

学 位 論 文

映像アーカイブを用いたフェノロジー観察学習に関する研究
(Phenology Observation Learning by Image Archives)

東京大学大学院新領域創成科学研究科
自然環境学専攻自然環境形成学分野

中村 和彦

目次

第1章 序論

1.1 研究の背景と目的	1
1.2 研究の構成と方法	5

第2章 学術的フェノロジー観察と学校教育

2.1 はじめに	7
2.2 学術的フェノロジー観察と映像	7
2.3 学校教育におけるフェノロジー観察と映像	10
2.4 映像の学術的意義と教育的意義の両立	13
2.5 おわりに	16

第3章 映像アーカイブを用いたフェノロジー解析

3.1 はじめに	17
3.2 映像アーカイブ	17
3.3 観察可能なフェノロジー	19
3.4 16年間のカスミザクラ満開日の観察	24
3.5 おわりに	27

第4章 授業実践に向けた学校教員との検討を通じた映像教材開発

4.1 はじめに	28
4.2 対象と方法	28
4.3 結果	33
4.4 考察	49
4.5 おわりに	53

第5章 授業実践による教材開発方針の検討

5.1 はじめに	54
5.2 対象と方法	54
5.3 A校（小学校第6学年）	55
5.4 B校（小学校第6学年）	66
5.5 C校（中学校第1学年）	75
5.6 D校（小学校第4学年）	84
5.7 E校（中学校科学部）	94
5.8 おわりに	99

第 6 章 授業実践を通じた教材の変遷と開発方針の整理	
6.1 はじめに	101
6.2 教材の変遷	101
6.3 授業実践における教材開発の方針	109
6.4 おわりに	114
第 7 章 学校教育におけるフェノロジー観察学習	
7.1 はじめに	115
7.2 教材開発者にとっての意義	115
7.3 教員にとっての意義	117
7.4 学習者にとっての意義	119
7.5 おわりに	121
第 8 章 結論	
8.1 研究の総括	123
8.2 研究の課題と展望	124
付録	
付録 1 映像教材を収録した DVD	127
付録 2 DVD に収録した以外の教材	130
付録 3 本文中から省略した図表	133
引用文献	144
論文の内容の要旨	152
謝辞	160

第 1 章 序論

1.1 研究の背景と目的

(1) 背景

フェノロジーとは、「季節的に起こる自然界の動植物が示す諸現象の時間的变化およびその気候あるいは気象との関連を研究する学問」（八杉ほか, 1996）と、生物学辞典に記載されている。本論では、このうち前半の「季節的に起こる自然界の動植物が示す諸現象の時間的变化」を指すものとする。フェノロジーの「気候あるいは気象との関連を研究する学問」を意味する言葉としては生物季節学を用い区別する。

古来、植物を育て主要な食糧を得ていた人類は、フェノロジーを注意深く観察してきた。わが国では、魏志倭人伝に「其の俗、正歳四節を知らず、但春耕秋収を計り年紀と爲す」（長澤, 1972; 筆者による書き下し）との記載があり、暦が使われる以前からフェノロジー観察による季節変化の把握が行われていたことがわかる。その後、農耕をより適切に行うための季節変化を把握する指標として、日本列島各地の気候に合わせて様々なフェノロジーが観察されてきた（大鋸ほか, 2010）。川口（1972）はこのようなフェノロジー観察を自然暦と称し、全国各地に伝承される 722 の自然暦を収集した。海外でも、例えば欧州にも同様の暦は存在しており（植田, 1984）、農作業の時期を知るためのフェノロジーの観察は世界各地で古くから行われてきた。さらに、わが国のフェノロジー観察は農耕人だけでなく、文化人によっても行われていた（吉野, 2011）。大東（2003）は、農耕に関わるフェノロジー観察は春と秋の二季のみの季節感にとどまっており、春夏秋冬の四季の季節感の成熟は宮廷人が中国の文芸や思想などを取り入れながら、二季の季節感を基礎として成熟させていったものであると論じている。農耕者と比べると人数としての規模ははるかに小さいものの、後世への影響力という点ではむしろこの文化人による季節感の成熟が現代の日本人の一般的な四季という季節感に繋がっているとも考えられる。

一方で、近年は新たに、長期的な気候変動が動植物に及ぼす影響の指標になりうるとして、フェノロジーが学術的に重要視されている (Beaubien and Freeland, 2000; Kramer *et al.*, 2000 ;Badeck *et al.*, 2004; Studer *et al.*, 2005; Visser and Both, 2005; Leech and Crick, 2007)。主に生物季節学という分野で研究されており、学術的なフェノロジー観察は、英国、米国など世界各国で 19 世紀末頃から数多く行われてきた (Bailey, 1896; 中原, 1948)。我が国でも、1953 年に気象庁により生物季節観測指針が制定され、統一基準による組織的な観測が始められた。現在もこの観測は継続されており、例えばソメイヨシノ (*Cerasus × yedoensis* (Matsum.) A.V.Vassil. ‘Somei-yoshino’) の開花日は 2004 年までに大都市で 6.1 日、中小都市で 2.8 日、観測開始時より早期化したと報告された (気象庁, 2005)。気温とソメイヨシノ開花日の関係については、石田 (1910) をはじめとして多くの研究がなされており、近年ではわが国の国内全域のソメイヨシノに適用できる開花日推定モデル (青野・守屋, 2003) が考案されるなど、多くの成果が挙げられている。また、Doi (2007) は、気象庁により全国 32 箇所で観測されたウメ (*Prunus mume*) の 50 年間の開花日に対して気象データとの関係の統計的な分析を行い、近年の我が国の冬季の温暖化傾向がウメの開花の早期化に繋がっていることを示唆している。このように長期的なフェノロジー観測結果から気候変動が動植物に及ぼす影響を解明していくことは、今後の気候変動の行方が大きな注目を集めている昨今において大きな意義を有する。

以上に述べたような気候変動が動植物に及ぼす影響は、気温をはじめとする複数の環境要因によるものであり、その詳細は容易には解明できない。しかし、フェノロジーそのものの観察は古くから行われてきたように、精度を問題としなければ専門的な知識や技術が必要としない。そのため、特定のフェノロジーを長期間にわたって観察することで、複雑な環境変化の影響を誰もが自身で直接得た直感的な情報 (一次情報) から把握できる。気候変動などの長時間規模は、身近な問題として認識することが難しい (Shepardson *et. al.*, 2012; 住, 2008)。しかし、長期的な環境変化の動植物への影響を身近な一次情報によって把握できれば、観察者各々がそれを身近な問題として認識することが期待できる。さらに、

観察を多くの人が行うことでフェノロジー情報が蓄積され、学術的なデータとしての貢献に繋がる可能性もある。Aono and Kazui (2008) は、9 世紀以降の京都で執筆された各種日記に記述されている花見の期日を根拠にヤマザクラの満開日を推定しており、歴史上の文化人らによるフェノロジー観察にも、学術的なフェノロジー観察との関連性が見出されている。現代においては、米国の USA National Phenology Network が市民からフェノロジー情報を収集し、学術的な応用を試みている (Morisette *et al.*, 2009)。わが国においても、Kobori *et al.* (2012) による冬鳥の市民観察データの利用や、増田 (2012) による市民参加型のフェノロジー観測の試みなどが報告されている。わが国では上述のとおり、1953 年から気象庁による組織的な観測が継続されてきたが、2006 年 6 月の閣議決定により全国の測候所を無人化することとなり、これに伴って 94 箇所の生物季節観測が順次廃止された。この状況において、市民によるフェノロジー観察を普及させることは、ますます意義の大きいものになっている。

このようにフェノロジーをより多くの人々が観察することが望まれる昨今において、本論では、わが国の全ての人々が実際にフェノロジー観察を行う機会として学校教育の存在に着目する。主に小学校の生活科および理科において、フェノロジーの観察が学習内容に取り入れられており (文部科学省, 1998a)、より多くの子どもにフェノロジー観察への関心を持たせることに繋がるためである。しかし、小中学校の義務教育 9 年間は、長期変化傾向を直接の観察によって把握するには短く、義務教育においては卒業後もフェノロジー観察を継続する動機を与えることが妥当な目標となる。このためには、直接の観察に加えて、映像を用いた擬似的な観察を行うことが有効と考えられる。昨今の学校教育においては長期的な環境変化に関する学習が社会的に求められるようになっており (国立教育政策研究所教育課程研究センター, 2007; 文部省, 1991)、映像を用いたフェノロジー観察は、たとえそれが擬似的な方法であるとしても、長時間規模の問題を身近な問題として認識する契機になるのであれば、学校教育へ導入する意義は大きいと考えられる。

本論では前述のように、フェノロジー観察の特徴として、環境変化の影響を誰もが自身

で直接得た直感的な情報から把握できる点を挙げている。したがって、本論で映像を用いたフェノロジー観察という場合、その映像とは、ある観察者が直接の観察によって得るような直感的な情報を、その観察者の目の代わりにカメラのレンズを通して直接的に記録したものを想定している。つまり、この意味での映像のアーカイブとは、こうして撮影された映像が無加工、無編集の状態で蓄積（アーカイブ）され、誰もが閲覧を妨げられない状態で保管されるものである。このような映像を、本論では一次的映像と称する。そして、単に映像アーカイブという場合は、この一次的映像のアーカイブを指すものとする。この観点からみると、従来の教育現場で教材として用いられてきた映像の大部分が加工または編集されたものであるが、その元となった素材を閲覧することはほとんど不可能な状態であったと考えられる。このような従来の教材に主に用いられていた映像を、本論では二次的映像と称し、一次的映像と区別する。

フェノロジーの観察は主に視覚と聴覚によって行われるため、情報量の観点からは音声付きの動画による映像アーカイブを用いることがより望ましい。また、学術的なフェノロジーは日単位での観察が基本であるため、毎日同じ時刻の映像記録が存在することが望ましい。これらの条件に合致する一次的映像のアーカイブとして、東京大学附属秩父演習林の森林映像アーカイブがある（藤原・斎藤, 1998; 藤原, 2003）。この映像アーカイブは、2台のカメラが毎日午前 11 時 30 分頃から正午頃まで、様々なカメラ向きと画角で約 80 種類のショットを 15 秒ずつ録音しながら録画しており、近景から遠景まで多様なスケールで人工林および自然林を観察することができる（斎藤ほか, 1998; 斎藤ほか, 2002）。また、撮影対象の森林には毎木調査データ、森林簿データ、気象観測データ等も存在しており、学術的な利用に繋がる可能性が高い映像アーカイブである。

一次的映像の学校教育における利用を試みた例としては、吉富ほか（2004）による河川の流量変動の観察、中川ほか（2004）および川村（2007）によるライブカメラ画像を用いた雲の観察、中田・薮田（2006）による動物行動の観察などが存在する。しかし、東大秩父演習林のもののような 10 年以上の時間規模を有する映像アーカイブを学校教育に用いた事例は

見当たらない。この映像アーカイブの教材化に関する既往研究としても、環境学習向けコンテンツの独自試作（斎藤ほか, 2005; Saito et al., 2006）はあるが、学校教育をはじめとする実際の学習の現場への導入はなされておらず、実践的な知見が不十分である。具体的には、一時的映像のアーカイブを用いたフェノロジー観察学習において、有効な教材開発の方針が存在しない状態である。一般的に、教材は専門的な知見を有する者によって開発され、学校の教員が開発された教材を必要に応じて選択して授業を行い、その授業を通じて児童・生徒が学習する、という関係のもと、教材開発および授業実践が行われる。教材開発の方針を検討するにあたっては、このような教材開発者、教員、学習者の 3 者を関係主体として捉え、それぞれにとって意義のある形で教材開発を行う必要がある。

(2) 目的

以上の背景より、本論では、一次的映像のアーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するための教材開発の方針を明らかにすることを目的とする。まず、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題を明らかにし、その課題に沿って授業実践における教材開発の方針を検討する。以上の教材開発および授業実践においては、教材開発者、教員、学習者の 3 者を関係主体と捉える。

1.2 研究の構成と方法

本論の構成を図 1-1 に示した。

まず、学術的フェノロジー観察を学校教育へ持ち込むという立場から、教材開発の方向性を整理し（第 2 章）、その方向性のもとで映像アーカイブを用いて観察可能なフェノロジーを検討した（第 3 章）。そして、教材開発および授業実践を事例研究として行った。事例研究の第 1 段階では、授業実践に向けた学校教員との複数回に及ぶ教材検討およびその授

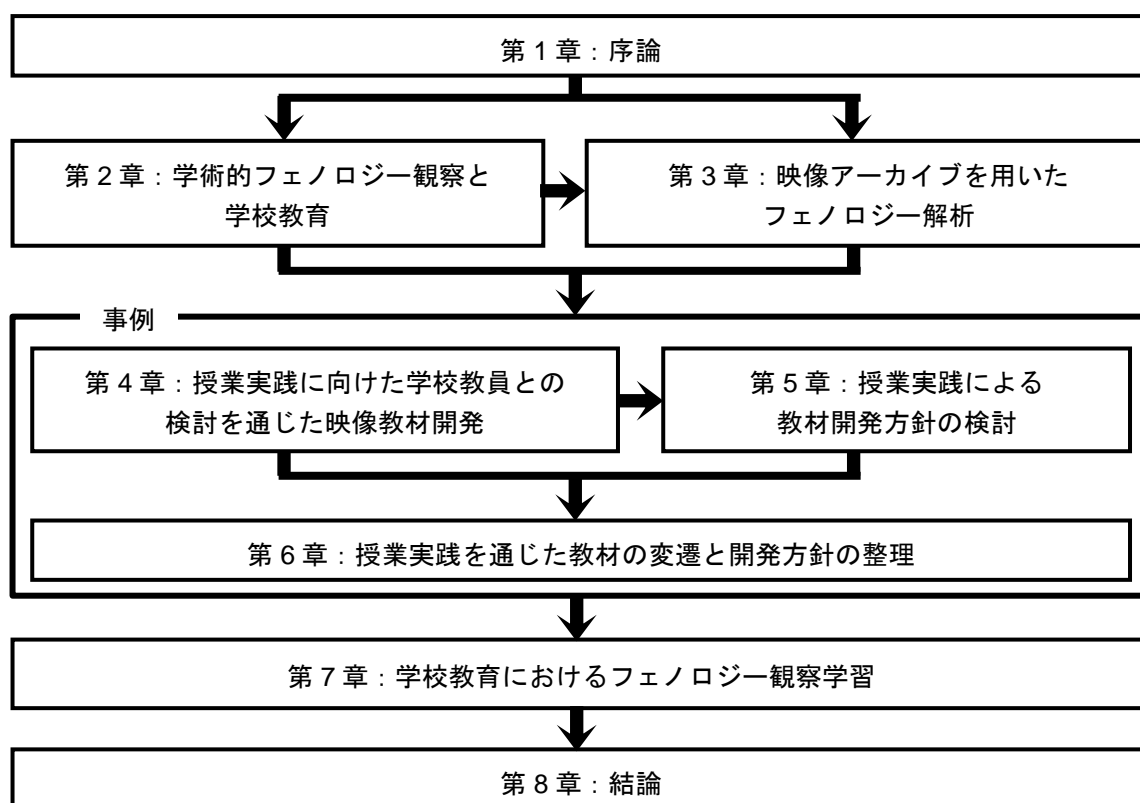


図 1-1：博士論文の構成

業を事例として、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題を抽出した（第 4 章）。第 2 段階では、追加で複数回の授業実践を行った（第 5 章）。そして、2 つの段階を通じての教材の変遷を整理し、授業実践における教材の開発方針を検討した（第 6 章）。最後に、本論の関係主体である教材開発者、教員、学習者の 3 者にとっての事例研究の成果の意義を総合的に考察した（第 7 章）。

第2章 学術的フェノロジー観察と学校教育

2.1 はじめに

本論の目的を、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するための教材開発の方針を明らかにすることとした。そこで本章では、教材開発における方向性を明示する。授業実践においては、その枠組みから課題の抽出を行うこととする。

本論では、学術的フェノロジー観察を学校教育へ持ち込むという立場を取っている。そのためには、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義と教育的意義を示し、それら2つの意義が両立するように教材開発を進める必要があると考えられる。以下、映像を用いたフェノロジー観察の学術的意義、および教育的意義について、それぞれ述べる。そして、学校教育への導入において2つの意義を両立する可能性についての議論を行う。

2.2 学術的フェノロジー観察と映像

農作業のためのフェノロジー観察は、その年のフェノロジーを把握してその年の農作業に活かすことが出来れば良く、過去のフェノロジーを記録してその長期的な変化傾向を把握する必要はなかったと考えられる。つまり、昨年や一昨年と比べて今年が異なっていることを、記憶を頼りに把握し、その結果として年によるフェノロジー発現時期の違いを納得できれば事足りる状態であったといえる。しかし、気候変動等との関連でより長期間の変動に目を向けその傾向を把握しようとする、各年のフェノロジー観察の結果を記録しておく必要が生じた。さらに、長期間の観察記録を用いた学術的解析を行うためには、統一された基準による観察が継続する必要があった。

学術目的のフェノロジー観察は、19世紀末頃から英国や米国などで始められた（中原、

1948)。わが国においては、1953年に生物季節観測指針（気象協会, 1953）が制定され、統一基準による組織的な観察が始められた。この観察は全国各地の気象台にて、現在も継続されており、約 60 年間の統一基準による観察の記録が残されている。しかし、従来のフェノロジー観察は人間の視覚と聴覚によって行われたため、観察者の主観のバイアスに起因するデータの均質性の問題が、当初より指摘されていた（大後・鈴木, 1947）。この問題の根源は、フェノロジー観察の結果が開花日等の日付情報のみによって記録蓄積されてきた点にあると考えられる。日付情報のみでは、たとえデータの均質性に疑問が生じても、過去のデータを検証することが不可能となるためである。

以上のようなデータの検証性の欠如の結果としての均質性の問題を解決する方法として、近年、映像による記録を用いることが検討され始めている。Richardson *et al.* (2007) は、植物の開葉フェノロジーが撮影されている映像を解析してフェノロジーの変化を数値化することで、バイアスを含まない形で統一基準による結果を得た。このような画像解析によれば、数値化によって均質性の問題は解決される。さらに、その結果に疑問があれば、いつでも再度、元の映像を用いて検証することができ、解析方法の再検討なども可能となる。「科学的な考え方・方法が変化したら同じ記録データでも解析しなおして新しい事実を導き出せる」（高岩, 2010）のである。つまり、映像による記録を用いることで、均質性の問題に加えて検証性の問題も解決される。

このようなフェノロジーの解析に用いる映像は、必ずしも本来の目的がフェノロジーの撮影ではない映像でも良い場合がある。例えば、Graham *et al.* (2010) は、米国内に点在する、インターネット上で公開されている 1141 箇所のウェブカメラ映像を用いて、画像解析を用いたフェノロジーの解析を行なっている。Ide and Oguma (2010) も同様に、わが国の環境省が国立公園に設置し 1 時間に 1 枚の頻度で静止画を公開しているウェブカメラ映像を用いた解析を行なっている。このようなフェノロジー観察のためには、1 日 1 回以上の頻度で観察対象が定点撮影された映像であれば使える可能性がある。また、1 日 1 枚以上の撮影を意図せずとも、不特定多数の人間が撮影した莫大な数の映像を集約することで、結

果的にある箇所の日単位の記録として扱えるようにするというアプローチも考える (Sparks, 2007)。このように、フェノロジー観察に使える可能性を有した映像は、今後ますます増加していくことが予想される。

また、映像を用いたフェノロジー観察は、高頻度観察が難しい到達困難な場所に立地する樹木の観察においても有効である可能性がある。フェノロジーは全球的な気候変動だけでなく都市化によるヒートアイランド (Roetzer *et al.*, 2000; White *et al.*, 2002; 松本, 2003) や土地被覆等の周辺環境 (松本・福岡, 2003; 多田・村上, 2011) の影響も受けることが示されており、フェノロジーを気候変動の影響の指標とするためには、都市化による局所的な影響ができるだけ少ない山間部の森林等に立地する樹木を観察対象とすることが望ましい。しかし、そのような場所は到達困難なため頻繁な観察が困難となる。特にわが国においては、主な既往研究において行われた山間部の森林等に立地する樹木を対象とする直接観察は 3~7 日間隔となっており (加藤ほか, 1999; 尾崎ほか, 2000; 藤本, 2007)、毎日の直接観察は現実的に困難であると考えるのが妥当と言える。一方で映像、特に静止画のみであれば、無人での定時自動撮影を行うことは難しくない。実際に、渡辺ほか (2006) は、1986 年から 2004 年まで毎日定時の写真撮影を行ない、その写真を目視してダケカンバの開葉および黄葉フェノロジーを観察した。このように、観察可能なフェノロジーは限られる可能性はあるが、特定の樹種の特定のフェノロジーを観察できる可能性は高く、特に到達困難な山間部に立地する樹木に対しては映像を用いた観察が有効となると考えられる。

さらに、映像によるフェノロジーの記録は、観察の自動化、つまり人が見ることなくフェノロジーを観測できる可能性ももたらす。それは、先に述べた Richardson *et al.* (2007) に代表されるフェノロジーの数値化の手法を用いることで実現すると考えられる。自動化においては画像解析のアルゴリズムの妥当性が重要な検討課題となり、Richardson *et al.* (2007) に端を発して国内外で数多くの検討がなされている (Ahrends *et al.*, 2008; Richardson *et al.*, 2009; Ide and Oguma, 2010; Migliavacca *et al.*, 2011; Sonnentag *et al.*,

2012)。しかし、これらはいずれも樹木の葉のフェノロジーに特化したものとなっており、開花等の他の植物フェノロジーや動物のフェノロジー等への適用に関しては検討が進んでいない。また、解析アルゴリズムの検証においては、人間の目視観察結果を真とすることには変わりはなく、自動化が目視観察の意義を失わせるものではない。つまり、観察において人的コストが問題となる場面等において自動化の有効性が発揮されるべきであり、目視観察を全て代替するような性質のものではないと考えられる。

以上のように、映像を用いたフェノロジー観察の学術的な意義として、フェノロジー観察データの検証性および均質性の向上、観察頻度の向上、自動化による観察コストの削減、の3点が挙げられた。

2.3 学校教育におけるフェノロジー観察と映像

古来、多くの農耕者がフェノロジーを観察していたのは、季節変化を知る手段としてとりわけ専門的な知識や技術を必要とせず、視覚または聴覚によって直感的に把握できるという特徴があることが一要因と考えられる。この特徴は、現代においては学校教育における自然学習において、今なお生かされている。表 2-1 は、わが国の小学校および中学校の学習指導要領から、フェノロジー観察に関係のある学習内容を抜粋したものである（文部科学省, 1998a; 文部科学省, 1998b）。小学校の第 1・2 学年は生活科、小学校第 3 学年以降は理科の学習内容である。これを見ると、小学校低学年で季節変化に伴う現象をまず観察させ、学年が上がるに応じて次第に現象の仕組みや環境要因について観察させるようになっていく。そして、中学校ではより学術的な性質を意識した観察が求められるようになる。

このようにフェノロジー観察が学校教育において一貫して扱われる背景には、わが国の理科における観察による学習の重視があると考えられる。中山・秋山（2007）は、西洋自然科学が自然の仕組みの記述を重視しているのに対して、わが国の理科では「様子」という言

表 2-1：わが国の小中学校におけるフェノロジー観察に関係のある学習内容

学年等	フェノロジーの扱い
小学校 第 1・2 学年	身近な自然を観察したり、季節や地域の行事にかかわる活動を行ったりして、四季の変化や季節によって生活の様子が変わることに関心、自分たちの生活を工夫したり楽しんだりできるようにする。
小学校 第 3 学年	身近な昆虫や植物を探したり育てたりして、成長の過程や体のつくりを調べ、それらの成長のきまりや体のつくり及び昆虫と植物とのかかわりについての考えをもつようにする。
小学校 第 4 学年	身近な動物や植物を探したり育てたりして、季節ごとの動物の活動や植物の成長を調べ、それらの活動や成長と季節とのかかわりについての考えをもつようにする。
小学校 第 5 学年	植物を育て、植物の発芽、成長及び結実の様子を調べ、植物の発芽、成長及び結実とその条件についての考えをもつようにする。
小学校 第 6 学年	動物や植物の生活を観察し、生物の養分のとり方を調べ、生物と環境とのかかわりについての考えをもつようにする。
中学校	校庭や学校周辺の生物の観察を行い、いろいろな生物が様々な場所で生活していることを見いだすとともに、観察器具の操作、観察記録の仕方などの技能を身に付け、生物の調べ方の基礎を習得させること。 学校周辺の身近な自然環境について調べ、自然環境は自然界のつり合いの上に成り立っていることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識すること。

葉を多用して現象的な学習を重んじる特徴がある点を指摘している。川崎（2005）は、わが国古来の自然観のもとに西洋自然科学を受容した過程でこのような特徴を持つことになったことを示唆しているが、より直接的な原点は国民学校時代の低学年理科の導入にあると見ることができる（小川, 2006）。この低学年理科の教員用指導書“自然の観察”は、「自然を対象とした子どもの姿を一貫して大切にしてきたわが国の理科学習の基底を形づくってきたものと考えられる」（日置, 2009）と評されている。また、矢代（1993）によれば、小学校低学年理科導入の背景には米国の Nature Study の思想があったとされる。Bailey は、その著書“The Nature-Study Idea”で「もっともすぐれた農業とは、人間の自然環境への完全な適応である」（ベイリ, 1972）等と述べたうえで、伝統的な農村生活を生かした自然学習を行うことを説いた（宇佐美, 1969）。本論の視点からこの事実を捉えると、わが国の農村において、農作業の時期を知るためのフェノロジー観察が行われていたことと結び付く。つまり、わが国の農村で行われていたフェノロジー観察がまさに、伝統的な農村生活における自然学習の一つの形であるといえる。現代においては、農村ではなく学校という場において、つまり学校生活においてフェノロジー観察を行うという形に置き換わ

っているものの、その源流の一つに農村生活を生かした自然学習を説いた Bailey の存在があることは、農村生活の歴史を背景とした位置づけを現代の学校におけるフェノロジー観察に与えられるという点で意義深いことと考えられる。

ただ、歴史的な背景として農村生活があるとはいえ、現代の学校に求められる学習内容は当時とは異なっている。近年は、「環境の保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律」が 2003（平成 15）年に公布されるなど、地球環境問題に対する教育の社会的要請がある。特に、地球温暖化や生物多様性等に関連する問題は、その時間規模が数十年や百年以上のものになることが多い。しかし、これに対してフェノロジーの観察の時間規模は、小中学校を通じて実施しても 9 年間である。さらに現実的には、学校での学習内容は学年ごとに規定されており、各学年の観察対象が同一化されているわけではないため、観察そのものは各学年の中で完結してしまう。つまり、観察対象を同一とした複数年にわたる継続的なフェノロジー観察は、実質的に困難となっている。

この問題を解決する方法として、映像の利用が考えられる。一般的に映像は、現象の時間軸にとらわれず自在に編集して提示することができる。これを観察することは、直接の観察とは異質なものとなるため、間接経験と称され直接経験と区別されることが一般的である。相場（2007）は、地学教育の領域において直接経験と間接経験を比較し直接経験の優位性を述べているが、単純にどちらが優れているかという視点ではなく、直接経験と間接経験の両者の長所を活かすように共存することが望ましいと考えられる。後藤（1996）は、映像をはじめとするメディアによる学習支援には、メディアによる間接体験を直接体験の代用と捉えるクローズドなアプローチと、メディアによる間接体験を直接体験への契機的活動と捉えるオープンなアプローチとがあるとしているが、後者が共存のための一つの在り方と言える。近年の環境教育の隆盛に伴い直接的な体験学習がますます重要視されており（降旗ほか, 2009）、直接経験の重要性が高まる昨今においては、直接経験への契機としての間接経験の意義が大きいと考えられる。

以上のように、小中学校の 9 年間においては、気候変動や生物多様性といった長時間規

模の問題に関わる現象を観察することは不可能である。映像を用いて長時間規模の現象を擬似的に観察する自然的間接経験が、卒業後に長時間にわたる観察を直接経験として行なっていくための契機となることを期待する。実際に、環境教育において映像教材は子どもの時間認識を拡大する効用があるとして活用が推奨されており（国立教育政策研究所教育課程研究センター, 2007）、社会的にも期待されるところともなっている。したがって、こうした観察の時間規模の擬似的な拡大が、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教育的意義であると考えられる。

2.4 映像の学術的意義と教育的意義の両立

2.3 節で述べたように、映像を用いたフェノロジー観察には、自然的間接経験として観察の時間規模を擬似的に拡大するという教育的意義があった。しかし、この反面として、時間規模を不適切な形で拡大した結果、学習者に誤った認識を与えてしまう危険性がある。これは、2.2 節で述べた学術的意義のうち、フェノロジー観察データの検証性および均質性の向上を損なうものである。この問題に対して本論では、一次的映像のアーカイブを用いることで学術的意義を損なわずに教育的意義を確保できるのではないか、という立場を取る。

上述の問題は、フェノロジーという現象が複数の異なる時間規模で把握すべきものであることに起因すると考えられる。フェノロジーは1年という周期で循環する現象であるが、年ごとにその1年の循環の中での現象の発現時期は異なっており、これは気温等の気象の影響を受けてのものである。例として、東京管区气象台にて1953年から観測が続いているソメイヨシノ開花日の推移を図2-1に示した（気象庁, 2012）。この約60年間の開花日の推移からもわかるように、気候変動の影響を受けて開花等の特定のフェノロジー発現時期が長期的な変化傾向を示したとしても、数年の時間規模で見ると、年ごとの変動（年々変動）

のほうが大きい。つまり、フェノロジーを学習する場合、学習者は年々変動が大きく生じることをまず把握したうえで、長期変化傾向を把握しようとする必要がある。年々変動と長期変化傾向とを明確に区別して把握するためには、毎年のフェノロジーを把握していくことが望ましいが、場合によっては特定の年のみを意図的に取り出して提示するようなことも行われる可能性がある。この場合、年々変動を正しく把握することが困難になり、その結果として誤った長期変化傾向を把握してしまう危険性が生じる。しかし、従来の二次的映像による教材を用いた観察は「制作者の“目”、あるいは“視点”を通した間接的観察」（林, 2002）にとどまり、学習者が観察結果に疑問を抱いたとしても、それを確認する手段がなかった。これに対し、本論では一次的映像のアーカイブによる映像教材を用いることで、映像教材の素材を確認する手段を学習者に与えることを意図している。こうすることで、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義であるデータの検証性および均質性の向上が同時に実現する可能性が生まれる。

ただし、一次的映像のアーカイブによる映像教材は、学術的意義を確保するために有効であると考えられる反面、教育的意義を確保できるかは不明である。2.3 節で述べたように小中学校でフェノロジー観察が扱われることから、一次的映像を用いたフェノロジーの観

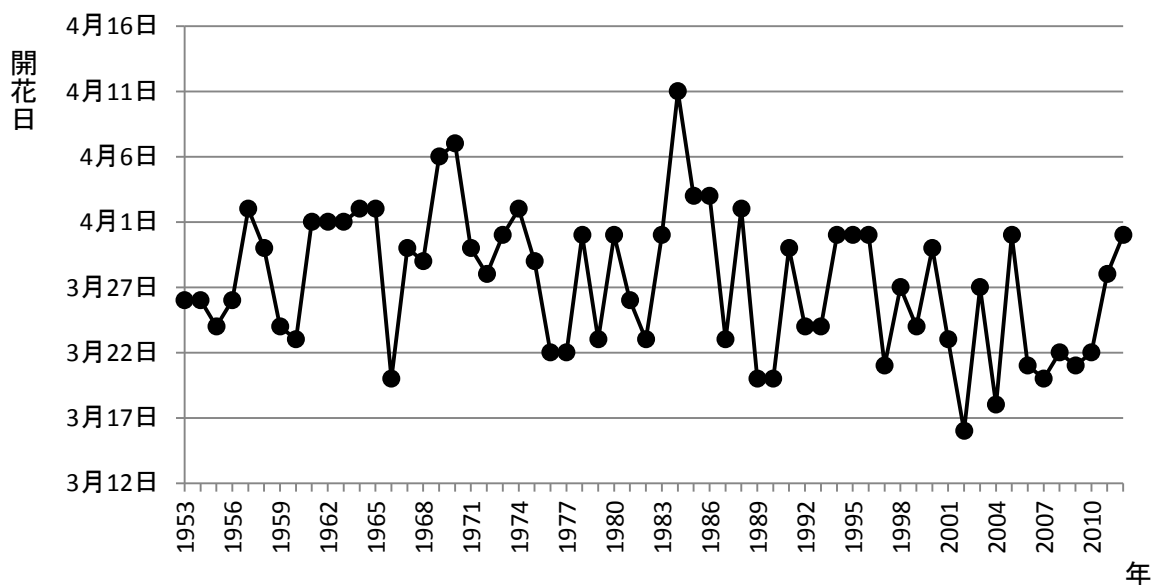


図 2-1：東京管区気象台ソメイヨシノ標本木の開花日の推移 (1953～2012 年)
 (出典：気象庁ホームページ・生物季節観測の情報 <http://www.data.jma.go.jp/sakura/data/index.html>)

察自体は子どもでもある程度可能であると判断できる。また、吉富ほか（2004）による河川の流量変動の観察、中川ほか（2004）および川村（2007）によるライブカメラ画像を用いた雲の観察、中田・薮田（2006）による動物行動の観察など、一次的映像の教育利用を試みた例も少ないながら存在する。これらより、一次的映像のアーカイブを用いた映像教材によって教育的意義を確保できる可能性は見出される。しかし、それを実践するための知見は十分に得られておらず、本論において議論する必要があると考えられる。

映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義であるデータの検証性および均質性の向上は、理想的には学習者である子ども一人ひとりが自分の意志で映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を行うことで最大限に発揮される。しかし、これがそのまま教育的意義の確保に繋がることは、現実的には困難であると考えられる。そもそも、わが国の学校教育は知識の伝達と習得を基本とする模倣的様式の授業が主となっており、そこでは知識を一斉に効率的に学習者へ伝達することが重視される（佐藤, 1996）。このような様式の授業においては、子ども一人ひとりが一次的映像のアーカイブを詳細に観察する時間を確保すること自体が難しい。映像が教育現場に導入された当初、多くの教育者の映像の扱いは「既存の重要な教育内容を直観的に説明する・理解させる便利な道具」（朝倉, 2004）というものだったとされるが、これは模倣的様式の授業が支配的であったことと対応していると考えられる。しかし、近年においては模倣的様式の授業だけでなく、学習者の思考の態度や探究の方法を形成することが重視される変容的形式の授業も取り入れることが望まれるようになっている（佐藤, 1996）。この変容的形式の授業においては、学習者である子ども一人ひとりが自分の意志で映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を行える可能性がある。特に、フェノロジーと関連する気候変動をはじめとした環境問題は、定義やその解決の定義が社会に依存するため（宗像, 2007）、科学的な不確実性を排除できない状態で学習することになり、模倣的様式の授業はそもそも成り立たないとも考えられ、相対的に変容的形式の授業の重要性が大きくなっている。ただし、単に変容的形式の授業の導入が即、子ども一人ひとりの意志による映像アーカイブを用いたフェノロジー観察に結び付く

とは考えにくい。変容的様式の授業においても、教員は学習内容を子どもらの意志に完全に委ねるのではなく、コーディネーターとして学習の方向性を子どもらに示すことが求められる（高木，2003；生田・後藤，2007）。また、仮に模倣的様式の授業において映像アーカイブを用いたフェノロジー観察が行われる場合があったとしても、教員は学習内容を決める存在としてその役割が重要であることに変わりはない。したがって、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するに際しては、その授業の様式にかかわらず、担当する教員の意図を反映した教材開発を行うことが必要となる。

以上の議論より、本論で意図するところである、一次的映像のアーカイブを用いたフェノロジー観察学習の学術的意義と教育的意義の両立を、学校教育の現場において実現するためには、教員の意図を反映した映像教材の開発を行うことが必要と考えられる。

2.5 おわりに

本章では、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義および教育的意義について述べ、学校教育への導入に際して従来の二次的映像による教材を用いた場合、観察の検証性および均質性の向上という学術的意義と、観察の時間規模の拡大という教育的意義とが、両立されない危険性があることを示した。そして、一次的映像のアーカイブによる教材を用いることで学術的意義と教育的意義が両立可能と考えられ、そのためには授業を担当する教員の意図を反映した教材開発が必要であることを述べた。

これを受けて、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題の抽出、および授業実践における教材開発の方針の検討は、授業を担当する教員との議論を経た教材開発を通じて学術的意義と教育的意義の両立という視点から行うこととする。

第3章 映像アーカイブを用いたフェノロジー解析

3.1 はじめに

第2章において、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するにあたって、学術的意義と教育的意義を両立するという視点で教材開発を行うという方針を示した。その中で、年々変動と長期変化傾向とを明確に区別して把握できるかという点が問題になるとした(2.4節)。そこで本章では、本論で対象とする映像アーカイブを用いたフェノロジー観察によって、年々変動および長期変化傾向がどの程度把握できるかを検討する。

まず、対象とする映像アーカイブで具体的にどのようなフェノロジーが観察できるかを把握し、季節変化の概要を把握するための教材としての有効性を検討した。次に、特に明瞭な観察が可能なフェノロジーを対象として日単位での観察を行い、年々変動および長期変化傾向を把握するための教材としての有効性を検討した。また、フェノロジーと気温との関係についても分析し、気温等の環境とフェノロジーとの関係について把握するための教材としての有効性も検討した。

3.2 映像アーカイブ

本研究で用いる映像アーカイブは、東京大学大学院農学生命科学研究科附属秩父演習林(以下、東大秩父演習林)の2台の無人自動撮影カメラによって撮影された動画と音声の蓄積である。森林景観記録ロボットカメラ(北緯35°56′, 東経138°48′; 標高1070 m)は、約1km離れた森林の景観を撮影しており、天然林樹冠部ロボットカメラ(北緯35°56′, 東経138°48′; 標高1220 m)は、ブナ・イヌブナ天然林に設置された高さ約23mの鉄塔の最

上部から約 1m の距離にあるブナ・イヌブナ等の樹冠部を撮影している。本論では、森林景観記録ロボットカメラに C1、天然林樹冠部ロボットカメラに C2 という識別子を付す。1995 年 10 月に C1 カメラの試験運用が開始され、その後、動画の自動記録は C1 カメラが 1997 年 5 月から、C2 カメラが 1996 年 9 月から、それぞれ開始され（藤原・斎藤, 1998）、音声記録は C1 カメラが 1998 年 10 月から（斎藤ほか, 2002）、C2 カメラが 2000 年 10 月から（藤原, 2003）、それぞれ開始された。2012 年 12 月現在、動画と音声ともに継続して日々の自動記録が行われている。

2 台のロボットカメラは、いずれも毎日午前 11 時 30 分頃に自動的に起動し、毎日同じ場所を撮り続けるために毎日同じカメラ向きおよび画角での撮影を行う。このように予め定められた 1 つのカメラ向きおよび画角の設定をショットと称する。つまり、1 つのショットに 1 つの固有のカメラ向きおよび 1 つの固有の画角が定められている。本論では、カメラごとのショット番号を C1-S01 といった形で付す。カメラ向きと画角の変更は自動での制御が可能となっており、撮影対象の森林を遠景から近景まで様々なスケールで記録するために、複数のカメラ向きおよび画角で撮影している。C1 カメラは、相観植生の景観を記録することを目的に、撮影可能な範囲を全てカバーするように遠景の撮影を行い、加えて特にフェノロジーが顕著に観察可能と思われる箇所にズームインしたショットの撮影も行なっている。C2 カメラは、ブナ、イヌブナ、カラマツ等の主要樹種の樹冠部から、フェノロジー等の観察に適していると思われる箇所を数箇所選定して撮影している。日々の撮影では、まず起動後に 1 番目のショットのカメラ向きおよび画角になるように自動的に作動し、15 秒間の撮影を行う。その後、2 番目のショットのカメラ向きおよび画角になるように自動的に作動し、再び 15 秒間の撮影を行う。音声は、それぞれの 15 秒間の撮影の際に同時に収録される。このようにして、2 台のカメラとも約 40 種類の異なるショットを撮影するように設定されている。合計約 80 ショットの中には、運用当初から継続して撮影されているものと、途中で加えられたものとが混在している。

3.3 観察可能なフェノロジー

(1) 方法

対象とする映像アーカイブを用いて教材を開発するにあたり、教員との協働による開発を行うためには、教材開発者が観察可能なフェノロジーを把握しておく必要があると考えられる。そこで、以下の3つの手順によって、観察可能なフェノロジーを検討した。

第1段階では、撮影される映像と音声を毎日観察し、観察可能なフェノロジーの概要を把握した。2台のロボットカメラが撮影している約80ショットの中で、カメラ運用当初から継続して撮影が行われており、多くの広葉樹が観察可能なショット C1-S01 およびその中央部にズームインしたショット C1-S06 (図 3-1 参照) を毎日観察し、フェノロジーに関して気付いたことをテキストで記述した。観察は予め定めた特定のフェノロジーの有無について網羅的に行うのではなく、日々その都度気付いたことだけを記述していった。この観察は2007年10月19日より2009年12月2日まで行ない、775日のうち欠測の日を除いた711日の映像を観察した。記述したテキストはWeb上に公開されている (<http://cyberforest.cocolog-nifty.com/>)。この711日分のテキストから、フェノロジーに関する記述を抽出した。

第2段階では、第1段階で観察したショット C1-S01 および C1-S06 で撮影している樹木を同定するために、現地調査を行った。調査は2009年9月28・29日および2010年7月27・28・29日に行った。各樹木の相対位置、胸高直径、樹高、樹種を調査し、ショット C1-S01 および C1-S06 に映っている樹木の樹種を同定した。

第3段階では、年々変動および長期変化傾向について詳細に検討するために必要な、フェノロジーの日単位での観察可能性を検討した。第1段階および第2段階を通して日単位の観察ができる可能性が最も高いと判断された樹木を対象に、その観察精度を検討するために、従来の映像アーカイブよりも高画質での撮影を行った。2010年4月12日から5月13日までの毎日、ロボットカメラと同一場所同時刻に赴き撮影を行った。従来の映像アーカイブの画面解像度は640×480であるのに対し、高画質撮影の画面解像度は1920×1080

ピクセルとした。また、撮影に合わせて双眼鏡を用いた直接観察も行い、高画質撮影の精度を確認した。

(2) 結果

第1段階の日々観察の結果、711日のうち71日にフェノロジーに関する記述があった（表 3-1）。具体的に記述されたフェノロジーは、鳴き声、開葉、紅葉、落葉、開花、葉、静寂であった（表 3-2）。ここで、葉とは葉の色の変化のことであり、静寂とは、何の鳴き声も聞こえないという記述である。植物のフェノロジーでは、特にクリの開葉・紅葉・落葉、サクラの開花は顕著に観察でき、動物のフェノロジーでは鳥やセミの鳴き声が顕著に観察できた。また、春から夏にかけての広葉樹の葉の色の変化や、冬のスギの葉の色の変化も観察された。さらに、1年目と2年目で観察内容の傾向が異なっており、2年目には前の年との違いといった年々変動や、特定樹種の細かい色の変化などを観察するようになった（表 3-1）。以上の結果は、日々の観察で筆者が特筆すべきと判断したものが中心になっているため、日数自体に意味はないが、2年間毎日観察を続けたことで、対象としたショットにおいて頻繁に観察可能なフェノロジーは十分抽出できたと判断できる。

第1段階で抽出された、観察可能なフェノロジーの中では、サクラの開花が日単位の観察が最も行い易いと判断した。これに対し、第2段階の現地調査の結果、ショット C1-S06 の画面左部分に映るサクラ（図 3-2）の個体を相対位置、胸高直径、樹高の各データをもとに特定し、樹種がカスミザクラであると同定できた。

これを受けて第3段階では、第2段階でカスミザクラと同定された個体（図 3-2）を対象とした高画質撮影を行い、開花期の日々の映像を従来アーカイブのものと比較した（図 3-4）。高画質映像を観察すると、5月3日はまだ花がなく、4日に開花、5日、6日と花が増え、7日に落花が始まり、8日にはほぼ落花が完了、以上の様子が鮮明に観察できた。これは現地での双眼鏡

表 3-2: 記述されたフェノロジーとその日数

フェノロジー	日数
鳴き声	24
開葉	18
紅葉	17
落葉	7
開花	6
葉	5
静寂	3

を用いた直接観察と比較すると、同等以上の精度で観察できることが確認された。また、従来画像は映像の鮮明さは劣るものの、上記の日々の花の様子の変化は同様に観察可能と判断できた。

表 3-1：ショット C1-S01 および C1-S06 の日々観察における
フェノロジー関連記述の内容

年月日	フェノロジー	年月日	フェノロジー
2007/10/28	紅葉	2008/08/15	鳴き声(エゾゼミ)
2007/11/03	鳴き声(鳥)	2008/10/31	紅葉(カラマツ・年々変動)
2007/11/11	紅葉(色の変化)	2008/11/19	紅葉(クリ・色の変化)
2007/11/20	紅葉(クリ)	2008/11/23	紅葉(クリ・色の変化)
2007/11/21	紅葉(クリ)	2008/12/01	紅葉(クリ・年々変動)
2007/11/24	紅葉・落葉	2008/12/16	落葉
2007/11/28	鳴き声(鳥)	2009/02/14	葉(スギ・色の変化)
2007/12/05	紅葉 落葉(クリ)	2009/02/15	鳴き声(鳥)
2007/12/09	落葉(クリ)	2009/03/21	葉(スギ・色の変化)
2007/12/15	落葉(クリ)	2009/03/31	鳴き声(鳥)
2007/12/22	鳴き声(鳥)	2009/04/19	開葉(カラマツ)
2008/03/02	静寂	2009/04/21	開葉(年々変動)
2008/03/08	静寂	2009/04/23	開葉(葉の量の変化・年々変動)
2008/03/15	鳴き声(鳥)	2009/04/24	開葉(葉の量の変化・年々変動)
2008/03/18	鳴き声(鳥)	2009/04/26	開葉(葉の量の変化) 開花(サクラ)
2008/04/04	鳴き声(鳥)	2009/04/29	開花(サクラ・花の量の変化)
2008/04/06	静寂	2009/04/30	開花(サクラ・花の量の変化)
2008/04/24	開葉(カラマツ)	2009/05/02	開葉(葉の量の変化)
2008/04/27	開葉	2009/05/03	開花(サクラ・花の量の変化)
2008/04/28	開葉(葉の量の変化)	2009/05/12	葉(色の変化)
2008/04/29	鳴き声(鳥)	2009/05/20	開葉(クリ) 鳴き声(エゾハルゼミ)
2008/05/02	開花(サクラ) 開葉	2009/06/14	鳴き声(鳥)
2008/05/05	開花(サクラ・花の量の変化)	2009/06/23	葉(色の変化)
2008/05/09	落花(サクラ) 開葉(クリ・遅れ)	2009/06/24	鳴き声(鳥)
2008/05/13	開葉(クリ・遅れ)	2009/06/29	鳴き声(鳥)
2008/05/16	開葉(クリ・遅れ)	2009/07/12	鳴き声(エゾハルゼミ・声量の変化)
2008/05/19	開葉(クリ)	2009/08/07	鳴き声(虫)
2008/05/20	開葉(クリ・葉の量の変化)	2009/09/17	鳴き声(鳥)
2008/05/24	開葉(クリ・葉の量の変化) 鳴き声(エゾハルゼミ)	2009/09/25	鳴き声(虫)
2008/05/27	開葉(クリ・葉の量の変化) 鳴き声(エゾハルゼミ)	2009/10/09	紅葉
2008/06/06	鳴き声(エゾハルゼミ・声量の変化)	2009/10/21	紅葉(色の変化)
2008/06/13	鳴き声(エゾハルゼミ・声量の変化)	2009/10/29	紅葉(カラマツ・色の変化) 落葉
2008/07/30	鳴き声(エゾゼミ)	2009/11/04	紅葉(年々変動)
2008/08/03	葉(色の変化)	2009/11/10	紅葉(イヌブナ・色の変化)
2008/08/10	鳴き声(エゾゼミ・声量の変化)	2009/11/19	紅葉(クリ)・落葉(イヌブナ)
		2009/11/23	紅葉(クリ・年々変動)

(3) 考察

日々の映像を観察した結果、季節変化の概要としてのフェノロジーであれば、樹木の開花、開花、紅葉、落葉といった植物のフェノロジーや、鳥やセミの鳴き声といった動物のフェノロジーなど、いくつかの種類を観察できることがわかった。したがって、この映像アーカイブは季節変化の概要を直感的に把握するための教材の素材として有用であると考えられる。また、植物のフェノロジーは年々変動を把握することもできた。単に“年によってフェノロジーの発現時期が異なる”ということのみであれば、2か年の同じ日の映像をいくつか比較することで直感的に把握することが可能と考えられる。

特定のカスミザクラに着目した結果、従来の映像アーカイブを用いても日単位の観察は可能であることがわかった。ただし、その精度は、今回高画質撮影および現地観察を行った2010年における、対象のカスミザクラの花の変化の様子に依存している。2010年は開花から落花までが4日間（5月4日から7日）程度であったが（図3-4）、2009年は少なくとも4月26日から5月3日の8日間は開花が確認されており（表3-1）、2010年のほうが着花期間が短かった。つまり、2010年よりもより微細な変化が日単位で起こった年が存在するため、そのような微細な変化は従来の映像アーカイブで観察できるかは不明である。従来の映像アーカイブを用いてこのカスミザクラを観察する際には、このような精度上の制約が存在することに留意する必要がある。

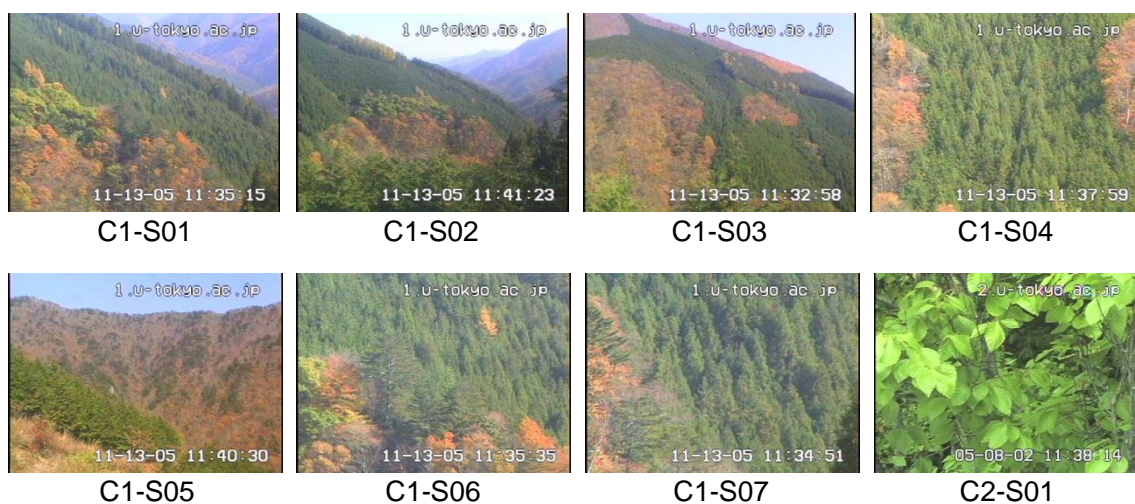


図 3-1：対象とする映像アーカイブのショットの例



図 3-2：観察対象のカスミザクラ
(2008 年 5 月 4 日のショット C1-06 を例とした。)

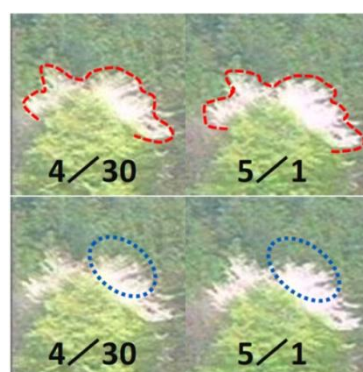


図 3-3：カスミザクラの花の部分の面積の変化の例 (赤点線部分) および花の量の変化の例 (青点線部分)
(2005 年の 4 月 30 日から 5 月 1 日にかけての例で、いずれも増加している。)

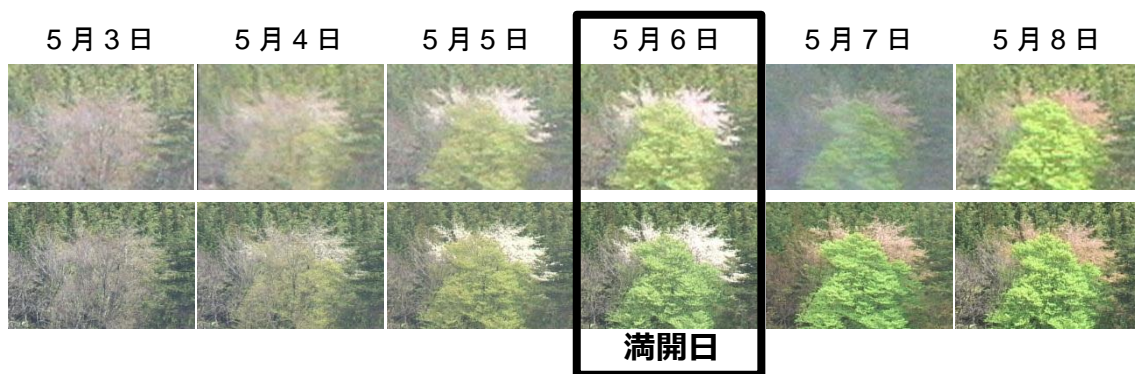


図 3-4：カスミザクラ満開日の決定の例
(2010 年の 5 月 3 日から 8 日の例。上段が従来画質、下段が高画質。5 月 6 日を満開日と判断した。)

3.4 16 年間のカスミザクラ満開日の観察

(1) 方法

前節で日単位の観察の目処が立ったカスミザクラについて、気象条件との関係の分析などの学術的な解析が可能なフェノロジー情報が得られるかを検討するために、ショット C1-S06 を用いて、1997 年から 2012 年までのカスミザクラの満開日を決定した。生物季節観測指針（気象庁, 1985）では、満開日は「対象樹木の約 80%以上のつぼみが開いた状態となった最初の日」と定義されている。しかし、本研究で対象とする映像アーカイブを用いたカスミザクラの観察では、前節で述べたように精度的な制約があり、どの段階を約 80%のつぼみが開いた状態とするかを決定することは難しい。そこで本研究では、満開日を「花の部分の面積および花の量が最大となった最初の日」と独自に定義した。定義としては、他にも、「花の部分の面積および花の量が最大となった日のうちの中間の日」とすることや、「花の部分の面積および花の量が最大となった日」の全てを満開期間とすることなども考えられるが、今回は教材として児童・生徒が観察することを念頭に置き、できるだけ少ない手順で満開日を決定できることを意図した。

この「花の部分の面積および花の量が最大となった最初の日」という満開日の定義に基づき、対象とするカスミザクラ（図 3-2）の花を目視で観察した。花の部分の面積と花の量を目視によって前後の日で比較して（図 3-3）、3.3 節の結果をふまえて両者に差があるかを判断した。その結果、花の部分の面積と花の量が最大である日が 1 日のみに決定できる場合は、その日が満開日となる。また、花の部分の面積と花の量が最大である日が複数日に及んだ場合は、そのうち最初の日が満開日となる。例えば 2010 年の場合（図 3-4）は、花の部分の面積と花の量が最大であると判断した日が 5 月 6 日のみとなったので、この日を満開日とした。こうして決定された 16 年間の満開日に対して、前後各 2 年の計 5 年間で移動平均を算出し、これによって長期変化傾向について検討した。

気温データは、東大秩父演習林で継続観測されている『小赤沢』の 2001 年から 2010 年

までの気温データを用いた（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林，2003；同，2004；同，2005；同，2006；同，2007；同，2008；同，2009；同，2010a；同，2011；同，2012）。小赤沢の観測点の標高は 1210 m（東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林，2010b）であるため、気温減率 $0.55^{\circ}\text{C} / 100 \text{ m}$ を用いた補正を行い、カスミザクラの標高 985 m における気温を推定した。フェノロジーと気温との関係の分析においては、積算温度を用いるほうがより学術性が高い（藤本，2007）。しかし、今回は学校教育への導入を前提としている。積算温度は算出において起算日や有効温度などの概念を必要とするため、小中学校の学習内容としては高度な発展的内容となると考えられる。一方で、平均気温であれば、平均の概念のみで算出が可能であるため、積算温度と比べると小中学校でより扱いやすいと考えられる。したがって、ここでは月平均気温および 2 ヶ月平均気温とカスミザクラ満開日との相関関係について検討した。相関係数を得るために、カスミザクラ満開日は 4 月 1 日からの積算日数で示すこととした。

(2) 結果

1998 年以外の年は、定めた基準によって満開日を決定することができた（表 3-3）。1998 年は、悪天候による視界不良の影響で観察できない日があり、「花の部分の面積および花の量が最大となった最初の日」である可能性がある日が 4 月 24 日から 28 日までの 5 日間に及んだ。移動平均の算出の際には、5 日間の中間の 4 月 26 日を仮の満開日として処理した。

移動平均を算出した結果、この 16 年間ではカスミザクラ満開日の明確な変化傾向については、早まる方向遅れる方向のいずれも、一貫した傾向は把握できなかった（図 3-5）。

気温との相関関係を分析した結果、3 月と 4 月の 2 ヶ月の平均気温と満開日が強い相関（相関係数: -0.89 ）を示した（図 3-6）。

(3) 考察

16 年間の満開日の観察結果からは、気候変動の把握に繋がるような長期変化傾向を見出

すことはできなかった。これは、16年という期間は長期変化傾向を把握するには短く、年々変動の影響を十分に吸収できない結果であると考えられる。最低でも30年程度の期間が必要と考えられ、長期変化傾向の把握のためには今後も継続した映像アーカイブの蓄積が望まれる。一方で、平均気温と満開日との強い相関が見出されたことから、気象の年々変動との関係は把握できたと言える。

したがって、本研究で対象とする映像アーカイブを用いたフェノロジー観察は、年々変動を把握するための教材としての有用性があると考えられる。また、その発展的学習として、平均気温との関係を把握するという展開も可能である。さらに、今回は検討しなかつ

表 3-3：観察対象のカシミザクラ満開日および小赤沢の3-4月平均気温

年	満開日	3-4月平均気温 (°C)
1997	32	
1998	24-28	
1999	35	
2000	40	
2001	36	5.7
2002	23	7.5
2003	33	5.0
2004	23	6.8
2005	32	5.7
2006	36	4.7
2007	35	5.1
2008	34	5.8
2009	31	5.8
2010	36	4.3
2011	38	
2012	38	

(満開日は4月1日からの積算日数)

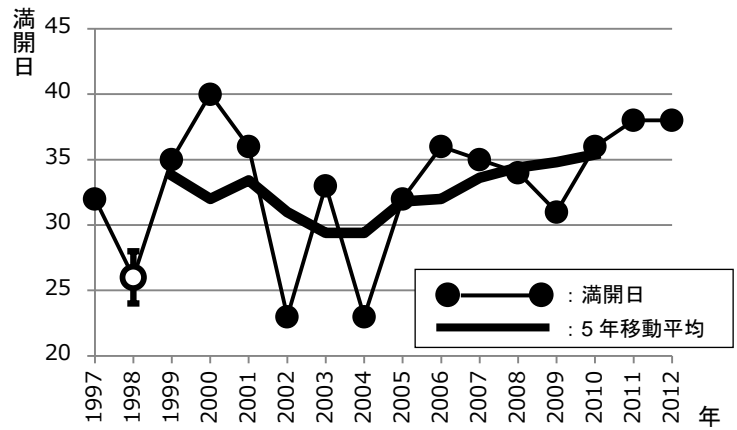


図 3-5：1997年から2012年までの満開日の推移

(満開日は4月1日からの積算日数。白抜きの点は満開日が1日に特定できないことを示し、エラーバーは満開日の可能性がある日の範囲を示す。)

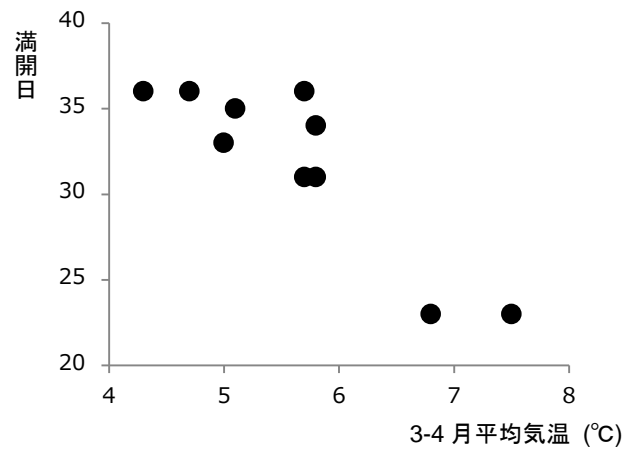


図 3-6：小赤沢3-4月平均気温と満開日との関係

(満開日は4月1日からの積算日数)

たが、より学術的要素の強い積算温度等を用いた学習への発展の可能性も考えられる。しかし、長期変化傾向そのものを把握するための教材としては、現時点では有用性を見出すことは難しい。ただし、長期変化傾向を把握するためにはさらに長い年月が必要であるということを学習するための教材としては有用であると考えられる。

3.5 おわりに

本章では、東大秩父演習林の映像アーカイブを用いたフェノロジー観察において、1年間の季節変化、その年々変動、そして長期変化傾向と、3つの時間規模の視点から検討してきたといえる。1年間の季節変化は、植物の開葉・開花・紅葉・落葉や動物の鳴き声など、いくつかのフェノロジーの概要を把握できた。年々変動については、単純に2つの年が違うということは、いくつかの植物フェノロジーから把握できた。年々変動のより詳細な分析や気温との関係の分析などのためには日単位の観察が必要となるが、カスミザクラの満開日の観察であれば可能であることが示された。そして、長期変化傾向については、対象とする16年間の映像アーカイブでは把握できず、より長期間を対象とする必要があることが考えられた。

学校教育への導入においては、まず、1年間の季節変化概要を多くのフェノロジーに関して把握できることは、学校教育で既に行われている身近なフェノロジー観察(2.4節参照)に対して、復習としての学習の位置づけを与えることができると考えられる。一方で、長期変化傾向が把握できないことについては、仮にこの映像アーカイブを用いて長期変化傾向を学習させたいという要望が教員から出た場合に、それが不可能であることを事実として示す必要があると考えられる。その際に、代替案として年々変動の学習を位置づけることが考えられるが、その際には、2カ年の違いという概略としての把握から、日単位の観察結果と気温との関係の把握まで、内容の複雑さに段階があることを考慮する必要がある。

第4章 授業実践に向けた学校教員との検討を通じた映像教材開発

4.1 はじめに

本章では、事例研究の第一段階として、授業実践に向けた学校教員との複数回に及ぶ教材検討およびその授業を事例とし、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題を抽出することを目的とする。

第2章で述べたように、教材開発においては学校教員の意図を反映させることが必要と考えられた。そして第3章で述べたように、フェノロジー観察においては、1年という時間規模における季節変化と、複数年という時間規模における年々変動や長期変化傾向といった、観察の時間規模に着目する必要があった。これらのことをふまえて本章では、実際に授業を行う前提で学校教員との複数回の議論の場を設けて教材開発を行った。そして、その議論の場における教員の発言、およびその後に行われた実際の授業における教員の発話を根拠として、課題の抽出を行うこととした。また、教員の意図が学習者である子どもらの学習にどのように反映されているかを確認するために、授業における様子および授業后感想文の分析を行い、その結果も課題の抽出において考慮に入れることとした。

4.2 対象と方法

(1) 対象とした授業

小学校第6学年の総合的な学習の時間の『森林から学ぶ』という単元の授業を事例とした。以下、この学校をX校と記す。X校は山梨県の郊外に立地し、身近な樹木や遠方の山などを対象とした日常的なフェノロジー観察は可能な場所にある。授業対象は第6学年1学級の34名であった。

授業の展開案は、教育委員会指導監（当時）の α 教員とX校の教員2名（ β 教員、 γ 教員）の計3名によって作成された。単元は3校時からなり、第1時において映像教材を用いた授業を行ってから、第2時にグループ単位での調べ学習を行い、第3時に班毎に調べたことを発表する、という構成とされた。すなわち、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察は、この単元における導入としての授業において行われた。

この授業展開案を作成した3名の教員から教材に関する要望を聞きながら、複数回の試作を経て映像アーカイブを用いた教材の開発を行った。教材開発者として対応したのは、筆者を含む2名（筆者、 δ 開発者）であった。そして、開発された映像教材を用いた第1時の授業では、授業進行を主に β 教員が担当し、 δ 開発者と筆者がテレビ会議システムを用いて遠隔地から授業に参加した。 δ 開発者と筆者は、学校以外の場面で小学生に対して教育的な活動を行った経験を多少有しているが、学校教育における授業への参加はこれが初めてであった。

(2) 教材開発の過程

教材開発過程では、既存の試作教材『山と木々の毎にち』（斎藤ほか, 2005; 表4・2の番号00）を、最初に教員3名に提示した。その後、試作教材に対する教員らの要望を聞き、それを反映した教材を新たに試作した。この提示、要望、反映という手順を3回繰り返し、最終的に授業で用いる教材を開発した。この3回を、第1段階（X1）、第2段階（X2）、第3段階（X3）と称する。試作教材の提示は、第1段階と第3段階は映像DVDの郵送によって行い、電子メールで要望に関する回答を得た。第2段階は、試作教材を持参して直接提示し、2時間程度の面談によって要望に関する回答を得た。一般的に授業準備の時間が限られる現場の学校教員と、このような複数回に及ぶ検討を含めた教材開発過程を経ることは、多くの場合は困難であると考えられる。したがって、このX校の事例は、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題の抽出のための事例として適していると考えられる。

(3) 実施された授業の分析

この過程を経て開発された教材を用いた授業を、2008 年 9 月 30 日に、45 分間で行った。授業の様子はビデオによって記録した。撮影は教室の後方から前方に向かって行われたため、教員の動きは把握しやすいが、児童の表情は確認が難しい。これを観察することで、教員の意図が反映された映像教材が授業中の教員および児童にどのような影響を及ぼすかを、質的に分析した。なお、本論において議論が必要と考えられる影響が観察された部分については、ビデオ記録から逐語記録を作成した。

(4) 児童の授業后感想文の分析

この単元の 3 校時の授業を全て終えた児童に感想文を自由記述させ、この感想文を対象に計量テキスト分析を行った。この分析は、教員の意図が反映された映像教材が児童にどのような影響を及ぼすかを検討するにおいて、授業のビデオ記録を用いた質的分析を補う量的分析という位置づけで行った。分析ツールには KH Coder (Version 2.beta.29c) を用いた(樋口, 2004)。分析は図 4-1 に示した手順によって行った。

(I) 授業后感想文

児童全員の感想文の全てに目を通し、漢字・かな等の表記ゆれを手動で統一した。

(II) 時間概念に関する単語の選択

改めて児童全員の感想文の全てを読み、時

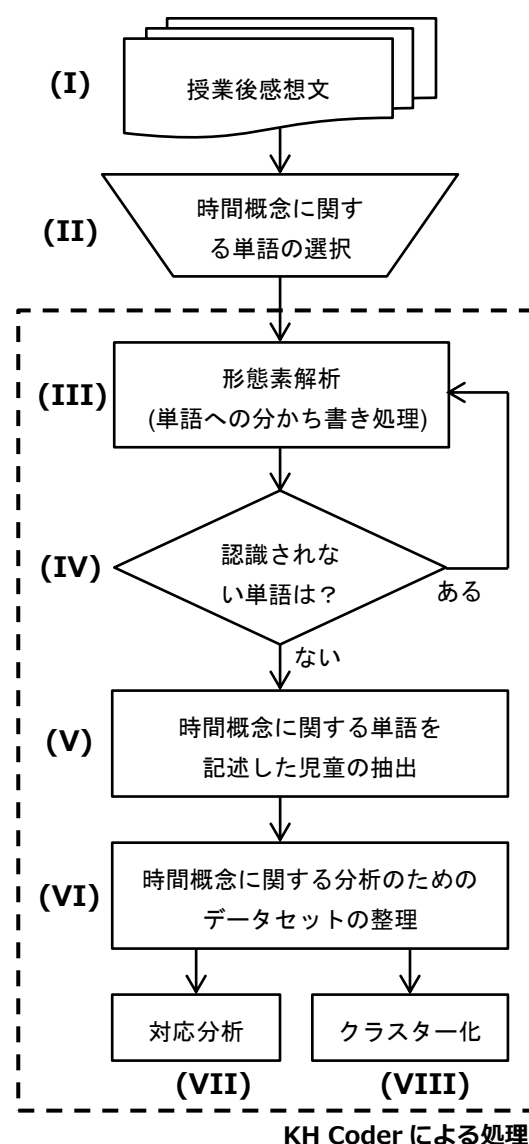


図 4-1：計量テキスト分析の手順

間概念に関する単語を選択した。時間概念に関する単語に注目するのは、第 2 章で映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教育的意義が観察の時間規模の拡大にあると述べているためである。

(III) 形態素解析 (単語への分かち書き処理)

KH Coder に同包されている日本語形態素解析システム“茶筌 (ChaSen)” (Version 2.1 for Windows) を用いて、感想文の全ての文に対して単語への分かち書き処理を行った。このとき、(II)で選択した単語は強制的にその語として認識されるように設定した。処理後、各単語の出現頻度の集計を行い、頻出単語から全体の傾向を確認した。

(IV) 認識されない単語の確認

“茶筌”によって認識されない単語があるかを確認した。感想文を記述した児童数の 5% 以上の人数が記述した語で、文脈上の意味通りに認識されていない語があった場合は、文脈上の意味で認識されるように設定し、再度形態素解析を行った。この 5% という基準は、1 学級の最大人数 40 人のうち 2 人の割合に相当し、複数の児童が記述していることを見込むことを意図したものである。

(V) 時間概念に関する単語を含む児童の抽出

(II)で選択した時間概念に関する単語を記述した児童を抽出した。ただし、時間概念に関する単語には想定しているフェノロジー観察における時間規模と異なる意味の用法をしている場合があるため、抽出された児童の文を確認し、フェノロジー観察における時間規模と異なる意味の用法をしている文があった場合には、これ以降の分析の際には対象から除いた。そのうえで、抽出された児童の全体における位置づけを確認するために、児童と単語との対応分析を行った。対応分析とは数量化 III 類に相当する手法で、2 つの要素間（ここでは児童と単語）の相関が大きくなるような軸を、相関が相対的に大きくなるものから順次抽出していくものである。ここでは、第 1 成分と第 2 成分の 2 軸に対する児童および単語の位置関係をプロットする同時布置図を作成して観察した。

(VI) 時間概念に関する分析のためのデータセットの整理

感想文中の時間概念に関する記述についてより詳細に分析するために、(V)で抽出された児童のみに注目し、その児童らが記述した感想文のうち(II)で選択した時間概念に関する単語を含む文のみを抜き出した。以降の分析は、この抜き出した文のみを対象として行った。

(VII) 対応分析

(V)で行った対応分析を、(VI)のデータセットに対して改めて行った。(V)と同様に、第 1 成分と第 2 成分の 2 軸に対する児童および単語の位置関係をプロットする同時配置図を作成して観察し、どの児童がどの単語に特徴付けられているか、また児童間の関係はどのようなになっているかについて検討した。ここで、(II)で選択した時間概念に関する単語のうち、意味が同等と判断したものについては同じ単語として扱った。そのうえで、時間概念に関する単語のうち、全体の 5%以上の児童が記述しないものは、分析対象から外した。この 5%という基準の意図は(IV)で述べたものと同様である。

(VIII) クラスター化

(VI)のデータセットに対し、Ward 法・Jaccard 距離による児童のクラスター化を行った。(II)で選択した時間概念に関する単語のうち、(VI)のデータセットに含まれる児童（(V)で抽出された児童）の 10%以上の人数が記述している単語のみをクラスター化の処理に用いた。この 10%という基準は、1 学級の最大人数 40 人のうち半数の 20 人が(V)の過程で抽出されたと仮定したときの 2 人の割合に相当し、複数の児童が記述していることを見込むことを意図したものである。クラスター数は、併合水準の遷移と、各クラスターの特徴の分析しやすさという 2 つの観点から判断した。前者の併合水準とは、併合する 2 つの要素（ここでは各児童もしくはそれらを併合して生じた児童の集団）の非類似度を示す値であり、併合する要素間で異なる単語が多く含まれるほど併合水準が上昇する。つまり、併合水準が大きく上昇した場合は、そのとき併合した要素同士の非類似度が大きいということであり、併合することが望ましくない可能性がある。したがって、それまでの併合水準の推移と比べて上昇の度合いが大きく変化した段階が、併合を終了しクラスター数を決定する候補点となる。このような点は併合段階で複数発生し得るため、後者の各クラスターの特徴の分析

しやすさという観点も判断材料とした。この根拠として、対応分析の結果と照らし合わせての考察ができるか、という点を重視した。このように、クラスター数自体には厳密性はないためそれほど意味はなく、対応分析の結果と併せて感想文全体の傾向を俯瞰するための分析として位置づけた。

4.3 結果

(1) 教材開発の過程

教材開発の第1段階（表4-1のX1）では、試作教材『山と木々の毎にち』（斎藤ほか, 2005; 表4-2の番号00）に対する意見と、具体的な3つの教材の要望とが、教員らより得られた。『山と木々の毎にち』に対する意見は、画面数の多さ（3画面; 図4-2を参照）や時間の長さ（30分）が児童の集中の持続のために好ましくないという内容だった（表4-3の教01）。具体的な教材の要望は、春夏秋冬の特徴的な日の映像（音声入り・2分以内）（表4-3の教02）と、1年間の変化を30秒程度にまとめた映像（表4-3の教03）、およびその1年間の映像を14年前と最近の2画面で同時に見る映像（表4-3の教04）の3つが出された。この3つの要望に対して、教材開発者は次のように対応した。春夏秋冬の特徴的な日の映像につい



図4-2:『山と木々の毎にち』画面例



図4-3:教材開発過程第2段階で教員に提示した試作教材の画面例

ては、各季節の特徴的な事象についての具体的な要望は無かったため、第 3 章で把握できた観察可能なフェノロジーを軸として 4 種類の選定の方向性を設定し、4 種類の試作教材（表 4-2 の番号 01～04）を開発した（表 4-4 の対 01）。1 年間の変化を 30 秒程度にまとめた映像については、春夏秋冬の特徴的な日の映像のショットと比べて近景のショットを用いたものと遠景のショットを用いたものの 2 種類の試作教材（表 4-2 の番号 05・06）を開発した（表 4-4 の対 02）。14 年前と最近の 2 画面で同時に見る映像については、この 2 つの年のみを比較すると年々変動と長期変化傾向とを混同する危険性があると判断し、近い年を比較して年々変動のみを把握させることを意図した試作教材（表 4-2 の番号 07）を開発した（表 4-4 の対 03）。

教材開発の第 2 段階（表 4-1 の X2）では、第 1 段階で教員からの具体的な要望に対して試作した教材に対する意見と要望が、教員より得られた。全体に対して、画面右上のカメラ識別子は不要であり、右下の年日付時分秒も読み取りが難しいという意見が出た（表 4-3 の教 05；図 4-3 も参照）。そこで、画面上下に黒のレターボックスを配してカメラ識別子と年日付時分秒を隠し、そのうえで必要に応じて月日を明記することとした（表 4-4 の対 04～06）。個別の試作教材に対する意見は、まず、春夏秋冬の特徴的な日の映像については、導入として児童が自身の生活経験をもとに何に気付くかということが重視され、提示した 4 種類のうち季節の変化による山の風景と音の移り変わりに着目するという方向性が望ましいとされた（表 4-3 の教 06）。また、教員らは第 1 段階では季節のタイトルを入れることを要望したが（表 4-3 の教 02）、第 2 段階で試作教材を実際に観察した結果、タイトルは必要無いかもしれないという意見に変化した（表 4-3 の教 06）。これを受けて、季節のタイトルおよび各映像の日付の必要性について再度確認するために、映像の内容は同じで季節タイトルの有無と日付の有無のみが異なる計 4 パターンの試作教材を開発した（表 4-4 の対 04）。次に、1 年間の変化を 30 秒程度にまとめた映像については、再生時間を長くしたほうが良いという意見が出たため（表 4-3 の教 07）、再生時間が異なる 3 種類の試作教材を開発した（表 4-4 の対 05）。そして、14 年前と最近の 2 画面で同時に見る映像については、

長期変化傾向を児童に把握させたいという教員の意図があり、それをある程度編集をしても見せたいという意見が出た一方で、提示した試作教材の開発意図（表 4-4 の対 03）を説明すると、軽率な話はできそうにないという慎重な意見も出た（表 4-3 の教 08）。その中で、紅葉の時期といった具体的な事象の変化に着目させたいという教員の意図があったため、1 年間の比較ではなく紅葉等の時期のみの映像を近接した 2 カ年で比較する試作教材 3 種を新たに開発した（表 4-4 の対 06）。

教材開発の第 3 段階（表 4-1 の X3）では、第 2 段階で試作した教材に対して、最終的に用いる教材を教員が決定するという段階まで、多くの教材が至った（表 4-3 の教 09～11）。しかし、14 年前と最近の 2 画面で同時に見る映像については、1990 年代のものを使いたいといった要望が教員から出され、決定には至らなかった（表 4-3 の教 12）。これに対して教材開発側は、年々変動と長期変化傾向との混同の危険性を回避することを優先して軽微な修正にとどめた（表 4-4 の対 11）。その一方で、1990 年代と現在との変化を把握するにおいて、フェノロジー等の年々変動を有するものではなく、樹木の生長といった年々変動を有しない一方向的な変化の把握であれば、混同の危険性もなくなるため、針葉樹の生長を把握することを意図した教材を新たに開発した（表 4-4 の対 11）。また、これまでに開発した教材で音を含むものが、春夏秋冬の特徴的な日の映像のみであったことを考慮し、音を題材とした教材『台風』を、教材開発者の判断で新たに試作し（表 4-2 の番号 21）、教員にも受け入れられた（表 4-3 の教 13）。

(2) 実施された授業

授業は小学校第 6 学年の児童 34 名に対して行われた。実際に実施された授業では、開発した教材が以下の順で児童に提示された。

1. 【11】『四季の映像』（季節なし四季なし版） [03:05]
2. 【16】『山の 1 年』（1 分版） [27:04]
3. 【14】『ブナの 1 年』（2 分版） [28:39]

- | | |
|--------------------|---------|
| 4. 【21】『台風』 | [32:17] |
| 5. 【23】『針葉樹の生長』(1) | [34:49] |
| 6. 【24】『針葉樹の生長』(2) | [35:47] |

(【】内の数字は表 4-2 と対応。[]内は提示した時点の授業からの経過時間(分:秒))

『四季の映像』は教員 β の主導で、児童が観察して気付いたことをメモし、発表し合うという形式で用いられた(表 4-5(その1))。事前に教員によって観察のヒントを提示した結果、それに沿う形で8人の児童が発言した(表 4-5の経過時間 08:10~11:47)。どの児童も、自分から挙手して発言した。

『山の1年』および『ブナの1年』は、開発者 δ の主導で提示された。この際に、教員 β が『四季の映像』で、針葉樹と広葉樹の違いについて開発者 δ に質問したが、遠隔側の開発者 δ がクリと他の広葉樹の紅葉のタイミングの違いのことであると誤解した、というやり取りがあり、その流れで開発者 δ が『山の1年』そして『ブナの1年』と順次提示していった(表 4-5(その2))。児童は、特に『ブナの1年』に対して驚嘆の様子を示した(表 4-5の経過時間 29:20)。また、その後同じく開発者 δ の主導で、『台風』が提示されたが、教員、児童含めその後の授業展開に影響を及ぼした様子は見られなかった(表 4-5の経過時間 31:48~33:34)。

『針葉樹の生長』は、 β 教員の開発者 δ への問いかけをきっかけとして、開発者 δ の主導で提示された(表 4-5の経過時間 33:34~34:23)。これに対し児童は、針葉樹が年々生長しているのを把握できた様子が見られた一方で、山の色の変化に着目した児童もいた(表 4-5の経過時間 35:47~35:54)。その後、教員 β は『四季の映像』のときに言及できなかった自然林と人工林の違いについてここで再び言及し、今度は開発者 δ から意図通りに解説を引き出すことができた(表 4-5の経過時間 36:13~39:12)。

(3) 授業后感想文の計量テキスト分析

授業を受けた児童34名の感想文から、時間概念に関する単語として、「1年」「春」「夏」

「秋」「冬」「季節」「四季」「遅い」「遅れる」「生長」「育つ」「変化」「変わる」「何年」「時期」の 15 語を選択した。次に、形態素解析の結果、頻出単語上位 10 語は表 4-6 のようになった。δ 先生とは開発者 δ を指すが、「δ 先生から教えてもらって、自分でも調べて、森林のことがよく分かりました」といった主旨の感想文が多かった。

時間概念に関する単語を記述した児童とその文を抽出した結果、34 人中 18 人の計 34 文となった。感想文全体に対する対応分析の布置図においては、ここで抽出された児童は図 4-4 のように布置された。主な時間概念に関する単語の布置状況を合わせて見ると、複数年の時間規模に関する「生長」のみが離れて布置されていることが読み取れる。

抽出された 18 人と、時間概念に関する単語との対応分析では、選択した時間概念に関する単語のうち、「遅い」と「遅れる」、「生長」と「育つ」、「変化」と「変わる」をそれぞれ同義と判断し、その結果「変化」「季節」「遅い」「生長」「1 年」「春」「夏」「秋」「冬」「四季」「時期」の 11 語を用いることとなった（表 4-7）。寄与率は第 1 成分が 20.35%、第 2 成分が 18.76% となり、18 人の児童とともに第 1 成分と第 2 成分によって図 4-5 のように布置された。複数年の時間規模を表す「生長」の語の付近に複数年の時間規模を記述した 4 人（表 4-8 の児童 ID 10、15、17、30）が布置されており、他の児童とは離れた位置となっている。特に、児童 15 は 1 年間の時間規模の記述も同時にしていたが、このように両者の時間規模を記述した児童が 1 人のみであった（表 4-8）。

また、抽出された 18 人の児童に対するクラスター化の結果、併合過程は図 4-6 のようになり、クラスター数の候補としては併合水準の上昇が大きくなる直前であるクラスター数 5 の段階と 3 の段階の 2 つが考えられたが、時間規模の観点から複数年の時間規模を記述した児童のクラスターがより顕著となるクラスター数を 3 とすることを決定した。その結果、クラスター 1 と 2 には 1 年間の時間規模の単語を記述した児童が、クラスター 3 には複数年の時間規模の単語を記述した児童が含まれる状況になった（表 4-8）。

表 4-1 : X 校における教材開発過程の概要

段階	提示教材	修正教材	教員の要望	対応方針	変遷番号
X1	【00】『山と木々の毎にち』 (DVD 版)	【01】『四季の映像』(移り変わり)	[教 02]	[対 01]	01
		【02】『四季の映像』(テーマ絞り)			
		【03】『四季の映像』(音重視)			
		【04】『四季の映像』(6 季節)			
		【05】『ブナの 1 年』(試作版)	[教 01]		
X2	【01】『四季の映像』(移り変わり) 【02】『四季の映像』(テーマ絞り) 【03】『四季の映像』(音重視) 【04】『四季の映像』(6 季節)	【06】『山の 1 年』(試作版)	[教 03]	[対 02]	02
		【07】『異なる年の比較』(試作版)	[教 04]	[対 03]	03
		【08】『四季の映像』(季節あり日付あり版)	[教 06]	[対 04]	01
		【09】『四季の映像』(季節あり日付なし版)			
		【10】『四季の映像』(季節なし日付あり版)			
		【11】『四季の映像』(季節なし日付なし版)			
	【05】『ブナの 1 年』(試作版)	【12】『ブナの 1 年』(30 秒版)	[教 05]		
		【13】『ブナの 1 年』(1 分版)			
		【14】『ブナの 1 年』(2 分版)			
	【06】『山の 1 年』(試作版)	【15】『山の 1 年』(30 秒版)	[教 07]	[対 05]	02
		【16】『山の 1 年』(1 分版)			
		【17】『山の 1 年』(2 分版)			
X3	【07】『異なる年の比較』(試作版)	【18】『ブナの芽吹き』(2002, 2003)	[教 08]	[対 06]	03
		【19】『紅葉』(2002, 2003)			
		【20】『雪』(2003, 2007)			
	【08】『四季の映像』(季節あり日付あり版) 【09】『四季の映像』(季節あり日付なし版) 【10】『四季の映像』(季節なし日付あり版) 【11】『四季の映像』(季節なし日付なし版)	【11】『四季の映像』(季節なし日付なし版)	[教 09]	[対 07]	01
	【12】『ブナの 1 年』(30 秒版) 【13】『ブナの 1 年』(1 分版) 【14】『ブナの 1 年』(2 分版)	【14】『ブナの 1 年』(2 分版)	[教 10]	[対 08]	02
	【15】『山の 1 年』(30 秒版) 【16】『山の 1 年』(1 分版) 【17】『山の 1 年』(2 分版)	【16】『山の 1 年』(1 分版)	[教 11]	[対 09]	
	【18】『ブナの芽吹き』(2002, 2003) 【19】『紅葉』(2002, 2003) 【20】『雪』(2003, 2007)	【18】『ブナの芽吹き』(2002, 2003)	[教 12]	[対 10]	03
		【22】『紅葉』(2002, 2006)			
		【20】『雪』(2003, 2007)		[対 11]	04
		【23】『針葉樹の生長』(1)			
	【21】『台風』	【24】『針葉樹の生長』(2)	[教 13]	[対 12]	—
		【21】『台風』			

※ 【】 内の番号は表 4-2 と対応。[教 01]～[教 13]は表 4-3 と対応。[対 01]～[対 12]は表 4-4 と対応。

※ 変遷番号は第 6 章にて後述。

表 4-2 : X 校における教材開発過程で提示および開発された教材一覧 (試作を含む)

番号	教材	概要
00	『山と木々の毎にち』 (DVD 版)	ブナの枝葉 (C2-S01) の 2002 年の 1 年間および山の中景 (C1-S01) の 2001 年と 2002 年の 2 年間で、3 画面に同じ日付ごと同時に表示し、1 日 5 秒ずつで 1 年間で約 30 分で再生する。音は C2-S01 のみ再生するトラックと、3 画面全てをミックスして再生するトラックの 2 種類がある。斎藤ほか (2005) による既存教材。
01	『四季の映像』(移り変わり)	山の中景 (C1-S01) の春夏秋冬の特徴的な事象が観察できる日を、各季節 3 日ずつの計 12 日、各日 10 秒で季節順に再生。映像の左上に季節に応じた春夏秋冬の文字が入っている。音あり。季節の変化による山の風景・音の「移り変わり」を重視したもの、季節ごとに特定の事象 (広葉樹の開芽、エゾゼミ、紅葉、雪) について注目したもの、季節ごとに特徴的な音について注目したもの、春夏秋冬では区別できない事象 (梅雨、秋霖) を含め 6 つの季節にまとめたものの、の 4 種類。
02	『四季の映像』(テーマ絞り)	
03	『四季の映像』(音重視)	
04	『四季の映像』(6 季節)	
05	『ブナの 1 年』(試作版)	ブナの枝葉 (C2-S01) の 2002 年の 1 年間の毎日の映像を時系列順に 30 秒間で再生。音なし。
06	『山の 1 年』(試作版)	山の遠景 (C2-S02) の 2003 年の 1 年間の毎日の映像を時系列順に 30 秒間で再生。音なし。
07	『2 カ年の比較』(試作版)	ブナの枝葉 (C2-S01) の毎日の映像を、2002 年と 2003 年で比較する映像。再生時間は 30 秒とした。
08	『四季の映像』(季節あり日付あり版)	
09	『四季の映像』(季節あり日付なし版)	映像は教材 01 と同じで、2004 年、2005 年、2007 年から時系列に関係なく映像を選択しており、月日の時系列順にはなっているが年月日の時系列順にはなっていない。上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにした。そのうえで、画面左上に春夏秋冬の文字、および右下に各々の年月日の文字を挿入する可能性を考え、季節情報と日付情報それぞれのあり、なしの組み合わせで計 4 種類の映像とした。
10	『四季の映像』(季節なし日付あり版)	
11	『四季の映像』(季節なし日付なし版)	
12	『ブナの 1 年』(30 秒版)	
13	『ブナの 1 年』(1 分版)	教材 02 の上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにし、その再生時間を 30 秒のまま 1 分および 2 分に変えた映像の計 3 種類。
14	『ブナの 1 年』(2 分版)	
15	『山の 1 年』(30 秒版)	
16	『山の 1 年』(1 分版)	教材 03 の上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにし、その再生時間を 30 秒のまま 1 分および 2 分に変えた映像の計 3 種類。
17	『山の 1 年』(2 分版)	
18	『ブナの芽吹き』 (2002, 2003)	C2-S01 の 4 月 1 日から 6 月 30 日までの日々の映像を、2002 年と 2003 年の 2 年分を左右に並べて配置し約 23 秒間で時系列順に再生。
19	『紅葉』 (2002, 2003)	C1-S02 の 10 月 2 日から 12 月 10 日までの日々の映像を、2002 年と 2003 年の 2 年分を左右に並べて配置し約 35 秒間で時系列順に再生。
20	『雪』 (2003, 2007)	C1-S02 の 1 月 21 日から 4 月 20 日までの日々の映像を、2003 年と 2007 年の 2 年分を左右に並べて配置し約 15 秒間で時系列順に再生。
21	『台風』	台風が接近した 2007 年 9 月 4 日から 9 日までの C1-S03 の映像を、各日 5 秒ずつ時系列順に再生。音あり。
22	『紅葉』 (2002, 2006)	C1-S02 の 10 月 16 日から 12 月 10 日までの日々の映像を、2002 年と 2006 年の 2 年分を左右に並べて配置し約 29 秒間で時系列順に再生
23	『針葉樹の生長』(1)	
24	『針葉樹の生長』(2)	針葉樹人工林の中景を、1995 年から 2007 年まで各年 1 日ずつ、連続で時系列順に再生。時期は各年とも 10 月の映像を用いた。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像教材は付録 DVD に収録。

表 4-3 (その 1) : X 校における教材開発過程での教員の要望

番号	教員の要望
教 01	[X01] 3 画面が組み合わさった映像が、子ども達を映像に集中させる難しさを感じた。
	[X02] 一回の視聴時間は 2～3 分かと考えている。
	[X03] 見落としも出てくるので、同じ画像を 2～3 回、見ることも想定される。
教 02	[X04] 春夏秋冬の特徴的な日の映像を、できるだけ最近の年のもので。
	[X05] ショット C1-S01 のみの映像。
	[X06] 1 季節 30 秒程度（2 日程度）を春夏秋冬とつなげて 2 分以内で。
	[X07] 音も入れる（小鳥の鳴き声や、動物の声など）。
	[X08] 各季節のタイトルを入れる。
教 03	[X09] 1 年間の山の変化を 30 秒程度にまとめた映像（音無し）。
	[X10] 1 日を 1 コマに編集してもらいたい。
	[X11] ショット C2-S01 のみの映像。
教 04	[X12] 14 年前（子ども達が生まれる前）と最近を 2 画面で同時に見られるようにしてほしい。
	[X13] この 2 つの画面を同時に見ることによって、紅葉の時期がずれている、色づきが悪くなったなど、日付を入れておいてもらい、季節のズレなどに子ども達が気づくようにさせたい。
教 05	[X14] 東京大学の URL に子どもの意識が行ってしまう。
	[X15] 日付の数字もはっきり何年何月何日と入っている方が良い。
	[X16] 今回使わないものも含め、色々なバージョンが用意されていると、使う側が選ぶと思う。
	[X17] 子どものグラフの読み取りのレベルは本当に初期段階で、大人が一般的に思っているような図表の読み取りも、つまずいてしまうので、作想的にわかりやすく、作ってほしい。
教 06	[X18] 子どもの季節感は春夏秋冬しかないので、6 つの季節を導入段階に出してしまうと混乱する。
	[X19] 例えば花が咲いてくるとか、ウグイスが鳴いていることによって、どの季節かを子どもに読み取ってほしい。
	[X20] 毎日の映像だと季節の変化を考えさせるのは難しいので、何か区切りがあったほうが良いと思ったが、ここまでわかりやすく編集すると、タイトルが無いほうが子どもたちに考えさせることができる。
	[X21] 導入としての 2 分は、何に気付くかということが、非常に大事。
	[X22] 自然の移り変わりが山にもあるんだと気付く子もいるだろう。
	[X23] アブラゼミはわかるので、アブラゼミより大きいとか小さいとかあると、エゾハルゼミもわかる。
	[X24] アブラゼミしか知らないところに、アブラゼミとエゾハルゼミの写真を見せてもらえれば、知らないものを初めて見て驚き、興味や知識が広がる。
	[X25] 画だけを最初提示して視覚に集中させ、また同じ所を流して今度は何気なく音が入っていると、注目の仕方が定まると感じた。
	[X26] 最初は本当に、今までの生活経験などで知っている、特徴的なものがいくつか入っているのが良いかもしれない。
	[X27] 並べ替えも、理由を聞くことによってコミュニケーション、ディスカッションの中で、子どもたちが季節を意識でき、面白い。
	[X28] 学習の中心をどこに置かなので、今回は環境で 5 年の社会科の影響を考えたが、森林そのものの季節を考えるのであれば、並べ替えが入ってくることもある。
	[X29] 今回は「移り変わり」がよい。

※教材開発過程との対応については表 4-1 を参照。

表 4-3 (その 2) : X 校における教材開発過程での教員の要望 (続き)

番号	教員の要望
教 07	[X30] ブナの 1 年間を見た感じだと、1 分程度はあったほうが、細かいなということで、良いと思う。
教 08	[X31] 子どもからすると 14 年前の画像は自分の生まれる前の画像なので、それと今の画像の比較が出来れば、5 年生の社会で学習した、環境学習に結びつけることができる。
	[X32] 最終的には、14 年前と今という形で、何か環境に変化があるのかということに、関心を持っていきたい。
	[X33] 例えば紅葉の時期が早くなったとか遅くなったとか、色のつき方が悪くなったとか、秩父の山の話だけど、私たちの生活でも環境を守る努力をしていかなければいけないね、となると、森林から学ぶっていう意味が、日常生活へ繋がり、授業として成り立つ。
	[X34] 小学生くらいの段階だと、ある程度編集をして、紅葉の時期がずれている、ということは環境の変化があるんだよ、という感じで良く、中学、高校でもっと正確に見て、実は小学校のときに身につけた知識だけでは語れないものがあるんだな、となっていけば良い。
	[X35] 今回の授業は環境の方にもって行きたいので、一般的に今後学んでいくであろう、温暖化に繋がるような、紅葉の色付きの違い、遅くなったとか短くなったとか、それがほぼ正しいのであれば、子どもに気づかせるように提示してもらえれば、小学生の第 1 段階としては良い。
教 09	[X36] 森林と環境問題の関係は、この 14 年間の映像からだと軽率な話はできそうになく、例えば、ブナが咲いた年と咲かない年の画像を両者で見せてもらって、何か違いがあるかな？というふうに持って行ってもらうと、これについては研究途上で、理屈がわかっていない、つまりまだわからないことがいっぱいあって、注意深く見ていく中でそういうことを調べるのが、私たちの仕事なんですよ、というふうにしてもらえると、何でもかんでもわかっているんじゃなくて、一生懸命解明しようとしている人がいるんだ、ということが伝わる。
教 09	[X37] 文字を一切入れないものを使用する。
教 10	[X38] 映像の長さは 2 分。
	[X39] 1 分では葉や実の変化が速い。
教 11	[X40] 映像の長さは 1 分。
教 12	[X41] 【17】と【18】が 2002 年と 2003 年となっているが、数年は間を開けた方がいい。
	[X42] 1999 年と 2003 年など、1990 年代のものは使えないか？
	[X43] 【19】はこれで良い。
教 13	[X44] これで良い。

※教材開発過程との対応については表 4-1 を参照。

表 4-4 : X 校における教材開発過程での教員の要望に対する教材開発者の対応

番号	対応方針
対 01	1 ショットは 15 秒弱なので、1 季節 3 日を 10 秒ずつで構成した。各季節の映像の選定の方向性に関する要望がなかったので、季節の変化による山の風景・音の「移り変わり」を重視したもの、季節ごとに特定の事象（広葉樹の開芽、エゾゼミ、紅葉、雪）について注目したもの、季節ごとに特徴的な音について注目したもの、春夏秋冬では区別できない事象（梅雨、秋霖）を含め 6 つの季節にまとめたもの、の 4 種類を試作した。
対 02	ショット C2-S01 を用いた教材を要望通りに試作した。また、教員には提示していないが『山と木々の毎にち』には紙媒体版もあり、そこでは C1-S01 とほぼ同じカメラ向きでより広角の山の遠景（C1-S02）の映像が用いられている。ショット C2-S01 がショット C1-S01 よりも近景の映像であるのと反対に、より遠景の映像を用いることの有効性も検討するために、ショット C1-S02 を用いた同様の教材も追加で試作した。
対 03	14 年間では、長期変化傾向を把握することは難しく、誤解を与える危険性もあると考え、年々変動を把握することを意図した近い年を比較する教材を試作した。
対 04	映像の内容は、【01】の「移り変わり」のものとした。画面右上のカメラ識別番号および右下の日付に対する指摘が出たため、黒のレターボックスを上下に配し、それらを隠した。そのうえで、季節のタイトルと、日付の 2 つの情報を、それぞれあり、なしの組み合わせで計 4 パターンの映像を作成し、映像に必要な情報について確認を取ることとした。
対 05	画面右上のカメラ識別番号および右下の日付に対する指摘が出たため、黒のレターボックスを上下に配し、それらを隠した。再生時間に関するコメントが出たため、ブナと山のそれぞれについて、再生時間が 30 秒、1 分、2 分と、再生速度が異なる 3 種の映像を作成し、教員に確認を取ることとした。
対 06	紅葉などの具体的な内容の要望が出ていたので、ブナの芽吹き、紅葉、積雪の 3 点にそれぞれ焦点を絞り、その時期のみを 2 カ年で比較する映像とした。画面右上のカメラ識別番号および右下の日付に対する指摘が出たため、黒のレターボックスを上下に配し、それらを隠した。そのうえで、月日を明記した。今回も、年々変動と長期変化傾向を混同する危険性を考え、年々変動のみを把握することを意図した近い年を比較する映像とした。
対 07	要望通りのものを、修正なく採用した。
対 08	要望通りのものを、修正なく採用した。
対 09	要望通りのものを、修正なく採用した。
対 10	年々変動と長期変化傾向との混同の危険性を考慮し、『紅葉』の比較年を 2003 年から 2006 年へ変更するにとどめた。
対 11	フェノロジーの変化ではなく樹木の生長に注目すれば、1990 年代のものを使うことに問題はないため、1995 年から 2007 年までの 13 年間の針葉樹の生長が観察できる教材を新たに作成した。
対 12	修正なく採用した。

※教材開発過程との対応については表 4-1 を参照。

表 4-5 (その 1) : X 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録

経過 時間	人	発言や行動
(前略)		
02:03	β 教員	「今から映像を見てもらいます。で、自由にメモをしてもらいたいと思います。さて、どんなことをメモすれば良いのか。例えば。」
02:25	β 教員	黒板にキーワードが書かれたカードを貼っていく。
02:31	児童全員	「色。音。形。変化。様子。出来事。」
02:44	β 教員	「はい、ただこれが全部出てくるとは限らないよ。例えばこういうことを紙にメモしてくださいね、ということです。さて、瞬きも忘れてしっかり見ますよ皆さん。いいですか。」
03:05	筆者	映像教材『四季の映像』を再生。
05:06	β 教員	「はい、終わりです。これって何、みたいなことでも良いです。できるだけたくさんメモできるでしょうか。気がついたこと、たくさんあるかな？ はい、どうでしょうか？ a さん。」
08:10	児童 a	「春の木の色は緑色で、夏になると虫など色々な声がしたり、秋になったりするとオレンジ色っぽい色になったり、冬は葉がほとんどなくなったりします。」
08:31	β 教員	「春夏秋冬、それから虫が出てきましたね。はい、他の人はどうですか？ b さん。」
08:52	児童 b	「森の色が変わっていく。」
09:03	β 教員	「はい、他にどうでしょうか？ 他に。はい、じゃあ c さん。」
09:20	児童 c	「虫の鳴き声や鳥の鳴き声が聞こえて、それから雨の降る音が聞こえた。」
09:28	β 教員	「鳥、それから雨が降っている、雨の音ですか。はい、他にどうでしょうか？ d さん。」
09:46	児童 d	「春夏秋冬によって葉の色が変わる。」
09:50	β 教員	「葉っぱの色ですね。森の色、それから葉っぱの色が変わった、というところに気が付きました。はい、他どうでしょうか？ まだまだありますか？ じゃあ、e さん。」
10:13	児童 e	「冬の時だけ雪が降った。」
10:15	β 教員	「はい、雪が出てきました。他どうでしょうか？ じゃあ、f さん。」
10:35	児童 f	「冬になると葉が落ちて、山が小さく見えました。」
10:40	β 教員	「冬になると葉が落ちる。はい、冬になると葉が落ちました。はい、他。g さん。」
11:06	児童 g	「音が鳥や虫や雨とかの音がいっぱい聞こえた。」
11:14	β 教員	「はい、鳥、虫、雨の音ですね。これって何だろとかそういうことをメモした人いますか？聞いてみたい、これは何なんでしょう、これってどういうことみたいなことをメモした人はいますか？ いませんか？ 他はどうでしょうか？ あ、いますか。はい、じゃあ h さん。」
11:47	児童 h	「機械みたいな不思議な音がしたのが気になった。」
11:53	β 教員	「機械みたいな音。はい、じゃあ他どうでしょうか？ これくらいですか。じゃあですね、今、山の映像を見てもらいましたよね。で、この山の映像というのはですね、ある人が撮りました。撮って、みんなに見せてくれました。今からその人にお話を聞きたいと思います。」
(中略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 4-5 (その 2) : X 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (続き)

経過 時間	人	発言や行動
(中略)		
24:07	β 教員	「もう一回、静止面で良いので、紅葉のへんを出してもらえますか？」
25:08	筆者	映像教材『四季の映像』の紅葉の部分を表示。
25:10	β 教員	「ここは紅葉していますよね。でも、ここは緑のままですよ。紅葉していないですよ。ここここって木が違うんですか？」
25:33	δ 開発者	「ええ、実は違うんです。ちょっと先に答えみたいな説明の映像をお見せします。」
25:48	筆者	クリと他の広葉樹の紅葉のタイミングの違いを説明するスライドを表示。(B 教員は針葉樹と広葉樹の違いを尋ねていたが、遠隔側の δ 開発者および筆者が誤解した。)
25:53	δ 開発者	「クリの木は、実は新緑が遅いんですね。で、紅葉も遅くてですね、他が枯れた頃ようやく紅葉が始まります。実は一本一本の木の樹種、種類によってもタイミングが違うので、いろんな色が紅葉を見てると混ざっています。せっかく葉の色を説明したんで、葉っぱだけを拡大した 1 年間の映像をちょっとお見せしようかと思いますが、その前に山の 1 年間を。」
27:04	筆者	映像教材『山の 1 年』を再生。
27:04	δ 開発者	「これは 2003 年の山。一瞬桜が白くなったのがわかりましたか？ 8 月までどんどん葉の色が濃くなって。10 月の下旬くらいから少し紅葉が始まって、最後に紅葉したのがクリの木です。こういうふうには 1 年間でパタパタって見ると、意外と桜とか紅葉の綺麗なときはほんの一瞬で、そうじゃないときも実は緑色ってどんどん変わっていくんですね。もう一個お見せしますが、これはブナの 1 年間です。ブナの木は 20 メートルとか 25 メートルとか、すごく高い木なんですけど、その一番てっぺんにカメラを置いてずっと撮影しているものを。」
28:39	筆者	映像教材『ブナの 1 年』を再生。
28:39	δ 開発者	「同じように 1 年間パタパタってお見せします。これはちょっと下を向けて撮ってあるので、奥に見えるのは実は地面なんですね。20 メートル下の地面です。1 月 2 月 3 月と寒い時期がずっと続いてですね、ようやく春に近づきます。一瞬で、新緑になります。」
29:20	児童数人	葉の展葉の場面で「おー」と驚嘆の声が上がる。
29:23	β 教員	「すごいね。ぱっと出ちゃうね。ブナって知ってる？」
29:37	児童数人	「知らない。」
29:49	δ 開発者	「ブナは赤くはならないんです。紅葉は黄色くなります。」
30:24	δ 開発者	「紅葉して、だんだん落葉していきますが、春に新緑が開きましたよね。あの葉の芽があるんですけど、それがもうこの 10 月とか 11 月には、来年の葉の芽がついています。で、葉の色と言われましたけど、今を見てどうでしょう？ よく葉っぱを見てみるとですね、実はだんだん若い緑の葉っぱがどんどん濃くなって、それから夏になるとテラテラして、硬い感じになってきて、いつの間にか虫に食われて、それで黄色くなって落葉していく様子がわかるとは思いますけど、どうですか？ 今を見て、何か感じたりしたのでしょうか？」
31:20	β 教員	「はい、どうですかみなさん。普段何気なく見ている葉っぱでもね、ただの緑が緑じゃないんだね。出始めの葉っぱと落ちる寸前の葉っぱまではいろんな色が変わっていったのがわかったかな、みんな。見えた？ それがわかったよっていう人、どれくらいいますか？」
31:42	児童全員	ほぼ全員が手を挙げる。
31:43	β 教員	「はい、ほとんどが手を挙げているので、子どもたちはよく色の変化がわかったようです。」
31:48	δ 開発者	「みなさんすごいですね。よく気がついて。で、こうやって 1 年間パラパラパラって見ると、実は音がないので少し退屈になってくると思うんで、少し音が大きなやつを出しましょう。去年の 9 月に大きな台風が来たのを覚えてますか？」
32:12	β 教員	「覚えてますかみなさん。」
32:13	δ 開発者	「ちょうどそのときの映像をお見せします。」
32:15	β 教員	「そのとき山はどんなだったろうね？」
32:17	筆者	映像教材『台風』を再生。
32:48	δ 開発者	「はい、もう一回最初から繰り返してみましょう。」
32:53	筆者	映像教材『台風』を再生。
32:56	δ 開発者	「まだ台風が来る前。少し雨が。この日の夜に台風がきました。これは雨の音じゃないんです。雨がたくさん降って川の水がものすごく増えて。川の水の音なんですね。で、翌日だんだんだんだん小さくなる。去年の台風思い出しますか？ どうでしょう。」
33:34	β 教員	「思い出した人。自分の家の屋根が飛んだよって人いますか？ いませんね。」

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 4-5 (その 3) : X 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (続き)

経過 時間	人	発言や行動
33:34	β 教員	「δ 先生、どれくらい前からこの山の様子を撮られているんですか？」
33:54	δ 開発者	「実はですね、1995 年なので、かれこれ 14 年前になります。ですので、みなさんが生まれるちょっと前から撮っています。その様子を少しお見せしましょうか。山はよく、スギとかヒノキとかっていう、人が植えた木がいっぱいあります。」
34:23	筆者	映像教材『針葉樹の成長 (1)』を再生。
34:23	δ 開発者	「これはヒノキなんですけど、これが 95 年、これが 2007 年。教科書とかでも習うと思うんですけど、実際の人工林という、手入れをしていますので、95 年を見るとですね。」
34:49	筆者	映像教材『針葉樹の成長 (1)』の 1995 年の部分を表示。
34:51	δ 開発者	「少し木がまばらになっていますよね。このまばらになっているのは、枝打ちとか間伐っていつて、少し空かして、畑だと間引きみたいなことをしますけど、そうやった跡なんです。」
35:09	筆者	映像教材『針葉樹の成長 (1)』の 2007 年の部分を表示。
35:09	δ 開発者	「で、それから 13 年経つとですね、立派に大きくなって、こんなふうになります。もう少しわかりやすい、斜めから見たものをお見せしますが、これは手前の左下をよく見ていてください。」
35:30	筆者	映像教材『針葉樹の成長 (2)』を再生。
35:34	δ 開発者	「95 年から、こんなふうに。大きく。」
35:39	β 教員	「木が大きくなったのわかった？」
35:47	筆者	映像教材『針葉樹の成長 (2)』を再生。
35:50	児童数人	木が大きくなったのに気付いた様子。
35:51	β 教員	「ほら、すごいね。」
35:54	児童?	「山の色も変わる。」
35:55	β 教員	「山の色も変わっているしね。」
36:02	δ 開発者	「13 年間なので、みなさんが生まれるちょっと前、みんなと同じように成長しています。」
36:13	β 教員	「14 年前だそうです。みなさん生まれてないですね。そんなに長い間、δ 先生はこの山の様子を、こうやって毎日毎日、記録をして、見ている。すごいですよね。δ 先生の話の中で、人が植えた木のことを何と言うって言ってましたか？」
37:53	児童?	「人工林」
37:54	β 教員	「そうですね、人が植えた木のことは、人工林で言っていましたね。それから自然そのままの木のことを何と言ってましたか? 自然林で言っていましたね。で、さっきの手前と向こう側のところの、自然林と人工林の違いが分かりました? もう一回絵が出ますか? さっきの山の絵が。」
38:30	筆者	映像教材『針葉樹の成長 (2)』を再生。
38:30	δ 開発者	「これの奥が、いわゆる自然林とか天然林と呼ばれているところで、ちょっと黒く見えるところがツガとかの木ですね。あと、広葉樹、少し枯れて見えますけど、イヌブナとかカエデとか、そういう広葉樹があります。このへんのちょっと濃く見えるツガとかは、200 年とか 300 年の木があります。」
39:01	β 教員	「手前のほうが人工林ですね。」
39:07	δ 開発者	「手前が人工林です、はい。ヒノキの人工林ですね。」
39:12	β 教員	「はい、人工林と自然林だそうです。去年勉強しましたね。5 年生のときに。はい、ありがとうございました。じゃあ、いま森林のことについていろいろ δ 先生にお話を教えていただいたんですが、森林と何か関係のあることを、これからみなさんグループでですね、調べてね、教えていただいた代わりに、みんなが発表をして、δ 先生に聞いていただきたいと思うんですが、さあ、どんなことを、森林と関係したものを、調べていこうかなというのを、今から班で話し合ってもらいたいと思います。森林と、何について、どのあたりを調べるか。じゃあ班長さん、いいでしょうか、司会をしてもらって、短い時間になってしまっていますが、ちょっと班の中で話し合いをしてね、こんなことを調べてみたいなっていうことを、話し合ってください。どうぞ。」

(後略)

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧 (「」) 付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 4-6 : X 校の感想文における頻出単語 (上位 10 語)

単語	頻度
森林	53
教える	43
木	40
分かる	39
授業	38
調べる	34
δ先生	29
思う	27
映像	20
紅葉	17

表 4-7: 時間概念に関する各単語を記述した X 校の児童の人数および割合

単語	人数	割合(%)
変化	9	26.5
季節	6	17.7
遅い	4	11.8
生長	4	11.8
1 年	3	8.8
春	2	5.9
夏	2	5.9
秋	2	5.9
冬	2	5.9
四季	2	5.9
時期	2	5.9
何年	1	2.9

(n=34)

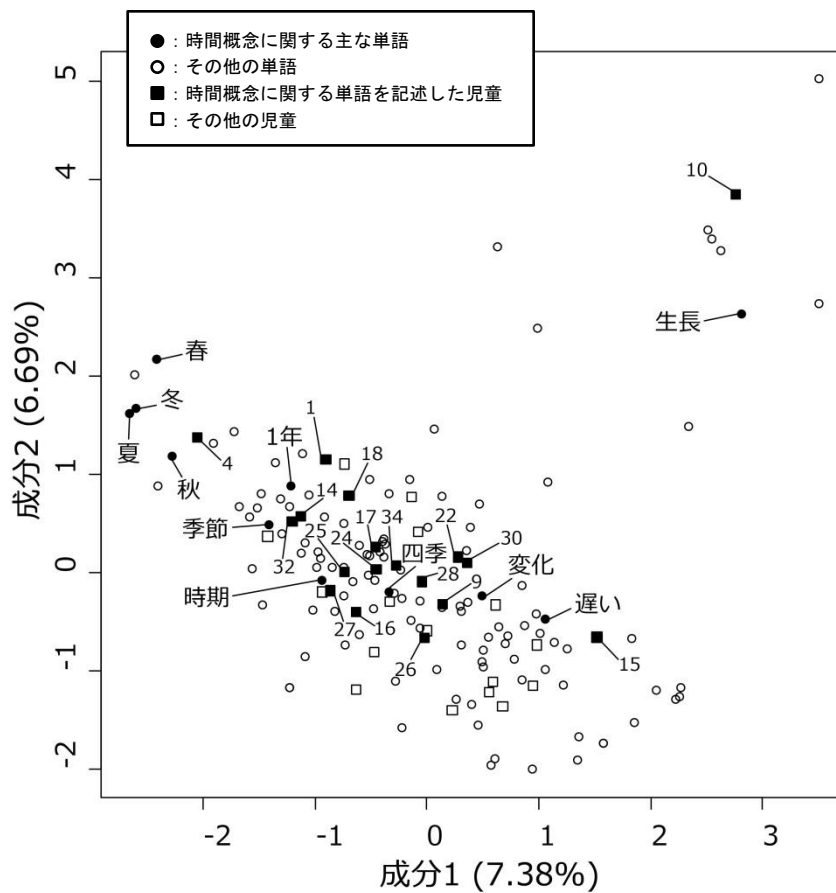


図 4-4 : X 校の感想文全体に対する対応分析結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 4-8 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 4-付 1・2)

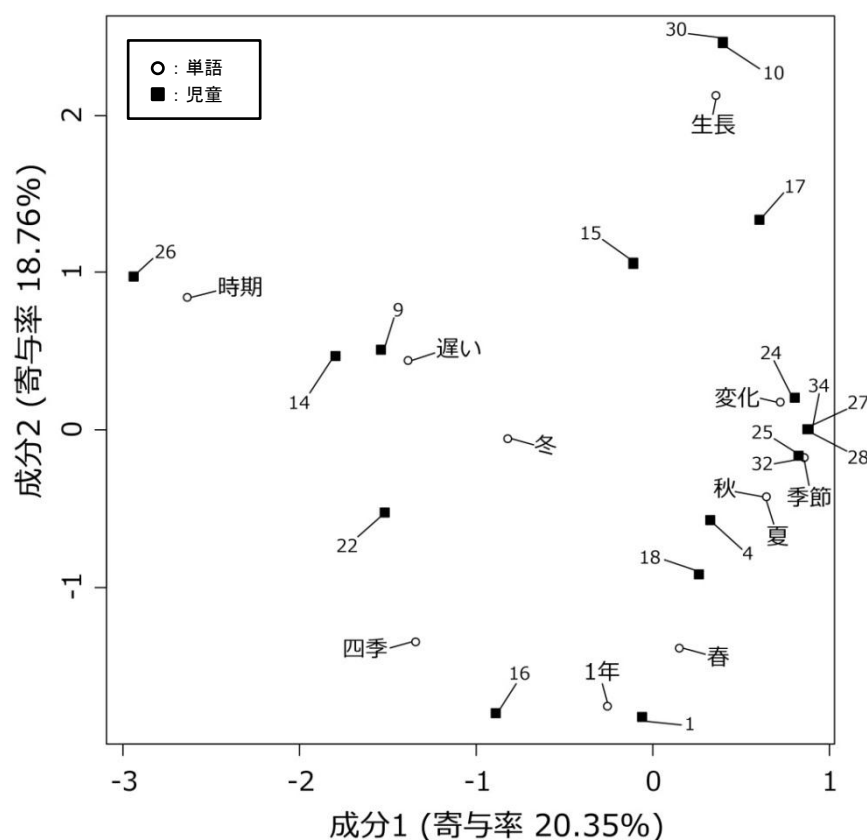


図 4-5 : X 校の対応分析の結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 4-8 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 4-付 3・4)

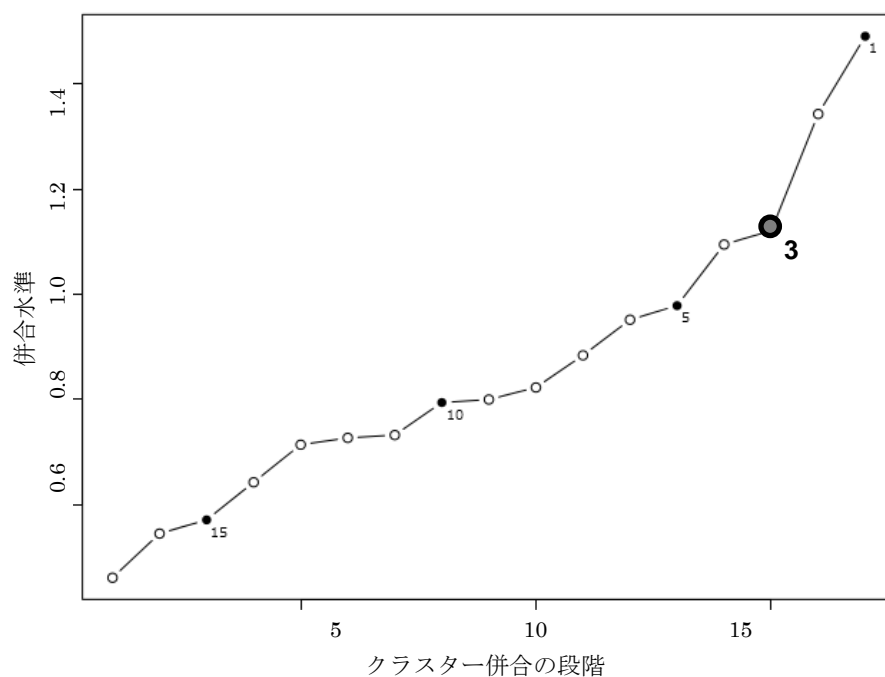


図 4-6 : X 校のクラスター化における併合の段階ごとの併合水準の推移

※クラスター数が 3 となった時点で併合を終了した。各段階の値は付録に掲載 (表 4-付 5)

表 4-8 : X 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文

クラス ター	児童 ID	クラスター化に用いた文
1	1	特に、木の 1 年間の映像は心に残りました。春の桜の木は、とても心に残り、きれいだなと思いました。
	4	δ 先生の授業を受けて、最初は 2 分間の山の映像を見て、たった 2 分間なのに、季節ごとに違う映像でした。春は、ちょっと桜もあったりしました。夏は、緑が生い茂っていて。秋は、紅葉がきれいで。冬は、雪が降っていました。
	9	あと、クリの木は紅葉が遅いということを教えてくれてありがとうございます。
	14	みんな同じ時期に紅葉するかと思ったけど、少し遅れて紅葉する木があるということは驚きました。他にも、新緑の様子や冬の森の様子など、珍しい映像もあってすごかったです。
	15	森林の色の变化や、虫の鳴き声、木の生長など、たくさんのことを教えてもらいました。色の变化、紅葉のことは、クリの紅葉が遅いことや、ヒノキの生長を何年も前に植えた木から今の木までの映像を見せていただきました。見るのはほんの数秒でも、何年も続けてこないとその映像(木の生長)は、見られなかったと思います。
	18	映像には、1 年間の山などの映像が映っていました。山の木の色はいろいろな色に変わっていました。
2	26	今の時期は、紅葉がきれいですね。
	16	1 回目の授業で見せてもらった映像が山の四季の映像だと分かった時に、山はこうやって 1 年を過ごすんだなと思いました。
	22	1 回目の JGN 授業の時、四季の森林や動物の映像を見て、この鳥の声は「ウグイスだなあ」と思いました。「クリの木はなぜ遅く紅葉するのか」や、「ポプラの木の名前の由来」などを、調べてみたいと思いました。
	24	JGN の授業の 1 回目では、森林のビデオを見て木の色が変わったり、木が減ったりするのが分かりました。
	25	森林の映像を見て、私は季節ごとに木の色が変わっていくのがよく分かりました。それは「秋になるとなぜ紅葉するのか」です。
	27	1 回目の授業の時に、ビデオを見せてもらい、季節によって、森の色が変わることがよく分かりました。
3	28	他には、森林の色が季節によってすごく変化していることも映像を見せてもらって、よく分かりました！ 私は、そんなに一瞬で変わるとは、思っていませんでした！
	32	季節ごとに森の色が変わっていることが詳しく分かりました。夏のときは、エゾハルゼミの声がよく分かりました。
	34	動物の種類が季節によって変化したり、鳥の声を教えてもらったりして、とても嬉しかったです。
	10	δ 先生は、自然林や人工林の生長などのあらすじを見せてくれました。僕は、人工林が月によってどの木も同じくらい生長しているのがびっくりしました。自然林は生長している木やまだ生長していない木もありました。
	17	僕たちの班では、森林と色の变化について調べました。δ 先生がいろいろ森林のことを教えてくれたので、森林の色の变化のことがよく分かりました。他の班の発表を聞いてよく分かったのは、木がよく生長するように木の数を減らすことがあるということが分かりました。
	30	私達 1 班は、「森林と人との関係」と「木の生長」の 2 つのことを調べました。

※児童 ID は対応分析の結果（図 4-4、図 4-5）に示したものと対応している。

4.4 考察

(1) 季節変化の観察

教員に提示した『山と木々の毎にち』(表 4-2 の番号 00) は、1995 年から 2007 年までの 13 年間 (2008 年当時) の映像アーカイブの例としての位置づけであったが、授業の導入用として教員から要望された教材は『四季の映像』であった。この主な理由は、児童が自身の生活経験から判断できるものを導入とする (表 4-3 の X26) 、という位置づけであった。例えば、児童の季節感は春夏秋冬であり 6 季節を導入にすると混乱する (表 4-3 の X18) などが、関連する具体的な教員の意見である。また、たとえ直接知らないもの (エゾハルゼミ等) でも、知っているもの (アブラゼミ等) と関連付けて提示することで児童の興味や知識が広がるとの意見もあった (表 4-3 の X23、X24) 。

また、導入としては児童が何に気付くかが重要であり (表 4-3 の X21) 、そのためにはできるだけ児童の意識を映像に集中させたいので、映像中に余計な情報を入れないことが望まれた (表 4-3 の X14) 。この点に関しては、最初に季節のタイトルを入れるよう要望が出たが (表 4-3 の X08) 、試作教材を提示するとタイトルが必要ないと方針転換したこと (表 4-3 の X20) 、教員の想定以上に映像が観察の対象として有効であったことがうかがえる。これは、日付の件に関しても同様である (表 4-3 の X15 から X37 に方針転換) 。これらを経て、文字情報が一切無い教材『四季の映像』が授業の導入に用いられたが、実際の授業では、2 分間の教材の提示後から約 4 分間にわたって 8 人の児童 (表 4-5 の経過時間 08:10~11:53 の児童 a~h) から気づきの発表があったことから、授業の導入のための教材としての役割は果たしたと考えられる。

さらに、『山の 1 年』や『ブナの 1 年』に対しては、最初は教員から 1 年間を 30 秒程度に編集するという要望があったが (表 4-3 の X09) 、試作教材を提示したところ、1 年間の変化は細かいので 1 分程度はあったほうが良いという要望となり (表 4-3 の X30) 、最終的に『山の 1 年』は 1 分、『ブナの 1 年』は 2 分の教材が採用された。実際の授業では、これ

らは教材開発者による解説の中で提示される形となったが、『ブナの1年』の提示後に教員から「普段何気なく見ている葉っぱでもね、ただの緑が緑じゃないんだね。出始めの葉っぱと落ちる寸前の葉っぱまではいろんな色が変わっていったのがわかったかな、みんな。見えた？」という発話があった（表 4-5 の経過時間 31:20）。「普段何気なく見ている」という発話からは児童の生活経験と関連付けようという意図が、「見えた？」という問いかけからは児童自身の気づきを重視する意図が、それぞれ読み取れる。

以上から、たとえ 10 年以上の映像アーカイブが使えるとしても、まずは児童の既有経験に基づいた内容として、四季に関する学習を導入とし、児童が自ら気付く学習を重視することが教員から求められたと言える。

ただし、季節変化の観察においては、今回の授業実践で用いられた『四季の映像』以外の教材の可能性についても、教員からの示唆があった。具体的には、並べ替えを児童に行わせる形で四季の映像を提示する方法や（表 4-3 の X27）、最初は音なしで提示して次に音ありと段階的に情報を増やす方法などである（表 4-3 の X25）。これらは、授業展開を考慮して判断されるものと考えられるため（表 4-3 の X28）、異なる授業展開における実践の機会があった場合には、他の形式での提示を検討することが必要である。

(2) 観察対象の時間規模の拡大

授業展開として、導入は四季の学習となったが、その後は 14 年間（1995～2008 年）の森林の変化を提示することが教員から求められた（表 4-3 の X32）。1995 年（14 年前）との比較は、小学校第 6 学年の児童にとっては自分が生まれる前との比較であり、そのような時間規模を意識させることが環境学習に結び付くという教員の意見があった（表 4-3 の X31）。これらの教員の意見からは、四季の観察を生活経験と結びつけようとしたように、観察対象の時間規模が大きくなっても「自分が生まれる前」というように、児童が自身と関連付けて把握することを意図していることが窺える。これは、授業実践で『針葉樹の生長』を提示した際に、教員から「14 年前だそうです。みなさん生まれてないですね。」（表

4・5 の経過時間 36:13) という発話が見られたことも、同様の意図によったものと考えられる。

実際には、教材開発過程を経て、今回は 13 年間 (1995～2007 年) の針葉樹の生長を観察させる『針葉樹の生長』を授業に用いた (表 4・5 の経過時間 34:49 および 35:30) 。しかし、1 回目の提示では針葉樹の生長を児童が十分に把握できず (表 4・5 の経過時間 35:09～35:50) 、針葉樹の生長ではなく山の色の变化に着目した児童もいた (表 4・5 の経過時間 35:54) ことから、教材開発者および教員の意図に対し教材自体の内容および編集方法が適切でなかった可能性が考えられた。さらに、8 教員が映像教材『四季の映像』から人工林と自然林の話題へと展開しようと試みたが 8 開発者と筆者が誤解したため実現しなかった (表 4・5 の経過時間 25:48) ため、『針葉樹の生長』にて教員が再び人工林と自然林の話題を出すことになった (表 4・5 の経過時間 37:54) という経緯もあった。以上のことから、1 年間の時間規模の事象を観察する教材『四季の映像』『山の 1 年』『ブナの 1 年』と、複数年の時間規模の事象を観察する教材『針葉樹の生長』との間に、十分な内容の連続性を確保できなかったことが考えられる。

この点において、授業を受けた児童の授業後感想文を見ると、10、15、17、30 の 4 人のみが複数年の時間規模の単語を記述していた (表 4・8) 。対応分析の結果を布置図 (図 4・5) では、これらの児童は 1 年の時間規模の単語を記述した児童からは離れて布置された。このような感想文の状況からも、1 年間の時間規模を記述した児童と複数年の時間規模を記述した児童との間に、授業認識の差があったことが窺える。この点については、教員の当初の意図通りに『四季の映像』の段階で児童の観察の方向性を人工林と自然林へと向けることができていたら、より望ましい授業展開になったと考えられる。

以上のように、教材間の内容の連続性の欠如が観察の時間規模の拡大を妨げた可能性が示唆された。観察の時間規模の拡大は、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の特性を活かすことに繋がるものであるため、課題としてさらなる検討が必要である。

(3) 長期的な環境変化の学習に繋がる複数年のフェノロジー観察

教員らは、『山と木々の毎にち』の元データとして 1995 年からの映像アーカイブが存在することを把握して、1995 年（14 年前）と最近とを比較して紅葉の時期のずれなどを児童に観察させることを要望した（表 4-3 の X12、X13）。これは、教員の既有の知識から、14 年間で長期変化傾向としての紅葉の時期のずれなどが生じているはずだという予想をもとにした要望と考えられる。しかし、実際の映像アーカイブでは、第 3 章で検討したように、このような長期変化傾向は把握できない。この点については、教材開発者の説明によって、教員の認識においても軽率な話は避けるべきだという意見に至った（表 4-3 の X36）。

結果として開発された教材は『ブナの芽吹き』『紅葉』『雪』であったが、実際の授業では用いられなかった。これらの教材は、フェノロジーの長期変化傾向ではなく年々変動について把握するための教材にはなり得ると考えられるが、今回の授業では人工林と自然林の話題が主な方向性として扱われたため、これらの教材は用いられない結果となったことが考えられる。しかし、第 3 章で検討したように、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察はからフェノロジーの年々変動を把握することは可能である。また、授業実践で『針葉樹の生長』を観察した児童から、山の色の変化に着目した主旨の発言が見られた（表 4-5 の 35:54）ことから、今回の授業展開では樹木の生長ではなくフェノロジーを扱う展開にすべきであったことが窺える。今回、フェノロジーではなく樹木の生長を扱うことを提案したのは教材開発者であったが（表 4-4 の対 11）、結果的には教員が提案していたフェノロジー関連教材（表 4-1 の番号 18、22 など）を用いる展開がより望ましかった可能性が示唆されたと言える。したがって、複数年のフェノロジーを扱うための教材開発をさらに検討する必要があると考えられる。特に、今回の映像アーカイブではフェノロジーの長期変化傾向を把握できないため、年々変動を把握するための教材について、さらなる検討が必要である。

4.5 おわりに

X 校における学校教員との複数回に及ぶ教材検討およびその授業実践を通して、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題として次の 3 つが抽出された。各課題が抽出された経緯は「4.4 考察」に述べた通りである。

課題 1：学習者の経験に基づいた季節変化の観察をどう行うか。

課題 2：観察対象の時間規模の 1 年から複数年へどう拡大するか。

課題 3：長期的な環境変化の学習に繋がる複数年フェノロジー観察をどう行うか。

これらの課題は、第 2 章で示した教材開発の方向性のもとで議論され、抽出された課題である。したがって、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題を網羅的に抽出したわけではないが、本論での教材開発の方向性における必要条件としての課題を提示したものであり、実践的な知見が存在しない現状では意義のあるものと考えられる。

第5章 授業実践による教材開発方針の検討

5.1 はじめに

第4章において、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における3つの課題が抽出された。これら3つの各課題に対して、授業実践における教材の開発方針を検討するために、5回の授業実践を行なった。本章では、これら5つの各事例の詳細について個別に検討することを目的とする。

5.2 対象と方法

A校からE校までの計5校における授業を行った（表5-1）。これらはいずれもX校と同様に都市郊外に立地し、身近な樹木や遠方の山などを対象とした日常的なフェノロジー観察が可能な場所にある学校とした。各授業実践では、抽出された3つの課題の全てもしくは一部に対して、教材開発の方針を検討した（表5-1の検討課題）。事例のうち、A校、C校、E校の3校は教材開発者が授業進行を主に担当し、B校、D校の2校は教員が授業進行を主に担当した。授業担当が教材開発者の事例では、教材開発者の独断により各授業に用いる教材を開発したが、授業担当が学校教員の事例では、X校（第4章）と同様に教員の

表5-1：授業実践における教材の開発方針の検討のための事例一覧

年月	学校	学年等	人数	教科	授業担当者	検討課題
2009.03	A校	小学校第6学年	109	理科	教材開発者	1、2、3
2009.07	B校	小学校第6学年	38	理科	教員	1、2、3
2009.10	C校	中学校第1学年	105	総合的な学習の時間	教材開発者	1、2、3
2011.02	D校	小学校第4学年	55	総合的な学習の時間	教員	1
2012.08	E校	中学校科学部	9	課外ワークショップ	教材開発者	3

※検討課題の番号は、第4章4.5で述べた3つの課題の番号と対応している。

意見を聞きながら教材を開発した。

全ての授業について、授業のビデオ記録（B～E 校）または録音記録（A 校）からの逐語記録の作成を行った。また、児童・生徒の授業后感想文の計量テキスト分析も、X 校と同様の手順（第 4 章 4.2(4)）で行った。

5.3 A 校（小学校第 6 学年）

(1) 方法

神奈川県のア校にて、小学校第 6 学年 109 人に対し、理科の『森林の環境と私たちの生活』という単元として 1 校時のみの授業を行った。授業実践は 3 月と年度末に行ったため、既に教科書の内容はほぼ全て学習が終わっており、理科の時間ではあるが教材開発者が自由に授業展開を決めて良いことになった。

そこで、X 校の事例を通して抽出された 3 つの課題に対する教材開発の方針を検討するために、季節変化の観察を導入として、その年々変動を把握し、そこから地球温暖化等の

表 5-2 : A 校の授業で用いた教材一覧

番号	教材	ショット	概要
25	『山並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C1-S01	山の中景 (C1-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A～H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。答え合わせ用として、8 日の映像を音ありで時系列順に 1 日 10 秒程度で再生する動画もセットになっている。
22	『紅葉』 (2002, 2006)	C1-S02	C1-S02 の 10 月 16 日から 12 月 10 日までの日々の映像を、2002 年と 2006 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 29 秒間で時系列順に再生。音なし。
26	『サクラの開花』	C1-S06	C1-S06 の 4 月 16 日から 5 月 15 日までの日々の映像を、2000 年と 2004 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 14 秒間で時系列順に再生。音なし。2000 年は 5 月 10 日、2004 年は 4 月 23 日がカスミザクラの満開日である。
27	『枯れていくスギ』	C1-S07	2008 年の 5 月から 9 月までの人工林の映像を約 12 秒間で再生。1 本だけ枯れて色が変わる様子が観察できる。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像教材は付録 DVD に収録。

環境変化が森林に及ぼす影響について学習する授業展開とした。この展開に合わせて、映像アーカイブを用いて4つの教材(表5-2)を開発し、授業に使用した。実際の授業は、教材開発者(筆者、ε開発者)によって行われた。ε開発者が全体の進行を担当し、映像教材の操作と説明を筆者が担当した。

『山並べ替えクイズ』(8枚版)(表5-2の番号25)は、X校で提案された並べ替えによる季節変化の学習(表4-3のX27、X28)を実践するために開発した。X校の授業で用いた『四季の映像』(表4-2の番号11)の12日から、静止画でも季節変化が把握できるように8日を抜粋し、それらを名刺大のカードに印刷してランダムにAからHまでのアルファベットを記した。

『紅葉』と『サクラの開花』は、フェノロジーの年々変動を把握させるために開発した。『紅葉』(表5-2の番号22)は、X校の教材開発過程で教員の要望を受け比較する年を離れた(表4-4の対10)ものを、そのまま用いた。ただし、これはX校の授業実践では結果的に用いられなかったものであり、その原因として2カ年の差が把握しにくかった可能性が考えられた。これに対し、A校の実践段階では、カスミザクラの満開であれば2カ年の差がより顕著に観察できるという知見(第3章)を新たに得ていた。そこで、2000年と2004年のサクラの開花時期を比較する『サクラの開花』(表5-2の番号26)を新たに開発した。

『枯れていくスギ』(表5-2の番号27)は、授業の展開上必要な教材として補足的に開発したものであり、3つの課題とは直接関連のないものであった。

(2) 結果

開発した教材(表5-2)は、教材開発者の意図どおりに実際の授業で用いられた。『山並べ替えクイズ』(8枚版)(表5-2の番号25)は、最初のカードのみヒントとして提示した結果、多くの児童が正しく並べ替えることができた。児童はクイズ形式であることに興味を持ち、正解すべく意欲的に取り組んでいた様子が見られた。答えを確認した後は、正しい順に映像(動画と音声)で確認したが、児童らに発言を求めることは行わず、次の教材『紅葉』(表

5-2 の番号 22) へと展開した。『紅葉』では、気象条件による景観の変化などフェノロジー以外の要素にも児童の注意が向いてしまう(表 5-3 の経過時間 19:21) など、2002 年と 2006 年の違いを児童らが把握するのは難しい様子が見られた。その後、より 2 か年の差が明確に観察できると判断して開発した『サクラの開花』(表 5-2 の番号 26) を続けて提示したが、こちらも多く児童がその差を把握するには 2 回の観察が必要であった(表 5-3 の経過時間 20:57~22:15)。そして、『紅葉』と『サクラの開花』に関する補足説明として、第 5 学年の社会科の内容と関連させながら地球温暖化との関連性について述べた(表 5-3 の経過時間 23:07)。ただし、地球温暖化といった長期変化傾向と、『紅葉』や『サクラの開花』で把握できる年々変動とを明確に区別すべきということは、十分に説明されなかった。

以上の授業を受けた児童 109 人から 107 人の感想文が得られた。この 107 人の感想文から、時間概念に関する単語として、「何年」「何十年」「何百年」「毎年」「年々」「年」「年間」「今年」「昨年」「時間」「季節」「四季」「冬」「順番」「時期」「違い」「違う」「差」「変化」「移り変わり」「変わる」「早い」「毎日」「日」「月」「生長」の 26 語を選択した。次に、形態素解析の結果、頻出単語上位 10 語は表 5-4 のようになった。地球温暖化に言及した児童が多かったが、映像教材に直接関連のある単語は上位 10 語には無かった。そして、時間概念に関する単語を記述した児童とその文を抽出した結果、107 人中 54 人の計 77 文となった。感想文全体に対する対応分析の布置図においては、ここで抽出された児童は図 5-1 のように布置された。主な時間概念に関する単語の布置状況を合わせて見ると、原点付近の「早い」の周辺に、時間規模に関する記述をした児童が多く布置されていることが読み取れる。この「早い」は多くは「サクラの開花が早い」という文脈で記述されたものであった。

抽出された 54 人と、時間概念に関する単語との対応分析では、選択した時間概念に関する単語のうち、「年」と「年間」、「違い」と「違う」と「差」、「変化」と「移り変わり」と「変わる」をそれぞれ同義と判断し、その結果「年」「時間」「季節」「時期」「違い」「変化」「早い」の 7 語を用いることとなった(表 5-5)。寄与率は第 1 成分が 25.97%、第 2 成分が 25.11%となり、54 人のうち 47 人の児童とともに第 1 成分と第 2 成分によって図 5-2 の

ように布置された。「年」「時期」「違い」の3語が近い位置に布置され、これらの付近に多くの児童が布置されたが、この3語の多くは「年によってサクラの咲く時期が違う」といった文脈で用いられたものであり（表 5-6）、複数年の時間規模に関する記述である。これらに対して、1年の時間規模に関する「季節」は離れた位置に布置され、その付近に布置された児童は相対的に少なくなっている。

また、抽出された54人の児童に対するクラスター化の結果、併合過程は図 5-3 のようになり、クラスター数の候補としては併合水準の上昇が大きくなる直前であるクラスター数9、5、4の3つの段階が考えられたが、時間規模の観点からの分析を行うことを考慮してクラスター数を5とすることを決定した。その結果、クラスター5には1年間の時間規模の単語を記述した児童が、その他には複数年の時間規模の単語を記述した児童が、それぞれ主に

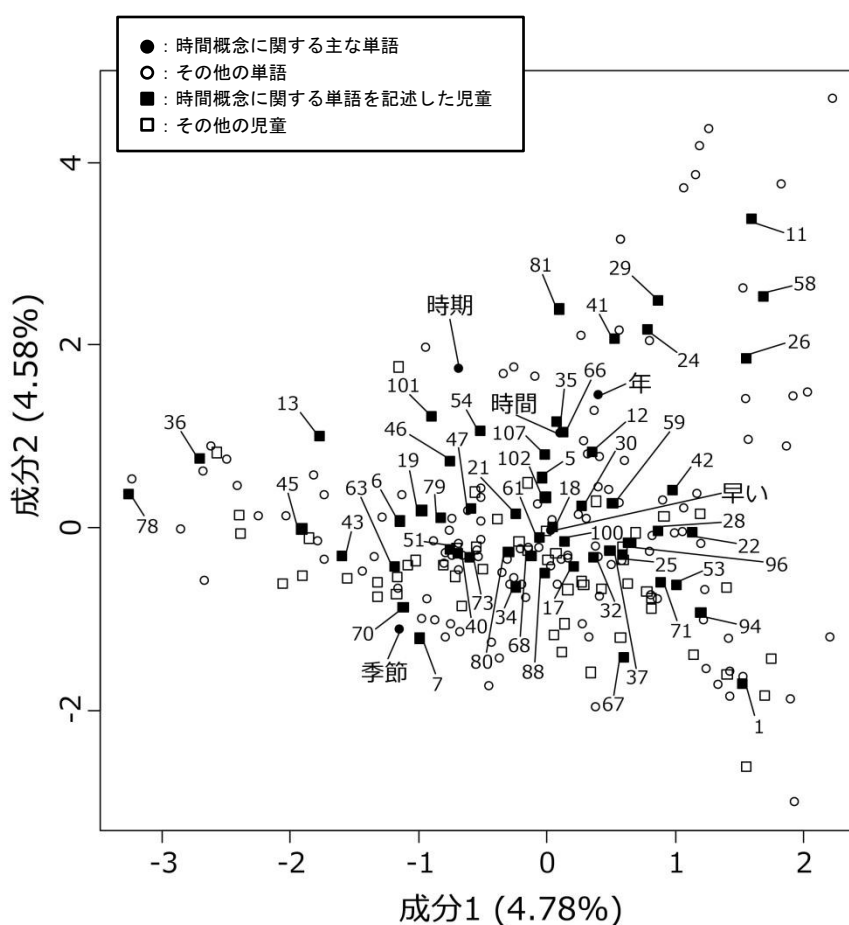


図 5-1 : A 校の感想文全体に対する対応分析結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-6 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 1・2)

含まれる状況になった（表 5-6）。特にクラスター3は、「年によってサクラの咲く時期が違
う」という主旨の記述をした児童が顕著であった（表 5-6）。

表 5-3：A 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録

経過 時間	人	発言や行動
(前略)		
11:00	筆者	「みなさんの手元にカードがいてると思うんですが、これを使ってまず、四季並べ替えクイズをやりたいと思います。」
11:20	筆者	「8枚、山の写真のようなカードがありますが、この8枚を季節の順に並べてもらいます。で、ヒントがありまして、最初がAのカードで、最後がHのカードです。あと、Aが4月、春で、Hが冬のカードです。残りの6枚を季節の順に並べてみてください。」
14:40	筆者	「いいですか、答えを出します。はい、正解した人。え、こんなにいるの。素晴らしい。では、答えを映像で確認します。音も出ますので、よく聞いてください。」
18:29	筆者	「さきほど紅葉がありましたけど、その紅葉について見ていただきます。はい、こちら左側が2002年、右側が2006年の映像なんですけど、これ同じ日の映像を並べているんですね。違う年の、同じ日の映像を、しかも同じ場所です。さあ、この2つの年、どのように違うのでしょうか？じっくり観察してください。」
19:15	筆者	映像教材『紅葉』（2002, 2006）を再生。
19:21	児童？	「雨の日？」
19:29	筆者	「ちょっととめてみますね。そうですね、天気が違うので色合いが違ってきますが、この日なんかはわりと天気が同じ日ですが。木の色など比べてみるとどうでしょうか。もうちょっと進めてみます。」
19:57	筆者	「はい、どうですか。なんとなく、この日だと2002年のほうが、このクリの木なんですけど、ちょっと黄色くなってますね。もうちょっと進めてみます。」
20:57	筆者	「どうでしょうか。ちょっとわかりにくいですね。紅葉だとわかりにくかったので、今度はサクラを見てみましょう。さきほどと同じ要領で、左側が2000年、右側が2004年で、同じ日の映像です。で、サクラはこのあたりに咲きますので、このへんをよく見ていてください。これも同じあたりの映像です。では、進めます。」
21:40	筆者	映像教材『サクラの開花』を再生。
21:55	筆者	「はい、わかりましたか？ もう一回いきましよう。」
22:00	筆者	映像教材『サクラの開花』を再生。
22:15	筆者	「はい、どうですか。これはわかりやすかったですか。2004年のほうが早かったですね。2004年はここで咲いてますね。4月の24日。このあたりが白くなっています。これはすぐ散って、2000年に咲くのは、5月10日とか、かなり咲く時期が違ってくるということが、これを見るとわかると思います。」
23:07	ε 開発者	「なんでこういうことをやるのかというと、街の中のサクラは観察できる。でも、山の中の植物は観察が大変なんだね。ちゃんとした格好をしていかないといけないし、サクラはすぐ散ってしまうから、毎日行かないといけないけど、それは難しい。じゃあ、なぜそれが重要なのか。これは5年生の社会科の教科書から取ってきました。覚えてる？ これ、紅葉前線とか言われている。こっちは開花前線とか言うね。紅葉ってのは、寒いところから段々はじまってくる。だから北海道のほうから始まってだんだんこっちへくる。サクラは逆に、暖かい方から咲き始めるでしょ。で、今言ったようなことと、この社会科で習ったようなことと、さっきのサクラの開花とかは関係していて、いつ咲くかというのは気温と関係があるんだね。気温がどうなっているかを調べるができる。サクラは暖かいほうが早く咲くから、気温が高ければサクラは早く咲くよね。逆に、サクラが早く咲くときは、気温が高いんじゃないかなと見ることもできる。こういうことをちゃんと調べていくと、地球温暖化とかが、もしかしたら、もっと長い時間調べると、わかるかもしれません。」
(後略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 5-4 : A 校の感想文に記述された単語の頻度 (上位 10 語)

単語	頻度
思う	214
森林	141
木	114
分かる	87
知る	75
環境	69
温暖	62
地球	62
聞く	50
東京大学	49

表 5-5 : 時間概念に関する各単語を記述した A 校の児童の人数および割合

単語	人数	割合(%)
時間	19	17.8
年	17	15.9
時期	16	15.0
違い	15	14.0
変化	9	8.4
早い	8	7.5
季節	6	5.6
四季	5	4.7
何年	4	3.7
毎日	3	2.8
月	2	1.9
何十年	2	1.9
冬	2	1.9
年々	2	1.9
毎年	1	0.9
何百年	1	0.9
今年	1	0.9
順番	1	0.9
日	1	0.9
昨年	1	0.9
生長	1	0.9

(n=107)

表 5-6 (その 1) : A 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文

クラスター	児童 ID	クラスター化に用いた文
1	1	私は、木は何年経っても吸収し続けると思っていたので、意外でした。けど、そのせいで木が枯れてしまったりして、もしドングリが実らない年が続いたら、大変なことになるなと思いました。
	12	木は自然にすぐ大きくなると思っていたけど、時間がかかるから元に戻すのは難しいということが分かった。
	22	木は伐るのは簡単だけど、育てるとなると何十年も何百年もかかってしまうというので、自分にできる身近なエコからやっと思いいます。ある程度育ったらのある程度って何年くらいですかね？
	26	東大秩父演習林のロボットカメラのデータを見て差があるなと思った。
	28	すごいと思ったことは、フェノロジー観察を 4 年間続けていることです。こういうことを毎日コツコツとやってこのようにまとめていることがすごいなあと思いました。
	32	だけど、木が育つには時間がかかるということが分かりました。
	58	「親が植え、子が育て、孫が伐る」というのがかなりの時間がかかるなと思ったし、自分たちはどの作業をやるのか知りたくなった。
	59	東京大学で木を伐りながら森を増やしているのは、よく何年も続けられるなと思う。
	67	森を元に戻すのにものすごい時間をかけて作っているんだと思った。
	68	木を伐りまくったら、熱帯のほうは、戻らないし、日本でも孫の世代まで時間がかかるのは驚いた。
	94	木を伐ったら生長するのに何十年もかかって、伐った分、二酸化炭素は増えてしまうし、もったいないと思いました。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-2、表 5-7) に示したものと対応している。

表 5-6 (その 2) : A 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文 (続き)

クラス ター	児童 ID	クラスター化に用いた文
2	5	森林の環境と私たちの生活についての話を聞いて、1995 年から映像、音、気象データを記録しているなんてすごいなあと思いました。よくテレビで地球温暖化のことがやってるので森林などを大切にしないといけないということなどは知っていたけど、元に戻るのにとても時間がかかり、元に戻らない森林の方が多いという話を聞いて、改めて森林の大切さを感じました。
	6	地球温暖化で森林減少、森林は一度伐っちゃうと簡単に生まれ変わらないことが分かった（元に戻るのに時間がかかる、土に養分が少ない）。
	19	地球温暖化でサクラの花が咲くのが早くなってしまっているんだなと思いました。森林を一度伐ってしまうと、元に戻るのに時間がかかってしまうし、森林がなくなると、土砂崩れや、水不足、河川の氾濫が起きて、大変なことになるんだと思いました。
	21	2002 と 2006 年の紅葉の映像を見て私はそんなに地球温暖化って森林に影響するんだなあと思いました。
	24	森林を一度伐ってしまうと、簡単には生まれ変わらない、元に戻るのに時間がかかるのには驚いた。
	29	東大秩父演習林のロボットカメラは、1995 年から映像や音・気象データを記録しているそうです。違う年の同じ日のサクラの開花時期の違いは、2004 年のほうが先に開花したということで、2004 年のほうが気温が高いということが分かった。森林は一度伐ってしまうと元に戻るのにとても時間がかかるということが分かった。
	37	一番驚いたことは 4 か月でスギの枯れてしまうスピードです。今まで「枯れる」ということは冬に葉がなくなって、冬に枯れるものだと思っていたので、9 月に枯れるのは初めて見ました。次に、森林が元に戻るには長い時間がかかることを改めて感じました。
	40	季節的な変化を観察することによって地球温暖化のことが分かるのはすごいと思いました。それに森林を一度切ってしまうと元に戻るのに時間がかかったり、大変だと思いました。
	42	森林を伐った後、元に戻るには時間がかかり、土に養分がないと育たないのが分かって、簡単には生まれ変わらないんだなと思った。
	47	土に養分が少ないことや森林を伐ると元に戻るのに時間がかかることを聞いてびっくりしました。
	53	今まで私は地球温暖化のことをインターネットや本で普通に調べてたけど、東京大学の人たちが毎年毎年努力しながらがんばっていてすごいと思います。
	66	4 年間、森林のことを調べ続けるのは大変だなと思った。地球温暖化のせいで 2002 年と 2006 年の紅葉時期の違いや 2000 年と 2004 年のサクラの開花時期の違いが分かった。私は今まで森林を伐ってもまた植えて育てればいいだけじゃんと思っていたけれど、今日の説明で森林は一度伐ってしまうと元に戻るのに時間がかかるということを初めて知りました。
	79	地球温暖化になったときは、あんまり感じなかったけど、植物が花を咲かせる時期が変わってしまうとは思っていませんでした。
3	13	サクラの開花の時期や紅葉時期の違い、四季の変化を映像で見せてくれたし、クイズなどもあったので楽しく勉強できました。
	18	山を観察するのには毎日行っているから大変だと思った。サクラは、年ごとに、開花の時期が違うのに、驚いた。
	35	たった 4 年間の違いで、こんなに紅葉・サクラの紅葉時期・開花時期が違うなんて思いませんでした。
	41	サクラの 2000 年と 2004 年の開花の時期が全然違ってびっくりしました。
	54	サクラの開花の時期があんなに違うのがびっくりしました。
	61	私の学校にもサクラがあるけど、年によって時期が違うということを気にならなかった。
	73	たった 4 年で、紅葉やサクラの開花時期が大きく違った。
	101	サクラの開花時期、紅葉時期の違い、四季の変化などの映像を見せてくれた。四季並べクイズをやった。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-2、表 5-7) に示したものと対応している。

表 5-6 (その 3) : A 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文 (続き)

クラスター	児童 ID	クラスター化に用いた文
4	17	2000 年の季節と 2004 年は、2004 年の方がサクラが咲くのが早いのが分かった。
	25	秩父の森林の移り変わりがはっきりと分かって、分かりやすかったです。それに、スギが枯れるのも早くびっくりしました。
	30	年によって紅葉の日にちが変わったりサクラの咲く日にちなどが分かりました。
	36	サクラの咲く日が年々違うことに驚いた。四季並べ替えクイズでは、合っているところがなく、ちょっと悔しかった。
	45	地球が暖かくなるにつれ、だんだんサクラの咲く時期が早くなっているの、私たちがこのままの生活（無駄に電気を使ったりガスを使いすぎたり）をしていると、サクラが 1 月や 2 月に咲いちゃうのかな…また、冬がなくなってしまうかもしれませんね。
	46	サクラの咲く時期が違うのに驚きました。4 年で約 20 日違うのが分かりやすくて、ロボットカメラはすごいと思ったし、4 年以上時間をかけて調べる意思がすごいと思い、私も環境について考えたいと思います。
	70	森林が年々に減っていったのがよく分かった。
	71	あと、2000 年と 2004 年を比べたらサクラは 2004 年のほうがなぜ早く散ってしまうのかな? と思った。
	78	何年もかかって調べたことを”フェノロジー”ということが分かりました。私は調べる時にパソコンや本などで調べるとすぐ見つかるけど、その裏でがんばって何年も調べている人のことを忘れないようにしたいです。
	81	私は総合の学級の課題で環境について調べていたけど、実践のことで「2000 年と 2004 年では??」のときに同じ日だけど違う年の調べ方がすごいと思いました。データも 2000 年や 2004 年のものと記録されていてすごかったです。
	88	サクラの開花がこんなに早くなっていることにもびっくりしたし、熱帯の森林は一度伐ってしまうと生まれ変わるの難しいことにもびっくりしました。
	96	サクラの開花が早くなっているのは、知っていたけど、こんなに早くなっているとは思わなくて驚きました。
	100	森林を育てるのに、とても時間がかかるので驚いた。地球温暖化が進むとサクラの開花時期がずれていることを知った。
	102	熱帯の森林には、土に養分が少ないため育てるのに時間がかかることに驚きました。
	107	2000 年と 2004 年のサクラは、2004 年の方が咲くのが早い。2002 年と 2006 年の紅葉は、2002 年の方が紅葉が早い。毎日、写真を撮ってるなんてびっくりしました。木を育てるのは時間がかかってとても大変なものらしいです。
	7	季節の順番を当てるゲームが、結構面白くて、とても良かったと思います。
	11	僕は、東京大学大学院の筆者さんと ε さんの話を聞いて東大秩父演習林のロボットカメラが記録しているものが音・気象・映像のデータから紅葉時期の違いや四季の変化のデータがあるのは知らなかったです。
	34	動物や植物の季節的な変化を、生物季節、フェノロジーというなんて知りませんでした。
	43	四季並べクイズは、その季節の山の様子が見れたり、クイズ形式だったので楽しかったです。
	51	紅葉の時期がこんなにずれてきているなんて知りませんでした。
5	80	森林の季節の移り変わりがよく分かったし、環境のことなど、私が知らないところも知れて良かったです。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-2、表 5-6) に示したものと対応している。

※以下の文は分類不可であった。

[児童 ID 63] 今年は昨年より暖かくなっています。

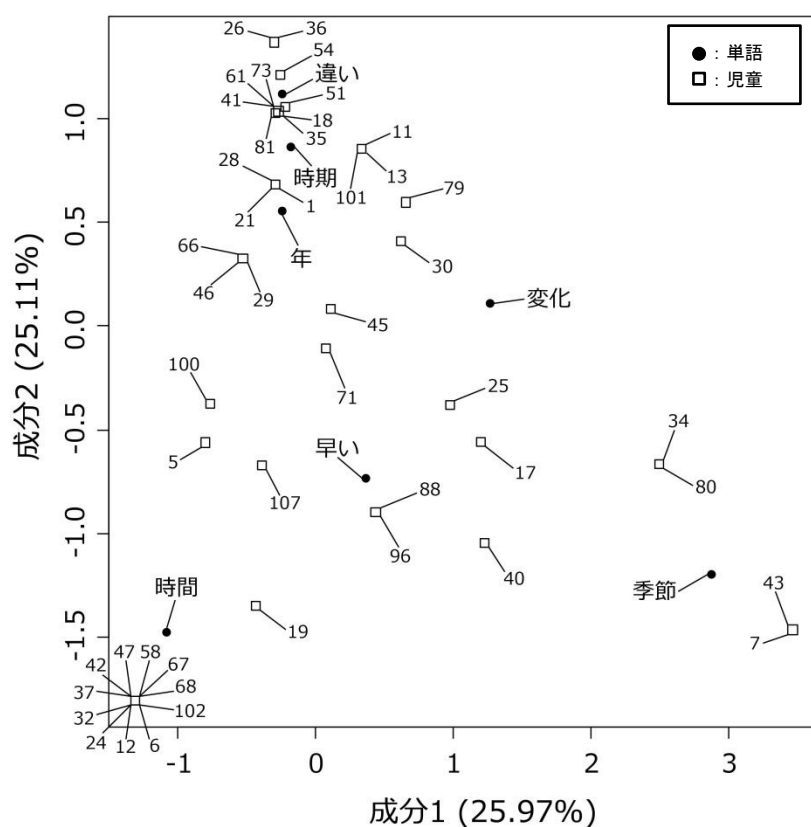


図 5-2 : A 校の対応分析の結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-6 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 3・4)

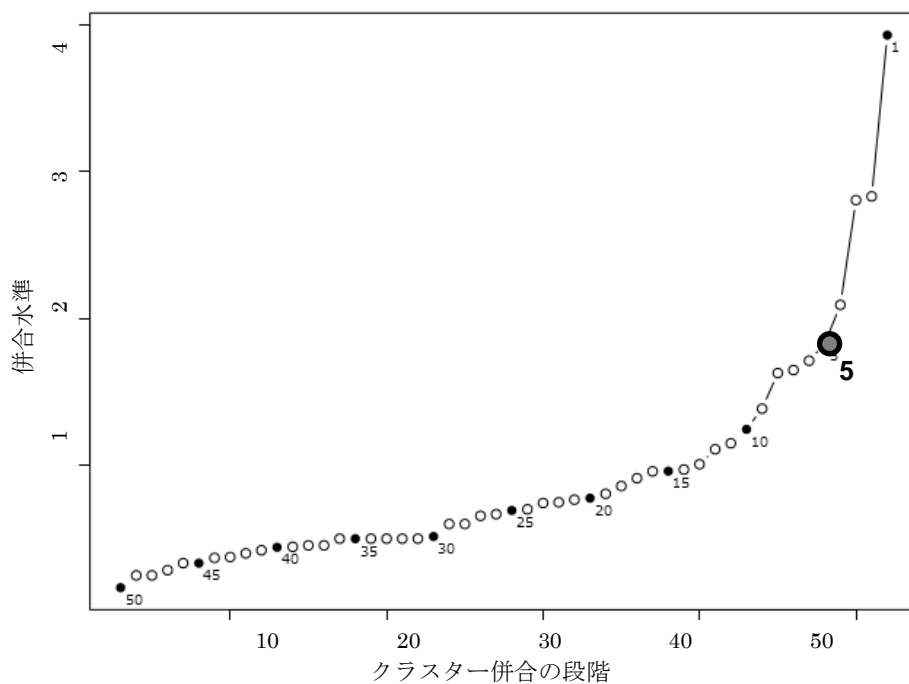


図 5-3 : A 校のクラスター化における併合の段階ごとの併合水準の推移

※クラスター数が 5 となった時点で併合を終了した。各段階の値は付録に掲載 (表 5-付 5)

(3) 考察

(i) 課題 1 に関して

季節変化の観察に関する教材として『山並べ替えクイズ』を用いた。児童は意欲的に取り組み、多くが正解を導けたことから、クイズとしての内容や難易度には大きな問題はなかったと考えられる。ただし、『山並べ替えクイズ』に対する児童の感想には、季節変化の観察に直接関係のない、クイズとしての教材に関する記述が見られた（表 5-5 のクラスター 2：児童 36、クラスター 3：児童 7）。X 校での『四季の映像』による季節変化の観察は、児童の生活経験に基づいた学習をさせるための導入であったが、この A 校での『山並べ替えクイズ』による季節変化の観察は、単に学習に対する興味や関心を引き出すにとどまってしまう可能性が考えられる。この原因としては、この教材を扱った時間が授業全体に対して X の事例より少なかったこと（表 5-3 の経過時間 11:00～18:29）、ここでの授業進行を担当したのが教員ではなく筆者であったことなどが考えられる。量的にも質的にも、使い方を検討することでより児童の生活経験に基づいた学習を行える余地がある。

(ii) 課題 2 に関して

X 校（第 4 章）の授業実践では季節変化の観察、つまり 1 年の時間規模の観察に多くの時間を割いたが、この A 校の授業実践では季節変化の観察を『山並べ替えクイズ』で行った後は、すぐに 2 カ年の比較、つまり複数年の時間規模の観察に移行してより多くの時間を割いた（表 5-3）。その結果として、児童の感想文には複数年の時間規模に関する記述が多くなった（表 5-5）。クラスター化の結果でも、主にクラスター 5 が 1 年間の時間規模の記述をし、クラスター 1 から 4 の児童の多くが複数年の時間規模の記述をした、と読み取れる（表 5-6）。しかし、対応分析の布置図（図 5-2）を見ると、『山並べ替えクイズ』と関連する時間概念に関する単語「季節」の付近に、児童 7、34、43、80 の 4 人が布置されているが、他の児童とは少し分離しているように読み取れる。多くの児童が複数年の時間規模の記述をしたが、1 年から複数年へと段階的に時間規模を拡大できたかは疑問である。(i)で述べたように『山並べ替えクイズ』が単なる導入教材にとどまった可能性があり、その場合は後

に続く『紅葉』および『サクラの開花』との内容の関連性が児童の中で十分に把握できなかったことが考えられる。『山並べ替えクイズ』によって1年の時間規模で児童の生活経験に基づいた学習が行えたとしても、その生活経験との繋がりを保持したまま複数年の時間規模の観察へと進んでいかなければ、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を行う意義は小さくなってしまう。したがって、単に教材の内容自体に関連性を持たせることだけでは、生活経験に基づいた学習から観察の時間規模を拡大するに十分でないと考えられる。

(iii) 課題3に関して

映像教材『紅葉』および『サクラの開花』は、フェノロジーの年々変動を把握することを意図した教材であった(表 5-2)。これに対し、授業后感想文には大きく分けて「早い」と「違い」の2つの表現が見られた。年々変動として把握することを考えると、2カ年の「違い」が本質的に重要なのであって、どちらかが「早い」という事実は、「違い」を把握するための必要条件にすぎない。また、2カ年のどちらかが「早い」という事実を、長期変化傾向として誤解する危険性があることも考慮しなければならない。実際に今回も、映像で提示したフェノロジーの発現時期の差を長期変化傾向として誤解して把握していると読み取れる記述が9人の児童(表 5-5 のクラスター1: 児童 19・21・66・88・100、クラスター2: 児童 35・45・46・73)に含まれていた。つまり、今回の教材および授業展開では誤解を与える可能性が高く、X校の教材開発過程で教材開発者が危惧したように、2カ年のみの観察における誤解の危険性が表出する形となった。教材の提示後に、誤解を避ける意図をより強く出して明確に説明することで、誤解の危険性を低くできる可能性は考えられるが、授業進行者の発話技術には個人差があるため、汎用化を見据えると教材自体の検討も合わせて必要であると考えられる。また、『紅葉』の提示時に気象条件の違いによる見た目の変化へも児童の関心が向いてしまった(表 5-3 の経過時間 19:21)など、2カ年の差自体を十分に把握できない様子が多くの児童に見られたことから、教材の内容にも再検討の余地があるといえる。

5.4 B 校 (小学校第 6 学年)

(1) 方法

茨城県の B 校にて、小学校第 6 学年 38 人に対し、理科の『動植物の知恵』の単元で、映像アーカイブによる教材を用いた授業を 1 校時行った。A 校では教材開発者の独断で授業を組み立てたが、この授業は学校教員 1 名（ θ 教員）と外部講師 1 名（ λ 教員）が担当するため、教員の要望を聞く形で授業に用いる教材を開発し、その過程も含めて 3 つの課題に対する教材開発の方針を検討した。教材の検討は、直接の面談によって行い、これまでの X 校および A 校で用いた教材を教員に提示したうえで意見を聞いた。

授業実践では、 θ 教員が授業進行を担当し、 λ 教員が補助を、筆者が教材操作を担当した。さらに、 δ 開発者がテレビ会議システムを用いて遠隔地から教材の説明を行った。

(2) 結果

X 校および A 校での授業を通じて開発された教材を教員らに提示したところ、ブナを題材として植物の知恵に関する学習をしたいという意見が出された。これを受けて、年によるブナの開花の有無を導入としてブナの生存戦略を題材とすることを提案し、採用された。これに関する映像教材として『ブナの芽吹きと開花』（表 5-7 の番号 29）を開発した。また、授業の導入としては、A 校で用いた『山並べ替えクイズ』を受けて開発した『ブナ並べ替え

表 5-7 : B 校の授業で用いた教材一覧

番号	教材	ショット	概要
28	『ブナ並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A～H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。A～H の順に音付きの動画を約 10 秒ずつ再生するヒント動画と、音ありで時系列順に約 10 秒ずつ再生する解答動画もセットになっている。
29	『ブナの芽吹きと開花』	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) の 4 月 21 日から 5 月 20 日までの日々の映像を、2000 年と 2002 年の 2 年分を上下に並べて配置し、約 41 秒間で時系列順に再生。音あり。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像は付録 DVD に収録。

クイズ』(表 5-7 の番号 28) が採用されたが、並べ替えに際しては最初にカードのみで考えさせ、追加で映像(動画と音声)を提示しヒントを与えて再び考えさせる、という形式で行うことが教員から要望として出され、これに対応した。また、必要があれば実際のブナの枝葉を児童全員に 1 本ずつ配って観察させることも可能であることを教員に伝えたところ、『ブナ並べ替えクイズ』と『ブナの芽吹きと開花』の間に、このブナの枝葉の観察を行うことを教員が提案するに至った。

以上の検討を経て授業が行われ、開発された教材は教員の意図通りに用いられた(表 5-8)。『ブナ並べ替えクイズ』は、A 校で『山並べ替えクイズ』を用いたときと同様に、最初のみ答えを示して行われたが(表 5-8 の経過時間 04:55)、A 校で教材開発者が用いたときとは異なり、 θ 教員はすぐに答え合わせをするのではなく、児童に自分の考えを発表させた(表 5-8 の経過時間 08:40)。動画を追加で提示した後にも、動画を見て考えが変わったかを児童に尋ねていた(表 5-8 の経過時間 13:44)。次に、ブナの枝葉の観察が行われたが、『ブナ並べ替えクイズ』を実施した直後であったため、教材開発者(δ 開発者)は『ブナ並べ替えクイズ』にも言及しながら、ブナの枝葉の観察について解説することができた(表 5-8 の経過時間 29:06)。また、ここでも教員は児童に考えを発言させていた(表 5-8 の経過時間 31:17 など)。そして、最後に『ブナの芽吹きと開花』を提示したが、教員は「ブナも色々と工夫をしている」という視点を児童に持たせることで、直前に行っていた枝葉の観察と『ブナの芽吹きと開花』とを繋げようとしていた(表 5-8 の 33:05)。これを受けての『ブナの芽吹きと開花』の観察では、1 回目の提示では児童は 2 カ年の開葉時期の違いに着目したことが見受けられたが(表 5-8 の経過時間 34:00~34:49)、2 回目の提示で教材の開発意図に沿う花の有無の違いに児童が気付くことができた(表 5-8 の経過時間 36:05)。

以上の授業を受けた児童 38 人から 37 人の感想文が得られた。そこから、時間概念に関する単語として、「新しい」「年」「来年」「毎年」「何年」「一年」「子孫」「間隔」「変化」「変わる」「季節」「春」「夏」「秋」「四季」「春夏秋冬」「生長」「育つ」「時期」「順」「順番」の 21 語を選択した。次に、形態素解析の結果、頻出単語上位 10 語は表 5-9 のようになった。

授業の主題である「ブナ」が最頻出単語であることは、この授業実践における教員の意図が児童に伝わっていることを示唆するものである。そして、時間概念に関する単語を記述した児童とその文を抽出した結果、37人中31人の計44文となった。感想文全体に対する対応分析の布置図においては、ここで抽出された児童は図5-4のように布置された。主な時間概念に関する単語の布置状況を合わせて見ると、時間概念に関する単語、およびそれらを記述した児童が、いずれも大部分が原点付近に固まって布置されている。このことから、時間概念に関する単語が感想文全体の傾向に及ぼす影響が相対的に大きいことが読み取れる。

抽出された31人と、時間概念に関する単語との対応分析では、選択した時間概念に関する単語のうち、「変化」と「変わる」、「四季」と「春夏秋冬」、「生長」と「育つ」、「順」と「順番」をそれぞれ同義と判断し、その結果「新しい」「年」「来年」「毎年」「何年」「一年」「子孫」「変化」「季節」「時期」「順番」の11語を用いることとなった(表5-10)。寄与率は第1成分が17.15%、第2成分が15.18%となり、31人のうちの30人の児童とともに第1成分と第2成分によって図5-5のように布置された。「時期」のみが離れた位置に布置されたが、これは時間規模が他と異なるわけではなく、その他の単語の布置状況を見ると、1年の時間規模の単語と複数年の時間規模の単語が分離せずに布置されている。

また、抽出された31人の児童に対するクラスター化の結果、併合過程は図5-6のようになり、クラスター数の候補としては併合水準の上昇が大きくなる直前であるクラスター数12、7、5の3つの段階が考えられたが、時間規模の観点からの分析を行うことを考慮してクラスター数を5とすることを決定した。その結果、クラスター1には1年の時間規模の単語を記述した児童が、クラスター2～4には1年と複数年の両方の時間規模の単語を記述した児童が、クラスター5には複数年の時間規模の単語を記述した児童が、それぞれ主に含まれる状況になった(表5-11)。特に、クラスター2は『ブナ並べ替えクイズ』と『ブナの枝葉の観察』、クラスター3は『ブナ並べ替えクイズ』と『ブナの芽吹きと開花』の内容がそれぞれ主に記述されていた。

表 5-8 (その 1) : B 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録

経過 時間	人	発言や行動
(前略)		
04:10	θ 教員	『ブナ並べ替えクイズ』を児童に配布。 「さあ、今みなさんに渡した写真。これ全部ブナなんです。で、先生もよくわかんないんだけど、ABCDEFGH までアルファベットがうってありますね。これをね、ブナの 1 年間の様子に並べてほしいんですね。できるかなー？ まず、C だけは 1 番目にしてください。それで、グループで考えやすいように、こんなバラバラになっているカードも用意しました。これはグループで 1 組あります。それでは、まず自分で考えてね、まずは上の段に、こういう順序じゃないかな、と思うのを入れる。考えるときにね、どうぞこのカードを使ってもいいですよ。」
04:55	θ 教員	
06:02	児童全員	各個人で順序を考える。
08:40	θ 教員	「はい、時間です。それではちょっと聞いてみましょう。c さんはどういう順ですか？」
08:48	児童 c	「CBHAEFDG。」
09:28	θ 教員	「違う人、います？ はい、d さん。」
09:34	児童 d	「私は、CGBHAEFD。」
10:11	θ 教員	「c さんと d さんは、ここかな、G がこっち？」
10:19	児童 e	「対照的だな。」
10:20	θ 教員	「えっ、何？」
10:24	児童 e	「こっちとこっちの班の考えは反対みたいな感じ。こっちは G が最後にきているのに、あっちは 2 番目。」
10:37	θ 教員	「なるほどね。それじゃあね、ここでね、動画があります。で、A から H の順にですね、実はこれをカメラで、1 箇所ずつ 1 年間ずっと撮っているカメラがあるらしく、それをこちらに映してくださるそうです。よろしくおねがいします。じゃあ、目と耳で、よく見てください。」
11:08	筆者	『ブナ並べ替えクイズ』ヒント動画を再生。
12:37	θ 教員	「はい、今動いていた、耳で聞こえたりしました。それでもし考えが変わったら、2 段目に書いてください。」
12:47	児童全員	各個人で再び順序を考える。
13:44	θ 教員	「f さんはどう変わったんですか？」
13:46	児童 f	「今までは C が春っぽいかなと思ってたんですけど、さっきの音とかを聞いて秋かなと変わりました。風が強かったから台風とかかな。」
14:15	θ 教員	「g さんはどうですか？」
14:17	児童 g	「私は最初は G の前を DF にしていたんですけど、D のほうが風が強くて冬に近づいているんだと思ったので、D を最後らへんにしました。」
14:30	θ 教員	「はい。他に言いたいことある人いる？ 大丈夫？ あれっ、なんか、誰か来たみたい。」
14:42	λ 教員	「こんにちは一。お荷物届きました一。」
15:16	θ 教員	「λ 先生、これは何ですか？」
15:18	λ 教員	「これは、今朝とれたての、ちょっと冷蔵の、ブナの枝です。これを、40 本くらいあると思うんで、みんなに配ってね、観察してもらおうかなと思います。」
16:02	児童数人	ブナの枝を取りに行く。
17:52	θ 教員	「みなさん、このブナ写真でいうとどれになるかな？ H の葉よりは硬そう？ λ 先生、この枝はどうしてまた？」 「今日はですね、やっぱり ABC の写真だけじゃわかんないこともあるかなと思って、みんなすごく良い目をしているからね、本物を見たいかなと思って持って来ました。ABC の考えは変わったかな？ はい、それじゃあね、これをですね、今日お預かりしました先生をお呼びしたいと思います。これどっから取ってきたかということなんだけど、これを届けてくださいって言った私のお友達がいますので、呼んでみたいと思います。」
(中略)		

表 5-8 (その 2) : B 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (続き)

経過 時間	人	発言や行動
(中略)		
26:22	δ 開発者	「みなさんの手元のブナの枝、よく見てください。特に裏返して枝をずっと見ていくと、今年の枝と去年の枝の境目に印があります。どれだかわかりますか？ みつけられた？」
26:51	児童数人	「あった。」「見つけられた。」
27:03	δ 開発者	「ブナの木の高さは 20 メートルから 30 メートルもあります。ですので、その枝を普通、見るのは難しいんです。芽鱗痕という、こういうバネみたいな、コイルみたいな筋が入っている、それを見つめましたか？ そうするとですね、例えばこの写真の芽鱗痕は、ここに 2 個あります。これは、1 年間で伸びた枝なんです。なので、1 年前 2 年前というふうに辿ることができます。みなさん、その手元のものを見てどうですか？」
28:43	児童 i	「私が持っている枝は、枝のちょうど境目のところに芽鱗痕があったから、私の予想では、この枝は今年に、今までなかったけど生え始めたじゃないかって思いました。」
29:04	θ 教員	「そういうふうに見てっていいんですか、先生？」
29:06	δ 開発者	「そうですね。葉が開いて光合成をしますけど、葉を開くにはエネルギーがいりますよね。それは前の年に貯めたものを使って、開いていくんです。それから光合成が始まります。葉は、今日は 7 月 14 日ですから、写真の 7 月 7 日の A とほぼ同じですね。で、5 月 3 日の B から 5 月 13 日の H まで、この 10 日間で枝がずーっと伸びてきます。でも、枝は太陽の受け方とかいろいろ見ながら、それぞれの葉っぱが一番太陽を受けられるような位置に伸びていくんですね。一生懸命光合成をするために、いい位置になるために伸びていきます。」
31:17	θ 教員	「ちょっと、j くんが気付いたことがあるみたいです。」
31:22	児童 j	「葉の表面のほうを見ると、例えば前から太陽が差し込んでいるとすると、太陽の光が当たるところに必ず 1 つの葉っぱがあるように見えました。」
31:56	θ 教員	「確認できましたか、みなさん。ちゃんと当たるようになってます？ δ 先生、今のはこれ 1 つですが、これがこう、もっとたくさんあるときはどうなるんですか？」
32:29	δ 開発者	「枝同士でですね、やっぱり上にある枝、下の枝っていうと陽の当たりが悪くなりますから、それはいい位置に移ったり、葉によって直射日光がよく当たって光合成をするものと、少し影になってちゃんと光合成するものと、葉の機能が変わったりします。」
33:05	λ 教員	「なかなか色々考えてるんですね。他にブナにも色々な工夫がありそうなんだけれども、先生、今日は特別な映像をご用意いただいているっていう話なんです。」
33:18	δ 開発者	「はい、これからお見せする映像はですね、2000 年と 2002 年のブナの春の様子ですけど、全く同じ枝です。ちょっと見てください。」
33:36	筆者	『ブナの芽吹きと開花』を再生。
34:00	児童 ?	「遅れているってこと？」
34:03	児童 ?	「2002 年のほうが早い？」
34:23	δ 開発者	「はい、2000 年と 2002 年はどう違うでしょうか？ みなさんどうですか？」
34:49	児童 k	「2002 年のほうが 2000 年より生長が早いような。」
34:58	θ 教員	「他にもないですか？」
35:04	児童 l	「色とか、片方のほうが色が濃いのに対して、もう片方が薄い気がする。」
35:22	θ 教員	「色というのは何の色ですか？」
35:24	児童 l	「葉の色。」
35:33	θ 教員	「最初のほうをもう一度、最初の頃だけ見せていただきたいのですが。」
35:38	筆者	『ブナの芽吹きと開花』を再生。
35:44	δ 開発者	「このへんはどうでしょうね？」
35:53	児童 m	「2002 年は実ができていないんですけど、2000 年は実ができています。」
35:59	λ 教員	「実か？ まだ 5 月でしょ。」
36:05	児童 n	「花のようなものができています。」
36:17	δ 開発者	「そうなんです。2000 年は花が咲いているんです。ブナの木は花をつけます。雌花と雄花があって、2000 年は花が咲いていたんですね。それで、雄花がぶら下がったふうになっていました。ところで、ブナの木は毎年花がさくわけじゃないんです。毎年咲かないで、時々どっと咲いていっぱい種を落として、食べられても食べられても子孫を残すようなことをしています。」
(後略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 5-9 : B 校の感想文に記述された単語の頻度 (上位 10 語)

単語	頻度
ブナ	77
思う	42
今日	37
葉	29
木	27
分かる	20
秘密	19
実	18
びっくり	16
見る	16
先生	16

表 5-10 : 時間概念に関する各単語を記述した B 校の児童の人数および割合

単語	人数	割合(%)	単語	人数	割合(%)
年	11	29.7	季節	3	8.1
一年	7	18.9	新しい	3	8.1
変化	5	13.5	春	1	2.7
順番	4	13.5	夏	1	2.7
来年	4	10.8	秋	1	2.7
生長	4	10.8	四季	1	2.7
毎年	3	8.1	何年	1	2.7
時期	3	8.1	育つ	1	2.7
子孫	3	8.1	間隔	1	2.7

(n=37)

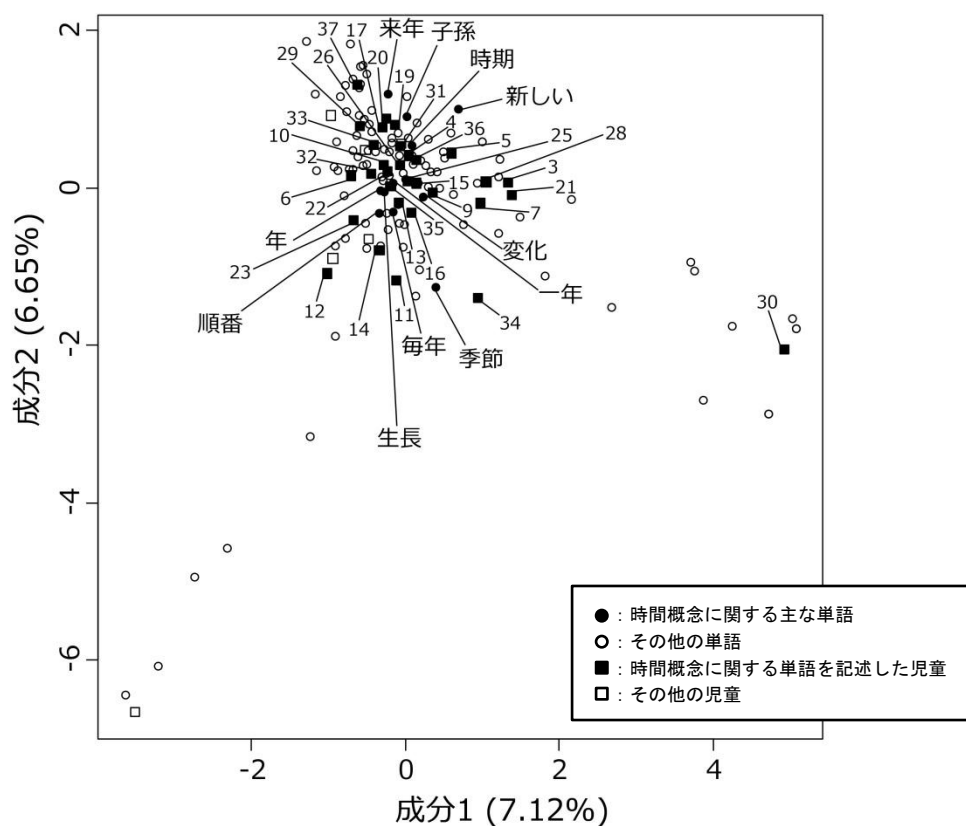


図 5-4 : B 校の感想文全体に対する対応分析結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-12 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 6・7)

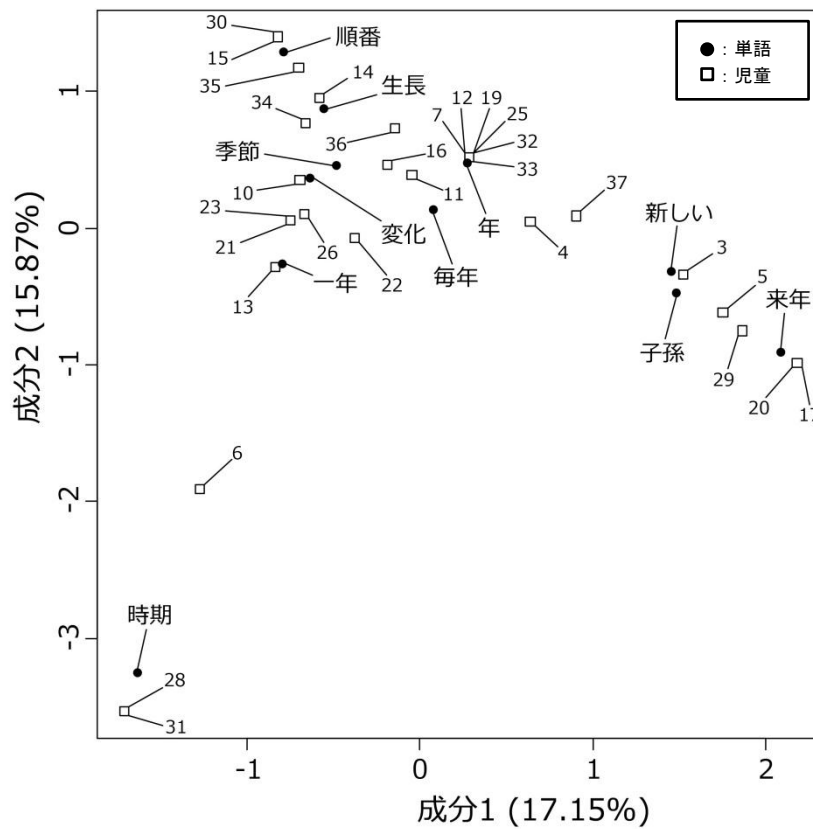


図 5-5 : B 校の対応分析の結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-12 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 8・9)

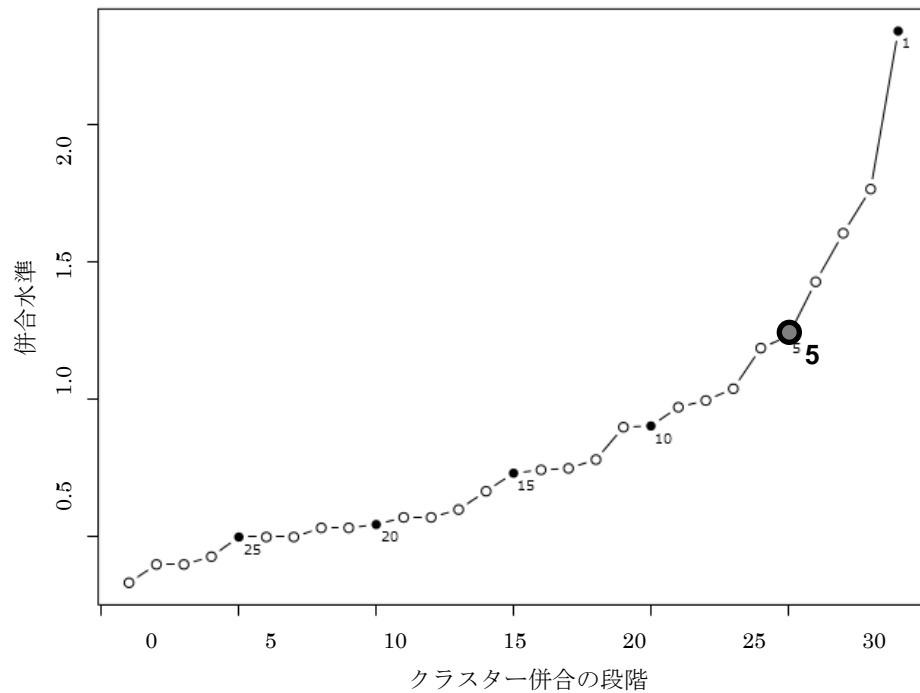


図 5-6 : B 校のクラスター化における併合の段階ごとの併合水準の推移

※クラスター数が 5 となった時点で併合を終了した。各段階の値は付録に掲載 (表 5-付 10)

表 5-11 (その 1) : B 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文

クラス ター	児童 ID	クラスター化に用いた文
1	10	今日はテレビを通して、δ先生にブナにもいろいろな秘密があって、特にすごかったのはブナの生長を一年間の写真で見るとすごく変化がありました。
	11	今日、ブナについて探ってみて、同じ木なのに季節によって葉の色、大きさ、枚数も違っていました。一番気になったのは、毎年花ができるのではなく、決まった年にみんなが咲くということがなぜなのか不思議でした。
	13	また、表と裏で色を変えたりして、何年間も生き続ける努力をしていることに驚きました。ブナの一年を知ることができて良かったです。
	17	今日、ブナの秘密を探って、ブナをよく見ると葉に小さい虫がたくさんついていたり来年への小枝の付け根があったり、一つのブナにもこんなに秘密があるんだなと感じました。
	20	今日の学習でブナの秘密を探った時、葉の付け根にあった芽を見て、植物も来年の準備をしているのだなと思いました。
	21	今日は、ブナについて学習して、写真や映像をみると、一年の間にたくさんの変化があってすごいと思いました。
	26	写真に映されていた一年間のブナの木は、季節ごとの葉の色や数が違いました。
	34	今日、ブナの秘密を探ってみて、A～Hの順に並べてみて、全部正解だったので良かったです。同じ植物なのに季節によって色や形が変わるのがすごいと思いました。
2	5	この芽は来年ぐらいになると新しい葉が生えてくると思うと、とてもすごいことだし、たくさん栄養を蓄えないと葉は出てこないの、がんばって子孫を作っていってもらいたいなと思いました。
	14	木の芽鱗痕も、形が面白い形で、そこから木が生長していくのが木の生きる工夫で、そういう工夫がいっぱいあることが、よく分かりました。
	35	A～Hまでの順番で少し分からないところ、疑問がありました。植物の一つ一つ、茎や葉などが生長するために様々な工夫をしていて、すごいと思いました。
	36	木には芽鱗痕がたくさんあって、年ごとによって生長する長さが違うことが分かりました。
3	6	それで、ブナの一年について写真を並べてみました。そして、僕が一番びっくりしたのは、喋れないのに種を落とす時期を相談しているということ、実は、生き物に食べられているということはブナだけではなく他の生き物と繋がっていることが分かりました。
	9	ブナの木に実がなることさえ知らなかったの、実が一定の間隔で豊作になっているみたいでびっくりしました。
	12	今日の授業を受けていたら、実を落とす年と落とさない年があるということが分かったのですが、その時に「ブナって気まぐれだな」と感じました。
	22	今日ブナの木的一年間や葉をみて、植物にはいろいろなものがあることが分かりました。実を落とすのも毎年ではなくてびっくりしました。
	23	今日、ブナの一年間の葉をみて、いろいろな変化があることが分かりました。
	29	今日は、木も子孫を残すためにがんばっていると分かりました。人間と同じように、来年の準備もしていてびっくりしました。
	31	また、ブナも実を落とす時期と落とさない時期があって驚きました。
	37	ブナは実の数が年によってすごい数の差でした。これも多い時は、動物が食べきれないほどにして、また新しい木が育っていくことが分かりました。それらの知恵が自分が育つためだと分かり、びっくりしました。
4	3	どんどん新しい枝が増えていくからかなと思いました。
	4	不思議に思ったのは、毎年実をつけるのではなく、違った年に実をつけることです。こうして、ブナも、子孫を残しているのだらうと、感じました。
	7	僕が一番驚いたことは、枝に芽鱗痕があるということは、年の感覚があるのかと思いました。
	15	一番最初に写真が配られて、そして、順番を予想してみたら、ハズレて、順番はC→B→H→A→E→F→D→Gでした。私は一番最初のCが春と思って、二番目のBは、少し夏～秋っていう感じがしました。
	16	例えばブナの実実は2～3年に1年しかできないと聞いて、すごく不思議に思いました。あと葉や枝の色やブナの葉のある高さによって枝の形が変わるのかとか、いろいろ知りたいです。
	25	実のできる年も、木が会話しているわけではないのに、量をみんな同じように増やしたり減らしているのも、すごいと思いました。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-4、図 5-5) に示したものと対応している。

表 5-11 (その 2) : B 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文 (続き)

クラス ター	児童 ID	クラスター化に用いた文
5	19	年によって実の数が違うのもびっくりしました。
	28	あと、びっくりしたのは、もういまの時期から芽があったことです。
	32	大きさが違うだけで、春夏秋冬くっきり違いが表れていて、びっくりしました。2000 年、2002 年でも違うことがあるんだなと思いました。
	33	特にびっくりしたことは、バネのような印があつて、それは年ごとに生えたという印でした。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-4、図 5-5) に示したものと対応している。

※以下の文は分類不可であった。

[児童 ID 30] A~H の順を当てて、見事全問正解になった。

(3) 考察

(i) 課題 1 に関して

B 校の授業では、映像教材『ブナ並べ替えクイズ』を一通り行った後に、映像撮影地の東大秩父演習林で採集されたブナの枝葉を小学校まで届けてもらい、各児童に 1 本ずつ配って観察させた (表 5-8)。これによって、各児童の既有経験の有無にかかわらず、その場で一次的映像による間接経験と枝葉の観察による直接経験とを結びつけることができた。X 校での事例のように、児童の既有経験に基づいて映像教材を開発することに加え、この B 校のように映像教材の提示後に関連する直接経験を与えることも、映像教材の効果的な使用方法として考えられる。今回は枝葉の観察であったが、例えば映像教材を用いた授業を行った後日に映像撮影地における現地体験学習を行う、といった展開も考えられる。

(ii) 課題 2 に関して

B 校の授業では、1 年の時間規模の現象を観察する『ブナ並べ替えクイズ』と複数年の時間規模の現象を観察する『ブナの芽吹きと開花』との関係において、X 校の事例 (1 年 : 『四季の映像』『山の 1 年』『ブナの 1 年』、複数年 : 『針葉樹の生長』) と比べて内容の連続性が高かったと考えられる。さらに、『ブナ並べ替えクイズ』と『ブナの芽吹きと開花』の間に実物のブナの枝葉の観察を行ったが (表 5-8)、これは前項で述べた『ブナ並べ替えクイズ』の後に行う直接経験という位置づけに加え、ブナの芽や芽鱗痕の観察によって複数年の時間規模を児童に意識させて『ブナの芽吹きと開花』の前に関連する既有経験を与えるとい

う位置づけも与えられたと見ることができる。以上のことから、B校の授業では、児童の観察の時間規模を1年から複数年へ、X校の授業と比べてより段階的に拡大することができた可能性が考えられる。

この観点で授業后感想文のクラスター化の結果（表 5-11）を見ると、1年と複数年の両方の時間規模を記述した児童（表 5-11 のクラスター2～4）が、X校およびA校の場合と比べて多く存在していることと繋がる。さらに、対応分析の布置図（図 5-5）を見ると、1年の時間規模の単語「一年」「季節」などと、複数年の時間規模の単語「毎年」「来年」「子孫」などの、それぞれに特徴づけられた児童が、X校およびA校の場合と比べて分離せずに布置されている様子も読み取れる。

以上より、B校の授業においては、児童の観察の時間規模は直接経験を含む形で段階的に拡大していったと考えられる。

(iii) 課題3に関して

映像教材『ブナの芽吹きと開花』は、ブナの豊凶現象というフェノロジーの年々変動の把握を意図しており、長期変化傾向との関連性は小さい。この点は児童も把握しやすいと考えられ、実際に感想文には長期変化傾向に関連するような記述は見られなかった（表 5-11）。しかし一方で、『ブナの芽吹きと開花』による観察においては、2000年と2002年の芽吹きのタイミングの違いを見出そうとした児童もいたことから（表 5-9 の 34:00、34:03）、このような展開でフェノロジーの長期変化傾向へと授業を展開できる可能性も同時に見出だせたと言える。

5.5 C校（中学校第1学年）

(1) 方法

千葉県のカ校にて、中学校第1学年105人に対し、総合的な学習の時間の『森と人間社

表 5-12 : C 校の授業で用いた教材一覧

番号	教材	ショット	概要
28	『ブナ並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A～H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。A～H の順に音付きの動画を約 10 秒ずつ再生するヒント動画と、音ありで時系列順に約 10 秒ずつ再生する解答動画もセットになっている。
30	『ブナの殻斗数え』	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、2000 年から 2002 年までの 3 年間の 10 月 6 日、10 日、18 日、28 日の 4 日、計 12 日の映像を A4 サイズに印刷したもの。
11	『四季の映像』 (季節なし日付なし版)	C1-S01	山の中景 (C1-S01) の春夏秋冬の特徴的な事象が観察できる日を、各季節 3 日ずつの計 12 日、各日 10 秒で季節順に再生。2004 年、2005 年、2007 年から映像を選択しており、月日の時系列順にはなっているが年月日の時系列順にはなっていない。上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにした。
31	『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』	C1-S03	山の遠景 (C1-S03) を、過去の管理記録をもとに CG で復元した映像。1925 年、1931 年、1941 年、1961 年、1974 年、1981 年、1986 年、1991 年、2001 年の 9 枚を A4 サイズに印刷し、2001 年以外の 8 枚の年号を伏せてランダムに A～H の文字のみを記述したもの。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像は付録 DVD に収録。

会』という単位として、2 校時にわたる授業を行った。教材開発者が授業進行も担当したため、A 校の事例と同じく自由に内容を決めることができた。授業は 10 月に実施したが、生徒は同じ年の 7 月に群馬県のブナ原生林で、9 月に千葉県のに里山林で、それぞれ現地体験学習を既に行っていた。そこで、現地体験という明確な既有経験から発展させる授業展開とし、現地体験学習に関連した教材を開発した。ブナ林に関連のある教材として『ブナ並べ替えクイズ』(表 5-12 の番号 28) と『ブナの殻斗数え』(表 5-12 の番号 30) を、里山林に関連のある教材として『四季の映像』(表 5-12 の番号 11) と『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』(表 5-12 の番号 31) を、それぞれ用いて授業を行った。

2 校時の授業のうち、前半はブナ林に関連する内容を、後半は里山林に関連する内容を扱った。δ 開発者がテレビ会議システムを用いて遠隔地から全体の進行を担当し、筆者が映像教材の操作を担当した。

(2) 結果

授業実践では、始めにブナ林と里山林の現地体験学習を行ったことを確認してから、開

発した教材を順次提示し、学習を進めていった（表 5-13、表 5-14）。いずれの映像教材も、撮影地を説明することなく提示したが、生徒らは特に戸惑うことなく取り組んでいる様子が窺えた。

授業を受けた生徒 105 人全員の感想文が得られた。そこから、時間概念に関する単語として、「変化」「移り変わり」「変わる」「四季」「春から冬」「季節」「1 日」「80 年」「1925-2001」「年」「1 年」「年々」「毎年」「何年」「間隔」「昔」「順番」「順」「子孫」「子ども」「時期」「歴史」「循環」「生長」「時間」の 25 語を選択した。次に、形態素解析の結果、頻出単語上位 10 語は表 5-15 のようになった。最頻出単語は「ブナ」となり、里山林に関する「自然」（林）、「人工」（林）よりも多くなったことから、ブナ林に関する学習のほうが生徒にとって印象深かったことが窺えた。そして、時間概念に関する単語を記述した生徒とその文を抽出した結果、105 人中 45 人の計 55 文となった。感想文全体に対する対応分析の布置図においては、ここで抽出された生徒は図 5-7 のように布置された。主な時間概念に関する単語の布置状況を合わせて見ると、主な時間概念に関する単語「季節」「年」「80 年」がいずれも原点付近に布置されているのに対して、それらを記述した生徒は原点付近に集まらず分散して布置されている。このことから、時間概念に関する単語が感想文全体の傾向に及ぼす影響は相対的に小さいことが読み取れる。

抽出された 45 人と、時間概念に関する単語との対応分析では、選択した時間概念に関する単語のうち、「変化」と「移り変わり」と「変わる」、「四季」と「春から冬」、「80 年」と「1925-2001」、「順番」と「順」、「子孫」と「子ども」をそれぞれ同義と判断し、その結果「変化」「季節」「80 年」「年」の 4 語を用いることとなった（表 5-16）。寄与率は第 1 成分が 39.02%、第 2 成分が 33.97%となり、45 人のうちの 29 人の児童とともに第 1 成分と第 2 成分によって図 5-7 のように布置された。各単語がそれぞれ離れて布置され、それぞれの付近に多くの児童が布置されていることから、各教材それぞれに対する個別の記述が大部分を占めており、複数の教材に関して時間規模の観点から記述した生徒が少なかったことが窺える。

表 5-13 : C 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (1 校時目)

経過 時間	人	発言や行動
(前略)		
13:33	δ 開発者	「これからブナの葉の並べ替えクイズってのを、班毎にやってもらいます。手元にカードが いっていますよね。ABC と書いてあります。これは 2002 年の 1 年間のブナの葉の様子を、 地上 25 メートルくらいのところで撮影したものです。最初が 4 月で、4 月から 12 月、春か ら冬までの 1 年間です。この順番を考えてみてください。その前に、映像を ABC の順でお 見せします。音があるので、春に鳥が鳴いたり夏にセミが鳴いたり、ヒントになります。」
14:57	筆者	『ブナ並べ替えクイズ』(8 枚版)の動画を再生。
16:25	δ 開発者	「それでは、各班で順番を考えてみてください。」
16:40	児童全員	『ブナ並べ替えクイズ』(8 枚版)を班毎に実施。
(中略)		
24:28	δ 開発者	「これでブナの並べ替えクイズは終わりますが、みなさん何か不思議に思ったことはありませんか？ 最初に花、そして実がつくって言いましたけど、今見てもらった 1 年間はどうか？ 花や実は無かったですね。そのあたりのことを次に観察してもらいます。ブナの 殻斗を数えましょう。これはクイズというより、研究者の人が実を数えたりということをデ ータとして取っています。今日はみなさんにそのお手伝いをしてもらおうと思います。」
26:14	児童全員	『ブナの殻斗数え』を班毎に実施。
(後略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

また、抽出された 45 人の生徒に対するクラスター化の結果、併合過程は図 5-9 のようになり、クラスター数の候補としては併合水準の上昇が大きくなる直前であるクラスター数 13、7、4 の 3 つの段階が考えられたが、時間規模の観点からの分析を行うことを考慮してクラスター数を 7 とすることを決定した。その結果、クラスター 1 には 1 年の時間規模の単語を記述した生徒が、クラスター 2 と 3 には 1 年と複数年の両方の時間規模の単語を記述した生徒が、クラスター 4 と 5 には複数年の時間規模の単語を記述した生徒が、それぞれ主に含まれる状況になった(表 5-17)。特に、クラスター 2 と 4 はブナに関して、クラスター 3 と 5 は自然林と人工林に関しての内容がそれぞれ主に記述されていた。

表 5-14 : C 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (2 校時目)

経過時間	人	発言や行動
(前略)		
00:58	δ 開発者	「森林にはいろんな木が生えていたりします。まず、最初に 1 年間の森林の様子を 2 分間にまとめたビデオを作りましたので、それをじっくり見てください。」
01:29	筆者	『四季の映像』を再生。
03:34	δ 開発者	「1 年間を 2 分で見で、聞いてもらいました。夏は緑一色で区別つかないですけど、秋、冬になれば落葉しますので、いろんな木があるのがわかると思います。見ていただいた森林には、大きく自然林と人工林があります。自然林は、主に落葉広葉樹があります。それと、人工林。人工林という言葉は聞いたことがありますか？ 人工林は、人が植えた林です。ほとんど針葉樹です。こうすることで、まず自然林と人工林があるっていうことを覚えてください。では、80 年間、80 年前から今までの森林の様子を考えてもらいます。今までビデオを見せていましたが、残念ながら 1995 年からしかないのです、今回は 80 年前までから今までの CG で絵を作っています。右下がビデオの画像です。左側に 80 年間の CG を作りました。自然林と、人工林、違いがわかりますか？ これをヒントに、班毎に CG のカードがあります。2001 年だけは書いてあります。80 年間からいくつか選んで、ABC が書いてあるので、古い順に並べてください。」
08:42	児童全員	『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』を班毎に実施。
(後略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 5-15 : C 校の感想文に記述された単語の頻度 (上位 10 語)

単語	頻度
ブナ	119
分かる	69
思う	67
知る	47
実	38
授業	37
自然	36
人工	35
見る	34
面白い	34

表 5-16 : 時間概念に関する各単語を記述した C 校の児童の人数および割合

単語	人数	割合(%)
80 年	15	14.3
変化	9	8.6
季節	7	6.7
年	7	6.7
1 年	5	4.8
子孫	5	4.8
昔	4	3.8
四季	3	2.9
何年	3	2.9
順番	3	2.9
毎年	2	1.9
時間	2	1.9
1 日	1	1.0
年々	1	1.0
間隔	1	1.0
時期	1	1.0
歴史	1	1.0
循環	1	1.0
生長	1	1.0

(n=105)

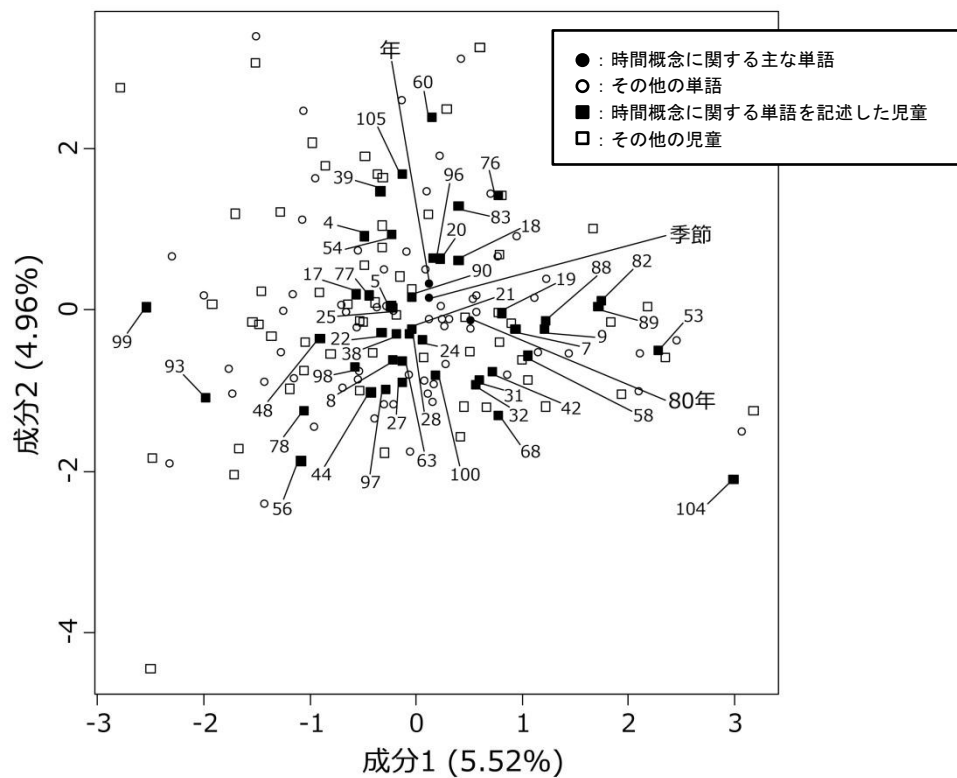


図 5-7 : C 校の感想文全体に対する対応分析結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-17 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 11・12)

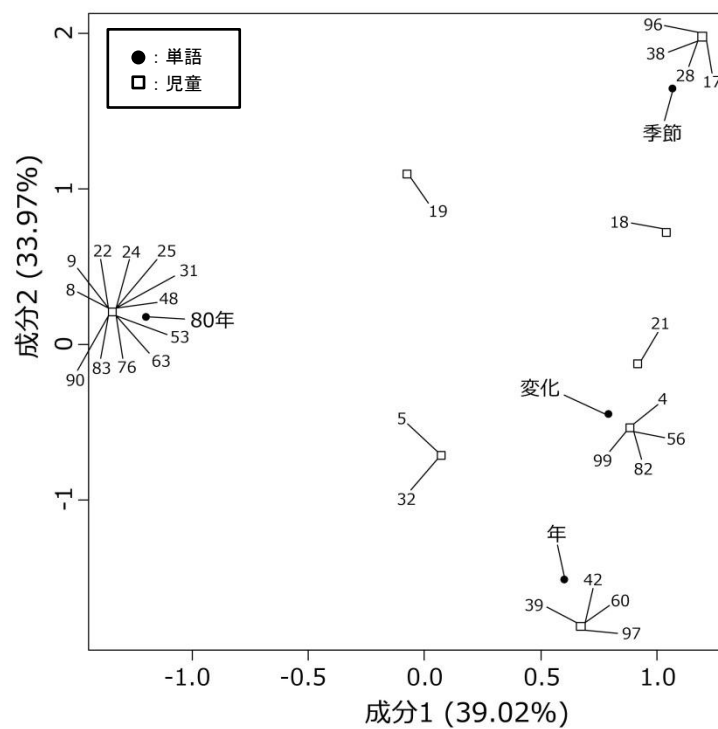


図 5-8 : C 校の対応分析の結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-17 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 13・14)

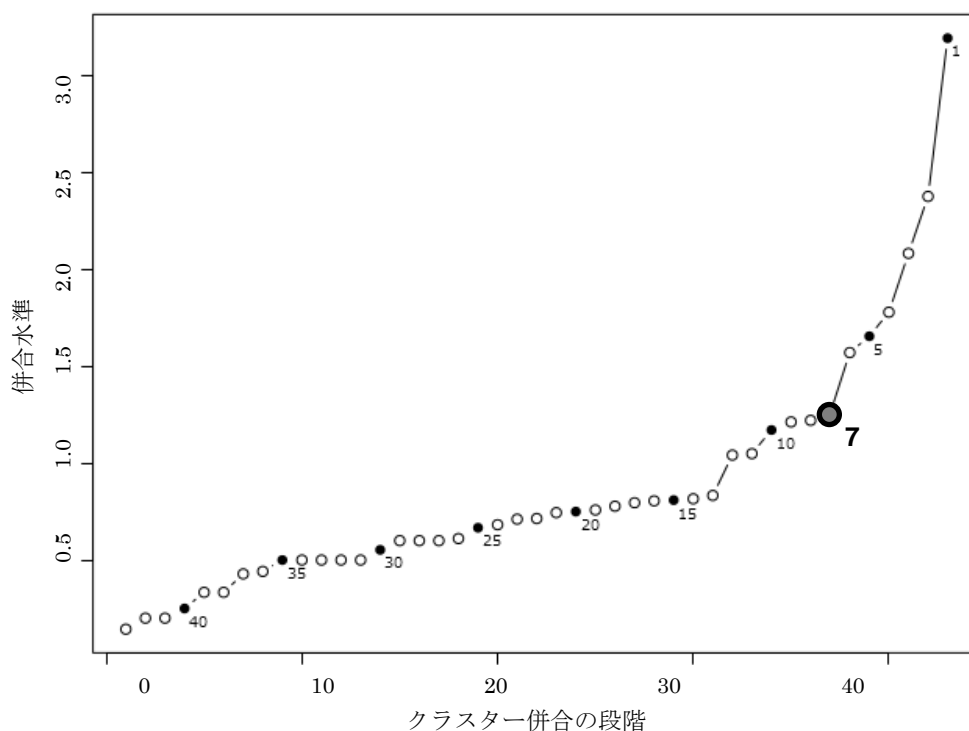


図 5-9 : C 校のクラスター化における併合の段階ごとの併合水準の推移

※クラスター数が 7 となった時点で併合を終了した。各段階の値は付録に掲載 (表 5-付 15)

表 5-17 (その 1) : C 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文

クラス ター	生徒 ID	クラスター化に用いた文
1	18	季節の移り変わりなども映像をよく見て知ることができたので良かったです。
	27	森の 1 年間のいろいろな顔が見れて良かったです。
	28	森林を季節ごとに見ることはなかったので、少しだけど、違いがあって面白かったです。
	38	他にも森林の 1 年間の季節なども分かったので、良かったです。
	78	ビデオも見て、森林の四季の 1 年を見ることができて良かった。
2	82	今まで森林の木や本数、人工・自然林の変化について、全然知らなかったし、あまり興味もありませんでした。人工・自然林のそれぞれの特徴や、実をつける時期と、生物の生態系の変化について調べてみたいです。
	89	森は切っては生えてまた切る…のように循環して成り立っていることを知りました。
	4	ブナの葉の色の変化についても知りたいと思いました。
	17	今日、一番面白かったのはブナの季節の並べ替えです。
	21	ブナの木は、4 年に 1 回しか種を作らないことが分かり、ブナの木は大切に扱って、いけないことが分かりました、ブナの枝葉並べ替えクイズをやって、ブナは季節によっていろいろ変わることが分かって、面白かったです。
	68	ブナの実には毎年できると思っていたのでびっくりした。人工林は毎年増えていることが分かった。
	77	ブナも人間と同じように子孫をはん榮させるために知恵をふりしぼって、必死に生きているんだなと思いました。
	96	意外と季節が分かりにくかった。昔は人力車を使っていたと知って、大変だったんだろうな、と思った。何年かに一度種を落とすと知って、一体どれくらいの期間で一度に種を落とすのだろうと疑問に思った。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-7、図 5-8) に示したものと対応している。

表 5-17 (その 2) : C 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文 (続き)

クラス ター	生徒 ID	クラスター化に用いた文
3	5	今日、授業を受けて、四季によるブナの変化や 80 年の森林の移り変わりなどよく分かった。どうやって同じ山のブナが、種を出す年と出さない年を合わせられるのか疑問に思った。
	8	自分が予想していたのとブナや 80 年の森林風景などの順番変えが全然違っていてその順番が分かったのもとても良かったです。
	25	クイズをして、ブナの枝葉の順番や過去 80 年間の森林の順番が分かったし、楽しかったです。
	31	80 年もの年月をかけて、森を作ったなんてびっくりしました。
	48	ブナの枝葉並べ替えクイズや、ブナの殻斗クイズ、80 年の森林風景クイズなどの興味を引くような授業で面白かったです。
	63	今までは気付かなかった、ブナの葉の様子も分かったし、過去 80 年間の森の様子や、1 年間のブナの葉の様子などが、カードやビデオがあって、とても分かりやすかったです。
	83	80 年間のブナ林と人間の関係を知れた。
4	90	80 年の森林風景カードを並べ替えるのが難しかった。
	20	ブナの葉や実は高いところにある事、ブナの実のことを「殻斗」という事、そしてその実には秘密があり、動物が少ないときに実を落として、子孫をたくさん残す事。
	32	絵などで 1925-2001 年までの森の変化を見て、1 回一気にすべての木を伐採してしまっていますが、今ではまた生えてきて、自然が大切なんだということに気づいているのがとても分かりました。
	39	ブナの実実は毎年じゃなくて、ある年に一気に落として種で子どもを作っている。殻斗は、ある年にしかできない。
	42	なぜならたくさんある年とまったくない年があったから。
	60	ブナは、実をつける年と間隔をあけていることも、初めて知りました。
	97	私は、殻斗がいきなりどんと増えている年がある理由が分かりました。
5	9	80 年間の森林の画像を見たら初めはたくさん木が生えていたのに少なくなってしまうと、自然林が少なくなってしまうと、人工林が増えていた。ブナは何年生きるのか？
	19	例えば、ブナの実「殻斗」ということや、ブナの季節によっての枝葉の様子を知ることができました。80 年間の森林画像並べは、私の班の予想は外れてしまいましたが、解答と照らし合わせてみてなるほどと思いました。
	22	80 年間の森林の画像で、私の班が思っていた並べ方と違ったので、森林のことを当てるのは、難しかったです。
	24	80 年間の森林画像並べをやって、自然林の数が少なくなると、人工林の数が多くなっていることが分かりました。
	53	80 年間の森林を見て徐々に人工林が増えているなあと思いました。
	76	80 年間の森林画像並べで、ものすごくたくさん的人工林が森林にあることが分かって、驚いた。
	7	昔の木が少なく大切にしないとと思った。
6	44	ビデオの風景を見た限りだと、昔と今では全く違っているんだなと思いました。
	54	また、写真を見ただけでどの順に撮影したのかが分かるなんてすごいと思いました。
	58	ブナの 1 年を見ていろいろなことがあるんだなと改めて思いました。
	88	1 つの森にも、数えきれないほどの歴史がある事がすごいと思いました。
	100	1 日だけの森を見るだけではなくて、何年かの森の風景を見ることによってより理解できるのが良いと思いました。
	105	動物も、意味なく食べているのではなく、子孫を残すために一生懸命食べているのかと思った。
	56	ビデオ映像で、年々変わっていることが分かりました。
7	93	ブナの生長についてよく分かったので良かったです。
	98	ブナは、子孫を残すためにいろいろな工夫をしていることが分かった。もっと身近な自然についても、観察したり、昔の姿を予想したりしたい。
	104	自然がとても長い時間をかけて出来上がっていることが分かりました。

※児童 ID は対応分析の結果 (図 5-7、図 5-8) に示したものと対応している。

※以下の文は分類不可であった。

[児童 ID 99] 春から冬にかけての葉の色の移り変わりの映像も楽しかったです。葉の色の移り変わりを詳しく見れて良かったです。

(3) 考察

(i) 課題 1 に関して

C 校の授業展開は、事前に行われていたブナ林および里山林における現地体験学習と関連させることを意図して作成された。この点に関して、これまでの授業実践との違いとして、映像教材の撮影地に関する説明をせずに提示したことが特徴として挙げられる。それでも、生徒らは疑問を持つことなく各教材の作業に取り組んでいたことが、授業の様子から読み取れた。つまり、映像教材の内容自体に既有経験との関連性があれば、映像の撮影地にかかわらず現地体験の事後学習教材として用いることができることが示唆されたと言える。

(ii) 課題 2 に関して

授業後感想文は、ブナ林関連の内容と里山林関連の内容の両方を含んだものとなったため、生徒によって内容がばらついたこともあり、多くの生徒が共通して記述した時間概念に関する語は少なかった（表 5-16）。その結果、対応分析に用いる語が 4 語のみとなり、布置図（図 5-7）ではほとんどの生徒が各語の付近にそれぞれ分離して布置されたため、時間規模の拡大過程に関しては対応分析の結果からは判断が難しい。クラスター化の結果でも、多くの生徒が共通して記述した時間概念に関する語が少ないために、「思う」や「分かる」といった時間概念と無関係の語が特徴的な単語であるクラスター（6 および 7）が出現した（表 5-17）。それでも、1 年と複数年の両方の時間規模を記述した生徒が多く含まれるクラスター（2 および 3）もあり、B 校で確認されたような時間規模の拡大は、この C 校でも一部の生徒で起こっていた可能性は見出された。ただし、教材を提示するときに 1 校時目、2 校時目のいずれも 1 年間の時間規模の教材を踏まえる形で複数年の時間規模を位置づけるような発話をした一方で、B 校の授業に比べると授業の経過時間に対する時間規模の拡大の速度は速かった（表 5-13、表 5-14）。このように時間規模を速く拡大したことが、多くの生徒が共通して記述した時間概念に関する語が少なかった一因である可能性も考えられる。

(iii) 課題 3 に関して

この C 校の授業では 80 年という時間規模を扱ったが、生徒は特に問題なく扱っていたこ

とが、授業の様子や感想文の記述から読み取れた。ただし、内容は人工林と自然林の変遷であり、フェノロジーのような年々変動と長期変化傾向の区別を把握する必要はないため、理解の難易度はフェノロジーの長期的観察と比べると易しかったと考えられる。

5.6 D 校 (小学校第 4 学年)

(1) 方法

山梨県の D 校にて、小学校第 4 学年 55 人に対し、総合的な学習の時間『森林から四季の変化や森と生き物の関わりを学ぶ』の単元で、映像アーカイブによる教材を用いた授業を 2 校時にわたって行った。これまで、小学校第 6 学年および中学校第 1 学年の児童・生徒に対して授業実践を繰り返してきたが、より低年齢の児童の学習への導入も検討する意義があると考えて行った。授業は学校教員 2 名 (σ 教員、 ω 教員) が担当するため、X 校および B 校の事例と同様に、教員の要望を聞く形で授業に用いる教材を開発した。教材の検討においては、これまでの X 校および A 校、B 校、C 校の授業実践で用いた教材を教員に提示したうえで、直接の面談によって教員の意見を聞いた。授業は、 σ 教員が主に授業進行を担当し、 δ 開発者がテレビ会議システムを用いて遠隔地から映像教材の解説を、筆者が現地で映像教材の操作を、それぞれ行った。

(2) 結果

教員の授業方針は、1 校時目に四季の学習を行い、2 校時目に動物の学習を行うというものであり、それぞれに対応する教材を要望された (表 5-18)。1 校時目に対しては、これまでの授業実践の成果を受けて、『ブナ並べ替えクイズ』(8 枚版) (表 5-19 の番号 28) と『山並べ替えクイズ』(8 枚版) (表 5-19 の番号 25) の使用を提案した (表 5-18)。これに対して教員から、最初にブナの並べ替えを 8 枚ではなく春夏秋冬に対応した 4 枚で行いたいとい

う要望が出されたため（表 5-20 の教 14）、春夏秋冬に明確に対応する 4 枚を抜粋した（表 5-21 の対 13）。2 校時目に対しては、対象とする映像アーカイブには動画として動物はほとんど映っていないが、音であれば鳥やセミの鳴き声が聞けるため、音のみを聞いて鳴き声を当てるクイズ形式の教材を開発した（表 5-19 の番号 33）。結果的に、2 時間目の授業は動物を題材とし、フェノロジー観察と関係の薄いものとなったため、以降の分析では 1 時間目の授業のみを対象とする。

実際の 1 時間目の授業では、開発した教材が以下の順で児童に提示された。

1. 【32】『ブナ並べ替えクイズ』（4 枚版） [01:00]
2. 【25】『山並べ替えクイズ』（8 枚版） [03:50]

（【】内の数字は表 5-19 と対応。[]内は提示した時点の授業からの経過時間（分：秒））

8 枚から 4 枚に変更した『ブナ並べ替えクイズ』については、児童らは難なく 4 枚の並べ替えを行うことができた（表 5-22 の経過時間 1:14～3:10）。そして、その後の『山並べ替えクイズ』は 8 枚で行ったが、そこでも教員はまず児童に春夏秋冬の各季節に該当するカードを考えさせ、その次に各季節の中での順番を考えさせる、という 2 段階構成をとった（表 5-22 の経過時間 23:57）。その際には、『山並べ替えクイズ』において『ブナ並べ替えクイズ』の経験を生かして考えている児童の発言が見られた（表 5-22 の経過時間 23:49）。また、この 8 枚の『山並べ替えクイズ』は、最初にカードの静止画のみで行わせ（表 5-22 の経過時間 05:05）、続いて動画と音声を提示して再度考えさせる（表 5-22 の経過時間 06:48）、という B 校の教員が行ったものと同様の展開が行われた。

授業を受けた児童 55 人のうち、44 人の感想文が得られた。そこから、時間概念に関する単語として、「四季」「春夏秋冬」「春」「夏」「秋」「冬」「季節」「育つ」「伸びる」「変化」「変わる」「1 年」「違う」「順番」の 14 語を選択した。次に、形態素解析の結果、頻出単語上位 10 語は表 5-23 のようになった。授業の主題である「春夏秋冬」が頻出したことから、教員の授業意図がある程度児童に伝わっていることが窺える。また、「森」よりも「木」が頻出したことから、森林よりも樹木の季節変化として把握した児童が多かったことが窺える。

そして、時間概念に関する単語を記述した生徒とその文を抽出した結果、44 人中 30 人の計 39 文となった。感想文全体に対する対応分析の布置図においては、ここで抽出された生徒は図 5-10 のように布置された。主な時間概念に関する単語の布置状況を合わせて見ると、春夏秋冬そのものを記述する児童と、「季節」による「違い」について記述する児童と、大きく 2 つの方向性があるように読み取れる。

抽出された 30 人と、時間概念に関する単語との対応分析では、選択した時間概念に関する単語のうち、「四季」と「春夏秋冬」、「育つ」と「伸びる」、「変化」と「変わる」をそれぞれ同義と判断し、その結果「四季」「春」「夏」「秋」「季節」「変化」「違う」「順番」の 8 語を用いることとなった（表 5-24）。寄与率は第 1 成分が 25.11%、第 2 成分が 21.82% となり、30 人のうちの 29 人の児童とともに第 1 成分と第 2 成分によって図 5-11 のように布置された。「四季」「季節」「変化」「違う」の 4 語の付近に多くの児童が布置されていることが読み取れる。

また、抽出された 30 人の児童に対するクラスター化の結果、併合過程は図 5-12 のようになり、クラスター数の候補としては併合水準の上昇が大きくなる直前であるクラスター数 12、7、4 の 3 つの段階が考えられたが、12 および 7 の場合は 2 人のクラスターが発生しクラスター化が十分ではないと判断したため、クラスター数を 4 とすることを決定した。授業は 1 年の時間規模のみを扱ったため、時間規模に関するクラスター化とはならず、「分かった」「思った」「勉強した」といった語によってクラスターが併合されている様子が読み取れた。

表 5-18 : D 校における教材開発過程の概要

提示教材	修正教材	教員の要望	対応方針
【28】『ブナ並べ替えクイズ』(8 枚版)	【32】『ブナ並べ替えクイズ』(4 枚版)	[教 14]	[対 13]
【25】『山並べ替えクイズ』(8 枚版)	【25】『山並べ替えクイズ』(8 枚版)		
映像アーカイブ	【33】『動物の鳴き声クイズ』	[教 15]	[対 14]

※ 【】 内の番号は表 5-19 と対応。[教 14][教 15]は表 5-20 と対応。[対 13] [対 14]は表 5-21 と対応。

表 5-19 : D 校における教材開発過程で提示および開発された教材一覧 (試作を含む)

番号	教材	ショット	概要
28	『ブナ並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A～H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。A～H の順に音付きの動画を約 10 秒ずつ再生するヒント映像と、音ありで時系列順に約 10 秒ずつ再生する解答動画もセットになっている。
32	『ブナ並べ替えクイズ』 (4 枚版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、春夏秋冬の順が推測できるような事象が観察できる日を 4 日選び、年月日を伏せてランダムに A～D の文字のみを記述した 4 枚の A4 サイズカードにしたもの。
25	『山並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C1-S01	山の中景 (C1-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A～H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。A～H の各ひの音付きの動画 (約 10 秒) を再生するヒント映像と、音ありで時系列順に約 10 秒ずつ再生する解答動画もセットになっている。
33	『動物の鳴き声クイズ』	—	ウグイス、ホオジロ、エゾゼミ、エゾハルゼミ、シカの鳴き声、およびコゲラのドラミング音を、それぞれの動物の名前を伏せて再生し、何の動物かを当てるクイズ。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像は DVD に収録。

表 5-20 : D 校における教材開発過程での教員の要望

番号	教員の要望
教 14	[D01] 最初にブナの並べ替えを 8 枚ではなく春夏秋冬の 4 枚で行い、続いて山の並べ替えを 8 枚でやるようにしたい。
教 15	[D02] 植物だけでなく動物も扱いたい。

※教材開発過程との対応については表 5-18 を参照。

表 5-21 : D 校における教材開発過程での教員の要望に対する教材開発者の対応

番号	教員の要望
対 13	ブナ並べ替えクイズは、8 枚版から春夏秋冬の移り変わりが顕著な 4 枚を抜粋して、4 枚版とした。
対 14	動画には動物は鳥や昆虫が小さく映る程度であるため、鳴き声に注目し音声のみを用いた鳴き声クイズを開発した。

※教材開発過程との対応については表 5-18 を参照。

表 5-22 (その 1) : D 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録

経過時間	人	発言や行動
00:18	σ 教員	「さて、今日は楽しみですね。どんな授業になるのだろう。今日は、何を勉強するかという と？ これなんて言う？」
00:34	児童数人	「季節。」「四季。」
00:37	σ 教員	「うん、四季。四季は何があるんだっけ？」
00:40	児童数人	「春夏秋冬。」
00:43	σ 教員	「春と、夏と、秋と、冬と、ですね。この勉強をしていきたいと思います。それでね、先生こ ういうのを持ってきたんですけど、わかる？」
01:00	σ 教員	映像教材『ブナ並べ替えクイズ（4 枚版）』を黒板に貼る。
01:12	児童？	「先生これ同じ木ですか？」
01:14	σ 教員	「そう、同じ木なの。これブナの木っていうんですが、4 枚あるよね。春夏秋冬に、順番に 並べてくれませんか？ 誰か、どうですか？ はい、じゃあ j さん。」
01:40	児童 j	冬のカードを正しく配置。
01:49	σ 教員	「理由をどうぞ。」
01:51	児童 j	「雪が積もっているの、雪が降るのは冬だと思った。」
02:05	σ 教員	「次はどうでしょう？ 次は？ はい、k さん。」
02:06	児童 k	春のカードを正しく配置。
02:18	σ 教員	「はい、理由をどうぞ。」
02:20	児童 k	「春は葉がすぐ出てきたように緑色な感じ。」
02:38	σ 教員	「違うって人いますか？ じゃあこれで、あと 2 つだ。じゃあ、はい l さん。」
02:57	児童 l	秋のカードを正しく配置。
03:00	σ 教員	「理由をどうぞ。」
03:01	児童 l	「葉が紅葉しているので秋だと思いました。」
03:06	σ 教員	「はい、OK ですね。ということで、じゃあこれは？」
03:10	児童数人	「夏。」
03:11	σ 教員	「はい、じゃあ 4 枚を並べてみました。4 枚だと結構簡単だね？ でも今日は、もっとた くさんのカードをみんなに見てもらって、そして、順番に並べてもらいたいんだ。ただ、季 節が変わっていく順に並べるんだけど、8 枚あるけど、2 枚ずつとは限りません。ただ、順番 はこの順。いいですか？ じゃあね、みんなの机の下に小さな箱があるので、それを出して ください。その中にこういうカードが入っているでしょ？ 一人一袋ずつもらってください。 袋から出して、カードだけにしてください。袋は箱の中に入れちゃってください。」
03:50	児童全員	映像教材『山並べ替えカード（8 枚版）』を準備。
05:04	児童？	「同じ山を撮ったものか。」
05:05	σ 教員	「そうだね。全部同じ山を撮ったものです。そのとおり。じゃあね、カードをちょっと春夏 秋冬の順に並べてみてくれますか？ で、うーんこれわからないなーっていうのがあると思う んで、それを考えてもらえますか？ じゃあ始めてください。」
05:50	児童全員	カードの並べ替えを行う。
06:48	σ 教員	「はい、すごーくすごーく迷うところがあつてわかんないよーって人がいるよね。そこで、 今から、A から順に実際の映像が流れるよ。で、音も聞こえるので、そのときの様子がよく わかるようになっていく。それがたぶん、ヒントになると思うんだ。それでね、聞きながら、 みんなのプリントの、自分の考えのところが少し空いてるよね。あとで ABCD って書いても らうんだけど、このところが少し空いてるので、メモしてもいいよ。例えば、A はこんな音 が聞こえたから春とかね。じゃあいくよ？ 用意はいい？ A からいくよ。」
08:00	筆者	映像教材『山並べ替えカード・ヒント動画』を再生。
08:05	児童数人	ウグイスの鳴き声に「あ。」と気付いた様子。
08:14	児童数人	エゾゼミの鳴き声に「あ、わかった。」などと反応。
08:47	児童数人	センダイムシクイの鳴き声に「春だ。」などと反応。
09:24	σ 教員	「ちょっとヒントになったかな？ じゃあ、自分のところにメモしたかな？ わかったか な？ 少し自分の考えを、じゃあもう一回まとめてみましょう。じゃあ、どうぞ。」
09:40	児童全員	再度カードの並べ替えを行う。

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 5-22 (その 2) : D 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (続き)

経過時間	人	発言や行動
10:48	σ 教員	「次は、班で話し合って、一つの考えにまとめてもらいたい。このヒントがもう一度ほしいんだけど、ていうのがあったら聞くので、その班は手をあげて言ってください。」
11:45	児童全員	班で相談して再度カードの並べ替えを行う。
13:25	σ 教員	「話し合ってる途中ですが、ヒントがほしいところが出てきました。はい、どこですか？」
13:35	児童数人	「C。」
13:44	筆者	映像教材『山並べ替えカード』の C の部分の動画を再生。
14:04	σ 教員	「何かの音が聞こえてる。何だろう？　じゃあ他のヒントがほしいところ。」
14:13	児童数人	「B。」
14:24	筆者	映像教材『山並べ替えカード』の B の部分の動画を再生。
14:39	σ 教員	「何か音が聞こえますね。何でしょう？　はいじゃあ他にほしい班。どうぞ。」
14:44	児童数人	「F。」
15:00	筆者	映像教材『山並べ替えカード・ヒント動画』の F の部分を再生。
15:13	σ 教員	「はい、いいですか？　はい、他にヒントほしい班。はい、どうぞ。」
15:18	児童数人	「E。」
15:29	筆者	映像教材『山並べ替えカード・ヒント動画』の E の部分を再生。
15:43	σ 教員	「はい、じゃあヒントはいいでしょうか？　まだほしい？」
15:46	児童数人	「A。」
15:56	筆者	映像教材『山並べ替えカード・ヒント動画』の A の部分を再生。
16:05	σ 教員	「はい、わかりましたか？　はい、じゃあ残りの時間考えてください。」
16:10	児童全員	班で再度相談してカードの並べ替えを行う。
19:15	σ 教員	「はい。じゃあ、しっかりまとまっていなくてもいいかもしれませんが、班の意見を聞いてもいいですか？　はい、じゃあどこかの班。理由も付け加えてくれるとありがたいな。どうでしょうか。はいどうぞ。はい、m さんの班。出てきていいよ。みんな聞いてくださいね。」
19:54	児童 m	「F は花が咲いているから春だと思いました。A と E は鳥の声がしたから春だと思いました。B と C は、セミみたいな声がしたから夏。G と D は紅葉しているから秋だと思う。H は雪が降っているから冬だと思います。」
20:44	σ 教員	「どうでしょう、他の班どうですか？　同じ？　違う？　はいこの班。」
22:00	児童 n	「E は夏。葉がいっぱい茂っている。B はセミの声がした。秋は G と D で紅葉しているから。」
22:54	σ 教員	「はい、という班もありますが、他はどうですか？　じゃあさっきの、E が春になるのか夏になるのか？　はい、意見どうですか？　はい、p さんどうぞ。」
23:18	児童 p	「E は緑色の葉なので春だと思います。」
23:28	σ 教員	「葉っぱの色が春のような緑だ。はい、どうですか？　他に意見はありますか？　はい。」
23:49	児童 q	「E は春の、上の一番最初にやった D の写真みたいに葉の色が明るいから。」
23:57	σ 教員	「あーなるほど。最初にやったこの色と同じだ。だから春じゃないかって。はい、じゃあみんな、春の中にも夏の中にも何枚かあるよね。これ全部順番があるんだけど、どうでしょう？　一番早いのはどれ？　みんなまとめてはくれたけど、じゃあ一番早いのはどれ？　はい、どうぞ。」
25:00	児童 r	「最初に A。A はまだ葉っぱが少ないから。だんだん夏になると葉が茂ってくると思ったので。次に F で、これもまだあまり、E に比べたら葉も少ないので。E が春の最後。夏は B で、今度は C だと思いました。C は少し紅葉がここらへんに見えていたので、だんだん秋に近づいてきていると思いました。秋は最初に G で。D のほうが葉が少ないからだと思いました。冬になると、葉っぱがなくなってくるので、それで冬に近づいているんだと思いました。冬は H だと思います。理由は、葉がなく雪がつもっていたからです。」
27:25	σ 教員	「ということで、並べてくれました。他の班の人、意見はありますか？　どうでしょう？　同じですか？　違いますか？　さて、どれが正しいんでしょうね？　ということで、この正解は先生が言うのではなく、東大の δ 先生にお話を聞いてみたいと思います。じゃあ、δ 先生です。みなさん、ご挨拶をしましょう。」

(後略)

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

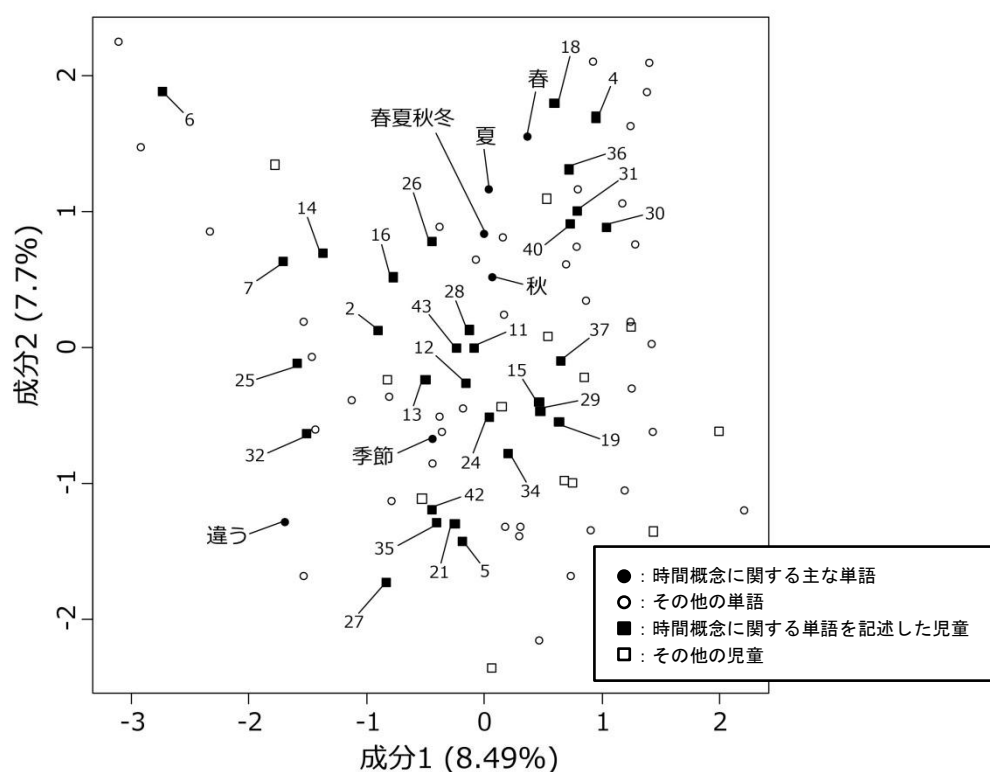


図 5-10 : D 校の感想文全体に対する対応分析結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-25 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 16・17)

表 5-23 : D 校の感想文に
記述された単語の頻度
(上位 10 語)

単語	頻度
分かる	34
勉強	22
木	20
今日	19
思う	17
季節	15
春夏秋冬	14
ブナ	13
葉	13
森	11

表 5-24 : 時間概念に関する
各単語を記述した D 校の児
童の人数および割合

単語	人数	割合(%)
四季	15	34.1
季節	12	27.3
変化	8	18.2
夏	6	13.6
春	4	9.1
違う	4	9.1
秋	4	9.1
順番	3	6.8
冬	2	4.6
育つ	2	4.6
1 年	2	4.6

(n=44)

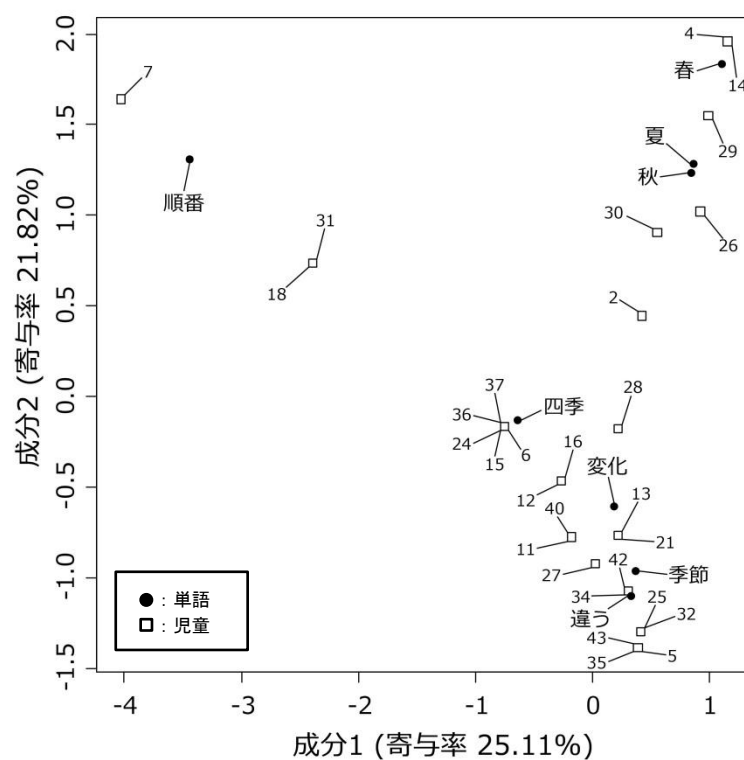


図 5-11 : D 校の対応分析の結果の同時布置図

※プロットの数字は児童 ID で表 5-25 と対応。各プロットの値は付録に掲載 (表 5-付 18・19)

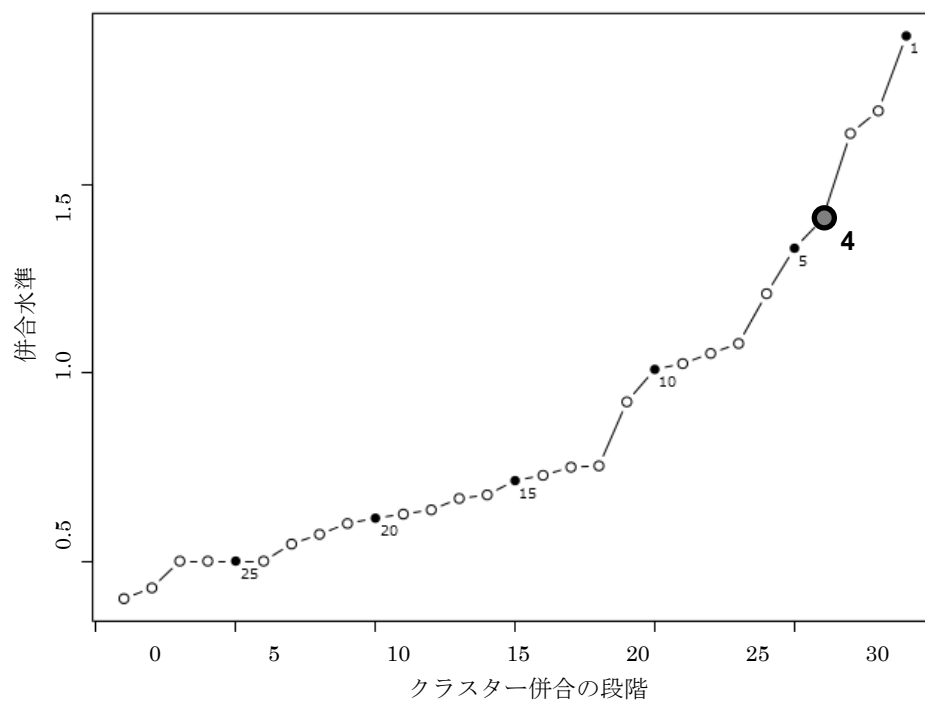


図 5-12 : D 校のクラスター化における併合の段階ごとの併合水準の推移

※クラスター数が 4 となった時点で併合を終了した。各段階の値は付録に掲載 (表 5-付 20)

表 5-25 : D 校の各クラスターに含まれる児童およびその分析対象の文

クラス ター	児童 ID	クラスター化に用いた文
1	2	春夏秋冬では、「木」や「葉」の色が違い、少しの色でも、夏になるか秋になるか、あまり分かりませんでした。
	4	最初に春の写真はどれか、夏の写真はどれか、という勉強をしました。
	7	どんな順番で葉が育っていくのかが分かった。
	11	春夏秋冬の季節が葉で分かるのを初めて知りました。
	14	葉の色や鳥の鳴き声で春とか夏が分かるなんてびっくりしました。
	25	季節は、葉の色や、虫や、鳥などが、違えば、何でも、自分の思った通りになると思ったのですが、音なども、関係があることが分かりました。
	26	今日は、季節のことがいろいろ分かりました。春は鳥が鳴いていたり、夏はセミが鳴いていたり、秋は紅葉してたり、冬は雪が積もってたりしていました。
	29	クリの木は秋の最後に紅葉するということが分かりました。
	30	四季のことを勉強して、山の様子を見て、どれが春か秋か夏か冬かを比べました。春と夏の変わり方が難しかったです。
2	32	1年間であんなに枝が伸びると知って、びっくりしました。あと、季節によって葉の色が違ったり鳥が鳴いていたり、いろいろなことを知ってとても勉強になりました。
	5	今日は、ブナの木のことや、いろいろな季節のことが学べたと思います。
	13	いつも見ている葉がこんな変わり方をしているとは思ってもいなかったです。
	21	あと、森にはこういう変わり方があって、とても面白いと思いました。
	28	山の春夏秋冬の写真は、B はセミの音がしたから確実に夏だと思いました。ブナの木、葉が季節によって色が変わったのはびっくりです。
	34	ブナの木は季節ごとにすぐ変わるのを教えてもらって、とても勉強になりました。班で季節を当てるのに意見を申し合いました。
3	42	季節によってブナの木が変わっているのが見えました。いろんな季節で葉は紅葉したりするんだなあ。
	6	春夏秋冬では、いろいろな虫の鳴き声とか、鳥の鳴き声が聞こえたので、すぐ分かりました。
	12	山は、春夏秋冬のうちに変化していることが分かりました。
	15	春夏秋冬の木の様子が分かって良かった。
	16	春夏秋冬によって、いろいろに色が変わるのが分かって良かったし、すごく勉強になった。
	19	1年間の森や木の様子を勉強して良かったです。
	24	いろいろな木の名前とか、春夏秋冬の森がどうなっているのか見れて良かった。
	27	四季によって木の様子が全然違いました。あと、同じ季節なのに木の様子が違ったので、びっくりしました。
	31	春夏秋冬の順が当たって嬉しかったです。春夏秋冬を通じて森がどうなっていくかを学んだ。
4	37	今日は春夏秋冬の植物の様子がよく分かり、山の紅葉したり枯れたりする理由が分かり面白かったです。
	18	今日、春夏秋冬の順に写真を並べて勉強しました。
	35	私は、季節の勉強をやったと思いました。
	36	今日は、春夏秋冬の森の勉強をしました。
	40	今日は春夏秋冬（季節）のことを学びました。山の写真をその季節で並べました。
	43	私は、今日、季節の勉強をしました。

※児童 ID は対応分析の結果（図 5-8、表 5-28）に示したものと対応している。

(3) 考察

(i) 課題1に関して

『山並べ替えクイズ』および『ブナ並べ替えクイズ』は、これまでいずれも8枚を並べ替えるものとして用いていたが、今回のD校の授業では、教員の要望を受け、『ブナ並べ替えクイズ』のほうを4枚に減らして行うこととなった。この点に関しては、X校の教員から、児童の季節感は春夏秋冬しかないという意見が出ていた（表4-3のX18）。今回は授業対象がこれまでより低年齢の小学校第4学年という点もあり、この児童の既存の季節感により忠実な形で導入教材を開発した。これによって『ブナ並べ替えクイズ』が学習者の既有経験である四季（春夏秋冬）とより直接的に繋がる形となったと考えられる。その後の『山並べ替えクイズ』では、まず春夏秋冬で次に各季節の中での順番を考えさせるという2段階構成をとったことで（表5-25の経過時間23:57）、『ブナ並べ替えクイズ』（4枚版）と『山並べ替えクイズ』（8枚版）との繋がりがより明確になったと考えられる。実際に、『山並べ替えクイズ』において『ブナ並べ替えクイズ』の経験を生かして考えている児童の発言が出たことから（表5-25の経過時間23:49）、2つの教材間の繋がりの強さが窺える。

また、感想文の対応分析結果では、教材のクイズ性を表す「順番」に特徴づけられた児童が相対的に少なく（図5-11）、並べ替えクイズがA校で見られたような単なる興味喚起のための教材とはなっていないことが窺える。これは、児童の既存経験に忠実であることだけでなく、児童に考えさせる時間を多く確保し、意見を発表させるなどの授業展開としたことが要因となっていると考えられる。

その成果として、感想文の内容を見ると、春夏秋冬で葉や音が変化していくことを今回初めて把握できたような記述や（表5-25のクラスター1：児童ID11・14・32、クラスター2：児童ID13・28、など）、春夏秋冬の各季節の中にさらに細かい変化があることに関する記述などがあり（表5-25のクラスター3：児童ID27）、春夏秋冬という四季の概念のみを既存経験としていた児童が春夏秋冬とフェノロジーの関係に気づき、四季よりさらに細かい時系列変化に目を向ける契機となったと考えられる。つまり、時間規模の観点では同

じ 1 年であるが、その中での変化を既有経験に基づいて段階的に時間認識をより詳細化していく過程が読み取れた。フェノロジーの長期的観察を行うにあたって日単位の観察が求められることを考えると、時間認識の詳細化は重要な学習要素として位置づけることができる。

5.7 E 校 (中学校科学部)

(1) 方法

これまで A 校から D 校まで 4 校における授業実践を行ってきたが、A 校で扱ったフェノロジーの年々変動の把握について、教材開発の方向性が十分に議論できていないと考えた。そこで、神奈川県 E 校にて、中学校の生徒 9 名（科学部所属の第 2 学年 6 名、第 3 学年 3 名）に対し、2 時間ずつ 3 日間の授業を行った。この授業は、E 校が主催する科学コミュニケーション講座の一環として行ったため、授業後には中学生が自ら授業で学んだ内容を研究発表形式でプレゼンテーションするという事になっていた。そこで、1 日目に事前学習として近隣の里山林でフィールドワークを行ない、2 日目に映像アーカイブを用いたカシミザクラ満開日の観察を行う授業展開を考案した。そして、3 日目にプレゼンテーションの準備を行うこととした。つまり、以上の展開の中で 2 日目の授業でフェノロジーの年々変動の把握について検討した。

表 5-26 : E 校の授業で用いた教材一覧

番号	教材	ショット	概要
25	『山並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C1-S01	山の中景 (C1-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A~H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。答え合わせ用として、8 日の映像を音ありで時系列順に 1 日 10 秒程度で再生する動画もセットになっている。
34	『サクラ満開日の観察』	C1-S06	C1-S06 の 4 月 16 日から 5 月 15 日までの日々の映像を、1997 年から 2011 年まで 5 年分ごとに A0 用紙に並べて印刷したもの。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像は付録 DVD に収録。

2 日目の授業は、1 日目のフィールドワークを踏まえて、『山並べ替えクイズ』(8 枚版)(表 5-26 の番号 25)を用いて季節変化の観察を行った後に、『サクラ満開日の観察』(表 5-26 の番号 34)を用いて 1997 年から 2011 年までの 15 年間のカスミザクラ満開日の観察を行った。A 校の授業で、2 カ年のみの観察によって誤解を与えたことを受け、15 年間全てを観察させることとした。

筆者が授業進行および教材の操作を担当した。なお、この授業は対象の生徒が 9 人と少ないため、授業后感想文の計量テキスト分析は行わず、内容の質的分析のみを行った。

(2) 結果

2 日目の授業は、1 日目のフィールドワークの振り返りを行った後に、『山並べ替えクイズ』を行った(表 5-27 の経過時間 29:00)。これまでは最初の 1 枚のみ正解を提示した形で行ったが、今回は中学生ということもあり、ヒントを全く出さずに行ったが、正解者はそれほど多くなかった。ヒントがあれば小学校第 4 学年の児童でも正解できる可能性が D 校で見出されており、この教材についてはいかに適切なヒントを出すかがポイントとなってくるようである。その後、続いて『サクラ満開日の観察』を行ったが、全員が 15 年全てを観察するのではなく、9 名を 3 班に分け各班が 5 年ずつ分担した。満開日は本論第 3 章 (3.4)と同じ定義で観察できるように説明を行った(表 5-27 の経過時間 48:48)。結果、生徒らによって観察された満開日(表 5-28)は、本論第 3 章で観察した満開日と比較すると、第 3 章で満開日を決定できなかった 1998 年を除くと、両者が一致した年は 8 年あり、残り 6 年は 1 日の差が生じた。そして、観察後には実際に別の場所の 50 年間の満開日データを示しながら、15 年間の観察では長期変化傾向としての温暖化の影響は把握できないこと、しかし年々変動を自身で観察することは重要であることを、平均気温のデータも示しながら説明した(表 5-27 の経過時間 1:30:27)。以上のように『山並べ替えクイズ』と『サクラ満開日の観察』を用いた学習を行ったが、これまでの授業実践の成果を参考にして、出来るだけフィールドワークという既有経験に基づく形で学習内容が連続していくような発話に努

めた。

授業を受けた生徒 9 人の感想文を見ると、9 人のうち 8 人がサクラ満開日の観察に関する記述をした（表 5-29）。生徒 ID 1・2・5・7 は年々変動として把握したと読み取れ、生徒 ID 6 は長期変化傾向として把握しようとしている様子が読み取れた。

そして、プレゼンテーションにおいては、生徒らが発表した結果および考察は以下のようであった。

[結果]

- ・ 15 年間カスミザクラの満開日は少しだけ早くなっている。
- ・ グラフのように気温が高い年は満開日が高い。

[考察]

- ・ 15 年間では温暖化の影響は見られない。
- ・ 15 年間だけではなくもっと長い期間を調べるのが大切である。

表 5-27 (その 1) : E 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録

経過 時間	人	発言や行動
(前略)		
29:00	筆者	「今から四季並べ替えクイズをやってもらいます。A から H まで 8 枚ありますよね。これは、東京大学の埼玉県の秩父というところにある演習林で撮影された 1 年間の映像のうち 8 枚です。これを、季節の移り変わる順に並べ替えてほしいんです。制限時間は 5 分です。」
30:37	生徒全員	『山並べ替えクイズ』(8 枚版) を各自で実施。
37:25	筆者	「ヒントを出したいと思います。これは動画も撮っていて、音も撮っています。これから動画を見てもらいます。音も流れますので、そこに並べ替えのヒントがあるかもしれません。」
38:38	筆者	『山並べ替えクイズ』(8 枚版) の動画を再生。
40:04	筆者	「はい、以上です。さっきと変わらなくても良いので、もう一度考えてみてください。」
40:37	生徒全員	『山並べ替えクイズ』(8 枚版) を各自で再び実施。
(中略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 5-27 (その 2) : E 校における授業での映像教材提示前後の逐語記録 (続き)

経過 時間	人	発言や行動
(中略)		
48:48	筆者	「みなさん、カードをもう一回見て欲しいんですけど、針葉樹と広葉樹が両方写っていたのがわかりましたか？ 奥が人工林、手前が自然林ですね。昨日の森林も、こういう季節変化をしているわけですね。さて、いよいよ温暖化の核心に迫っていきたいのですが、季節変化は毎年同じですか？ 何か、季節変化で変わることってありますか？ さっき、F は 5 月 2 日でした。もし、地球がものすごく温暖化したら、5 月 2 日はどうなりますか？」
51:50	生徒 a	「暑くなる。」
51:52	筆者	「まあ暑くなるんだけど、山はどうなる？」
51:59	生徒 a	「植物が枯れる。」
52:01	筆者	「でも、熱帯にも植物はありますよね。」
52:27	生徒 b	「熱帯に強い動植物が増える。」
52:30	筆者	「それは正しいかもしれない。でも、もう少し単純に考えてほしいんだ。例えば、5 月 2 日が B みたいになるかもしれないってのはどうですか？ サクラが咲く時期って毎年同じ日に咲いて同じ時期に散っていくわけではないことは、みなさんよく知っているかもしれませんが。今回は F のカスミザクラ、ここの年は 5 月 2 日が満開でした。他の年はどうなのかっていうのは、さっき説明した 15 年分の映像があるので、みなさん観察することができるとですね。今日はその映像を全部持ってきました。なので、この後みなさんに、このサクラがいつ満開になったかを観察してもらいます。机の上に紙を広げてください。」
55:04	生徒全員	『サクラ満開日の観察』を準備。
56:54	筆者	「満開日はいろんな定義の仕方があるんですが、今回は単純に花が一番多く咲いているように見える日を満開日としてください。これは 2012 年の例ですが、まあこれですね、ぐらいいで良いです。ある程度よく見て、あとは直感で。1 点だけ注意点があって、同じくらいかなと判断したら、満開日はより前の日にしてください。このルールだけ守ってもらって、あとは直感で観察していきましょう。」
58:20	生徒全員	『サクラ満開日の観察』を実施。
(中略)		
1:26:57	筆者	「結果はこうなりました。」
1:27:27	ε 開発者	「グラフの見かたわかる？ 下にあるほうが早いんだよ。」
1:27:56	筆者	「地球が温暖化すると、サクラが咲く日ってどうなりますか？ 早くなる、そうだよね。」
1:28:15	ε 開発者	「早くなっている感じる？ もし早くなってるんだったら、グラフはどうなる？」
1:28:35	生徒 c	「右下に下がる。」
1:28:43	ε 開発者	「そうだね、そういうふうに見えますか？」
1:29:07	筆者	「1 本直線を引くとしたらどう引きますか？」
1:29:25	生徒 a、d	直線を引く。
1:30:27	筆者	「例えば来年このへんにきたら、また違いますよね。でも、それって変な話ですよ。1 年どうだから傾向がどうってのは、あんまり意味ない。そもそも地球温暖化って、例えばこの 100 年でせいぜい 1 度とかですよ。これ 17 年の話なので、ほとんど変わらないんです。で、気温のデータも一緒に入れてみました。気温が高い年は、早く咲くように見えます。こうして、気温に対応した形で花を咲かせている。じゃあ、何年くらいサクラを観察し続ければ、温暖化の影響ってわかると思いますか？ 17 年ではわかりそうにないですよ。気象庁の 2005 年の異常気象レポートによると、50 年間で 4.2 日サクラの開花が早くなったらしいです。この 50 年くらいあると、さっき引いたような線が引けるんですね。なので、秩父の映像も 50 年くらい観察すると、温暖化の影響がもっとわかるかもしれませんね。今日は 17 年間しかできませんでしたが、でも自分の目で観察しましたよね。これってすごいことだと思いませんか？ 今日は 1 個だけみなさんに意識してほしいことがあって、さっきのこの気象庁のデータって本当に正しいんですか？ 確かめられますか？ さっきみんな見てもらいましたが、結構、勘で見たとこありませんでした？ サクラの観察って結構そういうところがあって、本当に正しいかっていうのは確認できないんですよ。写真が残ってないので、でも、みなさんはこうやって写真を見て、話し合っ、答えを出した。なので、本当なのって聞かれたら、これ見て観察したから正しいです、文句あるなら一緒に見ましょう、って言えるわけですよ。なので、こうして証拠として映像を撮っておくってのは、重要なことなんです。」
(後略)		

※経過時間は「分：秒」。カギ括弧（「」）付きの記述が発言、付いていない記述が行動をそれぞれ表す。

表 5-28 : 生徒らが観察した満開日の結果

年	生徒が観察した満開日	本論第 3 章の満開日 (表 3-3)
1997	32	32
1998	28	24-28
1999	35	35
2000	41	40
2001	37	36
2002	24	23
2003	32	33
2004	23	23
2005	31	32
2006	37	36
2007	35	35
2008	34	34
2009	31	31
2010	36	36
2011	38	38

表 5-29 : E 校の授業后感想文の内容

生徒 ID	授業后感想文の内容
1	同じ場所の桜だけを見ることによって温暖化の影響を知ることができると分かった。桜だけでなく、紅葉や動物の鳴き声でも何年も観察すれば、温暖化の影響を知れると分かった。
2	1 年 1 年の同じ場所のデータを取ることで、その場所でどんな変化が起きているのか、他の年の同じくらいの時期のデータを見て、どんな違いがあるかを見つけることで、年々どんな変化が起きているのかを知れるので、すごいと思った。それぞれの季節を見ることで、温暖化がどれくらいすすんでいるかが分かるのも、すごいと思った。
3	地球の温暖化は、桜の満開日でも知ることができると気づいた。50 年くらいのデータは、正しいのかわからないので、6 日くらい早くなったのは本当なのか? と思った。
4	花は適切な温度のときに花を咲かせるので、温暖化によって早めることができることが分かった。あと、季節によって大きく生物が変わることも分かった。温暖化の影響を受けた桜は咲いた以降、もう咲かなくなる。
5	17 年間の観察では、あまり大きな変化はみられないが、50 年間くらい観察していくと重要な発見がある。数百年単位で温暖化が起きている。毎年同じ風景というわけではないので、記録していくのが大事だと思う。季節を知るには視覚だけでなく、鳥、虫の鳴き声の聴覚など、五感を使って知ることができる。
6	今回は桜の満開になった日について仕分けてみた。若干とはいえ、桜の満開になった日が早くなってきていることに、地球温暖化に影響されていることを感じた。秩父には何回か行ったことがあり、あそこは車は多くなく、都会でもない山間なので、ヒートアイランドではなく、桜の満開が早まったのは、地球温暖化のせいなのだなと思いました。
7	その年々によって桜の開花する日やその温度や草の色が変化することが分かった。また、50 年で桜の開花日が 4.2 日はやくなっていることが分かった。また大都市の方では 6 日くらいはやくなっていることが分かった。また桜の満開日と温度も関係があることを知った。
8	気温が増加することで桜の早咲きなどの影響を与えていることがわかった。都心ではヒートアイランド現象が発生していることもわかった。
9	四季並べ替えカードがけっこう難しかったけど、楽しかった。カスミザクラのプリントにあるバグとシステムダウンをなんとかしてほしい。

(3) 考察

(i) 課題3に関して

このE校の授業では15年間のすべての年を観察させ、さらに口頭で年々変動として把握すべきという内容をA校のときよりも明確に説明した(表5-31)。その結果、今回の15年間の観察によってフェノロジーの年々変動を把握できることを生徒が適切に理解できた様子が窺えた(表5-33の生徒ID1・2・5・7およびプレゼンテーションの[考察])が、一方で、温暖化が起こっているという前提でデータを見ようとする意識が生徒によっては根強く残っていることも示唆された(表5-33の生徒ID6およびプレゼンテーションの[結果])。したがって、気候変動に関連した学習においてフェノロジーの年々変動と長期変化傾向の区別を適切に理解させるためには、単に15年間の毎年を観察させるだけでは不十分であり、口頭説明においても明確に「15年間では長期変化傾向は見られない」ことを強調して説明する必要があると考えられる。ただし、授業における発話の技術には個人差があるため、誰でも今回のような説明ができるわけではない。したがって、教材としても長期変化傾向を把握できないという点を強調して編集するなどの処置を行うという方向性も選択肢として持っておく必要があると考えられる。

また、課題とは直接関係しないが、E校の授業で生徒らが観察した満開日は本論第3章で観察した満開日と大差ないものとなった(表5-32)。E校の生徒は紙媒体に印刷された画像のみで観察を行ったため、PCモニタ等を併用してより詳細な観察を行うことで、この差はさらに少なくなる可能性があり、中学生の観察結果の学術的意義も検討する価値があると考えられる。

5.8 おわりに

本章では、A校からE校までの5回の授業実践について、時系列に順を追って説明しな

がら、個別に考察を加えてきた。第 4 章において抽出された 3 つの課題に対して、課題 1 に対しては A 校、B 校、C 校、D 校の 4 校、課題 2 に対しては A 校、B 校、C 校の 3 校、課題 3 に対しては A 校、B 校、C 校、E 校と、それぞれ 3～4 校の事例をもとに多面的に考察するためのデータが揃えられたと見ることができる。

第 6 章 授業実践を通じた教材の変遷と開発方針の整理

6.1 はじめに

第 5 章で、5 つの授業実践事例について個別に検討を行なった。本章では、この 5 つの事例に第 4 章の 1 事例を加えた計 6 つの事例を総括して議論し、第 4 章で抽出された 3 つの各課題に対応した教材開発の方針を検討する。まず、6 事例を通じた教材の変遷を時系列順に整理したうえで、その変遷過程に基づいて教材開発の方針について議論する。

6.2 教材の変遷

第 4 章の X 校、および第 5 章の A 校から E 校までの 5 校、合わせて計 6 校における授業実践において開発された教材の変遷を、時系列順に整理した（図 6-1）。それぞれの変遷に 00 から 15 までの番号を付したが、以下にその詳細を述べる。

[変遷番号 00]

映像アーカイブから作成された『山と木々の毎にち』は、斎藤ほか（2005）による既存の試作教材である。この教材開発における目標は「日々の森林映像を源情報の精度で視聴できることと、映像再生の時間の流れの中に日々の変化を視聴できること」とされた（斎藤ほか, 2005）。

[変遷番号 01]

X 校における教材開発過程において、提示教材に対する教員の要望への対応を 3 回繰り返して開発された（表 4-1 の変遷番号 01 の項目を参照）。『山と木々の毎にち』を教員に提

示したところ、「春夏秋冬の特徴的な日の映像を、できるだけ最近の年のもので」（表 4-3 の X04）という要望があった。『山と木々の毎にち』は、2001 年と 2002 年の映像を用いており、この実践の時点（2008 年）においては最近とはいえないため、新たに映像アーカイブから適当な映像を選出し、教材に用いた。

[変遷番号 02]

変遷番号 01 と同様に、X 校の教材開発過程における教員との 3 回に及ぶ教材検討を経て開発された（表 4-1 の変遷番号 02 の項目を参照）。『山と木々の毎にち』を教員に提示したところ、「1 年間の山の変化を 30 秒程度にまとめた映像」（表 4-3 の X09）という要望があった。これは『山と木々の毎にち』の再生時間を変更することで対応できた。

[変遷番号 03]

変遷番号 01、02 と同様に、X 校の教材開発過程における教員との 3 回に及ぶ教材検討を経て開発された（表 4-1 の変遷番号 03 の項目を参照）。『山と木々の毎にち』は 2001 年と 2002 年の比較であったが、これに対し教員からは「14 年前（子ども達が生まれる前）と最近」（表 4-3 の X12）を比較したいという要望が出た。これに対して、「14 年間では、長期的なトレンドを把握することは難しく、誤解を与える危険性もある」（表 4-4 の対 03）と考えた。それでも、「数年は間を開けた方がいい」（表 4-3 の X41）といった要望が重ねて出されたので、『紅葉』で 2002 年と 2006 年、『雪』で 2003 年と 2007 年を比較する教材とした。しかし、当初の教員の要望に出された 14 年前との比較にはならなかったこともあり、実際の授業においては『ブナの芽吹き』『紅葉』『雪』の 3 つの教材は結局使用されなかった。

[変遷番号 04]

変遷番号 03 で述べたように、X 校の教材開発過程においてフェノロジーや気象の比較では 14 年前と現在との比較を実現できなかったことを受け、「フェノロジーの変化ではなく

樹木の生長に注目すれば」(表 4-4 の対 11) 14 年前と比較しても問題ないと考え、映像アーカイブから新たに『針葉樹の生長』を開発した。

[変遷番号 05]

X 校の教材開発過程において、教員から「並べ替えも、理由を聞くことによってコミュニケーション、ディスカッションの中で、子どもたちが季節を意識でき、面白い」(表 4-3 の X27) や「森林そのものの季節を考えるのであれば、並べ替えが入ってくることもある」(表 4-3 の X28) といった意見が出たため、『四季の映像』の 12 日のうち 8 日を並べ替える教材を試作し、教材開発者が自ら授業を担当できる A 校において実験的に使用した。

[変遷番号 06]

X 校の教材開発過程において開発された『ブナの芽吹き』『紅葉』『雪』が結局用いられなかったため、教材開発者が自ら授業を担当できる A 校において実験的に使用した。授業内容を温暖化に展開することを考慮しフェノロジーを比較する教材として『紅葉』をそのまま用い、さらに新たに『サクラの開花』を開発した。

[変遷番号 07]

A 校における実践で、『山並べ替えクイズ』の有効性が見出されたことを受け、さらにこれのブナ版を『ブナの 1 年』から 8 日を抜粋して作成し、『山並べ替えクイズ』と合わせて B 校の教員に提示した。B 校の授業内容はブナに関するものとされたため、『ブナ並べ替えクイズ』が授業に用いられた。

[変遷番号 08]

B 校の単元が「動植物の知恵」であったため、植物の知恵に関する教材が教員から要望された(第 5 章 5.4 (2) を参照)。そこで、ブナの開花の有無を導入としてブナの生存戦略を

題材とすることを提案し採用されたため、ブナの花が咲く年と咲かない年とを 2 画面で比較できる教材を開発した。X 校で開発されたが授業では用いられなかった『ブナの芽吹き』の比較年を、2002 年と 2003 年から 2000 年（開花年）と 2002 年に変更した。

[変遷番号 09]

C 校で、生徒の里山林における現地体験学習を踏まえて『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』を実施するにあたり、その導入として人工林と自然林の違いを生徒に把握させることが望ましいと考えたため、季節変化によって両者の違いが観察できる『四季の映像』を、X 校で用いたそのままの形で流用した。

[変遷番号 10]

C 校で、生徒のブナ林における現地体験学習を踏まえて『ブナの殻斗数え』を実施するにあたり、B 校での授業と同様の導入を行うことが望ましいと考えたため、『ブナ並べ替えクイズ (8 枚版)』を、B 校で用いたそのままの形で流用した。

[変遷番号 11]

C 校で、生徒のブナ林における現地体験学習を踏まえ、B 校で題材としたブナの豊凶現象を扱うこととした。B 校で用いた『ブナの芽吹きと開花』はブナの開花の有無を観察させる教材であったが、ブナの豊凶に直接結び付く実の有無を観察させるほうが望ましいと考え『ブナの殻斗数え』を開発した。『ブナの芽吹きと開花』は動画を観察する教材であったが、『ブナの殻斗数え』は静止画を A4 サイズの紙に印刷してそれを観察させた。

[変遷番号 12]

C 校で、生徒の里山林における現地体験学習を踏まえたうえで、長時間規模の観察が可能かを試す目的で、X 校で開発された『針葉樹の生長』の時間規模（13 年間）をさらに拡大し

た『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』を開発した。本研究で対象とした映像アーカイブではこの時間規模の観察を実現できないため、Saito *et al.* (2007) による景観復元 CG を用いた擬似的な映像教材とした。

[変遷番号 13]

D 校で四季の変化を題材とした授業を行うにあたって、従来の並べ替えクイズに対して、教員から「最初にブナの並べ替えを 8 枚ではなく春夏秋冬の 4 枚で行い、続いて山の並べ替えを 8 枚でやるようにしたい。」(表 5-23 の D01) という要望が出たため、『ブナ並べ替えクイズ (8 枚版)』から 4 枚を抜粋する形で『ブナ並べ替えクイズ (4 枚版)』とし、『山並べ替えクイズ (8 枚版)』はそのまま流用した。

[変遷番号 14]

E 校で、生徒の里山林における現地体験学習を踏まえて『サクラ満開日の観察』を実施するにあたり、導入が必要と考え、森林の四季変化を学習できる『山並べ替えクイズ』を E 校で用いた形でそのまま流用した。

[変遷番号 15]

C 校で、生徒の里山林における現地体験学習を踏まえて、『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』を用いた擬似的な長期間の観察が行えたことを受けて、E 校では、同じく里山林における現地体験学習を行った生徒に対して、CG ではなく実際の映像アーカイブを用いた観察として『サクラ満開日の観察』を実施した。B 校での『サクラの開花』の観察において、2 カ年のみの観察では誤解が生じることが明らかとなったため、1997 年から 2011 年の 15 年間で観察させる教材とした。C 校での『ブナ殻斗数え』と同様に、紙に印刷した静止画を観察させた。

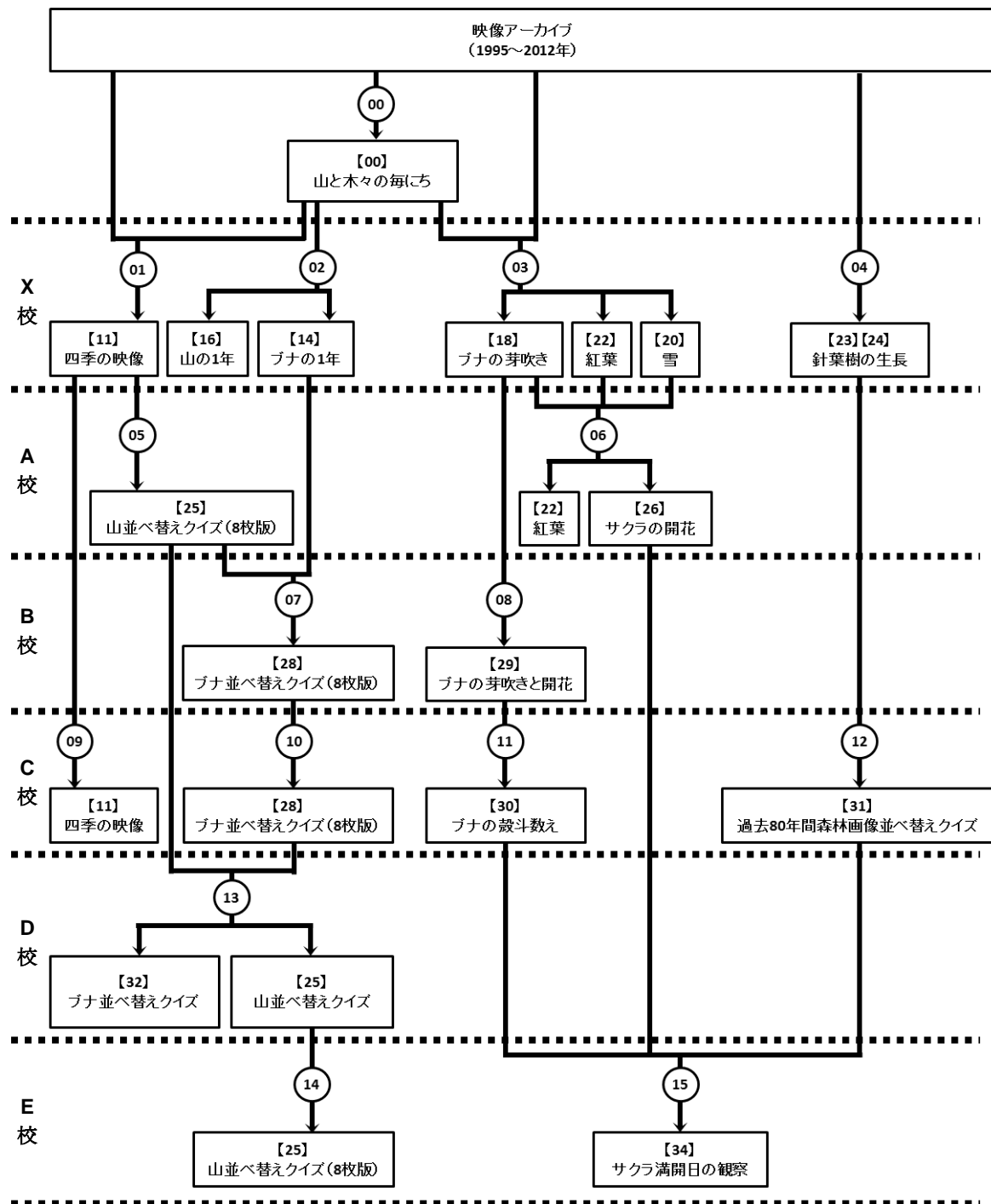


図 6-1：6 事例を通じた教材の変遷

※丸印内の数字が変遷番号。四角枠に囲まれた各教材に付された【】内の番号は、表 6-1 の教材一覧に対応している。

表 6-1 (その 1) : 6 つの事例を通じて開発された教材一覧 (試作含む)

番号	学校	教材	ショット	概要
00	—	『山と木々の毎にち』 (DVD 版)	C1-S01 C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) の 2002 年の 1 年間および山の中景 (C1-S01) の 2001 年と 2002 年の 2 年間で、3 画面に同じ日付ごと同時に表示し、1 日 5 秒ずつ再生。音は C2-S01 のみ再生するトラックと、3 画面全てをミックスして再生するトラックの 2 種類がある。
01	X	『四季の映像』 (移り変わり)	C1-S01	山の中景 (C1-S01) の春夏秋冬の特徴的な事象が観察できる日を、各季節 3 日ずつの計 12 日、各日 10 秒で季節順に再生。映像の左上に季節に応じた春夏秋冬の文字が入っている。音あり。季節の変化による山の風景・音の移り変わりを重視したもの、季節ごとに特定の事象 (広葉樹の開芽、エゾゼミ、紅葉、雪) について注目したもの、季節ごとに特徴的な音について注目したもの、春夏秋冬では区別できない梅雨、秋霖を含め 6 つの季節にまとめたもの、の 4 種類がある。
02	X	『四季の映像』 (テーマ絞り)		
03	X	『四季の映像』 (音重視)		
04	X	『四季の映像』 (6 季節)		
05	X	『ブナの 1 年』 (試作版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) の 2002 年の 1 年間の毎日の映像を時系列順に 30 秒間で再生。音なし。
06	X	『山の 1 年』 (試作版)	C1-S02	山の遠景 (C2-S02) の 2003 年の 1 年間の毎日の映像を時系列順に 30 秒間で再生。音なし。
07	X	『2 カ年の比較』(試作版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) の毎日の映像を、2002 年と 2003 年で比較する映像。再生時間は 30 秒とした。
08	X	『四季の映像』 (季節あり日付あり版)	C1-S01	映像は教材 01 と同じで、2004 年、2005 年、2007 年から時系列に関係なく映像を選択しており、月日の時系列順にはなっているが年月日の時系列順にはなっていない。上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにした。そのうえで、画面左上に春夏秋冬の文字、および右下に各々の年月日の文字を挿入する可能性を考え、季節情報と日付情報それぞれのあり、なしの組み合わせで計 4 種類とした。
09	X	『四季の映像』 (季節あり日付なし版)		
10	X	『四季の映像』 (季節なし日付あり版)		
11	X, C	『四季の映像』 (季節なし日付なし版)		
12	X	『ブナの 1 年』 (30 秒版)	C2-S01	教材 02 の上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにし、その再生時間を 30 秒のまま 1 分および 2 分に変えた映像の計 3 種類。
13	X	『ブナの 1 年』 (1 分版)		
14	X	『ブナの 1 年』 (2 分版)		
15	X	『山の 1 年』 (30 秒版)	C1-S02	教材 03 の上下に黒帯を挿入して右上の識別番号および右下の日付が見えないようにし、その再生時間を 30 秒のまま 1 分および 2 分に変えた映像の計 3 種類。
16	X	『山の 1 年』 (1 分版)		
17	X	『山の 1 年』 (2 分版)		
18	X	『ブナの芽吹き』 (2002, 2003)	C2-S01	C2-S01 の 4 月 1 日から 6 月 30 日までの日々の映像を、2002 年と 2003 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 23 秒間で時系列順に再生。音なし。
19	X	『紅葉』 (2002, 2003)	C1-S02	C1-S02 の 10 月 2 日から 12 月 10 日までの日々の映像を、2002 年と 2003 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 35 秒間で時系列順に再生。音なし。
20	X	『雪』 (2003, 2007)	C1-S02	C1-S02 の 1 月 21 日から 4 月 20 日までの日々の映像を、2003 年と 2007 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 15 秒間で時系列順に再生。音なし。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像教材は付録 DVD に収録。

表 6-1 (その 1) : 6 つの事例を通じて開発された教材一覧 (試作含む) (続き)

番号	学校	教材	ショット	概要
21	X	『台風』	C1-S03	台風が接近した 2007 年 9 月 4 日から 9 日までの C1-S03 の映像を、各日 5 秒ずつ時系列順に再生。音あり。
22	X, A	『紅葉』 (2002, 2006)	C1-S02	C1-S02 の 10 月 16 日から 12 月 10 日までの日々の映像を、2002 年と 2006 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 29 秒間で時系列順に再生。音なし。
23	X	『針葉樹の生長』(1)	C1-S04	針葉樹人工林の中景を、1995 年から 2007 年まで各年 1 日ずつ、連続で時系列順に再生。時期は各年とも 10 月の映像を用いた。音なし。
24	X	『針葉樹の生長』(2)	C1-S05	
25	A, D, E	『山並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C1-S01	山の中景 (C1-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A~H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。答え合わせ用として、8 日の映像を音ありで時系列順に 1 日 10 秒程度で再生する動画もセットになっている。
26	A	『サクラの開花』	C1-S06	C1-S06 の 4 月 16 日から 5 月 15 日までの日々の映像を、2000 年と 2004 年の 2 年分を左右に並べて配置し、約 14 秒間で時系列順に再生。音なし。2000 年は 5 月 10 日、2004 年は 4 月 23 日がカスミザクラの満開日である。
27	A	『枯れていくスギ』	C1-S07	2008 年の 5 月から 9 月までの人工林の映像を約 12 秒間で再生。1 本だけ枯れて色が変わる様子が観察できる。
28	B, C	『ブナ並べ替えクイズ』 (8 枚版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、1 年間の中での時系列順が推測できるような事象が観察できる日を 8 日選び、年月日を伏せてランダムに A~H の文字のみを記述した 8 枚の名刺サイズカードにしたもの。A~H の順に音付きの動画を約 10 秒ずつ再生するヒント動画と、音ありで時系列順に約 10 秒ずつ再生する解答動画もセットになっている。
29	B	『ブナの芽吹きと開花』	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) の 4 月 21 日から 5 月 20 日までの日々の映像を、2000 年と 2002 年の 2 年分を上下に並べて配置し、約 41 秒間で時系列順に再生。音あり。
30	C	『ブナの殻斗数え』	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、2000 年から 2002 年までの 3 年間の 10 月 6 日、10 日、18 日、28 日の 4 日、計 12 日の映像を A4 サイズに印刷したもの。
31	C	『過去 80 年間森林画像 並べ替えクイズ』	C1-S03 (CG)	山の遠景 (C1-S03) を、過去の管理記録をもとに CG で復元した映像。1925 年、1931 年、1941 年、1961 年、1974 年、1981 年、1986 年、1991 年、2001 年の 9 枚を A4 サイズに印刷し、2001 年以外の 8 枚の年号を伏せてランダムに A~H の文字のみを記述したもの。
32	D	『ブナ並べ替えクイズ』 (4 枚版)	C2-S01	ブナの枝葉 (C2-S01) で、春夏秋冬の順が推測できるような事象が観察できる日を 4 日選び、年月日を伏せてランダムに A~D の文字のみを記述した 4 枚の A4 サイズカードにしたもの。
33	D	『動物の鳴き声クイズ』	—	ウグイス、ホオジロ、エゾゼミ、エゾハルゼミ、シカの鳴き声、およびコゲラのドラミング音を、それぞれの動物の名前を伏せて再生し、何の動物かを当てるクイズ。
34	E	『サクラ満開日の観察』	C1-S06	C1-S06 の 4 月 16 日から 5 月 15 日までの日々の映像を、1997 年から 2011 年まで 5 年分ごとに A0 用紙に並べて印刷したもの。

※ショットの実際の画面例は第 3 章の図 3-1 を参照。実際の映像教材は付録 DVD に収録。

6.3 授業実践における教材開発の方針

(1) 教材の変遷と各課題との関係

前節で整理した教材の変遷図（図 6-1）を見ると、変遷の系統が大きく 2 つに分かれている。一つが 1 年の時間規模の事象を観察する教材の系統、もう一つが複数年の時間規模の事象を観察する教材の系統である。したがって、この 2 つの系統と 3 つの課題（第 4 章 4.5 を参照）との対応関係は次のようになる。

課題 1 は 1 年の時間規模に関するものであるため、1 年の時間規模の事象を観察する教材の系統に着目し、教材開発の方針を検討する。課題 2 は 1 年から複数年への時間規模の拡大に関するものであるため、1 年の時間規模の事象を観察する教材と複数年の時間規模の事象を観察する教材との関係に着目し、教材開発の方針を検討する。課題 3 は複数年の時間規模、それも特にフェノロジー観察に関するものであるため、複数年の時間規模の事象を観察する教材の系統のうちフェノロジー観察に直接関わるものを中心に着目し、教材開発の方針を検討する。

以下に、各課題に対する教材開発の方針について述べる。なお、議論の根拠となる各校における実践への言及内容は、第 5 章の各校の項の「(3) 考察」における各課題に関する議論を元としている。

(2) 課題 1 に対する教材開発の方針

課題 1 に関しては、A 校、B 校、C 校、D 校の 4 校における授業実践を通じて、教材開発の方針が検討された。

教材の変遷を見ると、A 校から C 校までは、X 校での教員からの意見に、季節の学習における『並べ替え』の有効性への示唆があったことを受けての、『並べ替えクイズ』の実験としての意味合いが強かったといえる。その中で、A 校と C 校の授業実践では基本的に教材開発者が独自に考案した授業展開であったが、B 校においては授業展開に教員の意図が反

映された。この B 校においても、『ブナ並べ替えクイズ』を問題なく用いることができたことは、『並べ替え』教材の学校教育現場における有用性を支持するものと言える。

さらに、B 校においては『ブナ並べ替えクイズ』に続いて、実物のブナの枝葉を観察するという学習が行われ、学習者の経験と映像教材との繋がりを作る機会が授業の中に明確に設けられた。A 校において『山並べ替えクイズ』が単なる興味や関心を引き出すに留まった可能性があったことと比較すると、B 校の授業展開は本課題に対する方針としてより望ましい方向性であると考えられる。

また、C 校の、現地体験の事後学習という位置づけの授業において、撮影地を伏せても問題なく映像教材を用いることができたことも、学習者の既有経験に基づくことの有効性を支持するものである。

D 校においては学習者が小学校第 4 学年と低年齢であったこともあり、課題 1 について詳細な検討を行うことができた。この授業は教員の意図を反映したものであったが、児童の既有経験を春夏秋冬の四季という概念に設定し、『ブナ並べ替えクイズ』がそれに基づく形として 8 枚ではなく 4 枚として実施された。そのうえで、『ブナ並べ替えクイズ』(4 枚版)と繋がるように『山並べ替えクイズ』(8 枚版)を実施し、時間認識を 1 年の中でより詳細化していった。これまでの A 校、B 校、C 校で並べ替えクイズを最初から 8 枚で実施した際にも、学習者の既有経験として春夏秋冬の四季があったと仮定するならば、並べ替えクイズによる学習を通じて学習者の時間認識が同じく詳細化していったとも考えられる。つまり、D 校の授業展開は、この春夏秋冬に基づいた時間認識の詳細化の過程を、『ブナ並べ替えクイズ』(4 枚版)を経ることで確認したものと位置づけることができる。

(3) 課題 2 に対する教材開発の方針

課題 2 に関しては、A 校、B 校、C 校の 3 校における授業実践を通じて、教材開発の方針が検討された。

その中でも、特に B 校における授業実践は、教材開発の方針を検討するうえで重要な位

置づけになると考えられる。観察の時間規模を『ブナ並べ替えクイズ』の 1 年から『ブナの芽吹きと開花』の複数年へと拡大する過程で、実物のブナの枝葉を用いて芽や芽鱗痕の観察を行い、ブナが来年の準備をしていることや毎年少しずつ生長していることを把握した。その結果として、授業后感想文で X 校の児童は 1 年と複数年の両方の時間規模の記述をした児童は一人だけであったが、B 校では多くの児童が両方の時間規模の記述をしていた。このことから、ブナの枝葉の観察が、2 つの映像教材の間の時間規模の差異を繋ぐ役割を果たしたことが考えられる。つまり、ブナの枝葉の観察を経ることで、『ブナ並べ替えクイズ』の 1 年から『ブナの芽吹きと開花』の複数年へと観察の時間規模をよりスムーズに拡大することができた可能性があるということである。

B 校の結果を A 校および C 校の結果と単純に比較することはできないが、その中でも A 校で用いた『紅葉』『サクラの開花』はいずれも 2 カ年を比較観察する映像教材であり、時間規模の点では B 校で用いた『ブナの芽吹きと開花』と同等である。しかし、授業后感想文では A 校の児童のほうが 1 年の時間規模を記述した児童と複数年の時間規模を記述した児童とがより分離している様子が見られ、A 校の授業展開は B 校と比べると時間規模の拡大がスムーズではなかった可能性がある。したがって、2 カ年を比較するような映像教材を提示する場合は、その前に 1 年の時間規模をある程度詳細に観察できていたとしても、1 年から 2 カ年へ時間規模を拡大するための学習を補助的に行うことが望ましいと考えられる。特に可能であれば直接経験による学習を行うことがより望ましいと考えられる。B 校の事例のように、実物の枝葉の観察は一つの方法として広く応用できると考えられるが、もう少し長期的な計画が可能であれば、2 カ年のフェノロジーを実際に観察するという方法も有り得る。例えば、小学校第 4 学年で、春夏秋冬の身近なフェノロジーを観察し、その復習として並べ替えクイズを用いた学習を行う。そして第 5 学年で、第 4 学年で観察したものと同じフェノロジーを観察して年による差異を把握し、そこから発展的な学習として映像アーカイブを用いた複数年の時間規模のフェノロジー観察を行う、といった展開が考えられる。

(4) 課題 3 に対する教材開発の方針

課題 3 に関しては、A 校、B 校、C 校、E 校の 4 校における授業実践を通じて、教材開発の方針が検討された。その中でも特に A 校で用いた『サクラの開花』と E 校で用いた『サクラ満開日の観察』は、本論第 3 章で検討したカスミザクラ満開日の観察を直接応用した教材であり、本課題についての検討においては主要な議論の対象となる。

A 校で用いた『サクラの開花』は、2 カ年のみの開花時期の差異を観察する教材であった。これを用いた結果、授業后感想文では 2 カ年の開花時期の差異を「早い」という語で表現する児童と「違い」という語で表現する児童に大きく分かれた。「早い」という表現には長期変化傾向としての誤解に繋がる危険性があり、実際にそのように読み取れる記述が複数見受けられた。

E 校で用いた『サクラ満開日の観察』は、15 年間の満開日を各年全て観察する教材であった。さらに、長期変化傾向ではなく年々変動として把握すべきであるという趣旨の口頭説明も行った。その結果、授業后感想文で適切にフェノロジーの年々変動として把握したと読み取れる生徒が多かったが、一方で不適切にフェノロジーの長期変化傾向として把握しようとしたと読み取れる生徒もわずかにおり、温暖化が起こっているという前提でデータを見ようとする意識の根強さも示唆された。

以上の A 校と E 校の実践から、検討すべき点として教材自体の内容と、それに伴う口頭説明の内容の 2 点が考えられた。

教材自体の内容については、E 校では 15 年間の観察を行うことで、それがどの程度の時間規模であるのかが把握しやすいという長所があったと考えられる。つまり、気象庁は 50 年間の観察によって長期変化傾向を把握したが、自分たちは 15 年間だけ気象庁より短いため、長期変化傾向を把握することが難しいことが理解しやすかったのではないかと、いうことである。A 校では、2000 年と 2004 年の 2 カ年を比較したが、この 4 年間での変化傾向として把握しようとしてしまった児童がいた（表 5-5 のクラスター 1：児童 66、クラス

一2：児童 35・46・73、など）。つまり、2カ年のみを観察することの危険性は、その2カ年がどの程度の時間規模を代表するものであるのかが、直感的に把握しづらい点にあると考えられる。したがって、単純に2カ年の観察が悪く15年間全ての観察が良いというわけではなく、学習における観察範囲の時間規模をわかりやすく提示することを重要視することが望ましいと考えられる。

そのうえで、教材の提示に伴う授業進行者の発話内容については、観察の時間規模を明確にしたうえで、それが長期変化傾向を把握するに不十分な時間規模である場合は、長期変化傾向ではなく年々変動として把握すべきという趣旨の説明をすることが望ましいと考えられる。しかし、発話技術には個人差があることは避けられないため、個人差があっても問題の無いような教材を開発するという方向性を取ることは必要と考えられる。これは例えば、X校の教員が提案した長期変化傾向の強調（表4-3のX34）の反対で、長期変化傾向として把握できないことを強調するような編集を施した教材を開発することが考えられる。

以上の議論に付随するものとして、B校の授業で用いた『ブナの芽吹きと開花』は開花の有無を観察させる教材として開発したが、観察中にブナの芽吹きの時期の違いに注目した児童もいた。したがって、2カ年の映像の比較によってフェノロジーの発現時期を比較しようとすることは、児童にとっては十分想定できる範囲の学習内容であるということが考えられる。これは、特にB校の授業展開が(3)で述べたように観察の時間規模の拡大がスムーズに行われたことも影響している可能性があるため、合わせて検討することが望ましいと考えられる。また、C校の授業で用いた『過去80年間森林画像並べ替えクイズ』は80年の時間規模を扱う教材であったが、生徒は特に戸惑うことなく扱っている様子であった。したがって、少なくとも中学校以上では時間規模の大きさ自体が問題となる可能性は低いと考えられる。

6.4 おわりに

X 校の事例を通じて抽出された 3 つの課題に対しての、授業実践における教材開発の方針は、6 校の事例を通じて以下のように検討された。

課題 1「学習者の経験に基づいた季節変化の観察をどう行うか」に対しては、学習者の既有経験、特に低年齢では春夏秋冬の四季のみの季節感といったものに基づき、そこから同じ 1 年でもより詳細な変化を観察させるように、つまり学習者の時間概念を詳細化できるような教材が望ましいと考えられた。

課題 2「観察対象の時間規模の 1 年から複数年へどう拡大するか」に対しては、1 年から 2 カ年への拡大であっても小中学生にとっては困難となる可能性があり、単にそれぞれの教材を順番に提示するだけでなく、時間規模の拡大を支援するような学習、特に関連した直接経験による学習を経ることが望ましいと考えられた。

課題 3「長期的な環境変化の学習に繋がる複数年フェノロジー観察をどう行うか」では、フェノロジーの長期変化傾向と年々変動を明確に区別して学習者に把握させるために、観察の時間規模が長期変化傾向を把握するにあたって十分なのか、不十分なのかということを確認にして提示し、不十分な場合は長期変化傾向ではなく年々変動として把握すべきであるということを、教材の編集および口頭説明によって明確に伝えることが望ましいと考えられた。

第 7 章 学校教育におけるフェノロジー観察学習

7.1 はじめに

第 4 章から第 6 章までにかけて、実際の学校教育への導入を通じた事例研究を行ってきた。本章では、第 2 章および第 3 章で議論した内容と照らし合わせ、事例研究の成果の意義を総合的に考察する。

本論の事例における関係主体は、第 1 章の背景でも述べたように一般的な教材開発と授業実践に即して、教材開発者、教員、学習者（児童・生徒）の 3 者とした。実際には、教材開発者が学校教員の意図を反映させながら教材開発を行ない、学校教育の授業の中で児童・生徒に映像を用いたフェノロジー観察を行わせた。本論の事例研究は教材開発者である筆者の視点から行なったものであるが、その中で教員および学習者に関する知見も得ることができた。以下、事例研究を通じて学校教育におけるフェノロジー観察学習が、教材開発者、教員、学習者にとってそれぞれどのような意義を持つ可能性があるかを議論する。

7.2 教材開発者にとっての意義

学校教育における映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教材開発者にとっての意義は、第 2 章で述べたように、学術的意義と教育的意義が両立することにあると考えられた。前者は観察の検証性および均質性を確保するという意義、後者は観察の時間規模を拡大するという意義であった。したがって、学校教育への導入に際しては、これらの意義が両者とも損なわれることなく用いられることが肝要であるとした。これを受けて、第 3 章においては、15 年間程度のアーカイブではフェノロジーの長期変化傾向を把握することは難しいが、気温の影響を受けた年々変動を把握することは可能であることを確認した。フ

フェノロジーの年々変動を把握することは、長期変化傾向を理解するうえで重要な事項である反面、両者を混同する危険性も考えられるため、学校教育への導入に際しては、長期変化傾向と年々変動とを明確に区別し、学習者に誤解を与えないよう留意する必要があると考えられた。

以上の点に主に着目して、事例研究を行った。その成果として、3つの課題とそれぞれ対する教材開発の方針が提案された。以下、教材開発の方針ごとに、その位置づけについて考察を加える。

まず、課題3「長期的な環境変化の学習に繋がる複数年フェノロジー観察をどう行うか」が、第2章および第3章での議論を経て得られた教材開発の方向性である学術的意義と教育的意義の両立を目指しての、教材開発者と教員との議論を通じて抽出された課題である。小中学生にとっては、フェノロジーの長期変化傾向と年々変動とを区別して把握することは難しく、したがって教育的意義ばかりを重要視すると学術的意義が失われる、つまり誤った認識を学習者に与える危険性が大きくなることが、事例研究を通じて確認された。

次に、課題2「観察対象の時間規模の1年から複数年へどう拡大するか」は、まさに、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教育的意義をどのように活かすか、という課題である。これは、本研究における主要な着目点である学術的意義と教育的意義の両立を目指した課題3の議論のための前段階と捉えることができる。すなわち、2つの意義の両立を議論するためには、まず教育的意義を確認する必要があり、そのために課題2に対する教材開発の方針の検討を通じて行ったと捉えることができる。

最後に、課題1「学習者の経験に基づいた季節変化の観察をどう行うか」は、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義および教育学意義のいずれにも該当しない部分であるように見える。しかし、教員が主導した授業実践（X校、B校、D校）では、いずれにおいても1年の時間規模の観察が実施された。これは、本論で映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教育的意義であるとした複数年の時間規模の観察を行うためには、その前段階として、まず1年の時間規模の観察を行うことが必要であることを示唆するも

のであると考えられる。つまり、教育的意義として観察の時間規模の拡大があるとしても、それは学習者の既有経験に基づくものであるという前提が必要なのではないか、ということが考えられる。

以上のように、教材開発者が目標とする映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義と教育的意義の両立を見据えて、長期的な環境変化の学習に繋がるようなフェノロジー観察を行う際には、その前段階として、まず学習者の経験に基づいた季節変化の観察を行うための教材開発を検討する必要がある、そのうえで観察対象の時間規模の1年から複数年へ拡大するための教材開発を検討する必要がある。教材開発者としては、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入を検討したことによって、学術的意義と教育的意義を両立できる教材開発を行うための、特に教育的意義の確保に必要な基礎的かつ実践的な知見を得られた、という意義があったと考えられる。

また、教育的意義が確保できるような教材開発の方針が明らかになることで、学校教育を巻き込んだ学術的フェノロジー観察に繋がるのが期待できる。第1章の背景で述べたように、近年は市民による観察によって学術的なフェノロジーのデータを収集することの有効性が議論されている。E校の事例で示されたように、少なくとも中学生であれば学術的な価値のあるデータを得られる可能性があり、学校教育がその主要な場の一つになりうることも有り得ると考えられる。このような学術への貢献を見据えて、教育的意義を確保するための知見が得られたことも、教材開発者にとっての意義である。

7.3 教員にとっての意義

本論における教員は、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教育的意義を保障する存在と位置づけられる。実際に前節で述べたように、学校教育への導入に際して学術的意義と教育的意義との両立を見据えた長期的な環境変化の学習に繋がるようなフェノロジ

一観察学習の検討を行うためには、その前段階として学習者の経験に基づいた季節変化の観察から始めて段階的に観察の時間規模を拡大していくことが望ましい、ということを教員の反応から読み取った。これは、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の教育的意義を確保するための必要条件であると捉えられた。

しかし、これは学校教員が自身の既有経験に基づく知識として提示したわけではなく、教材開発者との教材検討を通じて示されたものであった。例えば X 校においては、既存試作教材『山と木々の毎にち』（斎藤ほか, 2005）の提示を受けて、教員から教材開発の要望が出た（表 4-1）。また、D 校においても、教材『ブナ並べ替えクイズ』（8 枚版）の提示を受けて、教員から『ブナ並べ替えクイズ』（4 枚版）の要望が出た（表 5-21）。これらの事例はいずれも、教員が実際に映像を用いたフェノロジー観察を行ったうえで、それを踏まえて要望を出している。ここに、学校教員にとっての映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の意義を見出すことができる。学校教員は映像アーカイブに対して、既有の経験に基づいた画一的な要望を出すのではなく、一次的映像を用いたフェノロジー観察という新たな経験を通して要望を出した。これは、学校教員も映像アーカイブを用いたフェノロジー観察によって学習を行ったものと捉えることができる。この点に関して、特に第 2 章で述べた変容的様式の性質を持った授業（2.4 節）を行う際には、学校教育において本来的には教育者である教員も学習者の同行者として同じ方向に向かうことが求められており（高木, 2003）、教員が学習することの教育的な意義は見出だせる。

また、第 4 章の X 校において、14 年前と今とで何か環境に変化があるのかというところに持っていきたいという要望があった一方で（表 4-3 の X32）、教材開発者との議論を経てこの 14 年間の映像からだと軽率な話はできそうにないという見解に至った様子が読み取れた（表 4-3 の X36）。この点については、一次的映像を用いた観察によって教員が学習した直接の結果とは言えないが、少なくとも本論の事例においては、学校教員は教育的意義を頑なに主張するような、学術的意義を確保するうえでの障害となる存在ではなかった。この点をより明確にするためには、今後同様の検討を重ねていくにあたって、必要に応じて

教員に一次的映像のアーカイブを提示しながら、学術的意義に則った説明を行うことが望まれる。

以上に述べたように、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するに際して、学校教員は単なる教育的意義を保障する存在ではない。映像アーカイブを用いた観察によって自らが学習し、その成果によって学術的意義と教育的意義の両立に向けた教材開発者の議論ができる、さらには学習者（児童・生徒）に対して学術的意義と教育的意義とが両立した授業を行う第一人者となることができる可能性を有した存在として捉えることができる。したがって、学校教員にとっての映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の意義は、教員自ら一次的映像のアーカイブを用いた観察によって学習することで、学術的意義と教育的意義の両立を確保する存在となり得る、という点にあると考えられる。

7.4 学習者にとっての意義

第 1 章の背景で述べたように、本論の成果の先に想定している目標は、子どもらが長期的なフェノロジー観察の意義を理解し、小中学校を卒業した後も含めた長期的なフェノロジー観察を行えるようになることで、学術的なデータの蓄積に貢献することである。しかし、第 3 章で述べたように、本研究で対象とする映像アーカイブでは、フェノロジーの長期変化傾向を把握することはできないため、年々変動と気象条件との関係を、長期変化傾向の前段階として把握しておくことが望ましいと考えられた。

このような状況において、X 校の学校教員から子どもに長期変化傾向を把握させたい旨の要望が出た（表 4-3 の X32）。これは学術的意義を保障するうえで困難であったため、X 校の事例では議論を経た結果授業では扱わないことになったが、課題 3 として第 5 章、第 6 章で大きく扱われる内容となった。結果として、一次的映像のアーカイブを用いた観察によってフェノロジーの年々変動を、気象条件との関係において把握できる可能性は第 5 章

の E 校で示唆されたが、それが卒業後の長期的なフェノロジー観察に繋がるかという点までは検討できなかった。

第 2 章で述べたように、本論で対象とした映像アーカイブをはじめとして、フェノロジー観察が可能な映像アーカイブは今後ますます増加していくことが予想され (2.2 節)、それらの多くはインターネットによってアクセス可能な状態になると考えられる。例えば、環境省が国立公園を静止画で 1 時間ごとに記録しているアーカイブはインターネット自然研究所 (<http://www.sizenken.biodic.go.jp/>) で公開されており、また本研究で対象とした映像アーカイブも一部はインターネット上 (<http://cf4ee.nenv.k.u-tokyo.ac.jp>) で公開済みである。このような状況においては、子どもらが映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を行う機会は学校教育に限られるものではなく、卒業後に自らの意志によってインターネットを通じて行う可能性も考えられる。

本研究の成果を踏まえると、このようなインターネット経由の自主的な映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を含めた形で、卒業後の長期的なフェノロジー観察の展開を捉えていくことが妥当である。つまり、小中学校の授業に映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を導入して、それが直接の長期的なフェノロジー観察に直結しなくとも、卒業後に再びインターネット上の映像アーカイブを用いてフェノロジー観察を行う機会を持つことができるようになれば、小中学校の授業で映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を経験した意義があるということである。

以上のように、自主的な映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を卒業後の第一の目標とするならば、本研究で明らかにした 3 つの課題に対する開発方針による教材には、学習者が自身の既有経験に基づいてフェノロジー観察の時間規模を段階的に拡大することで映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を行うための動機と技術を得られる、という位置づけを与えることができる。第 5 章の B 校で『ブナの芽吹きと開花』で 2 か年の比較映像が提示されたとき、特に指示されなくてもフェノロジーの発現時期の違いに着目した児童がいたこと (表 5-9 の経過時間 34:00)、そして同じく第 5 章の E 校で気温との関係を含

めてフェノロジーの年々変動を把握できたことから（5.7 節の（2）結果）、小学校高学年から中学校にかけて映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を行うための動機と技術を学習者に与えていくことは可能であると考えられる。したがって、学習者（児童・生徒）にとっての映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の意義は、自主的に映像アーカイブにアクセスしてフェノロジー観察を行うための動機と技術を身につけることができる、という点にあると考えられる。

7.5 おわりに

本研究の事例に関係する主体として教材開発者、教員、学習者の 3 者を取り上げ、それぞれにとっての映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の意義について議論してきた。教材開発者にとっては、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入を検討したことによって学術的意義と教育的意義を両立できる教材開発を行うための、特に教育的意義の確保に必要な基礎的かつ実践的な知見を得られた。教員にとっては、自ら一次的映像のアーカイブを用いた観察によって学習することで、学術的意義と教育的意義を両立した学習を主導する存在となるための知見を得られた。学習者にとっては、自主的に映像アーカイブにアクセスしてフェノロジー観察を行うための動機と技術を身につけることができた。

以上の意義は、事例研究を通じて抽出された 3 つの課題に対する教材開発の方針を検討することを通じて見出されたものである。したがって、本研究の成果は、教材開発者、学校教員、児童・生徒らが関わる学校教育という場において、長期的な環境変化の学習に繋がるようなフェノロジー観察を行なっていくための指針を、それぞれの主体にとって意義のある形で提示したものであると捉えることができる。

以上の成果は、これまで学校教育の現場に導入されたことが無かった、一次的映像のア

アーカイブを用いた映像教材の開発を試みたことによって得られたものである。つまり、一般的な教材開発と授業実践における関係主体である、教材開発者、教員、学習者の 3 者の誰もが、これまで扱ったことのない素材を用いた教材開発と授業実践を行うという機会が創出された。これこそが、一次的映像のアーカイブを用いたことの意義であり、ひいては関係主体である 3 者にとっての意義である。

第 8 章 結論

8.1 研究の総括

本論は、一次的映像のアーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するための教材開発の方針を明らかにすることを目的とした。これを、教材開発と授業実践を通じての検討によって行ったが、その関係主体は教材開発者、教員、学習者の 3 者とした。

教材開発の方向性は、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義と教育的意義とを両立することとした。両立すべきは、観察の検証性および均質性の向上という学術的意義と、観察の時間規模の拡大という教育的意義であり、そのためには授業を担当する教員の意図を反映した教材開発が必要であるとした。その際に、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察において、1 年間の季節変化、その年々変動、そして長期変化傾向と、複数の異なる時間規模を扱う可能性があり、それぞれ観察できる内容や精度が異なることを考慮する必要があることが確認された。

そのうえで、授業実践に向けた学校教員との複数回に及ぶ教材検討およびその授業を事例として、以下の 3 つの課題が抽出された。

課題 1：学習者の経験に基づいた季節変化の観察をどう行うか。

課題 2：観察対象の時間規模の 1 年から複数年へどう拡大するか。

課題 3：長期的な環境変化の学習に繋がる複数年フェノロジー観察をどう行うか。

そして、追加で複数回の授業実践を行い、その過程における教材の変遷の整理を通じて授業実践における教材の開発方針を、各課題に対応する形で以下のように示した。

方針 1：春夏秋冬の四季といった学習者の既有経験に基づき、そこから同じ 1 年でもより詳細な変化を観察させ、学習者の時間概念を詳細化する。

方針 2：1 年の時間規模を観察する教材と複数年の時間規模を観察する教材を単に順番に提示するだけでなく、2 つの教材の間の時間規模の拡大を支援するような学習、特

に関連した直接経験による学習を経るような授業展開とする。

方針 3: フェノロジーの長期変化傾向と年々変動を明確に区別して学習者に把握させるために、観察の時間規模が長期変化傾向を把握するにあたって十分なのか、不十分なのかということを明確にして提示し、不十分な場合は長期変化傾向ではなく年々変動として把握すべきであるということを、教材の編集および口頭説明によって明確に伝える。

以上の成果は、教材開発者にとっては、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入を検討したことによって学術的意義と教育的意義を両立できる教材開発を行うための、特に教育的意義の確保に必要な基礎的かつ実践的な知見を得られた。教員にとっては、自ら一次的映像のアーカイブを用いた観察によって学習することで、学術的意義と教育的意義を両立した学習を主導する存在となるための知見が得られた。学習者にとっては、自主的に映像アーカイブにアクセスしてフェノロジー観察を行うための動機と技術を身につけることができた。本研究の成果は、教材開発者、学校教員、児童・生徒らが関わる学校教育という場において、長期的な環境変化の学習に繋がるようなフェノロジー観察を行なっていくための指針を、それぞれの主体にとって意義のある形で提示したものであると捉えられた。この成果は、一次的映像のアーカイブを用いた映像教材の開発を試み、教材開発者、教員、学習者の誰もが従来扱わなかった素材を用いて教材開発と授業実践を行う機会が創出されたことによって、得られたものであると考えられた。

8.2 研究の課題と展望

本論の新規性は、これまで学校教育に用いられる機会がほとんど無かった、一次的映像によるアーカイブを用いたフェノロジー観察の教材化を試みた点にある。そして、教材開発においては、従来の二次的映像による教材に関して一般的と考えられた開発手法を流用

するのではなく、一次的映像のアーカイブならではの教材開発の方針を新たに検討するという立場をとった。そのため、新規性の反面として研究成果に拠ることができない部分が多くなり、従来の二次的映像による教材と比較しての効果の検証を行うまでに至らなかった。この観点では、本論で明らかにした教材開発の方針をもとに、今後の研究として二次的映像との比較検討を行っていくべきであると考えられる。

分析方法については、特に今回量的な分析として行った感想文の分析については、授業内容以外にも様々な要因が感想文に影響していると考えられる。例えば、児童全体の感想文の対応分析結果を、同じ小学校第 6 学年の児童を対象とした A 校 (図 5-1) と B 校 (図 5-4) とで比較すると、A 校は児童が相対的に離散して分布し、B 校は児童が相対的に集中して分布している。これは、授業内容に対して B 校の児童のほうが理解の程度や内容が相対的に似通っていたことが考えられるが、その要因は授業内容そのものだけに限らず、対象の児童が普段から感想文を書き慣れており同質な感想文となりやすい傾向があった可能性も考えられる。今後、学習効果に関する精緻な比較検討などを行う場合には、こうした点に十分留意するとともに、別の量的分析手段の導入も検討すべきである。

また、本論で対象とした東大秩父演習林の映像アーカイブをはじめとして、今後、より長期間の一次的映像アーカイブを用いた観察が可能となっていくことが予想される。本論では、フェノロジーの長期変化傾向が明確に把握できなかったため、年々変動を長期変化傾向と区別して把握することが肝要であるとした。しかし、今後、長期変化傾向を誰もが明確に把握できるような映像アーカイブが出現した場合には、長期変化傾向と年々変動とを適切に把握するために必要な教材開発の方針も見直すことが求められると考えられる。本論の知見に即して考えると、多くの教員は長期変化傾向を学習させたいと考え、多くの学習者もまた長期変化傾向を把握しようとする視点を持つことが予想される。そのとき、一次的映像のアーカイブによる観察が、学習者の既有経験と結び付くように学習を組み立てることが望ましいと考えられる。逆に言えば、長期変化傾向を明確に把握できる映像アーカイブが出現した際には、改めて一次的映像であることの意義として、学習者の既有経

験と結びつけることで直接的なフェノロジー観察への契機となるかどうかを、改めて検討すべきであるということである。

以上のような課題を有することを念頭に置いたうえで、本研究の成果は、環境変化に対する長期的な視点が今後ますます重要となる社会において、自らがその変化を観察し自身の態度および行動を決定するという選択肢を誰もが有するための第一歩になると信ずる。

付録

付録 1 映像教材を収録した DVD

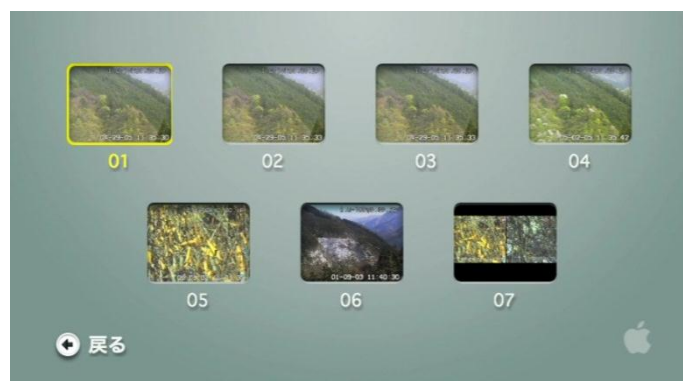
表 6-1 の映像教材リストのうち、教材番号 01 から 29 までの映像教材を、巻末の DVD に収録した。以下に DVD の画面例および操作方法を示す。

● トップメニュー画面



DVD を再生すると最初にこの画面になる。表 6-1 の映像番号で「01～07」「08～14」「15～22」「23～29」の 4 つのサブメニューがあり、それぞれを選択することでサブメニュー画面へと移動する。再生したい番号が含まれるサブメニューを選択し、移動先のサブメニューから再生したい番号を選択することで、その映像教材が再生される。現在選択されているものは黄色でハイライトされる。上の画面例では、「08～14」が選択される状態である。

● サブメニュー画面（01～07）



トップメニュー画面で「01～07」を選択すると、この画面へ移動する。表 6-1 の映像番号 01～07 の 8 つの映像教材のサムネイルが表示される。各サムネイルを選択すると、その番号の映像教材が再生される。各映像教材が末尾まで再生されると、自動的にこの画面へ戻る。左下の左矢印ボタンを選択することで、トップメニュー画面に戻ることができる。

（「戻る」の文字は選択できないので注意。文字ではなくボタンを選択する。）

● サブメニュー画面（08～14）



トップメニュー画面で「08～14」を選択すると、この画面へ移動する。表 6-1 の映像番号 08～14 の 7 つの映像教材のサムネイルが表示される。各サムネイルを選択すると、その番号の映像教材が再生される。各映像教材が末尾まで再生されると、自動的にこの画面へ戻る。左下の左矢印ボタンを選択することで、トップメニュー画面に戻ることができる。

（「戻る」の文字は選択できないので注意。文字ではなくボタンを選択する。）

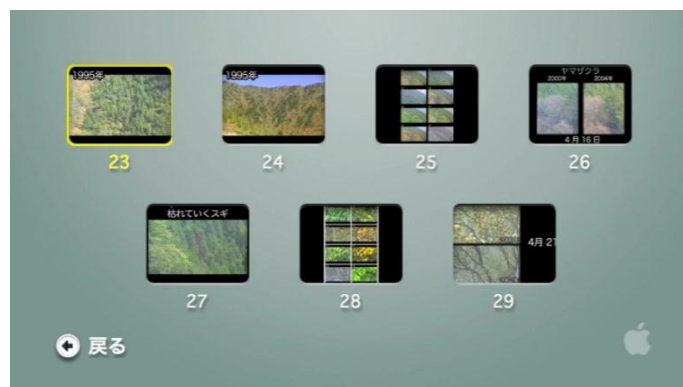
● サブメニュー画面 (15~22)



トップメニュー画面で「15～22」を選択すると、この画面へ移動する。表 6-1 の映像番号 15～22 の 8 つの映像教材のサムネイルが表示される。各サムネイルを選択すると、その番号の映像教材が再生される。各映像教材が末尾まで再生されると、自動的にこの画面へ戻る。左下の左矢印ボタンを選択することで、トップメニュー画面に戻ることができる。

(「戻る」の文字は選択できないので注意。文字ではなくボタンを選択する。)

● サブメニュー画面 (23~29)



トップメニュー画面で「23～29」を選択すると、この画面へ移動する。表 6-1 の映像番号 23～29 の 7 つの映像教材のサムネイルが表示される。各サムネイルを選択すると、その番号の映像教材が再生される。各映像教材が末尾まで再生されると、自動的にこの画面へ戻る。左下の左矢印ボタンを選択することで、トップメニュー画面に戻ることができる。

(「戻る」の文字は選択できないので注意。文字ではなくボタンを選択する。)

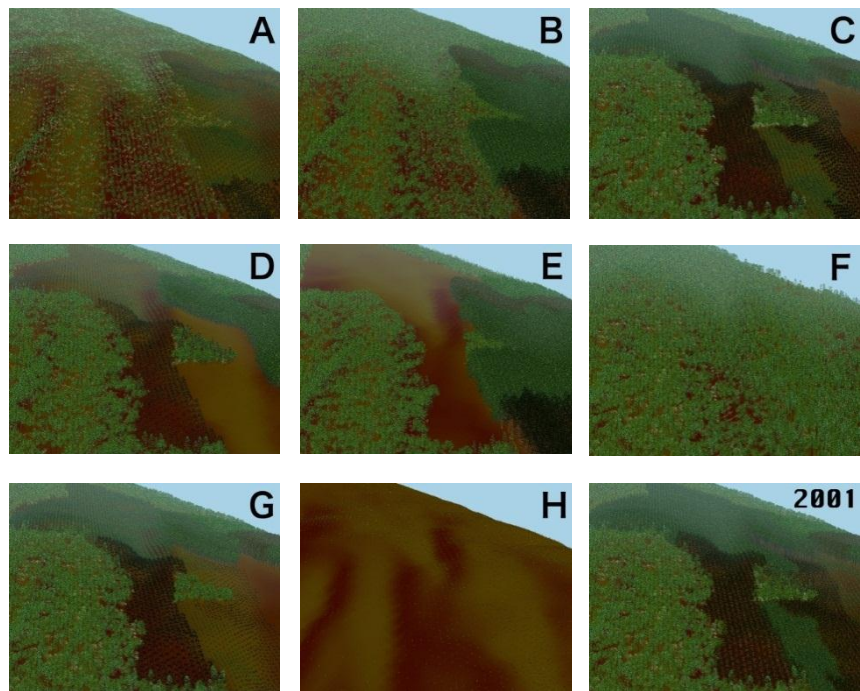
付録2 DVDに収録した以外の教材

表 6-1 の映像教材で DVD に収録しなかった教材のうち、教材番号 33 を除く静止画を用いた教材を以下に示す。

● 教材番号 30 『ブナの殻斗数え』

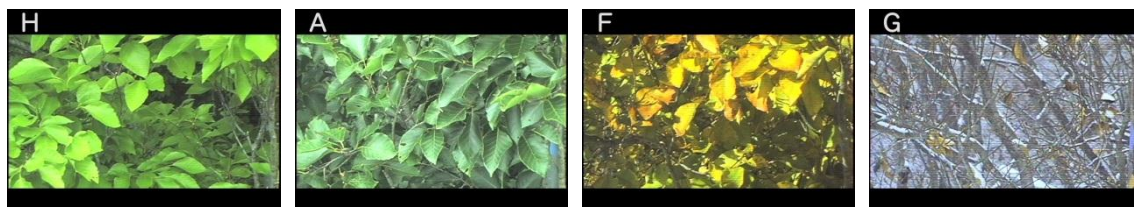
2000年 10月10日	2001年 10月10日	2002年 10月10日
		
割れていないもの 個 割れているもの 個	割れていないもの 個 割れているもの 個	割れていないもの 個 割れているもの 個

● 教材番号 31 『過去 80 年間森林画像並べ替えクイズ』



(本教材の画像は Saito *et al.* (2007) の成果を応用した)

● 教材番号 32 『ブナ並べ替えクイズ』 (4 枚版)



● 教材番号 34 『サクラ満開日の観察』

1997 年 - 2001 年

4 月	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1997	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN							
1998															
1999	SYSTEMDOWN						SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN			
2000					SYSTEMDOWN										
2001															
5 月	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
1997										SYSTEMDOWN					
1998				SYSTEMDOWN											
1999												SYSTEMDOWN	SYSTEMDOWN		
2000											SYSTEMDOWN				
2001															

2002 年 - 2006 年

4 月	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2002															
2003															
2004															
2005															
2006															

5 月	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
2002															
2003															
2004															
2005															
2006															

2007 年 - 2011 年

4 月	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
2007															
2008															
2009															
2010															
2011															

5 月	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
2007															
2008															
2009															
2010															
2011															

付録 3 本文中から省略した図表

表 4-付 1 : 図 4-4 の各単語の第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分
森林	-0.482	-0.368	大切	-0.279	-1.102	言う	1.349	-1.914
映像	-0.751	0.493	きれい	-1.127	0.197	違う	-1.313	0.749
クマ	0.721	-0.645	マイ	2.222	-1.292	学ぶ	0.132	-0.353
先生	0.260	-1.287	たくさん	0.975	-0.420	教わる	2.336	1.485
動物	0.308	-0.732	前	0.367	-0.301	残る	-0.160	0.944
興味	-0.750	-0.242	一番	1.254	-0.782	減る	0.870	-0.542
鳴き声	2.626	3.277	あと	-0.511	0.176	受ける	-1.679	0.669
割り箸	1.855	-1.530	夏	-2.666	1.619	棲む	0.776	-0.876
季節	-1.413	0.483	今	1.223	-1.141	生かす	2.552	3.385
空気	-1.021	-0.385	今度	-0.607	-0.635	聞ける	-1.476	-0.328
写真	-0.225	-1.586	時期	-0.945	-0.086	聞こえる	-2.421	2.169
人工	3.506	5.020	秋	-2.280	1.185	良い	1.135	-0.705
カメラ	1.572	-1.739	春	-2.421	2.169	嬉しい	0.492	-0.904
クリ	1.055	-0.475	場合	0.936	-2.004	遅い	1.055	-0.475
ビデオ	-0.529	-0.033	冬	-2.605	1.666	楽しい	-0.473	-0.086
ロボット	1.572	-1.739	δ 先生	-0.515	0.949	詳しい	-1.053	0.792
環境	0.504	-0.967	JGN	-0.240	0.021	素晴らしい	-1.233	0.666
最初	-2.407	0.882	2 日	0.845	-0.129	本当に	0.133	0.778
酸性	-0.339	-0.196	2 回	-0.984	0.056	初めて	0.694	-0.726
様子	-1.486	0.796	1 回	-0.971	0.208	少し	-0.427	0.205
テーマ	-1.096	-0.855	9 月 31 日	0.577	-1.966	全く	-1.908	1.307
印象	3.503	2.736	10 月 2 日	0.611	-1.894	特に	-1.119	1.208
四季	-0.290	-0.210	1 年	-1.222	0.877	木	0.383	0.456
自分	-0.228	-0.260	2 分	-2.621	2.015	目	-0.948	0.146
種類	-0.601	0.278	エゾハルゼミ	-1.728	1.433	山	-0.661	-0.087
生態	-1.231	-1.178	ありがとう	-0.061	-0.284	色	-0.386	0.158
名前	-0.343	0.802	教える	-0.149	-0.489	班	-0.845	0.056
授業	-0.743	0.048	分かる	-0.386	0.335	鳥	0.058	1.453
紅葉	-0.396	0.308	調べる	-0.066	-0.565	箸	2.259	-1.270
発表	-0.827	-0.390	思う	0.543	-0.665	間	-0.918	0.564
生長	2.819	2.624	知る	0.299	-0.344	声	-1.361	1.122
勉強	0.001	0.461	見せる	0.309	-0.401	他	-1.514	0.653
びっくり	1.084	0.922	使う	1.352	-1.670	虫	0.355	0.228
変化	0.490	-0.239	見る	-0.374	0.292	雨	-0.540	0.187
提案	0.845	-1.088	食べる	1.058	-0.986	森	-1.585	0.558
話	-1.569	0.038	考える	0.088	-0.982	本	1.831	-0.674
意味	-1.231	-1.178	続ける	1.010	-0.618	音	0.631	3.308
研究	0.499	-0.792	聞く	-1.304	0.389	家	2.045	-1.200
質問	0.642	-0.559	変わる	-1.094	0.301	桜	-2.421	2.169
破壊	0.452	-1.553	持つ	0.393	-1.339	事	-0.731	-0.733
いろいろ	0.464	0.697	学べる	2.265	-1.167			
自然	2.513	3.481	頑張る	0.983	2.481			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 4-付 2 : 図 4-4 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	-0.906	1.154	18	-0.699	0.778
2	-0.140	0.763	19	0.593	-1.117
3	-0.080	0.408	20	0.552	-1.216
4	-2.053	1.371	21	0.000	-0.592
5	0.950	-1.150	22	0.280	0.156
6	-0.470	-0.811	23	-0.737	1.103
7	-0.332	-0.297	24	-0.455	0.029
8	-1.426	0.367	25	-0.734	0.008
9	0.135	-0.326	26	-0.024	-0.669
10	2.764	3.845	27	-0.870	-0.185
11	0.610	-0.330	28	-0.045	-0.093
12	0.981	-0.738	29	-0.935	-0.197
13	-0.635	-1.186	30	0.356	0.097
14	-1.131	0.569	31	0.676	-1.363
15	1.519	-0.660	32	-1.206	0.514
16	-0.635	-0.400	33	0.227	-1.397
17	-0.462	0.252	34	-0.273	0.071

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 4-付 3 : 図 4-5 の各単語の第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分
1 年	-0.258	-1.748
春	0.147	-1.385
夏	0.640	-0.425
秋	0.640	-0.425
冬	-0.820	-0.056
季節	0.855	-0.170
四季	-1.342	-1.343
遅い	-1.385	0.442
生長	0.358	2.121
変化	0.722	0.178
時期	-2.638	0.840

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 4-付 4 : 図 4-5 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	-0.062	-1.818
4	0.326	-0.571
9	-1.542	0.513
10	0.399	2.461
14	-1.798	0.474
15	-0.113	1.060
16	-0.891	-1.793
17	0.602	1.334
18	0.258	-0.911
22	-1.519	-0.523
24	0.804	0.206
25	0.823	-0.161
26	-2.938	0.975
27	0.878	0.004
28	0.878	0.004
30	0.399	2.461
32	0.823	-0.161
34	0.878	0.004

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 4-付 5 : 図 4-6 のクラスター併合の各段階における併合水準

クラスター併合の段階	併合水準	クラスター併合の段階	併合水準
1	0.462	10	0.823
2	0.545	11	0.884
3	0.571	12	0.952
4	0.643	13	0.978
5	0.714	14	1.094
6	0.727	15	1.121
7	0.733	16	1.342
8	0.794	17	1.490
9	0.800		

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 1 : 図 5-1 の各単語の第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分
森林	-0.521	0.327	演習	2.220	4.702	避ける	-0.623	0.188
環境	-0.512	-0.127	教育	-2.038	0.130	育てる	1.561	0.971
地球	-0.691	-0.463	温暖	-0.537	-0.319	考える	0.273	-1.049
生物	-1.345	-0.317	大切	-0.742	-0.300	食べる	1.925	-3.005
自分	-0.688	-0.168	無駄	-1.285	0.123	生える	1.522	-1.630
熱帯	0.494	-0.397	大変	0.036	0.000	教える	0.028	-0.419
電気	-2.418	0.463	簡単	0.035	0.091	見る	0.313	0.809
二酸化炭素	1.216	-1.008	自然	-0.521	0.074	増える	0.377	-0.207
取り組み	0.402	0.779	いろいろ	-0.450	-1.734	育つ	0.796	-0.259
ガス	-1.740	0.366	東京大学	0.900	0.311	吸う	2.196	-1.201
エコ	-0.752	-1.045	東大	1.519	2.626	言う	-0.168	-0.770
クマ	1.423	-1.845	森	1.239	-1.542	咲く	-1.820	0.574
土砂崩れ	-0.513	0.434	秩父	1.822	3.760	植える	1.857	0.899
動物	-0.933	-0.779	日本	-0.311	-0.345	生まれ変わる	0.244	0.149
映像	0.259	2.103	今	-0.663	-0.296	起きる	-0.889	-0.149
カメラ	0.572	3.158	時間	0.098	1.042	死ぬ	0.380	-1.958
ロボット	0.572	3.158	時期	-0.689	1.739	知れる	-2.672	-0.574
水不足	-0.739	0.102	たくさん	0.328	-1.193	来る	0.365	1.281
養分	-0.076	0.264	今日	-0.200	-0.615	良い	-0.351	-0.489
ヤマザクラ	-0.265	1.761	あと	0.408	-0.753	新しい	-0.798	-1.199
人間	-0.550	-0.242	一番	1.423	-1.576	早い	0.028	-0.035
植物	-0.291	-0.614	フェノロジー	-1.129	0.355	難しい	0.853	-0.777
雨林	1.222	-0.680	2004 年	0.797	2.050	古い	1.890	-1.880
データ	1.254	4.373	2000 年	0.562	2.165	楽しい	-1.733	-0.347
季節	-1.151	-1.110	サイバーフォレスト	-2.616	0.893	少ない	0.282	0.958
クイズ	-2.682	0.614	思う	0.113	-0.339	面白い	-0.880	-1.003
気象	1.180	4.178	分かる	-0.066	-0.215	一度	0.564	0.277
びっくり	0.391	-0.315	知る	-0.152	-0.213	初めて	0.391	0.450
話	0.986	-0.059	聞く	1.056	-0.048	少し	0.809	-0.742
リサイクル	-1.792	-0.144	伐る	1.167	0.375	改めて	-0.258	-0.552
減少	-3.237	0.533	伐つ	0.812	-0.080	木	1.410	-1.211
影響	-0.797	-0.271	驚く	0.302	0.096	森	1.194	-0.176
回復	1.548	1.412	増やす	1.061	0.213	人	0.160	-0.327
開花	-0.097	1.653	調べる	-2.493	0.751	元	0.482	0.413
説明	0.581	-0.359	戻る	0.599	0.742	年	0.399	1.457
記録	1.061	3.722	消える	-1.437	-0.481	土	-0.212	-0.235
紅葉	-0.347	1.685	枯れる	1.328	-1.709	桜	-0.764	-0.026
生活	-1.164	-0.660	減る	-0.374	-1.421	音	1.155	3.863
観察	0.162	-0.306	使う	-2.850	-0.015	気	-0.807	-0.384
授業	-0.435	-1.258	違う	-0.949	1.974	親	1.910	1.441
実行	-2.253	0.132	起こる	0.078	-0.614	孫	2.028	1.489
学習	-0.979	-0.988	進む	-0.682	-1.138			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 2 : 図 5-1 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	1.401	-1.610	37	0.586	-0.291	73	-0.606	-0.328
2	-0.012	-0.041	38	1.139	-1.390	74	0.050	-1.177
3	0.591	-0.355	39	-1.173	-0.724	75	-0.556	-0.209
4	-0.499	-0.459	40	-0.699	-0.285	76	0.068	-0.284
5	-0.043	0.548	41	0.527	2.072	77	-2.397	0.138
6	-1.146	0.072	42	0.971	0.417	78	-3.257	0.367
7	-0.994	-1.211	43	-1.600	-0.313	79	-0.830	0.108
8	0.418	-0.672	44	0.339	-1.585	80	-0.302	-0.272
9	0.159	-0.677	45	-1.911	-0.015	81	0.095	2.395
10	0.570	-1.208	46	-0.754	0.735	82	0.006	-0.356
11	1.591	3.385	47	-0.590	0.205	83	-2.569	0.823
12	0.352	0.831	48	1.691	-1.835	84	-1.164	-0.542
13	-1.775	1.002	49	-0.151	-0.251	85	0.691	-0.057
14	1.394	-0.660	50	-1.323	-0.756	86	-1.028	-0.361
15	-1.856	-0.116	51	-0.757	-0.241	87	1.741	-1.432
16	-1.161	1.760	52	1.519	-1.704	88	-0.018	-0.493
17	0.361	-0.321	53	1.003	-0.630	89	-1.908	-0.522
18	0.045	0.002	54	-0.525	1.055	90	0.382	0.289
19	-0.979	0.188	55	0.284	-0.627	91	0.775	-0.695
20	-0.218	-0.155	56	0.116	-1.367	92	-0.156	0.492
21	-0.242	0.148	57	0.815	-0.882	93	0.909	0.125
22	1.128	-0.048	58	1.684	2.536	94	1.195	-0.931
23	0.487	-0.252	59	0.510	0.262	95	-0.564	0.389
24	0.783	2.170	60	-0.706	-0.220	96	0.632	-0.166
25	0.584	-0.203	61	-0.063	-0.103	97	0.629	-0.614
26	1.546	1.853	62	1.552	-2.617	98	-0.393	0.100
27	1.189	0.148	63	-1.190	-0.425	99	-0.812	-0.412
28	0.865	-0.031	64	-2.384	-0.065	100	0.138	-0.154
29	0.865	2.489	65	-2.062	-0.612	101	-0.903	1.224
30	0.270	0.235	66	0.125	1.049	102	-0.014	0.333
31	-1.322	-0.593	67	0.592	-1.416	103	0.265	-0.592
32	0.207	-0.425	68	-0.128	-0.314	104	-1.086	-0.408
33	-1.554	-0.553	69	-0.669	-0.863	105	0.138	-1.052
34	-0.242	-0.648	70	-1.121	-0.868	106	0.813	-0.775
35	0.074	1.163	71	0.881	-0.597	107	-0.018	0.798
36	-2.705	0.755	72	-0.714	-0.533			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 3 : 図 5-2 の各単語の
第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分
年	-0.243	0.556
時間	-1.089	-1.473
季節	2.875	-1.195
時期	-0.184	0.863
違い	-0.249	1.116
変化	1.264	0.110
早い	0.360	-0.730

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 4 : 図 5-2 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	-0.292	0.681	42	-1.311	-1.803
5	-0.802	-0.561	43	3.461	-1.463
6	-1.311	-1.803	45	0.106	0.081
7	3.461	-1.463	46	-0.531	0.325
11	0.333	0.852	47	-1.311	-1.803
12	-1.311	-1.803	51	-0.221	1.056
13	0.333	0.852	54	-0.261	1.211
17	1.201	-0.559	58	-1.311	-1.803
18	-0.271	1.035	61	-0.271	1.035
19	-0.439	-1.349	66	-0.531	0.325
21	-0.292	0.681	67	-1.311	-1.803
24	-1.311	-1.803	68	-1.311	-1.803
25	0.977	-0.380	71	0.071	-0.107
26	-0.300	1.366	73	-0.271	1.035
28	-0.292	0.681	79	0.650	0.596
29	-0.531	0.325	80	2.491	-0.664
30	0.614	0.408	81	-0.296	1.024
32	-1.311	-1.803	88	0.434	-0.894
34	2.491	-0.664	96	0.434	-0.894
35	-0.271	1.035	100	-0.766	-0.373
36	-0.300	1.366	101	0.333	0.852
37	-1.311	-1.803	102	-1.311	-1.803
40	1.224	-1.044	107	-0.390	-0.672
41	-0.271	1.035			

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 5 : 図 5-3 のクラスター併合の各段階における併合水準

クラスター併合の段階	併合水準	クラスター併合の段階	併合水準
1	0.000	27	0.667
2	0.000	28	0.692
3	0.167	29	0.700
4	0.250	30	0.743
5	0.250	31	0.748
6	0.286	32	0.766
7	0.333	33	0.776
8	0.333	34	0.806
9	0.369	35	0.858
10	0.375	36	0.912
11	0.400	37	0.958
12	0.421	38	0.960
13	0.441	39	0.971
14	0.444	40	1.006
15	0.455	41	1.109
16	0.455	42	1.149
17	0.500	43	1.244
18	0.500	44	1.385
19	0.500	45	1.627
20	0.500	46	1.648
21	0.500	47	1.712
22	0.500	48	1.827
23	0.515	49	2.092
24	0.600	50	2.805
25	0.600	51	2.831
26	0.656	52	3.929

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 6：図 5-4 の各単語の第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分
ブナ	-0.250	0.192	東京大学	-0.548	1.557	向く	5.077	-1.796
秘密	-0.084	0.405	斎藤	0.200	0.337	残す	-0.440	0.985
先生	0.256	0.278	大辻	1.206	-0.579	似る	-0.924	0.272
写真	0.088	0.415	今日	-0.515	-0.452	受ける	-3.646	-6.444
植物	-0.242	-0.326	たくさん	0.294	0.616	生える	0.142	0.815
生き物	-0.553	0.277	一番	0.287	0.016	増える	0.591	0.695
ジャガイモ	-0.806	-0.106	あと	-0.096	0.700	増やす	-0.447	0.714
動物	-0.506	1.441	時期	0.076	0.531	当てる	5.028	-1.664
順番	-0.345	-0.318	来年	-0.222	1.188	並べる	0.187	-1.038
テレビ	-0.509	0.294	毎年	-0.170	-0.309	高い	0.616	-0.090
バネ	-0.180	0.572	全部	1.818	-1.117	新しい	0.690	1.005
季節	0.396	-1.269	一年	-0.158	0.059	大きい	-0.226	-0.525
興味	3.761	-1.060	20m～30m	-0.010	-0.467	多い	-1.286	1.856
子孫	0.023	0.899	A～H	2.671	-1.515	少し	0.006	0.100
自分	-0.605	0.924	デンプン	-1.165	0.220	特に	-0.735	0.230
付け根	0.020	1.153	ありがとう	1.229	0.365	実際	1.004	0.582
木々	-0.854	1.161	思う	0.440	-0.008	本当に	-3.212	-6.080
クマ	-0.585	1.310	分かる	-0.681	0.470	葉	0.160	0.059
栄養	0.404	0.208	見る	0.099	0.298	木	-0.031	0.181
青虫	-0.912	-1.886	探る	-0.270	0.490	実	-0.367	0.533
知恵	-0.711	1.825	違う	-0.386	0.448	芽	1.206	0.140
日光	5.077	-1.796	生きる	-0.075	-0.446	年	-0.331	-0.041
豊作	4.250	-1.767	知る	0.745	-0.461	鱗	1.482	-0.373
本物	1.004	0.582	調べる	-0.508	-0.767	枝	0.934	0.062
裏表	-0.468	0.808	落とす	-0.877	0.215	色	-0.091	-0.218
びっくり	-0.179	0.629	聞く	0.041	0.636	虫	-0.609	1.272
工夫	-0.033	-0.752	食べる	-0.778	1.303	水	-0.791	-0.640
授業	-2.751	-4.945	驚く	0.320	0.202	他	-0.765	0.962
学習	0.498	0.454	持つ	2.156	-0.158	形	0.129	-1.379
生長	-0.272	-0.055	感じる	-0.614	0.399	種	-1.169	1.194
変化	0.229	-0.125	考える	-0.632	0.660	数	-0.591	1.547
準備	-0.681	1.378	変わる	-1.247	-3.161	気	-2.313	-4.577
正解	4.716	-2.880	教える	0.499	0.370	量	-0.533	0.863
不思議	-0.309	0.134	出る	-0.218	0.147	花	-0.320	-0.736
いろいろ	-0.692	0.236	当たる	3.701	-0.954	間	-0.296	0.087
疑問	-0.219	0.450	繋がる	-0.898	0.578	茎	-0.918	-0.734
様々	-0.490	0.464	決まる	3.868	-2.693	順	4.716	-2.880

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 7：図 5-4 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	-0.521	0.479	14	-0.344	-0.798	27	-0.476	-0.653
2	-0.973	0.918	15	0.142	0.059	28	1.044	0.074
3	1.325	0.060	16	0.071	-0.318	29	-0.590	0.776
4	0.043	0.408	17	-0.296	0.762	30	4.930	-2.060
5	0.590	0.438	18	-3.520	-6.656	31	-0.076	0.524
6	-0.704	0.154	19	-0.137	0.798	32	-0.445	0.172
7	0.975	-0.197	20	-0.258	0.880	33	-0.413	0.541
8	-0.055	0.557	21	1.386	-0.099	34	0.936	-1.402
9	0.357	-0.064	22	-0.242	0.213	35	-0.196	0.017
10	-0.280	0.293	23	-0.679	-0.419	36	0.144	0.357
11	-0.118	-1.177	24	-0.946	-0.899	37	-0.627	1.314
12	-1.016	-1.089	25	0.034	0.082			
13	-0.088	-0.188	26	-0.079	0.292			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 8 : 図 5-5 の各単語の
第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分
新しい	1.251	-1.138
年	0.602	-0.130
来年	1.173	-1.280
毎年	0.167	-0.157
一年	-0.784	-0.037
子孫	0.879	-0.836
変化	-0.094	0.197
季節	-0.177	0.519
生長	-0.110	1.092
時期	-3.243	-1.763
順番	-0.272	2.237

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 9 : 図 5-5 の各児童の
第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
3	1.338	-1.244
4	0.588	-0.409
5	1.178	-1.186
6	-2.154	-0.983
7	0.644	-0.142
10	-0.352	0.456
11	0.211	0.085
12	0.644	-0.142
13	-0.838	-0.040
14	-0.118	1.194
15	-0.291	2.446
16	0.272	0.036
17	1.255	-1.399
18	-0.101	0.215
19	0.644	-0.142
20	1.255	-1.399
21	-0.470	0.088
22	-0.330	-0.106
23	-0.470	0.088
24	-0.291	2.446
25	0.644	-0.142
26	-0.514	0.264
28	-3.469	-1.927
29	0.698	-0.700
30	-0.291	2.446
31	-3.469	-1.927
32	0.644	-0.142
33	0.644	-0.142
34	-0.194	1.076
35	-0.204	1.820
36	0.263	0.526
37	0.991	-0.693

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 10 : 図 5-6 のクラスター併合の各段階における併合水準

クラスター併合の段階	併合水準	クラスター併合の段階	併合水準
1	0.333	16	0.744
2	0.400	17	0.750
3	0.400	18	0.782
4	0.429	19	0.900
5	0.500	20	0.904
6	0.500	21	0.973
7	0.500	22	0.997
8	0.533	23	1.040
9	0.533	24	1.188
10	0.545	25	1.231
11	0.571	26	1.429
12	0.571	27	1.606
13	0.600	28	1.767
14	0.667	29	2.342
15	0.732		

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 11：図 5-7 の各単語の第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分
ブナ	-0.095	0.724	季節	0.127	0.151	δ	-0.962	-1.439
人工	2.110	-0.544	興味	1.153	-0.518	森	1.434	-0.533
森林	0.566	0.178	自分	0.150	-1.144	今日	-0.277	0.047
クイズ	-1.269	-0.523	植物	-1.253	-0.004	たくさん	0.532	0.141
映像	-1.736	-1.041	写真	-0.552	0.740	今	0.076	-0.874
ビデオ	-2.321	-1.897	風景	-0.539	-0.759	今度	0.098	1.472
先生	-0.053	-1.756	授業	-1.167	0.191	80 年	0.507	-0.127
カード	-1.761	-0.730	説明	-1.430	-2.403	ありがとう	0.119	-0.116
人間	0.249	-0.107	勉強	-0.547	-0.865	分かる	-0.425	-1.023
替え	-1.433	-0.886	話	-0.705	0.070	思う	0.569	-0.032
遠隔	-2.300	0.669	自然	2.093	-1.007	知る	0.766	0.670
機会	0.116	-1.036	いろいろ	-0.397	-1.338	見る	0.268	-0.199
画像	0.516	-0.233	大切	3.074	-1.507			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 12：図 5-7 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	-0.911	0.215	36	0.075	-0.588	71	-1.714	-2.041
2	-1.194	-0.977	37	-2.503	-4.439	72	0.420	-1.567
3	0.809	1.418	38	-0.185	-0.300	73	-0.536	-0.137
4	-0.490	0.914	39	-0.337	1.469	74	-0.496	-0.155
5	-0.237	0.048	40	-0.483	1.901	75	-0.185	-0.062
6	-1.674	-1.717	41	-2.785	2.747	76	0.777	1.416
7	0.937	-0.236	42	0.722	-0.763	77	-0.442	0.181
8	-0.216	-0.613	43	-0.313	1.638	78	-1.052	-1.243
9	1.211	-0.239	44	-0.425	-1.021	79	0.601	3.244
10	0.899	-0.162	45	-0.857	1.787	80	0.601	3.244
11	1.218	-1.196	46	0.780	-0.027	81	0.786	-0.396
12	-0.324	1.045	47	1.054	-0.869	82	1.747	0.108
13	-1.923	0.066	48	-0.906	-0.359	83	0.401	1.286
14	0.784	0.683	49	-1.511	3.060	84	-0.316	0.777
15	2.345	-0.592	50	-0.805	-0.550	85	0.510	-0.520
16	1.666	1.003	51	-0.293	-1.769	86	1.838	-0.148
17	-0.564	0.196	52	-1.277	1.209	87	3.180	-1.253
18	0.401	0.608	53	2.279	-0.503	88	1.220	-0.137
19	0.804	-0.039	54	-0.228	0.938	89	1.718	0.036
20	0.229	0.634	55	0.119	1.178	90	-0.038	0.159
21	-0.042	-0.234	56	-1.085	-1.871	91	2.183	0.036
22	-0.326	-0.283	57	-1.700	1.192	92	-0.405	-0.530
23	0.288	2.489	58	1.055	-0.567	93	-1.985	-1.085
24	0.064	-0.369	59	-0.041	0.266	94	-0.386	0.091
25	-0.221	0.031	60	0.151	2.381	95	-2.483	-1.834
26	-1.050	-0.396	61	-0.152	0.415	96	0.158	0.641
27	-0.127	-0.893	62	-0.366	1.686	97	-0.290	-0.989
28	-0.065	-0.298	63	-0.128	-0.632	98	-0.579	-0.701
29	-0.646	0.070	64	-1.365	-0.320	99	-2.539	0.032
30	0.997	-0.621	65	-1.543	-0.151	100	0.181	-0.812
31	0.593	-0.866	66	0.665	-1.210	101	0.448	-1.198
32	0.563	-0.921	67	-0.490	0.553	102	-1.053	-0.749
33	-1.457	0.230	68	0.771	-1.309	103	-0.980	2.068
34	1.936	-1.037	69	0.461	-0.087	104	2.991	-2.098
35	-1.483	-0.174	70	-0.533	-1.000	105	-0.134	1.678

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 13 : 図 5-8 の各単語の
第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分
変化	-0.829	0.490
季節	-0.996	-1.739
80 年	1.228	-0.150
年	-0.569	1.431

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 14 : 図 5-8 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
4	-0.926	0.588	39	-0.637	1.716
5	-0.064	0.708	42	-0.637	1.716
8	1.372	-0.180	48	1.372	-0.180
9	1.372	-0.180	53	1.372	-0.180
17	-1.113	-2.085	56	-0.926	0.588
18	-1.020	-0.749	60	-0.637	1.716
19	0.130	-1.133	63	1.372	-0.180
21	-0.892	0.073	76	1.372	-0.180
22	1.372	-0.180	82	-0.926	0.588
24	1.372	-0.180	83	1.372	-0.180
25	1.372	-0.180	90	1.372	-0.180
28	-1.113	-2.085	96	-1.113	-2.085
31	1.372	-0.180	97	-0.637	1.716
32	-0.064	0.708	99	-0.926	0.588
38	-1.113	-2.085	105	-0.926	0.588

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 15 : 図 5-9 のクラスター併合の各段階における併合水準

クラスター併合の段階	併合水準	クラスター併合の段階	併合水準
1	0.143	23	0.744
2	0.200	24	0.750
3	0.200	25	0.758
4	0.250	26	0.778
5	0.333	27	0.796
6	0.333	28	0.806
7	0.429	29	0.810
8	0.441	30	0.816
9	0.500	31	0.833
10	0.500	32	1.042
11	0.500	33	1.049
12	0.500	34	1.171
13	0.500	35	1.213
14	0.552	36	1.221
15	0.600	37	1.258
16	0.600	38	1.571
17	0.600	39	1.655
18	0.611	40	1.779
19	0.667	41	2.083
20	0.682	42	2.377
21	0.711	43	3.194
22	0.714		

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 16：図 5-10 の各単語の第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分	単語	第 1 成分	第 2 成分
季節	-0.444	-0.673	夏	0.039	1.167	良い	-0.436	-0.856
ブナ	0.302	-1.318	春	0.364	1.553	楽しい	1.171	1.058
様子	0.900	-1.341	あと	-1.535	-1.684	嬉しい	0.297	-1.387
先生	1.245	0.187	たくさん	0.861	0.345	難しい	1.239	1.628
写真	0.920	2.109	秋	0.063	0.518	面白い	1.192	-1.054
鳴き声	-3.109	2.252	春夏秋冬	-0.001	0.834	初めて	1.420	0.029
テレビ	2.206	-1.203	分かる	0.161	0.814	木	0.181	-1.322
最初	1.399	2.099	思う	-0.790	-1.133	葉	-1.122	-0.392
勉強	-0.076	0.651	見る	1.426	-0.623	森	0.693	0.614
経験	-0.807	-0.361	知る	-0.363	-0.618	山	1.254	-0.298
紅葉	-0.382	-0.508	変わる	-0.184	-0.444	色	-1.533	0.190
びっくり	-1.436	-0.603	違う	-1.696	-1.282	鳥	-2.330	0.852
説明	1.384	1.880	学ぶ	0.791	1.163	虫	-2.920	1.477
いろいろ	-1.461	-0.069	見れる	0.738	-1.678	音	-0.382	0.892
東京大学	0.787	0.745	聞く	1.285	0.762			
今日	0.170	0.242	教える	0.470	-2.158			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 17：図 5-10 の各児童の第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分	児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
1	0.059	-2.358	16	-0.772	0.518	31	0.787	1.005
2	-0.905	0.126	17	0.683	-0.979	32	-1.509	-0.631
3	1.432	-1.354	18	0.595	1.803	33	0.147	-0.434
4	0.948	1.701	19	0.635	-0.549	34	0.200	-0.781
5	-0.188	-1.428	20	-1.779	1.346	35	-0.403	-1.291
6	-2.731	1.889	21	-0.251	-1.295	36	0.718	1.311
7	-1.706	0.637	22	0.532	1.097	37	0.647	-0.098
8	-0.529	-1.112	23	-0.825	-0.233	38	0.852	-0.218
9	1.249	0.152	24	0.045	-0.509	39	0.539	0.084
10	0.947	1.687	25	-1.586	-0.114	40	0.728	0.912
11	-0.087	-0.001	26	-0.441	0.779	41	1.993	-0.619
12	-0.154	-0.262	27	-0.833	-1.729	42	-0.447	-1.197
13	-0.498	-0.235	28	-0.128	0.130	43	-0.232	-0.006
14	-1.366	0.694	29	0.476	-0.469	44	0.750	-0.993
15	0.465	-0.399	30	1.038	0.883			

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 18 : 図 5-11 の各単語の
第 1 成分および第 2 成分の値

単語	第 1 成分	第 2 成分
四季	-0.642	-0.131
春	1.107	1.837
夏	0.862	1.281
秋	0.844	1.234
季節	0.331	-1.101
変化	0.189	-0.608
違う	0.370	-0.963
順番	-3.438	1.306

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 19 : 図 5-11 の各児童の
第 1 成分および第 2 成分の値

児童 ID	第 1 成分	第 2 成分
2	0.420	0.446
4	1.153	1.959
5	0.387	-1.383
6	-0.752	-0.164
7	-4.027	1.641
11	-0.182	-0.774
12	-0.265	-0.464
13	0.221	-0.764
14	1.153	1.959
15	-0.752	-0.164
16	-0.265	-0.464
18	-2.389	0.738
21	0.221	-0.764
24	-0.752	-0.164
25	0.410	-1.297
26	0.921	1.021
27	0.023	-0.919
28	0.217	-0.175
29	0.989	1.549
30	0.553	0.908
31	-2.389	0.738
32	0.410	-1.297
34	0.304	-1.073
35	0.387	-1.383
36	-0.752	-0.164
37	-0.752	-0.164
40	-0.182	-0.774
42	0.304	-1.073
43	0.387	-1.383

※各成分の値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

表 5-付 20 : 図 5-12 のクラスター併合の各段階における併合水準

クラスター併合の段階	併合水準	クラスター併合の段階	併合水準
1	0.400	16	0.728
2	0.429	17	0.750
3	0.500	18	0.753
4	0.500	19	0.924
5	0.500	20	1.010
6	0.500	21	1.026
7	0.545	22	1.053
8	0.571	23	1.079
9	0.600	24	1.212
10	0.614	25	1.333
11	0.625	26	1.410
12	0.636	27	1.638
13	0.667	28	1.698
14	0.676	29	1.898
15	0.714		

※値は小数点以下 4 桁で四捨五入。

引用文献

相場博明 (2007): 直接経験と間接経験のどちらを支持するか ―地学領域を例とした意識調査―. 地学教育, 60(6): 211-226.

Ahrends, H. E., Brugger, R., Stockli, R., Schenk, J., Michna, P., Jeanneret, F., Wanner, H., and Eugster, W. (2008) Quantitative phenological observations of a mixed beech forest in northern Switzerland with digital photography. *Journal of Geophysical Research*. 113(G4): 1-11.

Aono, Y., and Kazui, K. (2008): Phenological data series of cherry tree flowering in Kyoto, Japan, and its application to reconstruction of springtime temperatures since the 9th century. *International Journal of Climatology*. 28: 905-914.

青野靖之・守屋千晶 (2003): 休眠解除を考慮したソメイヨシノの開花日推定モデルの一般化. 農業気象, 59(2): 167-177.

朝倉徹 (2004): 映画教育黎明期における理論的展開とその問題点 ―リアリズムとフォルマリズムの論争から見る映画教育黎明期の目的論とその行方―. 教育メディア研究, 11(1): 27-35.

Badeck, F. W., Bondeau, A., Böttcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J., and Sitch, S. (2004): Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist*, 162: 295-309.

Bailey, L. H., (1896): Instructions for Takeing Phenologycal Observations. *Monthly Weather Review*, 24: 328-331.

Beaubien, E. G., and Freeland, H. J. (2000): Spring phenology trends in Alberta, Canada: links to ocean temperature. *International Journal of Biometeorology*, 44: 53-59.

ベイリ, L. H.: 宇佐美寛訳 (1972): 自然学習の思想. 明治図書出版, 東京, 164pp.

大後美保・鈴木雄次 (1947): 日本生物季節論. 北隆館, 東京, 229pp.

- 大東俊一 (2003): 四季の誕生 ―日本人の美意識の源流―. 人間総合科学, 5: 1-28.
- Doi, H. (2007): Winter flowering phenology of Japanese apricot *Prunus mume* reflects climate change across Japan. *Climate Research*, 34: 99-104.
- 藤本征司 (2007): 広葉樹 29 種の 10 年間の開芽フェノロジー観測に基づく開芽日予測法の検討. 日本森林学会誌, 89(4): 253-261.
- 藤原章雄 (2003): 天然林樹冠部ロボットカメラの長期連続運用. 東京大学農学部演習林報告, 110: 159-176.
- 藤原章雄・斎藤馨 (1998): 映像情報のデジタル化によるランドスケープ情報の共有に関する研究. ランドスケープ研究, 61(5): 601-604.
- 降旗信一・宮野純次・能條歩・藤井浩樹 (2009): 環境教育としての自然体験学習の課題と展望. 環境教育, 19(1): 3-16.
- 後藤康志 (1996): ハイパーメディアと直接体験による学習支援の研究 ―小学校社会科伝統工業単元を事例にして―. 教育メディア研究, 2(2): 27-42.
- Graham, E. A., Riordan, E. C., Yuen, E. M., Estrin, D., and Rundel, P. W. (2010): Public Internet-connected cameras used as a cross-continental ground-based plant phenology monitoring system. *Global Change Biology*. 16: 3014-3023.
- 林武広 (2002): 地学の学習におけるマルチメディア活用の意義と有効性. 地学教育, 55(6): 245-257.
- 樋口耕一 (2004): テキスト型データの計量的分析 ―2 つのアプローチの峻別と統合―. 理論と方法 19(1): 101-115.
- 日置光久 (2009): 『自然の観察』と日本型理科. 文部省 (著): [復刊] 自然の観察. 農山漁村文化協会, 東京, 544pp.
- Ide, R., and Oguma, H. (2010): Use of digital cameras for phenological observations. *Ecological Informatics*. 5: 339-347.
- 生田孝至・後藤康志 (2007): 構成主義的な学習観の教育への展開. 新潟大学教育人間科学部紀要, 10(1): 1-12.

- 石田雅生 (1910): 櫻ノ開花期ト気温トノ關係. 氣象集誌, 29: 132-138.
- 加藤正吾・山本美香・小見山章 (1999): 落葉広葉樹林の上層と下層での葉フェノロジー — 1997 年の荘川村六厩における解析—. 森林立地, 41(1): 39-44.
- 川口孫治郎 (1972): 自然暦. 八坂書房, 東京, 172pp.
- 川村教一 (2007): インターネットを用いて行う局地気象の探究活動 — 備讃瀬戸海域に出現した陸風収束雲—. 地学教育, 60(4): 149-159.
- 川崎謙 (2005): 神と自然の科学史. 講談社, 東京, 222pp.
- 気象庁 (2012): 生物季節観測の情報. <http://www.data.jma.go.jp/sakura/data/index.html>, 2012.8.24 閲覧.
- 気象庁 (2005): 異常気象レポート 2005. http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/2005/pdf/2005_all.pdf (2012 年 11 月 3 日閲覧).
- 気象庁 (1985): 生物季節観測指針 第 3 版. 気象庁, 東京, 81pp.
- 気象協会 (1953): 生物季節観測指針. 気象協会, 東京, 88pp.
- Kobori, H., Kamamoto, T., Nomura, H., Oka, K., and Primack, R. (2012): The effects of climate change on the phenology of winter birds in Yokohama, Japan. *Ecological Research*, 27: 173-180.
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2007): 環境教育指導資料[小学校編]. 東洋館出版社, 東京, 180pp.
- Kramer, K., Leinonen, I., and Loustau, D. (2000): The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: an overview. *International Journal of Biometeorology*, 44: 67-75.
- Leech, D. I., and Crick, H. Q. P. (2007): Influence of climate change on the abundance, distribution and phenology of woodland bird species in temperate regions. *IBIS*, 149: 128-145.

- 増田啓子 (2012): 市民参加型の生物季節観測. 地球環境, 17(1): 43-50.
- 松本太・福岡義隆 (2003): 植物季節に及ぼす都市の温暖化の影響 ―熊谷市におけるソメイヨシノ開花日を例として―. 地理学評論, 76(1): 1-18.
- 松本太 (2003): ソメイヨシノの開花に及ぼす都市の温暖化の影響 ―花芽の成長過程に着目して. 環境情報科学論文集, 17: 41-46.
- Migliavacca, M., Galvagno, M., Cremonese, E., Rossini, M., Meroni, M., Sonnentag, O., Cogliati, S., Manca, G., Diotri, F., Busetto, L., Cescatti, A., Colombo, R., Fava, F., Morra di Cella, U., Pari, E., Siniscalco, C., and Richardson, A. D. (2011): Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO₂ uptake. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151: 1325-1337.
- 文部科学省 (1998a): 小学校学習指導要領. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/cs/1320008.htm (2012 年 12 月 1 日閲覧).
- 文部科学省 (1998b): 中学校学習指導要領. http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/cs/1320101.htm (2012 年 12 月 1 日閲覧).
- 文部省 (1991): 環境教育指導資料[中学校・高等学校編]. 大蔵省印刷局, 東京, 121pp.
- Morisette, J. T., Richardson, A. D., Knapp, A. K., Fisher, J. I., Graham, E. a, Abatzoglou, J., Wilson, B. E., Breshears, D. D., Henebry, G. M., Hanes, J. M., and Liang, L. (2009) Tracking the rhythm of the seasons in the face of global change: phenological research in the 21st century. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7: 253-260.
- 宗像慎太郎 (2007): 地球環境問題と科学的不確実性. 現代思想, 35(12): 178-186.
- 長澤規矩也 (1972): 和刻本正史 三国志 (二). 汲古書院, 東京, 486pp.
- 中川清隆・榊原保志・下山紀夫・板場智子・中澤美三 (2004): 雲のライブカメラ網の展開と気象情報画像取り込み・表示ソフトの開発. 地学教育, 57(3): 69-83.
- 中原孫吉 (1948): 季節現象. 河出書房, 東京, 209pp.

- 中田兼介・藪田慎司 (2006): 動画資料を使ったフィールド生物学者の自然教育への貢献. 日本生態学会誌, 56(2): 166-173.
- 中山迅・秋山瑠美子 (2007): 中学校理科授業中の発話に現れる日本的な用語としての「様子」. 理科教育学研究, 48(1): 85-93.
- 小川哲男 (2006): 「低学年理科」の教科としての位置付けに関する歴史的考察・II —国民学校における「自然の観察」の新設(成立期)—. 學苑, 788: 17-27.
- 大鋸智・植田憲・宮崎清 (2010): 江戸期の会津地域の農の生活にみられる資源循環型生活—『会津農書』にみる自然との共生の姿—. デザイン学研究, 58(1): 31-40.
- 尾崎嘉信・寺田和雄・山下多聞 (2000): 三瓶演習林における落葉広葉樹二次林を構成する樹木のフェノロジー. 島根大学生物資源科学部研究報告, 5: 67-71.
- Richardson, A. D., Braswell, B. H., Hollinger, D. Y., Jenkins, J. P., and Ollinger, S. V. (2009) Near-surface remote sensing of spatial and temporal variation in canopy phenology. *Ecological applications*, 19: 1417-1428.
- Richardson, A. D., Jenkins, J. P., Braswell, B. H., Hollinger, D. Y., Ollinger, S. V., and Smith, M. L. (2007): Use of digital webcam images to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest. *Oecologia*, 152: 323-334.
- Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H., and Nekovar, J. (2000): Phenology in central Europe – differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. *Int J Biometeorol*, 44:60-66.
- Saito, K., Imura, K., Okamoto, T., and Fujiwara, A. (2007): Forest Landscapes Reconstruction Using Continuous Forest Management Data from 1931 to 2001 at Tokyo University Forest in Chichibu, central Japan. *Journal of Forest Research*, 12(3): 193-200.
- Saito, K., Fujiwara, A., Toko, A., Yano, A., Okamoto, T. (2006): Design study of forest environment multimedia contents for environmental education with video data at the Tokyo university forests in Chichibu. *The Bulletin of the Tokyo University Forests*, 116: 267-281.

斎藤馨・藤原章雄・石井秀樹・志村正太郎・矢野安樹子・熊谷洋一 (2005): 森林映像モニタリングデータによるマルチメディアコンテンツ製作. ランドスケープ研究, 68(5): 923-926.

斎藤馨・藤原章雄・熊谷洋一・塚口馨介 (2002): 森林景観ロボットカメラの新機能開発と環境音記録に関する研究. ランドスケープ研究, 65(5): 689-692.

斎藤馨・藤原章雄・熊谷洋一 (1998): ランドスケープ情報基盤構築のための景観モニタリング手法. ランドスケープ研究, 61(5), 597-600.

佐藤学 (1996): 教育方法学. 岩波書店, 東京, 209pp.

Shepardson, D. P., Niyogi, D., Roychoudhury, A. and Hirsch, A. (2012): Conceptualizing climate change in the context of a climate system: implications for climate and environmental education. *Environmental Education Research*, 18(3): 323-352.

Sonnentag, O., Hufkens, K., Teshera-Sterne, C., Young, A. M., Friedl, M., Braswell, B. H., Milliman, T., O'Keefe, J., and Richardson, A. D. (2012): Digital repeat photography for phenological research in forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 152: 159-177.

Sparks, T. H. (2007): Lateral thinking on data to identify climate impacts. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 22(4): 169-171.

Studer, S., Appenzeller, C., and Defila, C. (2005): Inter-annual variability and decadal trends in alpine spring phenology: a multivariate analysis approach. *Climatic Change*, 73: 395-414.

住明正 (2008): 気候システム学から見た地球温暖化. 歴史地理教育, 730: 30-37.

多田裕樹・村上暁信 (2011): 都市およびその近郊地域におけるソメイヨシノの開花日と周辺土地被覆の関係. ランドスケープ研究, 74(5): 511-514.

高木啓 (2003): 構成主義と改革教育学. 広島大学大学院教育学研究科紀要 第三部, 52: 145-150.

高岩義信 (2010): 自然科学の研究アーカイブス ―研究記録と説明責任. アーカイブズ学研究, 12: 11-29.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2012): 東京大学演習林気象報告 (自 2010 年 1 月至 2010 年 12 月) . 演習林, 52: 319-350.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2011): 東京大学演習林気象報告 (自 2009 年 1 月至 2009 年 12 月) . 演習林, 50: 73-98.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2010a): 東京大学演習林気象報告 (自 2008 年 1 月至 2008 年 12 月) . 演習林, 49: 43-65.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2010b): 観測地の位置および観測法.
http://www.uf.a.u-tokyo.ac.jp/research_division/data/kishou/kokai-data/kokai2010-2.pdf, 2012.12.2 閲覧.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2009): 東京大学演習林気象報告 (自 2007 年 1 月至 2007 年 12 月) . 演習林, 48: 133-155.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2008): 東京大学演習林気象報告 (自 2006 年 1 月至 2006 年 12 月) . 演習林, 47: 83-105.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2007): 東京大学演習林気象報告 (自 2005 年 1 月至 2005 年 12 月) . 演習林, 46: 371-394.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2006): 東京大学演習林気象報告 (自 2004 年 1 月至 2004 年 12 月) . 演習林, 45: 271-295.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2005): 東京大学演習林気象報告 (自 2003 年 1 月至 2003 年 12 月) . 演習林, 44: 301-323.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2004): 東京大学演習林気象報告 (自 2002 年 1 月至 2002 年 12 月) . 演習林, 43: 259-281.

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林 (2003): 東京大学演習林気象報告 (自 2001 年 1 月至 2001 年 12 月) . 演習林, 42: 209-231.

植田重雄 (1984): 中部ヨーロッパにおける農事の諺、自然暦について. 早稲田商学, 305: 300-241.

宇佐美寛 (1969): L・H・ベイリの「自然学習」 —アメリカ進歩主義教育運動の農本主義的側面—. 千葉大学教育学部研究紀要, 18: 43-55.

Visser, M. E., and Both, C. (2005): Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 272(1582): 2561-2569.

渡辺隆一・大久保明紀子・井田秀行 (2006): 志賀高原における温暖化の植物季節への影響 —1986-2004 年の定点写真からのダケカンバの開葉日・黄葉日の年変動—. 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績, 43: 13-16.

White, M. A., Nemani, R. R., Thornton, P. E., and Running, S. W. (2002): Satellite Evidence of Phenological Differences Between Urbanized and Rural Areas of the Eastern United States Deciduous Broadleaf Forest. *Ecosystems*, 5: 260-277.

矢代光宏 (1993): 教授・学習理論からみた国民学校用『自然の観察』. 聖徳大学研究紀要第二分冊短期大学部(I), 26: 53-60.

八杉龍一・小関治男・古谷雅樹・日高敏隆 (1996): 岩波 生物学辞典 第4版. 岩波書店, 東京, 2027pp.

吉野政治 (2011): 花暦. 同志社女子大学大学院文学研究科紀要, 11: 63-82.

吉富友恭・今井亜湖・山田雅行・埴岡靖司・前迫孝憲 (2004): 河川の流量変動を映像化した展示システムが児童に及ぼす影響. 日本教育工学会論文誌, 28(3): 237-243.

論文の内容の要旨

論文題目

映像アーカイブを用いたフェノロジー観察学習に関する研究 (Phenology Observation Learning by Image Archives)

氏 名 中 村 和 彦

本論文は、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入するための教材開発の方針を明らかにすることを目的としたものである。全 8 章で構成されている。

第 1 章では、研究の背景、目的、構成、方法について述べた。フェノロジー（季節的に起こる自然界の動植物が示す諸現象の時間的変化）の観察は古くから多くの人々によって行われてきたが、近年では長期的な気候変動が動植物に及ぼす影響の指標として注目される。フェノロジーの観察はそれほど専門的な知識や技術を必要としないため、複雑な環境変化の影響を誰もが自身で直接得た直感的な情報（一次情報）から把握できるという利点がある。そして、現代においては学校教育においてフェノロジー観察が学習内容に取り入れられている。そこで、学校教育における身近なフェノロジー観察を長期的な環境変化の学習へと繋げることができないかと考えた。そのための手段として映像アーカイブ（音声付きの動画による映像の記録蓄積）を用いることが有効と考えられるが、学校教育への導入は未だ検討されていないため、実践的な知見が不十分であると判断し、冒頭に掲げた研究目的に至った。まず、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題を明らかにし、その課題に沿って授業実践における教材開発の方針を検討した。教材開発および授業実践においては、教材開発者、教員、学習者の 3 者を関係主体と捉えた。

第 2 章では、教材開発の方向性を明示した。まず、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学術的意義および教育的意義について述べた。学術的意義は、フェノロジー観察データの検証性および均質性の向上、観察頻度の向上、自動化による観察コストの削減、の 3 点が挙げられた。教育的意義は、観察の時間規模の拡大が挙げられた。この教育的意義のもと、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察を学校教育へ導入する際には、フェノロジー観察データの検証性

および均質性の向上という学術的意義が失われる危険性が考えられる。その一方で、教育的意義を確保するためには、授業を担当する教員の意図を反映した教材開発を行うことも必要と考えられた。したがって、事例研究においては、学術的意義と教育的意義の両立に向けて授業を担当する教員との議論を経た教材開発を行う必要があると考えられた。

第3章では、本論で対象とする映像アーカイブを用いたフェノロジー観察によって、年々変動および長期変化傾向がどの程度把握できるかを検討した。対象とする映像アーカイブは、東大秩父演習林の2台の無人自動撮影カメラによって撮影された、1995年から継続する毎日の動画と音声の蓄積である。2台のカメラによって、カメラ向きおよび画角の異なる約80のショットが撮影されているが、そのうち2つのショットを約2年間毎日観察した結果、1年間の季節変化は、植物の開葉・開花・紅葉・落葉や動物の鳴き声など、多くのフェノロジーから概略的に把握できた。年々変動については、単純に2つの年が違うということは、いくつかの植物フェノロジーから把握できた。年々変動のより詳細な分析や気温との関係の分析などのためには日単位の観察が必要となるが、カスミザクラの満開日の観察によって可能であることが示された。そして、長期変化傾向については、対象とする16年間の映像アーカイブでは把握できず、より長期間を対象とする必要があることが考えられた。

第4章では、X校における授業実践に向けた学校教員との複数回に及ぶ教材検討およびその授業を事例とし、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題を抽出した。小学校第6学年の児童34名に対して行われた授業において、展開案を作成する教員3名に試作教材を提示して要望を聞き開発に反映させるという手順を3回繰り返して、最終的に授業で用いる教材を開発した。授業の様子はビデオ記録し、教員らの意図が授業展開にどのように反映されたか、また児童はそれに対してどのように反応したかを確認した。さらに、児童の反応については授業後感想文の計量テキスト分析も併せて行った。その結果、たとえ10年以上の映像アーカイブが使えるとしても、まずは児童の既有経験に基づいた内容として、四季に関する学習を導入とし、児童が自ら気付く学習を重視することが教員から求められた。また、児童の授業後感想文からは、授業で用いた教材の間の内容の連続性が不足していたために、児童の観察の時間規模の拡大を妨げた可能性が示唆された。そして、14年前と最近とを比較して紅葉の時期のずれなどを児童に観察させることを教員から求められたが、実際の映像アーカイブでは第3章で検討したように長期変化傾向としての時期のずれは把握できないことを教材開発者から説明され、今回の授業では結局扱われなかったという教材開発の経緯があった。以上の検討を通じて、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入における課題として「学習者の経験に基づいた季節変化の観察をどう行うか」「観察対象の時間規模の1年から複数年へどう

拡大するか」「長期的な環境変化の学習に繋がる複数年フェノロジー観察をどう行うか」の3点が課題として抽出された。

第5章では、抽出された3つの各課題に対して、授業実践における教材開発の方針を検討するために行ったA～E校での5回の授業実践について個別に検討した。A校（小学校第6学年）の事例では、並べ替えによる季節の学習が単に興味や関心を引き出すにとどまったこと、多くの児童が複数年の時間規模の学習を行えたが生活経験に基づいたものになった可能性は低いこと、2カ年のみの観察では年々変動と長期変化傾向とを混同する危険性があること、等が考えられた。B校（小学校第6学年）の事例では、映像教材の提示後に関連する直接経験を与えることも効果的であること、児童の観察の時間規模が直接経験を含む形で段階的に拡大していったこと、ブナの豊凶現象というフェノロジーは年々変動として児童が把握しやすかったこと、等が考えられた。C校（中学校第1学年）の事例では、映像教材の内容自体に既有経験との関連性があれば、映像の撮影地にかかわらず現地体験の事後学習教材として用いることができること、観察の時間規模の拡大がB校の事例と比べて早かったため追従できない生徒が数多くいた可能性があること、80年という時間規模を生徒は特に問題なく扱えること、等が考えられた。D校（小学校第4学年）の事例では、児童の既有経験として考えられる春夏秋冬の四季に直結する教材を最初に用いることで時間認識をより詳細化していく過程となり、フェノロジーの長期的観察を行うにあたって日単位の観察が求められることを考えると重要な学習要素として位置づけられると考えられた。E校（中学校科学部）の事例では、A校の事例における結果を受けて15年間を毎年観察させたが、単にそれだけでは不十分で、長期変化傾向は把握できないことを教材の編集および口頭説明によって強調する必要があると考えられた。

第6章では、第5章で述べた5つの事例に第4章の1事例を加えた計6つの事例を総括することで、第4章で抽出された3つの各課題に対応した教材開発の方針を検討した。6事例を通じた教材の変遷は、1年の時間規模の事象を観察する教材と複数年の時間規模の事象を観察する教材の2つの系統に大きく分けられた。そして、「学習者の経験に基づいた季節変化の観察をどう行うか」という課題に対しては、学習者の既有経験、特に低年齢では春夏秋冬の四季のみの季節感といったものに基づき、そこから同じ1年でもより詳細な変化を観察させるように、つまり学習者の時間概念を詳細化できるような教材が望ましいと考えられた。「観察対象の時間規模の1年から複数年へどう拡大するか」という課題に対しては、1年から2カ年への拡大であっても小中学生にとっては困難となる可能性があり、単にそれぞれの教材を順番に提示するだけでなく、時間規模の拡大を支援するような学習、特に関連した直接経験による学習を経ることが望ましいと考えられた。「長期的な環境変化の学習に繋がる複数年フェノロジー観察をどう行うか」とい

う課題では、フェノロジーの長期変化傾向と年々変動を明確に区別して学習者に把握させるために、観察の時間規模が長期変化傾向を把握するにあたって十分なのか、不十分なのかということを明確にして提示し、不十分な場合は長期変化傾向ではなく年々変動として把握すべきであるということを、教材の編集および口頭説明によって明確に伝えることが望ましいと考えられた。

第7章では、事例研究に関係する主体として教材開発者、教員、学習者の3者に着目し、各主体にとっての映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の意義について議論した。教材開発者にとっては、映像アーカイブを用いたフェノロジー観察の学校教育への導入を検討したことによって、学術的意義と教育的意義を両立できる教材開発を行うための、特に教育的意義の確保に必要な基礎的かつ実践的な知見を得られた。教員にとっては、自ら一次的映像のアーカイブを用いた観察によって学習することで、学術的意義と教育的意義を両立した学習を主導する存在となるための知見を得られた。学習者にとっては、自主的に映像アーカイブにアクセスしてフェノロジー観察を行うための動機と技術を身につけることができた。

第8章では、本研究の総括と展望を述べた。本研究の成果は、教材開発者、学校教員、児童・生徒らが関わる学校教育という場において、長期的な環境変化の学習に繋がるようなフェノロジー観察を行なっていくための指針を、それぞれの主体にとって意義のある形で提示したものであると捉えられた。

Phenology Observation Learning by Image Archives

Kazuhiko NAKAMURA

【Abstract】

The objective of this thesis is to clarify the policies of teaching material development for the introduction of phenology observation by image archives into school curricula. The thesis comprises eight chapters.

Chapter 1 described the background, objective, composition, and method of the study. Throughout history, many people have made phenology observations. In recent years, the topic has gained attention as an index of the influence that long-term climate change has on animals and plants. Since phenology observation does not require specialized knowledge or skills, everyone can grasp the influence of complicated environmental transformation as intuitive information. In addition, phenology observation can be performed in schools and connected to the larger study of long-term environmental transformation. Although it is considered effective to use image archives for phenology observation, the introduction of phenology observation by image archives into classrooms has not yet been fully explored, and it is judged that the current level of practical knowledge on its implementation is insufficient. First, Chapter 1 clarified the issues that arise in the introduction of phenology observation by image archives to elementary and junior high school classes. Second, along these issues, it examined the policies of teaching material development.

Chapter 2 specified the directivity of teaching material development. The academic significance of phenology observation by image archives is an improvement in the objectivity of phenology observation data, improvement in observation frequency, and reduction of observation costs. The educational significance of phenology observation by image archives is the expansion of the time scale of observation. When phenology observation by image archives is introduced into an educational curriculum, there is a possibility that its academic significance may be lost. On the other hand, in order to ensure educational significance, teaching materials should be developed taking into consideration teachers' lesson goals and educational objectives. Therefore, it is necessary for teaching material

developers to cooperate with teachers to create materials that honor both the academic and educational significance of phenology observations.

In Chapter 3, phenological phenomena observable by the target image archives were checked. The image archives used in this research are the daily animation and audio accumulation collected since 1995 in the University Forest in Chichibu, the University of Tokyo. As a result of daily observations of the image archives, seasonal variation has been roughly characterized from the phenology of many species, and interannual variation as the difference between two years has been grasped from the phenology of some species. Detailed analysis of interannual variation was possible by observing the full bloom date of *Cerasus leveilleana* (Koehne) H. Ohba for 15 years using the image archives. However, a long-term trend could not be identified, and therefore, it is necessary to study the image archives over an even longer period.

In Chapter 4, issues that arise in the introduction of phenology observation by image archives into school curricula were extracted through a multicycle examination of the teaching materials with teachers at elementary school X. In the lesson given to 34 sixth graders at the elementary school, the teaching materials used had been developed based on the suggestions of three teachers who had tested a previous version of the materials and created a lesson implementation plan. The lesson was video-taped, and how the teachers' intentions were reflected in the lesson implementation and how the children reacted were analyzed. Furthermore, a textual analysis of the children's post-lesson writing about their impressions was also performed. The results showed, first, that the teachers chose to have the students learn about the four seasons because the children were already familiar with this topic. Moreover, the children's post-lesson comments suggested that the ineffective method of relating the teaching materials to their observations prohibited them from expanding the time scale of their observations. In addition, the teachers initiated a comparative observation between the present and 14 years before. However, since a long-term trend could not be identified using the image archives, in this lesson, the topic of long-term trends was not addressed. Through the research investigation, three issues in the introduction of phenology observation by image archives to the elementary school class were identified. The first issue is how to observe seasonal variations based on students' experience. The second is how to expand the time scale for observation from one year to two

or more years, and the third is how to perform phenology observation over a two-year period or longer so that students can learn about long-term environmental transformation.

In Chapter 5, five lessons in schools A to E were analyzed individually for insights into a policy for teaching material development. In the case of school A (6th grade elementary school class), it seemed that the observation of seasonal variation only inspired their interest, that learning using a multi-year time scale, which many children performed, was not based on the children's life experience, and that confusion of interannual variation with long-term trends occurred in the observation periods of only two years. In the case of school B (6th grade elementary school class), it seemed that it was effective to give an immediate experience relevant to the image teaching materials, that the time scale of the children's observation was gradually expanded, including the immediate experience, and that studying mast seeding of *Fagus crenata* was an appropriate way for the children to learn about interannual variation. In the case of school C (7th grade junior high school class), it seemed effective to use learning materials pertaining to local experience, regardless of the filming site of the image, if the contents of the image teaching materials were relevant to the students' previous experience, that there were many students for whom expansion of the time scale of observation did not follow because it was early compared with school B, and that the students used the time scale of 80 years uneventfully. In the case of school D (4th grade elementary school class), seasonal observations were detailed, starting with the teaching materials linking directly to the four seasons. Since daily observations are required for long-term phenology observation, this was positioned as an important learning element. In the case of school E (science club of a junior high school), the observation period of 15 years was insufficient for determining whether or not the observed phenomenon was a long-term trend, and there was a need to revise the teaching materials to emphasize this fact as well as to reiterate this information verbally to the students.

Chapter 6 examined teaching material development corresponding to the three issues. The teaching materials used in six cases were divided into two categories: those by which children observed a phenomenon on a yearly time scale and those by which they observed a phenomenon on a multi-year time scale. Teaching materials that ask children to observe a more detailed change based on their previous experience are recommended as most appropriate. Moreover, expanding the time scale from one year to two years may make

the lesson difficult for elementary and junior high school students. Therefore, it is desirable to include learning that supports the expansion of a time scale including an immediate experience. A lesson on multi-year phenology observation, in order to allow children to understand the difference between long-term trends and interannual variation, should clearly show whether the time scale of observation is long enough to demonstrate a long-term trend. When the time scale is insufficient, it should be pointed out to the children, in the teaching materials as well as by a verbal account, that the phenomenon observed is not considered a long-term trend but interannual variation.

Chapter 7 examined the significance of phenology observation by image archives for the teaching material developers, teachers, and children in this research. The teaching material developers acquired fundamental and practical knowledge for developing materials that demonstrate both the academic and educational significance of the topic. Teachers acquired knowledge about how to shape their lessons to teach students about both the academic and educational significance of phenology observations, by learning themselves through observation of intuitive information by image archives. Meanwhile, the children acquired the motivation and skills for accessing image archives independently and making phenology observations by the archives.

Chapter 8 presented the conclusion and directions of future study. The results of this thesis research provide a guideline for classroom phenology observations that lead to learning about long-term environmental transformation. The recommendations benefit teaching material developers, teachers, and children.

謝辞

東京大学教養学部在籍時、全学ゼミナール「森林のデジタル化とフィールドワーク」で現在の指導教員である斎藤馨教授と出逢ってから、早くも 8 年の歳月が流れた。前述のゼミナールは、タイトルからして内容に想像つかず、果たしてガイダンスの参加者は筆者ただ一人であった。もっとも筆者とて、その内容を把握も期待もしておらず、ただ単に演習林に行きたいだけであった。他の必修講義等との兼ね合いで、たまたまこのゼミナールしか選択肢が無かったのだ。そんな神の悪戯のような一期一会の瞬間が、時を経てこの博士論文まで繋がっていくのであるから、人生とは摩訶不思議なものである。

斎藤馨教授から、いわゆる“教育”と称されるようなものを享受した記憶は、皆無に等しい。斎藤教授の座右の銘は“後生畏るべし、焉んぞ来者の今に如かざるを知らんや”（論語）。筆者はまさに、これに基づいた指導を受けたのだと思っている。実際に、大学院生活を思い返してみると、斎藤教授所有のキャンピングカーに同乗しては各地へ調査と称して出向き、数々の絶品料理に舌鼓を打つばかりであった。しかし、そうして共に時間を過ごす中で、雑談を通じて研究に関する数多くの示唆をいただいていた。教えるでもなく、教わるでもなく、共に研究に取り組む環境そのものが、この博士論文として結実したのである。ところで、教育学の分野でも、このような師弟関係とも言える関係は、「徒弟制」や「正統的周辺参加」といった理論をもって、教育方法の一つとして議論されているようである。筆者は今後、何らかの形で後進の教育に携わりたいと考えているが、斎藤教授から受けた数々の示唆を含めて“教育”という言葉をつまえていきたいと思う。

以上のように、斎藤教授からは、先生本人は嫌がるかもしれないが、最上の教育を施していただいたと思っている。もっとも、上述の師弟関係を経たところで筆者はキャンピングカーはおろか軽自動車もバイクも持っていないし、相変わらずピザは店で焼いてもらうものだと思っている。そういう意味では、斎藤教授からの示唆を筆者自身の個性の中に巧く吸収できたのだと思う。まさに、手塩にかけて育てていただいたことに対して、この場

を借りて限らない感謝の意を表したい。

さらに、この博士論文を執筆するにあたっては、山本博一教授（東京大学）、石橋整司教授（東京大学）、佐藤学教授（学習院大学）、鈴木牧准教授（東京大学）の各先生から、研究に取り組む姿勢や論文の基本的構成など、改めて研究者としての基礎的事項に関する多くの貴重なご意見をいただくとともに、論文修正に際しては厳しくも暖かいご指導をいただいた。先生方のご指導がなければ、こうして世に問うべき内容をもった博士論文は到底完成し得なかった。

調査対象地となった東京大学大学院農学生命科学研究科附属秩父演習林では、鎌田直人演習林長をはじめ、教職員の皆様に大変お世話になった。とりわけ、本論第 3 章に記述した高画質撮影の調査の際には、約 1 ヶ月にわたって毎日の送迎をしていただいた。

斎藤馨研究室には 6 年間所属したが、大学院生活を数多くの先輩、同輩、後輩らと共に過ごした時間も、全てこの博士論文の糧となっている。とりわけ、浜泰一氏、武正憲氏には、博士論文とりまとめの段階において、草稿段階から議論の相手になっていただき、混乱を極めた執筆において数多くの道標を示していただいた。

また、渡辺隆一教授（信州大学）、横張真教授（東京大学）、須貝俊彦教授（東京大学）、岩岡正博准教授（東京農工大学）、中山雅哉准教授（東京大学）、大辻永准教授（茨城大学）、雨宮護助教（東京大学）、寺田徹助教（東京大学）、小林博樹特任助教（東京大学）、古橋大地特任研究員（東京大学）、齋藤仁特別研究員（東京大学）、本庄眞理（日本環境教育学会）、福本壘理事（NPO 法人オープンコンシェルジュ）、杉浦史門監事（NPO 法人オープンコンシェルジュ）の各氏には、研究活動の様々な場面において助言および激励をいただいた。そして、藤原章雄助教（東京大学）には、卒業論文時から変わらぬご指導をいただいた。

以上のように、この博士論文の完成に至る過程には、本当に数多くの方々の存在があった。本当に複雑な人間同士の因果関係のうでで成り立っているという意味では、この博士論文はさながら、ひとつの森林のような“生態系”を成すものと言えるかもしれない。複

雑に絡み合った“生態系”であるならば、その一つ一つの要素が極めて重要な存在であることは、環境学の博士号を授与していただく筆者にとっては、当然も当然の事項である。この博士論文という“生態系”に関わってくださった皆様には、篤く感謝の意を表するとともに、その存在の貴重さ、有り難さを、改めて深く心に刻み込む次第である。

最後に、筆者の研究活動が無条件に応援してくれた家族に、改めて深い感謝の意を表したい。特に、博士課程を1年ほど余分に過ごすことになってしまった不出来な息子に対して資金面をはじめ全面的な協力をいただいた両親に、それが間違いでなかったと思ってもらえるよう、今後の研究活動に勤しむ決意である。

博士論文の執筆は、これまでの人生でおよそ経験したことのない、果てしなく孤独な日々の積み重ねであった。それは、自分自身という存在と、改めて向き合う日々でもあった。特に、過去の自身の振る舞いを振り返ることで、これまで如何に他人の好意に助けられ続けてきたかを、改めて思い知った。それは、表面的な成果による過信に気づき、自分自身の力の無さを痛感する機会となった。このような精神状態でも、なんとか博士論文の完成に漕ぎ着けることができたのは、どんな状況においても筆者を信じ続け、応援し続けてくれた、妻の存在があったからである。今回、おそらく一生かかっても返しきれないほどの借りを作ってしまった感があるが、逆にこれを意気に感じ、常に前を向いて今後の人生を歩んでいくことを、この場を借りて宣言したいと思う。論文中には根拠が全く記載されておらず恐縮であるが、これが博士論文を通じての一番の主張である。

2013年2月14日 中村 和彦