

# 利用ABLER法發展臺灣地區雷達回波外延估計

洪國展<sup>1</sup> 馮智勇<sup>1</sup> 陳姿瑾<sup>1</sup> 李天浩<sup>2</sup> 黃椿喜<sup>3</sup>

多采科技有限公司<sup>1</sup> 國立臺灣大學土木工程學系<sup>2</sup> 中央氣象局氣象預報中心<sup>3</sup>

## 摘要

ABLER(Advection-Based Lagrangian Eulerian Regression)法透過分析範圍平移的方式，將移速場分解為Lagrangian速度(網格速度)及Eulerian速度，而能使移速場的推估延伸至單位網格以外，透過主觀劃分多數次區域的方式，改良在降雨系統同時分佈於海平面上時，以全域移速場的綜觀特性，無法描述降雨系統靠近臺灣時對於局部系統速度的影響。

本研究利用ABLER分析臺灣地區梅雨個案，透過客觀方式劃分區域，分區設計上，使各分區不若磁磚般彼此相鄰，而是能夠部分彼此重疊(如平移分區維度之半，使相鄰分區於x或y方向上能有50%網格的重疊情形)，另外，對於移速場造成的不連續面引入時間平均與空間平滑的分析方法。透過客觀方式劃分區域解決因降雨系統靠近時受到臺灣地形的影響，時間平均對於在移動方向與速度於時間上具有連續一致特性的鋒面系統而言，求取過去連續數個時間間隔推求的平均移速，可避免在某時間點速度完全停滯的現象；空間平均則是將兩張連續影像所推求的分區合併移速場，進行二維高斯濾波器(Gaussian Filter)進行平滑濾波。利用不同區塊大小與經由時間平均與空間平滑後所推估的移速場資料，分析可得推估出來的速度場較平順連續性，進一步透過Semi-Lagrangian法推估外延未來時間回波場，所推估的整體回波圖而言較為平順，與雷達觀測回波相比之分布較一致性且較平順，其速度場也較連續性。

關鍵詞：ABLER、移速場、外延

## 一、前言

降雨系統移速場的推估，有助於預測降雨系統於未來時刻時的位置。過去的估計方法中，有由Rinehart和Garvey(1978)發展的TREC(Tracking Radar Echo by Correlation)法、Takasao和Shiiba(1984)的方法(以下簡稱Shiiba法)，以及李天浩(2013)年提出的ABLER(Advection-Based Lagrangian Eulerian Regression)法。

TREC法(1978)方法為過去追蹤回波移動時採用的方法，利用比對搜尋觀測範圍內具有最高相關性之回波先後位置來估計兩時間之回波移動。Shiiba法(1984)將雷達觀測降雨回波的水平移速和緣減項以二維空間座標的簡單線性函數，在差分平流運動方程式。ARMOR(Adjustment of Rainfall from Models using Radar, 2009)採用加拿大McGill大學發展的降雨即時預報方法MAPLE(McGill Algorithm for Prediction by Lagrangian Extrapolation)，利用Lagrangian的雷達回波外延預報法，使用Semi-Lagrangian法改進回波值移流外延的正確性。Semi-Lagrangian法是在非直線移速場中，以疊代的方式找出原始來源位置的方法。

ABLER法整合TREC法的Lagrangian架構，和Shiiba法的Eulerian架構，研發出Advection-Based Lagrangian Eulerian Regression法，簡稱ABLER法。洪等(2014)在ABLER法方面，使用主觀次區域劃分，結果顯示，次區域的劃分，提供了一種能局部追蹤系統移動及推估移速場的可能性。劉等(2013)利用ABLER法在颱風上做分析研究，估計速度並進行外延預報，檢驗ABLER法建立模式在外延預報時的預報效果與限制，討論其做為預報對可預報性的影響。

本研究嘗試利用相鄰時間雷達觀測降雨回波，研發改進現有的同質資料的降水移速辨識技術，在以外延方式推估之定量降雨，建立適合臺灣地形影響下的降水外延預報算式。

## 二、研究方法

### 2.1 ABLER(李，2013)

ABLER法以Shiiba法(1984)為基礎，結合Lagrangian與Eulerian的特性，利用平移後匹配網格最大相關性的分析，決定最佳網格平移量，分別推衍網格速度與單位網格內速度，整合成分析範圍的移速場分佈。也就是說，採用連續兩張雷達回波影像觀測資料，以在x方向及y方向中平移後評估所有

對應網格最大相關性的方式，求取最適宜的平移網格數，並依此推求移速場。

## 2.2 雷達外延預報產品流程雛形

在讀取原始資料之後，推求連續影像中，每兩張影像間先對全域(Domain)進行分析，獲得最佳全域移速場，接著依照分區區域(Region)設定依次進行各分區區域最佳移速場推估，未達計算門檻之分區其移速則以全域移速做為背景場代入[ABLERControl]。本研究發現移速場的時間或空間連續性，將對外延回波移速的連續性或平滑性有明顯影響，因此針對分區合併移速場，進行時間平均和空間平滑處理[Time Average & Spatial Smoothing]，其中，時間平均是將該影像比對時間往前n個時間點(本研究n採用3個時間點)針對原始影像做時間上的資料平均；空間平滑，則是指將影像進行二維高斯濾波器(Gaussian Filter)進行平滑濾波，接著，根據t-1的移速場與t時刻觀測回波，以半拉格朗日法(Semi-Lagrangian)步驟[SemiLControl]外延未來時間回波場(圖1)。

## 2.3 資料與分析方法

### (a).資料

本研究採用氣象局提供 118°E 至 123.46°E 與 20.5°N 至 26.5°N 之間，利用 Grads(Grid Analysis and Display System)將劇烈天氣監測系統(QPESUMS)的整合回波圖(COMPREF)產品進行 0.03° 的空間解析度內插，資料時間從 2012 年 6 月 11 日 12 時 00 分至 2012 年 6 月 12 日 03 時 20 分，時間解析度 10 分鐘。

### (b).分析方法

本研究利用上述所設計之雷達外延預報產品流程規劃圖，在流程架構上面進行不同測試，嘗試找出最適合雷達延預報流程，如圖2所表示，利用不同分區大小進行雷達外延預報，並以重疊50%為主，逐塊往右及往上分別計算分區內的移速場，直到收尋完全域範圍之後，即可得一組設定範圍內的移速場，推估臺灣地區移速場，利用 Semi-Lagrangian 法推估回波，比對雷達觀測回波與推估出來的速度場和回波場，透過測試方法修正速度場之不連續且找出和雷達觀測回波分布相近的推估方法。

## 三、結果與討論

### 3.1 結果

分析時間為 2012 年 6 月 11 日 12 時至 2012 年 6 月 12 日 3 時 20 分的梅雨季鋒面個案作為分析資料時間，共為 93 張 10 分鐘的連續影像資料。

圖3為有無使用 ImageBlur 與觀測雷達回波圖差異。一開始將原始資料進行二維高斯濾波器進行平滑濾波，稱為有使用 ImageBlur。由圖3分析，有使用 ImageBlur 的方法，明顯會把原始資料平滑掉，使得後續推估移速回波場時，模糊極大值的位置已無法表現出極短時降雨系統的特徵。

本研究利用不同分區大小所推算出來的回波速度圖(圖4)，發現在此降兩個案延時 60 分鐘中，使用 0.6°\*0.6° 的區塊大小會造成明顯的速度不連續，若把區塊範圍增加至 1.2°\*1.2°，速度不連續的情況會降低，筆刷效應亦降低。進而分析不同分區下不同重疊比例所推估的移速場表現(如圖5)，圖5為不同延時下不同分區大小推估出來的移速回波場表現，由圖可知，在延時 60 分鐘時三種方法所推估出來的回波移速差異不大且都連續，隨著延時增長至 120 分及 180 分，0.9°\*0.9° 重疊 50% 和 0.9°\*0.9° 重疊 80% 在速度場接有不連續的表現，此說明，區塊選取大小和天氣系統的尺度有極大的關係，當區塊選取範圍比天氣系統的尺度還要小時，在推估移速場的時候會有速度不連續的情況。

利用圖2之雷達外延預報流程圖所推估出來的回波與移速(如圖6)，由分析可得，在延時 10 分鐘、30 分鐘及 60 分鐘之雷達回波皆能表現觀測回波在臺灣北部、南部的降雨分布，也顯示在連續時間中，ABLER 推估出來移速回波場表現皆和雷達觀測回波相似。

### 3.2 討論

本研究發現利用 ABLER 法推估移速回波場在延時 60 分鐘內，移速場和回波的表現皆和觀測相似，延時 120 分鐘後由於 ABLER 法是由 Semi-Lagrangian 法推估移速場，考量到天氣系統的對流胞隨著時間會有增長或削減的趨勢，加上 ABLER 法是針對該比對時間所做的移速場的推估，若降雨系統有隨著時間成長或者是衰退的時候皆無法顯著表現出該延時的回波特徵，會有類似筆刷的效應產生。

另外，臺灣地形複雜山形陡峭，氣流在過山的時候所造成的加速或減速皆會造成對流胞的成長或衰減，目前 ABLER 法沒有加入地形的考量，在山上的速度值無法精準估計。

## 四、結論與後續建議

### 4.1 結論

本研究先把原始資料計算全區移速與分區移速，由於天氣系統是時間和空間的函數，因此加入時間平均和空間平滑的資料處理，在時間平均上本研究採用過去三個時間的時間平均，在空間平滑上採取高斯平滑，最後合併移速場之後，再由 Semi-Lagrangian 法推估移速外延回波場，此流程考慮全域移速場和分區移速場，在分區移速場不能計算則以全域移速場代替，利用此方法分析 2012 年臺灣鋒面個案，找出適合臺灣地形影響下的降水外延預報算式。

顯示當分區由 0.6° 擴大至 1.2° 時，可獲得無不合理極大值且較為連續的速度場，也減輕 1 小時以上外

延的筆刷效應。由上述分析可得，增加分區大小有助於避免速度場出現不合理極大值。

當分區重疊部分從50%增加至80%，兩者在延時60分鐘內皆能表現回波特徵，延時120分及180分由於分析方法不能掌握到天氣系統的消長特徵，仍會有速度不連續的情況產生，分析說明分區50%重疊的設計應已具有空間平滑效果。

研究使用QPESUMS的整合回波圖利用ABLER法推估不同延時下移速回波場，嘗試找出適合的雷達回波外延預報流程，透過不同分區大小對於不同延時中的表現，研究發現，分區區塊大小需考量天氣系統尺度，此梅雨個案研究中，當區塊太小的時候，會出現速度不連續的狀況，以此個案為例，大於1度的分區區塊則較能表現此降雨個案的回波特徵。

#### 4.2 建議

本研究發現區塊大小對於移速場的推估佔有一定程度的影響，不同天氣系統的尺度也不盡相同，對於臺灣的不同天氣系統，未來將加入一組從小區塊搜尋至大區塊搜尋的流程，分區速度場是否產生不合理極大值為機制，此設計能夠避免因區塊過小所造成的速度不連續，同時也考量不同天氣系統的尺度差異自動調整不同案例的最適分區大小。

目前分析資料是經由Grads內插過後的0.03°的資料去做分析比對，未來將直接使用QPESUMS雷達整合回波資料推估移速場，利用Z-R關係式推估預報雨量並且進行預報得分校驗，建立一個從觀測、預報及事後個案校驗的完整流程。

研究臺灣地區對流系統的移速場，進而研發臺灣地區的降水外延預報算式，從個案分析可得，由於臺灣地形複雜，對流系統大多在山前會有增強的可能性，在山後會有消散的可能性，由此可知，地形影響對於天氣系統的影響是非常重要的，若能把對流系統因受地形舉升而增加的機制考慮進去，對於山區降雨預報能提供更加精準的降雨估計值。

## 五、參考文獻

- [1] 李天浩、張鳳吟、丘君翹、蔡雅婷、黃椿喜、劉承昕、薛宏宇, 2013: “應用QPESUMS資料迴歸估計台灣地區降水系統移速場”, 102年天氣分析與預報研討會
- [2] 洪國展、李天浩、馮智勇、黃椿喜、丘君翹、林彥廷, 2014: “以改良式ABLER法應用於台灣地區降雨系統移速場外延估計”, 103年天氣分析與預報研討會
- [3] 劉承昕, 2014: “利用ABLER移速迴歸法估計颱風降雨回波移速之研究”, 國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文。

- [4] Rinehart, R.E. and E.T. Garvey, 1978: “Three-Dimensional Storm Motion Detection by Conventional Weather Radar.”, *Nature*, 273, 287-289.
- [5] Takasao, T. and M. Shiiba, 1984: “Development of techniques for on-line forecasting of rainfall and flood runoff.”, *Natural Disaster Science*, 6, 83.
- [6] Takasao, T., M. Shiiba, and E. Nakakita, 1994: “A real-time estimation of the accuracy of short-term rainfall prediction using radar.”, *Stochastic and Statistical Methods in Hydrology and Environmental Engineering*, 7, 339-351.
- [7] Zachary, D. M., Carpenter, L. B., Lee, S. G., Kilambi, A., & Zawadzki, I., 2009: “Improved precipitation nowcasting algorithm using a high-resolution NWP model and national radar mosaic.”, 34<sup>th</sup> *Conferecne on Radar Meteorology*. Williamsburg, VA.

## 六、附圖

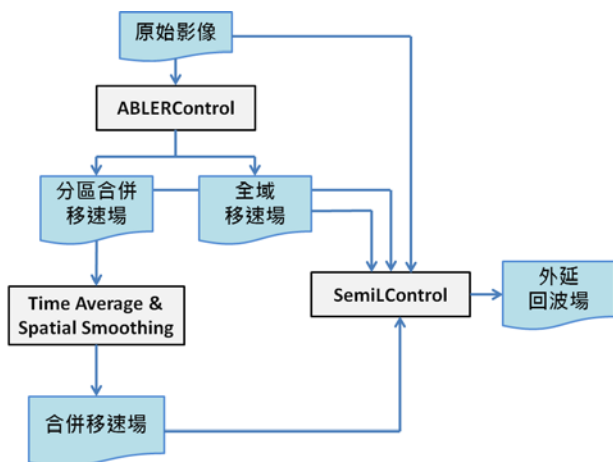


圖1：ABLER法雷達外延預報流程圖。

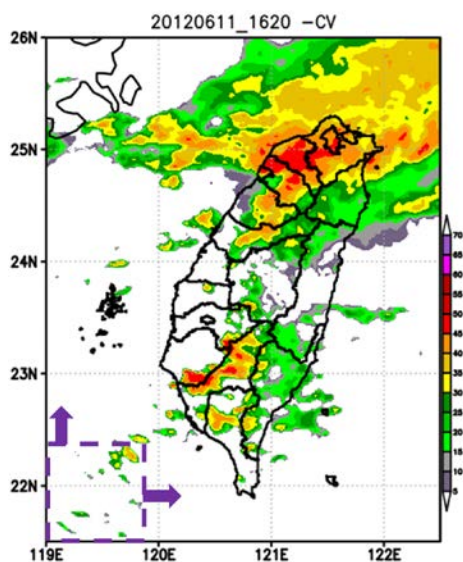


圖2：逐步分區塊圖，其中紫色代表分區的區塊大小。

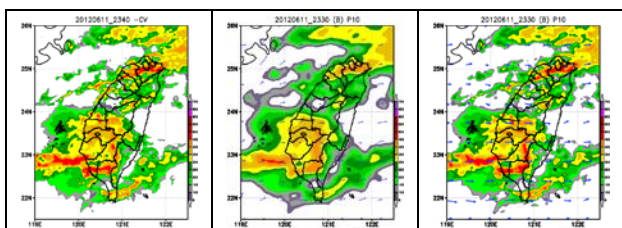


圖3：有無使用ImageBlur的差異。左圖：雷達觀測回波圖；中間：有使用ImageBlur結果；右圖：無使用ImageBlur結果。

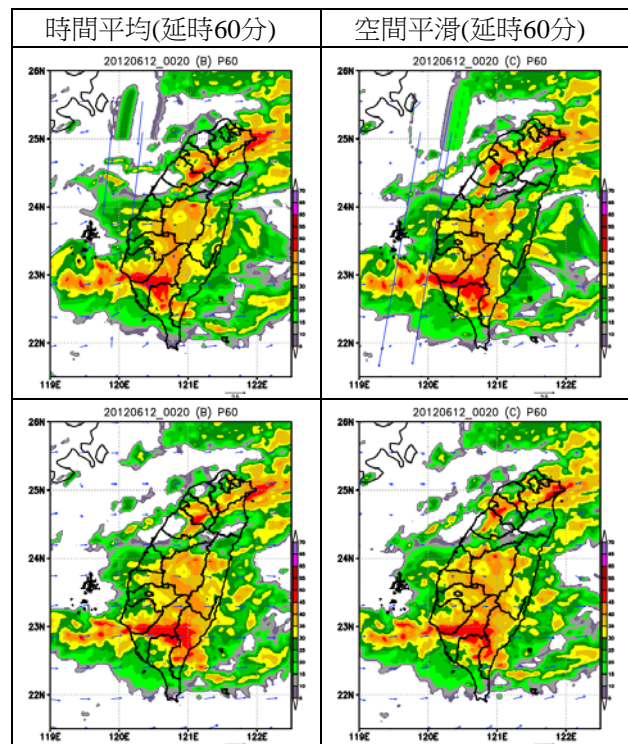


圖4：不同分區大小回波速度圖。時間為6月12日00時20分，時間平均和空間平滑的結果，上列為 $0.4^{\circ} \times 0.4^{\circ}$ 區塊大小，下列為 $1.2^{\circ} \times 1.2^{\circ}$ 區塊大小。

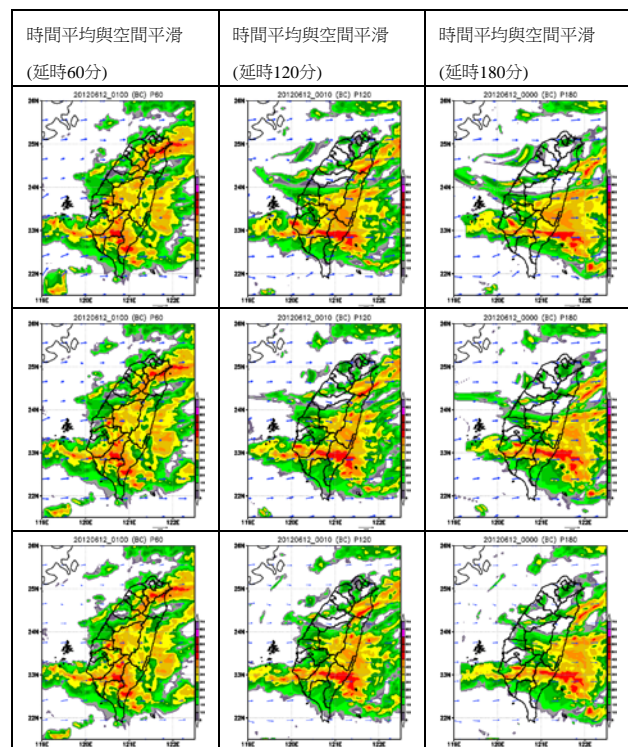


圖5：不同延時下不同分區大小推估出來的移速回波場，其中，第一列為 $0.9^{\circ} \times 0.9^{\circ}$ 重疊50%，第二列為 $0.9^{\circ} \times 0.9^{\circ}$ 重疊80%，第三列為 $1.2^{\circ} \times 1.2^{\circ}$ 重疊50%。



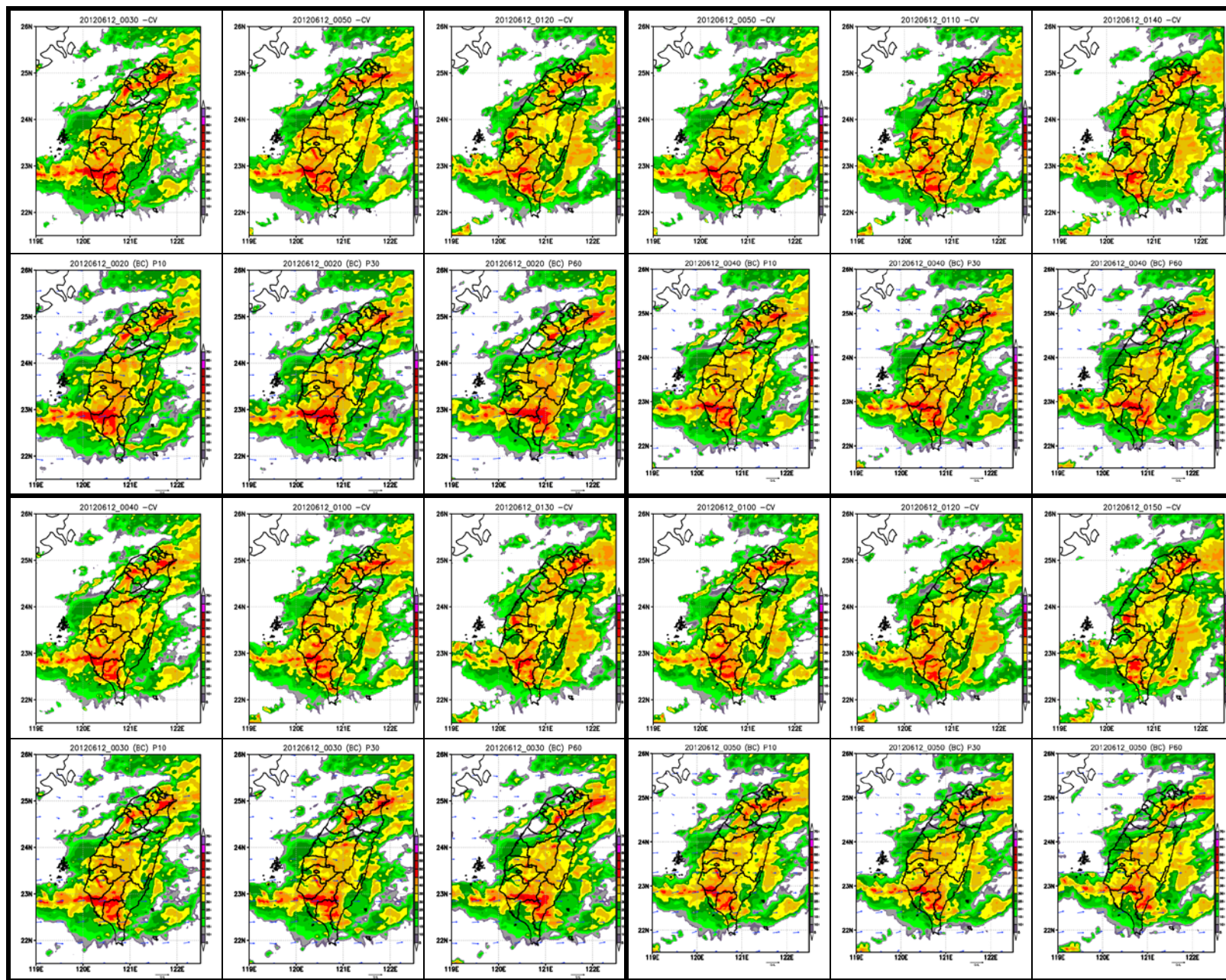


圖 6：雷達觀測回波圖與重疊 50% 區塊(1.2°\*1.2°)之回波移速圖，時間從 2012 年 6 月 12 日 0 時 10 分至 0 時 50 分，不同顏色代表不同的回波大小，藍色箭頭方向表風向、長短表速度大小。第一列及第三列為雷達整合回波圖，第二列及第四列代表利用 ABLER 法所推估出來的回波移速圖，圖上 P10 代表延時 10 分鐘、P30 表延時 30 分及 P60 表延時 60 分。