

幼稚園児・小学校児童を対象とした玩具づくり ワークショップ実践研究

－物理的解析を組み込んだものづくり教育方法論の検討 1－

渋谷 寿・吉川 直志

A Practical Study on the Toy-making Workshop for Kindergarten and Elementary School Children － Consideration of the Manufacturing Education Methodology Incorporating Physics Analysis 1 －

Hisashi SHIBUYA and Tadashi YOSHIKAWA

緒 言

筆者らは2013年度より2016年度まで、幼稚園児・小学校児童を対象として、ヒノキ材を用いた、物理的要因を組み込んだ玩具づくりワークショップ・プログラムを開発し、実践の内容・意義・可能性について検討を行っている。本論では、特に2015年度～2016年9月までに実施した合計6回の玩具づくりワークショップの中から、2種類3回の概要を報告するとともに、それらの実践について考察を深め、子供たちを対象とした「ものづくり教育方法論」について検討したい。特に、ワークショップ導入時にパワーポイント等で、それぞれの玩具動作の物理的解析を子供達に説明する過程を重視し、造形領域と理科領域を合わせた複合的なものづくり教育方法論の可能性について言及する。

2015～2016年度までの2種類3回のワークショップ実践概要・検証

1. 「投槍器」をテーマとしたワークショップ

槍を飛ばす「投槍器」をテーマとして2015年から2016年度までの2年間で3回のワークショップを実施した。その前年の2014年度には、石を飛ばす古代の戦闘用武器を原型とする「投石器¹⁾」をワークショップのテーマとした。「飛び道具の人類史²⁾」によれば、人類は、最初に石を投げる発見をし、次に槍を投げる「投槍器」を開発し、そして「弓矢」に発展させ、その後「投石器」に繋がった。「投槍器」は「アトゥラトゥル」とも言われ、一般に槍(ダート)を発射して獲物をしとめる木でつくられた狩猟用道具を指す。通常に人が槍を投げるより遥かに速く、かつマンモスをしとめるくらいの威力があったというから驚かざるを得ない。現存する最古のアトゥラトゥルは枝角製で約1万7500年前と推定されるので、その最初の飛び道具は約2万5000年前には発明されていたと言う。正に、「投石器」より遥かに古く、人類史上最古の、二つの部品を組み合わせて使用する驚くべき道具である。現在の精巧なものは、飛距離200メートルを超えるらしいが、19世紀のアボリジニはその半分の距離を出し、驚く程すばやく、かつ

着実に槍を投げ正確に的に当てられたと記載³⁾がある。また、アメリカ先住民族がアトゥラトゥルでダートを投げようとしている挿絵⁴⁾が「投槍器」の構造や使用方法を明確に示している。それによると、端部に引っ掛ける鍵がついた棒で槍の柄の下端を引っ掛けて、投げるポーズをとることにより、前腕の長さを1.5倍程度にしてほぼ倍増した長さに匹敵する腕で通常の矢の倍の長さのダートを勢いよく発射させる様子が理解できる。

その他の「投槍器」に関する資料は多く見つけることはできなかったが、国立歴史民族博物館直良コレクションにはアボリジニが使用した「投槍器⁵⁾」が収蔵されており、素材として石英と木が使用されていると解説にある。また、国立民族学博物館の企画展「未知なる大地グリーンランドの自然と文化⁶⁾」における狩猟・漁労の展示コーナーではイヌイットの「鳥狩猟用銛柄と投槍器」が展示された。更に、山梨県立博物館の第25回ナスカ展のイベントにおいて、ナスカの武器を原型として「投槍器⁷⁾」を新聞紙でつくったという記録がある。「投槍器」は木製であることが多いことから現存するものは少ないものの、世界に広く分布している狩猟道具であり、武器であったと言えるだろう。更に木製故に、構造を理解すれば現在において制作することも容易であることも分かった。

以上の考察から、今回の子供向けワークショップとしての「投槍器」づくりの実践は「投石器」の原型より時代は遥かに遡るが、ワークショップ内容としては「投石器」の発展として位置づけたプログラムであると言える。筆者は最近、ワークショップのテーマに「飛ぶもの」を選び遊び道具としてデザイン開発することが多い。この理由は、最近の子供達の遊びが、TVゲームやスマートフォンによるウェブ上の疑似体験によるものが多く、また、学校教育の場では少しでも危険性がありそうな、飛ぶものをつくることは避ける傾向にある。その結果、子供達の遊びが萎縮しているように感じられるからである。子供の遊びの本質は主体的で自由で創造的であるべきであり、本来大人の介入は不要である。しかし非日常としての野外教育の場・屋外において何か遊ぶものをつくり遊ぶ機会としてのワークショップでは、インパクトがありスケール感を求めたい。すなわち、日常的には難しいダイナミックな遊びを子供達に経験してほしいと考えている。

「投槍器」の原型は狩猟用道具・武器であり、ウェブ上の動画サイトでも、槍そのものを遠くに飛ばす「投槍器」のつくり方と遊び方を見つけることができる。しかし、それらは先端の尖った槍そのものを飛ばす構造であり、子供達が集団で扱うにはあまりにも危険性が高い。そこで、ワークショップにおける遊び道具教材としての教育効果を考えた「投槍器」のデザインを3つ抽出した。1つは、槍を飛ばすという危険性のあるものを、子供の遊び道具として安全なデザインにすること。2つ目は、投槍器を使用すると、槍を人間の腕だけで投げるより、遥かに大きな力で速く遠くに投げられるという機能を子供向けに遊び道具としてデザインすること。3つ目は、古代の投槍器の握り部分に装飾が施されていた事実と、子供向けの玩具づくりにおいて、自分だけのものをつくるという表現活動及び他者の作品を観るという鑑賞活動に繋げるように、個性の表現としての装飾の過程を重視することである。以下に3回行った「投槍器」づくりの内、野外教育の場で行った2回の実践について考察する。

1) キャンプクラフト（小学生対象）

主催：山梨大学山梨幼児野外教育研究会、第34回 幼児OBキャンプクラフト

テーマ：流れ星をつくって飛ばそう

内容：ヒノキの玩具（投槍器ロングタイプと流れ星）づくり

日時・参加人数：2015年8月5日、小学生キャンプ、計60名、(内1年生8名、2年生12名、3年生18名、4年生11名、5年生6名、6年生5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

指導協力者：山梨大学山梨幼児野外教育研究会メンバー

概要：

今回は、槍を飛ばす「投槍器」を原型として、槍部を流れ星に変えて、オリジナルで安全なキャンプクラフト・テーマを開発した。それを図1に示す。制作は2つの部分に分かれる。一つは「槍(ダート)」に当たる部分として、まず安全性を考え、直径10mm、長さ300mmのヒノキ丸棒の先端に、直径35mmのスーパーボールに穴を開けて取り付け、エアークッションで包んだ上で、それをビニールテープで包み固定する。そして槍部分の飛翔中の安定性を確保するために丸棒の下部に紐状の長さ約1000mmのカラーポリエチレンテープを数本取り付け、これを流れ星の尻尾に見立てることにした。テープの長さは完成後、よく飛ぶように原理を考えながら調整して短くすることができる。

本来は棒状である「投槍器」は、最初に槍と本体両方を手指で保持し、発射時に槍部分を離さなくてはならず、これは小学生にはやや高度なスキルと判断した。そこで、厚さ8mm、巾30mm、子供が自分で使いやすい長さを決めて切断できるように長さ約500mm～600mmのヒノキ板を使用した。そして、槍に相当する流れ星部分の下部が左右に大きく動かないように、板の小片2枚で軽く挟み込むように接着した。その結果、流れ星部の下端を発射装置に引っ掛け、上部をV字型パーツの溝に置くだけで安定した発射用ポジションになった。これにより、ヒノキ板の発射装置の端部を握り、手指のリリースのタイミングを考えずに、投げることに専念することができる(図8、10)。そして完成後に、自分だけの作品という表現活動として、様々な木材小パーツを用いて造形遊び的に飾り付ける工程を重視した。学習指導要領の記載にある、自由に飾り付けを楽しむことにより、多くの子供達が同じ形の遊び道具を完成させても、すぐに自分のものであると分かるとともに、他者の表現の良さを理解するという鑑賞教育にも繋がる教育効果が期待できる。

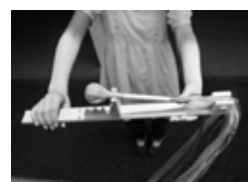


図1 投槍器とダート(流れ星)



図2 導入「投槍器」原理の説明



図3 鋸によるヒノキ材の切断



図4 クリックドリルでの穴開け



図5 「流れ星」の尻尾づくり



図6 多種類の飾り用小部品



図7 松かさもつけた飾りつけ



図8 試し投げ(尻尾を短くした)



図9 皆で遠くに飛ばす競争

導入として、約1万年以上前の「投槍器」の画像と、古代人が「投槍器」でダートを投げようとしている画像を見せた(図2)。そして、その原理を使って今回つくる発射装置で実際に「流れ星」を飛ばしてみせた。その後、「投槍器」における物理的考察の内容を説明し、どのようにすればうまく遠くに飛ぶかその原理を示した。更に古代の「投槍器」の飾りの付いた握り部分の画像を見せ、子供達にも、自由に飾りつけ自分だけの遊び道具をつくるように説明した。

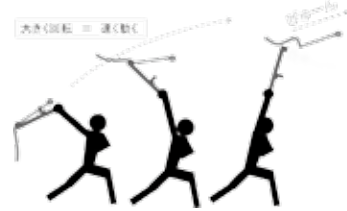


図10 流れ星の投槍器

その後、各班に分かれてカウンセラーの指導のもと制作を行った。完成後に、流れ星を飛ばし、どうすれば更に飛ぶか、尻尾を鉄で切りながら長さを調整する試行錯誤を通して考えさせた。実践の過程を図2～図9に示す。

投槍器(アトゥラトゥル)における物理的考察：

以下に、ワークショップ実践時に、導入として子供達に説明した物理的内容、教育的意義について示す。今回の「投槍器」は、ボールではなく長さを持った「槍(ダート)」を飛ばすことに面白さがある。投槍器では自分の腕よりも投槍器の長さ分遠くから振り回して投げることで、回転モーメントが加って遠心力により予想以上に勢いよく投げることができる。腕を回す角速度を ω 、肩から投槍器の先までの長さを γ とすると、投げ出す速度 v は、 $v = \gamma \omega$ となり、同じ回転速度であればより遠くから投げることでより速い速度を生み出す。大きな回転はより大きな力を生み出し、速く、遠くへ槍を投げられる。しかし、同時に、ボールと違って長さのある槍をコントロールよく投げることの難しさも実感することになる。ここに私たちの生活の中で重要な物理である重心位置が関係している。今回つくった流れ星の槍は、頭に錘りとなるスーパーボールをつけ、

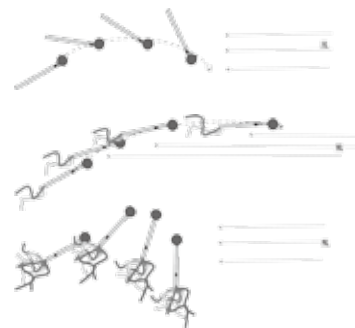


図11 槍(ダート)の重心位置(黒点)と飛び方

尻尾に長さや色を工夫したポリエチレンテープを何本も付けたものである。尻尾がない槍はすぐに落ちていくが尻尾がついているとまっすぐ遠くまで飛ばせる。そこで尻尾を長くしたり、多くつけてみると今度は急減速して飛ばなくなる。ここから子供達の試行錯誤が始まる。尻尾によって槍の重心位置をずらしていき、最適な重心位置を何度も投げながら探していくことになる。「重心」ということを知らなくても、良く飛ぶ槍の重さの中心位置の重要性を感じるはずである。槍の重心位置は陸上競技の槍の飛距離をコントロールするために厳しく規定されているように、飛距離と密接に関係している。尻尾が無く頭が重い槍は図11の上

の図のように重心まわりに回転し重い頭を下げることで空気抵抗により下向きに落ちる。尻尾をたくさんつけてお尻を重くした場合は、下の図のように尻尾から落ちていくことになり、まったく飛ばなくなる。中央の図のようにちょうどよい位置に重心があれば、槍は少し上向きで風を受けて揚力を得ることで遠くまで勢いよく飛んでいく。重さと大きさがある物は何であって動かし時には重心位置の調整が重要になる。最先端科学のロケットや飛行機であっても綿密に重心位置が計算されている。こうしたことを試行錯誤しながら流れ星の槍を作って投げることで体験していくことになるのである。

子供達が夢中になって遊び、その中で科学、物理に触れる要素は、予想外の動きをすることにある。今回の物理要因を取り入れた玩具では、回転による力、重心位置による飛び方の変化により多くの物理現象を体感できる。こうして自分達でつくって遊ぶこのワークショップでは、何度もやってみることで学ぶ科学的な手法を実践することになる。

小学生キャンプクラフトアンケート（2015）調査結果：

実践終了後のアンケート結果から概要を報告する。回答者は1年生から6年生までの小学生全学年に亘っている。なお、以下掲載した全ての表は、実数で表記する。

調査項目1.「今日の流れ星づくりは楽しかったですか」の5段階評価について表1に示す。（小学生・流れ星づくり）（回収57名）

表1「今日の流れ星づくりは楽しかったですか」

5段階評価	1（つまらなかった）	2	3	4	5（楽しかった）
実数	1	0	1	16	39

平均値4.6であり満足度は高かったと判断する

調査項目2.について表2に示す。（小学生・流れ星づくり）

表2「自分がつくったもののどこがよかったですか？思うものに○をつけてください」（複数選択可）

項目	ビューと すごく飛 ぶ	きれいに 飛ぶ	クネクネ して飛ぶ	投げやす い	形がかっ こいい	形がおも しろい	気に入っ た飾りを つけた	色がきれ い	その他
実数	20	21	6	18	5	10	21	15	4

飛ばすことが良かったと同時に、飾りについても多くの子供達が興味を持ったことが分かる。また、その他には、尻尾の長さを調節したという満足感を感じた子供もあり、導入時の物理的説明の意義は大きいと考える。

調査項目3.について表3に示す。（小学生・流れ星づくり）

表3「今日、楽しかったことは何ですか？すべてに○をつけてください」（複数選択可）

項目	のこぎり	あなあけ	ボールつ け	サンドペ ーパー	しっぽを つける	ボンドで 飾りつけ	投げ方の 練習	まっすぐ 飛ばす	遠くまで 飛ばす	きれいに 飛ばす
実数	25	29	12	8	12	13	11	10	17	11

のこぎりでの木の切断やクリックドリルでの穴開けは、子供達が非常に興味を持つ作業であることが分かる。のこぎりは小学校学習指導要領では中学年で出てくるが、手動での穴開けは出てこない。木材の基本的な加工は、学習指導要領でも指摘しているが、より低い学年でも材料を固定すれば可能であり、早くに経験させておきたい作業である。一方、当初の目標どおり、飛ばすことを工夫することは充分楽しかったと考えられる。

調査項目4.工夫における「飾り」に関する内容を表4に示す。（小学生・流れ星づくり）

表4「今日、つくったり、投げたりすることで、工夫したところはどこですか」

飾りに 関する 自由記 述項目	飾りを 工夫し て付け た	飾りを 好きな ものに した	飾りを かっこ よくし た	飾りを きれい にした	飾りを かわい くした	シンプ ルに飾 り付け をした	板に 色々絵 を描い た	後方支 え板部 分を星 空にし た	板に自 分の名 前を英 語で書 いた	自分の だと分 かりや すいよ うにし た	飾りを 少しに した	飾りを しないで飛ば せる工夫がで きた
実数	2	1	2	1	3	1	2	1	1	1	1	1

「飾り」に関する工夫は17件あげられ、調査項目1の結果と同様に興味が大きいことが分かる。

次に多かった「飛ばし方の工夫」について表5に示す。（小学生・流れ星づくり）

表5「飛ばし方の工夫」

飛ばし方の工夫に関する自由記述	飛ぶところを工夫した	まっすぐ飛ばすようにした	どうやって高く飛ばせるか	遠くまで飛ぶように人を見てお手本にした	遠心力を使ってよく飛ぶようにした	よく飛ぶように工夫した	サイドスローとオーバーバースローで投げてみた	カー杯投げた	よく飛ぶ投げ方を見つけた	新しい投げ方を探した	飛ぶ投げ方を見つけた	投げる練習をしてこつを探した	投げ方を工夫して簡単に遠くへ飛ばすようにした
実数	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1

「飛ばし方の工夫」は16件あげられた。次に実数の多かった「尾の長さ」に関する記述を表6に示す。（小学生・流れ星づくり）

表6「尾の長さの工夫」

尾の長さに関する自由記述	尻尾を切って早くした	尻尾が破れないように頑張った	後ろの尻尾を切った	尻尾を一本だけ長くしてみた	長さ（尻尾の）を調整した	尻尾をきれいに付けた
実数	5	1	1	1	3	1

「尾の長さの工夫」は12件あげられ、今回の、物理的解説のポイントがある程度理解されていた。次に多かった「道具使用」に関する記述を表7に示す。（小学生）

表7「道具使用に関する工夫」

道具使用に関する自由記述	ボンドでくっつけたところ	木を切るとき手を切らないように気をつけた	のこぎりですまっすぐ切るようにした	サンドペーパーですごく削って持ちやすくした
実数	1	1	1	1

「道具使用に関する工夫」の記述は4件あげられた。また、「気に入った」、「とにかくきれいに作った」という記述もあった。飾りに関することが最多であり、次に飛ばし方の工夫、尾の長さの工夫、道具使用の工夫の順であった。やはり、飾りに関する部分は子供の興味が大きいと考えられる。

調査項目5.の項目を整理した結果を表8に示す。（小学生・流れ星づくり）

表8「感想、コメントなど、また、今日、きづいたこと、分かったこと」

感想、コメントなどの項目	飛ばすことが楽しかった記述	活動全体を通して楽しく、面白かった	次回への意欲と感謝を語った記述	道具使用、材料に関して楽しかった記述	飛ばし方を学んだ記述	「投槍器」というテーマに關しての感想	飛ばなかったという感想
実数	14	13	12	4	4	3	2

「こんな楽しい玩具が作れてうれしかった」等、完成後の玩具で遊んだ内容の実数が最多であった。また、「楽しくて面白かった」と、活動全体が楽しく面白かったという記述も多かった。「今度からも続けてください」、「いろいろ教えてくれてありがとうございます」という意欲と感謝の内容も予想以上に多かった。「こういう道具があることを知った」等道具使用に関する新鮮な興味も示された。また、「昔の人の智慧はすごい」、「1万年前の槍の投げ方を再現し、ゲーム感覚でできたので楽しかった」等、今回の「投槍器」に関する知識を得られた喜びも語られている。以上に述べた内容は、楽しく面白く、色々学べたという肯定的記述だが、一方で、飛ばなかったという記述が2件あげられた。今回のクラフトテーマは飛ばすために、ある程度のスキルを要する玩具であるため、小学校1年生から6年生までの児童の身体的運動能力の個人差が表れたと思われる。今後、参加者の6年間の年齢巾をどの様に考えるか検討したい。

2) キャンプクラフト (幼児対象)

主催：山梨大学山梨幼児野外教育研究会、第36回 幼児キャンプクラフト

テーマ：流れ星をつくって飛ばそう

内容：ヒノキの玩具（投槍器ショートタイプと流れ星）づくり

日時・参加人数：2015年8月9日、幼児キャンプ、計28名（年中1名、年長22名、小学1年生5名）

活動時間：9時00分～12時30分（午前中3.5時間）

場所：山梨県北杜市白州ドラキュラハウス

指導協力者：山梨大学山梨幼児野外教育研究会メンバー

概要：

先に1)で述べた、児童を対象とした概要とほぼ同じであるが、幼児の工作能力、ワークショップの限られた時間等を考慮し工作物全体を小さくした。(図12) すなわち、投槍器本体のヒノキ材の長さを、小学生用より約100mm短い400mmのものにし、流れ星に見立てるダート部分を、小学生用より約100mm短い200mmにした。また、流れ星の尻尾の長さの異なるものを事前に用意し、それらの飛び方を導入時に見せて考えさせた。実践は児童を対象とした内容とほぼ同じである。導入から遊びまでの様子を図13～図20に示す。



図12 幼児用の長さの短い「投槍器」



図13 様々な長さのダート（流れ星）



図14 導入（古代の投槍器の説明）



図15 班に分かれて鋸の使用



図16 ボンドによる部品の接着



図17 様々な飾り用小部品



図18 飾り付け（接着、描画）



図19 試し投げ（尻尾は長い）



図20 全員が飛ばす発表会

幼児キャンプクラフトアンケート（2015）調査結果：

次に、実践終了後のアンケート結果から概要を報告する。（回収28名）参加者は幼稚園年長児（年中児1名、小学校1年生5名を含む）。なお、アンケート内容は、各班のカウンセラーが、幼児から聞き取り記載した記述が含まれている。

調査項目1.「今日の流れ星づくりは楽しかったですか」の5段階評価について表9に示す。（幼児・流れ星づくり）

表9「今日の流れ星づくりは楽しかったですか」

5段階評価	1（つまらなかった）	2	3	4	5（楽しかった）
実数	0	0	1	4	23

平均値4.8であり満足度は高かったと判断する。

調査項目2.について表10に示す。（幼児・流れ星づくり）

表10「自分がつくったもののどこがよかったですか？思うものに○をつけてください」（複数選択可）

項目	ビューと すごく飛ぶ	きれいに 飛ぶ	クネクネ して飛ぶ	投げやす い	形がかっ こいい	形がおも しろい	気に入っ た飾りをつけた	色がきれ い	その他
実数	10	14	5	7	11	6	8	17	4

飛ばすことが良かったと同時に、「色がきれい」に多くの幼児達が興味を持ったことが分かる。これは尻尾にカラフルな4色のポリエチレンテープを使用したためと思われる。幼児対象の制作は特に、色など装飾を工夫できる部分を充分用意することが重要だと考えられる。

調査項目3.について表11に示す。（幼児・流れ星づくり）

表11「今日、楽しかったことは何ですか？すべてに○をつけてください」（複数選択可）

項目	のこぎり	あなあけ	ボールつ け	サンドペ ーパー	しっぽをつ ける	ボンドで 飾りつけ	投げ方の 練習	まっすぐ 飛ばす	遠くまで 飛ばす	きれいに 飛ばす
実数	16	15	21	9	19	12	8	13	9	7

のこぎりでの木の切断やクリックドリルでの穴開けは、幼児も非常に興味を持つ作業であることが分かるが、幼児は全ての経験が初めての場合が多く、飛ばすことだけでなく、全ての工程に多くが興味を持ったことが伺える。

調査項目4.について表12に示す。（幼児・流れ星づくり）

表12「今日、つくったり、投げたりすることで、工夫したところはどこですか」

自由記 述項目	絵を描く ところ	山の絵を 描いた	動物の 絵を描いた	飾りをつ けた	飾りをい っぱいつ けた	飾りをか っこよく した	木で顔を をつく った	木をつ けたと ころ	色をか っこよ くした	尻尾を きれいに つけた	投げる 練習	のこぎ りでで きれいに 切る
実数	3	1	1	3	2	1	1	1	1	1	2	1

「描くこと」が実数18件中5件、「飾りつけ」に関しては15件あげられた。「投げる練習をした」と、遊びの工夫が2件、また、「のこぎりできれいに切ること」と道具使用に関して1件と少数であった。幼児は飛ばすことより、絵を描くことや飾るという行為に着目した例が多いことを示している。

調査項目5.の項目を整理した結果を表13に示す。（幼児・流れ星づくり）

表13「感想、コメントなど、また、今日、きづいたこと、分かったこと」

感想、コメン トなどの項目	楽しかった	飛ばすのが楽 しかった	まっすぐ飛ば すのが楽しか った	またやりたい	（カウンセラーの記述）子ども達が積極的に鋸や穴開けに取り組んでいて達成感や充実感を感じ る事ができて良かったです
実数	1	1	1	1	1

感想、コメントは、対象が幼児のため少なかったが、活動全体を通して楽しかった、面白かったという記述が3件あげられた。また、「またやりたい」と次回への意欲の内容が1件あげられた。また、カウンセラーの記述として指導側の眼でも肯定的な感想があった。

投槍器（アトラトル）を原型とした「流れ星づくり」ワークショップの教育的考察：

計3回実施した「投槍器」を原型としたワークショップの中から、小学生を対象とした実践1回、幼児を対象とした実践1回の内容について教育的観点から考察する。まず今回のワークショップについては、幼児から小学生まで共通して、楽しかったという大きな興味（96%が5段階評価の4以上）が示され、適切なテーマであったと判断できる。今回の「流れ星づくり」を計画する前に設定したデザイン上の3つの要件である、1.「安全なものをデザインする」に関しては、尖った槍の代わりにスーパーボールを先端に取り付ける（図13）ことにより、また、ダート部にカラーポリエチレンテープを取り付ける（図13）ことにより問題はなく、加えて、よく飛ばすための重心の意味を理解する上で役立った。2.「投槍器を原型とした子供向け遊び道具デザイン」に関しては、ヒノキ材を投槍器（発射部）に使用し、安全にデザインしたダート部を「流れ星」とすることで、野外教育の場でのキャンプクラフト・テーマとしても適していたと判断できる。3. 装飾を重視することに関しては、原型とした古代の「投槍器」の形や、握り部に刻まれていた当時の装飾の画像を見せることにより、単に飾りをつけるという指導ではなく、特に高学年の児童には、自分の大事な道具であり作品をつくるという人類史的な装飾の意義とも言えるものを子供達の制作の中に取り込むことができた。

また、今回の実践を通して、子供達は「装飾」が好きでとても楽しむという事実をアンケート調査でも確認した。実際に小学生から幼児まで、多種類用意した小さな木のパーツを造形遊び的に自由に接着して楽しむ姿（図6、7、17、18）が多く見られた。また、ダート部に使用した、カラーポリエチレンテープという素材は「色がきれい」という色彩感覚で受け止められ、それも大きな制作意欲に結びつくことも確認できた。また、特に幼児は、制作物と特に関係のない、自分の好きな絵を描くという行為（図18）も楽しんでおり、幼児の玩具づくりの中でも満足度を高める重要な活動になっていると考えられる。

物理的原理を導入時に説明することに関しては、小学生には今回の「投槍器」の原理を理解することはほぼ可能であったと思われる。ただ、参加者の年齢巾が広いことから、当然幼児にはやや高度な内容であったと思われる。しかし、カラフルなポリエチレンテープを、流れ星の尻尾と見立てて、よく飛ばすためにはどうすれば良いか、試行錯誤を通して重心・空気抵抗等について実感する原体験になったのではないかと考える。

完成後の飛ばす遊びに関しては、人間の本能的とも言うべき、遠くに飛ばしたいという目標に向かって年齢を問わず頑張る姿が見られ充分楽しんでいたが、ごく少人数の子供達は、うまく飛ばすことができず、繰り返し試みることによるスキルアップを意図した実践であったものの、そこまで到達しなかった問題は今後考えたい。

2、「スピンせず高速で走る自動車」をテーマとしたワークショップ

1) 平成26年度名古屋市瑞穂児童館・名古屋女子大学総合科学研究所共催講座 開かれた地域貢献事業「木のおもちゃを作って科学体験 名古屋市瑞穂児童館せいさくラボ」

主催：平成26年度名古屋市瑞穂児童館・名古屋女子大学総合科学研究所共催講座

内容：「すごいスピードで走る車を作ってその科学的な仕組みを学ぼう」

日時・参加人数：2015年3月31日、14名（幼児から小学校児童）、保護者7名



図21 参加者の作品（発射装置と車）

活動時間：13時30分～15時30分（午後2時間）

場所：名古屋市瑞穂児童館ホール

指導協力者：造形担当（渋谷寿：造形ゼミ生13名）、物理担当（吉川直司：物理ゼミ生1名）

概要：

発射装置と自動車（自動車や動物）をつくり、高速で走らせて楽しむ玩具づくりワークショップ⁸⁾を実践した。制作する木の自動車を高速で走らせるために、以下の「物理的考察」で解説している、輪ゴムのついた紐を車の先端部のフックに引っ掛け、勢い良く長い距離を走らせようという計画である。以前に同様の実践を行った時、勢いが大きいと、すぐ車がスピニングして止まってしまうという現象が生じ長い距離を走らせることができなかった。今回はその原因を追及して、車輪の摩擦を大きくし、長い距離を走らせるための大きな力を無駄なく車輪に伝える方法を考案した。それを基に、子供達が試行錯誤を通して考えた上で、自分だけのオリジナル自動車を完成させ、走らせて遊び、発表会を行い鑑賞教育とする計画とした。実践の概要を図21～図29に示す。

「すごいスピードで走る車を作ってその科学的な仕組みを学ぼう」における物理的考察：

以下に、ワークショップ実践時に導入として子供達に説明した物理的内容、教育的意義について示す。今回、図30のような車輪を4つ持つ木の車を作り、車の頭のフックに発射装置の紐の先を引っかけて振り回して走らせる。オプションとして輪ゴムの紐の間に輪ゴムを入れることで、いろいろな走らせ方を考えながら、思い通りに加速させる発射方法を考えていくことになる。発射装置の棒と少し長い紐で車を振り回すことで、回転運動の慣性モーメントにより車は予想以上に加速される。この加速を体感することで、遠心力のすごさを実感することになる。しかし、すごい加速ではあるが、車はまっすぐには走らず、クルクルとスピニングしたり急減速したりする。勢いよく発車した車をよく見ると、木の車輪が床を滑っていることが分かる。ここで再び物理現象に出会うのである。車輪と床との摩擦では、すべり摩擦は転がり摩擦の約10倍と大きいことから、車輪のすべりは急減速やスピニングを引き起こすこととなる。つまりまっすぐに速度を保ったまま勢いよく走らせるためには車輪が床を滑らないように転がる必要がある。車輪がすべっている状態はブレーキをかけ続けていることと同じである。そこで、車輪がしっかり転がるに



図22 摩擦の原理の説明
（パワーポイント）



図23 学生による道具
使用の実演



図24 学生の制作サポート



図25 鋸の使用サポート



図26 豊富に用意した
飾り用部品



図27 工夫した作品



図28 飾りをたくさん
つけた作品



図29 発表会での試走

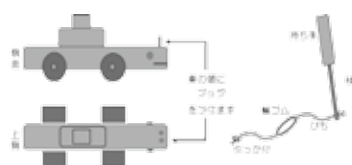


図30 車と発車装置

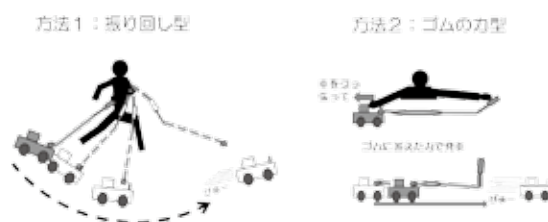
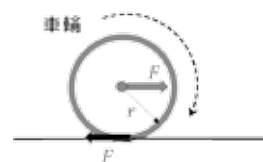


図31 発車装置の使い方

はどうすればいいかを考えると、いつも見ている自動車の「タイヤ」を思い出すだろう。実際にゴムのタイヤを車輪に巻くことで、すごい速度でまっすぐに車が走ることを体感することになる。ここでタイヤの重要性を実感する。車輪が転がる摩擦力を F 、床を押し付ける力（車の重さ）を N 、転がり摩擦係数を ρ 、車輪半径を r とすると、転がる力は

$$F = \frac{\rho N}{r}$$

と表される。床と車輪の静止摩擦係数を μ とすると、車輪がすべらずにしっかり転がる条件は、車を前方に動かす力が静止摩擦係数を超えない $F < \mu N$ となり、つまり、 $\rho < r\mu$ が条件となる。この条件から、車輪が転がって進むには二つの方法があり、車輪の半径を大きくするか、静止摩擦係数 μ の大きな車輪にする必要があるということになる。静止摩擦係数の大きな物とはゴムであり、ゴムタイヤは床としっかり接地して転がることで減速や横すべりを防ぐ役割を担っている。



図物32 車輪の転がり

自分たちで作った木の車を、加速・発車装置で思い通りにコントロールして走らせようと工夫することで、回転による力の現れ方やゴムタイヤの大事さ実感することになる。夢中で遊ぶ中で、子供達は物理に触れ、物理によって動きを制御することを知らずに経験することになっている。

「スピンせず高速で走る自動車」をテーマとしたワークショップアンケート（2015）調査結果：

調査項目1. 「今日の車づくりは楽しかったですか」の5段階評価について表14に示す。（幼児、小学生）

表14 「今日の車づくりは楽しかったですか」

5段階評価	1（つまらなかった）	2	3	4	5（楽しかった）
実数	0	0	1	0	13

平均値4.9であり満足度は高かったと判断する。

調査項目2. について表15に示す。（幼児、小学生・車づくり）

表15 「あなたの車はどんな車になりましたか？あてはまるものに○をつけてください」（複数選択可）

項目	速くまで すすむ車	はやい車	回る車	ガタガタ する車	すぐとま る車	楽しい車	かわいい 車	かっこい い車	ふしぎな 車	おもしろ い車
実数	3	4	2	1	1	5	6	3	1	3
要素	性能（計11）					装飾（デザイン）（計18）				

性能に関するより装飾に関する内容が多かった。

調査項目 3. について表16に示す。(幼児、小学生・車づくり)

表16「自分の車のじまんでできるところはどこですか？」

項目 (自由記述)	顔を自分で仕上げた	ハートをいっばいつけた	水玉をバランスよくつけた	水玉のつけ方	絵をかけた	ドーナツの形の木をたくさんつけた	かっこいい色	変わった形の木を工夫してつけた	椅子をつけた	椅子と屋根がある	速い	長く走る	全部すてきにできた
実数	7							3			2		1
要素	装飾 (デザイン)							形状			性能		総合

この設問も装飾に関する内容が多かった。

調査項目 4. について表17に示す。(幼児、小学生・車づくり)

表17「車や走らせ方で工夫したところはどこですか？」

項目 (自由記述)	立っても座ってもますっぐ走る	紐をやさしく引いたらますっぐ走る	人參をあげると走る	ゴルフのように走らせた	スポーツカーっぽくした	ドアに飾りをつけた	人形をのせて走るようにした	背を低くし速く走った	早く走るようにした
実数	1	1	1	2	1	1	1	1	1
要素	走らせ方 (計5)				装飾 (デザイン)・形状 (計5)				

走らせ方と装飾に関する記述は同数であった。

調査項目 5. について表18に示す。(幼児、小学生・車づくり)

表18「感想・コメント 今日、わかったことや気づいたことなど、自由記入」

項目 (自由記述)	ボンド・やすりが楽しかった	木はやすりをかけないとざらざらしている	たくさんパーツから選べるのがよかった。	ヒノキが長もちすること	ゴムをつけないと進まない	楽しかった	お姉さん教えてくれてありがとう。	次回も来たい	木くずがでるので掃除機があればよい
実数	1	1	1	1	1	4	3	1	1
要素	工作 (計3)			知識 (計2)		感想 (計3)			要望

工作に関する記述 3 件、知識 2 件、感想 3 件、要望 1 件であった。

「すごいスピードで走る車を作ってその科学的な仕組みを学ぼう」ワークショップの教育的考察：

計 1 回実施した、発射装置と自動車づくりワークショップの内容について教育的観点から考察する。今回の、発射装置と自動車づくりをテーマとした発端は、人の腕と発射装置の紐の回転モーメントや、ゴムの反発力を最大限に利用して、制作した自動車を高速で、スピンさせず、長い距離 (20~30m) を走らせようとする意図にあった。なぜなら、自分で制作した自動車では子供達が驚くくらいの速さで長い距離を走らせるという、スケールの大きな体験を通した喜びを感じてもらいたいと考えたからである。このようなスケール感にこそ、ワークショップによる玩具制作の楽しさと喜びがあると筆者は考える。造形活動の基本は子供中心であるべきで大人の介入は不要であろう。しかし、ワークショップという不特定多数の子ども達を対象とし、限られた時間内での実践を考えると、このような、大人のある程度の介入があるインパクトある活動であっても良いのではないかと考える。実践後のアンケートでは今回のワークショップについて、幼児から小学生まで共通して、楽しかったという大きな興味 (96%が5段階評価の4以上) が示され適切なテーマであったと判断できる。この意味で、今回の実践では導入時に、スピンやスリップをしない方法として、車輪の摩擦及び自動車を強力に前に押し出す勢いを大

きくするための回転モーメントに関する物理的解析を、子供達に分かりやすく説明した。この過程は、大きな教育効果があったと実感しており、子供達が自分だけの自動車をつくる時の基本構造に取り入れていた。もちろん、事前に予測し、ある意味指導者が誘導をした訳だが、単に、後輪に幅広輪ゴムをつけさせるだけの指導と、その意味を理解した上での工作では大きく教育的意味が異なると考えられる。ただ、この理解は、小学生の中学年～高学年はそのまま受け入れられ、応用にまで展開可能であるが、今回の参加者は幼児、低学年児童も混じっている。低年齢の子供達は、理論的理解は困難であるが、現象としてはある程度実感できたのではないかと考える。

一方、今回の実践を通して、「装飾」の意義が大きいことに気がついた。特に幼児は、制作するものと直接的には関係ないものを飾りとして描く傾向が認められた。幼稚園教育要領の表現の内容⁹⁾にも記載があるが、これは、幼児の描画の発達段階から見ても納得のいくものである。実際には概念画や、カタログ的にハート等好きなものを羅列する等女兒にその傾向が大きかった。また、幼児から小学生まで、飾り付けは楽しい作業として様々な工夫を行い、個性溢れる作品に仕上げた。そのためには、様々な形をした、小さな木の部品を多種類多数用意したことが良かった。子供達は、小学校学習指導要領図画工作編¹⁰⁾にもある造形遊び的な感覚で、様々な、形を並べたり、重ねたり、接着して飾り付けを楽しんだ様子が伺えた。今後は、「装飾」という行為の幼児・児童にとっての意味を深く検討して、意義深い玩具制作ワークショップに繋げたいと考える。

結 語

本論では、「投槍器」の動作原理を取り入れた玩具づくりを2回、「スピンせずに高速で走る自動車」をテーマとした玩具づくりワークショップを1回の計3回の実践を、アンケート調査と制作時の子供達の作業、言葉等の観察を通して分析した。どちらの実践も、導入時に玩具動作の物理的原理を子供達にパワーポイント(iPad、A3ファイル使用)で説明¹¹⁾し、制作時に構造上の工夫を促した。実践後のアンケート調査の結果から、ヒノキという素材を使用した、ものをつくるという造形的面白さに、玩具の動作原理を知って制作に反映させたという当初の狙いどおりの教育的成果と、道具使用に関する実体験的理解、素材として重視しているヒノキの五感を通じた理解、そして、玩具の動作原理が分かったという、造形領域だけではなく物理的理解を含めた複合的実体験になったことが推測できる。すなわち、造形領域と理科領域の複合的教育における一つの可能性を提案できたと考える。

また、高学年になると、今回の「投槍器」に関する人類史的興味や、伐採後1400年保つという木曽産のヒノキの植物的・文化史的興味も引き出すことができた。残された課題としては、スキルを要する玩具をテーマにする場合、どうしてもうまくできない子供に対して、どのような教育的配慮をすれば良いかという問題が上げられ、今後検討したい。

一方、3回の実践を通して、一見見逃しがちだが子供達の多くは「装飾」に大きな興味を示し、低年齢になるほど、玩具そのものより自由な表現としての、玩具への描画や木の小片による装飾を楽しんだ傾向があった。また、今回報告した3回の実践の内、2回は野外教育の場であり、そこでは特に、スケールの大きな遊びが求められると共に、インパクトのある色も大きな興味を引くことが分かった。

今後、今回の検討を通して子供達も興味を示した、「ものと人類史」との関係から新たな玩具テーマを提案するなら、「投槍器」の後に人類が発明した「弓矢¹²⁾」の可能性が考えられる。また「装飾」という行為を人類史的に検討した上で、子供達が自由に装飾という行為を楽しむ行程を含んだ玩具テーマを提案できる可能性もある。このような新たな可能性を考えながら、今後も、造形領域と物理領域の複合的教育効果を引き出す、オリジナルの玩具づくりプログラムを開発したいと考える。

本論は、平成25～28年度科学研究費補助金基盤研究Cにおける研究「物理的解析を組み入れた玩具づくりワークショップ・プログラム及び玩具デザイン開発」（課題番号：25381221）における、平成27～28年度分の成果である。最後に、山梨大学川村協平教授、山田英美山梨大学名誉教授、キャンプ・カウンセラー諸氏、名古屋市瑞穂児童館関係者、名古屋女子大学造形・物理ゼミナール学生、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（共）、「ものづくりワークショップの実践的研究（XI）—物理的要因を組み込んだワークショップ展開 2—」、名古屋女子大学紀要、家政・自然 人文・社会編第61号、2015
- 2) 訳者 小沢千恵子、アルフレッド・W.クロスビー、『飛び道具の人類史』、pp44～64、紀伊国屋書店、2006
- 3) 前掲書2)、p62、紀伊国屋書店、2006
- 4) 前掲書2)、p63、紀伊国屋書店、2006
- 5) 国立歴史民族博物館直良コレクション
- 6) 国立民族学博物館の企画展「未知なる大地グリーンランドの自然と文化」における狩猟・漁労の展示コーナー
- 7) 山梨県立博物館の第25回ナスカ展におけるイベント
- 8) 拙稿、「場の広がり 児童館でのワークショップの実践」、pp192～193、編集：辻泰秀『図画工作・基礎造形—美術教育の内容—』、建帛社、2016
- 9) 『幼稚園教育要領』、文部科学省 平成20年告示、p12、株式会社フレーベル館、2016
- 10) 『小学校学習指導要領』、文部科学省、p87、東京書籍株式会社、2014
- 11) 吉川直志、「投槍器の解析」、「スピンせず高速で走る自動車の解析」レポート、2016
- 12) 前掲書2)、p65～69、紀伊国屋書店、2006