



46
2025

創造人

Creative People

早稲田大学 創造理工学部・研究科 広報誌

Interview

形と力の流れが生み出す
シエル・空間構造で、
美しさと安全性を追求する

建築学科
吉中進
教授

フィールド
築構造学、シエル・空間構造研究、応答制御研究

Interview

創造人 ④6 ——— Susumu Yoshinaka



形と力の流れが生み出すシェル・空間構造で、 美しさと安全性を追求する

シドニー・オペラハウスや国立代々木競技場体育館など、その独特のフォルムは見た人の心に強く印象付ける。これらに共通するのが、シェル・空間構造という建築構造だ。その独特な形状は力学的理論から生み出される。形と力の流れを追求し、より安全で美しい建築の実現に向けて、建築学科の吉中進教授は日夜研究を続ける。

数学と物理を駆使して 美しく強い形を

シェル・空間構造の魅力は、その力学的合理性にある。シェル・空間構造では、形と力の流れを物理的に導き出すことで、他の建築構造では再現できない独創的な形状を実現している。一般的な中高層ビルなどで採用されるラーメン構造では、柱と梁を剛接合し、「曲げ」の力によって外力に抵抗する。

一方、シェル・空間構造では曲面や曲線を活用することで、シェル全体で荷重を分散し「軸力」によって外力に抵抗している。これにより、薄く軽い部材を用いても強度と安定性を確保しつつ、柱の間隔が300～400mという長いスパンを持つ大きな屋内空間が実現できる。その強度と安全性から、体育館やドームなどの巨大な建築物に採用されてきた。

シェル・空間構造の形状は、大きく二種類に分けれる。球面や双曲面など二次関数で表される「二次曲面」と、より複雑な「自由曲面」だ。とくに近年では、コンピュータやAIなどを活用した新しい手法により、力学的合理性に富んだ新たな形状の創出に関する研究が積極的に行われている。「シェル・空間構造を成り立たせる理論は難易度が高い。しかし、最適設計や形態創生など、力学に基づく新たな形を生み出す研究は非常に面白い」と吉中教授は語る。

業界でも独自の位置づけを持つ シェル・空間構造

シェル・空間構造の独自性は、そのフォルムだけではない。建築における構造設計者の役割も異なる。一般的な建築物では、まずデザイナーが意匠の観点から建築の形状を決め、それに沿って構造設計者が安全性を確保した設計を行う。しかし、シェル・空間構造では力学的原理に基づいた形状そのものが、その美しさと強度を両立させる。そのため、構造設計者が建築の安全性と意匠の両面に関与できる。吉中教授は「シェル・空間構造では構造が主役になれる」と語る。

材料の自由度もシェル・空間構造の特徴だ。建築学では、使用する材料によって研究分野が分かれており、研究室や学会もそれで区別される。一方、シェル・空間構造は材料の垣根を越えた研究が可能だ。鉄筋コンクリートや木質、膜、さらには新素材まで、さまざまな材料を用いることができる。

吉中教授がシェル・空間構造と出会ったのは、早稲田での学生時代だ。吉中教授は、数学や物理が好きだったこともあり、構造のなかでもシェル・空間構造を選んだという。



「代々木第一体育館は日本を代表するシェル・空間構造の建物。力学的センスが生かされた素晴らしい建築で、学生時代からの憧れだった」のだという。

吉中教授が学生のころは建築構造の専門書も少なく、授業で指定される教科書などを読み漁り、知識を深めていった。構造力学ばかりの授業に退屈さを覚えるなか、ある時『早稲田建築学報』で構造が特集された。そこには、授業で学ぶ世界とは違う魅力的な世界が広がっていたという。「研究の道が続けるなら誰にも負けないように」と決意。勉強を重ねるほどに構造の奥深さと面白さに魅了されていった。

大学院卒業後は、建築物の設計に直接携わりたいという思いから鹿島建設に入社。ところが、企業に入れば企業の利益になる研究しか認められない。そのため、シェル・空間構造の研究を認めてもらうのに苦労したという。当時、同社では超高層ビルの制震に注力していたため、シェル・空間構造でも制震にかかわる研究であれば採用されるのではと考え、現在の研究へといたった。

阪神・淡路大震災を機に、 構造の重要性を再認識

吉中教授の研究の対象は、巨大なドームや体育館だけでなく、小学校の体育館のような小さな建築のそれも含まれる。とくに、学校の体育館は日常的な使用だけでなく、災害時の避難場所としての役割も担う。多くの体育館でシェル・空間構造が採用される背景には、シェル・空間構造の持つ耐震性の高さにある。

吉中教授がとくに注力してきたのが、振動と振動制御の研究で、博士論文のテーマも制震だった。そこには、修士時代に発生した阪神・淡路大震災の経験があるという。当時所属した研究室で、震災後の建築物の状況を調査することになった。吉中教授は被災地に赴き、その悲惨な状況を目の当たりにする。吉中教授は「街中のビルが倒壊するさまは想像を絶するものだった。建築構造の研究がまだまだ足りないことを痛感した。建築に携わる一人として自分の能力が貢献できるのではないかと考えるようになった」と当時を振り返る。

その後も、地震被害の調査に参加し、その度に研究課題がまだ多く残されていることを痛感する。「これまで日本の建築では耐震性の高さを目指すことを大きな目標としてきました。しかし最近は大災害のあり方が変化している。洪水、津波、土砂災害など、さまざまな災害に対する新たな構造の研究が必要とされている」と吉中教授。

力学を極めた先に秘められる創造性

力学を極め、物理現象を発見し、新たな建築構造に活かしていく作業は、高度なクリエイティビティが求められる営みだ。吉中教授は「クリエイティブというデザインを思われがちですが、工学にもデザインとは違うクリエイティビティがある」と語る。

建築家がデザインに個性を見出すのに対し、構造研究者は異なる形で個性を発揮する。一般に建築は地域性が大きな影響を与えるが、建築構造は環境や地域性に影響されない普遍性があるが、重力の法則は世界共通。その制約のもとで新たな可能性を追求することには難しさがある一方、そのなかにこそ創造性があるという。

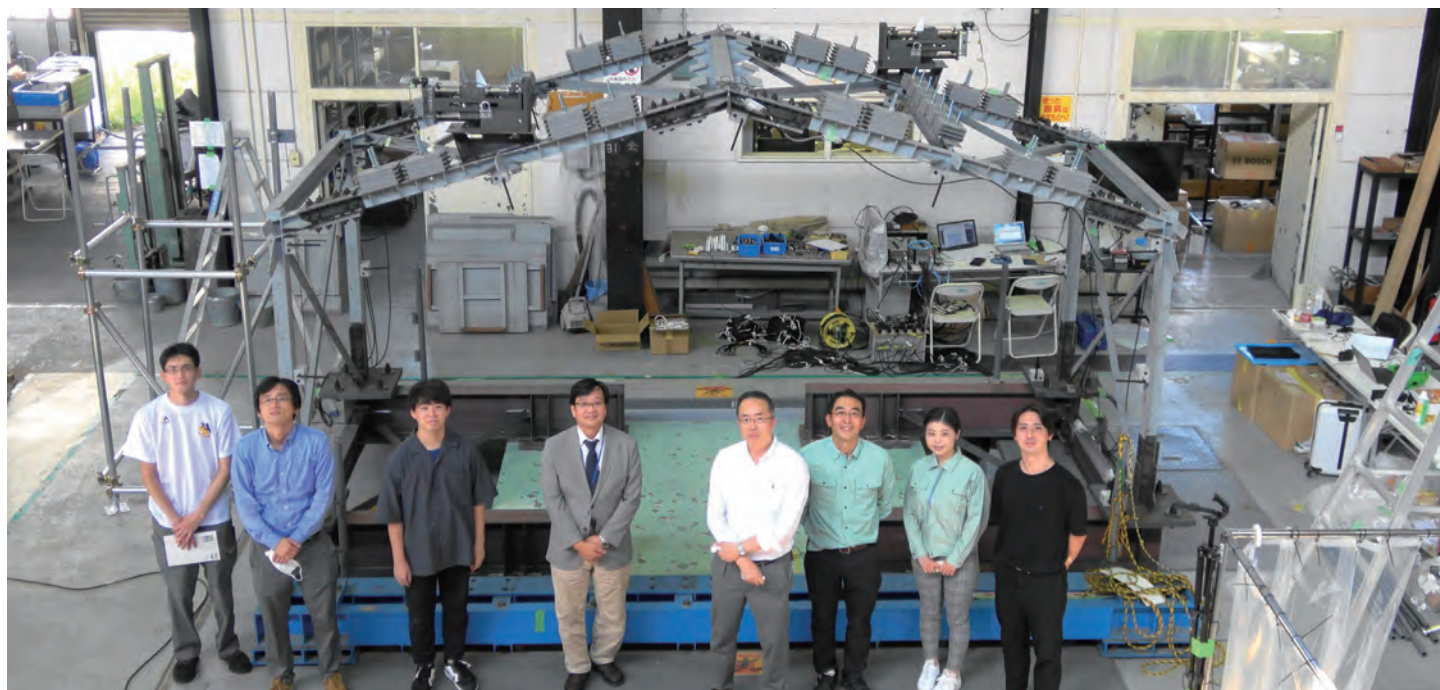
「シェル・空間構造は世界的にインパクトのあるものをつくりだせる面白さがある。構造研究者として認められるまでには時間がかかるが、それこそが研究の醍醐味」

吉中教授は、構造研究者としての矜持を持ちながら、次世代の構造技術者の育成にも力を注いでいる。吉中教授が過ごした学生時代は景気のいい時代で、シェル・空間構造を活かした大規模な建築がつくられた。一方、現代では大きな建築物がつくられない。そのため、いまの学生にはその魅力がわかりにくい。そのような現代でシェル・空間構造を学ぶ意義はどこにあるのか。吉中教授は次のようにいう。「構造は建築がある限り必要とされる分野。新しい材料への対応や技術開発も常に求められている。いま構造を志望する学生が減っているなかで、第一人者になれるチャンスでもある。デザインと構造はセットで取り組むべきものであり、この道を選んで決して後悔することはない」



また、学生への指導方針には自身の経験が活かされる。吉中教授は一度企業で研究に取り組んだが、その後より自由な研究の場を求めて大学に帰ってきた。学生たちの芽を摘まないよう、本人がやりたいことや考え方、適性のあるものを育てるように意識している。「博士論文の研究テーマは、企業で認められるためにたどりついた苦心の産物。設計をやるつもりで就職したが適性が合わず研究の道を選んだ。自分の適性は一生懸命やってみないとわからない。世の中で使われるのが 50 年先のような遠い未来を見渡した研究ができるのが、大学の魅力」と吉中教授。

吉中教授が追求してきたシェル・空間構造は、形と力の流れを融合させた建築の可能性を広げている。力学的原理に基づきながらも美しい形を生み出す創造性は、構造ならではの魅力だ。その研究は、より安全で美しい建築空間の実現に向けた、絶え間ない挑戦の歴史でもある。



研究室の学生とシェル・空間構造の実験後に