関西自然保護機構会誌 25（2）：109－116, 2003

原　著

馬毛島を渡るサシバ *Butastur indicus* の飛行行動

大阪府立大学大学院農学生命科学研究科　中　津　　弘

Flight behavior of gray-faced buzzard eagles *Butastur indicus* migrating over Mage-shima Island.
Hiromu Nakatsu（*Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University*）

はじめに

日本列島で繁殖するサシバ *Butastur indicus* は毎年春と秋に，繁殖地と，越冬地のフィリピンや南西諸島の間を往復する（森岡ほか, 1995）。全国400ヶ所から得られたデータをもとに，日本列島でのサシバの渡りルートを示した武田（1989）によると，例えば中部日本とフィリピンを行き来する個体の飛行距離は片道約3,000 kmにおよび，その大半で長い水域を島づたいに飛ぶ。1回の飛行で横断する水域はしばしば20 kmを超え，200 kmに達する場合もある。

水域横断（water crossing）には，目印となる地形の消失によってルートから逸脱するリスク，上昇気流が乏しいことから帆翔（soaring）による上昇と滑空を組み合わせて効率的に飛行できずエネルギーを消耗するリスクなどが伴う（Kerlinger, 1989）。本研究では，サシバの水域横断の中継地となる，鹿児島県西之表市馬毛島での観察から，水域横断を容易にすると考えられる，サシバの特徴的行動を報告する。

本研究にあたり，マゲシカ生態調査会代表の立澤史郎氏（京都大学）は，シカ調査メンバーとして入島した筆者に助言を与えて下さった。大阪市立大学の高木昌興氏，滋賀県立大学の野間直彦氏からも有用なアドバイスを，「屋久島タカの渡り研究会」の小林峻氏と東洋工学専門学校の皆さんには屋久島での情報を頂いた。また，NHKの大木義之・中西紀雄・小川量也の各氏，漁師の故岩田敬夫氏には調査の実施においてお世話になった（所属は当時のもの）。姉崎麻美子・刈田斉・中島久美子の各氏には調査を補助して頂いた。各位に感謝する。

調査地および調査方法

調査地および野外調査

種子島の西約10 kmの海上に浮かぶ馬毛島（30°44' N, 130°51' E, 図1）は，周囲12 km，面積8.5 km^{2}の無人島である。地形は平坦で，島中央部丘陵上の通称「岳之越」とよばれる地点で最大標高（71.1 m）が記録されている。また，この島にはニホンジカ *Cervus nippon* の1亜種マゲシカ *C. n.* var. *mageshimae* が約500頭生息する。シカの食圧に加え過去の火災などの影響もあずかって，島内には草地が広がり，岳之越からは島の上空から海上にかけて360°の視野が得られる。この岳之越を観測地点とし（図2），1999年10月9日から21日のうちの11日間（以後この期間を秋季と記す）および2000年3月30日から4月6日のうちの5日間（春季）の2季に分けて調査を行った。各調査日あたりの調査時間は，原則的に

午前8時から午後4時までの8時間とした。ただし，2000年3月30日の観察時間は，午前8時20分から午後4時までの7時間40分であった。

サシバの行動観察には，7～12倍の双眼鏡と20～60倍の望遠鏡を用いた。直接観察を1～3名が同時に行い，出現したサシバを追跡して，行動（滑空，はばたき，帆翔，止まり），高度（目測による海抜），およその飛行経路を，調査地を70分割した1km×1kmのメッシュ（図2）に対応して連続的に記録した。サシバが2羽以上の群れで同時に現れた場合は，群れ単位で追跡・記録を行った。高度は100m未満では10m単位，それ以上では50m単位で記録した。追跡する個体や群れの高度が1つのメッシュ内で変化した場合や，同じメッシュを飛行する群れの中で個体間に高度差があった場合には，高度はメッシュ内での最小値と最大値で高度帯（例えば50～100m）として記録した。飛行経路の記録には，個体や群れが通過したメッシュ番号を用いた。群れの観察において，一部の個体が視野外に移動あるいは新たな個体が視野内に進入して，追跡する個体数が増加または減少した場合には，追跡する個体数を再度カウントした。いったん出現したサシバの個体および群れについては，観察できる範囲を脱するか，地形などに遮蔽されて見えなくなる時点まで観察を続けた。

終日8時間におよぶサシバの渡り個体数の調査と並行して，1時間ごとに気象条件（天候，風向，風力）および岳之越からの視程（1km単位で5kmまで）を記録した。天候は気象庁天気種類表の説明に従い，雲量を1時間ごとに数分間目視観察して行った。風向および風力の気象条件は，一般的に短時間でも変化し，風向計および風力計で測定した観測値の単位観測時間（10分など）あたりの平均値を用いて表される。本研究では風力と風向の観測を次のようにして行った。体感した風向およびタバコの煙のたなびく方向をコンパスで確認し，それを16方位にカテゴライズした。風力の観測は気象庁風力階級表に記載された説明に従い，タバコの煙の上昇，木の葉や枝の動き，

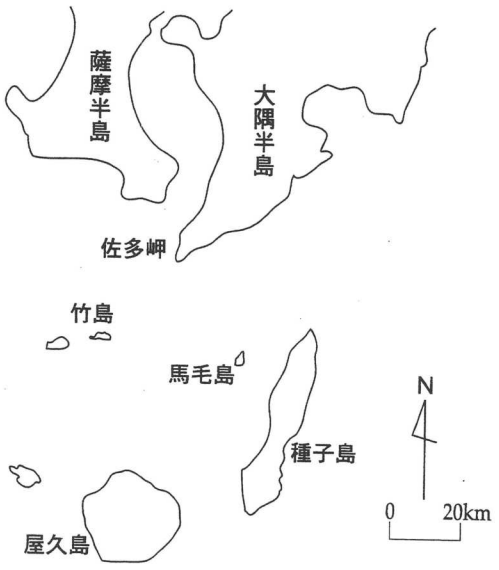


図1．大隈諸島と馬毛島．

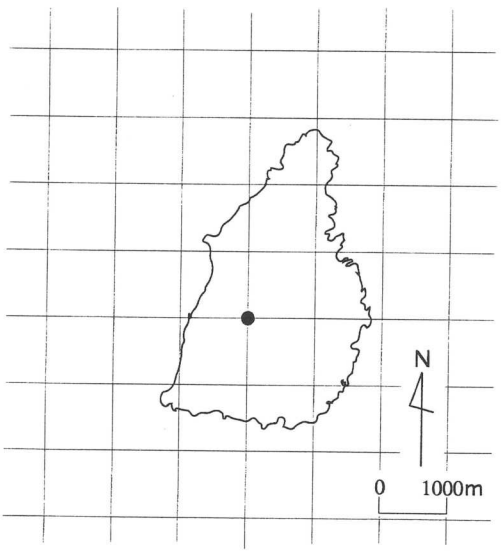


図2．調査地点（黒丸）とメッシュ．

土ぼこりなどの陸上の状態，波の立ち方についての海上の状態を観察して行った。このようにして各時間で1回だけ測定した風向と風力の気象変量は，気象学で取り扱われる瞬間または数分間平均の気象条件に相当するであろう。

データ解析

行動および高度は1メッシュごとにそれぞれ1データとして扱った。ただし，1メッシュ内で出現し消失した個体，その数2季合計12羽の個体のデータについては，行動や高度の変化を記述できなかったため，行動に関するデータ解析から除外した。

風力・風向のデータは，いったんベクトル化して東西方向と南北方向の風の成分に分解した。すなわち，観測地点を原点，観測地点に対して南北の方向を縦軸，東西の方向を横軸とする2次元の直交座標を考え，この座標系を方眼目盛りのグラフ用紙を用いて作図化した。作図化に際しては，原点に対して北および東は正，南および西は負となるよう目盛りを打つ。観測した風向を表す直線を図上に画く。この直線は原点を起点とし，風向の観測値方向に延び，その長さは風力の観測値に比例する。このようにして画いた直線は，その方向が風ベクトルの方向を，その長さが風ベクトルの絶対値を表すと解釈できるから，これを利用して風力の東西方向と南北方向の成分を求めることが可能となる。このようにして風向成分ごとに求めた風力を用いて，風力と出現したサシバの個体数との相関を解析した。

結　果

渡り個体数

秋季調査では，計593羽のサシバが記録された。1日あたりの記録個体数は，調査期間前半の5日間はいずれの日も71羽以上で，最大256羽（10月14日）だったが，後半の6日間は0～1羽であり（表1），期間の前半で大半の渡りが終わっていた可能性がある。前半5日間の全てで日に1回または2回，20羽以上のサシバが同時に出現した。時間帯別の観察個体数を図3に示す。20羽以上での同時出現を取り除くと1時間あたりの観察個体数は0～6羽であった。

日々観測した1日あたりの晴天時間合計と1日あたり渡り個体数の間の相関は有意ではなかったため（$r=0.463$, $p\geqq0.05$），観測した1時間あたりの個体数データを用いて天候と渡り個体数の対応を調べた。秋季の総観測時間は88時間であったから，有効なデータ数Nは88である。N＝88のデータをその時々の天候に従って，晴天時（N＝67）と曇天時（N＝21）の2組みに分け，1時間あたりの観察個体数の差に関するU検定を行うと，有意な差が認められた（$Z=2.63$, $P=0.009$）。

その詳細を後に再論するが，馬毛島付近を飛行するサシバの飛行方向は，秋には南東，春には北西の方向となると推測される。このためサシバの飛行にとっての追い風は，秋には北西，春には南東からの風となる。従って，サシバが秋に追い風を好んで利用するならば，風の南北軸成分から求めた北風成分の強さおよび風の東西軸成分から求めた西風成分の強さと1時間あたりの渡り個体数の間には有意な正の相関のあることが期待される。ここで北風成分および西風成分の強さは説明を要する。すなわち北風成分において南風は負の北風として，西風成分において東風は負の西風として扱うのである。このように風を成分に分解して，風の強さと1時間あたりの渡り個体数の相関を調べると，北風の成分で$r=-0.060$（$p>0.05$），西風の成分で$r=-0.061$（$p>0.05$）となり，有意な相関は認められなかった。

表1. 秋季（1999年10月）および春季（2000年3～4月）の観察時気象条件およびサシバの観察個体数.

秋季調査日	10/9	10/10	10/11	10/12	10/14	10/15	10/16	10/17	10/18	10/20	10/21
天　候	曇天のち晴天	晴天	晴天	晴天	晴天	曇天のち晴天	晴天	晴天	晴天	曇天のち晴天	曇天のち晴天
風　向	NE	ENE	ESE-S	S-SW	NW-NNW	NW-W	NW	ENE-NNE	NE	NW-NE	E-NE
風　力	3-4	3-4	2	2	2-3	2-3	2-3	2-3	4	3	2-3
規　程	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$
晴天時間	7	8	8	8	8	6	8	0	1	6	7
観察個体数	75	109	79	71	256	1	0	0	0	1	1

春季調査日	3/30	3/31	4/1	4/5	4/6
天　候	晴天のち曇天	曇天一時晴天	曇天一時晴天	曇天のち晴天	晴天
風　向	WNW-NW	WNW-SSW	NW-E	NE-NW	NW-NE
風　力	4-5	1-3	2-5	3-5	2-4
規　程	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$	5km$^+$
晴天時間	3	0	1	4	8
観察個体数	3	41	2	4	17

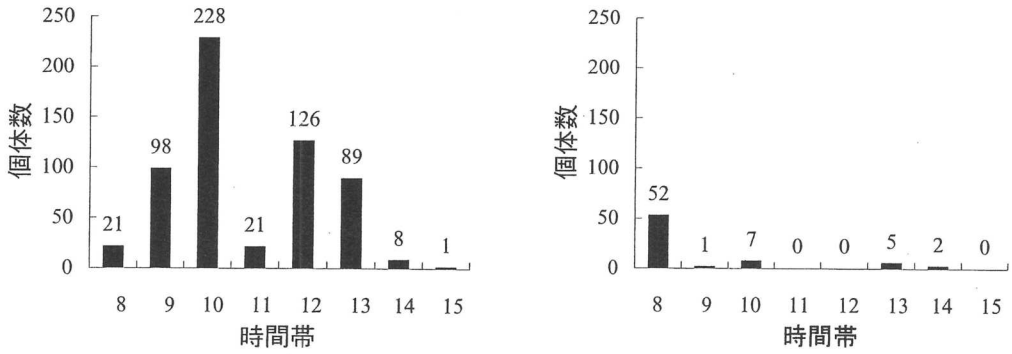


図3. 時間帯別のサシバ出現個体数. 左図は秋季を右図は春季を表す.

調査期間の後半では大半のサシバが馬毛島付近での渡りを終えていて，観察し得る個体数が減少していた可能性がある。この場合，気象要因が渡り個体数を決める主要な要因とは見なせない。この可能性を考慮して，前半5日間のデータだけで調べても，追い風の強さと1時間あたりの渡り個体数の間の相関は有意ではなかった（北風の成分で$r=0.120$，西風の成分で$r=0.104$，$p>0.05$）。

春季調査では計67羽のサシバが観察された。3月31日に41羽，4月6日に17羽が観察されたが，他の3日間では1日あたり2～4羽の観察であった（表1）。時間帯別の観察個体数は，8時台の52羽を除けばいずれも0～6羽であった（図3）。3月31日の8時台に36羽が同時に出現したため8時台の観察個体数が大きくなったが，他の日の8時台の個体数は0～12羽であっ

た。春季調査は渡りのピークと合っていなかった可能性がある。1日あたりの晴天時間合計と渡り個体数の間の相関は有意でなく（$r=0.021$, $p>0.05$），晴天時（計16時間）と曇天時（計24時間）の間では1時間あたりの観察個体数にも有意差は認められなかった（U検定。$Z=0.738$, $P=0.461$）。サシバが春に追い風を好んで飛行するなら，秋季とは逆に，渡り個体数は南風・東風成分のそれぞれの強さと正の相関を示すと期待される。追い風の強さと1時間あたりの渡り個体数の間には有意な相関は認められなかった（南風の成分で$r=0.022$，東風の成分で$r=-0.066$, $p>0.05$）。

飛行行動

秋季には，期間中の全確認個体数の75％以上のサシバが馬毛島の北-西部上空で発見され，また65％以上が島の東上空で消失した（図4）。ただし，調査地点より低空の飛行では海面・植生が背景となり発見が困難であったためか，海上で発見し得た個体はなかった。サシバが北-西部から出現し，東側へ飛行するのに要する時間はおおむね15分前後であった。島上空から海岸線付近あるいはそれ以遠まで追跡できた個体の多くは，飛行の進路，体の方向とも種子島を向いていた。

複数のメッシュにわたって観察された個体（586羽）のうち，490羽（83.6％）が帆翔し，その結果少なくとも338羽（57.7％）が高度を上げ

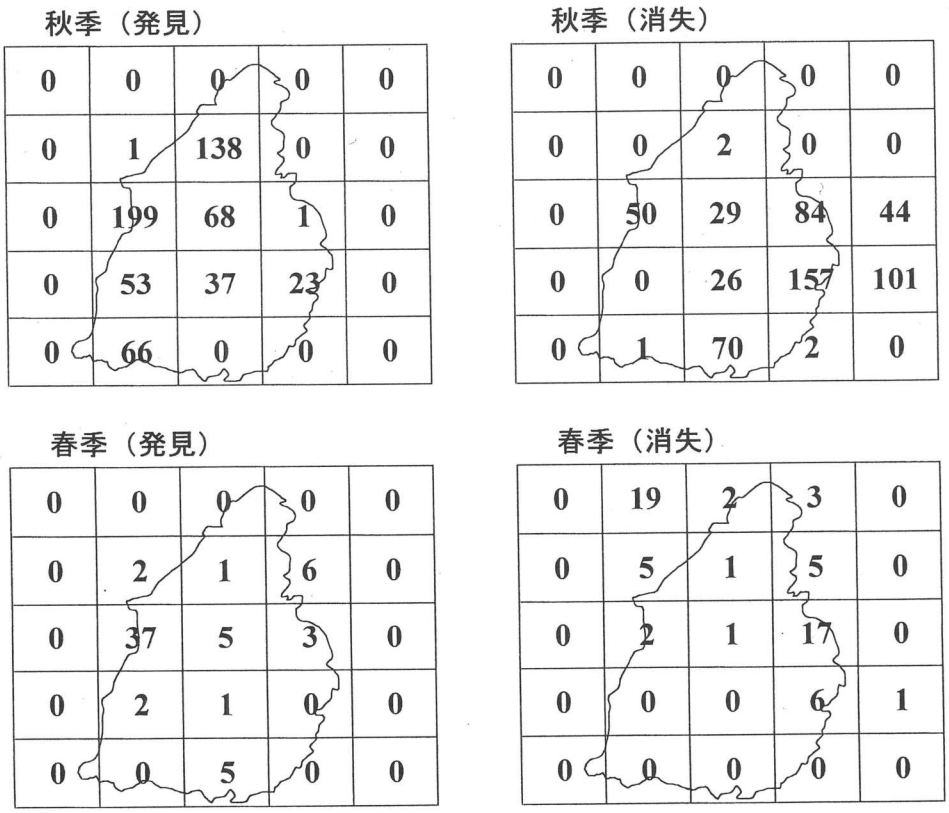


図4．サシバの発見および消失の場所と個体数．図の上段は秋季を下段は春季を表す．

た。発見時には高度 200 m 未満の個体が 391 羽（66.7 %）であったが，消失時には高度 200 m 以上の飛行が少なくとも 353 羽（60.2 %）で観察され，289 羽（49.3 %）は 300-500 m に達した。他に，帆翔を行っても大きく上昇しない個体，中には降下していく個体も見られた。上述の帆翔に加え，多くのサシバがはばたき（99.8 %），滑空（87.7 %）を行った。特に海上を飛行する際には数秒ごとにはばたきと滑空を切り換え，ほぼ水平に飛行するものが多かった。降下後の樹上への止まりも観察された。止まりを行った個体（4 羽）はいずれも 1 ～ 2 羽で飛行した後に降下したものだった。20 羽以上の群れが出現した場合には，群れはおおむね直径 2 km の円内に収まる範囲を密集して飛行するのが観察された。このような密集した群れの中で島の上空を飛行したサシバは 559 羽（95.4 %）であった（他の個体では，単独もしくは 2 - 4 羽の群れでの飛行が観察された）。これらのサシバは 1 ～ 3 個の「タカ柱」を形成して帆翔し，移動する際にはたびたび幅数百メートルの帯となった。サシバの群れの個体数（追跡中に変動した場合にはその最大値）と消失時の高度（高度帯の場合は上端と下端の中間の値）との相関は正で有意であった（$r = 0.598$, $p < 0.05$。図 5）。単独飛行するサシバでは高度が上昇したものが 1 羽，下降したものが 2 羽，変化のないものが 3 羽観察された。1 ないし数羽が飛行するうちに，「タカ柱」に合流する例が頻繁に見られた。

春季には，全体の 65 %以上のサシバが島の中部付近上空で発見され，55 %以上が北部で消失した（図 4）。秋の消失が海岸線の近い東側で多かったのに比べて，春の消失は陸地の広がる北側で起こり，海上までの追跡はできなかった。中部付近から北部への飛行に要する時間は 5 ～ 10 分であった。複数のメッシュにわたって観察された個体（62 羽）のうち 48 羽（77.4 %）で島の上空付近での帆翔が確認されたが，上昇が確認された個体は 8 羽（12.9 %）であった。発見時に高度 200 m 未満の個体が 58 羽（93.5 %），消失時に 200 m 以上に達していた個体は 9 羽（14.5 %）であった。上述した帆翔に加え，はばたき（100 %），滑空（100 %）が多く見られた。秋には見られなかった，風が斜面地形に吹きつけ逸らされることで発生する斜面気流を利用した滑空（ridge-gliding）も 3 羽の飛行で確認された。止まりは単独飛行を行っていた個体で 1 回確認された。

複数のメッシュ上で追跡できたうち半数以上（58.1 %）は 3 月 31 日に観察された 36 羽の群れ

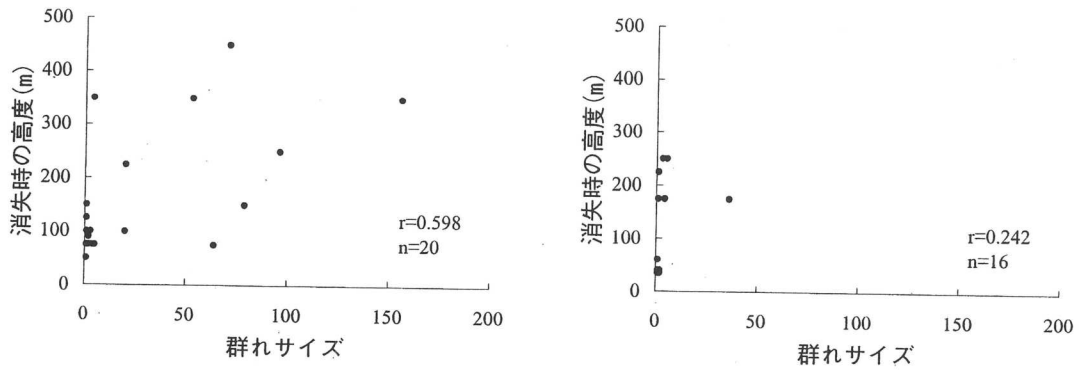


図 5．群れサイズと消失時の高度の関係．高度はサシバの消失したメッシュ内での高度（高度帯の場合は，上端と下端の中間の値）を表す．左図は秋季を右図は春季を表す．

であり，おおむね直径2km以内に密集していた。この際帆翔は見られたが，上昇は記録されなかった。このケースでは，当初から追跡していた1羽が，帆翔を行っている「タカ柱」に合流するのが観察された。その他の個体では，単独か2～5羽同時の飛行が観察された。秋季と同様の方法で消失時の高度とサシバの群れサイズの相関を調べると，相関は正であったが，有意ではなかった（$r=0.242$, $p \geqq 0.05$。図5）。単独飛行する個体では，高度が上昇したものが3羽，下降したものが4羽，変化のなかったものが3羽，いったん上昇し，もとの高度に降下したものが1羽観察された。

議　論

横風や向かい風の中での飛行は追加的なエネルギーが要求されるのに対して，追い風を利用した場合には効率的な飛行が達成できるが（Kerlinger, 1989），今回の調査では，サシバが追い風を選好して渡るという傾向は認められなかった。ただし，サシバが横風や向かい風が強いときには風が比較的弱い低空を飛行して海上を効率的に飛行している可能性はある。秋の渡りの大半が前半5日間の晴天条件下で観察されたことは，サシバが上昇気流の強い晴天を選好して渡った可能性もあるが，たまたま渡りのピークと晴天が一致した可能性もある。また，春には逆に曇天時に多くの渡りが観察されており，サシバは晴天・曇天を問わず馬毛島を渡るのかもしれない。

馬毛島で観察された飛行の経路や方向に加え，森岡ほか（1995）の資料から，馬毛島を渡るサシバは，秋には佐多岬方面から馬毛島を経由して種子島に渡り，春には逆に種子島から馬毛島を経由して佐多岬方面に渡ると推測される。秋に多くのサシバで観察された，馬毛島上空で帆翔・上昇し滑空とはばたきで水域を横断する一連の行動によって，海上での継続的なはばたきによるエネルギーの一方的消耗は避けられるであろう。春にも帆翔を行う個体は多く観察されたが，そのうち大半を単一の群れが占めており，全体的なデータも少ないことから，傾向は不明である。

渡り中に群れるというタカ類の行動と飛行の効率性の関係については，いくつかの研究がある。Thake（1980）は，渡り中にハチクマ *Pernis apivorus* が形成する群れが，飛行経路や方角に関する情報をプールあるいは授受する「情報センター」になり得るとし，この仮説によって，サハラ砂漠を渡るタカで群れる傾向が強いことが説明できるとする。モーターグライダーから大型鳥類を観察したPennycuick（1972）は，探餌もしくは移動中のハゲワシ類 *Gyps* spp. が，上昇気流をとらえて帆翔している別個体やモーターグライダーに対して接近し，付近で帆翔した後，別の方向へ分散していく行動を報告し，この行動が上昇気流の利用を容易にするとしている。またKerlinger & Gauthreaux（1985）は，ハネビロノスリ *Buteo platypterus* の圧倒的多数が渡りの際に群れを形成すること，群れは飛び立ってすぐに形成されることから，渡るタカ類が群れることによって，上昇気流を容易に見つけ，効率的に帆翔・上昇することができるという仮説を提唱している。渡りのルートに対して直角方向に間隔をおいて飛ぶと，そうでない場合よりもいずれかの個体が上昇気流に偶然出くわす（random encounter）確率が高くなる，というのがその理由である。これらの研究者が指摘する群れの機能は，秋に馬毛島を渡るサシバの群れにもあてはまると考えられる。秋に観察された，大きなサイズの群れほど高高度に達するという傾向は，「タカ柱」への合流や，幅数百mに広がった飛行を行うことで上昇気流の利用を容易にしていたためと説明できる。サシバの群れが「情報センター」として機能している可能性も

ある。単独飛行を行っていたサシバが帆翔からの上昇に失敗したり，止まって休息したのは，これらの群れの機能を利用できずに効率的に飛行できなかったためと考えることができる。サシバが馬毛島付近の飛行に際し，早期に群れを形成したうえで渡りを行うのか，あるいは，大きな障壁である水域横断を行える条件が整ったと知覚するタイミングが多くの個体で一致して結果的に群れが形成されるのかは不明である。しかし馬毛島を渡るサシバは群れを形成することで，より安全で効率的な渡りを実現できると考えられる。

引用文献

Kerlinger, P. & S. A. Gauthreaux. 1985. Seasonal timing, geographical distribution, and flight behavior of Broad-winged Hawks during spring migration in South Texas: a radar and visual study. The Auk, 102: 735-743.

Kerlinger, P. 1989. Flight Strategies of Migrating Hawks. 375 pp. University of Chicago Press, Chicago.

森岡照明・叶内拓哉・川田隆・山形則男. 1995. 図鑑日本のワシタカ類，632pp. 文一総合出版，東京.

Pennycuick, C. J. 1972. Soaring behaviour and performance of some East African birds, observed from a motor-glider. Ibis, 114: 178－218.

武田恵世. 1989. 日本列島におけるタカの渡り. Strix, 8: 35－123.（財）日本野鳥の会. 東京.

Thake, M. A. 1980. Gregarious behaviour among migrating Honey Buzzards *Pernis apivorus*. Ibis, 122: 500-505.