

2.2 滋賀県における南西風系による大雨発生の必要条件の抽出・妥当性の確認と十分条件の抽出

彦根地方気象台

要 旨

南西風系による大雨発生の必要条件及び十分条件の抽出を統計調査及び事例解析により行った。その結果、警報級の大雨の予測には、特に EL, DLFC, 950~700hPa の湿数や京都の 700hPa の風向が有効であることがわかった。また、700hPa と 950hPa の風ベクトル差の拡大や水蒸気収束の強まり、高 SREH 領域の存在が線状降水帯の発生・維持に寄与し、強い雨域が県内を東進して大雨をもたらすことがわかった。警報級の大雨の予測手法を作成し検証したところ、以前の予測手法に比べて、的中率が上がり、空振り率を大幅に減らすことができた。

1. はじめに

平成 25・26 年度の地方共同研究では、大雨発生の必要条件と十分条件を調査した。平成 25 年度は 2006 年から 2012 年の 6 月から 8 月の解析雨量と GPV データ等を利用して統計調査を行い、南西風系と南東風系による大雨発生の必要条件を抽出した。また、2012 年 8 月 14 日の大雨を南西風系の大雨、2013 年 9 月 3 日から 4 日の大雨を南東風系の大雨として事例解析を行い、南西風系と南東風系による大雨発生の十分条件を抽出した。平成 26 年度は南西風系による大雨発生の必要条件を抽出し、警報級大雨の予測手法作成を試みた。大雨の定義は、平成 25・26 年度の調査はともに $R3 \geq 80\text{mm}$ である。また、2010 年 7 月 14 日の南西風系による大雨事例と同様な環境場でありながら線状降水帯が形成するものの近江西部までしか大雨とならなかった 2012 年 7 月 14 日の事例を比較対象として、地上・高層気象観測値や気象庁メソ解析データ等について比較し、大雨発生の十分条件の抽出を行った。

2. 必要条件の統計調査方法

2.1 調査期間

調査期間は、平成 25・26 年度とも 2006 年から 2012 年であるが、対象月は平成 25 年度が 6~8 月、平成 26 年度が 7~9 月である。平成 26 年度の対象月を増やしたのは、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の 9 月の出現回数が 6 月の 3.3 倍であったことによる。

2.2 メソ解析 GPV データと解析雨量

GPV データは気象庁メソ解析を用いた。県内のアメダス 9 地点と京都、神戸における 300, 500, 700, 850, 925, 950hPa の気温、湿数、風向、風速、相当温位や 500m 高度の水蒸気フラックス量、EL, DLFC, VSH, CONV の要素を 3 時間毎に抽出した。GPV データに対応する R3 は、解析雨量の 5km 格子最大値を使用した。例えば、0 時の GPV データには 0 時 30 分から 3 時 00 分における 6 つの R3 のうちの最大値を対応させた。

2.3 台風と熱的不安定事例の除去

平成 25 年度の統計調査は台風事例を除いて行ったが、平成 26 年度は熱的不安定事例も除いて調査を行った。台風事例と熱的不安定事例の除去にあたっては、地上天気図や衛星雲画像、解析雨量、レーダーを用いた。台風事例は滋賀県に台風本体やアウターバンドによる雨雲がかかった日のデータをすべて除外した。熱的不安定事例は、近畿地方近傍に低気圧性擾乱がない場合に発生した事例のうち、県内アメダスの日照時間平均値が 3 時間以上あった場合を熱的不安定事例として、その日のデータをすべて除外した。

2.4 南西風事例の抽出

全国予報技術検討会では、南西風系による線状降水帯発生時の基本パターン判定に神戸における925hPa風向を利用している。神戸における925hPa風向(16方位)と雨量の関係を調査したところ、 $R3 \geq 80\text{mm}$ 及び $R1 \geq 50\text{mm}$ の警報級大雨事例の約6割が南風から西風の範囲内で発生していた(図略)。このため、神戸の925hPaの風向が180度から270度の事例を南西風事例として統計調査を行った。

3. 統計調査

第1表に調査結果を示す。単相関係数は全ての要素が0.4以下で、 $R3$ との相関は殆どなしの結果となった。その中では県内における700hPaより下層の湿数やDLFCは比較的対応が良く、ともに $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値が平均値を上回っていた。次いで、下層の相当温位やELの相関が比較的高く、大雨発生の必要条件とした。ベクトル差の相関は良くないが、線状降水帯形成には理論的に必要な要素であり、平成25年度の調査でも条件としていたことから、平成26年度も必要条件とした。上層気温や上層と下層の気温差はどれも単相関係数が0.2以下と小さく、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値が平均値を上回る要素はなかった。

4. 必要条件と $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値設定

4.1 線状降水帯発生事例による必要条件の選定と $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値設定

現業で大雨ポテンシャルの判断要素としている上層気温や上層と下層の気温差と $R3$ の相関が良くなかったことから、実際に線状降水帯が発生した事例(県内に進入時には弱まった事例も含む)で再度検討を行った。事例の抽出には毎時大気解析とレーダー、解析雨量を使用した。事例数は $R3 \geq 80\text{mm}$ が10例、 $R3 \geq 50\text{mm}$ が9例、 $R3 < 50\text{mm}$ が16例の合計35例である。第1表の結果から、4.2項から4.7項に示す要素を必要条件とし、散布図から $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値を設定した。黄色マーカーは $R3 \geq 50\text{mm}$ の注意報級事例を、緑色マーカーは $R3 < 50\text{mm}$ の事例を示す。(注：第1~4図と第7図では、マーカーの降水量と横軸の降水量が一致していないが、横軸が正しい降水量である。)

4.2 神戸の500m相当温位

第1図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は、神戸の500m相当温位が概ね340K以上で発生しているが、注意報級未満でも355Kを超えている事例があり、単独の要素だけで大雨を見積もることは難しいことが分かる。図から、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値は343Kとなるが見逃しを考慮し340Kとした。

4.3 神戸の500hPa気温

第2図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は、神戸の500hPa気温が概ね -4°C 以下で発生しており、これを閾値とする。特に、 $R3 < 50\text{mm}$ 事例では -6°C 以下の事例が殆どなく、 -6°C 以下の寒気が進入する時は、大雨の発生確度が高くなることがわかる。

4.4 県内の500hPa気温と950hPaと300hPaの気温差

第3図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は、県内の500hPa気温が概ね -4°C 以下で発生している。続いて、第4図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は県内の950hPaと300hPaの気温差が概ね 50°C 以上で発生している。見逃しを防ぐため、必要条件はこれらのOR条件とした。なお、 $R3 < 50\text{mm}$ 事例でも950hPaと300hPaの気温差 $\geq 55^{\circ}\text{C}$ の事例があり、単独要素だけで大雨を見積もることは難しいことが分かる。

4.5 県内の950hPaから700hPaの湿数

第5図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は、950hPaから700hPaの湿数が概ね湿数 3°C 以下で発生している。 $R3 < 50\text{mm}$ 注意報級未満の事例は湿数 3°C 以上が多く見られ、中下層が湿潤で積乱雲が発達しやすい環境場が必要であるこ

とがわかる。図は省略するが、925hPa、850hPaの湿数も同様であった。

4.6 県内のDLFCとEL

第6図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は、県内のDLFCが800m以下、ELが8000m以上で発生しており、両条件とも満たす事例が多かった。 $R3 < 50\text{mm}$ の事例は、どちらか一方の条件を満たさない事例が多かった。以上から、両条件を満たす積乱雲の発達しやすい環境場が必要であることがわかる。

4.7 950hPaと700hPaの風ベクトル差(ベクトル差の絶対値)

第7図によると、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は、950hPaと700hPaのベクトル差が概ね10m/s上で発生している。実際の線状降水帯事例で調査することにより、第1表の統計結果より明瞭となった。図は省略するが、700hPaと500hPaのベクトル差は概ね0m/s以上で発生しており、700hPaより上空においても暖気移流場で鉛直シアがあることが条件といえる。

5. 南西風系大雨の予測手法の作成

5.1 $R3 \geq 50\text{mm}$ の判定条件

4.2項から4.7項に示した $R3 \geq 80\text{mm}$ の閾値は、神戸の500m相当温位を除いて $R3 \geq 50\text{mm}$ の閾値と変わらない。このため、これらの条件を全て満たす場合を $R3 \geq 50\text{mm}$ の判定条件とした。

5.2 $R3 \geq 80\text{mm}$ の判定条件

第8図によると、 $R3 \leq 80\text{mm}$ 事例では、京都の700hPaの風向が195度から265度の間で $R3$ が一様に分布し、特定の風向で突出する事例は見られない。対して、 $R3 \geq 80\text{mm}$ の事例は700hPaの風向が220度から240度と250度から265度の2つの山が見られる。 $R3 \geq 50\text{mm}$ の判定条件を満たす事例のうち、京都の700hPa風向が2つの山の範囲内の場合を $R3 \geq 80\text{mm}$ の判定条件とした。第9図に京都の700hPa風向と南西風系の大雨基本パターン(第10図)の関係を示す。京都の700hPaの風向が220度から240度の時は基本パターン②、③、④、⑤が、250度から265度の時は基本パターン①が発生している。また、190度から220度の時は基本パターン③、④、⑤の線状降水帯が発生しても $R3 \geq 80\text{mm}$ には至らないと見て良さそうである。

5.3 南西風系大雨の予測手法と検証結果

5.1項と5.2項の条件をもとに作成した南西風系による大雨の予測手法を第11図に示す。また、平成25年度と平成26年度の予測手法の検証結果を第2表に示す。 $R3 \geq 80\text{mm}$ 的的中率は昨年と同等で、 $R3 < 80\text{mm}$ の空振り率を大幅に減らすことができた。

6. 十分条件の抽出

6.1 はじめに

平成25年度には、梅雨前線暖域内で線状降水帯が顕在化して大雨となった2010年7月14日について事例調査を行った。本調査では、大雨事例と同様な環境場でありながら線状降水帯が形成するものの近江西部までしか大雨とならなかった2012年7月14日の事例を比較対象として、地上・高層気象観測値や気象庁メソ解析データ等について大雨事例と比較し、大雨発生の十分条件の抽出を行った。

6.2 事例調査対象の概要

2010年7月14日の大雨発生事例では、大阪湾から京都府南部で線状降水帯が発生して強い雨域は近江西部から湖北まで降水帯がのびた。21時30分から23時30分間の解析雨量 $R1$ は50~60mm程度で、22時30分には近江西部で解析雨量 $R3$ が107mmとなった。一方、2012年7月14日の大雨非発生事例では、大雨発生事例と同様に

大阪湾から京都府南部で線状降水帯が発生したが、強い雨域は近江西部までしか進行しなかった。15日4時00分から6時00分間の解析雨量R1は40～60mm程度で、5時30分には近江西部で解析雨量R3が120mmとなった(第12図)。

6.3 総観場の比較

梅雨前線は山陰沿岸の850hPaの相当温位の集中帯に対応し、地上天気図にも解析され、大雨発生事例、大雨非発生事例ともに北部県境以北にある。また、850hPaで345K以上の相当温位が流れ込み、ほとんど差はない。500hPaではともに西谷であるが、大雨発生事例ではトラフが深く南西流場であるのに対して、大雨非発生事例ではトラフは浅く西南西流場になっている違いがある。また、500hPaの気温は大雨発生事例(松江で-5.3℃)の方が大雨非発生事例(松江で-4.5℃)より低くなっている(第13図)。大雨発生事例の方が上空に寒気が流れ込んでおり、トラフも深いことから、大雨非発生事例よりも大気の状態が不安定な条件下であることが考えられる。

6.4 解析値の比較

6.4.1 大気解析の比較

各層の毎時大気解析を比較すると、大雨発生事例では、925hPaや950hPaで大阪湾からの南西風と伊勢湾からの南東風による収束が県内でみられた。一方、大雨非発生事例では、伊勢湾からの南東風の流入はなく、県内での収束は見られなかった(第14図)。

6.4.2 メソ客観解析の比較

6.4.2.1 上空の寒気と下層暖湿気の流入

第15図をみると、500hPaの気温は大雨発生事例が1℃程度低い。また、500mの相当温位と水蒸気フラックス量については、どちらの事例も大阪湾からの暖湿気の流入が見られるが、伊勢湾からの南東風による暖湿気の流入は大雨非発生事例では見られなかった。

6.4.2.2 風の鉛直(風速)シアーと収束・発散

500mのVSHは大雨非発生事例では大雨発生事例よりも小さく、県内で0m/sとなっている領域がある(第15図)。また、降水域の走行に沿った断面をとり各層のDIVをみると、大雨発生事例では滋賀県内において下層にDIVが負となっている領域(収束)があるが、大雨非発生事例ではDIVが正となっている領域(発散)ができている(第16図)。

6.4.2.3 湿潤層

第17図より、どちらの事例も湿潤層が形成された状況となっているが、断面図を見ると大雨発生事例では全層でTTDが3℃以下の湿潤層となっており、対流雲が300hPaまで発達しやすい環境場となっている。一方、大雨非発生事例では300hPa付近に湿潤度合いが弱い層が形成され、対流雲の発達が抑えられる傾向にあることが考えられる(第17図)。また、850hPaの相当温位はどちらの事例も345K以上の高相当温位が流入している場となっている(図省略)。

6.4.3 上昇流場の形成

第18図より、700hPaの上昇流は大雨非発生事例の方が県内の北東部まで上昇流場の形成があり強い雨域も東進する環境場であると考えられるが、断面図を見ると大雨非発生事例では700hPaよりも下層において下降流場が形成されている。下降流場の形成位置は琵琶湖上にある。この下降流場の形成が、強い雨域を発生・維持させながら東進できなかったことに影響を及ぼしたと考えられる。

6.4.4 SREH

SREHは、「ある環境場中で積乱雲が発生した場合、その積乱雲が(鉛直軸回りに)回転しやすいか」を判定する

指標で線状降水帯の形成とかかわりが深いとされている。第 19 図に線状降水帯が県内に進入する直前の大雨発生事例と非発生事例の SREH を示す。大雨発生事例では 700hPa の SREH の高い領域が近江西部から湖北にかけてあり、ホドグラフを見ると 1000hPa から 700hPa にかけて鉛直シアーが大きくなっている。実際の線状降水帯も高い領域にかけて強雨となりそれ以外の領域では弱まりながらエコーが流入した。一方、大雨非発生事例では、琵琶湖東側を中心に SREH の低い領域がある。ホドグラフを見ると、鉛直シアーは大雨発生事例よりも小さい。実際の線状降水帯も湖西に進んでくるものの、湖東には弱まりながら進んでいった。SREH が高い領域が線状降水帯の発生・維持される領域とほぼ同じであることがわかった。

6.4.5 700hPa と 950hPa の風ベクトル差(ベクトル差の絶対値)

線状降水帯の発生・維持に寄与すると考えられる 700hPa と 950hPa の風ベクトル差について比較した。ベクトル差は GPV の値から算出した(第 20 図)。大雨発生事例では、湖西・湖北を中心にベクトル差が大きくなっている。一方、大雨非発生事例ではベクトル差は小さい状況であった。大雨発生事例では、ベクトル差が大きく、線状降水帯の発生・維持しやすい状況であったと考えられる。また、図は省略するが、ベクトル差が時間とともに増大傾向にあるところはエコーも発生・維持傾向にあった。降水セルの発達・維持とベクトル差の増大は相関がありそうである。

大雨発生事例では、県の南西部でベクトル差が小さく、琵琶湖の東側領域の方でベクトル差が大きくなっているが、これは伊勢湾からの南東風による影響が考えられる。

6.4.6 水蒸気収束

気象官署の観測値から求めた混合比とアメダス地点の風ベクトルから水蒸気収束を求め、大雨発生事例と大雨非発生事例にどのような違いがあるか調査した。水蒸気収束は、第 21 図に示す領域内の最大値を使用した。第 22 図より、大雨発生事例では県内で大雨が降る数時間前に線状降水帯発生地点近傍の大阪湾北で水蒸気収束が高まり、湖北付近では大雨発生時間帯に水蒸気収束のピークとなっている。図は省略するが、水蒸気収束を平面的に見ると、水蒸気収束の値が大きいところが降水強度の強いところと一致していた。他に代表的な線状降水帯事例を見たところ、水蒸気収束 $\geq 700\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ が大雨の閾値にできそうであった。大雨非発生事例も大阪湾北で水蒸気収束の急速な高まりが見られるが、既に県内で強雨が始まっており、この事例ではリードタイムがとれない。しかし、7 時頃には強い降水も終わり、水蒸気収束も減少したことから、強雨の持続時間を水蒸気収束の値の多寡から見積もることができる可能性がある。

6.5 JMA-NHM による再現実験

6.5.1 モデルの設定

第 3 表の設定で大雨非発生事例の再現実験を行った。2km モデルでは、降水強度は実況よりも弱いものの強雨域が近江西部止まりとなり、発生位置、線状降水帯の形状は概ね再現された(第 23 図)。

6.5.2 再現実験結果の考察

強雨域に沿った上昇流の断面図を第 24 図に示す。強雨域に対応する位置では、下層から上昇流が発生し、琵琶湖上では概ね 700hPa より上昇流が発生している。これは、第 18 図で示した 700hPa より下層で形成された下降流域を裏付ける結果となった。土井ほか(2012)によると、大雨発生事例は鉛直シアーと冷氣外出流によるメソ対流系の形成がもたらしたものとしている。第 24 図と同様な断面で温度と湿数をみると(第 25 図)、冷氣外出流による温度低下や湿数の低下は見られず、県東部に強雨域が進入しなかったことと一致する。また、第 26 図の下層風向をみると、伊勢湾からの回りこみによる県内で風の収束の形成はみられず、第 14 図に示したメソ解析と同様となった。県東部に強雨域が進入する条件として、伊勢湾からの風の回り込みによる県内での収束域の形成が必要

であることがわかった。

6.6 抽出した大雨発生の十分条件

先行研究にあたる平成23・24年度の地方共同研究の2年間の調査結果や今回の調査で大雨発生事例と大雨非発生事例について総観場やメソ解析等を比較した結果、線状降水帯が大阪湾から京都府南部にかけて発生した時、その構造を維持したまま滋賀県内を東進する十分条件としては、以下の事項を抽出することができた。

- 1) 850hPa の前線面は北部県境以北に位置する。
- 2) 伊勢湾からの下層暖湿気の流入がある。
- 3) 県内で風の収束が形成される。
- 4) 上空寒気流入による大気不安定化。
- 5) 鉛直シア(700hPa と 950hPa の風ベクトル差)が大きく、増大傾向がある。
- 6) 線状降水帯の進入先近傍に高 SREH 域が見られる。
- 7) 大阪湾から県内にかけて水蒸気収束の強まりがある。大雨の目安は水蒸気収束 $\geq 700\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ である。

特に、3)、5)、6)、7)が県の東部まで降水セルを維持したまま進行させるために有効な条件となることがわかった。

7. まとめ

線状降水帯が発生した場合、その構造を維持したままエコーが県内に進入するかどうかの判断は実況監視においても難しい中、南西風系による大雨の予測手法は平成25年度に作成した予測手法よりの中率が上がり、空振りを大幅に減らすことができた。また、メソ解析の検証やJMA-NHMによる再現実験の結果からは、線状降水帯がその構造を維持したまま滋賀県内を東進する十分条件を抽出することができた。

南西風系による大雨の予測手法は県内のアメダス値を使用したため、各要素の値は面的に見た場合より精度が劣る。このため、実際の現業作業においてはベクトル差や水蒸気収束、伊勢湾からの風の回り込みによる収束域の形成などの十分条件が満たされているかどうかを、多画面平面図等のソフトで平面的に監視することが重要である。

参考文献

- 青木眞次, 土井ひかる, 向井直人, 重實由美, 2011: 2010年7月14日の線状降水帯について. 平成24年度大阪管区気象研究会誌(滋賀県).
- 土井ひかる, 亀井雅章, 向井直人, 安達智, 青木眞次, 2012: 2010年7月14日の大雨事例. 平成24年度大阪管区気象研究会誌(滋賀県).
- 松本覚, 亀井雅章, 石川雅章, 2013: 統計調査による大雨発生必要条件の抽出. 平成25年度大阪管区気象研究会誌(滋賀県).

第1表: 南西風事例におけるR3と各要素の統計結果(黄色陰影はR3との単相関係数が0.3を超えた要素, 赤字はR3≥80mmの閾値が
 平均値を上回る要素を示す)

| | 神戸の気温 | | | | | | 県内アメダス最小値 | | | 県内アメダス最大値 | | |
|---------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | T300 | T500 | T700 | T850 | T925 | T950 | T300 | T500 | T700 | T850 | T925 | T950 |
| 単相関R3≥0 | 0.12 | 0.02 | -0.02 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.05 | 0.00 | -0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.01 |
| 単相関R3≥10 | -0.08 | -0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.09 | 0.12 | -0.08 | -0.02 | 0.05 | 0.08 | 0.09 | 0.09 |
| 平均値 | -29.9 | -5.0 | 9.3 | 17.0 | 21.2 | 22.5 | -29.3 | -5.4 | 9.1 | 17.9 | 22.1 | 23.5 |
| R3≥80mm閾値 | ≤-26.0 | ≤-4.0 | ≤11.5 | 16.0≤ | 19.5≤ | 21.0≤ | ≤-26.0 | ≤-4.0 | ≤11.5 | 16.0≤ | 19.5≤ | 21.0≤ |
| R3≥80mm閾値/平均値 | 0.87 | 0.80 | 0.81 | 0.94 | 0.92 | 0.93 | 0.89 | 0.74 | 0.79 | 0.89 | 0.88 | 0.89 |

| | 県内アメダス最大値 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | T950-T300 | T950-T500 | T950-T700 | T950-T850 | T950-T925 | T925-T300 | T925-T500 | T925-T700 | T925-T850 | T850-T300 | T850-T500 | T850-T700 | T700-T300 | T700-T500 | T500-T300 |
| 単相関R3≥0 | -0.04 | 0.01 | 0.06 | -0.01 | 0.03 | -0.05 | 0.00 | 0.06 | -0.03 | -0.04 | 0.02 | 0.10 | -0.10 | -0.06 | -0.07 |
| 単相関R3≥10 | 0.14 | 0.10 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.14 | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.14 | 0.09 | 0.03 | 0.14 | 0.10 | 0.09 |
| 平均値 | 52.8 | 28.9 | 14.5 | 5.6 | 1.4 | 51.4 | 27.5 | 13.0 | 4.2 | 47.2 | 23.3 | 8.9 | 38.4 | 14.4 | 23.9 |
| R3≥80mm閾値 | 49.0≤ | 27.0≤ | 12.5≤ | 4.0≤ | 0.7≤ | 48.0≤ | 25.5≤ | 11.5≤ | 3.0≤ | 45.0≤ | 21.5≤ | 8.0≤ | 35.5≤ | 13.0≤ | 22.0≤ |
| R3≥80mm閾値/平均値 | 0.93 | 0.93 | 0.86 | 0.71 | 0.49 | 0.93 | 0.93 | 0.88 | 0.72 | 0.95 | 0.92 | 0.90 | 0.93 | 0.90 | 0.92 |

| | 神戸の500m面データ | | | | | | | 県内アメダス最大値(RHとDLFCは最小値) | | | | | | |
|---------------|-------------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|---------|------------------------|-----------|---------|----------|-----------|-----------|---------|
| | 500m EPT | 500m FLWV | 500m RH | 500m VSH | 500m CONV | 500m DLFC | 500m EL | 500m EPT | 500m FLWV | 500m RH | 500m VSH | 500m CONV | 500m DLFC | 500m EL |
| 単相関R3≥0 | 0.25 | 0.20 | 0.21 | 0.05 | 0.05 | -0.17 | 0.17 | 0.29 | 0.30 | 0.37 | 0.09 | 0.23 | -0.35 | 0.20 |
| 単相関R3≥10 | 0.11 | 0.00 | -0.03 | -0.03 | 0.01 | -0.03 | 0.12 | 0.23 | 0.12 | 0.18 | -0.05 | 0.09 | -0.22 | 0.29 |
| 平均値 | 344.9 | 117.0 | 79.9 | 1.0 | 0.6 | 1623.0 | 8026.0 | 346.4 | 112.5 | 86.4 | 2.5 | 164.7 | 1099.0 | 10242.0 |
| R3≥80mm閾値 | 342≤ | 60≤ | 75≤ | 0.1≤ | ≥-80 | ≤1500 | 7500≤ | 345≤ | 60≤ | 90≤ | 0≤ | 50≤ | ≤800 | 8000≤ |
| R3≥80mm閾値/平均値 | 0.99 | 0.51 | 0.94 | 0.10 | -123.33 | 1.08 | 0.93 | 1.00 | 0.53 | 1.04 | 0.00 | 0.30 | 1.37 | 0.78 |

| | 神戸の各気圧面の風速 | | | | | | 彦根の各気圧面の風速 | | | | | |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 300風速 | 500風速 | 700風速 | 850風速 | 925風速 | 950風速 | 300風速 | 500風速 | 700風速 | 850風速 | 925風速 | 950風速 |
| 単相関R3≥0 | 0.06 | 0.12 | 0.21 | 0.27 | 0.21 | 0.17 | 0.05 | 0.09 | 0.20 | 0.27 | 0.30 | 0.24 |
| 単相関R3≥10 | -0.09 | -0.06 | -0.04 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -0.12 | -0.09 | -0.02 | 0.00 | 0.07 | 0.06 |
| 平均値 | 17.3 | 13.7 | 11.1 | 8.2 | 7.1 | 6.9 | 18.9 | 14.5 | 11.0 | 8.0 | 5.9 | 5.1 |
| R3≥80mm閾値 | 10.0≤ | 5.0≤ | 5.0≤ | 5.0≤ | 5.0≤ | 5.0≤ | 8.0≤ | 7.0≤ | 5.0≤ | 5.0≤ | 3.0≤ | 3.0≤ |
| R3≥80mm閾値/平均値 | 0.58 | 0.36 | 0.45 | 0.61 | 0.70 | 0.73 | 0.42 | 0.48 | 0.45 | 0.63 | 0.50 | 0.59 |

| | 県内アメダス最小値 | | | | | | 神戸の相当湿位 | | | | 県内アメダス最大値 | | | | 神戸 | | | ベクトル差県内アメダス最大値 | | |
|---------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|-------|--------|----------|----------------|----------|--|
| | 300湿数 | 500湿数 | 700湿数 | 850湿数 | 925湿数 | 950湿数 | 850 EPT | 925 EPT | 850 EPT | 925 EPT | 850 EPT | 925 EPT | 850 EPT | 925 EPT | 混合比 | 混合比×風速 | 950-700間 | 950-500間 | 700-500間 | |
| 単相関R3≥0 | -0.19 | -0.29 | -0.36 | -0.36 | -0.37 | -0.35 | 0.25 | 0.24 | 0.30 | 0.29 | 0.22 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.02 | -0.10 | |
| 単相関R3≥10 | -0.06 | -0.09 | -0.18 | -0.14 | -0.17 | -0.17 | 0.09 | 0.07 | 0.18 | 0.23 | 0.12 | 0.01 | -0.08 | -0.13 | -0.10 | -0.10 | -0.10 | -0.10 | -0.10 | |
| 平均値 | 6.2 | 7.5 | 4.8 | 2.4 | 2.6 | 2.7 | 340.4 | 343.3 | 342.5 | 345.5 | 17.5 | 76.4 | 12.1 | 15.7 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | |
| R3≥80mm閾値 | ≤8.0 | ≤6.0 | ≤3.0 | ≤3.0 | ≤3.0 | ≤2.0 | 336≤ | 340≤ | 340≤ | 342≤ | 16.5≤ | 30≤ | 4.5≤ | 6≤ | 0.1≤ | 0.1≤ | 0.1≤ | 0.1≤ | 0.1≤ | |
| R3≥80mm閾値/平均値 | 0.78 | 1.25 | 1.61 | 0.81 | 0.86 | 1.36 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.95 | 0.39 | 0.37 | 0.38 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | 0.27 | |

第2表: 南西風系による大雨の予測手法の検証結果

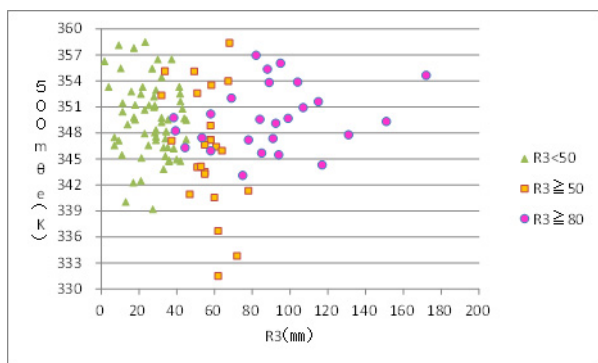
(上表: 平成26年度, 下表: 平成25年度)

| 発生時の雨量 | 事例数 | R3:50-79 判定数 | | | 実況に対する適中数 | 発生時の雨量に対するスコア | | |
|----------|-----|--------------|-----------|------------|-----------|---------------|------|------|
| | | R3:50-79 判定数 | R3≥80 判定数 | R3≥100 判定数 | | 的中率 | 見逃し率 | 空振り率 |
| R3≥80 | 10 | 9 | 8 | 8 | 0.80 | 0.20 | 0.00 | |
| R3≥50~79 | 9 | 4 | 3 | 0 | 0.44 | 0.22 | 0.33 | |
| R3≤50 | 16 | 1 | 5 | 0 | 0.63 | 0.00 | 0.38 | |

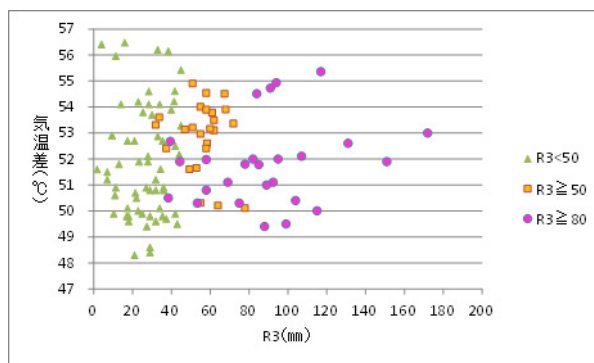
| 発生時の雨量(実況) | 事例数 | R3:70-99 判定数 | | | 実況に対する適中数 | 発生時の雨量に対するスコア | | |
|------------|-----|--------------|------------|------------|-----------|---------------|------|------|
| | | R3:70-99 判定数 | R3≥100 判定数 | R3≥150 判定数 | | 的中率 | 見逃し率 | 空振り率 |
| R3≥100 | 6 | 0 | 5 | 5 | 0.83 | 0.17 | 0.00 | |
| R3≥70 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |
| R3≤70 | 25 | 9 | 15 | 0 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | |

第3表: モデルの設定

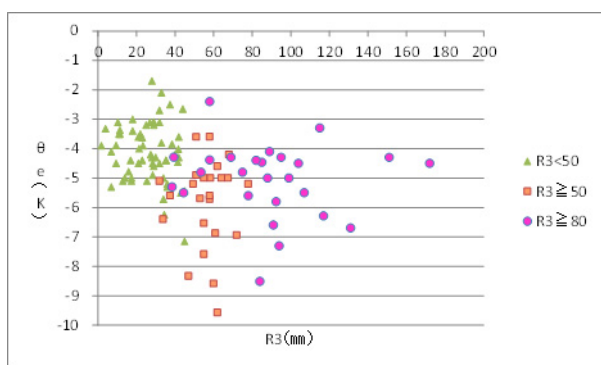
| | 5kmモデル | 2kmモデル |
|----------|-------------------------|-------------------------|
| 初期時刻 | 2012年7月15日 00時 (JST) | 2012年7月15日 00時 (JST) |
| 予報時間 | 6時間 | 6時間 |
| 初期値・境界値 | NAPS8から取得 | 左記のネスティング |
| 中心緯度経度 | 北緯35.0° 東経135.0° | 北緯35.0° 東経135.7° |
| 水平格子間隔・数 | 5km・102×102 | 2km・130×130 |
| 鉛直層数 | 50層 | 50層 |
| パラメータ設定 | MF5 k m33 K-Fスキームなし | MF2km K-Fスキームなし |



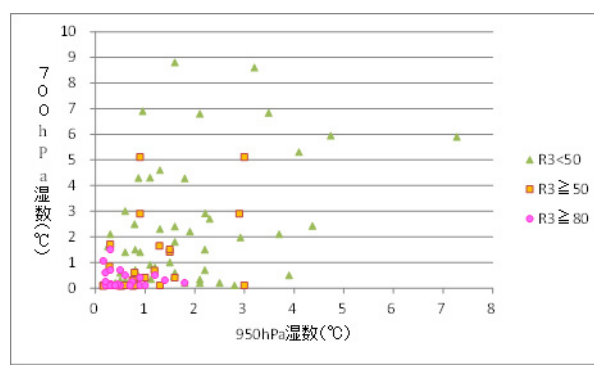
第1図：線状降水帯発生時における神戸の500mEPT(縦軸)と県内のR3最大値(横軸)。



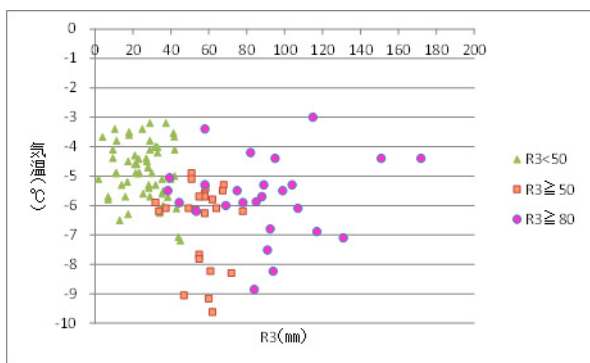
第4図：線状降水帯発生時における県内の950hPaと300hPaの気温差最低値(縦軸)とR3最大値(横軸)。



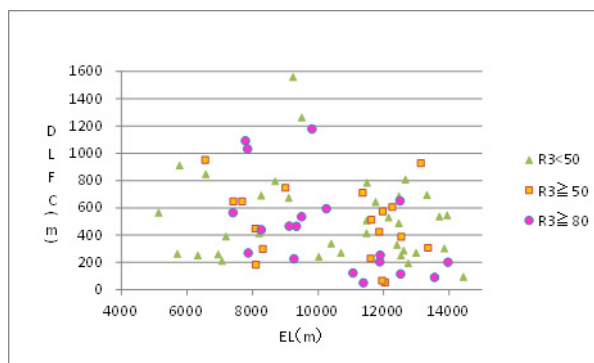
第2図：線状降水帯発生時における神戸の500hPa気温(縦軸)と県内のR3最大値(横軸)。



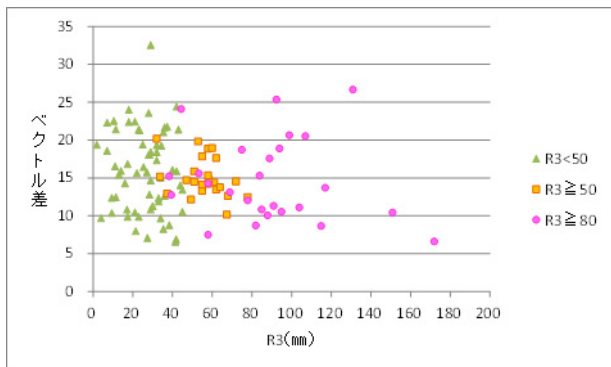
第5図：線状降水帯発生時における県内の700hPa(縦軸)と950hPa(横軸)の湿数最小値。



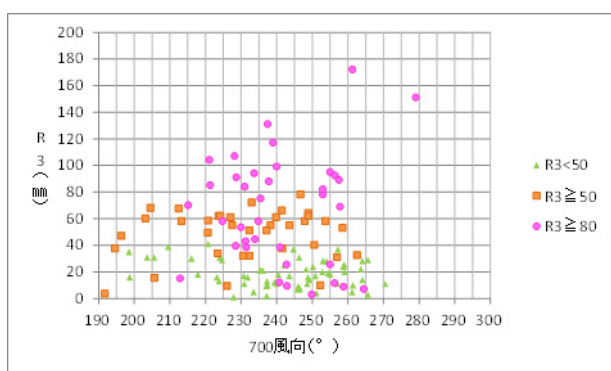
第3図：線状降水帯発生時における県内の500hPa気温最低値(縦軸)とR3最大値(横軸)。



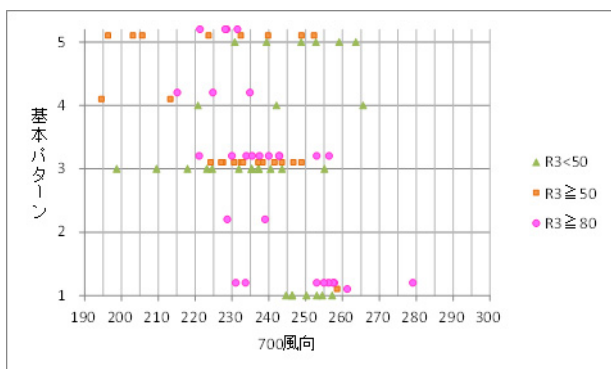
第6図：線状降水帯発生時における県内のDLFC最低値(縦軸)とEL最大値(横軸)。



第 7 図：線状降水帯発生時における県内の 950hPa と 700hPa のベクトル差(絶対値)の最大値(m/s) (縦軸)と R3 最大値(横軸)。



第 8 図：線状降水帯発生時における京都の R3 最大値(縦軸)と 700hPa 風向(横軸)。



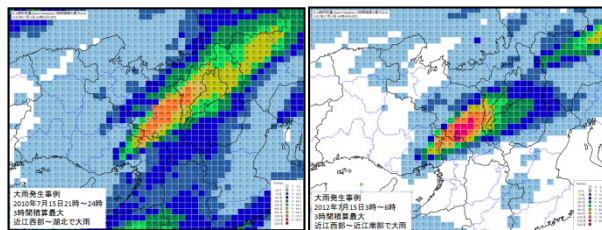
第 9 図：線状降水帯発生時における基本パターン(縦軸)と京都の 700hPa 風向(横軸)。



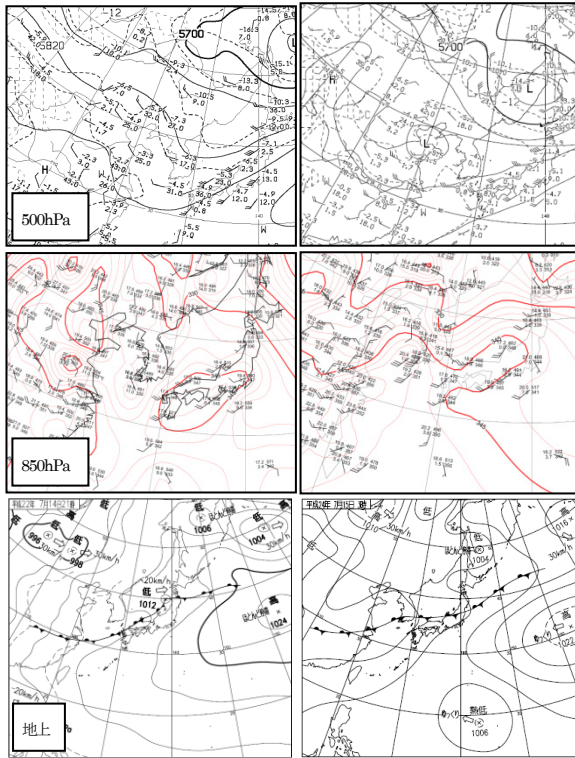
第 10 図：南西風系基本パターン図(左から基本パターン①, ②及び③, ④, ⑤。黄色域はR1 ≥ 30mm の設定領域, 左上の風向は神戸の 925hPa の風向を示す)。



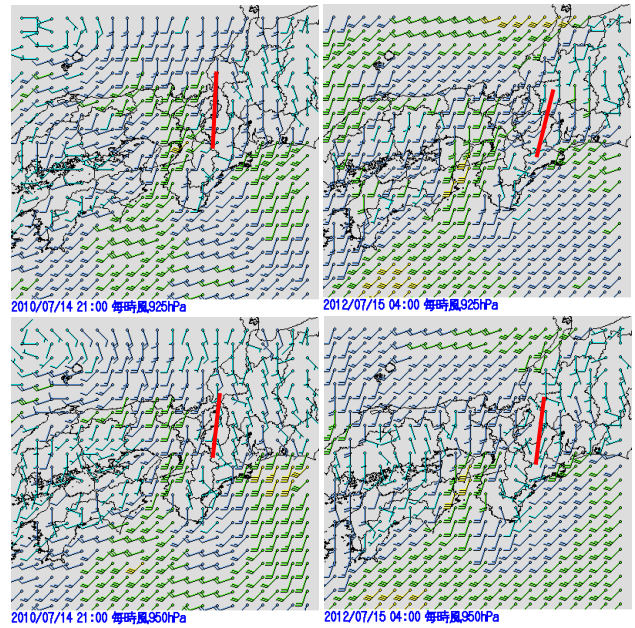
第 11 図：南西風系による大雨の予測手法 (T950-T500 は T950-T300 のましがいい)。



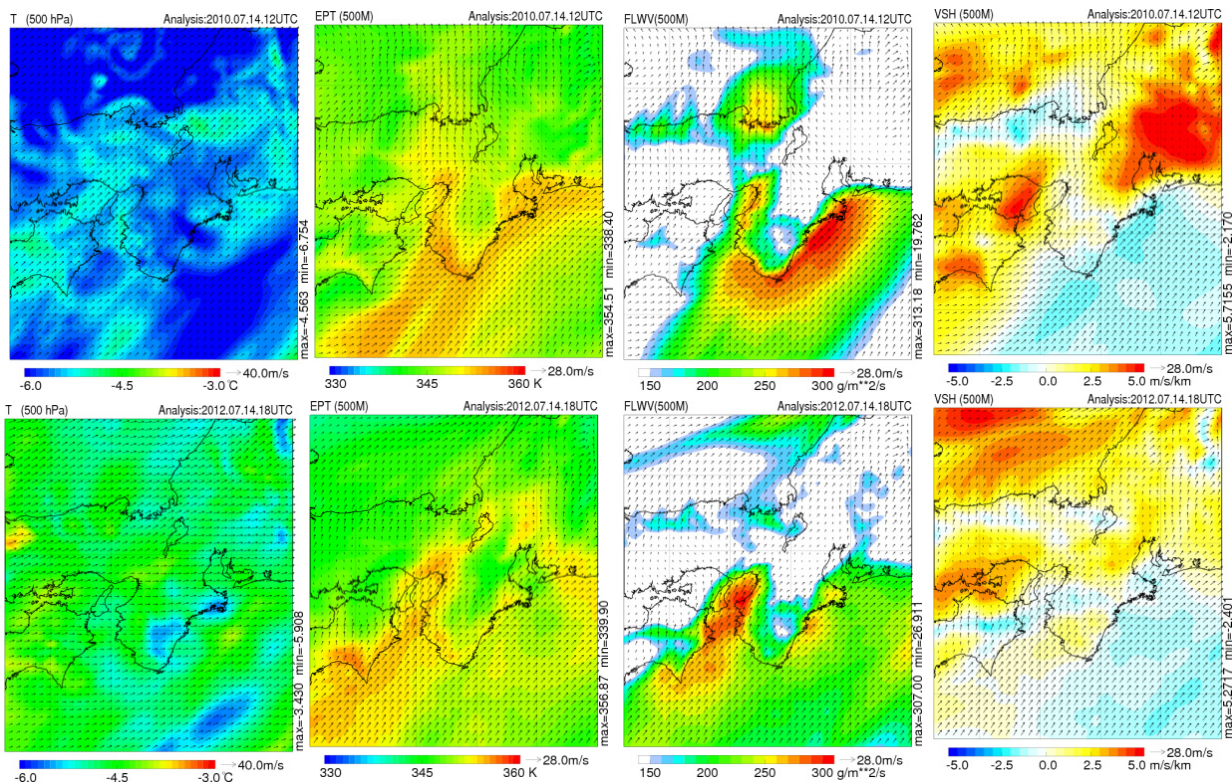
第 12 図：解析雨量(3 時間積算最大値)。(左)大雨発生事例, (右)大雨非発生事例。



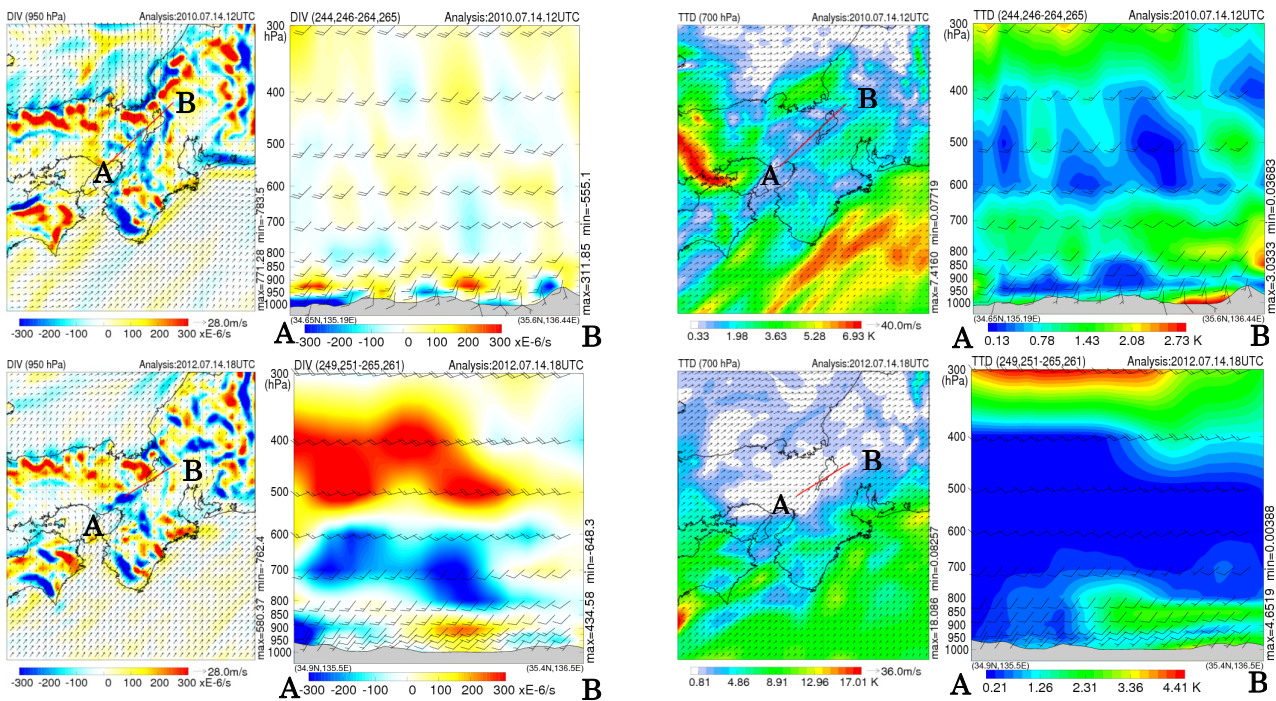
第 13 図: 上から, 500hPa・850hPa・地上の天気図(左図: 大雨発生事例, 右図: 大雨非発生事例).



第 14 図: 上から, 925hPa・950hPa の毎時風解析(左図: 大雨発生事例, 右図: 大雨非発生事例). 赤線は風の収束線.

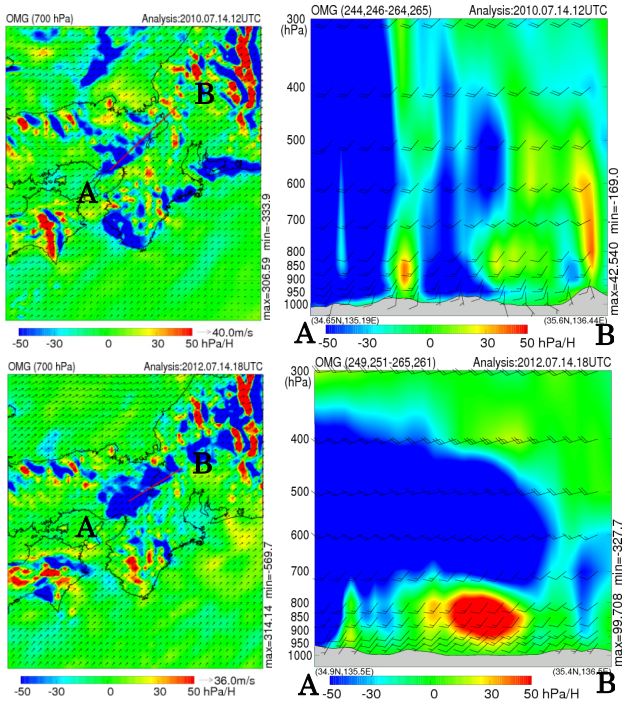


第15図: 左から, メソ解析による500hPaの気温, 500mの相当温位, 500mの水蒸気フラックス量, VSH(上図: 大雨発生事例, 下図: 大雨非発生事例).

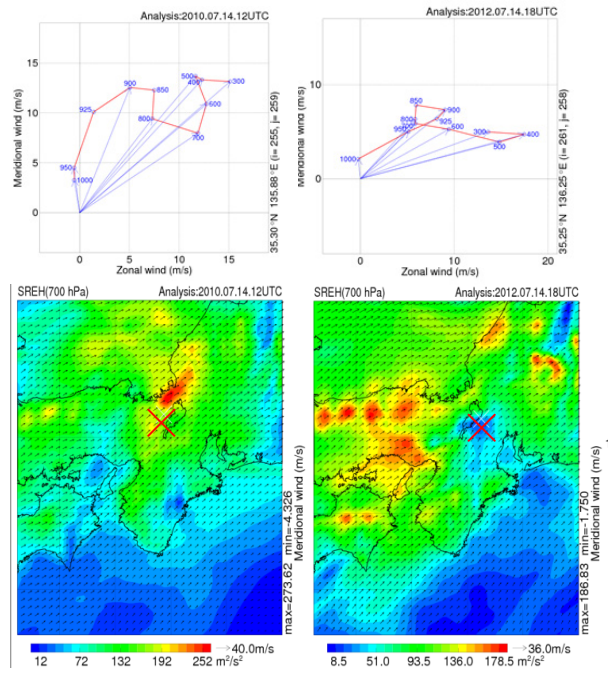


第16図: メソ解析によるDIVの950hPa平面図と断面図(A-B) (上図: 大雨発生事例, 下図: 大雨非発生事例).

第17図: メソ解析によるTTDの700hPa平面図と断面図(A-B) (上図: 大雨発生事例, 下図: 大雨非発生事例).

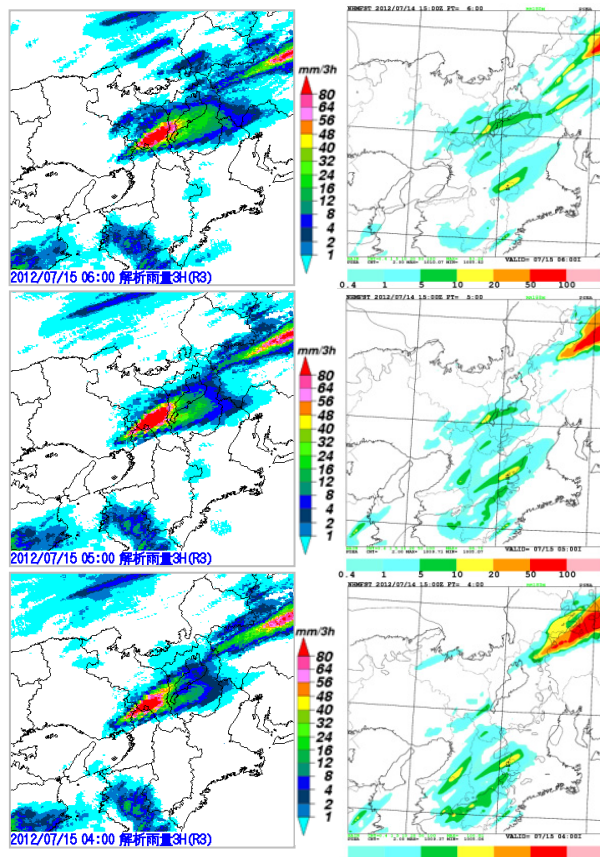


第18図:メソ解析による OMC の700hPa 平面図と断面図(A-B) (上図: 大雨発生事例, 下図: 大雨非発生事例).

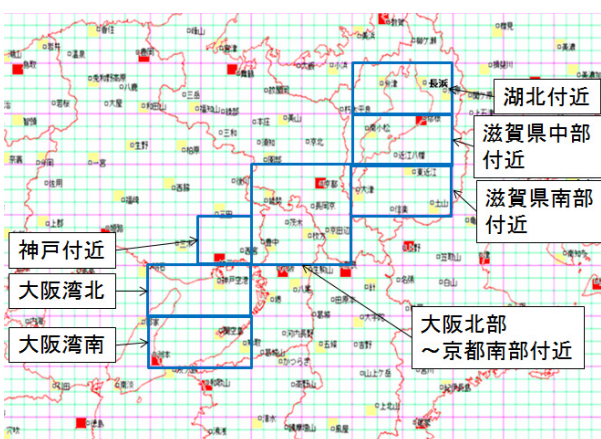


第19図:メソ解析による SREH の700hPa 平面図と hodograph (左図: 大雨発生事例, 右図: 大雨非発生事例. hodograph の位置は平面図の × 印).

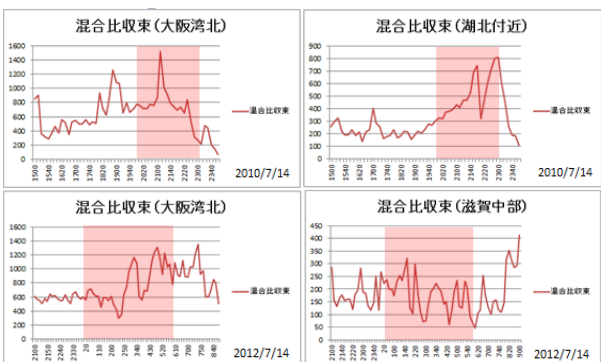
| | | | | | | | | | | | | | |
|--------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 136.76 | 136.8125 | 136.875 | 136.9375 | 137 | 137.0625 | 137.125 | 137.1875 | 137.25 | 137.3125 | 137.375 | 137.4375 | 137.5 | 137.5625 |
| 35.9 | 10.9025 | 10.9097 | 10.9170 | 10.9242 | 10.9314 | 10.9387 | 10.9459 | 10.9531 | 10.9603 | 10.9676 | 10.9748 | 10.9820 | 10.9893 |
| 35.85 | 10.4247 | 10.4329 | 10.4411 | 10.4493 | 10.4575 | 10.4657 | 10.4739 | 10.4821 | 10.4903 | 10.4985 | 10.5067 | 10.5149 | 10.5231 |
| 35.8 | 10.1291 | 10.2037 | 10.3017 | 10.4153 | 10.5453 | 10.6913 | 10.8523 | 11.0273 | 11.2163 | 11.4193 | 11.6363 | 11.8673 | 12.1123 |
| 35.75 | 10.0729 | 10.2749 | 10.497 | 10.9158 | 11.5123 | 12.2963 | 13.1673 | 14.1233 | 15.1653 | 16.2933 | 17.5173 | 18.8373 | 20.2533 |
| 35.7 | 10.2432 | 10.5242 | 10.8512 | 11.2242 | 11.6442 | 12.1122 | 12.6282 | 13.1922 | 13.8042 | 14.4642 | 15.1722 | 15.9262 | 16.7262 |
| 35.65 | 10.4716 | 10.9425 | 11.3553 | 12.3057 | 13.2057 | 14.2314 | 15.3824 | 16.6574 | 18.0574 | 19.5824 | 21.2324 | 22.9974 | 24.8774 |
| 35.6 | 11.0499 | 11.6447 | 12.4633 | 13.5239 | 14.9239 | 16.5639 | 18.4439 | 20.5639 | 22.9239 | 25.5139 | 28.3239 | 31.3539 | 34.6039 |
| 35.55 | 11.7122 | 12.7848 | 14.2034 | 15.9442 | 17.9242 | 20.1542 | 22.6342 | 25.3642 | 28.3442 | 31.5742 | 35.0542 | 38.7842 | 42.7642 |
| 35.5 | 12.1724 | 13.5769 | 15.5793 | 17.8522 | 20.4022 | 23.2222 | 26.3022 | 29.6422 | 33.2422 | 37.1022 | 41.2222 | 45.6022 | 50.2222 |
| 35.45 | 12.5751 | 14.3752 | 16.8112 | 19.5423 | 22.6723 | 26.1623 | 29.9923 | 34.1623 | 38.6723 | 43.5223 | 48.6423 | 54.0223 | 59.6623 |
| 35.4 | 12.8652 | 15.0523 | 17.8723 | 21.4723 | 25.1223 | 28.6123 | 32.3423 | 36.4123 | 40.8223 | 45.5723 | 50.6423 | 56.0223 | 61.7123 |
| 35.35 | 13.2389 | 15.7123 | 18.6923 | 22.3823 | 26.3423 | 30.1623 | 34.2423 | 38.6723 | 43.4423 | 48.4623 | 53.7223 | 59.2223 | 64.9423 |
| 35.3 | 13.6123 | 16.3523 | 19.6923 | 23.4223 | 27.6723 | 31.3923 | 35.7223 | 40.3423 | 45.6223 | 51.1423 | 56.8923 | 62.8923 | 69.1423 |
| 35.25 | 14.0251 | 17.0523 | 20.8923 | 24.6723 | 29.1223 | 32.9923 | 37.6223 | 42.8423 | 48.3623 | 54.0723 | 59.9723 | 66.0723 | 72.3623 |
| 35.2 | 14.4789 | 17.8223 | 22.2923 | 26.0723 | 30.7223 | 34.7923 | 39.6223 | 44.6223 | 50.6423 | 56.8423 | 63.2223 | 69.7923 | 76.5223 |
| 35.15 | 14.9742 | 18.6523 | 23.8923 | 27.6223 | 32.6723 | 36.8923 | 42.0223 | 48.1423 | 54.5223 | 61.1423 | 67.9223 | 74.8423 | 81.9223 |
| 35.1 | 15.5112 | 19.5423 | 25.5923 | 29.3223 | 34.7223 | 39.3923 | 45.3223 | 51.8423 | 58.6223 | 65.6423 | 72.8923 | 80.3623 | 88.0423 |
| 35.05 | 16.0909 | 20.4823 | 27.4923 | 31.1723 | 36.9223 | 41.9923 | 48.1223 | 54.8423 | 61.8423 | 69.1223 | 76.6423 | 84.3223 | 92.1423 |
| 35.0 | 16.7132 | 21.4723 | 29.5923 | 33.2223 | 39.2723 | 45.0223 | 51.2423 | 58.1423 | 65.3223 | 72.7923 | 80.4423 | 88.2623 | 96.2423 |
| 34.95 | 17.3789 | 22.5223 | 31.8923 | 35.4723 | 41.7223 | 47.9923 | 54.5223 | 61.6423 | 69.0223 | 76.6423 | 84.4223 | 92.3623 | 100.4423 |
| 34.9 | 18.0872 | 23.7423 | 34.2923 | 37.8223 | 44.5723 | 50.9923 | 57.8223 | 64.8423 | 72.5223 | 80.4423 | 88.5623 | 96.8423 | 105.2623 |
| 34.85 | 18.8389 | 25.0223 | 36.8923 | 40.3223 | 47.5223 | 53.9923 | 60.8223 | 68.0223 | 75.8423 | 83.8423 | 91.9223 | 100.1423 | 108.4623 |
| 34.8 | 19.6323 | 26.3723 | 39.6923 | 43.0723 | 50.5223 | 56.9923 | 63.9223 | 71.1223 | 78.8423 | 86.8423 | 94.9223 | 103.1423 | 111.4623 |
| 34.75 | 20.4672 | 27.7923 | 42.6923 | 46.0223 | 53.6223 | 59.9923 | 66.9223 | 74.3223 | 82.0223 | 90.0223 | 98.1423 | 106.3623 | 114.7423 |
| 34.7 | 21.3432 | 29.2823 | 46.3923 | 49.2723 | 56.4223 | 62.9923 | 70.1223 | 77.8423 | 85.8423 | 93.9223 | 102.1423 | 110.4623 | 118.8423 |
| 34.65 | 22.2609 | 30.8423 | 50.1923 | 52.7223 | 59.3223 | 65.9923 | 73.2223 | 81.1223 | 89.2423 | 97.4423 | 105.7423 | 114.1423 | 122.6423 |
| 34.6 | 23.2189 | 32.4723 | 54.1923 | 56.2223 | 62.4223 | 68.9923 | 76.3223 | 84.6223 | 93.1223 | 101.6423 | 110.2623 | 118.9423 | 127.6623 |



第 20 図: ベクトル差平面図(上図: 大雨発生事例, 下図: 大雨非発生事例). 囲み太枠は滋賀県の格子, 細枠は彦根・大津を表す(左段と上段の数字は緯度及び経度を表す).

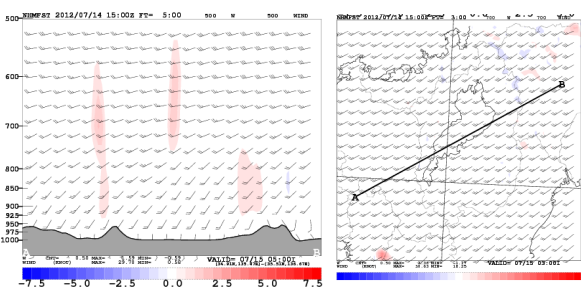


第 21 図: 水蒸気収束の最大値を抽出した領域.

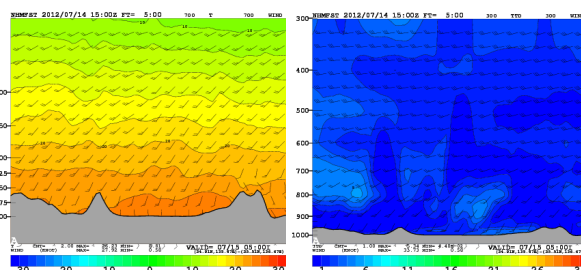


第 22 図: 混合比収束(正しくは、水蒸気収束)と大雨の発生時間帯(上図: 大雨発生事例, 下図: 大雨非発生事例). 桃色陰影部分は県内で大雨の発生した時間帯を示す.

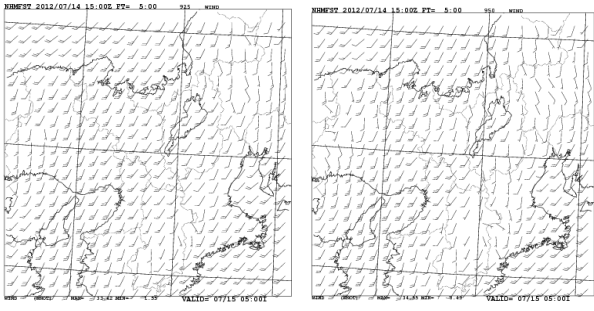
第 23 図: 3 時間積算雨量(左図: 3 時間解析雨量, 右図: JMA-NHM 再現実験). 下段から 4 時, 5 時, 6 時.



第 24 図: JMA-NHM による鉛直 P 速度断面図(右図の A-B の断面図).



第 25 図: 第 24 図右に同じ. ただし, 左図が気温, 右図が湿度.



第26図: JMA-NHMによる風の平面図(左図: 925hPa, 右図: 950hPa).