

自作ホバークラフト及び大型回転台作りを通したサイエンス部の活動

北海道有朋高等学校 齋 藤 隆*



目 的

最近の青少年の理科離れ、特に物理離れは高等学校におけるサイエンスクラブ（特に物理系）の活動の停滞と無関係ではない。また、物理履修率の減少にも現れていることはよく知られていることである。物理離れは教育課程上での工夫にも限界がある。私は特別活動の中で科学の面白さ楽しさを通じて体験させていかなくては物理教育の再生は成されないと感じている。このため、本校サイエンス部の生徒には目標を持たせると同時に『もの作り』を通して科学を体験していくことを指導の基本に据えている。また、教材は部員が協力して作り上げ、使って楽しめる教材を選んだ。物理を履修していなくても経験と協調心があればこうした部活動を通して科学を学んでいける。従って、人間性の陶冶と科学の体験学習が同時にできる。

概 要

当初より、サイエンス部の活動の目玉は古チューブや古掃除機を利用したホバークラフトの開発改良であり、現在でも改良を重ね、ほぼ等速直線運動するタイ



写真1 旧型空気溜め
(強力な空気圧のため、ゴルフボールも浮き上がる)

プまで5代にわたって開発した。また、機械式では大がかりになる搭乗型の大型回転台を、ホバークラフト方式で台全体を支え、中心軸に負荷をかけない工夫で手軽に製作し実用化できた。この実験台の性能は周期2秒から12秒、搭乗能力は大人で6人、子供で15人である。

また、これら自作大型実験装置を用いて幾つかの搭乗実験を工夫した。ホバークラフトについては作用・反作用、慣性運動、円運動等、また、大型回転台では遠心力とコリオリ力について定性的な効果が分かる実験の工夫ばかりでなく、定量的にデータを解析し遠心力やコリオリ力の効果を調べる実験を行った。この結果から、大型回転台は物理実験ばかりでなく地球物理学の現象についても『ミニ地球』として利用でき、今後、さらに実験装置や教具の工夫をしていくことで様々な応用が考えられる。

教材・教具の製作方法

1. アクリル製透明ホバークラフト

初期型の空気溜めはプラスチックコンテナに古掃除機のモーターファンを取りつけていたが(写真1、2)、5代目の新型は空気の流れの可視化、教材呈示用に、また、摩擦抵抗を低減させるためにパイプを太くするなど厚さ5mmの透明アクリル製のものを製作



写真2 '95青少年のための科学の祭典で旧型ホバークラフトに子供を乗せて滑走させるサイエンス部員

* さいとう たかし 北海道有朋高等学校 教諭 〒064 北海道札幌市中央区南21条西12-2-32 TEL(011)563-1105



写真3 排気ホースの口径を大きくしたため全て作り直したアクリル製新型空気溜め



写真4 新型ホバークラフト（科学の祭典会場にて）
（空気溜めはプラスチック製にして強度を保った祭典用タイプである）

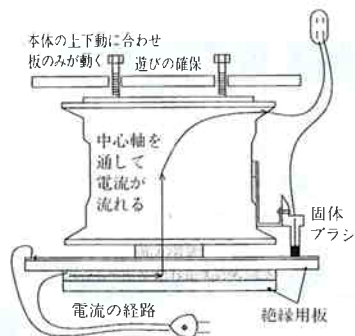
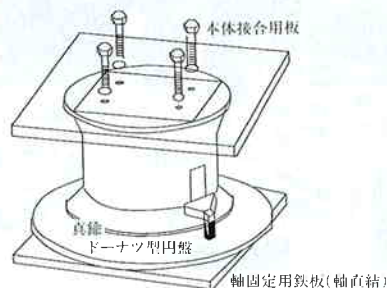
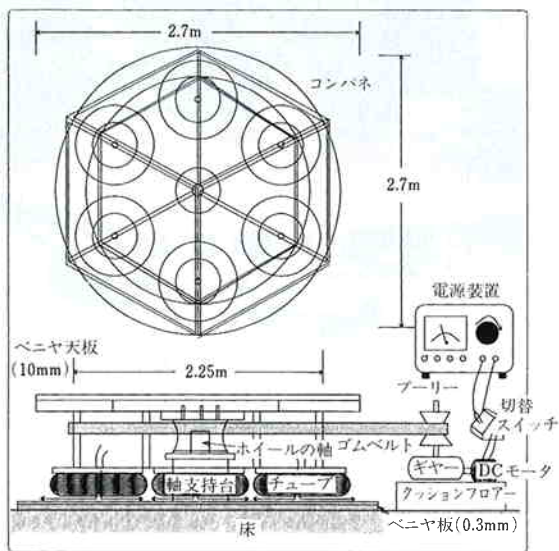


図1 大型回転台の構造と回転装置模式図

した。また、空気排出のホースの継手も48mmパイプをバンドソーで45°に切出せばL字型は簡単に作成できる。4連型もL字形の角を45°で切出し、互いに突き合わせて接着すれば写真3のようになる。強度に関して幾分劣るので継ぎ目全体を熱硬化型の接着剤で補強する。空気溜め的一方の口は蓋代わりにビニールテープで止め、空気溜めの膨張によりアクリル板が割れるのを防ぐことができる。

さらに、この空気溜めは、従来のホバークラフトの場合とは上下逆にシャーシに固定する。空気吸入口からの吸込みを防止し、底面全体が椅子として利用できる。また、上下逆にする事で、ドレンホースの長さも極めて短くすることができ、空気溜めからの空気の流れに伴う抵抗を少なくすることができた。一挙三得の工夫になった。ただし、逆さにするので、継手の保護と空気吸入口付近の空間を確保するために、特別の台を製作する必要がある。

Ⅱ. ホバークラフト方式大型回転台（図1）

当初、回転台の製作にあたって考えたのは、従来の中央の支点だけで支えるのではなく、ホバークラフトの原理で台全体を支え、中心軸はあまり負荷のかからぬように考えた。しかし、後に、動径方向へ力がかかるため、中心軸を床に敷いたベニヤ板の中央部に固定した。また、外部電源としたために、ベニヤ板の隙間を利用して、コードをはわしている（写真5）。シャーシは、アルミ製に比べ重たくなると考えられるが部員皆で作ることと、簡単な道具で手軽に作れることから木製にした。ドゥブチとタルキを用いて骨組みを作り三分割できるよう工夫した（写真6）。

また、天板を厚手のベニヤ板でフレームとネジ止めることで全体が補強されている。空気溜めは回転台の重量を考慮し従来のプラスチックコンテナ製を3台用い、空気排出部（スカート）は従来のホバークラフトのものを6個流用した。一連の大型回転台の組み立て写真から分かるように、中心軸固定のためのベニヤ板を敷き、その上には、スムーズな回転のためのクッションフロアを敷いている。祭典などのときは雨対策のために、木製台を床にしている（写真7）。



写真5 車のホイールを利用した中心軸回転装置
(古掃除機のモーターの固体ブラシを
利用した回転接点がアイデア)

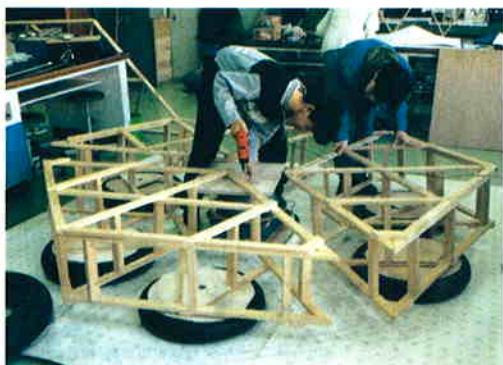


写真6 3個に分解できる木製シャーンの組み立て



写真7 組み立てが完成した大型回転台
(内部の構造がよく分かるように天板の
一枚はアクリル製にしてある)

学習指導方法

I. ホバークラフトによる実験

ホバークラフトを長い廊下で走らせ、その速度変化から摩擦の影響を調べる。従来の流しの排水ホースを用いていたものよりも、今回開発した透明型は空気の排出抵抗をなくすため内径5cmのパイプを用いた。この運動の解析結果を見ると、速度変化（加速度）が極めて小さいことから等速直線運動をしていることが分かる（図2）。この他にも、旧来のタイプ2台の綱引で作用・反作用を確認したり、平行に走らせ、互いにキャッチボールができることから相対速度の概念を植えつけさせる。また、走行中に真上にバスケットボールを投げ上げ、必ずまた自分のところに戻ることや円運動を実際に行わせ続けるためには、綱を引き続けなければならないことを実感させることで運動の3法則が理解できる。

II. 大型回転台での実験

1. 遠心力の存在の可視化（写真8）

遠心力を可視化するため、長さ1.8mの水槽を用いて、上昇した水位と回転角速度との関係を調べ、回転角速度の2乗が水位差にほぼ比例していることが分かった（図3）。このため、水面が重力と遠心力の合力により放物面になっている。また、演示実験としては回転中にろうそくの炎の向きや油で満たした管中の気泡の動きを観察し、遠心力についての理解を深めた。また、台上に人が腹ばいに乗り、回転が高速になるほど大きな遠心力の存在を体感した。さらに、台に乗って記録したビデオ映像から、静止系との違いについて大いに理解を深めた。



写真8 回転する長尺水槽の放物水面を観察
(水槽の水に働く重力と遠心力の
合力により水面が放物面になる)

透明ホバークラフトの滑走実験

v-tグラフ及びa-tグラフ(初速度毎)

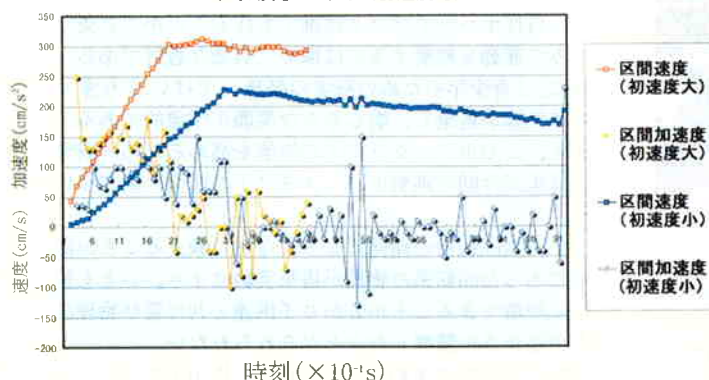


図2 透明ホバークラフトの滑走実験
(初速度が速い場合と遅い場合とに分けて、
速度と加速度の値を比較した)

回転角速度の2乗と水位差との関係

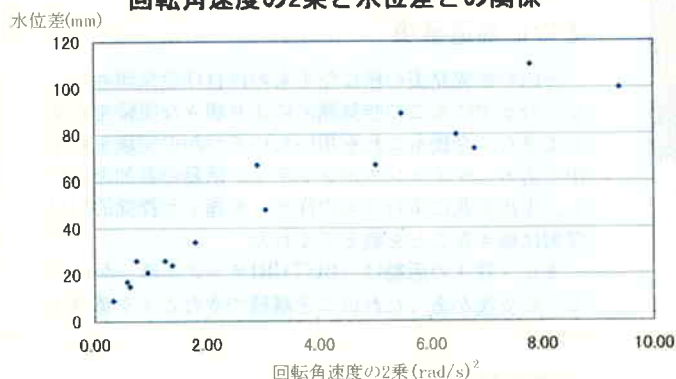


図3 回転角速度の2乗と水位差との関係

2. 回転台上での球の運動について

(1) コリオリ力の効果的実験(写真9)

コリオリ力の存在を台上で感じとるため、台上でボールを転がしたり、ミニバスケットボールを用いてシュートをする、いずれのボールも曲がってしまい、思うように受け取ったり、ゴールすることが難しくなる。これらについては、『青少年のための科学の祭典』などでは子供たちも楽しく遊びながら学習できるので大変有効である。

(2) エアバズーカ砲による水平投射運動の測定(写真10)

台との摩擦の影響をなくして、台上の物体の運動に及ぼす回転の影響を定量的に正確に求めるため、ゴルフボールを自作のエアバズーカ砲で水平投射させた。実験は全て回転台を反時計回りに回して行った。水平投射されたゴルフボールが回転台上に落ちるように初速度を設定し、静止した状態で発射した時の落下位置と回転中に発射した時の落下位置のずれを計測し、回転角速度とゴルフボールの運動に及ぼす影響を調べた。この結果、鉛直に自由落下しながら、水平方向にも等加速度運動していることが分かった。

(3) 大型模型による気象現象の可視化(写真11、12)

高気圧や低気圧に見立てた発泡スチロール製の大型気象模型を回転台上に設置し、そこに液体窒素を流しながら回転させる。液体窒素は空気中の水蒸気を瞬時に冷やし、白い霧状にさせるので、回転中の空気の流れが目に見えるようになる。こうすることによって、地球上で実際に生じている気象現象の内、高気圧及び低気圧を吹く風をこの大型回転台上で再現することができた。



写真9 大型回転台上に乗ってコリオリ力の体験



写真10 エアバズーカ砲で発射したゴルフボールの軌跡を追う



写真11 回転する低気圧模型の空気の流れの観察



写真12 反時計周りに回転した時の低気圧内の風の動き
(北半球の場合)

実践効果

Ⅰ．自作ホバークラフトは誰でも作ることができ乗ってみて運動を理解するには極めて有効な教材である。特に、『青少年のための科学の祭典』ではいつも多くの子供達が搭乗し、嬉しそうな笑顔が印象的である。また、このホバークラフトの性能を高めるための研究の成果が今回の透明ホバークラフトの開発に結びついた。

Ⅱ．大型回転台の開発により、今まで教えることが困難であった回転系の物理が搭乗実験により、いとも簡単に理解できることが分かり子供達と共に喜び物理法則の確かさに驚嘆したことが忘れられない。

特に回転系で運動している物体に作用するコリオリ力の存在が様々な地球物理的現象をもたらしていることが理解された。また、遠心力に至っては、サイエンス部員が自ら台上での高速回転に挑み、遊び心を持って実験に臨むなど、部員の姿勢も大きく変わった。さらに、定性的で終わりがちな実験も計測を通して、定量的なデータ収集に努め、解析できたことも大きな収穫である。

その他補遺事項

今回の研究発表の核になるものは自作空気溜めである。今までにもこの空気溜めにより様々な実験を考案してきた。今後もこれを用いたいくつかの実験を考案中である。サイエンスボランティア活動の参加を目指し、生徒と共に歩む『もの作り』を通した探究的物理学習は様々なことを教えてくれた。

また、我々の活動は「BUTURIサークルほっかいどう」の支援があったからこそ継続できたことを感謝したい。

参考文献

- 1) 『科学技術体験活動マニュアル』日本科学技術振興財団 Vol.1 - 3
- 2) 『'96青少年のための科学の祭典』札幌大会ガイドブック