

競馬サイエンス

生物学・

遺伝学に基づく

サラブレッドの

血統入門

堀田茂

ありそうでなかった、
遺伝学的
観点から
アプローチする
サラブレッド
競走馬
の血統
入門書。

表裏一体。

「遺伝」

科学

「血統」

経験

「はと

競馬サイエンス

生物学・遺伝学に基づくサラブレッドの血統入門

堀田茂

星海社

260



SEIKAISHA
SHINSHO

競走馬（サラブレッド）の市場として、世界的にも名をとどろかせるようになったセレクトセール。前評判も高くて馬体もすぐれた、著名種牡馬と名牝とのあいだに生まれた若駒に対する競り合いは激しく、その価格は見る見るうちに吊り上がります。一般庶民から見たらまさしく啞然とする光景がこれでもかこれでもかと繰り広げられ、昨年（2022年）の総売上は記録を更新して250億円を超えたとのこと。北海道の苫小牧市内におけるセリ会場で、たったの2日間で成立した取引の額たるこの数字に対するうまい比喻表現が、最終稿の入稿段階でもやはり見つかりません。

ところで、「血統」と「遺伝」は表裏一体です。切り離すことはできません。セレクトセールの取引総額からもわかるとおり、いまやこれだけの巨大産業と化したにもかかわらず、果たしてそのことを上場する側も落札する側も科学的にきちんと理解しているかは疑わしいと思うことがしばしばです。名伯楽の各種言説でも、生物学の基本から逸脱しているも

のが見受けられるのが現状です。

以前読んだ『ルポ 人は科学が苦手 アメリカ「科学不信」の現場から』（三井誠 光文社新書）という本では、科学者は「とにかく正しいことを伝える」という発想に陥りがちで、それがコミュニケーションを阻んでいることが指摘されていました。深くうなずくとともに、科学者の多くは科学者同士の高尚な議論に興じてしまい、一般の方々に理解してもらおうとする努力を怠っているフシがあるような気がしてなりません。

以上のようなことから、競馬サークル内の科学への探究心の乏しさと、科学者がその基本を啓発する気概の乏しさの両極化が昨今は顕著のような気がするのです。特に科学者においては、相手の立場に立って考えることなく、難しい専門用語を振りかざしてしまっ
てはいないか。こんな私でも、研究を生業なりわいにしている方に質問をした際に、頂戴した返答の文章内にちりばめられる専門用語に「????」となることがしばしばあります。以前、競馬記者の方が、血統について遺伝の研究者に取材をしたものの、専門的な言葉ばかりが返ってきて理解できなかつたと言っていたことも、ふと思い出しました。

以上のような状況からも、生物学的・遺伝学的な視点から競走馬の血統を説いたものが稀有であることから、その基礎に則った血統に関する入門書の執筆依頼を受け、快諾しま

した。

繰り返しますが、「血統」と「遺伝」は表裏一体です。しかし、競馬サークル内で闊歩する多くの言説においてはこれらは分離し、後者は忘れ去られてしまっていると思うことがほとんどです。私は獣医師の資格は保有するものの、研究にも診療にも従事はしておらず、遺伝学者でもありません。だからこそ、両極化しつつある双方の気持ちの在り方が想像でき、両者の橋渡しをしたいという想いで以下に書き記します。

よって、ピュアな生物学者各位にとつて、もう少しきちんとした生物学的用語や表現を使うべきと思う箇所があるだろうことは重々承知しています。例えば、われわれホモ・サピエンスという種を生物学的に論ずる文章中では「ヒト」と表記するのが慣例ですが、本書では敢えて「人」または「人間」という言葉を用います。このようにできるかぎり、本段は生物学に接する機会のない方々にも寄り添った言葉を使うようにしたことをまずはお伝えしておきます。

また、本文中で言及する馬の名前は、日本で和名登録されたものはカタカナで記載しますが、それ以外の馬は、誤解を避けるためにもローマ字（原名）で記載します。

はじめに 3

第 一 章 遺伝のしくみ 15

形質 16

遺伝子・DNA・染色体・ゲノム 17

もう一步踏み込んで、遺伝子とは？ 18

どの臓器や器官の細胞も同じ遺伝子を持つ 19

エピジェネティック・ランドスケープ 20

メンデルの法則 21

表現型と遺伝子型 26

第 2 章

近親交配（インブリーディング） 47

それはセールスポイントに？ 48

正しい用語 48

狂気の沙汰？？？ 51

そのメカニズム 53

近親交配の度合いの解読法（その1） 58

近親交配の度合いの解読法（その2） 62

隔世遺伝 28

メンデルの法則の例外 31

染色体の組換え 35

似て非なる全きようだい 38

一卵性双生児と二卵性双生児 41

遺伝とはアナログなもの 44

近親交配の度合いの解読法（その3） 66

蔓延する誤解 72

美味いラーメン屋 76

民法第734条 78

自然の摂理 82

肉牛の現状 83

純血種という病 85

第3章

失われる遺伝的多様性

91

遺伝的多様性の低下 92

多様性低下の深刻化 95

バイアスのかかった遺伝子プール 98

Galileoの血に埋没する欧州 99

あふれるサンデーサイレンスの血 101

第
4
章

母性遺伝

135

母性遺伝をするミトコンドリアの遺伝子

136

細胞内共生

137

稀薄化するリスク感覚
103

繰り返される胸騒ぎ
108

「3×4」の呪縛
113

ボトルネック効果
117

受け皿
120

金太郎飴
122

「収率」「歩留まり」
125

サイレントキラー
126

アメリカの危機意識
128

持つべき集団遺伝学の知識
130

進化と退化 139

女性の長生きとミトコンドリア 141

ミトコンドリア・イヴ 142

牝馬はY染色体を持たない 143

父系重要説の信憑性 147

複数のGI馬を産む繁殖牝馬 150

違う種牝馬を相手に複数の活躍馬を産む牝馬の多さ 151

特定の牝系から多く出る活躍馬 154

ドイツの血筋 155

ディープインパクト産駒のGI馬の母系 161

巨大な自転車操業 164

ブルース・ローの慧眼 169

旬の秋刀魚の風味 174

高齢で存在価値を示す名牝 176

偉大なる母の力 178

第5章 エピジェネティクス 181

一卵性双生児でも違う個性 182

オランダの飢饉 182

遺伝子スイッチのオン・オフ 184

X染色体はモザイク状態に不活性化 185

三毛猫の模様はエピジェネティクスの芸術品 186

親のストレスが子に遺伝 188

笑いの重要性 189

サラブレッドの生産への応用 191

第6章 科学と血統理論 193

先に結論ありき 194

「絶対」「必ず」という言葉の値崩れ 196

相関係係と因果関係 197

たまたま 198

究極の科学者アインシュタイン 202

「信じる」のか「納得する」のか 205

競馬予想への限界 207

わからないものはわからない 212

疑似科学の生産者への影響 213

第7章

我が仮説 217

仮説(その1) ……母系の重要性和ミトコンドリア遺伝子 218

仮説(その2) ……名牝を母に持つ名種牡馬 219

仮説(その3) ……名もない母系から突然出現する名種牡馬 221

仮説(その4) ……偉大なるシラユキヒメの母系 226

仮説(その5) ……隠し味のような血の意義 235

第
8
章

サイエンスコミュニケーション
247

ニュートンとペストとヒキガエル
248

名を馳せた人の言葉を鵜呑みにしていないか？
248

「基礎」と「臨床」
252

名伯楽における3×4神話
255

シンギュラリティ
256

経験と勘を重んじる世界
259

基本の重要性
262

「理系」と「文系」
263

「伝える」ということを考える
265

橋渡し役がいなければ
267

それぞれの利害関係
268

中立で科学的造詣の深い競馬ジャーナリズムの必要性 270

サイエンスコミュニケーション 271

おわりに 274

参考文献（本文中に明記した文献は除く） 278

第



章

遺伝のしくみ

形質

子は親に似ます。われわれ人間において、自分の一族でもテレビで見る芸能人の家族でも、子どもの顔つきや体つきが父親や母親に似ていたり、兄弟姉妹も似ていると思うことがしばしばでしょう。このように人間を含めた生物が、個々に持っている性質を次の世代へと受け継いでいくことが「遺伝」です。

サラブレッドに目を向ければ、気性の荒かった種牡馬や繁殖牝馬の産駒に、同様の気性が現れやすいと感ずることがあると思いますし、芦毛の馬は両親のいずれかが芦毛であることも典型的な遺伝の例です。

身体における特徴や性質を生物学では「形質」と呼びます。例えば人間のABO式血液型。われわれはA型、B型、AB型、O型の4つのいずれかの型を持つわけですが、これこそクリアな個々の形質ですし、身長的高低、肥満と痩せといった体形も形質です。運動神経、芸術的才能、さらには好きな食べ物や、第2章中の「自然の摂理」で触れる異性の匂いの好みも形質であり、当然に前述のサラブレッドの気性や毛色にしても立派な形質です。

先天的な遺伝性の各種疾病も悲しき形質の例です。後述するサラブレッドの近親交配の

弊害にも通じることであり、遺伝に関する議論、ひいてはサラブレッドの血統に関する議論というものは、この形質の継承に関する議論なのです。

遺伝子・DNA・染色体・ゲノム

「我が社は〇〇のDNAを受け継ぎ……」のようなセリフをどこかの社長のスピーチで聞いたような記憶があるのですが、そもそも、「遺伝子」「DNA（デオキシリボ核酸）」そして「染色体」、さらには昨今は頻繁に耳にするようになった「ゲノム」のそれぞれの意味や差異をきちんと理解している人はどれほどいるのでしょうか。

まず、遺伝子とは形質のもととなる因子（＝情報）、DNAはこれを載せたメディア（＝物質）のようなものと想像してみてください。音楽とCD、文字と書籍のような関係です。それが理解できると、「ソダシは祖母シラユキヒメの『白毛の遺伝子』を継承した」という表現は問題ない一方で、「ソダシは祖母シラユキヒメの『白毛のDNA』を継承した」と言ううとちょっとおかしくなってしまうことがおわかりいただけだと思います。

染色体は、DNAがヒストンというタンパク質に絡んだ構造体を意味し、塩基性の色素で染まるため、このように呼ばれることになりました。なお、遺伝の専門家ではない者同

士が、それこそサラブレッドの血統や配合を語り合う場合、DNAと染色体はほぼ同じものと思っても差し支えないでしょう。

そしてゲノム (genome) とは、遺伝子 (gene) に「総体」を表す接尾語である「-ome」を連結したものであり、DNA上の遺伝に関する情報の総体とされています。

もう一步踏み込んで、遺伝子とは？

遺伝子なるものは、形質のもととなる因子であり、DNA (染色体) の上に存在することは先に説明しました。これは図1-1のとおりです。つまり、「遺伝子」とか「因子」とかいう「子」という漢字が含まれた用語を使うと、あたかも粒子のようなものをイメージしてしまいがちですが、実際はわれわれの身体をつくりあげる設計図たる情報を意味します。

われわれの身体を構成する最小単位は「細胞」です。生物は、細胞の構造により「原核生物」と「真核生物」とに分別されます。大腸菌などの細菌が前者で、われわれ人間や馬のような一定の進化を遂げた生物は当然のごとく後者

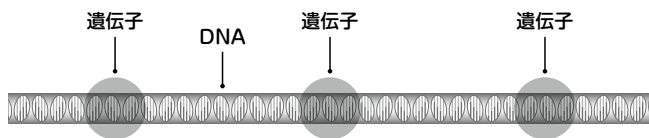


図1-1 遺伝子はDNA (染色体) の上に存在する

です。

図1-2のとおり、われわれ真核生物の細胞の中央に鎮座しているのが「核」です。ここにDNAが収められており、よって当然に遺伝子は核内に存在するのですが、第4章で詳述する「母性遺伝」の主役たるミトコンドリアも独自のDNA（遺伝子）を持ちます。

どの臓器や器官の細胞も同じ遺伝子を持つ

私たちの身体はいろいろな「部品」で構成されています。脳、眼球、筋肉、骨、皮膚、各種内臓、膀胱、生殖器……。これら部品がおのの協力し合って、私たちの身体をうまく稼働させてくれることにより、生命の営みを継続できているわけですが、不思議なことに、一人の人間（一頭の馬）におけるこれら各部品を構成する細胞の核には、まったく同じDNA（遺伝子）が入っているのです。

けれども、当然に、おのおのの部品は形態も機能もまったく違います。これらも、その

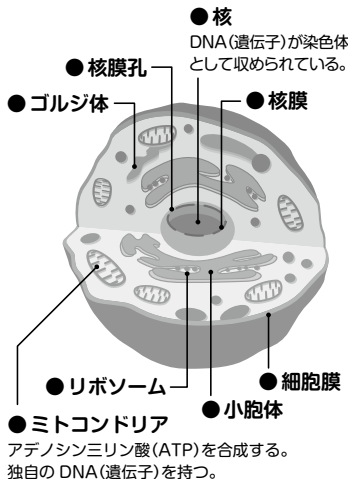


図1-2 真核生物の細胞

生命体を創生する設計図たる「遺伝子」の命令によってそのようになったのです。設計図は同じなのに、なぜ異なる形態や機能になるのでしょうか。

エピジェネティック・ランドスケープ

今日の遺伝学の世界において、生物の形質発現をつかさどるのは「遺伝子自身を持つ情報（＝設計図）」のほかに「何か」があるということがわかってきました。この「何か」こそが「エピジェネティクス (epigenetics)」という概念の根底です。「ジェネティクス (genetics)」とは「遺伝学」、そこにイギリスの発生物学者であるコンラッド・ワディントンが後成説「エピジェネシス (epigenesis)」との複合語として提案したのが始まりと言われています。

図1-3をご覧ください。これは「エピジェネティック・ランドスケープ」と呼ばれるものであり、1950年代に前述のワディントンがこのような地形図を比喻に用いて、遺伝子の作用

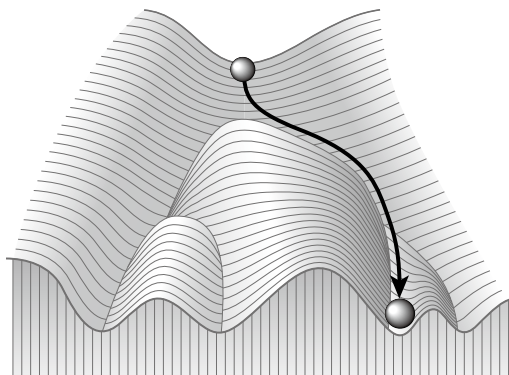


図1-3 エピジェネティック・ランドスケープ

発現機序を説明したのです。

ワディントンがこの図で説明したかったのは、高いところに置いたボールは低いところに転げ落ちる、しかし或るボールは東の谷底に転げ落ち、或るボールは西の沼地に吸い込まれてしまう。一旦そのように行き先が決定したボールはそこが「終の棲家」となり、もう高い場所に戻ることはない……。その「東の谷底」は神経細胞かもしれないし、「西の沼地」は心筋細胞かもしれない、というのがこの図が意味するところです。つまり、このボール自身が持つ遺伝子に書かれている情報とは独立した要因によってそのボールの運命が決められてしまうのです。

われわれの身体を構成する最小単位である細胞の中心に神々しく存在する核、そしてその中に存在するDNA（遺伝子）ですが、これらは身体の中の部分から採取しても同じものなのに、できあがる部品はさまざまということです。まさしく生命の神秘であり、「生き物」はあまりに奥深いのです。なお、エピソードは第5章であらためて論じます。

メンデルの法則

私は、メンデルの法則のような遺伝の基本を理解せずに血統（特に配合）を論ずるのは、

憲法の条文を読まずに憲法を論ずるようなものだと思います。

まず、この法則には以下の3つがあります。

- 顕性けんせいの法則[※]
- 分離の法則
- 独立の法則

(※) これまでは「優性(優劣)の法則」と呼ばれるのが一般的でしたが、「優性」に対する「劣性」という言葉は、能力が劣っていると劣化したものという誤解を招くこともあり、日本遺伝学会は「優性→顕性」「劣性→潜在せい」と用語改訂を提案しました。実際に中学校や高校の教科書でもこの言葉に置き換えつつあるようであり、本書でもこれにならない「顕性」および「潜在」という言葉を用います。

ほとんどの人が学校で習ったはずのこの三法則ですが、きちんと理解している人はごく一部でしょう。これを読んでいる皆さま、もし手もとにネットにつながったパソコンやスマホがあれば、ちょっと「メンデルの法則」で検索してみてください。そして検索した方にお尋ねしたいのですが、そのサイトの説明で理解できたでしょうか。ちなみに以下は2

018年にノーベル生理学・医学賞を受賞した本庶佑先生の著書『ゲノムが語る生命像 現代人のための最新・生命科学入門』（講談社ブルーバックス）からの引用です。ただし、「優性」を「顕性」に、「劣性」を「潜性」に読み替えてください。

「親の形質は遺伝子によって、子へ伝えられる。また、子の代ではその遺伝形質の発現に力関係があり、発現されるものを優性、かくれてしまうものを劣性と定義している。これが『優劣の法則』と呼ばれる第1の法則である。ところが孫の代になると、子の代には存在しなかったかのように見えた劣性の遺伝形質が、やはりちゃんと残っていて発現してくる。これが『分離の法則』と呼ばれるメンデルの第2法則である。メンデルの第3法則は『独立の法則』と呼ばれ、無関係な2つの遺伝形質は、それぞれ独立して勝手に親から子へ伝えられる、というものである」

ますますわからなくなったのではないでしょうか。冒頭で、競馬記者の方が血統について遺伝の研究者に取材をしたものの、返ってきた言葉を理解できなかったという話を書きました。研究を生業にしている真の科学者は、科学のことはよく知っているけれども、

情報の伝え方についての訓練を皆が受けているわけではないということ、つまり、科学をよく知っているということと科学をうまく伝えられるということは別だということなのです。これについては以下の第8章であらためて論じます。

ノーベル賞受賞者に対して不遜なことを言ってしまったが、いざこの三法則について、普段「遺伝」というものに接していない人たちに理解いただけるような説明文をひねり出そうとすると、思った以上に難しいです。息子の高校の教科書や、私が大学受験時に使った懐かしい参考書まで引っ張り出してはみたものの大同小異。これでは一般の方々が理解できないのも無理はないと思ってしまう、以下のとおり私なりの作文をしてみました。

〈顕性の法則〉

例えば人間のABO式血液型。AとOの両方の遺伝子を持った人は、遺伝子Aが遺伝子Oの作用を覆い隠してしまい、その結果、その人の血液型はA型となる。このように、作用を覆い隠してしまう遺伝子Aを「顕性」、作用が覆い隠されてしまう遺伝子Oを「潜性」と言う。同様に遺伝子Bと遺伝子Oも顕性と潜性の関係にある。

〈分離の法則〉

遺伝子は染色体に存在し、人間の染色体は23対（≡46本）、馬は32対（≡64本）である。おのおの「対」がきちんと「分離」することで、人間の精子と卵子ならその半分である23本ずつを持つことになり、それが合体することで新しい命が新たな組み合わせの46本を持って誕生する。

〈独立の法則〉

A B O式血液型を決める遺伝子は9番染色体、アルコールの強弱に影響する代謝酵素ALDH2に関する遺伝子は12番染色体に存在するが、各染色体の「対」のどちらかが独自に選ばれて精子や卵子に入っていく。つまり、血液型遺伝子Aをもらうことと、アルコールに強い遺伝子をもらうことは「独立」して行われ、それらをもらう確率は相互に影響を及ぼさない。

以上、できる限り難しい言葉は避け、身近な例を挙げながら誰にでもわかるようにと頑張った結果ですが、いかがでしょうか。

表現型と遺伝子型

前述の「顕性の法則」の説明で、AとOの両方の遺伝子を持った人を例にしましたが、この人の身体に実際に現れた「A型」という特徴を「表現型」と言う一方で、この人は実際にAとOの両方の遺伝子を持っているわけであり、この「AO」を「遺伝子型」と言います。

サラブレッドに目を転じれば、シラユキヒメ一族における白毛を導く遺伝子Wは、その白毛を導かない遺伝子wに対して顕性です（このように顕性の遺伝子を大文字、潜性の遺伝子を小文字で表すのが通常です。人間のABO式血液型は例外ですが）。

つまり、この一族におけるソダシやハヤヤッコのような白毛馬はWを持っている一方で、その他白毛ではない世のほとんどのサラブレッドの遺伝子型はwwということになります。ソダシの場合なら、父クロフネは芦毛（つまり非白毛）、母ブチコは白毛。クロフネはWを持っていなかったことから、ソダシはクロフネからは必然的にwをもらっており、結果、ソダシの毛色の表現型は白毛、遺伝子型はWwということになります。

ちなみにこの一族の著名馬たる、白毛のシロインジャーを母に持つメイケイエールですが、おわかりのとおり、その表現型は鹿毛、遺伝子型はwwです。しかしネットの書き込

みに、メイケイエールの仔には隔世遺伝で白毛は出ないのか、のようなものをしばしば見かけるのですが、この馬はすでにWを持っていないので、他の鹿毛馬と条件はまったく一緒です。白毛種牡馬と交配すれば白毛の仔は出ますし、また、シラユキヒメ自身が突然変異で白毛として出現したように、生まれてくる仔にそのような変異が入れば白毛になります。確率はゼロに近いですが。ソダシの全妹のママコチャも鹿毛ですが、これもまったく同じです。

ところで、ディープインパクトの産駒には栗毛（栃栗毛も含む）は1頭もないことをご存じでしょうか。鹿毛のディープインパクトですが、同じ鹿毛のハーツクライ、キングカメハメハ、エピファネア、モリスなどの種牡馬には栗毛産駒はいるのに、です。

鹿毛（黒鹿毛、青鹿毛も含む）を導く遺伝子を通常Eと呼び、Eは栗毛を導く遺伝子eに対して顕性です。血統登録産駒数が1800近いディープインパクトながら一切の栗毛を出していないことから、ディープの遺伝子型はEがダブルで入ったEEと推察できます。つまり、産駒には自ずとEを授けることになるわけで、Eはeに対して顕性ゆえに産駒に栗毛は出ないわけです。ロードカナロア、ルーラーシップ、キズナなども、その産駒の状況を見ると同様のようです。

隔世遺伝

近所のオジチャンオバチャンの井戸端会議で、「堀田さんところに生まれたちよつとひねくれた顔のあの子は、偏屈だったおじいちゃんかへソを曲げた時の目つきにソックリだね」というような言葉を耳にしたことがあるかもしれません。これは俗に言う先祖返りであり、この目つきたる形質が遺伝性のものであるならば、世代を超えてその形質が遺伝して表面化したこととなり、つまり「隔世遺伝」と呼ばれているものになります。

あらためて、手もとの電子辞書にある『旺文社 生物事典』で「隔世遺伝」を調べてみると、「ふつう祖父母のもっていた劣性形質が孫でホモになって現れる現象であるが、広義には先祖に似る先祖返りをいうこともある」とあります。この「劣性（＝潜性）形質が孫でホモになって現れる現象」について、人間の血液型を例にちよつと説明してみましよう。

まず、ディープリンパクトのEEのように、また以下で述べる遺伝子型AAのA型の人のように、対で持つ遺伝子のペアがまったく同じ場合を「ホモ接合」と言います。一方で、鹿毛ながら栗毛の産駒も出すキングカメハメハ、ハーツクライ、エピファネイア、モースのような種牡馬の遺伝子型は間違いなくEeであり、また両親のいずれかがO型で自身がA型の人は間違いなく遺伝子型がAOなので、このように違う遺伝子がペアとなったも

のを「ヘテロ接合」と言います。

前述の「顕性の法則」の箇所の説明したとおり、人間のABO式血液型において、遺伝子Aは遺伝子Oに対して顕性です。よって、AとOの両方を持った人はA型（表現型）となります。遺伝子型がAAで表現型がA型のお父さんと、遺伝子型がOOで表現型がO型のお母さんのあいだに生まれる子は、父方からは遺伝子Aをもらい、母方からは遺伝子Oをもらうので、遺伝子型は必ずとAOで表現型はA型になります。

この子が成長して、選んだ結婚相手が同じく遺伝子型AOのA型の人だったとしましょう。この夫婦から生まれてくる子の血液型の発現確率は、**図1-4**のとおりであり、25%の確率で遺伝子型OOのO型となります。つまり、両親ともにA型であったのにO型が生まれる、あたかも祖母のO型が孫で再出現したかのごと

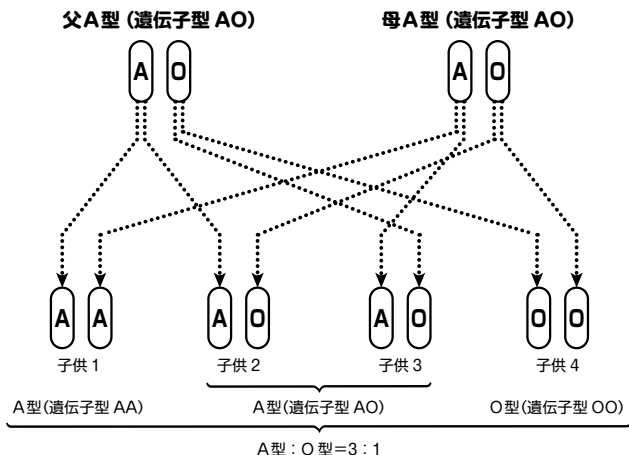


図1-4 遺伝子型AOのA型の夫婦から生まれてくる子の血液型の発現確率

く映るわけで、これが隔世遺伝と呼ばれる所以ゆえんです。

なお、おわかりかと思いますが、この25%という数字は、メンデルの法則中の「分離の法則」に基づくものです。

サラブレッドに目を転じれば、「この馬は母の父の特徴がよく出ている」というようなコメントをしばしば見かけますが、当然にこれは隔世遺伝です。また、視覚的にわかりやすい例では、アグネスフライトとアグネスタキオンの全兄弟、最近ではスワーヴリチャードやサリオス、そしてこれを書いている最中に天国に旅立ったタイキシヤトルなどが両親ともに鹿毛系ながらも自らは栗毛であることも隔世遺伝の一種です。

生産者が、自己の繁殖牝馬の交配相手に共通祖先を持つ種牡馬を敢えて選ぶこと、つまり近親交配は、生まれてくる仔が父方と母方から同一の潜在遺伝子をもらうことで、この遺伝子が導く形質は顕性遺伝子に隠されることがなくなることを期待するものであるからして、これは隔世遺伝を期待する行為そのものなのです。

両親とも健全なのに重篤な遺伝病（常染色体潜在性遺伝病）を持った子どもが生まれることは隔世遺伝の悲しい一例ですし、凡庸な両親から突然に天才が生まれる「鳶が鷹を生む」という現象も隔世遺伝の一例とも言えるでしょう。

メンデルの法則の例外

メンデルの法則を私なりに噛み砕いて説明させていただきましたが、この法則には当然に例外もあります。

まず「顕性の法則」の例外ですが、例としてよく挙げられるのはマルバアサガオの花の色であり、**図1-5**のとおりです。この花の赤と白の遺伝子の関係は「不完全顕性」と呼ばれ、「対」となったおのおのの遺伝子のあいだに顕潜の関係がないことを意味します。また、人のABO式血液型の遺伝子Aと遺伝子Bも顕潜の関係はなく、この両方を持った人はAB型となります。

実際に人間も馬も何万という数の遺伝子を持ちますが、その中でもはっきりとした顕潜関係があるものはごく一部であり、このような中間種（雑種）を導くかのような不完全顕性たるアナログ様の現象が「遺伝」というものの本当の姿と言っても過言ではないでしょう。

● マルバアサガオの花の色

R : 赤色遺伝子 r : 白色遺伝子

遺伝子R(赤色)と遺伝子r(白色)との顕潜関係が不完全で、Rrは中間雑種となり桃色になる。

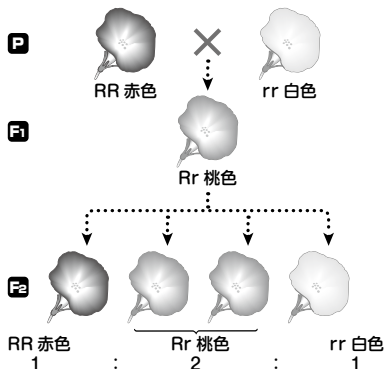


図1-5 不完全顕性 マルバアサガオの花の色

サラブレッドの血統探究の際に、「ミオスタチン」という言葉を聞いたことがある方も少なくないと思います。これは筋肉の成長を邪魔する因子であり、これが活発に働けば筋量が減少します。この遺伝子のタイプにはCとTがあることから、おのおのの個体における遺伝子型はCC、CT、TTの3つのいずれかということになり、CCは筋量が多い傾向（短距離適性あり）、TTは少ない傾向（中長距離適性あり）、CTはその中間とされています。するとこれは、CとTのあいだにおいても顕潜の関係はないということになります。

なお、運動能力に関与する他の遺伝子や、調教などの環境要因も当然にあることから、個々のサラブレッドの距離適性が単純にこの3つの型どおりになるわけではないことを、念のため申し添えておきます。

次に「分離の法則」ですが、メンデルの法則の中でもっとも普遍的と言われているのがこの法則です。しかし人間のダウン症は、母親の体内で卵子がつくられる際に21番染色体の「対」がうまく「分離」せず、この染色体をダブルで持った卵子がつくられてしまい、結果としてその胎児は21番染色体を3本持つてしまうことが原因です。

なお、例外というわけではないですが、「分離の法則」と聞くと、メンデルが実験で行ったエンドウ豆の受粉の結果たる「丸」と「しわ」や「黄」と「緑」の比率が「3:1」

という数字を思い出す人もいるでしょう。このことから、子の特徴が「3・1」の確率比で出現することをこの法則と思い込んでいる人もいるようですが、これはちよつと違います。

先ほどの隔世遺伝の説明の箇所て引用した図1-4は、両親ともに血液型が遺伝子型A OのA型の場合、父親と母親の「対」の遺伝子が正確に「分離」することにより、子どもの血液型の発現確率はA型・O型 \parallel 3 (75%) \cdot 1 (25%)となる図式ですが、これは、先ほど書いたスワーヴリチャード、サリオス、タイキシヤトルが、両親ともに鹿毛系ながら25%の確率で栗毛として生を享けたということを意味します。つまり、あくまでこの「3・1」という数値は、この法則に基づく結果のひとつにすぎないということです。

ちなみに、この25%という数字は、染色体という1本の物質の25% (4分の1)の部分を得らう、と思つてゐる人もいるようですが、違います。あくまでそれを親から得らう確率を表す数字です。

分離の法則に基づくこのような分離比たる数値だけを見ると、アナログ様の現象が遺伝の本當の姿だと先に書いたことと矛盾しているように思われるかもしれませんが、この各分離比は次項目で説明する一對の「対立遺伝子」にのみ焦点を当てたものであり、われ

われの身体は何万というさまざまな働きを持つ遺伝子が相互に複雑に絡みあった成果物であり、そこにある深遠な現象こそまさしくアナログであって、その延長線上の話が第5章の「エピジェネティクス」でもあるのです。

最後に「独立の法則」の例外ですが、先の本法則の説明で、人のA B O式血液型の遺伝子は9番染色体、アルコールの強弱に影響する酵素A L D H 2の遺伝子は12番染色体に存在することを書きました。ここで想像してみてくださいなのですが、もしも、その酵素の遺伝子が血液型の遺伝子と同じ9番染色体に存在したならどうなるでしょうか。

もしもそうだった場合、血液型遺伝子Aが載った染色体にはアルコールに強くなる遺伝子も同居していた、ということが発生するわけです。このように別個の形質がリンクして子に受け継がれていく現象を「連鎖」と言います。つまりこの連鎖こそ独立の法則の例外です。

なお私は、ソダシの祖母シラクキヒメから受け継ぐ白毛遺伝子は、すぐれた競走能力を導く遺伝子と連鎖の関係にあるかもしれないという仮説(妄想?)を掲げました。この話は第7章で書きます。

われわれの細胞の中心にある核の中には、父親からもらった遺伝子と母親からもらった

遺伝子がセット（つまり「対」）で収納されています。その多くの遺伝子は、父由来か母由来にかかわらず細胞内で働いているのですが、一部の遺伝子は父由来または母由来の一方の遺伝子しか働かず、このようなあたかも意図的とも思える特異的な現象が、正常な個体の生誕に必須であることも発見されています。この現象は「ゲノムインプリンティング（ゲノム刷り込み）」と呼ばれ、当然にこれはメンデルの法則を超越するものであり、いまも生物学界では説明のための研究が継続されています。

染色体の組換え

染色体は対（ペア）になって存在しますが、染色体のペア同士は、**図1-6**のように部分的に互いに交差します。「対」になった染色体のそれぞれに載った遺伝子同士を「対立遺伝子（アレル）」と呼ぶのですが、つまり、交差する染色体部分に載っていた対立遺伝子の或る群（部分）をトレード（交換）した結果として新たに構築された染色体が子に授けられていくのです。この興味深い現象を「組換え」と呼んでいます。

人間の染色体数は46本ですが、男性の生体において精子が、また女性の生体において卵子がつくられる際には、ペアの染色体同士はおのおの分離され、つまりこれらの数は半減

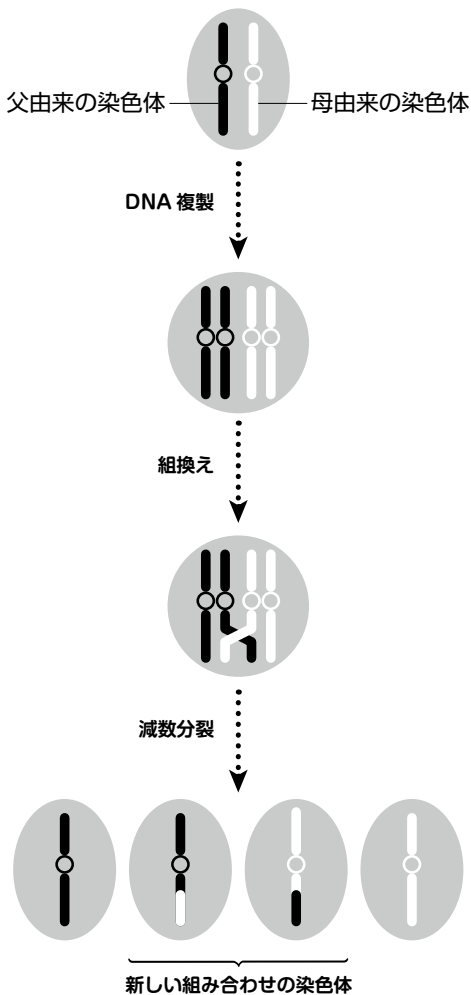


図 1-6 染色体の組換え

して、精子および卵子には23本ずつが挿入されます。

ここで重要なのは、23対のペアの染色体は、そのおのこのペアのどちらかがそれこそランダムに個々の精子や卵子に挿入されるということです。しかも1人の男性の精子といえども、その精子ひとつひとつには別の組み合わせの染色体が入っているのです。その組み合わせのパターン数は2の23乗、つまり800万通り以上にのぼります。

さらに、組換えという現象がランダムに起こっており、これが個々の精子および卵子に分配されていくわけですから、同じ男性の精子にしても、その膨大な数の精子が持つ遺伝子の構成はおのおのまったく違うわけです。つまり、一卵性双生児を除く両親が同じ兄弟姉妹同士の遺伝子一致率はほぼ50%（↑次項目で説明します）ではあるものの、じつにまったく違う遺伝子の組み合わせで生まれてきているのです。競走馬に置き換えると、両親を同じくする全きょうだいの血統表はまったく同じですが、全きょうだいそれぞれが実際に保有している遺伝子は、組み合わせがまったく異なっている、ということがご理解いただけます。

このように、われわれ「生き物」は唯一無二の個体となって、多様性を維持しているのです。

似て非なる全きようだい

競走馬を眺めてみれば、全きようだいでもその競走成績が天と地ほど違う場合が山ほどあります。「全きようだいでもなぜここまで違うのか」という質問を受けたことがあるのですが、ここで、一人っ子ではない（一卵性双生児でもない）方々には自分と自分のきようだいの違いを思い浮かべていただきたいのです。「こいつとは同胞と思われたくない」と思う方も少なくないのではないのでしょうか。そのように思われたあなたは、自身のきようだいは価値観の相違があるということであり、そのような相違は、心の在り方を左右する遺伝子保有状況の違い（＝形質の差異）に拠るとも推察されうるのです。

以前、SNSを眺めていたら、Aという馬の半弟のBという馬は、父が違ってから特性がこのような違う……というようなコメントがありました。確かに父が変われば、そのきようだいの特性も変わるでしょう。ただそれ以前に、全きようだいにおいても、一般に思う以上に違う部分があることを力説したくなることかしばしばあります。

全きようだい同士が同じ遺伝子を持つ割合（以下、便宜上「遺伝子一致率」と言います）はほぼ50%です。例えば、その父親の或る染色体の片方には顕性の遺伝子A、もう片方には潜性の遺伝子aが載っていたとして、第1子はAをもらったとしましょう。一方で第2子

は同じAをもらうかもしれないし、aをもらうかもしれない。仮にAをもらった場合、ここだけを見ればきょうだい間の遺伝子一致率は100%となります。しかし、父親および母親の各染色体に載る個々の遺伝子、例えば遺伝子Bとb、遺伝子Cとc、遺伝子Dとd……といった具合にそれぞれがこのように選別され継承されることから、結果として、全きょうだいや二卵性双生児における遺伝子一致率は限りなく50%に近くなるわけです。コインを投げて表が出る確率は、投げた回数が多くなればなるほど50%に近づくことと同じ理屈です（統計学で言う「平均への回帰」）。

つまり、全きょうだいでも半分は違う遺伝子を持っているのです。人も馬もその遺伝子数は万という単位なので、半分違うというのはかなりの数です。遺伝子は1つでも違えばまったく違う特質の個体になることがありますし、悪性の遺伝子をたった1つ持っただけで死に至ることもあります。

ドミノ倒しを想像してみてください。膨大な数のドミノを念入りに立てていたとしましょう。しかし、たった1つのドミノの置き方を誤ってしまったら、その後ろのドミノは倒れなくなり大失敗に終わります。また、開始前に1つのドミノを誤って倒してしまったら、そのうしろのドミノはすべて倒れてしまい、これも大失敗に終わります。これは、邪悪な

遺伝子がたった1つあっただけで、身体が機能不全（病気）になることと同じです。

そして、先に書いたとおり染色体の組換えもあり、全きようだいでもじつにまったく違う遺伝子の組み合わせで生まれてきており、これがまったく違う個性の源になっているのです。

ここで、全兄弟の種牡馬たるブラックタイド、ディープリンパクト、オンファイアにおける違い、さらにはドリームジャーニー、オルフェーヴル、リヤンドファミユにおける違いをちょっと考えてみるのもいいかもしれません。同血なんだから種付料も同じでいいじゃないか、とは誰も思わないでしょう。

ついでながら、ドリームジャーニーとリヤンドファミユは鹿毛、オルフェーヴルは栗毛です。ステイゴールドとオリエンタルアートの配合において、その仔が鹿毛系か栗毛系かの比率は、メンデルの「分離の法則」に則れば1…1です。当たり前ではありますが、どの毛色の遺伝子をもろうかは全きようだいでも個々により違い、これは前述したコインを投げて表も出れば裏も出る話と同じです。

一卵性双生児と二卵性双生児

一卵性双生児は遺伝子一致率は100%、一方で二卵性双生児は通常の兄弟姉妹と同様にほぼ50%です。つまり二卵性双生児は、外見等の形質については通常の兄弟姉妹と同じようにとどこどこ似ているというレベルであり、これは、同じ双子でも遺伝子一致率の差で一卵性間と二卵性間で形質発現のシンクロ状態に差が見られるということです。

「両親とも背が高ければ、背が高い子が高確率で生まれる」というのは普遍的事実として認識されています。しかし、それは「絶対」ではありません。両親とも背が低くとも背の高い子が生まれることもあります。身長に影響を及ぼす遺伝子はいくつもあるはずで、或る特定の遺伝子の影響力は確かに大きいものの、他の遺伝子も複合的に影響するはずですし、当然のことながら栄養や運動などの環境要因もあります。

つまり、身長を決定する要因は単純ではなく、もしも生物学者に「高身長両親からは必ず高身長の子が生まれるか？」と問いたとしても、「Yes」と答える者は皆無でしょう。もしもそのような答えをしたら、もはやその人は生物学者ではありません。

われわれ人間において、氏より育ちなのか、つまり個々の能力は先天的なのか後天的なのか、これについては、同じ家庭環境や教育環境の双子を利用した科学的研究が国内外で

進められています。身体的特徴、運動能力、学力、性格、嗜好などの多種多様な評価項目を設定し、それら各項目において、まったく同じゲノム構成（遺伝子一致率100%）の一卵性双生児間と、通常の兄弟姉妹と同じ関係（遺伝子一致率がほぼ50%）の二卵性双生児間のデータの「ばらつき具合」の差を調査し、そこに統計的有意差が見られた部分が「遺伝」に依拠するというのが前述の研究の要旨です。

この「行動遺伝学」の研究の第一人者として慶應義塾大学教授の安藤寿康氏がおり、氏の著書『日本人の9割が知らない遺伝の真実』（SB新書）、『心は遺伝する』とどうして言えるのか ふたご研究のロジックとその先へ』（創元社）、『生まれが9割の世界をどう生きるか 遺伝と環境による不平等な現実を生き抜く処方箋』（SB新書）などではこれら研究の内容が詳述されていますが、前述のそれぞれの項目において、一定の割合で「遺伝」が影響しているということがますますわかりつつあるのです。

なお、くれぐれも誤解をしてはいけないのは、どうしても世間一般は「全か無か」、「YesかNoか」の議論や思考に突っ走ってしまいがちですが、「これは氏、これは育ち」というような単純帰結の議論はまったくの論外ということです。

私の2人の息子は二卵性双生児です。私も妻も、親として、彼らには同様の教育や接し

方をしてきたのですが、そのキャラクターの違いは驚きの連続です。将来の希望進路、食べ物好み、そして興味を抱く娯楽や趣味に至るまで、同じ環境で同時に育ったのになんでもそこまで違うのかとあきれかえるほどであり、自分の家族を見ていても、かなりの割合で「遺伝」というものが影響していることは紛れもない事実であろうことをあらためて思い知らされるのです。

そういえば、私の住んでいる自治体では、双子の育児支援のための集まりがありました。役所の一部屋を幼い双子の子どもたちの遊び場として開放し、傍らの親たちは、育児の苦労話の情報交換をする集いでした。

その集いの終わりの時間になると、遊んでいた子どもたちはおのおの自分の親のところに戻っていくのですが、この光景が非常に興味深い。一卵性双生児の子どもたちが同じ親のもとに戻っていく姿を眺めてもなんら違和感はないのですが、他方、二卵性双生児の場合、「その子とその子がペアだったのか!」とビックリの連続でした。

トランプのゲームに、めくった2枚が同じ数字ならそれをゲットできる「神経衰弱」があります。まさしく「人間神経衰弱」だと思っただけです。私の息子たちも、別の双子の親からそのように見られていたと思います。

遺伝とはアナログなもの

形質には「質的形質」と「量的形質」と呼ばれるものがあります。メンデルが実験で行ったエンドウ豆の受粉の結果たる「丸」と「しわ」そして「黄」と「緑」や、人間の場合ならABO式血液型がA、B、Oという遺伝子をどのように組み合わせ持ったかによって、A型、B型、AB型、O型という4種類に明確に分別できるのが質的形質です。一方で、身長などはその差異が連続的であり、これはいくつもの遺伝子が関与し、さらに栄養や外部の環境要因も影響していることから量的形質と言います。さらに、運動神経、芸術的才能なども広い意味で同様でしょう。

このような量的形質はいくつもの遺伝子が相互に影響を及ぼし合った結果であって、イギリスの生物学者リチャード・ドーキンスの名著である『利己的な遺伝子』（紀伊國屋書店）には以下の一節があります。

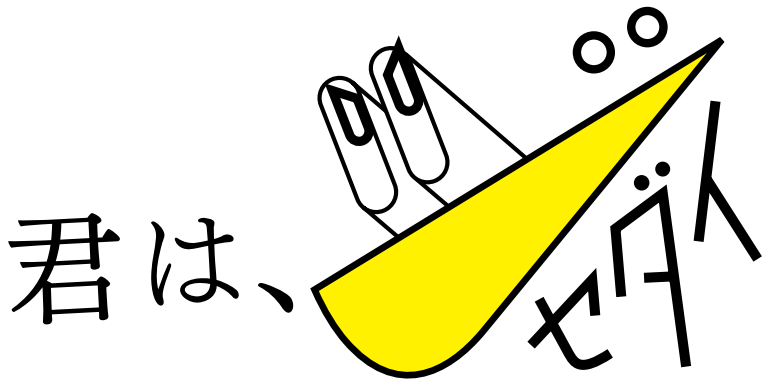
「一つの生存機械は、たった一個ではなく何千もの遺伝子を含んだ一つの乗り物だ。^{ヴァイクル}体を構築するということは、個々の遺伝子の分担を区別するのがほとんど不可能なほど入り組んだ協同事業である。一つの遺伝子が、体のさまざまな部分に対してそれぞれ

れ異なる効果を及ぼしうる。また、体のある部分が多数の遺伝子の影響を受ける場合もあれば、ある遺伝子が他の多数の遺伝子との相互作用によって効果を表すこともある。また、なかには、他の遺伝子群の働きを制御する親遺伝子の働きをするものもある」

或る病気を誘発する遺伝子が特定されていたとしても、その遺伝子を持った人が必ずその病気を発症するわけではありません。ハンチントン病は運動機能や認知機能に影響を及ぼす進行性の神経変性疾患で、単一の原因遺伝子が特定されています。しかし、その遺伝子を保有した人が実際に発症するのは40歳以上が大多数と言われる一方で、20歳以下での発症も10%程度あるとのことであり、つまり「遺伝」というものは単純に黒か白かで論じられるような代物ではないということです。これは第5章で論ずるエピジェネティクスと深くかかわることでもあります。

ちなみに、ハンチントン病のように或る1つの遺伝子とその因子として特定されているものを「単一遺伝子疾患」と言う一方で、高血圧や統合失調症などの発症には多くの遺伝子と環境要因が関係するとされ、このような疾患を「多因子疾患」と言います。

「遺伝」……それは奥が深くフアジーでアナログな現象なのです。それなのに依然として「この馬は〇〇の3×4だから」というようなデジタル思考が跋扈はつこしていることは、サラブレッドの配合において、そこから先の科学的探究が停滞しているということの証左でもあるわけです。



君は、 何と闘うか？ <https://ji-sedai.jp>

「ジセダイ」は、20代以下の若者に向けた、
行動機会提案サイトです。読む→考える→行
動する。このサイクルを、困難な時代にあっ
ても前向きに自分の人生を切り開いていこう
とする次世代の人間に向けて提供し続けます。

メインコンテンツ

ジセダイイベント

著者に会える、同世代と話せるイベントを毎月
開催中！ 行動機会提案サイトの真骨頂です！

ジセダイ総研

若手専門家による、事実に基いた、論点の明確な読み物を。
「議論の始点」を供給するシンクタンク設立！

星海社新書試し読み

既刊・新刊を含む、
すべての星海社新書が試し読み可能！

マーカー部分をクリックして、「ジセダイ」をチェック!!!

行動せよ!!!