

鹿児島における敬天丸による NNSS の測位結果について

松野 保久*・嶋田 起宜**・源河 朝之*

On the Results of Position Fixes by Navy Navigation Satellite System on the KEITEN MARU at KAGOSHIMA

Yasuhisa MATSUNO*, Kiyoshi SHIMADA** and Tomoyuki GENKA*

Abstract

Position Fixes by Navy Navigation Satellite System have been made on board the training ship KEITEN MARU (854.55 gross ton) at KAGOSHIMA port TANIYAMA, in the autumn and the winter (1976-1977). A single channel (400 MHz band) receiver, HOKUSHIN=MAGNAVOX Satellite Navigation System HX-902, installed on the ship. The results obtained are as follows;

- 1) The distribution of the fixed positions had a tendency to extend east and west.
- 2) The amount of the position fixing error was about 0.3 sea miles in day time and in night time.
- 3) When the satellite didn't take peak elevations between 15° and 75°, the amount of the position fixing error had a tendency to take large magnitude.
- 4) The interval of the position fixing by NNSS was normally less than 2 hours, but navigators often have to pay attention to fall into impossibility of position fixing for many hours.

衛星航法システムは1964年アメリカ海軍によって完成され1967年に民間に開放された¹⁾。そして我国では1970年星光丸に始めてこのシステムが装備され、実験に成功した²⁾。NNSS (Navy Navigation Satellite System) は全世界的、全天候的であり、かつその測位精度が他の航行援助システムに比し高精度であるとの評価を得、現在日本船舶にも装備される例が増加している。

NNSS は 400MHz と 150MHz 帯の 2 波用の受信装置として開発されたが、経済的な理由により商船用として 400MHz 帯のみの受信装置が製作された。敬天丸に装備された NNSS もこの商船用のものであるが、日本近海において、この受信装置を使用しての測位実験結果はまだ数例しか発表されておらず³⁾⁴⁾⁵⁾、この受信装置に対する評価も十分ではない。特に九州沿岸海域における報告はない。そこで敬天丸が鹿児島に停泊中、定点観測を行ない、2、3 の知見を得たのでここに報告する。

* 鹿児島大学水産学部漁船航海学講座 (Chair of Fishing Vessel Navigation, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

** 鹿児島大学水産学部実習船敬天丸 (Training-Ship "Keiten Maru" Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

この実験を行なうにあたり御協力いただいた敬天丸船長ならびに航海士諸兄に謝意を表する

実験方法

昭和51年9月29日～10月25日、および12月3日～昭和52年2月23日までの間、Fig. 1 に示す鹿児島大学実習船“敬天丸”(854.55トン)が鹿児島港谷山のFig. 2 に示す場所に停泊中、同船に装備されているNNSS(北辰=マグナボックス, SAT-NAV HX902)を使用し、測位実験を行なった。

HX-902は400MHz帯1波のみの受信装置であり、それをFig. 3に示す。Fig. 4には敬天丸のモノポール形アンテナを示す。

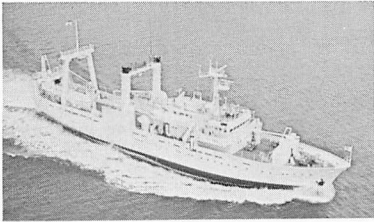


Fig. 1. Photograph showing the training ship KEITEN MARU.

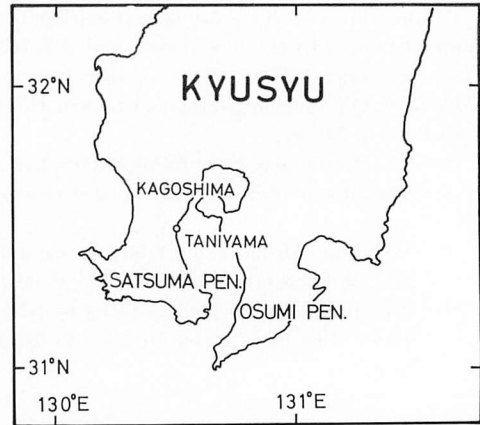


Fig. 2. Map showing the berth of the MEITEN MARU.

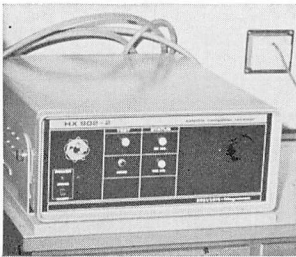


Fig. 3. Photograph showing the HX-902 receiver.

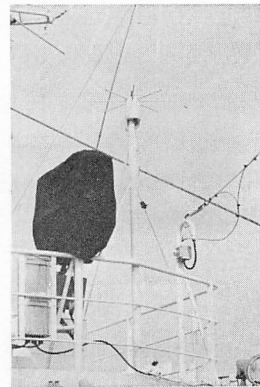


Fig. 4. Photograph showing the antenna of NNSS installed on the KEITEN MARU.

測位結果は高速印刷装置により次の事項が印刷される。

年月日・測位計算終了時刻・NNSS という見出し・緯度・経度・受信開始時刻・仰角

ここに印刷される緯度・経度は分単位小数点第1位までである（電子計算機のプログラム作成時、小数点第2位以下は切り捨てられた）。

なおアンテナ高を求めるためのジオイド高さは1975年8月1日改訂のジオイダルマップによった。

結果および考察

測位結果を Fig. 5 に示した。全測位回数は160回であり、その内4回は20海里以上の誤差、4回は平均1.9海里（1'.3, 1'.9, 1'.3, 3'.0）の誤差があったので合計8回はこの図より除去した。誤差が特に大きくなった原因は不明である。●印は最大仰角が15度～75度の範囲（124回）のものであり、○印は15度未満（27回）、◎印は76度以上（1回）を示す。これは受信時の衛星最大仰角が15度～75度の範囲を有効な軌道とする⁶⁾ためである*。

海上保安庁発行の海図第(p)214号B暫定版により、鹿児島港谷山の敬天丸停泊位置を Lat. 31°-30'.3N, Long. 130°-31'.5E と定めた。そして測地系変換図（海上保安庁発行海図6019号）により測地系の変換⁷⁾を行ない、WGS-72による敬天丸停泊位置を Lat. 31°-30'.5N, Long. 130°-31.3E とした。

Fig. 5 から全測位点は南北方向の偏りより東西方向により大きく偏る傾向にある。この起

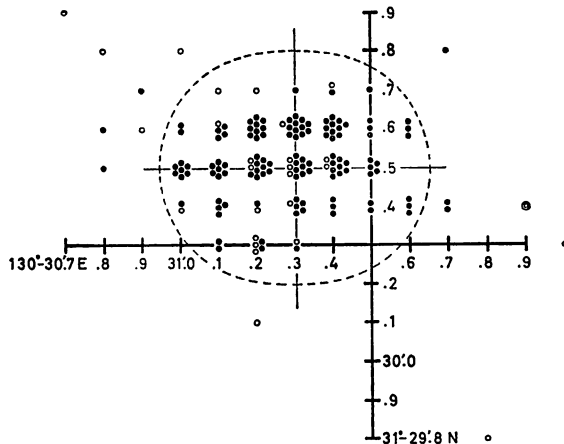


Fig. 5. The distribution of the results of position fixes by NNSS at TANITAMA.

- : A peak elevation of satellite is between 15° and 75°.
- : A peak elevation of satellite is less than 15°.
- ◎: A peak elevation of satellite is more than 75°.

* 敬天丸装備のシステム（沖電気工業KK）では衛星最大仰角が10度～70度の範囲を有効な軌道としてプログラミングされている。よって後にでてくるエラーメッセージの“仰角がよくない”というのはこの範囲を越えた仰角のことである。

因として木村³⁾⁸⁾は400MHz帯のみの受信による電離層誤差の影響であると推察している。又最大仰角が15度未満および76度以上の測位点はバラツキが大きく、誤差量も大きい。これはアンテナ高(ジオイド+海面からのアンテナ高さ)に誤差があれば、その影響が仰角70度を越えると急に測位誤差が大きくなる¹⁾⁹⁾こと、および電離層屈折による測位誤差は最大仰角が15度未満あるいは80度以上になると急激に増加する傾向にある⁸⁾等によるものと思われる。

400MHz帯1波のみのNNSSの公称測位精度は昼間0.3海里、夜間0.1海里といわれてい

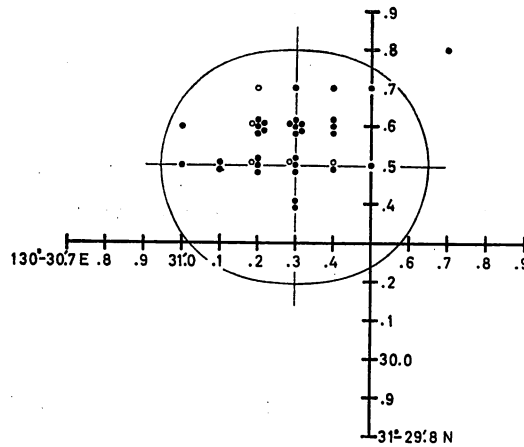


Fig. 6-1. The results of position fixes in day time.

- : A peak elevation of satellite is between 15° and 75°.
- : A peak elevation of satellite is less than 15°.

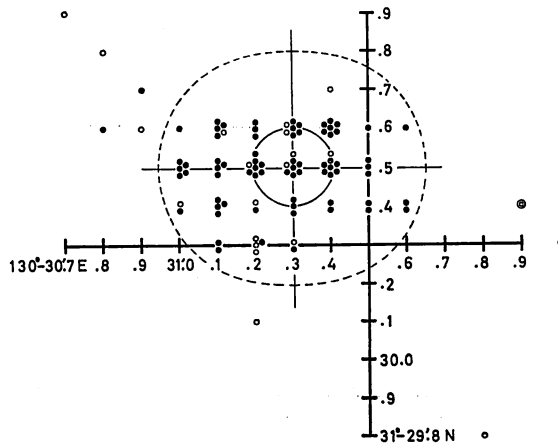


Fig. 6-2. The results of position fixes in night time.

- : A peak elevation of satellite is between 15° and 75°.
- : A peak elevation of satellite is less than 15°.
- ⊙: A peak elevation of satellite is more than 75°.

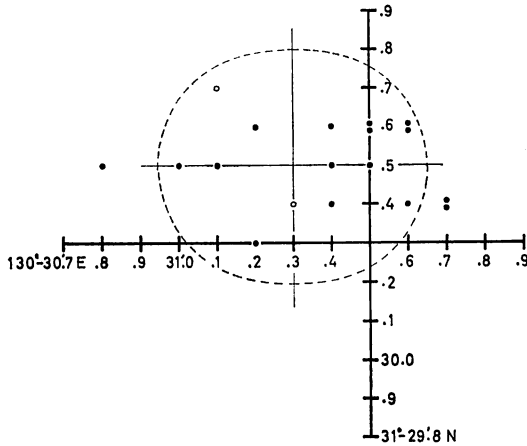


Fig. 6-3. The results of position fixes in one hour before and after sunrise and sunset.

- : A peak elevation of satellite is between 15° and 75°.
- : A peak elevation of satellite is less than 15°.

る)⁴。そこで Fig. 6-1 に昼間に得た測位結果を Fig. 6-2 に夜間に得た測位結果を, Fig. 6-3 に日没前後1時間以内に得た測位結果を示した。これによれば, 昼間の測位点は半径0.3海里誤差円の中に97%が存在し, 円の外に出たのは1例のみであった。夜間の測位点は半径0.1海里的の円の中に35%存在し, 半径0.3海里的の円の中には91%存在した。日没前後1時間以内の測位点は資料が少ないこともあってバラツク傾向にあるが, 半径0.3海里的の円の中に83%存在した。

これらのことから測位精度は昼間より夜間の方が良いと一般に言われることは立証できなかった。今回の測定結果ではむしろ測位精度は昼間の方がわずかに良好であるが, 全測位回数が少ないので優劣をつけるのは困難である。よって 400MHz 帯1波のみを使用する受信機では, 昼間も夜間も精度は大略同じであると推察する。又日没前後1時間以内の測位精度は昼間, 夜間に比べて悪い傾向にある。しかし測位回数が少ないので今後の数多くの資料に待ちたい。

今回得た資料では昼間, 夜間, 日没前後ともその精度に有意な差がみられなかったので, Fig. 5 に半径0.3海里的の誤差円を描き測位点全般の精度について考察した。全測位点は半径0.3海里誤差円の中に91%が含まれ, 最大仰角15度~75度以外の仰角不適¹⁾⁶⁾のものを除けば95%に達した。以上のことから 400MHz 1波使用の停泊中(定点)での測位精度は昼夜とも0.3海里程度と推定する。

なお, 方法のところで述べたように船位の緯度, 経度は分単位の小数点第1位まで印刷される。これは船舶が航行中, 一般にこれ以上の精度を要求しないため, この精度でとどめたものである。よって今回の測位精度に関する考察は1メートル単位ではなく, 0.1海里的の単位にとどめた。これは船舶が大洋航行中であれば十分な精度であると考えるが, 精密な海洋測量を行なう場合には問題を生ずる恐れがある。又この受信機で求め得る可能な単位は緯度, 経度について分単位の小数点第3位までなので今後の測定はこの桁まで求められるようプロ

グラムを改めたい。

測位間隔を Fig. 7 に示した。測位間隔とは、ある時刻に船位が印刷され、そして次の船位が印刷されるまでの時間のことで、その間を測位不能時間としてもよい。その最高は6時間4分に達し、最低は16分であった。36%が1時間以内の測位間隔で、78%が2時間、87%が3時間、93%が4時間以内の間隔で測位され、残り7%が4時間以上であった。これは安田・他⁵⁾が大成丸による遠洋航海(東京↔ブリスベン)で得た結果とほとんど同じであった。しかし木村³⁾によれば東京都三鷹市電子航法研究所で行なわれた位置測定実験により受信失敗があっても少なくとも3時間以上の測位不能はないと考えてもよいであろうと述べている。

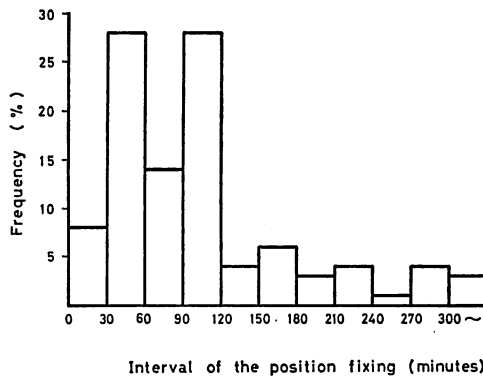


Fig. 7. The interval of the position fixing by NNSS.

測位間隔は衛星の数および昇交点経度等に大きく左右されるが実際には測位不能あるいは注意として下記のような理由が印刷された。そのエラーメッセージの回数は156回に達した。

- 仰角がよくない。…………… 47回 (30%)
- 軌道固定データに BC DXS 3 コードでないものがあった。または軌道固定データに多数決のとれていないものがあった…………… 42回 (27%)
- 位置計算である回数以内で収束しない。…………… 22回 (14%)
- 他の衛星ののり移りがあった…………… 8回 (5%)
- 受信したドプラカウントの個数が少ない…………… 7回 (5%)

よってその時の条件により長時間にわたり測位不能に陥いることもしばしばあり得るということに十分注意を払わねばならない。

位置決定所要時間を Table 1 に示す。位置決定所要時間とは受信開始後、位置が印刷されるまでの時間である。最低は6分、最高は19分であった。18分が最も多く46%あり、16分~17分で72%を占めた。

今回の実験により鹿児島定点における1周波受信機を使用した場合の NNSS の測位精度の概略を把握することができた。今回更に多くの実験を重ね、NNSS 測位精度について検討していきたい。又航行中の実験についても研究を進める予定である。

Table 1. The necessary time of position fixes.

Necessary time of position fixes (Minutes)	Frequency
6	2
9	1
10	5
11	2
12	8
13	3
14	12
15	7
16	19
17	23
18	73
19	5

要 約

敬天丸が鹿児島港谷山に停泊中、同船に装備されている北辰=マグナボックス商船用衛星航法システム HX-902 (400MHz 帯 1 波のみの受信装置) により測位実験を行ない次のような知見を得た。

- 1) 全測位点の偏りは南北方向より東西方向により大きく偏る傾向にあった。
- 2) 測位精度は昼間・夜間の別にかかわりなく、その誤差の大きさは約0.3海里であった。
- 3) 衛星を見る最大仰角が15度未満の場合、および75度をこえた場合誤差が大きく現われた。
- 4) 測位間隔は78%が2時間以内であったが、4時間以上も7%みられ、長時間測位不能に陥いることもあることに注意を払わなければならない。

参 考 文 献

- 1) 木村小一：電波航法, 14, 18-23 (1972).
- 2) 西野朝生・他：日本航海学会論文集, 47, 35-44 (1972).
- 3) 木村小一：日本航海学会誌, 44, 81-91 (1970).
- 4) 木村小一・他：電波航法, 12, 18-23 (1971).
- 5) 安田岩男・他：航海, 40, 41-50 (1973).
- 6) 木村小一・他：航海, 42, 67-72 (1974).
- 7) 進士 晃：航海, 50, 47-52 (1976).
- 8) 木村小一・他：日本航海学会論文集, 49, 103-108 (1973).
- 9) 木村小一：日本航海学会誌, 46, 1-8 (1971).