

2008年8月5日に東京都で発生した局地的な大雨についての事例解析とJMANHMによる再現実験

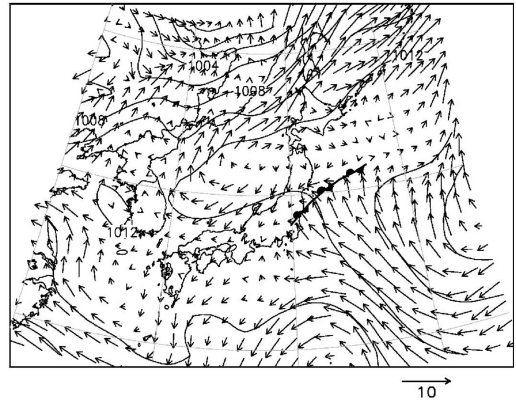
村 規 子*

1. はじめに

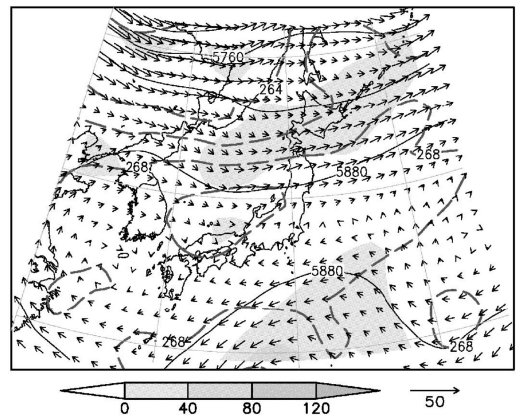
2008年8月5日、東京都では局地的に雷を伴った非常に激しい雨が降り、大雨となった。豊島区では下水道工事の作業員が流される事故があり、その他の地域でも床上・床下浸水などの被害が多数発生した（東京管区气象台 2008）。東京都心で発生する大雨は、小河川の氾濫や内水による浸水、地下道の浸水などの都市型豪雨災害をもたらすことから社会的に関心が高く、大雨の発生・発達を調べることは重要である。Kato and Maki (2009) ではこの事例について、Xバンド偏波レーダーを用いた解析を行っている。本調査では、地上気象観測資料やドップラーレーダーデータ等を用いた事例解析を行い、強雨発生時の状況について考察した。また、気象庁非静力学モデル(JMANHM)による再現実験を行い、大雨発生の背景となった風場や降水系の発達過程の把握を試みた。

2. 総観場の特徴

第1図に8月5日09時（以下、断りのない限り日本時間）の気象庁気候データ同化システム（JCDAS）データによる地上天気図を示す。日本海には移動性の高圧部があり、そこからの北寄りの風と日本の東海上の高気圧による南寄りの風の収束により、三陸沖に停滞前線が形成され、その前線の西端が関東平野付近までのびていた。一方、500 hPaの天気図（第2図）では、本州付近は優勢ではないものの帯状の高圧部に覆われていて、弱風域であった。館野の高層気象観測による500 hPaの気温はほぼ平年並の -4.4°C であったが、下層の850 hPaには相当温位351 Kの暖湿な気流



第1図 8月5日09時の地上天気図（JCDAS）。
実線：海面気圧 [hPa]。



第2図 8月5日09時の500 hPa天気図（JCDAS）。
実線：ジオポテンシャル高度 [gpm]、
破線：気温 [K]、塗潰し：鉛直渦度
[$10^{-6}/\text{s}$]。

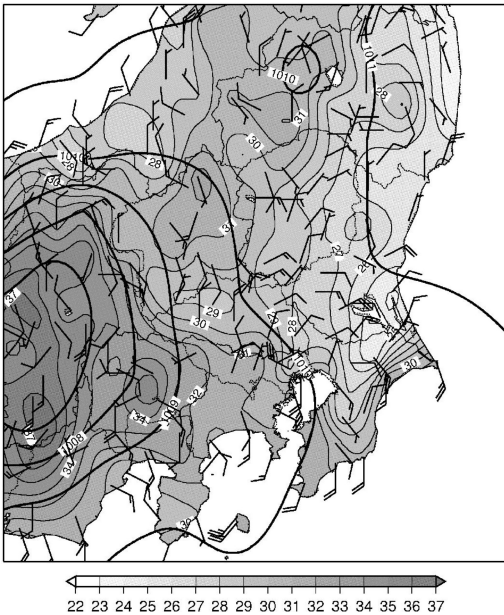
* Noriko MURA, 東京管区气象台。

© 2009 日本気象学会

が入っていた。そのため、SSIは -1.77K となり、950 hPaから800 hPa付近が対流不安定になっていた。鉛直シアが弱いことから、雷雨が発生する場合、下層の収束域に沿った、あまり組織化されていないものになることが想像できる。

3. 地上観測及びレーダー等による解析

8月5日12時頃には、長野県付近を中心とした熱的低気圧が形成されていた(第3図)。また、埼玉県や東京都の気温が茨城県や千葉県に比べて高く、関東地方南部が低圧部になっていた。千葉県と茨城県の県境付近には、温度傾度を伴った水平風の収束線があり、北側は鹿島灘からの相対的に冷涼な東寄りの風、南側は房総半島の南寄りの風であった。この収束線は、第2節で述べた停滞前線の西端に対応すると考えられる。この気流分布は、藤部ほか(2002)で降雨に先立つ風系として定義された「E-S型」に相当している。この「E-S型」収束線の北側の気流の形成・維持について、藤部ほか(2003)では、降水による冷気外流出や海風、総観規模の風が寄与することを示しているが、本事例では総観規模の風の寄与が大きいと考えられる。



第3図 8月5日12時の海面気圧 [hPa] (等値線)と高度補正した気温 [°C] (塗潰し)。

関東平野の気流を詳細に見ると、収束線の北側の気流には、鹿島灘からの東寄りの風と栃木県や埼玉県の北寄りの風の2つがあることが分かる。鹿島灘からの東寄りの風は、総観場の東風が海上(関東の東)から直接関東平野に進入したものであり、関東内陸の北寄りの風は、総観場の東風が奥羽山脈を越えられずに福島県の中通りを通過したものと考えられる。

次に、これらの風系と強雨発生との関係について述べる。豊島区で発生した局地的な大雨は、11時10分頃に23区の南部(目黒区付近)に出現した対流セル(C1)によりもたらされた(第4図(936頁))。C1が発生した時刻には、鹿島灘からの東寄りの風は東京都より東にあり、C1に到達していなかった(第4図左上)。C1は、鹿島灘からの東寄りの風でなく、内陸の北寄りの風と南寄りの風の収束により発生したと考えられる。発生後、C1は上空の弱い南西の風によってゆっくりと北上しながら発達し、12時頃にかけて23区の北部の豊島区付近まで移動して、そこで停滞して大雨をもたらした。なお、豊島区で下水道の事故が発生したのは、11時40分～12時頃とされている(東京都下水道局 2008)。鹿島灘からの東寄りの風の領域は、次第に西に広がって、12時頃にはC1付近まで到達していた。その後、東寄りの風の領域はさらに広がって、14時には埼玉県などの内陸まで、概ね東寄りの風となっていた。一方、12時30分にC1の南西側にある対流セル(C2)は、C1の南側で発生して北西進したもののだが、鹿島灘からの東寄りの風の領域の西への広がりと共に収束線付近を西進し、14時40分頃に衰弱した。このように、鹿島灘からの東寄りの風に接近した頃に、C1やC2の発達や移動に変化が見られることから、鹿島灘からの東寄りの風がこれらに影響を及ぼしていたことが考えられる。

降水系周辺の風系を確認するために、東京レーダーの動径風をしてみる(第5図(936頁))。11時30分(左)にはレーダーサイト(B地点)周辺は正速度と負速度の境界になっていた。地上風と照らし合わせると正速度が鹿島灘からの東寄りの風、負速度が南寄りの風に対応していると考えられる。レーダーサイトから対流セルC1に向かう方向の断面図を見ると、正速度域の厚さが下層1～2 kmであることから、鹿島灘からの気流が下層1～2 kmの厚さであったことがわかる。C1に注目すると、先に述べたように11時30分には、鹿島灘からの気流はC1に届いていない。12時00分(右)になると、C1は、南へやや広がった鹿島

灘からの東寄りの風と接する位置にあり、11時30分に比べて発達していた。このように東京レーダーで見たC1付近の風分布は、アメダスの風分布で見た解析結果と矛盾しない。

4. JMANHM による再現実験

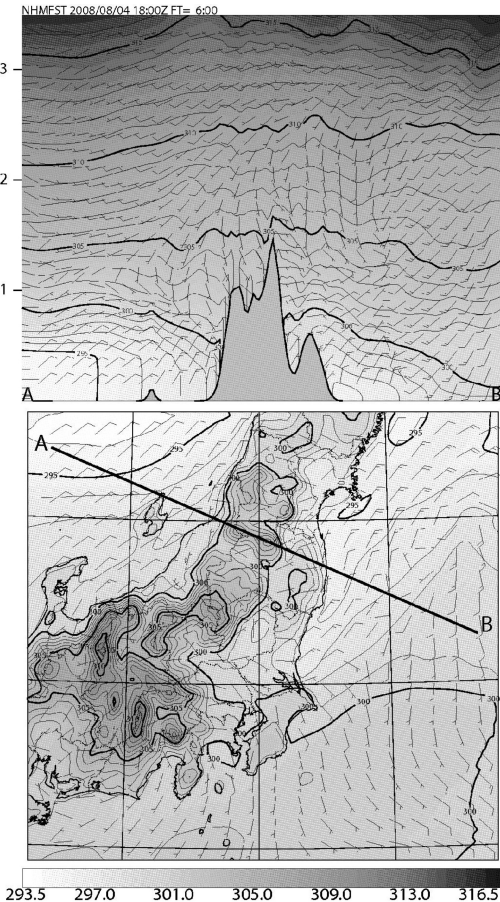
JMANHM を用いて再現実験を行い、大雨をもたらした対流セルの変化と鹿島灘からの気流等との関係を調べた。まず、8月4日18 UTCを初期時刻として、気象庁メソ解析値と全球モデルから初期値・境界値を作成し、格子間隔5 km (格子数172×172)の実験を行なった(5 km-NHM)。次に、この実験の3時間予報値(8月4日21 UTC)から初期値・境界値を作成し、格子間隔2 km (格子数175×175)の実験

を行った(2 km-NHM)。鉛直層は共に50層で、大気最下層(モデル面第2層)の高度を20 mとし、層の厚さは下層の40 mから高くなるほど厚くなるようにした。湿潤過程の設定は、5 km-NHMではKain-Fritschスキームと雲物理過程を併用し、2 km-NHMでは雲物理過程のみとした。

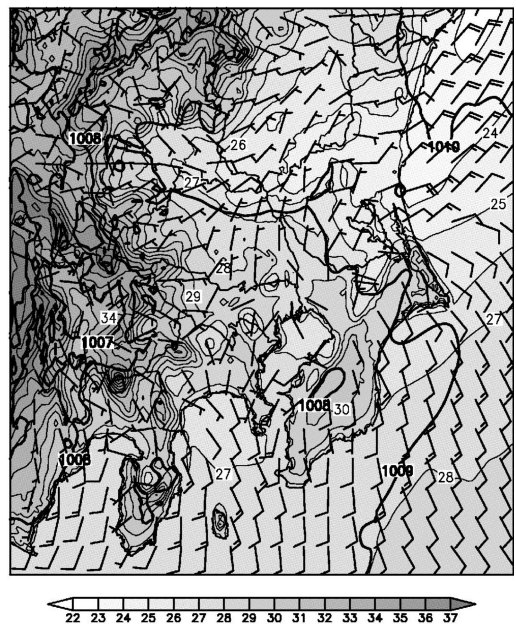
5. JMANHM で再現した収束線の構造

局地的な大雨をもたらした降水系を見る前に、対流セルを発達させた収束について調べる。第6図は、5 km-NHMの8月5日09時(予報時間6時間目、以下FT=6と表記)の温位と水平風である。茨城県と千葉県との県境付近で、鹿島灘からの冷たい東寄りの風と房総半島からの暖かい南風が収束していた。北側の東寄りの風は、高度約1 km以下にあって、三陸沖から関東の東海上までの広い範囲にみられた。また、この気流の温位は、日本海の北東風とほぼ同じであることから、日本海に中心を持つ高気圧圏内の同一の気塊であったことがわかる。

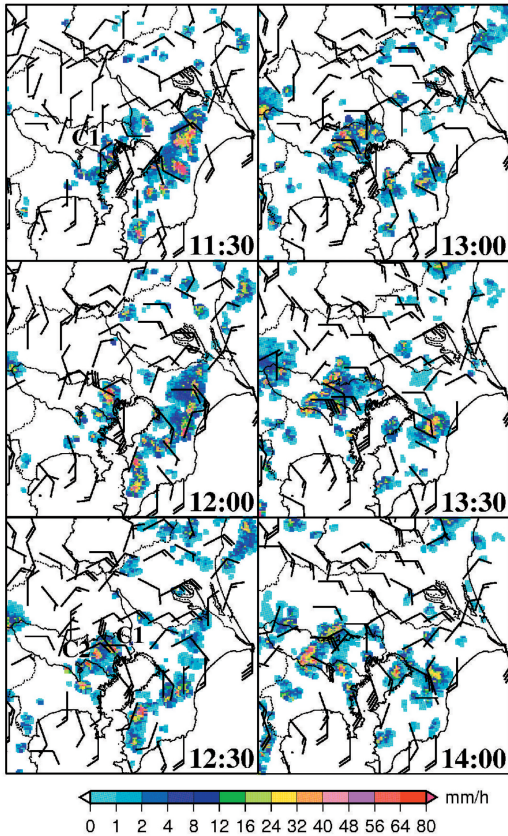
次に、関東平野内のより詳細な気流分布を見るため、2 km-NHMで再現した海面気圧と地上風の分布を見てみる(第7図)。12時(FT=6)の地上風を見



第6図 5 km-NHMによる温位と水平風(09時)。上図は下図(モデル面第2層、高度約20 m)の鉛直断面図。



第7図 2 km-NHMによる地上予想図(12時)。等値線:海面気圧[hPa]、塗潰し:高度補正した気温[°C]。

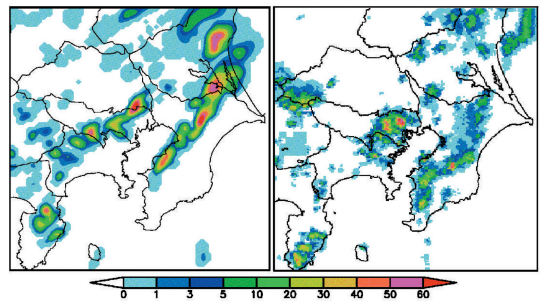


第4図 地上風と全国合成レーダー降水強度 (11時30分から14時)。

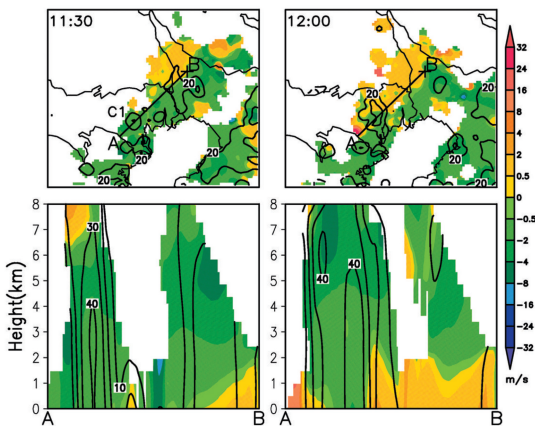
ると、5 km-NHM と同様に、茨城県と千葉県の県境付近で気流が収束している。しかし、実況 (第3図) と比較すると、鹿島灘からの東寄りの風の領域がやや狭く、埼玉県付近の北寄りの風がより広い範囲で見られた。水平風に影響を与える気圧分布については、長野県付近に熱的低気圧があり、関東地方南部でも低圧部になっていて、実況と似た分布になっていた。

6. 降水系の発達と風系との関係

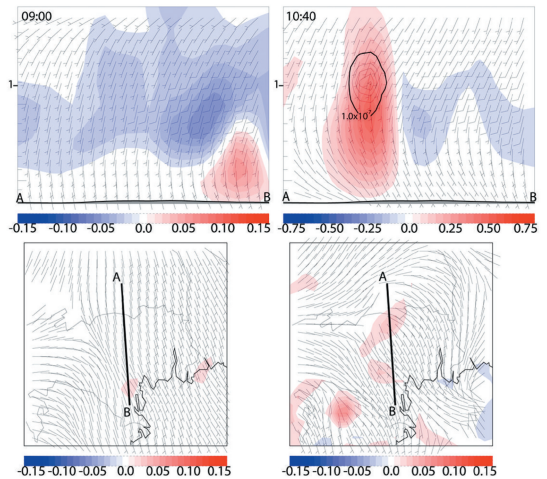
13時までの1時間降水量を比較すると (第8図)、千葉県・茨城県付近の降水が実況に比べて強く、本調査で注目している豊島区付近の降水系についても、位



第8図 1時間降水量 [mm] の比較 (13時)。左：2 km-NHM (FT=7)。右：解析雨量。



第5図 東京レーダーの動径風。上：0.5 km CAPPI, 下：A-B断面図。塗潰し：動径風 [m/s], 等値線：反射強度 [dBZ]。Bがレーダーサイト。



第9図 2 km-NHM による C1' の発生過程。左：09時00分, 右：10時40分。上図は下図 (モデル面第2層) の鉛直断面図。塗潰し：鉛直流 [m/s], 実線：雨の混合比 (等値線は 2.5×10^{-7} [kg/kg] 間隔)。

置がやや北にずれ、南西には実況にない降水域がのびていた。しかし、多少の位置ずれや形状の違いはあるものの、降水系は実況と同様な気圧分布・風系内で発生・発達していることから、この降水を解析することにより、局地的な大雨と周囲の水平風との関係などの情報を得ることができる。

2 km-NHM では、強雨が再現される3時間ほど前の09時 (FT=3) には、23区の南部 (品川区付近) のごく低い高度で弱い上昇流が生じていた (第9図左)。この上昇流域は次第に高度を増しながらゆっくりと北上し、内陸の北寄りの風と南寄りの風との収束線付近に到達して、そこで1 km 付近で雨雲域が形成された (10時40分、第9図右)。その後、この対流セル

(C1') は、収束線の位置でほとんど停滞していた (第10図)。12時頃になると、鹿島灘からの気流が南に広がって、C1' に届くようになり、13時頃にかけてさらに発達し、1時間60mm以上の降水となっていた。このことは、第3節で述べた対流セルの発達過程と一致している。

収束線の南側にあたるC1'の南西側では、別の対流セル (C2') が発生していた。C2' は、ゆっくりと北上し、収束線付近に到達すると、そこでほとんど停滞して発達した。また、C2' の下層にはC1'からの冷気外出流とみられる気流も流入していた。C2' は実況と異なり西寄りに進むことはなかった。これは、鹿島灘からの東寄りの風の領域が実況と比較して西へ広がらなかったためであると考えられる。東寄りの風が卓越しなかった理由としては、千葉県・茨城県付近の降水がモデルで過大に表現されたことなどが考えられる。

7. まとめ

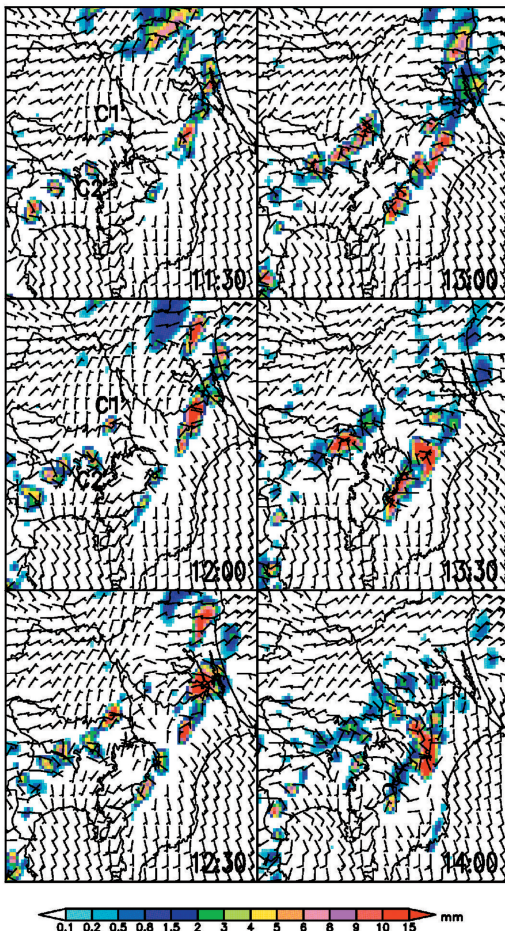
2008年8月5日の関東地方は、下層の暖湿気の流入によって対流不安定になっていて、関東付近は、南からの気流が、栃木県・埼玉県の北寄りの風や鹿島灘からの東寄りの風と収束していた。栃木県・埼玉県の北寄りの風と南寄りの風の収束により発生した降水域は、徐々に西に広がる鹿島灘からの東寄りの気流に接すると停滞・発達し、豊島区付近に大雨をもたらした。JMANHMによる再現実験でも、鹿島灘からの気流が、対流セルの停滞や発達に寄与していることを示すことができた。このことから、鹿島灘からの東寄りの風が、局地的な大雨の形成に重要な役割を果たしていることがわかった。

謝辞

ドップラーレーダーの解析には田中恵信氏・鈴木修氏により気象研究所で開発された「Draft」を使用しました。地形データにはUSGSのGTOPO30を使用しました。この場を借りてお礼申し上げます。また、本稿の執筆にあたり、気象研究所予報研究部の藤部文昭室長ならびに瀬古 弘主任研究官には、多くの有益なコメントをいただきました。深く感謝いたします。なお、本調査は、「地方共同研究：都市域に強雨をもたらす降水系の構造と環境の調査」の成果です。

参考文献

藤部文昭, 坂上公平, 中鉢幸悦, 山下浩史, 2002: 東京23



第10図 2 km-NHMによる地上風と10分間降水量 [mm] の変化 (11時30分から14時)。

- 区における夏季高温日午後の短時間強雨に先立つ地上風系の特徴. 天気, **49**, 395-405.
- 藤部文昭, 瀬古 弘, 小司禎教, 2003: 関東平野における夏季高温日午後の降水分布と地上風系との関係. 天気, **50**, 777-786.
- Kato, A. and M. Maki, 2009: Localized heavy rainfall near Zoshigaya, Tokyo, Japan on 5 August 2008 observed by X-band polarimetric radar—Preliminary analysis—. SOLA, **5**, 89-92.
- 東京管区气象台, 2008: 平成20年8月5日の大雨に関する東京都気象速報. http://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/bosai/disaster/20080805/20080805.pdf (2009.8.13閲覧).
- 東京都下水道局, 2008: 雑司ヶ谷幹線再構築工事事故調査報告書. <http://www.mlit.go.jp/common/000024056.pdf> (2009.8.13閲覧).
-