

傘を利用した 巨大シャボン玉枠の製作技術報告

久松 洋二

愛媛県総合科学博物館

愛媛県新居浜市大生院2133番地の2

技術報告

傘を利用した巨大シャボン玉枠の製作技術報告

久松 洋 二*

A report on the new device to create great giant bubbles

Yoji Hisamatsu

This paper reports the technical part of new devices to create great giant bubbles which was carried out as one of the science classes and events at the Ehime prefectural science museum. Existing well-known devices are very difficult to use except some masters of them. We developed a new device for giant bubbles. The device realized useful works to utilize a frame of an umbrella for its structure. Because of its good handling, everyone can create great giant bubbles easily.

はじめに

シャボン玉作りは子どもから大人まで楽しめる遊びの一つである。小さな玩具としてどこでも手に入るし、家にある材料で簡単につくることができる。博物館、科学館などの施設でも、積極的に実験される題材でもある。世代を問わず人気が高く、体験者はシャボン玉をつくることや、追いかけること、時には割ってしまうことに夢中になってしまう。

実験講座としてのシャボン玉は、液の配合やシャボン玉の色、模様、形、膜に働く力などに焦点があてられる。どれも科学としては興味深い内容である。一方で、イベントなどで無邪気にシャボン玉を作ったり割ったりする幼児を中心とした体験者の姿を見てみると、大きなシャボン玉を作ることに強い興味を持っていることも分かる。ストローでシャボン玉を作ることも楽しそうだが、一度、枠で大きなシャボン玉を作ってしまうと、やはり枠で作るシャボン玉に興味が移ってしまう。

枠で作るシャボン玉の大きさにも限界がある。通常、大きくても枠直径30cm程度までではないだろうか。大きすぎる枠は、作るのも大変で、操作性も悪い。枠を沈める容器も簡単に手配できない。準備するシャボン液も増えすぎる。気軽に準備できるという意味で、この大きさが限界であろう。実際、講座やイベントで目にするのはこの程度の大きさになる。

しかし実際には、直径数メートルのシャボン玉ならば実現可能である。同時に、それくらい大きなシャボン玉

の実験は、演示実験にとどまることが多い。なぜなら、原理的、技術的な困難を抱えているため、誰でも気軽に作ることができる一般的なシャボン玉のイメージとは違う実験になるからだ。しかし、シャボン玉のように作ることに強く興味を引く実験では、もし、実現可能であることやその迫力を来館者に提示したならば、一般の見学者にも作る機会を与えるべきである。そのためには、操作性のよい、大型シャボン玉専用の装置を生み出す必要があった。

本稿は、愛媛県総合科学博物館において製作、使用された巨大シャボン玉を作るための枠についての技術報告である。このシャボン枠は、当館での実験教室やイベントにおいて、受講者や来館者自ら巨大シャボン玉を作るために開発された。以下、現状と装置の概要、設計と製作、運用上の問題点、課題について報告する。

巨大シャボン玉の製作の現状

大きなシャボン玉は、枠に張った膜を膨らますことで作る。枠の面積が小さければ、枠を動かしてシャボン膜を袋状に膨らますだけで、シャボン玉は自然にできる。袋状のシャボン膜の途中がくびれて膜同士が接触し、勝手に口が閉じるのだ。しかし、枠の面積がある程度大きくなると、袋状のシャボン膜はくびれても自ら玉になれない。くびれが十分成長して開口部を閉じる前に、膜が割れてしまうからだ。その場合、膜を膨らました後に、膜を「切る」動作が必要になる。「切る」動作とは、枠をねじるように回転させることである。ねじることで膜同士が強制的に接触して、開口部が閉じて玉になる。膜のくびれを動作で助けるのである。

*愛媛県総合科学博物館 学芸課 科学技術研究科

Dept. of Science and Technology Ehime Pref. Science Museum

原理的には、十分大きな枠にシャボン膜を張れば、それに見合う大きさのシャボン玉ができる。しかし、大きな枠自身が問題点となる。まず、容器に関する問題が深刻になる。大きな径の枠を沈められる容器が既製品でなくなり、製作などの工夫が必要となる。液も大量となり、容器の移動だけでも大変になる。次に、径が大きくなると操作性が悪くなる。持ちにくいだけでなく、シャボン液を吸った枠自身も重くなる。大きな枠に膜を張ること自身も難しく、液中や液から引き上げるときに枠の動きが荒いと膜がすぐに割れてしまう。枠を荒く動かすと容器がすぐに泡だらけになり、さらに膜が張りにくくなる。膜を張って引き上げること成功したとしても、膜を「切る」動作は膜の開口部に偏りのある変形を強いるため、大きくなるほど膜が割れやすい。大きすぎる枠は、全てのプロセスが面倒になるのだ。

これらの問題点を解決するために、大型シャボン玉をつくる時には可変枠が採用される。可変枠とは、Exploratrium (1991) や武田 (1993) が報告した、枠の一部又は全部を紐で構成して、紐の張り具合で掃引断面積が変化できる枠である。現在、棒と紐を交互に接続して環状にした枠と、環状の紐と環の開閉を制御する棒を接続したものが報告されている。紐をたるませることで枠の面積を小さくできるので、容器の問題も解決し、膜を張る作業も容易になる。「切る」動作のように膜の一部のみを大きく変形する方法と違い、開口部を均一に変形させるので膜への変形負荷が小さく、開口部を閉じ易い。

しかし、枠が大型になるほど、原理的な問題以外に器具操作の技術的問題も重要になってくる。液の中や引き上げた直後の紐の絡まり防止や、部品の振動による膜の破裂回避が必要となり、膜を張った状態を維持することは簡単ではなくなる。その上、膜を成長させる運動と、膜を閉じる変形作業がともに大きな運動であり、両立させながら玉へと完成させるには技術が必要となる。

単純な器具で大型のシャボン玉を完成させるには、シャボン膜の振る舞いを知り、器具をうまく使うコツを覚えなければならない。誰でもその場で気軽に作れるものではない。簡単に作れるようにしたければ、これらの困難を克服できる装置へ改良する必要があった。それには、可変のアイデアを取り入れて原理的な困難を回避した上で、操作性を向上させ、特別な知識やコツの習得を必要としない装置を目標としなければならない。

新しい装置の概要

今回のシャボン枠の改良では、一般の来館者にも気軽に大型のシャボン玉を作れる操作性を目指した。装置は傘の骨組みを利用して製作した。(写真1) シャボン枠の可変機構は、傘の開閉そのものである。シャボン玉を

作る動作は、膜を膨らますために後ずさりしながら、傘を開いて閉じることになる。このとき、傘は上向きではなく、前向きに開閉する。(写真2)

シャボンの枠は、傘の骨の先に紐を結んで作られた環状の枠であり、傘の開閉で枠の面積を変化させることができる。枠の面積を狭くした状態で紐をシャボン液に浸すため、液を溜める容器は小さくて済む。傘の向きを逆さに使用して、開閉運動と膜の成長を両立させた。つまり、傘の先端を手で握り、傘の柄を突き出す格好で開閉し、柄の方向にシャボン膜を成長させる。支柱で骨組みをスライドさせる機構をそのまま使うことで、開閉動作の安定性を確保している。傘が開いた状態では、支柱先端は枠より飛び出した位置関係になるが、袋状に膜が成長すれば支柱との接触はない。膜は、体験者が後ずさりするか、風を利用することにより形成される。

今回の装置は、ビニル傘やビーチパラソルを利用し、傘を開いたときの直径が90, 110, 140, 160, 180cmの5種を製作した。直径が90, 110cmのものはビニル傘をそのまま利用し、140, 160cmのものは骨を延長して製作した。180cmのものはビーチパラソルを改造して製作した。径が小さいものは幼児や小学校低学年の体験者が使い、大きなものは体験者の体格に合わせて貸し出した。直径90cmのものでも、幼児ならば自分の身長ほど、大人でも自分の上半身を超えるシャボン玉(写真3)を作ることができる。大型の枠は、袋状に伸びたシャボン膜を閉じるので、径が大きくなるほど歪な楕円球になる。180cmでシャボン玉を作ると、長軸の長さが数メートルの大型のもの(写真4)ができる。

装置の製作について

ビニル傘を基準に基本的な改造箇所(図1)を解説する。改造箇所と考え方はどの大きさや材質の傘も同じである。傘の改造点は先端と柄の部分、スライド部分の留め金、支柱、骨の先端、スライド部分のヒンジの5カ所である。

傘の先端と柄のプラスチック部品は金属支柱から抜くこと(写真5)ができる。傘の先端部分を握って使用するため、傘の先端の代わりに柄の部分を取り付ける。スライド部分の留め金を2カ所とも外し、傘は閉じた状態、開いた状態両方とも固定されずスムーズに動くようにする。留め金はペンチなどでそのまま抜き出すことができる。骨組みのスライド運動の安定が目的なので、支柱は傘を閉じたときに必要な長さだけ残して切断した。これで骨組みの先端部分は紐だけとなり、膜が張りやすくなる。

骨の先端部分は本質的にシャボン玉の大きさを決める部分となる。ビニル傘では、キャップ用に曲げ細められ

た先端部分を切断する必要がある。この加工でV字型の骨の断面が露出するので、その形状にあわせて部品を接続する。傘本来の直径で使用するなら、このままヒートンを接着又は溶接(写真6)し、径を大きくするなら、先を環状に曲げた針金を溶接(写真7)する。針金は骨の断面に合わせるため径が2φ程度のもので制作した。

径の小さい傘の骨を延長する方法だと、手元のスライド操作が短くて済むので、手が短い子どもの体験者でも扱える大型の枠となる。ただし、このとき傘の開閉の振動が大きくなるので、枠の操作は小さいものより難しくなる。また、骨を延長することで枠になる紐の長さが長くなり、しみ込んだ液の重さによるモーメントが大きくなって傘への負担が大きくなることも付記しておく。

紐の選択は、骨の短い枠では風糸を使用し、骨の長い枠では直径3ミリの手芸用の紐を使用した。ビーチパラソルなどの骨が長い傘では、骨の断面がV字でなく1本の線材である場合が多いので、溶接等を行うことで、先端の環状金具の取り付け強度を確保する必要がある。

以上の改造で、ビニル傘の骨はシャボン枠として十分に機能するのだが、枠の耐久性を上げるためにもう1カ所手を加えた方がよい場所がある。それは、骨のスライドを支える支柱の先端部分のヒンジ(写真8)である。どのようなタイプの傘であっても、この部分は、傘の骨が開閉するための切れ込みが入ったプラスチックの円筒に、骨をOリングで固定する構造になっている。シャボン玉を作る作業では、通常の傘の使用とは比べ物にならないほど、頻繁に開閉動作を行う。そのため、プラスチック円筒の切れ込みの角は削られて丸くなってしまふ。その結果、傘の骨が円周方向にぶれる動きが加わり、膜に余分な振動を与えて割れる原因となる。また、骨の開閉機構に関し、スライド部分の留め金を外したことから、傘が完全に閉じてしまうという問題も発生する。傘が完全に閉じると骨先端の環状部品同士や紐が絡まって、骨の変形やプラスチック円筒の切れ込みの疲弊につながってしまう。

そこで、シャボン枠としての耐久性を向上させるため、支柱の先端部分のヒンジにあるプラスチック円筒部分の補強部品(写真9)を新規に製作して取り付けた。部品は傘の骨の間に挟んで円筒部品にかぶせるように8ピースで1周する構造である。形状(図1)は、骨の開閉で円周方向にぶれないようにするガイド部分と円筒部品の補強部分、そして傘の骨を完全に閉じないようにするための部分でできている。部品は3DCADデータを基に切削RPマシンでワックスを切削して原型を作り、シリコンゴムで型をとり、注型発泡ウレタン樹脂で製作(写真10)した。出来上がった部品は、プラスチック円筒に被せるように取り付けて接着した。その後、接着部に同様の樹脂を流し込むことにより、接着した部品が外れな

いように固定した。

装置の運用

使用実績

今回製作した巨大シャボン玉枠は、博物館講座の科学実験教室と夏のイベントにおいて使用された。博物館講座は主に小学校低学年で20名程度の体験者があり、夏のイベントでは一般の来館者が数百名、幼児から小学校低学年がその主な体験者であった。装置操作の指導は当館の学芸員が行い、体験者全員に巨大シャボン玉を完成させることができた。

巨大シャボン玉の製作

器具の操作は次の点に注意することで成功率が上がった。

- ・傘を開く動作は素早く思い切って行う。
- ・閉じる時は反対にやさしくなめらかに行う。
- ・傘は完全に閉じきるより、先端を下ろして「切る」動作を加える。

シャボン膜は、小さくても弾くような鋭い衝撃に弱い。大きく成長したシャボン膜では特にそうなので、傘を閉じるとき、骨の振動が緩慢になるように注意する必要がある。ただし、そのことは動きを遅くすることとは違う。また、傘は閉じて骨同士がより近づいた方が膜を閉じやすいのだが、骨が近づくほど骨の振動が鋭くなるので、「切る」動作を併用した方が成功しやすい。

巨大シャボン玉のために使用したシャボン液は、通常の枠のものに変えてある。今回使用した比率は、

水：中性洗剤：PVA=10：1：0.2 (=50：5：1)

である。PVAの量を極端に減らしている。少量でもPVAを入れた方が、シャボン玉の成功率が高かった。

天候も、巨大シャボン玉を製作するのに重要な要素となった。直径110cm程度の枠までなら、真夏の晴天時でも高い成功率を保ったが、枠の径が大きくなるほど、晴天時の失敗が目立った。玉として膜が閉じたとしても浮遊時間が極端に短かった。枠の径が大きいものは、曇りで湿度の高い日に実験することが望ましい。

問題点

逆向きに傘を開くため、操作の指導を受けないと傘を開けない体験者も多かったが、動作は通常の傘と変わらないので、装置操作の混乱はなかった。操作を指導することで、幼児でも操作できることが分かった。ただし、装置は体験者の腕の長さに強く関係するため、幼児が操作できる傘の大きさは限られていた。

傘をすぐに閉じることに慣れさせる必要があった。傘

を開いて成長したシャボン膜に喜んだり、眺めている間に、傘を閉じるタイミングを逸してしまい、玉へと完成できない場合が多かった。

傘を閉じる動作でシャボン玉が完成に近づくと、その時に傘を横や上へひねり動かす動作が目立った。浮いていくシャボン玉に意識がつかれてしまって装置を上へ動かしてしまうのであろう。膜を「切る」動作から見れば、横や上方向は「切りにくい」方向である。紐のたるみが下向きなので、下向きの方が膜を接触させやすい。更に、横や上への動きは枠を体から離す動作となり、他の人に装置を当てる危険性がある。これらの動きも指導時に特に注意する必要があった。

ま と め

今回開発した枠は、操作性に重点を置いた。果たして、高い操作性が得られたかを評価すると、2つの側面が強調されると思われる。一つは、装置自体の見た目のイメージとの関連、もう一つは、シャボン玉を作る方法における器具の操作との関連である。

見た目のイメージとは、体験者が待機状態にあるとき、装置への期待感、親近感、参加を促す効果、待っている間に装置を自分が使っている姿の投影がその含意である。実際には、傘であることへの驚きや親しみの声が多く聞かれたので、素材の選択としてはよかったと思っている。開閉のイメージは待ち時間の間にしっかり刻まれているようで、操作の混乱はなかった。ただ、傘の向きが逆なので、骨のすき間に手を入れてスライドさせる必要があり、その操作について改めて指導する場面も多かった。どの場所を持って動かせばよいかといった、装置への具体的な感覚もイメージできるように配慮したデザイン、設計も必要であろう。

シャボン玉の製造と装置との関連に関しては、根本的な課題を抱えている。即ち、原理的には傘を開いて閉じることでシャボン玉は完成する。しかし、それだけでは、装置を操作している途中で膜が割れることも多い。傘の開閉のスピードや「切る」動作など、操作のコツが加わって、はじめて成功率が上がる。これら操作上のコツは、巨大シャボン玉製造の観点から合理的な動作ではあるが、一般の体験者にとって親しまれた知識や動作ではない。予備知識やコツを必要としない装置を目指したが、その点において不十分な結果に終わった。ただ、装置操作の簡便性のためにすぐに再実験が可能であり、操作のコツを伝えることも、実行してもらうことも容易であった。さらに、体験者全員、必ず巨大シャボン玉を完成することができたことも手伝って、体験者はあまりストレスを感じなかったと考えている。

傘を利用して装置を作る以上、できるシャボン玉の大

きさには限界がある。一般に販売されているビーチパラソル程度の大きさ、即ち、枠の直径が2 m程度の掃引断面積がその限界と言える。シャボン玉の大きさ比較の観点から見ると、紐だけで構成した枠の方がより大きなシャボン玉を作れる可能性がある。しかし、傘を使った枠の最大の利点は操作性にある。シャボン膜がシャボン玉になる前に割れたとしても、傘を閉じて再度挑戦する時間や手間の少なさが、最終的に巨大シャボン玉をより気軽に完成させる原動力となる。

巨大シャボン玉を作るためには、広い場所の確保が必要になるが、それは通常屋外となる。一方で、屋外には巨大シャボン玉にとって都合の悪い条件も多い。風、日差し、虫、砂埃などによる液の汚れが、気になる場所である。特に、風の問題が重要で、膜の成長を助ける程度の微風ならば大歓迎であるが、多くの場合、膜を割る原因になってしまう。イベントなどで体験者が多い場合、風が止むのを待つほど時間的に余裕がない状況になるため、積極的に強めの風でも利用する必要がある。風の利用法は膜の成長を促す以外にないので、素早く開口部を閉じる操作性が求められる。現在の傘の枠では、傘を開き切る前に閉じることで、素早く閉じることに対応していた。傘が開き切らないので断面積が小さくなり、膜自身は大きくてもいびつなシャボン玉になってしまう。傘の開閉の操作性を向上することで、丸くて大きなシャボン玉を素早く作ることができると考えている。そのためには、骨への振動を抑えつつも素早く開閉するスムーズな動きの実現が必要である。今後、スライド部分の持ち手の構造などを見直して、より操作性のいい装置へと改良していきたい。

最後に、大きなシャボン玉を作ることへの評価であるが、確かに科学教育の題材としての意味は乏しいかもしれない。難しいシャボン玉に何度も挑戦することは、シャボン膜の性質をじっくり観察してその振る舞いを理解するチャンスなのに、装置の改良で製造が簡単になれば、その機会を隠すことにつながるかもしれない。しかし、単純に、経験の範囲を超えるほど大きなシャボン玉を見た時、大人も子どもも大きな歓声を上げ、興味を持って近づいて来る。イベントでは何度も列に並んだり、長時間体験をし続けた人も多く、興味の強さは驚くほどである。見たことないことに触れた感動は大きいし、それが簡単に体験できることは大きな意味を持っている。また、成功率を上げることは、繰り返しシャボン玉を作られることを意味している。繰り返し実験できるからこそ、科学的な疑問に気づくことができるのである。巨大シャボン玉を簡単に繰り返し作ることができれば、シャボン膜が持っている科学的な特性に直接迫れる。それは、小さなシャボン玉だけでは気づくことが難しいことも含まれる。簡単に作れさえすれば、大きい、面白いを超えて有

益な実験に利用され得るからだ。

参考文献

- 1) Exploratrium Teacher Institute (1991) : Bubble Tray.
Exploratrium science snackbar.Exploratorium.pp16.
- 2) 武田毅 (1993) : 巨大シャボン玉をつくろう。理科
おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル。左巻健
男。東京書籍。pp170-174.



写真1 傘を利用した巨大シャボン玉製造装置。左から、傘の骨を延長した直径160cmの装置、通常の90cmの装置、ビーチパラソルを改造した180cmの装置。



写真2 傘の枠で成長するシャボン膜



写真3 傘を利用した装置で作られた巨大シャボン玉。



写真4 傘を利用した装置で製作可能なシャボン玉で最も大きいもの。

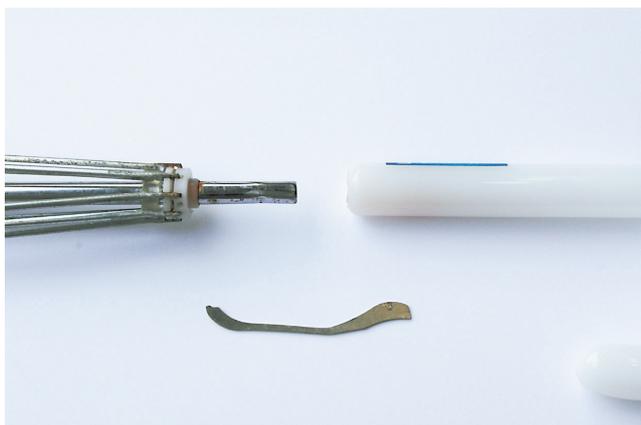


写真5 ビニル傘の抜かれた柄とスライドの留め金。左はプラスチック部品を抜かれた支柱。パイプを変形させて固定されている。中央は外されたスライドの止め金具、右は抜かれた柄。



写真6 V字型の骨に直接ヒートンを溶接。

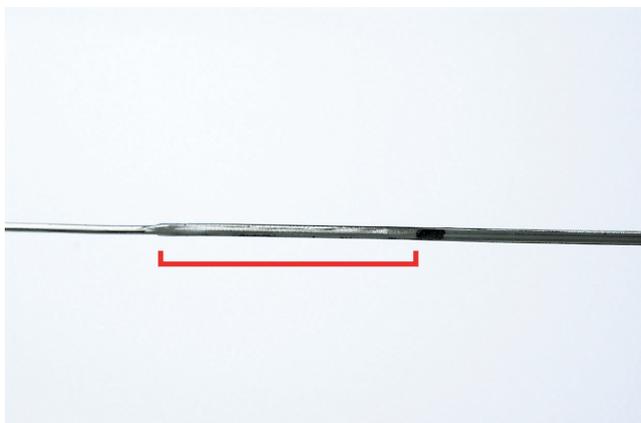


写真7 針金による骨の延長。右が傘の骨、左方向に針金で延長している。中央赤線部が溶接部位で、骨が針金を包み込むように50ミリ程度溶接した。

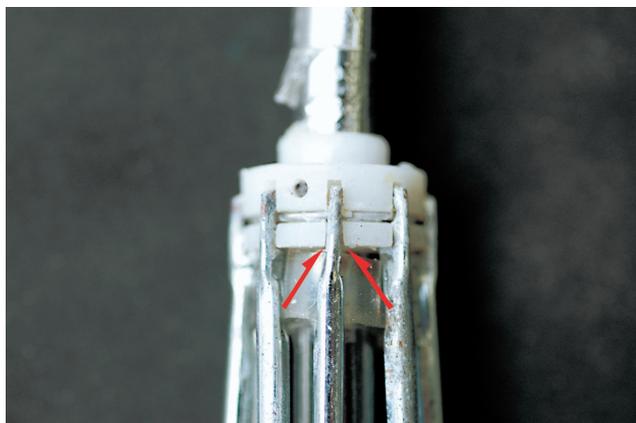


写真8 支柱の先端部分のヒンジ。白いプラスチックの円筒にある切れ込みを介して、骨をOリングで固定する構造である。赤矢印部分が削れると、骨が円周方向にぶれてしまう。

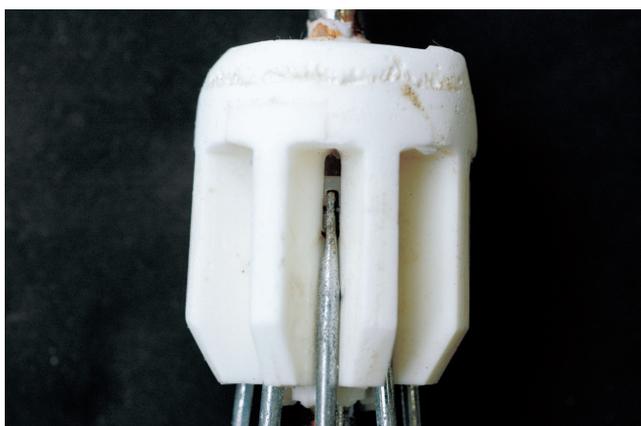


写真9 プラスチック円筒部分の補強部品。骨はガイドによって開閉方向以外に動けない。

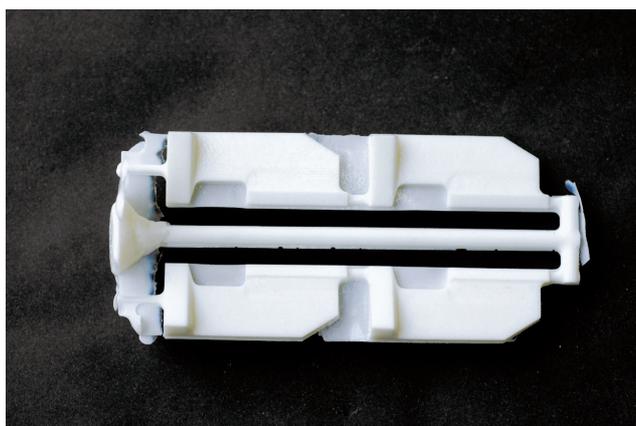
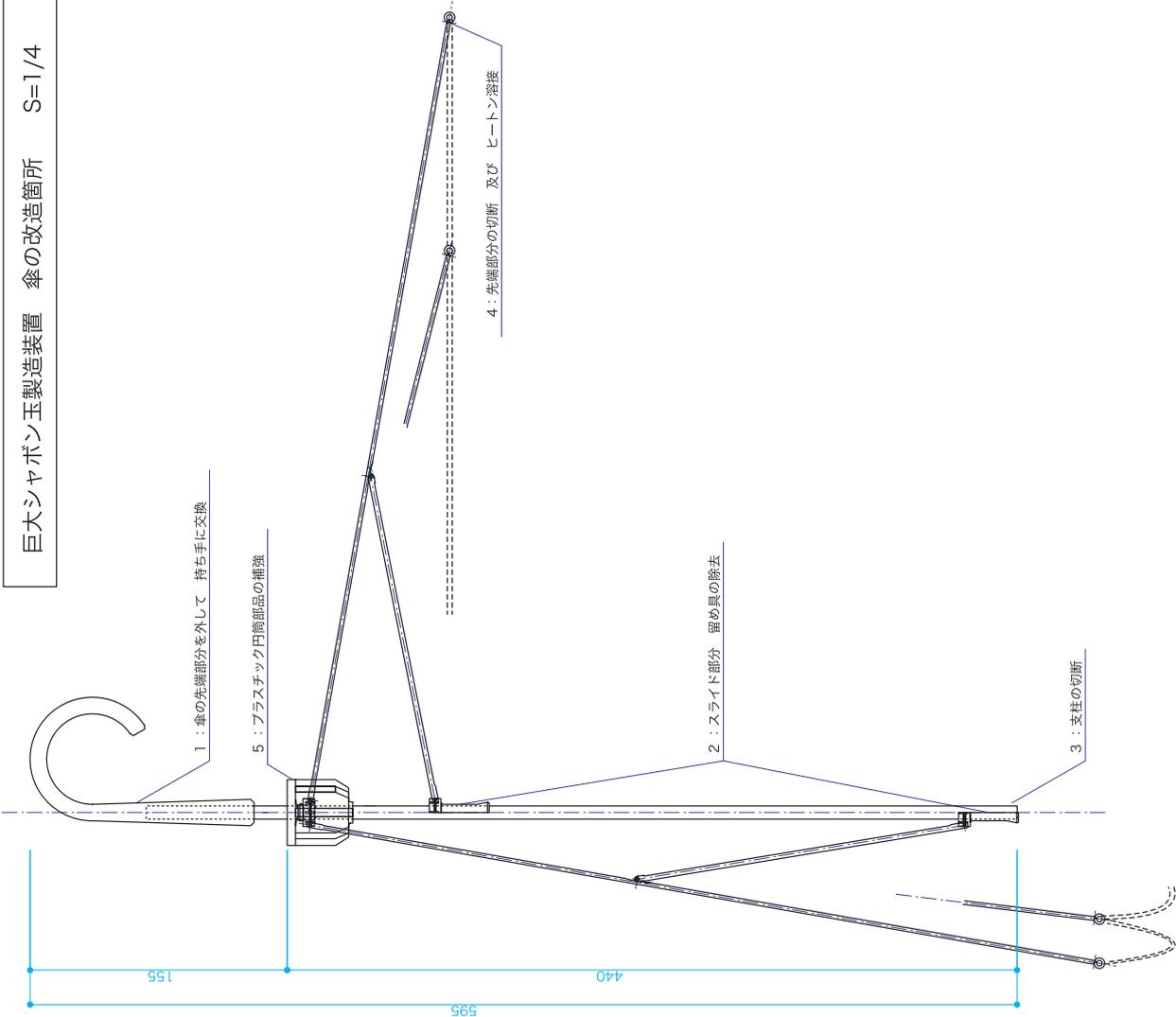


写真10 樹脂整形された補強部品4ピース分。分離して8つを円周に張り合わせることで補強部品になる。

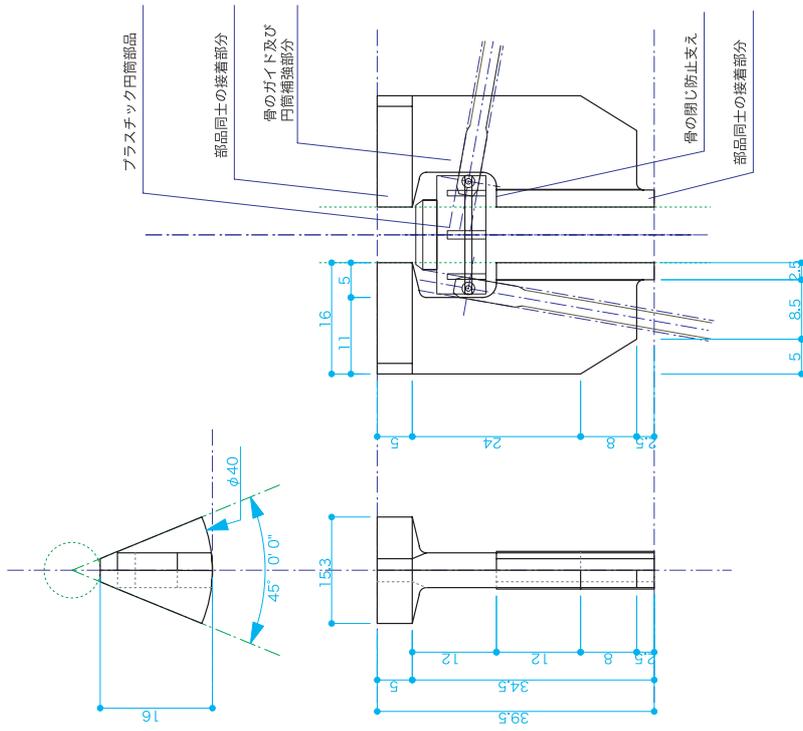
次頁

図1 シャボン玉製造装置の改造図及び補強パーツ図面。

巨大シャボン玉製造装置 傘の改造箇所 S=1/4



プラスチック円筒部品 補強パーツ S=1/1



 Dept. of Science & Technology Ehime Pref. Science Museum	TITLE		SUBJECT		SCALE	SIZE	DATE	DESIGN	CHECK	NO.
	巨大シャボン玉製造装置		傘の改造/補強パーツ		1/4 1/1	A4	2006.7.12	HISAMATSU		1