

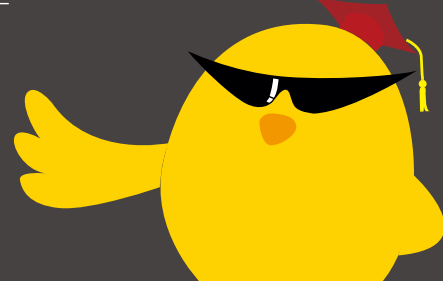
オランダの科学者ハルトゼーカー (Nicolas Hartsoeker) が唱えた精子の姿。中にホムンクルスが入っている

前成説 (preformation theory)

古くは、卵または精子の中に、既に小さな人の形をしたもの (これをホムンクルスという) が存在していると考えられていた。つまり「発生」とはそのホムンクルスが大きくなる過程である、という説。

ヒヨコのわき道

ほら、君もこっちに いらっしやい



第35回 漏斗型か？砂時計か？ 脊椎動物の発生

「発生学とは？」

ヒトのような脊椎動物の身体について知ろうとすると、解剖学、生理学、組織学、生化学などを勉強することになりますね。解剖学は身体の構造を、生理学はそれが働く仕組みを、組織学は細胞レベルの構造を、生化学は分子レベルの働きを学ぶことになります。

でももう1つ、大切な分野があります。それは「発生学」です。

ひとつの受精卵という細胞から、時間と共にどうやって動物の身体が出来上がっていくか、それを知るための分野なのです。

かつての生物学者は、例えばヒトの精子には、極微の完成した人体が組み込まれていて、それが大きくなるのだと考えた時期もありました。でも顕微鏡が発達し、それを利用するようになると、受精卵が細胞分裂を繰り返し、その細胞塊からまったく新しく身体が組み立てられていくことが理解されたのです。

古典的な発生学は、とても地道な努力の積み重ねでした。

次第に複雑な構造へ変化していく胚 (胎仔のことだと思ってください) を時系列で標本にし、必要に応じて連続切片にし、顕微鏡で立体構造を調べていくのです。

発生学を学ぶ場合は、その立体構造の変遷を、頭の中でイメージできるまで、教科書を読み込まなくてはなりません。結構厳しい作業かも知れませんが、ヒトや動物の身体がどうやって組み立てられていくのか、たくさんの新鮮な発見が得られるでしょう。

「脊椎動物の発生は保守的？」

脊椎動物には魚類、両生類、爬虫類、哺乳類、鳥類が含まれますが、これらに共通する特徴は何でしょう？ まず「身体の最前に頭が1つあること」と、「1本の背骨をもつこと」でしょう。当たり前すぎるかも知れませんが、多種多様な脊椎動物に、この共通した特徴があることは、実は不思議なことでもあるのです。

なぜ「頭が二つ、三つあるのが普通」だったり、「頭が背中の中にある」脊椎動物はいないのでしょうか？別に頭が身体の前後にあってもいいじゃないですか？

それでも実際には脊椎動物の体制 (ボディプラン) は、一貫していて、全くバリエーションがありません。これは何故なのでしょう？小さな子供に尋ねられたら、すんなり答えられますか？

「漏斗型モデル？」

「身体の最前に頭が1つあり、1本の背骨をもつ」という特徴が、魚類から一貫して「保存されている」のはなぜか？150年も前から疑問を持った研究者がいました。

ひとつの仮説は「漏斗型モデル」です。脊椎動物の発生は、その初期に将来の肛門の位置から胚の内部に腸管が前方に伸びていき、胚の前端に突き当たったところが頭になり、背中側の表面がパイプ状に落ち窪んで将来の脳と脊髄になる。という共通した手順があります。この初期発生の手順に、脊椎動物の体制は縛られていると考えるのです。

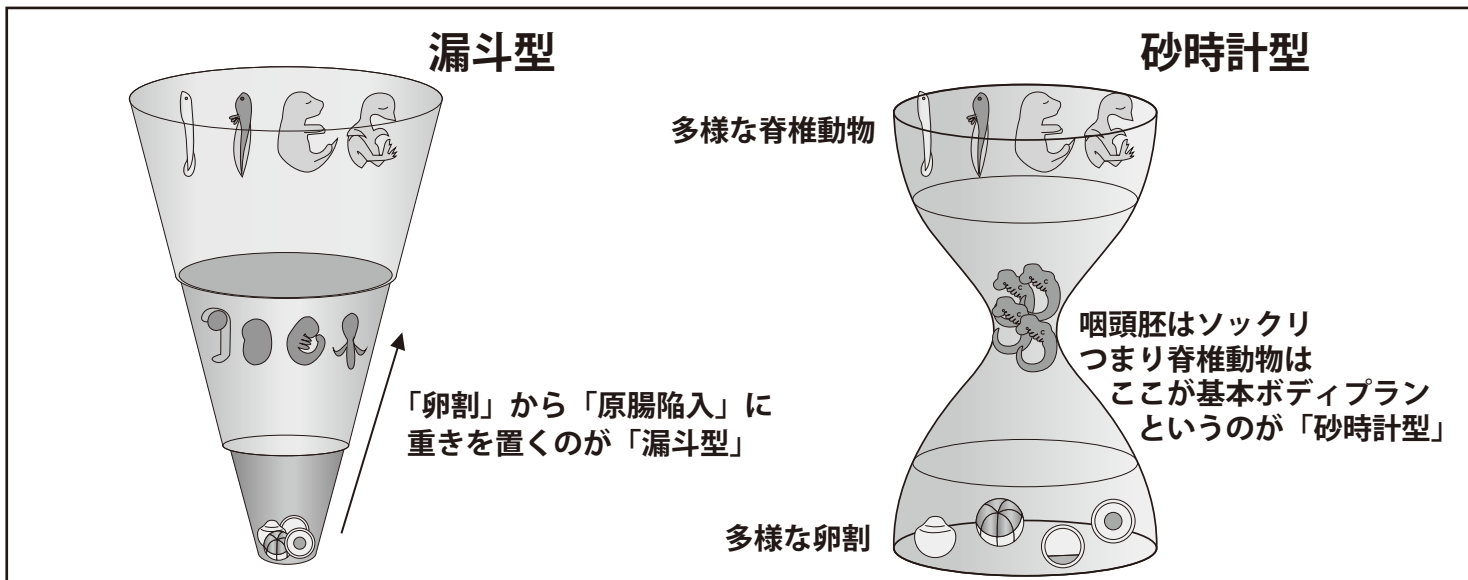
「砂時計モデル？」

もう1つの考え方は「砂時計モデル」です。魚類、両生類、爬虫類、哺乳類、鳥類の受精卵はそれぞれ、卵黄の量が違ったり、胚の外側に羊膜や胎盤を作るなど、腸管が作られる前の最初期の発生は、様子がずいぶん異なります。あまり似ていないと言った方がいいでしょう。陸上で乾燥に耐える卵や、母体の中で栄養をもらう胎盤を発達させるには、胚を胎仔の形にする前の手順を変化させる以外になかったのです。

それでも将来の鰓弓 (魚では将来の顎や鰓) が出来る時期の胚 (咽頭胚) は、どの脊椎動物でも魚のような良く似た形なのです。

つまり、咽頭胚の時期の形態が進化的に良く保存されているから、脊椎動物の体制は一貫しているのだと考えられます。発生最初期はバリエーションがあり、咽頭胚は共通し、その後多様な脊椎動物が分化する様子から、これを砂時計モデルと呼ぶのです。

漏斗型と砂時計型 発生モデル



「漏斗と砂時計の論争」

ではどちらの考え方が正しいのか？胚の標本を詳しく観察しているだけでは結論は出そうになく、150年経った今も、決着が付いたわけではありません。

しかし最近、日本の理化学研究所で、興味深い研究が行われました。

魚類の代表としてゼブラフィッシュ、両生類はアフリカツメガエル、哺乳類はマウス、鳥類はニワトリを用いて、複数の時期の胚にどんな遺伝子が発現しているのか、マイクロアレイという技術で片っ端から調べ上げ、発生が進むにつれて遺伝子発現が変化していく様子を、スーパーコンピューターで比較したのです。

すると、この4種の脊椎動物の間で遺伝子発現の様子が最も似ているのは、咽頭胚の時期だということが分かりました。この実験では、砂時計モデルに軍配が上がったのです。

この時得られた遺伝子発現のデータはネット上に公開され、必要ならアクセスすることが出来ます。ただし、家庭にスーパーコンピューターは無いから、個人で再解析は出来ないでしょうが。

「遺伝子解析をどこまで信じるか？」

さて、「遺伝子解析の結果、こうでした。」と言われてしまうと、なんとなく抵抗する気になれず、そのまま信じてしまうのも事実です。でも研究の現場では、遺伝子解析した生のデータを眼で見れば結果が分かる場合はむしろ少なく、複雑な数学モデルで解析されるのが普通で、そのモデルにも複数ある場合があり、解析ソフトも様々なものが用いられます。実際にはどのモデルを選び、最終的にどう解釈するかで、違う結論が導かれる場合もあるのです。

結局は、別の研究者同士の複数の解析モデルで一致した結論が得られたり、解剖学的な観察結果とも一致するなど、異なる方法で結論が支持されることが重要です。科学の世界で最初の一報は、必ずしも信用できません。

「ちょっと意地をはってみる？」

ですから私は、新聞の一面やニュース番組で「遺伝子解析で大発見！」とか、「長年の謎が解けた！」とか報道されても、「ふう〜ん？」と、つい斜めに見てしまうんです。上記の研究結果も、そのまま信じる気にはなれません。

さて、咽頭胚には複数の鰓弓という、魚ならば将来の顎から鰓を形作る構造が創られます。

哺乳類、鳥類では単に鰓が無くなったのではなく、鰓弓の組織や血管は、顔や耳、頸から胸にかけて、心臓周囲の太い血管など、他の重要な構造に発展するようになっていきます。もともと鰓弓を創らなければ、魚にはもちろん、鳥にも獣にも発達できないのです。だから咽頭胚の形態が保存されているのは当然。よく似た構造を作るのに、遺伝子発現の様子が似ているのはむしろ、単に予測と結果が良く符合しただけ。

だいたい体制が保存されている4種の動物を使ったら、似ているに決まっている。初期発生を脊椎動物以外とも比較すべきではないか？今回の実験材料と解析手法が研究の目的に合っていたのかというところ自体疑いたい！

なんて、私、ひねくれてますか？びよびよ？

