



動物2

Animalia



珍無腸動物門がNephrozoaの基部系統から分かれた後に排泄器官、体腔および神経索が進化

nephrozoa

新口動物

旧口動物

珍無腸動物

非左右相称動物

平板動物

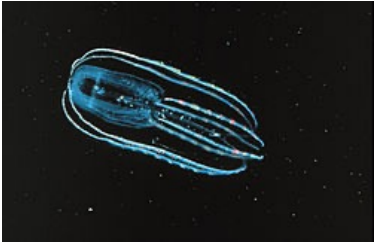
刺胞動物

海綿動物

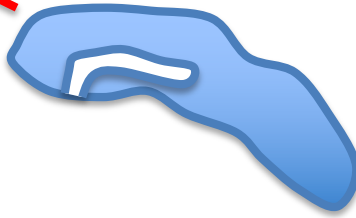
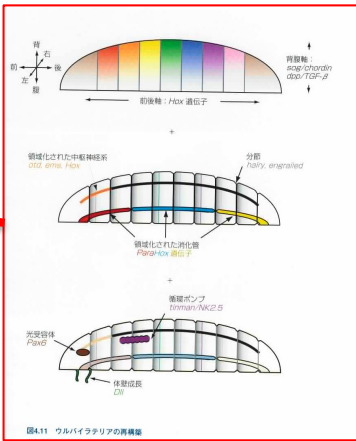
左右相称動物

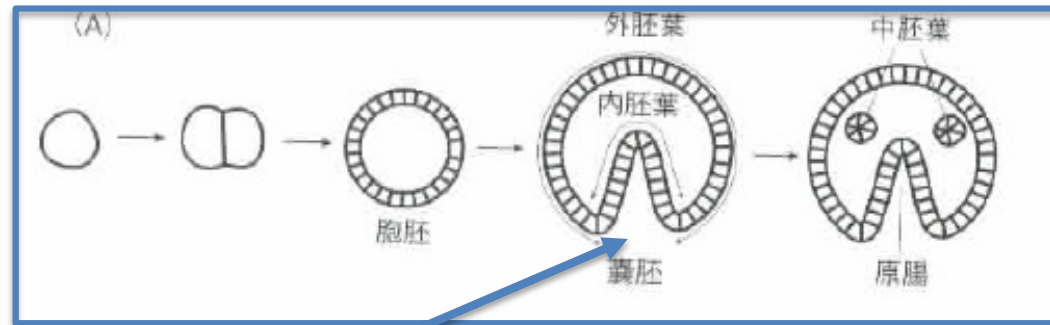
有櫛動物

(2) 有櫛動物が最初に分岐



(1) 動物は単系統





原口

口になる: 前口動物(旧口動物)

肛門になる: 後口動物(新口動物)

藤田俊彦(2010) “動物の系統分類と進化”
裳華房 より

Nephrozoaの共通祖先は
前口か後口か？

珍無腸動物門がNephrozoaの基部系統から分かれた後に排泄器官、体腔および神経索が進化

nephrozoa

新口動物

旧口動物

珍無腸動物

非左右相称動物

平板動物

刺胞動物

左右相称動物

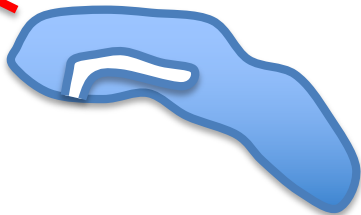
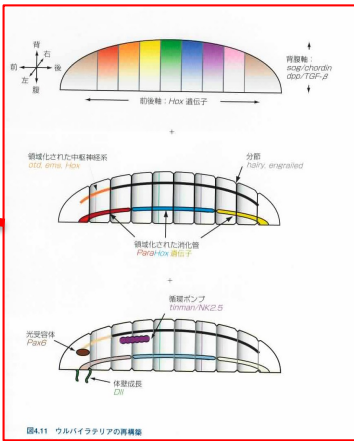
海綿動物

有櫛動物

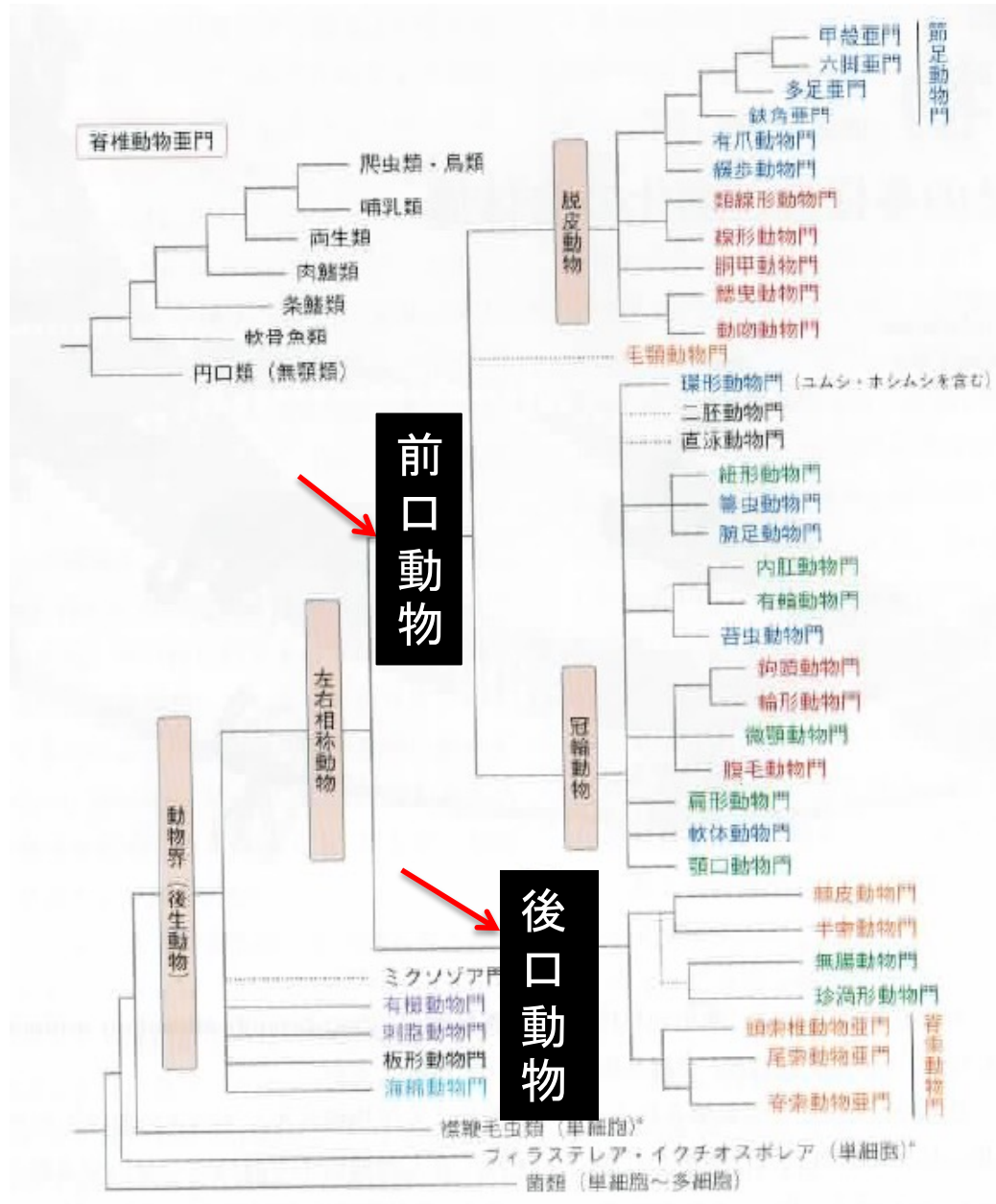
(2) 有櫛動物が最初に分岐



(1) 動物は単系統



旧口動物、新口動物はそれぞれ単系統



前口=旧口

後口=新口

西川輝昭 (2013) 「動物」
遺伝 67, p89-94

珍無腸動物門がNephrozoaの基部系統から分かれた後に排泄器官、体腔および神経索が進化

nephrozoa

新口動物

旧口動物

珍無腸動物

非左右相称動物

平板動物

刺胞動物

海綿動物

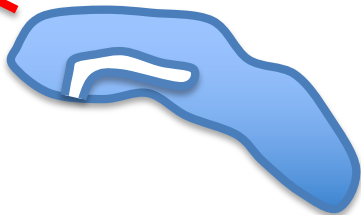
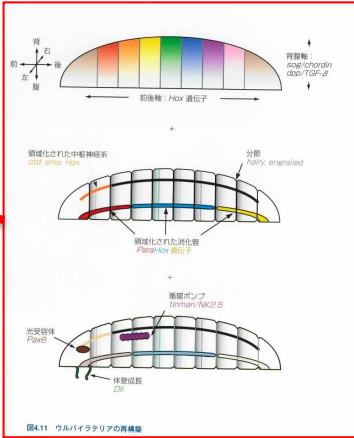
左右相称動物

有櫛動物

(2) 有櫛動物が最初に分岐



(1) 動物は単系統



カンブリア爆発

カンブリア紀の地層からは、各種サンゴや貝類、腕足類、三葉虫など、多細胞動物として高度に分化した動物が見いだされいた。

20世紀初頭にカナダのブリティッシュコロンビア州にあるバージェス頁岩(けつがん)から、現在の動物門に加え、既知の分類の枠組みにおさまらない解剖学的デザインを持った動物化石が多数発見された。

現在、カンブリア紀の化石動物群としては、**バージェス頁岩動物群**に加え、中国の**澄江(ちえんじゃん)動物群**、スウェーデンの**オルステン動物群**がある。

発見当初はその奇妙な形態から、既存の分類の枠組みにおさまらないとされていたものの多くは、その後の研究から**既知の動物門と関連づけられてきている**。

珍無腸動物門がNephrozoaの基部系統から分かれた後に排泄器官、体腔および神経索が進化

nephrozoa

新口動物

旧口動物

珍無腸動物

非左右相称動物

平板動物

刺胞動物

海綿動物

左右相称動物

有櫛動物

(2) 有櫛動物が最初に分岐



(1) 動物は単系統

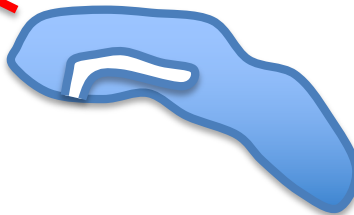
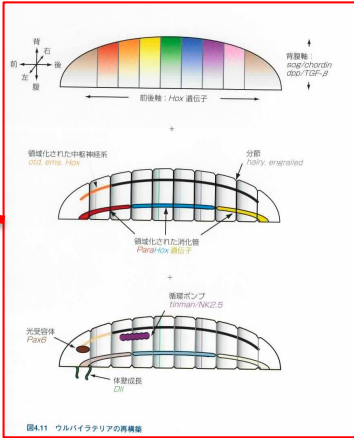


表 5.2 地質年代と主な出来事

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		晩新世	6550 万年前～	
		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)

エディアカラ生物群は、オーストラリア、アデレードの北方にあるエディアカラの丘陵で大量に発見される生物の化石群を指す。

エディアカラ生物群は、約6億 - 5億5千万年前の先カンブリア時代の生物の化石

基本的に、眼も歯もトゲも、身を守るための硬組織も持たない、軟体性生存競争の争いが本格化していなかったと考えられ、「エデンの楽園」になぞらえ「**エディアカラの楽園**」とよばれる。

最古のエディアカラ生物群であるニューファンドランドのアヴァロン生物群の調査から、この時期にはエディアカラ群衆は出そろっていたと考えられ約5億7500万年から5億6500万年前にエディアカラ生物群の多様性が形成されたことを「**アヴァロンの爆発**」とよぶ。

エディアカラ生物群とカンブリア紀以降の生物の類縁関係ははっきりせず両者は対応しないとの考えから「アヴァロンの爆発はおそらく失敗に終わった実験だった」と言われている。

日経サイエンス 2019年10月号

生命爆発の導火線 エディアカラ生物の進化

新たに発見された化石と古代の海の化学組成の分析から
カンブリア爆発につながる驚くべきルーツが明らかになった

R. A. ウッド (英エディンバラ大学)

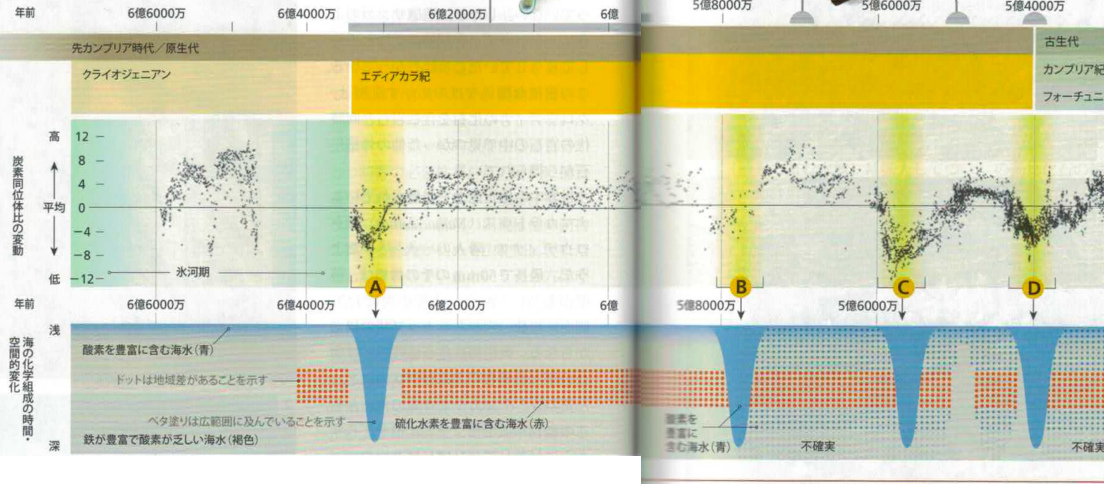
エディアカラ紀に始まったカンブリア爆発

- 複雑な動物はカンブリア爆発の時代に出現したと長い間考えられてきた。
- だが、それらが登場したのはカンブリア爆発よりも数百万年前のエディアカラ紀だったことを示す化石証拠が増えている。
- 古代の海の化学組成を再構築できる新しい技術により、この早期の進化的多様化を駆動した環境圧に関する手がかりがもたらされている。

カンブリア爆発の前

従来カンブリア紀に起こったと考えられていた動物進化における重要な革新の多くは、実際にはもっと古いエディアカラ紀に起こっていた。例えば、骨格を持つ最初の動物が登場したのはエディアカラ紀だ。鉱物化した組織を作る能力は、捕食者から身を守る方法として進化したのだろう。6億7000万年前～4億8000万年前の化石と地球化学的な記録を統合すると、この時期の進化を駆動した環境要因の手がかりが明らかになる。

地球化学的な証拠 動物が生きていくには酸素が必要だ。エディアカラ紀の進化的多様化は、世界の海の酸素濃度が激しく変動する中で起こった。エディアカラ紀の岩石の炭素同位体は、炭素循環が不安定で絶えず変化していたことを示している。一方、これらの岩石の鉄化合物の分析から、エディアカラ紀に海洋の溶解酸素がおそらく1回あるいは数回、動物が多様化できる閾値に達していたことがわかった。酸素が増えたことで、活動的になった動物たちが上昇した代謝要求を満たすことができるようになり、多様化できたのだ。研究者は現在、海はゆっくりと徐々に酸素化されたのではなく、炭素同位体比の変動と同時に起こったように見える一連の出来事(A, B, C, D)で酸素化されたと考えている。この傾向はエディアカラ紀を通じて、そしておそらくその後も続いた。



化石 驚くほど複雑なエディアカラ紀の動物には、現在のクラゲの祖先ではないかと考えられているランシャネラ・レビス、海底にくっついて生活し海水から養分を吸収していたと思われるチャルニア・マンニ、骨格を持つ初期の動物の1つであるクロウディナなどがある。また、未知の穴居性動物が残した特徴的な痕跡であるトレプティクス・ベダムも発見されている。

カンブリア爆発の前

従来カンブリア紀に起こったと考えられていた動物進化における重要な革新の多くは、実際にはもっと古いエディアカラ紀に起こっていた。例えば、骨格を持つ最初の動物が登場したのはエディアカラ紀だ。鉱物化した組織を作る能力は、捕食者から身を守る方法として進化したのだろう。6億7000万年前～4億8000万年前の化石と地球化学的な記録を統合すると、この時期の進化を駆動した環境要因の手がかりが明らかになる。

地球化学的な証拠 動物が生きていくには酸素が必要だ。エディアカラ紀の進化的多様化は、世界の海の酸素濃度が激しく変動する中で起こった。エディアカラ紀の岩石の炭素同位体は、炭素循環が不安定で絶えず変化していたことを示している。一方、これらの岩石の鉄化合物の分析から、エディアカラ紀に海洋の溶解酸素がおそらく1回あるいは数回、動物が多様化できる閾値に達していたことがわかった。酸素が増えたことで、活動的になった動物たちが上昇した代謝要求を満たすことができるようになり、多様化できたのだ。研究者は現在、海はゆっくりと徐々に酸素化されたのではなく、炭素同位体比の変動と同時に起こったように見える一連の出来事(A, B, C, D)で酸素化されたと考えている。この傾向はエディアカラ紀を通じて、そしておそらくその後も続いた。

約6億年前のエディアカラ紀の地層から見つかった奇妙な化石「ディッキンソニア」の正体は、世界最古の動物だった。そんな研究結果が発表された。



ディッキンソニア (Dickinsonia) はエディアカラ生物群のなかでも特に有名で、平べったい楕円形をしている。直径は120センチ以上になり、全体に細かい溝があり、真ん中に1本の隆起が走っている。

科学者たちは長年、ディッキンソニアをあらゆる「界(生物のグループ)」に分類してきたが、この数十年間は、菌類、原生生物、動物という3つの説が有力だった。

溝が体の左右に伸びているが、体の中心線を境にずれており、左右相称ではない
体節に別れているように見えるが、中央で融合しており体節ではない

多くの生物が体内でステロールを作るが、生物の種類によって少しずつ異なっている。動物が作るステロールは**コレステロール**と呼ばれる。

エディアカラ生物群の痕跡に含まれる化石化したステロールを調べる方法を開発

ロシア北西部の白海地方でディッキンソニアをサンプル
ディッキンソニアの痕跡に含まれる**コレステロールの豊富さ**
(最大93%)は、これが**動物であることを示唆**

Science 2018年9月21日号

https://www.huffingtonpost.jp/2018/09/21/dickinsonia-science_a_23534469/

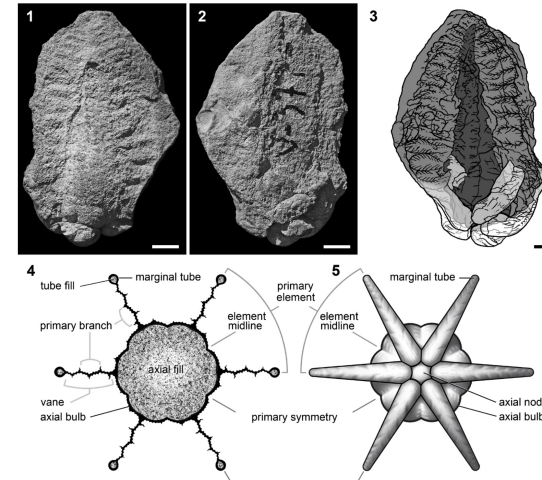
ランゲオモルフ(Rangeomorphs)化石のCTスキャン

Journal of Paleontology, 87(1), 2013, p. 1–15
Copyright © 2013, The Paleontological Society
0022-3360/13/000187-0001\$03.00



RECONSTRUCTING *RANGEA*: NEW DISCOVERIES FROM THE EDIACARAN OF SOUTHERN NAMIBIA

PATRICIA VICKERS-RICH,¹ ANDREY YU. IVANTSOV,² PETER W. TRUSLER,¹ GUY M. NARBONNE,³ MIKE HALL,¹ SIOBHAN A. WILSON,¹ CAROLYN GREENTREE,¹ MIKHAIL A. FEDONKIN,² DAVID A. ELLIOTT,¹ KARL H. HOFFMANN,⁴ AND GABI I. C. SCHNEIDER⁴



一本の茎からシダの
ような葉が6方向に
付いた形状
輪切りにすると
六芒星のような形
をしていた

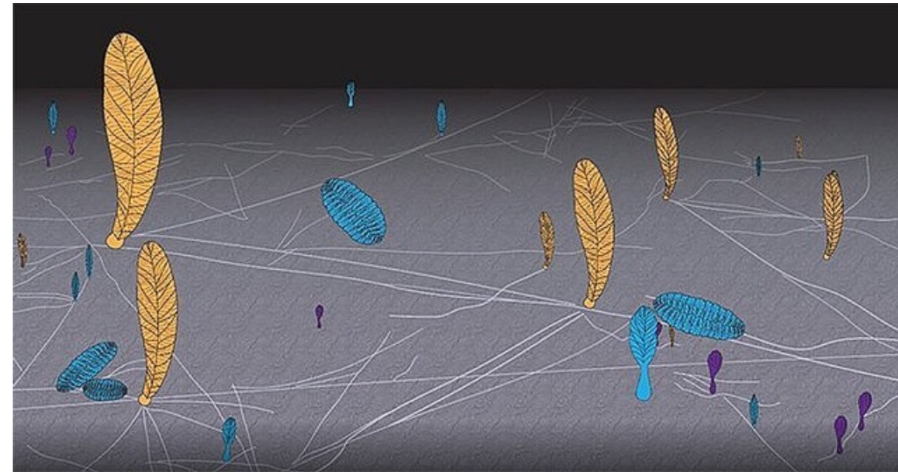
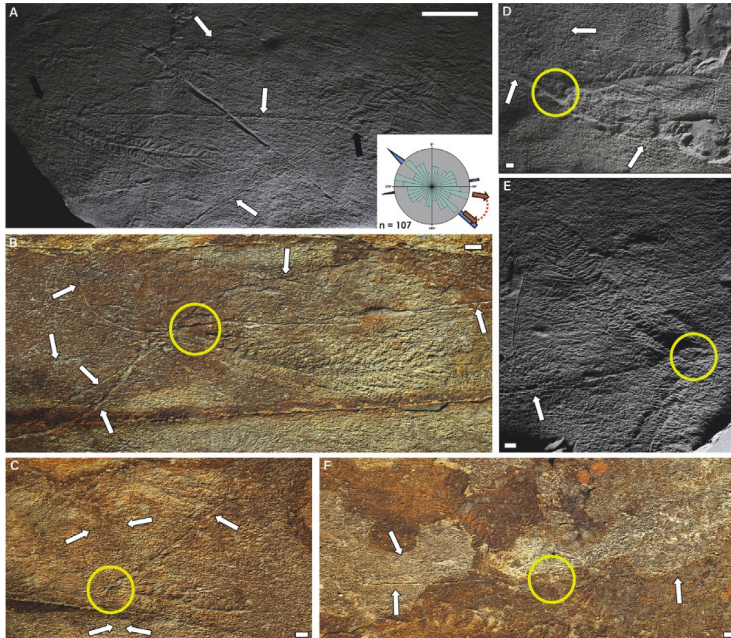


<http://www.ediacaran.org/rangeomorphs.html>

Filamentous Connections between Ediacaran Fronds

Alexander G. Liu^{1,5,*} and Frances S. Dunn^{2,3,4}

Current Biology 30, 1322–1328, April 6, 2020 © 2020 Elsevier Ltd.



Credit: Charlotte Kenchington/University of Cambridge

ランゲオモルフは糸で繋がっていた
糸は、幅1mm、長さは数cm～40cm
4mを超える長さのものもあった

- (1) アンカー：海底に固定
- (2) 栄養の共有
- (3) 生殖器官

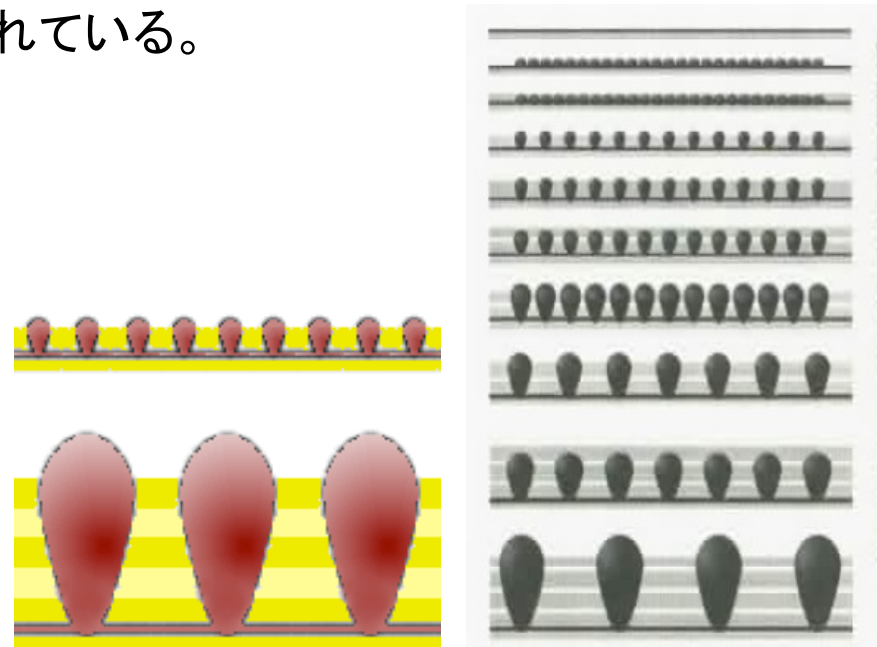
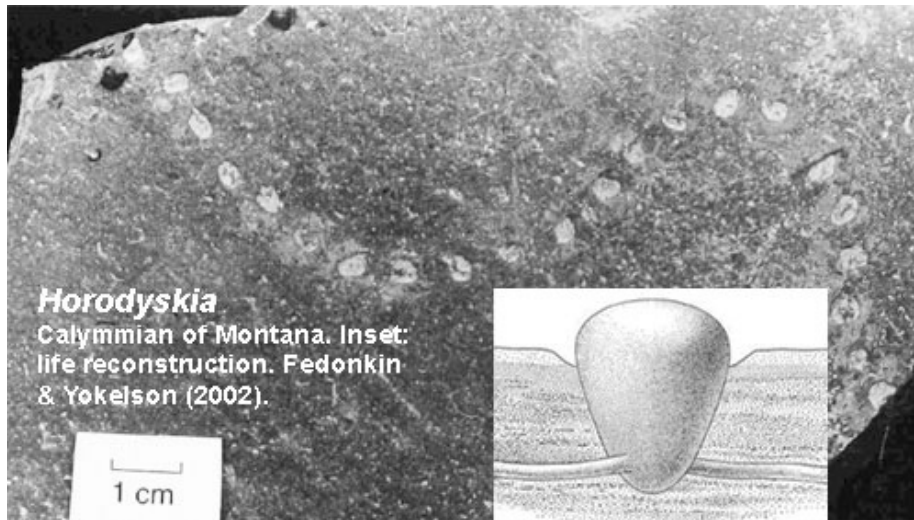
多細胞動物の化石

ホロディスクヤ (Horodyskia)

- エディアカラ紀以前 (15億年～9億年前) の化石
- 北米とオーストラリアで発見
- 別名「ビーズの糸 (string of beads)」
- 当初はつながった個体のコロニーだが、成長するにつれて個体が分離
ただし地中ではつながっていたと考えられている。

Kingdom: [Animalia](#)

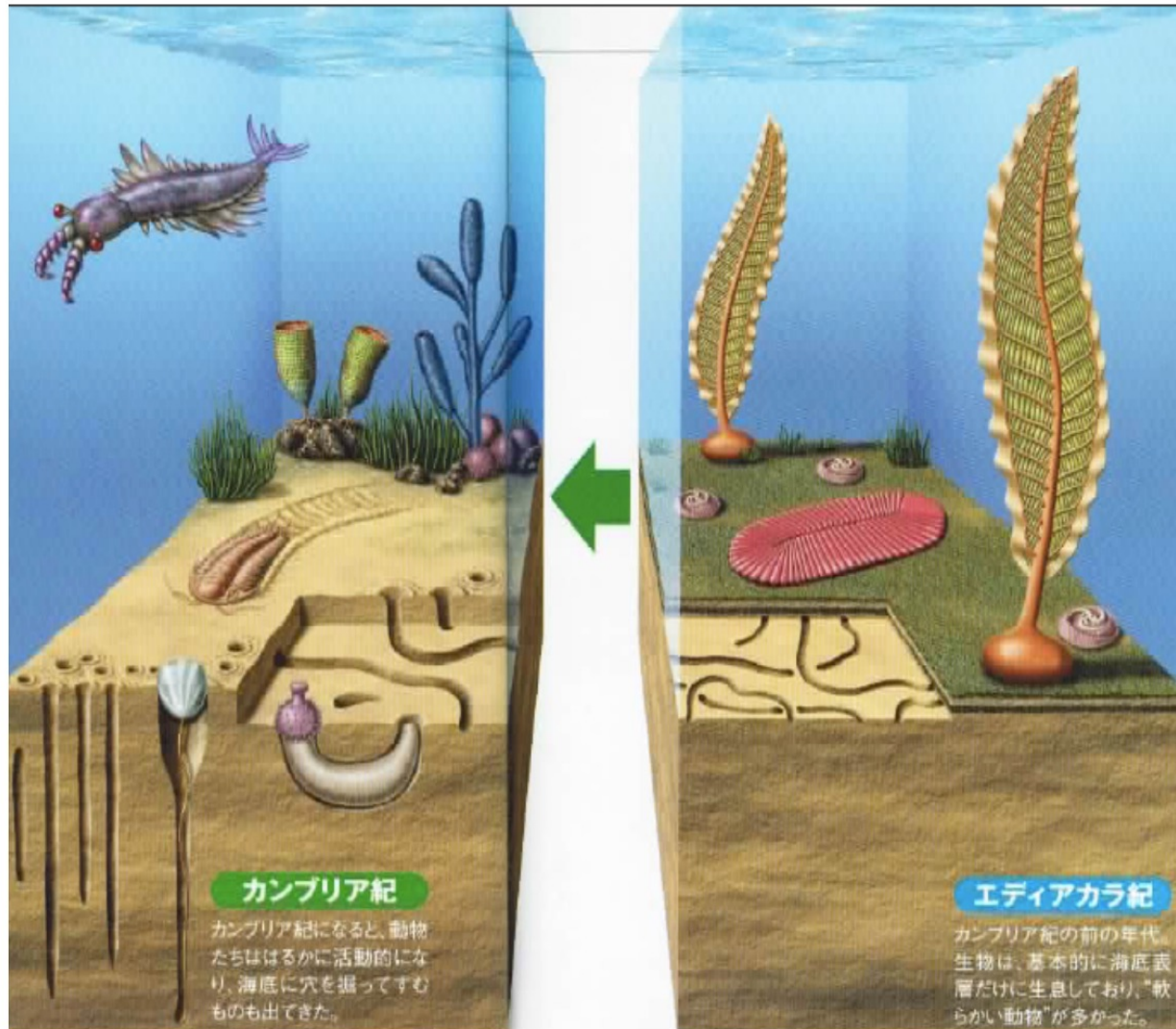
Genus: *Horodyskia*



<http://palaeos.com/proterozoic/proterozoic.htm> および
宇佐見義之 (2008)「カンブリアン爆発の謎」 技術評論社

カンブリア爆発

Cambrian Explosion

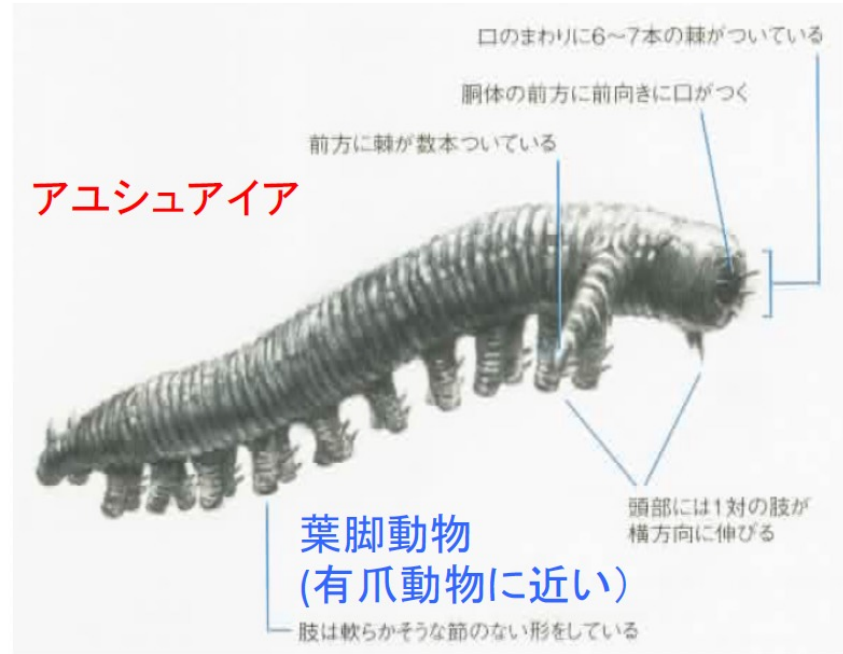


カンブリア紀の地層からは、各種サンゴや貝類、腕足類、三葉虫など、多細胞動物として高度に分化した動物が見いだされいた。

20世紀初頭にカナダのブリティッシュコロンビア州にあるバージェス頁岩(けつがん)から、現在の動物門に加え、既知の分類の枠組みにおさまらない解剖学的デザインを持った動物化石が多数発見された。

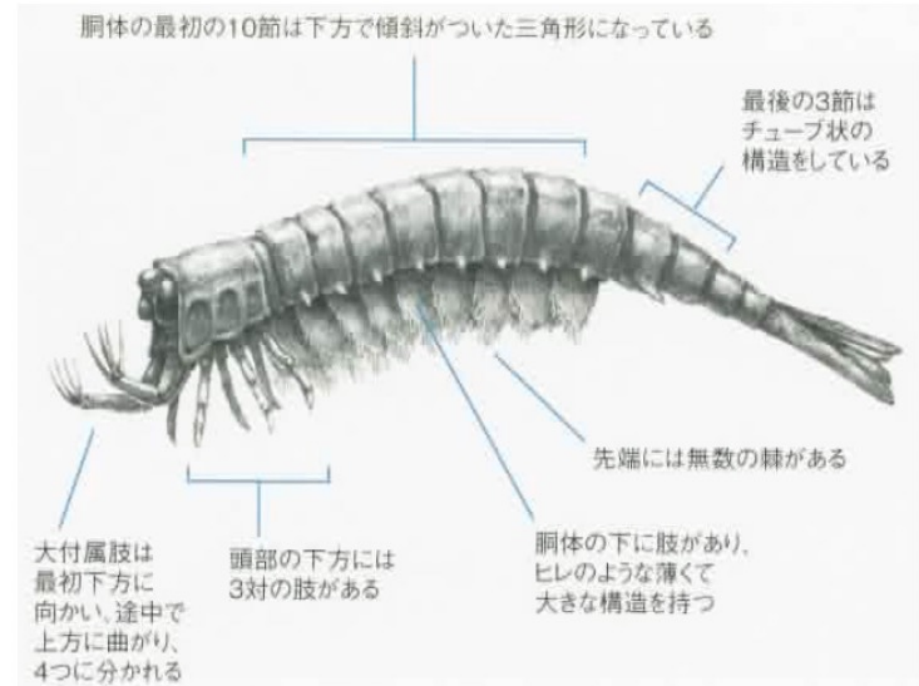
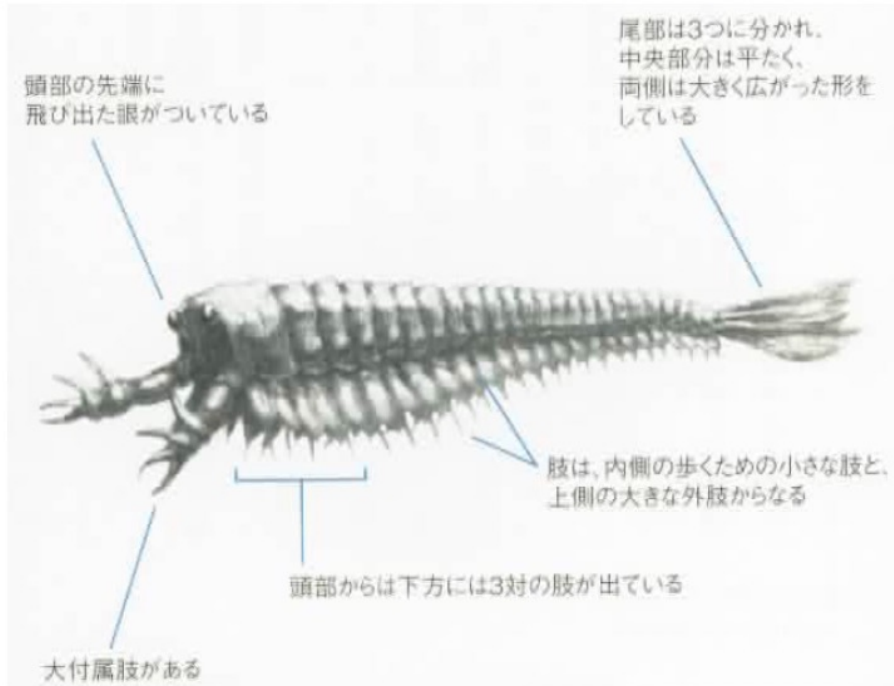
現在、カンブリア紀の化石動物群としては、**バージェス頁岩動物群**に加え、中国の**澄江(ちえんじゃん)動物群**、スウェーデンの**オルステン動物群**がある。

発見当初はその奇妙な形態から、既存の分類の枠組みにおさまらないとされていたものの多くは、その後の研究から**既知の動物門と関連づけられてきている**。



葉脚動物
 歩脚動物ともよぶ
 現生種では有爪動物に近い

大付属肢グループ



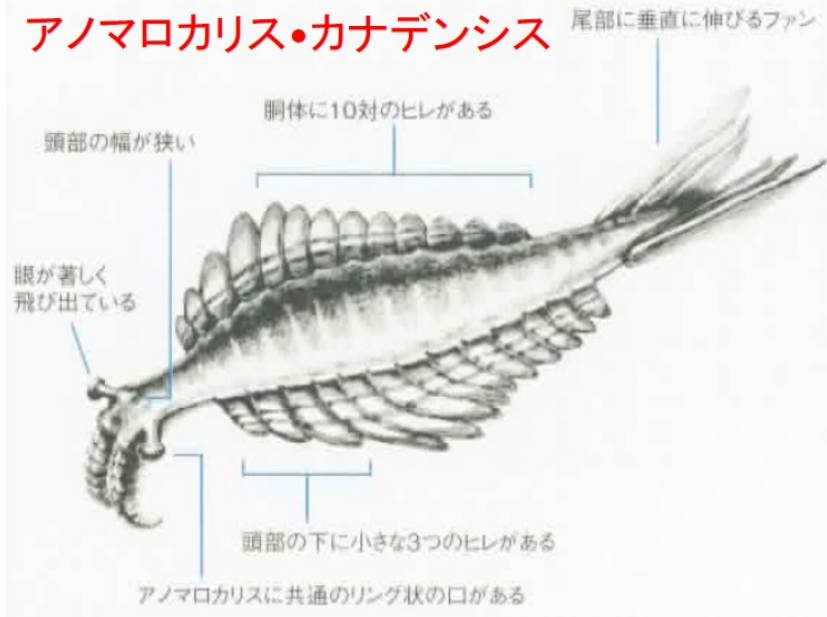
フォルティフォルセブス

ヨホイア

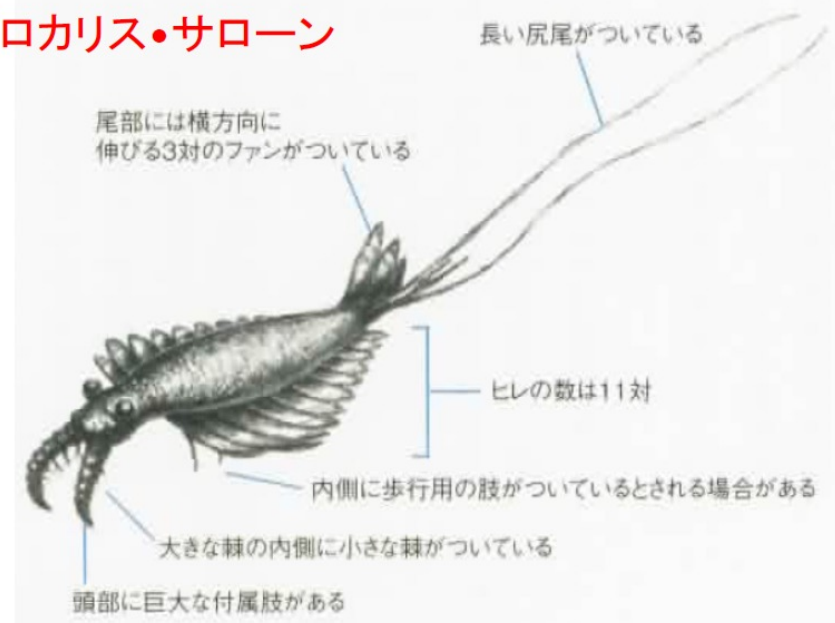
二肢型
頭部に大きな付属肢を持つ

宇佐見義之 (2008)「カンブリアン爆発の謎」技術評論社

アノマロカリス・カナデンシス

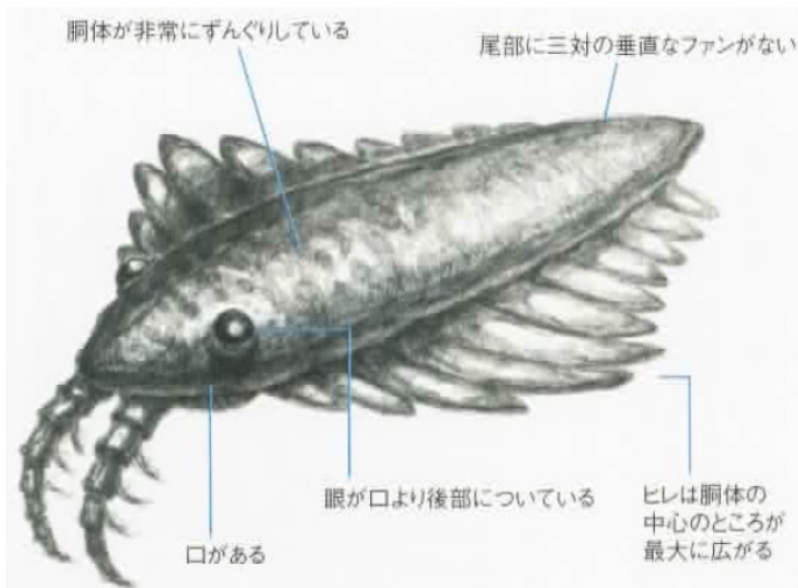


アノマロカリス・サローン



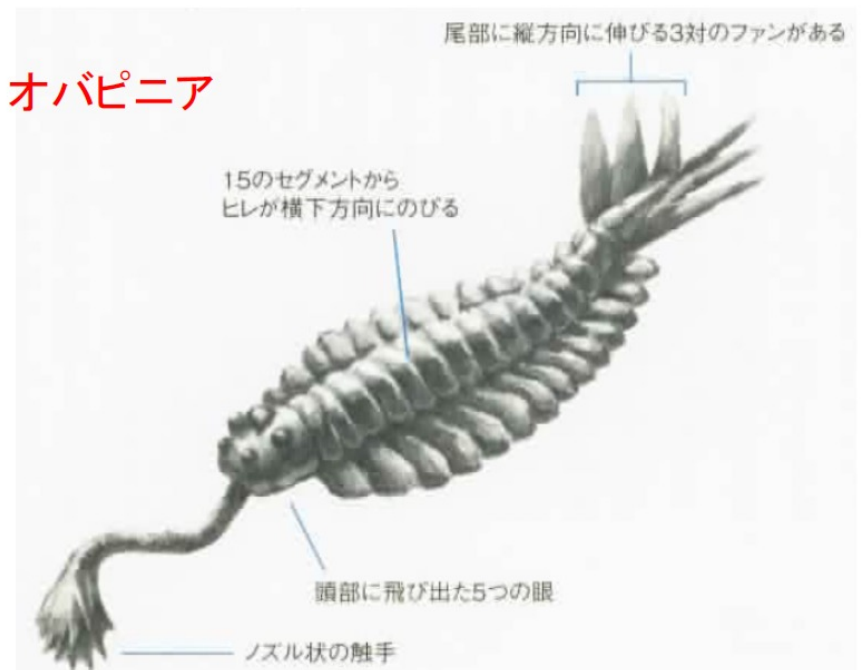
胴体が非常にずんぐりしている

尾部に三対の垂直なファンがない



ラガーニア・カンブリア

オバピニア



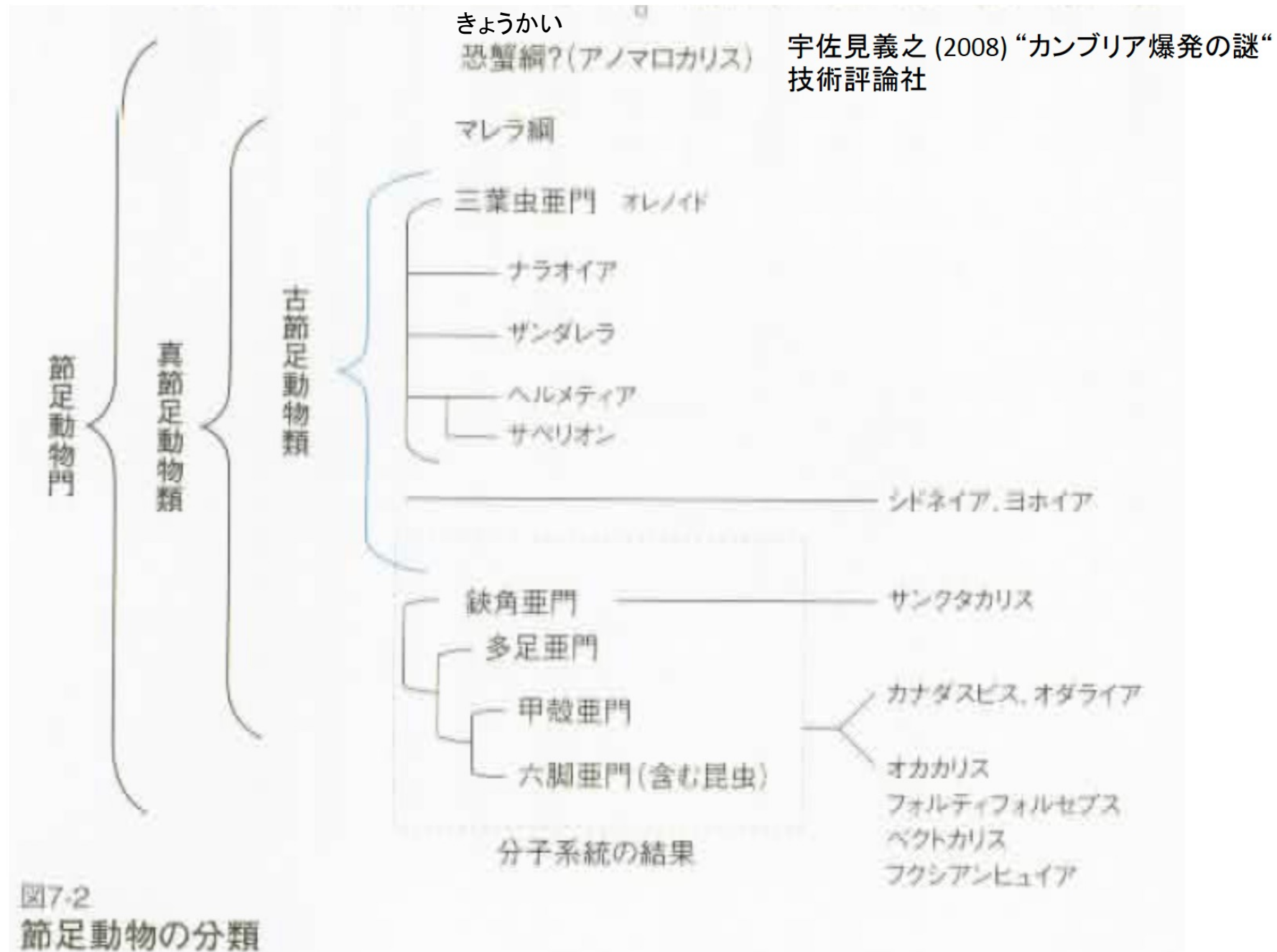
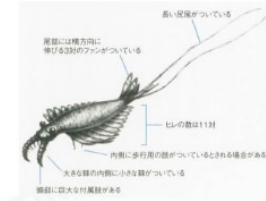


図7-2
節足動物の分類

眼が確認されている



葉脚動物

葉脚動物



葉脚動物



葉脚動物

歩脚動物



図5-6

舒博士の仮説

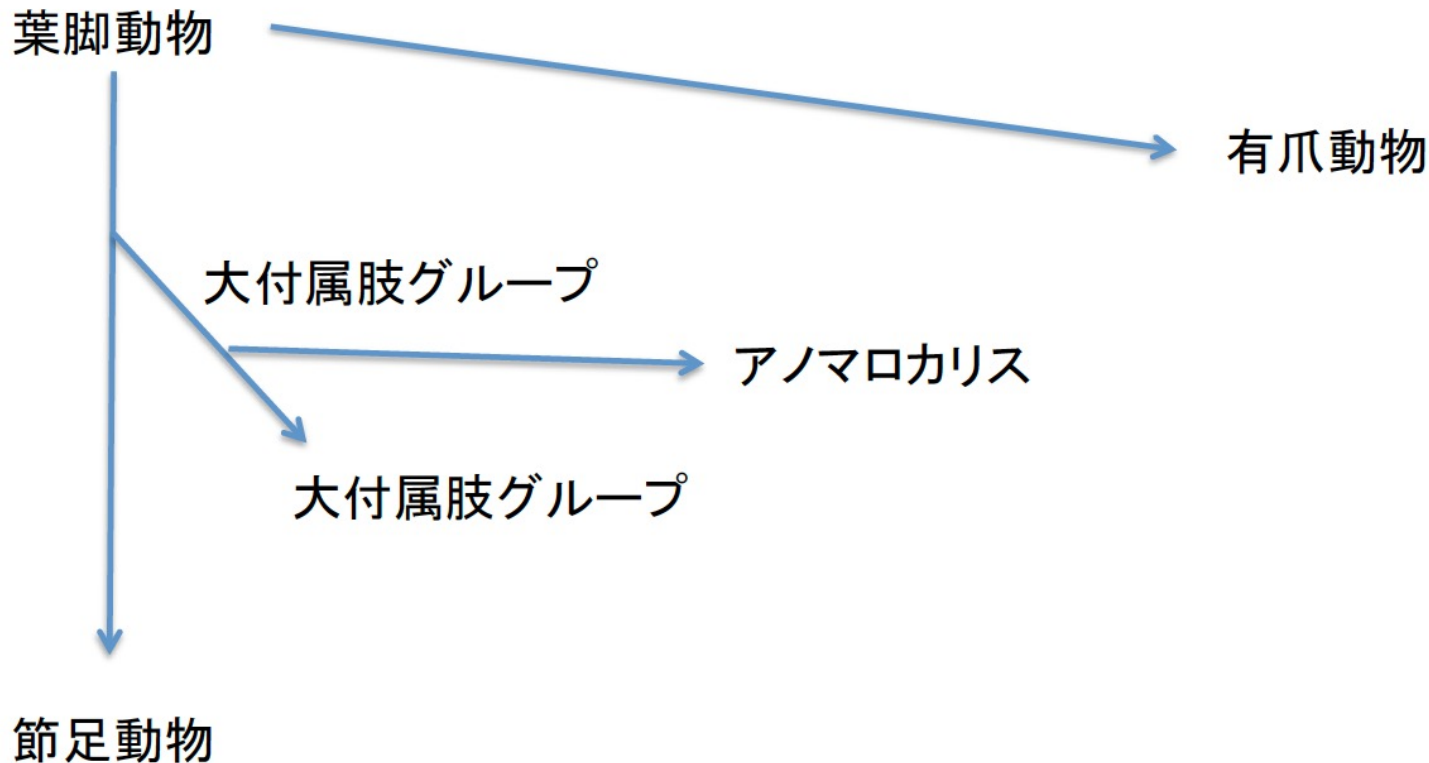
With the permission of Prof. Shu Degan.

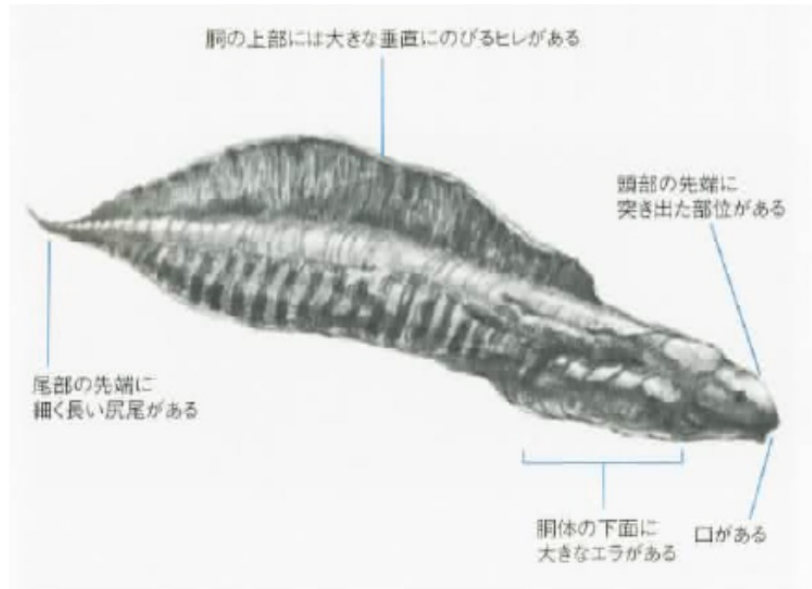
Revised from the original drawing.

大付属肢グループは二肢型

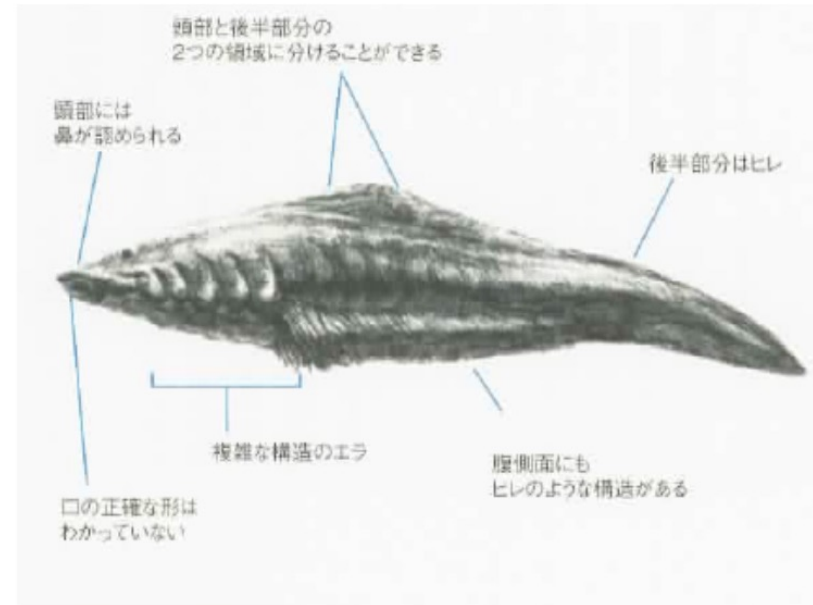
アノマロカリスには、遊泳用のヒレしかないもの、ヒレの下に脚を持つもの、ヒレの下に脚の痕跡のようなものを持つものなどがある。二肢型と考えられている。

アノマロカリスと大付属肢グループの中間形のような生物が見つかった

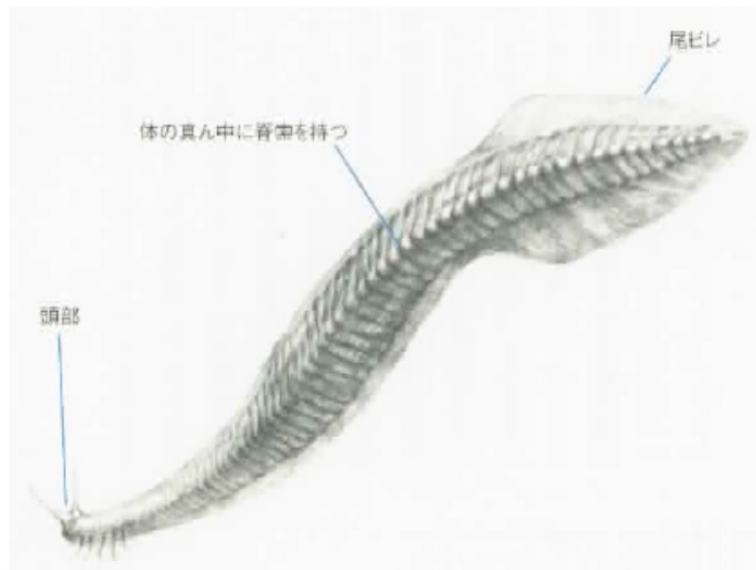




ハイコウエラ (半索、頭索、尾索、脊椎?)



ミロクンミンギア (脊椎動物 無顎類)



ピカイア (頭索動物)



古虫動物門

ベッツリコーラ 旧口動物から分岐した新口動物

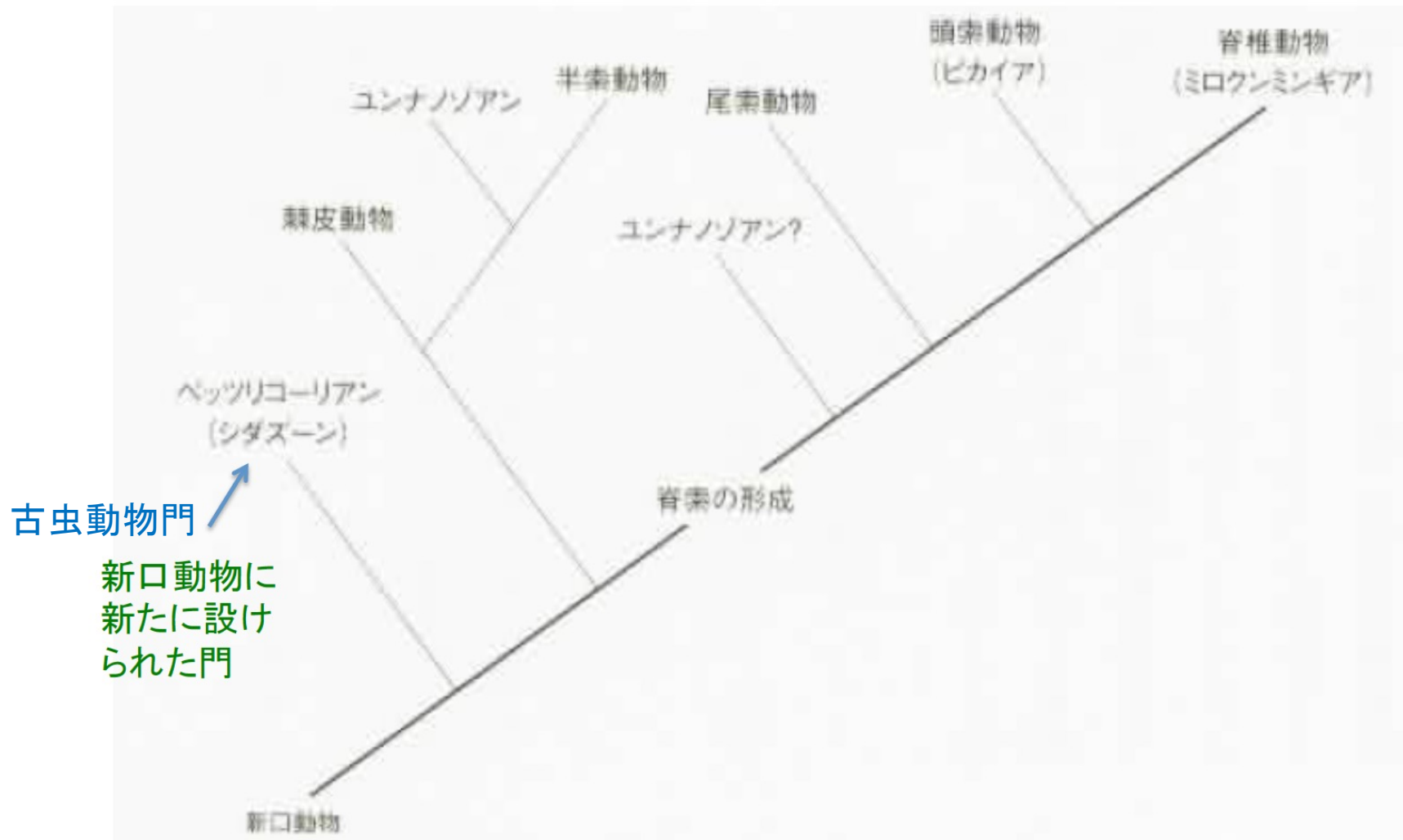


図6-1
 舒博士の脊椎動物5段階進化仮説

ベッツリコーリアンは進化の過程で最も旧口動物に近いグループに位置づけられる。
 With the permission of Prof. Shu De-gan.
 Revised from the original drawing.

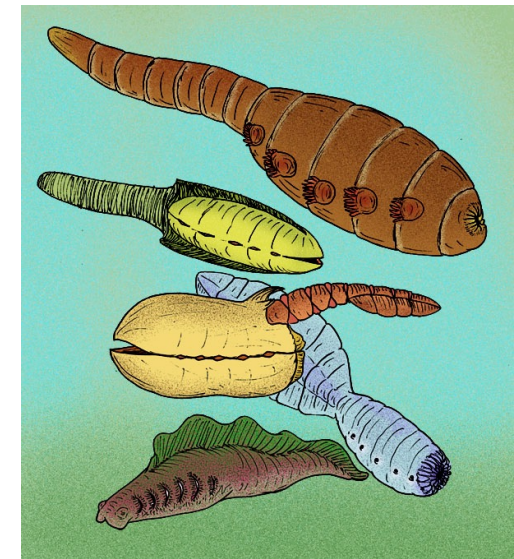
脊索動物と頭索動物が姉妹群となっているのは古いアイデアに従っている

古虫動物門(Vetulicolia)

絶滅した動物門である。中国は西北大学の舒徳幹が、2001年に新たな門として提唱した。

古生代カンブリア紀の地層から化石が発見されている。当時の海の中に生息していた遊泳性動物である。

この門に属する生物はオタマジャクシのような形をしている。オタマジャクシの胴体にあたる部分は脊索動物に似た特徴を持っており、先端に口がある。オタマジャクシのひれにあたる部分には、はっきりとした体節がある。



<https://ja.wikipedia.org/wiki/古虫動物>

Meiofaunal deuterostomes from the basal Cambrian of Shaanxi (China)

Jian Han¹, Simon Conway Morris², Qiang Ou^{3,4}, Degan Shu¹ & Hai Huang⁵

Deuterostomes¹ include the group we belong to (vertebrates) as well as an array of disparate forms that include echinoderms², hemichordates³ and more problematic groups such as vetulicolians⁴ and vetulocystids⁵. The Cambrian fossil record is well-populated with representative examples, but possible intermediates^{6,7} are controversial and the nature of the original deuterostome remains idealized. Here we report millimetric fossils, *Saccorhytus coronarius* nov. gen., nov. sp., from an Orsten-like Lagerstätte from the earliest Cambrian period of South China, which stratigraphically are amongst the earliest of deuterostomes. The bag-like body bears a prominent mouth and associated folds, and behind them up to four conical openings on either side of the body as well as possible sensory structures. An anus may have been absent, and correspondingly the lateral openings probably served to expel water and waste material. This new form has similarities to both the vetulicolians⁴ and vetulocystids⁵ and collectively these findings suggest that a key step in deuterostome evolution was the development of lateral openings that subsequently were co-opted as pharyngeal gills^{2-4,8}.

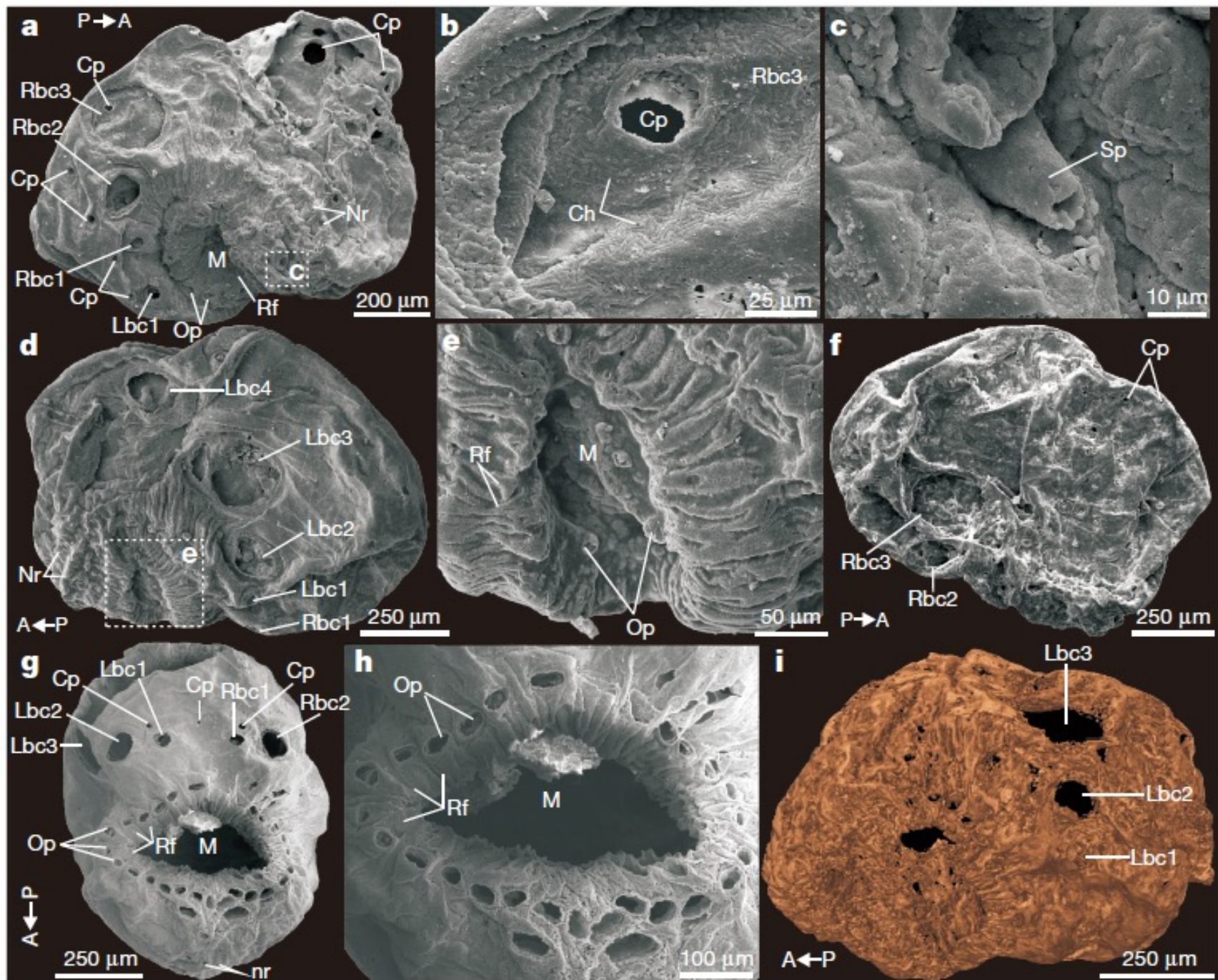
Diagnosis. Hemi-ellipsoidal, bilaterally symmetrical body. Integument bears chevron pattern. Ventral mouth defined by two circlets of radial folds, inner circlet with associated protuberances. Aborally and dorsally up to four nodulate rugae. Eight body openings, conical, defined by radial folds. In mid-region anteriorly directed spines. Smaller pores parallel to body cones and in posterior region, possibly housed setae. **Holotype.** XX45-20.

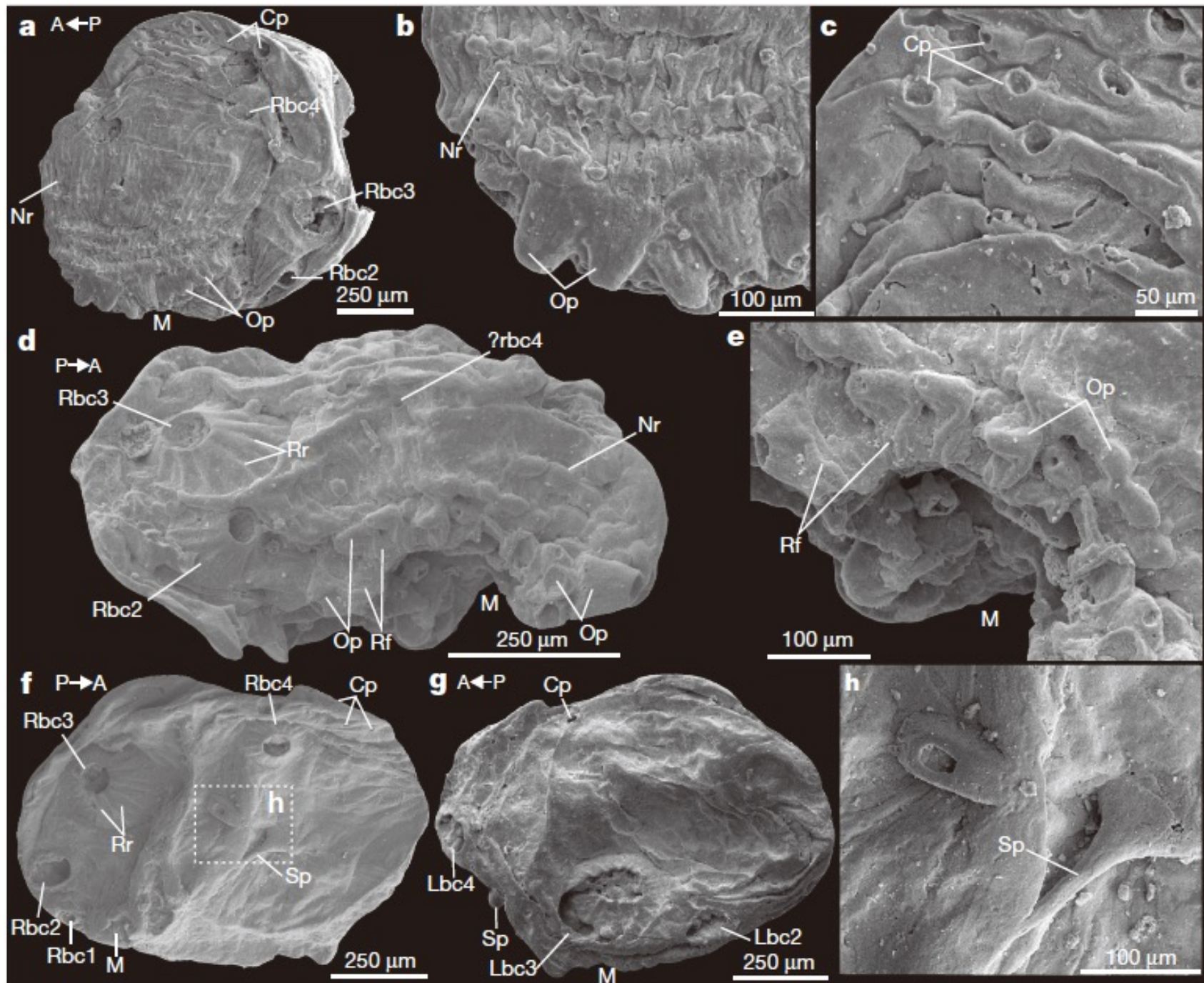
Other material. XX25-62 and another 43 specimens (Supplementary Table 1).

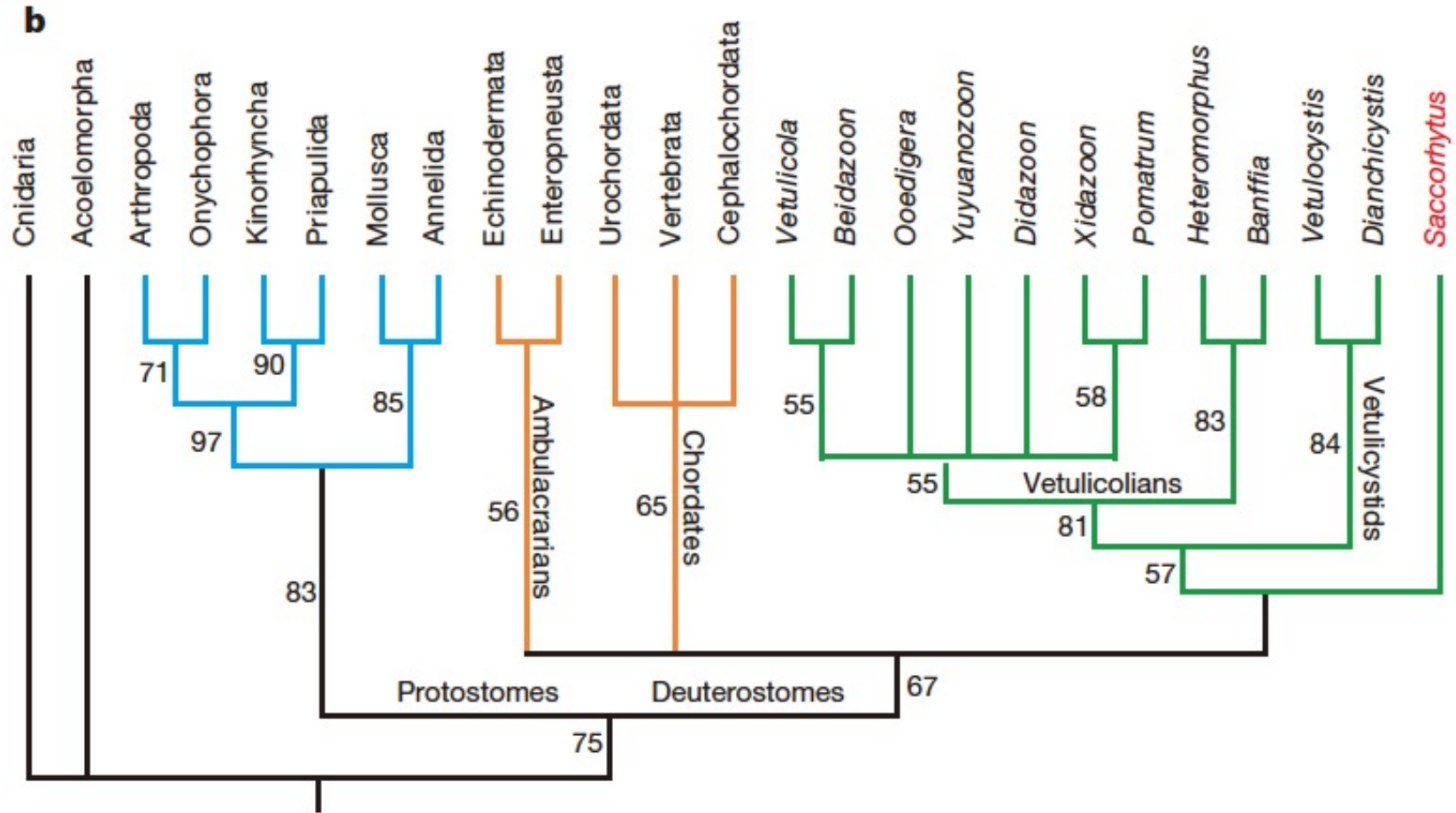
Locality. Zhangjiagou section, Hexi, Xixiang County, Shaanxi, China.

Stratigraphy. Kuanchuanpu Formation, Fortunian Stage of Terreneuvian Series.

Forty-five phosphatized specimens are available (Figs 1, 2, Extended Data Figs 2–6 and Supplementary Table 1). As with similar material from this horizon¹⁴⁻¹⁶ and co-eval deposits¹⁷, the phosphatic composition of the specimens is evidently the result of very early diagenesis. Extensive folding suggests that in life the integument was thin, flexible







カンブリア紀と先カンブリア紀の間の数百万年の幅の地層から急に多細胞生物の化石が出現

スティーブン・J・グールド

少数の生物種から爆発的に種の多様化が起きたと考えた

リチャード・フォーティ

カンブリア紀以前から種は多様化していた

しかし、小型であったために化石に残りにくかった

カンブリア紀に生物の大型化によって化石に残りやすくなった

アンドリュー・パーカー

カンブリア紀に以前に多様化していたが、それは内部の多様化にとどまり、どれも蠕虫状であった。

カンブリア紀に内在的な多様性が外在化した

※ ラッセル・ドリトルによれば、新口動物と旧口動物の分岐はおよそ6億8千万年前で、カンブリア爆発よりもはるかに古い

カンブリア紀に多様性が爆発的に生じた原因は何か？

光スイッチ仮説

アンドリュー・パーカー(英、大英自然史博物館)により提唱

カンブリア紀の動物の特徴として、

- 眼の獲得
- 硬組織の獲得

がある。

硬組織は防衛力が向上しただけでなく、そこを起点として筋肉を動かすことができるようになる。

眼と獲得と、硬組織の獲得が関連しており、それによってカンブリア爆発とよばれる形態の多様化が生じたという考えが**光スイッチ仮説**である。

眼の獲得以前

捕食者は視覚以外の感覚によって補食

眼の獲得

捕食者にとって大きなアドバンテージとなる

被捕食者

眼を獲得し、捕食者の接近の早期発見し、逃げやすくなる
また、硬組織を発達させ食べにくくする。

捕食者

素早く泳ぐためのヒレや獲物を捉える触手の発達
硬組織を噛み砕く歯や顎の発達

被捕食者

捕まえられないための硬組織を変化させトゲを発達

眼の獲得による「**進化的軍拡競争 (evolutionary arms race)**」により、動物の形態が多様化「視覚を持つことがカンブリア爆発の引き金となった」というのが光スイッチ仮説

赤の女王仮説

Red Queen's Hypothesis

「赤の女王」とはルイス・キャロルの小説『鏡の国のアリス』に登場する人物で、彼女が作中で発した「その場にとどまるためには、全力で走り続けなければならない (It takes all the running you can do, to keep in the same place.)」という台詞から、種・個体・遺伝子が生き残るためには進化し続けなければならないことの比喻として用いられている。

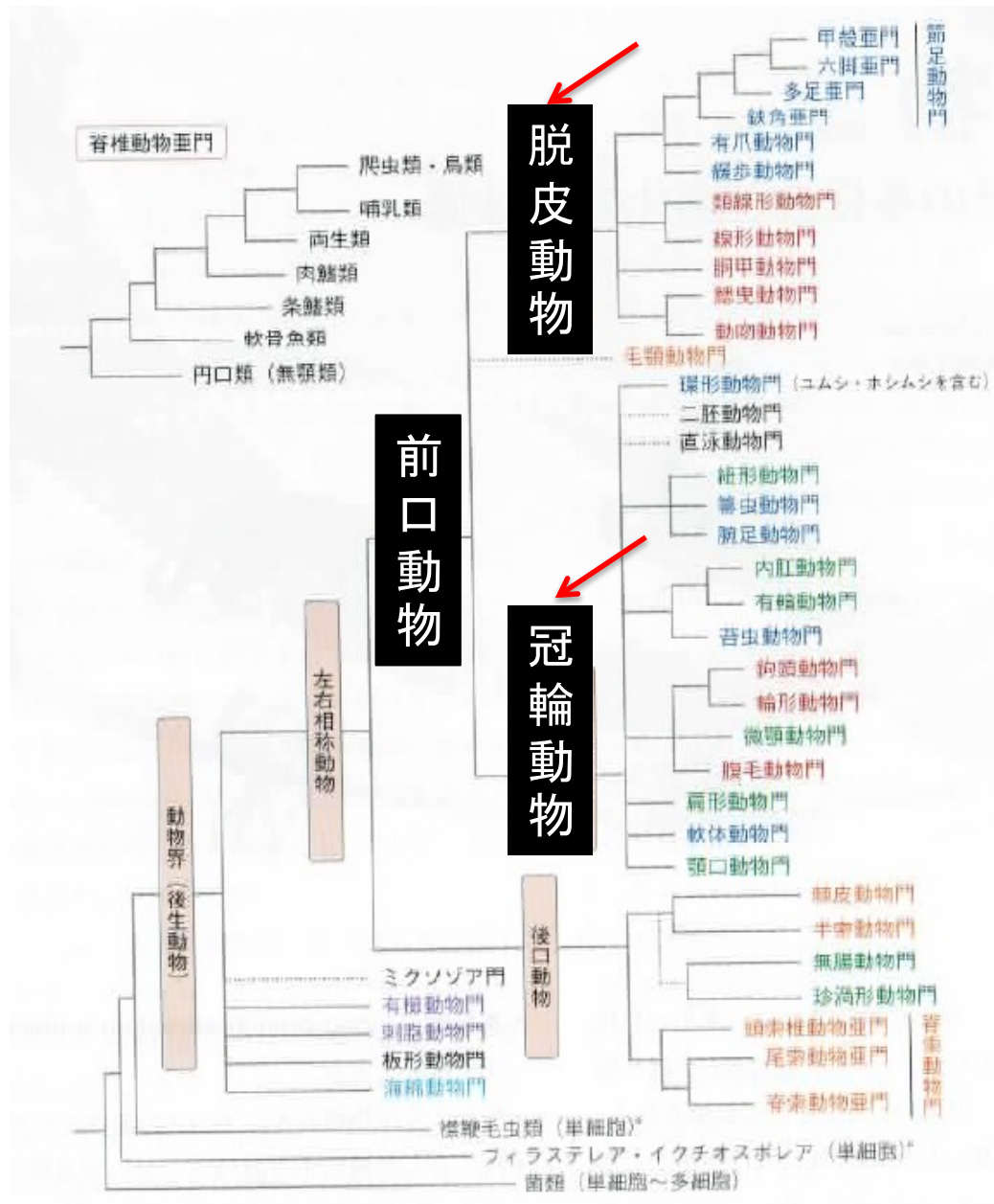
進化的軍拡競争を説明する仮説の一つ

捕食者はよりよい攻撃方法(例えば、キツネがより速く走る)を開発することで、獲物をより多く獲得できる。同時に獲物はよりよい防御方法(例えば、ウサギが敏感な耳を持つ)を開発することで、より生き残りやすくなる。生存競争に生き残るためには常に進化し続けることが必要であり、立ち止まるものは絶滅するという点で、赤の女王の台詞の通りなのである。

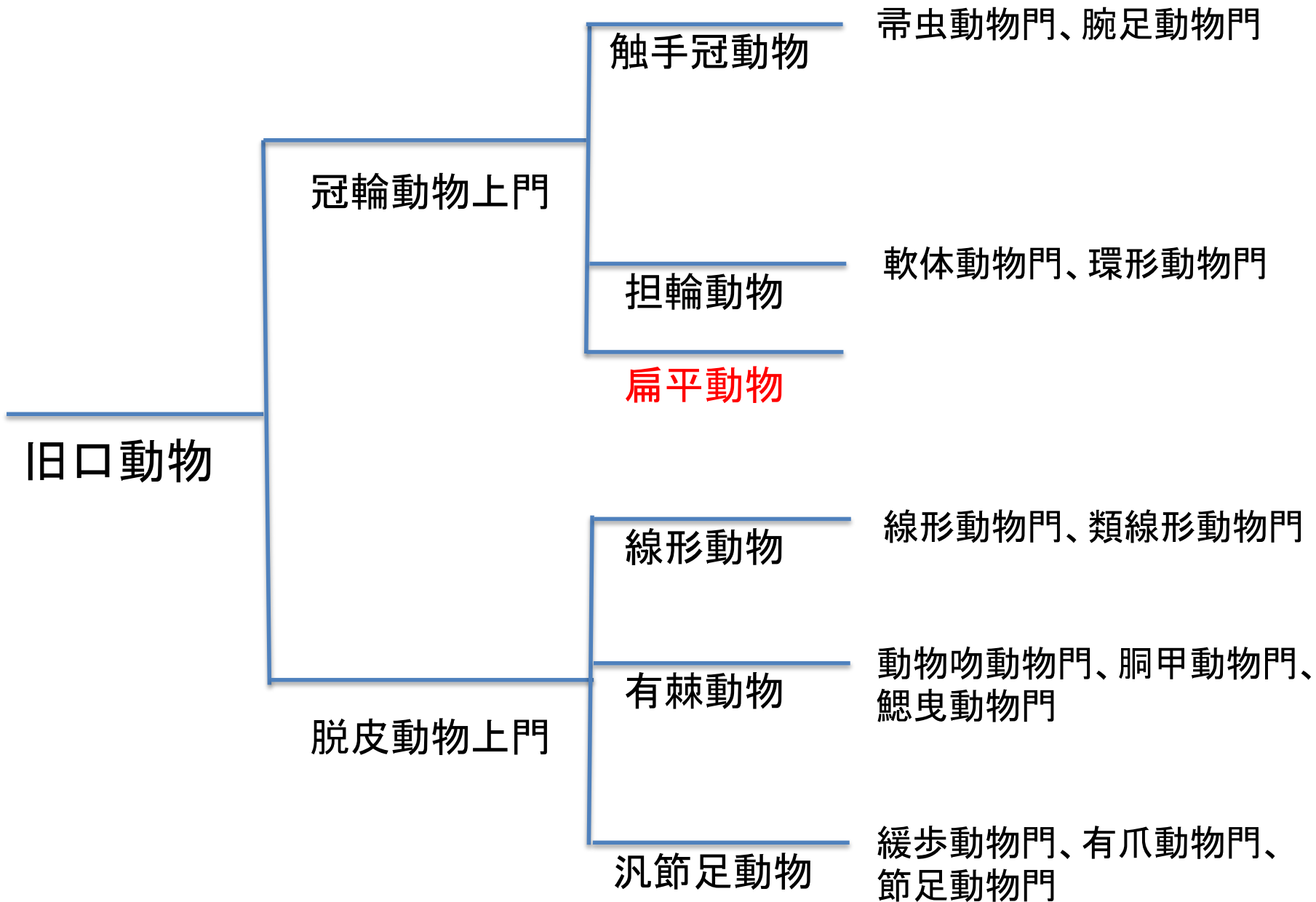
<http://ja.wikipedia.org/wiki/赤の女王仮説> より

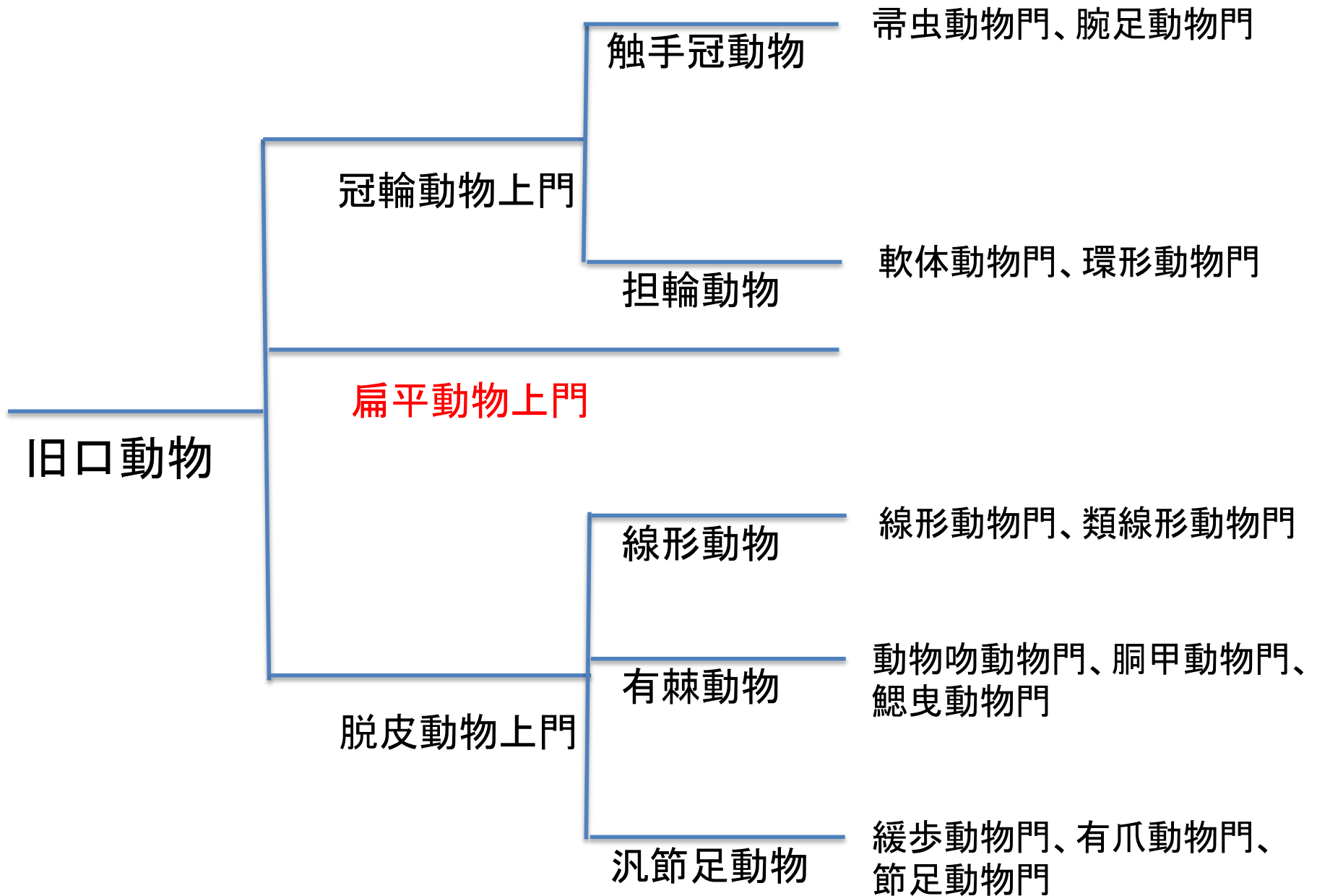
旧口動物
(前口動物)
protostome

旧口動物は脱皮動物と冠輪動物に分かれる



西川輝昭 (2013) 「動物」
遺伝 67, p89-94





扁平動物を上門として独立させる考え方ものがあるが、ここでは前のスライドにあるように冠輪動物に含まれるものとして説明する。

冠輪動物

(Lophotrochozoa)

- 大きな系統群として触手冠動物と担輪動物を含む。
- 触手冠動物: 触手冠という構造を持つ
帚虫動物門、腕足動物門などを含む
- 担輪動物: トロコフォア型の幼生を持つ
紐形動物門、軟体動物門、星口動物門、ユムシ動物門、
環形動物門、内肛動物門などを含む
- 帚虫動物門、腕足動物門、外肛動物門は、分岐分類学的解析では、触手冠動物としてまとめられ、新口動物に分類されていたが、これらは旧口動物に分類された。また、外肛動物門は、他の触手冠動物とは異なる系統にあることが明らかになったが、その系統的位置はさだまっていない。

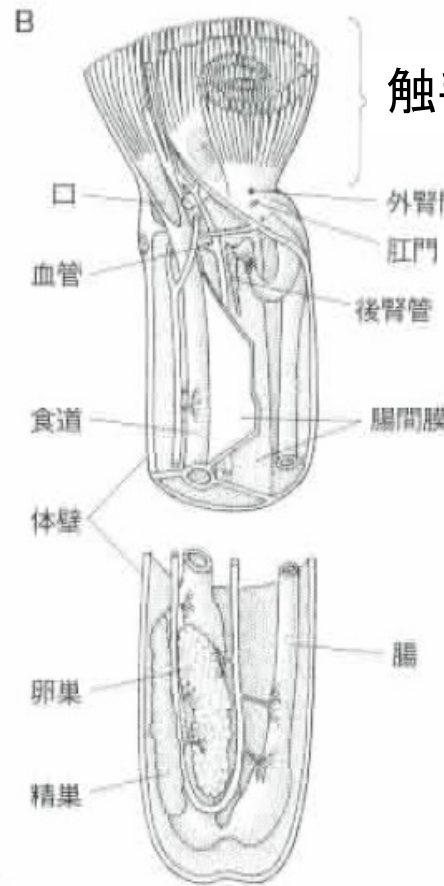
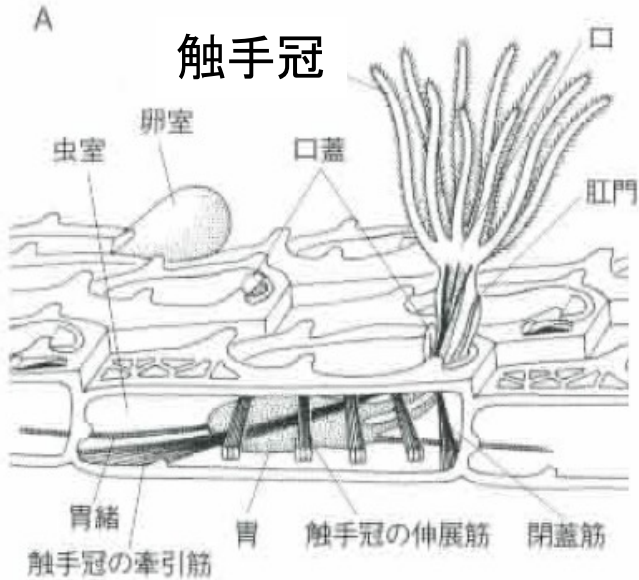


外肛動物門

Phylum Ectoprocta

苔虫など

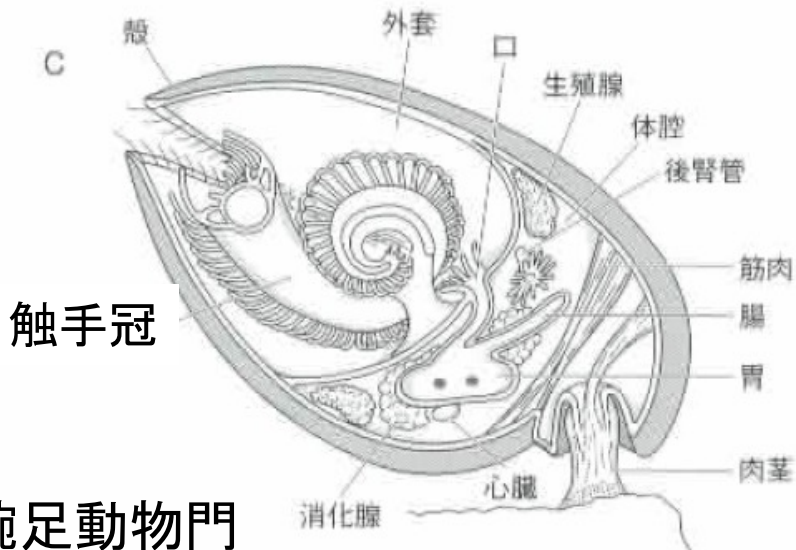
触手冠動物



触手冠 帚虫動物門

Phylum Phoronida

触手冠を帚にみたてて名付けられる



※ いずれも**三胚葉性**で真体腔の体を持ち、海に生息

※ 外肛動物門は触手冠動物に含まれず、系統的位置は定まっていない

腕足動物門

Phylum Brachiopoda

炭酸カルシウムまたはキチン質性のリン酸カルシウムの殻

ホウキムシ



http://www.biology.tohoku.ac.jp/lab-www/asamushi/asamushi_archive/cn31/pg281.html より

オオマリコケムシ (外肛動物門)



<http://ja.wikipedia.org/wiki/オオマリコケムシ> より
寒天質を分泌して巨大な群体を形成する
オオマリコケムシは英語で dragon booger
(竜の鼻くそ)と呼ばれている

ミドリシャミセンガイ (腕足動物門)



ミドリシャミセンガイ (*L. anatina*) は岡山県児島湾や有明海で食用とされる。有明海ではメカジャ(女冠者)と呼ばれ、福岡県柳川市や佐賀県佐賀市周辺でよく食用にされる。殻及び触手冠の内部の筋肉や内臓を食べる。味は二枚貝よりも濃厚で、甲殻類にも似た独特の旨みがある。日本での料理としては、味噌汁、塩茹で、煮付けなどに行うことが多い。中国では広東省湛江市、広西チワン族自治区北海市などで主に「海豆芽」(ハイドウヤー)などと称して炒め物にして食べられている。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/ミドリシャミセンガイ> より

<http://www.ikimono.info/mizube/zukan/07sonota/html/1637-045.htm> より



担輪動物 1

軟体動物門

Phylum Mollusca

三胚葉性で真体腔を持つが、体節の繰り返しを持つものと持たないものがある

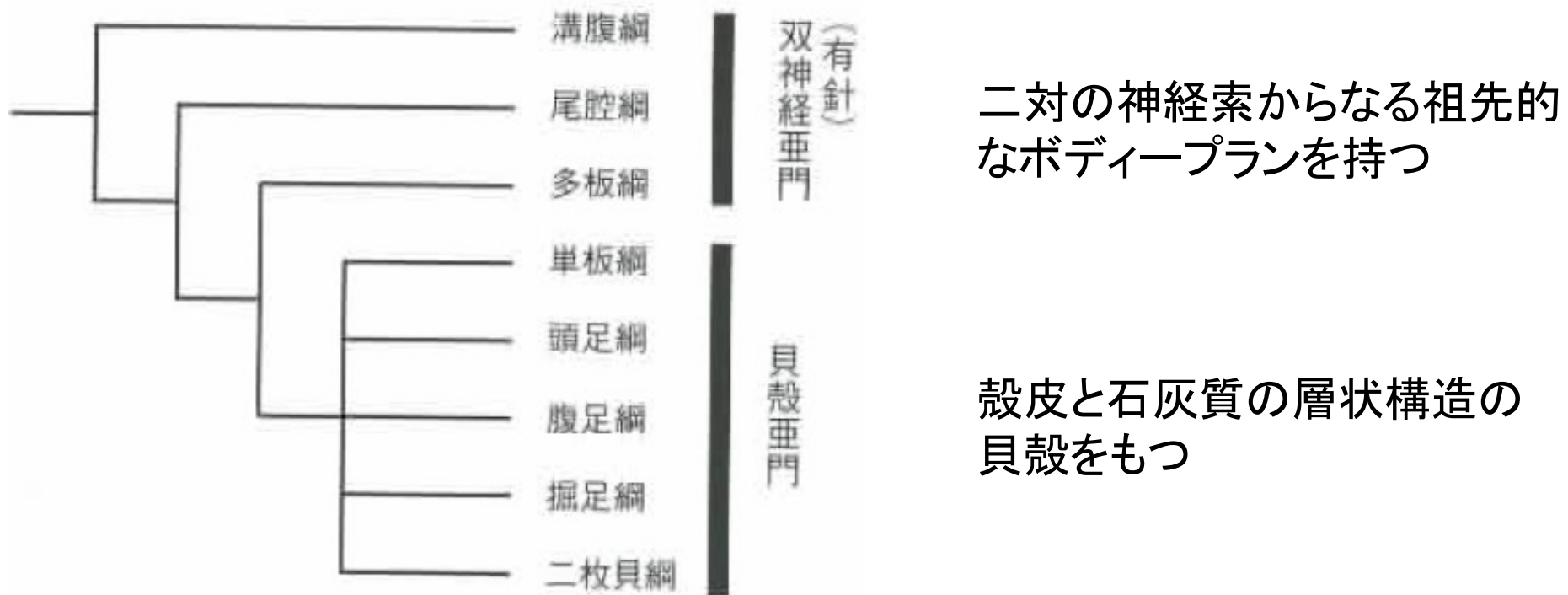


図 6.14 軟体動物門の各綱の系統関係

貝殻亜門の5綱については系統がはっきりしていない。(上島, 2000 ほかに基づく)

mollusk, -lusc

軟体動物.

ラテン語の「モリス(軟らかい)」+「エスカ(肉体)」が組合わさったもの

全動物中、節足動物について種類が多いのがこの仲間

「ウニはすごい、バッタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

陸上が昆虫の王国であるならば、海は軟体動物の王国である

「貝の博物誌」 佐々木猛智 (2002) 東京大学コレクション

溝腹綱と尾腔綱は、ともに蠕虫状の体で貝殻を持たない。体節なし。消化管は一本の管

多板綱は、ヒザラガイの仲間。体は扁平で8枚の貝殻を持つ(繰り返し構造)

単板綱は、扁平な体の背面に1枚の笠型の貝殻を持つ(繰り返し構造)。

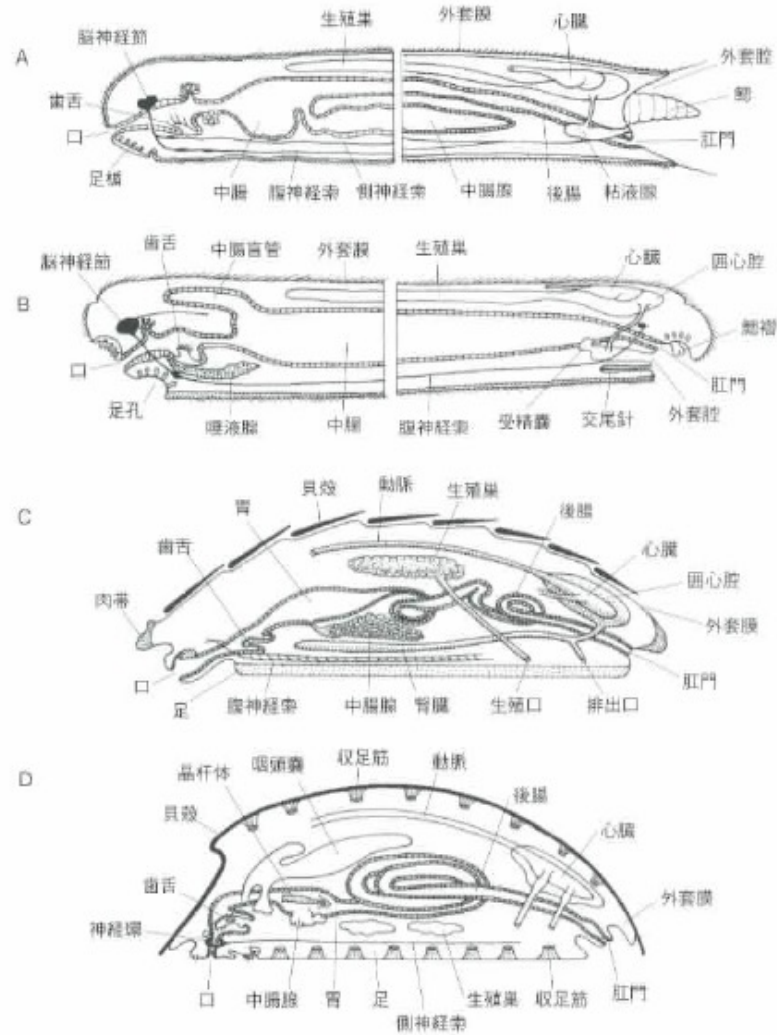
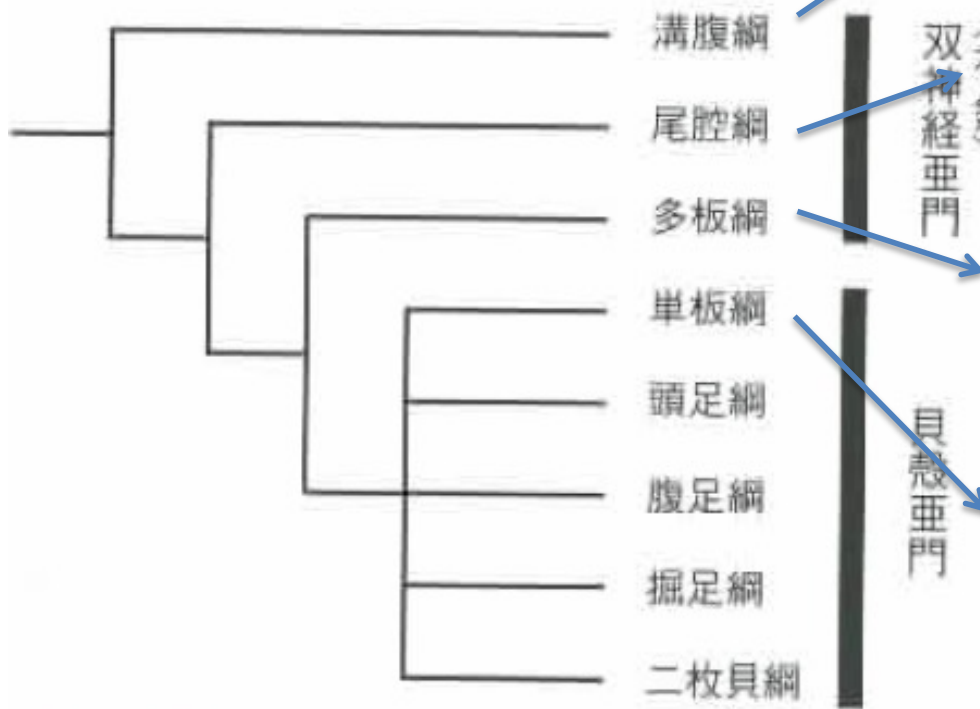
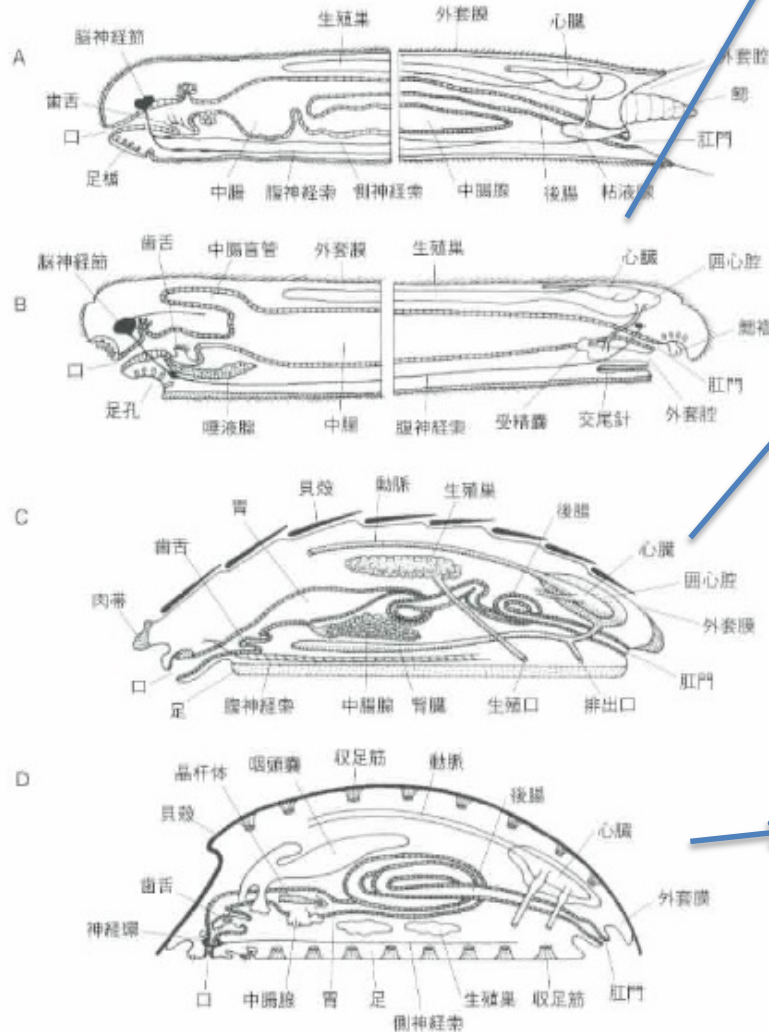


図 6.14 軟体動物門の各綱の系統関係
貝殻亜門の5綱については系統がはっきりしていない。(上島, 2000 ほかに基づく)



<http://ja.wikipedia.org/wiki/溝腹綱> より

カセミミズ *Epimenia verrucosa*



Cheatoderma felderi

体長40.7センチのこの巨大な軟体動物(学名:*Cheatoderma felderi*)は、尾腔亜綱に属する仲間としては世界最大の大きさ。アメリカ、ルイジアナ州沖のメキシコ湾深海で採取された

http://www.nationalgeographic.co.jp/news/news_article.php?file_id=2008111203



Acanthopleura spinosa

<http://ja.wikipedia.org/wiki/多板綱> より

ヒザラガイ(*Liolophura japonica*)などは、鹿児島県奄美群島の喜界島では「クンマー」という呼び名で呼ばれる高級食材であり、茹でたあと甲羅を取り、酢味噌和えや煮付けで食べられることが多い。また、台湾の蘭嶼の東海岸ではタオ語でbobowanと呼ばれ食用にするが、乳児のいる女性は食べてはいけないとされている。寒流域のオオバンヒザラガイは大型で肉質も柔らかく、その生息域では重視された。アイヌやアメリカ先住民(アレウト族など)は古くから食用としておいた。



ガラテアガイ類(ネオピリナ類)、体節制が見られる、深海底に棲む原始的なグループ 単板綱

http://atsites.jp/yoshitoharada/448_invertebrates4.html より

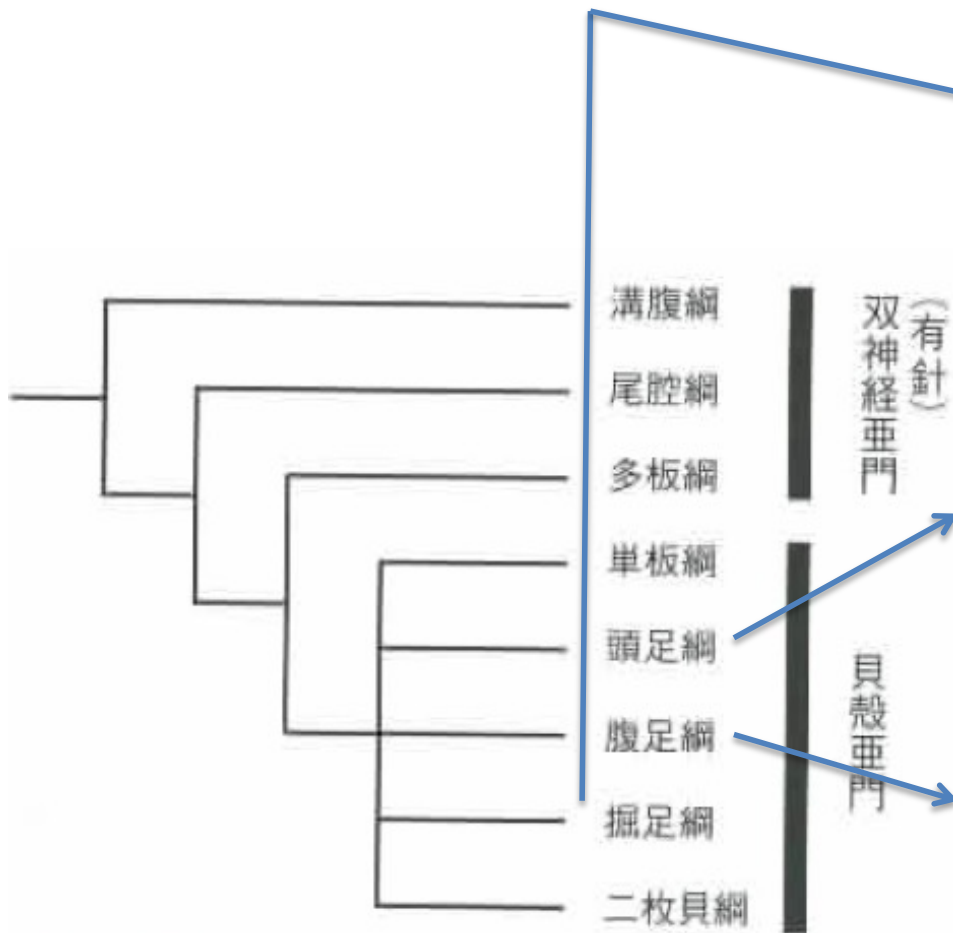


図 6.14 軟体動物門の各綱の系統関係
 貝殻亜門の 5 綱については系統がはっきりして
 いない。(上島, 2000 ほかに基づく)

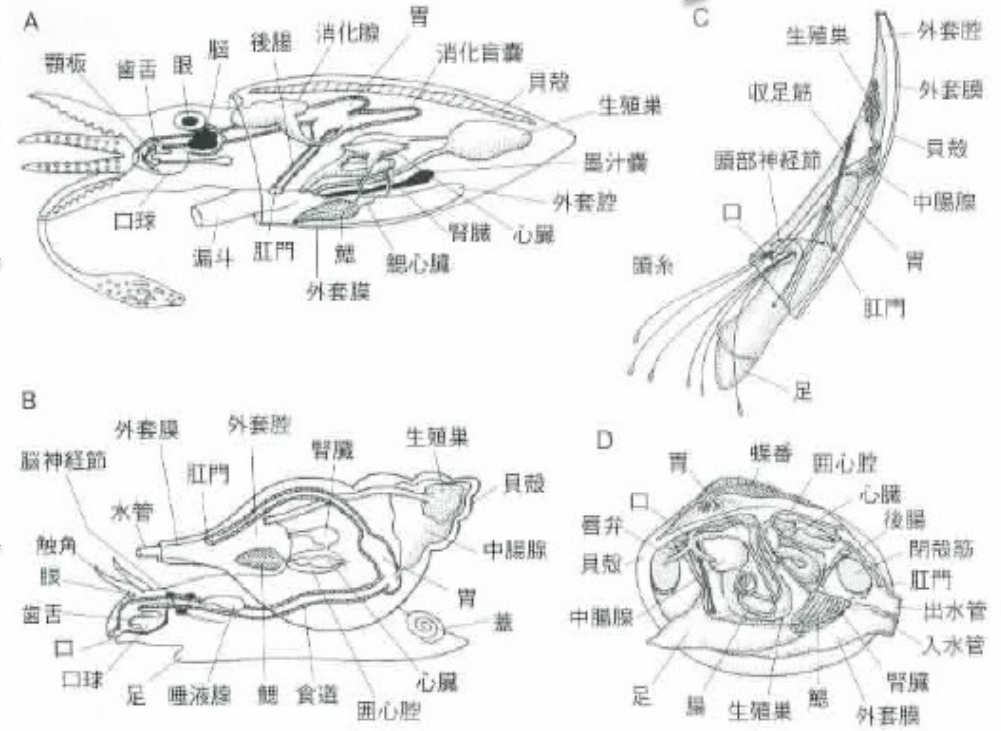


図 6.16 軟体動物門 (2)
 体制の模式図。A: 頭足綱, B: 腹足綱, C: 掘足綱, D: 二枚貝綱。(上島, 2000 より:
 川島作図 [A-B は Stachowitsch, 1992, C-D は Brusca & Brusca, 1990 を改変])

頭足綱: オウムガイ、イカ、タコ、アンモナイト(絶滅種)。貝殻はオウムガイでは体の外にあるが、通常は体内か完全に退化

腹足綱: 軟体動物門最大の綱。通常は螺旋状の貝殻と蓋をもつが、ウミウシなどの後鰓類では殻が退化しているか失っている。カタツムリ、ナメクジ、サザエ、アワビなど

タコのゲノム解析

LETTER

OPEN

doi:10.1038/nature14668

The octopus genome and the evolution of cephalopod neural and morphological novelties

Caroline B. Albertin^{1*}, Oleg Simakov^{2,3*}, Therese Mitros⁴, Z. Yan Wang⁵, Judit R. Pungor⁵, Eric Edsinger-Gonzales^{2,4}, Sydney Brenner², Clifton W. Ragsdale^{1,5} & Daniel S. Rokhsar^{2,4,6}

Coleoid cephalopods (octopus, squid and cuttlefish) are active, resourceful predators with a rich behavioural repertoire¹. They have the largest nervous systems among the invertebrates² and present other striking morphological innovations including camera-like eyes, prehensile arms, a highly derived early embryogenesis and a remarkably sophisticated adaptive colouration system^{1,3}. To investigate the molecular bases of cephalopod brain and body innovations, we sequenced the genome and multiple transcriptomes of the California two-spot octopus, *Octopus bimaculoides*. We found no evidence for hypothesized whole-genome duplications in the octopus lineage^{4–6}. The core developmental and neuronal gene repertoire of the octopus is broadly similar to that found across invertebrate bilaterians, except for massive expansions in two gene families previously thought to be uniquely enlarged in vertebrates: the protocadherins, which regulate neuronal development, and the C2H2 superfamily of zinc-finger transcription factors. Extensive messenger RNA editing generates transcript and protein diversity in genes involved in neural excitability, as previously described⁷, as well as in genes participating in a broad range of other cellular functions. We identified hundreds of cephalopod-specific genes, many of which showed elevated expression levels in such specialized structures as the skin, the suckers and the nervous system. Finally, we found evidence for large-scale genomic rearrangements that are closely associated with transposable element expansions. Our analysis suggests that substantial expansion of

97% of expressed protein-coding genes and 83% of the estimated 2.7 gigabase (Gb) genome size (Methods and Supplementary Notes 1–3). The unassembled fraction is dominated by high-copy repetitive sequences (Supplementary Note 1). Nearly 45% of the assembled genome is composed of repetitive elements, with two bursts of transposon activity occurring ~25-million and ~56-million years ago (Mya) (Supplementary Note 4).

We predicted 33,638 protein-coding genes (Methods and Supplementary Note 4) and found alternate splicing at 2,819 loci, but no locus showed an unusually high number of splice variants (Supplementary Note 4). A-to-G discrepancies between the assembled genome and transcriptome sequences provided evidence for extensive mRNA editing by adenosine deaminases acting on RNA (ADARs). Many candidate edits are enriched in neural tissues⁷ and are found in a range of gene families, including ‘housekeeping’ genes such as the tubulins, which suggests that RNA edits are more widespread than previously appreciated (Extended Data Fig. 1 and Supplementary Note 5).

Based primarily on chromosome number, several researchers proposed that whole-genome duplications were important in the evolution of the cephalopod body plan^{4–6}, paralleling the role ascribed to the independent whole-genome duplication events that occurred early in vertebrate evolution¹¹. Although this is an attractive framework for both gene family expansion and increased regulatory complexity across multiple genes, we found no evidence for it. The gene family expansions present in octopus are predominantly organized in

Nature (2015)
524, 220–226

3つの心臓をもち、約5億個の神経細胞のほとんどが8本の長い腕(触腕)に局在腕を再生可能、それぞれの腕は独立して動く

タコのゲノムは人間とほぼ同じ大きさ

脊椎動物のように遺伝子重複で大きくなったのではなく、ゲノムの半分はトランスポゾン
トランスポゾン(SINE)は神経系で多く発現

タンパク質をコードする遺伝子は33000個(ヒト 25000個)

一部の遺伝子族が拡張したことが原因

その一つがプロトカドヘリン遺伝子(神経の発達とそれらの短距離相互作用を制御)

上記の腕の運動性能に関与すると考えられている

タコ固有の数百の他の遺伝子が、特定の組織において高度に発現

吸盤では神経伝達物質アセチルコリン受容体様遺伝子に似たものが発現

吸盤の感覚受容体として働いている可能性

タコの皮膚では、reflectinというタンパク質を作り出す6つの遺伝子が発現

光の反射を変えて、質感、模様、明るさを変化させ、タコの擬態に関与

Hoxi遺伝子はクラスタを作らずゲノム中を分散。通常は軟体動物を含みクラスタ形成
頭足類の体制進化に関与？

オウムガイとアンモナイト

オウムガイ(軟体動物門、頭足綱、オウムガイ亜綱)の殻は巻貝の殻と大きくことなる。

巻貝の殻:奥まで一続きで、奥まで肉がつまっている。

オウムガイの殻:内部に仕切りがあり、出口に近い大きな部屋にのみ体があり
他は空洞でガスと液体が入っており浮力を得ている。

オウムガイの目:ピンホールカメラ方式でレンズがなく、タコやイカの目とは違う。

オウムガイの触手:90本近く、付着に使用するが、運動には使用しない。

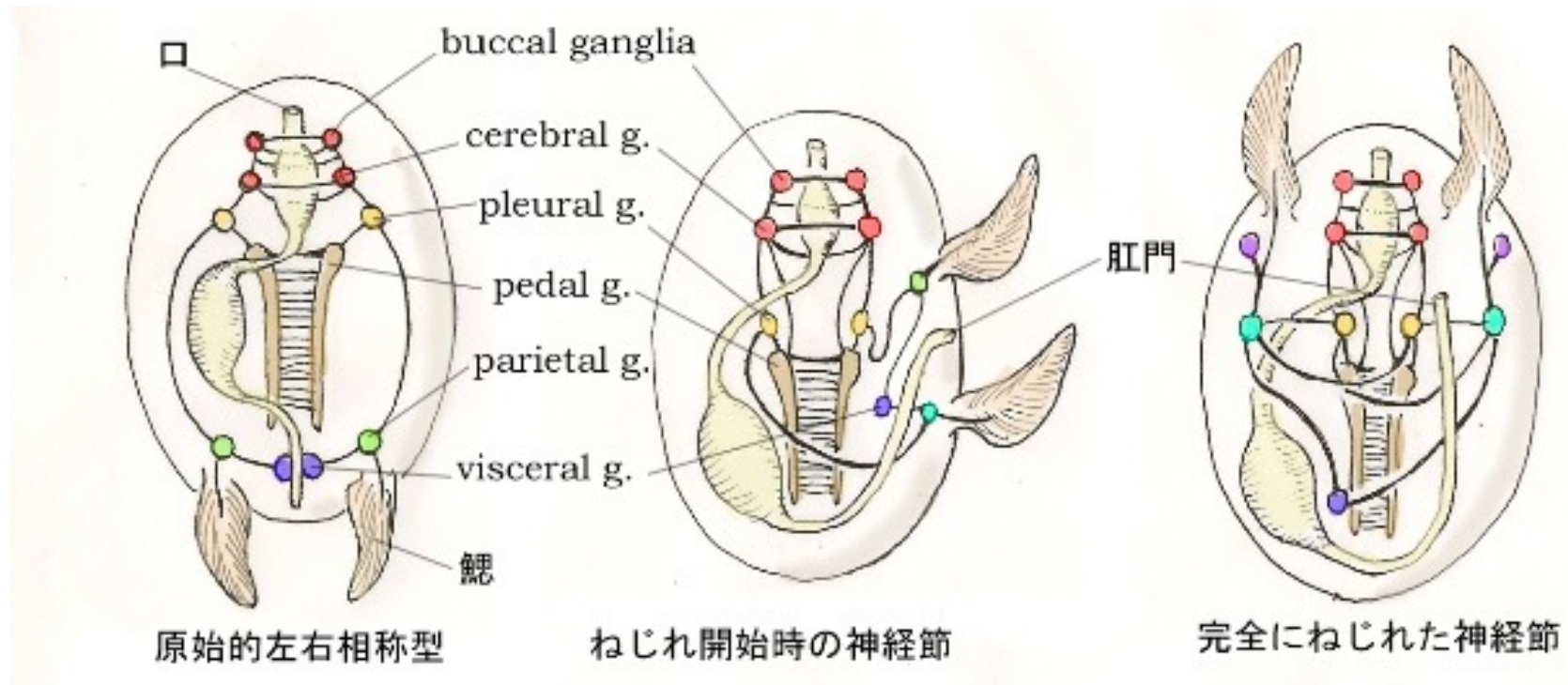


アンモナイト

オルドビス紀から生息するオウムガイ亜綱から
分化した亜綱。白亜紀末に絶滅
殻の構造はオウムガイと同じ



普通の巻貝は体制が180° ねじれて口と肛門が同じ向きに開いているが、オキナエビスではねじれが不完全で口と肛門との角度がズれている。



ウミウシでは、ねじれが二次的に戻っており、直神経型 (euthyneury)である。

http://blog.goo.ne.jp/best-dreamer_no1/e/9bd1963d5d46213d48249d1843c31cc9
http://atsites.jp/yoshitoharada/448_invertebrates4.html より

クリオネ (Clione)

<https://www.youtube.com/watch?v=xlc7r34Sh-c>
より

門：軟体動物門 Mollusca

綱：腹足綱 Gastropoda

目：裸殻翼足目 Gymnosomata

(後鰓目 Opisthobranchia)

亜目：(裸殻翼足亜目 Gymnosomata)

科：ハダカカメガイ科(クリオネ科) Clionidae

属：クリオネ属 *Clione*



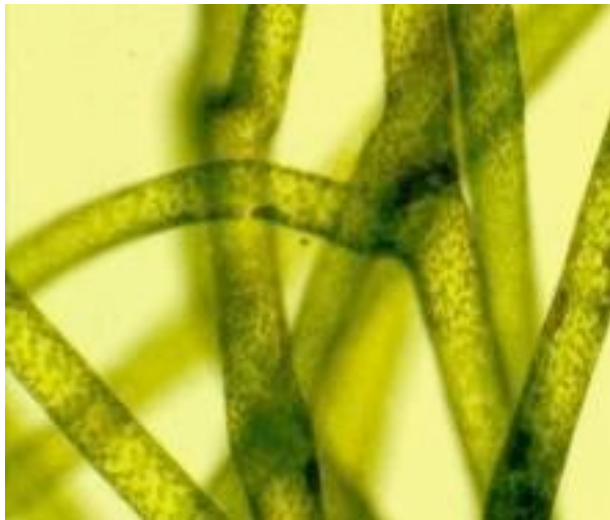
buccal cone

口円錐

=クリオネの触手

エリシア・クロロティカ

Elysia chlorotica



ウミウシの仲間(囊舌目)。幼生は、*V. litorea*の糸状体に付着し変態を終えて、*V. litorea*を食べ始める。食べた葉緑体のみを選び分け、消化管の内側の特殊な細胞内に蓄積

消化管は枝分かかれし、全身に広がる。これにより葉緑体は表皮直下の融合層に送られる。

その後、口を失い、吸収した葉緑体の光合成によって生きていく。

ヴァウチェリア・リトレア (*Vaucheria litorea*): 藻類

<http://ameblo.jp/dreampyramid/entry-10959035703.html> より

Frank Ryan (2009) "Virolution" Collins (夏目大 訳 "破壊する創造者" 早川書房)

盗葉緑体現象 (Kleptoplasty)

- 餌藻類の葉緑体を細胞内に取り込み一次的に保持する現象
- 取り込まれた葉緑体が光合成能力を保持しており、取り込んだ個体はその光合成から栄養を得ている場合は**機能的盗葉緑体現象**と呼ばれる
- 軟体動物の囊舌目や繊毛虫・有孔虫・渦鞭毛藻で見られる

盗刺胞

ミノウミウシ類の多くの種はイソギンチャクなどの刺胞動物を摂食したとき、刺胞構造を破壊することなく中腸線から**刺胞囊**へと移動させて自らの刺胞として再利用する。

このような刺胞を**盗刺胞**という。ミノウミウシ類の他に、有櫛動物のフウセンクラゲモドキや渦虫類(プラナリアの仲間)の一部がこの盗刺胞を有する。

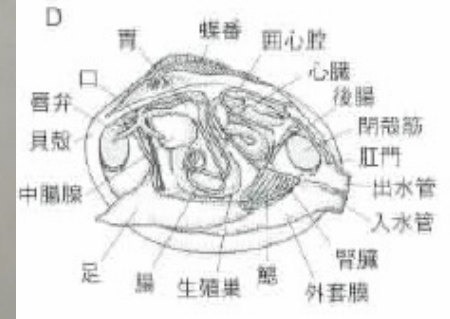
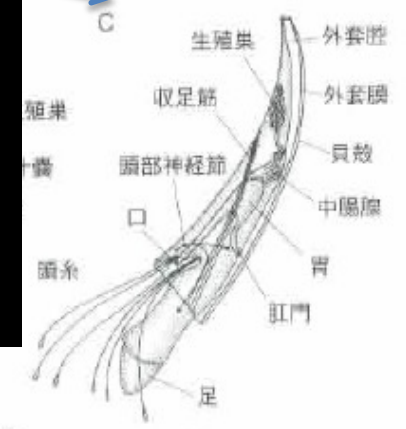
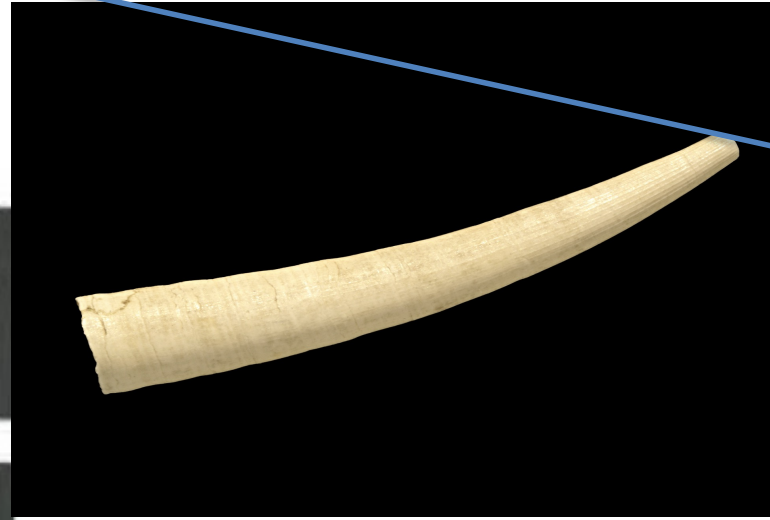
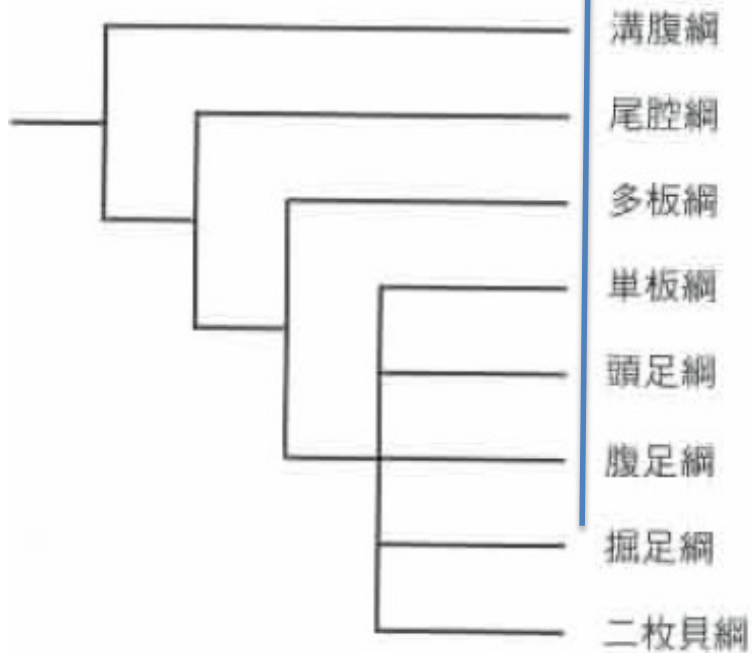


図 6.14 軟体動物門の各綱の系統関係
貝殻亜門の 5 綱については系統がはっきり
いない。(上島, 2000 ほかに基づく)

網, D: 二枚貝綱. (上島, 2000 より;
Brusca & Brusca, 1990 を改変)

掘足(くっそく)綱: ツノガイの仲間
二枚貝綱:

アコヤガイのゲノム解読 真珠・貝殻形成メカニズムの解明に向けて

化学と生物 Vol 52, No.7
424-425 (2014)

真珠は数ある宝石の中でも唯一、動物の生命活動によって生み出される。そして、真珠を作ることのできる生物は貝殻をもつ軟体動物に限られる。貝類を利用して真珠を得る手法は古くから研究されており、たとえば分類学の基礎を築いたカール・フォン・リンネも、人為的に真珠核を貝に挿入して真珠を作る方法を試みている。明治時代、御木本幸吉が二枚貝類のアコヤガイ *Pinctada fucata* を用いた真珠養殖の産業化に初めて成功し、現在では、アコヤガイは日本や東アジアなどで広く真珠養殖に用いられている。

真珠の構成成分は貝殻と同一である。つまり、原理的には貝殻のある軟体動物であれば真珠を作ることができる。ただし、貝殻の微細構造は種によって異なり、宝石としての価値がある「真珠光沢」のある真珠は、アコヤガイなどの「真珠層」構造を作る貝によってのみ作り出される。アコヤガイの外套膜組織より分泌されるタンパク質などの有機基質が、真珠・貝殻の主要成分である炭酸カルシウムの結晶形成、成長の促進と阻害、結晶構造の決定にかかわり、また貝殻微細構造の骨組みを構成している。したがって、真珠・貝殻に含まれるタンパク質（貝殻基質タンパク質）を同定し、その機能を調べることで、真珠・貝殻の形成機構を分子レベルで解明することが可能である。しかし、公共データベースにおけるアコヤガイやほかの軟体動物の遺伝子情報は非常に限られていたため、分子生物学研究基盤としてアコヤガイのゲ

ノム配列の全長は約1.4 Gbpに達した。このことから、このドラフトゲノムはアコヤガイのゲノム配列の全長をカバーしていると考えられる。また、トランスポゾンやマイクロサテライトなどのリピート配列が、ゲノムの少なくとも10%を占めていることがわかった。パイオインフォマティクス手法によりリピート配列を解析したところ、PCR法により容易に検出可能なリピート配列が約10,000個見つかった⁽²⁾。こうした配列をDNAマーカーとして利用することで、アコヤガイの効率的な選択交配や品質管理が可能になると期待される。

アコヤガイゲノムには少なくとも23,000個の遺伝子が存在すると予測された。遺伝子のアノテーション（注釈付け）を目的として、アコヤガイゲノムジャンボリーと名づけられた研究集会が二度開催された⁽³⁾。集会では、多細胞動物に共通する発生・分化にかかわる転写因子・シグナル分子や、生殖関連遺伝子、さらに、二枚貝の閉殻筋（貝柱）特有の筋運動にかかわる遺伝子や貝殻形成関連遺伝子などが網羅的にアノテーションされた⁽⁴⁾。このようにして、さまざまな軟体動物から断片的に得られていた遺伝子情報がアコヤガイゲノムに集約されることで、ほかの軟体動物の分子生物学的研究を行ううえでも極めて有用な基盤情報となる。

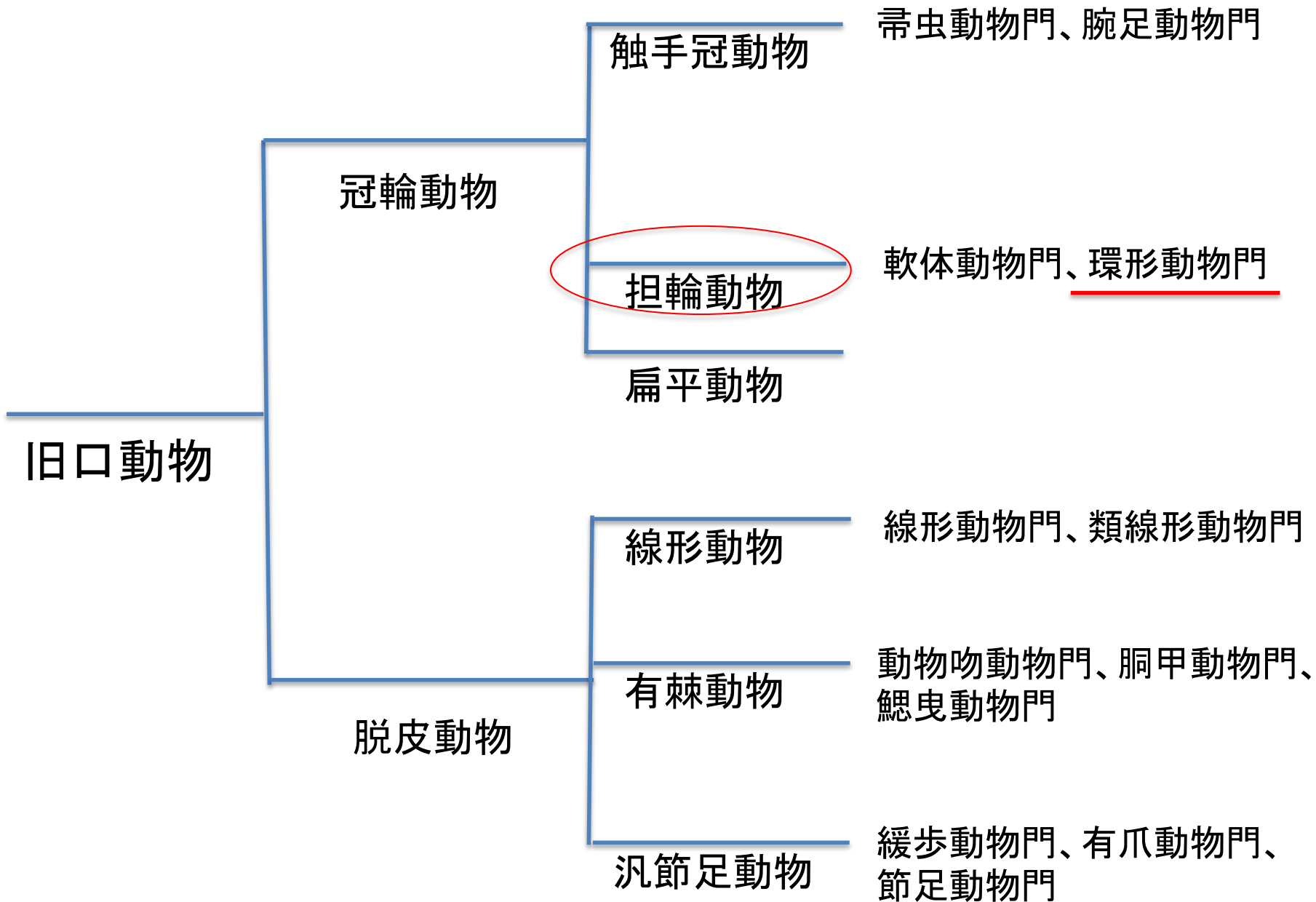
これまでにアコヤガイから同定されていた貝殻形成にかかわるタンパク質の多くは、炭酸脱水酵素など一部を除き、ほかの生物には見られない独自のものが大半で

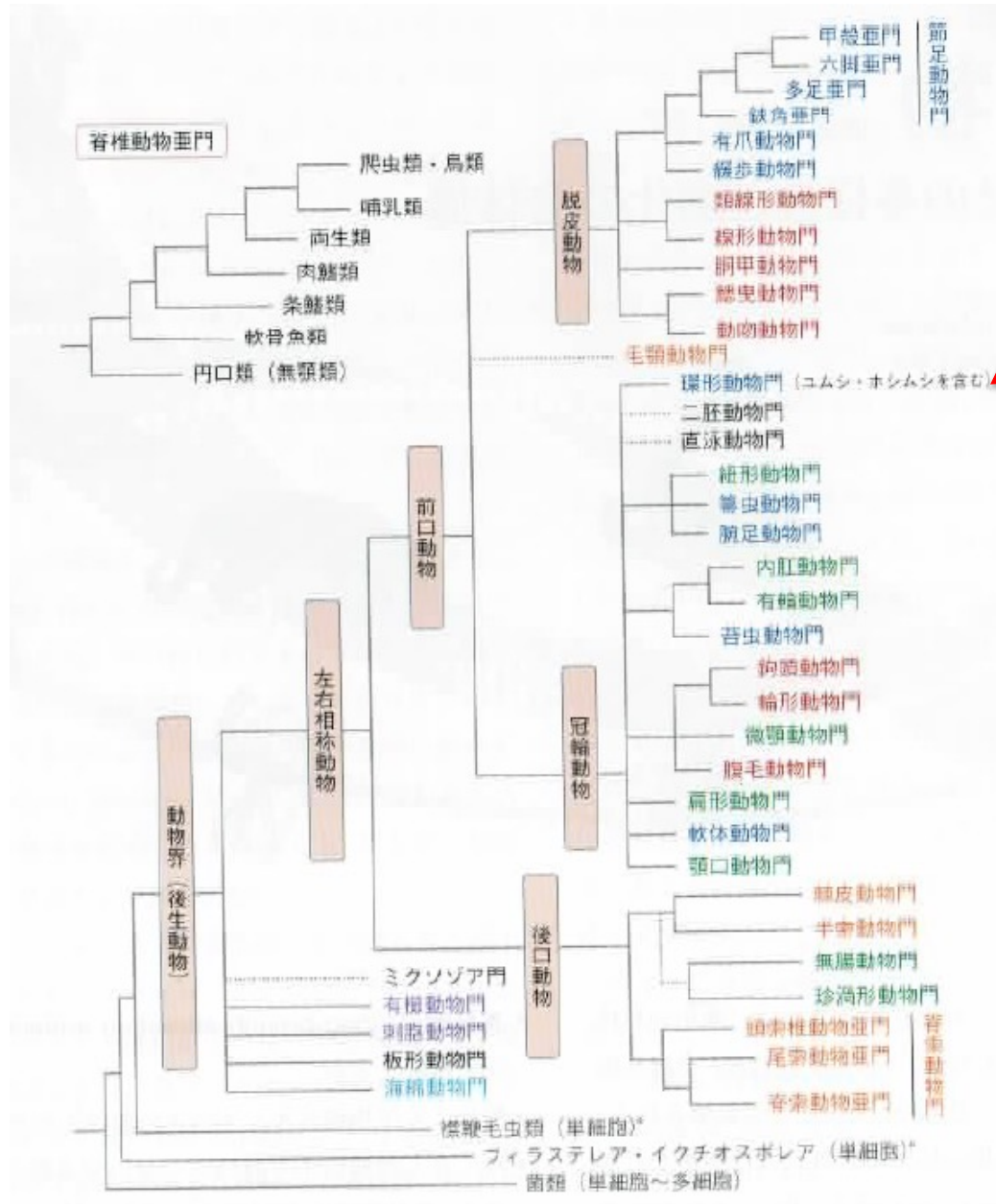


西宮市貝類館



奥谷喬司 (著), 佐治康生 (写真)





西川輝昭 (2013) 「動物」
遺伝 67, p89-94

担輪動物 2

環形動物門

Phylum Annelida

体が多数の体節から構成されることに伴い、真体腔が隔膜によって多数の部屋にしきられ、各体節に剛毛を持つ。

伝統的には

多毛綱:ゴカイ、イソメなど

貧毛綱:ミミズ

ヒル綱:ヒル

より構成されていた。

(疣足をもつ)



ハナオカカギゴカイ



アオイソメ



シーボルトミミズ
日本の最大種
40cmくらにまでなる

分子系統解析により、それまで別の門として扱われてたものが、環形動物門に分類されるようになってきた。

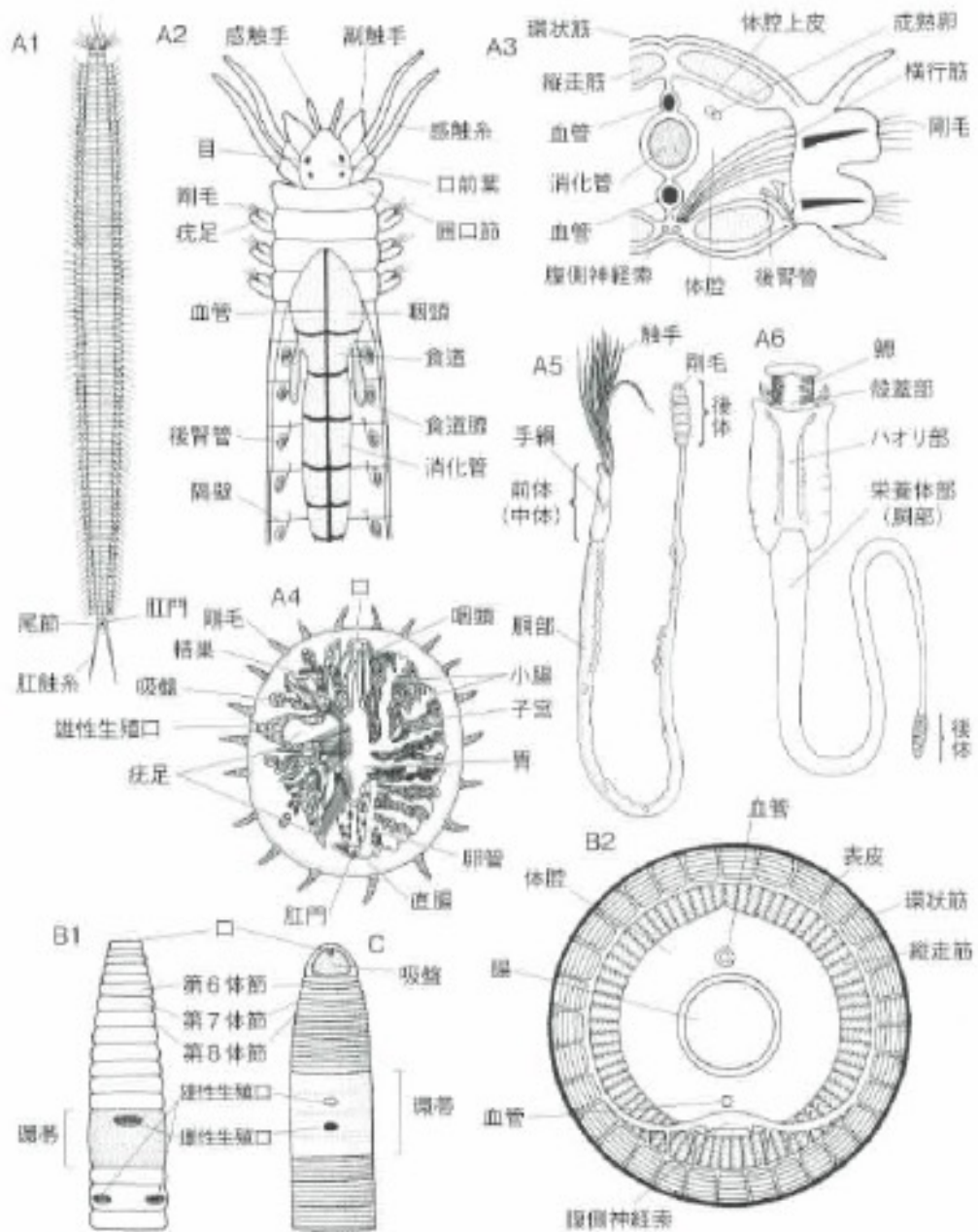


図 6.19 環形動物門

体制の模式図。A：多毛綱，A1：成体の外形，A2：頭部，A3：胴部断面，A4：スイクテムシ目，A5：有鬚動物ヒゲムシ類，A6：有鬚動物ハオリムシ類。B：貧毛綱，B1：体の前部，B2：横断面図，C：ヒル細，体の前部。（A4は Brusca & Brusca, 2003 を改変，他は三浦・白山, 2000 より；川島作図 [A1は Fauchald, 1977, A2-A3は Fauvel, 1959, B2は山口, 1967 を改変]）

ギネスブックに載っている最大のミミズの長さは1967年、南アフリカ、ウィリアムズタウンの道路脇で見つかった *Microchaetus rappi* (ミクロカエトウス・ラピ) で、身体を伸ばすと6.6~6.7メートル、直径は2センチメートル。のばさない状態だと、半分ぐらいの3.3メートル

<http://umafan.blog72.fc2.com/blog-entry-300.html>より

独立した動物門として扱われていた有鬚(ゆうしゅ)動物は、分子系統解析により多毛綱ケヤリムシ目の1科として扱われるようになった

有鬚(ゆうしゅ)動物は、ヒゲムシ類とハオリムシ類よりなる。体節は少なく、消化管はない。共生細菌に依存。

チューブワーム (tubeworm) とは、深海の熱水噴出孔や冷水湧出帯周辺に生息する生物である。発見当時は分類上の所属が不明なことから、チューブ状の棲管に入り、入り口から頭を覗かせる姿そのままの名前で呼ばれた。和名は**ハオリムシ(羽織虫)**

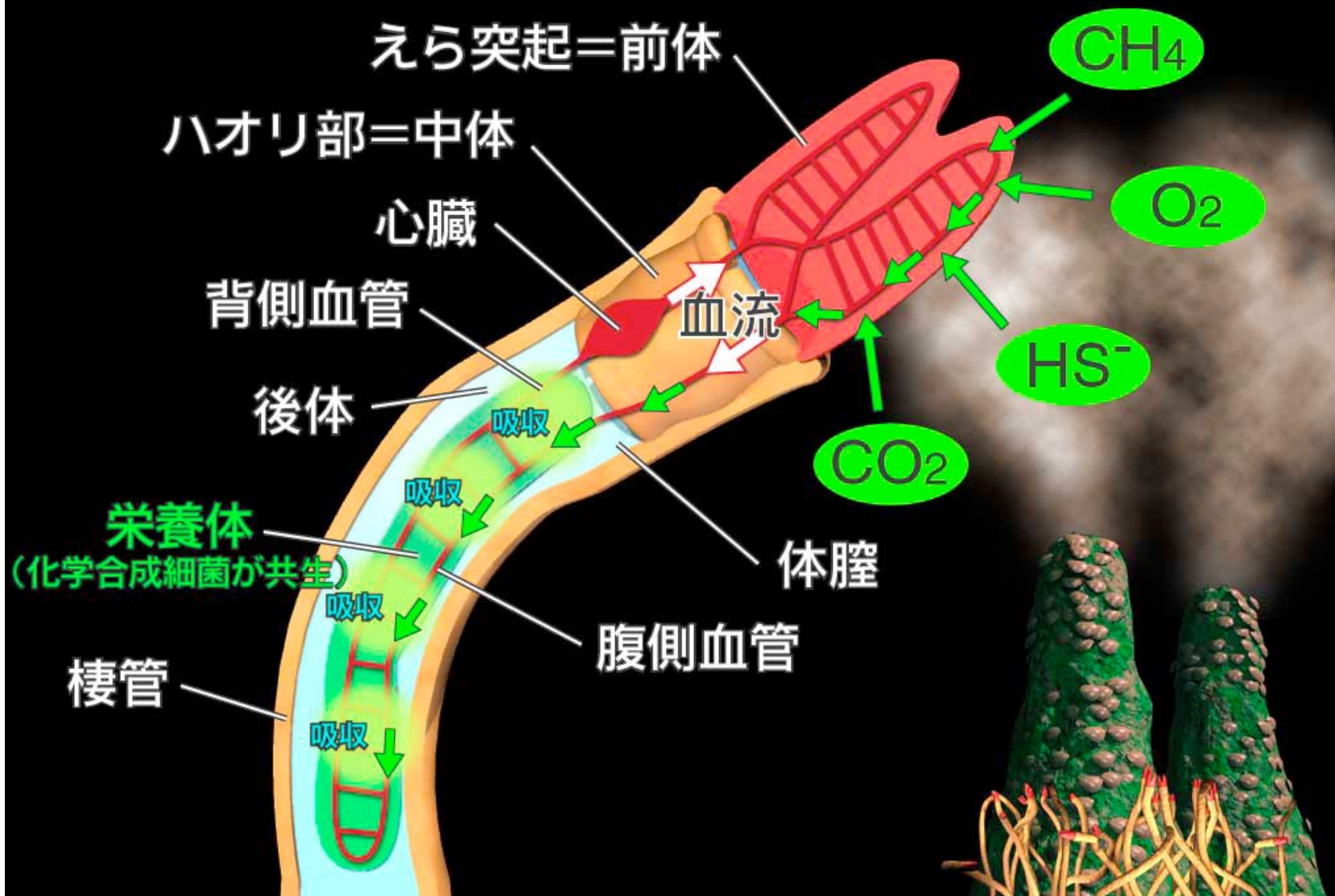
体長は数十cmほどで先端には紅色のハオリをもつ。**口・消化管・肛門などの消化管等をもたず、硫黄酸化細菌と細胞内共生している。**ハオリから硫化水素等を取り込み細菌に供給し、細菌は有機物を供給している。

雌雄異体、らせん卵割、トロコフォア幼生

有鬚動物門のハオリムシ綱に分類されたが、現在では**環形動物門多毛綱のシボグリヌム科に含める意見**になっている。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/チューブワーム> より

ハオリムシの栄養摂取方法



http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0170/main/stmain/contents/05_sinkai_seibutu/16/index.html



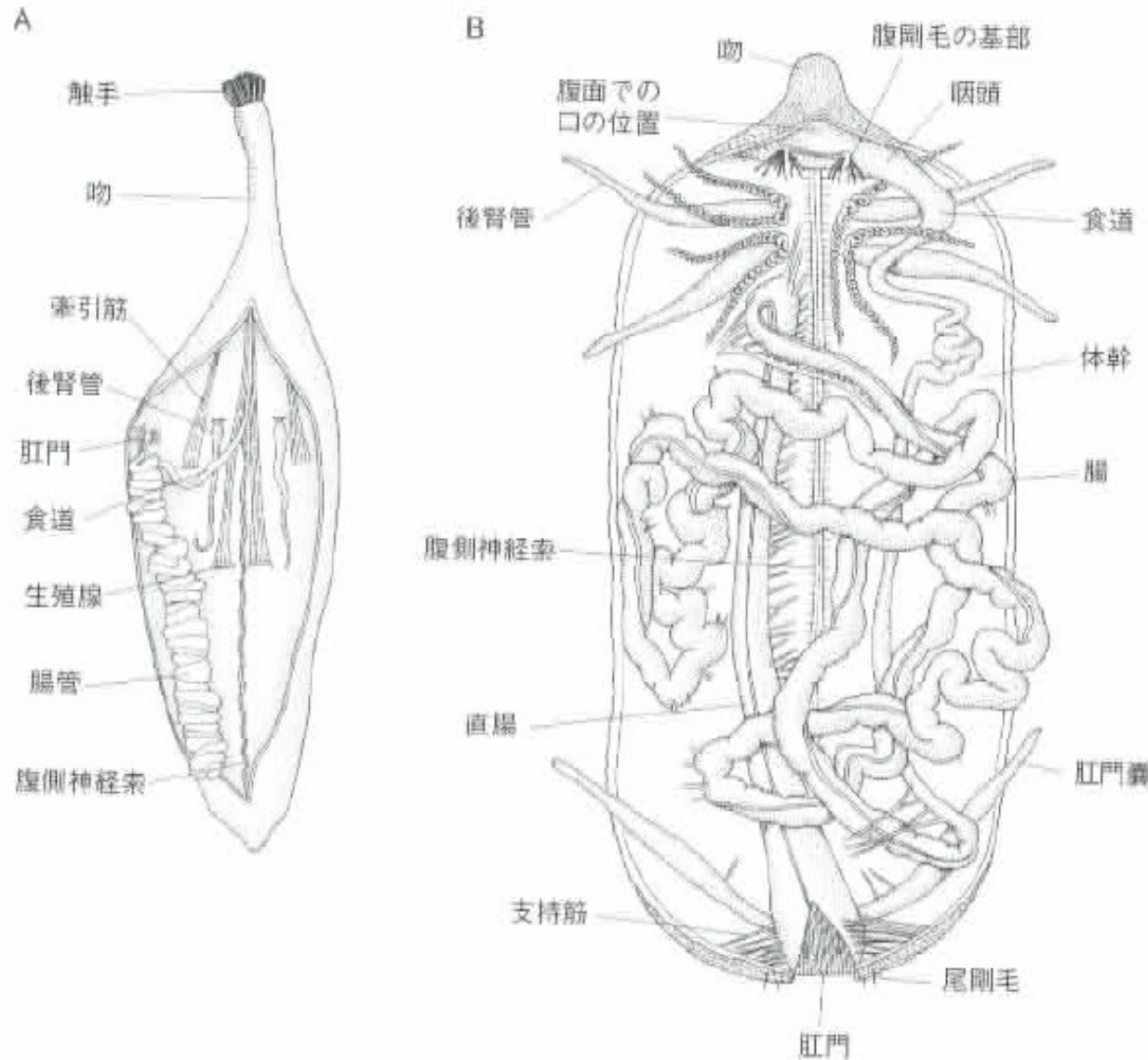
新江ノ島水族館

ハオリムシのヘモグロビン

24 個から144個が結合した巨大な多量体として存在
脊椎動物のヘモグロビン同様、酸素と結合するが、同時に個々のグロビンが
持っているシステインのアミノ酸残基に硫化水素を結合して共生細菌に受け渡す
役割もになっている

宮田隆 (2014) 「分子からみた生物進化」 講談社

ホシムシ類とユムシ類



ホシムシ類とユムシ類は、トロコフォア幼生を持つことから環形動物に近縁であると考えられたが、成体は体節性を示さず、真体腔が一つ(隔壁でしきられていない)ことから、それぞれ星口動物門、ユムシ動物門に分類されていたが、分子系統解析により環形動物に含まれることが明らかになった。

※ ホシムシは、口の周辺に触手がならぶさまを星にみたてて名付けられた。

図 6.17 星口動物門、ユムシ動物門

背面から切り開いた体制の模式図。A：星口動物門（イケダホシムシ）、B：ユムシ動物門（ユムシ）。（西川，2000 より；川島作図 [A は西川，1977, B は Sato, 1931 を改変]



<http://www.youtube.com/watch?v=aKYLjP7x4t8>

韓国 海雲台 屋台村

http://www.konest.com/contents/gourmet_mise_detail.html?id=4986

ユムシ

韓国では、砂地の海底で鉤状の漁具を曳いて採り、「ケブル(개불)」と称して沿岸地域で刺身のように生食したり、串焼き、ホイル焼きなどにされる。中国の大連市や青島市などでは「ハイチャン(海腸、拼音: hǎicháng)」と称して、ニラなどと共に炒め物にしたり、茹でて和え物にして食べる。日本でも北海道の一部などで、刺身、酢味噌和え、煮物、干物など食用にされるが、いわゆる珍味の種類であり、一般的な食材ではない。

グリシンやアラニンなどのアミノ酸を多く含むため、甘味があり、コリコリした食感で、ミル貝に似た味がする。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/ユムシ>

吸口虫(スイクチュムシ)類

- 棘皮動物に寄生
- 体腔はなく、不完全な体節を持つ。
- 円盤状で5対の疣足と、その間に4対の吸盤をもつ。
- 分子情報によっても、多毛綱に属するという説と扁形動物門や顎口動物門に近縁という説があった。
- 近年の解析から多毛綱に属することが明らかになった。

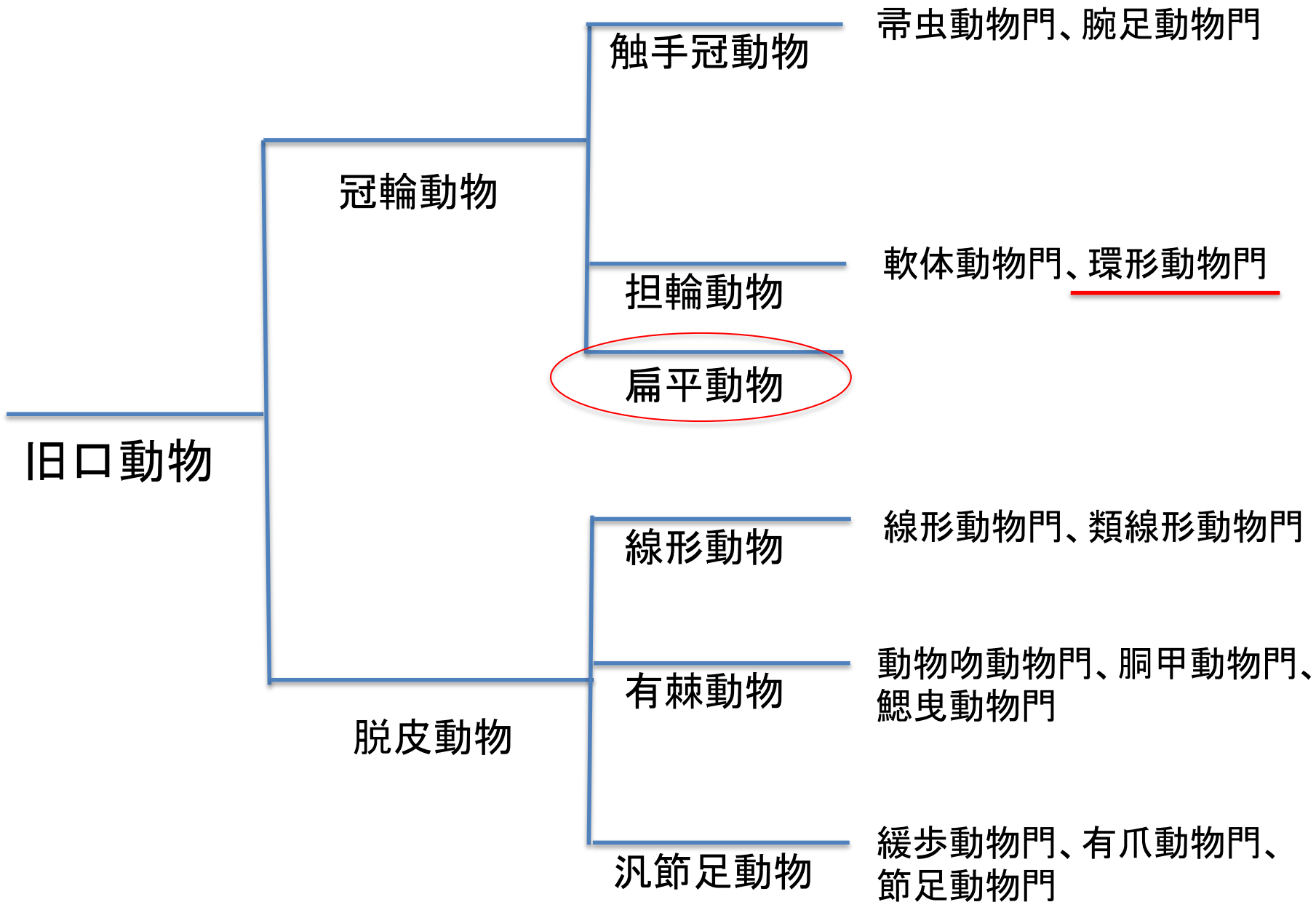


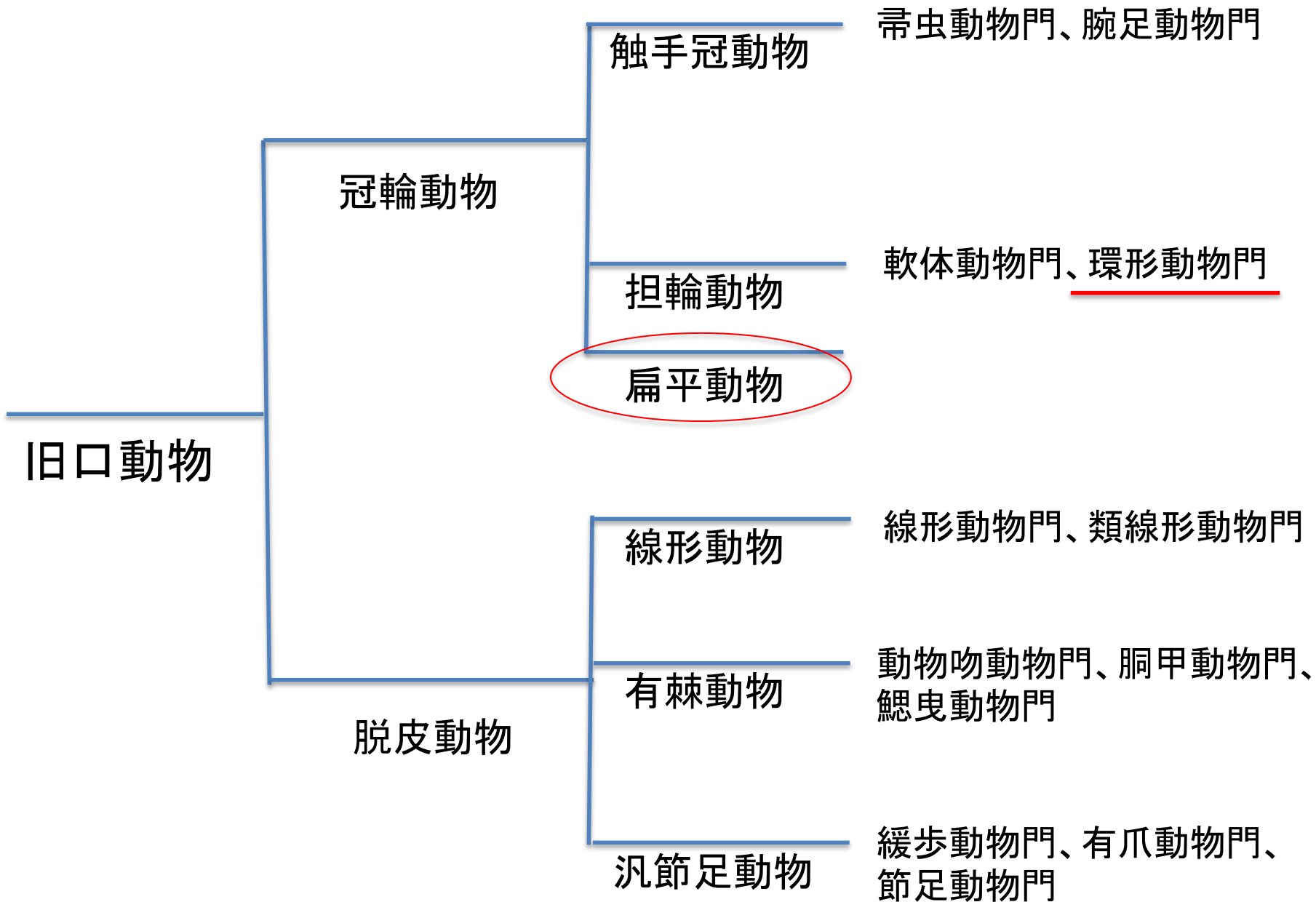
裏側



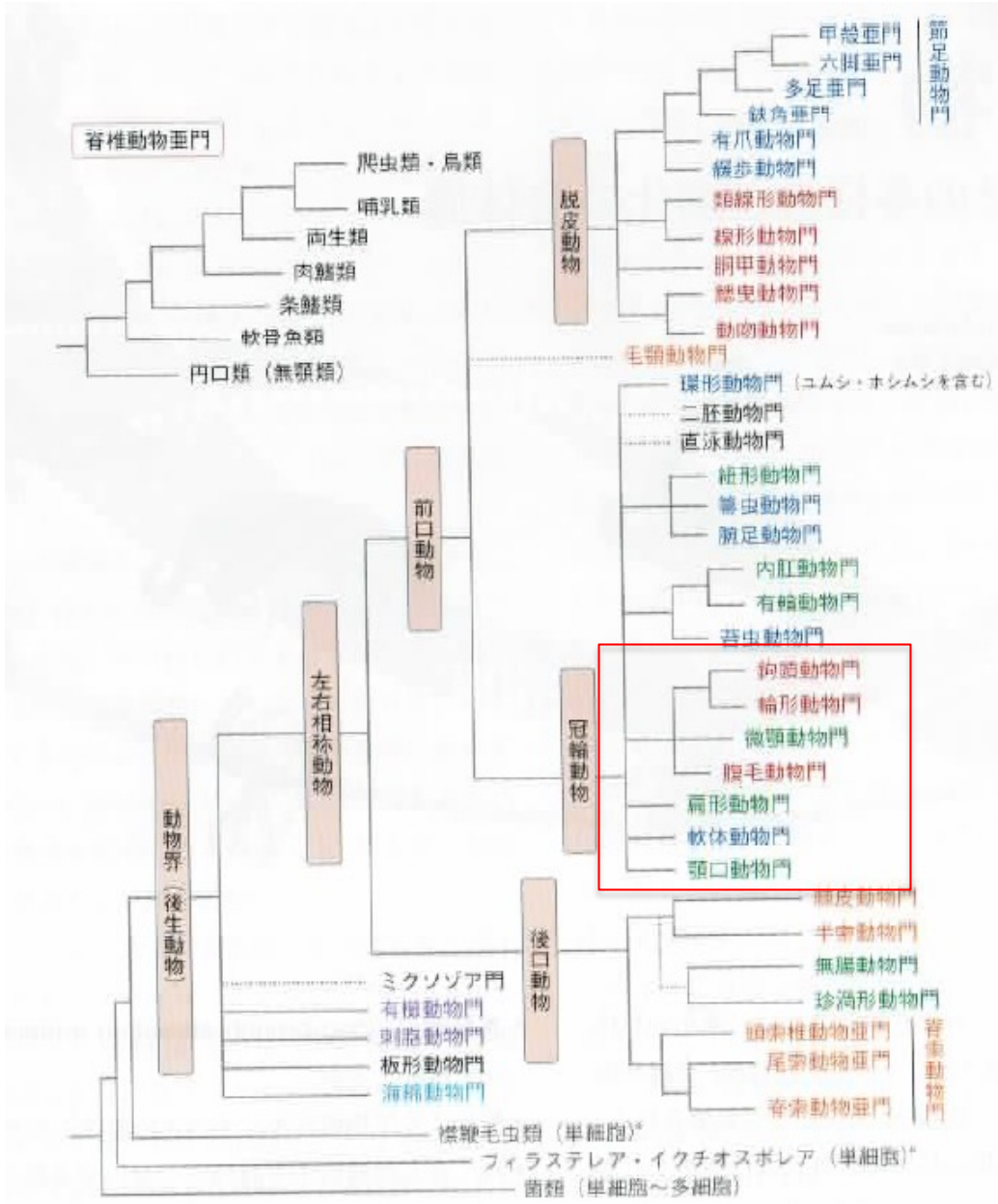
http://oceana.ne.jp/feature/2013_parasitelovers/8 より

<http://www.youtube.com/watch?v=nE69GShR39Y>
より





広義の冠輪動物



顎口動物門、輪形動物門、鉤頭動物門は、系統樹上の位置があまり安定していないが**扁形動物門**に近縁なものとなることが多い。これらに近縁と考えられる腹毛動物門、近年発見された微顎動物門を含めて、**扁平動物**とよぶグループとして扱い、触手冠動物、担輪動物に、この扁平動物を含めたグループを、**広義の冠輪動物**とよぶ。

扁形動物門

Phylum Platyhelminthes

平たい蠕虫状の左右相称動物。三胚葉性だが無体腔。体節はない。約3/4は寄生性。眼点、平衡胞、触覚器などを備えた頭部がある。

条虫綱 サナダムシの仲間

広節裂頭条虫

エキノコッカス

単生綱

吸虫綱

日本住血吸虫 次のYouTube動画を見ておくこと

<https://www.youtube.com/watch?v=a1dtgqpemjc>

<https://www.youtube.com/watch?v=xjHA-J1RYiQ>

試験でこの動画に関する問題を出します

渦虫綱 分子系統解析から単系統でない可能性が指摘されている

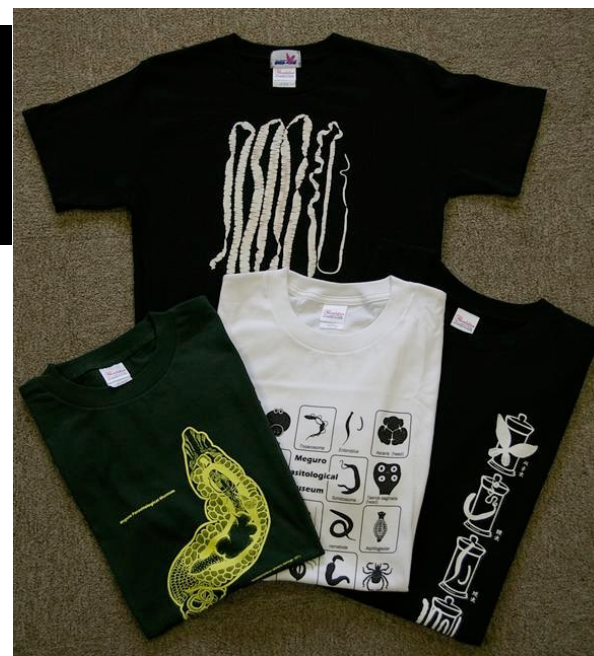
プラナリア

コウガイビル

条虫綱

細長く扁平な体。複数の片節からなる頭部に吸盤や鉤があるが口も腸もない

脊椎動物を終宿主として腸に寄生



目黒寄生虫博物館



8.8メートルのサナダムシ。マス寿司で感染した人から、1986年8月に虫下しによって採取されたもの

<http://b-spot.seesaa.net/article/11118408.html>

<http://www.kiseichu.org/Pages/museumshop.aspx>

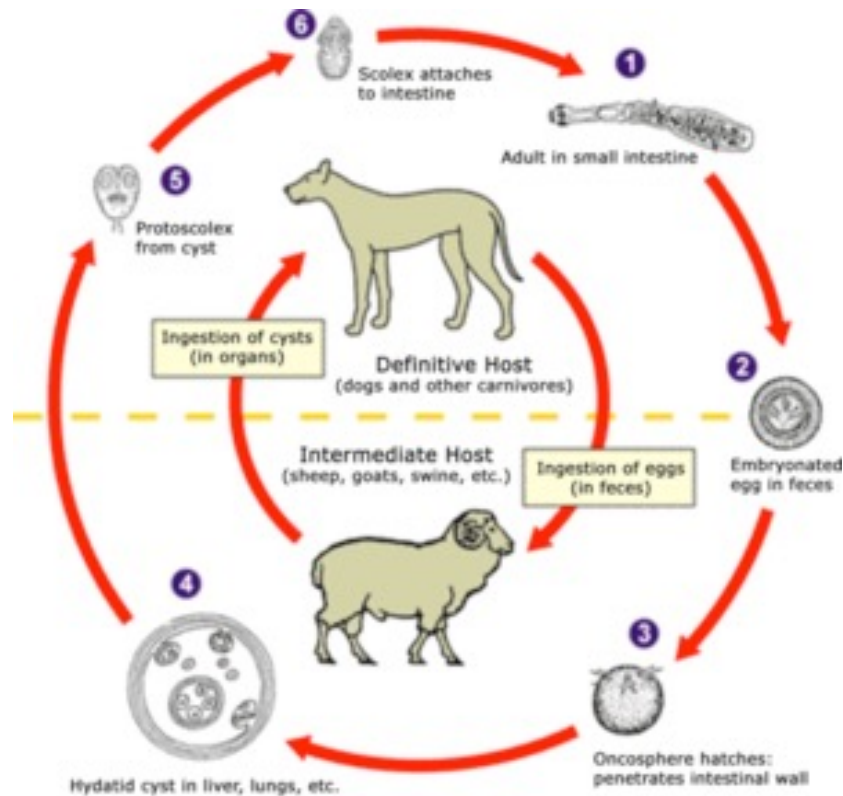


<http://p.twipple.jp/Qgaq8>

エキノコックス症

エキノコックスとは、扁形動物門条虫綱真性条虫亜綱円葉目テニア科エキノコックス属に属する生物の総称である。区分すると、単包条虫 *Echinococcus granulosus* による単包性エキノコックス症と多包条虫 *Echinococcus multilocularis* による多包性エキノコックス症がある。

キタキツネやイヌ・ネコ等の糞に混入したエキノコックスの卵胞を、水分や食料などの摂取行為を介して、ヒトが経口感染する事によって発生するとされる、**人獣共通感染症**である。卵胞は、それを摂取したヒトの体内で幼虫となり、おもに肝臓に寄生して発育・増殖し、深刻な肝機能障害を引き起こすことが知られている。



犬のふんからエキノコックス卵…愛知まで南下？

2014-04-08 | 医療、健康

<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20140408-00050094-yom-soci>から

犬のふんからエキノコックス卵…愛知まで南下？

読売新聞 4月8日(火)12時43分配信

愛知県は8日、同県阿久比町で捕獲された犬のふんから、寄生虫「エキノコックス」の卵が見つかったと発表した。

エキノコックスは、国内では主に北海道に生息しており、犬のエキノコックス症としては、今回が最南端という。同県は、感染した犬が北海道から持ち込まれた可能性があるとして調べている。

同県健康対策課によると、犬は雑種のオスで、3月11日に同町矢高の山中で捕獲された。今月4日、ふんを調べた地元の動物病院の獣医師がエキノコックス症と診断し、県に届け出た。犬は殺処分され、他の犬への感染は確認されていない。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/エキノコックス症>

<http://blog.goo.ne.jp/skrnhnsk/e/04aae7a452454b288eacd1138b8138ac>

プラナリア (Planaria)



Copyright (c) RIKEN Center for Developmental Biology, Kobe, Japan

<http://ja.wikipedia.org/wiki/プラナリア> より

扁形動物門ウズムシ綱ウズムシ目ウズムシ亜目に属する動物の総称。広義には、ウズムシ目(三岐腸目)に属する動物の総称。さらに、渦虫綱に分類される動物の総称とする説もある。体表に繊毛があり、この繊毛の運動によって渦ができることからウズムシと呼ばれる。淡水、海水および湿気の高い陸上に生息する。Planariaは「平たい面」を意味するラテン語 planariusに由来し、plain「平原」やplane「平面」と語源が共通である。消化管が分岐して前に1本、後ろに2本のびているのが、三岐腸(さんきちょう)目の名前の由来。再生研究のモデル生物として用いられる。

カントウイドウズムシは地下水系に生息するプラナリアの仲間。関東地方の井戸の中から記録。1916年に新種として発表されたが、これは日本で報告された最初の洞窟地下水動物の記録。最初に採集されたのは東京都新宿区の市谷の浅い井戸だが、早くに消滅。その後1965年になって、原産地から約50km離れた茨城県水海道市の井戸で再発見。現在はこの井戸と約40m離れたもうひとつの井戸の2ヶ所で、生息が確認。

<http://www.sizenken.biodic.go.jp/rdb/txt/content/065.html> より



提供：宮崎武史

宝塚市の逆瀬川に棲むウズムシと赤とんぼのヤゴ

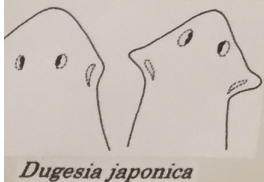
宝塚市自然保護協会

(A) 逆瀬川のウズムシは、水質指標階級 I (きれいな水) のナミウズムシか？

同定する動機 在来種ナミウズムシと類似の外来種が定着し、子供たちが水質評価の学習をする上で問題

ウズムシとは 三岐腸目(ウズムシ目)サンカクアタマウズムシ科 体表の繊毛の運動で移動し、体表面近くの水に渦が
できる(名の由来) プラナリアとも言う。柔らかい体。著しい再生能力。肉食。口は腹面にあり咽頭部を伸ば
し出し採餌する、肛門兼用。雌雄同体で相互交尾、また自切り増殖

仮同定方法 頭部の図解検索表(下図は3種を抜粋)を用いてそれぞれを区別【仮同定】できる。更に「咽頭」を取り出して、*Dugesia*属の種類は色素が無く白い、その表面に色素斑や色素層があれば*Girardia*属の種類で、アメリカからの外来種である。正確に同定するには、生殖器官の連続切片標本作成・検鏡、文献完備が必要で専門的になる。



ナミウズムシ(在来種)：
頭部は鈍三角形状で耳葉は短い、背面体色は薄褐色、黒目部分は比較的大きい、両目間隔は広い
咽頭は白い



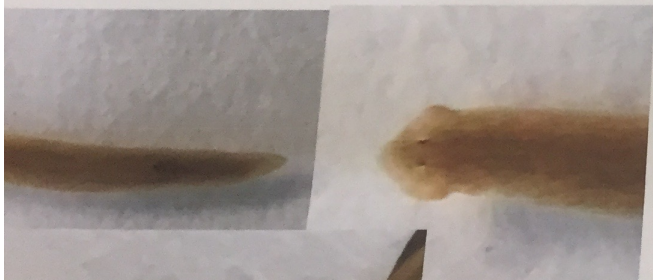
アメリカツノウズムシ(外来種)：耳葉が長く尖り、反り返るのがツノに見える、黒目部分は比較的小さい、両目間隔は広い



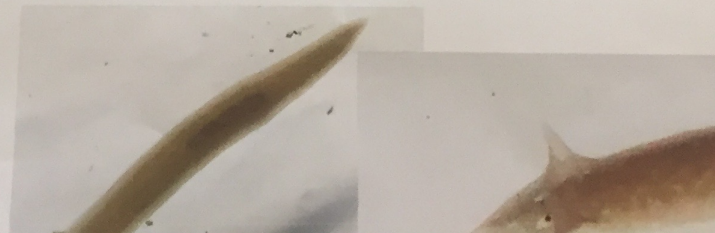
アメリカナミウズムシ(外来種)：体表に細かい色素斑がある、耳葉は普通で、頭部は鈍三角形状、黒目小さい、両目間隔は狭い

の図解検索表と下の写真を見比べてください(耳葉の形状)

宝塚市・逆瀬川 18年5月撮影



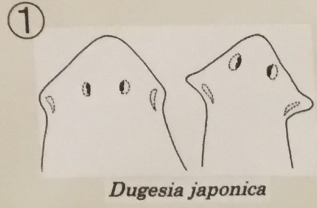
摂津市・大正川 18年5月18日撮影



摂津市・大正川 17年10月撮影



外来種である。正確に同定するには、生殖器官の連続切片標本作成・検鏡、文献完備が必要で専門的になる。



① ナミウズムシ(在来種):
頭部は鈍三角形で耳葉は短い、背面体色は薄褐色、黒目部分は比較的大さい、両目間隔は広い
咽頭は白い



② アメリカツノウズムシ(外来種): 耳葉が長く尖り、反り返るのがツノに見える、黒目部分は比較的小さい、両目間隔は広い



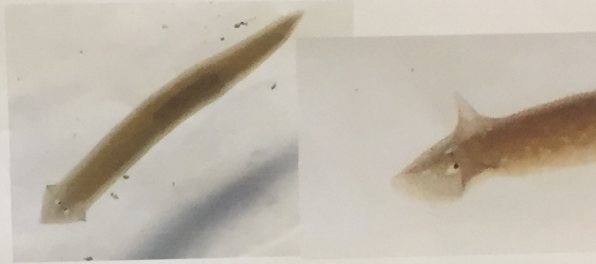
③ アメリカナミウズムシ(外来種): 体表に細かい色素斑がある、耳葉は普通で、頭部は鈍三角形、黒目小さい、両目間隔は狭い

*頭部の図解検索表と下の写真を見比べてください(耳葉の形状)

宝塚市・逆瀬川 18年5月撮影

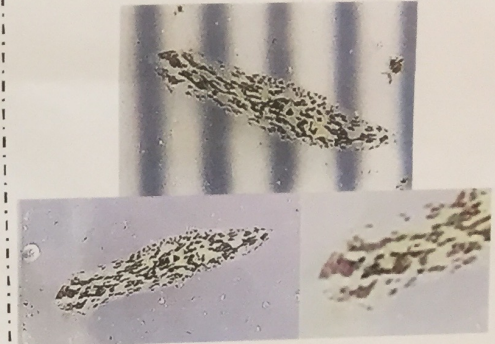


摂津市・大正川 18年5月18日撮影



体表面に小さな白い斑点、咽頭のある個所の背面に、濃い色素が透けて見える個体が多い

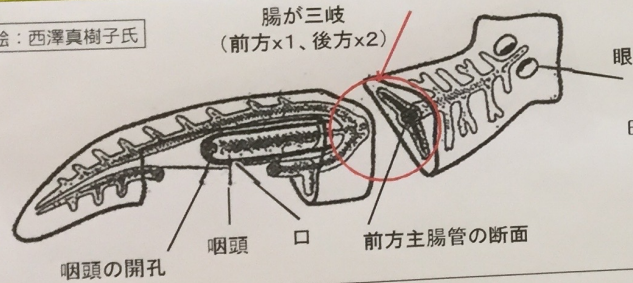
摂津市・大正川 17年10月撮影



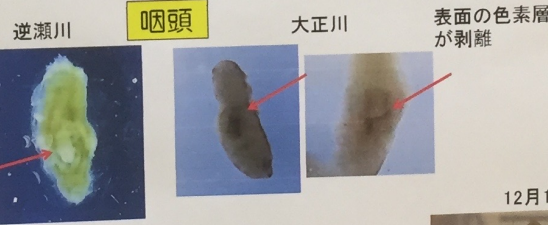
目の間隔は狭いか?

プラナリアの消化系解剖図

絵: 西澤真樹子氏

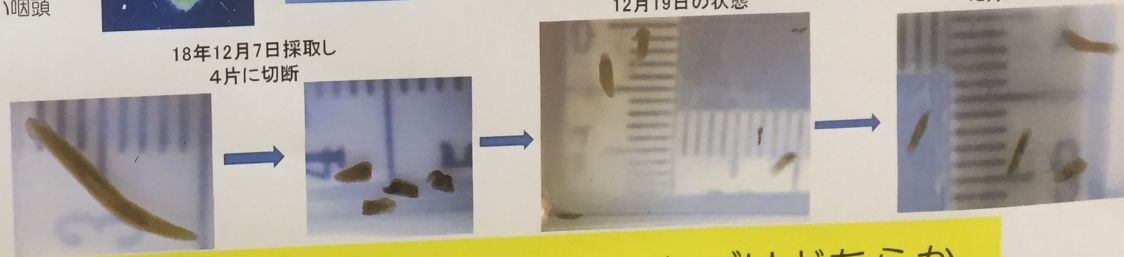


再生能力
例えば 10片に切断すれば10匹に再生する



頭部の図解検索表および咽頭の色から、逆瀬川のウズムシはナミウズムシであると仮同定できた

18年12月7日採取し 4片に切断



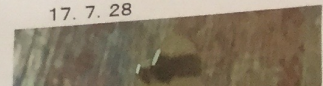
(B) 日本で一番美しい赤とんぼと言われるミヤマアカネのヤゴはどちらか

ミヤマアカネの幼虫は典型的な赤とんぼ型のヤゴで、一見マユタテアカネと類似する (Wikipedia)
逆瀬川(流水域)に同所的に生息するトンボ科アカネ属のミヤマアカネとマユタテアカネと思われる2種類のヤゴを採取し、成虫(とんぼ)まで飼育して確認した。

生体

抜け殻 下唇と背棘

羽化後間もないミヤマアカネ 17. 7. 28



専門家が厳選!最新動物も登場!

ペンをいきもの最新ランキング

4位 傾いても、傾いても



見た目

レア度

インパクト



行動

午後 8時32分

RESEARCH ARTICLE

An automated training paradigm reveals long-term memory in planaria and its persistence through head regeneration

Tal Shomrat, Michael Levin

Journal of Experimental Biology 2013 : doi: 10.1242/jeb.087809

Article

Info & metrics



Summary

Planarian flatworms are a popular system for research into the molecular mechanisms that enable these complex organisms to regenerate their entire body, including the brain. Classical data suggest that they may also be capable of long-term memory. Thus, the planarian system may offer the unique opportunity to study brain regeneration and memory in the same animal. To establish a system for the investigation of the dynamics of memory in a regenerating brain, we developed a computerized training and testing paradigm that avoided the many issues that confounded previous, manual attempts to train planaria. We then used this new system to train flatworms in an environmental familiarization protocol. We show that worms exhibit environmental familiarization, and that this memory persists for at least 14 days – long enough for the brain to regenerate. We further show that trained, decapitated planaria exhibit evidence of memory retrieval in a savings paradigm after regenerating a new head. Our work establishes a foundation for objective, high-throughput assays in this molecularly-tractable model system that will shed light on the fundamental interface between body patterning and stored memories. We propose planaria as a key emerging model species for mechanistic investigations of the encoding of specific memories in biological tissues. Moreover, this system is likely to have important implications for the biomedicine of stem cell-derived treatments of degenerative brain disorders in human adults.

プラナリアをざらついた表面のあるペトリ皿に移し、そのざらついた環境に餌があることを学習

記憶は最後のトレーニングから14日間持続

プラナリアを咽頭前で半分に切断

頭部の再生後(切断から10~14日後)に、餌への到達時間をコントロール群と比較することで記憶が維持されているかを評価

頭部再生後のプラナリアと、コントロール群(トレーニングなし)では、ざらついた表面にある餌への到達時間に有意な差はなかった

しかし、頭部を再生したプラナリアは、コントロールと比べて再トレーニングによる学習速度が格段に早かった

※ 共食いでも記憶が伝達されることが報告されている

記憶は脳の外にあるのか？



脱皮動物

- 体をおおうクチクラの脱皮という共通の特徴を持つ。
- 脱皮動物内の系統はまだはっきりしていないが

線形動物（線形動物門、類線形動物門）

有棘動物（動物吻動物門、胴甲動物門、鰓曳動物門）

汎節足動物（緩歩動物門、有爪動物門、節足動物門）

の3つのグループに分かれる。

クチクラ

皮膚を意味するラテン語が元になった言葉
英語では キューティクル

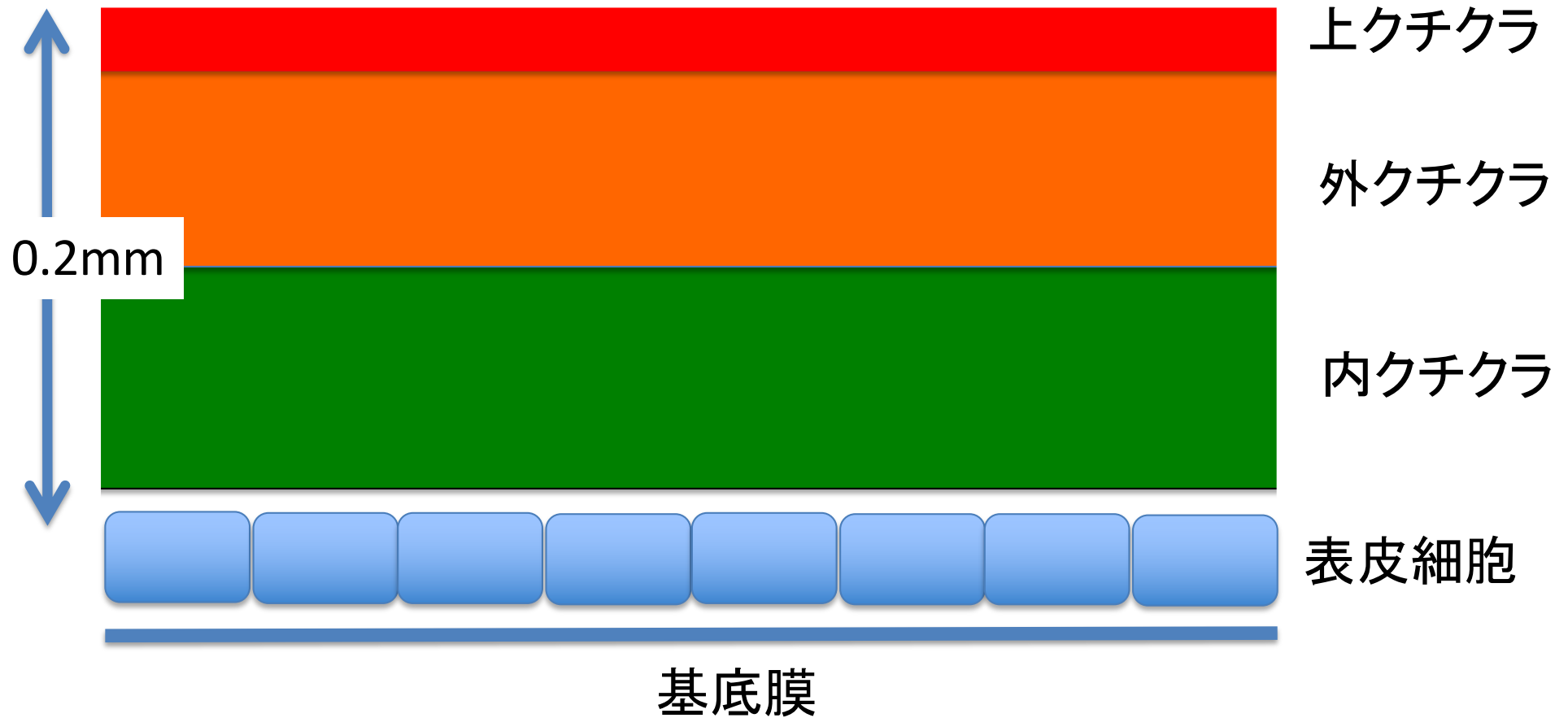
体の表面を覆う薄くて硬い膜状のものをクチクラと呼ぶ
動物にも植物にも存在

髪の毛：髪の毛の表面の死んだ細胞の層
髪を守り、保湿の働きを持つ

昆虫をはじめとした無脊椎動物：体の表面の細胞が分泌して
作ったもの。やはり体を保護し、保湿の機能を持つ

「ウニはすごい、バッタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

昆虫のクチクラ 三層構造



「ウニはすごい、バッタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

上クチクラ:水の蒸発を防ぐバリア, 1/1000mm程度の暑さ
外側から、セメント層、ワックス層、クチクリン層からなる

セメント層:ワックス層を保護

ワックス層:水を弾き、水の蒸発を防ぐ

クチクリン層:クチクリンというタンパク質から成る

クチクラができる際に最初にできる層

外クチクラと内クチクラは最初は分化しておらず、

原クチクラとして表皮から分泌

多糖類(主にN-アセチルグルコサミン)が連なった**繊維**=キチン
と**基質**(アルスロポディンなどのタンパク質)よりなる

基質が繊維を埋め、繊維を貼り合わせる糊として働く

外側:**キノン硬化**を受けて**外クチクラ**へ分化

キノン(オルトキノン類)が基質のタンパク質間を架橋し、
基質を硬くして変形しにくくなる

キノン硬化

茶褐色の色になるので、**タンニング**とも呼ぶ

クチクラは本来は白色

タンニングの度合いで、薄い茶色から黒色に近い茶色までの色を取る

濃い色ほどキノン硬化の程度が高く、より硬い

関節部ではタンニングをあまりせず柔らかいままに保ち、残りは強くタンニングして硬くしている

タンニングの例；ゴキブリの茶色

「ウニはすごい、バッタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

甲殻類のクチクラ

キノン硬化ではなく、炭酸カルシウムを沈着させることで硬化

海水中にはカルシウムが豊富

カルシウムを殻に蓄積すると重くなり、水中では重しとなる

陸では、重いクチクラは運動を妨げ、カルシウムも入手しにくい

-----→ 昆虫のタンニングは陸上への適応

クチクラは繊維強化複合材料

繊維：引っ張りに強いが、押されると変形

基質：押す力には強いが、引っ張られると切れる

さらに昆虫のクチクラはベニヤ板と同じ原理で強化

ベニヤ板：繊維の方向の揃った(柾目)板を、90度ずつ回転させて交互に貼り合わせる

柾目の板は繊維方向への引っ張りには強いが、直角方向の力が加わると繊維に沿って簡単に割れるため

クチクラ：90度より小さい角度ですらしながら薄い層を張り合わせている

「ウニはすごい、バッタもすごい」 本川達夫 (2017) 中公新書

脱皮

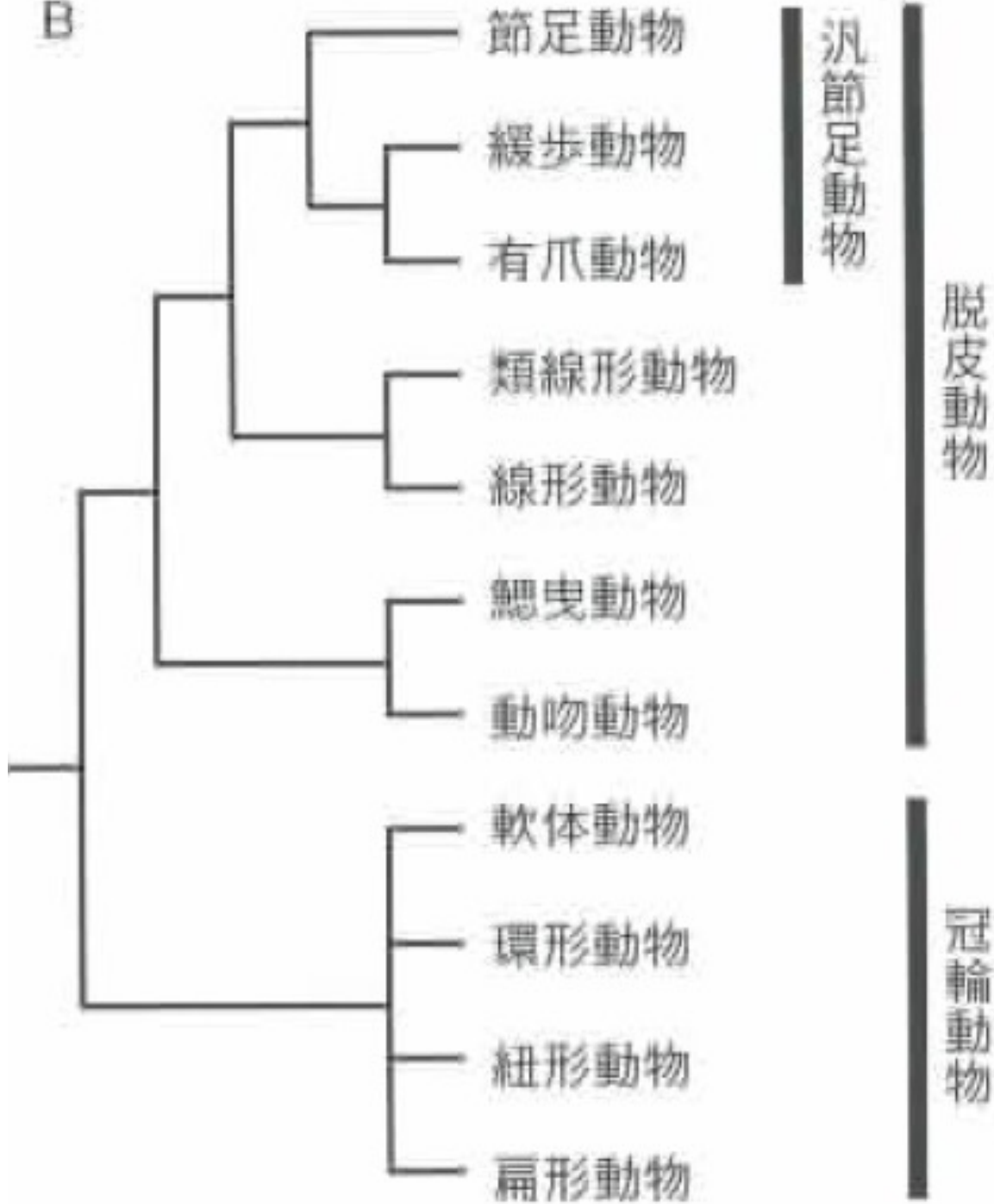
クチクラの殻

水分の蒸発を防ぎ、体を保護

体を大きくするには邪魔

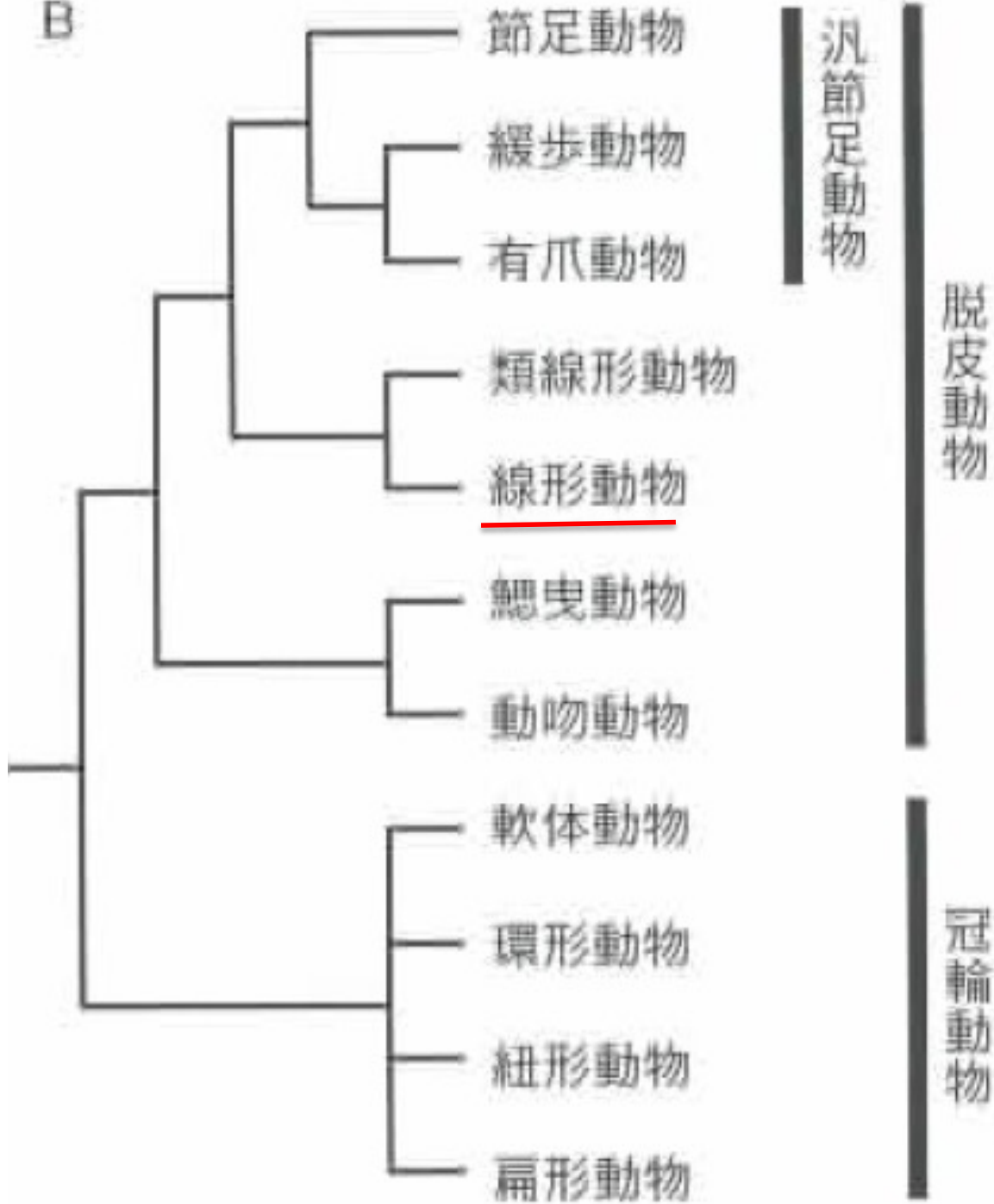
脱皮：成長するには、一度殻を脱いで、体を大きくしてその外側に再度殻を作る

B



18S, 28S rRNAに基づく
系統樹

B



18S, 28S rRNAに基づく
系統樹

線形動物

Nematozoa

線形動物門と類線形動物門は、原腎管がないこと、精子に鞭毛がないことなどから近縁と考えられていたが、分子系統解析でも姉妹群をなすことが確かめられている。

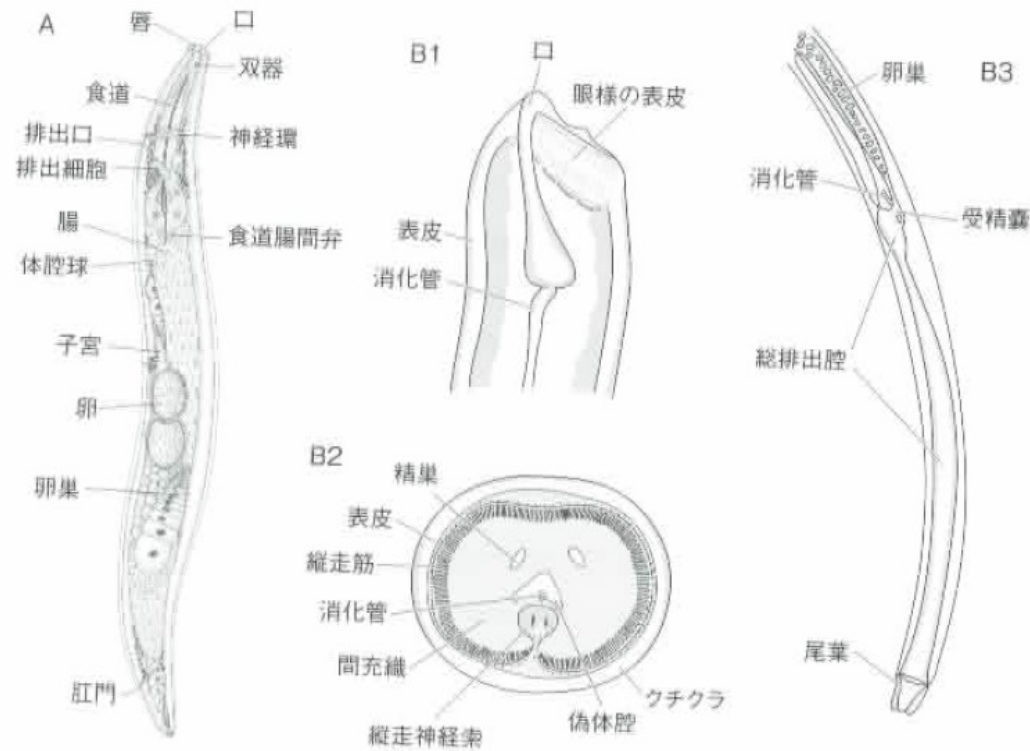


図 6.22 線形動物門, 類線形動物門

体制の模式図. A: 線形動物門, B: 類線形動物門 (ハリガネムシ目), B1: 体の前端, B2: 体の断面 (雄), B3: 体の後端 (雄). (Aは白山, 2000より; 川島作図 [Maggenti, 1981を改変], Bは Brusca & Brusca, 2003より)

線形動物門

Phylum Nematoda

細長い糸状の左右相称動物、三胚葉性で、偽体腔をもつ。体節はない。頭部に化学受容器(amphid)を持つ。

カエノラブディチス・エレガンス *Caenorhabditis elegans*

実験動物として有名、959個の細胞系譜が明らかになっている。

多細胞動物で初めてゲノムが決定(1000個ほどの遺伝子をもつ)

アニサキス

中間宿主が魚類やイカ、終宿主はクジラやアザラシ

フィラリア 犬糸状虫

イヌの心臓の右心室に寄生

カイチュウ 回虫

ヒトの小腸に寄生

ギョウチュウ 蟯虫

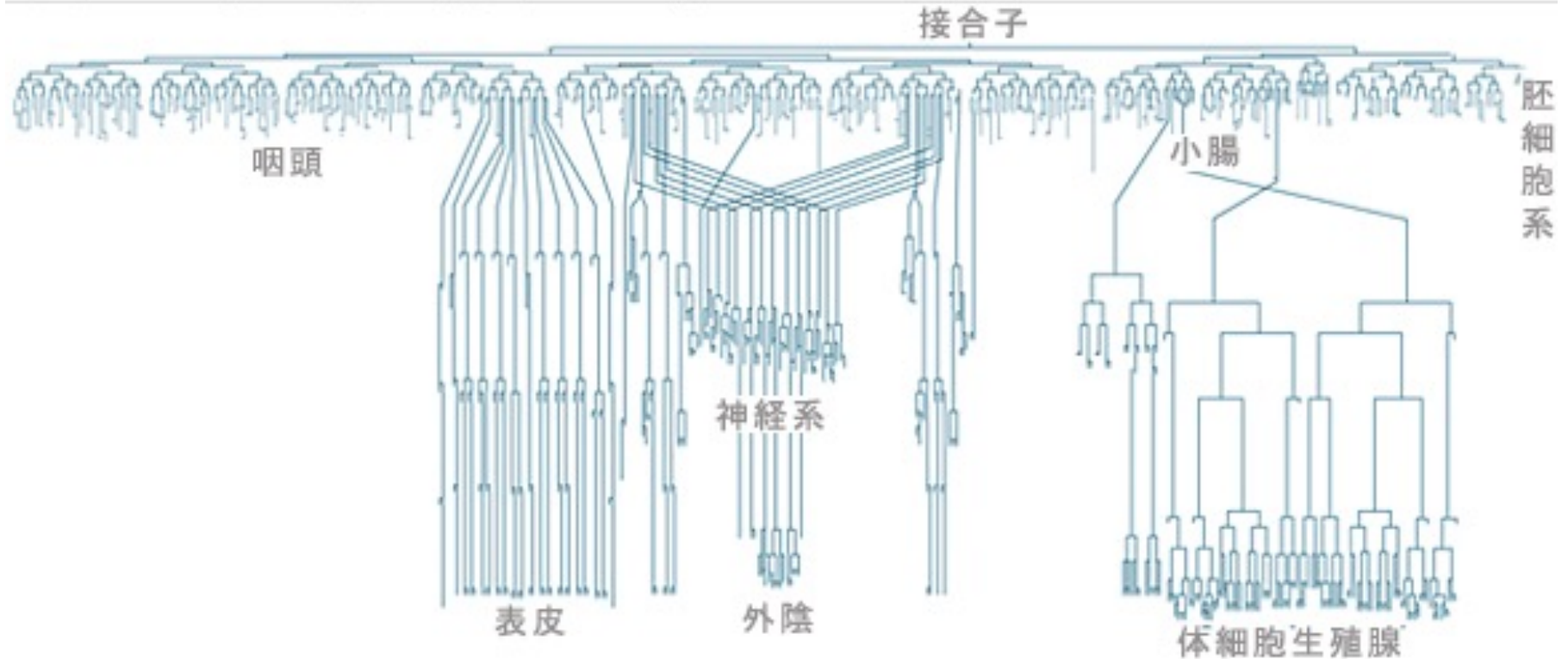
ヒトの盲腸や結腸上部に寄生

バンクロフト糸状虫

人体寄生性で感染後遺症として**象皮病**を引き起こす

*C. elegans*の細胞系譜

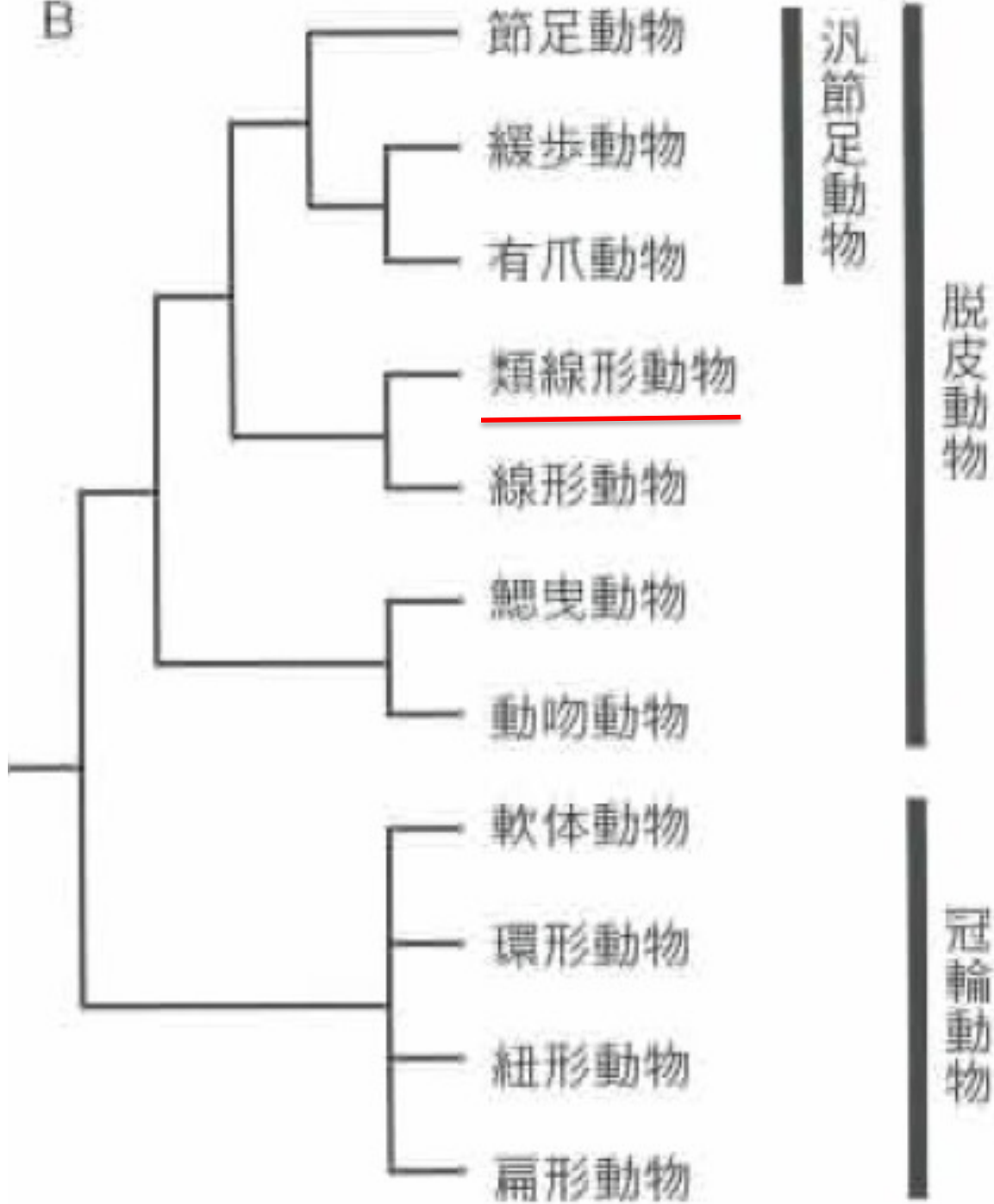
図序-12 線虫の細胞系譜 (Cell Map)



ノーベル賞を受賞したシドニー・ブレンナーらの研究で線虫では細胞の系譜が全部わかっている。

http://www.lsbm.org/omics/00/00_11.html より

B



18S, 28S rRNAに基づく
系統樹

類線形動物門

Phylum Nematomorpha

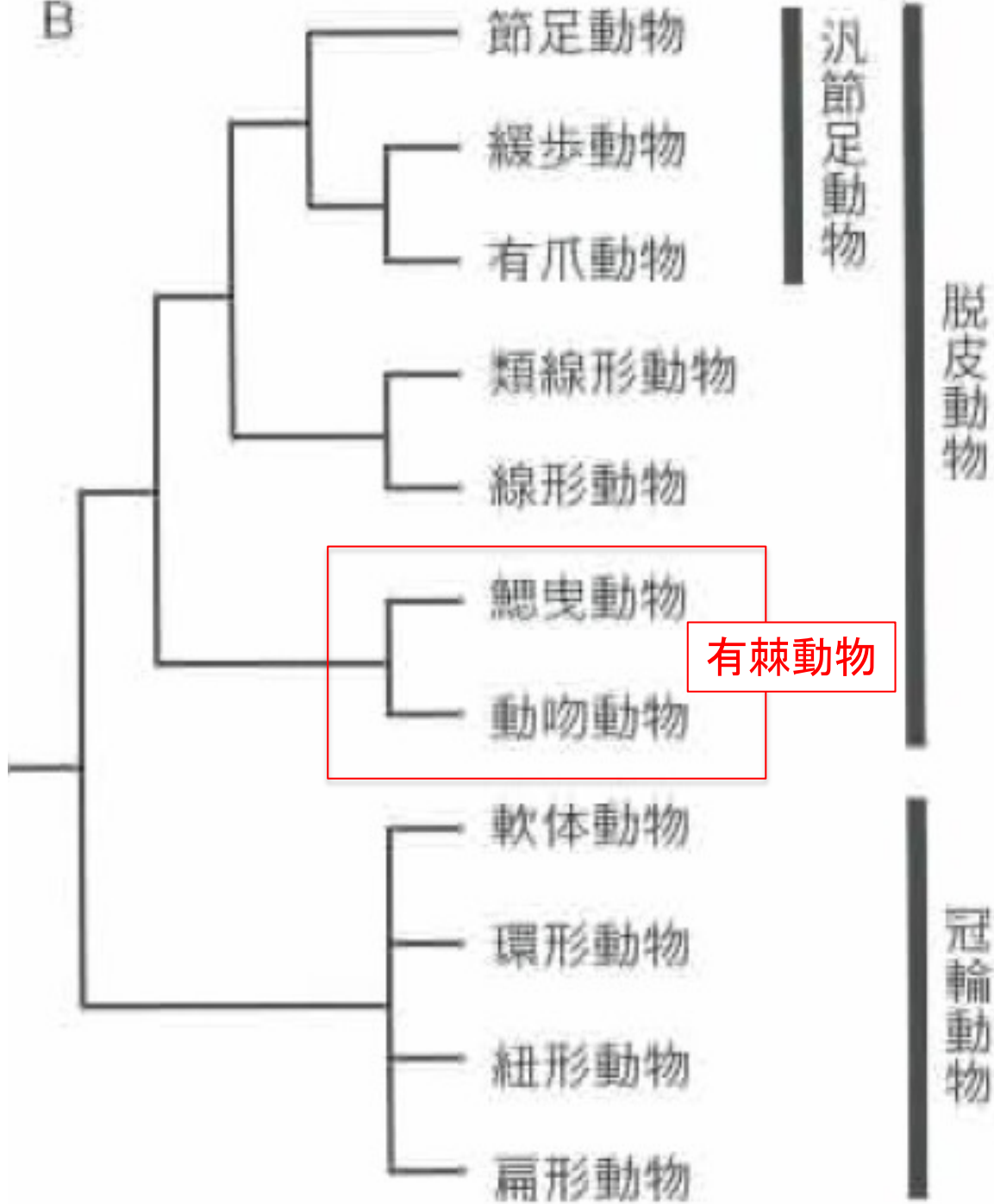
細長いハリガネ状の左右相称動物。三胚葉性。偽体腔をもつ。体節はない。幼虫は節足動物に寄生し成熟すると水中で自由生活を送る。

ハリガネムシ

カマキリなどに寄生。乾燥すると外見が錆びた鉄の針金のように硬くなるが、水を浴びると元に戻る。YouTubeに動画がたくさんあります。



B



18S, 28S rRNAに基づく
系統樹

鰓曳動物 (Priapulids)

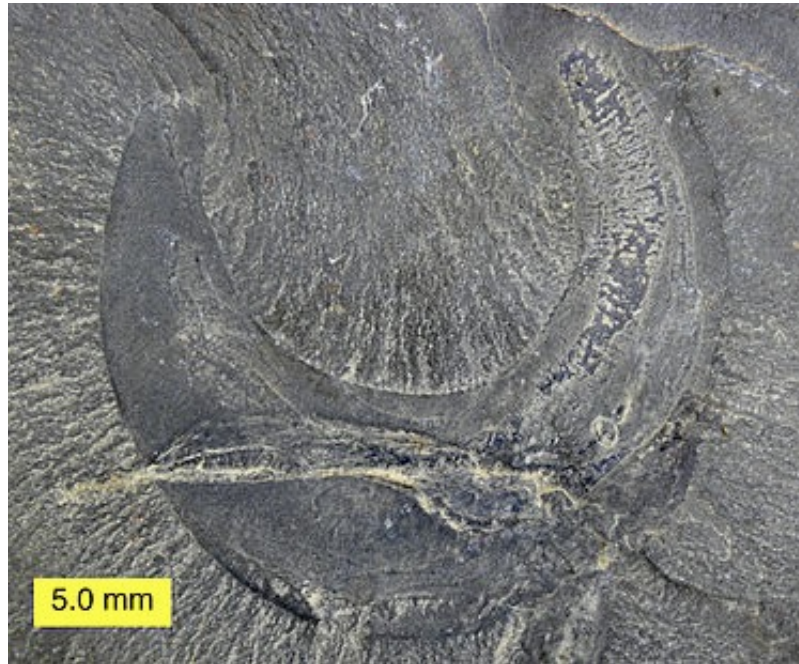


円筒形の蠕虫で、左右相称。体長は大きいものでは20センチメートルほどになるが、0.5ミリメートルの小型種もいる。体表はクチクラに覆われ、成長過程で脱皮する。小型種は透けて見えるが、大型種の体表は黄白色や赤褐色になる。一部の種を除いて体の後部に尾状付属器を持つが、その形態は種によってさまざま。鰓曳動物という和名は、尾状付属器を鰓と考えたことに由来するが、すべての種がこの付属器を持つわけではない。しかもこの付属器は鰓(呼吸器官)ではなく、感覚器であるとされるようになっている。体節を持たない。三胚葉。偽体腔。

<https://ja.wikipedia.org/wiki/鰓曳動物>

オットイア

カンブリア紀のバージェス頁岩から見つかる鰓曳動物の一種
体長2–16 cm。海底にU字型の穴を掘り、その中に潜んで獲物を待ちかまえていた



形態が保守的に進化しており
カンブリア紀からあまり変わっていない
ことと、その系統分類上の位置から、
鰓曳動物は、前口動物の進化を
さぐるキーとなる生物と見なされている

<https://ja.wikipedia.org/wiki/オットイア>

Deuterostomic Development in the Protostome *Priapulid caudatus*

エラヒキムシ *Priapulid caudatus* の後口動物的発生

José M. Martín-Durán,¹ Ralf Janssen,² Sofia Wennberg,² Graham E. Budd,² and Andreas Hejnol^{1,*}

¹Sars International Centre for Marine Molecular Biology, University of Bergen, Bergen 5008, Norway

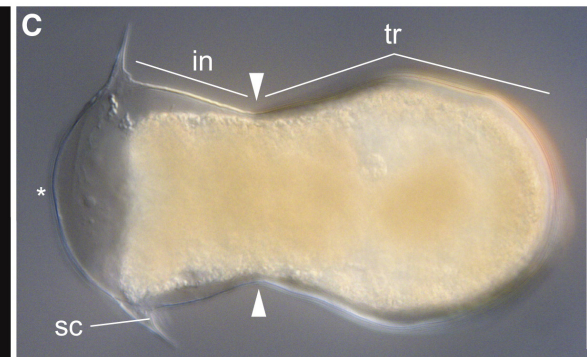
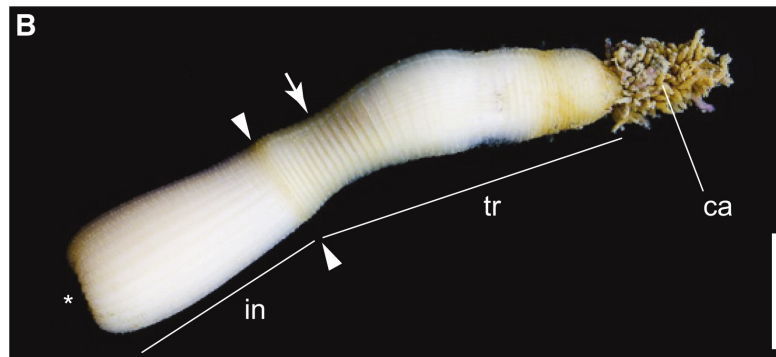
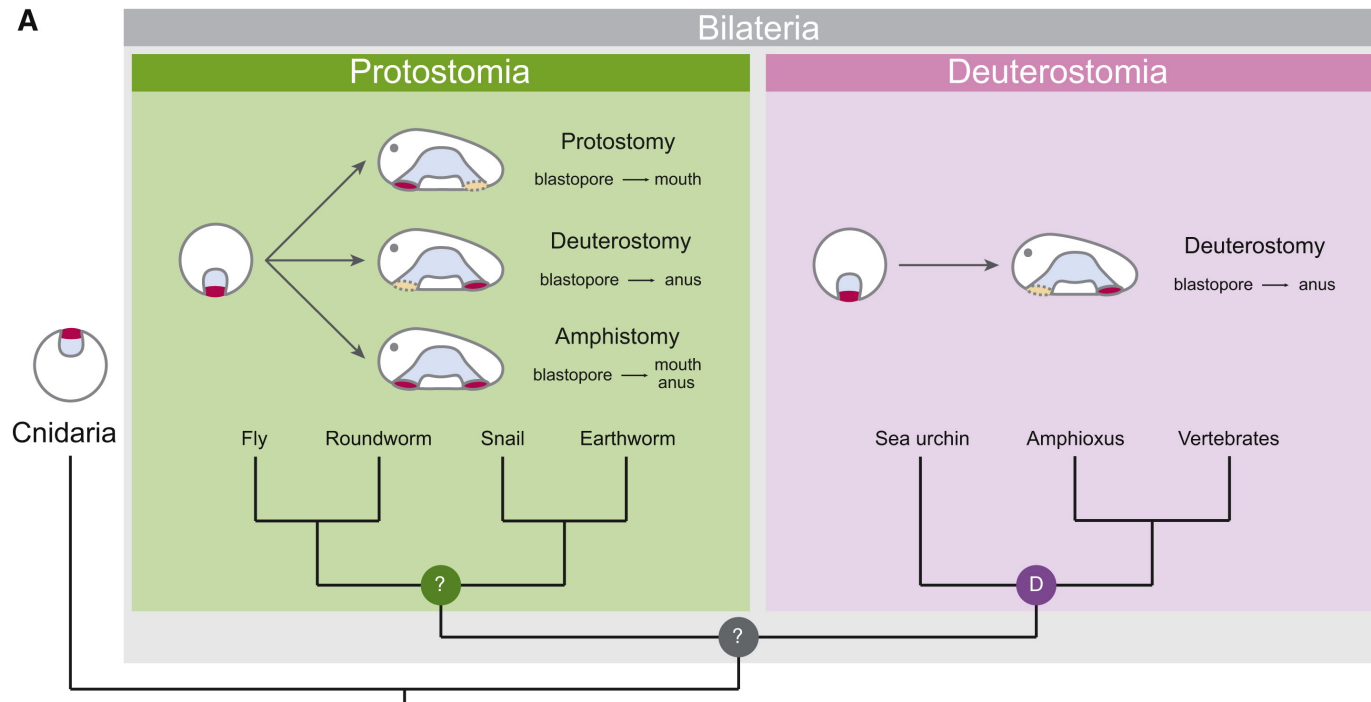
²Department of Earth Sciences, Palaeobiology, Uppsala University, Villavägen 16, Uppsala 75236, Sweden

Summary

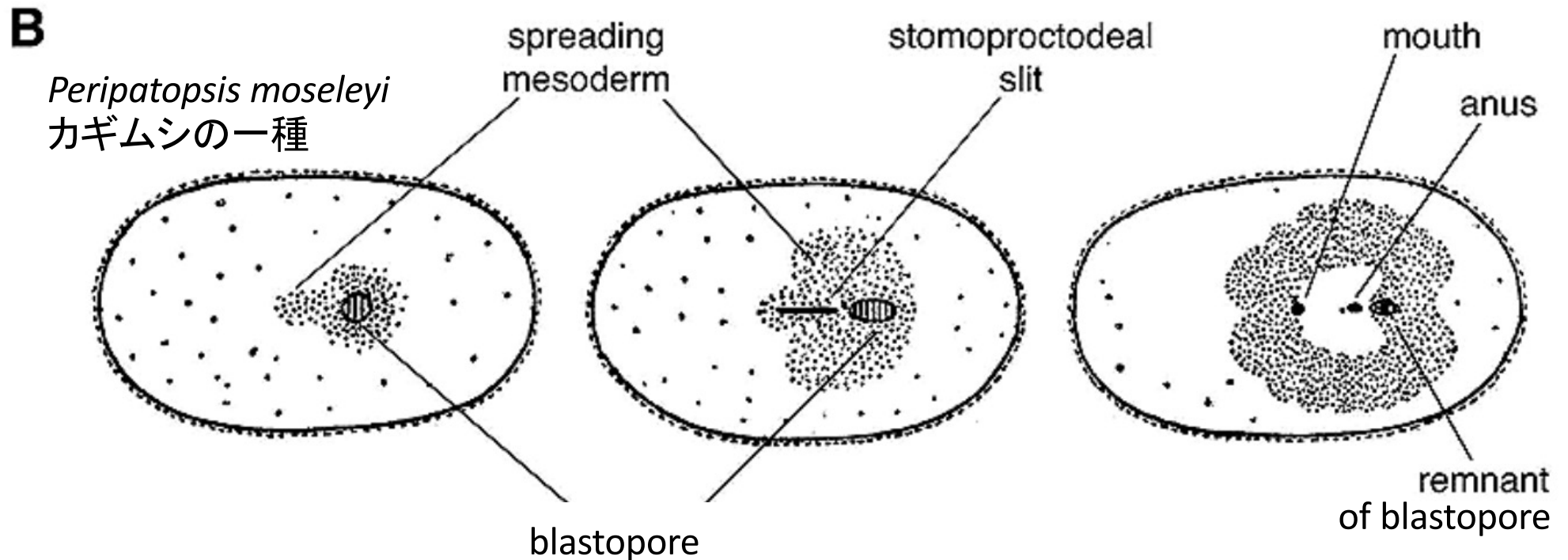
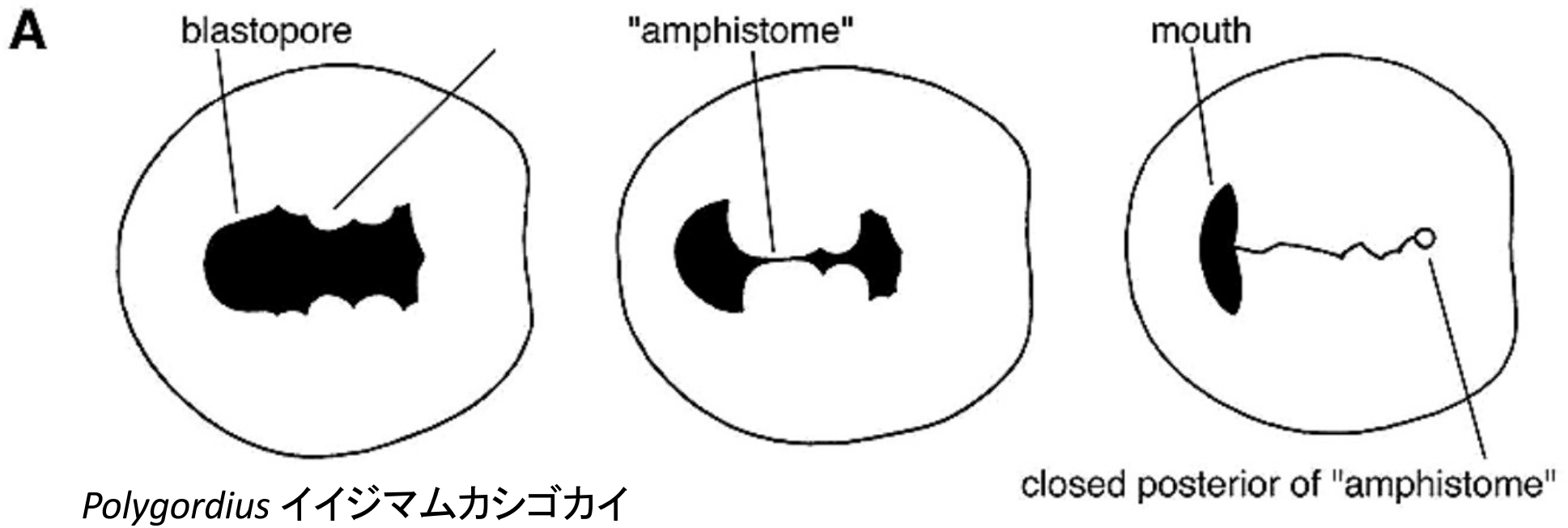
The fate of the blastopore during development in the bilaterian ancestor is currently not well understood. In deuterostomes, the blastopore forms the anus, but its fate in protostome groups is variable [1]. This variability, combined with an absence of information from key taxa, hampers the reconstruction of the ancestral developmental mode of the Protostomia and the Bilateria. The blastopore fate of the bilaterian ancestor plays a crucial role in understanding the transition from radial to bilateral symmetric organisms [2, 3]. Priapulids have a conservative morphology, an abundant Cambrian fossil record, and a phylogenetic position that make them a key group in understanding protostome evolution [4, 5]. Here, we characterize gastrulation and the embryonic expression of genes involved in bilaterian foregut and hindgut patterning in *Priapulid caudatus*. We show that the blastopore gives rise to the anus at the vegetal pole and that the hindgut markers *brachyury* and *caudal* are expressed in the blastopore and anus, whereas the foregut

blastopore in the last common bilaterian ancestor (Figure 1A). The relationship between the blastopore, the mouth, and the anus in the bilaterian ancestor plays a pivotal role in hypotheses about the evolution of bilateral animals from an ancestor with a single gut opening (as seen in extant cnidarians) [2, 3, 10, 11]. Therefore, reconstructing the ancestral fate of the blastopore in the Protostomia is a crucial step in understanding the early evolution and diversification of the Bilateria.

Priapulid worms are a group of marine animals that belong to the Ecdysozoa, which forms, together with the Spiralia (Lophotrochozoa), the Protostomia. Most recent phylogenies place priapulids in the third main group of ecdysozoans (the Scalidophora; Figure S1), separate from the other two well-studied lineages that include nematodes and arthropods, respectively [6]. The adult priapulid is a sausage-shaped, mud-dwelling, annulated worm of large size (0.5–20 cm), with an anterior proboscis (or introvert) and a terminal mouth (Figures 1B and 1C). Their fossil record indicates that the priapulid body plan was among the most abundant and widespread in the Early Cambrian [4, 12, 13]. Priapulids mostly reproduce by external fertilization, and the embryos undergo holoblastic radial cleavage [14], considered to be the ancestral cleavage mode in ecdysozoans [15]. Correspondingly, nuclear and mitochondrial genes tend to show high evolutionary conservation in extant priapulids [5, 16]. In this way, priapulids appear to be a conservatively evolving lineage and, as such, a key group to consider for reconstructing the ancestral condition of the Ecdysozoa.



In deuterostomes, the blastopore forms the anus, but its fate in protostome groups is variable

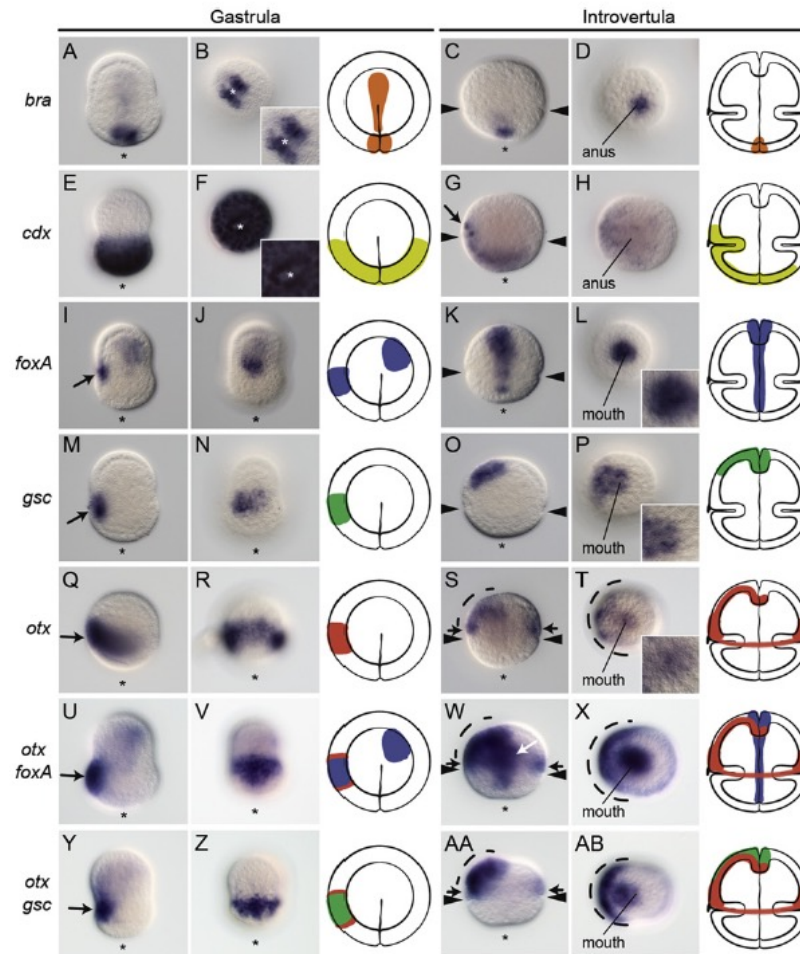


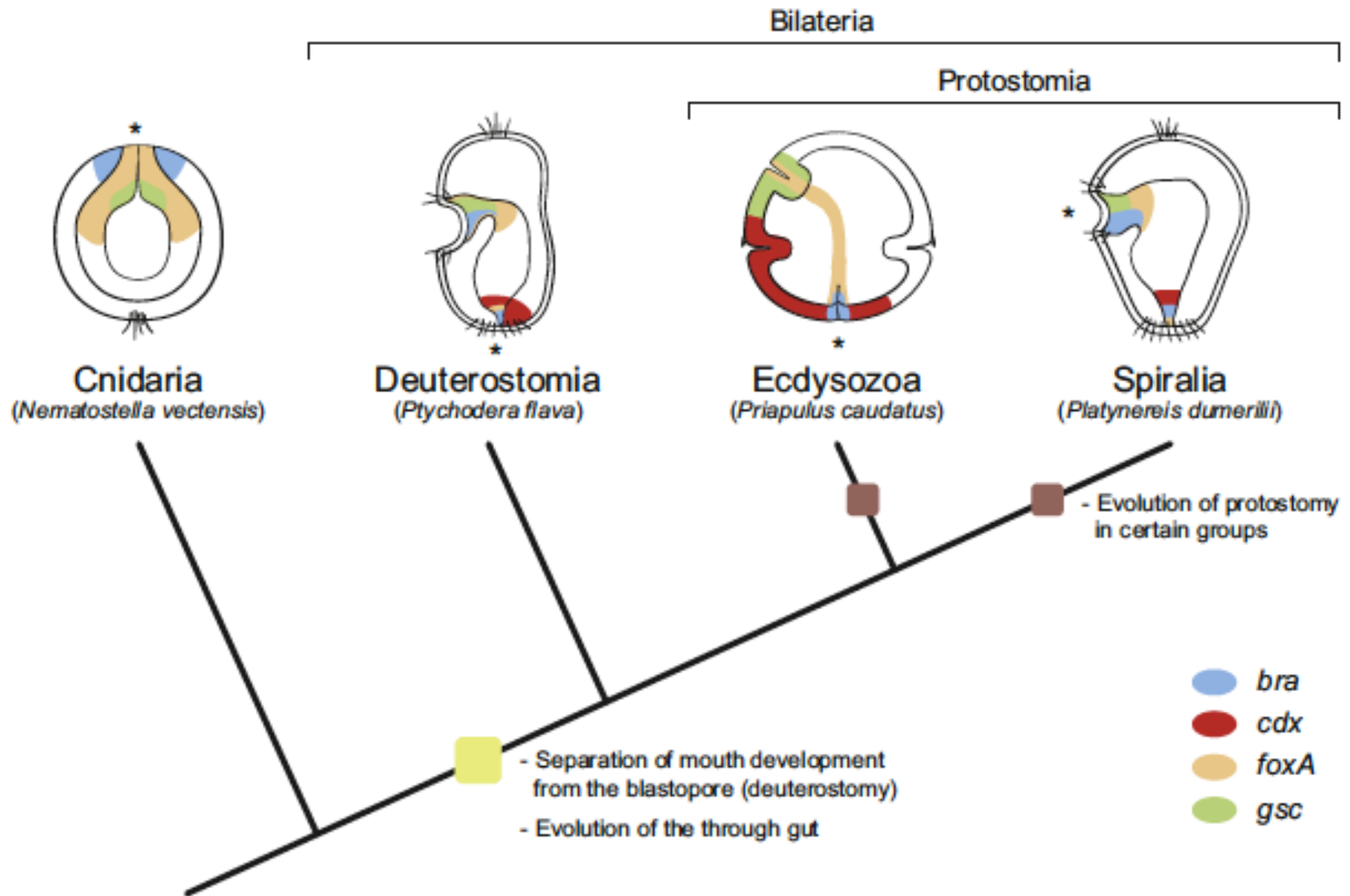
Amphistomy. van den Biggelaar et al. (2002) *Contributions to Zoology*, 71 (1/3) (2002)

- (1) 原口(blastopore) は、植物極側で肛門を形成
- (2) 後腸(hindgut)のマーカである *brachyury* と *caudal* は原口と肛門で発現
- (3) 前腸(foregut)のマーカである *foxA* と *gooseoid* は口と動物半球で発現



前口動物に分類される鰓曳動物では、原口は肛門を形成し、口は後口動物的に形成される。

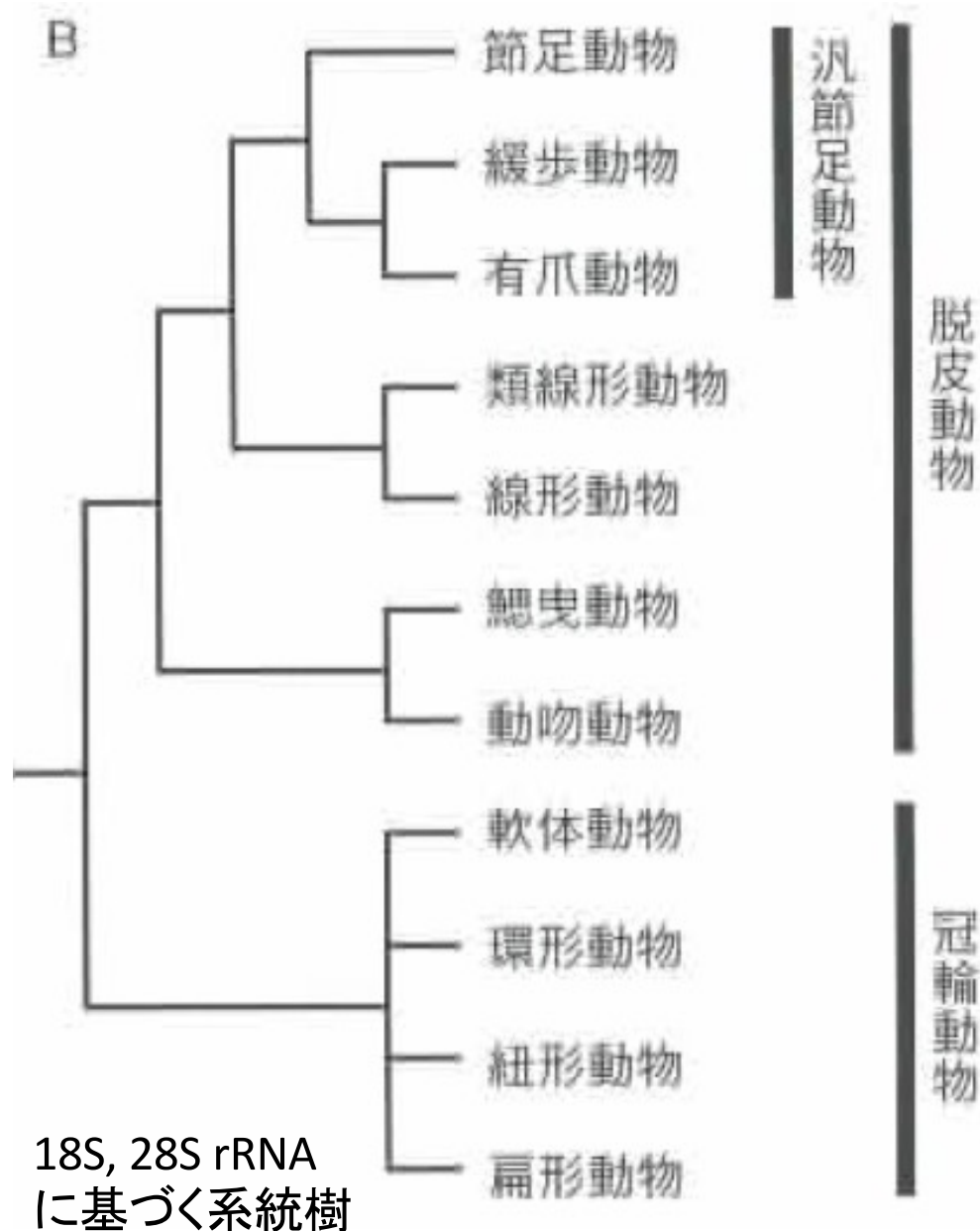




Martín-Duránらの仮説

左右相称動物は、後口動物として生まれた(ウルバイラテリア)。前口動物と後口動物の共通祖先もdeuterostomy。原口、口、肛門を形成するそれぞれの遺伝子ネットワークがある。それらのネットワークの新規の連結あるいは分離によって、二次的にproteostomyやamphistomyが、特定の系統で独立に獲得された (一般的に認められた仮説ではない)

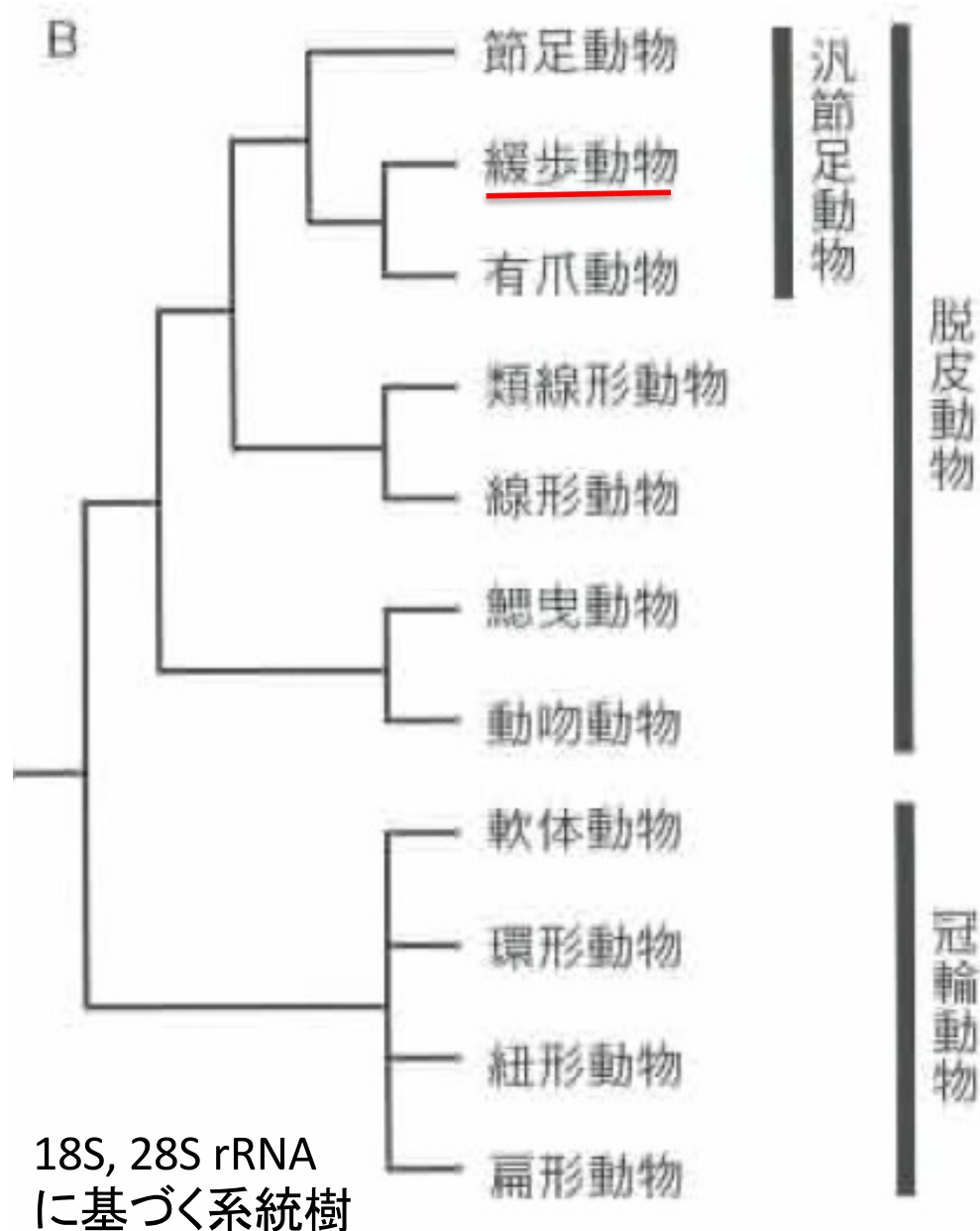
汎節足動物 Panarthropoda



節足動物門と、それに類似した緩歩動物門、有爪動物門をまとめて、汎節足動物とする。

かつては、体節を持つことがこれらの生物の特徴とされ、環形動物も同じグループとされていたが、現在それぞれ異なる系統に属することが明らかとなり、節足動物と環形動物で体節は独立に進化したと考えられている。

汎節足動物 Panarthropoda



節足動物門と、それに類似した緩歩動物門、有爪動物門をまとめて、汎節足動物とする。

かつては、体節を持つことがこれらの生物の特徴とされ、環形動物も同じグループとされていたが、現在それぞれ異なる系統に属することが明らかとなり、節足動物と環形動物で体節は独立に進化したと考えられている。

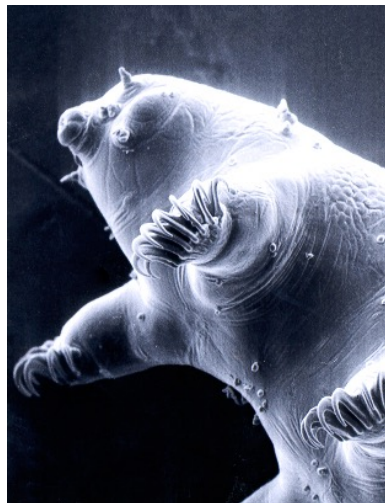
汎節足動物 1

緩歩(かんぽ)動物門

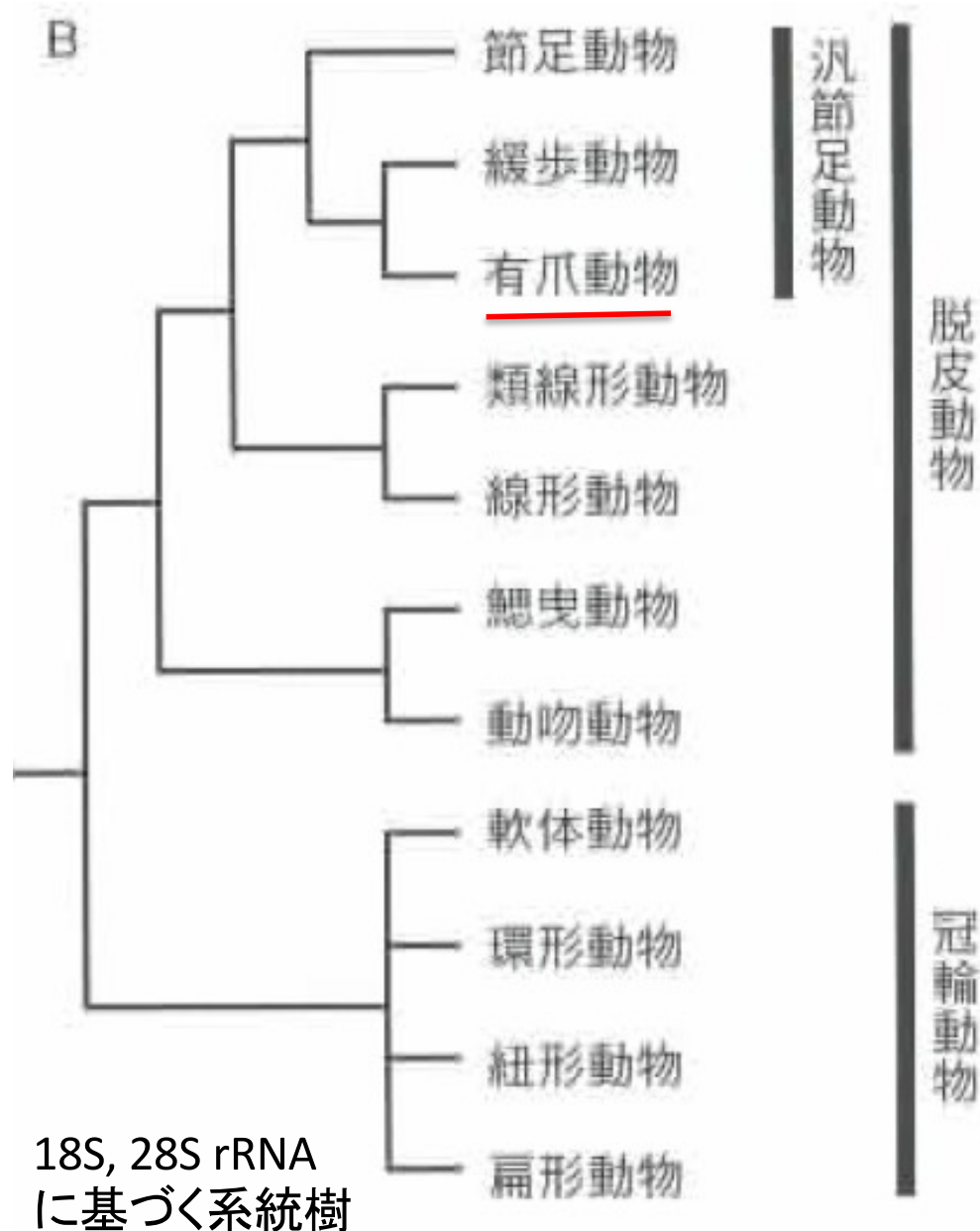
Phylum Tardigrada

小型の左右相称動物。三胚葉性で体節(頭部と胴部4体節)がある。4対8脚のずんぐりとした脚でゆっくり歩く姿から緩歩動物、また形がクマに似ていることから**クマムシ**(英名はwater bears)と呼ばれている。**クリプトビオシス(cryptobiosis)**は無代謝の休眠状態のこと。緩歩動物はクリプトビオシスによって環境に対する絶大な抵抗力を持つ。周囲が乾燥してくると体を縮める。これを「**樽(tun)**」と呼び、代謝をほぼ止めて**乾眠(かんみん, anhydrobiosis)**と呼ばれるクリプトビオシスの状態の一種に入る。乾燥、150° Cの高温、絶対零度に近い低温、強い放射線、真空に耐える。

<http://ja.wikipedia.org/wiki/緩歩動物> より



汎節足動物 Panarthropoda



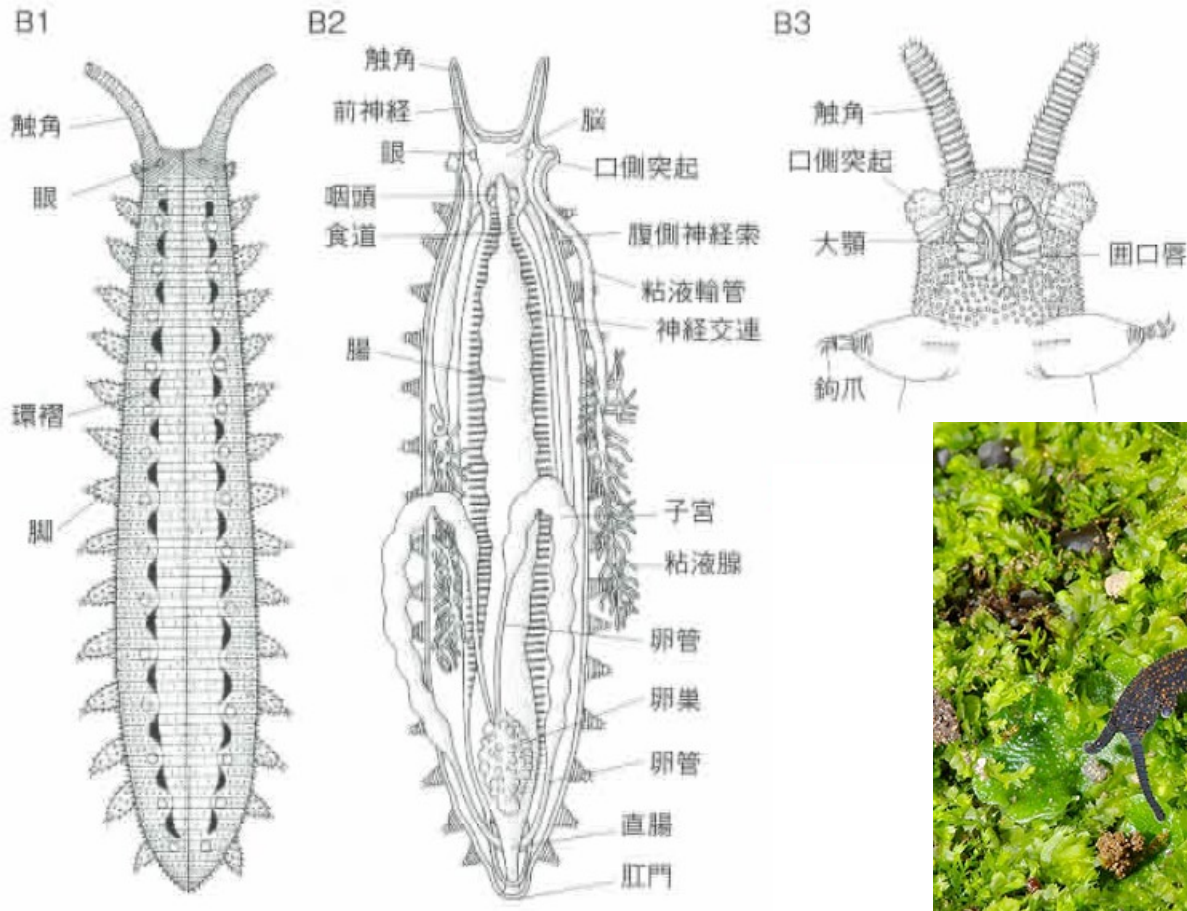
節足動物門と、それに類似した緩歩動物門、有爪動物門をまとめて、**汎節足動物**とする。

かつては、体節を持つことがこれらの生物の特徴とされ、環形動物も同じグループとされていたが、現在それぞれ異なる系統に属することが明らかとなり、**節足動物と環形動物で体節は独立に進化したと考えられている。**

汎節足動物 2 有爪動物門

Phylum Onchophora

蠕虫状の左右相称動物。三胚葉性で体節がある。脚の先端にある爪から名付けられた。カギムシとよばれる。

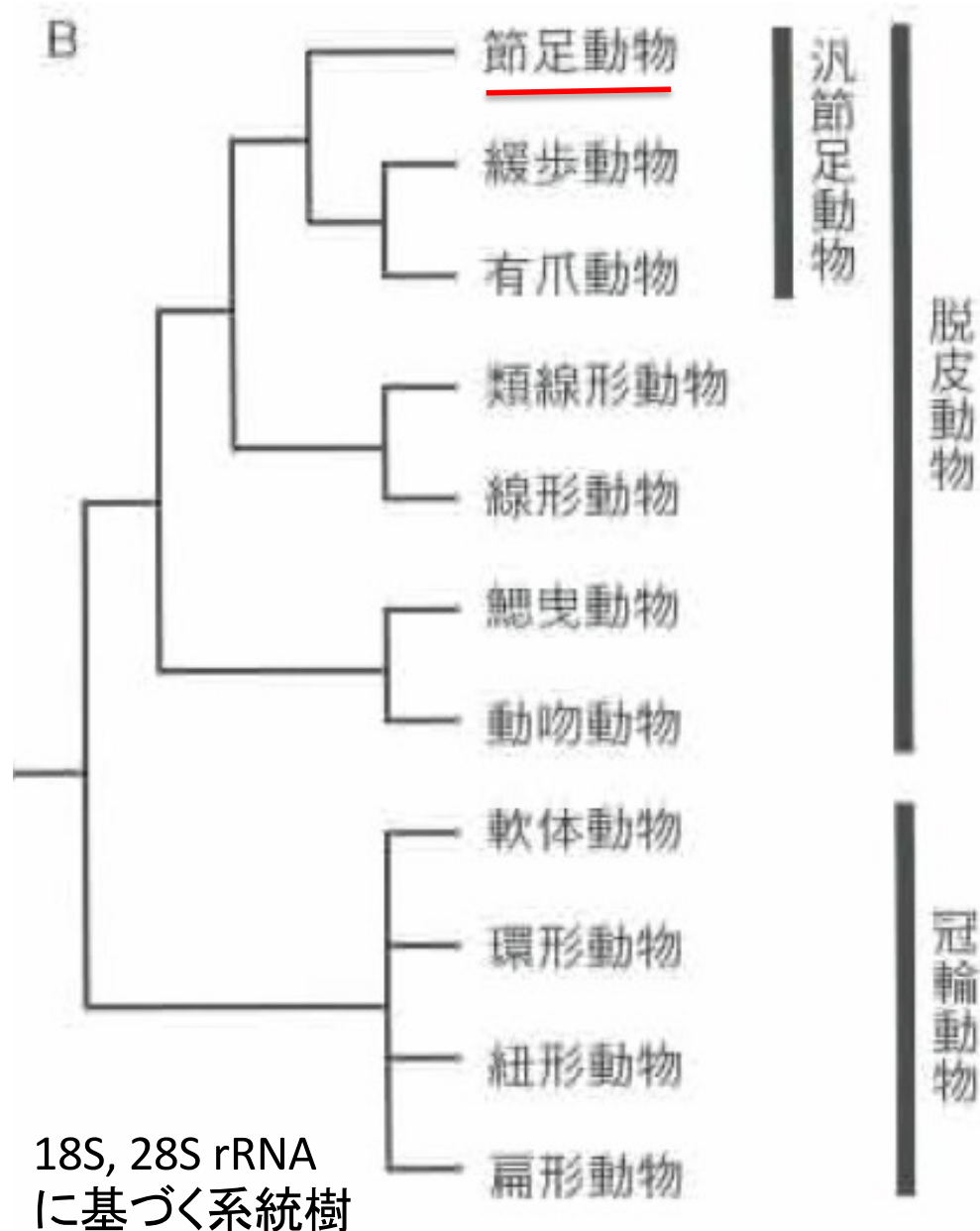




<http://www.youtube.com/watch?v=Oh4ezLN2lqM#t=65> より

カギムシは肉食性、あるいは雑食性で、粘液線から粘性の高い白い粘液を糸のように噴出して獲物をとらえる。

汎節足動物 Panarthropoda



節足動物門と、それに類似した緩歩動物門、有爪動物門をまとめて、汎節足動物とする。

かつては、体節を持つことがこれらの生物の特徴とされ、環形動物も同じグループとされていたが、現在それぞれ異なる系統に属することが明らかとなり、節足動物と環形動物で体節は独立に進化したと考えられている。

汎節足動物 3

節足動物門

Phylum Arthropoda

体節がある左右相称動物。三胚葉性である。地球上で最も種数の多い動物門。節足動物は、4つのタクサに分類され、亜門として扱われる。

鋏角亜門: ウミグモ類、カブトガニ類、クモ類、サソリ類、ダニ類

全くことなる体の二つの区分、頭胸部(prosoma)と腹部(opisthosoma)を持つ

甲殻亜門: エビ類、カニ類

体節数や付属肢の形と機能に劇的な多様性を示す。

多足亜門: ムカデ類、ヤスデ類

高度に反復性(同調的 homonomous)な体幹の分節を示す

六脚亜門: 昆虫類

体節の複合体である頭部、6本の歩脚と2対の翅を備えた胸部、脚を持たない腹部からなる

汎節足動物 3

節足動物門

Phylum Arthropoda

体節がある左右相称動物。三胚葉性である。地球上で最も種数の多い動物門。節足動物は、4つのタクサに分類され、亜門として扱われる。

鋏角亜門: ウミグモ類、カブトガニ類、クモ類、サソリ類、ダニ類

全くことなる体の二つの区分、頭胸部(prosoma)と腹部(opisthosoma)を持つ

甲殻亜門: エビ類、カニ類

体節数や付属肢の形と機能に劇的な多様性を示す。

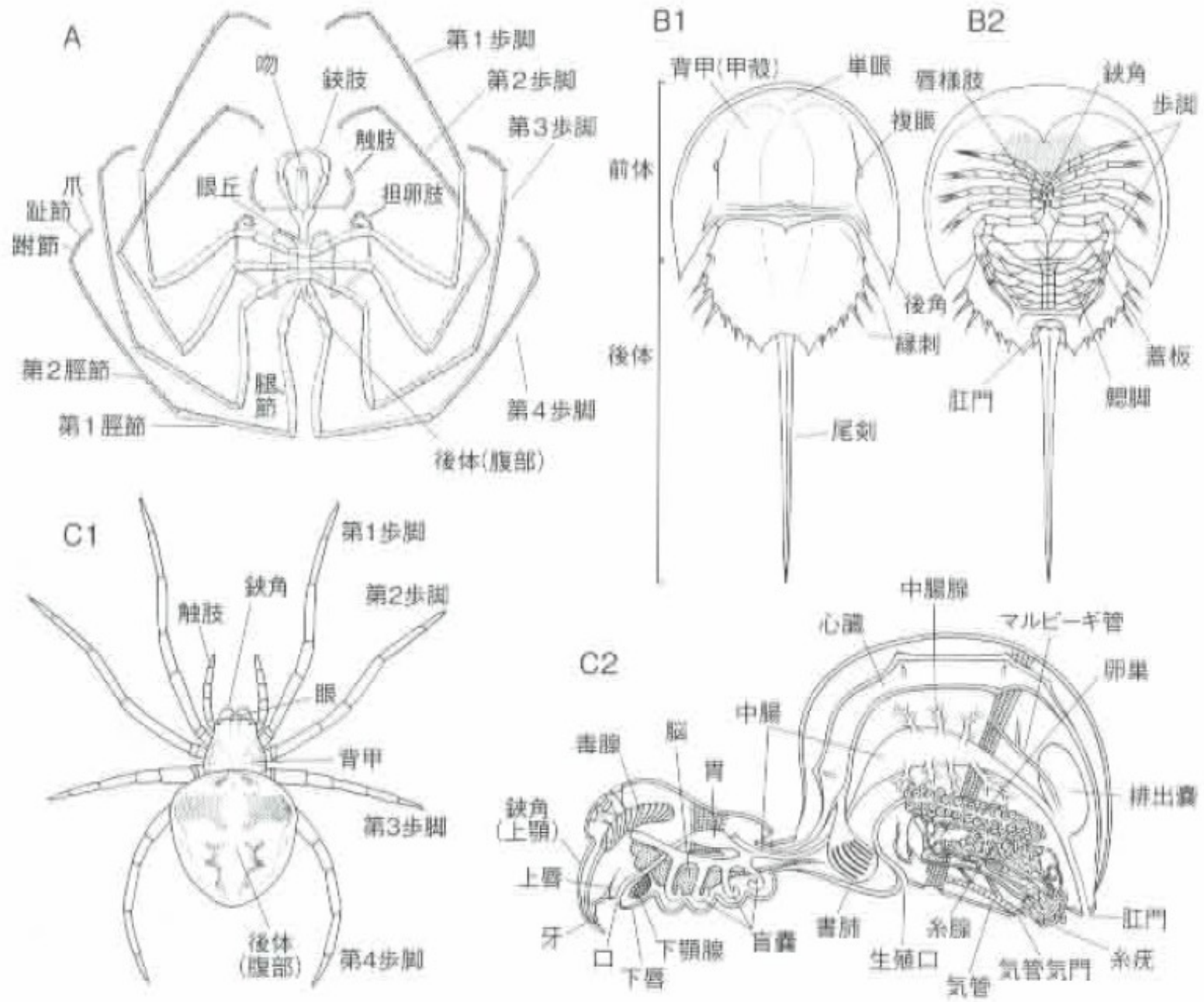
多足亜門: ムカデ類、ヤスデ類

高度に反復性(同調的 homonomous)な体幹の分節を示す

六脚亜門: 昆虫類

体節の複合体である頭部、6本の歩脚と2対の翅を備えた胸部、脚を持たない腹部からなる

鋏角亜門 A ウミグモ綱、B カブトガニ綱, C クモ綱 の3つの綱からなる



サソリ、ダニはクモ綱



ダイオウ
サソリ

<http://hachikura.com/seitai/2009/10/post-12.html>



ヤマアラシ
チマダニ

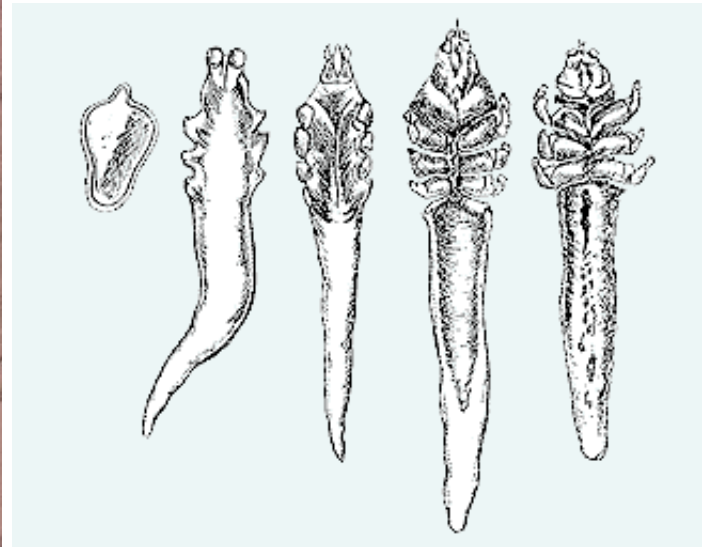
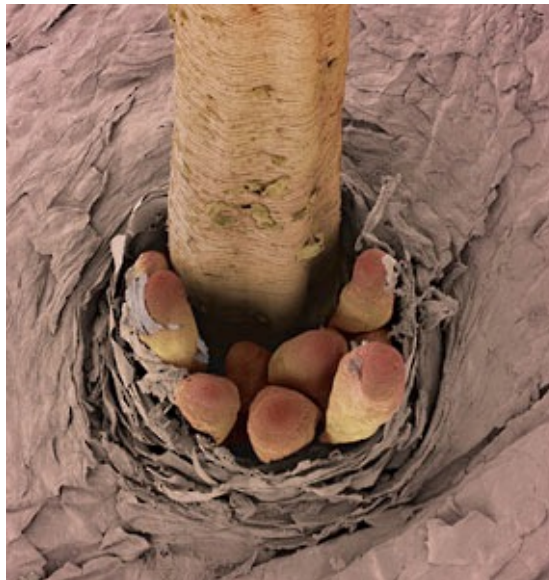
日本紅斑熱
を媒介

<http://www.pref.hiroshima.lg.jp/site/hec/hidsc-kansen-wadai-images-kouhannetu-fig2.html>

ニキビダニ（顔ダニ）

哺乳類の皮膚の様々な分泌腺に寄生する。全ての種の哺乳類に、特異的に種分化したニキビダニが寄生している。ヒトでは特に顔面で皮脂腺が発達しており、顔における寄生密度が高いため「顔ダニ」とも俗称される。人体には毛穴の毛包に皮脂腺の導管部が開口している部分か、それより浅い部分には体長約290 μm のニキビダニ *D. folliculorum* がしばしば6 - 8個体の群を成して、皮脂腺内部には体長約200 μm のコニキビダニ *D. brevis* が単独で寄生する。ニキビダニの餌は毛包上皮細胞で、コニキビダニの場合は皮脂腺の細胞であると考えられている。

本的には顔の余分な皮脂や皮質などを食べてくれるため、顔の清潔を保つために必要不可欠な虫なので特別な駆除は必要ない。

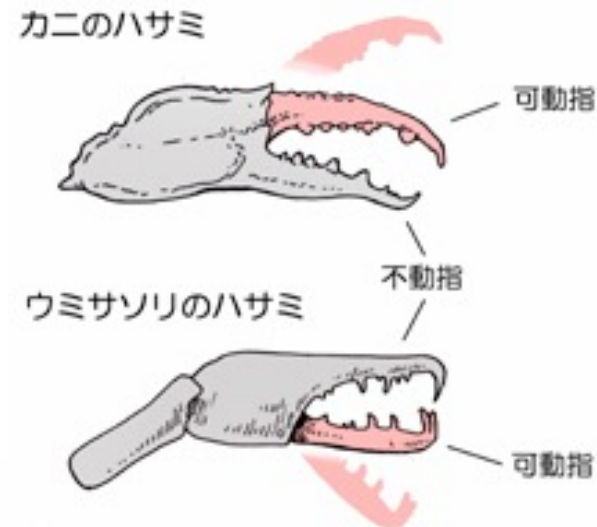


化石のみ知られる節足動物 1

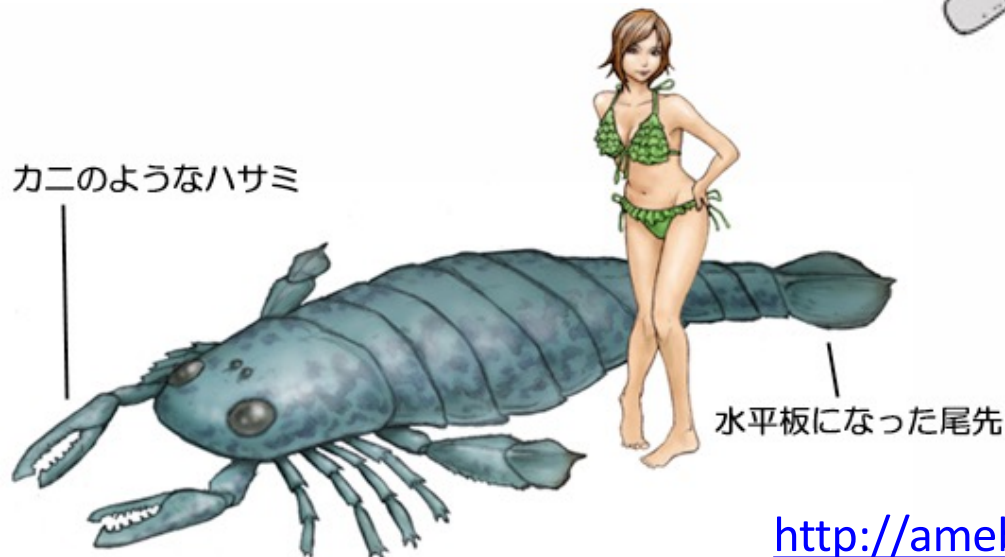
ウミサソリ 鋏角亜門 カブトガニ綱に属す



古生代オルドビス後期に出現、シルル紀からデボン紀に栄え、ペルム紀末に絶滅



プテリゴートゥス 属名 (*Pterygotus*)



海底を歩くタイプ、遊泳するタイプがあり、クモのような書肺を獲得し陸上に進出したものもいたらしい。

<http://ameblo.jp/oldworld/entry-10674385360.html>
より

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水面が下降；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～	大陸の位置は現在の形へと近づく；気候が寒冷乾燥化、哺乳類、鳥類、ヘビ類、花粉媒介の昆虫類、真骨魚類の適応放散
			中新世	2303 万年前～	
			漸新世	3390 万年前～	
		古第三紀	始新世	5580 万年前～	
	晩新世			6550 万年前～	
	白亜紀		1億 4550 万年前～	隕石による大量絶滅	
	中世代	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	
		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	
	古生代	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	
		カンブリア紀	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）、エディアカラ化石群（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			46 億年前～		

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

化石のみ知られる節足動物 2

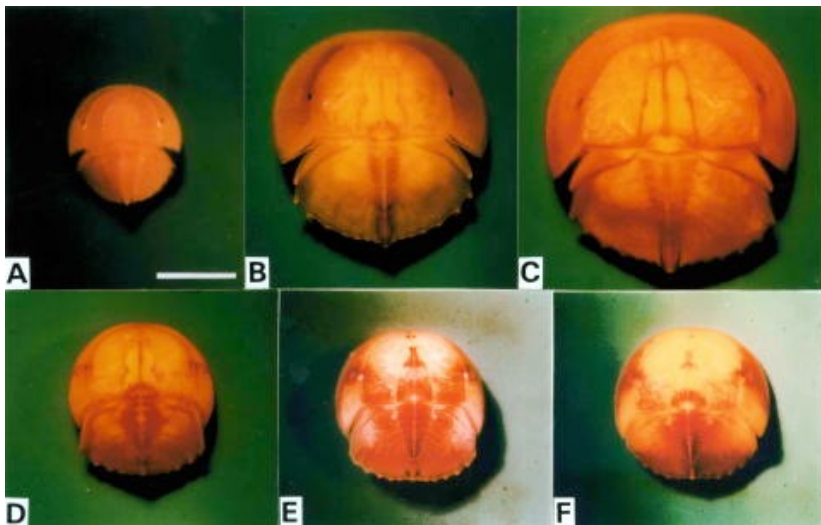
光楯(こうじゅん)類 鋏角亜門 カブトガニ綱に属す。4cm程度のサイズ
古生代カンブリア前期からオルドビス後期まで見いだされる
カブトガニとウミサソリの共通祖先と考えられている。



ベックウイチア



パレオメルス



カブトガニの1令幼生
=三葉虫型幼生(尾がなく形態の類似性から)

光楯類も三葉虫に類似することから、以前は
三葉虫類と鋏角類を結ぶミッシングリンクと考え
られていたが、現在はそのように認識されていない

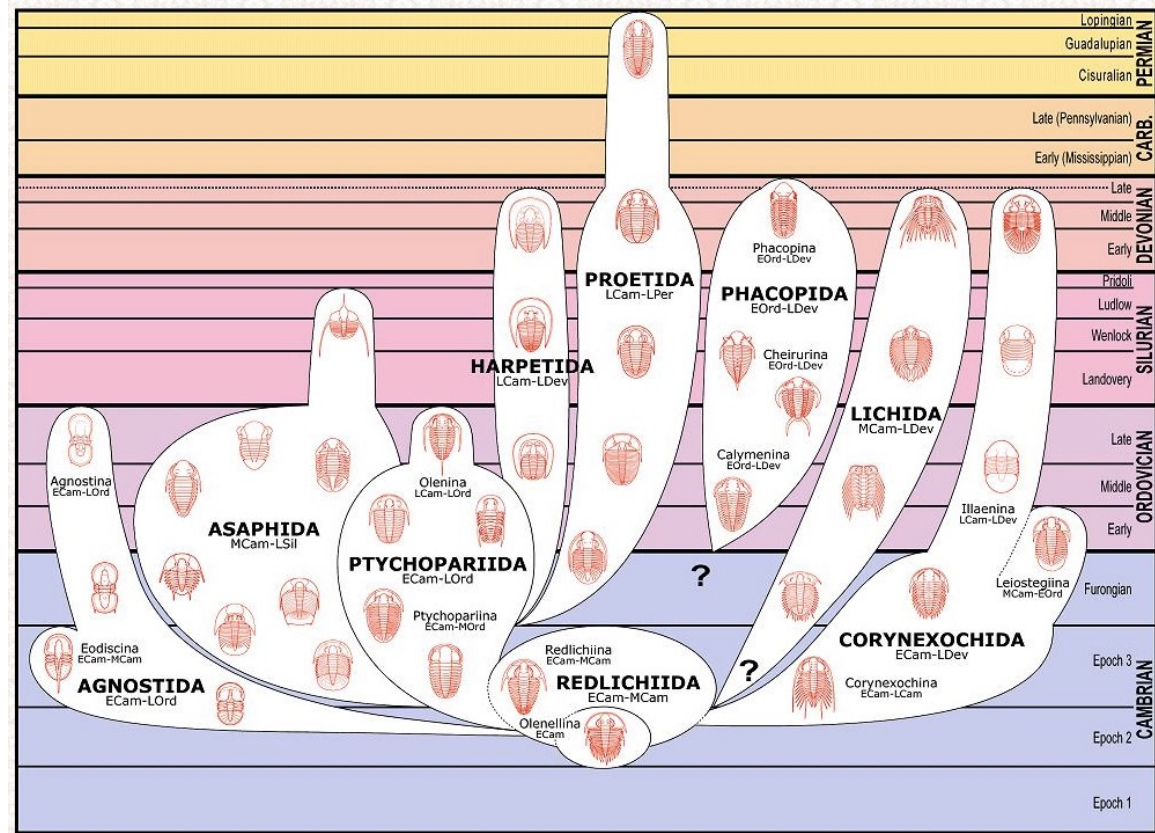
化石のみ知られる節足動物 3

三葉虫 (Trilobite) カンブリア紀に現れ、ペルム紀に絶滅
 最大のものは全長60cm、小さいものは1cm程度

http://www.geocities.jp/ds23ie_73y/fossil/trilobite/triloclass/triloclass.html



オーストラリアの先カンブリア時代の地層から発見されたエディアカラ動物群を代表するバルバンコリナの化石。三葉虫に似た生物とされているが、動物かどうか疑わしい。



エディアカラ紀のバーバンコリナは形態の類似性から三葉虫の祖先であるとする説がある

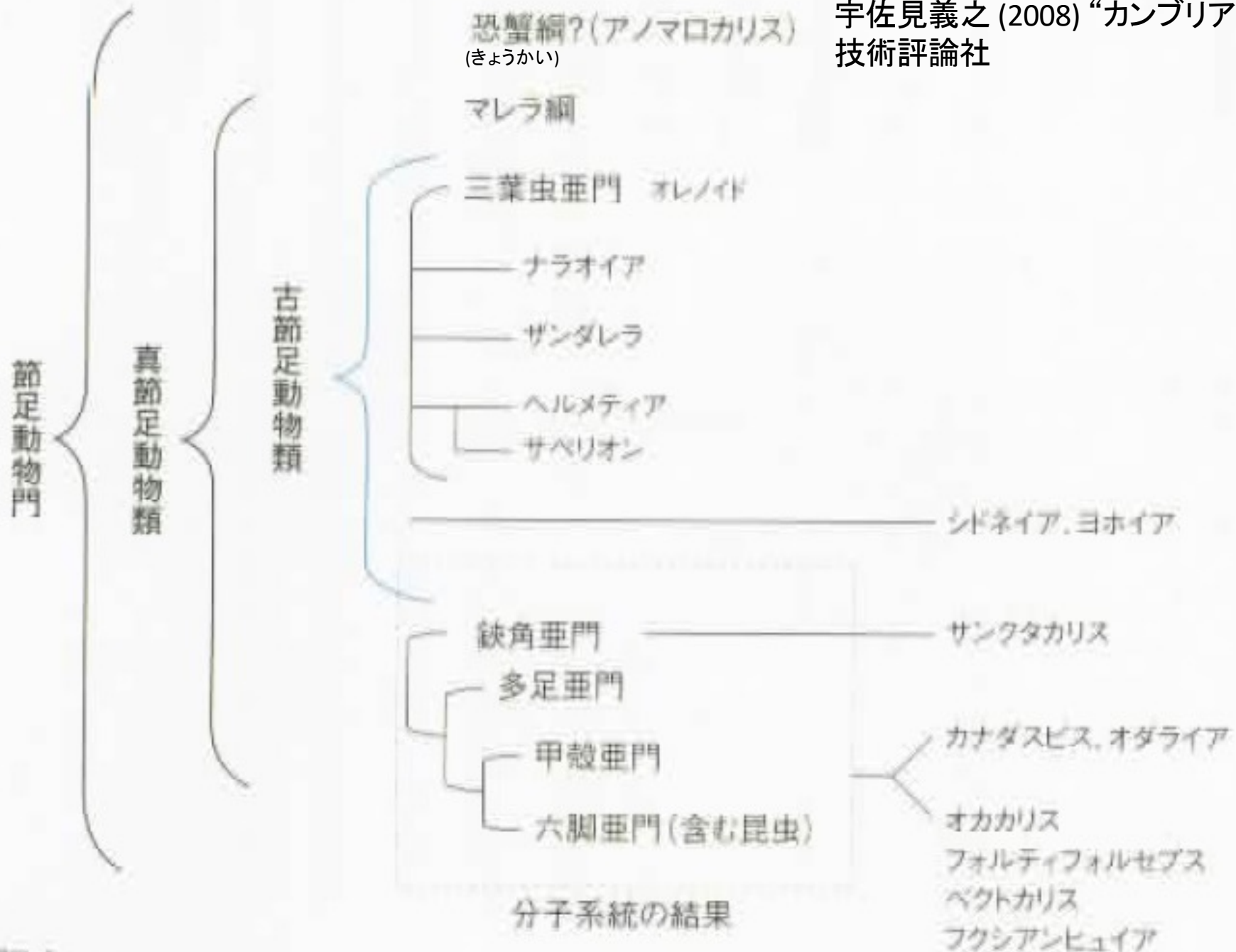


図7-2
節足動物の分類

汎節足動物 3

節足動物門

Phylum Arthropoda

体節がある左右相称動物。三胚葉性である。地球上で最も種数の多い動物門。節足動物は、4つのタクサに分類され、亜門として扱われる。

鋏角亜門: ウミグモ類、カブトガニ類、クモ類、サソリ類、ダニ類

全くことなる体の二つの区分、頭胸部(prosoma)と腹部(opisthosoma)を持つ

甲殻亜門: エビ類、カニ類

体節数や付属肢の形と機能に劇的な多様性を示す。

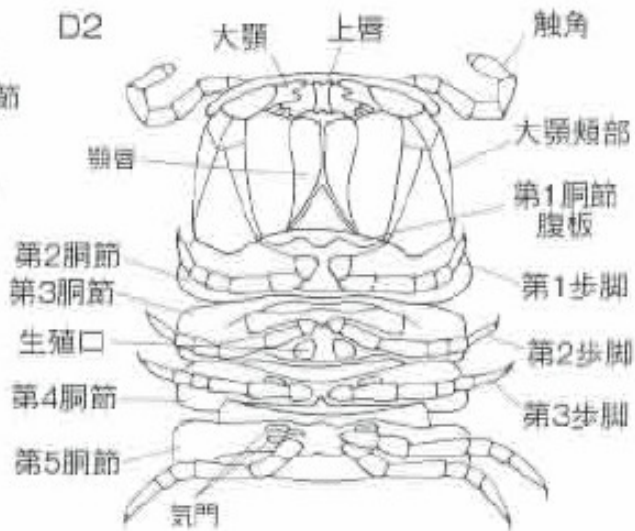
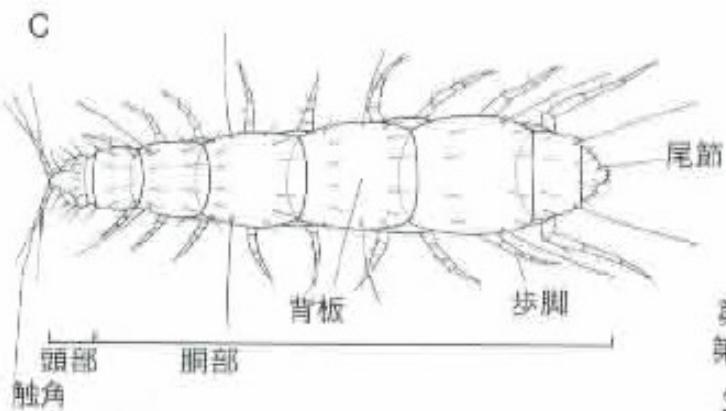
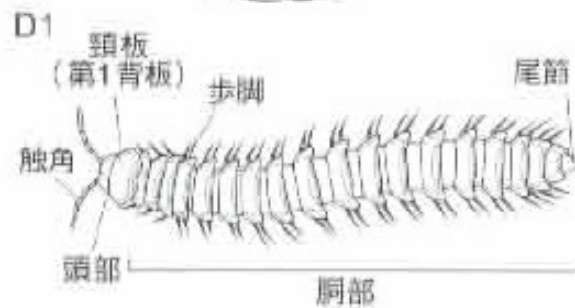
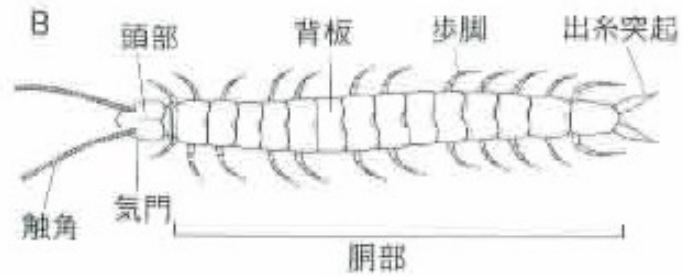
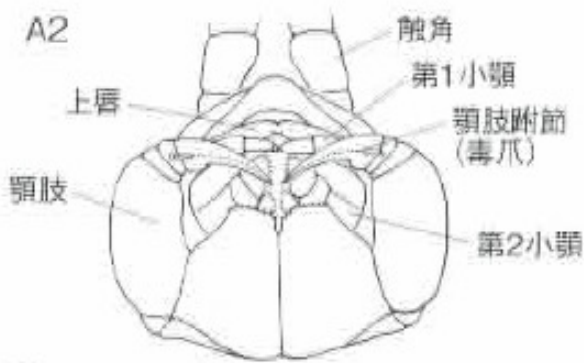
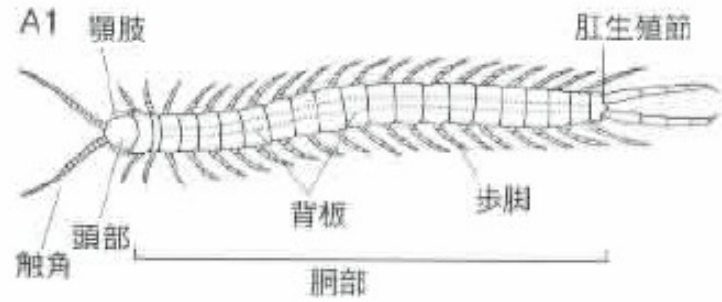
多足亜門: ムカデ類、ヤスデ類

高度に反復性(同調的 homonomous)な体幹の分節を示す

六脚亜門: 昆虫類

体節の複合体である頭部、6本の歩脚と2対の翅を備えた胸部、脚を持たない腹部からなる

多足亜綱



- A ムカデ綱
- B コムカデ綱
- C エダヒゲムシ綱
- D ヤスデ綱

汎節足動物 3

節足動物門

Phylum Arthropoda

体節がある左右相称動物。三胚葉性である。地球上で最も種数の多い動物門。節足動物は、4つのタクサに分類され、亜門として扱われる。

鋏角亜門: ウミグモ類、カブトガニ類、クモ類、サソリ類、ダニ類

全くことなる体の二つの区分、頭胸部(prosoma)と腹部(opisthosoma)を持つ

甲殻亜門: エビ類、カニ類

体節数や付属肢の形と機能に劇的な多様性を示す。

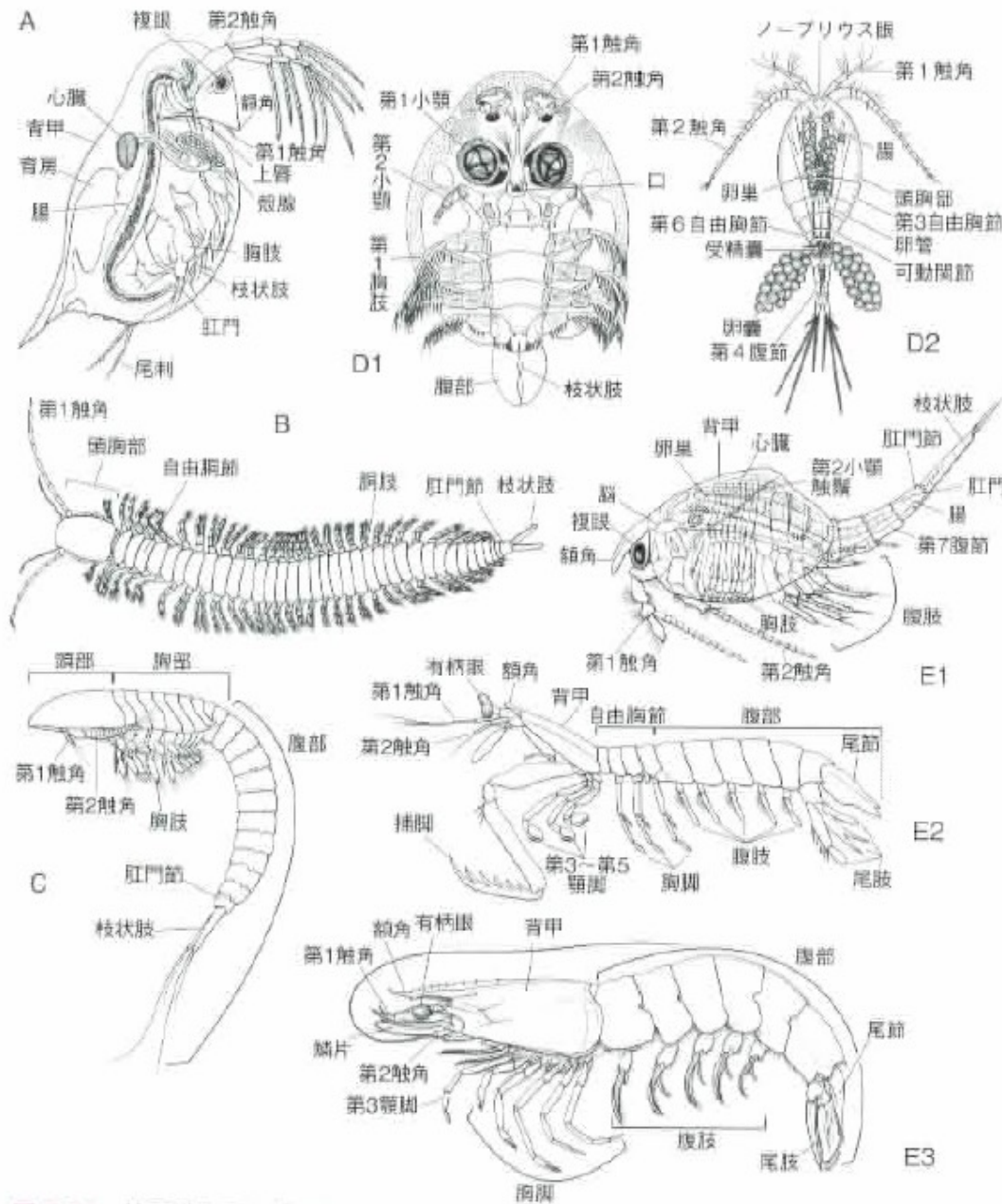
多足亜門: ムカデ類、ヤスデ類

高度に反復性(同調的 homonomous)な体幹の分節を示す

六脚亜門: 昆虫類

体節の複合体である頭部、6本の歩脚と2対の翅を備えた胸部、脚を持たない腹部からなる

甲殻亜門



- A 鰓脚綱
 - ミジンコなど
- B ムカデエビ綱
- C カシラエビ綱
- D 顎脚綱
 - D1 鰓尾亜綱
 - チョウ(ウオジラミ)
 - D2 カイアシ亜綱
 - キクロプス
- E 軟甲綱
 - E1 コノハエビ亜綱
 - E2 トゲエビ亜綱
 - E3 真軟甲亜綱 (クルマエビ)

フジツボは、顎脚綱の、
 軟甲亜綱 に分類される。
 カニは、軟甲綱の真軟甲亜綱
 に分類される。

オカダンゴムシ
Armadillidium vulgare



亜門：甲殻亜門 Crustacea
綱：軟甲綱 Malacostraca
亜綱：真軟甲亜綱 Eumalacostraca

フナムシ
Ligia exotica



甲殻亜門 Crustacea

ダイオウグソクムシ
Bathynomus giganteus



5年以上の絶食記録を残して2月に死んだ鳥羽水族館の「ダイオウグソクムシ」。解剖したところ、体内から正体不明の液体を検出。液体からは菌も発見され、食べなくても生きていける“夢の酵母”の可能性も指摘される。

2014年3月14日 産経新聞



亜門：甲殻亜門 Crustacea
綱：軟甲綱 Malacostraca



亜門：甲殻亜門 Crustacea
綱：顎脚綱 Maxillopoda
亜綱：鞘甲亜綱(フジツボ亜綱)
Thecostraca

カメノテ(亀の手、学名：*Capitulum mitella*)は、石灰質の殻をもつ
固着動物 甲殻類ミョウガガイ科

汎節足動物 3

節足動物門

Phylum Arthropoda

体節がある左右相称動物。三胚葉性である。地球上で最も種数の多い動物門。節足動物は、4つのタクサに分類され、亜門として扱われる。

鋏角亜門: ウミグモ類、カブトガニ類、クモ類、サソリ類、ダニ類

全くことなる体の二つの区分、頭胸部(prosoma)と腹部(opisthosoma)を持つ

甲殻亜門: エビ類、カニ類

体節数や付属肢の形と機能に劇的な多様性を示す。

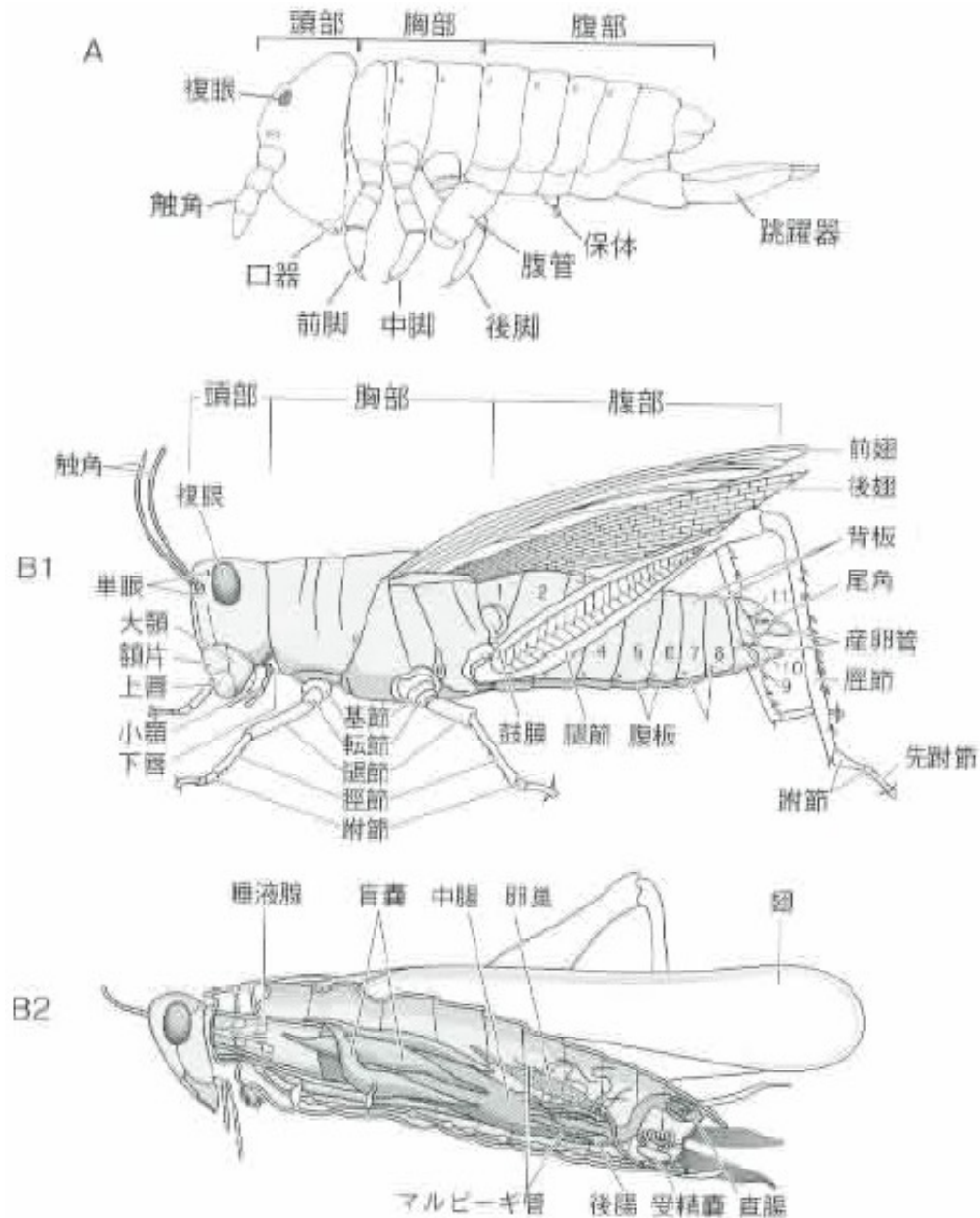
多足亜門: ムカデ類、ヤスデ類

高度に反復性(同調的 homonomous)な体幹の分節を示す

六脚亜門: 昆虫類

体節の複合体である頭部、6本の歩脚と2対の翅を備えた胸部、脚を持たない腹部からなる

六脚亜門



- A. 内顎類 Entognatha
 カマアシムシ目(原尾目) Protura
 トビムシ目(粘管目) Collembola
 コムシ目(倍尾目) Diplura
- B. 外顎類 Ectognatha
 昆虫 Insecta

1000種昆虫トランスクリプトーム進化 コンソーシアム

世界13カ国・地域, 43研究機関による国際研究プロジェクト

昆虫全分類群をカバーする103種のゲノムデータ(約1500遺伝子)に基づき、
昆虫の目間の系統関係を推定

Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution

Misof *et al.* (2014) *Science* **346** (6210), 763-767 で発表

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水面が下降；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～	大陸の位置は現在の形へと近づく；気候が寒冷乾燥化、哺乳類、鳥類、ヘビ類、花粉媒介の昆虫類、真骨魚類の適応放散
			中新世	2303 万年前～	
			漸新世	3390 万年前～	
		古第三紀	始新世	5580 万年前～	
	暁新世		6550 万年前～		
	白亜紀		1 億 4550 万年前～	隕石による大量絶滅	
	中世代	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	
		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	
	古生代	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	
		カンブリア紀	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）、エディアカラ化石群（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			46 億年前～		

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



「内顎類」は単系統群ではない！
新事実2

これまでは約4億年前とされていた

昆虫の起源は約4億8千万年前！
新事実1

これまでは約3億5千万年前とされていた

翅の獲得は約4億年以上前！
新事実3

ジュズヒカゲムシが多新翅昆虫類に位置付けられた

多新翅昆虫類は単系統群！
新事実4

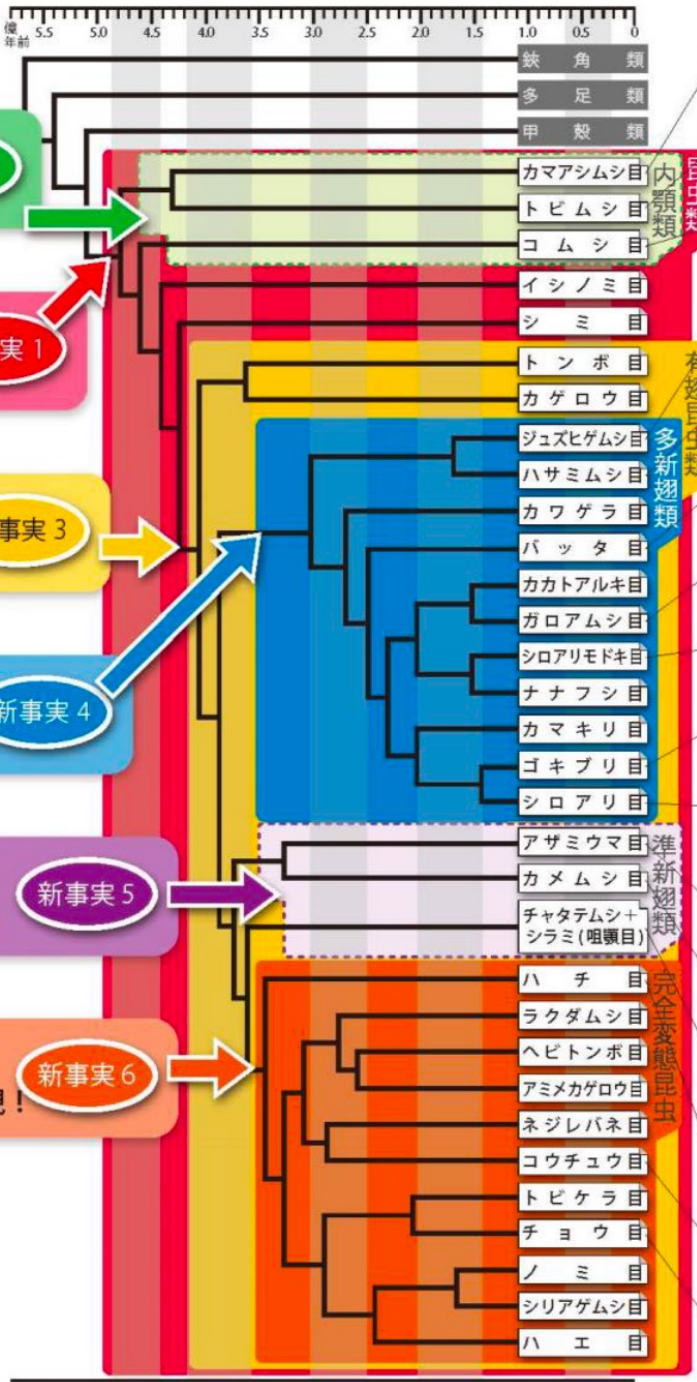
チャタテムシとシラミは完全変態昆虫に近縁

「準新翅昆虫類」は単系統群ではない！
新事実5

これまでは約3億年前とされていた

完全変態昆虫は約3億5千万年前には出現！
新事実6

※ 多新翅昆虫類と準新翅昆虫類は不完全変態昆虫



セミ、アメンボ、タガメはどの目に含まれる？

昆虫における翅の形成

シマウマの縞、蝶の模様

ショーン・B・キャロル

光文社

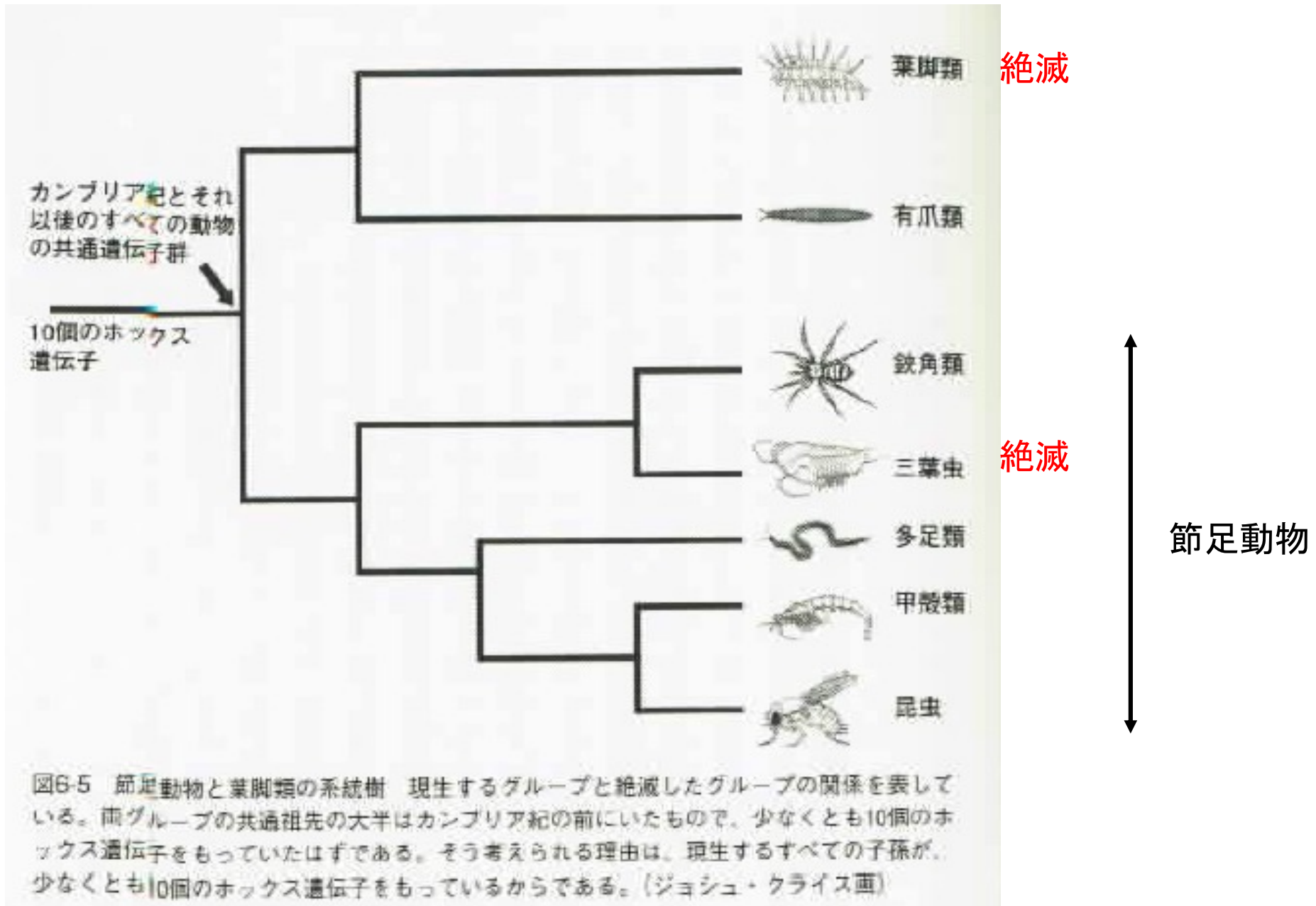
DNAから解き明かされる

形づくりの進化の不思議

S.B.Carroll, J.K.Grenier, S.B.Weatherbee

羊土社

節足動物の系統樹



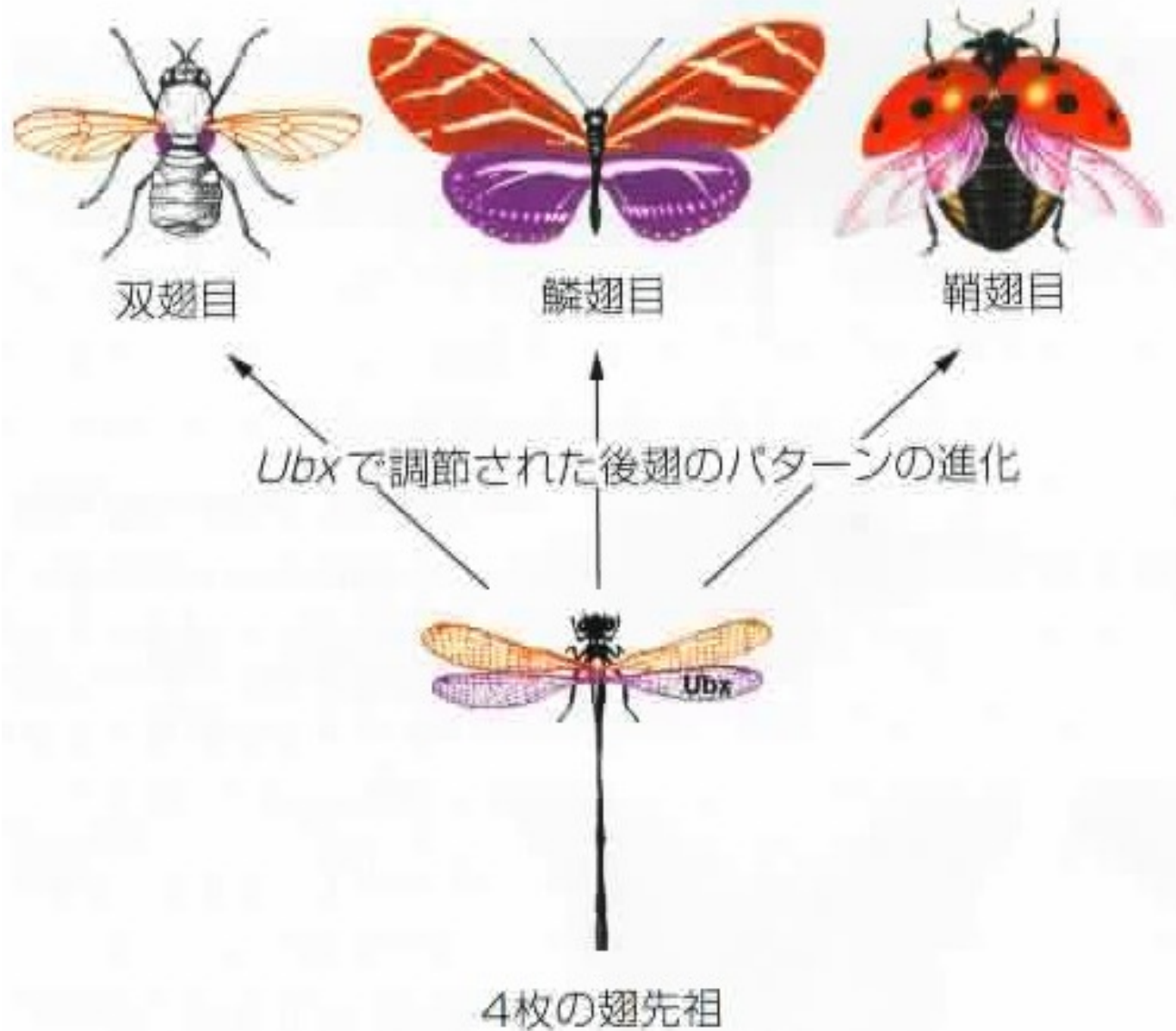
節足動物:知られている全動物の75%

共通のボディプラン

= 1対の**関節を持った付属肢(名前の由来)**
を持つ体節の繰り返しから構成

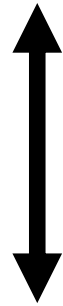
繁栄の鍵は繰り返しユニット(モジュール)
である体節の多様化

昆虫の翅はどのように形成されたか？



節足動物の肢の構造

昆虫、ムカデ、ヤスデ、有爪動物： 単枝型付属肢



甲殻類、サソリ、カブトガニ、三葉虫：二枝型付属肢

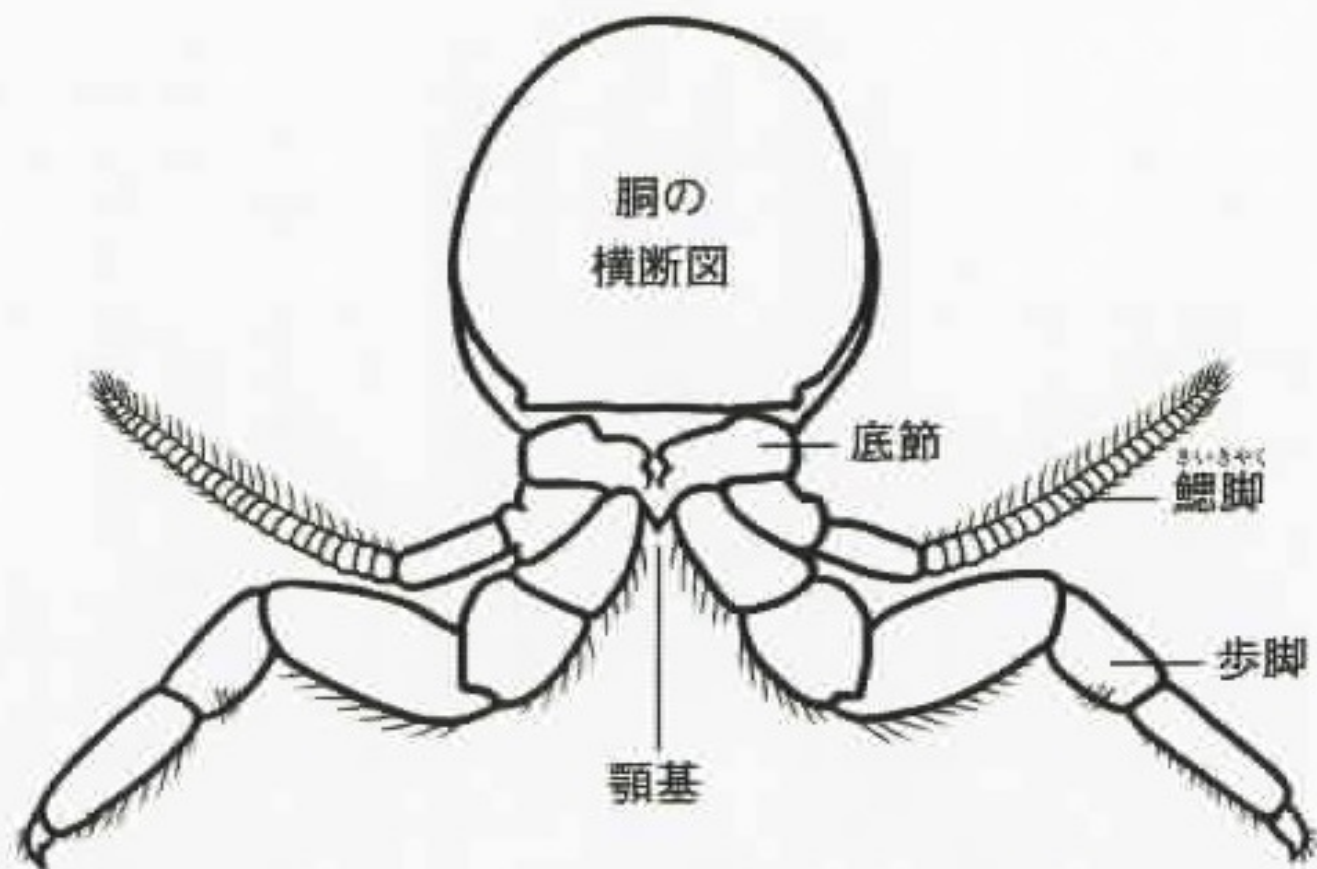
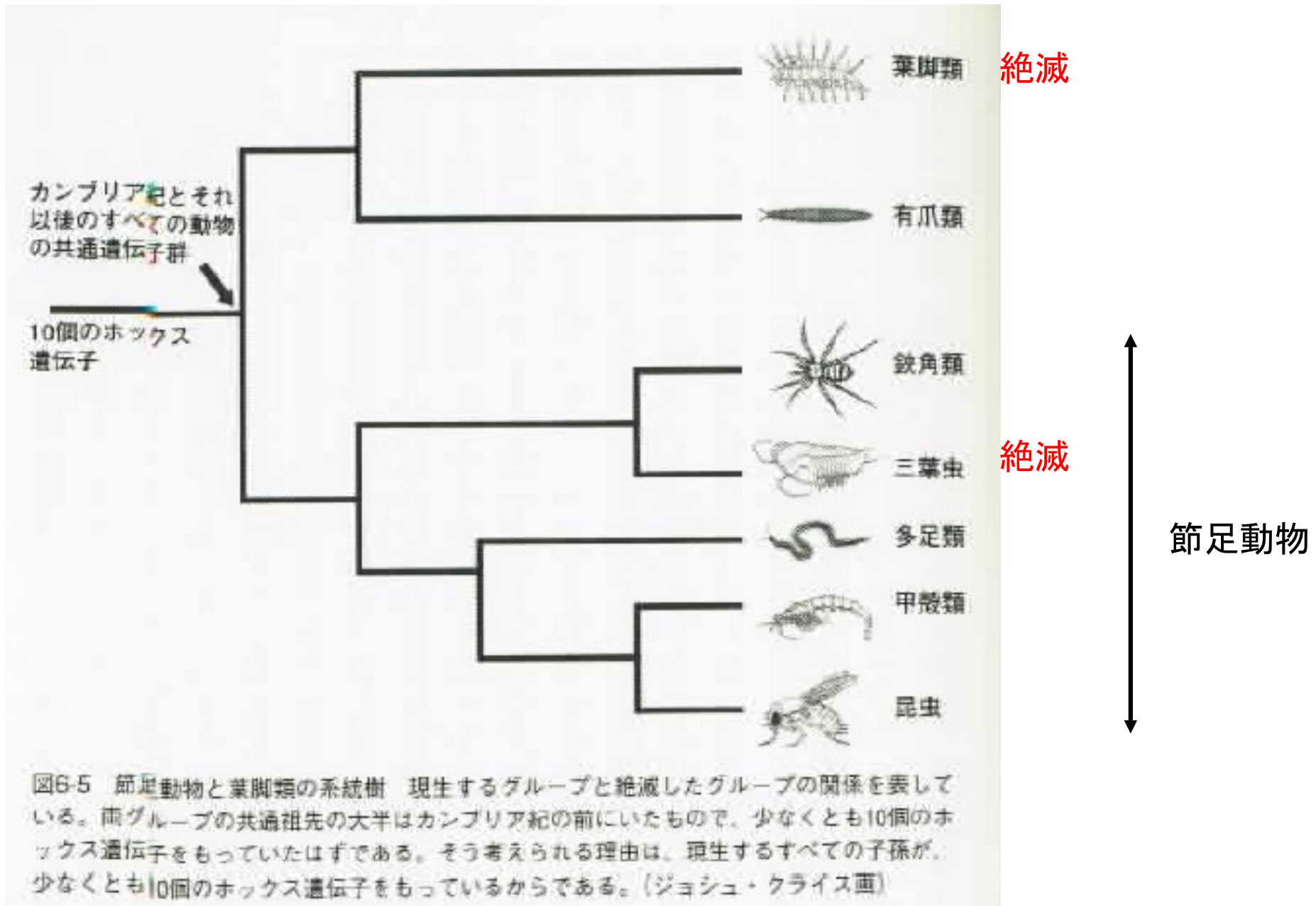
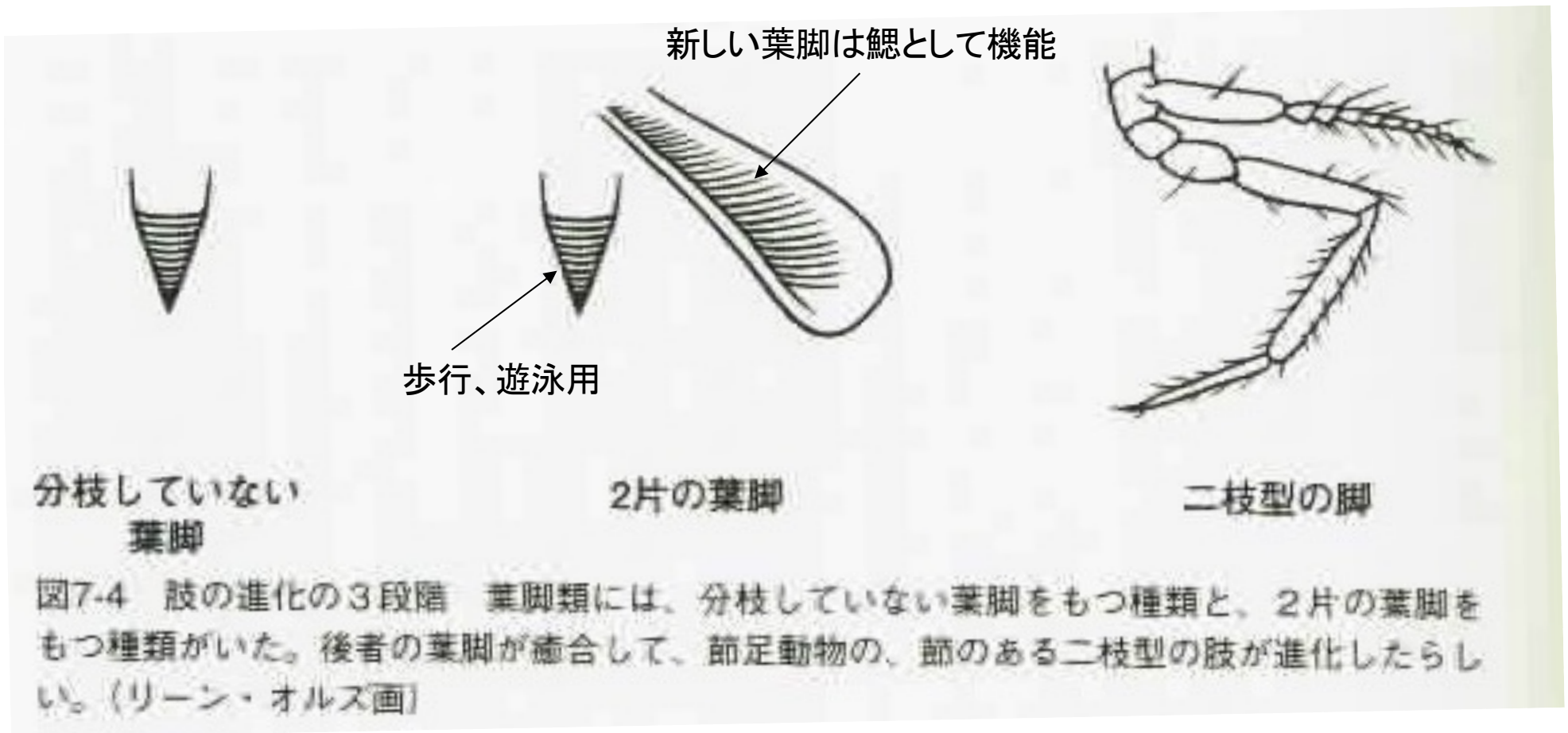


図7-3 二枝型付属肢のデザイン 上部の鰓脚は呼吸に、下部の脚は移動に関与している典型的な二枝型付属肢の断面図。(S・J・ダールド『ワンダフル・ライフ』を参考にリーン・オルズが描く)

節足動物の系統樹





エボデボからの証拠:

有爪類の葉脚、節足動物の全ての付属肢で**ディスタルレス**
遺伝子が発現

昆虫の歩行用の肢は単肢型
もう一つの肢はどこにいったのか？

水生の昆虫の幼虫の化石の鰓
現代の昆虫の水生幼虫の鰓

昆虫の翅同様の翅脈構造を有する

成虫で鰓を不要とせず、翅へと進化させた？

翅形成遺伝子を制御するスイッチの進化と 昆虫の翅の数の進化

原始的な
水生昆虫の幼虫



カゲロウの
幼虫



翅をもつ
原始的な成虫



現在の
鱗翅類



変化

スイッチ

結果

ホックス5
の位置

ホックス5,9,10
の位置

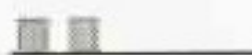
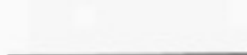
ホックス5,8,9,10
の位置

胴体の全体節に翅
のような翅がある

胸部第1節
に翅はない

腹部に翅はなく
胸部第1節の翅は縮小

胸部第1節と
腹部に翅はない



エボデボからの証拠

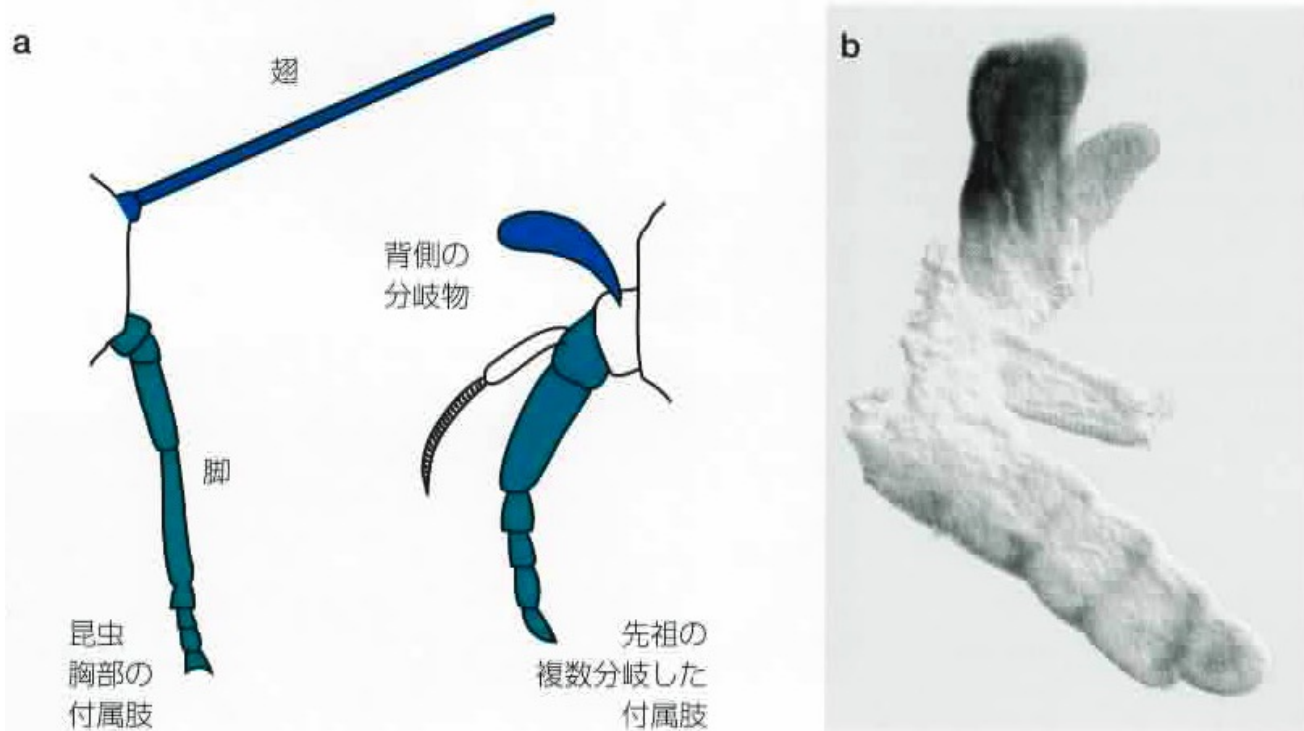
昆虫の翅の形成

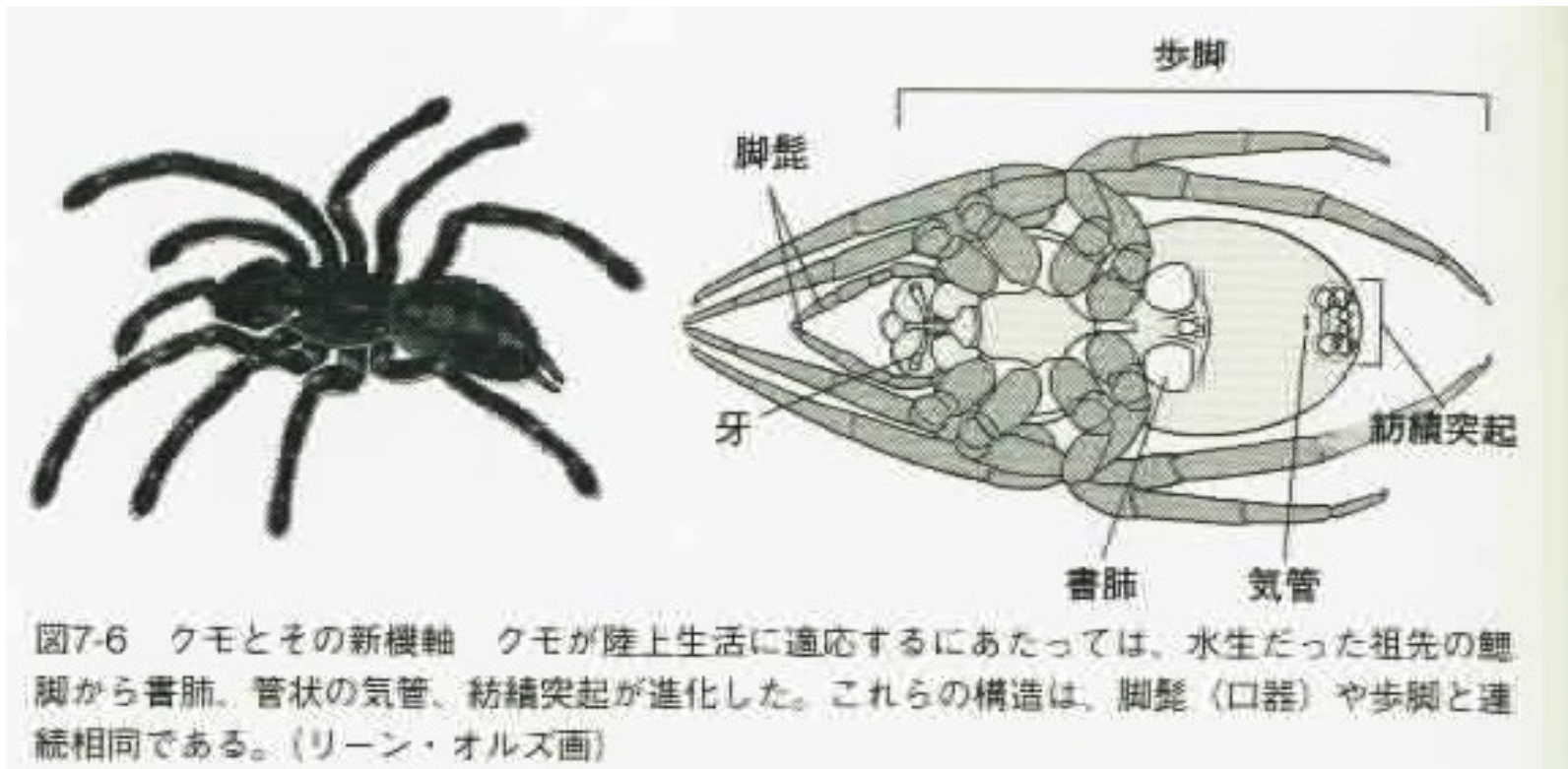
アプテラスとナビンという二種類のツールキット遺伝子が
必要

甲殻類の二枝型付属肢の内、外側の鰓として使用される
もので発現していた



アプテラスとナビンは、もともと昆虫の祖先では呼吸用の
葉状体(鰓)を形成するために使用されており、それが翅に
進化しても、その形成に使用
翅の形成に伴い、昆虫は単肢型に進化





書肺、気管：呼吸器
紡績突起：造網と獲物の捕獲

異なる体節の同じ位置にある : 連続相同の関係？

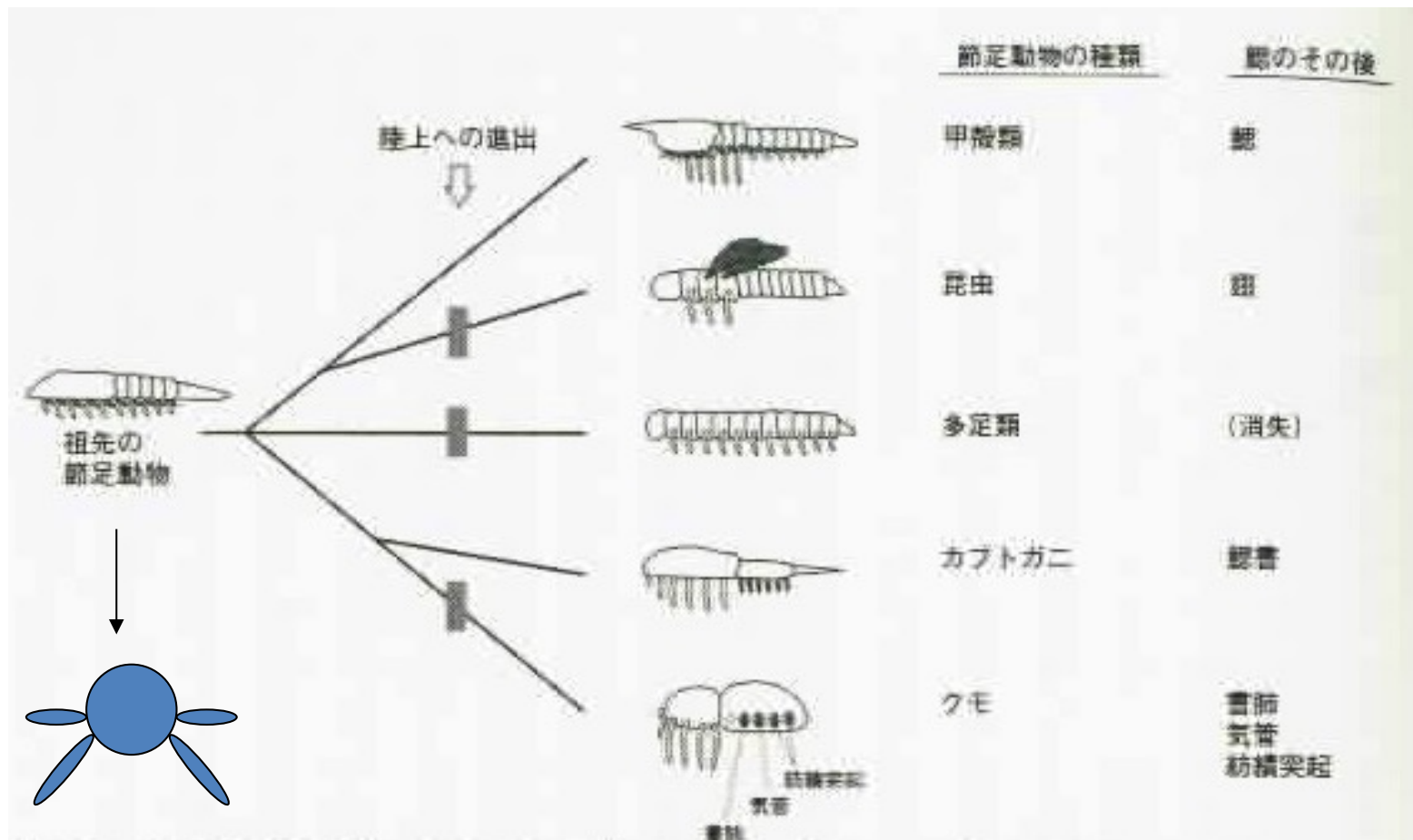
エボデボからの証拠

いずれも**ディスタルレス遺伝子**を発現

-----> 付属肢からの進化を示唆

アプテラス、ナビンの発現も確認

-----> 祖先の鰓脚から進化したことを示唆



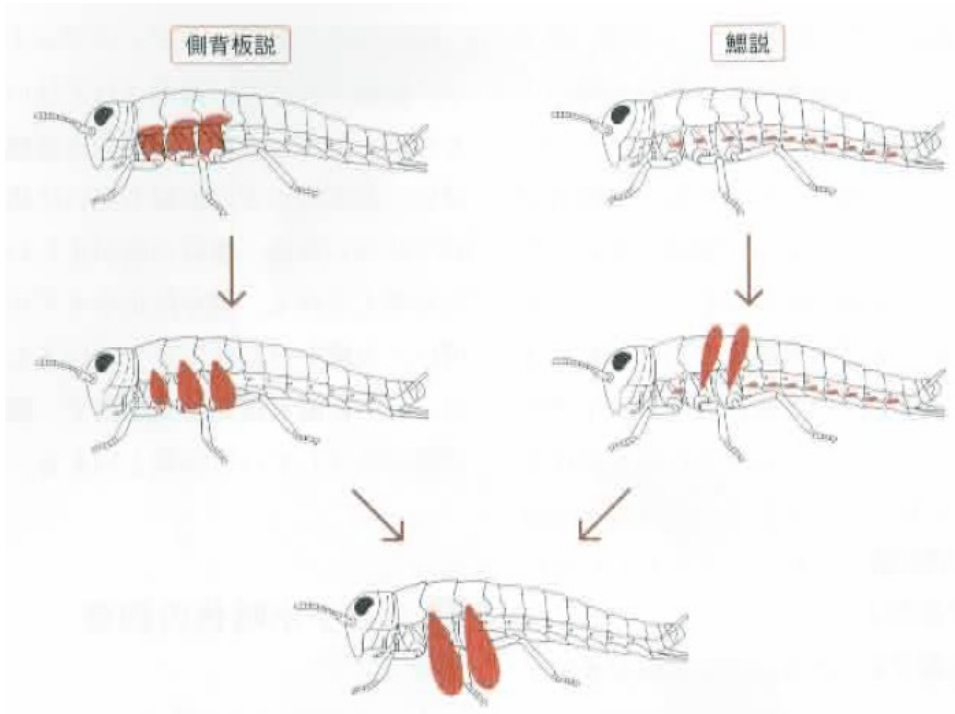


図1 昆虫翅の起源に関する代表的な仮説
(昆虫の図は Snodgrass, R. E. *Principles of insect morphology*, McGraw-Hill, New York, 1935. を元にし)

大塚隆弘、柳沼利信、新美輝幸
 (2013) “昆虫の翅はどこから来たのか?”
 遺伝 67, p. 222-228

昆虫の翅は鰓脚ではなく側背板に由来するという説もあり、こちらも進化発生学的な解析が行われている

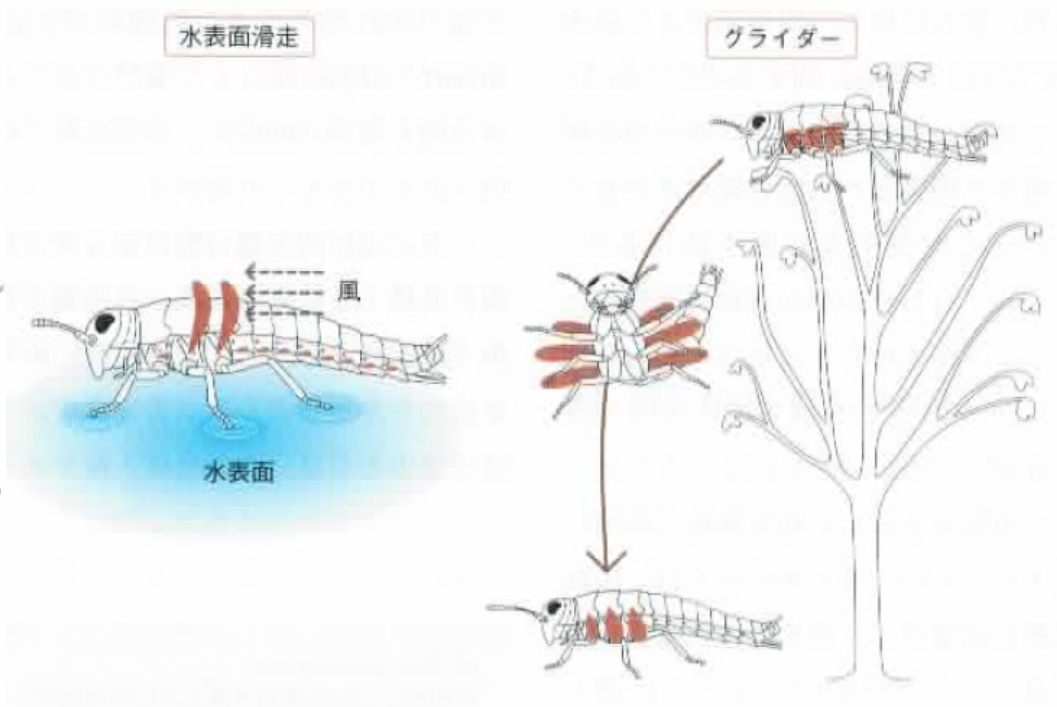
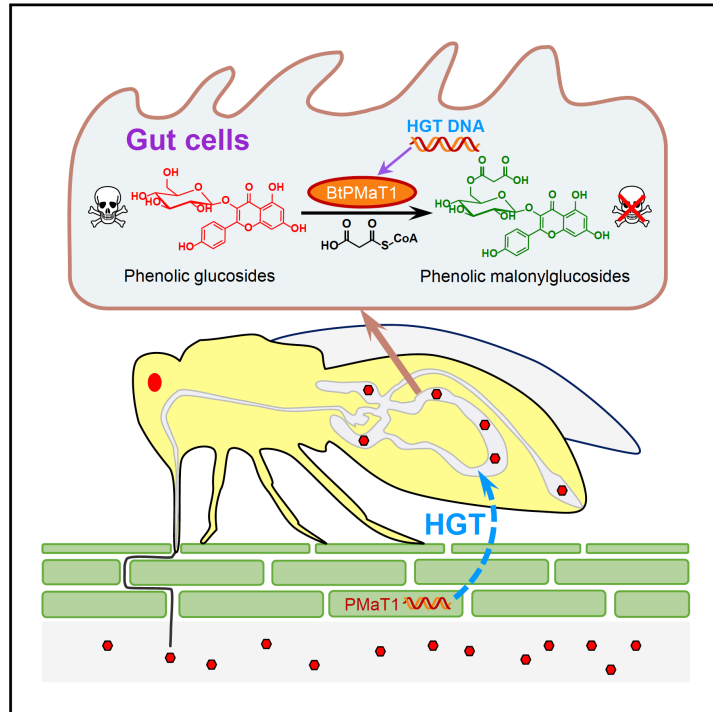


図2 昆虫翅の進化過程に関する仮説
左：鰓様構造による水表面滑走、右：側背板によるグライダー

動物における水平遺伝子伝搬の例

Whitefly hijacks a plant detoxification gene that neutralizes plant toxins Xia *et al.* (2021) *Cell* 184, 1–13.より

Graphical abstract



Authors

Jixing Xia, Zhaojiang Guo, Zezhong Yang, ..., Wannes Dermauw, Ted C.J. Turlings, Youjun Zhang

Correspondence

ted.turlings@unine.ch (T.C.J.T.), zhangyoujun@caas.cn (Y.Z.)

In brief

The cosmopolitan agricultural pest *Bemisia tabaci* has acquired a plant-derived gene through a plant-to-insect horizontal gene transfer event. This acquired gene allows whiteflies to detoxify plant defense compounds and continue to feed on their plant hosts.



<https://ecologia.100nen-kankyo.jp/column/single070.html>
より

- ・多くの植物はフェノール配糖体(phenolic glucosides)を含んでいるが、これは植物を食べる昆虫に有害
- ・コナジラミ (whitefly)は、植物からの水平遺伝子伝搬で獲得したフェノール配糖体マロニルトランスフェラーゼ (phenolic glucoside malonyltransferase) 遺伝子BtPMaT1を持っている
- ・BtPMaT1の遺伝子産物は植物の持つフェノール配糖体を中和

体節構造を持つ動物についての注意

旧口動物の中で体節の繰り返し構造を持つのは

節足動物 と
環形動物

新口動物の中で体節の繰り返しを持つのは

脊索動物

※ 全ての動物が体節を持つわけではないことに注意