

太陽の子午線高度のみを観測することに 依つて正午位置を求めるための一考察

皆 元 国

A Consideration of Fixing Noon Position of Ship with
no Help but the Observation of Sun's Meridian Altitude.

Kuni KAIMOTO

〔I〕 緒 言

船の正午位置決定には太陽による Morning Sight と Noon Sight の二回天測の組合せに依るのが普通で又 Meri-Pass の前後に於ける同高度を観測して求める方法等もあるが首題は太陽の Meri-Pass 時唯一回天測に依て船位を求めようとするものである。然しその技術面に於て多くの困難を含んでいるので色々分析して考察を加えた結果或条件下に於ては特に好結果を得る見込を得た。尙これに就ては故海技試験官江口欣三氏も大いに関心を持ち共に考察したものである。

〔II〕 論 旨

太陽に依て子午線高度緯度法を行う場合緯度を求めると同時に正中時を U で求めそれによつて経度も求められる。これを立証するために必要な最小限度の解説を試みる。

〔III〕 考察を簡明にするために全般にわたつて下記の 条件約束及び定義を用いる。

(一) 条件約束

(イ) 天測時船位は変らないものとする。(ロ) 太陽を対照として論ずる。(ハ) 短時間内の太陽の赤緯の変化は無視する。(ニ) 視界視水平等の天測条件は良好とする。(ホ) 測者は熟練者である。(ヘ) 使用する六分儀は一般に使用されるもので性能優秀で器差だけがあるものとする。

(二) 定 義

(イ) Contact (略記 Q 又は R) 六分儀を通じて見た場合に太陽の映像の上辺又は下辺が視水平に切て見える状態を指す。(ロ) Set 六分儀の Tangent Screw 又は Micro-meter を操作して Contact にすること。(ハ) U による太陽の測者の天の子午線正中時 (略記 U. I. M. P.) (ニ) U による太陽の測者の天の子午線仮定正中時 (略記 U. I. M. P.) (ホ) 太陽が測者の天の子午線に正中後測者が初めて太陽の高度の減少を認めた U による時刻 (略記 U. L. B.)

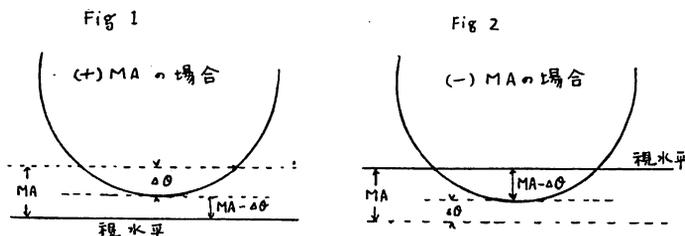
(ハ) (ニ) (ホ) の説明。

測者の天の子午線に太陽が正中する前から Set を続け Set を行う毎に計時員に Chro. T. を記録させるこの Chro. T. を U に改正したものを (U. I. M. P.) とする。このように Set

を続けてゆくと遂いには太陽の高度が増加しなくなる実際に観測する場合暫らくの間静止して見えることが多い。

ここに U. M. P. 測定の困難がある。太陽の高度が増加しなくなれば Set をやめて観測を続け初めて太陽の高度が減少したのを認めた瞬間の Chro. T. を記録させこれを U に改正したものを U. L. B. とする。(へ)開き。太陽映像の上辺又は下辺に視水平が Contact しないで離れて見えるときの間隔であつて角度で表わす。(ト) Minimum Altitude. (略記 M. A.) 測者が六分儀を通じて認めることができる角度の最小限度で T. Alt. を求めるために M. A. を Obs. Alt. に (+) せねばならない場合は符号を (+) とし (-) せねばならない場合は符号を (-) とする。M. A. についての考え方は今長さの等しくない直線上の二物体の長さの差を調べる時その各々の一端を適当な方法で正確に揃えて食違いが無い様にして他端の食違いを調べると判り易い。然し長さの差が微小であると判りにくく拡大鏡を使用すると裸眼で見るよりも判り易くなり、顕微鏡を使用すると更に判り易くなるがそれでも長さの差が微小になるにつれて判りにくくなり、或限度を越すと差が判らなくなるが依然として差は存在する即ち裸眼の場合も用具を使用する場合にも長さの差が認められるのは各々の場合に依りて自ら最小限度がある事が判る。六分儀で Contact を見る場合にも上記の事実が準用されるのは当然であつて、この場合角度が上記の場合の長さの差に相当する。M. A. の量を決定する要因は (1) 測者の視覚の程度 (2) 六分儀の性能 (3) 視界視水平等の天測条件が主なものであると考える。高度増大中の太陽の高度観測の場合に前記の三要因が一定で M. A. の量が (+) 20" と仮定すると太陽下辺と視水平との開きが 20" に達した時に測者は初めてその開きに気付いて Setするのであるが、20" 開いているから 20" 太陽の映像を降下させる事はできない。それは前述の様に $MA = 20''$ であるから開きが 20" 未満になれば測者は開きがある事を認めることができなくなるからである。即ち Tangent Screw を操作してどんなに微小角だけ太陽の映像を降下させても開きは $20'' - \Delta\theta$ で 20" 未満になり、その瞬間に Contact に見えるから Set の操作を中止するのは当然である。仮に開きが $20'' + 1'' = 21''$ であるとすると測者が太陽映像を高度 1" 降下させても $(20'' + 1'') - 1'' = 20'' = MA$ となり、まだ開きが見えるので更に $\Delta\theta$ だけ降下させると開きが見えなくなるから Contact と感じるようになる。故に Contact と感ずる時には開きが $20'' - \Delta\theta = MA - \Delta\theta$ 存在することになる。次に太陽の高度が $MA - \Delta\theta$ の状態から $\Delta\theta$ 増大すると $MA - \Delta\theta + \Delta\theta = MA = 20''$ となり開きが認められるので測者は Set を行うことになる。このように Set を続けるという事は高度が $\Delta\theta$ だけ増加して MA に達するたび毎に測者は $\Delta\theta$ だけ太陽映像を降下させているのである。この事柄は UMP の決定に重要な関係がある。開きが $MA - \Delta\theta$ の場合は Contact に見えるし、 $MA - MA = 0$ の場合も Contact に見えるのであるが、Set した時には開きが $MA - \Delta\theta$ であると述べた理由は次の通りである。完全な Contact (開き = 0) が一番良いのは勿論であるが、MA が存在すれば偶然でない限り完全な Contact は望めないとするれば次に望ましいのは開きがいつも一定している事である。考察を簡明にするため仮に太陽高度が増減しないとすると、開きが $MA - \Delta\theta$ の場合は (A) Tangent Screw を太陽映像を上昇させる方向へ $\Delta\theta$ だけ操作すると開きが認められ、(B) その時 Tangent Screw を太陽映像を降下させる方向へ $\Delta\theta$ だけ操作すると開きが認められなくなる。即ち $MA - \Delta\theta$ の時 $\Delta\theta$ を (+) して MA として開きを認め、その時同量の $\Delta\theta$ を (-) することによつて M

A- $\Delta\theta$ として開きを認めなくする。上述の様に (A) と (B) の両方法によつて毎回略一定の開きを期待できるからである。Fig I 及び II は MA -- $\Delta\theta$ を示す。



次に $\Delta\theta$ に就て考えると、 $\Delta\theta$ は微小な量で理論的には $\frac{1}{1000}$ " でも $\frac{1}{100}$ " でも $\Delta\theta$ であるが六分儀の構造上この様な微小量の加減は出来ないため、5"~10" という量になると考える。MAの量及び符号 $\Delta\theta$ の量の決定については後述する。

(チ) 個人差 (P.E.) 従来からの通説の P.E. について小生は原因を次の様に分解して考える、即ち (天体の高度変化のために Set を仕損じた量 P'E') + (前述の MA) と解する。Set を仕損じるとは例として射撃を行う場合、静止した鳥であれば仰角 A を適当にしてその鳥を狙えばよいが、飛行中の鳥であれば A の外に弾丸が鳥に到達するために必要な時間 B と、B 時間中に鳥が移動する方向距離 C も併せて加減して射撃せぬと命中しない、即ち海軍用語で言う苗頭の加減を誤ると命中しない。太陽の高度測定も高度が変化しているから Set に際して前述したものと同様な誤りが含まれ、その外に MA も含まれるのである。酒井氏著書に記載の高度変化量が大きである程 P.E は大であるという点は、鳥の移動速度が大きであると射撃しにくいという点と一致し、子午線正中時前後には PE が小であるという点は、高度変化量が小である場合には P'E' が小さいという事に解され、鳥の場合に殆んど移動しない場合は苗頭が小で命中し易いのも同様である。P'E' + MA = PE 子午線正中時前後には P'E' が小さいという点から考えると、正中時前後には MA だけが PE の全量を占めていられるし、又そう考えても誤りは無いであろう。

[IV] 図表の作製

(イ) グラフ上の適当な点を正中時 (S.A.T = $12^H - O^M - O^S$) とし、その点を過ぎり横軸をひく。(ロ) 横軸を基点として上方及び下方へ適宜の長さ (4^2 ") を 1^S として 1^S 毎の時角を記入する。(ハ) 正中時前後の時角に対する子午線高度からの高度変化量を下式で求める。

$$\Delta a = \frac{0.0327'}{\tan \ell \pm \tan d} h^2 = \frac{1.962}{\tan \ell \pm \tan d} \cdot \frac{(\text{秒})^2}{3600}$$

(ニ) 上式から求めた高度変化量を夫々の時角に対応する位置 (縦軸上) に記入する。

(ホ) 図表の代りに上記計算で求めた高度変化量 (") が夫々の時角 (秒) に対応する様表に組んでもよい。

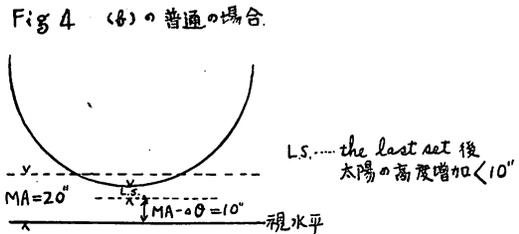
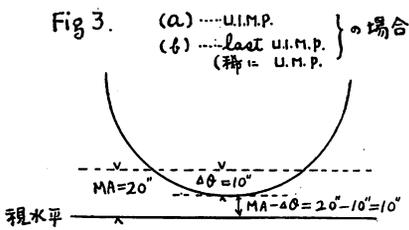
[V] Set に就ての考察

MA = (+) 20" (高度増大中 \odot Contact の際に MA の符号が (+) $\Delta\theta = 10$ " の場合に就て図表を参照しながら考察する。

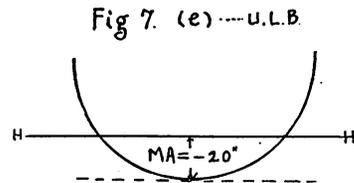
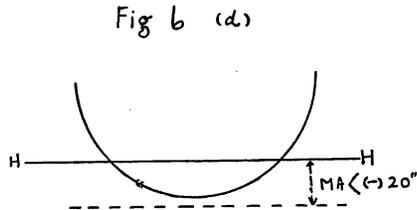
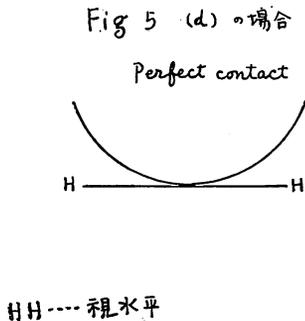
- (イ) $T. Alt = \theta bs. Alt \dots\dots A$
 + (± I. E.) $\dots\dots B \dots\dots$ 一定
 + (± P'E') $\dots\dots C \dots\dots$ 無視 (正中時前後につき)
 + (高度 Correction 表値) $\dots\dots D \dots\dots$ 一定 (高度変化小量)
 + (+MA - $\Delta\theta$) $\dots\dots E$

であるから T. Alt と $\theta bs. Alt$ の変化の関係は E に就て考察すればよいことが明白である。(ロ) Set は MA の説明のところでは高度が $\Delta\theta$ 変化する毎に行うことを既述した。

(ハ) 高度 $\Delta\theta$ 増大する毎に Set を行い $\dots\dots (a)$ やがて高度増大がやみ $\dots\dots (b)$ 次ぎに高度が減少し始める $\dots\dots (c)$ 。



(b) のやがて高度増大がやみとは実際に太陽の高度の増加が止む場合と Set して (開き = 10") としてから高度増加 < 10" で測者が高度増加を感じない場合とがある。高度が減少し始めても (開き) = (-) MA = (-) 20" に達しないと高度減少を測者は感じない $\dots\dots (d)$ 。 (開き) = (-) MA = (-) 20" となつて初めて測者は高度の減少に気付く $\dots\dots (e)$



(ニ) $\Delta\theta = 10''$ のときには高度 10'' を変化する毎に Set することになるので、仮に子午線高度より 30'' 低い時に最初の Set を行くと、2nd Set は 20'' 低い時に 3rd Set は 10'' 低い時に Last Set は O' 即ち子午線高度の時 Set を行うことになるから好都合であるが、若しも子午線高度より 29'' 低い時に最初の Set を行くと、2nd Set は 19'' 低い時に 3rd Set は 9'' 低い時になつて 3rd Set から高度 9'' を増大しても測者は感じないで 3rd Set が Last UIMP となる。3rd Set から高度は 9'' 増大して最六となり 9'' 減少して Last Set に等しく更に 10'' 減少して Perfect Contact 更に 20'' 減少して (-) MA とな

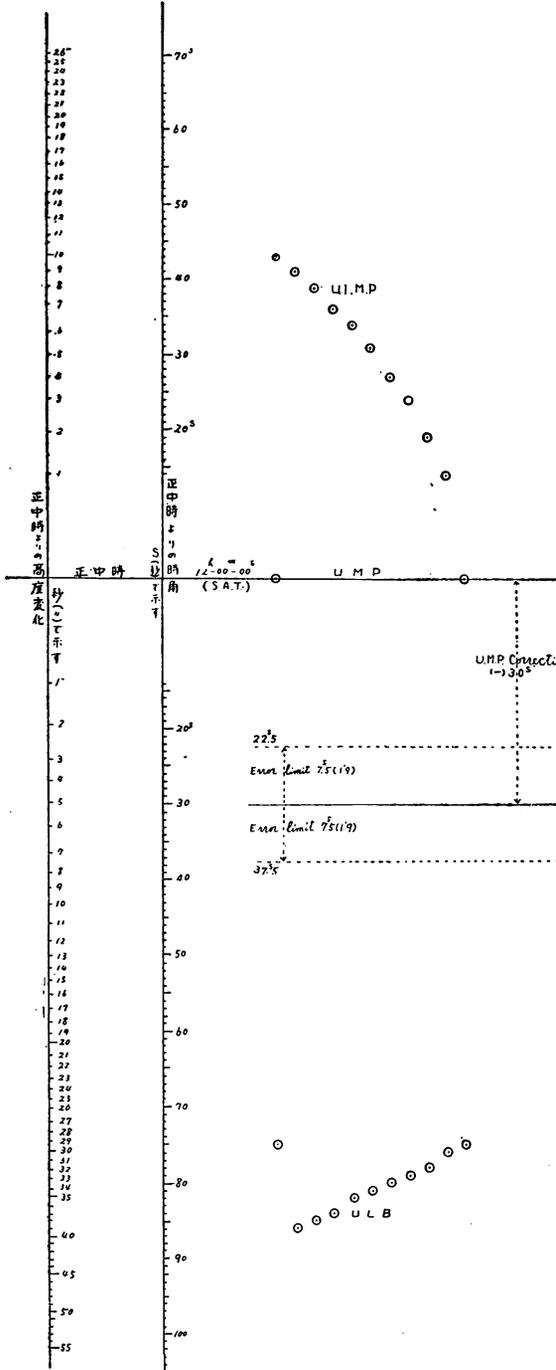
$$\begin{cases} \ell = 25^\circ N \\ d = 20^\circ N \end{cases}$$

$$MA = 20''$$

$$\Delta\theta = 10''$$

但し alt. が増大中に \odot が
(+) MA の場合

り、高度減少に測者は気付く。この
様になるから $\Delta\theta = 10''$ の場合 1''
づつずらして考えると



9''...Case 9...Last Set 後太陽高度が 9''
増加する場合

8''... //	8... //	//	8''
7''... //	7... //	//	//
6''... //	6... //	//	6''
5... //	5... //	//	5''
4... //	4... //	//	4''
3... //	3... //	//	3
2... //	2... //	//	2
1... //	1... //	//	1

0... //

0...Last Set が子午線高度と
なる場合
上記の 10 Case の値を仮に $\ell = 25^\circ$
 $d = 20^\circ$ (同名) $MA = +20''$ $\Delta\theta =$
 $10''$ の場合について図表で求めて同
図表に記入すると左図の様になる。

図表に依て求めた値

	Last UIMP の正中時 よりの H.A.	ULB 正中時よりの H.A.	Last UIMP から ULB までの高度変化
Case 9	41 s (E)	86	+9" - 39"
8	39	85	+8 - 38
7	36	84	+7 - 37
6	34	82	+6 - 36
5	31	81	+5 - 35
4	37	80	+4 - 34
3	24	79	+3 - 33
2	19	78	+2 - 32
1	14	76	+1 - 31
0	0	75	0 - 30

〔VI〕 U と Longitude

Chronometer Time は任意の時に求められ推定経度に依てUとする事は容易である。Uに依て天測歴から Eq, T. を求め $U \rightarrow G. A. T \rightarrow G. H. A. A. S.$ に改正すると G. H. A. A. S. は視太陽の経度に等しい。従つて E'ly H. A. A. S. であれば東経, W'ly H. A. A. S. であれば西経である。上記の様にして任意時の太陽の経度は容易に求められるが, 正中時には測者の天の子午線上に太陽の中心が位置するから, その瞬間には測者の経度は太陽の経度と一致するのは当然である。

〔VII〕 経度算法実施法

(イ) 正中時前から時間的余裕を以て太陽下辺の高度変化を観測し, 連続的に Set を行いその都度計時員に Chro. T. を記録させる(U. I. M. P. の算定基礎となる)(ロ) 太陽の高度増大を認めなくなれば Set の操作を止め(ハ) 引き続き観測を続け高度減少を初めて認めた時計時員に Chro. T. を記録させる(U. L. B. 算定の基礎)(ニ) 六分儀上に太陽高度を讀取つて \odot Obs. Mer. Alt. を得る($P'E' + MA - \Delta\theta$ は微量であり Lat 計算にはそれ程の精度は不要につき無視する)。(ホ) Last U. I. M. P. 又は U. L. B. を正中時のUと見做して Decl を得て天測緯度を求める。(ヘ) 天測緯度と Decl に依て図表を選定し, MA と $\Delta\theta$ の該当する欄で Last U. I. M. P. と U. L. B. の時間差に依て Last U. I. M. P. 又は U. L. B. からの正中時迄の時間的 Correction を求めて U. M. P. を算出し経度を求めてもよいが(ト) 一般的に
$$\frac{\text{Last UIMP} + \text{ULB}}{2} - \text{UMP Correction} = \text{U.M.P.}$$
 とし該当欄の経度の誤差の範囲を求める。U. M. P. に依て G. H. A. A. S (E'ly or W'ly) を求め経度 (E or W) を求め経度の誤差の範囲を考慮して実用に供する。

〔VIII〕 MA と $\Delta\theta$ の考察

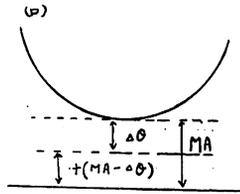
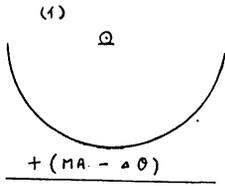
$\Delta\theta$ は微量であるから一般に $2MA - \Delta\theta > \Delta\theta$ ということができる。

(+) MA の時には高度増大中 $\Delta\theta$ 変化 高度減少中は $2MA - \Delta\theta$ 変化

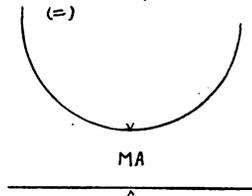
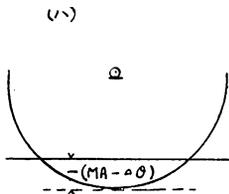
(-) MA の時には高度増大中 $2MA - \Delta\theta$ 変化 高度減少中は $\Delta\theta$ 変化となり

Fig. 8.

(1) (2) (3) (4) 高度増大中

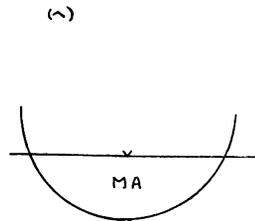
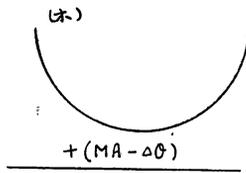


Q Set 後 用之を認められたものは高度が $\Delta\theta$ 変化(増大)する

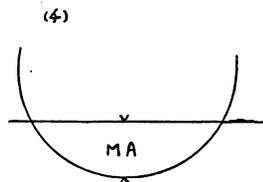
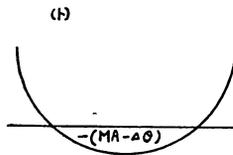


Q Set 後 用之を認められたものは高度が
 $MA - \Delta\theta + MA = 2MA - \Delta\theta$ 変化(増大)する

(5) (6) (7) (8) 高度減少中



Q Set 後 用之を認められたものは高度が
 $+MA - \Delta\theta + MA = 2MA - \Delta\theta$ 変化する。



Q Set 後 用之を認められたものは高度が $\Delta\theta$ 変化する。

丁度反対の現象を示す，故に太陽下辺高度観測の場合に(+)MAならば高度増大中高度変化量は高度減少中高度変化量より小で(-)MAならば反対に大である。 $\Delta\theta$ は常に正であつてMAの符号が決定されなければ高度変化 $\Delta\theta$ 又は $2MA - \Delta\theta$ 式から $\Delta\theta$ 及びMAの値が求められる。

〔Ⅹ〕 結 び

- (1) 次の場合には好結果が得られる。
 - (イ) ℓ と d の関係が傍子午線緯度法に不適な場合。(ロ)太陽が子午線高度に達した時 Zenith Distance が 10° 以内の場合。(ハ)南方漁場に於ける鯖延縄操業時の様な特殊な場合。
- (2) 以上の様な場合には午前の 1st Sight と組合せなくても正午位置が求められる。
- (3) 位置誤差(上記の場合)は普通の天測方法に依る場合と大差はない。

Résumé

- (1) It is possible for us to get good results by this method in the following cases.
 - (a) The relation between latitude and declination is inappropriate for the ex-meridian observation.
 - (b) The zenith distance of the sun's meridian passage lies within 10 degrees.
 - (c) Special cases such as the tuna fishery by Long-Line in the southern sea.
- (2) In the above mentioned cases noon position may be fixed by merely observing the sun's meridian passage.
- (3) Error of the position between above mentioned method and the ordinary one is not of a great difference.