

研究課題	空間認識能力の育成を目指す効果的な ICT の利活用について
副題	～ 3Dアプリと 3Dプリンタの活用を通して～
キーワード	空間認識能力の育成／デジタル表現力の育成／ものづくり／3Dプリンタ
学校/団体 名	山武市立日向小学校
所在地	〒289-1212 千葉県山武市木原 2370
ホームページ	http://www2.sammu.ed.jp/hyuga/

1. 研究の背景

本校は、市が推進する ICT 教育のパイロット校的な役割を担い、ICT 環境面では、全普通教室前面に電子黒板を設置するなど、インフラを整備するとともに、ICT を有効活用する授業の研究に取り組んでいる。

本研究では、近年、サイバー空間上での交流（メタバース）の到来が予想されていることから、『空間認識能力』の育成が必要不可欠であると考え、3Dアプリによるデザインの学習と設計したモデルを3Dプリンタで出力するといった一連の学習活動に取り組んでいる。幼少期の発想力・創造力を育むための取組みとして、プログラミングと3Dプリンタによる「ものづくり」を教育に取り入れる海外の例が増えてきていることから、STEAM教育の Art（図画工作や音楽）部門の指導の一つとして、ICT を活用した創作活動を研究することとした。現在の学校教育では、2次元（平面）の学習が多く、自分が想像したイメージやアイディアを3次元（立体）で設計し、表現する機会が極めて少ないことも学習に取り入れた理由の一つである。

3Dプリンタによる「ものづくり」の活動は、仮想空間（バーチャル）と現実（リアル）をオーバーラップさせ、2次元的思考から3次元的思考への発達段階の学習として、位置づけていきたいと考える。

2. 研究の目的

ICT を活用した創作活動の中で、子どもたちの発想力・想像力や空間認識能力を育んでいく。自分のアイディア・発想を、パソコン画面上で再現・創作していく過程でデジタル表現力を育み、次の段階として、実際に3Dプリンタで出力して作品づくりに取り組む。パソコン画面上で作成したモデルと3Dプリンタで出力した作品を比較する一連の学習を通して、仮想空間でのモデルと実物との差を捉えさせたい。サイバー空間上での創造物と実物との差を捉えて、実用的か効率的かつ役に立つか等を様々な角度から考え、子どもたちの『デジタル表現力』と『空間認識能力』を育んでいきたい。

3. 研究の経過

（1）発想力・表現力を育む段階的な学び（バーチャルからリアルへの一連の学び）

表1は、ICT活用をする際の段階的な授業の流れを示している。初期段階では、アナログとデジタルの良い面を生かしたハイブリッド型授業（①と②）を実践した。プログラミング学習では、当初、パソコン画面上でキャラクターを動かすことに、子どもたちは興味を示したが、慣れてくると興味が薄れてくることに、気づく教師が出てきた。そこで、次の段階として、センサーを使ったフィジカル（体験型）プログラミングの学習に進むと、子どもたちの興味・関心は、高

まり、意欲的に学習した。各種センサー（光・温度・加速度・人感等）を活用して、生活に生かすための様々なプログラムを作る学習は、アイディアや発想の自由度が増え、問題解決能力に加えて、問題発見能力の育成もできる可能性があると考ええる。

さらに、自分の発想やアイディアをパソコン上で「見える化」し、3Dプリンタで実物を出力するという一連の流れの学習へと発展させていき、子どもたちの『デジタル表現力』と『空間認識能力』を段階的に育んでいきたい。

【表1 プログラミング学習からものづくりへの学習段階と実践】

学習段階	プログラミングの類型／※留意点	実践例
①アナログ	アンブラグド型プログラミング ※文字や図でイメージする難しさ	絵本「ルビィのぼうけん」 付箋紙を使ったプログラミング
②デジタル	ビジュアル型（2次元）プログラミング ※楽しさは一時的なもので、飽きてしまう	ビスケッ、スクラッチ
③フィジカル （体験型）	フィジカル型（3次元）プログラミング ※デバイスの接続、使用法の説明が必要	センサー付きデバイス micro:bit
④ものづくり （本研究）	統合型（3Dデザイン～出力）の学び ※3Dプリンタ、スライサーソフト等が必要	ペイント3D 3Dプリンタ「ものづくり」

①アナログの学習：手軽に学習できるが、思考・アイディアを外化（見える化）する難しさがある。思考を文章で表現することは、語彙の少ない小学生にとって非常に難易度は高い。また、アナログ的な表現力の個人（技能）差がでてしまい、本来の思考力の育成というねらいから、逸れてしまう可能性がある。

②デジタルの学習：パソコンの画面上で、キャラクターを動かす楽しさはあるが、目的が明確でないと飽きてしまうことがある。プログラミングの知識を活用し、それを生かすための場の設定が必要である。

③フィジカル（体験型）学習：センサー付きデバイスの活用（リアルな体験）で、様々な利用場面を考えることができ、個人のアイディアを生かす学習ができる。

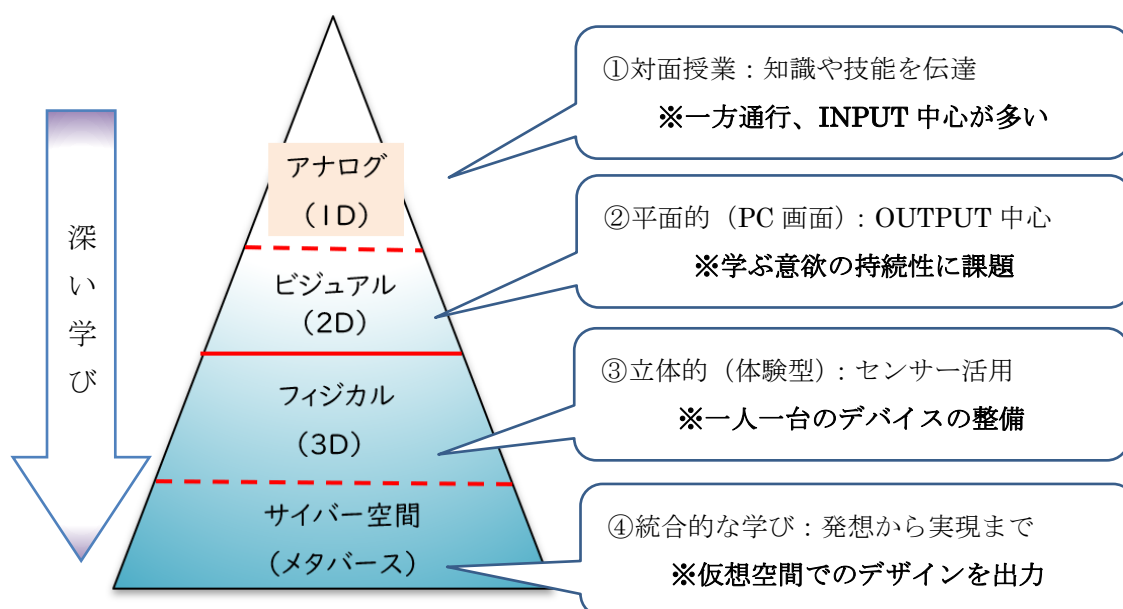
センサーによる外部からの信号に対して、その処理を行うプログラムを作成して、試行錯誤を繰り返す体験は、様々な問題発見と問題解決を学ぶ機会となった。デバイスは、安価な micro:bit を活用し、一人一台ずつ操作した。

④「ものづくり」学習：3Dビルダーを活用し、バーチャル（仮想空間）でモデルを制作した。作成した3Dデータは、スライサーアプリを活用し、3Dプリンタに読み込ませるためにデータ変換してから、3Dプリンタで出力した。

児童は、作品のアイディアを「見える化」（ペイント3Dでデザイン）し、さらに3Dプリンタで実物を出力するといった一連の学びを体験することができる。バーチャルのモデルとリアル（現実）の作品との違い（大きさや形状等のイメージとの差）を比較・融合をする体験ができることから、「空間認識能力」を育む有効な学びとすることができると考える。

（２）「空間認識能力」を育成するための段階的な学び

子どもたちの「空間認識能力」を育成するために、図１のような学習段階を考え、平面的な学びから立体的な学び、さらにはサイバー空間と現実との融合を目指した、統合的な学習を進めることとした。



【図１ いろいろな学習環境（ツール）での学び（※課題点）】

- （１）アナログの学習（従来の教科書・ノートを使った学習）
- （２）ビジュアル的な学習（パソコン画面上で、音や動きをプログラミングする学習）
- （３）フィジカル的な学習（外界からの刺激に対応した処理を考える体験型の学習）
- （４）サイバー空間と現実を融合した学習（３Ｄアプリのモデルと３Ｄプリンタで出力した創作物を比較し、新たな課題を考える学習）

本研究では、ビジュアル（２Ｄ～３Ｄ画面上でデザインしたモデル）とフィジカル（３Ｄプリンタで実際に出力した作品）を比較・連携し、子どもたちの創造力・空間認識能力・情報活用能力を効果的に育てていくことを目指している。

４．代表的な実践

３Ｄ画像作成アプリ（ペイント３Ｄ）による３Ｄモデルの作成、MR（複合現実）の映像作成等を学び、３Ｄプリンタによる「ものづくり」へと段階的に学習を進める。（表２）

【表２ ３Ｄプリンタによる「ものづくり」までの具体的な実践の流れ ３年生２８名】

	学習段階	学習内容・学習活動	使用したアプリ
1	ビジュアル（２Ｄ）	平面でのお絵描き	ペイント
2	ビジュアル（３Ｄ）	立体図形の作成、立体物のモデルの作成	ペイント３Ｄ
3	ビジュアル（MR）	MR（Mixedreality：VRとARを合成）体験	ペイント３Ｄ
4	ものづくり	ネームプレート制作	３Ｄビルダー
5	ものづくり	トロフィー制作	３Ｄビルダー
6	まとめ	デジタル ポートフォリオ 作成	OneNote

(1) ペイントによる2Dお絵描きの体験

自分のアイディアや発想を自由に表現し、「見える化」することに慣れていくために、ペイントソフトによるお絵描きを体験する。ここでは、上手に描く技術の指導に拘ることではなく、自由な表現活動の中で、発想力・創造力を育んでいくことを学習の目的とした。

(2) 3Dお絵描きの体験

ペイント3Dは操作も簡単で、CAD（図面作成ソフト）的な活用もでき、3Dプリンタのデータ作成にも対応している。3次元（縦・横・高さ）的な表現の段階になると、立体空間での位置や配置などを把握するための空間認識の難易度がかなり上がるが、それ以上に、立体物づくりの楽しさや面白さが加わるようになる。

(3) MR（Mixedreality）の体験

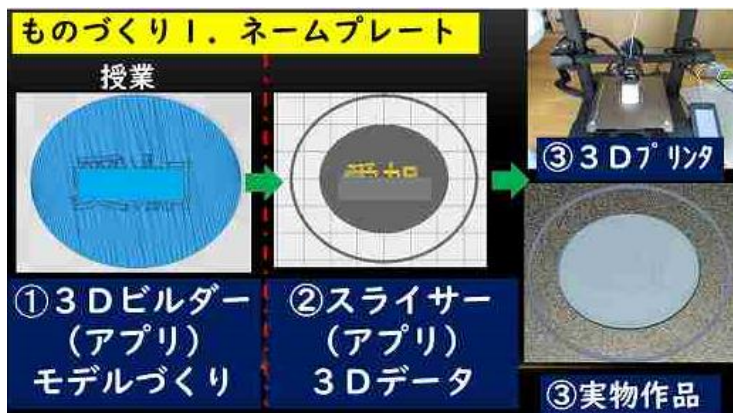
3DペイントのMR（Mixedreality）という機能で、自分の作成した3Dモデルと現実を組み合わせ、映像にするバーチャル体験を学んだ。パソコンのカメラ機能を使うと、自分の作成した3D作品と現実とを重ね合わせる（Mixedreality）ことが可能となる。



作成した3Dモデルは、大きさ・向き・位置などを画面上で自由に変更でき、映像・動画データとして記録することもできる。子どもたちは、3Dペイントで作成した3Dモデルを、容易に現実と重ね合わせ、MR（複合現実）体験を大いに楽しむことができた。

(4) ネームプレートの制作

3Dプリンタによる「ものづくり」では、①3Dアプリでのモデル制作⇒②スライサーアプリによるデータ変換⇒③3Dプリンタによる出力という三段階の工程を経る必要がある。授業では時間の制約もあるため、児童は①3Dアプリでのモデル制作のみに取り組み、教師やICT支援員が②スライサーアプリによるデータ変換と③3Dプリンタによる出力の工程を担当した。特に③3Dプリンタによる出力では、ネームプレート（縦横5cm以内、厚さ2mm）の作成時間が、1個30分～40分程度かかるため、3Dプリンタで作成する様子を見学した。



【図3 3Dプリンタでの制作工程】

【ネームプレートの制作工程】

①3Dアプリでのモデル制作

3Dビルダーを活用し、いろいろな形（丸型や角型）のプレート（縦横5cm程度、厚さ2mm）を土台として、その表面に自分の名前をエンボス加工する。データ形式は3mfとして保存する。

②スライサーアプリでのデータ変換と③3Dプリンタによる出力については、工程時間の関係

で、教師とICT支援員で担当した。子どもたちの作成した3Dデータを、スライサーソフトを使って3Dプリンタ用にデータ変換（3mf→g-code）し、最後に3Dプリンタで出力をする。この作業工程では、作品一つ当たりの3Dプリンタ制作時間が、30分～40分程度かかった。

（5）ミニトロフィーの制作

次の制作課題として、家の人への感謝の気持ちをミニトロフィーで表現し、プレゼントするという活動に取り組んだ。ネームプレート作成と同様の工程となるが、3つの部品（トロフィーキ



【図4 トロフィーのモデル制作 右側写真は失敗例】

ットとして用意されている部品の土台・柱・最上部）を組み合わせるため、難易度が高くなる。

パソコン画面上で、部品を自由に変えたり、部品の大きさや組合せ等を変更したりすることは容易なので、数多くの試行錯誤を繰り返す体験ができ、ほとんどの児童が完成できた。

土台の側面部分には、感謝の気持ち

5. 研究の成果

「ネームプレートづくり」第1回目の授業は、3年生の児童が、3Dビルダーを使ってプレートの作成に取り組んだ。さらに、プレートの上に、自分の名前を加工するまでの工程は、ほとんどの児童が理解でき、3Dモデルづくりに成功した。名前をエンボス加工（凸面の高さ調整）する操作がやや複雑で難しかった様子であるが、1時間の授業で「ネームプレートづくり」まで熱心に取り組み、完全なデータとして完成した児童は、下記のとおり約半数であった。その後の授業で、エンボス（凸面の高さ）を調整し、全員が作品を完成させている。第1回目の授業では、

- （1）プレートづくりと名前を加工することができた児童 26名（28名中）
- （2）エンボス（凸面の高さ）加工の調整が必要だった児童 12名（28名中）

【表3 ネームプレートの制作工程記録一覧 ①3Dデータ→②gcodeデータ→③実物】

番号	完成	①3Dビルダー (モデル作成)	②スライサー (データ変換)	③3Dプリンターで 出力した作品	コメント	楽し かった5	授業難し かった5	3Dビル ダー難し かった
3108	再チャ レンジ				文字が印刷されませんでした。たぶん文字の高さ(Z方向)が低いので、印刷されなかったと思われます。エンボス機能を調整し、高さ2mmで、再挑戦してみてください。	5	1	1
3117	◎				◎ 字の大きさ、バランスともに、Good! エンボスもうまくできています。	5	1	3

3Dプリンタでの作品づくりの体験は、多くの児童がとても楽しかったと感じている。また、

授業の難易度と3Dビルダーの操作についても、難しいと感じている児童は1割程度であった。特に操作がたいへんだったと感じた点は、3D（縦横高さ）調整と文字位置調整といった空間認識能力が必要とされる場面であった。データ保存については、提出用のフォルダを指定したため、3年生の児童にとって、保存場所の特定が難しかったようである。

次に、今までの知識・技能を活用し、ミニトロフィーの制作に挑戦した。児童は、意欲的かつ楽しく取り組み、全員が作品を完成させることができた。

【表4 「ものづくり」授業後のアンケート結果】

3年生28名	とても 当てはまる	やや 当てはまる	どちらでも ない	あまり当て はまらない	全く当て はまらない
1. 授業は楽しかった	25	1	0	1	1
2. 授業内容は難しかった	0	3	11	6	8
3. 3Dビルダーの使い方は難しかった	1	3	10	7	7
難しかった点 ①3D（縦横高さ）調整15名、 ②データ保存13名、 ③文字位置調整9名					

6. 今後の課題・展望

3Dプリンタによる「ものづくり」は、大小の単純な形（球形・直方体・角柱・角錐等）の立体物を組み合わせることにより、様々な造形物を制作していくことができる。試行錯誤を繰り返す過程で、偶然、意図していなかったが面白い作品ができ上るという体験もできる。自分の考えたデザインと実際の作品を比較したとき、想定外のいろいろな課題を発見することができ、問題発見能力や問題解決能力を育む良い教材となることもわかった。

今回は、時間的にデジタルポートフォリオを作成し、プレゼンに应用するまでに至らなかった。今後は、作成過程のデータをデジタルノートに記録して、思考の変化する様子を客観的に捉えて、メタ認知と結びつけていきたい。

データ記録には、Classnotebook（またはOnenote）を活用し、制作工程の画像を時系列で保存し、メモ等と一緒に記録を蓄積していく。Teamsを活用し、クラウド経由で教師からのアドバイスや友だちからの意見交換などの交流を活発にして、協働学習へと発展させていきたい。さらに、児童一人一人が、デジタルポートフォリオを完成させ、プレゼンテーションやデジタル展覧会での発表資料として活用していくことを、次の研究のテーマとしていきたい。

7. おわりに

今後は、3Dデザインを考えるときに、実用性やエコ・リサイクルなどの環境問題（SDGs）と関連付けて、設計のコンセプトを考え、出来上がった作品の有効性をプレゼンしていく活動を展開していきたい。

最後に、Panasonic 教育財団の実践研究助成において委員の皆様から助言や機材を準備する上でのご支援を頂いたことに感謝の意を述べ、本報告書の末尾とする。