

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号	12601
研究種目	挑戦的萌芽研究
研究期間	2011～2012
課題番号	23658253
研究課題名（和文）	野生動物および家畜・家禽の左右非対称性体制に関する三次元画像解析的理論化
研究課題名（英文）	Theoretical establishment of the three-dimensional image analysis of the bilateral asymmetrical body plan in wild and domestic animals.
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）：野生動物や家畜集団の体制を三次元画像解析による定量的に検討した。シーラカンス類、サンショウウオ類、トカゲ類などに左右非対称性が確認された。家禽ニワトリやハシビロコウの三次元データは、頭部、頸部、胸部に左右非対称的な形態の特殊化が生じていることを示した。本研究計画により、博物館学術資源としての三次元デジタルデータの蓄積・公開利用が成功を収めている。

研究成果の概要（英文）：The body plan of the wild animals and livestock was quantitatively examined by the three-dimensional image analysis. The bilateral asymmetry of the body was also observed about the coelacanths, salamanders and lizards. The three-dimensional CT data of the fowls and shoebill indicated the asymmetrical specialization in the head, neck and thoracic regions in these species. The three-dimensional digitalized data has been fruitfully stored and opened as resources of the natural history museum from this research plan.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：畜産学・獣医学・応用獣医学

キーワード：非対称・脊椎動物・比較解剖学・三次元画像解析・適応進化・CT・MRI・博物館

## 1. 研究開始当初の背景

野生動物や家畜・家禽は、身体構造に関しては著しい左右非対称性を示す。研究組織は動物園遺体を用いた研究の高度化に挑戦し続け、左右非対称性を議論できるだけのデジタル画像技術を有している。三次元デジタル情報技術が進歩した今日、硬組織の立体形態情報をデジタル情報ライブラリーとして構築できる可能性が生まれている。家畜家禽を含む脊椎動物の体制を定量的に論じるべき挑戦の機会を迎えている。

## 2. 研究の目的

動物園動物や家畜家禽の遺体を用いて、基本体制を確認し、実際の体制データを得、左右

非対称性の確認を進める。現実の左右非対称性が脊椎動物においてどう進化してきたかを把握する。反芻家畜の腹腔、鳥類や家禽の頸部・胸部の左右非対称性、爬虫・両棲類における軸上筋・軸下筋の非対称的発達を検出を検討課題として、バックグラウンドとなる脊椎動物の議論を確立する。解析に際しては、骨格形状、軟部構造、外表面について定量的に議論が可能となる三次元形状データベースを作り上げることを目的とする。

## 3. 研究の方法

動物園に由来する遺体から大規模な高精度デジタルデータを収集し、それが非対称性体制に関する進化学理論と直結することを示し

ながら、内外へのデジタルデータの供給と公開を進める。各種 CT スキャナーを情報入力装置として活用し、遺体の大規模で高精度、かつ網羅的な三次元データ化を推進する。希少な飼育動物のデジタル入力の場合を積極的に開拓し、個体の死亡とともに三次元体制情報が失われることのないような、研究支援体制を築く。内外の博物館の標本を運用しながら、左右非対称性データを世界的規模で収集するための基本的取り組みを実施する。また、収集されるデータについて、情報蓄積システムを整備し、未来に向けたデジタル情報保管体制の刷新を提起する。野生動物や家畜・家禽の遺体全身情報を機能性の高いフォーマットで網羅的に保管し、統計処理・画像処理アプリケーションを用いて解析する。とくに反芻獣の腹部、家禽・鳥類の頸部・胸部、そして脊椎動物の基本的な左右非対称性の検出につながる両棲類・肉鱗類、爬虫類の四肢運動器系、体幹部軸上・軸下筋を議論の中心に据える。

#### 4. 研究成果

左右非対称性は、かつてタンガニーカ湖の魚類の摂餌機構で論じられたり、脊椎動物の空気呼吸のシステムづくりの観点から取り上げられたことがあるが、その後の発展は少なかった。それに対して本研究は、左右対称性への素朴な疑問を動物形態学の基本的論点として俎上に載せ、綿密に論じていくことに成功した。体制の三次元マクロ形態学的論議に含めない限り、哺乳類や脊椎動物の形態学の刷新はあり得ず、その観点から本研究は今後の動物解剖学の本質的出発点を構成することに成功した。高精度の三次元 CT スキャナーやレーザースキャナー、それに付随するデジタルデータ解析コンピューター、そして大容量ハードディスクなどのハードウェアを駆使し、大量の DICOM ファイルやポリゴンファイルを蓄積した。これらのデータから、いくつかのソフトウェアによって、非対称性を基軸に三次元立体構造的な議論を、各種脊椎動物に適用することができた。シーラカンス類、有尾両棲類、トカゲ類、鳥類などを用いて、現実の左右非対称性の検出に成功した。とくにシーラカンス類の背鰭に関する断面解析が成功している。また、典型的な例としては、家禽ニワトリの頭頸部や胸部の原始形質と現実の左右非対称性を比較した。特異な成果は希少種ハシビロコウやオオアリの頭部の体制解析に成功、両群とも、咀嚼、嚥下、ロコモーションなどに影響する左右非対称性の進化的存続を確認することができた。本研究は、ただのデータ解析にとどまらず、博物館・動物園のインベントリー活動を高度化し、継承性科学として革新的に発展させるための、斬新な挑戦であると位置づけることができる。画像情報工学のような単一の

狭い範疇にとどまらず、三次元機能形態学、人間工学、自然史科学、博物館学、社会教育学など、周辺領域への波及効果が少しずつ拡大しつつあるといえ、萌芽研究としての特質を最大限に発揮する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 13 件)

①Endo, H., Omura, A., Sakai, T., Itou, T., Koie, H., Iwata, M. and Abe, Y. Functional-morphological characteristics in the musculoskeletal system of standing-type cocks including some game breeds. *Jpn. J. Zoo Wildl. Med.* 査読有. 17 巻. 2012. 131-138.

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.* 査読有. 27 巻. 2011. 3-10.

10.2354/psj.27.001

③Kawada, 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.* 査読有. 37 巻. 2011. 63-72.

④Fujiwara, S., Endo, H. and Hutchinson, J. R. Topsy-turvy locomotion: biomechanical specializations of the elbow in suspended quadrupeds reflect inverted gravitational constraints. *J. Anat.* 査読有. 219 巻. 2011. 176-191.

10.1111/j.1469-7580.2011.01379.x

⑤Endo, 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.* 査読有. 16 巻. 2011. 45-53.

⑥Koyabu, D. B., Endo, H., Mitgutsch, C., Suwa, G., Catania, K. C., Zollikofer, C. P. E., Oda, S., Koyasu, K., Ando M. and Sánchez-Villagra, M. R. Heterochrony and developmental modularity of cranial osteogenesis in lipotyphlan mammals. *EvoDevo.* 査読有. 2 巻. 2011. 21.

10.1186/2041-9139-2-21

⑦Endo, H., Akishinomiya, F., Yonezawa, T., Hasegawa, M., Rakotondraparany, F., Sasaki, M., Taru, H., Yoshida, A., Yamasaki, T., Itou, T., Koie, H. and Sakai, T. Coxa morphologically adapted to large egg in aepyornithid species compared with

various palaeognaths. *Anat. Hist. Embryol.* 査読有. 41 巻. 2012. 31-40. 10.1111/j.1439-0264.2011.01100.x.

⑧ Endo, H., Omura, A., Sakai, T., Itou, T., Koie, H., Iwata, M. and Abe, Y. The differences of the functional-morphological strategy between the first and second dorsal fins of the living coelacanth (*Latimeria chalumnae*). *Jpn. J. Zoo Wildl. Med.* 査読有. 17 巻. 2012. 79-86.

⑨ Oishi M., Ogihara N., Endo H., Une Y., Ichihara N., Asari M., Amasaki H. Muscle dimension of the foot in the orangutan and chimpanzee. *J. Anat.* 査読有. 221 巻. 2012. 311-317. 10.1111/j.1469-7580.2012.01545.x.

⑩ Koyabu, D., Oshida, T., M., Son, N. T., Can, D. N., Nghia, N. X., Dang, Motokawa, D. N., Kimura, J., Sasaki, M., and Endo, H. Comparison of jaw muscle morphology in two sympatric callosciurine squirrels (*Callosciurus erythraeus* and *Dremomys rufigenis*) in Vietnam. *Mammal Study.* 査読有. 37 巻. 2012. 237-242.

⑪ Endo, H., Mori, K., Koyabu, D., Kawada, S., Komiya, T., Itou, T., Koie, H., Kitagawa, M. and Sakai, T. Functional morphology of the aardvark tail. *Anat. Hist. Embryol.* 査読有. 42 巻. 2013. 90-98.

⑫ Nakajima, Y., Endo, H. Comparative humeral microanatomy of terrestrial, semiaquatic, and aquatic carnivores using microfocal CT scan. *Mammal Study.* 査読有. 38 巻. 2013. 1-8. 10.3106/041.038.0101.

⑬ Furuuchi, K., Koyabu, D., Mori, K. and Endo, H. Physiological cross-sectional area of the masticatory muscles in the giraffe (*Giraffa camelopardalis*). *Mammal Study.* 査読有. 38 巻. 2013. 67-71. 10.3106/041.038.0109.

[学会発表] (計 17 件)

① Endo, H., Functional morphological studies of the musculoskeletal system of Asian fighting cocks including Japanese shamo. *Asian Zoo and Wildlife Medicine, 5th Workshop.* 2011.10.21. Kathmandu, Nepal.

② Kawabe, S. Allometric morphological changes in the avian brain. *Society of Vertebrate Paleontology, 71st Annual Meeting.* 2011.11.1. Las Vegas, Nevada, USA.

③ 河部壮一郎. 鳥類における脳の屈曲と大後頭孔の位置. *日本古生物学会第 160 回例会.*

2011.1.29. 高知大学.

④ 河部壮一郎. 鳥類の脳におけるサイズ変化に伴う形態変化. *日本鳥学会 2011 年度大会.* 2011.9.19. 大阪市立大学.

⑤ 大村文乃. 有尾類の体幹部構造の機能形態学的多様性. *日本爬虫両棲類学会第 50 回大会.* 2011.10.8. 京都大学.

⑥ 小薮大輔. 哺乳類頭部の胎子期における骨化順序のヘテロクロニー. *日本進化学会大会.* 2011.7.30. 京都大会.

⑦ 細島美里. 食虫目における耳小骨の形態学的多様性と生態分化との関係. *日本進化学会大会.* 2011.7.30. 京都大学.

⑧ 工藤光平. ニワトリの頭骨に関する比較機能形態学的検討. *日本鳥学会 2011 年度大会.* 2011.9.19. 大阪市立大学.

⑨ 大村文乃. 両棲類有尾目の体幹部構造の機能形態学的多様性. *日本解剖学会第 117 回.* 2012.3.26. 山梨大学.

⑩ 河部壮一郎. 鳥類における脳形態の成長に伴う変化. *日本古生物学会第 161 回例会.* 2012.1.21. 群馬県立自然史博物館.

⑪ 大石元治. オランウータンとチンパンジーの足部における筋形態について. *第 28 回日本霊長類学会大会.* 2012.7.7. 椋山女学園大学.

⑫ 工藤光平. 日本愛玩鶏における頭骨形態の多様性. *日本鳥学会 2012 年度大会.* 2012.9.15. 東京大学.

⑬ 小林沙羅. トドの咀嚼筋における相対成長比較. *日本哺乳類学会 2012 年度大会.* 2012.9.21. 麻布大学.

⑭ 伊藤雄太. ネコ科動物とイヌ科動物における橈骨の近位関節面と遠位関節面のネジレについて. *第 17 回日本野生動物医学会大会.* 2011.10.01. 東京農工大学.

⑮ Omura, A. Morphological variation of trunk muscles and vertebral column of salamanders. *The 34 th Annual Herpetology Congress.* 2011.03.25. Gainesville, Florida, USA.

⑯ 安西 航. 異なる生息環境に適応したアノールトカゲ属の体肢筋に関する比較解剖学的研究. *日本進化学会第 14 回大会.* 2012.08.21. 首都大学東京.

⑰ 安西 航. アノールトカゲ属の四肢における筋骨格形態と行動生態の関係. *日本爬虫両棲類学会第 51 回大会.* 2012.11.10. 愛知学泉大学.

[図書] (計 1 件)

Endo, H. *Chickens and Humans in Thailand: Their Multiple Relationships and Domestication.* 2010. 450pp. The Siam Society, Thailand.

[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/people/faculty\\_endo.html](http://www.um.u-tokyo.ac.jp/people/faculty_endo.html)

## 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 鯉江 洋 (KOIE HIROSHI)  
日本大学・生物資源科学部・准教授  
研究者番号：20267040  
研究分担者 大石 元治 (OISHI MOTOHARU)  
日本獣医生命科学大学・獣医学部・助教  
研究者番号：40549557

(3) 連携研究者 ( )  
研究者番号：