



バイオミメティクスと次世代技術の融合

サメはなぜ速く泳げるのか？ 骨はなぜ軽くて強いのか？・・・これらの問いの答えを追及し、ものづくりに活かすのが「バイオミメティクス」である。一方で、3Dプリンターや微細加工などの次世代造形技術の発展も目覚ましい。バイオミメティクスと次世代造形技術を組み合わせると、設計とものづくりの考え方は大きく変わる。

バイオミメティクスとは？

生物が進化の過程で獲得した優れた機能は、微細な表面形状や複雑な内部構造によって実現されていることが多い。

例えばサメの場合、ざらざらの皮膚（いわゆる“さめ肌”）に秘密がある。さめ肌は「リブレット」という周期的で微細な凹凸形状で構成されており、このリブレットが乱流渦の発生を抑制して流体抵抗を弱める効果をもつ。北京オリンピックで話題になった競泳水着も、このリブレットをヒントにして水着の表面に微細な凹凸をつけたものである。

鳥の骨は、内部が複雑な網目状になっている。強度が必要な部分は太く網目が密で、強度があまり必要のない部分は細く網目は疎になっている。多様な荷重に対応して疎密分布が最適化されているのだ。

こういった生物がもつ機能的な構造を、既存の工学

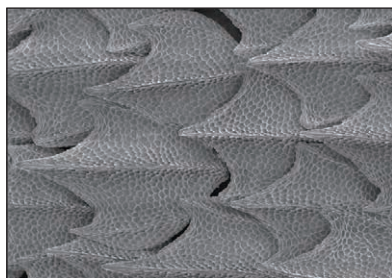
知識の積み上げでボトムアップ式に発見するのはなかなか難しい。バイオミメティクス（生物模倣技術）とは、これとは対照的に、生物がもつさまざまな機能とその原理を観察・分析し、これを模倣してものづくりに活かす、いわばトップダウン式の技術である。

IHI グループ製品とバイオミメティクス

生物は、陸・海・空それぞれの環境に適応して進化している。IHI グループも陸・海・空に多様な製品群をもち、バイオミメティクス研究の応用範囲は広い。

例えば、海で生活するマグロやイルカなどは、流体抵抗を低減する驚くべき進化を遂げている。マグロやイルカの表皮は適度な弾性をもっており、泳ぐ速度に応じて凹凸状に変形し、表皮近傍に微小な渦を作ることで全体的な流体抵抗を低減していることが分かってきた。マグロやイルカの場合、凹凸の変化は受動的であるが、こ

(a) 流体抵抗を低減するさめ肌リブレット



画像提供：(一財) 沖縄美ら島財団 佐藤圭一

(b) 軽くて強い、骨の内部構造



生物にはたくさんのヒントが隠されている

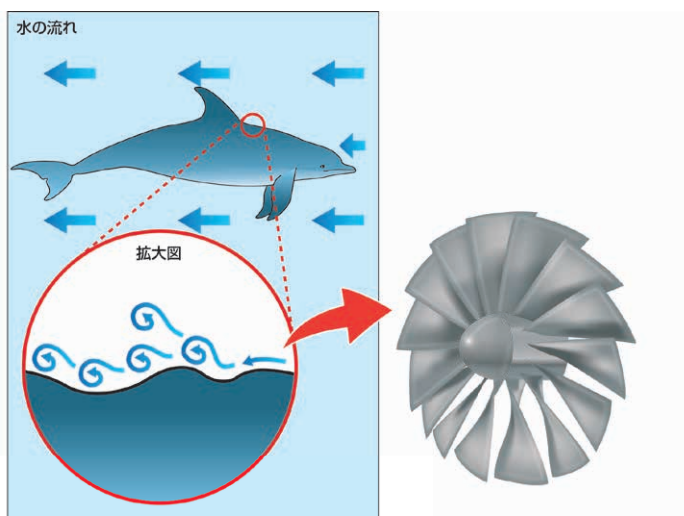
の現象を応用した最新の研究では、低速域・高速域で能動的に凹凸を切り替え、全域で抵抗を低減する手法も提案されている。

例えば、ジェットエンジンのファンブレードやケーシングなどの設計について考える。通常、これらはある流速域（ピークや使用頻度の高い速度域）で最適になるように形状が設計されている。しかし、上記の能動的な凹凸切り替え技術を応用することにより、全流速域で抵抗が少なくエネルギーロスの少ないエンジンを実現することができる。

また、空の生物の代表である鳥類の骨の複雑構造は、負荷に応じた補強的な成長と同時に、それとは逆のアポトーシス（細胞の積極的な死滅）により形作られている。アポトーシスとは、必要な機能のために不要な部分の細胞が自ら死滅する現象で、例えば胎児期には「指」の機能を得るために指の間の細胞が死滅することにより5本の指が形作られる。これと似た発想の構造最適化手法に「トポロジー最適化」がある。これはFEM（有限要素法）計算を繰り返して不要な部分を除去していき、与えられた荷重条件に対して必要な部分だけを残した最適形状を創出する手法であり、いわばコンピューター上のアポトーシスであり、鳥の骨の内部構造のような複雑形状も算出できる。

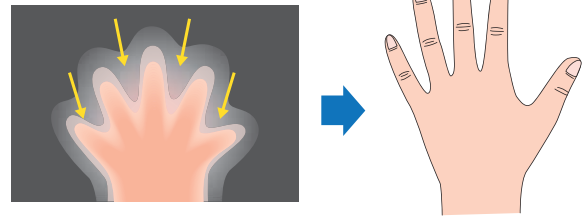
バイオミメティクスと次世代造形技術の融合

このような複雑な構造は、これまでは造形が困難で

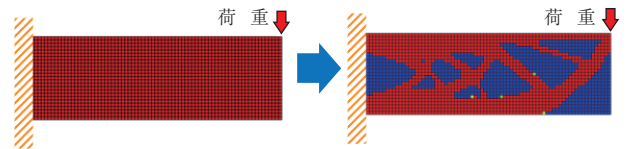


イルカに学ぶ：凹凸による抵抗低減

アポトーシス



トポロジー最適化



生物のアポトーシスとトポロジー最適化の類似性

あったため工業製品として実現することはなかった。ところが、近年、Additive Manufacturing（付加製造：AM）技術が実用段階に入り、これまで諦められてきた複雑な構造をほぼそのまま造形できるようになってきた。代表例は3Dプリンターで、金属材料を用いるものも開発されている。現在は造形サイズに制限があるが、将来的には数メートル級の大型の構造物も製作できるようになるだろう。例えば橋梁は直線的なトラス構造やラーメン構造が主流だが、これらの最適化技術と次世代造形技術を組み合わせれば、荷重条件に応じて最適化された「機能」そのものと、生物的な「機能“美”」を併せもつ橋梁を設計・製作できる。

また、異材を混合した三次元造形が実現すれば、機能性をもった複合材料の製造が可能になる。例えば、強度とじん性を併せもつ部品や、熱変形を意図的に設計した部品なども実現可能になる。

おわりに

近年のバイオミメティクス研究の発展により、さまざまな生物の優れた機能とその発現の原理が明らかになってきた。同時に、AMのような次世代造形技術の発展も目覚ましく、生物の機能的な複雑構造を、より忠実に再現できる時代に突入する。さらに、高度な構造解析・設計技術や最適化技術を融合し、独創的な機能をもつ部品・製品を実現できるだろう。