

鳥類における叉骨－胸骨間の形態比較

有川慶彦*

はじめに

叉骨(furcula)は、鳥類における胸部骨格を構成する骨の一つであり、現在では鳥類のみに存在が確認される骨である。左右に一对存在する鎖骨(clavicle)が中央で癒合し、一本の骨となったものとされている(Gill,2007)。

多くの鳥類においてU字型ないしはY字型を成し、鳥類の運動行動との機能的関係が報告されている。Kenneth(1988)は、風洞内を飛ぶヨーロッパムクドリの高速X線画像を撮影した結果、叉骨が翼の上下運動に連動し、バネのように変形していることを発見し、飛行中の叉骨の運動と胸郭の運動の生理的な関連性を示唆した。詳しい運動との関連性は不明であるが、骨自体が変形するという点において、叉骨の機能は特異なものといえる。

筆者は、鳥類の胸部骨格標本を観察していた際、叉骨と胸骨が癒合しているもの、癒合はしていないが関節しているもの、独立しているものなど、叉骨－胸骨間の形態に差異があることに気が付いた。

先行研究において叉骨－胸骨間の形態に言及した報告には次のようなものがあった。

Fish(1993)の報告では、「叉骨の弾性を調べる実験の際、叉骨と胸骨の間の靭帯を切除した」との記述が見られた。Jones(1855)には以下のような記述が見られた。

「叉骨は2本の繋がった叉骨によって構成され、mesial line(胸骨稜だと思われる)で固定され、また、肩関節(烏口骨との関節)で強く固定されており、胸部全体の安定性を向上させている」

Fig1が論文掲載の図であるが、胸骨の竜骨突起と叉骨との間に、靭帯らしきものが描かれていることが確認できる。

Walter J. Bock(2013)の発表では、この靭帯について、これはコラーゲン質の物質であり、叉骨を胸骨と固定することで、叉骨の位置を定めていると報告している。

上記の通り、いくつかの研究で、叉骨－胸骨間の靭帯に関する記述は見られたものの、その靭帯に関する詳解記載・機能に関する報告は為されていない。また、種による叉骨－胸骨間の形態の比較、運動との関連性についても注目されたことはなかった。

本研究では、叉骨－胸骨間の形態について、種間比較を行った。本来であれば実施予定であった実験観察の多くが、新型コロナウイルス感染症の影響により、未実施の状態である。従って、現段階で研究は未完成であり、そのため、経過報告という形式で今回発表を行う。

*本研究では、「叉骨」や「胸骨」など、1つの種類に着目する場合、「骨 (bone)」という用語を用い、「叉骨・胸骨・烏口骨」といったように、関節ないしは癒合した骨をひとつの固まりとして捉える際、「骨格(skeleton)」という用語を用いることにする。

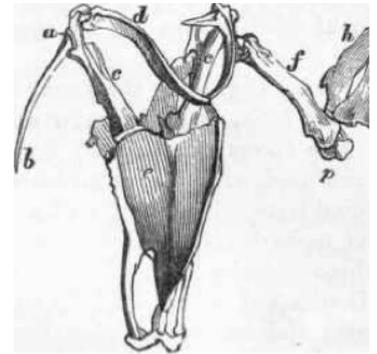


Fig1) 鳥の1種の胸部骨格の模式図 (Jones, 1855)

鳥類の胸部形態

鳥類の胸部形態について概略する。鳥類の胸部骨格を構成するのは以下の3つの骨である

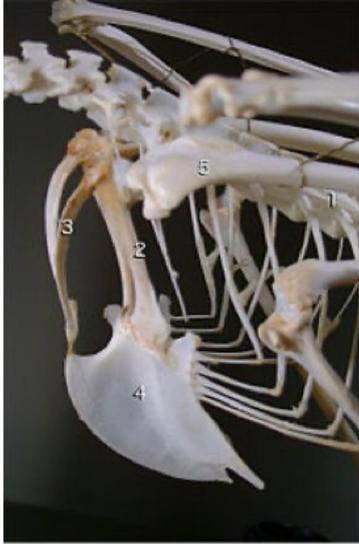


Fig 2) ゴイサギの胸部骨格

1.肩甲骨 2.烏口骨 3.叉骨
4.胸骨 5.上腕骨

- ・ 烏口骨(coracoid)
左右でそれぞれ胸骨に
関節する一対の骨で、胸郭
の支柱となる
- ・ 叉骨(furcula)
左右2本の烏口骨と関節
する
- ・ 胸骨(sternum)
鳥類の骨格の大部分を占
める骨で、
大胸筋(pectoralis)
小胸筋(supracoracoides)
の起点となる。前方に竜
骨突起(keel)が突出する

方法

本研究では、2通りの観察を行った。

初めに、骨格標本及びCTスキャン画像を観察し、
又骨-胸骨間の形態を判別し、リストを作成した。
データベースは山階鳥類研究所によるもの(<https://decochan.net>)を用いた。リストの作成にはMicrosoft
Excel®を用いた。リストの作成により、又骨-胸骨間
の形態差の実態、種・運動様式による又骨-胸骨間の
形態の傾向を考察することを目的とした。

次に、鳥類遺体を用い、解剖による又骨-胸骨間の
形態を観察した。羽毛が除去された状態で購入した
ニワトリを、肛門から胸骨下端まで切れ込みを入れ、
70%エタノールで48時間以上固定し、メス・解剖ば
さみ・ピンセットを用いて解剖観察を行った。又骨-
胸骨間の筋肉・筋膜・腱の付着状況の確認を目的とし
た。

結果

先ず、骨格標本及びCTスキャン画像の観察結果
であるが、総計で261種、393個体のデータが集ま

った。

リストの作成により、又骨-胸骨間の形態の型に
ついて、以下の図が示すように、3つのグループに大
別することができた。

- ◎独立型：又骨-胸骨間の繋がりが全くない
- ◎癒合型：胸骨と又骨が一体化し、又骨-胸骨間の
境界がない
- ◎関節型：又骨が胸骨の竜骨突起ないしは胸骨の
内側と関節面を持ち、1連の骨格を成す

Fig3)
独立型



Fig4)
癒合型



Fig5)
関節型



図はいずれも
Microsoft PowerPoint®
による作成

リストの作成に当たり、

- ◎独立型：橙色
- ◎癒合型：赤色
- ◎関節型：オレンジ色
- ◎不明種：塗りつぶしなし

のように骨格標本またはCTスキャン画像のいずれ
かに含まれる又骨-胸骨間の形態に従ってセルの塗
りつぶしを行い、科に従って並べ替えを行った。また、

叉骨の形態について、内側湾曲(叉骨が内部方向に湾曲しているもの)、突起の存在についても記載した。容量制限の都合上、全データの掲載は割愛するが、データのリンクを掲載するので参照されたい。

<https://1drv.ms/w/s!AhO3whJssYHPgw9Dh3cNqsPdb4T3>

集計したデータに関する所見は以下の通り。

・叉骨－胸骨間の形態は、種によって明確な差異が確認された

・形態と種類を分類すると

◎独立型：アトリ科・ホオジロ科・タカ科・ヒタキ科

◎癒合型：グンカンドリ科・ツル科・ハシビロコウ科
ペリカン科

◎関節型：サギ科・カツオドリ科・ウ科

のように大別することができた

・アトリ科、ヒタキ科、キジ科、ヒヨドリ科の大部分の種において、叉骨に突起が確認できた

・同種であっても、個体によって叉骨－胸骨間の形態が異なる場合があった

*今回観察した骨格標本・CT スキャン画像について、

・組み立てた骨格が、自然時の状態と完全に一致していない場合

・骨が発達段階である場合

・標本化の過程で叉骨、胸骨が変形した場合

が考えられるため、上記のリストは、明確な分類によるものだとは言い切ることができないと考えられる。

次に、解剖観察の結果である。ニワトリの左右大胸筋・小胸筋を切除し、叉骨－胸骨間の形態を観察した。叉骨は、胸骨との骨による癒合・関節はなかった。胸骨陵から伸びた白く細い筋状のものが、叉骨に繋がっていたが、腱や靭帯による固定化は見られなかった。また、叉骨は、左右の筋膜で挟まれるようにして筋肉中に存在していた。

考察・今後の展望

骨格標本及び CT スキャン画像の観察について、以下の様に考察した。

・叉骨－胸骨間の形態は、種によって大別が可能で、これには運動との相関関係が考えられる

・叉骨－胸骨間の形態が癒合型であった種：グンカンドリ科・ツル科・ペリカン科に関しては、鳥類の中でも体重・体長が大きいという特徴がある。叉骨と胸骨が癒合することにより叉骨の安定性が増大し、飛翔に何らかの影響を及ぼしていると考えられる

・同種内の鳥類において、叉骨－胸骨間の形態に差異が確認できた種があり、個体差・齢変異の発生が考えられる。今後の展望としては、

・叉骨－胸骨間の形態を、運動様式・体重などの枠組みで分類し、傾向を考察する

・博物館の収蔵庫で実物を確認する

・標本リスト掲載種の拡充

・叉骨を“ばね”と捉え、ばね定数を算出し、叉骨の強度を定量化、叉骨－胸骨間の形態との相関を調べる

・鳥類の系統樹に叉骨－胸骨間の形態をプロットし、系統による差異を確かめる

・今回作成したリストには、性別の項目を入れなかった。性変異も確かめるため、リストの項目に入れる等の調査を計画している。

謝辞

本研究において、研究方針や方法について指導してくださった、指導教官である東邦大学理学部講師の土岐田昌和先生、適切なアドバイスをいただき、また計測作業の機会を設けて下さった千葉県立中央博物館研究員の下稲葉さやか先生、学校での解剖観察の指導、また、様々な相談に乗って下さった千葉県立千葉高等学校教諭有馬啓晃先生に厚く御礼申し上げます。なお、本研究は公益財団法人日本科学協会主催サイエンスメンター制度の助成を受けて行った。多大なる援助に感謝する。

参考文献

- ・Kenneth P.(1988).*A Cineradiographic Analysis of Bird Flight*
- ・Bock.W.J(2013). *The furcula and the Evolution of avian flight*
- ・Jones.T.R(1855). *General Outline of the Organisation of the Animal Kingdom*
- ・Fish.F.E(1993).*Bone as a spring*
- ・Close.A.R(2012).*Functional morphometric analysis of the furcula in mesozoic birds*
- ・Hui.A.C(2002).*Avian furcula may indicate relationships of flight requirements among birds* ほか