

# 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-

## 「浄土寺浄土堂」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出す創意工夫として、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      ..... 貫      ..... 挿肘木

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、浄土寺浄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っ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  
..... 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

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。



【貫構造】

【ケーブル構造】



## 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も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

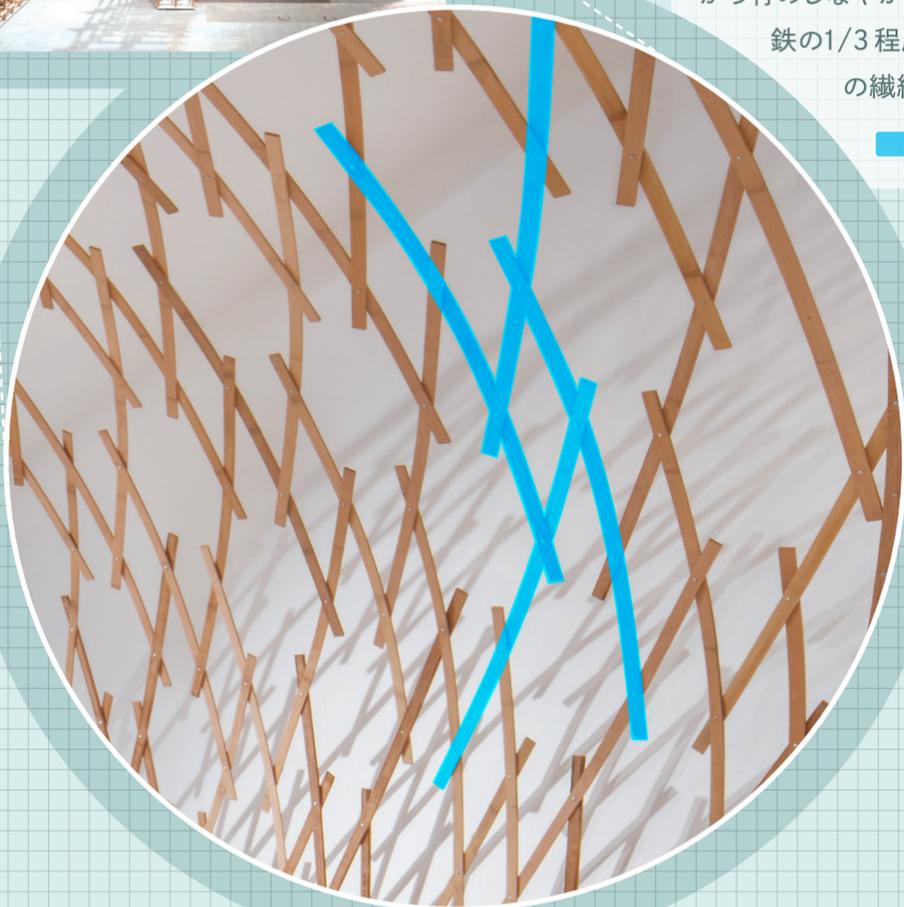
【トラスの構造】



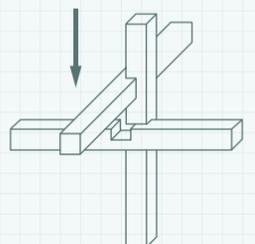
## 短い材で互いに支えあう

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使い、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 陶器造一研究室

【レシプロカル構造】



# 「日本万国博覧会 お祭り広場」の ..... ここに注目!

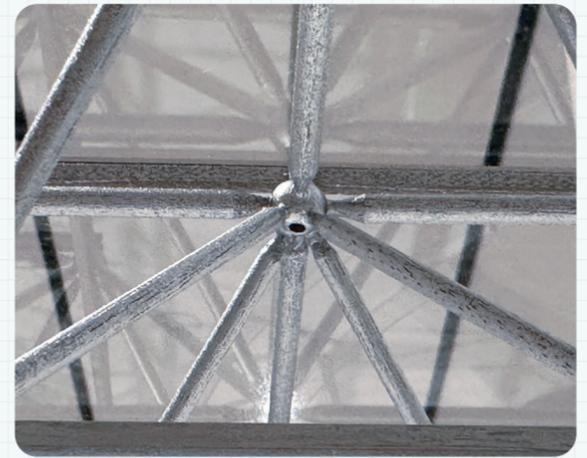


## 立体的な力の流れ

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を目指すことで考え出され、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、組み立ての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なかったが、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可能となりました。



所蔵：鹿児島大学工学部建築学科 朴・増留研究室

【スペースフレーム】

# 「月面構造物」の ..... ここに注目!

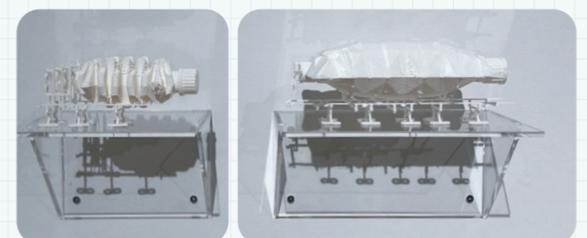


## 折り畳み、そして展開する

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をいいます。

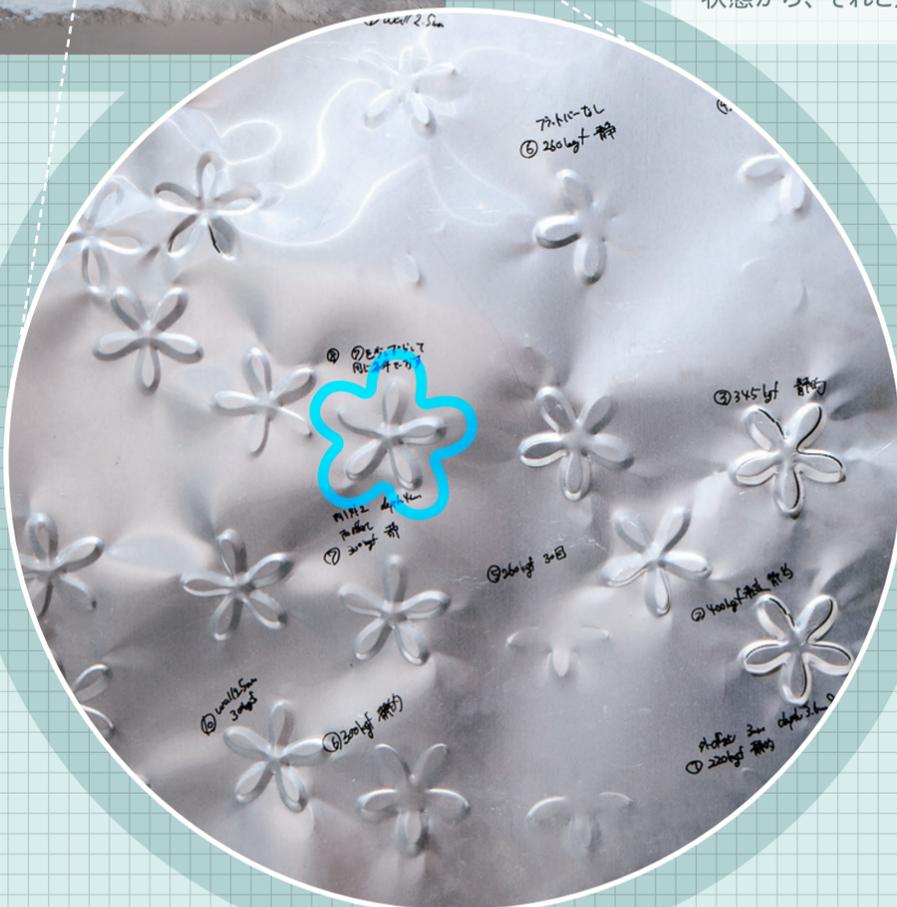
宇宙で構造物を作る場合、建設作業を行うことが非常に困難であるため、いかに簡単に作れるかが重要になります。また、輸送コストの面から軽量であればあるほど良いとされます。折りたたまれた状態から小さな力で開き構造物が作られる「展開構造」が宇宙空間では合理的です。

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



【展開構造】