

# 以終端粒徑函數分布法進行雨量地形修正之研究 -以台灣中部地區為例

沈哲緯<sup>1</sup> 鄭錦桐<sup>2</sup> 廖子毅<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中興工程顧問社研究員 <sup>2</sup>中興工程顧問社研究員兼防災科技組長 <sup>3</sup>工業技術研究院 副研究員

## 摘要

降雨觀測資料應用於地形網格時，過去皆以有限之地面雨量測站，求取面分布之等雨量曲線進行逐網格內插，並不考慮地形之效應，然而只要有水平氣流之存在，地形起伏會造成迎風面降水加成、背風面相反之效應。若是降雨資料能依地形進行局部調整，應有助於提高統計之相關性。

地形與降雨之機制主要在水平風速，假設水平風速與雨滴垂直終端速度可合成降雨向量，若不考慮地表的紊流與捕獲效率，真實降雨分布可簡化為降雨向量對地表曲面之投影。雨滴垂直終端速度受水平風速的影響，如無地形效應，則單位面積降雨量不變；然而在迎風面，由於地形的影響，單位面積降雨量會增加；背風面的單位面積降雨量則會小於迎風面。若將真實降雨分布簡化為降雨向量對地形起伏之投影，雨滴垂直終端速度受水平風場影響，由於地形起伏的不同，導致降雨面積與單位面積降雨量會有所不同。此效應造成迎風面降水加成，背風面相反之效果。

本研究嘗試採用Gun and Kinzer(1949)提出之終端速度/粒徑分布函數作為降雨積分之基礎，利用農航所40公尺數值地形模型將降雨觀測資料進行空間內插，期使降雨空間分布能符合地形效應影響，成果亦能提供後續相關土石災害促崩因子使用，繪製山崩潛勢圖，以達坡地防災與管理目標。

關鍵字：地形效應、水平風速、雨滴垂直終端速度、終端速度/粒徑分布函數

## 一、前言

降雨觀測資料應用於地形網格時，過去皆以有限之地面雨量測站，求取面分布之等雨量曲線進行逐網格內插，並不考慮地形之效應，然而只要有水平氣流之存在，地形起伏會造成迎風面降水加成、背風面相反之效應。若是降雨資料能依地形進行局部調整，應有助於提高統計之相關性，且後續作為相關土石災害研究之促崩因子，也較能確實反應地形條件下雨量差異所導致的土砂產出量，藉以評估崩塌與降雨量及地形效應之關聯性。

地形與降雨之機制主要在水平風速，假設水平風速與雨滴垂直終端速度可合成降雨向量(圖1)，若不考慮地表的紊流與捕獲效率，真實降雨分布可簡化為降雨向量對地表曲面之投影(圖2)。雨滴垂直終端速度受水平風速的影響，如無地形效應，則單位面積降雨量( $n$ )不變；然而在迎風面，由於地形的影響，單位面積降雨量( $n'$ )會大於 $n$ ；背風面的單位面積降雨量( $n''$ )則會小於 $n$ 。若將真實降雨分布簡化為降雨向量對地形起伏之投影，雨滴垂直終端速度受水平風場影響，由於地形起伏的不同，導致降雨面積  $A' > A > A''$ ，單位面積降雨量

$n' < n < n''$ 。此效應造成迎風面降水加成，背風面相反之效果。

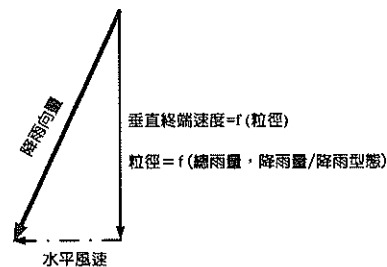


圖1 降雨向量與垂直終端速度及水平風速關係

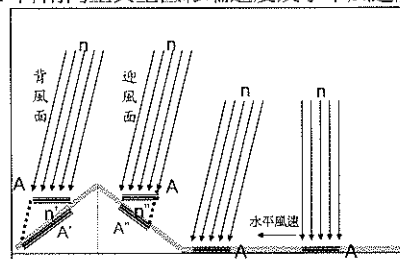


圖2 雨滴垂直終端速度受水平風速與地形之影響示意圖

## 二、研究方法

本研究嘗試採用Gun and Kinzer(1949)[5]提出之終端速度/粒徑分布函數作為降雨積分之基礎，利用農航所40公尺數值地形模型，搭配風場與雨滴譜儀雨滴粒徑與終端速度之實測資料，以中部地區22幅1/25,000比例尺地質圖幅範圍為研究區域，針對敏督利颱風在中部地區累積總雨量(2004/6/9~2004/7/3)為分析對象，將降雨觀測資料進行空間內插出考量地形效應之修正降雨量。完整處理流程如下圖3。以下說明雨量地形修正流程與成果：

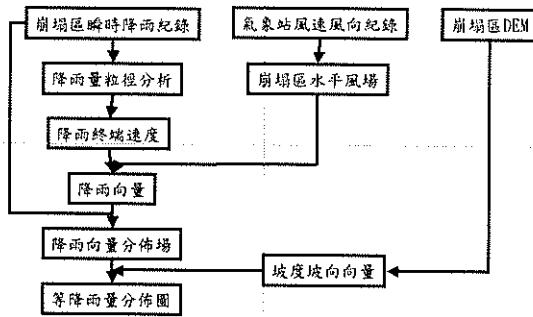


圖3 雨量地形修正之處理流程

(一)、雨滴譜儀

垂直終端速度，可以用人工降雨試驗[1]或都普勒降兩雷達資料分析[2,4]求得，一般為雨滴粒徑之函數，雨滴粒徑分布可由雨滴譜儀與剖風儀，或人工降雨試驗方式獲得，實際上台灣地區的雨滴粒徑與降雨型態和季節有關。

本研究採用敏督利颱風期間中壢站雨滴譜儀雨滴粒徑與終端速度之實測資料，如表1所示。實際的雨滴粒徑和終端速度的關係經迴歸統計得到一關係圖(圖4)，可求出關係式如下：

$$V = 0.057D^3 - 0.908D^2 + 4.975D - 0.204 \quad (1)$$

其中，V：終端速度(公尺/秒)

D：水滴粒徑(公釐)

真實之雨滴粒徑分布來自實測資料，目前可以使用撞擊式雨滴譜儀或光學式雨滴譜儀時測降雨事件，或是以都普勒雷達直接觀察降雨推估。本計畫採用光學式二維雨滴譜儀觀測雨量資料，以逐時統計降雨量中值粒徑(D<sub>0</sub>)作為代表平均粒徑，求取平均終端速度。

二維雨滴譜儀(2d-video disdrometer)(圖5)，其觀測原理為光學掃描，在觀測主機內部裝有兩台互相垂直且高度不同可以發射出光束的攝影機(camera)(如圖6)，當雨滴落下到光束的範圍(約10公分x10公分)內時，雨滴會遮住光束，接收器將會紀錄遮斷的長度，可以得到雨滴的形狀及雨滴直徑，另外藉由兩個不同高度的光束，紀錄雨滴通過

兩個高度的時間差，可以計算出雨滴的垂直落速[3]。

表1 雨滴譜儀雨滴粒徑與終端速度之實測資料

雨滴粒徑 (公釐)	終端速度 (公尺/秒)	雨滴粒徑 (公釐)	終端速度 (公尺/秒)
0.2	0.72	2.8	7.82
0.3	1.12	3	8.06
0.4	1.62	3.2	8.26
0.5	2.06	3.4	8.44
0.6	2.47	3.6	8.6
0.7	2.87	3.8	8.72
0.8	3.27	4	8.83
0.9	3.67	4.2	8.92
1	4.03	4.4	8.98
1.2	4.64	4.6	9.03
1.4	5.17	4.8	9.07
1.6	5.65	5	9.09
1.8	6.09	5.2	9.12
2	6.49	5.4	9.14
2.2	6.9	5.6	9.16
2.4	7.27	5.8	9.17

註：表中數值為中壢站的雨滴譜儀實測值。

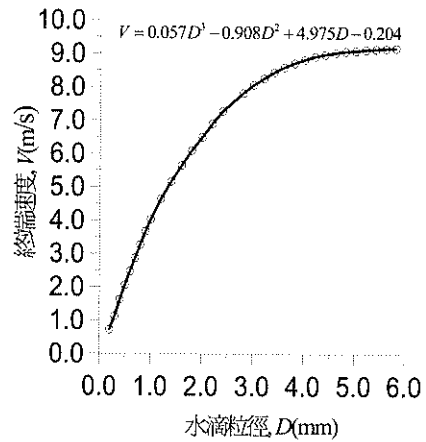


圖4 水滴粒徑與終端速度之關係曲線

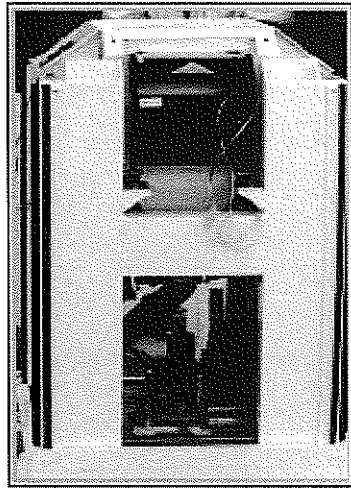


圖5 光學式二維雨滴譜儀[3]

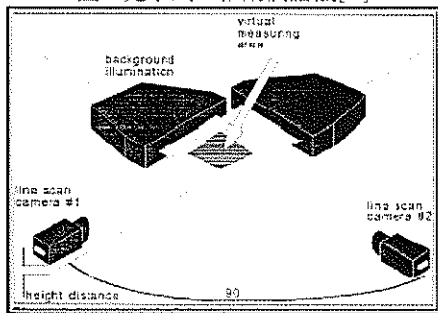


圖6 光學式雨滴譜儀之觀測光徑[3]

(二)、水平風場

水平風場資料採用敏督利颱風期間氣象局測站公布紀錄，其分布如圖7，圖中22地質圖幅(1/25,000圖框)為本研究之研究區域。內插之網格對應農航所數值地形模型40公尺解析度與坐標。圖8為風場方位角八方位圖。

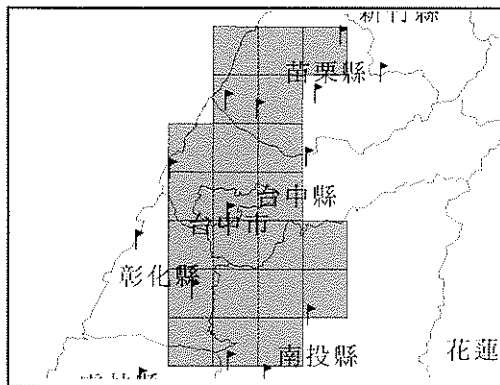


圖7 研究區內風速風向測站分布

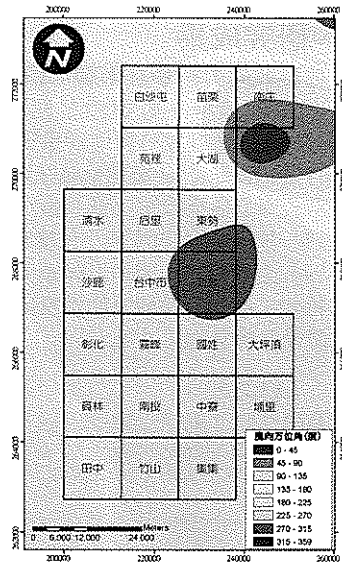
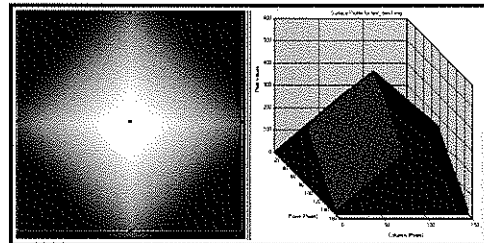


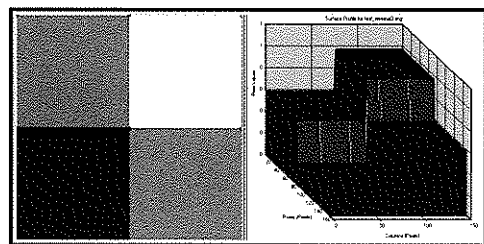
圖8 40公尺網格風場之風向八方位圖

(三)、終端速度與地形投影

雨滴的終端速度與水平風速組成降雨向量，其與地形之關係如圖1與圖2，在迎風面雨量會累計，背風面則反之。使用方位角225度之模擬向量對模擬屋脊地形投影測試，結果如圖9，圖左為數值灰階、圖右為其立體透視圖。可以見到模擬之迎風面有最大累積降雨量，在背風面降雨量最小，兩對稱側雨量相同。



(a)左為累計雨量數值灰階，右為其立體透視



(b) 模擬向量、地形之投影與測試

圖9 方位角225度之模擬向量對模擬屋脊地形投影測試圖

### 三、研究成果

地形坡向對雨量之影響可由圖10放大檢視得知，依據前述程序針對敏督利颱風累積總雨量(2004/6/29~2004/7/3)對地形重新投影修正之雨量如圖11~14所示[15]。整體雨量統計變化最大降雨量由1587公厘上升至1736公厘，最小降雨由5公厘降低至0公厘，雨量最大值或最小值變化視迎風或背風坡向不同。雨量修正後因地形效應引致的改變量可由圖15得知，由改變量與原始雨量比值可知研究區域平均降雨改變量約10~12%。

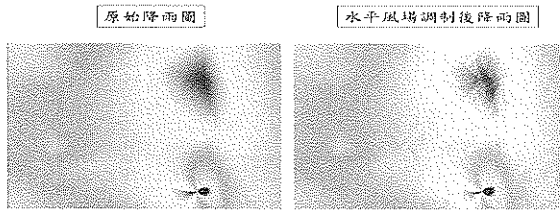


圖10 地形/風場對累積雨量之調制結果(放大)

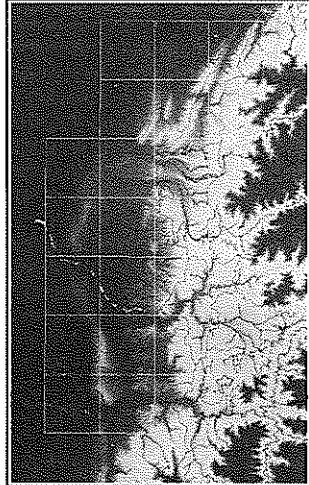


圖11 研究區40公尺網格數值地形

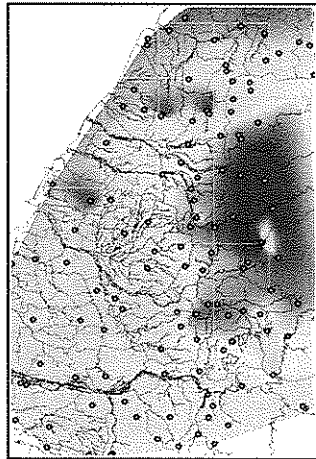


圖12 作業區40公尺網格雨量分布

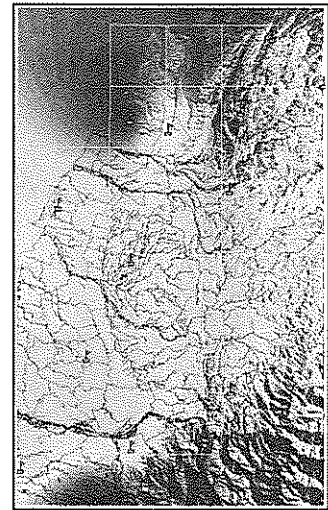


圖13 作業區40公尺網格地形調制量

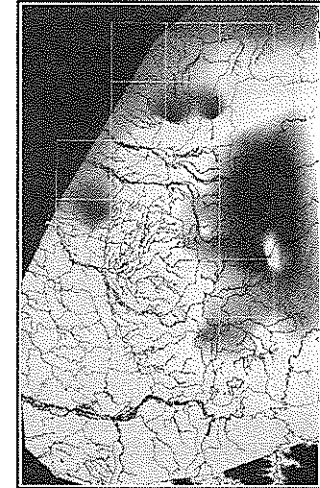


圖14 作業區40公尺網格調制雨量

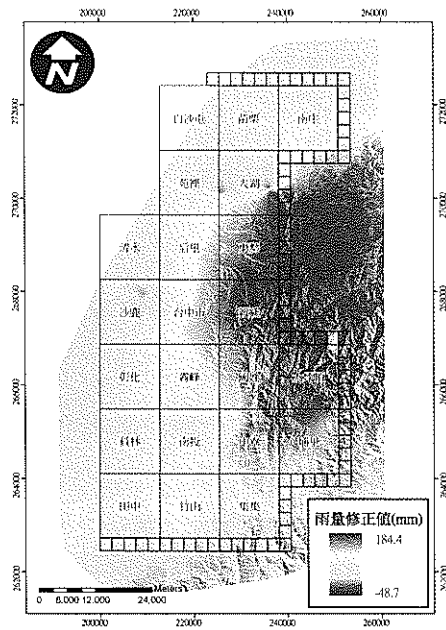


圖15 地形修正後累積總雨量變化分布圖

#### 四、結論

本研究初步嘗試以終端速度/粒徑分布函數法進行雨量地形修正分布研究，期能修正雨量符合真實分布狀況，整體雨量統計變化最大降雨量由1587公厘上升至1736公厘，最小降雨由5公厘降低至0公厘，雨量最大值或最小值變化視迎風或背風坡向不同。由改變量與原始雨量比值可知研究區域平均降雨改變量約10~12%。成果顯示，因地形效應所產生迎風與背風降雨量差異相當顯著，本研究嘗試以風場與坡向為修正資料，採用終端速度/粒徑分布函數

作為降雨積分之基礎，可有效修正地形效應所引制的降雨差異量。

分析成果亦能提供後續相關土砂災害作為促崩因子使用，以繪製山崩或土石流潛勢圖，以達坡地防災與管理目標。

#### 參考文獻

- 1、 林俐玲,林文弘,1998:“紅壤可蝕性因子之量測”,水土保持學報,30卷,1期,48-58
- 2、 林忠義,2001:“利用雷達回波分析降雨系統三維結構之研究”,國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文
- 3、 林位總,2004:“利用二維雨滴譜儀研究雨滴譜特性”,國立中央大學碩士論文
- 4、 紀博庭,2005:“利用中央大學雙偏極化雷達資料反求雨滴粒徑分布及降雨率方法的研究”,國立中央大學大氣物理碩士論文

- 5、 中興工程顧問社,2008:“都會區周緣坡地山崩潛勢評估(1/4)”,經濟部中央地質調查所
- 6、 Gunn,R. and G.D.Kinzer,1949:“The terminal velocity of fall for waterdroplets in stagnant air”, J.Meteor, 6 , 243-248.

