

令和 3 年 5 月 21 日現在

機関番号：32701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05981

研究課題名(和文) 獣医療におけるAutopsy imaging (死亡時画像診断) 法の開発と応用

研究課題名(英文) Development and application for Autopsy imaging in veterinary medicine

研究代表者

山田 一孝 (Yamada, Kazutaka)

麻布大学・獣医学部・教授

研究者番号：80292093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：獣医療の臨床経過の中で死亡した症例、経済的価値の高い展示動物および警察からの死因鑑定依頼症例に対しAutopsy imaging (Ai)を実施した。その結果、病理解剖前にAi診断を実施することでスムーズな病理解剖の実施が可能であった。また、死因の確定診断には病理組織診断が必須であり、Aiは病理診断と相互に補完する役割であった。また、Aiは、特に骨折の診断に優位であった。骨折診断の有用性から、不審死症例の骨折を支持する画像所見を拾い上げることで、これまで見逃されてきた動物虐待を摘発できる可能性があると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

獣医師にとってAiは病理解剖よりもハードルは低い。自然には起こり得ない骨折を支持するAi所見を抑えておけば、病理解剖ができなくても虐待を裏付ける証拠を残すことができる。動物虐待を警察にフィードバックすることで、その先に発展する可能性のある犯罪(例えば、児童虐待)を未然に防ぐことができるかもしれない。動物のAiを通じて健全な社会に側面から貢献する役割を担いたい。

研究成果の概要(英文)：Autopsy imaging (Ai) was performed on dead animals, including cases of veterinary clinical courses, economically valuable zoo animals, and forensic police cases. The results obtained on Ai facilitated the dissection workflow. Because it is necessary to perform pathological examination for definitive diagnosis, Ai and pathological examination are complementary processes in determining the cause of death. Moreover, Ai is particularly useful for detecting fractures. Hence, by detecting fractures in forensic cases, it is possible to identify the incidence of animal abuse, which had been overlooked thus far.

研究分野：臨床獣医学

キーワード：Ai 死亡時画像診断 ウシ イヌ ネコ 骨折 法獣医学

1. 研究開始当初の背景

Autopsy imaging (Ai)とは、患者の死亡後に画像診断検査を行い、死因の解明に役立つ方法である。ヒトの法医学領域では、Ai が積極的に導入されている。一方で、獣医療では死因の究明は病理解剖のみに委ねられていた。獣医療においても Ai を実施し、病理解剖と組み合わせることで、死因の診断精度は確実に上がるはずである。

獣医師が死因を究明したい場合でも、動物の体にメスを入れる病理解剖は飼い主の心の抵抗が大きい。まして病理解剖を行ったにもかかわらず死亡原因がわからなかった時の飼い主の落胆は筆舌に尽くしがたい。しかし、体を損傷しない Ai であれば、飼い主に受け入れられるかもしれない。また、Ai で病理解剖の必要性が高いと判断された場合に、飼い主に Ai の必要性を説明できれば、飼い主も病理解剖に理解を示すのではないか。つまり、Ai は病理解剖を補完するだけでなく、積極的に病理解剖を行う判断材料にもなる。また、Ai と病理解剖の両方で死因が不明だった場合、病理解剖だけの死因不明とは意味合いが異なり、「異常なし所見」の精度も上がる。信頼性の高い Ai 診断が確立されれば、獣医学の発展にもつながる。

近年、動物の死因究明について、状況が変わりつつある。放牧中のサラブレッド育成馬をハンターが鹿と間違えて撃ち殺してしまったという痛ましい事件があった。一方で、誤射したとみせかけて、実は保険金が目的だったという事件もあった。犯罪に巻き込まれる動物が存在し、その死因が不明であれば、死因を究明する役割の出番である。道路でゴミ袋をつつくカラスは、住民にとっては害鳥である。しかし、そのカラスを殺してしまうと鳥獣保護法で罰せられる。一度に大量のカラスが死んでいれば不審死を疑うが、これが自然死なのか、不審死なのかの検証には死因の究明が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、Ai 所見と病理検査所見の統合により、信頼性の高い Ai 診断法を確立することを目的として、以下の項目について検討を行った。

- (1) 獣医療の臨床経過の中で死亡した症例
- (2) 経済的価値の高い展示動物
- (3) 警察からの死因鑑定依頼症例

3. 研究の方法

麻布大学附属動物病院で死亡した症例および警察から死因鑑定を依頼された伴侶動物 (40 例)、麻布大学産業動物臨床教育センターで死亡し病理解剖を実施する前に CT 検査が実施できた産業動物 (7 件) に対して、以下の手順で Ai 診断を実施し、症例を蓄積した。

- (1) 死亡症例の外観観察を行い、外傷の有無を確認した。
- (2) X線撮影装置でX線撮影を行い、スクリーニング診断を行った。
- (3) CT装置を用いてCT撮影を行い、詳細な診断を行った。
- (4) 骨折の症例については、画像処理ワークステーションを用いて三次元像を作成した。
- (5) 病理解剖および組織学的検索を実施し、Ai 所見を裏付けた。
- (6) Ai 所見と病理検査を統合し、それぞれの検査の死因究明への役割を検証した。

また、水族館で死亡したキングペンギンに対して Ai 診断および病理解剖、真菌培養、PCR 検査を行い、死因を究明した。

4. 研究成果

代表的な死亡症例を以下に示す。

- (1) 獣医療の臨床経過の中で死亡した症例

①伴侶動物 (図 1, 発表論文 1 番)

動物病院に入院中の 6 才の猫が、早朝ケージ内で死後硬直の状態で見つかった。この症例は、3 日前に一過性の虚脱を示し、心エコー検査により肥大型心筋症と診断されていた。臨床経過から、肥大型心筋症による血栓症が死因と考えられた。Ai-CT では、胃内に大量の食塊があり、前夜の給餌後に急死したと推定された。また、左腎周囲に出血が確認された。病理解剖では、後腹

膜腔出血と大動脈血栓が確認されたが、塞栓は認められなかった。そのため、直接的な死因は、肥大型心筋症による血栓塞栓症ではなく、抗血小板薬による後腹膜腔出血の失血死と判断した。予め Ai-CT で後腹膜腔の出血を把握していたことでスムーズな病理解剖が実施できた。

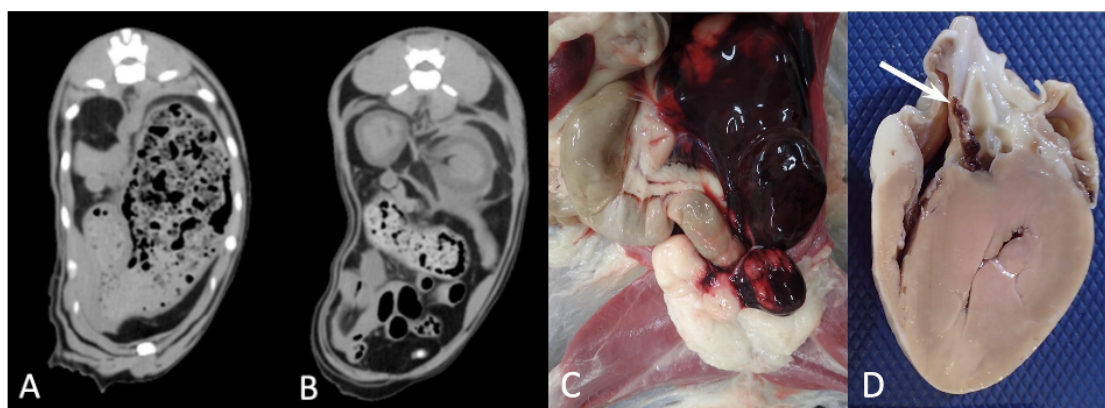


図1 Ai-CTおよび病理解剖写真

胃内に大量の食塊が確認されたことから、給餌後に急死したと推定された (A)。Ai-CTで腎周囲に出血所見があり (B)、病理解剖で後腹膜腔の血腫が確認された (C)。大動脈血栓が認められたが、塞栓症は確認されなかった (D, 矢印)

②産業動物 (図 2, 3, 発表論文 2 番)

生後から呼吸器症状を示していた 1 ヶ月例の交雑種子牛が予後不良と判断され、安楽死が選択された。この症例は CT のガントリーに入る大きさであったため、Ai-CT を実施した。Ai-CT では、肋骨骨折と、骨折した肋骨の変位による気管狭窄が確認された。この症例は、肋骨骨折の治癒の違いから、異なる時期に外部からの強い衝撃が加わっていたと考えられた。

牛は産業動物であるが故、生産者が家畜を虐待するとは考えられない。古い骨折は分娩介助時に生じたもので、新しい骨折は床で滑って転倒したと考えられ、いずれも不適切な飼養管理が原因と考えられた。生産者に解剖の写真を見せることは躊躇されるが、Ai-CT であれば飼養管理の指導に際する説明に利用できる。

骨性仮骨している骨折部は病理解剖で探し出すことができるが、微細な骨折を解剖で見つけることは困難である。Ai-CT は微細な骨折の診断に、特に優位であった。

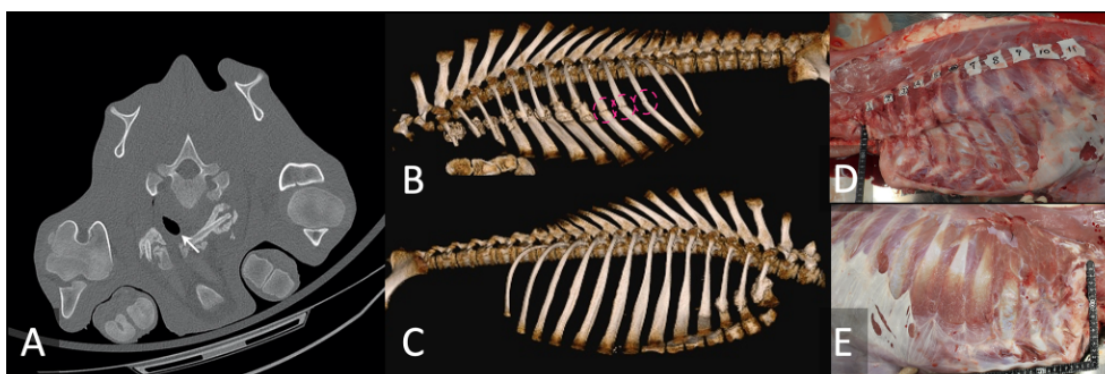


図2 Ai-CTおよび病理解剖写真

骨折した肋骨が変位し、気管を狭窄していた (A, 矢印)。三次元像では肋骨骨折が認められ、頭側の骨折が古い病変であるのに対し、尾側は新しい骨折 (丸棒) であった (B, C)。病理解剖で左右の骨折が確認された (D, E)。

顔面の腫脹を示していた 3 才の黒毛和種牛が、採食困難のため予後不良と判断され、安楽死が選択された。この牛の体重は 179kg で、CT のガントリーに入らない大きさであったため、頭部のみ Ai-CT を実施した。Ai-CT では、左下顎骨に顕著な骨増生と内部に骨様高吸収域を示す腫瘤が観察され、放線菌症が診断リストに挙げられた。しかし、病理組織診断では、腫瘤はエナメル芽腫であった。最終診断には病理組織診断が必須であり、Ai と病理検査は相互に補完する役割と考えられた。

Ai-CT から作成した三次元像では、骨増生の立体的な観察が可能であった。この Ai-CT データ

を 1/4 スケールで 3D プリントしたところ、骨増生の状態を実際に手に取って観察することが可能であった。現在は 3D プリンタへのアクセスと時間の制約があるものの、3D プリンタで出力した標本は手に取って観察することができ、学生のハンズオントレーニングにも有用であった。

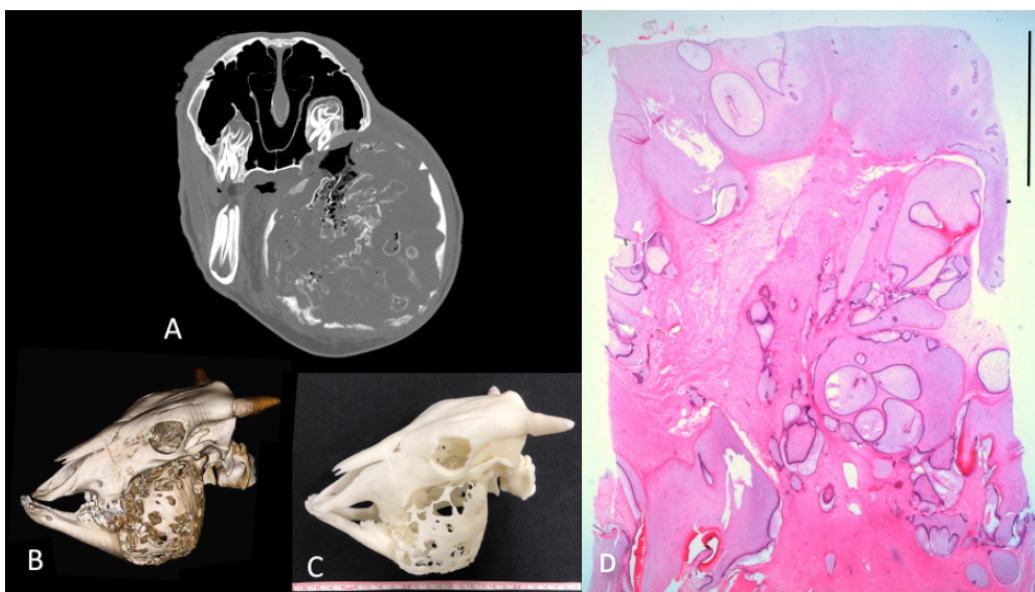


図3 Ai-CT, 3Dプリント標本および病理組織写真
左下顎骨に顕著な骨増生と内部に骨様の高吸収域を示す腫瘍が認められた (A) . 三次元像では、骨増生の立体的な観察が可能であった (B) . Ai-CTデータを1/4スケール3Dプリンタで出力した標本は、手にとって骨増生の様子を観察することができた (C) . 病理組織診断は、エナメル芽腫であった (D) .

(2) 経済的価値の高い展示動物 (図 4, 発表論文 3 番)

水族館や動物園で展示されている動物は、経済的価値の高い動物である。水族館で死亡したキングペンギンに Ai-CT を実施した。Ai-CT では、気嚢の縮小、肺の浸潤像、気嚢内結節および気嚢膜の肥厚が観察された。これらの所見から呼吸器疾患が疑われ、ペンギンが罹患することの多いアスペルギルス症が、診断リストに挙げた。真菌培養によりアスペルギルス真菌の特徴である分生子頭が観察された。PCR 検査により、*Aspergillus fumigatus* と塩基配列が一致し、この症例の死因は、アスペルギルス症と確定診断された。また、Ai-CT 所見から、解剖前に病理解剖担当者にバイオハザードの注意を与えることができた。

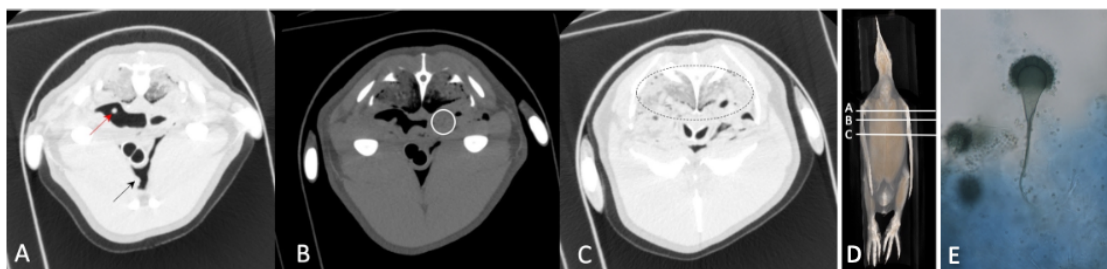


図4 Ai-CTおよび真菌培養写真
気嚢膜の肥厚 (A, 赤矢印)、気嚢内の結節 (A, 黒矢印)、膿を示唆する液体貯留 (B, 白丸)、肺の浸潤像 (C, 黒点線) が観察された。A, B, Cの横断部位をDに示す。真菌培養の結果アスペルギルス真菌に特徴的な分生子頭が観察された (E) . PCR検査により*Aspergillus fumigatus*と塩基配列が一致し、この症例は、アスペルギルス症と確定診断された。

(3) 警察からの死因鑑定依頼症例

警察からの死因鑑定依頼症例では、頭蓋骨陥没骨折や頭部が切断されている症例に遭遇した。これらは、動物虐待を強く支持する症例であった。

警察から動物病院に持ち込まれるまでに時間が経過し、腐敗が進行していた症例であっても Ai-CT で骨折の診断は容易であった。Ai は骨折の有無の診断に、特に有用であると考えられた。一方で、異状死を疑う画像所見が得られない症例も多く、死因究明の精度を上げるためには、更なる症例の蓄積が必要である。捜査中の症例については、捜査の終了後に発表予定である。

(4) Ai 診断の有用性

症例の蓄積を通じて、以下の知見を得た。

- ① 病理解剖前に Ai 診断を実施することでスムーズな病理解剖の実施が可能であった。
- ② 死因の確定診断には病理組織診断が必須であり、Ai は病理診断と相互に補完する役割であると考えられた。
- ③ Ai は、特に骨折の診断に優位であった。
- ④ 三次元像は、クライアントに対する説明に有用であった。
- ⑤ 3D プリンタで出力した標本は、学生のハンズオントレーニングにも有用であった。
- ⑥ 病理学的検査で裏付けのとれた Ai 所見は教材としての価値があった。
- ⑦ 病理解剖担当者にバイオハザードの注意を促すことができた。

一方で、CT のガントリーに入る大きさには制限があり、牛の場合は体重 100kg が Ai-CT 検査適用の上限であった。

(5) 今後の展望

動物虐待の摘発件数は増加している。これは、法改正により、獣医師は虐待症例に遭遇した際に通報する義務が生じたためである。もちろん飼い主が「動物を虐待しました」と言うことはなく、飼い主さんに向かって「虐待しましたか？」と聞く獣医師もいない。獣医師は疑わしい所見があっても、本当に動物虐待があったのか、確証がもてない。確たる証拠もなく警察に通報することは、大切な顧客である飼い主を失うことにつながる懸念が、頭の痛いところである。

児童虐待の相談件数は年々増加している。2019 年度は 16 万件で過去最多であった。これは厚生労働省が「児童相談所虐待対応ダイヤル」を整えた結果で、それでも数字は氷山の一角と考えられている。実は、動物虐待が発生する家庭には、児童虐待やドメスティックバイオレンスが発生しやすいことがわかっている。また、動物を虐待する子どもは、犯罪をも起こす確率が高い(三島亜紀子. 児童虐待と動物虐待. 2005 年). 宮崎勤は動物虐待の悪癖があり、動物虐待と犯罪の連鎖を社会に示した(1989 年). 神戸連続児童殺傷事件(1997 年)では、動物虐待を繰り返していた少年を動物虐待の段階で保護していれば、残忍な事件は起きなかったかもしれない。1999 年の動物愛護管理法改正は、神戸連続児童殺傷事件がきっかけであった。最近では、茨城一家殺傷事件の容疑者は、動物虐待のトラブルがあったことが報道されている。つまり、動物虐待は犯罪を連鎖するのである。これまで人の犯罪から動物虐待の前歴が明らかになることはあったが、動物虐待から人の犯罪に結びついたことはなかった。

警察からの不審死動物の死因鑑定を依頼された症例について、病理解剖前の CT 検査で、頭蓋骨の骨折を診断することが可能であった。獣医師にとって Ai は病理解剖よりもハードルは低い。自然には起こり得ない骨折を支持する画像所見を抑えておけば、病理解剖ができなくても虐待を裏付ける証拠を残すことができる。つまり、Ai を利用することで、これまで見逃されてきた動物虐待を摘発できる可能性がある。動物虐待が発生する家庭は、児童虐待やドメスティックバイオレンスが発生しやすいことがわかっている。動物虐待を警察にフィードバックすることで、児童虐待やドメスティックバイオレンスを未然に防ぐことができるかもしれない。臨床獣医師の役割は、伴侶動物の飼育を通じた飼い主への幸福を提供することである。これに加えて、動物の Ai を通じて健全な社会に側面から貢献する役割を担いたい。

(5) 結論

本研究では Ai は死因の究明に有用であることが明らかとなった。また、単に死因の究明のみならず、クライアントへの説明や獣医学教育の教材としての利用に有用であった。さらに、動物虐待摘発の可能性が見いだせた。今後、動物虐待の摘発を目的とした獣医療 Ai 検査体制の整備が喫緊の課題である。

(6) 発表論文

1. 山田一孝. 獣医療における Ai の現状と将来. RadFan 19, 49-52, 2021.
2. Kazutaka YAMADA, Taiki YOKOYAMA, Naoyuki AIHARA, Yumi UNE, Reiichiro SATO. Role of autopsy imaging -computed tomography in the post-mortem study of farm animals. Veterinary Record Open 8, 2021. (doi: 10.1002/vro2.1)
3. Kazutaka YAMADA, Takahito TOYOTOME, Naoya MATSUMOTO, Megumi ITOH. Autopsy imaging for aspergillosis in King Penguin, an economically valuable zoo animal. Journal of Veterinary Medical Science 82, 373-375, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kazutaka Yamada, Takahiro Toyotome, Naoya Matsumoto, Megumi Ito	4. 巻 82
2. 論文標題 Autopsy imaging for aspergillosis in King Penguin, an economically valuable zoo animal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Veterinary Medical Science	6. 最初と最後の頁 373-375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1292/jvms.19-0431	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamada Kazutaka, Yokoyama Taiki, Aihara Naoyuki, Une Yumi, Sato Reiichiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Role of autopsy imaging computed tomography in the post mortem study of farm animals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Veterinary Record Open	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/vro2.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山田一孝	4. 巻 19
2. 論文標題 獣医療におけるAiの現状と将来	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 49-52
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3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山田一孝
2. 発表標題 獣医療における死亡時画像診断 (Ai; Autopsy imaging) に関する研究
3. 学会等名 アイソトープ・放射線研究発表会プログラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山田洋子, 瀬川和仁, 伊藤哲郎, 佐藤礼一郎, 石原章和, 金井詠一, 佐藤加奈子, 斑目広郎, 山田一孝
2. 発表標題 獣医臨床におけるAiの試み
3. 学会等名 第16回オートプシー・イメージング学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山田洋子, 瀬川和仁, 伊藤哲郎, 佐藤礼一郎, 石原章和, 金井詠一, 佐藤加奈子, 斑目広郎, 山田一孝
2. 発表標題 死因究明における死亡時画像診断 (Ai) の初期経験
3. 学会等名 第161回日本獣医学会
4. 発表年 2018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	斑目 広郎 (Madarame Hiroo) (20173768)	麻布大学・大学病院・教授 (32701)	
研究分担者	金井 詠一 (Kanai Eiichi) (20632219)	麻布大学・獣医学部・講師 (32701)	

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