

博士学位論文

ヒトとイルカのコミュニケーションに関する研究

－ イルカの発する鳴音の解析 －

麻布大学大学院 獣医学研究科 動物応用科学専攻

動物人間関係学分野

秋山 順子

2005

博士学位論文

ヒトとイルカのコミュニケーションに関する研究

- イルカの発する鳴音の解析 -

麻布大学大学院 獣医学研究科 動物応用科学専攻
動物人間関係学分野

秋山 順子

2005

目 次

緒 論1
第1章 イルカの発する鳴音7
第1節 緒 論	
第2節 方 法	
第3節 結 果	
第4節 考 察	
第2章 シグニチャーホイッスルの検索19
第1節 緒 論	
第2節 方 法	
第3節 結 果	
第4節 考 察	
第3章 イルカの日常的な鳴音34
第1節 緒 論	
第2節 方 法	
第3節 結 果	
第4節 考 察	

第4章 イルカ介在プログラムにおける鳴音 ……47

第1節 緒 論

第2節 方 法

第3節 結 果

第4節 考 察

第5章 特別な状況下における鳴音 ……58

第1節 緒 論

第2節 方 法

第3節 結 果

第4節 考 察

要 約 ……65

謝 辞 ……70

参考文献 ……71

緒 論

人類の歴史とともにさまざまな動物が家畜化され、人々は限りない恩恵を受けてきた。1970年代より欧米先進国を中心として始まった人と動物の関係に関する研究によって、動物が人に与える精神的、身体的な効果についてさまざまな報告がなされている[2, 4, 29, 33, 49, 50, 56, 57, 73, 74, 76, 79, 82, 91]。特に、動物を人の健康に役立てる動物介在療法・活動(Animal-assisted therapy, AAT/Animal-assisted activity, AAA)が盛んに行われるようになり、21世紀に至ってさらに動物と人は新たな関係を築こうとしている。AAT/AAAで用いられる動物は、犬や猫、馬、イルカなどであるが、動物がもつさまざまな特性を生かし実施されている。

たとえば、犬や猫は人に最も身近な動物として、飼育しやすいことなどから、幅広い対象者に対して実施され、特に心理面への効果が期待されている。また、馬は人を乗せるために特化された動物であり、リズミカルな動きや大きな体から得られる、身体面、精神面への効果が大きい[12, 70]。一方、イルカにおいては、犬や馬などと比べると知見が少なく科学的な報告は少ない。

イルカ介在療法(イルカセラピー)の研究は、1978年、Betsy A. Smithによって始められ、障害をもつ子どもたちの感情や行動、言語面において改善がみられたことを報告した[85-87]。また、Nathanson[65-68]は、さまざまな障害をもつ子どもたちに対してイルカセラピーを実施したところ、通常行っていた言語療法、

理学療法では目標を達成できなかった対象者に対して、短期間で効果を得られたことを報告している。こうした海外での研究成果[59, 60]に比べ、国内の報告はみられない。

イルカ(鯨類)は、4000 万年前、陸から海に戻った哺乳類である。彼らの進化は、他の動物と同様に生活環境への適応によって引き起こされたが、哺乳類のなかで最も水生生活に適応した。効率的な呼吸法、食物の探索・補食法、生殖機能を獲得し、水棲生物のなかで食物連鎖の最上位に位置し、推定寿命は 40 年以上といわれている。長い時間経過と環境適応の結果として、体形にさまざまな変化が加わり、鯨類の系統は多岐に渡り、現存する種は 80 種といわれている。

現在、世界的に最も多く飼育されているイルカは、バンドウイルカ(脊椎動物門哺乳綱クジラ目ハクジラ亜目マイルカ科 学名; *Tursiops Truncatus*, 英名; Bottlenose Dolphin)である。バンドウイルカは、海洋の沿岸部に広い生息域を持ち、野生下においてもヒトに好んで近づくなど好奇心旺盛なことで広く知られている。

バンドウイルカの脳重量は、人間の脳に匹敵し、身体の大きさに対する脳の大きさの比率である脳化指数{脳重量/(体重)^{2/3}}は、ヒト(0.89)に次いで大きく0.64 にもなる。この値は、チンパンジー(0.30)と比べても2倍以上にもなる[75]。また、脳に占める大脳の前部の割合は人間とほぼ同じぐらいであり、大脳半球によく発達した脳溝(しわ)と多数の神経細胞を持つことから、イルカの高い知能が推察される。このことは、学習や記憶、コミュニケーション言語などイルカの認知機構に関する。

る実験[38-41, 95, 96]から証明され、イルカの持つ高度な情報処理機構は注目に値する。

イルカ類のなかには、カワイルカのように 2～3 頭の小さな群れをなすものもあるが、海洋性のイルカの多くは大きな群を形成し、なかには数千頭にも及ぶ種もある。この群れのなかでは、いわゆる「社会」を作り、群れを維持するためのさまざまなコミュニケーション手段が推測されている[13, 21, 84]。狩猟を行うには、群全体を統制するコミュニケーションが必要であり、また、個体間の連携が重要になる。個体同士の身体的接触、ブリーチングなどの非音声的信号のほか、特徴的な音声を用いたコミュニケーションがある[9, 32, 105]。遠く離れたもの同士がコミュニケーションを行うとき、水中では水の透明度によって視覚の有効範囲に限界があることから、耳からの情報が目からの情報よりはるかに有効である。水中に棲むイルカは、短時間に広い範囲に届き、多くの情報を送ることができる音によるコミュニケーションを発達させた[21, 45]。イルカはこれらのコミュニケーション手段を駆使して「社会」を作り、食物の探索、繁殖や防衛の効率化を図り、環境への適応を進めてきたと思われる。

イルカが発する鳴音は、数 10Hz から 160kHz に及ぶと考えられ、パルス音と非パルス音の大きく 2 つのタイプに分類できる[27, 70]。クリックと呼ばれるパルス音は、広帯域の継続時間が数十～数百マイクロ秒程度の音でエコーロケーションに用いられる超音波成分を含み、個体間における感情表現や呼びかけの信号として使われるさまざまなバーストパルス音が含まれる[3, 15, 69]。非パルス音で

あるホイッスルは、周波数帯域が狭く、周波数変調をする継続時間の長い音で、人の可聴域である 20kHz 以下に主な成分をもっている。ホイッスルは、イルカ類の多くで用いられ、特にバンドウイルカやマイルカなど社会的な群れ(pods)を形成する種においてホイッスルを用いた鳴き交わしが観察されており、お互いの位置を確認しあい、群れのまとまりを保つための鳴音と考えられている[16, 17, 40, 83, 88, 90, 97, 98, 100-102]。また、イルカはシグニチャーホイッスルと呼ばれる各個体特有のホイッスル音を持っており、互いの確認、母子の確認に使われていると考えられている[18, 20, 25, 54, 58, 78, 89, 99]。それぞれの個体が発する約 90%のホイッスルが、シグニチャーホイッスルであるとされる[14, 16, 20, 48, 98]。バンドウイルカの新生児は生まれてすぐにホイッスルやバーストパルスを発することが知られており[51]、一生を通して新しいホイッスルを習得する能力を備えている[22]。シグニチャーホイッスルを獲得したのち、ホイッスルのレパートリーの多様性は年齢とともに増加し、また、他個体のシグニチャーホイッスルをまねることが知られている[19]。

会話音と言われるホイッスルを分類し、行動との関係を明らかにすることによって、イルカとの会話、コミュニケーションを目的として種々の研究がなされている[26, 71, 92]が、彼らが発する音は複雑であり、いまだイルカの鳴音に関する信頼のおける報告はない。

同じように社会性をもつ動物として犬が挙げられる。犬は安定した社会構造を形成し維持するために、嗅覚、視覚、聴覚、および触覚のコミュニケーション手段

をもっている[7, 99, 101]。犬の嗅覚は、鼻腔の嗅上皮の嗅細胞によって感受され、嗅上皮の表面積はヒトの $3\sim 4\text{cm}^2$ に対して $8\sim 150\text{cm}^2$ と格段に広い[37]。相手を認識するためには、臭いが重要な手掛りとして利用される。視覚による情報交換では、オオカミと同様に、優位や服従、自信や恐れを示す独特の表情や姿勢、動作によって表現される。一方、聴覚による情報交換では、鼻を鳴らす声 (grunt, whines)、鋭い金切り声(yelps)、吠え声(bark)まで多種多様な音声をさまざまな状況に応じて使い分けている。また、可聴域は $65\sim 50,000\text{Hz}$ であり、ヒト ($16\sim 20,000\text{Hz}$) と比べると数倍高い周波数を聞く能力がある[80]。本来、これらのコミュニケーション手段は犬同士のものであるが、人との社会生活が長い犬にとって、ボディランゲージ(視覚的コミュニケーション)や鳴き声(聴覚コミュニケーション)は、人とのコミュニケーション手段の一つである。

集団で生活する動物は、ふだんから身近の個体と持続的な交渉を持つ。動物にとってコミュニケーションは、自分の生存や種の保存のためになくてはならない重要な要素である。高度な知能と発達したコミュニケーション能力を有し、人と共に生活するイルカが、人に対しても何らかのコミュニケーションを試みていることは容易に想像できる。このとき、彼らが発する鳴音が大きく影響していることが考えられる。

イルカを飼育する上での福祉や社会的認識不足など多くの問題を解決するために、基礎的情報を収集し、イルカを明確にとらえることが必要である。また、アニマルセラピーは動物と人の両者にとって好ましいものでなければならず、イルカセ

ラピーの実施に際し、イルカの社会行動、非言語コミュニケーションを理解し、人に対する反応を知ることは必要不可欠である[6, 7, 30, 31, 53, 77]。

本研究では、さまざまな状況におけるイルカの鳴音を詳細に解析し、その基本的な仕組みを明らかにするとともに、イルカ対イルカのコミュニケーションは、人とのコミュニケーションへと発展しうるものであることを明らかにし、将来におけるイルカと人のコミュニケーションの可能性について考察した。

第1章 イルカの発する鳴音

第1節 緒論

イルカは、水中生活に適応し、音を用いるコミュニケーションを発達させてきた。イルカの発する音声は大きく2つに分けられ、ホイッスルとパルス音がある。ホイッスルは、周波数帯域幅が狭く、周波数変調をする継続時間の長い音であり、ピーピーといった口笛のような音で聞こえる。パルス音は、広帯域の継続時間が数十～数百マイクロ秒程度の短い音で、超音波成分を含むクリックスと、バーストパルス音とがあり、カチカチ、ギーギーと聞こえる。クリックスは、周囲の状況や物体に対する探知(エコーロケーション)に用いられていると考えられており、その特性や機能の詳細が明らかにされている。エコーロケーションによって得られる情報には、物体までの距離や方位、物体の大きさ、材質、場合によっては形や速度などが考えられる。音波であるクリックスは、水中では光に比べ遠くまで到達する[1]。

エコーロケーション以外のイルカの鳴音の機能については、ほとんど不明である。すなわち、ホイッスルは群れの構成や統制のために種内、種間におけるコミュニケーションに用いられると考えられているが、明らかではない。

また、声を出す仕組みについても定説はない。イルカの声帯はなく、声を発するとき、口を開けることもない。イルカの発声部位として喉頭を支持する説と噴気孔下部の気嚢周辺を支持する説がある。喉頭は哺乳類の一般的な発声器官で、

死亡したイルカの頭部を用い、喉頭から空気を押し出すとホイッスルのような音が出るとの報告がある[28]。一方、気嚢は空気の袋であり、イルカの頭上にある噴気孔から鼻道が肺まで達しているか、鼻道の途中にいくつかの袋があり、発声を行うために一時的に空気をためる役割を果たすと考えられている。気嚢説によれば、イルカは鼻孔周辺の筋肉の伸縮によりこの空洞の圧力を変化させ、噴気孔下部にある気のように空気を出し入れする。このとき、途中の組織を空気が通過する際に、パルス音、つまりクリック音を発する。

動物の音の分析は、基本的に音の記録とその図形化の手順で行われる。図形は周波数と経時変化のパターンによって表され、ソナグラムと呼ばれる。これによって、音を最も客観的に表現することができる。イルカの鳴音解析についても、一般にこの方法で行われるが、研究者によって波形の型の分類はさまざまである[11, 24, 42, 46, 47, 61]。

本章では、後のすべての解析に関わるイルカの鳴音(ホイッスル)の解析法について検討した。

第2節 材料と方法

1)動物

本研究では、高知県室戸岬の研究施設で飼育されている 3 頭のバンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) を用いた。イルカは雌 2 頭、雄 1 頭で、推定年齢は 4 ～7 才、体長 230～260cm、体重約 200kg であった。2 頭は 2003 年 8 月、1 頭は 2004 年 2 月に和歌山県太地町から搬送され飼育開始された。イルカは、港に設置された生け簀 (20m×40m×水深 10m) で飼育され、給餌は、トレーニングと平行して 1 日に 3～4 回実施した。日常的に一般客を対象に餌を与えたり、タッチングする活動や、夏期に障害者を対象としたセラピーセッションを実施した。

2)録音

水中音を収集する録音機材として、水中マイクロフォンとアンプにホエールフォン (静岡沖電気, Fig.1)、レコーダーにステレオタイプのポータブルミニディスクレコーダー (MZ-N10, Sony) を使用した。レコーダーの周波数特性は、20・20kHz、マイクロフォンは 100・10kHz であった。レコーダーのライン入力端子を L チャンネルと R チャンネルに分け、L 側にはモノラルオーディオコードをアンプに接続して水中音を収集し、R 側には小型のマイクを接続して外部よりデータの吹き込みをした。マイクロフォンは、生け簀の縁から 2～3m 離れた給餌台のほぼ真下の水深約 3m の位置へ設置した。

録音は 3 頭のイルカを生け簀で同時飼育した状態で、1 回に 10～30 分間行った。

3)解析

録音した音は、Windows XP (Microsoft)を搭載したパーソナルコンピュータを使用し PCM 形式のサウンドファイル(44.1kHz、16bit)として取り込み、ソフトウェア Spectrogram (Richard Horne, バージョン 5.1.7)によりソナグラム(Fig.2)を作成した。Spectrogram によるソナグラムの作成時の各パラメータは、Time Scale を 5msec、Freq Scale を Linear、FFT Size を 512Points、Freq Resolutionを 86.1Hz、Bandを 0～22050Hz、Spectrum Averageを 1とした。

作成したソナグラムより可視的に現れた波形のうち、ホイッスルの波形のみをピックアップし解析に用いた。

種々のパラメータから構成されているホイッスルコンター(波形の外形)の中から、開始時間、開始周波数、終了時間、終了周波数、最高周波数、最低周波数を測定したのち、最高周波数と最低周波数の差から周波数変調幅を、開始時間と終了時間の差から持続時間を求めた(Fig.3)。

ホイッスルは、抑揚の型によって一定、上昇、下降、凸、凹、などのパターンがあり、文献によってその分類は多少異なっている。本研究では Au. W. W.[5]の分類を参考に、さらに波型を 2 種に分けた 7 カテゴリーに分類した(Table1)。

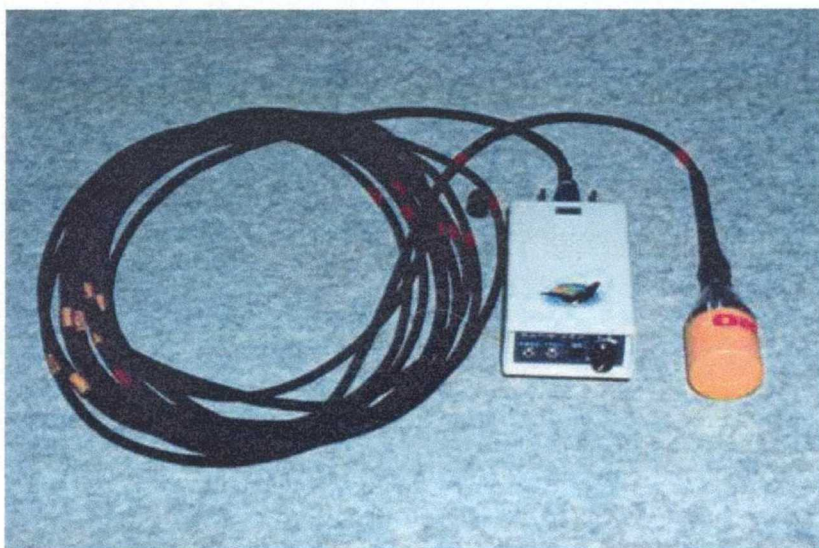


Fig.1 ホエールフォン(静岡沖電気)

サイズ: モニタ部45×95×158mm、受波器52φ×45mm、2芯シールドキャブ
タイヤケーブル10m、モニタ部の出力インターフェイス: イヤホンと外部出力端
子、音量調節

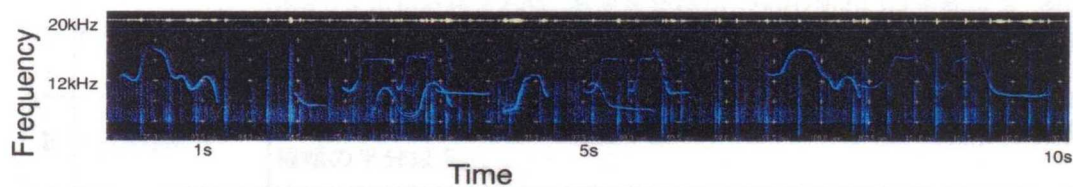


Fig.2 ソナグラム

Spectrogramによってホイッスルを図形化したオリジナルデータ。縦軸に周波数(kHz)、横軸に時間(sec)を表わした。

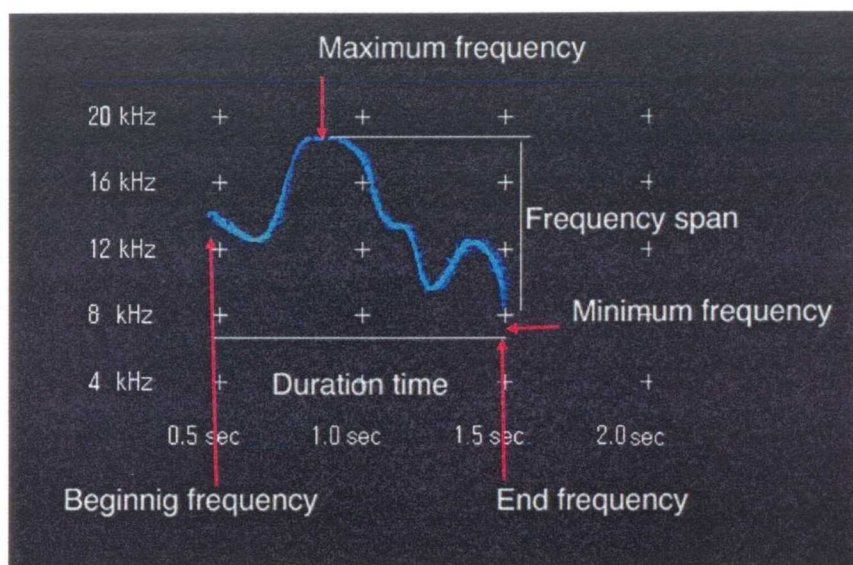


Fig.3 ホイッスルコンター6 パラメータ

オリジナルデータから抽出したホイッスルは、6パラメータ(開始周波数、終了周波数、最大周波数、最少周波数、周波数振幅幅、持続時間)と1カテゴリー(トリル型)からなる。縦軸に周波数(kHz)、横軸に時間を表わした。

Table 1 ホイッスルコンター

	Whistle Category	Description
I	Constant	ホイッスルが持続する間、周波数変調が1000Hzあるいはそれ以下。周波数変調幅(高さ)が持続時間(長さ)の4分の1より少ない。周波数は全持続時間一定を保っている。
II	Upsweep	ホイッスルは主に上昇。湾曲点がある場合、下降部はホイッスルの周波数振幅幅の半分以下。
III	Downsweep	ホイッスルは主に下降。湾曲点がある場合、上昇部はホイッスルの周波数変調幅の半分以下。
IV	Convex	少なくとも一つの湾曲点があり、最初主に上昇しその後主に下降。上昇下降部はホイッスルの周波数変調幅の半分以上。
V	Concave	少なくとも一つの湾曲点があり、最初主に下降しその後主に上昇。下降上昇部はホイッスルの周波数変調幅の半分以上。
VI	Wave	2つの湾曲点があり、最初主に上昇し、その後主に下降など、あるいはその逆。上昇下降部はホイッスルの周波数変調幅の半分以上。
VII	Trill	3つ以上の湾曲点があり、全持続時間湾曲の繰り返しを保っている。

ホイッスルの抑揚の形によって7カテゴリーに分類した。

第3節 結果

解析したデータから 4199 個のホイッスルが得られた。全ホイッスルの 6 つのパラメータごとの周波数について Table 2 に示す。

ホイッスルパラメータ(周波数と持続時間)

ホイッスルの周波数パラメータは、開始周波数 (Mean±S.D.; 11.53±2.28kHz) と比べると、終了周波数 (10.93±3.17kHz) が低かった。周波数変調幅は、6.54±2.56kHz で、5～10kHz が 73.0% と最も高く、10kHz 以上は 6.2%、1kHz 以下は 4.2% であった。持続時間は、1.25±0.91sec で、1sec 以下が 40.5%、1～2sec が 48.0%、5sec 以上が 1.0% であった。

Table 2 全ホイッスルの 6 パラメータ

Discriptive Statistics		Frequency (kHz)					Time(sec)	N
		Begin	End	Minimum	Maximum	Span	Duration	
All whistles	Mean	11.53	10.93	9.71	16.24	6.54	1.252	4199
	s.d.	2.28	3.17	1.96	2.92	2.56	0.912	
	High	21.06	21.15	18.99	21.49	18.13	9.260	
	Low	1.15	0.71	1.15	3.23	0	0.015	

各パラメータの平均値、標準偏差値、最高値、最低値を示した。

ホイッスルコンター

7 カテゴリーの中で最も多かったのが凸型の 33.8% で、次いでトリル型 30.2%、波型 16.7% となった (Fig. 4)。

各カテゴリーのパラメータを Table 3 に示した。開始周波数は、一定型において低い、それ以外はほぼ同じ周波数であった。周波数変調幅は、トリル型 $8.15 \pm 1.98 \text{ kHz}$ が最も高く、次いで波型 $6.72 \pm 1.64 \text{ kHz}$ 、凸型 $6.70 \pm 1.87 \text{ kHz}$ であった。持続時間においては、トリル型 $1.91 \pm 1.08 \text{ sec}$ が最も長く、次いで波型 $1.30 \pm 0.46 \text{ sec}$ 、一定型 $1.21 \pm 1.35 \text{ sec}$ 、凸型 $0.95 \pm 0.44 \text{ sec}$ と続いた。7 カテゴリーに分類したホイッスルコンターの例は、Table 4 に示した。周波数帯域、持続時間、湾曲数によって詳細にみたとき、とくに、凸型、波型、トリル型の種類は多様であった。

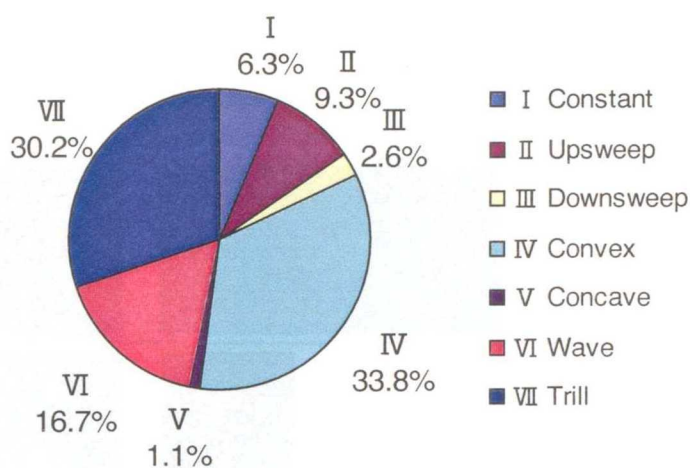


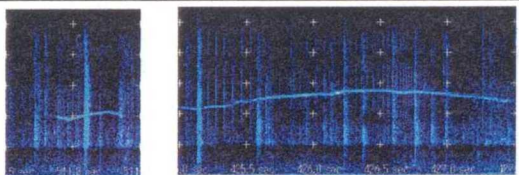
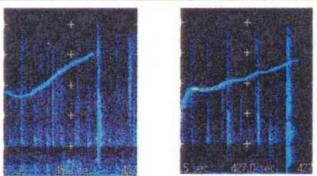
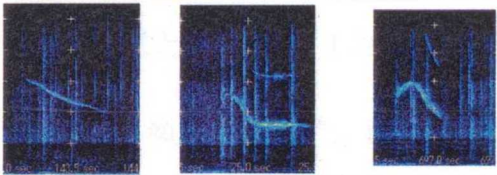
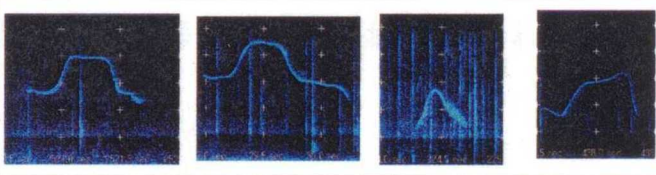
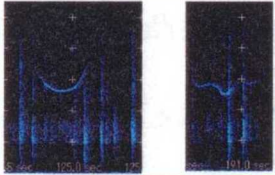
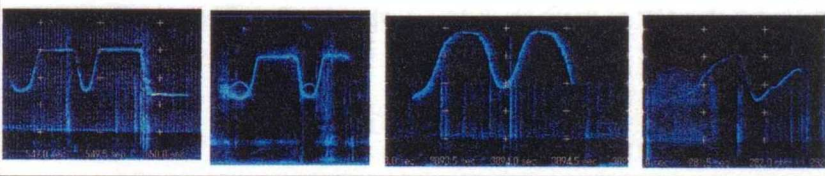
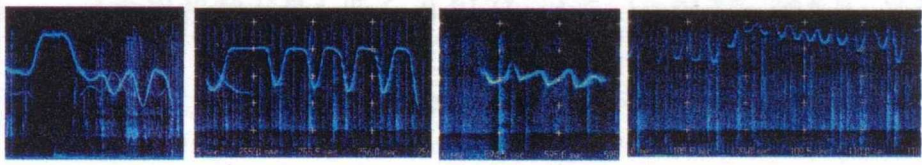
Fig.4 ホイッスルコンター7 カテゴリーの割合

Table 3 7 ホイッスルコンターのパラメータ

Category	Frequency (kHz)				Time(sec)	N
	Begin	Maximum	Minimum	Span	Duration	
Constant	9.18±1.87	10.22±2.26	8.80±1.85	1.42±1.52	1.21±1.35	264
Upsweep	11.05±3.00	15.00±3.12	10.93±2.98	5.06±2.11	0.47±0.51	390
Downsweep	12.13±3.69	12.37±3.70	8.68±2.73	3.69±2.33	0.52±0.38	109
Convex	11.15±2.11	16.11±2.34	9.42±1.63	6.71±1.86	0.95±0.43	1420
Concave	12.68±2.73	14.38±2.75	11.40±2.59	2.98±2.03	0.50±0.53	46
Wave	11.36±1.66	16.63±1.79	9.92±1.43	6.72±1.64	1.30±0.46	701
Trill	12.58±1.80	17.90±1.70	9.74±1.83	8.15±1.98	1.91±1.08	1269

各コンターのパラメータの平均値と標準偏差 (Mean±S.D.) を示した。

Table 4 7カテゴリーに分類されたホイッスルコンターの例

	Category	Whistle contour examples
I	Constant	
II	Upsweep	
III	Downsweep	
IV	Convex	
V	Concave	
VI	Wave	
VII	Trill	

ホイッスルコンターは、本調査における3頭のイルカより得た。抑揚の形によって7カテゴリーに分類され、周波数帯域、持続時間、湾曲の数によってさらに詳細な形で表わされる。凸型、波型、トリル型の種類は多い。

第4節 考察

4199 のホイッスルすべてをまとめた結果、開始、終了、最少、最大周波数においてほとんどバラツキはなく、周波数変調幅、持続時間において特徴的な要因があるように思われた。

ホイッスルは、一つとして同じ形がないと思われるほど多種多様の形が現れたが、類似したものを一つとして数えたとき、その種類は 10 分間のデータにおいて、最大で約 50 種類数えることができた。1 回のサンプリングデータ内に現れるホイッスルは類似物が出現する傾向にあった。しかし、類似していても周波数変調幅、持続時間の要因を加えて詳細に調べた場合、それらはさらに区別されるかもしれない。

ホイッスルコンターは、凸型 (Convex)、トリル型 (Trill)、波型 (Wave) の出現が高く、個体が発するホイッスルの約 90% がシグニチャーホイッスルと考えると、これらの中に 3 頭の個体のシグニチャーホイッスルが含まれていることが推測された。

一定型 (Constant) の周波数が最も低く、8.8kHz から 10.2kHz であり、最も高い周波数を示したトリル型で 17.9kHz であった。すなわち、イルカのホイッスルは、人の可聴域 (16・20,000Hz) のうち、会話音 (200・4,000Hz) よりはるかに高く、イルカが人の声を正しく理解することは困難かもしれない。一般的に、可聴域 (犬で 65・58,000Hz) は発する音域 (周波数) より広く、例えば犬の発声音域は

300・2,000Hz、猫では 2,000・6,000Hz である。これら発せられた音（鳴音）はそれぞれ正しく認識されることは間違いない。

本章は、イルカの鳴音をどのように解析するかを目的に実験を行い、飼育下のバンドウイルカ 3 頭の鳴音を記録し、データをソナグラムに表わすことで解析を試みた。その結果、ソナグラムに現われた各ホイッスルをコンターの抑揚の形によって 7 カテゴリーに分類し、6 つの周波数パラメータを測定することができた。

第2章 シグニチャーホイッスルの検索

第1節 緒論

動物同士の社会的な相互作用のなかには、さまざまな情報の伝達すなわちコミュニケーションがあり、それぞれに特殊化された感覚器を用いてシグナルを受容している。社会的な相互作用には、集団のなかでの秩序、集団の構成員か否か、個々の生理状態、あるいは生殖状態など情報が必要であり、また、相互作用が成立するためには個体識別が前提となる。この個体識別には、視覚、聴覚、触覚、嗅覚などで受容できるさまざまなシグナルが用いられている[34, 35]。

イヌは、嗅覚に優れており、糞や尿を用いたマーキング行動によって、場所やものに自分の匂いをつけることによって、自分の地位となわばりを誇示し、また、発情を知らせていると言われる[44]。ヒツジ、ブタ、ネコなどでは、母子間において互いに認識できる特別な鳴き声があることが報告されている。ヒトの場合、嗅覚や聴覚は他の動物種と比べると明らかに劣っているため、顔の表情などの視覚的情報に頼っていると思われる。

多くの動物は、お互いを色や被毛の模様や体型で、おとなと子どもを大きさで区別するなど、まず視覚的に個体識別を行っている。しかし、大きな群や視界が遮られた場所などお互いの姿が確認できない場合では、音声による情報伝達が重要となる[10]。

イルカに関して、水中への適応の中で、音声によるコミュニケーションを発達させてきた。また、社会性をもつ動物として、個体間の社会的関係は最も重要な要素である。たとえば、バンドウイルカの子どもは、8 年間母親と密接な関係を維持することによってさまざまな生きる手段を身につける[103]。また、バンドウイルカの群れの構成は流動的であり、各々のグループを構成する特別な個体間における社会的な絆が重要であると考えられている[81]。

イルカは、シグニチャーホイッスルと呼ばれる個体それぞれに特有のホイッスルを持ち、個体認識や個体間の結びつきを維持するために用いられていると考えられている。シグニチャーホイッスルは、発声個体が誰であるというだけでなく、感情の状態によって変調し、現在の状態や複数の情報を伝達していると考えられている[48]。

本章では、3 頭のバンドウイルカにおける特有のホイッスル(シグニチャーホイッスル)を解析した。

第2節 方法

1)動物

本研究では、高知県室戸岬の研究施設で飼育されている 3 頭のバンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) を用いた。イルカは、港に設置された生け簀 (20m×40m×水深 10m) で飼育され、給餌は、トレーニングと平行して、1 日に 3 ～4 回実施した。日常的に一般客を対象に餌を与えたり、タッチングする活動や、夏期に障害者を対象としたセラピーセッションを実施した。各個体について下記に記した。

個体 A・・・雌・推定年齢 7 才・体長 260cm

個体 B・・・雄・推定年齢 7 才・体長 260cm

個体 C・・・雌・推定年齢 4 才・体長 230cm

2)録音

録音機材は、水中マイクロフォンとアンプにホエールフォン(静岡沖電気)、レコーダーにステレオタイプのポータブルミニディスクレコーダー (MZ-N10, Sony) を使用した。レコーダーの周波数特性は、20・20,000Hz、マイクロフォンは 100・10,000Hz であった。レコーダーのライン入力端子をLチャンネルとRチャンネルに分け、L側にはモノラルオーディオコードをアンプに接続して水中音を収集し、R側には小型のマイクを接続して外部よりデータの吹き込みをした。

イルカは、担架に乗せ水の入ったコンテナに収めた状態、あるいは、生け簀に単独にした状態で 1 頭ずつ録音した。マイクロフォンは、コンテナでは、中に張った水深の約半分の 50cm の位置におろし、生け簀では、縁から 2～3m 離れた給餌台のほぼ真下の水深約 3m の位置へ設置した。

3)解析

録音した音は、Windows XP (Microsoft)を搭載したパーソナルコンピュータを使用し PCM 形式のサウンドファイル(44.1kHz、16bit)として取り込み、ソフトウェア Spectrogram (Richard Horne, バージョン 5.1.7)によりソナグラムを作成した。作成したソナグラムより可視的に現れた波形のうち、ホイッスルの波形のみをピックアップし解析に用いた。ホイッスルコンターの各パラメータを測定し、抑揚型の 7 カテゴリー(□～□)に分類した。さらに、ホイッスルコンターの凸型、波型、トリル型について湾曲(凸部)の数によって詳細に分類した。このときの周波数パラメータは、コンター始めの湾曲の周波数変調幅に違いがみられたことから、開始周波数と最大周波数の値を用いた。

個体間の比較には、Tukey の多重比較検定法を用いた。

第3節 結果

3 頭(個体 A、B、C)から得たホイッスル(N=212、230、95)を用い、各個体のシグニチャーホイッスルの解析を以下試みた。

ホイッスルコンターとパラメータ

個体 A のホイッスルコンターは、波型 50.9%、トリル型 28.8%の割合が高かった。個体 B では、トリル型 67.8%、凸型 27.0%の割合が高かった。個体 C では、トリル型 84.2%、波型 11.6%の割合が高かった(Table 5)。

個体間のホイッスルパラメータを比較したところ、個体 A では、個体 B、C と比べて、開始周波数、終了周波数、周波数変調幅、持続時間に有意な差 ($p<0.05$) がみられた(Table 5)。

個体 A の開始周波数—最大周波数パラメータは、11.2kHz—16.1kHz が 70.3%と最も高く、13.8kHz—18.3kHz (12.7%) などをはじめとして 9 種類に分類された(Table 6)。個体 B は、12.1kHz—17.8kHz が 56.5%と最も多く、次いで 12.2kHz—15.5kHz が 21.7%など 13 種類に分類された。個体 C は、11.5kHz—16.4kHz が 66.3%と最も多く、次いで 14.0kHz—18.6kHz が 20.0%、11.2kHz—12.3kHz が 8.4%など 5 種類に分類された。

Table 5 各個体のホイッスルコンターの割合

Dolphin	Type	Whistles (%)	Frequency (kHz)					Time(sec)	
			Begin	End	Minimum	Maximum	Span	Duration	
A	Upsweep	8.5	9.60	13.69	9.43	13.82	4.39	0.34	
	Downsweep	0.9	10.51	7.80	7.19	10.68	3.49	0.31	
	Convex	10.4	10.34	9.52	9.38	15.35	5.97	0.99	
	Concave	0.5	9.60	11.41	7.19	11.41	4.22	0.70	
	Wave	50.9	11.29	10.24	9.83	16.29	6.46	1.41	
	Trill	28.8	12.34	9.68	8.99	17.23	8.24	1.59	
	Total	100.0	11.34 ^a	10.28 ^a	9.47	16.18	6.71 ^a	1.31 ^a	
B	Upsweep	0.9	6.33	9.30	6.33	9.30	2.97	1.38	
	Downsweep	0.4	12.02	17.18	12.02	17.18	5.17	0.39	
	Convex	27.0	11.53	8.75	8.71	16.09	7.37	1.36	
	Wave	3.9	9.58	9.27	8.49	13.16	4.67	1.17	
	Trill	67.8	11.55	8.69	8.58	16.48	7.89	1.59	
	Total	100.0	11.42	8.77 ^b	8.61	16.18	7.57 ^b	1.50 ^b	
C	Upsweep	1.1	9.52	11.07	9.52	11.07	1.55	0.51	
	Concave	3.2	12.13	10.24	10.12	15.83	5.71	0.77	
	Wave	11.6	11.57	10.09	10.07	15.43	5.36	1.56	
	Trill	84.2	11.96	8.83	8.69	16.41	7.72	1.58	
	Total	100.0	11.89 ^b	9.04 ^b	8.90	16.22	7.32 ^b	1.54 ^b	

各個体のホイッスルコンターの割合と各パラメータの平均値を表わした。個体間で比較したとき、開始周波数、終了周波数、周波数振幅幅、持続時間においてa-b間で有意差($p<0.05$)が認められた。

Table 6 各個体のホイッスルの周波数パラメータ

Dolphin	Fre. No.	Whistles (%)	Frequency (kHz)			Time(sec)	
			Begin	Maximum	Span	Duration	
A	a1	70.3	11.17±0.62	16.14±0.29	6.47±0.43	1.42±0.31	
	a2	12.7	13.77±0.35	18.27±0.83	9.33±1.79	1.24±0.37	
	a3	6.1	7.10±0.73	11.51±1.10	4.51±0.12	0.43±0.20	
	a4	4.2	10.10±0.66	11.30±0.72	3.02±1.03	0.35±0.18	
	a5	2.4	10.99±0.76	18.26±1.10	8.36±1.01	1.77±0.67	
B	b1	56.5	12.14±0.85	17.76±0.65	8.77±1.04	1.52±0.13	
	b2	21.7	12.20±0.85	15.48±0.87	6.96±1.65	1.42±0.24	
	b3	8.7	8.78±0.46	14.16±1.13	6.15±1.08	1.93±0.67	
	b4	3.5	7.46±1.01	11.34±0.43	4.51±1.29	1.30±0.48	
	b5	1.7	11.91±0.34	12.30±0.34	3.10±1.26	1.14±0.52	
	b6	1.7	10.96±0.50	12.99±0.38	5.73±0.43	0.94±0.43	
	b7	1.7	8.61±0.73	10.44±0.72	2.80±0.89	1.59±0.27	
	b8	1.3	10.26±0.16	16.38±0.25	6.66±0.28	1.71±0.96	
C	c1	66.3	11.48±0.76	16.35±0.18	7.44±0.92	1.71±0.23	
	c2	20.0	14.03±0.94	18.57±0.16	10.10±0.74	1.36±0.12	
	c3	8.4	11.21±0.59	12.34±0.21	2.95±0.81	1.17±0.26	
	c4	3.2	10.12±0.25	12.53±0.21	3.10±0.51	0.70±0.36	
	c5	2.1	9.99±0.47	10.90±0.17	0.90±0.65	0.74±0.23	

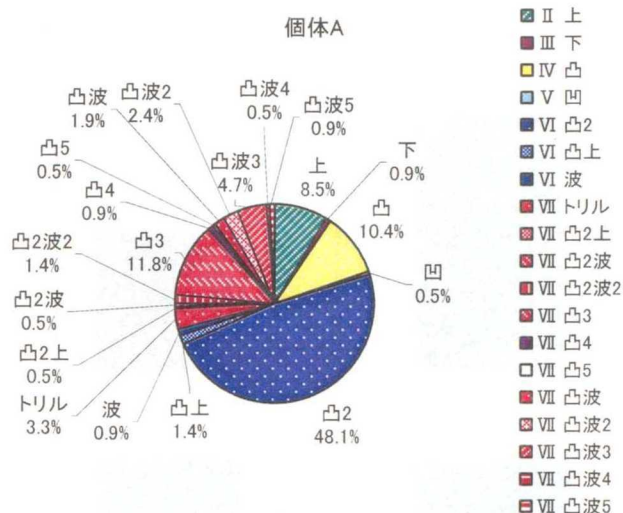
各個体のホイッスルのパラメータのうち開始-最大周波数によって分類したところ、個体Aは9種類(2%以下が4種類あり、省略)、個体Bは13種類(1%以下が5種類あり、省略)、個体Cは5種類に分類された。

コンターの詳細

7 カテゴリーのコンターを詳細に分類したところ、個体 A では、波型の中で同じ湾曲を 2 つ含む「凸 2 型」48.1%、トリル型の中で同じ湾曲を 3 つ含む「凸 3 型」11.8%、湾曲一つの「凸型」10.4%が多く出現した。個体 B では、湾曲一つの「凸型」27.0%、湾曲一つと小湾曲 3 つを含む「凸波 3 型」24.8%、湾曲一つと小湾曲 2 つを含む「凸波 2 型」22.6%が多く出現した。個体 C では、湾曲一つと小湾曲 2 つを含む「凸波 2 型」58.9%、湾曲一つと小湾曲 3 つを含む「凸波 3 型」10.5%が多く出現した (Fig. 5)。

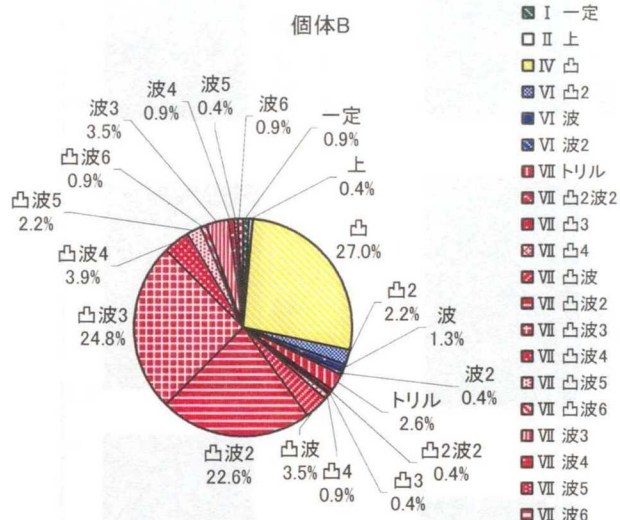
個体のホイッスル

コンターと周波数パラメータを総合して評価すると、同じコンターと周波数成分を持つホイッスルは、個体 A において 36 種類、個体 B において 47 種類、個体 C において 15 種類に分類された。そのうち、高い頻度で現われたホイッスルについて Table 6 に示した。個体 A では、周波数パラメータ a1 を含む「凸 2 型」が 47.2%、「凸 3 型」が 10.4%、「凸型」7.1%が出現した。個体 B では、周波数パラメータ b1 を含む「凸波 3 型」18.3%、「凸波 2 型」17.4%、「凸型」13.9%、周波数パラメータ b2 を含む「凸型」7.0%、「凸波 3 型」3.7%が出現した。個体 C では、周波数パラメータ c1 を含む「凸波 2 型」44.2%、c2 を含む「凸波 2 型」14.7%、c1 を含む「凸波 2 型」9.5%が出現した。



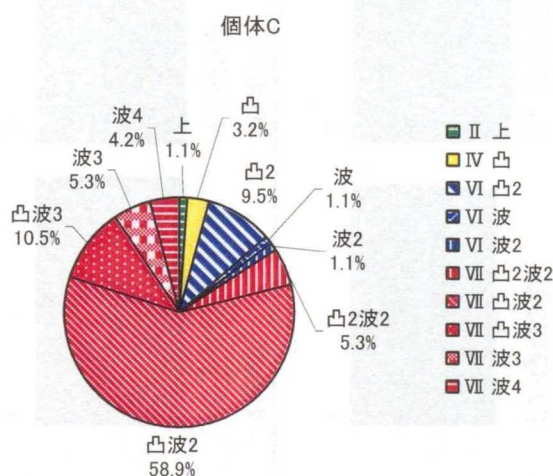
個体A
全体(19種類)のうち、波型「凸2型」の割合が高い(48.1%)。トリル型は、12種類あり、「凸3型」の割合が高い(11.8%)。

- II 上
- III 下
- IV 凸
- V 凹
- VI 凸2
- VI 凸上
- VI 波
- VII トリル
- VII 凸2上
- VII 凸2波
- VII 凸2波2
- VII 凸3
- VII 凸4
- VII 凸5
- VII 凸波
- VII 凸波2
- VII 凸波3
- VII 凸波4
- VII 凸波5



個体B
全体(20種類)のうち、トリル型が、14種類あり、「凸波3型」(24.8%)、「凸波2型」(22.6%)の割合が高い。凸型は1種類のみで27.0%を占めた。

- I 一定
- II 上
- IV 凸
- VI 凸2
- VI 波
- VI 波2
- VII トリル
- VII 凸2上
- VII 凸3
- VII 凸4
- VII 凸波
- VII 凸波2
- VII 凸波3
- VII 凸波4
- VII 凸波5
- VII 凸波6
- VII 波3
- VII 波4
- VII 波5
- VII 波6







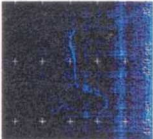


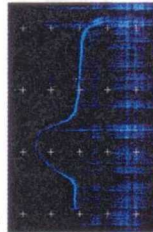
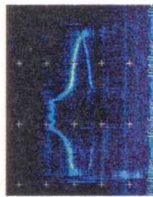
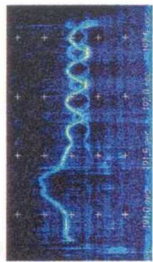


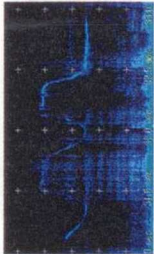
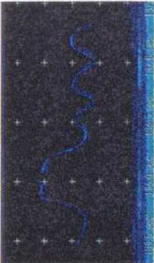

個体C
他の個体と比べると全体的に種類が少ない(10種類)。トリル型が、占める割合が高く、種類が多い。そのうち「凸波2型」(58.9%)の割合が高い。

- II 上
- IV 凸
- VI 凸2
- VI 波
- VI 波2
- VII 凸2波2
- VII 凸波2
- VII 凸波3
- VII 波3
- VII 波4

Fig. 5 各個体のホイッスルコンターの割合

Table7 3個体のホイッスル

開始-最大周波数パラメータとコンターによって分類した

A	1		2		3		4		4		
		a1-凸2型		a1-凸3型		a1-凸型		a2-凸波3型		a3-上昇型	
		47.2%		10.4%		7.1%		4.7%		4.7%	
		Fre.-contour									N=212
B	1		2		3		4		5		
		b1-凸波3型		b1-凸波2型		b1-凸型		b2-凸型		b2-凸波3型	
		18.3%		17.4%		13.9%		7.0%		3.7%	
		Fre.-contour									N=230
C	1		2		3		4		5		
		c1-凸波2型		c2-凸波3型		c1-凸2型		c1-凸波3型		c1-凸2波2型	
		44.2%		14.7%		9.5%		6.3%		5.3%	
		Fre.-contour									N=95

経時変化

生け簀から引き上げ、コンテナ収容時の経過に伴う経時変化を調べたところ、
個体 B、C において周波数振幅幅が減少し、持続時間が増加していた (Fig.
6)。

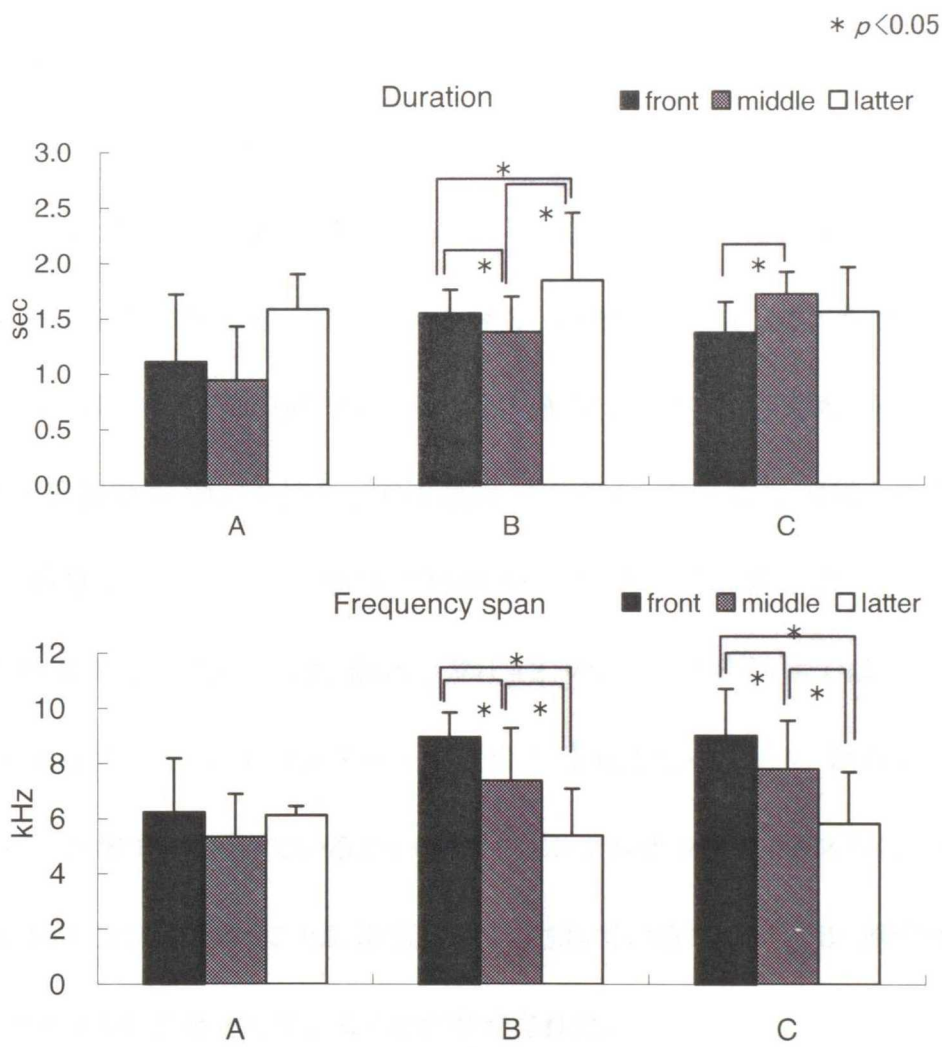


Fig.6. 各個体の周波数振幅幅と持続時間の経時変化

第4節 考察

シグニチャーホイッスルは、持続時間、周波数、湾曲数などを変化させている。ホイッスルコンターとパラメータとの評価によって、3頭のホイッスルを分離することができた。

個体 A で出現頻度の多かったホイッスルは、同周波数パラメータの中で同湾曲の数を変化させている左右対称の形であった。また、開始周波数と終了周波数の差がなく平坦であった。個体 B と個体 C のホイッスルコンターは類似していたが、湾曲後の小さな波の数を変化させている形で、開始周波数に比べると終了周波数が低く、全体に尻下がりの形であった。個体 A は、個体 B、C と比べると低い開始周波数と周波数変調幅を持ち、周波数帯域が狭く、周波数変調幅と持続時間が短いことが分かった。これは、個体の特徴的なコンターが影響していた。

個体の特徴的なホイッスルは、個体 A の「A2」のように他の個体では全くみられないものもあるが、類似したコンターと周波数の変化となっており、個体内、個体間において、比較的類似しているようであった。シグニチャーホイッスルについて、互いの個体がこれを真似ることが報告[19,71]されていることから、3頭個体間で類似したホイッスルが発達していることが推察された。

個体 C は、個体 A、B に比べてホイッスルの種類が少なかった。個体 C は、3頭の中で一番若いことや、個体 A と B は 7 年間一緒に生活しているのに比べて、個体 C との同居年数は 2 年と短いことから、シグニチャーホイッスルの獲得に影響

しているのかもしれない。また、シグニチャーホイッスルは、生まれたての子イルカではみられず、生得的に発せられるものではなく、後天的に獲得されるという報告[51]から、個体と関わることによって多く形成されると考えられる。個体 A、B は、個体 C に比べると飼育下で多くの個体と同居した経験があることから、種類が多くなったと推察された。

バンドウイルカは、元々群れで生活する習性を持ち、その数は、数十から数百頭にのぼる。群れが維持されるためには個体識別が重要であり、ここで発達させたのがシグニチャーホイッスルである。群れが大きいほど個々に持つシグニチャーホイッスルは多くなり、そのため、イルカはそれらを明確に区別していると考えられる。しかし、飼育下では少数で生活しているため、個々のシグニチャーホイッスルをほとんど区別する必要がない。そのために、同じ飼育下のイルカ同士のシグニチャーホイッスルの種類は似ており、数も少ないと思われた。また、視覚による個体識別も万能であり、結果的に異なったシグニチャーホイッスルによる識別が必要なかったかもしれない。

サンプリングの状況によって、ホイッスルの違いがみられた。生け簀 1 頭の録音よりも、その後担架に乗せコンテナに収容した時の方が、ホイッスルの種類と数が少なくなる傾向にあった。また、そのとき時間が経過するにつれ、多様なコンターの種類が減り、周波数帯域、持続時間を変化させていた。

単独で飼育されているイルカは、イルカ同士の会話やコミュニケーションの必要がないために、ホイッスルをほとんど発さないことが分かっている。しかし、本実験

において記録した 3 頭飼育におけるホイッスル(3 頭分で割った)の数と種類と比べたとき、1 頭のときの方が多かった。視界が遮られたコンテナ内では、回りの気配や物音に反応してホイッスルを発することがあり、イルカが居ないことを考えると、このシグナルは人に向けて発せられていた可能性がある。

シグニチャーホイッスルは、発声個体を示すシグナルであるだけでなく、個体の感情状態など複数の情報を伝達しているともいわれる[48]。本研究における録音は、イルカが生け簀に 1 頭の状態、あるいは、担架に拘束された状態であったことから、孤独による寂しさや通常にはない状況に対する不安を表していると考えられた。3 頭それぞれが発していたホイッスルは、このどれかに当てはまるかもしれない。

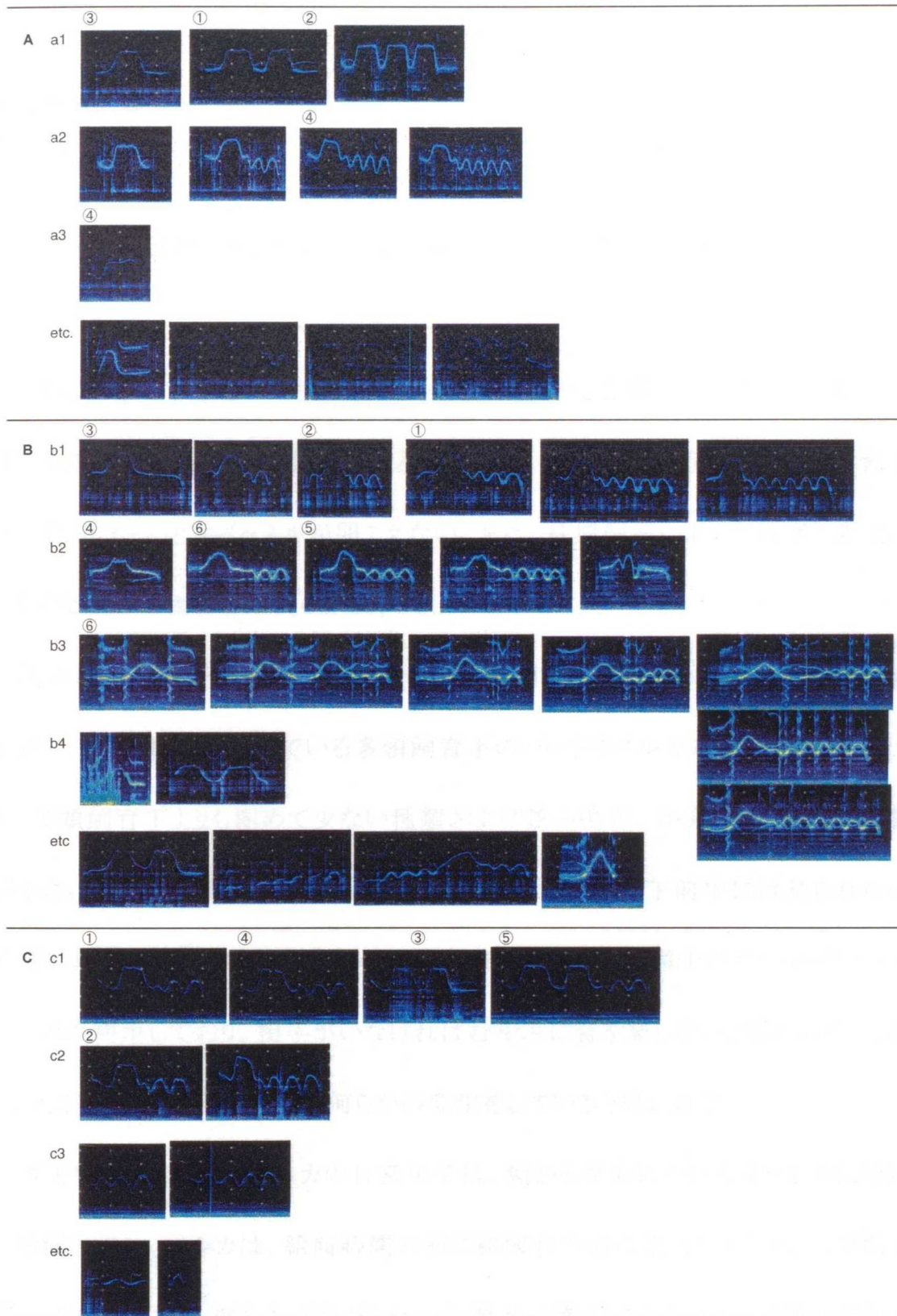
ホイッスルの規則性は、それぞれのホイッスルがランダムに現われ、複雑すぎて見いだせなかった。同じホイッスルが連続する場合は、およそ 1 から 3 つであったが、個体 C は 1 サンプル中ほとんど同じホイッスルを発して、19 個連続して出現した。各ホイッスルの規則性については今後の解析が必要である。

本章では、飼育下 3 頭のバンドウイルカの鳴音を個々に録音し、ホイッスルの解析を行うことによって、シグニチャーホイッスルの検索を行った。

その結果、個体ごとに異なるホイッスルがあることが分かった。しかし、それらのホイッスルは、個体内、個体間において類似していた。イルカは、もともと群れで生活していることから、シグニチャーホイッスルを多く持つことが推測されるが、3 頭しかいないためにシグニチャーホイッスルの数が少なく、形が類似する傾向にあると

推察された。

(付録) 3頭のホイッスル周波数成分とコンター



第3章 イルカの日常的な鳴音

第1節 緒論

野生のイルカは、さまざまな状況において行動や感覚を多様に変化させて適応している。

しかし、野生下と比べると飼育下のイルカは均一した環境下にあり、行動が単純になると同時に鳴音が減るといわれている。日周変化の観察において、飼育下では夜間ほとんどホイッスルが聞こえない、また、長期飼育によって頻度と変化が乏しくなるという報告もある[62, 63, 94]。

過去の調査により、通常は行われない単独飼育下で、バンドウイルカの鳴音を記録し、一般的に行われている多頭飼育下のバンドウイルカの鳴音と比較したとき、多頭飼育下よりも極めて少ない種類および数の鳴音しか発さず、発する音量が小さいことがわかった。しかし、人がいなくなる夕方に、午前中には見られない鳴音の増加があった。通常、イルカは、鳴音をほぼイルカ同士のコミュニケーションにのみ利用しており、相手がいなければむやみに音を発しないと思われる。しかし、人が関わる時間によって、何らかの変化をしていると思われた。

本実験で用いられたイルカの日常生活は、朝から夕方にかけて3～4回に分けて給餌を行い、イルカは、給餌時間の前に給餌台の前に集合しており、人が餌を持って接近すると、声を上げながら待つ行動が日常的にみられる。給餌が終わる

と、人と遊んだり、おもちゃで遊んだり、イルカだけで過ごす時間となる。さらに、1 日最後の夕方の給餌が終了した後は、3 頭が並んで水面に浮いている休息行動が頻繁にみられるなど、イルカたちの行動は 1 日の中でさまざまに変化していることがわかる。給餌時間は合計しても 2 時間程度で、1 日の大半はイルカの自由時間で占められており、その中に人が関わる時間が含まれていると言える。

イルカの鳴音は、飼育下では変化が乏しいとされているが、日常のさまざまな状況に対する鳴音変化に関する研究はない。本研究では、日常的な鳴音の変化と、飼育下において最も多く関わるヒトに対して発せられる鳴音（ホイッスル）と種々の行動の関係について考察した。

第2節 方法

1)動物

本研究では、高知県室戸岬の研究施設で飼育されている 3 頭のバンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) を用いた。イルカは雌 2 頭、雄 1 頭で、推定年齢は 4 ～7 才、体長 230～260cm、体重約 200kg であった。イルカは、港に設置された生け簀 (20m×40m×水深 10m) で飼育された。1 日に 3～4 回の給餌を実施し、それ以外はイルカだけで過ごす、あるいは、人が一緒に遊ぶ時間となっていた。下記に一般的な日常の流れを記した。

8:00	給餌・トレーニング 自由時間
11:00	給餌・ふれ合い活動 自由時間
13:30	給餌。ふれ合い活動 自由時間
15:30	給餌・トレーニング 自由時間

2)録音

録音機材は、水中マイクロフォンとアンプにホエールフォン(静岡沖電気)、レコーダーにステレオタイプのポータブルミニディスクレコーダー (MZ-N10, Sony) を使用した。レコーダーの周波数特性は、20・20kHz、マイクロフォンは 100・10kHz であった。レコーダーのライン入力端子をLチャンネルとRチャンネルに分け、L側にはモノラルオーディオコードをアンプに接続して水中音を収集し、R側には小型

のマイクを接続して外部よりデータの吹き込みをした。

マイクロフォンは、生け簀の縁から 2～3m 離れた給餌台のほぼ真下の水深約 3m の位置へ設置した。録音は、3 頭を生け簀で同時飼育した状態で、1 回に 10～30 分間行った。

サンプリングは、日常生活における下記の A～E の状況下で行った。

- A) 給餌前 (Pre-feed) …給餌前の状態で、イルカは、給餌台の側で浮上している、あるいは給餌台の回りを泳いでいる。
- B) 給餌中 (Feeding) …給餌中の状態。給餌台から 3 頭個々にあるいは 2 頭ペアでトレーニングを含んだ給餌を行う。
- C) フリータイム (Free) …人が側にいないイルカだけの自由な時間。イルカは泳いだり、水面に浮いて休んだり、おもちゃを使って遊んでいる。
- D) フロートからのアプローチ (Float) …人がイカダの上からイルカにアプローチした状態。イルカが好むこと(体を触る、引っ張る、おもちゃを使って遊ぶ)をして一緒に過ごす。
- E) 水中からのアプローチ (Water) …人が水中に入ってイルカにアプローチした状態。イルカが好むこと(体を触る、引っ張る、一緒に泳ぐ)をして一緒に過ごす。

3)解析

録音した音は、Windows XP (Microsoft)を搭載したパーソナルコンピュータ

を使用し PCM 形式のサウンドファイル(44.1kHz、16bit)として取り込み、ソフトウェア Spectrogram (Richard Horne, バージョン 5.1.7)によりソナグラムを作成した。作成したソナグラムより可視的に現れた波形のうち、ホイッスルの波形のみをピックアップし解析に用いた。ホイッスルコンターの各パラメータを測定し、抑揚型の 7 カテゴリー(□～□)に分類した。群間の比較は、Tukey の多重比較検定によって行った。

第3節 結果

ホイッスル数

ホイッスル数は、Pre-feed が最も多く(19.6±8.3/minute)、Free が最も少なかった(3.2±1.8/minute)。全ての状況で比較したとき、Pre-feed とそれ以外の全ての状況(Feeding、Free、Float、Water)において有意な差($p<0.01$)がみられた (Fig. 7)。

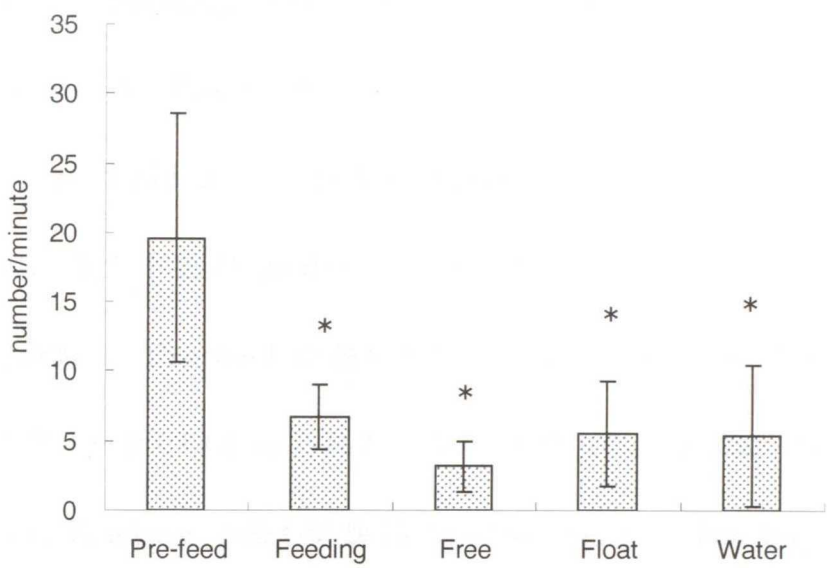


Fig. 7 状況別のホイッスル数の比較

1分間当りのホイッスル数を状況別に表わした。Pre-feedと他状況の間に有意差($p<0.01$)が認められた。

ホイッスルパラメータ

ホイッスルが持つ周波数は、開始・終了周波数の差があまりなかったが、

Pre-feed において開始周波数の平均値 $11.6 \pm 2.0 \text{ kHz}$ は、終了周波数の平均値 $9.7 \pm 2.2 \text{ kHz}$ へ下降していた。

各パラメータで状況別に比較したとき、開始周波数では、Pre-feed と Free、Float 間、Free、Float と Water 間において有意差 ($p < 0.01$) がみられた。終了周波数では、Pre-feed が最も低値 ($9.7 \pm 2.2 \text{ kHz}$) を示し、Pre-feed と Feeding、Free、Float、Water 間、Feeding と Float 間、Float と Water 間で有意差 ($p < 0.05$) がみられた。最低周波数では、Pre-feed が最も低値 ($9.1 \pm 1.4 \text{ kHz}$) を示し、Pre-feed と Feeding、Free、Float、Water 間、Feeding と Free、Float 間、Free と Water 間、Float と Water 間で有意差 ($p < 0.05$) がみられた。最大周波数では、Float が最も高い値 ($16.7 \pm 3.3 \text{ kHz}$) を示し、Feeding と Float 間、Float と Water 間で有意差 ($p < 0.05$) がみられた。

周波数変調幅は、Pre-feed が最も大きく ($7.2 \pm 2.6 \text{ kHz}$)、他すべての状況において有意差 ($p < 0.01$) がみられた。持続時間では、Water が最も大きく ($1.8 \pm 1.5 \text{ sec}$)、Feeding が最も低値 ($1.1 \pm 0.9 \text{ sec}$) を示し、Pre-feed と Free、Float、Water 間、Feeding と Free、Float、Water 間、Free、Float と Water 間で有意差 ($p < 0.05$) がみられた (Table 8)。

Table 8 状況別の 6 パラメータ

	Discriptive Statistics	Frequency (kHz)					Time(sec)	N
		Begin	End	Minimum	Maximum	Span	Duration	
Pre-feed	Mean	11.57 ^a	9.67 ^f	9.10 ^k	16.26 ^{pq}	7.18 ^s	1.125 ^x	1071
	s.d.	1.96	2.22	1.37	2.66	2.57	0.479	
	High	17.69	19.60	16.24	20.28	18.13	3.820	
	Low	1.22	0.71	1.68	3.23	0	0.015	
Feeding	Mean	11.35 ^a	11.96 ^{gi}	9.86 ^l	15.84 ^p	5.98 ^t	1.069 ^x	587
	s.d.	2.69	4.00	2.49	3.42	2.84	0.879	
	High	19.60	20.97	18.30	21.32	14.47	9.260	
	Low	1.15	1.02	1.15	4.18	0	0.020	
Free	Mean	12.13 ^b	12.51 ^{ghi}	10.85 ^m	16.41 ^{pq}	5.56 ^t	1.398 ^y	256
	s.d.	2.77	3.66	2.38	3.62	2.82	1.208	
	High	20.03	20.11	18.39	21.06	11.71	6.895	
	Low	1.15	4.18	4.18	4.44	0	0.050	
Float	Mean	12.17 ^b	12.89 ^h	10.93 ^m	16.69 ^q	5.75 ^t	1.475 ^y	334
	s.d.	2.49	3.73	2.32	3.26	2.84	1.272	
	High	21.06	21.15	18.99	21.49	13.61	8.570	
	Low	1.24	3.57	3.57	5.73	0	0.055	
Water	Mean	11.37 ^a	11.83 ⁱ	9.90 ^l	15.86 ^p	5.97 ^t	1.825 ^z	297
	s.d.	2.57	3.06	2.06	3.44	2.73	1.490	
	High	19.25	20.03	16.24	20.72	17.36	8.150	
	Low	5.38	5.64	1.63	5.64	0	0.070	

状況別のホイッスルパラメータ(周波数、持続時間)の平均値、標準偏差、最高値、最低値を表わした。それぞれのカラムで異なるアルファベットは有意差($p<0.01$)があった。

ホイッスルコンター

状況別のホイッスルコンターの割合は Fig. 8 に示した。Pre-feed では、凸型 (39.7%) が Free や Float のものより有意に ($p<0.05$) 高い割合で現れ、Feeding では上昇型 (21.6%) が Pre-feed のものより有意に ($p<0.05$) 高い割合で現われた。

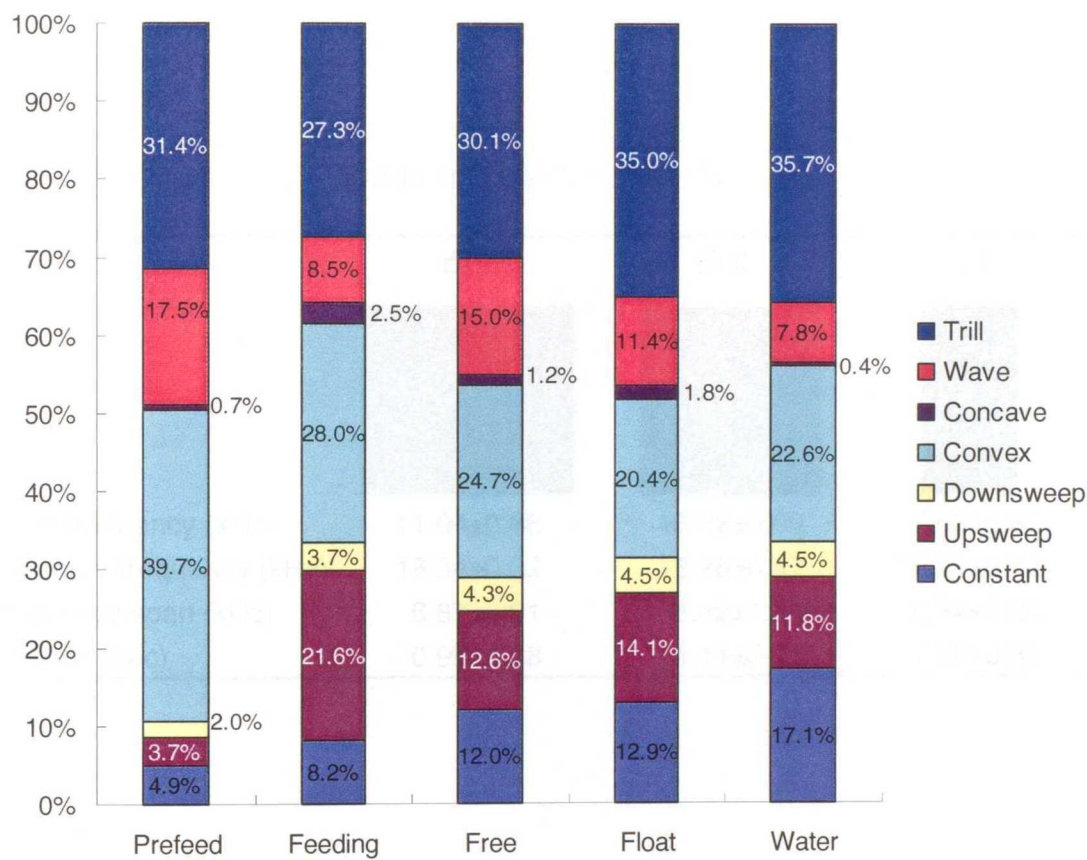


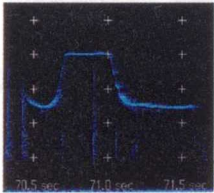
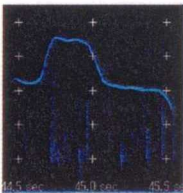

Fig. 8 状況別のホイッスルコンターの割合

各状況において全体のホイッスルを100%としたときの7カテゴリーのホイッスルコンターの割合を表わした。凸型 (Convex) は、Pre-feedにおいてFreeやFloatよりも高く、上昇型 (Upsweep) は、FeedingにおいてPre-feedより高い割合であった。

ホイッスルコンター詳細

さらにホイッスルコンターについて詳細に調べた。コンターと開始周波数、最大周波数の値を総合的に評価し、同じコンターを抽出し分類した。その結果、Pre-feed で現われた凸型において、周波数パラメータ 11.0-16.3kHz、13.2-18.3kHz の2種類が約 70%現れた (Table 9)。それ以外のコンターで比較的多くみられたのは、7-12kHz の低帯域であったが、各状況で必ずしも現れなかった。

Table 9 凸型のパラメータ

	凸Ⅰ	凸Ⅱ	凸Ⅲ
			
Begin frequency (kHz)	11.04±0.66	13.22±0.60	7.03±0.83
Maximum frequency (kHz)	16.34±0.32	18.26±0.47	12.21±0.72
Frequency span (kHz)	6.87±0.91	8.32±1.62	5.34±1.20
Duration (sec)	0.99±0.28	1.11±0.41	0.56±0.33

ホイッスル種類

1 サンプリング中に出現したホイッスルの種類と数について相関を調べたところ、Free、Float、Water において相関関係がみられた ($R^2=0.96$ 、 0.90 、 0.86) (Fig. 9)。Pre-feed においてホイッスルの種類の割合が少なかった。

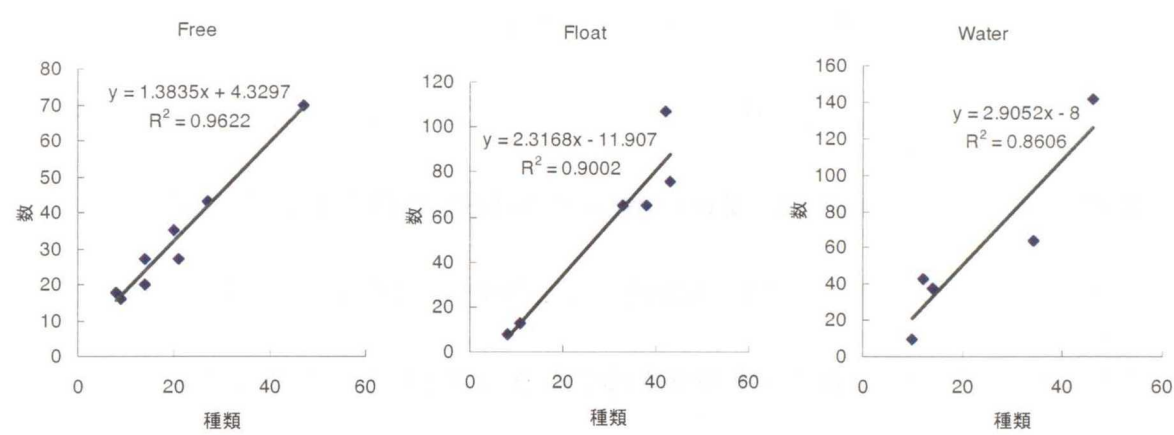


Fig. 9 ホイッスルの種類と数の相関

第4節 考察

飼育下のイルカにみられる日常的なホイッスルは、状況によってその形や周波数を変化させていた。

Pre-feed では、**Free**、**Float**、**Water** と比べると、ホイッスル数が多く、周波数変調幅が広がった。また、限られた種類(凸型)を持続的に発していた。

イヌの場合、音声コミュニケーションのうち、防衛、遊び、あいさつ、注意をひく、警戒などの複数の意味を持つとされる吠え声(**bark**)は、吠え声の繰り返す頻度によって興奮と緊張の度合いが相関している[23]。また、シグナルのレパートリーを少なくし、繰り返すことで、相手に音声をわかりやすく正確に伝えることができると言われる。**Pre-feed** において、空腹といったある種の緊張状態の中で、効率よく発声を行っていると思われた。また、イルカは、生け簀に 3 頭一緒にいる時も、1 頭の時も、ほとんど同じ頻度でホイッスルを発していたことから、これは、明らかに生理的な欲求を伝えており、人やイルカの有無に関係なく発せられるものと思われた。

給餌外の時間(**Free**、**Float**、**Water**)では、**Pre-feed** や **Feeding** と比べると、周波数振幅が狭く持続時間の長いホイッスルを発していた。**Pre-feed** と比べて、数が減り、コンターは複雑かつ不明瞭であった。また、**Pre-feed** ではみられない、低周波数で持続時間の長い一定型のホイッスルが現われ、**Water** では、3 秒以上持続するホイッスルも現われた。これらの状況の中で、**Water** で持続時間が長

くなっていたことから、人がイルカと関わることでホイッスルが変化していることが考えられる。特に、陸上からのアプローチよりも水中に入ってアプローチすることに意味があることが分かった。

また、今回、データ数が少なく比較はできなかったが、水中でのアプローチのとき、慣れた人よりも新規の人の方がホイッスルの数が多く、持続時間が長い傾向がみられたことから、イルカは人に対する個体識別をホイッスルによって示している可能性が推測された。

周波数帯域によってコンターを詳細に分類したとき、凸型では 2 種類 (11-16kHz、13-18kHz) のホイッスルが 70% 占めており、これらは、個体 A、B 個々にみられたシグニチャーホイッスルに非常に類似していた。詳細に解析することで、シグニチャーホイッスルを抽出することができるかもしれない。

以上、本章では飼育下の 3 頭のバンドウイルカから日常の鳴音を記録・解析し、さまざまな状況における鳴音の変化を考察した。その結果、給餌前、給餌中、給餌以外の状況においてホイッスルに明らかな違いが認められた。また、給餌以外の時間に人が関わる時、よりイルカに近い水中のアプローチによってホイッスルが変化した。このような結果から、人に対して個体識別などのシグナルを送っている可能性が推察された。

第4章 イルカ介在プログラムにおける鳴音

第1節 緒論

近年、動物介在療法/活動(AAT/AAA)は、人の身体的、精神的疾病に対し、明らかな治療効果があるとされ、欧米などの先進国では積極的に行われている。しかし、日本では動物に対する社会的な認識不足などさまざまな事情によって著しく普及が遅れている。

AATにおける効果は、生理的、心理的、および社会的効果に分けることができるが、実際これらの3つの効果がバランスよく合わさり、人々に影響を与えていると考えられている。このAATでは、さまざまな動物が用いられており、各動物の特徴(能力)を生かし実施されている。

馬は、元来、人を乗せるために特化された動物であり、体の大きさとリズムのある動きが最大の特徴である。馬の背から伝導される上下、左右、前後の運動によって中枢神経および末梢の神経筋を刺激し、機能回復を促進させることが知られている。例えば、馬上では落ちないようにバランスを保つために姿勢を変える必要があり、また、馬の大きな腹にまたがり温かな馬の背に揺られることは筋肉や関節の適度な運動になる。馬上では視線が高くなり、大きな動物を御しているという優越感も得られる。また、毎日の馬の世話に伴う規則正しい生活と労働は、個々の自信にもつながる。乗馬療法は、心身両面の機能回復に有効とされ、さまざまな

障害を持つ人々に効果が期待されている[12, 70]。

犬や猫は、コンパニオンアニマルとして最も人に身近な動物であり、これらの動物を用いた療法は、子どもから高齢者まで幅広い年齢層に対して実施することが可能である。犬や猫は、身体の大きさが手ごろで、特別な飼育施設を必要とせず、世話も容易である。犬や猫を用いた介在療法は、特に心理面に有効であり、その結果として、生理的には、血圧低下や心拍数の安定などが報告されている[49, 82]。

イルカでは、Betsy A. Smith が健常者と精神障害者に対するイルカの対応に違いがあることを発見し、1978 年、アメリカのフロリダ州で心身発達障害児を対象にイルカ介在療法の研究を初めて行った。この研究によって、自閉症児にアイ・コンタクトの回数と発声頻度が増える、個人空間が狭まり人を近づけるようになる、イルカのそばでは適切な行動をみせる、個々の問題行動が減る、注意持続時間がのびるといった、行動、感情、および言語発達面で好ましい変化が認められた[85-88]。

イルカを用いた介在療法で、他の動物を用いたときと最も異なるのは、水中で行うことである。水中に入ることの効果は、筋肉や関節への負担が減り、また精神的な緊張を開放しリラックスすることがあげられる。また、海という自然環境も開放感とリラックス効果をもたらす。アトピー性皮膚炎患者に対し、皮膚の改善に良い効果をもたらすとされる海水療法を実施する場合、イルカの存在によって海に入る際の皮膚の痛みを忘れて効果的に行うことができる[43]。さらに、水中という環

境では、無意識に水や人に身をまかせることで信頼関係を築き、治療にも良い影響を及ぼすとも考えられる。イルカはコンパニオンアニマルなどの陸上動物と異なる体長が約 3m、体重が 200kg もある大型の動物であるが、日常的に接することは容易ではなく、大きく珍しい動物に触れることによって興奮を引き起こす心理的、生理的な効果は計り知れないものがある。さらに、イルカ最大の特徴である鳴音を水中で感じる物理的な刺激は大きいと考えられる。

イルカの鳴音は、イルカセラピーを実施する上で必要な要素としてあげられる。さらに、イルカと人がより良い状態で活動するために、イルカ側の情報を知る指標として鳴音を利用できる可能性がある。

実際に、本研究のイルカ 3 頭は、イルカが人に与える効果について検討を行う目的で介在活動を実施している。高齢者を対象としたイルカ介在プログラムを実施したところ、参加者の生理面や心理面においてポジティブな効果が示された。また、夏期に実施した障害をもつ子ども達を対象としたセラピーセッションでは、水で泳ぐことができなかった子どもが、3 日間の短期間のうちにイルカと泳ぐことが可能になり楽しみとなったなど、大きな変化をもたらしている。本章では、イルカ介在プログラムにおいてイルカが発する鳴音について考察した。

第2節 方法

1) 動物

本研究では、高知県室戸岬の研究施設で飼育されている 3 頭のバンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) を用いた。イルカは雌 2 頭、雄 1 頭で、推定年齢は 4 ～7 才、体長 230～260cm、体重約 200kg であった。2 頭は 2003 年 8 月、1 頭は 2004 年 2 月に和歌山県太地町から搬送され飼育開始された。イルカは、港に設置された生け簀 (20m×40m×水深 10m) で飼育され、給餌は、トレーニングと平行して、1 日に 3～4 回実施した。日常的に一般客を対象に餌を与えたり、タッチングする活動や、夏期に障害者を対象としたセラピーセッションを実施した。

2) 録音

2004 年 7 月、さまざまな障害 (自閉症、ダウン症) を持つ子供を対象としたイルカ介在プログラムを実施した。セッションは、スタッフが餌でイルカをコントロールしながら、子どもとイルカが一对一の状態で行った。また、3 頭のイルカは、同じ生け簀で同時に給餌を行った。

録音機材は、水中マイクロフォンとアンプにホエールフォン (静岡沖電気)、レコーダーにステレオタイプのポータブルミニディスクレコーダー (MZ-N10, Sony) を使用した。レコーダーの周波数特性は、20・20kHz、マイクロフォンは 100・10kHz であった。レコーダーのライン入力端子を L チャンネルと R チャンネルに分け、L 側

にはモノラルオーディオコードをアンプに接続して水中音を収集し、R側には小型のマイクを接続して外部よりデータの吹き込みをした。

マイクロフォンは、生け簀の縁から 2～3m 離れた給餌台のほぼ真下の水深約 3m の位置へ設置した。録音時間は、1 セッション約 20 分間で、7 回記録した。

3)解析

録音した音は、Windows XP (Microsoft)を搭載したパーソナルコンピュータを使用しPCM形式のサウンドファイル(44.1kHz、16bit)として取り込み、ソフトウェア Spectrogram (Richard Horne, バージョン 5.1.7)によりソナグラムを作成した。得られたデータから可視的に現われたホイッスルを用い、ホイッスルコンターの各パラメータを計測し、抑揚型の 7 カテゴリー(I～VII)に分類した。セッションのデータと他の状況の比較は、ダネットの多重比較検定によって行った。また、通常の給餌状態(Feeding)との比較には、Student's t test を用いた。

第3節 結果

セッション中に記録したデータから、1617 個のホイッスルが抽出された。

ホイッスル数

セッション中に発せられたホイッスル数 ($14.0 \pm 5.8/\text{minute}$) は、Feeding ($6.7 \pm 2.2/\text{minute}$)、Free ($3.2 \pm 1.7/\text{minute}$)、Float ($5.6 \pm 3.5/\text{minute}$)、Water ($5.4 \pm 4.6/\text{minute}$) と比べて明らかに多かった ($p < 0.05$) (Fig. 10)。

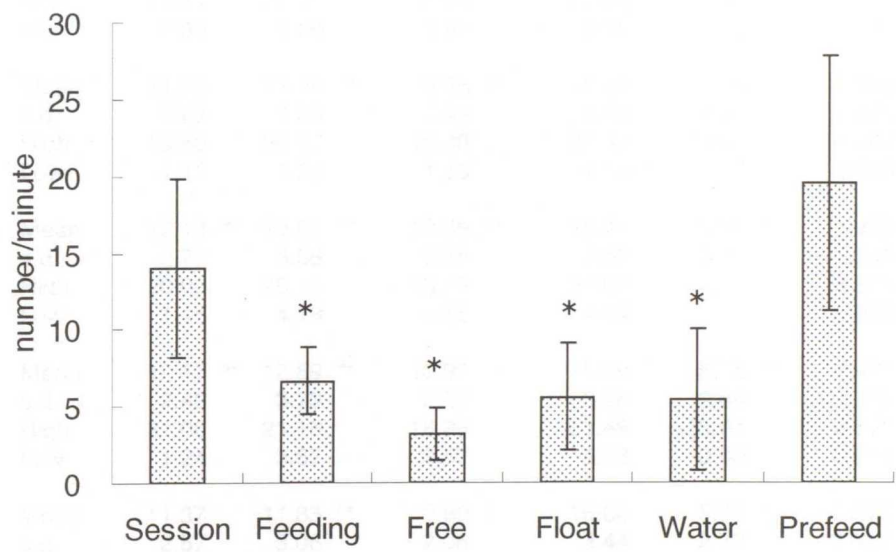


Fig. 10 Session のホイッスル数と他の状況との比較

Sessionと比較したとき、Feeding, Free, Float, Waterにおいて有意差 ($p < 0.05$) が認められた (* $p < 0.05$, compared to Session)。

ホイッスルパラメータ

周波数パラメータすべてに有意な差がみられた。通常の Free と比較したとき、終了周波数（10.5±2.6kHz）は有意に低く（ $p<0.01$ ）、最低周波数（9.5±1.6kHz）は有意に低く（ $p<0.01$ ）、最大周波数（16.3±2.5kHz）は有意に高かった（ $p<0.01$ ）。そして、周波数変調幅（6.8±2.1kHz）は有意に広く（ $p<0.01$ ）、持続時間（1.2±0.8sec）は有意に長かった（ $p<0.01$ ）(Table 10)。

Table 10 Session におけるホイッスル 6 パラメータと他状況との比較

	Discriptive Statistics	Frequency (kHz)					Time(sec)		N
		Begin	End	Minimum	Maximum	Span	Duration		
Session	Mean	11.34	10.50	9.54	16.31	6.76	1.240	1617	
	s.d.	2.09	2.57	1.63	2.53	2.14	0.800		
	High	21.11	20.20	2.14	21.06	13.61	7.535		
	Low	3.83	4.26	0.80	6.33	0	0.040		
Feeding	Mean	11.35	11.96 **	9.86 **	15.84 **	5.98 **	1.069 **	587	
	s.d.	2.69	4.00	2.49	3.42	2.84	0.879		
	High	19.60	20.97	18.30	21.32	14.47	9.260		
	Low	1.15	1.02	1.15	4.18	0	0.020		
Free	Mean	12.13 **	12.51 **	10.85 **	16.41	5.56 **	1.398 *	256	
	s.d.	2.77	3.66	2.38	3.62	2.82	1.208		
	High	20.03	20.11	18.39	21.06	11.71	6.895		
	Low	1.15	4.18	4.18	4.44	0	0.050		
Float	Mean	12.17 **	12.89 **	10.93 **	16.69	5.75 **	1.475 **	334	
	s.d.	2.49	3.73	2.32	3.26	2.84	1.272		
	High	21.06	21.15	18.99	21.49	13.61	8.570		
	Low	1.24	3.57	3.57	5.73	0.00	0.055		
Water	Mean	11.37	11.83 **	9.90 *	15.86	5.97 **	1.825 **	297	
	s.d.	2.57	3.06	2.06	3.44	2.73	1.490		
	High	19.25	20.03	16.24	20.72	17.36	8.150		
	Low	5.38	5.64	1.63	5.64	0	0.070		
Pre-feed	Mean	11.57 *	9.67 **	9.10 **	16.26	7.18 **	1.125 **	1071	
	s.d.	1.96	2.22	1.37	2.66	2.57	0.479		
	High	17.69	19.60	16.24	20.28	18.13	3.820		
	Low	1.22	0.71	1.68	3.23	0	0.015		

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, compared to Session

ホイッスルコンター

ホイッスルコンターの割合は、凸型が最も高く(37.7%)、次いでトリル型(29.6%)、波型(22.3%)が現われた(Fig. 11)。Feedingと比較すると、一定型、上昇型、下降型、凹型の割合が少なく、凸型、波型の割合が多かった($p<0.05$)。

また、Feeding とホイッスルコンター別に比較したとき、凸型、波型、トリル型のホイッスルコンター数に有意な差がみられた($p<0.05$)。

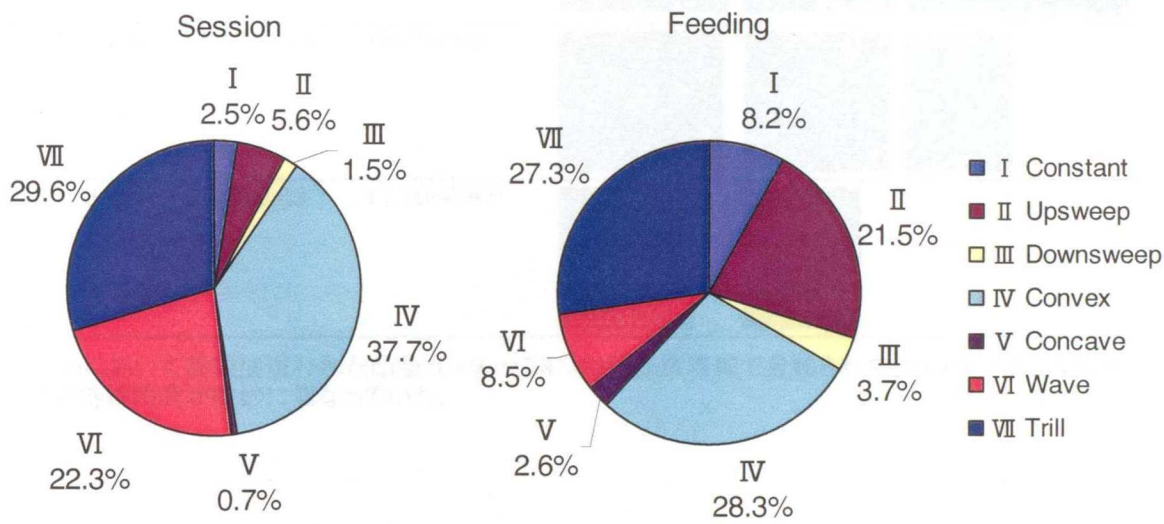


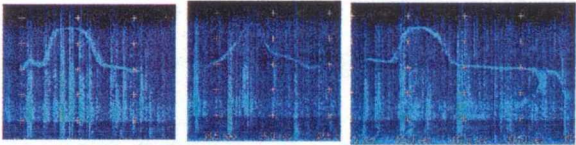
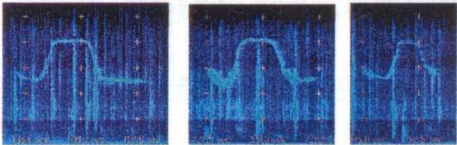
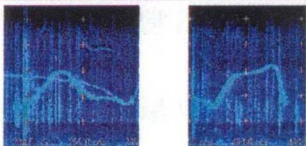
Fig. 11 Session と Feeding のホイッスルコンターの比較

SessionとFeedingを比べるとコンター(I , II , III , IV , V , VI)の割合に違いがみられた。

ホイッスルコンター詳細

ホイッスルコンターと開始周波数、最大周波数の値から詳細に分類したところ、セッション中にみられた凸型は、3 つの周波数パターンに大きく分かれた (Table 11)。

Table 11 Session の凸型コンターと周波数パラメータ

		Begin fre.(kHz)	Max fre.(kHz)	
凸1	36.7%	13.33±0.70	18.57±0.67	
凸2	40.7%	11.12±0.95	16.65±0.80	
凸3	8.4%	7.09±0.83	11.10±0.87	

Sessionにおいて高頻度現われた凸型コンターは3つの周波数帯域で分類された。コンターは、湾曲の角度や持続時間が微妙に異なっていた。

第4節 考察

セッション中にみられたホイッスルは、Feeding と比較して、ホイッスルの数が増加し、持続時間が長くなる、コンターの出現頻度が異なるなど、通常と異なる状況下に合わせてホイッスルを変化させていることが分かった。

セッションでは、新規の対象者（障害を持つ子ども）が入り、進行は対象者に合わせており、各回、各対象者における内容は変化していた。通常の給餌では、ほとんど決まったトレーニング内容であるのに対し、セッションの内容は事前にトレーニングはしているものの、子どもが何をするか分からないことや、予測つかないことから、変化に富んだ内容になっていた。このバリエーションの多さが、イルカのホイッスルを変化させていたと考えられる。イルカは非常に遊び好きな動物であり、野生下でも、海草やビニール袋を背びれや胸びれ、尾びれに引っかけて泳ぎ、他の個体と渡しあったり、また、船首の波に乗る「波乗り」など、さまざまな遊びを見ることが出来る。また、噴気孔から出す泡でリングを作り、くぐったり、押したり、自ら遊びを創っていく能力を持っている。彼らがもつ多様な遊び行動と複雑な社会は切り離すことはできない。しかし、飼育下では集団となる個体数も少なく、限られた空間であることが影響して、その行動は限局し、暇をもてあましていると考えられる。イルカの能力を発揮させるためにも、常に新しい物事を与えることが重要であると思われる。そういった意味で、本研究で実施したドルフィンセッションは、イルカの生活にバリエーションを与えることにもつながると思われた。

動物介在療法では、動物が新規環境に対して瞬時に適応すること、また動物の特性(能力)が十分に発揮されることが要求される。イルカの場合、高度な知能を有し、物事を見極める判断能力に優れていることを考えれば、前者の要素は十分に備えていると思われる。イルカセラピーを実施する際、イルカの発する鳴音の効果を見過ごすことはできない。動物の持つさまざまな能力が人々の肉体的、精神的側面に影響を与えていることを考えると、イルカの持つ能力のうち、約10kHz から 20kHz に及ぶ鳴音の効果は今後の検討に値する。仮に、こうした高音が人の健康によい影響を与え得るとすれば、この能力を十分に発揮できる環境を作ることが必要となる。本研究の結果より、新規の人が入った給餌時間にホイッスルをより多く発しており、こうしたさまざまなデータをもとに、イルカ介在プログラムを考える必要がある。

また、3 章で給餌以外の時間において、人が水中に入ってイルカにより近づいたときにホイッスルを変化させていたことを考えると、ドルフィンセッションは、水中に入って行うことがより重要である。これは、実際に報告されている多くのセラピーの考察と一致する。

本章では、イルカ介在プログラムを行った際のイルカの鳴音について考察した。その結果、通常行われている給餌と比べると、ホイッスルが多くなる、コンターの頻度が異なるなど、ホイッスルが明らかに変化していることが分かった。新規の対象者や活動を行う日常とは異なる状況下では、ホイッスルを変化させ、イルカ間のコミュニケーションあるいは人とのコミュニケーションを行っているものと推察される。

第 5 章 特別な状況下における鳴音

第 1 節 緒論

古来より、人は動物の持つ能力を利用してきた。機械化が進んだ現代において、動物が持つ能力の重要性が再認識されている。阪神・淡路大震災のとき、瓦礫の下敷きになった人を探索し、救助したのはスイスの救助隊が連れてきた訓練された犬であった。

犬の嗅覚が鋭いことはよく知られており、昔も今も狩猟には嗅覚の優れた犬が使われ、また、警察犬や麻薬探知犬は、鋭い嗅覚によって人社会の中で活躍している。嗅覚の感度は、鼻腔の構造に基づいており、嗅覚は嗅上皮の嗅細胞によって感受される。犬の嗅覚は、鼻腔の嗅上皮の嗅細胞によって感受され、嗅上皮の表面積はヒトの $3\sim 4\text{cm}^2$ に対して $8\sim 150\text{cm}^2$ と格段に広い。また、容易に訓練できることから、狩猟や追跡、探索に使われている。また、犬の能力は、介助犬、盲導犬、聴導犬として、広く生かされている[37]。猫は、人の可聴域が $20,000\text{Hz}$ なのに対して、 $50,000\text{Hz}$ 前後まで聞き分けることができる鋭い聴覚をもつ。このピークはネズミの会話音に一致し、古くはネズミ退治として活躍していた。

阪神・淡路大震災の後、とくに地震予知が話題となり、動物の地震感知能力が注目されるようになった。地震の前に犬や猫、野生動物に通常ではみることがな

い異常行動が示されていた。2004 年 12 月 26 日に発生したスマトラ沖大地震では、津波によって多くの犠牲者を出したが、国定公園の野生動物の死骸は一つも見あたらなく、また、象使いは象が丘に向かって逃げたのを追いかけたために助かったという。自然災害時にみられる多くの事実から、動物が自然災害を事前に察知する能力を持つことが推測される。

2004 年は台風が多く発生し、全国的に多大な被害をもたらした。発生数 23 個のうち上陸数は 10 個で、過去最多の上陸数であった。そのうち室戸に接近上陸したのは 5 回で、堤防を越える大波によって 3 度(6 月、8 月、10 月)のイルカ飼育施設が崩壊する被害を受けた。イルカは、とくに野生動物であることから、自然災害に対して敏感に感じ取る能力をもつことが推測され、これらを事前に察知していたかもしれない。本研究では、台風時のイルカの鳴音に注目し、特殊な状況におけるホイッスル特性を考察した。

第2節 方法

1)動物

本研究では、高知県室戸岬の研究施設で飼育されている 3 頭のバンドウイルカ (*Tursiops truncatus*) を用いた。イルカは雌 2 頭、雄 1 頭で、推定年齢は 4 ～7 才、体長 230～260cm、体重約 200kg であった。2 頭は 2003 年 8 月、1 頭は 2004 年 2 月に和歌山県太地町から搬送され飼育開始された。イルカは、港に設置された生け簀 (20m×40m×水深 10m) で飼育され、給餌は、トレーニングと平行して、1 日に 3～4 回実施した。日常的に一般客を対象に餌を与えたり、タッチングする活動や、夏期に障害者を対象としたセラピーセッションを実施した。

2)録音

録音機材は、水中マイクロフォンとアンプにホエールフォン (静岡沖電気)、レコーダーにステレオタイプのポータブルミニディスクレコーダー (MZ-N10, Sony) を使用した。レコーダーの周波数特性は、20-20kHz、マイクロフォンは 100-10kHz であった。レコーダーのライン入力端子を L チャンネルと R チャンネルに分け、L 側にはモノラルオーディオコードをアンプに接続して水中音を収集し、R 側には小型のマイクを接続して外部よりデータの吹き込みをした。

録音は、2004 年 6 月に台風 8 号が室戸へ直撃する前に、3 頭を生け簀で同時飼育した状態で、給餌後のイルカの自由時間 (Free と同様) に 1 回あたり 10

～30 分間行った。マイクロフォンは、生け簀の縁から 2～3m 離れた給餌台のほぼ真下の水深約 3m の位置へ設置した。

3)解析

録音した音は、Windows XP (Microsoft)を搭載したパーソナルコンピュータを使用し PCM 形式のサウンドファイル(44.1kHz、16bit)として取り込み、ソフトウェア Spectrogram (Richard Horne, バージョン 5.1.7)によりソナグラムを作成した。作成したソナグラムより可視的に現れた波形のうち、ホイッスルの波形のみをピックアップし解析に用いた。ホイッスルコンターの各パラメータを測定し、抑揚型の 7 カテゴリー(□～□)に分類した。通常の状態との比較には、Student's t test を用いた。

第3節 結果

ホイッスルコンターの種類は、通常と比べると上昇型の割合(45.9%)が高く、波型(5.4%)が低く現われた($p<0.05$)。一定型は全く現われなかった(Fig. 12)。ホイッスルのパラメータについて、通常と比較すると、持続時間が短くなった($p<0.05$) (Table 12)。

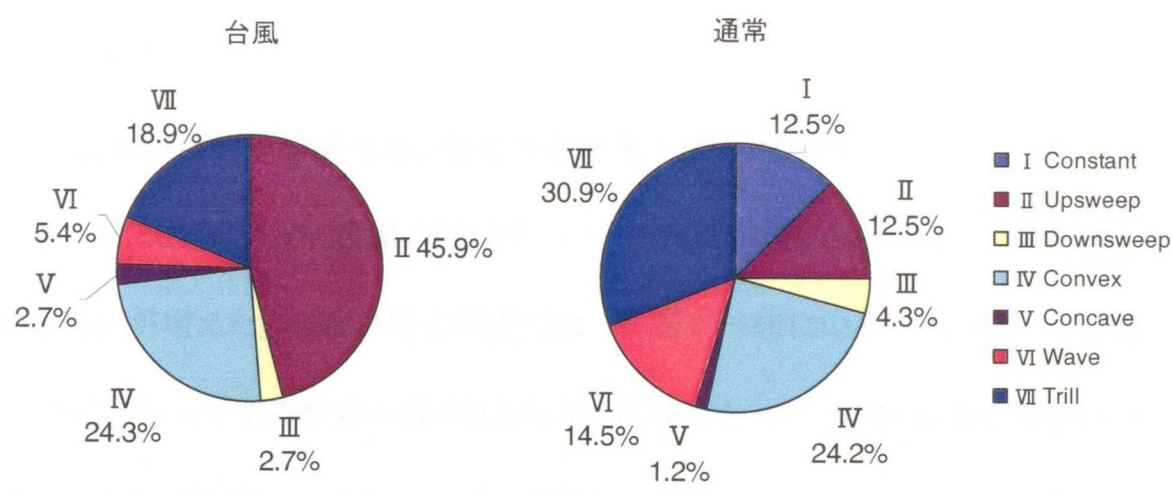


Fig. 12 台風時と通常のホイッスルコンターの比較
通常時と比べると、ホイッスルコンター(上昇、凹、波型、一定)の割合に違いがみられた。

Table 12 台風時と通常のホイッスルパラメータ

	台風	通常
Begin fre. (kHz)	12.38±2.32	12.13±2.77
End fre. (kHz)	14.53±4.16	12.51±3.66
Max fre. (kHz)	17.14±2.59	16.41±3.62
Min fre. (kHz)	11.42±2.37	10.85±2.38
Fre. span (kHz)	5.72±1.88	5.56±2.82
Duration (sec)	0.79±0.79 *	1.40±1.21

通常時と比べると、ホイッスルパラメータのうち持続時間が短くなっていた(*; $p<0.05$)。

第4節 考察

台風直前のホイッスルは、通常(Free)で特徴的にみられた一定型やトリル型のコンターがみられず、通常とは明らかに異なるコンターがみられた。このとき、短音の上昇型が高い割合で発せられたホイッスルであった。これらの特徴的なホイッスルを発し、個体間のコミュニケーションによって自然災害の予知をしている可能性が推察された。

台風直前は海の波が立ち、海水の透明度が悪くなるなど、海のコンディションが変化する。そのため、給餌の際はクリックスの頻度が増し、人や餌の位置を確かめる行動が増えた。給餌以外の時間では、3頭で一緒にいることが多く、生け簀の沖側へ行って戻る行動が繰り返されなど活発であった。動物が特別な状況に晒された際、騒がしくなるか、おとなしくなるかどちらかであると考えられるが、イルカの場合、見た目に活動的であったにもかかわらず、ホイッスルは少なくなり、鳴音に関しては静かであった。

今後は、台風の接近、気象や海水などの情報との関連性についての詳細な分析と、さらなるデータ収集が必要であると思われる。

本章では、台風前のイルカの鳴音を録音し、特別な状況における鳴音について考察した。その結果、通常と比べると、ホイッスルコンターの割合、持続時間などのパラメータに変化がみられた。イルカはホイッスルを変化させることで事前に自然災害を予測していた可能性がある。

動物は、自らの命あるいは子孫を残すために、われわれの想像を超えた能力を有していると思われる。イルカは、陸から海に戻ったのち、4000 万年を経て今日まで生きのびてきた、食物連鎖最上位に位置する哺乳類であり、さまざまな環境変化に適応してきた。地球上に起きる多種多様な天災に際し、独自の予知能力を持っていても不思議ではない。そのとき、個体間のコミュニケーションは必要不可欠なものであり、本章の結果は、今後の研究に有益なものとなるだろう。

要 約

動物と人の関係は、人類の歴史の始まりから存在し、人々は動物から限らない恩恵を受けてきた。近年、注目されている動物介在療法も含め、いろいろな動物がもたらす人への影響は、動物のもつ特性(能力)によるところが大きい。

イルカ(鯨類)は、4000 万年前に陸から海へ戻り、水生生物の中で食物連鎖の最上位に位置している哺乳動物である。海洋性のイルカの多くは大きな群れ(pods)を形成し、群れを維持するためのさまざまなコミュニケーション手段が推測されている。狩猟を行うには、群全体を統制するコミュニケーションが必要であり、また、個体間の連携が重要になる。個体同士の身体的接触、ブリーチングなどの非音声的信号のほか、特徴的な音声を用いたコミュニケーションがある。イルカはこれらのコミュニケーション手段を駆使して「社会」を作り、食物の探索、繁殖や防衛の効率化を図り、環境への適応を進めてきたと思われる。

動物にとってコミュニケーションは、自らの生存や種の保存のために、なくてはならない重要な要素であり、集団生活を送る動物は、ふだんから身近の個体と持続的な交渉を持つ。このとき、イルカは主なコミュニケーションとして「鳴音」を用いており、人との長い生活において人に対して用いていることは容易に想像できる。また、イルカを飼育する上での福祉面や社会的認識の不足など多くの問題を解決するために、基礎的情報を収集し、イルカを明確にとらえることが必要である。そこで、彼らが発する鳴音が大きな手掛りとなる。本研究では、さまざまな状況に

おける鳴音を詳細に解析し、その基本的な仕組みを明らかにするとともに、イルカ対イルカのコミュニケーションは、人とのコミュニケーションへと発展するものであることを明らかにする。

第 1 章では、イルカの鳴音をどのように解析するかを目的に実験を行った。飼育下のバンドウイルカ 3 頭の鳴音を、水中マイクロフォンとポータブルミニディスクレコーダーを用いて録音し、データをソナグラムに表わすことによって鳴音（ホイッスル）の解析を試みた。その結果、4199 個のホイッスルが得られ、それらをホイッスルコンター（外形）の抑揚型、周波数パラメータによって分類すると、コンターの抑揚型において、凸型が 33.8%、トリル型 30.2%、波型 16.7%、残りは 10%以下で現われた。パラメータの平均値は、開始周波数 ($11.5 \pm 2.3\text{kHz}$) と比べると、終了周波数 ($10.9 \pm 3.2\text{kHz}$) が低く、最低周波数 $9.7 \pm 2.0\text{kHz}$ から最高周波数 $16.2 \pm 2.9\text{kHz}$ の変調幅であった。また、持続時間は $1.3 \pm 0.9\text{sec}$ であった。イルカのホイッスルは、コンターの抑揚型によって、7 カテゴリー（一定、上昇、下降、凸、凹、波、トリル型）に分類され、周波数（開始、終了、最高、最低、変調幅）と持続時間の 6 つのパラメータに基づいて示すことができた。

第 2 章では、イルカの会話音とされるホイッスルのうち、最も多く報告されているシグニチャーホイッスルに着目し、飼育下の 3 頭のバンドウイルカ（個体 A, B, C）の鳴音を個々に録音し、ホイッスルの解析を行うことによって、シグニチャーホイッスルを明らかにした。すなわち、個体 A のホイッスルコンターは、波型 (50.9%) とトリル型 (28.8%)、個体 B では、トリル型 (67.8%) と凸型 (27.0%)、個体 C では、ト

リル型(84.2%)と波型(11.6%)が高い割合で示された。個体間のホイッスルパラメータでは、開始周波数、終了周波数、周波数変調幅、持続時間において有意な差($p<0.05$)がみられ、個体ごとに異なるホイッスルを持つことが分かった。しかし、それらのホイッスルは、個体内、個体間において類似していた。イルカは、もともと大きな群れで生活していることから、多くの異なったシグニチャーホイッスルを持つことが推測されるが、3頭しかいないためにシグニチャーホイッスルに大きな差がなく、形が類似する傾向にあると思われ、環境や社会構造に応じて視覚なども含めた効率的なコミュニケーションを行っているかと推察した。

第3章では、飼育下の3頭のバンドウイルカから日常の鳴音を記録・解析し、さまざまな状況(給餌前、給餌中、イルカのための時間、人がイカダの上からアプローチする、人が水中からアプローチする)における鳴音の変化を考察した。その結果、それぞれの状況においてイルカが発するホイッスルに明らかな違いが認められた。給餌前ではホイッスル数($19.6 \pm 8.3/\text{minute}$)が多く、周波数変調幅($7.2 \pm 2.6\text{kHz}$)が広く、限られた種類を持続的に発していた。一方、給餌外の時間では、数が減り、周波数振幅が狭く、持続時間の長いホイッスルを発していた。ホイッスルコンターは、給餌前では凸型が高く、給餌中では上昇型が高い割合で現われた。また、給餌以外の時間に人が関わる時、よりイルカに近い水中のアプローチによってホイッスルが変化した。以上の結果より、イルカは日常において発するホイッスルを変化させており、イルカ個体間のコミュニケーションと同時に人に対するコミュニケーションを行っている可能性が示唆された。

第 4 章では、イルカ介在プログラムを行った際のイルカの鳴音について考察した。プログラムは、自閉症、ダウン症などの子どもたちが参加し、個々に合わせた内容で実施した。その結果、通常行われている給餌と比べると、ホイッスル数 ($14.0 \pm 5.8/\text{minute}$) が多くなり、コンターの頻度が異なるなど、ホイッスルが明らかに変化していることが分かった。ホイッスル数は、給餌前に匹敵するほど多くなり、イルカセッションが、飼育下におけるイルカへの生活へのバリエーションを与えるために効果的であることが推察された。また、動物の能力が人の肉体的、精神的側面に影響を与えていると考え、イルカセラピーにおけるイルカが発する鳴音の効果については、今後の検討に値するものと思われた。新規の対象者や活動を行う日常とは異なる状況下では、ホイッスルを変化させ、イルカ間のコミュニケーションあるいは人とのコミュニケーションを行っていることが推察された。

第 5 章では、台風前のイルカの鳴音を録音し、特別な状況における鳴音について考察した。その結果、通常と比べると、ホイッスルコンター割合、持続時間などパラメータに変化がみられた。イルカは、陸から海に戻ったのち、4000 万年もの間、さまざまな環境変化に適応し生き延びており、イルカはホイッスルの変化による独自の予知能力によって、事前に自然災害を予測し、個体間でコミュニケーションしている可能性が推察された。また、上昇型の持続時間の短い型が台風時に高い割合で現われたホイッスルであり、今後、こうした特徴的なホイッスルをみつけることによって、自然災害予知が可能となることと推察した。

本研究より、イルカのホイッスルはコンターによって 7 カテゴリーに分類され、周

波数と持続時間に基づいて 6 つのパラメータに分けられることを見いだした。この解析法により、イルカは飼育環境下におけるさまざまな状況において鳴音を変化させており、ホイッスルによって社会的関係を維持するための個体間のコミュニケーションを行っていることが分かった。イルカの鳴音は、イルカのみならず、明らかに人に対しても変化させており、イルカが人とのコミュニケーションを試みている可能性は高い。また、新規の人が入った給餌時間により多くのホイッスルを発しており、こうした鳴音に関するデータが、今後のイルカ介在プログラムの作成やイルカと人両者に有益で望ましい関係構築のための大きな指標となると思われた。さらに、自然災害を事前に察知する能力は、イルカと人の新たな関係を築くものとなろう。

謝 辞

本研究の実施、本論文の提出にあたり、多大なご指導とご鞭撻を賜り、また、研究とともに長期間の学生生活を見守ってくださった、麻布大学獣医学研究科動物人間関係学研究室の太田光明教授に、深くお礼申し上げます。

また、学位審査の副査を引き受けていただきました、麻布大学学長 政岡俊夫教授、麻布大学獣医学部動物応用科学科の坂田亮一教授に深く感謝いたします。

本研究の実施にあたり、また、長期にわたる学生生活において、多くの方々にご支援いただきました。研究生活の苦楽を共に過ごし、協力し支えてくれた、動物人間関係学研究室の同僚の皆様に感謝いたします。そして、イルカの管理や研究に多くの協力と助言をいただきました麻布大学共同研究員の大谷伸代獣医師に感謝いたします。さらに、高知県室戸市でのイルカの飼育研究にあたって、さまざまな活動にご協力いただきました室戸市ならびに室戸岬町のボランティアの皆様に感謝いたします。

最後に、麻布大学大学院獣医学研究科に所属し、長期間にわたる研究や学生生活を終始暖かく見守り、支えてくれた両親に深く感謝いたします。

平成 17 年 3 月

秋山 順子

参考文献

1. 赤松友成 1996. イルカはなぜ鳴くのか 文一総合出版, 東京.
2. Anderson, W., Reid, P. and Jennings, G. L. 1992. Pet ownership and risk factor for cardiovascular disease. *Med. J. Australia* 157, 298-301.
3. Au, W. W. L. 1993. The sonar of dolphins. Springer-Verlag, New York.
4. Baun, M. M., Bergstrom N., Langston V. F. et al. 1984. Physiological effects of human/companion animal bonding. *Nursing Research* 33(3), 126-129.
5. Bazua-Duran, C. and Au, W. W. L. 2002. The whistles of Hawaiian spinner dolphins. *J. Acoust. Soc. Am.* 112(6), 3064-3072.
6. Brensing, K. and Like, K. 2003. Behavior of dolphins towards adults and children during swim-with-dolphin programs and towards children with disabilities during therapy sessions. *Anthrozoo* 16(4), 315-333.
7. Brensing, K., Linke, K. and Todt, D. 2003. Can dolphins heal by ultrasound? *J. Theoretical Biology* 225, 99-105.
8. Bright, M. 1984. Animal Language, The British Broadcasting Corp., London.
9. Brown, D. H. and Norris, K. S. 1956. Observations on captive and wild cetaceans. *J. Mammalogy* 37, 311-326.
10. Brumm, H., Voss, K., Kollmer, I. and Todt, D. 2004. Acoustic communication in noise: regulation of call characteristics in a new world monkey. *J. Exp. Biol.* 207, 443-448.
11. Buck, J. R. and Tyack, P. L. 1993. A quantitative measure of similarity

- for *Tursiops truncatus* signature whistles. *J. Acoust. Soc. Am.* 94, 2497-2506.
12. Budiansky, S. 1997. The nature of horse. The free Press, New York.
 13. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1966. 'Epimeletic (care-giving) behavior in Cetacea' K. S. Norris (ed.), Whales, Dolphins, and Porpoises. Berkeley and Los Angeles, University of California Press, 755-789.
 14. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1965. Individual whistle contours in bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Nature*. 207, 434-435.
 15. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1967. 'Intraspecific transfer of information via the pulsed sound in captive odontocete cetaceans' in R.-G. busnel (ed.), Les systemes sonars animaux, Frascati, Sept. Proc. Symp., 879-936.
 16. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1968. Vocalization of naïve captive dolphins in small groups. *Science* 159, 1121-1123.
 17. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1971. Ability of an Atlantic bottlenose dolphin to discriminatie between and potentially to individual, the whistles of another species the spotted dolphin. *Cetology* 6, 1-6.
 18. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1971. Statistical evidence for individual signature whistles of Atlantic bottlenose dolphin, *Lagenorhynchus obliquiens*. *Cetology* 3, 1-9.
 19. Caldwell, M. C. and Caldwell, D. K. 1972. Vocal mimicry in the whistle model by an Atlantic bottlenosed dolphin. *Cetology* 9, 1-8.
 20. Caldwell, M. C., Caldwell, D. K. and Tyack, P. L. 1990. Review of the signature-whistle hypothesis for the Atlantic bottlenose dolphin,

Tursiops truncatus. pp. 199-234, S. Leatherwood and R. Reeves (ed.). The Bottlenose Dolphin, Academic Press.

21. Caldwell, M. C., Haugen, R. M. and Caldwell, D. K. 1962. High-energy sound associated with fright in the dolphins. *Science*. 138, 907-908.
22. Cook, M. L., Sayigh, L. S., Blum, J. E. and Wells, R. S. 2004. Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 22, 271(1543), 1043-1049.
23. Coppinger, R.P. 1991. Why dogs bark? *Smithsonian Magazine*, Jan, 119-129.
24. Dahlheim, M.E. and Frank, A. 1982. A Classification and Comparison of Vocalizations of Captive Killer Whales (*Orcinus Orca*). *Journal of the Acoustical Society of America*. 72(3), 661-670.
25. Dos Santos, M. E., Caporin, G., Moreira, H. O. Ferreira, A. J. and Coelho, J. 1990. Acoustic behavior in a local population of bottlenose dolphins. pp. 585-598. Thomas, Kastelein (ed.) *Sensory abilities of cetaceans*. Plenum Press, New York.
26. Dreher, J. J. and Evans, W. E. 1964. Cetacean communication. pp. 373-393. W.N. Tavolga (ed.) *Marine Bio-Acoustics*. Academic Press.
27. Evans, W. E. 1967. Vocalizations among marine mammals. pp. 159-186. W.N. Tavolga (ed.) *Marine Bio-Acoustics*. Vol.2. Pergamon Press, New York.
28. Evans, W. E. 1973. Echolocation by marine delphinids and one species of fresh-water dolphin. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 191-199.
29. Friedman, E., Katcher, A. H., Lynch, J. J. et al. 1980. Animal companions and one-year survival of patients after discharge from a

coronary care unit. *Public Health Reports* 95(4), 307-312.

30. Frohoff, T. G. 1993. Behavior of captive bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and humans during controlled in-water interactions. Master's thesis, Texas A&M University, College Station, Texas.
31. Frohoff, T. G. and Packard, J. M. 1995. Human interactions with free-range and captive bottlenose dolphins. *Anthrozoos* 3(1), 44-53.
32. Gaskin, D. E. 1982. The Ecology of Whales and Dolphins, William Heinemann Ltd. London.
33. Guttman, G., Predovic, M. and Zemanek, M. 1985. The influence of pet ownership in non-verbal communication and social competence in children. Proceedings of the International Symposium on the Human-Pet Relationship. pp. 58-63. IEMT, Vienna, Austria.
34. Halliday, T. R. and Slatar, P. J. B. 1983 Animal Behavior; first edition, Blackwell Scientific Publications
35. Hart, B. L. 1985. The behavior of domestic animals, W. H. FREEDMAN AND COMPANY, New York.
36. Hart, S. 1996. The Language of Animals, Robert Ubell Associates., Inc.
37. 林良博（監修） 2000. イラストでみる犬学 講談社, 東京.
38. Herman, L. M. 1975. Interference and auditory short-term memory in bottlenose dolphin. *Animal Learning & Behavior* 3, 43-48.
39. Herman, L. M. 1986. Cognition and language competencies of bottlenosed dolphins. In R.J. Schusterman, J. Thomas, and F. G. Wood (Ed.). Dolphin cognition and behavior: A comparative approach, 221-251. Hilldale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

40. Herman, L. M. and Talvoga, W. N. 1980. The communication system of cetaceans. pp. 149-209, Herman, L. M. (ed.) *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*. Wiley-Interscience, New York.
41. Herman, L. M., Richards, D. G. and Wolz, J. P. 1984. Comprehension of sentences by bottlenosed dolphins. *Cognition* 16(2), 129-219.
42. Himeï, S., Kuroda, H., Takemura, A. and Koido, T. 2000. On the classification of whistles of bottle-nosed dolphins. 長崎大学水産学部研究報告 81, 77-79.
43. Iikura, Y., Sakumoto, Y., Imai, T., Akai, L., Matsuoka, T., Sugihara, K., Utumi, M. and Tomikawa, M. 2001. Dolphin-assisted seawater therapy for severe atopic dermatitis: an immunological and psychological study. *International Archives Allergy and Immunology* 124. 389-390.
44. 猪熊壽 2001. イヌの動物学 東京大学出版社, 東京.
45. Jacobs, M., Nowacek, D. P., Gerhart, D. J., Cannon, G., Nowicki, S. and Forward, R. B. 1993. Seasonal changes in vocalizations during behavior of the Atlantic bottlenose dolphin. *Estuaries* 16, 241-246.
46. Janik, V. M. 1999. Pitfalls in the categorization of behavior: Comparisons of dolphin whistle classification methods. *Animal Behavior* 57, 133-143.
47. Janik, V. M. 2000. Whistle matching in wild bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Science* 289, 1355-1357.
48. Janik, V. M., Dehnhards, G. and Todt, D. 1994. Signature whistle variations in a bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 35, 243-248.
49. Katcher, A. H. M. D., Friedman, E., Beck A. M. et al. 1983. Looking talking and blood pressure. *New Perspectives on our lives with*

companion animals 351-359.

50. Katcher, A. H. and Beck, A. M. (編) コンパニオン・アニマル研究会(訳) 1994 コンパニオン・アニマルー人と動物のきずなを求めてー (New Perspectives on Our Lives with Companion Animals) 誠信書房, 東京
51. Killebrew, D. A., Mercado, •, E., Pack, A. A. and Herman, L. M. 1996 Burst-pulse sounds of a neonate bottlenose dolphin. *J. Acoust. Soc. Am.* 100 (4, Pt.2) 2610.
52. Klever, Ulrich(著), 林進(訳) 1985. 動物のことば入門 (Geheimsprachen der Tiere) どうぶつ社, 東京
53. Kyngdon, D. J., Minot, E. O. and Stafford, K. J. 2003. Behavioral response of captive common dolphins *Delphinus delphis* to a 'Swim-with-Dolphin' programme. *Applied Animal Behavior Science* 81, 163-170.
54. Lang, T. G. and Smith, H. A. P. 1965. Communication between dolphins in separate tanks by way of an acoustic link. *Science* 150, 1890-1844.
55. Leroy Y. (著), 稲垣新, 番場州一 (訳) 1983. 動物の音声の世界 (L'univers sonore animal : roles et evolution de la communication acoustique) 共立出版, 東京
56. Levinson, B. M. 1984. Human companion and animal therapy. *J. Contemporary Psychotherapy* 14, 131-144.
57. Levinson, B. M. and Mallon, G. P. (著), 川原隆造(監修), 松田和義・東豊(監訳) 2002. 子どものためのアニマルセラピー (Pet-Oriented Child Psychotherapy) 日本評論社, 東京
58. Lilly, J. C. and Miller, A. M. 1961. Vocal exchanges between dolphins. *Science* 134, 1873-1876.

59. Lukina, L. N. 1999. Influence of dolphin-assisted therapy sessions on the functional state of children with psychoneurological symptoms of diseases. *Human Physiology* 25, 676-679.
60. Marino, L. and Lilienfeld, S. 1998. Dolphin-assisted therapy: flawed data, flawed conclusions. *Anthrozoos* 11(4), 194-200.
61. McCawen, B. 1995. A new quantitative technique for categorizing whistles using simulated signals and whistles from captive bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Ethology* 100, 177-193.
62. Miksis, J. L., Tyack, P. L. and Buck, J. R. 2002. Captive dolphins, *Tursiops truncatus*, develop signature whistles that match acoustic features of human-made model sounds. *J. Acoust. Soc. Am.* 112(2), 728-739.
63. 宮崎信之, 粕谷俊雄 (編) 1990. 海の哺乳類 サイエンティスト社, 東京.
64. 村山司, 中原史生 2002. イルカ・クジラ学 東海大学出版社, 東京.
65. Nathanson, D. E. 1989. Using Atlantic bottlenose dolphins to increase cognition of mentally retarded children. pp. 233-242. P. Lovibond & P. Wilson, (ed.) *Clinical and Abnormal Psychology*, North Holland.
66. Nathanson, D. E. 1993. Cognitive improvement of children in water with and without dolphin *Anthrozoos* 4 (1), 17-29.
67. Nathanson, D. E., Castro, D., Friend, H. and McMahon, M. 1997. Effectiveness of short-term dolphin-assisted therapy for children with severe disabilities. *Anthrozoos* 10(2/3), 90-100.
68. Nathanson, D. E. 1998. Long-term effectiveness of dolphin-assisted therapy for children with severe disabilities. *Anthrozoos* 11(1), 22-32.
69. Norris, K. 1969. The echolocation of marine mammals. pp. 391-423.

- H.T. Anderson (ed.) The Biology of Marine Mammals. Academic Press, New York.
70. Potter, J. T., Evans, J. W. and Nolt, B. H. 1994. Therapeutic horseback riding. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 204, 1, 131-133.
 71. Reiss, D. and McCowan, B. 1993. Spontaneous vocal mimicry and production by bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): evidence for vocal learning. *J. Com. Psychol.* 107(3), 301-312.
 72. Richardson, W. J., Greene, C. R. Jr., Malme, C. I. and Thomson, D. H. 1995. Marine mammals and noise, Chap.7, Marine mammal sounds, Academic Press.
 73. Robinson, I.(編), 山崎恵子(訳) 1997. 人と動物の関係学 (The Waltham Book of Human-Animal Interactions) インターズー, 東京.
 74. Rogers, J., Hart, L. and Boltz, R. 1993. The role of pet dogs in casual conversations of elderly adults. *The Journal of Social Psychology* 133, 265- 277.
 75. Russel, I. S. 1979. Brain size and intelligence. *Brain Behavior and Evolution* 126-153.
 76. 桜井富士朗, 長田久雄 (編著) 2003. 「人と動物の関係」の学び方—ヒューマン・アニマル・ボンド研究ってなんだろう インターズー, 東京.
 77. Samueles, A. and Spradlin, T. R. 1995. Quantitative behavioral study of bottlenose dolphins in swim-with-dolphin programs in the United States. *Marine Mammal Science* 11(4), 520-544.
 78. Sayigh, L. S., Tyack, P. L., Wells, R. S. and Scott, M. D. 1990. Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins *Tursiops truncatus*: stability and mother-offspring comparisons. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 26, 247-260.

79. Serpell, J. 1986. In the Company of Animals: A Study of Human-Animal Relationships, Oxford, UK: Basil Blackwell.
80. Serpell, J.(編), 森裕司(監修), 武部正美(訳) 1999. 犬 (The Domestic Dog) チクサン出版社, 東京.
81. Shane, S. H., Well, R.S., and Wuersig, B. 1986. Ecology, behavior and social organization of bottlenose dolphins: A review. *Mar. Mamm. Sci.* 2, 34-63.
82. Siegel, J. M. 1990. Stressful life events and use of physician services among the elderly: The moderating role of pet ownership. *Journal of Personality and Social Psychology* 58, 1081-1086.
83. Sjare, B. L. and Essapian, F. S. 1986. The vocal repertoires of white whale, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunnigham Inlet, Northwest Territories. *Can. J. Zool.* 64, 407-415.
84. Slijper, E. J. 1979. Whales: second edition. Hutchinson & Co. London.
85. Smith, B. A. 1987. Dolphin Plus and autistic children. *Psychological Perspectives* 18, 2, 386-393.
86. Smith, B. A. 1988. The autistic person experiences Atlantic bottlenose dolphins as therapy. *National Aquatic Journal* 4, 1, 5-6.
87. Smith, B. A., Borguss, B., Borguss, L. and Borguss, R. 1987. Aquatic contact with Atlantic bottlenose dolphins. *Anthrozoos* 1, 2, 71-72.
88. Smolker, R. A. and Pepper, J. 1999. Whistle convergence among allied male bottlenose dolphins (*Delphinidae, Tursiops* sp.). *Ethology* 105(7), 595-617.
89. Smolker, R. A., Mann, J. and Smuts, B. B. 1993. Use of signature

whistles during separations and reunions by wild bottlenose dolphin mothers and infants. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 33, 393-402.

90. Steiner, W. W. 1981. Species-specific differences in pure tonal whistle vocalizations of five western North Atlantic dolphin species. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 9, 241-246.
91. Struckus, J. E. 1989. The use of pet-facilitated therapy in the treatment of depression: A behavioral conceptualization of treatment effect. PhD Thesis, University of Massachusetts.
92. Taruski, A. G. 1979. 'The whistle repertoire of the North Atlantic pilot whale (*Globicephala melaena*) and its relationship to behavior and environment' in H. E. Winn and B. L. Olla (eds.), *Behavior of Marine Animals – Current Perspectives in Research*. Vol. 3: Cetaceans, New York, Plenum Press, 345-368.
93. Tavorga, M. C. and Essapian, F. S. 1957. The behavior of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*): mating, pregnancy, parturition and mother-infant behavior. *Zoologica* 42, 11-31.
94. Thomas, J. A. and Kuechle, V.B. 1982. Melt pools as natural experimental arenas for acoustical studies. *Antarctic Journal* 187-188.
95. Thompson, R. K. and Herman, L. M. 1977. Memory for lists of sounds by the bottle-nosed dolphin: convergence of memory processes with humans? *Science* 4, 195(4277), 501-503.
96. Thompson, R. K. R. and Herman, L. M. 1982. Symbolic, identity, and probe delayed matching of sounds by the bottlenosed dolphin. *Animal learning and behavior* 10(1), 22-34.
97. Thomson, F., Franck, D. and Ford, J. K. B. 2002. On communicative signature of whistles in wild killer whales (*Orcinus orca*). *Naturwissenschaften* 89, 404-407.

98. Tyack, P. L. 1986. Whistle repertoires of two bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*: mimicry of signature whistles? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 18, 251-257.
99. Tyack, P. L. 2000. Dolphins whistle a signature tune. *Science* 289, 1310-1311.
100. Wang, D., Würing, B. and Evans, W. E. 1995. Whistles of bottlenose dolphins: comparisons among populations. *Aquatic Mammals* 21, 65-77.
101. Watkins, W. A. 1977. Acoustic behavior of sperm whales. *Oceanus* 20, 50-58.
102. Watkins, W. A. and Schevill, W. E. 1977. Sperm whale codas. *J. Acoust. Soc. Am.* 62, 1485-1490.
103. Wells, R. S., Scott, M. D. and Irvine, A. B. 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. *Curr. Mammal.* 1, 247-305.
104. Wursig, B. 1978. Occurrence and group organization of Atlantic bottlenose porpoise (*Tursiops truncatus*) in an Argentine Bay. *Biol. Bull.* 154(2), 358-359.
105. Wursig, B. and Wursig, M. 1979. Behavior and ecology of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the South Atlantic. *Fish Bull.* 77(2), 399-412.

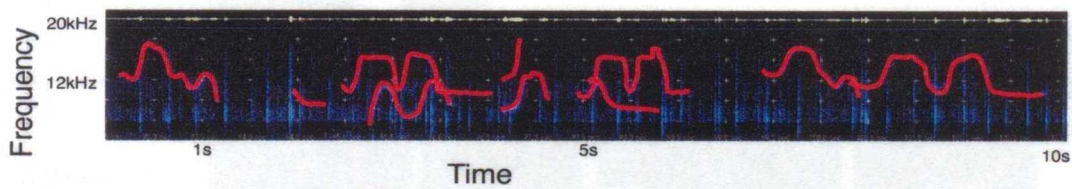
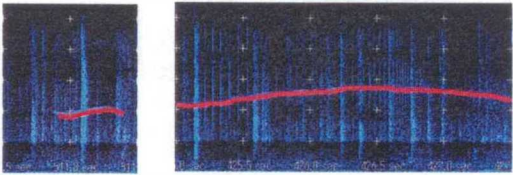
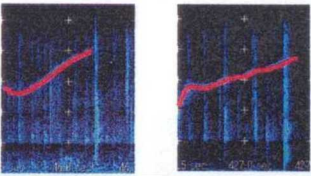
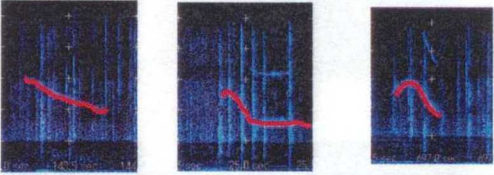
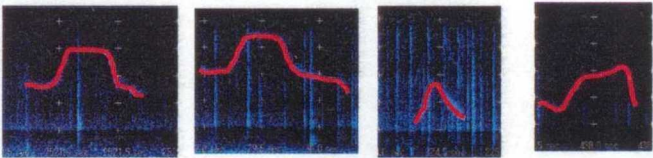
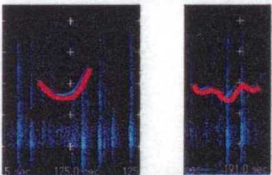
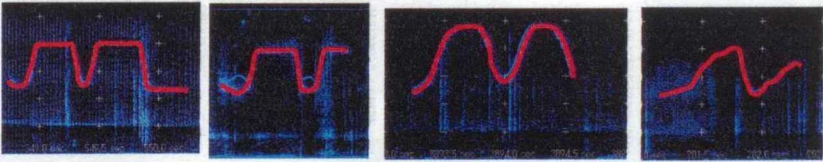
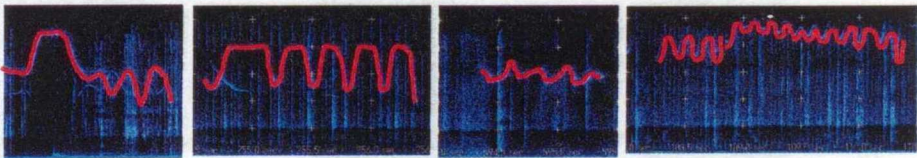


Fig.2 ソナグラム

Spectrogramによってホイッスルを図形化したオリジナルデータ。縦軸に周波数(kHz)、横軸に時間(sec)を表わした。

Table 4 7カテゴリーに分類されたホイッスルコンターの例

	Category	Whistle contour examples
I	Constant	
II	Upsweep	
III	Downsweep	
IV	Convex	
V	Concave	
VI	Wave	
VII	Trill	

ホイッスルコンターは、本調査における3頭のイルカより得た。抑揚の形によって7カテゴリーに分類され、周波数帯域、持続時間、湾曲の数によってさらに詳細な形で表わされる。凸型、波型、トリル型の種類は多い。

(付録) 3 頭のホイッスル周波数成分とコンター

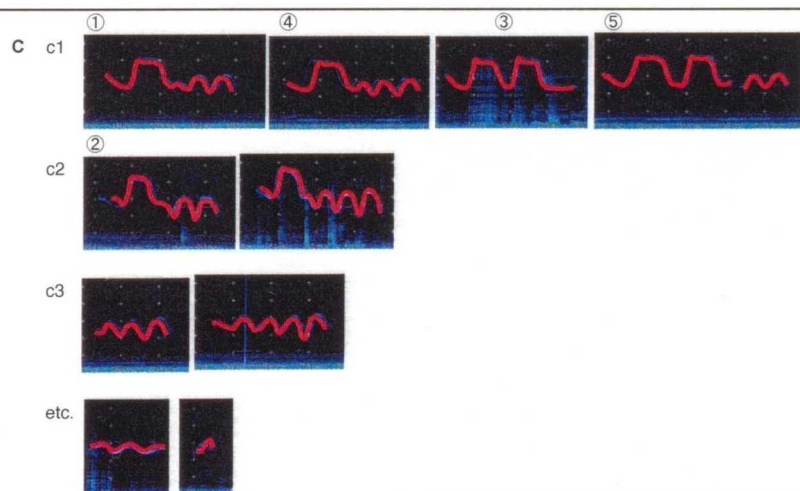
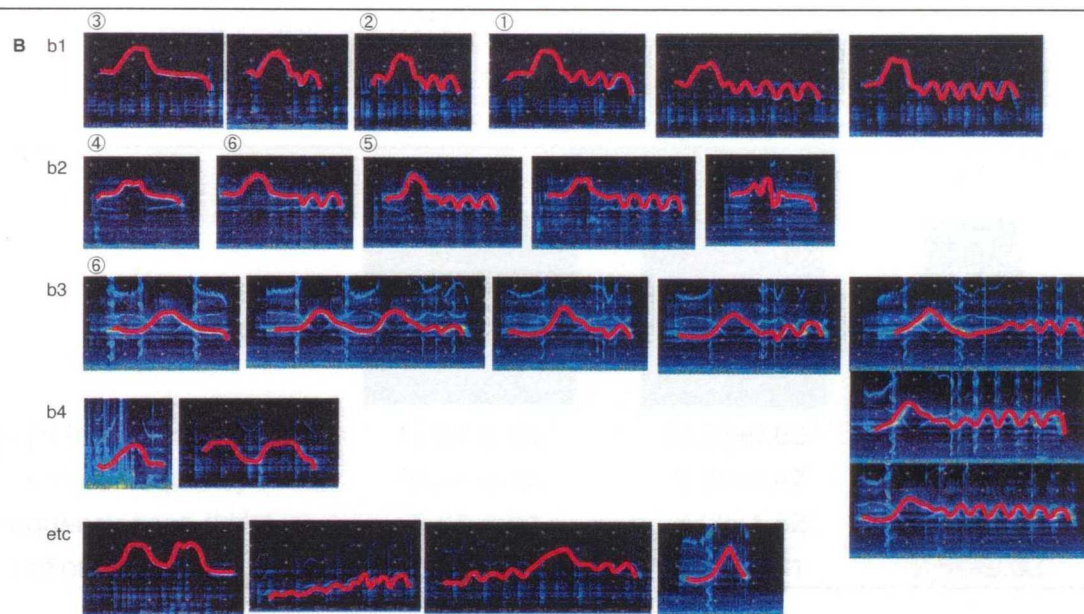
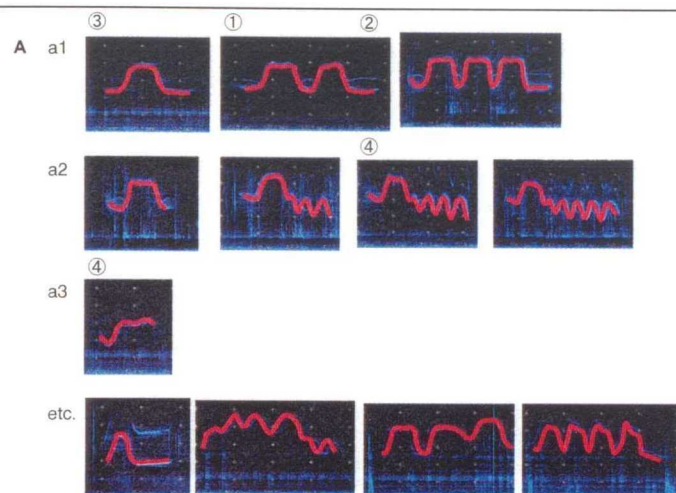


Table 9 凸型のパラメータ

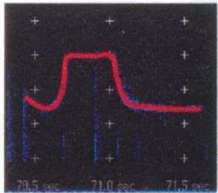
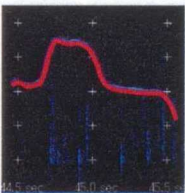

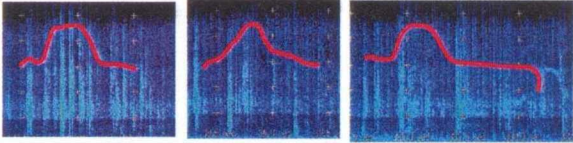
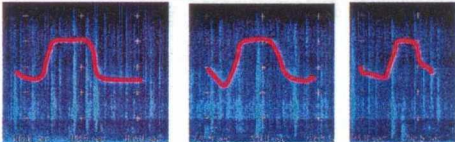
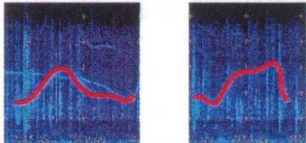
	凸Ⅰ	凸Ⅱ	凸Ⅲ
			
Begin frequency (kHz)	11.04±0.66	13.22±0.60	7.03±0.83
Maximum frequency (kHz)	16.34±0.32	18.26±0.47	12.21±0.72
Frequency span (kHz)	6.87±0.91	8.32±1.62	5.34±1.20
Duration (sec)	0.99±0.28	1.11±0.41	0.56±0.33

Table11 Session の凸型コンターと周波数パラメータ

		Begin fre.(kHz)	Max fre.(kHz)	
凸1	36.7%	13.33±0.70	18.57±0.67	
凸2	40.7%	11.12±0.95	16.65±0.80	
凸3	8.4%	7.09±0.83	11.10±0.87	

SessionIにおいて高頻度現われた凸型コンターは3つの周波数帯域で分類された。コンターは、湾曲の角度や持続時間が微妙に異なっていた。