

F-2 アジア太平洋地域における森林及び湿地の保全と生物多様性の維持に関する研究

(1) アジア太平洋地域における湿地性渡り鳥の移動経路と生息環境の解析及び評価に関する研究

① 衛星データを用いた湿地生態系の分布と環境状態の計測に関する研究

環境省国立環境研究所

社会環境システム部 情報解析研究室 田村正行、山野博哉、趙 文経

平成10～12年度合計予算額 42,184千円

(うち、平成12年度予算額 14,812千円)

〔要旨〕 東アジアの湿地を主な生息地とする大型希少渡り鳥、タンチョウ (*Grus japonensis*) とコウノトリ (*Ciconia boyciana*) の移動経路と生息環境を、人工衛星を利用した二種類の技術 (衛星無線追跡システムと衛星リモートセンシング) を組み合わせることにより調査した。衛星無線追跡システムを用いることにより遠隔地の鳥の位置情報を自動的に取得することができ、渡りの経路、重要生息地 (繁殖地、中継地、越冬地)、生息地内での局所的な鳥の動きに関して貴重な情報を得ることができた。衛星リモートセンシングを用いることにより、渡り鳥の生息地における湿地や森林の空間分布と環境状態を解析し、渡り鳥の行動パターンと土地被覆・湿地環境特性との関連性を明らかにした。

〔キーワード〕 湿地、タンチョウ、コウノトリ、衛星リモートセンシング、衛星無線追跡

1. はじめに

湿地は、歴史的には危険で不用な土地と見なされてきたが、近年、渡り鳥などの鳥類や多くの生物の生息域として、生物多様性の保全を図る上で重要な生態系であるとの認識が広まりつつある。しかし現状では、開発に伴う土地利用の改変や大規模な火災など人間活動の影響を受けて、多くの湿地で面積の減少や環境の悪化が引き起こされている¹⁾。近年、日本に飛来する渡り鳥の数が減少しつつあることが指摘されているが、その原因の一つとして、渡り鳥の繁殖地、中継地、越冬地であるアジア・太平洋地域の湿地の減少と環境悪化が考えられている。湿地の面積減少および環境悪化の実態、また渡り鳥など湿地を生息域とする生物の生態は明らかになっていない部分が多い。このような状況を考えると、湿地およびその周辺環境の実態を把握し、重要な生息地の保全策を講じることは、渡り鳥など湿地に生息する生物を保全する上で急務である。

本サブテーマ「アジア太平洋地域における湿地性渡り鳥の移動経路と生息環境の解析及び評価に関する研究」では、東アジアの湿原に生息する二種類の大型渡り鳥、タンチョウ (*Grus japonensis*) とコウノトリ (*Ciconia boyciana*) を主な研究対象としている。両種ともに開発など人間活動の影響を受けて過去数十年の間に生息数が激減し、近い将来の絶滅が危惧されている。既存の報告によれば、タンチョウとコウノトリの生息数は、それぞれ約2,000羽と3,000羽であるといわれている^{2,3)}。これらの渡り鳥は、湿地生態系の食物連鎖の頂上に位置するので、これらを絶滅から保護するためには湿地生態系の全体的な保全が必要である。言い換えると、これら湿地性

渡り鳥の存在は、自然湿地の保全状態のバロメータであるとも言える。

本サブサブテーマ「衛星データを用いた湿地生態系の分布と環境状態の計測に関する研究」では、衛星リモートセンシングを用いて、渡り鳥の生息地域（繁殖地、中継地、越冬地）における湿地や森林の空間分布と環境状態を計測する方法を開発するとともに、渡り鳥の行動パターンと土地被覆特性との関連性を明らかにすることを目的とする。衛星データを用いることにより、内部に立ち入ることが困難な湿地においても環境状態の全容を把握することが可能であり、しかも広大な範囲における環境変化を定期的な観測により時系列的に追うことができる。渡り鳥の移動経路や生息地における行動パターンを追跡するために必要な渡り鳥の位置情報は、本研究課題の別のサブサブテーマ「渡り鳥の移動経路選択及び生息地環境特性に関する研究」との連携の下に、NOAA衛星のARGOS無線追跡システム (<http://www.argosinc.com/>) を利用して取得した。

本研究では、1998年度（平成10年度）から2000年度（平成12年度）の3年間にわたって、衛星リモートセンシングによる湿地環境の計測と、衛星無線追跡による渡り鳥の位置情報の収集を結びつけ、大型希少渡り鳥であるタンチョウとコウノトリの行動パターンと土地被覆・湿地環境特性との関連性を解析した。観測対象地域は、極東ロシアのアムール川流域から中国南部の揚子江流域に渡る範囲であった。本報告はその研究成果をまとめたものである。

2. 渡り鳥の捕獲と発信器の装着

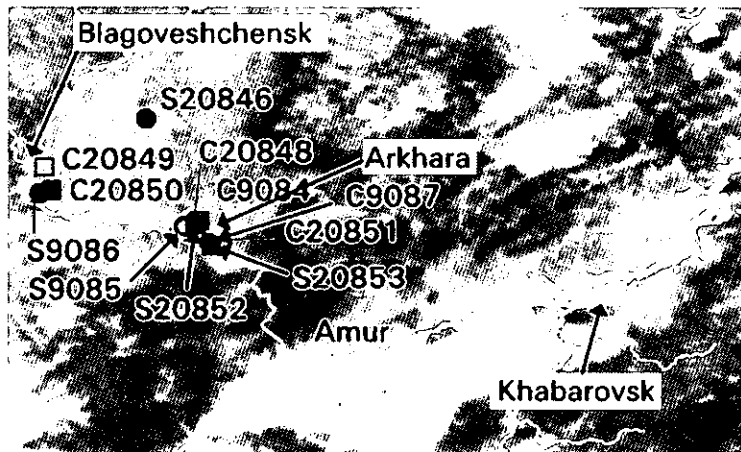
(1) 捕獲地点

極東ロシアのアムール川流域の湿地帯は、タンチョウやコウノトリなど渡り鳥の夏期における繁殖地として重要視されており、ロシア政府によってコムソモルスク自然保護区、ポロンスキー自然保護区、ヒンガンスキー自然保護区、ムラビヨフカ鳥獣保護区などが設定されている。これらのうちヒンガンスキー自然保護区とムラビヨフカ鳥獣保護区は、国際的な湿地の保護協定であるラムサール会議サイトとしても登録されている。

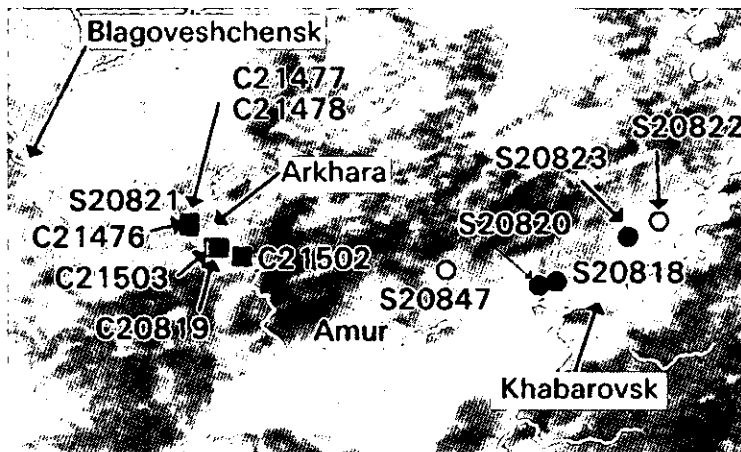
1998年から2000年の3年間にわたって、毎年7月にアムール川流域の湿原地帯において、ヘリコプターを用いてタンチョウ（成鳥）とコウノトリ（幼鳥）を捕獲し、衛星無線追跡用の発信器（PTT: Platform Transmitter Terminal）を装着した。アムール川流域の繁殖地から中国南部の越冬地までの渡りの経路を、Argos衛星追跡システムによって追跡した。図1(a)～(c)は、各年における鳥の捕獲地点を示す。ID番号の前の”C”と”S”はそれぞれタンチョウとコウノトリを表している。1998年には、アルハラおよびブラゴベチェンスク地域において、タンチョウとコウノトリそれぞれ6羽に発信器をつけた。これらのうち渡りの追跡に成功したのは、タンチョウとコウノトリそれぞれ3羽ずつであった。1999年には、ハバロフスクおよびアルハラ地域において、タンチョウとコウノトリそれぞれ6羽に発信器をつけた。これらのうち衛星追跡に成功したのは、タンチョウ2羽、コウノトリ4羽であった。2000年には、ハバロフスクおよびアルハラ地域において、コウノトリ1羽に発信器をつけ、このうち4羽について越冬地までの移動経路を追跡できた。表1は、衛星追跡に成功した鳥のID番号と捕獲地域をまとめたものである。

(2) Argosデータの位置精度

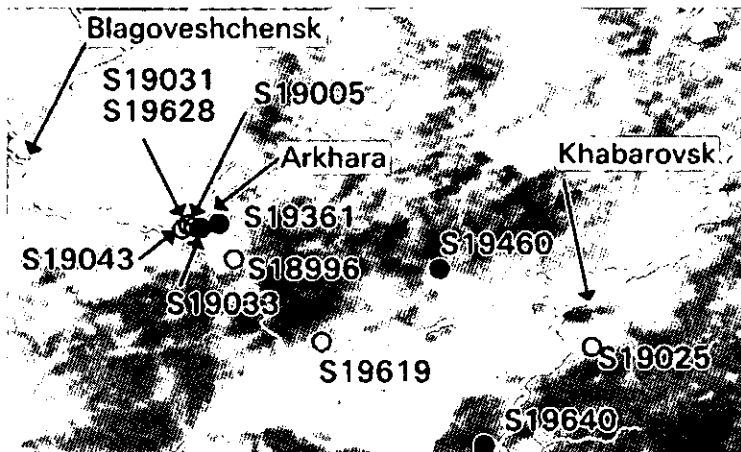
Argos衛星追跡システムによって得られる位置データの精度はロケーション・クラスによって表



(a) 1998



(b) 1999



(c) 2000

図1 アムール川流域におけるタンチョウとコウノトリの捕獲地点. 1998年~2000年. ID番号の前の'C'はタンチョウ、'S'はコウノトリを表す.

表1. 衛星追跡に成功した鳥のID番号と捕獲地域

年	タンチョウ		コウノトリ	
	ID番号	捕獲地域*	ID番号	捕獲地域*
1998	C20848	A	S9086	B
	C20850	B	S20846	B
	C20851	A	S20853	A
1999	C20819	A	S20818	K
	C21502	A	S20820	K
			S20821	A
			S20823	K
2000			S19033	A
			S19361	A
			S19460	K
			S19640	K

(*) A: アルハラ地域, B: プラゴベチェンスク地域,
K: ハバロフスク地域.

表2. Argos衛星追跡システムの位置精度 (<http://www.argosinc.com/>).

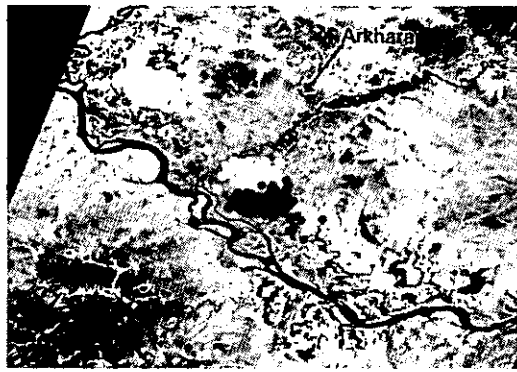
ロケーション・クラス	緯度・経度における誤差
3	<150m
2	150m<accuracy<350m
1	350m<accuracy<1000m
0	>1000m
A	no estimate of location accuracy
B	no estimate of location accuracy
Z	(invalid locations)

される。ロケーション・クラスと位置精度の関係を表2に示す。本研究では、基本的にロケーション・クラスが1以上のデータのみを用いることにした。即ち、鳥の位置データの誤差は標準偏差で1km以下ということになる。

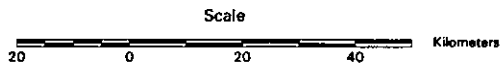
3. アムール川流域における鳥の動きと土地被覆特性の解析

(1) アムール川流域における鳥の行動範囲

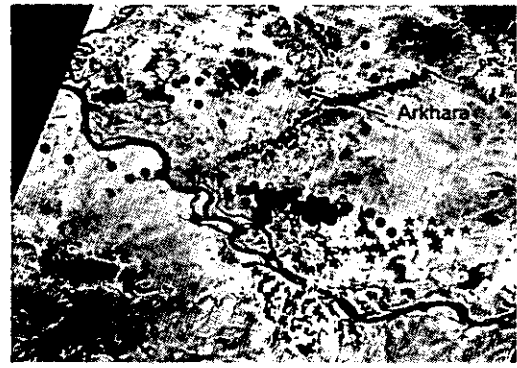
アムール川流域における鳥の動きと土地被覆特性の関係を調べるために、地上分解能30mのLandsat/TM画像を使用し、鳥の位置データをその上にオーバーレイした。図2(a)~(e)にその結果を示す。図2(a)と(b)はアルハラ地域のTM画像に、それぞれ1998年と1999年の鳥の位置データを重ねたものである。図2(a)は2羽のタンチョウと1羽のコウノトリの位置データを示しており、いずれの鳥も、渡りを始めるまでの全期間を通じて直径約10~15kmの範囲内に留まっていたことが分かる。一方、図2(b)は、やはりタンチョウ2羽とコウノトリ1羽の位置データを示したものであるが、行動範囲は1998年よりも広範囲に散らばっており、さらに3羽ともアムール川流域の中で、前期と後期で居場所を変えている。1羽のタンチョウ(C20819)は、図2(b)と(c)に見られるように、アルハラ地域からプラゴベチェンスク地域に移動している。図2(c)はプラゴベチェンスク地域であ



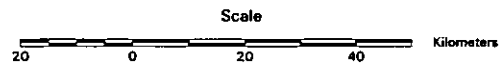
C20848 (98/7/5 - 10/31)
 C20851 (● 98/7/4 - 11/2)
 S20853 (98/7/3 - 8/18)



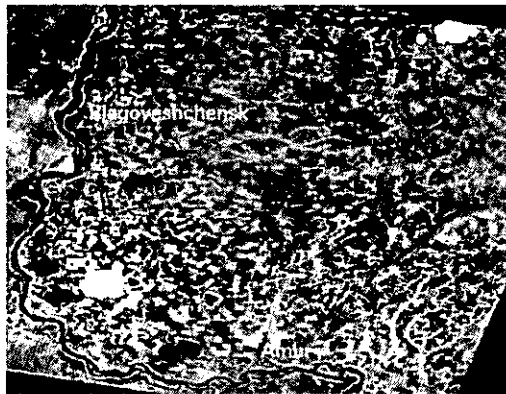
(a) Arkhara area in 1998



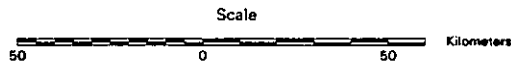
S20821 (● 99/7/11 - 8/16)
 (★ 99/8/18 - 9/19)
 C20819 (● 99/7/11 - 9/20)
 C21502 (99/7/12 - 10/17)
 (99/10/19 - 11/10)



(b) Arkhara area in 1999



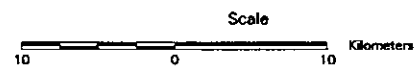
S20846 (98/7/8 - 9/2)
 S9086 (● 98/7/10 - 8/19)
 C20850 (98/7/7 - 10/31)
 C20819 (● 99/9/22 - 11/11)



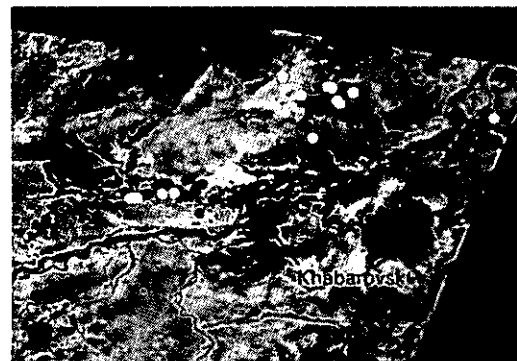
(c) Blagoveshchensk area in 1998 (1999)



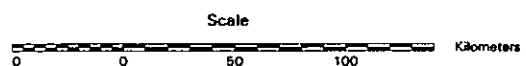
S19031 (00/6/25 - 00/8/19)
 S19043 (● 00/7/29 - 00/8/15)
 S19628 (● 00/6/25 - 00/8/23)



(d) Arkhara area in 2000



S20818 (● 99/7/8 - 8/27)
 S20820 (99/7/18 - 7/24)
 S20823 (99/7/8 - 8/21)



(e) Khabarovsk area in 1999

図2 アムール川流域の3つの地域における
 タンチョウとコウノトリの位置データ。

り、1999年のタンチョウ (C20819) とともに、1998年に追跡に成功した他の3羽 (S20846、S9086、C20850) の位置データを示している。この地域においても1998年の鳥の行動は直径約10~15kmの範囲内に留まっていたことが分かる。図2(d)は、アルハラ地域において2000年に捕獲されたコウノトリ3羽の行動範囲を示したものである。2000年の鳥の位置データは1998年と同様に限られた範囲に留まる傾向を見せている。図2(e)は、1999年のハバロフスク地域における3羽のコウノトリの位置データを示している。ただし、S20820に関しては、7月25日から9月30日まで位置データが得られなかったため、わずかな点数のデータしか示されていない。他の2羽に関しては、位置データは30~40kmの距離にわたって散らばっている。

1998年と2000年のアルハラ地域とブラゴベチェンスク地域においては、鳥の位置データは限られた範囲に留まる傾向があったのに対し、1999年のアルハラ地域では鳥の位置データは広範囲に散らばっており、さらにアムール川流域の中で前期と後期で居場所を変えていた。ハバロフスク地域においては1999年のコウノトリの位置データだけであるが、広範囲に散らばる傾向を見せていた。このような年毎の鳥の行動パターンの違いは、気象条件によって引き起こされる餌の状態の違いによるものではないかと思われる。詳しくは、地域の情報を収集することにより検証する必要がある。

(2) アムール川流域における鳥の動きと土地被覆特性

Landsat/TM画像を用いて、アムール川流域の土地被覆を6タイプ (Water、Wetland1、Wetland2、Wetland3、Farmland/Soil、Woods) に分類した。Wetland1は最も湿った湿原であり、主な植生はスゲとヨシである。Wetland2はスゲと湿地性草本から構成される中程度に湿った湿原である。Wetland3は比較的乾燥した湿原であり、主要な植生は湿地性草本である。土地被覆タイプWoodsは湿原の中の木立と、山地の森林の両者を含んでいる。図3に分類結果の一例として、アルハラ地域の土地被覆分類図を示す。



図3 Landsat/TM画像から作成したアルハラ地域の土地被覆分類図。

衛星追跡によって得られた鳥の位置データを土地被覆分類図の上にオーバーレイすることにより、鳥がどのような土地被覆タイプの場所に生息しているかを調べた。図4は、各土地被覆における鳥の位置データの割合を鳥の個体別に示したものである。(a)～(c)がそれぞれ1998年～2000年のデータに対応している。

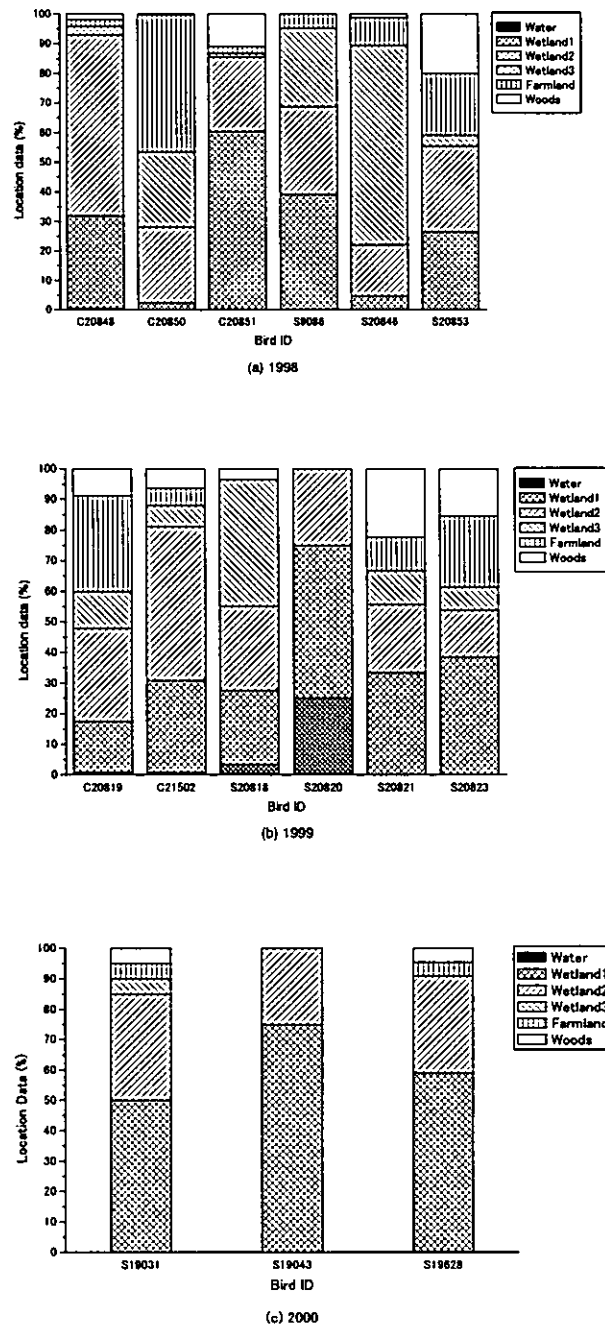


図4 アムール川流域での各土地被覆における鳥の位置データの割合 (%)

鳥の位置データ分布は、鳥の種類、生息地の地理条件、年毎の気象条件の違いなど種々の要因によって影響を受けると考えられる。1998年には、表1に示すようにタンチョウとコウノトリそれ

ぞれ3羽について位置情報を取得した。図4(a)はその土地被覆ごとの分布を示しているが、タンチョウとコウノトリの間で位置データ分布の明瞭な差は見られない。しかし、アルハラ地域（C20848、C20851、S20853）とブラゴベチェンスク地域（C20850、S9086、S20846）の間で分布に違いが見られる。即ち、前者ではWetland3にいる割合が後者よりも少ない結果になっている。1999年には、2羽のタンチョウと4羽のコウノトリの位置情報を、アルハラ地域とハバロフスク地域で得た。図4(b)は各土地被覆におけるその分布を示したものであるが、種間においてもまた地域間においても分布に明瞭な差異は認められなかった。図4(c)はアルハラ地域における3羽のコウノトリの位置データ分布を示したものである。

表3は、アムール川流域での各土地被覆タイプごとの鳥の位置データの割合をまとめたものである。湿原地域（Wetland1-3）における鳥の位置データの割合は、タンチョウの場合1998年と1999年の平均値として79.5%、コウノトリの場合1998年～2000年の平均で80.1%であった。これらの数値は、両種の鳥とも、アムール川流域地帯においてはほとんど湿原の中で生息しているということを示している。アムール川流域のロシア側においては湿原の自然環境が良好に保全されているため、タンチョウとコウノトリは湿原の中で十分な餌を見つけることができるので、その外には余り進出しないと考えることができる。ただし、1998年の1羽のタンチョウ（C20850）は例外であり、農地にいる割合が高かった。その原因は、この鳥の生息地域が農地に囲まれた比較的狭い湿地であったことによると考えられる。

表3. アムール川流域での各土地被覆タイプごとの鳥の位置データの割合（%）

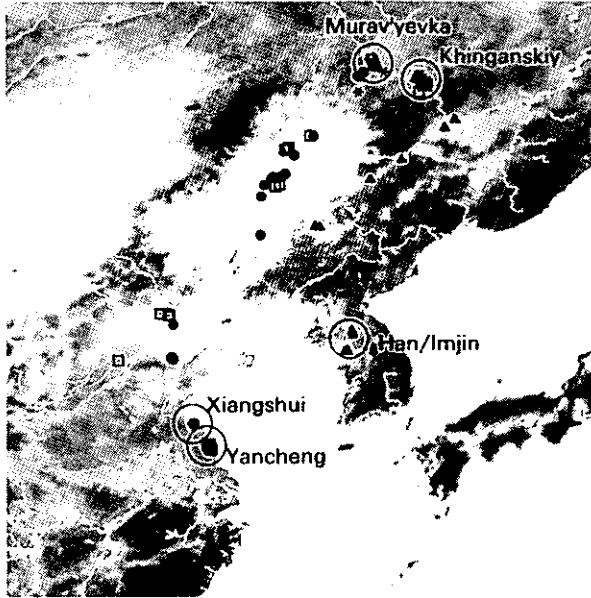
土地被覆タイプ	タンチョウ			コウノトリ			
	1998	1999	Total	1998	1999	2000	Total
Water	0.2	0.8	0.3	0.0	2.2	0.0	0.5
Wetland 1	31.0	24.0	29.8	22.3	21.7	56.5	26.1
Wetland 2	40.3	41.5	40.5	25.4	41.3	32.6	29.9
Wetland 3	9.2	9.3	9.2	30.4	17.4	2.2	24.1
Farmland	15.3	17.1	15.6	13.1	5.4	4.3	10.3
Woods	4.0	7.4	4.6	8.8	12.0	4.3	9.0

4. 東アジアにおける鳥の動きと土地被覆特性の解析

(1) 東アジアにおける移動経路と重要生息地

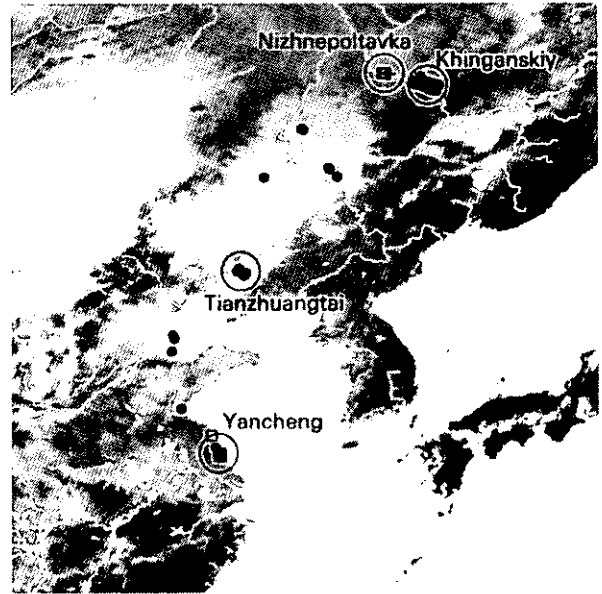
鳥の渡りの経路と東アジアにおける重要生息地を抽出するために、衛星追跡で得た鳥の位置データをNOAA/AVHRR衛星画像から作成した植生指数図の上にオーバーレイした（図5）。AVHRRセンサの地上分解能は1kmである。(a)、(b)はそれぞれ1998年と1999年のタンチョウ、(c)、(d)はそれぞれ1998年と1999年のコウノトリ、(e)は2000年のコウノトリの結果である。鳥が10日以上滞在した場所は、重要生息地として○印を付けてある。

これらの図から、両種の鳥ともに、アムール川流域から遼東湾岸に至るまでの中国東北部では2つの主要な経路を辿っていることが分かる。1つは西側の嫩江（ネンジャン）沿いの湿地を辿るルートであり、ザーロン自然保護区、莫莫各（モーモーク）自然保護区、向海（シアンハイ）自然保護区などの湿地が点在している。もう1つは東側の松花江（ソンホワジャン）沿いのルートであ



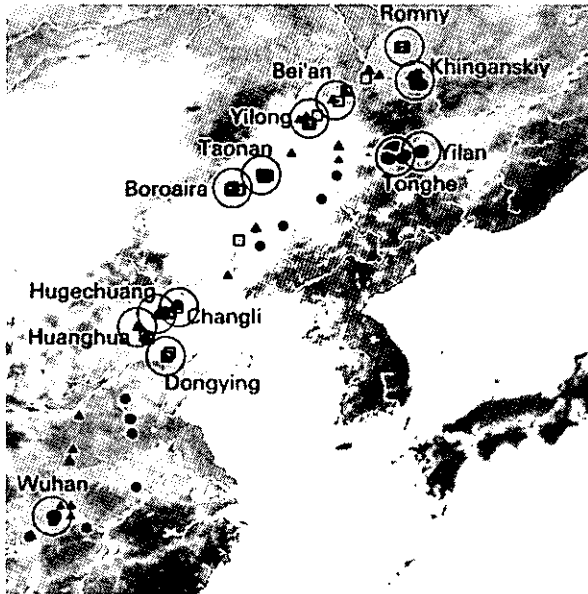
- C20848 (▲ 98/07/05 - 98/12/01)
- C20849 (○ 98/07/07 - 00/07/15)
- C20850 (● 98/07/07 - 98/12/21)
- C20851 (□ 98/07/04 - 98/12/12)
- C9084 (* 98/07/03 - 98/10/17)
- C9087 (△ 98/07/01 - 98/09/13)

(a) タンチョウ, 1998年.



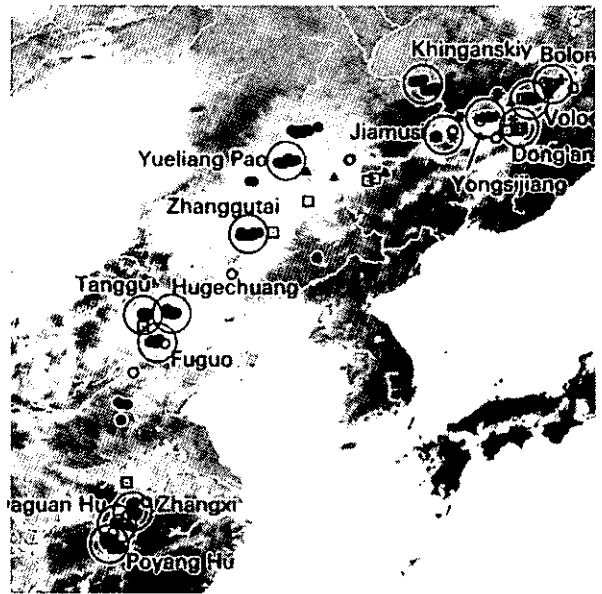
- C20819 (□ 99/07/11 - 99/12/21)
- C21476 (△ 99/07/14 - 99/07/25)
- C21477 (+ 99/07/11 - 00/06/19)
- C21478 (* 99/07/13 - 99/09/13)
- C21502 (● 99/07/12 - 00/07/25)
- C21503 (○ 99/07/12 - 99/09/28)

(b) タンチョウ, 1999年.



- S20846 (□ 98/07/08 - 98/12/22)
- S20852 (+ 98/07/06 - 98/08/25)
- S20853 (● 98/07/03 - 99/01/21)
- S9085 (* 98/06/30 - 98/09/06)
- S9086 (▲ 98/07/10 - 99/02/07)

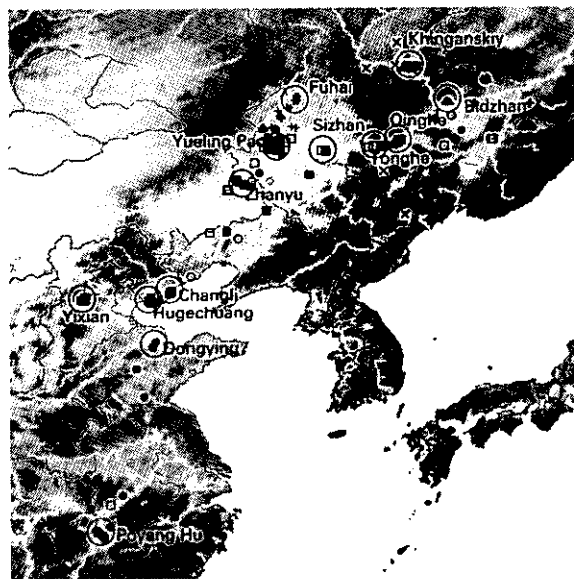
(c) コウノトリ, 1998年.



- S20818 (▲ 99/07/06 - 99/11/25)
- S20820 (□ 99/07/06 - 00/04/05)
- S20821 (● 99/07/11 - 00/07/21)
- S20822 (+ 99/07/08)
- S20823 (○ 99/07/05 - 00/07/07)
- S20847 (* 99/07/08 - 99/10/06)

(d) コウノトリ, 1999年.

図5 東アジアにおけるタンチョウとコウノトリの位置データと重要生息地。鳥が10日以上滞在した場所は重要生息地として○印を付けている。



S18998 (×)	00/07/29 - 00/09/06)	S19361 (■)	00/07/26 - 01/04/11)
S19005 (◇)	00/07/22 - 00/09/22)	S19480 (⊕)	00/07/13 - 01/03/05)
S19025 (+)	00/07/02 - 00/09/18)	S19619 (△)	00/07/15 - 01/05/20)
S19031 (☆)	00/06/25 - 00/10/05)	S19628 (*)	00/06/25 - 00/10/16)
S19033 (●)	00/06/28 - 01/05/28)	S19640 (□)	00/07/26 - 00/11/12)
S19043 (○)	00/07/29 - 00/10/31)		

(e) コウノトリ, 2000年.

図5 (続き)

り、佳木斯（ジャムス）、依蘭（イーラン）、通河（トンヘ）近辺の湿地を経て遼河河口のデルタ地帯に至っている。遼東湾岸からは、やはり兩種とも、海岸を辿るように移動し渤海湾岸を経て黄河河口のデルタ地帯に移動している。ただし、例外として1998年に一羽のタンチョウ（C20848）は、朝鮮半島の漢江・臨津江（ハンコウ・イムジンコウ）河口に渡りそこで越冬した。黄河河口から先は、タンチョウとコウノトリで行き先が異なっている。タンチョウは揚子江河口の北側にある塩城干潟に渡って越冬したのに対し、コウノトリは、1998年には武漢近辺の湖沼地帯に、1999年と2000年にはポーヤン湖近辺に渡り越冬した。1998年の越冬地が他の2年の越冬地と異なっていたのは、1998年に起きた揚子江流域の大洪水が影響している可能性がある。

表4は、図5から抽出した重要生息地をリストアップしたものである。コウノトリの重要生息地がタンチョウよりも多いのは、コウノトリが繁殖地から越冬地まで移動するのに要する日数が平均で103日と、タンチョウの13日と比べてはるかに長いためである。さらに、コウノトリは越冬地に到着した後もその近辺を動き回る傾向があった。

(2) 東アジアにおける鳥の動きと土地被覆特性

東アジアにおけるタンチョウとコウノトリの生息地の土地被覆特性を調べるために、中国リモートセンシング応用研究所がNOAA/AVHRRデータから作成した土地被覆マップを基本図として用いた（図6）。この図に鳥の位置データをオーバーレイし、土地被覆特性との関係性を調べた。図7～10は、それぞれ嫩江流域、渤海湾岸、揚子江中流域、塩城干潟の重要生息地におけるオーバーレイ結果を示したものである。図7(b)は1999年度に発信器を装着したコウノトリ（S20821）の嫩江流域における動きを示しているが、この鳥はポーヤン湖周辺で越冬した後、翌年に北上して来た

表4. タンチョウとコウノトリの重要生息地(10日以上滞在した場所).

種	重要生息地	経度(°)	緯度(°)	タイプ	利用目的
タンチョウ	ヒンガン湿地	129° 45'	49° 25'	内陸	繁殖地
	ムラビヨフカ湿地	127° 44'	49° 50'	内陸	繁殖地
	ニズネポルタフカ湿地	128° 16'	49° 42'	内陸	繁殖地
	遼河デルタ	121° 50'	40° 55'	海岸	中継地
	塩城干潟	120° 40'	33° 20'	海岸	越冬地
	漢江・臨津江河口	126° 20'	37° 45'	海岸	越冬地
コウノトリ	トム川湿地	129° 10'	50° 55'	内陸	繁殖地
	ヒンガン湿地	129° 45'	49° 25'	内陸	繁殖地
	ボロン湖湿地	136° 00'	50° 30'	内陸	繁殖地
	ビジャン湿地	132° 00'	48° 00'	内陸	繁殖地
	ザーロン湿地	124° 01'	47° 15'	内陸	中継地
	莫莫格湿地	123° 50'	45° 50'	内陸	中継地
	向海湿地	122° 50'	45° 00'	内陸	中継地
	佳木斯湿地	130° 20'	47° 00'	内陸	中継地
	依蘭湿地	130° 00'	46° 20'	内陸	中継地
	通河湿地	128° 30'	46° 00'	内陸	中継地
	曹庄子湿地	118° 45'	39° 13'	海岸	中継地
	朔河湿地	118° 35'	39° 12'	海岸	中継地
	大賈庄湿地	117° 20'	39° 18'	海岸	中継地
	馬棚口湿地	117° 28'	38° 38'	海岸	中継地
	南大港湿地	117° 30'	38° 32'	海岸	中継地
	无棣濱海湿地	117° 54'	38° 05'	海岸	中継地
	莱州湾湿地	118° 52'	37° 22'	海岸	中継地
	安慶地区湿地	117° 00'	30° 25'	内陸	中継地
	大官湖湿地	116° 25'	36° 00'	内陸	中継地
ポーヤン湖湿地	116° 10'	29° 00'	内陸	越冬地	
武漢地区湿地	113° 50'	30° 15'	内陸	越冬地	

ものである。

図11は、各土地被覆における鳥の位置データの割合を鳥の個体別に示したものである。(a)～(c)がそれぞれ1998年～2000年のデータに対応している。表5は、各土地被覆ごとに鳥の位置データの百分率の平均値を、タンチョウとコウノトリの別にまとめたものである。

図11から、大部分の鳥(1998年のS9086、1999年のS20823、2000年のS19640は除く)は、中国においては湿地よりも農地に滞在する割合が高いことが分かる。湿原の中で鳥の位置データが得られた比率は、タンチョウの場合1998年と1999年の平均で19.7%、コウノトリの場合1998年～2000年の平均で31.9%であった。この結果は、前節で述べたアムール川流域における鳥の位置データ分布と大きく異なっている。アムール川流域の繁殖地では、鳥はほとんど湿原の中に留まっていたのに対し、中国内では農地も頻繁に利用している。これは恐らく、中国では農地開発や産業開発により湿地のかなりの部分が失われたため、鳥は食料を求めて農地にも進出しているのではないと思われる。農地の頻繁な利用は、農作物の被害を巡る摩擦、狩猟、農薬による汚染等、鳥の生存を脅かす問題を引き起こしている可能性がある。湿原環境の悪化の実状とその渡り鳥の生

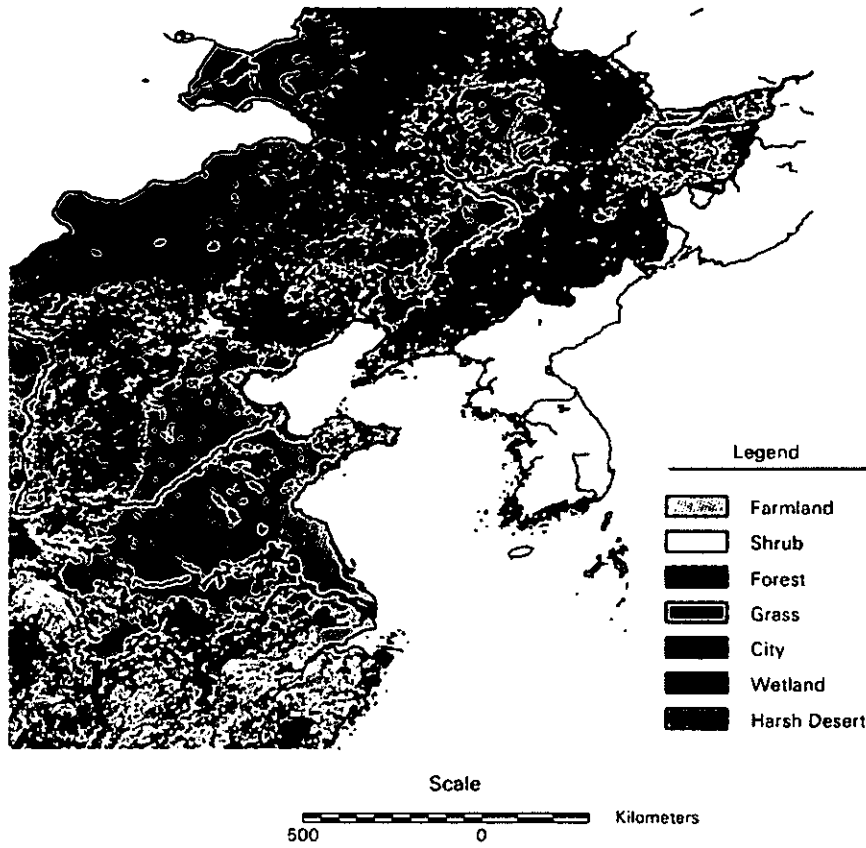


図6 NOAA/AVHRRデータから作成された中国の土地被覆図。中国リモートセンシング応用研究所作成。

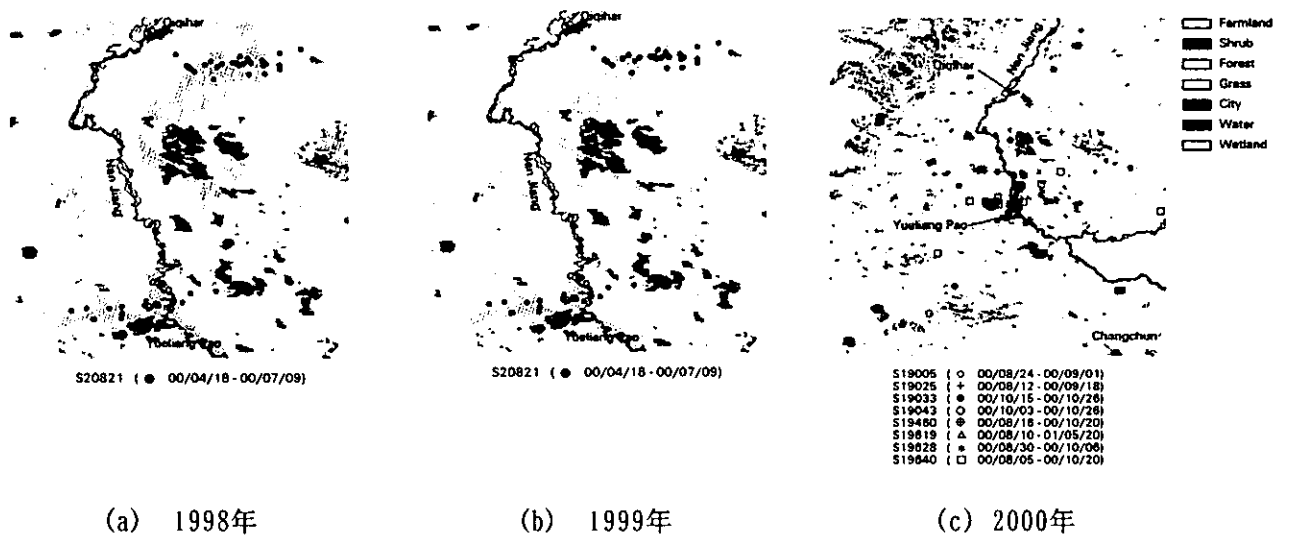


図7 嫩江（ネンジャン）流域における各年のコウノトリの位置データ。

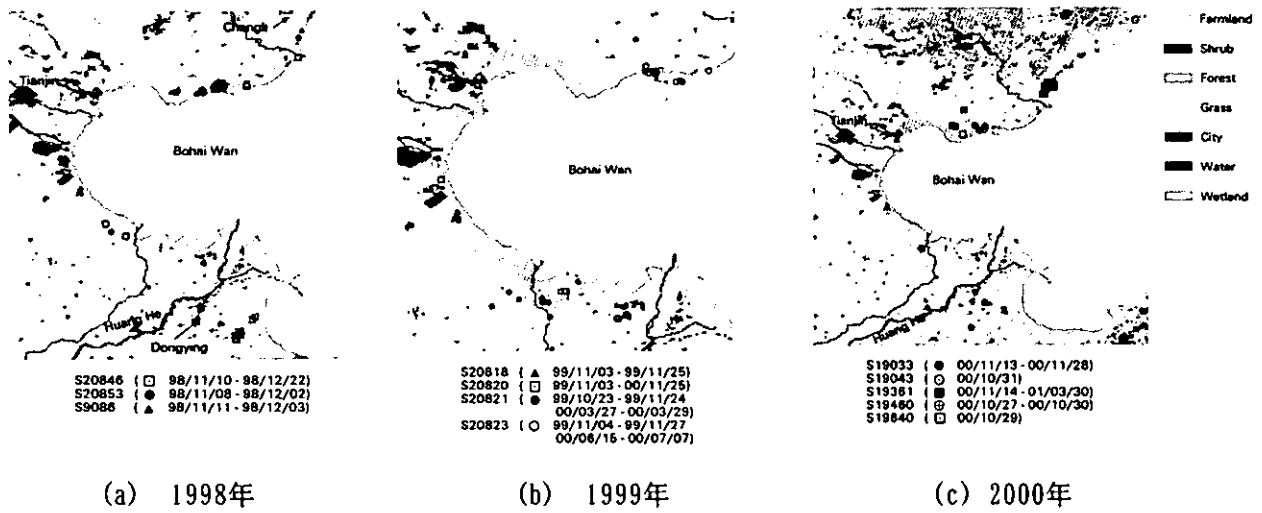


図8 渤海湾岸における各年のコウノトリの位置データ。

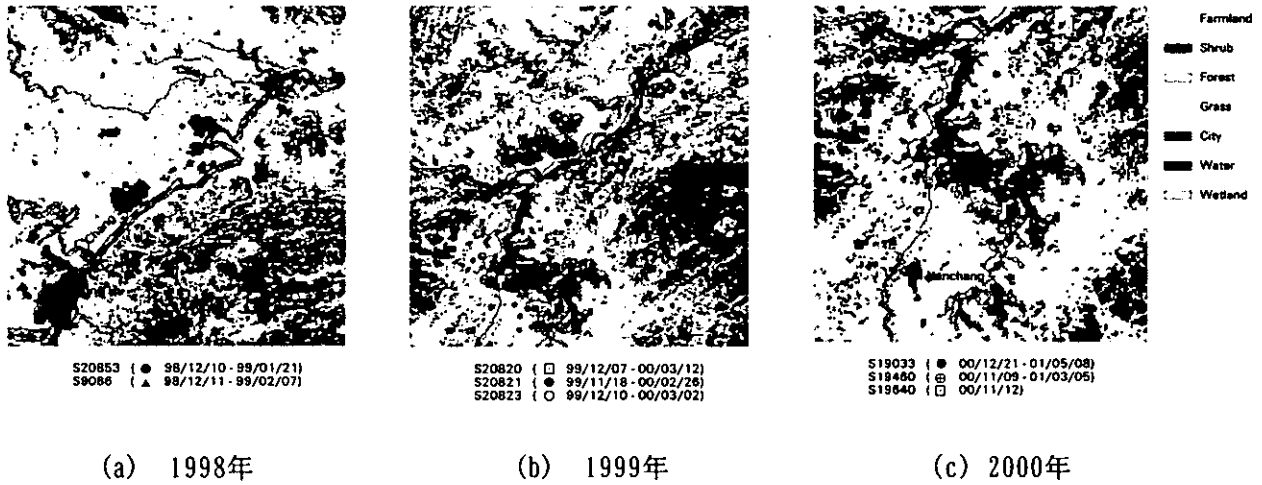


図9 武漢湖沼地帯（1998年）とポーヤン湖湿地（1999年、2000年）におけるコウノトリの位置データ。

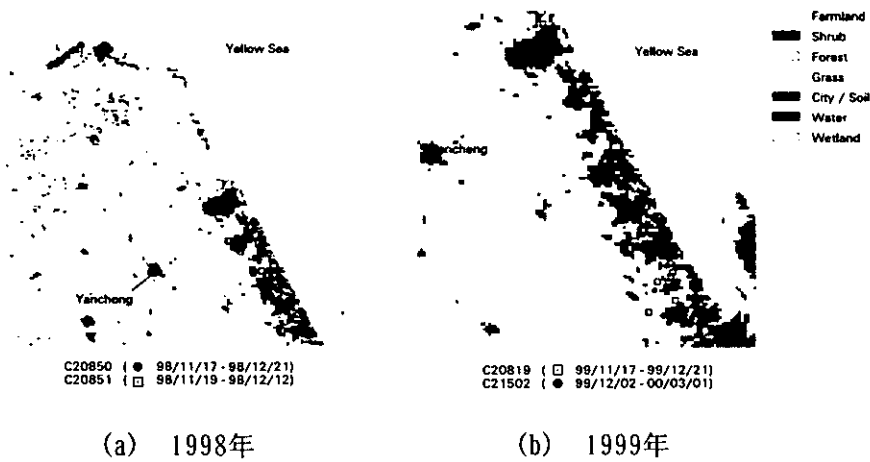


図10 塩城干潟における1998年と1999年タンチョウの位置データ。

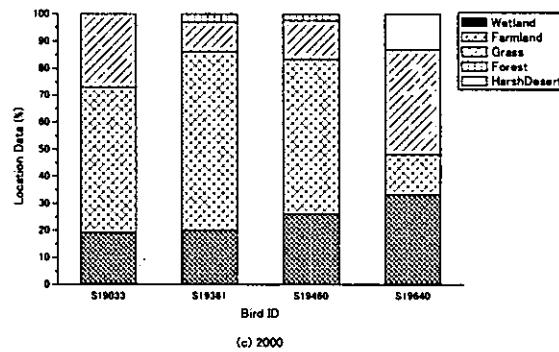
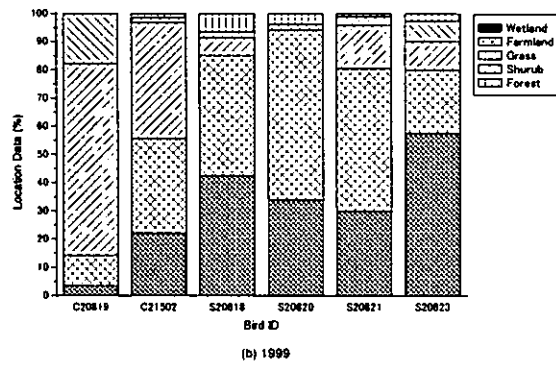
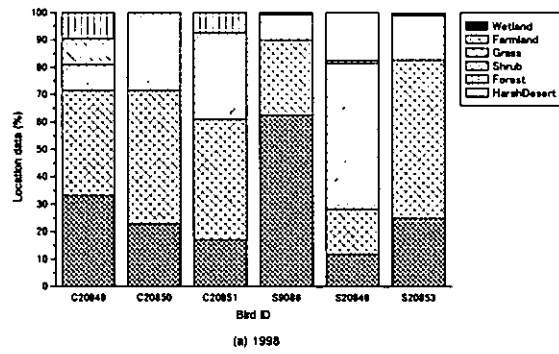


図11 中国における各土地被覆ごとの鳥の位置データの割合。

表5. 中国における各土地被覆タイプごとの鳥の位置データの割合(%)。

土地被覆タイプ	ダンチョウ			コウノトリ			
	1998	1999	Total	1998	1999	2000	Total
Wetland	22.7	16.5	19.7	33.9	38.0	23.7	31.9
Farmland	44.3	26.4	35.6	39.1	46.4	43.0	42.1
Grass	25.8	49.5	37.2	22.2	9.3	26.5	20.2
Shrub	2.1	6.6	4.3	0.2	3.4	0.7	1.1
Forest	5.2	1.1	3.2	0.7	3.0	2.5	1.8
Harsh Desert	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	3.6	2.9

存への影響は、今後さらに個々の湿地を対象として詳しく調べる必要のある課題である。

5. 結論

東アジアにおけるタンチョウとコウノトリの移動経路と生息地環境を、人工衛星を利用した二種類の技術（衛星追跡システムと衛星リモートセンシング）を用いて調査した。衛星追跡システムを用いることにより、遠隔地の鳥の位置データを自動的にかつほぼリアルタイムで取得することが可能である。衛星リモートセンシングにより、取りの生息地環境を過去に遡って定期的に観測することが可能である。これら二つの技術を組み合わせることにより、渡り鳥の動きと生息地の環境条件との関係を解析・評価することができた。本研究の主要な成果は以下の通りである。

- (1) アムール川流域の繁殖地における鳥の行動範囲は、タンチョウとコウノトリどちらの種も年毎に異なっていた。1998年と2000年には、大部分の鳥の位置データは直径が10～15km程度の範囲内に収まっていた。これに対し1999年には、鳥の位置データは広範な範囲に散らばり、大半の鳥がアムール川流域への滞在期間中に前期と後期で居場所を変えた。このような鳥の行動パターンの違いは、気象条件によって引き起こされる餌の状況の違いによるものではないかと思われる。
- (3) アムール川流域においては、両種の鳥とも、生息期間中の大部分のあいだ自然湿地の中に留まっていた。両種の鳥とも、衛星追跡によって得られた位置データの約80%は湿地の中にあつた。
- (4) 東アジアにおけるタンチョウとコウノトリの渡りの経路と重要生息地を同定することができた。両種の鳥ともに、中国東北部ではアムール川流域から遼東湾岸に至る二つの主要なルートを進んでいることが分かった。1つは西側のルートで嫩江（ネンジャン）沿いの湿地を進むルートであり、もう1つは東側のルートで松花江（ソンホワジャン）沿いに南下するものである。遼東湾岸からは、両種とも、海岸を進むように移動し渤海湾岸を経て黄河河口のデルタ地帯に移動していた。ただし、例外として1998年に一羽のタンチョウ（C20848）は、朝鮮半島の漢江・臨津江（ハンコウ・イムジンコウ）河口に渡りそこで越冬した。黄河河口から先は、タンチョウは揚子江河口の北側にある塩城干潟に渡って越冬したのに対し、コウノトリは、1998年には武漢近辺の湖沼地帯に、1999年と2000年にはポーヤン湖近辺に渡り越冬した。鳥が10日以上滞在した場所は重要生息地として、表4にリストアップした。
- (5) 中国においては、両種の鳥とも湿地の中より農地に滞在する頻度が高かつた。農地の頻繁な利用は、農業被害、狩猟、農薬汚染等、鳥の生存にとって問題を引き起こしている可能性がある。中国における湿地環境の悪化と渡り鳥の生存への影響に関しては、個々の湿地を対象により詳細な調査が必要である。

6. 謝辞

本研究で使用したLandsat/TM画像は、共同研究プロジェクト「湿原域における植生計測手法の開発」の下に、宇宙開発事業団より提供を受けたものである。また、中国リモートセンシング応

用研究所の布和敖斯尔氏からはNOAA/AVHRRデータから作成した中国土地被覆データの提供を受けた。ここに謝意を表する。

7. 引用文献

- 1) W.J. Mitsch and J.G. Gosselink, *Wetlands*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.
- 2) H. Higuchi, Y. Shibaev, J. Minton, K. Ozaki, S. Surmach, G. Fujita, K. Momose, Y. Momose, M. Ueta, V. Andronov, N. Mita and Y. Kanai, Satellite tracking of the migration route of the Red-crowned Crane *Grus japonensis*, *Ecological Research*, Vol. 13, pp.273-282, 1998.
- 3) N.M. Litvinenko ed., *Oriental White Storks in Russia*, International Union for the Conservation of Nature, Vladivostok, Russia, 1999.

[国際共同研究の状況]

本研究課題は、WWFロシア・プログラム・オフィスおよびヒンガン自然保護区との共同研究で実施された。アムール川流域における湿原環境のグランドトゥルースと、渡り鳥への衛星追跡用発信器の装着は、これらロシア側機関の協力を得て行われた。

[研究成果の発表状況]

(1) 誌上発表

- ① M. Tamura, H. Higuchi, H. Shimazaki, H. Oguma, Y. A. Darman, V. A. Andronov, M. Nagendran, and M. Parilov, Satellite observation of migration routes and habitats of cranes and storks in Russian Far East, *Global Environmental Research*, Vol.4, No.2, pp.207-217, 2001.
- ② H. Higuchi, M. Nagendran, Y. Darman, M. Tamura, V. Andronov, M. Parilov, H. Shimazaki, and E. Morishita, Migration and habitat use of Oriental White Storks from satellite tracking studies, *Global Environmental Research*, Vol.4, No.2, pp.169-182, 2001.
- ③ W. Zhao, M. Tamura, and H. Takahashi, Atmospheric and spectral correction for estimating surface albedo from satellite data using 6S code, *Remote Sensing of Environment*, Vol.76, No.2, pp.202-212, 2001.
- ④ 田村正行, 地球環境問題とリモートセンシング, *地球環境*, Vol.4, pp.13-19, 1999.
- ⑤ Y. A. Darman, V. A. Andronov, H. Higuchi, M. Nagendran, M. Tamura, V. V. Gorobeiko, A.G. Roslyakov, and M. P. Parilov, Aerial census of rare birds at middle Amur lowland, in *Oriental White Storks in Russia* (N. M. Litvinenko ed.), pp.13-19, 1999.
- ⑥ 大久保章人, 黒柳直彦, 波多江直之, 田村正行, 衛星データと同期調査による広域土壌水分

の推定, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.19, No.1, pp.30-44, 1999.

- ⑦ 田村正行, 光学リモートセンシングと地球環境計測, オプトロニクス, Vol.17, pp.143-146, 1998.
- ⑧ W. Zhao, H. Takahashi, and M. Tamura, Atmospheric and spectral correction of LANDSAT TM data to estimate wetland surface albedo, *Int. Peat J.*, Vol.9, pp.11-20, 1998.
- ⑨ M. Tamura and Y. Yasuoka, Optical coarse spatial resolution sensors, IGBP Report 46, *Global Wetland Distribution and Functional Characterization* (D. Sahagian and J. Melack ed.), pp.44-45, 1998.

(2) 口頭発表

- ① M. Tamura and Y. Yasuoka, Investigation of wetland ecosystems in Japan and Russia, *ASTER Science Meeting*, 2001.
- ② M. Tamura and H. Higuchi, Satellite observation of migration routes and habitats of migratory birds living in wetlands in East Asia, *Proc. 21st Asian Conference on Remote Sensing*, pp.603-608, 2000.
- ③ W. Zhao and M. Tamura, Integrating remotely sensed data with an ecosystem model to estimate net primary productivity in East Asia, *Proc. 21st Asian Conference on Remote Sensing*, pp.1099-1103, 2000.
- ④ 田村正行, 樋口広芳, 東アジアにおける渡り鳥の移動経路と生息環境の衛星観測, バイオGIS研究会, 2000.
- ⑤ K. Kakubu, K. Pahari, M. Tamura, and Y. Yasuoka, Feasibility analysis for vegetation from time series NDVI data with "Green Census" data, *Proc. 20th Asian Conference on Remote Sensing*, pp.537-541, 1999.
- ⑥ M. Sone, Y. Fujinuma, M. Tamura, Y. Yasuoka, Correlation analysis between carbon dioxide concentration and vegetation distribution, *Proc. 20th Asian Conference on Remote Sensing*, pp.1011-1013, 1999.
- ⑦ 趙文経, 田村正行, 高橋英紀, 衛星データによる地表面アルベドの算定のための大気補正及び波長補正, 日本リモートセンシング学会第27回学術講演会, 1999.
- ⑧ 島崎彦人, 小熊宏之, 田村正行, サブカテゴリの検出方法の検討, 日本リモートセンシング学会第27回学術講演会, 1999.
- ⑨ 林真智, 沼田洋一, 斉藤和也, 安岡善文, 田村正行, 加藤正胤, ASTERデータによる湿地分布図作成手法の開発(その3), 日本リモートセンシング学会第27回学術講演会, 1999.
- ⑩ M. Tamura and Y. Yasuoka, Extraction of wetland areas in West Siberia using NOAA/AVHRR data, *Proc. SPIE*, Vol.3499, pp.105-110, 1998.
- ⑪ 田村正行, 趙文経, 友定光洋, 安岡善文, NOAA/AVHRRデータによる西シベリア湿原の環境計測, 日本リモートセンシング学会第24回学術講演会, 1998.
- ⑫ 趙文経, 田村正行, 王権, 友定光洋, NOAA/AVHRRデータによる東アジアの地表面アルベドの算定, 日本リモートセンシング学会第25回学術講演会, 1998.

- ⑬ 林真智，沼田洋一，齊藤和也，安岡善文，田村正行，加藤正胤，ASTERデータによる湿地分布図作成手法の開発，日本リモートセンシング学会第25回学術講演会，1998.
- ⑭ 牧田史子，田村正行，釧路湿原周辺域の土地改変による湿原植生への影響推定，日本リモートセンシング学会第25回学術講演会，1998.
- ⑮ 田村正行，小熊宏之，安岡善文，二次元イメージングスペクトロメータによる植生反射率の計測，日本リモートセンシング学会第25回学術講演会，1998.

(3) 出願特許

無し。

(4) 受賞等

(社) 日本リモートセンシング学会第26回学術講演会優秀論文発表賞

島崎彦人，小熊宏之，田村正行，サブピクセルカテゴリーの検出方法，第26回日本リモートセンシング学会学術講演会論文集，pp. 687-690，1999.

(5) 一般への公表・報道など

- ① 地球環境研究総合推進費公開シンポジウム（2000年10月3日），田村正行「渡り鳥から見た湿地と生物多様性の保全」
- ② ASTERシンポジウム（2000年9月14日），田村正行「地球環境への応用例」
- ③ 環有明海ウォッチング（2000年4月21日），田村正行「国立環境研究所における衛星データの利用」