

捕鯨船追尾下の「マッコウクジラ群」の行動

真 野 季 弘

The behavior of sperm whales in schools
observed from an operating whaler

Suehiro MANO

A series of surveys on the swimming behavior of a sperm whale, *Physeter catodon*, was undertaken on board a whaler of Ryuho Maru, 470 G/T, using an echo sounder in waters off Hachijo I. in 1979 and 1980.

A method of the survey was based on the results of preliminary survey in January of 1979 and the second survey with a sounder and a visual survey with formal method were made in December of 1980.

During the survey, a relative location of a whale was determined by polar system (The angular directions in vertical and horizontal plane, and range of the whale from the whaler) using a sounder. The geographic location was determined in referring the ship's location with Loran C per minute throughout the whale chasing duration.

From the above data on 57 whales obtained during the survey, the swimming tracks of respective whales and cruising tracks of the whaler were drawn and time/dive showing depth profile of a whale were obtained.

Based on the above resulted data and illustrations, many recent reports on the swimming behaviors were cited and several new knowlages are resulted.

Under chasing condition, the whales were dived for a maximum of about 600 m deep and their swimming speeds were ranged from 0-15 knots with an average of 6 knots. However, the high speed of 10 knots or more was not maintained for more than 2 min.

While, in the depth range of 0-600 m, there is no significant differences of the swimming speeds among various depth layers. The vertical component of the swimming speed of the whale is ranged from 0-2.5 knots with an average of 0.7 ± 0.6 knot.

Moreover, the whale quickly changes its swimming direction with the approach of the whaler. According to swimming track records, 30% of the data shows the whale swimming in a more or less straight course, while 63% of the data shows the whale ovaling turn less than 180° .

我が国の近代式捕鯨は 1899 年からノルウェイ式捕鯨の導入によって始まった。以後おもに在来の網捕り式捕鯨漁場を中心に沿岸捕鯨として発達し、1933 年以降の南氷洋母船式捕鯨へと発展した。その後、戦争による中断期を経て 1946 年から南氷洋、また、1952 年から北太平洋の母船式捕鯨が再開され、戦後における最盛期を迎えた。しかし、資源枯

渇のため、1962 年以後、捕獲割り当ては大幅に削減されるなど、捕鯨を取り巻く国際環境は年々悪化の一途を辿り、近年では、捕鯨業全面禁止のいわゆるモラトリアムを迎えようとしている。

「マッコウクジラ」*Physeter catodon*, (以下、鯨とする) の行動に関する調査は、従来から船による目視観察および標識調査が行なわれてきた。

すなわち、浮上した鯨を目視観察することによって群を構成する個体数、噴気回数、潜水持続時間、鯨の行動、鯨群の移動方向について多くの報告(1~5)がなされている。

次いで、船からの発生音の鯨に対する影響を考慮し、より自然に近い状態で観察するため航空機による観察が1954年にダーバン沖で初めて行なわれた(6)。

西脇(7)は、1958~1959年、三陸沖合における鯨群の航空写真を解析して、この種の鯨群が密集群を構成して一定の方向に移動する状況や、特殊な密集鯨群の行動について報告した。

Banister(8)は、1963~1965年、西部オーストラリア海岸沖の航空機からの調査資料により、Albany 沖の大陸棚斜面沿いの鯨の集中は、大陸棚斜面の勾配に関連し、西海岸沖の鯨の移動には季節的傾向は無い。南海岸沖の鯨の西方移動は湧昇と餌の特殊条件に関連した地域現象であろうとした。

また、Kasuya(9)は、1959~1970年における11年間の、航空機の観察日誌および空中写真をもとに、日本近海の鯨の季節移動、密度および分布の年変化を海域別に明らかにした。

以上述べた航空機による調査を含めた目視観察によるこれまでの研究は、水面上に現れた鯨群の行動および分布のみについて考察し、水面下の鯨の行動について言及していない。

そこで、この従来の方法でカバーできなかった水面下における鯨の行動を明らかにするため、超音波の反射を利用した鯨探機による鯨群の行動観察がLockyer(10)によって始められた。すなわち、体長別に深度、持続時間、降下と上昇率、噴気回数および集群生態について考察し、ほとんどの鯨の潜水周期は10分より短く、深度は400mに満たないが、大型鯨の潜水持続時間は1時間以上にもおよび深度は1,100mにも達した。平均の上昇および下降速力は、深度によってそれぞれ2.3~5.1ノット、と2.8~5.4ノットであった。噴気回数は潜水中4~7噴気/分であり、また、小型鯨は、孤立的な大型鯨よりも集群性が高いと報告した。

しかし、この研究では、正確な船位および船と鯨の相対方向について計測しなかったため、単に鯨の上下昇降速力を求めたに止まり、その水平移動速力について論及していない。

そこで、この点を更に明らかにするため1979年および1980年の2回、日東捕鯨(株)の隆邦丸(470 G/T, 2,800 ps, 最大速力17ノット)に乗船して、操業中の捕鯨船の鯨探機追尾記録をその探査諸元とともに求めると同時に、鯨探機の送受波器伏角と鯨の探知距離から、標的鯨の深度と水平距離および船と鯨の相対方位を、同じく1分毎に求めたロランCによる正確な船位と兼案して、鯨の刻々の地理的位置(経緯度および深度)を算定した。また、この鯨

Table 1. Noon position and sea condition during whaling cruise from Dec. 5-23, 1980 in waters off Hachijo I. of Japan.

Date	Location		Sea conditions						
			Wr	Wind	Air	Temperature			
day	Lat	Long		direct.	force	pressure	visibility	air	water
5	31.3°N	140.8°E	c	NW	3	1017mb	16 km	19.8°C	22.8°C
6	34.6	140.8	bc	NNE	1	1016	11	19.0	22.0
7	34.3	141.0	bc	NW	3	1015	16	17.7	25.5
9	33.6	141.3	c	NNW	5	1013	15	16.7	22.8
11	33.4	142.0	c	West	3	1020	15	21.1	22.2
18	32.0	140.6	c	WSW	3	1015	16	19.0	21.0
20	32.3	141.0	r	WNW	7	1009	11	16.2	20.8
21	34.9	140.2	bc	North	5	1018	15	11.0	20.0
23	33.4	142.8	o	SSE	2	1011	16	16.0	20.4

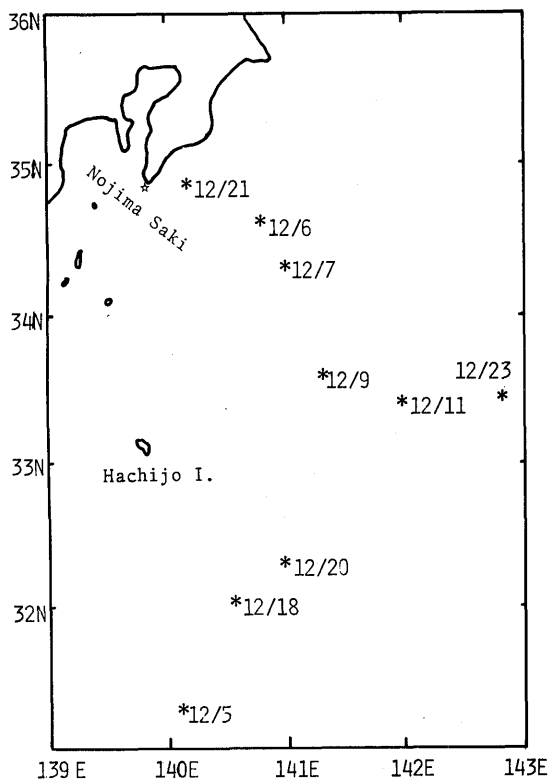


Fig. 1. Locations of sperm whale observations from Dec. 5-23, 1980
*:Whaling location.

の位置変量から鯨の水平移動速度を試算した。

1 資料採集と解析の方法

1979年1月5~11日および1980年12月5~23日の2回、捕鯨船隆邦丸に乗船し、八丈島周辺海域における操業中、連続して鯨探機による鯨の行動について観測を行い、とくに第1次調査では、資料収集方法について検討した。第2次調査では、これに基づいて本格的な鯨探機による調査を行なった。また、これと同時に、従来の方法による目視観測もあわせて実施した。ここでは第2次調査を主体に述べ、第1次調査および他の海域における若干例も付加した。

この間、捕鯨船は日帰り航海による操業を行ない9日間で75頭の追尾を行って、73頭の鯨を捕獲し、57頭分の資料を得た。なお、この間、8回のみは鯨探機による追尾を行っていない。

調査中の毎日正午の船位と海況を Table 1 に、調査海域を Fig. 1 に示す。

日東捕鯨(株)の千葉県和田浦事業所の計測結果によると、調査期間中捕獲された鯨の体長は9.1~16.0 m であった。

1.1 鯨探機情報採集の方法

航海中、鯨に遭遇して追尾が開始されると、直ちに鯨探機による鯨の捕獲が開始され、鯨が射程距離

Table 2. Principals of an echo-sounder used for the whale observations.

Item	Character
Type	NEC WF-553
Frequency	20.5 kHz
Output power	1 kW
Pulse length	5, 3, 0.8 ms alternative
Range	4 kinds alternative: far, moderate, near and deep
Beamwidths	20° horizontally: dual beam transducer 7°, 18°, 45° and 55° vertically, changed with range
Available range	2,000 m in maximum
Steps of tilts	0°, 3°, 5°, 10°, 20°, 30°, 35°

20~45m に入るまで継続される。その間、1分毎の鯨探機送受波器の伏角（鉛直方向角： ψ ）、標的鯨の相対方向角（船首方向を基準にした水平方向角： θ ）を鯨探士に依頼して、鯨の探知距離を記録する鯨探機記録紙上に記録して貰った。この間、著者は船橋にあって、1分間毎のロランC船位、船速、針路のほか、鯨探士がその都度通報する鯨の探知距離（R）とその相対方向を観測野帖に記録するとともに、従来の方から従って、鯨の目視観測を行なった。鯨探士とデータ記録者の所在が離れていたため、追尾開始ごとに時計の整合を行なって、特にデータの等時性に留意した。

使用した鯨探機の要目（11）は Table 2 の通りである。

12月7日、体長11.6m雌鯨の探知した円弧式記録による記録紙を Fig. 2 に示す。この図において、左端が距離0mを示すが、通常の魚群探知機と違

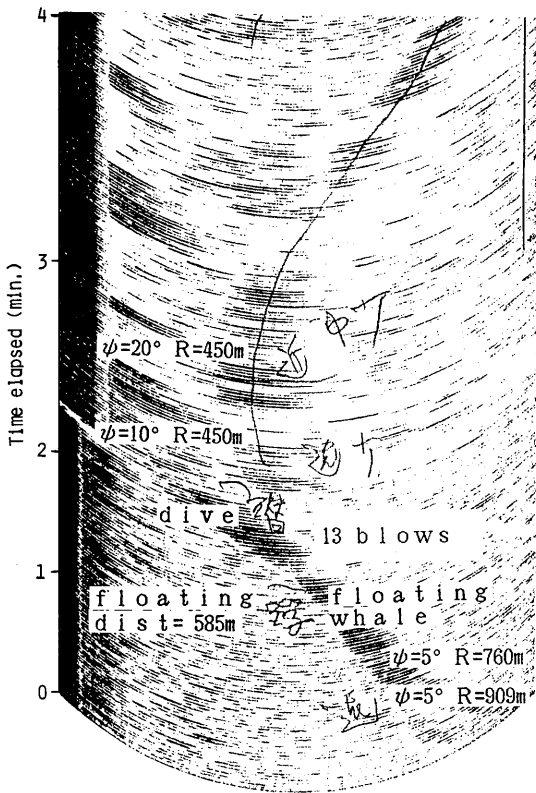


Fig. 2. An echogram from a female whale of 11.6m in body length under chasing condition (NEC WF-553, 20.5 kHz).

て、頻りに深度尺が変更される。したがって、探知距離はその都度、設定されている探知範囲（レンジ）毎に用意された深度尺で読み取られる。なお、この例では薄い鯨のエコーを加筆して補ってある。

この図では、下端の位置からこの鯨の鯨探機による追尾が開始されている。記録紙上の鯨探士の記録をその都度翻訳して、それに相当する円弧の末端に記入してある。例えば、最初の”遠”では探知距離（R）909m、送受波器の伏角（ ψ ）5度下向け、相対方向（ θ ：音声による通報）0°である。また、横方向の記入線の時、探知範囲の切り替えが行なわれている。すなわち、この鯨は追尾開始後2.4分まで浮上しており、その潜水直前までに、13回の噴気を行なっている。

なお、Watkins(12) から、ステップ式伏角切り替え装置による鯨の深度誤差の生起について助言を受けたので、伏角を変更した場合、その前後における伏角の読みをそれぞれの間値と置き換え、また鯨探士の経験的判断による補正を行なって深度誤差をできるだけ小さくなるよう努力した。その結果、遊泳深度の時間的変化は可成り平滑な曲線を示した。

1.2 資料解析の方法

1.2.1 遊泳速度の算出

以上の観測資料の内、前に記号を付した鯨の探知距離（R）、送受波器の伏角（ ψ ）および、相対方位（ θ ）から、鯨の水平距離（D）を次式から求める。

$$D = R \times \cos \psi \dots\dots\dots(1)$$

鯨の遊泳深度 d は、

$$d = R \times \sin \psi \dots\dots\dots(2)$$

鯨の絶対方向 β は、船の針路を α とすると、

$$\beta = \alpha + \theta$$

なお、1分毎の観測値において、継続する2回の深度の変化量、 $d_i - d_{i+1}$ は毎分上昇下降深度変化量であるから、その鉛直方向遊泳速力、 V_{vrt} は、

$$V_{vrt} = (d_i - d_{i+1}) \times 60/1852 \dots\dots\dots(3)$$

から、ノット単位となる。

鯨の水面上における絶対位置は、先述したロランCによる船位と、Dおよび β から、初等航海学で常用される中分緯度航法の式（13など）から計算される。すなわち、船位の緯度、経度をそれぞれ、 $1s$ 、 $1s$ とし、鯨の緯度、経度を、 $1w$ 、 $1w$ とすると、

$$dep = d \times \sin \beta$$

$$Dlat = d \times \cos \beta$$

$mlat = ls + Dlat/2$: この $Dlat$ は小さいのでこの場合、無視できる。

$$DL = dep/\cos (mlat)$$

従って、鯨の絶対位置は

$$lw = ls + Dlat$$

$$Lw = Ls + DL \dots \dots \dots (4)$$

である。

同様に、鯨の連続する二つの絶対位置間の、距離と移動方向は(4)式群を応用して計算できる。観測はすべて1分間隔で行なわれたから、鯨の水平方向移動速度はこの距離に60を乗ずると、ノット単位の速度 $Vhor$ となる。

先に、(3)式から求めた鉛直速度 $Vvrt$ とこの $Vhor$ から、鯨の合成速度 $Vcmp$ が求められる。

1.2.2 基礎統計の手段

以上の資料の解析にはマイコン (NEC 9801) を使用したが、それらの結果についての基礎的な統計考察(14)を行い、必要な統計図表を描くほか、算出された1分ごとの船位、鯨の位置から57頭についてそれぞれ、船の航跡と鯨の遊泳経路を描いて、船と鯨の相対位置関係を考慮しながら、鯨の行動について考察した。

2 結果および論議

捕鯨船から鯨の噴気を視認できる距離は他の鯨種より近距離となっており、通常3~4海里、最大6海里の調査記録(奈須)がある。また、Gambell は航空機から南アフリカ沖の「マッコウジラ」群を観察して、鯨は捕鯨船が8海里以内に接近するとこれを感知して、逃避行動を開始すると言う。

しかし、本調査で遭遇した鯨は疎らな群を形成するものを除いて、彼が言うよりも、鈍感であると思う。船が微速で鯨に接近した場合、300~400m に接近するまで、明らかな逃避行動を起こさない例が若干であるが観察された。すなわち、12月7日、深度 64~178m において1.8~2.1ノットで遊泳していた 10.9m の雌鯨は船が約 300m に接近してから、9.7ノットに増速して、さらに深層に移動しながら、船と反対の方向に遊泳した。

捕鯨船は浮上中の鯨には全速で接近するが、潜水中の鯨にはその追尾の初期には出来るだけ遠くから鯨の行動を鯨探機で監視し、鯨を無用に驚かせないよう微速または半速で接近しながら、その動静を確認した上で、本格的な追尾に移行する。

一方、本調査における 20.5 kHz 超音波鯨探機による鯨の最大探知距離は 1,363m であった。従って、ここに述べる結果は、当然、逃避行動中の鯨について観察されたものに限られる。

調査期間中、捕獲された57頭の鯨の体長頻度分布図を Fig. 3 に示す。この図は、体長 9~16m の範囲で、両端の 9~9.9m、および、16m 級を除いて、0.5m 間隔で与えられている。この図によると、9.1~13.4m の性的未成熟鯨(体長 9.1~9.4m、全体の9%)を含む中小型鯨が98% (56頭) を占め、中でも、11~11.5m 級が22% (13頭) と最も優勢であり、次いで、10~10.5m 級が18% (11頭) であった。この内、雌は65% (37頭) であった。なお、最大の 16m の雄鯨は房総半島鴨川市の南、7海里で本調査で最長の46分間の追尾の後、捕獲された。

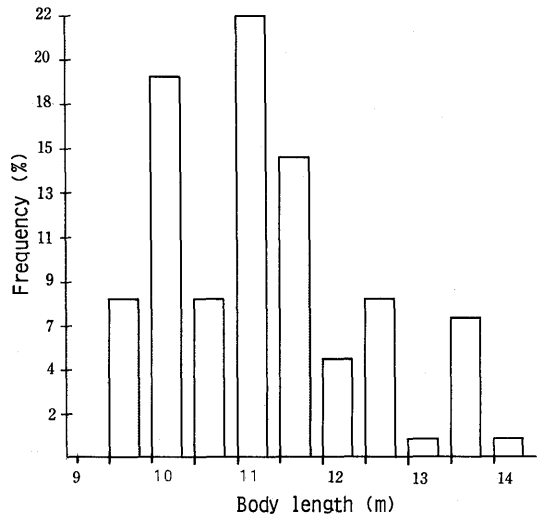


Fig. 3. Frequency distribution of body lengths of 57 whales caught in waters off Hachijo I. of Japan in winter of 1980.

この57頭の鯨について、その追尾中における毎分計測データ数種の平均値をまとめて、Appendix table I に示す。

この付表には体長、性別、潜水回数、追尾時間、探知距離とその最大値、遊泳深度とその最大値、鯨の遊泳速度の水平、鉛直分力と合成速度および、捕鯨船の速度の11項目の各平均値を、捕獲された鯨別に、さらに、それらの日別平均値を与えている。日別平均値を通覧すると、相互間に可成りのバラつきが見られる。なお、これらの資料によって、クラス

Table 3. Construction of whale schools observed from a whaler in waters off Hachijo I. of Japan in December of 1980.

Date Dec., 1980	Whales in a school	Whales caught	Mean length	Sex		School form
				Female	Male	
5	11	4	10.0m	4	0	fan shape
6	20	4	10.6	3	1	clumps
7	30	13	10.0	13	0	clumps
9	30	5	12.5	4	1	circular
11	30	6	12.1	0	5	scatter
18	10+20	8	11.0	6	2	scatter & clumps
20	30	9	9.7	5	2	clumps
21	1	1	16.0	0	1	lone bull
23	1+1+1+1+4	7	12.6	0	7	linear & clump

ターおよび判別分析を行ったが、雌雄、および調査日の間に鯨の行動に関して明らかな違いは認められなかった。

2.1 群の遊泳生態

2.1.1 群の構成

調査を行った海域において初認した鯨群の構成個体数等を Table 3 に示す。

本表によると、調査期間中、14の鯨群に遭遇したが、群を構成する個体数は1~30頭の範囲、平均13.5頭であり、この内、25頭以上の群は全体の29%、20頭の群は14%、また、4頭以下の小群は43%、平均12頭の群を構成していた。一方、Kasuya は日本沿岸の鯨群の77.5%は4頭以下の小群で占められるとしている。しかし、Kasuya の調査は1~8月に実施され、本調査の場合と季節を異にしており、彼もこの海域では11~12月に鯨の回遊が増加すると述べている。また、渡瀬 (15) によると、本調査海域に近い三陸沖の鯨群は平均6.7頭の群を形成し、単独で回遊するものが全体の12%、これを除くと、群を構成する個体数は平均7.6頭としている。従って、本調査の場合、比較的に濃密な群に遭遇したと言える。

一方、これまで観察した範囲では、疎らな群を形成しているものを除いて、通常、追尾を受ける前の鯨群は個体間隔約 10 m の密集小群が約0.5海里の範囲に散在して鯨群を構成し、捕鯨船から追尾を受

けると、あるいは、最初の1頭が捕殺されると、若干数の小群に分離分散する。しかし、その後もこの密集群を形成したまま逃避行動を行うことが多く、この傾向は小型鯨の集団において顕著に現れる。また、浮上中の鯨群では船が約 300~400 m に接近するまで、低速で移動しながら、盛んに噴気を上げて呼吸しその後潜水に移行するのが3例 (12月9日、9.3 m 雌鯨など) 観察された。

一方、Ohsumi (16) は厚岸沖で体長 8.5~11.1 m (平均 9.6 m) の26頭群から捕獲した19頭 (雌16、雄3) について調べ鯨群の主体は成熟した雌とこの鯨が保育する乳飲鯨がその主体をなす「育児群」である。その上この種の鯨はかなり長期間に亘って、未成熟個体は母親ないし、その群社会に養育されると考えられる。また乳離れた未成熟個体の一部は、「育児群」から離れて、「若年群」を形成する。性的成熟に達しても未だ生殖に参加しない雄は「独身群」を形成し、やがて、「雄の成熟群」または、いわゆる「離れマッコウ」となり、生殖季には、成熟した雄の間に闘争が行なわれ、勝利者は「育児群」を含む「ハーレム」のリーダーとなるとしている。

Tarasevich (17) は雄の鯨の集群生態について、年齢ではなく、体長の等しい雄が一つの群れを構成しているという。

一方、Gambell は航空機による平均高度 152 m からの空中観察の結果、「混合群が追尾されると、大

型の雄鯨 (13.6 m 以上) は小型鯨 (11.8 m 以下 Gambellによる) を見捨てることが多く、また中型鯨 (11.8~13.6 m) は広く分散して思い思いの方へ逃げて行く。一般的な印象として鯨は追尾されると分離分散するが、反対に小型鯨は密集する傾向がある」は体長による集群生態の相違を指摘しているが、本調査における小型鯨もこれと一致する傾向を示した。

Fig. 4 に群構成個体数の頻度分布図を示す。この図の下端の数字は0頭から20頭群までの2頭間隔の個体数階級である。なお、この群構成個体数はある群から捕獲が行われる毎に1頭づつ減算された。

この図によると、捕獲された鯨群構成個体数はほぼ、11頭を境に2分できる。すなわち、1~11頭群が全体のほぼ、70%をしめ、そのうち4~5頭群が全体の17%と最も出現率が高い。次に、体長と群構成個体数との関係を Fig. 5 に示す。

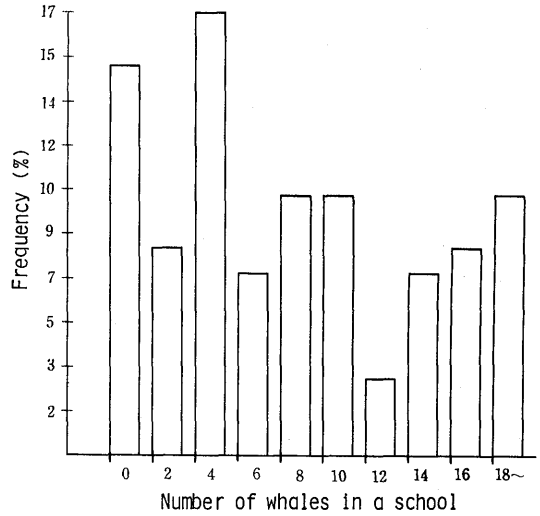


Fig. 4. Frequency distribution of number of individual whales in a school.

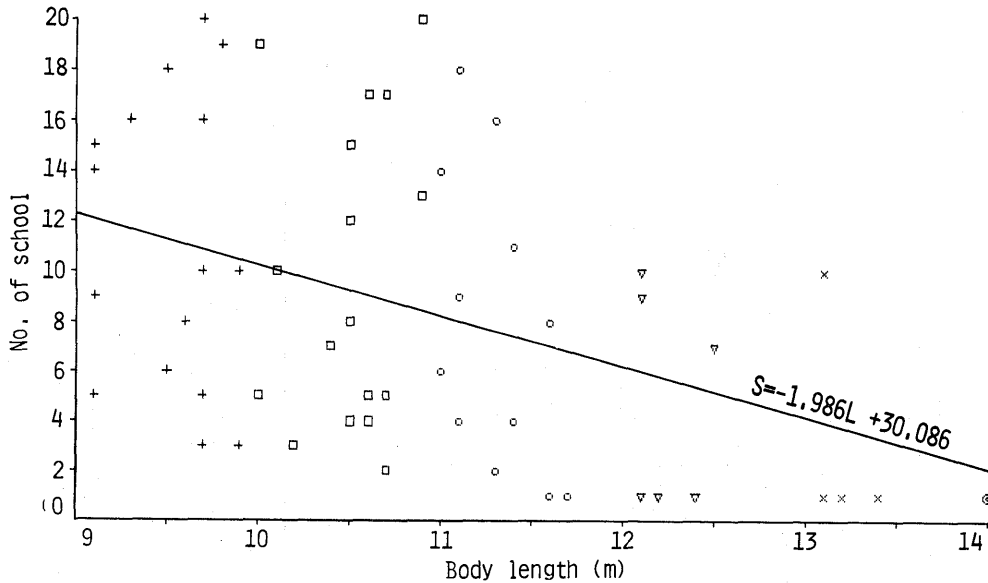


Fig. 5. Interrelation between number of individual whales in a school and body lengths of whales caught from the school. ($\gamma = -0.4324$, $\alpha < 0.1\%$)

この図は横軸を体長、縦軸を群構成個体数とし、個体別潜水回数を示す記号による散布図で、これらの諸点を通る直線は回帰直線である。即ち、+, □, ○, ▽, × および ⊙ はそれぞれ、潜水回数, 1, 2, 3, 4, 5 および 9 回を示す。この図から、ほぼ、体長 12 m

を境に、それより以下の体長の鯨は、以上の大型鯨に比較して、集群傾向が高いと判断される。さらに、この図の鯨の内、群れを形成しないで単独で行動して捕獲された9頭について、細かく検討すると、この9頭はすべて、11.5 m 級以上に限られている。

一方、体長と群構成個体数の間には、 $r = -0.4324$ と99%の有意水準を越える高い負の相関があって、体長が大きくなると集群傾向が低下する傾向を示している。

2.1.2 群構成の消長

本調査において遭遇した鯨群の消長を、毎日の追尾開始から終了までについて、模式的に Fig. 6 に示す。ただし、円で囲った群の位置関係は地理的に出来るだけ正確に表現した積もりである。

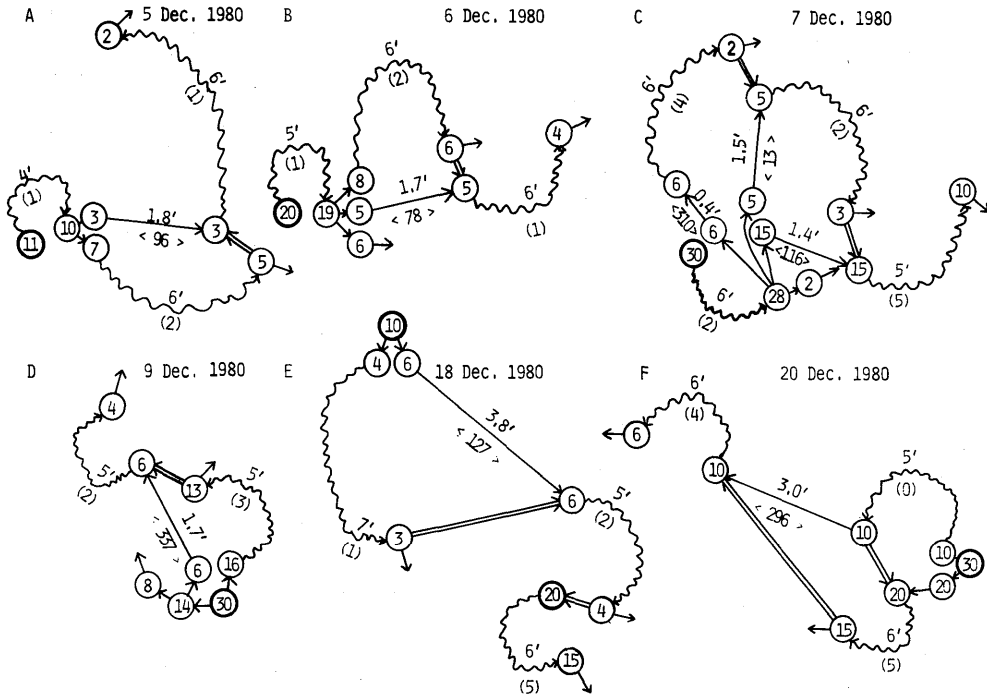


Fig. 6. Schematic diagram for scattering and regathering of whale schools under chasing condition.

この図において、発見当初の群は太線の円で、それから分離分散した群は細線の円で与え、円の中に群構成個体数を記入した。これらの円を結ぶ直線は追尾されていない群の水平移動ベクトルを示し、その線の中央の数字はその間の平均遊泳速度として、 $< >$ 印で群の移動方向を360°単位で記入した。

一方、追尾捕獲を加えられた群はその開始、中断位置の間を波型の円弧で与え、その中央付近にその間の捕獲頭数および平均遊泳速度を記した。何故ならば、鯨群は追尾されると、急潜水する上、しばしば地理的にも極めて複雑な経路、特に著しい急旋回を行なうからである。

例えば、この図の左上端の A 図、12月5日において、左中央の発見当初の11頭群を追尾し1頭捕獲

後、7頭群と3頭群とに分離した。船はこのうち7頭群を追尾し2頭を捕獲した。次いで、その近くに回遊して来た先の3頭群を追尾し、その内の1頭を捕獲した。

この例のように、追尾開始後、分離した群が暫く後、再び旧群に近づく行動は、この A 図の他にも、B, C, D および、F 図においても見られる。この特殊の行動はこの時の鯨の強い集群性を示すものである。

一方、この図で見るように、捕鯨船がある捕獲標的群を途中で他の群に変更する事があるが、これは砲手によると、長時間に亘る追尾による刺激で、鯨群の行動が過敏になり、捕獲が困難と判断した為である。

2.1.3 群による集群傾向の相違

観察した鯨の追尾開始と終了時の位置を日別に、Fig. 7 A~H に示す。この図で追尾開始位置（白丸）と終了位置（黒丸）の間を鯨の遊泳経路に近似した線で結び、その傍らに体長を m 単位で記入してある。なお、太字で与えた体長は雄鯨である。

またこの図は、集群傾向が特に強かった、12月 5、6、9 および20日、それが特に稀薄な18日前半の10頭群、単独で、あるいは疎らな群を形成していた23日の鯨群、および以上のいずれも区分されない7、11日および前に述べた18日後半の20頭群の、3つに分けて描いてある。これらの鯨群の区分をそれぞれ、高集群性群、低集群性群および、中間群と仮称することにする。

図に示すように、高集群性群は元来極めて密な群を構成しているが、追尾が開始されると数個の小群に分離することもあるが、その後にはこの群から捕殺が行われても、その群を構成したまま行動しその上、群中各鯨の遊泳位置は一定の範囲に止まって分散しない。これに反し、次の低集群性群では、追尾を開始するまですでに、時として個体間隔1-3海里以上の極めて疎らな群を構成しており、追尾されると各自、思い思いに個体として分散して行動する。

以上3種の鯨群間の遊泳性能を比較するため日別に（18日は北、南の2群）体長、追尾時間、遊泳速度および、遊泳深度の平均を求め、Table 4 に示す。なお、この表の右半部にはそれぞれの鯨群が追尾を受けた後、分離した小群についての同様な平均

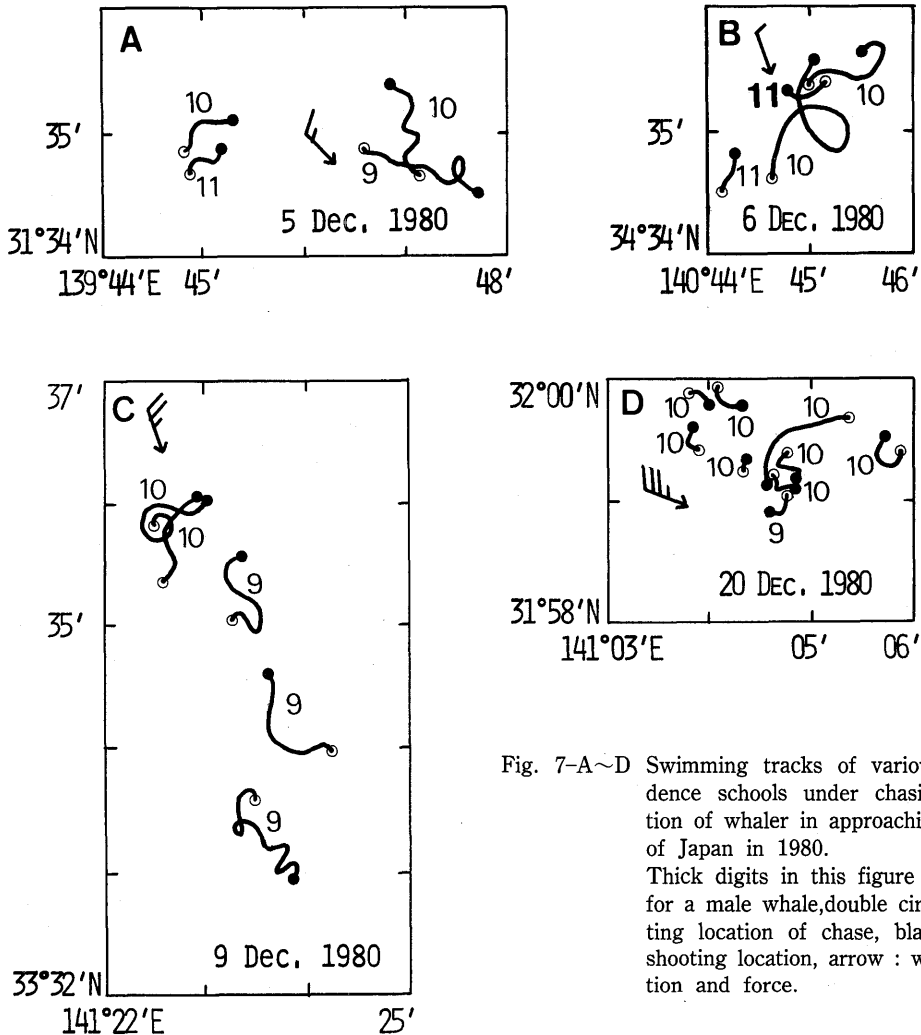


Fig. 7-A~D Swimming tracks of various whales under chasing condition of whaler in approaching waters of Japan in 1980.

Thick digits in this figure are given for a male whale, double circle : starting location of chase, black spot : shooting location, arrow : wind direction and force.

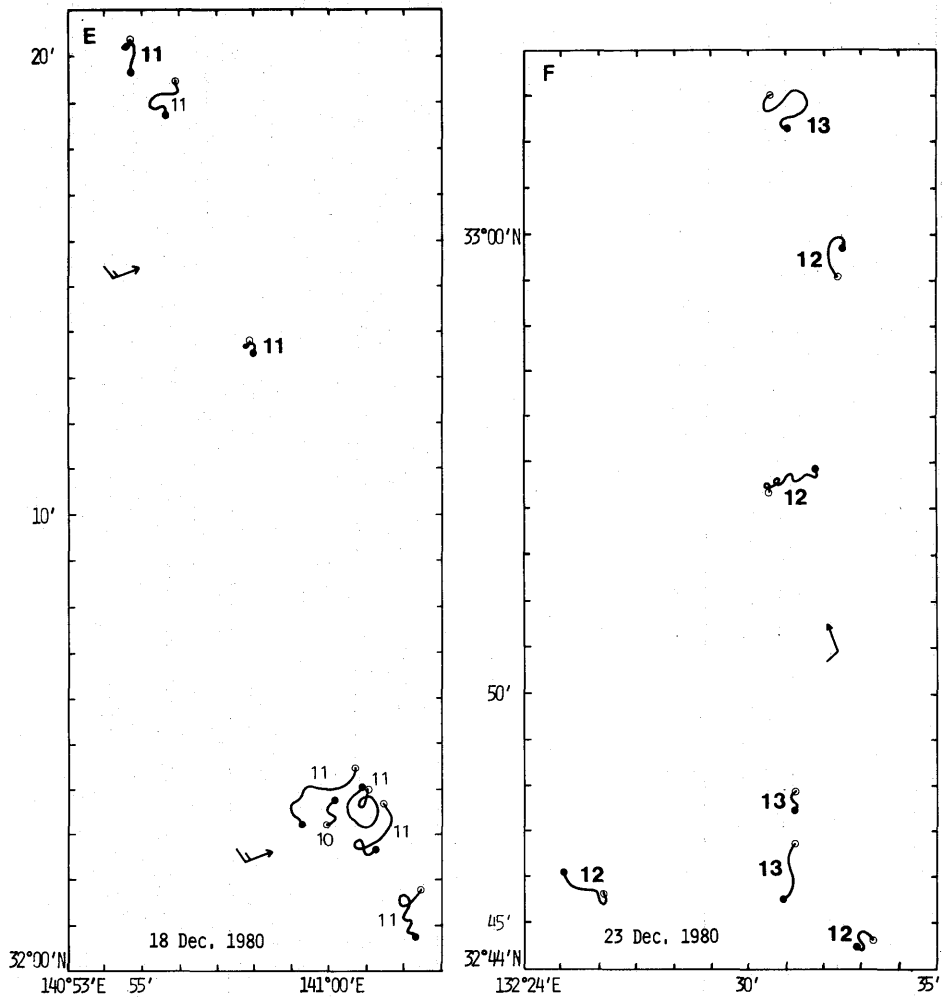


Fig. 7-E~F. Swimming tracks of various whales rough schools under chasing condition of whaler in approaching waters in Japan in 1980.

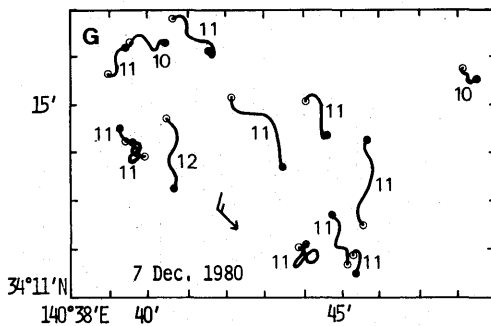
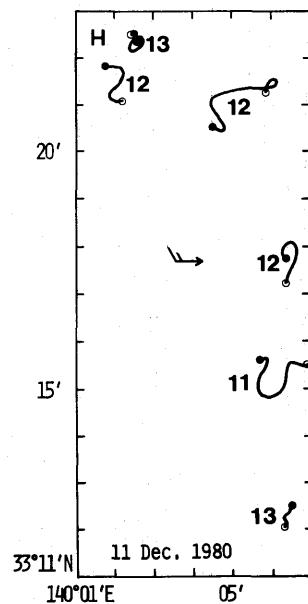


Fig. 7 G~H. Swimming tracks of various whales intermediate schools under chasing condition of whaler in approaching waters of Japan in 1980. Intermediate school of individual whales in 18 Dec. 1980 are shown in the lower half of Fig. 7-E.



値を与えている。

一方, Cadwell 等 (18) は次の四つの逃走反応

を引用している。すなわち, 1) 危険な場所から速やかに泳ぎ去る。2) 尾鰭を空中に上げて垂直に潜

Table 4. Various swimming performances in school—means sperm whales by three categories on schooling characters observed in 5–23 Dec., in waters off Hachijo I. of Japan

Pooled data							Secondary groups scattered					
Day	Whales school	Whales caught	Length m	Chase time min	Swimming sp'd knot	depth m	Whales school	Whales caught	Length m	Chase time min	Swimming sp'd knot	depth m
Dense school												
5	11	4	10.0	12	6.0	40	7	3	10.0	11	6.3	282
							3	1	9.7	14	5.3	16
6	20	4	10.6	0	7.5	106	8	3	10.7	7	6.8	12
							5	1	10.0	18	8.2	210
9	30	5	9.4	22	4.9	80	16	3	9.2	24	4.1	184
							14	2	9.6	19	5.7	129
20	30	9	9.7	6	6.0	33						
mean	23		9.9	12	5.8	58						
Rough school												
18N	10	3	11.0	14	5.7	146	4	1	11.1	18	7.3	142
							6	2	10.8	16	5.0	146
21	individual	1	16.0	46	7.5	339						
23	--do--	7	12.6	17	5.7	42						
mean		3	13.5	24	6.1	212						
Intermediate school												
7	30	13	10.7	16	6.6	93	2	2	11.2	17	7.1	123
							6	4	10.4	13	6.5	58
							5	2	10.5	21	6.9	90
							15	5	10.8	16	6.2	121
11	25	6	12.1	16	6.1	111	10	3	12.1	15	6.8	120
							3	2	12.1	19	4.9	95
18s	20	5	10.8	29	5.8	173						
mean	25		11.2	19	6.1	114						

Remarks: Subscripts of N and S in 18th are restectively northern and southern shoals.

る。3) 直ちに、水面にじっとして動かなくなる。逃げるときは速く泳ぎ、頻繁に呼吸して深く潜らない。4) 奇妙な行動として、風の方向に逃げる。

本調査の結果からみると、1) と 2) はしばしば観察され、3) も稀にはあるが、3頭について観察された。しかし、4) の傾向はほとんど認められなかった。Fig. 7の遊泳経路に記載した例について、図示の風向と風力を参照しながら、風に対する鯨の相対移動方向を見ると、4) の現象より、風下に移動する傾向が強いと思われる。この点さらに検討する必要がある。

この表における3種の集群傾向群の一次群別の平均では遊泳速度に限って有意な差は認められないが、その他の項目すなわち、群構成個体数、平均体長、追尾時間(逃避能力を示す指数?)、遊泳深度において若干の相違が認められる。一方、これから分離した二次小群の間には総ての項目それぞれにおいて、明らかな相違が認められる。この結果は、「鯨群は遊泳能力を同じくする個体によって構成される」と考えられ、所属する群を決定する要素として、遊泳能力の中でも、特に潜水性能が最も強いと結論したい。

ここで、この表と、前出の Fig. 6 および Fig. 7の追尾位置図を総合して、この3種の集群傾向群を個別に考えると、

a) 高集群性群

この種の群は、Fig. 6 および Fig. 7の A~Dに示すように、発見当初には11~30頭の比較的に多数の個体で密集群を形成していたが、船が接近すると、数個の二次小群に分裂した。しかし、これらの小群も Fig. 7に示すように、追尾されていない小群も含めて、極めて限られた狭い範囲の中で行動する。このことから、これらの群を高集群性群と判定した。この種の群では日別平均体長は 9.4~10.6m と比較的小型で、その総平均潜水深度も 70m と最も浅く、追尾時間も12分と最も短い。

この高集群性群は Gambell が観察した「船が接近すると互いに密集する小型鯨の群」に、そして Ohsumi の「育児群」(6日、仔鯨を1頭観察した)あるいは、「若年群」に相当するだろう。

なお、12月6日の1頭目の鯨は最初の「もり」が命中しても即死しなかったが、これを援けるかのように、同じ群の他の5~6頭の鯨が浮上して伴泳した。このような鯨を捕鯨業者は「勢子」と呼び、時としてこの日のように、第二「もり」を投じて、次の鯨

を続けて捕殺することがある。親子連れでない鯨のこの「勢子」現象は、著者の20年間の捕鯨経験では、「マッコウクジラ」に限るもので、北太平洋および日本近海でよく見られる現象である。

b) 低集群性群

この種の鯨群は平均体長 12.5m とほぼ中型の雄鯨(18日の10頭群には雌鯨が1頭混入していた)で、Fig. 7-Fに示すように、単独で回遊するか、1~3海里の個体間隔の疎らな群を形成しており、船が接近すると群を解散して、四散する。

この種の群は「独身群」と思われ、船の接近に極めて敏感に反応する点は Gambell の観察結果とよく一致する。

Fig. 7-Eは18日の同じ日に2つの鯨群に遭遇した例である。この図の上半部北方の10頭の「独身群」の南方に離れて別の20頭の密集群があって、船の接近に対し、両群はそれぞれ異った反応を示した。

北方の鯨群(捕獲鯨の平均体長 11.0m)は船が接近すると、可成り遠い距離で、6頭と、4頭の疎らな2小群に分裂した。この両小群の移動速度は南方群に比較して可成り速く、図に見るように南方群(捕獲平均体長 10.8m)がほぼ密集隊形をそのまま保持するのに反して、北方群の追尾位置は互いに大きく離れている。

この集群性の相違から両者を、その近似した平均体長に関わらず、北方群を、低集群性群に、南方群を中間性群に区分した。

c) 中間性群

Fig. 7-G~Hに示すように、各追尾位置の相互関係から見て、以上の両極端群に区分し得ないと考えられる集群傾向を示す群である。しかし、分裂後の二次小群間では互いに異なった遊泳性能を持つものようである。

一方、接近する船に対して、潜水を開始し、あるいは増速するなど、明らかに異常な行動を開始したと判断された14頭の鯨について、上述の a)~c)の3群を通して異常行動を開始した時点における平均船鯨間距離を求めると、それぞれ、a) 446m, b) 628m, c) 580m となり、この3つの集群性群間に明らかな相違が認められた。

2.2 個体の行動

これまで、群の遊泳生態について考えてきたが、次に、個々の鯨の行動について考察する。Fig. 7に見るように、鯨の遊泳経路(航跡)のみにおいて

も個体によって大きな違いが観察された。

2.2.1 遊泳方向の変動

前に述べたように、一般に鯨は追尾を受けると、直ちに急潜水することは勿論、同時に複雑な経路で逃避行動を開始する。捕鯨船では一般に、この潜水直前の尾ビレの姿勢から、潜水深度あるいは遊泳方向を予測している。

本調査における57頭、延べ907分の観測資料から見ると、鯨は1分間に最大約180°の急旋回を行なうこともあるが、一般に、直進または僅かに遊泳方向を変える場合が多い。Berzin (19) は Tomilin (1957) を引用して、鯨は一般に低速で遊泳すると言う。しかし、これは、本調査の結果からみて、自然状態の鯨について観察したと思う。

Fig. 8 に 前 の 図 に 示 し た 個 々 の 鯨 の 追 尾 中 に お ける 逃 避 航 跡 の 一 部 を 示 す 。 な お こ の 図 で は 船 の 航 跡 も 併 記 し 、 鯨 の 毎 分 位 置 に 与 え た 各 種 の 記 号 は そ の 瞬 間 の 遊 泳 層 に 従 っ て 与 え て 有 る 。

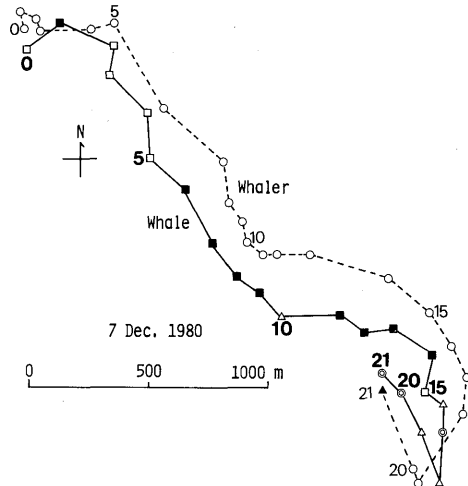


Fig. 8-b. A typical track with an oval turn of sperm whale, female, of body length of 10.7 m in waters off Hachijo I. in Dec. 1980. Swimming depth 130 m and speed 5 knots in means.

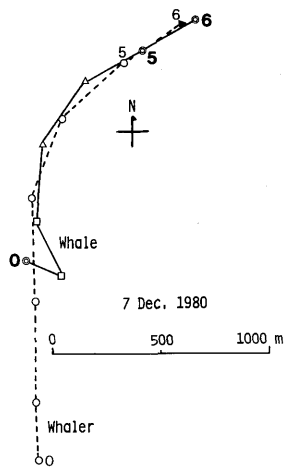


Fig. 8-a. A typical straight track of a sperm whale, female, of body length of 10.6 m in waters off Hachijo I. in Dec. 1980. Swimming depth 14 m and speed 8 knots in means. Symbols are given for respective locations per min of the whale and whaler, i.e., ⊙: floating whale, △: 1-30 m in depth, □: 30-100 m, ■: 100-300 m, ●: 300 m or more, ○: whaler and ▲: shooting.

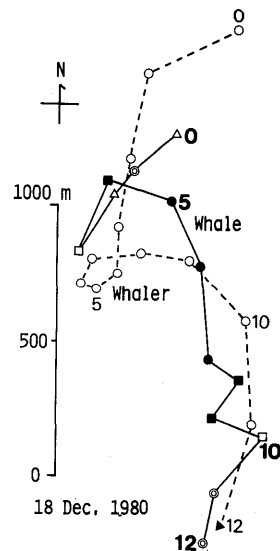


Fig. 8-c. A typical complicated track with a quick turn of sperm whale, male, of body length of 11.4 m in waters off Hachijo I. in Dec. 1980. Swimming depth 155 m and speed 7 knots in means.

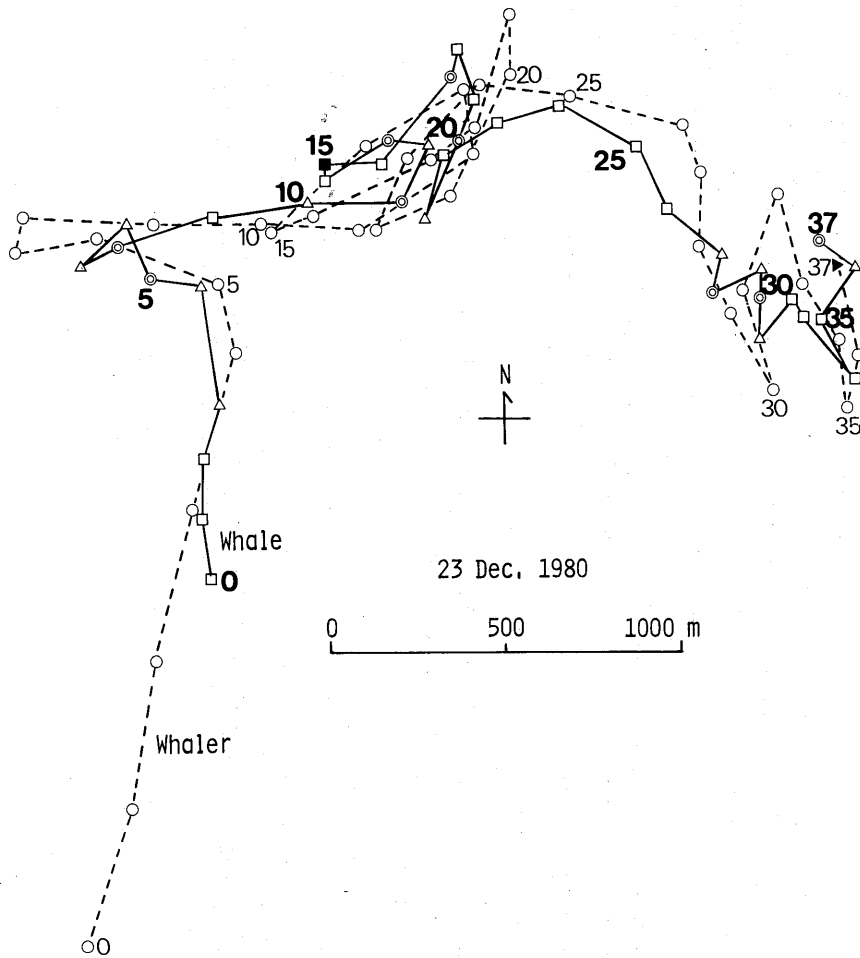
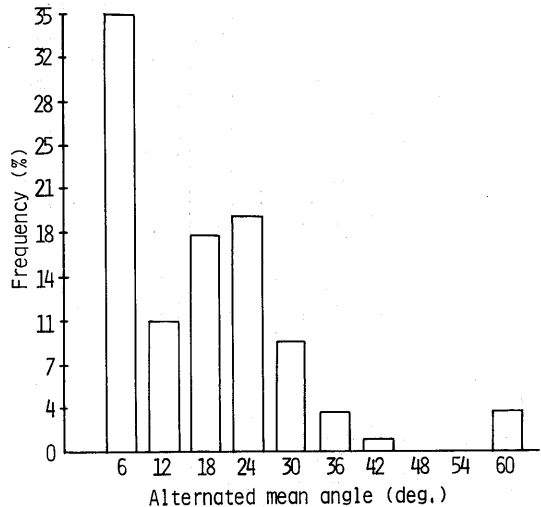


Fig. 8-d. A typical complicated track with several quick turns of a sperm whale, male, of body length of 11.7 m in waters off Hachijo I. in Dec. 1980. Swimming depth 28 m and speed 6 knots in means.

この図から明らかなように、鯨は捕鯨船を避けて深層まで潜水する一方、さまざまな経路を辿って逃避遊泳するが、10ノット以上の高速遊泳は2分間以上にわたって持続することはなかった。逃避行動中における遊泳方向の変動を57頭の各鯨について集計し、各追尾時間で除した進行方向の平均変動角を求め、その頻度分布を Fig. 9 に示す。

Fig. 9 Frequency distribution for 57 whales on alternated mean angle of swimming direction during chasing a whale in waters off Hachijo I. in 1980.



この図によると、平均 $6^\circ/\text{min}$ 以下ではほぼ直進した鯨が35%と最も多く、これに 18° まで、すなわち、10分間で 180° 未満 (Uターンに達しない) の鯨を加えると全体の約64%を占める。また、毎分 $18\sim 36^\circ$ の10分で 180° から 360° の完全な円旋回を行った鯨が約21%、そして、1~2回の円旋回を行った鯨が4%である。従って、鯨は一般に複雑な経路を辿って逃避行動を行うが、巨視的に見ると、過半の鯨はほぼ直進すると判断される。なお、大隅 (20) は4種の典型的な鯨の遊泳進路を模式的に図示しているが、 180° を超える進路変更については触れていない。

一方、Fig. 9 から、典型的な旋回運動を行った

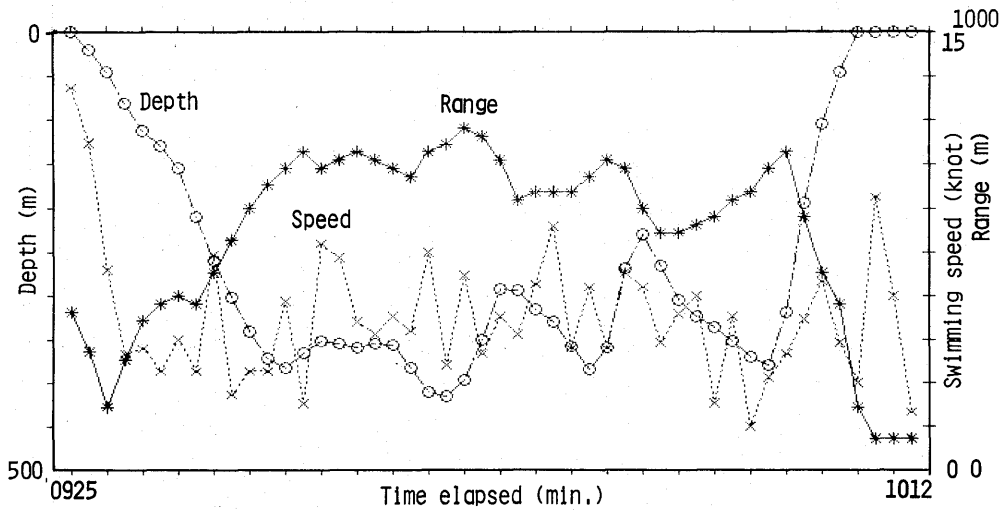
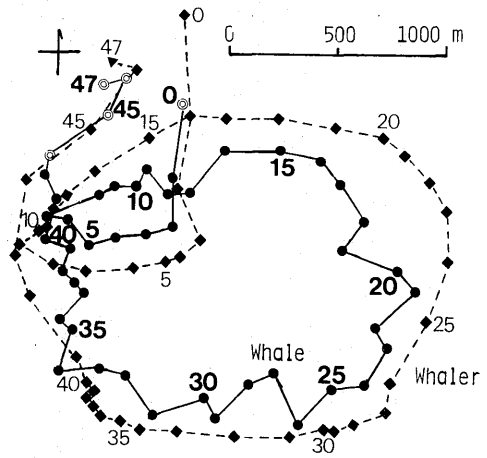


Fig. 10-a. A relative tracks of a female whale of 10.9 m long and a whaler (upper) and timely changes of swimming depth of whale and speed of whale and its range from the whaler (bellow) in Dec. 7, 1980. Symbols are given for respective locations per min of the whale and whaler, i.e., \odot : floating whale, \bullet : whale, \blacklozenge : whaler and \blacktriangle : shooting.

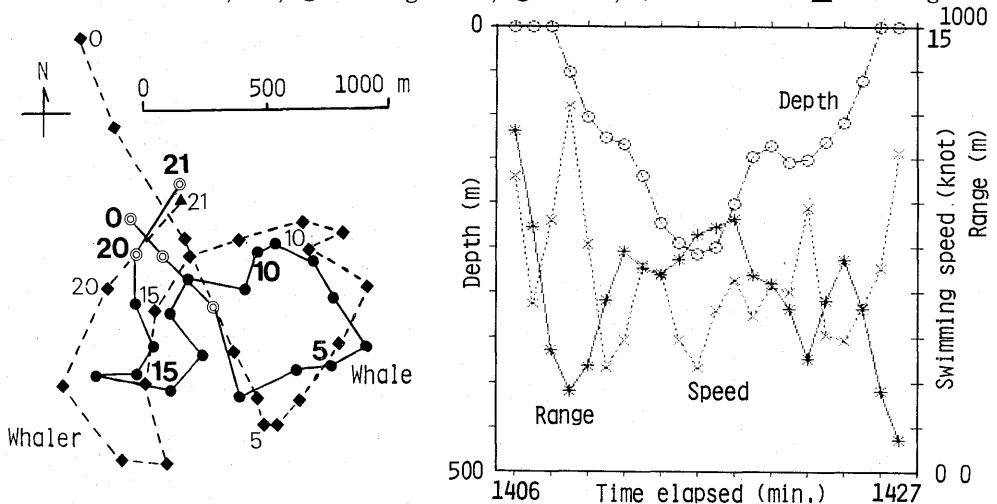


Fig. 10-b. A relative tracks of a female whale of 10.5 m long and a whaler (left) and timely changes of swimming depth of whale and speed of whale and its range from the whaler (right) in Dec. 7, 1980.

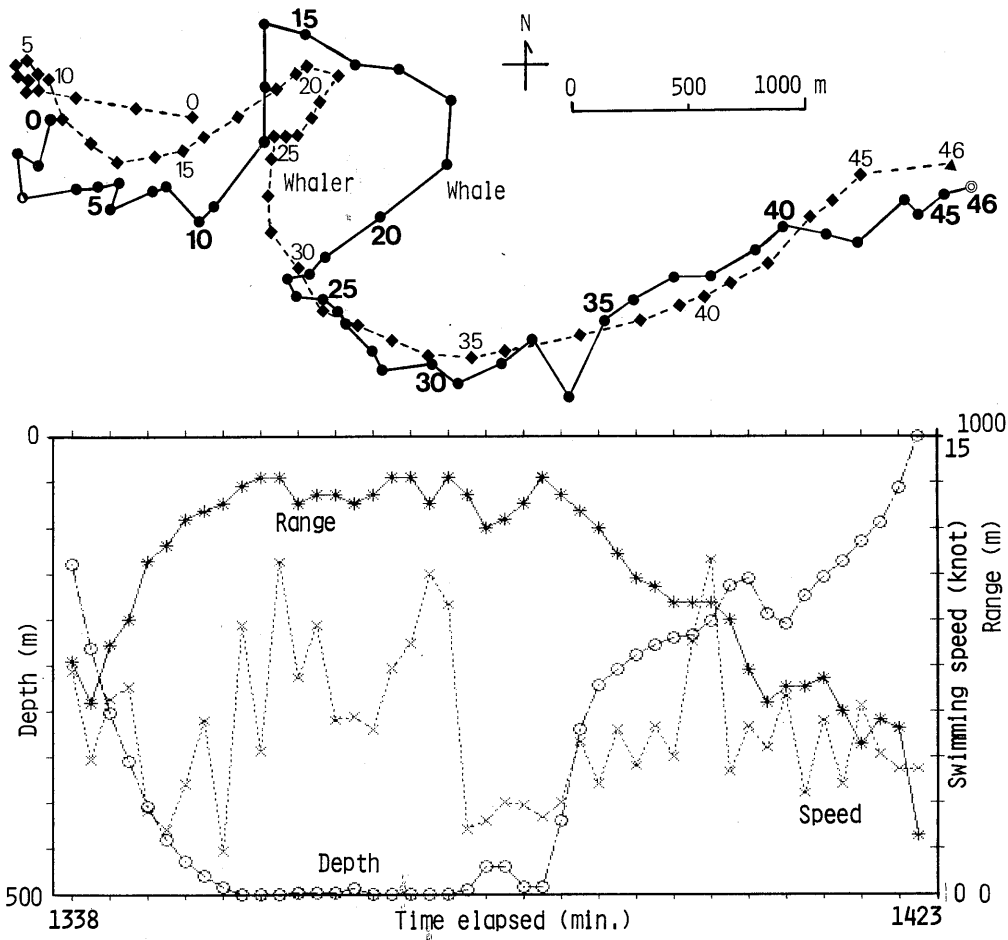


Fig. 10-c. A relative tracks of a male whale of 16.0 m long and a whaler (upper) and timely changes of swimming depth of whale and speed of whale and its range from the whaler (bellow) in Dec. 21, 1980.

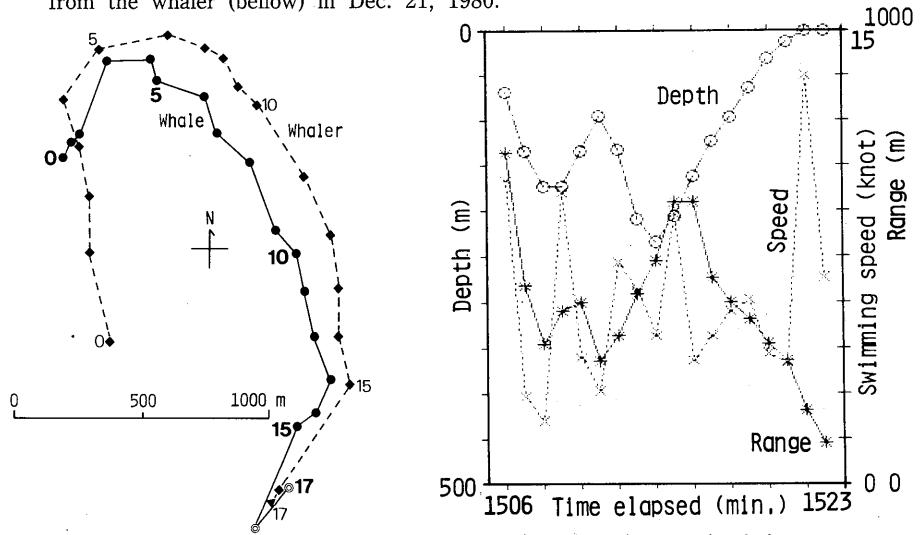


Fig. 10-d. A relative tracks of a female whale of 11.4 m long and whaler (left) and timely changes of swimming depth of whale and speed of whale and its range from the whaler (right) in Dec. 7, 1980.

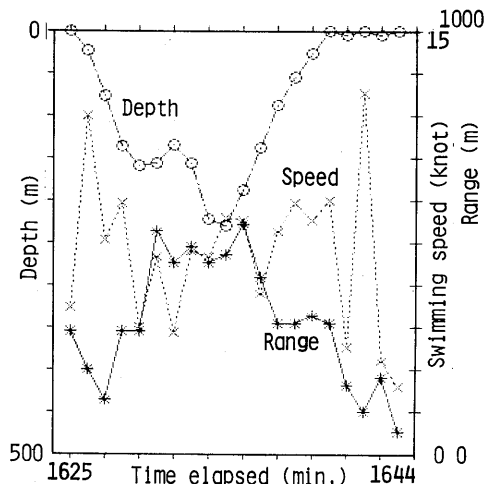
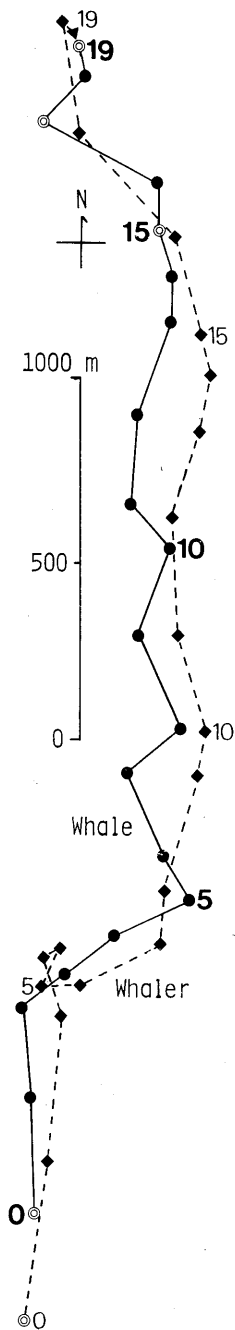


Fig. 10-e. A relative tracks of a female whale of 10.9 m long and whaler (left) and time-ly changes of swimming depth of whale and speed of whale and its range from the whaler (right) in Dec. 7, 1980.

数例の鯨を選んで、その水平方向の移動と遊泳深度の変動を重ねて考えるため、Fig. 10 に船と鯨の航跡図とその鯨の遊泳深度のプロフィールを示す。

これらの図の航跡図において、実線は鯨の、点線は船の航跡で、線上の●と◆はそれぞれ1分毎の位置で、その近くに追尾開始から5分毎に経過時間が記入されている。

また、これらの前図に対応する鯨の深度、探知距離、遊泳速度の時系列変動図（以下深度図と略記する）を加えてある。この深度図において、深度は○と鎖線、探知距離は×と実線、そして、遊泳速力を×と点線で示し、下縁に追尾開始から経過時間を与えている。

図 a は Fig. 7-F の一部で、12月18日の20頭群の最初の1頭、体長 10.9 m の雌鯨を47分間追尾した後、その第一回の浮上時に捕獲した際の鯨の遊泳軌跡と船の航跡で、その下に、この期間におけるこの鯨の深度の時間的変化を示している。

なお、この鯨はその潜水の直前と、浮上直後に、それぞれ5回/分と12回/分の噴気が観察された。

追尾は上図の上端中央の◎から開始されたが、深度変動図も併せて見ると、鯨は潜水直後12分（両図の0~12）で深度 383 m まで、一気に下降しながら、右へ360°の急旋回（平均33°/分）した後の約27分の間（図の12~39）、深度で 32~151 m の上昇下降を繰り返しながら右にゆっくりと大きな円を描いて旋回し、再び追尾開始の水面まで深度 380 m から、急上昇（上昇速度2.5ノット）した。なお、この潜水中の遊泳速力は1~13ノット（平均5ノット）であった。

2.2.2 遊泳深度

2.2.2.1 遊泳深度の変動と船鯨間距離

延べ907分間の全観測資料における鯨の遊泳深度と船鯨間距離（探知距離）の間には有意な負の相関関係がみとめられるが、前の Fig. 10 の遊泳深度プロフィールではそれほど顕著ではない。この図から、遊泳深度と船鯨間水平距離（以下、単に距離とする）を考えながら、この雌鯨（体長 10.9 m）の潜水遊泳行動を再現すると、

1) 潜水下降過程

この浮上中の鯨は船が 364 m に接近すると潜水を開始したが、追尾開始からの経過時間2～13分の間では、船鯨間距離は増加傾向にあるが（船鯨間の水平距離が一定でも遊泳深度が深くなると、この船鯨間距離は大きくなる）、鯨は一気に下降しつつ、右360°の旋回を行って、12分後に深度 383 m で下降を一旦中止した。この間の平均下降速力、32 m/min すなわち1.2 ノット、平均水平速力4.5ノットである。

2) 深層における動勢

その後はゆっくりと右旋回を浮上直前まで続行した。

12～18分では一定の深度を保った。

16～19分では船鯨間距離は連続して近くなり、鯨は18～21分までさらに 353～415 m まで下降した。

19～22分で船鯨間距離は 672～781 m と 109 m だけ遠くなり、鯨は21～24分に 415～292 m の

間で 123 m だけ上昇した。

22～25分で船鯨間距離は 781～681 m と 163 m だけ近くなり、鯨は24～29分に 292～385 m の間で 93 m だけ下降した。

28～30分で船鯨間距離は 636～709 m と 73 m だけ遠くなり、鯨は29～32分に 385～229 m の間で 156 m だけ上昇した。

30～33分で船鯨間距離は 709～545 m と 164 m だけ近くなり、鯨は32～39分に 229～380 m の間で 151 m だけ下降した。

3) 浮上行動

33～40分で船鯨間距離は 545～727 m と 182 m だけ遠くなり、鯨は39～44分に 380 m から海面まで上昇し（上昇速力：76 m/min）再びほぼ潜水開始位置の近くに浮上、平均約6ノットの速力で移動し、3分後に捕獲された。

以上述べたように、鯨は船との距離にほぼ対応して、進行方向、遊泳深度および速力を適宜変ながら、逃避遊泳行動を行なっている。

2.2.2.2 潜水中の上昇下降運動

上述のように、鯨は捕鯨船の動静を感知しながら潜水遊泳を行ない、その間水面下で遊泳方向を色々に変えながら、最大 150 m 程度の上昇下降を繰り返すものようである。

Table 5 に深度別の上昇下降速力をまとめて示す。

Table 5. Ascent or descent rate (m/min) of a sperm whale, 10.7 m in length, caught in Dec. 18, in various depth layers.

Swimming depth ¹ m	Range ² m	Change		Duration min	Rate(m/min)		Approach rate ⁵ m/min
		depth ³	range ⁴		ascent	descent	
0-383	145-727	383	582	12		31.9	48.5
383-357	727-690	-26	-37	6	-4.3		-6.2
357-415	690-745	58	55	3		19.3	18.3
415-292	745-709	-123	-36	3	-41.5		-12.0
292-385	709-672	93	-37	5		18.6	-7.4
395-229	672-599	-166	-73	3	-55.3		-24.3
229-380	599-690	151	91	7		21.6	13.0
380-0	690-145	-380	-545	5	-76.0		-109.0

この表によると、全過程における鯨の最大速度は潜水開始時および浮上直後に見られ、それぞれ13.1, 9.4ノットと、潜水中の3.2~8.4ノットと比較して明らかに高速であり、深層遊泳中の上昇下降運動は船鯨間距離と関係するらしい。ちなみに、上昇下降速度 (m/min) は 1) 鯨の深度, 2) 船鯨間距離ならびに, 3, 4) それらの変化量, および, 5) 距離の変化率 (m/min) と次に示すように、有意的な (危険率0.1%以下) 高い相関を示している。(相関係数: $Rr_1=0.89584$, $Rr_2=0.7331$, $Rr_3=0.9293$, $Rr_4=0.7709$, $Rr_5=0.8571$, R は相関係数, 添字の r は上昇下降速度, 1, 2, 3, 4, 5 はそれぞれ上の各項目である)

一方, Lockyer は鯨の上昇下降速度 (m/min) は層別平均で, 89~142 m/min (2.9~4.6 kt) とし, 深度が大きいほど, 潜水時間は短いほど早いとしている。

しかし, 本調査における1分毎の全観測例から, 深度 10 m 以下を除外した例の上昇下降速度 (m/min) について, 上昇速度は最大 147 m/min, 平均 26.3 m/min (N=322), 下降速度は最大 139 m/min, 平均 28.1 m/min (N=333) であり, 全体の40% (N=261) は ± 15.4 m/min 以下の鉛直速度で運動している。

深度 10 m 以下を除外した655例から遊泳深度別に鯨の速度の鉛直分力を上昇と下降速度について,

出現頻度と層別平均速度を Table 6 に示す。なお, この表の頻度はパーセントを10倍した数値で示してある。

この表によると, 31 m/min (1 ノット) 以下が上昇下降速度の30%以上を占め, 約91%および, 84%が 93 m/min (3 ノット) 以下である。また, 最大速度は, それぞれ 400 m 層と, 100 m 層ならびに 300 m 層に見られる。

右端の層別平均速度で見ると, 下降速度において 200~500 m 層で比較的高い値を, 上昇速度は 200~400 m 層で可成り高い値を示している。一方, 比較的低い速度は, 下降速度では 10~100 m, 500~600 m 層で, 上昇速度では 400~600 m の深度層で見られた。全平均速度で比較すると, 下降速度が, 上昇速度よりやや高い。400 m 以深の計測例が少ないので, 充分明らかに出来なかったが, この結果は「遊泳深度が深いほど, 上昇下降速度が高い」とする Lockyer の結果とは充分一致しなかった。

一方, 10分以上潜水を行なった鯨41頭について, 上記の深度図を描いて, 船鯨間距離の変動と鯨の上昇下降運動の関係を検討したが, 船との距離に対応して, 明らかに遊泳深度を変更したと疑われる例は19例, 約46%で, 判定し兼ねるもの, 17例, 約41%, 逆に反応したと思われる例は 16 m の「離れマッコウ」の1例のみであった。

Table 6. Cross table between swimming depth and ascent and descent rate of whales observed during whale fishing on board a whaler in waters off Hachijo I. of Japan in Dec. 5-23, 1980.

Depth m	Frequency distribution by depth layers (%)										Sum	Mean rate m/min	
	Descent rate (m/min)					Ascent rate (m/min)						Descent	Ascent
	>138	108	93	62	31	31	62	93	108	>139			
10-100	-	-	2	48	151	151	77	11	2	-	440	21.7	23.9
100-200	-	-	24	49	103	81	43	8	4	4	304	30.1	28.5
200-300	-	4	8	11	34	30	13	9	3	-	121	36.6	33.2
300-400	-	3	6	8	30	20	6	2	2	2	78	32.5	34.6
400-500	2	-	2	5	13	18	-	2	2	-	41	38.7	18.5
500-600	-	-	2	2	6	8	-	-	-	-	17	25.7	3.1
Pooled	2	7	32	131	337	308	137	30	11	5	100%	28.1	26.3

2.2.2.3 深度の変化パターン

鯨は潜水開始から浮上するまでの間で、さまざまに遊泳深度を変える。この深度変化のパターンと他の計測値との関係を考えるため、このパターンを次の模式図 Fig. 11 に示す5種すなわち、(1)U型、(2)V型、(3)平底型の単純なパターンと、(4)複合型：潜水後もしくは浮上前の過程で一旦一定の深度を保持する(3)型と(1)型が複合した型、および、(5)W型：U型もしくはV型を二つあるいはそれ以上を連ねた型である。

本調査で採集された遊泳深度の変化パターンの中から典型的なものを上述5型について抽出し、Fig. 12 に示す。

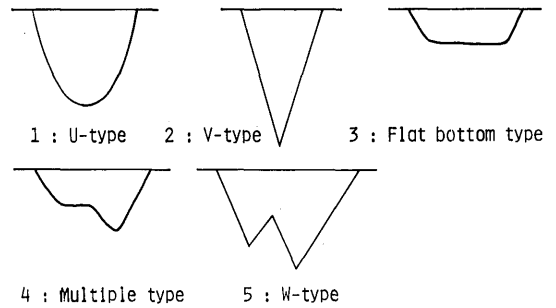


Fig. 11. Schematic patterns of 5 types of dive depth/ time profiles of sperm whales.

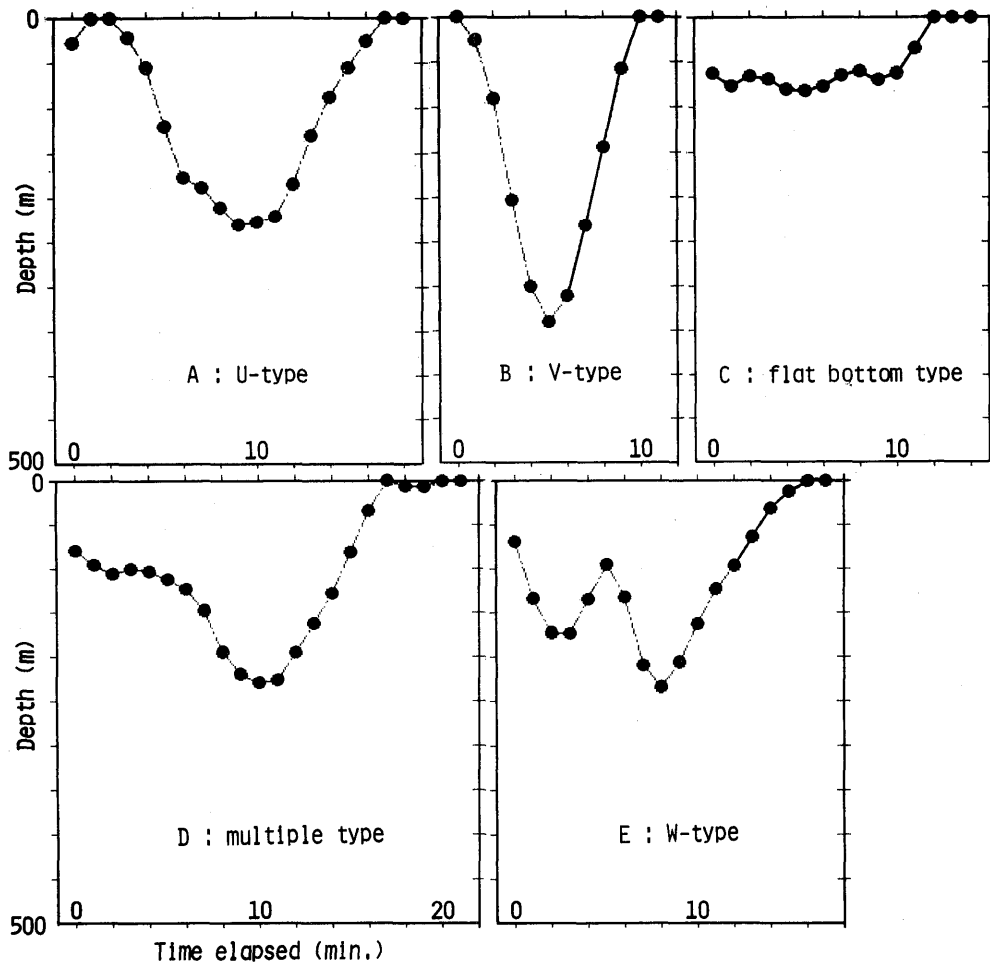


Fig. 12. Typical dive depth/ time profiles of 5 patterns.

この5種のパターンの出現頻度では、U型が78%と最も優勢で、W型の8%、複合型の6%、V型の5%、平底型の3%である。

また、各鯨が追尾中に行なった潜水回数(1~9回)について、この型との関係を見ると、体長、各鯨の追尾中潜水回数および追尾時間に対しては全く関係は無いが、群構成個体数が多い場合、W型若しくは複合型になり易い。潜水持続時間で見ると8分以下では、U型のみ現れるが、それ以上では他の型の方が増加してくる。次に、毎分噴気回数では、5回以下ではU型が優勢であるが、それ以上になると他の型の割合が増加してくる。最大探知距離で、400mより浅い層では、U型のみであるが、他の型はそれ以上の深層のみに限られる。また、Fig. 8の遊泳進路図から求めた各鯨についての毎分進路変更角をこの5種のパターン毎の平均と比較すると、UとV型はともに、10分当り160°以下、平底型と複合型はほぼ直進、そしてW型は10分間で180°以上の旋回を行なった。

一方、前に述べたように、鯨は追尾する捕鯨船の接近を感知して、潜水中その遊泳方向および遊泳深度を変更する。57頭の鯨について、捕鯨船が近づく(または遠ざかる)と明らかに応答して、下降(または上昇)運動を示した例を調べた。この内、潜水間隔が短くて調査できなかった16頭を除いた41頭について明確に応答したのは、19頭、46%、応答が全く無かったもの、21頭、51%、また、1頭だけは全く反対に応答した。

以上の結果からみると、鯨は潜水中においても、捕鯨船の音響刺激に応答して上昇もしくは下降運動を行なうと見られ、また、群構成個体数、潜水持続時間、毎分噴気回数、鯨と船の距離、あるいは潜水深度など種々の条件に応じて、潜水深度のパターンを変えようと考えられる。

2.2.3 個体別潜水繰り返し回数

調査した57頭の鯨は、追尾開始から捕獲されるまで、延べ106回、それぞれ、1頭について1~9回の潜水浮上を行った。Fig. 13の個体別の潜水回数頻度分布図によると、追尾中9回もの潜水を繰り返した12月25日の鯨は、寧ろ例外的で、全体の93%の鯨は1~3回の潜水を行い、また、54%、31頭は一回のみの潜水を行ったのち捕獲されている。なお、この頻度分布図下端の数字は潜水回数の階級である。

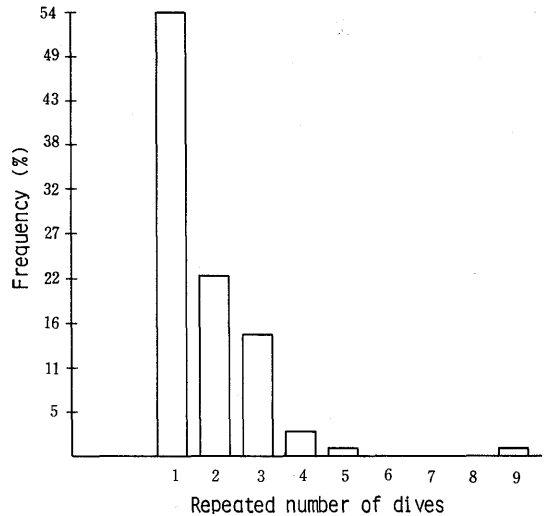


Fig. 13. Frequency distribution on repeated number of dives of a whale during a chase.

Fig. 14は12月23日 9:55~10:32に追尾捕獲された体長11.7mの雄鯨の潜水中の深度変化の様相を示す。この図で横軸は分単位の経過時間、縦軸は遊泳深度(m)である。この鯨は深度3~93m(各潜水時最大深度平均30.4m)まで、各潜水時間3~9分(平均5.1分)の潜水を9回に亘ってほぼ100m層までの浅い潜水を繰り返した。なお、この鯨は単独回遊中であつた。連続9回の潜水は本調査期間中の最大回数で、これに次ぐものは、同日の単独で北上中の13.1mの雄鯨が行なつた。

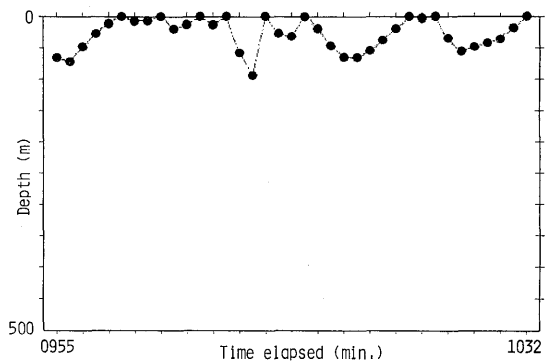


Fig. 14. A dive depth / time profile of a bachelor whale of 11.7 m in body length in Dec. 23, 1980 during a chase.

2.2.4 潜水持続時間

西脇(21)は、「浅い潜水を繰り返す乍ら、呼吸

を行なうが、浮上は2~3分おきに見られる。この浅潜水を3~5回繰り返すと深潜水に移るが、日本近海では、深潜水の時間は30~40分である。雌は深潜水時間は30分位である」としている。一方、Lockyerはその南アフリカ沖における936頭の鯨の観察結果、潜水時間は最大で約60分（平均10.5分）、10分以下の潜水時間で、400 m まで、また、60分迄の潜水時間で、1,000 m まで潜水するという。

前項で述べたように、鯨は追尾開始から捕獲までの間に、数回の潜水を行うが、先ず、その間の個体別の最長潜水時間は3~47分の範囲にあるが（平均

11.5分）、全体の95%は20分より短い。一方、観測した57頭の延106回の潜水時間について見ると、3~4分が43%と最も多く、この場合も19分より短い潜水時間が94%を占めている。

この時間は Appendix table I に示したように、噴気回数（潜水前後の平均を取った）、最大探知距離、潜水深度との間に有意な正の相関を示している。

このうち、57頭の延べ106回の潜水についての、潜水時毎の潜水時間と最大潜水深度との相関図を Fig. 15 に示す。

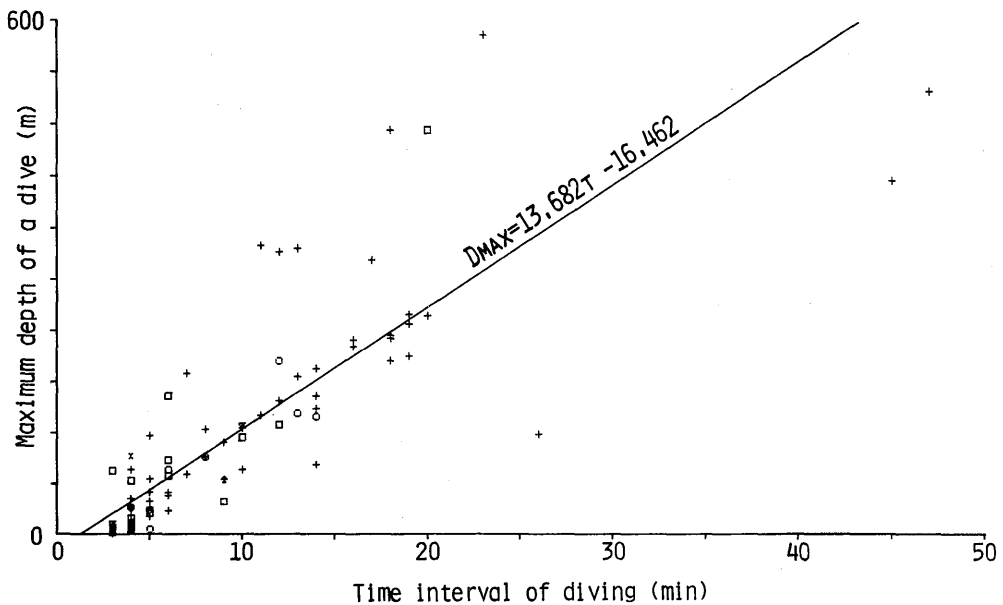


Fig. 15. Interrelation between dive duration of whales and swimming depth in maximum through a dive. A straight line through data spots is a simple regression between them. ($r=0.8363$, $\alpha<0.1\%$, $N=106$)

この図で、横軸は潜水時間、縦軸はその間における最大潜水深度である。なお、パラメタ記号には後に述べる潜水時の深度変化パターンを用いた。図の上端に示すように、相関係数 $r=0.8363$ と極めて高い相関が認められ、データの殆どが回帰直線の周りに集中している。これは、Lockyerの $r=0.755$ より高い相関を示している。しかし、Lockyerの言うU型の潜水パターン（記号、+）は図の左下部分に集中し、V型（記号、□）とはやや異なった傾向を示している。潜水中顕著な上昇下降を繰り返す型（記号、×）は潜水時間が長く最大深度も深い部分に多く見られる。LockyerはU型とV型をまと

めて考えているが、日本近海における本調査結果では区別すべきであると考えられる。

2.2.5 毎分噴気回数

よく知られているように、捕鯨船からの鯨の初認および、鯨種の判別に噴気の形状が利用されている。Slijper(22)によると、鯨は深潜水後毎分約6回の噴気を行ない、浮上中にはかなりゆっくりとしたリズムで呼吸（噴気）する。

毎分噴気回数は個体別平均で、1~12回（平均4.8回）であった。その回数ごとのヒストグラムを Fig. 16 に示す。噴気回数はこの図に見るように、4回

をモード (26%) とするほぼ正規分布を示す。なお、Lockyer は4~7噴気/分としており、本調査結果と可成り一致している。

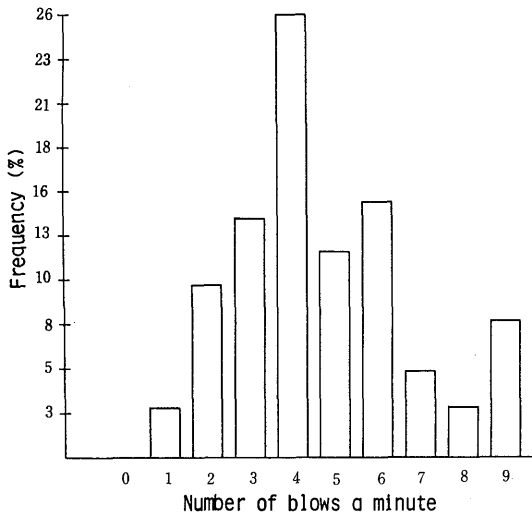


Fig. 16. Frequency distribution of number of repeated blows per minute.

この噴気回数は前項の潜水時間との間に有意な相関 ($r=0.34677$) があって、潜水時間が長くなると噴気回数も増加する傾向がある。

2.2.6 最大探知距離

本調査で使用された 90mm 捕鯨砲の有効射程はこの種の鯨では一般に 20~45m と言われるから、個体別最小接近距離はこの程度と考えてよい。一方、鯨を追尾している間の鯨探機による個体別最大探知距離は 181~1363m の範囲(平均 573m)であった。なお、Lockyer も鯨探機 (Simrad)による調査を南アフリカ沖で行っているが、この鯨探機の最大探知距離を 2,500m としている。また、この報告において鯨の最大深度 1,100m を計測していることから、最大探知距離は 2,000m 程度と想像され、本調査に使用した鯨探機とほぼ同程度の性能であろう。

Fig. 17 の最大探知距離の出現頻度分布図は、500~599m をモード (全体の 26%)とするほぼ、正規分布に近い分布型を示している。

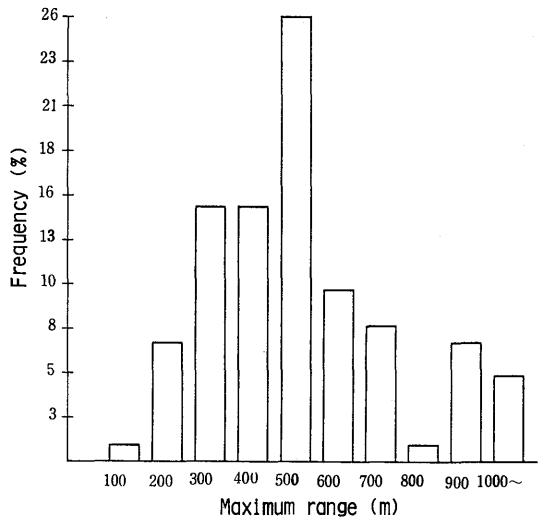


Fig. 17. Frequency distribution of maximum ranges of 57 whales detected with an echosounder.

この距離は鯨の体長との間に、 $r=0.5061$ と高い相関が認められ、また潜水時間とも有意な相関 ($r=0.3063$) がある。

Fig. 18 は最大探知距離と体長との相関図で、パラメタ記号は捕獲日順に+, □, *, ×, ▽, o, ○および, ◎である。ただし、◎には 16m の「離れマッコウ」を捕獲した12月21日と次の23日が含まれている。

この図によると、体長が大きいほど、最大探知距離は大きくなる。これは大型の鯨ほど鯨探機における受信エコーが大きいから、遠距離からでも充分鯨探機で探知できる。従って、捕鯨船を潜水中の鯨に接近させ過ぎると、鯨は船が発生する水中雑音を感じて、潜水時間が長くなり、標的鯨を見失う虞があるから、無為に鯨を驚かさないう、できるだけ遠方から鯨探機のみで、その浮上の前兆を監視するためである。また、鯨探士 (23)によると、鯨からのエコー探知が不可能なときは、鯨の鳴音を鯨探機で探知し、その伏角から深度をそして鳴音の強度から方位および距離を推定するという。この種の鯨の鳴音に鯨探機周波数 20kHz の成分が含まれているからである。

2.2.7. 最大潜水深度

これまで、最大深度について多くの報告がなされている。Heezen (24) は中南米沿岸の10例の鯨による

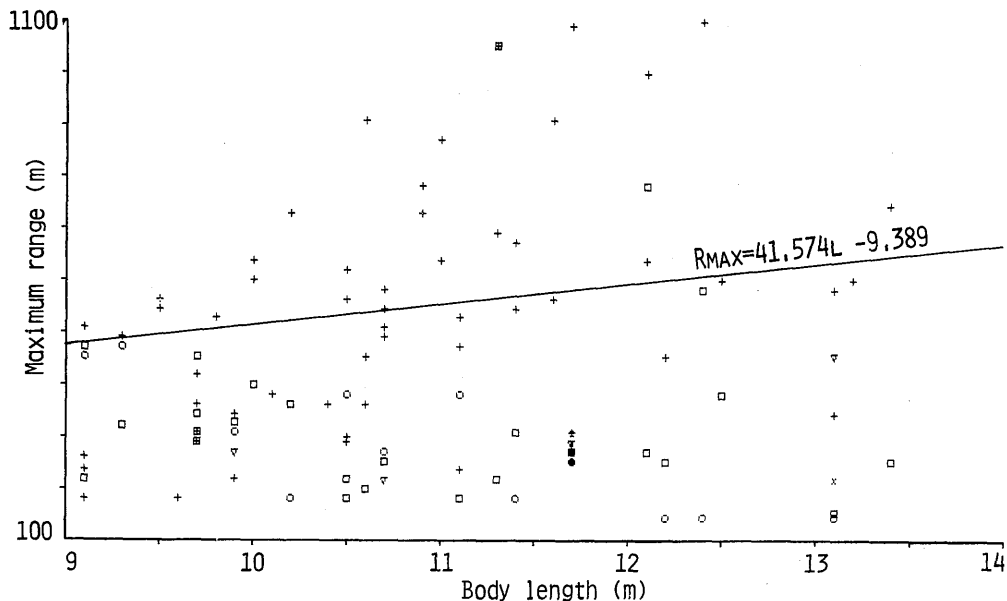


Fig. 18. Interrelation between maximum ranges of whales detected with an echosounder and their body length. ($r=0.2172$, $\alpha<5\%$)

る海底電線事故を調査し、これらは大型鯨が海底面に沿って索餌行動中、海底電線に纏絡したのが原因であることを確認した。これによると、事故現場の水深は 124~1127m (平均 450m) であり、大型のこの種の鯨が最大 1000m まで到達出来る事実をあきらかにしている。また、大村 (25) は Backus & Schevil(1966) が音響測深機で、New England 沖のマッコウクジラを深度 290,310 および、520m で認めたとしている。

Nemoto & Nasu(26) はペーリング海において捕獲された鯨 (当時の制限体長、10.5m 以上) の胃内容物から、2 種類の貝、*Chlamys islandicus* Muller および、*Limopsis vaginatus* Dall を検出し、前者が水深 200~400m、後者が 600m の海底に生息することから、鯨の索餌行動における深度範囲を 600m までと推定した。また同時に、深度 200~400m に生息する深海産の海綿、*Hexasterophora* も検出した。

本調査で計測した個体別の最大深度は 3~581m の範囲 (平均 165m) で、239m までの階級で全体の 79% を占めている (Fig. 13 の頻度分布図参照)。

この深度は Lockyer のそれと比較して、可成り浅い。この相違は海況によるものであろうか。

2.2.8 遊泳速力

ロランCによる船位と鯨探機諸元から推定した鯨の瞬間遊泳速力は 0~15 ノットの範囲にあるが、907 分の全観測時間における平均速力は 5.9 ノットである (Appendix table I および Table 6 参照)。その出現頻度を Fig. 19 に示す。

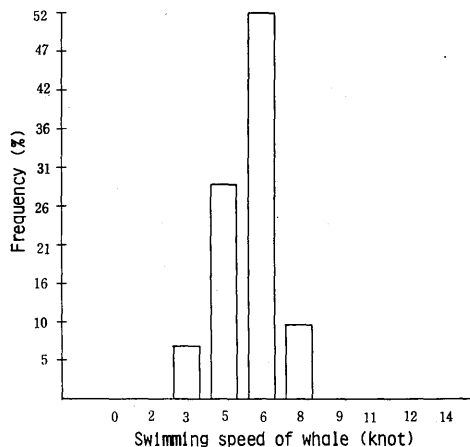


Fig. 19. Frequency distribution of estimated swimming speed of whales in knot throughout 907 min of observations.

この図によると、4~5 ノット級にモード (16.3 %, 107 例) があり、2~9 ノットに、全体の 85% が集中している。

遊泳深度 10~600m の間で、100m 層毎に求めた、層別遊泳速力は、それぞれ、5.9, 5.4, 6.3, 5.4, 4.6, および、7.3 ノットであり、500~600m 層で、最大値を示した。これは 16m の大型鯨のデータがここに算入された為である。しかし、この層の

観測例は 11 回 (全体の 1.7%) と小さいから、直ちに評価出来ない。従って、200~300m に層における速力が最も高いと考える。

次に、この点をさらに明らかにするため、調査期間を通しての延べ 907 分の資料について、1 分毎の鯨の瞬間遊泳速力と遊泳深度との相関表を Table 7 に示す。

この交叉表では、横方向に鯨の遊泳速力 0~15

Table 7. Cross table between swimming depth and instantaneous speed of whale detected with an echosounder.

Depth m	Swimming speed in knot															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Sum
0-10	2	13	33	32	40	44	36	22	25	14	13	8	4	1	1	288
10-100	5	3	15	30	37	26	37	19	15	7	1	2	2	0	0	199
100-200	1	0	1	8	15	13	15	7	11	1	2	4	0	1	0	79
200-300	0	1	4	12	8	10	7	4	3	2	2	0	0	0	0	51
300-400	0	3	6	3	5	5	3	3	1	0	0	0	1	0	0	27
400-500	0	0	0	1	2	1	0	2	2	1	2	0	0	0	0	11
0-600	8	20	59	84	107	99	95	57	57	25	20	14	7	2	1	655

in 0.1 percent																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Sum
0-10	3	20	50	49	61	67	55	34	38	21	20	12	6	2	2	440
10-100	8	5	23	46	56	40	56	29	23	11	2	3	3	0	0	304
100-200	2	0	2	12	23	20	23	11	17	2	3	6	0	2	0	121
200-300	0	2	6	15	12	15	11	6	5	3	3	0	0	0	0	78
300-400	0	5	9	5	8	8	0	5	2	0	0	0	2	0	0	41
400-500	0	0	0	2	3	2	0	3	3	2	3	0	0	0	0	17
0-600	12	31	90	128	163	151	145	87	87	38	31	21	11	3	2	1000

ノットの範囲で、1ノット毎の段階を与え、縦方向に遊泳深度を 0~10m, 10~100m および、それ以深 600m まで 100m 毎の7層に区分し、各区画毎の出現数を上半部に、百分率を 10 倍した頻度で示している。なお、これらの表のそれぞれ下端に記した遊泳速力出現頻度は前出の Fig. 19 に示したのと同じである。

右端の層別合計で見ると、10~100m 層で 288 回 (全数 907 回の 32%), 次いで、表層の 0~10m が 252 回、28% と 100m 以浅の層に

その 60% が集中している。また、左端の層別平均速力では、この 100m 以浅の層は、共に 5.9 ノットと比較的に速く、最大平均速力 7.3 ノットは 500~600m 層で見られる。

次に、交叉表で、両者の関係を検討すると、前図におけるモードであった、4~5 ノットでは、各深度層において 100~200m 層を除いて、最大もしくは、ほぼそれに近い高い出現頻度を示している。層別に見ると、その最大出現頻度は、0~10m層, 10~100m, 5 ノット級, 100~200m 層, 200~300m

層で、6 ノット級で見られる。また、2% 以上の頻度に限って見ると、0~10m 層では、2~9 ノット級の範囲に分布し、10~100m 層では、2~8 ノット級の間、100~200m 層で、3~7 ノット級の間に見られるが、それ以深の層では全く出現しない。なお、400~600m 間の層では、6 ノット級は皆無で、その両側の速力級に二分されている。

鯨の遊泳速力について、Berzin は脅かされ、追尾され、あるいは少し手傷を負った鯨では、7~12 ノットに達すると総括して、その推進力の多くは、尾部によって生起されるとして、Slijper は平均速力を 12 ノット、最高 20 ノットとした。また、

Gaskin(27) はこの 10 ノットは過大であるとし、20 ノットは緊急時には短時間に限って可能であると言う。この項の始めに述べた本調査の結果はこの Gaskin の説を支持している。

一方、本報告の 2.1.2 項において、追尾当初の群から分裂して、追尾を免れた二次的小群が、再び追尾されつつある小群に再合流するのを観察したが、この二次的小群の分裂から再合流までの追尾されていない自由遊泳速力は Fig. 6 から、0.4~3.0 ノット、平均 1.6 ノットであった。一方、これまでの鯨の標識調査結果による遊泳速力をノット単位に統一して、Table 8 に示す。

Table 8. Swimming speed in knot estimated from sperm whale marking.

Year	Location	Body length	Speed	Reporter	Reference
1955	North Pacific	small size	2.8knots	Kawakami	(28)
1962	-do-		0.4	Ichihara	(29)
1963	off Peru	8.2 m F	2.4	Mejia	(30)
1965	Antarctic		1.1(max 2.8)	Ohsumi	(18)
	-do-		1.1	ibid	
	North Pacific		1.3	ibid	
1967-71	North Pacific	11.0-14.3 m	0.1-1.5 mean 0.7	Ohsumi	(31)
1968	off South Africa		3.0	Gambell	(6)

Simple mean 1.6 knots

この表では、鯨の遊泳速力は 0.1~3.0 ノット、単純平均で 1.6 ノットで、追尾されなかった二次小群の遊泳速力とほぼ一致する。

2.2.9 鯨の遊泳行動の昼夜別および、異なった海域間での比較

2.2.9.1 夜間における遊泳行動

某社に依頼して特に夜間における鯨の行動を鯨探機で連続して観察した。すなわち、八丈島南西 90 海里の海域において、1984年 2月 5日 18:30 から翌 6日 03:28 までの 8時間58分にわたり、体長 10~11m の雌鯨群（同時に 3頭の記録があった）を鯨探機による夜間追尾を行った連続記録紙を入手した。

この記録紙に記載された別の記録によると、鯨は 18:30~21:30（日没時 17:31）に北へ平均 2.3 ノットの速力で移動し、ほぼ、21:30~02:00 まで北東に、02:00~04:00 まで北北西に、次いで、04:00~06:00 の間に南西方向に曲線を描いて移動した。鯨群のこのような迂回遊泳経路は大隅も報告している。一方、この間の平均水平遊泳速力は 6.7 ノット以上と推定され、本論文の昼間の追尾中の平均遊泳速力 5.8 ノットより速い。

この観測の間、鯨探機は終始そのレンジを 1.818 m、送受波器伏角 5°に設定し連続して記録を行った。この時の記録紙から得られた 1分ごとの遊泳深度の時間的経過を Fig. 20 に示す。この図では横軸に時間、縦軸に深度を与える。

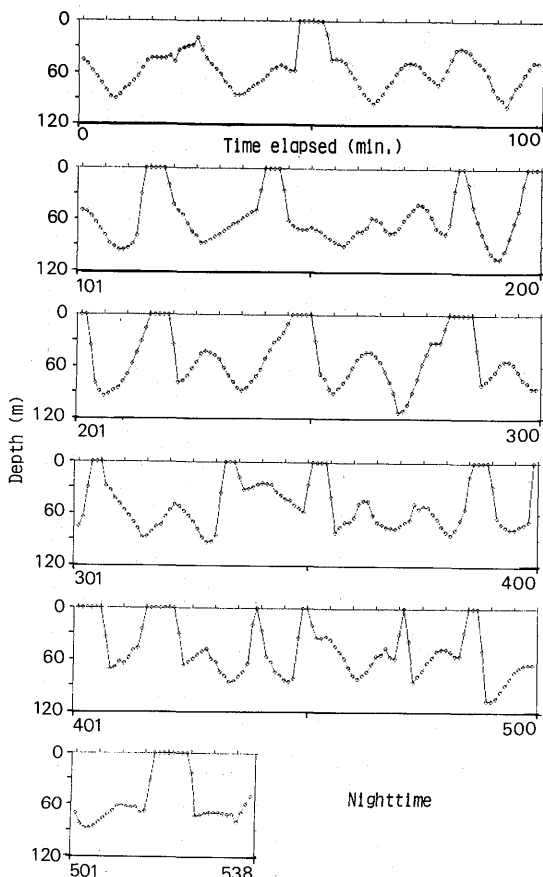


Fig. 20. Swimming depth / time profile of a sperm whale observed in nighttime with an echosounder during about 9 hours of chase in night time from 18:30, Feb. 5 to 03:28, Feb. 6 1984 in northward waters of 90 nautical miles from Hachijo I.

この図によると、記録された 538 分に、鯨は 19 回、浮上持続時間 1~8 分、平均 4.1 ± 1.91 分間の浮上を行いながら、潜水持続時間 9~61 分、平均で 21.7 ± 0.84 分の潜水を繰り返した。しかし、連続する浮上、潜水の持続時間の間には相関関係は認められなかった。この観測は 150~1,250m の比較的遠距離からの連続追尾であり、ほとんど自然状態の鯨の夜間行動を観測したと思われる。一方、この夜間行動における平均値は、同じ海域の八丈島沖で昼間に観測した追尾中における平均浮上時間 1.4 分および、潜水持続時間 9 分に比べ、何れも有為的な差が認められ、夜間の浮上持続時間は昼間の約 3 倍、潜水持続時間は約 2 倍半と何れも夜間の方が長く、遊泳深度でも夜間の平均 53m、最大 118m は、昼間の平均 108m、最大 581m に比較し、明らかに浅い。

一方、中緯度北太平洋の 30.0°N , 160.9°E において第一京丸 (812 G/T, 18 ノット) が、体長 12.1m の雄鯨を 115 分間に亘って連続追尾した記録 (Fig. 21 参照) によると、この間、この鯨は 14 回の潜水を繰り返しており、その潜水持続時間は 1~20 分、平均、11.0 分で、浮上時間は平均 1.4 分であった。これらの値は夜間の浮上潜水状態に比べ、何れも短い。その最大遊泳深度は 561m、平均深度 208m であり、これに比較しても明らかに上述の夜間の遊泳深度は著しく浅い。

上述の夜間の遊泳深度が比較的浅い傾向は、鯨に危険を感じさせない緩やかな比較的遠距離からの追尾を行なったこと、あるいは餌料生物 (DSL) の遊泳深度の日周変動と関係があるかもしれない。

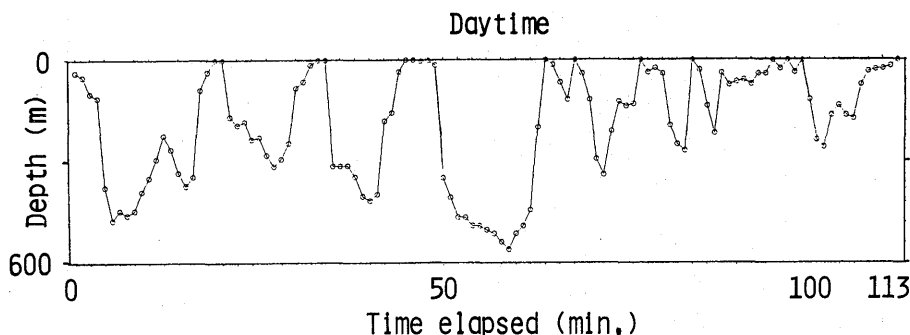


Fig. 21. Swimming depth/time profile in daytime of a male sperm whale of 12.2 m in body length observed with an echosounder of a whaler, KyoMaru No.1, from 11:52-13:46, May 5, 1979 in North Pacific, at 30.0°N 160.9°E . The swimming depth was 208 m in mean and 561 m in maximum.

2.2.9.2 他の地域における昼間の遊泳行動

共同捕鯨（株）の第一京丸および、昭南丸に依頼し、南氷洋往復途中において、「マッコウクジラ」の鯨探機による観察を行なった（Appendix table II 参照）。この鯨探機の傾角は無段階変更方式であるから、遊泳深度は可成り正確に計測されている。この資料を解析して得られた海域毎の平均値に加え、1979年1月の予備調査ならびに、前節までの昼間の結果を上述の夜間の結果とを合せて比較のため Table 9 にまとめた。

この表の上半部は観測諸元、下半部は観測結果の区分別平均値で、横方向の区分は、八丈島周辺海域における昼間2回、夜間1回、共同捕鯨（株）による印度洋、タスマン海および中緯度北太平洋における調査結果を示す。

この表によると、区分別の鯨の平均体長では印度洋と中緯度北太平洋で大きく、鯨群を構成する個体数では、八丈島周辺海域で大きい。ただし夜間に

ける体長は朝になって、この鯨群から最初に捕獲した鯨の体長によった。また夜間の追尾記録において、まれに、同時に2頭の反射像を得たことから推定した。

一方、下半の平均値では、先ず、八丈島周辺海域における昼間の潜水持続時間、潜水深度において夜間におけるそれと明らかに異なっており、また、この潜水持続時間では、同じく昼間の他の三つの海域のそれと比較的近似した傾向を示す。しかし、最大遊泳深度および潜水平均深度は八丈島周辺海域では、他の海域におけるよりも明らかに浅い。従って、上下昇遊泳速度（絶対値の平均）は八丈島周辺海域では、他の海域に比較して著しく遅い。

また、本表に挙げた日本沿岸を除く他の海域での鯨の上下昇（鉛直分力）遊泳速度は、Lockyer の層別平均 2.9~4.6 ノットに近い値を示しており、日本沿岸の 0.9~1.8 ノットとは明らかに異なっている。

Table 9. Various means on swimming characters of sperm whales observed with an echosounder in the Pacific and Indian Oceans and Tasman Sea in 1979-1982.

Waters	off Hachijo I.			Indian Ocean 33S 70E	Tasman Sea 30S 173E	Mid-latitude N-Pacific 30N 170E
	Daytime 33N 141E		Nighttime 32N 138E			
Year	1979	1980	1982	1978	1979	1979
Whales observed	20	57	1	6	17	20
Male+Female	14+6	20+37	?	6+0	11+6	12+8
Duration of obs.	362	907	538	133	254	532 min
Whale's max. depth	412	581	118	599	604	612 m
<i>Means</i>						
Body length	10.5	11.0	10.0	12.8	10.8	11.6 m
Whales in school	6.1	7.4	2	2.5	2.3	2.6
Chasing time	18	34	538	21	15	27 min
Duration a dive	13	9	23	14	11	12 min
Swimming depth	128	108	53	234	151	181 m
Vertical speed	2	1	0.5	5	4	5 knot

一方、日本近海における鯨の遊泳深度変動パターンでは昼夜ともに 2.2.2.3 項で述べたようなU型が優勢であったが、他の海域ではV型パターンが多く、U型のは殆ど認められなかった。参考まで

に、印度洋、タスマン海および、中緯度北太平洋における代表的な遊泳深度変動パターンの例をそれぞれ選んで、Fig. 22 に示す。

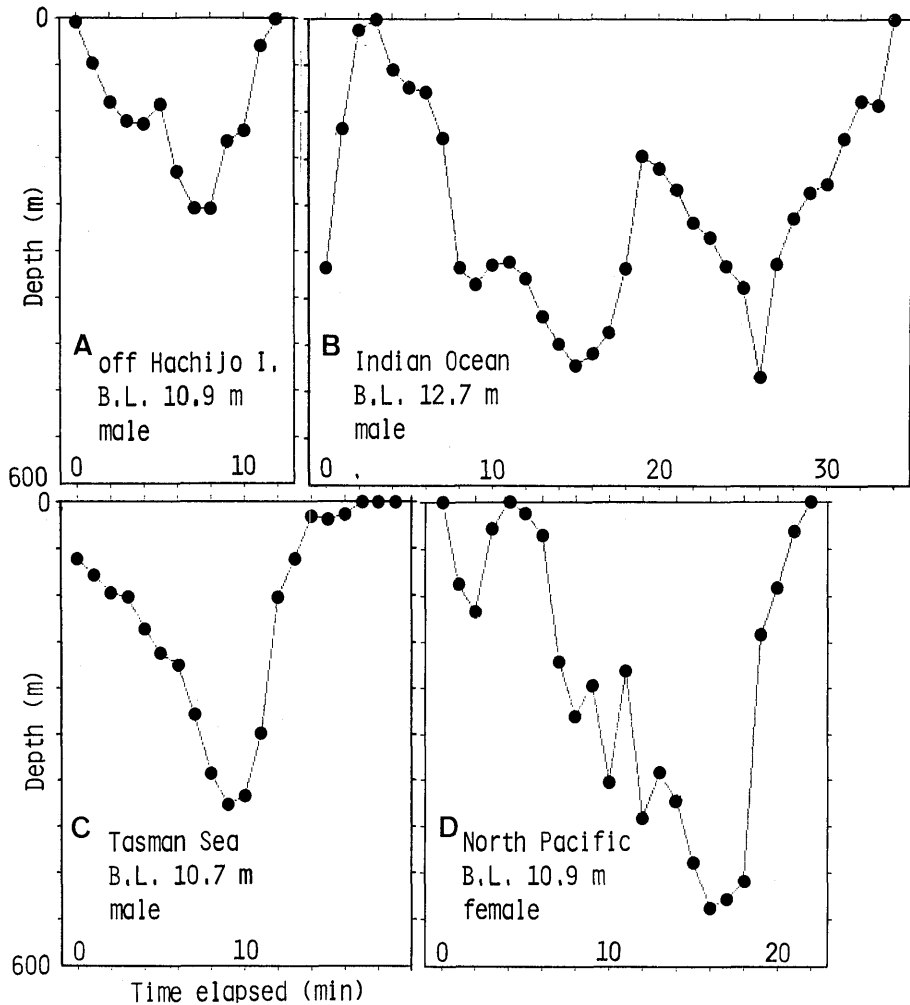


Fig. 22. Typical swimming depth / time profiles of sperm whales under chasing condition in various waters. Black spots shows the depth of a whale per min.

4 結 論

鯨探機を使用して「マッコウクジラ」の行動を調査したが、ロランCの併用によって、1分間の鯨の遊泳速力および、所在位置を求める方法を確立したことで、Lockyerの鯨探機で観測した「マッコウクジラ」の行動研究から、この点だけ進めることが出来た。

八丈島周辺海域で観察した「マッコウクジラ」の行動について要約すると、

- 1) 調査を行なった八丈島周辺海域を回遊する「マッコウクジラ」のほとんどは、11~30頭の群を形成しており、捕鯨船が接近すると、数個の小群に分離分散するが、捕鯨対象となったその内の1群を追尾する間に、先に分散した他の群
- が再びその近くに回遊する現象も散見された。また小型鯨ほど集群性が高いことが、統計的に立証された。
- 2) 鯨群は、集群傾向の相違から高集群性群、低集群性群と、その何れにも属さない中間群の3つに分けられ、それぞれ運動能力、特に潜水能力について相違が認められるが、初認した群から分離した二次的な群を構成する個体間には、明らかな運動能力における相違は認められなかった。
- 3) 性的成熟に達した雄鯨、仔連れの雌鯨など特殊な例もあるが、一般に鯨群は同年齢、同体長群によって構成されるのではなく、ほぼ等しい遊泳能力を持つ個体が必然的に集合して形成され

ると考えたい。

- 4) 遊泳速力の鉛直分力の絶対値は最大 2.5 ノット, 平均 0.7 ± 0.6 ノットであるが, 潜水直後と浮上直前でその最大値が認められた。また, 潜水中には, 船との距離に応答して, その深度を若干上下する傾向もあり, また, これらの運動に加え, 遊泳方向を大きく変更するのが認められた。
- 5) 遊泳速力の水平分力は 0~14.5 ノット, 平均 5.7 ノットと推定されたが, 10 ノット以上の高速遊泳を 2 分間以上にわたって, 持続することとはなかった。
- 6) 「マッコウジラ」は一般に直進する傾向が強く, 10 分当りの進路変更角度で考えると, 180° 旋回に達しない鯨が全体の 64%, $180 \sim 360^\circ$ 円旋回以下が 21%, 1~2 回の円旋回を行なった鯨が 4% 認められた。
- 7) 八丈島周辺海域での昼夜別遊泳行動では, 夜間の浮上持続時間は昼間の約 3 倍, 潜水持続時間は 1.8~2.5 倍と何れも夜間の方が長く, 遊泳深度も夜間の平均 53.1m, 最大 118m は, 昼間の平均 128.2m, 最大 421m および平均 103.3m, 最大 581m に比べ, 夜間の方が明らかに浅い。
- 8) 昼間における調査の内, 潜水持続時間では, 明らかな相違は認められないが, 潜水深度について海域別に比較すると, その平均(最大深度)において, 八丈島周辺島海域における 2 回の調査では 128.2m (421m), 103.3m (581m) であり, その他の海域, 印度洋, タスマン海および中緯度北太平洋では, それぞれ, 233.8m (599m), 151.3 (604m), 181.3m (612m) であって, 前者が遊泳深度はその平均, 最大深度ともに, 他の海域より浅い。また, 上下昇遊泳速力は, 前者の 1~2 ノットに対し, 他の海域は 4~5 ノットであり, 前者が著しく遅い。

本研究にあたり, 御懇切な御指導を頂いた, 東京大学海洋研究所教授 梶原武博士に心から御礼を申し上げる。また, 本研究を始めるにあたり, 調査方法について貴重な助言と文献の御紹介を賜った東海大学海洋学部教授 故市原忠義博士ならびに, Dr. William A. Watkins, Woodshole Oceanographic Institute, さらに, 本研究について終始, 強力に御援助, 御激励を賜った長崎大学水産学部教授 柴田恵司博士に深謝したい。また, 遠洋水産研究所企画

連絡室長 大隅清治博士, および同所鯨類資源研究室長 粕谷俊雄博士には原稿の精読を御願いし, 貴重な助言を頂いた。この他, 鯨類研究所所長 大村秀雄博士にも, 文献抄読について大変お世話になった。さらに乗船調査では, 日東捕鯨株式会社専務取締役 漁野初彦氏および同社隆邦丸 鯨探士 今野和正氏ほか乗組員各位に御親切な御協力を頂いた。また, 日本共同捕鯨株式会社第一京丸船長 太田数夫氏, 昭南丸船長 相沢哲郎氏ならびに両船の鯨探士には南氷洋往復航時における「マッコウジラ」の鯨探機による追尾記録を提供して頂いた。これらの方々から謝意を表する。

引用文献

- 1) 正木康昭(1970). 三陸・北海道沖における鯨類標識調査および鯨類目視観察調査結果, 鯨研通信, 211, 1-10.
- 2) 島津靖彦(1971). 三陸沖合海域における鯨類標識調査, 鯨研通信, 233, 1-8.
- 3) 奈須敬二(1971). 開洋丸ニュージランド調査における鯨類目視観察結果, 鯨研通信, 239, 61-62.
- 4) Gambell, R. (1972). Sperm whales off Durban, *Discovery Rep.*, 35, 199-358.
- 5) 和田志郎(1975). 北太平洋南西海域における鯨類標識調査, 鯨研通信, 284, 27-34.
- 6) Gambell, R. (1968). Aerial observations of sperm whale behaviour, *Norsk Hvalfangst-tid.*, 57, 126-138.
- 7) Nishiwaki, M. (1962). Aerial photographs show sperm whales' interesting habits, *ibid.*, 51, (10) 395-398.
- 8) Banister, J. (1967). An aerial survey for sperm whales off the coast of Western Australia 1963-1965, *Aust. J. mar. Freshwater. Res.* 19, 31-35. (町田三郎訳 1969. 1963-1965 年西部オーストラリア海岸沖のマッコウジラの飛行機調査, 鯨研通信, 209, 1-7.)
- 9) Kasuya, K. (1971). Consideration of distribution and migration of toothed whales off the Pacific coast of Japan based upon aerial sighting record. *Sci. Rept. Whale Res. Inst.*, 23, 37-60.
- 10) Lockyer, C. (1977). Observation on diving behaviour of the sperm whale, *Physeter*

- catodon*, A voyage of Discovery, Oxford and New York, Pergamon Press, 591-609.
- 11) 日本電気(1975). NEC WF-553 型 取扱説明書, 日本電気株式会社, 東京, 1-11.
 - 12) Watkins, W. (1981). Private communication in Nagasaki.
 - 13) 航海ハンドブック編集委員会編(1977). 新訂航海ハンドブック, 成山堂, 28.
 - 14) 田中豊・垂水共之・脇本和昌編(1977). パソコン統計ハンドブック, 東京.
 - 15) 渡瀬節雄(1964). 北大平洋におけるマッコウクジラの群構成に就いて, 鯨研通信, 159, 1-15.
 - 16) Ohsumi, S. (1971). Some investigation on the school structure of sperm whale, *Sci. Rept. Whale Res. Inst.*, 23, 1-24.
 - 17) Tarasevich (1967). *Zoologicheskii Zhurnal*, 46, 124-131. (大隅清治訳 1968. マッコウクジラの雄の群の構造, 鯨研通信, 198, 1-6.)
 - 18) Caldwell, D., M. Caldwell & D. Rice (1963). IWC Report of Symposium. (大隅清治訳 1966. マッコウクジラの行動, 鯨研通信, 182, 1-10.)
 - 19) Berzin, A. (1972). The sperm whale. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 249-256.
 - 20) 大隅清治(1965). 標識による大型鯨類の移動速度の推定. 鯨研通信, 163, 1-10.
 - 21) 西脇昌次(1965). 鯨類・鰭脚類. 東大出版, 東京, 86-88.
 - 22) Slijper, J. (1962). Whales. Hatchinson of London, 112-125.
 - 23) 今野和正(1980). 談話
 - 24) Heezen, B. (1957). Whales entangled in deep sea cables, *Deep-sea Res.*, (2), 105-115.
 - 25) 大村秀雄(1974). 鯨の生態. 共立出版, 東京, 61.
 - 26) Nemoto, T. & K. Nasu (1963). Stones and other aliens in the stomachs of sperm whales in the Bering Sea. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, 17, 83-90.
 - 27) Gaskin, D. (1982). The ecology of whales and dolphins, Heinemann, London, 119-123.
 - 28) 川上武彦(1957). 北大平洋における鯨類標識調査について, 鯨研通信, 67, 6.
 - 29) 市原忠義(1963). 1962年における北大平洋の標識調査, 鯨研通信, 138, 1-4.
 - 30) Mejia, G. (1964). Marcacion de cachalotes frents al Peru, *Inst., Inv. de los Recursos Marinos. Informe.* 26(渡瀬節雄・前沢孝英訳 1967. ペルー沖の抹香鯨のマーキング, 鯨研通信, 195, 1-5.)
 - 31) Ohsumi, S. & Y. Masaki (1975). Japanese whale marking in the North Pacific, 1963-1972. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab.*, 12, 215-218.

Appendix table 1. Various means on swimming behaviors of individual whales observed with a dual-beam echo-sounder of a whaler (470 G/T) in waters off Hachijo I. of Japan from 5-23 Dec., 1980.

is an order on a series of dives and asterisked is mean of respective whole caught.

	L	Sex	Chase	Range	Max	Depth	Max	Vhor	Vvrt	Vcmp	Vs
	m		min	m	m	m	m	knot	knot	knot	knot
Dec. 5 (4 whales taken from a school of 11 individuals)											
10.5		F #1	5	241	299	12	20	4	0	4	5
		#2	4	158	218	3	9	5	0	6	6
		*	9	195	299	7	20	5	0	5	6
10.4		F #1	7	205	363	55	91	4	1	5	4
		*	7	205	363	55	91	5	0	5	5
9.1		F #1	3	175	181	6	10	6	0	6	7
		#2	3	193	218	2	5	9	0	9	8
		#3	12	313	454	99	204	6	1	6	6
		*	17	275	454	71	204	7	0	7	7
9.7		F #1	4	159	309	14	32	7	0	7	4
		#2	5	185	309	37	63	4	1	4	4
		*	14	146	309	16	63	6	0	6	5
mean	10.0	F	12	211	454	40	204	6	0	6	6
Dec. 6 (4/20)											
11.1		F *	4	129	236	1	3	5	2	7	9
10.2		F #1	4	521	727	28	44	7	1	7	9
		#2	7	233	363	9	24	7	1	7	10
		*	9	325	727	16	44	8	0	8	10
11.3		M #1	4	381	690	17	40	4	0	4	7
		*	7	275	690	14	40	5	0	5	7
10.0		F #1	17	552	636	235	323	6	1	6	6
		*	18	506	636	210	323	6	0	7	7
mean	10.6		10	380	727	106	323	6	0	7	8
Dec. 7 (13/20)											
10.7		F *	17	312	509	104	203	4	1	5	6
11.6		F #1	14	360	599	74	179	7	1	7	7
		*	16	378	909	66	179	6	0	7	7
10.7		F *	4	281	490	4	12	7	0	7	10
10.6		F #1	6	399	909	14	29	7	0	7	11
		*	7	353	909	12	29	8	0	8	11
9.9		F #1	3	188	345	7	11	4	0	4	6
		#2	6	190	327	33	69	7	1	7	7
		#3	6	233	309	34	77	5	1	5	6
		#4	5	196	272	13	27	4	0	4	6
		*	18	212	327	27	77	5	0	5	6
10.7		F #1	18	363	545	130	230	5	1	5	5
		*	22	320	545	107	230	6	0	6	6
10.5		F #1	4	222	290	58	116	5	1	5	6
		#2	4	118	181	5	10	8	1	8	8
		#3	13	257	381	66	143	7	1	7	7
		*	20	229	381	56	143	7	0	7	7
10.5		F #1	19	391	563	140	258	6	1	6	7
		*	22	400	563	120	258	6	0	7	8
11.1		F #1	13	448	636	197	335	7	2	7	6
		*	13	420	636	182	335	7	0	8	7
10.9		F #1	18	409	727	121	235	5	1	6	7
		*	18	391	727	114	235	6	0	6	7
10.5		F *	20	386	618	149	256	4	0	5	5
11.4		F #1	16	363	545	112	229	7	1	7	7
		*	20	315	545	90	229	7	0	7	7
10.1		F *	10	241	381	54	126	5	0	5	8
mean	10.7	F	16	330	727	93	335	6	0	6	7

continue

	L	Sex	Chase	Range	Max	Depth	Max	Vhor	Vvrt	Vcom	Vs
	m		min	m	m	m	m	knot	knot	knot	knot
Dec.	9 (5/30)										
	9.3	F #1	14	346	472	80	138	5	1	5	5
		*	22	356	472	52	138	5	0	5	5
	9.1	F #1	4	222	363	31	51	3	1	3	6
		#2	12	315	472	79	130	5	1	5	4
		*	23	249	472	47	130	5	0	5	6
	9.1	F #1	26	363	509	115	180	4	1	4	3
		*	26	341	509	106	180	4	0	5	4
	9.5	M #1	19	434	563	135	248	5	1	5	4
		*	20	416	563	128	248	5	0	5	5
	9.7	F #1	8	280	418	76	123	4	1	5	3
		#2	10	288	454	64	115	5	1	5	6
		*	18	273	454	65	123	6	0	6	6
mean	9.4		22	327	563	80	248	5	0	5	5
Dec.	11 (6/25)										
	13.1	M #1	4	412	581	22	44	8	0	8	11
		*	5	319	581	13	44	8	0	8	11
	11.1	M #1	12	381	472	83	158	7	1	8	9
		*	17	409	472	58	158	8	0	8	9
	12.1	M #1	14	525	999	61	82	7	0	7	9
		*	15	472	999	53	82	7	0	7	10
	12.1	M #1	20	560	781	268	473	5	1	5	6
		*	23	528	781	234	473	6	0	6	7
	11.6	M #1	16	389	563	121	229	5	1	5	7
		*	19	432	563	103	229	7	0	7	8
	12.5	M #1	13	404	599	108	186	4	1	4	6
		#2	6	246	381	40	88	3	1	3	5
		*	18	348	599	86	186	4	0	4	6
mean	12.1	M	16	436	999	111	473	6	0	6	8
Dec.	18 (8/20)										
	11.4	M #1	11	441	672	155	340	7	2	7	7
		*	12	410	672	142	340	7	0	7	7
	11.0	F #1	18	563	872	238	472	5	2	5	5
		*	19	524	872	213	472	5	0	6	6
	10.6	M #1	10	254	454	51	76	4	1	4	6
		#2	4	122	199	7	14	3	0	3	6
		*	12	224	454	41	76	4	0	4	7
	10.9	F #1	45	573	781	274	415	5	1	5	5
		*	48	541	781	257	415	5	0	5	5
	10.0	F #1	14	432	599	165	301	4	1	5	5
		*	15	393	599	143	301	5	0	5	6
	11.1	F #1	19	403	527	134	210	5	1	5	6
		#2	11	237	381	38	91	6	1	6	6
		*	31	328	527	91	210	6	0	6	7
	10.7	F #1	14	443	581	116	195	6	1	6	6
		#2	5	190	272	6	13	2	0	2	4
		*	23	316	581	67	195	6	0	6	7
	11.3	F #1	23	586	1054	253	581	6	2	7	5
		*	27	508	1054	206	581	6	0	7	6
meae	11.0		23	431	1054	164	581	6	0	6	6
Dec.	20 (9/20)										
	9.7	F #1	6	257	363	27	46	5	0	5	6
		#2	3	187	290	37	75	6	1	6	6
		*	10	221	363	25	75	6	0	7	6
	9.7	F #1	9	216	363	41	109	6	1	6	6
		*	11	209	363	35	109	7	0	8	7
	9.8	F #1	11	270	527	83	141	5	1	5	4
		*	11	252	527	75	141	5	0	5	4
	9.5	F *	3	302	545	1	1	5	0	5	3
	10.0	M *	3	211	363	3	9	3	0	3	3
	9.7	F #1	4	218	290	13	22	4	0	4	1
		#2	6	249	345	85	163	5	1	5	2
		*	7	235	345	66	163	5	1	5	2
	9.9	M #1	4	168	218	6	13	6	0	6	5
		*	6	205	218	8	22	5	0	5	4
	9.1	F *	3	199	236	2	6	4	0	4	4
	9.6	F *	3	127	181	1	3	6	0	6	5
mean	9.7		6	220	545	33	163	6	0	6	5

continue

	L	Sex	Chase	Range	Max	Depth	Max	Vhor	Vvrt	Vcom	Vs
	m		min	m	m	m	m	knot	knot	knot	knot
Dec, 21 (lone bull)	16.0	M*	47	694	909	339	518	5	0	5	4
Dec, 23 (7/4+1+1+1+1+1=9)	12.1	M#1	7	423	636	84	189	6	2	6	9
		*	10	329	636	59	189	7	0	7	10
	13.2	M#1	5	417	599	30	66	6	1	6	7
		*	6	363	599	25	66	6	0	6	7
	13.4	M#1	12	580	745	178	332	7	2	7	8
		*	15	463	745	131	332	8	0	7	9
	12.2	M#1	5	247	454	15	32	6	1	6	8
		*	12	241	454	10	37	7	0	8	9
	11.7	M#1	7	530	1090	38	72	7	0	7	12
		#2	4	175	272	8	19	7	0	7	9
		#3	3	181	290	4	12	6	0	6	8
		#4	4	236	290	38	93	5	1	5	8
		#5	4	209	272	15	31	5	1	5	8
		#6	9	222	309	34	65	5	0	5	8
		#7	8	185	309	24	56	4	0	4	7
		*	37	252	1090	28	93	6	0	6	9
	12.4	M#1	4	1144	1363	45	76	8	1	8	12
		#2	9	258	581	19	39	6	0	6	8
		*	14	427	1363	22	76	6	0	6	9
	13.1	M#1	6	221	345	33	50	8	0	8	9
		#2	10	292	454	62	129	6	1	6	7
		*	23	216	454	35	129	7	0	7	8
mean	12.6	M	17	304	1363	42	332	6	0	7	9

Remarks

L: fork length of sperm whale and, Chase: observing duration in min with an echo-sounder, Range: range of a whale from the whaler, Max: maximum range and maximum depth, Depth: swimming depth estimated of the whale from $\{range\} \times \sin\{dip\ angle\}$, V: swimming speed in knot (hor., vrt. and cmp. are respectively elementals in horizontal and vertical directions and component speed), Vs: sailing speed of whaler in knot, mean: vector of daily means.

Appendix Table II. Various means on swimming behaviors of sperm whales observed with an echosounder in various waters.

Location: off Hachijo I. of Japan

Date	L	Sex	Whales a school	Chase time min	Swimming depth(max) m	Vertical speed knot
	m					
6 Jan. 1979	10.6	F	20	16	127	235
	10.9	F	10	8	83	180
	10.3	F	9	7	76	229
	10.3	F	8	10	101	355
	10.9	M	7	12	122	246
	11.8	M	6	12	195	373
	10.3	F	5	12	82	137
	10.6	F	4	25	171	283
mean	10.7		8.6	12.9	130	373
8 Jan.	10.3	M	25	18	246	412
	10.6	M	4	19	135	255
	10.6	M	1	11	50	113
	10.3	M	5	7	55	119
	10.3	M	2	39	128	259
	10.6	M	6	23	177	345
	10.3	M	3	33	144	255
mean	10.4	M	6.6	21.3	145	412
10 Jan.	10.5	M	2	29	185	375
	10.2	M	1	22	77	297
	10.3	M	2	16	90	227
	10.5	M	1	21	81	174
	10.3	M	1	22	74	255
mean	10.4	M	1.4	22	94	375
Pooled mean	10.5		6.1	18.1	131	412

continue

Location: Indian Ocean

Date	L	Sex	Whales a school	Chase time min	Swimming depth(max)		Vertical speed knot
	m				m	m	
25 Nov. 1978	13.5	M	1	11	208	411	4
	12.7	M	3	35	244	446	4
26	12.2	M	5	8	123	230	4
	12.8	M	4	11	130	230	2
	11.8	M	1	33	310	591	6
27	13.6	M	1	29	217	599	6
Pooled mean	12.8	M	2.5	21	234	599	5

Location: Tasman Sea

Date	L	Sex	Whales a school	Chase time min	Swimming depth(max)		Vertical speed knot
	m				m	m	
10 March, 1979	10.7	M	1	5	76	218	3
	10.5	M	2	13	199	404	7
	11.5	M	1	26	304	604	5
11	10.9	M	1	10	37	94	1
	10.7	F	5	16	57	198	2
	10.5	F	2	11	117	255	3
12	11.5	M	3	12	135	292	4
	10.9	F	2	9	73	218	1
	11.1	M	5	29	116	386	3
14	10.0	F	5	7	20	31	0
	10.5	F	4	8	60	105	2
	10.2	F	3	8	78	155	3
28	11.5	M	1	45	263	559	6
	11.5	M	1	6	112	249	5
	10.5	M	1	6	66	143	2
Pooled mean	10.7	M	1	20	146	380	4
	10.9	M	1	18	86	199	4
Pooled mean	10.8		2.3	15	151	604	4

Location: North Pacific in mid-latitude

Date	L	Sex	Whales a school	Chase time min	Swimming depth(max)		Vertical speed knot
	m				m	m	
29 April, 1979	10.9	F	10	10	122	339	4
	10.3	F	1	13	45	155	2
3 May	12.1	M	1	19	45	187	5
	12.1	M	3	6	59	123	2
	11.8	M	1	34	61	362	2
12 May	11.8	M	1	20	168	474	6
	12.1	M	2	30	324	553	4
	10.6	F	7	11	116	149	4
14 May	10.0	F	6	24	126	297	3
	10.9	F	5	23	222	525	8
	12.1	M	1	18	120	307	4
Pooled mean	12.4	M	1	39	183	406	6
	12.4	M	1	10	109	273	3
	12.1	M	1	113	190	561	5
Pooled mean	13.0	M	1	39	214	612	5
	12.2	M	1	23	180	360	3
	11.8	F	5	22	310	591	7
Pooled mean	12.4	M	1	33	247	527	4
	10.6	F	1	25	249	464	5
	10.2	F	1	20	177	321	3
Pooled mean	11.6		2.6	27	181	612	5