

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-166880

(P2017-166880A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 S 15/89 (2006.01)	GO 1 S 15/89 A	5 J 0 8 3
GO 1 S 15/10 (2006.01)	GO 1 S 15/10	
GO 1 S 7/526 (2006.01)	GO 1 S 7/526 J	

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2016-50441 (P2016-50441)	(71) 出願人	510152633
(22) 出願日	平成28年3月15日 (2016. 3. 15)		フュージョン有限会社
			東京都港区台場一丁目1-1
		(74) 代理人	100082762
			弁理士 杉浦 正知
		(74) 代理人	100123973
			弁理士 杉浦 拓真
		(72) 発明者	笹倉 豊喜
			東京都港区台場1-1-1-806 フュ
			ージョン有限会社内
		(72) 発明者	松尾 行雄
			宮城県仙台市若林区成田町6-3
		Fターム(参考)	5J083 AA02 AB08 AC12 AC28 AC30
			AC31 AD06 AE06 AF16 BA04
			BA10 BC16 BD06 BE08 BE16
			DC02

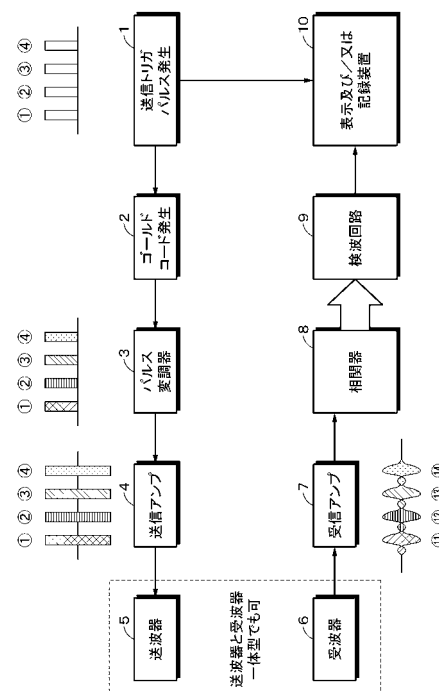
(54) 【発明の名称】 音響測定装置、音響測定方法、マルチビーム音響測定装置及び開口合成ソナー

(57) 【要約】

【課題】超音波の速度による制約をなくして短い周期で送信信号を送信可能とする。

【解決手段】疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、送信信号を短い周期で超音波として送出する送信部と、超音波のエコーを受信する受信部と、エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器とを備える音響測定装置である。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、
前記送信信号を短い周期で超音波として送出する送信部と、
前記超音波のエコーを受信する受信部と、
前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と
を備える音響測定装置。

【請求項 2】

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含む請求項 1 に記載の音響測定装置。

【請求項 3】

前記測定対象までの距離 D が深度である請求項 2 に記載の音響測定装置。

【請求項 4】

時間的に連続する複数の前記エコーを加算処理することによってノイズを低減するようにした請求項 1 又は 2 に記載の音響測定装置。

【請求項 5】

前記疑似雑音系列によって搬送波を変調することによって前記送信信号を形成する請求項 1、2 又は 3 に記載の音響測定装置。

【請求項 6】

前記疑似雑音系列によって搬送波を位相変調することによって前記送信信号を形成する請求項 5 に記載の音響測定装置。

【請求項 7】

前記エコーを搬送波周波数の 2 倍以上の周波数でサンプリングしてなるデータと前記疑似雑音系列によって相関を検出するようにした請求項 6 に記載の音響測定装置。

【請求項 8】

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成し、
前記送信信号を短い周期で超音波として送出し、
前記超音波のエコーを受信し、
前記エコーを相関器によって相関処理することによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する
音響測定方法。

【請求項 9】

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含む請求項 8 に記載の音響測定方法。

【請求項 10】

時間的に連続する複数の前記エコーを加算処理することによってノイズを低減するようにした請求項 8 又は 9 に記載の音響測定方法。

【請求項 11】

前記疑似雑音系列によって搬送波を変調することによって前記送信信号を形成する請求項 8、9 又は 10 に記載の音響測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を使用して深度、対象までの距離等を測定する音響測定装置及び音響測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

音響測定装置の一つとして音響測深装置が知られている。海洋での音響測深技術は古くから行われており、図1に示すように超音波振動子から超音波パルスを発射し、その音波が対象（海底）から反射してくるエコーをとらえて、水中の音波の伝搬速度（約1500 m/s）を用いてその深度を計測するものである。この原理を用いた音響測深装置は50年以上も前から製品化されており、今日でもこの原理を用いて海底の深度測量が行われている。このエコーロケーションと呼ばれる技術はこれまで変わることなく、言い換えれば発展することなく使用され続けてきた。

【0003】

原理は、超音波パルス（例えば1msパルス幅）を発射し、500mの海底だと往復距離1000mを音波の水中速度 V_u を1500m/sとすれば、 $1000/V_u = 1000/1500 = 0.667$ 秒かかって帰ってくるので、そのエコーを受信した後、再び超音波パルスを発射し、同時に船が進んだ分異なった場所の海底深度を計測するわけである。このように船の航行に伴って順次海底の深度を計測し、それを記録紙や画像として液晶画面に表示するのが音響測深装置と呼ばれるものである（例えば特許文献1参照）。

【0004】

これまでの音響測深装置は、超音波の水中での音速を考慮し、受信エコーより前に次の送信をしないように発信間隔をコントロールして、測深を行ってきた。図2に示すように、1つのビームだけを備えた測深装置をシングルビーム測深装置といい、近年登場した扇型に複数のビームが広がるものをマルチビーム測深装置という（例えば特許文献2参照）。マルチビーム測深装置は一度に広い範囲の深度を計測できる。

【0005】

深度を D 、送信パルスの送信間隔を T とし、 $(2D/1500) < T$ の場合では、図3Aに示すように、送信パルスと受信エコーの時間差が $(2D/1500)$ に対応したものとなり、この時間差から深度を測定できる。しかしながら、 $(2D/1500) \geq T$ の場合では、図3Bに示すように、次の送信パルスの送出後に受信エコーが到来するので、受信エコーがどちらの送信パルスに対応したものが分からなくなり、時間差 FD に基づいて誤った深度を計測することになる。したがって、従来では $(2D/1500) < T$ の条件が必要であった。

【0006】

送信周期を短くできないことは、測深の水平方向分解能を小さくできないことになる。図4を参照して船の進行方向（水平方向）の計測の分解能について説明する。船速 V （m/s）で深度 D （m）の測深を行う場合の水平方向の分解能 ΔH （m）は次式で表される。

$$\Delta H = VT > 2DV/1500$$

【0007】

例えば船が10kt（時速 10×1.852 km）で航行し、送信の周期が1秒の場合、約5m毎にしか測深データは得られない。深度1,000mの海底を計測するには、送信周期 T を $(1,000 \times 2)/1,500 = 1.33$ 秒以上にしないと計測できないが、船が10ktで航行すれば1.33秒後には6.7m進んでいるので、計測の分解能 ΔH は6.67mということになる。マルチビーム測深装置は一度に広い範囲の深度を計測できるが、船の進行方向の計測の分解能はシングルビームと同様である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2001-083247号公報

【特許文献2】特開2006-220436号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従来の音響測深装置では、計測の分解能を高くするためには船の速度を低下させる以外

10

20

30

40

50

に方法がなかった。したがって、従来の音響測深装置は、測深の分解能を高くする場合に測深に要する時間が長くなる問題があった。

【0010】

したがって、本発明の目的は、送信周期の制約をなくすことができ、短い送信周期を実現して分解能を高くすることができる音響測定装置及び音響測定方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の第1の発明は、疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、

10

送信信号を短い周期で超音波として送出する送信部と、

超音波のエコーを受信する受信部と、

エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器とを備える音響測定装置である。

【0012】

本発明の第2の発明は、疑似雑音系列信号によって送信信号を形成し、

送信信号を短い周期で超音波として送出し、

超音波のエコーを受信し、

エコーを相関器によって相関処理することによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する音響測定方法である。

20

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、送信周期を短くすることができるので、水平方向の分解能を高くすることができる。また、本発明では、送信周期が短いので、前後の受信エコー信号に相関がある。したがって、前後の受信エコー信号を加算するなどしてSN比を向上できるので、低い送信出力でも受信エコー信号を加算処理することが可能になり、装置の小型化や省電力設計が可能になる。なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本明細書中に記載されたいずれかの効果であっても良い。

30

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】音響測深の原理を示す略線図である。

【図2】シングルビーム測深とマルチビーム測深を説明するための略線図である。

【図3】従来の音響測深装置の説明に用いる波形図である。

【図4】従来の音響測深装置の水平方向分解能の説明に用いる略線図である。

【図5】本発明の一実施の形態の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の一実施の形態における相関器の説明に用いるブロック図である。

【図7】相関器の出力の説明に用いる波形図である。

【図8】受信信号を表示する場合を説明する略線図である。

40

【図9】送信信号の変調方法の一例を示す波形図である。

【図10】本発明の一実施の形態の説明に用いる波形図である。

【図11】本発明の一実施の形態の水平方向分解能の説明に用いる略線図である。

【図12】本発明の一実施の形態の説明に用いる波形図である。

【図13】本発明の一実施の形態の水平方向分解能の説明に用いる略線図である。

【図14】従来の音響測深装置のシミュレーションの結果を説明に用いる略線図である。

【図15】本発明による音響測深装置のシミュレーションの結果を説明に用いる略線図である。

【図16】従来の音響測深装置による表示画像と本発明の音響測深装置による表示画像を比較して示す略線図である。

50

【図 1 7】本発明による音響測深装置の送信信号の一例の波形図である。

【図 1 8】本発明による音響測深装置において二つのゴールドコード信号が重なった場合の説明に用いる波形図である。

【図 1 9】開口合成サイドスキャンソナーの原理を説明するための略線図である。

【図 2 0】開口合成の指向特性を説明するための略線図である。

【図 2 1】開口合成の原理を説明するための略線図である。

【図 2 2】点ターゲットの一例を示す略線図である。

【図 2 3】点ターゲットの一例の画像を示す略線図である。

【図 2 4】本発明における点ターゲットの一例の開口合成前の画像と開口合成後の画像を示す略線図である。

10

【図 2 5】従来における点ターゲットの一例の開口合成前の画像と開口合成後の画像を示す略線図である。

【図 2 6】本発明における 2 点ターゲットの一例の開口合成前の画像と開口合成後の画像を示す略線図である。

【図 2 7】マルチビーム音響測深機の説明に用いる略線図である。

【図 2 8】本発明をマルチビーム音響測深機に適用した他の実施の形態の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本発明の好適な具体例であり、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において、特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの実施の形態に限定されないものとする。

20

本発明の説明は、以下の順序にしたがってなされる。

< 1. 一実施の形態 >

< 2. 他の実施の形態 >

< 3. 変形例 >

【0016】

< 1. 一実施の形態 >

図 5 は、本発明による音響測深装置の一実施の形態の電気的構成を示す。一定周期のパルス信号の送信トリガパルスを発生する送信トリガ発生器 1 が設けられており、送信トリガパルスが P N 系列発生器としてのゴールドコード発生器 2 及び表示又は記録装置 1 0 に供給される。表示及び／又は記録装置 1 0 は、液晶等の表示装置及び／又は半導体メモリ等の記録装置と表示又は記録のための演算装置とを含んでいる。

30

【0017】

ゴールドコード発生器 2 は、送信トリガパルスと同期してゴールドコードを発生する。ゴールドコード以外の M 系列等の P N (Pseudorandom Noise) 系列を使用しても良い。ゴールドコードがパルス変調器 3 に供給され、ゴールドコードが例えば B P S K (Binary Phase Shift Keying) によってデジタル変調される。搬送波の周波数は数十 k H z ～数百 k H z とされる。

40

【0018】

パルス変調器 3 の出力信号が送信アンプ 4 に供給され、送信アンプ 4 において増幅等の処理がなされる。送信アンプ 4 の出力信号が送波器 5 に供給される。送波器 5 から水中超音波が送出される。発射された水中超音波のエコーが受波器 6 によって受波される。送波器 5 及び受波器 6 としては一体型の構成を使用してもよい。

【0019】

受波器 6 からの受波データが受信アンプ 7 に供給され、増幅等の処理を受けて後、相関器 8 に供給される。相関器 8 の出力が検波回路 9 に供給される。相関器 8 によって送信パルスに対応する受信エコーが取り出される。検波回路 9 は表示のための演算（例えば A / D 変換）を行う。検波回路 9 の出力が表示及び／又は記録装置 8 に供給され、送信パルス

50

に対してエコーが受信されるまでの時間がそれぞれ表示及び／又は記録される。

【0020】

図6は、相関検出の処理を示している。受信エコー信号が4064ステップのシフトレジスタSRに直列に入力される。なお、シフトレジスタSRに対して前後の複数の受信エコー信号を加算するなどしてSN比を向上させることが好ましい。加算処理によってノイズが低減でき、低い送信出力とすることが可能になり、装置の小型化や省電力設計が可能になる。シフトレジスタSRを動作させるシフトクロックが($20 \times 8 = 1,600 \text{ kHz} = 1.6 \text{ MHz}$)とされている。この周波数は一例であって搬送波周波数(20kHz)の2倍以上の周波数のシフトクロックを使用できる。受信エコー信号がシフトレジスタSRに供給されることによって搬送波信号の8倍の周波数をもってサンプリングされる。

10

【0021】

シフトレジスタSRに対して並列に演算回路EXA1～EX127が設けられている。演算回路EXA1～EX127のそれぞれは、排他的論理和回路と加算回路(4064回路)とから構成されている。演算回路EXA1～EX127のそれぞれの排他的論理和回路に対して共通にシフトレジスタSRの4064ビットが供給される。

【0022】

一方、演算回路EXA1～EX127のそれぞれの排他的論理和回路に対してゴールドコードのコードG1のレプリカ(レプリカは4064ビット)、コードG2のレプリカ、・・・、コードG127のレプリカがそれぞれ供給される。排他的論理和回路は、2つの入力のビットが同じ値であれば、出力が"0"となり、2つの入力のビットが異なる値であれば、出力が"1"となる。各排他的論理和回路の4064ビットの出力が加算される。加算は、"1"の個数がNであれば、Nの値の振幅の信号を出力するものである。否定論理をとることによって、2つの入力が一致するほど大きな値の出力が得られる。演算回路EXA1～EX127の加算出力は図7に示すものとなる。大きな振幅の出力が送信パルスのゴールドコードと一致する受信エコー信号を示している。

20

【0023】

図8は、表示及び／又は記録装置10において表示を行う場合を説明するものである。表示及び／又は記録装置10に対しては送信トリガパルスが供給されており、送信トリガパルスのタイミングが画面の上側の発信線(0m)として表示される。送信トリガパルスに対する検波回路9からの検波信号を例えば色を付けて表示する。送信トリガパルスは数十Hzから数十Hzの速い繰り返し信号であるので、相関器8からの送信トリガパルスのそれぞれに対応した検波信号を順次並べるように表示することによって、従来の音響測深装置と比較して数倍から数十倍の速さで測深画像が現れることになる。

30

【0024】

図9は、パルス変調の一例を説明するものである。例えば200kHzの搬送波の4周期(4波)毎にゴールドコードのビットの"0"及び"1"と対応して位相を0及び π に切り替える。搬送波の周波数は一例であり、他の周波数であってもよく、BPSK以外のQPSK等の変調方式を使用してもよい。さらに、位相変調に限らず、振幅変調を使用してもよい。

【0025】

相関器8においてデジタル信号処理で相関検出がなされる。1ビットが4周期で構成されており、各周期が8サンプルでデジタル化される。したがって、ゴールドコードのコードが127ビットの場合、一つの受信エコー信号は、($127 \times 4 \times 8 = 4064$ ビット)となる。

40

【0026】

上述した本発明の一実施の形態では、送信信号及び受信エコー信号(海底エコー)を識別することができる。図10に示すように、送信信号Aと送信信号Bとが異なるゴールドコードとされている。送信信号Aと対応する受信エコー信号が送信信号Bの後に受信されてその受信エコー信号が送信Aに対応するものであることを識別できる。したがって、従来のような送信周期Tに関する制限($(2D/1500) < T$)をなくすることができる。

50

【0027】

本発明の一実施の形態では水平方向の分解能が次式に示すものとなる。

$$\Delta H = V T$$

【0028】

例えば船が10kt（時速10×1.852km）で航行し、送信の周期が0.1秒の場合、 $\Delta H = 0.5$ mとなり、測深深度とは無関係に水平方向の分解能（計測間隔）を決めることができる。図11に示すように、深度にかかわらず、送信周期Tと船速Vのみから水平方向の分解能 ΔH が決められる。さらに、6種類の送信信号を識別することができる場合を図12及び図13に模式的に示す。このように、送信周期Tを短いものとでき、深度とは関係なく測深が可能となり、高い水平の計測分解能を得ることができる。

10

【0029】

なお、送信信号の識別は周波数などによっても行うことができるが、周波数弁別方式では使用する周波数範囲を広くすると、水中の伝搬損失が周波数によって異なるので、探知距離に周波数差が出るなど好ましくない。本発明では1つの周波数によって送信信号を識別するので、かかる問題が生じない。すなわち、送信信号を識別できるので、送信周期は従来のように海底のエコーが帰ってきてから次の送信信号を発射するという制約がなくなり、短い送信周期で測深が可能なり、水平方向の分解能を飛躍的に向上させることができる。

【0030】

図14、図15及び図16を参照してシミュレーションの結果と実測の例とを説明する。図14は、従来の音響測深装置で得られる送信信号と受信エコー信号（海底エコー）である。送信周期は0.1secで海底のエコーが0.07secのあたりに現れている。送信信号はエコーが受信されてから次の送信を行い、送信を行ってから受信するまでの時間を計測することにより深度を知ることができる。この場合、水中音速を1500/secとすれば、 $(0.07 \times 1,500 / 2 = 52.5 \text{ m})$ の深度を得ることができる。

20

【0031】

一方、本発明による音響測深装置は、送信周期は深度に関わりなく決めることができ、図15の例では送信周期が0.05secである。送信信号の間に海底の受信エコー信号が得られるが、送信信号には識別可能なコード番号A、B、C、・・・が付加されているので相関器を通過後には受信信号を識別できる。この例よりももっと短い送信周期でも識別可能となる。また、送信信号と受信信号が重なっても識別可能である。

30

【0032】

実際の受信エコー信号について従来方式の音響測深装置の画像と本発明による音響測深装置の画像を比較してみる。図16A及び図16Bは、従来の音響測深装置の画像である。図16は、従来方式の音響測深機の画像と本発明による音響測深機の画像とを比較したものである。図16Aは、従来方式の画像で横軸が30秒の画像で、図16Bは、横軸が3秒の画像である。この例では1秒間に4回の送信を行った画像で、横軸はかなり粗い画像となる。

【0033】

これに対して図16Cは、本発明の方式を適用し送信周期を0.05secとし、1秒間に20回の送信を行ったときの画像である。図16Dは、図16Cの一部を拡大したものである。図16Bと比較してかなり細かい横軸方向の分解能があることがわかる。送信周期を1秒間に50回にしたときの実際の送信信号は図17のようになる。200kHzの信号を5次127ビットのゴールドコードで4波を1ビットとして位相変調し、20ms毎に異なるゴールドコードで変調したパルス信号を並べて送信を行う。

40

【0034】

1つのパルス幅Pdは、搬送波の周波数をfc、1ビットに使用する波の数をNサイクル、ゴールドコードの長さをMビットとすると、次の式で表すものとなる。

$$P d = (1 / f c) \times N \times M$$

【0035】

50

搬送波周波数 $f_c = 200 \text{ kHz}$ 、1ビットに使用する波の数 $N = 4$ 、ゴールドコードの長さ $M = 127$ の場合にはパルス幅 P_d は次に示すものとなる。

$$P_d = 1 / 200000 \times 4 \times 127 = 0.00254 = 2.54 \text{ msec}$$

【0036】

さらに送信周期を短くして、2つの送信パルスが重なるように送信しても、相関処理後は分離できる。図18は、2つのゴールドコード信号（GC1及びGC2）を重ねて送信又は受信しても、それら2つのゴールドコード信号を分離して検出できることを示すものである。

【0037】

次に開口合成について説明する。開口合成とは、1つの送受波器を動かすことによって長い開口の送受波器と等価となる指向性を形成し分解能を上げる手法である。図19に示すように長さ d の送受波器を移動させながら送受信を繰り返し、長さ L の送受波器と等価となる水平方向の分解能を得る手法のことで、開口合成ソナーとして利用されている。簡単な説明をすれば、図20に示すように送受波器の長さ d による指向角に比べ、開口合成後の送受波器の長さ L の指向角はその比 d/L だけ鋭くなるので分解能が向上するというものである。

【0038】

図21に示す座標系で、 $P(x, y)$ の位置からの反射信号の合成信号 $S(x, y)$ は次式で表すことができる。

【0039】

【数1】

$$s(x, y) = \sum_{i=1}^n A_n s_n(t_n(x, y))$$

【0040】

ここで A_n は指向性関数、 t_n はターゲット P までの往復に要する時間で、水中音速を c とすると、次式で表すことができる。

【0041】

【数2】

$$t_n = \frac{2r_i}{c}$$

【0042】

開口合成で分解能が向上することを計算機シミュレーションを用いて説明する。図22のような位置に点ターゲットがあったとすると、従来方式の音響測深装置又はソナーでは、このターゲットのエコーは図23で示すように円弧状の画像になる。図24Aはわかりやすいように一部分を拡大した画像となっているが、この画像は既に本発明による方式を採用しており、1秒間に20回の送信、すなわちこの画像の上では100回分のエコーのシミュレーション画像である。

【0043】

この画像から開口合成の手法を用いて処理すれば、図24Bに示すような画像になる。図24Cは図24Bの一部を拡大して示している。図24B及び図24Cから分かるように、点ターゲットが0.1m程度の分解能で探知できていることがわかる。開口合成の条件として、送信周期を0.05sec（20回/秒）、送受波器の移動速度を2m/sec、開口長を10mとした。

【0044】

同様に従来方式で開口合成手法を採用した場合の画像が図25Aのように、送信周期が1秒間に1回の場合、移動速度を2m/sec、開口長を10mとしたとき、5回の送信し

10

20

30

40

50

かできないので受信エコーも5回分しかない。したがって開口合成を行っても図25Bに示すような低分解能の画像しか得られない。

【0045】

図26は、2つの点ターゲットを0.2m離して配置した場合の画像で、開口合成前(図26A)は2つの点ターゲットは分離できないが、開口合成後(図26B)は2つの点ターゲットを分離できている。図26Cは図26Bの一部を拡大して示している。

【0046】

開口合成の手法は既存の技術であるが、本発明の手法を用いて送信周期を早めることにより開口合成の手法を有効に利用できる。すなわち、従来の開口合成方法では、従来の音響測深と同様、受信エコーが戻ってきてから次の送信を行うので、最大探知距離をRとしたときの送信周期Tは、上述したように $(2R/1500 < T)$ の関係を満たす必要がある。したがって、最大探知距離を $R = 500\text{m}$ としたとき、 $(T > 2 \times 500 / 1500 = 0.67\text{sec})$ にしなければならないので、通常1回/秒の送信周期となる。これに対し、本発明の手法を用いれば、送信周期は最大探知距離の制約を受けずに設定できるので、20回/秒が可能になり、開口合成を有効に使用することができる。

【0047】

上述した本発明の利点は次の通りである。

従来の音響測深装置等は、水中での音波の速度に制約を受けていたが、本発明ではこの制約が解消される。水中での音波の速度の制約とは、従来の音響測深装置等は送信信号を送出してから海底などのエコー信号を受信してから次の送信信号を送出していたことをいう。

従来の音響測深装置等で開口合成処理を行う場合、かかる制約から送信周期を早くできないので、開口内での受信データを増やすためには船速を遅くする方法しか取り得なかった。本発明の技術を採用すれば、従来の音響測深装置等に比べて数倍から数十倍の送信周期で送信信号を送出できるので、開口合成を行う場合、従来の技術に比べ圧倒的に有利である。

【0048】

音波の速度の制約により送信周期を短くできないので、受信信号は前の受信信号との相関がない場合が多いので複数の受信信号を加算するなどしてSN比を向上させることは困難である。一方本発明では、送信周期を飛躍的に短くできるので、前後の信号に相関がある。したがって、前後の受信信号を加算するなどしてSN比を向上できるので、低い送信出力でも受信信号を加算処理することが可能になり、装置の小型化や省電力設計が可能になる。

【0049】

なお、魚群探知機とよく似た技術としてレーダーが知られている。レーダーは空中で使用する機器のため電波を利用している。電波の速度は $300,000\text{km/sec}$ であり、水中の音波の速度 1.5km/sec と比較して200,000倍ものスピードがある。このため、レーダーの探知範囲を例えば 100km としても、 100km の電波の往復時間は $0.00067\text{sec} = 0.67\text{ms}$ となり、送信周期は 1ms が可能となる。すなわち1秒間に1,000回の送信を行っても受信エコーと重なることはない。一方、水中で $1,000\text{m}$ の海底を探知しようとする、受信エコー信号は $1,000 \times 2 / 1500 = 1.33$ 秒後に返ってくるので送信周期は1.5秒程度になる。レーダーと音響測深装置では、現実的な探知距離 100km と $1,000\text{m}$ に対して $1.5\text{sec} / 1\text{ms} = 1,500$ 倍もの比が有り、音波の速度がいかに音響測深装置等の水中音響機器の送信周期に制約を与えているかわかる。本発明を使用すれば、この制約は解消され、送信周期を飛躍的に早くできるので、画期的な音響測深装置等を設計することが可能となる。

【0050】

<2. 他の実施の形態>

本発明の他の実施の形態としてマルチビーム音響測深機について述べる。図27に示すように、マルチビーム音響測深機は、船の進行方向に狭く、左右方向に広いファンビーム

と言われる指向性を持ち一つの送信機から送信信号が送信される。送信ビームとクロスするように、船の前後方向には広く、左右方向には狭いビームを複数有するので、マルチビーム音響測深機と称されるのである。図28は本発明の他の実施の形態のマルチビーム音響測深機の構成を示している。

【0051】

上述した一実施の形態と同様に、送信側の構成として、送信トリガ発生器1、ゴールドコード発生器2、パルス変調器3、送信アンプ4及び送波器5が設けられている。送波器5から水中超音波が送出される。送信信号は、数Hzから数十Hzの送信周期を持つ信号である。

【0052】

マルチビーム音響測深機の受信部は、シングルビーム音響測深機の受信部と異なり、複数の受波器 $6_1 \sim 6_N$ を有する。受波器 $6_1 \sim 6_N$ に対して受信アンプ $7_1 \sim 7_N$ が接続され、受信アンプ $7_1 \sim 7_N$ に対して相関器 $8_1 \sim 8_N$ が接続される。相関器 $8_1 \sim 8_N$ からの出力信号がゴールドコード毎の出力をビームフォーミング回路11に入力し、ビームフォーミングを行い、複数の受波ビームを形成する。

【0053】

ビームフォーミング回路11は、例えば米国特許第4,159,462号明細書に記載されているように、各相関器 $8_1 \sim 8_N$ の出力がそれぞれ供給されるアナログ遅延回路とアナログ遅延回路の遅延素子を選択することによって所定の遅延を与える遅延選択マトリクスとアナログ遅延回路の出力を加算する加算回路とを含む回路である。ビームフォーミング回路11の出力が表示及び／又は記録装置8に供給され、送信パルスに対してエコーが受信されるまでの時間がそれぞれ表示及び／又は記録される。かかるマルチビーム音響測深機に対して本発明を適用した場合も上述した一実施の形態と同様の作用効果を得ることができる。

【0054】

< 3. 変形例 >

以上、本発明の実施の形態について具体的に説明したが、本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、上述の実施形態において挙げた構成、方法、工程、形状、材料及び数値などはあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる構成、方法、工程、形状、材料及び数値などを用いてもよい。例えば相関検出を行う場合、受信エコー信号をコードに復調してから相関を検出することも可能である。さらに、以上の説明では音響測深装置について述べたが、マルチビーム音響測深装置、サイドスキャンソナー、魚群探知機、スキャンングソナー等の音響測深技術を使用する装置に対して本発明を適用することができる。

【0055】

なお、上述した実施の形態における処理装置の機能は、磁気ディスク、光磁気ディスク、ROM等の記録媒体にプログラムとして記録することができる。したがって、この記録媒体をコンピュータで読み取ってMPU(Micro Processing Unit)、DSP(Digital Signal Processor)等で実行することにより音響測定装置の機能を実現することができる。

【符号の説明】

【0056】

- 1 送信トリガパルス発生器
- 2 ゴールドコード発生器
- 3 パルス変調器
- 5 送波器
- 6 受波器
- 8 相関器
- 10 表示及び／又は記録装置
- SR シフトレジスタ
- EXA1～EX127 演算回路

10

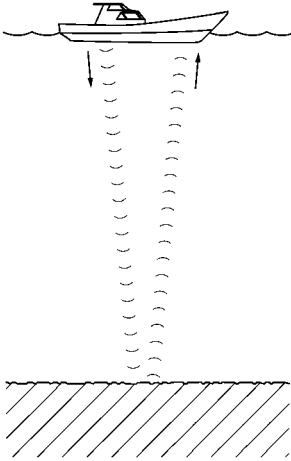
20

30

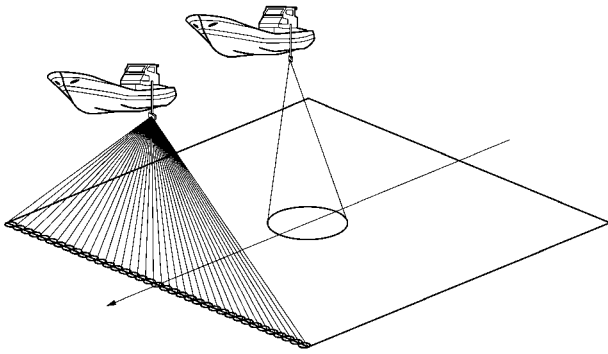
40

50

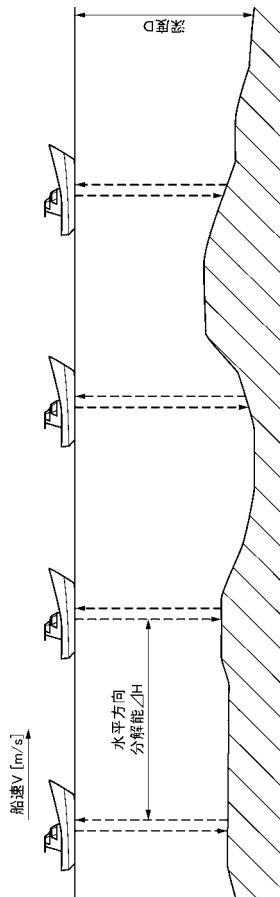
【図 1】



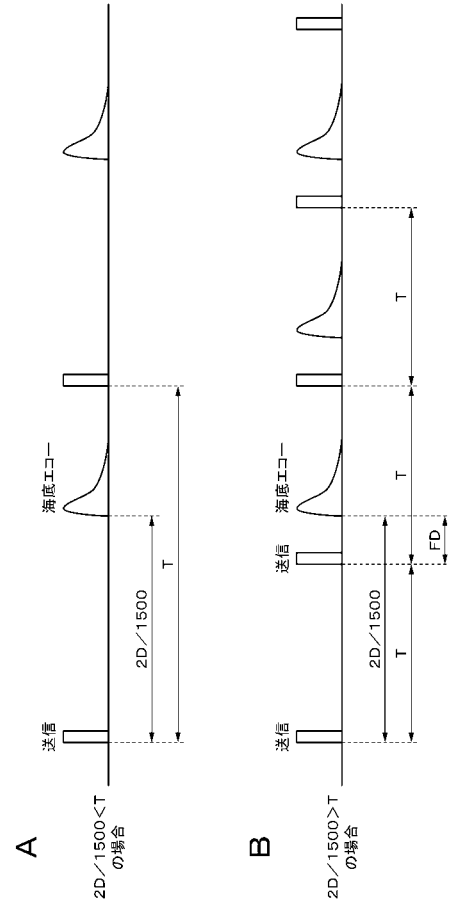
【図 2】



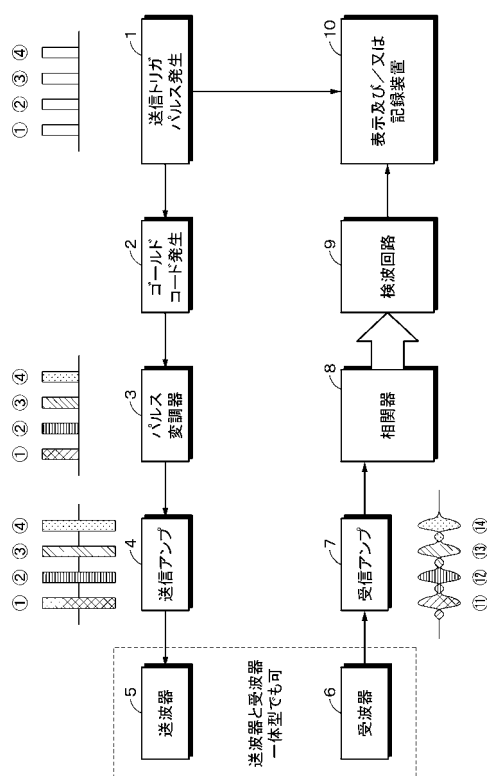
【図 4】



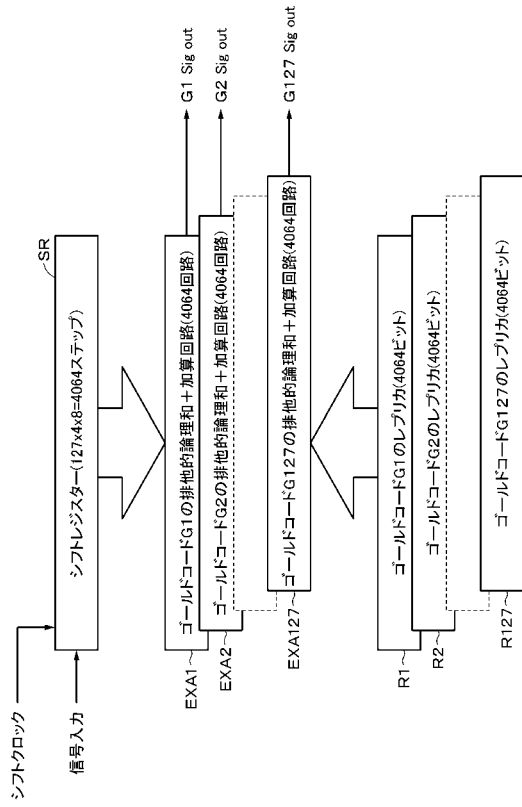
【図 3】



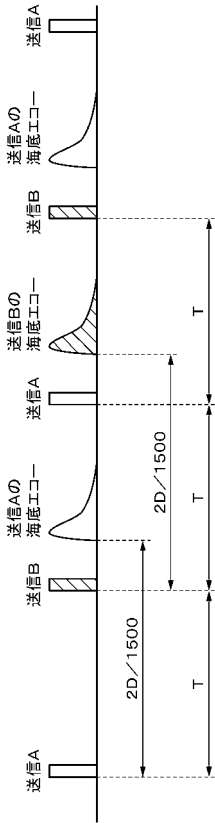
【図 5】



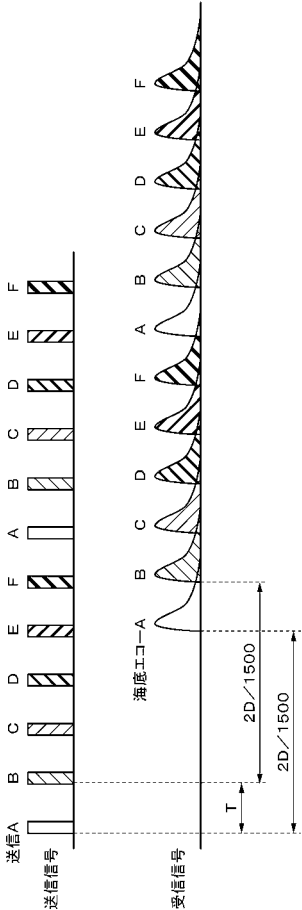
【 図 6 】



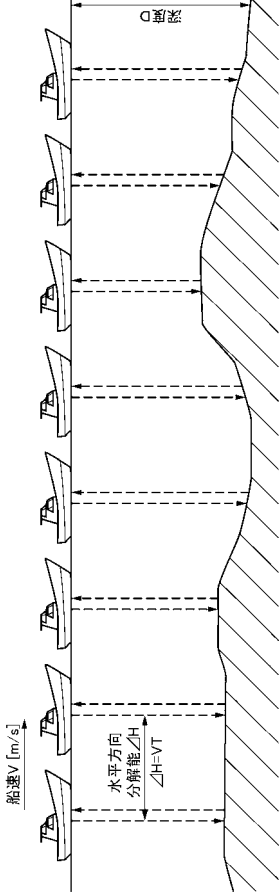
【図 10】



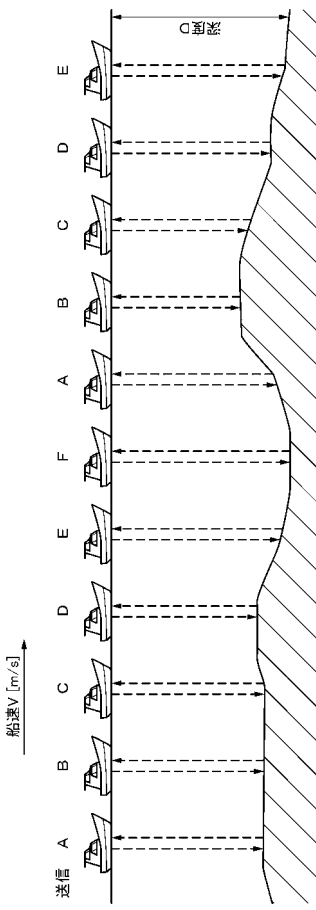
【図 12】



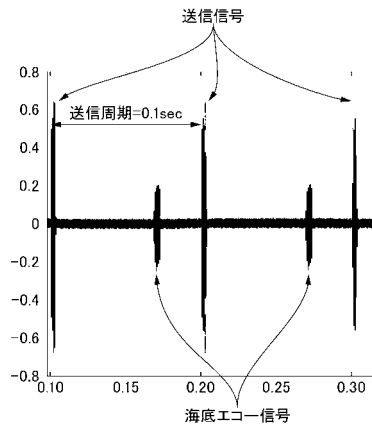
【図 11】



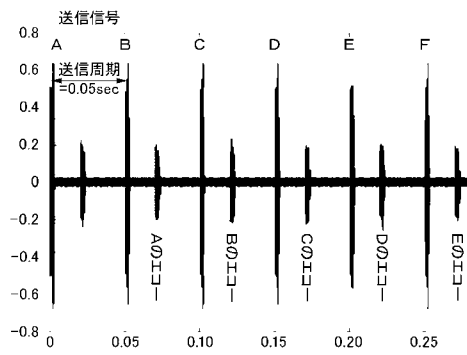
【図 13】



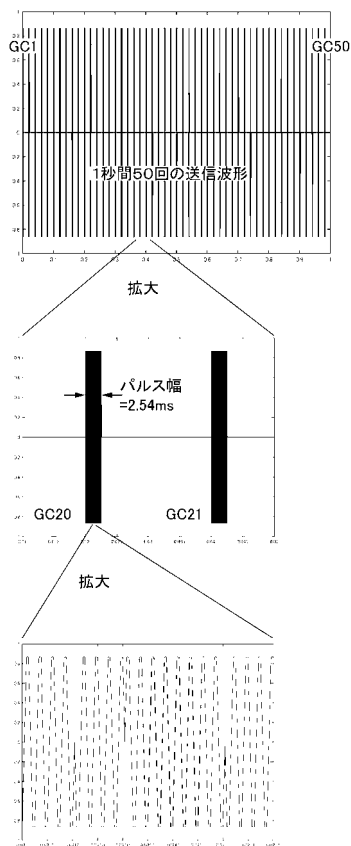
【図 14】



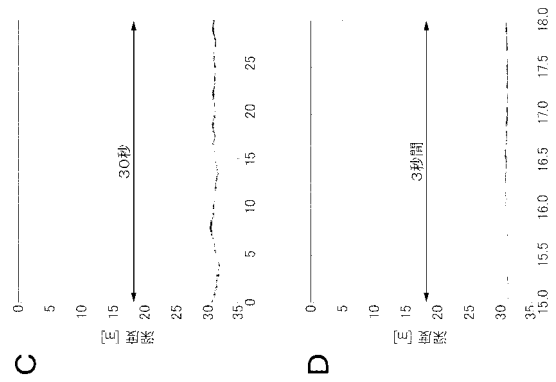
【図 15】



【図 17】

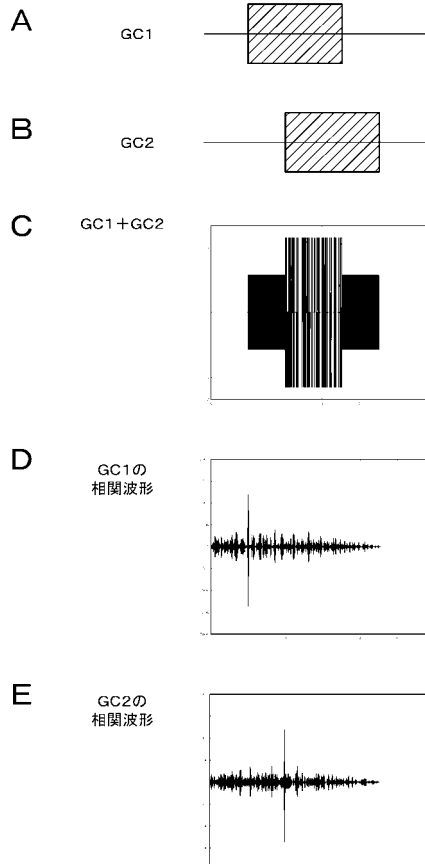


【図 16】

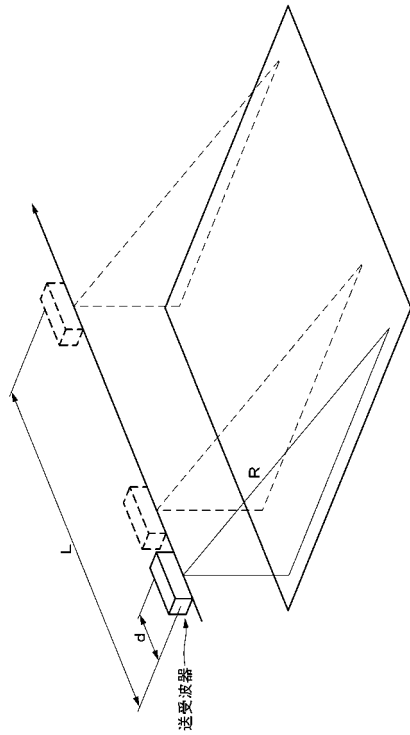


A

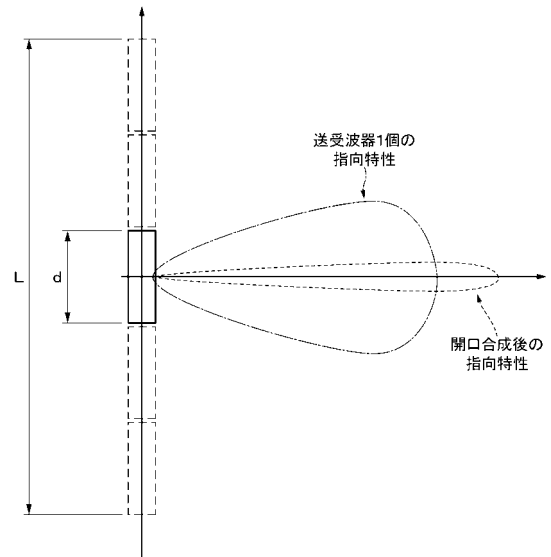
【図 18】



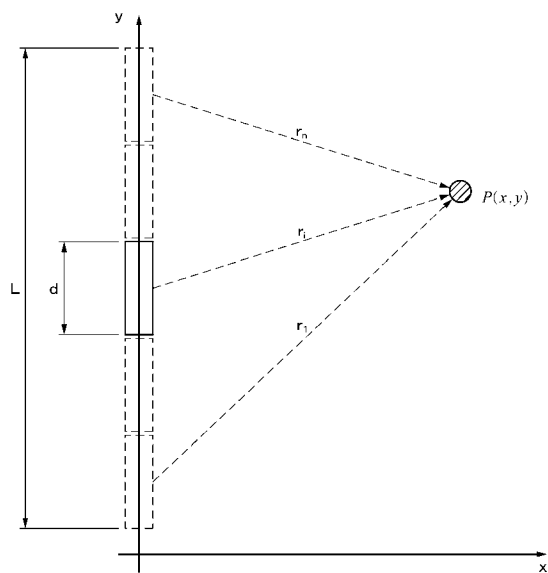
【図 19】



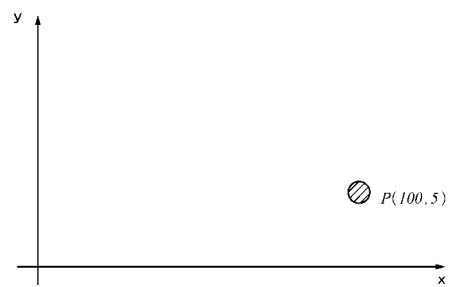
【図 20】



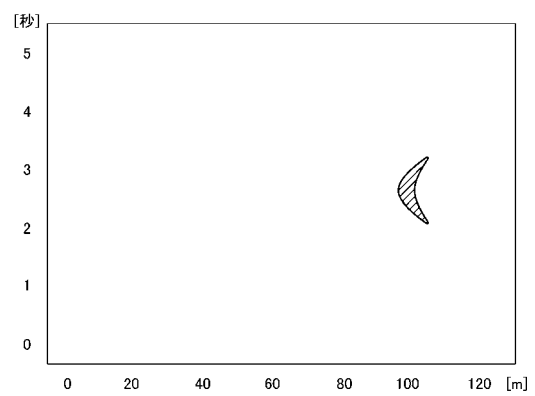
【図 21】



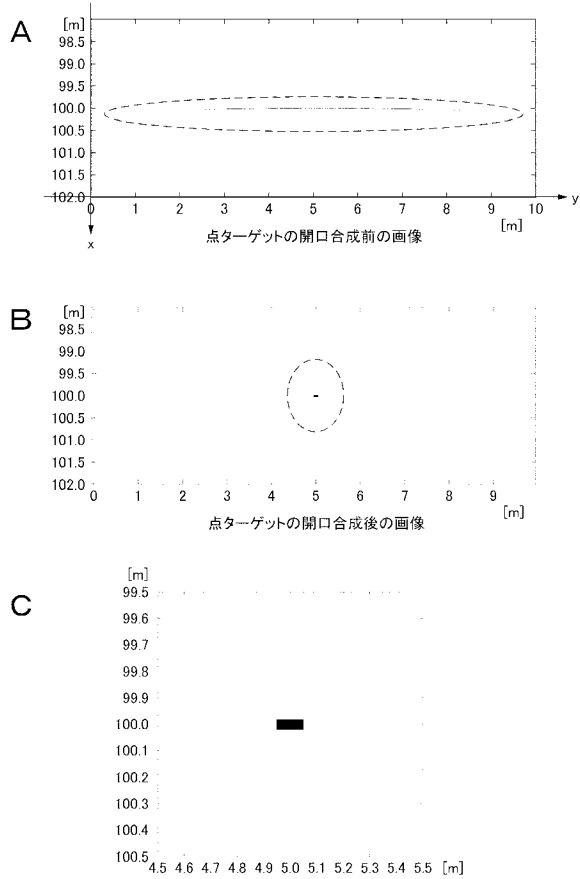
【図 22】



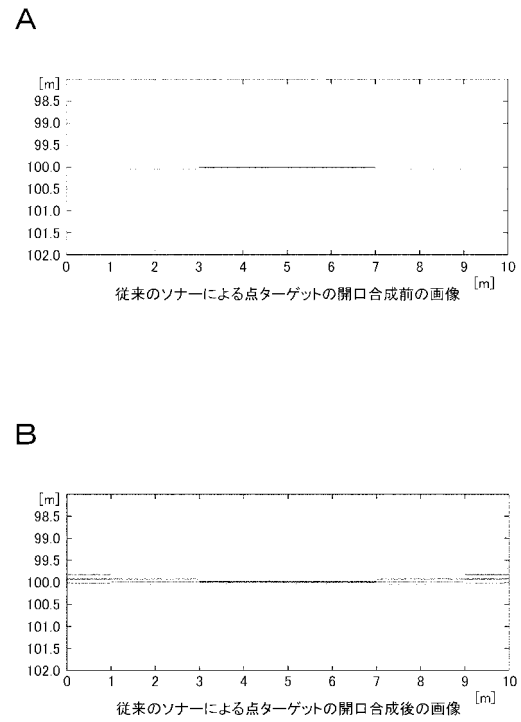
【図 23】



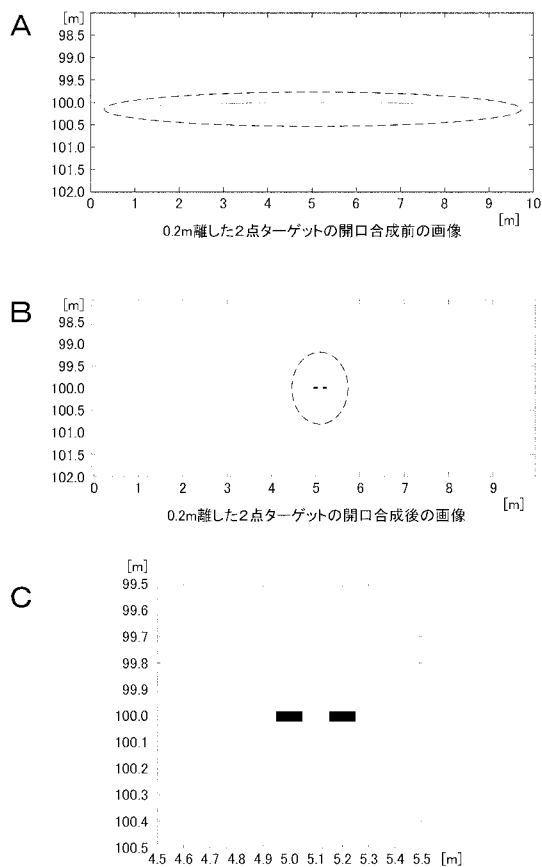
【図 2 4】



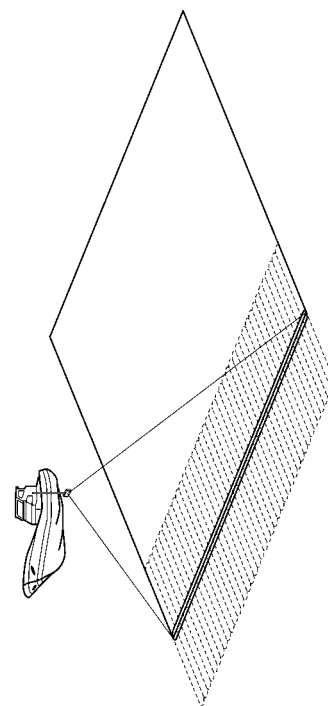
【図 2 5】



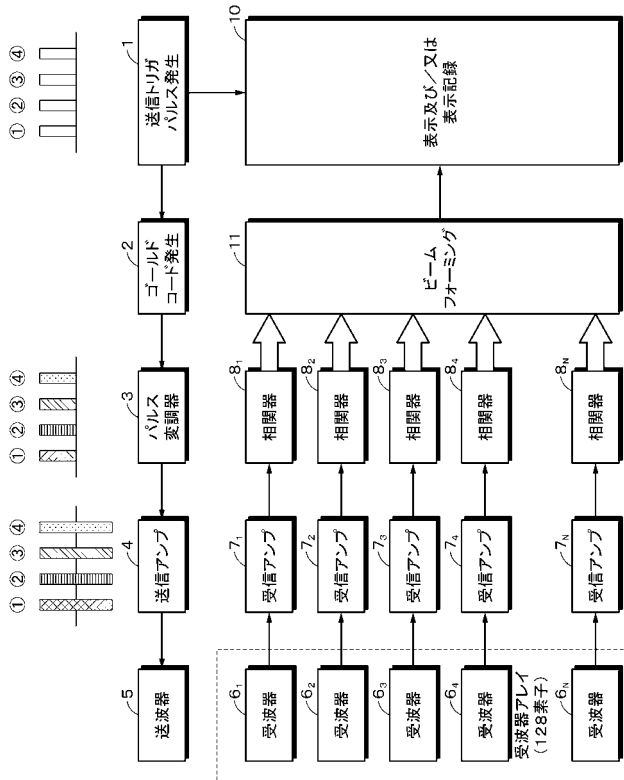
【図 2 6】



【図 2 7】



【図 28】



【手続補正書】

【提出日】平成28年6月29日(2016.6.29)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、
 前記送信信号を超音波として水中に送出する送信部と、
 前記超音波のエコーを受信する受信部と、
 前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含む
 音響測定装置。

【請求項 2】

前記測定対象までの距離 D が深度である請求項 1 に記載の音響測定装置。

【請求項 3】

時間的に連続する複数の前記エコーを加算処理することによってノイズを低減するようにした請求項 1 又は 2 に記載の音響測定装置。

【請求項 4】

前記疑似雑音系列によって搬送波を変調することによって前記送信信号を形成する請求項 1、2 又は 3 に記載の音響測定装置。

【請求項 5】

前記疑似雑音系列によって搬送波を位相変調することによって前記送信信号を形成する請求項 4 に記載の音響測定装置。

【請求項 6】

前記エコーを搬送波周波数の 2 倍以上の周波数でサンプリングしてなるデータと前記疑似雑音系列によって相関を検出するようにした請求項 5 に記載の音響測定装置。

【請求項 7】

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成し、
前記送信信号を短い周期で超音波として水中に送出し、
前記超音波のエコーを受信し、
前記エコーを相関器によって相関処理することによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定し、
前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含む

音響測定方法。

【請求項 8】

時間的に連続する複数の前記エコーを加算処理することによってノイズを低減するようにした請求項 7 に記載の音響測定方法。

【請求項 9】

前記疑似雑音系列によって搬送波を変調することによって前記送信信号を形成する請求項 7 又は 8 に記載の音響測定方法。

【請求項 10】

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、
前記送信信号を超音波として水中に送出する送信部と、
前記超音波のエコーを受信する受信部と、
前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と
を備え、
前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含むようになされ、
前記送信部によって扇状に多数の超音波ビームを送出する
マルチビーム音響測定装置。

【請求項 11】

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、
前記送信信号を超音波として水中に送出する送信部と、
前記超音波のエコーを受信する受信部と、
前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と
を備え、
前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含むようになされ、
1 組の送波器及び受波器を動かすことによって長い開口の送受波器と等価となる指向性を形成するようにした
開口合成ソナー。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

本発明は、超音波を使用して深度、対象までの距離等を測定する音響測定装置、音響測定方法、マルチビーム音響測定装置及び開口合成ソナーに関する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

したがって、本発明の目的は、送信周期の制約をなくすことができ、短い送信周期を実現して分解能を高くすることができる音響測定装置、音響測定方法、マルチビーム音響測定装置及び開口合成ソナーを提供することにある。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明の第1の発明は、疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、

送信信号を超音波として水中に送出する送信部と、

超音波のエコーを受信する受信部と、

エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含む

音響測定装置である。

本発明の第2の発明は、疑似雑音系列信号によって送信信号を形成し、

送信信号を短い周期で超音波として水中に送出し、

超音波のエコーを受信し、

エコーを相関器によって相関処理することによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定し、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含む

音響測定方法である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

本発明の第3の発明は、疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、

送信信号を超音波として水中に送出する送信部と、

超音波のエコーを受信する受信部と、
エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応する
エコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する
相関器と

を備え、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合
に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含むようになされ、

送信部によって扇状に多数の超音波ビームを送出する
マルチビーム音響測定装置である。

本発明の第4の発明は、疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部
と、

送信信号を超音波として水中に送出する送信部と、

超音波のエコーを受信する受信部と、

エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応する
エコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する
相関器と

を備え、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合
に、 $(2D/V_u)$ 以下の場合を含むようになされ、

1組の送波器及び受波器を動かすことによって長い開口の送受波器と等価となる指向性を
形成するようにした

開口合成ソナーである。

【手続補正書】

【提出日】平成29年4月11日(2017.4.11)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

船などの移動体に設置され、水中の測定対象を探知する音響測定装置において、

疑似雑音系列信号を生成する疑似雑音系列発生回路及び送信タイミングの前記疑似雑音
系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成する変調回路を有する送信信号形
成部と、

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、

前記送信信号を超音波として水中に順次送出する送信部と、

前記送信部から送出された超音波のエコーを受信する受信部と、

前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信
号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定
対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする
場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされた
音響測定装置。

【請求項2】

前記測定対象までの距離 D が深度である請求項1に記載の音響測定装置。

【請求項3】

時間的に連続する複数の前記エコーを加算処理することによってノイズを低減するよう
にした請求項1又は2に記載の音響測定装置。

【請求項 4】

前記変調回路は、前記疑似雑音系列によって搬送波を位相変調することによって前記送信信号を形成する請求項 1 から 3 までのいずれかに記載の音響測定装置。

【請求項 5】

前記エコーを搬送波周波数の 2 倍以上の周波数でサンプリングしてなるデータと前記疑似雑音系列によって相関を検出するようにした請求項 4 に記載の音響測定装置。

【請求項 6】

船などの移動体に設置された音響測定装置によって水中の測定対象を探知する音響測定方法において、

疑似雑音系列発生回路によって疑似雑音系列信号を生成し、送信タイミングの前記疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成し、

送信部によって前記送信信号を超音波として水中に順次送出し、

前記送信部から送出された超音波のエコーを受信し、

前記エコーを相関器によって相関処理することによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定し、

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされた

音響測定方法。

【請求項 7】

時間的に連続する複数の前記エコーを加算処理することによってノイズを低減するようにした請求項 6 に記載の音響測定方法。

【請求項 8】

前記疑似雑音系列によって搬送波を位相変調することによって前記送信信号を形成する請求項 6 又は 7 に記載の音響測定方法。

【請求項 9】

船などの移動体に設置され、水中の測定対象を探知するマルチビーム音響測定装置において、

疑似雑音系列信号を生成する疑似雑音系列発生回路及び送信タイミングの前記疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成する変調回路を有する送信信号形成部と、

前記送信信号を超音波として水中に順次送出する送信部と、

前記送信部から送出された超音波のエコーを受信する受信部と、

前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされ、

前記送信部によって扇状に多数の超音波ビームを送出するマルチビーム音響測定装置。

【請求項 10】

船などの移動体に設置され、水中の測定対象を探知する開口合成ソナーにおいて、

疑似雑音系列信号を生成する疑似雑音系列発生回路及び送信タイミングの前記疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成する変調回路を有する送信信号形成部と、

前記送信信号を超音波として水中に順次送出する送信部と、

前記送信部から送出された超音波のエコーを受信する受信部と、

前記エコーを前記疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、前記送信信号と対応する前記エコーを判別し、前記送信信号及び前記エコーの時間差に基づいて測定

対象までの距離を測定する相関器と
を備え、

前記送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされ、

1組の送波器及び受波器を動かすことによって長い開口の送受波器と等価となる指向性を形成するようにした

開口合成ソナー。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

本発明の第1の発明は、船などの移動体に設置され、水中の測定対象を探知する音響測定装置において、

疑似雑音系列信号を生成する疑似雑音系列発生回路及び送信タイミングの疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成する変調回路を有する送信信号形成部と、

疑似雑音系列信号によって送信信号を形成する送信信号形成部と、

送信信号を超音波として水中に順次送出する送信部と、

送信部から送出された超音波のエコーを受信する受信部と、

エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされた
音響測定装置である。

本発明の第2の発明は、船などの移動体に設置された音響測定装置によって水中の測定対象を探知する音響測定方法において、

疑似雑音系列発生回路によって疑似雑音系列信号を生成し、送信タイミングの疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成し、

送信部によって送信信号を超音波として水中に順次送出し、

送信部から送出された超音波のエコーを受信し、

エコーを相関器によって相関処理することによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定し、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされた

音響測定方法である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0012】

本発明の第3の発明は、船などの移動体に設置され、水中の測定対象を探知するマルチビーム音響測定装置において、

疑似雑音系列信号を生成する疑似雑音系列発生回路及び送信タイミングの疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成する変調回路を有する送信信号形成部と、

送信信号を超音波として水中に順次送出する送信部と、
送信部から送出された超音波のエコーを受信する受信部と、
エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされ、

送信部によって扇状に多数の超音波ビームを送出する

マルチビーム音響測定装置である。

本発明の第4の発明は、船などの移動体に設置され、水中の測定対象を探知する開口合成ソナーにおいて、

疑似雑音系列信号を生成する疑似雑音系列発生回路及び送信タイミングの疑似雑音系列信号によって搬送波信号を変調して送信信号を形成する変調回路を有する送信信号形成部と、

送信信号を超音波として水中に順次送出する送信部と、

送信部から送出された超音波のエコーを受信する受信部と、

エコーを疑似雑音系列信号によって相関処理を行うことによって、送信信号と対応するエコーを判別し、送信信号及びエコーの時間差に基づいて測定対象までの距離を測定する相関器と

を備え、

送信信号の周期は、水中の音波の速度を V_u とし、測定対象までの距離を D とする場合に、 $(2D/V_u)$ 以下とされ、

1組の送波器及び受波器を動かすことによって長い開口の送受波器と等価となる指向性を形成するようにした

開口合成ソナーである。