

見取図のデジタルコンテンツにおける教育的効果の検討

Examining Specific Educational Effects of Digital Content using Pictorial Drawings

神戸大学・国際人間科学部 秦野 楓

Kaede Hatano, Faculty of Global Human Sciences, Kobe University

神戸大学・人間発達環境学研究科 長坂 耕作

Kosaku Nagasaka, Graduate School of Human Development and Environment,

Kobe University

1 はじめに

本報告では、GIGA スクール構想 [2] や COVID-19 の影響により急速に進んだ義務教育課程におけるデジタル化を背景にしつつ、初等算数教育 [3] と中等数学教育 [5] の空間図形において頻出の見取図を取り上げる¹。詳細な定義はさておき、見取図は3次元の図形を2次元に射影する方法と言え、教科書や板書などのあらゆる場面・局面で空間の図形を描画・把握する目的のために利用されている。我々の身の回りにあるマニュアルなどにおいても見取図に類似した描画が使われていることから、非常に身近な算数・数学とも言える。

しかしながら、教科書や板書などのメディアでの空間図形の描画方法（見取図）と、パソコンやタブレットなどのデジタルメディアでの3次元の描画方法（空間図形に限定しない一般の描画方法）は異なる。そして、青少年のインターネット利用環境実態調査 [7] によれば、インターネットを利用している（98.7%）と回答した小学生・中学生・高校生のうち、その目的は動画を見る（93.6%）やゲームをする（85.5%）などとなっており、パソコンやタブレットなどのデジタルメディアでの3次元描画（いわゆる普通のCG: Computer Graphics）に慣れ親しんでいると言える。今後一層、教科書や板書などのメディアのデジタルメディアへの切り替えが進んだ場合、従来のメディアでの空間図形の描画方法（見取図）と、児童・生徒が慣れ親しんでいると思われる現在のメディアでの3次元描画の方法とが異なることが問題となりえる。

本稿では、このような懸念（従来のメディアと現在のメディアの非互換性）について、見取図を用いたデジタル教材を改善する立場から調査・検討した結果を報告する。

1.1 デジタル教材の分布と見取図の重要性

本節では、見取図の教育的効果を検討することの重要性について、著者の一人（秦野）が日本数式処理学会 第16期第2回 教育分科会（2023年8月29日、甲南大学）において講演した「中学校の数学科における現状分析」から内容を抜粋して報告する。

¹デジタル教材に関する国内外の現状については、文部科学省 CBT システムについての文書 [1]、OECD の Digital Education Outlook 2023 に含まれる文書 [8] を参照されたい。

	数研出版	学校図書	教育出版	大日本図書	日本文教出版	東京書籍	啓林館
数と式	54	3	0	5	11	11	24
図形	71	20	8	21	23	19	24
関数	27	7	7	3	18	14	13
データの活用	12	5	3	4	13	9	8

表 1: デジタル教材の種類と分布

2023 年 4 月～8 月に中学校の教科書におけるデジタル教材の種類と分布に関する調査を行った。以下の教科書を対象に調査を行い、その結果をまとめたのが表 1 である。

- 数研出版 これからの数学 1,2,3
- 学校図書 中学校数学 1,2,3
- 教育出版 中学数学 1,2,3
- 大日本図書 数学の世界 1,2,3
- 日本文教出版 中学数学 1,2,3
- 東京書籍 新しい数学 1,2,3
- 啓林館 未来へ広がる数学 1,2,3

デジタル教材（デジタルコンテンツ）が最も多い図形領域に着目すると、その多くは紙媒体の教科書にも存在したものをデジタル化しただけのものが多数を占めている。その一方で、紙媒体では実現不可能なものや費用の関係で現実的に難しかったものも見られ、デジタル化により繰り返して活用可能なものなど、デジタル化することでより教育的価値があると考えられるものも少なくはない。今後、より一層のデジタルコンテンツの整備が必要と考えられるが、単なる紙媒体からの移植ではない、デジタルの良さを最大限引き出す教育的効果の高いデジタルコンテンツが望まれていると考えられる。

以上のことから、これらのデジタルコンテンツが最も多い図形領域においては、児童・生徒・教諭・学校の活用の仕方に依存するものの、従来の紙媒体の教科書に準じて、学習者の目に触れる機会が多いと考えられる。すなわち、現在主流となっている空間図形の描画方法（見取図）と、児童・生徒が慣れ親しんでいると思われるデジタルメディアでの 3 次元描画の方法とが異なることの影響を調べることは喫緊の課題であると考えられる。

2 見取図とデジタル教材

本報告では見取図を取り上げており、その正確な議論のためには「見取図」と呼ばれるものがどのようなものであるのかを正しく把握する必要がある。見取図は算数・数学において立体を平面上に表現するときに用いられる図である。ところが、見取図には明確な定義がないと思われる。見取図を初めて学習する小学校 4 年生の教科書では、教科書会社ごとに異なる表現を用いて説明されている。

- 直方体や立方体などの全体の形がわかるようにかいた図
（東京書籍『新しい算数 4 下』 p.115, 啓林館『わくわく算数 4 下』 p.97,
日本文教出版『小学算数 4 年下』 p.120）

- 全体の形がわかるようにかいた図

(大日本図書『たのしい算数4年』 p.246)

- 形全体のようにすがひと目でわかるようにかいた図

(学校図書『みんなと学ぶ小学校算数4年下』 p.111)

- 見ただけで全体のおよその形がわかる図

(教育出版『小学算数4下』 p.104)

小学校では上記の説明でイメージをつかんだ後、描き方の学習を通じて見取図の性質を理解することになる。実際に見取図の描き方を学習するときの大筋の流れは以下のようになっている。
見取図の描きかた（方法1とする、図1の左）

1. 正面の正方形または長方形を描く。
2. 見えている辺を描く。
(または、隣り合う面を描く)
3. 見えない辺を点線で描く。

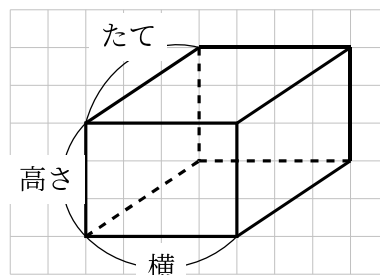


図 2: 見取図における縦・横・高さ

多くの教科書では方法1が取り上げられているが、1つの頂点から伸びている3つの辺をはじめに描く方法（方法2とする、図1の右）もある（学校図書『みんなと学ぶ小学校算数4年下』 p.110）。「全体の形がわかるように」という見取図の説明から「3つの面が見えるように描く」ことは見取図の性質のひとつともいうことができる。学校図書の教科書ではこの性質に着目させ、方法1と2の両方の描き方を示している。手順に沿って見取図を描くことで3つの面は自然と見えるようになるため、明確に記載されない場合もある。また、「平行な辺を平行に描くこと」も性質のひとつであると考えられるが、一部の教科書（大日本図書『たのしい算数4年』，啓林館『わくわく算数4下（平成31年度検定版）』）では明確に表現されていない場合もある。見取図の定義が不明確であるために描き方の説明も出版社によって異なる。

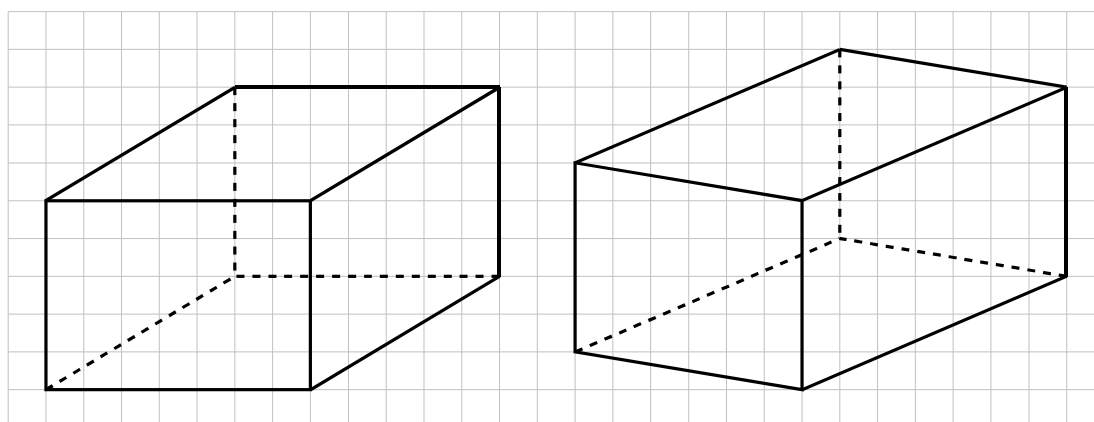


図 1: 様々な見取図, 左：方法1 右：方法2

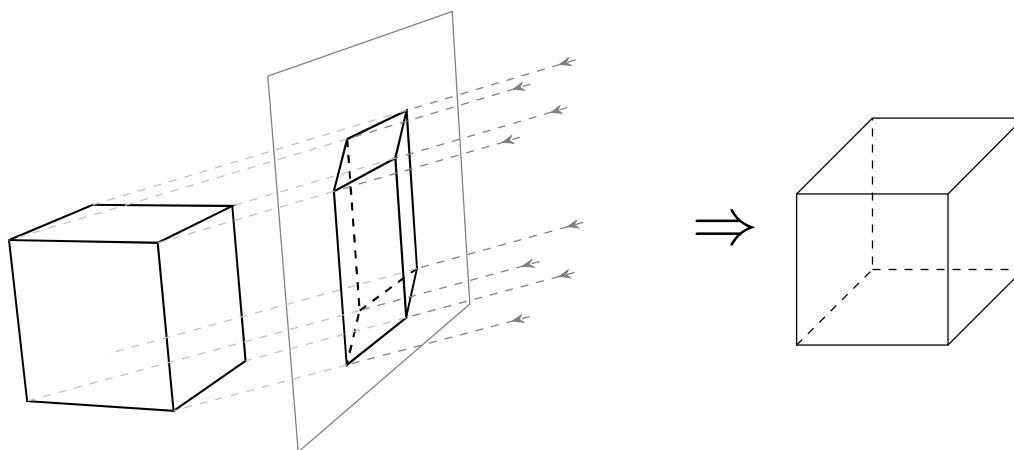


図 3: 並行投影法

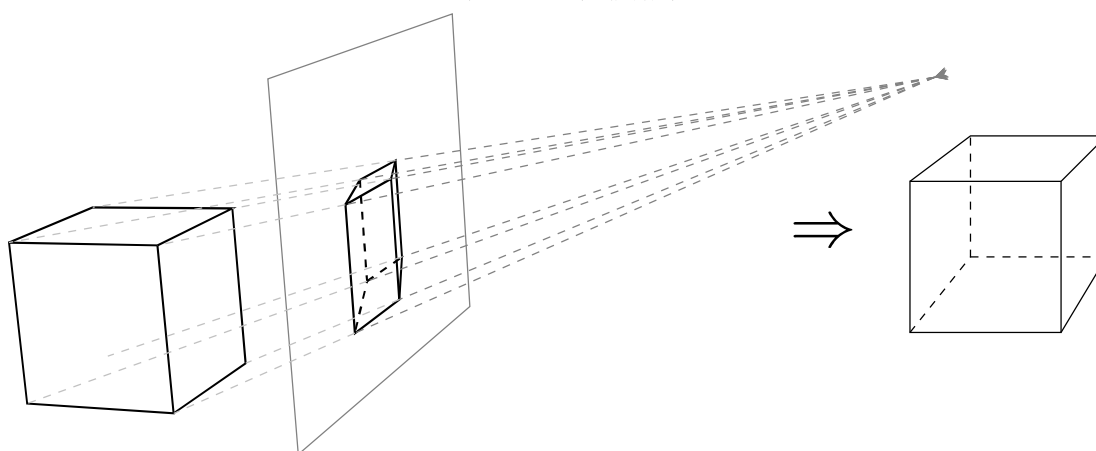


図 4: 透視投影法

さらに、方法1では横・高さの比率は正確に描くが、縦の長さの比率は正確に描かない場合の方が多い。立方体は多くの場合、縦の長さを短くすることで「立方体らしく」見えるように描く（見取図における縦・横・高さは図2に示した通りである）。

算数・数学教育では見取図が主に用いられるが、立体をデジタルメディア上で表現する方法は大きく平行投影（図3）と透視投影（図4）の2つに分けることができる。平行投影では平行な辺は平行に描かれることになる。見取図は平行投影のひとつであるといえることができる。一方で透視投影は遠くのもの小さく写される投影法である。遠近法を用いて描くときと同じような描き方になる。実際に目で見ているときの見え方に近い形に表現をすることができるため、コンピュータグラフィックスでは透視投影を用いることが多い。

2.1 学習指導要領と見取図

小学校学習指導要領 [3] の第4学年の算数のB図形において、「図形を構成する要素及びそれらの位置関係に着目し、立体図形の平面上での表現や構成の仕方を考察し図形の性質を見いだすとともに、日常の事象を図形の性質から捉え直すこと。」と記されてい

る。このことは同解説 [4] において、次のように記されていることから、見取図からの読み取りではなく、見取図として表現し得るだけの特徴の把握に重きが置かれていることがわかる。

そして、このような図形を構成する要素の個数や面の形、辺や面の平行、垂直の関係などが明らかにされると、それを基に、立体図形を平面図形として表現することが可能になる。見取図や展開図の作図で、辺と辺、辺と面、面と面のつながりや位置関係に着目することになる。

中学校学習指導要領 [5] の第 1 学年の数学の B 図形においては、「空間図形を直線や平面図形の運動によって構成されるものと捉えたり、空間図形を平面上に表現して平面上の表現から空間図形の性質を見いだしたりすること。」と記されている。このことは一見すると、単なる 2 次元への射影に過ぎない（情報の欠けた）見取図から、読み取れない情報を読み取らせようとしているようにも思えるが、これは杞憂である。実際に同解説 [4] において、次のように記されていることから、空間図形の特徴を把握するための手段として、多角的な視点のひとつとして見取図が取り上げられていることが分かる。

指導に当たっては、平面上に表現された空間図形を読み取る際、見取図、展開図、投影図を目的に応じて相互に関連付けて扱うようにすることが大切である。このようにして、具体的な空間図形について、その見取図、展開図、投影図を用い、図形の各要素の位置関係を調べることを通して、論理的に考察する力を養うようにする。

2.2 見取図の読み取りに関する先行研究

見取図に関する先行研究について取り上げる。

下村・近藤 (2015) [9] は平成 13 年度および 15 年度の教育課程実施状況調査」と平成 22 年度「全国学力・学習状況調査」の結果から見取図を用いた立体の性質の読み取り能力の低さを問題視している。図 5 で示した問題の正答率は 55.7% であり、「どちらが長いかは問題の条件だけでは決まらない。」を選択した生徒は 25.1% であった。教育課程実施状況調査も類似した問題を実施しており、正答率は平成 13 年度が 43.5%、平成 15 年度が 44.2% であった。

五十嵐・藤川ら (2022) [10] は平成 26 年度全国学力・学習状況調査の結果を示し、2 次元と 3 次元の関係を捉える能力を育成する学習が不十分だとしている。図 6 で示した問題の正答率は 69.6% であり、3 の平行四辺形と混同した誤答率は 25.3% であったことから、確かに正答率が低いと言える。

(3) 右の図は立方体の見取図です。

この立方体の面 ABCD 上の線分 BD と面 BFGC 上の線分 CF の長さを比べます。線分 BD と CF の長さについて、下のアからエまでの中から正しいものを 1 つ選びなさい。

ア 線分 BD の方が長い。

イ 線分 CF の方が長い。

ウ 線分 BD と CF の長さは等しい。

エ どちらが長いかは問題の条件だけでは決まらない。

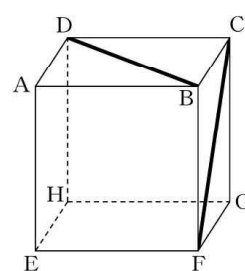


図 5: 平成 22 年度全国学力・学習状況調査数学 A5(3)

本報告では、これらの調査結果を見取図の読み取り問題としての視点ではなく、見取図をどのように捉えているかという視点から議論を行いたい。まず、見取図は空間図形を平面上に描いたもの（投影したもの）であるため、見取図には2通りの解釈があり得る。多くの教授者が暗黙的に仮定しているのが、見取図は元の空間図形を表現する仮の形であり、平面図としての意味はないという捉え方である。この場合、見取図は空間図形そのものである。しかしながら、見取図は空間図形を平面上に投影した結果得られた「平面図」であり、元の空間図形とは別のひとつの平面図だという捉え方も可能である。この場合、見取図は平面図形となる。見取図は空間図形を簡単に表現することのできる方法であるが、定義が曖昧なため読み取り方を一つに絞ることができない恐れがある。

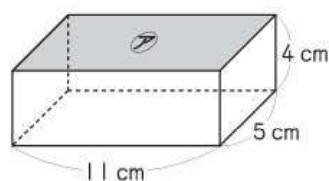
前述の調査問題だけでは、空間図形の性質を捉えることに難があるのか、それとも見取図の表すものが空間図形そのものであることの理解が不足しているのか、そのどちらであるかの判断は難しい。このような課題が従来より見取図には存在しているうえ、デジタルメディアにおける3次元描画との差異（従来のメディアと現在のメディアの非互換性）が児童・生徒へ更なる混乱を招く恐れもあり、デジタル教材における見取図の取り扱いを様々な視点から再検討する必要があると筆者らは考える。

3 見取図の認識と将来への提言

前章までに提示したように、見取図は紙媒体における空間図形の議論を容易にするための方法であるが、定義や実際の取り扱いには課題がある。

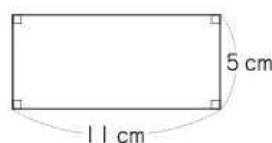
7

下のような直方体があります。

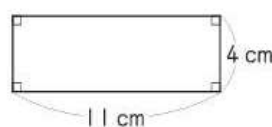


この直方体の面Aになる四角形を、次の1から4までの中から1つ選んで、その番号を書きましょう。

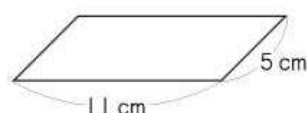
1 長方形



2 長方形



3 平行四辺形



4 平行四辺形

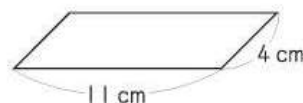


図 6: 平成 26 年度全国学力・学習状況調査算数 A7

3.1 見取図などの表現方法とその認識

見取図を平面図形と空間図形のどちらで捉えるのかは個人の感覚に委ねられている可能性が否定できない。そこで、算数・数学で学習する図をどのように捉えているのか調査を行った（調査1とする）。

立方体の見取図、展開図、投影図の順に辺の数を問う問題を作成した（図9が実際の調査票である）。ただし、ここでの見取図は見えている辺のみを描き、点線で描くべきである見えない辺は省略する。図9のように「立方体の見取図である」とした上で「何の辺の数か」は曖昧な問い方をする。平面上の図を介して元の立方体を想像する場合は、回答する辺の数は12になる。一方で、図を平面図形であると捉え、見たままの数を回答する場合、回答する辺の数は見取図は9、展開図は19、投影図は8となる。筆者の所属する国際人間科学部で数学を中心に学んでいる2年生を主な対象者として2024年度前期に調査を行った。結果を以下の表2に示す。

見取図	12	12	12	12	12	12	12	9	9	12	12	12	12	12	12	12
展開図	12	12	12	12	12	12	12	12	19	17	19	20	19	19	19	19
投影図	12	12	12	12	12	12	12	8	8	8	8	8	9	12	12	24

表 2: 図の認識

調査対象は数学に慣れ親しんできた大学生であるが、認識にはばらつきが見られた。空間図形を平面上に表現する見取図、展開図、投影図は、必ずしも空間図形そのものとして捉えるとは限らないことが示唆される。全国の小中学生に対して行う調査の場合も認識のばらつきは見られることが予想される。

3.2 見取図と空間操作

見取図に関する調査をもう1つ、調査1と同じ集団に対して同時期に実施した（調査2とする）。調査の項目は以下の3つである（図10が実際の調査票である）。

1. 三角定規があります。その様子を描いてください。
2. 何ものっていないテーブルがあります。その様子を描いてください。
3. 三角定規がのっているテーブルがあります。その様子を描いてください。

三角定規とテーブルは角度が明確であるため数学的特徴が分かりやすい。多くの人が見取図のように数学的特徴を捉えた描き方をすると思われるので描く対象に設定した。

全ての回答者において、項目1で問うた三角定規は直角が保たれるように描かれていた。一部の人は直角を示す記号をつけており、絵ではなく図形として捉えることのできる描き方が見られた（図7の左）。項目2で問うたテーブルは天板を平行四辺形に描く人が多かった（図7の中央）。これは平行を意識した描き方であり、見取図の描き方に近いと言える。一方で、遠近法を取り入れた描き方をした人はわずかであり、多くの人は項目1と2で数学的特徴を取り入れた描き方をしている。項目3では項目1と2で扱っ

た2つのものを組み合わせて描くことになるが、そのまま重ねると違和感が生じる（図7の右）。三角定規とテーブルは違う角度から見た様子を描いている場合が多いからである。テーブルは平行四辺形で描くと直角には描かれないが、三角定規は直角のまま描かれる。そのため両者を組み合わせるときに同じ角度から見た様子を想像し、角度をそろえなければならない。見取図では「どの角度で見ているか」は意識されないので難しい操作だと考えられる。



図 7: 調査 2 の回答例

以上の調査において、三角定規がのっているテーブルを描くことが実際には三角定規をテーブルの上に移動する操作になっていると捉えたと、それぞれ思い浮かべたものを空間操作することを求めていると言える。この操作の困難さは我々が日常的に見ている透視投影図と異なる見取図を用いたことにあると思われる。例えば、立方体が回転する様子を想像する場合を考える。後ろに行くときには小さくなり、前に来るときには大きくなるように想像することが多いと思われる。立方体をイメージするときは見取図か透視投影図かは分かれると思われるが、回転操作をするときには透視投影図になると考えられる。この点からも見取図による空間操作は難しいということができるだろう。

3.3 見取図の役割と教育的効果を高める教材の提案

見取図は算数・数学教育において空間図形を表現する方法として広く使われてきた。デジタル教材がさらに広まっていくと考えられる今、見取図の扱いを再度考えるべきだと考える。

デジタル教材には空間図形を回転させる教材がいくつも見られる（例えば、数研出版の正多面体の教材、学校図書の様々な立体を動かして特徴を調べる教材など）。例に示した教材を含む多くの教材は見取図を回転させるものである。しかし、前章までで述べたように見取図での空間操作は難しいと考えられる。見取図の回転の場合、見たままを受け取るのではなく各々で回転の様子を想像しなおさなければならない。ゆえに見取図と透視投影図の回転を比較すると、透視投影図の方が自然な回転として見ることができる。

見取図は平行を強調した表現であり、空間図形を平面上に表現するひとつの手段である。学習指導要領では、見取図や投影図などの複数の表現法を比較して空間図形の特徴を把握することが求められている。比較をするためには、見取図は空間図形そのものとは異なることを理解する必要がある。

そのために見取図と透視投影図を用いた教材を考案した（図8）。今までの教科書にあるデジタルコンテンツでは、見取図と透視投影図の一方のみが使われていた。しかし、

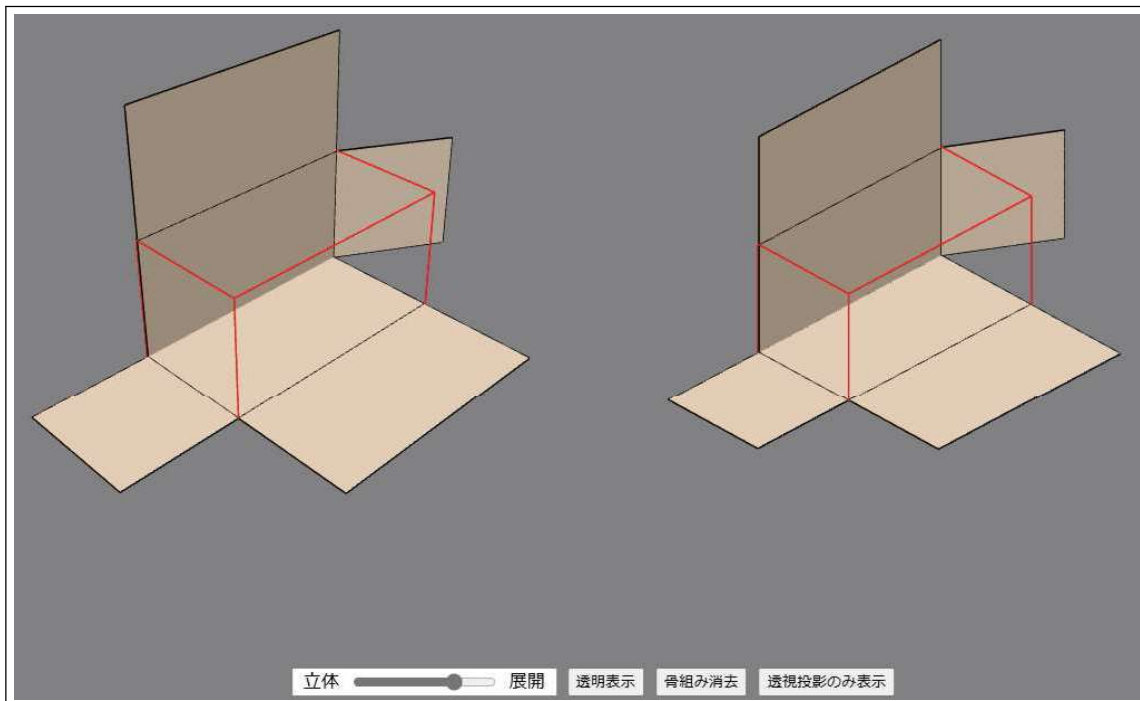


図 8: 透視投影図（左）と見取図（右）を併用するデジタルコンテンツの試作

両者を比較することで見取図での見え方と実物の見え方の違いを実感することができる。違いを認識することが空間認識能力を高めることにつながるのではないだろうか。

なお、並行投影法と透視投影法を比較しながら展開図について学ぶためのデジタルコンテンツを試作したものは、https://wwwmain.h.kobe-u.ac.jp/~nagasaka/research/rims24edu/net_of_a_rectangular_prism.html にて実際に操作することができる。

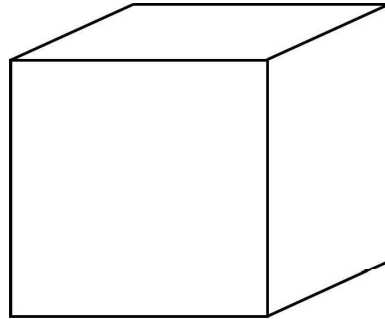
参考文献

- [1] 文部科学省 総合教育政策局 教育 DX 推進室: 文部科学省 CBT システム (MEX-CBT: メクビット) について. https://www.mext.go.jp/content/20240903-mxt_syoto01-000013393_1.pdf (2024), (参照: 2024/10/13) .
- [2] 文部科学省 初等中等教育局学校情報基盤・教材課, 初等中等教育局学校デジタル化プロジェクトチーム: GIGA スクール構想の実現について. https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm (2022), (参照: 2024/10/13) .
- [3] 文部科学省: 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) (2017).
- [4] 文部科学省: 小学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 (2017).
- [5] 文部科学省: 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) (2017).
- [6] 文部科学省: 中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説 (2017).

- [7] こども家庭庁: 令和 5 年度「青少年のインターネット利用環境実態調査」報告書. https://www.cfa.go.jp/policies/youth-kankyou/internet_research/results-etc/r05 (2024), (参照: 2024/10/13) .
- [8] Yu, J., Q. Vidal and S. Vincent-Lancrin: Digital teaching and learning resources, in OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/89dbce56-en> (2023), (参照: 2024/10/13) .
- [9] 下村岳人, 近藤裕: 見取図を読む力の育成に関する実証的研究－立方体の見取図から辺や角の大きさの関係を読み取る授業－. 奈良教育大学次世代教員養成センター研究紀要 **1**, 173–182 (2015).
- [10] 五十嵐彩香, 藤川洋平, 西村保三, 口分田政史: 小学校第 6 学年における 投影図の描画と読み取りに関する空間認知能力. 福井大学教育・人文社会系部門紀要 **6**, 211–236 (2022).

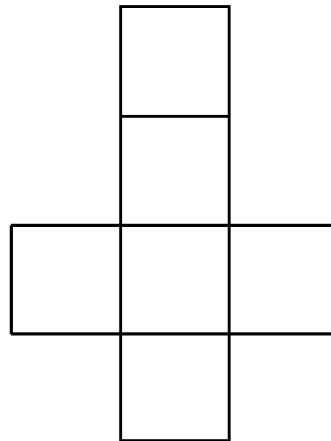
1. これは立方体の見取り図です。辺の数はいくつですか？

答え：_____



2. これは立方体の展開図です。辺の数はいくつですか？

答え：_____



3. これは立方体の投影図です。辺の数はいくつですか？

答え：_____

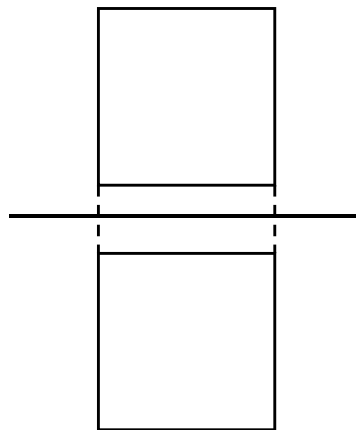
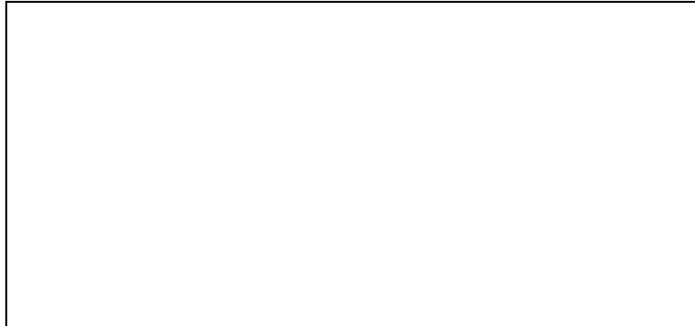


図 9: 図の認識の調査

1. 三角定規があります。その様子を描いてください。



2. 何ものっていないテーブルがあります。その様子を描いてください。



3. 三角定規がのっているテーブルがあります。その様子を描いてください。



図 10: 空間操作に関する調査