

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K02956

研究課題名（和文）中等教育における森林観測データを活用した探求モデルの開発と効果の検証

研究課題名（英文）Development of a researching model in secondary education by using scientific data of forests and the verification of the effect

研究代表者

小南 陽亮（Kominami, Yohsuke）

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：30221980

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：学術的な目的で観測された森林のデータを中等教育の探究に転用できるようにすることを目的に、里山二次林、人工林、自然林の3タイプの森林を対象とした学校教育での活用が見込まれるデータベースを構築して、それらのデータベースを活用した探究活動で設定できる課題を明らかにした。さらに、フィールドワークを行わずに利用可能なデータと情報のみで学習する探究によって森林の生物多様性や環境への理解を深めることができるモデルを多様に開発し、そのモデルを実践することで効果の検証を行った結果、開発したモデルによるドライラボの探究でも生態系への理解を深め、環境保全の意識を高めることができることを示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

定量的なデータを生徒自らが解析して結果を解釈するモデルは、日本の自然環境を対象に能動的な学習を実施できる好適な教材となる。また、開発するモデルの普及によって、大学等の研究機関で観測された森林のデータが学校教育で利用しやすい形で提供されることが促進され、学校の教員が地域の森林のデータを選んで利用できるようになることが期待される。このことは、高大接続の推進にも結びつく。さらに、学術的な森林研究においても現実には難しい操作実験や長期的な変動をシミュレーションすることは一般的に行われており、学校教育においても同様な手法で探究することは現代科学における主要な研究手法のひとつを体験することにもなる。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to repurpose forest data observed for academic purposes into inquiry activity in school education. A database was constructed focusing on three types of forests: secondary forests of satoyama, artificial forests, and natural forests. The study identified the tasks that can be undertaken through inquiry-based activities utilizing those databases. Diverse models were developed for learning using only available data and information, without conducting fieldwork, to deepen understanding of forest biodiversity and the environment. Through the implementation of these models, an examination of their effectiveness was conducted, demonstrating that even in dry lab inquiries, the developed models deepened understanding of ecosystems and enhanced awareness of environmental conservation.

研究分野：森林生態学

キーワード：生物多様性教育 探求モデル 里山二次林 人工林 自然林 理科教育 環境教育 身近な自然

## 1. 研究開始当初の背景

気候変動と同様に深刻な地球環境問題となっている生物多様性の劣化では、人間活動による森林の減少が大きな原因になっている。日本では、国土の約2/3を森林が占めており、生物多様性条約を批准している日本がその責務を果たすためには、森林は生物多様性の保全・利用に取り組むべき最も重要な環境となる。生物多様性国家戦略 2012-2020 では、7つの基本的視点の中に「社会経済における生物多様性の主流化」を含めている。生物多様性を適切に保全・利用するためには、それに対する科学的な理解を深め、社会的な合意形成を実現することが不可欠である。森林は日本の主要な自然環境であるため、生物多様性への理解を広めるためには、森林の構造・動態、生息する生物の生態、適切な管理手法などが広く学習されることが重要となる。

森林における作業体験や記載的な観察の実践例は多くみられるが、定量的なデータを収集・解析して科学的に探究する教育が行われることは少ない。学校教育では、身近な里山の森林を対象としても、観測可能な森林や野外活動を行う時間の確保など、科学的探求を実施するには解決すべき点が多い。より奥山の自然林や人工林では、さらに困難である。

学校教育における科学的な探究では、実物を材料・対象として実験・観察を行うことが体験として大切である。しかし、実物の森林を扱った探究が容易ではないとすれば、別の選択肢として、研究者が学術目的で観測したデータを用いて探究することが考えられる。そのような「本物のデータ」を使った探究は、実物の森林を扱わない代わりに、データを分析し、その傾向を踏まえて課題を解決する力を向上させる点では、作業体験や観察のみの探究よりも優れていると予想される。また、熱帯雨林のような国外の森林も、探究の対象にできる可能性も生まれる。

定量的なデータを生徒自らが解析して結果を解釈するモデルは、日本の自然環境を対象に能動的な学習を実施できる好適な教材となる。また、開発するモデルの普及によって、大学等の研究機関で観測された森林のデータが学校教育で利用しやすい形で提供されることが促進され、学校の教員が地域の森林のデータを選んで利用できるようになることが期待される。このことは、高大接続の推進にも結びつく。さらに、学術的な森林研究においても現実には難しい操作実験や長期的な変動をシミュレーションすることは一般的に行われており、学校教育においても同様な手法で探究することは現代科学における主要な研究手法のひとつを体験することにもなる。

## 2. 研究の目的

森林の研究者が学術的な目的で収集した森林のデータを活用して、そのデータを中等教育（中学校～高校）の探究活動に転用できるようにすることを想定し、森林の観測データを使って生物多様性を深く理解する探求活動のモデルを開発する。解決すべき問いは次のとおりである。

- ・データの簡略化をどうするか：研究目的で観測されたデータは複雑であるため、学校教育で活用するためには「簡略化」が必要となる。そこで、データの解析から得られる結果を変えることなく、中学生・高校の生徒が取り扱えるような簡略化をどのようにすればよいのかを解決する。
- ・想定される学習内容は何か：探究活動では生徒自ら課題をみつけることが基本であるが、課題を設定する過程において、指導者（教員）は探究する内容をあらかじめ想定して指導する必要がある。森林のデータを用いて生物多様性を探究した実践例はほとんど無いため、中等教育の探究活動ではどのような課題が設定できるのかを明らかにする。
- ・モデルとなる探究活動に効果があるか：実物の森林を観測・観察することなく、データのみを解析する探究活動の方法には、ほとんど実践例が無く、その効果は未知数である。特に、データのみでの探究でも、生物多様性劣化の現状や対応の習得に結びつくのかを検証する必要がある。

## 3. 研究の方法

本物のデータを使って森林における生物多様性を深く理解する探求活動のモデルを開発するために、以下のとおり説明・開発を行う。

### 3-1. 対象とする森林

日本の代表的な3タイプの森林を対象に、データベース構築とモデル開発を行う。

里山：半自然・半人工で維持されてきた里山の二次林を対象に、主に、樹木の構成、利用されていた時の更新方法、利用放棄による今後の推移について探究できるモデルを開発する。

自然林：照葉樹林の自然林を対象に、主に、それぞれの森林における生物多様性の特徴、自然林の保全方法、気候変動の影響について探究できるモデルを開発する。

針葉樹人工林：スギとヒノキの人工林を対象に、主に、人工林における生物多様性の特徴、管理の方法（間伐など）による生物多様性への影響について探究できるモデルを開発する。

### 3-2. モデルに使用する森林観測データの収集とデータベースの構築

3タイプの森林を対象に、研究担当者が蓄積してきた森林の観測データを精査して、モデルに活用できるデータを抽出する。蓄積データでは不足する内容については、新たにモデル用のデータを観測して用意する。得られたデータを中学校・高校の生徒が理解できる程度に簡略化し、モデル用のデータベースを構築する。新たに観測したデータについては、順次、データベースに組み込む。構築したデータベースは、3-4の実践結果を反映させてブラシアップを行う。

### 3-3. モデルの開発

中学校と高校のそれぞれにおいて、構築したデータベースを使用して森林を対象に生物多様性を探究する内容と手法を考案し、中等教育で扱えるモデルを開発する。

### 3-4. モデルを使った学習の実践と効果の検証

開発した探究のモデルを、中学校と高校のそれぞれで実践し、生物多様性に対する生徒の理解と関心の変化を検証する。特に、生物多様性劣化の現状や対応について実感を伴った習得ができたかを検証する。

### 3-5. モデルの完成と公開

3タイプの森林を対象としたデータベース構築、モデル開発、モデルの実践と効果の検証を完了し、成果の全体をとりまとめた上で、静岡大学学術リポジトリを活用して、データベース、探究活動モデル、実践例を公開する。

## 4. 研究成果

### 4-1. モデルに使用する森林観測データの収集とデータベースの構築

里山二次林については、静岡大学静岡キャンパス内の森林と静岡市郊外にある「しずおか里山体験学習施設・遊木の森」で蓄積したデータを精査して、モデルに活用できるデータを抽出した。里山二次林の変化を探究する上で十分な年数のデータを提供できるように蓄積済みのデータに追加して観測した。それらのデータを合わせて、例えばメートル単位で測定されている樹高データを森林の階層構造を考慮して3段階に区分する等、中学校・高校の生徒が理解できる程度に簡略化し、学校教育において里山の変化を予測する探究に使用できるデータベースを構築した。

人工林については、静岡大学農学部在天竜フィールドの針葉樹人工林において学術目的で観測されたデータ(1958年に植栽された1557本のヒノキの成長を2017年まで観測したデータ)から、学校教育において立地環境と樹木の成長との関係を探るデータ抽出した。得られた里山二次林と同様に中等教育で活用できる程度に簡略化してデータベースを構築した。

自然林については、研究代表者を含む研究グループが1989年から宮崎県綾町の照葉樹林において長期的に観測を継続しているデータを活用して自然林の構造を探究する実践の結果を本研究の先行研究として報告している(小南・村松 2016)。本研究では、その実践データをブラシアップする目的で自然林における生物多様性の特徴と二酸化炭素蓄積量を探究できるデータを追加観測する計画であったが、COVID-19感染拡大を防止する社会的状況に配慮して長距離の出張による観測を中止し、上記の先行研究を参考に収集済みのデータのみからデータベースを作成した。その代替として、静岡大学附属浜松中学校にある地域の自然林をモデルとした林地において二酸化炭素蓄積量を探究できるデータを観測し、データベースに加えた。

以上のとおり、自然林については当初の計画どおりに構築できなかったデータの代替を収集することになったが、全体的には当初の計画どおり里山二次林、人工林、自然林の3タイプの森林を対象とした学校教育での活用が見込まれるデータベースを構築することができた。これにより、研究目的における最初の問い「データの簡略化をどうするか」については解決にいった。

### 4-2. モデルの開発

里山二次林については、2樹木のサイズ分布と空間分布を分析して、森林の構造、樹木個体群の変動、森林のパッチダイナミクス、攪乱の影響、過去の人による利用の痕跡、樹木と鳥類・哺乳類との生物間相互作用、生物多様性が形成される仕組みなどを探究できる手法を考案し、それらをまとめて総合的な探究モデルを作成した。人工林については、構築したデータベースを使用して人工林を対象に樹木の成長と密度との関係を探る内容と手法を考案し、学校教育で扱えるモデルを開発した。自然林については、里山二次林と比較することにより、森林の構造や動態にみられる特徴を探究できるモデルを考案した。さらに、樹種の構成などが地域の自然林の特徴をもっている学校内の林地や近隣に学校林等がある場合に、自然林を構成する樹種の生態的特徴、野生動物による森林の利用、樹木・森林の二酸化炭素蓄積量と環境との関わりを探究するモデルを考案し、身近な林地を利用して森林の探究ができるモデルとした。

以上の3タイプの森林を対象としたモデルの開発により、研究の目的における2つ目の問い「想定される学習内容は何か」については、構築したデータベースを用いた中等教育の探究活動で設定できる課題を明らかにすることができた。

### 4-3. モデルを使った学習の実践と効果の検証

森林の構造と動態、二酸化炭素蓄積量、野生動物による利用と生物間相互作用、里山二次林と人との関わり、樹木の成長と密度との関係などを題材に、小中高の児童・生徒が主体的に探究する講座を実践した。これらの実践により、構築したデータベースを使ったモデルを学校での探究に応用できることを示し、その学習効果を検証した。主な実践と検証の結果は以下のとおりである。

里山二次林と人との関わりを学習するモデルの実践：中等教育の探究活動において里山二次林を保全することの重要性を認識する学習として、里山二次林が人の利用によって維持される半自然の植生であることを理解し、里山の変化を予測する探究活動を実践した(小南 2019)。二つの里山二次林において観測した高木、小高木、低木に区分した各サイズで種名、生育型、本数の3項目で構成されるデータを用いて、中学生を対象に、里山二次林が人に利用されていたことを

示す科学的な証拠をみつけることと、里山二次林がこれからどのような森になるかを予測することを課題として提示し、グループワークで資料を分析して課題の答えを考える探究活動を行った。実施した探究活動では、どちらの課題についての確な結論に到達できた生徒が少なかったことから、樹種や生育型にも注目させる手がかりの提示、潜在自然植生についての事前説明、対象の森林を撮影した写真の活用などの工夫が必要であると考えられた。このような工夫によって、考案したモデルは、里山二次林と人との関わりを理解し、今後の里山の保全・管理を考える学習として、実施可能なものになると見込まれた。

身近な林地を利用した探究モデルの実践：静岡大学教育学部附属浜松中学校の構内にある森林を対象に、森林の構造、二酸化炭素蓄積量、野生動物による利用を題材に、中学生が探究を行う実践を行い、その効果と課題をとりまとめた(小南・山本 2020)。その結果、対象の森林における樹木の分布を示す地図を作成することが探究活動の選択肢を大きく広げる効果があることを示した。対象の森林が二酸化炭素をどの程度蓄積し、樹木の構成が異なる場所で蓄積量がどのように異なるかを明らかにする探究を実践した結果、対象の森林が蓄積している二酸化炭素を中学生が推計でき、面積当りの蓄積量は樹木の構成によって大きく異なることを見出せることを示した。さらに、それらの結果から、対象の森林が蓄積する二酸化炭素量をさらに多くするためには、どのような森林にすればよいかを考察することができることも明らかにした。このような探究では、日本の代表的な自然林や人工林、東南アジアの熱帯雨林やタイガの針葉樹林などの世界の主な森林における面積当りの二酸化炭素蓄積量と比較することによって、それらの森林における蓄積量が身近な緑地と比べていかに大きいかを認識することができ、一般家庭がエネルギー使用によって排出する二酸化炭素量と比べることによって、日常生活での二酸化炭素排出を減らす必要性を実感できる活動にも発展できる。このように、考案した森林における二酸化炭素蓄積量の探究モデルは、環境と結びつけて様々な内容に広げることができると見込まれた。野生動物による森林の利用に関する探究では、自動撮影カメラによるカメラトラップ法を用い、森林内の環境が異なる場所をどのような動物が利用しているのかを明らかにする目的の活動を実践した。その結果、画像分析において生徒の意欲をどのように維持することや、観察された結果に応じて生徒に対する指導を柔軟に行える力量が指導者に必要であることなどの課題がいくつかあるが、これまで学校教育では夜行性の哺乳類を観察することはかなり困難であったことを克服して探究の幅を広げる手法として向上させる価値が高いことが示された。これらの結果により、地域の自然林の特徴をもっている林地や学校林等がある場合には、樹木の構成や分布などの基本的なデータを作成することにより中学生による多様な探究が実現可能であることを示し、身近な林地を利用した探究モデルを提案できた。

樹木分布データを活用した探究モデルの実践：里山二次林のデータベースを使い、静岡大学附属浜松中学校の生徒、公立中学校の生徒、公立・私立の高校生が参加する講座を開催し、中学生と高校生がデータを解析して、樹木の分布から生物多様性が維持されるメカニズムを探究する実践を行なった(小南 2022)。先行研究(小南・村松 2016)は、同様なデータを用いて生徒が森林の模型を製作し、その模型を観察することで探究のテーマをみつける活動を実践した結果、森林模型の制作が科学的な探究の教材になりうることを示した。この方法は、森林を3次元で現す模型を製作することで実物の森林を対象とした場合に近い観察を可能にする利点がある一方で、模型製作の工程には相当の時間を要して数十名でひとつの森林模型を完成させる必要があるため、大人数のグループワークには適しているが個人ベースや少人数の探究には向かないという課題があった。この点を解決するために、2次元で森林における樹木の分布図を観察する手法を考案し、個人ベースの自由な観察を可能にしたモデルを実践した。この実践では、与えられた情報から傾向を読み取る時間を十分にとることを重視して、和名、樹木の位置、樹高、胸高直径、生育型のデータから指導者が作成した分布図(図1)を配布することにした。実践の進行は、1)指導者が講座の目的と森林に関する説明を行い、2)指導者が樹木の分布図を配布・説明し、3)参加者が分布図を観察して樹木の構成や分布にみられる傾向をみつけてワークシートにまとめ、4)参加者全体でみつけた傾向を共有してその傾向が生じる理由を考察するという順であった。参加者は、分布図を観察することによって、多種が構成する森林では樹種によって空間分布の様子は様々であること、樹種によってサイズ分布(大きさの構成)が異なること、上層と下層で優占する生育型が異なることなど、森林の空間構造の多様性、樹種の多様性、森林の過去の履歴、森林の今後の推移を推定・考察するのに必要な傾向の多くを見出すことができた。さらに、分布図の観察で見出した傾向を

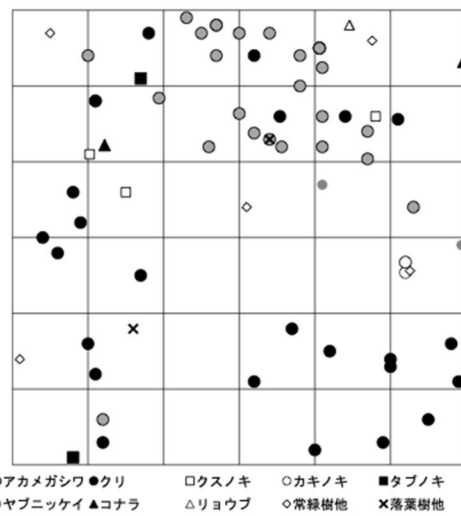


図1 実践において教材として使用した樹木の分布図の例(小南 2022 より)

共有し、それを基に考察した内容には、森林の構造、動態、樹木の多様性の学習に結びつく内容が多く含まれ、里山二次林における森林と人間とのかかわりについても考える事柄が含まれていた。これらの結果は、考察したモデルによる探究が高校生・中学生にとって難しいものではなく、学校で広く応用できる探究となりうることを示した。

樹木の成長と密度との関係を探究するモデルの実践：針葉樹人工林のデータベースを使い、静岡大学附属浜松小中学校の児童・生徒、公立小中学校の児童・生徒、公立・私立の高校生が参加する講座を開催し、小学生、中学生、高校生がデータを解析して、長期的に観測されたデータから樹木の成長と密度との関係を探究する実践を行った。実践を行うために、静岡大学農学部在天竜フィールドにおいて1958年に植栽された1557本のヒノキの成長を2017年まで観測したデータを用い、対象地を100分割した区画の番号、樹木毎につけた識別番号、1.3mの高さで測定した幹の直径、1年当たりの直径の成長量、直径から計算される断面積のデータを選んで探究用のデータベースを作成した。実践において大量のデータを生徒がリアルタイムで集計・分析することは困難であるため、データをもとに対象の人工林(1ha)に生育するヒノキの本数の変化を示した図、植栽後21年間の各樹木の成長とその樹木が生育している区画の密度の関係を示した図、植栽後21年間の密度と成長の平均値との関係を示した図を指導者が作成して、その図から読み取れる傾向とその傾向からの考察に参加者が取り組んだ。参加者には、1)最初に植栽された密度と成長との関係を解明するためにはどのような解析をすればよいか、2)密度と平均値との関係からどのような傾向が読み取れるか、3)面積当たりに収穫できる木材の量は、高い密度と低い密度でどうなるかという課題を示し、参加者は個人ベースで課題を考察した。実践では、中学生・高校生の参加者は密度の調整によって植栽59年後の太さには植栽時の密度の影響が小さくなるという理解にたどりつくことができた。これらの結果は、この探究モデルは、小学生にはやや難易度が高いが、中等教育での探究に応用できることを示した。

以上の実践・検証を行うことにより研究の目的における3つ目の問い「モデルとなる探究活動に効果があるか」については、学校現場に広く普及させる上での改善点はあるが、研究機関が観測したデータを学校教育における探究に活用するモデルとして有効であると言える。

#### 4-4. 全体的な成果の意義と公表

研究全体での成果としては、フィールドワークを行わずに利用可能なデータ・情報のみで学習する探究によって森林の生物多様性や環境への理解を深めるモデルを多様に開発し、そのモデルを実践することで効果の検証を行った結果、研究の目的における3つ目の問い「モデルとなる探究活動に効果があるか」については、開発したモデルによるドライラボの探究でも生態系への理解を深め、環境保全の意識を高めることができることを示すことができた。成果の公表については、これまでに主な成果を学術誌の原著論文として公表し、公表した成果を静岡大学学術リポジトリに登録して自由に全文をダウンロードできるようにすることで、学内外に広く発信した。針葉樹人工林を対象にしたモデル等の未発表の成果については原著論文の投稿を準備中であり、可能な限り早く公表・発信する。原著論文での発表が概ね完了した時点で、構築したデータベースを学校教育の探究で汎用的に利用できるフォーマットに整備し、静岡大学学術リポジトリで公開する予定である。

#### <引用文献>

- 1) 小南陽亮・村松悠矢、樹木センサデータを活用した生物多様性教育の方法 - 森林模型制作による探究テーマの発見 -、教科開発学論集、4、2016、81-88
- 2) 小南陽亮、里山二次林と人との関わりを学ぶ学習教材の提案、教科開発学論集、7、2019、64-70
- 3) 小南陽亮、山本仁、中等教育における緑地の樹木を対象とした探求活動のモデル - 静岡大学教育学部附属浜松中学校の「天神森」における事例 -、静岡大学教育実践総合センター紀要、30、2020、89-96
- 4) 小南陽亮、里山二次林における樹木分布データを活用した探究のモデル、静岡大学教育実践総合センター紀要、32、2022、227-233

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 小南 陽亮	4. 巻 32
2. 論文標題 里山二次林における樹木分布データを活用した探究のモデル	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 静岡大学教育実践総合センター紀要	6. 最初と最後の頁 227 ~ 233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14945/00028709	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 小南陽亮・山本仁	4. 巻 30
2. 論文標題 中等教育における緑地の樹木を対象とした探求活動のモデル - 静岡大学教育学部附属浜松中学校の「天神森」における事例 -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 静岡大学教育実践総合センター紀要	6. 最初と最後の頁 89-96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14945/00027109	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 小南陽亮	4. 巻 7
2. 論文標題 里山二次林と人との関わりを探る学習教材の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 教科開発学論集	6. 最初と最後の頁 63-70
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14945/00026497	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 小南陽亮（他に当該研究課題の成果に該当しない部分の執筆者が35名）	4. 発行年 2019年
2. 出版社 昭和堂	5. 総ページ数 288
3. 書名 大学的静岡ガイド（当該研究課題の成果に該当する部分：第2部 静岡の今 静岡における里山の自然とその保全・利用、pp.165-175）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	水永 博己  (Mizunaga Hiromi)  (20291552)	静岡大学・農学部・教授    (13801)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------