

第4章

まとめと今後の課題

第4章 まとめと今後の課題

津口裕茂（予報研究部）

大阪管区气象台 気象防災部 防災調査課

第2・3章では、平成25・26年度の地方共同研究における大阪管区の各官署と予報研究部の研究成果について、それぞれ記述した。以下に、本研究から得られた成果のまとめと今後の課題を述べる。

【大阪管区】

- ・ 解析雨量データを用いて、集中豪雨・大雨事例を客観的に抽出した。また、平成23・24年度の地方共同研究よりも対象期間を延ばすことで、集中豪雨・大雨事例のサンプル数を増加させた。
- ・ 平成23・24年度の地方共同研究で抽出した集中豪雨・大雨発生の必要条件である500m高度の相当温位/水蒸気フラックス量について、多数のサンプルを統計解析することによって、その妥当性を確認した。また、これらの要素について、集中豪雨・大雨が発生する場合の閾値を求めた。
- ・ 必要条件として、500m高度の相当温位/水蒸気フラックス量だけでなく、他の要素についても統計解析を行った。その結果、自由対流高度までの距離、平衡高度、下層と中・上層の気温差、中層の湿度、可降水量などが抽出された。また、これらの要素について、集中豪雨・大雨が発生する場合の閾値を求めた。
- ・ 複数の集中豪雨・大雨の事例解析から、集中豪雨・大雨発生の十分条件をいくつか抽出した。たとえば、地上付近の水平収束の存在、適度な鉛直シアの存在、中層のショートトラフの通過、中層への乾燥空気の流入、下層の冷氣塊の存在、地形による強制上昇などである。

【予報研究部】

- ・ 大阪管区を含む西日本域を対象として、1995～2014年(20年間)の7・8・9月の期間について、JRA-55を用いて集中豪雨・大雨が発生する総観～メソ α スケールの環境場の統計解析を行った。
- ・ 西日本域における最大3時間積算降水量と総観～メソ α スケール環境場の特徴との相関関係を統計的に解析した。その結果、環境場のそれぞれの特徴の中で、900hPa_IVT(地上から900hPa面までの水蒸気フラックスの鉛直積分量)、500hPa_SEPT-950hPa_EPT(500hPa面の飽和相当温位と950hPa面の相当温位の差)、700hPa_OMG_AVE(メソ β スケール以下の上昇・下降流を除去するために水平方向に約400kmで平均化した700hPa面の鉛直P速度)、700hPa_RH(700hPa面の相対湿度)の4つの要素の相関が高いことが明らかになった。

- ・集中豪雨が発生する環境場と平均場/降水が無い場合の環境場との比較を行ったところ、上記の4つの要素には、それぞれの環境場の間に統計的に有意な差があることが明らかになった。
- ・単一の要素だけでなく、複数の要素を組み合わせることで、集中豪雨が発生する環境場をより明瞭に把握できる可能性があることを示した。

大阪管区の各官署の解析から得られた各府県における集中豪雨・大雨発生のための必要条件・十分条件を、第4.1表にまとめた。この表は、平成25・26年度の地方共同研究における最大の成果の一つである。

この表をみると、集中豪雨・大雨発生の必要条件とそれらの閾値、十分条件は、多種多様であることがわかる。必要条件の閾値についてみてみると、たとえば、各府県における500m高度の相当温位の閾値は、最大値が351K以上(高知県の南西風系)、最小値が320K以上(徳島県室戸岬)となっており、各府県における500m高度の水蒸気フラックス量の閾値は、最大値が $330\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ 以上(島根県東部)、最小値が $80\text{g}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ (和歌山県南部)となっている。これらのように、同じ必要条件であっても各府県によって閾値の値にはかなりの差がある。また、その他の必要条件についてみてみると、不安定度(下層と中・上層の気温差)、中層の湿度、鉛直シアーなどが条件として抽出されている府県もあれば、そうではない府県もある。十分条件についても必要条件・その他の必要条件と同じく、府県によって共通するものもあれば、異なるものも数多く存在している。

一方、予報研究部の成果をみると、環境場をあらわす多くの要素の中には、降水量(集中豪雨・大雨)と相関がまずまず高い要素もいくつか存在している。これらを大阪管区の各官署の成果と比較すると、たとえば、下層の暖湿気塊の流入や大気の成層状態の不安定をあらわす要素は多くの官署で条件となっており、集中豪雨・大雨発生にとってこれらの要素が重要なものであると考えられる。ただし、予報研究部と大阪管区の解析では、着目している時空間スケールが異なっている場合もあることは考慮すべきかもしれない(前者は主に“総観～メソ α スケール”、後者は主に“メソ β スケール”となる)。

本研究では、集中豪雨・大雨発生の必要条件を抽出し、それらの閾値を求めた。また、限られた数の事例解析からではあるが、十分条件を求めた。これらは各府県それぞれで求められた条件であり、府県ごとの必要条件とそれらの閾値、十分条件には共通のものもあれば、異なっているものも多くある。その理由としては、集中豪雨・大雨が現象として非常に局地性が強く、それぞれの府県での集中豪雨・大雨の発生メカニズムにかなりの“個性”があることが考えられる。ただ、それぞれの府県で共通する条件が存在していることや、総観～メソ α スケールの環境場の特徴では降水量と相関が高いものがあることも確かである。これらのことは、集中豪雨・大雨の発生について、事例(地域)ごとによらない、より一般的な理解が可能であることを示唆している。

本研究から得られた結果は多岐にわたっており、現状ではまだまだ整理できているとは

言い難い。また、府県によっては同じ要素が必要条件になっていたり、十分条件になっていたりしており、明確な分類ができていない問題もある。今後、これらの結果をさらに吟味することで共通点を見出し、精緻化していくことで、集中豪雨・大雨の普遍的な理解につながっていくと考えている。

平成 25・26 年度の地方共同研究は、ほぼ計画通りに研究を進めることができ、研究計画で立てた目標をおおむね達成することができた。平成 23・24 年度の地方共同研究では、集中豪雨・大雨事例のサンプル数が少なかったこともあって、必要条件の妥当性を十分に確認することができず、必要条件の要素もかなり限定されたものであった。また、十分条件についてはほとんど調べることができなかった。今回の地方共同研究では、前回の地方共同研究で残された課題を解決することを第一の目標にかかげ、それらの解決に取り組んだ。

その結果、集中豪雨・大雨の正確な予測に資する一定の成果を上げることができ、本研究で用いた研究手法が集中豪雨・大雨の予報精度向上において、ある程度は有効であることが示されたと考えている。本研究では、対象とした地域が大阪管区(西日本域)だけであったことから、今後は同様の手法を他の地域に適用することで、日本全国の集中豪雨・大雨を統一された手法で調査・解析することが望まれる。このことが、集中豪雨・大雨のより一般的(普遍的)な理解へと進み、ひいては防災・減災につながることを確信している。

大阪管区の地方官署の担当者は、現業をかかえる激務の中、積極的に地方共同研究に取り組み、本報告に記述したような大きな成果を上げた。今回の地方共同研究には、大阪管内のすべての地方官署が参加し、担当者も比較的若い職員が占めていた。このことから、本地方共同研究は、気象庁の業務の将来を担う若手職員の技術力向上に大きく寄与したものと考えている。最後に、このような取り組みが今後も継続されることを切に願っている。

第 4.1 表：大阪管区の地方官署ごとの集中豪雨・大雨発生のための
必要条件と十分条件のまとめ

官署名	必要条件				その他の必要条件	十分条件
	500m_EPT(K)	500m_FLWV(g・m ² ・s ⁻¹)	DLFC(m)	EL(m)		
大阪		150以上	1000以下		<ul style="list-style-type: none"> 700hPaの湿気・湿度：3℃以下、80%以上 K指数：34以上 500m高度の風向：180～240度 700hPaの風向：210～270度 700hPa-500m高度の鉛直シア(六甲山)付近：向き265～360度、大きさ4～16m/s 	<ul style="list-style-type: none"> 上層が発散場になっている。 500～700hPaでのトラフの通過。 下層に加え、中層の水蒸気の持続的輸送。 大阪平野の下層収束域と冷気層の形成。 六甲山地から北摂山地の地形による強制上昇。
彦根	340K以上 (神戸付近)		800m以下 (県内)	8000m以上 (県内)	<ul style="list-style-type: none"> 500hPaの気温(神戸・県内)：-4℃以下 気温差(950-300hPa)(県内)：50℃以上 950-925-850・700hPaの湿気(県内)：3℃以下 700-950hPaの風向風速のベクトル差(県内)：10m/s以上 700hPaの風向(京都)：220～240度、250～265度 	<ul style="list-style-type: none"> 850hPaの前線面が北部県境以北にある。 伊勢湾から下層の暖湿気塊が流入。 県内で風の収束域が形成される。 上空への寒気流入による大気不安定。 鉛直シア(700-950hPa)のベクトル差が大きい。 線状降水帯の進入先近傍に高SREH域が存在。 水蒸気の収束の強まり。
京都	345以上	110以上	550以下	7800以上	<ul style="list-style-type: none"> 500m高度の風向風速：190～220度、7～16m/s 700hPaの湿気：1.5℃以下 500hPaの飽和相当温度-500m高度の相当温度：-2.6K以下 500hPaの気温：-5℃以下(500m_EPTが345K以上)。 -3℃以下(500m_EPTが353K以上) 	<ul style="list-style-type: none"> 六甲山の地形、下層収束、地上冷気層等による下層上昇流の存在。 トラフ等による中上層の上昇流の存在。 線状降水帯の形成・維持。 700hPaと下層の鉛直シアが8～12m/s、θ=20～50度 南西風での水蒸気供給の継続
神戸	350以上	140以上	700以下	12000以上	<ul style="list-style-type: none"> 可降水量：58mm以上 700hPaの渦度：100x10⁻⁶s⁻¹以上 中層の乾燥域が接近している。 	<ul style="list-style-type: none"> 地上付近に滞留寒気が存在している。 内陸に地上風の収束域が存在している。 地形の影響による上昇流の存在。 シアライン接近による下層収束の強化。 停滞前線に平行な中層の風。
奈良	暖域事例:346以上 本体事例:340以上	暖域事例:96以上 本体事例:110以上			<ul style="list-style-type: none"> 700hPa-500mの鉛直シア：暖域240～360度、本体180～320度 925-500hPaの気温減率：暖域・本体ともに0.5K/100m以上 	<ul style="list-style-type: none"> 先行降雨により、冷気層が形成されること。 瀬戸内海から流入してくる下層の暖湿気塊が、冷気層に乗り上げること。 アナ型前線が下層の暖湿気塊を持ち上げること。
和歌山	北部:345以上 南部:340以上	南部:80以上	350以下	8000以上	<ul style="list-style-type: none"> 500m高度の風向：北部SW～S 南部W～SW、SE～E 気温差(500-850hPa)：-20℃以下 気温差(700hPa-500m高度)：-10℃以下 相当温度差(500hPa-500m高度)：0K以下(対流不安定) 相当温度差(700hPa-500m高度)：0K以下(対流不安定) 	<ul style="list-style-type: none"> 下層空気の持ち上げ機構として、500m高度での風の収束や温位勾配、地形などによる外力が働き、925hPaの鉛直P速度-50hPa/h以下の上昇流がある。 中上層の風上側に相当温度・飽和相当温度の低い空気があり、それらの適度な流入がある。
広島					<ul style="list-style-type: none"> 広島市付近の700hPaの湿度が7%以上。 周防大島付近の上空のSSI(500-850hPa)が0.5以下。 	<ul style="list-style-type: none"> 豊後水道を経由する下層の暖湿気塊が、南寄りの風によって周防灘付近に流入してくること。 山口県側に先行降雨による相対的な下層冷気が存在していること。
必要条件						
官署名	500m_EPT(K)	500m_FLWV(g・m ² ・s ⁻¹)	DLFC(m)	EL(m)	その他の必要条件	十分条件
岡山	351以上(925hPa)		300以下	12000以上	<ul style="list-style-type: none"> SSI(500-850hPa)：-2.3℃以下 可降水量：60mm以上 	<ul style="list-style-type: none"> 地上前線の温度傾度が大きく、シアラインが明瞭である。 県内に入る前から500m高度のdlFC・EL・CONVの分布が線状になっている。 降水域の風上側に中層に乾燥域が流入している。 925hPaで中国地方に風の収束域があり、高相当温度の気塊が九州の西海上から中国地方にかけて、継続して流入している。
松江	東部:348以上 西部:348以上 隠岐:346以上	東部:330以上 西部:260以上 隠岐:330以上	東部:500以下 西部:700以下 隠岐:1000以下	東部:9000以上 西部:9000以上 隠岐:7000以上	<ul style="list-style-type: none"> 東西風速：東部16m/s以上 西部12.5m/s以上 隠岐13m/s以上 地上では、梅雨前線が山陰沿岸または山陰沖に停滞しているか、南北振動していること。 925hPa面では、相当温度345K以上の気塊が東シナ海から対馬海峡を通過して日本海へ流入していること。 500hPa面では、風向が西寄りであり、中国地方に明瞭なトラフが存在しないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> 925hPa面に水平シアが存在する。
鳥取					<ul style="list-style-type: none"> 手法を変えた解析を行なったため、必要条件は無し(詳細は第2章の本文を参照のこと)。 	<ul style="list-style-type: none"> 手法を変えた解析を行なったため、十分条件は無し(詳細は第2章の本文を参照のこと)。
高松	345～360	180～340			<ul style="list-style-type: none"> 500m高度の風向：215～270度 500m高度の風速：10～20m/s 700hPaの湿気：1℃以下 	<ul style="list-style-type: none"> 500hPaでのショートトラフの通過。
徳島	325以上(500m) 320以上(室戸岬)	300以上(500m) 200以上(室戸岬)	300以下(500m)	7000以上(500m)	<ul style="list-style-type: none"> 室戸岬の観測で、風向風速がE～SSEで17m/s以上。 	<ul style="list-style-type: none"> 徳島県南部沿岸部に鉛直シア(700-950hPa)存在。 徳島県南部沿岸部に地上風の水平収束域が存在 ⇒ 沿岸前線が存在。 中層域(600hPa)の相対的な乾燥域の先端部における対流不安定。
松山	345以上	100以上300以下	500以下	9000以上	<ul style="list-style-type: none"> 可降水量：60mm以上 500hPaの気温：-8℃以上-4℃以下 気温差(850-500hPa)：22℃以上25℃以下 700hPaの湿度：ほぼ100% 	<ul style="list-style-type: none"> 伊予灘付近での鉛直シアと下層の水平収束の存在。 伊予灘付近の収束点を基点に形成される線状降水帯。 中層域(700～600hPa)へ比較的乾燥した空気の流入。
高知	南東風系:349以上 南西風系:351以上	南東風系:180以上 南西風系:200以上			<ul style="list-style-type: none"> 500hPaの気温：南東風系-5℃以下 南西風系は閾値無し 500m高度の風向：南東風系S～E 南西風系S～SW 500m高度の風速：南東風系・南西風系ともに10m/s以上 	<ul style="list-style-type: none"> 500hPaで渤海から朝鮮半島付近のトラフの存在。 台風や熱帯低気圧の存在。 上空が寒気移流域。 南西風系のみ、明瞭な前線あるいはシアが存在し、その暖域に面すること。