

令和 2 年 5 月 11 日現在

機関番号：82503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K04735

研究課題名(和文) デジタル教科書用デバイスを活用した野外観察教材の開発

研究課題名(英文) Development of wildflower identification site for school education

研究代表者

齋木 健一 (Saiki, Ken'ichi)

千葉県立中央博物館・その他部局等・研究員(移行)

研究者番号：40250055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、野草の知識に乏しい教員でも使える野草の検索サイトを開発し、普及することである。検索サイトの開発・改良のため、中学生を対象にデータを集めた。その結果を分析し、ウェブサイトの改良を行った。改良に際しては、効果を測定する基準が必要だが、検索に関する従来の基準はコンピュータによる検索が普及する以前のものであった。そこで、新たな基準をつくり、これを用いて中学生による検索の実態を分析し、検索サイトの評価と改良を行った。

普及については関東、関西、北海道の各地域での実践報告がインターネット上に掲載されている他、教材の出版社や大学の教育学部が運営している全国向けサイトでも紹介されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物検索は近年特に学校教育で重視されているが、その基礎的研究は少ない。本研究では検索表の評価基準を提唱し、それに基づいて検索サイトの評価と改良を行った。作成した野草検索サイトは教育関係の個人、団体、学校等で広く使用されており学校理科教育に多大な貢献をもたらしている。

研究成果の概要(英文)：The main purpose of this research is to develop a wildflower identification site that can be used by teachers who have little knowledge of wildflowers, and to disseminate it throughout the country. To develop and improve the identification site, we practiced classes for all first grade students at two junior high schools and collected data. The website was improved based on the results of the survey. In order to improve the site, it is necessary to have a standard to measure the effect, however the current standard was before the popularization of computer search. Therefore, we developed a new evaluation standard and evaluated the accuracy of the identification site when junior high school students used it.

Regarding dissemination, in addition to the practice reports in the Kanto, Kansai, and Hokkaido regions posted on the Internet, they are also introduced on websites run by publishers of teaching materials and university faculty of education.

研究分野：理科教育

キーワード：野草 検索 校庭 理科教育 タブレットPC

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

学習指導要領の改定により、中学校 1 年に加え、小学校 3 年でも校庭の生物観察が実施されることとなった。学習指導要領解説に従い、生物とその周辺の環境との関係について指導し、有毒生物に注意するためには、事前に生物の名前を調べ、その特徴を把握しておくことが不可欠である。しかし先行研究で、野外に生息・生育する生物を識別する能力のある教員・教員志望者は非常に少ないことが明らかになっている(松森ほか,2009; 斎藤ほか,2012; 畦,2011)。野草には(ア)移動しない。(イ)分布と環境の関係について調べられる。(ウ)採集に対する道徳的問題が少ない。等の長所があり、児童生徒の野外観察には最も適している。そこで我々の教材開発では、生物の中でも野草を対象とした。長所の多い野草だが、次の 2 点が、障害となっている。

(1) 指導者が野草の名前を知らない。(2) 適切な教材がない。

この問題を解決するために、我々は

(1) 植物学的な知識がなくても野草の名前を調べられるウェブサイト(2) 児童が自ら校庭で野草の名前調べができる、実物大・カラーの教材「野草カード」の 2 つを開発した。ウェブサイト、野草カードとも好評であり、カードは 500 校以上に配布している。(斎木他 2008, 斎木・天野・林 2011, 斎木・林・中西 (2015)) しかし、野草カードは 1 セットの枚数が多く、ラミネート加工もされているため高価である。このため配布数が限られ、「他の季節のカードも欲しい」、「他の種類のカードも欲しい」といった要望にも答えられていない。

2013 年の閣議決定では、2010 年代中には全ての小中学校でデジタル教科書が活用されるようになることされている。そこでデジタル教科書用のタブレット PC を活用し、コストの問題を解決すると同時に、タブレット PC の長所を活用した野草カードの発展版および野草検索ソフトの開発を計画した。

デジタル教科書を掲載するハードウェアにはタブレット PC が想定されているが、ソフトウェアとしては、電子書籍フォーマットの利用が予定されている。電子書籍には野草検索サイトのような複雑な検索機能は無いため、電子教科書もしくはその周辺教材として野草検索サイトを掲載することは困難である。ただ、デジタル教科書を登載しているデバイス自体はタブレット PC などのコンピュータであるため、ネットに接続しての活用も想定されている。そこで我々は「電子教科書用デバイスをブロードバンド接続して使用する」という条件のもとで使用する教材として、デジタル版野草カードおよび、児童用植物検索サイトの開発を企画した。

### 2. 研究の目的

学習指導要領において、野外観察は理科の重要な要素とされているが、校庭の野草の名前がわかる教員は少ない。その対策として我々は教材「野草カード」を開発した。野草カードは教科書にも紹介され好評だったが、高価であるため全国展開には至らず、掲載種数が少ない等の欠点もあった。

こうした問題の解決にむけ、本研究ではデジタル教科書用のタブレット PC を活用した新たな教材の開発を目的とした。タブレット PC を活用することにより、教材は (1)無料で (2)野草の知識に乏しい教員でも使え、(3)校庭に生える野草 180 種以上を包含し、(4)児童の活動を検証できる教材となり、全国への普及が可能となる。

### 3. 研究の方法

2017 年、2018 年、2019 年の 3 年間にわたり、千葉県君津市立君津中学校、浦安市立入船中学校の 2 校に在籍する中学校 1 年生全員を対象に授業実践を行いデータを収集した。実施年により、調査目的に差があるため、授業内容も多少異なるが、基本的な内容は次のとおりである。

- 1) 本研究で開発改良しているインターネットサイト「野草雑草検索図鑑」の閲覧可能なタブレット PC を準備する。
- 2) 「野草雑草検索図鑑」に掲載されているものと同じ形質の選択肢をプリントアウトしたワークシートを準備する。このワークシートに記入をさせることにより記録をとる。
- 3) 校庭の野草を観察させ、観察結果をサイト「野草雑草検索図鑑」に入力し検索することにより、野草の同定を行う。
- 4) 授業後にワークシートを回収し、統計的処理を行うとともに、共同研究者による授業の記録も参考にして分析を行う。
- 5) 分析の結果をもとに野草検索サイトの改善と授業の方法改善を行う。

### 4. 研究成果

(1) 中学校での実践による基礎データ収集：従来の教材との比較、タブレット PC の操作性、使用する画像の選定など、開発・改良の前提となるデータを収集し分析を行った。

#### a) 野草カードとの比較

タブレット PC と A4 版のカードで授業を行ったが、植物の探しやすさに差は出なかった。

#### b) タブレット PC を用いた場合のサイトの操作性：

タブレット PC が導入されていない学校でも生徒は問題なくタブレット PC の操作ができた。

#### c) 単体写真と組写真の比較

カードで比較した結果、組み写真のほうが、成績が良かった。

#### d) 検索に用いる形質の数：

7つ以上の形質で検索した場合、形質の数が増えるほど成績が悪くなった。

## (2) データに基づくウェブサイトの改善

上記(1) a-d)の結果をもとにウェブサイトの標示に組写真を加える改良を施した。

また、中学校での運お湯では、形質観察の後、5つの形質を入力して検索を行うよう、授業の進行を改めた。中学校1年生を対象とした授業実践で確認したところ、約90%の確率で候補を20種類以内に絞り込むことに成功した。野草検索サイトには180種以上の野草が掲載されているが、20種類にまで絞り込めれば、写真画像を見比べての同定も十分可能である。

## (3) 検索サイトの精度：

検索サイトを使用した場合の同定精度の向上に向けた、授業実践の結果、次のことが明らかになった。

### a) 同定に適した形質

生徒が同定のために良いと考え、かつ形質状態を正確に判断できる形質は、花の色、茎の表面、全体の形、地上高の4つであった。他方、実の形、葉脈、葉の幅の3つの形質は、生徒が良いとは考えず、形質状態の判断も不正確であった。この3形質のうち、実の形と葉脈については、認識できないにもかかわらず無理に探すことにより、別のものを誤認していると思われる。葉の形質は全体的に正確に判断できていない。複葉の認識ができないことと、花のそばの小さな葉や苞葉を典型的な葉として観察してしまうことが主な原因と考えられる。誤認の原因として相同性を見誤っている場合や、視認性が悪い形質を見誤ってしまう場合があることは、齋木・天野・林(2012)ですでに指摘されていたが、葉脈については、双子葉植物と単子葉植物を識別するための形質として非常に重視されているため、用いざるを得ない。このような、以後の学習で重要となるにもかかわらず、誤認しやすい形質については、野草観察を実施する前に学習を行う必要があると考えられる。

### b) 評価方法の開発

二分岐式検索表は生物の同定において、有効なツールとして利用されてきたが、検索の過程で一度でも間違えれば正解にたどり着けないという欠点を抱えていた。近年の検索図鑑やインターネット検索では、二分岐式検索表の改良版として、1種類にまで絞り込むことをせずに間違えにくい形質による検索までとどめ、残った複数の候補から写真や解説により正解を見つけ出す方法や、リストされたどの形質からでも検索可能な一覧表式の検索表など様々な図鑑やサイトが公表されるようになった。しかし、こうした工夫の効果に対する統計学的な検討は行われてこなかった。本研究では検索表を評価するための基準をあらたに定義し、私どもが開発しているサイト「野草雑草検索図鑑」と代表的な植物検索図鑑を対象として評価を試みた。

検索表に関する数理的な分析はOsborne(1963)がもっとも詳細に行っている。Osborne(1963)では、一回の検索操作(=1階層)における誤答の確率を一定と仮定した場合には、操作が増えるに従って(=階層が増えるに従って)正答にたどり着く確率が累乗的に減少すること、従って、操作が少ないほど(階層が短いほど)よい検索表であることをあきらかにしている。検索操作数と正答率との関係は正答率=操作数<sup>p</sup>正しい同定に至る確率=Aとすると、A= pと表現できる。

扱う分類群が増えれば、必然的に操作が多くなり、その結果正解にたどり着きにくくなることは経験的に知られており、使用者による誤答を考慮しなければならない初心者向け検索図鑑では、その対策として、検索を途中でやめ、残った候補からは絵合わせで正解を見つける、という方法と、二分岐検索ではなく、多分岐検索を用いる方法が広く採用されている。インターネットやコンピュータを用いた検索も、分岐検索、多分岐検索、一覧表検索のどれかに当てはめることができる。これら3つの方法は、いずれも検索の操作を繰り返す、という点で一致しており、基本的には上述のA= pという式で評価することができる。ただし、新たに3つ以上の選択肢や複数候補を残しての検索終了を考慮する必要がある。

2つ以上の選択肢をもつ検索表、すなわち多分岐検索表の極端な例が、花色による検索図鑑である。たとえば「花色でひける野草・雑草観察図鑑 高橋良孝(2004)」では1回の検索で6群に分けている。これらの著作では操作が一回であるため、誤答率の影響が少ない長所があるが、この候補の数が80種となり、候補が多すぎるため正解を見つけ出すことが難しい。候補種が何種であれば、その後の目視による比較が行えるかは、今後の検討課題と考えられる。

通常の場合、種数T、階層数pの検索表において、検索操作回数Lは式は次のように表される(Osborne1963)。

$$L = \frac{1}{T} \sum_{p=1}^n p^t$$

Osborne 1963では、末端は1分類群で終わるので、末端に複数の候補がのこる場合を別にLgとし、各末端に残ってる候補種の平均をCとする。

現在検索効率の点で評価の高い「葉でみわける樹木 林将之 2010」では

T=327 L=4.08 Lg=3.82 C=9.91

この数値を現実に当てはめて評価するためには、誤答率を算出する必要がある。中学校での授

業実践の結果、野草を調べる上での誤答率は生徒の使いやすい形質に限っても約 0.1(正答率約 0.9)である。これを当てはめると、正答に達する確率は  $0.9^4 \cdot 0.1 = 0.651$  となり、検索の結果残っている候補種平均 9.91 種のなかに正解の種が残っている確率は約 1/3 であることになる。

以上のことから、検索候補を絞り込むために検索回数を増やすと正解残存率がさがり、検索回数を少なくすると多くの候補種が残ってしまうこと示される。従来、検索表の研究においては専門家の利用が前提となっていたため誤答率を非常に低く仮定して来たものと考えられるが、学校教育で検索表を利用する際には大きな問題となることが明らかになった。

検索操作の回数をふやしつつ、正答残存可能性を減らさない方法として、我々のサイト「野草・雑草検索図鑑」では、「一つの検索項目が正答と一致しなくても、次善の候補として、その分類群を残す」という方法「含一形質不一致方式」を採用した。これはコンピュータによる検索で初めて可能となった方法である。正答率= $\alpha$  操作数= $p$  とすると、誤りがない場合は  $A = \alpha^p$ 、誤りが一回の場合は

$$A_s = \alpha^p + p\alpha^{p-1}(1-\alpha)$$

となる。

この方式を用いると、誤答率 0.1(正答率 0.9)で 5 回の検索を行った場合でも、正解種の残存率は約 0.92 となり、十分実用に耐える値となる。この含一形質不一致方式の問題点は、一つの検索項目が正答と一致しない種を候補として残した場合、より多くの種類が候補に残ることである。したがって従来の方式とは同じ種数まで絞り込んだ状態で比較する必要がある。計算の結果、例えば  $T=200$  種、二分岐、正答率 0.9 で計算した場合、同じ 12.5 種類まで絞り込むのに通常の全形質合致方式では検索回数 4 回、正解種の残存確率が 0.66 なのに対し、含一形質不一致方式では、検索回数 7 回で 12.5 種にしぼりこまれ、このときの正解種の残存確率が 0.85 と、通常の全形質合致方式に比べ明らかに高い値を示しており「含一形質不一致方式」の優位性が明らかになった。

#### (4) 普及:

県内については、毎年、千葉県総合教育センターが実施する教員研修の講師を務め、50 人前後の教員に野草同定の実習を行った。この実習の中で本研究で開発した野草検索サイトの操作実習も行い普及に努めた。

全国への普及に向けては学会での発表やインターネットでの発信などをおこなってきた。実際の状況については通常の検索サイトを閲覧することにより把握することができる。渋谷区西原小学校、京都市立嘉楽中学校、柏市学校図書館といった地域の施設から、教育出版小学理科リンク集、御茶ノ水大学理科教材データベースといった全国向けのサイトまで、多様な施設に普及が進んでいることが認められている。また、教育出版株式会社の小学理科 3 年生への掲載についても利用申請があり、許諾している。

#### (5) 課題: 利用環境

県内学校で実践を行った結果、学校に無線 LAN が導入された学校でも校庭での使用が考えられていないことが明らかになった。本研究ではポケット wifi を使用して一時的に無線 LAN 環境を整備することにより、インターネット接続による野草検索サイトの利用を行うことができた。校庭における無線 LAN 使用については文部科学省の関連委員会資料等でも具体的な議論の形跡は認められないが、校庭も教育の場であり、無線 LAN の整備を進める必要があると考えられる。

#### 引用文献

- 松森靖夫・田村敏雄・羽中田亜南. 2009. 身近な野草に関する小・中学校教員脂肪学生への直接体験や知識に関する調査-理科教科書に掲載されている野草の写真を活用して-. 生物教育 49(2): 82-89.
- Osborne, D. V. 1963. Some aspects of the theory of dichotomous keys". *New Phytologist*. 62 (2): 144-160.
- 斎木健一・天野誠・林延哉・草間義昭・小貫裕史・弓北清孝・岡田二三代. 2008. 「野草カード」による校庭の野草観察. *理科の教室*. 57: 63-66.
- 斎木健一・天野誠・林延哉. 2011. 野外植物の検索における教師の誤認の原因について. *理科教育学研究*. 52(3): 103-111.
- 斎木健一・林延哉・中西史. 2015. 図鑑写真のタイプとサイズに関する比較研究 植物図鑑における同定用写真の要件. *茨城大学教育実践研究*. 34: 181-188.
- 齋藤和則・安藤秀俊・西川恒彦. 2012. 教員を志望する学生の野外での植物観察力を高めるための取り組み -大学構内に生育する植物を活用して-. *北海道教育大学紀要*. 教育科学編, 63(1): 225-240
- 畦 浩二 2011. 教員養成大学学生の植物観察力を高めるための実践的研究. *Naturalistae*, 15: 39-47.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山下修一・齋木健一・木村美咲	4. 巻 40
2. 論文標題 理科教員を目指す大学生の野草観察に対する自信	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 302-308
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 齋木健一・林 延哉・中西 史
2. 発表標題 検索サイト「家・学校のまわりの野草雑草検索図鑑」で検索に使う形質の数について
3. 学会等名 日本生物教育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齋木健一・林延哉・中西 史
2. 発表標題 Web site「野草雑草検索図鑑」のPDF画像を利用したstand aloneでタブレットPCを使用する校庭の野草観察 -野草カードとの有効性の比較-
3. 学会等名 日本生物教育学会第102回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saiki, Ken'ichi
2. 発表標題 Development of a wildflower identification site.
3. 学会等名 5th International Conference of East-Asian Association for Science Education (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 齋木健一・林延哉・中西史・小川博久
2. 発表標題 デジタル教科書用デバイスの活用を想定した校庭の野草観察
3. 学会等名 日本生物教育学会第101回全国大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

家・学校のまわりの 野草雑草検索図鑑 <a href="http://chiba-muse.jp/wf2019/">http://chiba-muse.jp/wf2019/</a> 家・学校のまわりの 野草雑草検索図鑑 <a href="http://chiba-muse.jp/wildflowers-2014-jm/">http://chiba-muse.jp/wildflowers-2014-jm/</a> 野草雑草検索図鑑 <a href="http://chiba-muse.jp/wf2014/">http://chiba-muse.jp/wf2014/</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中西 史  (Nakanishi Fumi)  (30293004)	東京学芸大学・教育学部・講師    (12604)	
研究分担者	林 延哉  (Hayashi Nobuya)  (60282274)	茨城大学・教育学部・准教授    (12101)	