ヒョウ柄の変化の方程式

How a leopard changes his spots

ネコ科動物の成長につれて変わる毛皮の模様が、方程式を使って再現された。

doi:10.1038/news060731-15/4 August 2006

Emma Marris

動物の毛皮の派手な模様がどうやってできるのか、実際のところはわかっていない。しかし、Alan Turing が1952年に編み出した方程式を用いると、シマウマの縞模様やヒョウの斑点をうまく再現できる¹。この方程式を用いて、動物が年齢を重ねるに従って模様が複雑化するように最近モデル化された。

Turing は、毛皮というほぼ二次的な場で相互作用する「モルフォゲン」という物質2種類があれば、毛皮の模様が作られると考えた。例えば、一方のモルフォゲンが黒色の毛を作り、もう一方が淡色の毛を作るとすれば、毛皮中の両物質の拡散速度の差が、両物質どうしの多様な反応と相まって模様を決めると考えられる。

Turing は、これを「反応拡散方程式」とよんだ。拡散速度などモルフォゲンの挙動に関する変数を微妙に調整することにより、おなじみの毛皮模様がこの方程式で再現できるようになった。

例えば、モルフォゲンの一方が黒色の毛を作るとともに、淡色の毛を作るモルフォゲンを活性化し、なおかつ淡色のモルフォゲンよりも速く拡散するとすれば、ある種の毛皮にみられるような斑点が説明できる。黒色モルフォゲンのランダムな塊が外に向かって拡散し、その軌跡上で低速の淡色モルフォゲンを活性化して取り残していくと、黒い輪ができあがるのである。

幼獣の斑点

しかし、大型ネコ科動物の成獣の毛の模様ははるかに複雑である。ヒョウの子の模様は単純な斑点だが、ヒョウ柄の動物をよく見ると、ヒョウの成獣の模様はむしろ円弧のようであることがわかる。ジャガーの成獣の模様はそれよりさらに複雑で、多角形の中心に小さな点がある。

大型ネコ科動物は複雑な模様の毛皮を身にまとっている（写真はヒョウの親子）。

国立中興大学（台湾、台中）の廖思善（Sy-Sang Liaw）たちは、Turing の方程式を使ってこうした模様を再現しようと試みた。しかし、この反応拡散方程式のパラメーターをいじるだけでは再現できないことに気がついた。そこで廖たちは、規則の異なる2つの斑点形成段階があると仮定せざるをえなかった。つまり、まず幼獣に斑点ができる段階、次に最終的な模様が作られる段階である。彼らが最終的な解を見つけ出すまでには1年かかった。

その成果を *Physical Review E* に発表した廖は、「ジャガーの模様が最もむずかしかった。1段階だけで模様を再現しようとしても、まず無理だろう。2段階に分けるしかなかった」と話す²。

模様形成は2段階か

オーバーン大学（米国アラバマ州）で Turing モデルを研究してきた数学者の Anotida Madzvamuse は、ジャガー

の模様のむずかしさに好奇心をそそられるといい、「なぜ1段階だとできないのかがわかればよいのだが」と話す。

モルフォゲンにあたる物質はまだ見つかっておらず、そのため、このような方程式で作り出せる模様が、実際にどのようにして本物のネコ科動物で作られるのかは不明である。モルフォゲンに関して2通りの規則が導入されると、模様形成の図式ははるかに複雑になる。これがネコ科動物で実際に起きていることを本当に反映しているとするれば、動物の年齢と関係する何かが、毛皮の色のふるまいを決める2つの生物学的規則のスイッチを切り替えているに違いない。

Madzvamuse は、「パラメーターの値は動物の大きさに関係しているのかもしれない」と話している。 ■

1. Turing A., et al. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, **237**, 37 (1952).
2. Liu R., et al. *Phys. Rev. E*, **74**, 011914 (2006).