

フィジカル空間とデジタル空間の融合による 社会科教育の未来 ー3D地形データの活用による教材のDXー

濱田 英毅*¹ 高岡 麻美*² 平社 和也*³ 土田 翼*⁴ 斉藤 夏輝*⁵

<概要>3DプリンタやCNCミリングマシンで制作したプレーンな3D地形のもたらす教育効果を検討した結果、従来の教材(2Dの地図やGIS, 映像等の視聴覚教材)よりも探究的な学びを促し、身体的経験により認知を促進する可能性が明らかとなった。2Dに高さの次元が加わることで複眼的な鳥の目の視点が生まれ、高さの倍率を変更して地形をデフォルメすることで地形の特徴を捉えやすくなる。その結果、「社会的な見方・考え方」(分類・比較・関連づけ、時間軸や空間軸による整理等)による整理が容易となり、児童・生徒の探究活動で不可欠な自分自身の視点を獲得できるようになる。同時に、情報量の限られたプレーンな3D地形の活用には、それを教材とする教師自身の視点や背景知識、課題設定力が問われる。教師教育における3D地形の制作は、見方・考え方、視点の獲得を重視した新たな指導観(新たな教師像)の形成にも有益である。

<キーワード>Geographic Base Material (GBM), 教師教育, STEAM教育, 教材のDX

1. はじめに

国土地理院による2014(平成26)年の3D地形データの公開は、地理教育に新たな地平を拓いた。地球的な課題や持続可能な社会づくりに貢献できる人材の育成という現代地理教育の目標^{[1][2]}に対して、複数の地図情報を重ねて地理空間を視覚化する地理情報システム(GIS: Geographic Information System)は有効であった。GISを活用できる教師の育成には課題が残る^[3]とはいえ、いまやGISは地図と並ぶ地理教育の手段として一般化した。

一方で、3D地形(GBM: Geographic Base Material)の教育活用はあまり進んでいない。臼井他(2022)によれば、文部科学省の中学校教材整備指針に3Dプリンタが追加され、中学校の技術・家庭科、高等学校の美術科、情報科、工業科の学習指導要領解説に3Dプリンタの記載が登場^[4]した。しかし、中学校社会科や高等学校地理歴史科・公民科では記載がない。2014(平成26)年に、経済産業省が「初等教育において、簡易な3D-CAD, 3Dプリンタを導入し、早くから3次元でのものづくりに触れてものづくりへの関心を高めるとともに、立体認知能力の向上や3次元での創造性育成を図ることが必要である。またこの場合、教育者の指導も必要となる」^[5]との指摘していたが、社会科系教科

の反応は鈍い。その理由として、3Dプリンタの普及の遅れ、工学的な技術的障害や、それを越える際の心理的障害の存在、外注した場合の費用対効果の悪さ等が考えられるが、より本質的には社会科系教科にSTEAM教育の感覚が乏しいこと、複数の地図情報を重ねて比較考察できるGISに対し、3D地形(GBM)は実にシンプルで地形情報しか表現することができない。

しかし、実はこの点にこそ3D地形(GBM)の価値が隠されている。本稿では、3D地形(GBM)のシンプルでプレーンな地形情報が自然の第一原理を浮き彫りにし、自分なりの視点や「見方・考え方」を育くみ、課題発見力(アート思考)を鍛える点を明らかにする。また、身体的経験として知覚できるため、概念形成の基盤を形成する教材として有効である点、地域の探究学習で欠かせない「身近な地域を題材にした“使える教材”の開発」^[6]という課題に答え得る点、3D地形(GBM)の制作プロセスが教師の力量形成に重要であり、教師教育に最適な教材である点に言及したい。

2. プレーンでローコンテキストな地形情報の有する価値

(1) 探究学習における価値

3D地形(GBM)の造形方法として普及して

*1 Hamada, Hidetake: 玉川大学教育学部 e-mail= hamada.hidetake@edu.tamagawa.ac.jp

*2 Takaoka, Mami: 玉川大学教職大学院 e-mail= m.takaoka@lab.tamagawa.ac.jp

*3 Hirakoso, Kazunari: 玉川大学工学部 e-mail= hirakoso@eng.tamagawa.ac.jp

*4 Tsuchida, Tsubasa: 玉川大学教育学部 e-mail= tscht9de@stu.tamagawa.ac.jp

*5 Saito, Natsuki: 玉川大学教育学部 e-mail= situn9de@stu.tamagawa.ac.jp

いるのは、3Dプリンタ（熱溶解積層方式・光造形方式）とCNCミリングマシン（切削方式）である。その他、カラー印刷が可能なインクジェット方式等もあるが、普及レベルにあるとはいえないため、上記の造形方法で検討を進める。

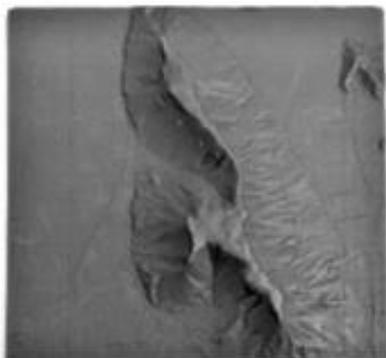


図1 3Dプリンタ（光造形）で造形した屋島

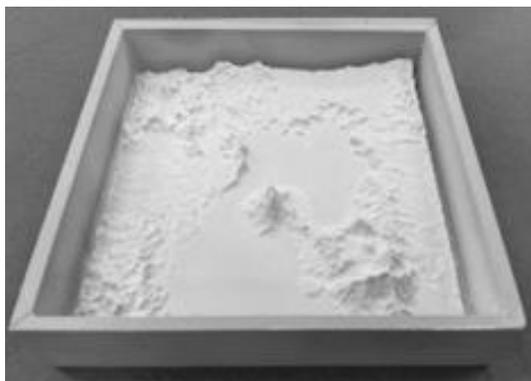


図2 CNCミリングマシンで造形した桜島

図1、図2で明らかなように、造形される3D地形（GBM）は実にシンプルな構造である。家や木といった地上の構造物を忠実に再現したジオラマとは対極の、プレーンな地形情報である。つまり、3D地形（GBM）は制作者の意図が地図の選択範囲や高さ方向の倍率加工以外に入らない、ローコンテキスト（low context）でほぼ生のデータ（raw data）といえる。

こうしたプレーンでローコンテキストという特徴を持つ3D地形（GBM）は、プロジェクトマップ핑との併用で活用を模索されていたが、近年、3D地形（GBM）そのものに積極的な価値を見出す研究も出てきた。川島他（2019）は、地域の地形や防災を考察する教材の要件として、「地域の地形を知るためには地域を俯瞰的に捉える巨視的な見方が必要であると共に、高層ビルやマンションなどの建築物に惑わされず、その地域の地形そのものの特徴を捉えさせる必要がある」と指摘⁷⁾する。これ

こそ、プレーンでローコンテキストな地形情報だからこそ可能な考察である。

たとえば図2の桜島の3D地形（GBM）では、錦江湾の奥部が海岸線ほど高いという特徴を見出すことができる。これは、明らかに自然の原理に反する現象である。水は高さから低きに流れ、山は時代とともに崩れ平坦に。海岸線は、内陸部より海岸部が低いのが通常である。つまり、プレーンな地形だからこそ余計な情報にとらわれず、自然の第一原理に気づきやすくなるのである。また、平坦な土地は本当に平坦で、起伏のある土地は実に起伏に富むさまが分かる。そうした土地の特徴を見て取るプロセスで、自然と分類や比較といった「社会的な見方・考え方」を働かせることになる。しかも、3D地形（GBM）はローコンテキストであるために、それは仕組まれた気づきではなく自ら得られた気づきといえる。探究学習に必要な課題発見力と自分なりの視点を持つこと（＝アート思考⁸⁾）が、プレーンでローコンテキストな3D地形（GBM）だからこそ生まれるのである。

本教材にコンテキストがあるとすればそれは、山内他（2019）の「事前に地形の見せ方や解説する点を明確に」⁹⁾という指摘と同一である。たとえば図2は、こうした地形の特徴を引き出すために、高さを5倍にデフォルメ（意図的な変形）している。リアリティを損なわない限りでデフォルメを加えることで、上記の気づきを生み出しやすくする工夫である。

また、2Dの地図から高さを読み取るには思考の負担がかかる一方で、高さがそのまま表現されている3D地形（GBM）は状況の把握が容易という点も注目に値する。この結果、本当に考察すべき4D（時間）に思考が向かうからである。土地の自然原理を観察しやすくなるため、そこに隠された自然の動態を想像しやすくなる。これこそ探究学習であろう。以上のように、自然原理への気づきを促す3D地形（GBM）の特徴は、社会科に実験という手段を加える可能性をも秘めている。

（2）身体的経験における価値

3D地形（GBM）の有するもう一つの価値は、3Dがリアルな造形であり、手で触れて確かめるという身体的経験と結びつく点である。古田・橋詰（2018）は、3Dの教材を提示するだけで児童・生徒の関心が高まり話し合い活動が活発になると指摘し、その理由を「3Dプリンタはテクノロジーであり、テクノロジーは文化だ

から」という点と、「実際に手に取って触ることで、図や写真、あるいは文章とは違った感覚情報が得られる」点にある^[10]とした。近年、認知科学で世界を理解し概念知識を構築するには身体的経験が必須^[11]とされており、GISにはない手に触れて感じ取るという3D地形(GBM)の価値は、いま一度見直されるべきであろう。

実際に手に取って触る(触察)という身体的経験としての知覚と認知の研究は、視覚障害教育の分野で進んでいる。国立特別支援教育総合研究所による3D地形(GBM)の特性と教育効果の整理^[12]をもとに、私見を加えたのが、次の一覧である。

表1 身体的経験面からの3D地形の価値

<ul style="list-style-type: none"> • 2D(地図)では想像するしかなかった高さを、3Dでは具体的に把握することができる • 3Dの立体として形状を把握できるため、具体的で確かなイメージを持つことができる • 3Dのため2Dや2.5D(2D内の3D)よりもリアリティがあり、直観的にイメージしやすくなる • 直観的にとらえることができるため、心理的な安定感を得やすい • 3Dのため触ることができ、肌触りや質感により収集できる情報量が増し、認知を深めることができる • あらゆる方面から観察できる自由度があり、鳥瞰して全体像を把握しやすくなる • 上記の具体的な把握が、概念形成の確かな土台となる
--

以上の点は、それこそ研究者や教育者の肌感覚として理解されてきたことであるが、今後、認知科学や脳科学等の他分野の知見により、科学的に証明していくことが求められる。

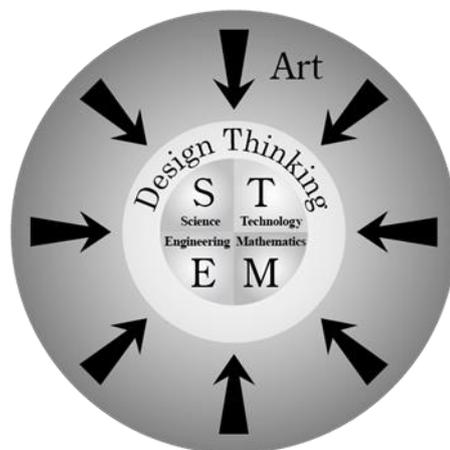
3. STEAM教育や教師教育における意義

探究学習に最適化された3D地形(GBM)を制作するには、地域に思いを致す力と、人に思いを致す力が必要である。どのような地形にすれば地形の特徴を浮き彫りにでき、子供たち自身が自然原理に気づくことができるだろうか。教師は、その地域を深く考察し、自らの視点や課題設定、そして背景知識を問い直すとともに、エンパシー能力を働かせて、子供たちの立場で

想像する必要がある。このように、探究学習に最適化された3D地形の制作は、教師自身の省察につながるだけでなく、自己の視点の獲得や見方・考え方を重視した新たな指導観(新たな教師像)の形成に有益である。また、教師自身がオーダーメイドで制作できるため、個別最適化された学習環境の実現にもつながるといえるよう。

以上の、教師が有効な3D地形(GBM)を制作するプロセスは、STEAM教育にデザイン思考を含めた下記の新モデル:濱田・平社モデル(HHモデル)で説明することができる。

人文学(Humanities)



© 2022 H.Hamada, K.Hirakoso

図3 濱田・平社モデル(HHモデル)

文部科学省の実践的指導力の定義^[13]で明らかのように、教師としての資質能力は、使命感や愛情、子供の成長・発達に関する深い理解だけでなく「教科等に関する専門的知識」や「広く豊かな教養」を含めたものである。専門的知識や教養的知識が必要である点は、十分に注意しておきたい。

3D地形(GBM)に限らず、教材制作の際の発想の種は、広範な人文学(Humanities)の地平に眠っている。日頃から意識して知識を摂取するような雑食性がなければ、発想の幅自体が限定されてしまう。ただし、知識があれば発想が生まれるわけではない。そこには、自分なりの視点(=アート思考)が必要となる。アートとはアートのコンテンツを指すのではなく、自分なりの視点(=アート思考)を意味する。自分なりの視点が定まっているからこそ、どのような教材を制作すべきか決まるのである。また、複数の視点があれば、様々な可能性を同時

に検討することが可能になる。

しかし、教材を制作するにはSTEMの専門性にアクセスする力が問われる。これこそがデザイン思考のプロセスである。共感(Empathize)、定義(Define)、概念化(Ideate)、試作(Prototype)、テスト(Test)の5段階で、発想の種を確かな根拠と結びつける。また、試行錯誤を積み重ねて、よりよい教材を模索する。このプロセスがなければ、決して教材の完成には結びつかないのである。

注目したいのは、STEMという専門性へのアクセスは独力でする必要がなく、外部の専門家とつながることで乗り越えればよい点である。学習指導要領の「社会に開かれた教育課程」とは、まさにこのことであろう。また、このように外部の専門家とつながるさまを子供たちに見せること自体が、教育で重要ともいえる。それは、いわば教師が教材化した姿である。以上のように、濱田・平社モデルによるSTEAM教育の実践は、深い教材研究という以上に、教師教育として重要な要素を含む。

4. 結論

複合的な考察が可能なGISとは対比的に、プレーンでローコンテキストな3D地形(GBM)は自然の第一原理に気づきやすく、自分なりの視点(アート思考)や課題発見力とを磨く上で最適な探究学習の教材である。自然原理を把握しやすいため、社会科教育に実験を取り入れることも期待できる。また、3Dである特性は地図やGISにない優位性があり、概念知識を構築するために欠かせない身体的経験の学びとして、3D地形(GBM)の価値を見直すべきである。

さらに、3D地形(GBM)の制作プロセスは、教師にとって省察の機会でもある。教師自身の視点や知識、課題設定力の問い直しにつながり、見方・考え方、自分なりの視点の獲得を重視した新たな指導観(新たな教師像)の形成にも有益である。

誰でもオーダーメイドで制作可能な3D地形(GBM)は、社会科教育におけるフィジカル空間とデジタル空間の新たなバランスを形成し、探究学習に革新をもたらす。デジタル技術が従来の教育、ならびに教師教育の枠組みを変える点で、まさしく教材のDXと評価できる。

参考文献

[1] 井田仁康 他 (2022), 2021年春季学術大会シンポジウム 新しい地理教育のスタ

ートにむけて, E-journal GEO, Vol.16(1), pp.197-200

- [2] 金玆辰 (2012), 地理教育解説記事 地理教育の世界的動向:カリキュラム分析を通して, E-journal GEO, Vol.7(1), pp.82-89
- [3] 宇根寛 他 (2021), 2021年秋季学術シンポジウム 新たな高等学校地理教育体系における高大接続を考える, E-journal GEO, Vol.16(1), pp.348-351
- [4] 臼井明子・登本洋子 (2022), 学習指導要領解説における3Dプリンタの取扱いと記載内容の整理, 日本教育工学会研究報告集, Vol.2022(1), pp.143-146
- [5] 新ものづくり研究会報告書 3Dプリンタが生み出す付加価値と2つのものづくり〜「データ統合力」と「ものづくりネットワーク」〜, 経済産業省, 2014年2月, p.69
- [6] 片桐寛英 (2022), 新しい地理教育への期待と課題, 前出:井田仁康 等 (2022), 2021年春季学術大会シンポジウム 新しい地理教育のスタートにむけて, E-journal GEO, Vol.16(1), pp.198
- [7] 川島紀子・内藤理恵・大崎章弘・千葉和義 (2019), 3Dプリンタを活用した教材を用いて地域の地形や防災について考えを深める授業実践, 日本科学教育学会研究報告, Vol.34(3), pp.269-274
- [8] 末永幸歩, 「自分だけの答え」が見つかる13歳からのアート思考, ダイヤモンド社, 2020年
- [9] 山内啓之・小口高・早川裕弐・小倉拓郎・浅野悟史 (2019), 3Dプリントによる地形模型の教育的活用, 日本地理学会発表要旨集 2019a (0), 日本地理学会, p.73
- [10] 古田貴久・橋詰倫典 (2019), 3Dプリンタの文化的位置づけと授業者にとっての利便性について, 群馬大学教育学部紀要芸術・技術・体育・生活科学編, Vol.54, pp.55-59
- [11] レベッカ・フィンチャー-キーファー, 知識は身体からできている 身体化された認知の心理学, 新曜社, 2011年
- [12] 共同研究 3D造形装置による視覚障害教育用立体教材の評価に関する実際研究 (平成25年度~26年度) 研究成果報告書, 独立行政法人国立特別支援教育総合研究所, 2015年3月
- [13] 文部科学省初等中等教育局教職員課, 魅力ある教員を求めて, 文部科学省