

数値気象モデルを用いた降水量最大化手法における線状対流系の物理特性  
 Physical Characteristics of Linear-shaped Convective Systems  
 in the Numerical Weather Model-based Precipitation Maximization Method

○大野哲之・山口弘誠・中北英一

○ Akiyuki ONO, Kosei YAMAGUCHI, Eiichi NAKAKITA

The Numerical Weather Model-based Probable Maximum Precipitation (PMP) is widely used for assessing the risks associated with hydraulic structures in river basins. Among the key methods for storm transposition to target basins is the atmospheric boundary condition shifts (ABCS) method. This study proposes a new framework within the ABCS approach, called Lower Layer Shifts (LLS), designed to estimate maximum precipitation caused by linear-shaped convective systems in 2012 over the upstream regions of the Katsuragawa and Kamogawa River basins. LLS involves shifting the boundary conditions of the lower troposphere northward to southward while keeping the upper troposphere fixed. In the conventional ABCS method, shifting northward led to decreased 6-h precipitation due to the transposition of dry air in the middle layer. While in LLS, precipitation increased by about 106% compared to the control run, indicating that the larger IVT in the Kii Channel and the terrain forcing of Mt. Rokko play key roles in precipitation generation (155 words).

#### 1. はじめに

数値気象モデルを用いた可能最大降水量 (Probable Maximum Precipitation; PMP) の推定は、河川流域における災害外力の想定を始め防災対策において基盤となる情報を提供することが期待される手法である。特定の流域・期間における PMP 推定手法として、再解析等の GPV を空間的にずらすことで境界条件を移動させる手法 (Atmospheric Boundary Condition Shifts; ABCS), 相対湿度の最適化の2つが主に使用される (Ohara et al. 2011)。これらの手法を数値気象モデルに適用することで、大気中の水分量と降水量の線形性等の物理的に整合的でない場合がある仮定を用いなくとも PMP を推定することが可能になる。一方で、先行研究の多くは米国西海岸域における大気の河に伴う豪雨や熱帯低気圧を対象としているため、空間スケールがより小さい我が国における線状対流系に伴う降水量への適用に際しては、PMP 推定手法の汎用性やモデルの空間解像度等について検討が必要である。本研究では、ABCS を適用することで数値気象モデル内に過去の大気場に空間的なずれが生じていた場合を想定し、2012年7月に京都亀岡で発生した線状対流系における PMP 推定及びそのメカニズムについて解析する。

#### 2. 解析手法

数値気象モデルには CReSS を使用し、近畿地方全域をカバーする水平解像度 500 m の計算領域を設定した。初期値・境界値には気象庁 MSM 解析値を使用し、2012年7月14日 21JST を初期時刻として、ABCS を適用しない実験をコントロールラン (CTL) とした。先行研究における ABCS では初期値・境界値として与える気圧面全層の物理量 (水平風速, 気温, 相対湿度, 高度) を空間的に移動させるため、ここでは All Layer Shifts (ALS) と呼ぶことにする。一方で本研究では対流圏下層の分布の空間的なずれに対する感度実験を行うため、独自の ABCS 手法 (Lower Layer Shifts; LLS) を提案する。具体的には i) 850hPa 面以下の物理量を移動させ、ii) 600 hPa 面以上の物理量は移動させず、iii) 700-800 hPa 面では移動量に対する線形内挿により GPV を作成した。ALS では CTL に対して初期値・境界値を南北方向に 0.1 度間隔で移動させた実験 (ALS 0.1N, 0.2N, ..., 0.6N, 0.1S, ..., 0.6S) を、LLS では北方向に 0.1 度間隔で移動させた実験 (LLS 0.1N, 0.2N, ..., 0.6N) を行った。なお地表面付近の物理量及び標高はすべての実験でそのまま与えた。以下に示す解析では計算開始後 3-9 時間の 6 時間のデータを対象とした。

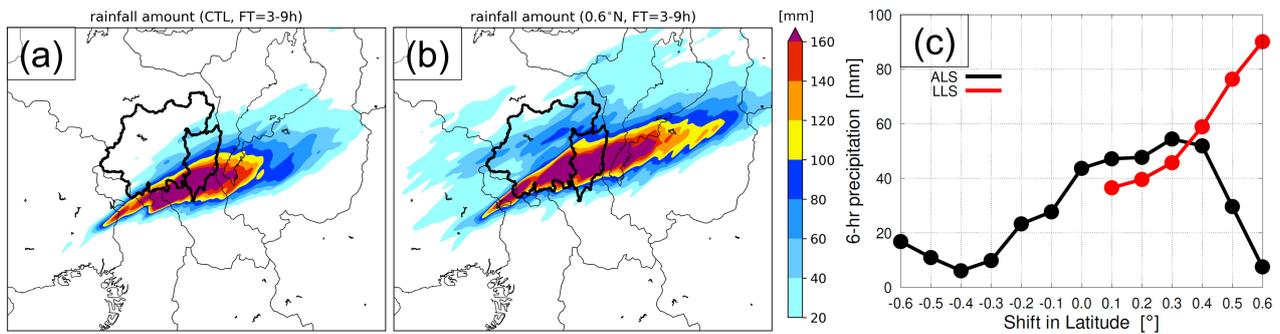


図 1: (a) CTL, (b) LLS 0.6N の 6 時間積算降水量. (c) 鴨川・桂川上流域の流域平均雨量 (流域は (a), (b) の黒太線).

### 3. 解析結果

図 1(a) に CTL おける 6 時間積算降水量の分布を示す。レーダー観測では鴨川・桂川上流域 (黒太線) 上に南東-北西方向に走向を持つ帯状の雨域だったのに対して、CTL は流域のやや南側に雨域が発生していた。これに対して LLS 0.6N では、紫色の 160 mm 以上の強雨域が CTL に比べて拡大し、雨域もやや北に移動していた (図 1(b))。また各実験における鴨川・桂川上流域での 6 時間流域平均雨量を図 1(c) に示す。CTL に比べて北に移動した ALS 実験群 (黒線) では、0.3 度移動させた際に最も流域平均雨量が多くなり、それ以上の北方向への移動に際しては雨量が著しく減少する結果となった。また南方向に移動した実験群では雨域全体が南下し、雨量の減少傾向が見られた。一方で LLS 実験群 (赤線) では、北方向への移動量が大きくなると共に雨量も増加し、LLS 0.6N では CTL に対して 106% 雨量が増加した。レーダー観測に基づく流域平均雨量が約 53 mm であることを鑑みても、LLS 0.6N における降水系がより多くの雨量を流域にもたらしたことがわかる。

次に対象流域における降水強度の時間変化を見てみると、CTL では 15 日 04JST (FT=7h) に約 18 mm h<sup>-1</sup> とピークを迎え、減少に転じていた。また ALS 実験間では CTL と同程度あるいはそれ以下のピークを見せる結果となっていた。これに対して LLS 0.6N では 15 日 00-01JST (FT=3-4h) で降水強度が急速に増加し、03JST (FT=6h) で 30 mm h<sup>-1</sup> 超のピークを迎えていた。このことは LLS 0.6N における降水系は、雨量及びその増加速度の両方の観点から CTL・観測よりも土砂災害・浸水害のリスクを高めることを示唆している。

2012 年 亀岡豪雨の発生要因である紀伊水道から大阪湾にかけての水蒸気フラックス積算を比較すると、ALS 0.6S では CTL に比べて減少し、紀伊

半島の斜面で水蒸気が持ち上げられ消費されたと推測される。その一方で ALS 0.6N と LLS 0.6N において水蒸気フラックス積算は共に CTL を上回る値を示していた。それにも関わらず雨量に大きな差異を生じさせた要因は、対流圏中層の乾燥空気の有無と考えられる。2012 年 7 月 14 日の MSM 解析値によれば、日本海上に梅雨前線帯が停滞し、500 hPa 面において前線帯の南側に相対湿度が低い空気の流れがみられた。気圧面全層を一律に移動させる ALS ではこの乾燥空気も共に移動するため、大阪湾で水蒸気フラックスが高まり不安定な成層が作られたものの対流を抑制してしまったことが原因と考えられる。一方で下層のみを移動させた LLS では梅雨前線帯の湿潤な中層は対流の成長を妨げることなく、線状対流系を発生、維持させる役割を果たしたと考えられる。さらに線状対流系が発生する前の時間帯である 15 日 00JST (FT=3h) における 925 hPa 面相当温位・南風を比較したところ、淡路島周辺において LLS 0.6N の方が相当温位が最大で約 6 K 高まり、南風が 4-5 m s<sup>-1</sup> 強まっていたことが示された。

### 4. まとめ

本研究では ABCS の観点から線状対流系の PMP 推定を行った。CTL に対して対流圏下層を 0.6 度北に移動させた実験で流域平均雨量が大きく増加した。以上の結果は数十 km 程度の天気図の空間的なずれが局所的な水蒸気流入、ないし線状対流系の発生、雨量、雨域の位置に大きく影響する可能性を示唆し、CTL ないし観測よりも激甚な災害外力を想定する必要があると考えられる。

#### 参考文献

Ohara, N., M. Kavvas, S. Kure, Z. Chen, and S. Jang: Physically based estimation of maximum precipitation over American River watershed, California. *J. Hydrol. Eng.*, **16**, 351-361, 2011.