

泰国海域儒艮发声分类及特征

王晓燕^{1,2,3}, 姜莹^{1,2,3}, 刘宗伟^{1,2,3}, 杨春梅^{1,2,3},
段德鑫^{1,2,3}, 吕连港^{1,2,3,4*}

(1. 自然资源部 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061;

2. 自然资源部 海洋环境科学与数值模拟重点实验室, 山东 青岛 266061;

3. 山东省海洋环境科学与数值模拟重点实验室, 山东 青岛 266061;

4. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室 区域海洋动力学与数值模拟功能实验室, 山东 青岛 266237)

摘要:声音在儒艮的生命活动中起着重要的作用。为了研究儒艮发声的类型和特征,2019年3月20日至28日,在泰国立邦岛附近海域(99°25'E,7°13'N)对儒艮进行了被动声学监测。本文对泰国海域儒艮发声信号进行了细致分类,并统计了每种类型声信号的特征。将在立邦岛海域获取的野生儒艮发声信号划分为4种类型:chirp、trill、bark和whistle。统计每种类型中高信噪比、轮廓清晰且无重叠的信号特征,结果表明:chirp为简单的窄带调频信号,持续时间大约为0.09 s,基频介于0.99~12.84 kHz,谐波数量为1~5;trill为调频信号,持续时间较长,一般大于0.90 s,基频介于0.97~9.89 kHz,有1~5次谐波;bark持续时间约0.20 s,带宽范围为0.20~4.00 kHz,whistle被定义为chirp和trill之间的一种过渡信号,其持续时间为0.05~0.89 s,基频为1.11~7.69 kHz,有1~5次谐波。这4种类型声信号所占比例各不相同,其中chirp信号占最高(比超过86%),trill和whistle信号占比较低(分别约为7%和6%),bark信号占比最小(不到1%)。研究儒艮声信号类型和特征有利于分析儒艮的声行为,对野生儒艮的声学监测具有重要指导意义。

关键词:儒艮;发声分类;发声特征;泰国海域

中图分类号:Q62

文献标志码:A

文章编号:1671-6647(2022)02-0320-07

doi:10.12362/j.issn.1671-6647.2022.02.013

引用格式:王晓燕,姜莹,刘宗伟,等.泰国海域儒艮发声分类及特征[J].海洋科学进展,2022,40(2):320-326.
WANG X Y, JIANG Y, LIU Z W, et al. Classification and characteristics of dugong's vocalization recorded in Thai waters[J]. Advances in Marine Science, 2022, 40(2): 320-326.

儒艮(*Dugong dugon*),类属海牛目、儒艮科、儒艮属,是一种濒危的草食性海洋哺乳动物,也是目前海牛目中仅存的四大物种之一,在2008年被列入《世界自然保护联盟濒危物种红色目录》^[1]。儒艮主要栖息于热带和亚热带的浅海区域^[2-5],如澳大利亚海域、泰国海域等,其中澳大利亚海域是目前世界上儒艮群体数量分布最多的海域^[4]。解剖学和声学证据表明,儒艮可以发出多种声音,并具有声接收能力^[6-7]。儒艮利用主动发声进行个体间的通信交流^[8],不同类型的声信号可能对应着它们不同的行为。因此,研究儒艮发声及其信号特征有助于认识和了解儒艮的行为,从而有针对性地指导建立其有效的保护系统。

目前,研究儒艮的区域主要集中于澳大利亚的鲨鱼湾海域和泰国的立邦岛附近海域^[4-19]。根据研究报道^[4,9],澳大利亚海域的儒艮声信号主要分为4种类型:chirp(chirp-squeak)、trill、bark和转换声(pretrill和prebark)。Anderson和Barclay^[4]根据信号的频率和幅度将澳大利亚海域的儒艮发声信号分为chirp-squeak、trill、bark、pretrill和prebark五种类型,并统计了这5种类型信号的特征,研究结果表明:chirp是

收稿日期:2021-08-28

资助项目:国家自然科学基金项目——南极普里兹湾和麦克默多湾虎鲸声信号特征研究(41906170)

作者简介:王晓燕(1997—),女,硕士研究生,主要从事海洋声学方面研究。E-mail: wxy8702@fio.org.cn

* **通信作者:**吕连港(1974—),男,研究员,博士,主要从事海洋声学方面研究。E-mail: lylg@fio.org.cn

(王 燕 编辑)

一种简单的调频信号,频率范围为 3~18 kHz,持续时间约为 0.06 s,有 2~5 次谐波;bark 信号是一种宽带信号,频率范围为 500~2 200 Hz,持续时间在 0.03~0.12 s,有 5 次谐波;trill 是调频信号,持续时间为 0.1~2.2 s,频率范围为 3~18 kHz,有 2~4 次谐波。pretrill 被认为是 chirp-squeak 和 trill 之间的过渡信号,而 prebark 被认为是 chirp-squeak 和 bark 之间的过渡信号。pretrill 的持续时间比 trill 的持续时间短,prebark 的频率低于 chirp-squeak 的频率^[4]。以往有关泰国海域儒艮的研究主要集中于儒艮的声学行为方面,包括儒艮对不同类型声信号刺激的反应^[3,8]、昼夜和潮汐对儒艮活动的影响^[17]以及不同儒艮群体的分布模式^[18]等。目前,专门针对儒艮声信号的类型和特征的研究尚未见报道,已有研究只是将儒艮声信号按照持续时间分为长时信号和短时信号,其中长时信号与 Anderson 和 Barclay^[4]的研究中的 trill 相对应,频率为 $(4\ 152 \pm 1\ 111)$ Hz,持续时间为 (1.737 ± 1.049) s;短时信号为 chirp,平均频率为 $(4\ 521 \pm 1\ 615)$ Hz,平均持续时间为 (0.126 ± 0.087) s^[17]。

本文基于泰国立邦岛附近海域儒艮的声学观测数据,根据信号的时频谱特征,结合已有的澳大利亚海域儒艮声信号的分类结果,研究泰国海域儒艮声信号的类型和特征。通过分析儒艮声信号持续时间和频率的差异,将观测到的声信号分为 4 种类型:chirp、trill、bark 和 whistle,并统计分析每种类型信号的声学参数,包括基频的开始频率、结束频率、最大频率、最小频率、持续时间和拐点个数以及信号的峰值频率和谐波数量,以期提高人们对儒艮发声的认知水平。

1 数据采集与处理方法

1.1 数据采集

2019 年 3 月 20 日至 28 日,自然资源部第一海洋研究所海洋环境科学与数值模拟实验室的科研团队在泰国立邦岛附近海域开展了水下声学观测。本次观测共设置了 2 个观测点,如图 1 所示。观测点 1($99^{\circ}26'E, 7^{\circ}13'N$)处水深较浅,深度在 4 m 左右;观测点 2($99^{\circ}24'E, 7^{\circ}12'N$)处水深较深,约 6 m。观测期间海域水温为 30~31 $^{\circ}C$,海况为 0~I 级。

本次观测使用了 2 套自容式声学信号记录仪 LoPAS。LoPAS 的采样频率设置为 128 kHz,分辨率为 24 bit,采用 4 节 1 号干电池供电,能连续工作 20 d;水听器的灵敏度为 -196 dB($0\ dB \cong 1\ V/\mu Pa$),频率响应范围为 2 Hz~50 kHz,观测期间水听器均放置于海底上方 1 m 处。观测声学参数的同时,利用无人机进行视觉观测,以判断儒艮是否出现。LoPAS 数据文件存储于 2 张 128 GB 的 SD 卡上,2 个观测点均每间隔 1 到 2 天更换一次存储卡,以防设备及数据丢失,每次更换时间不超过 10 min。

1.2 声信号特征提取

观测获得音频文件 21 905 个,共计 731 GB。将获取的音频文件导入到 Adobe Audition 2020(Adobe System Incorporated, San Jose CA)软件中,结合以往对儒艮声信号的研究,通过听声音和观察时频图,以及根据信号的持续时间、频率及声音等特征筛选儒艮的声信号,截取保存为音频文件。利用 MATLAB(The Mathworks Incorporated, Natick, MA, USA)编写一个数据处理软件,该软件具有 2 个功能:一是可以生成时频图,二是可以提取信号轮廓。将截取的声信号文件导入该软件中生成时频图,时频分析时的窗长、重叠

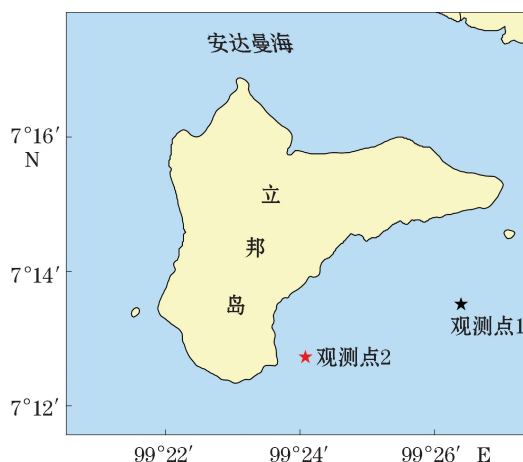


图 1 声学观测位置

Fig.1 Locations of acoustic observations

点数和傅里叶变换的点数分别为 4 096、2 048 和 4 096。对时频图中的信号采用描点法提取信号的轮廓,提取的轮廓信息自动生成含有时间和频率信息的文本文件,用 MATLAB 编写信号特征参数提取程序来处理上一步产生的文本文件,得到基频开始频率、基频结束频率、基频持续时间等信号参数。

2 结果与分析

数据处理后共获取了 7 550 个儒艮声信号,参考澳大利亚海域儒艮声信号的类型^[4],通过分析本次观测数据的时间频率特征,将获取的信号分为 4 种类型:chirp(图 2a)、trill(图 2b)、bark(图 2c)和 whistle(图 2d),其中 chirp、trill 和 whistle 三种声信号类型具有谐波结构,如图 3 所示。chirp、trill 和 bark 三种类型与澳大利亚海域儒艮声信号类型一致,whistle 信号是本文新定义的 chirp 和 trill 之间的过渡信号,其持续时间长于 chirp、短于 trill,在以往对澳大利亚海域儒艮的研究中也提到了儒艮的 whistle 信号,但没有具体的定义和特征描述^[20]。统计结果表明,这 4 类声信号中 chirp 信号的数量最多($n=6\,524$),超过总信号数量的 86%;而 bark 的数量最少($n=40$),不足 1%;trill($n=527$)和 whistle($n=459$)分别约占总信号数量的 7% 和 6%。

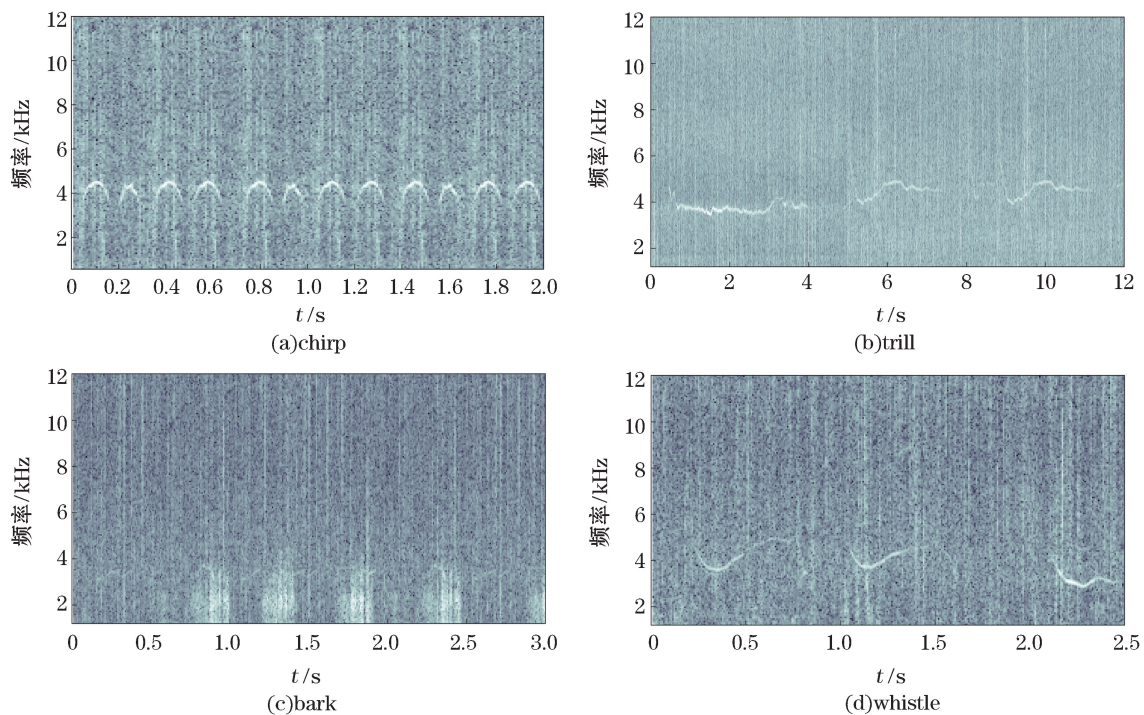


图 2 儒艮 4 类信号的时频

Fig.2 Time-frequency diagrams of the 4 categories of signals of dugongs

在 7 550 个儒艮声信号中选取了 2 343 个高信噪比、轮廓清晰且无重叠的信号进行特征提取,包括 1 537 个 chirp、305 个 trill、485 个 whistle 和 16 个 bark。对各类信号基频的开始频率、结束频率、最大频率、最小频率、持续时间和拐点个数,以及信号的峰值频率和谐波数量进行了平均值($\bar{x}$)、标准差(s)、最小值和最大值(即范围 Range)的统计,结果如表 1 所示。

Chirp 是一种简单的窄带调频信号,持续时间较短,约为 0.09 s,有 1~5 次谐波,基频频率范围在 0.99~12.84 kHz,最高频率在 14.39 kHz 以下。信号轮廓拐点个数 ≤ 1 ,对于有谐波的 chirp 信号,2 次谐波较多,高次谐波数量很少。

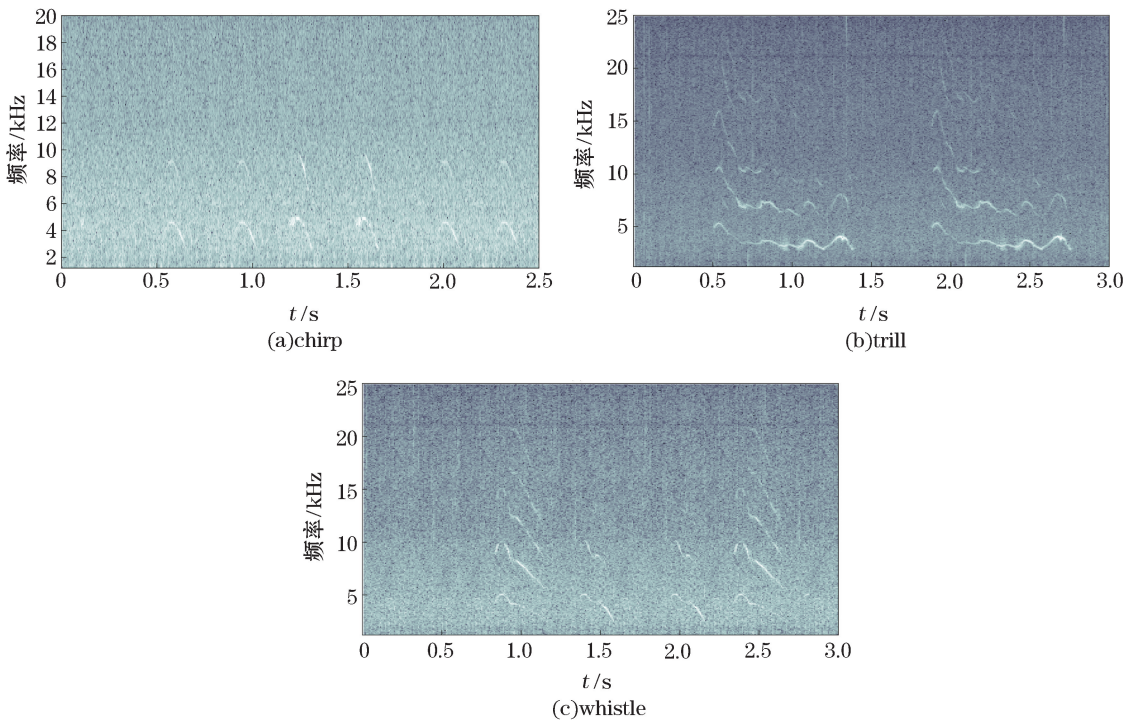


图 3 带谐波的 3 类信号时频

Fig.3 Time-frequency diagrams of the 3 categories of signals with harmonics

Trill 俗称颤声,持续时间较长,大于 0.90 s,具有调制特征,有 1~5 次谐波,基频频率范围在 0.97~9.89 kHz,最高频率在 18.82 kHz 以下。信号拐点个数平均为 11 个左右。对于有谐波的 trill 信号,谐波数量集中在 2 次谐波,高次谐波数量少。

表 1 儒艮 4 种信号类型特征参数

Table 1 Acoustic parameters of the 4 categories of signals of dugongs

信号类型	样本数量	基频开始频率/kHz		基频结束频率/kHz		基频最大频率/kHz		基频最小频率/kHz	
		$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$	范围
Chirp	1537	3.45 ± 1.30	0.99~12.59	3.40 ± 1.30	1.03~12.84	3.83 ± 1.28	1.18~12.84	3.30 ± 1.29	0.99~12.59
Trill	305	3.76 ± 0.92	1.44~9.21	3.95 ± 0.97	1.17~9.74	4.35 ± 0.90	1.93~9.89	3.37 ± 0.90	0.97~8.66
Whistle	485	3.54 ± 0.89	1.35~7.57	3.46 ± 0.85	1.17~7.64	3.85 ± 0.85	1.35~7.69	3.22 ± 0.84	1.11~7.43
Bark	16	—	—	—	—	—	—	0.33 ± 0.55	0.10~2.31
信号类型	样本数量	峰值频率/kHz		基频持续时间/s		谐波数量/个		基频拐点数量/个	
		$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$	范围	$\bar{x} \pm s$	范围
Chirp	1537	4.00 ± 1.54	1.18~14.39	0.09 ± 0.03	0.02~0.25	1.59 ± 0.96	1.00~5.00	0.92 ± 0.24	0.00~1.00
Trill	305	4.50 ± 1.43	1.93~18.82	1.65 ± 0.87	0.90~6.61	1.32 ± 0.97	1.00~5.00	11.54 ± 6.28	1.00~30.00
Whistle	485	3.99 ± 1.16	1.35~16.94	0.48 ± 0.37	0.05~0.89	1.41 ± 0.70	1.00~5.00	4.49 ± 2.92	1.00~18.00
Bark	16	3.12 ± 1.44	1.66~7.63	0.20 ± 0.08	0.07~0.38	—	—	—	—

注:—为未统计数据,因为 Bark 信号不是调频信号,不区分基频和谐波,也没有拐点,所以,只统计了该信号的最小频率,峰值频率和持续时间(即表中的基频持续时间)。

Whistle 信号是 chirp 和 trill 之间的过渡信号,持续时间一般比 chirp 长,但少于 trill。基频频率范围在 1.11~7.69 kHz,最高频率达 16.94 kHz。有谐波,谐波数量不大于 5,大多数为 2 次谐波。

Bark 信号声音类似于狗叫声,信号数量较少,持续时间在 0.20 s 左右,最小频率在 1.00 kHz 以下,信号带宽在 0.20~4.00 kHz,无明显谐波结构。

3 讨 论

本研究结果与对澳大利亚海域儒艮的已有研究中测得的声信号类型和特征有所差异,原因是本研究中没有发现 chirp 和 bark 之间的过渡信号 prebark,信号特征的差异主要表现在频率、持续时间和谐波数量上。Chirp 信号频率范围略低于 Anderson 和 Barclay^[4]测得的澳大利亚鲨鱼湾的野生儒艮 chirp 声信号的频率范围,但与 Marsh 等^[19]报道的儒艮 chirp 基频的频率范围为 2~4 kHz 一致。已有记录中 chirp 信号平均时长为 0.06 s^[4],比本文中测得的 chirp 信号的平均时长 0.09 s 短。本文测得的 trill 信号的时间和频率信息与已有研究^[4]提到的 trill 信号基本一致。对于 bark 信号,信号持续时间比 Anderson 和 Barclay^[4]测得的 0.03~0.12 s 略长,频率范围比 500~2 200 Hz 的带宽范围略大。本文获得信号的谐波数量主要为 2 次谐波,高次谐波的信号数量较少。这些差异可能是由不同海域环境因素所致,因儒艮生活在浅海区域,为适应浅海区域的噪声环境,儒艮可能会调整声信号的结构。Parsons 等^[9]在鲨鱼湾记录的是 4 只儒艮从被捕捉到释放过程中产生的声信号,其他研究也都是在有船只存在的情况下记录的儒艮发声^[4],船只可能会影响儒艮的发声类型及信号结构特征。

针对泰国海域的儒艮,本研究结果与先前研究^[17-18]中提到的同种类型信号特征基本一致。先前研究^[17-18]没有提到 bark 和 whistle 两种信号,这可能是由观测手段不同所致:本文采用的是连续观测,而 Ichikawa 等^[17-18]仅选取白天的某一段时间进行观测,观测时间的不连续性可能会导致信号类型的缺失。

本文实测的儒艮声信号中 chirp 信号的使用频率最高,超过总信号使用频率的 86%,与已有研究^[4]结果一致,据该研究报道, chirp 信号是儒艮发出数量最多的信号,是儒艮水下声信号的基本构成。不同信号类型具有不同的社会功能,进而决定了其使用比例。Chirp 信号具有测距功能,其使用比例相对较高; bark 信号的产生与攻击行为有关,儒艮性情相对温顺,且在熟悉的环境中,儒艮很少会受到挑衅,因此在实测信号中 bark 信号的数量最少。

4 结 论

本文基于泰国立邦岛附近海域的野生儒艮水下发声观测数据,结合已有的儒艮声信号类型研究结果,通过分析儒艮声信号的持续时间和频率差异,将儒艮发声信号分为 chirp、trill、whistle 和 bark 四种,并统计分析了这 4 种声信号的特征。结果表明:儒艮发出的 chirp、trill 和 whistle 三种声信号基频主要处于 2.00~5.00 kHz 范围内,这 3 种声信号单从频率范围上难以进行区分,其主要差异在信号持续时间和信号轮廓的拐点个数上。Chirp 信号的持续时间小于 0.25 s,信号轮廓的拐点个数 ≤ 1 ; trill 的持续时间要大于 0.90 s;而 whistle 的持续时间一般为 0.25~0.89 s,当单个信号时长小于 0.25 s 时,其轮廓拐点个数大于 1。Bark 信号无明显的轮廓特征,但在声音上类似于狗叫声,与其他 3 种信号有明显差异。

本文首次定量地描述了泰国立邦岛附近海域观测到的儒艮声信号的特征,并对声信号的类型进行了较定性的归类。这一结果对于完善儒艮声信号数据库具有重要意义,也为进一步开展儒艮的被动声学监测和建立儒艮声信号自动识别模型提供了数据支撑。

本文采用被动声学监测的方法监测声学参数,过程中未受船只和人为因素的干扰,所以能够获取野生儒艮正常活动时的发声,但是在监测过程中由于没有进行近距离的随船视觉观测,导致不能判断儒艮发声与其行为之间的关联。目前对儒艮声信号功能及声信号与儒艮行为的关联等方面的研究很少。为进一步了解儒

艮和加强对儒艮的保护,需要开展声学 and 视觉联合观测,研究儒艮各类发声信号的功能。

参考文献(References):

- [1] ABDULRAZZAK D A, PAULY D. Reconstructing historical baselines for the Persian/Arabian Gulf Dugong, *Dugong dugon* (Mammalia: Sirena)[J]. *Zoology in the Middle East*, 2017, 63(2): 95-102.
- [2] LANDRAU-GIOVANNETTI N, MIGNUCCI-GIANNONI A A, REIDENBERG J S. Acoustical and anatomical determination of sound production and transmission in West India (*Trichechus manatus*) and Amazonian (*Trichechus inunguis*) manatees[J]. *Anatomical Record-advances in Integrative Anatomy & Evolutionary Biology*, 2015, 297(10): 1896-1907.
- [3] ICHIKAWA K, AKAMATSU T, SHINKE T, et al. Detection probability of vocalizing dugongs during playback of conspecific calls[J]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2009, 126(4): 1954-1959.
- [4] ANDERSON P K, BARCLAY R. Acoustic signals of solitary dugongs: physical characteristics and behavioral correlates[J]. *Journal of Mammalogy*, 1995, 76(4): 1226-1237.
- [5] CHILVERS B L, DELEAN S, GALES N J, et al. Diving behaviour of dugongs *Dugong dugon*[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2004, 304(2): 203-224.
- [6] IONGH H H D, KISWARA W, KUSTIAWAN W, et al. A review of research on the interactions between dugongs (*Dugong dugon* Müller 1776) and intertidal seagrass beds in Indonesia[J]. *Hydrobiologia*, 2007, 591(1): 73-83.
- [7] DEXLER H, FREUND L. Contributions to the physiology and biology of the dugong[J]. *The American Natural*, 1906, 40(469): 49-72.
- [8] ICHIKAWA K, AKAMATSU T, SHINKE T, et al. Callback response of dugongs to conspecific chirp playbacks[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2011, 129(6): 3623-3629.
- [9] PARSONS M J G, HOLLEY D, MCCAULEY R. Passive acoustic detection of Shark Bay dugongs (*Dugong dugon*)[J]. *Proceedings of Acoustics Society of Australia*, 2012: 21-23.
- [10] ADULYANUKOSOL K. Dugongs, dolphin and whale in Thai waters[C]//*Proceedings of the First Korea-Thailand Joint Workshop on Comparison of Coastal Environment: Korea-Thailand*. Seoul, Korea. 1999.
- [11] NAKAOKA M, AIOI K. Growth of the seagrass *Halophila ovalis* at the dugong trails compared to existing within-patch variation in a Thailand intertidal flat[J]. *Marine Ecology Progress*, 1999, 184(3): 97-103.
- [12] HINES E M. Conservation of the dugong (*Dugong dugon*) along the Andaman coast of Thailand: an example of the integration of conservation and biology in endangered species research[D]. Victoria: University of Victoria (Canada), 2002.
- [13] DUNG P H. The primary assessment on the dugong population in Viet Nam[C]//*Proceedings of the 4th SEASTAR 2000 Workshop*. Kyoto University. 2003.
- [14] MARSH H, RATHBUN G B. Development and application of conventional and satellite radio tracking techniques for studying dugong movements and habitat use[J]. *Wildlife Research*, 1990, 17(1): 83-100.
- [15] SHEPPARD J K, JONES R E, MARSH H, et al. Effects of tidal and diel cycles on dugong habitat use[J]. *The Journal of Wildlife Management*, 2009, 73(1): 45-59.
- [16] TSUTSUMI C, ICHIKAWA K, Arai N, et al. Feeding behavior of wild dugongs monitored by a passive acoustic method[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2006, 120(3): 1356-1360.
- [17] ICHIKAWA K, AKAMATSU T, ARAI N, et al. Acoustical analyses on the calls of dugongs[C]//*Proceedings of the 4th S-EASTAR 2000 Workshop*. Kyoto, 2003.
- [18] ICHIKAWA K, AKAMATSU T, SHINKE T, et al. Clumped distribution of vocalising dugongs (*Dugong dugon*) monitored by passive acoustic and visual observations in Thai waters[C]//*Proceedings of Acoustics*. Fremantle, Australia. 2012.
- [19] MARSH H, SPAIN A V, HEINSOHN G E. Physiology of the dugongs[J]. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 1978, 61(2): 159-168.
- [20] STEEL C, DISSERT P D. Vocalization patterns and corresponding behavior of the West Indian manatee (*Trichechus manatus*)[D]. Florida, USA: Florida Institute of Technology, 1982.

Classification and Characteristics of Dugong's Vocalization Recorded in Thai Waters

WANG Xiao-yan^{1,2,3}, JIANG Ying^{1,2,3}, LIU Zong-wei^{1,2,3}, YANG Chun-mei^{1,2,3},
DUAN De-xin^{1,2,3}, LÜ Lian-gang^{1,2,3,4}

(1. *First Institute of Oceanography, MNR, Qingdao 266061, China;*

2. *Key Laboratory of Marine Science and Numerical Modeling, MNR, Qingdao 266061, China;*

3. *Shandong Key Laboratory of Marine Science and Numerical Modeling, Qingdao 266061, China;*

4. *Laboratory for Regional Oceanography and Numerical Modeling, Pilot National Laboratory
for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, China)*

Abstract: Sound plays an important role in dugong's life activities. In order to study the vocal types and characteristics of dugongs, underwater vocalizations of dugongs in waters near Libong Island, Thailand, were recorded from March 20 to March 28, 2019. Acoustic signals of dugongs in Thai waters were classified in detail and the characteristics of each type of acoustic signal were counted in this paper. The acoustic signals of wild dugongs in waters near Libong Island could be divided into four types: chirp, trill, bark, and whistle. We chose signals with a high signal-to-noise ratio, clear contour, and no overlap for each type of acoustic signal of dugongs for feature statistics. Chirps were short, narrow-band frequency modulation signals with a time duration of 0.09 s. The fundamental frequency of chirps was between 0.99–12.84 kHz and the harmonics were 1–5. Trills were frequency modulation signals with a longer duration time generally more than 0.90 s; the fundamental frequency was between 0.97–9.89 kHz, and there were 1–5 harmonics. The average time duration of barks was about 0.20 s and the bandwidth ranged from 0.20 to 4.00 kHz. Whistles were defined as transitional signals between chirps and trills. The time duration of whistles was between 0.05–0.89 s with 1–5 harmonics and the fundamental frequency was between 1.11–7.69 kHz. The proportions of these four types of acoustic signals were different. Chirps accounted for the most (more than 86%) and barks were the least (less than 1%). The proportions of trills and whistles were about 7% and 6% respectively. The research on the types and characteristics of the acoustic signals of dugongs may be helpful to analyze the acoustic behavior of dugongs, and it will have important guiding significance for acoustic observation of wild dugongs.

Key words: *Dugong dugon*; vocalization classification; vocalization characteristics; Thai waters

Received: August 28, 2021