ねんせい 年生

つぎ 次からの質問で、自分にあてはまるものに○をつけてください。

1. 今回の活動は楽しかったですか？

・とても楽しかった ・まあまあ楽しかった ・あまり楽しくなかった ・まったく楽しくなかった

2. 今回の活動をもっとやりたいと思いますか？

・とても思う ・どちらかといえば思う ・あまり思わない ・全く思わない

3. 三角形や四角形などの図形、箱やボールなどの立体について興味がありますか？

・とてもある ・どちらかといえばある ・あまりない ・全くない

4. 図形や立体について、もっと知りたいと思いましたか？

・とても思う ・どちらかといえば思う ・あまり思わない ・全く思わない

5. 今回の活動で、楽しいと感じたところはどこですか？あてはまるもの全部に○をつけてください。

・平面が立体になるところ () ・思い通りの形ができた ()

・紙をおったり切ったりするところ () ・たくさんの階段を作れた ()

・どんな形にするか考えるところ () ・作品が完成したとき ()

・そのほか _____

6. 今回の活動で、難しいと感じたところはどこですか？あてはまるもの全部に○をつけてください。

・まっすぐ切れない () ・どこを切ればよいかわからない ()

・どれくらい切ればよいかわからない ()

・思い通りの形にならない () ・完成の形のイメージができない ()

・上手におったり切ったりできない () ・山おり谷おりがわからない ()

・平面を立体に想像できない ()

・そのほか _____

