

台灣附近海域風場之觀測及探討

王玉懷 莊文思

國立台灣大學海洋研究所

摘要

風場資料常被用在氣象預報及自然科學研究上。為瞭解台灣附近海域之風場，我們分析了中央氣象局、海軍及台電公司在台灣沿岸及離島之主要氣象站1993年全年之風速、風向資料。分析結果顯示：1)各離島測站資料之可信度尚稱良好。各沿岸測站風速則普遍偏低，且風向大多不具代表性。2)台灣鄰近海域之風場大致上是相同的，主要是由冬夏季節風所控制。東北季風起自九月至次年四月中，西南季風由五月至九月左右。3)風力最強在烏坵站，年平均風速達9 m/s左右，冬季時常可見25m/s以上之強風持續吹襲數天。4)台灣東北角之風向風速比較變化多端，這可能是受冬季高壓之移動所影響。5)沿岸測站所產生的偏差主要是受到山丘或建築物的遮蔽效應影響。對於沿岸測站觀測所得不具代表性之問題，建議氣象局將風速計改置於不受地形地物遮蔽之高塔上。

關鍵字：沿岸風，遮蔽效應，季節風

一、前言

氣象資料，諸如風、氣溫、氣壓、降雨、雲量等，對我們日常生活有密切關係。在近岸海洋研究上，這些氣象資料更是不可或缺的。例如風對海流有決定性的影響；海氣間的熱量傳輸控制著“海水混合層”的厚度(Wang,1991)。目前這些氣象資料有許多公私機構在作例行性的觀測，以用於氣象預報、飛航安全、大氣監測等。為瞭解台灣週圍各測站之觀測是否對該站附近海域之風場具有代表性，本文即針對台灣沿岸及離島之主要氣象站之資料進行探討，以作為使用這些資料時的參考。我們也對沿岸測站的觀測結果提出一些探討。

二、資料來源

本研究所用之資料主要來自中央氣象局(CWB)及海軍氣象中心(Navy)，測站分佈如圖1所示，包括

宜蘭(CWB)、蘇澳(CWB, Navy)、花蓮(CWB, Navy)、台東(CWB)、恆春(CWB)、梧棲(CWB)、淡水(CWB)、基隆(Navy)等沿岸測站。離島測站則有馬祖(Navy)、烏坵(Navy)、彭佳嶼(CWB)、馬公(CWB, Navy)、東吉島(CWB)、蘭嶼(CWB)及東沙(Navy)。這些測站的選擇，在地理位置上概括了台灣附近海域之風場。在時間上，我們選取1993全年之資料進行分析，檢視其他年的資料結果相似(莊，1994)。此外，我們也應用台電公司在鹽寮的觀測，包括高塔93及63米，低塔63及21米之紀錄。歐洲氣象中心(ECMWF, 1993)之模式客觀分析資料(1992)，也被引用來與台灣東北角之觀測互作比較。

三、資料分析

經驗上，澎湖所測得的風常被用來代表台灣海峽的風場(例如：Chuang, 1986)，故我們首先檢視馬公(CWB, Navy)及東吉(CWB)之觀測。圖2為澎湖地區測風站之向量圖，這三站的觀測大致上是相似

的，因各站為獨立觀測其結果基本上是可信的。全年風之速度平均在馬公站為4.62m/s(CWB)及6.78m/s(Navy)，東吉則是7.55m/s。東吉測站位於開闊海域，風速計距海平面約43m，海軍馬公站位於澎湖灣，風速計高17m。東吉及海軍馬公站的風速較強，且二站所得結果差異極小。但是，中央氣象局的測站為在馬公市區之樓頂，高約20m，其測得風速在三站中為最小，且風向較其它二站偏南，雖然鄰近之建築高度並未超過風速計，但如以海軍馬公及東吉為準，測得之風速風向已有明顯偏差。

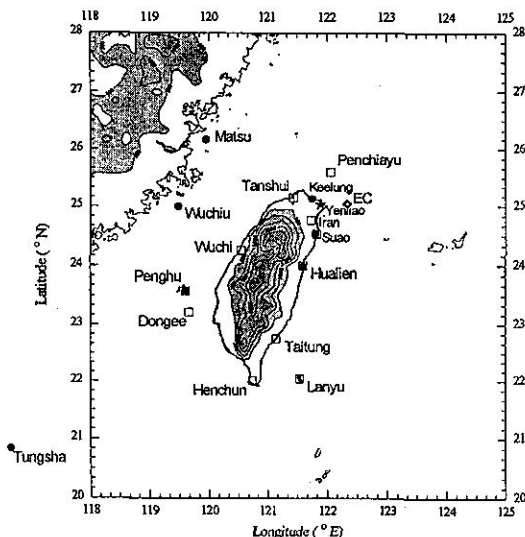


圖 1. 台灣週圍氣象測站位置示意圖，黑點為海軍測點，方形為中央氣象局測站。台電鹽寮測站及EC站亦標示圖中。

遮蔽效應所造成的風速減弱在台灣沿岸測站尤其明顯，例如中央氣象局在東北角之測站：包括宜蘭、蘇澳及花蓮(圖3)。宜蘭全年風速均小於2m/s，蘇澳則低於5m/s。至於風向亦有偏差，台灣全島各地或多或少均受到季風影響，但宜蘭站幾乎測不到南風，而蘇澳站則缺少北風，很明顯的乃是受到了建物或山丘的阻隔。花蓮站所測資料略佳，但其最大風速仍僅達10m/s左右而已，明顯的有偏低的現象。

海軍花蓮測站之風比中央氣象局花蓮氣象站大些(圖4)，這是因為海軍測站在花蓮港邊，東面為開闊的太平洋，故遮蔽效應程度已減至最低。但是，其風速仍明顯的比澎湖地區弱。假設儀器操作一切正常，則測站西方之山脈，雖是在十數公里外，已對本站所測之10米風有所影響。再以海軍在

東北角之蘇澳及基隆兩測站為例，如圖4所示，很明顯地，其所測結果亦有偏差。蘇澳站在東北季風期間測到西北風為主。基隆站之風速甚小，尤其是西南季風期間風力甚微。這三站雖同在東北角，所測得風之形態卻大不相同。

在離島觀測的風速、風向很明顯的要較沿岸者佳。圖5為馬祖、彭佳嶼及蘭嶼測風站之向量圖。馬祖測得強烈的東北季風，其變化亦與海軍馬公測站之結果相近。這兩測站的風因不受遮蔽，故對台灣附近海域風場較具有代表性。彭佳嶼之風則比較特殊，其風向變化較大，在東北季風期間常發現旋轉之風場。彭佳嶼位於台灣北端，測站之風速計設在燈塔上，海拔99米，故應不會有遮蔽效應。蘭嶼測站高324米，其風速也最強，冬夏季風明顯；較特殊的是夏季時西風強盛，可能是西南季風在較高處已有轉向西風之趨勢。此外，中央山脈及颱風對蘭嶼夏季風場或許亦有影響。

彭佳嶼特殊之風場可與其南方之鹽寮高塔(93m)的風作比對。結果顯示此二站之風場十分相近，故其觀測可信度應無問題。鹽寮高塔(93m)及低塔(63及21m)三層高度之資料十分可貴。我們進一步用來研究風場隨高度變化之邊界層結構。圖6為此三高度之風向量圖，如所預期的，21m高的風明顯的比高層的小。理論上風速隨高度的變化可以用對數定律(Log-law)來描述(Businger, 1971)。我們以此三組資料來驗證對數定律下之表面粗糙度(Z_0 , Surface Roughness)。計算結果得到 Z_0 之平均值為4m左右，此值遠超過文獻記載之陸地 Z_0 值 10^{-2} m及海面 Z_0 值 10^{-4} m。這表示鹽寮的風已經受到附近山丘的影響，風速接近地面時有較大幅度的減弱。

四、台灣附近海域之風場形態

為進一步比較各測站間之風場，我們將各不同高度的風速換算成離地面10米高的風(U_{10})，其換算方法可參考Jackson et al. (1989)。簡短地說， $U_{10} = U_z \cdot \ln [10 / Z_0] / \ln [Z / Z_0]$ ， U_z 為風速計於高度Z之實測值。 Z_0 之起始值暫設為 10^{-4} ，應用係數公式 $C_d = [U_* / U_{10}]^2$ 及 $C_d = [0.49 + 0.065 \cdot U_{10}] \cdot 10^{-3}$ ，可算出地表風速 U_* 。再以公式 $U / U_* = 1/k \cdot \ln [Z / Z_0]$ 計算得出新的 Z_0 值，當重複計算至 Z_0 值不變時則可算出 U_{10} 。若 U_{10} 小於10m/s則以 $U_{10} = 1.55 \cdot U_z \cdot \ln [Z / Z_0]$ 計算，此時 Z_0 取為 $9.67 \cdot 10^{-5}$ m。

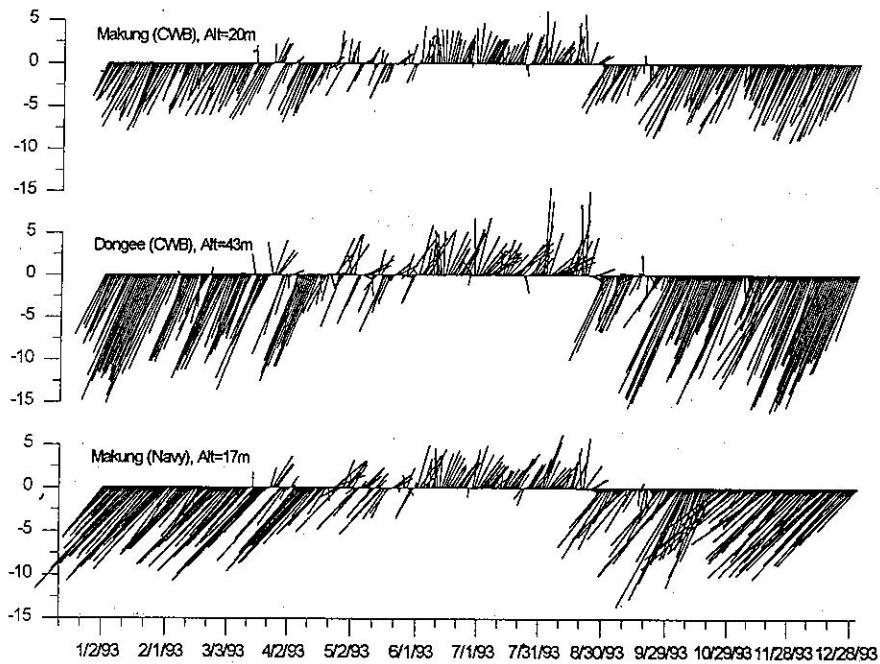


圖 2. 澎湖群島附近三個氣象測站的風向量圖。這三站的觀測大致上是相似的，全年風之速度平均約在5至8m/s間。

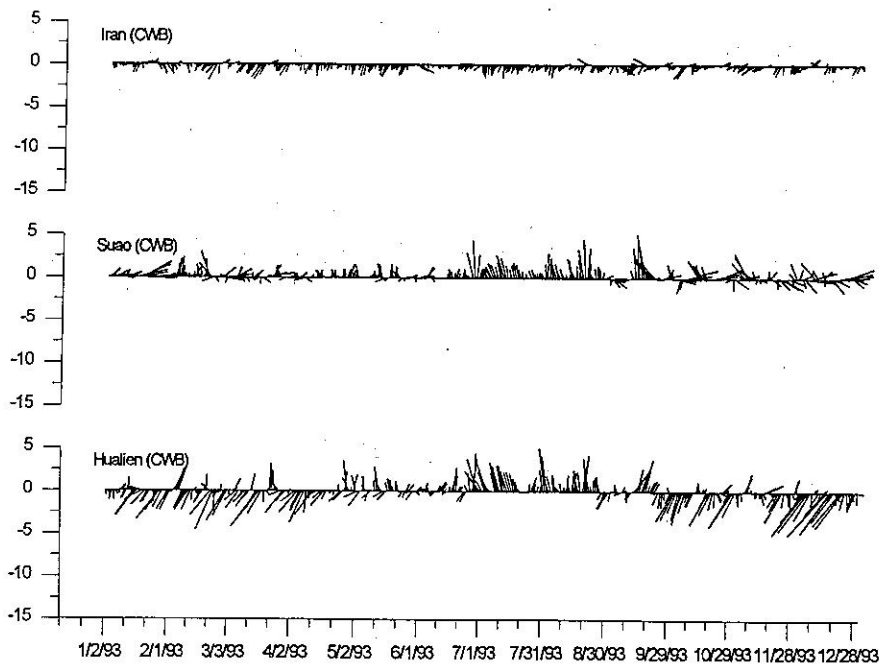


圖 3. 台灣東北角中央氣象局測站，宜蘭、蘇澳及花蓮的風向量圖。遮蔽效應造成風速明顯的有偏低的現象。

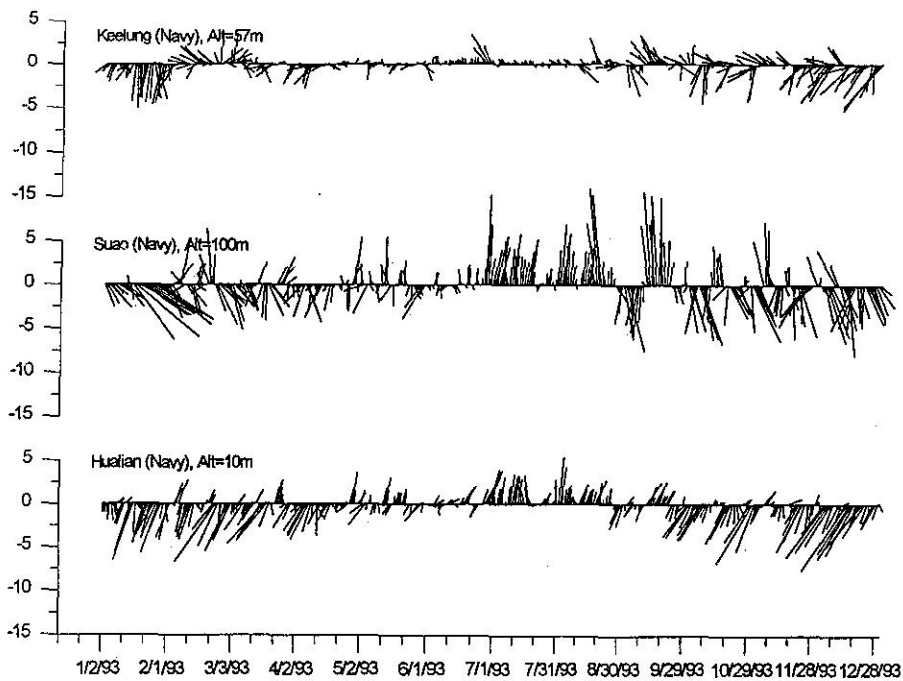


圖 4. 台灣東北角海軍氣象測站，基隆、蘇澳及花蓮的風向量圖。其風速比圖3中之測站略強，但仍明顯的比澎湖地區弱。

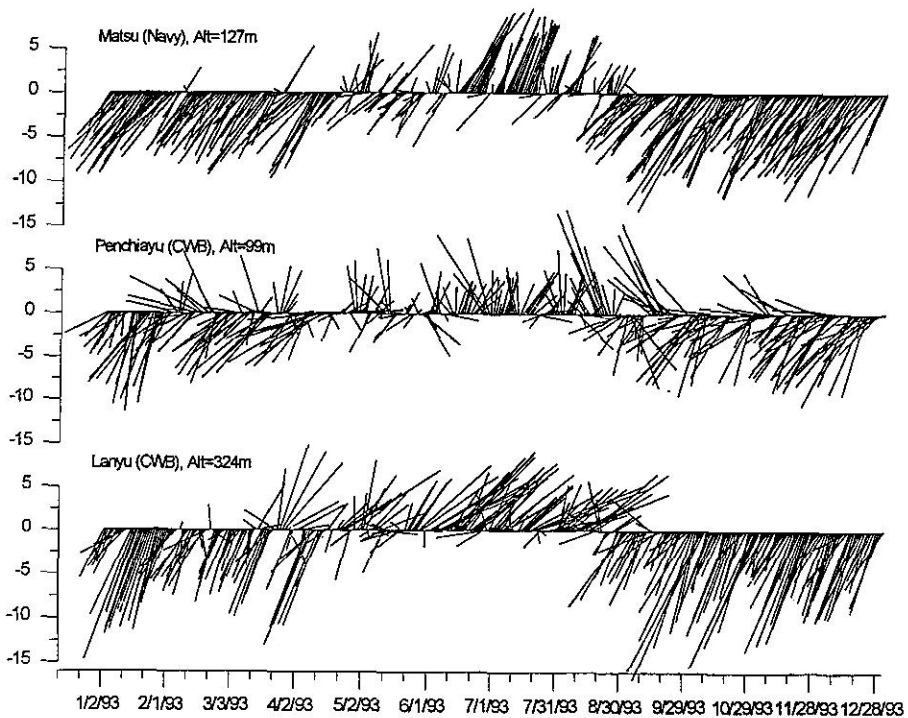


圖 5. 馬祖、彭佳嶼及蘭嶼三個離島測站的風向量圖。這些測站的風因不受遮蔽，故對台灣附近海域風場較具有代表性。

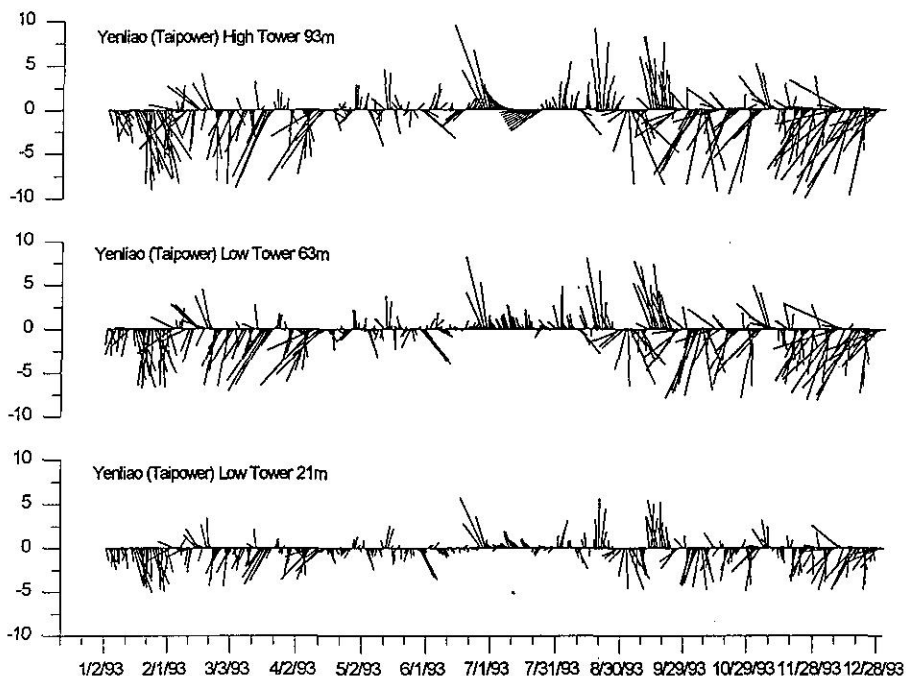


圖 6. 台電鹽寮高低塔所觀測三層高度的風向量圖。21m高的風明顯的比高層的小，這是因受附近山丘的影響，風速接近地面時有較大幅度的減弱。

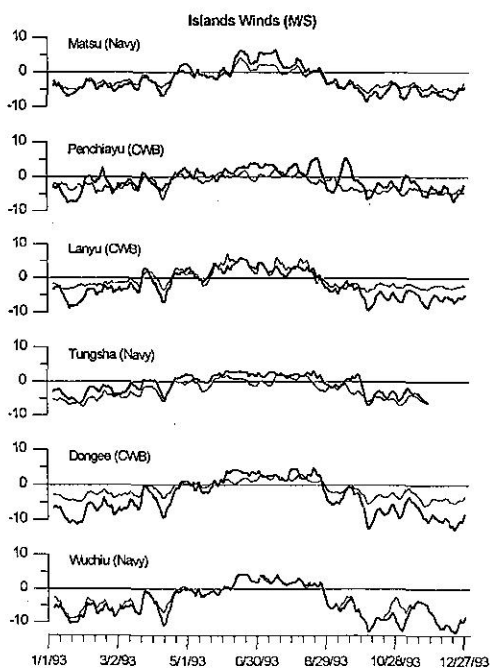


圖 7. 台灣附近六個離島測站的風速時間序列圖(三日平均)。各離島測站的風基本上十分相近。夏季之西南季風起自四月中，持續約4個月的時間，冬季之東北季風始於十月初，止於次年的四月。

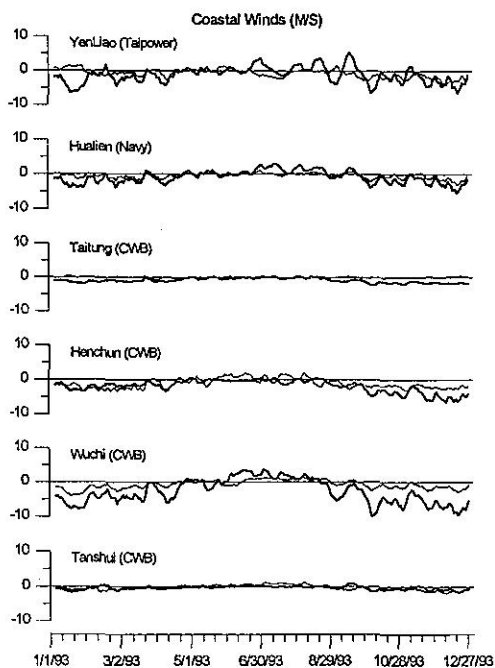


圖 8. 台灣沿岸六個代表測站的風速時間序列圖(三日平均)。只有鹽寮與梧棲有較正常的風，其餘測站如東岸的花蓮、台東，南端的恒春及北部的淡水，風速均甚小，甚至幾乎無風。

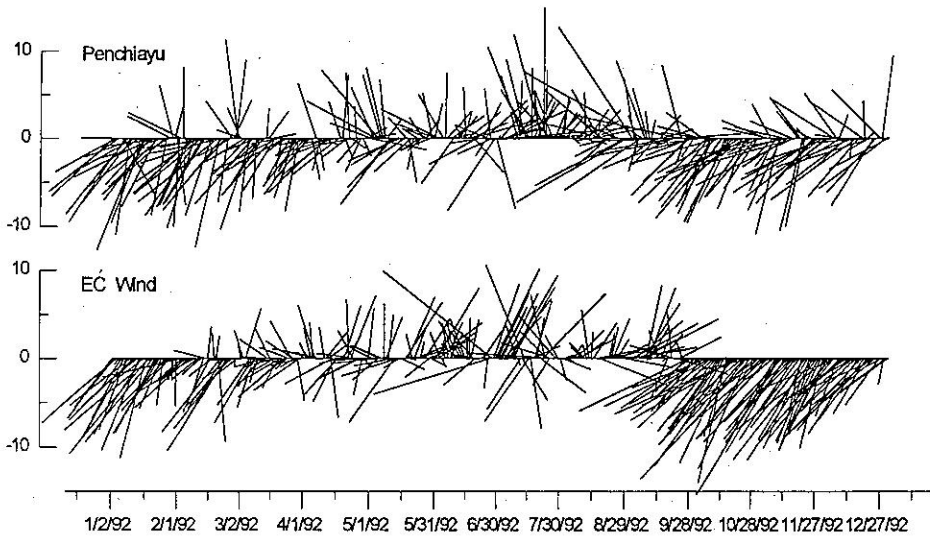


圖 9. 彭佳嶼實測風與EC模式分析結果的比較，其在1992年之風速大小及風向變化均十分相近。

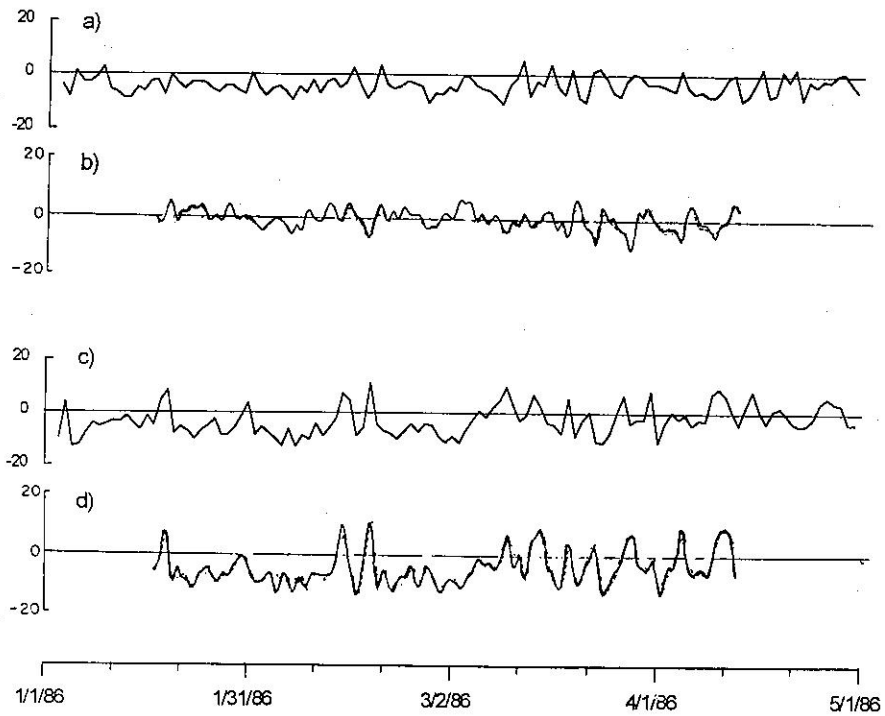


圖 10. 彭佳嶼a)東西分量c)南北分量與日本氣象浮標b)東西分量d)南北分量在1986年的觀測大致上也是相似的。

表 1. 台灣鄰近海域12個代表性氣象測站的風速向量統計結果。

站名	全年			冬季			夏季		
	平均U	平均V	平均速度	平均U	平均V	平均速度	平均U	平均V	平均速度
馬祖	-3.488	-4.390	5.607	-4.265	-5.809	7.207	.857	2.864	2.989
烏坵	-5.431	-7.111	8.947	-7.985	-9.054	12.072	1.898	2.189	2.897
東吉嶼	-3.438	-8.026	8.731	-3.686	-8.598	9.355	1.559	2.871	3.267
蘭嶼	-2.403	-5.006	5.553	-2.469	-5.770	6.276	3.381	2.789	4.383
彭佳嶼	-2.883	-3.543	4.568	-4.180	-3.328	5.343	.265	2.595	2.609
東沙	-5.864	-3.685	6.926	-5.079	-4.300	6.655	.374	2.164	2.197
花蓮	-0.416	-2.220	2.258	-0.934	-2.171	2.363	.168	1.260	1.271
台東	-0.065	-1.314	1.316	-0.005	-1.573	1.573	-.016	-0.088	0.090
恆春	-2.195	-2.233	3.131	-2.079	-4.316	4.790	.420	-0.198	0.465
梧棲	-2.365	-5.471	5.961	-1.462	-6.362	6.527	.618	1.822	1.924
淡水	-0.839	-0.702	1.094	-1.162	-0.636	1.324	.514	0.117	0.527
鹽寮	0.157	-2.858	2.862	-1.976	-2.620	3.281	-.520	0.986	1.114

表 2. 梧棲及六個離島測站的經驗正交函數分析結果。

模數	東西分量振幅		南北分量振幅	
	1	2	1	2
馬祖	-0.32	-0.22	-0.35	0.59
烏坵	-0.64	-0.59	-0.47	0.45
東吉嶼	-0.32	0.10	-0.49	-0.26
蘭嶼	-0.38	0.61	-0.38	-0.02
彭佳嶼	-0.31	0.11	-0.29	-0.52
東沙	-0.35	0.45	-0.27	-0.29
梧棲	-0.15	-0.05	-0.35	-0.16
共扼值	52.78	5.52	118.71	6.68
總變化量	80.43%	8.40%	87.48%	4.92%

圖7及圖8為六個離島測站及六個沿岸測站之10米風，圖中粗線為南北分量(NS)的風，而細線則為東西分量(EW)。其中鹽寮是由高塔93m風換算而來的。為了便於比較，所有資料均經過一個三天的低頻濾波。圖7顯示6個離島測站的風基本上十分相近。夏季之西南季風起自四月中，持續約4個月的時間，冬季之東北季風始於十月初，止於次年的四月。相反的六個沿岸測站中，只有鹽寮與梧棲有較正常的風。其餘測站如東岸的花蓮、台東，南端的恒春及北部的淡水，風速均甚小，甚至幾乎無風(圖8)。梧棲的風與東吉十分相似，兩者之日平均風之相關係數高達0.94(NS)及0.85(EW)。東吉對梧棲之迴歸係數則為1.28(NS)及1.54(EW)，東吉風比梧棲稍強，除了位於開闊海域外，東吉站標高43m而梧棲風速計高約10m，上述對數轉換定律可能也會有些誤差。雖是如此，梧棲站是目前中央氣象局沿岸測站中可信度最好的測風站。

上述沿岸六站及離島六站風速之統計資料列於表1。其計算是根據每三小時一筆之資料，冬季風以該年最後90天為代表，夏季則從第150天至第240天。表一中可見烏坵為風力最強之測站，風速向量之年平均為9m/s。冬季平均風速高達12m/s，夏季則降至3m/s左右。此站冬天可常見到25m/s之強風持續數天。東吉也是一風力較強測站，年平均風速為8.7m/s，冬季平均風速9.4m/s，夏季3.3m/s。沿岸測站只有梧棲之風速與離島相近，年平均風速為6m/s，冬季6.5m/s而夏季為2m/s。其餘測站風均較小。

我們進一步利用經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function, 簡稱EOF)來分析梧棲及六離島測站的風。選取此七站之原因是其風較具代表性且地理位置上也平均散佈在臺灣週圍，適合做EOF分析。其結果如表2所示，第一模佔80%(EW)及87%(NS)之總變化量；意即這七站的風是相關的。在振幅的變化上，東西分量之振幅以烏坵(0.64)最大，梧棲(0.15)最小。其餘站介於0.31-0.38之間。梧棲之低值可能是因其東向的來風受到中央山脈的影響而減小。南北分量之振幅較平均分佈，東吉0.49，烏坵0.47，彭佳嶼之0.29及東沙之0.27略小。

彭佳嶼測站的風較為特殊，其風向較其他測站

變化多端。前節已述彭佳嶼之風場與鹽寮高塔的風場十分相近。我們更進一步的將彭佳嶼的風與鄰近測站作比較，包括歐洲氣象中心(位置如圖1所示)的分析值(ECMWF, 1993)以及北方海上日本氣象浮標(126°05'E, 28°20')的紀錄(Hsueh and Tinsman, 1987)。圖9顯示彭佳嶼與EC在1992年之風速大小及風向變化均十分相近，圖10顯示彭佳嶼與日本氣象浮標在1986年的觀測大致上也是相似的。這些結果說明彭佳嶼與鹽寮的觀測資料基本上是可信的。然而事實上東北端海域之風較他處明顯不同，對風向之常變的合理解釋是受冬季大陸高壓及夏季太平洋高壓的影響。為加強這點說明，由天氣圖上我們發現冬季鋒面經常是由中國大陸出海沿東南走向通過台灣北部海域。這些冬季氣旋及其與黑潮暖流的交互作用可能是造成台灣北端風向多變的主因。這此推論仍有待進一步的研究探討。

五、結 論

為瞭解台灣鄰近海域之風場變化，我們分析了台灣週圍21個測站的紀錄。澎湖附近三個測站的風大致是相似的，其觀測的可靠性應無問題。但是，東吉島的風似乎有受到東側山丘的影響，而中央氣象局馬公站的風速較海軍測站小許多，這是因為氣象局測站位於馬公市區受大樓建築的影響。這種風速受山丘或建物影響而減小的現象在台灣沿岸測站尤其明顯。例如氣象局的宜蘭、蘇澳及花蓮所測風速都很小。淡水更是幾乎無風的狀態。海軍在花蓮、蘇澳及基隆所測風速比氣象局的稍微好些，但仍有受到遮蔽效應的影響。

各離島測站的風速普遍的均較強，烏坵的年平均風速達9m/s左右，所觀測的風速風向也和海軍馬公及馬祖測站相似。這些測站因沒有受到山或建築物的影響，可用來代表台灣附近海域的風場。其季節性變化很明顯，冬季的東北季風從十月起延續到次年的四月。夏季的西南季風則從四月中起，維持四個月左右。其他離島測站之年平均風速約在6m/s左右，經驗正交函數分析結果顯示其第一模的變化量佔總值的80%以上。意即台灣鄰近海域的風場是相似的。唯一的例外是在台灣北端，其風向變化較多，這可能是受冬季鋒面的移動所影響。

鹽寮高低塔三層高度的風速提供一個很好的機

會以研究地面邊界層效應。資料分析結果得到表面粗糙度(surface roughness)的值为4米左右。此值比一般常見的表面粗糙度高出許多。這是因為鹽寮低塔測站的風已經受到附近山丘的影響而大幅減弱。這種山丘的遮蔽效應也可在其他許多沿岸測站發現，例如蘇澳、花蓮等。

地面氣象觀測資料應用於海象預報已是頗為成熟之科技，例如以風場推算流場、波浪場、混合層深度等，但先決條件為測得之氣象資料具代表性，亦即不受小尺度區域性特徵，特別是人為因素之影響。由此次研究檢視21個測站資料之分析結果顯示大部分CWB本島海岸測站(甚至澎湖馬公站)所測得之風速、風向均有疑義，而無法應用於近岸海域之研究或預報。究其原因，測量儀器或方法應無問題，主要仍在站址選擇不當。大部分測站均歷史悠久，設置時可能位於開闊之地，但時至今日，四週已受到建物遮蔽，以致無法測得正確風速及風向，故建議氣象局將風速計改置於不受地形地物遮蔽之高塔上，資料庶幾可為海洋應用研究使用。

謝 誌

本文資料由中央氣象局、海軍氣象中心及台電公司所提供。感謝梁文德先生、馬名軍、徐錦珠小姐在資料及文件處理上的協助。本研究由國科會計劃編號NSC 84-2623-D-002A-001經費支助。

參考文獻

莊文思，1994。台灣附近海面風浪預報模式之開發

：風場資料評估，中央氣象局報告CWB83-2M-07。

Businger, J. A., J. C. Wyngaard, Y. Izumi and E. F. Bradley, 1971: Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer. *J. Atmospheric Sciences*, 28, 181-189.

Chuang, W. S., 1986: A note on the driving mechanisms of current in the Taiwan Strait. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 42, 5, 355-361.

ECMWF, 1993: European Center for Medium-range Weather Forecasts, The Description of the ECMWF/WCRP Level III-A Global Atmospheric Data Archive, Technical Attachment, 49pp.

Hsueh, Y. and J. H. Tinsman, III, 1987: A comparison between geostrophic and observed winds at a Japan Meteorological Agency buoy in the East China Sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 43, 251-257.

Jackson, O. B., J. A. Amft and D. A. Lee, 1989: Wind stress and heat fluxes observed during winter and spring 1986. *J. Geophysical Res.*, 94, C8, 10686-10698.

Wang, Dong-Ping, 1991: Prediction of coastal ocean thermal variability in "Ocean Variability and Acoustic Propagation", J. Potter and A. Warn-Varnas, eds., Kluwer Academic Pub., 251-260.

SURFACE WIND MEASUREMENTS AROUND TAIWAN

Yu-Huai Wang and Wen-Ssn Chuang

Institute of Oceanography, National Taiwan University

ABSTRACT

Wind measurements around Taiwan are examined by using the records of 1993. The results suggest that most of the island stations provide reliable data. The wind pattern over Taiwan is quite coherent, and is dominated by winter (northeast) and summer (southwest) monsoons. The only exception is at the northern tip (Penchaiyu) where winds were more variable. Perhaps, the northern tip of Taiwan (the East China Sea) is affected by winter cyclones. The problems with coastal weather stations are twofold. Many coastal weather stations are located in the middle of the city, and are sheltered by the surrounding structures. Others are located on the foothill of mountains. It appears that the "effective" drag coefficients increase drastically under such conditions leading to a significant reduction of the surface wind. The analysis of Yenliao tower wind data seems to support this hypothesis.

keywords : Coastal winds, Sheltering effect, Monsoons