

M系列信号を用いた「うらしま」内部音響反射の計測

澤 隆雄^{*1} 中村 敏明^{*1} 青木 太郎^{*2} 網谷 泰孝^{*1} 月岡 哲^{*2} 越智 寛^{*1}
村島 崇^{*2} 志村 拓也^{*1} 中條 秀彦^{*2} 百留 忠洋^{*2} 渡辺 佳孝^{*1}

この論文では、AUV「うらしま」搭載ダウンリンク受波器の周囲における内部音響反射を、M系列と呼ばれる信号を用いて調査し、ダウンリンク受波器の搭載位置について検討した。

M系列 (Maximum length sequence) は人工的にある規則に基づいて発生させた擬似ランダム信号である。M系列信号の自己相関は非常に鋭いピークを示し、自分以外との相関値は極めて低い。この論文ではこの性質を「うらしま」の内部音響反射の調査に利用した。M系列信号を母船「よこすか」より「うらしま」へ送信し、「うらしま」内部の3箇所にハイドロフォンを取り付け受信した。受信信号を相関処理すると、直接波と内部機器による反射波にのみピークが現れる。このピークの反射波強度と遅延時間を測定し、「うらしま」内部における良好な受波器取り付け位置の検討をした。実験の結果、周囲雑音により直接波と反射波が不明瞭な場合でも、M系列信号を相関処理することで判別する事ができた。また搭載位置による音響反射の違いが明確にあらわれた。

キーワード：M系列信号, 音響反射, 音響通信, 水中通信, AUV「うらしま」

Measurement of internal acoustic reflections in AUV"URASHIMA" using M-sequence signals

Takao SAWA^{*3} Toshiaki NAKAMURA^{*3} Taro AOKI^{*4} Yasutaka AMITANI^{*3} Satoshi TSUKIOKA^{*4}
Hiroshi OCHI^{*3} Takashi MURASHIMA^{*4} Takuya SHIMURA^{*3} Hidehiko NAKAJYO^{*4}
Tadahiro HYAKUDOME^{*4} Yoshitaka WATANABE^{*3}

We investigated internal acoustic reflections nearby an acoustic telemetry receiver in AUV"URASHIMA" using M-sequence signals, and discussed about position where acoustic telemetry receiver is mounted.

M-sequence, standing for Maximum length sequence, is a pseudo-random noise based on arithmetic rules. It shows a very sharp peak in auto-correlation of a M-sequence signal, and extraordinary low values in correlation with other signals. We investigated internal acoustic reflections in AUV"URASHIMA" by using that characteristic. We transmitted M-sequence signals from a hull projector on YOKOSUKA to three hydrophones set specially for this experience on AUV"URASHIMA". Signals received with those hydrophones were correlated with replica signals of M-sequence, and detected peaks appeared in correlation between direct waves and reflected waves. We measured intensity and delay time of reflected waves. After that, we discussed about place where acoustic telemetry receiver should be installed. As a result, peaks appeared after correlation in any case that we couldn't distinguish direct waves and reflected waves from ambient noise. And there is obvious difference with mounted position of hydrophones.

Keywords : M-sequence signal, Acoustic reflection, Acoustic telemetry, Underwater communication, AUV"URASHIMA"

*1 海洋技術研究部第一研究グループ
*2 海洋技術研究部第二研究グループ
*3 Gr.1, Marine Technology Department
*4 Gr.2, Marine Technology Department

1. はじめに

地球温暖化の原因と考えられる二酸化炭素の移動過程を解明するには、多数の海域で海底地形や水温・塩分濃度等の計測、海水サンプルの採取が重要な手がかりとなる。また北極圏や海底火山などの過酷な環境での調査を可能とする為に、母船を必要とせずに長距離航行可能な自律型無人探査機 (Autonomous Underwater Vehicle) が必要とされてきた。海洋科学技術センターではこのニーズに応え、平成12年3月に深海巡航探査機「うらしま」^{1)~3)}を建造した (Photo 1)。一般配置をFig. 1に、主要目をTable 1に示す。

「うらしま」の基本構造はチタンフレームとFRP外皮で、搭載機器の間にシタクチック・フォーム浮力材を取り付けている。現在の動力源はリチウムイオン2次電池であるが、平成14年度には燃料電池へ動力交換し、航続距離を3倍に伸ばす予定である。「うらしま」は開発段階とミッション内容にあわせて、自律航行モード・音響遠隔モード・UROVモードの3つのモードを持っている。自律航行モードはプログラムされたスケ

ジュールにしたがって「うらしま」が独自に判断をしながら航行・計測をする本来のモードである。リングレーザージャイロによる慣性航法を基本とし、音響ホーミングソーナーで航路上に設置したターゲットトランスポンダの位置を確認しながら、また可能であれば浮上してGPSで現在位置を確認する。音響遠隔制御モードは音響による水中相互通信を行いながら、サイドスキャンソーナーやTVカメラ画像のデータを母船でリアルタイムに取得しながら航行するモードである。UROVモードは航行の邪魔にならない細径光ファイバで母船と「うらしま」を結び、相互通信をしながら航行するモードである。またこれとは別に、船上や着水揚収時に電波によってEthernet信号を受信するモードを持っている。搭載されている音響機器にはサイドスキャンソーナー、音響ホーミングソーナー、障害物回避ソーナー、高度ソーナー、音響信号伝送装置がある。また調査観測機器にはスナップショット・デジタルカメラ、TVカメラ、CTDO、多点採水装置がある。このうちサイドスキャンソーナーと多点採水装置は選択搭載仕様である。



Photo 1 AUV "URASHIMA"

Table 1 Specifications of AUV "URASHIMA"

Length	9.7m
Width	1.3m
Height	1.5m
Weight in air	6.0ton (Li-ion) 7.5ton (Fuel cell)
Operating Depth	3,500m
Cruising range	100km (Li-ion) 300km (Fuel-cell)
Cruising Speed	3kt
Maximum Speed	4kt

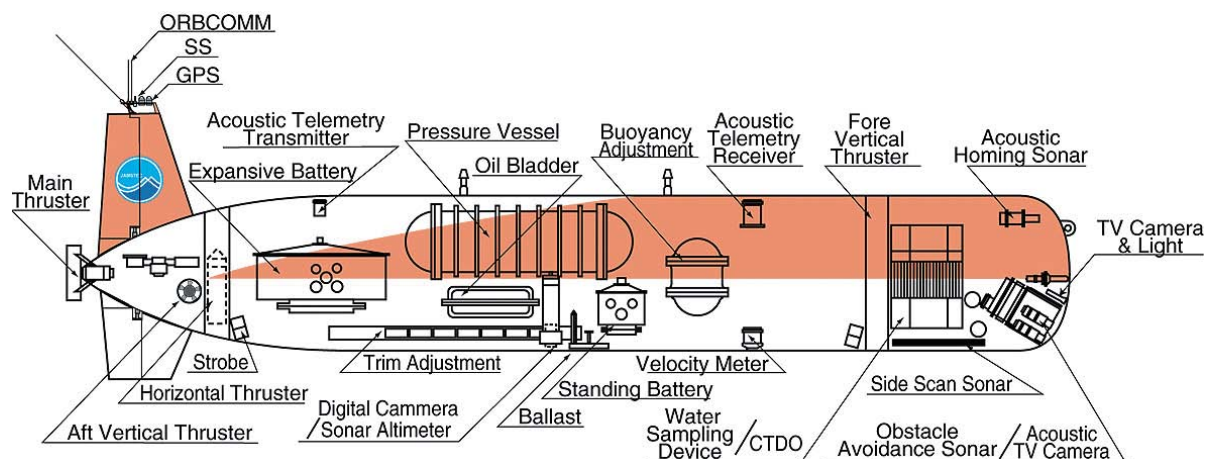


Fig. 1 General arrangement of AUV "URASHIMA"

2. 内部音響反射

2.1. うらしまの音響信号伝送系⁴⁾

「うらしま」には母船からのコマンド信号を受信するダウンリンク通信機能と、光学TV及び障害物回避ソーナーの映像を母船に伝送するためのアップリンク通信機能が装備されている。その仕様・性能をTable 2に示す。

ダウンリンクで使用する母船装備送波器と「うらしま」装備受波器は同一の送受波器である。送波感度の周波数特性をFig. 2に、送波感度の指向特性をFig. 3に示す。この送受波器は9.5kHzで最大の送波感度を持ち、その中心周波数から±0.5kHzで感度がほぼ3dBさがる。9.5kHzにおける-6db指向幅は約±40°であるが、これは母船「よこすか」の直下から±30°以内に「うらしま」がいる場合で、かつ「うらしま」の船体が10°傾いても通信可能とするためである。ただし180°方向(後方)にも約3分の1の感度を持っている。これらは受波についても同じである。

2.2. M系列による音響調査⁵⁾

「うらしま」内部音響反射の調査のために、「うらしま」内部にハイドロフォンを取り付けた実験を行った。音響通信、とくにダウンリンク信号の受信に関しては、受信信号に対して雑音を低く押さえる事が重要である。現在の「うらしま」では垂直スラスト及び VBT (Variable Ballast Tank) が主な雑音発生源で、さらに内部反射も影響を及ぼしている。ダウンリンク受波器は後方にも感度を持っているため、受信の際は「うら

しま」の内部機器によって反射された信号も受信し、通信に影響を及ぼしている。垂直スラストあるいはVBTからの雑音は発生を押さえる事が効果的であるので、別途対策を検討中である。しかしダウンリンク受波器の指向性改善は難しい。そこで「うらしま」内部においてどのような反射雑音があるかを調査し、通信に大きく影響する反射(雑音の音圧がもっとも高いものとは限らない)を判別して受波器設置位置の検討が必要である。

内部音響反射の影響を評価する方法として、母船よりM系列による符号化を行った調査用信号を送信し、「うらしま」においてその信号を無指向性のハイドロフォンで受信、信号の相関処理をしてその相関レベルの比較を行った。この方法をとる利点は、直接波と類似性がない音響信号、つまり内部反射波以外の音響雑音を抑える事ができる点にある。VBTからの雑音、スラスト駆動音、海中雑音などさまざまな雑音があるが、それらすべての影響を最小限に抑える事ができ、直接波と反射波の関係のみを明確に調査することができる。

2.3. M系列⁶⁾

M系列とはMaximum length sequenceの最初のMをとったM-sequenceの和訳で、最大長系列または最大周期列といわれる擬似不規則信号の一つである。 a_i , f_i ともに2進数(つまり0又は1)として適当な f_i を選べば

$$a_{i+n} = \sum_{j=0}^{n-1} f_j a_{i+j} \quad (1)$$

で数列が生成される。この f_i のとり方によって数列 a_i の周期は長くなったり短くなったりするが、適当に選ぶことによって最大周期の a_i を発生することができる。これがM系列である。決定方法はここでは割愛するが、多くのものが既発表であるのでこれを利用できる⁷⁾。その性質には特徴的なものが

Table 2 specification of down and up links

	ダウンリンク	アップリンク
伝送情報	コマンド信号	観測及び航法データ, ステータス
中心周波数	9.5kHz	20kHz
変調方式	MSK	4DPSK 8DPSK 16QAM
伝送速度	2400bps	16kbps 24kbps 32kbps
最大伝送距離	4100m (3500m深度, ±30°)	4100m (3500m深度, ±30°)
送波レベル	190dB以上(母船)	195dB以上

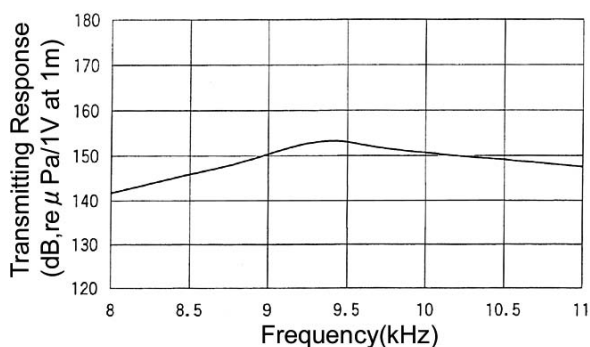


Fig. 2 Transmitting response of projector installed on M/V "YOKOSUKA"

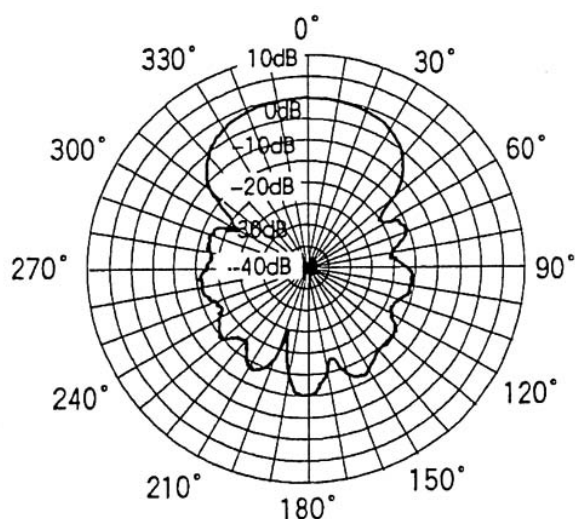


Fig. 3 Transmitting directivity at 9.5kHz of projector installed on M/V "YOKOSUKA"

あり、その一つが自己相関特性にあらわれる。系列 a_i の0を+1に、1を-1に対応させた系列 m_i を考えると、 m_i の自己相関関数は

$$\begin{aligned}\phi_{mm}(\tau) &= \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} m_i m_{i+\tau} \\ &= \begin{cases} 1 & \tau = 0, N, 2N, \dots \\ -\frac{1}{N} & \tau \neq 0, N, 2N, \dots \end{cases} \quad (2)\end{aligned}$$

となる。 Δt をクロックパルス周期として、M系列 m_i を時刻 $i \Delta t < t \leq (i+1) \Delta t$ の間は m_i に保持したM系列信号 $m(t)$ を考えると、自己相関関数はFig. 4のようになる。

Δt を十分小さく取り、 N を十分大きく取れば、自己相関はほぼデルタ関数とみなすことができる。このようにM系列は発生が容易で性質が既知であるが、数学的に不規則データにきわめて似ている。真に不規則なデータを取り扱う場合は統計的なばらつきを考慮する必要があるが、M系列には統計的なばらつきはなく、再現性がある。この再現性が制御・通信分野において有効に利用されている。例えばM系列データを送信信号に使用して反射波との相関を取り、反射波の遅延時間、いいかえれば反射物体までの距離を求めるのに利用されている。この論文では物体までの距離を求めるこの方法を応用し、受波器周囲で反射される音波と送信信号との相関処理結果から、距離とその反射強度の測定に使用した。

3. 海域実験

3.1. 実験方法

実験はFig. 5の構成で行った。M系列信号の送信には「うらしま」の母船である「よこすか」の音響航法装置を使用した。「よこすか」にはM系列発生用のPC（パーソナルコンピュータ）及びD/Aコンバータを持ち込み、「うらしま」用に船底装備した送波器を使用して信号の送信を行った。信号は音響航法装置の外部入力端子に入力し、同装置のアンプ部で増幅した後に送波器から送信される。アンプ部と送波器は実際の運航時に使われるものと同一であり、今回の実験が帯域特性と過渡特性が同じ状態で行われたと言える。受信は「うらしま」内部にハイドロフォンと、フィルタとDAT（Digital Audio Tape-recorder）を収めた耐压容器を取り付けて行った。使用したハイドロフォンの周波数特性をFig. 6に示す。指向特性は33kHzまで無指向性である。ハイドロフォ

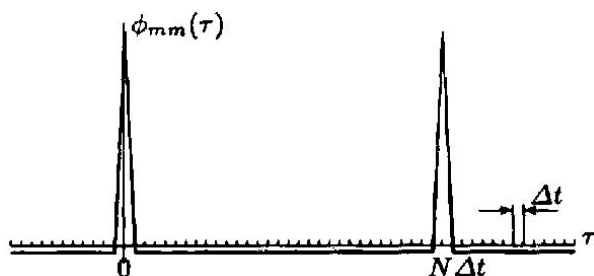


Fig. 4 Auto-correlation of M-Sequence

ンは同時に二つ取り付け、それぞれの信号を1kHzハイパスフィルタでフィルタリングした後に、DATのL, Rチャンネルに独立して記録した。記録信号は「うらしま」揚収後に容器を開放してDATごと取り出し、PCにDATをデジタル接続しデータを転送して解析を行った。M系列信号には10次($2^{10}-1=1023$ データ)のM系列を使用した。信号はキャリア周波数約9.5kHzで、M系列のビット“0”を 0° 、“1”を 180° の位相で表現して変調し、その後にD/Aコンバータを使って送信される。送波器の帯域の影響を見る為に、M系列の1ビットを位相変調のキャリア波数2, 4, 6で送り、それぞれの送受信実験を行った。変調までの作業は全てPC上で行われ、また信号はあらかじめPCで計算しておき、実験時には変調データを再生し送信を行った。再生データは“9.5kHzのバースト波(100msec)+2秒間の無音区間+M系列データ10回連続+4秒間の無音区間”を1セットとしたものを、約5回繰り返した。受信データは48kHzのサンプリング周期でDATに記録した。データはDATのデジタル出力とPCのデジタル入力機能を使って、PCに音声データとして取り込む。それを一般デジタルデータに変換後、位相変調デコードを行い、最終的にこの信号列と元のM系列データの間に相関処理を行いピークの

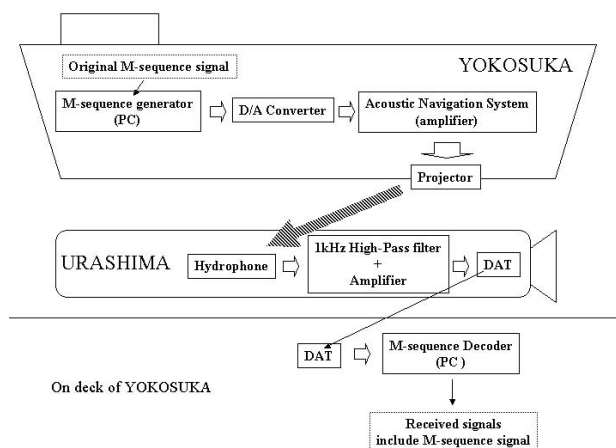


Fig. 5 Composition of experimental apparatus

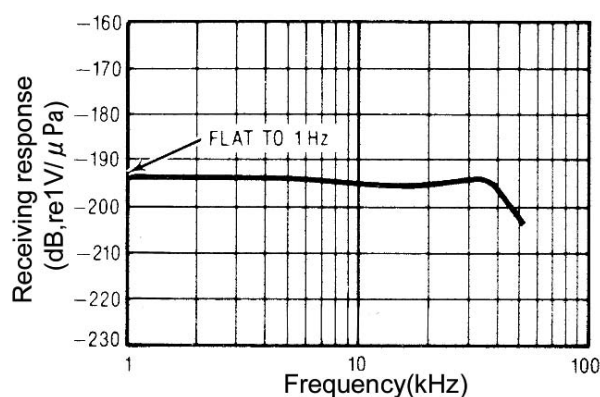


Fig. 6 Receiving response of ITC-1032 hydrophone

場所と強さを計測する。受信されるデータには直接波、内部の機器によって反射された反射波、その他周囲からの雑音などが記録されるが、相関処理をする事で直接波と反射波にのみにピークが現れ、反射波の相対強度と遅延時間を知ることができる。使用装置の仕様をTable 3, Table 4に示す。

実験は平成12年度「うらしま」海上試験の3節(10月)及び4節(11月)で行った。実験は駿河湾内のFig. 7に示した水深約1500mの海域(赤色部分)で行った。当日の海象、実験時の「うらしま」深度などの条件をTable 5に示した。両日とも実験時は穏やかな天候で波も低く、波浪などによる雑音は特に影響がなかった。また実験時の潜航深度は共に800m程度で、同じ条件で測定実験を行うことができたと言える。反射波計測は「うらしま」のFig. 8に示すPoint A, B, Cの3ヶ所

Table 3 Apparatus on M/V"YOKOSUKA"

M-sequence generator	Windows PC
M-sequence decoder	Windows PC with Matlab
D/A converter	10.5 μ s/sample
Hull mounted projector	Response: Fig.1a Directivity: Fig.1b

Table 4 Apparatus on AUV"URASHIMA"

Hydrophone	Response: Fig.4a Directivity: Fig.4b
High-pass filter	1kHz High Pass
Amplifier	0 or 20dB
Recorder	48kHz sampling rate, 2chDAT

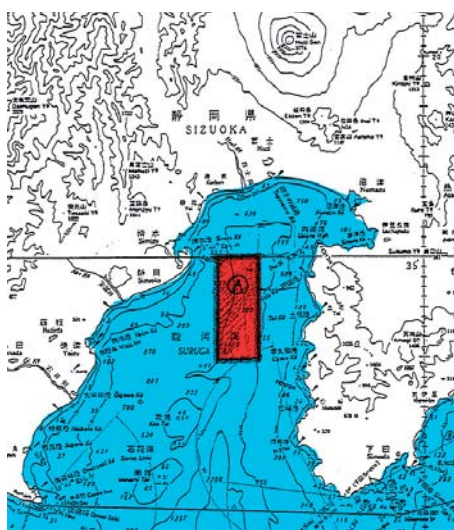


Fig. 7 Experimental area in Suruga Bay

で行った。3節でのハイドロフォン取り付け状態を撮った写真がPhoto 2, Photo 3で、4節のものがPhoto 4, Photo 5である。3節と4節ではダウンリンク受波器の位置が変更されている。Photo 2はFRPカバーが無い状態の「うらしま」を正面から撮ったもので、赤丸内の黒球がハイドロフォンである。周囲にはSSBL受波器、前方障害物探査ソーナ、TVカメラとライト、ホーミングソーナ用ピンガなどがあり、機器が隣接している場所である。Photo 3は「うらしま」の中心から前寄りの背中を撮ったものである。写真はFRPカバーを外した状態で斜め上から撮った。フレームに隠れるように写真右に映っているのがダウンリンク受波器である。ハイドロフォンにはフレームがかぶさっており、また浮力材などがハイドロフォンに接近している場所である。Photo 4もPoint Bに設置されたハイドロフォンを撮ったものだが、こちらは4節における実験時の写真で、ダウンリンク受波器が移動された。浮力材が追加され、同時にサブフレームの一本が外されている。Photo 5は「うらしま」中央上より前方に向かって撮った写真である。FRPが外された「うらしま」内部にPoint Cのハイドロフォンが、フレームからの振動を避ける為に紐で吊るされている。若干見えにくい、写真右奥には移動後のダウンリンク受波器が見える。Point Cの下は採水装置が装備される場所であるが今回は装備されておらず、4節の実験ではここに実験データ記録用のDAT装置一式を設置した(Photo 6)。

Table 5 Experimental conditions

	3 rd sea trial	4 th sea trial
Date	October 2000	29 November 2000
Area	SURUGA Bay	SURUGA Bay
Weather	Cloudy	Sunny
Sea state	Wave:1 Swell:1	Wave:2 Swell:1
Wind	N, 2m/s	NNE, 4m/s
Depth of water	Max. 850m	Max. 845m
Depth of URASIMA	approx. 800m	approx. 800m
Horizontal distance between URASIMA and YOKOSUKA	less than 400m	less than 200m

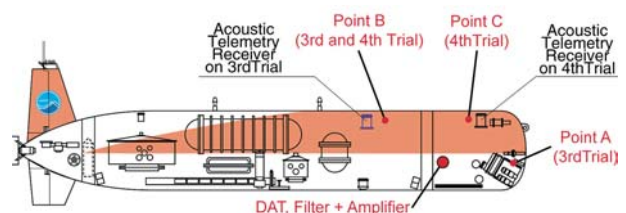


Fig. 8 Apparatus and position of three hydrophones on AUV"URASHIMA"

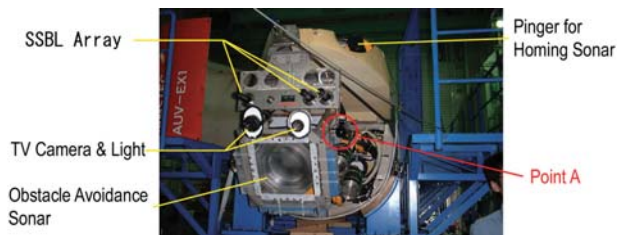


Photo 2 Hydrophone at point A on 3rd trial



Photo 5 Hydrophone at point C on 4th trial



Photo 3 Hydrophone at point B on 3rd trial



Photo 6 Vessels below Point C



Photo 4 Hydrophone at point B on 4th trial

3.2. 結果

以下に、実験によって得た相関データを示す。Fig.9は Point B (3節) で受信したデータで、M系列一ビットあたり搬送波数2, 4, 6波で送受信したデータを重ねてプロットしている。Fig.10は3節におけるPoint AとPoint B位置の受信データ、Fig.11は4節におけるPoint BとPoint C位置での受信データである。Fig.12は3節と4節のPoint Bで受信したデータ、つまりダウンリンク受波器の有無によるPoint Bのデータである。実験では約5回同じパターンのデータ送受信を行ったが、そのうち比較的安定して受信できたものを選んでグラフにしている。横軸は時間で、直接波のピーク位置を0秒とした。縦軸は相関値で、完全に同じM系列データが受信できたとなれば、その値はおおよそ1となる。

各グラフからは、

- ・どのグラフにも直接波ピークより遅れて複数の相関ピークがある
- ・キャリア波数が増えると相関値が増加する (Fig. 9)
- ・直接波ピーク以前の相関値、つまり周囲雑音との相関値は3節より4節のほうが高い (Fig. 9, Fig.10)
- ・Point Bにおける直接波相関ピークは、3節より4節の方が高い (Fig.10破線, Fig.11実線)

- ・Point Cの相関グラフには1ms以降ならかに減少する相関ピークがある (Fig.11破線)
- ・Point Bにおける3節と4節の相関ピークを比較すると、一つの反射ピークは同じタイミングで受信されたが、それ以外は一致していない (Fig.12)

などを読み取る事ができる。

4. 考察

Fig. 9のグラフから、搬送波数が2, 4, 6波と増えるにつれて順に相関値が増加する傾向が読み取れる。これはダウンリンク用送受波器の帯域が狭くフラットでない (Fig. 2参照) ため、波数の少ない場合は十分な音圧が出せないためである。中心周波数を f 、感度低下が3dB以内である周波数帯域の幅を Δf とすれば、一般に送波器の応答性を表す指標として $Q=f/\Delta f$ が使われる。 Q が小さいほど応答性が高く、その送波器において感度が十分となる波数の目安が Q である。「よこすか」搭載送波器の中心周波数は9.5kHz、帯域幅はFig. 2より約1kHzであるので、立ち上がりには $Q=9.5/1=9.5$ 波以上の波数が必要である。これはFig. 9のグラフと矛盾しない。同様の事は今回の実験にもあてはまり、送波出力を上げる為にデータ1ビットに対する搬送波数を増加させる事が有効な手段の一つであるといえる。しかしながら、波数を増やす事は1ビットデータの送信により多くの時間を必要とするだけでなく、時間分解能 (= 空間分解能) が悪くなる。Fig. 9の2波の相関値を表すグラフ (実線) 全体に見られる相関値のわずかな変動は、4波 (破線) では無く、また6波 (点線) のグラフは全体に平滑化している。例えば搬送波に10波を使った場合、データ1ビットの送信に必要な時間は $10/9.5\text{kHz} \approx 1\text{ms}$ である。この場合1ms以内に複数の反射波があるとその区別は難しい。物体間の距離にして1.5m以下に相当するが、全高1.5m、全幅1.3mである「うらしま」内部音

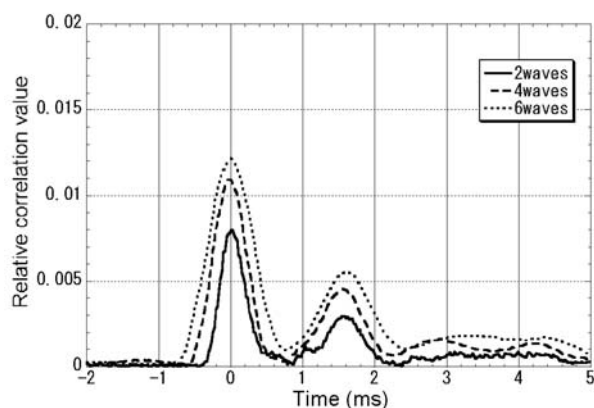


Fig. 9 Correlated waveforms with 2 (—), 4 (--) and 6 (···) carrier waves at point B on 3rd trial

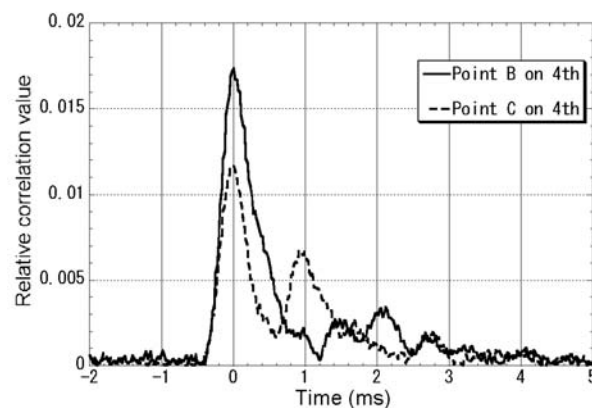


Fig.11 Correlated waveforms with 2 carrier waves at point B (—) and point C (--) on 4th trial

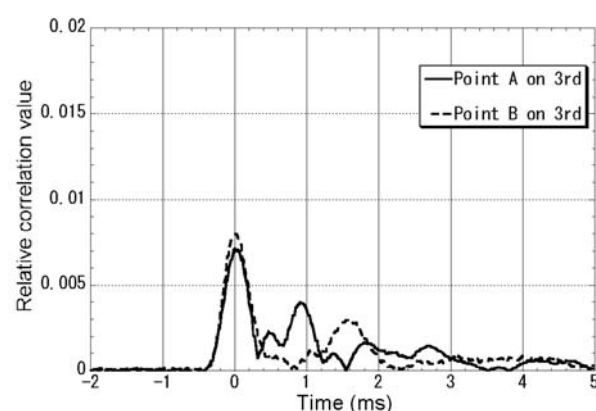


Fig.10 Correlated waveforms with 2 carrier waves at point A (—) and point B (--) on 3rd trial

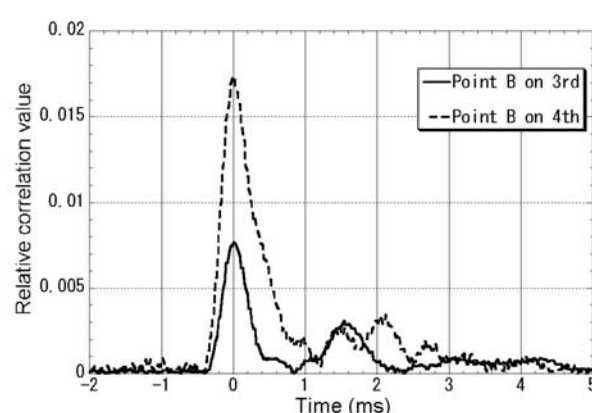


Fig.12 Correlated waveforms with 2 carrier waves at point B with (—) and without (--) acoustic telemetry receiver

響反射の調査には分解能不足であろう。今回の実験では「うらしま」潜航深度が800m程度と浅く、受信レベルは十分に高かった。また大深度に潜航して音響反射を計測する必要はないことから、搬送波数は2波が適切であろう。

4節での実験中は継続してアップリンク通信が行われていた。この通信による影響が4節では直接波前の相関、言い換えれば背景雑音との相関に現れた。Fig.10とFig.11を比較すると、アップリンク通信が行われていた4節 (Fig.11) において、背景雑音との相関値にノイズが多い事がわかる。ただ直接波ピークと比較すればごくわずかであるので、アップリンク通信によるダウンリンク通信への影響はほとんどない。ダウンリンク受波器の設置場所を検討する際、アップリンク送波器の位置は特段の考慮はしなくて良いといえる。なお3節の直接波相関ピークが4節よりも低いのは、「うらしま」の水平位置が相対的に遠く (Table 5)、送波・受波ビーム中心からはずれていた影響である。

Point Aでの相関グラフ (Fig.10, 実線) には、0.5, 0.9, 1.4, 1.8, 2.7msに明瞭な反射ピークがある。Point Aの周囲にはSSBL受波アレイ、TVカメラ&ライト、前方障害物回避ソナー用受波器とその取り付けフレームなどが密集しており、他の場所に比べて多くの反射体が近くにある。この影響が結果にあ

らわれ、受波器設置場所としては反射波の多い環境といえる。

Point Cでの相関グラフ (Fig.11, 破線) には1.0, 2.7msに反射ピークが見られる。1msの反射ピークは他のピークにはない緩やかな減衰を持っている。Point Cの下には多点採水器搭載用のスペースが空いており、その空間の下部にはCTDO、サイドスキャン用耐压容器、音響ホーミングソナーヘッドアンプ、前方障害物回避ソナー用マッチング回路容器 (3式)、データ記録用耐压容器などがある (Photo 6)。ハイドロフォンにはもっとも近くのデータ記録用耐压容器からの反射が届いたのち、距離順にCTDO、サイドスキャン用耐压容器、音響ホーミングソナーヘッドアンプ部、前方障害物回避ソナー用マッチング回路部 (3式) からの反射が連続して到達すると思われるが、その距離差は少なく、反射波が重畳した結果と考えられる。多点採水器が搭載されればさらに反射波が多くなると予想される。

Point Bでの相関グラフは3節 (Fig.12, 実線) 及び4節 (Fig.12, 破線) 共に、1.5ms未満に目立った反射ピークがなく、またすべてのピークは直接波の半分以下である。明瞭な反射ピークは1.5, 2.1, 2.7msにある。このうち1.5msの反射ピークは3節と4節のグラフにあるが、2.1と2.7msの反射ピークは3

節 (Fig.12, 実線)には見る事ができない。3節でははイドロフォンのすぐ脇にダウンリンク受波器が設置されていた (Photo 3)ことから、この受波器が反射波を遮蔽したと思われる。ダウンリンク受波器をはさんでPoint Bの反対側には、VBTと制御用耐圧容器がある。イドロフォンからの相対距離を考えると、2.1msのピークがVBTからの反射波、2.7msのピークが制御用耐圧容器による反射と考えられる。

三ヵ所すべてで内部音響反射波が計測されたことから、後方にも受波感度がある現在の受波器では、そのいずれの場所でも反射波を拾うと思われる。設置位置の検討と同時に、受波器の指向性を改良して後方感度を抑える事が、ダウンリンクの通信安定度に大きく影響すると考えられる。

5. まとめ

M系列信号を用いて自律型無人探査機 (AUV)「うらしま」内部の音響反射を調査した。その結果、ある観測点における通信に影響する反射体までの距離と、およそその反射強度を知ることができ、実験方法が有効な調査手段である事を確認した。

今回得られたデータは「うらしま」内部機器の音響的な影響を示す重要な資料となった。今後はダウンリンク受波器で受信したM系列信号のデータ処理を進め、受波位置の検討を行う。また、実験時はなかった多点採水装置搭載時や、機器の配置が大幅に変わる燃料電池搭載時の音響調査を検討する予定である。

参考文献

- 1) K. Tamura et al, "The development of the AUV-URASHIMA-" Proc. OCEANS2000, Vol.1.(2000) pp.139-146.
- 2) T. Murashima et al. "Deep sea cruising AUV 'URASHIMA'" Proc. TECHNO-OCEAN2000, Vol.III (2000) pp.333-338.
- 3) T. Aoki et al "Deep and Long Cruising AUV Hybrid-powered with Li-ion Battery and Fuel cell" Proc. Underwater Intervention 2001(2001).
- 4) 中村敏明, "AUV「うらしま」搭載の音響機器について", 海洋音響学会講演論文集, (2001.5) p59-62。
- 5) 中村敏明, "M系列信号を用いたAUV「うらしま」の内部音響反射", 日本音響学会講演論文集, (2001.3) p1055-1056。
- 6) 柏木潤, "M系列とその応用", センシング／認識シリーズ第8巻, 昭和堂, 1996
- 7) K. Metzger, JR., R. J. Bouwens, "An Order Table of Primitive Polynomials Over GF (2) of Degrees 2 Through 19 for Use With Linear Maximal Sequence Generators " Proc. Technical Memorandum No. 107.

(原稿受理: 2001年7月30日)