

動物 3

Animalia

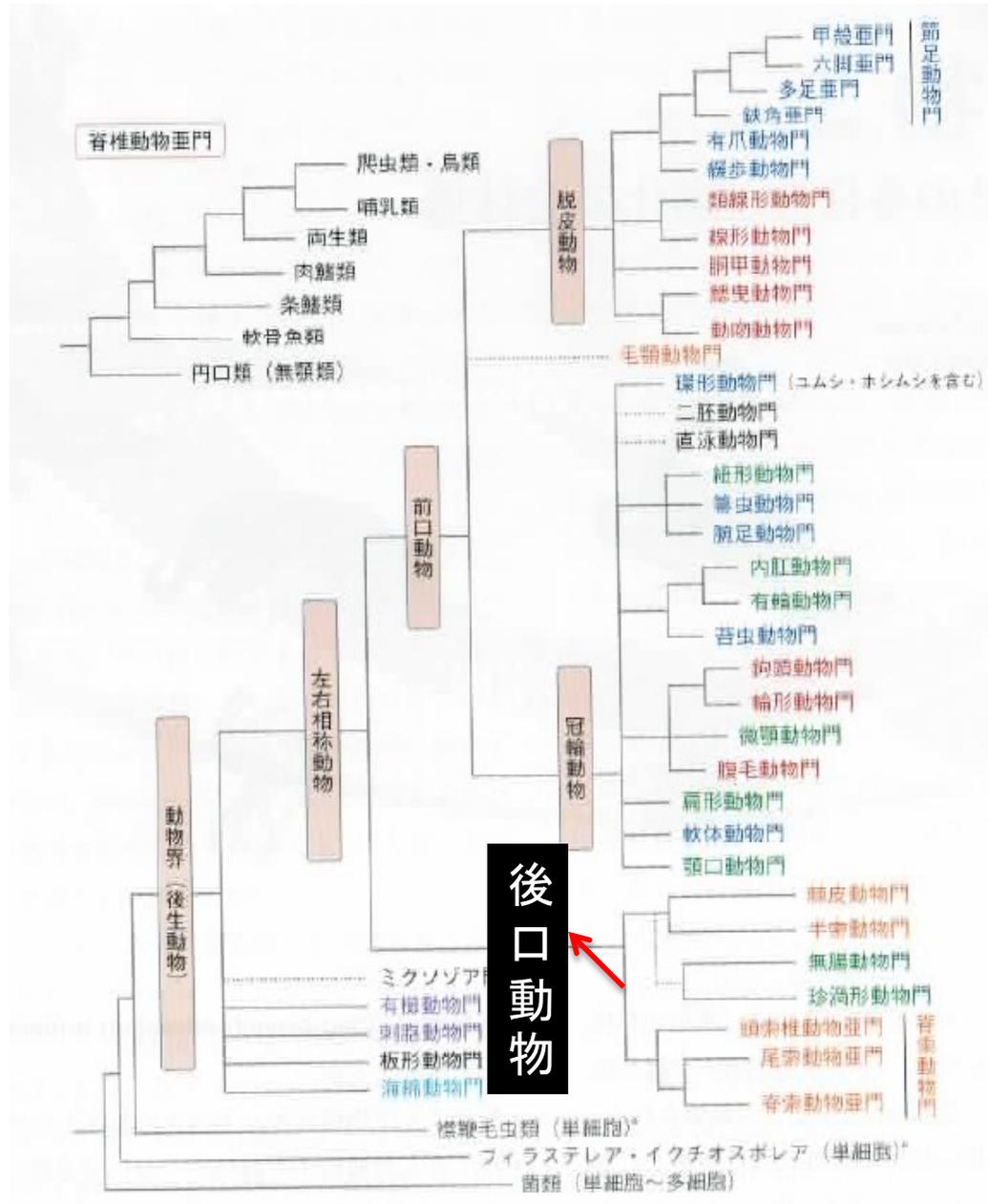


# 新口動物

後口動物

deuterostome

# 新口動物は単系統



西川輝昭 (2013) 「動物」  
遺伝 67, p89-94

# 新口動物は

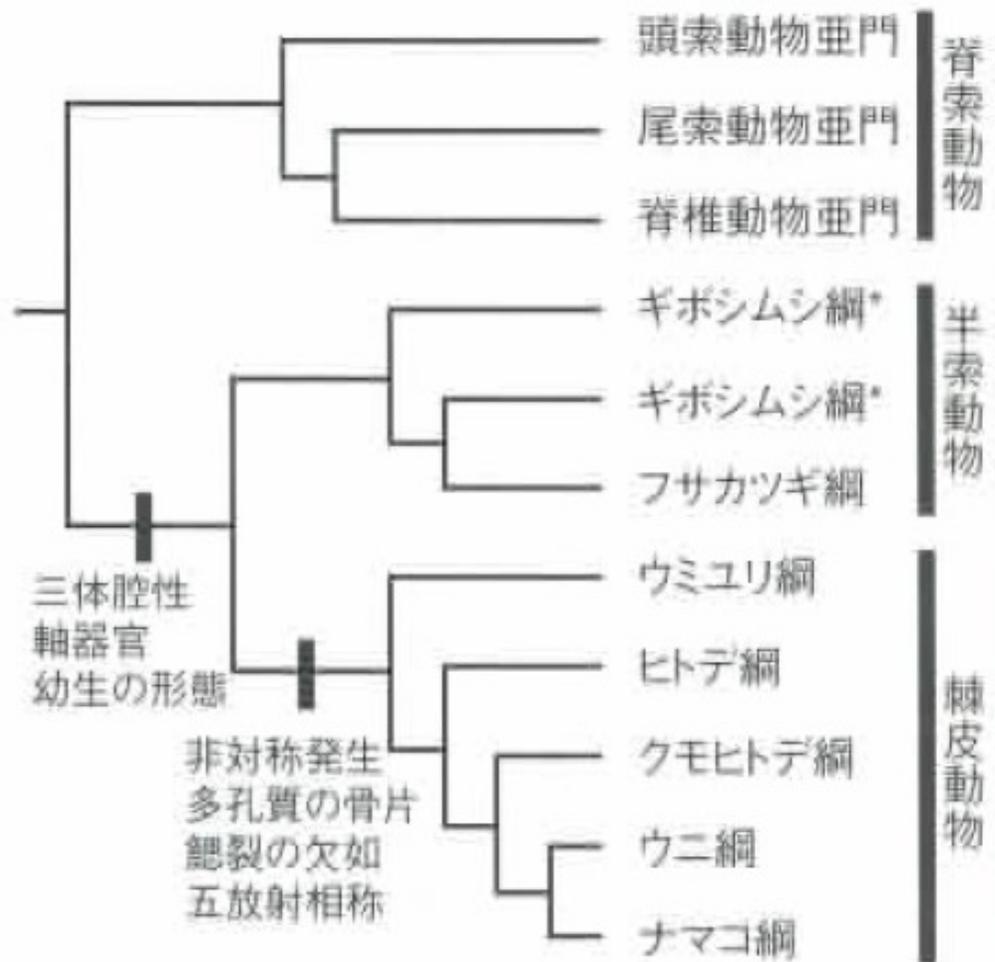
棘皮動物門

半索動物門

脊索動物門

水腔動物あるいは歩帯動物

の3つの動物門からなるが、これら3動物門は単系統である。



伝統的には、**鰓裂**(咽頭から体外へと開口する裂孔)の持つ、半索動物門と脊索動物門が姉妹群と考えられてきたが、分子系統解析により**棘皮動物門と半索動物門が姉妹群をなす**と考えられるようになった。これら両動物門をあわせて**歩帯動物 Ambulacraria**と呼び、**幼生の形態、三体腔性、軸器官**などの形質を共有している。

棘皮動物と半索動物を合わせて**水腔動物**と呼ぶこともある。

# 棘皮動物門

## Phylum Echinodermata

- ウミユリ綱 Crinoidea (A)
- ヒトデ綱(海星綱)Asteroidea (B)
- クモヒトデ綱(蛇尾綱)Ophiuroidea (C)
- ウニ綱 Echinoidea (D)
- ナマコ綱 Holothuroidea (E)

以下の絶滅種が知られている。

- ウミリンゴ綱 Cystoidea
- ウミツボミ綱 Blastoidea
- 座ヒトデ綱 Edrioasteroidea
- エオクリノイド綱 Eocrinoidea
- パラクリノイド綱 Paracrinoidea
- エドリオブラストイド綱 Edrioblastoidea
- パラブラストイド綱 Parablastoidea
- 螺板綱 Helicoplacoidea
- 蛇函綱 Ophiocistoidea
- 円盤綱 Cyclocystoidea

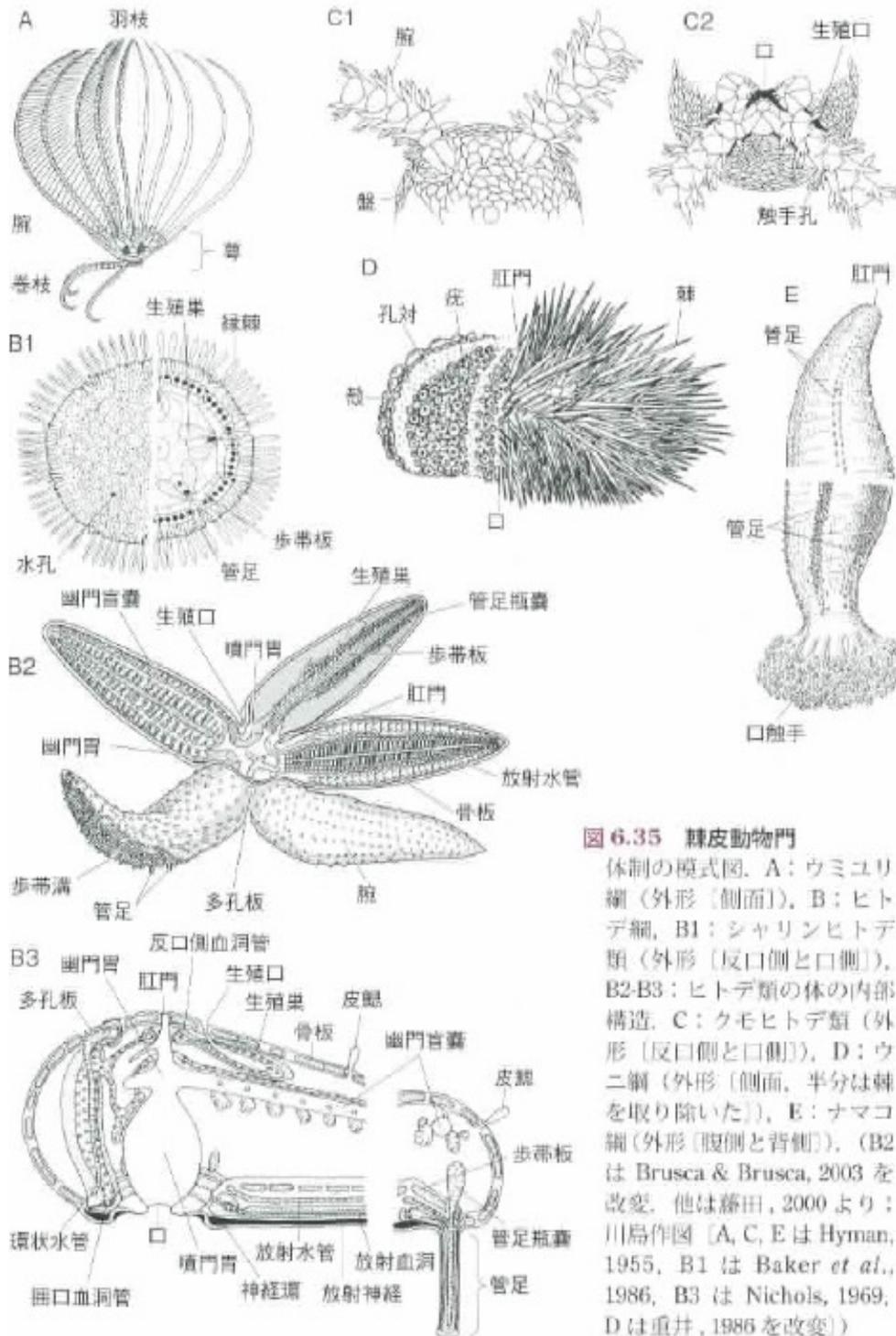
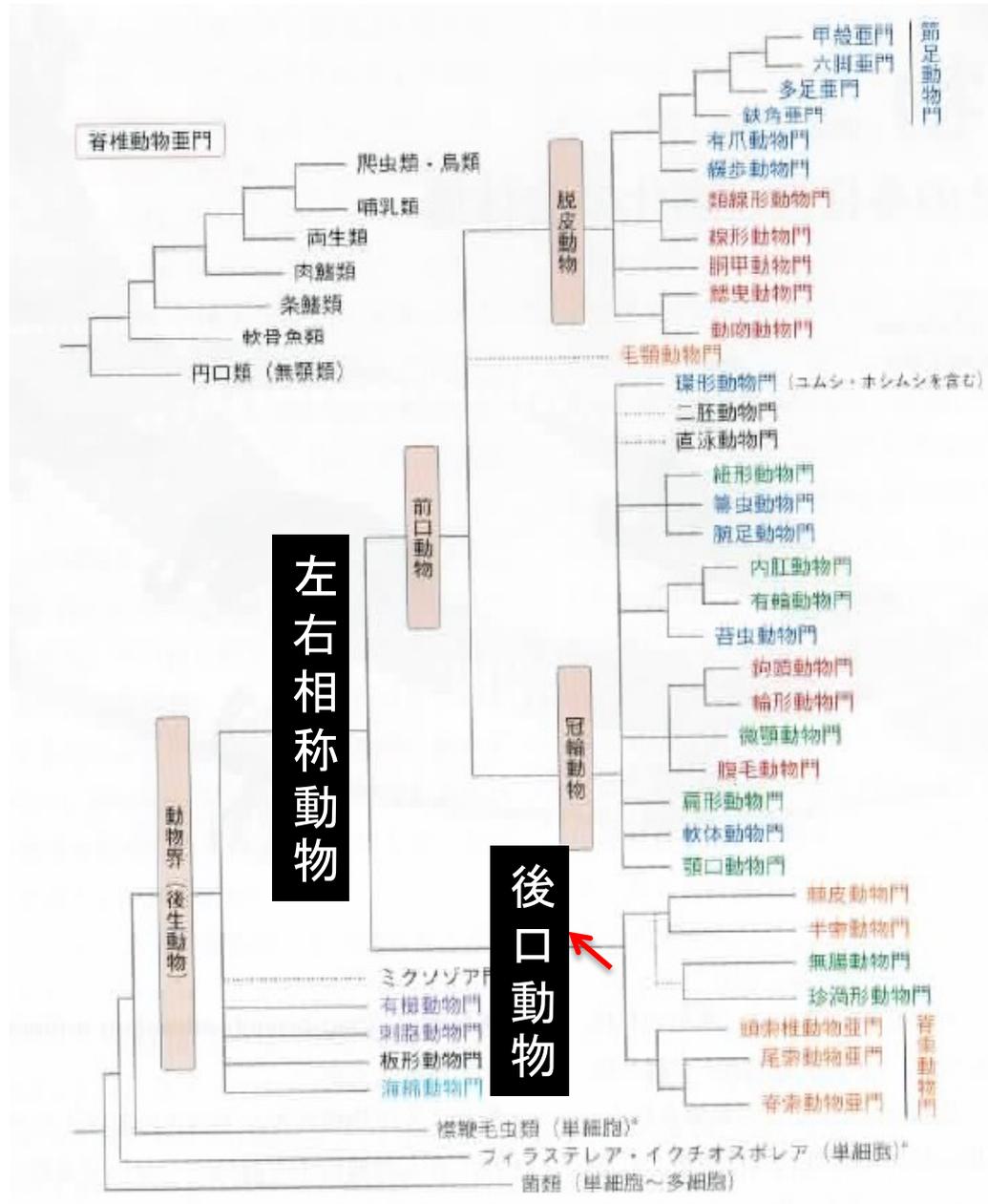
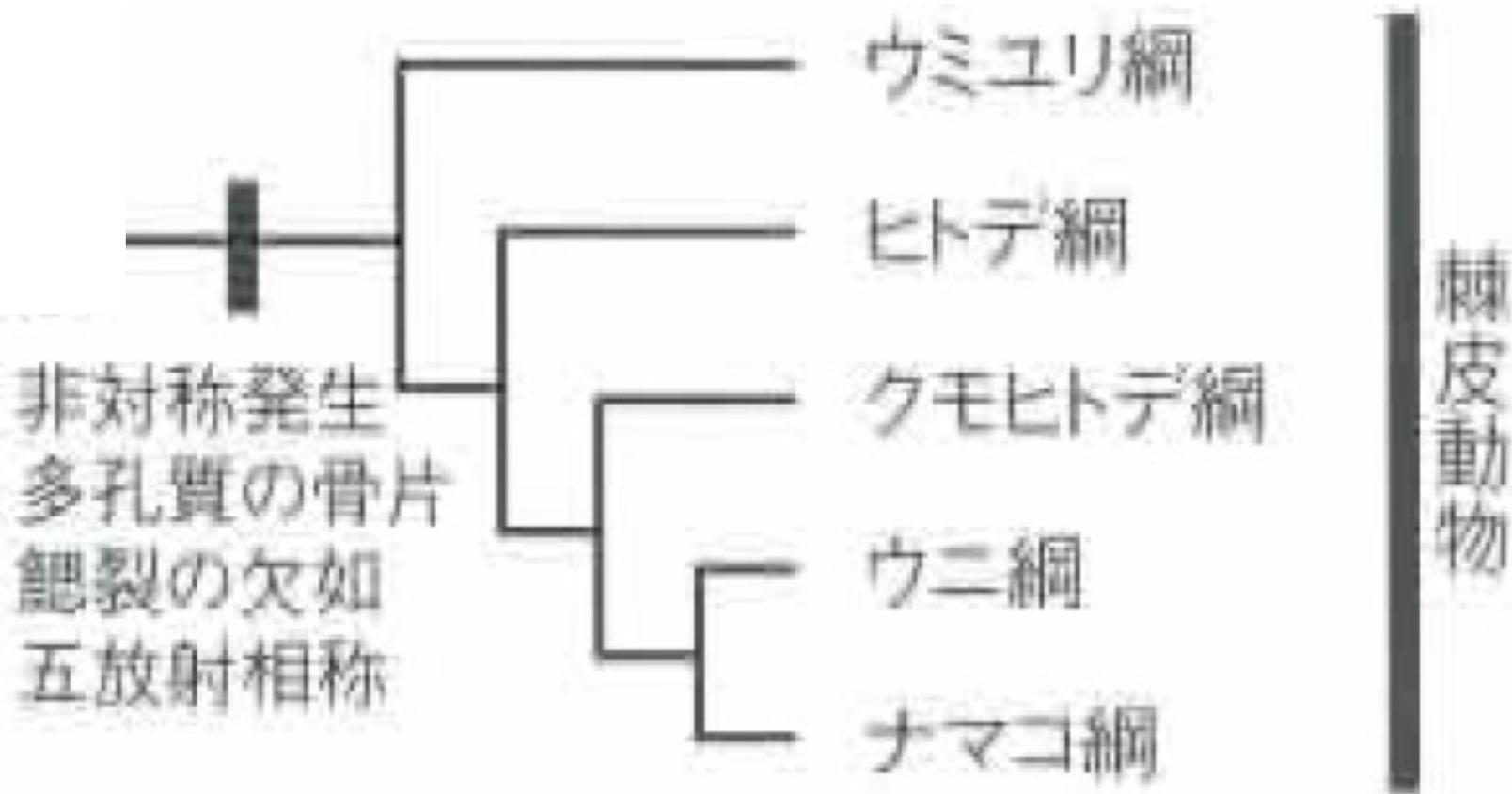


図 6.35 棘皮動物門  
体制の模式図。A: ウミユリ綱 (外形 [側面]), B: ヒトデ綱 (外形 [反口側と口側]), B1: シャリンヒトデ類 (外形 [反口側と口側]), B2-B3: ヒトデ類の体の内部構造。C: クモヒトデ類 (外形 [反口側と口側]), D: ウニ綱 (外形 [側面, 半分は棘を取り除いた]), E: ナマコ綱 (外形 [腹側と背側])。 (B2 は Brusca & Brusca, 2003 を改変, 他は藤田, 2000 より; 川島作図 [A, C, E は Hyman, 1955, B1 は Baker *et al.*, 1986, B3 は Nichols, 1969, D は重井, 1986 を改変])

# 新口動物は単系統



西川輝昭 (2013) 「動物」  
遺伝 67, p89-94



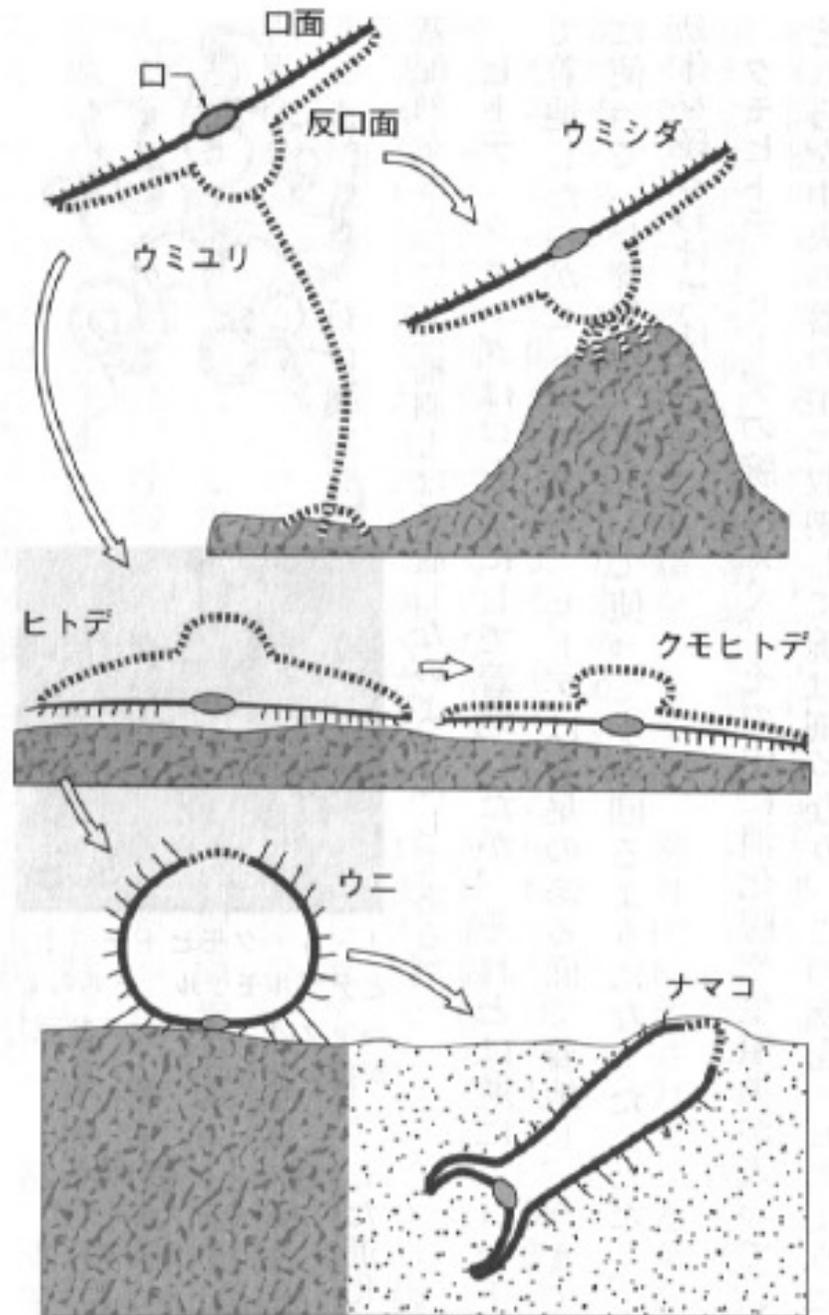
ウミユリ綱が最も祖先的で最初に分岐し、次にヒトデ綱、クモヒトデ綱と分岐し、ナマコ綱とウニ綱が姉妹群をなす。

しかし、ヒトデとクモヒトデが単系統を形成するのか、図のようにヒトデ、クモヒトデの順番で分岐するのか、あるいはその逆の分岐なのかは未解明である。

成体は五放射相称で、三胚葉性の腸体腔を持つ。

海でのみ生息し、ほとんどは底生活

5つの綱で全く異なる体制を持つが、基本は口を中心とした五放射相称の体中胚葉性の多孔質の多数の骨片を持つ。



4 - 4 棘皮動物の進化 (概念図)

**ウミユリ**: 口を上に向け、反口面から茎をのばして**固着生活**。管足で、流れてくるプランクトンや有機物を補食

古生代デボン紀 捕食者(顎口類)の出現

ウミユリ: 捕食者の少ない深海に移動

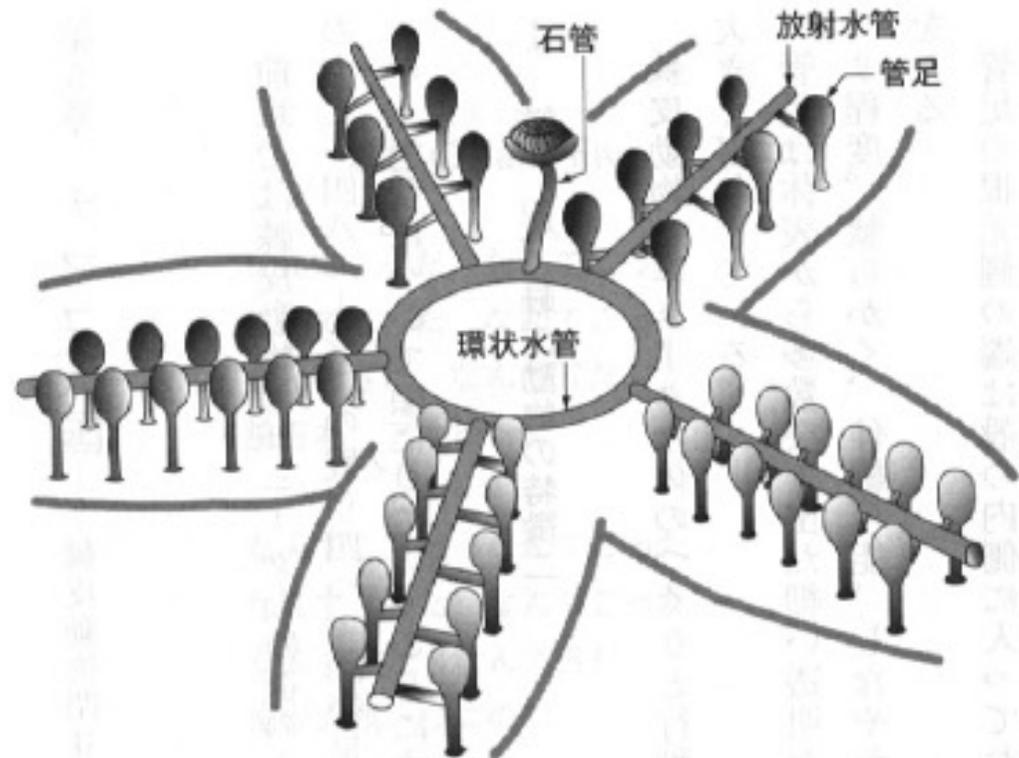
自由生活へ

(1) **ウミシダ**: 幼体はウミユリに類似しており固着生活だが、成体になると茎を切り離して、腕をつかって移動。口はウミユリ同様、上をむく

(2) **ヒトデ**: 口を下に。管足は補食ではなく移動に利用

(3) **クモヒトデ**: 腕の中の消化腺や生殖巣を中央の盤に収納。細くなった腕をくねらせて移動

<http://aquatotto.com/blog-diary/2012/04/03/>



5 - 1 ヒトデの水管系

<http://www.camecame.com/camera/kenkyu/hitode/>

**管足**: 棘皮動物は管足がからだの表面に広く分布するという特徴をもつ  
管足とは体の表面から多数突き出た細い透明の管で、中に水がたまっている  
太さは0.1~数ミリ程度。管足の根元は膨らんで袋状の瓶囊になっており、水を  
蓄えている。瓶囊が縮むと水圧で管足がのびる。体外の海水から、**石管**、  
**環状水管**、**放射水管**という経路で管足に給水している。  
摂食、歩行、排泄、感覚などの様々な用途に使われる。  
ヒトデ、ウニ、ナマコなどの管足の先は**吸盤**になっている。

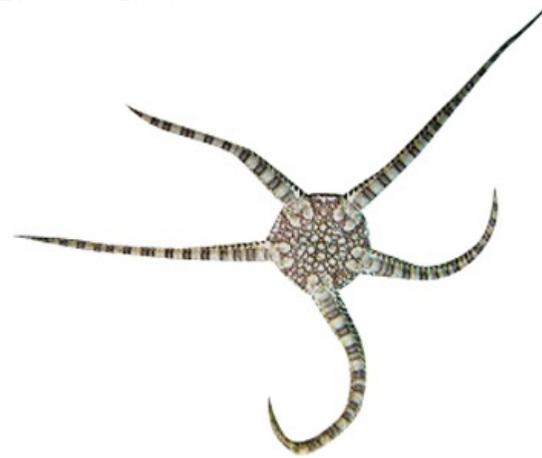
「ウニはすごい、バツタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

# ウミユリ

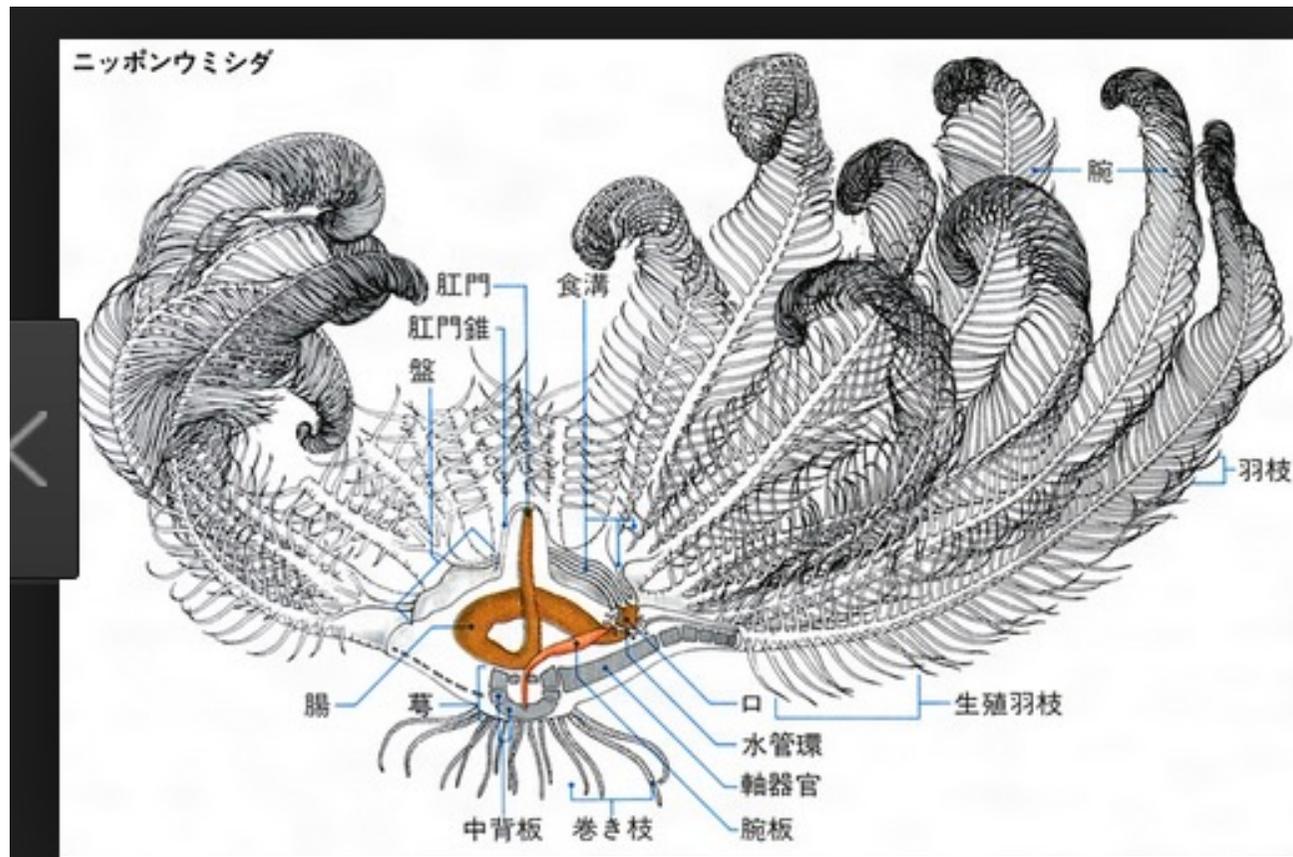
YouTubeより



<http://sumoguriawabi.seesaa.net/article/127489791.html>

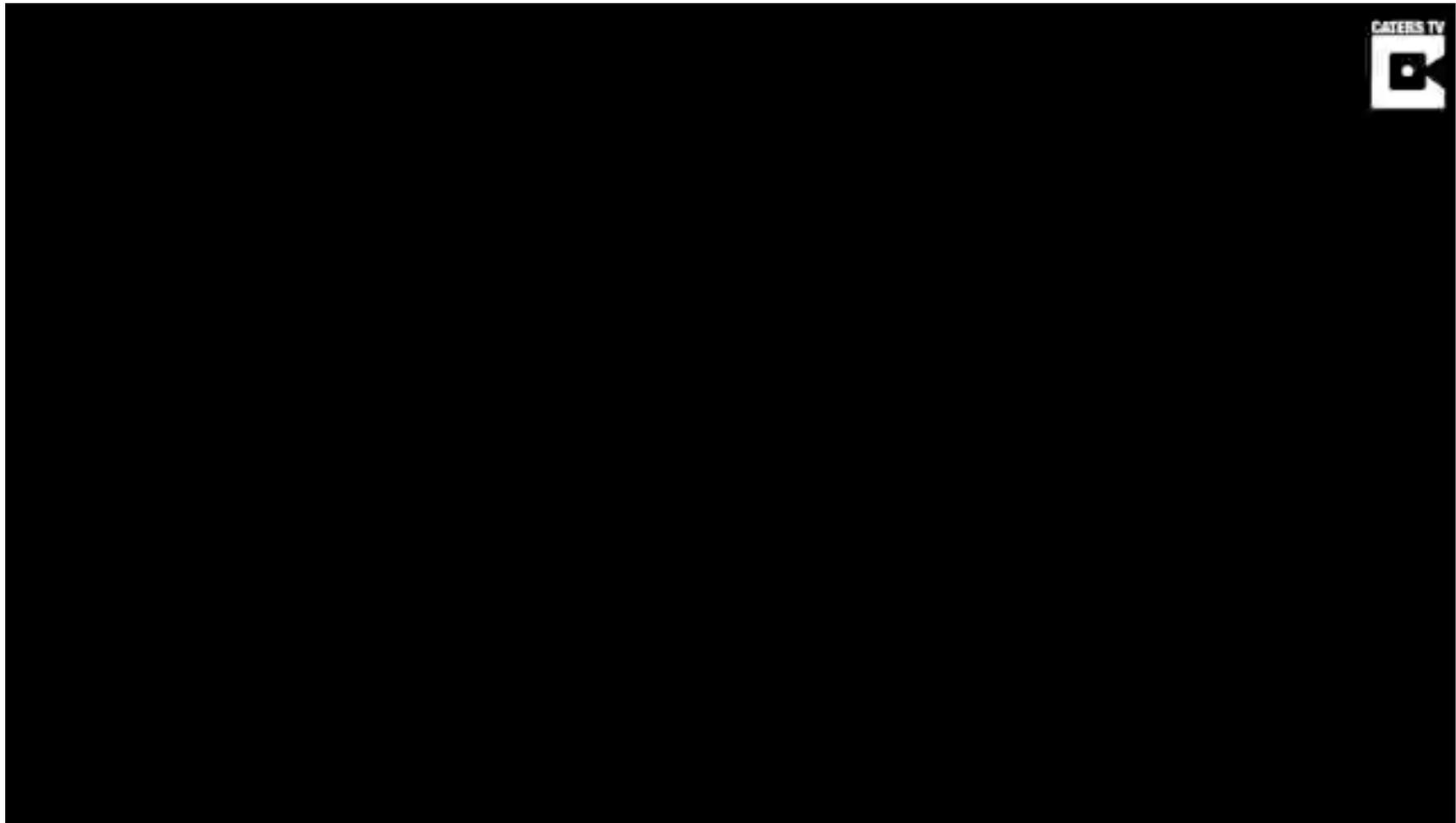


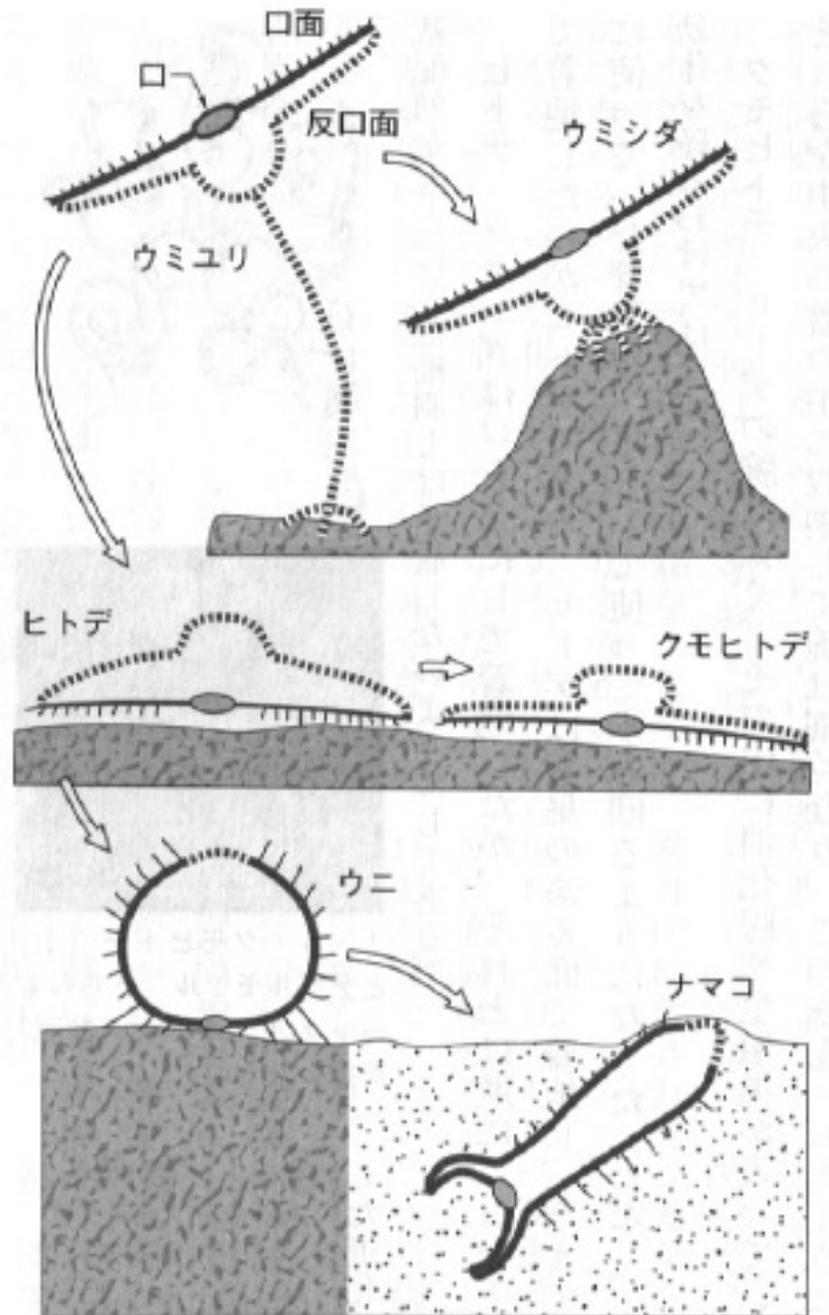
<https://kotobank.jp/word/ウミユリ-819934>



ウミシダ

<https://www.youtube.com/watch?v=rRej1VKDgcE>





4 - 4 棘皮動物の進化 (概念図)

## 自由生活へ

(4) **ウニ**: ヒトデが膨れて丸くなったような形状。管足は移動手段だけでなく呼吸にも使用。管足を保護するために刺を発達させる。刺は管足だけでなく体全体を保護。また、口側の刺で移動するものもある

(5) **ナマコ**: ウニを上下にひっぱって、細長くしたものを横に転がしたような形。口から肛門への歩帯(管足が列をなして生えた帯状の部分)が5列あり、口をとりまく触手が5本あるいは5の倍数など、五放射相称の形状を残す。  
 腹側の三列の歩帯: 移動に使用  
 背側の二列の歩帯: 呼吸に使用

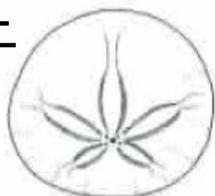
左右対称性の  
幼生

放射対称性の  
成体

ヒトデ



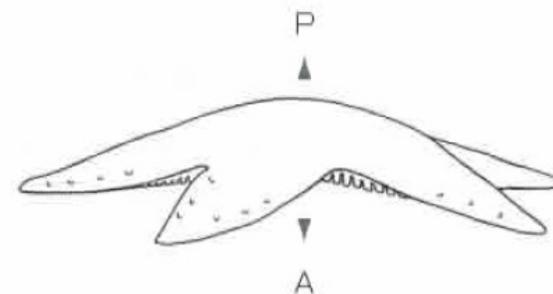
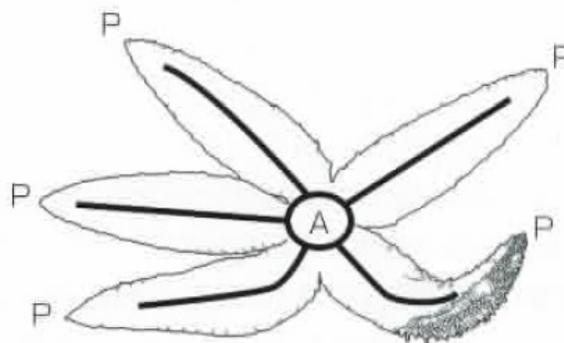
ウニ



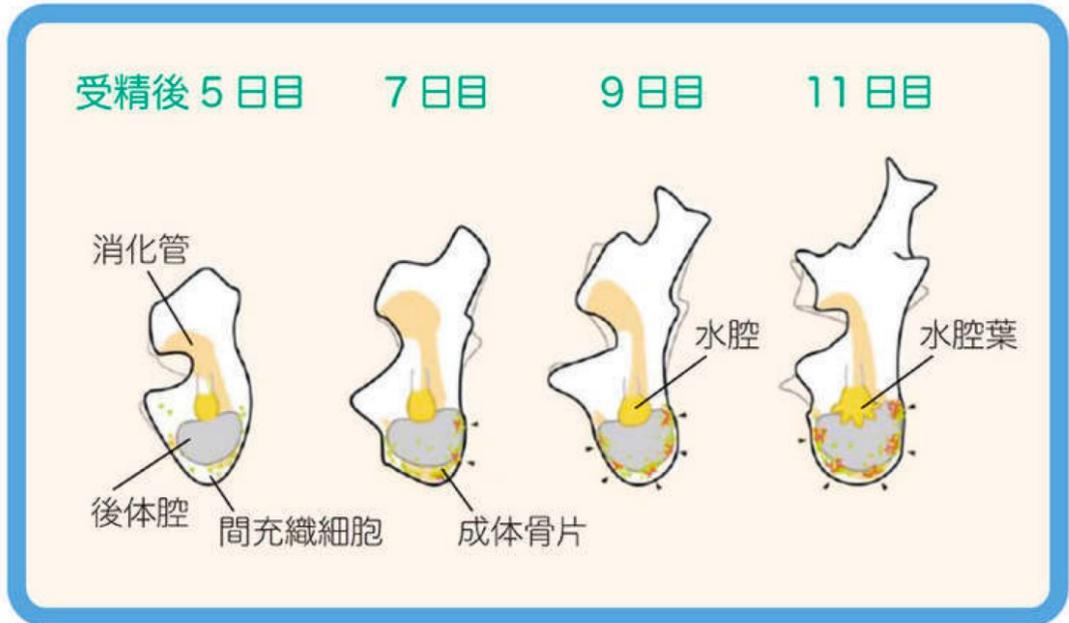
ホヤ



## 棘皮動物の体制の進化

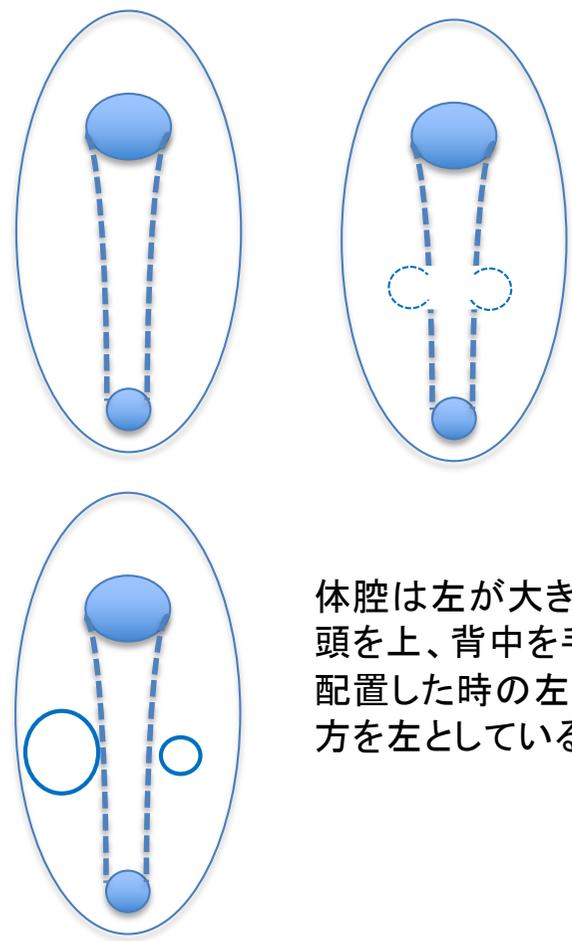


棘皮動物の幼生は左右対称だが、成体は放射的に再構築される。



左右相称の幼生の体の中に、  
5放射相称の成体の体が作られる

ビピンナリア幼生  
原腸が左右にくびれて分離し、体腔形成



体腔は左が大きい  
頭を上、背中を手前に  
配置した時の左にくる  
方を左としている)

図 54 ★イトマキヒトデの成体原基 水腔葉から五放射相称ができてくるところ。

山川隼平・和田洋(2017)つくば生物ジャーナル 16, 48 より  
改変

左の体腔の後方に5つの骨片形成

水腔が形成され、その先端に5個の水腔葉と呼ばれる膨らみが形成

水腔葉は水管系や管足となり、1個ずつがヒトデの腕におさまる。  
骨片は、5つの腕の先端の骨片となる。

※ クモヒトデもヒトデと同じ機構で左右相称の幼生から5放射相称の体が形成

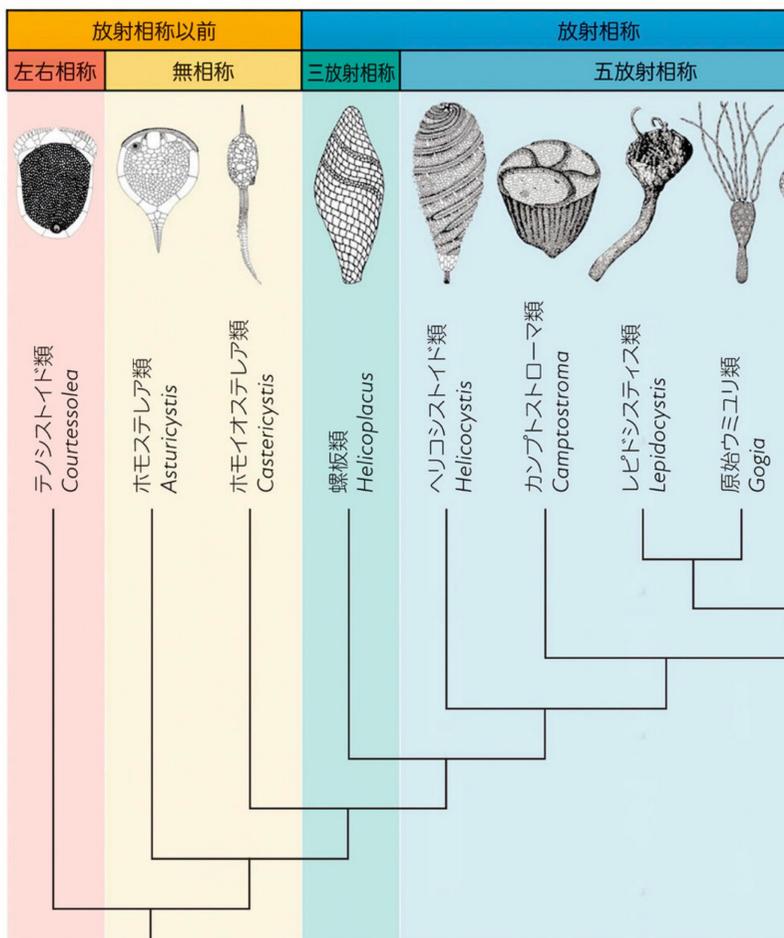


図 55 ★カンブリア紀の棘皮動物化石の相称性の進化  
 Smith AB & Zamora S (2013) Proc. Royal Soc. B. 280: 20131197 より改変

棘皮動物は古生代カンブリア期に出現

ヒトデやクモヒトデの化石は、カンブリア期の次の  
 オルドビス期に見つかる

棘皮動物の基部で分化したCourtessolea (絶滅種)  
 は左右相称

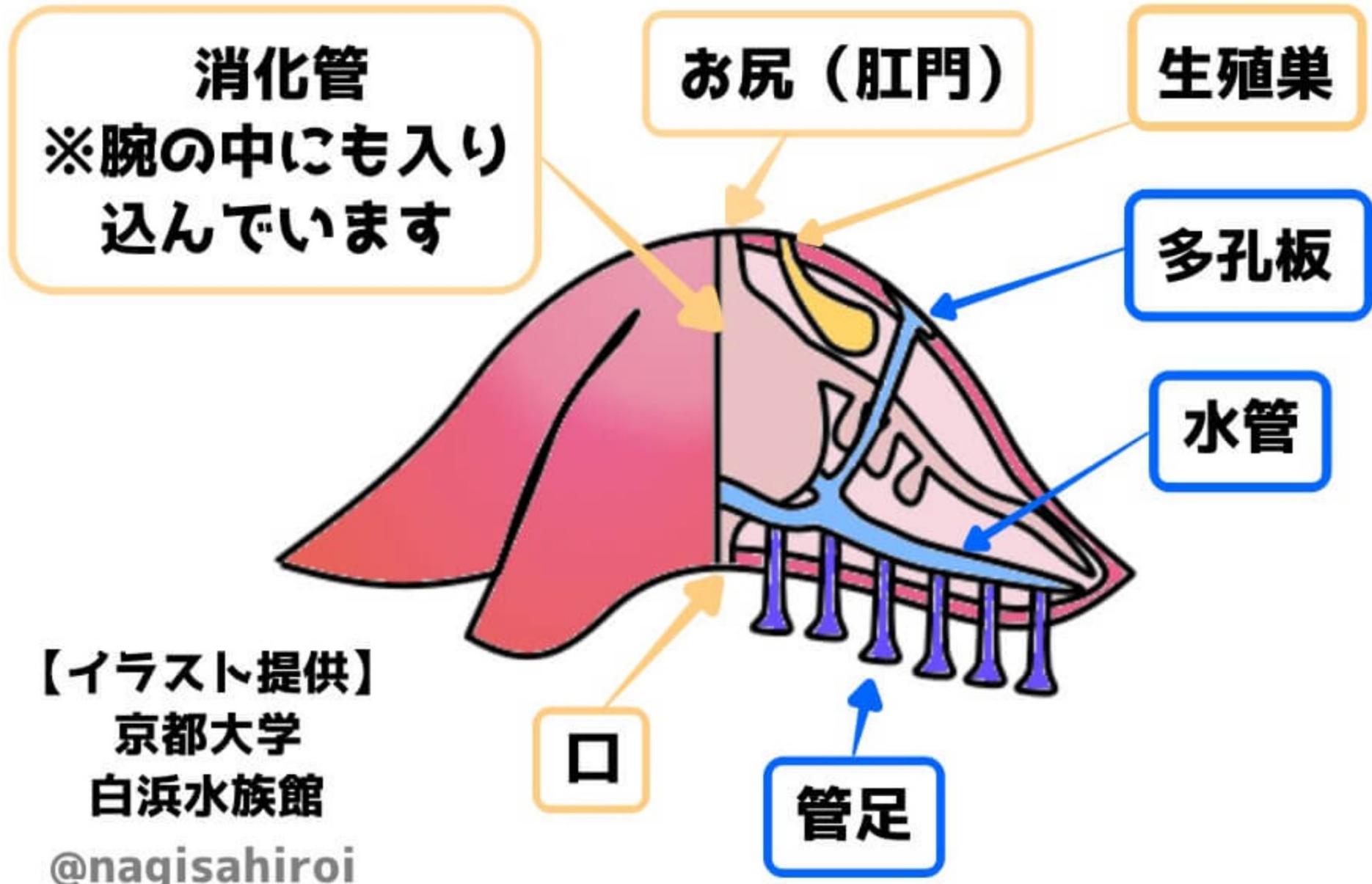
海果類のCastericystisは骨板に覆われた扁平な  
 体から2本の突起を出し、そのうち一つが歩帯を  
 持つ。

螺板類は、多数の骨板で覆われた紡錘形の体を  
 もち、歩帯が体を螺旋状に巻いている。体中央の  
 口から3本の歩帯が伸びる。

ヘリコシストイド類は、螺板類に似た紡錘形だが  
 5本の歩帯を持つ

座ヒトデ類は、円盤、あるいは球形で固着生活。  
 口から3本の歩帯が出ており、側方の2本がそれぞれ  
 分岐して、2+1+2の擬似的な5放射相称になる

その後に五放射相称のウミユリが出現



【イラスト提供】  
京都大学  
白浜水族館  
@nagisahiroi

## 左右相称動物の非対称性

左右相称動物であっても内臓の配置や形態には非対称性がある

どのようにして左右非対称性が生じるのか

マウスの場合: 胚発生における三胚葉形成に伴い、腹側に  
ノードと呼ばれる組織が形成

ノードの細胞は繊毛を持ち、その運動によって左向きの体液の流れ  
(nodal flow, ノード流) が作られる。

ノード流による左右差の情報が、側板中胚葉(臓器となる)に伝わり  
NodalやLeftyなどの左特異的な発現を導く

## 内臓逆位

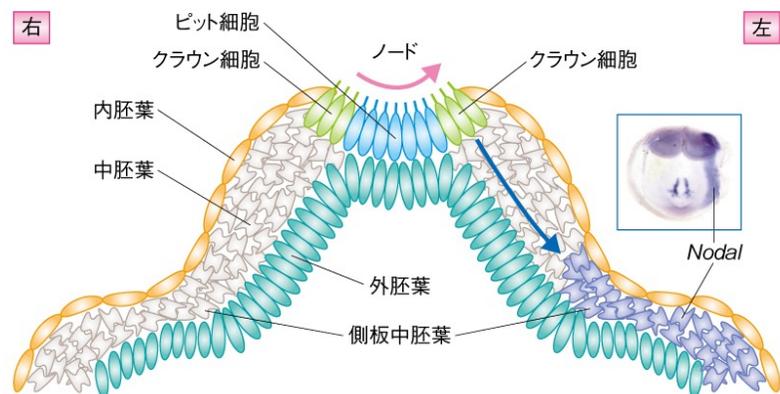
繊毛の異常のため体液の流れを作れず内臓の位置が反転

※ 非対称な臓器が対称に形成される場合は **内臓錯位**

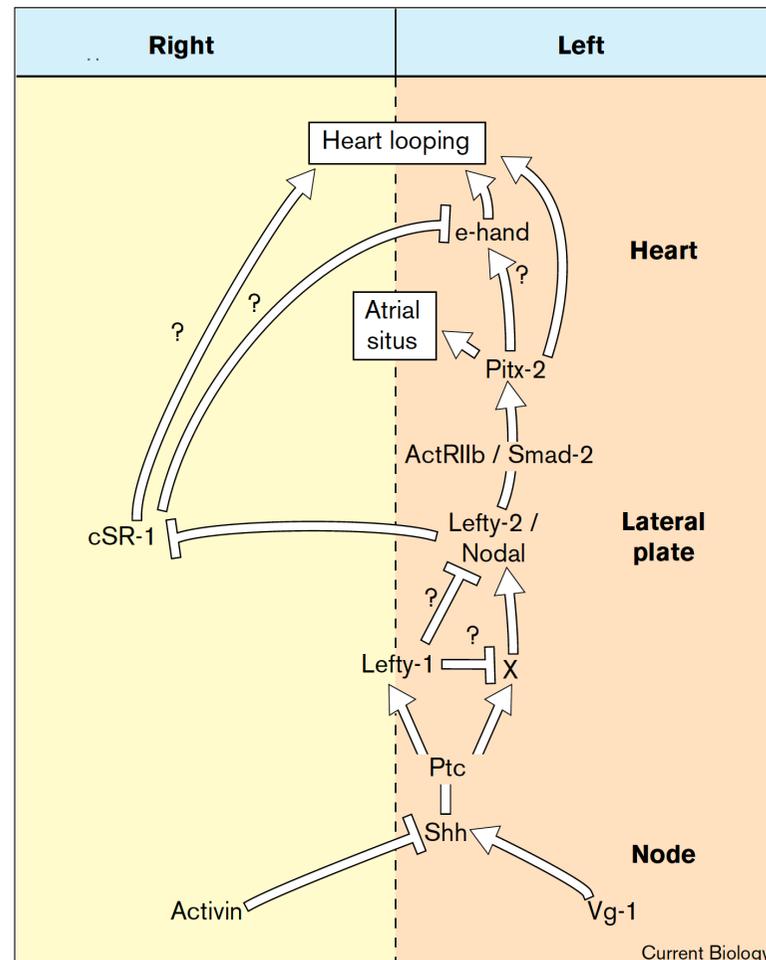
ショウジョウバエの内臓逆位に関連する  
遺伝子を発見した松野らは、これに  
Myo31DF<sup>souther</sup>と命名した (2004)  
(PubMedではMyo31DF)



[http://www.hokuto-no-ken.jp/hokuto\\_archives/thouter](http://www.hokuto-no-ken.jp/hokuto_archives/thouter)  
より



<http://first.lifesciencedb.jp/archives/5827> より



King and Brown (1999) Current Biol. 9, R18-R22  
Figure 1 より  
脊椎動物の左右非対称性をもたらす相互作用

# 棘皮動物の五放射相称

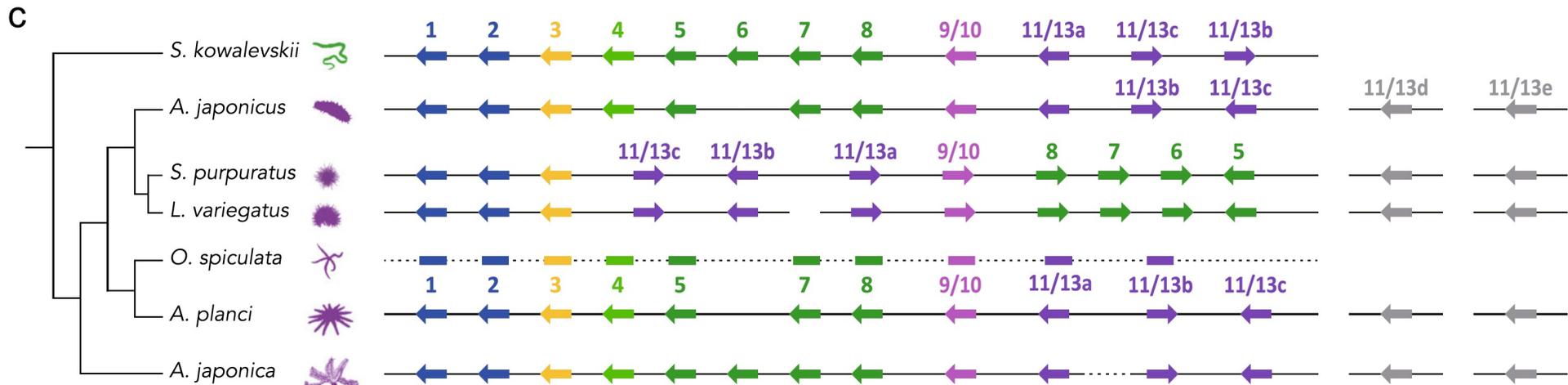
<https://doi.org/10.1038/s42003-020-1091-1>

OPEN

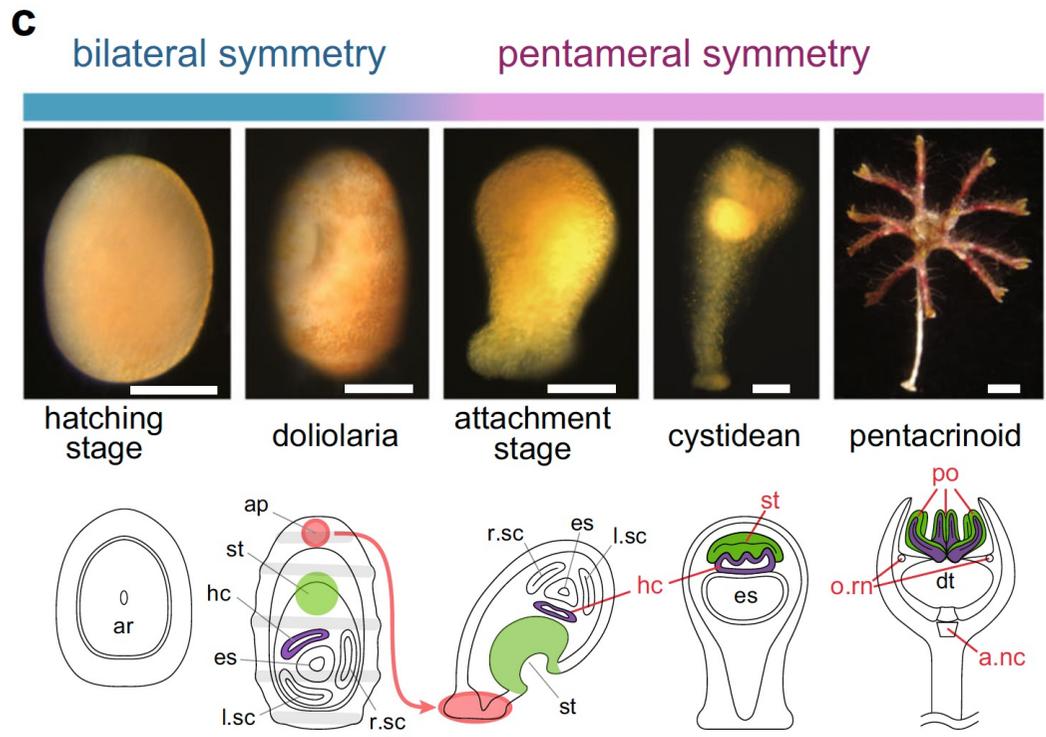
## Genomic insights of body plan transitions from bilateral to pentameral symmetry in Echinoderms

Li *et al.* (2020) *Communications Biology* 3, 371.

アメリカミドリウニ、ニッポンウミシダのゲノムを解読、既に決定されていたヒトデやナマコのゲノムと比較



Hox クラスタについては、遺伝子の構成数も並び順も近縁な半索動物(ギボシムシ)とほぼ同じ  
 -----> Hox遺伝子の改変は体制変化に関係ない



左右軸、またその他の軸形成に関与する遺伝子の発現を、五放射相称が形成される時期 (attachment, cystidean stages)で調査

最初の五放射相称の形態が見えてくるcalyxで **pitx**が比較的強く発現

calyx: ポリプの周囲を取り囲む円筒状または疣状の突起

脊椎動物ではPtx2は転写因子として働き、ホヤやナメクジウオでも**左側で発現**

ウニの初期二腕プルテウス幼生、ヒトデのビピンナリア幼生ではPitxは左右非対称に発現しているが**右側体腔嚢と右側外胚葉で強く発現**(左右軸の逆転

-> 背腹軸の逆転を支持)

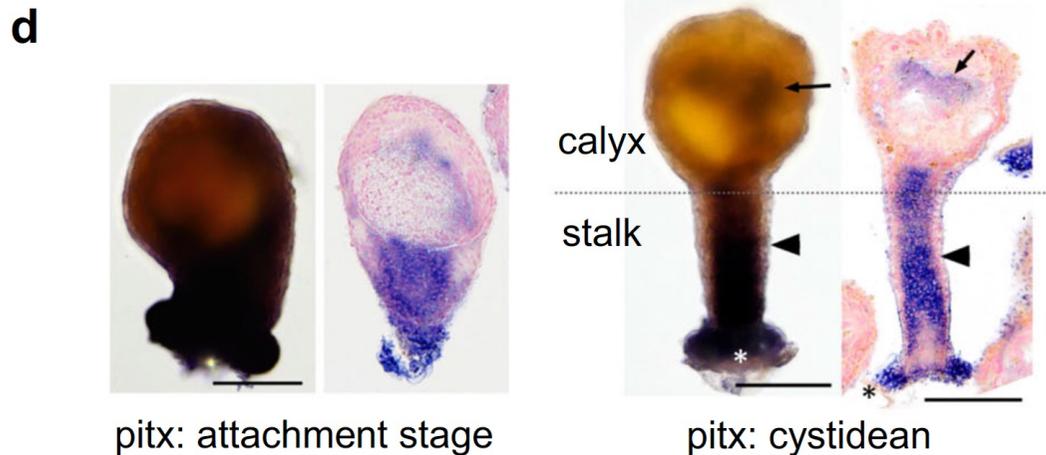
(日比野 拓 (2004) Studies on the genes related to the echinoderm body axes (棘皮動物の体軸関連遺伝子に関する研究)

博士論文

Hibino, Nishino, and Amemiya (2006) Phylogenetic correspondence of the body axes in bilaterians is revealed by the right-sided expression of

Pitx genes in echinoderm larvae

*Develop. Growth Differ.* **48**, 587–595



# 半索動物門

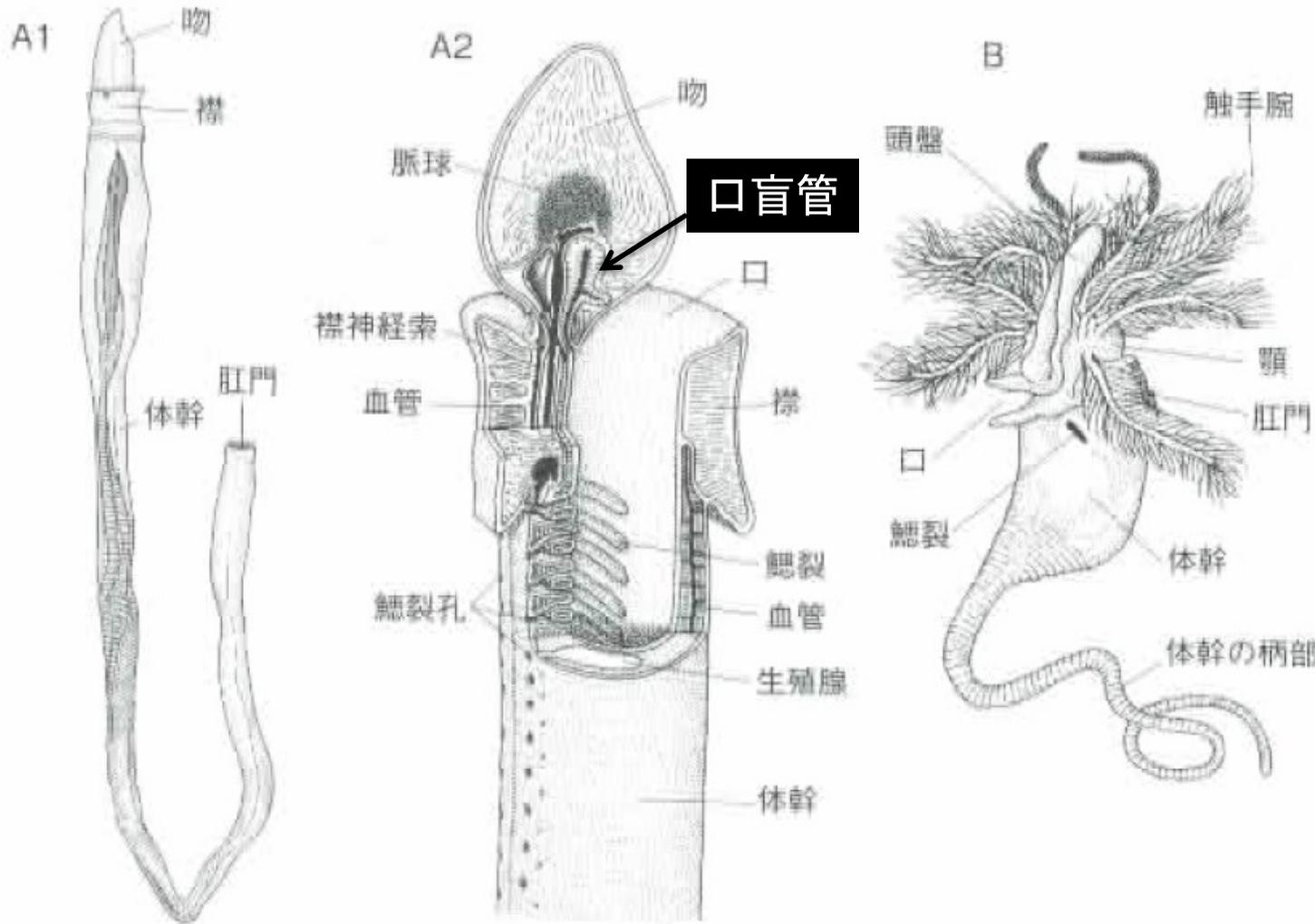
## Phylum Hemichordata

真体腔を持つ

A ギボシムシ綱  
体長数cmから  
2mの蠕虫状

名前は、前体部  
が櫛干の飾りの  
擬宝珠に似ている  
ことに由来  
英名 acorn worm  
は、この部分を  
ドングリ(acorn)に  
見立てている。

B フカサツギ綱  
体長数mm程度で  
群体をつくる





擬宝珠

<https://meishomeguru.com/4124.html> より



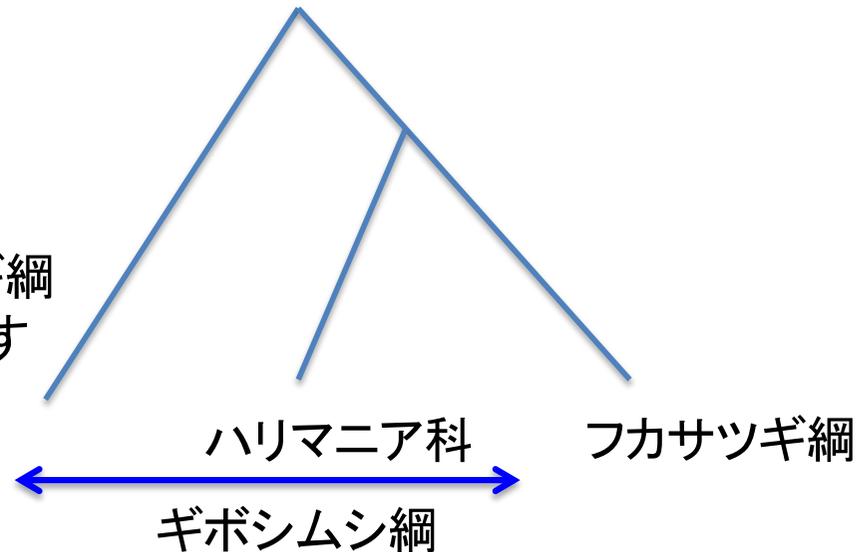
# 半索動物

口盲管(口腔の内部の壁が体の前方に向かい陥入した円柱状の管)を脊索の一種と見て命名されたが、脊索の相同器官としては疑問視されている

(脊索形成時に発現するBra遺伝子が、口盲管形成時に認められない)

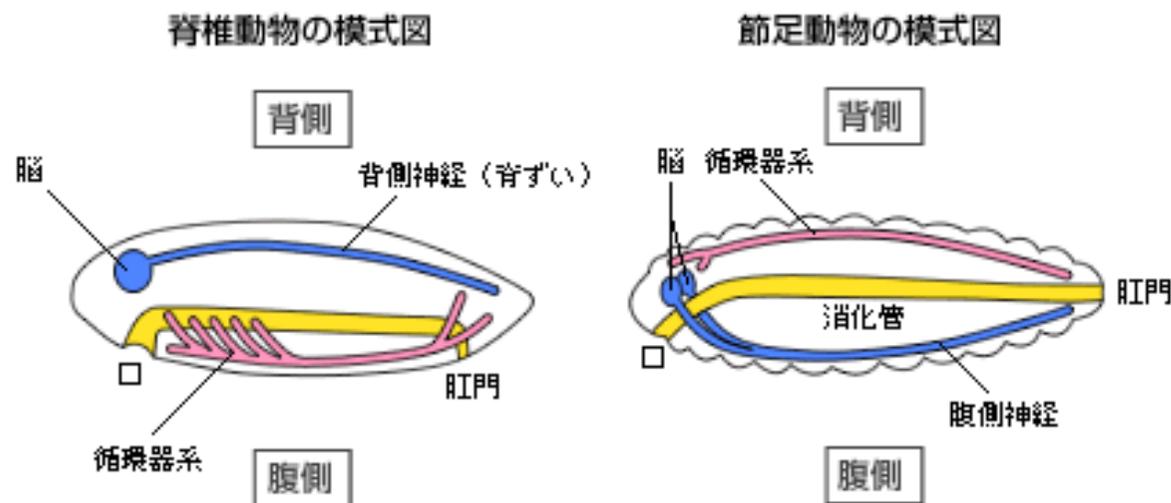
分子系統解析から、ギボシムシ綱のハリマニア科がフカサツギ綱と姉妹群となることが示され、ギボシムシ綱は側系統であることが示唆されている。

※ ギボシムシ綱とフカサツギ綱がそれぞれ単系統をなす樹形、フカサツギ綱が、棘皮動物のクモヒトデと姉妹群をなす樹形も提唱されており、これらの関係はまだ未解明である。



# 背腹軸逆転仮説

脊索動物とその他の左右相称動物では、背腹軸が逆転しているという説



[http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/050/research\\_41\\_2.html](http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/050/research_41_2.html)

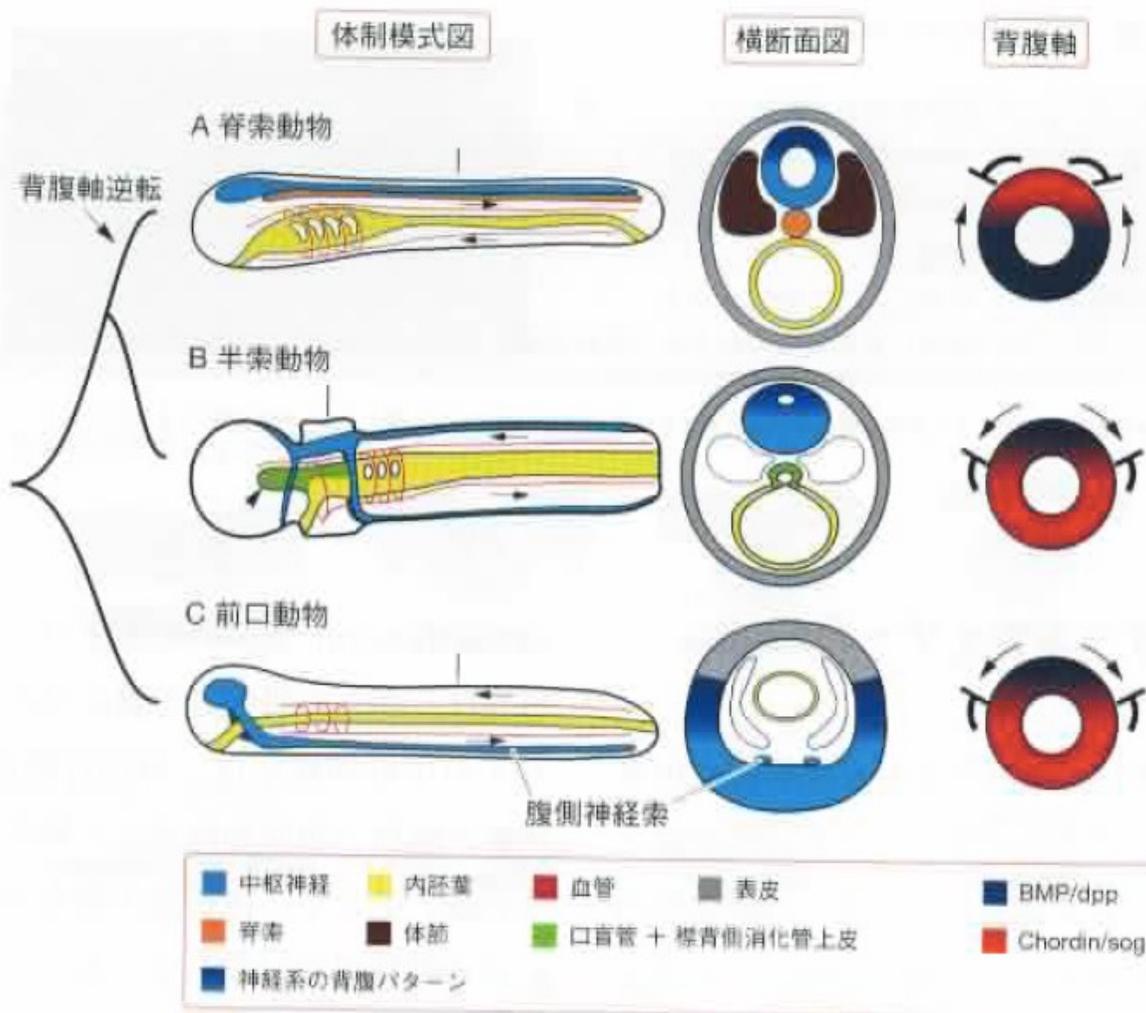
	脊索動物	旧口動物
中枢神経	背	腹
消化管	腹	背
血流	消化管の背側で後方 腹側で前方に流れる	消化管の背側で前方へ 腹側で後方に流れる

# 背腹逆転仮説の分子生物学的な支持

## 背腹軸決定に関する遺伝子

### BMP/dpp と Chordin/sog

2者の発現が、脊索動物と旧口動物では逆転している

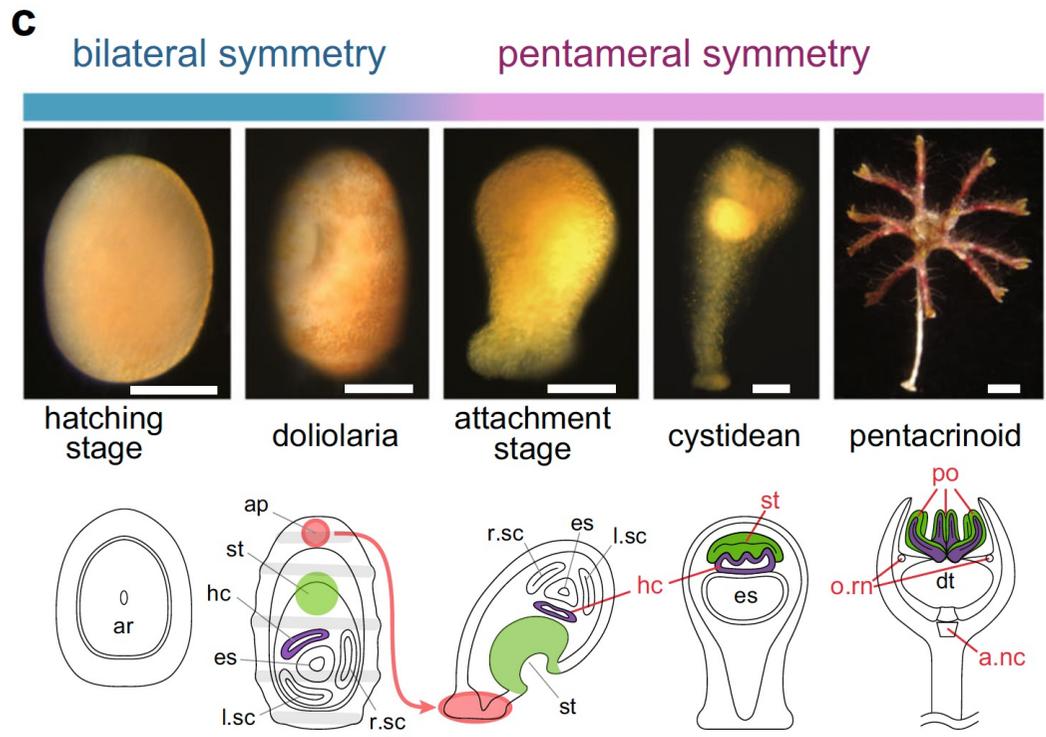


脊索動物では、  
BMP/dppが腹側を、  
Chordin/sogが背側を規定

旧口動物では、  
BMP/dppが背側を  
Chordin/sogが腹側を規定

※ 環形動物では、Chordinは  
見つかっておらず、Gremlinが  
BMPの拮抗物質として背腹軸  
決定に関与

宮本教生、和田洋 (2013)  
“脊索動物の体制の起源”  
遺伝 67, p.152-157.



左右軸、またその他の軸形成に関与する遺伝子の発現を、五放射相称が形成される時期 (attachment, cystidean stages)で調査

最初の五放射相称の形態が見えてくるcalyxで **pitx**が比較的強く発現

calyx: ポリプの周囲を取り囲む円筒状または疣状の突起

脊椎動物ではPtx2は転写因子として働き、ホヤやナメクジウオでも**左側で発現**

ウニの初期二腕プルテウス幼生、ヒトデのビピンナリア幼生ではPitxは左右非対称に発現しているが**右側体腔嚢と右側外胚葉で強く発現**(左右軸の逆転

-> 背腹軸の逆転を支持)

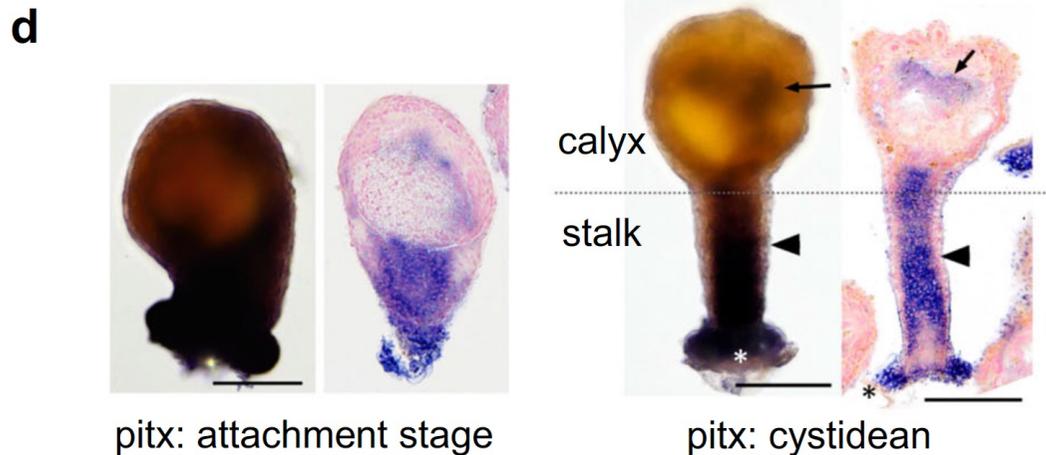
(日比野 拓 (2004) Studies on the genes related to the echinoderm body axes (棘皮動物の体軸関連遺伝子に関する研究)

博士論文

Hibino, Nishino, and Amemiya (2006) Phylogenetic correspondence of the body axes in bilaterians is revealed by the right-sided expression of

Pitx genes in echinoderm larvae

*Develop. Growth Differ.* **48**, 587–595



## ギボシムシ 半索動物

背、腹両方に神経索を持っている。

しかし、BMP.dppとChordin/sogの発現パターンは、  
旧口動物に一致



背腹軸の逆転は、半索動物と分岐後に、  
脊索動物の系統でのみ生じた

# 脊索動物門

## Phylum Chordata

真体腔を持つ。一生のうちの少なくとも一時期に、鰓裂、脊索および脊索背方の神経管を持つ。

### 頭索動物亜門

ナメクジウオ綱 - ナメクジウオ

### 尾索動物亜門

オタマボヤ綱 - オタマボヤ

ホヤ綱 - マボヤ、ユウレイボヤ

タリア綱 - サルパ、ウミタル

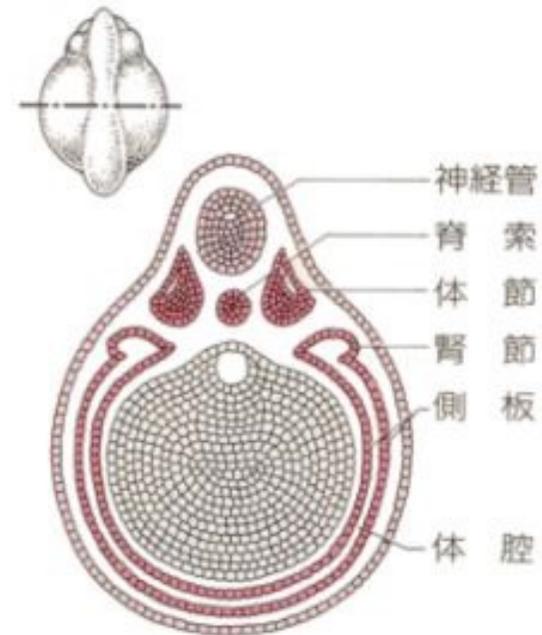
### 脊椎動物亜門

- 魚類、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類など

よりなる。

※ 脊索

中胚葉由来の棒状の組織



⑨ 神経胚後期 胚は前後にのびてしだいにだるま形になる。

# 脊索 notochord

noto: 背部  
chord: 楽器の弦  
ともにギリシャ語

日本語

脊: 背中

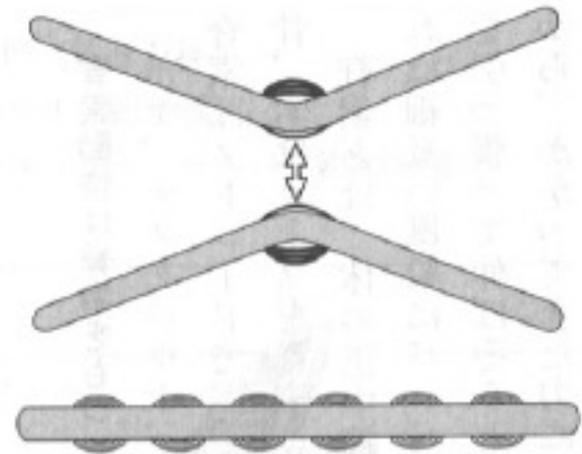
索: ロープ

体の正中線の前後を走る棒状の支持器官(=体を支える器官)

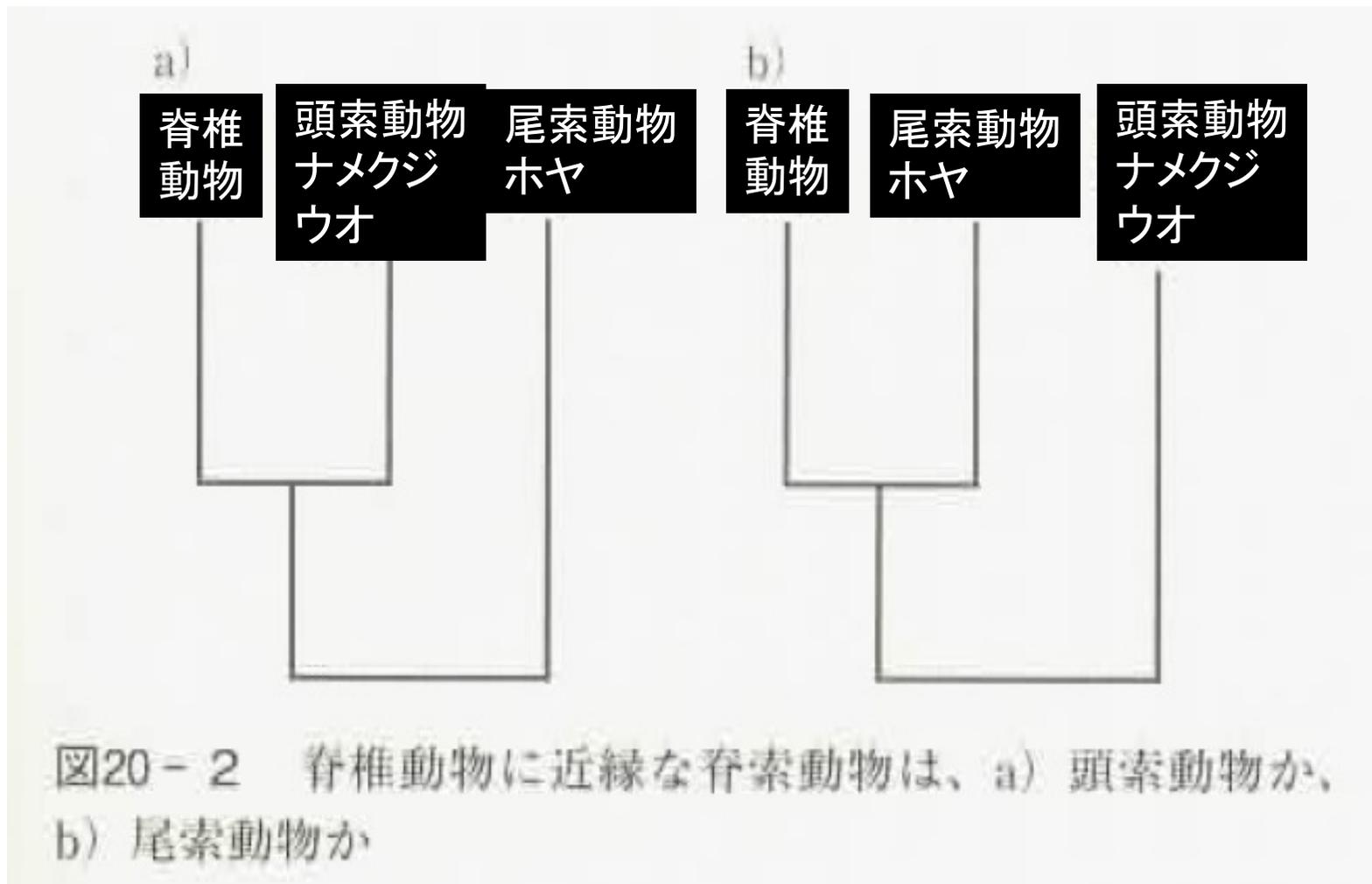
脊索動物の祖先は蠕虫状で、細長い体を左右に振り動かして運動

←--- すばやい運動はできない

脊索の左右に拮抗筋を配置し、交互に収縮させることで、体を効率的に左右に降り動かすことができる



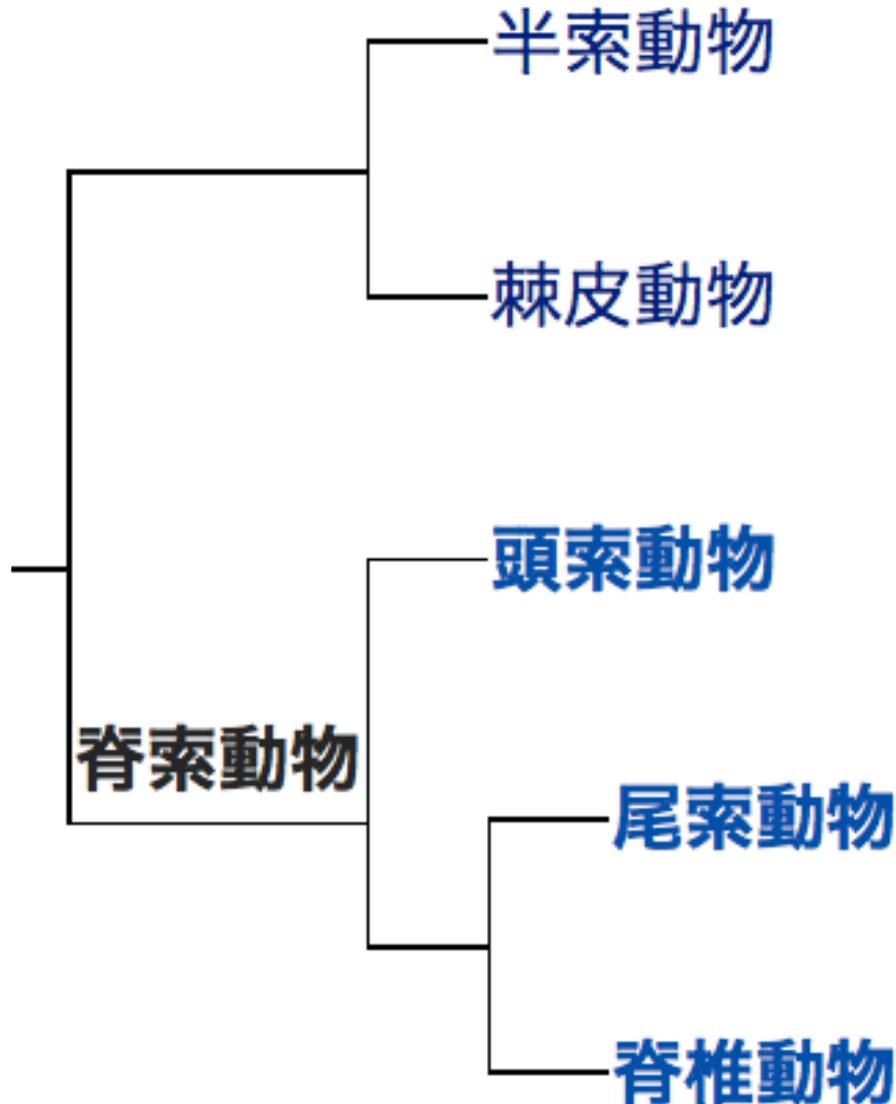
6-3 脊索と拮抗筋 一对の拮抗筋があれば脊索を逆方向に交互に曲げることができる(上)。拮抗筋のペアを多数配置して(下)順に収縮させれば、脊索に曲げの波をつくることができる



2005年 ジェイムス・ブレアとブレア・ヘッジスが多数のタンパク質データを使って (b)を支持する結果を得た。これまでの18SrRNAによる解析はLBAの可能性。

2006年 エルベ・フィリップのグループ ホヤのゲノムを決定し、多数の配列を利用した分子系統解析で(b)を支持する結果を得た。(ただし、頭索動物は、棘皮動物であるウニと統計的に有意にクラスタを形成)

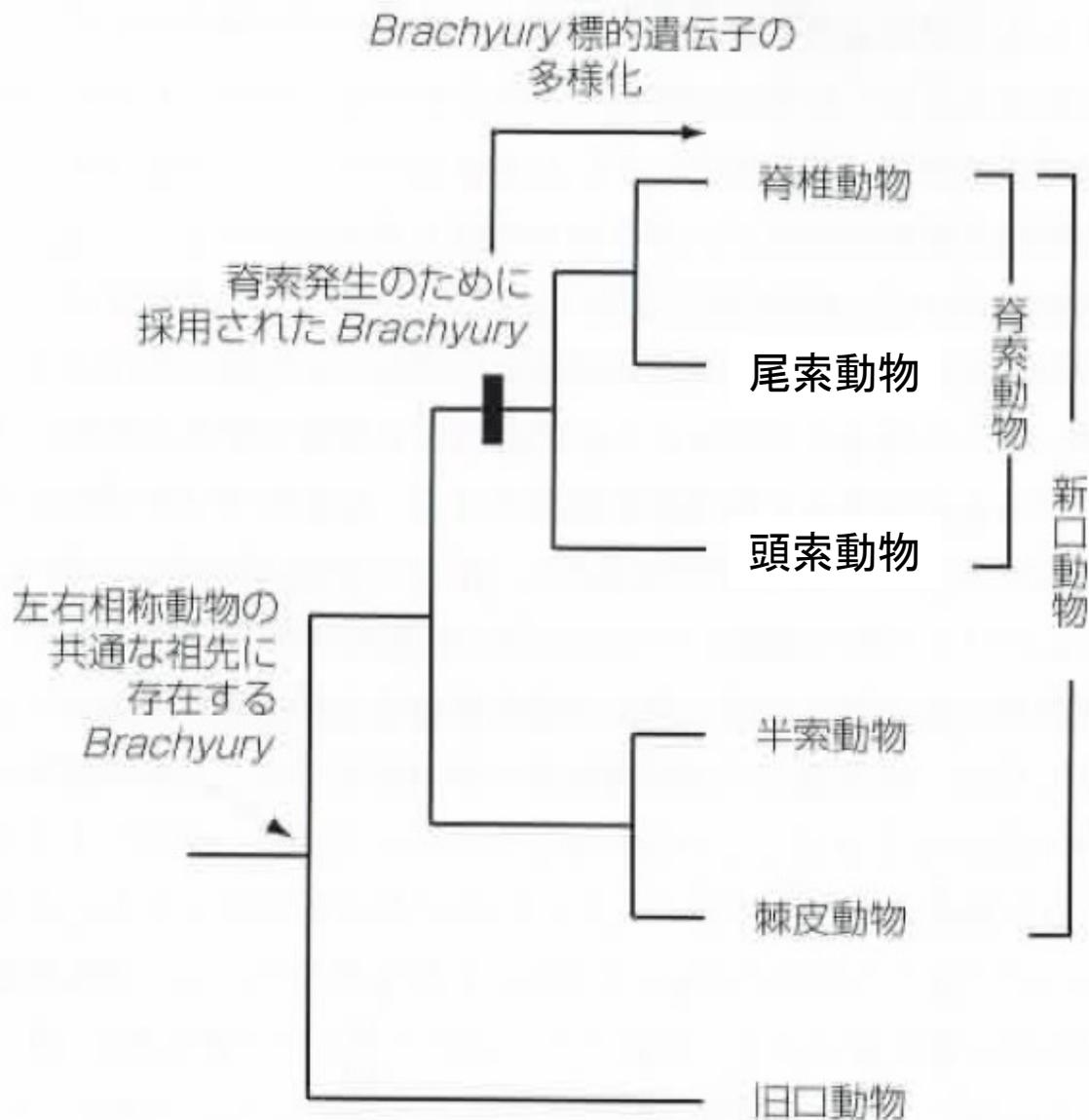
脊椎動物亜門は、頭索動物亜門 (ナメクジウオなど) ではなく、尾索動物亜門(ホヤなど)と姉妹群をなす



伝統的には、脊椎動物亜門は形態的にも、分子的にも、頭索動物亜門と姉妹群をなすと考えられており、エボデボを含む生物学諸分野の成果はこの関係に基づいて解釈されてきた。

ナメクジウオ全ゲノムの解読や近年の分子系統解析から、関係が左図のように見直された。

# 脊索の進化



*Brachyury (T)* 遺伝子は、T-box 転写因子の仲間で、左右相称動物で正中線を規定することで、前後軸形成に関与。原始的な役割は原口形成や原腸陥入時の中胚葉の規定。

脊椎動物では、脊索や中胚葉組織で発現。

脊索を持たない無脊椎動物では T 相同遺伝子は後部中胚葉で発現。

中胚葉での発現は祖先的な機能に関連。

半索動物の口盲管では Brachyury の発現が確認されていないことから脊椎動物と半索/棘皮動物の分岐後に脊索形成能を獲得したと考えられる

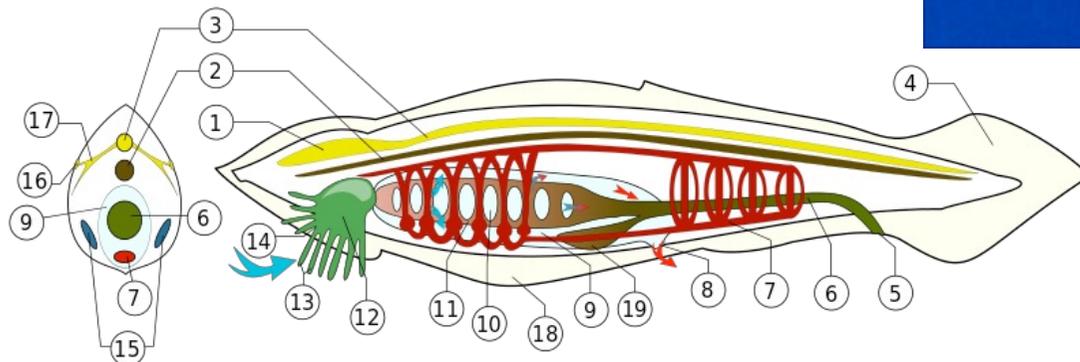
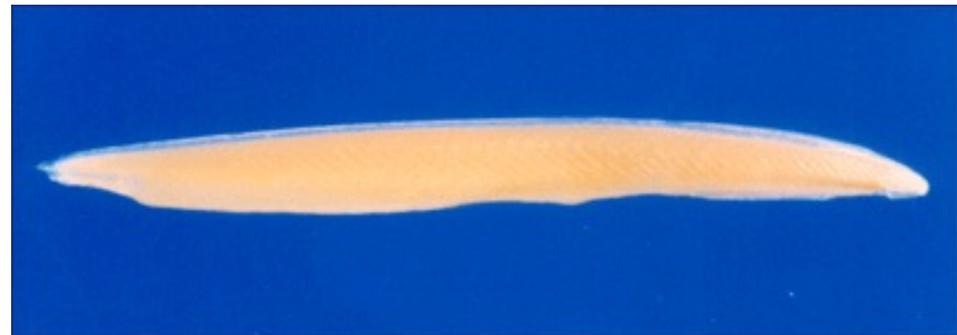
# 頭索動物亜門

ナメクジウオ綱 のみを含む。

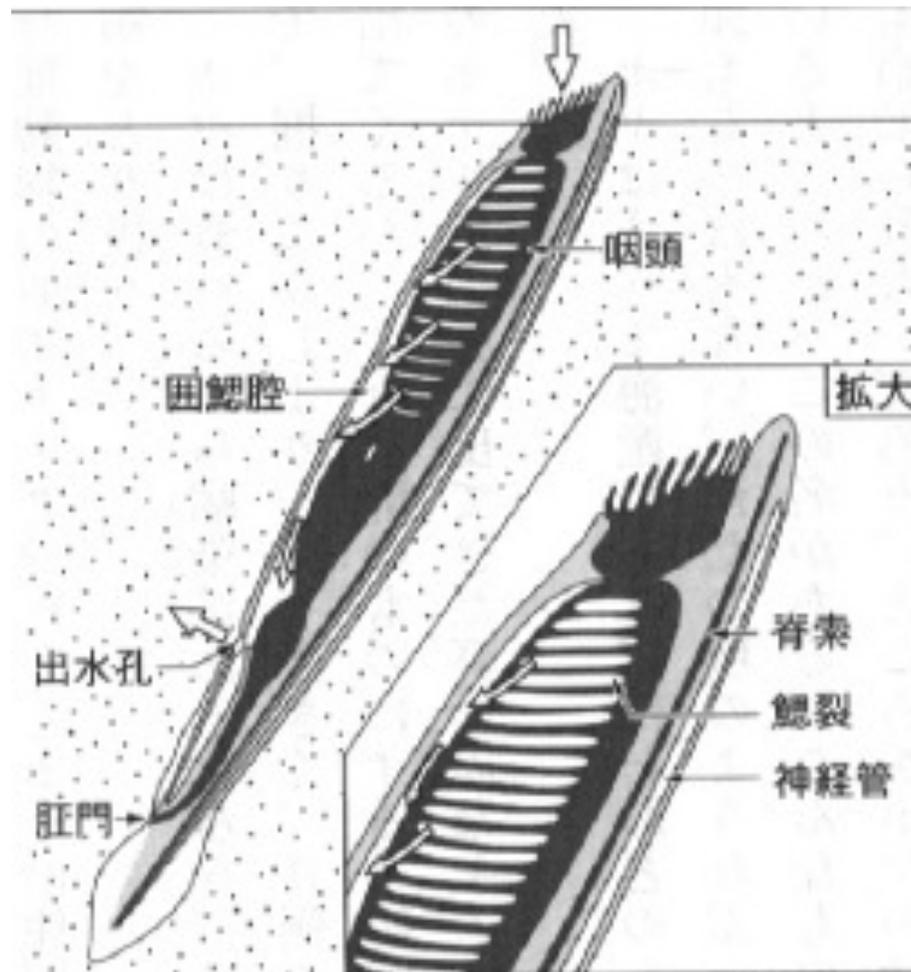
一生を通じて体全体に脊索を持つ。

(多くの脊椎動物は、発生過程で脊椎が形成されると脊索は消える。)

頭骨や脊椎骨は持たない。



- 1:脳室, 2:脊索, 3:神経索, 4:尾ひれ, 5:肛門, 6:消化管, 7:血管系, 8:出水口,  
9:囲鰓腔, 10:鰓裂, 11:咽頭, 12:mouth lacuna, 13:外触手, 14:mouth gap,  
15:生殖腺 (卵巣/精巣), 16:眼点, 17:神経系, 18:abdominal ply, 19:肝



6-2 ナメクジウオ 砂に潜って濾過摂食している姿勢。右下は前部の拡大。濃く塗った部分が消化管であり、その前半部は長大な咽頭になっている。咽頭には多数のスリット（鰓裂）があり、そこを通過して濾過された水が囲鰓腔へと流れ出す（白抜き矢印）

「ウニはすごい、バツタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

# ナメクジウオの脊索

コイン状の筋細胞を積み重ねて棒状にしたものを、結合組織の膜で包んで横にしたようなもの

細胞の中身は八割が水

コイン状の筋細胞は、脊索の長軸方向ではなく、それと直角方向に縮むことができる

筋肉が縮むと、その部分の脊索が細くなり、そこで脊索がまがりやすくなる

頭の部分まで脊索が通っている

←-- 頭索動物の名前の由来

また、内蔵をそれぞれの位置にぶらさげておく役割ももつ

# ゲイコツナメクジウオ

## ゲイコツナメクジウオ:2014年に鯨骨生物群集から発見された

1. 鯨骨とその直近でしか採集されていない

※**鯨骨生物群集**:深海底の鯨遺骸周辺に形成される生物群集

※成体は鯨骨や鯨蠟に入り込み、硫化水素と貧酸素環境下で生きているが、今までに知られているナメクジウオ類の生息環境は100m以浅の流れの速い砂底質であることと比較して、異質な環境

2. 体長3cm以下の半透明な細長い形態

3. 片側のみの生殖腺

4. 後端から短く突き出た脊索

5. マスクのような**ヒゲ**:発達した筋肉でマスクのように口前腔を覆うことができるので、腐敗片や鯨蠟の吸い込みを防げる

6. **内柱**:脊椎動物の甲状腺の祖先型。海水が入出する咽頭内に露出する器官で、ヨウ素の取り込みがある

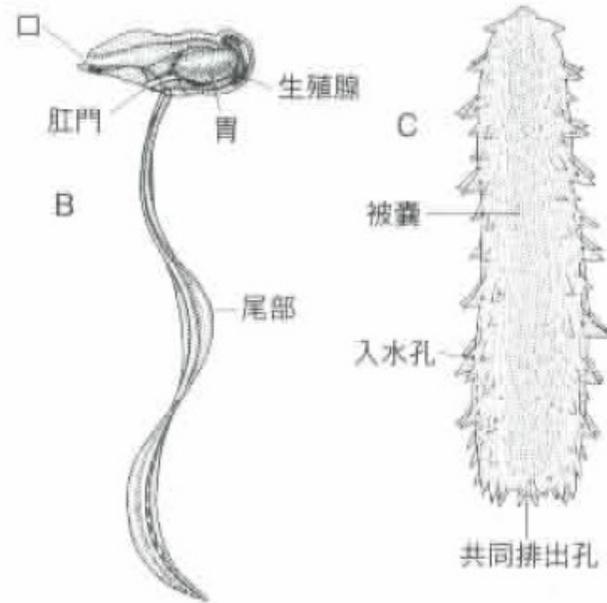
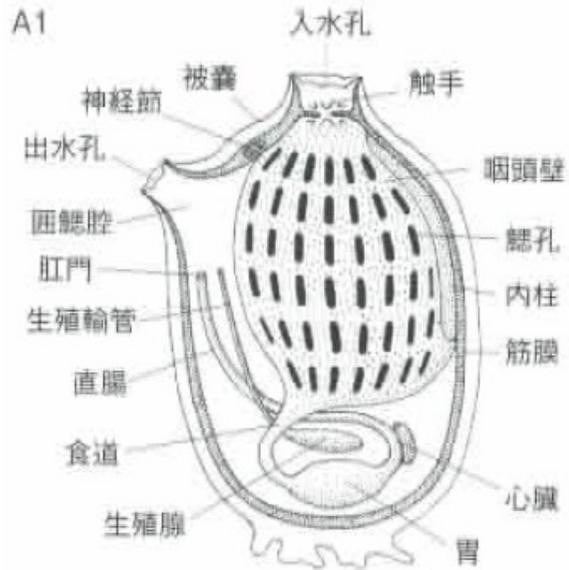
今までに知られているナメクジウオの内柱は凹型であるのに対し、ゲイコツナメクジウオの内柱は、凸型で大きい肥大化は特殊環境下で内柱が活性化

※1年間の普通海水での飼育後には内柱の縮小

※鉄が内柱の全体に分布しており、これも普通海水の飼育後は分布の縮小がみられる



# 尾索動物亜門



オタマボヤ綱 - オタマボヤ  
 ホヤ綱 - マボヤ、ユウレイボヤ  
 タリア綱 - サルパ、ウミタル

A ホヤ綱  
 A1 マボヤ目  
 A2 キクイタボヤ目

B オタマボヤ綱

C タリア綱

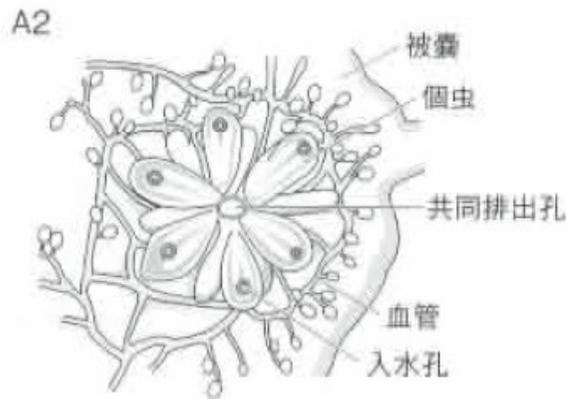


図 6.38 脊索動物門尾索動物亜門  
 体制の模式図。A:ホヤ綱, A1:マボヤ目,  
 A2:キクイタボヤ属, B:オタマボヤ綱,  
 C:タリア綱(ヒカリボヤ亜綱, 外形)。 (A2  
 は Brusca & Brusca, 2003 を改変。他は  
 西川, 2000 より; 川島作図 [A1 は西川・  
 和田, 1993 を改変])

## A ホヤ綱

脊索を持ち浮遊生活するオタマジャクシ幼体から変態し、脊索を失い固着生活する成体になる。

- A1 マボヤ目 単体
- A2 キクイタボヤ目 群体



ユウレイボヤ ドラフトゲノムが報告されている



マボヤ

## B オタマボヤ綱

単体で、一生にわたり脊索を維持し、浮遊生活

## C タリア綱

幼期の一時期のみ脊索を持つ。一生にわたり浮遊生活



牡蠣の殻につけて養殖したものを収穫



[https://gurutabi.gnavi.co.jp/a/a\\_1110/](https://gurutabi.gnavi.co.jp/a/a_1110/) より



サルパ

<https://www.youtube.com/watch?v=uYMrFa9EVX8>

タリア綱 オオサルパ

<https://sotoasobi.net/activity/diving/blog/osarupa>



# ホヤの脊索

空胞化した(中身が水だけになった)細胞が前後に連なり、その表面を結合組織の皮でつつんで棒状になっている。

自由遊泳する幼生: 脊索を持つ

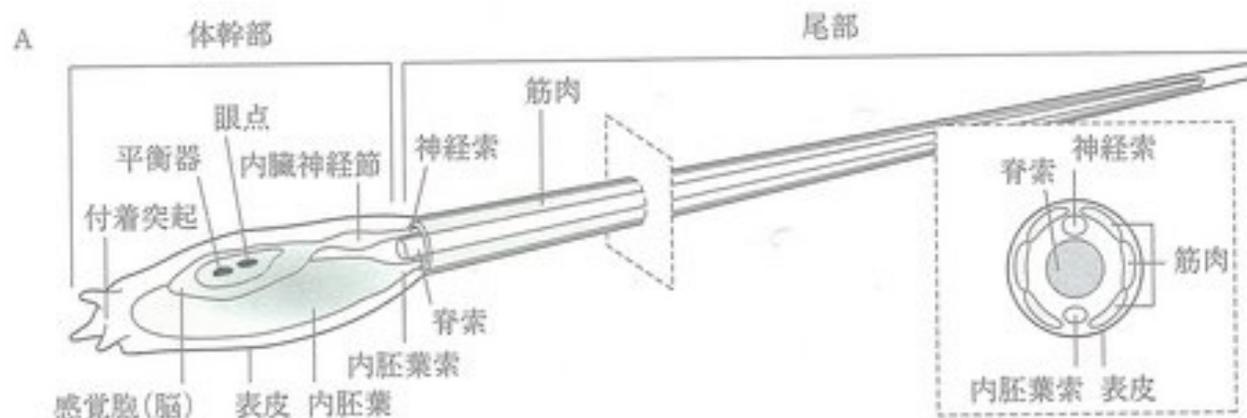
オタマジャクシ型の幼生の体の尾の部分に脊索が前後に通っている

← 尾索動物の名前の由来

固着生活する成体: 脊索を失う

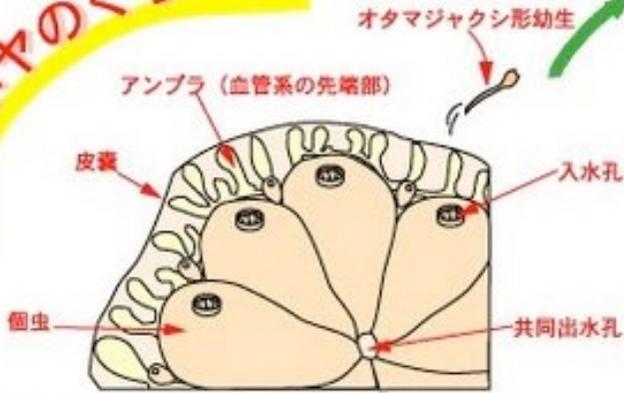
← 脊索が運動に関与していることの証拠

「ウニはすごい、バッタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

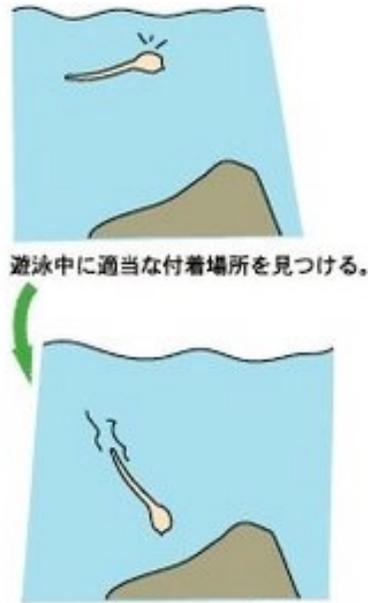


[http://blog.livedoor.jp/nandeya\\_umeda/archives/50502197.html](http://blog.livedoor.jp/nandeya_umeda/archives/50502197.html)

群体ホヤのくらし。



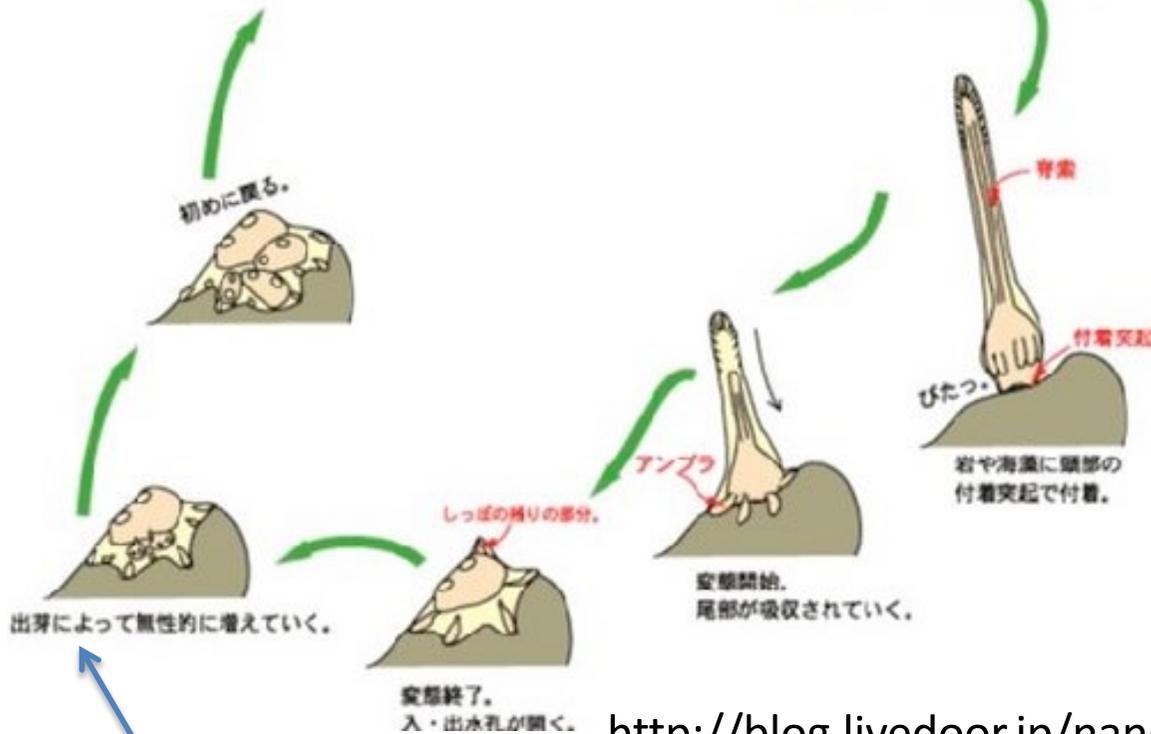
受精卵から発生したオタマジャクシ形幼生が親個虫の出水孔から泳ぎ出す。発生は個虫の内部で起こる。



ホヤには**群体**になる種が多数あり  
群体になることが尾索類の特徴

群体とは、無性生殖で増えた個体  
どうしが体の一部でつながった  
ままになったもの

ホヤの場合、群体の個虫は共通の  
被嚢に入っており、個虫同士が血管  
でつながっているものもある



[http://blog.livedoor.jp/nandeya\\_umeda/archives/50502197.html](http://blog.livedoor.jp/nandeya_umeda/archives/50502197.html)

分裂あるいは**出芽**で無性的に増殖

# 脊椎動物亜門

脊椎(体の中軸をなしている骨で、多数の骨が楯に並ぶ)  
頭部の神経管は膨れて脳になっている点が、尾索動物や頭索動物と異なる。  
脊椎動物の進化で重要なポイント

- 脊椎の獲得
- 顎の獲得
- 硬骨の獲得
- 鰭、四肢の獲得

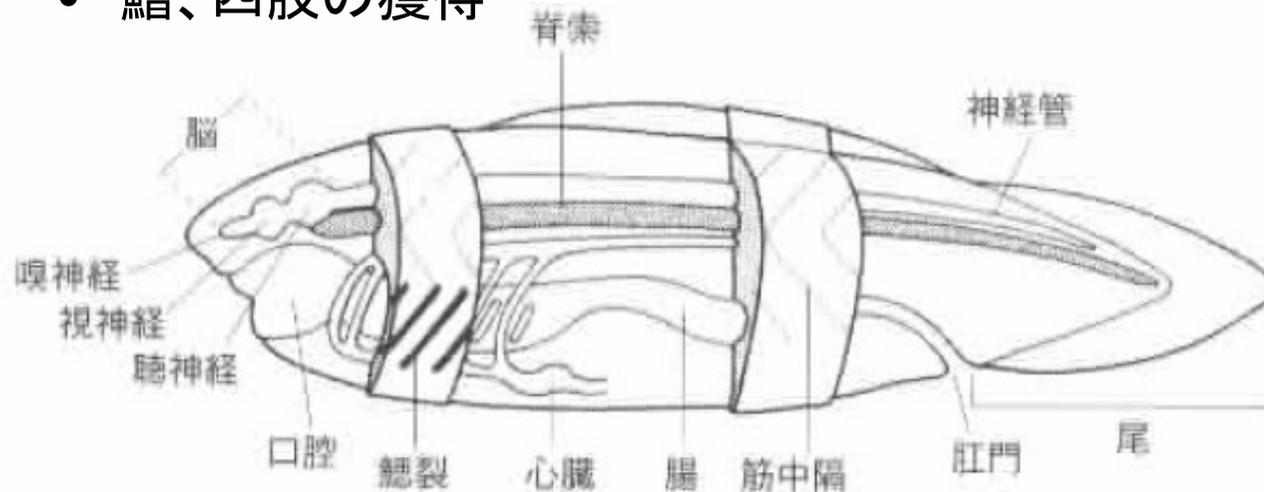


図 6.39 脊椎動物亜門

体制の模式図。(松井, 2006 を改変: 川島作図 [Carroll, 1988 を改変]).

# 脊椎動物の脊索

脊椎動物には、ヤツメウナギやチョウザメのように脊索を終生もつものもいるが、発生初期にのみ脊索をもち、後に脊柱にとって代わられる。

(ヤツメウナギは椎骨を持たない)

脊椎動物の脊索は、頑丈な結合組織の袋の中に多角形の細胞が詰まった形になっており、

(1) 幼生の体の支柱

(2) 周りの細胞にシグナル分子を送って発生のパターンを決める

などの働きを持つ

# 脊柱

脊椎骨が関節を介して、次々とつながって、柱状になったもの

関節ごとに筋節が付着し、筋節を次々に収縮させて体をくねらす波をつくる  
←-- 脊索と同様

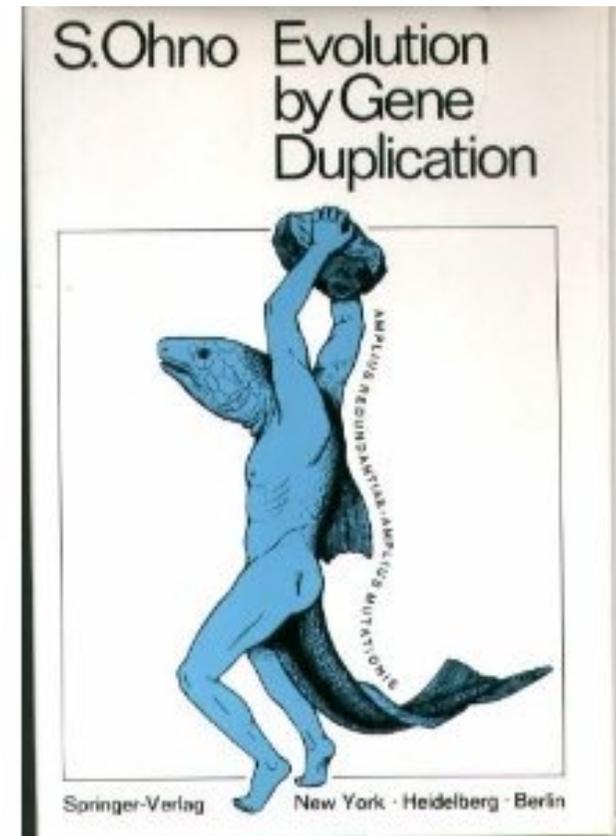
もともとは運動や体の支持のためではなく、淡水域で進化してきた顎口類において、淡水中で不足するリンやカルシウムの貯蔵場所として形成されたと考えられている

# 2R WGD 仮説

## 2 round whole genome duplication

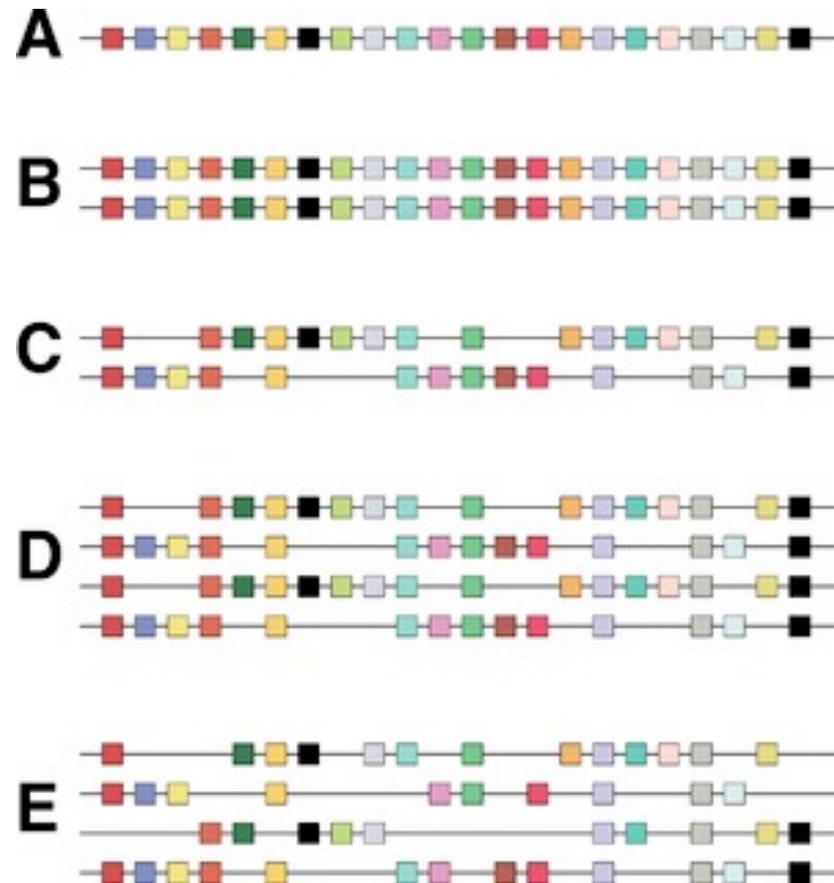
脊椎動物のゲノムは進化の初期の段階で2回の全ゲノム重複を起こしたという仮説  
大野乾により「Evolution by Gene Duplication」(1970)

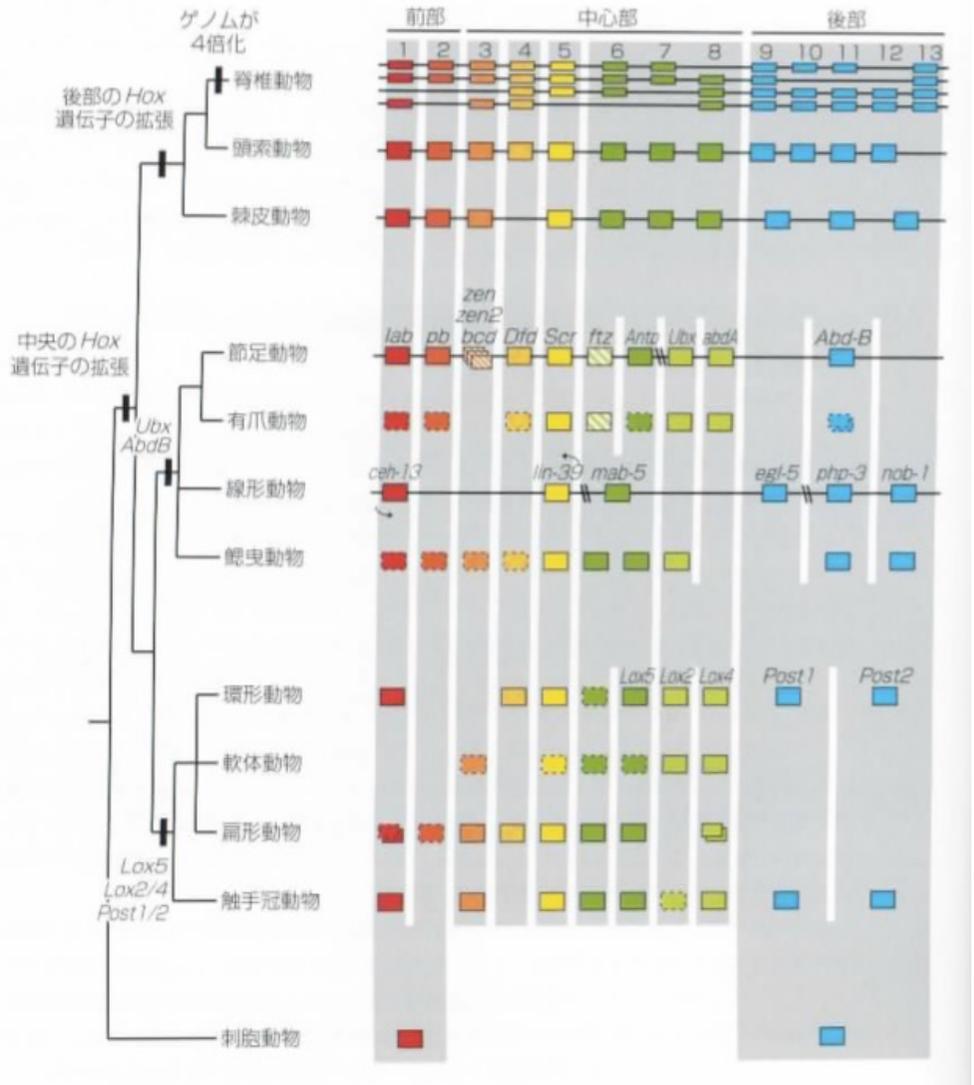
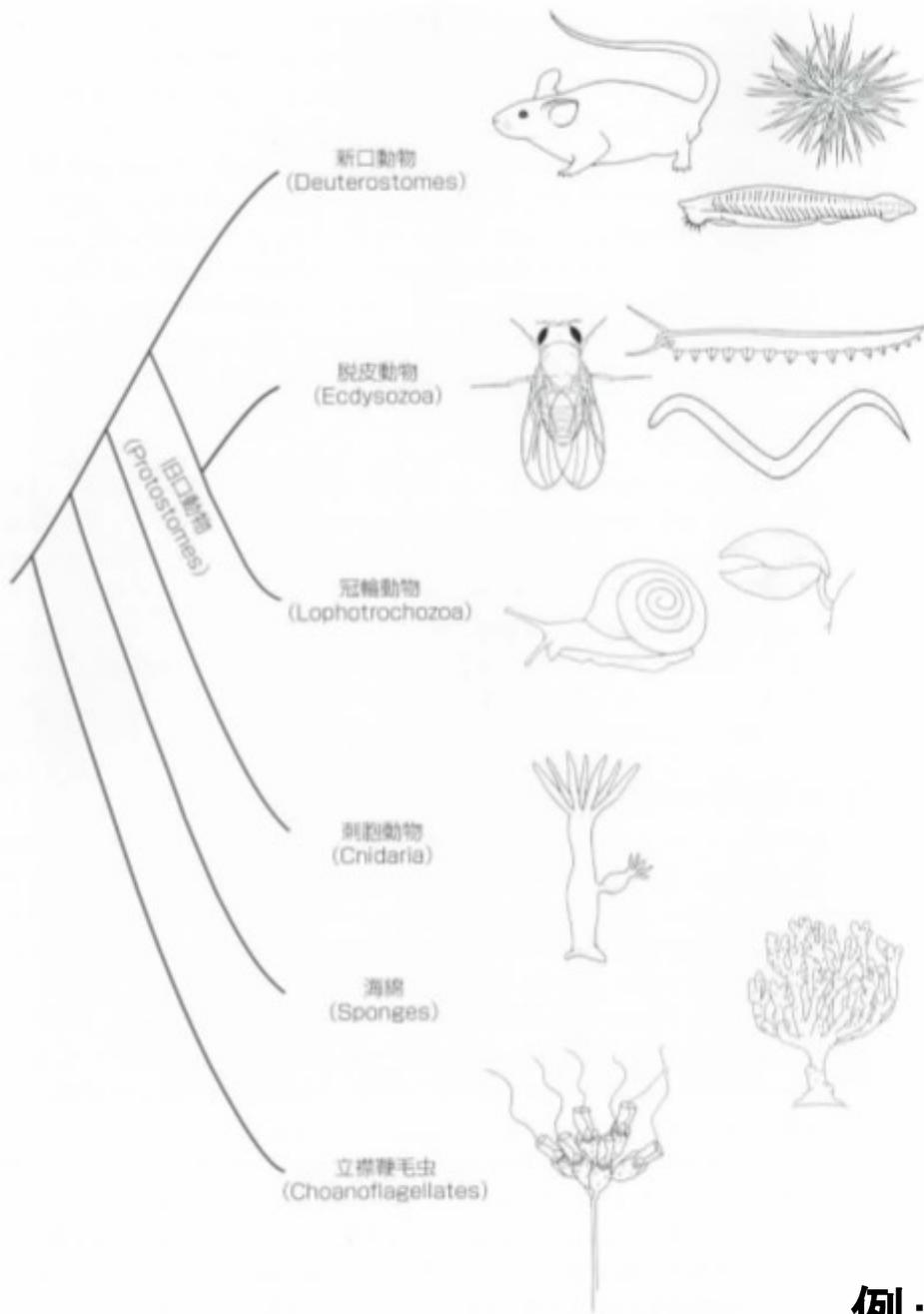
**Susumu Ohno**  
(1928 - 2000)



**Evolution by Gene Duplication (1970)**

[https://en.wikipedia.org/wiki/2R\\_hypothesis](https://en.wikipedia.org/wiki/2R_hypothesis)





例: Hox 遺伝子クラスタ

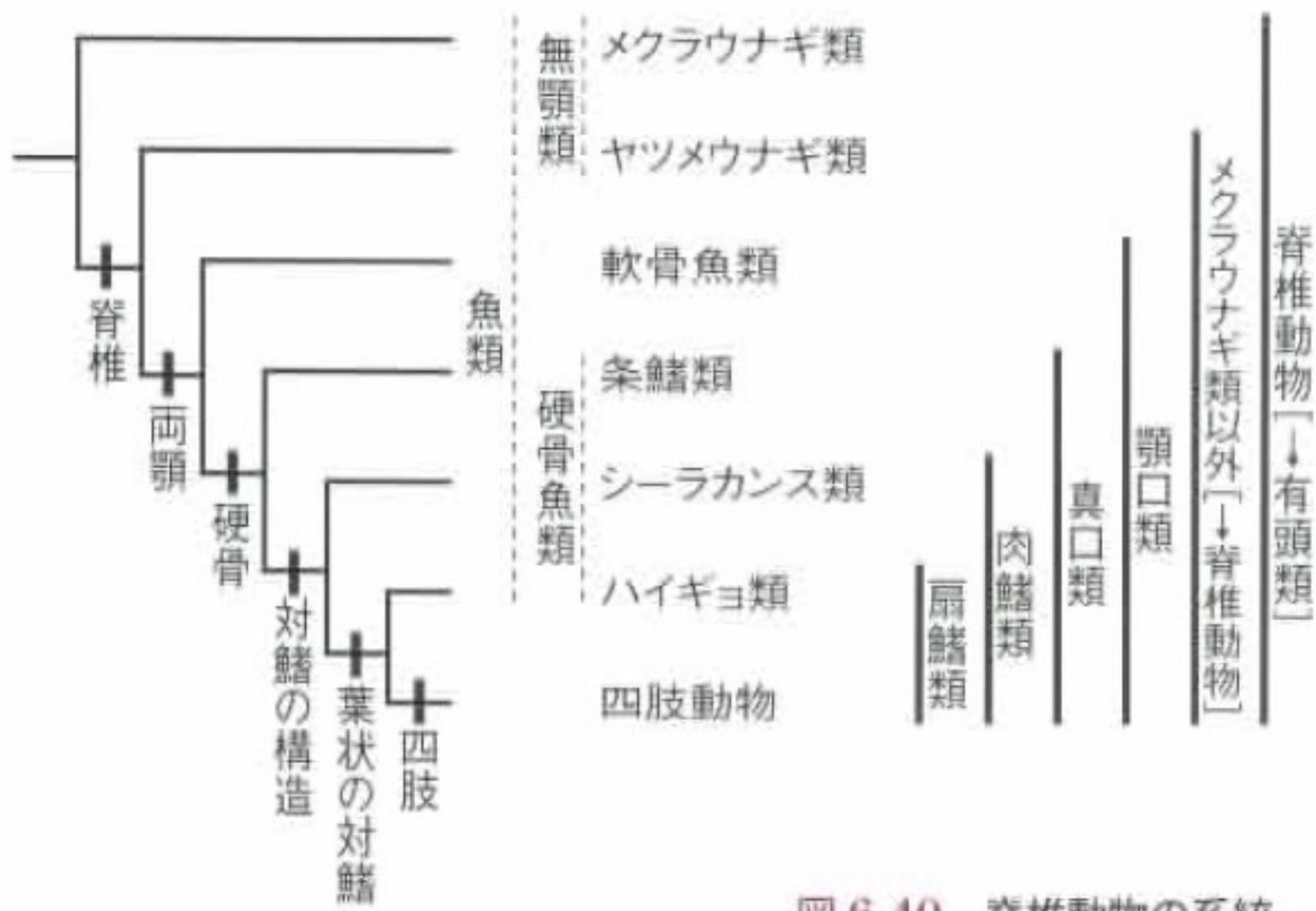


図 6.40 脊椎動物の系統

# 円口類

ヤツメウナギ類とヌタウナギ類よりなる  
顎をもたない現世脊椎動物、その口の形態から名付けられる。



# ヌタウナギ類とヤツメウナギ類は、 円口類という単系統群をなす

もともと円口類の様々な形態的  
形質が有顎類に比べ原始的  
であることから円口類単系統  
説有力

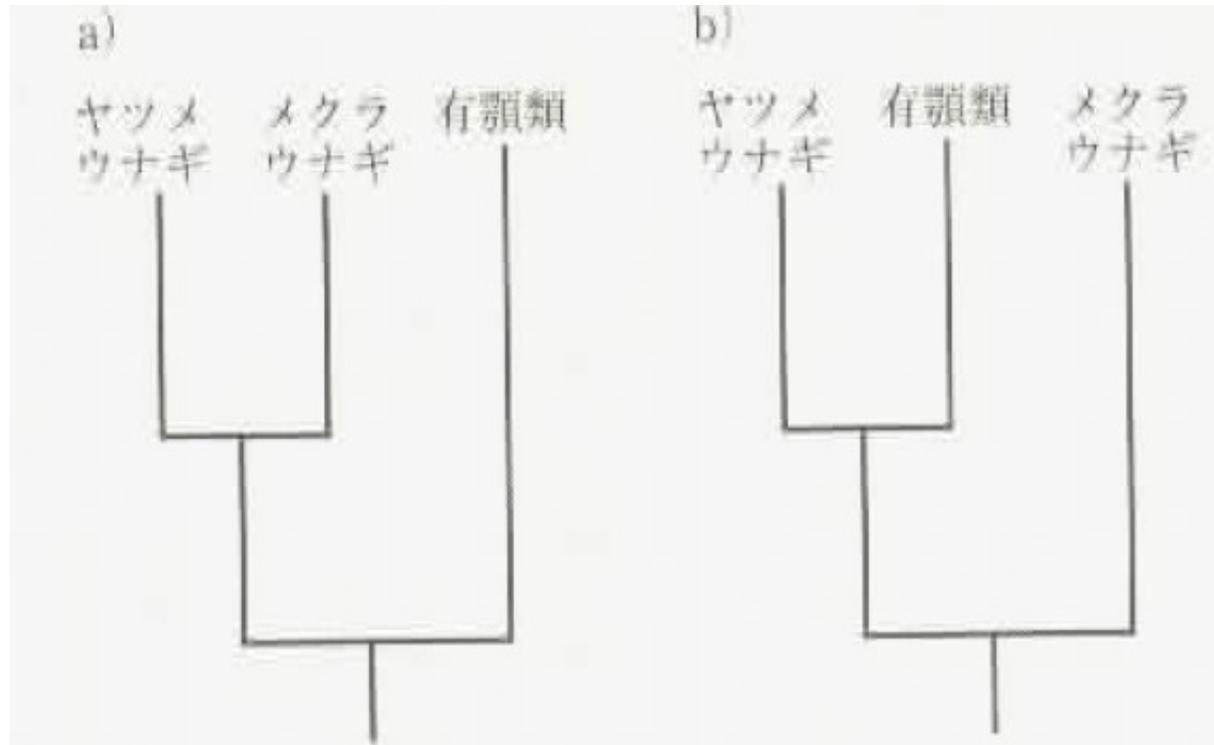


図20-3 無顎類と有顎類の系統関係に関する2つの説 a) 円口類単系統説 b) 円口類多系統説

※ メクラウナギはヌタウナギに  
名前が変更された

その後、ヤツメウナギは有顎類  
と多くの形質を共有することから  
円口類側系統説が有力視  
(ヤツメウナギは脊椎を持つが、  
ヌタウナギは持たない)

分子系統解析の結果も混乱  
(1)18S rRNA, 28S rRNA, グロビン  
それぞれ単系統支持  
(2)ミトコンドリアDNA, バソトシン  
それぞれ側系統を支持

1999年 工樂ら

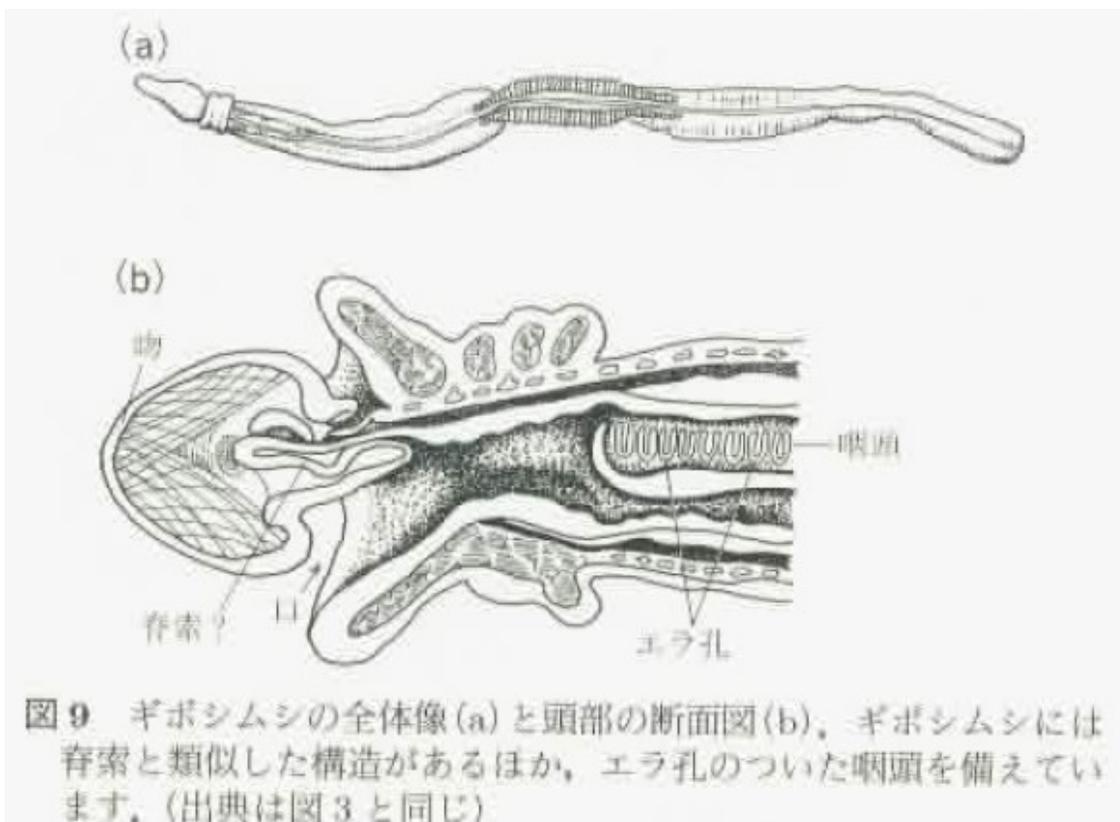
- (1)無顎類と有顎類の分岐時期に  
遺伝子重複していない
- (2)比較する生物種に共有される  
ハウスキーピング遺伝子使用
- (3)コード領域の長いものを複数本使用  
(b)を支持する結果

# アゴの進化

## - エラからアゴへ -

エラ: のどに空いた穴

新口動物では、半索動物と脊索動物に見られ、そのためかつては半索動物と脊索動物は姉妹群と考えられた。

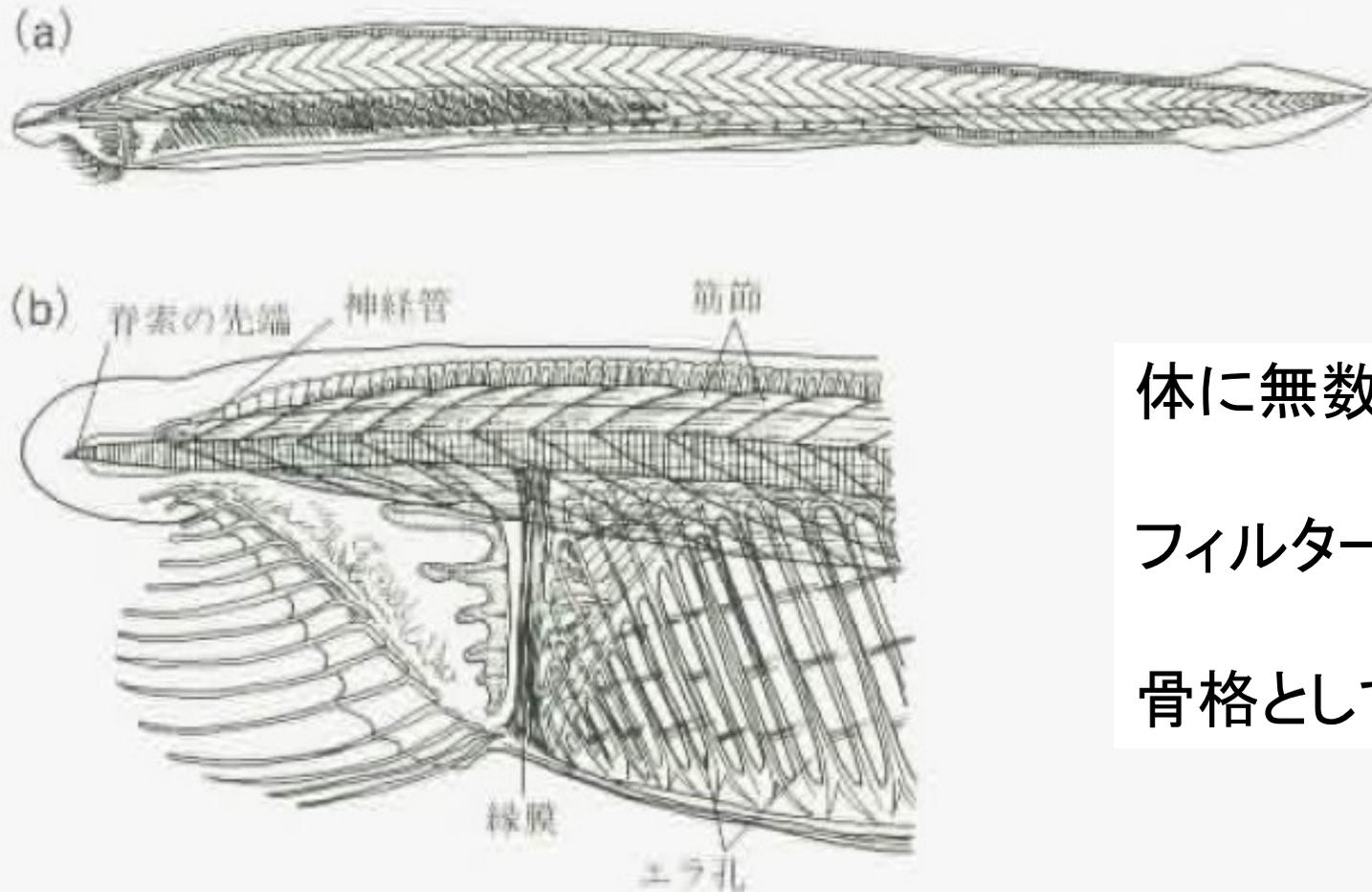


半索動物のエラは、ガス交換と餌の濾しとりに使用

倉谷滋 (1997)「かたちの進化の設計図」  
岩波書店

図9 ギボシムシの全体像(a)と頭部の断面図(b)。ギボシムシには脊索と類似した構造があるほか、エラ孔のついた咽頭を備えています。(出典は図3と同じ)

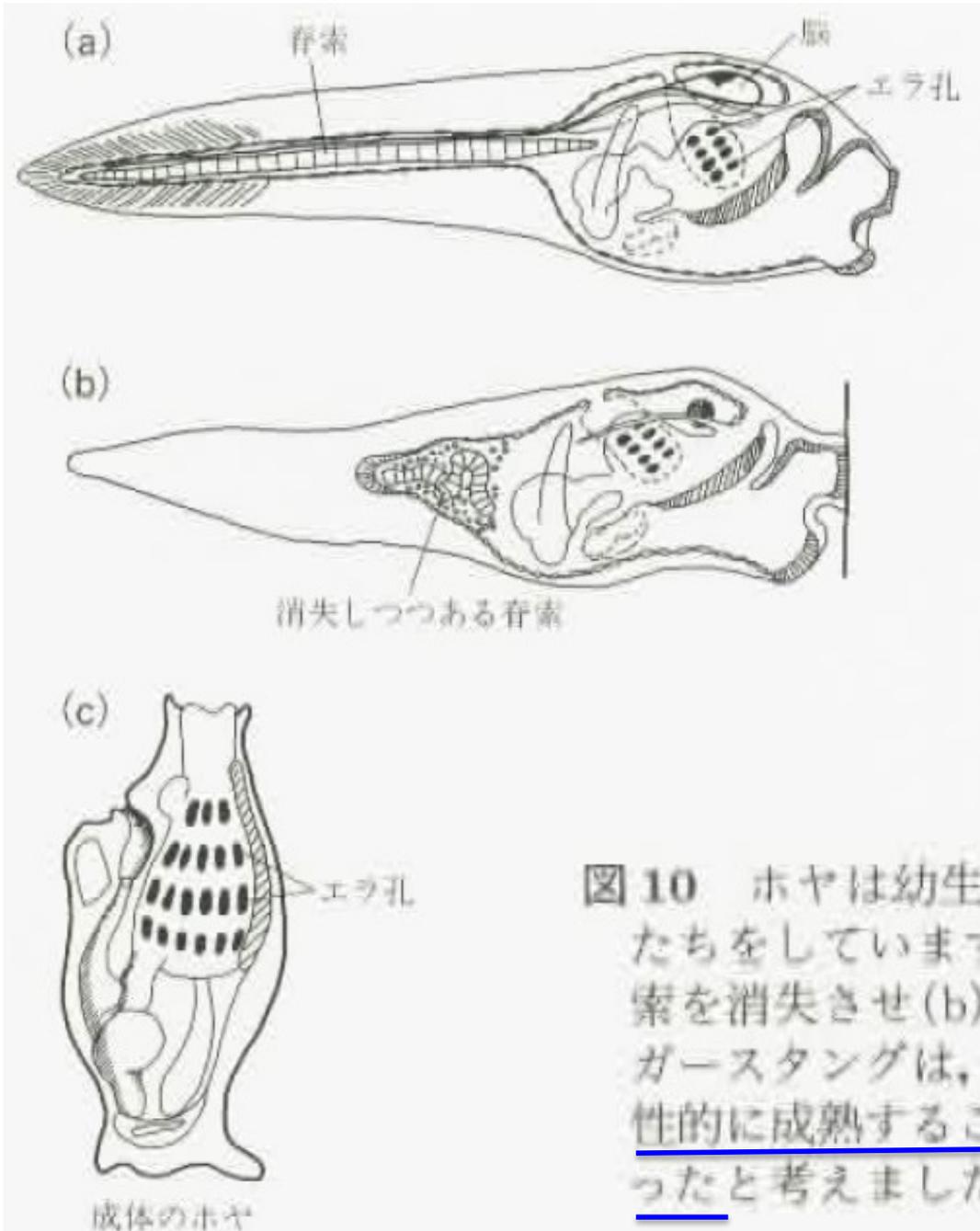
# 頭索動物（ナメクジウオ）のエラ



体に無数のエラ穴を持つ  
フィルターとしても機能  
骨格としての細胞はない

図 11 ナメクジウオの (a) 全体像 (左が頭部) と (b) 頭部の拡大図。脊索は体の先端にまで延び、筋節も体軸のほぼ全域にわたって存在しています。(D. Starck: *Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere auf evolutionsbiologischer Grundlage*, Band 1, Springer Verlag (1978) より改変)

# 尾索動物(ホヤ)のエラ



ホヤの幼生  
のどにたくさんのエラ穴  
フィルターとしても機能  
骨格となる細胞はない

図10 ホヤは幼生の頃はオタマジャクシのようなかたちをしています(a), これが岩などに固着し, 脊索を消失させ(b), 成体のホヤ(c)へと変態します. ガースタングは, ホヤのような生き物が幼生のまま性的に成熟することによって, 脊椎動物の祖先となったと考えました. (出典は図3と同じ)

## 円口類(ヤツメウナギ)のエラ

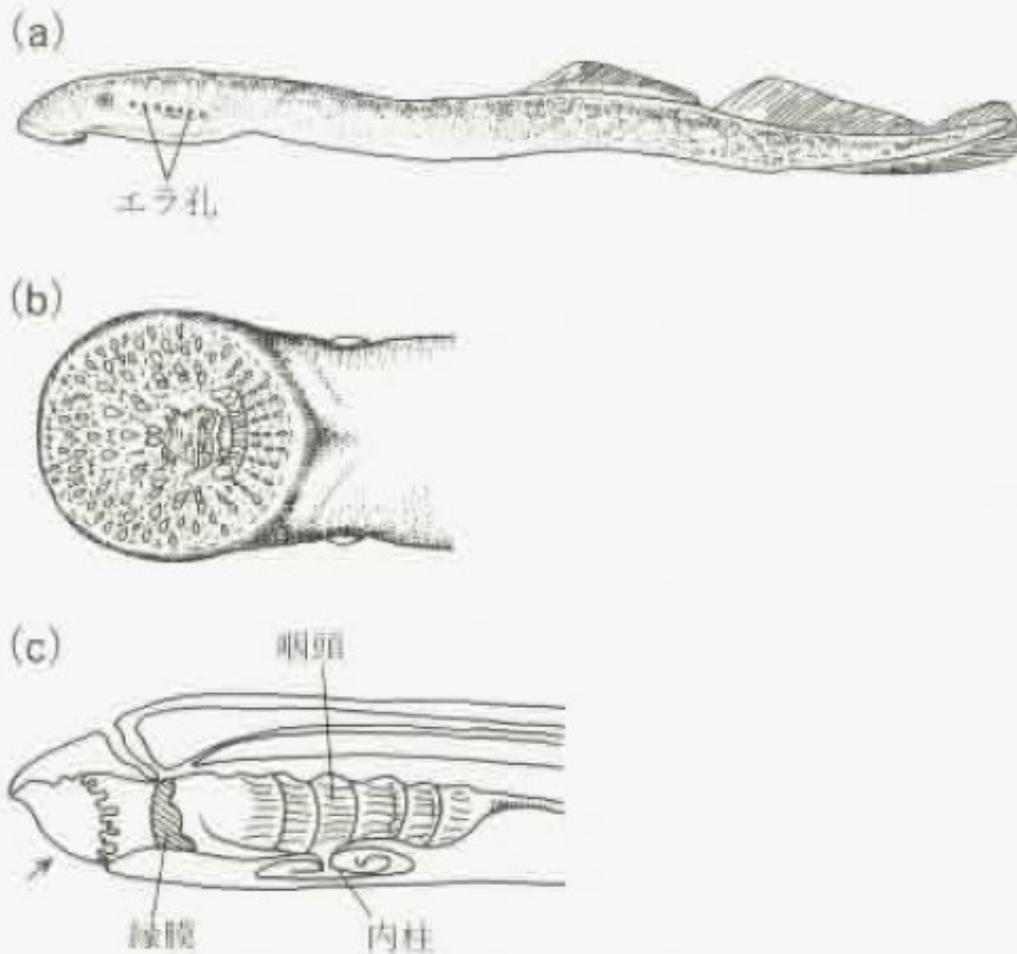


図 12 ヤツメウナギの (a) 全体像, (b) 口部を下から見たところ, (c) アンモシーテス幼生の頭部の断面図, アゴを持たないこの動物は吸い付き専門の口を発達させています。 (c) で水を吸い込む弁として働いている「縁膜」が我々のアゴの相同器官であるとされています。 (P. Janvier : *Early Vertebrates*, Oxford Univ. Press (1996) より改変)

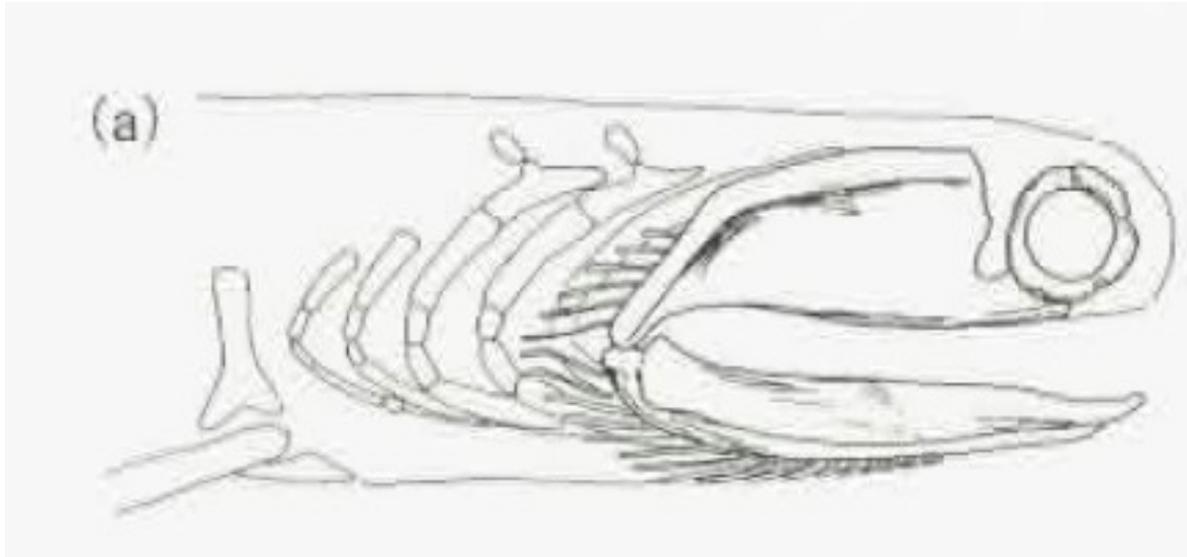
エラ穴の形は他のサカナのエラとは異なるが、相同器官らしい

エラの中でも「縁膜(えんまく)」とよばれる変形したものは(のどに水を送り込むためのポンプの弁)はアゴと相同であると考えられている。

アゴをつくるには、内蔵骨格(エラの前部であったものが変形したものをまとめて内蔵骨格とよぶ)が、上下に分離して、関節でつながる必要がある。

円口類はで関節ができていない。

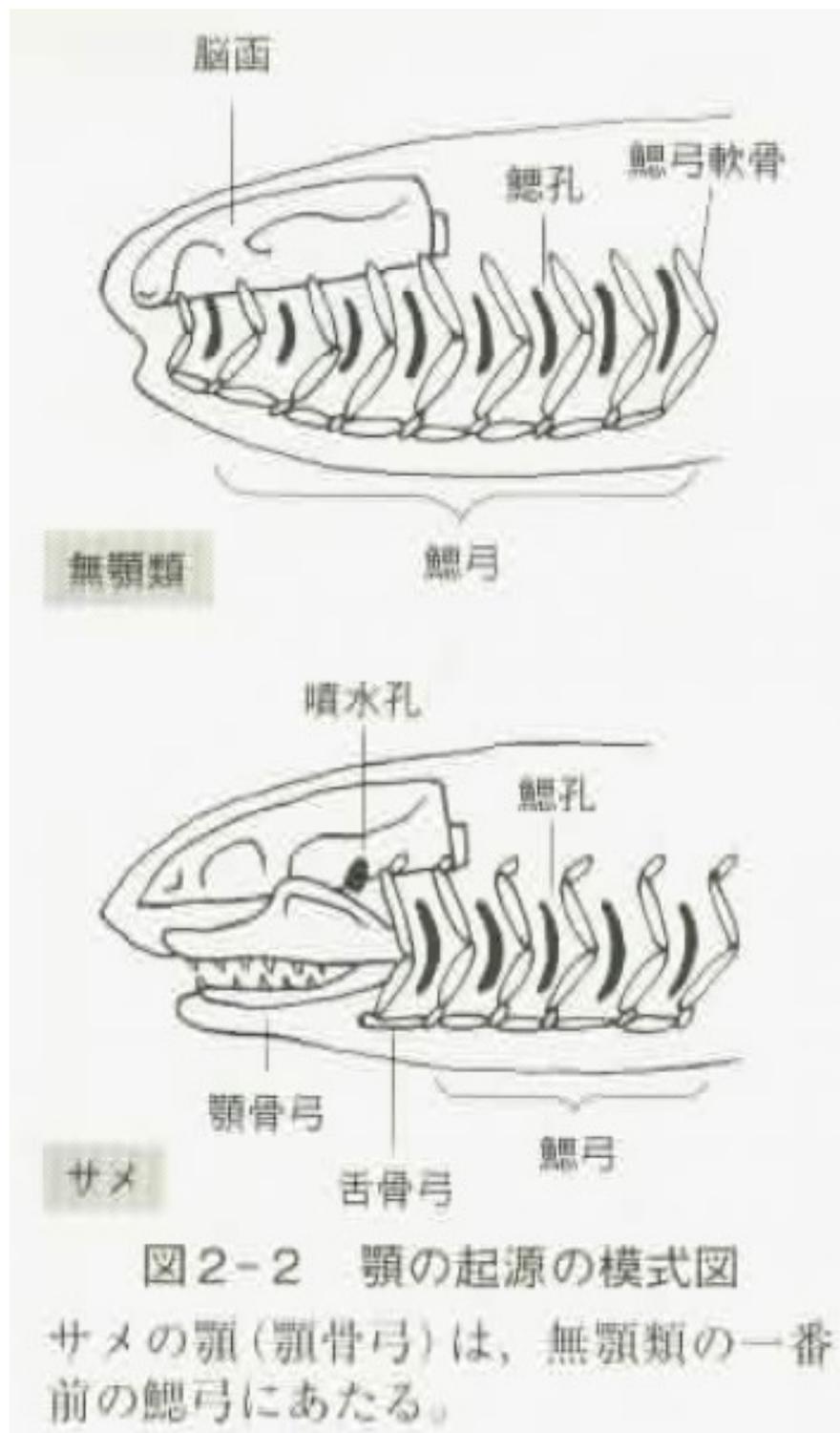
## 棘魚(きよくぎょ)類(化石種)のエラとアゴ



アゴが、エラとほとんど同じ格好であり、アゴがエラから生じたことがわかる

※ 顎の獲得により、食物連鎖の上位にたてるようになったと考えられている。

魚の喉の脇にある  
エラ穴(鰓孔(さい  
こう))を支える軟骨  
はアーチ状をして  
いることから  
鰓弓(さいきゅう)と  
よばれる



大塚則久 (2006)  
「退化」の進化学  
講談社

# サメの頭部の骨格

第一のエラは、**顎関節**でつながる

第二のエラは  
内耳の真下にあり  
顎の関節を**脳頭蓋**に  
つなぎ止めて安定  
させている

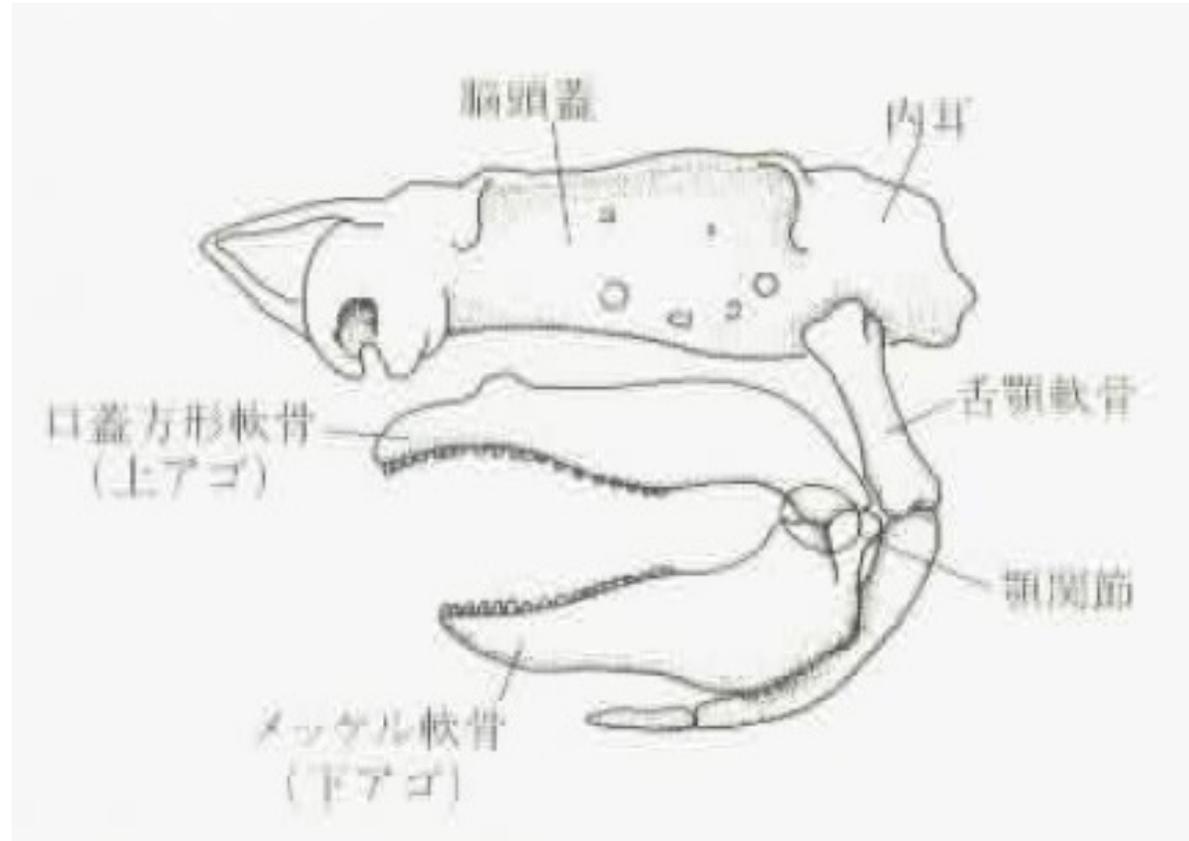


表 1 内臓頭蓋の要素の名称

	背 側	腹 側
第一のエラ	口蓋方形軟骨	メッケル軟骨
第二のエラ (内耳の真下)	舌顎軟骨	角舌軟骨

# エラからアゴへの進化

その後、口蓋方形軟骨自体が脳頭蓋と関節部を形成



舌顎軟骨の支持装置としての役割が失われる



音を聞く機能に転用

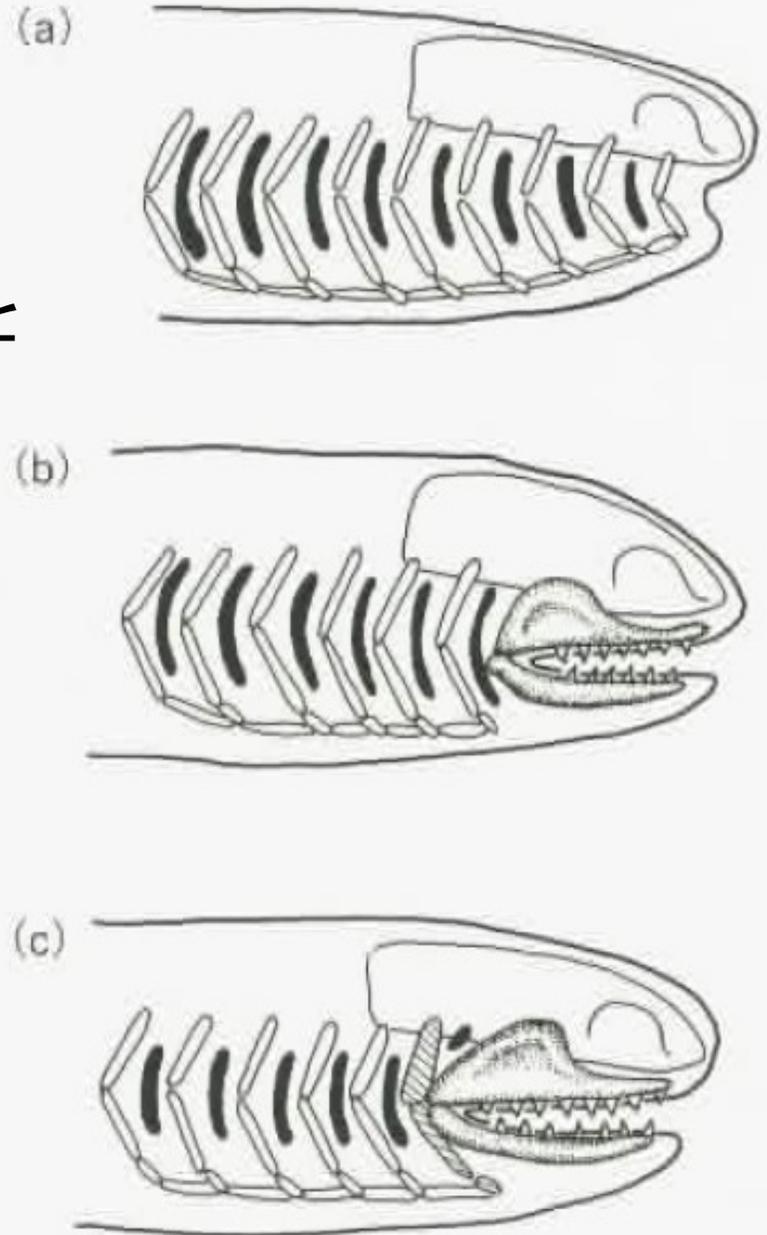


図 15 アゴがエラからできてきた進化過程を模式的に示したもの、(出典は図 13(a)と同じ)

# 顎関節からほ乳類の中耳へ

舌顎軟骨 -----→ **アブミ骨** (耳小柱)  
 方形骨(口蓋方形軟骨の後端が骨化したもの) -----→ **キヌタ骨**  
 関節骨 -----→ **ツチ骨**  
 (キヌタ骨とツチ骨の原基は顎関節のように関節で連結されている)

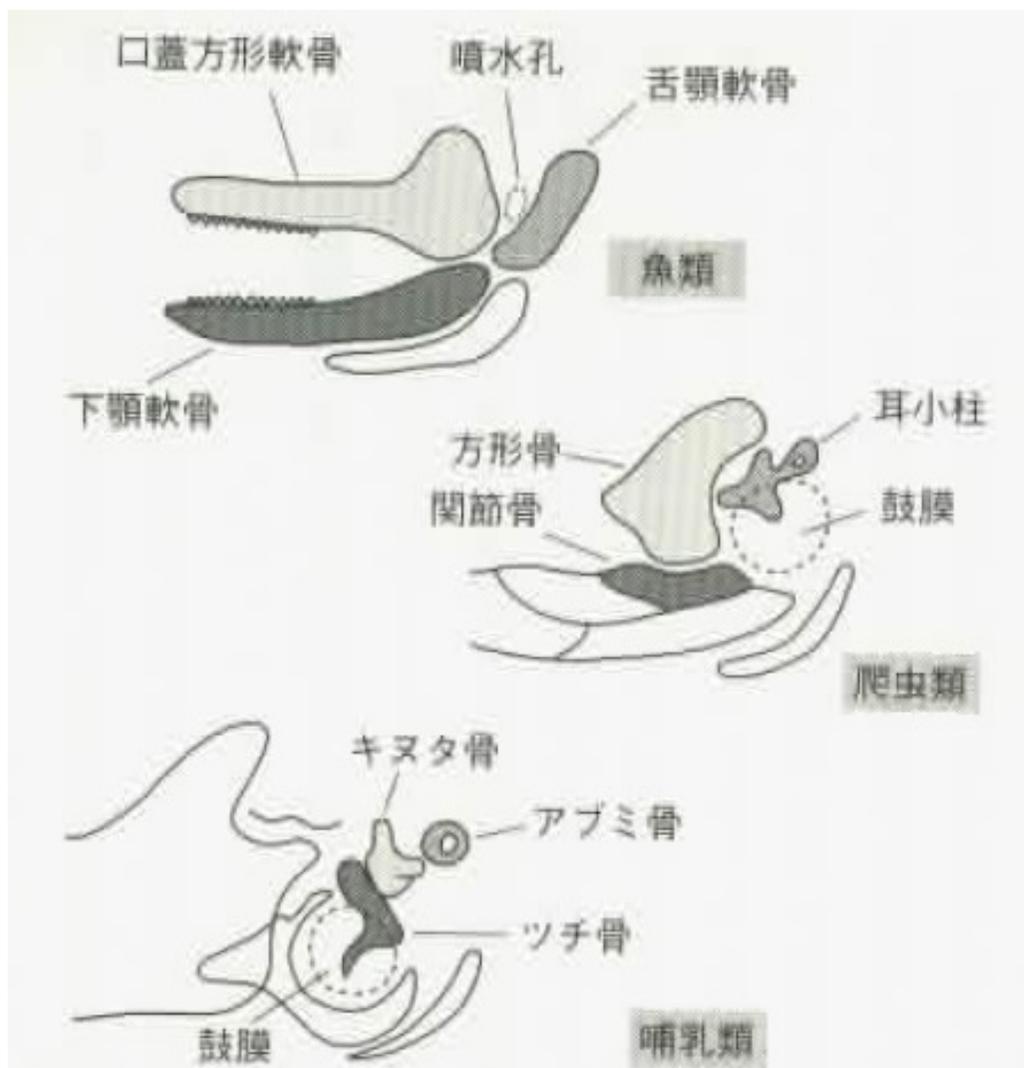


図2-4 サメの顎から耳小骨への進化  
 骨の名前は変わるが、それぞれの起源は同じ。

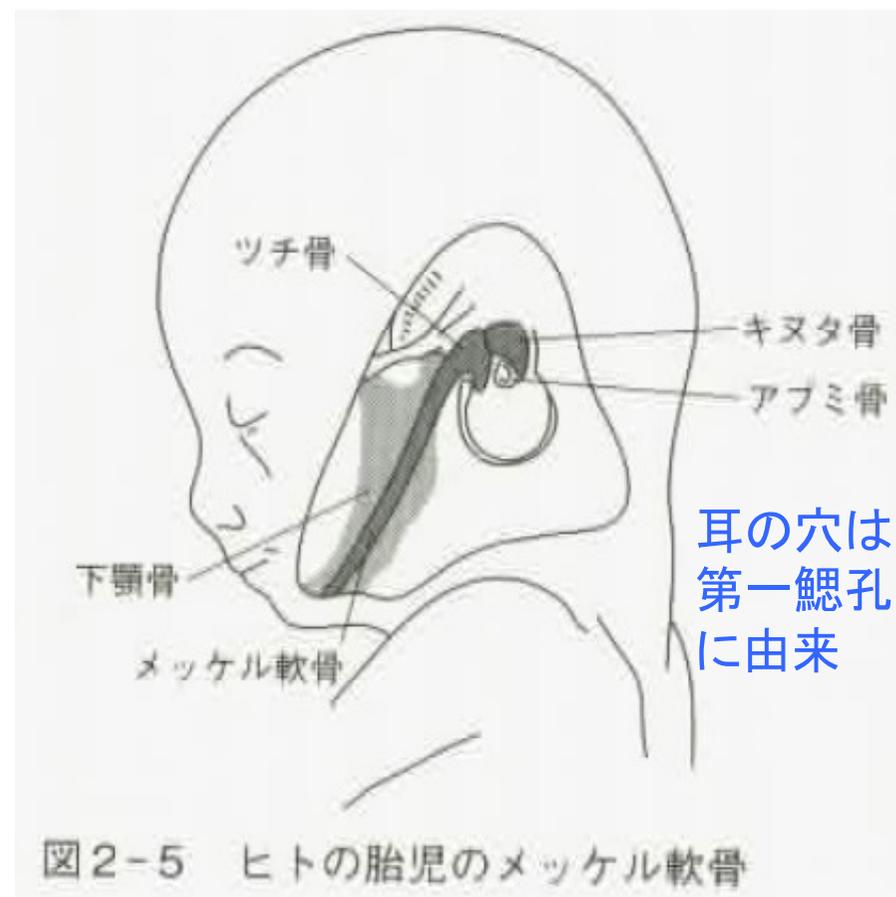


図2-5 ヒトの胎児のメッケル軟骨

# ヒトにも鰓（エラ）がある？ -先天性耳瘻孔の話-

## じろうこう

耳の疾患についてのお話

2019.07.01

### [どんな病気？]

先天性耳瘻孔とは、生まれつき耳の周囲（多くは耳の前）に小さな穴が開いて、その下方に管（または袋状のもの）がある状態です。耳の奇形の一つと言えますが、その中では、かなり頻度の高いもので、日本では2-3%程度の発現率とされています。

### [原因]

妊娠4週目くらいの胎児の頭には、魚のエラ状になったところ（咽頭弓）が存在します。この部分は、後に顔面や頸部へと発達していくのですが、その過程で本来なら、消えるはずの管および穴が残ってしまったのが耳瘻孔です。つまり、この穴は私たちの祖先が魚だった名残とも考えられます。

### [症状と治療]

穴が空いているだけで無症状であれば、放っておいて問題はありません。感染を起こすと、この穴の周囲が赤く腫れて、痛みが強くなり、ひどい場合は自然に破れ（自壊と言います）膿が大量に出る場合もあります。

このような場合は抗菌剤や消炎鎮痛剤で嚴重な治療が必要で、メスで切開して膿を出す場合もあります。

炎症を繰り返す、膿が持続的に出てくる場合、皮膚が赤く（癬痕といいます）なって美容的に問題がある時は、手術的治療が必要です。瘻孔は奥が深く複雑に広がっていることがあります。手術は、耳瘻孔の周囲に皮膚切開を入れて、瘻孔全体を一つの塊として摘出します。しかし瘻孔の壁を取り残すと感染や炎症などをおこして再発することがあります。このため、手術は繊細な手技が必要で、成人は局所麻酔、子どもの場合は全身麻酔で手術を行います。

[https://yanagida-jibika.jp/medical\\_care/ent-1703/](https://yanagida-jibika.jp/medical_care/ent-1703/) より

# How minute sooglossid frogs hear without a middle ear

Renaud Boistel<sup>a,b,c,1</sup>, Thierry Aubin<sup>a,b</sup>, Peter Cloetens<sup>d</sup>, Françoise Peyrin<sup>d,e</sup>, Thierry Scotti<sup>f</sup>, Philippe Herzog<sup>f</sup>, Justin Gerlach<sup>g</sup>, Nicolas Pollet<sup>h</sup>, and Jean-François Aubry<sup>i</sup>

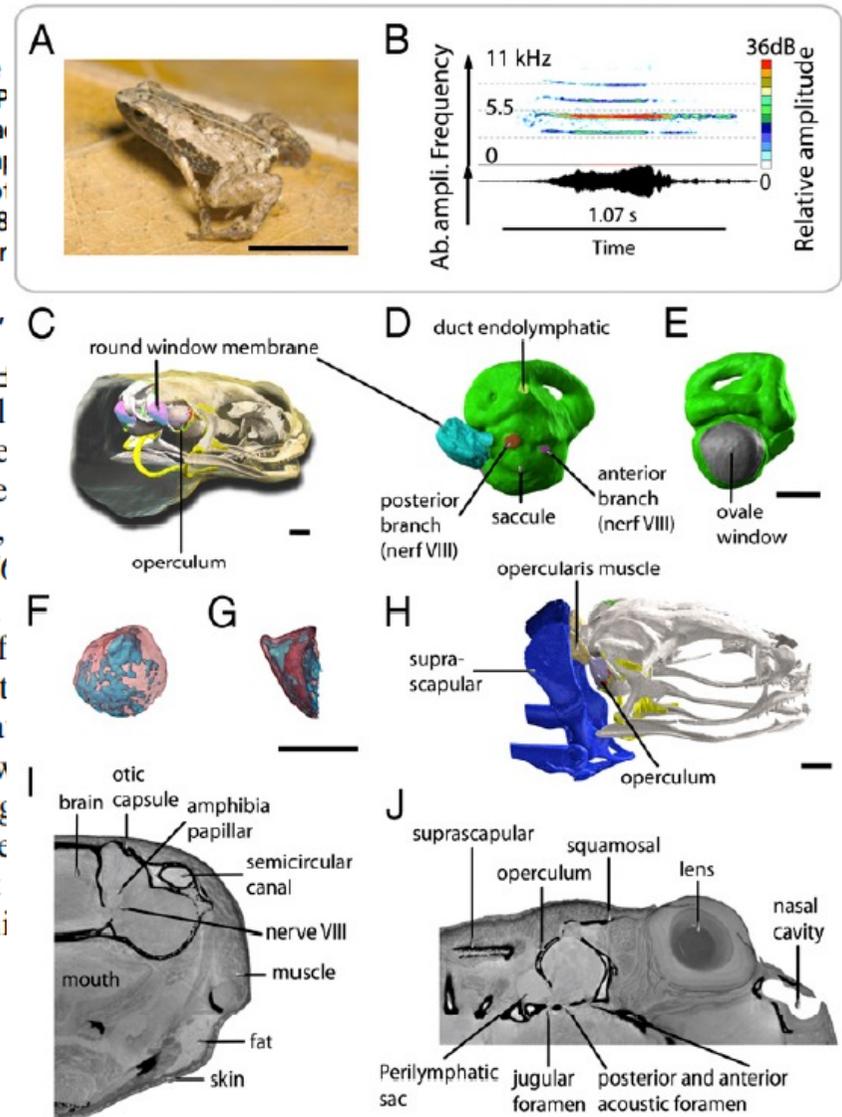
<sup>a</sup>Centre de Neurosciences Paris-Sud (CNPS), Centre National de la Recherche Scientifique 91405 Orsay, France; <sup>b</sup>Université Paris Sud, 91405 Orsay, France; <sup>c</sup>Institut International de Physique et Traitement de l'Image pour la Santé, CNRS UMR 5515, Institut national des sciences appliquées et de Mécanique et d'Acoustique (LMA), CNRS UPR 7051, 13402 Marseille, France; <sup>g</sup>Nature Portfolio Systems and Synthetic Biology, Genopole, CNRS, Université d'Evry Val d'Essonne, F-91058 Evry-sur-Seine, France; <sup>h</sup>Université Paris-Saclay, CNRS, Université ParisTech, 75005 Paris, France

Edited by David B. Wake, University of California, Berkeley, CA, and approved August 1, 2013

Acoustic communication is widespread in animals. According to the sensory drive hypothesis [Endler JA (1993) *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 340(1292):215–225], communication signals and perceptual systems have coevolved. A clear illustration of this is the evolution of the tetrapod middle ear, adapted to life on land. Here we report the discovery of a bone conduction–mediated stimulation of the ear by wave propagation in *Sechellophryne gardineri*, one of the world's smallest terrestrial tetrapods, which lacks a middle ear yet produces acoustic signals. Based on X-ray synchrotron holotomography, we measured the biomechanical properties of the otic tissues and modeled the acoustic propagation. Our models show how bone conduction enhanced by the resonating role of the mouth allows these seemingly deaf frogs to communicate effectively without a middle ear.

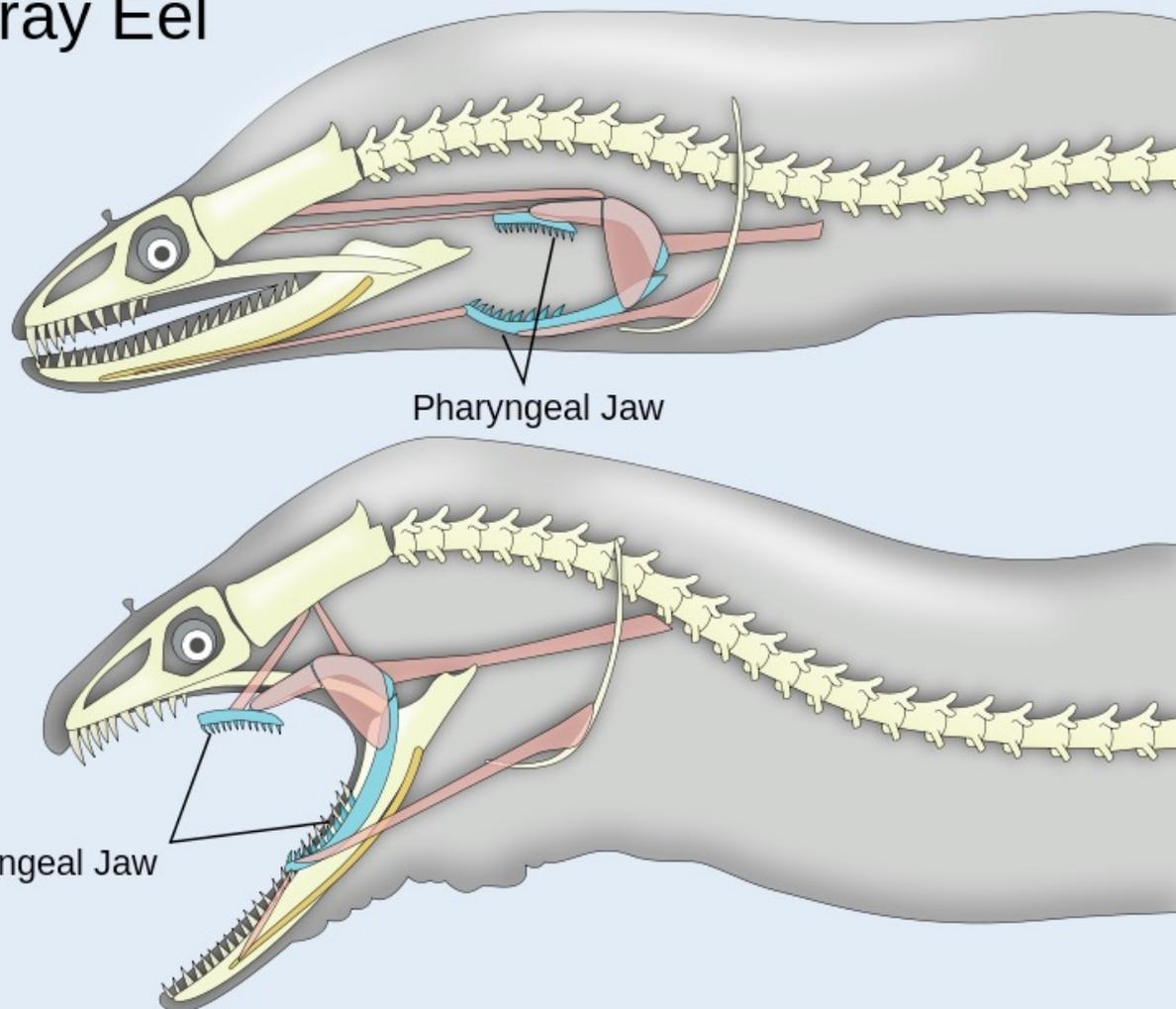
earl 体長1cm  
鼓膜や中耳がない  
口が可聴周波数の増幅器として働く

Proc Natl Acad Sci USA 110, 15360-15364 (2013)



185.14 ± 1.5 Hz, one call that the frequency of calls, and 6,700 Hz with an higher frequency. Interest modulations of the frog that the did not discriminate

## Moray Eel



ウツボ類は獲物を捕えるための口顎の奥に、食べたものを食道に進めるための「咽頭顎」を持っている。

<http://z99.hatenablog.com/entry/20130121/1358758864> より



ウツボは体は細長く。エサを吸い込む力が足りない

「咽頭顎」

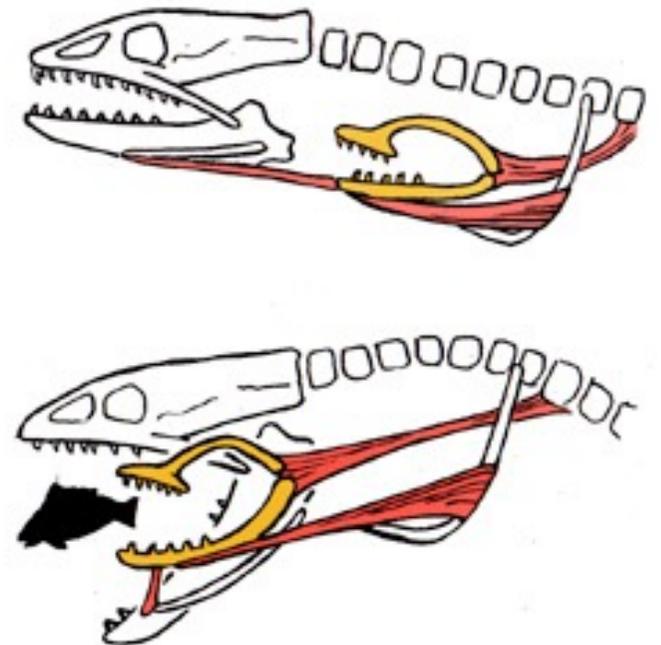
<http://ameblo.jp/oldworld/entry-10071610384.html> より

多くの硬骨魚類



咽頭歯

「アゴで獲物をパクつく」→「吸い込む」→「咽頭歯」で咀嚼



**顎口類:** 無顎類以外の脊椎動物

上顎と舌顎からなる顎構造と対鰭(ついき、左右対をなす鰭、胸鰭と腹鰭)をもつ

**軟骨魚類:** サメ、エイなど骨が軟骨でできているもの

軟骨: 軟骨細胞とそれを取り巻く基質からなる支持器官

杉田玄白による解体新書の訳での造語

**真口類:** 軟骨魚類以外で硬骨を持つもの

骨: 軟骨と区別するときには硬骨

リン酸カルシウムを含む硬い組織

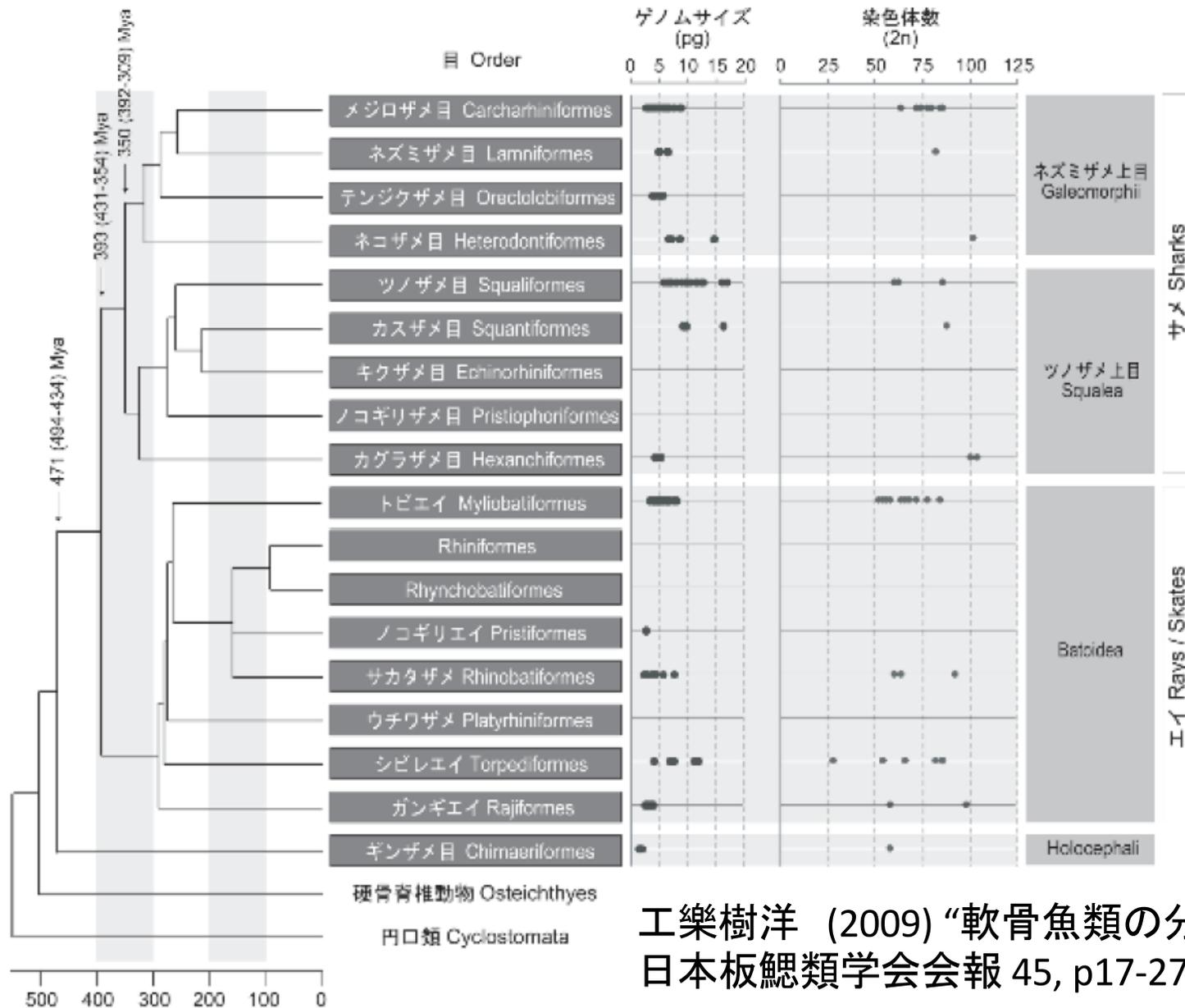
骨芽細胞と破骨細胞が骨形成に関与

**条鰭(じょうき)類:** 魚類の95%を含むタクソン

**肉鰭(にくき)類:** シーラカンス類、ハイギョ類、

四足動物 (Tetrapoda) よりなる。

形態学的にエイはノコギリザメやカスザメとHypnosqualeaというグループをつくるとされていた(Hypnosqualea仮説)が、これまでの分子系統解析はこれを否定し板鰐類はエイ (Batoidea)とサメ (Selachimorpha)に2分されることを支持



工樂樹洋 (2009) “軟骨魚類の分子進化学”  
日本板鰐類学会会報 45, p17-27.

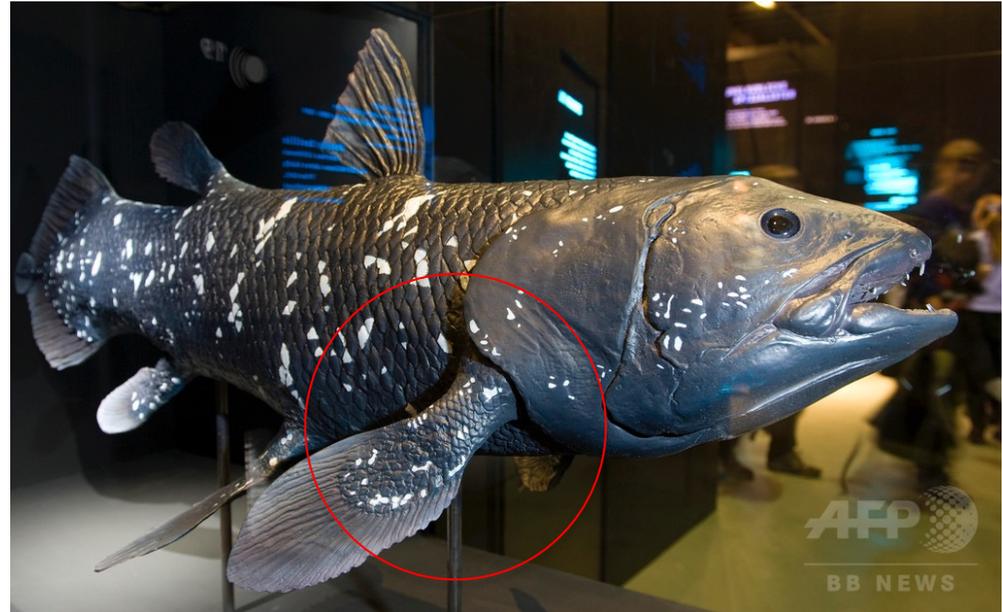
## 条鰭類

胸鰭の鰭条(鰭の基部から外縁に向けて平行あるいは放射状に伸び、鰭を支える線状の組織)が射出骨を介して肩帯の骨に付着



## 肉鰭類

胸鰭や腹鰭を支える柄の部分が骨とそれを動かす筋肉で構成



# 肉鰭綱(にくきこう、Sarcopterygii)

肉質の鰭を持つ

シーラカンス亜綱 Coelacanthimorpha

シーラカンス目 Coelacanthiformes

肺魚亜綱 Dipnoi

オーストラリアハイギョ目 Ceratodontiformes

ミナミアメリカハイギョ目 Lepidosireniformes

ハイギョは他の魚類と同様に鰓(内鰓)を持ち、さらに幼体は両生類と同様に外鰓を持つ<sup>[2]</sup>ものの、成長に伴って肺が発達し、酸素の取り込みの大半を鰓ではなく肺に依存するようになる。乾期に水が干れても次の雨期まで地中で「夏眠」と呼ばれる休眠状態で過ごすことができる。

四肢動物亜綱 Tetrapoda



<https://www.youtube.com/watch?v=p2FCz3s-9ml> より

沼津深海魚水族館  
シーラカンスミュージアム





シーラカンスの体には、脊椎ではなく軟骨性の管となっている脊柱を持つこと、硬い鱗で覆われた筋肉質の柄と関節を持ったヒレがあることなど、骨格にいくつかの大きな特徴があります。また、内臓器官でも浮袋には空気ではなく、海水よりも軽い脂肪分(ワックス)が詰まっており、このワックスで浮力調整をしていることなど、化石からはわからなかったことが解明されてきました。繁殖方法に関しても、卵ではなく、お腹の中で孵化した子供を産む卵胎生であることも解明されています。



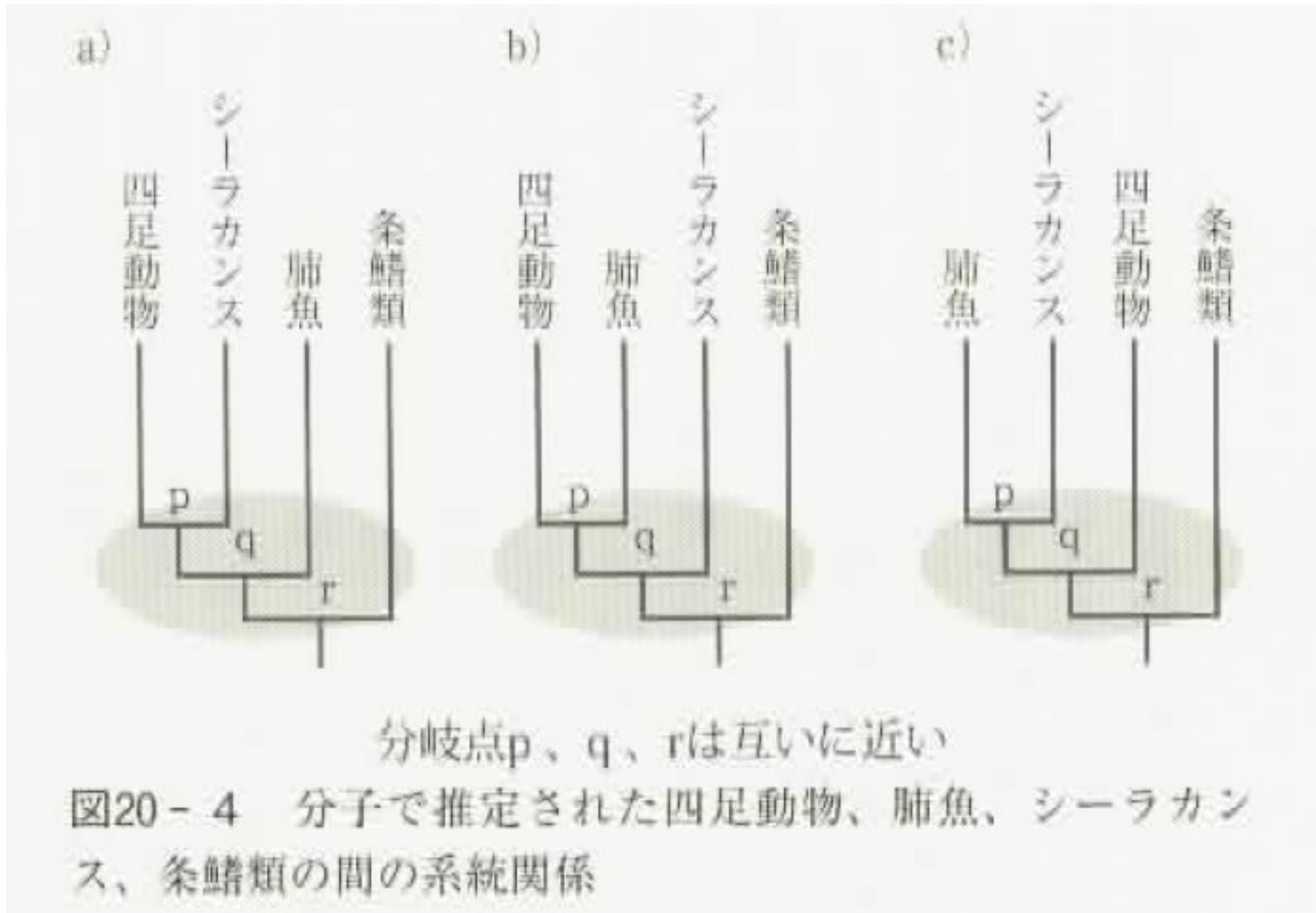
シーラカンスの言葉の意味は、古いギリシャ語で「空っぽの骨」という意味。脊柱は柔らかい器官で、内部は油に似た流動性の液体で満たされている。硬い鱗で覆われた筋肉質の柄と関節を持った第二背ビレ、胸ビレ、腹ビレ、第一尻びれをもち、海底を這うようにして移動できる。

シーウカソウ *Sebastes malincolus*  
GÜNTHER MALINCOLUS



1981年12月31日現在  
のブランドコレクション  
000000

# シーラカンス、ハイギョ、四足動物の関係



一時期、化石の証拠から四足動物のシーラカンス起源説が唱えられた。

(a)

肺魚の発生上の特徴から、肺魚起源説が優勢になった

(b)

分子系統解析は、使う遺伝子や方法によって、(a)を支持することも、(b)を支持することもあった。

2011年 ユンフェン・シャンとロビン・グラス  
分子系統解析から肉鰭類共通祖先起源説

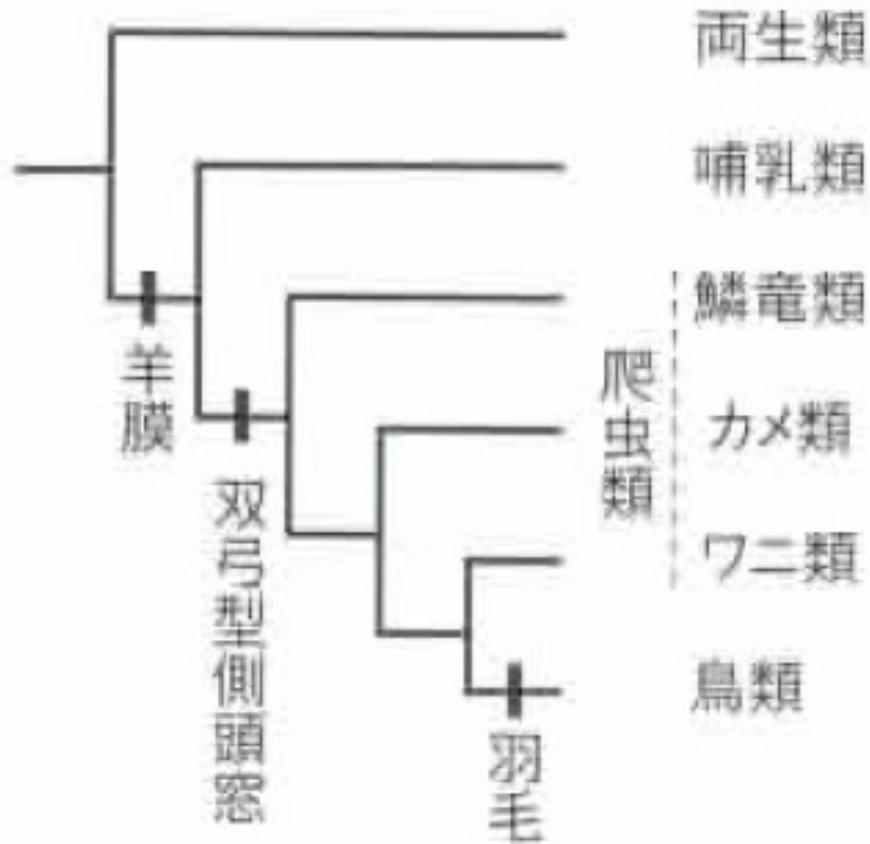
(c)

宮田隆のグループの解析結果も (c)を支持

今のところ最終的な結論に達していない。

未解決

四足動物の中で、最も早く分岐したのは**両生類**



両生類の現生種は

無足目 アシナシイモリの仲間

有尾目 サンショウウオやイモリの仲間

無尾目 カエルの仲間

両生類以外は**羊膜**を獲得しており  
**有羊膜類(amniota)**という

**羊膜 (amnion)**

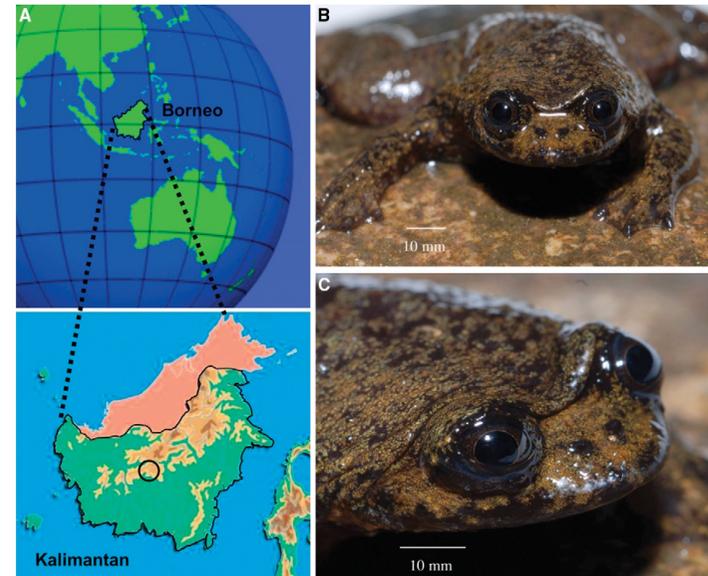
脊椎動物の爬虫類、鳥類、哺乳類の動物の発生の過程において形成される胎子と羊水を包む胚膜

Current Biology Vol 18 No 9 (2008)  
R374

## A lungless frog discovered on Borneo

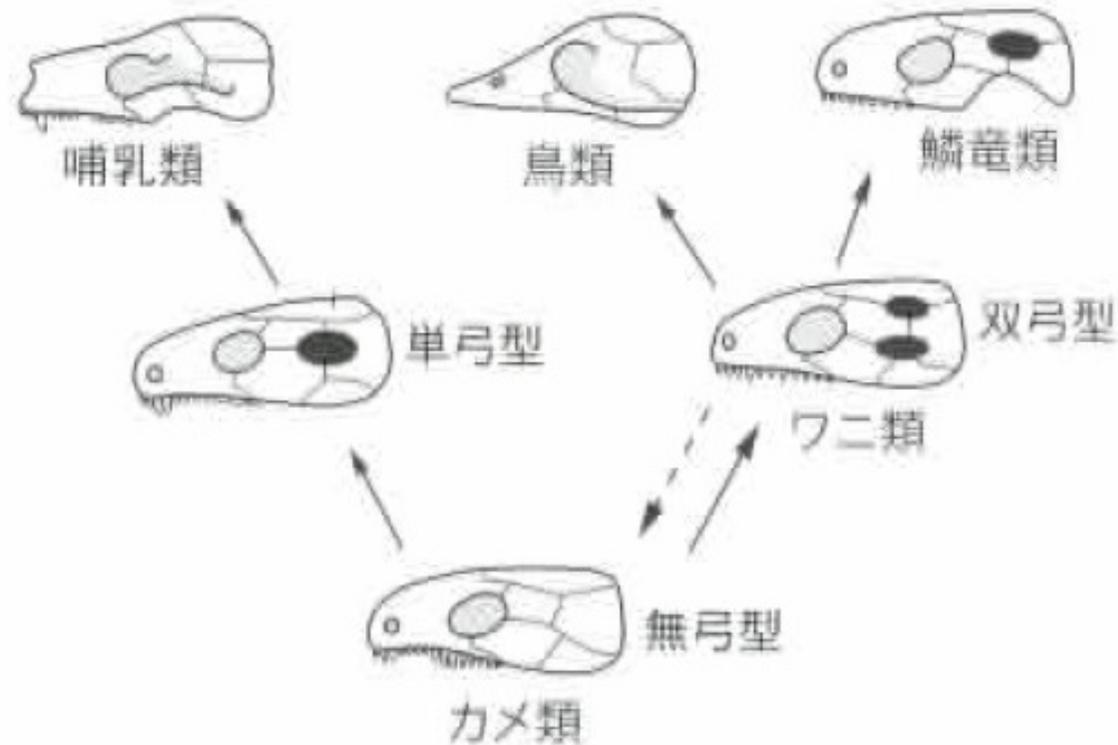
David Bickford<sup>1,\*</sup>, Djoko Iskandar<sup>2</sup>,  
and Anggraini Barlian<sup>2</sup>

*Barbourula kalimantanensis*



四足動物で肺を持たないものは珍しく両生類でしか見つかっていない  
これまでサンショウウオ2種、アシナシイモリ1種でしか見つかっていなかった  
が、カエルではじめて見つけた。皮膚呼吸だけで生きている

# 爬虫類の進化



**側頭窓** (emporal fenestra, 頭蓋の眼窩の後ろの位置にある穴)により、有羊膜類は、化石種を含め3グループに分かれる。

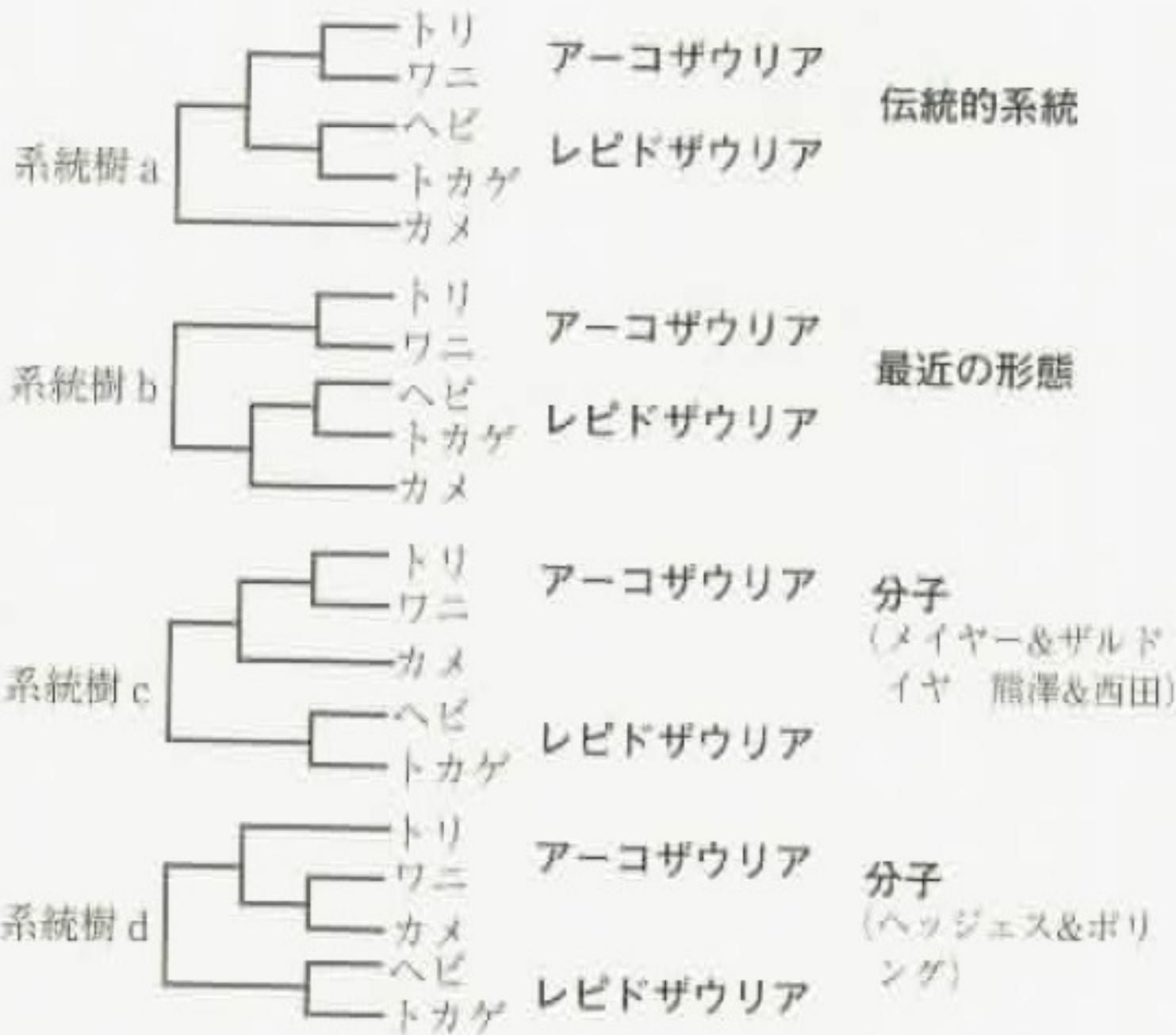
**無弓類**: 側頭窓がない。絶滅した初期爬虫類とカメ類

**単弓類**: 側頭窓が一つ。ほ乳類と獣型爬虫類

**双弓類**: 側頭窓が二つ。その他の爬虫類(トカゲ、ヘビ、ワニ)と鳥類、恐竜

<http://dinosaur.seesaa.net/article/162058299.html> より





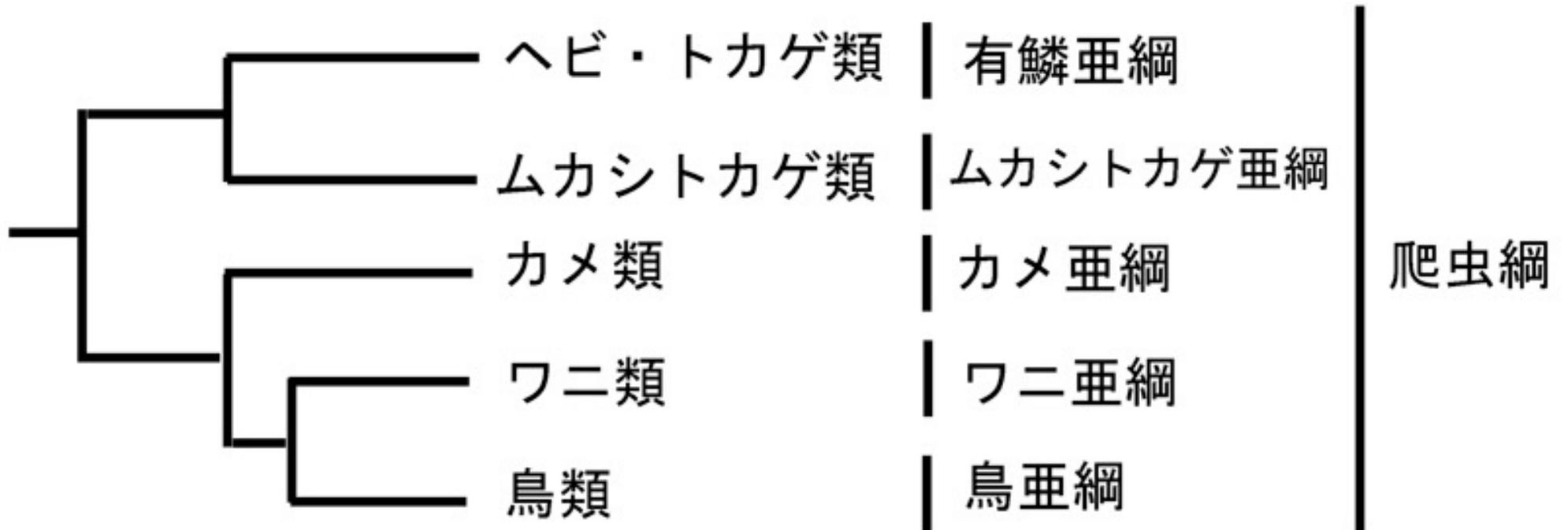
- a. 形態的特徴から作られた伝統的系統樹  
側頭窓をもたないカメがもっとも早く分岐。その後、側頭窓を持つ2つのグループ  
アーコザウリア（トリ、ワニ）とレピドザウリア（ヘビ、トカゲ）が分岐
- b. 形態的特徴の再検討から作られた系統樹  
カメは単独で古い系統を示すのではなく、レピドザウリアに近縁
- c. mtDNAを使用した二グループの解析による系統樹  
カメはアーコザウリア（トリ、ワニ）に近縁。  
これまでの形態からの分類とは異なる
- d. 核DNAにコードされる複数のタンパク質による解析  
カメはワニに近縁

分子データによる系統樹は、mtDNAを使用するか核DNAを使用するかで微妙に異なるが、カメのアーコザウリアへの近縁性を示している。  
宮田隆のグループの多数の核遺伝子を使用した解析ではcの系統樹が統計的に有意なものとして支持された。



カメはトリ、ワニの姉妹群であり、カメの側頭窓は進化の過程で失われた。  
（発生学の分野でもカメは二次的に側頭窓を失った双弓類であることが示唆されている。）

## 鳥類と爬虫類の新しい分類体系



鳥類と爬虫類の新しい分類体系 (Crawford et al. 2012とWang et al. 2013を基に作図。  
分類階級はRuggeiro et al. 2015に従った)

[http://natural-history.main.jp/Algae\\_Column/Etcetra/Bird/Bird.html](http://natural-history.main.jp/Algae_Column/Etcetra/Bird/Bird.html)

レピドザウリア (lepidosauria) は次の二つに分かれる  
有鱗目 (Squamata) ヘビ、トカゲなど  
ムカシトカゲ目 (Sphenodontia) ムカシトカゲ

有鱗目は、次のように分類される

トカゲ亜目 Lacertilia

ヤモリ下目 Gekkota

イグアナ下目 Iguania

トカゲ下目 Scinomorpha

オオトカゲ下目 Platynota

ヘビ亜目 Serpentes

メクラヘビ下目 Scolecophida

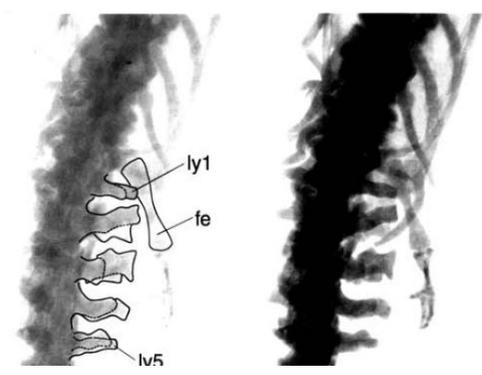
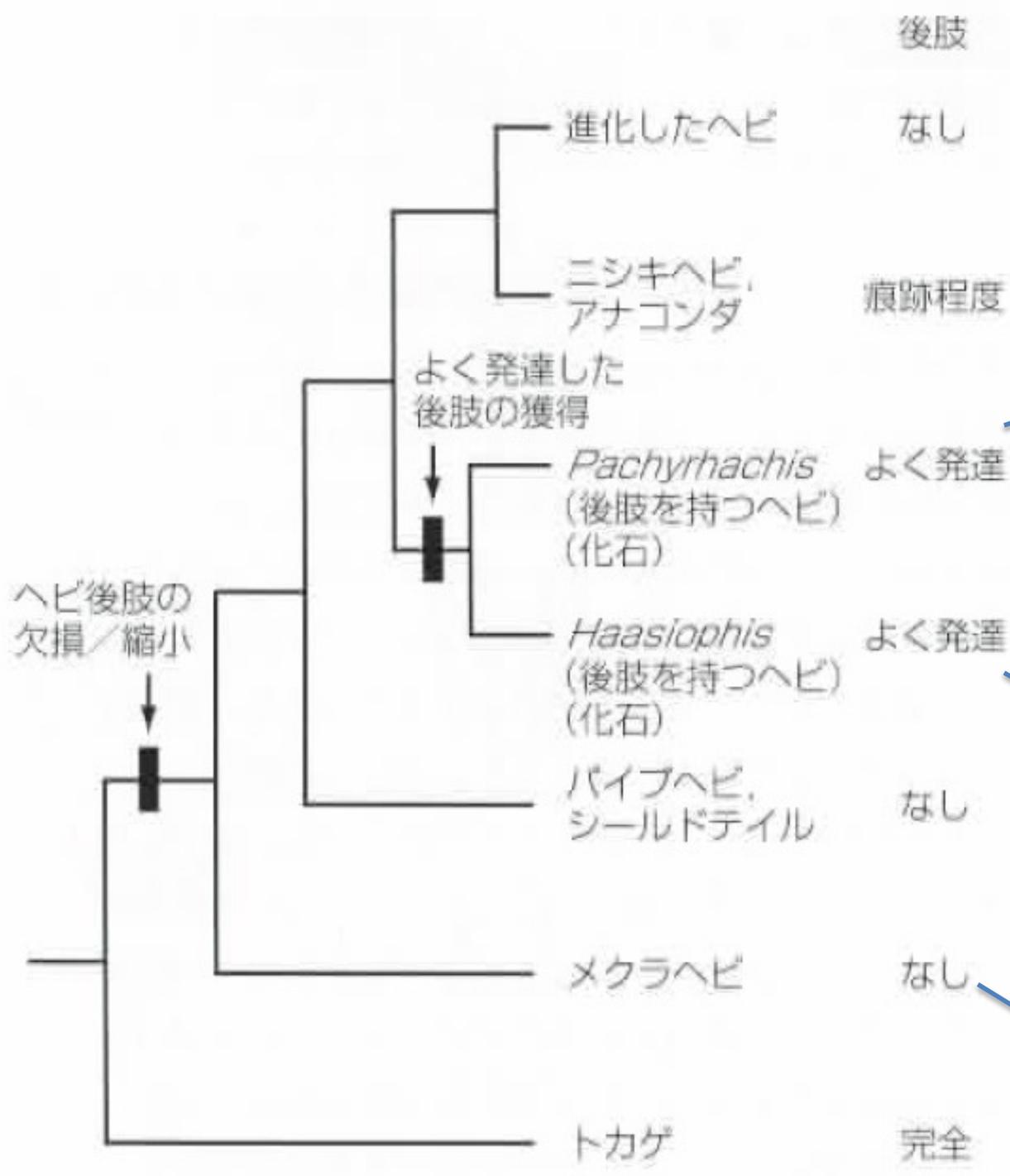
真蛇下目 Alethinophida

ミミズトカゲ亜目 Amphisbaenia

ヘビはどのように肢を失ったのか？

※ ヘビの四肢欠失は地中の穴掘りに適応したという説と、水中遊泳に適応したという説がある。

化石記録と発生学的研究をふまえて構築されたヘビの四肢欠損の進化





## ヘビの後肢欠失の進化の流れ

ヘビ亜目の共通祖先で後肢を  
欠失/縮小



後肢を回復したグループが現れる。



そのグループから再度、後肢を失う  
ものが出現

## ニシキヘビの後肢の痕跡

<http://d.hatena.ne.jp/sl-st/20100913/1284410256>

より

ニシキヘビの発生では、肢芽までは形成されるが、後肢の発生は停止し成長は観察されない

ニシキヘビの後肢芽は、他の四足動物の肢芽と異なり、外胚葉性頂堤(AER)や極性活性化域(ZPA)を欠いている。しかし、実験的に肢芽中胚葉はそれらを誘導する能力を持つことが示されている

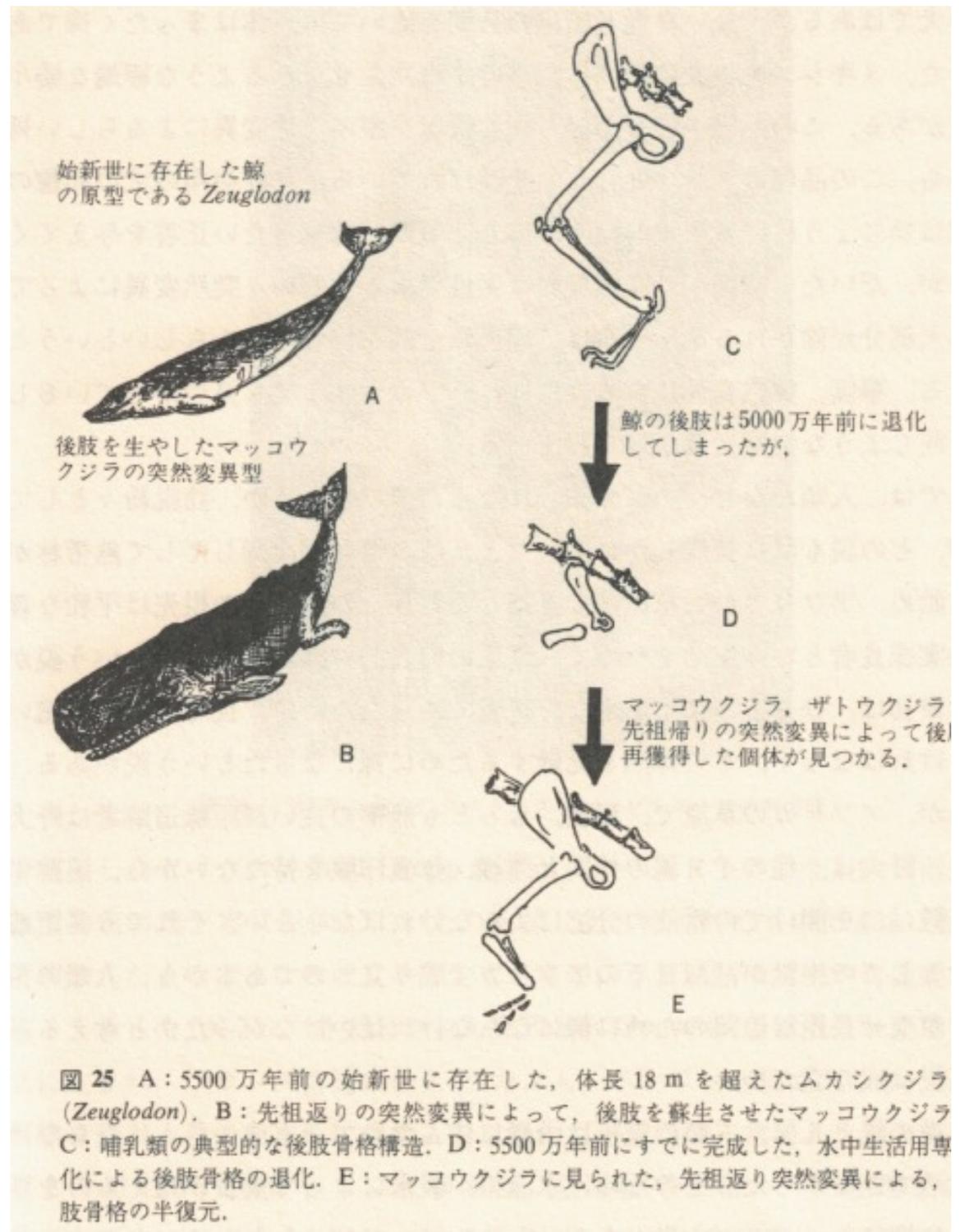
ニシキヘビは後肢形成のプログラムのほとんどを保持しているが、少数の因子を欠いているため肢芽の成長を維持できない。

※ 有鱗目では、ヘビ亜目と独立にミミズトカゲ亜目でも四肢の欠失が生じた

構造の欠失は、必ずしもそれをつくるのに必須な遺伝子や制御回路の喪失を意味しない。

無肢性の状態は取り消すことが可能

例1: クジラやイルカには、まれに後肢を持つ個体が自然発生する



構造の欠失は、必ずしもそれをつくるのに必須な遺伝子や制御回路の喪失を意味しない。

無肢性の状態は取り消すことが可能

例1:クジラやイルカには、まれに後肢を持つ個体が自然発生する

クジラ類の後肢は、胎児のごく初期に、一対の高まりが出来ることがあるが、やがて消失して、一生無くなる。したがって、写真のように成熟した、クジラに見られるのが、非常に珍しい。この突起は、マッコウクジラ(雌、体長10.6メートル)にあった、一対の突起の右側のものである。高まりは左6.5cm、右5.4cm。この突起の内側にある3個の骨は、骨盤、大腿骨、脛骨に相当すると考えられる。また筋肉群と多数の血管及び2本の太い神経も観察された。



マッコウクジラの後足(後肢突起)

サイズ

高さ 0.45メートル

幅、上 0.28メートル

幅、下 0.285メートル

日本にただ一つの標本で、

この写真はおしかホエールランドより

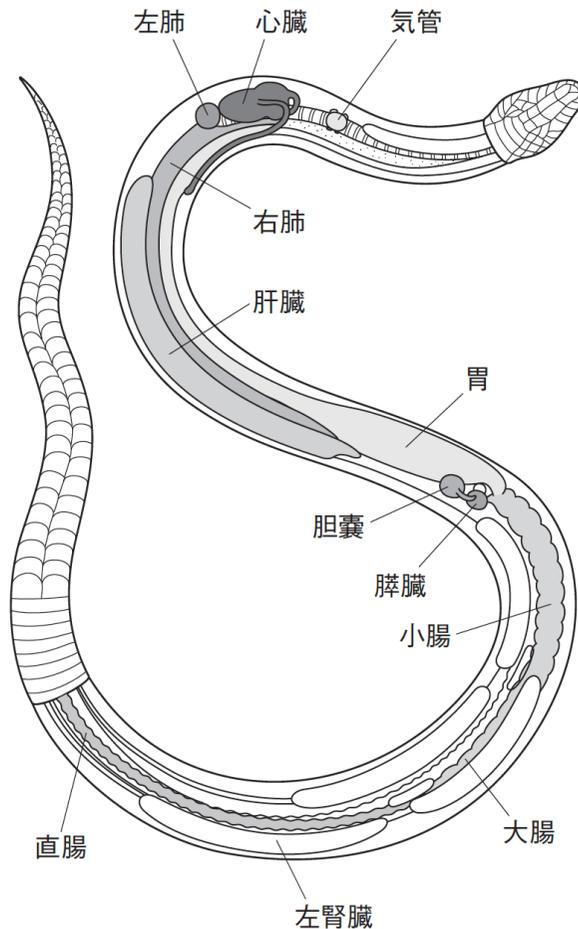
送付されたもの

[http://www24.big.or.jp/~kyusoku/w\\_live.htm](http://www24.big.or.jp/~kyusoku/w_live.htm) より

「単純から複雑へ」という図式はいつも正しいわけではない

宮田隆 (2014) 「分子からみた生物進化」 講談社

# ヘビの肺



多くの種で左肺が退化し、痕跡程度となっている。

右肺は、前方から**気管肺**、**気管支肺**、**嚢状肺**よりなる

哺乳類：横隔膜を動かして肺を伸縮させて呼吸

爬虫類(カメ除く)：肋骨の開閉で肺を動かして  
肺を伸縮

エサを飲みこんだ際は、肋骨の開閉ができない  
ので、嚢状肺を伸縮させて肺の換気を行う

図1 ニシキヘビの解剖図

スロベニアの爬虫類のサイト (<http://www2.arnes.si/~bkleme14/Skupna/prehrana.html>) からの引用, 改変

<http://www.chugaiigaku.jp/upfile/browse/browse1283.pdf>

および

<https://yomitai.jp/series/animal/15-ohbuchi/> より

両生類 アシナシイモリの場合

--→ 左肺が退化し、右肺のみで呼吸



<https://www.afpbb.com/articles/-/3036745>

爬虫類 ミミズトカゲ

-→ 右肺が退化



<https://pasha.line.me/zukan/5c989ff569c5ef8af06b6a05>

グラフィック・サイエンス  
"A Genetic Guide to Birds"

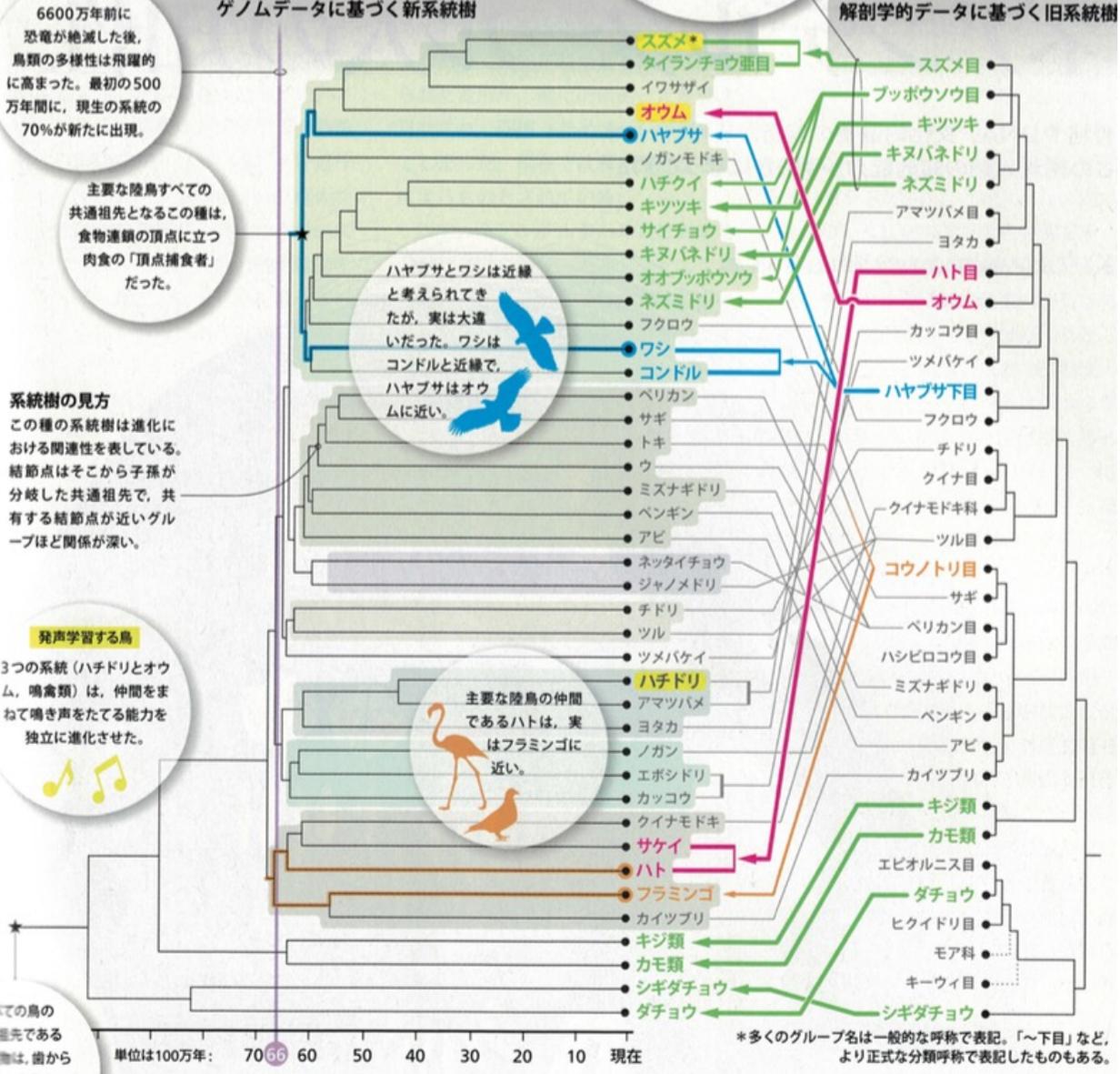
緑で示した枝の分岐に関しては  
新版でも旧版と概ね変わらない。  
ハトとオウム(赤)などその他の  
グループについては、ゲノム情報に  
基づいて大幅に見直された。

# トリの分類

分子分類が進み、  
これまで形態から  
同一グループとみなされて  
いたものが見直されてきて  
いる。

例1  
ハヤブサは、タカの仲間  
と思われていたが、  
スズメやオウムと近縁

例2  
サギはコウノトリの仲間と  
考えられていたが、  
ペリカンに近い

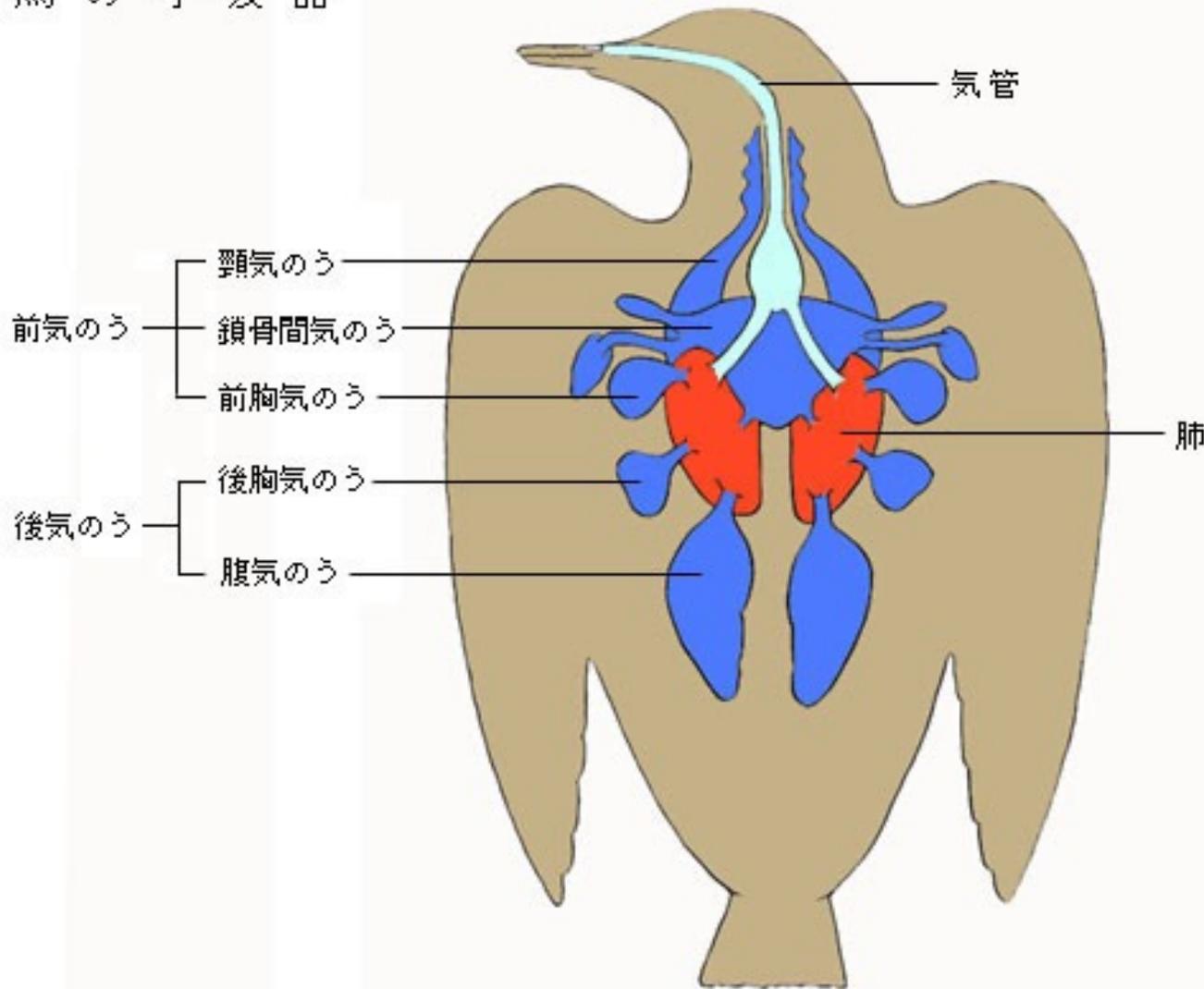


## 改訂された鳥の系統樹

ゲノムデータに基づき模様替え

日経サイエンス 6月号  
(2015), pp.55

## 鳥の呼吸器



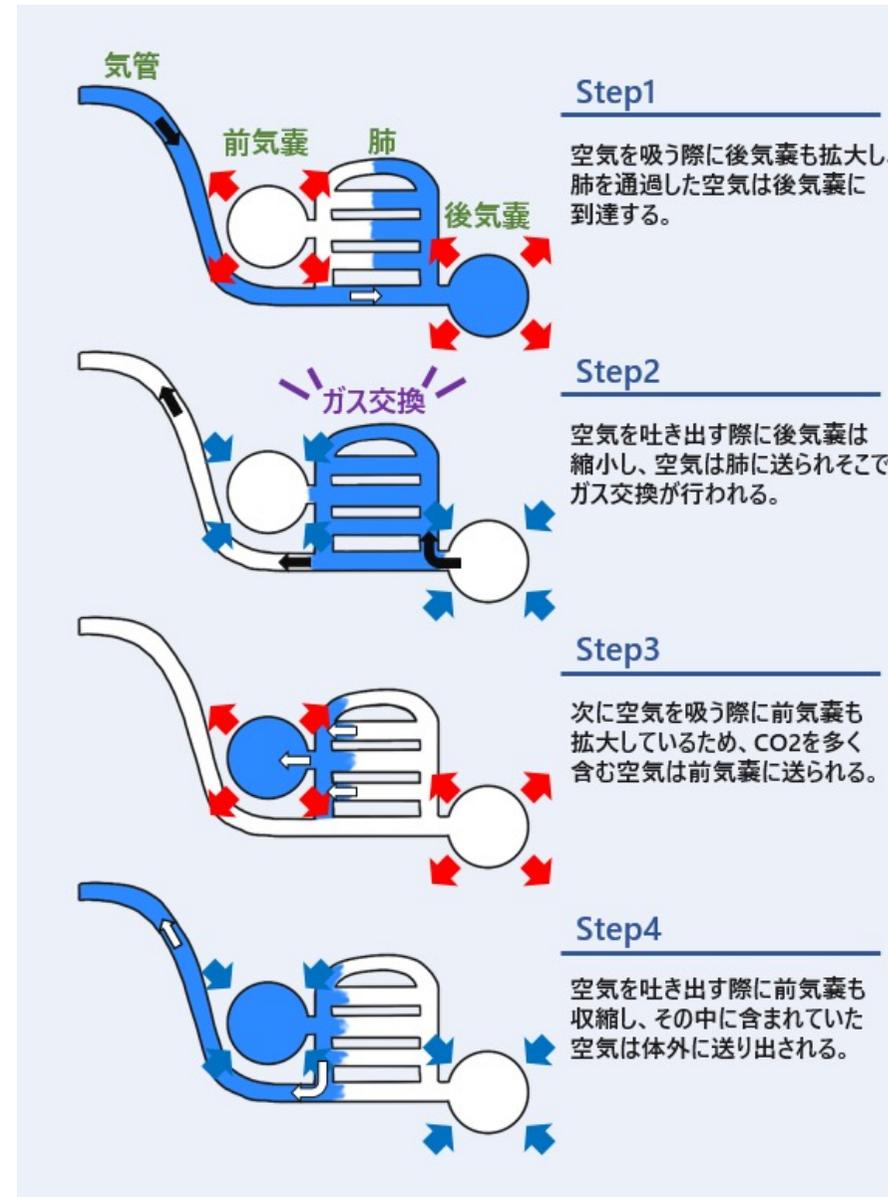
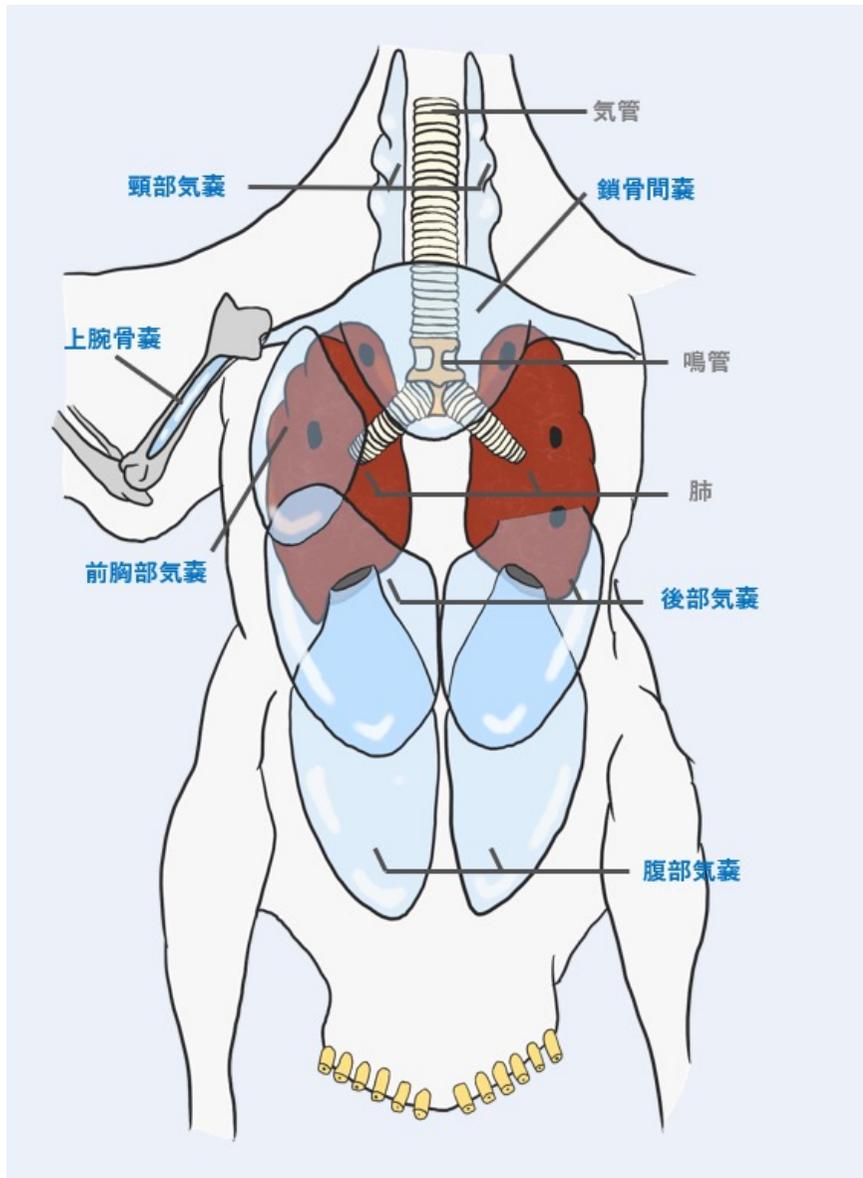
鳥の肺は小さい

その肺にはたくさんの「**気嚢**」という袋が接する。

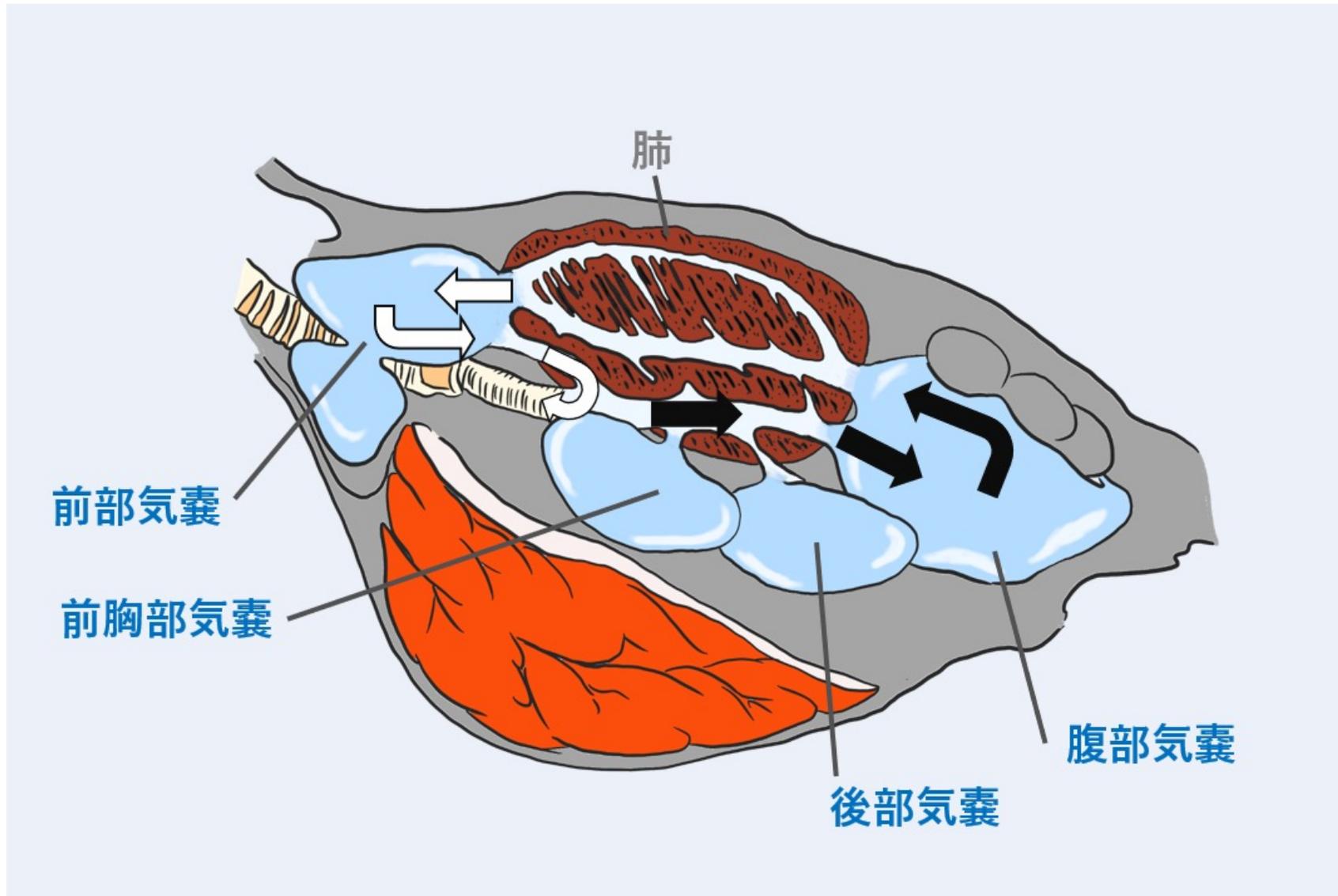
気嚢は、空気を送るポンプの役割

呼吸で体内に取り入れた新鮮な空気は肺を通らず、一時、**後気嚢**に蓄積  
後気嚢から送り出された空気が肺を通過するとき、酸素と二酸化炭素が交換

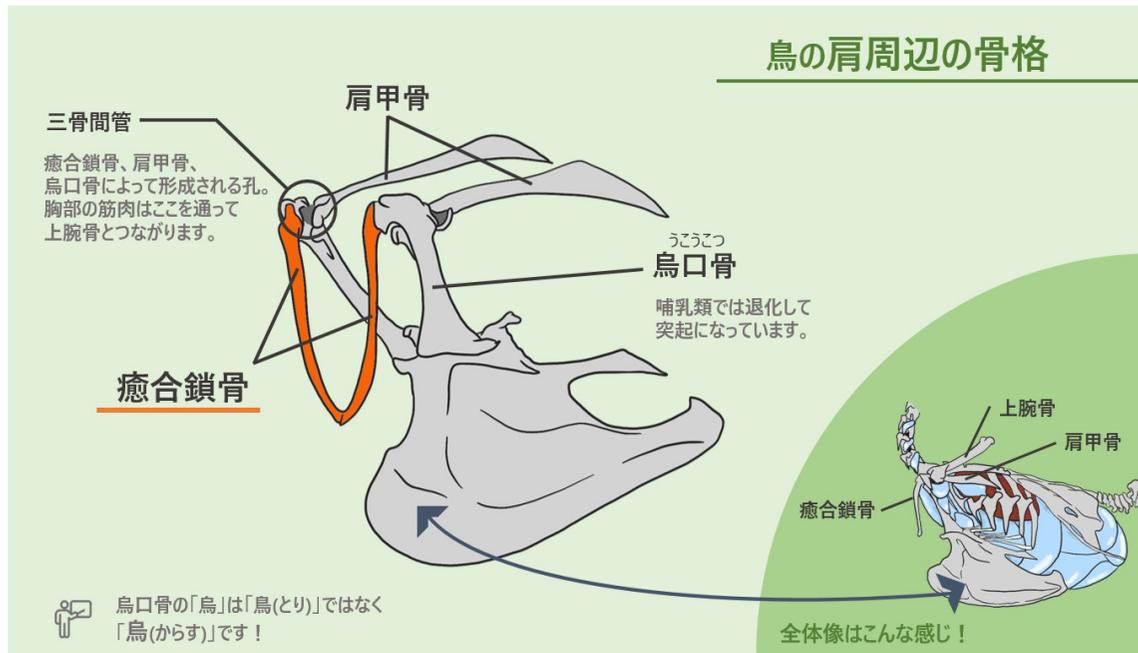
肺から排出された二酸化炭素は、**前気嚢**に蓄積、されてから排出。



<https://dolikyou.com/>哺乳類と違う！？鳥の独特な肺について獣医学生/ より



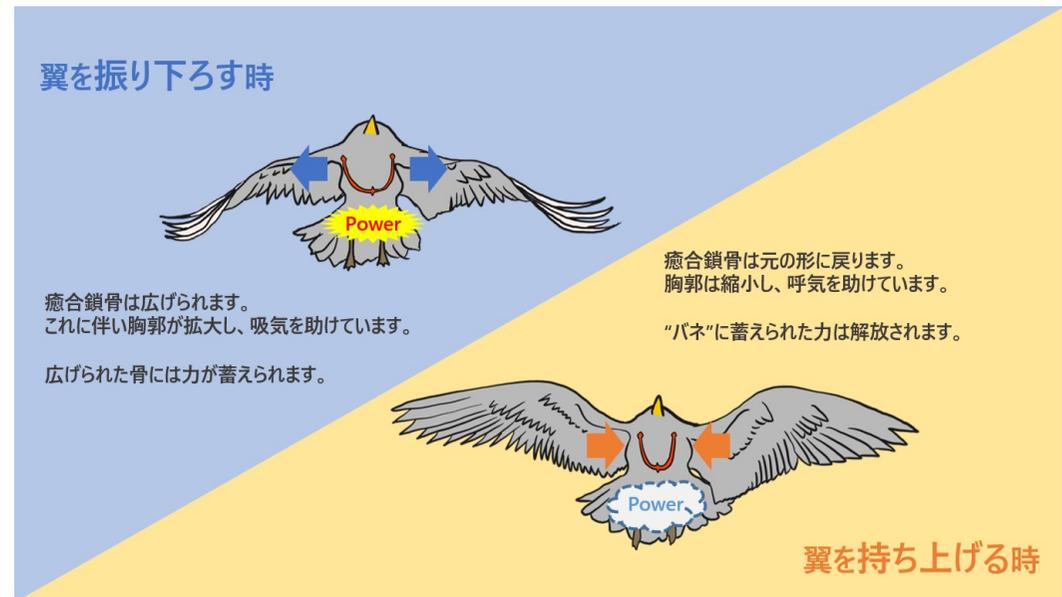
<https://dolikyou.com/>哺乳類と違う！？鳥の独特な肺について獣医学生/ より



## 癒合鎖骨

鳥は人間のように横隔膜を持たないため、胸郭を拡大・縮小させることで呼吸を行う。この運動は肋間筋(肋骨の間の筋肉)により行われる。

鳥の鎖骨も胸郭の運動に大きく関わっている



# トリと恐竜の関係

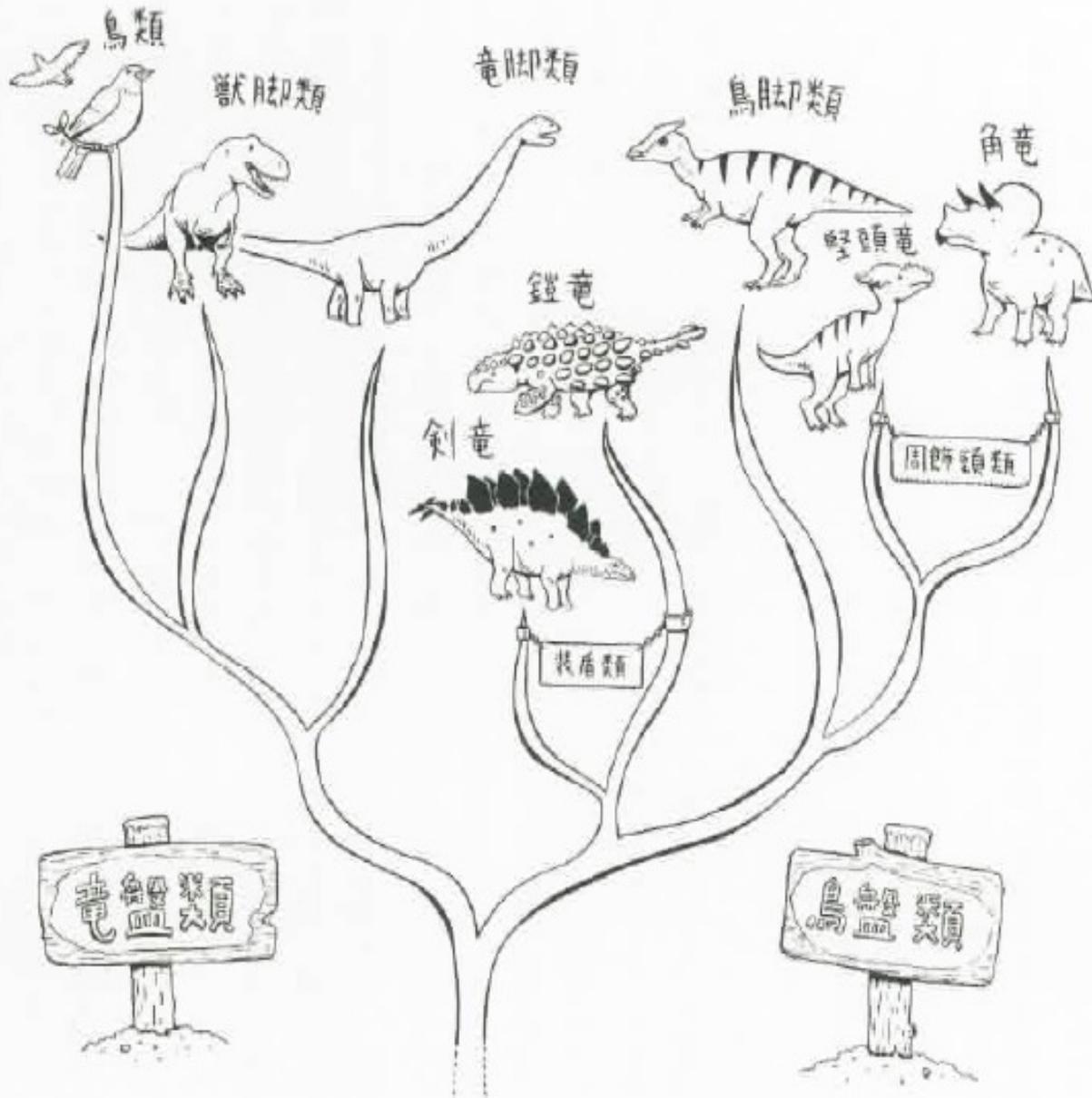
トリと恐竜(特に獣脚類)の共通の形質からその近縁性が指摘

- (1) 二足歩行
- (2) 3つ以上の仙骨を持つ
- (3) 左右がつながったV字型の鎖骨(叉骨)をもつ
- (4) 羽毛を持つ
- (5) 手根骨(手首の骨)が半円形で手首を回転できる
- (6) 恥骨が後方に伸び、座骨と平行(竜盤類の共通性)
- (7) 気嚢(きのう)と思われる中空の骨がある

これらの分岐分類学的解析、中国での多数の羽毛恐竜の発見などから鳥類は恐竜の子孫と認められるようになった。

<http://www.uraken.net/bato/paleo/paleo14.html>

川上和人(2013)「鳥類学者 無謀にも恐竜を語る」技術評論社



恐竜の大まかな系統

恐竜は、竜盤類と鳥盤類という、大きな二つのグループに分類されている。角竜と堅頭竜、剣竜と鎧竜は比較的近い仲間である。鳥は竜盤類のなかの獣脚類から進化したと考えられている。

# 翼竜、魚竜、首長竜は恐竜ではない

翼竜: プテラドン

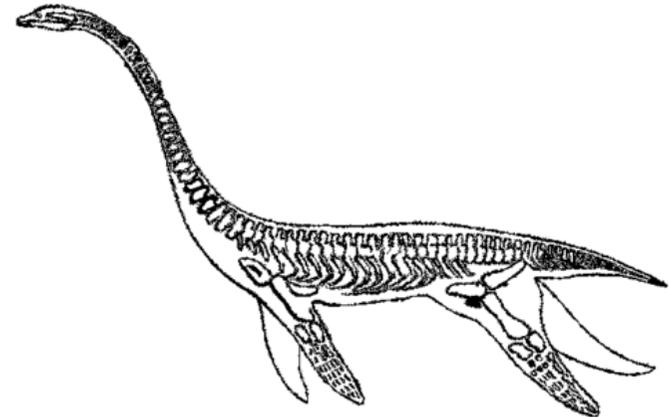
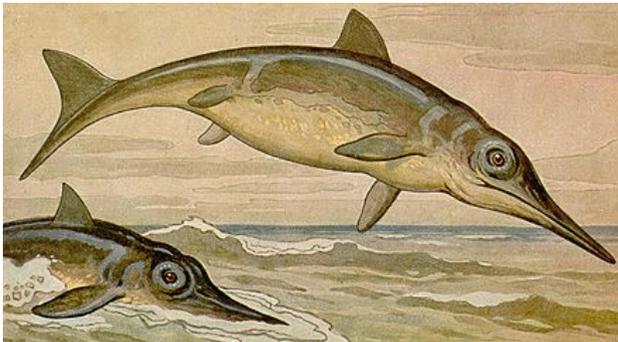
恐竜やワニと同じグループ(主竜類 Archosaurs)に分類

首長竜: プレシオサウルス、フタバズキリュウ  
トカゲやヘビに近縁

魚竜: イクチオサウルス

イルカの形態に収斂進化

トカゲやヘビの系統(鱗竜形類)と  
カメやワニの系統(主竜形類)の分岐以前に  
別れた古い系統



## 鳥類 の恐竜起源説の弱点 3本指の問題

ヘレラウルス（原始的な獣脚類）：前肢に5本の指  
第四指(薬指)と第五指(小指)は退化し小型化していた

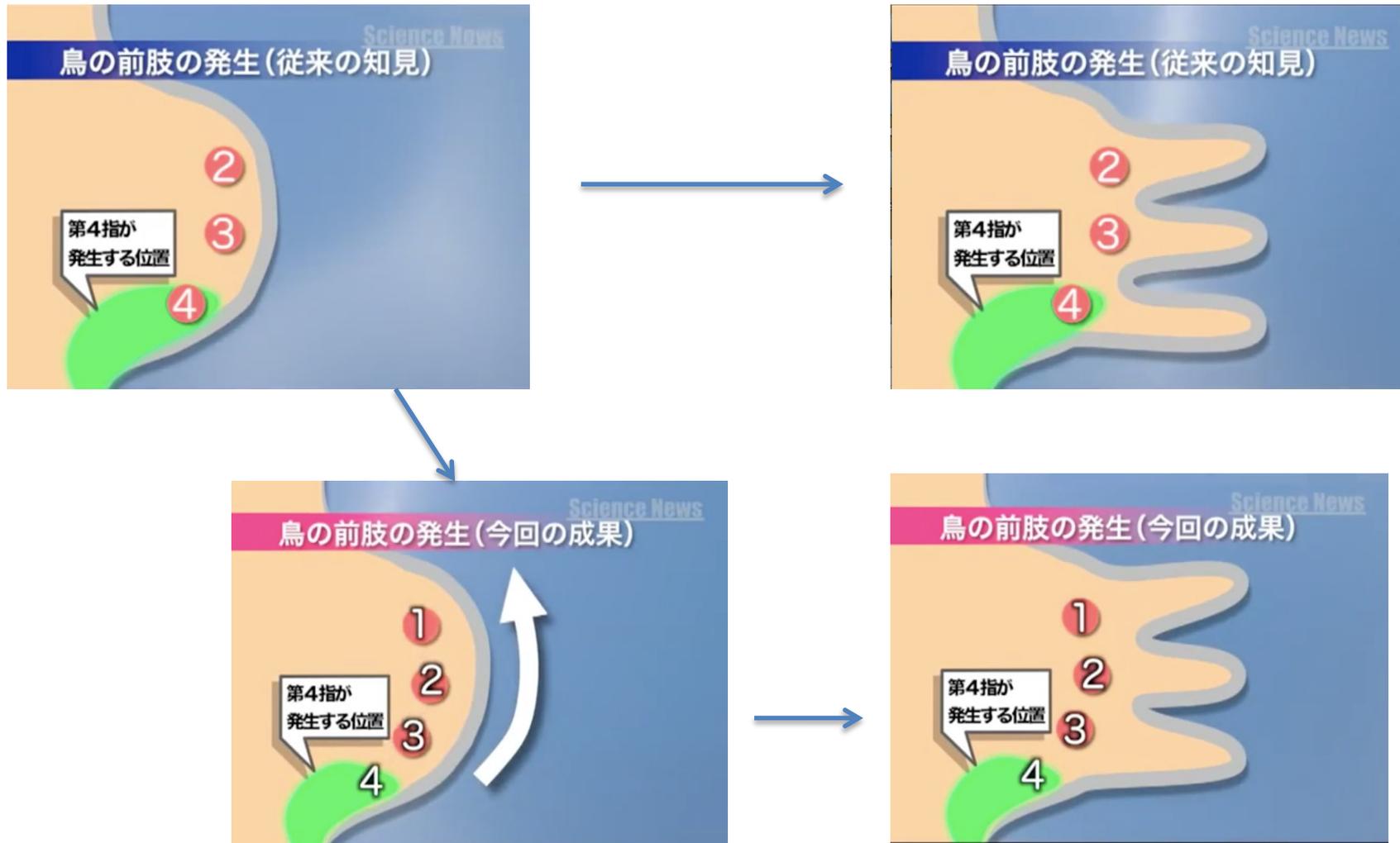
より進化した獣脚類；3本指  
第一指、第二指、第三指であると考えられていた

トリの翼：退化した3本の指がある  
ニワトリの胚発生を追跡から、第二指、第三指、第四指と  
考えられていた。

もし、トリが獣脚類から進化してきたのであれば、  
一度退化した第四指が再度現れ、第一指が退化する必要がある

蓄積されるトリと恐竜の共通性の中で、恐竜起源説の唯一の弱点  
であった。

2011年 東北大学 田村宏治のグループ



第二、三、四指の位置で生成した指の原型となる細胞が、途中でずれて第一、二、三の位置に移動して指になることがわかった。

[https://www.youtube.com/watch?v=9tNOym\\_sol0](https://www.youtube.com/watch?v=9tNOym_sol0) より

# 恐竜と鳥の前脚

人さし指

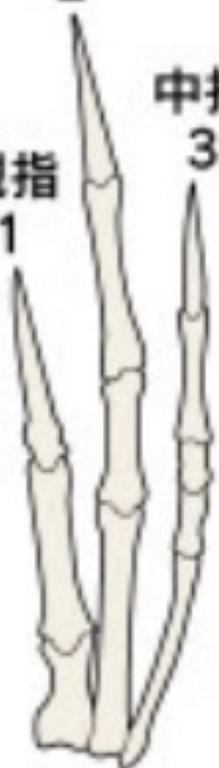
2

中指

3

親指

1



恐竜

人さし指

(中指)

2?

中指

(薬指)

3?

親指

(人さし指)

1?



ニワトリ

(注) カッコ内は従来の考え

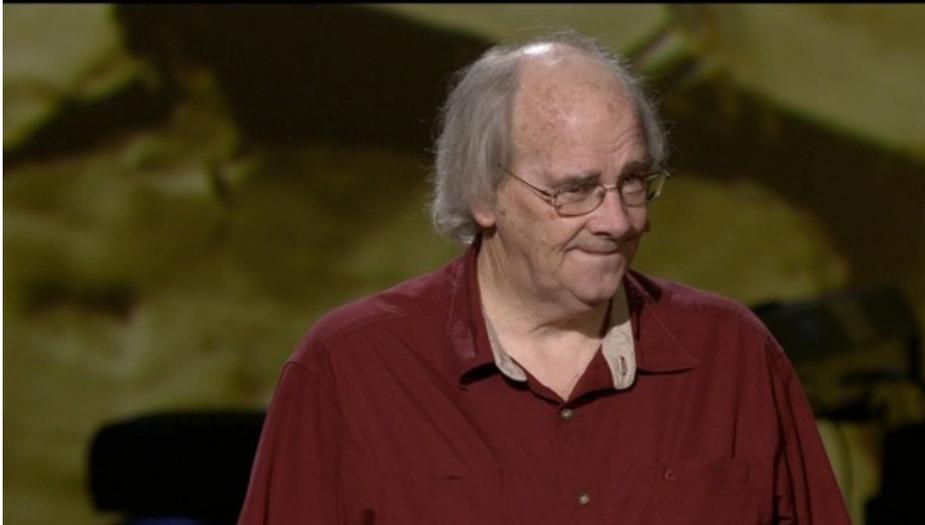


 画像の拡大

卵の中のニワトリの前脚、左から親指、人さし指、中指になる。右端の指らしきものは退化する(東北大・田村教授と神山菜美子さん提供)



## ニワトリから恐竜を作る



### Jack Horner

1946年米モンタナ州生まれ。  
モンタナ州立大学考古生物学教授  
ロッキー山脈博物館古生物学キュレーター  
アメリカ自然史博物館副館長を務める  
恐竜学者。映画「ジェラシックパーク」シリーズ  
の監修者。子育て恐竜マイアサウラの発見者、  
記載者としても有名。

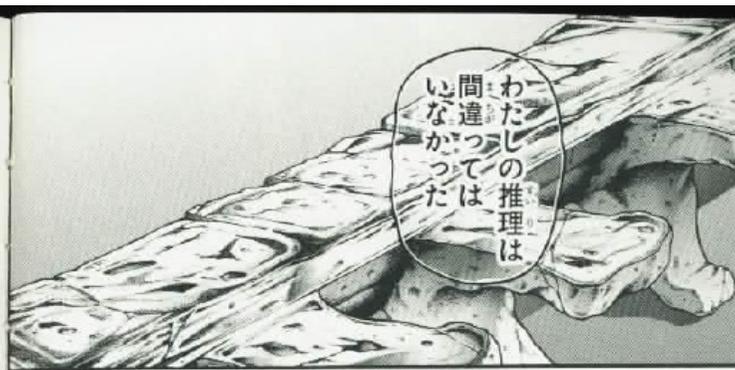
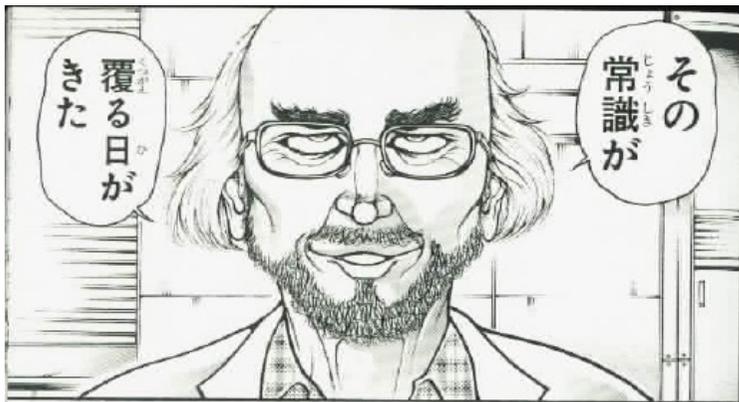
文章は、ジャック・ホーナー、ジェームズ・コーマン  
「恐竜再生」日経ナショナルジオグラフィック社 より

細な「製造の手引き」が手に入るのなら、発生プロセスをさかのぼり、今度は物をつかむ前肢や長い尾を製造するシグナル伝達因子を働かせることもできるのではないだろうか？

もし、羽毛の出現や指の変化の発生プロセスに匹敵する、進化のプロセスを提示できたなら、その進化の道筋が妥当かどうかを検証する手段として、発生の変えながら、発生その部分を再現できるだろう。私たちは、大進化を研究する本当に実験的な方法をとうとう手にすることになるのだ。

それなら、恐竜を作り出せばいいではないか？ ともかく、それが私の頭に浮かんだ考えだ。さまざまな細かい事柄はさておき、発生のプロセスの非常に小さな変化によって、成長とシグナル伝達のタイミングや集中度が制御され、鳥類以外の恐竜から鳥類が進化したのだとすると、発生プロセスのこうした変化を制御し直せば、恐竜を作り出せることは明らかに思えた。こうして、ニワトリの胚から恐竜を作るというアイデアに至ったのだ。

私はこの計画をさまざまな科学者に話した。アジアの在野の研究者には、すぐにでも着手できる人が何人かいた。問題の一つは資金だった。プロジェクト全体にすぐに取りかかるには、何百万ドルも必要だった。全米科学財団は、古生物学にはそこまで多額の助成金を支給してくれない。それに、ありがちなことだが、私が思いついた考えは、科学の標準的なカテゴリーにはうまく当てはまらなかった。ニワトリを恐竜に変えるのに何百万ドルも注ぎ込むのは、万人が認める賢明な科学の助成にはならないだろう。見通しがとても不確かだし、生命を根本的に変えるのだから、誰もが神経質になるだろう。ニワトリにとってこれが公正かどうかという



板垣恵介 (2014) 刃牙道 第1巻  
秋田書店

ジョン・ホナー博士のモデル



Jack Horner:

# Building a dinosaur from a chicken

TED2011 · 16:36 · Filmed Mar 2011  
Subtitles available in 29 languages

View interactive transcript



Watch later



Favorite



Download



Rate



1,969,730

Total views

Share this talk and track your influence!

TED Talks are free thanks to our partners



Renowned paleontologist Jack Horner has spent his career trying to reconstruct a dinosaur. He's found fossils with extraordinarily well-preserved blood vessels and soft tissues, but never intact DNA. So, in a new approach, he's taking living descendants of the dinosaur (chickens) and genetically engineering them to reactivate ancestral traits — including teeth, tails, and even hands — to make a "Chickenosaurus".

## Related playlists & talks



Playlist  
**Dinos!**



Playlist  
**Philippe Starck: 11**



Playlist  
**Ancient clues**

[http://www.ted.com/talks/jack\\_horner\\_building\\_a\\_dinosaur\\_from\\_a\\_chicken](http://www.ted.com/talks/jack_horner_building_a_dinosaur_from_a_chicken)

ホーナー博士には2つの夢がありました。恐竜博士になることと、恐竜をペットにすることです。

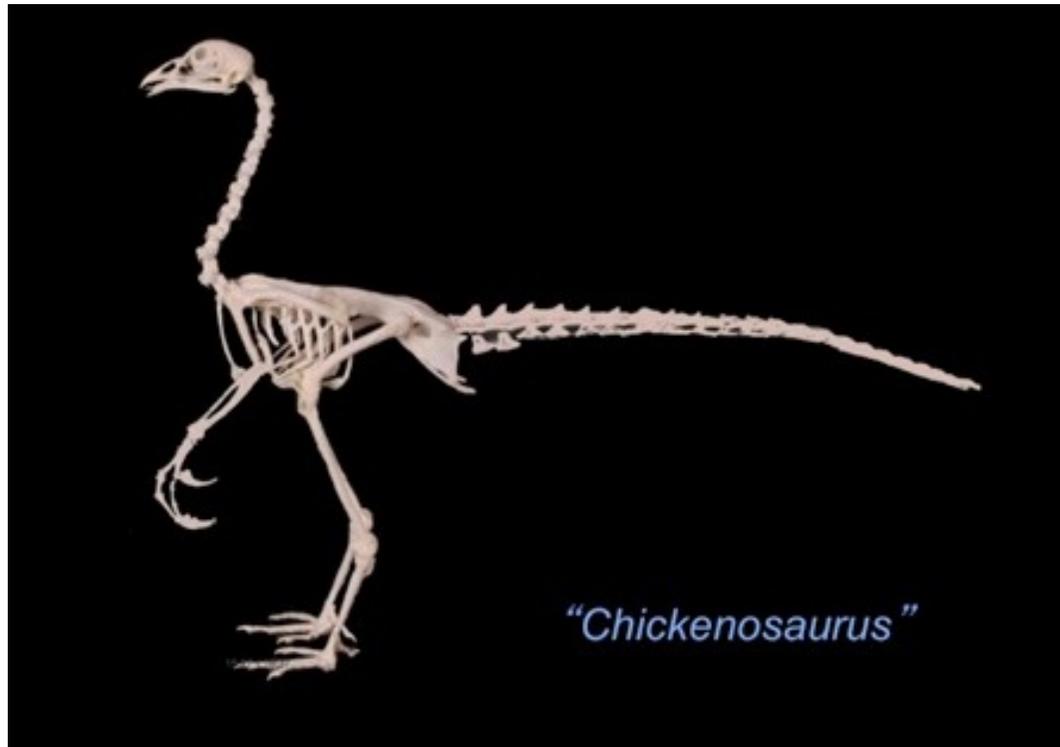
運にも恵まれた博士は、西半球における世界初の恐竜の卵と巣を発見しました。そして恐竜が巣を共同で守る社会的な動物だという証明に成功します。博士とその仲間たちの研究により、恐竜の生態はグッとイメージできるようになってきました。スピルバーグ監督の映画、ジュラシック・パークでも恐竜の社会性がきっちり描かれています。

博士は2つ目の夢、恐竜をペットにする挑戦も進めていました。ジュラシックパークのように琥珀にいる昆虫(蚊)から血液を採取し、恐竜のDNAを分析する方法も試しましたが、ダメでした。他にも色々な方法を試し、恐竜の骨を削った実験を通じてヘモグロビンや血管の発見には成功しましたが、肝心のDNA発見には至りませんでした。



[http://edu-dev.net/2013/02/23/1min\\_building\\_a\\_dinosaur\\_from\\_a\\_chicken/](http://edu-dev.net/2013/02/23/1min_building_a_dinosaur_from_a_chicken/) より

「鳥は生きた恐竜である」と博士は主張します。鳥類は恐竜の子孫であり、鶏も恐竜だと考える博士は、鶏から恐竜を復元する方法を考えました。遺伝子を大幅に改良するのではなく、過去に存在していた特徴を取り戻す遺伝子工学の力で、**鋭い歯を持つ鶏が誕生しました**。博士たちはさらに研究を重ね、カギ爪や長い尾を持つ鶏型の恐竜「**チキノザウルス**」の誕生を目指しているのです。



逆行進化  
reverse evolution

[http://edu-dev.net/2013/02/23/1min\\_building\\_a\\_dinosaur\\_from\\_a\\_chicken/](http://edu-dev.net/2013/02/23/1min_building_a_dinosaur_from_a_chicken/) より

# A new hypothesis of dinosaur relationships and early dinosaur evolution

Matthew G. Baron<sup>1,2</sup>, David B. Norman<sup>1</sup> & Paul M. Barrett<sup>2</sup>

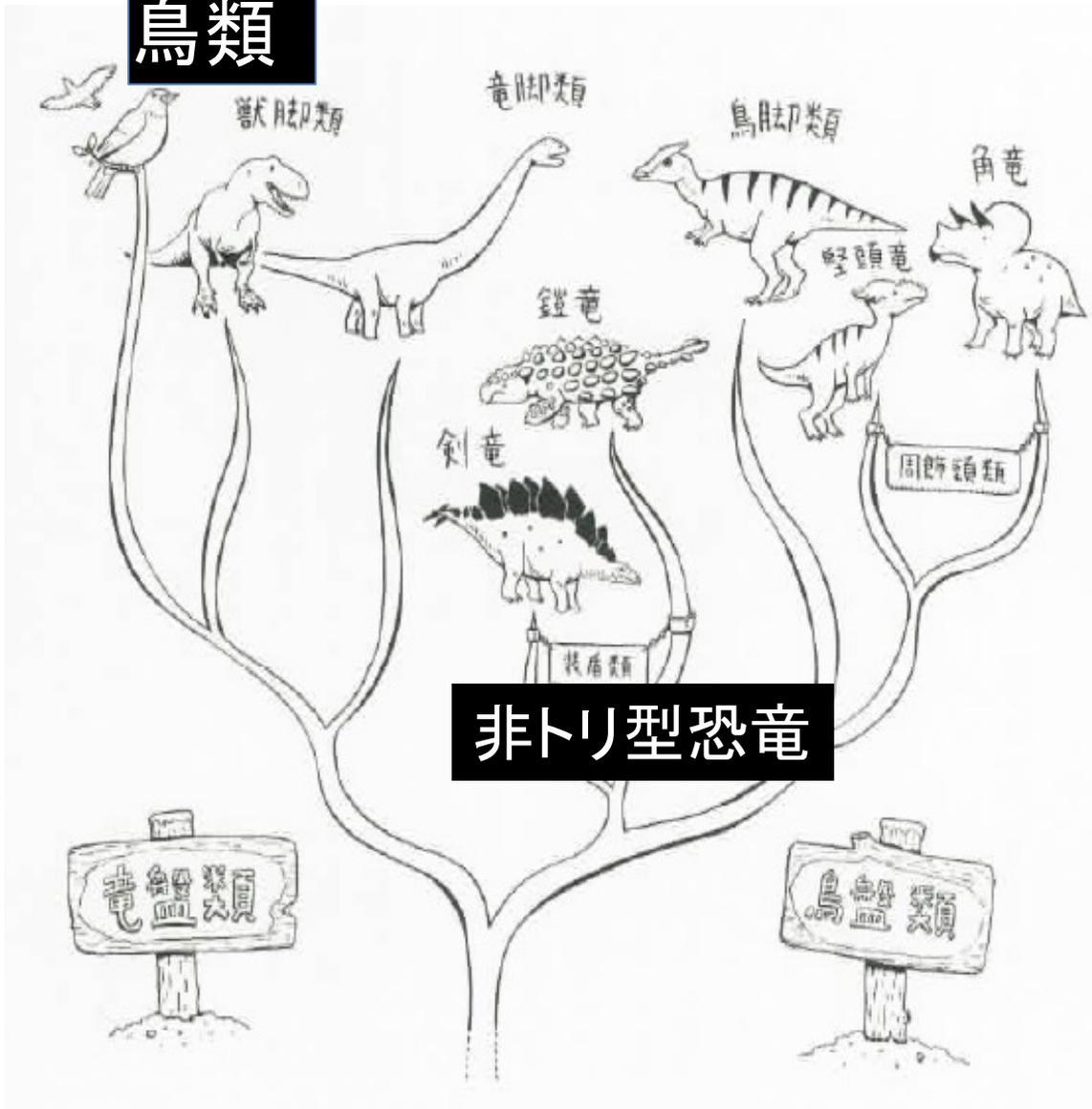
恐竜分類の新しい仮説

For 130 years, dinosaurs have been divided into two distinct clades—Ornithischia and Saurischia. Here we present a hypothesis for the phylogenetic relationships of the major dinosaurian groups that challenges the current consensus concerning early dinosaur evolution and highlights problematic aspects of current cladistic definitions. Our study has found a sister-group relationship between Ornithischia and Theropoda (united in the new clade Ornithoscelida), with Sauropodomorpha and Herrerasauridae (as the redefined Saurischia) forming its monophyletic outgroup. This new tree topology requires redefinition and rediagnosis of Dinosauria and the subsidiary dinosaurian clades. In addition, it forces re-evaluations of early dinosaur cladogenesis and character evolution, suggests that hypercarnivory was acquired independently in herrerasaurids and theropods, and offers an explanation for many of the anatomical features previously regarded as notable convergences between theropods and early ornithischians.

During the Middle to Late Triassic period, the ornithodiran archosaur lineage split into a number of ecologically and phylogenetically distinct groups, including pterosaurs, silesaurids and dinosaurs, each characterized by numerous derived features<sup>1</sup>. By the Carnian stage of the Late Triassic (around 230 million years ago (Ma)), dinosaurs had diversified into three major lineages, Ornithischia, Sauropodomorpha and Theropoda, and, by the Norian stage (around 208 Ma), some dinosaur groups had become species-rich and numerically abundant<sup>2</sup>. Since 1887 (ref. 3) theropods and sauropodomorphs, which retain a classically reptile-like pelvic anatomy, have been regarded as forming a natural group (Saurischia), distinct from Ornithischia, which was characterized

ornithischian monophyly<sup>9,11,14</sup>. As a result, these studies have incorporated numerous, frequently untested, prior assumptions with regard to dinosaur (and particularly ornithischian) character evolution, and have overlooked the possibility that some of the characters found in ornithischian taxa are homologues of those in saurischian dinosaurs, even though several authors have commented on the anatomical similarities shared by ornithischians and theropods<sup>13–16</sup>. In order to examine the possible effects of these biases on our understanding of dinosaur evolution, we carried out a phylogenetic analysis of basal Dinosauria and Dinosauromorpha and compiled, to our knowledge, the largest and most comprehensive dataset of these taxa to date. Although this

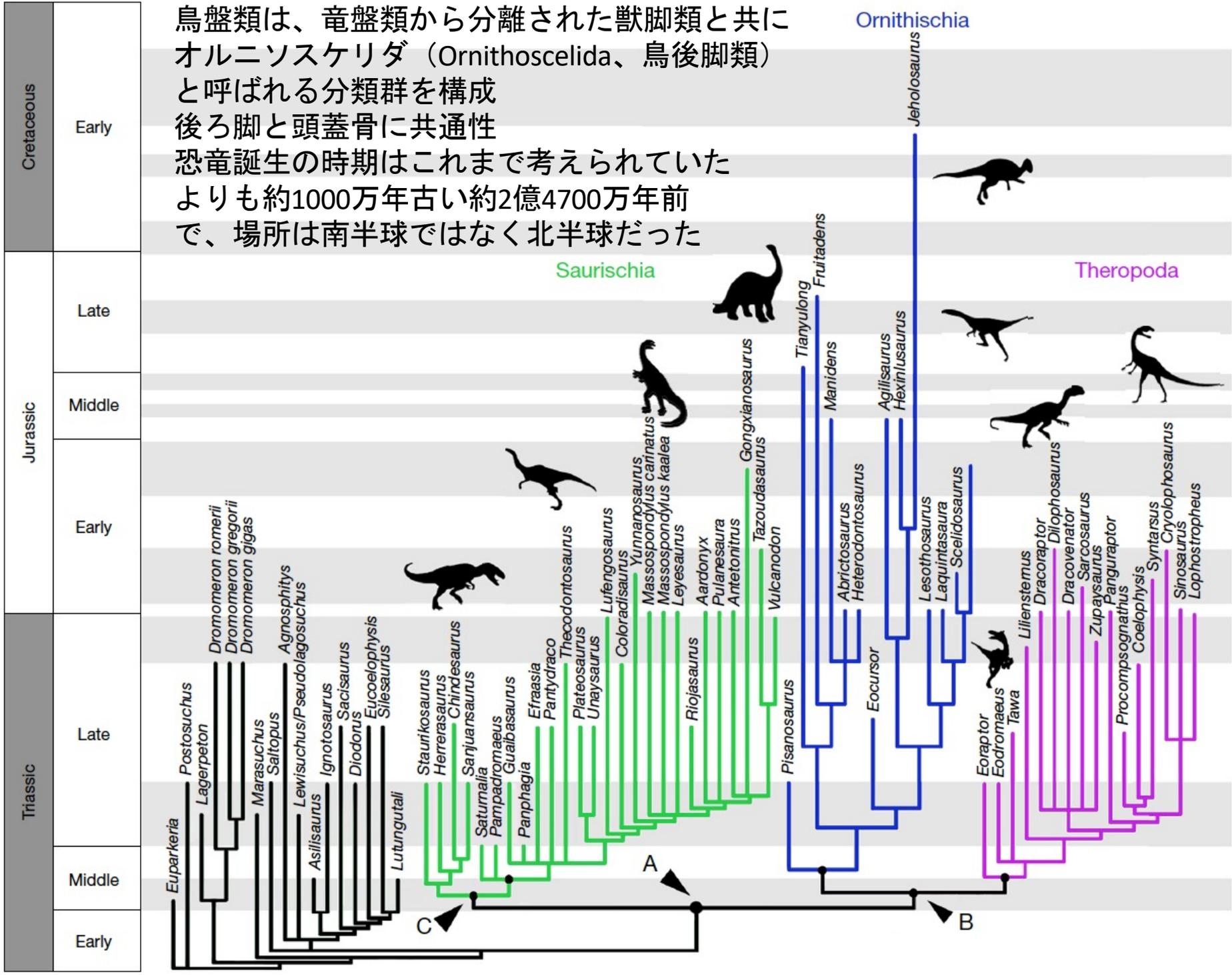
# 鳥類



# 非トリ型恐竜

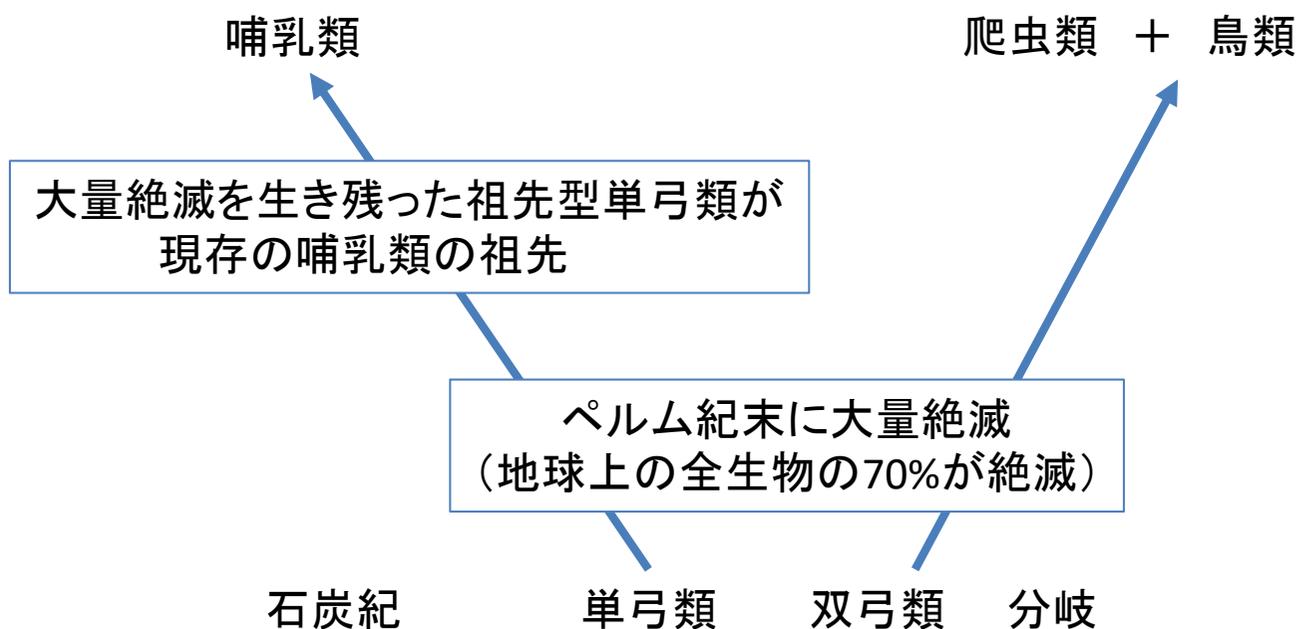
鳥類を含めて、恐竜は単系統の分類群を構成  
トリは恐竜に属す

非トリ型恐竜は側系統となり分岐分類学上は分類群を構成しない



鳥盤類は、竜盤類から分離された獣脚類と共に  
 オルニソスケリダ (Ornithoscelida、鳥後脚類)  
 と呼ばれる分類群を構成  
 後ろ脚と頭蓋骨に共通性  
 恐竜誕生の時期はこれまで考えられていた  
 よりも約1000万年古い約2億4700万年前  
 で、場所は南半球ではなく北半球だった

# 哺乳類と爬虫類の関係



※ 祖先型単弓類は、哺乳類型爬虫類と呼ばれていたが、最近は使われなくなっている

表 5.2 地質年代と主な出来事

累代	代	紀	世	年代	動物界の進化に関する主な出来事
顕生代	新生代	第四紀	完新世	1万 1700 年前～	大陸の位置は現在の形となる；くり返し氷河期となり海面が下降；大型の哺乳類や鳥類の絶滅；人類の進化
			更新世	258 万 8000 年前～	
		新第三紀	鮮新世	533 万 2000 年前～	
			中新世	2303 万年前～	
		古第三紀	漸新世	3390 万年前～	
			始新世	5580 万年前～	
	中世代	白亜紀	1 億 4550 万年前～	隕石による大量絶滅	
		ジュラ紀	1 億 9960 万年前～	パンゲア大陸の分裂、恐竜の繁栄、鳥類の出現	
		三畳紀	2 億 5100 万年前～	哺乳類の出現、海洋動物の大量絶滅	
	古生代	ペルム紀	2 億 9900 万年前～	パンゲア大陸の形成、爬虫類が繁栄；大量絶滅	
		石炭紀	3 億 5920 万年前～	ゴンドワナ超大陸の形成、両生類が繁栄	
		デボン紀	4 億 1600 万年前～	硬骨魚類の多様化；海洋動物の大量絶滅	
		シルル紀	4 億 4370 万年前～	無顎類の多様化、最古の陸上節足動物化石（4 億 2800 万年前）	
		オルドビス紀	4 億 8830 万年前～	海洋動物の適応放散；海洋動物の大量絶滅	
		<u>カンブリア紀</u>	5 億 4200 万年前～	カンブリアの大爆発（微小有殻化石、バージェス頁岩動物群）、ほとんどの動物門の出現、無顎類の出現	
	原生代			25 億年前～	最古の真核生物の化石（21 億年前）、 <u>エディアカラ化石群</u> （6 億 2000 万年前～5 億 4200 万年前）
始生代			40 億年前～	最古の生痕化石（39 億年前）、最古の原核生物化石（35 億年前）	
冥王代			45 億年前～		

(Futuyama, 2005 を改変。年代は International Commission on Stratigraphy に基づく)

# 哺乳類

單孔類

有袋類

有胎盤類

# 哺乳類の進化

## 単孔類

1億6,500万年前に分岐

哺乳類全般の特徴として乳腺、体毛、耳小骨の発達がある一方、卵生、肛門と生殖口が一つの穴(総排出口、名前の由来)など爬虫類的特徴を持つ。

カモノハシ亜目とハリモグラ亜目よりなる。オーストラリアに分布

## 有袋類

1億5,000万年前に分岐。

胎生だが複雑な胎盤を持っていないため、子は未成熟な状態で生まれ、育児嚢で育てる。

南米とオーストラリアに分布

※ 比較的初期に分岐したオポッサムやケノレステスは南米に、それ以外はオーストラリアに生息

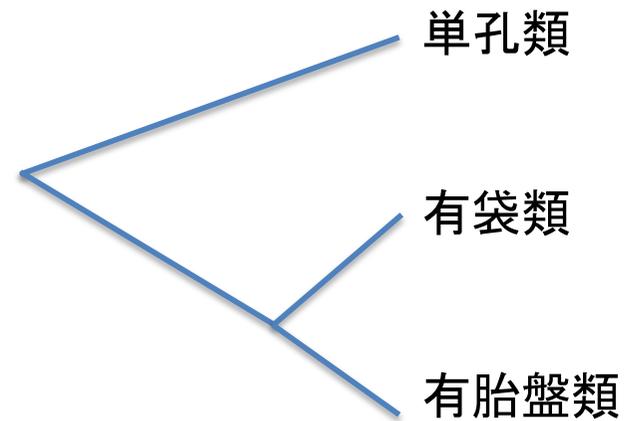
---→ もともと南米大陸にいた有袋類が、当時地続きだった南極とオーストラリアに分布を広げたと考えられている。

※ 南極大陸から有袋類の化石が発見されている

カモノハシ: カモノハシはオスもメスも蹴爪を持ち、そこから毒の混合物を分泌



ハリモグラ



有袋類

コアラ



カンガルー



ウォンバット



**MOGUMOGU ZOO**  
動物園の動物って何を食べてるの？

**ウォンバット**

(双前歯目 ウォンバット科)

## 有胎盤類 (真獣類)

3つの大きなクレードに分類される。

- **アフリカ獣類** Afrotheria  
アフリカ大陸に起源
- **異節類** Xenarthra (南米獣類)  
南米大陸に起源
- **北方獣類** Boreotheria  
北米とユーラシアをあわせたローラシアに起源



**図8** 大陸の分断と哺乳類の分岐

大陸の分断に伴い、有胎盤類の3大クレードはアフリカ大陸、南米大陸、ローラシア大陸でそれぞれ多様化を遂げた

岡田典弘、西原秀典 (2013)  
“哺乳類” 遺伝 67, p.119-126

# Making the Impossible Possible: Rooting the Tree of Placental Mammals

Emma C. Teeling<sup>1</sup> and S. Blair Hedges<sup>\*,2</sup>

<sup>1</sup>School of Biology and Environmental Science, University College Dublin, Dublin, Ireland

<sup>2</sup>Department of Biology, Pennsylvania State University, University Park

\*Corresponding author: E-mail: sbh1@psu.edu.

Associate editor: Sudhir Kumar

## Abstract

Untangling the root of the evolutionary tree of placental mammals has been nearly an impossible task. The good news is that only three possibilities are seriously considered. The bad news is that all three possibilities are seriously considered. Paleontologists favor a root anchored by Xenarthra (e.g., sloths and anteater), whereas molecular evolutionists have favored the two other possible roots: Afrotheria (e.g., elephants, hyraxes, and tenrecs) and Atlantogenata (Afrotheria + Xenarthra). Now, two groups of researchers have scrutinized the largest available genomic data sets bearing on the question and have come to opposite conclusions, as reported in this issue of *Molecular Biology and Evolution*. Needless to say, more research is needed.

**Key words:** mammals, phylogeny, genome, biogeography, evolution.

Mol. Biol. Evol 30(9), p. 1999-2000

# Root of Placental Mammals

Approximately 95% of mammals are placentals, and their evolutionary relationships have rapidly come into focus through dozens of molecular analyses over the past two decades.

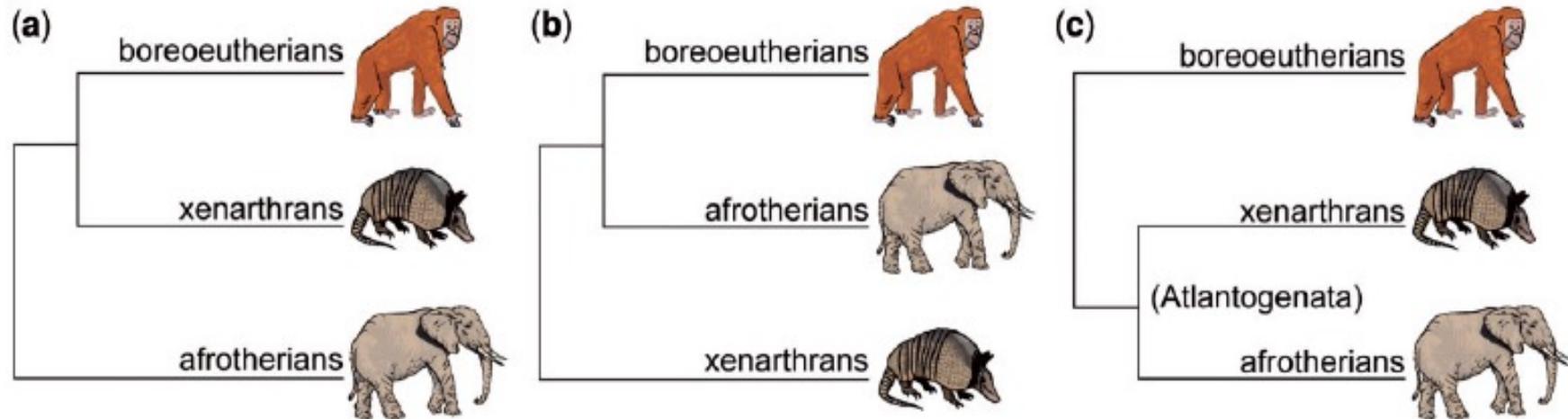


FIG. 1. The root of the evolutionary tree of living placental mammals. (a) Afrotherian root, (b) Xenarthran root, and (c) Atlantogenatan root.

Untangling the root of the evolutionary tree of placental mammals has been nearly an impossible task. The good news is that only [three possibilities](#) are seriously considered. The bad news is that all three possibilities are seriously considered.

Two articles in this issue (Morgan et al. 2013; Romiguier et al. 2013) address one such node, the root of the tree of living placental mammals, and come to [different conclusions](#).

Both Morgan et al. (2013) and Romiguier et al. (2013) [concatenate and analyze some of the largest phylogenomic mammalian data sets](#) to date.

## アフリカ獣類

単系統をなす。2つのグループに分類

- 近蹄類 (Paenungulata)

単系統をなす

長鼻類(ゾウ)と海牛類(ジュゴン、マナティー)の近縁性が示唆されているが、まだ明解な答えはない

- アフリカ好虫類 (Afroinsectiphilia)

内部の系統はまだコンセンサスが得られていない。

アフリカトガリネズミ目とハネジネズミ目は、単系統で Afroinsectivora というグループを構成する仮説は有力

※ アフリカトガリネズミ目に含まれるテンレックやキンモグラは、従来の形態に基づく分類では、ハリネズミやモグラと同じ食虫目に分類されていた。

ハリネズミやモグラは、北方獣類の真無盲腸目に属している。

## 異節類

次の2つに分類

- 被甲目 アルマジロ
- 有毛目 アリクイ、ナマケモノ

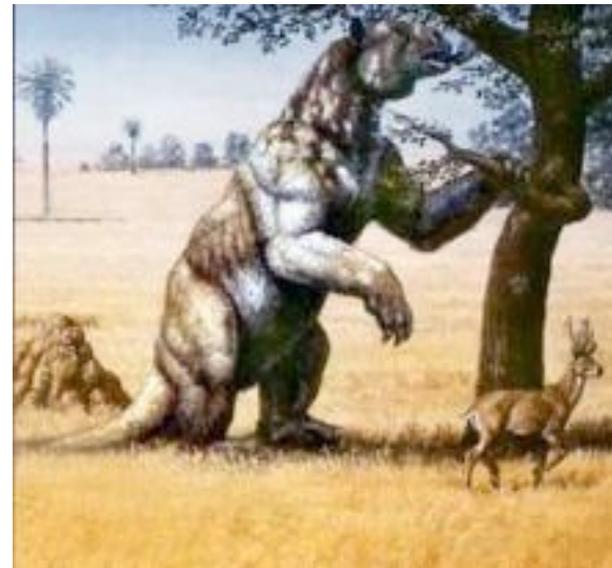
南米大陸に大型の異節類がおり、北米大陸への進出したが、数千年前までに絶滅

被甲目  
有毛目

グリプトドン  
メガテリウム（地上性ナマケモノ）



グリプトドン



メガテリウム

かつて南米大陸には

火獣目、南蹄目、滑距(かつきよ)目

などの大型哺乳類が生息していたことが化石記録からわかっている。

それらは北米から移住してきた哺乳類との生存競争に破れて絶滅

これら絶滅哺乳類と異節類の類縁関係は不明

## 北方獣類

次の2つのグループに分類される

- **ローラシア獣類** (Laurasiatheria)

真無盲腸目が最初に分岐

センザンコウと食肉目は単系統

それ以外の系統についてはまだコンセンサスが得られていない

食肉目、センザンコウ、奇蹄目、コウモリがクレードを形成する(**ペガサス野獣類**、コウモリと奇蹄目が含まれることから命名)という説が有力

- **真主齧類** (Euarchontoglires)

さらに次の2グループに分かれる

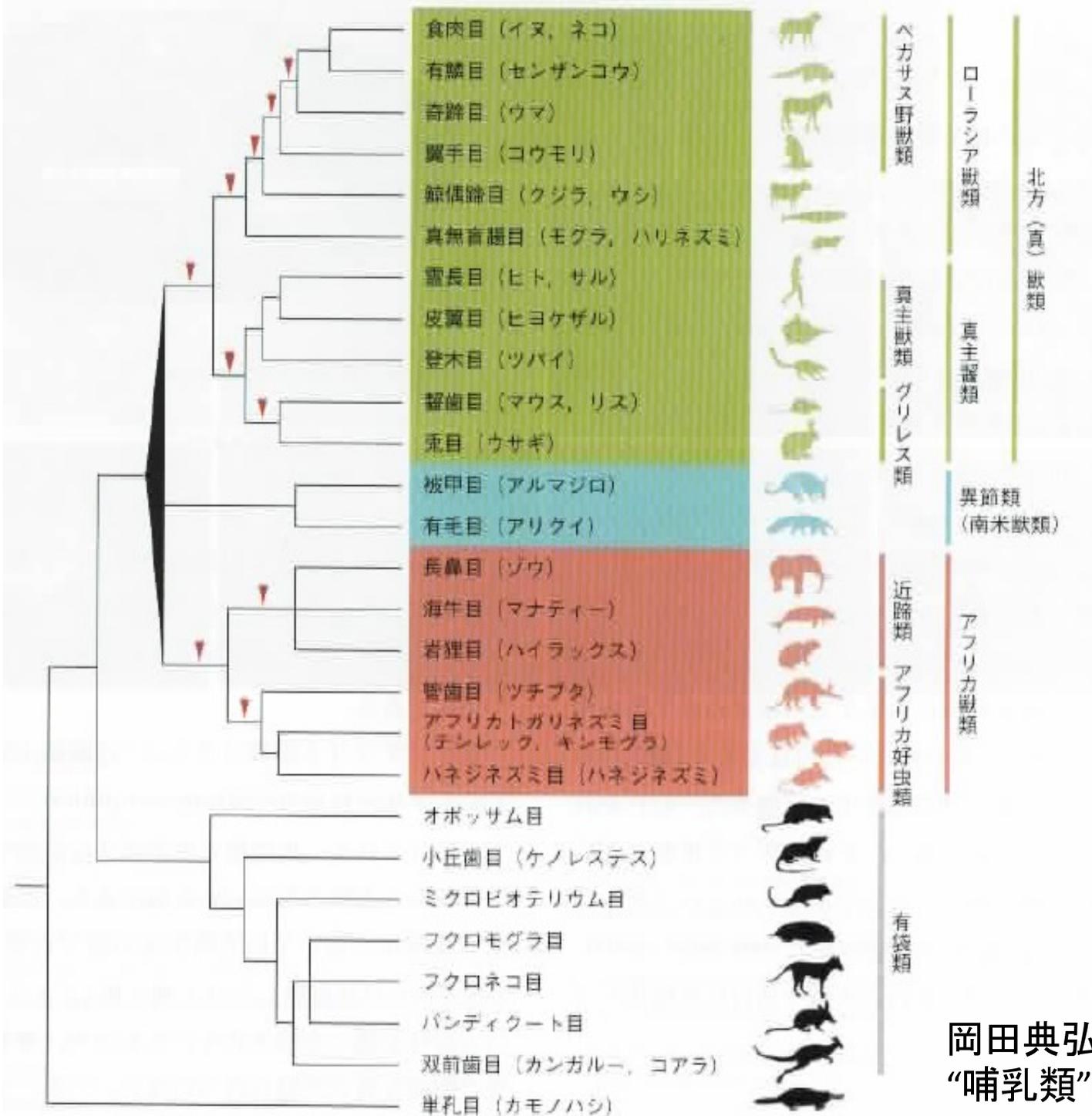
- **真主獣類**

ツパイが最初に分岐

ヒトを含む霊長類はここに属し、ヒヨケザルに近縁

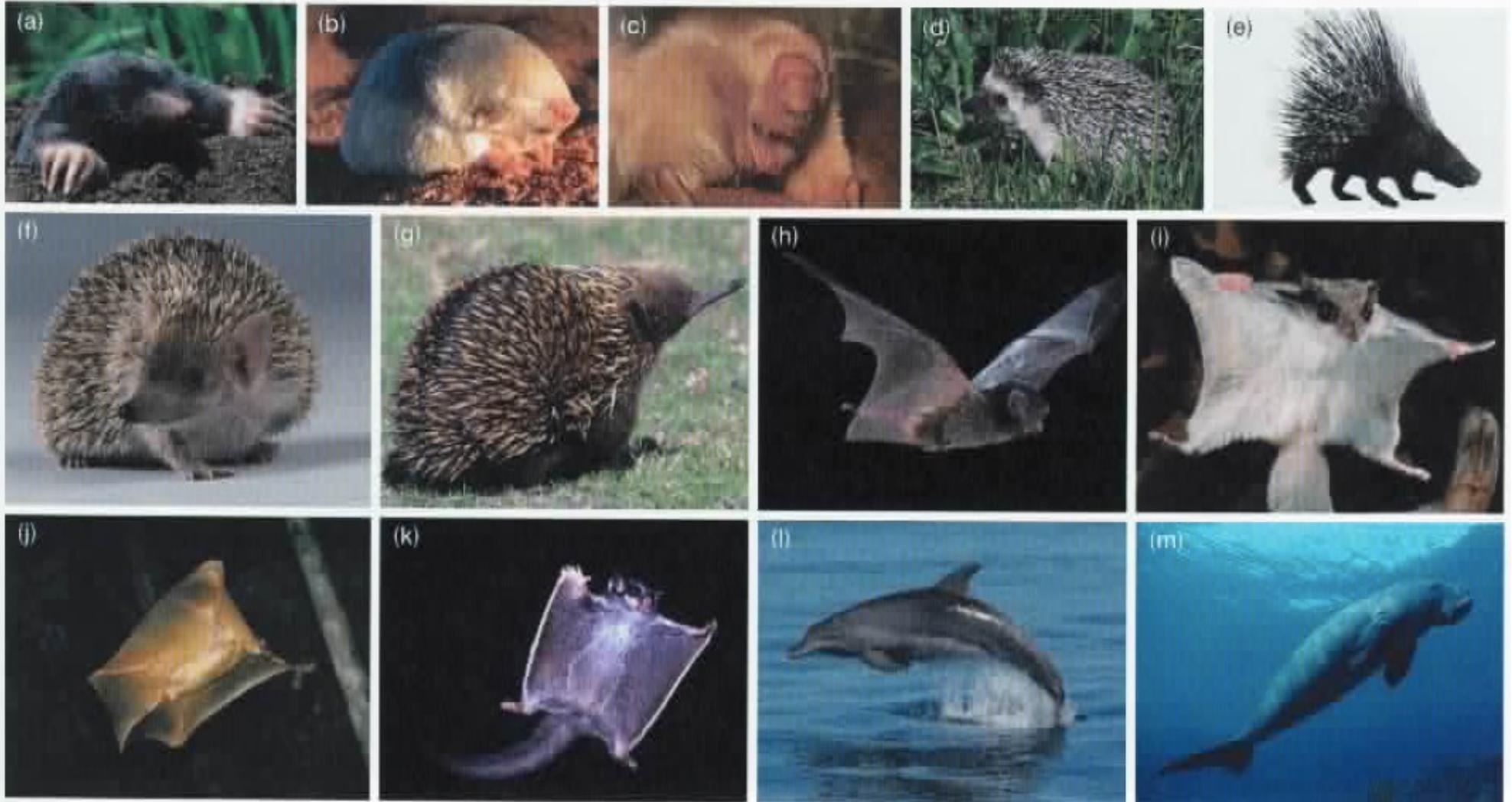
- **グレリス類**

齧歯目と兎目は形態的にも近縁とされたが、分子データもそれを支持



岡田典弘、西原秀典 (2013)  
 “哺乳類” 遺伝 67, p.119-126

# 哺乳類の収斂進化



岡田典弘、西原秀典 (2013)  
“哺乳類” 遺伝 67, p.119-126

哺乳類は各大陸において、それぞれのニッチ(生態的地位、1つの種が利用するまとまった範囲の環境要因)に適応し、多様化  
その際、類似するニッチに適応するために、有胎盤類と有袋類の間、  
また大陸間の有胎盤類の間で形態は類似してくる収斂進化が何度もおきた

### 地中適応

a モグラ (北方獣類) b キンモグラ (アフリカ獣類) c フクロモグラ (有袋類)

### 体毛の硬質化

d ハリネズミ (北方獣類) e ヤマアラシ (北方獣類)  
f ハリテンレック (アフリカ獣類) g ハリモグラ (単孔類)

### 飛翔・滑空性

h コウモリ (北方獣類) i ムササビ (北方獣類) j ヒヨケザル (北方獣類)  
k フクロモモンガ (有袋類)

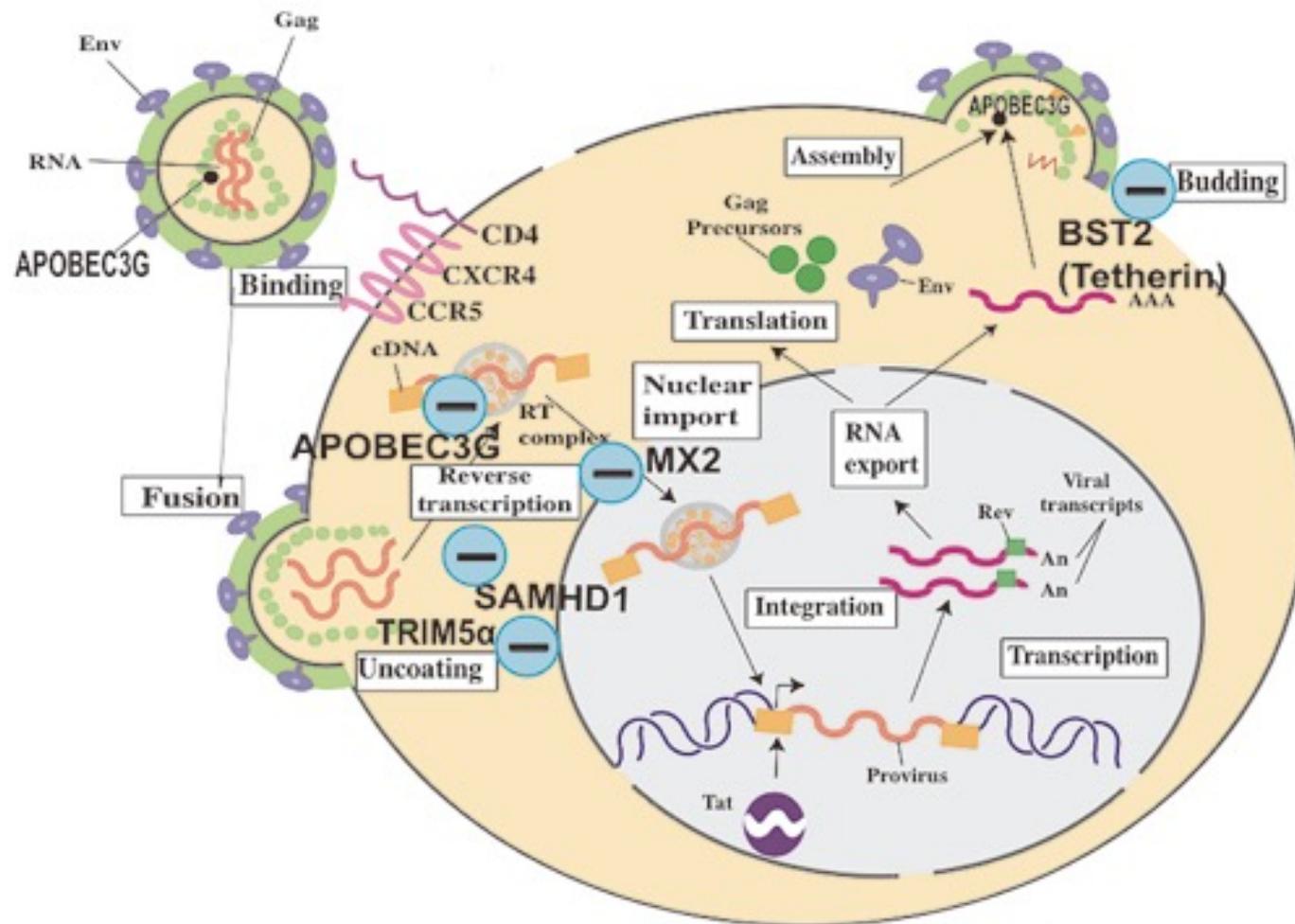
### 海生適応

l イルカ (北方獣類) m ジュゴン (アフリカ獣類)

# Domestication

ウイルスや転移性遺伝因子を、宿主がそのゲノムに取り込み  
自身の遺伝子として利用する現象

# レトロウイルスのライフサイクル



[http://www.biken.osaka-u.ac.jp/act/act\\_shioda.php](http://www.biken.osaka-u.ac.jp/act/act_shioda.php) より

# Syncytin

## 胎児の命を守るウイルス (ヒト内在性レトロウイルス:HERV)

### HERVの由来

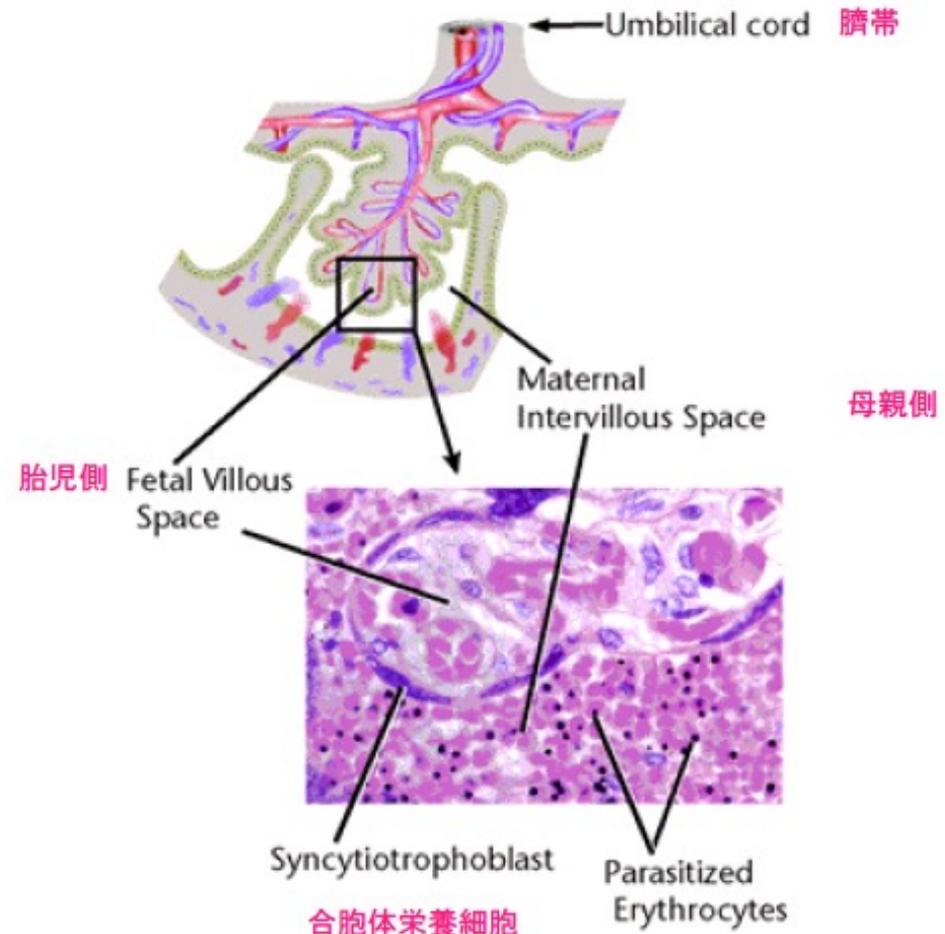
霊長類の染色体に2500万年前に組み込まれた化石のようなウイルス

### HERVの役割

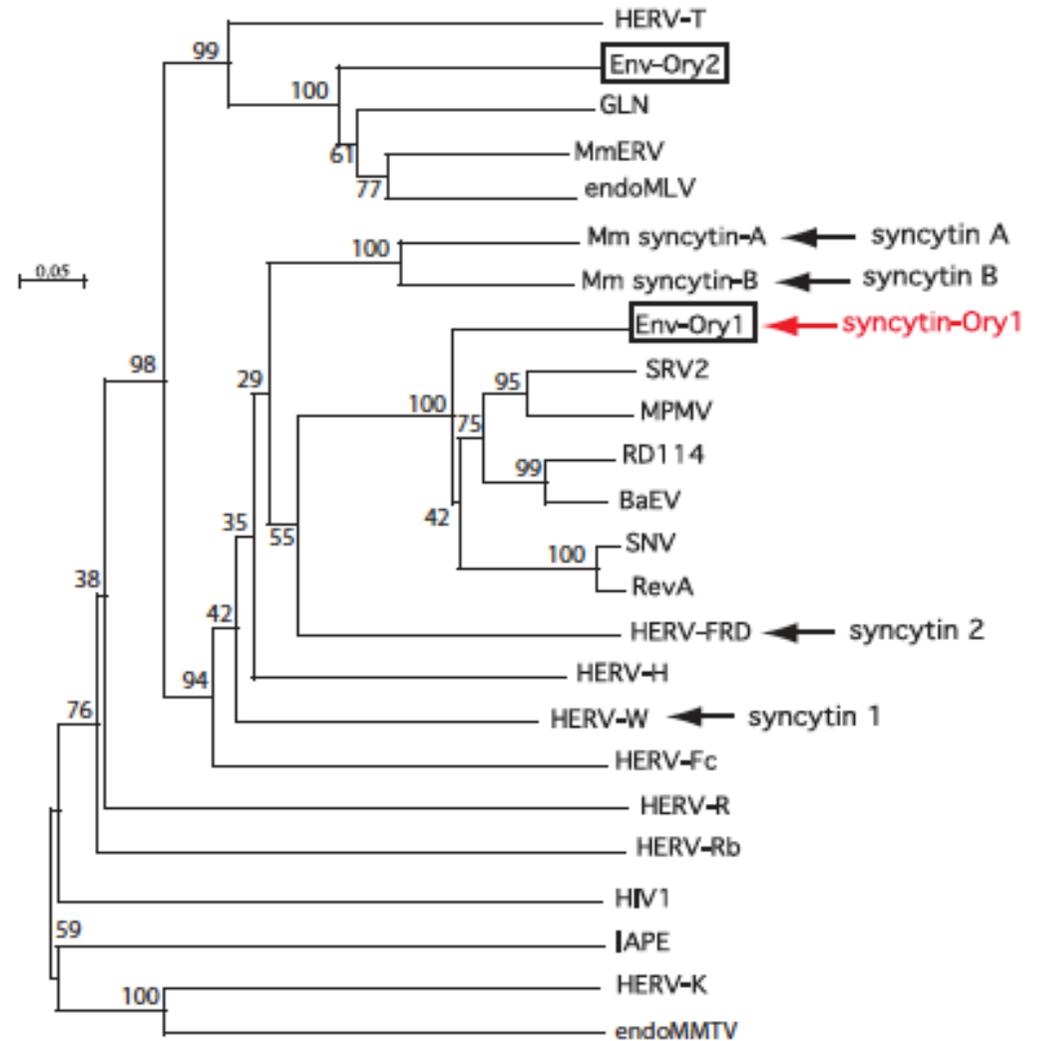
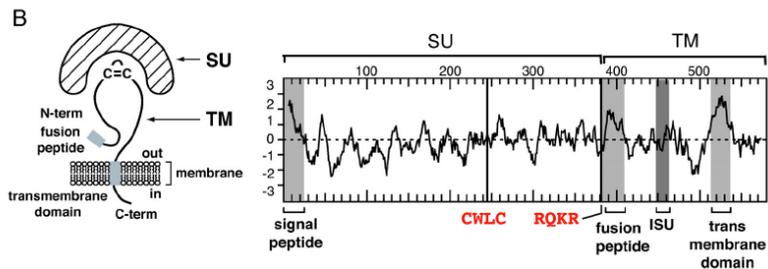
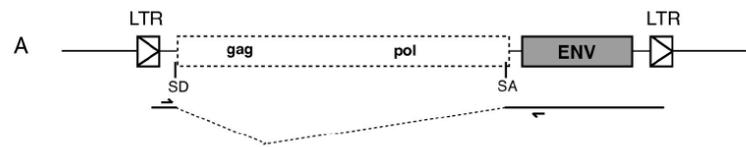
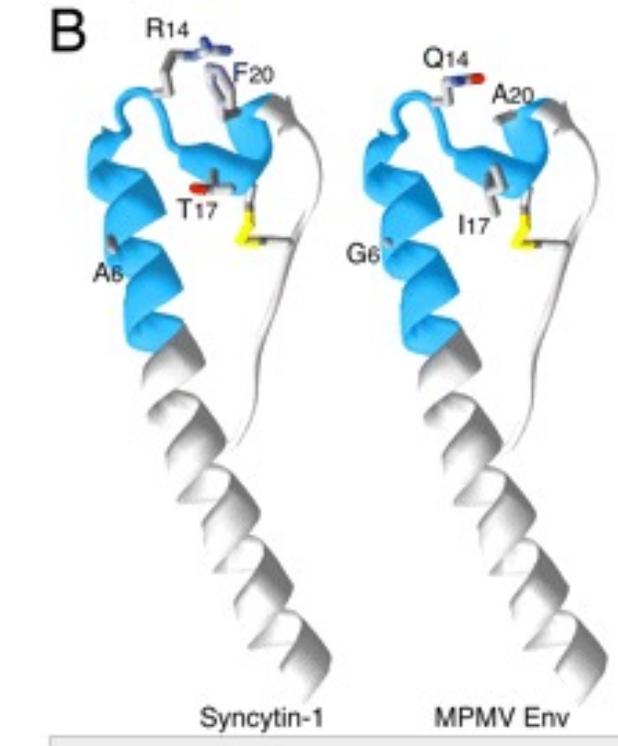
胎盤の合胞体栄養細胞の形成  
HERVの蛋白質(シンシチン)の融合作用による

### 合胞体栄養細胞の役割

胎児を攻撃する母親のリンパ球を阻止、  
栄養のみを通過させる  
胎児は移植された臓器と同じ存在(父親由来の遺伝形質に対して母親のリンパ球が異物と認識)



# Syncytin

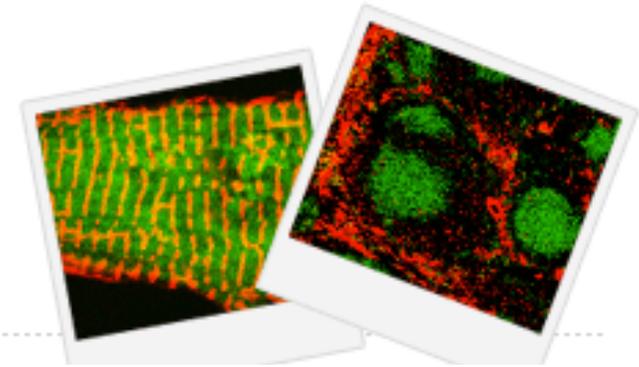


# SASPase

Matsui et al EMBO Med J 3:320-323 (2011)

## 皮膚顆粒層に特異的に発現する内在性レトロウイルス型アスパラギン酸プロテアーゼSASPaseが角質層水分量の調節を行う事を発見

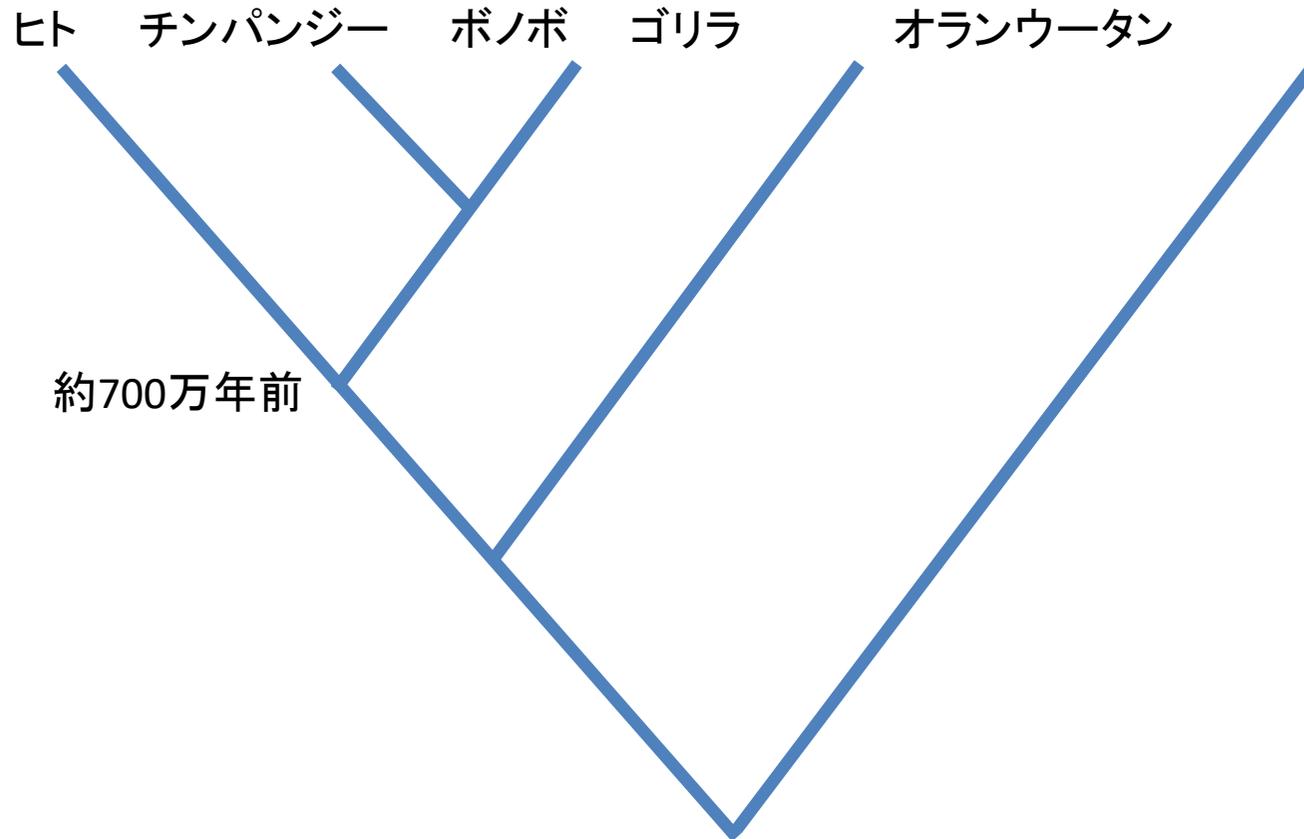
Medical Research Institute Tokyo Medical and Dental University



- アトピー性皮膚炎発症とも密接な関連がある角質層の水分保持機構は、明らかになっていない部分が多い。
- 皮膚の顆粒層特異的に発現するレトロウイルス型アスパラギン酸プロテアーゼSASPaseの欠損無毛マウスは、乾燥肌様皮膚を呈する。
- SASPaseの欠損無毛マウスの角質層では、プロフィラグリンの分解異常産物の蓄積が認められる。
- SASPaseはプロフィラグリンのリンカー配列切断酵素であった。
- ヒトSASPase遺伝子の、活性喪失及び活性抑制変異を発見。
- 太古のレトロウイルス感染による皮膚の適応進化があった事を示唆している。

東京医科歯科大学のHPより転載

# ヒトの進化 1

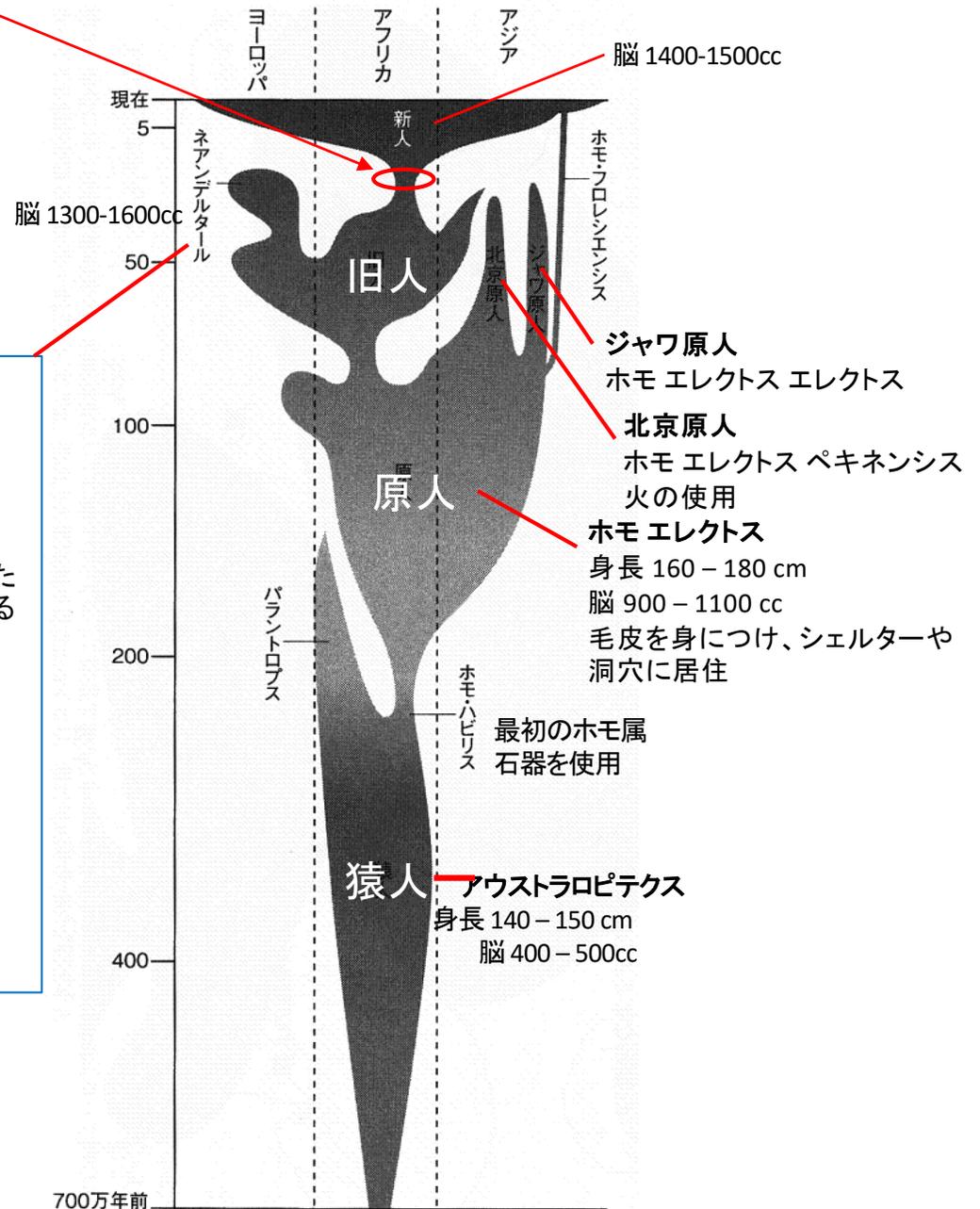


# ヒトの進化 2

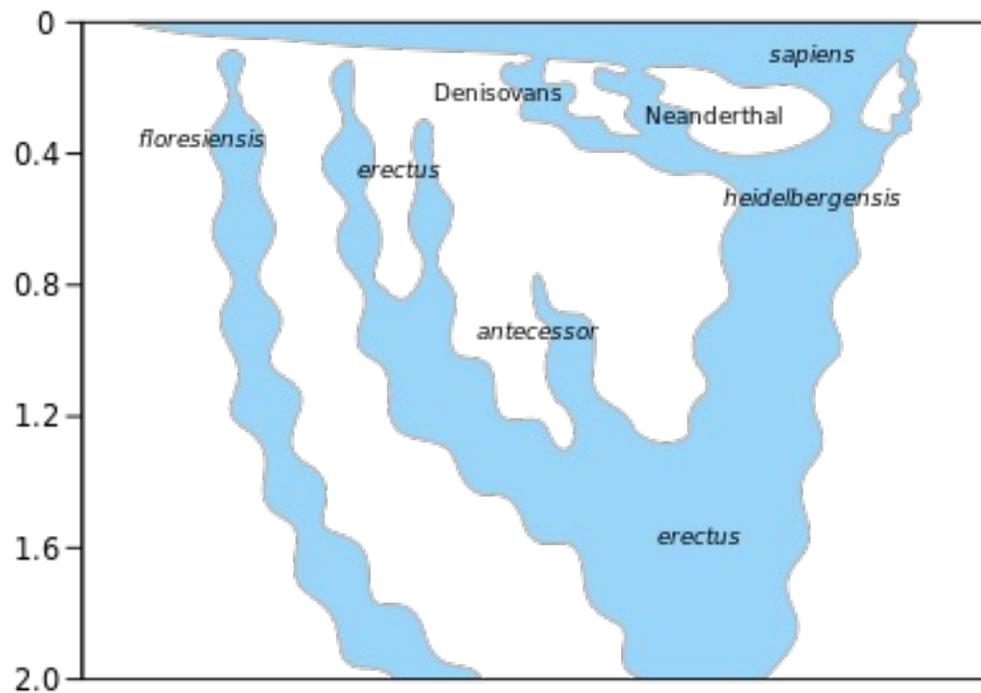
※ **ネアンデルタール人**  
 ホモ ネアンデルターレンシス  
 現生人類の核遺伝子の1~4%は、ネアンデルタールからの混入  
 現生人類の出アフリカ後、約12万~5万年前に中東に居住していた  
 ネアンデルタール人と交配  
 白い皮膚、金髪や赤毛、青い目などのコーカソイドの特徴、  
 COVID-19重症化のリスク要因もネアンデルタール人から受け継がれた  
 逆に現生人類の遺伝子が、ネアンデルター人のDNAに見つかっている

※ **デニソワ人**  
 シベリア アルタイ地方のデニソワで発見  
 64万年前にネアンデルタール人から分岐  
 ポリネシア人やメラネシア人などのアジア民族にはデニソワ人の  
 遺伝子が混入している。  
 ロシアから見つかった10代の少女の骨のDNAから  
 母親がネアンデルタール人、父親がデニソワ人  
 であることがわかっている

出アフリカ



# ヒトの進化 3



ホモ・エレクトゥスとホモ・ハイデルベルゲンシスとホモ・サピエンスの分岐。左数字は「〇百万年前」をさす。

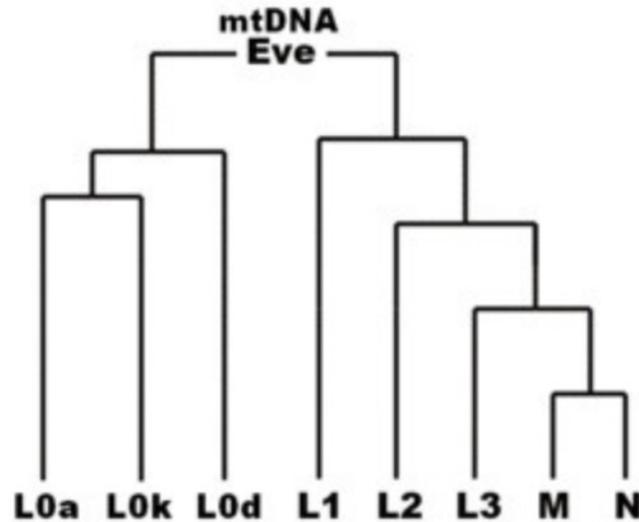
40～10万年前には複数の人種が併存していたと考えられる。(出典)[https://de.wikipedia.org/wiki/Genfluss\\_archaischer\\_Menschen\\_zu\\_Homo\\_sapiens](https://de.wikipedia.org/wiki/Genfluss_archaischer_Menschen_zu_Homo_sapiens)

[https://ch-gender.jp/wp/?page\\_id=5378](https://ch-gender.jp/wp/?page_id=5378) より

# ヒトの進化 4

## アフリカ単一起源説 (出アフリカ説)

現生人類(ホモ サピエンス)の起源は、アフリカに存在した祖先集団であるという説  
分子系統解析(ミトコンドリア イブやY染色体アダム)も、アフリカ単一起源を示唆



### ミトコンドリア イブ

ミトコンドリアは母性遺伝

ミトコンドリアゲノムを使うと女系をたどることができる。

ミトコンドリアのハプロタイプの内

L0, L1, L2, L3はアフリカで、MとNはそれ以外の地域で見つかる

現生人類の共通祖先の一人がアフリカにいたことを示唆

現生人類に対し唯一子孫を残すことができた女性というのは誤解(eg. 男性しか産まなかった場合、母系は途切れる)

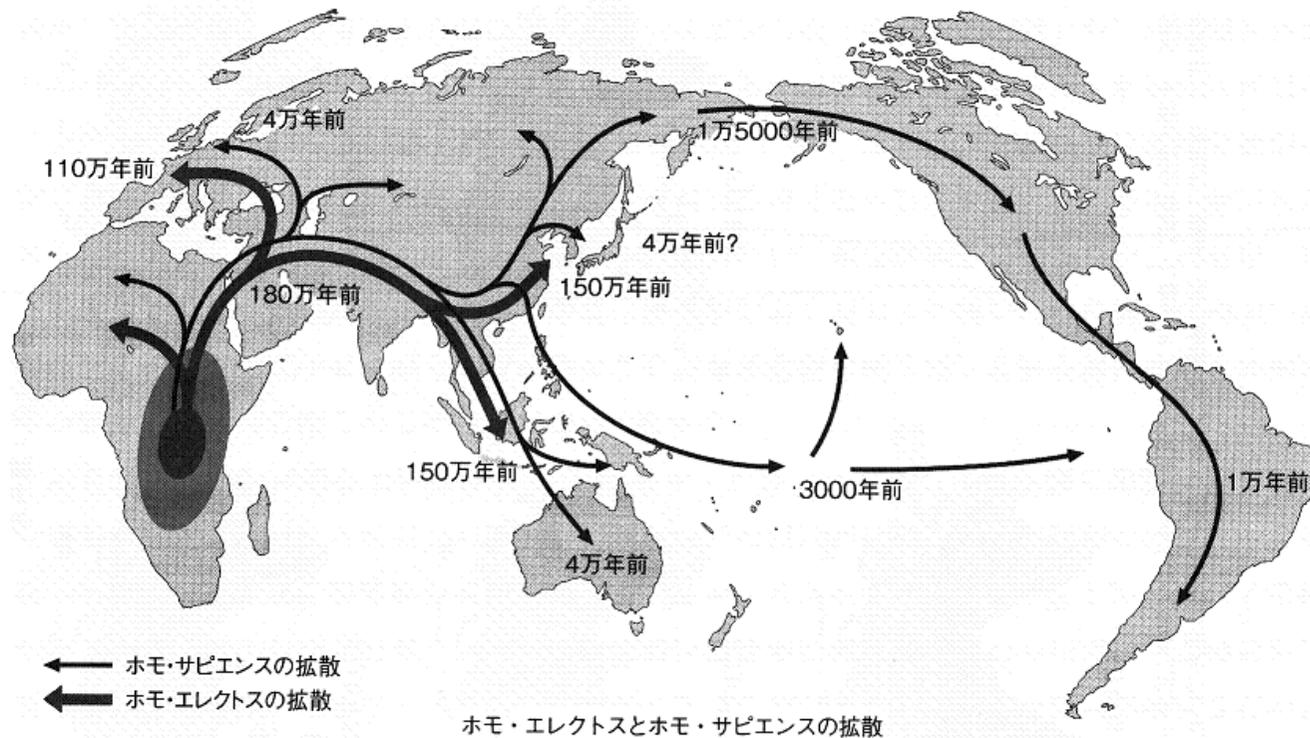
# ヒトの進化 5

## 出アフリカ

古い出アフリカ説: ホモエレクトスの拡散

ヨーロッパでネアンデルタール人、アジアで北京原人、ジャワ原人が生まれる

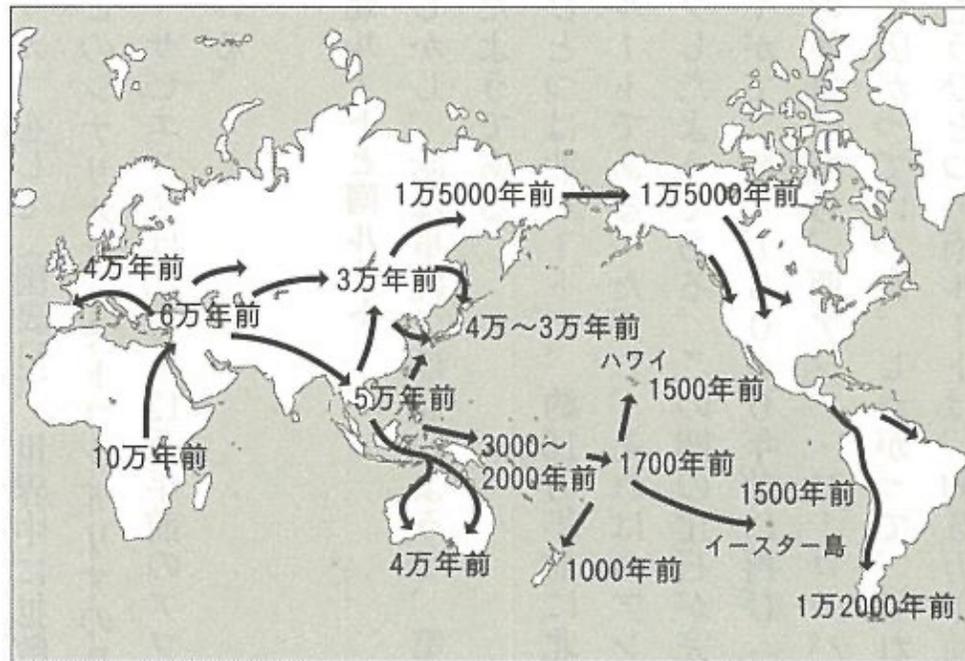
新しい出アフリカ説: 現生人類の拡散



<http://fnorio.com/0080evolution theory1/Evolution of human beings1/Evolution of human beings1.htm> より

# ヒトの進化 6

図表11 <sup>しゅつ</sup>ホモ・サピエンスの出アフリカと拡散



「新しい出アフリカ」のルート

(1) 北ルート

10万年ほど前

北アフリカから西アジア、そしてヨーロッパへ  
ネアンデルタール人の勢力に押されて5万年ほど  
で止まる

4万5千年前

西アジア、ヨーロッパ、中東、中央アジア、インド  
とユーラシア大陸全体に広がる  
ネアンデルタール人との競争に勝つ

(2) 南ルート

約5万年前

東アフリカからアラビア半島を経て南アジアに  
至る通路

アフリカに生まれた人類が、世界中に拡散していった人類最大の旅路を、「グレートジャーニー」と呼ぶ  
(イギリス人の考古学者ブライアン・M・フェイガン)

# ヒトの進化 7

## 多地域進化説

ジャワ原人、北京原人、ネアンデルタール人などが、それぞれの地域で、現生人類に進化したとする説

現在は、アフリカ単一起源説が優勢

# ヒトの進化 8

## ホモ フロレシエンシス (フローレス人)

2003年 フローレス島で発見

ジャワ原人がフローレス島に渡り、70万年前に**島嶼矮化**により小型化した人類

成人で身長1.1m 体重35kg

石器を使っていた

※島嶼矮化: 島で孤立した動物集団が資源の不足や捕食者の不在により急激に小型化する

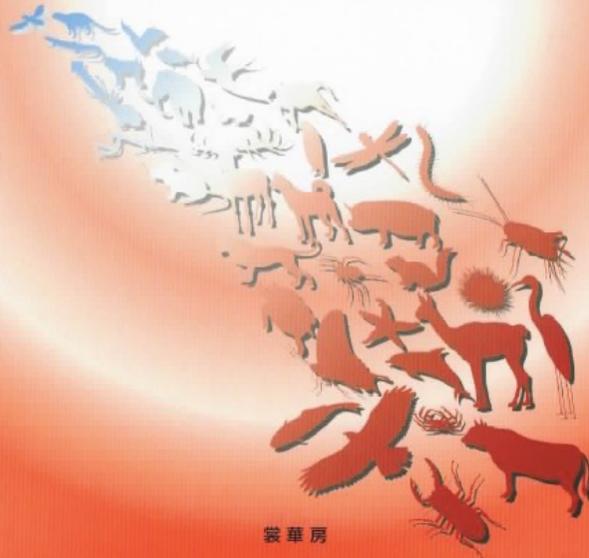
12,000前まで生存していたと考えられていたが、近年5万年前に絶滅したという説が出された。5万年前というのは、ホモ サピエンスがフローレス島に到達した時期と一致

新・生命科学シリーズ

# 動物の系統分類と進化

藤田敏彦 / 著

太田次郎・赤坂甲治・浅島 誠・長田敏行 / 編集



裳華房

BLUE BACKS

# 分子からみた 生物進化

DNAが明かす生物の歴史

宮田 隆



なぜわれわれがあるのかを知るには、  
生物の歴史を知らねばならない

## DNAが語る 生物35億年の旅

BIOLOGICAL MYSTERY SERIES  
生物ミステリー

恐竜を語る

無謀にも

鳥類学者

川上和人

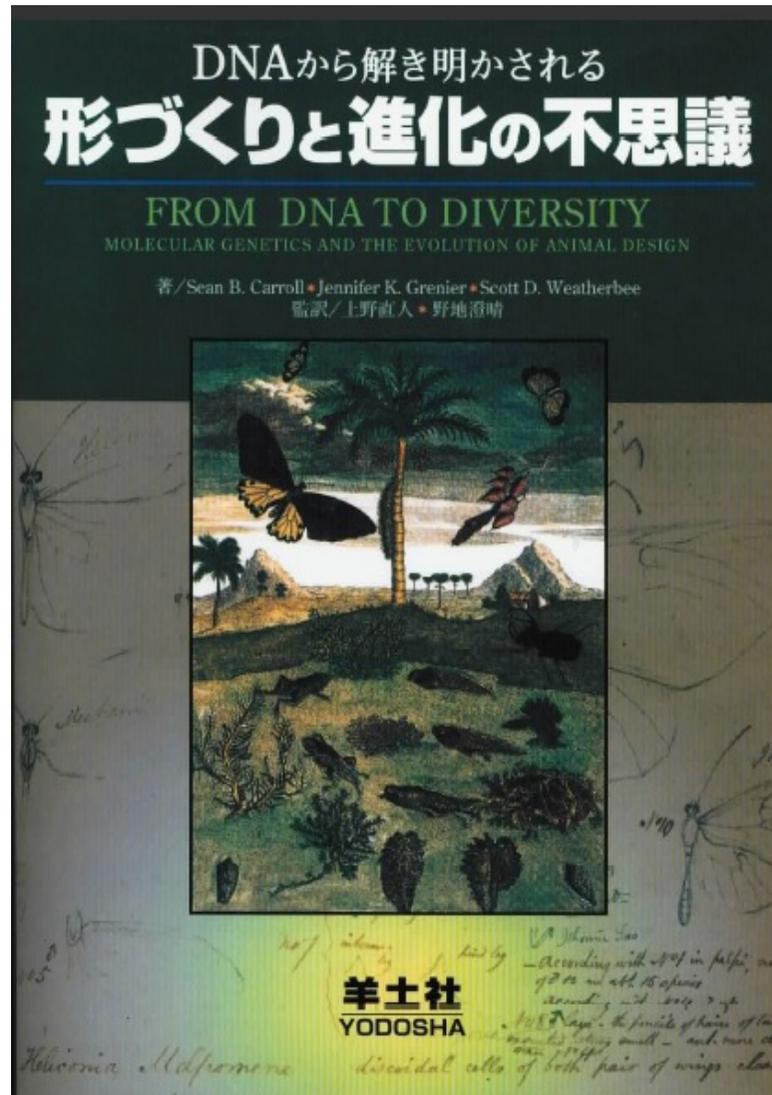
「知ってあつもり」は知らない事がいっぱい! 鳥類学者がもつ謎を  
新シリーズ  
生物ミステリー 創刊!!

鳥類学者が、  
知られざる恐竜の生活を  
プロファイリング

オレ、  
鳥の祖先じゃ  
ないんだって...

どうしたんだ  
始祖鳥!

技術評論社



スヴァンテ・ペーボ著(野中香方子訳)「ネアンデルタール人は私たちと交配した」  
文藝春秋社(2015)  
原題「Neanderthal Man In Search of Lost Genomes」

