

阿德雷企鹅声信号特征初步研究*

程明华 尹宝树 侯一筠 范振刚

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

于新胜

(中国海洋大学, 青岛 266071)

企鹅是南极生物的代表, 约有 1.2 亿只, 其中阿德雷企鹅的种群最大, 约占其总数量的 1/3, 主要分布在南极大陆东部和南极半岛及其沿岸岛屿。

南极鸟类发出的声信号是它们集群、行动、繁殖、辨认配偶及幼子、抚育后代和防御外来侵害保卫自己的重要功能之一。中外学者分别对南极某些鸟类的生态行为和发声信号进行了研究, 并取得较好的研究成果(Taylor *et al.*, 1990; 张春光等, 1991; 程明华等, 1992, 1993; Kerry *et al.*, 1993)。但有关企鹅在不同生态行为下发声信号的研究却较少, 除 Speirs 等(1991)对企鹅发声识别能力进行研究外, 迄今尚未见有关其他报道。因此, 本文作者利用范振刚同志 20 世纪 80 年代从南极现场对企鹅录音磁带作为原始资料, 采用日本产 7T08 信号处理器, 对阿德雷企鹅伴随生态行为发出的声信号的波形结构、声频范围及频谱特征等有关物理参数进行了初步研究, 为更好地保护企鹅、维持南极的生态平衡提供了科学依据。

一、资料与方法

作者所用资料是 1987 年 11 月至 1988 年 4 月, 在距阿德雷企鹅约 2~4m 处, 用 SANYOM1012A 型录音机(频响 250~6.3kHz)现场直接录取的。每次观测和记录阿德雷企鹅发声信号前, 首先对成、幼阿德雷企鹅进行反复观察确认, 然后进行观察其生态行为的同时做文字记录(包括周围的环境、行为的变化以及录音机计数器的数字)和录音(先对当时阿德雷企鹅行为作一简要说明, 然后录下阿德雷企鹅在发生行为过程中的发声信号)。为了减少自然环境的干扰和影响, 试验选择晴天、风力较小(2~3 级)、海况较好的情况下进行, 人为的影响也限制在最低限度, 以确保资料的可靠性。

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4567 号。中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-202)和国家自然科学基金 40076005

通信作者: 程明华, 女, 副研究员, 现从事海洋生物声学 and 海洋波浪的研究工作。E-mail: xdxia@ms.qdio.ac.cn

收稿日期: 2003 年 1 月 10 日

本文绘图由刑军武高级工程师绘制, 特此致谢

将记录的声信号经过 HP601 型高通滤波器输入到 7T08 型信号处理器(采样时间 0.2~0.8ms, 采样点取 1024, 采样频率 $f > 120\text{kHz}$)进行瞬时模式和频谱分析, 得出阿德雷企鹅在不同生态行为下发出的声信号的波形图和频谱图。

二、结果与分析

1. 雄鹅受外界干扰时的行为与发声信号

在每年的繁殖季节(10 月下旬至 12 月上旬)阿德雷企鹅从越冬区来到繁殖栖息地, 便开始忙于修复整理巢地, 然后进行恋爱、择偶交配, 大约在 11 月中、下旬雌鹅开始产蛋(Watanuki *et al.*, 1992), 雌鹅产蛋后即下海清洗羽毛, 补充食物, 恢复体力, 此时雄鹅则担当起孵蛋的重任(Trivelpiece *et al.*, 1983)。雄鹅孵蛋时非常细心, 警惕性也很高, 时刻注视着外界的动静, 稍有干扰, 即刻发出“ea...”的惊叫声(图 1)。由图 1 可见, 此声信号是由脉冲组成, 脉冲的持续时间在 6.6~68.9ms, 间隔在 2.2~37.2ms 间, 频率范围在 971.1~1 571.3Hz 内, 其谱峰分别集中在 0.97kHz 和 1.3kHz 处。

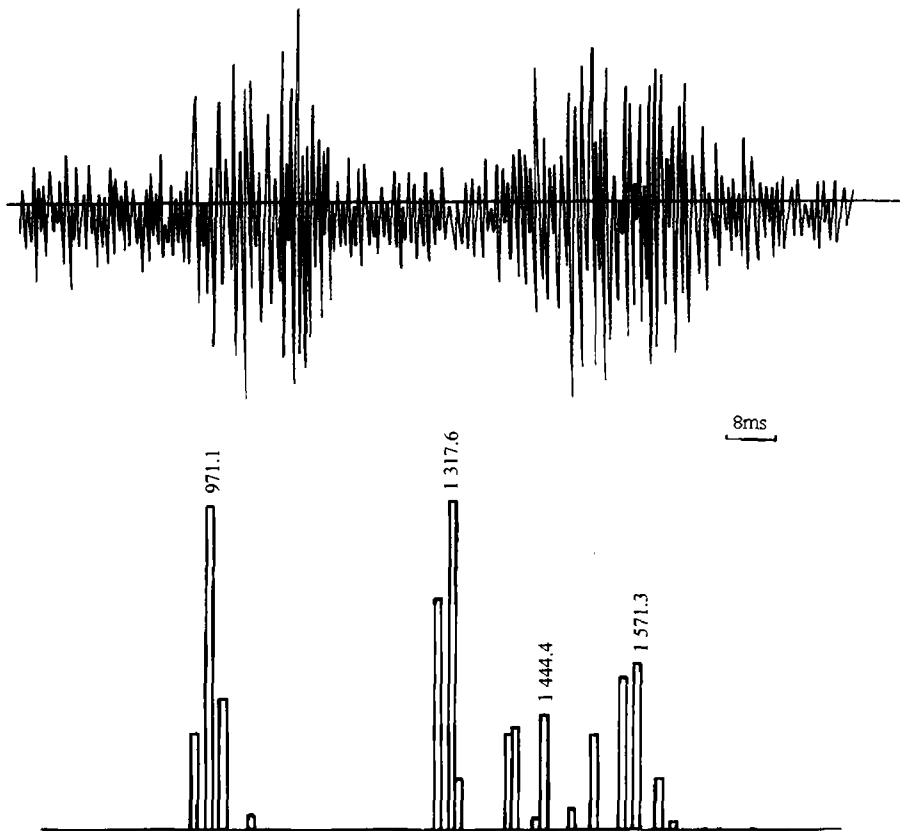


图 1 阿德雷成鹅孵蛋时发出“ea...”声信号的波形图和频谱图

2. 雏鹅发出的声信号

经过 30~35d 的孵化期, 雏鹅破壳而出, 其体重约为 60g, 身上长有灰色绒毛, 并不时地发出一种“ji...”的叫声(图 2)。图 2 表明, 这一声信号是一脉冲列, 脉冲列的脉宽在 2.2~14.2ms, 大多在 2~5ms 内, 声信号的间隔为 0.2~1.1ms, 主要在 0.7ms 左右, 频率范围在 3 953.8~4 294.4Hz, 其谱峰集中在 4.2kHz 附近。此外, 据观察, 刚孵出的雏鹅发出“ji...”的脉冲声信号是属于一种本能的声行为, 无明显的生理需求和具体的生态行为。

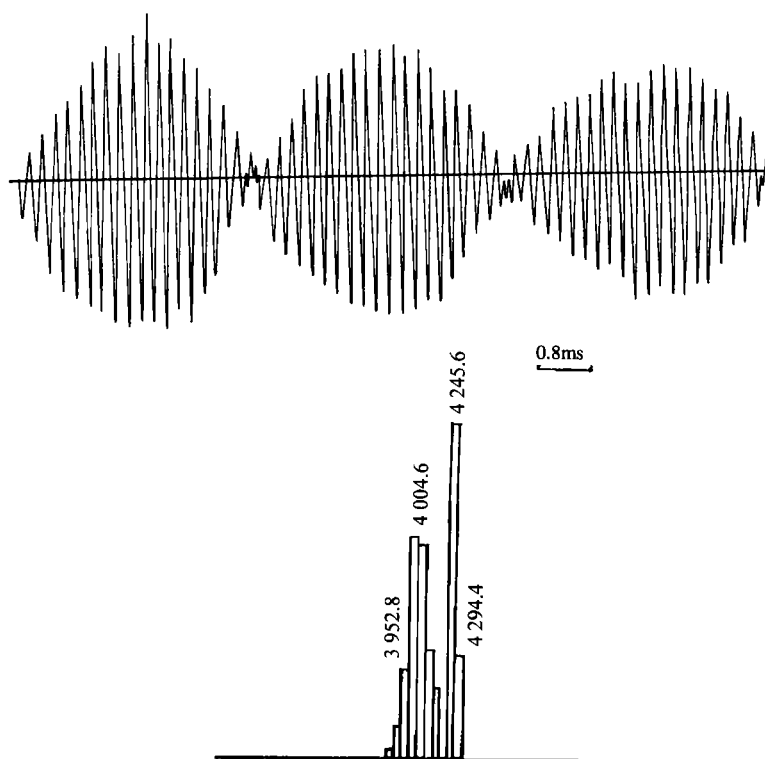


图 2 破壳而出的雏鹅发出“ji...”声信号的波形图和频谱图

3. 雏鹅的行为与发声信号

雏鹅紧紧地卧在成鹅的腹下, 不时好奇地伸出头来观察外界的动静, 稍有干扰就立刻将头缩回, 表现出了抗干扰程度极弱的特点。雏鹅孵出后不久, 即向成鹅索食, 同时伴发出“ji...”的声信号(图 3)。此声信号是由脉冲列组成, 其脉宽为 24.9~40.8ms, 脉冲列的间隔为 0.2~3.6ms, 频率范围在 3 025.6~4 001.6Hz 间, 谱峰主要集中在 3.2kHz 附近。对比分析发现, 雏鹅索食时发出的声信号与刚刚孵出的雏鹅发出的“ji...”的声信号有所不同, 其脉冲列开始较窄, 尔后逐渐变宽, 声脉冲的宽度和间隔均较长, 频率范围呈向低频扩展的趋势, 谱峰亦明显偏低。

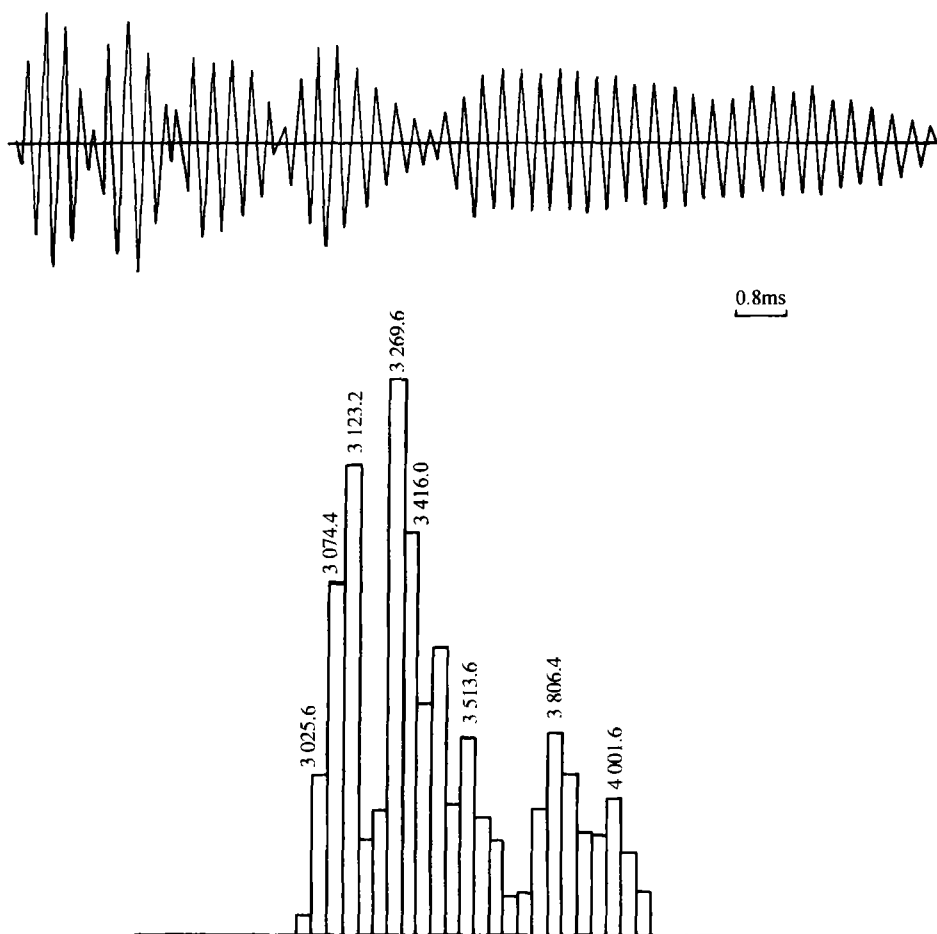


图3 雏鹅觅食时发出“ji...”声信号的波形图和频谱图

4. 成鹅呼唤配偶时的行为与发声信号

抚育雏鹅期间,成鹅轮流下海捕食,除了其自身的需要外,还将相当一部分食物(磷虾等)储存在颌下囊中,以便喂育雏鹅。当外出捕食的成鹅从海上返回巢地时,便发出呼唤配偶的“ga...”声信号。图4表明,此声信号是一脉冲列,脉冲列的持续时间主要在5~9ms之间,间隔为4~8ms,频率范围在692.9~1532Hz,谱峰主要集中在1kHz附近。

5. 两只成鹅的发声信号

当匍卧在巢地上的成鹅听到呼唤声时,便立即准确地辨听出是自己的配偶,随之呼应(Speirs *et al.*,1991)。当外出成鹅回到巢地以后,两只成鹅站在一起,两面相对,伸直脖子,仰起头兴奋地各自发出一种欢快的“ga...”声信号(图5)。此声信号是由两种脉冲叠加在一起的。频率范围为761.2~1942.2Hz,谱峰在1.2kHz和1.5kHz附近处较强。据现场观察,两只成鹅欢叫一段时间后,外出归巢的成鹅便接替巢地上的成鹅继续抚育雏鹅。

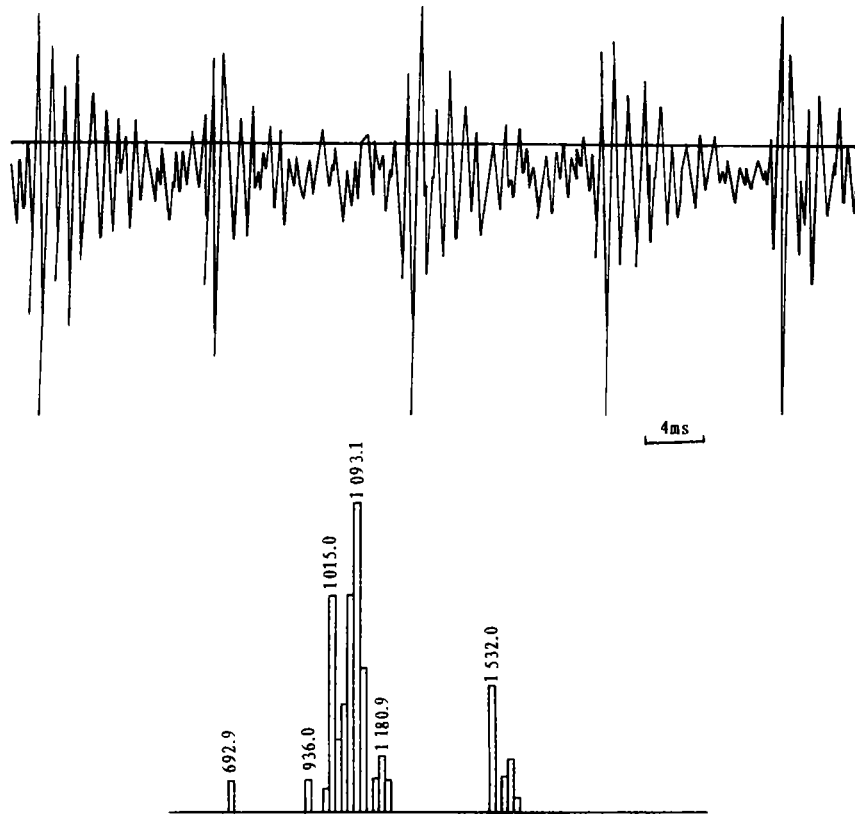


图4 阿德雷企鹅呼唤配偶时发出“ga...”声信号的波形图和频谱图

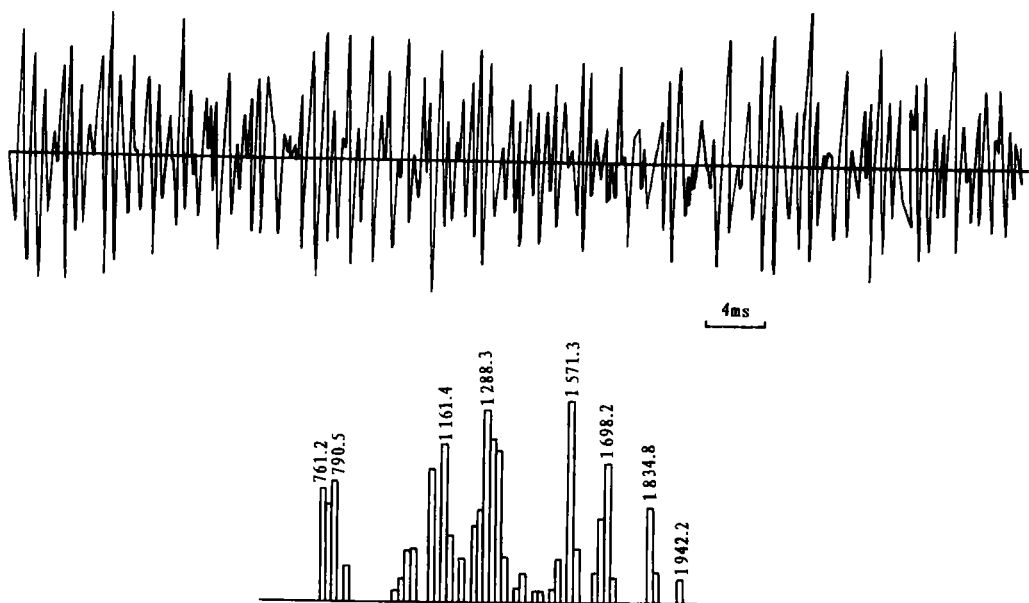


图5 两只阿德雷成鹅“ga...”声信号的波形图和频谱图

6. 幼鹅的行为与发声信号

随着雏鹅的成长,站在成鹅的身边已满足不了它们好动的欲望,除了饥饿时回到成鹅身边索食外,其余时间则更喜欢集群,为了沟通彼此的联系不断地发出“a...”声信号(图6)。由图6可见,其声信号是由脉冲列叠加而成,听起来好像是连续的谐音。频率范围在1131~1696.5Hz间,谱峰主要集中在1.5kHz处。综上所述,随着雏鹅的成长,它们的发声信号也随之变化,由原来发出的“ji...”声信号变成了“a...”声信号。其频率范围和谱峰呈逐渐变小、变低的趋势。

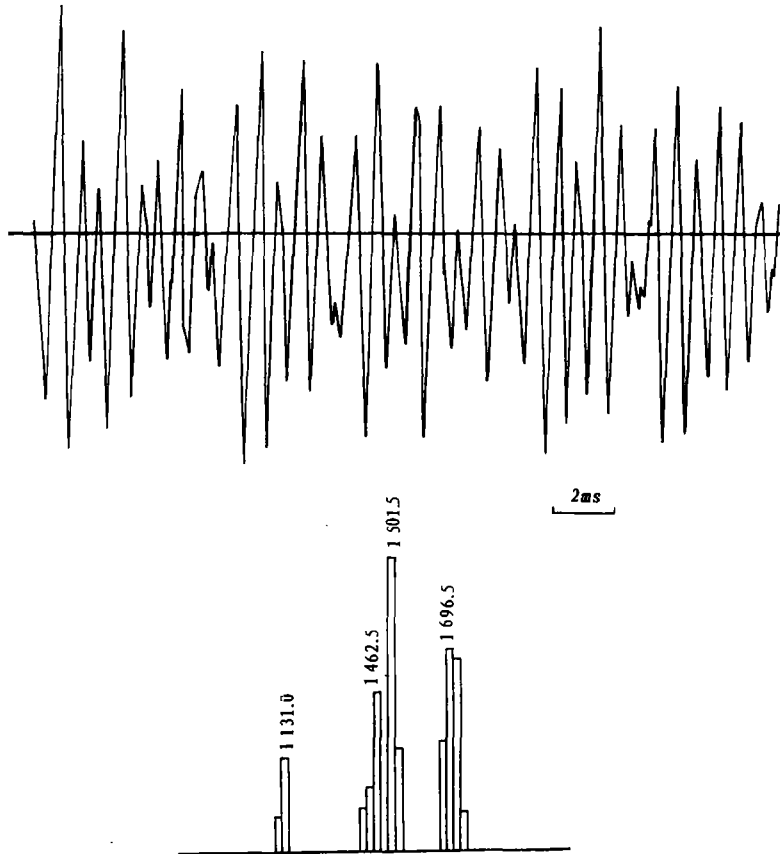


图6 阿德雷幼鹅之间相互发出“a...”声信号的波形图和频谱图

7. 成鹅守护幼鹅的行为与发声信号

幼鹅集群是发育成长过程中的一种自然行为,这既满足了幼鹅的需要,又便于成鹅对幼鹅的保护、管理,可使更多的成鹅下海捕食,以满足幼鹅食量的增加(Jablonski, 1985)。守护幼鹅的成鹅警惕性很高,它们既要随时注意观察外来的干扰,又要不断地发出“a...”声信号(图7)以警告幼鹅不得擅自外跑。由图7可见,“a...”声信号是一种连续波,频率范围为1112.6~1737.2Hz,谱峰集中在1.249kHz处。

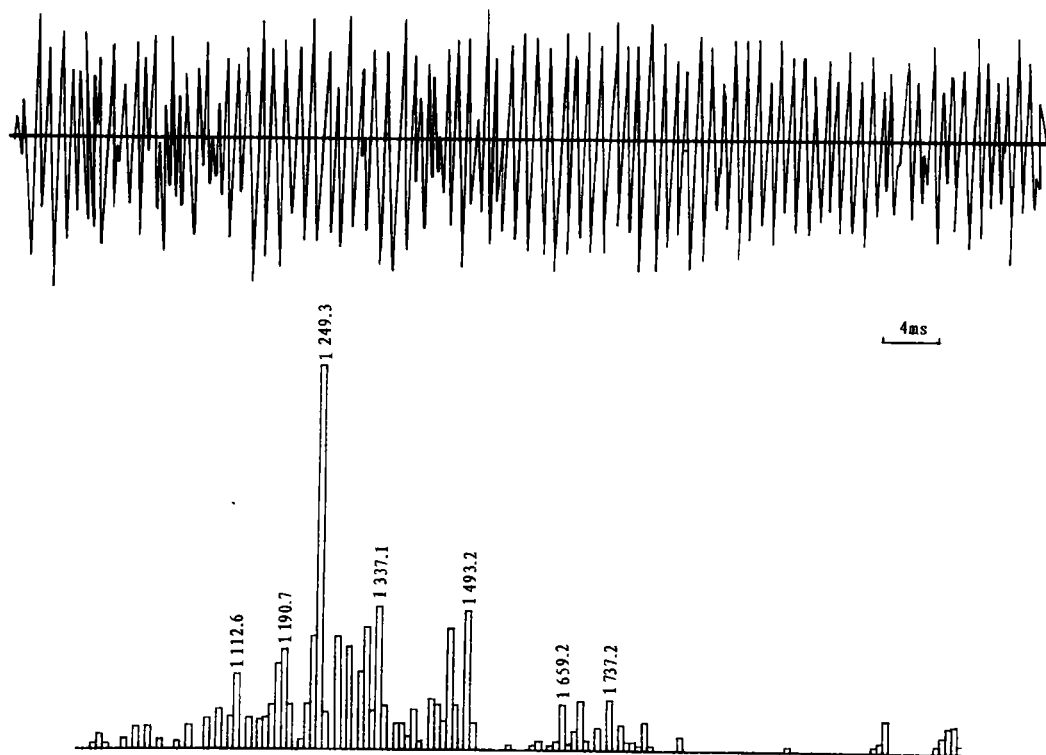


图7 阿德雷成鹅守护幼鹅时发出“a...”声信号的波形图和频谱图

8. 成鹅喂育幼鹅时的行为与幼鹅的发声信号

幼鹅的成长加快了成鹅的捕食节奏。成鹅每次捕食归来以后，便发出呼唤幼鹅的声信号。幼鹅听到成鹅呼唤声后，立即从群体中奔向成鹅索食。有时当幼鹅吃了半饱时，成鹅就跑开了，使幼鹅不知所措，只能在后面紧追不舍，但却追不上，于是成鹅便停下来，待幼鹅又即将赶上时，成鹅却又跑开了，但这次它有意放慢了速度，使幼鹅追上时，成鹅则又重新喂育。经反复观察发现，这可能是成鹅为了能在短时间内增强幼鹅的体质，以便在冬季来临时与成鹅种群一起进行长距离越冬的一种特殊训练。图8为幼鹅在追赶成鹅觅食的同时发出“a...”的声信号。其声信号是一脉冲列。脉冲列的持续时间为27.4~54.3ms，间隔7ms，频率范围在1395.6~2030Hz间，谱峰分别集中在1.6kHz和1.9kHz附近。

9. 成鹅“训斥”幼鹅时的发声信号

在幼鹅集群中，总有性情活泼的个体，挣脱成鹅的约束，擅自外跑，一旦被看守的成鹅发现，即给予严厉的“训斥”，不断地发出“ea...”脉冲声信号。图9表明，其声信号的脉宽在18.8~90ms间，但大多为27ms左右，间隔在3~20ms，频率范围为723~1846.8Hz，其谱峰主要集中在1.3kHz附近。

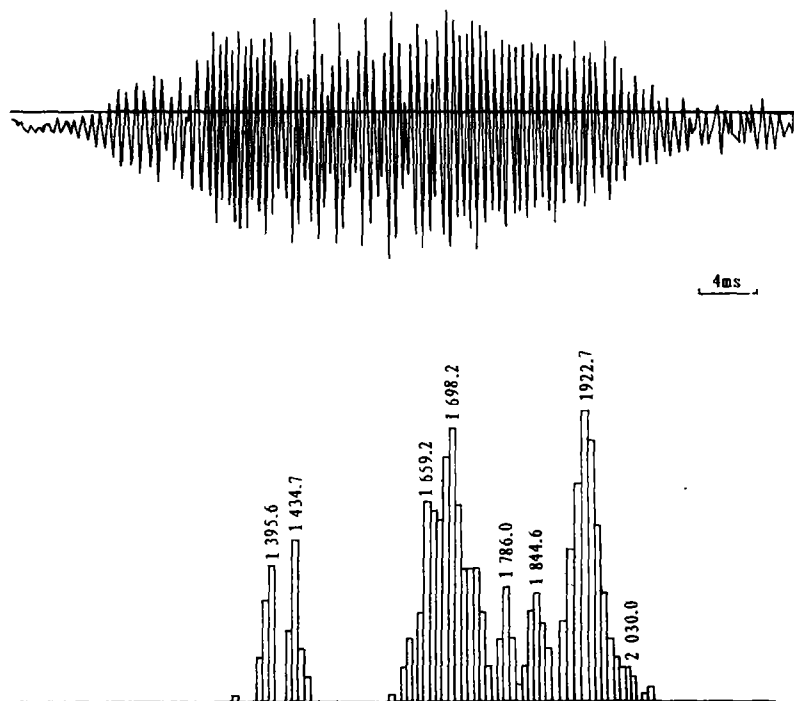


图8 幼鹅追赶成鹅时发出“a...”声信号的波形图和频谱图

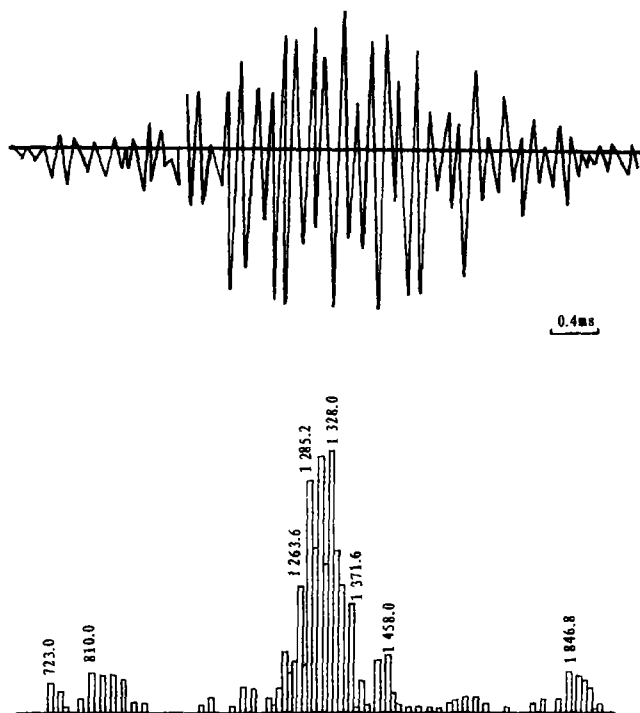


图9 成鹅“训斥”幼鹅时发出“ea...”声信号的波形图和频谱图

10. 幼鹅摔伤时的行为与发声信号

在野外观察时，曾发现一只擅自外出的幼鹅摔伤后，在向巢地慢慢爬行的同时，不断地发出一种急促的“a...”声呼救信号(图 10)。此声信号是一脉冲信号，其脉宽为 7.2~31.2ms，间隔在 1.6~49.5ms，频率范围为 2 535~2 769Hz，谱峰主要集中在 2.6kHz 附近。

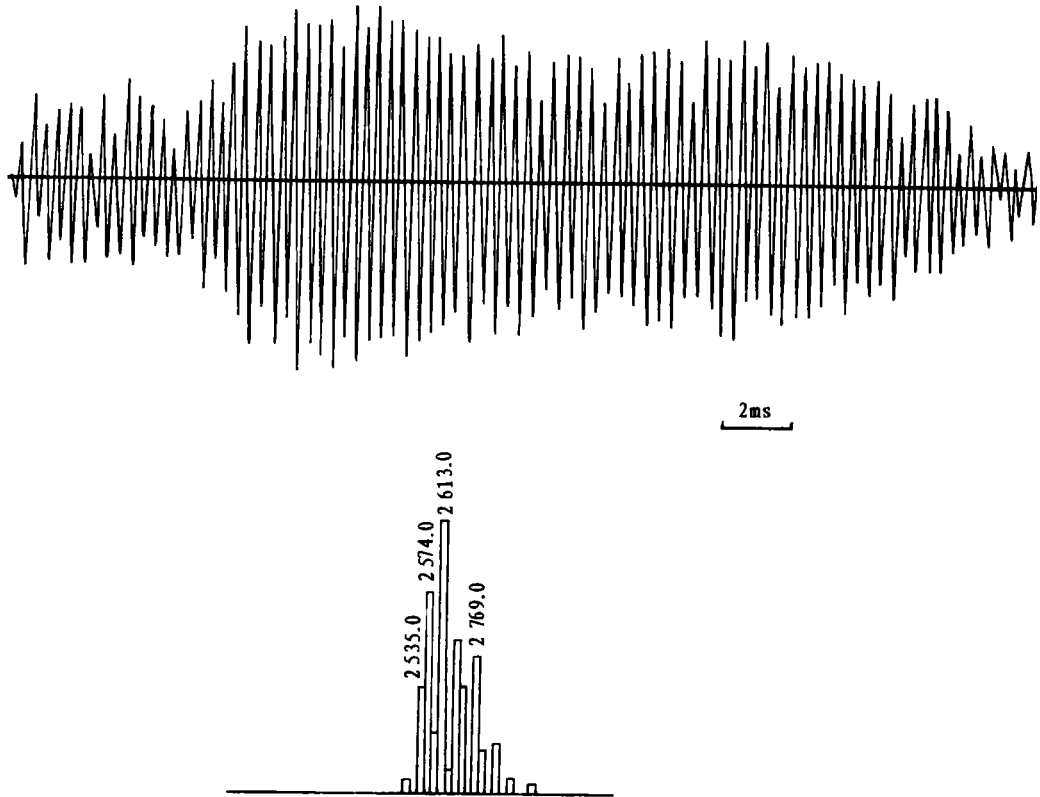


图 10 幼鹅受伤后“a...”声信号的波形图和频谱图

11. 三只幼鹅掉队时的行为与发声信号

当南极冬季来临时(3月上、中旬)，阿德雷企鹅种群便离开巢地越冬洄游。此时，我们发现了三只掉队的幼鹅，它们在原来的巢地上已找不到自己的同伴，便想加入锦头企鹅的巢地。但它们遇到了锦头企鹅的攻击，其中一只被锦头企鹅啄的大叫一声，57ms 后才喘过一口气，然后才“ae...”的惨叫不止。图 11 为幼鹅被锦头企鹅啄后发出“ae...”声信号之波形图和频谱图。其声信号频率范围在 736.8~1478.6Hz，谱峰集中在 1.4kHz 附近。另外，从锦头企鹅攻击阿德雷企鹅这一行为可以看出锦头企鹅具有排它性。

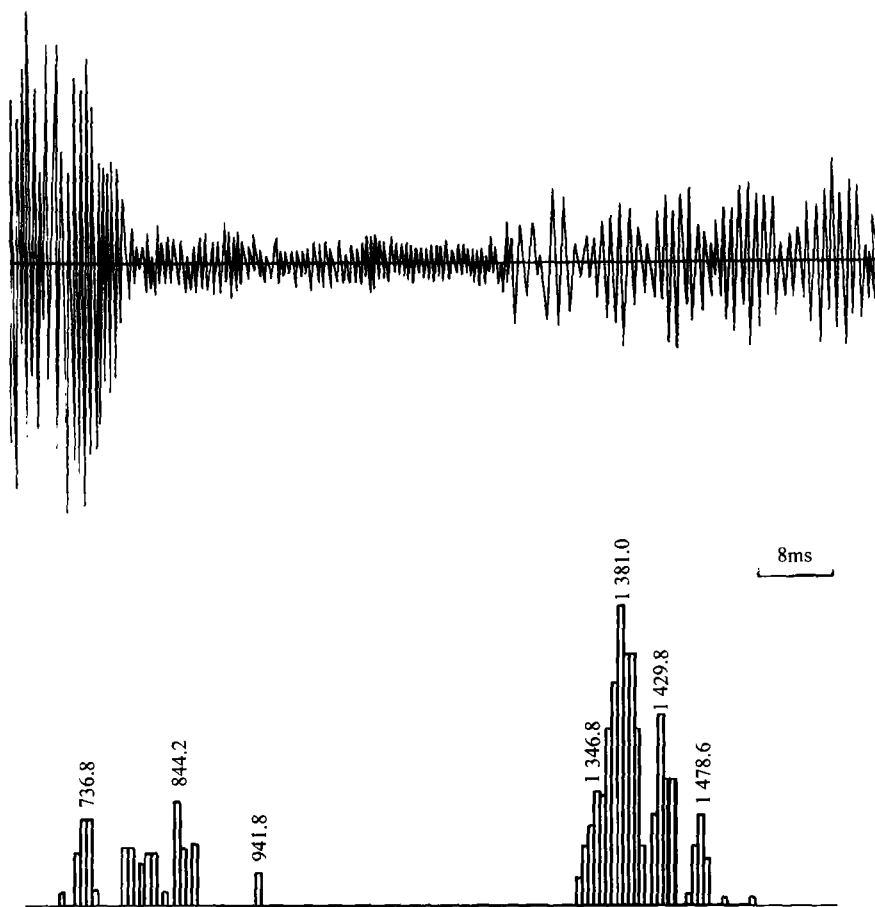


图 11 幼鹅被锦头企鹅啄后发出“ae...”声信号的波形图和频谱图

三、结 语

作者利用现场观测资料,对南极阿德雷企鹅不同生态行为下发出的声信号进行了初步研究,得出以下结果:

1) 阿德雷企鹅在不同生态行为下发出的声信号是不同的。从波形结构看,这些声信号主要由脉冲、脉冲列和连续波组成。其中,雄鹅在受到外界干扰时发出“ea...”声信号和幼鹅摔伤时发出的“a...”声信号都是由脉冲组成;雏鹅所发出的“ji...”声信号、幼鹅发出的“a...”声信号及成鹅呼唤配偶时发出的“ga...”声信号都是由脉冲列组成的;成鹅在看管幼鹅时发出“a...”声信号是由连续波组成。

2) 阿德雷企鹅的声信号具有明显的阶段性特征,即在不同成长阶段,企鹅的声信号特征存在有较大差异。破壳而出的雏鹅的声音尖细,所发出的声信号脉宽在 2~5ms,间隔在 0.7ms,频率在 3 025.6~4 294Hz,谱峰集中在 4.2kHz 附近;幼鹅在正常情况下发声信号的脉宽在 27.4~54.3ms,间隔在 7ms,频率在 1 131~2 030Hz,谱峰在 1.5kHz、1.6kHz

和 1.9kHz 附近;成鹅的声音较低沉,声信号频率范围在 692.9~1 942.4Hz,谱峰主要集中在 1kHz 和 1.5kHz 附近。

3) 阿德雷企鹅在异常条件下能够发出较为特殊的声信号。受伤的幼鹅发出呼救信号的频率是在 2 535~2 769Hz,谱峰在 2.6kHz,比正常情况下幼鹅发出声信号的频率和谱峰明显偏高。掉队的幼鹅在受到锦头企鹅攻击时所发出的惨叫声,比正常情况下幼鹅发出的声信号的频率和谱峰均偏低,频率在 736.8~1 478.6Hz,谱峰在 1.4kHz 附近。经分析推测,此频率和谱峰偏低的原因可能与幼鹅发声过度有关。

4) 阿德雷企鹅具有通过声信号辨认配偶、幼鹅的能力。

笔者对阿德雷企鹅在繁殖栖息地从孵蛋,雏鹅出生,雏、幼鹅觅食,成鹅对幼鹅的护理、训练以及幼鹅的摔伤、掉队这一生态过程中所伴随生态行为发出的声信号进行了初步分析研究。但就成鹅通过发声信号把幼鹅从群体内唤出,而幼鹅听到呼唤声奔向成鹅索食这一行为和成鹅呼唤配偶时其配偶辨别出是呼唤自己而随之呼应的内在因素尚有待于今后进一步深入探讨。

参 考 文 献

- 张春光、高耀亭, 1991. 南极长城站附近的脊椎动物 I 鸟类. 南极研究, 3(1): 30~37
- 程明华、杨玉玲、黄凤鹏, 1992. 菲尔德斯半岛黑背海鸥鸣声特征初步分析. 南极研究, 4(4): 99~101
- 程明华、范振刚, 1993. 南极燕鸥声行为与声信号的初步研究. 南极研究, 5(1): 51~55
- Davis L S, McCaffrey F T, 1989. Recognition and parental investment in Adelie penguins. *Emu*, 89(3): 155~158
- Jablonski B, 1985. The diet of penguins on king George Island, South Shetland Islands. *Acta Zoologica Cracoviensis*, 29(1~12): 117~186
- Kerry K R, Clarke J R, Else G D, 1993. Identification of sex of Adelie penguins from observations of incubating birds. *Wildlife Research*, 20(6): 725~732
- Speirs E A H, Davis L S, 1991. Discrimination by Adelie penguins, *Pygoscelis adeliae*, between the Loud Mutual Calls of mates, neighbours and strangers. *Animal Behaviour*, 41(6): 937~944
- Taylor R H, Wilson P R, Thomas B W, 1990. Status and trends of Adelie Penguin populations in the Ross Sea region. *Record*, 26(159): 293~304
- Trivelpiece W Z, Trivelpiece S G, Volkman N J *et al.*, 1983. Breeding and feeding ecologies of pygoscelid penguins. *Antarctic Journal of the United States*, 18(5): 209~210
- Watanuki Y, Naito Y, 1992. Counting Adelie penguins at colonies: seasonal and annual changes. *Antarctic Record* (Tokyo), 36(2): 279~284

Preliminary Study of Sound Signal Characteristics of *Pygoscelis Adeliae* *

CHENG Minghua YIN Baoshu HOU Yijun FAN Zhigang

(*Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071*)

YU Xinsheng

(*Ocean University of Qingdao, Qingdao 266071*)

Abstract

This paper based sound signal data recorded in the Antarctic, reports preliminary results of study on the sound signal characteristics of various acoustical behaviours of the penguin *Pygoscelis Adeliae*.

A *Pygoscelis Adeliae* emits different acoustical signals consisting of a series of pulses and continuous wave. Among these, the signal "ea" of a male penguin and "a" of a juvenile penguin are all composed of pulses, the signals "ji" of an infant penguin; "a" of a juvenile penguin and "ga" of an adult penguin all consist of a series of pulses, and the signal "a" of an adult penguin taking care of some juvenile penguins is composed of continuous waves.

The sound signals of penguins are characterized by obvious life stage variation, i.e., the sound signal frequencies are different in different age penguins. The signal frequency of a juvenile penguin ranges from 3 025.8 Hz to 4 294 Hz and the spectrum crest mainly concentrates at 4.2 kHz. The signal frequency of an infant penguin ranges from 1 131 Hz to 2 030 Hz, and the spectrum crests appear at 1.5 kHz, 1.6 kHz and 1.9 kHz, respectively. The signal frequency of an adult penguin ranges from 692.9 Hz to 1 942.4 Hz and the spectrum crest mainly concentrates at 1~1.5 kHz and are lower than those of the juvenile and infant penguins.

A penguin emits a kind of special signal under unusual condition. The signal frequency of a hurt juvenile penguin is 2535~2769 Hz and the spectrum crest occurs at 2.6 kHz, higher than that of a juvenile in usual condition.

A *Pygoscelis Adeliae* can distinguish its partner and "children" through sound signals.

* Contribution No. 4567 from the Institute of Oceanology, The Chinese Academy of Sciences