

特集 / DNA : 紐の物理

DNA の不思議

吉川 研一

1. 一次元を四次元に写像する??

生物の遺伝情報は、紐状の2重螺旋DNAに刻み込まれている。ヒトの場合はDNA分子上に、 3×10^9 個の塩基からなる一次元の配列情報(ゲノム情報)が存在する。ゲノム上の塩基配列にはタンパク質の一次構造(アミノ酸の配列)が書き込まれており、3文字の塩基(コドン)が1文字のアミノ酸に対応している(一次元から一次元への写像)。最新の研究結果によると、ヒトのゲノムには、タンパク質のアミノ酸配列を規定している“構造遺伝子”が 3×10^4 個程度存在すると推定されている^{1,2)}。ゲノムDNAには構造遺伝子以外にもその構造情報の読み取り、すなわち遺伝子発現の調節に関与している部位(“調節遺伝子”と呼ぶこともある)がある。DNA塩基配列のなかで、構造遺伝子や調節遺伝子のような“意味のある情報”を有している領域は全体の1割足らずで、残りの9割余りの領域は、その機能が不明であり、このことから“ジャンクDNA”とも言われている。

一方、ゲノムに刻み込まれている遺伝情報は、一つの個体が誕生から死に至る過程の中で保存されている。クローン羊や、その後のクローン動物の実験は、より原始的であると考えられる生物に限らず哺乳動物であっても、成長・分化した細胞が、

もとの単一の受精卵にあったゲノム情報を持ち続けていることを明瞭に示してくれた。とは言っても、免疫をつかさどる細胞では、DNA情報が変化することもわかってきており、老化やウィルス感染によっても部分的なゲノム情報の改変が生じることも知られている。しかしながら、基本的にはDNA上の塩基配列は、読み取り専用のメモリー、ROM(Read Only Memory)であると言ってもよい。

心臓・神経・皮膚・胃など、ヒトでは多様な細胞が存在し、それぞれが適材適所で働くことにより、個体としての生命の営みが成り立っている。同じゲノム情報、すなわち“同一のROMを持ちながら、各々の細胞はどうして自律的に分化(differentiation)し、異なった形態・機能を示すことができているのであろうか?”この疑問は“一次元のテープ上の記号列から、如何にして時空間四次元の情報が自己生成しているのか?”といった問題とも関連しており、現代でも解くことができていない謎である³⁾。

2. ネットワーク仮説の危機

DNA上の塩基配列情報がRNAを介して、アミノ酸が特異的に並んだ分子、すなわちタンパク