

氣 象 與 航 海

呂 炯

氣象與航海關係至密，故歐美海上之船艦，每日觀測氣象亦有定時；彼等除每日按時接收陸上氣象臺之天氣報告而外，且須廣播其海上所得之觀測結果，俾陸上各中心氣象臺以及海上其他船隻，皆得明瞭海上各處之天氣狀況，庶於作圖航行，皆有準繩，否則盲人瞎馬，動生禍患，其危險為何如乎！

航海氣象在歐美皆有專書，關於航海與氣象之各種關係，論之甚詳。予於此處所欲申述者，乃在將其中主要之點作一提示，俾航海者略知氣象之重要，因而促進我國航業界之注意，而不致草率從事，是則予爾管草此短文之微意也。

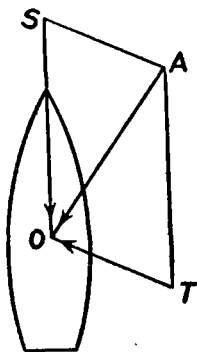
在海上觀測氣象要素時，其中比較困難者，厥為風速與風向二項。風速之觀測，普通以蒲福表(Beaufort scale)為標準。在陸上因有煙塵，樹木，電線等各種物體，可資識別，故風速等級之判別，並不困難。但在海上，則除茫茫一片大水而外，毫無其他物體，可資借鏡。無已，祇可借助於海才以為觀測之標準。下列之表乃以海水之動靜判別風速之等級。

海上蒲福風速等級表

等級	平均風力			海上風力之影響
	公尺/秒	海里/時	公里/時	
0	0.2	0.5	0.9	波平如鏡。
1	1.1	2.3	4.1	有魚鱗狀之微波，但波頂無泡沫。
2	2.5	5.0	9.2	} 波雖短而明顯；波頂開始破裂，但泡沫不呈白色而呈玻璃狀。
3	4.3	8.4	15.5	
4	6.3	12.3	22.9	波已較長；有白色泡沫之波頂出現，故有短時之浪聲。
5	8.6	16.8	31.1	長波已明顯；到處有白色之泡沫波頂；浪聲已高，呼呼不已。

6	11.1	21.7	40.1	大浪開始造成，白色泡沫波頂面積漸大；浪呈沈濁滾盪之聲。
7	13.8	26.9	49.9	海浪高聳，破裂時造成白色泡沫，迎風成長條。浪聲在較遠處亦能聞悉。
8	16.7	32.6	60.3	浪峯漸高；泡沫迎風密如白練；驚濤駭浪已開始。
9	19.9	38.7	71.6	
10	23.3	45.4	84.1	成長條而高聳之波峯倒折而破碎；泡沫面積頗大，向風成密集之白練。水面皆白。波濤洶湧有如萬馬奔騰之聲。
11	27.1	52.6	97.5	波峯極高，船如沒入波谷中，有時失其所存。波濤震撼，有如咆哮；海中幾皆為白色而成條狀之泡沫所掩蔽；風吹波峯之邊緣成微細之泡沫，有如霧狀，視度消失。
12	>29.0	>56.0	>104.0	

海上測量風向，因船行之關係，亦比較困難，故欲知真實之風向，必須對於船行之方向及速率加以注意。在船上所感覺之風係真實風與船行風之合成風。第一圖即示如何在船上測出真實風向之圖解。吾人由一點O 在船行之方向中作一直線 OS，表示船行風，OS 之長度以船行之速率為準，或以每秒公尺計，或以每小時海里計（例如以直線長 5 公分 = 風速 10 公尺/秒）。在同一點上，風來之方向中作一直線 OA，表示在船上所感覺之風，其長度亦以感覺風之速率為準。將此兩直線分開之兩端連結之如 SA，在出發點 O 作一平行於 SA 之直線，其長度與 SA 相等，如 OT，則 OT 即為真實之風向與風力。通常在海上測量風向風力，皆利用現成畫就之圖板，免得每次作圖之麻煩，其形式如下，用法亦附註於圖旁。



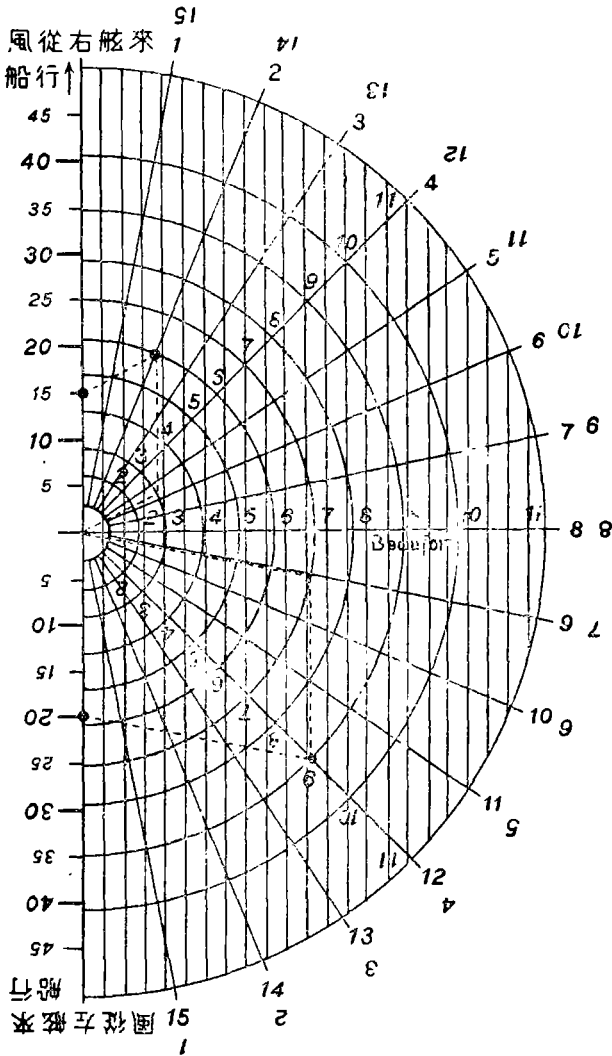
第一圖 在海上確實風向風力之求法

在航程中所遇天氣最為危險者，莫如颶風，故航海者於颶風不可不加以注意。茲將颶風之預兆，颶風距離之估計，及船隻在颶風區域中之駕駛法三項，分述如下：

颶風之預兆：颶風之先兆，可從天氣，電信，氣壓及海浪四項預先偵察。關於天氣，氣壓等項，稍習氣象學者，無所困難，故不擬多所敘述，約略論及可矣。至海浪一節，因普通氣象學書內，多不述及，故言之較詳。

第一例：如船行每小時15海里，感覺風從前面右舷來，風向為偏右2格，風力達蒲福表6級。則照作圖之結果，確實之風向從前面右舷來，偏右5½格，風力達3級。

第二例：如船行每小時20海里，感覺風從前面左舷來，風向為偏左4格，風力達蒲福表9級。則照作圖之結果，確實之風向從前面左舷來，偏左7格，風力達7級。

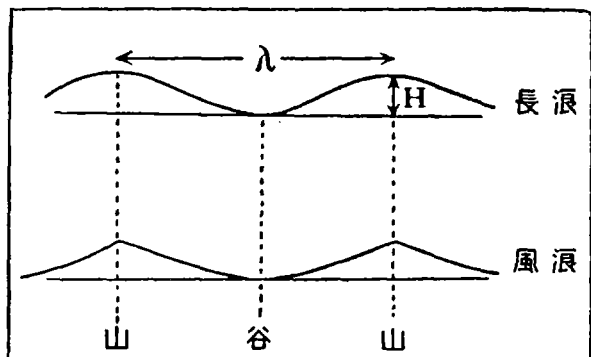


第二圖 在船上求確實風向風力用之圖板

在海上颶風臨近時，天上常呈晨曦或暮霞之色彩，如 L 瓦或紫銅色然。初現卷雲，自地平綫上，從一點出發，向外散射成長條。風暴之中心大概卽在此方向中。在初期之颶風，卷雲條紋極爲清晰，時期較久之颶風，則漸模糊。颶風更近，則卷雲漸密而成卷層雲。再後則突現颶風之下層雲，而爲層積雲，此雲愈近中心，愈形險惡。在颶風區域內，雷雨絕少，但在其鄰近或邊緣上，亦往往有雷雨發生，船上收報機，因天電之故，常被騷擾，耳機中呈雜亂之騷音，其騷擾之方向及強度，可由此測定，故亦可爲偵測颶風之一助。又船上如有自記氣壓計，則從每日氣壓曲線上，亦可探知有無颶風接近。蓋颶風臨近，氣壓曲線上每日兩次之氣壓波卽被擾亂。在氣壓突然降低之前，常常先升高反而較強，此因大多數之颶風常爲一圈氣壓較高之區域所包圍（颶風中心，氣流上升，邊緣氣流下降），此處天氣晴朗，風力微和。

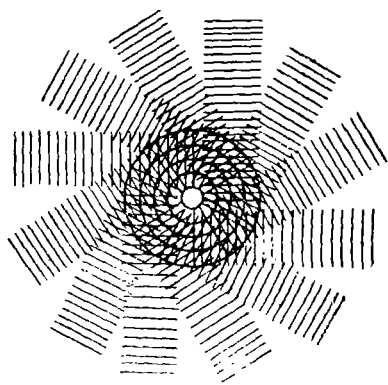
除上述三者而外，颶風之接近，更可從海浪偵知，此種海浪與普通之波浪不同。普通波浪，因風而起，故風力之強弱與波浪之大小，如響斯應，若合符節。但由遠處風暴而起之波浪則不同，此種波浪英文名 Swell，中文尚無一定譯法，或可譯爲長浪或長濤。長浪之產生，乃由海上遠處之風暴所激起，其與普通風浪之區別，最顯著者，莫如波頂。風浪之波頂尖銳，而長浪之頂則呈渾圓之狀，如第三圖所示。

長浪之波長促而週期小者，在進行之中途，常爲海水之綫動粘性所衰減，然波長及週期大者，則能傳達至低氣壓範圍以外二三千海里之遠，其波長可自五十至一千公尺內外，但

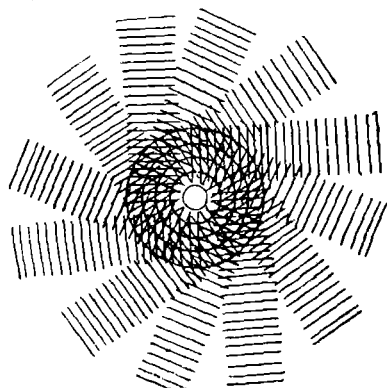


第三圖 長浪與風浪之區別，長浪波頂渾圓，而風浪之波頂則尖峭。

其波峯則甚低，高者亦鮮有超過十公尺者，低者僅一二公尺而已，此為長浪之特點。吾人在海上旅行，往往遇天氣晴朗，風力微弱，而長浪襲來，高下有序，緩慢而有規則，此即為海上某處有風暴之表示。由長浪之來向，可以偵測風暴之所在，蓋風暴之中心，常位於長浪之來向中。且其距離有時亦可探知，因巨大之長浪，其進行之速度約在每小時二十五海里以上也。然而亦不能專恃長浪以為風暴之預測，長浪若遇島嶼，沙丘等阻礙物，常漸消失，尤其在東亞及西印度兩大颶風區內，島嶼林立，阻礙叢生，長浪極易衰滅，不可不注意也。



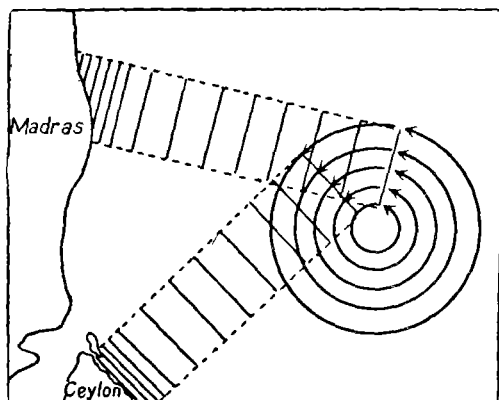
第四圖 在北半球由風暴區域內向外發展之長浪



第五圖 在南半球由風暴區域內向外發展之長浪

長浪之方向在風暴之四周各自不同，如第四第五兩圖所示。第四圖表示北半球第五圖表示南半球長浪之發展。在風暴範圍以內，為長浪互相交叉之地點，其個別之方向，頗難辨別。但在遠處之長浪，雖不免仍有交叉現象，却不難辨認其個別之方向，並不因交叉而混亂也。如 Reid 在其風暴之發展與其進行之規律一書中所舉之例，常颶風在孟加拉灣之尼科巴羣島 (Nicobar IS.)附近造成時，在麻達拉斯 (Madras)海濱發生東東南長浪，在錫蘭海濱則為東北長浪(第六圖)。惟須注意者，在海濱觀測長浪方向時，切勿與岸邊之激浪 (Breakers or Surf) 相混，蓋激浪者，為海濱海水衝激海岸之浪，或可稱之為拍岸浪，其方向常與海岸平行，不可誤認為長浪之方向也。

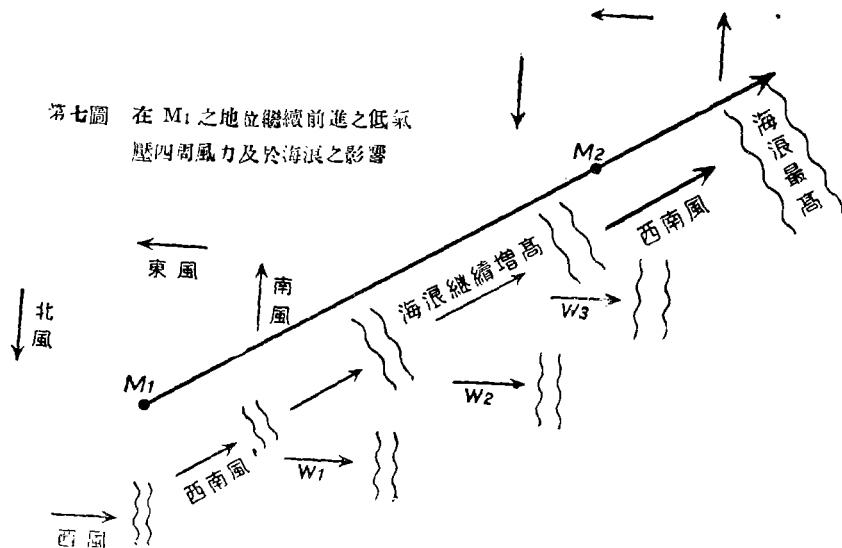
從第四第五兩圖，雖可藉長浪之方向探知風暴中心之所在，然在風暴四圍所發出之長浪，對於風暴中心方向之辨別，其效力並不相等。其最顯著而最有效者，厥為與風暴路徑同一趨向之長浪。吾人知颶風路徑右半之區域為最危險之場所。如在



第六圖 在尼科巴羣島發生之颶風，達於麻達拉斯與錫蘭海濱之長浪。

北半球一船向颶風路徑右半相對進行，則大概可以遇見長浪，此浪橫襲颶風路徑（即與颶風路徑成直角）而與颶風路徑同一方向進行。例如在北半球颶風向西西北進行，則有東南長浪發生，如颶風向東北進行，則為西南長浪。在此種情形之下，因長浪進行較颶風本身為快，故對於海上船艦，為極有利益之警告。蓋如遇此種長浪，即所以表示船隻向颶風右半之危險區域內進行也。如一船向颶風路徑之左半進行，則長浪之兆不如前例之顯著，或將在颶風極接近時，始能覺察。如在前述之例中，颶風向西西北進行，則在此處遇見東北長浪，若颶風向東北進行，則為東南長浪，且此處之浪不如前例中之單純，常有方向稍異之交叉浪出現。又如船在颶風之後部向颶風行進，其情形又不同，若在颶風路徑後部之右半，則常無若何長浪之表示，尤以在印度洋中為然，除非在與颶風極接近時，始有交互錯綜極形複雜之長浪向船之左舷沖盪。若船隻在颶風路徑後部之左半向颶風進行，如颶風進行頗緩慢者，則有時亦可覺到長浪。若進行極速之颶風，則由與颶風路徑平行而方向相反之風所產生之長浪，因不如颶風右前方之海水繼續為同一方向之風力所鞭策，故不久即漸趨衰退。第七圖表示在 M_1 處有一風暴，向東北進行，與其海浪之情形。蜿蜒屈曲之線代表海浪。其由西風引起之海浪，因風之影響連綿不斷，故漸次增加，

第七圖 在 M_1 之地位繼續前進之低氣壓四周風力及於海浪之影響

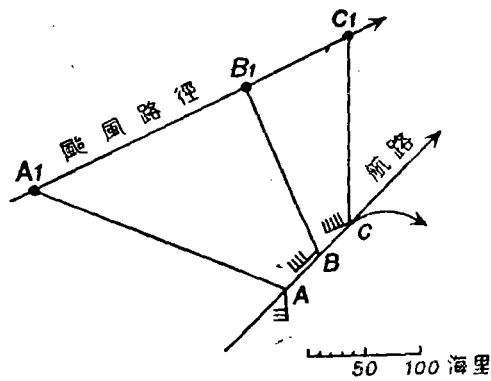


如 W_1, W_2, W_3 。但與颶風路徑同方向之西南海浪，則因受西南風繼續而持久之鞭擊，故愈進行而愈強大，增至極限。

由上圖足知在此情形中，西南長浪實為測定颶風中心方向最有效而同時亦為最有力之海浪。

颶風之來，大抵常有上述各種先兆，已如上述。然亦有事先毫無任何預兆而忽遇颶風者，此則大概因船隻適在颶風發生地點，颶風即在該處就地孕育成長，故事前並無若何預兆也。

颶風距離之估計：估計颶風距離，有種種方法，其簡單而粗率



者，可由雲向，雲狀，風向，風力，海浪等推算。茲將以風力風向及氣壓之降低度以推測颶風中心距離之法，略述於後。吾人知颶風四周之風力愈趨中心愈強，風向則愈趨中心愈與等壓線平行。根據此原理即可推測颶風中心在船隻之何方及其間之距離矣。例如有一船隻在

第八圖 由風向力以推測颶風之距離及其路徑

北半球，其航線向東北進行，船上測得確實之風爲南風，如 A 點（第八圖）。由各種預兆表示確有颶風在附近出現，從風向及風力判別（由風向以推測 風暴中心所在，可應用白貝羅 (Buys Ballot) 定律），假定颶風中心在南風(向北)方向中偏左六格(參考第二圖)，即在船隻之西西北方向中。其距離由風力估計，假定爲 240 海里如 A_1 。4 小時之後，即約在行過 40 海里距離之後，風力加強，風向轉爲西南，如 B 點。因風力加強，且氣壓低降，知其距離較第一次在 A 點時爲近，假定此時颶風中心之位置在船隻之北西北方向中，其距離爲 160 海里如 B_1 。將兩次假定颶風中心之位置 A_1B_1 以直線連結之，則得颶風路徑之一段。此段路徑是否確實如此，固不可必，然照此路徑看來，若航線不改，則將來兩線勢必相交，又隔 40 海里之後如在 C 點，風向轉爲西西南，風力更增，颶風中心照推測結果，約在船隻正北方向中，距離亦更近矣。故此時不宜再向前行駛，或向東南暫時趨避。上述之作圖法，其根據要點即假定在熱帶中，颶風之直徑約爲 300 海里，而其烈風之範圍，當小於此數。故在第八圖中第一次推測時，其距離約爲 300 海里，但照其他情形看來，當不滿此數，故假定爲 240 海里。若颶風已過熱帶而入溫帶中，因颶風範圍已擴大，其距離之估計，自可較大。惟須注意者，在估計颶風距離時，甯較小而切勿過大。此種方法，當然須有相當經驗，方有把握。再作圖不妨多作幾次，將其距離及方向等，稍事變更，則從數圖推測，比較穩妥也。若在颶附近，同時有兩船存在，則可將各自測得颶風中心之方向及距離，互相通報更爲確切耳。

估計颶風之距離，若欲比較精密，當從根據氣壓入手，如氣壓降低極慢，則颶風之中心尚遠，如低降較快，同時風力亦猛，再附加其他現象，如有陣雨等，則其中心自必頗近。從氣壓低降之勢以推測颶風距離之遠近，有 Piddington, Fournier 及 Algué 諸人。Piddington 之方法極爲簡單，將一小時內氣壓低降之數與其相當之距離列成一表如下：

第 一 表

一小時內氣壓平均低降數(公厘)	與颱風中心之距離(海里)
0.5-1.5	250-150
1.5-2.0	150-100
2.0-3.0	100-80
3.0-3.75	80-50

Piddington 之表乃從無數氣壓自計紙上統計而來，但在船隻距颱風中心自 250 至 100 海里時，或尚可利用以為趨避之計；若其距離自 80 至 50 海里時，則根本已陷入颱風範圍之內，此表已無所用之矣。在第八圖估計颱風距離時，若同時參照此表，則較有把握。但在應用前表時，其每日在晴天時照例之氣壓變遷，自必先行屏除，不可混為一談也。每日氣壓變化如何屏除，法國海軍大將 Fournier 曾有一表如下：

第 二 表

緯 度	上 午 或 下 午													
	一時	二時	三時	四時	最低	五時	六時	七時	八時	九時	十時	最高	十一時	十二時
	由觀測所得氣壓讀數加入公厘數						由觀測所得氣壓讀數減去公厘數							
5	0	0.6	1.0	1.1	1.0	0.6	0	0.6	1.0	1.1	1.0	0.6		
20	0	0.6	1.0	1.0	1.0	0.6	0	0.6	1.0	1.0	1.0	0.6		
25	0	0.6	0.8	0.9	0.8	0.6	0	0.6	0.8	0.9	0.8	0.6		
30	0	0.4	0.7	0.8	0.7	0.4	0	0.4	0.7	0.8	0.7	0.4		
35	0	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4	0	0.4	0.5	0.7	0.5	0.4		
40	0	0.3	0.5	0.6	0.5	0.3	0	0.3	0.5	0.6	0.5	0.3		

由上表觀之，不論上下午，及在任何緯度，自二時至六時所得氣壓讀數，皆嫌過高，須減去一數，方為平允。Fournier 對於求颱風之距離曾有 公式如下：

$$\frac{B-B_2}{B-B_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

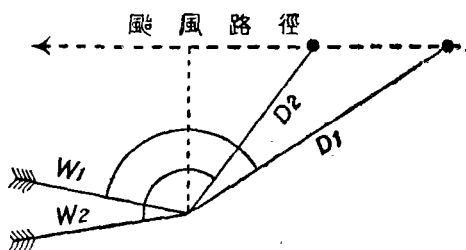
公式中 B 為在颱風範圍以外正常之氣壓讀數減去 3 公厘（但照

Schubart]之意見，以爲僅在較高緯度上須減去 3 公里，但在緯度 10° 時，祇須減去 1 公厘，在 20° 時減去 2 公厘，在 30° 時始減去 3 公厘)。 B_1 爲第一次訂正後之氣壓數， B_2 爲第二次訂正後之氣壓數， D_1 爲第一次氣壓讀數時與颶風中心之距離， D_2 爲第二次氣壓讀數時之距離。由上式可知第二次氣壓差數與第一次氣壓差數之比，恰如第一次颶風中心距離與第二次距離之比，即距離與氣壓差數之關係相反，即

氣壓差數小 —— 距離大

氣壓差數大 —— 距離小

吾人爲求澈底明瞭起見，試再作圖以說明之。先將第一次與氣壓讀數同時測得之風向如 W_1 (第九圖) 畫於紙上，而使風暴中心偏在風向左方 6 至 $7\frac{1}{2}$ 格 (參閱第二圖) 之方向中，向左偏差之多少，須視情形而定，大約愈近中心，偏左愈甚。在顯著的風向轉變之後，再將第二次與氣壓讀數同時測得之風向如 W_2 畫於同一點上。如此時風力已增強，則風暴中心當較第一次爲近，故風暴中心應更偏於風向之左方，即風向與等壓線愈趨於平行。颶風中心之方向既已決定，今當求其距離矣。先求兩次測得之氣壓訂正與各該時正常氣壓 (須視緯度之高下減去一至三公厘) 之較差，再求此兩較差之比例。其距離 D_1 照風力及氣壓低降度推測，可以作一假定數，則 D_2 之約數自可由計算而得矣。今試再舉一實例以明之。德國商船 Göttingen 號，船長爲 F. Kück，在一九二六年九月十四日上午四時位於北緯



第九圖 應用Fournier公式求颶風中心之距離及其方向

$22^{\circ}36'$ ，東經 $123^{\circ}28'$ ，其時之天氣狀況：風向東東北，風力 9，氣壓 753.4，附屬溫度 23° ，天氣雨，海浪來向東，海面狀況 8。由時

季(九月)及各種情形看來,尤以當時之大雨最為顯著,證明其為颶風之現象,四小時以後,及上午八時,風向轉東,風力增至10,氣壓為753.7,附屬溫度28°。其計算手續如下:

	第一次氣壓 較差(四時)	第二次氣壓 較差(八時)
儀器上之讀數.....	753.4	753.7
儀器差.....	0	0
	<u>753.4</u>	<u>753.7</u>
溫度訂正(28°).....	-3.5	-3.5
	<u>749.9</u>	<u>750.2</u>
高度訂正(15公尺).....	+1.3	+1.3
	<u>751.2</u>	<u>751.5</u>
北緯20°每日氣壓變化之訂正(第二表).....		
	4h = +1	8h = -0.6
訂正後之氣壓.....	$B_1 = 752.2$	$B_2 = 750.9$
正常氣壓757-2=B	$= 755.0$	$B = 755.0$
	$B - B_1 = 2.8$	$B - B_2 = 4.1$

由上計算,可知氣壓每日變化之影響甚大。在上午八時儀器上之氣壓讀數雖較四時者反而略為升高(0.3),但在訂正以後,確知在八時降低1.3公厘。

吾人假定 $D_1 = 100$ 海里,則照Fournier之公式

$$D_2 = \frac{100 \times 2.8}{4.1} = 68 \text{ 海里}$$

因兩次風力皆甚強,颶風中心已近,故在第十圖中,第一次測算,風暴中心偏左6格,第二次因颶風更近,故偏左7格。令 D_1 等於100海里, D_2 等於68海里,皆以上午四時之船隻所在地為準。然後將船隻自四時至八時之航路加入。自 D_2 之終點作一平行於航路之直線,其長度與四時至八時之航路相等。則此直線之終點F即為上午八時颶風中心之地點。再將此終點F與 D_1 終點E連結,則EF即為兩次觀測間颶風路徑之長度與方向。吾人可將 D_1 之數改動,再行計算,再行作圖,如假定 D_1 等於150及200海里。則可如前法得三條颶風路徑,如EF, E_1F_1 , E_2F_2 , 其長度及方向皆不同。在此三例中,似乎以 D_1 等於150海里最為適宜。因照季節及地域而論,此颶風路徑

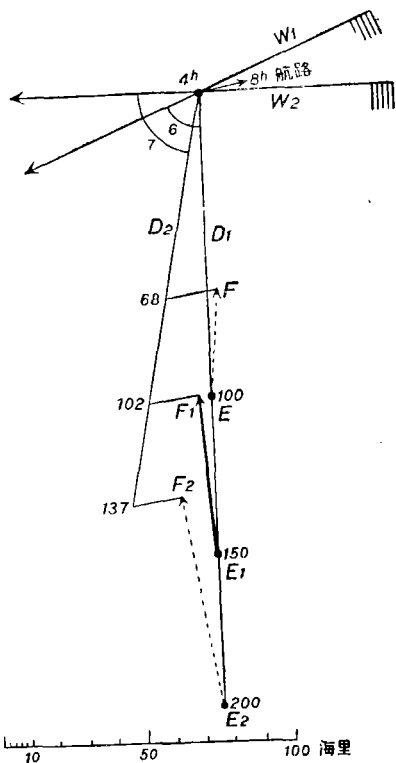
之方向及速度以第二例最為相宜也。由第十圖之例觀之，則知颶風已在轉向中，約在拋物線之頂點，此時颶風向北方進行。

馬尼拉前觀象台台長 Algué 曾應用氣壓及風向等之關係，創造所謂 Barocyclometer 者，亦用以測定颶風之距離及其方向。此儀器實為一空盒氣壓表之變相，其應用方法，須有實物例示，始易了解。若全憑紙上解釋，則因繁瑣周折，不易說明，故從略。

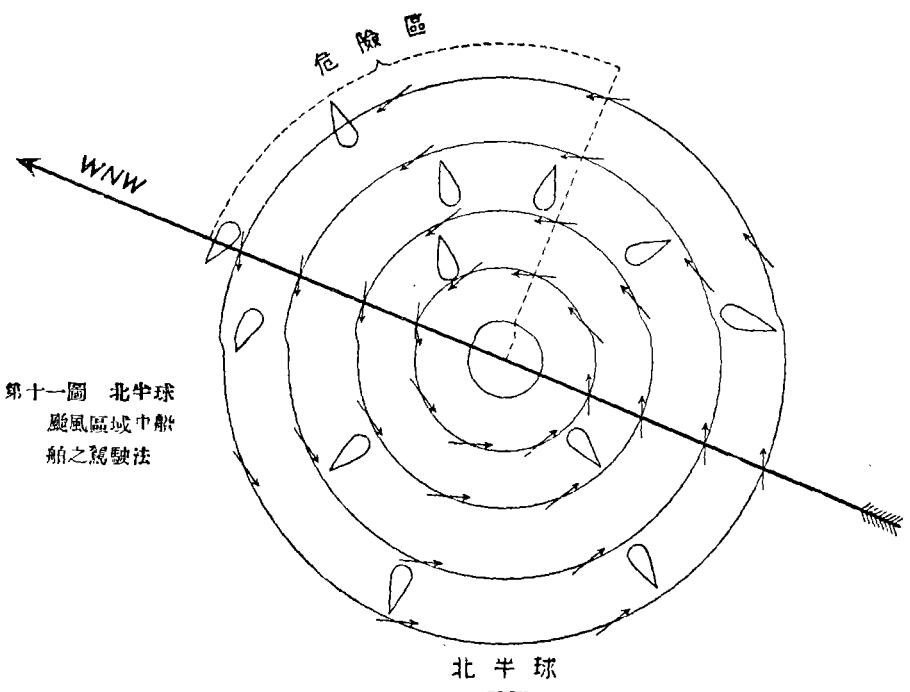
船隻在颶風區域中之駕駛法：在海上航行，當然竭力求其安全，如附近有風暴發生，自宜設法避去。然事變無常，往往不及發覺，或發覺已晚，而風暴已突然蒞止；既不及趨避於前，祇可設法補救於

後，俾免覆舟之歎。在颶風範圍內，類皆風狂雨驟，船舶遇之，多危險而難駕駛。然其最危險之區域，在北半球為風暴之右前方，在南半球為風暴之左前方（參看第十一第十二兩圖），普通名此區域為危險區，以別於他區。其所以危險者，因此區之風，係向颶風路徑前方吹去，船隻如陷入此區內，則將為風吹至風暴中心之前方，而不易脫險也。

船舶既不幸而陷入於颶風區域內，則首須明瞭船隻自身究在颶風區域之何方。欲解決此問題，仍須借助於風向。依照颶風規律，若風向漸次向右順轉，則船隻在颶風中心之右方，若風向左逆轉，則船隻

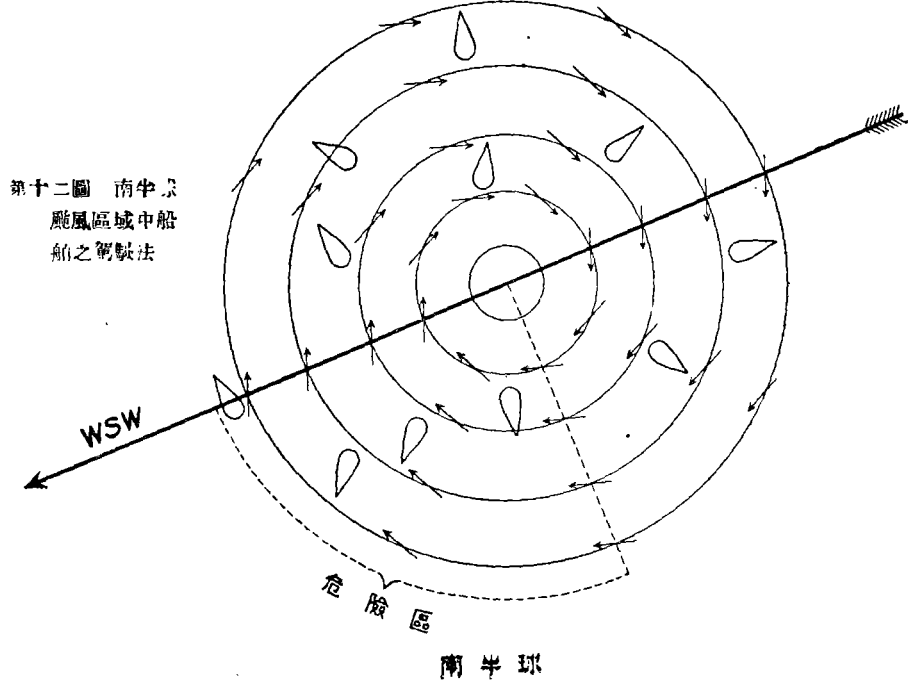


第十圖 德船Göttingen號應用 Fournier 公式求颶風中心之距離及其路徑



第十一圖 北半球
颶風區域中船
之駕駛法

北半球



第十二圖 南半球
颶風區域中船
之駕駛法

南半球

在颱風中心之左方。此規律可適用於兩半球，試將第十一及第十二兩圖一加考驗即可了然。例如在北半球，若一船隻陷於颱風區域內，初為東北風，繼為東風，最後為東南風，風向漸次向右順轉，故船隻在颱風中心之右方。所謂右方者，乃以颱風進行之路徑為標準，在路徑之右者曰右方，左者曰左方。左右方既經決定，然後再定其象限。定象限之法，可借助於氣壓表。如氣壓繼續低降，則船在颱風中心之前方，若氣壓漸次升高，則在颱風中心之後方。如風向繼續不變，而氣壓則繼續低降，則船隻大概恰在颱風之路徑上。

至船隻在颱風範圍內之駕駛法，大致如下：在北半球船舶在颱風之右邊，則令船隻如此位置，使風從船頭偏右舷二三格吹來。設風及海浪均尚不十分猖獗，可令船隻在此位置中，開足馬力，向前行駛，直至脫離颱風區域為止。如風及海浪均已十分強烈，船隻失其駕駛能力，則在北半球應將船之右舷（在南半球將船之左舷）橫對風向與海浪，停止行駛，而在船身兩側因風浪而壅積之水（船行時船身兩側較空虛），可略資保護。在颱風左邊之駕駛與右邊相同，風亦須從右舷來。

如適在颱風之前方，則應竭力將船隻駛入颱風之左邊（在南半球駛入颱風之右邊），而使風向由右舷後方吹來（在南半球則使風向由左舷後方吹來）。

如因靠近海岸，阻礙行駛，或颱風中心已太近，則亦宜照前法將船停止，橫對風向與海浪。

如在南半球，則其情形與北半球相同，所不同者：將右舷改為左舷耳。

區別船隻在颱風何方，其法固如前述。然因颱風四圍之風向，未必如圖上之整齊，而颱風之區域亦未必為完整之圓形，故在短時期內，欲辨別船隻之位置，有時固不難，然有時亦甚不易也。在此種狀況之下，可應用下述方法：如不能辨認船舶在颱風之何方，則可假定船隻已在危險區內，迅將船身如此佈置，在北半球使船之右舷迎風而駛，在南半球則使船之左舷迎風而駛。如此假定為無誤，則此辦法固甚是，設或不然，而在其他區域內，則大抵亦宜如此處理，苟以後發見在特殊位置中，如在颱風前方之類，則再可相機行事耳。