

## ものづくりワークショップの実践的研究 (Ⅷ)

－ 数学的・物理的要因を組み込んだワークショップ展開 －

渋谷 寿・宇野 民幸

### A Practical Study on the Craft Activities Workshop (Ⅷ)

－ A Toy-making & playing Workshop fit to present Physical Phenomena and Mathematical concepts －

Hisashi SHIBUYA, Tamiyuki UNO

#### 緒 言

継続的に取り組んでいる本研究では、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」の可能性について検討を続けている。前報<sup>1)</sup>では、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の概要・検証結果について報告した。なお2010年度より、新たに数学的・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・可能性について重点的に検討を始めている。

本論では、2010年11月25日～2011年8月10日までに、子ども・高齢者・一般の大人を対象として実践した合計8回の玩具づくり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展開内容・考察を報告する。

#### 玩具づくりワークショップにおけるヒノキ材の意義

本研究における玩具づくりワークショップの導入として、参加者に素材として使用しているヒノキ材の香りや耐久性、加工性等のすばらしさを伝えてきたが、前報で、国宝の奈良・元興寺禅室に、飛鳥時代初期の586年頃に伐採された後1400年以上経っているとされたヒノキが、現存する建物に構造材として使われており、それは世界最古である事実を報告<sup>2)</sup>した。

その後現地を訪れ、元興寺禅室第一室屋根裏のヒノキの構造材を実際に観察するとともに、入手した資料<sup>3)</sup>により明確になった事実を報告する。それは、世界最古と判定された木材は、柱の上部をつなぐ比較的細い水平材「頭貫 (カシラヌキ)」であり、その周辺のヒノキ材の伐採年代はまちまちであることから、飛鳥時代に既に建築に使用された材料を再利用して元興寺禅室の建築材に使用したという、リサイクルの志向が飛鳥時代の日本人にあったという驚くべき内容である。現在では、一般的に古材は伐採後、100年に亘って強度が上がっていくという事実とともに、新たな美的・感覚的価値観に基づき古材を意図的に構造材に取り入れた建築が増えているという。このように今でこそ、リサイクルという考え方は一般化しつつあるが、1400年以上前に、古材を建築に使用する価値観があったという古代人の叡智に驚かされる。

更に最近の新聞記事<sup>4)</sup>では、奈良・東大寺に現存する最古の建物とされる法華堂 (三月堂) の本尊を安置する須弥壇に、729 (天平元) 年に伐採されたヒノキ材が使われていた事実が明

らかになり法華堂の創建時期について、従来の説を約10年さかのぼり、730年代前半とする見方が強まったと紹介された。世界最古と言われる元興寺禅室に使用されていた建築材は586年以降10年から20年程度の間に伐採されたヒノキと推定されているので、ほぼ同年代の建築材が見つかったと言えるであろう。やはりヒノキであった。

よってこれらの事実を基に、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強調して伝えるとともに、今後ヒノキ材を使用するという日本独自の文化的意義をワークショップにおいてより効果的に伝えたいと考えている。

## 2010～2011年実施の8回のワークショップ実践概要・検証

本研究における今年度の実践は、2010年度より継続して次の3コンセプトを重視した展開を目指した。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2010年11月25日～2011年8月10日までに実施した、合計8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. 名古屋女子大学、天白生涯学習センター公開講座「子育てを楽しむヒント」

主催：名古屋女子大学、天白生涯学習センター

テーマ：「玩具」について考え、木を使って創ってみよう

内容：木の玩具をつくるワークショップ

日時・参加人数：2010年11月25日、14名参加

活動時間：13時～15時

場所：名古屋女子大学4号館造形教室

概要：

定期的に実施されている、名古屋女子大学・天白生涯学習センター主催公開講座において、2011年度は文学部児童教育学科が担当することになり、筆者は第5回目を担当した。今回のテーマは「子育てを楽しむヒント」として、母親を主な対象として子どもの玩具の教育的意義について考えながら、ヒノキ材で簡単な木の玩具をつくる内容とした。

テーマとしてカオスの原理<sup>1)</sup>で動く二重振り子の動物づくりを設定した。参加者の多くは普段使用しないと思われるノコギリやクリックドリルを使用して、創造的な作品を完成させ、その後楽しそうに遊び、カオスの予測不可能な動きを体感してもらうことができた。（図1～図2）今回の実践を通して、本物の素材と本物の道具を使用して思いを込めた玩具を作る経験の重要性を伝えられたと考えている。



図1 制作



図2 完成

2. 名古屋市瑞穂児童館クリスマスイベント（第2回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「遊べるクリスマスの飾り」をつくろう！

内容：幼児・小学生を対象に、遊べるクリスマスの飾りをつくるワークショップ（共同）

日時・参加人数：2010年12月12日、約60名参加

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、ヒノキ材を使用した、紐で吊るすとクリスマスツリーになり、紐を外すと積み木にもなる遊べるクリスマスの飾り制作を実施した。（図3～図4）。不特定多数の参加という条件から、切断用ノコギリや、穴あけ用のクリックドリルは使用しないという前提で、制作は主として、紐通し、ボンドでの木材の接着、フェルトや木材の飾りの接着及び着色という行程で完成させた。

当日は、次々とやってくる子どもたちや親子に学生たちが対応する形で充実したものづくりワークショップが実践できた。今年度は、参加する子どもの低年齢化が目立ち、1歳半から6歳までの親子が多く、小学生は予想以上に少なかった。

本ワークショップの参加者の感想は、「楽しかった」、「ヒノキが楽しかった」、「おもしろかった」、「クリスマスの飾りがつくれてよかった」、「やさしく接してもらえて喜んでいた」、「ありがとうございました」、「次回もぜひ参加したい」といった肯定的な内容が寄せられた。ヒノキを使用したものづくり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、大学が関わる地域貢献事業としては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る、今回も瑞穂児童館と協力して有意義な活動ができたと考えられる。



図3 親子で制作



図4 クリスマスの遊べる飾り

3. 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22年度認知症・うつ予防教室「作ってみよう！香りのよいヒノキを使って～木工作品～（音の出る小箱づくり）」

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「音の出る小箱づくり」制作

日時・参加人数：2011年1月18日、65歳以上の高齢者約20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205教室

概要：

今回のテーマとして、音が出て楽しく作れる小物入れをデザインした。平面の正方形のヒノキ板の4面に、長さが異なる縦長の薄板を2枚ずつ、木ねじとドライバーを用いて取り付け、装飾をするという内容である（図5～図6）。丸棒に木球を取り付けてつくったマレットで、8枚のヒノキの板を



図5 制作



図6 完成

転がすようにたたくと、心地よいヒノキの音が出る。作業として、ドライバーでねじを締める行程が多かった為、握力がやや弱い参加者の方には難しかったので、かなりサポートを行ったが、全員が熱心に楽しそうに制作された。

高齢者の方々には、木のものづくりの楽しさ、木の優しい音、自分自身の美的な感性などに気づいていただけたのではないかとと思っている。参加者は全員、美的な大きなこだわりを持っており、完成した作品は創造的で個性的であった。ヒノキの温かさや香りの良さに音の要素を加えた今回のテーマは、本講座として適していたと判断している。

4. 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7回「ピタゴラはてな？」（共同）、科学技術振興機構「平成22年度地域科学技術理解増進活動推進事業地域活動支援」地域科学技術理解増進活動推進事業（JST）採択

テーマ：「クルクルはてな」（カオスの原理で動くヒノキの生き物玩具）

内容：物理的な法則や秩序に基づき遊ぶ玩具（回転・調整）を親子で考えて制作する実践。「ドラゴン」と「ボール」（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：2011年1月23日、子ども 23名、（親21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3度目の試みとなった。

今回は前年度のカオス玩具を発展させた内容を計画した。カオスにこだわったのは、カオスは現代の自然科学の先端的分野であること、カオスを知ることには自然を知ることにつながり子どもへの教育効果が大きいと思われること、カオスを玩具に応用したものは極めて少ないこと、そして、何よりもカオスの予測不可能性という要素が、玩具としての面白さや操作したいというスキルの要素を持っていることである。そして、つくったもので遊びながら、数学的解析のワークショップを加えることで総合学習的な複合的教育効果を更に上げる方策を提案することができると考えた。

今回はカオスについて数学的に更に発展させ、水平方向に多重振り子の要素を取り入れた生き物制作として空想の霊獣である「龍」にテーマを特化した玩具づくりを計画した。すなわち、玩具のベースを左右、または前後に動かすと、関節でつながった「龍」の胴体がくねくねと予測不可能な動きをし、頭部が時折ネオジウム磁石を埋め込まれた木球に磁着する「龍」（カオス・ドラゴン）と、2個の木球を一本の糸で結び、長さを変えて振り子のように振らす機構を持つ「龍」（ボール・ドラゴン）の2体をペアーとして親子で制作することにした。前回実践したカオス玩具は縦方向の二重振り子を2組設定するものであったが、今回は水平方向の9重振り子の龍づくりとなった。勢いよくベース部分のT字形ハンドルを動かすと、予測不可能なカオスの振舞いが現れるが、全ての胴体パーツが一体化して一直線状もしくは中央から折れ曲がった形で単振動の大きな回転運動をする場合がある。これらの動きを、T字形ハンドルの動かし方でコントロールする玩具である。このように本玩具は、人間の意志を、多重の水平運動に変換できる点が大きな特色である。今回は、胴体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したが、今回は、水平方向に動くパーツ数が多くやや複雑な構造となった。構造・動作概念を図7に示す。

図7における龍の図は直列多重振り子の振舞いで動いている状態を示す。それを数式で表すと微分方程式系の（式2）になり、非常に複雑な予測不可能な動きであることが予想できる。一方、龍が一直線状もしくは折れ曲がり固定された胴体となって単振動（大回転）で、大きく回転する場合の状態を数式で表すと、（式1）の様にシンプルな微分方程式で表される。ただし、「カオス」という現象は、比較的シンプルな方程式から起こることも知られている。

（式1）<sup>5)</sup> 単振動（大回転）

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

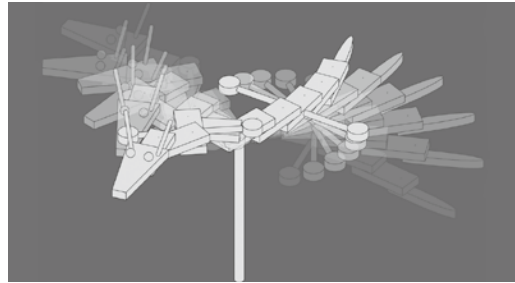


図7 龍の構造・動作概念

（式2）<sup>5)</sup> 直列多重振り子（カオス・ドラゴン）

$$\begin{cases} \left( \frac{d^2\theta_i}{dt^2} \right)_{i=1, \dots, 4} = \left( \sum_{k=1}^4 m_k l_k \cos(\theta_i - \theta_k) \right)^{-1} \left( - \sum_{k=1}^{i-1} (\sum_{h=1}^4 m_h) l_k \left( \frac{d\theta_k}{dt} \right)^2 \sin(\theta_i - \theta_k) - \sum_{k=i+1}^4 (\sum_{h=1}^4 m_h) l_k \left( \frac{d\theta_k}{dt} \right)^2 \sin(\theta_i - \theta_k) - \sum_{k=i}^4 m_k g l_i \sin \theta_i \right)_{i=1, \dots, 4} \\ \left( \frac{d^2\theta_i}{dt^2} \right)_{i=6, \dots, 9} = \left( \sum_{k=6}^9 m_k l_k \cos(\theta_i - \theta_k) \right)^{-1} \left( - \sum_{k=6}^{i-1} (\sum_{h=6}^9 m_h) l_k \left( \frac{d\theta_k}{dt} \right)^2 \sin(\theta_i - \theta_k) - \sum_{k=i+1}^9 (\sum_{h=6}^9 m_h) l_k \left( \frac{d\theta_k}{dt} \right)^2 \sin(\theta_i - \theta_k) - \sum_{k=i}^9 m_k g l_i \sin \theta_i \right)_{i=6, \dots, 9} \end{cases}$$

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「単振動」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算数はてなゼミナール学生が担当した（図8～図15）。



図8 鋸の使用



図9 クリックドリルの使用



図10 制作状況



図11 カオスドラゴン完成



図12 ボールドラゴン完成



図13 カオスと振り子の解説



図14 振り子の実験



図15 カオスの実験と遊び

ここでワークショップにおける数学部分のねらいと実践した展開についての説明をする。まず、今回の作品「カオス・ドラゴン」は、前回同様に「カオス」という振る舞いが、その動き

の中に現れるという特徴があり、前回の作品である「カオス・トイ」の際にも注目した、「僅かな違いが影響し、その後の振る舞いが変わる(特徴1)」という特性がある。またこの特性を持って、日常語として「混沌」のイメージである「カオス」と数学的(理論的)な「振る舞いとしてのカオス」との違いを表現することができるとまず言える。今回はさらに原理的には、「考えられる様々な振る舞いが起こっている(特徴2)」という、また別のカオスの特性について、ワークショップの中で印象付ける部分展開をした。そして、カオスが現れる状態である機構には、「あらゆる周期の周期運動となる状態がある(特徴3)」ということも、単振動の振る舞いを対照的に示すことで表現をするという試みを展開した。以下にそれらの数学的実践内容についてまとめる。

カオスは定義が本質的に難しい状態といえる現象であるが、数学的には定義のひとつとして次の様に示されている。

「定義 距離空間 $X$ 上の写像 $f$ は、(i) 不変集合 $Y$ 上で推移的で、(ii)  $Y$ 上で初期値に対する敏感な依存性をもつとき、 $Y$ 上でカオス的である、またはカオスが現れるという。」<sup>6)</sup> ここで距離空間とは、いわば距離を測る(考える)ことのできる空間のことであり、写像とは、いわば関数のように、各値に対応する値を定めている関係のことであると言える。その法則性に従い、次々と値を変化させることを連続的にも考えることができ、すなわち通常の空間において、ある機構を持った質点の動きを観察するという事柄について、上の(i)や(ii)の特徴を「カオス」の動きとして捉えることができる。ここで、(ii)においては、前回のワークショップにおいても、カオスの振る舞いの特性として注目をしたが、今回は(i)に関しても表現を試みることを実践した。この定義における不変集合とは、質点の振る舞いが表現されている座標上のある集合のことであるが、その不変集合上で推移的であるとは、その集合内の点として表される振る舞いは、ほとんど全ての動きとして表現される状態であると言える。この「推移性」は、次の様に定義される。

「定義 写像 $f: X \rightarrow X$ がある不変集合 $Y$ の上で(位相)推移的であるとは、ある点 $p$ の正の向きの軌道が $Y$ の中で稠密になることをいう。・・・この性質は写像 $f$ が $Y$ の点をよくかき混ぜており、集合 $Y$ は力学系の挙動としては1つのかたまりとなっている。」<sup>6)</sup> ここで稠密とは数学的な表現であるが、「ほとんど至る」ところに軌道があることを意味している。「ほとんど至るところ」とは、例えば実数の中にある有理数の存在のように、仮に軌道が通らない点(無理数)があったとしても、その点にいくらでも近いところを必ず軌道がいつか通ることを意味する。これらは、写像が与えられた時の、その法則に従った場合の理論といえるが、実際のカオスの現れ方について、この特徴2を体感できる部分があるようワークショップにおいても展開をした。

具体的には、「カオス・ドラゴン」はあらゆる形態をも振る舞いのなかに出てくるとして、例えば「S」の字や「V」あるいは「L」の字にドラゴンの身体全体がなる状態で動きを止めてみるという試みを、ゲーム性を持たせて行った。慣性力が関係するので、なかなか思い通りに止められないが、それぞれの目標の状態として、まず手でドラゴンの身体を持って操作して、それらの文字を作ることはできる。これら様々な状態が、カオスという動きの中では起こりうる、という表現をして、カオスのこれまでとは別の特性(特徴2)を印象付ける実践をした。そして、体験できる「カオス」の動きについては、しばらく玩具を操作していると自然と起こり、また、その後はカオス的な振る舞いがしばらく続くという特性が感じられることがあるが、これは上記の不変集合がアトラクターとなっており、その状態(カオス)に動きは自然と引き

込まれていき、その集合内で運動をくり返すことを示しているのではないかと考えられる。このような不変集合の特性は「ストレンジ・アトラクター」などと呼ばれ、カオス理論の中でも注目されてきたものである。

また、特徴3の周期運動について単振動で分かりやすく教育的な表現をするため、対となる玩具として、振り子の原理を用いた「ボール・ドラゴン」という、支点から質点（ボール・宝珠）までの長さを自在に調節できる作品の制作もワークショップとして実践した。この吊られたボールの振動数を様々に変え、「ボールまでの長さ」と「振動数」との関係性を実験により体感した上で、ボール・ドラゴン1体につき、2つのボールが糸で連結してついていることから、それぞれのボールまでの長さを同じにして、「共振」の原理を体得するという実践を行った。そして最後に、この予測のできる振る舞いをする「ボール・ドラゴン」を自在に適宜調節しながら、予測のできない振る舞いをする「カオス・ドラゴン」を捉えたり、避けたりする遊びを、親と子で役割を交互にして行った。

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、本研究に関係があると思われる一部の結果を次に示す。子どもの参加者は4歳から10歳までの男15名、女8名の計23名であった。参加した感想は、「Aとても楽しかった」が21名、「Bまあまあ楽しかった」が5名であった。内容としては「Aとてもわかりやすかった」が8名、「Bまあまあわかりやすかった」は7名、「C少しむずかしかった」は8名、「Dとてもむずかしかった」は3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20名、「Bまあやってみたい」は6名であった。幼稚園児・低学年児童には昨年度より高度な内容であったと思われるが、ほぼ全員が楽しかったと答えたことと、肯定的回答が多かったことから子どもたちの満足度は高かったと思われる。

次に保護者向け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18名、「まあまあ楽しかった」は3名であり保護者も満足度は高かったと思われる。内容については、「とてもわかりやすかった」が12名、「まあまあわかりやすかった」が8名、「少し難しかった」が1名という結果であった。「また参加したいか」の設問には「とてもやってみたい」は15名、「機会があればやってみたい」が6名であり否定回答はなかった。今回のワークショップテーマは昨年度の「カオス」を更に発展させた、高度な内容であったが、子どもと保護者達ともに支持されたと考える。

## 5. アジア民族造形学会中部支部会員展・総会・講演会

主催：アジア民族造形学会中部支部

テーマ：玩具の造形—カオス玩具について—

内容：動きが予測不可能な玩具造形の紹介とカオス玩具制作

日時・参加人数：2011年7月3日

活動時間：14時10分～16時00分

場所：愛知県芸術文化センター12階EF室

概要：

今回の実践は、学会支部主催の約2時間の筆者の講演時に、短時間で完成させるカオス玩具制作を組み込んだ内容であり、今までの実践の中では時間、道具ともに最も制約の大きなワー



図16 材料・道具

クショップとなった。今回の参加者は学会関係者と一部一般の方々であったため、玩具制作ワークショップそのものが主たる目的ではなく、研究発表(講演)部分と玩具制作を組み合わせた実践となった。まず、予測不可能な動きをする「牛若・弁慶」という名古屋の郷土玩具の歴史や構造を解説し、江戸時代から動きが予測できない非常に面白い郷土玩具が存在していたことを解説した。次に、筆者が創作したカオス原理で動く「龍」の玩具、「龍」の起源、「龍」と「玉(宝珠)」との関係等について、また「龍」の郷土玩具の構造等について解説を行い、その後に、動きが予想不可能な2重振り子のカオス人形づくりを実践した。

カオス人形は、机の端に座らせることが可能のように人形の胴体を二分して、安定して座るデザインとした。時間と道具に大きな制約があったため、完全なキット化を行い、ボンドとドライバーの使用のみで完成させる計画とした。また、体型を制作者のイメージに合わせて変化させて制作できるように肩部分のパーツを組合わせ可能として準備した。また、顔や胴体をデザインするために、チーク・ラミン丸棒を短く切断した小パーツや四角く切断した棒材など様々な小パーツを多めに用意し、形や色の変化で制作者のイメージが表現できるように考えた。

キット化した教材を使用した玩具づくりとなったが、年齢幅の広い参加者らは、比較的簡単にそれぞれの思いを表現した作品を完成させることができた。製作中にヒノキの香りの良さと肌触りの良さ等も実感されたようで、今回の玩具テーマは子どもから大人まで集中できる興味深い活動だと実感された。



図17 座るカオス人形



図18 制作風景

## 6. 第3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：カオスの原理で動く龍をつくろう

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：2011年7月30日、子ども19名、(保護者3名)

活動時間：9時30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3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、前年度の実践を発展させる形で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。

今回のワークショップは「カオスの原理で動く龍をつくろう」(渋谷寿・宇野民幸)の他に7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時間の発表会が設けられた。その為、午前9時30分から午後3時30分までという長時間の活動となった。

筆者らが実施したワークショップは、4. で既に報告した、「親・子ではてな?」における『ド



ラゴン」と「ボール」』をテーマとした龍づくりのワークショップの内、カオス玩具の「ドラゴン」部分を発展させた龍づくり実践と、5. で既に述べた講演内容として報告した、「龍と宝珠」の関係性を玩具の動きに取り入れた制作と、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を計画した（図19～図26）。

数学領域のワークショップとして、先述した大学での講座「親・子ではてな？」における実践を経て、このワークショップにおいてもカオスの現象の特徴を、拡げて伝える試みを行った。作品としては、「親・子ではてな？」におけるボール（宝珠）は同じカオス・ドラゴンの一部分としてあり、それを自分で捉えることを目標にドラゴンの身体をくねらせるという遊びを実践した。

まず、いろいろな振る舞いを実現できるという推移性について、身体を「S」の字や「V」の字にする行為表現を発展させて、ドラゴンの上半身と下半身を、アナログ時計の長針と短針に見立てて、様々な時刻を表現することにした。それで、これらの時刻におけるドラゴンの状態という話をつくり、その日常を「眠る」「おどる」「あばれる」「食べる」「くねらせる」と称して表現した。すなわち、ドラゴンの身体が最も収納されている状態から、小刻みな振動を与えて起きあがってくる様子を表現して、次に慣性力をもちいて大きく回転をして、ボールを喰らって、カオスの動きに至る、というストーリーに乗せ展開をした。

これらの標語に合わせて、ドラゴンの身体で時刻を示しながら、それぞれの動きを子どもたちに表現してもらうという発表を行った。この、「ボールを喰らう（くわえる）」動きについては、ドラゴンに対してボールの支柱と反対側に支えとなる支点をとり、空中でボールに振動を与えることにより、今度は静止状態の慣性力をもちいることから、身体の節における摩擦による作用でドラゴンの頭が徐々にボールに近づいてくるという現象を利用した。そして、最後に友達同士でボールを喰らい合うという試みをして、互いに間合いを調節してドラゴンをコントロールするという難しさ・面白さを体感してもらった。実際のワークショップにおいては、環境の制限もあり、実現できなかったが、「皆で互いにつなげて一つの大きな輪にできるかな？」という提案に、子どもたちから「やってみたい。」という声が挙がったり、発表の合間に、複数の友だちで互いに連結し合うのを楽しんでいる様子がとても印象的であった。

調査結果：

本ワークショップの参加者は21名（男15名、女6名）であった。今回は小学2年生が多く、参加女子は全員2年生であった。愛知子ども文化団体協議会が参加者を対象に作成した会全体の大人向けアンケート調査（回収数45）を行ったのでその中から、設問の結果を次に示すが、筆者らが主催したワークショップの細かな内容は調査できなかった。

調査項目1. 「このワークショップにお子さんが参加するのは何回目ですか」については、「A はじめて」が27名、「B 2回目」が13名、「C 3回目」が0名、「D それ以上」が5名、であった。リピーターがかなりいることから、同じ内容ではなく絶えず変化、発展的なテーマが求められる。

次に、調査項目2. 「ワークショップフェスティバルの全体の印象」については「A 満足」が25名、「B やや満足」が14名、「C 少し不満」が0名、「D 不満」が0名という結果であった。特によかったところで本ワークショップに関係していると思われる内容を抽出すると「家ではつくれないものがつくれた」、「親でも見たことがない工具にふれ、大作が出来た」、「小学校1年生で木工を体験させる機会を持てた」という内容である。子どもの普段の生活での実体験の不足と親の期待が窺われる。一方、改善してほしいところに「カオスの原理とは何でしょう。



図19 カオス龍サンプル



図20 龍の制作



図21 龍の制作



図22 龍の制作



図23 カオス龍完成



図24 カオスの実験と解説



図25 カオスの実験と解説



図26 カオスの実感と発表準備

説明を聞くことが出来なかった。」という記述が1件あった。実際の状況が分からないので一概には言えないが、ペーパーの資料等があると親を納得させられる可能性が大きいとも考えられるので今後の検討課題としたい。また、「動く龍は保護者も参加したかった」という意見は親の立場での肯定的意見であり、これも今後の可能性として検討したい。

次に、調査項目3.「はじめの会、終わりの会はどうでしたか」については「A満足」15名、「Bやや満足」が14名、「C少し不満」が3名、「D不満」が1名という結果であった。本ワークショップでは発表会でカオス原理を意識した展開を計画したが、一人一人が自分でつくったという思いを表現させることがうまくいかなかったので、会全体の運営方法と共に今後検討する必要がある。

今回は水平多重振り子の原理を用いたカオス玩具制作であったため、やや高度な内容となったが、子ども・保護者ともに満足度は高かったと考えられる。造形的には、一人一人の子どもの自由度がやや狭くなったことと、数学的にはカオスの原理を意識した、子どもたち一人一人の思いを発表することにはなにくかった点が今後の検討事項である。

## 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、OB（小学生）キャンプ

テーマ：音の出る尾舞鳥をつくろう

内容：自然と関係のあるテーマによる、回転・発音の要素を持つヒノキの玩具づくり

日時・参加人数：2011年8月5日、小学生キャンプ63名、8班（男37名、女26名）

活動時間：9時00分～12時30分（午前中3.5時間）

場所：山梨県立八ヶ岳少年自然の家

概要：

小学校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、大きく頭上で回転するように振り回すと、尾および四角の頭部が回転して、ペット樹脂の小振動板を弾くことにより発音する鳥の玩具をデザインの上、ワークショップとして実践した（図27～図34）。昨年に引き続き、複合的な遊びの要素を取り入れ、今回は揚力・重心・回転・発音に着目し、野外での野鳥に興味を持たせる意味も付加したテーマとなった。



図27 制作指導



図28 尾の制作指導



図29 尾の完成



図30 風糸の取り付け



図31 尾舞い鳥完成



図32 尾舞い鳥完成



図33 尾舞い鳥完成



図34 遊び(回転、音出し)

なお、今回の玩具は、プロペラのような「ひねり」が無いにもかかわらず尾が回転する。しかし動作がやや不安定であったこともあり、その対策を明らかにするため物理的な動作原理の解析を名古屋女子大学文学部吉川直志講師に依頼した。次にその動作原理を示すレポート（図35～図36）<sup>7)</sup>を掲載する。

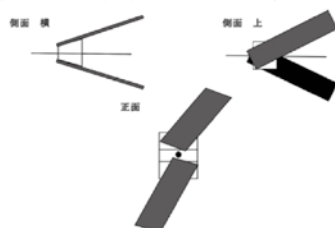
調査結果：

実践終了後のアンケート結果から報告する。（回収51名）参加者は2年生から4年生までの小学校中学年児童が参加者の中心であった。

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36名、「B面白かった」が13名、「C普通だった」が2名、「Dあまり面白くなかった」が0名、「E

2枚板の風車についての考察

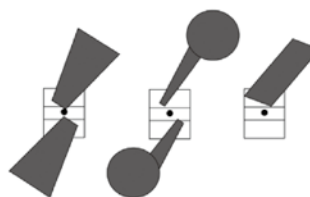
2枚の長方形の板を図のように配置すると、軸を中心に回転する。



ここでの疑問は、側面横より見た場合、通常のプロペラのように板にはねじりがないのに、回転する力を生み出しているということである。正面より軸方向に風が当たると回転させる回転のモーメントは、目的に板が貼られていることに起因する。風が板と軸の相対速度を速くすると、板を下向きに押さえる力となる。（F1カーが車体を押さえるためにウイングを立てるのと同じ。）この板が風から受ける力は、面積当たり同じ力が中心軸に向かって垂直にかかる。

では正面から見る。斜めに板がはられているために、押さえつける力が、回転中心から、板の先に行くほどずれて行く。図参照。つまり、回転軸から離れた位置での、板から下向きに全ての面で力がかかるため、軸中心に回転させる角運動量が生じる。この図では、右回転することになる。風を後ろから当てた場合には逆回転となる。また、強い回転を生み出しているのは、中心から遠い部分である。（このつり合いを参照）支点から遠い方が強い回転力となる。簡単に言えば、外に行くほど広がったものの方が効果的である。

図35 2枚板の風車についての考察P1



また、板一枚でも回転する力はあるが、重力（または遠心力）により、回転が妨げられる。長さが異なる板の場合は、重力（遠心力）が加わることでより不均一な回転となり、振動が生じる。下の左図の場合は重力分回転力が増すが、90度回転した後は、重力で回転が弱められる。

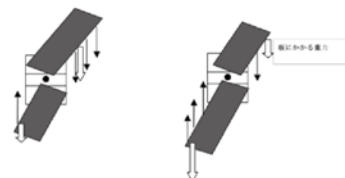


図36 2枚板の風車についての考察P2

面白くなかった」が0名であった。約70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17名、「Bまあまあ難しかった」が26名、「C普通だった」が4名、「Dまあ難しくなかった」が3名、「E簡単だった」が1名という結果であった。昨年度よりかなり難しいという内容だったと判断ができる。

調査項目3.「またやりたいですか」には、「Aぜひやりたい」が38名、「Bまあまあやりたい」が7名、「Cやってもいい」は5名「Dあまりやりたくない」は0名、「Eもうやりたくない」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75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。

今回のテーマは、尾が回転する要素と、音が出る要素を合わせたものとなり、子どもたちの興味は非常に大きかった。ただ、両要素ともに構造的にやや高度であり、必ずしも簡単に作動しないという問題があったが、回転に関しては、羽の外側を大きくする方向で改善できることが分かったので、今後実験の上、改善策は明らかにしておきたい。

## 8. 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：カオス（二重振り子）生き物をつくろう

内容：カオスの要素を持つヒノキの玩具づくり

日時・参加人数：2011年8月10日、幼児・小学1年生57名、7班、アンケート回収45

活動時間：9時00分～12時00分（午前中4時間）

場所：山梨県立八ヶ岳少年自然の家

概要：

幼児・小学校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「カオス（二重振り子）生き物をつくろう（図37～図40）」と題した、ワークショップを実践した。本論における5. で実践した、完全にキット化した二重振り子玩具デザインを基に、幼児・小学生低学年向けに設定し直した。すなわち制作の行程としては、キット化で省略した、鋸でヒノキを切る、クリックドリルで穴を開ける作業を入れて、ドライバーでネジを締める、ボンドで接着する、サンドペーパーで角を削る、は同一の行程とした。



図37 鋸で切断



図38 制作風景



図39 生き物完成



図40 生き物完成

調査結果：

実践終了後のアンケート結果から報告する。回収44、参加者は、小学校1年生17名、年長27名の、年長児と1年生が混じったグループ編成である。幼児の回答の一部はカウンセラーが口頭で質問の上、幼児の回答を代筆した。

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30名、「B面白かった」が8名、「C普通だった」が4名、「Dあまり面白くなかった」が1名、「E面白くなかった」が1名であった。否定的回答が実数2あったが、「とても面白かった」、「面白かった」を合わせて約86パーセントであり、今回のワークショップはほぼ受け入れられたと判断できる。

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2名、「Bまあまあ難しかった」が9名、「C普通だった」が6名、「Dまあ難しくなかった」が7名、「E簡単だった」が18名という結果であった。

調査項目3.「またやりたいですか」には、「Aぜひやりたい」が32名、「Bまあまあやりたい」が5名、「Cやってもいい」が2名、「Dあまりやりたくない」が3名、「Eもうやりたくない」「無記」はそれぞれが1名であった。否定的回答は数名いたが、ぜひやりたいは約73パーセントであり、調査項目1.より数値は低かった。

また、自由記述の中には、「すごく楽しかった」「かっこいいし面白かった」「またやりたい」等同類の内容は24件あった。幼児の回答自体は感覚的なものが多く信憑性は定かではないが、初めての経験としては難しいものの、活動は楽しいものだったと考えられ、重要な原体験になりうると実感すると共に前年度と同様に、ヒノキ材と道具を使用したワークショップの意義を再確認した。

## 結 語

一昨年度から継続して重視した玩具づくりワークショップにおける次の3コンセプトについては一定の発展的成果をあげることができた。1つめの「造形以外の他領域の研究者や組織と協力をする」については、昨年度から協同執筆者である数学研究者と協力してカオスの発展的ワークショップを行い、総合学習的な成果が得られた。また、新たに物理分野の研究者として名古屋女子大学吉川直志講師の協力を得ることができ、開発したワークショップテーマの動作上の問題点の改善及び玩具づくりワークショップ時における、子どもたちへの物理的解説の方策の検討における大きなヒントが得られた。2つめの「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」については、カオスを二重振り子から水平多重振り子へと発展させた玩具デザインを開発してワークショップとして実践したことと、新たに回転・発音の要素を持つ玩具デザインを完成させ、ワークショップに展開した。3つめとして「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」ことについては一部重複する部分があるが、水平多重振り子の要因とネオジウム磁石による磁着の要素を組み込んだ玩具デザインと、紐を大きく振り回すことにより、回転と発音という異なる2つの要素を同時に楽しめる玩具デザインを開発できた。次年度も、今年度の実践を更に精査し、物理分野の研究者の協力も得ながら数学的・物理的な要因を組み込んだ玩具づくりワークショップの展開を行いたいと考えている。

一方、各ワークショップにおける参加者を対象としたアンケート調査では、総合的に肯定的評価が得られた。特に、公的な教育機関では経験できない面白い玩具制作やノコギリ等の道具使用に関しては参加者の年齢、性差に関係なく大きな興味を示された。具体的テーマについてはやや性差が感じられるところもあるが、幼児から小学校中学年までの、このようなワーク

ショップへの期待は親を納得させるという視点を重視することにより更に大きくなっていくと考えられるので、それに応える教材を開発したいと考えている。

本論は、平成23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。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、名古屋女子大学吉川直志講師、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（Ⅶ）」、名古屋女子大学紀要、人文・社会編第57号、2011、pp209～222
- 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) 「元興寺禅室屋根裏探検」パンフレット、宗教法人元興寺、財団法人元興寺文化財研究所発行、2010
- 4) 朝日新聞、「法華堂、東大寺最古を更新?」、2011、9.10朝刊
- 5) (式1)、(式2)の数式は基本および応用モデルとして一般的に知られている内容である。
- 6) C. ロビンソン著（國分寛司ほか訳）、「力学系 上」、シュプリンガー・フェアラーク東京、2011、p65、P141
- 7) 吉川直志、「2枚板の風車の考察」レポート、2011