

アカボウクジラ科鯨類の脊椎骨における形態学的研究

2008年3月 海洋生命環境学分野 66733 召田圭子

指導教員 宮崎信之教授

キーワード ; アカボウクジラ科、肋骨突起、棘突起、うねり型

I. 研究背景・目的

アカボウクジラ科鯨類 (Family: Ziphiidae) は世界中の海に広く分布するハクジラ亜目に属する種類である。脊椎骨の形は遺伝、発生的要因のほか物理的要因によって決定すると考えられ、アカボウクジラ科鯨類の脊椎骨は次の特徴をもっていることが知られている。

1. 比較的長い椎体を有する、2. 棘突起が頸椎から尾椎を通して全て後方に傾斜する、3. 乳頭突起が頸椎から尾椎を通して全て棘突起の下方(椎弓)に位置する。これらの特徴において種類ごとに脊椎骨の形態に異なる変化が認められることから、本研究では、種内および種間における形態差を比較検討し、脊椎骨の形態と泳法および系統進化の関連性について考察することを目的とした。計測部位による定量的比較を行うと同時に、種に特異性が認められた形態について定質的比較を行い、形態学的手法により種の分類を行う上で指標としての有効性についても考察を行った。

II. 材料・方法

1. 材料

アカボウクジラ科 21 種の内、本研究に用いた種の標本は以下の通りである。ツチクジラ (*Berardius bairdii*), キタトックリクジラ (*Hyperoodon ampullatus*), タイヘイヨウアカボウモドキ (*Indopacetus pacificus*), タスマニアクジラ (*Tasmacetus shepherdi*), ヨーロッパオウギハクジラ (*Mesoplodon bidens*), タイヘイヨウオウギハクジラ (*Mesoplodon bowdoini*), ハップスオウギハクジラ (*Mesoplodon carlhubbsi*), コブハクジラ (*Mesoplodon densirostris*), ヒガシアメリカオウギハクジラ (*Mesoplodon europaeus*), ミナミオウギハクジラ (*Mesoplodon grayi*), イチョウハクジラ (*Mesoplodon ginkgodens*), アカボウモドキ (*Mesoplodon mirus*), ペリンオウギハクジラ (*Mesoplodon perrini*), ピグミーオウギハクジラ (*Mesoplodon peruvianus*), オウギハクジラ (*Mesoplodon stejnegeri*), アカボウクジラ (*Ziphius cavirostris*)。

2. 方法

アメリカ自然史博物館、スミソニアン自然史博物館、スコットランド国立博物館、国立科学博物館、かごしま水族館に保管されている上記 6 属 17 種 128 個体の脊椎骨の形態について、ノギスで実測すると同時にデジタル画像を用いて計測した。胸椎の *diaphragmatic vertebra* を境に脊椎骨の可動域が大きく変化する為、胸椎前半、胸椎後半、腰椎、尾椎にそれぞれ分けて比較を行った。解析は因子分析他を用い、データは種内比較には実測値を使用し、種間比較には絶対的な大きさの影響を除く為、に個体ごとに幾何平均で標準化し、さらに同一種の同一脊椎骨における平均値を使用した。また種間の比較を行うに当たっては成熟個体のデータのみを用いた。

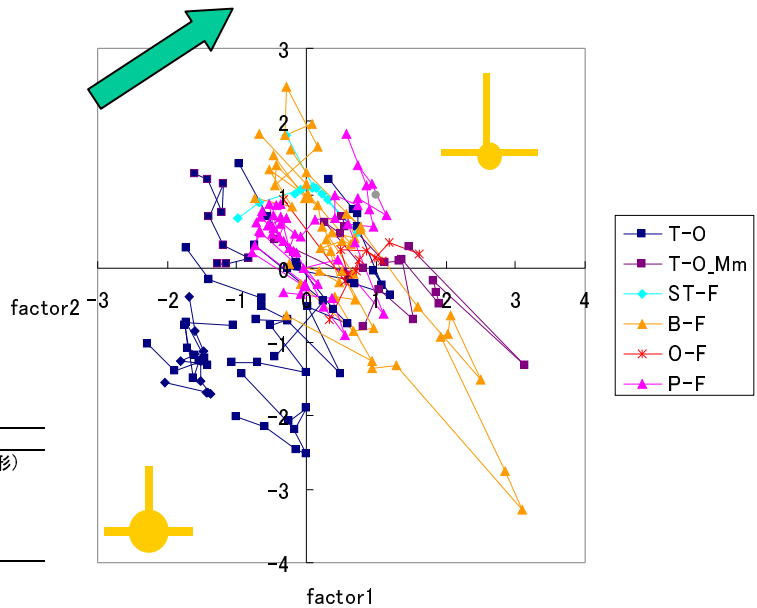
III. 結果・考察

アカボウクジラ科鯨の泳法は **undulation** タイプ（うねり型）に属しており、種間比較において腰椎は、**spool** 型と **cylinder** 型に分類された。**cylinder** 型は **spool** 型に比較して棘突起、肋骨突起、椎体長が長く、背筋の付着面を増大できるだけでなく、筋肉のこの作用も大きくなることから、同じ運動量の場合、**cylinder** 型のほうがより効率よく推進力を生み出すことが出来ると推測した。また **cylinder** 型に属する種類は、胸椎前部において棘突起、椎体長、椎体幅が大きく、肋骨が椎体と関節する位置がより低いことから、胸椎前部においても背筋の付着面が **spool** 型に属する種類に比較して大きく、可動性が小さいことを示唆している。以上より、同じ **undulation** タイプの泳法において、体幹前部をより強固に保ち体幹後半の推進力を効率よく伝える **cylinder** 型と、体幹前半の可動性も活かし全身をうねらせて泳ぐ **spool** 型の 2 つのタイプが存在していることが示唆された。

歯の形態と腰椎の形態を合わせて検討した結果、より派生が進んだ種ほど **spool** 型から **cylinder** 型へ移行する大きな傾向が示された（図 1）。*Tasmacetus shepherdi* などの祖先型がより **cylinder** 型の傾向を示すなど、進化系統と合致しない点が認められたが、その理由として、脊椎骨の形は遺伝的要因のほか運動など物理的要因が大きく影響を与えることが考えられる。特に完全な水生生活に適応した鯨類の脊椎骨においては後者の影響が脊椎骨の形の決定要因として大きく働くことが示唆された。

今回の計測の結果、後関節突起の分類指標としての有効性に可能性が認められた。*Ziphius cavirostris* は第 3～6 胸椎以降後関節突起が未発達または欠如するのに対し、*Mesoplodon* では第 2～5 尾椎まで発達する。この方法は、DNA など組織標本がない個体の分類に有効であり、しかも亜成体や不完全な標本にも適用できることから、今後形態学的手法によって種の分類を行うに当たって、頭骨と合わせて広く用いられることが期待される。

	factor	factor2
CW	0.08296	-0.75628
CH	-0.04525	-0.97571
GL	0.73724	-0.26817
ML	0.92028	0.25370
MD	-0.16977	-0.91174
TL	0.91858	0.17385
F-CP	-0.95086	0.09313
CPL	0.53604	0.48338
NPW	0.79441	0.13455
説明済	4.09453	2.78217
寄与率	0.45495	0.30913



表記	歯の位置	歯の形
T-O	下顎先端	紡錘型（断面が楕円形）
ST-F		扇型（平ら）
B-F	先端と下顎癒合面の前縁の間	扇型（平ら）
O-F	下顎癒合面を覆う	扇型（平ら）
P-F	下顎癒合面より後方	扇型（平ら）

図 1 脊椎骨の形の違いと系統進化の関係

より派生が進んだ種ほど脊椎骨の形が **cylinder** 型（矢印方向）に属する傾向を示す

Morphology of postcranial vertebrae in beaked whales (Family: Ziphiidae)

Mar. 2008, Marine life science and Environment. 66733 Keiko Meshida

Supervisor: Professor Nobuyuki Miyazaki

Keywords: Beaked whales, costal process, neural spine, undulatory

I Introduction

Beaked whales are one of the many Odontoceti species that are distributed around the world. Vertebral shape is determined by genetic and phylogenetic factors as well as physical factors. It is known that the vertebrae in beaked whales have the following characteristics: 1. relatively longer centrum length, 2. posteriorly inclined neural spines, and 3. lower positioned metapophysis from the cervical to the caudal vertebrae. As morphological differences in their vertebrae are recognized among species, this study is aimed to demonstrate the morphological differences among inter and intra species in conjunction with their swimming styles and phylogeny. In addition to numeric analysis, comparison of the morphological characteristics was done so as to confirm potential landmarks in determining the species by morphological approaches.

II Materials and methods

1. Specimens

The species used in this study are as follows: Baird's beaked whale (*Berardius bairdii*), Northern bottlenose whale (*Hyperoodon ampullatus*), Longman's Beaked Whale (*Indopacetus pacificus*), Shepherd's Beaked Whale (*Tasmacetus shepherdi*), Sowerby's Beaked Whale (*Mesoplodon bidens*), Andrew's Beaked Whale (*Mesoplodon bowdoini*), Hubbs' Beaked Whale (*Mesoplodon carlhubbsi*), Blainville's Beaked Whale (*Mesoplodon densirostris*), Gervais' Beaked Whale (*Mesoplodon europaeus*), Gray's Beaked Whale (*Mesoplodon grayi*), Ginkgo-toothed Beaked Whale (*Mesoplodon ginkgodens*), True's Beaked Whale (*Mesoplodon mirus*), Perrin's Beaked Whale (*Mesoplodon perrini*), Pygmy Beaked Whale (*Mesoplodon peruvianus*), Stejneger's Beaked Whale (*Mesoplodon stejnegeri*), and Cuvier's Beaked Whale (*Ziphius cavirostris*).

2. Methods

Vertebrae of 128 individuals of 6 genera in 17 species were measured by caliper and digital images in the following institutions: American Museum of Natural History, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, National Museum of Scotland, National Science Museum, and the Kagoshima City Aquarium. The data compared were the anterior and posterior thoracic, lumbar and caudal vertebrae as the flexibility is changed at the diaphragmatic vertebra. The factor analysis was used in the study. In the intra species comparison, the raw data was used, while in the inter species, the data was standardized by geometric means so as to eliminate the absolute size effect. The data of mature individuals was used only in the inter species comparison.

III Results and discussion

The swimming of beaked whales is categorized as undulatory style. In the inter species analysis,

their lumbar were categorized into the spool and the cylinder shape. When compared to the spool shape, the cylinder shape has a larger neural spine, costal process and centrum length which is capable of accommodating more muscles as well as strengthening their lever arm effects. Given the same power, the cylinder shape was assumed to produce more propulsive power. In the anterior thoracic, comparinh to the spool shape, the species of cylinder shape has a larger neural spine, centrum length and neural spine width with lower positioned articular rib facets, which indicates that they are capable of having larger muscles and less flexibility in the anterior thoracic. Hence it was indicated there are two shapes in the undulatory style: cylinder shape with a rigid thoracic that would utilize the propulsive power produced in the posterior trunk, and the spool shape, with a more flexible anterior thoracic that would undulate the whole body.

When comparing the shapes and the positions of the teeth with their lumbar vertebrae, as the species derived, their vertebrae became the cylinder from the spool shape (Fig.1). Some primitive species, such as *Tasmacetus shepherdi*, showed a cylinder shape, which does not correspond to the phylogeny of the Family. Vertebral shape is determined by both genetic and physical factors, which is assumed to be one of the reasons for not corresponding to their phylogeny. As marine mammals are adapted to aquatic life, the latter factor is assumed to have a large impact in determining the vertebral shape.

This study showed that the post-zygapophysis has the potential of being a landmark used to identify the species. *Ziphius cavirostris* has less developed post-zygapophysis posterior to 3d to 6th thoracic, while *Mesoplodon* develop post-zygapophysis until 2d to 5th caudal vertebra. As this method is applicable to the specimens without soft tissue samples such as DNA as well as to the immature and incomplete specimens, it is speculated to be used with skulls in identifying the species by morphological approaches.

	factor	factor2
CW	0.08296	-0.75628
CH	-0.04525	-0.97571
CL	0.73724	-0.26817
ML	0.92028	0.25370
MD	-0.16977	-0.91174
TL	0.91858	0.17385
F-CP	-0.95086	0.09313
CPL	0.53604	0.48338
NPW	0.79441	0.13455
説明済	4.09453	2.78217
寄与率	0.45495	0.30913

abribiation	Tooth position	Tooth shape
T-O	Terminal	Oval in cross-section
ST-F	Sub terminal	Flattened
B-F	Between the anterior end and the symphysis	Flattened
O-F	Overlapping the symphy	Flattened
P-F	Posterior to the symphysis	Flattened

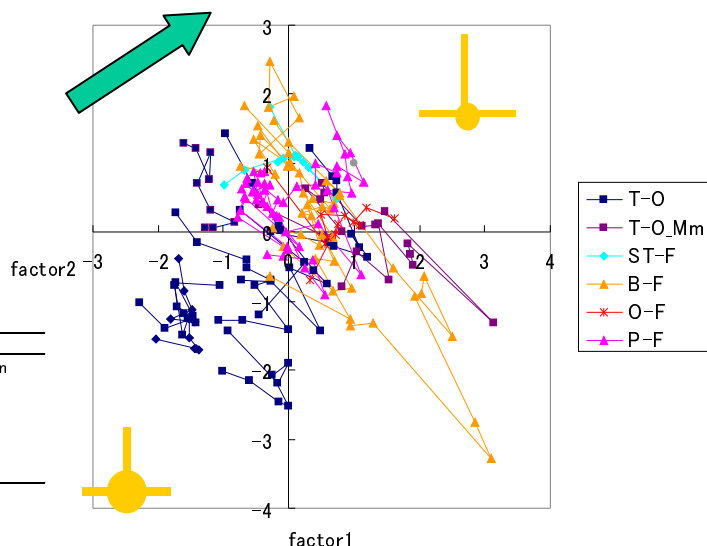


Fig.1 vertebral shape differences in conjunction with the phylogeny
The more derived species have tendency to possess cylinder shape vertebrae (arrow pointed)