

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06786

研究課題名(和文)カエル亜目の指第一関節に存在する挿入骨格要素の比較発生学～カエルの樹上性の起源～

研究課題名(英文)Comparative development of intercalary elements in the first finger joint of neobatrachians: the origin of arboreal frogs

研究代表者

田澤 一郎(Tazawa, Ichiro)

広島大学・両生類研究センター・助教

研究者番号：10304388

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、カエル亜目内で遠縁なニホンアマガエルとシュレーゲルアオガエルの後肢の intercalary element (IE) の発生過程を比較した。ニホンアマガエル IE は変態後しばらくはアルシアンブルーにもアリザリンレッドにも染色されず、成体でも後者の色素に少し染色される程度であった。一方、シュレーゲルアオガエルの IE は、変態前後に前者の色素で、成体では後者の色素で染色された。組織学的な観察から、両種の IE は同等の発生段階において同等の部位から発生することがわかった。また、両種の IE は軟骨組織で構成されていることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はカエル亜目の遠縁の2種の intercalary element の発生過程を初めて比較したものである。本研究の結果は、両種の指における IE は特定の色素に対する染色性が異なるが、共通祖先の同じ組織に由来し、その形成の基本メカニズムは類似していることを示唆している。したがって、カエル亜目の IE が収斂的に進化したのではないという仮説を支持している。これは現生カエル種の9割以上を占めるカエル亜目の共通祖先が樹上性だった可能性を示すものであり、そうであれば自然史学におけるインパクトは大きい。

研究成果の概要(英文)：We compared the development of intercalary elements (IEs) in the hindlimbs of two distantly related frog species within the suborder Neobatrachia, the Japanese tree frog and the Schlegel's green tree frog. The Japanese tree frog IE was neither stained with Alcian blue nor Alizarin red for some time after metamorphosis, and was only slightly stained with the Alizarin red even in adults. In contrast, the Schlegel's green frog IE stained with Alcian blue before and after metamorphosis and with Alizarin red in adults. Histological observations showed that IEs of both species originated from equivalent sites at equivalent developmental stages. In addition, IEs of both species were found to be composed of cartilaginous tissue.

研究分野：進化発生学

キーワード：intercalary element 樹上性 カエル亜目 進化 起源 共通祖先

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

IEは樹上性で吸盤のあるカエル亜目の種に認められる骨格要素である。この追加的な骨格要素があることで、末端の指骨に対して末端から2番目の指骨がより自由に動くことができる。その結果、指先の吸盤が吸着面から剥離しにくくなると考えられている。IEを持つ種はカエル亜目の多数の系統に広く散在している。そのため、IEはカエル亜目の共通祖先で獲得された可能性と、複数の系統で独立に獲得された可能性とがある。8000種ほどの現生両生類のうち、7000種ほどがカエル目であるが、そのうち実に6800種ほどをカエル亜目が占める。このようにカエル亜目は両生類の中では群を抜いて種数が多い上に、生息範囲も広く形質は多様である。なぜカエル亜目に限ってこれだけの適応放散を果たすことができたのかはわかっていないが、もし、IEの進化的起源が単一であれば、そのことはカエル亜目の現在の繁栄が樹上性の新規獲得と関係が深いことを示唆する。カエル亜目は歴史の初期に樹上化を果たし生息域を広げ、後にその一部が各地で再び樹木から降りIEを退化させたのかもしれない。これまでの研究により系統ごとの多様なIEの存在が知られていたが、これらの詳しい比較発生学的解析は行われていなかった。

2. 研究の目的

系統の離れた種間でIEの発生過程を比較し、両者の共通点および相違点を浮かび上がらせ記述し、これらの結果からカエル亜目のIEが共通祖先から受け継がれたか否かを考察する。

3. 研究の方法

カエル亜目内の遠縁の2種、ニホンアマガエルおよびシュレーゲルアオガエルにおいて後肢のintercalary element (IE)の発生過程を比較した。前変態期から成体までの各サンプルを用いた。骨学的観察のために透明化した標本をアルシアンブルーとアリザリンレッドによる2重染色を行った。また組織学的観察のために組織切片を作成し、ヘマトキシリン・エオジン染色を行った。成体に対する組織学的観察は、カエル亜目の外群のカエルであるアフリカツメガエルおよび有尾両生類であるイベリアトゲイモリに対しても行った。

4. 研究成果

(1)骨学的観察。ニホンアマガエルのIEは変態後のしばらくの間までアルシアンブルーにもアリザリンレッドにも染色されず成体において僅かに後者に染色性を示した (Figs. 1a-f, b'-f')。一方、シュレーゲルアオガエルのIEは変態前後ではアルシアンブルー、成体ではアリザリンレッドに染色性を示した (Figs. 1f-k, g'-k')。

(2)組織学的観察。周辺の指骨および腱の発達程度を指標にするとニホンアマガエルの stage 40 (Fig. 2c) とシュレーゲルアオガエルの stage 38 (Fig. 2f) とが互いに相当する。両種のIEはこの時の互いに相当する部位（指第1関節に相当する空間）から生じることが明らかとなった。また両種の成体のIEはいずれも軟骨状の組織からなることも明らかとなった (Figs. 3c, c', d, d')。一方、IEはカエル亜目の外群に属するカエルであるアフリカツメガエル (Fig. 3a) や有尾両生類であるイベリアトゲイモリ (Fig. 3b) には認められなかった。これらの結果は、両種の指におけるIE染色性こそ異なるが、その形成の基本メカニズムが類似していることを示唆しており、したがって、カエル亜目のIEが収斂的に進化したのではないという仮説を支持している。

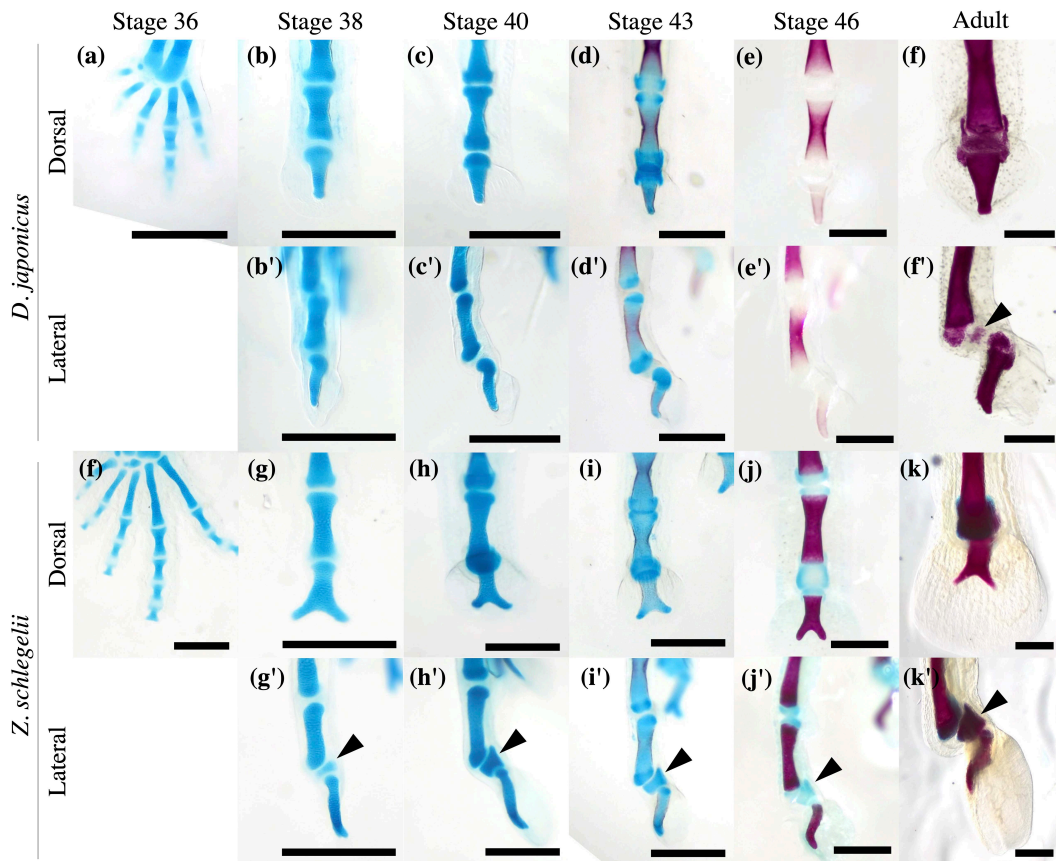


Figure 1. 後肢第4指の発生過程の骨学的比較. (a-f) ニホンアマガエルの指の背面. (b'-f') 同側面. (f-k) シュレーゲルアオガエルの指の背面. (b'-f') 同側面. 上部には各パネルに対応する発生段階 (Gosner, 1960) を示す. 矢尻はこの観察において視認可能な intercalary element を示す. 各バーは 0.5 mm を表す.

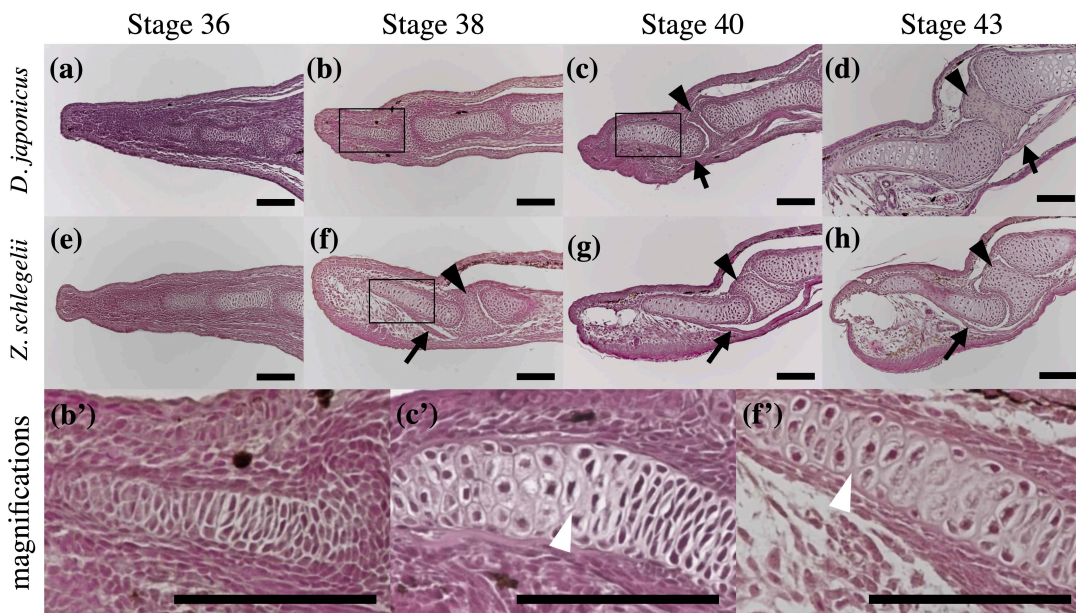


Figure 2. 後肢第4指の発生過程の組織学的比較. (a-d) ニホンアマガエルの指の側面. (e-h) シュレーゲルアオガエルの指の背面. (b', c', f') それぞれ b, c, f の四角で囲んだ部分の拡大図. 上部には各パネルに対応する発生段階 (Gosner, 1960) を示す. 黒い矢尻は intercalary element を示す. 黒い矢印は第一関節腹側の腱を示す. 白い矢尻は軟骨組織の発達した細胞外マトリクスを示す. 各バーは 0.1 mm を表す.

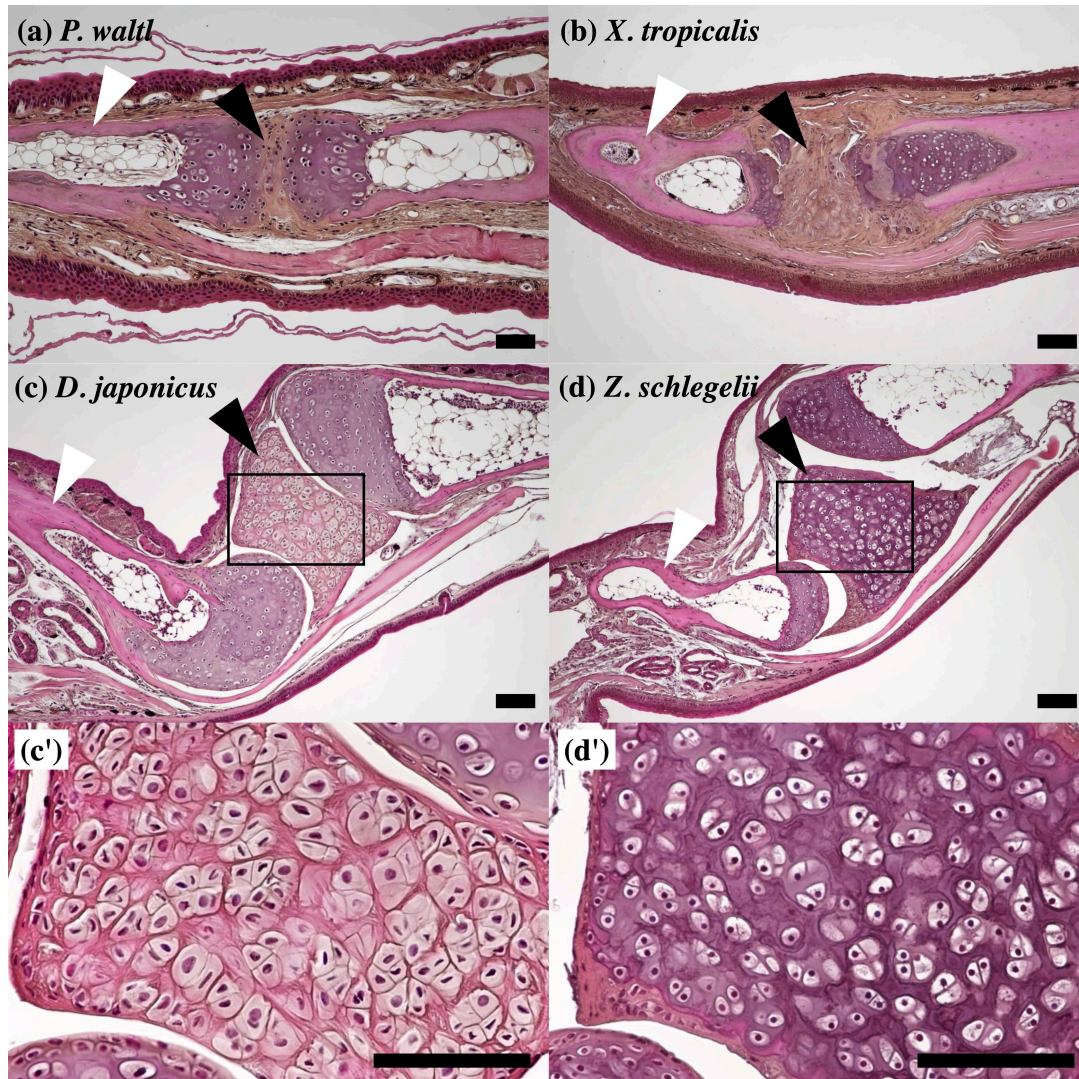


Figure 3. 成体の指第一関節およびその周辺の組織。(a) イベリアトゲイモリ。(b) ネットアイツメガエル。(c, c') ニホンアマガエル。(d, d') シュレーゲルアオガエル。c', d' はそれぞれ c, d の四角で囲んだ部分の拡大図。黒い矢尻は intercalary element またはこれに相当する位置にある組織を示す。白い矢尻は先端の指骨を示す。各バーは 0.1 mm を表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nakanishi Kensuke, Hasegawa Nao, Takeo Koichi, Nakajima Keisuke, Furuno Nobuaki, Tazawa Ichiro	4. 巻 65
2. 論文標題 Osteological and histological comparison of the development of the interphalangeal intercalary skeletal element between hyloid and ranoid anurans	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Development, Growth & Differentiation	6. 最初と最後の頁 100 ~ 108
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/dgd.12844	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中西 健介, 長谷川 真, 竹尾 紘一, 古野 伸明, 田澤 一朗
2. 発表標題 系統の離れたカエル垂目2種における指第一関節に見られる挿入骨格要素の発生過程
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中西 健介, 田澤 一朗, 長谷川 真, 竹尾 紘一, 中島 圭介, 古野 伸明
2. 発表標題 樹上性カエルの指趾第一関節に見られる付加的骨格要素の比較発生学的研究
3. 学会等名 日本動物学会中国四国支部広島県例会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中西 健介, 田澤 一朗, 長谷川 真, 竹尾 紘一, 中島 圭介, 古野 伸明
2. 発表標題 樹上性カエルの指趾第一関節に見られる付加的骨格要素の比較発生学的研究
3. 学会等名 両生類研究センターバイオリソース棟落成記念シンポジウム
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	中島 圭介 (Nakajima Keisuke) (60260311)	広島大学・両生類研究センター・助教 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------