

# ICT 機器を活用した高等学校理科授業の設計 —マイクロメーターの指導を事例にして—

Design of a Science Class Using Information and Communication Technology in Upper Secondary School Science:  
As an Example of the Teaching the Micrometer

佐々木 智 謙\*

Tomonori SASAKI

**要約**：本稿では、高校生を対象にした ICT 機器を活用したマイクロメーターの指導に関する理科授業を設計した。本授業の特徴は以下の 3 点である。(1) ICT 機器を活用した教材提示により顕微鏡内の様子を再現できるため、口頭よりも状況説明が容易であり授業時間の短縮も期待できること、(2) 2 種類のマイクロメーターを使用する理由や微視的な試料を計測する原理を認識した上で、計算問題等の実践演習へと移行できること、及び (3) パワーポイントを使用した教材化を行うことで、反復指導等の効率化が図られること。

**キーワード**：ICT 機器，マイクロメーター，顕微鏡，高等学校，生物

## I はじめに

生物の観察において、微視的な世界を観察する際には顕微鏡が使用される。我が国の現行の理科学習指導要領<sup>1)2)</sup>では、小・中学校理科の複数単元において顕微鏡が用いられており、使用頻度に個人差はあるにしても、ほぼ全ての児童・生徒が一度は扱ったことがあるものと推察される。引き続き、高等学校理科では科目「生物基礎」・「生物」の履修者は、顕微鏡による観察・実験はもとより、マイクロメーターを使用した微視的な試料の大きさの測定方法についても学習する。具体的には、接眼・対物の 2 種類のマイクロメーターを使用して、細胞小器官や花粉、及び微生物の体長など、微小な試料の大きさを顕微鏡を通して計測する。

一方、我が国はもちろんのこと、諸外国においても、顕微鏡による観察・実験及びマイクロメーターの使用法に関する内容重視の傾向を垣間見ることができる。例えば、既に 1950 年代に始まった科学教育改革運動の中心的役割を担った米国の BSCS<sup>3)</sup> (Biological Sciences Curriculum Study) や、英国のナフィールド科学教育プロジェクトによる中学生・高校生を対象にした生物教科書<sup>4)</sup>においても取り上げられてきた。

ところで、マイクロメーターの操作は、生物分野の中では計算を要する数少ない学習内容であり、大学入試センター試験においても頻出問題となっている。その一方、生徒にとっては科学的認識の達成が難しく、指導の難しさを感じる授業者も少なからず存在するものと考えられる。マイクロメーターの指導においては、生徒が顕微鏡の基本操作を習得できていることを前提とし、マイクロメーターの顕微鏡への取り付け、2 種類のマイクロメーターの必要性や原理の説明、及び数値を扱った計算等、限られた時間の中で、効率よく授業を進めながら生徒の科学的認識の達成を促す指導が求められるためである。

\* 科学文化教育講座

しかしながら、マイクロメーターの操作に関する効果的かつ効率的な授業実践に関する研究報告は皆無に等しい。そこで本稿では、高等学校理科における ICT 機器を活用したマイクロメーターの授業を設計するとともに、その諸特徴について言及する。

## II 授業設計にあたって

### 1. 授業設計のための基本的視座

現行の高等学校理科学習指導要領<sup>5)</sup>において、通常マイクロメーターの学習は探究活動の一つとして、高等学校理科の「生物基礎」で取り扱う。「生物基礎」の教科書中では、巻頭<sup>6)7)</sup>及び巻末<sup>8)9)</sup>において、顕微鏡及びマイクロメーターの扱い方がカラー写真及び説明文とともに掲載されている。

マイクロメーターに関する扱いは、担当教員の指導計画に委ねられているものの、最初の単元「(1) 生物と遺伝子」の中で、特に細胞や体細胞分裂の観察の際に、併せて学習することが多いものと推察される。学習初期の段階でマイクロメーターの使用方法を習得しておけば、次の単元である「(2) 生物の体内環境の維持」において、ヒトの血球の観察及び血球の大きさの計測等にも応用できるためである。

しかしながら、細胞や体細胞分裂の観察時にマイクロメーターを併せて学習する場合であっても、マイクロメーターの初学者には、最低限 1 単位時間 (50 分を想定) はマイクロメーターのみに特化した学習時間をとらなければ、その科学的認識の達成は難しいというのが実際のところである。そのため、顕微鏡を扱った観察・実験を 2 単位時間連続して行う。具体的には、顕微鏡に関する基本的事項の確認は終了した後、次時の授業でマイクロメーターを扱う。このような基本的視座に立脚しながら、ICT 機器を活用した理科授業を設計する。

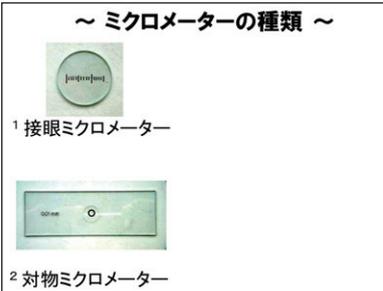
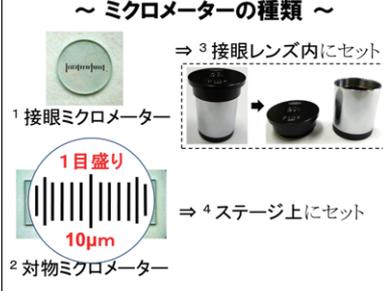
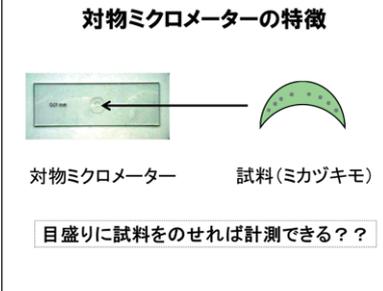
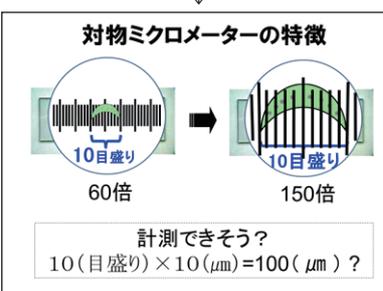
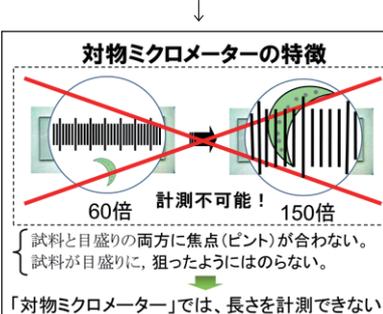
### 2. 設計した理科授業の概要

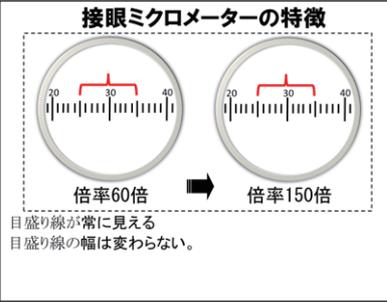
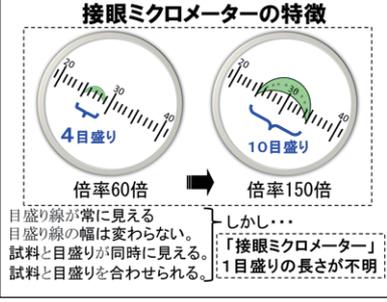
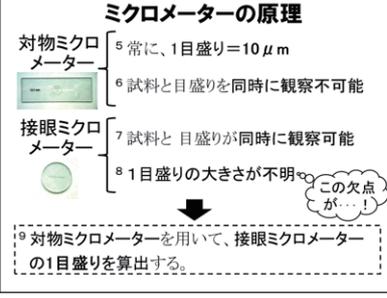
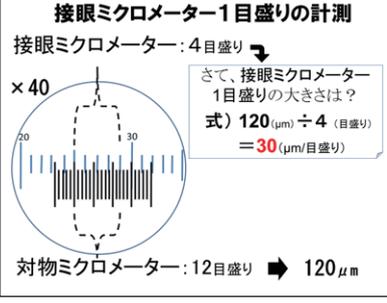
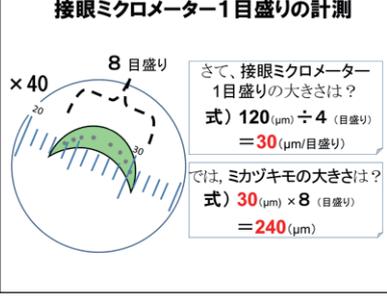
本授業の目標は、「マイクロメーターの使用方法や原理を習得するとともに、身近にある微小な試料の大きさを計測できること」である。なお、観察する微視的な試料としては、生徒自身の毛髪を扱い、その太さを計測する。

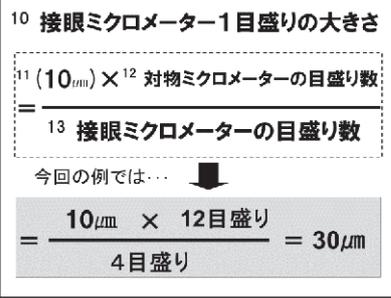
予め、本授業においても顕微鏡を扱うことを予告しておき、授業開始までには、顕微鏡を箱から出し机上に準備しておくことを伝えておく。なお、マイクロメーターやスライドグラス等の実験材料は、各机ごとにまとめて準備しておく。本授業の展開は表 1 に示す通りである。表 1 の右側には、本授業で使用するパワーポイント教材 (スライド計 7 枚) の一場面を示している (図 1～11)。図 2・3、図 4・5・6、図 7・8、及び図 10・11 は、スライド画面は同一であるが、使用したアニメーションの種類や順序は異なる。また、本授業で扱うワークシートは巻末に示した。

表 1 開発した理科授業の骨子

過程	学習内容	具体的な指導例 【○:教師の問いかけ等、・:予想される生徒の反応例】	提示するスライド (佐々木 <sup>10)</sup> に加筆・修正、アニメーション機能の詳細については省略)
導入 (5分)	本時の学習内容の確認 【図 1 提示】 課題 1 : 「毛髪の太さはどのように計測するか」	○毛髪の長さの計測方法を問う。 ・「定規、メジャーなどの物差しで測る。」 ○次に、毛髪の太さの計測方法を問う。実際に自分の毛髪を使って計測させる。 ・「定規の 1mm よりも短い、計測不可能。」 ○毛髪の太さの計測方法を、近くの人と相談可として、再度考えさせる。 ・「顕微鏡で覗きながら計測できれば…」 ○図 1 を示し、マイクロメーターの存在を紹介し、ワークシートを配布する【ワークシート】。	～ 光学顕微鏡 (応用編) ～ 髪の毛の太さを計測するには?  マイクロメーターの利用 図 1 : スライド 1

<p>展開1 (30分)</p>	<p>マイクロメーターの種類の説明 【図2・3提示】</p> <p>課題2 「なぜ、2種類のマイクロメーターが必要か」</p>	<p>○接眼・対物の2種類のマイクロメーターを実際に手に取らせ、じっくりと観察させた上で、気づいたことを挙げさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「真ん中に何か書いてありそう。」</li> </ul> <p>○両マイクロメーター中央を肉眼で確認させ、実際にはヒトの眼の分解能を超えた間隔で目盛りが書かれていることを伝える。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「目盛りなんて全然見えない。」</li> </ul> <p>○図2・3のスライドに注目させ、両マイクロメーターの種類について説明を加え、名称とセットする場所を記入させる【ワークシート】。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「接眼レンズって分解できるんだ。」</li> </ul> <p>○接眼マイクロメーターは等間隔に目盛りが刻まれているだけなのに対し、対物マイクロメーターの1目盛りは10<math>\mu</math>mに固定されており、高価であること等も補足し意識化を図る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「細かい目盛りをどうつけるんだろう?」</li> </ul> <p>○二種類のマイクロメーターが必要な理由について探っていくことを伝える。</p>	<p>～マイクロメーターの種類～</p>  <p>図2：スライド2-①</p> <p>↓</p> <p>～マイクロメーターの種類～</p>  <p>図3：スライド2-②</p>
<p>対物マイクロメーターの特徴の説明 【図4・5・6提示】</p> <p>課題3 「対物マイクロメーターのみを使用して、試料の大きさを計測できないか」</p>	<p>○対物マイクロメーターをステージ上に載せ、目盛りに焦点(ピント)を合わせて観察するよう指示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「本当に目盛りがあった」</li> <li>・「倍率を変えると、目盛りの間隔もひろがるけど、1目盛りは10<math>\mu</math>mなんだよね!」</li> </ul> <p>○対物マイクロメーターに試料を載せて、試料の大きさを計測できないかを問う(図4・5)。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「うまく試料をのせて目盛りを測れば計測できると思う!」</li> <li>・「そんなにうまく試料はのらないと思う。」</li> </ul> <p>○アニメーションを駆使しながら、図6のようなスライドの場面に着目させ、焦点深度の関係から、目盛りと試料の両方に焦点が同時に合わないことを説明し、対物マイクロメーターのみでは、試料の大きさを計測は不可能であることに気づかせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「ピントが合う深さに違いがあるから、ピントが合わないところはぼやけるんだ。」</li> </ul> <p>○仮に、低倍率時に目盛りと試料との両方に焦点が合ったとしても、目盛り上に、計測したい試料をのせ、向きも合わせることは、非常に困難であることにも気づかせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「試料が動く生き物だったら、なおさら目盛りの上にのせるのは無理だ。」</li> </ul>	<p>対物マイクロメーターの特徴</p>  <p>図4：スライド3-①</p> <p>↓</p> <p>対物マイクロメーターの特徴</p>  <p>図5：スライド3-②</p> <p>↓</p> <p>対物マイクロメーターの特徴</p>  <p>図6：スライド3-③</p>	

<p>接眼マイクロメーターの特徴の説明 【図7・8提示】</p> <p>課題4 「接眼マイクロメーターのみを使用して、試料の大きさを計測できないか」</p>	<p>○一方、接眼マイクロメーターのみでは、試料の大きさは測れないかを問う。 ・「測れる？、測れない？」</p> <p>○接眼マイクロメーターを接眼レンズ内に挿入させる。また、予め用意していた永久プレパラート（試料は何でもよい）をステージにセットさせ、対物マイクロメーターの目盛りとの見え方の違いを比較させる。 ・「ステージを上下させても目盛りが見える、倍率を変えても目盛り幅が変わらない。」</p> <p>○図7・8を示しながら、接眼マイクロメーターの特徴を説明するとともに、永久プレパラートの試料の大きさは計測できるかを問う。 ・「1目盛りの長さが分からない。」</p> <p>○接眼マイクロメーターでは、1目盛りの長さが不明なため、倍率によって目盛り数が変化してしまい、計測できないことを伝える。 ・「接眼マイクロメーターでもだめなんだ。」</p>	 <p>図7：スライド4-①</p>  <p>図8：スライド4-②</p>
<p>マイクロメーターの原理の説明 【図9提示】</p> <p>課題5 「試料の大きさをどのようにして計測するか。」</p>	<p>○図9のスライドを使用しながら、2種類のマイクロメーターの利点と欠点を再確認する【ワークシート】。 ・「お互いの長所を活かせたらいい！」</p> <p>○2種類のマイクロメーターを使用して、試料の大きさを測るにはどうしたらいいかを問う。 ・「各倍率における接眼マイクロメーターの1目盛りの大きさを、対物マイクロメーターを使って、計算すればいい。」</p>	 <p>図9：スライド5</p>
<p>接眼マイクロメーター1目盛りの計測 【図10・11提示】</p> <p>課題6 「実際に計測してみよう。」</p>	<p>○対物マイクロメーターを再度ステージに載せ、目盛りに焦点を合わせ、両マイクロメーターの目盛りを重ねるように指示する。 ・「2種類の目盛りが見えてきた。接眼マイクロメーターの目盛りは接眼レンズを回転させれば、目盛りも一緒に回転するな。」</p> <p>○接眼マイクロメーターの1目盛りを算出させる。 ・「対物マイクロメーターは1目盛り10μmだから接眼マイクロメーターの1目盛りは…」</p> <p>○図10のスライドに注目させ、両マイクロメーターの目盛りが重なる状況を、アニメーション機能を駆使して再現し、計算方法を説明する。 ・「1目盛りの大きさは簡単に求まりそうだ！」</p> <p>○図11のスライドを使用し、対物マイクロメーターを外し、観察したい試料をのせ、試料と接眼マイクロメーターとの目盛りが重なる状況をアニメーションで再現する。 ○観察物の大きさを計測させる。</p>	 <p>図10：スライド6-①</p>  <p>図11：スライド6-②</p>

	<p>公式の確認 【図 12 提示】</p> <p>課題 7 「一般化してみよう。」</p>	<p>○図 12 を提示しながら、接眼マイクロメーター 1 目盛りの大きさの求め方を確認する【ワークシート】.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「一応、公式みたいにはなっているんだ。」</li> <li>・「でも、理屈が分かっていたら、覚える必要はなさそう。」</li> </ul>	 <p>図 12：スライド 7</p>
<p>展開 2 (10 分)</p>	<p>毛髪の太さの計測</p> <p>課題 8 「毛髪の太さを計測してみよう。」</p>	<p>○接眼マイクロメーターの 1 目盛りの大きさを、2 種類の倍率（例えば、総合倍率 40 倍と 100 倍など）で、それぞれ求めさせる【ワークシート】.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「各倍率ごとの接眼マイクロメーターの 1 目盛りの大きさを事前に調べておけば、どんな試料の大きさもすぐ測れそう。」</li> </ul> <p>○接眼マイクロメーターの 1 目盛りの大きさが算出できたものから、自分の毛髪の太さを計測させる【ワークシート】. なお、毛髪の太さの計測は、透明テープでスライドガラスに張り付けて行わせる.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「毛髪の太さってどのくらいなんだろう。」</li> <li>・「マイクロメーターは、マイクロな世界の定規ってことだな！」</li> </ul>	
<p>まとめ (5 分)</p>	<p>片づけ、及び次時の説明</p>	<p>○顕微鏡、及びマイクロメーター等の片づけを指示し、ワークシートの裏面に感想を書き、次回の授業までに提出するよう指示する.</p>	

### Ⅲ 本理科授業を実施する際の留意点

#### 1. 顕微鏡の使い方について

既述したように、本授業は光学顕微鏡の基本的な使い方が習得できていることを前提としている。特に、視野の広さや明るさ、観察物の発見し易さ等から、観察は低倍率から始めること、観察物を視野の中央に配置することを、事前に徹底しておく必要がある。高倍率から始めてしまうと、観察対象物が見つからないことや、焦点深度が浅いためステージの上下によって焦点がすぐに合わなくなってしまう。また視野の中央に観察対象物がない場合、高倍率に変更した際に、視野外に観察対象物が出てしまう可能性が増す。

また、高等学校であれば 1 クラス 40 人分の光学顕微鏡がある学校が多いと思われるが、高価であることから、多くの学校で予算がある時に数台購入し刷新している<sup>11)</sup>。しかしながら、古い顕微鏡や不具合のある顕微鏡を操作する生徒の場合、観察・実験に支障をきたすことがしばしば生じる。例えば、高田<sup>12)</sup>は、顕微鏡は対物レンズが観察物やプレパラートに触れて汚れることだけでなく、ほとんど使用していなくても 4、5 年もすればレンズにカビが生えてくること、そのため 1 年に 5 台ずつなどと設定しレンズの研磨等をする必要があると述べている。このように、本授業の内容や

進行だけに注視するのではなく、実験機器の不備等により生徒の学習の妨げになることがないように、日頃のメンテナンス等も大切にしたいところである。

## 2. ICT 機器の活用にあたって

ICT 機器の活用にあたっては、電子黒板の導入やタブレット端末の普及<sup>13)14)</sup>、また科学技術振興機構 (JST) の理科ネットワークや NHK のデジタル教材 (NHK for School) 等のデジタルコンテンツの充実<sup>15)</sup> などのように、様々な実践が報告されている。その一方で、村山<sup>16)</sup> の指摘にもあるように、ICT 機器の活用はあくまでも子どもの認識を助ける手段であり目的ではないということ、子どもの思考や認識に及ぼす効果を研究する必要性等について、本授業の指導者は十分留意すべきである。安易な時間短縮のためにパワーポイント教材のスライド等を矢継ぎ早に示して教え込んだり、映像美と分かり易さを備えた映像等を再生することのみで分かった気にさせたりすることは避けなければならない。

## IV 開発した理科授業の諸特徴について

限られた授業時間の中で行う観察・実験にあっては、手順等の説明に時間をかけ過ぎてしまうこと、内容をこなすことに追われ目的や仮説の検証等がなおざりになること等を、授業者は少なからず一度は経験したことがあるのではないだろうか。具体的な実験機器や観察試料を使用した観察・実験の補助資料として、本稿で開発したようなパワーポイント教材を活用することで、口頭による説明では状況が伝えにくい内容を、視覚的な映像を通して、全体で共有することができるものと期待される。また、板書等により生じる時間も大幅に節約することができ、観察・実験の時間、結果の考察や全体で考えを共有する発表や議論の時間を増やすことも可能になるものと予想される。

また、本授業の中で用いた ICT による教材作成は、初期の準備には時間がかかるものの、一度作成すれば更新しながら、繰り返し使用することができるという大きな利点がある。全ての観察・実験や通常授業等で作成・使用することは難しくとも、ICT 機器の利用が有効な単元や、コストパフォーマンス等を考慮した上で自作教材や上述したデジタルコンテンツ等を併用することは、生徒の科学的認識の向上の一助となるものと期待される。

本稿では理科授業の開発のみに留まったが、今後は実際に本授業を試行し、授業前後の評価も含め、本学習指導方策の有効性を実証する必要がある。今後の自らの課題としたい。

### 註

- 1) 文部科学省 (2008) : 『小学校学習指導要領解説 理科編』 105p, 大日本図書.
- 2) 文部科学省 (2008) : 『中学校学習指導要領解説 理科編』 149p, 大日本図書.
- 3) BSCS (1978) : “BIOLOGICAL SCIENCE An Ecological Approach”, Rand Mc Nally & Company, 800p.
- 4) Dowdeswell, W.H. *et al.* (1967) : “Nuffield Biology Text I”, Longmans/Penguin Books. (邦訳 : 伊勢村寿 (1968) : 『ナフィールド生物 I . 生物の世界』 179p, 啓林館.)
- 5) 文部科学省 (2009) : 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』 232p, 実教出版.
- 6) 嶋田正和ほか (2015) : 『生物基礎』 224p, 数研出版.
- 7) 庄野邦彦ほか (2013) : 『生物基礎』 256p, 実教出版.
- 8) 浅島誠ほか (2014) : 『生物基礎』 216p, 東京書籍.
- 9) 本川達雄・谷本英一ほか (2013) : 『生物基礎』 208p, 啓林館.
- 10) 佐々木智謙 (2012) : 「ミクロメーターの指導に関する実践報告 (ICT の活用) - ミクロな試料の

大きさの測定」『山梨県立巨摩高等学校』第 45 号, 45-46.

- 11) 鷹取健 (2006) : 「著作権法と理科教育振興法をめぐって」『理科教室』第 49 卷, 第 5 号, 8-11.
- 12) 高田太樹 (2012) : 「計画的な消耗品購入」『理科の教育』第 61 卷, 第 717 号, 58-59.
- 13) 小学館教育編集部 (2013) : 『電子黒板まるごと活用術』68p, 小学館.
- 14) 小学館教育編集部 (2015) : 『電子黒板まるごと活用術 2』96p, 小学館.
- 15) 清田英孝 (2012) : 「直接観察とデジタルコンテンツで深める理解」『理科の教育』第 61 卷, 第 725 号, 5-8.
- 16) 村山哲哉 (2010) : 「ICT を授業にーハードとソフトはどう進化するか」『楽しい理科授業』第 42 卷, 第 522 号, 44-45.

