

位置時刻測定装置の開発

小野房吉 : 海洋研究室

Development of Position and Standard Time measurement System

Fusakichi Ono : Marine Research Laboratory

1. 開発の目的

水路部は、(財)日本水路協会と共同で「音響による海洋構造調査手法の研究」の一環として音響トモグラフィシステムの基礎研究に着手しました。このシステムは海中の適当な位置に適当な間隔をおいて配置した音波の送受波器間の伝播時間を測定し、音速度分布を求めます。音速度は、伝播経路の媒質に流れがあれば、ドップラー効果により見掛け上変化し、また水圧や温度が高ければ速くなる性質があるので、音速度分布を海流や水温分布と対応させ、トモグラフィとして図化できるはずですが、勿論広範な海域の海洋構造の図化には単一経路の音波伝播測定では、不可能で実用化には多数の送受波器の組み合わせによる複数の経路の測定が必要です。さらに、トモグラフィシステムのモデルを考える場合、海底や海面での反射があると複雑になったり、音速を変える要素が複数になると、その分解の問題があります。このように、このシステムの実用化には、今後解決すべき種々の課題がある他、最も基本的な海洋における音速度測定技術も実用的方法は確立されておりません。この基礎研究では、こうした新しい海洋調査手法の実用化に必要な要素技術の確立を通じて展望を開こうとしています。表題の装置は、こうした要素技術の一つとして開発されました。

音速度を正確に測定するためには、送受波器の設置位置、パルス音波の送受信時刻が正確に測定される必要があります。音波送受波器間隔が数十メートル以内ならば、音波送受信時刻測定基準パルス系は、送受両点で共通のものが使用でき標準時を参照する必要はありませんが、送受間隔が遠距離になれば基準パルス系は両点に独立に必要となり、正確な同期運用が要求されます。この場合、遠隔な2地点に設置された基準パルス系の同期の確立と維持のために標準時の参照が不可欠です。本装置では測位装置として、誤差評価が可能で、局の選択など初期設定が不要の新方式ロランC受信機を採用し、時刻装置としては、マイクロ秒まで微調整が可能な時計と、短波の標準電波及びロランC電波を利用した時計比較装置を採用して、所期の性能を得ています。

2. 要求性能

- (1) 測位精度 $\pm 10\text{m}$ 以内 (相対位置)
- (2) 時刻測定 $\pm 1/10000$ 秒以内

遠洋海域で、この精度を容易に達成できる測位システムは在来品ではありませんが、水路部で先に開発した新しい原理に基づくロランC受信機では、この精度を達成しています。この受信機は局の選択も必要なく使い勝手がよいのでこれを採用し、時刻装置としては、やはり先年水路部で人工衛星レーザ測距のために開発した精密時刻装置を基本に、本研究向きに新しく設計しました。

時刻装置設計の考え方は、任意地点で容易にUTC (協定世界時) が確立でき、実験期間中時刻装置が正

常に動作したとの証拠として、UTC との連続時計比較データが取得できることでした。

3. 構成

本装置は、標準時計、ロランC受信、標準電波受信、時間間隔測定、データ処理、記録の各部で構成され、それぞれ次の機能を有しています。

(1) 標準時計部

表示機能 日時分秒（日付は通日）

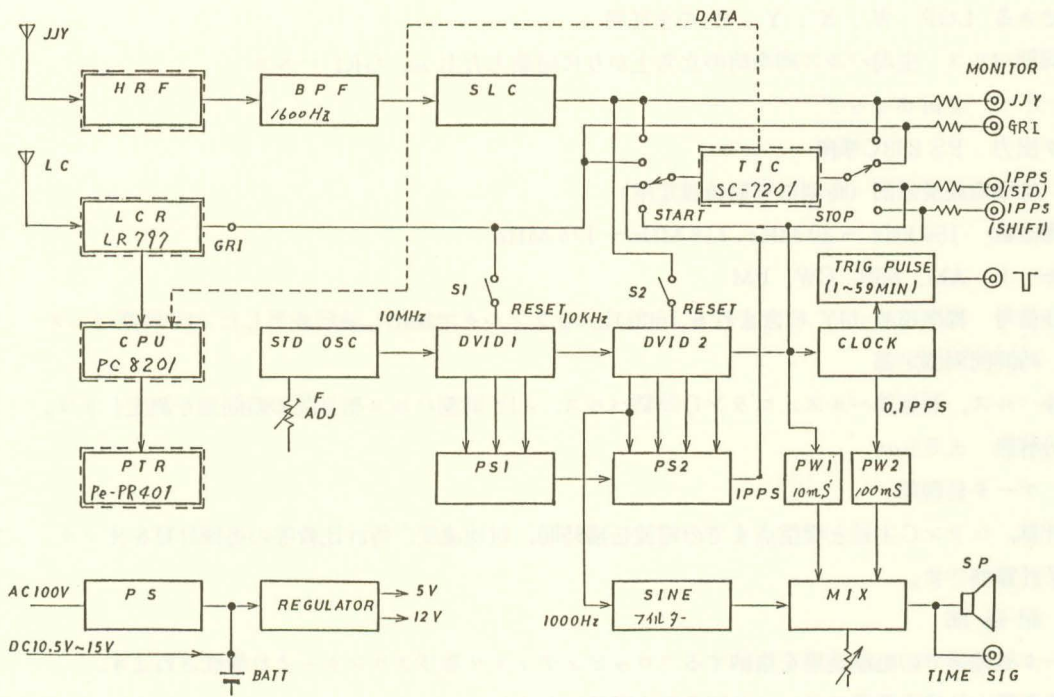


図-1 位置時刻測定装置のブロック図

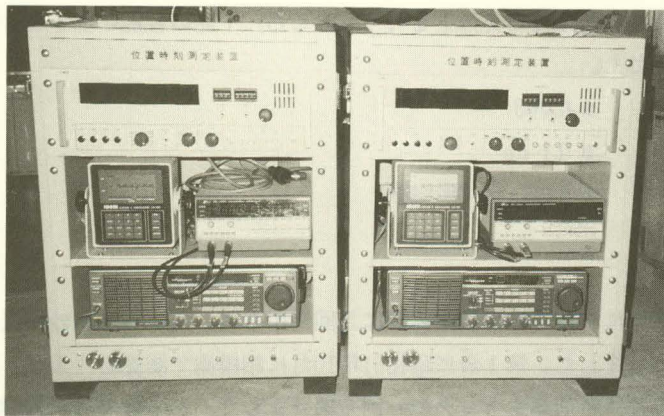


写真-1 位置時刻測定装置

時刻の設定 リセット, スタート, ストップ, 早送り
基準秒信号 パルス幅 2 ms の正パルス, 音声モニタ 1000 Hz 10 ms
同期方式 トリガーパルスによる自動同期
遅延秒信号 0.1 μ s ~ 1 sec 迄 6 桁デジタルスイッチによる連続ステップ遅延, パルス幅 2 ms
10秒マーク 1000 Hz 100 ms の音声モニタ
基準発信機 10 MHz 水晶, 安定度 5×10^{-9} /day
音声モニタは, 1000 Hz の 10秒及び 1 秒マークがテープレコーダに時刻基準として録音できます。

(2) ロランC受信部

測定できる LOP W, X, Y, Z の全従局
主局同期パルス 主局パルス到来時の立ち上がり同期した 10 μ s GRI パルス
アンテナ 2 m ホイップ
データ出力 RS 232C 準拠

(3) 標準電波受信部 (時刻の初期値設定用)

受信周波数 150 kHz ~ 30 MHz, 118 MHz ~ 174 MHz
受信モード AM, SSB, CW, FM
同期秒信号 標準電波 JJY に含まれる 1600 Hz をフィルタで抽出し波形成形した JJY 同期パルス

(4) 時間間隔測定部

基準秒パルス, 遅延秒パルス, ロランC同期パルス, JJY 同期パルス相互間の時間差を測定します。
測定分解能 $\pm 0.1 \mu$ s

(5) データ処理部

測位計算, ロランC主局と受信点までの電波伝播時間, 対地速度, 時計比較等の処理計算をオンラインで行う電子計算機です。

(6) 記録部

データ処理部での処理結果を格納するフロッピディスク及びプリンターより構成されます。
以上の各部より成る装置のブロック図を第 1 図に示しました。

4. 測定精度

開発した装置について種々の条件でテストを行ったところ, 下記の性能が示され目標の精度を十分達成していることが証明されました。

- (1) 測位 (緯度, 経度) $\pm 0.003'$
- (2) 時刻設定 $\pm 0.1 \mu$ s
- (3) 時間差測定 $\pm 0.03 \mu$ s (平均値)

5. 使用例

本装置は, これまで海域における音響伝播実験に 3 回使用され, 何れも所期の性能を発揮し, 安定度, 精度共に良好な成績をしめました。第 1 表に昭和 61 年 10 月に相模湾で測量船「天洋」を用いて実施した音響の海中伝播試験における位置時刻測定データの一例を掲げました。この表で HED は船の対地進行方向 SPD は対地速度, SPER はその誤差, Propagation Error はロランC各従局の測定誤差 (単位 μ s), τ は主局か

第1表 測定データの一例

8610 音響トモグラフィ 実験 海域：「相模湾」 船舶：「測量船「天洋」」 測地系：BESSEL* 8

時刻 d h m s	*Latitude	Longitude*	HED	SPD	SPER	*---Propagation	Error----	*---	γ (M)	OBS	PRD	DT
	°	°	kn	kn	kn	dx	dy	dz				
3091540	A35	8.473 139 32.346	276	8.4	0.0	10.2	0.0	-0.1	21.7	3871.0	0.0	0 0.00
3091610	A35	8.478 139 32.294	276	8.3	0.2	10.0	0.0	-0.1	21.8	3871.3	0.0	0 0.00
3091622	A35	8.484 139 32.243	277	8.3	0.1	10.0	0.1	-0.1	21.8	3871.4	0.0	0 0.00
3091631	A35	8.490 139 32.191	277	8.4	0.0	10.0	0.0	-0.1	21.8	3871.4	0.0	0 0.00
3091640	A35	8.495 139 32.145	277	8.5	0.2	10.1	0.1	-0.2	21.8	3871.4	0.0	0 0.00
3091710	A35	8.495 139 32.101	276	8.4	0.6	10.8	-0.0	0.0	22.4	3870.8	0.0	0 0.00
3091722	A35	8.494 139 32.059	276	8.3	0.8	11.0	0.0	-0.0	22.5	3870.9	0.0	0 0.00
3091731	A35	8.493 139 32.020	275	8.2	0.1	11.0	0.0	-0.1	22.5	3870.9	0.0	0 0.00
3091740	A35	8.491 139 31.989	274	8.1	0.2	10.9	0.0	-0.1	22.6	3871.0	0.0	0 0.00
3091810	A35	8.491 139 31.951	274	8.0	0.0	10.8	0.0	-0.1	22.4	3871.3	0.0	0 0.00
3091822	A35	8.492 139 31.910	273	7.9	0.0	10.9	0.0	-0.1	22.4	3871.4	0.0	0 0.00
3091831	A35	8.491 139 31.876	273	7.8	0.1	10.8	0.0	-0.1	22.3	3871.4	0.0	0 0.00
3091840	A35	8.489 139 31.843	272	7.6	0.1	10.7	0.0	-0.1	22.3	3871.5	0.0	0 0.00
3091910	A35	8.491 139 31.803	271	7.5	0.1	10.7	0.0	-0.1	22.2	3871.7	87353.3	889 5418.22
3091922	A35	8.492 139 31.762	270	7.3	0.0	10.7	0.0	-0.1	22.2	3871.7	0.0	0 0.00
3091931	A35	8.499 139 31.721	271	7.3	0.2	10.6	0.0	-0.1	22.2	3871.8	0.0	0 0.00
3091940	A35	8.507 139 31.676	272	7.5	0.0	10.6	0.0	-0.1	22.2	3871.9	0.0	0 0.00
3092010	A35	8.519 139 31.623	274	7.7	0.1	10.6	0.1	-0.1	22.2	3872.2	0.0	0 0.00
3092022	A35	8.532 139 31.572	276	8.0	0.1	10.6	0.1	-0.1	22.3	3872.3	0.0	0 0.00
3092031	A35	8.542 139 31.527	278	8.3	0.0	10.6	0.1	-0.1	22.2	3872.4	0.0	0 0.00
3092040	A35	8.551 139 31.483	279	8.5	0.0	10.5	0.1	-0.1	22.2	3872.4	0.0	0 0.00
3092110	A35	8.562 139 31.433	280	8.7	0.0	10.6	0.0	-0.1	21.9	3872.6	0.0	0 0.00
3092122	A35	8.573 139 31.382	281	9.0	0.0	10.6	0.1	-0.1	21.9	3872.6	0.0	0 0.00
3092131	A35	8.581 139 31.338	283	9.2	0.0	10.6	0.1	-0.1	21.9	3872.6	0.0	0 0.00
3092140	A35	8.589 139 31.292	283	9.4	0.2	10.7	0.1	-0.2	21.9	3872.6	0.0	0 0.00
3092210	A35	8.597 139 31.242	284	9.6	0.0	10.4	0.1	-0.1	21.9	3872.8	0.0	0 0.00
3092222	A35	8.605 139 31.190	284	9.7	0.1	10.4	0.1	-0.1	21.8	3872.9	0.0	0 0.00
3092231	A35	8.610 139 31.144	283	9.7	0.0	10.4	0.1	-0.1	21.9	3872.9	0.0	0 0.00
3092240	A35	8.614 139 31.096	282	9.7	0.2	10.3	0.1	-0.2	22.0	3873.0	0.0	0 0.00
3092310	A35	8.617 139 31.046	281	9.6	0.0	10.3	0.1	-0.1	21.9	3873.0	0.0	0 0.00
3092322	A35	8.620 139 30.996	280	9.6	0.0	10.3	0.1	-0.2	22.0	3873.1	0.0	0 0.00
3092331	A35	8.623 139 30.954	279	9.5	0.2	10.4	0.0	-0.2	21.9	3873.2	0.0	0 0.00
3092340	A35	8.626 139 30.911	279	9.5	0.2	10.4	0.1	-0.3	21.9	3873.2	0.0	0 0.00
3092410	A35	8.630 139 30.862	278	9.4	0.5	10.3	0.1	-0.1	21.9	3873.3	84652.8	862 5420.41
3092422	A35	8.634 139 30.813	277	9.4	0.0	10.3	0.1	-0.1	21.8	3873.4	0.0	0 0.00
3092431	A35	8.638 139 30.770	276	9.3	0.2	10.4	0.1	-0.2	21.8	3873.4	0.0	0 0.00
3092440	A35	8.639 139 30.731	276	9.2	0.1	10.3	0.1	-0.1	21.8	3873.3	0.0	0 0.00
3092510	A35	8.643 139 30.688	275	9.1	0.3	10.4	0.1	-0.1	21.7	3873.4	0.0	0 0.00
3092522	A35	8.646 139 30.643	275	8.9	0.2	10.3	0.1	-0.1	21.8	3873.6	0.0	0 0.00
3092531	A35	8.650 139 30.603	275	8.8	0.2	10.5	0.1	-0.2	21.7	3873.6	0.0	0 0.00
3092540	A35	8.654 139 30.563	275	8.7	0.2	10.3	0.1	-0.1	21.8	3873.6	0.0	0 0.00
3092610	A35	8.656 139 30.517	275	8.7	0.1	10.3	0.1	-0.1	21.7	3873.7	0.0	0 0.00
3092622	A35	8.657 139 30.469	275	8.6	0.0	10.3	0.1	-0.1	21.7	3873.7	0.0	0 0.00
3092631	A35	8.657 139 30.428	275	8.6	0.2	10.2	0.1	-0.2	21.8	3873.6	0.0	0 0.00
3092640	A35	8.656 139 30.386	274	8.6	0.0	10.2	0.2	-0.3	21.5	3873.5	0.0	0 0.00
3092710	A35	8.654 139 30.337	273	8.6	0.8	10.1	0.0	-0.1	21.6	3873.6	0.0	0 0.00

ら受信点までの電波伝播時間，OBS は標準時計基準パルスとロランC同期パルス（到来時）との測定時間差，PRDはUTCに対するロランC発射時（単位100 μs），DT は（PRD + τ - OBS）でUTCに対する標準時計の設定偏差です。経緯度は，ロランC受信データから計算されたもので，この数字の並びとこれから計算されたSPDの数字の並びから測定精度が判断できます。標準時刻はこの場合，基準秒パルスがUTCに対してDTだけ遅れているので，遅延秒パルスの調整用デジタルスイッチをDTの補数（1000000.0 - 5418.2 = 994581.8）にセットすれば遅延秒パルスが0.1 μs まで正確にUTCに同期したことになります。

6. あとがき

本装置は，（財）日本水路協会が設けた水路新技術開発資金によって製作され，現在同協会に保管されています。

最後に多少宣伝になりますが付け加えておきます。本装置は，そのための専用電波を使用しないで海上測位を行う装置としては現在最も高精度であり，知るかぎりでは他に類例がありません。時刻装置としての性能も不特定多数のユーザーが任意地点（ただしロランCのサービスエリア内）で容易にUTCを設定できる装置としては，内外を通じて最高の精度です。従って，本装置は本研究ばかりではなくそのまま高精度測位装置として，また時刻装置として利用できるの船舶性能試験，各種の海洋調査，海底地形測量，電波発射位置探査システムに利用できます。読者の中で利用希望がある場合は同協会に相談されることを提言しておきます。

報告者紹介



Fusakichi Ono

小野房吉 昭和62年3月現在、
本庁水路部企画課海洋研究室研究官