

Ⅵ 総合考察および結論

1. 総合考察

本研究は、3Dプリンターの活用による、触覚の活用を前提とした視覚障害教育用触察立体教材の造形の在り方を検討するために、千葉工業大学工学部と当研究所が平成25年度及び平成26年度に、共同研究「3D造形装置による視覚障害教育用触察立体教材の評価に関する実際的研究」として実施したものである。

本研究では、触覚活用を前提とした視覚障害教育用触察立体教材という観点から、現在市販されている普及タイプの3Dプリンターで出力した造形物について、その触覚活用面から客観的な評価を行い、3Dプリンターによる立体教材に関して、触覚活用を前提とした教材としての活用の可能性や課題点を明らかにすること、またそのことを通して、実際の教材作成に当たっての配慮すべき点や工夫が望まれる点などを提案するとともに、3Dプリンターによる造形物の作製手順に関して教員向けにわかりやすいガイドブックを開発することを目的として取り組んだ。

これらの目的を達成するための、以下のような方法で研究を遂行し、報告書はこの枠組みに沿って取りまとめた。

(1) 研究の前提として、視覚障害教育用の触察立体教材の意義と活用方法について知見をまとめる。

(2) 3Dプリンターを用いて視覚障害教育用の触察立体教材を作成する手順と作製プロセスでの留意点や工夫すべき点について整理する。

(3) 普及型の3Dプリンターによって視覚障害用の触察立体教材を試作することを通して、その作成方法や作成及び活用上の留意点等についてまとめる。

(4) 現在入手可能なFDM方式の普及型3Dプリンターを用いて出力した造形物の面、線、点等の基本的な形状に関して、触覚的な判別のしやすさについて検証する。

(5) 以上の知見や検証結果などを踏まえて、3Dプリンターによる造形物の作製手順に関して教員向けのわかりやすいガイドブックを作成する。

第Ⅰ章では、本研究の背景、目的、方法及び本報告書の構成について述べた。

第Ⅱ章では、視覚障害教育における立体（3次元）教材の意義について述べた。これは、方法の（1）に対応している。視覚障害がある当事者のグッドプラクティスを例示することにより、触察用立体教材は視覚障害教育において大変重要な教材であり、積極的に活用していく意義があること、触察用立体教材の作成や利用に際しては、触覚活用の特性を考慮する必要があること、触察力が向上してくると、触覚活用により豊かな情報を取得することができるようになるが、それは日々の経験の積み重ねの結果であり、視覚障害教育においては触察活用の向上を目指した指導法や指導内容の工夫が必要であり、また積極的に触覚を活用する環境を整えることも大切になってくることなどを具体的に明示した。

第Ⅲ章は、研究方法の（２）に対応しており、視覚障害教育用触察立体教材の開発を前提として３Ｄ造形法について概説した上で、これから学校教育現場に普及していくと思われるＦＤＭ方式による３Ｄプリンターの特性と活用上の配慮点について詳説した。具体的には、ＦＤＭ方式のプリンターは、簡便に３Ｄ造形できる装置であるが、造形精度や造形サイズなどに制約がある事、触覚教材としての使用に耐えうる造形をするためには、データの作成から吟味しなければならないこと、またできるだけ触察において違和感を生じさせない造形上の工夫点などについて述べた。

第Ⅳ章は、実際に３Ｄプリンターを使って視覚障害教育用立体触覚教材を試作し、具体的な教材の作成方法及び作成上の工夫点や留意点を紹介した。全般的な配慮事項として、その教材の目的に対応して、必要な情報が取得できるように、教材の大きさ、複雑な形状等に対して配慮しなければならないこと、触覚の解像度は視覚に比較して低いので、細部の情報を取る必要がある場合はより大きなものにする必要があること、複雑な形状のものについて、その細部の情報が不要な場合はより単純化して造形すること、立体物の場合は水平方向の大きさや複雑さだけではなく、高さ方向の大きさや複雑さについても配慮する必要があること、立体物の触察の仕方に対応した教材を作成する必要があること、複数の事物の大きさを比較する場合は、同じ拡大率をとる必要があること、などを示した。

また、インターネット上から取得できる３Ｄデータについては、一般に晴眼者の利用を前提とするものであるため、立体にしたからと言って必ずしも触覚教材として適当ではないと思われるものや３Ｄデータとして不備なものも含まれており、吟味が必要であることについても述べた。

３Ｄ教材として、より細部の情報を提供する必要がある場合は、元の立体形状を示しつつ、目的とする細部を含む部分を抜き出し、その部分を拡大して示すことが有効な場合があること、すべてが同一の大きさで示すことができない場合は、いくつかのグループに分けて、それぞれに基準を設けて、間接的に大小を比較する方法が有効であることも示した。

複雑な形状の教材については、触覚的に分かりやすいより単純化した教材で概要を理解した上で、複雑な形状の認知へと発展させていくこと、その場合、教材の拡大も合わせて考慮することなどについても具体例を挙げて示した。

平面的な触図と立体物では、触察の仕方が異なっているところがある。触図では平面上に手指を動かして情報を取得するが、立体的な形状では、手指で包む、指でつまむ、指で挟む等の手指の使い方や凹凸のある場合は、隙間や窪みに指先を入れて観察するということもある。教材の形状から、様々な手指の使い方を想定してできるだけ豊かな触察ができるように配慮することの重要性についても述べた。

以上から、本研究の目的（２）及び（３）について取り組むことができたのではないかと考えている。

第Ⅴ章は、方法の（４）に対応しており、研究目的の（１）に関わる内容である。さまざまな３Ｄプリンターが市販されるようになってきているが、造形精度や造形物の表

面の触感などが、機種によって異なっており、触覚教材を作成するという観点からは、各プリンターの特性を十分に理解して選定する必要がある事を実験的な手法で示した。

限られた機種であるが、同一の3D サンプルデータを用いて、造形作業を行い、出力した試験教材を実際に視覚障害児童に触察してもらい、造形物の立体的形状のとらえやすさ、触り心地などについて確認した。わずか3種類の機種と2種類の材料での比較であったが、触覚活用に耐えられる造形ができる機種と推奨するには至らない機種がある事が認められた。これらの結果を踏まえて、学校等への機器の導入に当たっての留意点をまとめた。本研究では、3D プリンターの優劣をつけることを目的とするものではない。触察用立体教材を作成するという観点から、触察上違和感がなく、また事後の仕上げ作業の手間もかからない造形ができるプリンターが望ましい。こうした観点から同一のデータを使って出力した場合の機種間の異同について検証を行った。限られた研究期間であったこともあり、多くの機種について比較検討できなかった点が反省点として挙げられるが、限られた機種であっても、造形の状態が異なることを明確に示すことができたことは、今後の機種導入に役立たせることができるものと思われる。

第Ⅱ章から第Ⅴ章までの内容を整理して、視覚障害教育に携わる教員向けの「視覚障害教育用触察立体教材作成のための3D プリンター活用ガイドブック」を別冊としてまとめた。これは、研究方法の(4)に対応し、研究目的の(4)に掲げたものである。

本ガイドブックでは、触察用立体教材を作成するという点に焦点をあて、視覚障害教育に携わる教職員を主な対象として、基本的な内容を平明に記した。一般的な3D プリンターの使い方を解説することを目的としていないため、3D プリンターや3D スキャナーの使用法については、詳説しなかった。3D プリンターを利用するに当たっては、3D データの用意が不可欠である。データの入手方法としては、3D CAD ソフトや3D CG ソフトの利用による自作、3D スキャナーからの取得、インターネット等から完成したデータの取得が主なものである。研究計画では、3D スキャナーの活用を掲げていたが、ガイドブックでは、データの自作やインターネットからのデータ活用についても基本的事項を紹介した。

今後、視覚障害教育の分野で3D プリンターを活用した教材作成が普及してくることが予想される。できるだけ適切な教材を作成し、活用してもらうために本ガイドブックが活用されることを望んでいる。

2. 結論

(1) 検証した機種は限定的であったが、触覚活用を前提とした視覚障害教育用触察立体教材という観点から、普及タイプのFDM方式3D プリンターで出力した造形物について、その触覚活用面から客観的な評価を行う手法を示し、造形の基礎として、面、線、点の造形状態から触察教材としての適否に関する基本的な情報が得られることを確認できた。

(2) 3D プリンターによる触察立体教材の造形に関して、高精度の造形が期待できないFDM方式の3D プリンターによる造形でも適切な機種を選択すれば、触覚活用を前

提とした教材としての活用が可能であることが認められた。今後さらに、さまざまな機種について形状やサイズの異なる教材を造形し、丁寧な検証を行っていく必要がある。

（３）実際に教材を造形することを通して、触察立体教材を、３Ｄプリンターを用いて作成するにあたっての基本的な工夫点や課題点を示すこともできた。学校現場では、対象の児童生徒のニーズや教科等の特性等が多様であることを考えると、今後、それに対応して、触察立体教材作成に当たっての配慮点や工夫点について、さらに検討する必要があると思われる。

（４）３Ｄプリンターによる造形物の作製手順に関して教員向けにわかりやすいガイドブックを開発するという目的は達成することができたと考える。しかしながら、現場の教員がより利用しやすくするためには、実例をより多く示すとともに、具体的な活用事例も示していく必要があると思われる。