

ボールレンズ保持板の製作とタブレット顕微鏡を使った観察

—防府市立向島小学校の出前授業において—

郡司 浩史^{*1}・寺田 勉^{*2}・佐伯 英人

Making of The Ball Lens Holding Plate and Observation using The Tablet PC Microscope:
A case study of visiting classes of Mukaishima elementary school

GUNJI Hiroshi^{*1}, TERADA Tsutomu^{*2}, SAIKI Hideto

(Received January 5, 2017)

キーワード：ボールレンズ保持板、タブレット顕微鏡、小学校、出前授業

はじめに

スマートフォンやタブレットPCの自撮りカメラ（フロントカメラ）に、ボールレンズ保持板を取り付けたものを、スマホ顕微鏡、タブレット顕微鏡という。ボールレンズ保持板は、Terabase社からLeyeが市販されており、また、小学館からLeye miniが市販されている。LeyeとLeye miniの発明者は、永山國昭氏（生理学研究所名誉教授）と伊藤俊幸氏（元生理学研究所技術員）であり、現在、「スマートデバイス用レンズユニット及び透過型複式顕微鏡装置」として特許出願中である（特許出願公開番号：特開2015-135533，公開日：2015年7月27日）。ボールレンズ保持板の普及団体はLife is small Projectであり、筆者の1人の寺田は、Life is small Projectのメンバーである。なお、ボールレンズ保持板は、Life is small (2015) の『スマホでカンタン！顕微鏡』の「レンズを自分で工作しよう」（p.24-p.25）で示されているように自作することができる。

1. 研究の目的

2016年度、防府市・防府市教育委員会と山口大学教育学部は共同研究「大学との共同研究によるICT機器を活用した児童の主体的な学びの創出」を実施している。本事業の教育実践協力校は、防府市立向島小学校、防府市立富海小学校、防府市立富海中学校の3校である。なお、2015年度は、地域活性化・地域住民生活等緊急支援交付金（地方創生先行型）による「学びのイノベーション推進事業～大学との共同研究によるICT機器を活用した児童生徒の主体的な学びの創出～」で防府市・防府市教育委員会と山口大学教育学部が共同研究した。教育実践協力校は、本事業と同様、前述した3校であった。

本研究の目的は、防府市立向島小学校の第5学年と第6学年の児童を対象に出前授業（ボールレンズ保持板の製作とタブレット顕微鏡を使った観察）を行い、児童の意識をもとに、出前授業の有効性について議論することである。

2. 出前授業

防府市立向島小学校の出前授業の実施日は2016年5月27日であり、出前授業に参加した児童は、向島小学校の12名（6年生：5名，5年生：7名）であった。出前授業は90分間（45分×2回）で実施した。1時間目にボールレンズ保持板の製作を実施し、2時間目にタブレット顕微鏡を使った観察を実施した。以下、1時間目の出前授業を授業①、2時間目の出前授業を授業②と称する。指導者は筆者の1人の寺田である。

*1 山口大学大学院教育学研究科教科教育専攻理科教育専修 *2 防府市青少年科学館ソラール

授業①では、まず、顕微鏡の歴史と顕微鏡の仕組みについて話をした。ここで紹介した主な人物はオランダのアントニー・レーウェンフックとイギリスのロバート・フックである。話の内容を表1に示す。話をしているようすを図1、板書を図2に示す。次に、タブレット顕微鏡について話をした。話の内容を表2に示す。タブレット顕微鏡について話をしているようすを図3に示す。

表1 顕微鏡の歴史と顕微鏡の仕組みの話の内容

<p>およそ350年前、オランダにアントニー・レーウェンフックという人がおり、また、イギリスにロバート・フックという人がいた。</p> <p>オランダのアントニー・レーウェンフックは、1つのレンズでできている単式顕微鏡を考案・製作し、水中の微生物などを発見した。このとき、単式顕微鏡の倍率は200倍にまで達していたと考えられている。</p> <p>一方、イギリスのロバート・フックは、対物レンズと接眼レンズという2つのレンズでできている複式顕微鏡を自作し、コルクを観察し、コルクが小さな部屋のようなものからできていることを発見した。複式顕微鏡の倍率は50倍程度であったと考えられている。なお、複式顕微鏡の考案者はオランダのヤンセン父子（ハンス・ヤンセンとサハリアス・ヤンセン）と考えられており、およそ400年前とされている。倍率は数倍程度であったと考えられている。</p> <p>当時（およそ350年前）、アントニー・レーウェンフックの単式顕微鏡の方が、ロバート・フックの複式顕微鏡よりも高倍率であった。しかし、単式顕微鏡の場合、目を極端にレンズに近づけて観察する必要があり、また、視野が狭いといった短所があった。そのため、その後、単式顕微鏡は普及せず、操作性に優れた複式顕微鏡が一般的に使われるようになった。</p>



図1 顕微鏡の歴史と顕微鏡の仕組みについて話をしているようす

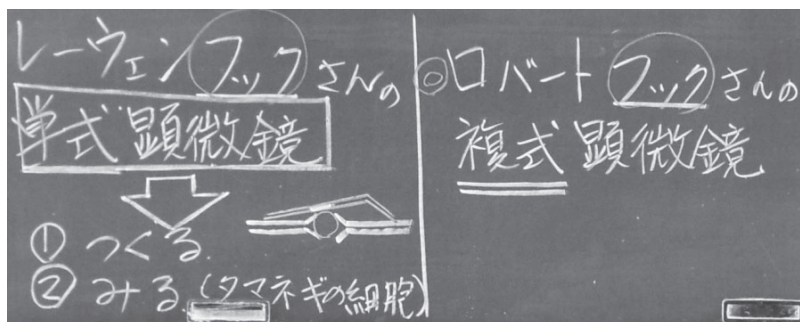


図2 顕微鏡の歴史と顕微鏡の仕組みの話の板書

表2 タブレット顕微鏡の話の内容

<p>単式顕微鏡は、顕微鏡観察の歴史からほぼ姿を消していた。ちなみに、科学的なイベント（青少年のための科学の祭典など）で、ペットボトル顕微鏡（単式顕微鏡）を作る活動などは行われている。</p> <p>近年、ボールレンズ保持板（単式顕微鏡）とタブレットPCを組み合わせて使用すると実用的であることが分かった。ボールレンズ保持板とタブレットPCを組み合わせたものをタブレット顕微鏡という。発明者は永山國昭氏と伊藤俊幸氏である。</p>

その後、授業①ではボールレンズ保持板を製作することを伝えた。また、この後に実施する授業②では、製作したボールレンズ保持板をタブレットPCに取り付け、タブレット顕微鏡にすることを伝えた。さらに、タブレット顕微鏡を使って、タマネギ、ムラサキゴテン、水中の小さな生き物を観察し、静止画や動画を撮影し、それらを保存し、学級で共有する（学級全体で見ると）ことを伝えた。出前授業（授業①、授業②）の活動（1. くみたてる、2. みる、3. さつえいする、4. 共有する）を示した板書を図4に示す。

ボールレンズ保持板の製作の仕方を表3に示す。表3の①の活動（2枚のスチレンボード（縦20mm、横150mm、厚さ1mm）の中央にスクリーパンチを使って穴（直径2mm）をそれぞれ開ける）は出前授業の前に行っておいた。授業①で児童が行った活動は表3の②～⑥の組み立てである。

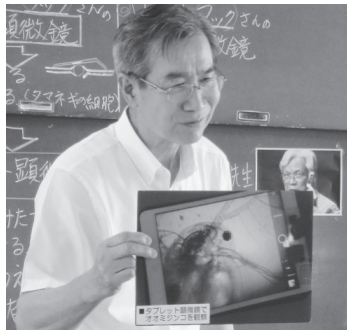


図3 タブレット顕微鏡について話しているようす

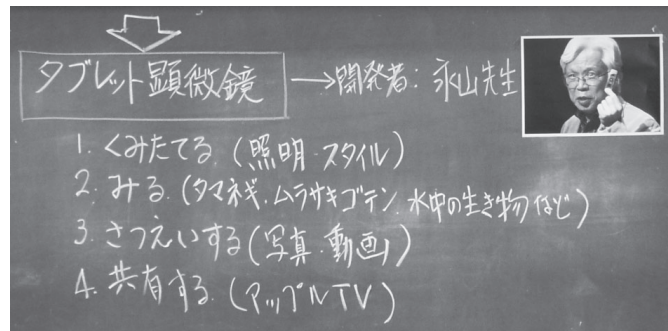


図4 出前授業（授業①と授業②）の活動を示した板書

表3 ボールレンズ保持板の製作の仕方

- ① 2枚のスチレンボード（縦：20mm，横：150mm，厚さ：1mm）の中央にスクリーパンチを使って穴（直径2mm）をそれぞれ開ける。穴を開けたスチレンボードのようすを図5に示す。
- ② 1枚のスチレンボードの片面に両面テープを貼る。
- ③ 両面テープを貼っていないスチレンボードを机の上に置き、その穴に直径3mmのボールレンズ（ガラス球）を入れる。スチレンボードの穴にボールレンズを入れたようすを図6に示す。
- ④ 両面テープを貼ったスチレンボードの両面テープのはく離紙をはがす。
- ⑤ 両面テープを貼ったスチレンボードは、両面テープが付いている面を下にし、机上のスチレンボードに重ねる。2枚のスチレンボードが両面テープで固定され、ボールレンズ保持板が完成する。
- ⑥ ボールレンズ保持板の裏に両面テープを貼る（ボールレンズ保持板の裏に貼った両面テープは、ボールレンズ保持板をタブレットPCに載せる際、両者（ボールレンズ保持板とタブレットPC）を接着するためのものである）。製作したボールレンズ保持板を図7に示す。

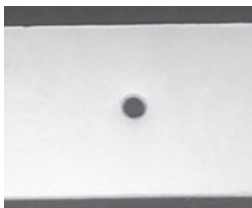


図5 穴を開けたスチレンボードのようす

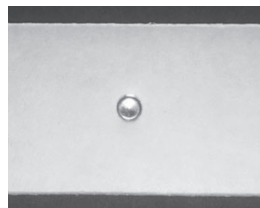


図6 スチレンボードの穴にボールレンズを入れたようす

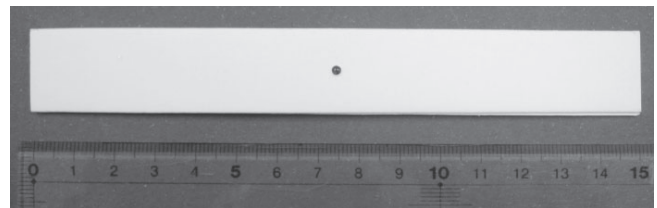


図7 ボールレンズ保持板

授業②では、まず、児童が製作したボールレンズ保持板をタブレットPCに取り付ける活動を実施した。取り付ける方法、観察の方法は、永山ら（2016）の『スマホ&タブレット顕微鏡を活用しよう！』の「スマホ顕微鏡からタブレット顕微鏡へ変身」（p.9-p.10）に従った。取り付ける方法を表4に示す。タマネギの鱗茎葉の表皮とムラサキゴテンの葉の裏の気孔をタブレット顕微鏡を使って観察する方法を表5に示す。表5の①～③の活動は出前授業の前に行い、授業②ではタマネギの鱗茎葉の表皮のプレパラート、ムラサキゴテンの葉のプレパラートを児童に配付した。

また、水中の小さな生物をタブレット顕微鏡を使って観察する方法を表6に示す。表6の①と②の活動は出前授業の前に行い、授業②では小さな生物が入っている水を透明の容器に入れて児童に配付した。

タマネギの鱗茎葉の表皮を観察しているようすを図13に示す。タマネギの鱗茎葉の表皮を撮影した静止面の画面の視野を調整した後のようす（タブレットPCの画面を拡大したようす）を図14に示す。ムラサキゴテンの葉の裏の気孔を観察しているようすを図15に示す。水中の小さな生物を観察しているようすを図16、図17に示す。

表5の⑥、表6の⑥では「画面の明るさの調整、視野の調整は、タブレットPCの画面上で操作して行う。なお、画面の明るさの調整は、観察中の画面で可能であり、視野の調整は、撮影した静止画、撮影した動画

で可能である」と示した。画面の明るさの調整、視野の調整について具体的に以下、述べる。画面の明るさ（露出）の調整は、タブレットPCの画面をタップすることでできる。画面の明るい所をタップすると暗くなり、暗い所をタップすると明るくなる。このとき、黄色い枠と太陽のマークが一定時間、表示される。この黄色い枠と太陽のマークが表示されている間に、画面に触れている指を上下にスライドさせると明るさの程度を任意に変更することができる。画面の視野の調整（画面の拡大、元の画面の大きさまでの縮小）は、タブレットPCの画面の2か所を指2本で触れて、ピンチアウトしたり（拡大したり）、ピンチインしたり（縮小したり）することでできる。

児童には、上記のタブレット顕微鏡を使ってタマネギ、ムラサキゴテン、水中の小さな生き物を観察する中で、適時、タブレットPCのカメラ機能を使わせ、静止画や動画を撮影させ、それらをタブレットPCに保存させた。また、観察中、学習班でタブレットPCの画面を見て、気付いたことを話し合いながら活動するようにさせた。学習班でタブレットPCの画面を見ながら観察しているようすを図18に示す。

その後、児童がタブレットPCに保存した静止画や動画を学級で共有させた（学級全体で見させた）。具体的には、テレビとApple TVをHDMIケーブルで接続し、タブレットPCのAirPlayミラーリング機能を使ってタブレットPCとApple TVを接続させた。その後、タブレットPCの写真のアイコンをタップさせ、タブレットPCに保存している静止画や動画をタブレットPCの画面に表示させた。テレビにはタブレットPCの画面に表示された静止画や動画と同じものが表示されるので、それを共有させた（学級全体で見られるようにさせた）。観察中に録画した動画を学級で共有している（学級全体で見ている）ようすを図19に示す。

表4 ボールレンズ保持板をタブレットPCに取り付ける方法

- ① ブックエンドの上端に白色LEDミニライトを取り付ける。
- ② タブレットPCのカメラ機能をONにして、自撮りカメラ（フロントカメラ）を使用する設定にする。
- ③ ブックエンドの上端の白色LEDミニライトを点灯させる。
- ④ 白色LEDミニライトの真下に、タブレットPCの自撮りカメラ（フロントカメラ）のレンズがくるようにタブレットPCを置く（図8）。
- ⑤ 綿棒を使って、タブレットPCの自撮りカメラ（フロントカメラ）のレンズとボールレンズ保持板のボールレンズの汚れをそれぞれ拭き取る。
- ⑥ 表3の⑥でボールレンズ保持板の裏に貼った両面テープのはく離紙をはがす。
- ⑦ ボールレンズ保持板の両面テープが付いている面を下にして、机上のタブレットPCの自撮りカメラ（フロントカメラ）のレンズの真上にボールレンズ保持板のボールレンズを載せる。このとき、白色LEDミニライト、ボールレンズ保持板のボールレンズ、タブレットPCの自撮りカメラ（フロントカメラ）のレンズが一直線になるように配置する。具体的には、タブレットPCの画面を見ながら、ボールレンズ保持板のボールレンズを通過した光が、タブレットPCの画面の中央にくるように調整し、ボールレンズ保持板をタブレットPCに載せる。ボールレンズ保持板を載せる位置を調整しているようすを図9に示す。タブレットPCにボールレンズ保持板を載せたようすを図10に示す。

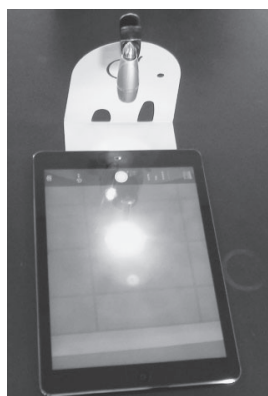


図8 ライトの真下に、自撮りカメラがくるようにタブレットPCを置いたようす



図9 ボールレンズ保持板を載せる位置を調整しているようす



図10 タブレットPCにボールレンズ保持板を載せたようす

表5 タマネギの鱗茎葉の表皮とムラサキゴテンの葉の裏の気孔をタブレット顕微鏡を使って観察する方法

- ① プラスチック製の透明板（縦：20mm，横：50mm，厚さ：0.4mm）を作成する。次に、透明板を「へ」の鏡文字の形に曲げる（「へ」の鏡文字の左側：40mm，「へ」の鏡文字の右側：10mm）。図11は「へ」の鏡文字の形に曲げたようすである。なお、左利きの場合は「へ」の形に曲げる。
- ② タマネギの鱗茎葉の表皮（内側）の薄皮（縦：5mm，横：5mm）を、①の透明板の上（「へ」の鏡文字の左側の部分）に置き、セロハンテープで貼り、プレパラートを作成する。
- ③ ムラサキゴテンの葉（縦：10mm，横：10mm）の裏を下にして、①の透明板の上（「へ」の鏡文字の左側の部分）にそのままの状態に置き、セロハンテープで貼り、プレパラートを作成する。
- ④ ②のプレパラート、または、③のプレパラート上の材料が、タブレット顕微鏡のボールレンズ保持板のボールレンズの真上にくるように置く。
- ⑤ ピント合わせは、指で透明板の「へ」の鏡文字の頂点を押して行う（材料の高さ（材料とボールレンズ保持板のボールレンズの距離）を変えて調整する）。
- ⑥ 画面の明るさの調整、視野の調整は、タブレットPCの画面上で操作して行う。なお、画面の明るさの調整は、観察中の画面で可能であり、視野の調整は、撮影した静止画、撮影した動画で可能である。

表6 水中の小さな生物をタブレット顕微鏡を使って観察する方法

- ① プラスチック製の透明板（縦：60mm，横：80mm，厚さ：0.4mm）を2枚作成する。次に、2枚の透明板を重ね、一端をセロハンテープで貼り、2枚の透明板が開閉できるようにする（図12）。
- ② 水中の小さな生物を水といっしょに採集し、透明の容器に入れる。出前授業では、山口市の亀山公園の池で採集した生物（ケンミジンコの仲間など）を採集して用いた。
- ③ 透明の容器中の小さな生物を目視で確認しながら、水といっしょに駒込ピペットなどを用いて吸い取る。吸い取った水（採集した生物が入ってる水）をジッパーの付きのポリエチレン製の透明の袋（縦：85mm，横：60mm，厚さ：0.04mm）に入れる。
- ④ 少量の水と小さな生物が入っている透明の袋のジッパーを閉め、その袋を図12のように横向きにし、①の2枚の透明板の間に挟む。両者（袋と2枚の透明板）を両手で持ってプレパラートとした。このとき、2枚の透明板で袋を強く挟まないようにする。
- ⑤ ④のプレパラートをタブレット顕微鏡のボールレンズ保持板のボールレンズの真上にくるように置き、手で移動させながら、材料（小さな生物）を探す。ピント合わせは、手を上下させて行う（材料の高さ（材料とボールレンズ保持板のボールレンズの距離）を変えて調整する）。
- ⑥ 画面の明るさの調整、視野の調整は、タブレットPCの画面上で操作して行う。なお、画面の明るさの調整は、観察中の画面で可能であり、視野の調整は、撮影した静止画、撮影した動画で可能である。

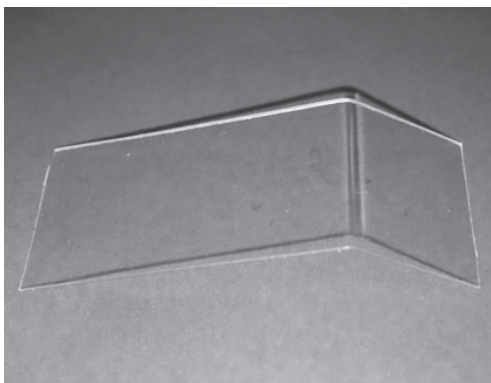


図11 プラスチック製の透明板を「へ」の鏡文字の形に曲げた状態

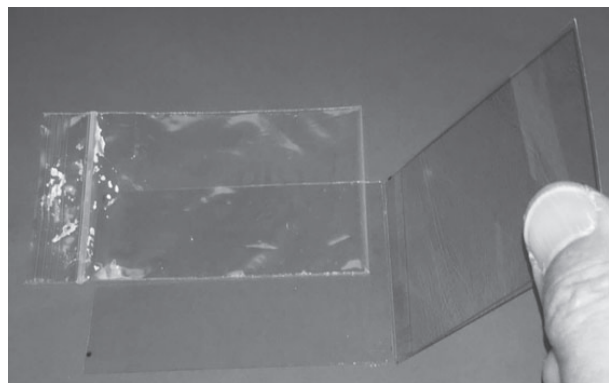


図12 2枚のプラスチック製の透明板の一端をセロハンテープで貼り、開閉できるようにした状態

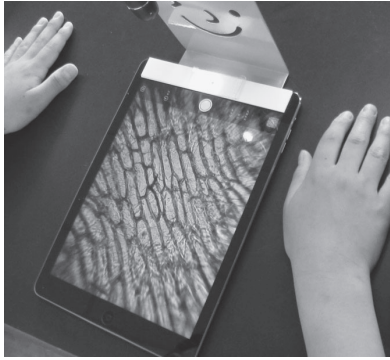


図13 タマネギの鱗茎葉の表皮を観察しているようす



図14 タマネギの鱗茎葉の表皮を撮影した静止画の画面の視野を調整した後のようす



図15 ムラサキゴテンの葉の裏の気孔を観察しているようす



図16 水中の小さな生物を観察しているようす



図17 水中の小さな生物を観察しているようす

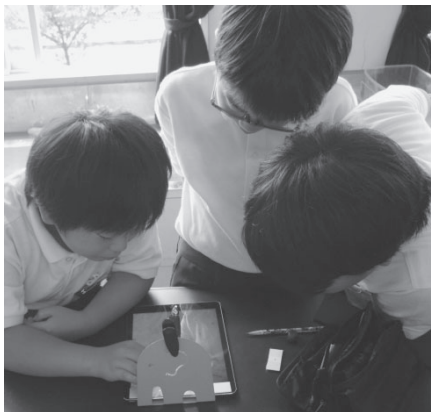


図18 学習班でタブレットPCの画面を見て観察しているようす



図19 観察中に録画した動画を学級で共有している（学級全体で見ている）ようす

3. 調査の方法・分析の方法

質問紙法による調査を授業①（1時間目）と授業②（2時間目）の終了時にそれぞれ実施した。質問紙では「1時間目に関する質問」として問1と問2を設定し、「2時間目に関する質問」として問3と問4を設定した。質問紙の問1と問3は選択肢法による調査、問2と問4は記述法による調査である。問1と問3では「授業を受けて、あなたが感じたことを教えてください。それぞれのこう目において、あてはまるものに○をつけてください」という教示を行い、問1では表7（表8）の質問項目①～質問項目④について、問3では表9（表10）の質問項目①～質問項目④について、それぞれ5件法（とてもあてはまる、だいたいあてはまる、どちらともいえない、あまりあてはまらない、まったくあてはまらない）で回答を求めた。問2で

は「問1でそのように答えた理由を教えてください。理由が書けるものについて書いてください」という指示を行い、表7（表8）の質問項目ごとに記述欄を設定し、自由記述で回答を求めた。問4では「問3でそのように答えた理由を教えてください。理由が書けるものについて書いてください」という指示を行い、表9（表10）の質問項目ごとに記述欄を設定し、自由記述で回答を求めた。

分析するにあたり、選択技法による調査については、5件法の「とてもあてはまる」を5点、「だいたいあてはまる」を4点、「どちらともいえない」を3点、「あまりあてはまらない」を2点、「まったくあてはまらない」を1点とした。この得点を用いて平均値と標準偏差を算出し、天井効果の有無、床効果の有無を確認した。この出前授業において、問1の質問項目①～質問項目③、問3の質問項目①～質問項目④は、得点の値が高いほど良好な状況を示す質問項目として設定した。そのため、天井効果がみられた場合、児童の意識は良好と判断し、床効果がみられた場合、児童の意識は不良と判断した。天井効果と床効果がみられなかった場合、平均値をもとに値の高低を判断した。問1の質問項目④は、得点の値が高いほど不良な状況を示す質問項目として設定した。そのため、天井効果がみられた場合、児童の意識は不良と判断し、床効果がみられた場合、児童の意識は良好と判断した。天井効果と床効果がみられなかった場合、平均値をもとに値の高低を判断した。一方、記述法による調査については、記述の内容を読み、児童がそのように感じた要因（児童の意識の背景）を見取ることができたものを抽出した。さらに、肯定的な内容、否定的な内容、両方の内容（肯定的な内容と否定的な内容の両方の内容）の3つに分類した。なお、同一の質問項目において記述の内容が同じもの（重複するもの）が抽出された場合、1つの意見として集約し、一方の記述を記載した。

4. 結果と考察

4-1 授業①

質問紙の問1を分析した結果（平均値と標準偏差、天井効果の有無、床効果の有無）を表7に示す。問1の質問項目①「おもしろかった」、質問項目②「楽しく学習することができた」、質問項目③「よく分かった」では天井効果がみられた。これらの点について、児童の意識は良好であったといえる。問1の質問項目④「難しかった」では床効果がみられた。この点について、児童の意識は良好であったといえる。換言すると、授業①を受けて児童は「おもしろかった」、「楽しく学習することができた」、「よく分かった」、「易しかった」と感じたことを示している。

表7 質問紙の問1を分析した結果

番号	質問項目	平均値 (標準偏差)	天井 効果	床 効果
①	おもしろかった	4.75 (0.87)	●	-
②	楽しく学習することができた	5.00 (0.00)	●	-
③	よく分かった	4.33 (0.99)	●	-
④	難しかった	2.25 (1.55)	-	●

N=12 min=1 max=5

効果あり：● 効果なし：-

質問紙の問2の記述を抽出し、分類した結果を表8に示す。なお、表8では12名の児童を区別するためにC1～C12の番号をあてた。他表（表10）の番号との関連も図っている。

「おもしろかった」の記述内容は、いずれも肯定的な内容であった。C1、C12「けんび鏡のしくみが分かったから」という記述からは「仕組みが理解できたこと」が要因として読み取れる。C4、C7「作り方が分かったから」という記述からは「作り方が理解できたこと」が要因として読み取れる。C5「このようなけんび鏡を見たことがなかったし、作るといったことはじめてだったから」という記述からは「初めて知ったこと」と「初めて作ったこと」が要因として読み取れる。C6、C11「実際に作ったから」という記述からは「製作活動」が要因として読み取れる。C2「けんび鏡の話が楽しかったから」という記述からは「指導者の話」が要因として読み取れる。

「楽しく学習することができた」の記述内容は、いずれも肯定的な内容であった。C5「工作が好きなので、

楽しかった」とC12「作るのが楽しかったから」という記述からは、両者（C5、C12）の意味合いに微妙な違いはあるが、「製作活動」が要因として読み取れる。

「よく分かった」の記述内容は、いずれも肯定的な内容であった。C1「けんび鏡のれきしが分かったから」には、歴史が理解できたことが書かれている。また、C1、C5「けんび鏡のしくみが分かったから」には、仕組みが理解できたことが書かれている。これらの要因は「指導者の話」と考えられる。さらに、C4、C7、C11「けんび鏡の話がよく分かった」という記述からも「指導者の話」が要因として読み取れる。C2、C3、C12「作り方がよく分かったから」には、作り方が理解できたことが書かれている。この要因として、作り方が容易であったことが主な要因であれば「製作の容易さ」、指導者の説明が分かり易かったことが主な要因であれば「指導者の説明」になる。また、C10「実際に作って体験できたから」という記述からは「製作活動」が要因として読み取れる。

「難しかった」の記述内容には、肯定的な内容と否定的な内容があった。肯定的な内容のC5、C12「かんたんに行うことができたから」という記述からは「製作の容易さ」が要因として読み取れる。C9「説明が分かりやすかったから」という記述からは「指導者の説明」が要因として読み取れる。否定的な内容のC10「けんび鏡の話がむずかしかったから」という記述からは「指導者の話」が要因として読み取れる。

表8 質問紙の間2の記述を抽出し、分類した結果

番号	質問項目	記述内容
①	おもしろかった	○ けんび鏡のしくみが分かったから (C1, C12) ○ 作り方が分かったから (C4, C7) ○ このようなけんび鏡を見たことがなかったし、作るといったこともはじめてだったから (C5) ○ 実際に作ったから (C6, C11) ○ けんび鏡の話が楽しかったから (C2)
②	楽しく学習することができた	○ 仕事が好きなので、楽しかった (C5) ○ 作るのが楽しかったから (C12)
③	よく分かった	○ けんび鏡のれきしが分かったから (C1) ○ けんび鏡のしくみが分かったから (C1, C5) ○ けんび鏡の話がよく分かった (C4, C7, C11) ○ 作り方がよく分かったから (C2, C3, C12) ○ 実際に作って体験できたから (C10)
④	難しかった	○ かんたんに行うことができたから (C5, C12) ○ 説明が分かりやすかったから (C9) △ けんび鏡の話がむずかしかったから (C10)

○：肯定的な内容，△：否定的な内容，○・△：両方の内容

C1～C12：児童

4-2 授業②

質問紙の間3を分析した結果（平均値と標準偏差，天井効果の有無，床効果の有無）を表9に示す。間3の質問項目①「おもしろかった」、質問項目②「楽しく学習することができた」、質問項目③「はっきり見えた」、質問項目④「使いやすかった」では天井効果がみられた。これらの点について、児童の意識は良好であったといえる。換言すると、授業②を受けて児童は「おもしろかった」、「楽しく学習することができた」、「はっきり見えた」、「使いやすかった」と感じたことを示している。

表9 質問紙の間3を分析した結果

番号	質問項目	平均値 (標準偏差)	天井 効果	床 効果
①	おもしろかった	4.83(0.39)	●	-
②	楽しく学習することができた	4.67(0.89)	●	-
③	はっきり見えた	4.25(1.06)	●	-
④	使いやすかった	4.42(0.79)	●	-

N=12 min=1 max=5

効果あり：● 効果なし：-

質問紙の間4の記述を抽出し、分類した結果を表10に示す。なお、表10では12名の児童を区別するためにC1～C12の番号をあてた。他表（表8）の番号との関連も図っている。

「おもしろかった」の記述内容は、いずれも肯定的な内容であった。C10「はっきり見えたから」、C3、C6「いろいろなものが見えたから」、C2「いろいろなものが大きく見えたから」、C2、C3「タマネギのうすかわを見ることができたから」、C1「ミジンコを見ることができたから」という記述からは「見えたこと」が要因として読み取れる。ただし、「はっきり」、「いろいろなものが」、「いろいろなものが大きく」、「タマネギのうすかわを」、「ミジンコを」といった言葉が付加されており、意味合いに微妙な違いはある。C5、C12「小さい生物がたくさんいたから」という記述からは「多数、見つけたこと」が要因として読み取れる。C9、C11「ムラサキゴテンはムラサキなのにミドリだったから」という記述からは「植物の和名に示されている色と観察して見えた主な色とが違っていったこと」が要因として読み取れる。C4、C7「ミクロの世界が楽しめておもしろかったから」には、顕微鏡を使って観察をして楽しめたことが書かれている。この記述からは「顕微鏡を使った観察」が要因として読み取れる。C8「タブレットを使ったから」という記述からは、記述のとおり、「タブレットPCを使った活動」が要因として読み取れる。

「楽しく学習することができた」の記述内容には、肯定的な内容と否定的な内容があった。肯定的な内容のC11「はじめて知ることがたくさんあったから」という記述からは「初めて知ったことが複数あったこと」が要因として読み取れる。C1「ミジンコのことが分かったから」という記述からは、記述のとおり、「ミジンコについて理解できたこと」が要因として読み取れる。C2「大きく見えたから」、C5、C9、C10「いろいろなものが見えたから」、C10「動くものを見つけた時うれしかったから」という記述からは「見えたこと」が要因として読み取れる。ただし、「大きく」、「いろいろなものが」、「動くものを」といった言葉が付加されており、意味合いに微妙な違いはある。否定的な内容のC8「ミジンコを見つけられなかったから」という記述からは、「見えなかったこと」が要因として読み取れる。

「はっきり見えた」の記述内容には、肯定的な内容、否定的な内容、両方の内容があった。肯定的な内容のC1、C3「タブレットではっきり見えたから」には、見えたことが書かれている。否定的な内容のC9「ちょっとぼやけたものがあったから」には、見えにくいものがあったことが書かれている。両方の内容のC5「タブレットだと中心は見えるけど、けっこう周りが見えないから」には、画面上で見えるところと見えにくいところがあったことが書かれている。これらの記述から、可能性の1つとして「タブレット顕微鏡の特性」が影響を及ぼしたことが考えられる。ボールレンズ保持板は単式顕微鏡であるため、視野が狭いといった特性がある。タブレットPCの画面でいうと、画面の中央付近はとても明瞭に見えるが、画面の周囲は中央付近ほど明瞭に見えないという特性がある。この特性が、見え方の違いに影響した可能性がある。また、「材料の厚みの違い」が見え方に影響した可能性が考えられる。タマネギの鱗茎葉の表皮の場合、表5の②で示したように薄皮を透明板の上に置き、セロハンテープで貼り、プレパラートを作成した。ムラサキゴテンの葉の場合、表5の③で示したように葉の裏を下にして透明板の上にそのままの状態置き、セロハンテープで貼り、プレパラートを作成した。タマネギの鱗茎葉の表皮の場合、材料は薄く、透過光で観察している。ムラサキゴテンの葉の場合、材料は厚く、光は材料を透過しない。透過光ではなく、材料に反射した光で観察している。この材料の厚みに起因する違いが、見え方の違いに影響した可能性がある。

「使いやすかった」の記述内容には、肯定的な内容、否定的な内容、両方の内容があった。肯定的な内容のC10「観察したいものをおくだけだったから」という記述からは「操作の容易さ」が要因として読み取れる。C8「タブレットなので使いやすかった」という記述からも「操作の容易さ」が要因として読み取れる。C1、C3、C4「タブレットで見ることができたから」という記述からは「タブレットPCの画面で見ることもできたこと」が要因として読み取れる。C11「はっきり見えたから」には、見えたことが書かれている。この要因として、「タブレットPCの画面で見ることもできたこと」、また、タブレットPCの画面の中央付近がとても明瞭に見えるという「タブレット顕微鏡の特性」など、いくつかの要因が可能性として考えられる。否定的な内容のC5「多少使いにくかった。ちょっとうごかすとどこかに行くから」という記述からは「操作の難しさ」が要因として読み取れる。おそらく、水中の小さな生物の観察を指しているものと思われる。C7「ライトの合わせ方や小さい生物を見るのがむずかしかった」という記述からも「操作の難しさ」が要因として読み取れる。ライトの合わせ方が難しかった場面として、ボールレンズ保持板をタブレットPCに取り付ける場面、もしくは、観察したり、撮影したりする場面が考えられる。また、小さい生物を見るのが難しかったについては、水中の小さな生物の観察を指しているものと思われる。両方の内容のC9「見やすいものと見にくいものがあったから」という記述があった。この要因としては、前述したように「タブレット顕微鏡の特性」が影響した可能性、また、「材料の厚みの違い」が影響した可能性が考えられる。

表10 質問紙の間4の記述を抽出し、分類した結果

番号	質問項目	記述内容
①	おもしろかった	<ul style="list-style-type: none"> ○ はっきり見えたから (C10) ○ いろいろなものが見えたから (C3, C6) ○ いろいろなものが大きく見えたから (C2) ○ タマネギのうすかわを見ることができたから (C2, C3) ○ ミジンコを見ることができたから (C1) ○ 小さい生物がたくさんいたから (C5, C12) ○ ムラサキゴテンはムラサキなのにミドリだったから (C9, C11) ○ ミクロの世界が楽しめておもしろかったから (C4, C7) ○ タブレットを使ったから (C8)
②	楽しく学習することができた	<ul style="list-style-type: none"> ○ はじめて知ることがたくさんあったから (C11) ○ ミジンコのこと分かったから (C1) ○ 大きく見えたから (C2) ○ いろいろなものが見えたから (C5, C9, C10) ○ 動くものを見つけた時うれしかったから (C10) △ ミジンコを見つけられなかったから (C8)
③	はっきり見えた	<ul style="list-style-type: none"> ○ タブレットではっきり見えたから (C1, C3) △ ちょっとぼやけたものがあったから (C9) ○・△ タブレットだと中心は見えるけど、けっこう周りは見えないから (C5)
④	使いやすかった	<ul style="list-style-type: none"> ○ 観察したいものをおくだけだったから (C10) ○ タブレットなので使いやすかった (C8) ○ タブレットで見ることができたから (C1, C3, C4) ○ はっきり見えたから (C11) △ 多少使いにくかった。ちょっとうごかすとどこかに行くから (C5) △ ライトの合わせ方や小さい生物を見るのがむずかしかった (C7) ○・△ 見やすいものと見にくいものがあったから (C9)

○：肯定的な内容，△：否定的な内容，○・△：両方の内容 C1～C12：児童

おわりに

出前授業（ボールレンズ保持板の製作とタブレット顕微鏡を使った観察）を受けた児童の意識は良好であった。児童の意識から出前授業の有効性が示されたといえる。また、本研究では、児童の記述を分析した結果、良好な意識の要因のいくつかが明らかになった。一方、児童の記述の中に否定的な内容もあり、その要因もいくつか明らかになった。今後、本研究で得られた知見をもとに出前授業について改善を図ってきたい。さらに、この出前授業の内容を理科の授業に位置付けて実践すると有効であるか否かについて検討していきたい。

付記

本研究は、2016年度、防府市・防府市教育委員会と山口大学教育学部の共同研究「大学との共同研究によるICT機器を活用した児童の主体的な学びの創出」で実施した実践研究の1つである。なお、本研究の一部は、第65回日本理科教育学会中国支部大会岡山大会（2016年12月10日）で発表した。

文献

永山國昭・寺田勉・長澤友香・竹下陽子・佐藤和正（2016）『スマホ&タブレット顕微鏡を活用しよう！』，大日本図書，32pp.
 Life is small（2015）『スマホでカンタン！顕微鏡』，小学館，30pp.