

第10回国際雲物理学会議の報告*

武田 喬 男・村上 正 隆・高 谷 美 正
 播磨屋 敏 生・上 田 博・高 橋 劭
 赤 枝 健 治・岩 井 邦 中

1. 概 要

武 田 喬 男**

1988年8月15日～19日、西ドイツの Bad Homburg 市で第10回国際雲物理学会議が、IAMAP の国際雲物理学委員会の主催の下で行われた。この会議は、4年に1度、丁度オリンピック開催の年に開かれる雲物理学の最大の国際会議である。今回も、約30カ国、約300人の研究者が参加し、日本からも20名近くの研究者が参加した。以下、会議の概要と各セッションの話題、印象などを、出席者のそれぞれが述べることにする。

Bad Homburg 市は、フランクフルト市から16 km ぐらいの所にある小都市で、森林、教会、城、公園、家々が美しいハーモニーをつくっている都市で、真夏とはいえ、気候もさわやかであった。西ドイツでは“fountain of health” とよばれているということである。会議は市内の Kurhaus Hotel で開かれたが、大会委員長の Prof. P. V. Hobbs の意欲、国内組織委員会の Prof. H. R. Pruppacher の精力的な世話と細かい気くばりの下で、盛大、かつ活発に研究発表、討論が行われた。

会議は、ポスターセッションも含めて次の20に分れて行われた。

セッション

- 1 : Cloud Microphysics I : Laboratory Studies
- 2 : Cloud Microphysics II : Field Measurements and Theory
- 3 : Cloud Microphysics III : Entrainment and Mixing
- 4 : Cloud Microphysics IV : Numerical Modeling

5 : Clouds and Radiation

6 : Cloud Chemistry and Acidic Precipitation

I : Measurements

7 : Cloud Chemistry and Acidic Precipitation

II : Numerical Modeling

8 : Instrumentation

9 : Orographic Clouds

10 : Cirrus Clouds

11 : Boundary Layer Processes, Fogs and Layer Clouds

12 : Cyclones, Fronts and Rainbands

13 : Graupel and Hail

14 : Convective Clouds I : Measurements

15 : Convective Clouds II : Theory and Numerical Modeling

16 : Thunderstorms

17 : Satellite Studies

18 : Severe Storms and Hurricanes

ポスターセッション

A : Cloud Microphysics and Chemistry

B : Cloud Macrophysics

国際雲物理学会議も回を重ねて今回で10回目であるが、その間にいろいろの変化があった。まず、発表希望の論文数が大変多くなり、21カ国から364編の論文が申し込まれた。しかし、残念なことに、最終的に発表を認められた論文数は oral 137 編、poster 76 編で、その比率は申し込み論文数のわずか58%にすぎない。Prof. Hobbs も大会の開会式で述べていたように、この傾向は今後も続くと考えられる。雲物理学関連の他の適当な会議への積極的な参加、発表も考えることが必要であろう。また、申し込み数の多い国(10編以上)を順に並べると、アメリカ、西ドイツ、中国、ソ連、日本、フランス、イギリス、カナダとなる。印象的なことは、アメリ

* Summary of the 10th International Conference on Cloud Physics.

** T. Takeda 名古屋大学.

カからの申し込みが141編と圧倒的に多いことと、西ドイツが地元であることを考えると、中国からの申し込み数31編が事実上2位ともいえることである。日本からの申し込み数は27編であった。この傾向は、当然会議での発表、討論でも同じようにみられ、国際会議とはいえないながらも、ある時には、発表、討論がアメリカの国内の学会のような印象すら受けることがあった。

364編の申し込み論文から oral 137編, poster 76編を選び出すことは、主に、申し込み時の abstract をもとにプログラム委員会で行われたが、どのような基準で選ばれたか、会議中に開かれた雲物理学委員会でも大いに話題となった。筆者自身、プログラム委員としてこの作業には参加したが、abstract の内容、著者名、国名、その他をもとに判断することが大変難しいことを痛感する一方、abstract には研究の意図、特徴、主張など十分な information をもり込むことが大事であり、その意味で abstract の書き方に確かに分り易い書き方がある。一般的に言うならば、日本から申し込まれた論文の abstract そのものは、全体として分り易いものではなかったようである。

発表論文の内容は、以下、各セッションについて述べられるが、1968年のトロントの会議に比べると傾向がかなり変わってきている。1968年時には、論文を手法別にわけた比率が観測36%、室内実験33%、理論23%、数値モデリング8%であったものが、1988年には、それぞれ51%、7%、15%、27%となっている。つまり、室内実験による研究が大幅に減ったのに対して、観測、数値モデリングによる研究がかなり増大したことである。特に、多くの測器を搭載した航空機による観測、メソ現象を対象とする総合的な観測プロジェクト、多くの複雑な物理過程を組み入れた数値モデリング、あるいは、現象の数値シミュレーションの結果と膨大な観測データとの比較解析などが目につく。雲物理学が雲の微物理過程のみをとり扱わず、雲のスケールで雲の物理を総合的に研究しようとするためには、このような研究は、やむを得ない一つの方向ではあるが、いたずらに総合的、あるいは複雑化しすぎるきらいもあり、science として物理的な“単純な面白さ”を感じさせる論文が少なかったことは、果して雲物理学はこれでよいのであろうかという疑問も感じさせた。

会議の発表、討論は概してスムーズに行われた。これは Prof. Hobbs の指示もあり、各セッションの司会者が、前もって、時間の厳守、図の示し方、器械の使い方

その他を発表者達と綿密に打ち合わせ、確認したことが効いている。なお、ポスターセッションAとBでは、Prof. Hobbs の提案で、それぞれディスプレイが最良のものに賞が贈られることになり、その一つに日本の菊地、巖波、谷口によるものが選ばれた。

国際雲物理学委員会では、補欠論文の今後の会議での取り扱い方と次回の会議開催地が主に討論された。前者については、補欠論文の著者は、その論文をポスターセッションで発表するという option が与えられてもよいのではないかとということが示唆された。また、今回の開催地については、公式の招待がカナダのモントリオールのみであったため（非公式には、中国、ユーゴスラビア、イギリスからの申し出があったが）、その適否が議論され、大多数の賛成で認められた。開催予定時期は1992年8月17日～21日ということである。なお、その次の会議をそろそろ日本で行ったらどうかということが、会議に参加した日本人および中国人研究者の間で話題になったことを付記しておきたい。

2. セッション 1, 2, 4 (cloud microphysics) について

村上正隆*

セッション1では、雲の微物理素過程に関する室内実験の結果が発表された。Illinois State Water Survey のグループ (Ochs *et al.* と Beard and Ochs) はチャンパー内で水滴を自由落下させて、微水滴の衝突併合過程に及ぼす電荷の影響や、直径 1 mm 以上の水滴の変形(振動)について報告した。

中国の Wang は氷晶の軸比にもとづいて晶癖変化を詳細に調べ、従来の中谷、小林ダイヤグラムとの違いを論じた。ネバダ大学の Hallett は融解と蒸発に伴う雪の形状変化を観察し、融解時の分裂や微水滴の生成は結晶形に強く依存することや、蒸発時の分裂が湿度や氷球温度に依存するらしいことを報告した。これら2つの研究は熱拡散箱を用いて行われたものだったが、今回目を引いたのは、次に紹介する垂直風洞内で雪を自由に浮遊させて行った研究である。

Takahashi *et al.* はユタ大学が開発した垂直風洞を用いて長時間(～30分)に渡って氷晶を浮遊させ、水飽和条件下での昇華凝結による氷晶の成長速度・落下速度の

* M. Murakami, 気象研究所.

変化及び雲粒捕捉成長を詳細に調べた。このタイプの風洞を考案した本家本元の Fukuta は、これまでユタ大学の風洞で行った実験結果をまとめて、 $-4\sim-20^{\circ}\text{C}$ での氷晶成長に関する氷晶の質量・ a 軸の長さ・ c 軸の長さ・落下速度などの時間変化を表わす実験式を導出した。結晶形の違いまで考慮した精密な雲モデルを作る際には、必要不可欠な情報である。マインツ大学の Mirta *et al.* はユタ大学とは少し異なる方式の垂直風洞を用いて雪片の融解の実験を行い、融解が進むにつれて複雑な運動を始め、大きな雪片では融けかかった枝がちぎれたりする様子を 16 mm 映画で見せた。

雪を風洞中に自由に浮遊させながら実験することなどは数年前までは夢のような話であったが、多少熟練は要するものの、現在では 30 分程度の実験は可能となった。今後は結晶成長や融解だけでなく、雪に関する色々な微物理過程の実験が行われるであろう。

セッション 2 で発表されたのは、大部分、航空機による雲の微物理構造の観測結果に関するものであった。それを大別すると、雲粒の成長に関する論文が 3 題 (Bower and Choullarton, Baumgardner, Cooper) と、2 次氷晶生成に関する論文が 2 題 (Brown and Choullarton, Gayet *et al.*)、その他 2 題 (Jensen *et al.*, Vali *et al.*) であった。雲粒成長に関する論文は、粒径分布の広がり方が凝結成長と確率衝突併合から理論的に予想されるよりはるかに速いという観測事実を説明しようとするものであった。三つの論文の結果を総合すると、雲内の混合過程・雲粒の黒体放射・周囲の乾燥空気との混合などが効いているようである。一方、2 次氷晶に関する 2 題の発表では、雲頂温度が -15°C 以上の雲で、 -5°C 付近に高濃度 (100 個/l 以上) の氷晶が見い出されたことが報告された。結晶形 (2 例とも角柱状結晶) からみても、この温度領域で何らかの氷晶増殖機構が働いていることは間違いないらしい。

その他 2 題は、航空機搭載の各種測定器の誤差や、航空機自身が雲に及ぼす影響に関するものであった。Jensen *et al.* によると、現在広く使用されているタイプの温度計は、雲内では蒸発の効果で最高 2°C も低目の値を示すというのである。雲内の気温をより正確に測定するために、彼らは Lyman- α 湿度計を用いて水蒸気量を測り、それから求まる露点温度を雲内の気温とした。また、PMS 社の FSSP による雲粒測定も、サンプリングボリューム・電子計測部の応答速度の制限・レーザービームの不均質性などのために、相当大きな誤差を生じ

るというのである。一方、Vali *et al.* は、航空機が過冷却雲を通過する場合、条件次第で人為的に氷晶を発生させる可能性があることを報告した。私自身にとって、以前は高嶺の花とあきらめていた航空機観測が、最近身近なものとなってきたせいも、この二つの論文が強く印象に残った。同時に、つくづく航空機観測の難しさを感じさせられた。

セッション 4 では、雲の微物理パラメタリゼーションに着目した数値シミュレーションに関する論文が発表された。Clark *et al.* はネスティング微格子 3 次元モデルを用いて見事に雲表面の細かな凹凸を再現していた。Lipps and Hemler は新しいサブグリッドスケールの凝結スキームを 3 次元モデルに組み込んで計算を行い、水飽和を越えたときだけ雲水が生成されるという従来のスキームを用いた場合より上昇流のピークも長続きし、凝結量も大き目になることを示した。

その他に、雲水から雨水への変換スキームの違いが山岳性降水形成に及ぼす影響 (Richard and Chaumerliac) や、雲の微物理パラメタリゼーションに氷相を入れた場合と入れない場合のスコールライン発達の相異 (Hall and Lafore) に関する論文もあったが、印象深かったのは中国の Hu の講演であった。彼は 1 次元モデルを用いたが、雨水・氷晶・霰・雹をそれぞれ質量混合比と数濃度の 2 変数で表現し、雲水も質量混合比と粒径分布の広がり 2 変数で表現した複雑なパラメタリゼーションを組み込んでいた。講演では、それらを導出する方程式群のスライドを何枚も何枚も見せた。彼とは国際雲モデリングワークショップ (8 月 8 日~12 日にフランスで開かれた) で一緒になり、お互いのパラメタリゼーションが似ていることもあって色々と言葉をかわした。式ばかりのスライドを見て、「コンピュータ事情が悪く、2 次元モデルを走らせると何日もかかるので 1 次元で走らせている」といった彼の言葉をふと思い出した。1 次元モデルではあるが、パラメタリゼーションは人一倍工夫しているのだということを、よほど強調したかったのだろう。

コンピューターの急速な大型高速化からみて、4 年後の会議では多くの研究者がさらに複雑なパラメタリゼーションを組み込んだ 3 次元モデルを用いた研究成果を発表することになる。しかし、モデルとの比較に耐える十分な観測結果がほとんどない現状では、モデルの真価を問うのはもう少し先のことになるかもしれない。私が分担したセッション 1, 2, 4 は偶然にも雲物理研究の実

験・観測・数値モデルという三本柱であるが、これらが近い将来三位一体となって、より大きな成果が得られることを期待したい。

謝 辞

筆者が国際会議への参加費用の一部として、気象学会の国際学術交流基金からご援助をいただきました。紙面をかりて深く感謝します。

3. セッション3 (エントレインメントと混合)

高 谷 美 正*

このセッションの発表者は8名(米4, 仏, ソ連, 西独, 日本各1)。観測手段のめざましい発展(雲粒総数濃度(droplet concentration)は50 Hz, 雲粒粒径分布(droplet spectra)は10 Hz, Paluch 他, Latham 他)によって雲内の微細構造は数メートルから10メートルの解像度で観測され、エントレインメントのモデルは、厳しい検証を受ける段階に至っているという印象であった。

1. 雲頂からのエントレインメント (cloud top entrainment) が主か、雲の側面からのエントレインメント (lateral entrainment) が主かという議論は、もはやあまりなされず、ほぼ雲頂からのエントレインメントが主という方向で合意されているように思えた。

2. 雲粒総数濃度の分布が、雲の縁で、スッパリと切れることから、エントレインメントは、拡散では表現されず、いわゆる渦巻く波のイメージ (billow image) (Broadwell & Breidenthal) であるという仮説は、Paluch (米) らの高解像度の観測に耐えることは出来ないようである。

3. その内部では均一な直径数百メートル空気塊 (air parcel) が、上昇してゆく過程で外気を取り込み、その結果雲粒総数濃度が減少して個々の雲粒が成長するという Mason らの理論は、これもやはり Paluch らの測定では、否定的であった。彼女の結果では、断熱上昇による値よりも薄められてかつ一様な数百メートルにわたる領域は存在しなかったし、大きな雲粒が見つかったのは、断熱領域に限られていたとのこと。一方、Elizabeth Hicks (仏) らによれば、薄められた領域で大きな雲粒が存在するといっているが、彼女らの測定は、1 Hz なので解像度が異なり、比較のしようがない。Paluch らに

よれば、薄められた領域では、数メートルからの多様なスケールの構造をもっていることが示された。ただし Paluch は、彼女の結果は、ただ一回の観測に基づくものであることを断わっている。

4. Clark (米) らによる3次元で最も細かい格子間隔が25メートルの数値実験の結果が示され、いかにも対流雲らしいモクモクした形が再現されていた。彼らは、渦拡散項をゼロにしても凹凸が再現されることをもって、浮力の効果による cloud-top entrainment は重要ではなく雲表面における非粘性渦によって、エントレインメントが支配されていると結論づけていた。しかし物理量の解析としては、運動エネルギーと、エンストロフィーしか求めておらず、形成された凹凸そのものが、浮力による不安定によるものかを調べたかと尋ねるとやっていないとのことで、数値実験の結果はともかく、その物理的解釈には疑問を感じた。

5. 日本からは、気象研究所の高谷美正が、こま撮りビデオによる雲の微細構造の観測と、それを説明する不安定理論を発表した。従来の飛行機による微細構造の観測は、いわば瞬間像を求めていたのに対して、時間発展を求めたものであり、エントレインメントと混合の新しい見方を提供できると考えられる。

6. その他に、Johari 他 (米) によるサーマル、ブリュームの室内実験、Zuev 他 (ソ連) による飛行機に乗せた偏極ライダーによる境界層上部の雲の構造関数を求める測定、Jochu (西独) による、雲をかぶった境界層を、一台のジェット機と多数の動力グライダーを用いて多高度同時観測を行い、ヒートフラックスの鉛直分布を求めた観測の報告などがあった。

4. セッション9 (orographic clouds), 12 (cyclones, fronts and rainbands), 13 (graupel and hail) について

播磨屋 敏 生*

山岳性雲についてのセッション9では、大きく分けると数値実験が4編、航空機観測が2編の計6編の講演発表がなされた。

Rauber は、シエラネバタ山脈で実施された SCPP (Sierra Cooperative Pilot Project) 中に航空機、レーザー及び地上観測を行って、山岳上での雲底から山岳に

* Y. Takaya, 気象研究所.

* T. Harimaya, 北海道大学.

沿って上昇してくる雲粒と雲頂から落下してくる氷粒子との衝突が起こる雲内での交差領域の存在が、山岳性降雨で重要であることをみごとに示した。Baddour and Rasmussen は、モロッコのアトラス山脈で航空機を使った微物理過程の観測の結果、層雲タイプの雲では seeder-feeder メカニズムがはたらき、層積雲では対流の活発な領域で雨滴の併合過程が卓越していたと報告した。

他方数値実験については、Grabowski が間隔 10 km で振幅 100 m のサインカーブの山岳のもとで計算を行い、seeder-feeder メカニズムを支持する結果を得た。Meyers and Cotton と Wesley *et al.* は、前者ではコロラド大学の RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) の 2 次元非静力学モデル、後者では 3 次元モデルを使った結果をそれぞれ発表した。前者では、SCPP で得られた Rauber らの観測事実と非常に良く一致した結果となった。後者では、コロラドのフロント山脈でのメソスケールの観測と数値実験の結果、山岳上の降雪には、寒気のせき止め、内部重力波、seeder-feeder プロセスなどが重要であることを示した。Rasmussen *et al.* は、3 次元のネステッドグリッド雲モデルを使い、ハワイ、シュラネバダとタイの 3 地域の気候条件と物理的状況の違い領域で計算を行って相互比較をした。その結果、気流が障害物を乗り越えるか、まわるかを示すフルード数が降雨パターンをきめることを示した。

数値実験では、一般的な山岳についてではなく、現実の山岳について、そして実測された結果を再現できるかどうかという具体的なものが主流であった。

観測については、4 年前のターリンでの国際雲物理学会議でも感じたことであるが、外国では Knollenberg 等の測器を搭載した雲内の航空機観測が日常的に行われているのに対して、わが国ではほとんど行われていないという現実がある。それについては、WCRP 関係で Knollenberg も徐々に整備されつつあるようなので、次の国際会議にはわが国も航空機観測結果を発表できる事を望む。

セッション12では、大きくわけると観測を主体にした講演が 5 編、数値実験が 3 編発表された。

観測関係では、Liu and Takeda は、マイクロウェーブ放射計とミリ波レーダーを使って低気圧に伴う層状雲の構造を氷晶化度に注目して解析した結果について述べた。Murakami *et al.* は、特殊ゾンデとレーダーを使って、温暖前線に伴う雲の降水形成のメカニズムとして、

温暖前面より上の層で雪結晶の昇華成長が卓越していたことを事例解析で示した。Marwitz は、寒冷前線に伴う narrow レインバンドについて、ドップラーレーダーデータを使い気流と地形との相互作用を調べた結果を発表した。Takahashi は、JHWRP (Joint Hawaii Warm Rain Project) データ解析と数値実験を併用して、長続きしたレインシャワーのモデルとして、乾燥空気が侵入しないような循環になっていることと、マルチセル内のセルとセルとの間の微物理的相互作用の重要性を指摘した。Raga *et al.* は、JHWRP のデータを使い雲と雲近傍の環境との相互作用について調べ、下層収束によって対流がはじまることと、雲の風下に水蒸気フラックスの収束をつくること等の結果を発表した。

数値実験の方では、Knight and Hobbs は、寒冷前線のメソスケールの循環とレインバンドの形成を理解するために数値実験を行い、条件付対称不安定の解放によって wide 寒冷前線レインバンドが形成されることを示した。Cho and Chan は、レインバンドの力学のよりいっそうの理解のために数値実験を行い、ポテンシャル渦度のアノマリーがあると上昇流場がつくられ、結果として中層のレインバンドが形成されることを示した。Müller and Wacker は、メソスケール予報モデルで前線性の雲と降水のシミュレーションを行い、雲物理過程が力学過程に影響を与えるので、水循環をできるだけ現実的に取扱う必要性を強調した。

以上のように、低気圧や前線に伴う雲と降水のメソスケール以下の、より微細な構造の観測とレインバンドの形成機構に関心があつたことがわかる。

セッション13では、大きくわけると人工電を作る風洞実験関係の講演が 4 編、電の内部構造観測が 1 編とその他 2 編が発表された。

風洞実験関係では、List *et al.* は、実験室での成長中の電の表面温度の測定から電における熱と質量の輸送は、場所によって不均一であり非等方性であることと、電表面の水膜の温度は 0°C ではなく過冷却していることを示した。Prodi and Wang は、着氷実験の回転条件と速度、成長温度、雲水量、上昇流速度などの成長パラメーターの効果を確かめた。Lesins は、電が降った時の雲内の気象要素を使って、風洞実験とモデル数値計算を行い、直径の時間変化と成長層についてかなり良くあったという結果を発表した。Bladz *et al.* は、荷電していない雲粒と荷電している雲粒を使った電の風洞実験の結果、雲粒の電荷が成長をはやめることを示した。

観測の方では、Tlisov and Khorguani は、電の内部氷に含まれている微量成分をマスペクトロメーターで測定し、初期氷粒子のタイプの違いによって含まれているエロゾルの成分が違うことを示し、あらゆるタイプの場合は、弱い上昇流のために比較的小さいサイズのエロゾルが含まれているが、水滴タイプの場合には強い上昇流のため地上付近からの巨大粒子を含んでいることを示した。

その他には、Wang による雨滴と電について形と粒径分布を簡単な数式で表わして、それによって両者の違いを比較した講演と、Roos and Durrant による降電エネルギー、電ネット、被害などの応用的問題を論じた講演があった。

電の観測に関する講演が少なかつたのがさびしかったが、retrieval の方法で求められた雲内の気象条件の下での風洞実験と数値計算の比較は、今後電形成の理解を進める上で、意味深い方向だと思った。

5. セッション10 (cirrus clouds), 11 (boundary layer processes, fogs and layer clouds) について

上 田 博*

巻雲についてのセッション10では、取りやめが1題あり、計7題の発表があった。そのうち5題が米国からの発表であり、2題がソ連からの発表であった。ソ連からの2題は数値計算に関係したものであったのに対して、米国の5題のうち3題は FIRE (First ISCCP Regional Experiment) の観測結果についてであり、残りは、衛星データの解析と数値計算であった。

米国からの発表は皆興味深く、FIRE の観測に関する次の3題は特に印象的であった。Sassen らは、偏波ライダー、ドップラーライダー及び飛行機 (FSSP, 2D-C) を駆使した観測を行い、ライダーの偏光解消度と粒子の形状の比較などを行っている。Gultepe and Heymsfield は、ドップラーライダーを用いた VAD 法 (円錐走査法) によって風を測定しているのが注目される。Heymsfield and Knight は、飛行機観測により、雲水量、氷晶の数密度と形状等を測定している。巻雲内の砲弾集合の役割についての議論が注目された。

米国からの他の2題は、Kuo らのランドサットデー

タを用いた雲のサイズ分布の解析と Kinne and Liou の巻雲のアルベードと下向き赤外放射の計算であった。Kinne and Liou の発表では、プレプリントにはなかった高野氏の名前が著者名に加えられた。彼らは、球形ではない雪結晶を考慮した計算を行っており、高野氏は砲弾集合の効果を角柱の組合せとして考えて計算しているとのことであった。

ソ連からの2題は英語がわかりづらいこともあってよく理解できなかった。Borisov and Bazlova は巻雲中の固相と液相の雲水量および氷晶の数密度の上昇流との関係を計算している。Kosaref らは、巻雲の経験的モデルの作成を行っている。

巻雲の観測となると大型の飛行機による観測が必要となるためか、この分野は米国の独壇場の感が否めなかった。次回には日本からもこのセッションに発表があることを期待したい。

霧と層雲についてのセッション11では計8題の発表があった。西ドイツから3題、中国から2題、米国、スウェーデン、オランダから各1題の発表があった。内容別では、数値計算6題に対して観測・解析2題であった。

数値計算に関する発表のうち4題は放射霧についての研究であった。Bott らは微物理過程を詳しく入れた放射霧の1次元の数値モデル計算を行っている。Smolarikiewicz and Fitzjarrald は、放射霧のsmall・スケールの運動を直接計算している。Wobrock は放射霧についての力学モデルで高さ1,000m までの温度、霧水量などの計算を行っている。Qian and Lei は川と堤防をいれて放射霧の数値計算を行っている。

放射霧以外の数値計算として、Tjernstrom は層雲について、風上に高さの異なる雲がある場合の効果、海岸線の影響、海風の影響を計算している。Duykerke は海上の層雲の数値モデルで雲の厚さや放射霧の flux などを計算している。

Wang らは吉林省で春の層雲についてなされた、飛行機観測、ゾンデ観測、地上気象観測および衛星データの解析を行っている。

Finger and Wendling は、極域の低い層雲について飛行機観測を行い、混合比、霧水量、雲粒の直径と数密度および潜熱、顕熱、雲水量の乱流輸送量の鉛直分布を測定し、数値計算と比較している。

Finger and Wendling の属する DFVLR は、今回の ISCCP を後援した研究所であり、参加者全員が受け取ったショルダーバッグには、DFVLR のマークがはいって

* H. Ueda, 北海道大学.

いた。最終日の翌日ミュンヘンにある DFVLR を訪問したところ、彼らの使用している飛行機を含めて気象観測に使える飛行機が5~6台あったのには驚かされた。

このセッションでの数少ない観測の発表を聞いて、日本でもなんとか気象観測専用の飛行機ができないものかと思った。

6. セッション14, 15 (convective clouds), 18 (severe storms and hurricanes) について

高橋 勲*

イスラエルの Levin 等は山頂で雲粒を直接電子顕微鏡のメッシュに受け、 BaCl_2 下での粒子の変化から硫化物が存在するかどうかを検討、観測結果を CCN (凝結核) と酸性雨とに結び付けようと試みた。North Dakota の Poellot 等はアメリカ大陸 (South-central) で発達する積雲の降水機構を知るため -5°C ~ -12°C 層間を何度も繰り返し飛行した。雨滴形成が先行するという。同じ North Dakota の Smith 等は SF_6 をトレーサーに雲内での氷晶の源を探っている。NCAR の Knight はラグランジュ法で実際の雲のレーダーエコー分布を微粒子の成長方程式を解き説明しようとし、Oklahoma の Hane は Retrieval 法でドップラー・レーダの流れの場から気圧のポアソン方程式を解き、水平面上の値を重ね合わせて垂直方向のモーメントに関する項を求め、ストームの内部構造の解析をした。中国の Meiyuan 等は積雲が発達して Anvil が形成されてからの降水に層状雲の影響の数値実験を行った。

South Dakota の Helsdon 等は雲が下層に水蒸気の収束帯が形成されるとそこで雲が急激に発達するモデル結果を発表した。中国の Kong 等は積雲が冷たい湖を通過した時の変化をモデル計算し、同じ中国の Huang 等は2つの積雲が Merge する条件を求めた。NCAR の Hauf と Clark は3次元モデルで多数の雲をランダムに作り、雲の並びが内部重力波と関連することを示した。

フランスの Jaubert 等は2台のドップラー・レーダを用いてストームの力学的構造解析を行い、NCAR の Parsons 等はストームの寿命は cold dome の重力波と下層のシアに伴う vorticity とのバランスで決められることをモデルの例で示した。NCAR の Hjelmfelt と Kessinger はドップラー・レーダを用いてマイクロパー

ストの解析結果を発表、北大の上田等は札幌の場合の例を示した。

午後に入りソ連の Kartsivadze 等はストームのレーダ構造と雹との関係についての結果を発表し、カナダの Joe と Crozier はトルネードの子知のため中規模擾乱の検知をドップラー・レーダで試みた。気象研究所の椎野はシアのある風の場でストームが自分でメソの場を作りながら発達する様子を3次元モデルで示した。Miami の Willis は融解層を通過した時の降水粒子の変動の飛行機観測を示し、米国の Rudledge 等はストームの tail の層状雲の力学と粒子分布をドップラー・レーダと飛行機観測で得られた結果を発表した。同じグループの Biggerstaff らはカンサス州上でのメソ擾乱の場で発達した雲の上昇域の構造をドップラー・レーダの解析から示し、最後にワシントン大学の Houze らはハリケーンのパンド雲内での降水粒子分布を示した。

この会議に出席して感じたことは、飛行機、ドップラー・レーダを用いて雲全体を考え降水機構を考えようという動きが出てきたこと、中国勢がどんどん研究成果を発表しだしたこと、日本勢は英語のハンデで相変わらずディスカッションに入り込めないことであった。

7. セッション16 (thunderstorms), 17 (satellite studies) について

赤枝 健治*

セッション16では、追加論文1編を加え全部で7編の発表が行われた。このうち5編は、ドップラーレーダーや航空機を用いた観測を主とする論文であり、残り2編は、モデル・理論を主とする論文である。観測を主とする論文のうち3編は、1984年夏 New Mexico で行われた、山岳地域に発生する小規模雷雲に関するものである。Raymond and Blyth は、複数のドップラーレーダーから求めた雷雲内の流れをもとに、粒子を覈と仮定し、粒子の軌跡に沿った反射強度の変化を求めている。この反射強度の変化を、上昇流の強い発達期と上昇流の弱い衰弱期と比較し、粒子成長に及ぼす上昇流の影響(すなわち、過冷却水滴量の影響)について議論している。Ziegler *et al.* と Ray *et al.* は、複数のドップラーレーダー・航空機から求めた雷雲内の反射強度、流れの場、電場の分布を、モデル計算と組み合わせ、各種降水粒

* T. Takahashi, 九州大学.

* A. Akaeda, 気象研究所.

子の分布や、雷雲中での電荷生成機構について調べている。このように、ドップラーレーダー観測とモデルを組み合せ、レーダーデータだけでは知り得ない雲物理情報を引き出す試みは、他のセッションでも見られ、今後の研究の1つの方向を示すものと思われる。一方、Musil and Smith は、米国南東部に発生した雷雲の航空機観測を行い、米国中西部で発生する雷雲との比較を行っている。彼らの観測によると、南東部で発生する雷雲の場合、反射強度が 55 dBz を越える領域においても大きな電はほとんど存在せず、直径数ミリの粒子が数多く存在していた。他の1編の観測論文は、セッション12のリザーブペーパーとして登録されていた、Hagen による1台のドップラーレーダーを用いた寒冷前線の観測・解析である。彼の解析によれば、寒冷前線がドイツ平野部を通過する時は、降水コアの構造がはっきりし下層ジェットも存在していたが、寒冷前線がアルプスに近づくと、降水コアははっきりしなくなり、下層ジェットも存在しなくなる。これは、アルプスによって、前線に沿う流れが持ち上げられたり、弱められたためであると考えられる。

モデル・理論を主とする論文として、Pawlowska-Mankiewicz が雨滴蒸発による下降流の維持に関する1次元のシミュレーションを行っていた。また、Covic and Vukovic は、雷雲内での放電で発生する音波による水滴の速度変化によって、併合の割合がどのように変化するかを理論的に調べていた。

衛星関係のセッション17では、講演取り消しが2編あったため、発表論文は3編のみであった。Turpeinen は、METEOSAT の赤外チャネルと、6.3 μm 水蒸気チャネルのデータを用い、熱帯・亜熱帯域の降水量の予測を行っていた。実際の雨量計との比較から、亜熱帯域より熱帯域で対応が良いこと、また、乾期・雨期に比べ、その遷移期で対応がよくないことが報告されている。Heymsfield and Fulton は、航空機搭載のレーダー・赤外放射計・多波長マイクロ波放射計を用い、大陸上に発生した積乱雲の対流領域とアンビル領域の観測を行った。その結果、赤外放射計よりマイクロ波放射計のほうが降水域の推定には適していること、陸上では 92 GHz を用いると、降雨を伴わないアンビル雲を識別できることを示している。Knupp は、米国南東部で発生した MCS を解析し、アンビル領域での層状性降雨の形成に重要な要因を調べている。彼の解析によると、対流雲から運搬される粒子はあまり重要でなく、アンビル領域で

のメソスケールの上昇流が重要な役割を果たしていること、メソスケールの上昇流は、対流雲による加熱に対する静水圧応答によって起きていると考えられることを示している。

8. ヨハネス・グーテンベルク大学への訪問

岩井 邦中*

会議終了後の8月20日、会議のホスト役であった Pruppacher 教授の研究室を訪問した。日本からの参加者は磯野謙治先生、高橋劭(九大理)、田中豊顕(気象大)、梶川正弘(秋田大)、村上正隆(気象研)、高橋庸哉(北大、低)と筆者、それに、在米の熊井基さんであった。アメリカからの参加者の中には Pruppacher 門下の Beard や Pitter 氏の姿が見られた。

ドイツではこの10年来、多くの大学が新設されたと聞く。ヨハネス・グーテンベルク大学もその一つで、ライン下りの出発点として有名なマインツ市にある。大学のキャンパスは郊外にあり、まだ余り、整備されておらず、一見アパート風の建物の裏口から物理教室に入った感じであった。しかし、中は新設校らしくきれいであった。まず、小さな教室で、Pruppacher 教授により、風洞実験の意義についての説明があった。ドイツでは現在、酸性雨が深刻な問題になっており、大気中に浮かんでいる水滴が如何にして酸性になってゆくかの実験的な研究、雪片が融解して雨滴になる過程の研究などにふれていた。その後、雲物理用の垂直風洞を見学した。

Pruppacher 教授は UCLA で垂直風洞を作り、数多くの業績を残した人であるが、この風洞はその2号機である。UCLA の風洞を見た人から聞いた話では水滴が空気中にビタリと浮遊するとの話であったので、非常に期待していた。しかし、実際はビタリと止まっているわけではなく、前後、左右、上下に少しずつ動いていた。特に、上下方向については院生が風速を制御するハンドルを忙しく右や左へ手で廻して、調節していた。筆者の所には、約10万円程で作った風洞があり、水滴は結構よく浮遊するのであるが気流が乱れているため水滴自体は常に振動しているのに比べ、この風洞内の水滴は肉眼では振動がほとんど見られなかった。

PH 試薬を入れて緑色になった水滴を浮かべ、気流内に SO_2 ガスを送っているうちに、水滴の色が褐色に変

* K. Iwai, 信州大学.

わる(酸性度が増す)デモンストレーション実験や雪片のモデルとして石鹼の薄片を浮かべる実験があった。実際の雪片を浮かべての融解の研究は会議の初日に 16 mm

映画で紹介されていた。なお、この風洞の値段は磯野先生からお聞きした話では約2億円とのことであった。

平成元年度春季大会を振り返って

講演企画委員会

去る5月の春季大会は、参加総数が500名を越える盛況でした。研究発表に関しては、口頭発表を2種類に分ける初めての試みがなされたり、2日目の昼休みにはトピックとして緊急の話題が提供されたりしました。3日目にはスペシャル・セッションが2件開かれました。ポスター・セッションでは、ビデオ使用の発表が2件あって人気を呼んだし、その他、自前のボードを用意しての飛入り発表もありました。これらのそれぞれが今後の大会の在り方にヒントを与えているように思われます。

講演企画委員会は、大会の在り方を考えるためのアンケート調査を行い、会員の皆さんの感想および意見を寄せていただきました。大会参加者の数%に当たる25人の方々から寄せられた回答は、その多くが口頭発表の新方式に賛同するというものでした。直接委員に寄せられた感想やコメントも賛意を示してくださったものが多く、委員会としてはホットした次第です。こういうことから、寄せて戴いた声を参考にし、改良を加えつつ試行を続行することに致します。なお、第一種講演は、発表する人のみならず、それを聞く側の人にも、情報交換の方法として効果的で、事前の懸念を打消すような良い一面がある事を実行を通して認識できたのは幸いでした。これは、参加者の方々が、大会の実情と新方式の趣旨とに理

解を示され協力的かつ適切に対応して下さったことの表れであると受取っております。

しかし委員会は、春季大会での試行の実態に必ずしも満足しているわけではありません。例えば、第一種講演の比率が高いセッションでも休憩時間をとるところまでには至らなかったし、またその事に関係するが、第一種の割当て時間を大幅に超過した例が幾つかありました。これらは趣旨に反しますので講演企画委員会側も発表者側も一層の工夫が必要のようです。また、第二種として発表された講演の中には第一種の方が相応しいのではないかと思われるものも見受けられました。しかし今回は、まだ一回目の試行であり、それに委員会の説明不足も有ったでしょうから、それを過大に問題視するのは拙速すぎましょう。各人が実行を通じて種別のそれぞれの利点を知りその特徴になじむにつれて、この辺りの問題は自ずと少なくなるものと思います。

文頭を書きましたように、春季大会は大いに賑わいましたが、これを滞りなく運営するために大会事務局(気象庁観測部の方々)が払われた努力は大変なものがあったと思います。また、講演企画委員会からの注文にも快く便宜を図って下さったそれらの方々に、この場を借りて深く感謝致します。