
原著論文

美しく説明力のある映像教材の作成に関する基礎研究Ⅱ －4K画像と立体写真を活用した理科教育改善の試み－

渡 辺 克 己

北里大学獣医学部

要旨

美しい映像教材を得る手段として4Kテレビの活用を検討した。デジタル一眼レフカメラの動画機能と4K画質の顕微鏡カメラを用いて、4K大型テレビを顕微鏡モニターとして利用した。ハイビジョンテレビとの画質の違いを比較し、4Kテレビの理科教材としての有効性について研究を行った。また、説明力のある映像教材として、立体写真の理科教育への利用について検討した。特に接写画像や実体顕微鏡の画像を立体視するための撮影方法とL判の写真を立体視できる立体視メガネの作製に関する基礎研究を行った。

キーワード：映像教材、デジタルカメラ、4K顕微鏡モニター、立体写真

はじめに

以前展示された4Kテレビの画面を見てその鮮明さに驚いて以来、美しく、説明したい科学情報がきちんと含まれ、見る者が感動し、興味関心が高まる映像教材が作れないものか考えていた。昨年、大型4Kテレビを教材提示機として活用する際、モニター画面に4K画質の映像を映すことができていなかった。⁽¹⁾ 4K画質の撮影ができることとモニター画面に映し出す画質が異なることに理解が至らなかったことによる。そこで、今回はデジタル一眼レフカメラの動画機能と4K撮影機能を持つ顕微鏡カメラを用いて、4K画像と2K画像の違いを小6の児童にも体験してもらった。また、3D動画も一般化しており、理科教育における接写や実体顕微鏡映像の立体写真の活用について基礎的な実験を試みた。

I 使用した器具とその概要

1 カメラ類

- (1) ソニーデジタル一眼レフカメラILCE-6400、50mmマクロレンズ
- (2) レイマー顕微鏡カメラ FLYD-2
- (3) レイマー顕微鏡カメラ FLYD-4K

2 顕微鏡類

- (1) オリンパス顕微鏡 BH2
- (2) レイマー双眼実体顕微鏡 LW-720T

3 テレビ類

- (1) ソニー4K液晶テレビBRAVIA KJ-55X9500G
表示サイズ：横122.8cm×縦70.9cm
画素数：3,840（水平）×2,160（垂直）画素、≒800万画素＝4K
- (2) シャープ液晶ハイビジョンテレビ AQUOS LC-60XL20
表示サイズ：横133.1cm×縦74.8cm
画素数：1,920（水平）×1,080（垂直）画素、≒200万画素＝2K

4 プリンター

- (1) エプソンEW-M752T

Ⅱ4K大型テレビの顕微鏡モニター・実物投影機としての活用

理科実験においては児童・生徒が行う実験内容をリアルタイムで映像として提示できることが有効である。状況により臨機応変な対応が可能であり実験方法や観察内容を具体的に示すことで効率的な授業の展開が期待できる。特に顕微鏡実験での有効性は顕著である。

1 ソニーデジタル一眼レフカメラの動画機能を利用

(1) 接写を行い拡大画像をモニターに投影する方法

ソニーデジタル一眼レフカメラILCE-6400のモードダイヤルを動画に設定する。カメラをHDMIケーブルで4Kテレビに接続する。MENUでセットアップを選択し、4K映像の出力先で希望の設定を選ぶ。HDMIのみ（30P）に設定すると、カメラのメモリーカードには記録されず4Kテレビに4K動画を30P（30フレーム／秒）で投影することができる。⁽²⁾モードダイヤルをカメラの設定にすれば、従来通りの2K映像をテレビに投影することができる。

(2) 顕微鏡モニターとして利用する方法

ソニーデジタル一眼レフカメラILCE-6400に顕微鏡アダプターを装着し、前記（1）の

設定を行い、顕微鏡に取り付ける。4Kテレビ画面上に精緻で鮮やかな顕微鏡映像を得ることができ、原形質流動やブラウン運動など動きを伴う映像の投影に高機能を発揮する。

2 4K顕微鏡撮影用カメラの利用

レイマー社製の4K顕微鏡カメラFLYD-4 KをHDMIケーブルで4Kテレビに接続し、顕微鏡アダプターを装着し、顕微鏡に取り付けるだけで4K画像を得ることができる。付属のマウスをテレビ画面上で操作することで、静止画や動画の撮影を行うことができるなど使い勝手が良い。高倍率でブラウン運動を観察すると粒子の動きがぎこちなくなる点が必要になるが静止画像については問題は無い。HDMIケーブルは容量の大きいものを用いる必要がある。

3 4K画像とハイビジョン画像の比較

(1) 接写画像

カンツバキの花を接写した4Kと2Kのテレビ映像をカメラで撮影した写真である。



写真1 カンツバキの4K映像



写真2 カンツバキの2K映像

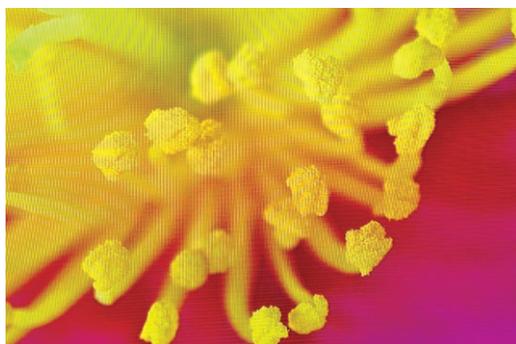


写真3 葯の拡大4K映像



写真4 葯の拡大2K映像

4K画像では葯上に花粉の粒子が認識できる。



写真5 花弁上の花粉の4K映像



写真6 花弁上の花粉の2K映像

4K画像では花弁上の花粉の粒子が明瞭に認識できる。

(2) 顕微鏡画像

同じ試料を顕微鏡カメラを用いて4K画質と2K画質で撮影した顕微鏡写真である。

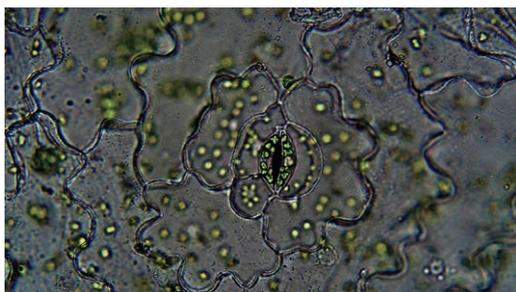


写真7 アカザカズラの気孔の4K画像



写真8 アカザカズラの気孔の2K画像



写真9 ミジンコの4K画像



写真10 ミジンコの2K画像

これらの写真ではあまり明瞭な差が分からないがテレビ画面では大きな違いが感じられる。4Kカメラで撮影しSDカード等に保存した後4Kテレビで再生した画像は、静止画でも動画でも従来の2K画像に比べると格段に優れていることが実感でき、理科教材として非常に有効であることが確認できた。しかし、4Kテレビは顕微鏡を直接投影した時の映像が美しく迫力があり、モニターとしての利用がより優れた活用法であると思われる。

4 小学生が4K画像を見た感想

2020年12月14.15日、川崎市立西梶ヶ谷小学校において、6年生を対象に「植物のつくり」の授業を行った。授業内容の一部にデンプン粒と孔辺細胞の顕微鏡観察があり、観察を終えた後、アカザカズラの孔辺細胞を顕微鏡モニターの4Kテレビと2Kテレビに同時に投影した。各自が観察した結果を基に、両テレビの画像を比較しアンケートに答えてもらった。結果は以下の通りである。

(1) Q1. テレビA (4K) とテレビB (2K) の画面に見え方の差がありますか? 番号に丸を付けてください。

- | | | | | |
|---|--------|---|-------------|----------|
| ① | ごくある | : | 27名 (84.4%) | |
| ② | 少しある | : | 5名 (15.6%) | |
| ③ | ほとんど無い | : | 0名 (0.0%) | |
| ④ | 全くない | : | 0名 (0.0%) | 回答総数 32名 |

(2) Q2. 理科の授業ではどちらの方が役に立つと思いますか? 丸を付けてください。

- | | | |
|-------------|--------------|----------|
| A (4K) テレビ: | 32名 (100.0%) | |
| B (2K) テレビ: | 0名 (0.0%) | 回答総数 32名 |

(3) 自由記述の文中に見られる文言の分析

児童の自由記述に見られた類似表現の出現回数を比較した。

- ・ Aのテレビの方が画質が良くてきれいだった。 . . . 12回
- ・ Aのテレビの方が見やすかった。 . . . 10回
- ・ Aのテレビの方が細かく映っていた。 . . . 9回
- ・ Aのテレビの方がはっきり映っていた。 . . . 8回
- ・ Aのテレビの方の粒が動いている。 . . . 4回
- ・ Aのテレビの方が色がきれい。 . . . 4回
- ・ Aのテレビの方が分かりやすい。 . . . 3回
- ・ Aのテレビの方がリアルに見えた。 . . . 2回
- ・ Aのテレビの方がくっきりしていた。 . . . 2回
- ・ Bのテレビの方はぼんやりした感じ。 . . . 2回
- ・ Aのテレビの方が明るい。 . . . 2回
- ・ Aのテレビの方が少し気持ちが悪かった。 . . . 1回
- ・ Aのテレビの方がピントが合っている。 . . . 1回
- ・ Aのテレビの方が濃く映っている。 . . . 1回
- ・ Aのテレビの方が実験には最適だと思う。 . . . 1回

自由記述の内容から多くの児童が4Kテレビ画像の特徴とされる、「高コントラスト・高精細・豊富な色彩」を実感していることが分かる。また、授業の終わりにミジンコの画像を見せたところ、教科書で目にする可愛い画像とは大きく異なり心臓の動きや体表の模様な

どが明瞭に映っていることから、多くの児童が興味を示した。一方で、明瞭すぎる迫力ある映像に「気持ち悪い」と拒否反応を示す者もいた。今回の児童の感想は4K画像と2K画像を並列し比較した場合の例であり、従来のテレでも十分説明力のある映像を得ることはできる。

Ⅲ理科教材としての立体写真の活用

初めて双眼実体顕微鏡を覗いて、小さな花や昆虫が立体的に見えた時の印象は非常に強烈で感動的であった。しかし映像に関する詳しい説明はなかったと思う。そこで、立体写真の技法を用いて実体顕微鏡映像に関する説明力を高めた理科教材の作成を試みた。立体画像を見るにはいくつかの方法が知られているが、今回は平行法と呼ばれる最も一般的な方法に基づいて、L判の写真を用いた接写や実体顕微鏡の立体画像を得る方法について検討した。

1 立体写真の原理と撮影方法

(1) 立体写真の原理

被写体に対してカメラを水平方向に移動して撮影した2枚の写真を、左右別々の目で見ると視差の関係で立体的に見える現象が立体写真の原理である。また、人の目の間隔が6～7cmであることから、特別な装置を使わず、平行法による立体視の場合、用いる2枚の写真の立体視できる部分の対応する点の間隔は目の間隔以下でなければならず、⁽³⁾ 多くの場合5～6cm程度の写真が用いられている。

(2) 一般的な撮影の方法

カメラを被写体に向けて1枚目を撮影し、カメラを水平に平行移動させ同じ条件で2枚目を撮影する。カメラを移動させる距離（基線長）は被写体までの距離により異なり、被写体までの距離の $1/50 \cdot 1/40 \cdot 1/30$ と諸説ある。いずれの場合も立体視が可能であり神経質にならなくても良いようである。

接写の場合は被写体がフレームに収まるように注意しながら $1/20$ 程度が適当とされている。⁽⁴⁾ 被写体までの距離が短くなるとカメラを正確に移動させることが難しくなる。そこで、三脚にスライダーを取り付け、スライダーにカメラを固定することで小さな距離の移動が可能となる。

2 立体写真撮影の方法と工夫

(1) 被写体までの距離と基線長（カメラの水平移動距離）の関係

基線長を被写体までの距離の $1/40$ 、 $1/30$ 、 $1/20$ にした場合の被写体までの距離と基線長の関係、カメラを基線長に従って移動させた時のモニターテレビ上の画像の移動距離を示すと次の通りである。ただし、スライダー上のカメラの移動は微調整が難しく、計算

上の数値とはずれが生じていると思われる。今回の計測回数は1回で平均値を示したものではない。基線長が短くなるほどモニターテレビ上の測定値のばらつきが大きくなった。

第1表 被写体までの距離と基線長・テレビ画面上での移動距離の関係

基線長の割合	被写体までの距離	基線長	テレビ上の移動距離
1/40	30cm	7.5mm	6.3cm
1/40	25	6.3	6.4
1/40	20	5.0	6.3
1/40	15	3.8	6.7
1/40	10	2.5	6.8
1/30	30cm	10.0mm	8.4cm
1/30	25	8.3	8.5
1/30	20	6.6	8.2
1/30	15	5.0	8.6
1/30	10	3.3	9.1
1/20	30cm	15.0mm	13.0cm
1/20	25	12.5	12.0
1/20	20	10.0	12.5
1/20	15	7.5	13.0
1/20	10	5.0	13.0

(2) モニターテレビ上の画像移動距離

今回の測定結果から、被写体までの距離と基線長の割合が同じならば、カメラと被写体の距離に関係なくモニターテレビ上の画像の移動距離はほぼ近い値となった。

基線長の割合が1/40の場合のテレビ画面上の画像の移動距離は約6.3cm、

1/30の場合は約8.4cm、

1/20の場合は約13.0cmであった。

このことから、被写体の大小の違いにより適切な大きさの画像を得るためにはカメラと被写体の距離を調節する必要があるが、被写体との距離によりその都度基線長を計算しなくても、モニター画面上の画像の移動距離を測定するだけで適切な立体写真の撮影が可能となることが分かった。このことは、接写による立体写真の撮影が非常に容易になり、教育現場での理科教材の作成にも有効に機能すると思われる。さらに、双眼実体顕微鏡等を用いた場合の立体写真の撮影にも応用が可能であると考えられる。

(3) 縦画像での撮影

L判写真の立体視可能部分を有効に活用するためには、写真を縦位置で使うことが望ましい。カメラを縦位置に固定する機能は大型の三脚には備わっているが、スライダーを用いるため三脚のこの機能を用いることができない。そこで、スライダーに取付金具を取り付け、W1/4蝶ナットと六角ボルトを用いてカメラを縦位置に固定する。⁽⁵⁾ スライダーを動かすことで、縦位置のままカメラを水平移動させることができる。



写真11 縦位置に固定したカメラとスライダー

(4) 照明の方向の検討

被写体に当てる照明の方向について、カンツバキの花を撮影する際の照明の方向と立体写真の出来栄を比較した。照明を上方から、側方から、ほぼ正面から当てて写真を撮影し立体的に見える状況を比較した。照明の方向による立体的な見え方に差は感じられなかったが、写真としてはほぼ正面から照明したものが見やすかった。ただし、被写体の形状により適切な照明方法には違いがあるものと思われる。

(5) 被写体までの距離と基長線の割合及び得られる立体像の関係

基線長を被写体までの距離の1/40、1/30、1/20に設定した場合の立体視の状況を比較したところ、いずれの場合も立体視はできている。極端な変化はないものの被写体までの距離が短くなり基長線の割合が大きくなるにつれて立体感が増すことが分かった。接写の場合の被写体までの距離と基長線の割合は1/20程度が適切であると考えられる。

3 実体顕微鏡を用いた立体写真の撮影

(1) 被写体の水平移動距離の検討

実体顕微鏡の撮影ではカメラを移動させることはできないので、テレビ画面を利用することで被写体の平行移動距離を測定し撮影を行った。被写体の移動はメカニカルステージを用い、テレビ画面上の移動距離は13.0cm(基線長の割合が1/20に相当する)と8.4cm(基線長の割合が1/30に相当する)とした。この方法で立体視ができる写真が得られるかは不明であったが、カメラと被写体の相対的位置の関係はカメラを移動させる場合と同じであると考えられるので、凹凸の大きいゼニゴケの杯状体で撮影を試みた。

(2) 照明の方向と被写体の移動方向の検討

双眼実体顕微鏡の照明方法には透過光を用いる方法と落射光を用いる方法があるが、今

回は落射光により照明を行った。被写体に対して斜め上前方向からスポットライト的に照射する方法と上部から全面を照射する方法があるので両方法を試みた。また、被写体の移動方向は、スポットライト式照明方法において、被写体の光軸方向への移動と光軸の直角方向への移動を行いそれぞれに撮影を行った。

(3) 撮影の方法

プラスチック定規の中央に印を付け、これを挟んで $13.0/2$ cm (基線長の割合が $1/20$ に相当)または、 $8.4/2$ cm (基線長の割合が $1/30$ に相当)の位置に印を付ける。

カメラを縦位置で撮影する場合、立体視したい部分の中央をテレビ画面の中央に置き、目標となる部分を決め、定規を縦に置き中央の目標部分に重ねる。被

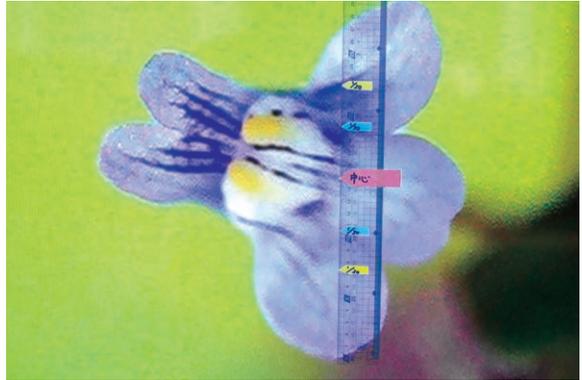


写真12 テレビ画面上の印付き定規

写体を左右に動かすと、テレビ画面は上下に動くので、中央の目標部分を下の印まで移動し1枚目を撮影する。次に上の印まで移動し2枚目を撮影する。

カメラを横位置で撮影する場合、立体視したい部分の中央をテレビ画面の中央に置き、目標となる部分を決め、定規を横に置き中央の目標部分に重ねる。被写体を左右に動かすと、テレビ画面も左右に動くので、中央の目標部分を左の印まで移動し1枚目を撮影する。次に右の印まで移動し2枚目を撮影する。2枚の写真をこの順で撮影し、1枚目の写真を左、2枚の目の写真を右の位置で並べ立体視メガネで覗けば立体画像が得られる。

(4) ゼニゴケの杯状態の写真

照明により得られる画像はかなり異なる。斜め上前方から照射した場合は凸部分の影ができ立体感のある写真になるが、真上からの照射ではフラットな写真になる。

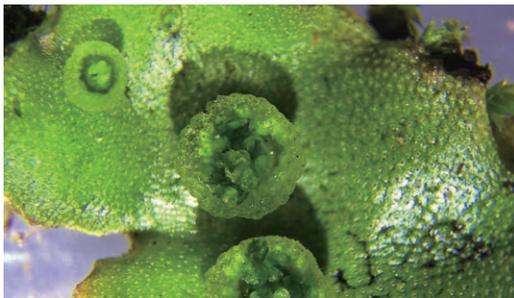


写真13 斜め上前方落射照明での撮影

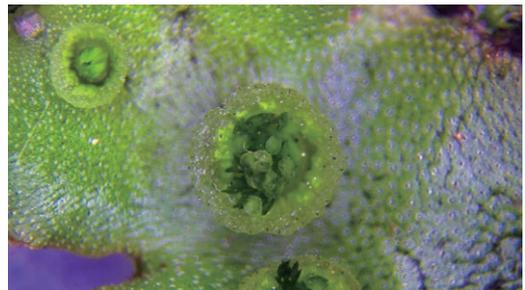


写真14 上部全面落射照明での撮影

(5) 撮影結果

斜め上前方から照射した場合、明瞭な立体映像を得ることができた。また、被写体を光軸方向へ移動した場合も光軸と直角方向に移動した場合も、得られた立体映像に大きな差は感じられなかった。上方からの全面照射で得られた画像では立体感が乏しかった。

4 立体視の方法と立体視できる写真の範囲

(1) 一般的な立体視メガネ（ビューワ）の構造



写真15 地学教材の立体視メガネ



写真16 市販の簡易型立体視メガネ

立体視メガネは、写真のように2枚の凸レンズを目の間隔で並べ、写真が鮮明に見える位置に固定し、左右の目で直下の写真を見るようにできている。裸眼でも慣れれば立体視が可能だが、この装置を用いれば誰にでも容易に立体視が可能である。写真15のメガネの下にあるのは地学教材の航空写真である。飛行機を飛ばし、一定間隔で撮影した写真で、2枚の連続した写真を並べて見ることで地形の凹凸が大きく見える。

(2) L判写真を用いた立体写真の作成

①カメラを平行に移動させ撮影した2枚のL判写真の像を重ねると、重なった像の部分で立体視できる部分である。重なっている像の立体視したい部分を6cm幅で切り取る。6cm幅の透明な定規を作っておくと便利である。



写真17 立体視可能部分以外の切除

②切り取った写真の立体視できる部分を市販の地学教材と比べてみた。地学教材は5cm×5cmの正方形である。L判の写真を縦置きにした場合は立体視できる範囲が縦に広くなり、写真を上下に動かすことにより説明できる内容を増やすことが可能となる。地学教材のように写真を縮小することで情報量を増やすことはできるが画質の荒い写真になる。



写真18 立体視可能部分の比較

③完成したL判写真を用いた立体写真である。19cm×13cmの台紙に、中央に幅5mmほどの隙間を空け2枚の写真を貼り付ける。写真を並べる時左右を逆にすると凹凸が反転してしまうので注意する必要がある。写真の片方に説明等を加えることで写真の説明力を向上させることができる。印画紙は薄手の光沢紙を用いれば費用が抑えられ、写真を加工する作業も容易である。



写真19 完成した立体写真

5 L判写真を利用する立体視メガネ（ビューア）の作製

100円ショップで売られているルーペとハンギングネットを利用する。ネットを3目幅で切り、ルーペの枠の下側から13cmの位置に写真が来るようにコの字型に針金を曲げ高さ

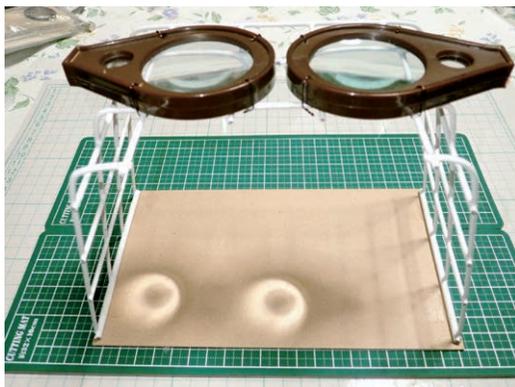


写真20 作製した立体視メガネ全体



写真21 作製した立体視メガネの上面

を調整する。ルーペはプラスチックの枠に穴を開けエナメル線でネットに固定する。ネットの手前側は鼻が当たらないように切り取っておく。このように安価で簡単な構造で高性能な立体視メガネが作製できることから、理科教材として適していると考える。

大判の航空写真を解析する装置を模して、4枚の鏡を用いたL判写真を切らずにそのまま見る装置も開発したが、作製に手間が掛かり教材としては適さないと判断した。⁽⁶⁾

終わりに

タマネギの表皮細胞を4Kテレビで見ると、核と仁が明瞭に識別でき、活発に流れる原形質流動、ブラウン運動が確認できる。4K顕微鏡カメラと大型4Kテレビの組み合わせで顕微鏡観察の次元が変わったように感じる。児童の反応からも分かったように4K映像の理科教育での活用が大いに期待できる。

実体顕微鏡像を立体写真にする技術と立体視する器具は開発できたが、できた立体写真の見栄えには若干不満が残る。どうしたら初めて双眼実体顕微鏡を覗いた時のような感動を得られるか、何を素材とした時に立体写真の本領が発揮できるのか更なる検討が必要である。立体写真の撮影方法や立体視する方法には色々ある。見る者に驚きと感動を与えられるような理科教材としての立体写真の作成が今後の課題である。

参考文献等

- 1 渡辺克己 (2019) 「美しく説明力のある映像教材の作成に関する基礎研究」北里大学 教職課程センター教育研究 第5号
- 2 ソニーデジタル一眼レフカメラILCE-6400ヘルプガイド
- 3 「立体写真の組み方」 aaacafe.web.fc2.com/photo3d/3d-shw.htm
- 4 「虫めづる立体写真」 aaacafe.web.fc2.com/photo3d/3d-ent.htm
- 5 渡辺克己 (2016) 「家庭用ビデオカメラを用いた理科教育の改善」北里大学 教職課程センター教育研究 第2号
- 6 「ステレオ写真の鑑賞法：これ大事です！」 www012.upp.so-net.ne.jp/Kiyoshi/howto3D/howtosee.html