

## A Model of Inquiry Activity in Science by using Tree Distribution Data in a Satoyama Secondary Forest

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-03-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小南, 陽亮 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00028709">https://doi.org/10.14945/00028709</a>

# 論文

## 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

小南陽亮

(静岡大学大学院教育学領域)

### A Model of Inquiry Activity in Science by using Tree Distribution Data in a Satoyama Secondary Forest

Yohsuke Kominami

#### Abstract

Although learning contents for biodiversity in forest are important, it is difficult to really observe forest in school education. In this study, I utilize data of forest collected for scientific purpose, and develop a model of inquiry activity which researches biodiversity by observing tree distribution. In the model of this study, map of tree distribution is created from data of a satoyama secondary forest first. Next, students observe the map, and describe the tendency for community structure and tree distribution. Then, all the tendency is shared by students, and each student considers the reason which becomes those tendencies. As a result of practicing the model by the lecture in which students of junior high school and high school participate, it was suggested that it is possible to find various research themes from the observation of tree distribution map. In order to put this model in practical use in school education, it is required to establish teaching method of model by examining how a student investigate themes. It is also necessary to open scientific data of many forests for educational purposes by research institutions.

キーワード：探究 理科教育 環境教育 生物多様性 里山

#### 1. 研究の背景と目的

##### 1.1 生物多様性の教育における森林

生物多様性の劣化は、気候変動と同様に地球規模で解決すべき大きな環境問題となっている。森林は地球の陸地面積の約 30% を占め (井出ほか 2014)、生物多様性に富む生態系であるため、人間活動による森林の減少は、生物多様性の劣化の大きな原因になっている (牧野 2011)。森林が国土の約 2/3 を森林が占める日本では (環境省自然環境局 2004)、森林は生物多様性の保全に取り組むべき最も重要な環境であるといえる。

生物多様性の保全に取り組む国策である「生物多様性国家戦略 2012-2020」では、基本的視点のひとつとして「社会経済における生物多様性の主流化」をあげている (環境省 2012)。すなわち、生物多様性を適切に保全するためには、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としている。特に、日本の主要な自然環境である森林については、その群集動態や生息する生物の生態などが広く学習されることが、生物多様性への理解を広げるために重要となる (加澤・平田 2012)。

学校教育においても、高等学校の生物に生物多様性に関する内容が盛り込まれ、生物多様性は重要な学習内容になりつつある (小南ほか 2013、庄子・長島 2014)。また、森林についても、平成 24 年度からの学習指導要領では高校生物において森林生態系を対象とする内容が大幅に増加した (文部科学省 2009、本

川ほか 2011)。

中学校における生態系に関する学習においても、高等学校の生物において生物多様性や森林に関する学習が重要になったことから、近い将来において、森林の生物多様性に関する内容が重要となる可能性がある。

##### 1.2 研究用データの活用

平成 24 年度からの高等学校学習指導要領 (文部科学省 2009) では理科の目標に「科学的に探究する能力と態度を育てる」が記載され、生物分野でも同様な目標が示されている。さらに、令和 4 年度からの高等学校学習指導要領 (文部科学省 2018) では、理科の 3 つの目標すべてに「科学的に探究」が含まれ、理科の他に、「探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を (中略) 育成することを目指す」教科として理数が新設された。このように、高等学校において科学的な探究を重視する傾向が強まっており、令和 3 年度からの中学校学習指導要領 (文部科学省 2017) おいても、高等学校と同様に、理科の 3 つの目標全てに探究が含まれている。学校教育の探究における主な流れは、問題を見出す、その問題に対する仮説を設定する、その仮説を検証する調査・実験を計画・実行する、得られた結果から仮説を評価して結論を導く、新たな問題を発見することが想定される (八川・岡田 2019、門倉 2020)。このような学校教育における探究の流れは、科学の研究における一般的なプロセス、すなわち科学的に未解明な事象から研究のテーマを設定する、テーマの答えを導く仮説をたて

る、その仮説を検証できる実験や観測を計画し実行する、得られたデータを分析して仮説を検証する、その検証に基づいて設定したテーマに対する結論を論じる、結論からさらに解明すべき点や新たなテーマを示す、という流れと基本的には同じであることから、大学等の研究機関に従事する研究者がもつスキルやデータが学校教育にも活用されることで、これまで以上に高度な探究が実現する可能性がある。

このように学校教育において科学的な探究が重視される中、日本で最も重要な環境である森林を対象に生物多様性への理解を深める探究も広く行われることが望ましい。しかし、日本では間伐等の林業に関する体験や森林の動植物を観察する活動の実践例は多くみられるが（大石・井上 2014）、森林を対象に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、科学的な探究を実施するには解決すべき点が多く、より奥山の自然林や人工林ではさらに困難であると考えられる。

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活動よりも優れている可能性がある。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。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普及しており、同様な手法で探究することは、森林を対象とした主要な研究手法のひとつを体験することにもなる。

### 1.3 樹木分布データからの探究

本研究では、学術的な目的で収集された森林のデータを活用し、そのデータを使った樹木の分布図を観察することによって生物多様性を科学的に探究するモデルの開発を目指す。

先行事例として、小南・村松（2016）は、学術的な目的で収集された森林のデータを用いて、生徒が森林のモデルを製作し、そのモデルを観察することで探究のテーマをみつける活動を提案し、学術データを活用した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。この事例では、森林を3次元で現すモデルを製作することで、実物の森林を対象とした場合に近い観察を可能にしている。一方で、模型製作の工程は、時間的な都合により、生徒個人は対象とする森林の一部のモデルを作成し、各自が製作したモデルをクラス全体

で合わせてひとつの森林模型が完成するようになっていく。そのため、ひとつのモデルをクラス全体で共有して観察することになり、モデルを手元で自由に操作する（方向を変える、一部を取り出す等）個人ベースの観察が難しくなる。

そこで、本研究では、3次元の模型観察とは別の手法として、2次元で森林における樹木の分布図を観察するモデルを開発することにした。3次元の模型と比べ2次元の分布図では読み取ることができる情報量が少なくなるが、対象とする森林全体の樹木分布図を生徒各自で観察することができ、個人ベースの自由な観察が可能になると見込まれる。

モデル開発の工程としては、次の5段階を想定した。

- 1) 研究目的で観測されたデータの中から、探究に使用できるものを取得する。
- 2) 探究の教材として使用できるように、データを簡略化する。
- 3) 探究活動の進め方（事前説明、分布図観察の指導、テーマの発見など）を考案する。
- 4) 考案した探究活動を実践し、この手法で生徒が森林を対象とした探究をできるか否かを確認し、可能な場合はどのような探究の課題が想定できるかを明らかにする。
- 5) 生徒は見出したテーマをどのように探究するのかを想定し、その指導方法を確立する。

本研究では、上記の工程のうち、まず1)～3)を後述のように進め、4)については少人数の生徒による実践を試行的に行い、探究手法としての可能性を検討する。4)ではより多人数の生徒を対象とした実践による効果の検証が必要であるが、5)を含めて、今後継続する研究において実施する。

1)については、先行研究（小南 2016）で使用したデータを本研究でも活用した。2)については、研究目的で観測されたデータは、そのままでは複雑すぎるため、学校教育で活用するためには簡略化する必要となる。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、中学校・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必要がある。すなわち、樹木の分布図を観察するモデルに適応できる簡略化が本研究での課題のひとつとなる。

3)については、学校教育において樹木の分布図を観察する探究の実践例がほとんど無いため、本研究において独自に考案する。4)については、まず、生徒が樹木の分布図を理解して観察することが可能か、図から樹木の分布にみられる傾向に気づき、探究の課題を見出すことができるかを確認する。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、探究の過程において、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。そこで、モデルの実践によって生徒が見出した探究テーマを分析し、モデ

ルを使った中等教育の探究ではどのような課題が設定できるのかを明らかにする。

## 2. 探究の方法

### 2.1 樹木分布データ

本研究では、小南・村松（2016）が報告した里山二次林の樹木センサスのデータを用いた。この樹木センサスは、静岡市郊外の静岡大学キャンパス内に残存する里山二次林（静大キャンパス二次林）を対象に、その動態を観測・分析する目的で行われたものである。樹木センサスでは、林内に 30m×30m の調査区が設けられ、方形区内に生育する樹高 1.3m 以上の全樹木を対象に種名、胸高直径（地上から 1.3m 高の直径）、樹高、調査区内の位置（樹木の分布）など記録する観測が 2008 年、2009 年、2011 年、2014 年にそれぞれ行われている。調査区内の位置は、調査区の南東の隅を原点とし、その隅から北方向の辺を X 軸、西方向の辺を Y 軸とする座標系で記録されている。本研究では、対象とした森林で観測されたデータのうち、先行研究（小南・村松 2016）と同じ 2014 年のデータを使用した。使用したデータは、調査区内に生育する樹高 1.3m 以上の樹木 854 本分の観測値である。

### 2.2 データの簡略化

先行研究（小南・村松 2016）では、学術目的で観測された上記データのうち、胸高直径 5cm 以上の 95 本を対象に、データを次のように簡略化して、生徒に配布している。

- ・和名
- ・樹木の分布：X Y 座標
- ・樹高：大、中、小の階級（大：20m 以上、中：10～20m、小：10m 未満）
- ・胸高直径
- ・生育型：常緑広葉樹、落葉広葉樹、針葉樹

模型製作を行う時間的な制約を考慮して使用するデータを 95 本分に限定したことで、生徒が分布や樹高のデータを読み取って、森林の模型を製作し観察する体験が可能となっている

本研究では、調査区内の全樹木を対象に観察することを優先して、先行研究（小南・村松 2016）のようにデータを限定せず、854 本のデータすべてを用いることを試みた。しかし、全データを用いると、生徒が自らデータを読み取って分布図を作成することは時間的に困難となる。そこで、データそのものは配布せずに、指導者が作成した分布図（図 1）を配布することにした。

分布図では、樹木の種類をシンボルで区別した。また、図 1 では示していないが、生育型はシンボルの色で区別した。樹高の階級については、先行研究（小南・村松 2016）では対象を胸高直径 5cm 以上の樹木に限定しているが、本研究ではより小さな樹木も含む

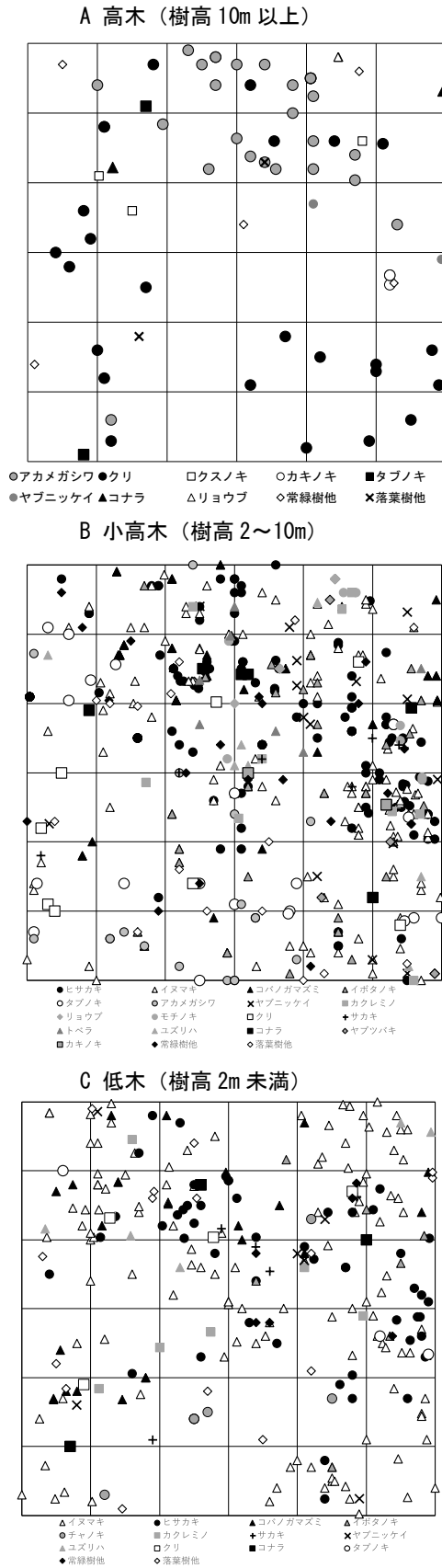


図 1 教材として使用した調査区内の高木 (A)、小高木 (B)、低木 (C) の分布図  
※ 実際には各樹種のシンボルを生育型で色分けして、より見やすいものを使用した

すべてのデータを使用したため、それに合わせて、高木（樹高 10m 以上）、小高木（2～10m）、低木（2m 未満）の 3 階級を用いた。ひとつの分布図に樹高の違いまで現すと複雑になるため、階級毎の分布図（計 3 枚）に分けた。

### 2.3 探究活動の進め方

本研究では、以下のように探究活動の進め方を設定した。

事前説明：最初に、学習の目的が科学的な探究であり、探究のテーマを自ら発見することを説明する。次に、本研究のモデルによる探究を支援する説明として、1) 日本における森林の重要性、2) 観察対象とする森林の概要、3) 森林の動態に関する基本を解説することにした。1) については、森林が日本の国土の約 2/3 を占める重要な環境であることと陸上の生態系では生物多様性が高い環境であることを説明する。2) については、本研究で対象とした里山二次林は代表的な身近な環境であること、長い歴史の中で人の関わりによって維持されて来た森林であること、高度経済成長期以降に薪炭や農業用堆肥を生産するための利用が激減して森林の様子が変わりつつあることを説明する。3) については、短期的には変化が無いように見える森林も、長期的にはダイナミックに変化していることを説明する。ただし、この時点では、ある種の木が枯れた後に同じ種の木が成長するとは限らないなどの抽象的な説明にとどめ、具体的な事例による解説は行わない。

分布図の観察指導：観察対象の森林について、基本的な情報を説明した後、指導者が用意した分布図（図 1）を配布する。観察を始める前に、まず図 1 の見方として、各シンボルが一本の樹木を示し、シンボルの形と色が種と生育型を表していることを説明しておく。また、樹木は固着生活をしており発芽して根を出した後は移動できないこと、同じ種の樹木であれば大まかには大きい方が高齢であることを、観察を支援する情報として簡潔に説明する。その後、各自で分布図を観察して、樹木の構成や分布にみられる傾向について気づいたことを記述するように指示する。本研究では、気づいたことをできるだけ多く記述するようにした。その際、図 1 の散布図の他に、下記の説明文と空白のみの簡易なワークシートを配布し、参加者は空白部分に自由に記述した。

ワークシートの説明文：

- ・静岡大学キャンパスの二次林で、樹木の分布を観測した図をみて、ミニ探究をしてみましょう。
- ・樹木の分布にみられる傾向を見つけよう（できるだけ多く）。
- ・「これは、どうして、こうなっているのか？」を見つけるのがコツ。

- ・ひとつの樹種に注目したり、複数の樹種を比べてみたり、全体のパターンをみてみたりしてみましょう。
- ・みつけた傾向について、「なぜ、そうなっているのか」を推定してみよう。

この観察の段階では、探究のテーマを発見することが重要であるので、生徒が「なぜこうなっているのか」を質問しても、それに関する解説はしないようにした。次に、各自が見出した傾向をまとめて全員で共有し、それらの傾向のうち、興味があるものを選んで「なぜそうなっているのか」を考察するように指示した。

## 3. 探究の試行

### 3.1 高校生・中学生対象の試行

考案した探究モデルを、静岡県内の中学生 11 名（1 年生 6 名、2 年生 4 名、3 年生 1 名）と高校生 10 名（1 年生 9 名、2 年生 1 名）の計 21 名が参加した講座において、試行的に実践した。中学生の所属は、国立大学附属中学校 3 名、公立中学校 4 名、私立中高一貫校中等部 4 名、高校生の所属は、公立高校 1 名、私立高校 9 名であった。講座に参加した生徒は、講座の概要を説明した募集に応じた生徒であり、科学技術への関心は高い方であると考えられる。

講座では、2.3 で記述した探究の進め方のおりに、次のような進行で行った。

- 1) 指導者が講座の目的と森林に関する説明
- 2) 指導者が樹木の分布図を配布・説明
- 3) 参加者が分布図を観察し、樹木の構成や分布にみられる傾向をみつけて記述
- 4) 参加者全体でみつけた傾向を共有し、その中から各自が興味のある傾向を選んで、その傾向が生じる理由を考察

この進行において、全体で 120 分の講座となった（10 分程度の休憩を含む）。

### 3.2 試行結果の分析

配布した 3 枚の分布図（図 1）から、参加者は静大キャンパス二次林に生育する樹木の構成や分布について、様々な傾向を見出すことができた（表 1）。

記述は複数回答できるとし、できるだけ多くの傾向を見つけるように説明した結果、全体で 113（1 人平均 5.4）の記述が得られた。これらの記述において文章表現がやや異なっても同じ内容の傾向を見出しているものは同一として、各記述が注目した対象で整理した結果、樹木の構成・分布を全体的にみた傾向 6、階層に注目した傾向 7、ひとつの樹種の特徴や樹種間の違いに注目した傾向 17、生育型に注目した傾向 6 があった。

樹木の構成・分布を全体的にみた傾向では、樹種によって分布が異なることや場所による傾向の違いを見出すことができた。階層に注目した傾向では、場所によ

表1 参加者が見出した静大キャンパス二次林の樹木にみられる傾向

傾向	記述数
樹木の構成・分布を全体的にみた傾向	
数が多い木の種類は少ない、数が少ない木の種類は多い	2
どの大きさの木でも、多い場所と少ない場所がある	2
種類によって分布が似ていることもあれば、異なることもある	4
高木は同じ種で集まっていることが多いが、小高木・低木は広く分布	4
右上の方には多く、左下の方はまばら(特に小高木・低木)	8
明確なすみわけはみられない?	1
階層に注目した傾向	
本数・種数ともに、小高木>低木>高木	3
小高木・低木は本数の差が大きく、高木は小さい	1
中央付近に高木が特に少ないところがある(林冠ギャップ)	5
右方の中央あたりに小高木・低木が特に密集している所がある	5
高木の多い所では低木が少ない(高木のまわりは小高木・低木は生えにくい?)	5
小高木と低木の種には、分布が似ているものがある	2
小高木は多いかわりに成長する上では競争が厳しくなる?	1
ひとつの樹種の特徴や樹種間の違いに注目した傾向	
高木層ではクリとアカメガシワ、小高木層ではヒサカキ、低木層ではイヌマキが多い	2
クリとアカメガシワは高木に多く、低木では少ない	8
高木ではクリは左下、アカメガシワは右上に多い	6
小高木・低木にはヒサカキ、イヌマキが多い	8
イヌマキは、小高木・低木に多く、広く分布しているが、集中している所もある	6
ヒサカキの分布には明らかな偏りがみられる	2
ヒサカキとイヌマキの分布には似ているところがある	6
同じ種でも大きさによって分布が異なる(アカメガシワ、イヌマキ)	4
カキノキはまばらに生えている	3
イボタノキの分布は特徴的	3
ヤブニツケイが比較的外側に多いことが多い	1
アカメガシワはともよく成長し、たいてい高木になりやすい(若干、タブノキも)?	1
カクレミノは成長スピードは遅い方(ヤブニツケイ)?	1
クリはこの競争で強い?	1
クリは減少中?	1
コナラの生態がおびやかされている?	1
ヒサカキとカクレミノは共存している?	1
生育型に注目した傾向	
落葉広葉樹と常緑広葉樹は全体的に同じくらいある	1
小高木・低木では常緑広葉樹が多いが、高木では落葉広葉樹が多い	8
針葉樹は2種のみであるが、イヌマキがかなり多い	3
常緑針葉樹は低木、イボタノキは小高木が多い	1
落葉広葉樹と常緑広葉樹は密集しやすい	1
落葉広葉樹はあまり固まらない(同種とも他種とも)。全体的に分布している	1
計	113

って階層構造が異なることや近年の高校生物の教科書で扱われるようになった林冠ギャップの存在を気づく記述がみられた。ひとつの樹種の特徴や樹種間の違いに注目した傾向では、様々な傾向が見出されており、例えばクリでは高木は多いが低木が少ない等、樹種毎の今後の増減を推定することができる傾向も多く記述されていた。生育型に注目した傾向では、高木では落葉硬葉樹が多い一方で、小高木・低木では常緑広葉樹が多いという傾向に8名の参加者が気づいており、生育型による分布の違いに関する記述もみられた。

以上のように、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、参加者は見出すことができた。

参加者が見出した傾向を全員が共有した後に、そのような傾向がある理由を個人で考察して記述した結果、参加者は様々な推定をすることができた(表2)。

この考察についても複数回答できるとした結果、全体で50(1人平均2.4)の記述が得られた。表1と同様に同じ内容の記述を同一として整理すると、特定の樹種を対象とした考察が17、林冠ギャップに関する考察が1、動物による種子散布に関する考察が3、対象とした森林の今後の推移に関する考察が3となった。

表2 参加者による静大キャンパス二次林に見出した傾向に関する考察

対象	考察	記述数
クリ	クリは、人が利用していた木、その木が伐採された切り株からの萌芽、その木が落としたタネから発芽したものに由来し、広く分布している クリの近くには、タヌキなどの動物があまり行かないため、樹木の集中ができない	7 1
アカメガシワ	先駆的な植物のアカメガシワは、伐採されて明るくなった場所に、真っ先に発芽し、今のようなこみあい度の高い分布になっている アカメガシワは、動物が運ぶから分布が集中している アカメガシワは、あまり切られていなかった アカメガシワは成長が早いから高木で多い アカメガシワは伐採前からあった アカメガシワは先行研究によって攪乱を受けた場所で真っ先に発芽し、早く成長するタイプということが分かっているため、仮に今アカメガシワが過去に攪乱された場所に生えていると仮定すると、攪乱された場所というのにはできにくく、範囲も広範囲にはできにくいから、アカメガシワの集中度が高くなっている	5 3 1 1 1 1
イヌマキ	イヌマキの種子は動物に運ばれ、カキノキの果実を食べにきた動物が種子を散布して、今の分布になった イヌマキは若い木が多いため、低木~小高木が多い 動物に運ばれるイヌマキが多いところは動物が多いところであり、イヌマキが集中するカキノキには動物が集まりやすいことがわかる	8 1 1
ヒサカキ	ヒサカキの低木・小高木が多いのに、高木が少ないのは、日陰の環境が必要であるためか、まだ成長途中であるため ヒサカキは、潜在自然植生の樹種なので、以前から集中して分布していた ヒサカキは、タヌキなどの動物に食べられ、カキノキの近くのため糞から発芽した	1 1 1
カキノキ	カキノキには果実を食べる動物が集まり、種子を散布したため、植物の集中ができた 現在のカキノキは、人が植えたものか、そのタネが発芽したもの ヤブニツケイは自身の周囲にタネを散布し、それが発芽して小高木になっている	5 2 1
ヤブニツケイ	現在、日当たりの良い場所は、過去に森林が攪乱されたところであり、そこでは小高木・低木が多くなる	2
動物散布	種子が動物に運ばれた結果、樹木の分布は不均一になる 種子が風に運ばれると分布が似るが、動物に運ばれると様々に分布が異なる 動物や風に種子が運ばれると、様々な場所に樹木の種類が散らばって分布する	2 1 1
今後の推移	今後は、イヌマキとアカメガシワを高木とする森林になる。イヌマキとアカメガシワはすみわけているようにみえるため、両者の競争は限定的 今後は、高木は多いが小高木・低木が少ないアカメガシワとクリは減り、かわりに小高木・低木が多いイヌマキとヒサカキが増えてゆく。イヌマキが観木に成長すると、さらに増える 密集しているところでは生存競争が起きる	1 1 1
計		50

特定の樹種を対象とした考察は様々であり、参加者が興味をもちやすく、考察しやすい内容が多かったと考えられる。考察の多くは、樹種の成長特性や種子散布の方法に注目しており、人間による利用の違いを理由とする考察もみられた。林冠ギャップに関しては、人間による過去の攪乱を理由として考察していた。動物による種子散布に関する考察では、動物が種子を運ぶことが樹木の分布に影響することに言及していた。森林の推移に関する考察では、いずれも種間競争による変化を予測していた。

以上のように、分布図の観察で見出した傾向を共有し、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。実践した講座ではこの先に進めることはできなかったが、これらの考察を仮説とすることにより探究のテーマとすることができると考えられる。すなわち、本研究が試行した探究のモデルは、中学生、高校生ともに、樹木の分布図から多様な探究のテーマをみつけることが可能であることを示唆した。

#### 4. 今後の課題

##### 4.1 モデルの改善

本研究が実践した結果から、考案したモデルによる探究が高校生・中学生にとって全く無理なぐらいに難しいものではなく、指導方法も含めてモデルを改善す

ることで、将来的には学校で広く応用できる探究となる可能性が示された。また、3次元の模型を作成する都合上扱えるデータ量が多くなく、個人ベースでの分析が難しいという欠点があった先行研究（小南・村松 2016）によるモデルと比べて、本研究の試行からは、2次元の分布図を用いることにより、生徒は個人ベースでより多量のデータを対象に探究できる見込みが得られた。

探究は、生徒が自ら課題を見出し、それを解決するものであるが、その支援として指導者は探究前に生徒に何をどこまで説明し、探究中には参考となる情報等をどこまで提示するかを計画しておく必要がある（門倉 2020、山内ほか 2021）。本研究での実践によって生徒が見出すことができた傾向（表 1）とその傾向から生徒が考察した内容（表 2）からみて、このモデルを使った中等教育での探究では、指導者は、探究前の説明と探究中の情報提示を計画する上で、以下に例示するようなテーマをイメージしておくことが考えられる。

- ・身近な環境である里山二次林では、複数の樹種がどのように森林を構成しており、その構造はどのような仕組みでつくられるのか。
- ・複数の樹種が構成する森林では、樹木の分布にどのような傾向がみられ、樹種による分布の違いはなぜ生じるのか。
- ・対象とする森林における現在の樹木の構成や分布から、その森林が過去にどのような経緯をたどって変化してきたかを推定できるか。
- ・対象とする森林における現在の樹木の構成や分布から、その森林が今後どのように変化するかを推定できるか。
- ・里山二次林は長期間にわたって人間が関与してきた森林であるが、人間の利用による影響は現在の樹木の構成や分布にどのようにみられるか。
- ・人間が利用しなくなることで里山二次林にはどのような変化が生じると予想されるか。
- ・鳥類や哺乳類によって種子が散布される樹種が多い森林では、種子の散布者となる動物が樹木の構成や分布にどのように影響するか。

上記のようなテーマは、いずれも現時点では学術的に完全な正解が得られていないものであり、中等教育で扱うには難しい内容であるようにみえるが、むしろ、生徒による独創的で自由な探究が可能な内容であると言える。考案したモデルを学校教育で実用できるものに完成させるためには、このような指導者が準備・想定しておく事柄も含め、生徒がデータから見出すことができる傾向やその考察から探究のテーマを定めることができるようにする指導方法と、定めたテーマをどのように解明するのかを指導する方法を、さらに実践を積み重ねた研究によって確立することが必要である。

その点については、今後の研究における課題となる。

#### 4.2 効果の検証

考案したモデルにより森林を対象とした探究が実現できる可能性が示されたが、本研究による実践は 20 名程度を対象とした試行であるため、より多人数の生徒を対象とした複数の実践によって、モデルによる探究に効果があるかを検証する必要がある。野生生物や生態系を対象にそれらの実物を観察・観測することなく探究する事例としては、科学的な知見に基づいたゲーム形式のシミュレーションによって体験する事例（出口ほか 2015）などが若干報告されているが、本研究が試行したような森林を対象にデータのみを解析する方法の実践例はほとんど無く、その効果についての検証が今後不可欠である。特に、データのみでの探究でも、生物多様性劣化の現状やそれへの対応について実感を伴った習得に結びつくのかを検証する必要がある。また、データを分析し、その傾向を踏まえて課題を解決する力が、考案したモデルを体験することで向上するのかについても確認する必要がある。

#### 4.3 データの公開

本研究が考案したような探究には、多くの地域の森林を対象に、研究者や研究機関によって学校教育で利用されることを想定したデータが公開されることが必要である。そのような取り組みが広がるためには、本研究のモデルと同様な実践例や活用例が増え、教育での利用目的でデータを整備する方法（専門的なデータの簡略化など）の確立が不可欠である。それを確立する研究が進み、学校教育で利用できる森林のデータ公開が広まることを期待したい。

#### 謝辞

本研究の原稿については、査読者に有益なご助言をいただきました。本研究における講座の実践は、静岡大学の「浜松トップガン教育システム」の構築を通じた才能教育モデルプログラムと推進体制モデルの確立と発信：「得意を伸ばす」産学官協働の取り組みによる地域貢献戦略」の支援によるものであり、講座における教育内容と教材の開発では JSPS 科研費 18K02956 の助成を受けました。

#### 引用文献

- 出口明子・関口有人・大久保達弘. 「里山 Life・アドミンズ」：環境学習を支援するデジタルすごろくゲームの開発と実験的評価. 日本科学教育学会研究会研究報告 30. 2015. 113-116
- 八川慎一・岡田大爾. 科学的に探究する能力を育てる教科指導の工夫 一自ら観察、実験の計画を立てさせる学習活動を通して一. 広島国際大学教職教室教育論叢 11. 2019. 32-50
- 井出雄二・大河内勇・井上真. 教養としての森林学.

- 文永堂出版. 2014
- 門倉松雄. 理科における問題解決学習と探究学習 — 理科授業における問題解決型学習と探究的な学習の今までとこれから—. 教師教育リサーチセンター年報 10. 2020. 57-65
- 環境省自然環境局. 日本の植生Ⅱ. 自然環境研究センター. 2004
- 環境省. 生物多様性国家戦略 2012-2020. 生物多様性センター. 2012
- 加澤恒雄・平田悦也. 生物多様性と学校教育 —生物多様性の重要性に関する研究—. 広島工業大学紀要教育編 11. 2012. 7-15
- 小南陽亮・平賀大地・加藤理絵・瀬戸賀代. 生物多様性教育における教材としての里山の利用：樹木センサスによる種多様性と調節的サービスの学習. 教科開発学論集 1. 2013. 173-182
- 小南陽亮・村松悠矢. 樹木センサス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
- 牧野俊一. 生物多様性の逆襲. 森林科学 63. 2011. 2-6
- 文部科学省. 高等学校学習指導要領 平成 21 年告示. 2009
- 文部科学省. 中学校学習指導要領 平成 29 年告示. 2017
- 文部科学省. 高等学校学習指導要領 平成 30 年告示. 2018
- 本川達雄（ほか 16 名）. 高等学校理科用生物基礎. 啓林館. 2011
- 大石康彦・井上真理子. わが国森林学における森林教育研究 —1980 年代から 1990 年代に開始された研究を中心とした分析—. 日本森林学会誌 96. 2014. 274-285
- 庄子加奈子・長島康雄. 小学校理科における生物多様性教育の位置づけ —生物の扱いに着目して—. 仙台市科学館研究報告 23. 2014. 38-44
- 山内宗治・益田裕充・上原永次・日暮利明・倉林凌佑. 理科授業における探究の過程の重点化に関する研究 —解決方法の立案に着目して—. 群馬大学教育実践研究 38. 2021. 75-82