

第7回メソ気象研究会「つくば域降雨観測実験」の報告

第7回メソ気象研究会が、1995年日本気象学会春季大会（東京）の前日の1995年5月14日に東京大学海洋研究所で開かれた。今回のテーマは「つくば域降雨観測実験」と題して、これまでのこの観測実験の成果をまとめる第1弾として、これに関連する話題を選んだ。最初の講演者の吉崎氏の報告に詳しいまとめがあるが、「つくば域降雨観測実験」というのは、最近持続的に行なわれている研究者レベルにおける緩やかな協力体制による1つの共同研究で、興味を持つ研究者であれば、誰でも参加できるものである。今回の研究会は、これまでの研究成果をまとめるとともに、今後の「つくば域降雨観測実験」をさらに活発化し、その研究に方向づけを与える1つの研究会になることを期待してこのテーマを選んだ。

今回の研究会の話題提供は5題あり、雷雨やダウンバーストなどの関東平野における降水を伴うメソ気象擾乱についてのものであった。日曜日にもかかわらず参加者は約60名（名簿記載）の多くを数え、活発な討論が行なわれた。参加者は大学や国の研究機関ばかりでなく民間からの参加もあり、その所属は幅広いものであった。総合討論ではこれらのさまざまな立場からこの観測実験についての意見や希望が出され、今後の、特に今年の夏の観測の方針などが討論された。

なお、この「つくば域降雨観測実験」は、先に述べたように、これに関して研究をしたいと思う研究者であれば誰でも参加できる開かれた研究体制である。これに関する問い合わせ、御意見等は電子メールで mesorain@ori.u-tokyo.ac.jp に投稿をしていたきたい。

コンビーナー 坪木和久（東京大学海洋研究所）

1. 「つくば域降雨観測実験」とは

吉崎正憲（気象研究所）

関東地方にはメソ擾乱をとらえるのに有効な観測測

器・研究機関が集中している（そして研究者が居住している）ので、長期的な観測体制を組むことができる。「つくば域降雨観測実験」とは、こうした地の利を生かして顕著なメソ現象をそれぞれの観測測器で一緒に観測しようというものであり、ファンドで系列化したプロジェクト研究とは違って、研究者のゆるやかな共同研究組織として活動している。この研究会では、1993年秋から始まったこの活動の概略を紹介した。

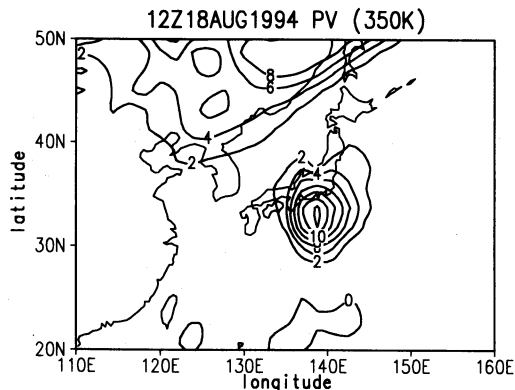
また、別の話題として、1994年7月の熱雷を取り上げた。この夏は猛暑であって、山岳地帯では多くの熱雷が発生した関東平野でも見られた。つくばでは7月中いくつかの高層観測（20日から30日までの高層気象台の協力による15時の連続観測など）を行ったので、こうしたデータを用いて7月の降水活動との対応を調べた。日変化について、降水は山岳地帯が顕著であり、つくばでは温度や気圧に顕著に現れた。それに対して、CAPE (convective available potential energy) にははっきりした変動は見られなかった。また、降水活動とスカラー量との対応をみると、CAPE や SSI (Showalter stability index) は良くなくて、可降水量 (PWC) や CIN (convective inhibition) の方が良かった。

さらに、1995年夏に関東地方で行う特別観測の計画について紹介した。4台のドップラーレーダー、3点の高層観測、2点のウインドプロファイラー、2点のドップラーソーダー、雷観測の測定器 SAFIR などを用いて、7月から9月いっぱい可能な限り観測体制を持続して、雷雨、メソ降水系、台風などを対象に観測する予定である。

2. 1994年夏の関東地方における雷活動について
(8月19日～22日を中心として)

小倉義光・坪木和久・呉 之翔（東京大学海洋研究所）

1994年の夏は大変暑い夏としてしばしば話題にのぼるが、それとともに関東地方においてたいへん雷雨の多かった夏であった。そのなかでも8月19日～22日を



第1図 1994年8月18日12UTCの350K(200 hPa付近)の等温位面上のポテンシャル渦度 ($10^{-6}\text{ms}^{-3}\text{KPa}^{-1}$)の分布。

中心とする1週間は特に雷雨が頻発した。8月の東京の最高気温は1日から連続して30度を越えていたが、21日に急激に低下し、24.9度になった。この時、関東地方上空には顕著な寒冷渦があり、これが気温の低下と頻発する雷雨と関係していると考えられた。そこでこの寒冷渦と雷雨について調べた(なお、この話題については、小倉(1995)に詳しく述べてあるのでそちらも参照していただきたい)。

寒冷渦は低気圧の中心に寒気を持つもので、切離低気圧がしばしば顕著な寒冷渦を形成する。冬季から春季には顕著なものが北から来ることがあるが、夏期には南の太平洋上から来るものもあり雷雨をもたらすものとして知られている。ここで調べた上記の事例は、南から来た寒冷渦に連続して北から別の寒冷渦が関東地方上空に来て雷雨をもたらした。気象衛星の雲画像を見ると、寒冷渦に伴う渦状の雲が南東から移動してきて、それに続いて北西から来た雲域が渦を形成する様子が明らかである。18日12UTCと21日12UTCの気象衛星GMSの赤外画像にはよく似た渦状擾乱が関東地方上に明瞭であるが、これらは別のものである。気象庁のレーダーではこの寒冷渦に伴い発生した降水域が渦を中心として反時計まわりに回転している様子も捉えられていた。雷雨は寒冷渦の中心付近よりもむしろ周辺部に発生していた。JSM(気象庁日本域スペクトルモデル)を用いて寒冷渦の予報実験を行なった。その結果から寒冷渦の鉛直構造が明らかになった。また鉛直流は渦の周辺域に存在した。

それではこのような寒冷渦はどこから来るのであろうか。北西から来た2つめの寒冷渦は切離低気圧で

あったが、南東から来た1つめの寒冷渦は南から来るにもかかわらず寒気を持つのはなぜであろうか。このようなことを調べるには等温位面上のポテンシャル渦度(Qマップ)を調べるとよい。第1図は1994年8月18日12UTCの350K面上のQマップである。東海沖に中心を持つ寒冷渦が明瞭に見られる。この寒冷渦は南東の太平洋上から来たのであるが、Qマップでさらに時間をさかのぼってその起源を調べた。その結果、13日頃日本のはるか東の太平洋上、東経165度北緯30度付近で、高緯度からのびた大きな渦度の帯の先端が切離して渦を作り、それが西に移動して日本に達したことがわかった。南東から来る寒冷渦も実はその起源は高緯度にあったわけである。このような渦度の切離はこの8月は頻繁に見られた。これもこの夏の大規模場の特徴の1つではないだろうか。

寒冷渦は対流圏上層の渦度の極大と温度の極小を持つ。これが陸上に来ると成層状態は不安定になりやすく、しばしば顕著な雷雨を発生させる。夏期の雷雨の発生の予測にはこの寒冷渦を予測することは有効と考えられる。またその解析にはここで用いたQマップは大変有効である。

参考文献

小倉義光, 1995: 猛暑の夏の雷雨活動, 天気, 42, 393-396.

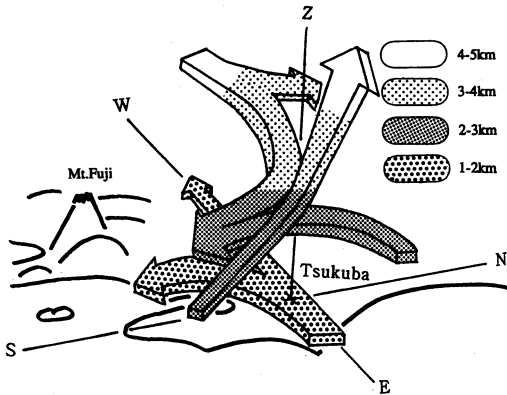
3. 簡略化VVP法で求めた風の空間分布と10kmモデルの数値実験

瀬古 弘 (気象研究所)

つくば域降雨観測実験期間中に観測した「1993年9月22日の秋雨前線北側にみられたメソ構造」と「1994年9月29日に関東地方東部で持続した線状エコー」の2つの事例について、簡略化VVP (Volume Velocity Processing) 法で求めた関東上空の風分布と、氷の効果を入れた31層10km格子のJSM (10kmモデル)の結果を交えて報告する。この研究は、立平良三・栗原和夫・高野功・吉崎正憲・岡村博文・大野久雄・楠研一・坂井武久・葦沢浩・つくば域降雨観測実験グループによる共同研究である。

1. 秋雨前線北側でみられたメソ構造について

1993年9月22日は日本南岸に秋雨前線が停滞していて、関東地方は層状の雲に覆われていた。この時にウインドプロファイラーで観測したつくば上空の風は15時から23時にかけて下層で東風、上層で南風、高度750



第2図 簡略化 VVP 法で求めた風分布とゾンデの風データをもとに、1993年9月22日15時の関東上空の風系を模式的に表現した図。

hPa あたりに弱い北風という構造を持っていた。下層の東風や上層の南風は総観天気図で見られたが、北風は解析されなかった。総観スケールで解析できない秋雨前線の北側の構造を知るのに、関東上空の風の空間分布を細かく観察することが望まれる。そこで、つくばにあるドップラーレーダーの速度データから簡略化 VVP 法を用いて、北風が形成し始めた15時の関東平野上空の風場を求めた。その時の風系を模式的に示したのが第2図である。下層では、関東地方の東北の海上にある高気圧からの東風が入り込み、その一部が関東平野の西部で北風に向きを変えていた。秋雨前線の南からの南よりの風は、西風と収束し、北進しながら次第に高度を増していた。関東平野北西部からの北西風は、秋雨前線からの南よりの風と収束し下降した。そして、発散した流れと東風が収束したところに北風が見えた。この様にドップラーレーダーの速度データから簡略化 VVP 法を用いて、総観天気図では解析できなかった関東平野上空の風系を明らかにした。

さらに、10 km モデルを用いて、簡略化 VVP 法を用いて求めた風系のシュミレーションをおこなった。その結果、総観スケールでみた風について、高層観測された風と概ね一致した。また、関東上空では、総観天気図で見られた下層の東風や上層の南風の他に、上層の西風、南風と西風の収束、その下での発散は再現できた。しかし、北風については、750 hPa の極狭い領域に現れたものの長続きしなかった。

2. 関東平野東部で持続した線状エコー

1994年9月29日に、関東平野東部で09時から16時ま

で持続していた線状エコーが見られた。その線状エコーは、新しいセルが南端で発生し発達しながら北に進んでいくバックビルディングタイプであった。このとき台風26号が紀伊半島の南にあって、関東地方は下層で東風、上層になるにつれて南風が吹いていた。線状エコーが維持されていた15時のアメダスでは、房総半島の南東側から暖かい南東風が、関東平野の内部では冷たい北よりの風が吹いていて、茨城県南部で南東風と北よりの風との収束がみられた。

10 km モデルを用いて線状エコーの再現を試みた。茨城県北東部から南部にかけて東風と北風の収束があり、その収束に伴う上昇流により線状の弱い降水がみられた。アメダスにみられた関東平野内部の冷たい北風は、10 km モデルでは奥羽山脈に吹きつける冷たい東風が、奥羽山脈を越えられなくて南下したものであった。これから09時から16時まで持続した線状エコーは、下層の台風からの南東風と地形の効果による関東平野の内部の北よりの風とが収束による上昇流により持続したと考えられる。

4. 1994年9月8日埼玉県北西部で発生したダウンバーストの事例解析

高山 大(気象研究所)、新野 宏(東京大学海洋研究所)、渡辺真二・菅谷重平(東京管区気象台)

1994年9月8日14時30分頃、埼玉県北西部で美里中学校の窓ガラスを割り73人の負傷者を出すなどの被害を引き起こした突風が発生した。現地調査から、竜巻に伴って起こる収束は見られず、一方向にそろった強い風であったことが確認された。

当日の日本付近は上空の気圧の谷の接近で北及び東日本では 300~500 hPa で寒気が入ると共に、本州付近は対流圏全層にわたって南西風の間となっていた。つくば域降雨観測実験の期間中のため館野と前橋で臨時に行なっていたゾンデ観測によると、7日午後から続いていた大気的不安定な状態は8日15時頃にピークに達し、現象後の18時には安定した状態になった。突風を発生させたストームは雹を伴っており、降雹域は富士山レーダーの 40 dBZ 以上の強い反射強度の領域によく対応している。

ストームの直下では明瞭な発散風と10°C近い気温の低下が観測された。気温低下は中学校に近い児玉観測点付近が最も大きく、発散風域もエコーの中心が児玉付近に達した14時30分頃から急激に拡大して15時には差し渡し 40 km 程度にまで広がった。

中学校付近数か所の観測点の地上風データを時空間変換してみると、14時30分～40分の間に、児玉観測点とそこから3 km 弱しか離れていない児玉消防本部の間を中心とした強い発散が検出できた。この時間・場所はレーダーの3つの仰角の反射強度の時間変化から示唆される降水コアの降下とほぼ一致しており、ここでダウンバーストが発生したと考えられる。また地上風の発散や降水コアの降下の様子からダウンバーストはこれ以前にも発生していたと見られ、これらがガストの形成に寄与していた。そして中学校付近でガストフロントの後面に入った後の14時30分頃に今回の事例で最も強いダウンバーストが生じ、最終的にこのダウンバーストによる地上発散風は差し渡し40 km の範囲まで広がった。

5. 1994年夏季に気象研Cバンドドップラーレーダーで観測したダウンバースト—速報—

楠 研一・大野久雄・鈴木 修 (気象研究所)

ダウンバーストは積雲から生じる強い下降気流のことで、地表面付近で吹き出して強い突風を生じさせ、地上構造物などに被害を起こしたり、また離着陸時の航空機事故の原因にもなる。日本で発生するダウンバーストの実態解明の一環として、我々は気象研Cバンドドップラーレーダー(茨城県つくば市)により関東平野で発生するダウンバーストの観測を行っている。本研究では、1994年夏季に行った観測の解析速報として、7月3日・8日・17日の事例について、こ

の時点までにわかった以下の4つの事実を報告した。

(1) この3日で、合計14個のダウンバーストがドップラーデータから見出された。これらダウンバーストは、夏季日中に関東地方で通常見られる熱雷のエコーに伴って発生した。

(2) 1つのエコーから異なる時刻で次々と複数のダウンバーストが発生するケースがほとんどであった。1つのエコーにつき、ダウンバーストの発生は2個(7月3日)、6個(7月8日)、4個(7月17日)確認された。

(3) 気象研レーダー近傍で発生し、低層の密なドップラーデータが得られたダウンバースト(7月8日)について外出流の鉛直構造を調べた。外出流の厚み、水平スケール、ドップラー速度最大値の高度、ドップラー速度2つの最大値の差につき、米国JAWS (Joint Airport Weather Studies) 計画で得られた平均像に近い構造であることがわかった。

(4) ダウンバースト発生日予測に資すると思われる大気環境のパラメータ (SSI, CAPE, $\Delta\theta_e$) を、館野の高層気象台09時・21時の高層データから求めた。しかし、ダウンバースト発生日とその前後の非発生日を分ける、これらの値の変動傾向は見られなかった。

(1), (2), (4) は、ダウンバーストが我々が考えていたよりもはるかに多発的であることを示している。今後、統計的な処理をするなどして、わが国のダウンバーストの発生の実態に迫りたい。