

海底基準局の識別信号の追加について

佐藤まりこ：海洋研究室

Extension of acoustic signal patterns for identifying the seafloor stations in seafloor geodetic observation

Mariko SATO: Ocean Research Laboratory

Abstract

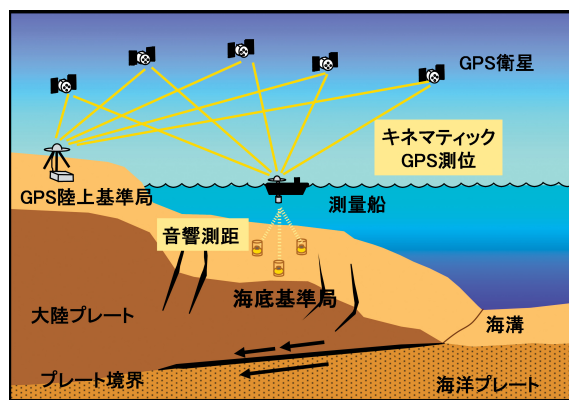
The Hydrographic and Oceanographic Department of Japan has been carrying out GPS/acoustic seafloor geodetic observation for monitoring crustal movements around offshore plate boundary regions. A seafloor reference point consists of three or four acoustic mirror-type transponders called “seafloor stations” being installed on the seafloor. Each seafloor station has an acoustic signal pattern for identifying itself. In this report, I summarize the background and technical overview of the extension of acoustic signal patterns for identifying the seafloor stations in seafloor geodetic observation.

1 はじめに

海洋情報部では、東京大学生産技術研究所の技術協力の下、GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測の技術開発及び海底基準点の展開を行い、測量船による繰り返し観測を実施している（浅田・矢吹，2001；藤田，2006）。

海底地殻変動観測は、時々刻々と変化する測量船の位置を「キネマティックGPS（KGPS）観測」で決定し、測量船に装備された音響トランスデューサと海底に設置された海底基準局との間の距離を「音響測距観測」で測り、それらを組み合わせて海底基準点の位置をセンチメートルの精度で求めるものである（第1図）。

各海底基準点には、安定した観測結果を得るため、3または4台の海底基準局が設置されているが、音響測距観測の際にこれら複数の基準局を区別するため、それぞれ異なる識別信号が設定されている（浅田・矢吹，2001；富山，2003）。この識別信号としては、これまで5種類の信号を使用してきたが、



第1図 海底地殻変動観測の概念図

Fig. 1 Schematic picture of seafloor geodetic observation.

今般、さらに5種類の信号を追加したので、その背景とともに技術的検討の概要について報告する。

2 識別信号追加の背景

現在の海底基準局は1999年から2004年にかけて設置されたもので、設置から既に5年以上、初期に投入した海底基準点にあっては9年が経過している。海底基準局はリチウムイオン電池で動作していて、

仕様では海底基準局の寿命は8年となっていることから、観測の継続性を確保するためにも早急に海底基準局を更新する必要がある。海底基準局の更新は、既設の海底基準局のところに新たに海底基準局を設置し、併行して観測を行うことによって新旧海底基準点の位置を関係づけることを意味しており、これによりこれまでに得られた観測データを有効に活用することができる。海洋情報部では、海底基準局の電池切れが迫っているという現状を鑑み、平成21(2009)年度から既設の海底基準局を年2箇所ずつ更新していくこととした。

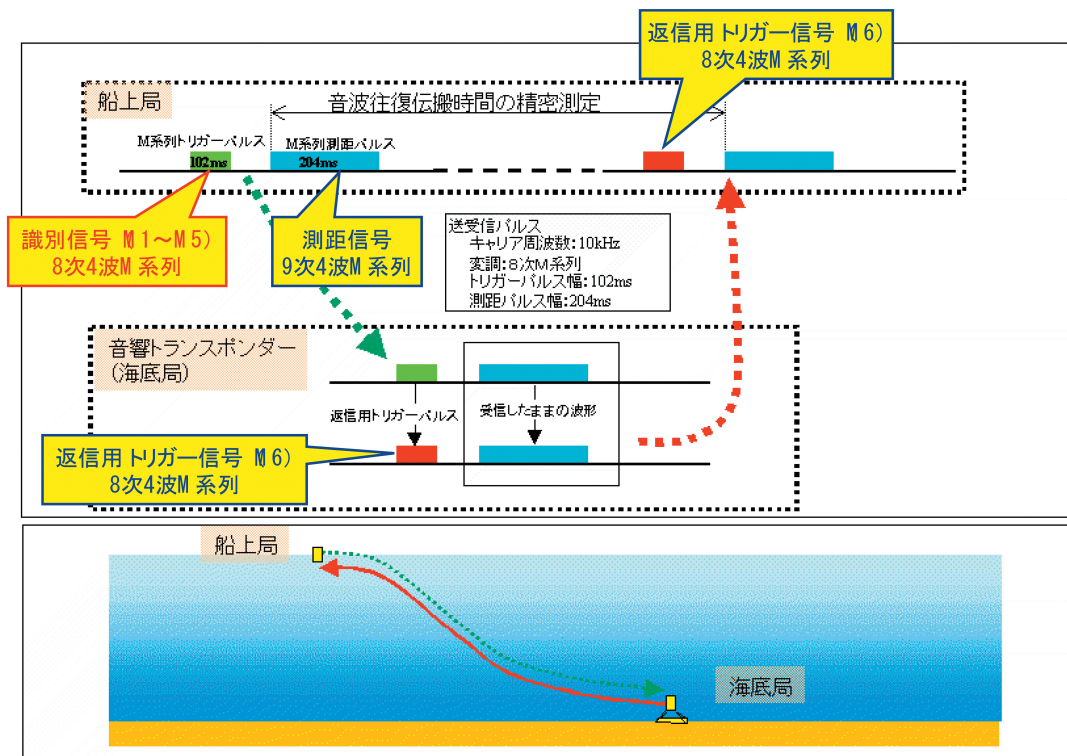
海底基準局の更新にあたり、1つの問題が浮上した。それは、海底基準局の識別信号が5種類しかなく、新旧の海底基準局に独立した識別番号を付与することができないことである。新旧海底基準局に対し、併行観測を行うためには少なくとも8種類の海底基準局の識別信号が必要となる。

そこで、今般、識別信号を新たに5種類追加し、最大10台までの併行観測が行えるようにした。次節以降で、海底基準局の識別信号の詳細と追加した信号の選定経緯について述べる。

3 音響測距観測に使用する音響信号

音響測距観測で使用する音響信号については、浅田・矢吹(2001)、富山(2003)にも書かれているが、ここでもう一度整理しておく。

音響測距観測における音響信号の流れを第2図に示す。まず、船上の音響トランスデューサから音響測距を行う海底基準局の識別信号(各海底基準局に割り当てられた音響信号で、M1~M5の5種類がある)と測距信号を送信する。各海底基準局は自身の識別信号が送信されたことを認識すると、続けて送信される測距信号をバッファに蓄え、約1秒後に返信用トリガー信号(全海底基準局共通)を先頭に付けて船上の音響トランスデューサへ返信する。船上では、ADコンバータを通して、それら一連の音響信号を200kHzサンプリングで収録する。これが1回(1ショット)の音響測距観測の流れである。この観測をM1, M2, M3, M4, M1, ……とそれぞれの海底基準局に対して順番に10秒間隔(水深が大きい観測点は12秒間隔)で繰り返し行い、1回の観測で合計約5000ショットの音響測距データを取得



第2図 M系列音響信号による音響測距システム
Fig. 2 Ranging system using M-sequence acoustic signals.

する。これらの音響測距データは、陸上に持ち帰った後、理論送信波形と相互相関が取られ、船上の音響トランスデューサと海底基準局との間の音響信号の往復時間が決定される。

音響測距観測で使用している音響信号は、M系列というコード化されたパルス信号（0，1）のビットに応じて搬送波（10 kHzの正弦波）を位相変調させたものである。音響信号には、トリガー信号（識別信号，返信用トリガー信号）と測距信号があり、それぞれ8次4波（信号長：102 ms），9次4波（信号長：204 ms）のM系列音響信号が使われている。ここで、8次，9次はM系列の次数を示し、4波はM系列信号の0，1のビットに応じて搬送波が4波長ごとに位相変調されることを意味する。

トリガー信号として使用している8次M系列のコードパターンは全部で16種類あるが、このうち5種類（M1～M5）を識別信号として各海底基準局に割り当て、1種類（M6）を海底基準局から返信する際のトリガー信号（返信用トリガー信号）として利用している。残りの10種類の信号は現在使用していないため、本稿では、これらの信号を識別信号として使用することができないか検討した。

4 新たに追加する海底基準局の識別信号の検討

4.1 8次M系列信号

まず、8次M系列信号について具体的に記す。なお、M系列信号の発生原理については富山（2003）に書かれているので、本稿では省略する。

8次M系列信号は、信号長が $2^8 - 1 = 255$ ビット、すなわち255個の0，1の組み合わせで構成されており、それぞれ自己相関は大きく、相互相関が小さい独立した16種類（=原始多項式の数）の信号がある。さらに、255個の数字の羅列のどこを初期値に取るかによって、全部で16種類×255（初期値の選択）=4080通りの信号ができる。なお、我々の観測では、255個のビットの最後に「0」を加えた256ビットの信号を使用している。

第3図に、8次のM系列の16個の原始多項式を示す。現在、識別信号及び返信用トリガー信号として使用している原始多項式はM01～M06で（2節のM

$$\begin{aligned} M01(285): & x^8+x^4+x^3+x^2+1 \\ M02(487): & x^8+x^7+x^6+x^5+x^2+x+1 \\ M03(361): & x^8+x^6+x^5+x^3+1 \\ M04(357): & x^8+x^6+x^5+x^2+1 \\ M05(351): & x^8+x^6+x^4+x^3+x^2+x+1 \\ M06(299): & x^8+x^5+x^3+x+1 \\ M07(355): & x^8+x^6+x^5+x+1 \\ M08(301): & x^8+x^5+x^3+x^2+1 \\ M09(333): & x^8+x^6+x^3+x^2+1 \\ M10(369): & x^8+x^6+x^5+x^4+1 \\ M11(391): & x^8+x^7+x^2+x+1 \\ M12(397): & x^8+x^7+x^3+x^2+1 \\ M13(425): & x^8+x^7+x^5+x^3+1 \\ M14(451): & x^8+x^7+x^6+x+1 \\ M15(463): & x^8+x^7+x^6+x^3+x^2+x+1 \\ M16(501): & x^8+x^7+x^6+x^5+x^4+x^2+1 \end{aligned}$$

第3図 8次M系列の原始多項式

Fig. 3 Primitive polynomials of 8th-order M-sequence.

1～M6にそれぞれ対応)、未使用の原始多項式を便宜上M07～M16と名付けることとする。

4.2 8次M系列信号の相互相関

4.2.1 相互相関

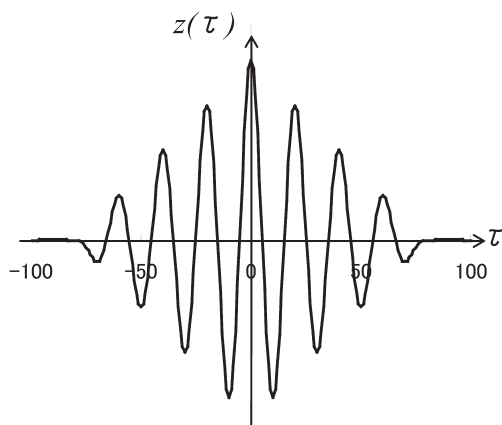
本稿では、相関によりM系列信号の類似性を評価し、新たに追加する識別信号を決定した。ここで、信号処理でよく使われる相互相関について簡単に触れておく。

相互相関関数は、2つの関数の類似度を示す指標で、次式で表わされる。

$$z(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t-\tau)dt$$

これは、2つの関数 $f(t)$ ， $g(t)$ を時間差 τ だけずらして乗算し、時間軸についての積分を行うことを示していて、2つの関数の重なり具合を表す。特に、 $f(t)$ と $g(t)$ の関数が同じ場合を自己相関関数という。相互相関関数の値が大きいほど2つの関数が似ていることを示し、識別信号のように個々の信号を区別する目的で使う場合には、相互相関関数の値は小さいほど望ましい。

参考として、M01の信号波形の自己相関波形を第4図に示す。中央のピークの両側に徐々に小さくなっていく3つのピークが見られるが、これは信号



第4図 識別信号M01の自己相関波形例
Fig. 4 An example of autocorrelation function of identification signal "M01."

波形の1ビットが4つの波形で構成されることによるもので、それぞれのピークは時間差 $\tau = \pm 1, \pm 2, \pm 3$ 波長に相当する。

現在使用しているM01~M06の信号波形の相互相関関数のピーク値を第1表に示す。なお、表は、自己相関関数のピーク値が1となるよう正規化している。表から、相互相関関数のピーク値はM04×M06の組み合わせで最も大きく、0.34となっている。これまでの観測で海底基準局が誤認識したという事例はないことから、相互相関関数のピーク値が0.3程度であれば特に問題なく音響測距を行うことができると考えられる。

4.2.2 ビット相関

M01	1.00					
M02	0.18	1.00				
M03	0.16	0.21	1.00			
M04	0.17	0.15	0.24	1.00		
M05	0.20	0.23	0.20	0.27	1.00	
M06	0.17	0.20	0.23	0.34	0.15	1.00
	M01	M02	M03	M04	M05	M06

第1表 使用しているM系列信号の相関関数のピーク値

Table 1 Peak values of cross-correlation functions of M-sequence signals using in our observation.

まず、16種類の8次M系列信号の相関特性を調べるため、ビット相関を取った結果を示す(第2表)。第2表は相関関数のピーク値を示しており、ある特定の組み合わせのときに相互相関関数のピーク値は比較的大きな値(0.37)を取ることが分かる。その組み合わせは、

- ・ M01 × M14
- ・ M02 × M16
- ・ M03 × M07
- ・ M04 × M06
- ・ M05 × M15
- ・ M08 × M12
- ・ M09 × M13
- ・ M10 × M11

である。

先述したように、識別信号として採用する場合には、相互相関関数のピーク値はできるだけ小さい信

M系列	原始多項式	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
M01	285	1.00															
M02	487	0.25	1.00														
M03	361	0.25	0.18	1.00													
M04	357	0.18	0.25	0.25	1.00												
M05	351	0.25	0.25	0.18	0.25	1.00											
M06	299	0.25	0.25	0.25	0.37	0.12	1.00										
M07	355	0.25	0.25	0.37	0.25	0.25	0.25	1.00									
M08	301	0.12	0.25	0.12	0.12	0.25	0.25	0.25	1.00								
M09	333	0.25	0.12	0.12	0.12	0.25	0.25	0.25	0.25	1.00							
M10	369	0.12	0.25	0.12	0.25	0.12	0.18	0.25	0.25	0.18	1.00						
M11	391	0.25	0.25	0.25	0.18	0.25	0.25	0.12	0.25	0.25	0.37	1.00					
M12	397	0.25	0.18	0.25	0.25	0.18	0.12	0.12	0.37	0.25	0.25	0.25	1.00				
M13	425	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.12	0.12	0.25	0.37	0.25	0.18	0.25	1.00			
M14	451	0.37	0.12	0.25	0.25	0.25	0.18	0.25	0.25	0.18	0.25	0.12	0.25	0.25	1.00		
M15	463	0.25	0.12	0.25	0.12	0.37	0.25	0.18	0.18	0.25	0.25	0.12	0.25	0.25	0.25	1.00	
M16	501	0.12	0.37	0.25	0.25	0.12	0.25	0.18	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.12	0.25	0.25	1.00
		M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16

第2表 ビット相関関数のピーク値
Table 2 Peak values of bit correlation functions.

号の組み合わせを選ぶ必要があるため、現在使用しているM01～M06を含まない組み合わせ(M08×M12, M09×M13, M10×M11)から1つずつ採用するのが良いと思われる。この場合、識別信号は8種類となるが、予備となる信号がないため、何らかの原因で信号が弱くなって再設置する場合に識別信号が割り当てられず不都合が生じる。このため、ビット相関が強い組み合わせの信号も利用するべく、次節でより詳細な検討を行った。

4.2.3 波形相関

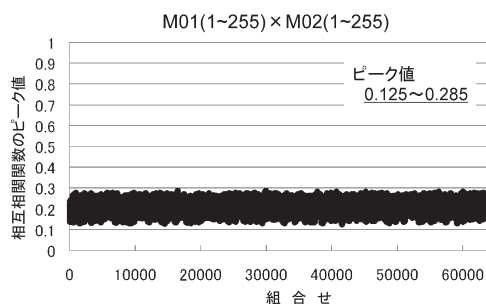
観測では、10 kHzの搬送波を使用し、4波長ごとにM系列信号のビットに応じて位相変調した音響信号を使用しているため、16種類の擬似波形を作って相関を調べた。M系列信号の初期値は全て1とし、1周期のみの相関を取った。ここで1周期の相関を取ったのは、実際の識別信号が繰り返し波形ではなく1周期のみの波形であるためである。得られた相関関数のピーク値を第3表に示す。なお、表では自己相関関数のピーク値が1となるよう正規化している(以下、第4表及び第5表についても同じ)。また、グレーの網掛けで示したところは、ビット相関で相関が強かった組み合わせを示している。

第3表から、M03×M07, M08×M12のようにビット相関が強くても波形の相関関数は大きくならない場合があることが分かる。これは、1周期の擬似波形で相関を取ったため、相関関数にM系列信

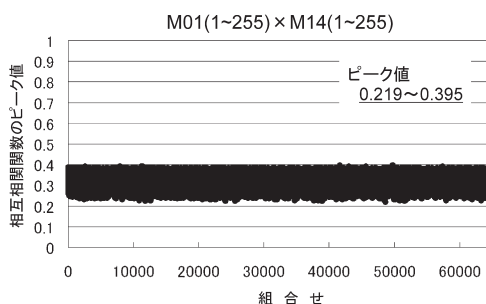
号の初期値依存性があることを示している。

そこで、さらに詳しくM系列信号の初期値依存性を調べるため、ビット相関が強い組み合わせ(M01×M14)と、強くない組み合わせ(M01×M02)について、全ての初期値(1～255)に対する相関を調べた。その結果を第5図に示す。横軸は初期値の

(a) ビット相互相関が小さい組合せ



(b) ビット相互相関が大きい組合せ



第5図 相互相関関数ピーク値の初期値依存性 ((a) ビット相関が小さい場合, (b) ビット相関が大きい場合)

Fig. 5 Initial-value dependencies on peak values of cross-correlation functions : (a) weak bit correlation, (b) strong bit correlation.

M系列	原始多項式	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16
M01	285	1.00															
M02	487	0.18	1.00														
M03	361	0.16	0.20	1.00													
M04	357	0.18	0.14	0.23	1.00												
M05	351	0.20	0.25	0.21	0.27	1.00											
M06	299	0.17	0.18	0.24	0.35	0.16	1.00										
M07	355	0.15	0.17	0.25	0.17	0.16	0.14	1.00									
M08	301	0.14	0.19	0.17	0.16	0.21	0.18	0.25	1.00								
M09	333	0.25	0.14	0.13	0.14	0.21	0.23	0.25	0.25	1.00							
M10	369	0.16	0.19	0.15	0.25	0.14	0.19	0.21	0.16	0.18	1.00						
M11	391	0.25	0.23	0.18	0.17	0.20	0.23	0.16	0.21	0.19	0.37	1.00					
M12	397	0.20	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16	0.14	0.24	0.17	0.16	0.17	1.00				
M13	425	0.19	0.23	0.18	0.25	0.18	0.14	0.16	0.24	0.35	0.18	0.20	0.18	1.00			
M14	451	0.38	0.14	0.21	0.19	0.23	0.19	0.18	0.18	0.16	0.25	0.16	0.15	0.24	1.00		
M15	463	0.20	0.16	0.18	0.16	0.30	0.20	0.19	0.20	0.14	0.17	0.15	0.20	0.18	0.23	1.00	
M16	501	0.14	0.30	0.22	0.20	0.16	0.18	0.18	0.21	0.25	0.22	0.24	0.16	0.13	0.19	0.24	1.00

第3表 波形相関関数のピーク値(初期値1)

Table 3 Peak values of waveform correlation functions (initial value : 1).

組み合わせ (255×255=65025通り)、縦軸は相関関数のピーク値を示している。第5図より、ビット相関が強い組み合わせ (M01×M02) の相関関数、ビット相関が強い場合の組み合わせ (M01×M14) の相関関数のピーク値はそれぞれ0.125～0.285, 0.219～0.395となった。全体的に、ビット相関が強い場合の方がビット相関が強い場合よりも相関関数のピーク値が0.1程度大きいが、ここで注目すべきことは、ビット相関が強い組み合わせでもM系列信号の初期値により0.22程度で収まる場合があるということである。このことは、M系列信号の初期値を適切に選ぶことにより、相関関数のピーク値を小さくすることができることを意味する。

そこで、M07～M16のM系列信号について、ビット相関が強い組み合わせの相関関数のピーク値ができるだけ小さくなるよう初期値を選択した。そ

の結果を第4表 (a) に示す。なお、M01～M06の信号の初期値は、現在使っている識別信号と同一である。これにより、現在使用しているM04×M06を除く全ての組み合わせについて相互相関関数を0.3未満にすることができた。

4.3 新たに追加する識別信号

波形相関結果から、新たに追加する識別信号は予備も考慮してM11～M15の5種類とすることにした。第4表 (a) から新旧識別信号の部分だけ切り出したものを第4表 (b) に示す。新旧識別信号、新識別信号どうしの相互相関関数は最大でも0.25程度である。

また、今回使用しなかったM系列信号M07～M10, M16についても、新旧識別信号 (M01～M05, M11～M15) との相互相関関数のピーク値は0.25以下であり、将来、更なる拡張が必要になった時に

(a) 全M系列信号

M系列	原始多項式	初期値																	
M01	285	2	1.00																
M02	487	3	0.18	1.00															
M03	361	2	0.16	0.21	1.00														
M04	357	2	0.17	0.15	0.24	1.00													
M05	351	3	0.20	0.23	0.20	0.27	1.00												
M06	299	3	0.17	0.20	0.23	0.34	0.15	1.00											
M07	355	3	0.16	0.19	0.24	0.17	0.18	0.15	1.00										
M08	301	78	0.13	0.27	0.13	0.16	0.21	0.23	0.24	1.00									
M09	333	70	0.19	0.15	0.15	0.14	0.27	0.20	0.22	0.16	1.00								
M10	369	126	0.14	0.22	0.18	0.18	0.14	0.16	0.25	0.19	0.16	1.00							
M11	391	17	0.24	0.22	0.16	0.18	0.18	0.23	0.14	0.22	0.25	0.22	1.00						
M12	397	105	0.21	0.19	0.25	0.17	0.17	0.16	0.14	0.22	0.16	0.23	0.16	1.00					
M13	425	83	0.18	0.19	0.18	0.25	0.18	0.13	0.24	0.22	0.23	0.19	0.18	1.00					
M14	451	60	0.25	0.13	0.16	0.26	0.16	0.20	0.22	0.18	0.21	0.23	0.14	0.16	0.21	1.00			
M15	463	45	0.19	0.12	0.22	0.14	0.25	0.19	0.15	0.19	0.19	0.19	0.16	0.18	0.23	0.23	1.00		
M16	501	61	0.17	0.24	0.17	0.20	0.14	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.18	0.25	0.14	0.18	0.25	1.00	
			M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08	M09	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	

(b) 識別信号のみ (抜粋)

M系列	原始多項式	初期値											
M01	285	2	1.00										
M02	487	3	0.18	1.00									
M03	361	2	0.16	0.21	1.00								
M04	357	2	0.17	0.15	0.24	1.00							
M05	351	3	0.20	0.23	0.20	0.27	1.00						
M11	391	17	0.24	0.22	0.16	0.18	0.18	1.00					
M12	397	105	0.21	0.19	0.25	0.17	0.17	0.16	1.00				
M13	425	83	0.18	0.19	0.18	0.25	0.18	0.19	0.18	1.00			
M14	451	60	0.25	0.13	0.16	0.26	0.16	0.14	0.16	0.21	1.00		
M15	463	45	0.19	0.12	0.22	0.14	0.25	0.16	0.18	0.23	0.23	1.00	
			M01	M02	M03	M04	M05	M11	M12	M13	M14	M15	

第4表 初期値調整後の波形相関関数のピーク値 ((a) 全信号, (b) 識別信号のみ (抜粋))

Table 4 Peak values of waveform correlation functions after adjustment of each initial value : (a) all signals, (b) only identification signals for seafloor stations.

M01: 0000001011000111101000011111100100001010011111010101011100000110001010110011001011111011110011011
 1011100101010010100010010110100011001110011110001101100001000101110101111011011111000011010011010110
 1101010000010011101100100100110000001110100100011100010

M02: 0000001101110100100011111100000111010100110101100001100011010000111100011100111101110010011001101101
 111001010111011111110110100111000010101000000101100111011001000001000010011111010111101000101001011
 100010001001001010001100101101010101101100010111110010

M03: 0000001001010011111111000110001010101000010000110011000001111101110111111010100101101010110011100100
 1100100010111000100011110010111100001010001101011111001111011001010111010110111001101001101101000100
 1110110110000111010010010000010110001110000001101111010

M04: 0000001010110001100111000000111110100101010010000010000111011111101100001100010011000001101000101001
 101010000101110011110101111000111001010001111000010010010111100100010001101101110001011001100101101
 10010011101010101110110101101001111111001101111010

M05: 0000001100010000011110101000110010000101111101001001000100110110101011110110000010010111000101100101
 1010011110011001110011111111011110000001010011000010001111100101011000111000011101101100110101101111
 11000110100001101110010011101011101111010001010101001010

M06: 0000001110110000001001101000001101011100001011110010001110001011001001001110101101101001111011011101
 000110110011100101101010010111011111011100110000110010101000101011111001111100000101000010000111100
 011000100010010100110011011110101010110001111111010010

M07: 000000111110001001010001000101101010111001000110010010011100000010000100110111100110011101111100101
 10010101101101001000001100011010110001010100110000010111010111110110111011000010100101111010011111
 1110101000011100111100001101100110100011110111000111010

M08: 010011100110101011010010101111101110111110000011001100001000010101000110001111111001010010000000
 101111011000000111000110100000100100101110000110110111001000101011001011001110110101110101001101111
 0011111010110001010000111101001111000100011101000100110

M09: 01000110000110111110111000010000010010101001011110000001110011000110101000000010111011110110011111
 1110010110101101101010111001001101101001100110100011101101100010001001111010010010000111100010100
 1110001111101011110011101000010101100101000101100000110

M10: 01111110100110011010100011000001110101010111100101000010011111110000101111000110100000001000111000
 1001011100000011001001001101110010000010101101011001011000011111011011110101110100010000110110001
 11100111001100010110100100010100101001110111011001111

M11: 0001000110011000111000011000001110110000101011001001110011101010111111110110110011110001101011100100
 0011110111011110100000100000010110111110011011100010111010011001010101001001000101000010011010001111
 1010110100101001111110000000110110101000100101111001011

M12: 011010011111011100110011110110010000100000011100100100110001001110101011010001000101001000111110000
 00010111000111011110001011001101100001111001110000101011111100101111010010100001101110110111110101
 1101000001100101010100011010110001100000100101101101010

M13: 010100110000110011101111101110100101011010011100110110001011101101111001011010101110010010011010001
 110001001111010000111010110000010110010000001101110000000100101111111100011010101011101100110010100
 1000100011000111100001000010100000111110011111101010001

M14: 00111100110110111111111010101110011100100110101000011011100000110000111000110011000100011010011110100
 1000101011011000000011111100101001011010111100010110010000101000100100101010011001011101000111011
 001111101101000000100000101111011101111000010011101010

M15: 001011011111110111010100111101101100110010011101111001110001111000010110001100001101011001010111000
 001111110001001011101100000001100111110100011011010101010100110001010010010001000111010010100010111
 1010111110010000100000100110111001101000000101010000111

M16: 001111011111110011100110011110010110100110100011101001000001101111010101101100100010010010111110100
 00100110001010111100000100011000000010010101010001011101110101110010011101100001011000111111011010
 1100110110111000011100011010100111110001000011001010000

第 6 図 8 次 M 系列信号
 Fig. 6 8 th-order M-sequence signals.

利用できることを言及しておく。これらの信号は、識別信号として利用できるほか、例えば、全ての海底基準局を一斉に起こしたり、電池節約のために一斉に待機モードにしたりといった海底基準局のユーティリティコマンドとしても利用できると期待される。

最後に、現在の識別コードを含むM01～M16のM系列信号を第6図に示す。

5 おわりに

本稿では、海底基準局の更新に関連して新たに追加した識別信号の概要についてまとめた。

識別信号の追加に伴って、船上の音響トランスデューサの改良も実施した。2009年10月には、最も初期（1999年～2000年）に設置した「熊野灘」海底基準点において、新海底基準局を設置し、新旧海底基準局に対する併行観測を実施した。その結果、改良後の音響トランスデューサ及び新識別信号を付与した海底基準局は問題なく動作していることが確認された。

なお、音響トランスデューサの改良にあたっては、今回識別信号として使用しなかった5種類のM系列信号も発信できるよう改良しており、将来、設置する海底基準局側の改良により4.3に述べたような機能拡張が可能となる。

今後は、既設の海底基準局の更新作業を順次進めていくとともに、長期にわたる観測により、より信頼性の高い海底地殻変動観測データの提供をめざしていきたい。

謝 辞

富山新一氏には、本検討に着手する糸口を与えていただいた上、M系列信号の相関処理に関して多大なる技術的なサポートをいただきました。また、藤田雅之氏には、本稿を取りまとめる上で大変有益な助言をいただきました。識別信号の決定に際しては、東京大学生産技術研究所の浅田 昭教授及び株式会社SEAにご協力をいただきました。記して感謝いたします。

参 考 文 献

- 浅田 昭・矢吹哲一朗：熊野トラフにおける長期地殻変動観測技術の高度化，地学雑誌，110(4)，529-543，2001.
- 藤田雅之：GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測～海上保安庁の取り組み（レビュー）～，海洋情報部研究報告，42，1-14，(2006).
- 富山新一：海底地殻変動観測における音響解析，海洋情報部技報，21，67-72，(2003).