

# 雷達雨量資料在土石流預警之應用

林李耀<sup>1</sup> 王安翔<sup>1</sup> 黃麗蓉<sup>1</sup> 張智昌<sup>1</sup> 林聖琪<sup>1</sup> 李清勝<sup>2</sup> 周仲島<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>國家災害防救科技中心

<sup>2</sup>台灣大學大氣科學系

## 摘要

台灣山區或地形降雨的合理估計，一直是坡地災害警戒或預警的重要指標，本研究利用 QPESUMS 雷達高時空解析雨量資訊，整合即時地面自動雨量站觀測，發展局部區域定量降雨估計技術。

在海棠颱風（2005）個案研究成果顯示，在 7 月 19 日 1400 至 1900 LST 的劇烈降雨資訊中，坡地災點代表雨量站大津站的雨量觀測與示範區土砂災害發生處之降雨型態有所差異，但雷達-雨量站整合雨量可表示該區災害發生的降雨特徵。因此，本研究發展的 Kriging 差值修正技術初步已可描述土砂災害個案發生的降雨特徵，在與傳統雨量站內插法的比較結果上，也顯示其降雨估計的優越性，未來將進一步改進與評估其適用性。

關鍵字：QPESUMS、雷達整合雨量站降雨、差值校正法。

## 一、前言

近年來豪雨所造成的坡地災害常導致生命財產的重大損失，尤其在 921 重創後的南投、台中等中部山區，其發生頻率較過去明顯增加(林美聆等，2002)，例如 2001 年桃芝颱風重創中部重建區，共發生約 655 處土石流災害，同年納莉颱風造成台北市約 400 起坡地崩塌事件，而 2004 年敏督利颱風與七二水災的土石流與崩坍事件更超過 1200 處，遠超過以往的歷史颱風事件。在 2005 年海棠與馬莎颱風侵襲更造成南部山區嚴重的坡地災害。然而，目前的土石流預警資訊仍存在相當大的不確定性，有必要透過更多整合性的關鍵技術研究，降低土石流預警資訊的不確定性，使中央與地方災害應變中心能更有效的應用預警資訊，採取適當的應變措施以提高防災成效。

根據李等（2004）之研究成果，利用雷達回波來進行地面定量降雨估計是目前相當經濟且可行的方案；在雷達高時空解析（空間解析度大約 1.3 公里×1.3 公里，時間解析度約 10 分鐘）的優勢下，對於土石流與崩坍等坡地災害的預警而言，可以提供降雨激發因子的重要參考。

本研究除評估雨量站降雨資訊與雷達估計降雨之差異外，重點在發展並比較不同客觀分析方法（Kriging 和 Barnes）對於整合雷達估計雨量與地面雨量站觀測雨量之優劣，並由土砂災害災點發生個案之雨量分析進行比對。由先前的研究成果發現，Kriging 方法在差值校正上的表現較 Barnes 為佳，且整合雨量在局部大雨區域且周圍雨量站較少時，其降雨估計較其它雨量站客觀分析法為佳。因此，未來可運用於土石流即時預警之降雨指標，以改善目前因降雨估計誤差所導致土石流預警的不確定性。

## 二、雷達-雨量站降雨整合方法

圖一為雷達-雨量站降雨整合法之概念示意圖，其中 scale 1（圖一 a）表地面雨量觀測，假設其為真實降雨值，但其解析度大約 10 公里，在山區或偏遠地區更差。scale2（圖一 b）表雷達估計降雨，其空間解析度較高（大約 1.3 公里），假設其為空間之內插權重值。

根據圖一的概念模式(圖一 c 所示)，我們將逐步求出雷達-雨量站整合雨量  $R_i(x, y)$ ，其中  $x, y$  為 QPESUMS 的網格矩陣， $x$  共有 441 點， $y$  共 561 點，東西方向範圍 ( $x$ ) 為東經 118 到 123.5 度，南北方向範圍 ( $y$ ) 為北緯 20 到 27 度。以下為雷達-雨量站整合雨量  $R_i(x,y)$  求取方法：

1. 令雷達回波估計雨量為  $R_r(x,y)$ ，地面雨量站觀測所得雨量為  $R_g(k)$ ，其中  $k$  為地面站代號， $k$  為 1 到 406(全台自動雨量站計有 406 站)。
2. 將  $R_r(x,y)$  內插至  $R_g(k)$  之經緯座標上，得到  $R_r(k)$ 。
3. 求取雨量站上  $R_r(k)$  與  $R_g(k)$  之差值為  $DR(k)$ ， $DR(k)=R_r(k)-R_g(k)$ 。
4. 應用數值內插方法將  $DR(k)$  內插回雷達估計網格  $x,y$  上得到  $DR(x,y)$ 。
5. 求得雨量站整合雨量  $R_i(x,y)$ ， $R_i(x,y)=R_r(x,y)-DR(x,y)$ 。

由上述之數值方法，吾人設計 4 種估計方式，分別為：

- (1). Kriging 整合降雨法：主要是將雷達估計降雨與地面觀測雨量間之差值，透過 Ordinary Kriging 法計算。然後，將差值計算結果再加回雷達估計降雨值中，以估計各地之降雨值，以下簡稱為 OK 整合法。

通訊作者：周仲島教授，台灣 台北市羅斯福路四段一號 國立台灣大學大氣科學系，電話：886-2-2362-8962，傳真：886-2-2363-3642, Email: jou@hp735.as.ntu.edu.tw

- (2). Barnes 整合降雨法：同(1)所述，唯一不同是將雷達估計降雨與地面觀測雨量間之差值經由 Barnes 法計算，再將差值估計結果加入雷達估計降雨中，以下簡稱為 Barnes 整合法。
- (3). Kriging 法：是將自動雨量站之降雨觀測值直接使用 Ordinary Kriging 法進行雨量之空間內插估計，以下簡稱為 OK 法。
- (4). Barnes 法：同(3)所述，唯一不同是採用 Barnes 法直接進行自動雨量站之降雨觀測值進行空間內插估計，以下簡稱為 Barnes 法。

### 三、整合降雨技術之統計分析

首先，從雨量資料中分別選取時雨量、日雨量及整場颱風之總雨量(以下簡稱總雨量)來進行統計分析，範圍則是全台灣共計 406 個地面雨量自動觀測站。時雨量選取時間為 2005 年 7 月 19 日 8 時；日累積雨量為 7 月 19 日之日累積雨量，而整場颱風事件之總雨量為海棠颱風陸上颱風警報發布開始(7 月 17 日 00 時)，至陸上颱風警報解除為止(7 月 20 日 02 時)之累積雨量(資料來源：交通部中央氣象局)。

接著將颱風事件之地面雨量站觀測資料從全台灣 406 個地面雨量站中隨機挑選 100 個雨量站作為統計驗證之基準資料，不納入降雨估計內插計算。隨後再利用 306 個雨量站觀測資料與其所在位置的雷達資料進行差值計算，並將結果分別利用 OK 整合法、Barnes 整合法、Barnes 法及 Ordinary Kriging 法進行差值推估。然後，再將雷達估計降水加上差值分析結果得到估計降雨值。最後，將此降雨估計結果與 100 個驗證點的實際觀測雨量資料進行比較分析。

表一為海棠颱風之雨量分析，結果顯示 OK 整合法的雨量推估資料，其平均誤差都較其他三種方法為小。以總雨量來看，100 個驗證點在海棠颱風期間平均降雨為 393.1mm，而由 OK 整合法所得的雨量估計平均誤差僅有 2.1mm。這表示經整合雷達降雨估計後的降雨估計值與未整合雷達前，誤差有明顯的改善，顯示雷達資料對於校正內插法所造成的誤差有很大的幫助。

表二為 2005 年海棠颱風期間雷達估計降雨和雷達-雨量站整合降雨之累積雨量統計分析，利用台灣西南部之大津雨量站(C1V34)做為檢驗點進行分析，結果顯示透過雨量站與雷達估計降水資料的整合，可大幅提昇無雨量站區域之單點雨量估計。圖二 a 和 b 則為海棠颱風期間 7 月 19 日 1500 LST 之雷達估計降雨與雷達-雨量站整合降雨估計之空間分佈情況。圖三 a 和 b 為 7 月 18 日 0 時至 7 月 20 日 2 時大津站各估計雨量結果與觀測資料之逐時比較分析，結果顯示 OK 整合法較其他方法為佳。

### 四、土砂災點之降雨分析

利用上述之方法，接下來，將利用土砂災點進行分析比較。圖四為高雄縣兩處土砂災點與附近自動雨量站之分佈情況，此兩處災點分別為中興村(KSA031)和大津村(KSA032)，在海棠颱風侵襲期間該處於 7 月 19 日下午 14 時發生嚴重的土石流災情。因此，選取 7 月 18 日 0 時至 7 月 20 日 2 時之雷達降水估計與全台 406 站之雨量觀測資料，進行災點降雨估計。結果顯示 OK 整合法所得之結果，其雨型依災點不同而有所差異。若與大津站之觀測降雨值進行比較，也顯示 OK 整合法之雨型表現與大津雨量站近乎一致，且強度也與大津站相近。所以，雷達-雨量站整合法所得到之估計雨量較原本僅使用數值內插所得之降水估計結果為佳，此將有助於未來在土砂災害研究上提供具參考性之雨量資訊。

### 五、結論

經由以上的個案研究成果顯示，雷達-雨量站整合降雨資訊運用於示範區災點的降雨推估，具有相當大的可靠性。以海棠颱風期間，大津站的雨量比對結果顯示，整合雨量與實際雨量的相關可達 0.95 以上。

因此，經由雷達回波觀測來推估即時降雨應為較合理之雨量估計方法，雖然雷達回波在山區的適用性仍有缺陷，但相較透過代表性雨量站評估土石流警戒而言，其可信度相對提高許多。因此，未來是否考慮應用整合降雨資訊作為土砂災害的雨量資訊參考，此部份工作將再做更進一步的分析才得以釐清。

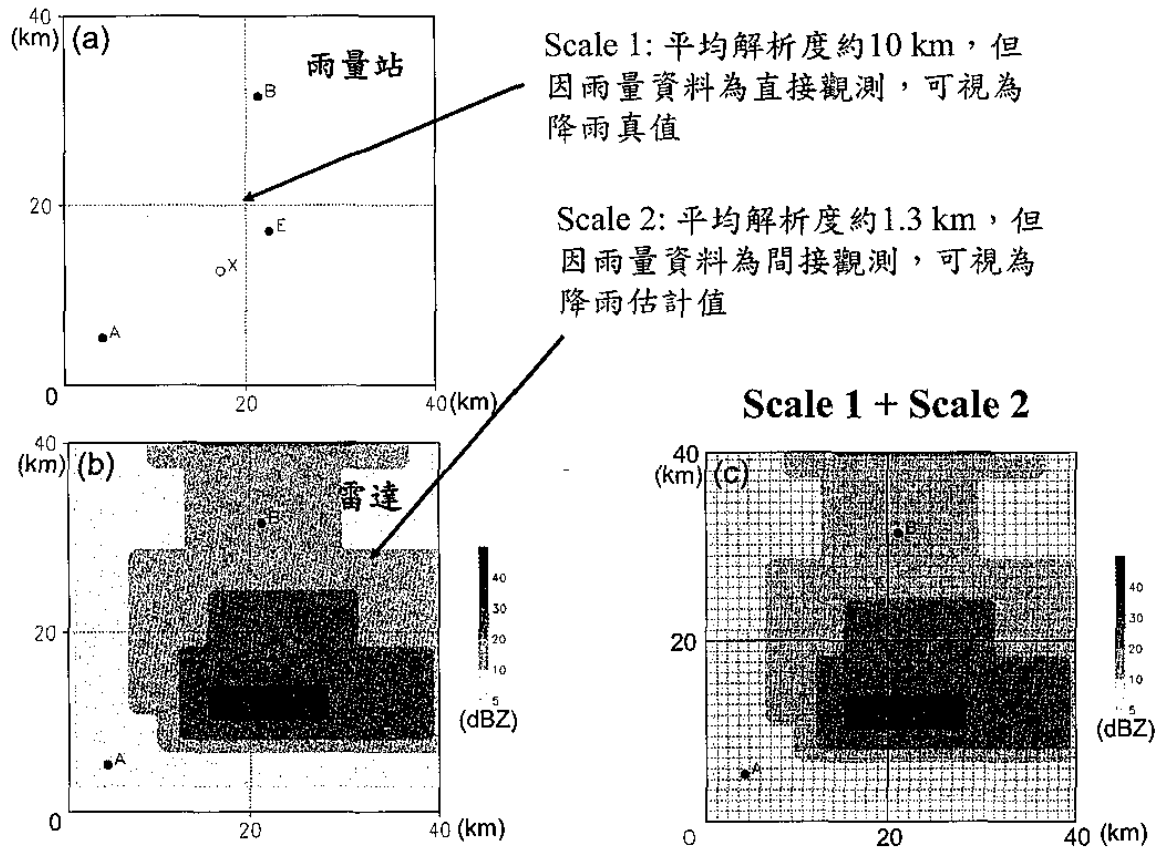
### 六、參考文獻

- 謝正倫，1995，「土石流預警系統之研究（第五年）」，行政院農業委員會委託計畫。
- 黃若滢，1997，「台灣北部地區雷達回波的統計特性與雨量估計」，國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文。
- 高子劍，2001：「機率式土石流臨界降雨線之研究」，國立台灣大學農業工程學研究所碩士論文。
- 林美聆、陳天健、林鴻州、李正利、魏水木、葉斯元、游文輝，2002：「台北市崩塌警戒基準初期研究」，中央氣象局 2002 天氣分析與預報研討會論文集編，1-6。
- 詹錢登，2002：「坡地災害警戒值訂定與土石流觀測示範站之研究」，行政院農委會水保局 91 年科技計畫報告。
- 丘台光、陳嘉榮、張保亮、簡國基、王溫和與林品芳，2003：「短時預報系統產品校驗」。天氣分析與預報研討會論文集編。63-68 頁。
- 李清勝，2004：「土石流潛勢區之雨量估計與即時預報技術發展先期研究」。農委會水土保持局研究報告，115 頁。
- 丘台光、張保亮與林品芳，2003：「應用多重觀測

工具之定量降雨估計與分類技術(QPESUMS)系統現況與展望」。2003 颱風及中尺度災變天氣預報技術研討會，2003 年 12 月 16-17 日，台北。

Caine, N., 1980: The Rainfall Intensity Duration Control of Shallow Landslides and Debris Flow, **Geografiska Annaler**, **62**, 23-27.

Keefner, D. K., Wilson, R.C., Mark, R. K., Brab, E. E., Brown, W. M., Ellen, S. D., Harp, E. L., Wiczorek, G. F., Alger, C. S., and Zatzkin, R. S., 1987: Real-Time Landslide Warning During Heavy Rainfall, **Science**, **238**, 921-925.



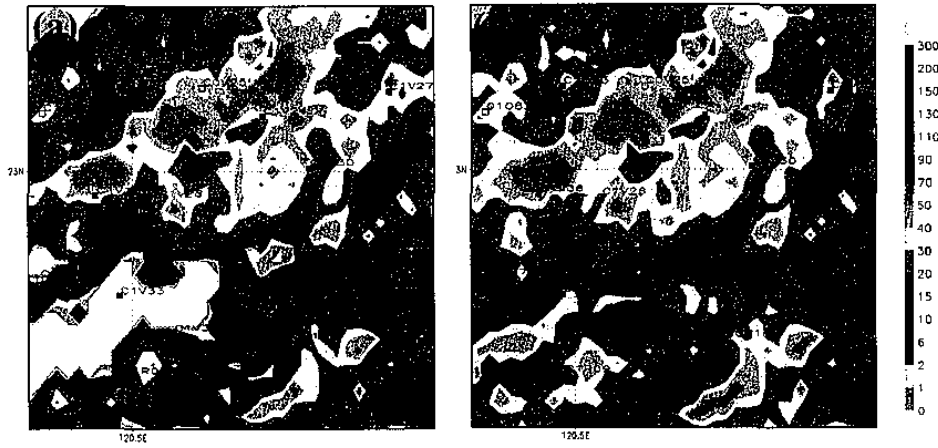
圖一 雷達-雨量站整合雨量的概念示意圖

表一 海棠颱風利用各種內插方式與100個驗證點之平均降雨差值

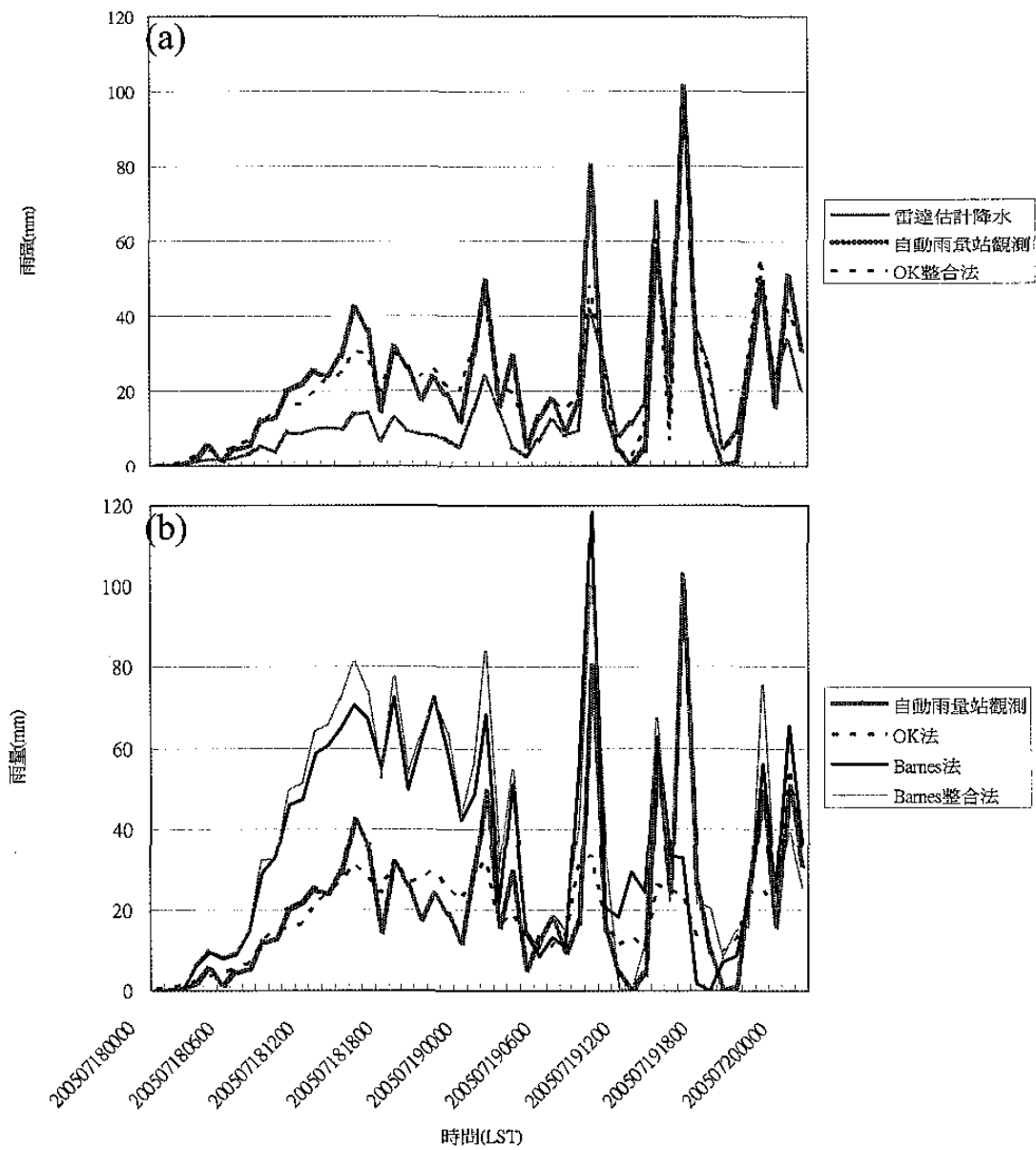
	OK 整合法 與地面差值 (mm)	Barnes 整合法 與地面差值 (mm)	OK 法與地面差值 (mm)	Barnes 法與地面差值 (mm)
時雨量	0.003	0.26	-0.135	-0.075
日雨量	-0.883	-4.50	-1.550	-9.415
總雨量	-2.138	-9.11	-18.16	-17.29

表二 海棠颱風期間大津站之各種降雨估計分析。(註：大津站即為圖二中之雨量站 CIV34，而相關係數之計算為逐時雨量觀測資料與雷達降雨估計和雷達-雨量站整合法估計值比較之結果。)

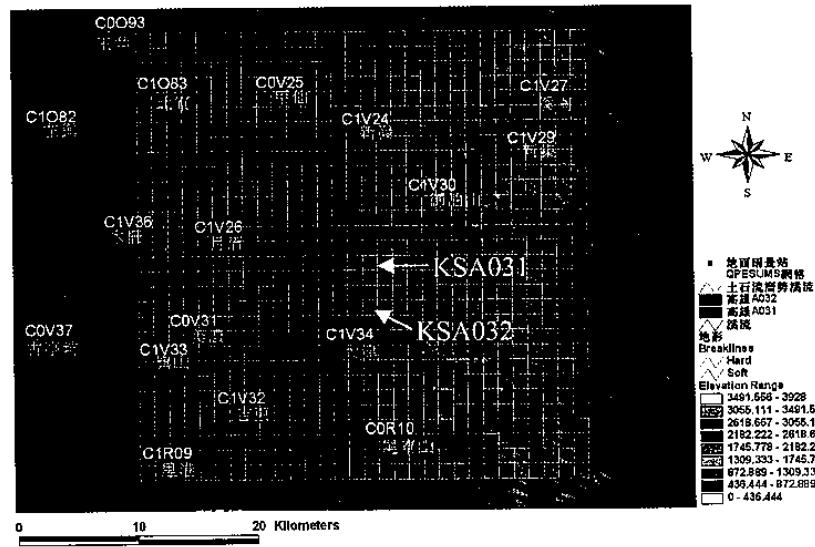
	實際觀測	雷達估計	整合法
雨量/估計	1094.5	796.3	1116.6
差值	—	-298.2	+22.1
相關係數	—	0.859	0.949



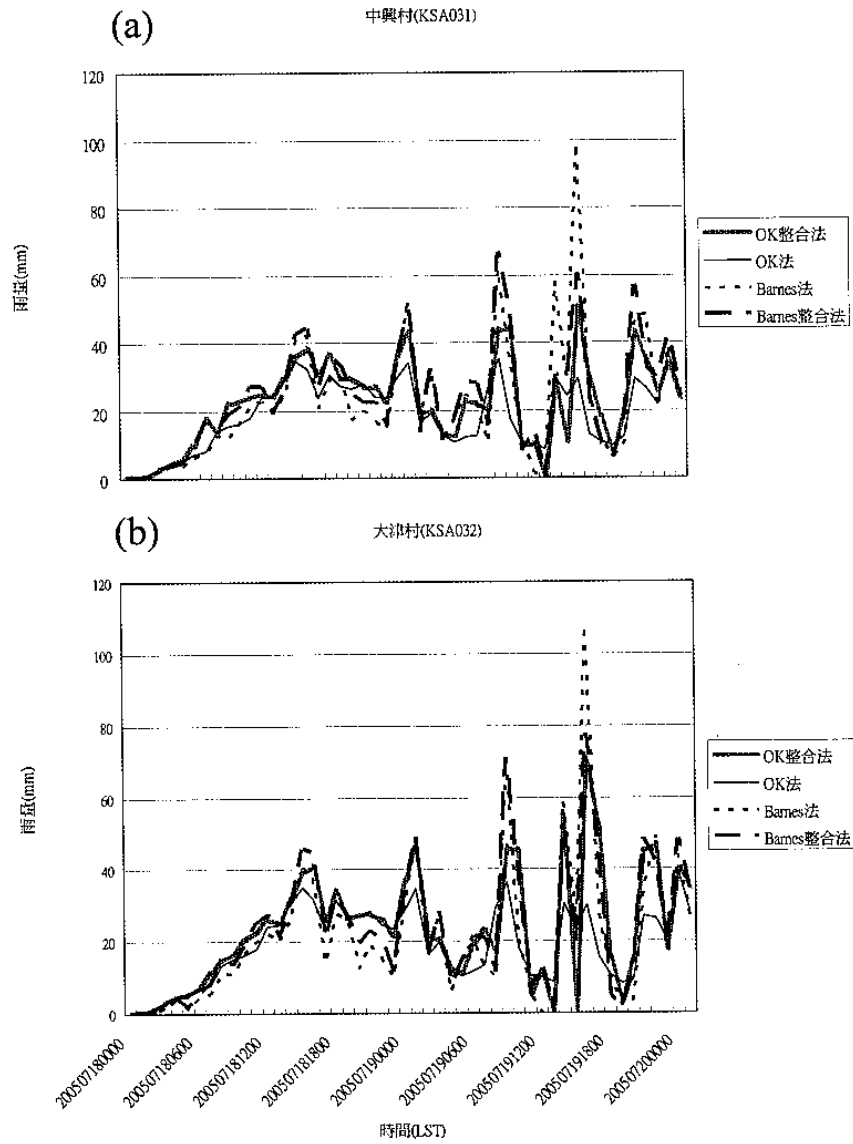
圖二 2005年7月19日1500 LST之降雨估計空間分佈比較，(a)雷達估計降雨，(b)雷達-雨量站整合降雨估計。圖中■之測站為估計降雨之雨量站，□為檢驗站點。雨量單位毫米(mm)。



圖三 大津站之降雨估計時序分析，(a)為雷達估計降水(淺細灰線)、自動雨量站觀測(深粗灰線)及OK整合法(黑虛線)，(b)為OK法(黑虛線)、Barnes法(黑實線)及Barnes整合法(點虛線)。



圖四 土砂災害受災點與自動雨量站空間分佈



圖五 土砂災害受災點之各雨量估計方法的時序分析，(a)為中興村，(b)為大津村。