

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32644

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21655

研究課題名（和文）深層学習による画像診断を利用した動物遺存体の種・部位同定に関する研究

研究課題名（英文）Research on species and bone parts identification of animal remains using image diagnosis by deep learning

研究代表者

木山 克彦（KIYAMA, KATSUHIKO）

東海大学・人文学部・准教授

研究者番号：20507248

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、近年注目を受けている深層学習を用いた画像診断によって、動物考古学者が実施してきた動物遺存体の同定作業を置換することを目指すものである。研究の結果、現生鳥骨の11部位に限定した場合、高確率で部位を特定することのできるプログラムを作ることが出来た。また同画像診断プログラムをスマートフォンで利用できるアプリも開発することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実際に、考古学における動物遺存体を画像診断するには、まだ多くの解決すべき課題がある。しかし、本研究でプロトタイプモデルを構築し、近い将来、これを公開することで動物遺存体への関心や分析してみようとする機運を高めることにつながることを期待できる。また例えば土器や瓦などの他の考古資料も、分析者の経験値化された鑑識眼をもとに「型式」分類されていることからすれば本研究プロジェクトとの親和性が高い。このように本研究で構築したモデルを動物遺存体以外の考古資料に応用することも十分可能と考えている。この点で大きな意義あったと考えている。

研究成果の概要（英文）： This study aims to replace the identification of animal remains conducted by zooarchaeologists through image diagnosis using deep learning, which has been the focus of much attention in recent years. As a result of this research, we were able to create a program that can identify 11 parts of a present-day carapace with a high probability. We were also able to develop an application that can be used with smartphones.

研究分野：北東アジア考古学

キーワード：動物遺存体 部位同定 深層学習 画像診断

1. 研究開始当初の背景

現在、動物遺存体は、現生骨格標本との比較対照を通じて、種・部位が同定されている。同定は、動物遺存体及び現生の骨格標本双方を熟覧・熟知した動物考古学者によってのみ可能となる作業である。現在、DNA分析やたんぱく質・コラーゲンの構造分析から、種同定を行う新たな手法も行われている。しかし、これらは遺存体から試料を取り出すことを前提とした破壊分析であること、そして何より時間的・金銭的な負担から、膨大に出土する動物遺存体の多くに対して実施することができないため、主流な方法にはなり得ていない。このため現在も、動物遺存体の同定は、動物考古学者に頼らざるを得ない状況にある。

しかし、動物考古学者の数が限られているため、残念ながら多くの動物遺存体が博物館や教育委員会、大学等の所蔵機関に未分析のまま置かれているのが実状である。動物考古学者による遺跡の環境・生業復元が、人類史の復元に大きな貢献を果たしてきたことは言を俟たない。未分析資料の存在は勿論のこと、詳細な同定が未了で種名の提示に留まる定性的なデータのみでは、過去の生業復元としては十分ではない。動物考古学者が目指すのは、動物遺存体の同定ではなく、種・部位の出土傾向を基に、過去の人々がどのような動物をどのように利用したか、その特徴は何か、を復元することにある。基礎となる同定に莫大な時間を費やしては、本来の目的を達成し得ない。この状況を改善するためには、多くの人による迅速的、効率的かつ安定的な動物遺存体の同定方法の確立が求められる。

2. 研究の目的

上記の通り、動物遺存体の同定は、動物考古学者による経験的な骨の観察からなっている。本研究では、近年注目されている深層学習を用いた画像診断によって、動物考古学者が実施してきた動物遺存体の同定作業を置換することを目指した。

3. 研究の方法

本研究で実施した研究の方法は大きく、画像診断のために使用するデータ収集と、深層学習による画像診断プログラムの構築に分かれる。

のデータ収集では、a) 動物遺存体の学習用画像データと、b) 現生骨格標本の学習用画像データについて収集を行った。a) については、主に北海道の北部・東部にかけての沿岸部の市町村(礼文町、利尻富士町、稚内市、枝幸町、網走市、根室市など)に所在する遺跡から出土した動物遺存体を対象とした。

b) については、主に北海道大学総合博物館が所有する動物の骨格標本を対象とした。これについては、作業補助者を雇用して実施した。

動物遺存体に対して深層学習による画像診断を行う上では、大きな問題が2つある。まず一つは、動物種及びその構成部位が多様であることであり、さらにもう一つは、機械学習に用いる画像データ(学習用画像)が他分野ほどにはなく、その収集に膨大な時間を要することである。これらの問題は、研究開始前から認識していたが、開始後、とくに学習用画像の不足は予想以上であった。

そのため、本研究では、深層学習を用い現時点で得られる比較的少数の資料で学習し、骨の部位を同定した上でどの程度の精度が見込めるかを中心として検証することとした。このような視点から、本研究で力点を置いて収集したのは、b) である。対象としたのは北海道大学総合博物館が所蔵する動物の骨格標本のうちの鳥骨である。鳥骨は多くの部位で成り立つため、画像化に際しては、遺跡から出土した資料でも分析の中心となる、肩甲骨、鳥口骨、胸骨、上腕骨、撓骨、尺骨、手根中手骨、骨盤、大腿骨、脛足根骨、足根中足骨の11部位に限定して実施した。本研究では、総計で、約730個体の標本から、約1万枚の画像データを収集した(図)。

以上の画像データの収集作業と並行しながら、深層学習による画像診断プログラムの構築を進めた。部位の同定には、深層学習のフレームワークの1つであるGoogleが開発したTensorFlowを用いて8層の2次元畳み込み層からなるニューラルネットワーク(CNN)モデルを構築した。

この画像診断プログラムには、膨大な学習データが必要となる。さらに本研究では、多くの人々が利用できることを目的としているため、同プログラムを試験的に公開し、それによって頻りに利用されることを目指すと同時に、骨格標本の画像データを不特定多数の人々からさらに収集することで追加学習を行い、同プログラムのさらなる同定精度の向上を目指すための準備も行った。

4. 研究成果

(1) 画像診断プログラムによる部位の同定

画像診断プログラムでは、収集できた鳥骨の画像とともに、『鳥の骨探』(松岡廣繁他(2009))に掲載された現生鳥骨の画像(以下、鳥探画像とする)も用いた。北海道大学総合博物館で収集できた現生の鳥骨画像は7,293枚あり、部位ごとにランダムに、学習用画像3,645枚と検証用画

像 3,648 枚に振り分け、さらに検証用画像として鳥探画像 1,171 枚を追加して利用した。これに基づく部位同定の結果、平均では 95.51% という高い正答率を示した。しかし、脛足根骨のみは 87.03% と、他の部位に比べて低い結果となった(表)。脛足根骨は、尺骨や上腕骨、手根中手骨、足根中足骨などに誤って同定されていた。誤同定の原因は、これらの部位と形状が類似しているためと考えられた。(ここで示した枚数や正答率は、公表論文(正司他 2021)での数と結果を記している。画像診断プログラムは、現在も改善中であり、本研究での最終的な画像数とは異なっている。)

(2) 画像診断プログラムのスマートフォンアプリの開発

オンラインでの画像診断プログラムの公開に先立ち、スマートフォンで撮影した骨画像の部位同定アプリを開発した。スマートフォンを用いた画像診断システムは、Web サーバ上にスマートフォンなどで撮影した画像を送信し、同定結果を端末に表示させるものである。具体的にはまず、スマートフォンで撮影した後、背景と対象部位を分離し、その画像データを Web サーバに送信する。次に、Web サーバ上で、上記のモデルを用いてその画像を同定し、同定結果をスマートフォンに送信するものである。この実現により、動物遺存体や動物の骨格標本に詳しくない人や比較のための標本がない場所でも、インターネットに接続すれば容易に部位の同定が可能となる。現段階では未公開であるが、画像診断プログラムがある程度確立できた後は、オンライン上での公開を検討している。これにより他の研究者が所有する動物骨、動物遺存体の画像診断も可能となり、一方で、画像診断で利用した画像データがさらに蓄積されることにより追加学習が可能となり、同定精度の向上も見込まれる。

(3) 課題

本研究では、現生鳥骨の 11 部位に限定した場合に高い確率で部位に関して画像診断できるプログラムを試作することができた。しかし、動物遺存体の画像診断プログラムの構築に際しては、課題が山積している。

今後は、部位同定とともに種(分類群)同定も可能とするプログラムが必要となる。また、同定できる動物種を鳥類以外にも拡大することも求められる。遺跡から出土する動物種を網羅することはすぐには難しいが、その実現のためには、今後随時画像を追加し、学習を進めていく必要がある。また、遺跡から出土する動物遺存体の多くが破損しているため、欠損部があっても同定できるプログラムを構築しなければならない。現段階での画像診断では、完形資料であることに加えて撮影する面や近位・遠位方向を固定した状態でなければ正しく診断することができず、さらに、撮影時の状況(例えば、影の入り方等)も学習に影響を与えることが分かっているため、深層学習で用いる入力データに関してもさらなる検討が必要である。

引用文献

- 正司哲朗・内山幸子・江田真毅・木山克彦 2021 「深層学習による画像診断を利用した動物遺存体の同定技術の構築に向けて」『考古学ジャーナル』760 39~41 頁
 松岡廣繁・安部みき子・タカザワカズヒト 2009 『鳥の骨探』エヌ・ティー・エス

表 骨部位の同定結果

部位	学習用画像数	検証用画像数	認識結果(%)
(a) 肩甲骨	241	241	96.27
(b) 鳥口骨	282	407	97.79
(c) 胸骨	93	133	93.23
(d) 上腕骨	443	597	97.82
(e) 橈骨	404	405	98.27
(f) 尺骨	430	562	97.33
(g) 手根中手骨	434	584	99.14
(h) 骨盤	132	216	92.59
(i) 大腿骨	445	590	96.61
(j) 脛足根骨	296	501	87.03
(k) 足根中足骨	445	583	94.51
合計	3645	4819	
平均			95.51

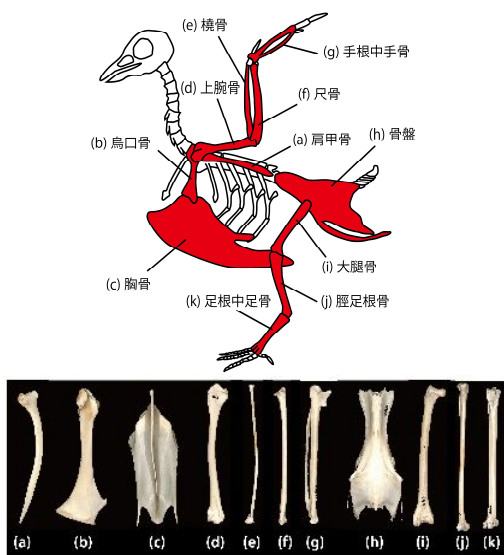


図 同定対象とした骨部位

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 正司哲朗, 内山幸子, 江田真毅, 木山克彦	4. 巻 760
2. 論文標題 深層学習による画像診断を利用した動物遺存体の同定技術の構築に向けて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 考古学ジャーナル	6. 最初と最後の頁 39-41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 正司哲朗, 木山克彦, 内山幸子, 江田真毅
2. 発表標題 深層学習を用いた鳥類の骨部位認識に関する検討
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021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	正司 哲朗 (Shoji Tetsuo) (20423048)	奈良大学・社会学部・教授 (34603)	
研究分担者	内山 幸子 (Uchiyama Sachiko) (20548739)	東海大学・国際文化学部・教授 (32644)	

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
---------	---------