

文章编号: 1007-4619 (2004)03-0269-06

白枕鹤迁徙路径与地面条件变化信息的遥感监测

马建文¹, 戴芹¹, 陈雪¹, 布和敖斯尔², 关宏亮³

(1. 中国科学院 遥感应用研究所, 北京 100101; 2. 日本北海道环境研究所, 日本; 3. 东京大学 日本)

摘要: 据两千多年来的文字记载, 候鸟适应了地球系统的气候环流、地表温度和湿地生态系统的分布与季节变化, 选择了迁徙这种生存方式, 幼年候鸟在迁徙往返中成长, 候鸟种群在千里迁徙中优胜劣汰。传统监测候鸟迁徙路线的方法普遍采用的是环志法, 这种方法的回收率为 10% 左右。近年来, 我们与北海道环境研究所、东京大学, 围绕鹤类鸟迁徙路径及其地面条件变化问题, 开展了卫星跟踪数据、遥感成像数据、地表温度数据收集、处理和分析, 得到了初步的结果。这项研究对中国东部经济快速发展地区和待振兴的东北老工业区的布局和发展, 以及候鸟保护提供科学依据。本文主要介绍了具有代表性的候鸟, 白枕鹤的迁徙路径监测和分析结果。

关键词: 候鸟; 迁徙路径; 卫星跟踪数据; 遥感成像数据; 温度数据; 白枕鹤

中图分类号: TP79/Q959.7 **文献标识码:** A

1 引言

候鸟是地球上分布十分广泛的鸟类。鹤鸟是一种候鸟, 除南美洲和南极洲以外世界各地均有分布。根据化石资料的考证, 鹤鸟在地球上出现时间比人类早^[1], 鹤鸟的栖息地大致可分为繁殖地 (Breeding grounds)、越冬地 (Wintering ground)、迁徙停留地 (Stopover sites) 等 3 类。鹤鸟赖以生存的生态环境主要为湿地和湿地周边的水稻田^[2-4], 食水生植物的嫩芽、种子、水生昆虫、软体动物和鱼类等。20 世纪 90 年代国际野生生物基金会、国际鹤鸟基金会、国际湿地局、中国鸟类学会等组织联合起来, 先后对分布在中国境内 9 种鹤鸟的分布、数量、迁徙路线和食性以及行为等动物学、生态学调查与研究, 在这项研究结果指导下, 分别在鹤鸟的栖息地、越冬地和主要迁徙过境地设立了自然保护区, 形成东北亚鹤鸟保护网络^[5,6]。

白枕鹤 (White-napped cranes, *Grus Vipio*) 是世界级珍稀濒危物种鹤鸟的一种。

传统研究白枕鹤迁徙的方法普遍采用的是环志法。环志法是通过在当地捕捉到的鹤身上带上一个

塑料或金属套环, 进行异地观测和环志记录。由于白枕鹤迁徙路径长达 2000 多公里, 历时约为 2-3 个月, 迁徙中还要经历气候、疾病、饥饿以及天敌的袭击, 野外条件下也很难观测到携有环标的白枕鹤。据统计, 对白枕鹤这样的大型鸟类环志回收率仅为 10% 左右, 利用这种方法很难勾画出完整的白枕鹤迁徙路径和准确的停留图。20 世纪 90 年代, 卫星跟踪系统在研究鹤鸟迁徙路径和栖息地中得到应用, 这一技术从根本上改变了对鹤鸟生态行为和生境选择研究的被动局面, 并推动了对鹤鸟栖息地和停留地的保护。近年来, 我们与日本北海道环境研究所、东京大学, 通过互派学生和资源共享方式, 开展中国白枕鹤迁徙路径与地面条件变化信息的遥感检测研究。研究中使用了卫星跟踪 NIT 发射器数据, 确定了二条白枕鹤繁殖、越冬和迁徙停留地的迁徙路线: (1) 鄱阳湖湿地→南四湖, 洪泽湖湿地→渤海湾湿地 (黄河口湿地, 南北大港湿地)→辽河下游湿地? 松嫩平原湿地→三江平原湿地; (2) 日本从绳岛→朝鲜半岛→中国三江平原→俄罗斯, 本文主要介绍迁徙路径 (1) 的卫星跟踪结果。利用遥感 AVHRR 地表绿度 NDVI 月平均时序图像和路径 NDVI 剖面图。利用 400 个气象站点月平均温度数据制

收稿日期: 2003-11-07; 修订日期: 2003-12-24

基金项目: 863-13 主题(2003AA135080-2); 知识创新项目(CX020014)。

作者简介: 马建文 (1953—) 男, 研究员, 博导, 1990—1991 入选中国—加拿大人才开发项目赴加留学, 1997—2000 年入选中国科学院百人计划, IEEE 会员, 遥感学会理事。主要研究方向: 遥感弱信息模型; 智能处理和变化检测; 发表专著 2 部, SCI 论文 5 篇; EI 论文 14 篇; CSCD 论文 30 余篇。

作全国温度变化图(研究路径 3 个月温度插值图)与白枕鹤活动跟踪位置叠合。并介绍了三江平原湿地进行 TM 数据处理和野外验证工作^[3,7,8],说明了点上的研究工作。

2 白枕鹤迁徙路径卫星跟踪图与停留时间分析

2.1 NOAA/NTT 跟踪系统和跟踪数据获取

为了利用 NOAA 卫星跟踪迁徙鹤鸟,日本野生鸟类协会联合电话电报公司(NTT),俄罗斯自然保护中心和美国国际鹤鸟基金会联合设立研究项目,将发射器放置在白枕鹤身上,由安装在 NOAA 卫星平台上的接收实时获取鹤鸟活动的位置数据,标志出鹤鸟迁徙路径、停留地、栖息地和越冬地(数据由东京大学提供)。监测结果表明,在中国境内白枕鹤从栖息繁殖地到越冬地相距 1500—2000km 的迁徙过程中需要 6 次以上的停留休息和进食,因此,对白枕鹤的停留湿地的保护与栖息繁殖湿地、越冬湿地的保护同等重要,一个环节出了问题将影响到白枕鹤的生存^[4]。

2.2 白枕鹤在国内的迁徙路径与停留时间分析

迁徙过程中的停留时间长短,可以直接反映出

湿地对白枕鹤安全和食物需求供给条件。10—11 月白枕鹤从北方栖息地开始向南迁飞,4—5 月从南方越冬栖息地借着千米高空春季气旋,开始向北迁飞,选择路线是不会变化,变化的是停留时间和次数,见图 1。6 块湿地:鄱阳湖湿地→南四湖,洪泽湖湿地→渤海湾湿地(黄河口湿地,南北大港湿地)→辽河下游湿地→松嫩平原湿地→三江平原湿地;其中的三江平原湿地、松嫩平原湿地、黄河口湿地、鄱阳湖湿地等 4 块湿地已经列为《国际湿地公约》重要湿地名录和东北亚地区鹤类候鸟保护区网络。辽河下游分布的湿地和江苏分布的湿地,虽然个体面积比较小,但是也是白枕鹤中途重要的停留觅食地。迁徙中途在湿地的停留时间主要取决于 3 个条件:食物、水和隐蔽物,研究中监测到的白枕鹤在各地的停留时间。停留时间取决于湿地食物、水和隐蔽物 3 个条件的稳定性。根据 3 只白枕鹤监测分析,渤海湾湿地(黄河口湿地,南北大港湿地)停留时间最长,在江苏湿地的停留时间短暂,两只白枕鹤有两次以上的停留,说明环境稳定性差或干扰因素多。在白枕鹤迁徙监测过程也存在跟踪信号突然中断的现象,途中体弱多病、年老体弱的个体被淘汰,表明了优胜劣汰的生存法则(图 2)。

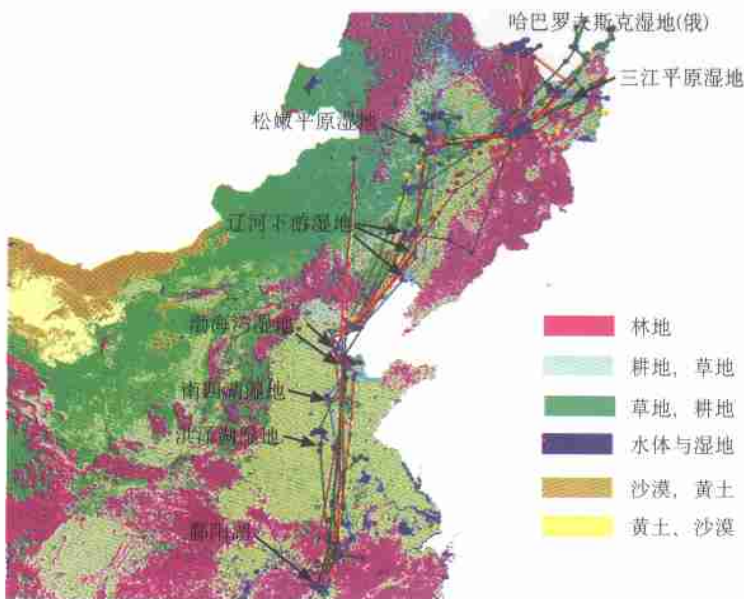


图 1 12 只白枕鹤 NOAA/NTT 卫星跟踪迁徙位置图

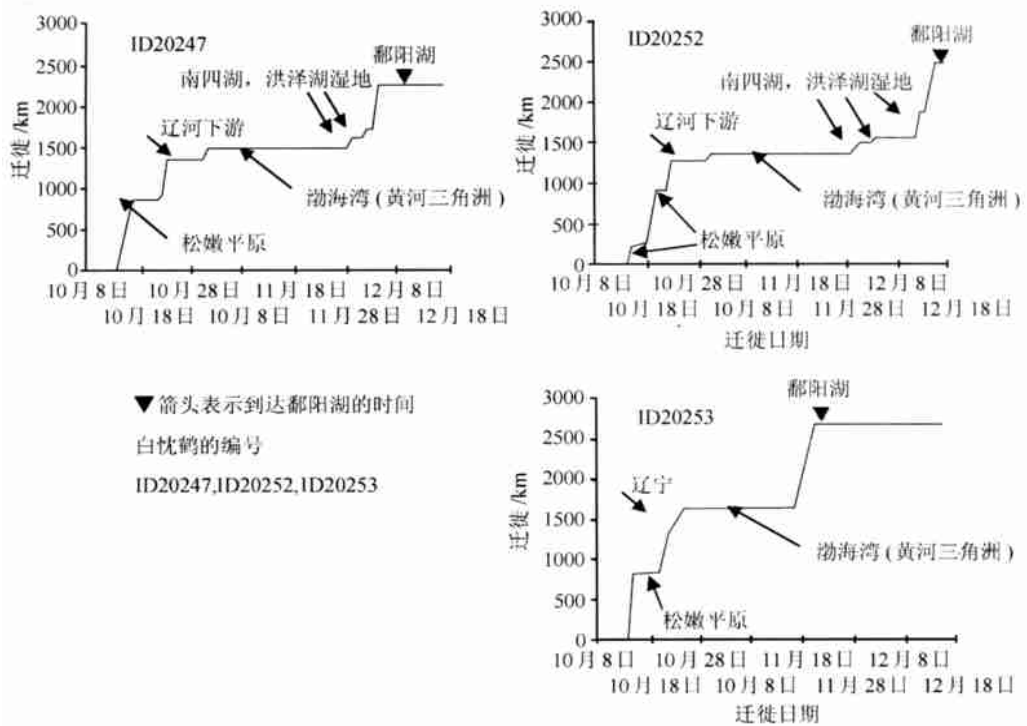


图2 表示3只白忱鹤从三江平原湿地迁徙到鄱阳湖中途停留时间(箭头所指的平直部分是鹤中途停留时间)

Fig.2 Show the stop-over times of the three cranes from three rivers to Boyang lake (arrow point to flat line)

3 白忱鹤停留湿地与NDVI、温度的关系

白忱鹤适应了地球系统的气候温度和植被的季节变化、湿地生态系统分布,选择自身的迁徙路径,迁徙路线上湿地生态系统的变化会给它们带来严重的生存问题。

3.1 白忱鹤的停留湿地及其典型调查

鄱阳湖区受修河水系和赣江水系影响,枯水期保护区水落滩出,形成草洲河滩与9个独立的湖泊丰水期9个湖泊融为一体。区内有记录的浮游植物54科154属,水生维管束植物38科102种,温暖的气候和丰富的食物是白忱鹤等迁徙鸟类最佳的越冬地,每年来湖越冬的鹤类有白忱鹤,白鹤,灰鹤等。

洪泽湖湿地芦苇荡成片分布,其中纯天然湿地面积约8100 hm^2 。洪泽湖湿地受季风环流影响明显,呈现典型中纬度暖温带气候,是多种国家重点保护迁徙鸟类的越冬地和栖息地。据收集的资料,每年来洪泽湖湿地越冬的鹤类有白忱鹤、白鹤、灰鹤等。

南四湖是微山湖、昭阳湖、独山湖和南阳湖的统称。南四湖之一的微山湖是中国典型的温带湿地生态系统。红荷、芦苇是湿地主要植被,湿地植物种类达100多种,多种国家重点保护鸟类的越冬地和栖

息地。

渤海湾湿地包括黄河三角洲湿地、南北大港湿地,是我们野外实际考察地。2000—2002年主要考察了南北大港湿地,湿地为泻湖洼地、浅槽型洼地、岗地和高平地等,90%的植被为芦苇,北大港水库及周边湿地面积有2025 hm^2 ,在这里停留的鹤类有白忱鹤,白鹤,灰鹤等。这里有丰富的食物资源,包括浮游与水生植物110多种。

辽河下游自然形成了以滨海平原和河流川地为主的许多湿地地带,为迁徙鹤类提供了停留觅食场所。盘锦湿地和辽河下游的低洼河道处,由于季节性降雨或冰雪的溶化,造成周期性洪水泛滥所形成的许多河滩沼泽湿地,是鹤类中途停留觅食地。

松嫩平原湿地主要有湖泊、沼泽、湿草甸,芦苇沼泽面积最大。保护区内有高等植物468种、鱼类46种,鹤类以丹顶鹤、白忱鹤、白鹤、灰鹤等。

三江平原是研究的重点,2001年7月中-日联合考察组进行了野外观测。三江平原为黑龙江、松花江、乌苏里江汇流冲积形成的低地平,1998年陆地卫星TM数据非相关掩膜信息提取图显示5种湿地植被类型,主要植被为小叶樟草甸、芦苇草甸,其中以芦苇、水蒿等草甸植被和乌拉苔草、三棱草等沼泽植被为主,见图3,这些类型也得到2001年野外工作

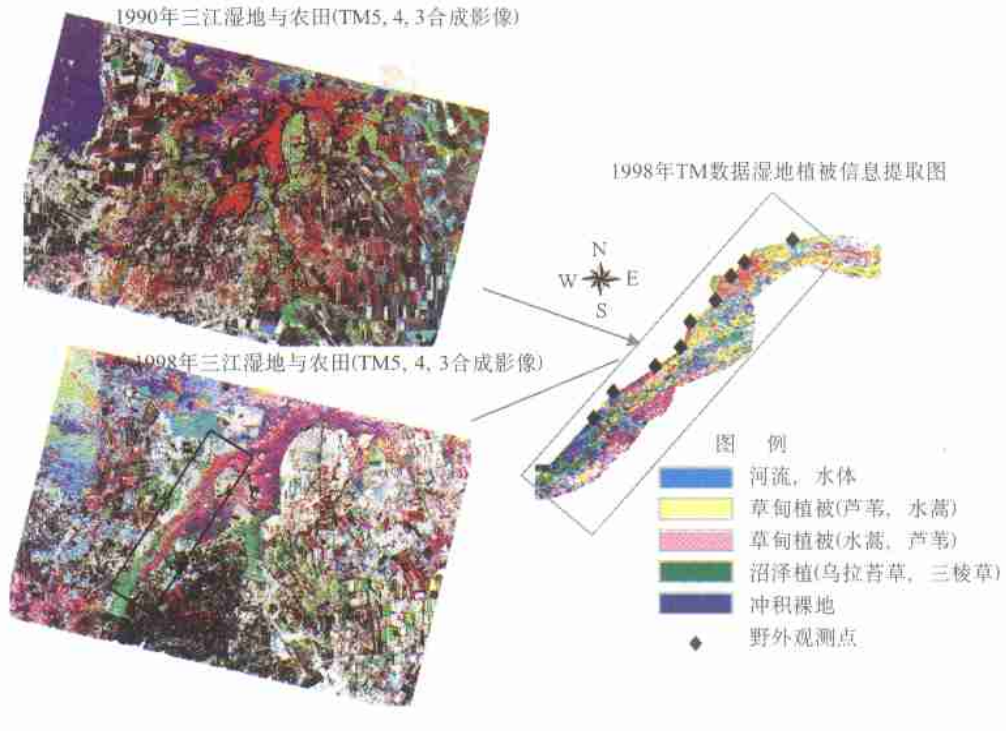


图 3 三江平原湿地白枕鹤繁殖地变化图和湿地分类图

Fig.3 Maps of White-napped Cane breeding area and wetland classification

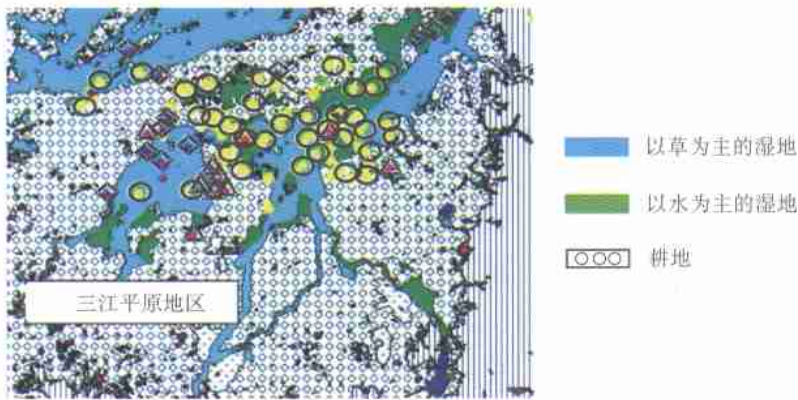


图 4 图上的○◇△分别代表 3 只白枕鹤觅食范围

Fig.4 The map shows the sites of three birds ○◇△ looking for food

的验证。NOAA/NTT 跟踪数据说明白枕鹤的活动是在一定的范围内,包括湿地与耕地,见图 4。1990 年和 1998 年陆地卫星 5, 4, 3 合成影像展示湿地与水稻田分布。

3.2 白枕鹤迁徙停留地与地表温度变化的关系

气温是导致白枕鹤迁徙的根本原因。国境内气温变化基本韵律是,春季气温由南向北增高,利用国家气象局数据中心提供的 400 个气象站点地面数

据,制作全国月平均温度变化图,就可以再现这种规律,在气温图上选择白枕鹤迁徙路径上具有代表性的停留地,见图 5。图中的表示的位置是 12 只白枕鹤迁徙跟踪数据的综合位置图,可以表达白枕鹤迁徙过程中的 4 个温度段,从温度插值图可以看出白枕鹤栖息需要的温度一般为 20℃左右。与图 2 对比解读,可以认为温度适合、食物充沛、隐蔽物条件好的地区,中途停留时间长些,可以达到一个星期左右。

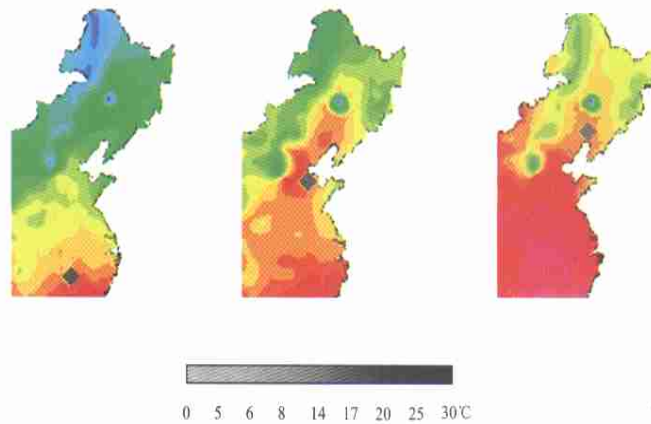


图 5 表达白忱鹤春季的迁徙过程与月平均温度插值图的关系(图标◆表示鸟活动区的位置)

Fig.5 Presents the timely T maps in relation with stopover ◆

3.3 白忱鹤迁徙停留地与 NDVI 变化的关系

白忱鹤迁徙受气温的季节变化影响,越冬湿地、停留湿地和繁殖湿地的植被指数变化也可以反映白忱鹤迁徙地面条件的变化。因此,对白忱鹤繁殖地、越冬地和迁徙停留地的遥感监测可以了解其生境需求状况及其变化。利用 NOAA 每个月平均 NDVI 图

像监测白忱鹤繁殖地、越冬地和停留地迁徙月平均植被指数(图 6 上)和植被指数 A—B 剖面(图 6 下),图显示白忱鹤迁徙湿地植被指数需要下限为 140—153 之间,见图 5。图 5 综合了 12 只白忱鹤的迁徙过程中停留地的路线与路线 NDVI 剖面,每个停留地的停留时间取决于食物、水和安全的稳定程度和停留地的温度,参见图 2 和图 5。

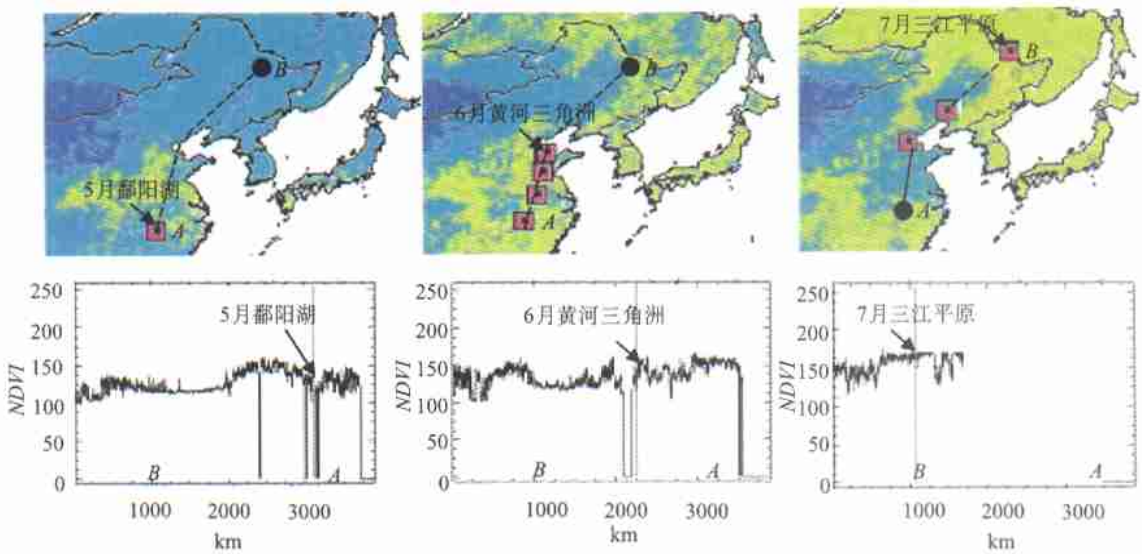


图 6 AVHRR/NDVI 图像和 NDVI A—B 剖面图上叠加卫星跟踪数据,表示白忱鹤迁徙过程与植被指数的关系

Fig.6 AVHRR/NDVI images nad NDVI A—B profiles show that the relation between stop-over and NDVI

4 结论与讨论

利用 NOAA/TNN 跟踪数据综合 AVHRR/NDVI 数据和气象站温度数据,不仅可以确定白忱鹤迁徙路径和停留时间,而且可以表示与路径和停留时间

同步变化的植被指数和温度,这两个参数与湿地季节性变化有直接的关系。白忱鹤的迁徙是以湿地为基础,湿地生态系统不仅为白忱鹤提供了水生植物的嫩芽、种子、水生昆虫、软体动物和鱼类等食物和隐蔽场所,而且在滋养水源、防洪泻洪等方面也具有重要的作用。白忱鹤在中国的迁徙路径和停留湿地

分布在东部经济快速发展地区和待振兴的东北老工业区,因此研究和确定白枕鹤等鹤类鸟的准确停留湿地,可以为鹤类鸟类保护与合理的经济社会发展布局提供科学依据。文中展示出的白枕鹤的迁徙路径和环境条件对其它候鸟的保护有普遍意义,同时也为我们展示了一幅地球系统天、地、生之间立体互动依存的壮观图谱。

参 考 文 献 (References)

- [1] Qian Yanwen. The Study of the Canes[J]. *Journal of the Zoology*, 1992, **27**(2): 41-47. [钱燕文. 鹤类的研究[J]. 动物学杂志, 1992, **27**(2): 41-47.]
- [2] Ma Zhijun. Li Wenjun. Wang Zijian. Nature Protection of Red-napped Canes[M]. Beijing: Qinghua Press, 2000. [马志军, 李文军, 王子健. 丹顶鹤的自然保护[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.]
- [3] Higuchi H. Ozaki K. Fujita G. *et al.* Satellite Tracking of the Migration Routes of Cranes from Southern Japan[J]. *Biotelemetry*, 1992, **1**: 1-20.
- [4] Guan Hongliang. Identification of Potential Stopover Sites in China for Migrating White-naped Canes (*Grus vipio*) by Satellite Imageries [D]. Master Thesis. Laboratory of Biodiversity Science School of Agriculture and Life Sciences, The University of Tokyo, 2002.
- [5] You Yungu. The Rare Birds[M]. Haichao Art Press. 1998. [尤云谷. 珍禽王国[M]. 海潮摄影艺术出版社, 1998.]
- [6] Jiao Beicheng. *Geography of China (Second edition)*. [M] China Map press, 1998. [焦北辰. 中国自然地理(第二版)[M]. 中国地图出版社, 1998.]
- [7] Higuchi H. Sato F. Matsui M. *et al.* Satellite Tracking of the Migration Routes of Whistling Swans *Cygnus columbianus*[J]. *Journal of the Yanashina Institute for Ornithology*, 1991, **23**: 6-12.
- [8] Higuchi H. Sato F. Matsui M. *et al.* Satellite Tracking of the Migration Routes of Whistling Swans [J]. *Biotelemetry*, 1991, **11**: 100-103.

White-napped Canes Migratory Roads Tracking and Surface Condition Change Monitoring by Satellite and Weather Data

MA Jianwen¹, DAI Qin¹, CHEN Xue¹, BU Heaose², GUAN Hong-liang³

(¹. Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Beijing 100101, China

². Hokkaido Institute of Environment, Sapporo 060-8019, Japan; ³. The University of Tokyo, Japan)

Abstract: Based on history record, white-napped canes follow the low of the earth system; Climate circulation, surface temperature, NDVI, wetlands distributions and establish the migrating roads. During the migrating the stronger survive, and old weak bird discard. Any changes of wetland in migratory road or stopover will bring living problems for the birds. The migratory road corresponds with going the economy and population developing area and old industry areas, so that The result of the study can provide scientific information for sustainable development of the region. In resent years, the Institute of Remote Sensing Applications, CAS, Hokkaido Institute of Environment and the University of Tokyo organized a research project to study migratory roads and monitoring surface condition change using satellite tracking data, satellite imagery data, and surface temperature data. Some results are introduced in this article.

Key words: migratory birds; roads; satellite tracking data; satellite imagery; temperature data; canes white-napped cranes