

1. B. Saltzman, Chung-Muh Tang: 若干の解析解による有限振幅傾圧波の研究のレビュー (安定度と傾圧性の変化の効果を取り入れる新しい計算方法を含む)
2. Tu-Cheng Yeh, Mai-Tsun Li: 大気運動のスケール特性について
3. Zeng Qing-Cun: 回転順圧大気中における波動擾乱と帯状流の発達と相互作用について
4. A.S. Monin: 大気と海洋における総観規模擾乱の力学過程
5. M.E. McIntyre: 成層圏突然昇温の力学をどう理解すればよいか?
6. R.S. Lindzen, 麻生武彦, D. Jacqmin: 線形論による大気中の定常波の計算
7. 黄 榮輝, 岸保勘三郎: 北半球多層モデルの大気の地形と定常的な熱源の強制に対する応答. (I) 地形の強制に対する応答
8. 黄 榮輝, 岸保勘三郎: 北半球多層モデルの大気の地形と定常的な熱源の強制に対する応答. (II) 定常的な熱源の強制に対する応答および地形と定常的な熱源の強制に対する応答
9. D.J. Karoly, B.J. Hoskins: プラネタリー波の3次元伝播
10. K. Labitzke: 冬季北半球中部成層圏循環の年々変動
11. J.R. Holton, Hsiu-Chi Tan: 北半球下部成層圏の準2年周期振動
12. J.M. Wallace, Fong-Chian Chang: 北半球中部成層圏における冬季極渦の年々変動
13. 林 良一: 時空間スペクトル解析法と大気波動への応用
14. 丸山健人: 雲移動ベクトルに見られる赤道西太平洋上空の周期30-50日の上部対流圏東西風振動
15. 村上多喜雄, 丁 一滙: ユーラシア大陸上における1979年初夏の風と温度変化
16. 笹森 享, 陳 哲衡: 高緯度対流圏の平均気温, 定常波及び非定常波の間の相互作用
17. 岸保勘三郎: 冬季中緯度における超長波のうず度方程式とブラウン運動におけるランジュバン方程式
18. 松野太郎: 内部重力波との相互作用を取り入れた中層大気大循環の準一次元モデル
19. 里村雄彦: 浅水のシア不安定に関する研究. (II) 数値実験
20. 松田佳久: 金星大気4日循環の力学の数値的研究
21. E. N. Lorenz: 大気大循環の低次モデル
22. H. Flohn: 突然の気候変化の鍵としての海洋の湧昇
23. Zhang Jia-Cheng: 気候の周期性と予報可能性
24. Chao Jin-Ping, Guo Yu-Fu, Xin Ru-Nan: 長期数値予報の理論と方法
25. 都田菊郎, Chao Jin-Ping: 力学方式による長期予報についてのエッセイ
26. B.G. Hunt: 黄道傾斜の変化が気候に及ぼす影響
27. A. Robert: プリミティブ方程式のためのセミラグランジュ法とセミインプリシット法を併用するスキーム
28. F. Mesinger, R.F. Strickler: ジェノヴァ湾低気圧に対する山脈効果
29. 松本誠一, 二宮光三, 長谷川隆司, 三木芳幸: 強雨をともなるサブシノプテックスケールの寒冷渦
30. 藤田哲也: 気象衛星によるステレオ高度計算法の原理と雷雲上に発生する成層圏内巻雲への応用
31. 大山勝通: 台風の理論およびモデルの発展に伴う概念的進化
32. 栗原宜夫, M.A. Bender: 数値的にシミュレートした熱帯低気圧の眼の構造と解析
33. R.A. Houze: 熱帯の雲クラスターと大規模上昇流
34. 柳井迪雄, 隋 中興, 曲建華: 熱帯地方の渦度場に対する積雲対流の効果
35. 浅井富雄, 中筋 勲: 条件付不安定大気中における積雲対流の卓越モードに関する研究補遺

36. H.A. Panofsky, Z. Leyl: 複雑地形の地表面上の風の特性
37. 山田哲二: 数値モデルによる森林内外の大気流に関する研究
38. 横山長之, 蒲生 稔, 山本 晋, 林 正康: 大気境界層中の鉛直速度と温度変動のスペクトルおよび refractive index parameter に関する相似理論的考察
39. 近藤純正, 佐藤 威: カルマン定数の決定
40. D.H. Lenschow: 微気象学的にみた境界層中の反応性微量成分の挙動
41. G.I. Marchuk: 工業流出物最適化の数学的問題
42. Sir J. Mason: 放射霧の物理過程
43. A.H. J. Auer, J.M. White: 力学・熱力学・雲物理学的に見た大雪現象
44. 高稿 劭: 熱帯における浅い積雲からの温かい雨の電荷発生機構及び降水機構
45. 黒田登志雄: 蒸気相から成長する氷単結晶の成長カイネティクスならびに成長型の変化
46. 古川義純: 雪多結晶の構造と生成機構
47. 菊地勝弘, 遠藤辰雄: 1977年有珠山噴火に伴う降灰粒子の大気電氣的性質
48. 岩坂泰信, 長屋勝博, 岡田菊夫, 小野 晃: ライダーと航空機による下層大気中のエアロゾル粒径分布の比較観測
49. Kuo-Nan Liou, K.L. Gabhart: 絹雲が存在する大気の熱平衡温度に関する数値実験
50. S. Twomy, T. Cocks: 近赤外域における雲の分光反射率: 実測値と計算値の比較
51. K.Y. Kondratyev: 宇宙空間からの地球観測の経験と最適観測システムの計画

1. 若干の解析解による有限振幅傾圧波の研究のレビュー (安定度と傾圧性の変化の効果を取り入れる新しい計算方法を含む)

**B. Saltzman (Department of Geology and Geophysics, Yale University),  
Chung-Muh Tang (Universities Space Research Association)**

二次の非線形過程および非地衡風過程が、2層の増幅傾圧波の時間発展に及ぼす効果を調べた著者らの一連の研究をレビューする。大気、海洋中の傾圧波に見られる有限振幅効果による特性(高・低気圧の形態、前線の位置や形など)の多くは理論から導かれ得ることを示す。しかしながら、上記の研究においては基本状態の変化と低次(一次)の波動場間のフィードバックが省略されており、そのため波動は飽和振幅に達する(つまり閉塞することなく、不自然にどこまでも発達する。鉛直安定度および傾圧性(鉛直シア)の変化と発達する傾圧波の間の相互のフィードバックによる飽和の効果を示すため、新しい半数値的計算方法を開発した。この方法はこれまでの解析解による研究と結びつけることができる。初期の基本状態が典型的で、かつ異なる波数の間の相互作用や摩擦がない場合には、閉塞状態になるのに要する時間スケールは大気で10日ほど、海洋で2カ月であることがわかる。いずれの場合も、波の飽和をもたらすには傾圧性の変化の方が鉛直安定度の変化の効果よりも重要

である。摩擦が省略されているので、閉塞した傾圧波の最終的衰弱はこの理論では表現されない。

## 2. 大気運動のスケール特性について

**Tu-Cheng Yeh Mai-Tsun, Li (中国科学院大気物理研究所)**

大気中の天気系の大部分は、大規模でも小規模でも、3つの発展段階から成っていることを示す。すなわち、調節段階(大規模運動に対しては地衡風調節と呼ばれる)、発達段階、そして準定常段階である。この3つの発展段階に対応して3つの時間スケールがある。調節段階の時間スケールは最も短かく、発達段階はそれよりも長く、準定常段階は最も長い。これらの発展段階の物理過程はポテンシャル渦度の場の変遷発展に関係づけられる。

大規模運動において  $L_0 = C/f$  を特性的長さとするスケール効果があるのに類似してメソスケールの運動に対しては  $L'_0 = C/\Omega$  という特性的長さが存在することを示す。ここに  $C$  は重力波の速さ、 $f$  はコリオリ・パラメーター、 $\Omega$  は風速場のもつ絶対渦度の代表値である。或る適当な仮定の下で、積雲スケールの運動に対しても  $L''_0 = \left[ U^2 / \frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z} \right]^{1/2}$  という特性的長さが存在する。ただし、 $U$  と  $\rho$  は風速と密度の代表的な値である。メソスケールと積雲スケールの運動における  $L'_0$  と  $L''_0$  の役割は大規模運動における  $L_0$  の役割に類似している。

### 3. 回転順圧大気における波動擾乱と帯状流の発達と相互作用について

**Zeng Qing-Cun** (中国科学院大気物理研究所)

回転球面上の傾圧大気において、準地衡風擾乱と帯状流が発達し相互作用をするありさまを、WKB法と積分形式を用いて調べた。この2つの方法による結果は良く一致し、互に相補うものである。この議論では、available zonal energy と rotational adaptation という2つの概念を導入した。その結果、回転球面上の大気運動は常に非等方性を保ち、適当な条件の下では完全な帯状流となることがわかった。帯状流、或いは超長波に重畳した発達(減衰)する擾乱は、ジェットが強さが適当で安定条件を満たす場合、そのサイズ、つまり局所的な波長を増大(減小)させる。また発達する擾乱は角運動量をジェットから外に輸送し、ジェットとでシアを弱める作用を持つ(減衰する擾乱の作用はその逆である)。その上、発達(減衰)する擾乱の伝わる速さは遅まる(速まる)傾向のあることもわかる。

### 4. 大気と海洋における総観規模擾乱の力学過程

**A.S. Monin (P.P. Shirshov Institute of Oceanology, USSR Academy of Sciences)**

海洋における総観規模擾乱の力学過程の研究と予測法の開発は、海洋力学の緊急課題の1つとなっている。大気中の過程と比較し、両者の類似点・相異点を明らかにすることはこの問題を解くのに役立つであろう。大気大循環のモデルの基礎を要約し、大気と海洋における大規模流の起源、密度成層、付随する過程の差異について述べ、大気と海洋における総観規模擾乱の代表的な水平規模、速度、ライフタイムなどを論じ、生成機構の差異を考えて海洋における総観規模擾乱を分類する。海洋における波動場の複雑さは波動生成機構、弱い減衰、海岸からの反射能などの種々様々、広範な分布に由来することが示される。

### 5. 成層圏突然昇温の力学をどう理解すればよいか?

**M.E. McIntyre (Department of Applied Mathematics and Theoretical Physics, University of Cambridge)**

成層圏突然昇温に関する Matsuno の先駆的な数値実験が成功して以来、この壮大な自然現象が力学的な原因に由来するものであることは、疑いをささむ余地のないところである。しかし、その理論的なモデル化や衛星観

測に基づく諸研究は、昇温現象の詳細にわたる理解や適切な予測に関して、ある程度の見通しが得られた段階に到ったばかりである。本論文では、この現象に関する最近の研究の進展ぶりを自由に論じ、あわせて、数値モデル化に際して対流圏の運動を先験的に与えることによって生ずる偽の共鳴を避ける方法など、将来の研究のあり方についても示唆を与える。

### 6. 線形論による大気中の定常波の計算

**R.S. Lindzen, 麻生武彦, D. Jacqmin**  
(Center for Earth and Planetary Physics, Harvard University)

高分解能(鉛直1km, 緯度方向約1.5度)のプリミティブ方程式モデルによって、定常な地形および熱的強制に対する大気の線形応答を調べた。熱的強制によって生じる定常波は、基本状態の風や温度分布の小さな変動に対して敏感である。しかし地形性強制に対してはそうではない。この事実は、定常波のアノマリーが強制源の変化がたとえなくとも起こり得ることを示唆している。

### 7. 北半球多層モデルの大気地形と定常的な熱源の強制に対する応答。(I) 地形の強制に対する応答

**黄 栄輝, 岸保勘三郎** (東京大学理学部地球物理教室)

北半球における地形の強制によって励起される北半球の停滞波を、Rayleigh 摩擦、Newton 冷却作用と渦熱拡散を含めている準地衡風、定常的な34層球座標モデルを用いて考察した。

モデルの計算結果は冬の季節に高緯度における地形、例えば、グリーンランド高原が北半球における地形によって励起される停滞波に対して大きな役割を果していることと、停滞波の偏差が70°~85°Nの地表面の経度方向に平均した一般流と関連していることを示した。なお、停滞波が上向に伝播しながら、弱い西風帯の低緯度にある大きい屈折係数の区域へ南向に伝播できることも示した。

地形によって励起される波数1の停滞波の最大振幅は高さ38km, 60°Nにあり、波数2の停滞波の最大振幅は高さ27km, 60°Nにある。そのほかに、波数1の振幅も波数2の振幅も20°~30°Nの上部対流圏に第2のpeakがある。これは低緯度における停滞波の生成の原因の1つと考えられる。

## 8. 北半球多層モデルの大気の地形と定常的な熱源の強制に対する応答. (II) 定常的な熱源の強制に対する応答および地形と定常的な熱源の強制に対する応答

黄 栄輝, 岸保勤三郎 (東京大学理学部地球物理学教室)

冬期, 北半球の定常的な熱源によって励起された停滞波を, この研究の第 I 部にのべたモデルを用いて考察した.

計算結果によれば, 波数 1 の停滞波では, 高緯度における定常的な熱源によって励起された振幅は中緯度における定常的な熱源によって励起された振幅より大きい. また, 定常的な熱源の南北幅の大きさは, 北半球のモデル大気の応答に対し大きな影響があることも示す.

中緯度と高緯度における定常的な熱源, とくに中緯度における定常的な熱源, によって励起された停滞波は低緯度に伝播できることも示した. これは冬期, 低緯度の上部対流圏における停滞波の生成の原因の 1 つと考えられる.

北半球の地形と定常的な熱源の両方によって励起された停滞波も計算した. 計算結果は停滞波の振幅と位相の鉛直分布が実際の鉛直分布とよく一致しているばかりでなく, 等圧面における擾乱のパターンも実際の分布とよく一致していることも示した.

停滞波による運動量と熱と Eliassen-Palm フラックスは実測のデータからの計算値と定性的にはよく一致している.

## 9. プラネタリー波の 3 次元的伝播

D. J. Karoly, Brian J. Hoskins (Department of Meteorology and Atmospheric Modelling Group, University of Reading)

幾何光学およびゆっくり変化する媒質中の波動伝播論における光路追跡(ray tracing) の考え方を, 大気中のプラネタリー波伝播の研究に応用した. 線形化した球面上の準地衡風ポテンシャル渦度方程式の解法に波動の運動学理論を適用する. 子午断面内のプラネタリー波の伝播を支配する指数を定義し, 波動活性量 (wave activity: エネルギーに類似し, 平均流変化のある場合にも保存する量) が, この指数の大きくなる方に向けて屈折されることを示す.

## 10. 冬季北半球中部成層圏循環の年々変動

K. Labitzke (Institut für Meteorologie Freie Universität Berlin, F.R.G.)

冬季成層圏循環の年々変動の解析を行った Holton と Tan (1980) によって示唆された赤道域と中高緯度循環の関係を念頭に置き, 北極における 30 mb の月平均気温を 26 年間にわたって, 赤道域 50 mb の準 2 年周期振動 (QBO) の位相に対応してグループ分けした結果, 以下のことがわかった.

すなわち, 赤道下部成層圏 (50 mb) の平均帯状流が西風のとき, 冬の極域の成層圏は比転的擾乱の弱い低温を示し, 波数 2 型が出現しやすい傾向を持つ. この状況では, 太陽黒点数極大の時期を除けば, 真冬の強い突然昇温は起りにくい.

これに対し, 赤道 QBO に伴う平均流が東風の時期には, 初冬に波数 1 の波の発達する傾向があり, それに伴って真冬には強い突然昇温がしばしば見られ, 極域の気温は一般に高くなる.

## 11. 北半球下部成層圏の準 2 年周期振動

J. R. Holton, Hsiu-Chi Tan (Department of Atmospheric Sciences, University of Washington)

1962~1977 年の 16 年間にわたる冬 (11~3 月) について, 北半球域の 10, 30, 50, 100 および 300 mb 面の高度分布, 温度分布を準 2 年周期振動 (QBO) の位相によって分け, 合成図を作った. 合成した等圧面高度, 温度はともに軸対称な形で極域と中緯度との間でシーズンのような変化をしている. すなわち, QBO による赤道域 50 mb の風が西風 (東風) の期間には極域の高度, 温度の偏差は負 (正) で中緯度のそれは正 (負) になる.

10~300 mb の範囲で平均東西風の緯度-高度断面図を作ってみると, 赤道域 50 mb での QBO の位相が西風のときには成層圏の極夜ジェットは平均より強く, 対流圏のジェットは平均より僅かに弱い. QBO の位相が東風のときは逆になる.

同様の合成図を波数 1 と 2 のプラネタリー波の振幅と位相, および Eliassen-Palm の流束について作ってみると, 成層圏のプラネタリー波も多少の準 2 年周期振動を行っていることがわかるが, その程度は極夜ジェットの変動に比べて驚くほど小さい.

## 12. 北半球中部成層圏における冬季極渦の年々変動

J. M. Wallace, Fong-Chian Chang (Department of Atmospheric Sciences, University of Washington)

30 mb 面における北半球極渦の年々変動を、21年間の冬季にわたって、その強さを表わすと考えられる2つの指標を用いて調べた。成層圏突然昇温はこの指標に明瞭に反映しているが、それは年々変動の一部分を説明するにすぎない。これまで、成層圏極渦の強さと、赤道成層圏2年周期振動および熱帯対流圏の Southern Oscillation との間に何らかの関係のあることが言われてきたが、それについても同じ指標に基づいて調べてみた。これらの対応関係はこの解析でも明瞭に見えるが、必ずしもすべての冬について極渦の強さの偏差に現われるとは限らないことがわかった。

## 13. 時空間スペクトル解析法と大気波動への応用

林 良一 (GFDL, Princeton University)

時空間スペクトル解析法と大気大規模波動への応用を評論した。

時空間スペクトル解析は非定常波を東進と西進成分に分解し、二次元速度ベクトルを時計的と反時計的回転成分に分解する回転スペクトル解析法と数学的に類比している。

時空間スペクトル解析法により、複数の波数から構成されている非定常波を停滞波と移動波の波束に分解することも可能である。

時空間エネルギー・スペクトルは時空間スペクトルエネルギー方程式により支配され、線型と非線型エネルギー分配スペクトルにより波数-振動数空間での再分配が表現される。

時空間スペクトルは時系列データの長さに応じて相関法、直接フーリエ交換法および最大エントロピー法により推定される。空間フーリエ交換を修正することにより、極軌道衛星による非同時観測データからも正確に時空間スペクトルが求められる。

時空間スペクトル解析法を GFDL 大気大循環モデルと観測との比較や制御実験の解析に応用することにより、大気大規模擾乱の波動特性、構造、エネルギー収支、発生機構などが明らかになってきた。

## 14. 雲移動ベクトルに見られる赤道西太平洋上空の周期30—50日の上部対流圏東西風振動

丸山健人 (気象研究所)

静止気象衛星“ひまわり”(0°, 140°E)により観測された雲移動ベクトルの1978年5月から1980年12月までの時系列について、スペクトル解析を用いて調べた。周期30—50日の大規模な上部対流圏東西風振動が検出された。平均振幅は赤道上で  $3 \text{ ms}^{-1}$  で緯度とともに増加する。この振動は赤道領域に起り、110—120°E に腹領域、150—160°E または以東に節領域を持つ定常振動のようにふるまう。この振動は1979年4月から1980年6月にかけて活発期、それ以前と以後は不活発期にあるように見られる。

## 15. ユーラシア大陸上における1979年初夏の風と温度変化

村上多喜雄, 丁 一滙 (Department of Meteorology, University of Hawaii)

1979年初夏には、ユーラシア大陸上で顕著な温度と湿度変化がみられた。西チベット高原付近では、6月4日頃急速な上層高気圧の発達と温度上昇が起った。この温度上昇は非断熱効果による。これらの変化はインドモンスーンの入り(6月19日)より約2週間前に起った。東支那海、日本付近でも6月4日頃急速な上層高気圧の発達、温度上昇、および加熱がみられた。これら中緯度地域における加熱現象はインド・モンスーン入りのための必要条件の1つと思われる。

## 16. 高緯度対流圏の平均気温、定常波及び非定常波の間の相互作用

笹森 享, 陳 哲衡 (Laboratory for Atmospheric Research, University of Illinois)

冬期対流圏850 mbの経度平均気温の緯度傾度と60°Nを通して渦動輸送される顕熱との相互作用を統計処理によって解析した。これらの量の間の高い相関関係については、Madden (1975) が既に成層圏について指摘しているが、この調査で高緯度対流圏でも同様に10日以上周期で同期的な高い相関があることが示される。この周期的相関は、主として非定常波と定常波で作られる渦動熱輸送とそれに応答する帯状流の振動が更に非定常波の位相に影響するためと考えられる。

## 17. 冬期中緯度における超長波のうず度方程式とブラウン運動におけるランジュバン方程式

岸保勘三郎 (東京大学理学部地球物理学教室)

冬期中緯度における超長波のうず度のスペクトル解析を行った。うず度の周波数領域におけるスペクトル強度は、周波数の2乗に逆比例することがわかった。この物理的根拠を説明するために、超長波のうず度方程式をブラウン運動におけるランジュバン方程式の形に書き直せるか否かを検討した。1971—1972年、1975—1976年の観測データを用いて中緯度の超長波のうず度方程式を検討した結果、超長波のうず度方程式はブラウン運動におけるランジュバン方程式と同じように取り扱えることがわかった。

## 18. 内部重力波との相互作用をとり入れた中層大気大循環の準一次元モデル

松野太郎 (東京大学理学部地球物理学教室)

中層大気大循環の理論や数値実験において、従来、中間圏界面あたりより上で非常に大きなレイリー摩擦が仮定されてきた。これによって平均東西風を減速しないと実際にみられるような状態(中間圏・下部熱圏で夏が低温冬が高温になるという現象をふくむ)を再現できないのである。この研究では人為的なレイリー摩擦を取り除き、その原因と考えられて来た内部重力波による運動量輸送の効果を直接とり入れたモデルにより、中層大気大循環の簡単な計算を行った。Leovy (1964) および Sawada and Matsushima (1964) の研究に従って大循環を線形摂動問題として定式化し、南北構造についてひとつのモードのみをとり、あたかも鉛直方向に一次元の問題のようにみなして内部重力波の伝播と、その減衰による平均流加速効果を計算した。これは Plumb and McEwan (1978) による実験室中の QBO の理論とほとんど同じである。成層圏の下部にあたるモデルの下端であらゆる方向に伝播する成分を等しくもった内部重力波を仮定すると、上方伝播に際して成層圏の主風系と同じ向きに伝播する波は捕えられてしまい、逆向きの波のみが中間圏界面高度にまで到達し得る。この波が、大きな渦粘性(そのような形の高さ分布を仮定した)のために減衰し、この領域で逆向きの加速を行う。上層の密度が小さいので逆向き加速は著しく、レーリー摩擦の如く作用する。ただし、この場合には 90 km 以上に下層と逆向きの東西風を生じた。これは実際の観測にも見られるもので、上記のメカニズムが妥当であることを示している。

## 19. 浅水のシア不安定に関する研究 (II) 数値実験

里村彦彦 (東京大学理学部地球物理学教室)

浅水の水路モデルを用い、シアのある流れで有限振幅となった不安定重力波の振舞を数値的に調べた。フルード数は5に固定し、非粘性の場合と粘性のある場合(レイノルズ数  $Re=3000$ ) の両方について計算した。

非粘性の場合、最初に発達する波は線型理論で求めたのと同じ成長率と構造を持っていた。この波は、線型理論の場合と同じく、 $\overline{k'u'}$  からエネルギーを得ている。

粘性がある場合、波のエネルギーは準定常状態に達し、運動量は恒久的な混合を受けることを示した。そのときのエネルギーの流れは、壁付近の粘性→平均の運動エネルギー→波の運動エネルギー→波に作用する粘性、となっている。

準定常状態になった後も時間積分を続けると、波のエネルギーは振動を始めた。準定常状態の安定性を調べた結果、基本波の半分の波数を持つモードが不安定となって振動を起こすことがわかった。

## 20. 金星大気4日循環の力学の数値的研究

松田佳久 (東京学芸大学地学教室)

金星大気の日循環の生成機構を2層モデルを用いて考察した Matsuda (1980) の研究で未解決の問題を5層モデルを時間積分することに依り調べた。

まず、水平粘性が無限大の場合、他の外部パラメータの適当な組み合わせに対して、高速の帯状流が得られた。その形成過程を検討して見ると、高速の帯状流は1,000日を越える非常に長い時間をかけて形成されることが判った。即ち、最初に子午面循環が南北加熱差に依り短時間のうちに形成され、その角運動量上方輸送の効果に依り、固体惑星から吸い上げられた角運動量が上層に少しずつ蓄積される過程が計算された。

次に、このモデルの定常解を3つの外部パラメーター(水平拡散の緩和時間、南北加熱差、惑星の回転速度)の色々の値に対して求めた。複数平衡解は水平粘性の緩和時間(鉛直拡散の緩和時間で割った)が  $10^{-2}$  の時に、既に現われる。一方、上層大気回転が惑星の60倍(観測値)に達する解が得られる為には、その値が  $10^{-3}$  程度に成ることを要する。このモデルで得られた定常解のパラメーター依存性は先の論文で得られた結果に類似している。両モデルの結果の比較に依り、複数定常解の安定性について先の論文で立てた予想が証明された。即ち、中程度及び速い惑星の回転において、適当な南北加

熱差の大きさの範囲で出現する3つの平衡解のうち、高速の帯状流を持った解と強い子午循環を持った解は安定であり、両者の中間の性質を持った解は不安定であることが判った（この証明は Matsuda（投稿中）の流体系において現われる臨界点の分類の一般論を用いると、いかなる計算も要せずに証明される。この証明は付録に付けた）。

最後に、系の異なった加熱の仕方に対して、上の2つの異なった安定平衡解を得た。即ち、ゆっくりした加熱に依って、高速帯状流の解を、急激な加熱に依って、強い子午面循環の解を得たが、それぞれの解へ到る異なった過程を調べた。

## 21. 大気大循環の低次モデル

**E. N. Lorenz (Massachusetts Institute of Technology)**

従属変数の数を極度に切りつめ簡略化して得られる常微分方程式の系である低次モデル (low-order model, LOM) は、しばしば大気現象の過程を定性的に正しく表現することができる。LOM を用いると、もっと大型のモデルで経済的に実行可能な限度よりもはるかに長い時間にわたる解や、はるかに多数の解のアンサンブルを得ることが一般的に可能となる。

LOM を作る一般的手順について述べる。LOM のさまざまな形、さまざまな使われ方を示すために、いくつかの LOM を選んで説明する。最後の節で水蒸気や雲を含む大気の大規模循環のモデルとなる LOM の製作手順を示す。

## 22. 突然の気候変化の鍵としての海洋の湧昇

**H. Flohn (Meteorologisches Institut, Universitat Bonn)**

赤道付近および2~3の海岸に沿って、水温躍層とともに冷水が上昇する。この論文は気候変化に重要な役割を果たすこの現象について論じた。観測した事実はこの通りである。a) 赤道の表面水温と大気中の  $\text{CO}_2$  や  $\text{H}_2\text{O}$  の量は正相関がある。b) 貿易風の強さと、赤道（+沿岸）表面海水温は負の相関がある。c) 貿易風の強さと両半球の中緯度（亜熱帯）高気圧との間には負の対応がある。d) 赤道と極の間の対流圏の気温差と中緯度の亜熱帯高気圧とは負の相関がある。e) 地球の気温変化と雪-氷-アルベド-気温のフィードバックによってもたらされる赤道と極の間の気温差とは負の相関がある。火

山爆発が盛んであった時期後の寒冷化の場合の半球規模の気候のフィードバックの機構は次のように考えられる。すなわち、連続的火山爆発後の寒冷な時代には子午線方向の気温傾度は大となり、亜熱帯高気圧の軸は低緯度側に移り、ハードレイセルの風（貿易風）の強さは大となり、赤道の表面海水温は低下し、大気中の  $\text{CO}_2$  と  $\text{H}_2\text{O}$  は減少し、さらに気候は寒冷化する。火山爆発が休止状態の温暖な時代には、上記の傾向は逆となる。このようなフィードバックの機構は赤道や沿岸湧昇の頻度や強さを根本的に変える。しかし、海洋は閉じた系であり、また深海の入れ代りの時間スケールは500年のオーダーであるから、上述の過程の効果は数世紀の時間に限られるであろう。

## 23. 気候の周期性と予報可能性

**Zhang Jia-Cheng (北京中央気象局)**

大気過程は、単位としては空間的な波動と時間のふたつ、またはそのどちらかひとつで、ふつうとらえられる。地球の大きさは有限なので、さまざまな次元で大気過程をとらえるには、時間の方が一般性がある。大気の周期性のカテゴリーとしては、次元ばかりでなく、その性質や形成原因からみて、幾つかのものがある。これが大気過程の階層構造である。与えられた次元における気候過程の基本的な様相を選びだすには、スケールをもとに行なうのが最もたいせつである。たくさんの階層の過程間には、密接な関連をもつものが多い。一般的に言うところ、マクロの相がマイクロの諸過程の背景にある。個々のマイクロの過程の相互関係は、マクロの諸相について、ある情報を示すこともある。それ故、大気過程の構造分析は、種々なタイムスケールの予報可能性のアイデアを提供する。これが条件付の準周期性である。気候予報の方法論をより合理的に組み立てるのに、これが有益と思われる。

## 24. 長期数値予報の理論と方法

**Chao Jin-Ping, Guo Yu-Fu, Xin Ru-Nan**  
(中国科学院大気物理研究所)

種々の熱冷源をパラメタライズすることにより、線形化した大気・海洋結合系のモデルを作った。この系の波動解を求めることにより、2種の異なる振動が存在することが示せる。ひとつは非断熱大気中の伝播性ロスビー波で数日の周期をもち、もうひとつは海洋の水温異常によって駆動される変化のおそい波動である。明らかに、

この短周期の天気現象の存在は長期数値予報を行うのに困難を生ぜしめる。何故なら、振幅の小さい長期にわたる天候の変動は、大振幅の短周期変動によって変形してしまうおそれがあるからである。この困難を克服するため、移動性ロスビー波は“ノイズ”として長期予報モデルからフィルターしてしまう。これを行うひとつの簡単な方法を示す。

次に、月平均 500 mb 高度場と地上気温（海水温）のそれぞれのアンモリを実際に予報するためのモデルを示し、実験的予報の結果を報告する。この研究の結果は、前記のフィルターの手法が長期予報を行うのに有望な方法であることを示している。

## 25. 力学方式による長期予報についてのエッセイ

都田菊郎, Chao Jin-Ping (GFDL, Princeton University)

このエッセイは1ヶ月予報および季節予報の可能性を論じたものである。予報の対象は、グロス・ベッタ量の気候値からのずれ、すなわちアンモリで、アンモリは自由モードと強制モードとに大別される。ここで自由モードというのは、海洋表面の温度条件として気候値を与え（アンモリではなく）、モデルから求められる解で、それに対し、強制モードとは、アンモリ水温の境界条件の下に得られる強制解のことである。

現在のところ、GCM（大気循環モデル）は、場合によって少なくとも1ヶ月先まで自由モード解をかなり正確に求めることができる（特に、1977年1月のもっとも異常なブロッキングの場合）。しかし、時によってその予報は余り正確ではない。

われわれの研究の結果によれば、GCM はまだ改善できる余地がある。その上、強制モード解に関し、非常に希望的な資料がある。太平洋の赤道近辺における水温のアンモリから、遠隔伝達のプロセスを通して、アメリカ上空の気温（強制モード）を予測できる可能性があり、それを示唆する事実が着々と蓄積されつつある。

とは云うものの、GCM 方式による長期予報は、大変高価につく。将来、その精度が向上できるとしても、それにも限界があるかも知れない。もしそうだとすれば、その代りとしてアンモリ・モデルが難点を解決する可能性がある。

## 26. 黄道傾斜の変化が気候に及ぼす影響

B.G. Hunt (Australian Numerical Meteorology Research Center)

年平均状態を求める半球大循環モデルを用いて、黄道傾斜が、 $23.5^\circ$  から  $0^\circ$ 、 $65^\circ$  に変化することによって生じた結果を考察した。この様な傾斜の値が、過去の地質時代にとられていたといわれている。傾斜  $0^\circ$  の気候は、現在の気候より変化に富み、高緯度の地表面は、より寒冷で乾燥している。しかし、モデル対流圏は全体的にやや温暖化している。傾斜  $65^\circ$  に対し実験を2例行なった。2例とも高緯度で低アルベドだが、一方は低緯度で氷河のアルベドを与えた。年平均状態に対し、最初の実験例では、対流圏の緯度方向の温度傾度が実質上無かった。第2の実験例では赤道で地表温度が最低となったが、氷河状態になる程の低温には到らなかった。この場合は「反転したハドレー細胞」によって、熱帯東風ジェットが維持された。シミュレートされた水文学、エネルギー交換等を合わせて考慮すれば、ここで得られた相関はこの様に極端な傾斜における気候状態を考える材量を与えてくれる。地球の居住可能帯は、傾斜  $0^\circ$ 、 $65^\circ$  双方に対して、減少すると結論される。以上の実験例は、色々提唱される仮説的気候状態を評価する上で、大気大循環モデルは、かなりの未開拓な可能性を持っていることを示している。

## 27. プリミティブ方程式のためのセミラグランジュ法とセミインプリット法を併用するスキーム

A. Robert (Recherche en Prévision Numérique Canada)

回転系における浅水方程式の時間積分にセミインプリット法とセミラグランジュ法を併用したスキームを用いる。このスキームは数値計算上絶対安定であり、かなり大きなタイムステップを用いて積分することが可能となる。時間積分による打ち切り誤差は、エクスプリット法の時の25倍のタイムステップを用いても充分に小さかった。

線型安定解析によると、このスキームは安定である。また、このスキームを用いた数例の時間積分の結果によると、タイムステップが2～3時間のオーダーを越さない限り、結果はタイムステップの大きさに依存しない。



## 28. ジェノヴァ湾低気圧に対する山脈効果

F. Mesinger (Geophysical Fluid Dynamics Program, Princeton University), R.F. Strickler (GFDL, Princeton University)

ジェノヴァ湾での低気圧発生過程（いわゆるジェノヴァ低気圧）を4例について分解能の高い限られた領域の予報モデルを使ってシミュレートした。境界条件は観測値を採り、4例のそれぞれについてモデルに山脈を入れた場合と、山脈なしの場合の両方を48時間積分した。

この中の2例は山脈の有無に関係なく、いずれのシミュレーションでも低気圧の発生が見られたが、山脈は明瞭に場を変形する効果を示した。すなわち、アルプス山地の北西や南西に地表の気圧の高圧部を作る点と、アルプスの北の中部ヨーロッパで、対流圏中層において気圧の尾根ができる点である。

他の2例は、山脈なしのモデルでは低気圧発生が再現できなかった。特にこのうちの1例では、地表の低気圧形成が山脈を入れたモデルで極めて実際に近い形で再現された。中層ではシミュレートした等圧面高度が実際より低く出たが、ジェノヴァ湾の北の切離低気圧の形成過程そのものの過程は不十分であった。これは、山体の北方で山によるブロッキング作用がモデルの中で弱かったためか、あるいは切離過程はもっと大きなスケールの大気現象に属する性質のものであったか、のいずれかのためと考えられる。

## 29. 強雨をともなうサブシノプテックスケールの寒冷渦

松本誠一（気象研究所）

二宮洸三、長谷川隆司、三木芳幸（気象庁）

1980年5月9～10日、サブシノプテックスケールの寒冷渦が日本上を通過し、強雨をもたらした。この寒冷渦は大規模トラフの微細構造として解析され、寒気ドームをともなっていた。寒気ドームの境界は強い気温水平傾度で特徴づけられるが、東側では安定層は不明瞭であった。静止衛星観測によれば、寒冷渦にともなう渦（コンマ）状の雲システムは大規模低気圧～前線系の雲システムの後方～1,000 km に位置する独立した雲系として寒冷渦の東側に見出される。一方強い対流性降雨は寒冷渦の南～南東象限に発生している。降雨のピークと低 $T_{BB}$ 域の急増と時間的に一致する。

77 km 格子プリミティブモデルで予報実験を行った。日本列島の稠密な高層データにもとづく再解析を初期値

として与えると、寒冷渦・寒気ドームの特徴はよくシミュレートされる。

## 30. 気象衛星によるステレオ高度計算法の原理と雷雲上に発生する成層圏内巻雲への応用

藤田哲也（Department of Geophysical Sciences, University of Chicago）

静止衛星画像を使って近似的に精度の高いステレオ高度計算法を開発し、日本の“ひまわり”1号とアメリカの静止西衛星の写真から熱帯収束帯附近の雲の高さを計算した。またアメリカの西と東の静止衛星画像を使って、雷雲頂の凹凸を赤外温度分布と比較決定した。その結果、赤外温度の方が推定した雲頂温度より5～10°C高いことが分った。

その原因は、かなとこ雲の上空1から3 km の高さの成層圏下部に存在する巻雲が赤外放射温度を見かけ上高めるため、巻雲の様相は1971年から1978年にかけて行われた Lear Jet 実験観測によって何度も確認、撮影されている。その巻雲は、ドーム型に突出した雲頂がかなとこ雲の中に急激に下降する時、ドームの風下側に発生する。比較的温度の高い巻雲におおわれた突出ドームの赤外温度は、ドームそのものの温度よりかなり高いので、赤外温度の上昇がドームの沈下のためかそれとも巻雲の増加によるものか、を放射温度測定だけで判定する事は困難である。

31. 台風の理論およびモデルの発展に伴う概念的進化  
大山勝通 (National Hurricane Research Laboratory, NOAA)

航空機観測の進歩に伴い、台風の一般構造およびエネルギー収支については、1960年代の初めごろまでに、かなりよくわかってきた。しかし、これらの知識を力学的に統一して台風の生成発達を説明する理論は容易に生れなかった。現在の台風理解の因となった最初の発達理論が出るためには、力学的問題としての台風の認識、特に種々の要因の相対的重要度、を再考する必要があった。雲のパラメーター化が成功の原因のように云われるが、実は、問題認識上の変化がそのような雲の扱いを一応許されるものとした。雲のパラメーター化を技術的にのみ応用すると、その後の種々の線型理論（いわゆる CISK）に見られるような物理的混乱を引きおこす。一方、台風理解のためには、線型理論は不十分であり、理論の概念としての妥当性および限度は非線型数値モデルによる実

験によってのみ評価されることとなった。数値モデルの進歩により、台風成生の理解のためには、雲のパラメータ化を取り除く必要があることもわかってきた。この論文は、歴史を逆転するかの如く見える最近の発展の裏にある真の進歩を概念的に解明することを目的とする。

### 32. 数値的にシミュレートした熱帯低気圧の眼の構造と解析

栗原宜夫, M. A. Bender (GFDL, Princeton University)

最小格子間隔約 5 km の 4 重格子数値モデルを用いて、熱帯低気圧のシミュレーションを行った。得られた渦の中心には小さな眼が維持された。

眼と眼の壁の構造に関し、軸対称の場と非対称性について記述する。眼の壁の非対称の場は眼の回りを低気圧性に動くが、その回転速度は、眼の壁の中の風よりもかなりおそいことが分かった。また平均場を維持する上で、平均鉛直面循環、擾乱、および拡散効果が果たす役割を解析する。その場合、特に、風と気圧場の釣合の問題と、相対角運動量、熱および水蒸気の収支に注目する。擾乱の場は、眼の内部に冷却・湿潤効果をもたらし、これが、平均下降流による温暖・乾燥効果を相殺していることが判明した。

### 33. 熱帯の雲クラスターと大規模上昇流

R. A. Houze (Department of Atmospheric Sciences, University of Washington)

雲クラスターを含む熱帯大規模場の熱収支解析を行った。クラスターの大きさと降水量は観測から得られた平均的な値を用いた。

モデル化されたクラスターは発達初期には、孤立した背の高い、降水を伴う対流セルから成立している。降水率を仮定した簡単な雲モデルを用いて、対流雲の凝結熱、蒸発率、顕熱輸送量を求めた。対流雲が大規模場の熱収支に与える影響では凝結熱放出が主要な役割を果たし、対流雲は全体として対流圏全層を暖めている。

発達の最盛期では、クラスターは対流雲と横に広く広がる雲のおおいを含んでいる。この広く雲でおおわれた領域では力学的にも熱力学的にも活発で、大規模場の熱収支に大きな役割を果たしている。またこの領域では雨が降っており、上層のメソスケールの上昇域では凝結が、下層の下降域では蒸発がおこっており、その中間で水解がおこっている。メソスケールの上昇域、下降域での凝

結熱、蒸発熱、顕熱輸送量は、降水率を仮定した簡単なモデルで決定される。また水解熱は実際の雲クラスターでのレーダ観測による反射率から見積られる。雲の広くおおっている領域では全体として中層から上層では熱源、下層では冷源の役割を果たしている。

この雲でおおわれた領域はまた放射エネルギーにとっても重要である。この領域では中層から上層にかけて放射によって温められており、この効果は他の凝結熱や蒸発熱と同程度に重要な役割を果たしている。

雲クラスター発達段階によって、大規模熱収支に及ぼす影響は変化している。水平に雲のおおひ領域が拡大するにつれ、上層ではメソ上昇域の凝結熱と放射効果によってより熱せられ、下層のメソ下降域では蒸発によって冷やされる。従ってクラスターが発達するにつれ上層では加熱率が増大し、下層では逆に減少する。これらの結果は観測から得られた大規模上昇速度の分布とよく対応している。以上のことから、発達した雲クラスターでは、雲で広くおおわれた領域におけるメソスケールの上昇、下降運動、および放射加熱の効果が大きく、熱帯の大規模上昇流に重要な影響を与えるということが結論される。

### 34. 熱帯地方の渦度場に対する積雲対流の効果

#### (II) 解釈

柳井迪雄, 隋 中興 (Department of Atmospheric Sciences, University of California),

曲 建華 (Space Science and Engineering Center, University of Wisconsin)

積雲対流が大規模渦度収支におよぼす効果について調べた。積雲効果をパラメタライズする可能性を、大規模渦度方程式中の渦相関を積雲集合の属性と関係づけることにより吟味した。積雲集合のスペクトル表示を導入することにより、積雲効果の一般的表現が得られる。この表現は積雲の占める面積比が小さく、かつ積雲の平均渦度が周囲の平均渦度と同じオーダーを持つ場合には簡単な形に帰着する。この近似的表現は、積雲の効果を積雲からの過剰渦度の流出、積雲が誘導する下降流による大規模渦度の垂直移流、立上りおよび引伸し効果として解釈する。

積雲部分集合の質量、湿潤静力学エネルギー、水物質質量および渦度の収支方程式を用いて、この積雲効果の近似的表現を積雲集合のスペクトルモデルと組み合わせた。

このモデルを用いてマーシャル群島上での積雲効果を見積り、計算された垂直プロファイルを観測された大規模渦度収支の残差(みかけの渦度源)のプロファイルと比較した。下降流を含む場合と含まない場合とをテストした。下降流なしの計算では雲底の直上および 300 mb 面以上に甚だしく大きな渦度源が作られる。下降流と、部分集合の収支方程式に水平流出を導入することにより、結果は特に 700 mb 以下で著して改善される。

### 35. 条件付不安定大気中における積雲対流の卓越モードに関する研究補遺

浅井 冨雄 (東京大学海洋研究所),

中筋 勲 (株式会社オリエント・マンパワーシステム)

数値実験に基づき、条件付不安定大気中で発現する積雲対流の卓越モードの力学的性質について得られた結果が示される。前論文(浅井・中筋, 1977)で用いられた上昇域は常に水蒸気で飽和、下降域は未飽和という仮定がとり除かれ、水蒸気を陽に取り扱うモデルに修正された。前論文と同様、最初、温位にランダムな微小振幅の擾乱を与え、最終的に残る準定常的な対流セルを積雲対流卓越モードとした。このようにして得られた積雲対流の卓越モードは対流セルの水平規模(あるいは aspect ratio, 即ち水平規模/鉛直規模)と上昇流域の全域に対して占める割合(あるいは雲量)によって表わされる。これら卓越モードが平均場の状態にいかにか依存するかを調べ大略、前論文の結果を確認することができた。平均上昇流が増すにつれ卓越モードの水平規模は小さくなり、雲量は大きくなる。一方平均下降流が強まると急速に水平規模は大きく、雲量は小さくなり、やがて消滅する。相対温度に対する卓越モードの応答は平均上昇流域では鈍感、平均下降流域では敏感である。また、積雲対流の卓越モードは位置エネルギーを最低にするものとして実現していることも示される。

### 36. 複雑地形の地表面上の風の特徴

H.A. Panofsky, Zhou Leyi (Pennsylvania State University)

2種類の複雑地形の地表面上で中立成層時の風速特性量が比較された。1つは丘の上、他は水面の風下側の陸地上である。両地点は力学的特性が大きく異なるにもかかわらず、多くの点で相似性が見られた。すなわち、ごく地表近くでの風のストレスは鉛直方向に減少する

が、平均風速は対数分布である。この対数分布からもとめた地表面ストレスの値と乱流変動量から求めたレイノルズ・ストレスを下方へ外挿して得た地表面ストレスの値はよく一致した。また、両地点において、乱流エネルギーの逸散量と機械的生成エネルギーとは釣り合っている。

### 37. 数値モデルによる森林内外の大気流に関する研究 山田哲二 (Los Alamos National Laboratory)

大気境界層内の空気の流れに与える森林の影響をシミュレートするために、単純化した乱流 closure モデルを使った。このモデルは既に種々の流体運動をシミュレートするのに応用され比較的成果を収めている。森林内での風速分布、森林上層部に起こる大きな wind shear、夜間(昼間)森林内に起こる温位不安定層(安定層)等、定性的には観測と合う結果が得られた。森林がある場合とない場合の計算結果を比べることにより、乱流と平均流との間に強い相関がある事が明白に示された。

### 38. 大気境界層中の鉛直速度と温度変動のスペクトルおよび refractive index parameter に関する相似理論的考察

横山長之, 蒲生 稔, 山本 晋, 林 正康  
(通産省公害資源研究所)

風速の鉛直成分、温度変動のスペクトルは大気境界層中で高度と共に変化する。この変化は運動エネルギーの熱消散率 $\epsilon$ 、温度変動の分散値の減少率 $\chi$ および風速の変化として表わすことができる。ここでは慣性小領域におけるスペクトルの高度変化式を Yokoyama *et al.* (1979) の相似仮説に基づいて導いた。 $\epsilon$ ,  $\chi$  の高度分布を表わす式を用い、また風速は実測値を用いてスペクトルの高度変化式と実測値の比較を行ない、比較的良い一致が示された。

温度変動のスペクトル式から、音波レーダーのエコー強度に比例する refractive index parameter  $G^2$  の鉛直分布を導き、実測との比較を行なった。導かれた  $G^2$  の鉛直分布の形について実測と良い一致が得られた。

### 39. カルマン定数の決定

近藤純正, 佐藤 威 (東北大学理学部)

接地気層で超音波風速計による摩擦速度

$$U_* (= \sqrt{-uw})$$

の直接測定と、風杯風速計による平均風速プロファイルの測定を同時に行ない、カルマン定数の平均値を0.39と決定した。しかし、カルマン定数は一定値ではなく、標準偏差が約7%のばらつきを持っていることが分った。このばらつきは大気乱流に本来的に存在する性質と考えられる。

野外観測に先立ち、超音波風速計および風杯風速計の空気力学的特性を調べた。超音波風速計の場合、プローブ自体が風の場を変形させ風速、風向、乱流統計量の測定誤差を生じ、また、プローブが1°傾くことによって $U_*$ に約4%の誤差が生じる。風杯風速計の場合、“回り過ぎ”による平均風速の過大評価が、特に地面付近において無視できないことが分った。

今回決定されたカルマン定数は、これらの特性に起因する測定誤差が補正されている。

#### 40. 微気象学的にみた境界層中の反応性微量成分の挙動

**D.H. Lenshow (National Center for Atmospheric Research)**

大気境界層中に存在する反応性微量成分の平均量および変動量は化学反応の影響を受けると思われる。この論文では、これら化学反応の影響について、航空機に搭載した応答性の高いオゾン測定器による測定結果を用いて考察した。オゾン濃度変動を乱流量の収支式を用いて検討したところ、濃度変動に化学反応が影響していると推定される測定例を見出した。また、他の例では、境界層上部の乱流逆転層中で、オゾン濃度がその上下の層の濃度とまったく異なる特異層となっていた。この特異層についても、その生成の要因として化学反応が最も適当と思われる。化学反応についての時間スケールを100秒程度とすると、反応性の高い微量物質の接地層内での鉛直分布は、化学反応の影響を受けることが推定された。これらの化学反応性物質の研究は、境界層中での微量物質の発生源や吸収源の研究に有効であると思われる。

#### 41. 工業流出物最適化の数学的問題

**G.I. Marchuk (Moscow)**

工業起源の汚染物質から環境を保護する問題は、科学者や技術者にとってますます関心の深まってきた問題である。著者は、住宅地、保養地、耕地など生態学的に重要な地域をあらかじめきめておいて、そこでの汚染を最小にする目的で大気中に有害エアロゾルを放出する工業

企業体の配置を考えた (Marchuk, 1976, 1978)。

本論文では、同じ問題を別の観点から扱った。すなわち、あるきめられた地域の全工業企業体は既に操業しており、ある程度の量の有害エアロゾルを大気中に放出していると仮定する。そして、全エアロゾル量を、生態学的に重要な地域や対象物に対して決められている衛生規則の許容基準値以下におさえるべく、各企業体毎に放出を許容するエアロゾル量を決定することをめざした。同時に、工業企業体の生産性を減ずる結果となるような、全放出物の減少はさけねばならない。それ故、今回の取扱いでは、最大限の経済効果を保持するという拘束も、流出物の規制に対して課することにした。

#### 42. 放射霧の物理過程

**Sir J. Mason (Meteorological Office, England)**

この論文は、放射霧の発達にかかわる物理過程が、その発生、成長と消滅をきめるのにどのように影響し合うかを明らかにするため、英国気象庁が企画した最近の研究を総評するものである。野外測定と計算モデルの結果とを結び合わせて、空気と水滴の放射冷却、地面からの熱の伝導、霧の中での熱と水蒸気の乱流輸送、および地面への水滴と露の沈着などの間に存する微妙なバランスを説明する。また太陽放射と低層雲の移流とによる霧の消散についても研究がなされた。

#### 43. 力学・熱力学・雲物理学的に見た大雪現象

**A.H.J. Auer, J.M. White (University of Wyoming)**

非発散高度での低気圧の力学的特性を明らかにするために、強い勢力を持つ中型の冬の低気圧を例にとって詳しく解析を行った。この例では、非発散高度は550 mb ( $-16^{\circ}\text{C}$ )にあり、6.5 cm/sの上昇流が存在していた。水収支を計算すると、降水能率は約80%であった。凝結が最も多く生ずる、非発散高度付近の温度領域が、 $-15^{\circ}\text{C}$ 近辺であることが、大雪をもたらす主な原因であると結論された。大雪の降った他の75例についても、小気候学的な研究を行った。その結果、上昇する飽和気塊が、 $\theta_e=304\sim 309^{\circ}\text{K}$ にある非発散高度(即ち600 mbで $-13\sim -15^{\circ}\text{C}$ )を通過していることが分り、このことから、上記の結論が支持された。

#### 44. 熱帯における浅い積雲からの温かい雨の電荷発生機構及び降水機構

高橋 劭 (Department of Meteorology,  
University of Hawaii at Hilo)

熱帯における浅い積雲からの温かい雨の電荷発生機構及び降水機構について、ハワイ島での長年にわたる研究結果をまとめた。

降水にもなると地上電場は負になり、これは負イオンが雲頂近くから地上に下降気流で運ばれたためと、100台近い特殊ラジオゾンデの結果から推定された。その過剰負イオンは雲頂で水滴が蒸発中に発生することが実験から求められ、この効果を入れたモデルがよく観測結果を説明した。

300時間以上の飛行機観測で巨大海塩核は、降水の成長に寄与していないこと、降水粒子は主に雲頂近くのうすい層で起こっていることが示され、雲頂での雨滴の形成が降水の発達に必要なことが示された。

積雲の3次元モデルは水平風の下降気流による運搬と降水発達に関連について強調した。

最後に将来の温かい雲の研究方針について述べた。

#### 45. 蒸気相から成長する氷単結晶の成長カINETICSならびに成長形の変化

黒田登志雄 (北海道大学低温科学研究所)

蒸気相から成長する氷の単結晶、すなわち単結晶雪の成長形と成長機構に関する従来の実験結果をまとめ、晶癖変化ならびに形態安定性の問題に理論的考察を加える。

雪結晶の晶癖は温度の低下にもなると3度変わる。すなわち、 $-4^{\circ}\text{C}$ で六角板から六角性に、 $-10^{\circ}\text{C}$ で再び六角板に、更に低温(正確には過飽和度に依存する)で再び六角柱になる。融点( $0^{\circ}\text{C}$ )直下で氷結晶表面は疑似液体層でおおわれているが、温度の低下とともにその厚みはうすくなり、ついには消えていく。その結果、ある結晶表面の成長機構は次のように変化する: I) 気相(V)一疑似液体(QL)一固相(S)一機構、II) 多数の水分子による吸着で荒れた表面の付着成長、III) 吸着水分子数がわずかな特異面の二次元核成長。成長機構の変化を起こす温度は面方位に依存する。したがって晶癖変化の主たる原因は $\{0001\}$ 面と $\{1010\}$ 面の成長機構の組み合わせの変化にある。また、低温( $<-20^{\circ}\text{C}$ )における六角柱の出現と、極端な軸比( $c/a \leq 1$ )を持つ晶癖には結晶の周囲の拡散場が影響している。

低過飽和度で多面体を維持しながら成長していた雪結晶は、過飽和度の増大にもなると結晶の角の優先成長により、形態が不安定になり、骸晶を経て樹枝状結晶へと変わる。このような形態不安定は結晶表面に沿っての過飽和度の不均一によって起こる。この問題を議論するには結晶の周囲の三次元的拡散場と過飽和度の不均一を持った表面の成長カINETICSをセルフコンシステントに解かなければならない。

#### 46. 雪多結晶の構造と生成機構

古川義純 (北海道大学低温科学研究所)

雪多結晶には種々の形態が存在する。それらの構造、および生成機構が、Coincidence-Site Lattice (CSL)理論の氷結晶への3次元適用の結果と、立方晶構造の氷による核の発生の機構とをともに、統一的に説明される。

立方晶の核の $\{111\}$ 面上に六方晶の氷が連続的に成長することにより多結晶の初期結晶が形成される。初期結晶の構成要素がそれぞれ独立に、雪単結晶と同様のふるまいにより成長するとき、雪単結晶の放射状の集合体として雪多結晶が生成される。一方、低温度・低過飽和度の条件下では、初期結晶に含まれる CSL 境界面が成長層の連続的な発生源として働くという成長機構によりその結晶は成長する。このとき、交差角板に代表される様な明確な境界面を持つことが特徴的な形態である雪多結晶が生ずる。

#### 47. 1977年有珠山噴火に伴う降灰粒子の大気電気的性質

菊地勝弘, 遠藤辰雄 (北海道大学理学部地球物理学教室)

1977年8月7日午前、北海道南西部支笏洞爺国立公園内に位置する有珠山が突然噴火を始め、近隣町村に降灰をもたらし、また噴火に伴って雷鳴、電光が記録されたので、8月9日から15日までの1週間、噴火口の東北東5 km に位置する壮瞥町壮瞥中学校々庭で、主として大気電気的観測を行った。

大気電場は夕方から翌朝まで、ほとんど晴天電場値を示したが、風が吹き始めると、地表面や樹木に積っていた降灰粒子が空中に舞い上がり、それと同時に電場は負に急変し、晴には晴天電場値の20~30倍を記録した。特に降灰直後の新しく乾燥した粒子が舞い上げられた時は更に大きな変動の値を示したが、いずれの場合にも負電場であった。一方、噴煙雲(8月12日の例)による電場も

負の変動を示したが、噴煙雲と観測点の位置関係が影響していた。8月13日夜半から14日早朝にかけての中規模の噴火に伴い、観測点が直接降灰を蒙ったが、電場は正負に大きく変動し、その値は  $\pm 15 \text{KV}\cdot\text{m}^{-1}$  以上と推定された。また降灰粒子と電場との間には、降雨、降雪時に認められるような逆相関係が認められた。

8月13日から14日にかけての噴火に伴う降灰粒子を直接大きなビニール袋に捕集し、摩擦実験を行った。その結果、比較的小きな粒子は大きな粒子に比べて負の電荷を獲得することがわかった。このことは、降灰粒子が地表面から吹き上げられた時に記録される負の電場を説明していると結論づけられた。これは砂塵や砂嵐の時と同じ傾向を示した。

#### 48. ライダーと航空機による下層大気中のエアロゾル粒径分布の比較観測

岩坂泰信, 長屋勝博, 岡田菊夫, 小野 晃 (名古屋大学水圏科学研究所)

高度約 2 km までのエアロゾル粒径分布を 2 波長方式のライダー観測から推定し、同時に行った航空機によるパーティクルカウンター測定の結果と比較した。その結果、次のことがわかった。

1) ライダー観測から求められた粒径分布の高度変化はパーティクルカウンターの結果と同様の傾向を示した。

2)  $n(R) = A \cdot R^{-\gamma}$  の形で表わされる粒径分布関数について、パラメーター  $A$  の推定には不確かさが残るが、パラメーター  $\gamma$  はよい精度で求められた。

#### 49. 絹雲が存在する大気の大気熱平衡温度に関する数値実験

Kuo-Nan Liou, K.L. Gabhart (Department of Meteorology, University of Utah)

地球大気の大気熱平衡温度に対する種々の大気状態の絹雲の厚さと高度の気候学的影响を研究するために数値実験を行った。ここで用いた対流調節法は真鍋らによって導入された方法に従ったが、半透明で黒体ではない雲の放射伝達の扱い方に新しい試みを取り入れて、放射対流モデルを作った。このモデルは、絹雲の日射と赤外放射に対する特性が温度分布の決定に関して充分注意深く取り扱えるように作られている。その結果、射出率が 0.45 で日射の反射率が 0.08 の 0.1 km の厚さを持つ薄い絹雲が

存在すると、大気は絹雲の高度にかかわらず  $20^\circ\text{K}$  も加熱されることがわかった。しかし、厚い雲ではその高度が重要になる。低く厚い氷の雲の存在は大気をかなり冷やす効果があり、これは他の研究結果とも一致する。熱帯の大気で、水蒸気とオゾン分布の気候値と雲の統計を用いて、総合的に熱平衡温度分布を計算した。この結果を熱帯の温度分布の気候値と比較すると、対流圏ではよく一致した ( $1^\circ\text{K}$  以内) が、成層圏では約  $10^\circ\text{K}$  の差異となった。熱帯の例では、晴天部分を減らして絹雲量を 10% 増加させると、地表温度は約  $0.2^\circ\text{K}$  だけ上昇することが明らかになった。

#### 50. 近赤外域における雲の分光反射率：実測値と計算値の比較

S. Twomy (Institute of Atmospheric Physics, University of Arizona),  
T. Cocks (Division of Cloud Physics, CSIRO, Australia)

近赤外領域では、水と氷は弱い吸収を示し、雲の波長別反射率は雲粒の平均粒径に依存する。したがって、もし雲の光学的厚さがわかれば、雲の反射率測定は雲の微物理的情報をもたらす。雲の微物理構造の遠隔測定法となりうると考えられる。この論文では、分光反射率と同時に、粒径と雲水量の直接測定がなされた雲に対し、反射スペクトルの実測値と計算値の比較を行なった。その結果は、未だ解決出来ない不一致を示し、遠隔測定を試みるに至っていない。

#### 51. 宇宙空間からの地球観測の経験と最適観測システムの計画

K. Ya. Kondratyev (Main Geophysical Observatory, Moscow)

宇宙空間から地球環境を多目的にモニターする方式を開発するため、最適観測システムの計画を、宇宙空間からの地球観測の経験にもとづいて考察した。この問題は気象学、海洋資源工学、水文学、農学、地質学に関係している。

今回の研究では、自動化された衛星および人間がのりこんだ衛星の両方による衛星気象学で得た経験を十分活用して、天気予報や気候の問題に関連した物理パラメーターや稀ガス、エアロゾル等の観測を取りあげた。

多目的観測を最適に計画するに際しては、情報理論と映像認識を用いた。その結果、5つのスペクトル帯(可

視で3つ、近赤外で2つのスペクトル間隔)以上の観測ができる測定システムを使用する必要があることがわかった。

これらの結果は、宇宙空間から自然を多目的に調査するときには、パラメーターの最適選択の問題が最も重要であることを示している。けれども、こうした研究結果

は、方法的な価値をもつだけで、今回用いた各種パラメーターに対する要請に関する資料は任意的だし、自然形成物のスペクトル反射率のデータも適切ではない。この研究をさらにすすめていくためには、遠隔観測の諸問題を具体的に解く目的のシミュレーション実験が必要である。

### 気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
日本気象学会創立100周年記念式典	昭和57年5月25日	日本気象学会	日本教育会館
昭和57年日本気象学会春季大会	昭和57年5月26日～28日	日本気象学会	日本教育会館
第26回山の気象シンポジウム	昭和57年6月19日		気象庁
第19回理工学における同位元素研究発表会	昭和57年7月5日～7日		国立教育会館
第8回レーザーレーダ(ライダー)シンポジウム	昭和57年7月8日～9日	レーザーレーダ研究会	山王共済会館
第2回水資源に関するシンポジウム	昭和57年8月3日～5日	空気調和・衛生工学会ほか	科学技術館(東京)
第20回粉体に関する討論会	昭和57年10月5日～7日	日本化学会ほか	京大会館
昭和57年日本気象学会秋季大会	昭和57年10月13日～15日	日本気象学会	札幌市教育文化会館
Regional Scientific Conference on Tropical Meteorology (熱帯気象学に関する地域科学会議)	昭和57年10月18日～22日		筑波研究交流センター
International conference on the physics, chemistry, and meteorology of precipitation scavenging, dry deposition, and resuspension	1982年11月29日～ 12月3日	American Meteorological Society <i>et al.</i>	Los Angeles
第7回風工学(構造物の耐風性)シンポジウム	昭和57年12月9日～10日	電気学会ほか	東京