

早稲田大学審査学位論文

博士（人間科学）

概要書

テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムの
開発と学習効果の検討

Development of a Table-top Microscope
Image Presentation System and Examination
of the Learning Effects

2023年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

森田 和行

MORITA, Kazuyuki

研究指導担当教員： 森田 裕介 教授

テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムの開発と学習効果の検討

Development of a Table-top Microscope Image Presentation System and Examination of the Learning Effects

森田 和行 (MORITA, Kazuyuki) 指導：森田 裕介

本論文は、小学校理科で行われている水中微生物の顕微鏡観察に関する問題を解決するために、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを開発した。そして、小学生を対象として実践授業を行い、システムの有用性を評価した。本論文は全7章で構成される。

第1章では、教育現場を取り巻く環境や光学顕微鏡を用いた水中微生物の観察に関する問題を整理した。水中微生物の観察には、従来、光学顕微鏡が用いられてきた。しかし、1台の光学顕微鏡を複数人が交代で観察する方法では、児童が観察した場面をリアルタイムで他の児童や教師に伝えたり、複数人で同じ対象をスケッチしたり、グループで話し合ったり協調的に学習することは困難である。また、動く水中微生物の探索やピント合わせが難しく、教師が観察して欲しいポイントをタイムリーに児童に指し示すことができない、児童が微生物のどこをみているのかを教師が把握できないという問題がある。これらの問題を解決するための先行研究を整理し本論文の研究目的を示した。

第2章(研究1)では、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムの試作機を作製し、大学生による試作機の評価を行った。その結果、試作機は、従来の光学顕微鏡を用いた顕微鏡観察と比較して、操作性や児童らの興味・関心において有用である可能性が示唆された。課題は、タッチ時の操作性改善(反応の速度向上)と実践授業で用いるテーブルトップ型顕微鏡画像提示システムの開発、そして、小学生を対象とした実践授業におけるシステムの有用性を評価することであった。

第3章(研究2)では、第2章(研究1)における試作機の評価結果で不十分であった機能を改良し、授業実践用のテーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを開発した。テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムは、赤外線によるFTIR方式(Frustrated Total Internal Reflection)を採用し、マルチタッチスクリーンとデジタル顕微鏡を組み合わせた装置である。マルチタッチスクリーンは、赤外線LEDをアクリル板の側面に取り付けたタッチパネル、WEBカメラを改造した赤外線カメラで構成されている。マルチタッチスクリーンの大きさは、児童らの活動および設置場所(理科室)を考慮し、横650mm、縦560mmとしている。デジタル顕微鏡は、アクリル板を加工したタッチパ

ネルの下方から、対物レンズがタッチ面に接するように取り付けている。これによりシャーレやスライドガラス等をタッチパネルに置くだけで観察が可能である。また、タッチパネルに映し出された顕微鏡の動画を撮影し保存することができる。さらに保存した動画を複数人が同時に操作(移動、拡大縮小、回転)できるマルチタッチ機能を有している。児童らは、システムの周りを取り囲み、立ち形でマルチタッチスクリーンに映し出された水中微生物を観察する。

テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いて、小学生を対象とした授業実践においてシステムの有用性を評価した。その結果、光学顕微鏡を用いた授業に比べ、「理解」、「操作性」、「活動」において、有用性が高いことが示唆された。また、システムの機能は、「観察」、「意欲・関心」、「操作性」において、水中微生物の観察に効果的であることが示唆された。課題は、機能では、ピント合わせの操作性を高める改良を行い、授業実践による「学習効果」の検証及び観察模様を記録したビデオ映像から「観察活動の詳細な分析」を行うことであった。

第4章(研究3)では、第3章(研究2)の結果を踏まえて、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムの改良を行い、改良したテーブルトップ型顕微鏡画像提示システムと光学顕微鏡による水中微生物の観察授業を設計し実践した。そして、テストによる「学習効果」の分析、質問紙調査による「授業評価」及び「システムの操作性に関する評価」を実施した。また、観察場面を記録したビデオ映像から発話や指差し行為に着目して「観察活動の詳細な分析」を行った。その結果、以下の知見を得た。

まず、学習効果及び授業の評価に関して、テストによる客観評価では、「学習方法」において、「授業前後」に有意な差があった。結果から、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた授業は、光学顕微鏡を用いた授業と比較して学習効果(理解度)を向上させることが明らかになった。授業に関する質問紙調査では、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた授業は、光学顕微鏡を用いた授業と比較して、操作性(ピント合わせ、探索)、活動(観察、話し合い)において有用であることが明らかになった。次に、観察活動の詳細な分析に関して、「観察箇

所に関する質問紙調査」では、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた観察は、光学顕微鏡を用いた観察と比較して、児童らが自ら気づき、水中微生物の器官（臓器）をより詳細に観察したことが明らかになった。続いて、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムによる観察時の「指差し」に関するビデオ分析では、複数の児童らが画面を指差したり、移動する微生物を追跡したりする行為が確認された。指差し行為により、児童らが実際に水中微生物を確認（観察）していることが明らかになった。さらに、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムによる観察時の「発話」に関するビデオ分析では、児童同士の対話による学びや児童による観察時の役割分担など、児童らは主体的な活動をしていたことが明らかになった。そして、児童らが観察した水中微生物の分析では、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた観察は、従来の光学顕微鏡を用いた観察と比較して、ミジンコのような動きのある水中微生物を主に対象に、体の動きやつくり、採餌の様子などの詳細な観察をしていたことが明らかになった。研究3の結果をまとめると、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた授業は、従来の光学顕微鏡を用いた授業と比較して、児童の発展的な学習を促し、水中微生物に関する学習効果（理解度）を高めることが示された。テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムによる観察活動と光学顕微鏡による観察活動のプロセスの違いが、児童らの水中微生物の学習効果（理解度）の差になったと考えられる。一方、学習指導要領では、「水中の小さな生物を観察する際には、顕微鏡などの観察器具を適切に操作できるように指導する」としている。このことから、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムは、光学顕微鏡の代替としての運用ではなく、光学顕微鏡と併用（補完）した使い方になると想定される。課題は、水中微生物の観察において、光学顕微鏡を用いた授業（光学顕微鏡の操作修得を含む）とテーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた授業における学習過程を考慮した効果的な授業デザインを検討することであった。

第5章（研究4）では、小学生を対象に、従来の光学顕微鏡とテーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いて水中微生物を観察する実践授業を行った。そして、観察時における児童や教師の発話と行動を分析し比較した。また、児童らの協同作業に対する意識（学習者特性）に着目してシステムの有用性を評価した。その結果、光学顕微鏡を用いた授業では、教師の発話・発問に対して児童が気づくというプロセスがみられた。テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた授業では、児童同士がお互いの発言に

気づき微生物を観察していく様子が明らかになった。光学顕微鏡を用いた授業では、児童から教師への支援依頼が同時に複数発生していることが明らかになった。また、児童からの支援依頼に対して教師がリアルタイムに対応できない事例がみられた。その結果、児童の観察の進捗は、教師の対応状況により左右される可能性が示唆された。児童の協同作業に対する意識（学習者特性）に着目したシステムの有用性に関する分析では、協調学習に対する意識が低い児童らは、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いたほうが、従来の光学顕微鏡を用いた観察と比較して、「気づき」、「意欲」において有用である可能性が示された。課題は、児童の協調学習に対する学習者特性の観点から、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた授業における効果的なグループ編成を検討することであった。

第6章（研究5）では、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた水中微生物の観察スケッチにおいて、ディスプレイの縦置提示と水平提示によるスケッチ時の視線移動回数を比較し、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムの効果的なディスプレイの配置について検討した。その結果、水平提示のほうが縦置提示と比較して、画面の写真とスケッチした写真との比較がしやすく、また、頭部や視線を移動をする負担が少ないことから、水中微生物のスケッチにおいては効果的な配置である可能性が示唆された。

第7章では、研究1（第2章）から研究5（第6章）で得られた知見を総括した。研究1では、児童らの「興味・関心」や「意欲」が高まることが明らかになった。研究2では、児童らはお互いに話し合うなど協調的な活動をしていることが明らかになった。研究3では、児童らの理解度が向上することが明らかになった。研究4では、従来の光学顕微鏡を用いた観察では、教師の発話・発問に対し児童が気づくというプロセスがみられ、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた観察では、児童がお互いの発話や指差し行為に気づき微生物を観察していく様子が明らかになった。研究5では、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いたスケッチでは、水平提示のほうが縦置提示と比較して、視線移動の距離が少なく水平提示のほうがスケッチにおいては有用である可能性が示唆された。

以上の結果（研究1～研究5）から、テーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いた水中微生物の授業は、従来の光学顕微鏡を用いた授業と比較して有用であることが明らかになった。従来の光学顕微鏡を用いた観察における問題はテーブルトップ型顕微鏡画像提示システムを用いることで解決できる可能性が示唆された。