

# 2010 年 7 月 5 日に板橋区で発生した局地的豪雨の数値実験

牛山朋来, 萬矢敦啓, 深見和彦 (土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター)

## 1. はじめに

局地的豪雨は短時間に多量の降水をもたらし、河川氾濫や道路冠水などの被害をたびたび起こしている。局地的豪雨は空間スケールが小さく急発達することから、その発生を予測することは極めて難しい。しかし、局地的豪雨の振る舞いや構造について知見を重ねることは豪雨の予測にとって重要であると考え。我々は 2010 年の板橋豪雨について WRF を用いた診断的数値実験で再現することに成功した。それをもとに、豪雨の構造、発達過程、再現性などについて解析した結果を紹介したい。

## 2. 降水系の特徴

対象となるのは、2010 年 7 月 5 日に東京都板橋区に豪雨をもたらした降水系である。東京都の板橋の雨量計では 19:30~20:30 の 1 時間に 107mm の降水を観測し、石神井川の氾濫などに伴う床上浸水 23 棟、道路冠水、ブロック塀倒壊などの被害をもたらした。図 1 は豪雨の最盛期の 19:40JST の国交省 X-band MP レーダーの合成雨量である。東西約 30km、南北約 10km の狭い範囲に降水が集中する局地的豪雨であった。また、降水系の移動が比較的遅かったために、降雨が狭い範囲に集中するという特徴があった。

この日天気図上には顕著な総観規模擾乱は見られなかった。降水系は、16 時頃に関東平野西部の秩父山地および丹沢山地周辺で 2 つの降水系として現れ(図 3 参照)、それらがゆっくりと東進し、18 時には一つの降水系に合体、その後ゆっくり東進し 21 時までにかけて板橋区周辺に豪雨をもたらした。

## 3. モデル設定

用いたモデルは WRF Version3.2.1、水平格子間隔 1km、格子数 203×203×40 層、初期値および側面境界条件は気象庁 MSM-GPV の 3 時間毎の初期値を与えた。ただし土壌水分量のみ NCEP FNL を用いた。積分期間は 7 月 5 日 12~21JST。雲物理過程は Lin スキーム、境界層過程は Mellor-Yamada-Janjic スキーム、地表面過程は Noah スキーム、土地利用分布は USGS 30 秒間隔を用いた。

## 4. 発達過程

図 2 は図 1 と同じ時刻の降水強度に地表の風を重ねたものである。モデルの降水分布は全体的に観測よりも大きく広がっているものの、中心の 15mm/h 以上の強い降雨域の大きさは同程度であった。また、最大降水強度と総降水量は 152mm/h と 98mm で、レーダー観測の 160mm/h、116mm と同程度であった。また、2 章で述べた降水系の時間変化の基本的な特徴も、数値実験で再現されていた。

この降水系の発達過程は、藤部他(2002)に指摘された通り、相模湾からの南風と鹿島灘からの東風の収束(E-S パターン)が重要な役割を持っていた。また、

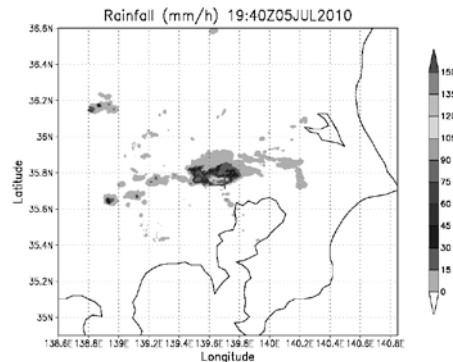


図 1. 豪雨最盛期における X-band MP レーダーによる合成雨量。

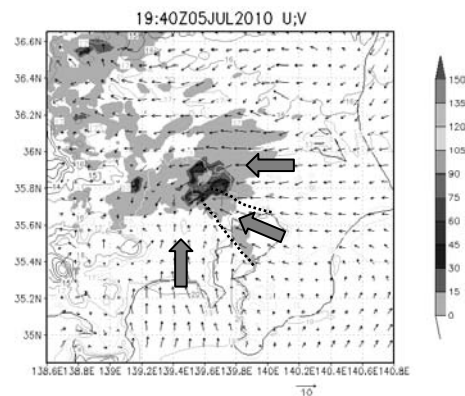


図 2. 図 1 と同時刻の WRF による実験結果。影は降水強度、小矢印は地表の風ベクトル、太点線は収束線、太い矢印は海風の風系を表わす。

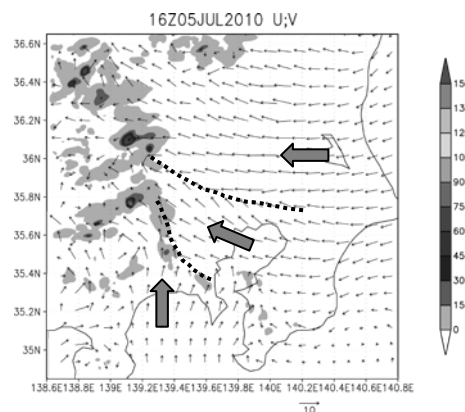


図 3. 図 2 と同じ、ただし 16 時 00 分の結果。

今回はこれらに加えて東京湾からの南東風も顕在化していたため、これらの 3 つの海風が収束し 2 本の収束線を形成した(図 3)。図 3 に見られるように、2 本の収束線が秩父山地または丹沢山地にぶつかる場所で最初の降水が発生していたことから、海風の収束と山岳による強制上昇が降水発生に効いていたこ

とが考えられる。

山地で発生したこれら2つの降水系は、この後ゆっくり東進し、2章でも述べたように、1つの降水系に合体した。しかし、合流が起きた時刻は、観測では18時であったのに対して、モデルでは19時と約1時間遅れた。

降水系の東進の理由として、上空の風に流された可能性に加えて、海風前線の移動に追従したことが考えられる。この日館野の観測によると、上空の風は高度5kmまでは5m/s以下の西風、5km~16kmでは10~20m/sの西風が吹いていた。また、降水系の東進速度は3.3m/sであった。これらのことから、降水系が弱い背景風に流されることと、上空に達した氷晶粒子が強い西風に流され東側にシーディング効果をもたらしたことが、降水系の東進に影響したことが考えられる。

また、2つ目の原因として、相模湾からの海風が内陸に侵入することによって図3の南側の収束線が東進し、収束線に追従する降水系も東進したことが考えられる。この日16時(図3)には相模湾からの海風は海岸線からわずかしこ侵入していないのに対し、19時40分(図2)にはほぼ板橋周辺まで侵入して収束線を押し上げている。このように、収束線および降水系の東進には、相模湾からの海風の進入が重要な要因であったことが考えられる。

また、この南側の収束線が東進することにより、18時頃に2本の収束線が合流し、それと同時に当初2つあった降水系が1つに合流した。この降水系の合流後降水系がさらに発達したことから、2本の収束線が合流することにより、より効果的に相模湾または東京湾からの湿った空気の供給が行われ、発達の条件が整えられたことが推測できる。

次に、降水系発達に対し重要な役割を果たした相模湾からの海風について検証するため、三浦半島の付け根のN35.43、E139.39にある海老名のアメダス観測値を計算結果と比較した。海風が海老名を通過した時刻はアメダスの15:20JSTに対してモデルでは16:20JSTであり、1時間遅れていた。また、風速はアメダスの最大3.5m/sに対してモデルでは最大5m/sと大き目であった。しかしながら、現実には海風が形成され、モデルの計算と比較的近い時刻に海風の先端が海老名を通過したことが確認できた。

降水系の発達過程で、2つの降水系が一つに合流したのがモデルでは観測に比べ約1時間遅れたが、その原因として相模湾からの海風の発達が1時間遅れていたことを関連づけて考えると興味深い。

## 5. 感度実験

一般的に、局地的豪雨は数値予報で予報することは非常に困難であることが知られている。今回の事例もまた再現が困難であることが、これまでの学会発表等で報告されている。しかし、本研究で診断的モデルながらも現実的な局地的豪雨を再現できたことは、今後の数値予報の改善への寄与が期待される。そこで、感度実験を行うことにより、局地的豪雨の

再現に影響するモデル設定について調べた。モデルの設定で調べた点は、計算初期時刻、雲物理パラメタリゼーション、地表面過程、格子間隔、などである。

感度実験で最も影響が大きかったのは、計算初期時刻の選択であった。3章4章で紹介した実験(CNTL実験とする)は12JST計算開始であるが、それより3時間早い09JST開始の実験では、全体として対流圏下層の水蒸気量が過大となり、埼玉県北部に現実にはない降水系が発達してしまった。その結果、板橋周辺の豪雨の発達を抑制した。また、15JST開始の実験では、豪雨をもたらす降水系の発達が不十分であったため、移動が遅れて板橋まで達しなかった。

また、水平格子間隔も結果に決定的な影響を及ぼした。格子間隔に関する感度実験は、0.5km、0.75km、1km、1.5km、2km、2.5km、3kmについて行った。ただし、地形データはすべて同じ30秒間隔のデータを用いたため、0.75km以下の実験では格子間隔に見合った精度の地形を与えることができていない。1km間隔のCNTL実験とほぼ同じ降水系の構造を再現したのは、格子間隔0.5km~2kmの実験であった。しかし、2km間隔の実験では最盛期の降水系の位置が約20km北西にずれており、0.75km間隔の実験でも降水系の位置が10km程度北西にずれた。一方、格子間隔2.5kmと3kmの実験では、豪雨が一か所に集中する構造が再現されず、降水強度も小さかった。

これらの結果から言えることは、降水系再現のためには、格子間隔は少なくとも2km以下である必要がある。また、格子間隔が1kmよりも小さい実験でも降水系の移動が遅れる場合もあり、降水系の位置の再現性は20km程度のばらつきを含む不安定なものであったことから、降水系の位置を正確に再現することは困難であると言える。

雲物理パラメタリゼーションは、Lin, Kessler, Goddard, WSM6classについて実験した。これらの効果は、前述した効果に比べて影響は小さいものであった。降水の形成過程に比べて、収束線の形成過程の方が大きな影響を及ぼしたものと考えられる。また、この中でKesslerスキームが最も現実に近い構造を再現した。このことから、今回の降水系の発達にはWarm rainプロセスが重要だったことが示唆される。地表面過程のパラメタリゼーションの影響は、前述のものに比べて比較的小さかった。

## 6. まとめ

診断的数値実験により、局地的豪雨をうまく再現することができた。これにより、適切な境界条件を与えれば、局地的豪雨もモデルで再現できることが確認できた。また、豪雨の発達に対する相模湾からの海風の重要性を確認することができた。しかし、感度実験では降水系の位置の再現は不安定であり、局地的豪雨予報が困難であることが改めて示された。

参考文献 藤部、坂上、中鉢、山下(2002): 天気 31 ~41.