

開 催 趣 旨

渡 辺 明

福島大学教育学部

近年、世界各地で豪雨が頻発すると同時に、降水量や降水日数が減少しているという報告もある。これらを理解するためには降水変動を精度良く解析すると同時に、さらにそれをもたらしている降水システムを理解することが不可欠である。最近こうした観点から梅雨前線の大規模な観測や冬季降雪システムの集中観測が実施されている。

ここではこれらの観測結果や数値実験などを含めて、近年の降水システムと降水変動の特徴を理解することを目的として集会を開催した。

さまざまな角度から降水変動、降水システムを研究や観測している研究者が集い研究集会を開催することは、今後降水変動が大きくなると予想される地球温暖化とも関連し、その意義は大きいものと考えられる。今後も引き続きこうした研究が活発に行われることを期待したい。

このシンポジウムの開催運営の任にあたっていただいた乙部弘隆博士、時田利江事務官、並びに東京大学海洋研究所大槌臨海研究センター職員の方々に心より感謝申し上げます。

基調講演 「自然界の対流」—流体力学的な整理の試み—

木 村 龍 治

東京大学海洋研究所

1 はじめに

自然界には、さまざまな対流がある。大気・海洋にはもちろんのこと、マントルにはマントル対流がある。その下にある核内にも対流があり、その結果として、地磁気が発生している。

自然界の対流は、規模も時間スケールもさまざまであるが、それがすべて「対流」という概念でくくられる以上、それらの流体運動には、共通点があるに違いない。その共通点は、流体力学的な性質と結びついている。そこで、対流に共通する流体力学的な性質に着目することによって、自然界の対流を整理して頭の中に入れることができると考えられる。そのような試みを行ってみたい。

2 外力 vs 圧力勾配

対流の存在するところ、外力がある。外力とは、流体に加速度を起こさせるような外部的な力であり、その代表は重力である。熱対流の場合は、重力が必要である。重力と似た力として遠心力やコリオリの力がある。

外力が働いただけでは、流体が外力の作用で動くだけであるが、対流は、単に物体に力が働いて動く現象とは異なる。それは、流体中には圧力勾配が存在するからである。圧力勾配は、外力に対して「内力」と呼びたくなる力で、外から与えることはできない。流体が自分の事情で発生させる力である。

外力が与えられても、圧力勾配とつりあうと、流体の加速度を生むことができない。

どのような場合に、圧力勾配とバランスできて、どのような場合にできないのか。重力の場合、バランスした状態を静力学平衡（または静水圧平衡）という。遠心力の場合は、旋衡風平衡、コリオリの力の場合は、地衡風平衡という。いずれも場合も、バランスした状態では、対流は生じない。

対流は2種類に分類できる。鉛直対流と水平対流であ

る。

鉛直対流：外力と圧力勾配がバランスした状態が存在するが、それが不安定になって対流が発生する。ベナール対流やテラー渦など。

水平対流：はじめからバランスが存在しない。海陸風循環、大気大循環。海洋の風成循環も、この中に分類できるかもしれない。

3 鉛直対流

静力学平衡の崩壊現象。重力が外力の場合、加熱・冷却が対流の原動力となる。このとき、加熱の様式を3種類に区別できる。すなわち、

1) homogeneous heating (一様な加熱)：外力と圧力勾配のバランスした状態が存在する。細胞状対流のパターン。非線型効果がないと振幅が決まらない。

2) differential heating (差分加熱)：非回転系では、バランス状態は存在しない。回転系では存在する。セルがひとつだけの循環流。

3) local heating (局所加熱)：バランスした状態は存在しない。対流は局所的に閉じない。上昇する流体は、プルームやサーマルなど、相似形の構造になる。連行現象を伴う。

4 水平対流

水平方向の圧力勾配によって駆動される対流。重い流体と軽い流体が隣り合っていると、それぞれは、鉛直方向に静力学平衡が成り立っていたとしても、水平の圧力勾配が生まれ、それによって流体が加速される。ひとつのセルになるのが特徴。

理論的に扱う場合、最初から静力学平衡を仮定しても、構造が表現できる。また、非線形項は2次的な効果しかもたない。しかし、回転系では、傾圧状態でバランスが存在するので、非回転系に比べて、傾圧不安定のような面倒な現象が起こる。この場合は、非線形項が振幅

を決める。

5 特殊な対流

5.1 積雲対流

安定な密度成層流体中に発生するプルーム。それ自身は鉛直対流であるが、上昇域の外側は、下降気流が浮力で押さえられるので、水平対流的になる。鉛直対流と水平対流の混合型といえる。上昇域では、静力学平衡は成り立たないが、下降域では成り立つ。

積雲対流の特徴は、大気層が無限小振幅の変位に対して安定なことである（条件付き不安定）。空気塊のある高さ（持ち上げ凝結高度）まで持ち上げないと、熱が発生しないので、大気層が潜在不安定の状態でも、対流が発現しないことがある。また、凝結が起こっても、ベナール対流のような定常流になることは不可能。スーパーセルは、定常流のような構造になっているが、実際の大

気中では、スーパーセルといえども、たかだか数時間の寿命である。

5.2 拡散型対流

密度を決める要因（熱、物質の濃度など）が分子拡散する場合、初期に安定な流体層であっても、時間がたつと不安定になって対流運動が発生する。例：エディントン・スウィートの循環

5.3 二重拡散対流

密度が2成分でできている流体では、初期に安定な密度成層であっても、時間がたつと成層が不安定になって、対流が発生する。

フィンガー型 (finger type)：不安定要因が遅い拡散成分の場合

拡散型 (diffusive type)：不安定要因が速い拡散成分の場合

「みらい」ドップラーレーダーによる熱帯降水システムの観測

勝俣昌己

海洋科学技術センター海洋観測研究部

海洋科学技術センターでは、ドップラーレーダーを搭載した観測船「みらい」による熱帯降水システムの観測プロジェクトを進行させており、これまでに、大気観測に有利である定点での長期（10～15日）観測を3航海において実施した。これら観測においては、1999年6月～7月に行われた国際共同観測「Nauru99」において、対流抑制期における対流活動を観測し、2000年6月～7月に行われた「みらい」MR00-K04観測航海において、熱帯収束帯 (ITCZ) の降水システムを捉え、2000年11月～12月に行われた「みらい」MR00-K07観測航海では、西風バースト卓越時及びその終了後の降水システムを捉えている。これら3つの観測について発生した降水システムの特性についてドップラーレーダーデータを中心として調べた。

対流活動が活発なITCZにおいては、500 km 間隔で東西に並んだ西進する複数の降水システムが観測された。これらはほぼ南北方向に伸びる対流性降水域の leading edge と、その後方（東側）の層状性降水域で構成されて

いた。この東西方向の2次元近似的構造は内部の気流構造も反映していたが、内部の気流構造においての2次元（東西）構造に加えて、下層での南風成分による水蒸気供給、中層（融解層付近）での北風成分による乾燥大気の供給が降水システムの形成に重要な役割を果たしていると考えられた。

一方、対流抑制期のNauru99においては、高度2 km 以上が乾燥しており、ほとんどが10 km スケールの雲であった。組織化された降水システムは観測期間20日間でわずか1事例のみが観測されたが、層状性降水域がほとんど発達せず、Outflowの厚さが湿潤な2 km 以下に限定され安定度を強化しているという特徴がみられた。

この層状性の発達について、MR00-K07も含めた3つの観測期間全てについてSteiner et al. (1995)の方式を用いた層状性・対流性降水の分類を行なったところ、Nauru99については層状性域からの降水は18%に限定されているのに対し、MR00-K04 (ITCZ)においては41%に登っていた。

TRMMの赤外雲画像と降雨レーダーでみた台風眼の違いについて

山田琢哉

弘前大学大学院理学研究科

児玉安正

弘前大学理工学部

台風の観測・研究にはGMSの赤外画像が活用されており、現地観測の難しい海上の台風強度を雲画像上の形状から推定することも行われている。1997年12月からTRMM（熱帯降雨観測衛星）による観測が始まり、宇宙から降雨レーダー (PR) と可視赤外放射計 (VIRS) による同

時観測が可能になった。

本研究では、1998年～2000年にTRMMで観測された35個の台風について、PRとVIRSの赤外窓領域画像 (IR) で、台風の眼がどのように見られるかを検討した。その結果、眼がIRでは観測されないのにPRでは観測される