

# 種子発芽動画を用いた e ラーニング教材の作成

岡 正明<sup>1</sup>, 雁部 朱美<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 宮城教育大学 技術教育講座, <sup>2</sup> 宮城教育大学 情報・ものづくりコース

小学校 5 年生理科では、発芽に必要な 3 条件（水・温度・空気）を扱う単元がある。教科書などでは挿絵や写真で必要条件の効果を示している場合が多いが、種子発芽の様子を撮影した動画を示すことにより、生徒がより理解しやすくなると思われる。本研究では、デジタルカメラの微速度撮影機能を用い、3 条件それぞれについて、実際の種子発芽を撮影した。また、e ラーニングコンテンツ作成ソフトウェア “Adobe Captivate 3” を使い、動画を用いて発芽条件を学べる e ラーニング教材を作成した。

キーワード：栽培教育、理科教育、植物動画、デジタルカメラ、e ラーニング

## 1. はじめに

多くの小中学校では、各教科や総合的な学習の時間などで、栽培学習が行われている。植物の生育には長い時間がかかり、その形態はゆっくりと変化する。栽培学習に取り組む生徒が頻繁に植物観察を行っても、その変化に気づくことが難しく、植物に対する興味が薄らいでしまうことにつながる。私たちの研究室では、生徒に植物の多様な動きを認識してもらい、植物に対する関心・理解を抱かせることを目的に、植物の生長を記録した動画の教材化を試みている。これまでに、植物生長を撮影する機器の検討 [1]、および具体的な植物生長動画の作成を行ってきた [2,3,4]。

本研究では、小学校 5 年生理科で扱う「植物の発芽に必要な 3 条件（水・温度・空気）」の単元を対象とし、それらの条件を実証するための動画を作成した。小学校・理科の植物観察事項を撮影した映像は、多くの Web サイトで公開されており、自主学習に活用できる（例えば NHK デジタル教材 [5]、Yahoo きっず理科社会動画 [6] など）。しかし、植物動画を取得した詳細な条件（気温などの環境条件）が明らかでない場合があり、また著作権の問題でそれらの動画を加工して

他の教材に組み入れることが難しいなど、二次的に利用することが困難なことも少なくない。本研究では、教育現場で制約無しに使ってもらうことを前提に、実際に発芽実験を行い、環境条件の計測とともに植物の発芽動画を取得した。また、それらの動画を生徒に提示することにより静止画よりも発芽の条件を理解しやすくなると考え、e ラーニングコンテンツ作成ソフトウェア “Adobe Captivate 3” を使って、発芽動画を組み込んだ e ラーニング教材を作成した。

## 2. 種子発芽動画の取得

### 2.1 発芽に及ぼす水の影響を示す動画

平成 21 年 4 月 27 日に、カイワレダイコンの種子（サカタのタネ）を深底シャーレ（直径 8cm、高さ 9cm）に播種した（図 1）。種子が見えやすいよう、土壌の代わりに白色のパーライトを用い、地表から約 1cm の位置に、シャーレ壁面に接するよう、種子を 10 粒並べた。パーライトは水を含んでおらず、篩を用いて均一な大きさの粒を集め、使用した。播種したシャーレの一方（図 1・左）には水を与え（水位は種子の下 1cm 程度）、もうひとつ（図 1・右）は加水せず乾燥

状態のまま保った。シャーレは、直射日光が当たらない明るい実験室窓際に置いた。気温は制御せず、室温で行った。室内の気温は気温データロガー「おんどとり」で 1 時間毎に記録し、実験期間中は 17.0～26.7℃の範囲で変動、平均 22.5℃であった。2 つの深底シャーレの側面の様子を、デジタルカメラ (Nikon CoolPix P5000) の微速度撮影機能を用いて、1 時間に 1 枚ずつ、撮影した。

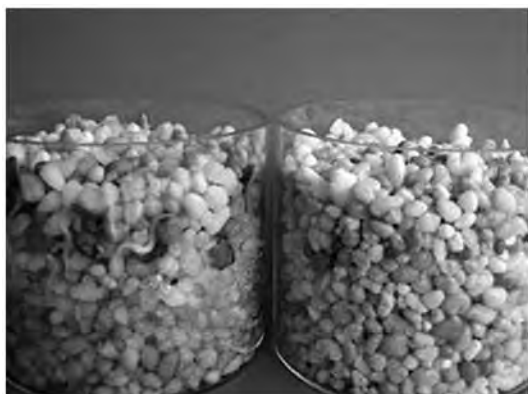
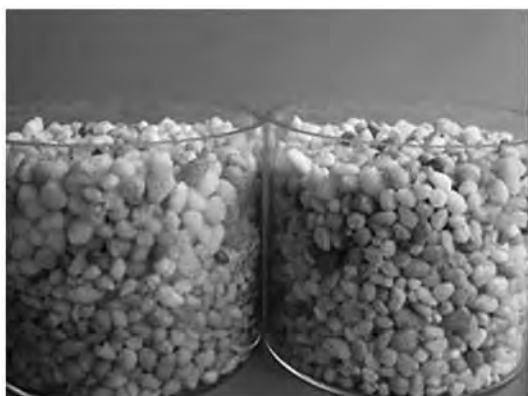


図 1 水の有無による発芽の違いを示す動画  
左：水を加えたシャーレ 右：水を加えないシャーレ  
上図：実験開始時 中図：処理開始 7 日後  
下図：処理開始 14 日後

撮影は発芽処理開始時から行い、5 月 11 日まで 15 日間続けた。

水を加えたシャーレでは、処理数日後までに土中での発芽が確認され、14 日後までには子葉が地表面から現れる出芽状態となった(図 1)。一方、水を加えないシャーレでは、種子の変化は全く認められなかった。取得した画像を連結し、吸水種子の発芽から出芽までの様子を観察できる 50 秒程度の動画を作成した。

## 2.2 発芽に及ぼす空気の影響を示す動画

平成 21 年 5 月 18 日に、カイワレダイコンの種子を深底シャーレに播種した。空気の無い条件を設定するためにシャーレを湛水状態にすることを考え、シャーレに水を入れたところ、前実験で用いたパーライトでは水に浮いてしまったため、直径 3mm 程度の砂利を用いることとした。用いた種子・器具、播種方法は、前実験と同様であ



図 2 空気の有無による発芽の違いを示す動画  
左：空気のある状態 右：湛水で空気のない状態  
上図：処理開始 4 日後 下図：処理開始 8 日後

る。播種したシャーレの一方（図 2・左）の水位は種子の下 1cm 程度まで、もうひとつ（図 2・右）のシャーレは湛水状態とした。シャーレは、直射日光が当たらない明るい実験室窓際に設置してある植物栽培用恒温ガラスケース（25℃に設定、自然光）の中に置いた。実験開始後 8 日目まで、前実験と同様のカメラを用いて、2つの深底シャーレの側面の画像を 1 時間毎に取得した。

種子に適度な水と空気を供給できるシャーレ（左）では、2 日目から発芽が始まり、8 日目にはほぼ全ての種子が出芽した。一方、湛水状態で種子に空気が供給されないシャーレでは、発芽は認められなかった（図 2）。取得した画像を連結し、30 秒程度の動画を作成した。

### 2.3 発芽に及ぼす温度の影響を示す動画

発芽実験は、平成 21 年 10 月 29 日に開始した。カイワレダイコンの種子を播種した深底シャーレを、パッキン付きプラスチック容器に入れ、一方は室温条件（図 3・上図・左）、もうひとつにはシャーレ上に保冷剤（直径 3cm のクリスタルアイスボール 10 個）を入れ（同・右）、容器内の温度に差をつけた。保冷剤は、1 日 2 回（朝と夕方）に凍結させたものと交換した。センサーが 2 本付いた温度計を用意し、センサーを各容器の中に入れ、温度表示部は画像に写り込むよう、容器前面に置いた。用いた種子・器具・パーライト、播種方法は、最初の実験と同様である。両シャーレの水位が種子の下 1cm 程度に保たれるよう、随時、加水した。

実験期間の各容器の温度を、図 3・下図に示した。保冷剤の効果がなくなる時間帯は両容器内の温度に差は無くなるが、それ以外の時間は概ね 3～5℃程度、保冷剤有りの容器の温度が低かった。種子は両シャーレとも発芽したが、低温で推移した保冷剤有り容器の伸長速度は遅く、実験 7 日目の画像からも明らかな生育差が認められた（図 3）。この実験についても前実験と同様の撮影を行い、動画を作成した。

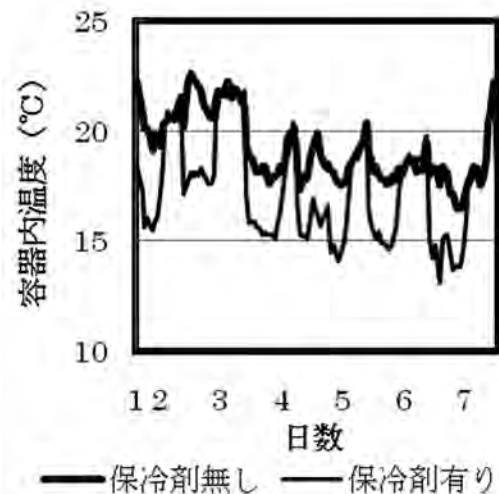


図 3 温度による発芽の違いを示す動画  
 左：保冷剤無し 右：保冷剤有り  
 上図：処理開始 3 日後 中図：処理開始 7 日後  
 （手前の温度計：上段が保冷剤有り・下段が無し）  
 下図：実験期間の 2 つの容器内の温度

### 3. e ラーニング教材の作成

取得した発芽動画を用いて、e ラーニング教材を作成した。教材作成には、e ラーニングインタ



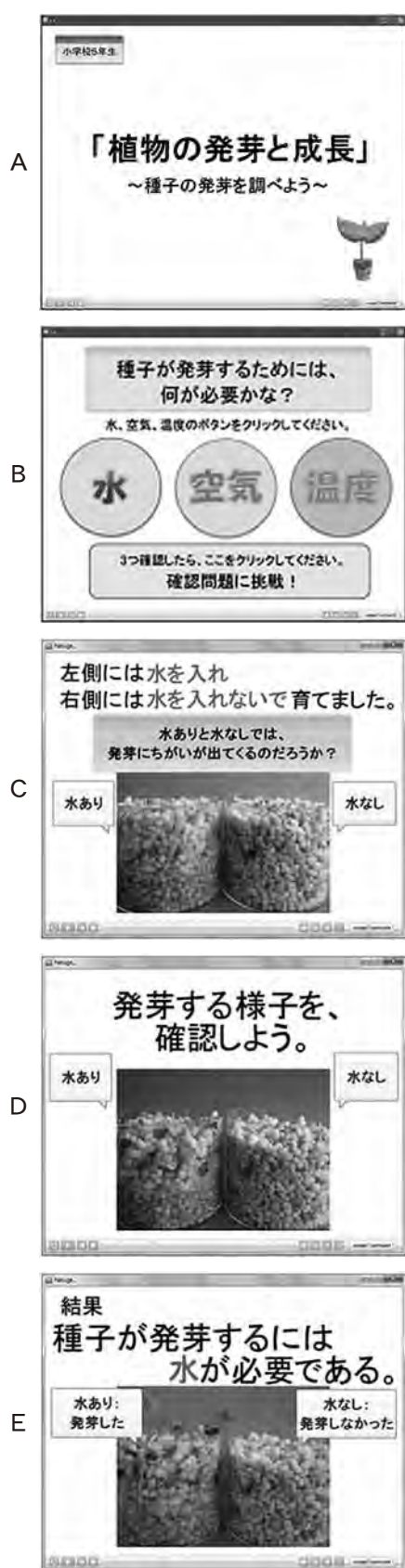


図4 種子発芽動画を用いた e ラーニング教材  
(A～Eの説明は、本文参照)

ラクションの作成や、フィードバックアクション付きの複雑なシナリオ分岐の作成などを手軽に行うことができる“Adobe Captivate 3”を用いた。

e ラーニング教材の主要な画面を、図4に示す。図4・画面Aは、開始画面である。画面Bで、生徒に学習テーマを提示する。この画面で、「水」「空気」「温度」の選択肢を選ばせ、それぞれの分岐に進む。「水」を選択した場合、最初に画面Cが現れ、生徒に課題を提示し、種子発芽と水の関係を考えさせる。また、この画面で実験方法についても説明する。次の画面Dで、実験の結果である種子発芽動画を再生し、生徒に実験結果を視覚的に確認させる。生徒は、最終的な発芽の有無だけでなく、種子の吸水から、種皮が破れ幼根が伸長し、胚軸が伸びて出芽に至る過程を詳細に観察することができる。その観察を踏まえ、画面Eで、種子発芽と水との関係を確認する。発芽と「空気」、発芽と「温度」の関係についても、同様の分岐を作成した。

「水」「空気」「温度」と発芽との関係の全てを動画で学習した後、生徒は内容を復習する分岐に入る。「発芽」の単語の意味と、発芽に関わる3つの条件を確認する問題を出し、もし回答に誤りがあれば、その内容を提示する動画を再度見せて、発芽に関する条件を完全に習得する流れである。e ラーニング教材全体の分岐を、図5に示した。

作成した e ラーニング教材を改良するために、教育実習をすでに経験している宮城教育大学教育学部の3年生・4年生、計27名にこの教材を使用してもらい、アンケートを行った。発芽と各条件との関係を示す画面では、文字の数・大きさや、説明文の問題（誤解に繋がる説明不足、小学生高学年対象としての文章表現、など）に関する指摘があり、各画面の修正を行った。本研究の目的である「動画を用いることによる学習の効率化」に関する質問のうち、「図・挿絵などによる学習よりも動画による学習の方が有効であると思うか?」については、全ての学生が「やや有効」「有効」と回答した。



図5 作成したeラーニング教材の分岐

#### 4. 考察

本研究室では、これまでに多くの植物生長動画を収集し、栽培学習における有用性について検討を行ってきた。本実験における「発芽と水・空気・温度」との関係を示す動画もその一つであり、種子発芽における詳細な形態的变化を観察しながら、発芽に関係する条件を印象深く学習することのできる教材であると考えている。

これらの動画を用いて作成したeラーニング教材について、本実験では教育学部の学生に試行してもらい、その指摘をもとに教材の改良を行った。最終的には、小学校高学年の生徒や、現職の小学校教員に使っていただき、修正点の検討、および教材としての有効性を確認する必要がある、これは今後の課題である。

種子発芽の学習については、過去、膨大な研究と実践例が報告されており、その一つとして安藤・西村[7]の、発芽に必要な条件を検証する6つの実験を組み合わせた実験モデルがある。その中には発芽に「日光」「肥料」が必要ないことを示す実験も含まれているが、本実験のeラーニング教材にも、それら2条件の実験動画を取り入れていく予定である。これらの動画を加えることにより、生徒が、発芽に必要な条件、不必要な条件の両方を学習することができるようになる。また、発芽と「空気」の関係についても、湛水条件の深底シャーレにエアポンプで空気を送り込み発芽可

能となることを示す動画を組み入れれば、「空気」について、より正確に理解できるようになるであろう。

本研究室の一連の研究において、他にも、植物の種子発芽に関する多くの動画が得られている。図6に示す単子葉植物と双子葉植物の種子発芽の違いを示す動画も、その一例である。胚乳を持つ種子と持たない種子との、発芽過程での形態的变化の差異を、容易に観察することができる。また、胚軸の長いカイワレダイコンについて、出芽後に子葉が大きく回転しながら生長していく動画、トマト苗の本葉が細かく震動しながら生長していく動画など[8]、微速度撮影でなければ観察できない植物の動きを示す動画も多数作成しており、植物に対する生徒の理解を深める教材として利用できると考えている。なお、これらの動画は、小中



図6 単子葉植物（左：トウモロコシ）と双子葉植物（右：ダイズ）の発芽の違いを示す動画

学校の教員への配布を開始している。また、作成した e ラーニング教材については、教育現場で有効性を検証した後、公開する予定である。

本実験では、種子発芽に関係する条件を学習する動画、及び、それらを用いた e ラーニング教材の作成を行った。微速度撮影による動画は、植物のダイナミックな形態的变化を生徒に認識させることができ、植物や栽培学習に対する生徒の興味を引き出す教材となると考えられる。現在も、数時間から数年の植物の形態的变化を記録した多様な植物動画の収集を続けており、教育現場で広く活用していただけるよう、公開・配布の仕組みを検討している。

## 5. 謝辞

本研究は、科学研究費補助金（基盤研究(C) No.21500864）対象研究の一部として、実施しました。

## 6. 引用文献、参考 Web ページ

- [1] 岡 正明, 小野寺俊一: 作物画像情報取得に用いるネットワークカメラの検討, 日作東北支部報, 50, pp.149-150 (2007).
- [2] 岡 正明, 小野寺俊一, 倉田一平: フィールドサーバを用いて取得した水田長期連続画像の教材化, 宮城教育大学情報処理センター年報, 15, pp.B1-B4 (2008).
- [3] 岡 正明, 中野有加, 小野寺俊一: 画像解析法を用いたトマト群落間隙率の計測, 園芸学研究, 7(別 1), p.354 (2008).
- [4] 小野寺俊一, 岡 正明: 栽培学習に役立つ映像・画像・ソフトウェアの Web 公開, 日本産業技術教育学会第 26 回東北支部大会講演論文集, pp.11-12(2008).
- [5] [http://www.nhk.or.jp/school/kensaku/ele\\_rika.html](http://www.nhk.or.jp/school/kensaku/ele_rika.html)
- [6] <http://contents.kids.yahoo.co.jp/studystreaming/>
- [7] 安藤秀俊, 西村崇志: 小学校における種子発芽の学習に関する基礎的研究, 日本農業教育学会誌, 39(1), pp.1-10(2008).
- [8] 岡 正明, 雁部朱美, 佐藤牧子: 小中学校における栽培学習のための植物生長動画の収集, 日本産業技術教育学会第 53 回全国大会講演要旨集, p.173(2010).