

# 颱風過山之土工模擬

朱錦洲  
台灣大學  
應用力學研究所

王時鼎  
中央氣象局  
顧問

郭光輝  
台灣大學  
應用力學研究所

## 摘要

本文係以土工實驗方法模擬颱風接本島時，因受中央山脈地形之阻擋所發生的一些現象，例如：上游阻擋效應及下游遮蔽效應所造成的弱風區，山角效應所引致的局部噴流，以及副中心的生成等等。吾人在一水槽中產生一速度分佈已知的近似二維渦漩作為颱風之代表使其接近二維圓柱、橢圓柱及三維球體、橢球體等模型，並以流場顯像方式觀察其流場變化。初步的土工模擬結果，經和實際的颱風資料比較後，二者有許多相似之處，此外，土工模擬與文獻上的數值模擬相比較，亦有相同之處。至於土工模擬的相似性及其限制亦於文中討論之。由本研究的結果，吾人以爲土工模擬有進一步研究的需要，以確認其在颱風風場及路徑預報上的實用價值。

## 一、引言

本研究之目的在於藉助於土工實驗模擬，於定性方面了解颱風受中央山脈地形之影響所造成的各種現象，其中包括局佈噴流、弱風尾流區、分流邊界層等現象之生成。本項初步研究，將使得往後定量土工實驗模擬參數之選定、現象之掌握有所依循，並且提高土工實驗模擬在颱風風場及路徑預報上的實用價值。

已往以土工模擬研究颱風過山的實驗中，證明可藉土工實驗獲得許多寶貴的指引（請參閱鮑及黃等人 1976 及 1977 年之研究報告）。王 [3] 於其 1980 年國科會研究報告中詳細敘述黃榮鑑教授所模擬數種侵台颱風之土工模擬之結果，以及與實際颱風路徑間的比較，二者相當接近。故此吾人有興趣以土工實驗方式進一步了解由於中央山脈之阻擋所造成風場之細部結構，例如上游的阻擋效應及下游的遮蔽效應所造成的弱風尾流區，山角效應所引致的局部強風等等。使得台灣中央山脈對颱風風場的影響，獲得系統性之了解，俾對各地風力突增突降變化之預報能有所掌握，並期望

以土工模擬之定量資料彌補觀測資料之不足，並可補台灣四圍海域無觀測資料之缺點，及進一步作為數值模擬與數值預報之初值與驗證之需要。

在本研究中，吾人以定性方式研究一已知速度分佈的柱狀起始渦漩受二維圓柱體，橢圓柱體及三維球體、橢球體阻擋時流場的變化，以期模擬颱風受中央山脈阻擋所造成的各種現象，並作為往後土工模擬定量研究的指引。

## 二、實驗設備及實驗方法

### （一）實驗設備及模型

土工實驗係在一長寬各為 70cm，高為 60cm 的玻璃水槽中進行。工作流體依定性或定量量測的需要，而採用水或是脫臭煤油。渦漩的產生藉助於一塊長 30cm 寬 12cm 厚為 5mm 的平板繞著一個定軸作定速旋轉而產生起始渦漩作為代表。平板旋轉係由一直流馬達所控制作等角速度運動，其起始及最終的位置可依實驗的

需要而設定。渦漩產生器的二視圖如圖 1 所示。於本研究中為避免平板於旋轉的過程中由於剪切層的不穩定所產生的渦漩影響了所產生起始渦漩的品質起見，旋轉的角速度設定於  $0.19 \sim 0.33 \text{ rad/sec}$ ，其所對應的平板前緣切線速度為  $2.28 \sim 3.96 \text{ cm/sec}$ 。實驗中所用的模型的尺寸如下：

1. 圓柱體：直徑為 5 公分，長度為 40 公分，直立固定於水槽中。
2. 橢圓柱體：長軸為 5 公分，短軸為 2.5 公分，長 40 公分直立固定於水槽中。
3. 球體：直徑為 5 公分。
4. 橢球體：長軸為 15 公分，短軸為 5 公分。

橢球體及球體由底部支撐並固定於水槽中。模型和渦漩產生器排列的幾何位置如圖 1 所示。當渦漩產生器依順時針方向轉動時，由於平板前緣的流離而產生一逆時針旋轉的渦漩。但由於平板轉動所致而使所產生的渦漩被引導而依圖 1 上視圖中所標示的方向前進。渦漩的大小及其環流量的大小與平板轉動的角速度有關。而三維模型在垂直方向的厚度的半， $h$ ，與模型

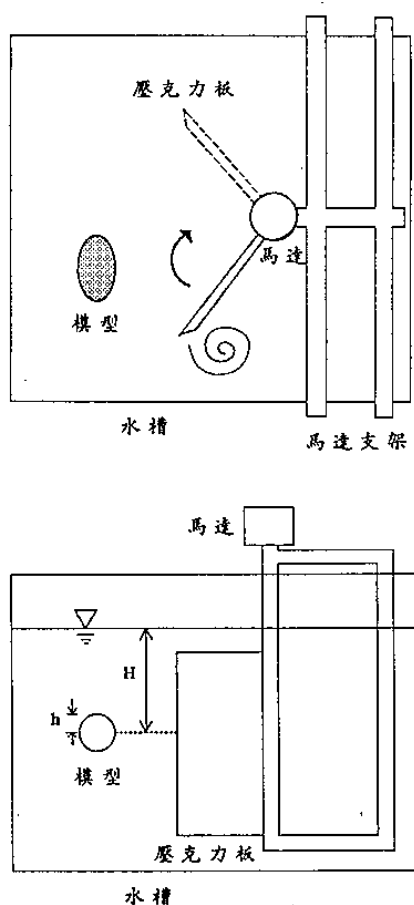


圖 1. 實驗裝置的二視圖。

水平對稱面至水面的距離， $H$ ，之比值， $h/H$ ，約為 0.3 左右。

當渦漩經由渦漩產生器產生後，由於實驗水槽尺寸的限制，渦漩在此有限的空間中仍然受到渦漩產生器平板旋轉所導引的速度影響而往一特定方向進行。故於本計劃中採取模型固定的方式，依渦漩前進的方向安排模型的位置及角度，俾以模擬颶風之來襲。

## (二) 定性流場觀察

吾人利用懸於流體中之鋁粉顆粒（直徑約  $10\text{--}30 \mu\text{m}$ ），再經由雷射光頁的照明，配合相機的曝光時間，被照明的微小顆粒將於底片上留下軌跡，如此將使吾人獲得在照明面上近似於流線分佈的流場訊息。藉此將可判斷當渦漩接近障礙物時，渦漩核心的軌跡以及各種現象發生的時機及區域。本研究中流體所含鋁粉顆粒的濃度約為  $2.4 \text{ ppm}$ （以重量計算）。雷射光源係由 4 瓦氬離子雷射（Argon Ion Laser）所發射之藍綠光組成，其波長為  $488\text{--}514 \text{ nm}$ 。雷射光由反射鏡導引至水槽附近，再經由柱面鏡將之分散成一厚度約為  $0.5 \text{ mm}$  的雷射光頁。在光頁內的質點顆粒，由於被照明的緣故而形成發亮的質點，圖 2 為產生雷射光頁的示意圖。若調整水平雷射光頁的垂直高度，吾人將可獲得不同高度水平面上之訊息。

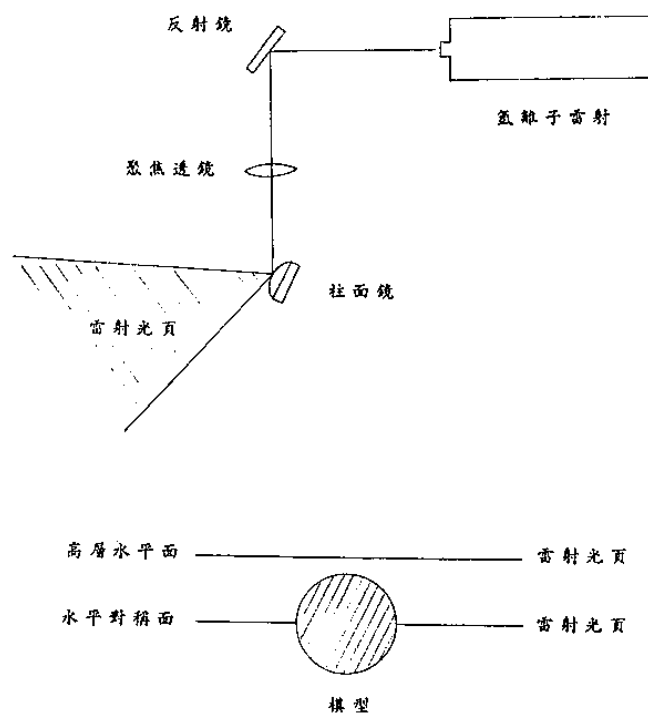


圖 2. 雷射照明光頁的示意圖。

### (三) 自由渦流環流值的量測

由此量測中吾人可確知經由渦流產生器所產生之渦流的速度分佈及其環流量值。吾人將藉助於雷射激發光化學量測技術 ( Laser Induced Photochemical Anemometry, 簡稱 LIPA )。LIPA 方法為一不介入流場的光學量測方法, 該方法之基本原理是遇光反應變色 ( Photochromism ), 使用準分子雷射 ( Excimer Laser, 波長為 351nm ) 為光源, 所發射之雷射光脈衝 ( pulse, 脈衝持續為 20ns ) 通過加有 Kodak 52590 之光化學顯示劑的無色煤油, 雷射光通過之處瞬間將變為深藍色, 被染色的流體隨著流場運動而變形, 此變色存留的時間約有數秒, 化學還原作用使得被染色的流體歸回無色。利用此原理, 吾人使雷射光以一設定之頻率通過渦流預定經過之位置, 當渦流通過時, 變色之流體被捲入渦流中而標示出渦流的位置; 而當渦流核心通過雷射光時, 方才變色的時線 ( timeline ) 恰可作為估算渦流速度分佈的根據。如此吾人可估算出通過渦流中心的一軸上切線速度的分佈, 且可計算最大速度處的環流量值。(請參閱圖 3 之說明) 實驗方法請參閱參考資料 [5]。

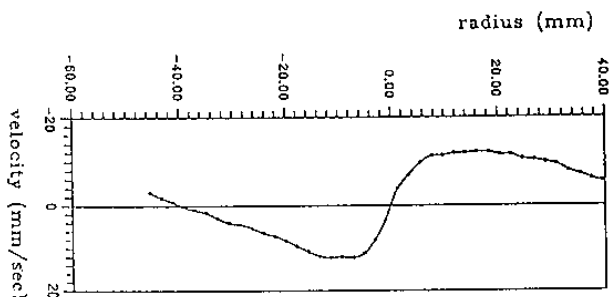


圖 3. 利用雷射激發光化學量測技術, 估算自由渦流速度分佈。

### 三、實驗結果與討論

由於本研究乃為先驅性研究, 故於水工實驗中, 以所生成的柱狀渦流先與較簡單幾何形狀的二維障礙物來作模擬, 進而增加障礙物的複雜性至三維。本章中先以渦流的本身加以描述, 然後就二維障礙物——圓柱、橢圓柱、三維障礙物——球體及橢球體逐項討論並與實際氣象資料比較。

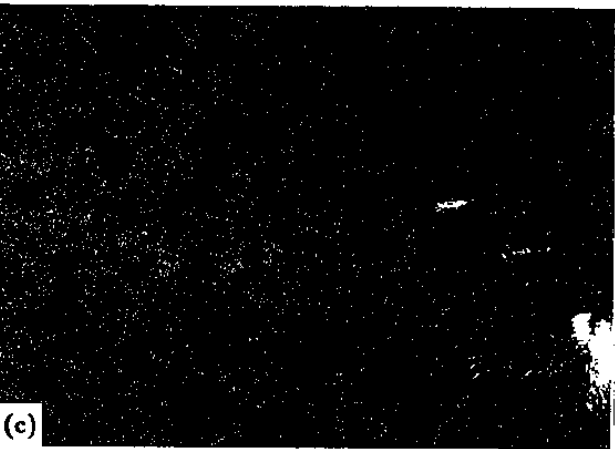
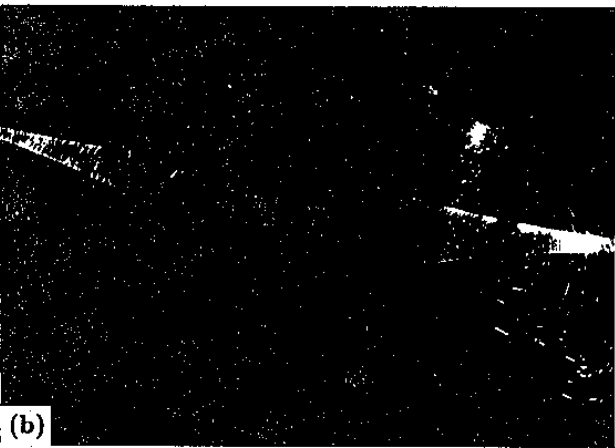
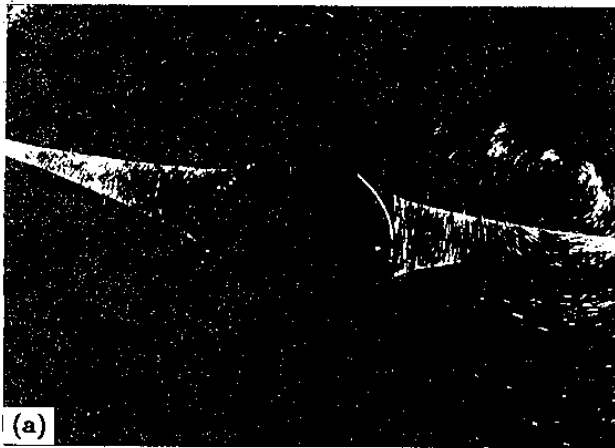
### (一) 自由渦流及 Rossby 數的估計

經由上章中所述之渦流產生器所產生的柱狀渦流經由流場顯像 ( 粒子追蹤技術 ) 以及定量分析, 吾人將其性質描述於下:

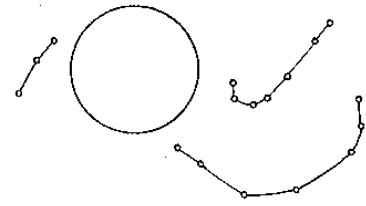
1. 由流場顯像的結果 ( 如圖 4 所示 ), 該柱狀渦流大致為二維且逆時針旋轉。但由於受到渦流產生器平板邊緣於轉動時所產生的剪切層不穩定之影響, 外圍有一列同樣逆時針旋轉的小渦流。同時受到平板旋轉時對流場的干擾, 使得渦流於生成後受到平板轉動的牽引而往一特定的方向移動。
2. 吾人經由雷射激發光化學量測技術, 量測所生成柱狀渦流的速度分佈, 其結果之一由圖 3 所示。由於渦流生成後受剪切層不穩定以及外界牽引速度的影響, 速度分佈呈非對稱狀。接近渦流核心部份近似於剛體旋轉運動, 而外圍部份大致以  $v r^{0.8} = \text{常數}$  的方式分佈。在此量測的同時, 吾人發現柱狀渦流之中心部份有上升之二次流存在, 其原因是由於柱狀渦流生成後, 其上下所受的邊界條件不同; 所以因底層有邊界層的存在而形成二次流, 而造成中心部份的上升氣流。此現象近似於颱風之風場結構。詳細的流場尚需進一步之實驗。
3. 由所產生的自由渦流之環流量及其前進的導引速度, 加上模型的長度、尺度, 吾人可依 Rossby 數的定義  $Ro = UL / \Gamma$  估算之, 其中  $U$  為渦流進行的速度,  $L$  為模型的特徵長度,  $\Gamma$  為自由渦流的環流量。在本研究的範圍,  $Ro$  約在 0.5 ~ 0.7 之間, 大致和颱風的 Rossby 數相去不遠。

### (二). 柱狀渦流受二維圓柱阻擋之流場變化:

圖 4 為柱狀渦流受二維圓柱體阻擋之流場變化, 當渦流由圓柱東方接近時, 首先在圓柱之東北邊緣形成一停滯點 ( stagnation point ), 並形成分流見 (圖 4(a))。大部份流體仍沿圓柱東側南下, 同時在圓柱東側邊緣形成邊界層, 此邊界層隨後將發生流離 ( separation ), 並將發展成一渦流 (見圖 4(b))。而小部份流體依逆時針方向繞至圓柱西側, 並於圓柱東南方與沿東側而下的流體會合。隨著渦流的接近, 分流更為明顯 (見圖 4(b)), 而圓柱東南附近分流邊界層所形成與原渦流轉向相反的誘生渦流 ( induced vortex ) 更明顯的增強, 此時圓柱西北邊緣上也因著分流的增強而形成一分離泡 ( Separation bubble )。



誘生渦漩 (副中心)                      原渦漩



(e)                      誘生渦漩 (副中心)

圖 4. (a)~(d): 柱狀自由渦漩受二維圓柱阻擋之流場變化; (e): 渦漩中心軌跡圖。

隨後，誘生渦漩逐漸增強（見圖 4(c)）並與原有渦漩間相互牽引。由於誘生渦漩的強度較原有渦漩為弱，故依 Biot-Sarvat 定律將以行星環繞方式，依著原有渦漩的方向繞著原有渦漩而逐漸移動（見圖 4(b) ~ (d)）。同時圓柱西北邊緣上的分離泡將有形成另一渦漩的趨勢。原有渦漩與誘生渦漩間仍持續著相互牽引作用，二者逐漸減弱而趨於不穩定。至終圓柱西北邊的分離泡逐漸增強而形成第二個逆時針旋轉的渦漩而逐漸向西離開圓柱體（見圖 (d)）。綜觀以上的流場變化，其原有渦漩誘生渦漩，以及第二個誘生渦漩中心運動的軌跡，一併顯示於圖 4(e)。

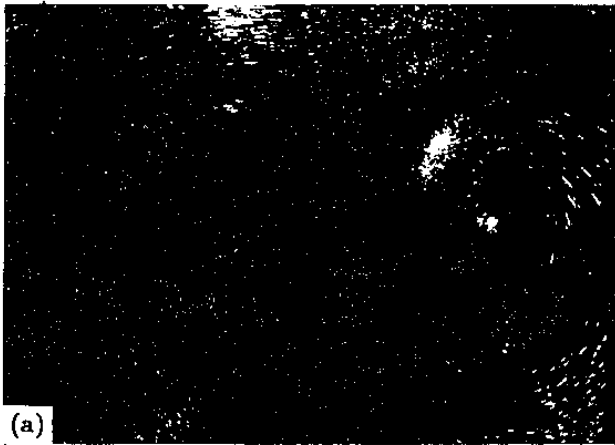
### (三). 柱狀渦漩受二維橢圓柱阻擋之流場變化：

當柱狀渦漩受到二維橢圓柱體阻擋時，基本上，其流場發展類似於上節所述圓柱的情況，橢圓柱東南邊緣由於邊界層流離所形成的正向誘生渦漩與原有渦漩間的相互牽引。橢圓柱西北邊緣背風尾流區中由分流邊界層而形成的逆向渦漩因幾何形狀的關係，較圓柱的情況為強且發展較快，至終將取代原有的渦漩向西離開橢圓柱體。（見圖 5 的說明）。

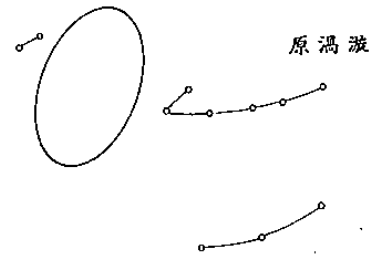
### (四). 柱狀渦漩受三維圓球體阻擋之流場變化：

由於球體的對稱性，吾人選擇包含球心的水平面作為觀察面，並以此對稱面模擬海平面。圖 6(a) ~ (e) 說明渦漩在球體水平對稱面上整體流場的發展。本質上由於阻擋層面的不同，柱狀渦漩僅中央部份受到阻擋，所以該區域的流場較為複雜。本質上，三維障礙物的阻擋效果完全不同於上述的二維柱體。

由雷射光切面的觀察，當渦漩接近時，部份流體將繞經球體西側後再與原渦漩會合，由圖 6(a) ~ (c)



誘生渦漩 (副中心)



(e) 誘生渦漩 (副中心)

圖 5. (a)~(d): 柱狀自由渦漩受二維橢柱阻擋之流場變化; (e): 渦漩中心軌跡圖。

中，吾人可清楚看見分流及合流。但由於幾何形狀的三維性，在二維圓柱體的情況所在其東南邊觀察到的誘生渦漩在此並未出現。但在背風區域球體西側的背風區域可能有局部的三維分離泡存在。在圖 6(d) 柱狀渦漩的中段部份作繞行球體的動作，渦漩因伸展 (stretching) 的緣故區域變小，而變為較不明顯。但由整體渦流判斷，渦漩上半部因不受球體的阻擋而由球體上方通過，中段渦漩受球體阻擋而加速繞行，同時並有渦漩的伸展，此時柱狀渦漩中心上下為一曲線。當繞行部份繞至球體西北側時，由於渦漩的擠壓效應，而使得渦漩呈現不穩的狀態，當繞行動作完成後，渦漩將持續向西進行，但由受到球體的干擾後，流場已明顯的為三維運動且不穩定。此種現象與二維圓柱的狀況之差別為：

- (1). 在迎風的東南面，圓柱有明顯的誘生渦漩產生，並與原有渦漩互相牽引，而滯留於圓柱東側，至終將不穩定而破壞。這是圓球的例子中所沒有的。而在圓球情形，仍可見一繞圓球流動與原漩流間之輻合線 (圖 6(b))，該輻合線並隨漩流北移而向北移動。在實際颱風漩流接近台灣中央山脈時，時形甚相接近，此可參看圖 6(g)，1962 年 8 月 5 日 18 地方時之 Opal 颱風過山時之流場分布，圖中實線為等風速線，單位為哩/時。附有箭頭之斷線為流線。藉圖明顯可見繞中央山脈西側經山脈南端之「繞山流」，與原颱風之漩流在蘭嶼北方近海造成輻合，而形成「輻合線」(convergence line)。該輻合線並隨颱風北移而隨之向北移動 (圖略)，與此處水工實驗情形相同。球體與中央山脈基本上雖為不同，但所造成「漩流」與障礙物間之交互作用結果，發現甚相一致。

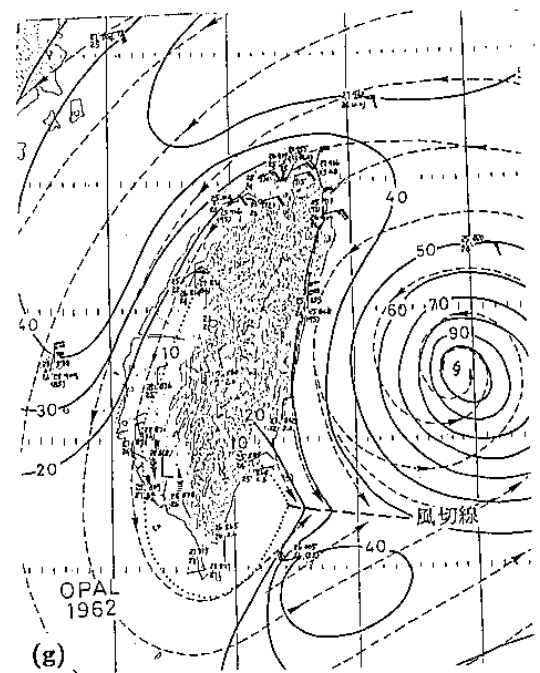
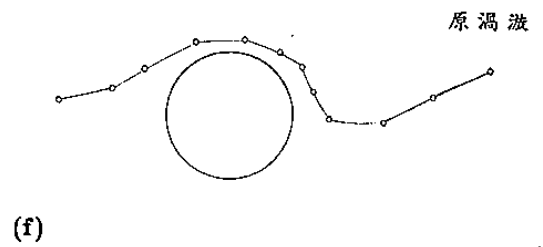
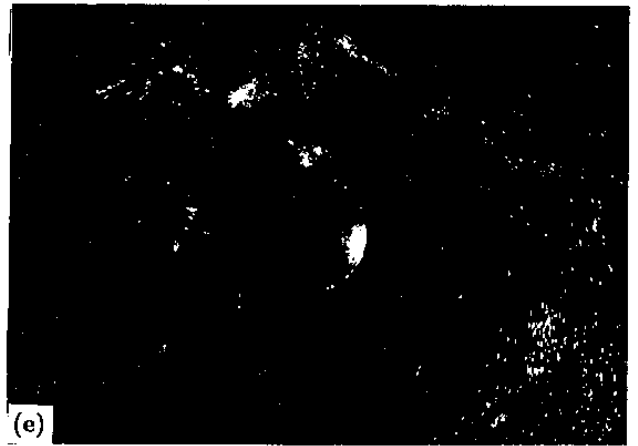
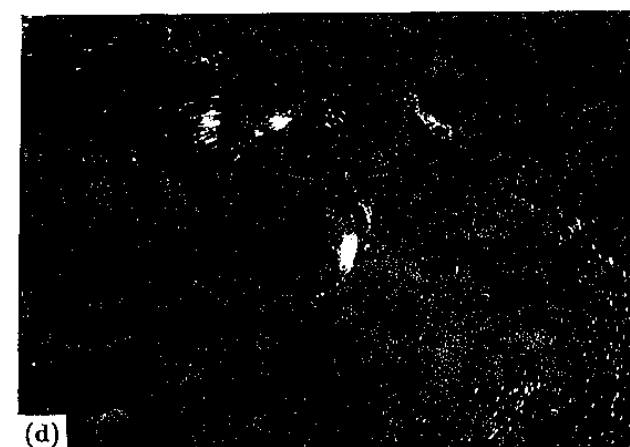
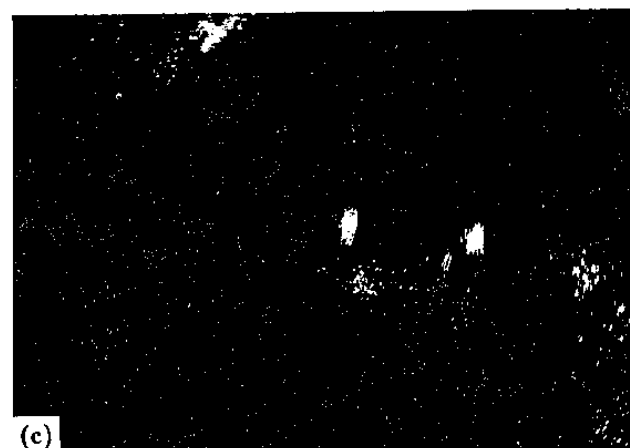


圖 6. (a)~ (e): 柱狀自由渦漩受三維球體阻擋之流場變化；(f): 渦漩中心軌跡圖；(g) Opal 颱風之實例。

(2). 在背風的西北面，圓柱體實驗中，由於邊界層分離而產生與原有渦旋同向的誘生渦旋，至終將取代原有渦旋而向西離開圓柱。此點在圓球實驗中亦不存在。

(3). 在球體的實驗中，原柱狀渦旋受阻擋的部份將繞行經過障礙物，而產生渦旋的伸展及壓縮，渦旋繞行過後，將繼續向西進行，但較為不穩定。

#### (五). 柱狀渦旋受三維橢圓球體阻擋之流場變化：

上節中描述柱狀渦旋受圓球體阻擋時，由於球的對稱性，於實驗中較不易觀察有關渦旋接近障礙物時角度的影響。在本節中描述三維軸對稱的橢球體時，將明顯的可看出渦旋接近障礙物的角度對流場變化的影響，同時將具有台灣島粗略的地形。在本實驗中將在二個不同的水平切面作觀察；其一為橢球體的水平對稱面上，其二為距球頂部約 1 公分處的平面上，請參閱圖 2 的說明。此二處切面分別代表海平面及中央山脈頂端以上的一水平切面。以下吾人在三種不同接近角度的實例中由二個水平切面說明流場的變化。

#### 1. 渦旋以西北方向前進接近模型上半部：

圖 7(a) ~ (d) 及圖 8(a) ~ (d) 分別顯示在橢球水平對稱面上及高層水平面上的流場變化。由以上資料可知原柱狀渦旋將由模型的東北角繞行而過。(吾人由對稱的水平面觀察得知) 當渦旋接近至模型東北角時(見圖 7(a))，大部份流體將加速繞至模型西側，此時背風之西北側將有一弱風區存在。由於模型的三維性，流體將有進出觀測平面的速度分量存在，故此，弱風尾流區將不若二維橢柱體背風區域來得明顯。在圖 7(a) 中，在模型西北邊緣上的分流點可追循粒子的軌跡而定出；部份流體沿橢球體往東北繞著渦旋中心形成迴流，另一部份則沿橢球體西側南下，再繞經橢球南端再沿橢球體東側北上，與原渦旋外圍流體會合。至於高層流場觀察，可明顯看見渦旋中心加速的繞行通過橢圓球體的北端，並且在模型上方因下層流體被阻擋而造成上層加速的現象，請參閱圖 8(a) ~ (d)。又此項渦旋中心「加速繞行」現象，在實際颱風通過台灣中央山脈北端時之情形亦同。此可參見圖 8(f) Opal 颱風之逐時路徑圖。藉圖可見當其趨近至移過山脈北端階段，其運動均見有加速現象，參見該颱風之逐時位置。當渦旋中心繞過模型北端後，在高層水平

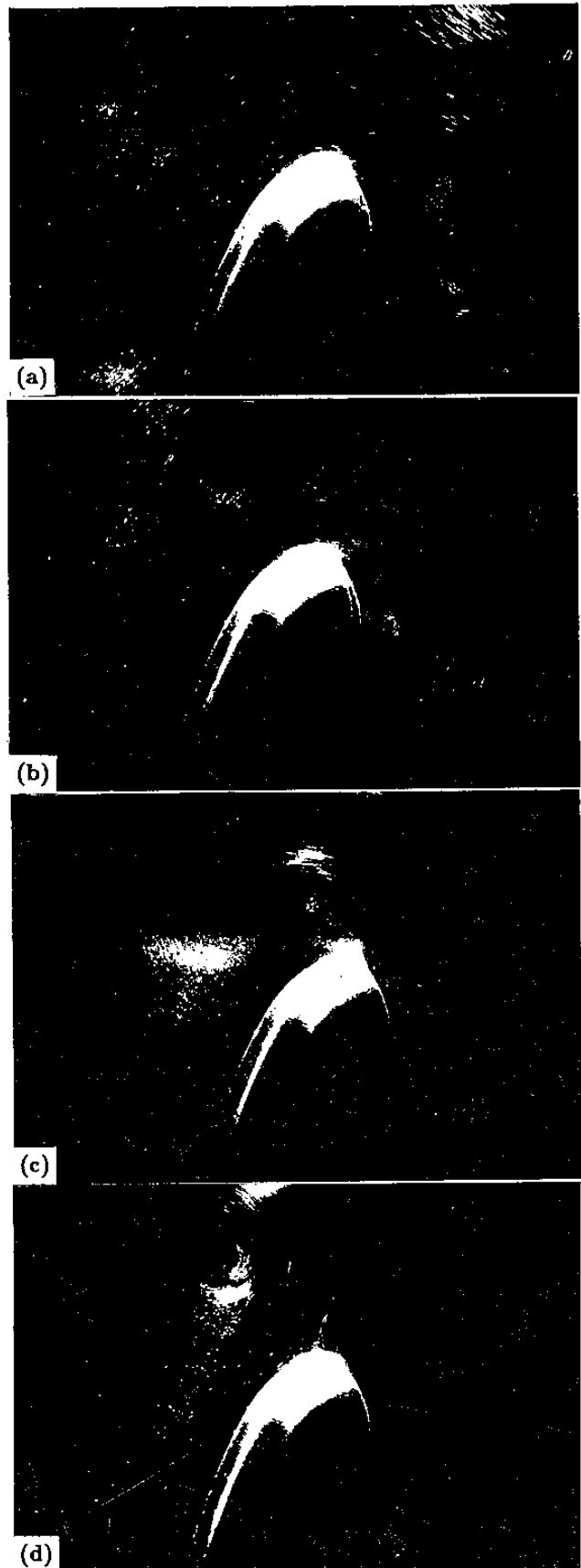
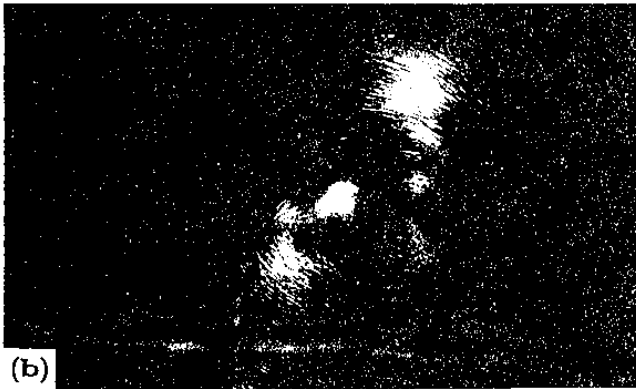


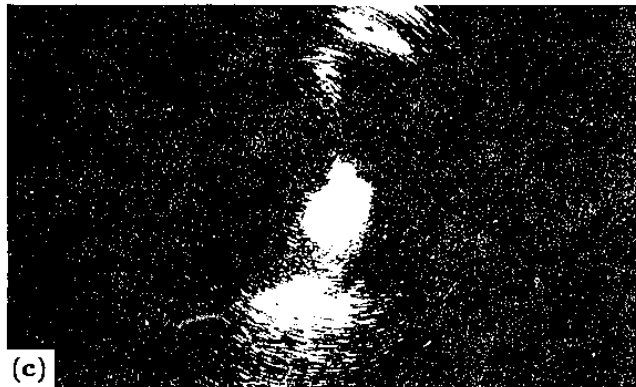
圖 7. (a) ~ (d): 柱狀渦旋受三維橢球體阻擋之流場變化(往西北方向運動)一水平對稱面上的流場變化；渦旋中心軌跡顯示於圖 8(e) 中。



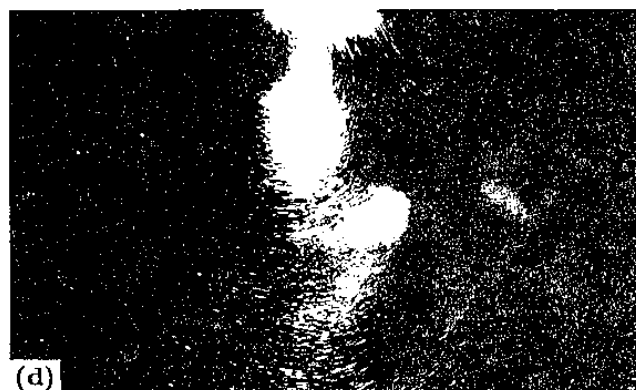
(a)



(b)



(c)



(d)

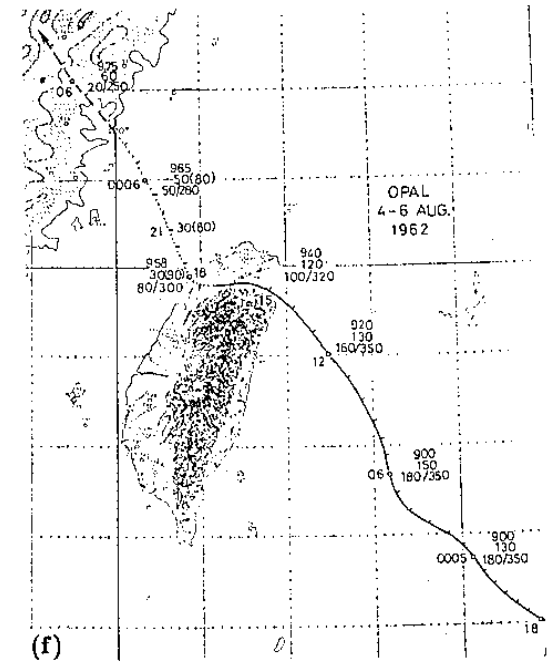
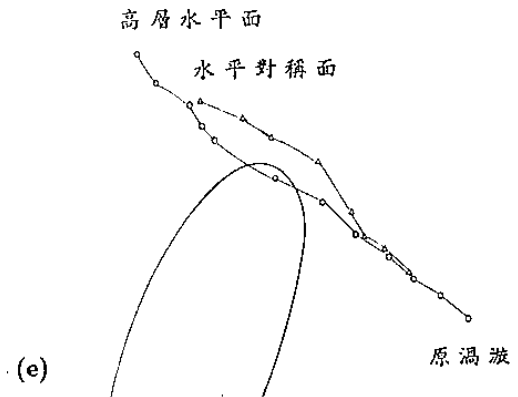


圖 8. (a)~(d): 柱狀渦漩受三維橢球體阻擋之流場變化(往西北方向運動)一高層水平面上的流場變化; (e) 渦漩中心軌跡圖; (f) Opal 颱風之逐時路徑圖。

面的觀察中，吾人可清楚的看見模型東北角附近的弱風尾流區域（見圖 8(c)~(d)）。配合對稱面及高層的觀察，將可確認該區域的存在。由二層面的觀察，當渦漩中心繞過模型時，上下層面因著阻擋的不同，而有渦漩的伸展及中心上下彎曲的現象。由粒子軌跡的長短僅能判斷在觀察面上的速度分量，所以中心附近受障礙物阻擋後，忽大忽小的粒子軌跡因可由此解釋。由兩層切面所觀察到的渦漩核心軌跡顯示於圖 8(e)，中心軌跡受障礙物影響而上下偏移的情形以及加速繞形，亦可由軌跡中看出。



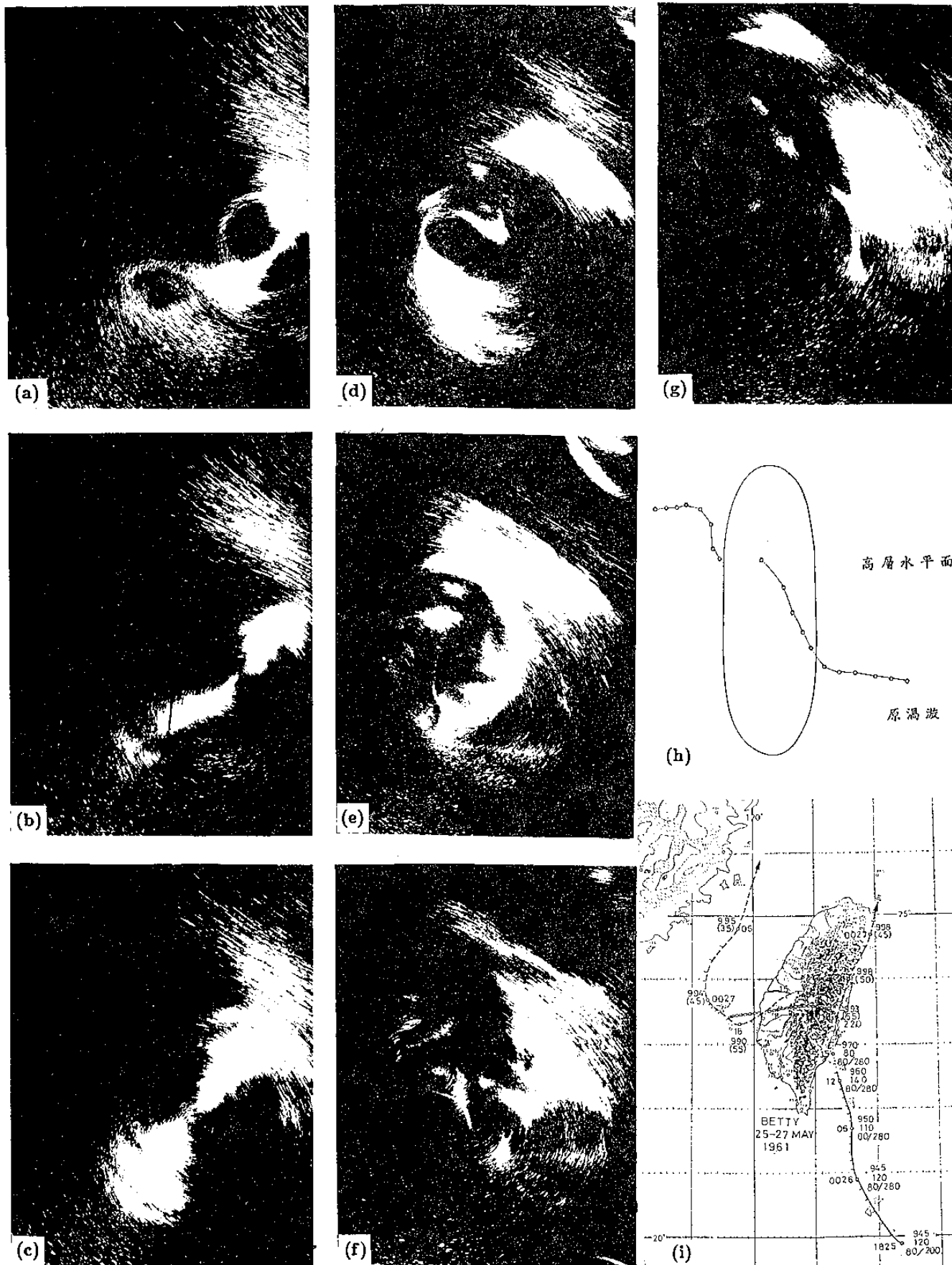
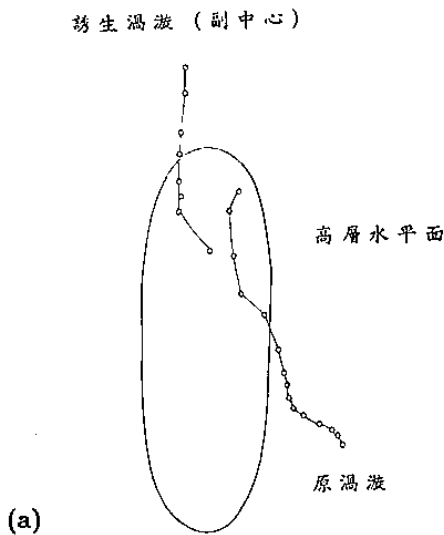


圖 9. (a)~(g): 柱狀渦流受三維橢球體阻擋之流場變化(往西運動)一高層水平面上  
的流場變化; (h) 渦流中心軌跡圖; (i) Betty 颱風之逐時路徑圖。

2. 渦漩向西運動接近模型中央部份：

圖 9(a) ~ (g) 係顯示在模型以上的水平切面上柱狀渦漩向西運動作橫越模型的運動。此種現象近似於颱風過山運動。柱狀渦漩由模型的東側接近，由於模型橫阻於渦漩中段部位，所以渦漩的上下部位，將先行通過。而中段受阻部位則進行渦漩的伸展，而使得原渦漩的中段變形且拉長。由於逆旋氣流的關係，將使得渦漩中段變形的部位向北移動（圖 9(b) ~ (c)），吾人配合模型水平對稱面上的流場觀察，渦漩的部份繞行至模型西側，同時加上阻擋效應，在模型西側上半部形成分離泡，此分離泡即是誘生渦漩的起始，再經過所謂的渦漩再聯結（reconnection）效應，與原渦漩的上、下二段結合而取代原渦漩，。將使得渦漩在越過障礙後向西北進行。其間的過程相當複雜，僅在二平面上的觀察，很難描述整體三維運動。所於本組模擬有進一步觀察的必要。圖 9(i) 為實際 1961 年 5 月 Betty 颱風遭遇中央山脈之路徑變化。此與圖 9(h) 渦漩中心運動，甚見一致。在此情形下，颱風過山中心分裂為二。原中心過山向北移行，趨於消失，另在中央山脈之西側生成一副環流中心，最後副環流中心取代山脈東側原颱風中心，與圖 9(a) ~ (g) 情形一致。



3. 渦漩沿模型東側北上：

基本上，渦漩受障礙的阻擋效應及渦漩越過模型的方式大致和上述的現象相似，僅因接近模型的角度不同使得誘生渦漩生成的位置和行進的方向和上節所述的略有不同，其渦漩中心軌跡圖顯示於圖 10(a) 中。圖 10(a) 渦漩中心動態變化，基本上同圖 9（主要不同者為渦漩移向及相對位置），當中心遇障礙物時原中心趨於消失，向西側副環流中心取代。類此實際颱風運動之例，可參見 1990 年 6 月之 Ofelia 颱風路徑（見圖 10(b)）。

四、結論與展望

由於上各種水工模擬的結果，吾人對此一先驅研究作成以下數點結論：

1. 經由渦漩產生裝置所產生的柱狀渦漩，其速度分佈大致為  $v r^{0.8} = \text{常數}$ 。在其運動的過程中因流體黏滯性而產生的擴散效應將使得速度分布因而改變。柱狀渦漩大體而言為二維結構，但因上下邊界條件的不同，其中心有上升氣流存在。

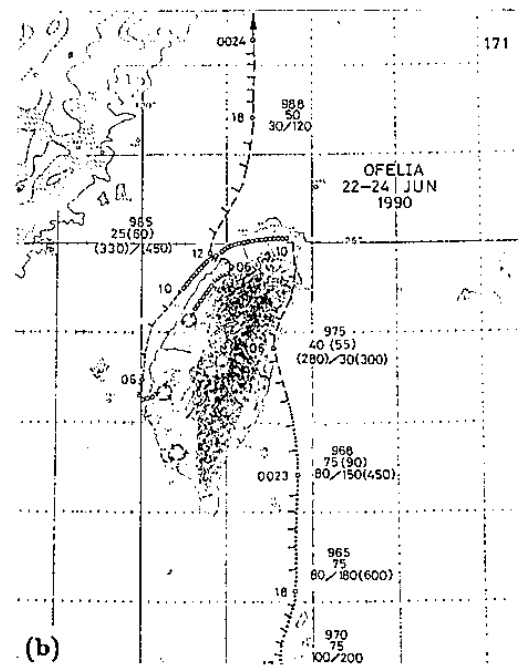


圖 10. (a): 柱狀渦漩受三維橢球體阻擋(往北運動)之渦漩中心軌跡圖；(b): Ofelia 颱風逐時路徑圖。

2. 由雷射光頁照明的定性觀察，本研究進行了柱狀渦漩受二維及三維障礙物的阻擋時，流場的變化，其結果歸納如下：

(1)障礙物為二維圓柱或二維橢柱時，其結果相似。

原渦漩由障礙物在側接近時，在障礙物東側形成一邊界層，然後分離後形成一正旋誘生渦漩而與原有渦漩相互牽引，至終變為不穩定以致發展為紊流。而部份流體分流繞至障礙物西側背風區形成另一邊界層，流離形成另一逆旋誘生渦漩，而取代原逆旋渦漩，而繼續西移。幾何形狀的不同使得橢柱背風區的誘生渦漩較圓柱的狀況為強。

(2)當原渦漩接近三維球體或橢球體時，流場的變化不若二維障礙物流場的單純。以實驗的例子而言，若西北或西北西方向接近模型北端時，繞行將發生，且兩例的現象相似。在繞行時，使得模型北端流體加速，渦漩中心本身亦是加速。在西側背風區形成一弱風區域，並且在西側有分流現象出現，部份流體沿西側南下繞行南端再沿東側北上與原渦漩會合。渦漩中心繞過模型北端後，東北角背風區形成另一弱風區。若為正西方向時，且接近區域為障礙物中段以南時，翻越模型的情況將發生。受阻擋的部份被拉伸，然後再經由再聯結而翻越障礙物。其翻越的細節值得再進一步的觀察及研究。

3. 由以上一系列的水工實驗中，當柱狀渦漩受到二維及三維障礙物阻擋時，吾人可觀察到類似颱風侵台時所發生的一些現象，例如：局部噴流、弱風尾流區、以及副中心的生成等等，其中又以三維橢球體的幾何形狀相對而言較類似本島地形的地貌，實驗結果亦顯示在渦漩中心行進的軌跡較接近實際的氣象資料（請參閱參考資料3、4）。

4. 以目前的模擬、實驗的條件、相似性等等，均無法模擬實際的狀況，但以吾人在渦流研究的觀察，渦流場中的許多現象可在相當大的雷諾數範圍中出現。故此吾人認為水工模擬有進一步研究的價值。展望未來，水工模擬的方式可就以下數點作改進以使之更具實用價值。

(1)改進模型的外觀，使其更接近台灣地形的地貌。

(2)柱狀渦漩深度與直徑的比例使幾何參數的關係合理化。

(3)柱狀渦漩環流量的控制；使實驗參數 Rossby no. 接近實際颱風的條件。

(4)加大實驗水槽的尺寸，以便消除邊界的限制、由渦漩產生器所產生的導引速度、以及剪切層不穩定等干擾因素。

(5)考慮加入大陸東西沿海地形的因素以便模擬台灣海峽區域的流場變化。

## 五、誌謝

本研究承蒙中央氣象局補助，在此致謝。本研究得以實現，主要端賴旅美學人張捷選院士於民國79年自美返國參加院士會議與本所所長鮑亦興院士對本項水工實驗重視的結果。當時透過張院士熱心協調而使得此兩不同機構間之合作，得以順利達成。在此謹向兩位院士致以最高敬意與謝意。此外，海洋大學理工學院院長黃榮鑑教授於水工實驗上提供寶貴的經驗，在此一併致謝。

## 六、參考資料

- [1] H.P.Pao (鮑咸平), Robert R.Hwang (黃榮鑑) and Jin Jso "The effect of Mountains on A Typhoon Vortex As Identified by Laboratory Experiments, part II . Three-Dimensional Barriers" Annual Report of the Institute of Physics, Academia Sinica, Vol.6, PP.109, 1976.
- [2] H.P.Pao and R.R.Hwang, "Effects of Mountains on a Typhoon Vortex: A Laboratory Study", Annual Report of the Institute of Physics, Academia Sinica, Vol.7, 1977.
- [3] 王時鼎, "台灣近海颱風運動及強度預報法", 國科會研究報告, NSC-67M-0202-05(01), 1980年4月。
- [4] 王時鼎, "侵台颱風風場特性及各地陣風預報研究" 國科會防災科技研究報告, 77-58號, 1989年6月。
- [5] C.C.Chu (朱錦洲), Y.Y.Liao (廖育元), "A Quantitative Study of the Flow Around an Impulsively Started Circular Cylinder", Experiments in Fluids (in press) 1991.

# A Laboratory Simulation of Typhoon Vortex Across Mountains

C. C. Chu

Institute of Applied Mechanics  
National Taiwan University

S. T. Wang

Central Weather Bureau

K. H. Kuo

Institute of Applied Mechanics  
National Taiwan University

## Abstract

A experimental study has been performed to simulate the associated phenomena as typhoon vortices encountering the Taiwan island, which include the wake zone due to the upstera blocking effect as well as the downstream shielding effect, the local jet flow due to the corner effect, and the formation of secondary vortices. An essentially two-dimensional column vortex was created in a water/kerosene tank as the representative of a typhoon vortex whose velocity distribution can be measured by a nonintrusive technique - Laser Induced Photochemical Anemometry (LIPA). A series experiments of column vortices interacting with 2-D and 3-D models were carried out by a flow visualization technique. Comparisons are made between the experimental results and field data, which indicate that the general phenomena are quite similar. Further study is needed to validate the practical value of the laboratory simulation in predicting the traveling track and the wind field of a typhoon vortex. The similarity and the limitation of the laboratory simulation are also discussed in the present study.