学ぶ 育む
わかるサイエンス

DNAの収納 実は乱雑？

新説 情報の読み出しに有利

人間の設計図である遺伝情報が書き込まれたDNA（デオキシリボ核酸）。約60兆個ある人間の細胞の核に収められている。核の直径はわずか約0・01ミリで、長さ計2メートルあるDNAは核の中に規則正しく束ねられていると考えられてきた。しかし、その定説の提唱から約40年たち、生命活動の根本であるDNA像が見直されつつある。（宮崎敦）

■定説は70年代から

二重らせん構造で知られるDNAは、太さは2ナノメートル（1ナノは10億分の1）と非常に細い糸だ。DNAはヒストンと呼ばれる糸巻き役のたんぱく質に巻いていくと、太さ11ナノメートルの線維になる。

1976年に英国のクルーグらが、この線維がらせん状に規則正しく巻いて束ねられ、クロマチン線維と呼ばれる太さ30ナノメートルの線維ができると発表した。DNAのほとんどは核の中でクロマチン線維の状態で存在すると提唱され、定説として生物学の教科書にも載っている。

しかし、この定説に、国立遺伝学研究所の前島一博教授が2008年、「30ナノメートルの線維は核の中にほとんど存在しない」と異を唱えた。

前島教授は、人間の細胞を高圧下で急速冷凍し、生きた時に近い状態で観察できる電子顕微鏡で調べたが、クロマチン線維が見つからなかった。

そこで、高速で回転させた電子から出る強力なX線で微細な構造を詳しく調べることができる理化学研究所の施設「スプリング8」（兵庫県）で観察したが、やはり存在するデータが得られなかった。前島教授によると、DNAを観察するために細胞に特別な処理をすると30ナノメートルの構造ができるという。

■揺れ動く糸玉

人間などの生物は、細胞核にあるDNAから、たんぱく質を使って必要な情報を読み取って生命活動に欠かせない物質を作り出している。しかし、従来の学説では、固くがっちりと束ねられたクロマチン線維は、たんぱく質との結合ができない。

このため、DNAは、常に必要な情報が書き込まれている部分についてはクロマチン線維にならず、たんぱく質と結合しやすいよう巻きが緩くなっていると考えられてきた。さらに線維部分に書き込まれた情報が一時的に必要となった場合には、ヒストンなどに変化が起こり、その部分の線維の巻きが緩くなるとされていた。

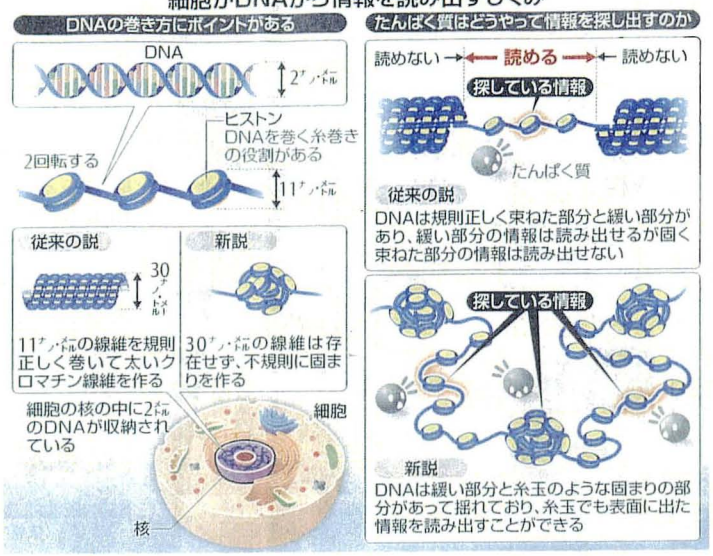
定説に対し、前島教授の説は、DNAの一部分で常に巻きが緩くなっているのは同じだ。しかし、残りの大部分はクロマチン線維にならず、ぐちゃぐちゃに集まった糸玉のようになっているという。

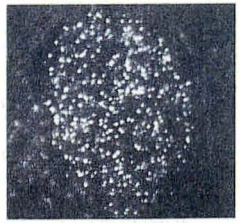
DNAは常に揺れ動いており、糸玉の表面部分と内部はひんぱんに入れ替わっている。内部にあると、情報を読み取るたんぱく質と結合しにくいが、表面に出てくれば、たんぱく質と結合しやすくなる。前島教授は「DNAが規則正しく束ねられているよりもいい加減な形で収納されている方が、いちいち巻きを緩めるためのエネルギーを使わずに済み、生命にとって有利だ」と強調する。

定説と新説という二つの学説のどちらが正しいのか。決着をつけようと、国内外で研究が本格化している。早稲田大の胡桃坂仁志教授（構造生物学）は「DNAからの情報の読み取りの仕組みが解明されれば、生命の仕組みや病気の理解がさらに進むだろう」と話す。

「細胞は最小限のエネルギーで情報を探している」と話す前島一博教授（前島研究室提供）

細胞がDNAから情報を読み出すしくみ





ヒストンに光る目印をつけてDNAの線維が揺れ動く様子を確認した（前島教授提供）

解明 治療法開発に重要

細胞の核内でDNAがどのような形で存在するのか。その解明は、病気の治療法の開発にもつながるとして注目を集める。DNAに書き込まれている情報が正しくても、DNAの巻き方が異常だと情報を読み取れないため、重要なたんぱく質が作れず、がんや遺伝病を起こすことがわかってきたからだ。

米ロックフェラー大のデビッド・アリス教授（分子生物学）＝写真＝は1996年、ヒストンが酵素の働きで変化し、DNAの巻きが緩くなるという仕組みを解明。これをきっかけに研究が一気に進み、米国では、ヒストンを変化させてがんの増殖を抑えるたんぱく質をつくるという新しいタイプの抗がん剤も誕生した。

アリス教授はこうした業績が評価され、今年の日本国際賞を受賞。1月に来日した際に読売新聞のインタビューに応じ、「DNAはもちろん、DNAの読み出しを調節する仕組みも、生命にとっては重要だ。ただ酵素でDNAの巻き方に変化が起きて病気になるというのは予想外だった。発見から10年で病気の治療に応用され、興奮を覚える。今後も医師と協力して研究を進めたい」と語った。（野依英治）

探訪ラボ

日本大学理工学部

構造力学研究室

安全設計の志高く

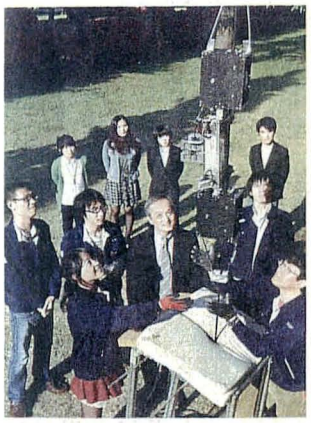
「3、2、1」。担当の学生がカウントダウンを終えてスイッチを押すと、「ギューイーン」という音とともに、全長1・2メートルの小さな金属製の機体が、校舎の屋上から垂らしたロープを伝って昇っていった。「宇宙エレベーター」という宇宙への新しい輸送手段の試作機だ。

エレベーターのような機械構造物の安全設計が研究室の本来のテーマ。2008年に青木義男教授（57）が宇宙エレベーターの推進団体にかかわるようになり、学生らが試作機の開発を始めた。

宇宙エレベーターはまだ基礎研究レベルだが、「夢や憧れだけではない。実社会に役立つ技術が詰まっている」と青木教授は胸を張る。開発した試作機に検査装置を取り付ければ、長距離を動きながらロープの劣化を自動点検することもできるようになる。青木教授は「全国に70万台もあり、老朽化が進むエレベーターやエスカレーターをどう点検していくか。宇宙エレベーターの研究を通して、学生らが考える格好の教材になる」と説明する。

昨年夏、学生や社会人のチームが参加する試作機の全国競技会で、研究室の試作機は下降時にブレーキが働かず、落下同然で地面に激突した。ただし、バンパーのおかげで、試作機は破壊を免れた。制御プログラムを担当した大学院修士1年の小林愛実さん（22）は「バンパーは無駄な部品と思っていた。想定外のトラブルも考えた上で、安全に設計することの大切さを実感した」と話す。

青木教授はエレベーター事故が起こると、現場に学生を連れていき、事故の原因や防止策を議論させることもある。「安全についての感受性を高めてほしい」という学生への思いからだ。（冨山優介）



試作機の昇降実験をする青木教授（中央）ら研究室のメンバー（千葉県船橋市で）＝佐々木紀明撮影

◆小学生向けに教室　4月1日時点で青木教授と大学院生20人、学部4年生11人。小学生を対象にした実験教室を開いて先生役は学生に担ってもらう。その狙いについて、青木教授は「自分の研究を理解し、説明する力も身につくため」と話す。

「創造性の育成塾」参加者募集

全国の中学2年生が、夏休みに7泊8日の合宿をしながら著名な科学者らの授業を受ける第9回「創造性の育成塾」（読売新聞社など後援）の参

子館長▽星出彰彦・宇宙飛行士▽ハードディスクの大容量化の技術を開発した岩崎俊一・東北工業大理事長▽アンド

※「学ぶ 育む」わかるサイエンス部へ。ファクス（03…）ル（t-kagakubu@…）