

構造模型の ここに注目!

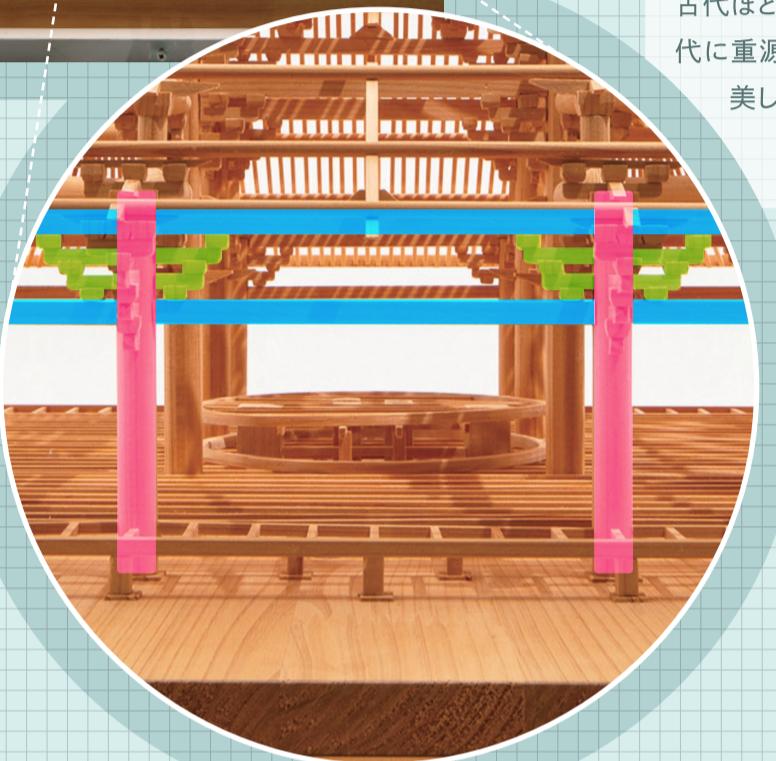
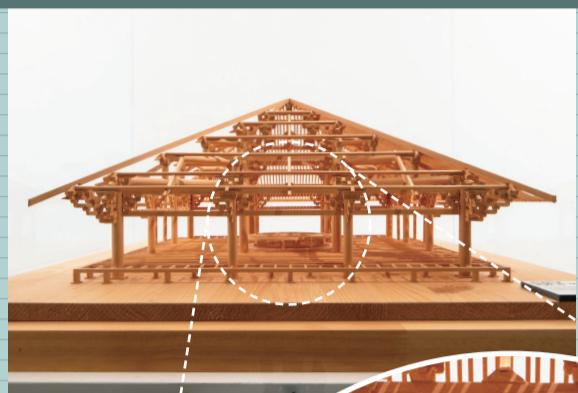
建築には、様々な力が作用します。地球上には重力がはたらく為、建物自体の重量や人や家具などの荷重をはじめ、雪や風、地震、水や土の圧力なども作用します。作用する力の方向は、重力(鉛直)方向の力と、地震や台風などによる横(水平)方向からの力があります。そうした力に耐え、建築を安定に保つ為にどのような構造の工夫がされているのでしょうか。

構造模型を通して、力の流れをみてみましょう!

感覚する構造 - 力の流れをデザインする建築構造の世界 -

「浄土寺淨土堂」の

ここに注目!



地震の力をしなやかに受け流す

柱(縦の材)に貫(横の材)を貫通させて両者がしっかりと留め付けられています。柱と貫が一体化することで地震や風などの建物に横からはたらく力に対して安定性を高め、力をしなやかに受け流せる特徴があります。このような「貫構造」は、古代ほど大量の材を費やさずに堅固な架構をつくりだす創意工夫として、鎌倉時代に重源によって実行されました。架構の合理化が図られたことで構造部材の美しさと開放的な空間が創出され、粘り強く強固な構造となっています。

柱 柱 貫 貫 挿肘木 插肘木

接合部の強度を高め、張り出した軒を支える役割の「肘木(ひじき)」。構造的な補強であると同時に、浄土寺淨土堂の意匠を特徴付けています。



所蔵: 東京大学総合研究博物館 模型制作: 平山貴大

「国立代々木競技場 第一体育館」の

ここに注目!

引っ張る力で支える

つたやロープ、ケーブルなどは、圧縮力や曲げを負担する能力はありません。しかし吊り橋などで古くから利用されてきたように、これらを2個の支点の間に張り渡すと引張り力だけで荷重を支えることができます。ケーブルの耐力を最大限に発揮できる為、大スパン(長い距離)を支えることに適しています。国立代々木競技場 第一体育館は、この原理を用いてメインケーブルによって屋根を吊り上げ、二本の支柱を介して基礎へつなぎ、基礎同士を突っ張ることで形状を維持しています。

吊られている屋根 吊られている屋根
メインケーブルで屋根をぐっと吊り上げる メインケーブルで屋根をぐっと吊り上げる
ケーブルを支えるために踏ん張る ケーブルを支えるために踏ん張る

特徴的な形をした屋根の形状は力学的に純粋な吊り形状ではなく、連続的に変化する滑らで「自然な」曲面となっています。ある程度の固さをもった鉄骨を吊り材に用いることで、あの美しい曲面が実現しました。



【ケーブル構造】

「白川郷合掌造り民家」の

ここに注目!



寄りかかって安定させる

トラスと呼ばれる、棒状の部材をつなぎ合わせて三角形の骨組みを作ることは非常に安定した構造が得られます。これにより、棒材にとって弱点である曲げる方向の力を発生させないシステムを構成することが可能になります。その中でも迫り持ちトラスは何千年前から原理を経験的に把握されていた太古のトラスで、合掌と呼ばれる互いに寄りかかる二本の斜め材と、その脚元が開くのを抑えるための水平材（陸梁）によって構成されています。

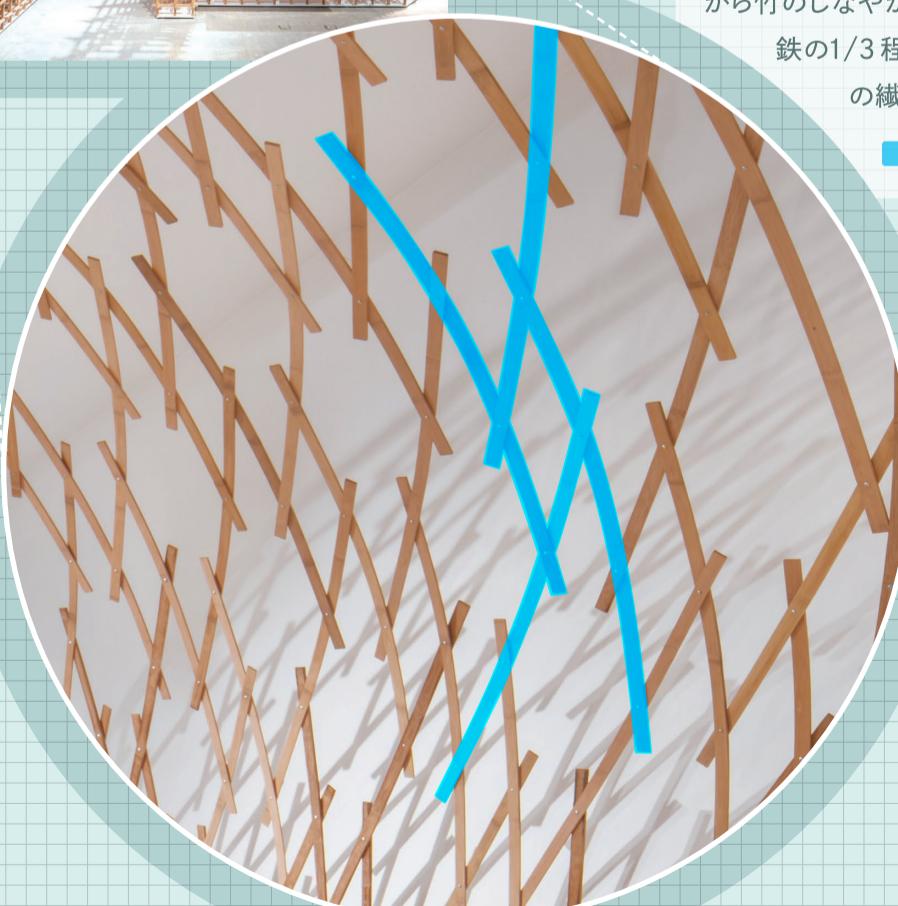
白川郷合掌造り民家では縄締め、梁端は先の尖った駒尻により置かれるといった簡易な接合ながら豪雪にも耐えうる強度をもっています。トラスで構成された2階は、広い作業空間を必要とした蚕室として用いられていました。



所蔵：白川村教育委員会

「竹の構築物」の

ここに注目!



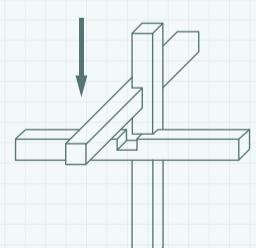
短い材で互いに支えあう

レシプロカル構造は「相持ち構造」とも呼ばれ、短い材が互いに支えあって大きなスパンを飛ばしています。この竹のレシプロカルは折り畳み可能なレシプロカルユニットを繰り返し用い、アーチ面の外に向かって開く力を互いに抑えあいながら竹のしなやかさをいかしてアーチ状に形作ることを可能にしています。竹は鉄の1/3程度の強度があり、しなやかな構造特性を持つため、細い材での繊細な架構が可能となります。

..... 繰り返しユニット

三方格子：

竹集成材に施された継ぎ手を1/2ずつずらして三方向に組み合わせることで、金物を用いず、手作業のみで組むことができる構法です。



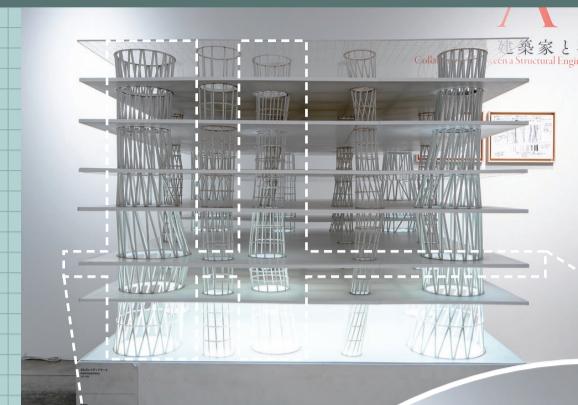
制作：滋賀県立大学 陶器浩一研究室

[トラス構造]

[レシプロカル構造]

「せんだいメディアテーク」の

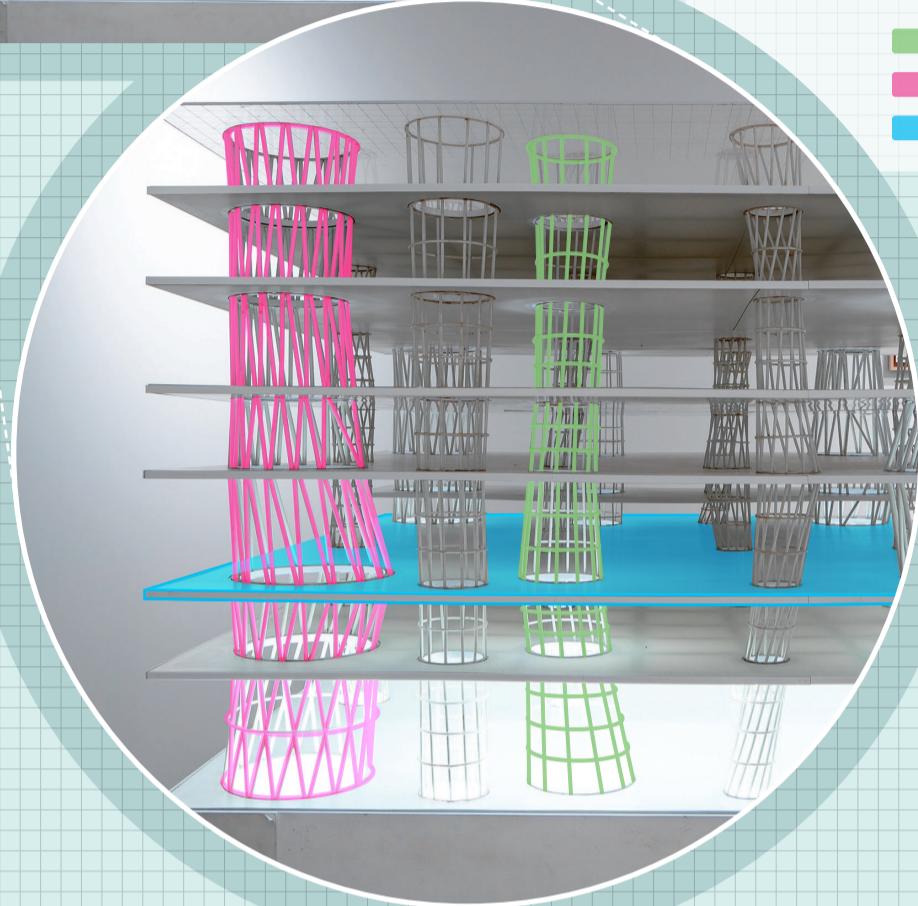
ここに注目!



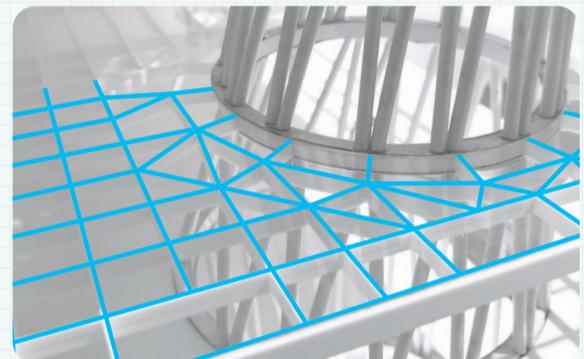
チューブとプレートで支える

せんだいメディアテークの構造体は重力を受けるチューブ、地震力と重力を受けるチューブ、それらのチューブにより支持される極薄の床によって構成されています。地震力を受けるチューブはねじることでHPシェルとなり、さらにその形状効果により座屈耐力が向上する設計となっています。

- 重力を受けるチューブ
- 地震と重力を受けるチューブ
- 力の流れに従って作られた鉄板



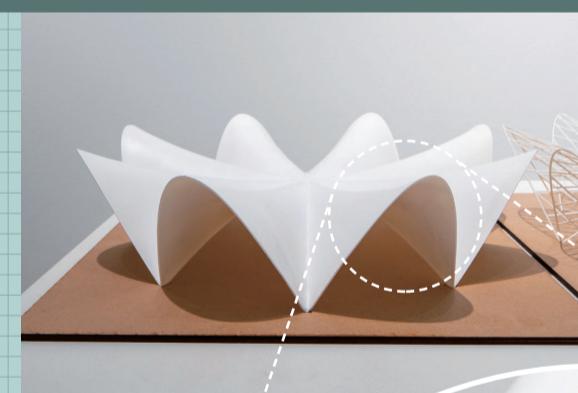
床組はリブと呼ばれる垂直方向のプレートを上下の鉄板でサンドイッチさせて作られており、このリブは力の流れに沿うように配置され、柱の付近では放射状に並んでいます。床構造の鉄板の施工難易度が非常に高いため、鉄板加工に秀でた造船の技術者達によって作られました。



所蔵：佐々木睦朗

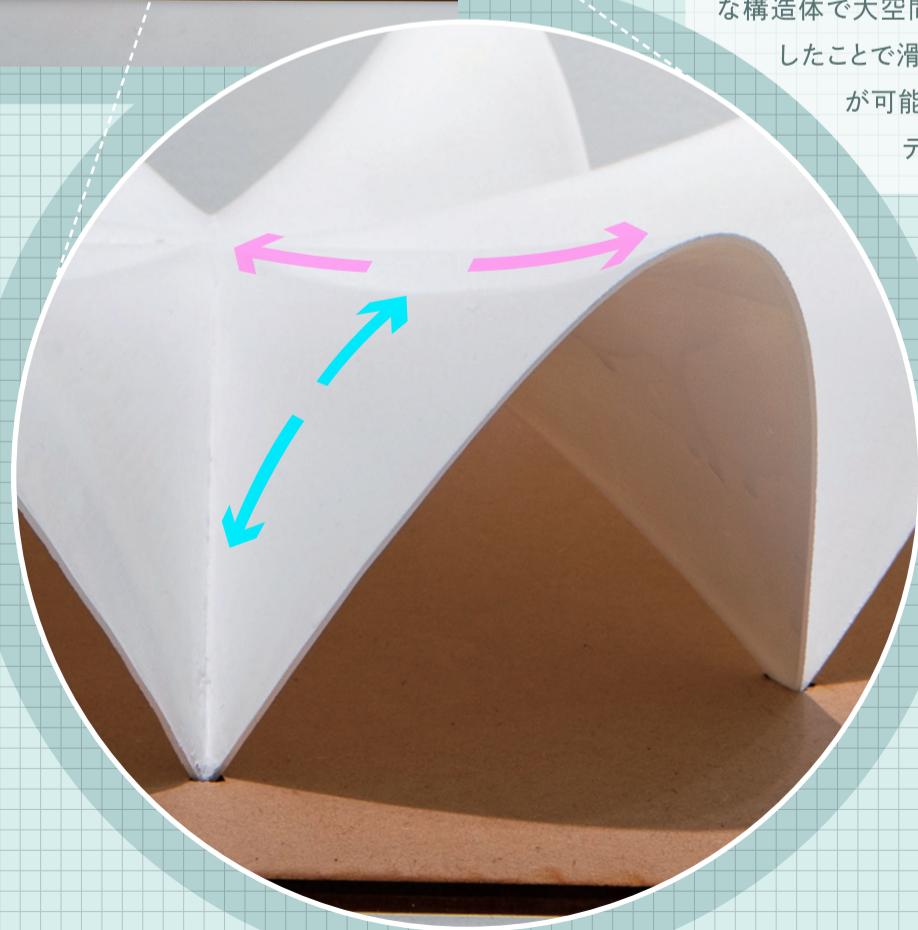
「ソチミルコのレストラン」の

ここに注目!

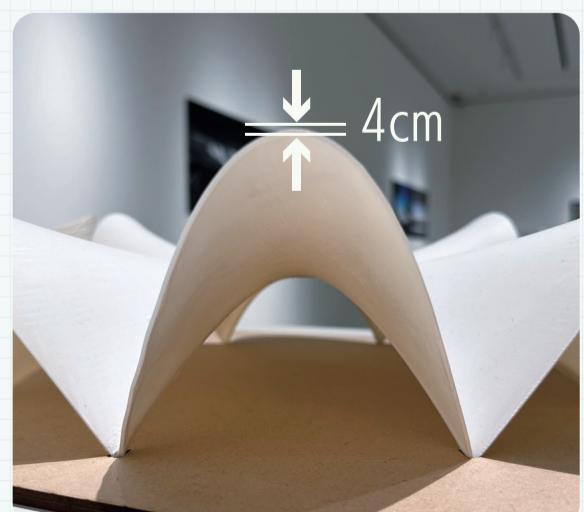


薄く軽やかに

一般的に建物は柱と梁によって支えられていますが、この「シェル構造」は貝殻のように薄く滑らかな曲面で構成されています。幾何学的に定義されたこの曲面形状では力を合理的に流すことができるため、最小限の断面サイズで軽やかな構造体で大空間を覆うことができる特徴があります。鉄筋コンクリートが普及したことで滑らかな曲面を施工することができ、計算理論の発展により設計が可能になったシェル構造は第二次世界大戦後に発展を見せ、構造デザインの世界をけん引しました。

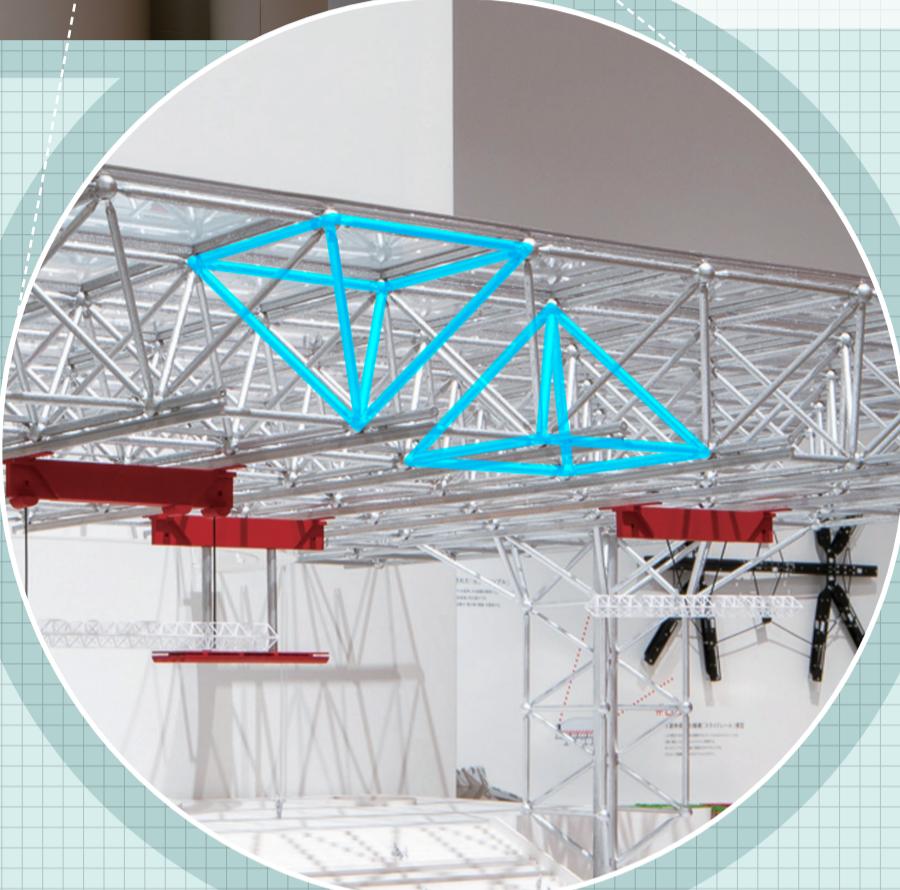


HPシェル（双曲放物面シェル）と呼ばれる形状であるソチミルコのレストランは、一般部の厚みが4cmと究極的な薄さで30m四方の内部空間を覆っています。



「日本万国博覧会 お祭り広場」の

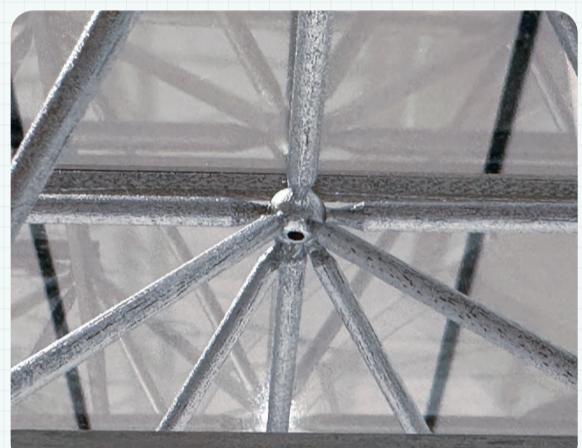
ここに注目!



立体的な力の流れ

棒状の部材を立体的に結合し、骨組全体が規則的な幾何学ユニットの繰返しで構成されています。建築現場での作業を容易な組み立てだけにすることを目指して考え出され、工場における標準化、大量生産を可能とするため、ほぼ同じ太さの数多くの棒状の部材を用いています。

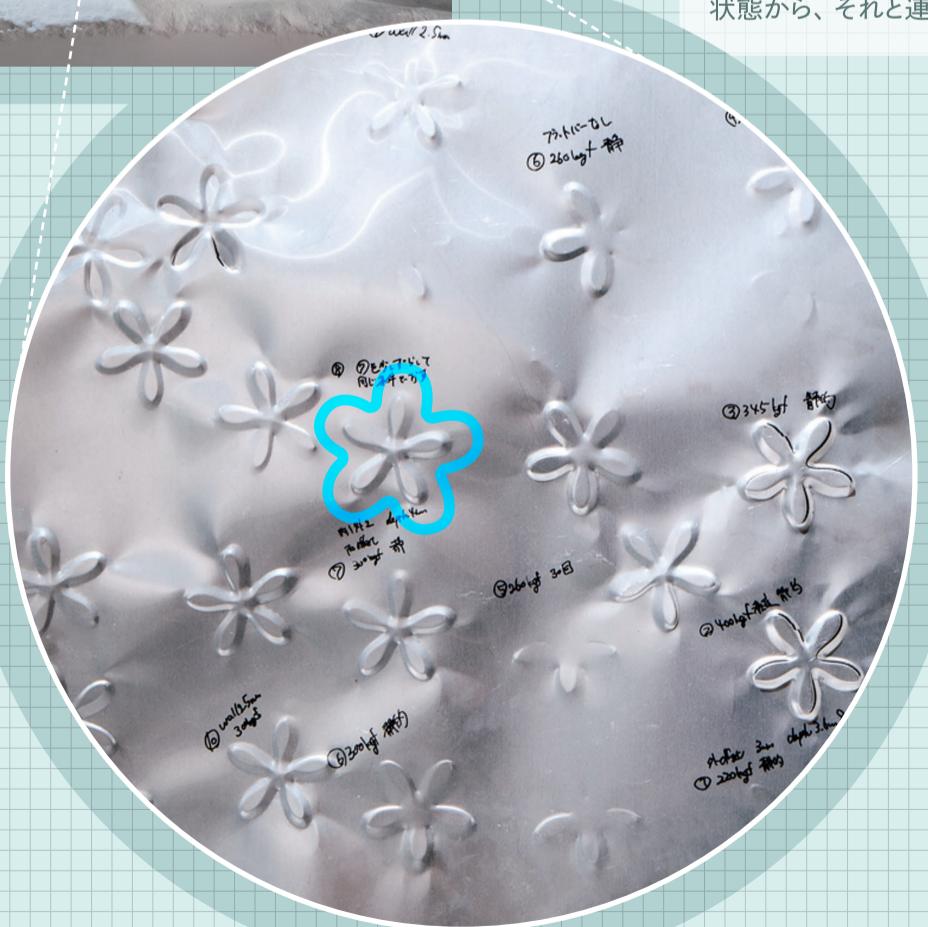
ジョイントは、鋳鋼によるメカニカルジョイントとなっており、多方向からの部材を容易に結合でき、組み立てる際の隣接接点間の誤差を吸収できるような機構になっています。日本万国博覧会 お祭り広場（1970）は、万博後の利用計画が定まっていませんでしたが、このシステムを用いることで永久利用にも数年後の解体にもフレキシブルに対応することができました。



所蔵：鹿児島大学工学部建築学科 朴・増留研究室

「月面構造物」の

ここに注目!

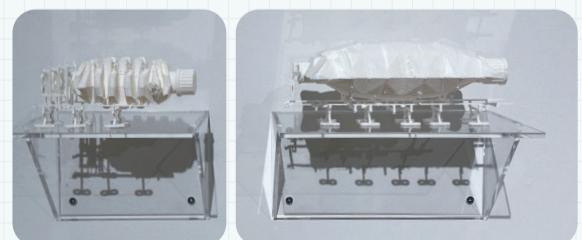


折り畳み、そして展開する

滞在モジュールの表面にある「花柄ティンプル」は、折り畳まれた外皮が展開する際、外皮を外側に膨らませる「とびうつり現象」を誘発するための構造デザインです。「とびうつり現象」とは、ヘアピンがパッチンと裏返るように、あるつり合い状態から、それと連続しない他の安定な状態への変形のことといいます。

宇宙で構造物を作る場合、建設作業を行うことが非常に困難であるため、いかに簡単に作れるかが重要になります。また、輸送コストの面から軽量であればあるほど良いとされます。折りたたまれた状態から小さな力で開き構造物が作られる「展開構造」が宇宙空間では合理的です。

展開前 → 展開後



この幾何学や力学を駆使しデザインされる宇宙構造物は、時には昆虫の羽からアイデアを得たり、時には新たな構造特性を発見したりと様々な知識を行き来しながら作られています。

所蔵：東京大学大学院 新領域創成科学研究科 佐藤淳研究室