



香港天文台

HONG KONG OBSERVATORY

Reprint 634

SLOSH 風暴潮預報模式在香港的應用

黃梓輝、關錦倫

第二十屆粵港澳氣象科技研討會，
中國，澳門，2006年1月18-20日

SLOSH 風暴潮預報模式在香港的應用

黃梓輝 關錦倫
香港天文台

摘要

熱帶氣旋所引起的風暴潮對處於海岸的人命財產構成威脅。1994 年香港天文台從美國國家海洋及大氣管理局引進了 SLOSH 風暴潮數值預報模式作業務使用，根據預測的熱帶氣旋強度和路徑計算熱帶氣旋在香港不同地點引起的水位變化。

本文利用香港天文台驗潮站的水位紀錄驗證 SLOSH 模式在過去十年（1995 至 2004 年）的預測準確度，並比較不同路徑的熱帶氣旋經過香港時在本港不同水域所產生的風暴潮水位變化。此外，本文亦分析了 1947 至 1994 年影響香港的熱帶氣旋所產生的風暴潮。

研究結果顯示利用 SLOSH 模式預報香港風暴潮的均方根誤差為 0.33 米，而當熱帶氣旋從本港南面掠過時，本港有可能出現較大的風暴潮。

Use of SLOSH Storm Surge Prediction Model in Hong Kong

C F Wong and K L Kwan
Hong Kong Observatory

Abstract

Storm surges associated with tropical cyclones pose a threat to lives and property along coastal communities. In 1994, the Hong Kong Observatory (HKO) started to apply the SLOSH storm surge numerical prediction model of the National Oceanic and Atmospheric Administration of USA for operational use. The change in sea level at various locations in Hong Kong due to storm surge is computed according to the predicted intensity and track of the tropical cyclone.

In this study, the accuracy of the predictions from SLOSH is verified against the measured sea levels at various tide gauge stations using data in the past ten years (1995-2004). Sea level changes in different locations of the Hong Kong waters caused by tropical cyclones of various movement tracks are also compared. The storm surges caused by tropical cyclones from 1947 to 1994 have also been reviewed.

Results show that the storm surges predicted by SLOSH have a root mean square error of about 0.33 metre from measurements. A tropical cyclone passing to the south of Hong Kong is more likely to bring a higher storm surge to Hong Kong.

1. 引言

在熱帶及亞熱帶地區，風暴潮是指熱帶氣旋所引起的海平面異常上升，成因主要是風力將海水推積於海岸（圖 1a）及氣壓下降所引起的海平面上升（圖 1b）。風暴潮是實際水位和天文潮之差。風暴潮可超過 5 米高，淹沒距離岸邊數十公里的內陸低窪地區，如適逢漲潮，風暴潮會做成更大災害。

風暴潮可造成重大傷亡和破壞，如 1970 年 11 月，孟加拉受到熱帶氣旋吹襲，引起的風暴潮估計達 8 米以上，令到 30 多萬在低窪地區的人死亡。2005 年 8 月，颶風“卡特里娜”（Katrina）帶來的風暴潮和暴雨，幾乎淹沒了美國路易斯安那州沿岸的新奧爾良市，造成嚴重破壞。

香港也曾受到風暴潮的災害。1937 年 9 月 2 日，一個颱風引起的風暴潮淹沒了大埔沿海的鄉村，導致千計人命傷亡，毀壞了沙田與大埔之間約 6 公里長的鐵路路基。

香港維多利亞港的平均海平面（1986 - 2004 年）是 1.42 米（香港海圖基準面以上高度），1947 年以來香港維多利亞港錄得的最大風暴潮由 1962 年 9 月襲港的颱風溫黛引起，高 1.77 米，而最高的水位是 3.96 米。

由於地形關係，香港大埔的風暴潮一般較其他地區高，1947 年以來大埔濶錄得的最大風暴潮是由颱風荷貝在 1979 年 8 月襲港造成的 3.23 米，當時大埔濶的最高水位達 4.33 米。

2. 影響風暴潮高度的因素

風暴潮的高度主要由以下三組因素決定：

(一) 熱帶氣旋最低氣壓、中心最大風力範圍、移動速度和途徑、以及熱帶氣旋中心與預測地點的最接近距離。

(二) 沿岸海床地形和海岸線形狀。由於能量守恆原理，從深海吹向岸的風暴潮，到達海床淺的地方會較海床深的地方產生較大風暴潮。漏斗狀地形也會增加風暴潮的高度。

(三) 當地風向（向岸風會增大風暴潮，離岸風則相反）、河流流量、降雨量和天文潮高度。

3. SLOSH 風暴潮預報模式

用來計算風暴潮的數值模式有三大類。第一類是「開闊海岸風暴潮模式」，主要用於熱帶氣旋和預測地點尚有一段距離時，計算該地的風暴潮，以便有需要時可及早向市民發出報告。這類模式覆蓋範圍大，模式網格點之間的距離大，細微的海岸線變化如港灣和河口不能在網格上顯示。第二類是「港灣風暴潮模式」，這類模式覆蓋範圍較小，模式採用較密集的網格點，可計算如港灣和河口等地的風暴潮，第三類是以上兩者之混合。

電腦數值模式是根據流體運動方程式和連續方程式的數值近似來計算風暴潮高度。在美國廣泛應用的風暴潮模式是美國國家海洋及大氣管理局“National Oceanic and Atmospheric Administration” (NOAA) 發展的“Sea, Lake and Overland Surges from Hurricanes” (SLOSH)，為了簡化計算，模式的一些參數如空氣阻力系數被設定為常數。

SLOSH 模式採用類似扇形的網格點進行計算，每個網格的範圍並不固定，由接近中心點的 1 公里至最外邊的 7 公里，使到中心點附近預報區有

較高水平分辨率（圖 2）。模式需要網格點上的水深或高度資料，也可包含更細小的地理特徵如圍牆、河堤、河流和溝渠等。因此 SLOSH 同時兼備「開闊海岸風暴潮模式」和「港灣風暴潮模式」的功能。

運行 SLOSH 模式需要輸入 13 個時段（從熱帶氣旋最接近預報區之前 48 小時至之後 24 小時，每 6 小時為一時段）的熱帶氣旋的資料，包括熱帶氣旋的最低氣壓，最高風力半徑，速度和路徑。熱帶氣旋著陸的地點十分重要，它決定風暴潮影響的範圍，若熱帶氣旋預測途徑不準確時，SLOSH 的結果可以有很大的誤差。

經過預先輸入預測區附近的地理特徵後，SLOSH 數值預報模式可用作預測因熱帶氣旋產生的風暴潮。SLOSH 也可模擬風暴潮進入海峽、海灣、三角洲和沿岸河流流域的途徑，並且計算風暴潮進入內陸時的高度。

SLOSH 模式計算風暴潮時並不考慮雨量，河流流量，強風引起的海浪以及潮汐等因素。因為熱帶氣旋登陸的預測時間可能有偏差，所以影響對當時的天文潮高度的估計，以及風暴潮與天文潮相加後的水位總高度的預測。

4. SLOSH 模式在香港的應用

香港面臨南海，每年平均受到 6 個熱帶氣旋影響，期間或會帶來風暴潮造成人命傷亡，因此香港天文台其中一項重要工作是提供風暴潮資料給市民及海岸工程師等用戶。早於 1970 年代香港天文台已利用簡單模式計算風暴潮並為工程部門及顧問公司提供有關資料。香港天文台於 1994 年引進 SLOSH 在業務上使用。

香港天文台選定 10 個沿岸地點（包括香港 8 個驗潮站、赤鱸角機場和

澳門) (圖 3) 計算風暴潮。由於 SLOSH 模式只計算風暴潮，而業務上需要最高水位才可評估低窪地區是否有水浸危險，以便考慮通知公眾作防範或疏散，故此要預先計算各地點的天文潮及輸入電腦儲存。為了估計總水位高度，香港天文台編寫了電腦程式把天文潮和 SLOSH 預測風暴潮兩者的疊加自動化。

SLOSH 模式在一台 IBM SP 伺服器上運行，為了方便業務運作，資料的輸入從 13 個時段簡化至 3 個 (即熱帶氣旋最接近本港時、24 小時之前以及 48 小時之前)。當香港天文台發出三號熱帶氣旋警告信號時，預報員只需輸入 3 個時段內熱帶氣旋的經緯度、最低氣壓、最高風力半徑等資料，電腦程式便可用插值法轉化成 SLOSH 所需時段的資料，接著計算 10 個選定地點的風暴潮及最高水位，並以圖表顯示從熱帶氣旋最接近本港時之前 18 小時至其後 12 小時每小時的計算結果 (圖 4)。香港天文台發展的熱帶氣旋資訊處理系統於 2005 年進一步把運行 SLOSH 模式的程序簡化，這系統根據預報員製備的「為船舶提供的熱帶氣旋警告」自動轉化為 SLOSH 所需資料。

香港天文台根據各驗潮站過往資料定下警戒水位，來考慮會否在熱帶氣旋警告內加入沿岸地區會受風暴潮影響的信息。2001 年 7 月 6 日颱風尤特襲港期間，香港天文台利用 SLOSH 數值模式預測到將會出現風暴潮，於當日零晨時份提醒市民低窪地方水浸的可能性，結果早上偏西烈風加上天文大潮潮漲淹浸了香港西面流浮山及大澳一帶地區。在實際運作時，預報員可用不同熱帶氣旋途徑輸入 SLOSH，以便評估可能出現的最壞情況。

5. SLOSH 的驗證及結果

驗證 SLOSH 的準確度是以 1947 年至 2004 年路徑較接近香港的 63 個熱帶氣旋共 192 套風暴潮資料來進行，以熱帶氣旋的分析路徑資料輸入

SLOSH 模式得到的風暴潮高度，與香港天文台驗潮站實況資料比較。
SLOSH 預測風暴潮誤差為：

$$\text{誤差} = \text{SLOSH 模式預測值} - \text{實際風暴潮數值}$$

代表預測誤差的統計值包括平均誤差 (mean error)、平均誤差的標準偏差 (standard deviation of mean error)、平均絕對誤差 (mean absolute error)、均方根誤差 (root mean square error) 及誤差範圍 (range of error)。

驗證結果顯示平均絕對誤差是 0.33 米，而預測的均方根誤差是 0.42 米。此外，以最小二乘法擬合預測和實際資料得出下列迴歸方程式：

$$y = 1.29x - 0.33$$

上式 x 是實際風暴潮高度，y 是 SLOSH 模式預測值，兩者相關系數為 0.82，顯著水平高過 1%。

另外以最近 10 年 (1995 年至 2004 年) 的資料驗證 SLOSH 的準確度，平均絕對誤差是 0.26 米，預測的均方根誤差是 0.33 米。以最小二乘法擬合這 10 年預測和實際資料得出下列迴歸方程式：

$$y = 1.07x - 0.12$$

其中 x 是實際風暴潮高度，y 是 SLOSH 模式預測值。兩者相關系數為 0.68，顯著水平高過 1%。

比較以上兩個時段的驗證結果，除了相關系數外，其餘平均絕對誤差及均方根誤差都顯示近年的誤差較少，原因可能是近年的熱帶氣旋路徑及強度分析比以前更準確。兩次驗證的基本統計資料見表 1 及圖 5。

2004 年有 3 個熱帶氣旋影響香港，較正常數目 6 個為少。其中只有熱帶風暴圓規在 7 月影響香港時，香港天文台需要發出八號烈風或暴風信號。圓規在 7 月 14 日清晨於高雄東南偏東約 620 公里的太平洋上形成，並在當天下午增強為熱帶風暴，向西移動橫越呂宋海峽及進入南海北部。圓規於 7 月 16 日在香港天文台總部東面約 25 公里登陸，然後橫過新界東北部（圖 6）。圓規襲港期間，港島灣仔駱克道出現輕微水浸。這次 SLOSH 預測的風暴潮與驗潮站的紀錄比較接近，如大埔滘驗潮站錄得的風暴潮為 0.62 米，SLOSH 的相關預測為 0.81 米，誤差為 0.19 米（表 2）。另外如表 2 所示，出現最高水位的時間比最大風暴潮的時間早 6 小時，這是由於當日的最高天文潮在早上 6 時 27 分出現（圖 7），這時圓規在香港東南面 100 多公里處。天文潮高度從早上最高的 2.1 米退至下午 3 時 41 分的 0.4 米。最大風暴潮在圓規較趨近香港時（1 時 2 分）出現，因為這時天文潮較低所以總水位並不高，香港並無出現海水淹浸情況。

香港現時運作的驗潮站以鰂魚涌和大埔滘的歷史較長，統計戰後（1947 年至 2004 年）這兩個驗潮站錄得的 20 個最大風暴潮，顯示鰂魚涌驗潮站錄得較大的風暴潮主要是由本港南面掠過的熱帶氣旋所致，風暴潮平均值為 1.31 米（表 3a 及圖 8a）。而大埔滘驗潮站錄得較大的風暴潮主要是由本港南面或北面掠過的熱帶氣旋所致，相應的風暴潮平均值分別為 1.78 米和 1.79 米（表 3b 及圖 8b）。

6. 總結

香港天文台於 1994 年從 NOAA 引進 SLOSH 風暴潮預報模式在業務上使用。以它預測 10 個沿岸地點的最大風暴潮，預報員可參考 SLOSH 的預測來評估個別地區會否因風暴潮影響而受水浸。

以過去 10 年（1995-2004）驗潮站的實際風暴潮資料驗證 SLOSH 模式的預測，結果顯示 SLOSH 預測本港因熱帶氣旋引致風暴潮的平均絕對誤差是 0.26 米，均方根誤差是 0.33 米。以 1947 年至 2004 年資料驗證的平均絕對誤差是 0.33 米，均方根誤差是 0.42 米。近期的偏差較少，這可能是熱帶氣旋路徑及強度分析比以前更為準確。

此外，統計 1947 年至 2004 年鰂魚涌和大埔滘驗潮站出現 20 個最大風暴潮的資料，顯示當熱帶氣旋從本港南面掠過時，維多利亞港有可能出現較大的風暴潮。

參考文獻

Jelesnianski, C.P., J. Chen, and W.A. Shaffer, 1992: SLOSH: Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes. NOAA Technical Report NWS 48.

Tam K.H., 1996: Tropical cyclone and storm surge risk assessment. Seminar on Meteorological and Hydrological Hazard Assessment, New Delhi, India.

預測誤差統計資料 (SLOSH模式預測值 - 實際觀測數值)	資料年期	
	1947 - 2004	1995 - 2004
平均誤差	- 0.05米	- 0.07米
平均絕對誤差	0.33米	0.26米
標準偏差	0.42米	0.32米
均方根誤差	0.42米	0.33米
最大正誤差	1.95米	0.76米
最大負誤差	- 0.98米	-0.72米
資料總數	192	68
迴歸方程式 SLOSH模式預測值 (y) 實際觀測數值 (x)	$y = 1.29x - 0.33$	$y = 1.07x - 0.12$
相關系數	0.82	0.68

表 1 SLOSH 模式預測風暴潮的誤差統計資料

驗潮站	最高水位 (海圖基準面以上)		最高天文 潮時間	最大風暴潮		SLOSH 預測最大 風暴潮	SLOSH 誤差
	高度 (米)	時間	時間	高度 (米)	時間	高度 (米)	高度 (米)
鯪魚涌	2.34	7:10	7:53	0.35	14:11	0.37	0.02
大埔滘	2.34	6:46	6:27	0.62	13:02	0.81	0.19
尖鼻咀	2.75	8:50	8:39	0.42	19:10	0.43	0.01

表 2 2004 年 7 月 16 日熱帶風暴圓規襲港時的風暴潮資料

年	月	日	熱帶氣旋名稱	鯽魚涌最大風暴潮 (米)	熱帶氣旋相對香港天文台的方向	熱帶氣旋與香港天文台的距離 (公里)	熱帶氣旋移動方向	熱帶氣旋移動速度 (公里/小時)
1949	9	7	颱風(沒有名稱)	1.49	S	69	W	15
1954	8	29	颱風艾黛	1.68	SSW	141	WNW	30
1954	11	6	颱風柏美娜	1.16	SSW	56	WNW	26
1957	9	22	颱風姬羅莉亞	1.34	SSW	56	WNW	15
1960	6	8	颱風瑪麗	1.10	WNW	9	NNE	22
1962	9	1	颱風溫黛	1.77	SW	19	NW	22
1964	5	28	颱風維奧娜	0.94	WSW	102	NNW	15
1964	8	8	颱風艾黛	1.31	SSW	59	WNW	30
1964	9	5	颱風露比	1.49	SSW	31	WNW	20
1965	7	14	颱風法妮黛	1.01	S	248	W	28
1968	8	21	颱風雪麗	1.09	正面吹襲	0	N	19
1971	7	22	颱風露茜	0.97	NNE	46	WNW	26
1974	10	12	颱風比絲	1.23	S	352	W	28
1978	8	27	強烈熱帶風暴伊蘭	0.99	SW	259	NW	24
1979	8	2	颱風荷貝	1.45	NNW	11	W	31
1989	7	17	颱風戈登	1.20	SSW	190	WNW	16
1993	6	27	颱風高蓮	1.34	SW	160	WNW	25
1997	8	2	颱風維克托	1.01	W	10	N	22
2001	7	6	颱風尤特	1.12	N	80	WNW	25
2003	7	24	颱風伊布都	1.02	SW	280	NW	25
熱帶氣旋相對香港天文台的方向				N	S	W	正面吹襲	
20 個風暴潮小計				3	13	3	1	
平均風暴潮 (米)				1.18	1.31	1.02	1.09	

表 3a 鯽魚涌驗潮站錄得的最大 20 個風暴潮 (1947-2004 年)

年	月	日	熱帶氣旋名稱	大埔滘最大風暴潮(米)	熱帶氣旋相對香港天文台的方向	熱帶氣旋與香港天文台的距離(公里)	熱帶氣旋移動方向	熱帶氣旋移動速度(公里/小時)
1962	9	1	颱風溫黛	3.20	SW	19	NW	22
1964	5	28	颱風維奧娜	1.40	WSW	102	NNW	15
1964	8	8	颱風艾黛	2.16	SSW	59	WNW	30
1964	9	5	颱風露比	2.96	SSW	31	WNW	20
1964	10	12	颱風黛蒂	1.43	E	33	N	19
1968	8	21	颱風雪麗	1.78	正面吹襲	0	N	19
1971	6	17	颱風法妮黛	1.37	SW	41	NW	17
1971	7	22	颱風露茜	1.40	NNE	46	WNW	26
1972	11	8	颱風柏美娜	1.30	NW	222	NE	31
1973	7	16	颱風黛蒂	1.31	E	22	N	19
1974	10	12	颱風比絲	1.45	S	352	W	28
1975	10	14	颱風愛茜	1.23	S	050	S	20
1979	8	2	颱風荷貝	3.23	NNW	11	W	31
1983	9	8	颱風愛倫	1.74	SW	13	NW	15
1989	7	17	颱風戈登	1.36	SSW	190	WNW	16
1993	6	27	颱風高蓮	1.46	SW	160	WNW	25
1993	9	16	強烈熱帶風暴貝姬	1.42	SSW	110	WNW	30
1996	9	8	颱風莎莉	1.23	S	180	WNW	38
2001	7	6	颱風尤特	1.35	N	80	WNW	25
2003	9	2	颱風杜鵑	1.69	N	30	W	30
熱帶氣旋相對香港天文台的方向				E	N	S	W	正面吹襲
20 個風暴潮小計				2	5	11	1	1
平均風暴潮(米)				1.37	1.79	1.78	1.40	1.78

表 3b 大埔滘驗潮站錄得的最大 20 個風暴潮 (1962-2004 年)

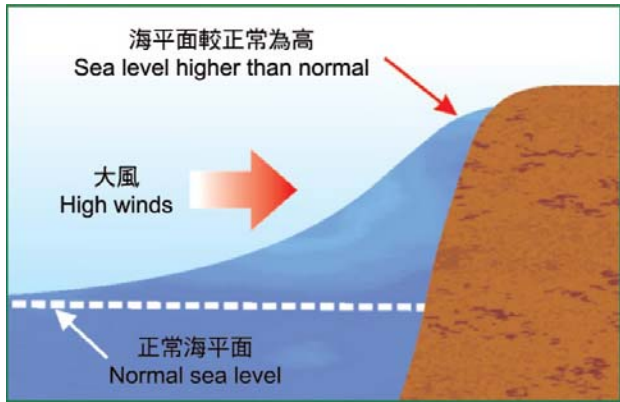


圖 1a 受大風影響使海平面上升而產生風暴潮

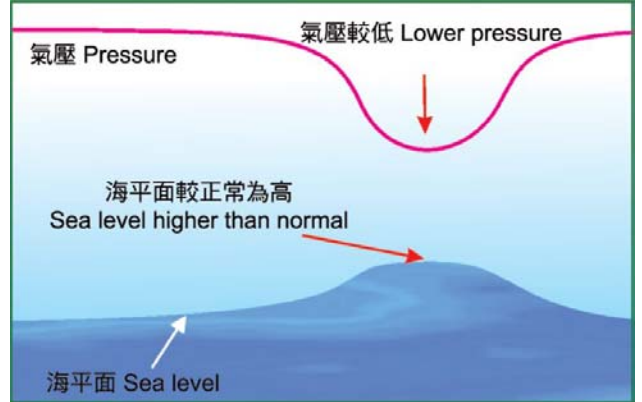


圖 1b 受熱帶氣旋附近低氣壓影響使海平面上升而產生風暴潮

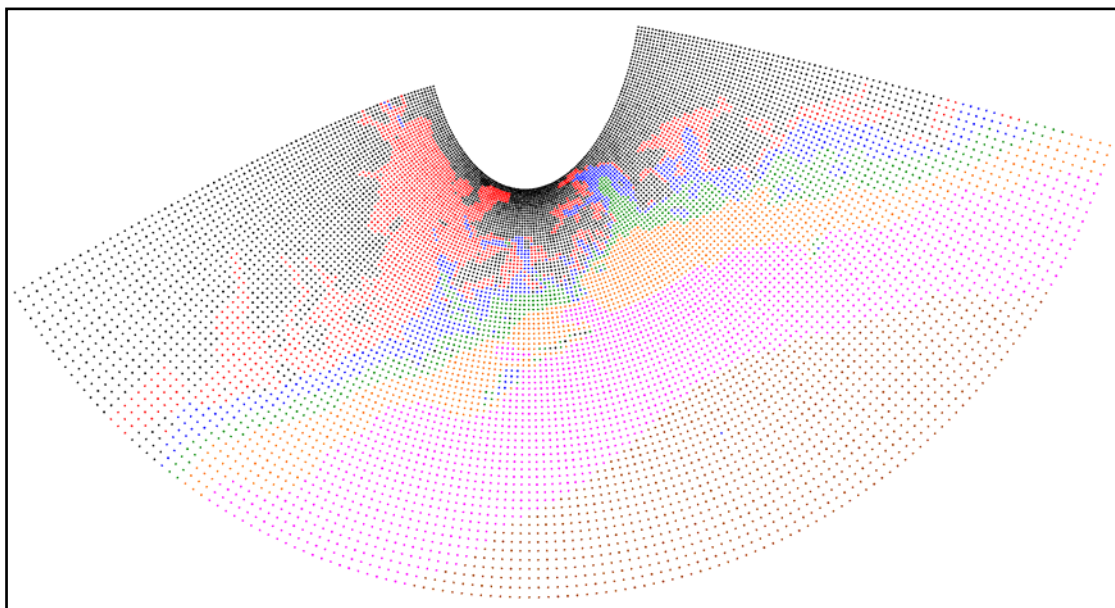
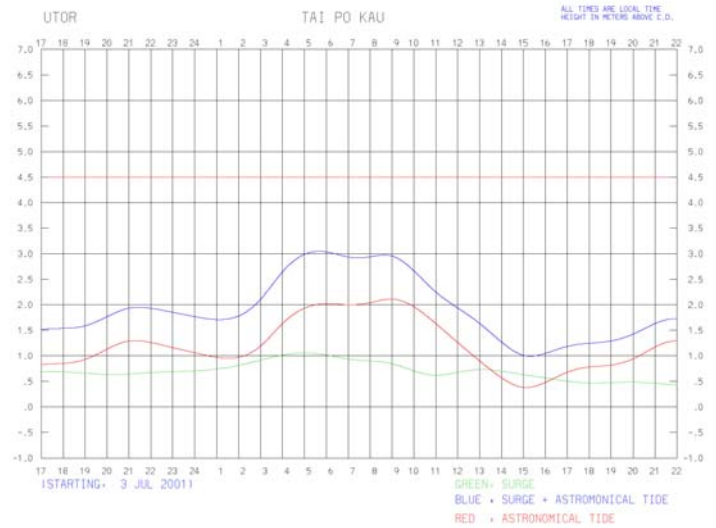
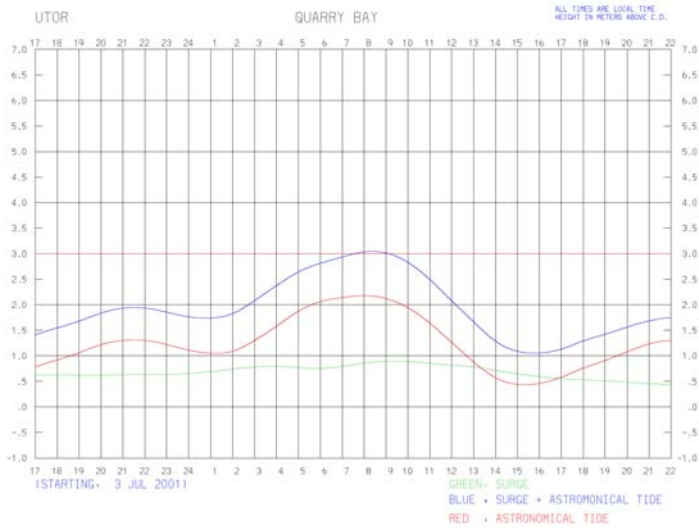


圖 2 SLOSH 的網格點



圖 3 風暴潮預報地點



SIMULATED STORM SURGES IN METERS FOR UTOR (JUL 2001)

DAY HOUR (LOCAL)	STATION CODE									
	CLK	CMW	KLW	LOP	MAC	QUB	TAO	TBT	TPK	WAG
317	.61	.62	.67	.59	.61	.63	.62	.54	.68	.70
318	.61	.62	.65	.59	.60	.63	.62	.54	.69	.70
319	.60	.61	.64	.58	.59	.62	.61	.54	.66	.71
320	.59	.61	.66	.57	.58	.62	.61	.53	.64	.73
321	.59	.61	.68	.56	.57	.63	.61	.51	.64	.75
322	.59	.61	.69	.56	.56	.63	.61	.49	.67	.77
323	.58	.60	.71	.55	.55	.64	.60	.47	.69	.80
324	.58	.61	.76	.54	.53	.65	.60	.46	.71	.86
401	.58	.62	.84	.54	.51	.69	.60	.44	.74	.93
402	.58	.64	.94	.54	.48	.74	.61	.42	.81	1.02
403	.60	.65	1.05	.55	.45	.78	.62	.40	.91	1.09
404	.62	.63	1.11	.57	.41	.79	.62	.40	1.01	1.10
405	.63	.58	1.10	.59	.35	.77	.60	.42	1.06	1.06
406	.63	.53	1.09	.60	.26	.75	.55	.46	1.02	1.00
407	.62	.54	1.14	.63	.17	.79	.51	.52	.94	.94
408	.64	.59	1.12	.70	.10	.86	.50	.64	.90	.89
409	.70	.65	.97	.78	.07	.89	.52	.85	.84	.84
410	.74	.69	.88	.84	.12	.89	.56	1.08	.70	.79
411	.78	.70	.91	.88	.19	.85	.61	1.24	.62	.75
412	.81	.70	.86	.90	.27	.82	.65	1.31	.68	.72
413	.82	.69	.76	.89	.34	.78	.67	1.31	.73	.68
414	.81	.66	.70	.87	.41	.72	.67	1.26	.70	.63
415	.78	.61	.64	.82	.44	.65	.65	1.19	.63	.58
416	.73	.56	.56	.77	.46	.60	.62	1.11	.57	.54
417	.69	.53	.51	.71	.46	.55	.58	1.03	.50	.51
418	.64	.51	.52	.67	.46	.53	.56	.95	.47	.50
419	.61	.50	.51	.63	.46	.51	.54	.88	.47	.48
420	.58	.47	.47	.60	.46	.48	.51	.82	.48	.46
421	.55	.44	.45	.56	.45	.45	.49	.76	.46	.45
422	.52	.44	.46	.53	.44	.45	.47	.72	.43	.45
MAX	.82	.70	1.14	.90	.61	.89	.67	1.31	1.06	1.10

FILENAME: UTOR.tab

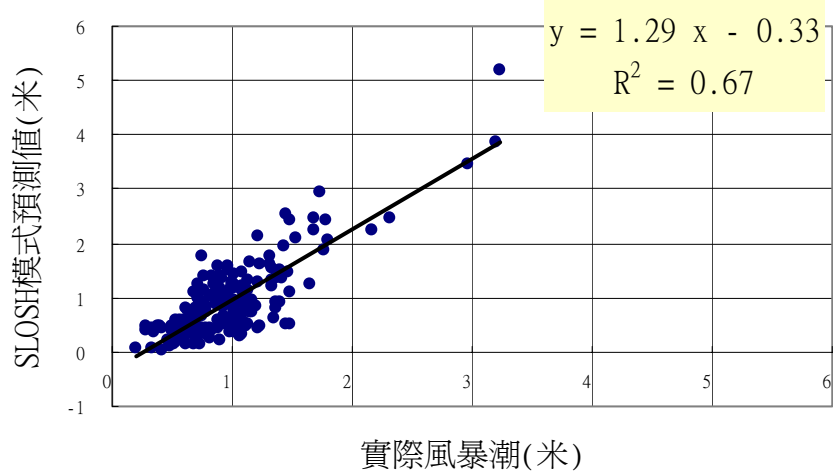
SIMULATED STORM SURGES + ASTRONOMICAL TIDE IN METERS FOR UTOR (JUL 2001)

DAY HOUR (LOCAL)	STATION CODE									
	CLK	CMW	KLW	LOP	MAC	QUB	TAO	TBT	TPK	WAG
317	1.16	1.40	1.46	1.14	1.16	1.41	1.20	.94	1.51	1.59
318	1.38	1.56	1.49	1.36	1.37	1.55	1.45	1.16	1.54	1.70
319	1.59	1.70	1.62	1.57	1.58	1.68	1.65	1.48	1.59	1.85
320	1.78	1.84	1.84	1.76	1.77	1.84	1.82	1.77	1.77	2.01
321	1.91	1.91	1.97	1.88	1.89	1.93	1.93	1.95	1.93	2.11
322	1.96	1.92	1.95	1.93	1.93	1.93	1.96	2.04	1.93	2.12
323	1.90	1.83	1.88	1.87	1.87	1.86	1.89	2.01	1.85	2.07
324	1.79	1.73	1.84	1.75	1.74	1.76	1.78	1.88	1.77	2.03
401	1.68	1.67	1.84	1.64	1.61	1.74	1.66	1.68	1.71	2.05
402	1.61	1.71	1.99	1.57	1.51	1.83	1.60	1.49	1.78	2.21
403	1.69	1.89	2.36	1.64	1.54	2.08	1.67	1.39	2.10	2.51
404	1.90	2.15	2.78	1.85	1.69	2.37	1.91	1.45	2.64	2.81
405	2.21	2.41	3.00	2.17	1.93	2.64	2.23	1.74	2.99	3.04
406	2.54	2.60	3.06	2.51	2.17	2.81	2.53	2.20	3.04	3.13
407	2.77	2.71	3.13	2.78	2.32	2.95	2.72	2.72	2.94	3.13
408	2.93	2.78	3.18	2.99	2.39	3.04	2.81	3.15	2.94	3.10
409	2.98	2.78	3.05	3.06	2.35	3.01	2.78	3.42	2.95	2.99
410	2.89	2.65	2.79	2.99	2.27	2.83	2.65	3.52	2.66	2.77
411	2.67	2.38	2.50	2.77	2.08	2.49	2.39	3.46	2.25	2.43
412	2.33	1.99	2.08	2.42	1.79	2.08	2.02	3.22	1.94	2.03
413	1.92	1.58	1.62	1.99	1.44	1.66	1.58	2.84	1.63	1.63
414	1.51	1.22	1.25	1.57	1.11	1.29	1.17	2.39	1.27	1.29
415	1.18	1.01	1.07	1.22	.84	1.09	.87	1.94	1.01	1.12
416	1.00	.97	1.08	1.04	.73	1.06	.78	1.55	1.05	1.11
417	1.00	1.08	1.18	1.02	.77	1.13	.88	1.31	1.18	1.22
418	1.15	1.27	1.28	1.18	.97	1.29	1.12	1.29	1.25	1.36
419	1.37	1.44	1.34	1.39	1.22	1.42	1.37	1.48	1.29	1.47
420	1.59	1.58	1.47	1.61	1.47	1.56	1.57	1.78	1.42	1.61
421	1.77	1.68	1.66	1.78	1.67	1.68	1.72	2.04	1.63	1.74
422	1.86	1.75	1.76	1.87	1.78	1.75	1.80	2.21	1.72	1.80
MAX	2.98	2.78	3.18	3.06	2.39	3.04	2.81	3.52	3.04	3.13

FILENAME: UTOR.ast

圖 4 SLOSH 產品

SLOSH預測風暴潮與觀測值之迴歸方程式
(1947-2004)



SLOSH預測風暴潮與觀測值之迴歸方程式
(1995-2004)

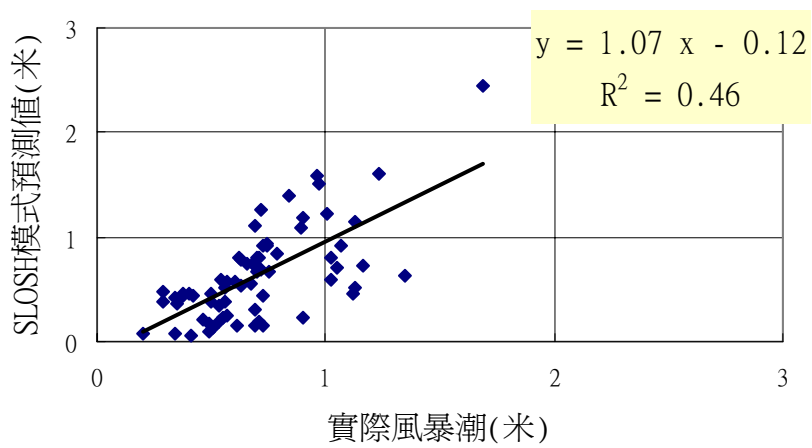


圖 5 實際風暴潮和 SLOSH 預測值回歸分析

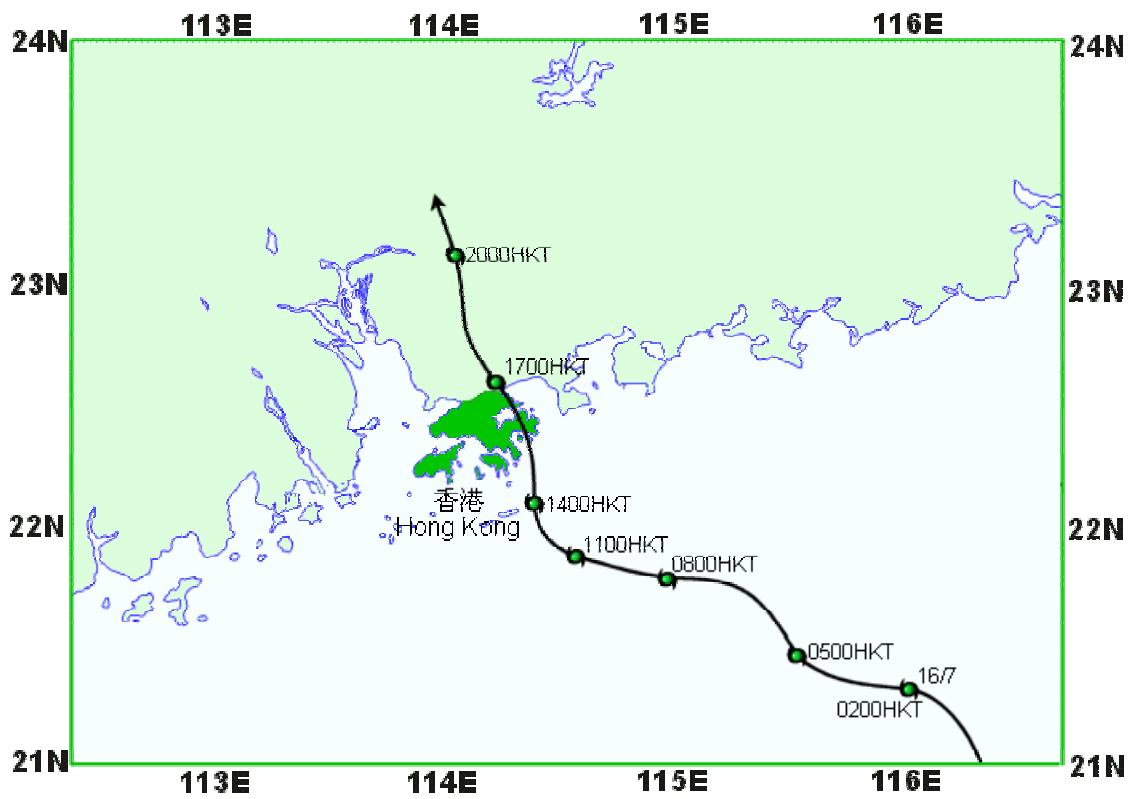


圖 6 2004 年熱帶風暴圓規掠過香港時的路徑

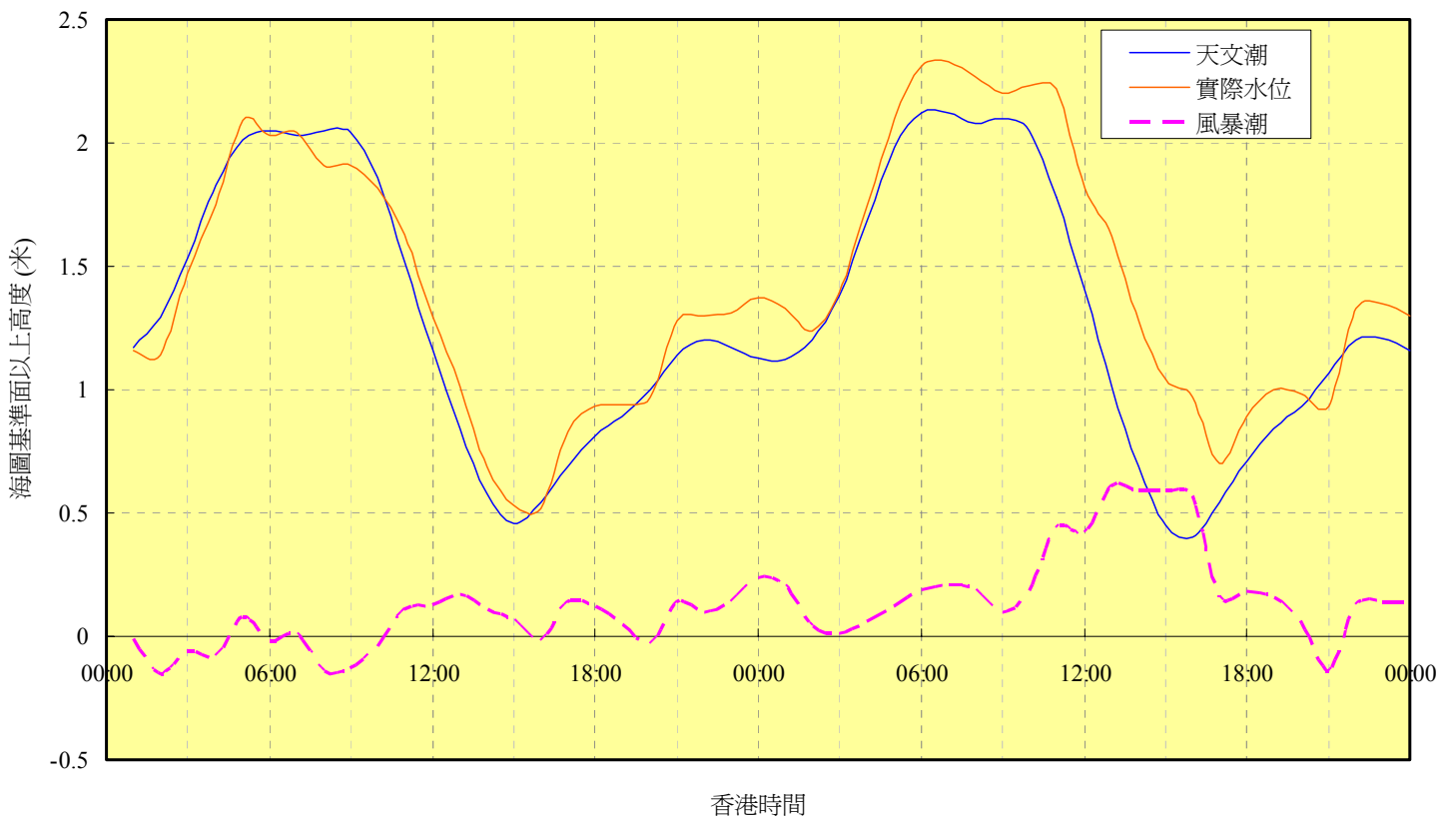


圖 7 2004 年熱帶風暴圓規掠過香港時大埔滘風暴潮紀錄

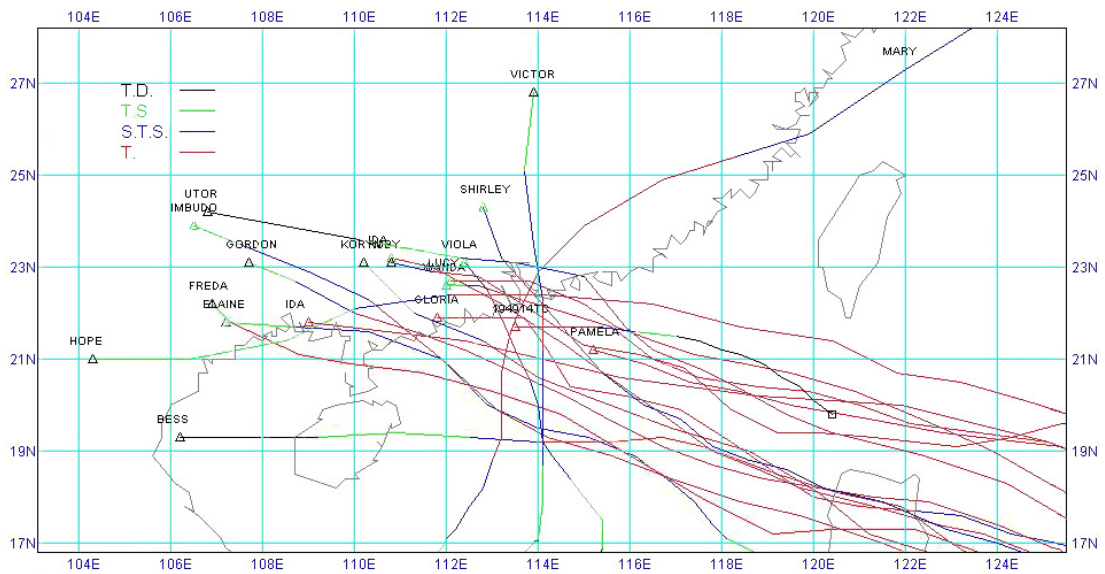


圖 8a 造成香港鯪魚涌驗潮站 20 個最大風暴潮的熱帶氣旋路徑(1947-2004)

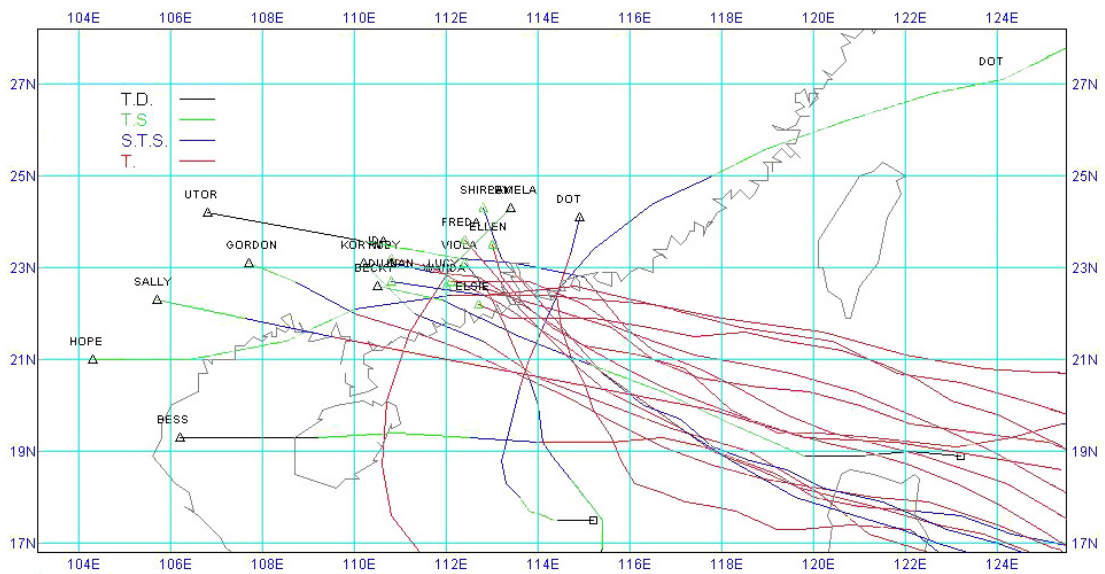


圖 8b 造成香港大埔滘驗潮站 20 個最大風暴潮的熱帶氣旋路徑(1962-2004)