

# 擬似水平線を用いた星測による船位測定に関する研究

正会員 岩崎 寛希 (大島商船高専) 学生会員○重富 太伽 (大島商船高専)

## 要旨

昨今、GPS の普及により容易に船位を得ることができるようになってきている。それに伴い、天測に必要な物品が法定船用品から除外されてしまった。しかし、その GPS がいつどのような要因で使用不可に陥るか分からず、もしそうなった場合は天測に頼らざるを得なくなる。そこで星測による船位測定に着目し、現状では時間的制約のある星測を夜間の何時でも行えるようにするために、擬似水平線を用いることで実用できないかと考えた。

キーワード：航路・航海援助施設(航法一般)、天文航法、星測

## 1. はじめに

現在、GPS を用いることにより沿岸でも遠洋でも精度よく船位を得ることができるようになってきている。その GPS の普及によって、平成 14 年より船舶設備規定からも天測に必要な六分儀、時辰儀、天測暦が法定船用品から外されてしまった。

この GPS は米国発の技術で、現在では約 30 個の衛星が常時 2 万 6 千キロ圏を周回し、位置測定の利用として民間にも提供されている。また、日本版準天頂衛星「みちびき」も打ち上がり、米国版 GPS の補間機能を果たそうとしている。

しかし、極東アジアの軍事的脅威の高まりによるこれら GPS システムへの機能妨害の危惧も伝えられている<sup>(1)</sup>。それが現実となった場合、この GPS システム以外の民間に開放されたバックアップシステムは今や稼働しておらず、GPS が不能になったときの船位測定は天測に頼らなければならない。

一方、天測は「水平線からの天体の高度」を測定することで船位を得る。つまり夜間や天候等の関係で水平線が見えない場合は測定不可能となる。

そこで、本研究では水平線の代わりに、水平に置かれた「レーザー墨出し器」による擬似水平線上からの天体高度を用いて船位が決定できないか、その方法を探ることを目的とする。

## 2. 方法

### 2.1 パソコンによる恒星の位置の割り出し

海上保安庁が公開しているコンピュータによる天測計算用のデータを取り込み、それを使用することにより、任意日時における恒星の  $E_*$ 、Dec. を計算し、そこからさらに任意場所での方位角、測高度を自動算出できるプログラムを作成した。

図. 1 には、2019 年 9 月 6 日の天測暦値と計算値の照合を示している。

2019 9 月 6 日					
No.	* 恒星 $E_*$			$U = 0^h$ の値 $d$	
	11	Capella	17 41 04	N 46 00.8	
12	Deneb	2 17 04	N 45 21.2		
13	Vega	4 21 35	N 38 48.5		
14	Castor	15 23 22	N 31 50.6		
15	Alpheratz	22 49 46	N 29 11.9		
16	Pollux	15 12 42	N 27 58.7		
17	$\alpha$ Cor. Bor.	7 23 41	N 26 39.3		
18	Arcturus	8 42 39	N 19 05.2		
19	Aldebaran	18 22 09	N 16 32.8		
20	Markab	23 53 26	N 15 18.7		
11 $E_*$	17 41 4	d N 46 0.8			
12 $E_*$	2 17 4	d N 45 21.2			
13 $E_*$	4 21 35	d N 38 48.5			
14 $E_*$	15 23 22	d N 31 50.6			
15 $E_*$	22 49 46	d N 29 11.9			
16 $E_*$	15 12 42	d N 27 58.7			
17 $E_*$	7 23 41	d N 26 39.3			
18 $E_*$	8 42 39	d N 19 5.1			
19 $E_*$	18 22 9	d N 16 32.8			
20 $E_*$	23 53 26	d N 15 18.7			

図. 1 2019 年 9 月 6 日の天測暦値と計算値(抜粋)

### 2.2 レーザー墨出し器による擬似水平線

水平線を生成するためのレーザー墨出し器の調達と、擬似水平線を映し出すためのスクリーン(以下、投影パネル)を作成した。

レーザー墨出し器を中心とした半径 3m の円状に 3 枚の投影パネルを配置し、3 つの恒星を使用して位置測定する。図. 2 は星測用にセットされたレーザー墨出し器と投影パネルの配置状況を示している。



図. 2 測定機器配置図

## 2.3 クロノメータの代替としてのパソコン内部時計の利用法



### 日本標準時

情報通信研究機構は日本標準時を決定・維持しています。  
本ページでは、「NICT インターネット 時刻供給サービス」のJSON形式時刻情報を取得し、これを元にJavaScriptプログラムで各種の時刻を表示しています。(時刻取得結果の表示)

時刻情報取得状況: 良好

サーバから供給された時刻

日本標準時(JST): 2019/06/27 14:44:56

協定世界時(UTC): 2019/06/27 05:44:56

国際原子時(TAI): 2019/06/27 05:45:33

地域標準時: 2019/06/27 14:44:56

あなたのコンピュータの内蔵時計

時刻: 2019/06/27 14:44:56

地域標準時との差: 0.1 秒 遅れています

図. 3 情報通信研究機構(NICT)HPの一部

恒星のE★、Dec.、方位角、測高度の自動算出のためには正確な時刻が必要となる。使用するPCの内部時計はその時々で世界時との誤差がある。そして、その誤差は測定された船位の誤差に直結してしまう。

そこで、①まず、PC内部時計をインターネット時刻サーバー(情報通信研究機構 NICTのntp.nict.jp)に同期させる。②それでも残る世界時との誤差を割り出すために、図. 3のNICTのホームページ<sup>(2)</sup>を本開発システムから自動閲覧できるようにし、③そのページに記載される「あなたのコンピュータの内部時計との標準時刻との差」を利用し、観測時のクロノメーターエラーCEとして計算に導入することとした。

## 2.4 測定設備と方法

恒星による船位決定を行う際には、3つ以上の恒星を使用することが好ましい。また、精度良く測定するためには推奨とされる高度と方位角の組み合わせを考慮しなくてはならない。

そのため、①観測位置、時間における恒星の高度のうち、20°以下と60°以上の高度となるものを除外。②そのうち1つの恒星を選択すると、その方位角と約120°の開きをもつ他の2恒星を指示するようにした。

図. 4は、①によって高、低高度となる恒星を除いた15恒星を仮選出した結果を示し、図. 5には、②によってKochabを選択した場合、船位の誤差が少なくなる方位角の組み合わせとしてDenebolaとBellatrixを自動的に指示し、その方位角配置を図示している。

推測位置: N 35° 56.317 船舶時間: 15h 34m 26s  
E 132° 11.367 CE: 0

stno	星名	< Z >	ac	観測結果
02	No.2Kochab	<019.7>	36° 04.33	Text14
03	No.3Dubhe	<025.1>	59° 07.95	Text14
06	No.6Alioth	<043.7>	48° 25.64	Text14
08	No.8Mizar	<045.3>	44° 12.90	Text14
09	No.9α Persei	<313.2>	28° 06.96	Text14
10	No.10Benetnasch	<052.2>	39° 55.27	Text14
11	No.11Capella	<302.1>	45° 04.22	Text14
18	No.18Arcturus	<082.4>	22° 49.72	Text14
19	No.19Aldebaran	<272.3>	25° 50.75	Text14
21	No.21Denebola	<111.9>	49° 27.68	Text14
25	No.25Betelgeuse	<250.4>	36° 19.70	Text14
26	No.26Bellatrix	<255.0>	29° 51.95	Text14
27	No.27Procyon	<221.2>	52° 11.41	Text14
29	No.29α Hydrae	<175.6>	45° 13.17	Text14
31	No.31Sirius	<220.6>	26° 29.43	Text14

図. 4 3つの恒星の自動選択(表)

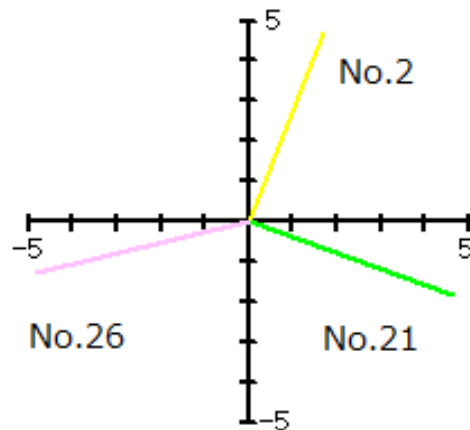


図. 5 3つの恒星の自動選択(図)

### 3 結果及び考察

夜間の星測の予備観測として、昼間、太陽を用いた観測を行った。その結果を図.6に示す。下辺の計算高度  $at$  が  $55^{\circ} 41.3'$  のところ、観測高度  $ao$  は  $58^{\circ} 34.5'$  となり、屋上位置における計算高度と測定高度の差に  $3^{\circ}$  弱の差異が見られた。 $1'$  の誤差が1マイルとなることから、このままでは船位測定に用いることはできない。この誤差は擬似水平線によるものであると考えるが、この差異が定誤差なのか、天体高度による差なのかは不明である。

今後の課題としては、予備観測の結果を検証した上で、3つの恒星による観測を行い、本手法のさらなる評価を行うとともに、計測精度に影響すると考えられる計測場所の眼高の影響についても検討を行う。

項目	値
年月日	2019/7/29
JST	10h02m21s
UT	01h02m21s
CE	0
観測高度 $ao$	58 34.5
計算高度(ac)	$55^{\circ} -41.3'$
Corr2(月)	0
$at$	$55^{\circ} -41.3'$
$I$	$-173.2'$

図.6 太陽による予備観測結果

### 参考文献

- (1) 西村金一：北朝鮮のサイバー攻撃と GPS 妨害  
2012,  
<http://www.ssri-j.com/SSRC/nisimura/nisimura-1-201212.pdf>, 2012. 12.
- (2) 情報通信研究機構 NICT：日本標準時,  
<https://www.nict.go.jp/JST/JST5.html>,  
2019. 07. 11.
- (3) 長谷川健二：天文航法, p. 240, 海文堂出版,  
2015.