



# 由溫度、水氣、降雨量分析 大臺北地區之熱島效應

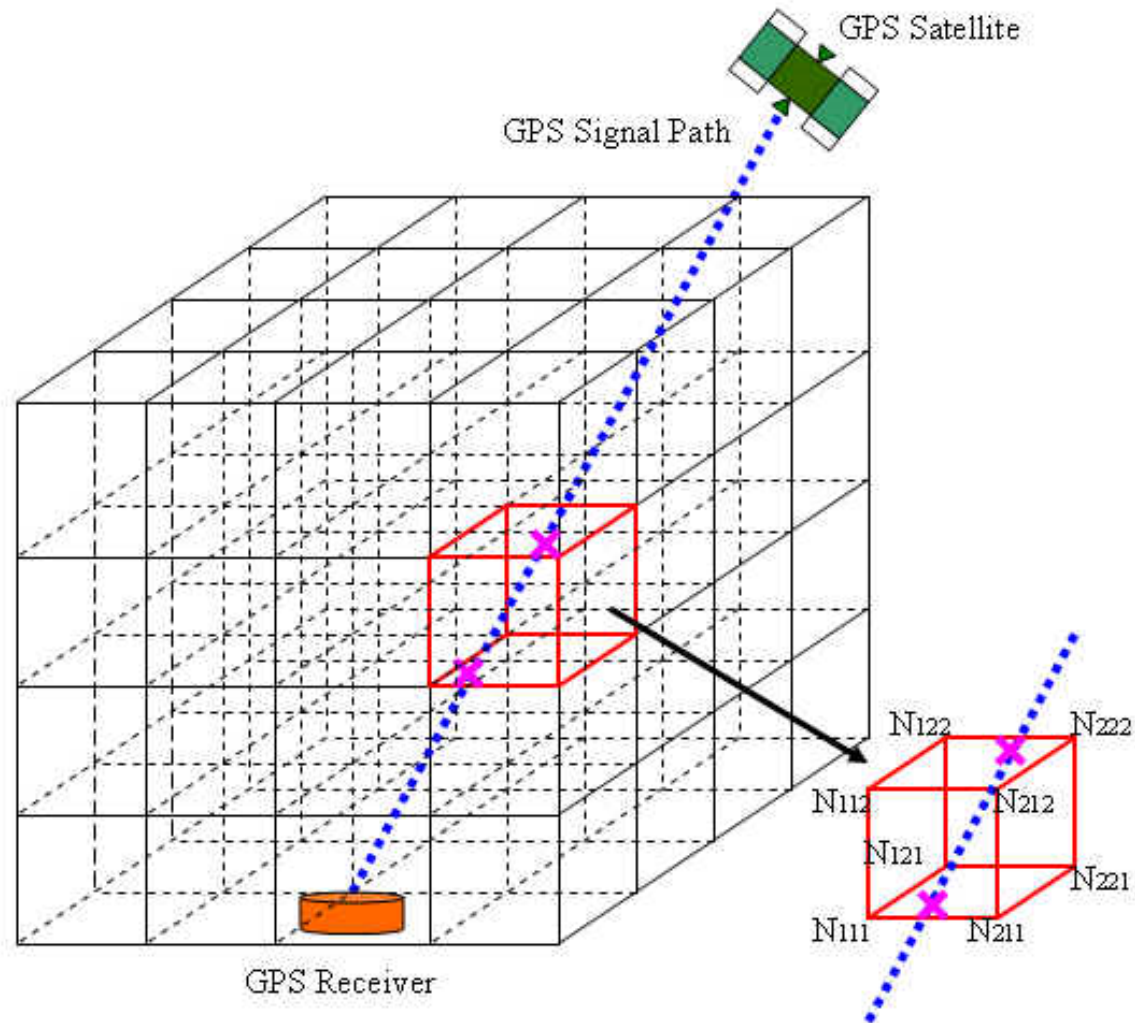
---

葉大綱<sup>1</sup>、陳國華<sup>1</sup>、洪景山<sup>2</sup>、馮欽賜<sup>2</sup>

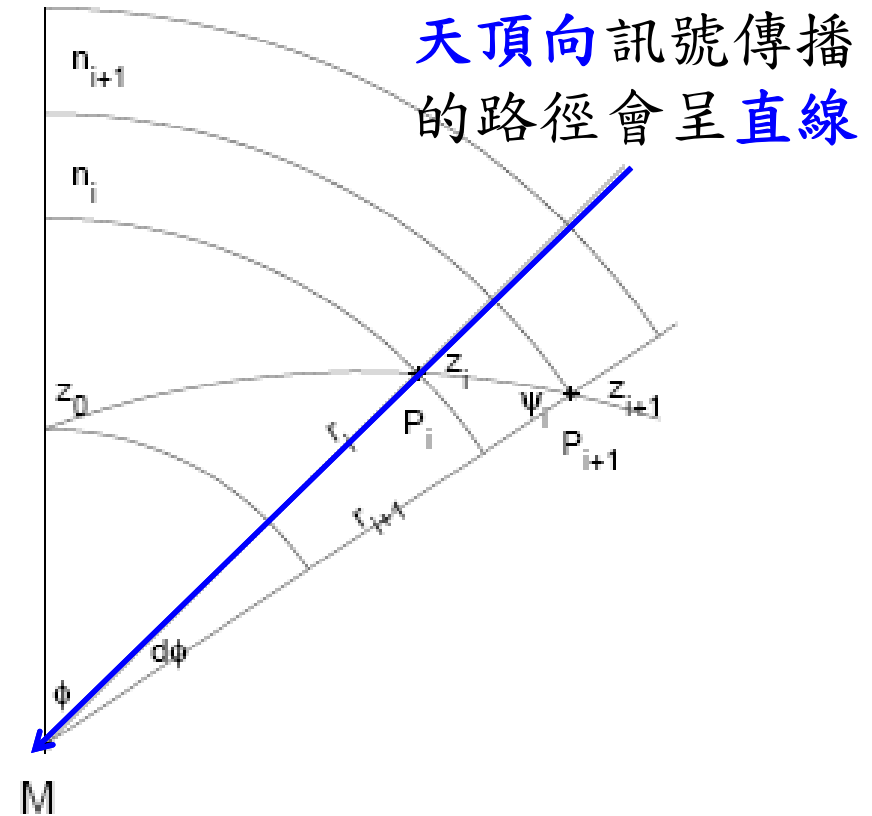
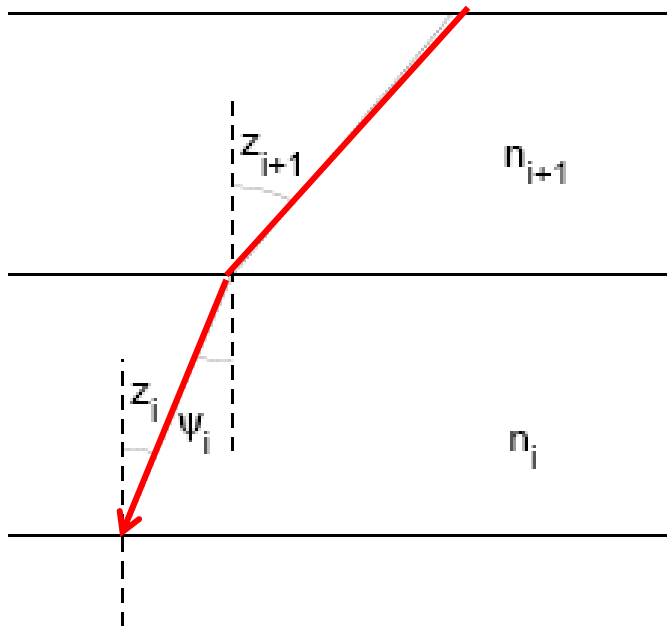
國立臺北大學 不動產與城鄉環境學系<sup>1</sup>

中央氣象局 氣象資訊中心<sup>2</sup>

# GPS衛星訊號傳播路徑



# 司乃耳定律





# 大氣延遲計算方式

- 採用最小二乘法解算GPS觀測資料
  - 當測站座標已知，衛星位置由精密星曆得知，則測站至衛星的幾何距離即為已知值
  - 電離層延遲量：與載波頻率的平方成反比，利用雙頻載波無電離層線性組合消除
  - 對流層乾延遲：以**大氣模式**之估計值代入
  - 對流層濕延遲：以附加參數吸收剩餘的延遲量，換句話說當作**未知數**在整體平差中求解
- 採用**長距離基線**相對定位來估算絕對量之天頂向濕延遲量(Zenithal Wet Delay, ZWD)



# ZWD與PWV之轉換

- GPS接收儀之ZWD與接收儀上空之可降水量 (Preceptible Water Vapor, **PWV**)成比例關係

$$PWV = \Pi \times ZWD \quad \Pi = \frac{10^8}{\rho R_v \left[ \frac{k_3}{T_m} + k_2' \right]}$$

$\rho = 1000(\text{kg}/\text{m}^3)$  為水的密度

$R_v = 461.524(\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K})$  為水汽氣體常數

$k_3 = (3.739 \pm 0.012) \times 10^5 (\text{K}^2/\text{mb})$

$T_m = 70.2 + 0.72T_s$  為大氣加權平均溫度， $T_s$  為地面溫度

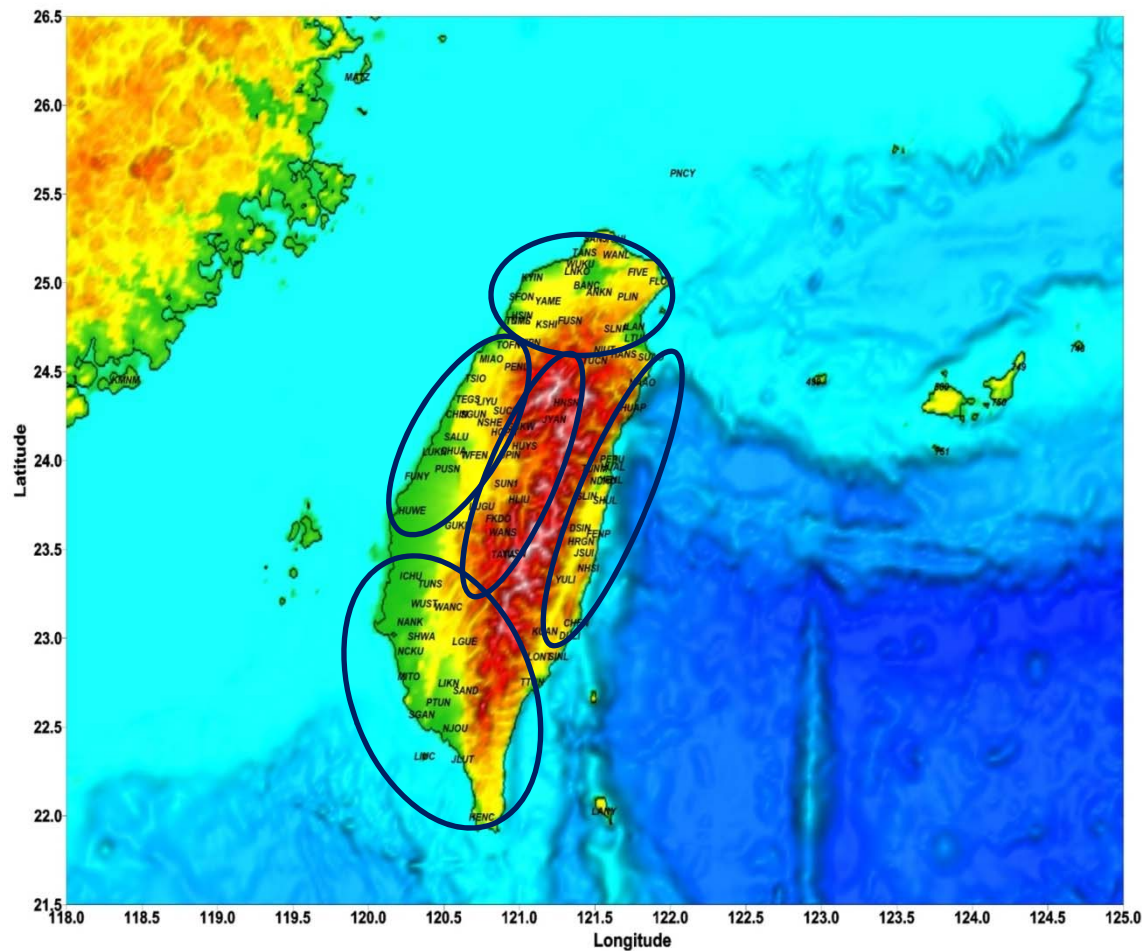
$k_2' = 22.1 \pm 2.2 (\text{K}/\text{mb})$



## 觀測資料蒐集

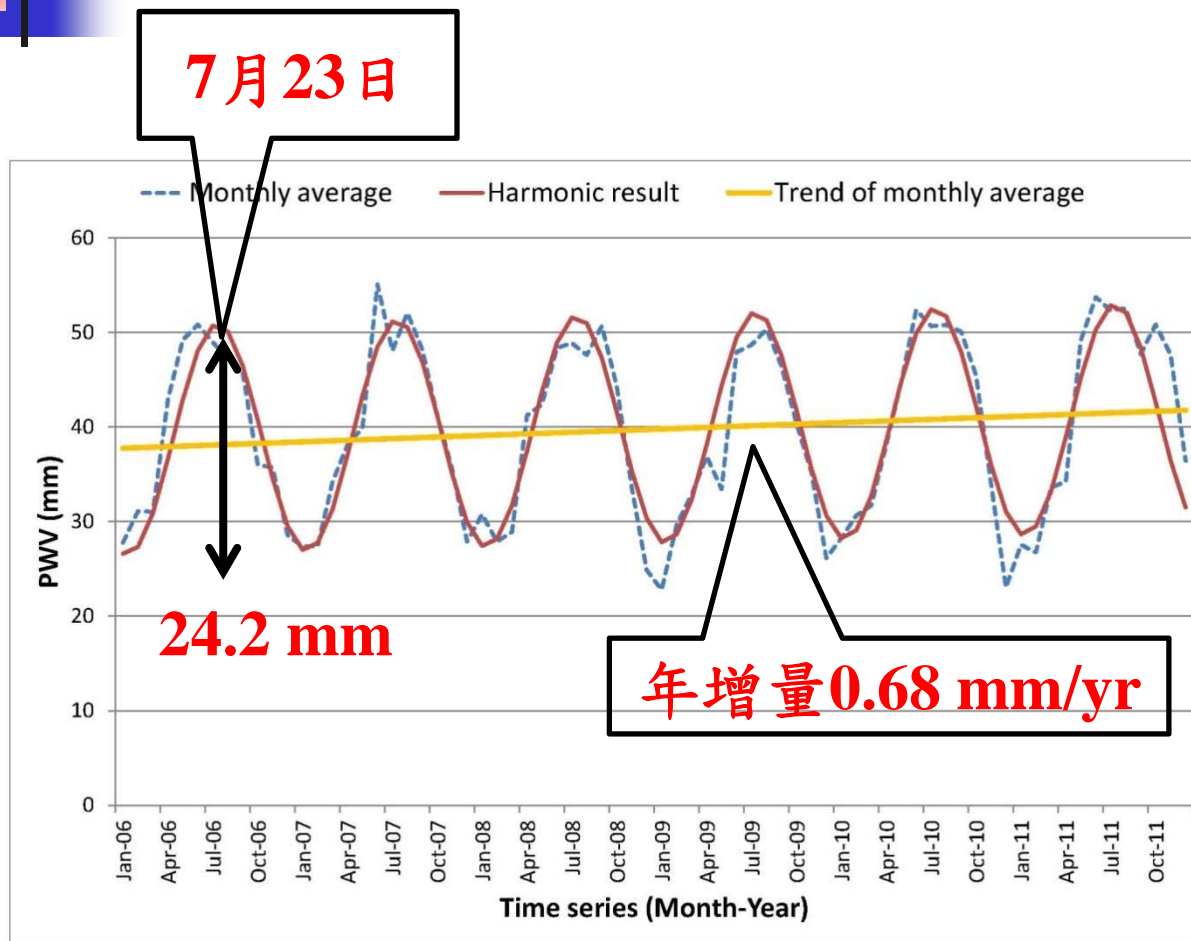
- 在臺灣地區已有完整的地基GPS觀測網，觀測站數目達400站，其中有150站為即時觀測站
  - 交通部中央氣象局
- 利用地基GPS反演之大氣可降水量具有相當之準確性，反演之**水氣精度為1~2 mm**，相關係數達0.9以上
- 地基GPS觀測資料可提供**高解析度**區域模式所需之**水氣分布資訊**

# PWV年變化分析



- 將測站分為五區
  - 北部地區
  - 西部地區
  - 南部地區
  - 東部地區
  - 山區

# 以調和分析北區之PWV



- 振幅
  - 12.10公釐
- 相位
  - 203.87度
- 斜率
  - 0.0567

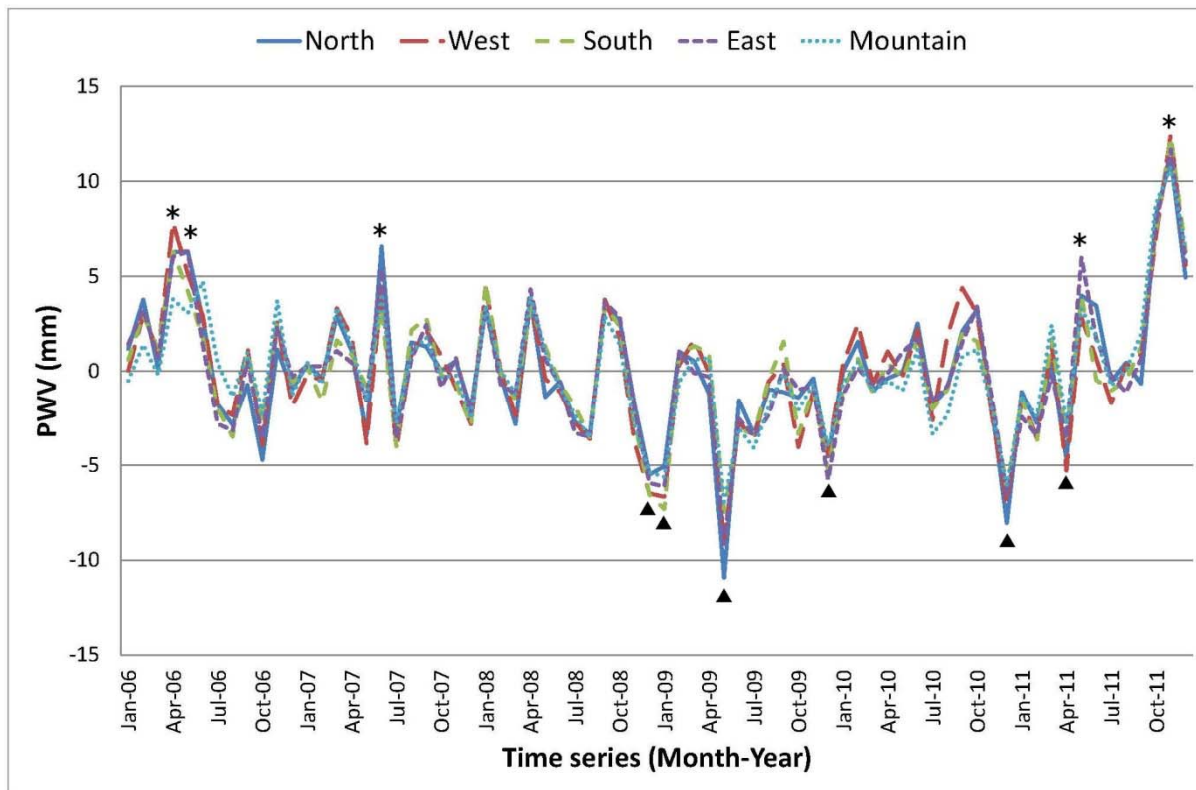




## 五區PWV之調和分析結果

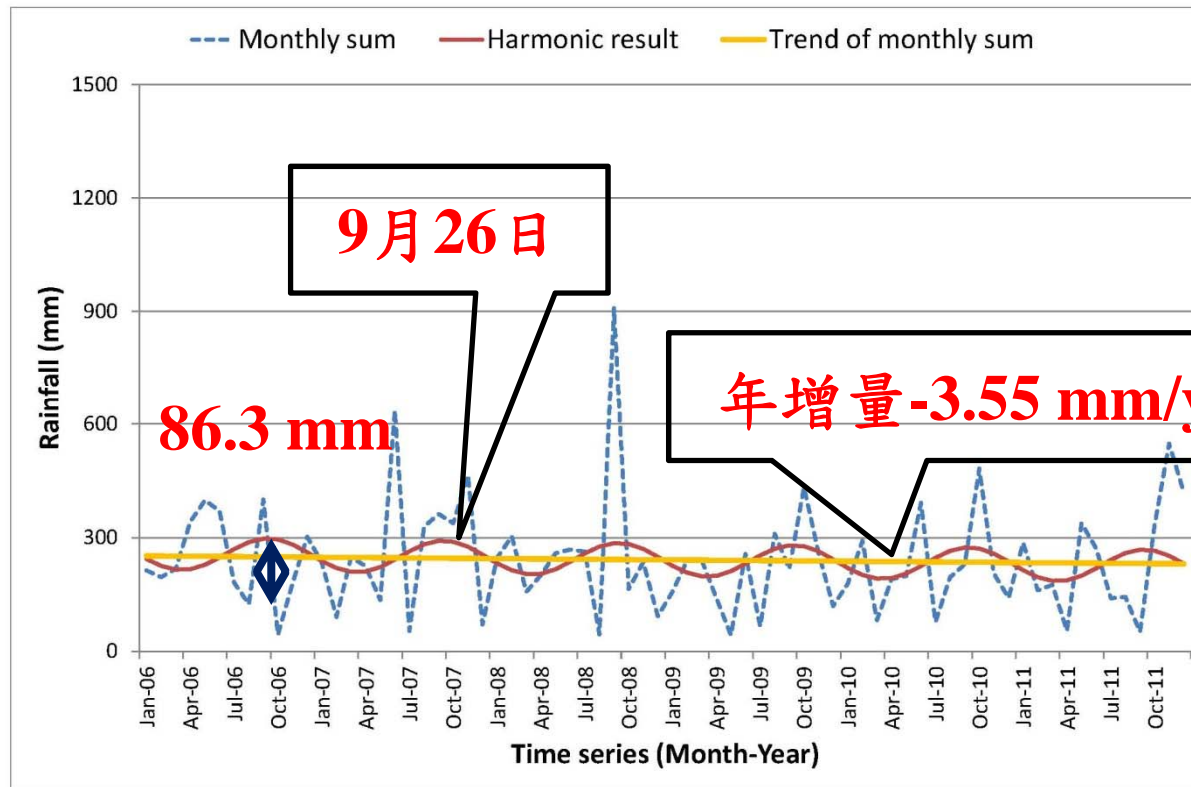
	振幅 (mm)	相位 (deg)	波峰時間 (月/日)	年增量 (mm/yr)
北部地區	12.10	203.87	7/23	<b>0.68</b>
西部地區	<b>13.10</b>	201.29	7/22	<b>0.83</b>
南部地區	<b>12.88</b>	204.99	7/25	0.71
東部地區	11.53	207.68	7/28	<b>0.67</b>
山區	10.98	203.17	7/23	0.74

# 五區月平均PWV異常值



- PWV異常高值容易發生於梅雨季節
- PWV異常低值容易發生在梅雨季節與冬季

# 以調和分析北區之降雨量



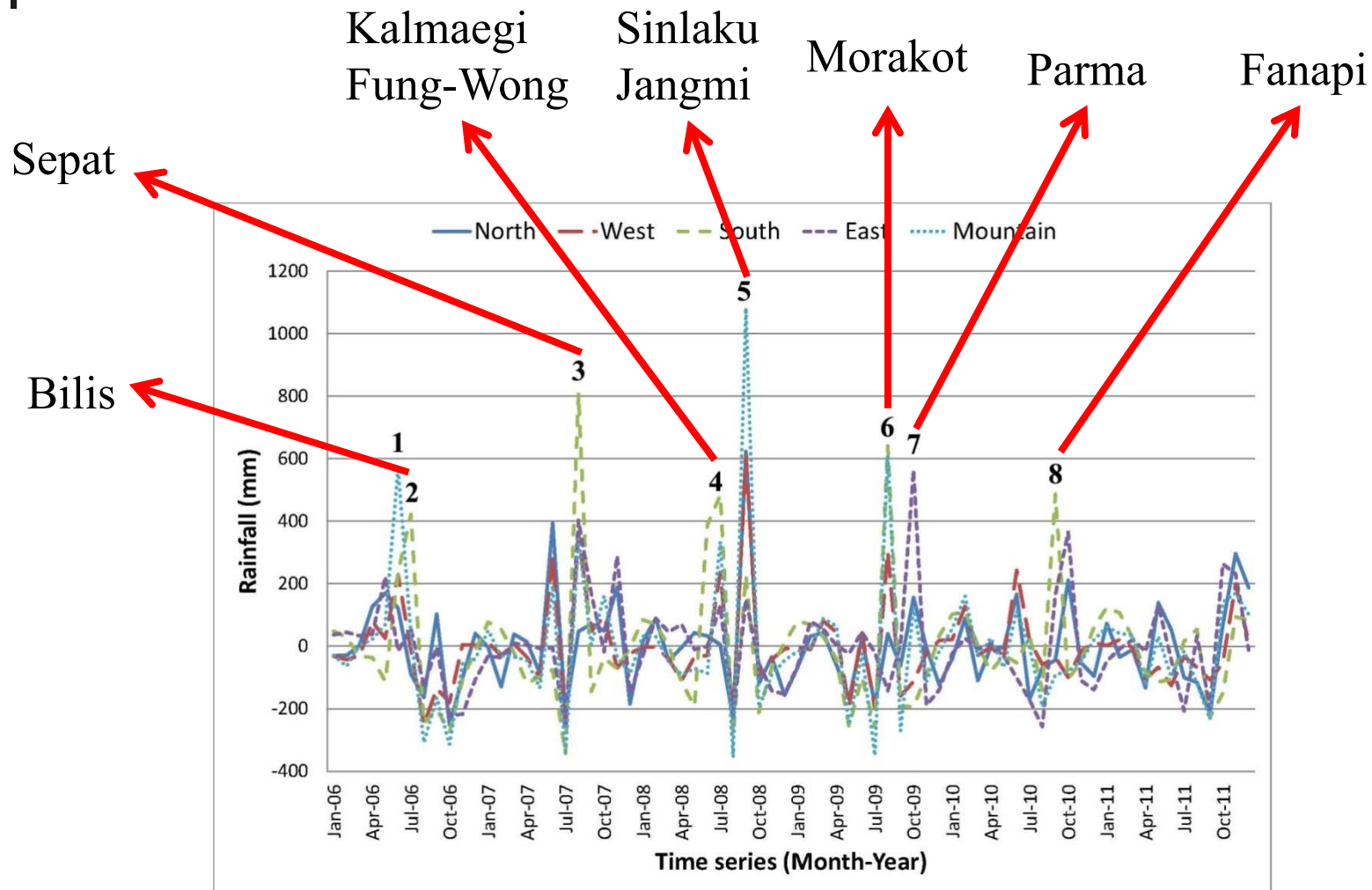
- 振幅
  - 43.14公釐
- 相位
  - 265.58度
- 斜率
  - -0.2968



## 五區降雨量之調和分析結果

	振幅 (mm)	相位 (deg)	波峰時間 (月/日)	年增量 (mm/yr)
北部地區	<b>43.14</b>	265.58	<b>9/26</b>	-3.55
西部地區	139.72	193.09	7/13	-16.15
南部地區	<b>287.77</b>	206.41	7/27	-7.27
東部地區	157.21	253.44	<b>9/13</b>	<b>7.95</b>
山區	<b>229.27</b>	207.13	7/28	-17.44

# 五區月累積降雨量異常值



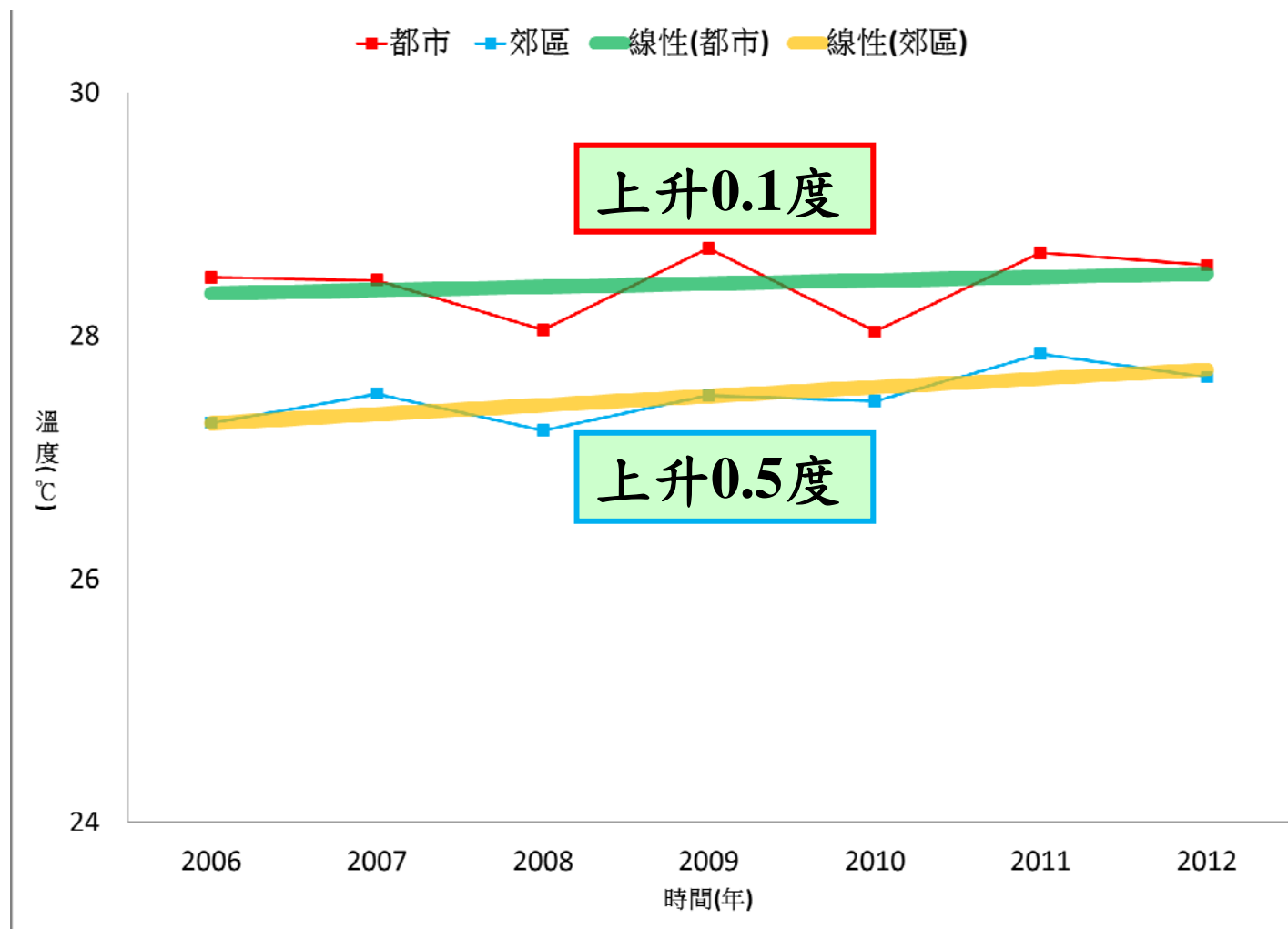


## 縮小研究區域

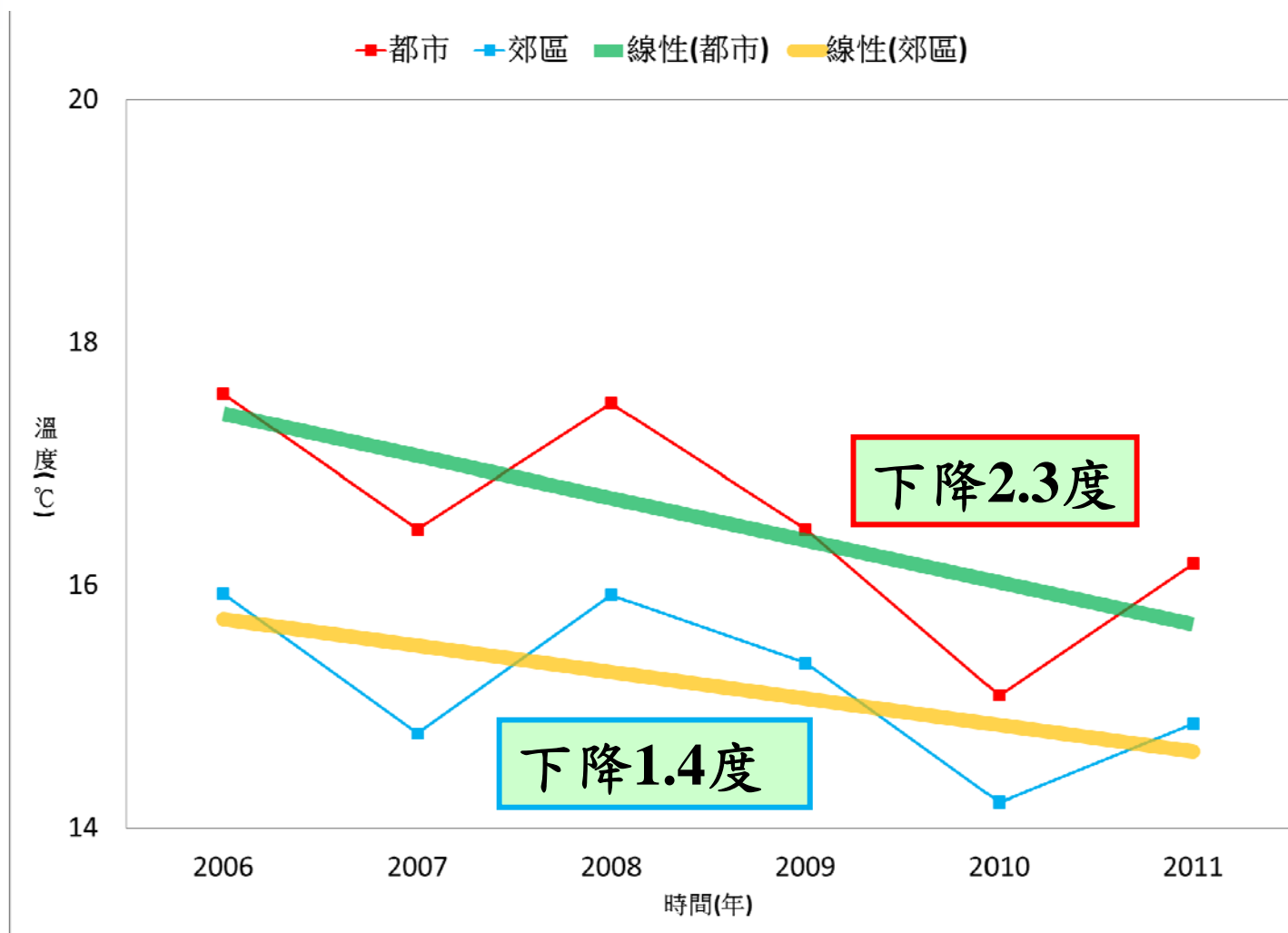
---

- 臺灣地區 → 大臺北地區
  - 都市
  - 郊區
- 加入溫度資料
- 剔除颱風影響期間之觀測資料

# 臺北都市與郊區之夏季溫度



# 臺北都市與郊區之冬季溫度

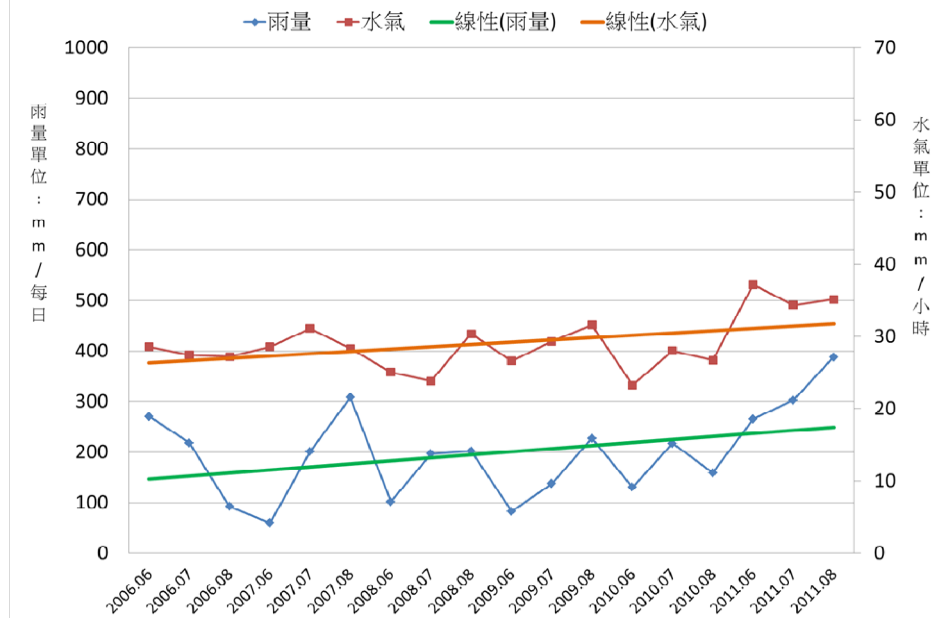
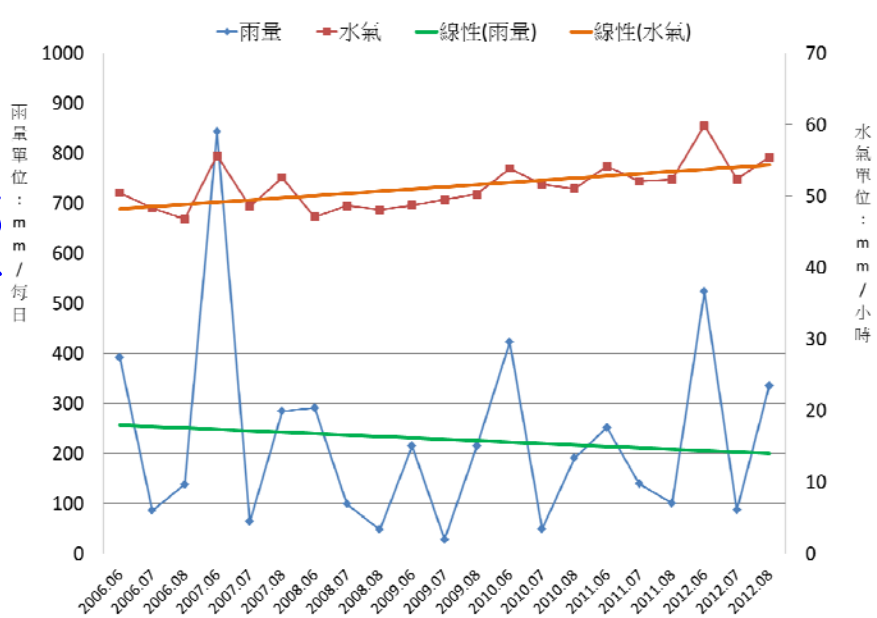




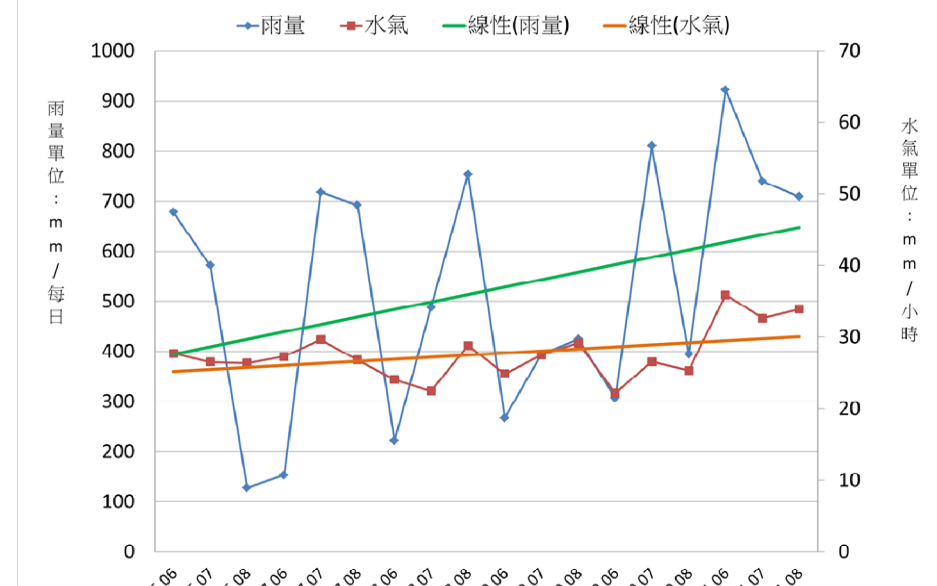
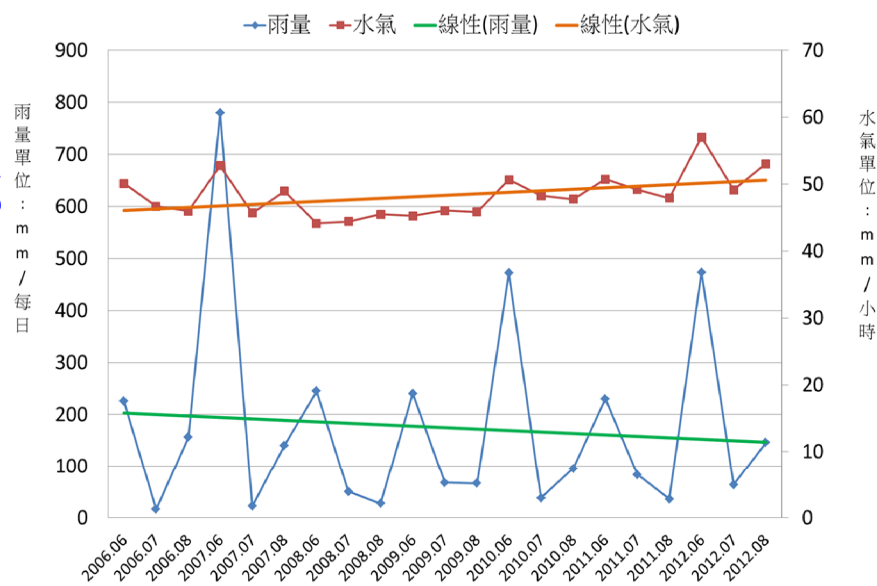
# 夏季

# 冬季

都市



郊區



# 臺北PWV、雨量、溫度之變化

- 假設：溫度↑、PWV↑、雨量↑

夏季	PWV	雨量	溫度(°C)
----	-----	----	--------

都市	↑ 1.2%	↓ 3%	↑ 0.1
----	--------	------	-------

郊區	↑ 1.4%	↓ 3%	↑ 0.5
----	--------	------	-------

冬季	PWV	雨量	溫度(°C)
----	-----	----	--------

都市	↑ 3%	↑ 4%	↓ 2.3
----	------	------	-------

郊區	↑ 3%	↑ 8%	↓ 1.4
----	------	------	-------

- 夏季雨量下降？
- 冬季PWV上升？
- 2006~2012之變化
  - 冬季大於夏季
  - 郊區略微大於都市



# 結論與建議

- 臺灣地區
  - PWV以**每年1.5%的速度持續上升**
  - PWV異常高值容易發生於**梅雨季**
  - PWV異常低值容易發生在**梅雨季與冬季**
  - 總雨量無明顯變化，異常值多與颱風有關
- 臺北地區
  - PWV**冬季**上升幅度大於夏季都市
  - 導致冬季降雨增加、夏季降雨減少？
- **提供台灣地區GPS大氣可降水量**

# 結論與建議

- 網址 <http://gpsmet.no-ip.org/>
- 不需註冊、不需登入即可瀏覽及下載資料
- 提供2006~2013年**每小時1筆**之GPS-PWV資料
- 台灣本島及離島共計**100個測站**



**GPS精密求定  
大氣可降水及服務網**

應用地面GPS資料來進行大氣中可降水的研究，即是利用遙測方式來反演氣候資訊的一種方式。就目前的技術看來，其計算精度已相當接近利用探空氣球或水汽微波輻射儀的直接量測精度，但其範圍遠不及空中福衛三號的全球量測資料；但是就長期上來看，卻是一種較為經濟（地面GPS接收站多為現有且多功能，福衛三號所費不貲且有其壽命限制）、近即時（觀測資料皆可近即時獲得）且全面性（台灣本島及離島皆已覆蓋高密度的GPS連續接收站）的觀測方式。本研究即是以地面GPS接收站來計算對流層天頂向的濕延遲量，藉以觀察天頂向濕延遲量與地面可降水量之間的關係。

資料計算使用Bernese 5.0軟體來處理GPS觀測資料，並利用水汽微波輻射儀所觀測到的濕延遲量來驗證本研究所計算之成果。研究結果顯示，水汽微波輻射儀及GPS觀測值呈現一致的趨勢，以台北港站為例，兩者的相關係數達0.96，平均誤差為0.83 mm；而雙丁站的相關係數達0.91，平均誤差為4.84 mm。配合地面上雨量數據呈現出，在延遲量較高的形況下通常即有降雨的跡象，藉由數據上的統計分析了解天氣的狀態，希望對氣象的預報上提供參考的數據。未來將進一步建構台灣地區近即時性的對流層延遲及水汽含量服務網，以提供給相關領域的研究者使用，未來亦可應用於環境監控及天氣預報上，提供民生及科學研究等各項之應用服務。

測站分佈 資料下載

