

YAC 横浜分団例会資料
「Origami」で宇宙構造物を作ってみよう

2024/11/03

安田博実

1. はじめに

「折り紙」と聞くとどのようなイメージを持ちますか？折り鶴といった動物の形を1枚の紙から形作るものから、とても精巧で緻密な芸術としての作品まで様々なものと想像されるかと思います。実は近年、機械工学や応用物理の分野を中心に研究対象として「Origami」が注目を集めています。特に、小さく畳めて大きく広げることができる折り紙を使って、宇宙構造物への応用も考えられています。

今回は、そんな「Origami」の研究について、有名な「ミウラ折り」から最新の折り紙研究と一緒に学んだあと、実際に折り紙を折ってみて、宇宙構造物への応用と一緒に考えていきましょう。

2. 折り紙と宇宙工学との関係は実は深い？

折り紙と航空宇宙の研究のつながりは、実はとても深いのをご存じですか？例えば、つぶれて強くなる「吉村パターン」（キリンの氷結の缶に应用されています）の研究は1950~60年代にまでさかのぼることができます。また、その後に（ご存じの方も多し）「ミウラ折り」の研究が注目され、宇宙で実際にミウラ折りを広げる実験もされた経緯があります。まずは、このミウラ折りを一緒に見ていくことにしましょう。

ミウラ折りは図1に示すように平行四辺形の面が折り目につながっている折り紙で、平らな状態から、折りたたむことで別の平らな状態へと変化していきます。

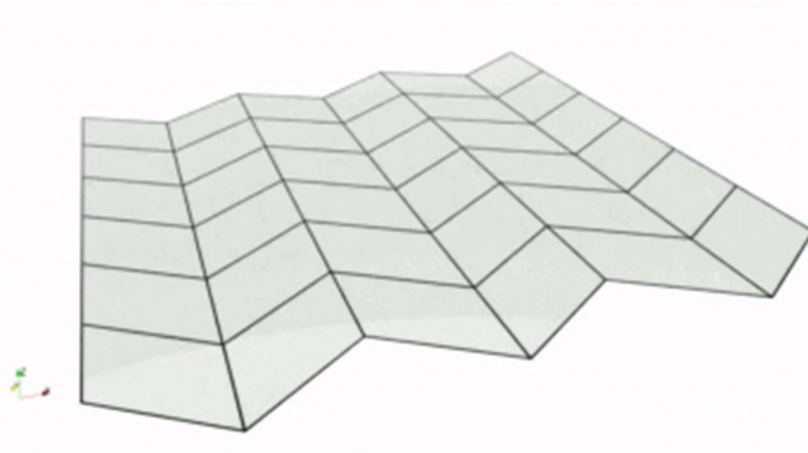


図1. ミウラ折りが折りたたまれる様子

図2はミウラ折りの折り図を示しています。この図では、緑の実線は「山折り」を、青の点線は「谷折り」を表しています。この折り図を家のプリンターで印刷する際は拡大や縮小をせずに、A4サイズで印刷すると余白がでらず、きれいに作れます。

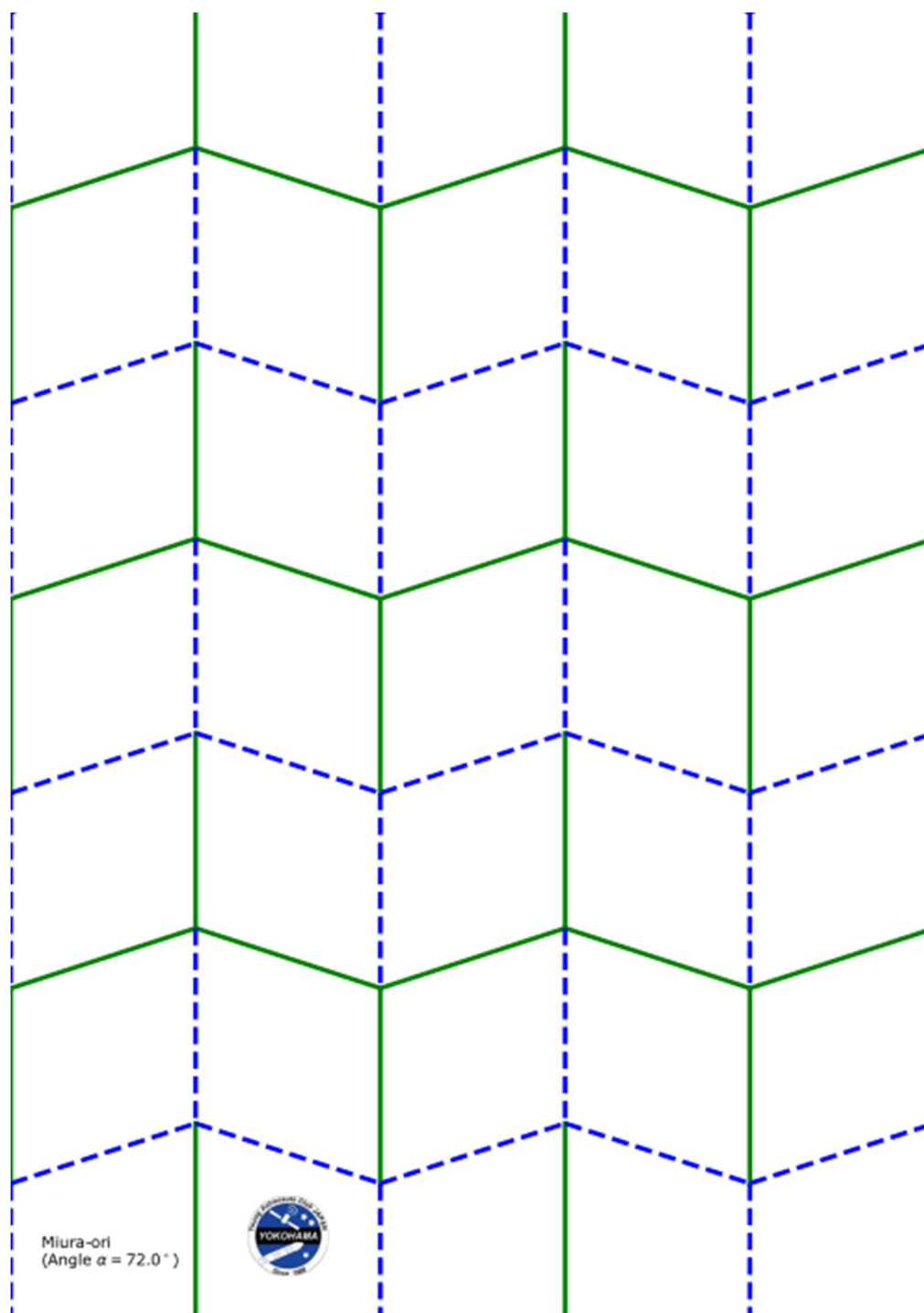


図2. ミウラ折りの折り図の例

ではミウラ折りを実際に折ってみましょう！図3にミウラ折りの折り方を示します。
この折り方以外でもミウラ折りは折ることができるので、ぜひ色々な折り方を試してみてください。

ミウラ折りの折り方！

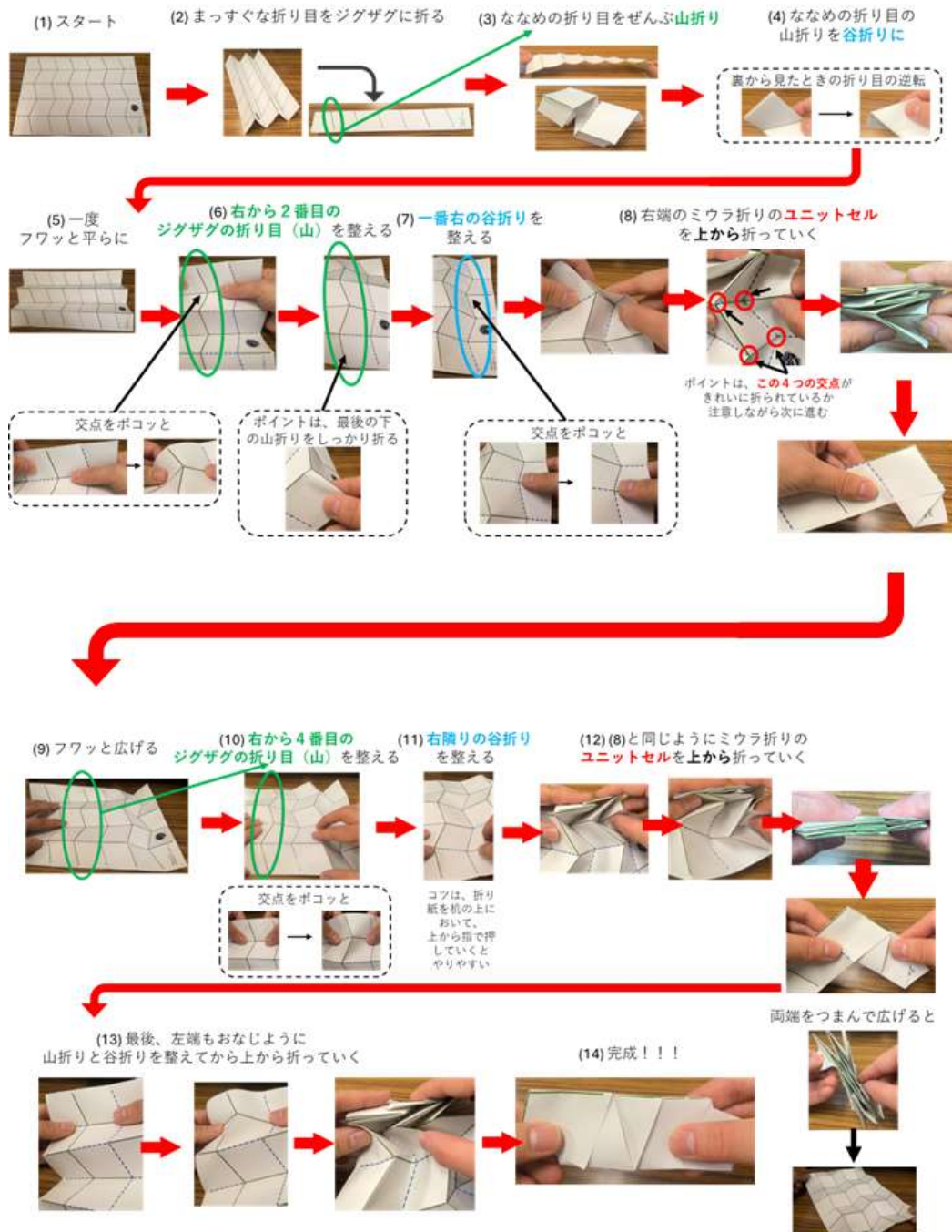


図3. ミウラ折りの折り方

3. ミウラ折りの3Dバージョン？

先ほどのミウラ折りは折りたたまれるときの動きが平面的ですが、このミウラ折りを派生させると内部に空間をもつことができる構造を作ることがわかってきました。その折り紙は「タチ・ミウラ多面体」と呼ばれている折り紙で、図4のように折りたたむことができます。



図4. タチ・ミウラ多面体の折りたたまれる様子

(引用：ISAS ニュース 2024 年 4 月号表紙図)

このタチ・ミウラ多面体、実は2枚のシートから構成されます（折図は図5を見てください）。実際に折るときは、図5の左図の折図を2枚印刷してください。折り方は図6を参考にしてみてください。折るときに、少しコツがいるかもしれませんが、ミウラ折りを折った後にタチ・ミウラ多面体を折ってみると、意外と簡単に折ることができるのがわかると思います。ぜひ、ミウラ折りとタチ・ミウラ多面体の共通点を探してみてください。

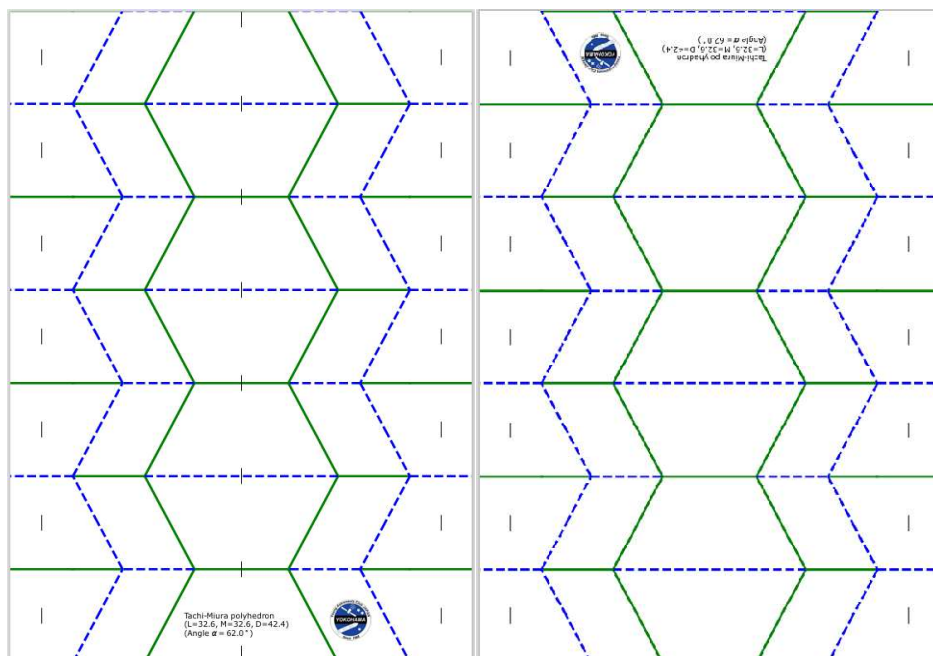


図5. タチ・ミウラ多面体の折図（右図は左のを180度回転したものです）

タチ・ミウラ多面体の折り方！

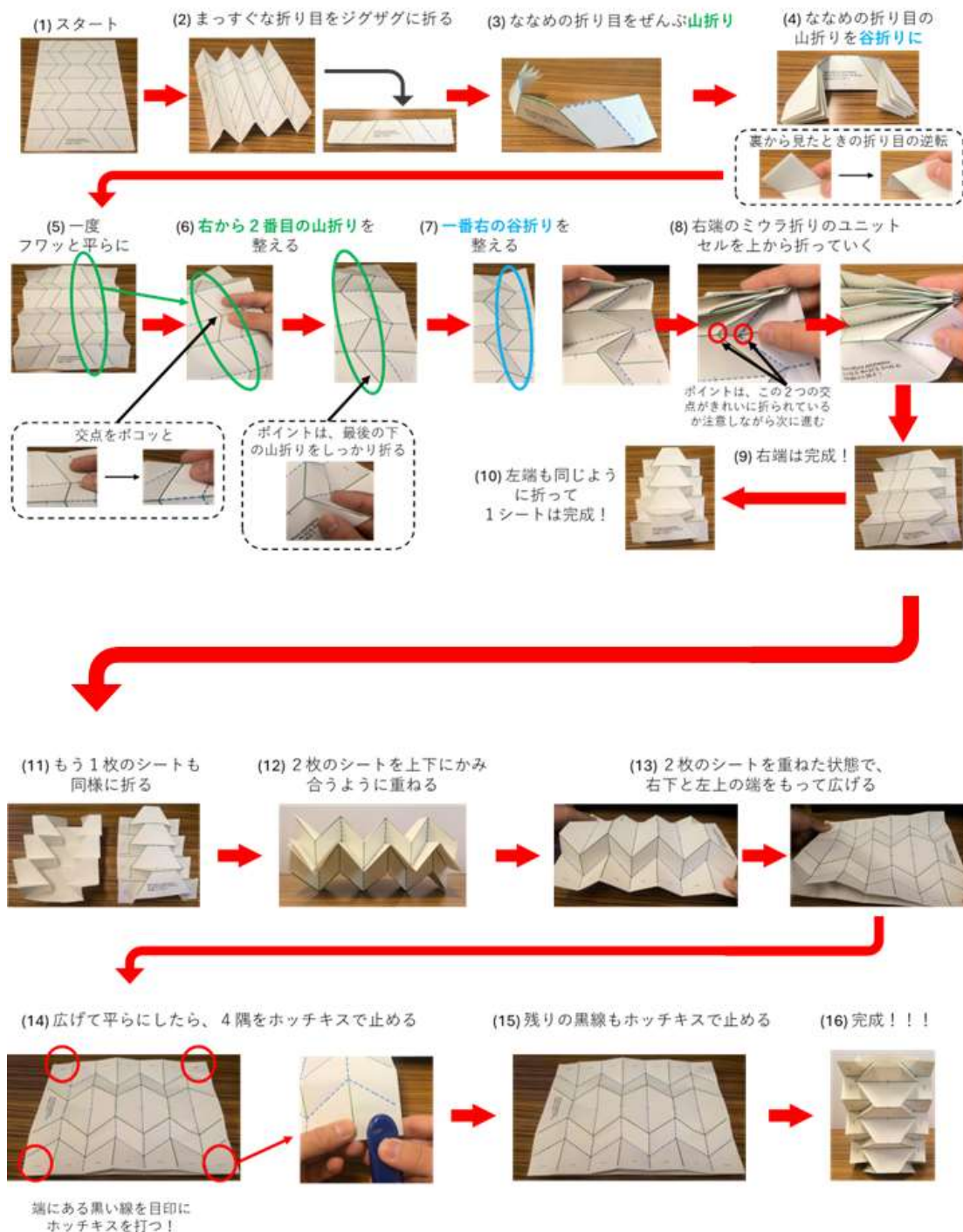


図6. タチ・ミウラ多面体の折り方

4. タチ・ミウラ多面体を使った実験をしてみよう

ミウラ折り、そしてタチ・ミウラ多面体を実際に作ってみました。それでは、折り紙を使った宇宙構造物への応用を一緒に考えてみましょう。宇宙へ折り紙の構造を持っていき、それを使うことを想定して、ここでは以下の2つに注目してみます：

- (1) **衝撃試験**：折り紙構造をロケットで運ぶときに、ロケットの衝撃に耐えないといけない
- (2) **耐荷重試験**：折り紙構造を例えば月面で使うときに、荷重を支えなければいけない

(1) の衝撃試験では、タチ・ミウラ多面体の中に卵を入れてある高さから落とすエッグドロップテストをして、衝撃から卵を守ることができるか実験してみます。

(2) の耐荷重試験では、タチ・ミウラ多面体の上に重りを載せて、10秒間壊れることなく耐えることができるか実験をします。

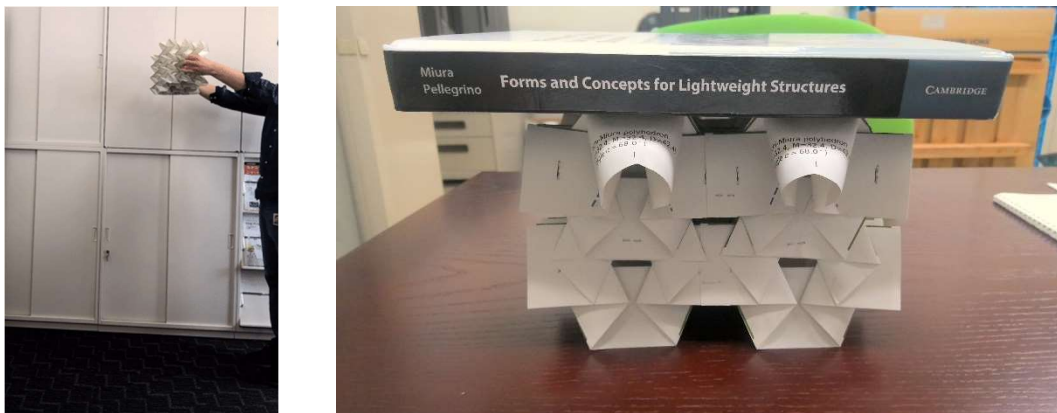


図7. タチ・ミウラ多面体を使った衝撃試験と耐荷重試験の例

5. 発展的なトピック

ミウラ折りやタチ・ミウラ多面体の特徴について一緒に学んでいきましたがいかがでしたか？特に、紙があればこのような面白い特徴を持った構造を作ってみることができるのが折り紙の長所でもあります。それでは、実際の宇宙構造や産業に折り紙を応用する場合、紙だけでなくほかの材料を使うことはできるのでしょうか？

実は金属を使って折り紙を作れないか？と考える研究者がいて、様々な方法で取り組んでいます。ここでは、一例として金属を使って、最近よく聞く3Dプリンターによって折り紙を作っている研究を紹介します。図8は折り紙の設計をもとに、アルミニウム合金からなるタチ・ミウラ多面体の製作例になります。紙でタチ・ミウラ多面体を作った団員の皆さんならわかると思いますが、紙のような平らな材料を折って、組み合わせて構造を作っていく作業はとても時間がかかり大変です。3Dプリンターを使って、初めから折ってある状態のタチ・ミウラ多面体を作るとそのような時間がかかる複雑な形状も作れてしまうのが利点です。

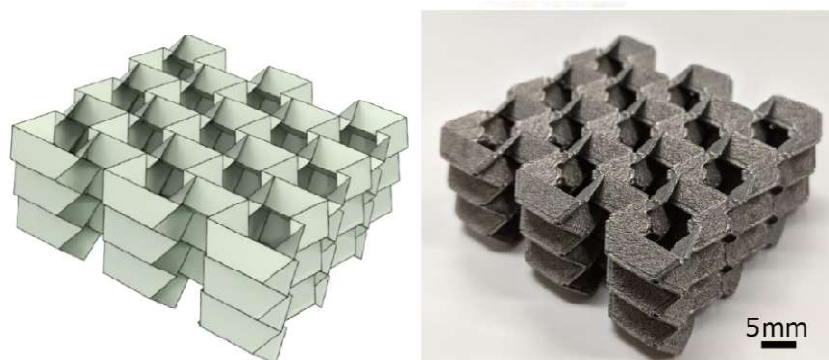


図8. 金属3Dプリンターを使ったタチ・ミウラ多面体の造形
(引用：ISAS ニュース 2024年4月号表紙図)

また、金属で折り紙の形状だけでなく、実際に紙のように折ることができるのか？も実験しています。図9は上から重りを落とした時に、金属の折り紙がどのようにつぶれるかを実験した様子になります。金属で作った折り紙も、折り目の部分できれいに折れることがわかり、折り紙に基づく衝撃吸収構造といった応用が期待されます。

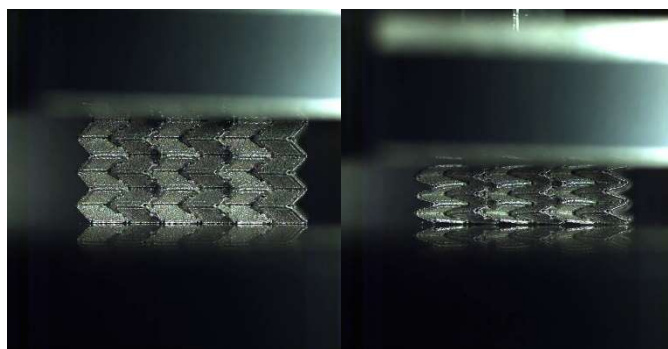


図9. 金属3Dプリントで作ったタチ・ミウラ多面体が衝撃によりつぶれる様子
(左図がつぶれる前、右図がつぶれた後)

宇宙だけでなく、身近なものにも折り紙を使った応用例があるかもしれません。ぜひ皆さんの身の回りにある「折り紙」を探してみてください。