

2008 年颱風個案在嘉義縣市之雷達定量降雨

估計與短時預報研究

王安翔 林李耀 鳳雷 張智昌

國家災害防救科技中心

摘 要

本研究以嘉義縣市為示範區，使用所研發的雷達-雨量站降雨整合技術，探討 2008 年之颱風個案在平地與山區即時降雨估計之特性。同時，也使用降雨整合估計結果利用外延法進行短時(0-3 小時)降雨預報。透過均方根誤差(Root mean square error, RMSE)和相關係數(Correlation coefficient)之分析檢視降雨整合估計和預報降水之特性。

分析整場颱風累積降雨和雷達估計降雨之均方根誤差空間分佈，顯示山區與平地之均方根誤差兩者差異約在 10-15mm/h。而以 2008 年所有颱風個案所計算之平均均方根誤差，顯示山區約有 15mm/h 之估計誤差，而平地一般約在 10mm/h 以下。而分析中也顯示透過降雨整合技術，的確可減少山區之降雨估計誤差。另外，在使用外延法所得之短時(0-3 小時)降雨預報方面，結果顯示隨預報時間增加，預報結果和地面雨量觀測值之相關係數約由 0.8 下降至 0.4。而標準化之均方根誤差分析，顯示隨預報時間增加誤差有增大的傾向；而隨測站高度增加，其標準化之均方根誤差有下降的趨勢，此顯示利用降雨整合技術所得之結果利用外延法預報短時降雨，其所得之預報雨量仍具有相當參考價值。

關鍵詞：雷達定量降雨估計、雷達-雨量站降雨整合技術

一、前言

臺灣受到自然環境因素的影響，每年 5-6 月間有梅雨，5-10 月間則有颱風，而全年之平均降雨量約 2,500 mm，但降雨之時間與空間分佈極不均勻。在集水區上游山區之坡度極為陡峻與水土保持不良。因此，每逢颱風挾帶豪雨來襲，常引發山區之坡地災害發生；或匯集而下之洪流，造成下游坡度平緩地區嚴重水患，或在都會區之局部地區，造成淹水情形，使民生、社會經濟與產業發展有莫大的衝擊。

由坡地與淹水災害研究中顯示，對於無雨量站設置的未知點位雨量估計之時間與空間精度需求很高。因此，如何取得適切的未知點位之估計雨量，往往也決定淹水與坡地災害研究之結果。林等(2006, 2007)之研究顯示，逐時雷達估計降雨與地面雨量觀測之相關係數可高達 0.9 以上，唯降雨估計精度仍不夠。以 2008 年卡玫基颱風為例，在 7 月 18 日 0000 LST 於嘉義山區發生時累積雨量高達 83.0 mm 之降雨(圖 1)，但雷達估計降雨在山區則無法顯示此降雨分佈情況。

因此，本研究將運用雷達-雨量站降雨整合估計技術(Chen *et al.*, 2007)，對 2008 年侵台之 4 個颱風個案(卡玫基、鳳凰、辛樂克及薔蜜)進行嘉義縣市之雷達估計降雨空間分佈特性分析，並藉由此分析做為

改進降雨整合估計技術之參考。

二、資料來源與分析方法

本研究主要以中央氣象局 2008 年的 QPESUMS 系統之雷達估計降雨和地面雨量站觀測資料為主，同時，颱風個案選取時段以中央氣象局發佈陸上颱風警報和解除陸上颱風警報之期間定義為整場颱風之降雨時段。個案計有：卡玫基、鳳凰、辛樂克及薔蜜颱風等 4 場個案。另外，也選取嘉義縣市做為研究示範區，該地區之雨量站分佈與地形高度分佈，如圖 1 所示。

而為了解示範區內雷達估計降雨之均方根誤差分析與其他估計方法之優劣，因此，依據測站高度挑選 3 個雨量站做為檢驗點，分別為東後寮、大湖及奮起湖，以評估雷達估計降雨之估計誤差；而這些雨量站之空間分佈如圖 1 所示。

在分析方法方面，則採用統計分析方法，說明如下：

2.1 均方根誤差(Root Mean Square Error)

使用均方根誤差(RMSE)做為雷達估計降雨和地面觀測結果之統計分析方法，其公式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Rr_i - Rg_i)^2} \quad (2.1)$$

式(2.1)中, n 為時間點數(或資料筆數), Ri 為雷達估計降雨結果(或整合估計結果), Rg 為雨量站觀測結果。而計算方式為每一測站皆可計算出一個均方根誤差值, 然後再將此結果繪製成空間分佈圖, 以了解均方根誤差之空間分析。而若當均方根誤差越小, 則表示雷達估計結果(或整合估計結果)越接近實際降雨觀測結果。

2.2 相關係數(Correlation Coefficient)

對於預報降雨與觀測降雨之分析, 則使用相關係數(r) 進行分析, 其公式如下:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{Y})^2}} \quad (2.2)$$

式中 xi 和 yi 分別代表觀測降雨值和預報降雨值。若預報結果與觀測結果愈接近, 相關係數愈高; 若兩者完全相等, 相關係數等於 1。

三、雷達-雨量站降雨整合方法

圖 2 為 Chen *et al.* (2007)所使用之雷達-雨量站降雨整合的概念示意圖, 其中 scale 1 (圖 2a) 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(約 20 km)。scale2 (圖 2b) 表雷達估計降雨, 其特色為雨量估計為間接求取, 但空間分佈較密, 解析度較高(大約 1.3 km), 我們假設其為空間之內插權重值。

根據圖 2 的概念模式, 如圖 2c 所示, 我們將逐步求出雷達-雨量站整合雨量 Ri(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-雨量站降雨整合 Ri(x,y)之求取方法:

1. 令雷達回波估計雨量為 Rr(x,y), 地面雨量站觀測所得雨量為 Rg(k), 其中 k 為地面站代號, 其數量依據選取範圍有所不同。
2. 將 Rr(x,y)內插至 Rg(k)之經緯座標上, 得到 Rr(k)。
3. 求取雨量站上 Rr(k)與 Rg(k)之差值為 ΔR(k),

$$\Delta R(k) = Rr(k) - Rg(k)。$$

4. 應用數值內插方法將 ΔR(k)內插回雷達估計網格 x,y 上得到 ΔR(x,y)。
5. 求得雨量站整合雨量 Ri(x,y),
Ri(x,y) = Rr(x,y) - ΔR(x,y)。

由林等(2006)、林等(2007, 2008)之研究顯示, 透過 Ordinary Kriging 法計算雷達估計值和地面觀測降雨值之差值較其他空間估計數值方法為佳, 因此本研究將採用此方式進行降雨整合估計。

而 Cheng *et al.* (2003) 之研究也提及對於地理空間統計法的使用上, 需注意影響半徑之選取。因此, 本研究也設計 3 種不同影響半徑進行測試, 其分別為 (1)以 35 km 做為影響半徑(以 R35 表示), (2)以 15 km 做為影響半徑之大小(以 R15 表示), (3)複合型半徑(以 RTW 表示), 此組以估計點位為中心, 選取鄰近 3 km 內之雨量站進行估計雨量計算。若超出 3 km 以外之區域, 則再增加影響半徑範圍, 每次以 3 km 為一段進行雨量估計。

四、分析結果

為了解雷達估計降雨與實際觀測結果之差異, 因此進行地面觀測值與雷達估計降雨值之均方根誤差分析, 圖 3a-d 分別為 2008 年之卡玫基、鳳凰、辛樂克及蕃蜜颱風的整場颱風之均方根誤差空間分佈分析, 若與整場颱風累積降雨分佈比較(圖未示), 顯示當颱風累積降雨愈大則均方根誤差也增大。若考慮地形, 結果顯示在 500 m 以上之地區, 其發生均方根誤差較大(約達 15 mm/h)。圖 3e 為 2008 年 6 個颱風的平均均方根誤差分析, 結果顯示在地形高度在 500 m 以上之地區, 其值約為 10-15 mm/h 左右。

另外, 分析雷達估計降雨、地面觀測結果及不同影響半徑之降雨整合估計結果的均方根誤差分析(表一), 顯示隨著影響半徑縮小後, 均方根誤差也逐漸減小; 使用複合型影響半徑方法(表一, RTW)所得到之結果較其他方法為佳。雖然不同颱風個案之均方根誤差大小不同, 但仍可看出隨測站海拔高度增加, 使用複合型影響半徑之估計結果較其他方法為佳。

圖 4a、圖 4b 及圖 4c 分別為 35 km、15 km 及複合型影響半徑之整合法降雨估計在示範區於 2008 年 7 月 18 日 0000 LST 之降雨估計結果分析, 比較此 3 組方法之結果, 顯示隨影響半徑之縮減, 降雨估計極值區逐漸顯現出來。此外, 與地面雨量觀測利用 Cressman 法所得到之降雨估計空間分佈結果(圖 4d) 與圖 4c 比較, 可發現兩者降雨極值分佈大致相同, 但圖 4d 之結果為數值方法平滑過後之結果。而對於小區域範圍之降雨估計精度需求極高的淹水研究與坡地災害研究而言, 雷達-雨量站降雨整合技術所得到之降雨

估計結果，可能比由地面雨量站觀測之降雨值直接透過數值方法所得到之降雨空間分佈和降雨估計值更接近實際降雨情況。

在 0-3 小時之短時降雨預報方面，圖 5 為東後寮、大湖及奮起湖之相關係數與標準化均方根誤差分析，結果顯示隨預報時間增加，預報結果和地面雨量觀測值之相關係數約由 0.8 下降至 0.4。而標準化之均方根誤差分析，顯示隨預報時間增加誤差有增大的傾向；而依測站高度來看，其標準化之均方根誤差有下降的趨勢，此顯示利用降雨整合技術所得之結果利用外延法進行短時降雨預報，仍具有相當參考價值。

五、結論

本研究依據 2008 年 4 個侵台颱風個案在嘉義縣市使用不同降雨估計方法之結果分析與評估雷達估計降雨之空間分佈特性分析，其主要結論歸納如下：

1. 在觀測降雨和雷達估計降雨之均方根誤差空間分析，顯示在地形高度 500 m 以上，均方根誤差隨高度有增加的趨勢。以 2008 年所有颱風所計算之平均均方根誤差分析，顯示山區約有 15 mm/h 之估計誤差，而平地一般約在 10 mm/h 以下。
2. 由整場颱風累積降雨與均方根誤差之空間分佈，顯示在山區較大累積降雨區，同時該區之均方根誤差也會增大。
3. 在示範區之不同影響半徑之整合降雨估計分析，結果顯示若使用數值方法估計降雨時，選用過大之影響半徑，則降雨估計結果誤差也將增加。而使用複合型影響半徑時，在均方根誤差之分析中誤差量最小，此可能與降雨過程存在有區域性特徵有關，因此對於小範圍之降雨估計需要將此因素納入考慮。
4. 在 0-3 小時之短時降雨預報方面，以東後寮、大湖及奮起湖之相關係數與標準化均方根誤差分析，結果顯示隨預報時間增加，預報結果和地面雨量觀測值之相關係數約由 0.8 下降至 0.4。而標準化之均方根誤差分析，顯示隨預報時間增加誤差有增大的傾向；而依測站高度來看，其標準化之均方根誤差有下降的趨勢。

經由本研究顯示，雖然目前在山區之雷達降雨估計結果不如平地之結果為佳，但透過整合技術方法的使用，對於無雨量站設置之地區，仍可得到較佳之降雨估計結果。

參考文獻

1. 林李耀、王安翔、黃麗蓉、張智昌、林聖琪、李清勝及周仲島，2006：雷達雨量資料在土石流預警之應用。天氣分析與預報研討會，5-11~5-16。
2. 林李耀、王安翔，2007：雷達降雨應用在洪水及淹

水預報之研究(1/3)。國科會研究計畫報告書，1-48 頁。

3. 林李耀、王安翔，2008：雷達降雨應用在洪水及淹水預報之研究(2/3)。國科會研究計畫報告書，1-56 頁。
4. Chen, Chien-Yuan, L. -Y. Lin, F. -C Yu, C. -S Lee, C. -C Tseng, A. -H Wang, and K. -W. Cheung, 2007: Improving debris flow monitoring in Taiwan by using high-resolution rainfall products from QPESUMS. *Nat. Hazards*, **40**, 447-461.
5. Cheng, Ke-Sheng, Chiang Wei, Yen-Ben Cheng, and Hui-Chung Yeh, 2003: Effect of spatial variation characteristics on contouring of design storm depth, *Hydrol. Process.*, **17**, 1755-1769.

圖 1 (a)嘉義縣市之地形高度與雨量站分佈圖，地形高度如色標尺所示，高度單位公尺(m)。黑字標示之測站為統計檢驗點。(b) 2008 年 7 月 18 日 0000 LST 之嘉義縣市雷達估計降雨分佈分析。雨量單位為毫米(mm)，如色標尺所示。圖中「+」表雨量站位置，上標數字為測站海拔高度(單位：m)，下標數字為雨量值(單位：mm)。

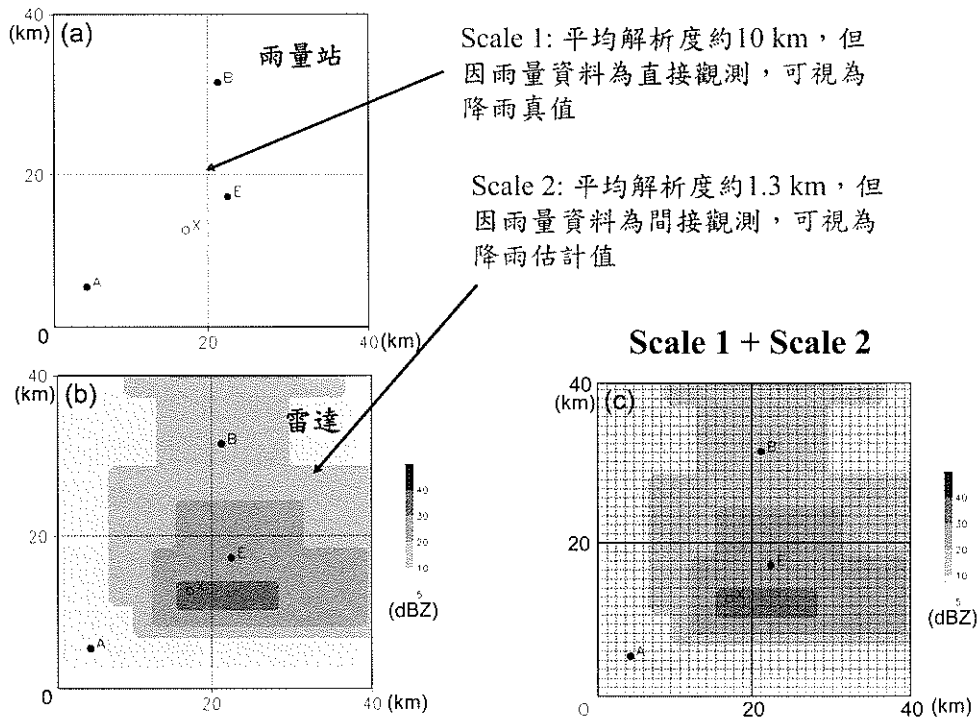
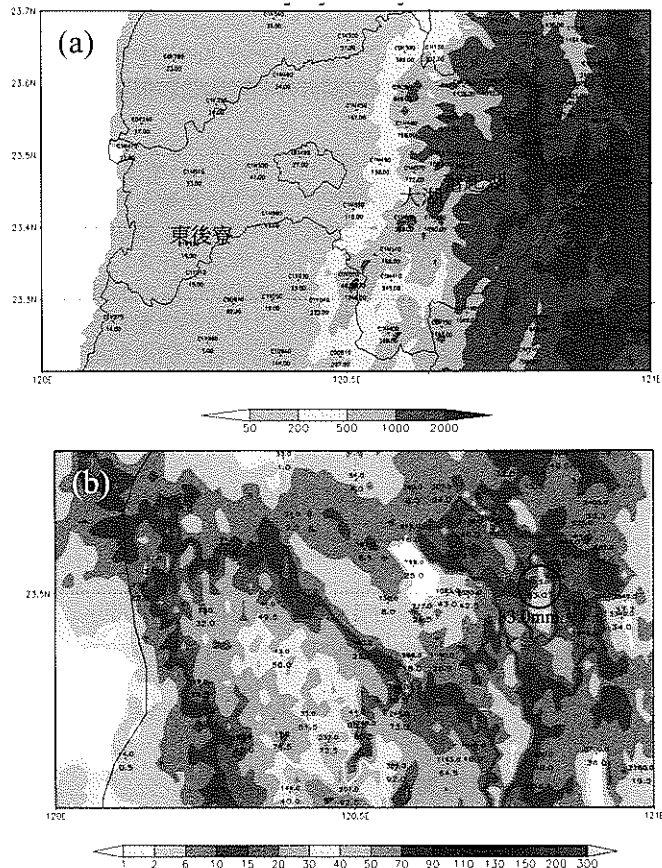


圖 2 雷達-雨量站降雨整合技術之概念示意圖

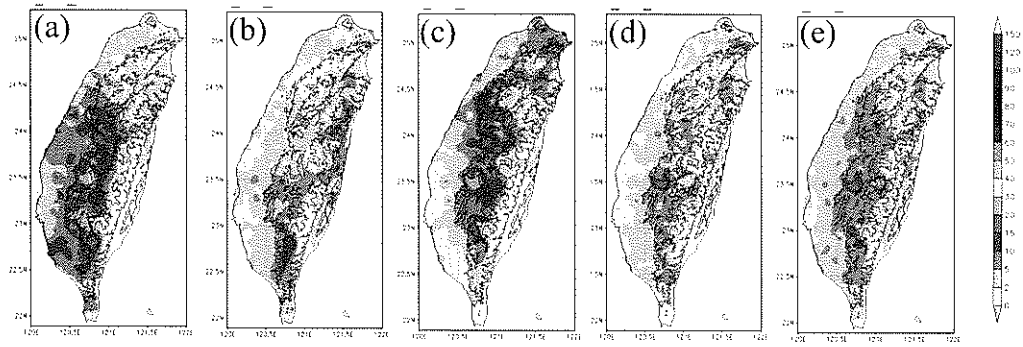


圖 3 2008 年各颱風之 RMSE 空間分佈，(a)卡玫基、(b)鳳凰、(c)辛樂克、(d)薔蜜及(e)為 2008 年各颱風平均之均方根誤差(單位：mm/h)。地形等高線分別為高度 500 m 和 2000 m。

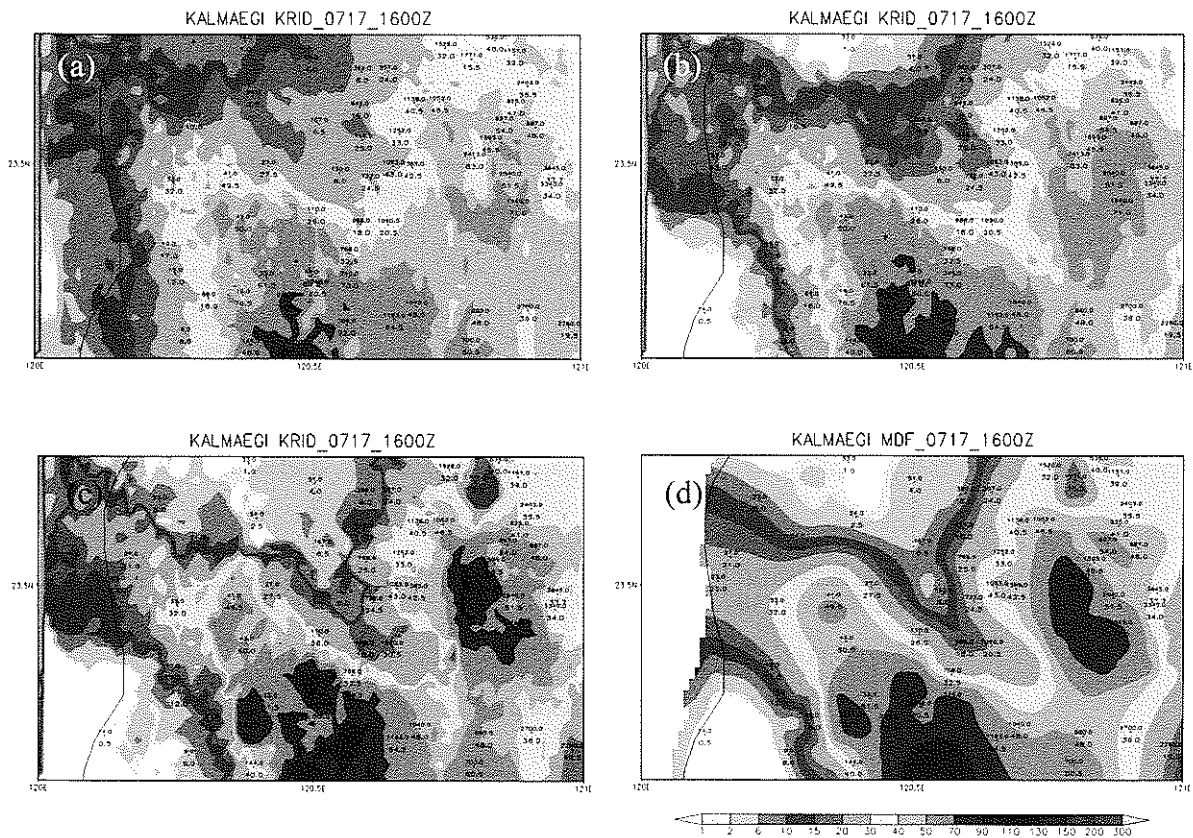


圖 4 2008 年 7 月 18 日 0000 LST 之降雨分佈，(a)35 km 之整合降雨估計結果，(b)15 km 之整合降雨估計結果，(c)複合型半徑之降雨整合估計結果，及(d)實際降雨觀測分析(使用 Cressman 法求得)。時雨量如色標尺所示，單位 mm。

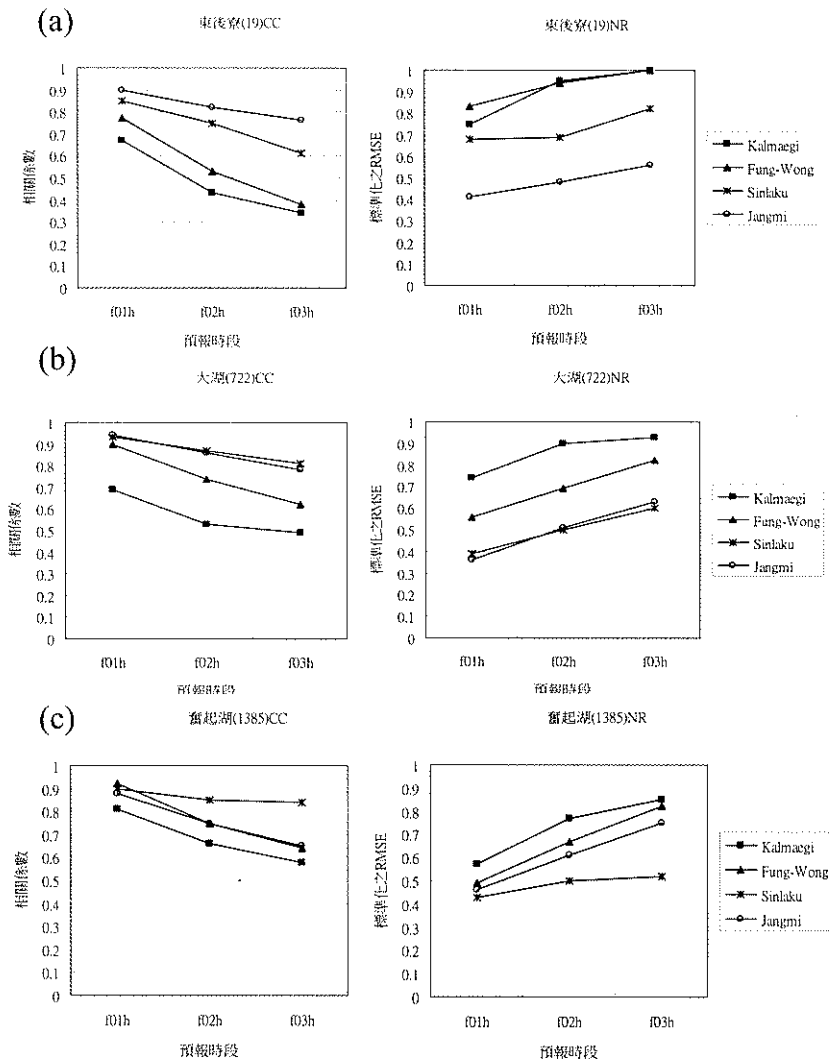


圖 5 2008 年 4 場颱風之觀測降雨和短時預報降雨相關係數與標準化之均方根誤差分析，(a)東後寮、(b)大湖及(c)奮起湖；各颱風之相關係數和標準化之均方根誤差結果如圖例所示。

表一 不同估計法在不同高度測站之均方根誤差分析(單位：mm/h)

(測站名稱右側括號為測站高度(單位：m))

東後寮(19)	Rad	R35	R15	RTW	大湖(722)	Rad	R35	R15	RTW	奮起湖(1385)	Rad	R35	R15	RTW
Kalmaegi	1.14	2.08	1.14	1.33	Kalmaegi	6.84	3.23	2.73	2.35	Kalmaegi	8.18	4.15	3.38	1.81
Fung-Wong	1.63	1.01	0.82	1.26	Fung-Wong	2.61	0.91	0.62	1.13	Fung-Wong	4.17	2.73	2.20	1.57
Sinlaku	0.42	0.65	0.34	0.38	Sinlaku	4.88	2.39	1.83	2.53	Sinlaku	6.63	4.27	3.14	2.02
Jangmi	0.77	0.82	0.52	0.89	Jangmi	6.0	2.96	2.19	2.29	Jangmi	7.16	4.47	3.19	1.27