

小学校算数科「体積」における3Dプリンタにより開発した教材を用いた実践<sup>※1</sup>

## —具体物操作での活用を中心に—

立 石 力 斗<sup>※2</sup> ・ 外 崎 顯 博<sup>※3</sup>

本研究は、小学校第5学年算数科「体積」において、複雑な立体の体積を求める式を立てることが難しい児童3名を対象に、通常の学級のグループ別学習を行った。具体物操作が可能となる教材を3Dプリンタにより開発し、学習への影響を検討した。実践の結果、3D教材を用いた具体物操作により、複雑な立体を分解したり、つぎ足したりすることで、公式に則った立式をすることが可能になった。プレテストとポストテストの結果の比較から、体積を求める考え方は、全ての児童が正答できるようになった。一方、具体物操作を行わなかった場合は、正しく立式することが難しい場合もあった。今後は、具体物操作から念頭操作への移行の方法を検討する必要がある。

キーワード：3Dプリンタ、具体物操作、体積、算数、通常の学級、特別支援教育

## I はじめに

## 1. 小学校算数科における空間図形の学習

小学校算数科の内容の1つに、「B 図形」がある。「図形の計量の仕方について考察すること」に関する学習として、立方体や直方体といった空間図形の求積は、第5学年で学習する（文部科学省，2018）。空間図形の求積においては、立方体や直方体の体積を求める公式を理解するとともに、様々な形状の空間図形の体積を求める学習を行う。

しかし、教科書主体の空間図形に関する学習では、学習教材が平面上に示されていることにより、空間図形の頂点、辺、面の位置関係が正確に理解できない可能性があることが指摘されてきた（黒田，2011；秦野ほか，2012）。

## 2. 空間図形の学習における具体物操作

子どもの空間図形の理解については、個人差が

大きいことが指摘されている（熊倉ほか，2021）。そこで、子どもの空間図形の把握に関する能力をどのように高めるかを検討することになる。比護（2012）は、空間認識力を育むためには、具体物を取り扱った操作や観察の活動から、具体物を用いずに念頭操作を行う活動へと発展させることが重要であることを指摘した。

これまで、空間図形に関する学習で具体物を用いた実践はいくつか行われてきた。立花ほか（2016）は、小学校および中学校で、空間概念の獲得を目指した実践を、パイプグラムを用いて行った。中野（2013）は、L字型の空間図形の求積の学習において、自分の考えを説明する根拠として立体模型を用いた実践を行った。一方、立花ほか（2016）で用いられたパイプグラムは、空間図形を切断したり、つぎ足したりすることが困難である。また、中野（2013）では具体物を用いて、考えを説明することに焦点が当てられており、様々な空間図形の把握の検討まで行われていない。以上から、空間図形の学習において、具体物を用いた実践は蓄積されつつあるが、検討すべき課題が残っているといえる。

## 3. 3Dプリンタへの着目

空間図形の学習における具体物は様々な方法で

※1 Practical Research Using Teaching Materials Developed with a 3Dprinter in Elementary School Arithmetic Class “Volume”: Focusing on Activities of Concrete Object Operation

※2 近畿大学九州短期大学

※3 飯塚市立菰田小学校

作成することができる。その選択肢の1つとして、複雑な造形物を比較的容易に作成することができる技術である3Dプリンタがある。3Dプリンタの出力方式の代表的なものの1つに、熱溶解積層法（FDM法）がある。2009年に熱溶解積層法（FDM法）に関する権利期間が満了となったことで特許権が失効した。これにより、様々なメーカーが熱溶解積層法（FDM法）による3Dプリンタの販売を始めた。当初は、「先端技術」として高価な機器であったが、近年は低価格化が進み、5万円を下回る製品も充実してきた。3Dプリンタに必要な3次元データは、インターネットに公開されているものや、3Dモデリングソフトウェアを用いることで自由に作成することができる。これにより、個人が自由な発想で、様々な造形物を作ることが可能になっている。3Dプリンタを用いて具体物を作成することで、複雑な具体物であっても比較的容易に作成することが期待される。しかし、これまで、空間図形の学習において、3Dプリンタにより作成した具体物の活用は十分に報告されていない。

#### 4. 本研究の目的

本研究では、小学校算数科における空間図形の体積を求める学習で活用する教材を、3Dプリンタを用いて作成した。作成した教材を具体物操作の活動で使い、児童の活用の様子および授業前後の空間図形に関する問題の回答結果から、学習に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## Ⅱ 方法

### 1. 対象児童

本研究は、2023年度に九州地方のP小学校第5学年（通常の学級）で行われた算数科の授業を対象とした。P小学校等5年生の算数科の授業は、学習の習熟度を勘案し、児童の希望および教師からの提案によって、発展的な問題に取り組むグループと基礎的な問題に取り組むグループの2つに分かれていた。本研究は、基本的な問題に取り組むグループに属した全8名の児童の中で、3Dプリンタで作成した教材（以下、3D教材）を活用した全2回の授業に参加した3名を分析の対象とした。Table 1に対象児童3名の算数科の学習状況を示した。対象児童は、公式を理解し、単純な図形への適応をすることができるが、複雑な図形への応用に課題があった。

### 2. 実践の概要

本研究は、小学校学習指導要領算数編における小学校第5学年の「B（4）空間図形の体積」に該当する単元を取り上げた。

単元の目標および計画についてTable 2に示した。単元は、第1次から第5次で構成した。第1次のうち、3時間目と4時間目の授業において3D教材を用いた。

第1次の3時間目は立方体および直方体の体積を求める公式の確認を行った。その後、L字型の空間図形（Fig. 1）の体積の求め方について学習した。公式を当てはめて考えることができないことを確認したうえで、どのようにすれば体積を求めることができるか、どのように立式するかについての学習を行った。その際、3D教材を用いた。

4時間目は、3時間目に考えた体積を求める方

Table 1 対象児童の算数科の学習状況

	A児	B児	C児
算数科の学習状況	立方体や直方体の体積を求める公式に数字を当てはめて、単純な立体の体積を求めることができる。どの領域においても、初見の問題に取り組む際には、「分からない」と言って諦めることが多い。	基本的な計算技能は身についているが、応用問題で誤答することが多い。第4学年で複雑な図形の面積を問題を解く際、「頭の中で考えると斜めに切ってしまうから難しい」と発言していた。	基本的な計算技能は身についているが、応用問題で誤答することが多い。第4学年で複雑な図形の面積を求める学習を行なった際には、自分で補助線を引いて考えることに困難が見られた。

針をもとに、立式をし、答えを求める学習を行った。立式の際に、縦・横・高さの数値が明らかになるようにするため、3D教材に数値を書き込む活動を行った。さらに、3D教材と、それに準じた式を書き込むことができるような学習プリントを用いて、立式および答えを求めることができるようにした。

L字型の空間図形の体積を求める方法として、①欠けている部分を補って直方体の体積を求めた後に、補った部分を引くことにより、提示された立体の体積を求める考え方を「つぎ足す」、②L字型の空間図形を任意の直方体になるように分割して体積を求めた後に、全てを足し合わせて全体の体積を求める考え方を「分ける」、の2つを想定した。机間巡視や学習のまとめの際に、これら2つの考え方を示した。

### 3. 3Dプリンタによる教材開発

(1) 立体のモデリング：3D教材を用いた授業で取り上げる教材 (Fig. 1) を作成するために、3DCGソフトウェアのBlenderを用いた。児童の想定される思考に合わせて、2種類の教材を作成した。なお、3D教材は、問題の数値に準拠せ

ず作成した。

1つ目は、「つぎ足す」考え方に合わせた教材である (Fig. 2)。はじめに、 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ の立体を作成し、 $2\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ の立体を取り除いた立体を作成した。また、「つぎ足す」ことが具体物操作として可能になるようにするため、 $2\text{ cm} \times 3\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ の立体も作成した。

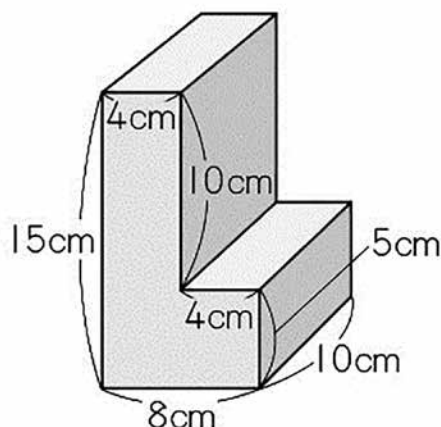


Fig. 1 授業で取り上げた空間図形の例

Table 2 実践の概要

単元の目標	直方体や立方体の体積について、その比べ方や表し方を理解し、求め方や公式を考えたり単位を適切に用いて表現したりすることを通して、体積の理解を深めるとともに生活や学習に活用しようとする態度を養う。
単元計画	全9時間
第1次	直方体・立方体の体積 (4時間)
	【1時間目】 体積の単位 ( $\text{cm}^3$ ) を使った体積の表し方を理解することができる。
	【2時間目】 直方体と立方体の体積の求め方と求積公式を理解することができる。
	【3時間目】※ 立方体および直方体の体積を求める公式を復習するとともに、3D教材を操作する活動を通して、L字型などの複雑な立体図形の体積を直方体に分けたりつぎ足したりして、求め方を考えることができる。
	【4時間目】※ 3D教材を操作する活動を通して、L字型などの複雑な立体図形の体積を求めるための式を考え、体積を求めるとともに、考えを説明することができる。
第2次	大きな体積 (1時間)
第3次	容積 (2時間)
第4次	体積の単位の関係 (1時間)
第5次	復習・まとめ (1時間)

※ 3D教材を用いた授業

2つ目は、「分ける」考え方に合わせた教材である (Fig. 3)。2 cm × 2 cm × 5 cm, 2 cm × 3 cm × 5 cm, 3 cm × 3 cm × 5 cm の3つの立体を作成した。各立体の側面に両面テープを貼り、元の立体から分解することができるようにした。作成した立体のデータは、stlファイルで出力した。

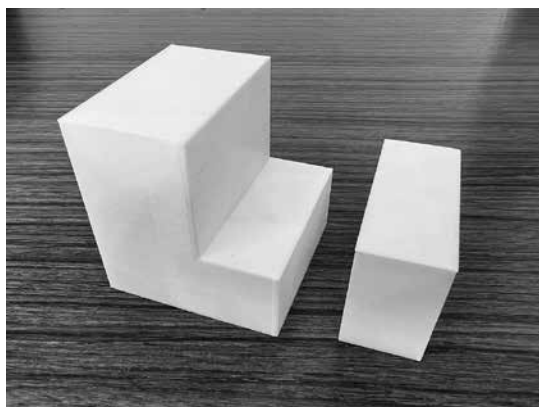


Fig. 2 「つぎ足す」考え方の教材の例

(2) 立体の出力: Blenderで作成・出力したデータを、スライサーソフトであるCreality Slicer (Creality社製) にインポートした。立体に長さを記入することができるようにするため、白色のフィラメントを用いた。出力は、Ender3 V2 (Creality社製) により行った。接合面に両面テープを貼り、自由に分解・結合することができるようにした。



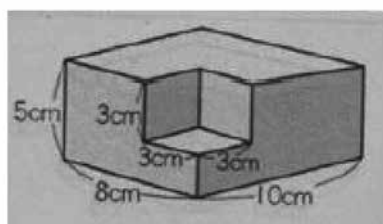
Fig. 3 「分ける」考え方の教材の例

#### 4. 分析方法

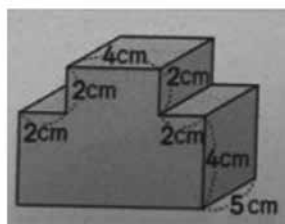
(1) 授業記録による分析: 3D教材を用いた2回の授業の様子をビデオカメラで記録した。対象児童の授業中の発言や学習プリントの記述を記録した。

(2) プレテストとポストテストの結果の比較: 3D教材を用いた授業を行う前日にプレテストを、授業を行った1週間後にポストテストを実施した。3D教材が児童の学習に与える影響を明らかにするため、様々な空間図形の体積を求める問題を4つ出題した (Fig. 4)。各立体の体積を求める「考え方」「式と答え」の記述を求めた。なお、問題1の立体は、授業で取り上げた立体であった。

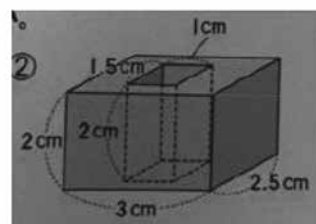
(3) 児童による3D教材に対する主観評価: 3D教材に対する児童の主観評価を、ポストテストの実施後に行った。質問項目をTable 3に示



問題2の立体



問題3の立体



問題4の立体

Fig. 4 プレテストおよびポストテストで出題した立体  
※問題1の立体はFig. 1に同じ

した。

質問1は、「3D教材を使った算数（体積）の学習の感想を教えてください」という質問に対し、「とても考えやすかった」から「考えやすくなかった」の4つの選択肢から回答を求めた。質問2は、質問1の回答の理由を自由に記述するように求めた。質問3は、「3D教材を使った算数の学習をこれからもしたいですか」という質問に対して、「とてもしたい」から「したくない」の4つの選択肢から回答を求めた。質問4は、質問3の回答の理由を自由に記述するように求めた。

## 5. 倫理的配慮

本研究の実施にあたり、近畿大学九州短期大学研究倫理委員会による承認を得た（2023-3）。また、対象児童の保護者に書面にて、本人に口頭にて研究の目的および内容を説明し、同意を得て研究を実施した。

## Ⅲ 結果

### 1. 授業中の児童の様子

（1）3D教材を用いた1回目の授業：第1次の3時間目は、はじめに立方体および直方体の体積を求める公式を確認した。その後、L字型の3D教材を用いて、体積を求める考え方について学習した。

L字型の空間図形の体積を求める際は、はじめに3D教材を用いて、個々に求積の方針を考え、発表した。その際、「つぎ足す」考え方をした児童を中心に指名した。その後、「分ける」考え方をする3D教材を配布し、立式するように求めた。下記に、対象児童が体積を求める際の考え方や式を発表した様子を示した。

#### ① A児の学習の様子

A児の発言をTable 4に示した。A児は、体積を求める考え方として、「つぎ足す」方法を考えていた（発言90～発言99）。しかし、公式を使う際に、どの数字を使うかがわからず、立式することができなかった。全体で考え方の発表を行った後に、「分ける」考え方による立式を行った。その際は、3D教材を上下に分割することで、全体の体積を求めることができた（発言371～発言379）。A児は、当初「つぎ足す」考え方をしていたが、立式することができなかった。教師からの提示で「分ける」考え方をした際に、正しく立式することができた。

#### ② B児の学習の様子

B児の発言をTable 5に示した。B児は、3D教材を操作する際に、「つぎ足す」考え方に合わせた教材を用いていた。しかし、285番の発言にもあるように、立式の際に、提示された全ての数字を掛け合わせることで体積を求めようとしていた。B児は、3D教材を用いた操作としては「つぎ足す」考え方をしていたが、提示された全ての数字を掛け合わせており、公式に則った計算をすることができていなかった。

#### ③ C児の学習の様子

C児の発言をTable 6に示した。C児は、「つぎ足す」考え方を行っていた。しかし、331番の発言にあるように、欠けている部分の体積を求める際に、「 $10 \times 4$ 」と表現しており、縦・横・高さの3つが揃っておらず、公式に則った立式をすることができていなかった。C児は「つぎ足す」考え方をしていたが、縦・横・高さの3つの値を掛け合わせておらず、誤答となっていた。

（2）3D教材を用いた2回目の授業：2回目の授業では、個々の児童の考え方にに基づき、立式および答えを求める学習を行った。1回目の授業

Table 3 児童による3D教材に対する主観評価の項目

質問番号	内容	回答方法
質問1	3D教材を使った算数（体積）の学習の感想を教えてください	「とても考えやすかった」から「考えやすくなかった」の4つの選択肢から回答
質問2	質問1の回答の理由を教えてください	自由記述
質問3	3D教材を使った算数の学習をこれからもしたいですか？	「とてもしたい」から「したくない」の4つの選択肢から回答
質問4	質問3の回答の理由を教えてください	自由記述

Table 4 3D教材を用いた1回目の授業におけるA児の発言

発言者	発言内容
90 A児	～さん切るって言ったんですけど、
91 T	うん
92 A児	私はあの…そこに四角？っていうか
(中略)	
99 A児	あの直方体をつくるってことです。
(中略)	
371 A児	まず、 $4 \times 10 \times 10$
372 T	$4 \times 10 \times 10$ をしたのね。
373 A児	で400。
374 T	これってどっち？ $4 \times 10 \times 10$ をして、400。それじゃあ、ここの部分（分割した部分）どうしたの？
375 A児	えっと、 $8 \times 4 \times 10$ 、ん？あ、 $8 \times 5 \times 10$
376 T	$8 \times 5 \times 10$ をした。で？ $8 \times 5$ が？
377 全員	40
378 T	で、10をかけて400
379 A児	$400 + 400$ をしたら800になる。

※発言者の数字は、授業全体での通し番号を示す ※T：教師

※（ ）の内は、筆者らが追記した

Table 5 3D教材を用いた1回目の授業におけるB児の発言

発言者	発言内容
283 B児	えっと、 $4 \times 10 \times 4 \times 5 \times 4 \times 5$
284 T	ん、なるほど。ここ（空間図形）のどこを掛けたの？
285 B児	全部
286 T	あー、全部掛けたのね
287 B児	答えは、16000

※発言者の数字は、授業全体での通し番号を示す ※T：教師

Table 6 3D教材を用いた1回目の授業におけるC児の発言

発言者	発言内容
329 C児	まず $10 \times 15 \times 8$ は1200になって
330 T	$10 \times 15 \times 8$ は1200
331 C児	それから $10 \times 4$ は40になってで、最後に $1200 - 40$ は1160になる
332 T	なるほど

※発言者の数字は、授業全体での通し番号を示す ※T：教師

で、縦・横・高さの3つの値を掛け合わせていないという誤答が多くみられたため、3D教材に数値を書き入れる活動を行った。その後、学習プリント上に3D教材を置き、対応する式を考えることで、L字型の空間図形の体積を求める学習を行った。以下に対象児童の学習プリントを示した。

#### ① A児の学習プリント

A児の学習プリントをFig. 5に示した。A児は、「つぎ足す」考え方で立式した。3D教材を用いた1回目の授業で、はじめに「つぎ足す」考え方をしようとしていたが、立式することができなかった。2回目の授業において、3D教材に縦・横・高さの数値を書き入れること、各空間図形の体積に合わせて立式することによって、正しい答えを導くことができた。

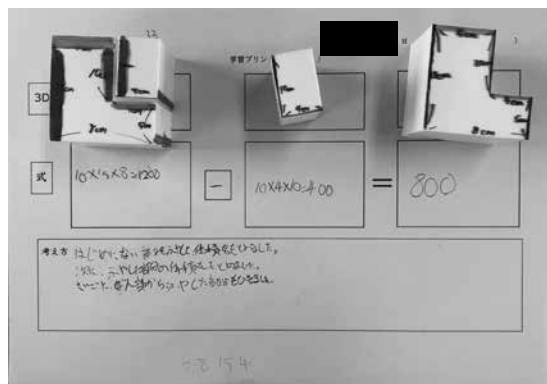


Fig. 5 2回目の授業におけるA児の学習プリントの例

## ②B児の学習プリント

B児の学習プリントをFig.6に示した。B児は、「分ける」考え方で立式した。1回目の授業では、「つぎ足す」考え方をしていたものの、問題の数値を全てかけることで答えを求めようとしていたため、誤答となっていた。2回目の授業では、L字型の空間図形を分け、それぞれの体積を求めることで、正答することができた。

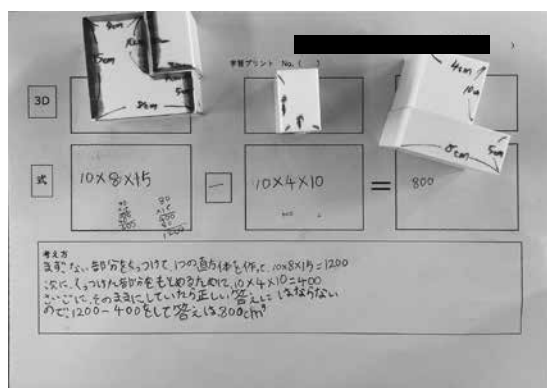


Fig. 6 2回目の授業におけるB児の学習プリントの例

## ③ C児の学習プリント

C児の学習プリントをFig. 7に示した。C児は、「つぎ足す」考え方で立式した。1回目の授業でも「つぎ足す」考え方をしていたが、縦・横・高さの3つの値を掛け合わせておらず、誤答となった。2回目の授業では、縦・横・高さの数値を3D教材に書き入れることにより、正答することができた。

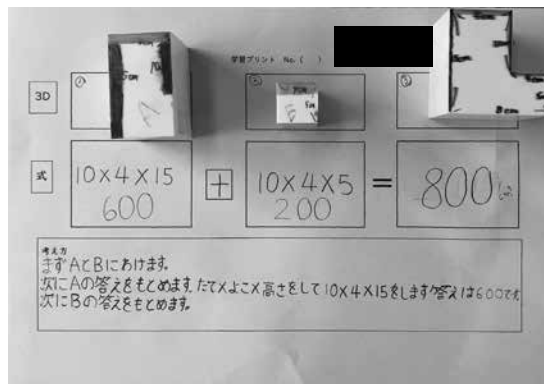


Fig. 7 2回目の授業におけるC児の学習プリントの例

## 2. プレテストとポストテストの比較結果

Table 7に、プレテストとポストテストの結果を示した。なお、考え方については、「つぎ足す」「分ける」「記入無し」の別を示した。

(1) A児の結果：A児は、プレテストにおいて、考え方・立式・答えのいずれにおいても、誤答であった。しかし、テストの問題1では、欠けている部分を補おうとする線を書くことによって、「つぎ足す」考え方をしようとしていた。また、立体を横に分断するような線を書くことによって「分ける」考え方をしようとしていた。問題2では、欠けている部分を補う線を書き、「つぎ足す」考え方をしようとしていた。

ポストテストでは、問題1および問題2は、考え方・立式・答えのいずれにおいても正答であった。問題1および問題2のいずれにおいても、「つぎ足す」考え方をしていた。問題3と問題4については、考え方のみ正答であった。問題3については、「分ける」考え方をしていた。しかし、立式の際に立体の縦・横・高さに該当する数値を誤って記入していたため、誤答となった。問題4についても同様に、考え方として「全部の体積から穴のところを引く」と記述しており、「つぎ足す」考え方をしていたが、数値が誤っており、誤答となっていた。

問題1についてプレテストでは、「つぎ足す」考え方と「分ける」考え方の両方を記入した。しかし、ポストテストで「つぎ足す」考え方で、回答することができた。問題2については、プレテストとポストテストで、「つぎ足す」考え方は変わっていないが、正しく立式し、正答することが

Table 7 各児童のプレテストおよびポストテストの結果

		A児		B児		C児	
		プレ テスト	ポスト テスト	プレ テスト	ポスト テスト	プレ テスト	ポスト テスト
問題 1	考え方	× (つ・分)	○ (つ)	× (ー)	○ (つ)	× (つ)	○ (つ)
	立式	×	○	×	×	×	○
	答え	×	○	×	×	×	○
問題 2	考え方	× (つ)	○ (つ)	× (ー)	○ (つ)	○ (つ)	○ (つ)
	立式	×	○	×	○	○	○
	答え	×	○	×	○	○	○
問題 3	考え方	× (ー)	○ (つ)	× (ー)	○ (つ)	× (分)	○ (つ)
	立式	×	×	×	×	×	○
	答え	×	×	×	×	×	○
問題 4	考え方	× (ー)	○ (つ)	× (ー)	○ (つ)	○ (つ)	○ (つ)
	立式	×	×	×	○	○	○
	答え	×	×	×	○	○	○

※ ○：正答 ×：誤答 ※ つ：つぎ足す，分：分ける，ー：記入無し

できた。問題3と問題4については、プレテストで考え方を記入することができていなかったが、ポストテストにおいては、回答の方針を示すことができていた。

(2) B児の結果：B児は、プレテストにおいて、全ての問題で考え方・立式・答えが誤答であった。図に示された全ての数値を掛け合わせることにによる誤答であった。

ポストテストにおいて、問題1と問題3については、「つぎ足す」考え方を図示することができていたが、立式以降に誤答がみられた。縦・横・高さの数値を誤って記入していた。問題2と問題4についても、「つぎ足す」考え方をしており、立式・答えともに、正答であった。

プレテストにおいて、提示された全ての数値を掛け合わせるにより、答えを求めようとしていた。このことから、体積を求める公式や、複雑な立体の体積を求める考え方の理解が十分ではなかったといえる。一方、ポストテストでは、全ての問題について「つぎ足す」考え方を適用することができていた。しかし、つぎ足す際に、欠けている部分の縦・横・長さの数値に誤りがみられた。

(3) C児の結果：C児は、プレテストにおいて、問題2と問題4については、考え方・立式・答えのいずれにおいても正答であった。問題1と問題3については、考え方・立式・答えのいずれにおいても誤答であった。問題1は、欠けている

部分の体積を求める立式の際に、1辺をかけ忘れていたことによる誤答であった。問題3は、1辺の長さを誤って計算したことによる誤答であった。

ポストテストにおいては、全ての問題について、考え方・立式・答えが正答であった。

プレテストにおいて、考え方を明示することができているものの、立体の体積を求める公式に則った立式ができていなかったことや、縦・横・長さの数値に誤りがあることによる誤答がみられた。ポストテストでは、全て「つぎ足す」考え方をういていた。立式の際は、問題3のように、大きな直方体を仮定した場合の横の長さを別で計算するなど、公式に合わせた数値を求めることができていた。

### 3. 主観評価の結果

Table 8に、3D教材を用いた学習に対する児童の主観評価の結果を示した。

A児は、質問1に対しては、「3 考えやすかった」と回答した。その理由として、3D教材と用いることで、立体の操作が可能になったことを記述していた。また、質問3に対しては、「4 とてもしたい」と回答した。立体の学習において、有効であると感じていた。

B児は、質問1に対しては、「4 とても考えやすかった」と回答した。従来は、頭の中で想像

Table 8 児童による3D教材を使った学習に対する主観評価

	A児	B児	C児
質問1	3 (考えやすかった)	4 (とても考えやすかった)	4 (とても考えやすかった)
質問2	頭の中じゃ、立体が分かりにくいから	紙だと頭でそうぞうしないといけなくて私の頭の中できんがえるとぐちゃぐちゃになるから3D教材をつかった方がかんがえやすいからです。	ぶんかいできたり、頭でかんがえるんじゃないくて、手でさわって考えることができるから
質問3	4 (とてもしたい)	4 (とてもしたい)	3 (したい)
質問4	わかりやすかったから。どこどこをかけたか、わかりやすかったから	質問1の理由とおなじで、かんがえやすかったからです	考えやすいから

する必要があったが、3D教材を使うことで、思考しやすくなったことが回答された。また、質問3に対しては、「4 とてもしたい」と回答した。質問1への回答理由と同様に、思考の補助としての役割があったことが回答された。

C児は、質問1に対し、「4 とても考えやすかった」と回答した。「つぎ足す」考え方や「分ける」考え方を、3D教材を用いた具体物操作をして行うことにより、考えやすくなったことが回答されていた。質問3に対しては、「3 したい」と回答した。3D教材を用いることにより、考えやすくなることが回答された。

以上から、3名の児童すべてが、算数科における体積の学習における3D教材の活用に対する肯定的な反応を示していた。また、今後の算数科の学習においても、活用に対する意欲が高いことが示された。

## IV 考察

### 1. 授業における3D教材の活用に関する考察

1回目の授業の様子から、求積の方針を考えると、公式に則った立式をすることに困難さがみられた。しかし、2回目の授業で具体物操作を行うことや、3D教材に数値を書き入れる活動を行ったことにより、全ての対象児童が正答することができた。

3D教材は、Fig. 2およびFig. 3に示した通り、分割して出力するとともに、接合面に両面テープを貼付したことで、自由に分解・結合することができるようにした。具体物操作を行う際には、操作自体に混乱が生じることが指摘されている（例えば、渡辺ほか、1990）。本研究では、具

体物の分解・結合をある程度制限していたことで、操作自体への混乱を防ぐことができたと考えられる。一方、「つぎ足す」「分ける」考え方のみに注目した教材の作成となっており、児童の自由な発想を、3D教材が妨害した可能性もある。例えば、Table 1に示した通り、B児は、空間図形を斜めに切って考えることがあった。角柱の体積を求める公式を用いれば、斜めに切ったとしても体積を求めることができる場合がある。B児が、L字型の空間図形を斜めに切って体積を求めようとしていた場合、3D教材は思考を方向付けてしまうことになる。

Fig. 5～Fig. 7で示した学習プリントは、3D教材を配置し、それに対応した立式を行うことができるようにした。これにより、考え方がわかっていても、立式することができなかった児童や、立式の際に公式に則った思考ができなかった児童が正答することができた。文部科学省（2018）は、算数科の目標の中核として、筋道を立てて考える力の育成を目指すことを示した。本研究では、具体物操作で求積の筋道を明確化するとともに、3D教材への数値の書き込みによって公式に則った立式ができた。この手続きによって、筋道を立てて考えることができたかと推察される。

### 2. テスト結果からの考察

Table 7に示した、プレテストとポストテストの結果の比較から、3D教材を用いた授業により、全ての児童が求積の考え方を正しく示すことができるようになったことが示された。また、C児については、全ての問題で考え方・立式・答えが正答であった。中野（2013）は、本研究と同様

に、L字型の空間図形の求積において、具体物を用いた実践を行ったが、他の空間図形への理解については検討されていなかった。本研究の結果から、具体物を用いた学習によって、学習した空間図形だけではなく、他の空間図形についても、考え方を応用することができることが明らかになった。

一方、A児・B児については、ポストテストにおいて、考え方は全ての問題で正しかったものの、立式の時点で誤答がみられた。両児とも、「つぎ足す」考え方をしていた。例えば、Fig. 4に示した第3問では、大きな直方体の体積を求める際に、横に該当する長さを $2 + 4 + 2$ の計算をすることで求める必要がある。このように、問題に示されていない数値が必要となる問題において、誤答がみられた。具体物を用いた学習で、「つぎ足す」考え方を想定することができるようになったとしても、平面上で示された空間図形の求積においては、念頭操作が必要になる。このことから、具体物操作から離れ、念頭操作へと徐々に移行することが必要であることが指摘されている（例えば國本，1997）。本研究で用いた3D教材だけでは、具体物操作から念頭操作の移行が十分に行えたとはいえず、課題であるといえる。

さらに、考え方が全て「つぎ足す」であったことにも留意する必要がある。例えば、A児はL字型の空間図形の求積において、プレテストおよび授業の1回目で、「つぎ足す」考え方も「分ける」考え方も想定していた（Table 4；Table 7）。しかし、ポストテストでは全ての問題で「つぎ足す」考え方があった。ポストテストにおいて、全ての問題で正答したことは、3D教材を用いた授業の効果であったと解釈することができるが、「つぎ足す」考え方のみの理解であれば、他の問題への回答が困難になる場合がある。3D教材を用いることにより、考え方が固定化されるか否かについては、引き続き検討する必要がある。

### 3. 主観評価からの考察

Table 8に示した通り、対象児童の全員が、3D教材の活用に対して肯定的な意見をもっていた。Ball (1992)は、具体物操作は、動機づけを高めたり、考えを深めたりする方法として重要であると述べた。3D教材を用いることで、意欲的

に学習に取り組むことができたと推察される。

学習のつまづきがある場合、学習内容に加えて学習意欲がないといった情意面にも課題が生じている場合があるため、自己効力感の育成も重要である（岡・井場木，2017）。平面上での空間図形の学習においては、難しさを感じていた児童が、3D教材を用いることで、学習のつまづきが解消されることは、学習内容の習得のみならず、その後の算数科学習への意欲へも影響することが想定される。この点においても、3D教材を用いた学習の効果を見いだすことができる。

## V まとめと今後の課題

本研究では、小学校算数科第5学年の体積の学習において、3D教材を用いた具体物操作を行う活動が学習に与える影響を検討した。実践の結果、通常の学級における基礎的な問題に取り組むグループ別学習時の3名の対象児童は3D教材を用いることで、体積を求める方針を考えることができた。また、ポストテストの結果から、授業で取り扱わなかった空間図形の求積についても、正しい立式の方針を考えることができるようになった。さらに、3D教材に対する認識も肯定的であり、教科書を主体にした平面での空間図形の学習よりも考えやすいことが示された。

一方、ポストテストの結果から、3D教材を用いた学習のみでは、正しく立式することが難しいことも示唆された。今後は、具体物操作から念頭操作への移行に関する実践の蓄積が求められる。

また、空間図形の学習において具体物を活用することが重要であり、必ずしも3Dプリンタを活用することが必須ではない。しかし、3Dプリンタを用いることにより、複雑な具体物の準備が、比較的容易に行うことができた。教材準備の簡便性という点から、3Dプリンタが有する利点は大いにある。3Dプリンタの教育的利用については、様々な可能性が考えられるが、実践の蓄積は十分ではない。既存の教材と比較しつつ、算数科以外の教科等においても、また通常の学級における特別支援教育の実践においても活用可能性の検討が求められる。

## 謝辞

本研究に参加いただいた児童の皆様、保護者の

皆様、教材の作成に際し、助言をいただきました九州大学大学院人間環境学府の北島千朔さんに記して感謝申し上げます。

る指導」を通して、日本数学教育学会誌，72(8)，181-186.

## 文献

- 1) Ball Deborah Lowenberg (1992) : Magical Hopes: Manipulatives and the Reform of Math Education. American Educator, 16, 14-18; 46-47.
- 2) 秦野真衣・米澤朋子・古井直子・高田雅美・城和貴 (2012) : ARを用いた空間認識能力向上のための学習方法. 研究報告数理モデル化と問題解決 (MPS), 2012 (33), 1-6.
- 3) 比護智洋 (2012) : 空間認識力を育む教材に関する研究. 数学教育研究, 47 (1), 146-165.
- 4) 熊倉啓之・近藤裕・藤田太郎・宮脇真一・國宗進 (2021) : 空間図形の理解に関する研究—小・中学生に対する投影的な見方に関する調査を通して—. 日本数学教育会雑誌, 103 (9), 2-13.
- 5) 國本景亀 (1997) : 空間観念を育成するための方法論に関する研究. 『高知大学教育学部研究報告第1部』, 53, 11-27.
- 6) 黒田恭史 (2011) : 第3章 立体・空間・変換; 黒田恭史編: 数学教育の基礎, 40-66. ミネルヴァ書房
- 7) 文部科学省 (2018) : 小学校学習指導要領(平成29年告示) 解説. 株式会社東洋館出版社
- 8) 中野公美 (2013) : 多面的に思考し, 立体模型を使って説明する力を伸ばす授業. 岡山大学算数・数学教育学会誌『パピルス』, 20, 1-6.
- 9) 岡直樹・井場木友貴 (2017) : 算数の学習につまずきのある児童に対する学習支援—文章題解決力と自己効力感の向上—. 広島大学大学院教育学研究科紀要第一部, 66, 1-7.
- 10) 立花正男・山本一美・佐藤真・菊池信夫・藤井雅文・佐々木亘 (2016) : 空間概念を育成する指導 (II). 岩手大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要, 15, 89-99.
- 11) 渡辺仁恵・増岡久仁子・足立絹子・鬼頭由美・大島純子・大野幸次 (1990) : 主体的に学ぶ力を育てる算数指導: 2年「数の概念を育て

