建築には数学がいっぱい!?

竹内薫×藤本壮介
Takeuchi kaoru　*Fujimoto Sou*

彰国社

まえがき

僕自身の数学との最初の出会いの記憶は、小学校の低学年のころ、ひとつ上の兄が学校で習ったかけ算の九九を練習している隣で一緒になって覚えようとしていた風景だ。なぜか二人でお風呂に入っていて、もしかすると母も一緒に入っていたかもしれないが、そうやってかけ算の九九を歌うように唱えていたのを覚えている。

それは数学という言葉から連想される苦いイメージ、悪夢のテストとか意味不明の公式とか計算ミスとか、とはまったくかけ離れた、もっとわくわくするような感覚だった。知らない世界の秘密が少しずつ解き明かされていくような、世界のしくみの一端を感じ取れるような、そしてその先にある更なる謎に期待が高まるような、そんな好奇心ゆえのわくわくする感覚。

この本の中には、まさにそんな楽しい記憶がよみがえるような数学があふれている。科学的なトピックを語る達人である竹内先生と対話していく中で、建築家としての僕の素朴な疑問が意外な話題に展開し、なぞなぞから幾何学へ、無限の話から果ては宇宙エレベーターや未来の都市まで、竹内先生に手を引かれるようにして、好奇心のおもむくままに散策する。面積や直角のはじまりを考えたかと思えば、思考の枠組みとしての座標系の話題に至り、関係性ということを考察もする。たまには数式も出てくるけれど、僕自身もいまだによくわからないものもある。そんなときには飛ばして次の章に行ってしまってもよい。

この本を通して実感したのは、数学とは人間の好奇心そのものだということだ。その好奇心を楽しむための方法が、数学にほかならない。ふとした疑問に対して、なぜなんだろう、と考えはじめ、意外な思い付きが連なってだんだんとしくみができ上がっていく。すると、そのしくみが生み出すものを見てみたくなり、さらに追い求めているうちに、また別の疑問が湧き上がってくる。そうやって次々と好奇心の連鎖が止まらなくなる。その感覚は、建築を設計しているときのプロセスにそっくりだ。

建築と数学はいろんな意味で似ているし、いろんな意味で違っているはずだけれど、この好奇心の連鎖が生み出す喜びは、意外な、そして本質的な共通点なのではないだろうか。

昨年３月の大震災後の日本の状況を考えると、建築も数学もとても無力に感じてしまうときがある。数学と建築を扱った本を出している場合なのかと考えたときもあった。

しかし、そんなときだからこそ、数学というものが生み出す素朴な好奇心が必要とされるのではないだろうか？　数学や建築がかき立てる未来への軽やかな好奇心こそが、これからの日本を動かす大きな原動力になってくれるにちがいない。

２０１２年　新年早々の上海にて　藤本壮介

装丁＝早瀬芳文
装画＝内山良治
本文デザイン＝又吉るみ子
図版制作協力＝黒川大輔・川瀬悠太

1 幾何のたね

★スケール変換で想像する

竹内　建築って、わりと外見だけに目がいきがちですけど、中身はどのようにつくるんですか。

藤本　中身に関しても、けっこう僕らは外と中が同じくらい、お互いがお互いを成り立たせているようにつくりたいなと。建築家って、そういう思いがあるんですよね。たとえば、この北海道の子どものための療養施設にしても、箱が並んでいる風景が中でも同じように見えて、中の機能性にも対応しているし、外の見かけの面白さにもなっている。そういう、どこかで中と外のつくられ方の整合性みたいなものを求めているようなところがありますね。

竹内　たしかに、これを拝見しますと、内側から写真を撮っても、四角がたくさん並んでいるという重層構造が見えてきますよね。

藤本　そうですね。それが実際の中の体験でも意外と、「ああ、なるほど。それは子どもにとっていいスペースですね」とか、そういう機能性にも対応していたりします。

竹内　先ほど、最初1/100、それから1/20の模型をつくってというようなお話を伺いましたが、内側からどう見えるかというのは、どういうふうにしていらっしゃるんですか。

藤本　模型を覗き込むんですよ。1/20の模型になってくると、この箱１個がそれなりに大きなものになってくるので。そうすると、覗けるんですよ。箱全体の大きさは30〜40cmくらいですね。それがたくさん並んでいるので、しかも屋根もつくると。で、見たいところで模型を切って、そこからまた覗いてみたりですね。本当は、コンピューターの中でシミュレーションするという方法もあるんですが、身体感覚としては、僕らはやっぱり模型をつくって、外に出して日の光をあてて、晴れてる日はこういうふうに見えるのかとか、そんなことをやってますね。

竹内　身体感覚というお話がありましたけど、スケッチアップというソフトをご存じだと思うんですが。今ではGoogleが無料で配ってますよね。建築家の方がプレゼンテーションのときに使う３次元グラフィックスのプログラムなんですけど、それを昔、購入したことがあるんですよ。当時はやはり、建築家の方だけが使うプログラムだったので、高価なものでした。たしか当時、アメリカドルで５００ドルくらいだったかな。それを買って、遊んでいたことがあるんです。

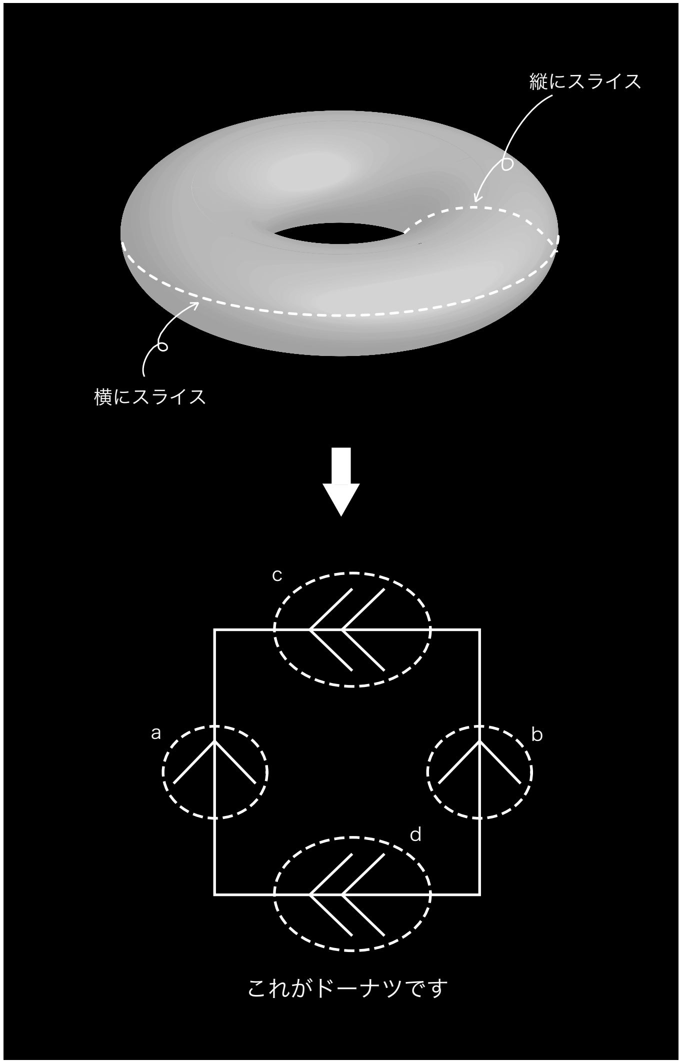
　まず幾何学図形からはじめるんですね。四角からはじめる。まず四角の面をつくって、それを持ち上げるんです。そうすると、立方体になって、そこに今度、窓をつけるとポコっと穴があくんですよ。もし、窓枠を嵌めたければ、部品があって、それをパコっと嵌める。しかも、建物の内側に入っていくツールがあって、スーっと中に入っていける。そうすると、目のようなアイコ

情緒障害児短期治療施設

★ドーナツとパースペクティブ

藤本　先ほどドーナツというお話がありましたけど、円状のものが回っているというのが一応ドーナツなわけですよね。そこに1個穴があいたときにどうなるのかとか、いろいろ考えはじめると不思議な感じがしますよね。

竹内　僕も昔、物理学の授業でドーナツのことをよく思ったんですけど、ドーナツってこういう形をしてますよね（黒板使用）。たとえば、まず真ん中に縦に切れ目を入れてみる（次頁上の図）。スパっと切れますよね。それから、ドーナツを横にスライスするような感じで、切れ目を入れてみる。これを開くとどうなるかというと、結局こうなっちゃうんですよね（次頁下の図）。ちょっと変な格好ですけど、ａとｂが同じ。ａとｂをくっ付けると円筒になるじゃないですか。円筒になったやつをもう1回、今度はｃとｄをくっ付けるんですよ。そうすると、数学では「ドーナツというのはこれです」となってしまうわけです。これの奇妙な点は、この図って曲がってないじゃないですか。平面なので、曲がってないんですよ。だから、ドーナツというのは基本的に、2次元で考えている限りは曲がってない。しかし、3次元の空間の中にドーナツを入れようと思うと、曲がってくるんですよ。曲がり方というのは2種類あって、「固有の曲がり方」というのは、2次元の話だけで完結するような世界なので曲がってない。だけど、「外から見た曲がり方」でい

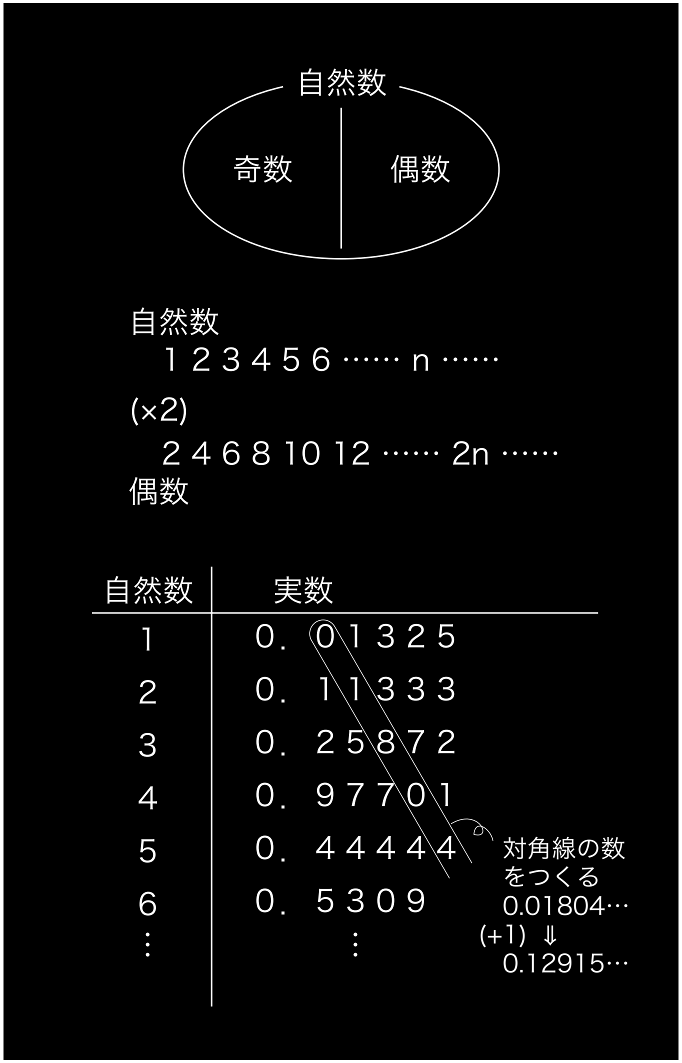


★無限と群論

藤本　個人的に無限の話にも興味があるんですが、無限の話と群論というのは、つながってくるものなんでしょうか。

竹内　まず離散か連続かという話があるんですね。今の場合、置換群というのは、まさに数を数えられるから離散的じゃないですか。もし仮に、この要素の数が連続的な数になってしまったら、実数と同じような感じになるわけですよ。つまり、1、2、3という背番号がつけられないという話なんですね（黒板使用）。

無限の話によく出てくるのが「対角線論法」なんです。1、2、3、4、5……という自然数があるじゃないですか。このうち、2、4、6、8、10が偶数であると。で、「自然数全部と偶数全部はどちらが多いか」という話が、まずあるんですね。人間って、どうしても有限で考えることが多いので、図を描いてみたときに、まず自然数があって、こちら側が奇数、こちら側が偶数という頭がどうしてもあるんですね。これは有限の場合です。そうすると、偶数は自然数の半分です。奇数も自然数の半分です。奇数と偶数は同じ数だけあります、となるわけです。それがふつうなんですけど、無限にあるとどうなるかというと、図で描いたことが全部無駄になって、自然数も偶数も奇数も同じ数あるということになる。なぜかというと、無限にあるわけだから、こういう



★黄金比と連分数

藤本　黄金比ってギリシア・ローマ時代から採用されていて、パルテノン神殿にも使われているという話があったり、ウィトルウィウスの『建築十書』にも記述されていて、現代の建築にも比の考え方は根強く残ってますけど、実際のところどうなんでしょう。

竹内　黄金比は有名なので、いろんな本に記述されてますけど、だいたいギリシア時代に発見されたというのが定説になってますね。ただ、エジプトやバビロニアにもあったという人もいるんですが、『黄金比はすべてを美しくするか?』（早川書房）のマリオ・リヴィオさんによれば、エジプトやバビロニアで発見されたといわれてる黄金比には証拠がないと。たまたま建物のどこかの比がそうなっているということはあるかもしれないけど、それを彼らが知っていたという文献的な証拠はない。おまけに測定誤差が入ってきてしまうので、πを半分にしたものなのか、あるいは黄金比なのか区別がつきにくいと。はっきりと文献上、黄金比を意識していたことがわかっていた民族は、ギリシア人ということらしいんですよ。

藤本　数学の話でいくと、どんな展開になるんでしょうか。

竹内　では、ちょっと書きますか（黒板使用）。まず線分があって、途中で分けます。ここが x、ここが1です。このとき、$x:1$ は線分割

ですよね。この場合、x がどのくらいになるかという話なんですけど。黄金比では、$x:1$ が全体（$x+1$）と x の比に等しい。この方程式を解けばいいということで、両方に x を掛けると、$x^2=x+1$。要するに、x を2乗したものは x に1を足したものに等しいと。これを解くと $(1+\sqrt{5})/2$。±は入りますけど、マイナスのほうはとってしまって、この概算が、1.618……です。ある意味、これだけのことなんですが、面白いのは、x は別の形で表すこともできるんですよね。

$$x=\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\cdots}}}\quad\cdots\cdots①$$

これが無限に続く。これは何なのかということなんですけど、無限に $\sqrt{1}$ が続いている。入れ子になってるわけですよ。本当かなってことで、実際、これを2乗してみます。そうすると、

$$x^2=1+\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\cdots}}}\quad\cdots\cdots②$$

となるじゃないですか。よく見ると、入れ子の部分は x じゃないですか。だから、$x^2=1+x$ で、結局、黄金比なんですね。で、もうひとつ面白いのが次の式ですね。

$$x=1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cfrac{1}{1+\cdots}}}\quad\cdots\cdots③$$

これもやはり連分数で、ずっと続いていく。これも黄金比なんですよね。これはどうやるかというと、分母の部分、これが x ですよね。置き換えてみると、

$$x=1+1/x\cdots\cdots④$$

ど、おそらく建築を考えるときも、なんかそういう発想の転換というか逆転の発想というか。
藤本　ある意味、東京アパートメントの家を積むとかは、ほぼトンチに近い話ですからね。
竹内　そうですよね。ふつう素直に考えるじゃないですか。積み木であっても真四角なものをその上にきちんと積んでいくとか。それが家そのものをポコっポコって載せるところがね。
藤本　トンチをやってみてから、まじめにそれが何なのかというのを考えはじめるっていうのが意外と面白いですよね。
竹内　まずやってしまってから考える。つまり、理屈はあとからつける。
藤本　だから、けっこう僕、学生さんには、ものをつくるっていうのは後付けなんだよっていう話をするんですよ。学生ってまじめだから、自分がつくったものを説明できないといやなんですよ。今から説明できたとしても、これは後付けの説明だからだめだと思ってる。でも、いかに後付けできるかで最初につくったものの価値も変わるし、そこからまた次の飛躍にどうつなげられるかというのも変わるわけだから、どんどん後付けをしてくださいと。

★津波地震と発想の転換

竹内　今回、すごい大地震だったじゃないですか、東日本大震災。被害も甚大でした……。じつはこの地震のエネルギーを計算してみました。当初は新聞とかでも阪神・淡路大震災の178倍っていう数字が出てました。それがマグニチュード8・8のとき。ところが、それが訂正されて9・0に上がって、新聞を見てたらいろんな数字があったんですけど、1000倍って書いてあったんですね。でも、これ、どうやって計算するんだろうと思って計算してみたら、数字が合わないんです。マグニチュードには定義があるんですが、それに合わせて計算すると、基本的に1違うと約32倍エネルギーが違うんですね。対数をとってる。計算してみると、355倍という答えになったんですよ。

それで「計算すると355だよ」ってツイッターでつぶやいたら、専門家の方が教えてくれた。気象庁が発表した阪神・淡路大震災のマグニチュードは7・3なんですね。で、今回の東日本大震災は9・0。ところが、これには整合性がないっていうんですよ。よくよく聞いてみると、世界共通のモーメントマグニチュードという基準があって、それで計算すると、なんと阪神・淡路大震災のマグニチュードは6・9だっていうんです。だから、世界的には阪神・淡路大震災のマグニチュードは6・9になってる。でも日本は、気象庁独自の算出方法をずっとこれまで使って