

# 木育教室「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、 どのように音が違うのか?」の開発・実施・評価」の開発・実施・評価

Development, implementation, and evaluation of a wood education class  
posing the following question:

“How do xylophone keys made from heavy wood and light wood sound different?”

藏 田 大 和\*

大 西 春 帆\*

高 橋 一 秋\*\*

Yamato KURATA

Haruho ONISHI

Kazuaki TAKAHASHI

## 要旨

日本国土の約67%を森林が占めている。しかし、その樹木の木材を社会のためにどのような用途で活用できるのかを若い世代の多くは知らない。また、それを学ぶ機会も少ない。木材の良さやその利用の意義を学ぶ「木育」の中には、楽器を用いたプログラムがある。身近な樹木を使って楽器を作ること、自然への関心を高める契機となったり、市販の楽器以上に、音や楽器に対する興味や表現意欲を引き出せる効果が期待される。しかし、木材で作った楽器を鳴らした時の音が木材の樹種の違いによってどのように異なっているのかを学ぶ木育活動は皆無である。そこで、本研究では、身近な里山に見られる広葉樹(コナラ・ミズナラ・クヌギ・ヤマザクラ)と針葉樹(クロマツ・アカマツ・スギ・ヒノキ)の木材から同じ規格(形とサイズ)で作製した鍵盤を用いて木製教材「木琴」を開発した。また、この教材を用いて、鍵盤の樹種の違いによる音高の違いを学ぶ木育プログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」を開発・実施し、その学習成果を評価することを目的とした。

本プログラムの学習のねらいは、「コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」「広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」「なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのか」を学ぶことと定めた。東日本大震災の津波で被災した海岸防災林を再生するために、苗木の生産と植栽に関わっている宮城県山元町立坂元小学校児童(1～6年生)を対象に、2022年10月に本学習を実施した。本学習では、コナラとクロマツの鍵盤を叩き、音の違いを聴き比べる体験と、8樹種(広葉樹と針葉樹)の鍵盤の音を聴き比べる実験などを行った。本学習前の同年9月には、樹木の形態的特性を学ぶための動画(事前学習)、本学習後の翌年3月には、本学習の復習と質問に対する回答をまとめた動画(事後学習)の視聴を行った。また、本プログラムによる学習成果を把握するため、本学習後と事後学習後に、「振り返り学習」(確認テスト・アンケート形式)を実施した。

全学年をまとめた分析では、「コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」「広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」「なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのか」を学べたかについての理解度は、それぞれ、71.9%、62.7%、55.3%であった。感想文のテキスト分析から、1年生～3年生は「面白い」「楽しい」などの感情に関する用語を多く使うこと、4年生～6年生は「学べる」「分かる」などの学びに関する用語を多く使うこと、学年が上がるにつれて、「楽しかった」「面白かった」という感想から「分かった」「学べた」という感想へと変化し、深い学びができていたことが読み取れた。したがって、木製教材「木琴」を用いた木育プログラムは、児童の興味や関心、学ぶ意欲を引き出すのに有効であったと考えられる。

## Abstract

Forests cover about 67% of Japan's land area. However, many of the younger generation are unaware of the potential of wood from forests to benefit society, largely because they have few opportunities to learn about this topic. Some wood education ("Moku-iku" in Japanese) programs, which teach about the benefits and importance of wood, include elements based on musical instruments. Making musical instruments from familiar trees could increase interest in nature, as well as in sound and instruments; wooden instruments may promote a greater desire for self-expression compared with current commercially available instruments. However, how the sound of musical instruments differs depending on the species of wood used to make them has not been covered by Moku-iku programs. Thus, as teaching materials, we created xylophone keys of the same standard (shape and size) from broad-leaved trees (konara oak [*Quercus serrata*], mizunara oak [*Quercus crispula* var. *crispula*], kunugi oak [*Quercus acutissima*], and mountain cherry [*Cerasus jamasakura*] trees) and coniferous trees (Japanese black pine [*Pinus thunbergiana*], Japanese red pine [*Pinus densiflora*], sugi [*Cryptomeria japonica*], and hinoki cypress [*Chamaecyparis obtusa*] trees). All of the trees were located in satoyama. These teaching materials were then integrated into a Moku-iku program posing the following question: "How do xylophone keys made from heavy wood and light wood sound different?" Finally, we evaluated the learning outcomes of the program.

The learning objectives of the program were as follows: to understand that konara oak is heavier than Japanese black pine and produces lower-pitched sounds; to understand that broad-leaved trees are heavier than coniferous trees and produce lower-pitched sounds; and to understand why keyboards made of heavier trees produce lower-pitched sounds. The program was conducted in October 2022 and enrolled children from Sakamoto Elementary School (grades 1–6) in Yamamoto Town, Miyagi Prefecture. All of the children were involved in the production and planting of seedlings to regenerate a so-called "coastal disaster prevention forest" damaged by the tsunami associated with the Great East Japan Earthquake. First, the children struck xylophone keys made from konara oak and Japanese black pine and compared the sounds that they made, and they then completed an experiment in which they compared the sounds made by keys fashioned from eight different tree species (broad-leaved and coniferous trees). In September of the same year, i.e., before the main study, children watched an educational video about the morphological characteristics of trees (preliminary learning program), and in March of the following year, i.e., after the main study, they watched a video that provided a debriefing of the main study and provided the answers to all of the program questions (post-learning program). In addition, a questionnaire was used to assess the learning outcomes, after both the main learning program and the post-learning program.

Our analysis of the children in all grades showed that 71.9%, 62.7%, and 55.3% of them, respectively, understood that konara oak is heavier than Japanese black pine and produces lower-pitched sounds; that broad-leaved trees are heavier than coniferous trees and produce lower-pitched sounds; and the reasons why keyboards made of heavier trees produce lower-pitched sounds. Children in grades 1–3 used more emotional terms, such as "interesting" and "enjoyable", in their written comments, whereas children in grades 4–6 used more learning-related terms such as "learnable" and "understandable", suggesting that deeper learning was achieved by the latter group. Overall, our Moku-iku program using wooden xylophone keys was effective in eliciting children's interest and enhancing their willingness to learn.

キーワード : キーワード:木育、木製教材、動画教材、小学生、大学生、たねぷろじえくと

Keywords: wood education (Moku-iku), wooden teaching material, video teaching materials, elementary school children, university students, Tane-project

## I はじめに

日本は木材資源に恵まれた国である。過去約50年間に、森林面積は国土の約67%をほぼ維持しつつ、森林蓄積量は約2.8倍まで増加している<sup>(1)</sup>。しかし、この期間に、木材自給率は約45%から約20%まで低下し、その後の約20年間で約40%まで回復したものの、木材資源が積極的に利用されなかった期間は長い<sup>(2)</sup>。したがって、森林を構成している樹木の種類や木材としての特徴、その木材を社会のためにどのような用途で活用すればよいのかを若い世代は知らない。また、それを学校で学ぶ機会も少ない(長南ら2016)。そのような背景も踏まえて、平成16年に北海道庁によって「木育」という取組が提唱された。木育(Moku-iku)とは、「子どもをはじめとするすべての人が『木とふれあい、木に学び、木と生きる』取組」であり、「子どもの頃から木を身近に使っていくことを通じて、人と、木や森との関わりを主体的に考えられる豊かな心を育む」ことを目指している<sup>(3)</sup>。

長南ら(2019)では、木育の視点を取り入れて、小学校で授業が実施された。このプログラムは、校歌や校章のモチーフに用いられるなど、学校の象徴的な存在であったアカマツを題材として、アカマツがマツノザイセンチュウによって枯死したこと、日本の伝統や文化の中で重視されてきたことを学び、マツのマグネットづくりを体験するものである。このプログラムが実施された教科は「道徳」ではあるが、木育の教育目標と、社会科、理科、図画工作科、総合的な学習の時間、特別活動など、さまざまな教科の教育目標が一致する、あるいは関連する部分が多く、木育を小学校の授業として実施できる機会は少なくないことを指摘している(長南ら2019)。また、小学校の教科での事例ではないが、木育の視点を取り入れて、「音楽」と「造形」を融合させた総合的な表現活動を実施した事例もある。例えば、長崎・馬場(2017)は、未就学児から小学校5年生までを対象に、木材を使った楽器づくり(ウッドブロック、マラカス、カスタネット)とその楽器を用いた演奏会を行う体験プログラムを実施し、対象者が最後まで意欲的に活動に取り組めるプログラムであったことを報告している。また、長崎・山本(2019)は、地域に自生するシラカンバの木材を使って、学生が打楽器を作製し、それを使ってコンサートに来場した乳幼児と一緒に演奏を楽しむプログラムを実施した。この事例では、プログラムの中に楽器づくりと地域公開型コンサートを取り入れることで、対象者の学生が長期的な活動にも意欲

的に取り組めたこと、木育に関心を持たない層にもアプローチするうえで、地域公開型コンサートが有用であったことが報告されている。

しかし、木材で作った楽器の音の特性や木材の樹種の違いによる音高や音色の違いなど、木製楽器の音の特性と木材の樹種の関係について学ぶ木育活動の事例がみられない。矢野(1997)は、木製楽器(木琴・マリンバ、カスタネット、ピアノ、バイオリン、クラリネット、リコーダー、太鼓など)とその材料となる樹種(ホオノキ、カツラ、ローズウッド、ドイツウヒ、アカエゾマツ、カエデ、グラナディア、ケヤキ、マツなど)の関係、それら木製楽器と木材の振動的性質や音響的性質の特徴を整理している。それによると、木材の形状が等しければ、楽器の響板のたわみ振動(周波数)とヤング率(材料の強度や弾性を表す指標の一つ)の間には弱い負の相関が認められ、ヤング率の値が大きい木材ほど、硬く、低い音(周波数)が現れることを報告している。また一般に、木材のヤング率は、針葉樹より広葉樹の方が大きく、硬い(渡辺ら2019)ことから、広葉樹の方が低い音が鳴ることが予想される。また、楽器の打音が金属材料より木材材料の方でより柔らかく聞こえるのは、木材のたわみなどの変形による内部摩擦や木材の表面特性の影響であることも指摘している。このように、木材で作製された楽器の音階や音色は、木材の樹種やその材質の違いによって影響を受ける。

本研究では、木製楽器の音から木材の樹種や木材としての特性を学ぶ楽器の一つとして、最もシンプルな打楽器である「木琴」に着目する。異なる樹種の木材を使って「同じ形状」の鍵盤からなる木琴を作製すれば、樹種の違いによって音高や音色がどのように異なるのかを学ぶことができる教材となる。そこで、鍵盤を叩いた時の音高(音が高いか低いか)・音色(心地よさ)とその鍵盤の樹種との関係を学ぶことをねらいとし、身近な里山に見られる広葉樹と針葉樹の木材から作製した鍵盤を用いて木製教材「木琴」を開発した。次に、その木製教材を活用して、木材の性質の一つである重さ(硬さや丈夫さに関係があると考えられる)が樹種によって異なることと、その重さの違いによって鍵盤を叩いた時の音高が変化することを学ぶことをねらいとした木育プログラムを開発した。続いて、その開発した木育プログラムを小学校児童を対象に実施し、その学習成果を評価した。

## II 方法

### 1 対象地・対象者

開発した木育プログラムは、宮城県山元町立坂元小学校の全校児童を対象に実施した。本校と著者らが所属する長野大学は「被災地里山救済・地域性苗木生産・植栽プロジェクト（通称：たねぶろじえくと）」<sup>(4)</sup>の参加団体である。「たねぶろじえくと」とは、「タネ集めから始める森づくり活動」であり、東日本大震災の大津波で被災した宮城県山元町の海岸防災林や里山の再生を目指して、主に広葉樹の苗木を生産・植栽している。坂元小学校では、2018年4月から、「たねぶろじえくと」の活動として、1・2年生は「種子の採取（タネ集め）、種子の蒔き出し（タネまき）」、3・4年生は「芽生え観察会」、5・6年生は「苗木の植え替え」に、それぞれ「生活」や「総合的な学習の時間」の授業の中で参加し、「苗木の植栽（植樹祭）」については希望者のみ参加している。

### 2 木製教材「木琴」・木育プログラム開発の背景

著者らがメンバーとなっている「被災地里山救済・地域性苗木生産ネットワーク（通称：たねぶろじえくとネットワーク）」は、宮城県と山元町との3者間で、海岸防災林の再生に向けた活動に関して活動協定を締結している（第1期締結期間：2016年～2020年、第2期締結期間：2021年～2025年、継続予定）。「みやぎ海岸林再生みんなの森林づくり活動」<sup>(5)</sup>の対象地（山元地区）の一画（約0.1ha）で、苗木の植栽とその後の保育管理に取り組んでいる。2016年3月～2023年11月の約7年半の間に、16種類584本（コナラ：426本、ヤマザクラ：60本、クヌギ：50本、ヤマグワ：16本、ネムノキ：5本、ムラサキシキブ：7本、ミズナラ：4本、ズミ：2本、ヤマブキ：2本、アカマツ：1本、スギ：1本、ヒノキ：1本、サンショウ：1本、ヤブツバキ：5本、エノキ：2本、ホオノキ：1本）の地域性苗木を植栽している。海岸防災林再生地におけるクロマツと広葉樹の混合林化は、防災林の保全や機能の強化を図る上で重要な役割を果たすと考えられている（藤田・中田 2001）。また、多様な広葉樹の植栽は、さまざまな訪花昆虫や果実食動物を誘引するため、動物相の種多様性を高める効果が期待できる（高橋 2011）。

小谷（2009）によると、クロマツを中心とした海岸林を育成する上で、樹高が10m程度まで生長するまでは、2～3年に一度の間伐が必要であることが指摘されている。2023年11月現在、「たねぶろじえくと」の植

栽地では間伐が必要な時期を迎えていないが、将来的には間伐が必要となる。よって、植栽した苗木のうちのお大半が将来的には伐採されることになる。たねぶろじえくとの活動を通して、一生懸命、苗木を生産・植栽し、その後の森づくりに貢献してきたメンバーの気持ちを思うと、心が痛む。そこで、たねぶろじえくとでは、これらの間伐材を処分してしまうのではなく、地域社会のために有効活用していくことを目指している。将来的に発生する間伐材の有効利用を念頭に置きつつ、そのための最初のステップとして、植栽した苗木の木材としての特徴を学ぶことをねらいとした木製教材「木琴」と「木育プログラム」を開発することにした。

### 3 木製教材「木琴」の開発

「たねぶろじえくと」の活動で植栽されている樹種（ミズナラ、コナラ、クヌギ、ヤマザクラ、スギ、ヒノキ）、海岸防災林の主要樹種（クロマツ）、身近な里山でみられる樹種（アカマツ）の木材から、木琴の鍵盤を製作した。鍵盤の木材に用いられた樹種は、広葉樹が4樹種（コナラ・ミズナラ・クヌギ・ヤマザクラ）、針葉樹が4樹種（クロマツ・アカマツ・スギ・ヒノキ）、計8樹種である。木琴の木枠は、豪雪地集落のブナ林整備とブナ材の有効活用を目指す「スノービーチプロジェクト」（紙谷 2020）で間伐されたブナ材から作製した。「たねぶろじえくと」の植栽地では、まだ間伐が行われていないため、クロマツは新潟県で、クロマツとブナ以外の樹種は長野県で、それぞれ伐採された木材を使用した。本教材のデザイン（図1）は、著者らが考案した。鍵盤の形状は、直方体（縦30cm×横4cm×厚さ2cm）であり、樹種による音の特性の違いが学べるよう、全ての樹種の規格を統一した。つまり、ドレミファソラシドの音階が鳴らない木琴である。長野県原村の「家具工房 アトリエDEF 家具工房 木ずな」<sup>(6)</sup>に依頼し、2021年1月から3月にかけて木製教材「木琴」を作製した（図2）。この木製教材「木琴」は、同じ形状の8樹種の鍵盤が1本ずつ、木枠（縦40cm×横70cm×高さ4cm）にはめ込まれた構造をしており、鍵盤は木枠に固定されていないため、取り外しが自由にできる。

鍵盤を叩いた時の音高が樹種によって異なるのかを明らかにするために、2022年2月（作製から1か月後）、同年5月（作製から4か月後）、2023年11月（作製から1年1か月後）に、各樹種の鍵盤を10回ずつ叩いた時の音をボイスレコーダー（ZOOM製 H6 Handy Recorder）を用いて録音し、その音高（周波数）をスマー



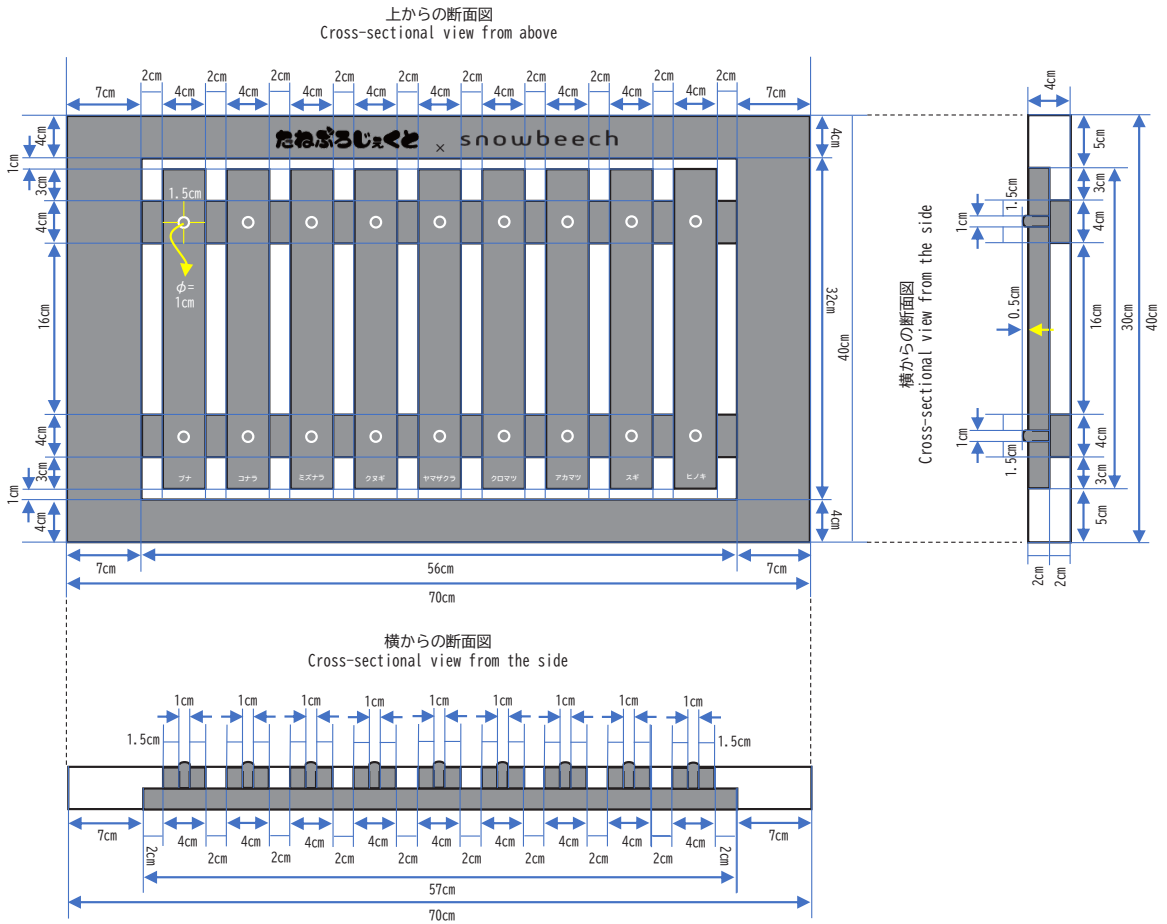


図1 木育プログラムの教材として作製された木製教材「木琴」の設計図  
Figure 1 Blueprint of a wooden xylophone used as teaching material in our Moku-iku learning program



図2 教材として作製された木製教材「木琴」の  
写真  
Figure 2 Photograph of the wooden xylophone  
keys used as teaching materials

トフォンのアプリ「音程チェッカー」<sup>(7)</sup>を用いて分析した  
のち、各樹種の平均値を求めた。

また、鍵盤を叩いた時の音色(心地よさ)が樹種によって異なるのかを明らかにするために、各樹種の鍵盤を10回ずつ叩いて録音した音が1/fゆらぎの音質を有するかどうかを、フリーソフトの「ゆらぎアナライザー」<sup>(8)</sup>を用いて分析し、 $\lambda$  値の平均値を求めた。 $\lambda$  値が「1」に近いほど、1/fゆらぎの音質に近いと判断する。

#### 4 木育プログラムの開発

開発した木製教材「木琴」と著者が所属する研究室の同級生が開発した木製教材「ドングリ」(大西ら 2024)の2つを組み合わせて活用する木育プログラム「丈夫で、津波に強い木はどっち?～コナラの木とク

表1 木育プログラムの事前学習（動画）の内容と目的

時間 (分)	関連する 木製教材	内容	目的
0.5	ドングリ・木琴	コナラの木とクロマツの木のちがいは？	事前学習のテーマを確認する。
0.5	ドングリ・木琴	クイズ：コナラとクロマツ、丈夫なのは、どちらでしょう？	本学習で考えるクイズの内容を紹介する。クイズ「海風や津波に負けない、丈夫な木は、コナラとクロマツのどちらか？」を、木製教材（ドングリと木琴）を使って、考えることを知る。
2	ドングリ・木琴	なんで海岸防災林をつくる？	東日本大震災で被災した海岸防災林を再生する目的と海岸防災林の役割について学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	たねぶろじょくとで育て、海岸に植えられたコナラ	コナラの幹の色や模様、木の高さなど、コナラという樹木の形態的な特徴について学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	海岸に植えられたクロマツ	クロマツの幹の色や模様、木の高さなど、クロマツという樹木の形態的な特徴について学ぶ。
3	ドングリ・木琴	木からどのように教材（おもちゃ）ができたのでしょうか？	木製教材（ドングリと木琴）が一本の丸太から作製される過程（幹を切って、さらに四角や板の形に切って、削ったり、板を組み立てたりする）について学ぶ。
0.5	ドングリ	実験1：どんぐりを手で持って重さを比べてみよう！	本学習で行う実験1の内容を紹介する。
0.5	木琴	実験2：木琴を叩いて、音を聴いて比べてみよう！	本学習で行う実験2の内容を紹介する。

Table 1 Content and objectives of the preliminary (video-based) Moku-iku program

Time (min)	Wooden teaching materials used	Content/Questions	Objectives
0.5	Acorns and xylophone keys	What is the difference between konara oak wood and Japanese black pine wood?	Introduction to the learning theme.
0.5	Acorns and xylophone keys	Which is tougher: konara oak or Japanese black pine?	Introduction to the main study question (to be answered after exposure to the wooden teaching materials): "Which tree is better able to withstand ocean winds and tsunamis: konara oak or Japanese black pine?"
2	Acorns and xylophone keys	Why should we create or regenerate coastal disaster prevention forests?	To learn about the roles of and reasons for regenerating coastal disaster prevention forests damaged by the Great East Japan Earthquake.
0.5	Acorns and xylophone keys	Konara oak trees grown as part of the Tane-project and planted in coastal areas	To learn about the morphological characteristics of the konara oak tree, including its color, trunk characteristics, and height.
0.5	Acorns and xylophone keys	Japanese black pines planted in coastal areas	To learn about the morphological characteristics of the Japanese black pine tree, including its color, trunk characteristics, and height.
3	Acorns and xylophone keys	How were the teaching materials fashioned from trees?	To learn about the process of making the wooden teaching materials (acorns and xylophone keys) from a single log (cutting the trunk, cutting the wood into square pieces, shaving, assembling, and similar processes).
0.5	Acorns	Experiment 1: Hold the different wooden acorns in your hands and compare their weights!	To introduce Experiment 1 in advance of the main learning program.
0.5	Xylophone keys	Experiment 2: Strike the different xylophone keys and compare the sounds they make!	To introduce Experiment 2 in advance of the main learning program.

ロマツの木のちがいは〜」の開発を試みた。本プログラムは、木製教材「木琴」を主に活用するプログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか？」と木製教材「ドングリ」を主に活用するプログラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどちら？」(大西ら 2024)の2つを融合させて作られている。木琴プログラムの学習のねらいは、(1)コナラはクロマツより重く、低い音が鳴ること、(2)広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴ること、(3)なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの3つ、ドングリプログラムの学習のねらいは、(1)コナラはクロマツより重く、丈夫で折れにくいこと、(2)なぜ重い木は丈夫なのか？の2つとし、それぞれ学ぶこととした。これらのプログラムは、①事前学習、②本学習、③事後学習から構成される。

木製教材「ドングリ」は、コナラのドングリの形(縦

20cm×直径8cm)を模倣した形状をしており、2樹種(コナラとクロマツ)の木材から同じ規格で作られている。コナラは「たねぶろじょくと」植栽地の主要樹種、クロマツは海岸防災林の主要樹種である。開発した木育プログラムでは、コナラとクロマツの「ドングリ」、木杵にコナラとクロマツの鍵盤がはめ込まれた「木琴」、8樹種全ての鍵盤がはめ込まれた「木琴」を活用した。

以下に、木育プログラム「丈夫で、津波に強い木はどちら？～コナラの木とクロマツの木のちがいは～」の全体についてまとめる。

#### 1) 事前学習(動画)

本学習の事前学習として、「コナラの木とクロマツの木のちがいは？」と題した動画(約8分)を作成した。事前学習の内容と目的の詳細を表1に示す。表1の「関連する木製教材」で「ドングリ・木琴」と「木琴」と

表2 木育プログラムの本学習の内容と目的

時間 (分)	関連する 木製教材	学習形態	内容	目的
0.5	ドングリ・木琴	レクチャー	丈夫で、津波に強い木はどっち?～コナラの木とクロマツの木のちがい～	本学習のテーマを確認する。
	ドングリ・木琴	レクチャー	クイズ: コナラとクロマツ、丈夫なのは、どっちでしょう?	本学習で解くクイズの内容を確認する。コナラとクロマツの材で作った教材(ドングリと木琴)を使って、このクイズを解くことを知る。
2	ドングリ	体験	実験1: どんぐりを手で持って重さを比べてみよう!	教材「ドングリ」を実際に手で持って、重さを比較し、クロマツよりコナラの材の方が重いことを学ぶ。
2	木琴	体験	実験2: 木琴を叩いて、音を聴いて比べてみよう!	教材「木琴」の鍵盤を実際に叩いて、音高(音の高さ・低さ)を比較し、クロマツよりコナラの材の方が低い音が鳴ることを学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	レクチャー	実験1と実験2のまとめ	コナラの材の方が重く、低い音が鳴ること、クロマツの材の方が軽く、高い音が鳴ることを復習する。
0.5	木琴	レクチャー	考察: 他の木でも、「重い」木の方が「低い」音が鳴る?	「重い木の方が低い音が鳴る」という法則が他の木でも成り立つかどうかを考えるきっかけを与える。
4	木琴	体験・ レクチャー	実験3: 8種類の木の鍵盤を叩いて、「重い」木の方が「低い」音が鳴るか、確かめてみよう!	学生は、8種類(コナラ、クヌギ、ミズナラ、ヤマザクラ、クロマツ、アカマツ、スギ、ヒノキ)の材で作った鍵盤の重さを実際に測ったり、鍵盤を実際に叩く。それらを児童は見たり、聴いたりしながら、材の重さと音の高さ・低さ(音高)を比較し、重い木の方が低い音が鳴ることを学ぶ。
1	木琴	体験・ レクチャー	ピアノでいうと、どの音階?	学生は、8種類の鍵盤の音高(周波数)とピアノの鍵盤の音階の対応を図で示し、実際に鍵盤を叩く。それらを児童は見たり、聴いたりしながら、8種類の鍵盤の音高がピアノのどの音階と一致するのかを学ぶ。
0.5	木琴	レクチャー	実験3のまとめ	重い木の方が低い音が鳴ることを学ぶ。
0.5	木琴	レクチャー	考察: 針葉樹より広葉樹の方が、重く、低い音が鳴る!	広葉樹の材の方が重く、低い音が鳴ること、針葉樹の材の方が軽く、高い音が鳴ることを学ぶ。
	ドングリ	レクチャー	考察: 「重い」木と「軽い」木はどっちが丈夫?	重い木の方が丈夫だということを学ぶ。
1	ドングリ	体験・ レクチャー	実験4: 「重い」木が丈夫かどうか、実験してみよう!	学生は、重い木と軽い木で作られた同じ形状の棒(細長い円柱形)を、同じ力で折ってみて実験を行う。それを児童は見ても、折れやすさが違うかどうかを比較する。
0.5	ドングリ	レクチャー	実験4のまとめ	重い木は折れずに、軽い木は折れたことから、重い木の方が丈夫だということを学ぶ。
1	ドングリ・木琴	レクチャー	実験1～実験4のまとめ	針葉樹より広葉樹の方が、重く、低い音が鳴り、丈夫だということを学ぶ。
0.5	ドングリ	体験	クイズ: コナラとクロマツ、丈夫なのは、どっちでしょう?	4つの実験の結果から、コナラとクロマツのどっちの木が丈夫かを考え、クイズに答える。
0.5	ドングリ	レクチャー	答え(予想): コナラの方がクロマツよりも丈夫!?	クロマツよりコナラの方が折れにくいことが予想されることから、クロマツよりコナラの方が丈夫だと考えられることを理解する。
	ドングリ	レクチャー	まとめ	「コナラは、クロマツに負けないぐらい丈夫!？」と「コナラは、津波から町を守ってくれる頼もしい木かも!？」という知識を習得する。

記されている部分が木琴プログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の対象である。

## 2)本学習

「丈夫で、津波に強い木はどっち?～コナラの木とクロマツの木のちがい～」と題した本学習のプログラム(約15分)を作成した。本学習の内容と目的の詳細を表2に示す。表2の「関連する木製教材」で「ドングリ・木琴」と「木琴」と記されている部分が木琴プログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の対象である。

## 3)事後学習

本学習の事後学習として、「振り返り&質問コーナー」と題した動画(約21分)を作成した。事後学習の内容と目的の詳細を表3に示す。表3の「関連する木製教材」で「ドングリ・木琴」と「木琴」と記されている部

分が木琴プログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の対象である。本学習終了後に、後述する「振り返り学習シート」を活用した振り返り学習を実施した。この学習シートの記述から児童の質問を抽出し、それらの質問に対する回答を動画の質問コーナーにまとめた。

動画の作成には、動画編集ソフト「PowerDirector」<sup>(9)</sup>を用いた。小学校低学年でも理解できるようにするために、動画では写真やイラストを多く用いた。重要な内容については、テロップも載せた。また、漢字には全て読み仮名を振った。

## 5 木育プログラムの実施

坂元小学校(宮城県山元町)の1年生から6年生までの全児童(84名)を対象に、開発した木育プログ

Table 2 Contents and objectives of the main Moku-iku program

Time (min)	Wooden teaching materials used	Learning modality	Content/Questions	Objectives
0.5	Acorns and xylophone keys	Lecture	Which is more tsunami-resistant: konara oak or Japanese black pine?	Introduction to the learning theme.
	Acorns and xylophone keys	Lecture	Which is tougher: konara oak or Japanese black pine?	To build upon the first lecture.
2	Acorns	Hands-on experience	Experiment 1: Hold the different wooden acorns in your hands and compare their weights!	To learn that konara oak wood is heavier than Japanese black pine wood.
2	Xylophone keys	Hands-on experience	Experiment 2: Strike the different xylophone keys and compare the sounds they make!	To learn that konara oak wood produces a lower-pitched sound than Japanese black pine wood by actually striking the xylophone keys and comparing the pitches (high and low) of the sounds.
0.5	Acorns and xylophone keys	Lecture	Summary of Experiments 1 and 2	To review the previous learning, namely that konara oak wood is heavier and produces lower-pitched sounds than Japanese black pine wood.
0.5	Xylophone keys	Lecture	Does heavier wood always produce a lower-pitched sound?	To consider whether the rule that “heavier wood produces a lower-pitched sound” applies to all wood types.
4	Xylophone keys	Hands-on experience and lecture	Experiment 3: Strike eight different wooden xylophone keys to see if heavier wood always produces a lower-pitched sound!	To compare the weights of eight types of wooden xylophone keys and classify the pitches of the sounds that they produce (high or low), with the goal of learning that heavier wood always produces lower-pitched sounds. Species: konara oak ( <i>Quercus serrata</i> ), kunugi oak ( <i>Quercus acutissima</i> ), mizunara oak ( <i>Quercus crispula</i> var. <i>crispula</i> ), mountain cherry ( <i>Cerasus jamasakura</i> ), Japanese black pine ( <i>Pinus thunbergii</i> ), Japanese red pine ( <i>Pinus densiflora</i> ), sugi ( <i>Cryptomeria japonica</i> ), and hinoki cypress ( <i>Chamaecyparis obtusa</i> ).
1	Xylophone keys	Hands-on experience and lecture	Further pitch comparison	To strike the xylophone keys and determine the piano scales that their pitches correspond to.
0.5	Xylophone keys	Lecture	Summary of Experiment 3	To reinforce the learning that heavier wood produces lower-pitched sounds.
0.5	Xylophone keys	Lecture	Does wood from broad-leaved trees, which are heavier, produce lower-pitched sounds than wood from coniferous trees?	To learn that broad-leaved tree wood is heavier and produces a lower-pitched sound than coniferous tree wood.
	Acorns	Lecture	Discussion: Which is tougher, heavy wood or light wood?	To learn that heavier wood is tougher than light wood.
1	Acorns	Hands-on experience and lecture	Experiment 4: Let's experiment to see if heavy wood is tougher!	To complete an experiment in which the goal is to break long, cylindrical sticks made of heavy wood and light wood, then compare them in terms of breakability.
0.5	Acorns	Lecture	Summary of Experiment 4	To reinforce the learning that heavier wood is tougher than lighter wood, given its lower breakability.
1	Acorns and xylophone keys	Lecture	Summary of Experiments 1-4	To reinforce the learning that broad-leaved tree wood is heavier and tougher, and produces lower-pitched sounds, than coniferous tree wood.
0.5	Acorns	Hands-on experience	Which is tougher: konara oak or Japanese black pine?	To determine whether konara oak or Japanese black pine is tougher based on the results of all of the experiments.
0.5	Acorns	Lecture	Konara oak is tougher than Japanese black pine!	To reinforce the learning that konara oak wood is tougher than Japanese black pine wood because it is more difficult to break.
	Acorns	Lecture	Summary	To understand that konara oak wood is more effective for protecting towns against tsunamis.

ラム「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどちら？」を実施した。

#### ①事前学習(動画)

事前学習の動画視聴は、2022年9月27日から10月2日までの1週間に、学年ごと(各学年1クラス)に担任教員の指導のもとで行った(図3)。

#### ②本授業

全児童を、1年生(16名)・2年生(11名)、3年生(15名)・4年生(16名)、5年生(14名)・6年生(12名)の3つのグループに分けて、低学年・中学年・高学年の順で、同じ本学習を1回ずつ行った(約15分×3回)(図4)。プログラムの内容は3回とも同じではあるが、各学年に合わせて、理解しやすい言葉を使った。



表3 木育プログラムの事後学習（動画）の内容と目的

時間 (分)	関連する 木製教材	内容	目的
0.5	ドングリ・木琴	振り返り&質問コーナー	事後学習のテーマを確認する。
0.5	ドングリ・木琴	丈夫で、津波に強い木はどっち? ～コナラの木とクロマツの木のちがい～	本学習のテーマを確認する。
1	ドングリ・木琴	事前学習の振り返り	事前学習で学んだことを振り返る。
5	ドングリ・木琴	本学習の振り返り	本学習で学んだことを振り返る。
2	ドングリ・木琴	質問①: クロマツの木とコナラの木の 見た目の違いは? ・ 亀の甲羅の模様はどこにあるのか? ・ コナラの木の高さはだいたい何mか? ・ 木の見分け方	クロマツの幹の模様、コナラの木の高さについて学ぶ。 ミズナラとスギの幹の模様、葉や木の実の形や大きさについて学ぶ。
2	ドングリ	質問②: 木の丈夫さについて ・ コナラ（広葉樹）はクロマツ （針葉樹）より、なぜ丈夫? ・ 8種類の木の中で、コナラが1番丈夫 なのか?	針葉樹より広葉樹の方が、重く、低い音が鳴り、丈夫だということを学ぶ。 木の幹を作っている「つぶつぶ」（セルロース、ヘミセルロース、リグニンという物質）が、幹の中にぎゅうぎゅうと詰まっているコナラは重くて、丈夫であり、「つぶつぶ」がすかさずのクロマツは軽くて、丈夫ではないことを学ぶ。
4	木琴	質問③: 木琴を叩いたときの音について ・ 叩いた時の音が低いと、 なぜ重いのか?	太鼓を叩いたときに、太鼓の面がふるえて音が出ることを例として挙げ、音の仕組みを学ぶ。つまり、太鼓の面がふるえると、空気の波ができ、その波の力で鼓膜がふるえると、音が聞こえる、といった仕組みを理解する。さらに、大きな太鼓は、面がゆっくりとふるえて、空気の波が少なくなるから、低い音が鳴り、小さな太鼓は、面が速くふるえて、空気の波が多くなるから、高い音が鳴る、といった仕組みを理解する。ということは、重い材のコナラは、鍵盤がゆっくりとふるえていて、空気の波が少なかったから、低い音が鳴り、軽い材のクロマツは、鍵盤が速くふるえていて、空気の波が多かったから、高い音が鳴っていたことが予想されることを理解する。 それでは、なぜそのような違いが生じたかについては、同じ力でコナラとクロマツの鍵盤を叩いたときに、「つぶつぶ」（セルロース、ヘミセルロース、リグニンという物質）が、幹の中にぎゅうぎゅうと詰まっているコナラでは、一つ一つのつぶつぶに行きわたる力の小さくなるため、鍵盤がゆっくりとふるえるのに対して、「つぶつぶ」がすかさずのクロマツでは、一つ一つのつぶつぶに行きわたる力の大きくなるため、鍵盤が速くふるえることによって、コナラは低い音が、クロマツは高い音がそれぞれ鳴る、と解釈できることを理解する。
3	ドングリ	質問④: 根の強さについて ・ 根の強さはどれくらい強いのか?	コナラは重くて、硬くて、丈夫だが、直根が生長していなかったら、倒れやすい木になってしまうため、苗木を育てる段階から直根を生長させることが重要であることを学ぶ。例えば、底の深い植木鉢で育てた苗木は、直根がまっすぐ下に伸びているのに対して、底の浅い植木鉢で育てた苗木は、植木鉢の中で根がぐるぐると回ってしまい、直根が生長しない。それぞれの苗木を植えると、直根が生長した苗木はさらに根が地中深く伸びて倒れにくい木になるのに対して、直根が生長していない苗木は根が地中深くに伸びづらく倒れやすい木になってしまうことを学ぶ。 直根が生長した苗木と直根が生長していない苗木の模型を作って、小石を敷き詰めた水槽に植え付け、水槽の中で人工的に津波を発生させる実験を行うと、直根が生長した苗木が倒れにくいことが確かめられることを学ぶ。 そこで、たねぶるじゅくとでは、ペットボトルを縦につないだ植木鉢を開発し、直根がまっすぐ伸び、将来、津波に負けない強い木になる苗木を育てていることを学ぶ。
1	ドングリ	質問⑤: 海岸防災林に植えられた クロマツとコナラについて ・ クロマツはなぜ海側に植えるのか? ・ コナラは潮に強いのか?	東日本大震災で被災した海岸防災林を再生する目的と海岸防災林の役割について学ぶ。 コナラはクロマツより潮風に弱い、クロマツは主に海からの風や砂を防ぐ役割を担うのに対して、コナラは主に津波に強い林を作る役割を担うことを学ぶ。
0.5	ドングリ・木琴	まとめ	「木は種類によって違う特徴（重さ=丈夫さ、音の高さ）があること」と「木の特徴を活かして海岸防災林を作ったり、木材として活用することが大切であること」を知識として習得する。
0.5	ドングリ	実は、重さや音の高さ以外にも、木材としての特徴がある!?	木の種類によって、色（赤っぽい、白っぽい）、木目（濃い、薄い）、保温力（温かい状態をどれくらい保てるか）、音色（音の心地よさ）などが異なることを知る。
0.5	ドングリ	重さ、色、木目、保温力	ヤマザクラは重さが重く、色が赤く、木目は中程度で、保温性が高い、ブナは重さ・色・保温力は中程度で、木目が薄い、ヒノキは重さ・木目は中程度で、色が白く、保温力は低い、スギは重さが軽く、色は中程度で、木目は濃く、保温力は低い、といったそれぞれの特徴があることを学ぶ。
0.5	木琴	1/fゆらぎかどうか (心地よい音かどうか)	ヤマザクラ、ブナ、ミズナラ、ヒノキ、スギの鍵盤の中で、一番、心地よい音が鳴るのは、ブナであることを学ぶ。

木製教材「ドングリ」を用いた実験1と「木琴」を用いた実験2では、2つのグループに分けた児童を入れ替えて、同時に2回ずつ行った。全員が平等に教材に触れ、考えることができるよう、児童3～5名に対して学生1名を配置し、目が行き届く体制を取った。

### ③事後学習(動画)

事後学習の動画視聴は、2023年3月14日から20日までの1週間に、学年ごと(各学年1クラス)に担任教

員の指導のもとで行った(図5)。

### 6 振り返り学習シートの作成

木育プログラムのうち、木琴プログラム「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」で定めた3つの学習ねらいについて、事前学習、本学習、本学習のレクチャーや体験を通じて学んだことを覚えていたかどうか(知識の習得)を確認するため

Table 3 Contents and objectives of the post-learning (video-based) Moku-iku program

Time (min)	Wooden teaching materials used	Content/Questions	Objectives
0.5	Acorns and xylophone keys	Reflections and questions	Introduction to the learning theme.
0.5	Acorns and xylophone keys	Which is tougher and more tsunami-resistant: konara oak or Japanese black pine?	Introduction to the learning theme (part 2).
1	Acorns and xylophone keys	Review of preliminary learning program	To review what was learned in the preliminary learning program.
5	Acorns and xylophone keys	Review of main learning program	To review what was learned in the main learning program.
2	Acorns and xylophone keys	What are the main aesthetic differences between Japanese black pine and konara oak trees? Where is the "turtle shell" pattern located? What is the typical height of a konara oak tree?	To learn about the trunks of Japanese black pine trees, the height of konara oak trees, and the trunks and shapes/sizes of the leaves and fruits of mizunara oak and sugi trees.
2	Acorns	Why are konara oak (broad-leaved) trees tougher than Japanese black pine (coniferous) trees? Are konara oak trees the toughest of the eight types of trees?	To reinforce the learning that broad-leaved tree wood is heavier and tougher, and produces lower-pitched sounds, than coniferous tree wood. To learn that konara oak tree wood is heavier and tougher than Japanese black pine tree because its trunk is packed with cellulose, hemicellulose, and lignins.
4	Xylophone keys	Why does heavier wood produce lower-pitched sounds?	To learn about the mechanisms underlying sound production using a drum as an example ( "When the skin of the drum vibrates, air waves are formed; when the eardrums vibrate because of the force of the waves, sound is heard. A large drum makes a low-pitched sound because its skin vibrates slowly and the number of air waves is relatively low, whereas a small drum makes a high-pitched sound because its skin vibrates quickly, resulting in a greater number of air waves." ). On the basis of the drum example, to understand that konara oak xylophone keys produce lower-pitched sounds than the lighter Japanese black pine wood xylophone keys because striking the former keys results in fewer air waves. The children are informed that the cellulose, hemicellulose, and lignins in konara oak tree trunks reduce the strength of any force applied, such that the xylophone keys vibrate less rapidly compared with keys made from Japanese black pine.
3	Acorns	How strong are konara oak tree roots?	To understand that although konara oak is heavy, straight roots are required from the seedling stage onward to prevent the trees from falling over. For example, seedlings grown in deep-bottomed plant pots have straight roots, whereas those grown in shallow-bottomed plant pots have roots that circle around the inside of the pots. To learn that straight seedling roots are also deeper, such that the tree is less likely to fall over. To make model seedlings, with and without straight roots, and plant them in a water tank filled with pebbles; and to create an artificial tsunami in the tank to demonstrate that seedlings with straight roots are less likely to fall over. To learn that, in the Tane-project, polyethylene terephthalate plant pots were used to promote straight root growth and, by extension, tsunami resistance.
1	Acorns	Why are Japanese black pine trees planted on the ocean side? Are konara oak trees resistant to sea breezes?	To reinforce the learning about the roles of and reasons for regenerating coastal disaster prevention forests damaged by the Great East Japan Earthquake. To understand that because konara oak is more vulnerable to sea breezes than Japanese black pine, it plays a larger role in tsunami-resistant forests, whereas Japanese black pine is mainly used to reduce the impact of sea breezes and sand.
0.5	Acorns and xylophone keys	Summary	To consolidate understanding that different tree species have different characteristics (i.e., weight, toughness, and sound pitch), such that it is important to exploit their particular characteristics when planting or regenerating coastal disaster prevention forests.
0.5	Acorns	What are characteristics of wood other than its weight and sound pitch?	To understand that wood types differ in color (reddish vs. whitish), grain (dark vs. light), heat-retaining capacity, and sound tone/pleasantness.
0.5	Acorns	Wood weight, color, grain, and heat-retaining capacity	To learn that each tree has its own characteristics: mountain cherry exhibits heavy weight, with a red color, medium grain, and high heat-retaining capacity; Japanese beech ( <i>Fagus crenata</i> ) is of moderate weight, with an intermediate color, moderate heat-retaining capacity, and light grain; sugi is of moderate weight, with an intermediate grain, white color, and low heat-retaining capacity; and hinoki cypress exhibits light weight, with an intermediate color, dark grain, and low heat-retaining capacity.
0.5	Xylophone keys	Sound pleasantness	To understand that, among xylophone keys made of mountain cherry, mizunara oak, hinoki cypress, sugi, and Japanese beech, the beech keys are thought to produce the most pleasant sounds when struck.

木育教室「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の開発・実施・評価の開発・実施・評価



図3 木育プログラムの事前学習(動画)の概要

Figure 3 Overview of the preliminary Moku-iku learning program

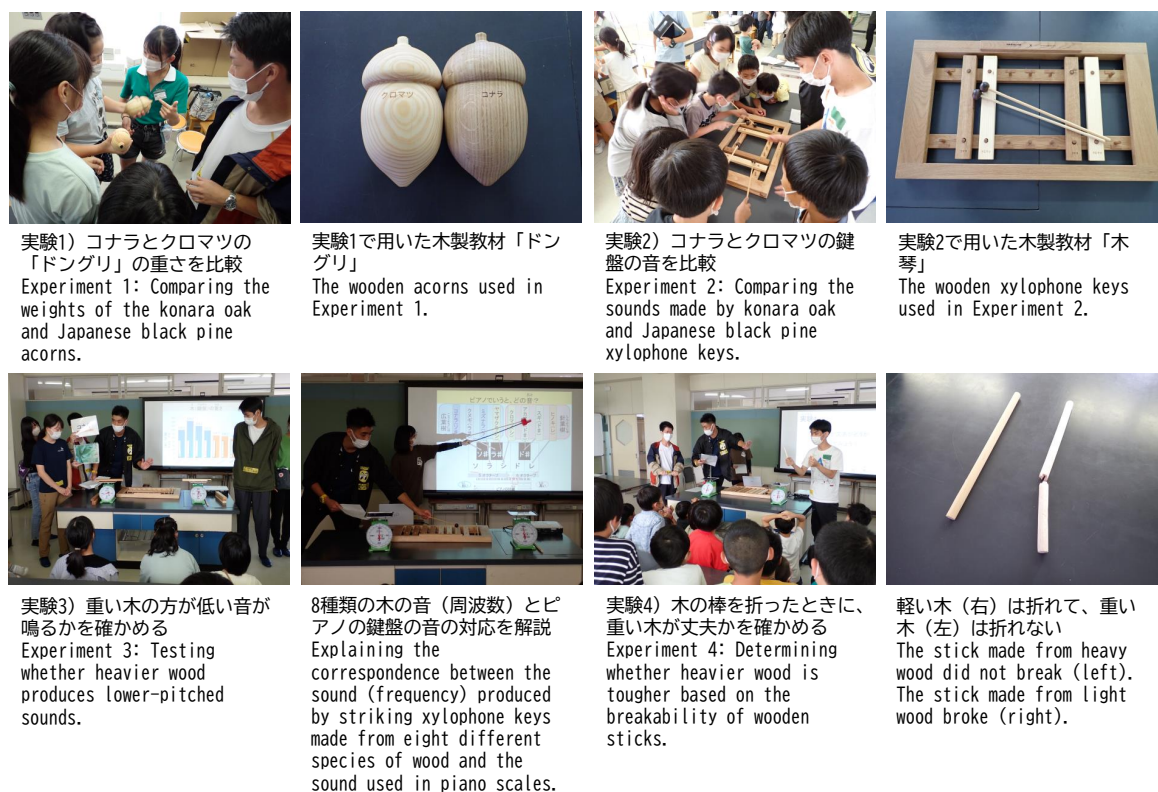


図4 木育プログラムの本学習の概要

Figure 4 Overview of the main Moku-iku learning program



図5 木育プログラムの事後学習（動画）の概要  
Figure 5 Overview of the post-learning Moku-iku program

に、確認テスト・アンケート形式の振り返り学習シートを、本学習後用と事後学習後用の2つ作成した。振り返り学習シートは、木育教材「木琴」に関連する学習、木育教材「どんぐり」に関連する学習、「どんぐりと木琴」の両方の教材に関連しつつ、全体を通した学習の3つに関する質問から構成されている。「本学習後用の振り返り学習シート」と「事後学習後の振り返り学習シート」の内容を以下にそれぞれまとめる。

#### ①本学習後の振り返り学習シート

- ・質問1-1「コナラの木の幹の色は何色でしょうか」(選択式)  
選択肢は、茶色、赤色、黒っぽい灰色(灰黒色)の3つ。正解は、黒っぽい灰色(灰黒色)。
- ・質問1-2「コナラの木の幹の模様は何でしょうか」(選択式)  
選択肢は、横に裂け目がある、縦に裂け目がある、亀の甲羅のような模様の3つ。正解は、横に裂け目がある。
- ・質問2「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)、持ったときに重かったのはどちらでしたか」(選択式)  
選択肢は、コナラとクロマツの2つ。正解は、コナラ。
- ・質問3「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)、たた

いたときに音が低かったのはどちらでしたか」(選択式)

選択肢は、コナラとクロマツの2つ。正解は、コナラ。

- ・質問4「木の重さが重いと、音の高さはどうなりますか」(選択式)  
選択肢は、高くなる、低くなる、変わらないの3つ。正解は、低くなる。
- ・質問5「コナラとクロマツ、折れにくい(丈夫)のはどちらでしょうか」(選択式)  
選択肢は、コナラとクロマツの2つ。正解は、コナラ。
- ・質問6「木育教室に対する感想や、質問を自由に書いて下さい」(記述式)
- ・質問7-1「木育教室は楽しかったですか」(選択式)  
選択肢は、とても楽しかった、まあまあ楽しかった、あまり楽しなかった、つまらなかったの4つ。
- ・質問7-2「特に楽しかったことがあれば、教えてください」(記述式)
- ・質問7-3「動画や、今日の学習で学ぶことができましたか」(選択式)  
選択肢は、たくさん学べた、まあまあ学べた、あまり学べなかった、何も学べなかった、の4つ。



- ・質問 7-4「具体的に、何を学びましたか」(記述式)  
このうち、木製教材「木琴」に関わる質問は、質問 3、4 であり、木育教室の「全体」に関わる質問は、質問 1-1、1-2、6、7-1、7-2 である。

## ②事後学習動画後の振り返り学習シート

この学習シートでは、「体験したこと」を 4 つ、「学んだこと」を 5 つ、それぞれ列挙し、それらの選択肢の中から各質問に当てはまるものを選んで答える形式とした。「体験したこと」は、「①コナラとクロマツのドングリを手に持って重さを比べた」「②コナラとクロマツの鍵盤をたたいて音を聴き比べた」「③ 8 種類の鍵盤の重さと、たたいた時の音を比べた」「④重い木と軽い木の丈夫さを比べた」の 4 項目、「学んだこと」は、「⑤コナラはクロマツより重く、丈夫で、折れにくい」「⑥コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」「⑦広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」「⑧なぜ重い木は丈夫なのかの理由」「⑨なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの理由」の 5 項目である。このうち、木育教材「木琴」に関わる項目は、②、③、⑥、⑦、⑨の 5 項目である。

- ・質問 1-1「上記の中で、面白かったと思うことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問 1-2「上記の中で、不思議に思ったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問 1-3「上記の中で、興味を持ったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問 1-4「上記の中で、わかったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問 1-5「上記の中で、わからなかったことの番号を全て書いてください」(選択式)
- ・質問 2「事前学習(動画)、木育教室、事後学習(動画)の全体を通して、自由に感想を書いてください」(記述式)

以上の全ての質問が木育教材「木琴」に関わるものである。

## 7 振り返り学習の実施

「本学習後用の振り返り学習シート」を用いた振り返り学習を、2022年10月4日から10日までの1週間に、「事後学習後の振り返り学習シート」を用いた振り返り学習を、2023年3月14日から23日までの10日間に、それぞれ行った。

## 8 データ解析

本学習後に行った振り返り学習の回答データから、

本学習で「学んだこと」について、学年と正答率との間に相関があるかを、Spearmanの順位相関係数( $\rho$ )を用いて分析した。「木育教室に対する感想、学んだこと、質問」の質問に対する回答を、木製教材「木琴」に関連のある記述、木製教材「ドングリ」に関連のある記述、木育教室の「全体」に関わる記述の3つに分類し、木製教材「木琴」に関連のある記述と木育教室の「全体」に関わる記述をテキスト分析の対象とした。共起ネットワーク分析を用いて、記述式の「感想」「特に楽しかったこと」「学んだこと」の回答を分析した。共起ネットワーク分析とは、テキスト(文章)における単語同士のつながりを可視化し、示唆を得る手法である。出力された図では、出現回数が多い語ほど円が大きく、語と語を結んでいる線が太いほど関連性が強いことを示す。対応分析を用いて、記述式の「感想」の回答を分析した。対応分析とは、テキスト(文章)が特定のグループの単位でどのように異なるかを散布図で可視化し、示唆を得る手法である。散布図では、原点(0, 0)付近には特徴のない語が集まり、原点から見て、各グループの方向にある語、そして原点から離れている語ほど、特徴的な語であることを示す。記述式の「特に楽しかったこと」「学んだこと」の回答を、コーディングによるクロス集計を行った。コーディングとは、あるコンセプトを決めて、そのコンセプトに当てはまる用語をグルーピングすることである。出力された図では、コンセプトに関連する用語が多いほど四角が大きく、暖色系か寒色系かと、色の濃さは、それぞれ相関の正負と強さをそれぞれ示す。

事後学習後に行った振り返り学習の回答データから、本学習で「体験したこと」について「面白かった」「不思議に思った」「興味を持った」と回答した児童数が、「学んだこと」について「わかった」「わからなかった」と回答した児童数が、それぞれ学年によって偏りがあるかを、 $\chi^2$ 検定を用いて分析した。「全体(事前学習・本学習・事後学習)の感想」の質問に対する回答を、木製教材「木琴」に関連のある記述、木製教材「ドングリ」に関連のある記述、木育教室の「全体」に関わる記述の3つに分類し、そのうち、木製教材「木琴」に関連のある記述と木育教室の「全体」に関わる記述をテキスト分析の対象とした。共起ネットワーク分析と対応分析を用いて、記述式の「全体(事前学習・本学習・事後学習)の感想」を分析した。

なお、いずれの共起ネットワーク分析、対応分析、コーディングによるクロス集計も、各学年のテキスト

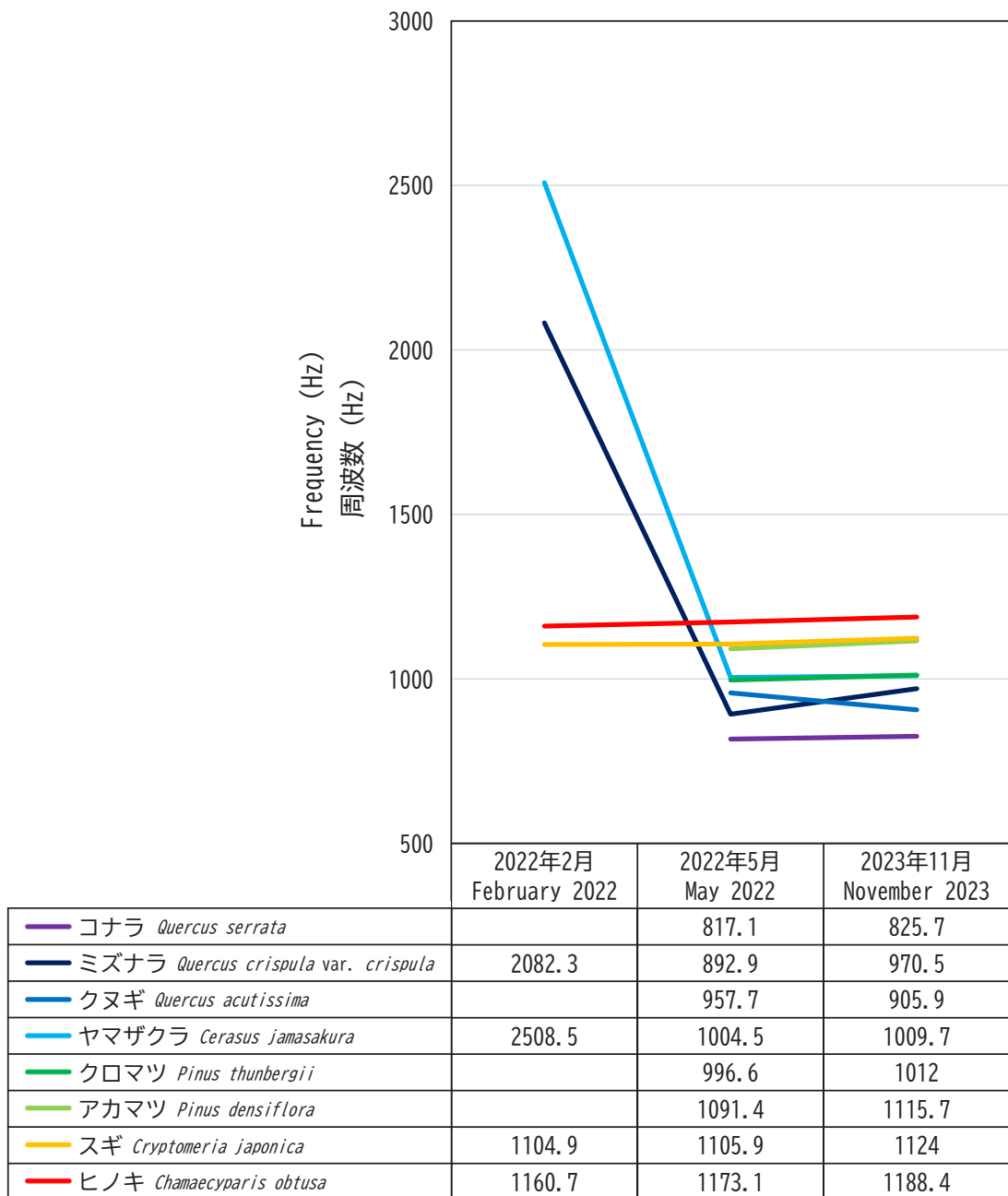


図6 木製教材「木琴」の音階  
Figure 6 Musical scales of the wooden xylophone keys

データを全てまとめて、分析を行った。テキスト分析には、フリーソフトウェアKH Coder(ver.3.Beta.07d)を用いた。それ以外の解析には、無料統計ソフトEZR(Easy R)(version 1.54 2020/12/24)(R version 4.0.3 2020/10/10)(Kanda 2013)を用いた。

### III 結果

#### 1 木製教材「木琴」の音の特性

各鍵盤から発した音の周波数の平均を図6に示す。2022年2月(作製から1か月後)の測定では、4種類の樹種のうち、ヤマザクラの周波数が2508.5Hz(7

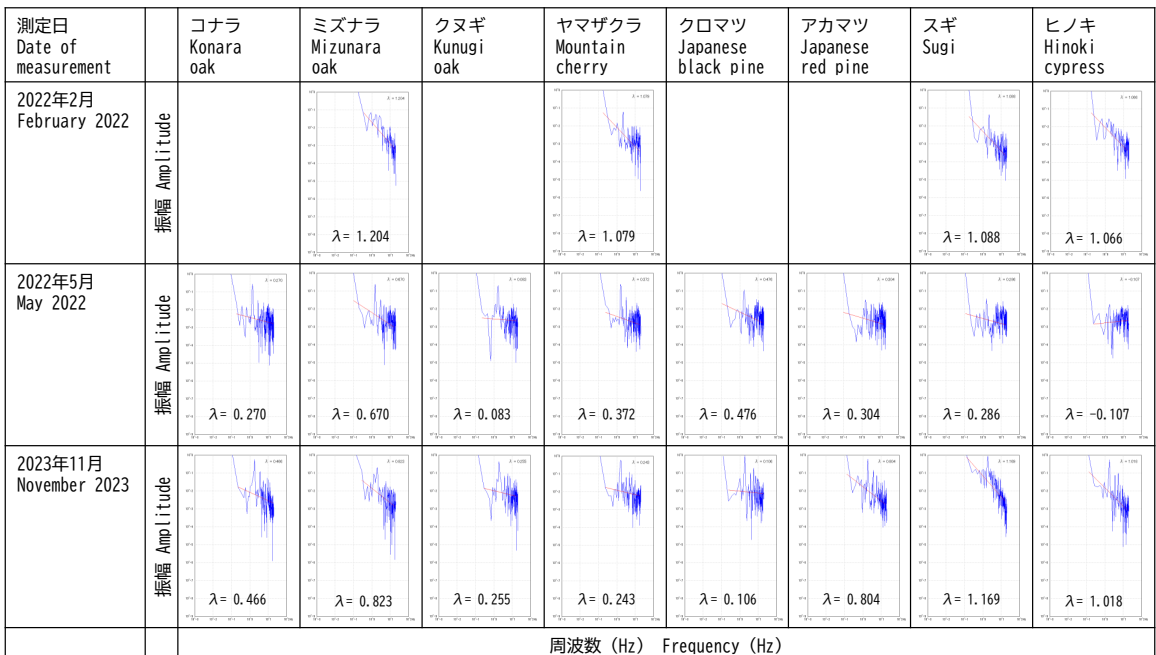


図7 木製教材「木琴」の音の周波数と振幅の関係および入値

Figure 7 Relationship between the frequency and amplitude of the sounds produced by the wooden xylophone keys

オクターブ目のレ♯)で最も高く、次いでミズナラの 2082.3Hz(7オクターブ目のド)、ヒノキの1160.7Hz(6オクターブ目のレ)の順であり、スギの1104.9Hz(6オクターブ目のド♯)が最も低かった。2022年5月(作製から4か月後)の測定では、8種類の樹種のうち、ヒノキが1173.1Hz(6オクターブ目のド♯)で最も高く、次いでスギ1105.9Hz(6オクターブ目のド)、アカマツ1091.4Hz(6オクターブ目のド)、ヤマザクラ1004.5Hz(5オクターブ目のシ)、クロマツ996.6Hz(5オクターブ目のシ)、クヌギ957.5Hz(5オクターブ目のラ♯)、ミズナラ829.9Hz(5オクターブ目のラ)の順で、コナラの817.1Hz(5オクターブ目のソ)が最も低かった。2023年11月(作製から1年1か月後)の測定では、ヒノキが1188.4Hz(6オクターブ目のレ)で最も高く、次いでスギ1124Hz(6オクターブ目のド♯)、アカマツ1115.7Hz(6オクターブ目のド♯)、クロマツ1012Hz(5オクターブ目のシ)、ヤマザクラ1009.7Hz(5オクターブ目のシ)、ミズナラ970.5Hz(5オクターブ目のシ)、クヌギ905.9Hz(5オクターブ目のラ)の順で、コナラの825.7Hz(5オクターブ目のソ♯)が最も低かった。全体を通じて、周波数は針葉樹より広葉樹の方が低いこと、針葉樹より広葉樹の方が作製後の周波数が変化しやすい

こと、作製から1年が経過すれば、いずれの樹種も周波数は安定するが、わずかに変化することが傾向として読み取れた。

各鍵盤から発した音の周波数と振幅の関係を図7に、1/fゆらぎの音に近いかどうかの指標の $\lambda$ 値を図8に、それぞれ示す。2022年2月(作製から1か月後)の測定では、4種類の樹種のうち、ヒノキが $\lambda=1.06$ で1/fゆらぎに最も近く、次いでヤマザクラの1.07、スギの1.08の順で、ミズナラの1.20が最も遠かった。同年5月(作製から4か月後)の測定では、8種類の樹種のうち、ミズナラが0.67で1/fゆらぎに最も近く、次いでクロマツの0.47、ヤマザクラの0.37、アカマツの0.3、スギの0.28、コナラの0.27、ヒノキの-0.1の順で、クヌギの0.08が最も遠かった。2023年11月(作製から1年1か月後)の測定では、ヒノキが1.01で最も近く、次いでスギの1.16、ミズナラの0.82、アカマツの0.8、コナラの0.46、クヌギの0.25、ヤマザクラの0.24の順で、クロマツの0.10が最も遠かった。全体を通して、1/fゆらぎの音に近いかどうかの指標の $\lambda$ 値は、広葉樹より針葉樹の方が高い、あるいは針葉樹より広葉樹の方が高いなどの傾向は認められず、作製後から1年間で、 $\lambda$ 値は変化し続ける傾向が認められた。

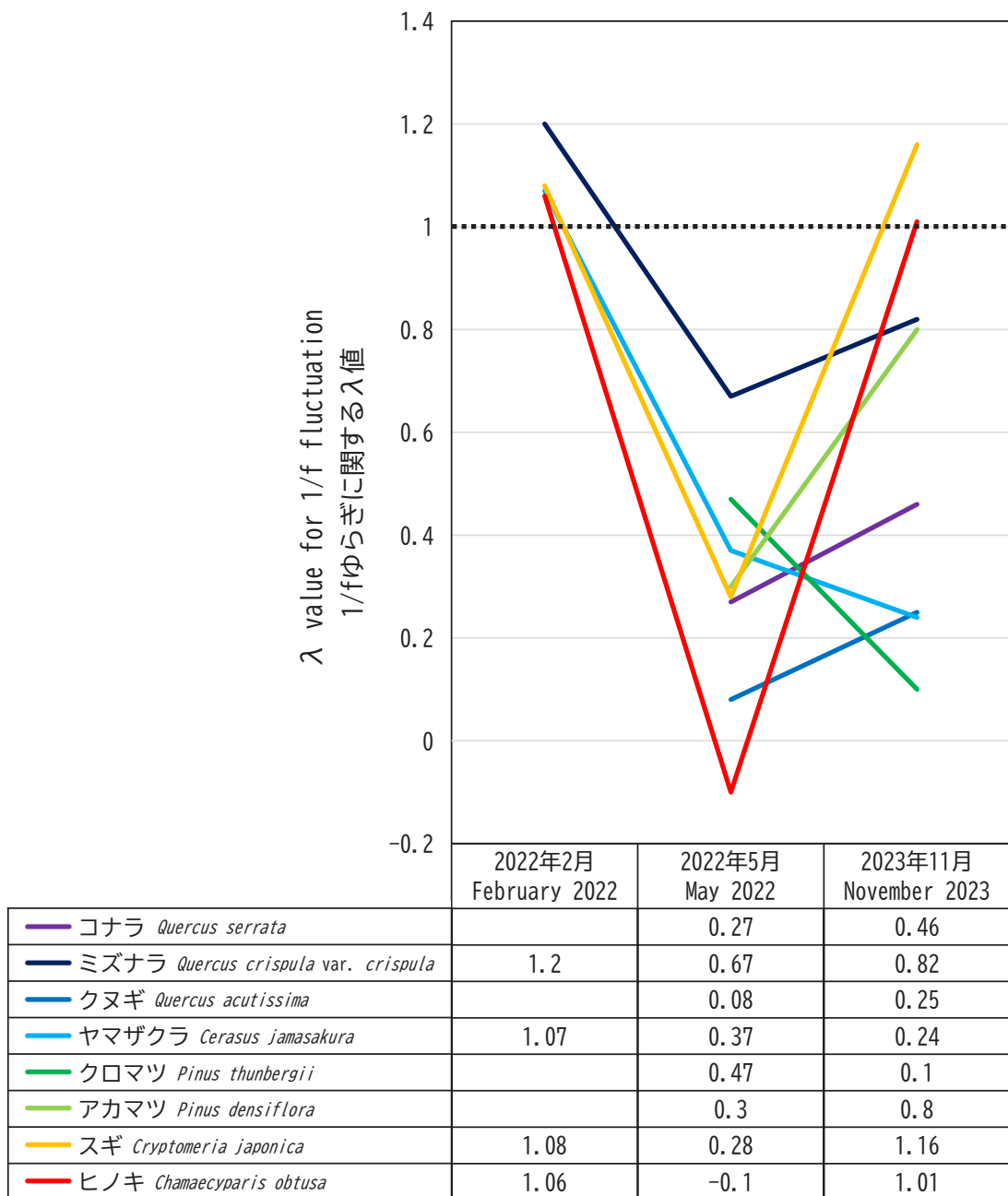


図8 木製教材「木琴」の音が1/fゆらぎに近い音かどうかを評価するλ値

Figure 8 λ values showing the degree of similarity between the sounds produced by the wooden xylophone keys and the 1/f fluctuation

## 2 木育プログラムの評価

### 1) 本学習後の振り返り学習シートの分析

「コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹)のどっちが低い音が鳴るか?」と「木が重いと、音の高さはどうなる

か?」の質問に対し、正しい選択肢を選ぶことができていたかどうかをみると、全学年の平均正答率は、それぞれ 80.0%と 87.5%であった(図9)。これら2つの質問の全てについて、学年と正答率の間には有意な相



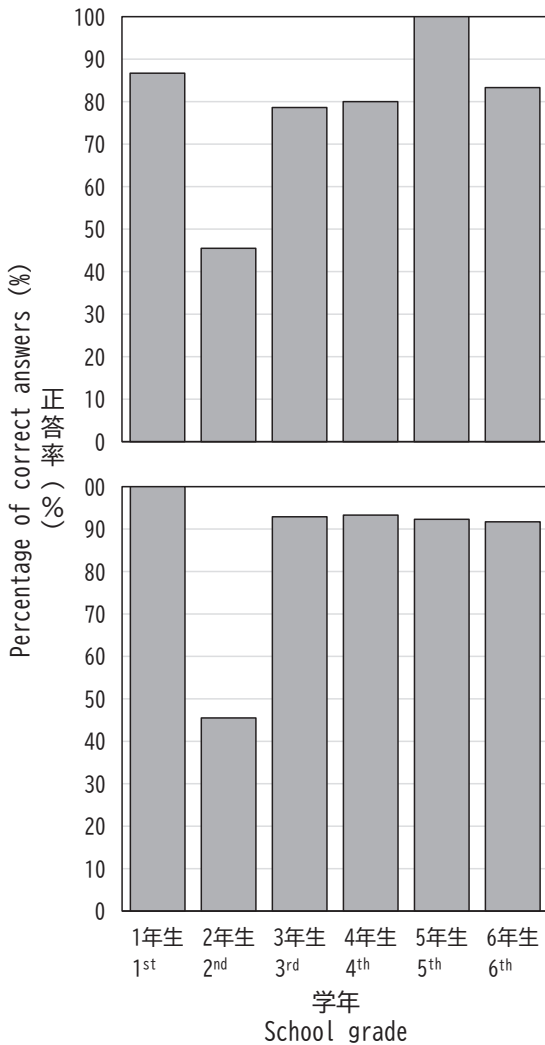


図9 「コナラとクロマツのどちらが低い音が鳴るか?」(上図)と「重い木(広葉樹)と軽い木(針葉樹)のどちらが低い音が鳴るか?」(下図)を答える質問の正答率

Figure 9 Percentages of correct answers to the questions ( “Which makes a lower-pitched-sound: konara oak or Japanese black pine?” [top panel] and “Which makes a lower-pitched sound: a heavy tree [broad-leaved tree] or a light tree [coniferous tree]?” [bottom panel])

関が認められなかった(Spearmanの順位相関、コナラ(広葉樹)とクロマツ(針葉樹):  $\rho = 0.31$ 、木が重さと音の高さの関係:  $\rho = -0.37$ ,  $P \geq 0.05$ )。

「木育教室に対する感想や質問」に対する回答の中

から抽出された「感想」は62件(木製教材「木琴」に関連のある内容:14件、木育教室の「全体」に関わる内容:48件)、「質問」は7件であった。その「感想」のテキストデータを、共起ネットワークを用いて分析し、出力された図から、「感想」に関する動詞とそれに関連のある用語をもとに、児童の「感想」を読み解いた。その結果、「木について知れた」「木育教室で初めて実験して楽しかった」「木琴を叩くと、低い(音)や高い(音)がして、不思議に思った」「コナラとクロマツの音が分かった」「今度は違うもので比べたい」「植樹祭に出たい」といった内容が読み取れた(図10)。また、同様のテキストデータを、対応分析を用いて分析し、出力された図から、各学年に特徴的な用語を拾い上げてみると、1年生は「面白い」、2年生と3年生は「楽しい」、4年生は「学べる」、5年生と6年生は「分かる」という単語をそれぞれ多く使っていた(図11)。1年生～3年生は、「面白い」「楽しい」などの感情に関する用語が多く使われていたのに対し、4年生～6年生では「学べる」「分かる」などの学びに関する用語が多く使われており、高学年(5年生と6年生)ほど、深い学びができていたことが読み取れた。

「木育教室は楽しかったか」の質問に対しては、「とても楽しかった」と回答した児童が全体の78.8%で最も多く、次いで「まあまあ楽しかった」が13.8%であった(図12)。「木育教室で特に楽しかったことは何か」の質問に対する回答から抽出された「楽しかったこと」に関する記述は49件(木製教材「木琴」に関連のある内容:41件、木育教室の「全体」に関わる内容:8件)であった。そのテキストデータを、共起ネットワーク分析を用いて分析し、出力された図から、「楽しかったこと」に関する動詞とそれに関連のある用語をもとに、児童が「特に楽しかった」と感じていたことを読み解いた。その結果、「木琴を叩く」「実際に音を出す体験」「コナラとクロマツを鳴らす」「楽器を使って音の違いを聞く」「これらを比べる」「丈夫な木は音が低いことが分かる」といった内容が読み取れた(図13)。また、同様のテキストデータを「コナラ」「クロマツ」「音の高さ」「重さ」「教材」「木琴」「鍵盤を叩く」「比べる」「学び」のコンセプトでコーディングし、各学年でクロス集計を行った。その結果、9つのコンセプトのうち、全てのコンセプトで、各コンセプトに関する用語数には学年間で有意な偏りが認められなかった(図14、 $\chi^2$ 検定、 $P \geq 0.05$ )。ただし、1年生では「比べる」「学び」、1年生と2年生では「音の高さ」のコンセプトに関する用語が使われてい

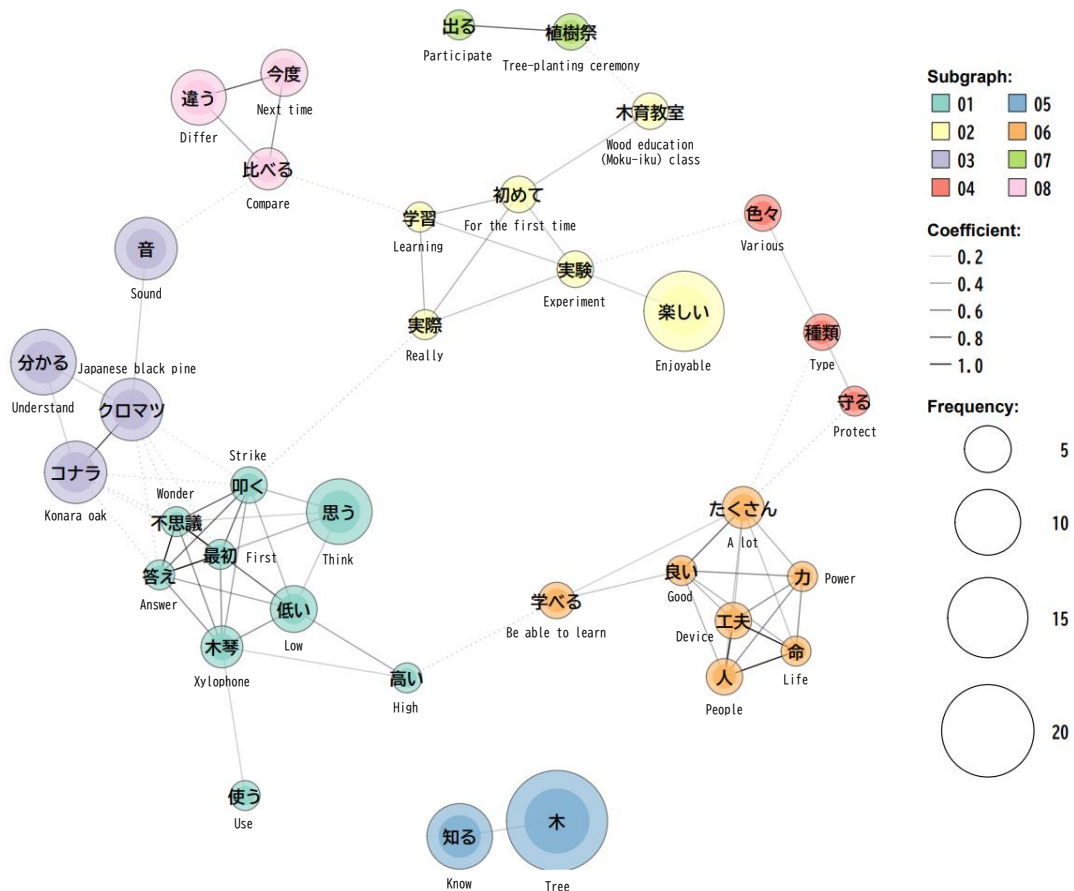


図10 木育プログラムの事前学習と本学習に対する感想の共起ネットワーク分析の図

Figure 10 Co-occurrence network analysis of the participants' opinions of the preliminary and main Moku-iku learning programs

なかった。

「動画や、今日の学習で学ぶことができたか」の質問に対しては、「たくさん学べた」と回答した児童が全体の76.3%で最も多く、次いで「まあまあ学べた」が13.8%であった(図15)。「木育教室で学んだことは何か」の質問に対する回答から抽出された「学んだこと」に関する記述は、51件(木製教材「木琴」に関連のある内容:29件、木育教室の「全体」に関わる内容:22件)であった。そのテキストデータを、共起ネットワーク分析を用いて分析し、出力された図から、「学んだこと」に関する動詞とそれと関連のある用語をもとに、児童が「学んだこと」として自覚していたことを読み解いた。その結果、「重くて、丈夫な木だと、低い音が出る」「コナラとクロマツの音は違う(例えば、大きさ)」「特徴(例えば、色)や種類」「津波から守る」「これらが木に関係している」と

いった内容が読み取れた(図16)。また、同様のテキストデータを「コナラ」「クロマツ」「音の高さ」「重さ」「木の違い」「防災」のコンセプトでコーディングし、各学年でクロス集計を行った。その結果、6つのコンセプトのうち、「コナラ」「音の高さ」「重さ」「木の違い」のコンセプトで、各コンセプトに関する用語数と学年の間に有意な偏りが認められ( $\chi^2$ 検定、 $P < 0.05$ )、「コナラ」に関連する用語は1年生、「音の高さ」「重さ」に関連する用語は4年生と5年生、「木の違い」に関連する用語は1年生と2年生と6年生で多く使われる傾向が認められた(図17)。1年生については、「音の高さ」に関する用語が使われていなかった。「木の違い」に関連する用語については、1年生と2年生では「特徴」「違い」という用語が多かったのに対して、6年生では「違い」という用語の他に、「種類」「広葉樹」「針葉樹」「名前」

木育教室「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の開発・実施・評価の開発・実施・評価

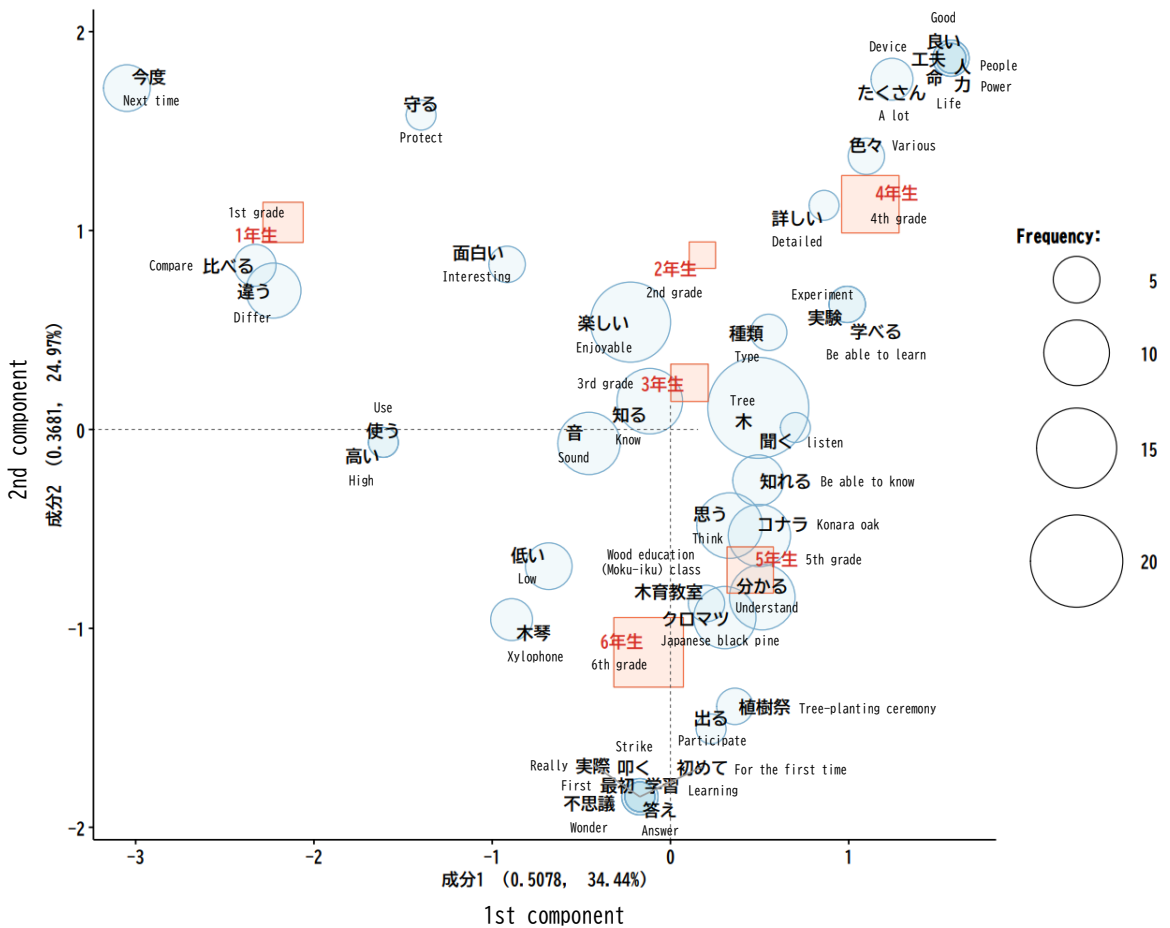


図11 木育プログラムの事前学習と本学習に対する感想の対応分析の図

Figure 11 Correspondence analysis of the participants' opinions of the preliminary and main learning Moku-iku programs

「大きい」「小さい」「形」「色」など、多様な用語が使われていた。「防災」に関する用語については、1年生と2年生で使われていた。

「木育教室に対する感想や質問」に対する回答の中から抽出された木製教材「木琴」に関連のある「質問」は2件、木育教室の「全体」に関わる「質問」は5件であった。木製教材「木琴」に関連のある「質問」としては、2年生から「〇なんで音が低いと重いのか」、4年生からは「〇木の幹が黒いほど、重くて音が低いのか?」がそれぞれ出された。木育教室の「全体」に関わる「質問」については、2年生から「〇亀の甲羅のような模様は、どこにあるのか」、3年生からは「〇なんで木の幹の色は全部違うのか」、4年生からは「〇コナラの木の高さはだいたい何mか」、4年生からは「〇どうし

てクロマツが海の近くに植えられているのか」、6年生からは「現在、木の種類は何種類あるのか」がそれぞれ出された。このうち、〇印のついている6つの質問については、事後学習で回答することにした。

## 2) 事後学習後の振り返り学習シートの分析

本学習で「体験したこと」は、「コナラとクロマツの鍵盤をたたいて音を聴き比べた」と「8種類の鍵盤の重さと、たたいた時の音を比べた」の2つである。これらの体験について、「面白かった」「不思議に思った」「興味を持った」とそれぞれ回答した全学年の児童数に有意な偏りが認められ( $\chi^2$ 検定、 $P < 0.05$ )、「面白かった」と回答した児童が最も多く、次いで「興味を持った」「不思議に思った」の順であった(図18-19)。いずれの

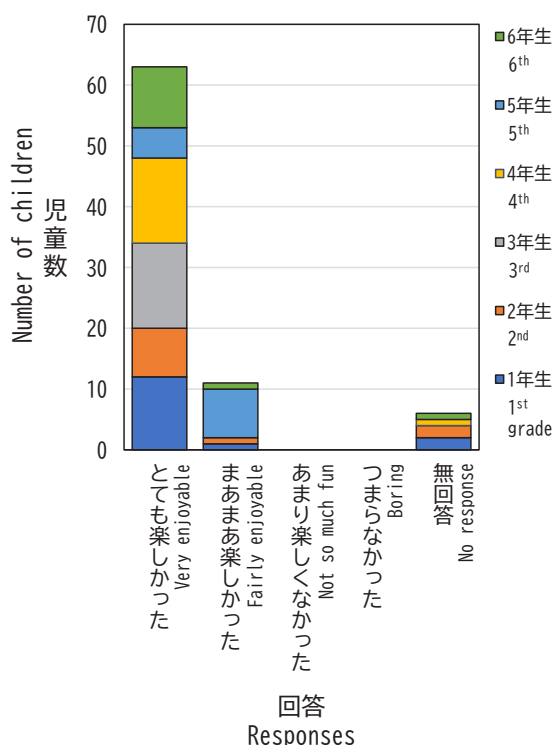


図12 木育プログラムの本学習で楽しめたかどうかの質問に対する回答

Figure 12 Participants' responses to the question regarding whether they enjoyed the main Moku-iku learning program

質問についても、「面白かった」「不思議に思った」「興味を持った」と回答した児童数と学年の間には有意な偏りは認められなかった( $\chi^2$ 検定、 $P \geq 0.05$ )。

本学習で「学んだこと」は、「コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」「広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」「なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの理由」の3つである。理解度(全体(「わかった」と回答した児童+「わからなかった」と回答した児童)に対する「わかった」と回答した児童の割合)の各学年の平均は、「コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」では75.9%、「広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」では62.7%、「なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの理由(答え: 重い木の鍵盤をたたくと、鍵盤がゆっくり振るえて、空気の波も少なくなって、鼓膜がゆっくり振るえるので低い音に聞こえる)」では55.3%であった。また、「わかった」と回答した児童数と「わからなかった」と回答した児童数の間には、有意な偏りはなかった(図20-22、 $\chi^2$ 検定、 $P \geq 0.05$ )。

「事前学習(動画)、本学習、事後学習(動画)の全体の感想」に対する回答の中から抽出された「学んだこと」は65件(木製教材「木琴」に関連のある内容: 43件、木育教室の「全体」に関わる内容: 33件)、「感想」は60件(木製教材「木琴」に関連のある内容: 9件、木育教室の「全体」に関わる内容: 51件)、「今後やってみたいこと」は7件(木製教材「木琴」に関連のある内容: 1件、木育教室の「全体」に関わる内容: 6件)、「質問」は8件(木製教材「木琴」に関連のある内容: 3件、木育教室の「全体」に関わる内容: 5件)であった。これら全てのテキストデータを、共起ネットワーク分析を用いて分析し、出力された図から、動詞とそれと関連のある用語をもとに、児童が学んだことや感想を読み解いた。その結果、「コナラとクロマツの特徴が分かった」「重い木は低い音、軽い木は高い音が出る・鳴ることが分かった」「(木の中の)〇個(のつぶつぶ)が振るえている(ことが分かった)」「木琴を、種類の(違う)鍵盤を叩き比べて思った」「事後学習の動画で知る・学ぶことができた」「たねぷろじえくとが楽しい」「実験が楽しかった」といった内容が読み取れた(図23)。また、同様のテキストデータを、対応分析を用いて分析し、出力された図から、児童が多く使っていた特徴的な動詞や形容詞を拾い上げてみると、1年生は「高い」、2年生と3年生は「楽しい」、4年生は「面白い」、5年生は「分かる」、6年生は「学ぶ」であった。つまり、1年生は「(木琴の音を聴いた時の音の)高さ」、2年生と3年生は「楽しかったこと」、4年生は「面白かったこと」、5年生は「分かったこと」、6年生は「学んだこと」が、それぞれ印象に残っていたことが読み取れた。1年生は自分が直接した経験、2年生から4年生は自分がした経験や学びに対する率直な感想、5年生と6年生は自分が学んだ内容について、それぞれ表現していたことが読み取れた(図24)。

「今後やってみたいこと」については、木製教材「ドングリ」に関連のある内容として、4年生から「コナラとクロマツの重さを比べたり、叩いた時の音を比べてみたいと思った」、木育教室の「全体」に関わる内容として、2年生からは「僕たちのコナラを育てて海に植える」、3年生からは「楽しかったし、実験するのが楽しかったからもう1回やりたい」「次のたねぷろじえくとは何をやるのか楽しみ」、5年生からは「コナラやクロマツ、ミズナラのことをもっと調べたいと思った」「今年も植樹祭に行って、また、木について学習したいと思った」、6年生からは「中学校に行っても学びたい」という回答が



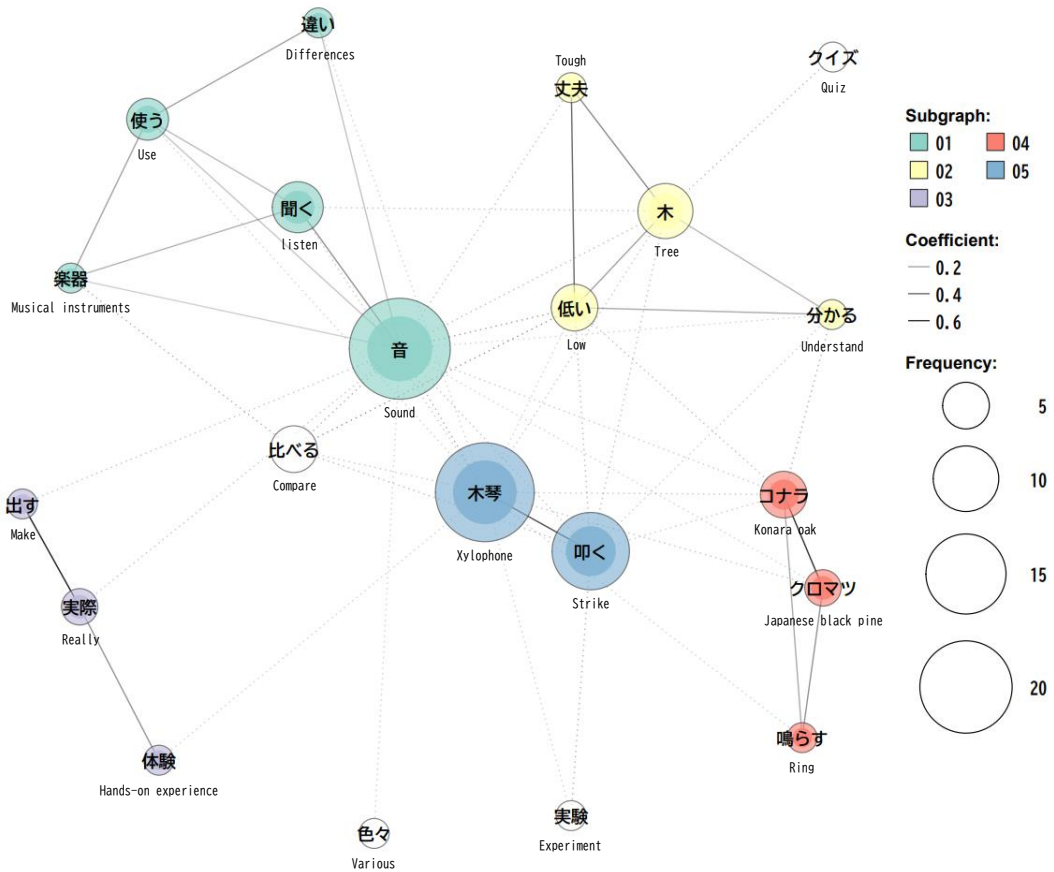


図13 木育プログラムの本学習で特に楽しかったことの共起ネットワーク分析の図

Figure 13 Co-occurrence network analysis of the participants' opinions regarding the most enjoyable aspects of the main Moku-iku learning program

みられた。

木製教材「木琴」に関連のある「質問」については、2年生からは「なぜ重い方が低い音が鳴って、軽い方が高い音が出るのか不思議に思った」、4年生からは「⑥「コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」、⑦「広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」の解説が面白かったのでもっと聞いてみたい」「⑨「なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかのレクチャー」をもっと教えてほしい」がそれぞれ出された。木育教室の「全体」に関わる「質問」については、2年生からは「木の重さや硬さなど、大学生の皆さんは木に興味があるのか? もしあるなら、ジャングルやマングローブなど、色々、行きたいですね!」「コナラ、クロマツなどの木の名前を教えてください」、4年生からは「いっぱい木のことやドングリのことを教えてください」「もっと木のことを教えてください」、5年生からは「6年生になったらもっと知れた

い」がそれぞれ出された。

## IV 考察

### 1 木育プログラムの評価

本学習後の振り返り学習シートでは、「コナラとクロマツのどちらのほうが低い音が鳴るか?」と「重い木(広葉樹)と軽い木(針葉樹)のどちらのほうが低い音が鳴るか?」の平均正答率は、それぞれ80.0%と87.5%であった。また、事後学習後の振り返り学習シートでは、「コナラはクロマツより重く、低い音が鳴る」と「広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴る」を学べたかどうか、その理解度を問う質問で、「わかった」と回答した児童の割合(平均理解率)は、それぞれ75.9%と62.7%であった。また、本学習後・事後学習(動画)後の振り返り学習シートの回答をテキスト分析した結果、「木育教室に対する感想や質問」に対する回答からは

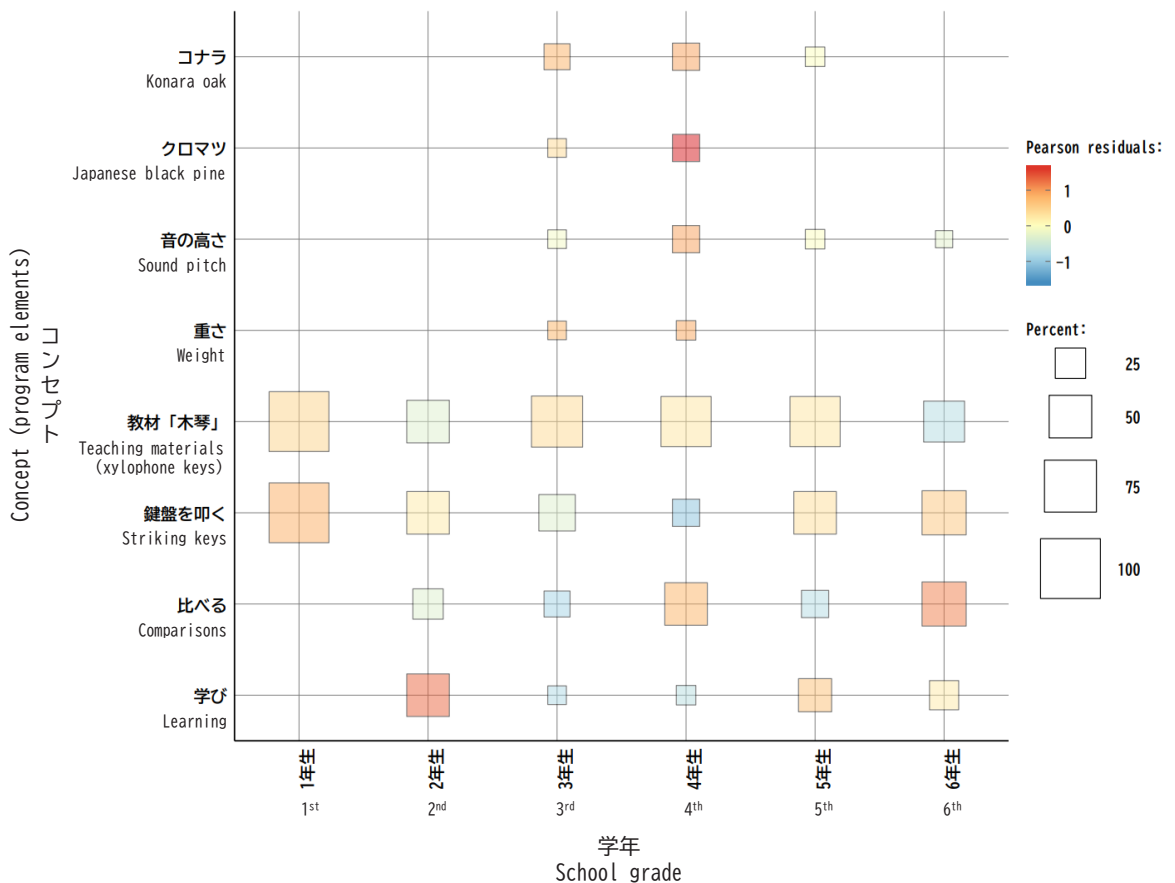


図14 木育プログラムの本学習で特に楽しかったことのコーシングによるクロス集計の図  
Figure 14 Cross-tabulation of the aspects of the main Moku-iku learning program rated most enjoyable by the participants

「木琴を叩くと、低い(音)や高い(音)がして、不思議に思った」「コナラとクロマツの音が分かった」、「木育教室で特に楽しかったことは何か」に対する回答からは「重くて、丈夫な木だと、低い音が出る」「コナラとクロマツの音は違う(例えば、大きさ)」、「事前学習(動画)、本学習、事後学習(動画)の全体の感想」に対する回答からは「重い木は低い音、軽い木は高い音が出る・鳴ることが分かった」がそれぞれ読み取れた。したがって、「(1)コナラはクロマツより重く、低い音が鳴ること」と「(2)広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴ること」を学ぶ、2つの学習のねらいについては、6割以上の児童を中心に、おおむね理解できていたと考えられる。小林ら(1992)は、何かを学習する際に、実際の物や現象に触れてから解説することによって、その物事や現象に関する理解を深めることができると指摘し

ている。本学習でも、「②コナラとクロマツの鍵盤をたたいて音を聴き比べた」と「③8種類の鍵盤の重さと、たたいた時の音を比べた」といった2つの体験を行ってから、それぞれの音の特徴や傾向について解説を行った。このように、体験と解説を組み合わせることが、理解を促す有効な手法であったと判断できる。

事後学習(動画)後の振り返り学習シートでは、「なぜ重い木の鍵盤は低い音が鳴るのかの理由」を学べたかどうか、その理解度を問う質問で、「わかった」と回答した児童の割合(平均理解度)は、55.3%であった。また、事後学習後の振り返り学習シートの回答をテキスト分析した結果、「事前学習(動画)、本学習、事後学習(動画)の全体の感想」の回答から「(木の中の)〇個(のつぶつぶ)が振るえている(ことが分かった)」が読み取れた。しかし、「(3)なぜ重い木の鍵盤は低い音

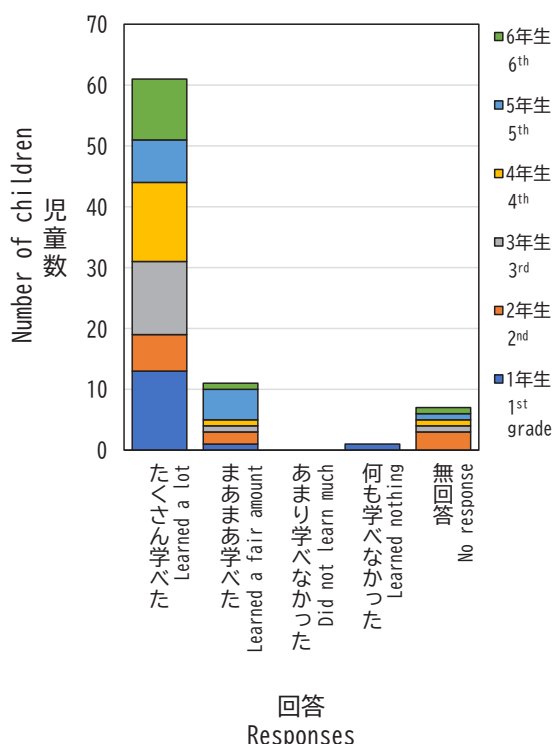


図15 木育プログラムの事前学習と本学習で学べたかどうかの質問に対する回答

Figure 15 Participants' responses to the question regarding whether they learned anything in the preliminary and main Moku-iku learning programs

が鳴るのかの理由」を学ぶ、学習のねらいについては、おおそ半数の児童しか理解できていなかったと考えられる。低い音と高い音は何が違うのかを理解するためには、音の仕組みを理解する必要がある。音については、小学3年生の「理科」の単元「光と音の性質」<sup>(10)</sup>で学ぶ内容ではあるが、「空気の振動」という概念を扱うわけではない。そのため、小学生にとっては、内容が難しく、十分に理解できなかったことが多かったのかもしれない。

勝野・川上(2011)は、中学校の「理科」の授業の工夫として、音の仕組みを可視化することで、確かな理解につながることを指摘している。事後学習(動画)の解説では低学年でも理解してもらえるように、木材を構成している分子を「つぶつぶ」、空気の振動としての音を「波」に例えて、「木材の密度の概念」や「音の鳴る仕組み」を、PowerPointのアニメーション機能を駆使して図説したり、筆頭著者が叩く和太鼓の動画を見せて、

「太鼓の面をバチで叩いて面が振動すると、空気も振動し、音が鳴る」仕組みを解説した。このように、木材の密度や音の仕組みを可視化したことで、難しい概念についての理解が促されたと考えられる。

本学習後の振り返り学習シートでは、「木育教室は楽しかったか」の質問に対して「とても楽しかった」、「動画や、今日の学習で学ぶことができたか」の質問に対して「たくさん学べた」と回答した児童は、それぞれ全体の76.3%と78.8%であった。また、本学習後・事後学習(動画)後の振り返り学習シートの回答をテキスト分析した結果、「事前学習(動画)・本学習に対する感想や質問」からは「1年生～3年生は「面白い」「楽しい」などの感情に関する用語を多く使うこと」「4年生～6年生は「学べる」「分かる」などの学びに関する用語を多く使うこと」が読み取れ、「事前学習(動画)・本学習・事後学習(動画)の全体の感想」の回答からは、1年生が「(木琴の音を聴いた時の音の)高さ」、2年生と3年生が「楽しかったこと」、4年生が「面白かったこと」、5年生が「分かったこと」、6年生が「学んだこと」を、それぞれ感想として持っていたことが読み取れた。これらの結果から、全学年の児童が「楽しみながら学んでいたこと」と、学年が上がるにつれて、「楽しかった」「面白かった」という感想から「分かった」「学べた」という感想へと移り変わっていくことが把握できた。

田中(2015)は、小学5年生から高校1年生を対象に、教科「理科」に対する興味を調査し、それらの興味を「実験体験型興味」(自分で実験を実際にできる、など)、「驚き発見型興味」(実験の結果に驚くことがある、など)、「達成感情型興味」(わかるようになった時にうれしい、など)、「知識獲得型興味」(色々なことについて知ることができる、など)、「思考活性型興味」(自分で予測を立てられる、など)、「日常関連型興味」(自分の生活とつながっている、など)の6つに分類し、さらに「実験体験型興味」「驚き発見型興味」「達成感情型興味」の3つを「感情的興味」、「知識獲得型興味」「思考活性型興味」「日常関連型興味」の3つを「価値的興味」に分類している。また、「実験体験型興味」「驚き発見型興味」「達成感情型興味」「知識獲得型興味」の4つの興味は、「思考活性型興味」「日常関連型興味」の2つの興味より弱いこと、いずれの興味も学年が上がるにつれて低下することを報告している。さらに、田中(2015)は、「理科」に対する興味や知識、価値の認知が備わっていない段階では、学習中に「実験

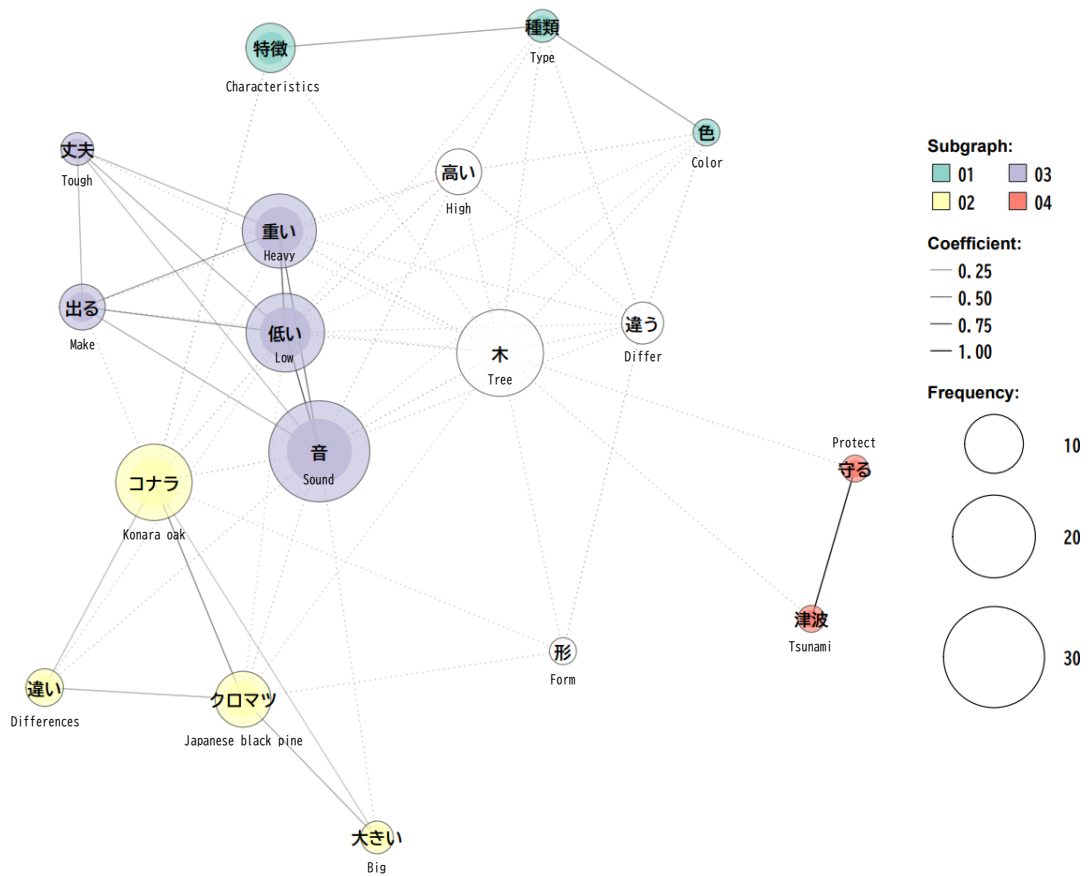


図16 木育プログラムの事前学習と本学習で学んだことの共起ネットワーク分析の図  
 Figure 16 Co-occurrence network analysis of things learned in the preliminary and main Moku-iku learning programs

体験型興味」「驚き発見型興味」「達成感情型興味」を刺激し、一時的なポジティブ感情を生じさせることで、浅い興味を喚起することができれば、その後の「理科」に対する学習意欲が高められる可能性がある」と指摘している。

ここで、この報告と本研究の結果を照らし合わせると、1年生～4年生の「楽しい」「面白い」の感想は、「感情的興味(実験体験型興味・驚き発見型興味・達成感情型興味)」の一部を、4年生～6年生の「分かった」「学べた」の感想は、「価値的興味(知識獲得型興味・思考活性化型興味・日常関連型興味)」の一部を、それぞれ引き出すことができた結果ではなかと考える。

さらに、本プログラムでの学習が、今後の音に関する学習につながる可能性も指摘しておきたい。1年生と2年生の場合は、中身が全て理解できていなかったと

しても、学習中に一時的に得られたポジティブ感情から興味が喚起されたことで、3年「理科」の単元「光と音の性質」<sup>(10)</sup>を学ぶ際に、その興味が思い出され、学習意欲の向上につながるのではないだろうか。また、3年生～6年生の場合は、興味が喚起され、さらに学びの充実感も得られたことで、中学1年「理科」の単元「光と音」<sup>(11)</sup>につながる学習意欲の向上が期待できるかもしれない。

## 2 木製教材「木琴」の評価

木育教材「木琴」の音高の分析から、鍵盤を叩いた時の音の周波数は、針葉樹より広葉樹の方が低いこと、針葉樹より広葉樹の方が作製後の周波数が変化しやすいこと、作製から1年が経過すれば、いずれの樹種も周波数は安定するが、わずかに変化することが、全体の傾向として把握できた。



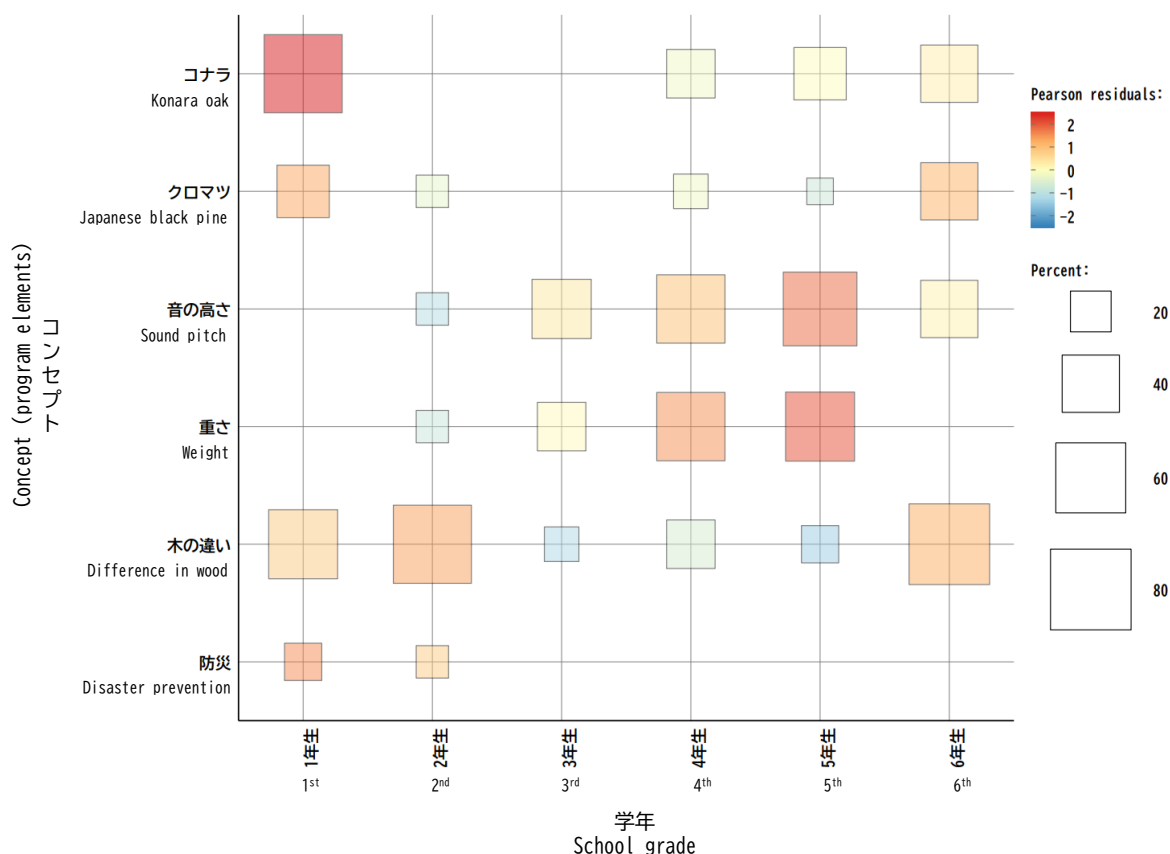


図17 木育プログラムの事前学習と本学習で学んだことのコーシングによるクロス集計の図  
Figure 17 Cross-tabulation of things learned during the preliminary and main Moku-iku learning programs

皆川・玉川(2018)は、広葉樹のコナラを天然乾燥した場合、乾燥開始時点で平均51.8%であった含水率が2か月後には25.9%、10か月後には14.4%、15か月後には13.7%まで下がったことを報告している。乾燥によって木材の含水率が低下すれば、木材の強度が上がる(Kretschmann 2010)ことから、本教材の場合でも、ヤング率(材料の強度や弾性を表す指標の一つ)が変化し、音高も変化したのではないかと考えられる。したがって、木材を十分に乾燥させずに、木琴を作製した場合には、木材の含水率・硬さ・音の関係を学ぶことができる教材にもなるといえる。一方で、ドレミファソラシドの音階が鳴る木琴を作製したい場合には、鍵盤となる木材を十分に乾燥させてから、木琴を作製する必要があるだろう。

音色(心地よさ)の一つである  $1/f$  ゆらぎの分析から、全体を通して、 $1/f$  ゆらぎの音に近いかどうかの

$\lambda$  値は、広葉樹か針葉樹かに関係がなく、作製後から1年間で変化し続ける傾向が認められた。この結果は、木材の乾燥に伴うヤング率の変化と  $1/f$  ゆらぎの音色の間には相関関係がない可能性を示唆している。一方で、音には、基本となる周波数に対して、その2倍、3倍のように、整数倍の周波数を持つ音の成分、つまり倍音がある。この1つの音の中に含まれる複数の周波数の強弱が、木材の含水率の変化に伴う硬さの変化によって、変化してしまう可能性が考えられる。このような変化が起こった場合、 $1/f$  ゆらぎの  $\lambda$  値も変化するかもしれない。

本研究では、樹種による木材の性質の違いを学ぶために異なる樹種の鍵盤を作製した。山下ら(2000)は、スギを例に、各地域の環境条件に適応して改良された地域品種は、それぞれ異なる木材の密度の影響を受けてヤング率が異なることを示している。このこと

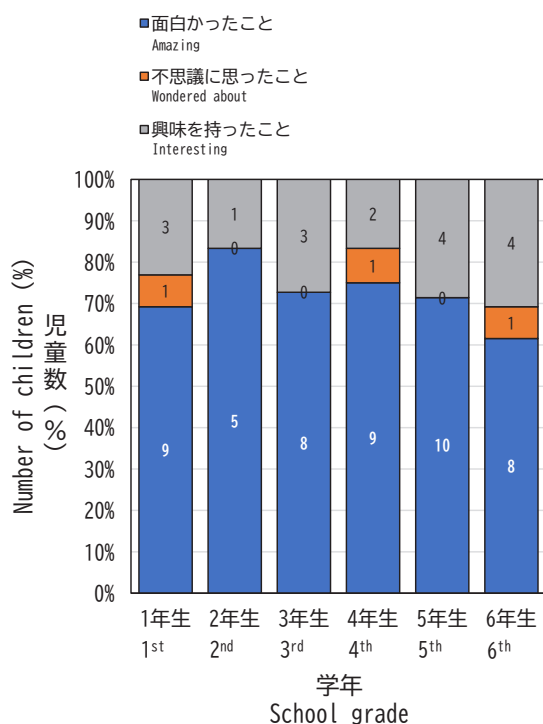


図18 木育プログラムの本学習でコナラとクロマツの鍵盤をたたいて音を聴き比べた時に感じたことの回答

Figure 18 Participants' emotional responses to striking the konara oak and Japanese black pine xylophone keys in the main Moku-iku program

から、同じ規格・樹種で作った鍵盤であっても、地域によって音高と音色が異なると考えられる。また、本研究のように、多様な樹種で作った鍵盤を組み合わせ、木琴を作った場合には、地域によって、多様な音高や音質の調和や和音が生まれる可能性があるだろう。地域の里山に自生する樹木で鍵盤が作られ、奏でられた「地域の里山の音」は、地域性を持つ木琴の音色だといえる。また、1/f ゆらぎの音色が鳴る「癒し効果を持つ木琴」を開発することができれば、「木育療法(ウッドセラピー)」<sup>(3)</sup>の推進にも貢献できるかもしれない。また、ピアノのような平均律の音階(ドレミファソラシド)を鳴らせる木琴が開発できれば、他の楽器と合奏できる。このような地域材で作製された木琴を教材として活用できれば、木育の活動が目指す「地域の個性を生かした木の文化を育む」ことにも貢献できるであろう。

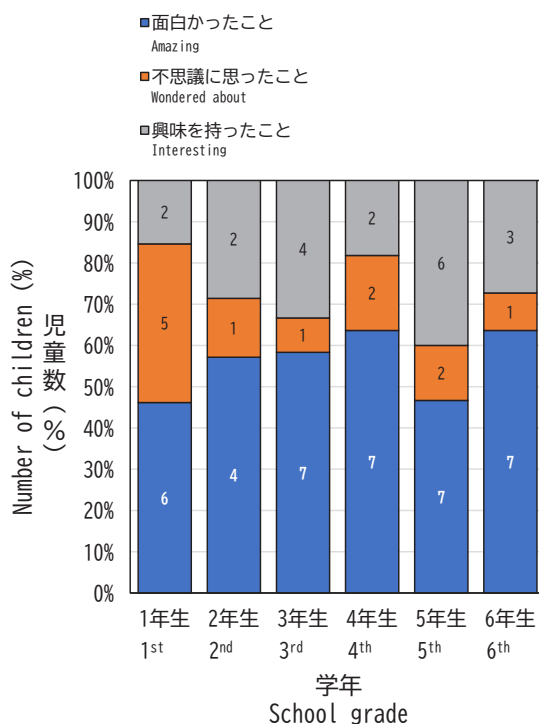


図19 木育プログラムの本学習で8種類の鍵盤の重さとたたいた時の音を比べた時に感じたことの回答

Figure 19 Participants' emotional responses to striking all eight types of xylophone keys in the main Moku-iku program

### 3 今後の展望

長南ら(2019)は、木育が学校教育で取り入れられない理由として、「木育の理念・目標が、教員に十分に伝わっていないこと」の他に、「木育の理念・目標が理解されたとしても、どの場面で、どのように取り組めばよいのかが分からないという教員が多いこと」を指摘している。本研究で開発した木製教材「木琴」とそれを活用した木育プログラムは、「音の仕組み」「音高・音階・音色」「森林の防災機能」について学ぶ内容であり、「総合的な学習の時間」で実施した。さらに、他の教科と関連づけて、木琴を用いた授業を実施できると考えられる。例えば、本プログラムは、3年生の「理科」の単元である「光と音の性質」<sup>(10)</sup>、5年生の「社会」の授業のねらいである「森林は、その育成や保護に従事している人々の様々な工夫と努力により国土の保全など重要な役割を果たしていることを理解すること」<sup>(12)</sup>、5年

木育教室「重い木と軽い木で鍵盤を作った木琴は、どのように音が違うのか?」の開発・実施・評価」の開発・実施・評価

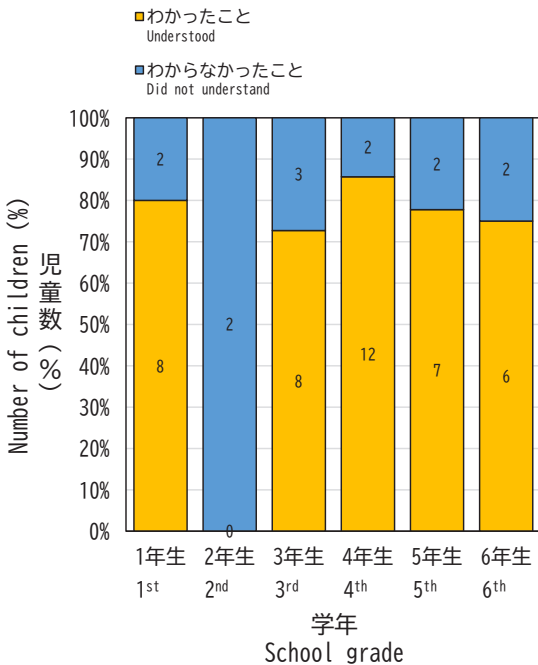


図20 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）でコナラはクロマツより重く、低い音が鳴ることが理解できたかどうかの質問に対する回答

Figure 20 Percentages of participants who understood and did not understand that konara oak is heavier than Japanese black pine and produces a lower-pitched sound in the preliminary, main, and post-learning parts of the Moku-iku program

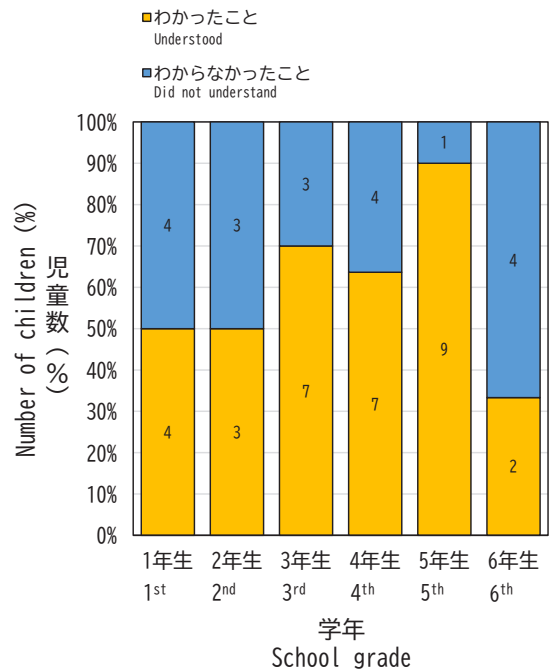


図21 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）で広葉樹は針葉樹より重く、低い音が鳴ることが理解できたかどうかの質問に対する回答

Figure 21 Percentages of participants who understood and did not understand that broad-leaved trees are heavier than coniferous trees and produce a lower-pitched sound in the preliminary, main, and post-learning parts of the Moku-iku program

生、6年生の「音楽」の授業のねらいである「多様な楽器の音色や響きと演奏の仕方との関わりを理解できるようにすること」<sup>(13)</sup>と関連づけることができそうである。今後、木育が多様な視点から学校教育の中に取り組みられるようになることを期待する。

## 謝辞

山元町立坂元小学校の児童と教職員の皆様には、研究にご協力いただき、大変お世話になった。長野大学里山再生学ゼミナールの皆様(新井梓、大西春帆、近森雄作、三枝広樹、野原那月、馬場惣亮、盛田実生)には、本プログラムを実施する際に、大変お世話になった。有意義な議論の場もいただいた。特に、共同研究者である大西春帆氏には、大変お世話になった。本研究は、経団連自然保護基金の支援のもと行われた。以上の方々に御礼申し上げる。

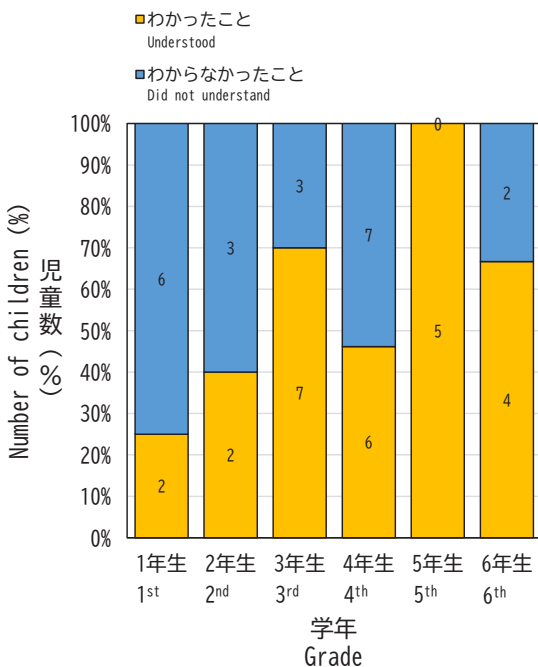


図22 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）で重い木の鍵盤が低い音が鳴る理由を理解できたかどうかの質問に対する回答

Figure 22 Percentages of participants who understood and did not understand that heavy wood produces a lower-pitched sound in the preliminary, main, and post-learning parts of the Moku-iku program

## 注

- (1) 森林・林業学習館, 日本の森林面積と森林蓄積の推移 森林・林業のデータ, [https://www.shinrin-ringyou.com/forest\\_japan/menseki\\_tikuseki.php](https://www.shinrin-ringyou.com/forest_japan/menseki_tikuseki.php) (2023年12月15日確認)
- (2) 林野庁, 令和2年度森林・林業白書文, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/R2hakusyo/zenbun.html> (2023年12月15日確認)
- (3) 特定非営利活動法人活木活木(いきいき)森ネットワーク, 木育.jp, <https://www.mokuiku.jp/> (2023年6月25日確認)
- (4) たねぷろじえくとネットワーク(正式名:被災地里山救済・地域性苗木生産ネットワーク), たねぷろじえくと(正式名:被災地里山救済・地域性苗木生産・植栽プロジェクト), <https://tane-project.org/about/> (2023年6月25日確認)
- (5) 宮城県, みやぎ海岸林再生みんなの森林づくり

活動について, <https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sinrin/minmori.html> (2023年6月25日確認)

- (6) アトリエDEF, 家具工房きずな, <https://a-def.com/defblog/56208> (2023年12月19日確認)
- (7) Shigeki Matsunaka, 音程チェッカー(version 8.4), <https://apps.apple.com/jp/developer/shigeki-matsunaka/id1490398291?see-all=i-phone-i-pad-apps> (2024年1月17日確認)
- (8) Logical Arts, ゆらぎアナライザー(version 1.0), <https://mahoroba.logical-arts.jp/category/software/yuragi-analyzer> (2024年1月17日確認)
- (9) CyberLink, PowerDirector(version 20.4), [https://jp.cyberlink.com/products/powerdirector-video-editing-software/overview\\_ja\\_JP.html](https://jp.cyberlink.com/products/powerdirector-video-editing-software/overview_ja_JP.html) (2024年1月17日確認)
- (10) 文部科学省, 【理科編】小学校学習指導要領(平成29年告示)解説, [https://www.mext.go.jp/content/20211020-mxt\\_kyoiku02-100002607\\_05.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20211020-mxt_kyoiku02-100002607_05.pdf) (2024年1月17日確認)
- (11) 文部科学省, 【理科編】中学校学習指導要領(平成29年告示)解説, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1387016.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1387016.htm) (2024年1月17日確認)
- (12) 文部科学省, 【社会編】小学校学習指導要領(平成29年告示)解説, [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017\\_003.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_003.pdf) (2024年1月17日確認)
- (13) 文部科学省, 【音楽編】小学校学習指導要領(平成29年告示)解説, [https://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017\\_007.pdf](https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_007.pdf) (2024年1月17日確認)

## 引用文献

- 藤田恵美・中田誠 (2001)「海岸砂丘地のクロマツ林における広葉樹の混交による立地環境の変化－新潟県下越地方における事例－」『日本林学会誌』83(2), 84-92.
- 紙谷智彦 (2020)「スノーピーチプロジェクト:豪雪地集落のブナ林整備とブナ材の有効活用を目指す」『森林技術』935, 10-13.
- 勝野孝・川上紳一 (2011)「音を視覚的に捉えるクントの実験装置の開発と中学校理科第1学年「身近



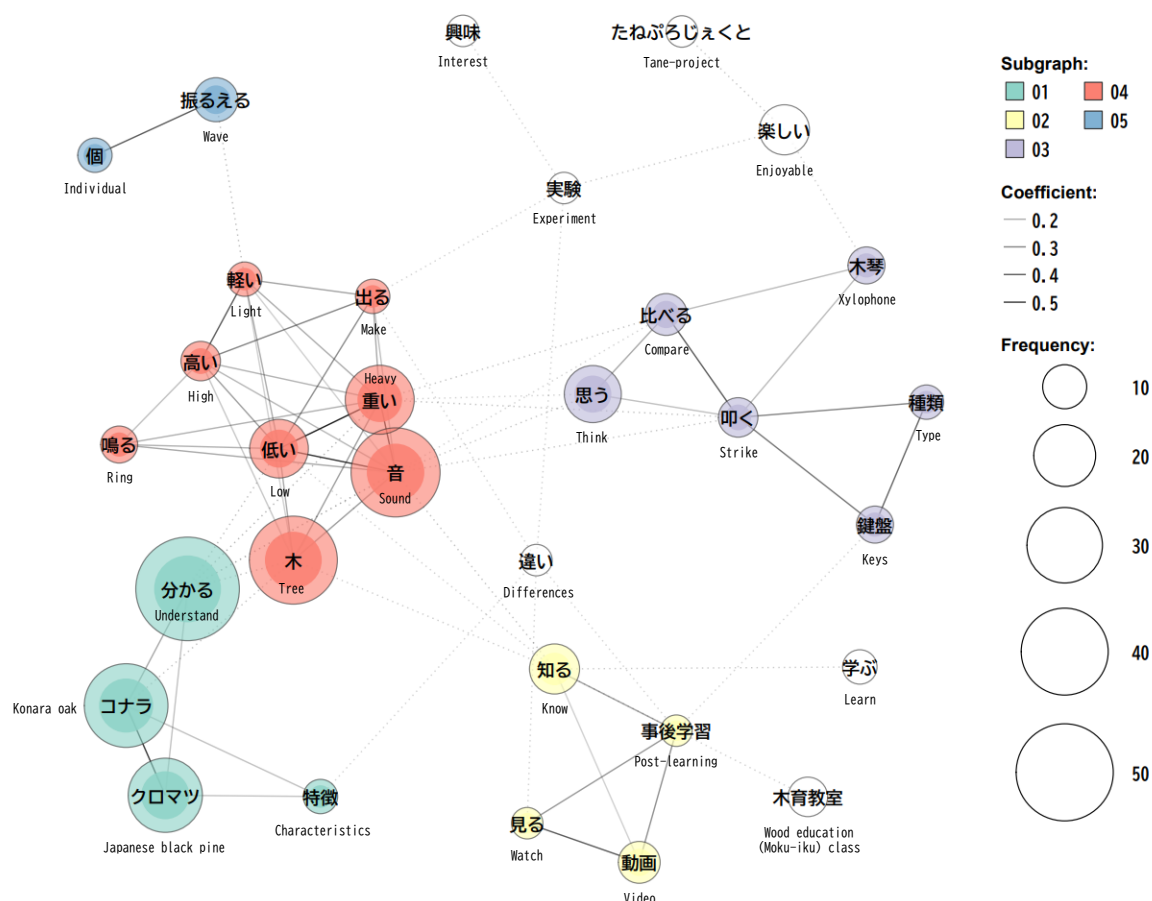


図23 木育プログラム全体（事前学習・本学習・事後学習）に対する感想の共起ネットワーク分析の図  
Figure 23 Co-occurrence network analysis of the participants' opinions of the entire Moku-iku learning program (preliminary, main, and post-learning parts)

な物理現象」における活用』『岐阜大学教育学部研究報告（自然科学）』35, 87-92.

小林辰至・雨森良子・山田卓三 (1992)「理科学習の基盤としての原体験の教育的意義」『日本理科教育学会研究紀要』33(2), 53-59.

小谷二郎 (2009)「海岸クロマツ林の密度管理と間伐効果」『石川県林試研報』41, 1-6.

Kanda, Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*, 48(3), 452-458.

Kretschmann, D. E. (2010) Mechanical properties of wood, *Environments*, 5(34), 34-35.

皆川豊・玉川和子 (2018)「県産広葉樹の木材加工技術の開発—木材の乾燥—」『宮城県林業技術総合センター成果報告』26, 9-16.

長崎結美・馬場拓也 (2017)「幼児・児童を対象とする音楽と造形を融合した総合的な表現活動に関する研究—「木育」を取り入れた楽器づくりと演奏実践を通して—」『帯広大谷短期大学地域連携推進センター紀要』4, 53-62.

長崎結美・山本健太 (2019)「乳幼児のためのコンサートによる音楽教育の可能性(4)—「木育」による表現活動を中心に—」『帯広大谷短期大学地域連携推進センター紀要』56, 29-38.

大西春帆・藏田大和・高橋一秋 (2024)「木育教室「丈夫で、津波に強い木は、重い木と軽い木のどっち?」の開発・実施・評価」『長野大学紀要』46(2), 13-43.

長南あずさ・橋森祐介・浅田茂裕 (2016)「小学校における木育の実践」『埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要』15, 99-104.

