

自然界に学ぶ建築の形態創生 —建築の合理的で美しい構造を目指して—

正会員 ○ 杉山まどか*1
正会員 石川 孝重*2

建築構造	構造システム	形成要素
収斂進化	操作	デザイン

§ 1 はじめに

本研究では、建築の合理的で美しい構造形態を、自然界の形態をヒントに考えていくことを目的とする。

自然界では厳しい生存競争に生き残るため、各生物がそれぞれの環境に適した進化を遂げ、エネルギーの効率化が図られている。例えば、植物の形ひとつとっても、茎の丸い断面は全ての方向に一樣な曲げ剛性をもつため、どの方向の風荷重に対しても有効であるし、さらに竹のような中空断面ならば、同じ分量の材でも中実断面に比べ曲げ、振じれに対して強度が増すため、より細く高く効率的に陽の光に近づくことが可能になる。

また、昨今、深刻な環境問題が世界的に取り沙汰されている。建築においても、限られたエネルギーをいかに効率良く使っていくかが、今後ますます重要な課題になってくると考えられる。

このエネルギーの効率化を考えていく上で、自然界の形態を観察することがヒントになると考え、本研究を行った。また、合理性だけでなく、デザインの美しさの観点からもヒントを得ることを狙いとした。

§ 2 研究方法

まず、既存の建築で、自然界の形態にヒントを得た、若しくは結果的に似た形態をもつ建築の事例研究、また自然界の形態そのものの事例研究を行った。次に、事例研究から考察される、建築と自然界の構造体との関係を踏まえ、抽象化し、以後これをもとに、自然界の形態から建築の最適解を得るための手法を追及した。

§ 3 事例研究

構造体を形成する主な要素として「形」「質」「量」に注目し、既存建築の事例 20 例について、どのような特徴の自然界の形態が、建築においてどのように活かされているか、また自然界の形態の事例 18 例について、文献 10 件^{1, 2)}他ホームページ 17 件^{3, 4)}他の調査を行い、どのような特徴の構造形態が何の条件・目的のもとに形成されているかが分かるよう、それぞれ表形式で整理した。

収集した事例の考察から、自然界の形態には、構造の安定性以外にも外部環境や生き抜く工夫など、様々な条件・目的の形態決定の要因があり、それらは必ずしも建築で求める条件や目的と一致するわけではないことや、既存建築は自然界の形態の見かけをそのまま用いているわけではないことを確認した。

§ 4 建築と自然の収斂進化

自然界では、異なる種の生物が、同様の環境に暮らすとき、似通った進化を遂げることがあり、これを収斂進化という。例に、モグラ(写真 1)とケラ(写真 2)の前足があげられ、それぞれ脊椎動物と節足動物であるが、土を掘るといった共通の目的のため、分厚く、爪が大きい外見的に似た前足をもつ。



写真 1 モグラの前足⁴⁾



写真 2 ケラの前足⁴⁾

この収斂進化について、前述の既存建築の事例研究で取り上げた事例の中で、人工物である建築の構造体と自然界の形態の間にも似た現象が起こっていることが確認できる。以下に示すクレーンの応力分布とヒトの大腿骨の網状組織は「建築と自然の収斂進化」の一例であり、ヒトの大腿骨の網状組織の分布と、クレーンの張力線、圧力線の分布が酷似していることが、図 1 の模式図から見て取れる。

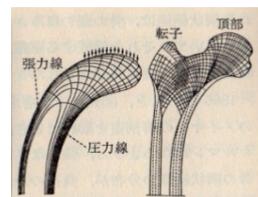


図 1 ヒトの大腿骨の網状組織(右)とクレーンの応力分布(左)の模式図¹⁾

§ 5 「操作」による形態創生

ここで、以下の仮説が考えられる。最適な構造形態を追求した結果、建築と自然が収斂進化を起こすのであれば、建築と自然界の構造体との間に作為的に収斂進化を起こすことにより、建築の最適な構造形態を得ることができるのではないか。ただし、建築と自然界の構造体との間に作為的に収斂進化を起こすにあたり考慮すべき点がある。収斂進化は生物間で起こる条件に即すと、同様の条件・目的の時に起こるものであるが、建築と自然間の場合、条件・目的が一致せずとも、各条件・目的が求める特徴の一致のみによっても起こることが、3 章で取り上げた事例で確認された。さらに、建築の求める条件・目的と自然界の形態の条件・目的は、特徴も含めて必ずしも一致しない。このことは、3 章で確認した通りである。

以上から、建築と自然の収斂進化を作為的に起こし、構造体の最適解を得るには以下二つの作業を行う必要があると考えた。以後この作業を「操作」と称する。

表 1 分類表(抜粋)

名称	画像	条件・目的										構造体									
		重力影響		第一目的	状態	構造	地理的環境		行動		構造体の位置		力学的環境		原理	「形」		「質」	「量」	特徴	
		ほぼ無い	有る	運動(動物)	モジュール構造:器官の種類が多く、各器官の数はひとつまたは一対	水中	海	空	飛ぶ	外圧から身を守る	外骨格	成長に合わせて形態を変化(脱皮)	均等に水圧がかかる	大きな風荷重がかかる	エネルギー最小原理	球状・円錐形などの回転体的な形状	ケイ酸	微細	極小曲面	硬い	
放散虫																					
トンボの羽																					
蛇																					
竹																					
クモの巣																					
雪の結晶																					

「操作1」、システムの抽出

自然界の形態を構成する条件・目的から、建築の構造体に適する特徴を現す条件・目的を選別し、これらの条件・目的のあり方から、構造システムを抽出する。

「操作2」、構成要素の操作

操作1で得られた構造システムによる構造形態に、建築の要求する条件・目的を付加し、それを満足するよう構成要素を変化させる。

上記の「操作」による形態創生を行うにあたり、自然界の形態の条件・目的と結果としての形態との因果関係を把握する必要があると考え、3章の事例研究で取り上げた自然界の形態を対象に、その条件・目的により分類した分類表を作成した。表1はその抜粋である。自然界の形態を互いに位置づけることにより、それぞれの条件・目的を明らかにする狙いがあり、構造体の「形」「質」「量」、特徴を併せて記載し、自然界の条件・目的と形態との因果関係を把握するためのツールとしてまとめた。

§6 「操作」の一般化

まず「操作」の具体内容について、既存建築の分析を行い、「操作2」で操作対象とする構造体の構成要素を明確にした。構造体を「全体の形」「形成要素の形」「材の形」「質」「材」「全体の量」「形成要素の量」「材の量」の8つの要素で表わし、各構成要素の操作・未操作の組み合わせにより得られる構造形態256通り全ての可能性を表わす表を作成した。表2はその抜粋で、A, BD, GS, IVの4つのパターンを表す。これらの構造形態パターンは、操作内容によっても得られる構造形態が変わるため、ある一つの自然界の形態から得られる構造形態は、実際には256通りよりさらに多くのパターンが存在する。これらの中には、構造形態としては存在し得るが、実現するために材

表2 「操作」による構造形態のパターン化(抜粋)

全体の量	全体の形	形成要素の量	形成要素の形	材	質	材の量	材の形	
操作	操作	操作	操作	操作	操作	操作	操作	A
		未操作	未操作	操作	未操作	未操作	未操作	BD
未操作	未操作	操作	操作	未操作	操作	操作	操作	GS
		未操作	未操作	未操作	未操作	未操作	未操作	IV

の浪費など却って不合理を生み出す構造形態パターンも存在する。本手法では、「操作1」で得られた構造システムを、「操作2」において、どの構成要素を操作するか検討し、不合理な形態も含めたあらゆる可能性の中から、合理的な構造体を目指し、一つの形態パターンを得るものとする。表2は操作する構成要素を検討する際に用いる。

なお、表2の中で各構成要素は、便宜上順番に記されているが、実際の使用においては、建築上の制約の大きい構成要素から優先して操作する必要がある。また、表は一方通行のものではなく、「形」「質」「量」の関係について、「この3者は独立して決定されるものではなく、互いに関連している」⁵⁾ことを考慮し、一度操作が行われた対象に対しても、他の要素に変化があれば再度検討を行うなど、表の中で前後を繰り返して、建築の「形」「質」「量」を決定していくことが望ましい。

上記で述べた「操作」による形態創生手法に基づき、3章で取り上げた既存建築の事例についてパターン化を行った。対象とした全ての事例に対しこのパターン化を当てはめ説明することが可能であり、このことをもって、「操作」による形態創生手法の整合性の実証とした。

§7 おわりに

既存建築の事例、自然界の形態の分析により、建築と自然の関係について、収斂進化という説明を与え、それに基づき、自然界の形態から建築の構造体を取り入れる過程を「操作」という作業で一般化した。この「操作」による形態創生手法を、自然界の形態から、合理的な建築の構造体を得るための手法として提示し、いくつかの既存建築の事例に当てはめて検証した。

【引用文献・引用URL】

- 1) ダーントムシ:生物のかたち, 東京大学出版, 初版, 1973年7月20日.
- 2) ワイコット他:自然な構造体, 鹿島出版会, 第1版, 1986年7月5日.
- 3) 東西アスファルト事業協同重組:わたしの建築手法, http://www.tozai-as.or.jp/mytech/06/06_ito06.html, 2011年1月8日.
- 4) ウィキペディア:ウィキペディア, <http://ja.wikipedia.org/wiki/>, 2010年7月7日.
- 5) 須賀吉富:建築デザインのための構造計画, 学芸出版社, 第1版, 昭和44年4月10日.

*1 元日本女子大学住居学科
*2 日本女子大学住居学科 教授・工学博士

*1 Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ.
*2 Prof., Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ., Dr. Eng.