

クモから見た生物の進化

2015年10月6日6-7校時
神奈川県立西湘高等学校1年生向け科学講演会

日本蜘蛛学会・東京蜘蛛談話会 池田博明

なぜクモの研究をしているの？

よく聞かれる質問です。その答えは「…偶然です…」

高校時代＜学生叛乱＞の季節の進学目標



梅棹忠夫 ⇒ 人類学 ⇒ 探検部 ⇒
動物生態学 ⇒ 理学部生物学科

卒業研究で課題「コモリグモの虫捕獲行動」

- ▶ 大学4年生の四月から開始するはずが…
- ▶ 四月にB型「急性肝炎」を発症(当時は何型か不明でした。B型は輸血などを介して感染するタイプの肝炎)。急死する怖れのある「劇症肝炎」寸前。
- ▶ 大学病院に二か月入院
- ▶ 実家で休養(大学は休学)
- ▶ 翌年、復学したものの慢性肝炎状態
- ▶ 体力はガタ落ちで、フィールドに出ると目まいが…。卒業研究はなんとか提出
- ▶ 大学院進学を断念、探検家をあきらめました。
- ▶ 神奈川県教員試験に合格
- ▶ 5年後、卒業研究をやり直すことにしました。



「末期の眼」を持った

末期の眼＝死んでゆく人のものの見えかた
なんでもない日常がいちばん大事
高校生に伝えたいこと＝「吸収力は二十歳まで」

二十歳までは自分のために勉強
二十歳からは他人のために勉強

話を進める前に・・・自然観察ビンゴ

1		4
	2	3

①	⑤	④
6	2	3
8	7	9



問1：神奈川県で記録されたクモは？

▶ ア 1590種

▶ イ 570種

▶ ウ 130種

▶ ちょっと考えてみましょう。



正解は（イ）570種

- ▶（ア）1590種は日本産クモの種数
- ▶（イ）が神奈川県産クモの種数
- ▶（ウ）130種があなたの周囲で観察可能なクモの種数＜校内でも100種以上のクモが記録できます＞



クモは身近にたくさん、生きている



2015年4月1日 中井町





2015年3月
28日
中井町
天神社

15種



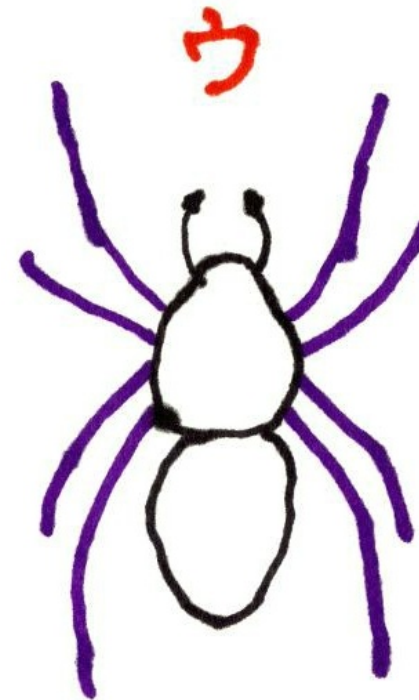
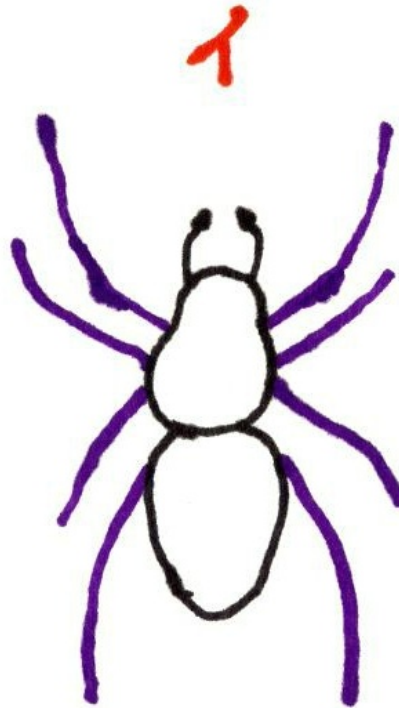
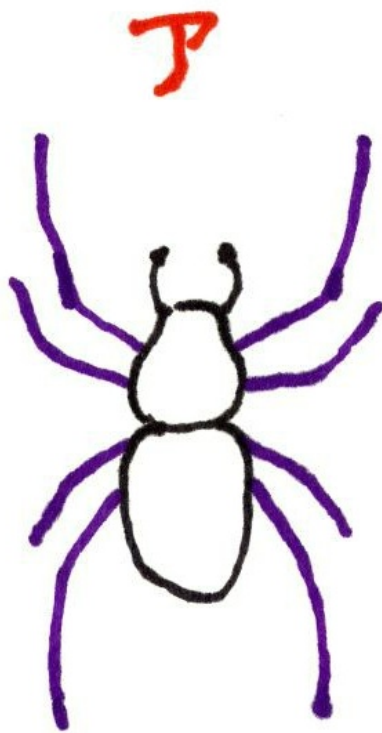
2015年
5月13日
中井町
天神社

8種



問 2 : クモの歩脚は8本, ではその歩脚は

- ▶ ア: 4本は前体部 (頭胸部) から4本は後体部 (腹部) から
- ▶ イ: 6本は前体部から、2本は後体部から出ている
- ▶ ウ: 8本とも前体部から出ている



正解：（ウ） 8本とも前体部から出ている



問3．九州・沖縄のキムラグモが「生きた化石」といわれる理由は？

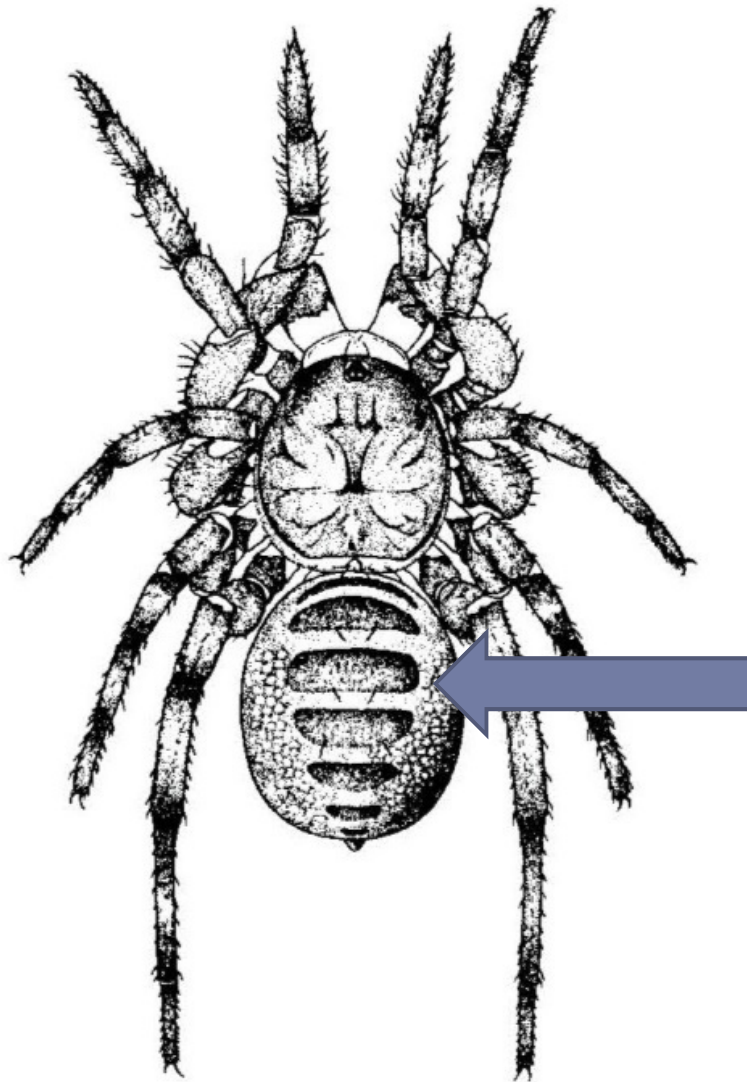
- ▶ 「生きた化石」とは古い時代の特徴（原始的な特徴）を現代まで遺している生き物のことである。
- ▶ キムラグモがもつ特徴で原始的な特徴とは？
- ▶ (ア) 単眼が8個ある
- ▶ (イ) 腹部に体節の痕跡がある
- ▶ (ウ) 書物をつみあげたような書肺がある



正解は（イ）

- ▶ （ア）単眼8個、（ウ）書肺をもつという特徴はクモに共通。
- ▶ （イ）腹部に体節の痕跡があるのはキムラグモやハラフシグモの特徴で原始的な節足動物の特徴とみなされます。
- ▶ チョコエッグのフィギュア制作の松村しのぶ氏が造ったヤンバルキムラグモのフィギュア⇒





体節の痕跡

図は小野2002
『クモ学』より

図5-1 ハラフシグモ科の1種 *Liphistius bristowei*. タイ産. 雌, 体長15mm. [著者原図]

カンブリア紀の節足動物

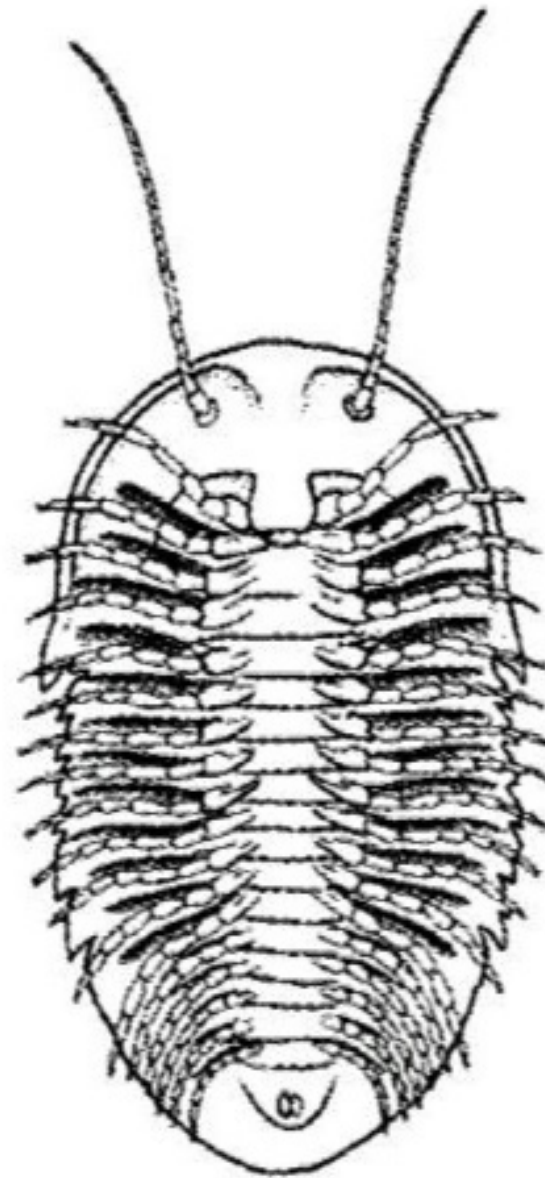
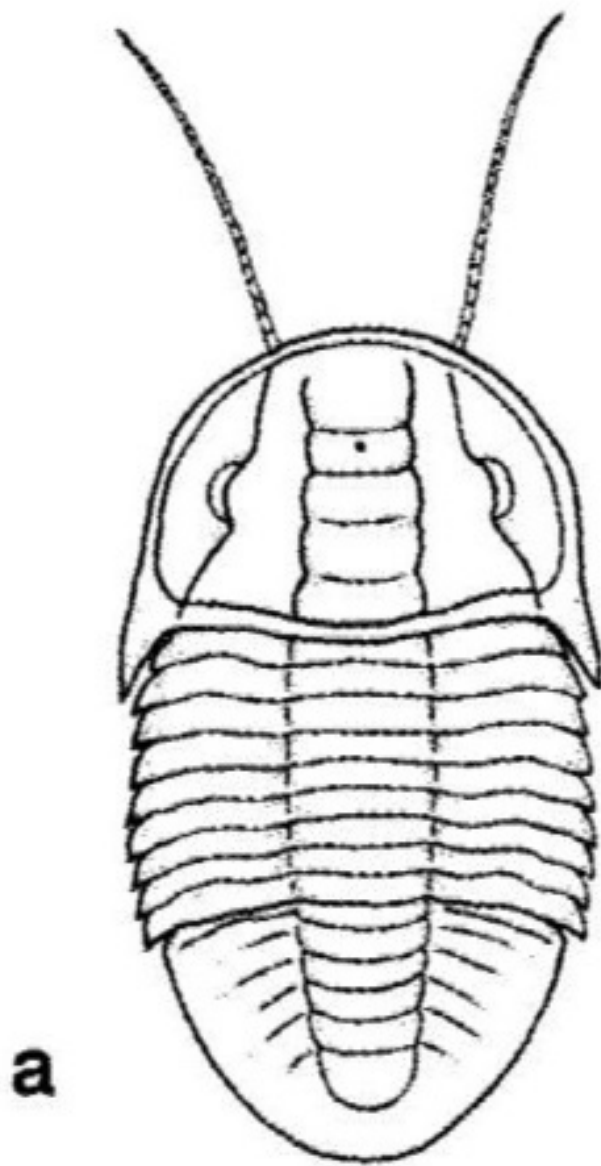
第2集 進化の不思議な大爆発



5億4千万年前
カンブリア紀

←アノマロカリス

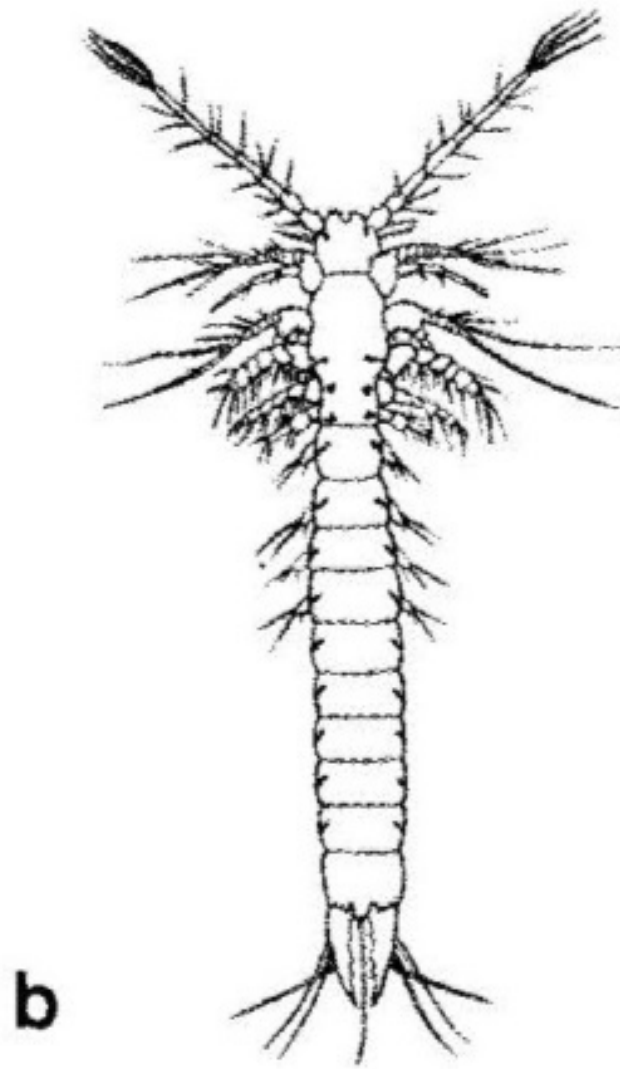
←オパビニア

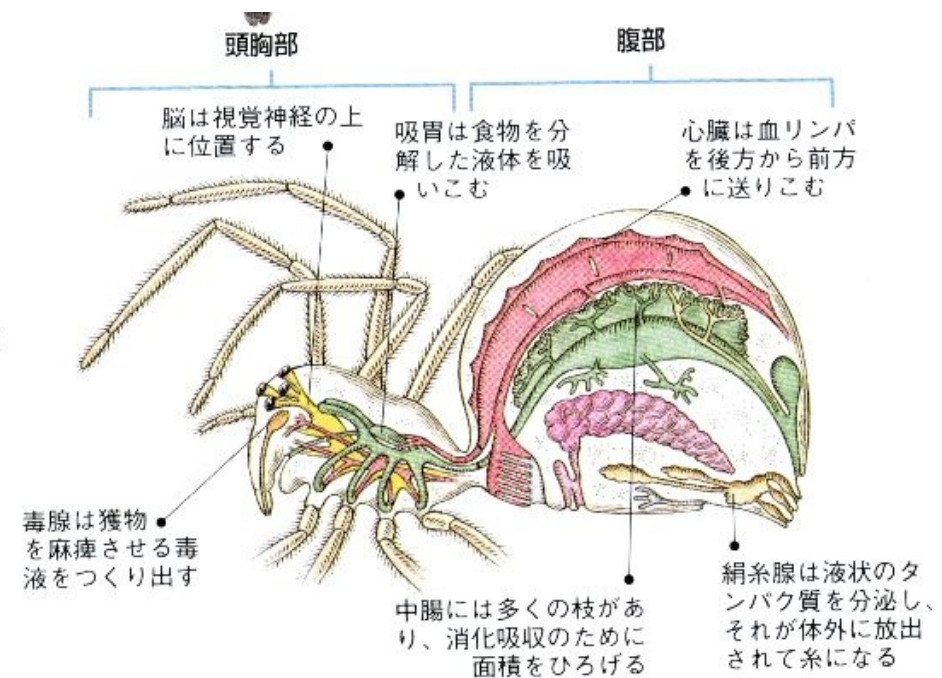
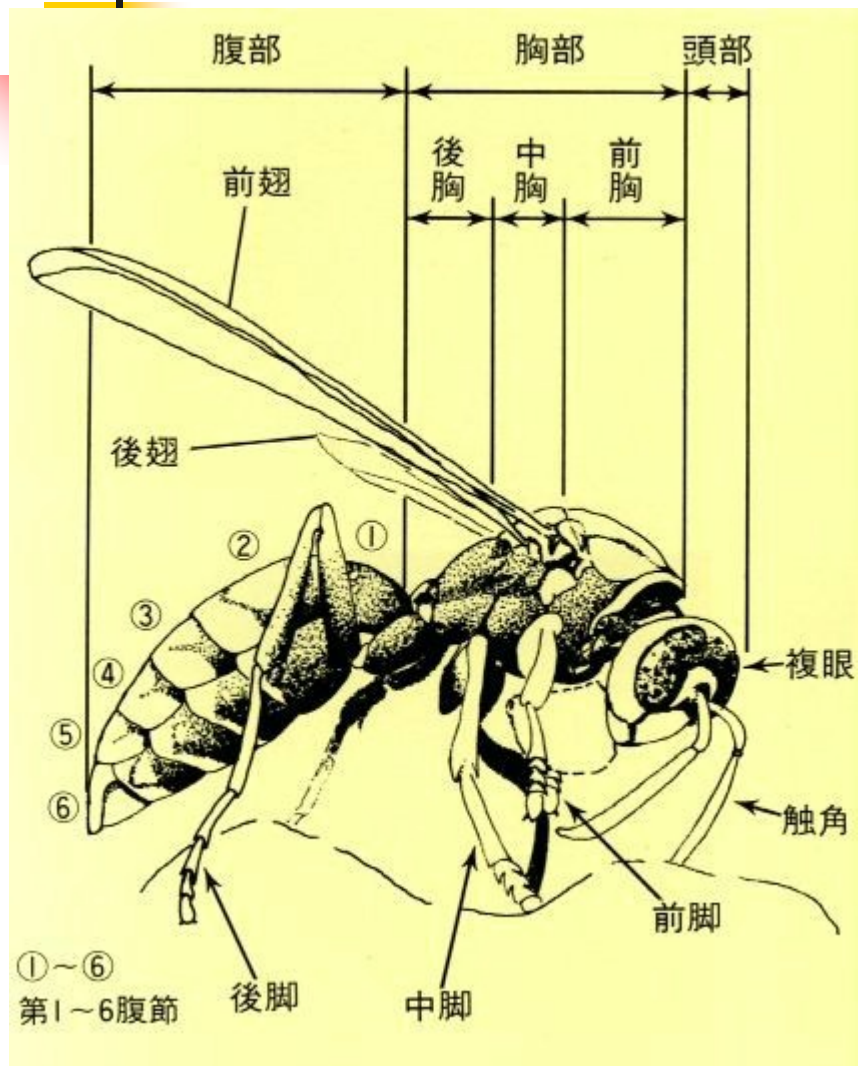


60年ほど前
までは最古
の化石だっ
た三葉虫
(節足動物
のひとつ)

古生代の
示準化石
(示準化石
とは時代を
表す化石)







進化学のKeyword① 相同

- ▶ 昆虫の歩脚は胸部から 出る
 - したがって、クモの歩脚も胸部から出る
 - ⇒ クモの前体部は頭胸部、後体部は腹部

この推理方法は正しい考えかただが・・・



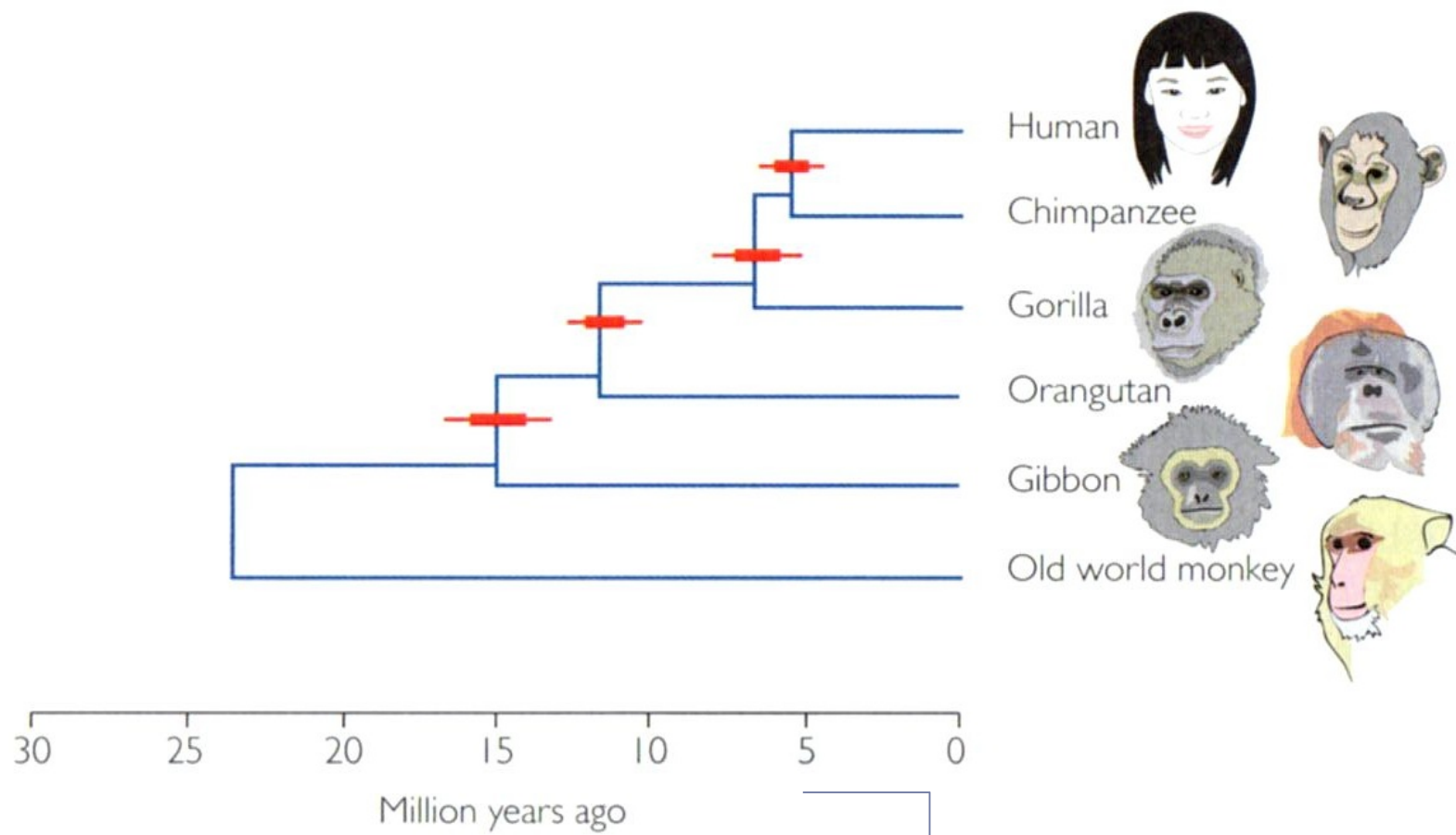
無意識に前提としてしていることがある

- ▶ 昆虫の胸はクモの胸に相当すること
- ▶ 昆虫の歩脚はクモの歩脚に相当すること
- ▶ これは事実だろうか？近年、遺伝子を比較することが可能になった。

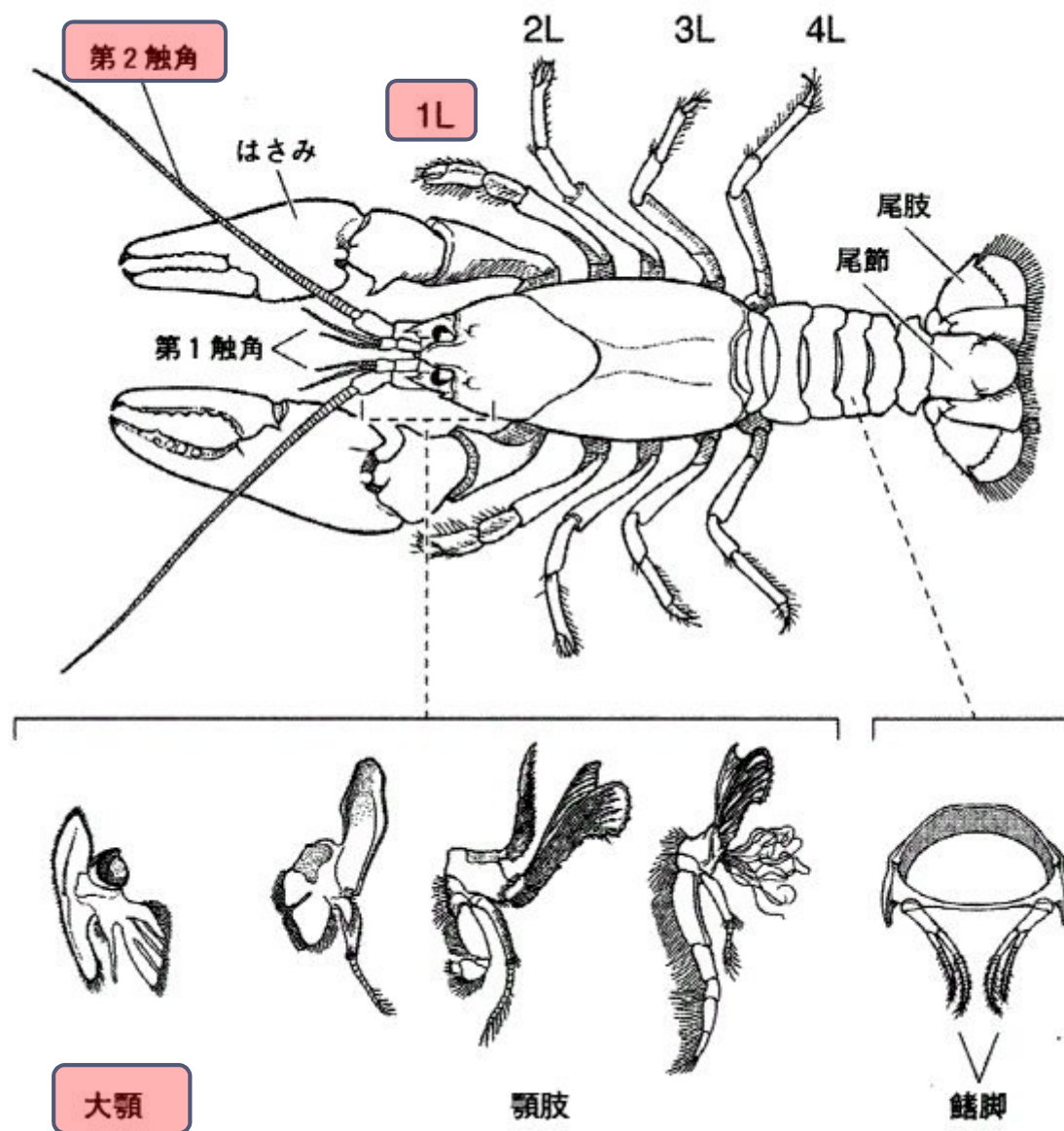


共通の遺伝子が多いほど近縁

ヒト (Human) と類人猿 (Ape) は共通の祖先から進化
ヒトにもっとも近いのはチンパンジー
ゲノムには1.23%の違い＝98%は共通



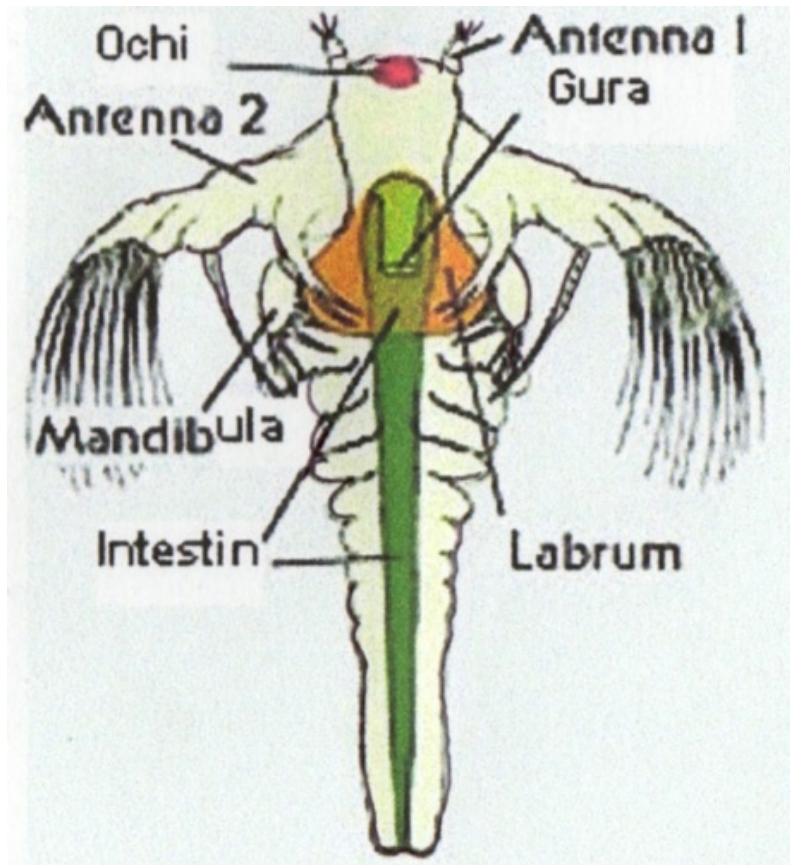
5百万年前



口器も
歩脚も
鰓脚も
みんな
脚の
仲間

(付属肢)

アルテミアやノープリウスの触覚も付属肢



- ▶ 甲殻類 (エビやカニ) のプランクトン幼生を顕微鏡で観察
- ▶ 幼生には脚はない
- ▶ 遊泳運動に使っているのはアンテナ (第1触覚、第2触覚) と大あご (mandible)

問4. クモの第1歩脚は甲殻類や昆虫の何？

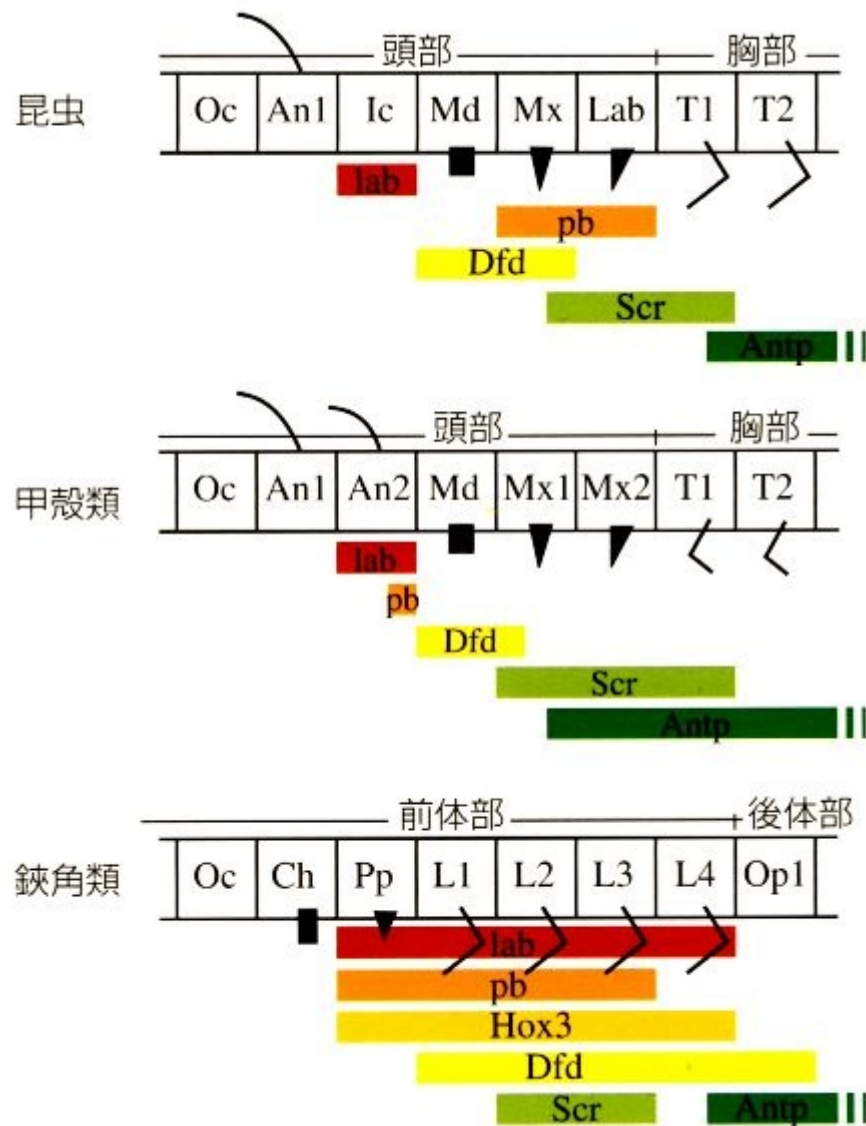
▶ 遺伝子 (ホメオティック遺伝子) 分析の結果
クモの第1歩脚に相同な昆虫の器官は何だったのでしょうか

▶ (ア) 第1歩脚

▶ (イ) 第2触覚

▶ (ウ) 大あご





クモの肢は昆虫の頭部
から生えていた
(クモの脚は昆虫の口)

図5.4 節足動物の頭部における *Hox* 遺伝子の発現パターン

Hox 遺伝子 *lab*, *pb*, *Hox3*, *Dfd*, *Scr*, *Antp* の発現ドメインが、昆虫（上段）、甲殻類（中段）、鋏角類（下段）の前方の体節の下に描かれている。鋏角類の *Hox* 遺伝子はより広範囲にわたって重複した発現ドメインを持っている。いくつかの遺伝子、*lab* や *Dfd* は、これらの節足動物の綱の間で保存された発現境界を持っている。*pb* や *Antp* など他の *Hox* 遺伝子については保存されていない。体節アイデンティティ：An（触角）、Ch（鋏角）、Ic（挿入部）、Md（大顎）、Mx（小顎）、L（脚）、Lab（下唇）、Oc（眼）、Op（腹opisthosomal）、Pp（脚鬚）、T（胸）。

クモの第Ⅰ～第Ⅲ歩脚は昆虫の口器

- ▶ クモの第Ⅰ歩脚は昆虫や甲殻類の大顎
 - ▶ クモの第Ⅱ歩脚は昆虫等の口の小顎
 - ▶ クモの第Ⅲ歩脚は昆虫等の口の下唇
 - ▶ クモの第Ⅳ歩脚は昆虫等の第Ⅰ歩脚
-
- ▶ クモの触肢は昆虫等の第2触覚
 - ▶ クモの顎は昆虫等の第1触覚



形態が類似していても相同でない例
がある＝相似あるいは疑似相同

クモの歩脚と昆虫の歩脚は相似による類似

進化＝種分化の例

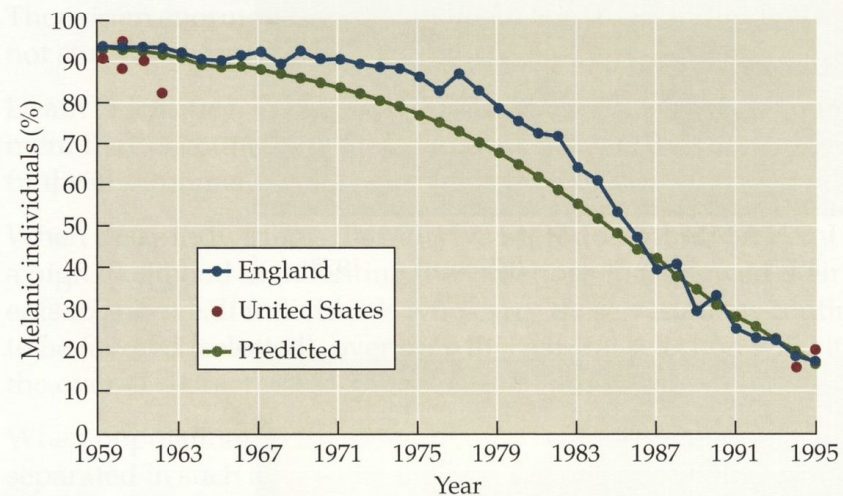
(A)



オオシモフリ
エダシャク

暗色型と明色型

(B)



答え（イ）が正解

- ▶ 暗色型がススで汚れた黒い樹肌に止まっていると、鳥に見つけられない。そのため、鳥の捕食をまぬがれていた。
- ▶ しだいに工場からの廃ガスの放出が改善 ⇒
- ▶ 樹肌の黒さが減った ⇒
- ▶ 暗色型の黒い色彩が樹上で目立つようになった ⇒
- ▶ 鳥に見つかりやすく捕食されやすくなった。

- ▶ 野外実験も行われた。



(ア) 廃ガスが暗色型数に直接影響する例

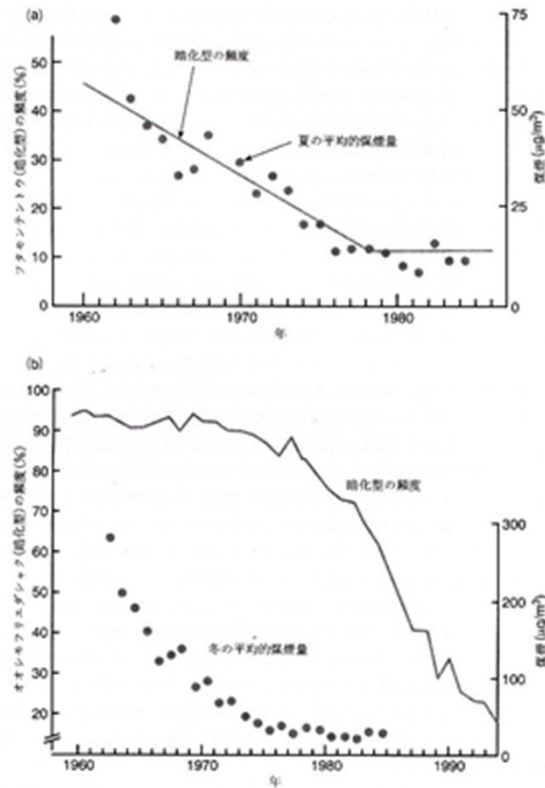


図 8.6 大気汚染と暗化型の濃度との相関 (a)バーミンガムにおけるフタモンテントウ(暗化型)の濃度は、保堆の量の減少と密に関連している。(b)ウェストカービー(リバプールの西方 10 km)におけるオオシモフリエダシヤク(暗化型)のケース、バーミンガム同様、1970 年代半ばに汚染は急激に減少したが、暗化型は汚染の減少からかなり遅れて減少している。

- ▶ フタモンテントウの暗色型は廃ガス量と変化量が一致していた
- ▶ (廃ガスが体色に影響する生理的要因を示唆している)
- ▶ オオシモフリエダシヤクの暗色型の変化は遅れる
- ▶ (生態的要因を示唆している)

進化学のKeyWord ② 適応

- ▶ 生存に適した形質 (特徴) を持つ個体は、生存率が高まり、不適な形質の個体は淘汰される
- ▶ **人為淘汰** (人為選択) = 人類にとって都合の良い特徴を持った生き物を選択して繁殖し育てること
- ▶ **自然淘汰** (自然選択) = 自然環境が集団中でより生存に適した個体を選択して残すこと



対立仮説をたくさん思いつく能力が
大切

「ムシできない虫の行動」
やってみようなんでも実験

1996年9月2日NHK教育テレビ

問6. クモが頭を下に向ける理由は？

- ▶ (ア) 頭のほうが重いから
 - ▶ <生理的理由>
- ▶ (イ) 獲物がかかる網の下半分に早く移動するため
 - ▶ <生態的理由 (餌に対する)>
- ▶ (ウ) 敵に襲われたとき、早く落下するため
 - ▶ <生態的理由 (天敵に対する)>



正解は（イ）

- ▶ （ア）は頭より腹部のほうが重い
- ▶ （イ）円網の下半分のほうが面積が大きいので、餌は下にかかる率が高い、餌がかかったときの方向転換にかかる時間のロスが少ない
- ▶ （ウ）下向きでも上向きでも、落下速度は等しい
- ▶ 常に上を向くギンメッキゴミグモなどでは網の上半分の捕獲面積が大きいし、上へ移動する速度も下方向と変わらなかった。網の上にかかった虫が転がり落ちてくることもあり、上向きにメリットがあった。



ムシの知恵は進化の結果：「適応」的行動

- ▶ カブトムシの負の重力向性
- ▶ ミジンコの正の光走性
- ▶ ヒメゲンゴロウの背光反射
- ▶ トノサマバッタやギンヤンマの求愛行動のかぎ刺激
- ▶ ダンゴムシの交替性転向反応
- ▶ ナガコガネグモの隠れ帯
- ▶ コガタコガネグモの落下反応
- ▶ オオハエトリの威嚇誇示行動や求愛誇示行動



クモの進化を考える

クモ進化学史

庭に生息:クモ① ジグモ<地中性>



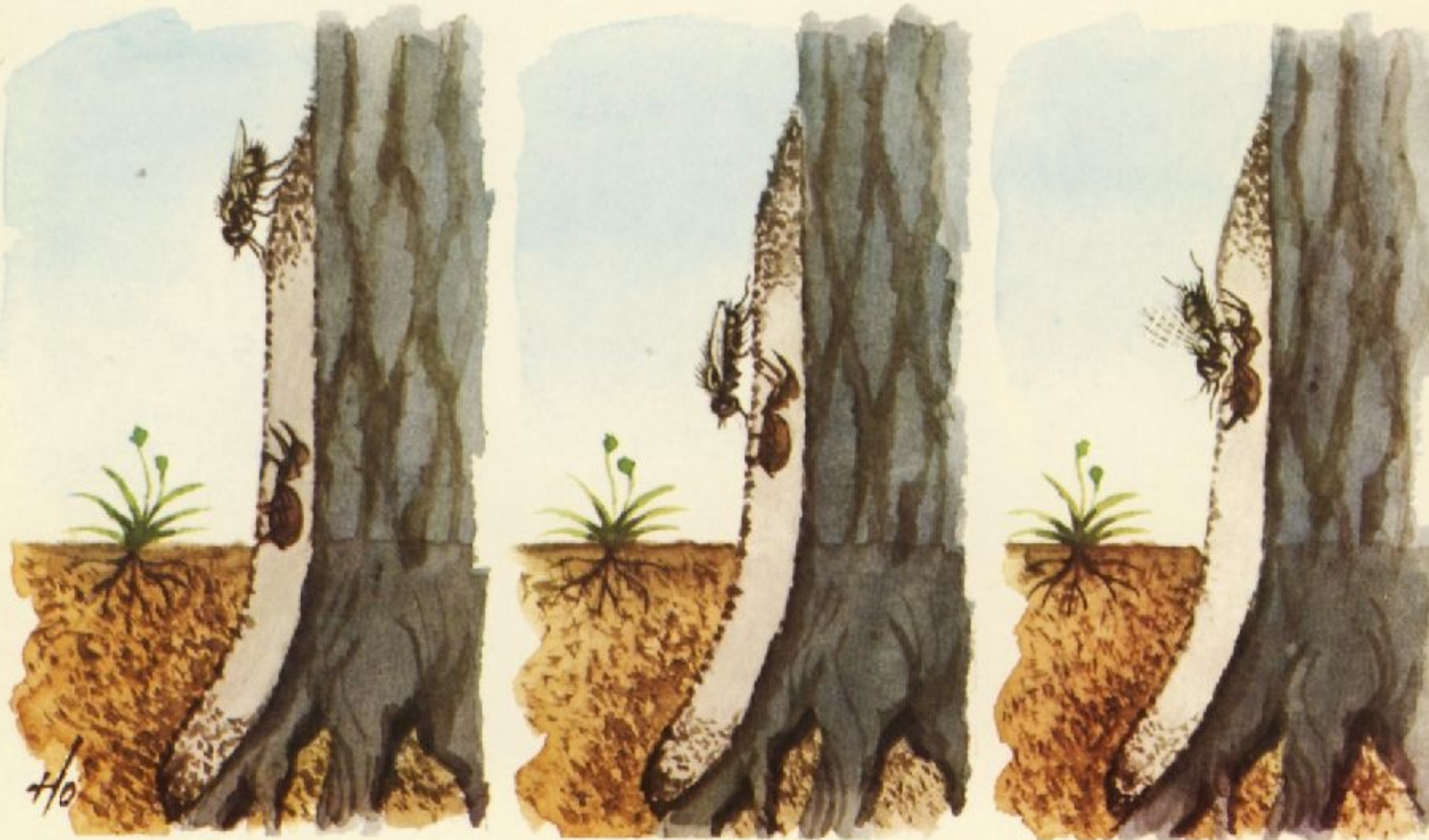
ジグモ♀:安藤昭久撮影

えものをとらえるジグモ

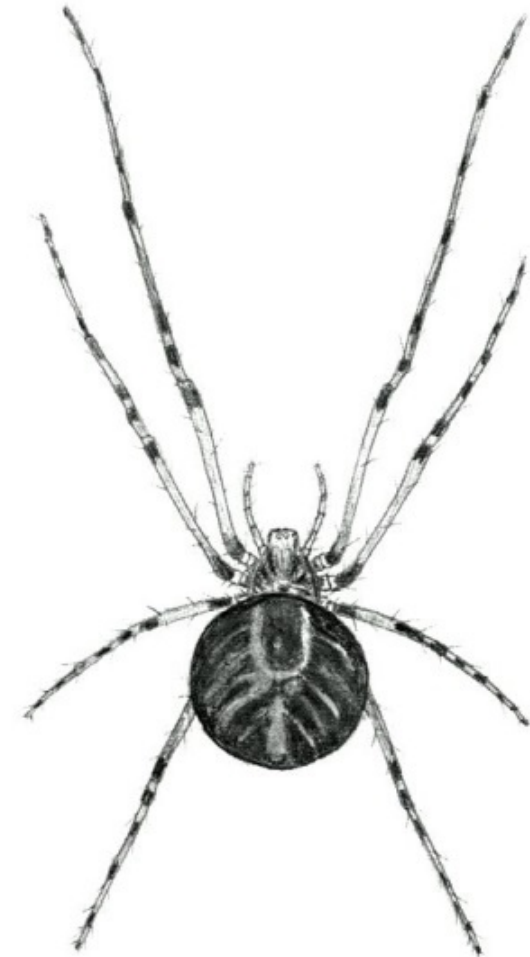
①えものが管状の住居の上を歩くと、クモは下から上がってくる。

②えものがとまっているところまでくると、クモはとまってえものの位置をたしかめる。

③住居のふくろごしにえものにかみつき、ふくろをやぶって住居の中へひきずりこむ。

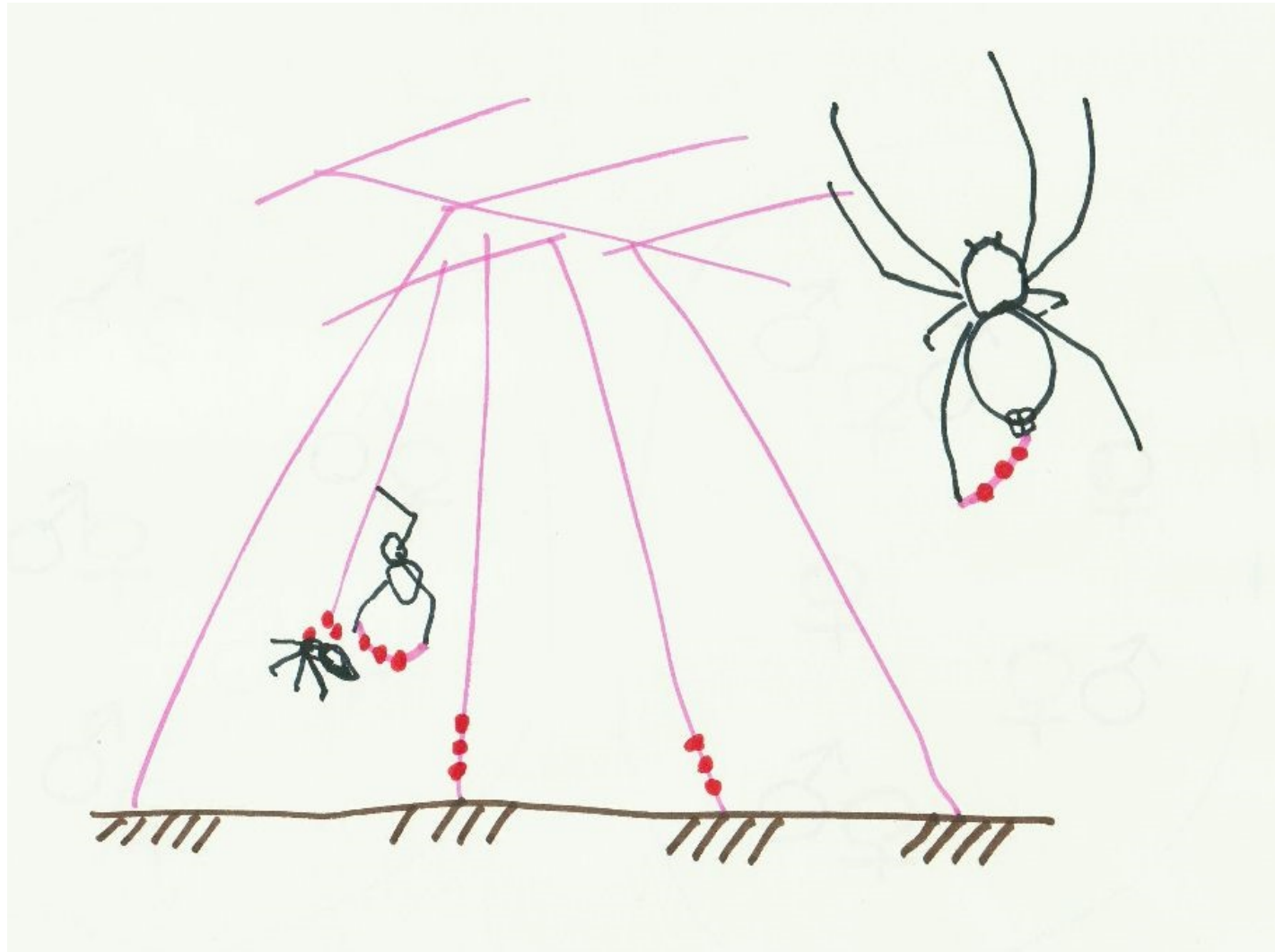


庭に生息:クモ② オオヒメグモ<不規則網>



第1図 オオヒメグモ

図は萱嶋による



庭に生息:クモ③ ジョロウグモ<円網>

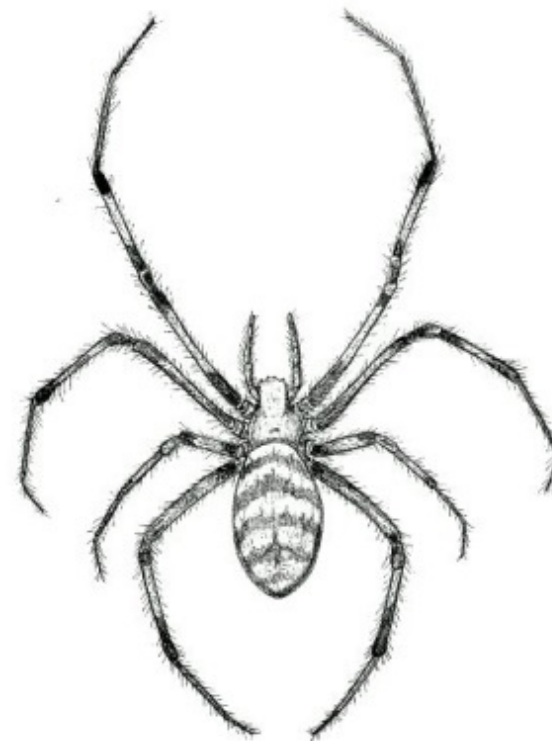


図1 ジョロウグモ (*Nephila clavata*)

図は萱嶋による



庭に生息:クモ④ ハエトリグモ<徘徊性>



▶ Jumping Spider

おまけ:家の中のゴキブリ・キラー



アシダカグモ

♀撮影:池田

♂撮影:石田

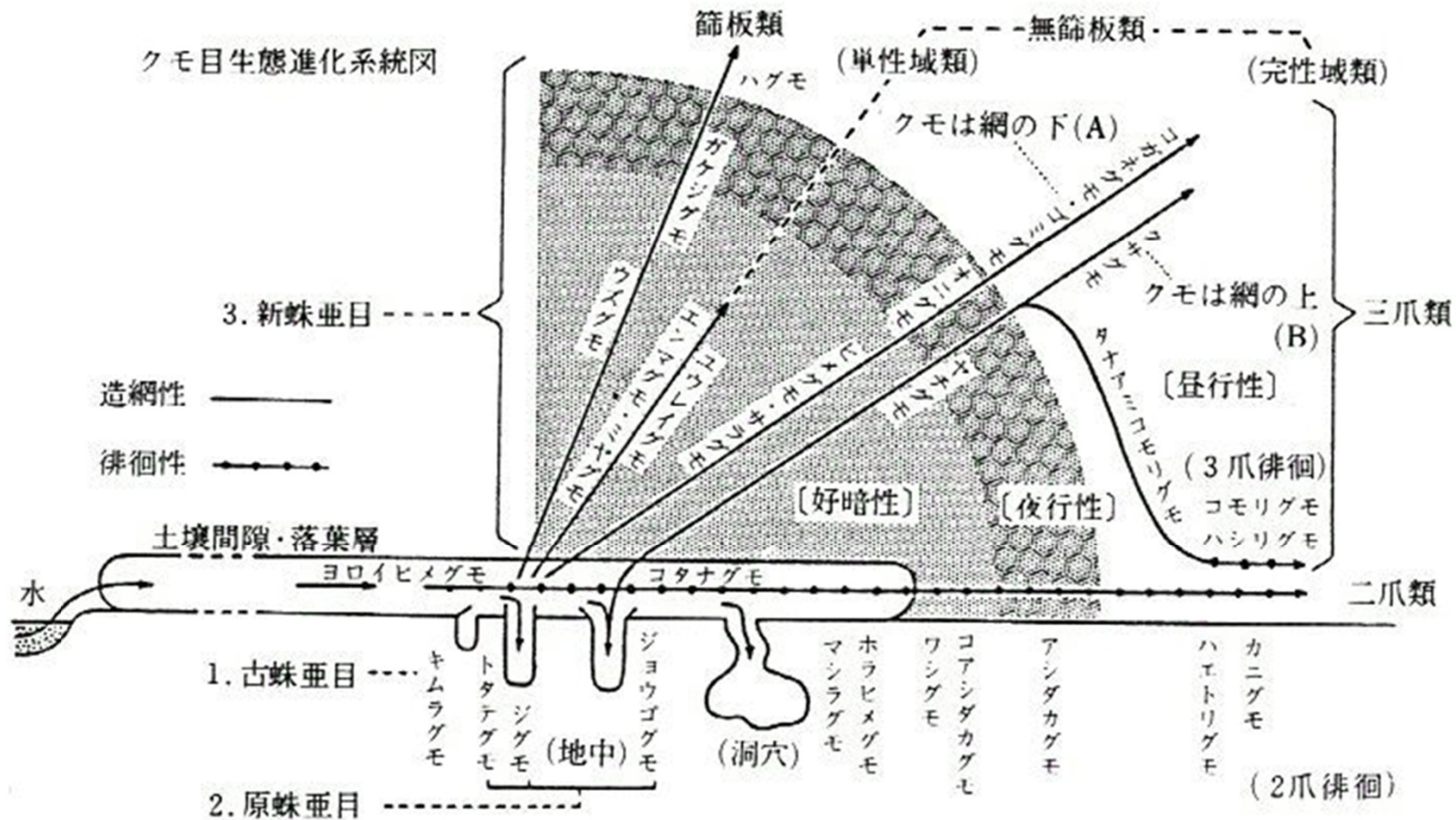


問7. 1970年代に考察されたクモの進化順は？

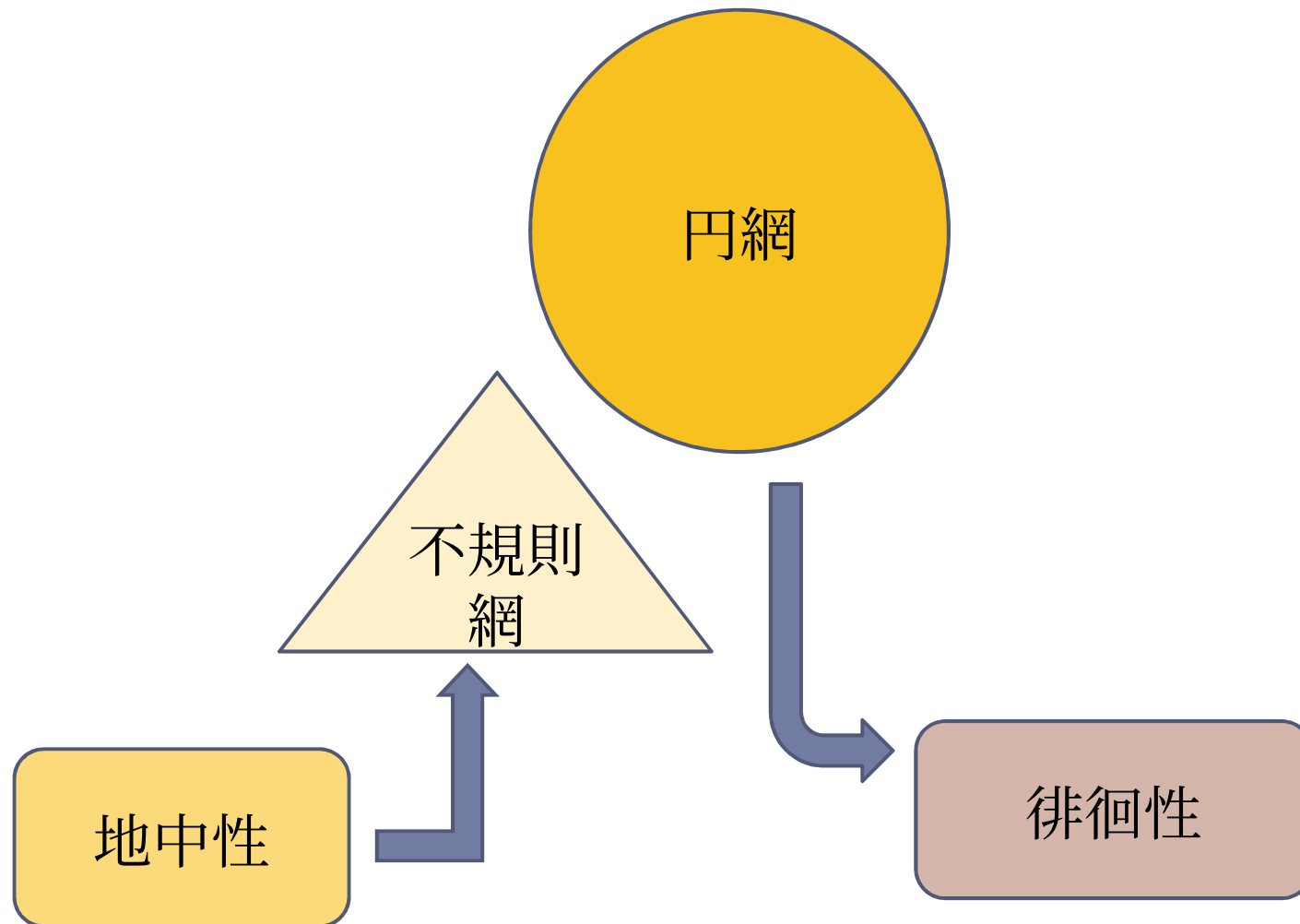
- ▶ ア) ジグモ⇒オオヒメグモ⇒ジョロウグモ⇒ハエトリグモ
- ▶ 地中性 不規則網 円網 徘徊性
- ▶ <徘徊性のクモは網を棄てたという仮説>
- ▶ イ) ジグモ⇒ハエトリグモ⇒オオヒメグモ⇒ジョロウグモ
- ▶ 地中性 徘徊性 不規則網 円網
- ▶ <徘徊性のクモから網をもつクモが出たという仮説>
- ▶ ウ) ジグモ⇒ジョロウグモ⇒オオヒメグモ⇒ハエトリグモ
- ▶ 地中性 円網 不規則網 徘徊性
- ▶ <網を次第に使わなくなるという仮説>



1970年代のクモの進化学：見取り図



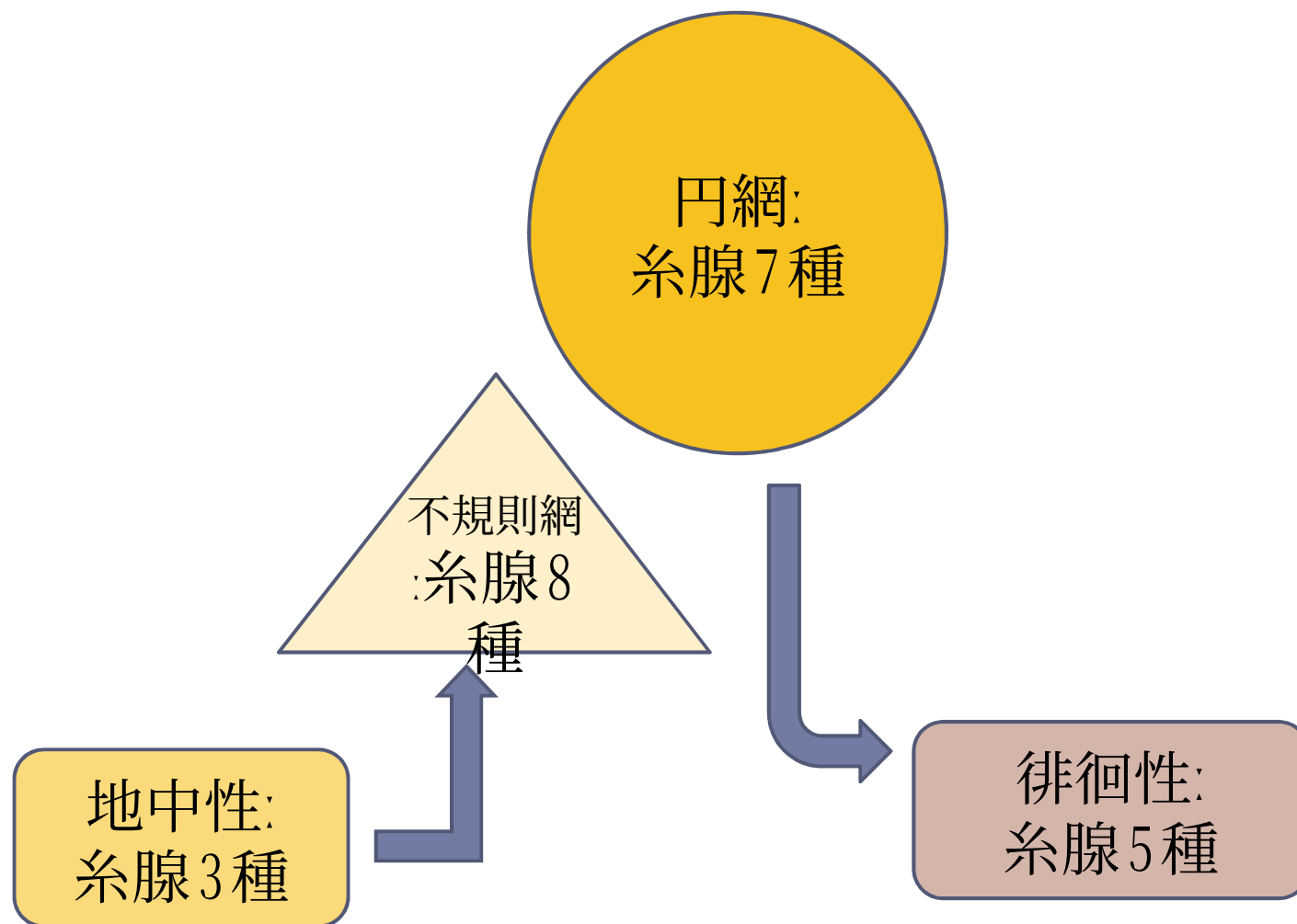
正解は (ア)



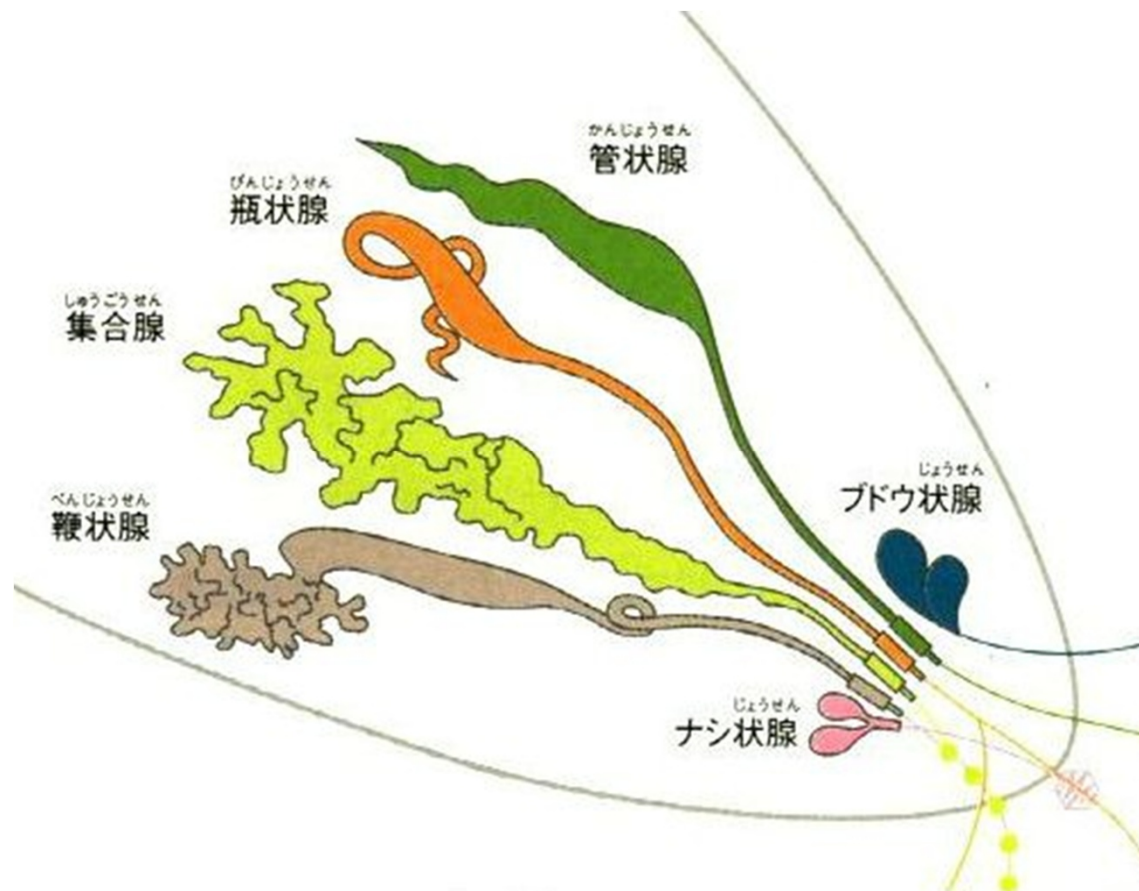
円網がもっとも完全なかたち という思いがあった

進化はより進歩したゴールを目指すものだという思い
＜進化＝進歩＞なのか？
定説に対するかすかな疑問が……

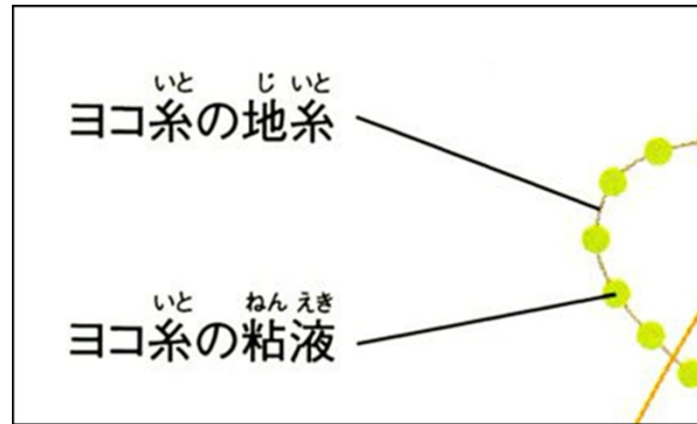
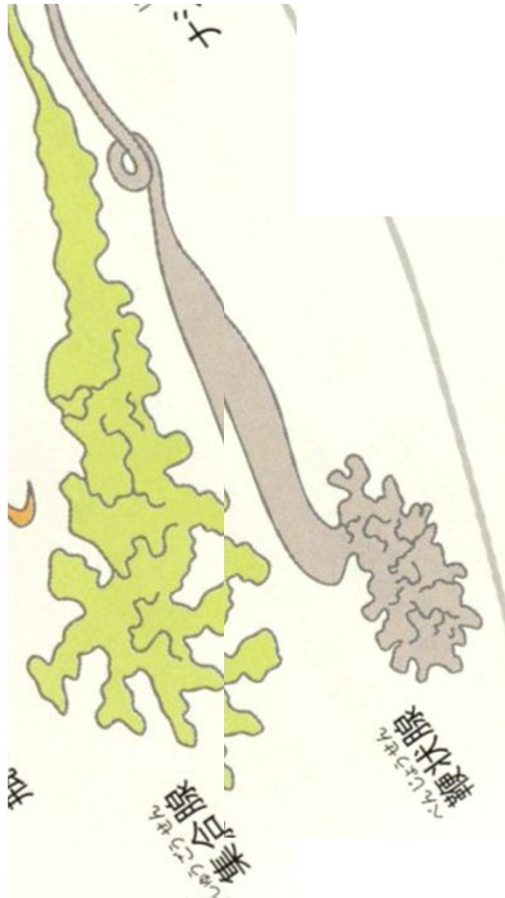
仮説＜進化につれ糸腺の種類が増える＞



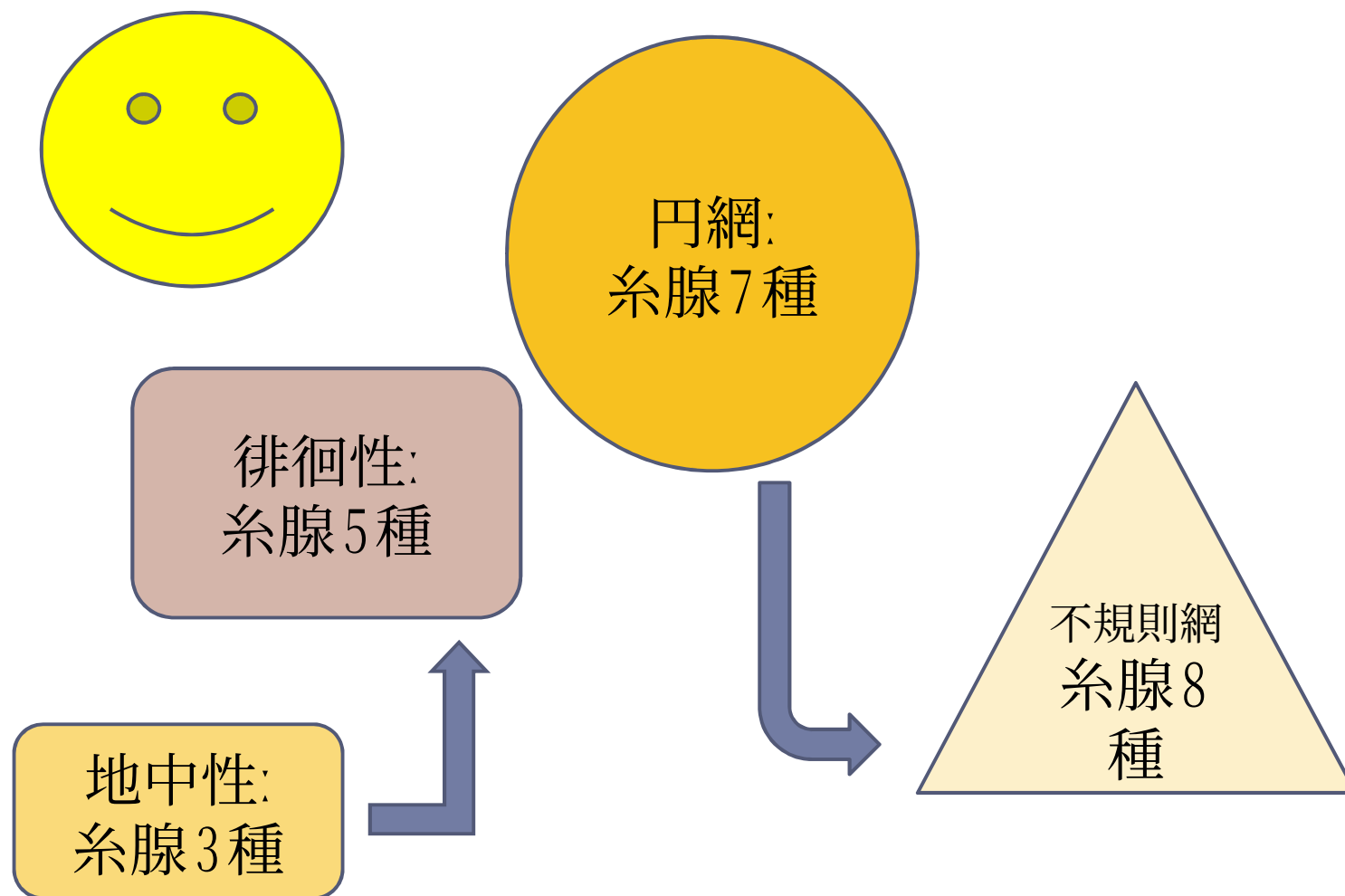
円網グモ類よりヒメグモ類の方が
糸腺が特殊化している



ヒメグモ類には集合腺のほかに葉状腺がある



仮説＜進化につれ糸腺の種類が増える＞



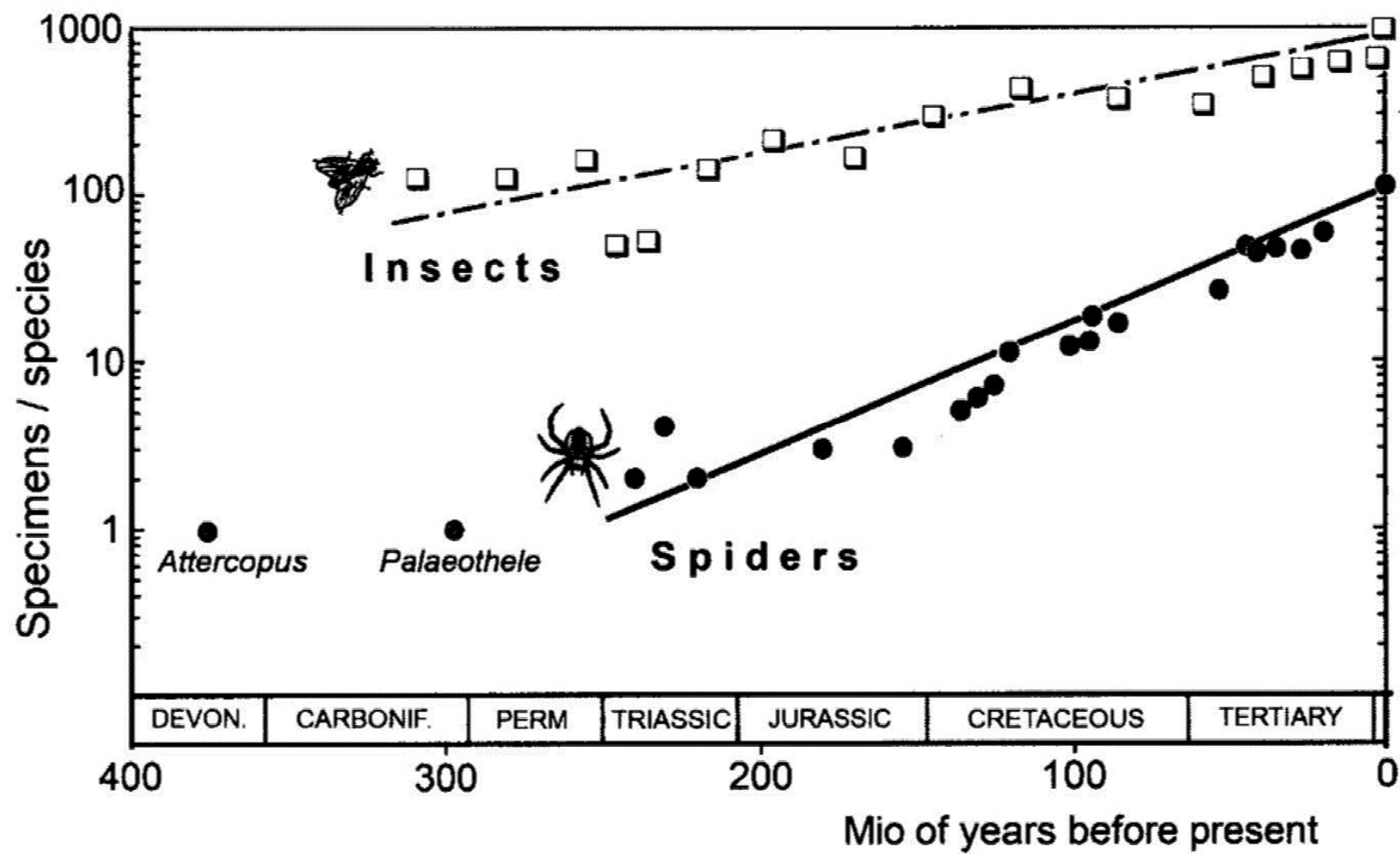
ヒメグモ類にはアリ専食の種類がいる



アリは昆虫類でもっとも
進化した仲間
アリは翅をなくしたハチ

アリが地球上で繁栄した
後でヒメグモ類が出現
したはず





古生代/石炭紀・・・翅をもつ昆虫はデボン紀と石炭紀の間に出現





古生代
石炭紀
(3.45億年前)

クモは地中性だった
最古の化石が出ている



古生代
ペルム紀
(2億8千万年前)

飛行昆虫を捕獲可能な
網をもったクモが出現
したと仮定される
(推測)

中生代/三疊紀（2億2千万年前）



中生代/ジュラ紀（1億9千5百万年前）



問 8. 中生代/白亜紀の末に恐竜の絶滅があった

- ▶ 地質時代には白亜紀末(6千5百万年前)のほかにも生き物の絶滅時期がありました。では、それはいつのことでしょうか？
- ▶ (ア) 古生代シルル紀末
- ▶ (イ) 古生代ペルム紀末
- ▶ (ウ) 新生代第三紀末



正解は（イ）

- ▶ 大絶滅とよばれる大規模な
- ▶ 絶滅はペルム紀末に起こっ
- ▶ ており、地球上の90%の生
- ▶ き物が絶滅したと推定され
- ▶ ている。もともと地質時代の
- ▶ 区分は生物の化石を規準
- ▶ にしている。
- ▶ 古生代と中生代の大きな
- ▶ 区分ができるほど、この断絶
- ▶ は大きかった。酸素濃度が一気に減少した。

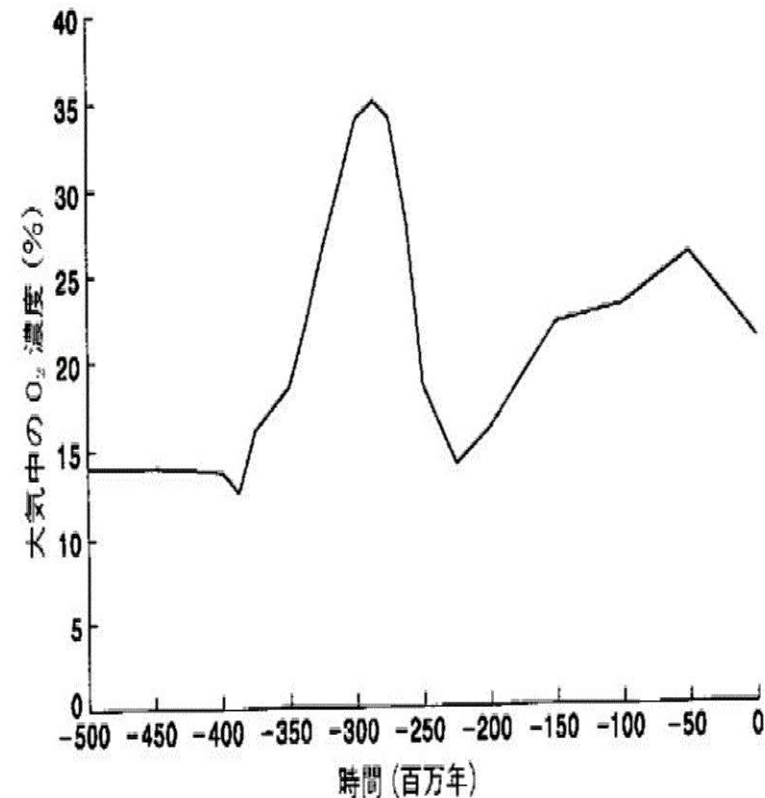


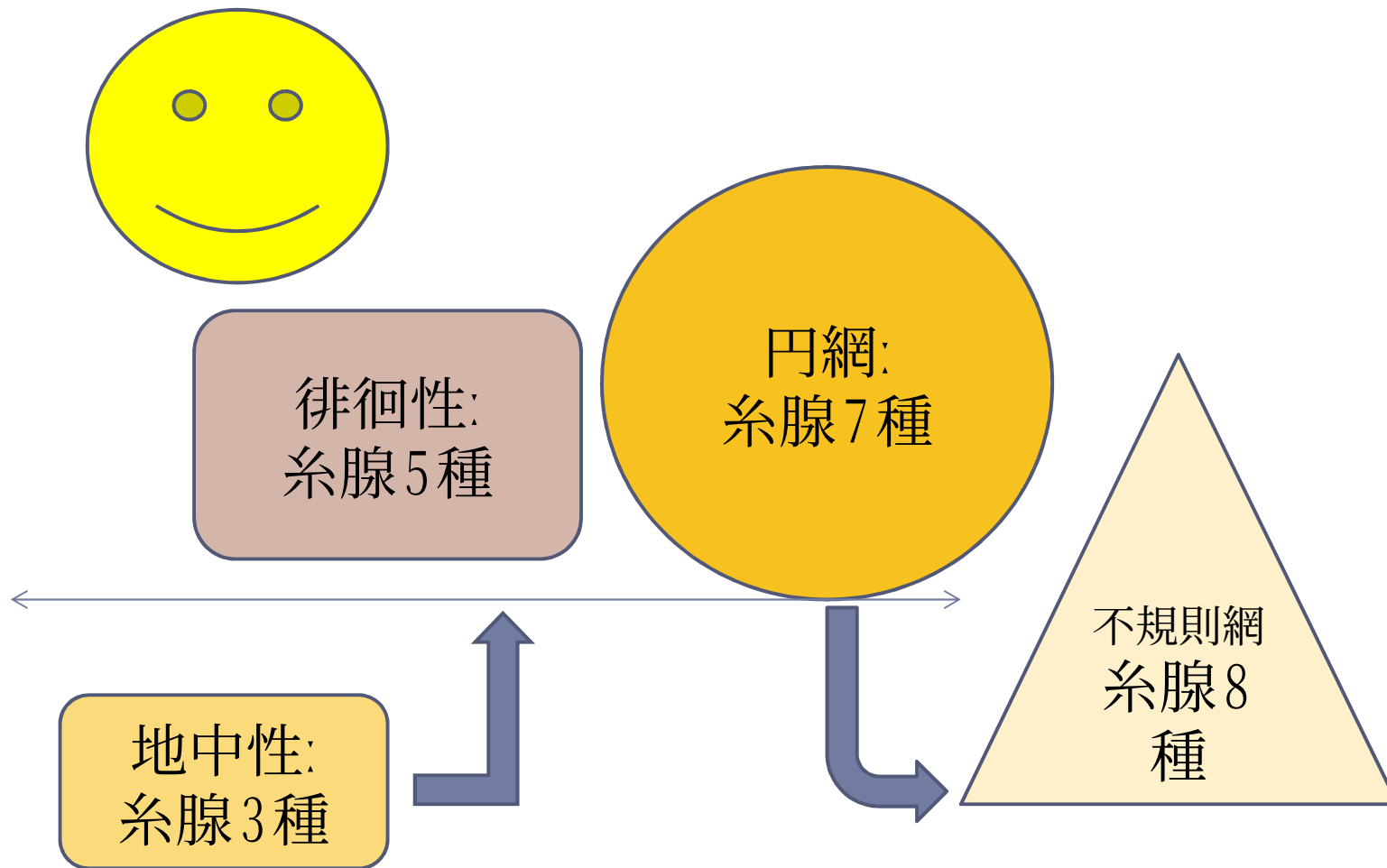
図3.7 単純化された大気酸素濃度の変化傾向 (Graham ほか 1995 より)

クモの呼吸機能も大きく変化した

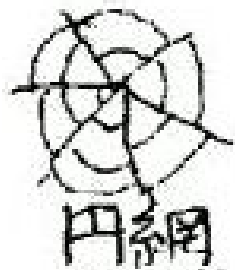
- ▶ ペルム紀は酸素濃度が高まった
- ▶ →昆虫の種も数も繁栄
- ▶ ペルム紀末異変→酸素濃度は激減
- ▶ →生物は大絶滅
- ▶ 昆虫の大繁栄→クモは多様な環境に適応放散→環境の激変→徘徊性の祖先グモは網を棄てた
- ▶ 小形化し、活動も不活発になった
- ▶ ヘモシアニンを単純化した
- ▶ 気管を高度化した

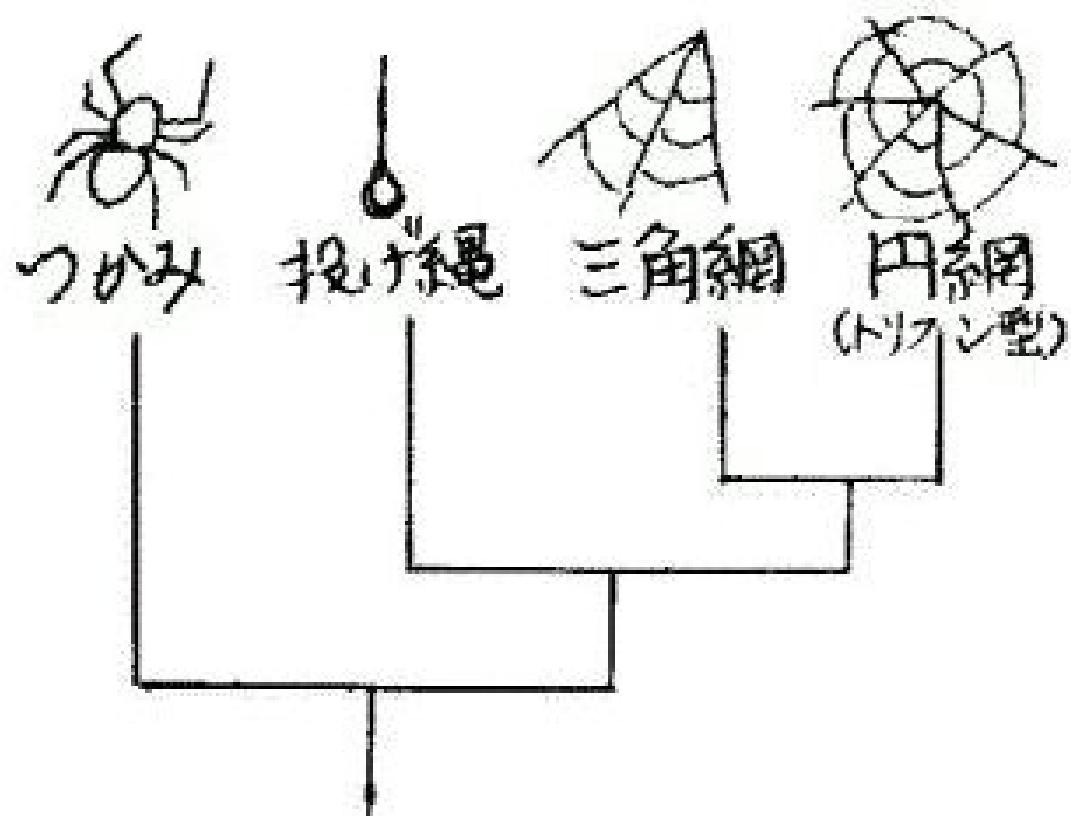


仮説＜環境の激変がクモの多様性を進化させた＞

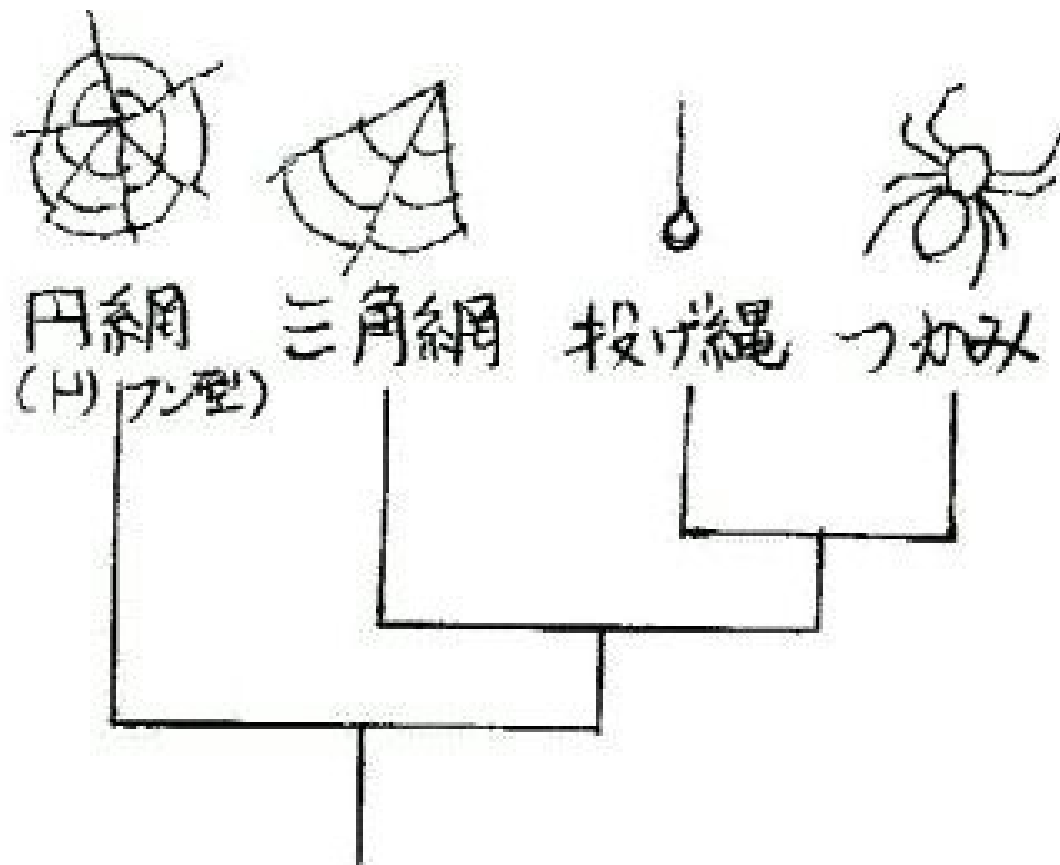


遺伝子による進化・系統の分析の例





複雑化の仮説



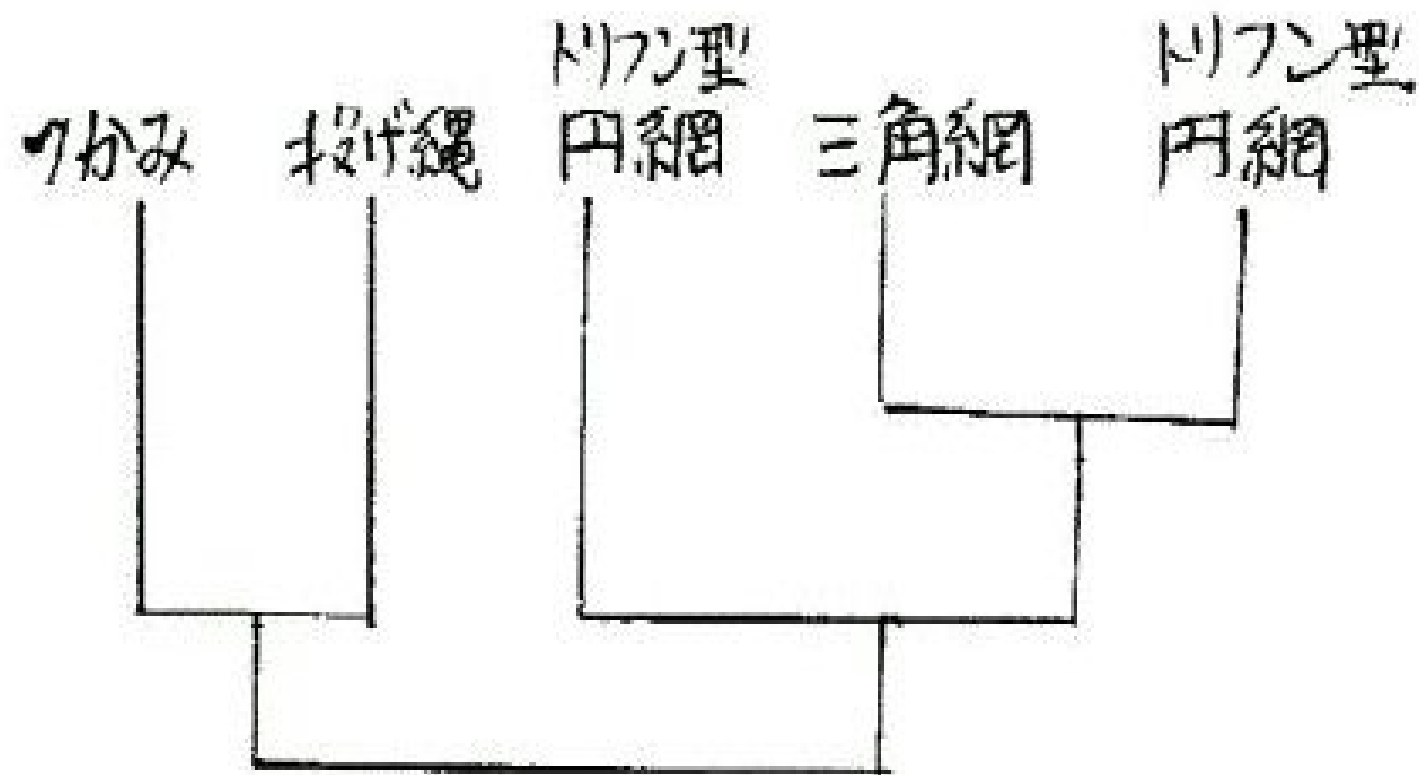
単純化の仮説



問9．遺伝子分析の結果、正しいのは？

- ▶ (ア) 複雑化の仮説
- ▶ (イ) 単純化の仮説
- ▶ (ウ) どちらでもない





(Tanikawa et al. 2014より簡単化して示す)



野外で進化のパノラマが見られる

どの生き物も進化している

過去も現在も未来も

【講話はここまで:以下は時間がなく省略した】