対流に関する研究の展望*

—京都シンポジウムの報告—

浅井 富雄**

1. はしがき

京都で開催された昭和45年度気象学会秋季大会にひきつづき、対流に関する非公式な研究会が10月29日夜および30日午前中、それぞれ京都教育文化センター、京都大学楽友会館で開かれた。

最近数年間、気象学会においても「対流」に関する論文発表が急激に増加しつつあるが、対流に関連した研究者は多くの分野に分散し、講演会でも別々の会場となってお互いの意見交換も十分になされ難いのが現状である。そこで全国から多数の研究者が集まる機会をとらえて「対流に関する研究会」を開催することを提案したところ、多数の関連研究者から積極的な支持が寄せられた。その要望にもとづき、今回は初めてのことであるので、各分野の現状や問題点を明らかにすることに主眼を置いて、次のような題目についてそれぞれ話題提供者に討論の口火を切っていただいた。

- (1) 力学—— 近藤 洋輝 (東大・海洋研)
浅井 富雄 (京大・理)
- (2) 室内実験—— 孫野 長治 (北大・理)
木村 竜治 (東大・海洋研)
宇加治一雄 (福岡大・理)
- (3) 大気大循環・大規模運動と対流——
片山 昭 (気研・予報)
岸保勘三郎 (東大・理)
- (4) 中規模じょう乱と対流——
二宮 洗三 (気研・予報)
- (5) 雲物理学および数値実験——
武田 喬男 (名大・水質研)
- (6) 観測 (レーダー、飛行機、気象衛星) ——
藤原 美幸 (気研・台風)

孫野 長治 (北大・理)

二宮洗三 (気研・予報)

(7) 人工制御—— 小元 敬男 (防災センター)

上記プログラムからもわかるように、大気中における対流現象は多彩な側面をもっている。これは純粋物理学に対する気象学のもつ総合科学としての特性の一つのあらわれであって、種々のスケールの多様な物理過程の相互作用のもとで生起する大気熱対流現象は常に広い視野のなかで考察されねばならない。

参加者は当初の予想を遙かに越え約80名の多きに達し、討論も活発であったが、残念ながら後半部の時間が不足し、話題提供者、参加者の方々に御迷惑をおかけした。当日の話題提供者はその内容を更に補足して「気象研究ノート」に一括して投稿することになっている。ここには、当日のメモと筆者の印象をもとに、研究会における話題の概要を報告する。従って本報文の責任はすべて筆者にある。尚、雲物理学および数値実験の部分については、武田さんがその内容をまとめて別に報告されるので、その部分は重複を避けるため割愛された。

2. 基礎論

対流に固有の基礎的な問題を力学、雲物理学の両面からサーベイするため、「乾いた」対流の力学を近藤、「湿った」対流のそれを浅井がそれぞれ報告した。雲物理学の基礎論は後の数値実験とまとめて武田により報告される予定であったが時間の都合上割愛されたので、その部分はこの報文にひきつづいて掲載される武田の報告を参照していただきたい。

流体の下面を加熱又は上面を冷却することによって成層は不安定となり、或る温度傾度に達すると対流が発現する。Rayleigh (1916) の線型安定性理論によってその流体力学の基礎が確立された。今日なお線型論の枠内で研究されつつある問題は、(1) 成層状態や物性の異なる流体層中で見られる鉛直方向に多重構造をもつ対流、

* A Report of the Survey Symposium on Studies of Atmospheric Convection in Kyoto

** T. Asai 京都大学理学部地球物理学教室

(2) 鉛直・水平シャーのある流れの中での対流等である。又どのような形状の対流セルが最も起こり易いのか？ その時中心部で上昇流か下降流か？ についても境界条件、流体の物性、非線型効果等諸説あって未だ解決していない。

次に、線型論の拡張としての有限振巾の対流論は、物理量を臨界 Rayleigh 数（以下 Ra 数）における値の近傍で展開する手法を用いて Malkus と Veronis (1958) は鉛直熱輸送の Ra 数に対する依存性を調べた。この方法にもとづいて、Veronis (1963) は密度が最大になる 4°C のレベルが途中で存在するような温度成層の水中に生ずる対流を考察し、有限振巾のじょう乱に対しては線型論から期待される臨界値より小さな Ra 数で不安定化することを示した。又、Krishnamurti (1968) は、流体層の上下面での温度が時間的に変動する場合、有限振巾のじょう乱に対してはやはり臨界 Ra 数以下で不安定になるという結果を得ている。このように線型論からは得られなかった新しい結果が見出されていることは注目すべき点である。

臨界値を遥かに越えた大きな Ra 数の領域における最近の問題の一つは、実現する対流のモードを決定するものは何かということである。線型論では所謂 preferred モードは一意的にきまるが、非線型効果の卓越するところでは単純ではない。Malkus (1954) は熱輸送が最大になるようにモードがきまるという仮説をたてた。Ogura と Yagihashi (1969, 1970) によると、最終的に選択されるモードは初期じょう乱のモードとその振巾の与え方に依存し、又 Malkus の仮説のように単一のモードが選択されるのではなく、或る巾があるということである。これもまだすっきりしない重要な問題点である。

古くから取扱われていた thermal や plume の理論は Ogura (1962) や Lilly (1962, 1964) の二次元モデルの数値実験によって拡張され又、今後の対流理論への数値解法の導入の基礎が固められた。

シャーのある一般流中での対流に関する Asai (1964, 1970) の研究は三次元対流を考察することの物理的意義を明らかにした。今後、雲物理学の効果や大・中規模運動との相互作用の研究を通して三次元対流の機構が解明されるであろう。

「乾いた」対流を絶対不安定成層中の対流とするならば、「湿った」対流、即ち積雲対流は条件付不安定な大気中の対流として特徴づけることができる。流体力学的観点からすれば、上述の絶対不安定な流体層の線型安定

論をまず条件付不安定な大気に適用するのが論理的な発展のように思うが、Rayleigh の理論以来、半世紀近くも経ってようやく本格的に取扱われだしたことからもわかるように、積雲対流の力学に関する研究は必ずしも順調には進まなかった。その間、Bjerknes (1938) や Petterssen (1939) の所謂スライス法は水蒸気の凝結による潜熱の放出を伴う上昇流の熱力学的過程が凝結を伴わない下降流のそれと異なるという点で絶対不安定層における対流と基本的に相異するという帰結を単純明快に示した。即ち、大気中に対流運動が発生すると、雲のある上昇域とその周囲に雲のない下降域ができる。上昇流の周りの下降流はその断熱昇温によって対流運動を抑制する作用をもち、従って下降流域が上昇流域に比して広ければ広いほど下降流速は小さくなり抑制作用も減じ対流はおこりやすくなる。逆にいえば上昇流域が下降流域に比して狭ければ狭いほど対流が発達しやすいということになる。彼等の理論は確かに条件付不安定な大気中の対流の特性の一側面を明らかにしたが、その後続く発展は見られなかった。

1950年代に入って、熱帯性低気圧の発生論の立場から条件付不安定大気の流れ力学的安定性が Haque (1952) Syono (1953), Kuo (1960) 等によって展開され、安定から不安定へ転移する境としての臨界安定性に着目することによって得られる 100km オーダのじょう乱が熱帯性低気圧に見たてられた。しかしこの考え方の誤りはその後の台風の数値実験の失敗のなかで明らかにされ、それが契機となってようやく積雲対流の流体力学的研究が始められた (Lilly, 1960; Kuo, 1961)。積雲対流の preferred モード（上昇域と下降域両方のサイズを与えねばならない）は「乾いた」対流におけるような臨界安定性の適用によっては決められないことが Kuo (1965) によって示され、特に臨界値を越えた不安定成層では運動エネルギー生成率、又は有効位置エネルギー生成率が最大になるものが preferred モードとして選択されるというような概念の導入の必要性が示唆された。

一方 Stommel (1947) 以来、thermal 理論を対流雲に適用しようとする流れの研究が活発であった。非常に強い上昇流が起こると周りの空気を引きずり込むというエントレインメントの概念や上昇流の側面を通しての乱渦交換をパーセル法に導入して混合の効果を考慮に入れた。これは上昇流の水平断面積が大きければ大きいほど発達しやすいという結果に導く。何故なら、混合作用は周りの乾いた空気を引きずり込んで上昇域の浮力を減少

するように働き、その効果は上昇域の面積が大きければ大きいほど減ずるからである。この流れに沿った単一对流雲のモデルには熱力学的、雲物理学的な過程が順次くり入れられ精密化されつつある。動的な雲物理学の実験室としても今後大いに活用され得るであろう。

Asai と Kasahara (1967) は Stommel 等の混合の概念に Bjerknes のスライス法を組合せた積雲モデルを考察し、鉛直熱輸送率最大のものが実現するという選択律を採用して preferred モードの決定を試みた。これは積雲対流群と大規模運動との相互作用を研究する一つの方向を与えた。積雲対流の preferred モードの決定は簡単そうで実はそれ程容易な問題ではない。preferred モードはどのような物理法則に従っているのだろうか？ 理論的な側面と同時に、大気中での観測結果には大いに興味がある。大雑把に言って、あまりでかい対流雲もなければそれ程小さいものも少ないという意味で特徴的なスケールはあるが、果して非常にシャープなエネルギーピークが或る特定のサイズに現われるだろうか？ それは一般場の状態とどのように結びついているだろうか？ 室内実験で「湿った」対流を再現する方法はないだろうか？

対流は本質的に非線型過程を含んでおり、「乾いた」対流で既に述べたように積雲対流の力学も今や非線型論が主流となっている。現在数値実験で遭遇する基本的に重要な問題は乱流と雲物理学的な因子の積雲力学への導入である。丁度、対流は大規模運動にとって所謂 sub-grid スケールの運動でありそのパラメタリゼーションが要求されると同様、乱流や雲物理過程は対流にとって sub-grid スケールの現象となる。

上述の二つの問題点を内的因子とすれば、外的因子としての二つの問題点は、境界の影響、例えば地面の起伏の力学的熱的影響と一般流特にシャープのある流れや大・中規模じょう乱の影響である。前者については山岳の影響を考察した Orville (1968)、後者については Asai (1964, 1968)、Takeda (1966) 等が手がけている。

3. 室内実験

室内で行っている孫野のモデル実験には二つの目的がある。即ち、(1) 天然でわかっていることを再現して確認すること、(2) 実験でヒントを得て、それに対応する現象を天然で探すことである。しかし一口に再現といってもそれは容易でなく、見かけが似ていても果してそれで自然現象を再現しているかどうかの判断は周知の通り厄介な問題である。スケールの違いや、実験は容器内で

行なうためその境界の影響がどうなるか等未解決な問題があるが、現在孫野の研究室で進行中のテーマとして次の4つが挙げられた。

(1) 対流層に鉛直シャープをかけると、そのシャープが強いときには流れに平行なロール状対流が発現し、シャープが弱いときには流れに直角なロール状対流が見出される。両者の転移点のシャープの強さを調べる。それについては Brunt (1951) の総合報告で同様の実験結果が示され、両者のモードの発現はシャープの大きさと静力学的安定度に依存するとされている。Fujita と Tsuchiya (1967) は気象衛星写真にもとづいて、冬の季節風時日本付近に見られる積雲のバンドの走向と風の関係は上記実験と対応すると述べている。しかし、シャープの弱いときの実験結果については、シャープの制御作用が小さくなるため他の二次的作用が効きやすくなる恐れがあるので、境界の影響や流れの鉛直プロフィールについて更に検討を要するのではないだろうか。

(2) 大気中では雲のバンドの間隔は高さに比してしばしば一桁くらい大きくなるが、実験室ではその再現は難しい。これは「乾いた」対流と「湿った」対流との違いを示唆するものと思われる。

(3) できそうでできないのは2階建の対流、つまり雲の多層構造である。下層雲の上に中層雲をつくることには成功していない。

(4) 室内実験ではなく野外観測であるが、2点写真観測で積雲の形や動きを求める仕事が進行中で、今後対流理論と比較することを計画している。この種の観測資料が他の気象要素の資料と共に蓄積されるならば積雲の研究に大きく貢献することであろう。

純粋物理学では理論を、理論に合わせた実験で検証する方法がとられるが、気象学では自然現象に合わせた理論をたて、それを自然現象で検証する。しかし、自然現象の観測が難かしく理論を検証するだけのデータの得られないことが往々あり、理論の検証に使う自然の代用品として室内実験の意味がある。ところで、近時、数値実験が発達し、室内実験に比して自然に近いパラメータを任意に選択でき、情報量も必要に応じて容易に得られるが、室内実験では自然現象をあまりよく模写していないし、諸々の物理量の測定も容易でないため数値実験に押され気味である。今後果して「室内実験は気象学の発展に役立つか」という根本問題をふりかえって、木村は次の例を挙げながら室内実験の有用性とそのあり方について述べた。

(1) Benard の対流実験の結果は見事で、それにひかれて Rayleigh が理論的研究を始めたといわれるように、理論家の問題意識を刺激する。(2) 回転流体の実験は Fultz, Hide 等によって行われた。Fultz の dish pan は地球上の流れのパターンの模写を念頭にいた気象現象の模写であるのに反し、Hide の annulus は形の類似性では Fultz に劣り、一見気象学的ではなかったが、その後の発展は目覚しく気象学の進歩に貢献している。(3) Ekman 層の不安定性については室内実験を通して注目された。

要するに自然現象と直接的に結びつかない単純な条件下での実験がその後の気象学の発展に役立っている点に注意したい。このことは自然現象に似せた実験だけを考えるのではなく、自然現象を支配している力学要因相互のからみ合いを考えることがより重要であることを物語っている。従って、例えば成層のある Ekman 流についていえば、摩擦、回転、静力学的安定性に注目した実験が有用になるであろう。

木村の話の前半部については、metaphysics が先にあるのではなく、自然を調べてそこから理論が生ずるのであって、純粋物理学でも実験は単に理論の検証のみにあるのではないとの反論があり、又 Reynolds 数の大きな現象、例えば乱流については、現在の技術では数値実験に限界があり、今後とも容易ではなく、室内実験の有用性が強調された。木村の後半の話については大方の賛成が得られ、室内実験では単純化が必要であり、形が似ているかどうかより、要因のシミュレーションにならざるを得ない。その点数値実験の考え方も基本的には全く同じで、数値実験と数値シミュレーションをいって区別すれば両者の違いがその辺にあるのではなからうか。

宇加治は自身の最近の研究にもとづいて、次の三つの問題を提示した。

(1) preferred モードと鉛直熱輸送

シリコンオイルを満たした水平に細長い容器の下面を加熱、上面を冷却して対流を発生させ、Ra 数の変化に応じて対流セルの個数従ってセルの太さがどのように変わるかを調べた。Ra 数の増大につれてセルの数が増し、従ってセルは細くなるが、鉛直熱輸送量のセルの数に対する明白な依存性は見出されない。実験的に preferred モードの存在を確認することは実現しにくいものを何等かの方法で無理につくって比較しなければならぬので困難である。Herring (1964) の理論から得られた熱輸送最大のモードは実験で頻繁に現われるモードと

少しずれている。

一方流体として空気を用いると、Ra 数の増大につれてセルの数が減少、即ちセルは太くなる。又シリコンオイルではあるが、円い容器を用いた Koschmieder の実験でも Ra 数の増大につれてセル(同心円状)の数は減少する。容器の形状が効くのだろうか? このように preferred モードが存在するのか、それは熱輸送量最大で特徴づけられるのかという基本的問題はまだ決着していない。

(2) 容器壁の影響

流体の上下面がともに固体壁の場合、臨界 Ra 数の理論値は 1708, Silveston の実験値は 1700 ± 51 で両者はよく一致している。しかるに宇加治の実験結果は 28000 となり一桁大きくなる。用いた流体(シリコンオイル)より熱伝導率の良い容器を用いると、容器の側壁を通しての熱的ショートが起り、臨界 Ra 数は非常に大きくなるものと推測し、それを理論的に証明することができた。

(3) 互いに混合しない二種の流体からなる二層流体中の対流。二階建の対流セルが発生し、上昇流の上に上昇流、下降流の上に下降流というモード(thermal coupling)又は上昇流の上に下降流、下降流の上に上昇流というモード(mechanical coupling)の対流セルの発生が考えられ、マンツル対流の想像図にも示されている。理論的には流体の物性値(熱伝導率、粘性係数)の差異によって両モードが起り得るが、実験では今までのところ thermal coupling のモードしか得られていない。

4. 大気大循環・大規模運動と対流

大気大循環や大規模運動の研究において用いられている積雲対流のパラメタリゼーションとその物理的意義、背景、問題点等についてそれぞれ片山、岸保が解説した。

(1) 水蒸気の凝結に伴う潜熱の放出と(2) 顕熱、水蒸気、運動量等の鉛直輸送において積雲対流の果している効果が大循環のモデルに導入することの必要性についてはよく知られており、現在(1)および(2)の顕熱と水蒸気の鉛直輸送が既に考慮に入れられている。運動量についてはその効果が大循環にどの程度重要なか未だに明らかでないが、低緯度では大切であるという説もある。

積雲対流活動は大気下層特に Ekman 層での水蒸気の収束と大気の状態不安定成層によって支配されるとい

う考えを基礎として、既に実用されている積雲対流群のパラメタリゼーションには次の二系統がある。(1) 対流調節 (convective adjustment) と (2) CISK (conditional instability of the second kind の略、潜熱の放出量を Ekman 層での水蒸気収束量で、収束量は渦度に比例するとして結局大規模運動に伴う Ekman 層の渦度で表現する。第一種の重力不安定より緩慢に不安定を解消する)。

対流調節では、対流を通して不安定成層のもつ有効位置エネルギーが解放されるという対流の物理的特性が考慮されており、閉じた系では、特に「乾いた」大気ではその物理像は非常に明確である。しかし開いた系では水蒸気がどのように持ち込まれるか等不明瞭な点がある。実用上の問題点としては (a) 調節するための臨界相対湿度はいくらか? 平均場の相対湿度が 100% より小さいことは確実であるが、何%かは未確定で、事実まちまちの値が用いられている。Miyakoda の二週間実験予報では 80%、気象庁電計室の 3 層バランスモデルでは最初 80% であったが現在は 98% をとっている。NCAR の大循環数値実験では臨界相対湿度の大きさの違いは結果に殆んど差異をもたらさないということである。筆者の積雲モデルによる数値実験でも 50% 以下では対流活動の維持は困難という結果は得られるが未だ決定的な数値は与えられない。同様な問題は臨界気温減率についてもおこる。Bushby の 10 層モデルでは相対湿度を変えないで減率を適当に調節している。(b) 調節に要する時間をいかにとるか? 大循環では問題にならないが、短期予報では重要となり得る。このことは (a) についてもいえることである。

一方、CISK では水蒸気の収束量が凝結熱として大気に与えられるという点で、広い領域全体として保存系をなす長所をもつが個々の積雲系との関係では不明瞭である。実用上の問題点としては、(a) Ekman 層での水蒸気収束量と対流による潜熱放出量とを直接結びつけ得るのは定常な場合のみであり、その他の場合にはエントレメントに対応する係数が不確定となり、現在それがどういう原理で決まるのか不明である。(b) 多層モデルでは放出される熱の配分率の鉛直分布を決めなければならないが、それに関する情報を与えない。

対流調節、CISK ともそれぞれ一長一短あるが、いずれにせよ現在使用されている最も有効な方法である。今後これら両者が同じ基礎の上になつてその差異を明確にし、それにもとづいてよりよいパラメタリゼーションが

開発されねばならない。Ekman 層又は subcloud 層における対流と積雲との結びつき、降水を伴う積雲と降水を伴わない積雲との区別にも研究を進めねばならない。

5. 中規模じょう乱と対流

北陸豪雪や梅雨末期の集中豪雨の特別観測にもとづく一連の解析的研究から、二宮は中規模じょう乱と積雲対流活動が密接に関連していることを示した。

中規模じょう乱それ自体の存在を疑問視する人もいる。個々の現象として meso (100km オーダ) 或は medium (約 1000km) スケールのものがあるとしても、それは所謂大規模又は小規模な運動のある過渡的な領域のものに過ぎず基本的にはそのいずれかに属すべきものではないかという考えである。その根拠は主として (1) 大規模・小規模じょう乱のような preferred スケールとしての明確な物理的根拠がない。(2) 統計的に有意な case study がなされていない。エネルギースペクトルに一つの独立したピークとして現われるか? 確かにこれらはともに、中規模じょう乱の存在を主張するときの弱点である。しかしながら、(1) については理論的に中規模じょう乱の存在し得ないことが証明されない限り (それは実際には不可能に近い)、理論的に未だ根拠づけられていないということによってその存在を否定することはできない。この論理は逆立ちである。現在の観測資料にもとづくスペクトル解析では確かに meso スケールの所にピークは出ていない。じょう乱のスケールが小さく、又或る特定の状況のときのみ現われるものとすれば、丁度じょう乱の中心付近が観測点を通過するときには観測にかかるが、その頻度が少ないため時間シリーズの解析ではスペクトルにピークをつくり難い。従って今後さらに case study を積み重ねる必要がある。

北陸豪雪の研究から波長にして 100km オーダの移動性じょう乱が地上気圧場 (約 3 時間の移動平均からの偏差を用いる) に見出された。それと同時にほぼ 1/4 波長ずれた風の発散・収束分布が附随していることもわかり、重力波的性質をもったじょう乱ではないかと思われる。飛行機からの写真観測で得られた雲の分布やレーダーエコーの分布にもそれに対応するパターンが見出され、風の収束域に特に発達した積雲群が密に存在している。meso スケールのじょう乱と大規模じょう乱に明瞭に区分された北陸豪雪の場合に比べて、梅雨豪雨の場合にはそれら両者の間に medium スケールが介在するようである。

対流活動の効果は熱や運動場でも解析的に示すことができる。中規模じょう乱に伴う下層での風速増大は対流活動の激しい下層水平収束域で見られることを、輪島と相川における高層風の鉛直プロファイルの比較から、又風の水平分布にも同じように下層での強風が十分の観測さえあれば検出得ることを米国での解析例からそれぞれ示した。対流による運動量輸送をここに見ることができると水蒸気の凝結による潜熱の放出や熱の鉛直輸送もまた積雲対流の重要な機能である。熱と水蒸気の収支から顕熱と潜熱の対流による鉛直輸送（平均からの偏差をすべて対流に帰す）を残差項として求めることができ、それをを用いて対流による加熱・冷却分布の中規模パターンが示された。

将来解析的な研究を飛躍させるためには、これまでの残差法の他に直接測定がぜひ必要である。即ち meso スケールの領域で、飛行機、ドップラーレーダー等による風、鉛直流、気温、凝結量等の細密な観測を推進すべきである。一方、積雲対流の効果を導入して meso スケールの現象の理論的研究を並行して進めなければならない。

6. 観測・人工制御

時間の不足のため話題提供は各人数分程度に制限され討論の余裕もなかった。これに関連した部分は特に「気象研究ノート」を参照していただきたい。ここでは話題の内容をごく簡単に列記するにとどめる。

藤原はドップラーレーダーによる観測にもとづき、個々の対流雲の内部構造（降水要素と降水粒子の対地速度から推定される鉛直気流の分布）や運動の解析例を示した。孫野は飛行機からの雲の写真観測によって、50m くらいの誤差で雲頂高度を決定することができると述べ、さらに基準に使う水平線が見えなかったり、雲の移動等の解析上の厄介な問題、風の観測や積雲の理論的知識がなければ雲の写真の利用価値は著しく減ずることをつけ加えた。二宮は meso スケールおよびそれ以上のもは軌道衛星の写真でも有効であることはレーダー写真との一致性から確かめられるとし、個々の対流雲のスケールのものには飛行機からの写真が必要となるが、ATS は約10分間隔の写真を与えるので分解能のよいものは利用価値が大きいと述べた。

小元は話を積雲に関する人工制御に限定して、以前はもっぱら seeding による積雲の雲物理過程の制御だけで

あったが、1960年代に入って対流それ自身にも目が向けられ、最近では seeding によってどれくらい雲頂が成長するかを理論モデルにもとづく計算結果と絶えず比較しながら理論と実験との密接な往復運動による一研究法として人工制御が利用され始めている点を強調した。今後は対流の研究に室内実験だけでなく野外の「実験」も重視する必要がある。米・ソ等では、ハリケーンや降雹制御の問題で大々的に実行に移されている。大規模な予算、人員、機材（飛行機は不可欠）を要するが、真剣に取り組まねばならない問題である。

7. あとがき

1966年の夏、NCAR（米国コロラド州ボルダー市にある大気科学研究所、National Center for Atmospheric Research の略称）で、“thermal convection”に関するコロキウムが開かれた。御存知でない方も多いかと思うが、広範囲の分野から新進の学徒を大気科学者として養成することも NCAR の機能の一つとなっている。Advanced Study Program（主任は P.D. Thompson）が中心となって、毎年夏約2カ月間、或るテーマについて全国の大学院生、博士課程終了者の応募者から10数名を選び、それに全国の専門家や NCAR のスタッフ、国内外からの訪問者を講師に混じえたセミナー、研究発表、討論会等を連続集中して実施している。以前から既に毎年開かれていた Woods Hole 海洋研究所の Geophysical Fluid Dynamics のセミナーがこの手本であったようにうかがっている。1966年の夏がその第1回目で、私も当時たまたまそこに居合せたのでそのメンバーの中に加えられた（内容の報告は NCAR から出版されている）。当時私は「対流」だけの問題で40~50名もの研究者が一堂に会して2カ月近くもその研究に専念し、話し合い機会のもてる環境を、日本での淋しい実情を考えあわせ、脅威でもありまたうらやましくも思った。しかしながら、僅か数年後の今日、今回の会合を通して多数の研究者が強い関心を示され、隔世の感と同時に非常に心強く思った。今後は数年に1度全般的な回顧と展望、1年に1度くらいの特定的問題について掘り下げた集中的な討論の機会をもつことを希望したい。

謝辞 話題提供者、討論に参加された方々、座長として巧みに会を進行した駒林誠氏、研究会の準備や記録に協力いただいた近藤洋輝、米谷俊彦、枝川尚資、大西晴夫、吉門洋、金子美恵子の諸氏に感謝する。