

信天翁保护的新发展 ——利用 Biologging 把握信天翁的海上行为

绵贯丰 北海道大学水产科学研究院教授



图1：一只背上安装了 GPS 装置、照相机和加速度记录仪的黑背信天翁。（摄影：西泽文吾）

信天翁科鸟类面临灭绝的风险，其主要原因是成鸟生存率降低、捕鱼过程中的混获等。迄今为止，研究者一般采用随船观察的方式研究混获风险和减少混获的方法，但是这种方法所得到的信息存在偏差。通过 Biologging（生物追踪）可以了解到渔场和信天翁活动海域的重叠情况、信天翁追随渔船的行为特点、越冬地点等信息，从而为保护信天翁科提供有用的数据。

1. Biologging 的应用

Biologging 是指通过安装在动物身上的超小型信息记录装置（数据记录仪）来研究动物个体在野外的位置和行为的的研究方法。当前，利用 Biologging，对海鸟在海上行为的研究发展迅速。有些数据记录仪以秒或日为单位，以 10-200 米的精度对于动物个体的移动情况进行记录，因此能够得到极具科学意义的的数据。海鸟一般生活在大陆架、沿岸地区、海洋漩涡等特殊的海洋构造区域，在蜿蜒移动的过程中寻觅食物。海鸟依靠气味寻找食物，因此一般会从下风方向接近食物。大多数的海鸟没有被人类研究过，也没有相关记录，但是人们已经知道了一些关于其迁徙活动的基本信息。例如，我们知道这些海鸟在远海度过非繁殖期，在从繁殖地向非繁殖地迁徙的过程中，其迁徙路径受到风的影响。除此之外，还有一些关于海鸟的海上活动的新数据，这些数据也对于海鸟的保护起到了重要作用。



绵贯丰（北海道大学水产科学研究院教授）

远海海鸟（特别是信天翁）一般在十岁以后才开始繁殖，每次产卵一只，并且是隔年繁殖，因此繁殖速度很慢。成鸟的年生存率可高达95%。但是，如果成鸟的海上生存率有些许下降，则会导致群体数量急剧减少。在渔业活动中，混获会导致成鸟生存率降低。信天翁科共有22种，其中15种被列入红色名录之中。为了防止渔业活动对于信天翁造成伤害，渔民会在船尾安装“吓鸟线”或者尽快将鱼饵沉下水面之下。在运用适当的情况下，这些方法是非常有效的。但是，尽管渔民们在十年前已经开始采用这些方法了，一些信天翁科鸟类的个体数量仍然呈现减少的趋势，其具体原因不得而知。

迄今为止，研究者一般采用随船观察的方式或者依靠混获观察报告来研究混获风险和减少混获的方法，但是这些方法所得到的信息存在偏差。实际上，只有少数的观察者是真正在船上进行观察的。与随船观察相比，Biologging可以得到更多的信息。尽管安装在海鸟身上的记录装置会对于海鸟个体的行动造成一定的影响，但是Biologging仍然是研究海鸟群体的海上风险和保护措施所不可缺少的重要手段。海鸟的海上风险会受到海域、环境、捕鱼方式等因素的影响。通过采用Biologging方法在各海域收集信天翁的活动信息，可以消除信息偏差，从而有助于理解信天翁的生存现状和制定正确的保护措施。

词汇解释

【Biologging】

在野外动物身上安装超小型电子装置，通过检测并记录温度、压力、加速度、方向、GPS、光、图像等各种信息来获得数据的技术。获得数据的方法有两种。一种是重新捕获动物，然后从装置中下载数据。另外一种是通过卫星或地面基站，采用数据通信的方法下载数据。

2. 渔场与信天翁活动海域的重叠情况

延绳钓法、混获与信天翁个体数量减少之间有很大的关系。如何评价和减少捕鱼业对于信天翁造成的数量上的影响是一个重大的课题。为了解决这个课题，需要彻底了解延绳钓渔场与信天翁活动海域的重叠情况。在这一方面，Biologging发挥了巨大作用。例如，在一个研究项目中，研究者使用地理定位器（一种能够通过光强度记录来推测日出、日落时间和经度、纬度的小型记录仪）来跟踪在夏威夷群岛进行繁殖活动的黑背信天翁和黑脚信天翁在一年之内的移动情况¹。由于实际跟踪的只是一小部分个体，研究者建立了栖息地模型，用来分析海洋环境的变化与这两种鸟类分布情况之间的关系。研究者使用该模型推测了这两种鸟类的分布情况之后，又分析了其分布海域与夏威夷的延绳钓渔场的重叠情况。结果发现，延绳钓渔场与黑脚信天翁的活动海域有很大的重叠，而黑背信天翁则完全不在该区域活动。研究者因此推断黑脚信天翁的混获风险较高。从实际情况来看，在该海域进行繁殖活动的黑脚信天翁的数量只有黑背信天翁的十分之一，并且经常被混获。这表明渔业活动海域和信天翁活动海域的重叠与混获风险之间存在一定的关系。

尽管如此，在信天翁密度高、且捕鱼工作量（单位面积的钓钩数量）较大的海域，并不见得存在较高的混获风险。混获率（每一千个钓钩的混获数量）不仅与渔船周围的信天翁数量有关，还受到气候、渔船特点、防混获措施等各种外在因素的影响。例如，夏威夷延绳钓渔场的信天翁混获率与厄尔尼诺气候指数、防混获措施的实施时间、吓鸟线的使用方法、鱼饵颜色、季节和海域相关²。另外，相关报告表明，一些特定的渔船有较高的混获率³。除了这些外在因素之外，信天翁科的混获率还可能会受到性别差异和个体差异的影响。另一方面，有些混获事件并没有得到报告（例如从事偷捕活动的渔船就不会报告混获事件）。

3. 信天翁科海鸟跟随渔船的行为

为了深入了解上述问题，可以使用比地理定位器精度更高的GPS数据记录仪来调查海鸟跟随渔船的行为以及由此导致的混获风险。研究者利用GPS跟踪数据，发现海鸟的跟随渔船行为存在个体差异。例如，

¹ Zydelsis, R., Lewison, R.L., Shaffer, S. A., Moore, J.E., Boustany, A.M. et al. Proc. R Soc. Lond. 278, 3191-3200 (2011).

² Gilman, E., Chaloupka, M., Peschon, J. & Ellgen, S. PLoSONE 11, e0155477. Doi: 10.1371/Journal.pone.0155477 (2016).

³ Dietrich, K. S., Parrish, J. K. & Melvin, E. F. Biol Conserv. 42, 2642-2656 (2009).

有研究者使用 GPS 跟踪在英国威尔士育雏的北鲣鸟的活动情况，同时使用 VMS 系统记录渔船的航行轨迹，结果发现有些北鲣鸟喜欢在渔船附近觅食，而有些北鲣鸟则避开渔船，这种情况延续了数周的时间⁴。在另外一个研究中，研究者使用 GPS 跟踪了在巴塔哥尼亚大陆架海域活动的黑眉信天翁的活动情况，同时使用 VMS 系统记录了拖网渔船的航行轨迹，结果发现尽管有 17% 的个体有跟随渔船的行为，但没有数据表明任何个体特别喜欢跟随渔船⁵。这些数据均表明海鸟的跟随渔船行为可能存在个体和性别差异。为了正确评价混获率与个体群变动之间的关系，有必要对于个体和性别差异进行调查。

如使用录像或静止画面记录装置，则可以对于信天翁科的情况有一个更深入的了解。笔者曾在欧胡岛的黑背信天翁繁殖地，为抱雏期的雌鸟安装了 GPS 装置和照相机，在记录其移动轨迹的同时获取了图像数据（图 1）。照相效果非常好，我们甚至可以清楚地看到船名。根据图像数据，我们看到在渔民扬绳和投绳时，有些黑背信天翁一直在跟随渔船，持续时间大约是两小时。黑背信天翁在距离渔船十公里时突然改变方向，向渔船靠近。这表明黑背信天翁在十公里外就发现了渔船（图 2）。利用这些数据，可以分析信天翁科鸟类接近渔船的范围以及在渔船周围的行为，从而能够推测信天翁科鸟被渔船吸引的范围和混获风险。在 VMS 系统未覆盖的区域以及偷捕现象较严重的海域，在小范围内使用图像记录装置有助于推测混获风险。

4. 信天翁科的遗传学群体和非繁殖期的活动海域

包括信天翁科在内的鸢形目海鸟通常会在远离繁殖地数千公里的海域度过非繁殖期。这些海域由于远离繁殖地，因此存在与海洋环境和渔业相关的风险。同时，由于这些海域属于远海，因此难以收集相关信息。另外，有些海鸟群体看起来是同种，实际上却存在遗传隔离，不同基因组成的海鸟群体会生活在不同的海域。这种情况使得问题变得更加复杂。对于不同的海鸟群体，必须调查其非繁殖地，在考虑到非繁殖地的气候变化和渔业情况的基础上，采取适宜的保护措施。

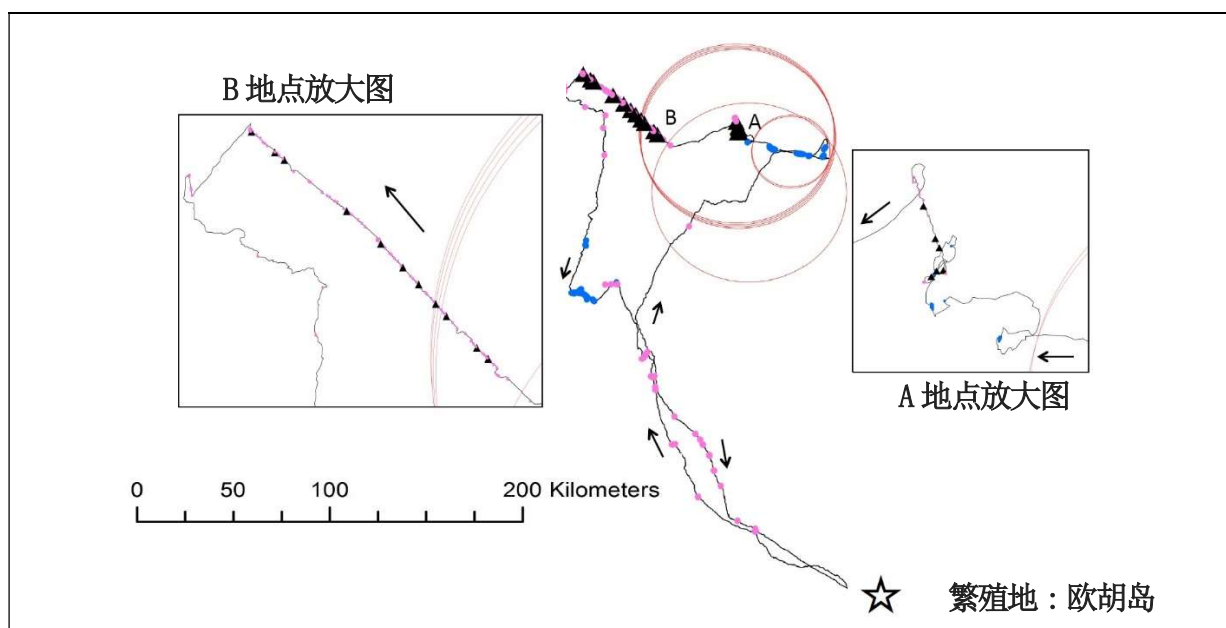


图 2：育雏期的黑背信天翁在欧胡岛的觅食路线（例）

A 地点：2 月 22 日 6:09–6:49 分（共 40 分钟），以 11.3 km/h 的速度跟随正在投绳的渔船。B 地点：2 月 22 日 8:45–13:29 分（共 4 小时 44 分钟），以 10.4 km/h 的速度跟随正在投绳的金枪鱼捕鱼船。●是着水地点，▲是渔船经过的地点。圆形区域是觅食范围（Area Restricted Search, ARS）。跟随渔船的行为发生在 ARS 范围之外。（资料提供：西泽文吾）

⁴ Patrick, S. C., Bearhop, S., Bodey, T. W., Grecian, W. J., Hamer, K. C. et al. *J. Avian Biol.* 46, 431-440 doi: 10.1111/jav.00660 (2015).

⁵ Granadeiro, J.P., Brickle, P. & Catry, P. *Anim. Conserv.* 17, 19-26 (2014).

根据最近进行的线粒体 DNA 分析的结果, 在日本进行繁殖活动的信天翁 (图 3) 已经分化成鸟岛系统和尖阁系统⁶。另据相关报告, 在鸟岛进行繁殖活动的信天翁会在阿留申群岛周围以及白令海大陆架斜坡区域度过非繁殖期⁷, 但是一部分离巢一年后的幼鸟会进入鄂霍次克海域。这两个系统的信天翁是否在不同的海域度过非繁殖期? 其面临的风险是否相同? 对于这些问题, 有必要进行调查和探讨。

图 3: 在白令海度过非繁殖期的信天翁



(摄影: 西泽文吾)

海鸟在远海中面临的风险不仅仅是捕鱼活动和食物不足, 海洋污染也是一个很大的风险。DDE 等具有残留性的有机污染物质会使得海鸟蛋壳变薄, 从而导致幼鸟大量死亡。利用 Biologging, 可以了解到迄今为止尚未调查的远海海域在污染方面的差异。例如, 短尾鹱在塔斯马尼亚进行繁殖活动, 在此之后, 一部分短尾鹱会在白令海东南部度过非繁殖期, 剩下的会在鄂霍次克海度过非繁殖期, 而后者飞羽中的水银浓度是前者的八倍⁸。由此可见, 在不同海域度过非繁殖期的海鸟, 其受污染的程度也不相同, 因此在制定海鸟保护措施时, 应该考虑非繁殖期的生活海域的污染和混获风险。通过跟踪来确定海鸟非繁殖期的生活海域有助于确定适宜的保护措施。

5. 海鸟跟踪和海洋 IBA

远海海域也会受到船舶、海洋污染、捕鱼等人类活动的影响。为了防止人类活动对于海鸟的生存造成影响, 可以通过设置海洋保护区的方式对于海鸟的生活海域进行管理。到 2016 年为止, 国际环境 NGO 组织 Bird Life International 已经确定了 3300 个重要海鸟栖息区域 (Marine Important Bird and Biodiversity Areas, 简称海洋 IBA)。包括信天翁科在内的鹱形目海鸟一般在难以进行肉眼观察的远海海域度过繁殖期和非繁殖期。在此类海域设置海洋 IBA 时, 必须要用到跟踪数据。

最近, 相关人员利用多种类、多个体的信天翁一年跟踪数据, 确定了南半球的信天翁保护海域。例如, 研究者利用阿岛信天翁 (极危物种)、漂泊信天翁 (易危物种)、印度黄鼻信天翁 (濒危物种) 等十种海鸟在繁殖期和非繁殖期的移动轨迹, 确定了从印度洋到南大西洋的大洋级 IBA 区域⁹。该研究结果表明, 在海鸟集中生活的海域中, 只有 1.8% 位于现有经济海域中的 MPA 之内, 63% 属于国际海域。印度洋也是如此。例如在特里斯坦-达库尼亚岛进行繁殖活动的濒危海鸟, 其集中生活的海域均属远海海域, 并不在南大西洋现有的 MPA 之内¹⁰。由此可见, 以信天翁为主的远海海鸟的海洋 IBA 大多位于难以设置保护区的国际海域。就现阶段而言, 唯一的保护措施是通过大西洋金枪鱼保护国际委员会等地区性渔业管理组织对于当地的捕鱼业进行管理。当前海鸟跟踪数据分析的进展表明, 只有通过多国合作才能对于移动性较大的远海海鸟提供有效的保护。

分析海鸟跟踪数据的目的不仅是找到海鸟保护的重要海域。由于海鸟能够找到食物丰富的海域, 因此通过分析海鸟分布数据, 可以了解到浮游生物、沙丁鱼等多获性浮游鱼类、鱿鱼等的分布和变化情况¹¹。

⁶ 江田真毅, 樋口广芳: 日本鸟类学会志 61, 263-272 (2012)。

⁷ Suryan, R. M., Dietrich, K.S., Melvin, E.F., Balogh, G.R., Sato, F. et al, Biol. Conserv. 137, 450-460 (2007).

⁸ Watanuki, Y., Yamamoto, T., Yamashita, A., Ishii, C., Ikenake, Y, et al. J. Ornithol, 156, 847-850(2015).

⁹ Delord, K., Barbraud, C., Bost, C.-A., Deceuninck, B., Lefebvre, T. et al, Marine Policy 48, 1-13 (2014).

¹⁰ Dias, M.P., Opper, S., Bond, A. L., Carneiro, A. P. B., Cuthbert, R. J. et al. Biological Conservation 211, 76-84 (2017).

¹¹ Piatt, J. F., Sydeman, W. J. & Wiese, F. Mar. Ecol. Prog. Ser, 352, 199-204 (2007).

由于海鸟的能量消耗较大，因此海鸟聚集地的能量流（浮游动物、浮游植物、鱼类、高级捕食动物等）也较大^{12,13}。由此可见，利用基于海鸟跟踪数据所设置的海洋 IBA，还有助于确定能量流、生物多样性较大的生态或生物重要区域（Ecologically or Biologically Significant Area, EBSA）。

6. 结束语

Biologging 是一个源自日语的术语。日本的研究者利用这种方法对于海鸟、海洋哺乳动物、牛龟和大型鱼类的行为和生理进行了研究，并取得了相当大的成果。正如本文所述，利用这种方法对于海鸟所进行的研究已经扩展到世界各地。日本积累的数据将会有助于保护北半球的信天翁类海鸟。日本的研究者使用加速度记录仪和图像记录仪所进行的研究也取得了世界性的成果。我们希望这些成果能够应用在海鸟保护和海洋生态系统的管理工作之中。

【致谢】

本文由出口智广博士点评，照片由西泽文悟博士提供，在此一并致以谢意。

[译自《生物之科学 遗传》，Vol. 72 No. 2, 2018年2月刊，本文经 NTS Inc. 同意翻译转载。]

绵贯丰（北海道大学水产科学研究院教授）

1987年，北海道大学农学博士。1988-1993年，国立极地研究所助手。在昭和基地进行阿德利企鹅调查活动。1994年，北海道大学农学研究科助手、副教授。2014年，北海道大学研究生院水产科学研究院教授。在北海道天壳岛进行海鸟观察，开展北极海洋生态系统变动、风力发电风险评估等项目。在此期间，利用 Biologging 等技术研究气候变化和人类活动对于海鸟的影响。擅于现场观察和提出问题。研究领域包括动物行为生态、海洋生态、保护动物。获得太平洋海鸟组特别功劳奖（2009）、日本生态学会大岛奖（2009）。主要著述有《海鸟的行为和生态：对于海洋生活的适应》（生物研究社，2010）、《企鹅为什么不能飞：选择海洋生活的鸟类》（恒星社厚生阁，2013）。（以上文献均为日文版）

¹² Sydeaman, W. J., Brodeur, R. D., Grimes, C. B., Bychkov, A. S. & McKinnell, S. Deep-Sea Res II 53, 247-249 (2006).

¹³ Hyrenbach, K. D., Forney, K. A. & Dayton, P. K. Aquat. Conserv. Mar and Fresh Ecosys. 10, 437-458 (2000).