

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601
 研究種目：基盤研究（B）（一般）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21370033
 研究課題名（和文）旧食虫類に多系統的に認識される収斂進化した表現型の機能形態学的解析
 研究課題名（英文）Functional-morphological studies of the phenotypes polyphyletically observed in the insectivores
 研究代表者
 遠藤 秀紀（ENDO HIDEKI）
 東京大学・総合研究博物館・教授
 研究者番号：30249908

研究成果の概要（和文）：旧食虫類における多系統的な形質を機能形態学的に検討した。筋骨格系、消化器系、泌尿生殖器系、感覚器系、皮膚・表皮系などを旧食虫類の諸目間で形態学的に比較検討を行った。その結果、それぞれの器官において、形態学的類似や差異を確認することができ、真無盲腸目、皮翼目、登攀目、アフリカトガリネズミ目などの旧食虫類諸群間の多系統的進化史理論を確立することができた。

研究成果の概要（英文）：The polyphyletic characters were functional-morphologically examined in the insectivores. The musculoskeletal, digestive, urogenital, sensory and skin systems were morphologically compared among various orders within the Insectivora. The morphological similarities and differences in each system were confirmed to establish the polyphyletic evolutionary history among Eulipotyphla, Dermoptera, Scandentia and Afrosoricida.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
平成 22 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
平成 23 年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
年度			
年度			
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生物多様性・分類

キーワード：食虫類・収斂・機能形態・表現型・無盲腸類

1. 研究開始当初の背景

真獣類における各高次グループ間の分子系統学的関係がほぼ解明された結果、機能的に収斂した形態学的形質を正当に評価することなく進められた旧食虫類の系統推定の誤りが多数明らかになった。多系統群に分割された旧食虫類諸群の相互間で、平行的に見られる機能的適応的形態形質が実際にどれほど類似し、また異なっているかを、新たな系

統学的基盤の上で議論する必要に迫られている。旧食虫類の特徴として漠然と一括されてきた機能性に富んだ表現型は、なぜ南北両半球の真獣類の系統間で収斂進化を成し遂げられたのか、その形態進化的実態と要因についての比較精査が必要となっている。

2. 研究の目的

肉眼解剖学、組織学、デジタル画像解析学を

駆使しながら、ユーアルコントグリレス類、ローラシア獣類、アフリカ獣類に平行的に進化した旧食虫類の全身形態学的情報を抽出しながら、収斂形質を比較してその異同を解析し、これら真獣類の高次群間に生じた進化的特質を把握することを目的とした。

3. 研究の方法

死体集積ネットワークを構築し、また研究組織が所属する自然史博物館を利用して標本利用体制の基盤を固め、組織学、マクロ解剖学、三次元画像解析、個体発生学の手法を適用し、形態形質の比較検討を行った。トガリネズミ・モグラ類を基盤に、テンレック類やツパイ類を比較対象として検討し、周辺の系統では翼手類や皮翼類を用いた。北半球系統の食虫類のデータに対して、アフリカ獣類や食虫類近傍の系統を比較、検出される収斂形質の詳細な適応的意義を把握した。筋骨格系、感覚器系、生殖器系を皮切りに、消化器や表皮構造まで形態学的データの網羅的検索を行った。極小型種や軟部構造の収斂を機能に着目して定量的に論議するため、三次元連続切削による比較検討を進めた。またとりわけ発生学的手法と分子系統学を連絡し、進化発生学的視点で、旧食虫類の形質の進化を分岐パターンと重ね合わせて把握することを試みた。また、旧食虫類のアイデンティティを抽出するため、関連する北半球真獣類や異節類についても、機能形態学的情報を刷新すべく関連する器官系の形態学的検討を進めた。

4. 研究成果

旧食虫類における多系統的な形質を機能形態学的に検討した。筋骨格系、消化器系、泌尿生殖器系、皮膚・表皮系などを旧食虫類の諸目間で形態学的に比較検討を行った。その結果、それぞれの器官において、形態学的類似や差異を確認することができ、真無盲腸目、皮翼目、登攀目、アフリカトガリネズミ目などの旧食虫類諸群間の多系統的進化史理論を確立することができた。諸システム間では、発生学的検証により、頭蓋のプロポーシヨンの改変による視覚器嗅覚器の発展史の概要を把握することに成功した。またロコモーション適応を四肢を中心とした筋骨格系において定量化し、それが旧食虫類において多系統的収斂として観察されることをつきとめた。また表皮・皮膚構造の平行進化も甚だしく、南半球真獣類のテンレックにおいて、特異な有棘表皮機構が進化し、旧食虫類と対比をなすことを確認した。そのほか収斂を各器官において検出し、機能的類似性と形態学的差異について精査することに成功した。また霊長類、偶蹄類、奇蹄類、異節類などについ

ても、対応する器官・システムに関して、大量の形態学的データを得ることに成功した。結果、本研究は、旧食虫類はもとより、真獣類の地球規模での機能形態学的進化に重要な基盤的理論を多数もたらすことに成功している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 24 件)

①Endo, H., Yamamoto, Y., Yamamoto, H., Sakai, T., Itou, T., Koie, H. and Hirai H. Collection, analysis, and distribution of three-dimensional CT data from primate and other skull specimens. *Jpn. J. Zoo Wildl. Med.* 16(1): 45-53. 2011. 査読有. DOI: <http://dx.doi.org/10.5686/jjzwm.16.45>

②Hayakawa, S., Hernandez, A. D., Suzuki, M., Sugaya, K., Koda, H., Hasegawa, H. and Endo, H. Necropsy case report for an old wild Japanese macaque (*Macaca fuscata yakui*) from Yakushima Island. *Primate Res.* 27(1): 3-10. 2011. 査読有. DOI:10.2354/psj.27.001

③Chang, S.-W., Oshida, T., Endo, H., Nguyen, S. T., Dang, C. N., Nguyen, D. X., Jiang, Z., Li, Z.-J. and Lin, L.-K. Ancient hybridization and underestimated species diversity in Asian striped squirrels (genus *Tamiops*): inference from paternal, maternal and biparental markers. *J. Zool.* 285: 128-138. 2011. 査読有. DOI: 10.1111/j.1469-7998.2011.00822.x

④Kawada, S., Endo, H., Oda, S and Koyasu, K. Dental anomalies in four mole species of the genus *Mogera* (Insectivora, Talpidae) from Japan. *Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. A* 37:63-72. 2011. 査読有. DOI: 未定

⑤Koyabu, D., Endo, H., Mitgutsch, Suwa, G., Catania, K. C., Zollikofer, C. P. E., Oda, S., Koyasu, K., Ando, M. R., and Sánchez-Villagra, M. R. Heterochrony and developmental modularity of cranial osteogenesis in lipotyphlan mammals. *EvoDevo* 2: 21. 2011. 査読有. DOI: 10.1186/2041-9139-2-21 MS: 9309713575701673

⑥Wu, Y., Motokawa, M., Li, Y.-C. *, Gong, Y.-N., Shintaku, Y. and Harada, M. New records of shrew gymnure (*Neotetracus sinensis*) and Chinese mole shrew (*Anourosorex squamipes*) from Guangdong Province. *Acta Theriologica Sinica* 31 (3): 317-319. 2011. 査読有. DOI: 未定

⑦Koyabu, D.B. and Endo, H. Craniodental mechanics and diet in Asian colobines: Morphological evidence of mature seed predation and sclerocarpy. *Am. J. Phys. Anthropol.* 142(1): 137-148. 2010. 査読有 DOI: 10.1002/ajpa.21213

⑧ Sasaki, M., Endo, H., Kimura, J., Worawut R., Hayakawa, D., Bhuminand, D., Kitamura, N. and Fukuta, K. Immunohistochemical localization of the cytoskeletal proteins in the testes of the lesser mouse deer (*Tragulus javanicus*). *Mammal Study* 35(1): 57-64. 2010. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.3106/041.035.0104>

⑨Oshida, T., Dang, C. N., Nguyen, S. T., Nguyen, N. X., Endo, H., Kimura, J., Sasaki, M., Hayashida, A., Takano, A. and Hayashi, Y. Phylogenetics of Petaurista in light of specimens collected from northern Vietnam. *Mammal Study* 35(1): 85-91. 2010. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.3106/041.035.0107>

⑩Kawada, S., Oda, S., Endo, H., Lin, L.-K., Nguyen, S. T. and Dang, C. N. A comparative karyological study of Taiwanese and Vietnamese *Mogera* (Insectivora, Talpidae) and classification. *Mem. Natl. Mus. Nat. Sci.*, Tokyo. 46: 47-56. 2010. 査読有 DOI: 未定

⑪Endo, H., Koyabu, D., Kimura, J. Felix, R., Matsui, A., Yonezawa, T., Shinohara, A. and Hasegawa, M. A quill vibrating mechanism for a sounding apparatus in the streaked tenrec (*Hemicentetes semispinosus*). *Zool. Sci.* 27: 427-432. 2010. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.2108/zsj.27.427>

⑫ Oshida T., Dang C.N., Nguyen S.T., Nguyen N.X., Endo H., Kimura J., Sasaki M., Hayashida A., Takano A. and Hayashi Y. Phylogenetic relationship between *Callosciurus caniceps* and *C. inornatus* (Rodentia, Sciuridae): implication for zoogeographical isolation by the Mekong River. *Ital. J. Zool.*: 78, 328-335. 2010. 査読有 DOI:10.1080/11250003.2010.490566

⑬Shintaku, Y., Kageyama, M. and Motokawa, M. Differential growth patterns in two seasonal cohorts of the large Japanese field mouse *Apodemus speciosus*. *J. Mammal.* 91 (5): 1168-1177. 2010. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.1644/09-MAMM-A-305.1>

⑭A. Kashimura, K. Moteki, Y. Kitamura, D. Hayashi, Y. Shimoyokkaichi, A. Shinohara, T. Morita, K. Tsuchiya. Subterranean

spatial utilization of the lesser Japanese mole, *Mogera imaizumii* (Kuroda, 1957). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 21: 155-164. 2010. 査読有 DOI: 未定

⑮A. Kashimura, K. Moteki A. Shinohara, K. Tsuchiya, T. Takahashi, T. Morita. Seasonal changes in the diet and diet selectivity of large Japanese moles, *Mogera wogura* (Temminck, 1842). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 21:147-153. 2010. 査読有 DOI: 未定

⑯ Endo, H., Komiya, T., Kawada, S., Hayashida, A., Kimura, J., Itou, T., Koie, H. and Sakai, T. Three-dimensional reconstruction of the xenarthrous process of the thoracic and lumbar vertebrae in the giant anteater. *Mammal Study* 34:1-6. 2009. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.3106/041.034.0101>

⑰ Endo, H., Taru, H., Hayashida, A., Kimura, J., Itou, T., Koie, H. and Sakai, T. Absence of the guttural pouch in a newborn Indian rhinoceros demonstrated by three-dimensional image observations. *Mammal Study* 34:7-11. 2009. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.3106/041.034.0102>

⑱ Oishi, M., Ogihara, N., Endo, H., Ichihara, M. and Asari M. Dimensions of forelimb muscles in orangutans and chimpanzees. *J. Anat.* 215 (4) 373-382. 2009. 査読有 DOI: 10.1111/j.1469-7580.2009.01125.x

⑲Oishi, M., Ogihara, N., Endo, H., Komiya, T., Kawada, S., Tomiyama, T., Sugiura, Y., Ichihara, N. and Asari, M. Dimensions of the foot muscles in the lowland gorilla. *J. Vet. Med. Sci.* 71(6): 821-824. 2009. 査読有 DOI:<http://dx.doi.org/10.1292/jvms.71.821>

⑳ Endo, H., Kobayashi, H., Koyabu, D., Hayashida, A., Jogahara, T., Taru, H., Oishi, M., Itou, T., Koie, H. and Sakai, T. The morphological basis of the armor-like folded skin of the greater Indian rhinoceros as a thermoregulator. *Mammal Study* 34 (4): 195-200. 2009. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.3106/041.034.0403>

㉑ Endo, H., Koyabu, D., Hayashida, A., Oishi, M., Kawada, S. and Komiya, T. The brachial plexus adapted to the semi-elongated neck in the okapi. *Mammal Study* 34 (4): 209-212. 2009. 査読有 DOI: <http://dx.doi.org/10.3106/041.034.0405>

㉒ Koyabu, D. B. and Endo, H. Craniofacial variation and dietary adaptations in African colobines. *J. Hum. Evol.* 56(6):

525-536. 2009. 査読有 DOI:
http://dx.doi.org/10.1016/j.jhevol.2008
.12.009

㉓ Koyabu, D.B., Oshida, T., Dang, N.X.,
Can, D.N., Kimura, J., Sasaki, M.,
Motokawa, M., Son, N.T., Hayashida, A.,
Shintaku, Y. and Endo, H. Craniodental
mechanics and the feeding ecology of two
sympatric callosciurine squirrels in
Vietnam. *J. Zool.* 279(4): 372-380. 2009.
査読有 DOI:
10.1111/j.1469-7998.2009.00629.x

㉔ Motokawa, M., Wu, Y. and Harada, M.
Karyotypes of six Soricomorph species from
Emei Shan, Sichuan Province, China.
Zoological Science 26 (11): 791-797. 2009.
査読有 DOI:
http://dx.doi.org/10.2108/zsj.26.791

[学会発表] (計 12 件)

①Hosojima, M., Koyabu, D., and Endo, H.
Morphological diversity and functional
significance of the ossicles among
lipotyphlans.

日本哺乳類学会大会, 2011年9月8日, 宮崎
市民プラザ, 宮崎.

②Koyabu, D., Sanchez-Villagra, M. R., and
Endo, H.

Heterochrony of cranial ossification
sequence in Boreoeutherian mammals.

日本哺乳類学会大会, 2011年9月8日, 宮崎
市民プラザ, 宮崎.

③Koyabu, D.B., Hayashida, A., Endo, H.
Ecomorphological basis of sympatry
between two callosciurine squirrels in
Vietnam: analysis of craniodental
mechanics and orbital orientation. 9th
International Congress of Vertebrate
Morphology, Punta del Este, Uruguay, 26
July 2010.

④Endo, H., Mori, K., and Koyabu, D.B.
Three-dimensional CT examinations of the
mastication system in the giant anteater.
9th International Congress of Vertebrate
Morphology, Punta del Este, Uruguay, 26
July 2010.

⑤小薮大輔, Sanchez-Villagra, M. R., 遠藤秀紀.

食虫目哺乳類 (Eulipotyphla) の胎子期にお
ける頭骨発生のヘテロクロニーとモジュ
ール性.

日本進化学会大会, 2010年8月2日, 東京工
業大学, 東京.

⑥小薮大輔, Sanchez-Villagra, M. R., 遠藤秀紀.

食虫目哺乳類 (Eulipotyphla) の胎子期にお
ける頭骨発生のヘテロクロニーとモジュ

ール性.

日本哺乳類学会大会, 2010年9月17日, 岐
阜大学, 岐阜.

⑦Mori, K., Suzuki, S., Koyabu, D.,
Kimura, J., and Endo, H.
Interspecific variation of hindlimb
morphology associated with aquatic
locomotion among mustelidae (Mammalia:
Carnivora).

9th International Congress of Vertebrate
Morphology, Punta del Este, Uruguay, 26
July 2010.

⑧Fujiwara, S., and Endo, H.

Flexed elbow joint during the stance phase
in inverted quadrupedal animals:
relationship with posture and elbow
morphology.

9th International Congress of Vertebrate
Morphology, Punta del Este, Uruguay, 26
July 2010.

⑨Endo, H., Mori, K., and Koyabu, D.
Three-dimensional CT examinations of the
mastication system in the giant anteater.
International Mamalogical Congress
IMC-10, Mendoza, Argentina, 14 August
2009.

⑩遠藤秀紀・川田伸一郎・小宮輝之・鯉江洋.

オオアライクイの咀嚼機構に関する肉眼解剖
学のおよび三次元CT画像解析学的検討

Macroscopic and three-dimensional CT
image examinations of the mastication
system in the giant anteater.

日本哺乳類学会大会, 2009年11月21日, 台
湾大学, 台北.

⑪小薮大輔・林田明子・遠藤秀紀.

クリハラリスとホオアカカオナガリスにお
ける咀嚼力と視野角の比較: 同所的分布とニ
ッチ分化を可能にする形態学的基盤

Craniodental mechanics and orbit angles of
two sympatric callosciurine squirrels in
Vietnam.

日本哺乳類学会大会, 2009年11月21日, 台
湾大学, 台北.

⑫藤原慎一・遠藤秀紀.

逆さ四足歩行動物のぶら下がり時における
肘関節の屈曲姿勢の維持と骨格形態との関
係.

Relationship between the elbow joint angle
and the skeletal morphology in inversed
quadrupedalism.

日本哺乳類学会, 2009年11月21日, 台湾大
学, 台北.

[図書] (計 2 件)

①本川雅治. 2011. トガリネズミ科動物の分
類. Pp. 24-33. スンクスの生物学 (磯村源

蔵, 監修; 織田銑一・東家一雄・宮木孝昌, 編), 学会出版センター, 東京. Motokawa, M. 2011. Systematics of soricid shrews. Pp. 24-33. Biology of *Suncus* (Oda, S., Tohya, K. and Miyaki, T., eds.), Japan Scientific Societies Press, Tokyo. (In Japanese with English abstract)

②Motokawa, M. 2009. The Wild Mammals of Japan (Ohdachi, S. D., Ishibashi, Y., Iwasa, M. A., and Saitoh, T., eds.), Shoukadoh, Kyoto.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]

ホームページ等

<http://www.um.u-tokyo.ac.jp/endo>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

遠藤 秀紀 (ENDO HIDEKI)

東京大学・総合研究博物館・教授

研究者番号 : 30249908

(2) 研究分担者

横畑 泰志 (YOKOHATA YASUSHI)

富山大学・理工学部 (理学)・准教授

研究者番号 : 60222387

本川 雅治 (MOTOKAWA MASAHARU)

京都大学・総合博物館・准教授

研究者番号 : 30293939

川田 伸一郎 (KAWADA SHIN-ICHIRO)

国立科学博物館・動物研究部・研究員

研究者番号 : 30415608

篠原 明男 (SHINOHARA AKIO)

宮崎大学・フロンティア科学実験総合センター・助教

研究者番号 : 50336294

甲能 直樹 (KOHNO NAOKI)

国立科学博物館・地学研究部・研究主幹

研究者番号 : 20250136

佐々木 基樹 (SASAKI MOTOKI)

帯広畜産大学・畜産学部・准教授

研究者番号 : 50332482

(3) 連携研究者

該当なし.