埼玉経済

サイ・テクこらむ　知と技の発信【2】

埼玉大学・理工学研究の現場

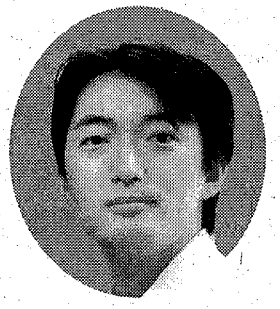
結び目と数学とDNA

下川　航也　埼玉大学大学院 理工学研究科准教授

■ひもの結び方研究

普段イヤホンなどで音楽を聞かれている方は、ポケットにしまったイヤホンのコードが度々絡むことに困っているのではないだろうか。実は、この「イヤホンコードが絡むこと」は、きわめて自然であることが数学的に証明されている。

このような問題を扱う数学の分野は、「結び目理論」と呼ばれていて、幾何学のトポロジーの一分野である。結び目理論では、「ひもの結び方がどれくらいあるか？」というような問題を、百年以上前から熱心に数学的に研究している。



■24本のマッチ棒

数学で結び方を研究するためには、解けないように図のように端同士を繋（つな）ぐ＝図1。

このようにして得られたものを「結び目」と呼ぶ。ひもを切らずに動かして同じ形になるとき、二つの結び目は同じであると考える。同じではない結び目が無限に存在することが数学的に証明されている。例えば、次に挙げる結び目は、全て異なるものである＝図2。

結び目理論では、次のような定理が知られている。

「容器の中に十分長いひもが入っていると、結び目が出来ている確率は高い。ひもの長さが長くなると、その確率は100％に近づく」

よって、ポケットの中に長いコードが入っていると、絡まっていることは自然である。逆にひもが短いと結び目を作ることは出来ない。次の定理も知られている。

「太さが1㎝のひもでは、15・66㎝以上長さがないと、結び目を作ることができない」

このような問題に関連して、私の研究室では、「結び目をマッチ棒で作る際に何本必要か？」という問題を研究している。「マッチ棒が上下、前後、左右の方向だけ動けるとき、結び目を作ると最低でも24本必要」ということが知られていた。私の研究室の結果は「2番目に簡単な結び目の場合は30本、3番目に簡単な結び目の場合には34本である」というものである。左の図はそれを実際に構成したものである＝図3。

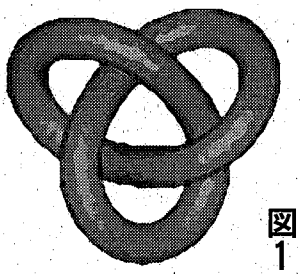


図1

■生物学的な応用

このような、まるでパズルのような研究は、実は生物学的な応用があることが知られている。最近ではDNAやタンパク質の構造にも結び目が現れることが分かっている。DNA組み換え酵素がDNAの結び目の形を変化させる様子を解析することにより、DNAの組み換え酵素（Xer）システム等の作用を特徴付けることができた。

タンパク質の結び目については、「その結び目の構造を作るためにどれだけの長さが必要か」という問題が重要である。上に挙げたマッチ棒の本数の研究は、この分野にも応用がある。

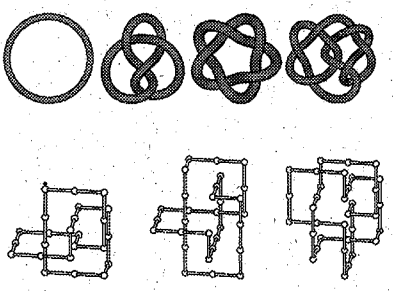


図2

図3

◇　◇　◇

下川　航也氏（しもかわ・こうや）70年生まれ。98年東大大学院数理科学研究科博士課程修了。博士（数理科学）。東北大学院助手を経て、02年より現職。専門は結び目理論の研究とそのDNA、タンパク質の研究への応用。

（次回は10日に掲載）

企業、団体商店街などの話題や情報をお寄せ下さい
TEL048・795・9161　FAX048・653・9040