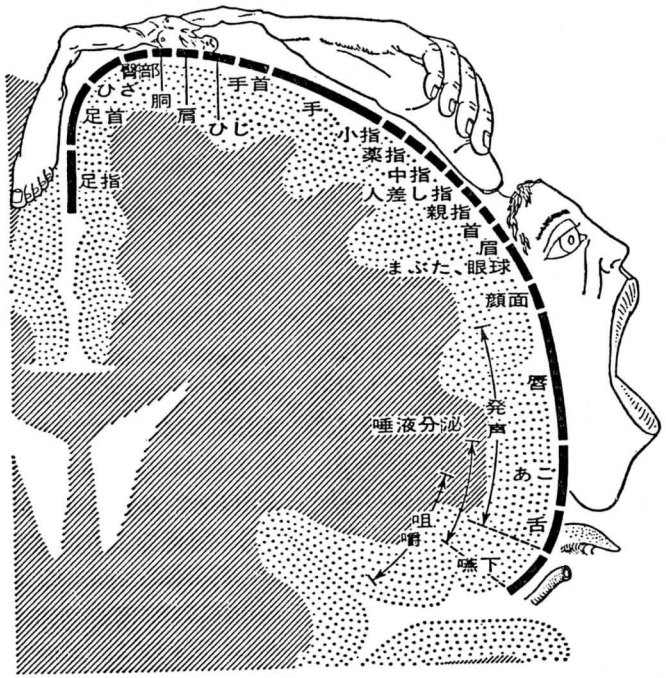


図10　大脳における運動領野の機能局在（W. Penfield）
（参考文献〔13〕より）

この法則は19世紀より20世紀の初頭にかけて比較発生学と相同の研究を促し，多くの成果がもたらされた（図11）。

「しかし公式化の途中でヘッケルが，ある動物の若い時期がより下等な動物の成体に似ているとした点は誤りである。この点は時代の古いフォン・ベアのほうが正しい。哺乳類の初期胚は多くの点で魚と似ていることは確かである。しかし魚の胚にみられるのは鰓溝で，咽頭まで貫通していない。成体にあるのは咽頭に貫通した鰓裂である。哺乳類の初期胚に生じるのは鰓溝であって，鰓裂ではない」〔11〕

ヒトは受精の後，胎内では魚に似た時期を経験すると，一般に言われている。ヘッケルの理論は幾分の不備はあるにしても，現代でも理解されやすいのは興味深い。ヘッケル流にいえば，ヒトは魚の前はヒトデであったのかも知れない。

手足の形態面から，ヒトとヒトデの類似をみたが，発生学上からも比較してみたい。

卵割のしかたは，動物の種類によってきまっている。一般に，卵黄は卵割をさまたげるので，その分布状態によって卵割の形式がきまってくる。したがって，等黄卵・端黄卵・中黄卵などは，それぞれ特定の型をもつようになる（図12）。

等黄卵は卵黄が少ないので，それによって卵割が妨げられることはない。卵がほぼ同じ大きさの割球に完全に分れていく（等割）。ウニ・ナマコ・ヒトデなどの卵はこの例である。

端黄卵には全割をするものと，部分割をするものとがある。カエルやイモリは第一と第二の卵割はウニの場合と同じで等全割であるが，第三卵割は赤道面ではなく動物極側にかなりかたよった緯度の線にそう（不等割）。ニワトリやメダカは，卵黄の多い植物極寄りの部分は全然卵割しないで，細胞質の多い動物極の付近だけが割れる。その結果，動物極に胚盤ができ，将来の胚の基になる（盤割）。

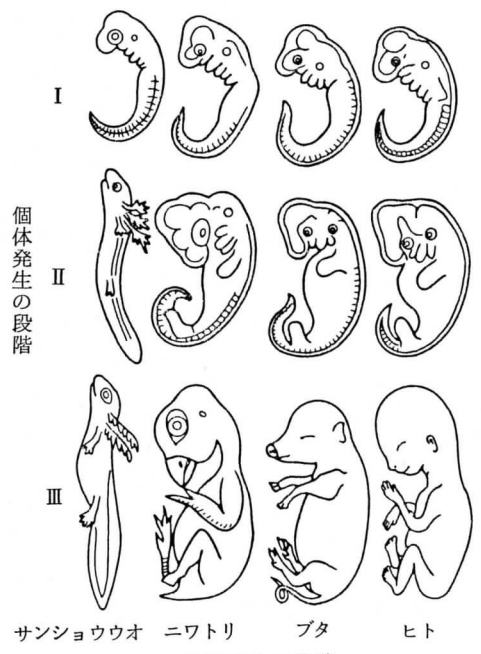


図11　脊椎動物の胚の比較
（Haeckel 原図，Dodson による）
（参考文献〔11〕より）

卵黄が中央にたくわえられているコン虫などの中黄卵では，まず核分裂だけが行なわれ，のちに核が卵の表面の細胞質の中に達すると，細胞のしきりができ，多数の細胞に分かれるようになる（表割）。

動物の分類からみると，頭足類・魚類・爬虫類・鳥類などが盤割，両生類が不等割，哺乳類が等割になる（表５）。

以上，卵割のしかたについてみてきたが，等割をするものの中には，ウニ

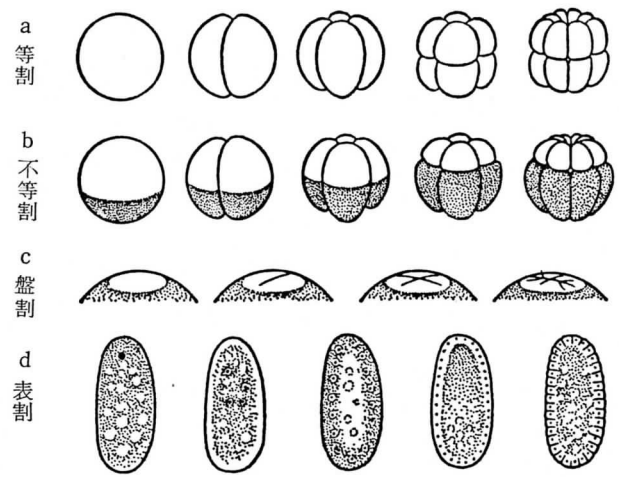


図12　卵割のいろいろ（参考文献〔12〕より）

表5　卵の種類と卵割の形式

卵の種類	卵割の形式	例	分類
等黄卵	等割(全割)	ウニ，ヒトデ，ナマコ ウサギ，ヒト	棘皮動物 哺乳類
端黄卵	不等割(全割) 盤割(部分割)	カエル，イモリ ニワトリ，メダカ	両生類 鳥類・魚類
中黄卵	表割(部分割)	コン虫類	節足動物

やヒトデの棘皮動物と哺乳類の動物が含まれているのである。ここでヒトデとヒトの間に結ばれた「赤い糸」の存在を仮説するのは強引だろうか。

8. ヒトデの足はなぜ5本か

ウニやヒトデの棘皮動物がなぜ5放射相称になっているかについては，残念ながら定説がない。仮説はいくつかあるが，次に示すように骨格の構状が頑丈であるとか，外敵の防御に都合がよいといった，いわゆる「用不用説」の部類にすぎない。

「5放射の起源に関しては，ウニのテストのように，これは骨格との結びつきで生じたのだという仮説がある。この仮説によると，5個の骨板からなる骨格によって，棘皮動物のテストの形が放射相称になりながら，また同時に弱点になっている骨板の継ぎ目の数が最小限に保たれている。同じ大きさの5個の骨板でテストの円周をつくると，どの骨板を2個とってもその継ぎ目が互いに向かい合うことがなく，したがって偶数個の骨板で継ぎ目が向かい合っている場合よりも頑丈な骨格ができることになる。その上，骨板の数は少ないほうが頑丈である。そしてみごとなばかりの放射相称を示す動物で，体の円周を構成する骨板の数として5個は最小限の数である。

5放射の起源に関するもっと最近の仮説では骨格の構造よりも，例えばヒトデのような棘皮動物の5本の腕のほうを強調している。それによると，祖先型の棘皮動物は水の流れのある場所に生息し，またそのような環境では体が5放射であることが生活にとって不可欠だったという。1本の腕を直接上流方向に伸ばして危険の接近を察知しなければならない。上流に向いた腕の両隣りの1対の腕は，水流で下に運ばれてくる餌を捕えるのに必要であろう。もし流れの下手から来る危険を探知するため下流方向に腕を1本しか向けられないとしたら，この腕は廃棄物を運び去る流れをまともに受けることになる。したがって下流に向かっては肛門をはさんだ2本の腕が伸びていることが必要で，腕は合計5本となる。これらの腕は隣接する腕と等角になっていることで，最高の機能を果たしているというわけである。」〔16〕

5放射相称だから都合がよい，というのは結果としての単なる説明であって，何故5本になったのかの根本については論及されていないように思われる。

ヒトデの足はなぜ5本かについては，私は以前論及した〔17〕ので，ここではその概略を示しておこう。

ウニ，ヒトデ，ナマコなどの刺皮動物は，五放射相称である。ヒトデの足は，5本が圧倒的に多く，5本のうち1本を失ってもすぐ5本になるという強い再生力を持っている。〔18〕5本の5という数字は偶然によるものではなく，それなりの理由があると考えられる。

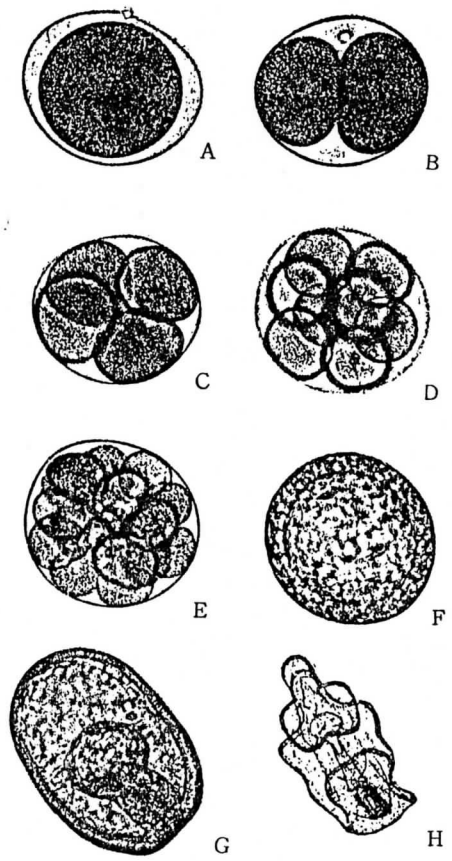
すべての多細胞動物は，卵から発生して個体を形成する。卵は受精されると分裂を開始する。発生の初期に見られる細胞分裂は卵割とよばれ，2細胞，4細胞，8細胞というように2のベキ乗に分割されていく。そして約十回のステップで卵割はとまるとされている。

この卵割の過程に5本という数字がかくされているのであろう。形態が決定される時期は，おそらく32細胞期ごろではないだろうか。そして，その時

の割球の位置関係が重要な役割を果しているのではないだろうか。割球の位置関係が，形態を決定するのに大きな影響を与えている事実は，クシクラゲによるモザイク卵の実験でも明らかである。

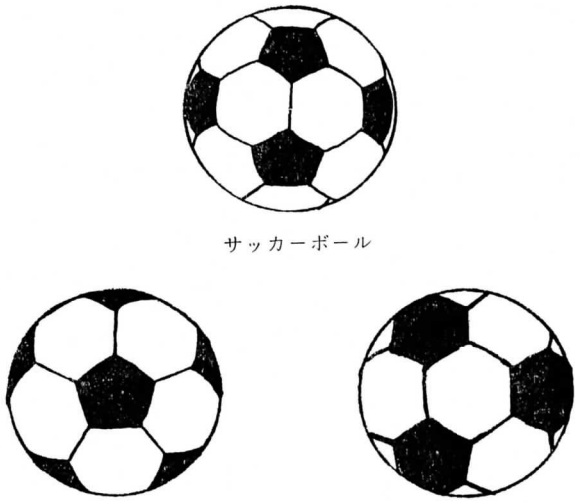
さて，その32細胞期ごろとしたが，5と32の数字の関係を次のように推論してみた。卵割された32個の割球は，ヒトデの場合はとくに均一（図13）であるため，桑実胚，胞胚の時期には卵膜の内側に均等に並びだすであろう。とすれば，これは球を正多面体で外接させる数学上の問題に帰着されるはずだ。つまり正16面体，正32面体，正64面体などがあれば，16細胞期，32細胞期，64細胞期の割球の位置を正確に知ることができる。

ところが，正32面体は存在しない。ただし，準正32面体というのがあってこれはかなり球に近い。サッカーボールに応用されているが，正5角形が12個，正6角形が20個でできている。そこで，正5角形か正6角形か，どちらの面を軸にして原腸陥入がなされるのであるかだが，正5角形の場合は対称性が保たれるが，正6角形の場合は対称性がくずれてしまう。だから，このサッカーボールの正5角形の面を軸にして動物極，植物極が決められ原腸陥入がなされるのであろう（図14）。だから5本足のヒトデが出現するのである。



A～D：卵割，E：16細胞期，F：胞胚，G：原腸胚，H：ピピンナリア幼生（2細胞期の割球の大きさが不等にみえるのは，割球の長軸がねじれているため）

図13　ヒトデの発生（受精から幼生まで）
（参考文献〔19〕より）



サッカーボール

(1)　5角形を中心にした場合　　(2)　6角形を中心にした場合

図14　32細胞期の位置関係

9. 人体の発生

ヒトも動物の一員であるため，他の動物と同様に発生の過程を共有する。〔20〕

精子と卵子が受精されてできる接合子は，卵管内を通過する間に細胞分裂を行なう（図15）。分割細胞は2，4，8と数が増えるにしたがって小さくなっていく。約3日後に，桑実胚と呼ばれる16個くらいの分割細胞から成る充実した細胞球となる。

桑実胚が子宮腔内に入ると，間腔を作るようになって胚盤胞となる。胚盤胞は子宮内膜を侵蝕し着床を開始する。

第4週後半になると4対の鰓弓，上肢芽および下肢芽が現れる。このころからどのようにして手が形成されていくかの図がある（図16）。

Aは28日頃の胎芽で，体肢芽の現れ始めを示している。Bは初期の上肢芽の縦断面の模型図で，外胚葉性堤頂は体肢芽における疎性間葉織に対して誘発的影響をもっている。間葉織の増殖を促進し，特殊軟骨性組織を形成する能力を付加する。Cは体肢骨の間葉性原基を示し，33日胎芽における上肢芽

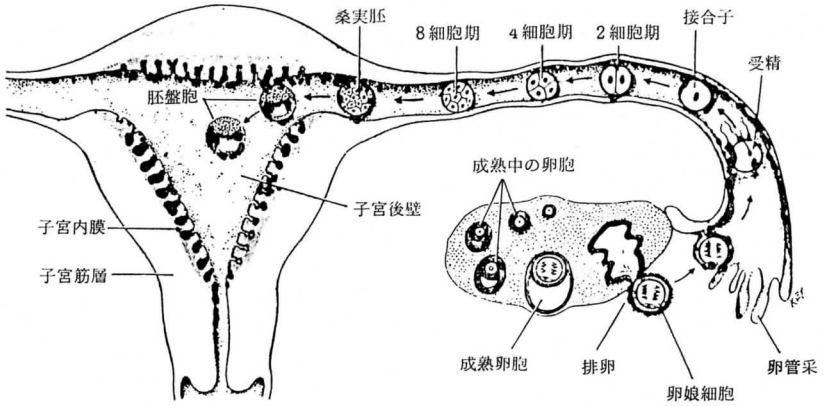


図15　卵巣周期，受精および第1週における発生の総括的模型図
（参考文献〔20〕より）

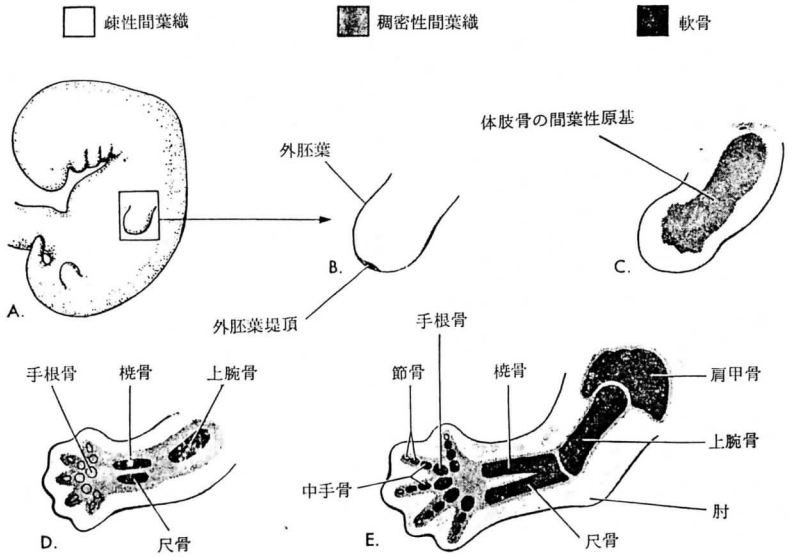


図16　上肢の形成過程（参考文献〔20〕より）

の模型図である。Dは種々の骨の硝子軟骨でできた輪郭を示す6週胎芽の上肢である。Eは軟骨でできた上肢骨の完成した輪郭を示す6週後期の胎芽である。

この図でいくと，ヒトの指の5本が現われるのは受精後6週であるが，28日ごろの外胚葉には，その準備がなされているのである。おそらく，もっと前の時期に，ヒトにおいても32細胞期ごろに形態が決められているのではないだろうか。とするならば，ヒトデの足が5本であったのも，ヒトの指が5本であるというのも，何らかの類似がみられることになる。

10. 重力場の影響（スペースビーズ）について

スペースシャトルの中で無重力状態を利用してつくったプラスチック製の微粒子が，米商務省標準局から売り出されたのを報じた記事があった。[21] これまで宇宙でつくられたのは人工雪の結晶から医薬品までたくさんあるが，値段をつけて売り出されたのはこれが初めてであるという。

「スペースビーズ」と呼ばれるこの粒（図17）は1983年4月，チャレンジャーの飛行中につくられたもので，直径が十ミクロン（百分の一ミリ）ぐらいのものを地上でつくると，重力の影響で形がゆがみ，大きさもそろわないという。宇宙の無重力状態なら，真ん丸で大きさも均一な粒がつくれる。

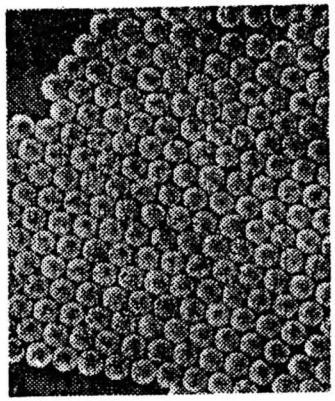


図17　スペースビーズ
（参考文献〔21〕より）

スペースビーズは，顕微鏡でしか見えないような小さな物のサイズを測るときの「物差し」として便利で，細胞，化粧品や塗料の粉末，工場から吐き出される粉じんなどが対象になる。また，通過するかどうかで，フィルターの穴の大きさを決めることもできるとある。

もし，このような無重力状態の中で生命の発生についての実験が可能なら果してどのような生物が誕生するであろうか。このことを考えることは非常に興味のあることである。

卵割は，おそらく等割であろう。割球は総て均一であり，卵膜の内側に均等に並ぶであろう。重力の影響がないから，不等割や盤割というのはなくなるであろう。とすれば両生類や爬虫類のような動物は存在しなくなるかもしれない。

しかし，これは夢想にすぎない。地球上のヒトデを用いて実験してもヒト

デしか生れないし，カエルはカエルにしかならない。わずか一世代の実験では，現在の生物の中に深く刻まれた DNA の設計図にしたがって発生が 繰り返されるだけである。地球の生誕からの現在に至るまでの長い歴史は決して無視できないのだ。

広い宇宙のどこかに，人間と同じ生物が存在し，５本の指を持って，10進法を用いた生活をしているとするならば，それは地球と同じ大きさでなければならないだろう。なぜなら，星の大きさは，それ自体，重力場を決めるからである。星が小さければ重力は小さく，卵割は等割に近くなるであろうし大きければ重力も大きく，卵割は不等割に近くなるであろう。

重力場と数の進法の関係をテーマに取りあげてみるのも面白いであろう。またいつか検討してみたい。（1986．8．30）

参 考 文 献

〔1〕『IBM システム／370 概説書：演算処理装置』(N：GA 22-7001-11) 日本アイ・ビー・エム 1982. 9
〔2〕『IBM システム／370解説書』(N：GA 22-7000-9)日本アイ・ビー・エム 1983. 8
〔3〕野崎昭弘『二進法』共立出版 数学ワンポイント双書21 昭53
〔4〕「宇宙への伝言読めますか？」『科学朝日』朝日新聞社 1985. 8月号
〔5〕カール・セーガン，木村繁訳『COSMOS』朝日新聞社 1980
〔6〕トビヤス・ダンツィク，河野伊三郎訳『科学の言葉＝数』岩波書店 昭20
〔7〕清田圭一，荒俣宏編著『数の周辺』日本アイ・ビー・エム アクセス叢書２ 昭59
〔8〕香原志勢『手のうごきと脳のはたらき』築地書館 1980
〔9〕渋谷寿夫『人間と進化』法律文化社 昭54
〔10〕山田真弓・西田誠・丸山工作『進化系統学』裳華房 昭60
〔11〕越田豊『教養の生物学―ヒトを中心とした比較生物学』培風館 昭47. 9
〔12〕三輪知雄ほか『高等学校理科生物Ⅰ三訂版』三省堂 昭56. 3
〔13〕塚田裕三「人間の脳」『ライフサイエンス入門』日本評論社 昭54
〔14〕時実利彦『脳の話』岩波新書 1962
〔15〕荒井孝和『人間の手の話―そのメカニズムと病いの基礎知識』講談社ブルーバックス 昭60
〔16〕M. フィンガーマン，青戸偕爾訳『比較動物学―アメーバからヒトまで』培風館 昭57
〔17〕拙稿「ヒトデの足はなぜ５本か」『大阪経大論集』第168号 1985. 11
〔18〕市川衛『基礎発生学概論新版』裳華房 昭57
〔19〕石原勝敏編『発生学実験』共立出版
〔20〕K. L. Moore, 星野一正訳『受精卵からヒトになるまで―基礎的発生学と先天異常』医歯薬出版 昭52
〔21〕「宇宙工場の作品スペースビーズ売り出し第１号」『朝日新聞』1985. 7．18 夕刊
〔22〕今泉吉典監修『動物の図館』小学館 昭47

第 V 部