

# 以ABLER法發展臺灣地區極短期QPE外延估計

洪國展<sup>1</sup> 馮智勇<sup>1</sup> 劉承昕<sup>1</sup> 鄭育昆<sup>1</sup> 黃椿喜<sup>2</sup>  
多采科技有限公司<sup>1</sup> 中央氣象局氣象預報中心<sup>2</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，進行回波系統移速分佈推估。本研究改進ABLER追蹤回波推估移速的方式，首先將主觀劃分次區塊的方式修正為具有彈性縮放區塊大小的機制，並增加追蹤高強度回波位置進行客觀區塊劃分合併之機制。形成一種三層區塊佈置的移速推估系統。第一層進行全域資料分析能捕捉回波系統的整體移動趨勢，第二層主觀劃分則能取得區塊尺度下的移速變化，第三層客觀劃分則能擷取強回波位置的移動情形。本研究進一步以Semi-Lagrangian法，配合ABLER推估之移速分佈與QPE分佈場，進行台灣地區即短期之QPE外延估計，並計算其技術得分(TS/ETS)情況。

關鍵詞：ABLER、Semi-Lagrangian、QPE外延估計

## 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)方法為追蹤回波移動的方法，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，估計兩時間之間回波移動。Shiiba法(1984)將雷達觀測降雨回波的水平移速和源減項以二維空間座標的簡單線性函數，組成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，並使用Semi-Lagrangian法改進回波移速外延的正確性。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。

在ABLER法方面，洪等(2014、2015)使用主觀次區域劃分進行移速場的推估。結果顯示，次區域的劃分，提供了能夠局部追蹤系統移動及推估移速場的可能性。劉等(2014、2015)以ABLER法針對颱風上進行研究，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，討論對於可預報性的影響。

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回波移速辨識技術，再

以外延方式推估定量降雨，建立適合臺灣地形影響下的極短期降水外延預報算式。

## 二、研究方法

### 2.1 ABLER

ABLER法具有Lagrangian與Eulerian的特性，利用平移後匹配網格最大相關性的分析，決定分析範圍最佳網格平移量，分別推行跨網格速度(Lagrangian速度)與網格內速度(Eulerian速度)，整合成分析範圍的移速場分佈。

分析範圍可由人為主觀設定，於此後將每次分析範圍稱做為ROI(感興趣區塊，Region of Interest)。若ROI設定為整張影像時(第一層，L1)，可獲得回波系統整體移動趨勢，若將ROI以主觀設定方式決定其大小及位置時(第二層，L2)，可取得ROI區塊尺度下的移速變化，如圖1紫色區塊所示。

有鑑於洪(2015)年發現在ROI設定過小時可能產生不合理的移速，因此於本研究中將L2層設計為彈性縮放層，當L2設定過小而發生不合理移速情況時，便會自動放大L2 ROI設定，當達到最大設定仍出現不合理移速時，便捨棄L2層。

此外，本研究增加以追蹤強回波範圍為主的第三層(L3)ROI設定，如圖1紅色區塊所示，此層大小隨每次雷達回波資料的餽入即時分析、決定，並插入至分析流程中，並與前述L1、L2層的移速分析結果整併，最後輸出單一移速分佈結果。

圖2說明ABLER移速推估時的整體流程，在每次(每10分鐘)啟動時，取得本時間與前一時間雷達回波場(CV<sub>t</sub>、CV<sub>t-1</sub>)，L3的ROI由CV<sub>t</sub>即時決定，演算中也即時決定是否放大L2 ROI，以下分別說明L2 ROI縮放機制以及L3 ROI決定方式。

## 2.2 L2說明

L2層 的 ROI 大小為預先設定，分別為 L2T1(0.6°)、L2T2(0.9°)、L2T3(1.2°)、L2T4(1.5°)及 L2T5(-)，除L2T5外，各區塊則有50%範圍的重疊部分，L2T5表示不採用L2層。

參考圖3，流程從L2T1開始，於每次演算時記錄L2的使用情況及使用結果，若達放大設定門檻時，則向次一層放大，例如，從L2T1放大至L2T2，並重啟此時刻計算。於本研究中，放大的設定門檻為L2層所有ROI中有任一ROI平移量達到 $movx^2+movy^2>225$ ，其中movx、movy分別為該ROI以ABLER法所分析的x、y方向平移網格數。

使L2層回縮的機制有二，其一為當連續兩時刻使用相同L2層ROI設定且能夠正常計算時，其二為當本次計算係使用L2T5進行計算時。

## 2.3 L3說明

參考圖4，在讀取 $CV_t$ 後，將大於回波門檻值(40dBz)的網格點位置自大至小排序並記錄於標記清單內。分析時，首先自標記清單內取得第一排序坐標點做為目標坐標點，並置入目標ROI容器中，同時以目標ROI容器中的所有點的坐標值，決定該目標ROI的範圍(由目標ROI容器中所有坐標點的最大及最小的x、y坐標決定)。

接著，依序搜尋標記清單內其他坐標點，若其他坐標點落於目標ROI範圍往外延伸一緩衝區設定(例如，3網格點)時，便將該坐標點置入目標ROI，同時更新目標ROI範圍。

標記清單中所有網格點搜尋完畢後，即可決定以該目標坐標點為起始的目標ROI範圍，並將此目標ROI容器的所有坐標點，自標記清單移除。接著自剩餘標記清單第一排序坐標點做為目標坐標點，另起一目標ROI範圍，重複以上的分析，直到標記清單內不存在標記點為止。

依照上述的分析方式，可於每次ABLER演算啟動時，即時利用 $CV_t$ 決定L3層ROI設定，L3層ROI設定的啟用機制則如圖5所示，係於每次演算時插入至分析ROI設定檔案中。

## 2.4 ABLER-QPF外延預報產品流程

參考圖6，ABLER法的輸出為利用 $CV_t$ 、 $CV_{t-1}$ 兩張雷達回波觀測影像，推求逐網格的移速 $VF_t(U、V)$ 。ABLER-QPF則利用此移速場，配合t時刻的QPE資料( $QPE_t$ )，進行未來t+n時間的降雨外延預報，推估方法採用Semi-Lagrangian法，外延所得的 $ABLER-QPF_{t+n}$ 則與 $QPE_{t+n}$ 比較，計算其技術得分(TS/ETS)。

## 2.5 測試案例說明

採用氣象局提供118°E至123.5°E與20°N至27°N之間的0.0125°原始資料，包含CV值與QPE值，資料時間2015年5月19日22時00分至2015年5月24日21時50分，時間解析度皆為10分鐘。此期間可分為兩時間段，5月19日22時00分~5月20日15時00分期間的降

雨集中於北部，而5月24日00時00分~5月24日21時50分期間的降雨集中於南部。本研究同時計算去年流程的TS/ETS，以瞭解本年度改進機制所能改善的TS/ETS情況。

模式所採用的編譯器為Microsoft Visual Studio 2010 C++，採用64位元設定組態，進行最快速執行效能(/O2)的編譯，擬排程演算的機器為i7-4790 CPU，時脈為3.60GHz，系統記憶體則為32GB，模式本身目前則並未平行化或GPU化，因此僅使用單核進行計算。

## 三、分析結果

### 3.1 演算資訊

在長時段(05190000~05271200，共1225個時間間隔)測試下，分析其推估歷程，在採用動態L2 ROI設定下，每次ABLER分析所需的演算時間最大值为386.77秒，最小值为29.13秒，平均為101.28秒。

分析L2層的ROI使用情形，其中使用0.6°、0.9°、1.2°、1.5°之ROI設定次數分別為0、28、265、561次，而未使用L2層ROI為371次。

### 3.2 結果

利用TS/ETS探討本研究極短期QPE外延估計的成效，並將北部降雨及南部降雨事件分為兩段期間比較。

比較對象包含，1.去年度研究L1+L2(固定1.0°)成果；2.L1+L2(動態縮放)+L3；3.L1+L2(固定1.0°)+L3，及4.L1+L2(固定1.2°)+L3的結果。

表1(a)~表1(c)及表2(a)~表2(c)分別列出於北部事件與南部事件計算所得的TS/ETS數值。

圖7(a)~圖7(f)及圖8(a)~圖8(f)則分別繪示上述兩事件中於不同測試設定下之TS/ETS，相較於去年度成果的改進情形。

圖9(a)、圖9(b)及圖10(a)、圖10(b)則分別繪示在極短期內(1hr內)於兩事件時間段內的TS/ETS數值。

## 四、結論與後續建議

### 4.1 結論

在L2層能自動縮放的情況中，顯示有30%以上的時間點，即使採用1.5°的L2 ROI設定，仍會觸及繼續放大ROI的條件，形成僅使用L1+L3計算的情況，而採用1.2°以下的L2 ROI設定僅有約24%的時間點。顯示，過小的L2 ROI的確會造成移速不合理的情況。

表1及表2列出本研究中採用L1+L2(動態縮放)+L3、L1+L2(固定1.0°)+L3及L1+L2(固定1.2°)+L3等三種配置方式，以及去年度方法L1+L2(固定1.0°)下的TS/ETS計算結果，可知TS/ETS表現差異不大，顯示在L2 ROI相對大時，效果與L2層自動縮放相近。

圖7及圖8繪示本研究TS/ETS與去年度相減後的數值，顯示本研究相較於去年度成果對於TS/ETS的改進程度。由圖可知，在北部事件中，本研究方法

於10mm/hr~50mm/hr範圍的降雨門檻值設定下，於1小時引領時間的外延預報中，TS及ETS皆約有0.02~0.04的進步，此進步幅度隨引領時間延長而較為縮小。而在南部事件中也有同樣表現，甚者可達約0.1的進步幅度。對於本研究中三種L2 ROI設定而言，進步幅度也相近。

由於去年度係為L1+L2(固定1.0°)的ROI設定，足見本年度加入強回波範圍追蹤的L3 ROI層，具有明顯的改進效益。

圖8及圖9繪示本研究以L1+L2(動態縮放)+L3配置於一小時內極短期降雨外延估計的TS/ETS結果。

#### 4.2 建議

本研究對於TS/ETS的改進幅度主要貢獻可視為來自L3層的設定，L2層的ROI在適宜的大小下，是否能自動縮放對於TS/ETS的影響不大，未來若考慮計算效率下可考慮將L2層設定為適宜大小的ROI，配合L3層設定進行計算。

本研究發現增加追蹤強回波範圍的L3層所推估之移速分佈，對於配合QPE進行ABLER-QPF外延估計時，於TS/ETS有明顯的提升。ABLER法本身雖包含源減項的估計，然而用於移速推估的原始資料係為雷達回波值，因此即便啟動源減項的推估機制，推得的仍為回波值的增減。提供降雨強度的外延預報於實務上應用性較高，因此本研究在以ABLER演算移速分佈後配合QPE計算ABLER-QPF。ABLER-QPF法並無法推估回波/雷雨胞的生成或消滅，未來建議可配合數值模式的特性，將模式預測的回波/雷雨胞生成消滅，融入至ABLER-QPF中。

本研究以Semi-Lagrangian法推估ABLER-QPF，以t+n時刻的網格位置，利用移速分佈往前回溯其時刻時的來源位置點，在依照t時刻的QPE分佈，空間內插獲得來源位置點的數值。在內插過程中，勢必造成與原始資料來源相比之下數值的降低，就此而言，未來可引進例如FMM(Frequency Matching Method)的技術，將內插造成的數值降低進行補償。

### 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水系統移速場外延估計”, 103年天氣分析與預報研討會
- [3] 洪國展, 馮智勇, 陳姿瑾, 李天浩, 黃椿喜, 2015: “利用ABLER法發展臺灣地區雷達回波外延估計”, 104年天氣分析與預報研討會
- [4] 劉承昕, 2014: “利用ABLER移流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。

[5] 劉承昕, 李天浩, 黃椿喜, 2015: “利用ABLER法反演颱風降水系統移速場之研究”, 104年天氣分析與預報研討會。

[6] Rinehart, R.E. and E.T. Garvey, 1978: “Three-Dimensional Storm Motion Detection by Conventional Weather Radar”, Nature, 273, 287-289.

[7] Takasao, T. and M. Shiiba, 1984: “Development of techniques for on-line forecasting of rainfall and flood runoff”, Natural Disaster Science, 6, 83.

[8] 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.

[9] 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”, 34th Conferecne on Radar Meteorology. Williamsburg, VA.

### 六、附表及附圖

表1(a) 05192200-05201500 1hr TS/ETS列表

	(mm/hr)	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TS	104yr-ABLER	0.693	0.607	0.442	0.295	0.135	0.050	0.022	0.007	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.719	0.634	0.458	0.332	0.161	0.072	0.045	0.021	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.719	0.634	0.459	0.336	0.162	0.073	0.048	0.028	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.718	0.633	0.457	0.331	0.158	0.072	0.050	0.028	0.000	0.000	0.000
ETS	104yr-ABLER	0.447	0.458	0.372	0.264	0.126	0.047	0.021	0.006	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.486	0.488	0.388	0.303	0.153	0.069	0.045	0.021	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.485	0.489	0.389	0.307	0.154	0.071	0.048	0.028	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.485	0.486	0.387	0.302	0.150	0.070	0.049	0.028	0.000	0.000	0.000

表1(b) 05192200-05201500 2hr TS/ETS列表

	(mm/hr)	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TS	104yr-ABLER	0.629	0.500	0.323	0.173	0.060	0.013	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.644	0.511	0.319	0.195	0.098	0.033	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.645	0.511	0.318	0.196	0.097	0.035	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.644	0.509	0.318	0.192	0.094	0.030	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
ETS	104yr-ABLER	0.341	0.323	0.243	0.138	0.050	0.011	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.365	0.335	0.240	0.163	0.089	0.031	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.366	0.335	0.240	0.164	0.089	0.033	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.364	0.333	0.239	0.160	0.085	0.028	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000

表1(c) 05192200-05201500 3hr TS/ETS列表

		(mm/hr)	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TS	104yr-ABLER	0.582	0.423	0.239	0.116	0.038	0.009	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.595	0.425	0.234	0.123	0.047	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.595	0.424	0.233	0.123	0.047	0.013	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.594	0.424	0.234	0.121	0.045	0.010	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ETS	104yr-ABLER	0.265	0.231	0.156	0.080	0.028	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.287	0.234	0.152	0.090	0.038	0.009	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.287	0.234	0.151	0.089	0.038	0.010	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.286	0.233	0.152	0.088	0.036	0.007	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

表2(c) 05240000-05242150 3hr TS/ETS列表

		(mm/hr)	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TS	104yr-ABLER	0.693	0.509	0.265	0.153	0.059	0.025	0.013	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.717	0.552	0.348	0.241	0.135	0.071	0.034	0.019	0.007	0.002	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.719	0.551	0.345	0.239	0.132	0.070	0.034	0.019	0.007	0.002	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.717	0.551	0.345	0.239	0.134	0.071	0.034	0.019	0.007	0.002	0.000	0.000
ETS	104yr-ABLER	0.099	0.147	0.103	0.067	0.029	0.013	0.007	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.131	0.198	0.194	0.161	0.107	0.059	0.028	0.017	0.006	0.002	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.130	0.195	0.190	0.158	0.104	0.058	0.029	0.017	0.006	0.002	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.129	0.195	0.190	0.158	0.106	0.059	0.029	0.016	0.006	0.001	0.000	0.000

表2(a) 05240000-05242150 1hr TS/ETS列表

		(mm/hr)	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TS	104yr-ABLER	0.769	0.655	0.486	0.379	0.256	0.168	0.095	0.035	0.008	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.787	0.692	0.519	0.409	0.294	0.224	0.151	0.072	0.020	0.002	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.787	0.693	0.519	0.409	0.295	0.223	0.150	0.070	0.020	0.002	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.787	0.692	0.519	0.410	0.295	0.224	0.151	0.072	0.019	0.002	0.000	0.000
ETS	104yr-ABLER	0.221	0.336	0.344	0.303	0.228	0.156	0.089	0.033	0.007	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.282	0.404	0.387	0.338	0.268	0.213	0.146	0.070	0.019	0.001	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.281	0.404	0.386	0.337	0.269	0.212	0.144	0.067	0.019	0.001	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.281	0.403	0.386	0.338	0.269	0.213	0.146	0.070	0.018	0.001	0.000	0.000

表2(b) 05240000-05242150 2hr TS/ETS列表

		(mm/hr)	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80
TS	104yr-ABLER	0.730	0.566	0.346	0.227	0.115	0.054	0.023	0.012	0.003	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.744	0.605	0.402	0.295	0.173	0.109	0.066	0.035	0.014	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.746	0.605	0.400	0.292	0.172	0.107	0.064	0.035	0.014	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.745	0.603	0.400	0.292	0.172	0.109	0.066	0.035	0.014	0.000	0.000	0.000
ETS	104yr-ABLER	0.139	0.206	0.186	0.142	0.086	0.041	0.018	0.009	0.002	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(v)	0.180	0.269	0.253	0.217	0.145	0.097	0.060	0.032	0.013	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.0)	0.180	0.267	0.251	0.214	0.144	0.095	0.059	0.033	0.013	0.000	0.000	0.000
	105yr-L2(1.2)	0.179	0.266	0.250	0.214	0.144	0.097	0.061	0.033	0.013	0.000	0.000	0.000

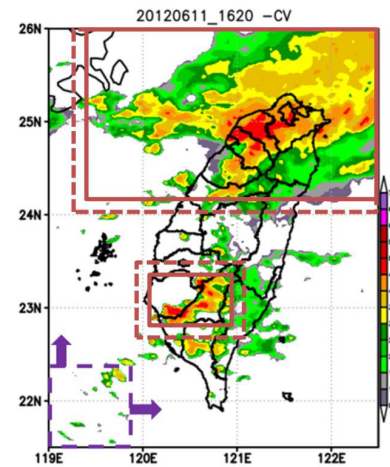


圖1：三層示意圖

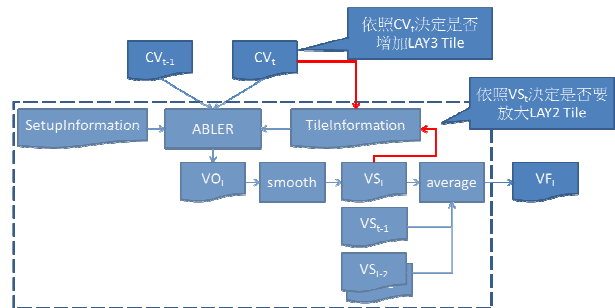


圖2：ABLEr移速推估流程圖

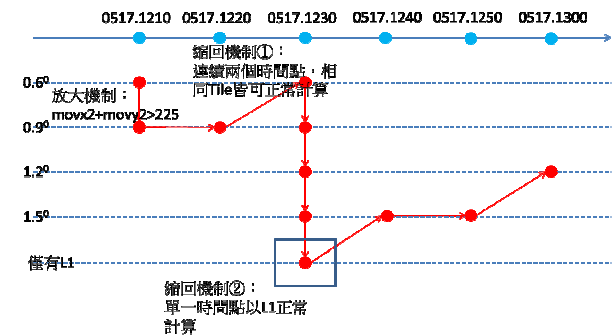


圖3：L2層縮放機制

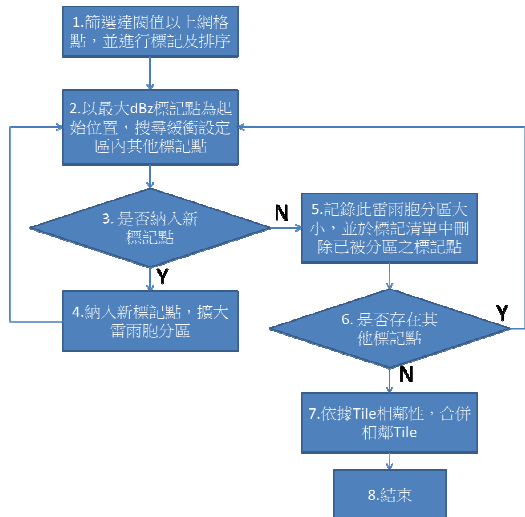


圖4：L3層決定流程圖

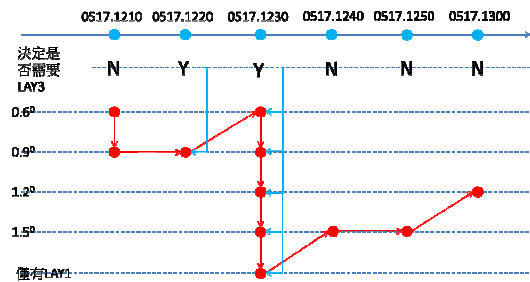


圖5：L3層插入機制

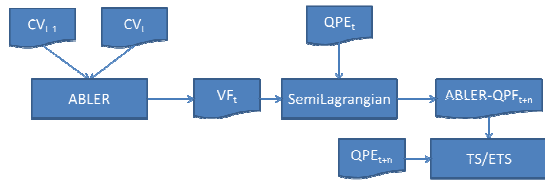


圖6：ABLER-QPF推估流程

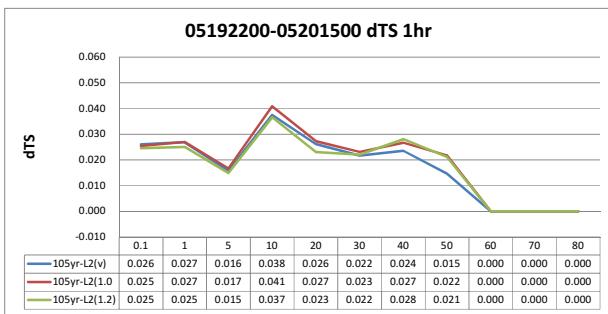


圖7(a)：05192200-05201500 1hr dTS

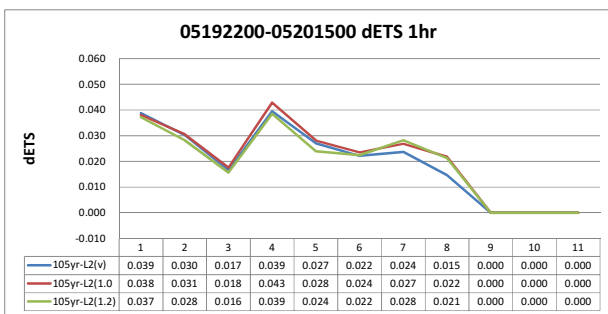


圖7(b)：05192200-05201500 1hr dETS

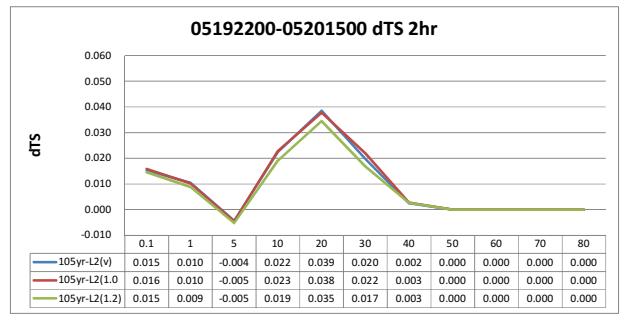


圖7(c)：05192200-05201500 2hr dTS

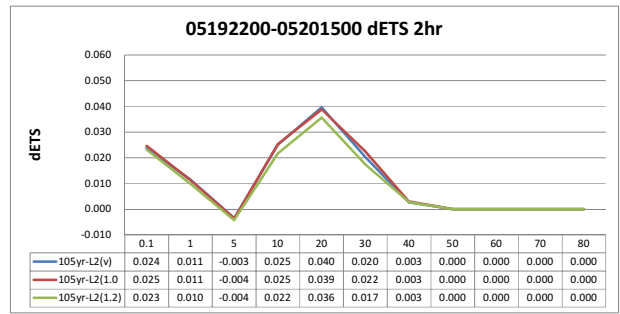


圖7(d)：05192200-05201500 2hr dETS

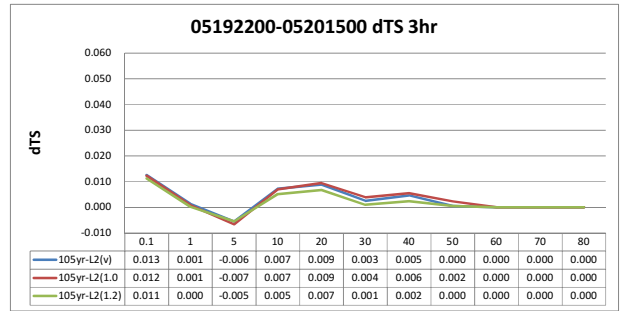


圖7(e)：05192200-05201500 3hr dTS

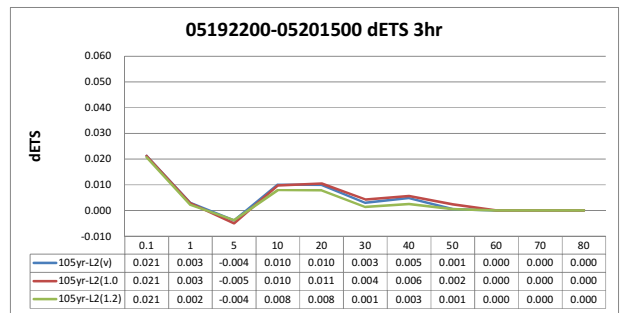


圖7(f)：05192200-05201500 3hr dETS

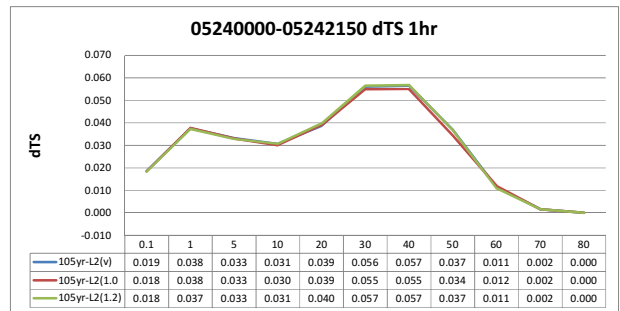


圖8(a)：05240000-05242150 1hr dTS

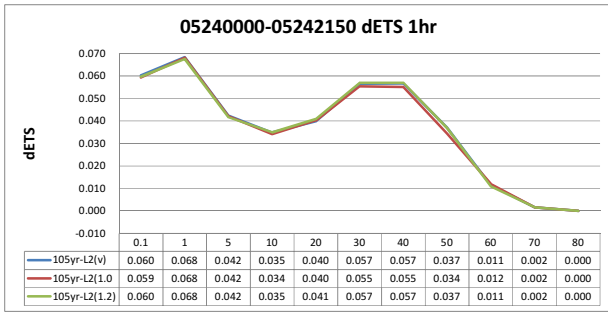


圖8(b)：0524000-05242150 1hr dETS

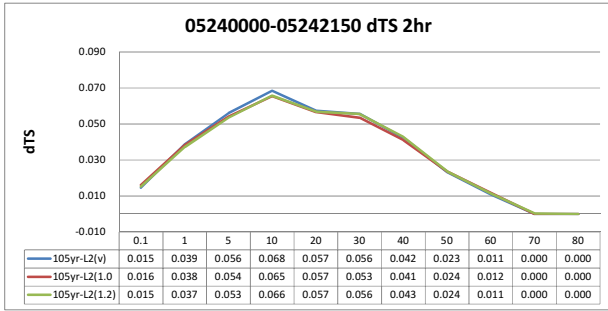


圖8(c)：0524000-05242150 2hr dTS

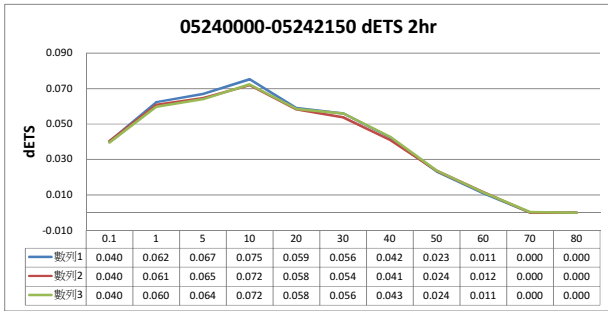


圖8(d)：0524000-05242150 2hr dETS

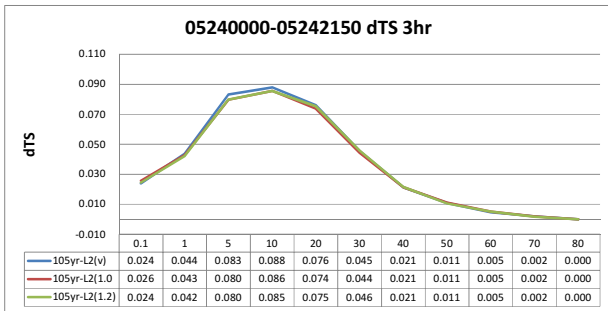


圖8(e)：0524000-05242150 3hr dTS

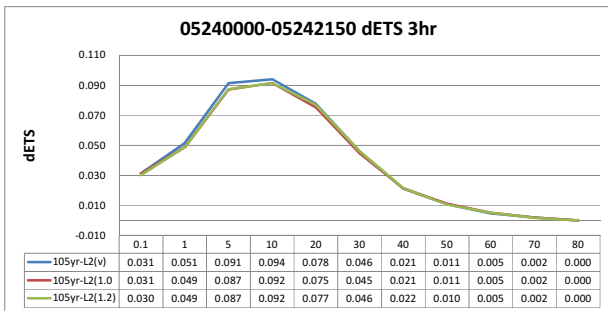


圖8(f)：0524000-05242150 3hr dETS

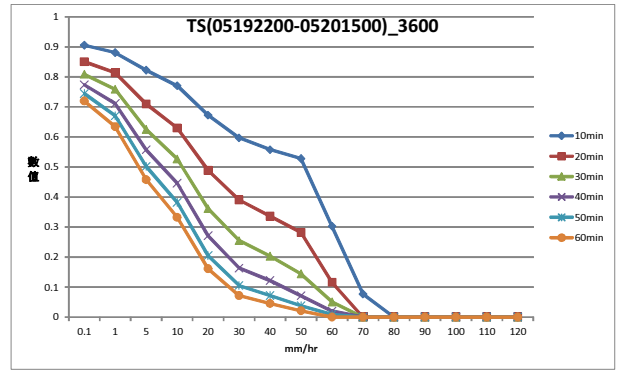


圖9(a)：05192200-05201500 極短期TS

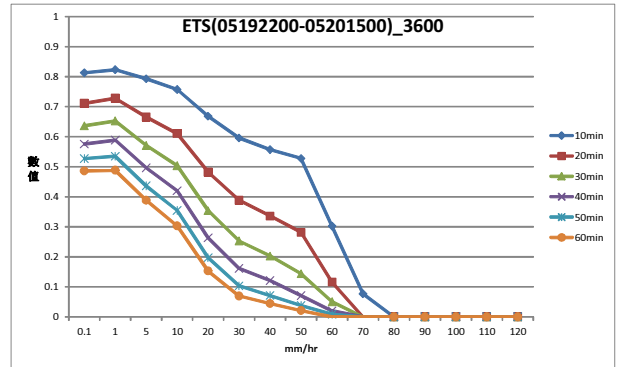


圖9(b)：05192200-05201500 極短期ETS

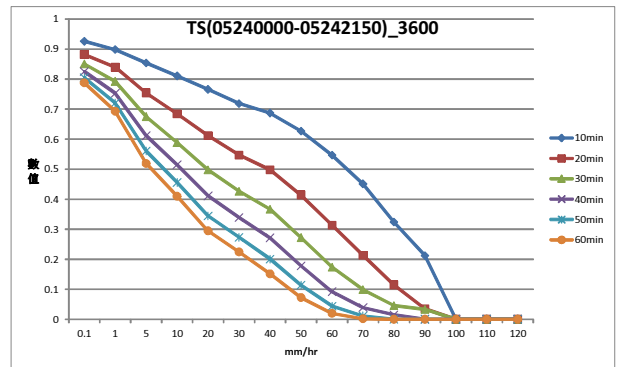


圖10(a)：05240000-05242150 極短期TS

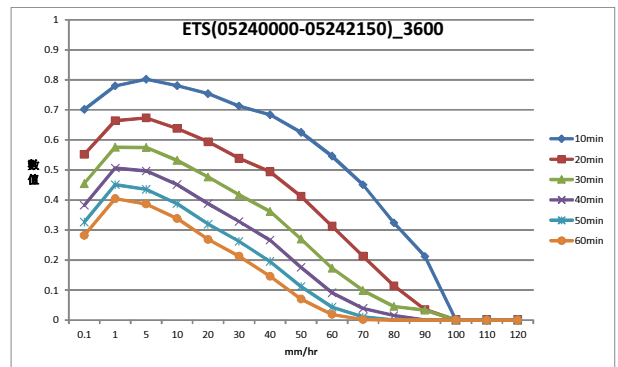


圖10(b)：05240000-05242150 極短期ETS