

第6回「メソ気象研究会」報告

1994年5月20日に第6回メソ気象研究会が気象庁で開催されました。名簿に記入していただいた方だけでも71名もの参加者を得て、7名の講演者と1名のコメントータからの話題提供を中心として大変に活発な討議が行われました。

近年、メソ気象とそれに関連した分野の研究が盛んになり、研究者も増えてきました。気象学会での発表件数も多く大変に喜ばしいのですが、それだけに関連する講演が時間的に重なるなど、会場の選択と移動に苦労された方も多かったのではないかと思います。また講演の企画に携わる方々のご苦労も増大していることと思います。

大会を補い、より深い議論をする機会を得る意味からもメソ研究会の重要性はますます高まっていると思います。この度はコンピーナーを勤めさせていただきましたが、興味のある講演を一堂に集めて拝聴できるという快感を味わうことができました。

今回のテーマは「メソ気象と境界層」としましたが、とくに日変化を伴う降水系に関する話題と、TOGA-COAREに関する報告を多く集めてみました。

議論を通じて、私のように境界層の研究をしている者は従来の研究対象や研究手段をもう少し広げてみることも有益なのではないかと思いました。いずれにしても現象を多面的にとられることの重要性、近接分野の研究者間の交流の大切さを再認識しました。研究会の開催と本報告のとりまとめにご尽力して下さったメソ研究会事務局の吉崎正憲氏（気象研）をはじめ、協力して下さった関係者各位に深く感謝します。

コンピーナー 木村富士男（筑波大学地球科学系）

1. 熱帯対流活動の日変化

新田 勅（東京大学気候システム研究センター）

静止気象衛星「ひまわり」による3時間間隔、9年間の T_{BB} データを用いて、熱帯西部太平洋域の対流活動の日変化の解析を行った。対流活動の大きな日変化がインドシナ半島、チベット高原、北オーストラリア、海洋大陸域等の大陸や大きな島及びその周辺海域に存

在する。また、ベンガル湾と南シナ海にも大きな日変化が存在する。一方、海洋大陸域ほど大きくはないが、熱帯収束帯（ITCZ）と南太平洋収束帯（SPCZ）にも日変化が見られる。

大陸上及び大きな島の上では、対流活動は午後遅くから夜にかけてピークに達するが、これは日中の地表からの加熱によるものと思われる。一方、大きな島の周辺海域では、対流活動のピークは一般に午前中に現れる。このような周辺海域の対流活動の日変化は、海陸風循環と大規模な一般風との相互作用によって作られているものと思われる。

ベンガル湾の北端海域の対流活動は夏のインドモンスーン期に大きな日変化を示し、午後に対流活動のピークが現れる。南シナ海の対流活動の日変化は夏から秋にかけて顕著になり、正午頃にピークになる。ITCZとSPCZの対流活動は一般に午前以最盛期に達するが、午後にもう一度活発になる。

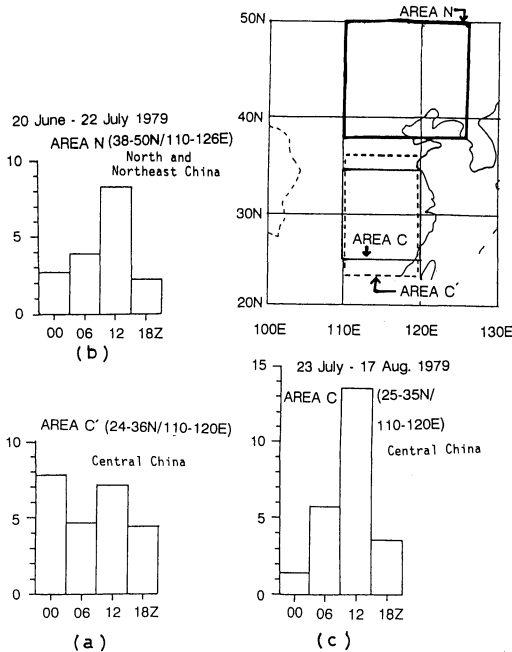
以上のように熱帯海洋上の対流活動の日変化は、海域によって異なった特徴を持っており、様々な要因が複雑に関係しているものと思われる。

2. 中国大陸上の日変化する積乱雲群の出現特性と大規模場

加藤内蔵進（名古屋大学大気水圏科学研究所）

暖候期の中国大陸上では、前線帯のような大規模な収束の必ずしも大きくない地域でも12 UTC（北京時20時）に極大となる顕著な日変化を伴ない積乱雲群が頻出する。

華中の梅雨最盛期には、梅雨前線帯では昼夜を問わず積乱雲群が頻出する（第1図a）。しかし、梅雨前線帯の北側に位置する華北・中国東北区（第1図b）では、 $\sim 60^\circ\text{N}$ の寒帯前線帯から切離した上層低気圧の接近に伴う大規模雲システムの中で、地面加熱の影響で夕方積乱雲群が発達する。梅雨前線帯の華南から華中への北上に伴ない、その北側の本地域でも下層の水蒸気量が増加し安定度が全体として悪化する。しかも、恐らく広域的な熱的低気圧が地面加熱で午後が強まることで下層水平収束が夕方強化される点も重要であることが示唆される。



第1図 GMS マイクロフィルムに基づく長径100 km 以上の積乱雲群の出現頻度日変化。領域については、右上の地図を参照。比較を容易にするために、個数は(10⁶ km²・10日)あたりに直してある。なお、AREA C' の東西境界が図上では110° E ~120° E の領域の多少内側に表示してあるが、これは図を見やすくするためである。

一方、盛夏期の華中(第1図c)は、平均的に亜熱帯高気圧に覆われ、かつ12 UTCが00 UTCより下層の発散のセンスが強いのに、夕方に孤立した積乱雲群が発達する。本地域は、特に盛夏期に下層に湿潤気団が存在することを反映して、強い対流不安定の状態になっている。自由対流高度が地上約2 kmと高いが、地表面温度の日最高値が50°C以上と極めて高いため、不安定解消のトリガーとなる上昇流を与え得るのであろう。しかしこの場合、夕方のトリガーとしての下層収束をもたらす原因として、数100 km以下のスケールの山谷風循環が考え得るが、今後の研究が必要である。

ところで、華中・華南の盛夏期には季節内変動の一環として熱帯擾乱が侵入することがある。このような場合でも、擾乱の雲域の中央部以外では積乱雲群が夕方発達した例が幾つかあった。対流雲で構成される熱帯擾乱域では、全雲量が多少大きくても雲水量の空間的バラツキも大きく、地面に達する日射も決して小しくないことを反映するのもかも知れない。

日変化するメソスケール雲群に対する地面加熱の役割は多様であり、かなり異なる時空間スケールの現象間の関わり方を見落さずに総合的に調べていく必要があることをコメントしたい。

3. ヒマラヤの降水システムと日変化

上野健一(筑波大学・地球科学系)

ネパールヒマラヤは、6000 m級の山岳が亜熱帯アジアモンスーン域に存在するという特異な地域である。過去の氷河活動により削られた深い谷と湿潤なモンスーン気団の進入の影響で、個々の谷ではモンスーン期中著しい局地循環と降水の日変化が見られる。これらは、ネパールヒマラヤ氷河学術調査隊による先駆的な観測により明らかにされ、主に氷河マシバランスに必要な地上気象要素の取得及びモンスーン循環の変動との関連に力点が置かれて研究が進められてきた(安成・藤井, 1983)。まず、現地の主な谷のスケールと日本の伊那谷とを比較してみよう。両者とも谷底と稜線の標高差は1000~2000 m程度であるが、谷幅の水平スケールはヒマラヤの方が5-10分の1であり、いかにヒマラヤが深く急峻な谷で構成されているかが解る。降水システムの発達過程は、材料となる水蒸気をもたらすモンスーン循環系の変動・一日のうちいつ・どこで降るかを左右する局地循環の発達・降水量の絶対値に大きく影響する地形、に大きく影響をうける。ここで、中緯度での総観場に相当するものを強いてあげれば、時間変動の視点からはモンスーンの季節内変動、空間的視点で見ればヒンドスタン平野とチベット高原間に卓越する平野-高原循環のようなものではないであろうか。降水システムの発達過程とそのスケールも、卓越する谷の走向や地理的位置によってかなり違いがあるようだが、きびしい自然環境と上空の気象観測の欠如により、未だに実態は捕らえられていない。最近の詳しい観測結果については、参考文献も含めてUeno (1993)を参照して頂くとして、以下に、メソ気象・境界層に関連した興味ある研究テーマを列挙してみた。

1) 局地循環に伴うメソ降水雲の発達とモンスーン循環との相互作用。2) 異なる谷構造における局地循環の対比。3) 高所降雪による局地循環へのフィードバック。4) ヒンドスタン-ヒマラヤ-チベット系で見た境界層の発達と循環場。

最近のリモートセンシングや自動気象観測装置などの観測技術の進歩と、シンプルモデルによる素過程の

理論的研究は、超複雑地形での現象へのアプローチを多少なりとも可能にしてくれるのではないかと。ヒマラヤは、メソ気象にとってまさに未開の地であり新しい発見とプロセススタディーの場を提供してくれる絶好のフィールドである。

参 考 文 献

- 安成哲三・藤井理行, 1983: ヒマラヤの気候と氷河, 東京堂出版, 254pp.
 Ueno, K., T. Shiraiwa, and T. Yamada, 1993: Precipitation environment in the Langtang Valley, Nepal Himalayas, IAHS Publ., 218, 207-219.

4. 局地循環による熱と水蒸気の輸送

桑形恒男 (東北農試)

一般風が弱い晴天日の日中、起伏地形上では斜面上昇風や谷風に代表される熱的な局地循環が発達する。ここでは主に2次元数値モデルを用いて、日中に起伏地形上で発達する熱的な局地循環が、下層大気の大気熱や水蒸気の輸送におよぼす役割について調べた。モデルは静力学平衡とブシネスク近似を仮定したもので、sin型で無限に続く盆地状地形を想定している。また計算にさいしては一般風はゼロとし、水蒸気の凝結過程は考慮していない。

日中、盆地内では熱的な局地循環(斜面上昇風循環)が発達するが、この循環によって山岳域から谷域に熱が輸送される。そのため谷域の気柱昇温量は山岳域に比べて大きくなり、夕方における谷域の気柱昇温量は深い盆地ほど大きくなる。熱的な局地循環の原動力は盆地の熱的な不均一であり、この循環にともなった山岳域から谷域への熱輸送は、盆地の温度分布を水平一様にする働きを持っている。そしてその結果として、水平スケールが100 km以内の盆地では夕方の温度分布が水平方向にほぼ一様になることがわかった。

熱的な局地循環は盆地内の水蒸気輸送に対しても重要な役割を果たしており、斜面上昇風によって日中に谷域から山岳域へ水蒸気が輸送される。局地循環によって夕方までに山岳域に輸送される水蒸気量は、早朝の水蒸気分布などによっても変化するが、おおむね水平スケールが100 km程度の盆地で最大となる。さらにこの局地循環による水蒸気輸送が、山岳域における積雲の発達に関連していることが夏期の中部の日本のアメダスデータの解析によって明らかになった。

今後は、起伏地形上の熱・水蒸気輸送におよぼす一

般風の影響や、水蒸気の凝結の効果などについても調べていく必要がある。

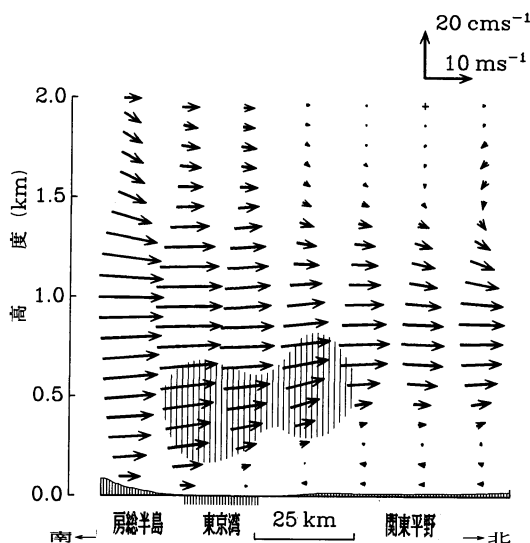
5. 擾乱時の局地風系—関東平野の冷気層とメソ前線—

藤部文昭 (気象研・予報)

局地風・局地循環についてのこれまでの研究は、基本場の一様・定常性を前提として行われる傾向があった。しかし擾乱時には、一様な基本場における局地循環とは性格の違う風系が現れることがある。標題の現象はその1例である。

この現象は、内陸域の薄い冷気層とこれに吹きつける東～南風が特徴である(第2図)。これに似た状態は他の地域にも現れる。また、晴天日の昼間には冷気層の解消に伴って東～南風の範囲が内陸へ広がる。この変化は、海風(sea breeze)の侵入と解釈されやすいが、気温変化は本来の海風の場合とは逆であり、風系の立体構造は海風の場合とは全く異なる。

今後の研究課題としては、冷気層の成因、立体構造、降水との関連の解明が挙げられる。なお小倉義光先生から、この現象の解消過程も重要であるとの指摘を頂いた。



第2図 1976年3月7日9時(日本時)における関東平野(東京湾を南北に貫く線上)の下層風の南北断面図。「南関東大気環境調査」による下層風資料を解析したもの。縦線域 2 cms^{-1} 以上の上昇流域。

6. 積乱雲から境界層へのインパクト (ガスト) TOGA-COARE レーダー観測データを中心として 上田 博 (北大理学部)

コンビナーの木村さんから出された、『“晴天静穏時の周期性や再現性のある現象”を扱っている「境界層」と“降水、強風などのepisodicな現象”を扱っている「メソ」との分野間の相互交流による新たな展開の時期は到来しつつあるのか?』という問いには、『時期はすでにきている』という立場で話題提供した。境界層の分野でよく扱っている「海陸風」とメソの分野で扱っている積乱雲に伴う「ガストフロント」は、密度流(重力流)という見方をすると非常によく似た性質を持つ。密度流という観点に立てば、両分野はすでに共通の気象現象を扱っている。しかし、境界層の分野では“風の構造(乱流構造)の急変は扱わない”し、メソの分野では、“下層風の構造(乱流構造)は問題にしない”という状況が続いているので、両分野の交流の必要性は強く認識されてはいない。

ところが、TOGA-COAREの集中観測の様に、大気海洋相互作用を問題にした研究では大気下層の境界層の特性の解明が非常に重要である。たとえば、西太平洋赤道域の積乱雲やクラウドクラスターの発生・発達を理解するには、海上の境界層での熱や水蒸気のフラックスの見積が不可欠であり、また、消滅期の積乱雲やクラウドクラスター内の下降流が境界層内に達してつくる発散流が次の対流をつくり、クラウドクラスターを変形させている可能性がある。例として TOGA-COAREの集中観測期間中にパプアニューギニアマヌス島で観測されたレーダーエコーを紹介し、熱帯の積乱雲からも下層、特にウオームレインの層から強い下降流(米国のシビアーストーム程強くはない)がある事を示した。また、ウインドプロファイラーデータから積乱雲の接近に対応した下層大気の乱れが見られる事を示した。熱帯においても中緯度と同様、積乱雲からの下降流が境界層の構造を変えている事は明らかであるが、その量的評価方法は確立していない。この問題は GEWEX/GAME で予定されている大気陸面相互作用の研究において取り組まれる事を期待したい。

7. 熱帯海洋上の大気境界層の構造とメソスケールの擾乱

藤谷徳之助 (気象研究所)

従来、大気境界層の研究は主に、地表面の加熱冷却に伴う日変化が顕著な陸上の大気境界層を対象に行わ

れていた。しかし、地球表面の70%以上は海洋であること、特に熱帯海域からは全蒸発量の50%以上が大気中に供給されていることを考えると、海洋上の大気境界層の性質を明らかにすることは重要である。実際、古くは GATE・AMTEX から最近の TOGA-COARE に至るまで、多くの大気-海洋相互作用に関する国際共同実験が、主に熱帯海域を対象に行われて来ている。

逆説的ではあるが、海上では接水境界層よりもむしろ上空の上部大気境界層(エクマン層)の観測資料が充実している。これは海面付近は船体の影響を受けて乱流観測などが困難であること、航空機の観測も海面付近では困難であることなどによる。

海洋上の大気境界層はその境界を成している海面の性質に規定されており、①非常に湿度が高い、②海面からの熱の補給は少なく、中立成層をしている、③海面はuniformであり、大気自身によって境界層の非一様性が作られている、などの特徴を示す。特に熱帯海域の大気境界層では、貿易風逆転より下層の部分では、surface layer・mixed layer・transition layer・cloud layer というような層構造をなしている。

層構造をなす擾乱の影響のない(undisturbed condition)熱帯海域の大気境界層の性質については、これまでの航空機観測などによって、例えば熱フラックスの高度分布などについても詳しい結果が得られている。しかし熱帯海域の大気境界層、特にITCZ付近においては、発達した積乱雲やこれに伴うスコールラインなどのメソスケールの擾乱影響を受け(disturbed condition)、境界層の性質は大きく異なる。熱帯海域の混合層の30%はこのような状態にあるという指摘もある。実際このようなdisturbed conditionの状態の境界層において熱フラックスが活発に上空に輸送されている。従って、熱帯海域における海面熱収支を正確に把握するためには、このような擾乱の影響を受けた大気境界層の輸送過程を観測によって把握する必要がある。これまでも、船舶や航空機を用いたいくつかの観測例があり、擾乱通過時における輸送過程の特徴が捉えられているが、これらはいずれも降水があまり激しくない場合に得られている結果であり、激しい降水がある場合には基本的には観測は不可能である。

熱帯海域で通常見られるような激しい降水を伴う擾乱による熱輸送を正確に把握するためには、擾乱周辺での観測とモデルによる結果を比較対照して研究を進める必要がある。このためにも、メソスケールの擾乱を正確に表現するモデルの構築が待たれる。