

## 第II輯 第58巻 第6号 1980年12月

松田佳久：金星大気の四日循環の力学

北出武夫：一様でないコリオリパラメーターを持つ平面上での台風の数値実験

P-J. Sheu・E.M. Agee・J.J. Tribbia：対流セルの形状に影響を与える物理過程に関する数値的研究

武田喬男・高瀬邦夫：地形の効果により変質した降水系のレーダー観測

藤吉康志・高杉年且：中層降水雲のレーダーエコー構造と雨滴電荷(Ⅱ)——雨滴の電氣的諸特性の変化——

青木忠生：雲域における晴天放射算出の統計的手法

関岡 満：ヘリスプタ搭載ラジオゾンデとその応用

## ノート

J.M. Hyun：傾在不安定性問題で基本流を折線近似することについて

## 金星大気の四日循環の力学

松田佳久(東京学芸大学地学教室)

金星の成層圏に見られる四日循環(四地球日で金星を一回りする高速の帯状流)の問題——いかにして高速の帯状流が生成維持されるのか、また金星の自転は非常に遅いの何故夜昼間対流が卓越しないのか——を理論的に明らかにすることを試みた。そのために、Gierasch(1975)の提案した子午面循環に依る角運動量上方輸送に依る帯状流の加速のメカニズムを含んだ軸対称のモデルを作った。このメカニズムが働く為には水平粘性が十分大であることが必要であるが、水平粘性が有限であることによるこのメカニズムの阻害効果もこのモデルには含まれている。数学的には、速度場と温度場を少数の基本モードに展開して、モード間の相互作用を陽に非線型項として表現したモード方程式を作った。この非線型系の定常解を主として上下二層モデルに依り、水平粘性が無限大の場合と有限の場合について求めた。

まず、角運動量の釣り合いの式から、帯状流の流速( $U$ )と子午面循環の流速( $V$ )の関係を求めた。水平粘性無限大の場合は、 $U$ は $V$ に比例する。その比 $U/V$ は惑星の自転周期( $T_0$ )と鉛直拡散の緩和時間( $T_v$ )の比 $T_v/T_0$ で与えられる( $U/V \approx T_v/T_0$ )。水平粘性が有限の場合は、 $U$ は或 $V$ の値に対して最大値を持ち、その最大値は水平粘性と鉛直粘性の比及び $T_0$ によって決まる。

それぞれの場合に得られた $U$ と $V$ の関係を経度方向

の渦度方程式と連立させると解を定めることが出来る。その際、渦度方程式のソレノイダル項といかなる効果が釣り合うかに依り、解の型分類を試みた。それによると、循環の型は次のように分類出来る。

金星型温度風バランス：大気回転に依る遠心力の鉛直傾度が卓越し、それがソレノイダル項と釣り合う。

地球型温度風バランス：大気回転に働くコリオリ力の鉛直傾度が卓越し、それがソレノイダル項と釣り合う。

直接循環バランス：子午面循環に対する摩擦力が卓越し、それがソレノイダル項と釣り合う。

どの型の解が出現するかを、惑星の回転の効果を表わす $T_0/T_v$ と南北加熱差を表わす $G_r$ の二つのパラメータ空間上において調べた。水平粘性が無限大の場合ほどのような $T_0/T_v$ に対しても、 $G_r$ が大きくなりさえすれば、金星型温度風バランスが出現する(図2参照)。水平粘性有限の場合は、これとは違って、金星型温度風バランスの出現し得る $G_r$ には $T_0/T_v$ に依る上限があり、それを越えると直接循環バランスしか存在し得ない(図7参照)。金星型温度風バランスが解として存在する主なパラメータ領域では、同時に直接循環バランスも解として存在し得る。つまり、この領域では二つの全く異なった大気の循環——弱い子午面循環に伴なわれた高速の帯状流と弱い帯状流を伴った高速の子午面循環——が同一の外的条件に対して安定な定常解として存在し得る。当然、 $U$ 、 $V$ はこの領域では多価函数となる(図7(c)、図8(c)参照)。現実の金星大気において、前者の状態は四日循環に相当し、後者の状態は夜昼間対流を

意味する。

以上の結果に基づいて、Young・Pollach (1977) の数値実験の結果を再検討した。

#### 一様でないコリオリパラメーターを持つ平面上での台風の数値実験

北出武夫 (気象庁電子計算室)

北出 (1979) によって提案された移動する可変格子計算スキムを使って、台風の数値実験を行った。CISK の概念に基づいた積雲対流のパラメタリゼーションの方式が導入された。その他、海面摩擦、渦散逸、渦拡散、潜熱顕熱の海面からの補給、乾燥対流調節大規模凝結等の物理過程が慣行の方法で導入された。

初期に与えた渦は約 2 日で台風 に似た構造を持つ擾乱に発達した。再現された台風はコリオリ係数が緯度によって異なるため、ある種の非対称性を持つことが見出された。さらに発達した台風は最上層に力学的不安定領域を持っていた。

再現された台風は北北西に移動する。これは Rossby (1948) が指摘した  $\beta$  効果によると考えられる。その移動スピードは台風の強さが強くなるほど遠くなった。この台風は西方向にほぼ  $3 \text{ km} \cdot \text{hour}^{-1}$  北方向にほぼ  $7 \text{ km} \cdot \text{hour}^{-1}$  で移動した。そしてこの平均経路のまわりに約 25 時間の周期を持って蛇行した。これは Yeh (1950) が指摘した Magnus 効果による様に思われる。

さらに海面温度を変えた実験を行なった所、台風の経路は少し変化した。これは海面温度の変化によって台風の強さが変化して、その結果経路が変化したものと理解された。又、水平方向に一様でない海面温度を与えた実験において積雲対流による加熱の非対称性が渦の移動に影響を与えることを確かめた。

#### 対流セルの形状に影響を与える物理過程に関する数値的研究

Pi-Jaw Sheu\*, Ernest M. Agee (Department of Geosciences Purdue University)

Joseph J. Tribbia (National Center for Atmospheric Research)

2 次元非線型の数値モデルにより、セル状対流の偏平度に対する渦拡散の非等方性、大規模下降流、潜熱の放出の効果などを調べた。これらの物理過程はセルの aspect

ratio (水平と高さの比) を通常の積雲の値から、1 よりかなり大きなメソスケールのセル状対流に対応するような値へと増大させることが示される。潜熱の放出がない dry model の場合には、古典的なビジネス対流に対する室内実験や線型数値モデルで得られている結果とよく一致する。

最も実現しやすい aspect ratio は、線型論から予測されたものよりも、渦拡散の非等方性の度合に対する平方根の関係 (Priestley) をもっと良く表現することも示される。

#### 地形の効果により変質した降水系のレーダー観測

武田喬男, 高瀬邦夫\*\* (名古屋大学水圏科学研究所)

地形の効果により変質したと考えられる降水系を RHI レーダーの定量的観測により得られたエコー構造にもとづいて調べた。レーダーは紀伊半島南東部の尾鷲市に 1977 年 6 月から 7 月にかけて設置されたが、観測例の中の 4 例 (A, B, C, D) を解析した。A, B, D の 3 例では、紀伊半島の広い領域にわたり中層雲からの連続的降雨が起っており、C 例では対流性降雨が海岸沿いの限られた領域のみ起っていた。

C 例では東よりの風が下層で卓越していたが、高さ 4 km、東西の幅 15 km 程度の対流性の降水雲系が海岸付近に形成された。この系は殆んど同じ領域に 2 時間以上継続して存在していた。観測結果は、この系が、海上のたいたい同じ場所に次々と新しく形成され、同じような発達過程を示しながら山側に移動して来た小さい対流性降水雲の集団として維持されていたことを明らかにした。この新しい対流雲の継続的な形成には、山の風上側の地形性水平収束場及び既に発達した降水雲からの下降気流が重要な役割を果していたと推測される。

A 例でも東よりの風が下層で卓越していて、海岸付近には C 例と同じタイプのものと考えられる下層雲が中層雲の下に形成されていた。そして、中層雲からの降水の強度は、この下層雲内でかなり増加した。しかし、西よりの風が下層で卓越していた B 例では下層雲は観測されず、中層雲からの降水の強さは下層で増加しなかった。また、D 例では、中層雲からの降水粒子の下層雲への "seeding effect" が示唆された。

\* 現在所属：University of Maryland, Dept. of Meteorology

\*\* 現在所属：新潟地方気象台

## 中層降水雲のレーダーエコー構造と雨滴電荷

### (II)

#### —雨滴の電氣的諸特性の変化—

藤吉康志、(名古屋大学水圏科学研究所)

高杉年且、(京都大学防災研究所)

中層降水雲からの雨滴の電氣的諸特性を、雨滴電荷と RHI レーダーエコー構造との同時観測に基づいて議論した。

主な結果は次の通りである：正に大きく帯電した雨滴は、generating cells からのストリーク部分のうち、特に強いエコー域が観測点を通過した時にのみ観測された。この正に大きく帯電した雨滴を除外すれば、中層降水雲からの雨滴は、大きい雨滴は負に、小さい雨滴は正に夫々帯電している傾向が見られた。暖かい雨をもたらす下層対流雲からの雨滴の帯電量は、中層降水雲からの雨滴の帯電量よりも少なかった。また、中層降水雲からの雨滴の帯電量は、降水粒子が下層対流雲内を通過した後でも、大きくは変化していないことが推論された。

#### 雲域における晴天放射算出の統計的手法

青木忠生 (気象衛星センター)

タイロス-N 衛星の AVHRR 画像データを使って、視野の中に雲がある場合の晴天放射算出について、1つの統計的手法を開発した。シミュレーションによってその精度を調べ、McMillin の方法と比較したところ、McMillin の誤差の 2/5 くらいになることが分った。

また、上の2つの方法を衛星から観測された実際のデータに適用することによって、シミュレーションで得られた結果を再確認することができた。

## ヘリコプタ搭載ラジオゾンデ系とその応用

関岡 満 (防衛大学校地学教室)

大気下層の熱的構造を求めるためにヘリコプタ搭載ラジオゾンデ系を開発した。この系はラジオゾンデ本体、ウィンチ、受信用アンテナ、受信器および記録器から構成されている。空中停止させたヘリコプタから、ヘリコプタ内に設置したウィンチを用いて、ナイロン索で繋いであるラジオゾンデ本体を下降・上昇させて測定を行い、測定終了後にはヘリコプタ内へ回収する。金属製円筒形の水密容器の内部および外部に取付けられた各種センサ(ラジオゾンデ本体)によって乾球・湿球温度および気圧を測定することができ、さらに海上の観測の際ラジオゾンデ本体が着水した場合には水面温度も測定できる。測定データはラジオゾンデ内部の送信器からヘリコプタ上の受信器に送信される。ヘリコプタは1つの地点から他の地点へ3次的に急速かつ容易に移動できるので、(1)ヘリコプタを所定高度に空中停止させて、所定地点上方の乾・湿球温度および気圧を測定すること、(2)ラジオゾンデ本体を所定の高度に吊上げたヘリコプタを所定の径路を飛行させることによって乾・湿球温度の水平分布を測定することができる。この系の実験的使用例の1つとして、高度 300 m に空中停止させたヘリコプタに搭載した TV 方式赤外映像撮像装置による地表面温度分布の撮影と同時に本ラジオゾンデ系によって乾・湿球温度の重直分布を測定した。この測定結果と放射伝達方程式とを用いて、撮影した地表面温度分布に対する水蒸気による放射減衰効果を補正することを行った。その他の使用例についても述べられている。