

第13回メソ気象研究会報告

コンピーナー 岩崎俊樹(東北大学大学院理系研究所)

1998年秋のメソ気象研究会が、気象学会秋季大会の前日(10月19日)に宮城県民会館にて行われた。トピックとして局地前線を取りあげ、その発生・維持機構と時間発展について議論した。

局地前線はしばしば顕著なメソ現象を誘発しその実態解明は天気予報の精度向上の大きな鍵の1つである。ただし、一口に局地前線といってもスケールも働くメカニズムもさまざまである。局地前線の形成には地表面の熱的なコントラスト、山岳などの地形効果、雲の放射やダウンドラフトなどの大気内部の物理過程などが係わる。また、重力流としての振る舞いは背景(大規模)場の状況によって複雑に変化する。

研究会では観測、理論、数値モデルにより現象のメカニズムを整理するとともに、将来の予測手法についても議論した。数値モデルで再現(予測)するためには解像度や物理過程に一層の改善が必要である。また、現象をよく理解し数値モデルの限界を踏まえて予測手法を考える必要がある。

コンピーナーとして5時間を超える長い研究会となったことをお詫びするとともに最後まで多くの皆さんにご参加いただいたことに感謝します。局地前線について語り尽くすことはもちろん不可能ではあるけれど、これからの研究・開発を考える上でのヒントとなることを期待したい。

関東の局地不連続線と大気汚染

中田隆一(気象庁予報課)

関東地方は地形の影響で山岳を迂回した風の合流や、陸と海との熱的相違などにより、陸上の冷気と海上からの一般風(暖気)との間に局地不連続線(以下不連続線)が発生しやすい(力学的効果、熱的效果)。

発生形態は概ねこの2つによるところが大きい。その他、①雨滴の蒸発効果で平野部に発生した冷気と相対的な暖気との間に、②親潮上からの冷気と一般場

の暖気との間に、③山越え気流(暖気)と海風(冷気)との間に発生するものなどがあり、発生形態は多様である。

不連続線は、大気汚染、悪視程、低層の乱気流など悪天現象に関与している。また、不連続線は主に、500 hPa など上層のトラフが西谷の時に発生していることが多く、不連続線の北側(薄い冷気層内)で大気汚染物質が高濃度となる。メソ気象研究会では不連続線の種類を示し、発生位置や移動など、予測についての検討も行った。

仙台平野に現れる局地前線

中三川 浩・北村雅仁(仙台管区気象台)

仙台平野では、沿岸前線タイプの局地前線が発生することがある。この前線について、発現回数の統計的調査、事例解析及び気象庁ルーチンモデルの表現について検討した。

その結果、沿岸前線は10月から3月にかけて、三陸沖に高気圧が存在し、南岸低気圧が接近する時に多く発生する。この期間に6時間以上持続する前線の発現回数は1回/月程度である。この時期は陸地の気温が沿岸水温を下回る期間に相当し、海と陸の温度差が沿岸前線の発現に大きく関係している。

数例の事例解析から、沿岸前線の発生には放射冷却により仙台平野に形成された冷気塊の存在が重要で、低気圧が紀伊半島付近に達する頃、海上からの南東風が強まり、冷気塊との間に前線が顕在化する。その温度差は平均的に約4°Cで、冷気層の厚さは約150 m、転移層の厚さは約300 mである。さらに低気圧が関東付近に達する頃、降水の強まりとともに一般風とは逆の北よりの風が強まり、沿岸前線が強化される。

現行の気象庁20 km 格子ルーチンモデルでは沿岸前線の発生・強化は予想できず、陸地での気温や風の予想を大きくはずすことがある。

海風前線によるエアロゾルと水蒸気の輸送

—東京でのライダー・ラジオゾンデ観測—

甲斐憲次(名古屋大学大学院人間情報学研究所)

夏季の日中、東京を中心とする都市境界層での広域のエネルギー・物質輸送過程においては、混合層と海陸風の果たす役割が重要である。1995年8月4日、海風前線がメソスケールの規模でダストや水蒸気を輸送する現象がライダーネットワーク観測で明らかになった。「高さ500 m、幅数10 kmのブルドーザー(海風)が都心の大気汚染物質を内陸に押し込んでいる」ようにみえる。

ダスト前線の都心通過が観測された1995年8月4日の事例について、東京都、千葉県、神奈川県、埼玉県的一般環境大気測定局の風向・風速、湿度、気温、浮遊粒子状物質(SPM)の特別値を収集・解析した。この現象は、次の2点に大きく特徴づけられる。

- 1) 前夜から早朝にかけて、陸風によってSPM濃度の高い気塊が東京湾上に集められたこと。
- 2) 海風層内の大気汚染物質が鉛直方向に拡散されにくい状況で、そのまま内陸に輸送されてきたこと。

メソ前線の日変化と“暖気侵入型海風”の気候学的特徴

藤部文昭(気象研究所予報研究部)

日本では、海風(sea breeze)という言葉が“昼間に海のほうから吹いてくる風”(onshore wind)の総称として使われることが多い。こうした風の中には、純粋な海風とは逆に、吹き始める際に暖気移流状態(内陸側よりも海側のほうが高温)になっているものが含まれる。例えば関東平野では、陸上に存在する薄い冷気と海から吹く相対的な暖気との間にメソ前線ができることがある。このメソ前線は朝～正午ごろに内陸へ移動する傾向があり、一見すると海風前線の侵入に似た変化をもたらすが、本来の海風と違って暖気移流を伴う。

このような“暖気侵入型海風”の気候学的特徴を明らかにするため、18年間のアメダス資料を使って関東地方と十勝-根釧地方における海風開始時の気温分布を統計的に調べた。その結果、暖気型海風は10%～数10%の比率で現れ、海側の気圧が高い基本場のもとで、曇天あるいは日の出後間もない弱い日射のもとで発現する傾向のあることが見出された。このことは暖気型海風が、陸上の低温域が解消に向かう際に基本場の影響を受けた風が侵入する現象として、それなりの一般

性を持つことを示している。

冬季関東地方に生ずる局地前線の観測的研究

吉門 洋(資源環境技術研究所)

晩秋から初冬にかけて、日本列島を移動性高気圧が通過したあとに前線を伴う低気圧が日本海を東進することが多く、関東には南の海上から暖かい南西(～南)風が吹き込むが、北部内陸域には冷気が滞留しやすい。この境界に、1つの典型構造をもつ局地前線がしばしば出現する。

局地前線の北側では極めて高濃度の大気汚染が発生するため、その立体構造解明のための観測を再々実施してきた。この報告では、気象学的構造をよくとらえた3つのケースを紹介した。1989年12月8日の例に関して、多地点からの測風気球観測結果の内挿により得られた3次元風分布を示した。1990年12月14日の例では、前線の延びる向きと直角な南東-北西に並んだゾンデ観測点の結果から、風とともに気温の鉛直断面構造も示された(吉門, 1999)。これらに1996年12月5日の例(Yoshikado, 1998)も加えて、北側の山地方面で形成され前線部に供給される冷気が、前線南側から上空に吹き込む強い南西風に混合され、南西風の下面に沿って折り返されるような形で、中間的な温位をもつ「遷移層」を形成している様子を述べた。

寒冷前線接近時に生じる局地前線の鉛直構造

清野直子(気象研究所環境・応用気象研究部)

寒冷前線の接近時、関東において生じる局地前線をつとりあげ、その内陸への進入時の挙動と鉛直構造をつくば域降雨観測実験で得られたデータから明らかにした。この型の局地前線は流入暖気と陸上寒気との間に発生する。寒気内は約500 mの厚さの安定成層となっているが、この中にも暖気側と同じ南よりの風が入り込んでいる様子が観測されている。数値モデル実験から前線付近の温度集中の形成には地表面との熱交換を通した大気下層の冷却が重要であるとともに、山地の力学的効果が風のシアラインの維持に関与していることが示唆される。今後モデルでの定量的な検討が必要である。さらに、これまで情報の少なかった関東北部での観測によって局地前線の維持・解消を左右する要因について知見を得ることが期待される。

沿岸前線に伴う降雨の数値予報の一例

萬納寺信崇(気象庁数値予報課)

1992年10月8日に、四国沖で発生した低気圧が発達しながら東北東進する過程で、前面に当たる関東地方沿岸部に明瞭な局地前線が形成、強化され、その直近内陸側で強雨となった。この局地前線は関東平野の山沿いに滞留している寒気と流入する暖気の境界に形成されたものである。

気象庁の数値モデル(30 km 分解能 JSM)による予報では南東風が関東平野全体に侵入し、沿岸前線が維持できなかった。このため強い上昇流とこれに伴う降水は沿岸部ではなく山の風上斜面の真上で生じるように予報された。

寒気の厚みは100~150 hPa と推定されるが、これは JSM で表現可能な厚さである。総観規模の低気圧の中心位置の予想が実際よりも北にずれたことが沿岸前線をうまく予報できなかったことの1つの原因だと思われる。

局地循環と重力流の力学

新野 宏(東京大学海洋研究所)

海陸風、ヒートアイランド循環などの熱的局地循環の基礎的な力学を線形理論(Kimura, 1975; Niino, 1987; 新野・森, 1998)を中心にレビューした。実際の気象現象では非線形効果が無視できないが、循環の水平・鉛直スケール、時間発展、海風・陸風の非対称性などに対する密度成層、乱流、コリオリ力の影響は、線形理論に基づいて定性的に理解することができる。線形理論では循環の水平方向への拡がりには内部重力波により起こるが、非線形効果が大きくなると移流がこれに勝り、海風前線のような重力流が発生する。

重力流の力学に関しては、その先端の形状を決める上で環境場の鉛直シアの形が(Xu, 1992; Rotunno *et al.*, 1988)、また流れのレジームや進行速度を決める上で重力流上面での混合を通しての摩擦が(Benjamin, 1968; Xu, 1992)重要な働きをすることを指摘した。局地前線のように長時間同じ場所に停滞する現象を重力流と見なす場合には、比較的短時間に伝播する雷雲から拡がる突風前線のような重力流に比べて、その上面での混合に伴う摩擦が一層重要な役割を演ずると思われる。

熱的局地循環の鉛直スケールのパラメータ化

安田延壽・道広有理(東北大学大学院理系研究所)

温暖地域と寒冷地域が隣合っている場合、熱的な局地循環が発生する。例えば、海陸風がそうである。鉛

直2次元・静力学近似モデルを用いて、広い温暖地の間に寒冷地が挟まれている場合と寒冷地の間に温暖地が挟まれている場合について、このような局地循環の日変化の数値計算を行った。その結果、循環の鉛直スケール(循環の厚さ)について、大変簡便な定式を得た。循環の鉛直スケール h は、 $h = a \log(b I_{SHF})$ のように表される。ここで、 I_{SHF} は温暖地における日の出からある時刻までの顕熱フラックスの積分値、 a 、 b はパラメータで次のように表される。広い温暖地の間に寒冷地がある場合、 $a = 72 \log(51L)$ 、 L (m) は寒冷地の幅; 広い寒冷地の間に温暖地が挟まれている場合、 $a = 72 \log(39L) - 800/L$ 、 L は温暖地の幅である。また、

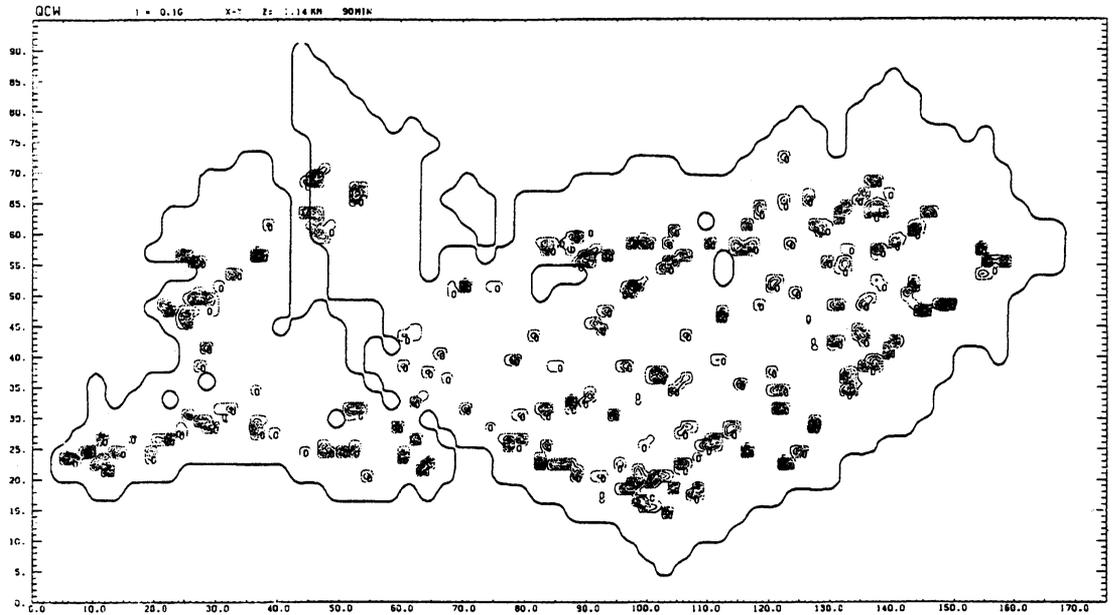
$$\log b = \sqrt{\frac{15}{Vg + 1.2}} - 2.1$$

で、 Vg (m/s) は地衡風速である。この式によって、地形の水平スケール L 、地衡風速、温暖地からの顕熱フラックスだけから、局地循環の高さ h が算定される。簡便に局地循環の概略を知り、汚染質の拡散等の問題に応用できる。

海洋性大陸上の日変化性対流雲の数値シミュレーション

斉藤和雄(気象研究所予報研究部)

海洋性大陸はインドネシアからオーストラリア北部にかけての広範な領域で、地球上で最も対流活動が盛んな場所として知られている。この地域に散在する島嶼上では、日射の影響による対流が卓越し、日変化性対流の格好な野外実験の場を提供している。1995年11月~12月にかけて、オーストラリア北部準州の Tiwi 諸島で、国際共同観測実験「海洋性大陸雷雨観測実験」(Maritime Continent Thunderstorm Experiment; MCTEX) が行われた。この時観測された熱帯雷雲の日変化について、雲解像モデルを用いたシミュレーションを行った。モデルは、MCTEX 支援用に特別運用されたオーストラリア気象局の20 km 分解能領域予報モデル LAPS に、2.5 km と 1 km 分解能の気象研究所非静力学メソスケールモデル(MRI-NHM)を2重ネスティングした。シミュレーションは Tiwi 諸島上で観測された対流雲の日変化の特徴をよく表現した。即ち、1) 海陸の温度差による海風前線の出現と一様加熱される前線内側でのベナール対流の発生、2) 海風前線面とベナール対流収束域での背の低い雲の出



第1図 1 km 分解能 MRI-NHM による高度1.14 km における雲水量 (0.1 g/kg おき). 11時30分.

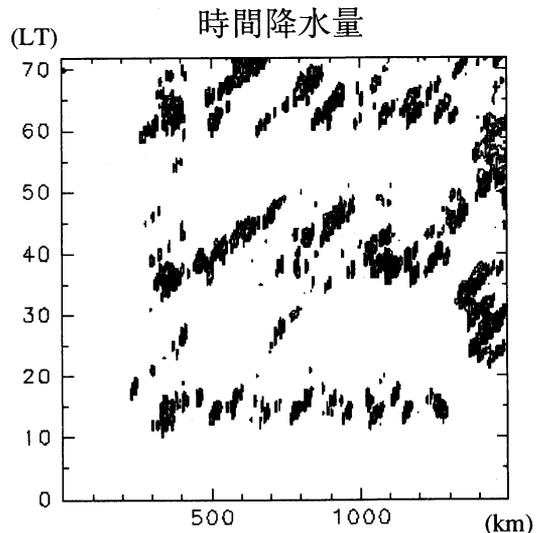
現(第1図), 3) 海風の内陸側への侵入と雲頂高度の漸増に伴う降水の開始, 4) 対流雲の島中央部での東西に並ぶ組織化と雲頂高度・降水の急増, 5) 地面温度の低下に伴う対流活動の低下, である. 感度実験による対流活動度への山の影響や地形スケールとの関係などが議論された.

熱帯山岳地帯のスコールライン

里村雄彦(京都大学大学院理学研究科)

GMS の赤外画像を用いたこれまでの研究では, 夏の熱帯陸上では積雲活動や降水の強い日周期が存在し, 夜半にそのピークがあることが分かっている. この研究ではインドシナ半島中央部を東西に横切るように2次元雲モデル (RAMS) の領域を設定し, 積雲活動の日変化, 特に何故夜半に雨が降るのかについて調べた. 初期条件としてインドシナ半島がモンスーン期になっている6月の気候値を与えた.

第2図に降水の時間-空間分布を示す. 積分開始後2日目から明瞭な降水の日変化が見え, 降水のピークが時間と共に東へ移動している. この降水をもたらす雲システムの発生・発達と構造を解析した結果, 以下の過程で内陸部の降水日周期が生じることが分かった: 毎日午後にインドシナ半島西縁と中央部とにある山脈で積雲が発生し, 対流圏下層に吹く西風によって



第2図 1時間降水量の時間-空間分布. 山は x=400 km, 700 km, 1100 km 付近にある. 黒実線は0.5, 1, 2, 5 mm/h 毎. 縦軸は地方時 (タイ標準時) を表す.

生じる山岳波と相互作用しながら東へ約10 m/s で移動すると共に組織化して長寿命のスコールラインとなる. 山から離れた内陸部ではこのスコールラインの通過時刻が夜半となるために, 積雲活動日周期のピーク

が夜半になる。

参 考 文 献

Benjamin, T. B., 1968 : Gravity currents and related phenomena, *J. Fluid Mech.*, **31**, 209-248.

Kimura, R., 1975 : Dynamics of steady convections over heat and cool islands, *J. Meteor. Soc. Japan*, **53**, 440-457.

Niino, H., 1987 : The linear theory of land and sea breeze circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 901-921.

新野 宏, 森 厚, 1998 : 水平対流の相似解とヒートア

일랜드循環の形成機構, 日本気象学会1998年度秋季大会講演予稿集, (74), 133.

Rotunno, R., J. B. Klemp and M. L. Weisman, 1988 : A theory for strong long-lived squall lines, *J. Atmos. Sci.*, **45**, 463-485.

Xu, Q., 1992 : Density currents in shear flows-A two-fluid model, *J. Atmos. Sci.*, **49**, 511-524.

吉門 洋, 1999 : 冬の房総局地前線の構造のレビュー, 気象研究ノート, (193) 165-170.

Yoshikado, H., 1998 : Mass and heat balances of the local front over the Kanto plain in early winter, *J. Meteor. Soc. Japan*, **76**, 641-648.



第5回大気化学討論会のお知らせ

下記の要領で第5回大気化学討論会が開催されます。対流圏・成層圏を中心とする大気化学および関連する諸分野の講演を募集します。

記

第5回大気化学討論会

主 催 : 大気化学研究会

会 期 : 6月2日(水)～4日(金)

会 場 : KKR ホテル熱海 (静岡県熱海市春日町7-39
Tel 0557-85-2000)

発表申込締切 : 4月23日(金) 必着

発表申込方法 : 次の要領で講演要旨をお送り下さい。

なお、正確かつ迅速に講演要旨集を作成するために、極力、電子メールをお使いいただくようお願いいたします。お送りいただいた原稿は、講演要旨集として当日配布いたします。

1. 郵送の場合 : A4用紙を用いて、縦11×横17cmのサイズ内、講演題目、氏名(発表者の前に○)、所属、発表の概要を記入し、さらに余白に申込者氏名、連絡先(住所、Tel、Fax、e-mail)を記す。

2. 電子メールの場合 : 上記と同様の事項を入力し、お送り下さい。受信後、こちらで編集いたしますので、特殊な文字については指示して下さい。

参加登録費 : 25,000円(宿泊費、朝食、懇親会費、講演要旨集代を含む)

申込先 : 〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1

東京大学先端科学技術研究センター

廣川 淳

Tel 03-3481-4093 Fax 03-3481-4562

E-mail : hirokawa@atmchem.rcast.u-tokyo.ac.jp