

研究 成 果 報 告 書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		鯨類の脳皮質の細胞構築に関する神経解剖学的研究			
研究テーマ (欧文) AZ		Neuroanatomical study on the cytoarchitecture of the cetacean cortex			
研究氏 代 表 名 者	カナ字 CC	姓)パツケ	名)ニーナ	研究期間 B	2017 ~ 2019 年
	漢字 CB			報告年度 YR	2019 年
	ローマ字 CZ	Patzke	Nina	研究機関名	北海道大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		北海道大学 高等教育推進機構 助教			
<p>概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。</p> <p>鯨類は地球上で人間に次いで最も知的な動物だと考えられている。これに加えて現生の鯨類の脳は、哺乳類の中では最も大きい。この大きな脳は鯨類の社会を反映しており、複雑な社会行動と共進化を遂げたと考えられてきた。これは大脳化の認知仮説 (cognitive hypothesis) と呼ばれている。しかし、鯨類の脳が実際にどのような構築を持ち、認知仮説の予測に合う特徴を備えているのか、その研究はほとんどない。近年、鯨類の知性が特別に高いとする考えも疑問視されるようになり、認知仮説と対立する仮説も提出されてきた。そのひとつが熱生産仮説 (thermogenesis hypothesis) である。始新世・漸新世境界 (3,390万年前) は6500万年前から始まる新生代の中で比較的大きな絶滅期で、海の寒冷化に伴い多くの海産動植物が絶滅した。鯨類の大脳化はこの時期に著しいことから、水中で失われる大きな熱量を補うよう脳を熱生産器官として大型化したとする仮説である。この二つの仮説を念頭において、本研究では現生の鯨類を対象とし、最新のイメージングと組織化学的手法を適用して、脳の進化を調べた。</p> <p>研究期間中、ツチクジラの脳 (約5kg) 3点とネズミイルカの脳 (約0.5kg) 2点を得た。両種ともハクジラ類である。脳の外部形態と内景はすでに他のハクジラ類で観察された以下の特徴を備えていた。(1) 前後の長さより幅の方が長い、(2) 著しい大脳化がみられる、(3) ハクジラ類に典型的な著しいしわ形成がある、(4) 嗅球と嗅索を欠く、(5) 小脳が大きい、(6) 大脳皮質灰白質が薄い、(7) 脳梁が小さい、(8) 基底核が著しく大きい。さらに死後脳固定標本に核磁気共鳴画像解析を施して皮質の総表面積と大脳の露出面積および体積を算出した。その結果、皮質体積と表面積の関係は多くの種の哺乳類で得られた量的関係と同一であることが分かった。つまり、ハクジラ類大脳の構築は、詳細の形態が異例で総重量が大きくシワ形成 (gyrification) が極端であるものの、典型的な哺乳類の大脳と変わりがない。これらの結果は、2回の国際学会 (FENS, Berlin, Germany 2018; SFN, Chicago, USA 2019) と1回の国内学会 (セトリロジー研究会、福岡2018年) で発表した。</p> <p>次のステップとして皮質はじめ一連の部位に着目し、isotropic fractionator法を用い脳内のニューロンと非ニューロンの数を計測した。標本の数も多く、1つの標本からも多くの部位の計測をしなくてはならなかったため予想外に時間がかかった。その結果、脳のサイズから推定していたよりハクジラ類の皮質のニューロンが多かった。サイズから推定される以上のニューロン数を持つことは、従来霊長類だけと考えられていたが、これは鯨類の特徴でもある。これに対し神経膠細胞など非ニューロンの数については、霊長類と同様に鯨類の脳も哺乳類の一般則の中に収まった。これらの結果は認知仮説に有利であり、熱生産仮説に支持を与えるものではない。ハクジラ類の大脳化は複雑な社会システムの進化と共に進み、高まる情報処理の必要に応えるものであると考えられる。現在我々はハクジラ類の第三の種の脳標本を入手して、この結果を確認することを試みている。なお、細胞数計測の結果も一部、国際会議 (SFN, Chicago, USA 2019) と国内学会 (セトリロジー研究会、東京2019年) で発表した。</p>					
キーワード FA	鯨類	脳	進化	神経解剖学	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	～	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

Cetaceans are commonly accepted to be the world's second most intelligent animals, with only humans displaying greater brainpower. In addition, modern cetacean brains are among the largest across all mammals and it is generally accepted that cetaceans evolved these large brains to support complex cognitive abilities (cognitive hypothesis). On the other hand, the special status of cetacean intelligence has been recently questioned and an alternative scenario has been proposed (thermogenesis hypothesis), where cetaceans developed large brains to withstand the high rate of heat loss experienced in water in response to oceanic cooling during the Eocene-Oligocene transition. Our project provides insights into the evolution of cetacean brains, by using modern imaging and histological techniques.

In the funding period we successfully collected 3 Baird's beaked whale (ca. 5000g) and 2 harbor porpoise brains (ca. 500g). The external and internal anatomical organization revealed typical characteristics, which were previously observed in other Odontoceti: (1) brain wider than long; (2) considerable encephalization; (3) the typical odontocete neocortical gyrification pattern; (4) lack of olfactory bulb and tract; (5) large cerebellum; (6) thin cortical grey matter; (7) thin corpus callosum; (8) very large basal ganglia. In addition, we measured the cortical area external perimeter and calculated the volume and the exposed surface area of the entire cortical hemisphere by using magneto resonance imaging (MRI). The cortical volume and exposed surface reveal the same scaling relationship as that of a multi-species data set previous reported. This finding indicates that overall external shape of the odontocete cortex is typical mammalian, despite its unusual detailed shape, large size and high gyrification level.

In the next step we counted the neuronal and non-neuronal cells in the cortex and other brain areas using the isotropic fractionator techniques. We demonstrated that that both toothed whales have more neurons in the cortex than expected for its brains size. Our findings demonstrated for the first time that besides primates also toothed whales have deviated from this rule and have more neurons than expected for its brain size. Contrarily, toothed whales confirm to the glial scaling rule that applies to all mammals including primates. These results are in favor for the cognitive hypothesis, rather than the thermogenesis hypothesis in the Odontocete, the toothed whales.