

事業報告

サイエンスショー「スーパー！スーパーボール」実施報告

久松 洋二*

A working report on “Amazing behavior of a bouncing super ball !”

HISAMATSU Yoji

Abstract : This paper reports the essential part of the demonstration to explain “amazing behavior of a bouncing super ball” which was carried out as one of the science-show programs at the Ehime prefectural science museum. The topic we took as an example was “Angle of incidence doesn’t equal angle of reflection in bouncing superball.” A superball has properties which are bouncy, well roll, and with a large friction force. Super ball cause interesting bound that don’t follow the prediction, because of the nature with a strong friction force rather than a well bouncy. We have introduced the real highly reproducible bound even in seemingly unpredictable bounce. This paper describes the outline of experiments and how to construct instruments in detail.

キーワード : スーパーボール 完全弾性 跳ね返り係数 バウンドの性質 バウンドの方法 反射 垂直な壁
Key words : superball, perfectly elastics, the coefficient of restitution, propaties of bounce, bounce methods, refraction, vertical channel

1 はじめに

スーパーボールは子供達に定番の玩具であり、とてもよく弾むことが楽しい直感的な玩具である。ボールであってもパスやキャッチをする遊びではなく、床に弾ませるだけの単純な遊びが多いため、誰もが気軽に遊んだ経験があり広くその魅力が知られている玩具でもある。しかし、ただ高く弾ませるだけがスーパーボールの楽しみ方ではない。むしろ高く上がった後に待っているバウンドこそ真の魅力がある。高くまで上がれば手元から離れた場所に落下することが多く、そこに平らな着地点が待っているとは限らない。何か障害物や段差があると、落下した瞬間にあらぬ方向にスーパーボールが飛んでいってしまう。それも目で追えないくらい素早く動くこともしばしばある。そのような跳ね方をしたスーパーボールは少し厄介で、追いかけても弾んだスーパーボールは掴みにくく、狭い隙間に転がり入ることもよく起こる。普通のボールとは違って予想できない急激な運動変化を起こすボールなのだ。たとえ手を伸ばせば取れる高さで跳ねていても、予想して伸ばした手の先に跳ねず、意外な場所に向かってバウンドしてキャッチし損ねることもある。そんなイレギュラーなバウンドこそがスー

パーボールの魅力であり、実はそのバウンドは予想不能どころかボールの性質に依存するきわめて再現性の高いバウンドであることも分かっている。

愛媛県総合科学博物館では平成27年度夏期のサイエンスショーとして「スーパー！スーパーボール」を実施した。よく弾むだけがスーパーボールではない。本当は予想外にも見えるバウンドこそが楽しく、豊かな科学性を表していることを紹介する実験を行った。スーパーボールには、よく弾む、よく転がる、摩擦が大きいという3つの大きな特徴があり、そのためにとても魅力的なバウンドが引き起こされる。それも偶然の産物ではなく再現性のある科学的なバウンドであることも分かり、その結果、もっと不思議なバウンドはないか自分で確かめられるようバウンドの知識を整理する内容とした。

本稿では、愛媛県総合科学博物館で実施したサイエンスショー「スーパー！スーパーボール」について、そのショーの構成と実験内容、製作して使用した実験機器について報告する。

2 実験項目

本実験ショーはスーパーボールのよく弾む、よく転が

* 愛媛県総合科学博物館 学芸課 科学・産業研究グループ
Curatorial Division, Ehime Prefectural Science Museum

る、摩擦が大きいという3つの性質に注目して、それらの性質をよく表す実験を紹介しながら最終的にスーパーボールの特徴的な予想外に見えるバウンドを紹介解説するストーリーで展開し、順序で実験を行った。

(1) 導入

- ・スーパーボールクイズ

(2) スーパーボールの基本

- ・スーパーボールはよく弾む
- ・スーパーボールの断面
- ・スーパーボールはよく転がる

(3) スーパーボール 驚きのバウンド

- ・おかしなバウンド
- ・テーブル反射

(4) スーパーボールテクニック

- ・おどろきバウンドテクニック

3 実験の構成と内容

よく跳ねることを含め、スーパーボールがバウンドした時に見せる興味深い運動に気づき、その運動を性質として統一的に考え、スーパーボールのバウンドを自ら実験して確かめるよう導くことを目標にショーを構成した。

3.1 導入

スーパーボールの科学的な着眼点を意識し、後に続く実験に興味を持たせるために、スーパーボールのクイズを行った。マルバツ式の設問で解答する形式で、転がり方や跳ね方、材質、発見された時代など8問用意した。この実験ショーは実験項目が多く、本体のショーが長くなる傾向にあるので、ショーが始まる前の観客とのコミュニケーションに使用することもあった。

また、スーパーボールの危険性はクイズに取り入れるとともに、ショーの冒頭や実験中、ショーの最後など折りに触れて説明した。大きなボールは重く人や物に当たると危険であること、小さなボールでも速い速度で動く時は注意して実験すること、小さな子供の誤飲への注意などを説明した。

3.2 スーパーボールの基本

床でバウンドさせて、よく弾むというスーパーボールの最もなじみのある性質を確認した。自由落下や床への投げ下げについてピンポン球やテニスボール、高反発ボールなどと比較することで、その性質を確かめた。半径の違うスーパーボール同士を比較することも加え、来館者に結果を予測してもらいながらボールの弾みについて比較実験を行った。また、よく弾む性質を利用したスーパーボールストローロケットの実験も紹介した。大きなスーパーボールに刺した竹串に、1個または2個のスー

パーボールを通した多段式発射機を用意し、その竹串の先端にストローを刺したものを落させてバウンドすると、スーパーボールのバウンドエネルギーでストローが高く飛びあがる。バウンドとストローが高く飛び上がる関係性について問いかけを通して、バウンドの瞬間に生じるボールの伸び縮みと、その力がいかに大きいかを気づかせる解説をした。その力はボールの材質であるゴムによることも強調した。

ゴムの伸び縮みが大きな力を生むことはトレーニング用のゴムで紹介した。2メートルほどのストレッチゴムの一端を壁面に取り付け、もう一端にテニスボールを結びつけ、ひっぱったゴムを手放すと勢い良くボールが飛ぶ。観覧者から体験者を募り、飛んで来たボールをバットで上からたたき落としたり手で横から掴めるかを試してもらった。目で追えてもボールのスピードについていけず、伸びたゴムが強い力で縮むことを実験で体験した。

同じゴムの伸び縮みでも内部の構造の違いで生み出す力に差が生じる。テニスボールとスーパーボールとで跳ねる量が違うのは、中が詰まっているか中空であるかの違いであり、予め用意しておいた半分に割った2種のボールを観覧者に渡し、内部の構造や握った時の反発力を確認してもらった。

内部が詰まっている構造は、スーパーボールのよく転がる性質をも生み出す。そこで数種類のボールを坂道で転がらず競争を行って構造が転がり速度を決めることを確かめた。ピンポン球やテニスボール、鉄球など、重さ大きさ中身の詰まり具合の違うボールを用意してスーパーボールと転がり競争をする。中身が詰まっているボールは、その大きさや材質に関係なく一番速く転がるのが確かめられる。中身が詰まった球体は回転のしにくさを表す慣性モーメントが最も小さくなるためである。キャッチし損ねて転がったスーパーボールが瞬間に遠くまで転がって狭い隙間に入り込んで困った経験を持つ人は多いようである。スーパーボールが他のボールより転がりやすいために素早く転がる上に、障害物に当たっても止まることなく跳ね返りと転がり続けるためであることを解説した。

3.3 スーパーボール 驚きのバウンド

バウンドするボールをキャッチする時、私たちはバウンド前のボールの高さと並進速度からバウンド後のおおよその位置と速度を予測して捕球動作を行う。そのため予測位置や速度と大きく異なる運動をするバウンドはイレギュラーバウンドと呼んで、バウンド接地点の不良を原因と考えることが多い。ところがスーパーボールのバウンドを調べると、接地点が平面であったとしても多くの場合イレギュラーバウンドを起こす。通常のボールのバウンドと異なる軌道を描く場合が多いのである。斜め

に入射したボールが真上に跳ねる場合や、入射方向に逆戻りする運動は、スーパーボールで普通に起こるバウンドでもある。この通常のボールと違ったイレギュラーバウンドに気づいている人も、なんとなくよく跳ねる性質が引き起こす軌道だと考えているふしがある。実はよく弾む性質とは関係なく、接地位置の大きな摩擦力に起因するのだが、その性質をスーパーボールのユニークなバウンドと一般的なボールのバウンドとを比較しながら明らかにする。

直交する2つの壁を順に跳ね返る場合と平行な壁と床を順に跳ね返るときに起こるユニークなバウンドを実演して、スーパーボールのイレギュラーなバウンドを紹介した。床、壁の順にバウンドして高く跳ね上がったスーパーボールは、山なりの軌道を描きながら前進後退を交互にくり返す¹⁾。これをマウンテンバウンドと名付けて実演した(写真1)。また、壁、床の順にバウンドさせると左右の壁と床の間でリズムを取るようにバウンドするので、タイコと名付けて紹介した(写真2)。左右の壁の一方を低くするとタイコバウンドの最後に壁から外にボールが飛び出してくる。飛び出したボールには強い逆回転がかかっており、床でバウンドするとほぼ真上に跳ね上がり真下に落下する。その落下バウンド後は低い軌道を描いて素早く真横にスライドし、次のバウンドでは再度真上に跳ね上がる。以下、ほぼ垂直のバウンドと素早い真横へのスライドを繰り返すのでステップバウンドと名付けて紹介した(写真3)。飛んで来たボールが進行方向に向かって等間隔にバウンドせずに2種のバウンドを1セットとしてくり返す特殊な軌道を描くことを、マウンテンとタイコからのステップバウンドの実演で紹介した。

さらにバウンドの科学的な考察を進めるために、もう1つ奇妙かつ単純なバウンドを実験した。用意したテーブルの下にスーパーボールを投げ入れる。床でバウンドしたボールはテーブルの天板の裏に再度衝突する。その後の運動の意外な結果に注目するため、クイズ形式でその後の軌道を予想してもらい、予想結果が正しいか、1人選んだ観覧者が実際にテーブルの床に投げ入れる実験を行った。実験結果は、天井でバウンドしたボールはそれ以上前には進まず、反転して自分の手元まで戻ってくるというもので、壁に当たるわけでもないのに帰ってくるボールに、体験者も観覧者も一様に驚く実験となる(写真4)。

テーブル反射するスーパーボールの運動を解説するために、スーパーボールの運動が一般的に起こる現象の延長上にあることを印象づけるため、スーパーボール以外のボールを使った実験で説明した。まず、無回転で投げたバスケットボールを床でバウンドさせ、バウンド後に順方向(前に転がる向き)の回転が生じることを見せる。

その後、逆回転を与えながら少し前方に落下させたバスケットボールがバウンドすると手元まで戻って来ることを見せた。ボールはバウンドによって回転を得ること、ボールの回転は軌道を逆転させる効果を持つことを実験して確かめたのである。この事実を整理した上で、スーパーボールによるテーブル反射のスーパースロー映像を流して、運動の様子を確認した。床でバウンドしたスーパーボールは強い順回転を獲得し、その回転方向はテーブルの天板裏にとって逆回転となるので、天板裏でバウンドすると手前に戻ることを映像で確認しながら解説した。実は、一般のゴムボールでテーブル反射の実験をしても、ボールは光の反射のようなジグザグの軌道は描かず、手元まで戻ることはなくともテーブルの他端から飛び出すこともできず、床と天板に挟まれた空間に留まるようなバウンドを続ける。

スーパーボールの引き起こす、一見すると特殊なバウンドは、接地時に生まれる回転が生み出し、それは摩擦力が元となっていることを解説した。始めに説明したゴムが材料であることとつながることになる。スーパーボールのバウンドの特徴は、ゴム製の一樣球であるために、転がりやすく、弾みやすく、摩擦が大きいことで説明できることを再度整理して解説した。

3.4 スーパーボールテクニック

実験の最後に、性質を総括するバウンドテクニックを紹介した(写真5)。エントツ脱出と名付けたバウンドテクニックで、垂直に立った2枚の平行な壁に、上からスーパーボールを投げ入れると、何回かバウンドした後壁から上方へ飛び出してくるという技である。基本的にはテーブル反射の縦版なのだが、重力が影響してテーブル反射とは少し違う軌道を描き、技の難易度も高くなる。現象は一瞬なので、十分に間を取って期待感を高めてから実験を行った。投げ入れて飛び出してくることは見えても、途中でどのようなバウンドをしたか分かり難いので、この実験も前もって撮影しておいたスーパースロー映像を流して、起動を確認しながら運動を解説した。強い回転がボールを下降から上昇に転じることに注目してもらった。

最後に、速度の速いスーパーボールや大きくて重いボールは思わぬ事故につながるため、保護者や実験の指導者とともに実験しなければならない注意点と小さい子供の誤飲事故を防止するためにボールは常に管理する必要があることを再度説明、その日の実験内容と家でも再現できるような実験と工作のコツを記したプリントの配布の紹介を行ってショーは終了する。

4 実験機材と解説

本サイエンスショーで使用した実験装置、器具、アイテム類を紹介する。製作物の規格は設計図面としてまとめて記載（図1, 2）している。

4.1 スーパーボールとその他の球

実験には22, 32, 45, 60 (mm φ) のスーパーボールを用意した。手に入りやすい小さなスーパーボールで実験すると、動きが速すぎて軌道も回転もよく見えないので、バウンドの特殊性を見せるときは大型の45, 60mm φの物を使い、よく跳ねることや転がり競争を実験するときには22, 32mm φも利用した。特に、転がり競争の場合、鉄球などと大きさをそろえて競争する必要がある場合など、大きな鉄球は危ないので、多少見えにくくても小型の球を使用した。実験を観察する際、回転の方向と速度が重要になるため、不規則な模様のあるボールを使用することで回転の視認性を上げた(写真6)。径の大きなものは、バウンドの軌道を見せる実験に使用し、跳ね返りや転がりを金属球と比較する実験など、他の用具の径を大きくすることができないために、スーパーボールの径を合わせる必要がある場合と、多段式の大きな飛び上がりの実験を行う場合などで使用した。

スーパーボールが一樣球であることを知らせるために、半分に切って断面を見せる実験には、60mm φのスーパーボールをカッターで切断して使用した(写真7)。また、ソフトテニスのボールも同様に半分に切り割り、中空のボールとして比較した。

転がり速度の比較実験にはピンポン球の公式球と19mm φの鉄球を使用した。垂直バウンドの実験にはソフトテニスのボール、高反発ゴムボール、スポンジボールを使用して比較した。また、跳ね返らない例として実験用非弾性ボールも使用した(写真8)。

バウンドが生み出す回転を示す実験用にはゴムのバスケットボールを使用した。回転の向きと大きさが見やすいように、なるべくボールの模様と回転の向きが揃うように注意して投げた。1人ではボールを受け取る人がいないので、観覧者から実験参加者を募り、バウンドパスをしあいながら解説した。

4.2 スーパーボールストローロケット

土台になるスーパーボールに竹串を刺し、2段目、必要なら3段目まで穴を開けたスーパーボールを通し、その先にストローを通した器具を用意した。竹串が垂直方向を維持できるように落とすと、ストローが勢い良く上方に飛び出す(写真9)。スーパーボールの弾性エネルギーを利用して、落下位置よりずっと高い場所までストローが飛び上がる実験である²⁾。実験を行う会場は

4,750mmの位置に格子状の天井があり、それより数メートル高い位置まで設備がつらなる天井裏があるが、飛び上がったストローは格子状の天井を抜けて飛び上がることもあった。

ストローの長さは80mm程度、先端にはビニルテープを数回巻いたおもりをつけ直進性能を向上させた。また、コピー用紙でストローに羽根を張りつけ、本体の回転や直進性能の向上を試みたが(写真10)、高速で飛び上がるストローの視認性を向上させた以上の効果はなかった。

4.3 テーブル反射装置

スーパーボールのテーブル反射は平らな床と平らな裏面を持つテーブルがあればどこでも実験できるが、ショーで行うため観客席から上下のバウンドの様子がよく見える位置で実験する必要がある。そのため、実験ワゴンの上に木製テーブルを取付けた装置を使用した(写真11)。テーブルの脚は死角を作るだけなのでなるべく細く工作した。コの字型に板を組み合わせて製作しても良かったが、視線方向に壁があるとテーブルを想起しにくいこと、大型のスーパーボールの衝突で天面が大きくゆれて実験が見にくいことから、テーブルの形状を踏襲した。

テーブルは木製で、天板は厚さ30mmのパイン集成材を使用した。実験にも揺るがない天面とするため厚い木材を使用するとともに、テーブルの脚をワゴンにしっかりとビス止めすることで、ボールの衝突による天板の浮き上がりも起こりにくい構造とした。

実験ワゴンの幅が450mmであり、長さも900mmしかなく、テーブル感を出すために同じサイズでテーブルを製作したが、そのことが実験の難易度を上げる結果となった。ボールを床(本装置ではワゴンの天面)に当ててテーブルの天板の裏面まで跳ね返すには、床には多少強めに投げる必要がある。そのため投げるボールのリリース位置が高くなってテーブルの下に入らないことを心配して少し手前やや下を狙う傾向となり、結果ボールが床に当たらず、ワゴンの縁に当たる失敗をしてしまう。何回か練習すればそのようなミスは起こさなくなるが、ショーの中で選ばれた観覧者が初めてこの実験をすると、うまく狙いが定まらない失敗をすることが多かった。ワゴンに乗せるテーブルの長さはワゴンの半分ないしは3分の2程度の長さに留め、体験者に床を意識させればリラックスしてボールを投げられる装置となつたかもしれない。

4.4 段違い壁

スーパーボールテクニックのうち、マウンテンとタイコ、ステップバウンドを実演するためにL字型の段違

い壁を製作した(写真12)。バウンドの起点となる高い壁とそれに平行に設置した回転を作るための低い壁、2つの壁をつなぐ床の3面からなる壁の装置である。3面の壁は全て厚さ30mmのパイン集成材を使用した。壁にしっかりと重量が生まれるので、バウンドで装置が動きにくくなっている。木材が直交する部分には三角板を取付けて補強したが、バウンドの視認性を上げるために小さめの補強材となっている。

段違い壁全体は、テーブル反射装置と同様に実験ワゴンに乗せて、壁が動かないように固定した。それにより壁のバウンドは高い場所で実験できるため、観覧者に見やすい位置でバウンドさせることができるが、マウンテンもステップバウンドも段違い壁を超えた後の軌道が特徴的である。しかし、壁の外側にはワゴンがないため、壁を飛び出したスーパーボールは床面を目指すこととなる。マウンテンの場合、たとえ床で再バウンドしても高くはね上がり、その軌道は前後に行き来するので、バウンドの頂点付近を見るだけでも山なりの軌道を想像することができる。しかしステップバウンドは、飛び出してバウンドした後、ほぼ垂直にボールが飛び上がり、その次のバウンドでは低い位置で素早く大きく横移動するため、床でバウンドした場合横移動を見るのが難しい。そのため、段違い壁の続きに長さ1,800mmの研修机を並べ、机の上でステップバウンドを行って大きく素早い横移動が見える工夫を行った。ただし、軌道を机に収めるためにバウンドの向きをそろえる実験難易度が上がる結果となった。

4.5 エントツ脱出装置

スーパーボールのエントツ脱出実験は別に煙突を用意する必要がなく、平行な2枚の垂直壁を用意するだけで良い。当初、四角柱の筒状装置を製作し、前面と側面の3面を透明アクリルとした視認性の良い箱を製作した(写真13)が、ステージの照明の照り返しで内部が少し見えにくいことに加え、ボールの初速を速くする必要があるため、実験が一瞬で終わり、装置内部で起こる現象を見せても感動が半減する結果となったので、30mm厚のパイン集成材で作った壁の間でバウンドさせる実験に変更した。壁の安定性から、元の筒状の装置の背面とコの字に組んだ集成材の壁を並べて装置(写真14)とした。

投げ入れたスーパーボールが落下から転じて上昇するのに、壁の間隔は600mm程度まで成功できたが、広くなるほど投げ入れる位置と角度の許容範囲が狭くなるので、視認性を成功率から400mm程度を壁間の距離とした。その際、ボールの下がる深さは500mm程度しかないため、実験がコンパクトとならないために、装置全体をテーブルの上に置いて、演者はイスの上に立って投げ入れることにした。手を平行に投げ入れるより斜めから

投げ下ろす方が力を加えやすいため、ボールの初速が確保できる。

4.6 バウンドテスト

スーパーボールの奇妙で思いがけない方向へ進むバウンドを実演するための透明な箱を製作した。ショーの演者と実験を手伝ってくれる観覧者が並んで実験できるように、幅900mm、奥行き400mmの箱を製作した(写真15)。前面と側面は透明アクリルとし、内部で何が起きているか観察しやすくした。その他の面は18mm厚のパイン集成材で製作した。箱の内部にはボールをバウンドさせるための木切れを数種類いれている。

4.7 ボール競争用の板

L字壁の高い辺と低い辺をつなぐように板を渡して転がりレースのコースとした(写真16)。実験装置の背が高いので、レースの結果がよく分かるようになっている。ただし、転がり終わったボールが順に装置から飛び出してしまうので、ボールの回収が多少大変でもある。コースの一端にボール回収箱を設置する必要がある。

4.8 その他アイテム

スーパーボールクイズの解説用に、マルバツを示す指示板を製作した(写真17)。円形に切ったハレパネに木棒を差し、ハレパネには当館のキャラクターでデザインしたマルバツの用紙を貼付けて製作した。クイズはスケッチブックにクイズを出力した用紙を貼ったブックを作成し、譜面台に設置して使用した。

ゴムの収縮力の大きさを実験するために、ストレッチ用のゴムひもを練習用にひもを通す金具がボールについているソフトテニスの練習球にくくり付けて、ストレッチゴムのもう一端をショーの壁面にくくり付けて準備した(写真18)。実験は伸びたゴムが縮む力を利用して速い速度のボールを作る装置である。6m程度まで伸ばされたゴムは0.1秒未満で縮むため、神経の速度的に絶対バットで捕らえることができない実験となる。その速さを生む大きな力をゴムは持つことを知らせる印象重視の実験である。

4.9 配布物と販売物

今回の実験で紹介したスーパーボールストローロケットの作り方とスーパーボールのバウンドテクニックは1枚のレジュメにしてショーの観覧者に配布した(図3)。また、実験や工作に使用できるスーパーボールのセットをミュージアムショップにて販売した。セットにはスーパーボールストローロケット等にも利用できるように、穴を開けたスーパーボールとサイズの異なる数種類のスーパーボール、工作とバウンドテクニックを記したレ

ジュメが入っている。また、レジュメの表紙にはスーパーボールの事故防止のための注意書きを記している。スーパーボールは袋に入れたセットで販売して、レジュメを同封し、注意表示を購入者全員が見られるようにしている。

5 まとめ

今回のサイエンスショーでは、スーパーボールがよく跳ねるだけではなく、素早く転がり、意外なバウンドをするボールとして、その新しい魅力を現象とともに紹介できるように構成した。床でのバウンドで高く跳ね上がるスーパーボールはとても楽しく、よく体験される。高くバウンドしたスーパーボールは手元から離れた場所に落下することも多く、キャッチし損なって思わぬバウンドを引き起こすことやあらぬ方向へと転がることにもつながる。今回の実験で紹介したスーパーボールの性質に触れる機会は意外に多い。ただ、そのことをボールの性質と結びつけて観察することはほとんどなされない。ともすればよく弾む性質の一種であると勘違いしてそれ以上の考察に進まないようでもある。スーパーボールがよく転がることや意外な方向へのバウンドはそれ自身がスーパーボールの性質である。性質であるからこそ、科学的に調べれば詳しく調べればどれほどよく転がるか、バウンドの方向変化の法則性を得ることができる。科学的に調べられた性質は、現象の再現へとつながり、再現された現象を足がかりに新しい性質、知見を調べる活動へと広がる。今回のショーでは、特に意外性のあるバウンドを再現することで、スーパーボールで遊ぶ時に見ていた奇妙なバウンドを思い出し、その動きの不思議さに気づき、実は一定の法則に従った動きであることに体験をとおして理解できることを目指した。ショーが終了した後に、観覧者は紹介されたバウンドを自ら体験しに集まった。スーパーボールが横移動速度を回転に変換させることは、実験すれば一目瞭然で、高回転の上下運動とほとんど無回転の横移動がバウンドで交互に入れ替わることを間近で見えて理解することができる。実験として面白いのは、実験では横移動と回転のパラメーターを操作するようにバウンドさせるのではなく、床と壁のどちらに投げ入れるか、狙う位置は高いか低い、強く投げると優しく当てるかといった直感的な選択の組合せで、その後のバウンドの種類を変化させることができる点である。自分の投げ当てた間隔を記憶していれば、同じようなバウンドを別の場所でも再現することができるので、直感的な操作なのに再現性の高い実験を行うことができる。

6 映像データ

本稿で説明したバウンドテクニックの実演映像を付録で貼付する。当館のホームページ上の研究報告から映像データを閲覧できる。

- 映像1 テーブル反射. 480fps (16倍スロー) で撮影.
- 映像2 エントツ脱出. 480fps (16倍スロー) で撮影.
- 映像3 タイコからステップバウンド. 240fps (8倍スロー) で撮影.

7 参考文献

- 1) J. ウォーカー. ハテ・なぜだろうの物理学 I 培風館 1979. p53-54, p60
- 2) Gijutsu.com <http://gijyutu.com/main/archives/278>

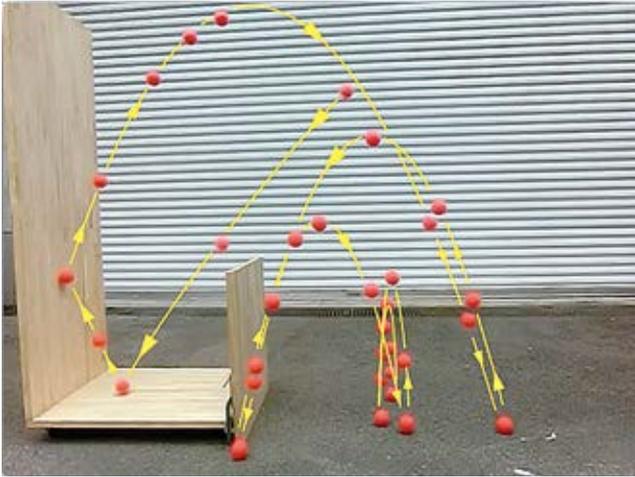


写真1 マウンテンバウンド. 無回転のスーパーボールが床, 壁の順にバウンドすると高い山なりの軌道を描いて戻ってくる. その後, 床でのバウンドにより山なりの軌道を描きながら前進後退をくり返す. 前進と後退の2回を1セットとする軌道を描きながら減衰するまでバウンドする.

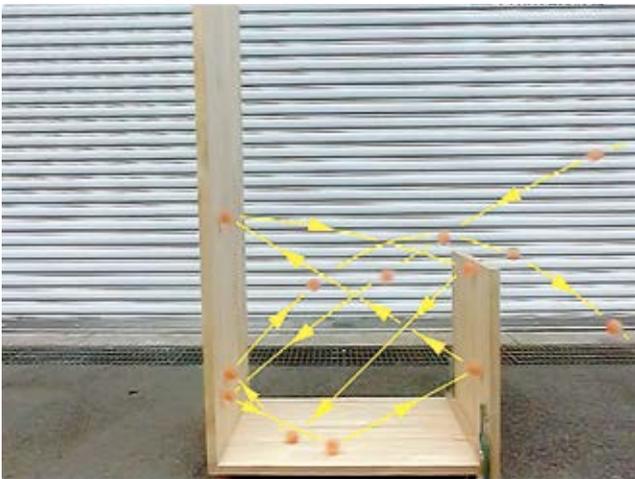


写真2 タイコバウンド. 2つの壁と床の間をバウンドする時, 壁, 床の順にバウンドするとリズムを取るように壁と床をバウンドする.

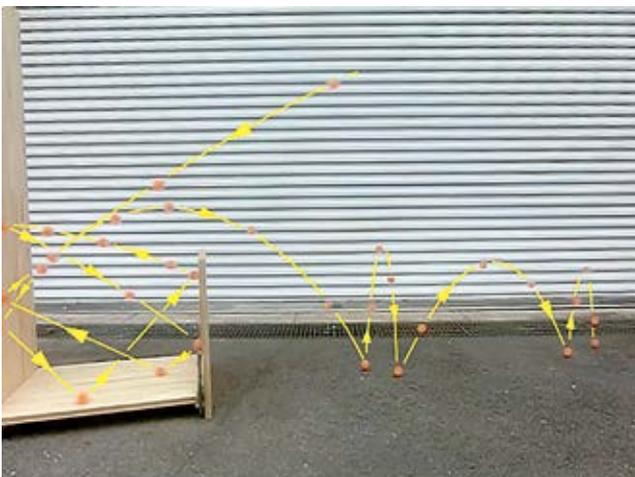


写真3 タイコからステップバウンド. タイコバウンドの後に低い壁から飛び出したスーパーボールが床でバウンドすると, 飛び出して進んだ方向ではなく垂直に飛び上がるバウンドを起す. 次いで, 飛び出てきた方向に素早く横移動するバウンドを起し, 垂直と移動の2種類のバウンドを1セットにしたバウンドをくり返す.

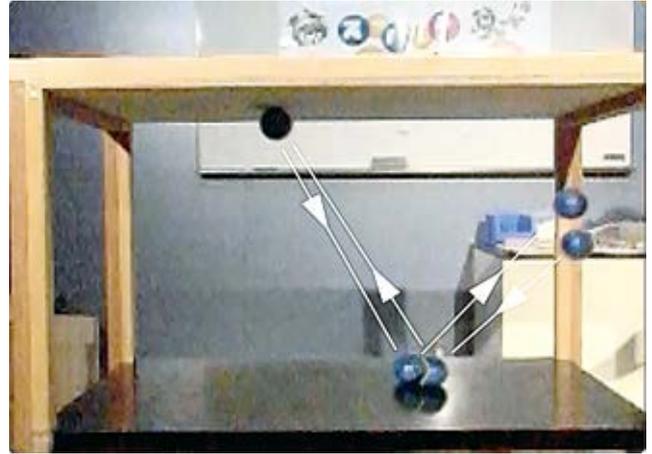


写真4 テーブル反射. 床, 天板の順に当たったスーパーボールは, ジグザグにバウンドをくり返して前に進むのではなく, まるで壁に跳ね返ったかのように軌道を反転させ, 投げ入れた位置から手元に戻ってくる.

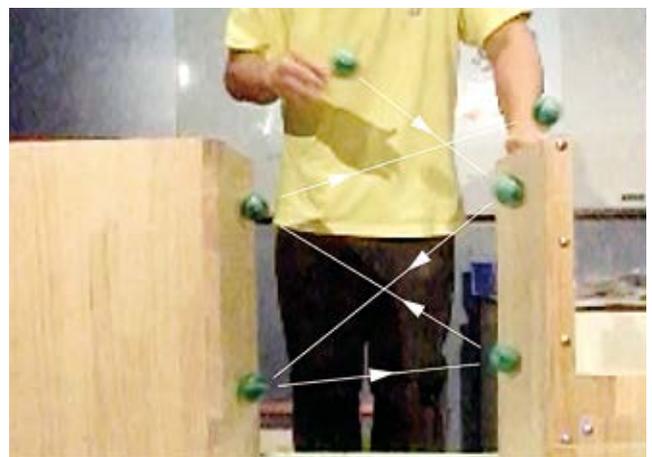


写真5 エントツ脱出. 左右の壁だけでバウンドさせるように上から投げ入れると, 重力に逆らうかのように下向きのバウンドが反転して上向きのバウンドとなり, ついには壁から外に飛び出してくる.



写真6 実験使用したスーパーボール. 22, 32, 45, 60mm φの4種類用意した. 模様は回転の視認性を上げるために, マーブル模様のものを主に使用した.



写真7 切断したボール。スーパーボールとテニスボールを使用した。切断はカッターで行った。

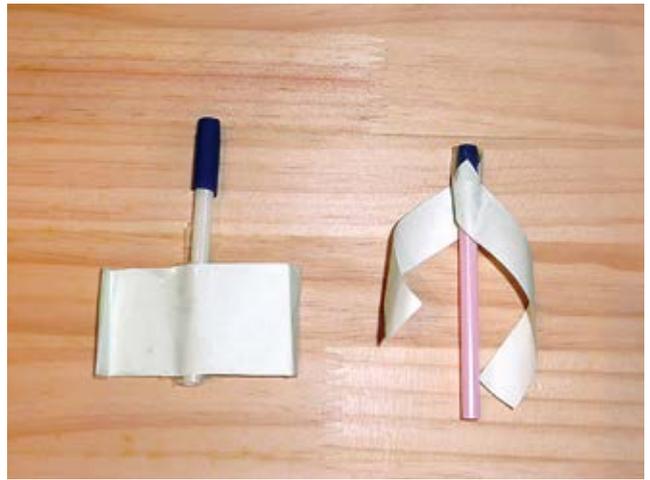


写真10 ストローの加工。ストローの先にはビニルテープを巻いた重りを着けることで直進性が、ストローに羽根を着けると視認性が向上する。



写真8 転がり競争や跳ね返り実験に使用した球。一様球として鉄球、空洞ボールとしてテニスボールとピンポン球を用意した。他に高反発ボールや実験用非弾性ボールなども用意した。



写真11 テーブル反射装置。実験ワゴンの上部にテーブルを設置してバウンドを見やすくしている。バウンドの安定のために天板は重く、死角を減らすために脚は細くしている。

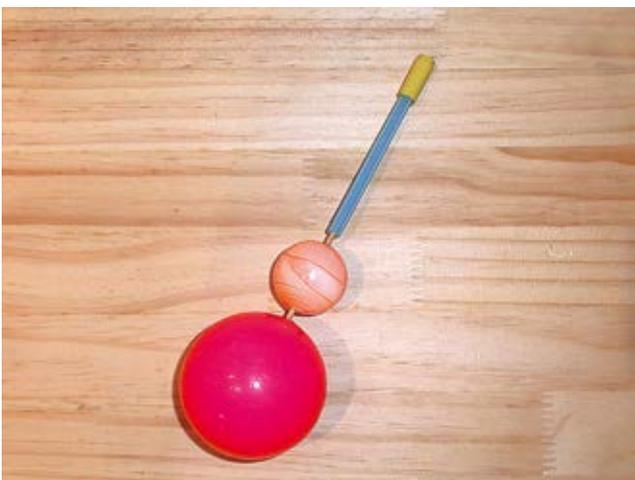


写真9 スーパーボールストローロケット。竹串をスーパーボールとストローに刺してスーパーボールを下にして落下させるとストローが高く飛び上がる。



写真12 段違い壁。スーパーボールのテクニックを紹介するための壁と床。マウンテンとタイコ、ステップバウンドを実演できる。反射用の高い壁と抜け出するための低い壁部分を作っている。



写真13 エントツ脱出用チャンネル（透明仕様） 煙突型にしているため立体的なエントツ反射を実験でき、バウンドの様子を観察で器量に透明アクリルで3面の壁としている。



写真16 ボール競争用の板。段違い壁に掛けることで、スタート位置を高くすることができる。その他、段違い壁の低い側とエントツ脱出用チャンネルとをつなげて坂を緩くして実験することもできる。



写真14 エントツ脱出実験セット。厚い集成材でできた壁を並べて実験するので、壁間の距離を調整することもできる。



写真17 スーパーボールクイズ。スケッチブック形式で8問出題した。正解はマルバツ式の選択問題である。

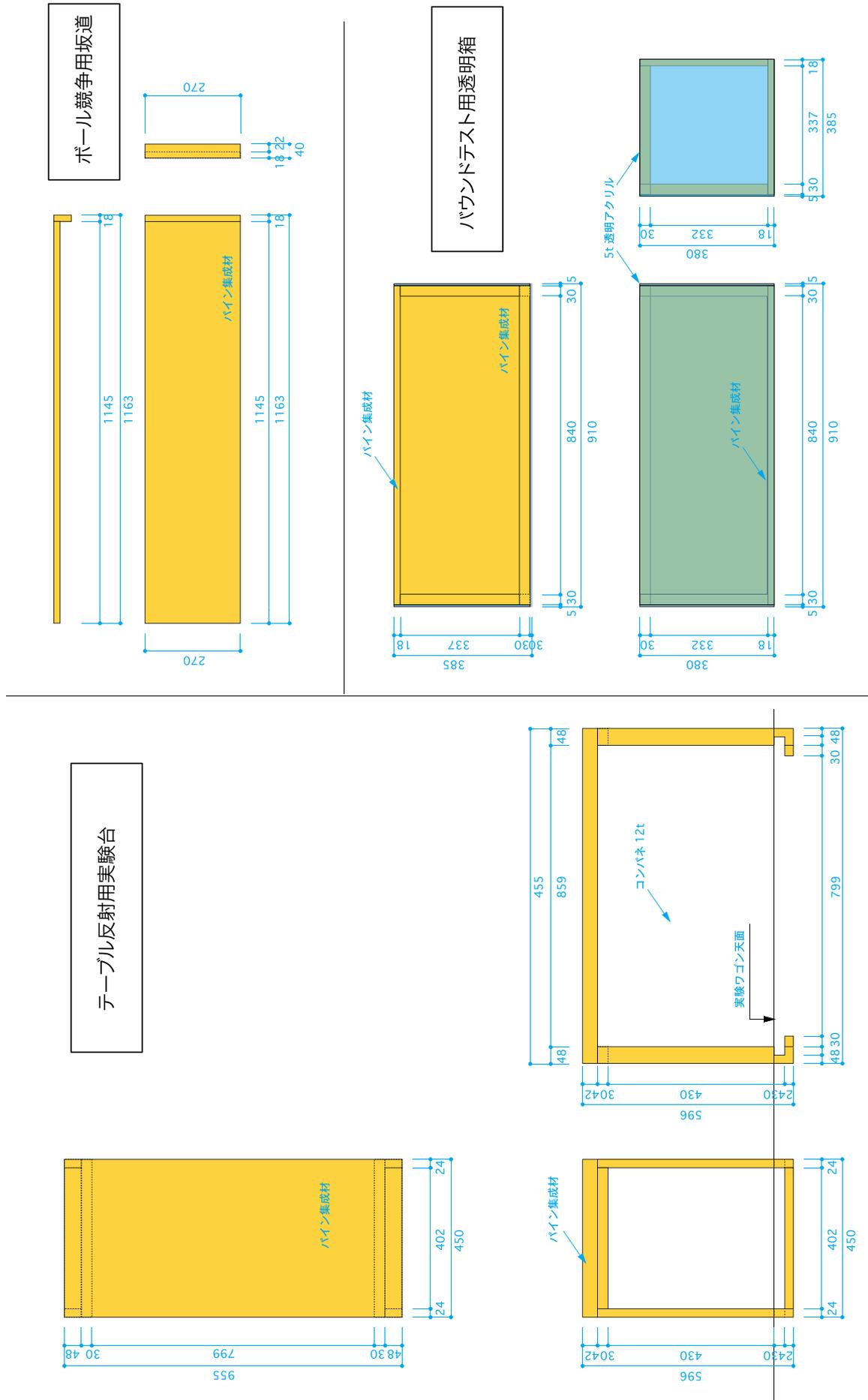


写真15 バウンドテスト。床面の段差などで思わぬ方向にバウンドすることを実験するための装置で、内部に入れた木切れに当てることで、急なバウンドの方向転回やスピード変化を見ることができる。



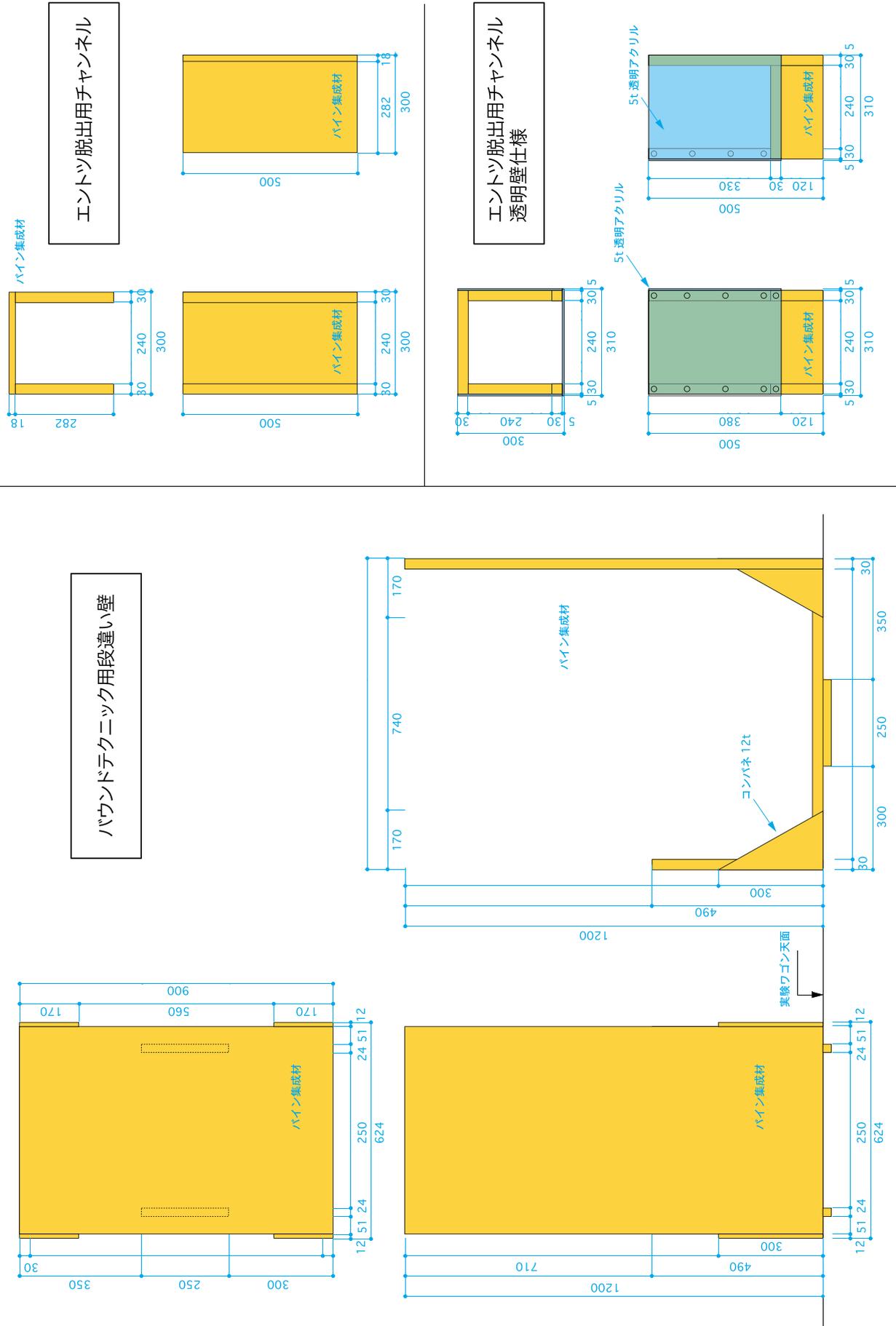
写真18 ゴムの弾性力実験。ストレッチ用のゴムにテニスボールを取付けたものの一端を柵にくくり付けて実験した。

図1 テーブル反射, ボール競争, バウンドテストの装置図面



 Ehime Pref. Science Museum	TITLE	SUBJECT	SCALE	SIZE	DATE	DESIGN	CHECK	NO.
	スーパー！スーパーボール	テーブル反射/ボール競争/バウンドテスト	1/10	A3	2015/6/1	HISAMATSU		1

図2 バウンドテクニク用段違い壁、エントツ脱出用チャネルの装置図面



 Ehime Pref. Science Museum	TITLE	SUBJECT	SCALE	SIZE	DATE	DESIGN	CHECK	NO.
	スーパー!スーパースポール	バウンドテクニク/エントツ脱出	1/10	A3	2015/6/1	HISAMATSU		2

図3 配布資料。原寸はA3サイズ。この原稿の半分を両面印刷したもの配布。スーパーボール実験の注意事項、ストローロケットの工作、バウンドテクニクについて記載した。

愛媛県総合科学博物館

かんたん工作とバウンドテクニク

スーパーボール

ストローロケット

スーパーボール

バウンドテクニク

注意事項

保護者の方へ必ずお読みください。

○スーパーボールは、たべものではありません。口の中には、絶対に入れないでください。

○誤飲の危険がありますので、小さいお子様には絶対にあたえないでください。

○道路または車のおる場所では遊ばないでください。

○人にむけて投げないでください。事故の原因になります。

○人やもの当たると危険です。遊ぶときは安全な場所を選んでください。

1 回バウンドテクニク

スーパーボールバウンドテクニク

スーパーボールを落とすとき、バウンドテクニクを覚えておきましょう。

●バウンドテクニクとは、スーパーボールを落とすとき、手や足でボールを触らずに、ボールがバウンドするまで待つことです。

●バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

2 ストロロケット

ストローロケットの作り方を紹介します。

●ストローロケットの材料は、ストロー、スーパーボール、紙、テープ、ハサミ、ペン、シザーズ、ピンセット、ストロー、スーパーボール、紙、テープ、ハサミ、ペン、シザーズ、ピンセットです。

●ストローロケットの作り方は、ストローを折って、スーパーボールをストローの先端に刺さります。

●ストローロケットの作り方は、ストローを折って、スーパーボールをストローの先端に刺さります。

●ストローロケットの作り方は、ストローを折って、スーパーボールをストローの先端に刺さります。

3 バウンドテクニク

バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●バウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

4 スーパーボールバウンドテクニク

スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

5 スーパーボールバウンドテクニク

スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。

●スーパーボールバウンドテクニクを覚えるには、ボールを落とすときに、ボールがバウンドするまで待つことが大切です。