

課題名 : 「うんち」でつながる博物館と動物園の形ある連携 ～糞ハンズ・オン標本の研究と普及～

交付番号 : 19005

機関名 : 千葉県立中央博物館

氏名 : 丸山 啓志

1. 事業の概要

博物館と動物園が連携し、様々な飼育個体の糞形態を残したハンズ・オン標本を作成、糞内部での未消化物の3次元分布をCTスキャンによって明らかにした。また、ハンズ・オン標本を体験イベント・展示に用い、動物の食性に関する一般の方への関心を高めた。

2. 事業の目的

糞から食性や健康状態等の生態に関する様々な情報を抽出する方法は、様々な分野で研究に用いられてきた。これは、糞が生態系ピラミッドの「のぞき窓」であり、この特徴から環境教育等の教育普及活動における動機づけにも用いられてきた。一方で、従来の研究は過去の生態を知る上で糞化石（糞石コプロライト）と比較できない糞を破壊する研究手法が多く用いられてきた。そこで、X線CTスキャンによる非破壊で糞未消化物の分布傾向を明らかにし、現生種の食性への理解をより深めることを目的とした。

また、この非破壊用の糞形態標本は大型動物の保全に関するアウトリーチ活動で活用できる触ってもらいやすいハンズ・オン標本にもなり、体験イベント・展示に用いることで、食性（食べ物）に関する来館者・来園者への関心を高めた。

3. 事業の材料・方法

<材料>

対象動物の糞は、記に、その一覧を示す。

- ・レッサーパンダ (*Ailurus fulgens*)
- ・トラ (*Panthera tigris*)
- ・ライオン (*Panthera leo*)
- ・ジャガー (*Panthera onca*)
- ・サーバル (*Leptailurus serval*)
- ・ミーアキャット (*Suricata suricatta*)
- ・アナグマ (*Meles anakuma*)
- ・ツキノワグマ (*Ursus thibetanus*)
- ・ヒグマ (*Ursus arctos*)
- ・ホッキョクグマ (*Ursus maritimus*)
- ・タヌキ (*Nyctereutes procyonoides*)
- ・ヤブイヌ (*Speothos venaticus*)
- ・フェネック (*Vulpes zerda*)
- ・アカギツネ (*Vulpes vulpes*)
- ・ゴマフアザラシ (*Phoca largha*)

<方法>

本研究では、標本作成用の糞採集を2019年4月～2020年3月に豊橋総合動植物園・豊橋市自然史博物館で行い、その後の作業を2020年3月までの間、京都大学および千葉県立中央博物館で随時実施した。

以下の7段階で実施し、1)は豊橋総合動植物園・豊橋市自然史博物館で、2)～7)は京都大学・千葉県立中央博物館で実施した。

1) 糞の採集

基本的に獣舎清掃時、排泄済みの糞の回収および消毒用エタノールへの浸漬を豊橋総合動植物園の各種飼育担当者依頼した。また、糞内の未消化物の分布が個体の条件（体調など）にあるので、複数種については、同一個体の糞の継続的な採集を行った。ただし、本研究においては、諸事情により、当該年度昨年度採集済みの糞を用いた。

2) 糞形態標本の作成

松岡ほか(2015)で報告した通り、糞を消毒用アルコールにて殺菌・消毒後、アセトン中に浸すことで脱水・脱脂・脱臭を行った。その後、処理した糞をパラロイドとシアノボンドを用いて硬化・乾燥させ、形態標本化した後、常温常圧下の収蔵庫で保存可能な状態にした。

3) 糞標本の3次元データ化（3次元データ取得）

2)で作成した糞形態標本を対象に、京都大学自然人類学教室のX線CTスキャンを用いて3次元データを取得し、Amira等のデータ解析ソフトから内部組織の情報を取得した（図1）。

4) 糞内容物の同定

糞形態標本を作成する同一個体の別の糞を用いて、内容物の同定を行った。今回は、糞ハンズ・オン標本について、過去の飼育情報と3次元データとの照合を試みた。同一個体の糞の水洗いによる内容物の同定については、コロナウイルス感染拡大防止のためできなかった。

5) 糞ハンズ・オン標本のデータベースの作成

（得られた糞標本データのコレクション化）

2)・3)で得られた糞形態標本及びデータについて蓄積を行った。また、登録・収蔵し、コレクション化への環境整備を行った。

6) 糞ハンズ・オン標本の生物学的研究利用

（*糞内未消化物の分布傾向の解明）

5)で得られた糞形態標本及びデータに基づいて、ある種の同一個体の継続的な糞内での未消化物の観察（種内比較）及び、種間での未消化物の分布の比較（種間比較）を行った。

7) 糞ハンズ・オン標本の普及活動への応用

（*糞形態標本の普及活動利用での改善点収集：博物館学的研究）

作成済みの糞形態標本を用いて、夏の企画展「ほにゅうるい」に、ガラスケース内に掲示した。

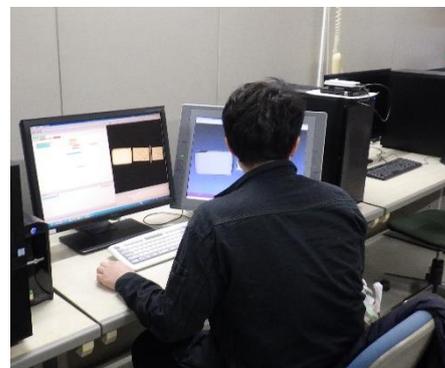


図1 CTデータの再構築・解析
*Amira®による再構築及び汎用性のあるstl形式変換

4. 事業の結果・考察

1) 糞形態標本作成の結果・考察

今回、食肉類 種、数日に分けて採集した糞で標本を作成した。その内、標本作成が上手くいったケースと失敗したケースの違いがみられた。

<上手くいったケース (図2) >

- ・糞が崩れずに、元の形状をとどめていた場合
- ・糞表面に粘膜状物質が残存し、コーティングされている場合
- ・糞の形状が俵型または棒状である場合
(長さ 15cm 以下)
- ・糞サイズが小さい場合
- ・糞内容物に骨や植物の繊維質など芯となるものが含まれている場合

<失敗したケース(図3)>

- ・糞が(一部を含めて)崩れていた場合
- ・糞表面が滑らかでなかった場合
- ・糞サイズが大きい場合(短径 15 cm以上)
- ・糞が下痢状の場合
- ・糞の容積に対して、浸漬に用いた消毒用アルコール・脱水脱脂用アセトンの容積が少なかった場合

以上のようなケースが見られた。この傾向は、生物種によるものだけでなく、個体や体調によるものを反映していると考えられる。

今後の課題として、失敗したケースについて、成功率をあげるための工夫を行うように、作成法改善に改善に努めるようにしたい。

2) 糞形態標本の3次元データ化の結果・考察

<μ X線 CT スキャンのケース (図4) >

μ X線 CT スキャンの場合、解像度が高く、例えば、糞内容物中に見られる魚類の耳石などを含めて、その形状を再構築することが可能となる。あらかじめ、餌生物についての情報を得るようにしておけば、照合がある程度可能であると考えられる。



図2 上手くいったケース
ヤブイヌを例に

- *糞サイズが小さい
糞の形状が棒状
糞が原型をとどめている



図3 失敗したケース
ホッキョクグマを例に

- *糞サイズが大きい
糞が下痢状
糞の容積に対して、浸漬に用いた脱水脱脂用アセトンの容積が少ない

一方で、 μ X線 CT スキャンで測定可能なサンプルは、サイズ制限があるために、大型の糞標本では全体を撮像することが難しく、一部しか撮像できないという点が、今後の課題として挙げられる。

<医療用X線 CT スキャンのケース (図5) >

医療用X線 CT スキャンでは、人体が計測できるように、最大2m程度のサンプルを測定が可能となっている。そのため、ライオンやヒグマなどの大型の糞標本も対象可能である。一方で、解像度が1/10mmまでしかないため、細かい糞内容物の検知には向いていないことが再確認された。

X線 CT スキャンに共通する課題として、測定の仕組みとして、密度差を用いているという点が挙げられる。そのため、糞基質と明らかに密度差がある硬組織（餌生物中の骨や歯、耳石など）の検出には向いている。その一方で、糞基質と密度差が小さい物質（植物などの食物繊維や昆虫類などの外骨格の主成分であるキチン質など）については、再構築で観察できない部分がある。このようなX線 CT スキャンの弱点を補完する上で、今回実施できなかった、糞形態標本をスライスした薄片観察を行い、顕微鏡下における肉眼観察を後述する、水洗による糞内容物の同定と併用していくことで精度を上げていくようにしたい。

3) 糞内容物同定の結果・考察

糞ハンズ・オン標本について、過去の飼育情報と3次元構築したデータとの照合を試みた。糞ハンズ・オン標本について、トラやライオンなどのように、ニワトリなどの大型脊椎動物を餌生物としている場合の糞については、硬組織（骨・歯など）の照合を行うことができた（図6）。その一方で、アザランなどの魚類の耳石について、3次元構築データと照合を試みたところ、複数種含まれる場合、種毎の耳石の形態学的特徴に加えて、消化による形態学的変化についても加味する必要があることが明確となった。

また、同一個体の糞の水洗いによる内容物の同定については、コロナウイルス流行もあり自粛することとなった。水洗した糞内容物との比較については、今後、薄片観察を行う上

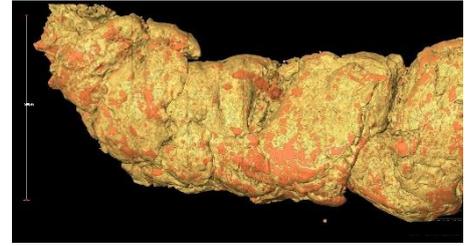


図4 μ X線 CT スキャンのデータ再構築：
トラを例に
*黄色：糞の基質部分
赤色：糞内容物の硬組織（骨など）
細かい破片などが観察可能

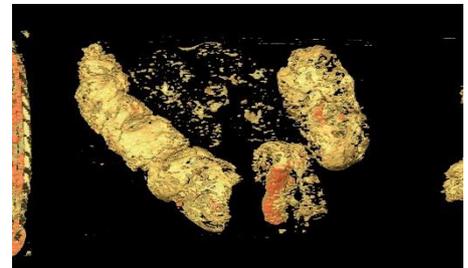


図5 医療用X線 CT スキャンのデータ再構築：
トラを例に
*黄色：糞の基質部分
赤色：糞内容物の硬組織（骨など）
複数の糞を一度に観察可能
ただし、解像度は粗い

で、食物繊維や昆虫などの外骨格などの密度の低い糞内容物の同定を行う上で必要な基礎データとなりうるものと考えられるので、今後の課題として、基礎情報の収集を挙げたい。

4) 糞ハンズ・オン標本データベース作成の結果と考察

糞ハンズ・オン標本について、データベース作成までには至らなかった。その前段階の環境整備として、糞ハンズ・オン標本の登録・收藏の準備を行った。これまで糞ハンズ・オン標本を收藏庫に収める前例がなかったので、收藏方法について検討した。その結果、燻蒸した後、各糞ハンズ・オン標本を個別にビニール袋に入れた後、密閉できるプラスチックケースに入れて保管するという方法をとることとなった(図7)。

今後の課題として、糞ハンズ・オンを長期保管した事例が少ないので、経年変化を丹念に追っていく必要がある。また、糞ハンズ・オン標本をどのようなカテゴリで登録していくか、各園館によってシステムが異なることから、この点についても検討していく必要がある。

5) 糞ハンズ・オン標本の生物活動への応用の結果・考察

ある種の同一個体でも継続的な糞採集を行った結果、未消化物の観察(種内比較)及び、種間での未消化物の分布の比較(種間比較)について、異なることが多かった。

ただし、種ごとに、ある程度大まかな傾向が見られたので、今後、標本数を増やして、統計学的な処置ができるようにしたい。

6) 糞ハンズ・オン標本の普及活動への応用の結果・考察

夏の企画展「ほにゅうるい」に、ガラスケース内に掲示した。諸事情により、触れる展示として、試すことができなかった。今後、実践の場については、機会を設けて、検証していきたい。ただし、次節に述べるようなハンズ・オン標本を取り巻く問題について考える必要がある。

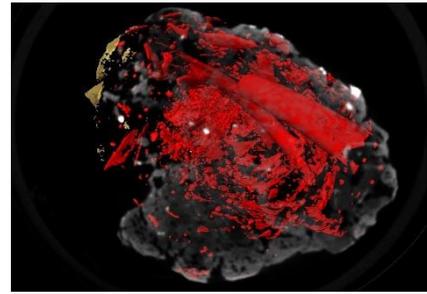


図6 トラの糞内容物の再構築
(赤色：骨などの硬組織)
* 餌生物であるニワトリの四肢骨の形ははっきりと残っている
※ μ CT スキャンによる撮像



図7 保管方法
個別にビニール袋に入れ、その後、タッパーなどの容器に収納することで、二重梱包

7) 博物館・動物園におけるハンズ・オン標本の今後の課題

過去（2000年代以降）に実施された糞・うんち・うんこに関する展示に関する一覧を、表1に示す。データは、インターネットおよび各種文献より収集した。

表1：糞に関する展示一覧（2000年代以降）

	展示タイトル	開催館園	都道府県	開催時期
1	「みんなのうんち展」	科学技術館	東京都	2001年8月10日～8月30日
2	えさとウンチ展	京都市動物園	京都府	2005年
3	ザ・うんち展	姫路科学館	兵庫県	2006年6月3日～6月18日
4	「大うんち展～今日からあなたも“うんち”を見る目が変わります～」	神戸市立須磨海浜水族園	兵庫県	2012年4月日～7月1日
5	ふんふん なるほど!! うんち展	高知県立のいち動物公園	高知県	2012年7月21日～8月26日
6	～うんこ展～動物たちのヒミツがつまったおとしもの	日本平動物園	静岡県	2013年10月1日～12月1日
7	企画展「トイレ? 行っトイレ!～ボクらのうんちと地球のみらい」	日本科学未来館	東京都	2014年7月2日～10月5日
8	企画展「トイレ?行っトイレ!～ボクらのうんちと地球のみらい」	仙台国際センター	宮城県	2015年12月11日～2016年1月11日
9	常設展	たべる*たいせつミュージアム	大阪府	2015年4月1日～
10	特別展「うんち・糞・フン」～ダングムシからゾウまで～	埼玉県立自然の博物館	埼玉県	2015年7月11日～8月31日
11	「うんち展」	足立生物園	東京都	2016年
12	海のうんち展	いおワールドかごしま水族館	鹿児島県	2016年4月23日～6月26日
13	「トイレ?行っトイレ!ボクらのうんちと地球のみらい」展	新潟県立自然科学館	新潟県	2016年7月16日～8月28日
14	「うんち展」	足立生物園	東京都	2017年11月8日～2018年1月28日
15	「きて!みて!さわって!?うんこ展」	周南市立徳山動物園	山口県	2017年7月22日～8月31日
16	画展「ほんとに知ってる?身近な生き物たち～POOPPOOPPOO魅惑のうんち～」	天王寺動物園	大阪府	2018/08/07～2018/08/19
17	「シャンシャンの落とし物～成長の記録～」	上野動物公園	東京都	2019年
18	うんこミュージアム YOKOHAMA	横浜 アソビル2F	神奈川県	2019年3月15日～9月30日
19	～帰ってきたうんこ展～動物たちのヒミツがつまったおとしもの	日本平動物園	静岡県	2019年7月13日～10月6日
20	「どうぶつのウンチ展」	浜松市動物公園	静岡県	2019年7月13日～9月16日
21	うんこ展 うんこ学園の夏合宿 in 池袋	パルコミュージアム・池袋パルコ・本館7F	東京都	2019年8月9日～2019年8月26日
22	うんこ展 うんこ学園の文化祭 in 福岡	福岡パルコ新館B1F特設会場	福岡県	2019年9月27日～10月27日
23	「へんないきもの展3」	サンシャイン水族館	東京都	2019年7月12日～10月14日
24	どうぶつのおならとうんち展	宇部ときわ動物園	山口県	2019年7月20日～9月1日
25	『みんな気になるうんち展!』	JAMC新館1階	東京都	2019年9月19日～10月1日
26	うんこミュージアム TOKYO	ダイバーシティ東京 プラザ 2F	東京都	2020年
27	企画展示「うんことくらし-便所から肥やしまで-」	川崎市立日本民家園	神奈川県	2020年1月4日～5月31日
28	巨大ダンボール迷路「うんち迷路の大冒険」	上越科学館	新潟県	2020年2月～4月

以上の表から、糞・うんち・うんこに関する展示は、毎年全国のいずれかの博物館・動物園・水族館などで開催されている。これは、糞・うんち・うんこというテーマが一定の集客力を有することを反映しているものである。また、「うんこドリル」シリーズなどの書籍が大きな売り上げをあげていることから裏付けられている。このような、展示の目玉の一つに、実施の糞標本に触れるということが挙げられる。ただ、従来、触れる標本については、植物食性動物の糞をニスで固めるというもので、本研究で採用していた、滅菌・消毒を意識して作成したものは少なかった。そこで、本研究ではそのリスクを補完すべく、作成法を検討した。しかしながら、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）により状況が一変した。

2020年2月から日本国内でも COVID-19 拡大に伴い、全国的に社会教育施設（博物館・動物園・水族館など）が臨時休館や限定的な開館を余儀なくされている。

今回の COVID-19 拡大によって、博物館の COVID-19 感染拡大防止策として、以下のものが挙げられる。

- 1) 職員・来館者などのヒトに対する感染防止策
 - ・臨時休館・休園
 - ・消毒用アルコールの設置
 - ・手洗い、うがいの励行
 - ・ソーシャルディスタンスの確保
- 2) 施設にたいしての館内消毒
 - ・よく触れる場所（ドアノブ、手すり）などの消毒用エタノールや次亜塩素酸ナトリウムを使用した消毒
- 3) 接触感染の危険性のあるハンズ・オン標本の撤去
 - ・新型コロナウイルスの感染経路は、飛沫感染・接触感染によるので、感染リスクの高いハンズ・オン標本の撤去

このような防止策がとられる中で、今後、博物館・動物園の来館者・来園者のハンズ・オン標本に対する行動の変容が起こればと考えられる。

こうした中で、本研究において、糞ハンズ・オン標本作成と関わった博物館と動物園での展示・イベントを、今回実施できなかった。

今後、博物館と動物園の連携を進めていく中で、COVID-19 が終息後に、一般来館者の行動が大きく変化することが予想される。そのような中で、糞ハンズ・オン標本を含めて、ハンズ・オン標本をどのように取り扱っていくかが、社会教育施設（博物館・動物園・水族館）などの大きな共通の課題となると考えられる。

そのためにも、本研究で作成した糞ハンズ・オン標本を用いた展示・イベントを今後より一層用意周到に準備した上で、実践計画を立てていく必要があると考える。

特に、作成法においては、衛生学的な安全性を担保するために、第一段階の滅菌・消毒段階で、消毒用エタノールを使用しているが、他のイソプロピルアルコールなどの他のアルコール性消毒薬もしくは、最初からアセトンに浸漬することで、衛生学的にどのような差が生まれるのか、検討するようになりたい。

また、糞ハンズ・オン標本に限らず、博物館として、ハンズ・オン標本に対する衛生学的・疫学的観点についての管理・運営についても検証していく必要があると考える。