

## ものづくりワークショップの実践的研究 (Ⅶ)

— 数学的・物理的要因を組み込んだワークショップを中心に —

渋谷 寿・宇野民幸

### **A Practical Study on the Craft Activities Workshop (Ⅶ) : a toy-making workshop to present physical phenomena and mathematical concepts**

Hisashi SHIBUYA, Tamiyuki UNO

#### 緒 言

本研究では、ヒノキ材と種々の道具を使用した「玩具づくりワークショップ」の可能性について、子ども達を取り巻く現状を分析しながら継続的に実践・検討を続けている。前報<sup>1)</sup>では、2008年10月18日以降2009年8月12日までに実施した、合計6回の玩具づくりワークショップについての概要・検証結果及び、「玩具づくりワークショップ」の可能性として新たな3つのコンセプトを明らかにした。

本論では、2009年12月13日~2010年8月6日までに実践した7回のワークショップ概要・検証結果及び数学的・物理的要因を組み込んだ複合的ワークショップ実践の内容・意義を中心に報告する。

#### 玩具づくりワークショップのコンセプトと今回報告の実践

本玩具づくりワークショップ研究では、当初からヒノキ材の使用を実践上のコンセプトの一つとして重視してきた。最近、このヒノキ材に関する新たな発見が朝日新聞に掲載されたので、コンセプトの意義を深める意味でまず検討しておきたい。

『「現役」最古の建築木材』と題された新聞記事<sup>2)</sup>において、奈良・元興寺禅室に飛鳥時代初期の586年頃に伐採されたヒノキが使われていることが紹介された。世界で最古とされる木造建築として法隆寺(7世紀末~8世紀)は有名だが、この発見により元興寺禅室は法隆寺より古い世界最古の「現役」の木造建築になる。また、総合地球環境学研究所の光谷巧実・客員教授は、「国内初の寺院の部材がいまだに健在なのは、加工しやすく耐久性に優れたヒノキだったから。日本の木の文化を象徴する建物として、禅室は貴重だ」と解説している。

筆者が実践に関わるワークショップでは、参加者に玩具素材としてのヒノキ材の説明を行っている。その時には、ヒノキは伐採してから1000年保つことを話し、法隆寺が世界最古のヒノキ材を使用した建築であることと、ヒノキ材の香りや耐久性、加工性等のすばらしさを子ども達に伝えてきたが、今回の記事により元興寺禅室には伐採後1400年以上経っているヒノキが使われていることになる。近い内に、元興寺禅室を訪れ現物の状況を確認することにより、今後の玩具づくりワークショップ参加者に、ヒノキ材のすばらしさをより強調して伝えることがで

きると考えると共に、ヒノキ材を使用するワークショップの文化的・教育的意義についても今後さらに検討を深めたいと考える。

次に、昨年度に明らかにした以下の3つの新たなワークショップのコンセプトと今年度の実践との関係について述べておく。1. 造形以外の他領域の研究者や組織と協力すること。2. 玩具づくりのテーマとして、数学的・物理的な要因を組み込んだ教材開発を行なうこと。3. 複合的な遊びの要素・玩具の機能を組み合わせた玩具づくりワークショップ・テーマデザイン開発を行なうこと。

以上の内容に沿って今年度は、数学的・物理的な要因を組み込んだ玩具づくりワークショップテーマ開発を行い、特に玩具の動作原理に関する数学的なワークショップ内容の検討を重視することにした。実際に行った7回のワークショップは、主催者の考え方や、開催必要条件から先の3コンセプトの内容全てを満たすことはできなかったが、幾つかのワークショップは新たな展開を生み出す興味深い成果を出すことができた。

## 2009～2010年実施の7回のワークショップ実践概要・検証

2009年12月13日以降2010年8月6日までに実施した、合計7回の玩具づくりワークショップについて実施順に、ワークショップの概要・検証結果について報告する。なお、アンケート調査を実施した実践のみ調査結果として考察に含めたが、紙面の都合により概要の報告にとどめる。

1. 名古屋市瑞穂児童館クリスマスイベント (児童館は遊びの発信地 クリスマスを皆でたのしもう！)

主催：名古屋市瑞穂児童館・名古屋女子大学総合科学研究所

テーマ：ヒノキ材を使ってミニツリーや飾りをつくろう！

内容：幼児・小学生を対象に、ミニ・クリスマスツリーやクリスマス・リースをつくるワークショップ (共同)

日時・参加人数：2009年12月13日、約90名参加 (イベント全体では約150名)

活動時間：10時～15時

場所：名古屋市瑞穂児童館

概要：

名古屋女子大学児童教育学科造形ゼミナール学生とゼミ指導教員が協力して、小学生・幼児と保護者を対象として、ヒノキ製の「ミニ・クリスマスツリー」「クリスマス・リース」をつくるワークショップを実践した (図1～図4)。主に造形ゼミナールの14名の学生が、制作物のデザイン、材料準備、そして当日の制作指導を担当したが、学生達にとっても教育実習的な多人数を指導する新しい試みとなった。当日は、同時に人形劇他の6つのワークショップが行われたが、参加者は親子連れの幼児から小学生高学年まで幅広く、好きなワークショップに自由に参加でき全体的に好評であった。

本ワークショップに参加した約70名の感想から主な内容を報告する。まず、「とても楽しかった。」「すごく面白かった。」という内容の感想 (実数28) が大変多い。「ミニツリーなど、お姉さんが親切に教えてくれたので楽しかった。」「お姉さんが1人ついてくれて楽しかった。」な

ど、女子大生の指導が良かったという内容(実数6)も目立つ。「ヒノキ材を使ってツリーやリースをつくらせていただいて嬉しかった。」「ミニツリーを頑張ってつるつるにした。」等工作の行為や工作テーマに関する肯定的感想(実数7)もあった。

このように、ワークショップが楽しいという基本的な目的は達成できたと考えられる。また、感謝の内容も多く、女子大学生が関わっていることの意義も大きいと思われ、大学が関わる地域貢献事業としては有意義だったと評価できる。



図1 ツリーの制作



図2 ツリーの完成



図3 リースの制作



図4 リースの完成

## 2. 名古屋女子大学総合科学研究所「開かれた地域貢献事業」名古屋市瑞穂保健所共催事業、平成21年度認知症・うつ予防教室「チャレンジ! 香りのよいヒノキを使って——」

主催：瑞穂保健所・名古屋女子大学総合科学研究所

テーマ：香りのよいヒノキを使った簡単な制作

内容：65歳以上の高齢者を対象としたヒノキの玩具づくり実践「小物入れ」と「つぼ押し」制作

日時・参加人数：2010年1月13日、65歳以上の高齢者15名

活動時間：13時30分～15時30分、2時間

場所：名古屋女子大学汐路学舎本館504教室

概要：

65歳以上の高齢者を対象としたものづくりワークショップを実施した。通常は子ども達を対象としたワークショップを実践してきた筆者にとっても、指導を補助した名古屋女子大学児童教育学科造形ゼミナール学生にとっても、高齢者を対象とする初めての体験となった。

内容は、ヒノキの小ブロックを、正方形の底板上に自由に接着することにより制作する「小箱」と、荒削り加工をしておいた直方体の小ヒノキブロックをサンドペーパーで仕上げる「つぼ押し」制作である(図5～図6)。参加者が高齢者であることを考え、普段の生活において使用できる小物の制作をテーマとし、鋸やクリックドリルを使用しなくても完成させる行程を設定した。しかし希望があれば、それらの道具を使用可能な準備をしておいたところ、1名の女性が鋸の使用に挑戦し自分の思いを形にしていた。完成した作品は、それぞれこだわりのある創造的な形になった。

また、制作補助に関わった造形ゼミナールの学生たちは、高齢者の方々と笑顔で楽しそうに会話を交わしながら制作を補助していた。この行為や学生達の存在が、参加した高齢者の方々に好評であり、楽しかったという参加者の思いに結びついたと思われ、コミュニケーションの重要性を再確認した。



図5 つぼ押しと小物入れ



図6 制作風景

3. 平成21年度児童教育学科教育特色化推進計画「親・子で、はてな？」第6回「ピタゴラはてな？」(共同)、科学技術振興機構「平成21年度地域科学技術理解増進活動推進事業地域活動支援」(JST5)採択

テーマ:「カオス・トイ」(カオスの原理で動くヒノキの動物玩具)

内容: 数学的・科学的視点を取り入れた玩具づくり実践(名古屋女子大学児童教育学科造形ゼミナール、算数はてなゼミナール3年生協力)

日時・参加人数: 2010年1月24日、子ども12名、(親10名)

13時30分～16時30分、3時間

場所: 名古屋女子大学天白学舎4号館造形教室

概要:

名古屋女子大学児童教育学科造形・算数はてなゼミナール学生及び両ゼミ指導教員2名(渋谷寿・宇野民幸)が共同で、役割分担を決めて科学玩具づくり実践を行った。これは、造形領域と数学領域という専門が異なる2ゼミが協力して実践する2度目の試みとなった。

前年度の実践では、「数学」と「造形」という内容的には対極にある教科の専門家が協力して、玩具制作という創造的部分と、玩具の動作解析という数学的部分を併せ持つワークショップを行った結果、総合学習的な興味深い教育成果が認められた。

今回は前年度より更に質的向上を目指し、テーマを「カオスの原理で腕を振り回す動物づくり」と設定した。以前にも同種のテーマ(単振り子の玩具)は実践済みであるが、今回はカオスについて数学的に更に精査し、二重振り子の振る舞いに着目した。すなわち、玩具の両腕がそれぞれほぼ中央で折れ曲がる二重振り子の構造にした動物玩具の片方の腕を、単振り子のように高速で回転させている時、反対側の、関節を挟んだ上下2本の腕が予測外に時折起こる、激しく複雑に動く振る舞いが正にカオスの動きであることを確認した。よって今回は、中間の関節で上下2本(両側で4本)の腕が動く構造のカオス玩具をテーマとした。

「カオス」とは、複雑系・ゆらぎの概念の中に取り込まれている宇宙的法則といえ、不規則な規則性という予測不可能な動きの総称である。カオスの実験で知られる、ヨーク<sup>3)</sup>(J・A・York)の用いる二重振り子は、本体を机に固定して得られる複雑なカオス運動であるが、本玩具は本体下部を手で持ち、玩具の腕を回転させようという人間の意志を、回転運動に変換できる点が大きな特色である。玩具本体であるヒノキ角材の両側に、関節を持つ回転する腕を2組取り付けただけで二重振り子の動く構造部分が完成する。よって独自の造形的工夫を加えることにより自分のイメージする生き物を「カオス」玩具として面白く制作可能である。構造・動作概念を図7に示す。

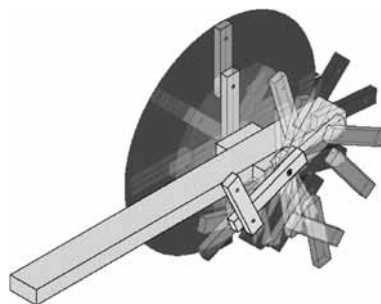


図7 構造・動作概念

図7における左側の腕は、関節で曲がらず単振り子の状態で動いている状態を示す。その状態を数式化すると(式1)になる。玩具右側の、振幅の小さい場合の2重振り子の数式は(式2)になり、最も複雑な動きとなる振幅の大きな2重振り子の数式は(式3)の様に非常に複雑になる。よってカオスの実際の動きの複雑さもイメージできると思われる。

(式1) <sup>4)</sup> 単振り子

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \sin\theta$$

(式2) <sup>4)</sup> 振幅の小さい2重振り子

$$\begin{cases} \frac{d^2\theta_1}{dt^2} = -\frac{m_1+m_2}{m_1l_1}g\theta_1 + \frac{m_2}{m_1l_1}g\theta_2 \\ \frac{d^2\theta_2}{dt^2} = \frac{m_1+m_2}{m_2l_2}g\theta_1 - \frac{m_1+m_2}{m_2l_2}g\theta_2 \end{cases}$$

(式3) <sup>4)</sup> 振幅の大きい2重振り子

$$\begin{cases} \frac{d^2\theta_1}{dt^2} = \frac{-\frac{(m_1+m_2)g\sin\theta_1}{l_1} + \frac{m_2g\cos(\theta_1-\theta_2)\sin\theta_2}{l_1} - m_2\cos(\theta_1-\theta_2)\sin(\theta_1-\theta_2)\frac{d\theta_2}{dt} - \frac{l_2m_2\sin(\theta_1-\theta_2)}{l_1}\frac{d\theta_2^2}{dt}}{m_1+m_2\sin^2(\theta_1-\theta_2)} \\ \frac{d^2\theta_2}{dt^2} = \frac{\frac{(m_1+m_2)g\cos\theta_1\sin(\theta_1-\theta_2)}{l_2} + (m_1+m_2)\sin(\theta_1-\theta_2)\frac{d\theta_1}{dt} + m_2\cos(\theta_1-\theta_2)\sin(\theta_1-\theta_2)\frac{d\theta_1^2}{dt}}{m_1+m_2\sin^2(\theta_1-\theta_2)} \end{cases}$$

この玩具のサンプル制作及び制作指導を造形ゼミナール学生が担当し、「カオスの原理」という数学的要素について参加者に解りやすく解説したり実験する役割を数学はてなゼミナール学生が担当した。実際にはラグビーボールや二重振り子、そして制作した玩具を使用して様々な予測不可能な動きの実験と「カオス」の解説を行い、最後に参加者が自分で制作した玩具を動かしながら、予測外に複雑に動く「カオス」を実感して遊ぶ事ができた(図8~図15)。



図8 鋸の使用



図9 制作状況



図10 カオス玩具完成



図11 カオス玩具完成



図12 二重振り子の実験



図13 カオスの解説



図14 カオスの実験



図15 カオスの実感

#### 調査結果：

ワークショップ実践終了後に、参加した小学生および保護者を対象にした、科学技術振興機構(JST)が作成したアンケート調査を行ったのでその中から、本研究に関係が深い設問の結果を次に示す。子どもの参加者は4歳から8歳までの男9名、女2名、不明1名の計12名であった。昨年と比べて男子の割合が増えた。参加した感想は、「Aとても楽しかった」が11名、「Bまあまあ楽しかった」が1名であった。内容としては「Aとてもわかりやすかった」が6名、「Bまあまあわかりやすかった」は3名、「C少しむずかしかった」は1名、「Dとてもむずかしかった」は1名、不明1名であった。また、「またやってみたいですか」という質問には「A

とてもやってみたい」は11名、「Bまあやってみたい」は1名であった。「今までも、今日の教室でやったようなことは好きでしたか」という質問には「とても好きだった」は12名であった。参加児童の年齢の幅は昨年よりやや狭まったものの、幼稚園児・低学年児童にはやや高度な内容であったと思われる。しかしほぼ全員が楽しかったと答えたことと、肯定的回答が多いことから、内容的には幅広く対応可能なテーマであったと思われる。「前にもこのような教室に参加した事があるか」という質問には、「参加した事がある」が7名、「今日がはじめて」が4名、不明1名であった。もう少し、初めての参加者を増やす広報の方法を考える必要がある。また、次にやってみたいこととして、不思議なこと、ピタゴラスイッチのビー玉転がし、工作や物理に関するイベント等が上げられており、本ワークショップの科学的・数学的視点の意義が反映されているといえよう。

次に保護者向きのアンケートから分かる事項をあげておこう。受講後の感想は、「とても楽しかった」が11名、子どもだけの参加が1名あったが、保護者には支持されたと思われる。内容については、「とてもわかりやすかった」が8名、「まあまあわかりやすかった」が2名、無回答が2名という結果であり、難しいという回答はなかった。「また参加したいか」の設問には「とてもやってみたい」は9名、「まあやってみたい」が3名であり否定回答はなかった。よって親子共に支持された内容だったと判断される。「以前にもこのような活動に参加したことがあるか」の設問には、「よく参加している」が1名、「参加したことがある」が4名、「今日がはじめて」が8名であった。子どもの回答数と若干のずれがあるが、新しい参加者が前回より増えている。もう少し増えるように今後の広報の方法の検討を要するだろう。「今まで、自然・科学・技術に興味があったか」の設問には「とても興味があった」が5名、「まあまあ興味があった」が3名、「あまり興味はなかった」が1名であった。また、「興味が高まったか」には、「更に興味を持った」は7名、「少し興味を持った」は5名、否定的回答はなかった。この2項目からは、親の意識としては、昨年度より自然・科学・技術に興味がある割合は増えている。継続することにより本ワークショップの意義が理解されるように、今後も期待には応える内容を考えたい。「今日のお子様の様子」の設問には全員12名が「とても楽しそう」と回答しており、子どもの回答とほぼ一致している。「次回に希望する内容・気づいたこと」の設問に対して「親だけでは教えることができないことなど子どもが普段は体験できないことができるとうりありがたいです」「理科実験」といった意見が出ており、親にほぼ支持されているとともに今後への期待も表現されている。

今回のワークショップテーマは「カオス」という、比較的高度な内容であったにもかかわらず、実践後のアンケート結果から、参加した子どもと保護者達は、かなり高い満足度を示した。その理由は、普段経験できない道具を使用し、自分で工夫してオリジナル玩具を完成させたという創造の喜びとともに、「カオス」という原理を数学的に実感しながら、その不思議な現象が自分の玩具作品にも、他の参加者の玩具作品にも自然に現れるという事象について、子ども・大人共に、それぞれの立場で意義ある実体験が得られ、複合的な満足感があったからだと考える。

なお、本実践の内容は、こども環境学会2010年大会<sup>5)</sup>(広島市まちづくり市民交流プラザ)、日本総合学習学会2010年度公開講演会<sup>6)</sup>(京都大学)で共同発表した。

#### 4. キッズデザイン2010chapter II 「ワークショップ」

主催・企画：CDA & JIDAキッズデザイン展推進委員会、デザイン事業推進委員会(名古屋市・株式会社国際デザインセンター・中部デザイン団体協議会)

テーマ：檜（ヒノキ）を使ったおもちゃづくり（カオス玩具）

内容：親子で作る・体験する 親子デザインワークショップ

日時・参加人数：2010年2月21日、4歳～12歳までの幼児、児童とその保護者10組20名

活動時間：14時00分～16時00分、(約2時間00分)

場所：ナディアパーク2階・アトリウム

概要：

「キッズ デザイン 2010 chapter II “プロダクトデザイン編”」イベントにおいて企画された、親子向けの5種類のワークショップの1つとして「檜（ひのき）を使ったおもちゃづくり（二重振り子のカオス玩具）」を実践した。内容は既に記した「親・子で、はてな？」第6回「ピタゴラはてな？」(共同)での実践とほぼ同一の内容である。今回も、様々な独創的な作品が多数完成し、数学的・物理的要因を組み込んだ玩具づくりワークショップの教育的可能性の大きさが実感できた(図16～図17)。



図16 制作



図17 完成

#### 5. 第2回アートピア子どもワークショップフェスティバル

主催：(財)名古屋市文化振興事業団(名古屋市青少年文化センター)、愛知子ども文化団体協議会

テーマ：腕を振り回す、「不思議な生き物」をつくって動く原理を知ろう

内容：夏休みの小学生を対象とした、カオスの原理による玩具づくりと玩具の動く原理を学ぶワークショップ

日時・参加人数：2010年7月31日、子ども13名、(保護者5名)

活動時間：9時00分～16時00分

場所：ナディアパークデザインセンタービル(名古屋市青少年文化センター)7・8・9階

概要：

昨年度に続き第2回を迎えた、(財)名古屋市文化振興事業団と愛知子ども文化団体協議会の2公的機関が協力して実施するイベントにおいて、玩具の動く原理を学ぶ要素を付加した玩具づくりワークショップを実践した。昨年度は、主催者が設定した12のワークショップがそれぞれ独立して実施されたが、今年度は主催者の方針として全体で次の2つの要素を満たす実践を目指すこととなった。1)子どもが解放され楽しく遊べること。2)学校教育で不足していると思われる手仕事の基本を教えること。

また、これらを満たす為に、それぞれのワークショップを単独に実施するのではなく、他領域の専門家や他ワークショップとのコラボレーションを目指すことになった。

今回のワークショップは「腕を振り回す『不思議な生き物』をつくって動く原理を知ろう」(渋谷寿・宇野民幸)の他に6つのワークショップが同時に行われたが、それぞれのワークショップを始める前に「みんな友達になろう」という約30分間の全員参加のイベントと、フィナーレとして「発表会で鑑賞しよう」という約1時間の発表会を設けた。その為、午前9時から午後3時30分までという今までにない長時間の活動となり、全体を通したイベントとしては、ほぼ全員が最後の発表会まで参加し盛会であった。

筆者らが実施したワークショップは、ヒノキ材と鋸等の道具を使用して、カオスの原理を利用した不思議な動物づくりと、玩具の動く原理としてのカオスについて学ぶ数学的内容を取り

込んだ実践であった。(図18～図25)



図18 導入の会  
(友達になろう)



図19 カオス玩具制作



図20 不思議な生き物



図21 不思議な生き物  
完成



図22 カオスの実験と  
解説



図23 歌と伴奏による  
発表準備



図24 カオスの理解と  
発表準備



図25 全員による発表会

今回の数学領域のワークショップにおいては、先述の3. で紹介した「親・子で、はてな？」における玩具の遊び方の展開よりも、「カオス」という概念を現象としてとらえた上で、その周辺からのアプローチを行い、総合的に体感しながら理解をするという展開を試みた。すなわち、以前の「親・子で、はてな？」における実践では、玩具による遊びという行為を意識して、カオスという現象がいかに現れるか、どの様にしたら現れるか、というところに焦点を当て、遊び方を提案して紹介するワークショップを実施した。しかし今回は、カオスに至る道程や規則性との関連づけ、そして確率性との相違という観点を含めた遊び方を提案した。もとよりカオスという現象は、その複雑な振る舞いを表現する手段として、「規則的な振る舞い」→「規則的な振る舞いの合成」→「様々な規則性(周期)の合成」→「その無限の合成」→「カオスの挙動」→「カオス」という順に、現象の振る舞いの理解を順次的・総合的にすることで、その過程の一端として理解することができる。そしてまた、カオスという振る舞い自体、未だ理解不能な側面も多くあり、その理解のアプローチもまたカオスに含まれるといえる。今回の実践は結果的にこれらのアプローチも子ども達に受け入れられたのではないかと考えられる。

具体的には、まず規則的に玩具の、関節で曲がる腕を小さな振幅で動かしていき、少し練習すれば左右の振動を逆にできることから、これを『あるく』と称して参加者全員で行った。次に、両腕の振動を合わせて振動数を上げて、ぐるぐると速く回す『はしる』という展開を行った。そして、回転方向を逆にすることもコントロールできることから、逆まわしにして『せおよぎ』とした。そして新たな展開として『くねくね』と称して、激しくまわす挙動から一転し、ゆっくりと腕を回しながら、できれば左右別々の動きとなるようにコントロールする行為を行った。この玩具は腕が二の腕まであり関節で回転することから、くねくねとした不思議な動きが実現できる。この展開は、実際にどのような振る舞いを仮定したとしても、そのふるまいを実現できる身体のコントロールの仕方があると考えられる。そしてこの様に、カオスという現象の中には、あらゆる挙動を実現することができる設定(回し方)があるという特性がある。しかし、ほんの微かな設定の差が、いずれ挙動を大きく変えてしまうため、その正確なコントロールは



事実上できないといえる。そのため、あたかも確率的な振る舞いをしている様相を示すが、カオスには必然的な背景があるということを少しでも体感するという位置づけが『くねくね』の展開にはある。そして、その二の腕があるために正に起こる『カオス』を経験する。これは比較的意識をせずに、自由に回すことでむしろ現れる現象であるが、まさにそのタイミングや部位のコントロールができない振る舞いとして体験でき、『カオス』を意識できる。

実際のワークショップにおいては、『あるく』は左右の足を振り子のようにゆらし、不思議な生き物が歩いている様に演技し、『はしる』では小走りの演技をする。この『はしる』では、どうしても足は回転してしまうが、それは不思議な生き物、あるいはアニメの犬などの走る様子のように面白い走りと捉える。『せおよぎ』では、回転方向はこれまでと逆方向にもコントロールできるということを実感できる。ここまですべて、無理に回転を考えなくても、慣性力のおかげで上下の振動を与えるだけで回転はする、という体感による学びができる。そして『くねくね』においては、何よりもその不思議な生き物の、不思議な脚の動きが特徴的で、まさに印象的な奇妙な動きが外からも見て取れることが面白い。そしてここでは、二の腕があることより、ゆっくりと動かすと様々な脚の左右バラバラな振る舞いが実現できるのだ、ということ『くねくね』しながら学んで楽しむことができる。そして、最後に『カオス』で、回転をさせる意識を持たずに腕を回していると、予想できない複雑な振る舞いをするのが体感でき、それはコントロールができないことが分かる。

参加した子どもたちの発表会に向けて、「算数はてなゼミナール」の学生が歌と伴奏に乗せて、順に上の挙動を紹介できるような展開を考え、ワークショップを実施した。子どもたちの知っている曲（アブラハムの子）に作詞をして、上記の振る舞いが順にトライできるようにした。この歌詞にはカオスの性質も盛り込まれており、子どもの学びと発表のための意義ある数学部分のワークショップ実践ができたといえる（図22～図25）。

#### 調査結果：

ワークショップ実践終了後に、参加した小学生13名を対象にしたアンケート調査を行ったのでその中から、本研究に関係が深い5択の設問の結果を次に示す。参加者の小学1年生は男子5名、女子1名、2年生は男子1名、女子1名、3年生は男子1名、女子3名、4・5・6年生は男女とも0名、不明女子1名であった。このように参加者は1～3年生に集中しており男女はほぼ同数であった。

調査項目1. 「この工作教室は楽しかったですか」については、「Aとても面白かった」が12名、「B面白かった」が1名、「C普通だった」が0名、「Dあまり面白くなかった」が0名、「E面白くなかった」が0名であった。

また、同種の質問である調査項目3. 「またやりたいですか」には、「Aぜひやりたい」が12名、「Bまあまあやりたい」が1名、「Cやってもいい」「Dあまりやりたくない」「Eもうやりたくない」はそれぞれが0名であった。

また、面白かったこと、面白くなかったことを記述してもらったところ、面白くなかった記述はなく、面白かったこととして次の様な内容があった。「とても面白かった（1年男）」「すごくかっこよくできた（2年男）」「生き物をつくったこと（3年女）」「つくるのが楽しかった（3年女）」「くっつけるのがおもしろかった（3年男）」「のこぎりが使えた（1年男）」「はじめてのこぎりが使えた（1年男）」「木に穴を開けることが面白かった（1年女）」「のこぎりを初めて使って自由に作れたこと（1年男）」「初めてネジとかドライバーを使ったこと（2年女）」「色々な物を組み合わせてぴったりはまった時がとてもすっきりしたし、のこぎりを使うこと

ができてうれしかった (不明女)」「のこぎりで切ったこと (3年女)」

また、やりたいことを記述してもらったところ、次のような内容があった。「木に穴を開けるところ (2年男)」「今度はちがうやつをつくりたい (3年女)」「ベルトづくり (3年男)」「工作 (1年男)」「動く人形 (1年女)」「いろいろなこと (3年女)」「また色々な原理を知りたい (不明女)」「机 (3年女)」

ほとんど全員が面白かったと回答しており、面白かった内容として、作った行為自体、作ったテーマ、できばえ等の他に、のこぎりの使用や穴開け、ドライバー等の道具使用が多く記載されている。普段の小学生の生活において、道具を使う実体験の機会がないことが浮き彫りになったようである。またやりたい内容の記述は多くはなかったが、色々な原理を知りたいという意見は重視していきたい。

次に、調査項目2.「工作や話は難しかったですか」については「Aとても難しかった」が0名、「Bまあまあ難しかった」が5名、「C普通だった」が4名、「Dあまり難しくなかった」が3名、「E簡単だった」が1名という結果であった。3年間という参加者の年齢的な幅があるので一概には言えないが、「とても難しい」はなかったので、やや難しいという狙い通りの内容だったと判断できる。

また、難しかったことを記述してもらったところ次の様な内容があげられた。「のこぎりで切ったこと (3年女)」「のこぎりで切るのが大変だった (3年男、3年女)」「ボンドをつけすぎた (1年女)」「のりがつけられなかった (1年男)」「木にひっつけることが難しい (2年男)」「あまり難しくなかった (1年男)」「普通だった (3年女)」「発表するのが難しい (2年女)」

簡単だったという記述はなく、のこぎりの使用を難しく感じた児童が3名いたことは理解できるが、ボンドの使用も実際には難しい要素があることが再確認できた。実際にボンドを薄く伸ばして圧着する方法を事前に実演・指導したが、子ども達がボンドを多量に出す場合が見受けられた。今後も指導を重視する必要がある行程である。

次に、調査項目4.「自由に感想や思いを書いてください」については次のような記述があった。「楽しかった (3年女)」「面白かった (1年男)」「お人形を作ることや歌が面白かった (3年女)」「作ることが楽しかった。お姉さん達が助けてくれた (1年男)」「楽しかった。面白かった。少し難しかった (3年女)」「また、やりたい (3年男)」「上手く完成できて嬉しい、カオスが思うようにいかないという原理が分かった (1年男、保護者代筆)」「予測できない動きをカオスというのだなと思った。色々な部品を組み合わせて作ったり、使ったことのない、のこぎりを使って楽しかった (不明女)」「背中のが可愛く上手に作れて嬉しかった (1年女)」「木で作れた (1年男)」「お友達になれた (1年男、3年女)」「カオスの歌の遊びのとき、回した腕が痛くなった (2年男)」「工作だけが楽しかった (2年女)」

以上のように参加した子ども達の満足度はかなり高かったと判断できる。発表に関しては、抵抗感のある児童もいたが、特に、数学的要因の理解の為に、算数はてなゼミナールの学生が実施した、歌を取り入れたカオス玩具の発表は、今までにない実践であり、他のワークショップ参加者や見学者にも大変好評であり意義深かったと思われる。

## 6. キャンプクラフト

主催：山梨大学山梨幼児野外教育研究会、小学生キャンプ

テーマ：色々遊べるBIG FISH (大きな魚) をつくろう

内容：自然と関わりが大きなテーマによる、重心・浮力・カオスの要素を持つ、ヒノキの玩具

づくり

日時・参加人数：2010年8月3日（雨後曇り）、小学生キャンプ59名（男34名、女25名）

活動時間：9時00分～12時30分（午前中3～4時間）

場所：本栖湖青少年スポーツセンター

概要：

小学生低学年児童を対象とした野外教育における半日のキャンププログラムとして、湖で遊べるキャンプ環境と関連づけて、水中でも遊べるカオス玩具をデザイン（図26）の上、ワークショップとして実践した。前年度のキャンプクラフトの実践において、複合的な遊びができる玩具をデザインすることの意義を明らかにしたので、今回は、それに沿い、数学的・物理的要因としてカオス・重心・浮力に着目して、陸上でも水辺での遊びにも対応できる魚をテーマとした玩具を考えた。すなわち、魚の尾びれ部分を持ち、胸びれをカオスの原理で回転させて遊ぶことができる玩具である。また、魚の重心の上側に取り付けけたヒートンに紐を通して吊るすことにより風に揺れるモビールになる。更に重心の下側に付けたヒートンに、石などの錘を入れたナイロン網（棒ネット）をぶら下げて水中に沈め、魚の口の部分に紐を通し、それを引っ張って魚を水中で泳がせて遊ぶことができる。実際にはキャンプクラフト終了後の午後に湖畔での遊びに使える設定とした。

今回の参加者は小学1～5年生までと年齢幅が広いので、制作技術及び原理の理解度のばらつきに不安はあったが、小学生低学年でも実感できる、カオス・重心・浮力といった数学的・科学的要素を取り入れた玩具づくりワークショップの試みを行った（図26～図33）。



図26 カオス玩具・大きな魚



図27 サンプル作品を見せて導入



図28 鋸の使用



図29 玄翁の使用



図30 クリックドリルの使用



図31 ドライバーの使用



図32 オリジナルデザイン



図33 カオス大魚完成

調査結果：

実践終了後のアンケート結果から報告する。参加者は、小学校1年生5名（男4名、女1名）、2年生18名（男12名、女6名）、3年生12名（男8名、女4名）、4年生14名（男5名、女9名）、5年生1名（男0名、女1名）、6年生2名（男1名、女1名）、不明7名（男4名、女3名）であった。2年生から4年生までの小学校中学年が参加者の中心であり、最近はこのワークショップでも参加者の学年は同一傾向にある。

調査項目1. 「この工作はおもしろかったですか」については、「Aとても面白かった」が49名、「B面白かった」が7名、「C普通だった」が3名、「Dあまり面白くなかった」が0名、「E面白くなかった」が0名であった。約83パーセントの参加者がとても面白かったと回答しており、否定的回答がなかったことから、今回のワークショップはほぼ受け入れられたものだと判断できる。

調査項目2. 「工作は難しかったですか」については「Aとても難しかった」が12名、「Bまあまあ難しかった」が13名、「C普通だった」が17名、「Dまあ難しくなかった」が7名、「E簡単だった」が10名という結果であった。6年間という参加者の年齢的な幅があるので一概には言えないが、低学年児童にはやや難しいという内容だったと判断ができるであろう。

調査項目3. 「またやりたいですか」には、「Aぜひやりたい」が52名、「Bまあまあやりたい」が4名、「Cやってもいい」「Dあまりやりたくない」「Eもうやりたくない」はそれぞれが1名であった。否定的回答は1名いたが、ぜひやりたいは88パーセントを超えており本ワークショップの意義は確認できた。

調査項目4. 「自由に感想や思いを書いてください」について主な内容を報告する。

「楽しかった」「面白かった」「またやりたい」「良かった」「嬉しかった」に類する内容は多く25件あった。「教えてくれてありがとう」「説明はよくわかった」といった感謝や肯定の内容は5件あった。「のこぎりが難しかった」は3件あり、「とても難しかったけれどがんばった」という内容は2件、「早く湖で浮かばせたい」は2件あった。「前は工作がそんなに好きではなかったけれど今度は好きになった」が2件あり、また、「次にやるときはもっと難しいのをやりたい」「できれば、作るものの範囲を増やしたい」「あまりうまくできなかったのでリベンジしたい」等意欲を感じさせる内容もあった。「学校でこんな難しくて楽しいのは作ったことがない」「お家でやったことがないのでこういう体験をもっとやってみたい」という感想もあり普段の道具などを使用した実体験は不足していることが想像できる。その意味で、このようなワークショップ実践は、子ども達の普段の生活の中では、なかなかできないことがやれたという意義は大きい。工作が好きになった、もっと難しいものに挑戦したい、作るものの範囲を広げたい等の積極的な感想も多く、子どもたちの創造意欲の大きさを実感するとともに、より意義深いテーマをデザインしたいと考える。

## 7. キャンプクラフト

主催：山梨大学山梨幼児野外教育研究会、幼児キャンプ

テーマ：水中箱眼鏡（はこめがね）と小さな魚をつくろう

内容：川遊び用の水中眼鏡と浮力の要素を持つヒノキの玩具づくり（山梨大学川村協平教授・山梨大学人間科学部キャンプカウンセラーに指導を依頼）

日時・参加人数：2010年8月6日、幼児、小学1年生約30名

活動時間：9時00分～12時00分（午前中3時間）

場所：山梨県北都留郡丹波山村 秋奥キャンプ場

概要：

幼児・小学生低学年児童を対象とした野外教育におけるキャンププログラムの一つとして、ヒノキの「水中箱眼鏡と小さな魚（図34）」をデザインの上、ワークショップとして実践した。今回は、キャンプ環境と関連づけた半日のテーマとし、完成後、水中を覗いたり川遊びに使用



図34 水中箱眼鏡と小さな魚

できる設定とした。今回の参加者は、幼稚園年長児と小学1年生である事から、シンプルな構造の玩具となるように考えたが、特に「浮力」という科学的要素を重視した。具体的には、透明ペット樹脂板を取り付けた箱形の水眼鏡と、それと紐で繋げて水に浮かべて遊べる小さな魚を制作することにした。加工の行程としては、鋸でヒノキを切る、クリックドリルで穴をあける、シリコン系耐水性接着剤で接着する、紐を結ぶ、といった作業が必要となった。今回は公務のため指導実践ができず、指導を山梨大学川村協平教授とキャンプカウンセラー諸氏にお願いせざるを得なかった為、アンケートも実践できない結果となった。よって、本論では制作概要を記すにとどめることにする。

事前準備として、箱になるヒノキ部材は事前にキット状に加工しておいた。特に、比較的薄いヒノキ材を接着し、錆びにくい真鍮小釘を打ち付けなければならない為、釘穴として接合部4カ所に下穴をあけておいた。今回は対象が幼児・低学年児童であることから、初めての経験では、柔らかく曲がりやすい真鍮小釘をまっすぐ薄板の端面に打つことは上手くいかないと判断し、先の事前準備をしておくことにした。ここで、制作順序を記しておく。まず、1枚の透明板を4枚の板のスリットにはめ込み、板4枚を組み合わせて箱状になるようにシリコン系接着剤で接着し小釘でしっかり固定する。透明板とヒノキ材との隙間に更にシリコン系接着剤を塗り込み防水を確実にする。次にクリックドリルで箱眼鏡の側面2カ所に紐穴を開ける。小さな魚の本体に接着剤で2枚のひれを貼付け完成させる。最後に、魚の頭の穴と箱眼鏡側面に紐を通して持ち運べる形とすると共に、水面では紐を引っ張って魚を泳がせて遊ぶことができるようにした。実践結果については稿を改めたい。

## 結 語

今回報告したワークショップ実践では、前年度に明らかにした、より良い実践の為の三つの方法論を発展させ一定の教育的成果を上げることができたと考えている。一つ目の「他領域の研究者や組織と協力する」に関しては、造形と数学領域の研究者が協力して、前回よりも総合学習的な教育効果をあげることができたことと、最初の「導入の会」と最後の「発表会」を行うワークショップ設定において、参加児童が自分の思いを発表したり、人の思いを見聞きしたりすることの教育的意義が確認できた。二つ目の「玩具づくりのテーマに数学的・物理的な要素を取り入れる」に関しては、二重振り子に着目したカオス玩具及び新たに浮力・重心に着目した水中での遊びに対応したカオス玩具も提案できた。また、玩具づくりワークショップに動作解析の数学的ワークショップを付加して行う方法論としてはカオスの現象に着目し、歌と伴奏に合わせた身体表現という音楽的要素を取り入れる実践（発表）を行うことができ新たな可能性が明らかになった。三つ目の「複合的な遊びの要素・玩具の機能を組み合わせた玩具テーマデザイン開発」は作業過程に、つくる喜びや遊びの楽しさを実感できる段階を節目として設定する方法として、カオスの原理による玩具が、モビールや、水中でも遊ぶことができる玩具教材としてデザインすることができた。次年度も、今年度の実践を更に精査した展開を行いたいと考えており、自然科学的現象の本質の理解の一端となる、造形と数学的要素を併せ持つ複合的なワークショップ展開を計画し、その為の観点や工夫と配慮等を今後更に探りたいと考える。

本論は、平成22年度科学研究費補助金基盤研究Cにおける研究のまとめの一部である。なお

本論内容の一部は、2010年度こども環境学会、2010年度日本総合学習学会、2010年度アジア民族造形学会中部支部報告書7）での発表・報告内容を資料として含んでいる。最後に、山梨大学川村協平教授、キャンプカウンセラー諸氏、名古屋市瑞穂児童館・名古屋市瑞穂保健所関係者、愛知子ども文化団体協議会関係者、名古屋女子大学造形・算数はてなゼミナール学生、参加幼児・小学生その他協力いただいた方々に深謝いたします。

#### 注

- 1) 拙稿、「ものづくりワークショップの実践的研究（Ⅵ）」、名古屋女子大学紀要、人文・社会編第56号、2010、pp87～100
- 2) 朝日新聞、「現役」最古の建築木材 奈良・元興寺禅室 飛鳥時代のヒノキ、2010、8、14朝刊
- 3) 井上政義、『カオスと複雑系の科学』、日本実業出版社、pp86～89、1996
- 4) (式1)、(式2)、(式3)の数式は基本モデルとして一般的に知られている内容である。
- 5) 渋谷寿・宇野民幸、「科学的・数学的視点を取り入れた玩具づくりワークショップ実践—大学の地域貢献事業における、造形・数学ゼミナールによる取り組み—」こども環境学研究Vol.5.No.1、p77、2010
- 6) 宇野民幸・渋谷寿、「カオスの原理を楽しむ玩具づくりワークショップ展開」、日本総合学習学会2010年度公開講演会予稿集、pp13～16
- 7) 2010年度アジア民族造形学会中部支部報告書に「数学的要素を取り込んだ玩具づくりワークショップ・プログラムの展開（2010年度）」として、内容の一部を報告している。