

第 II 輯 第 60 卷 第 5 号 1982 年 10 月

新野 宏：順圧不安定の弱非線形理論

新野 宏：一般化されたランダウ方程式の有限振幅波動解の安定性に関するノート

田中 浩：臨界高度付近にできる乱流層への WKB 理論の適用

Qiushi Chen：慣性重力波の不安定と下層ジェットと豪雨の関係

川平浩二：成層圏プラネタリー波によるオゾン変動二次元モデル，I；定式化と帯状平均オゾンに対する温度波の影響

神沢 博：成層圏突然昇温時の Eliassen-Palm フラックスによるプラネタリー波の記述および波に対する平均流の影響

阿部成雄・吉田忠彦：海陸風に及ぼす半島巾の効果

萬納寺信崇：山谷風の数值実験

孫野長治・中村 力・吉田裕一：北海道母子里盆地の厳冬期の夜間冷却

甲斐憲次：接地層における乱流エネルギー収支

張 鐸・安成哲三：過去 100 年における全球規模の地上気圧パターンの変動とアジアのモンスーン；第 1 部 北半球夏季（7 月）

M.A. Estoque：インドネシア海域における大規模気圧変動

武田喬男・夏木尚平：Nimbus-5 のマイクロウェーブ・データによる広域雲系の凝結水量の評価

土屋 清・伊東隆哉・石田 中：宇宙環境におけるランドサットの多重スペクトル走査計の特性

佐藤隆夫：第 n 次散乱に於ける位相関数

孫野長治・遠藤辰雄・谷口 恭：冬の雷雲中の電場と降水電荷の間の鉛直方向の鏡像関係

広瀬勝巳・土器屋由紀子・鈴木 款・杉村行勇：筑波の地上大気エロゾルの化学成分にあらわれたセントヘレンズ火山噴出物の影響

順圧不安定の弱非線形理論

新野 宏（気象研究所）

密度一様の回転流体中の非発散の水平シア流の安定性を弱非線形理論によって調べた。考えたシア流は y を流れを横切る方向の座標とすると、 $U(y)=\tanh y$ と $U(y)=\text{sech}^2 y$ の 2 通りである。コリオリ係数の緯度変化の効果（ベータ効果）及び底面でのエクマン摩擦の効果を検討してある。

不安定波の振幅の時間及び空間変調を記述する一般化されたランダウ方程式の係数を様々な β ($\equiv df/dy$) の値に対して求めた。この論文で考えた範囲の β の値に対しては、どちらのシア流の不安定も超臨界型であることがわかった。従って、臨界値より大きなレイノルズ数に対しては、有限振幅の不安定波が変形された基本流との間に平衡状態を形成することが予測される。

有限振幅の定常波の side-band 波に対する安定性も調べた。超臨界のレイノルズ数に対して、波数 k_0 の有限

振幅波は、もし k_0 が

$$S(k_1 - k_c) < k_0 - k_c < S(k_2 - k_c)$$

をみたすならば安定である。ここで、 k_c は臨界波数、 k_1 と k_2 ($k_1 < k_2$) はそのレイノルズ数に対する 2 つの中立波の波数であり、 S は定数である。 $U(y)=\tanh y$ に対しては、 $\beta=0$ のとき S は $1/\sqrt{3}$ に等しい。 S は β の絶対値が増すと共に減少する。従って、有限振幅波が安定な波数領域は β の絶対値が大きくなるにつれて減少する。 $U(y)=\text{sech}^2 y$ に対しては、 β の絶対値が小さいときには（無次元の β で $\beta=-1.9\sim 0.5$ ） S の値は 0 に等しく、有限振幅波は不安定である。 β がこの範囲外有的时候には、 S は β の絶対値が増すと共に大きくなるが、 $1/\sqrt{3}$ より大きくなることはない。

一般化されたランダウ方程式の有限振幅波動解の安定性に関するノート

新野 宏 (気象研究所)

一般化されたランダウ方程式 (GLE) の有限振幅波動解の安定性に関する Stuart と DiPrima (1978) の研究を拡張した。与えられた場に対する安定性パラメーターが臨界値より大きいとき、波数 k_0 の有限振幅波はもし k_0 が

$$-S(k_1 - k_c) < k_0 - k_c < S'(k_2 - k_c)$$

を満たすならば安定に存在する。ここで、 k_1 及び k_2 は二つの中立波の波数、 k_c は安定性パラメーターが臨界値のときの中立波の波数である。S は GLE の係数の関数として与えられる2つの実数——振幅による分散係数 d と波数による分散係数 l ——のみの関数であることがわかった。S(d, l) の関数形を決定し、おこりうるすべての GLE の係数の値に対して S が計算できるようにした。

臨界高度付近にできる乱流層への WKB 理論の適用

田中 浩 (名古屋大学水圏科学研究所)

粘性とニュートン冷却は、内部重力波の砕波を特に臨界高度の近傍において抑制する働きをもつ。この二つの効果を別々に導入して、砕波が抑制されるための安定化則が平均場のリチャードソン数が大きな場合について求められた。ここで得られた粘性効果による安定化則は、Fritts と Geller (1976) によって求められたものよりも理論的一貫性を有することがわかる。短かい水平波長をもつ内部重力波に対してはそれほど重要でなかったニュートン冷却の効果が、その水平波長の増加とともに卓越してくる。二つの効果は、成層圏で約 250 km、中間圏ではもっと長い水平波長の内部重力波に対して等しくなる。

高度 20 km における内部重力波の振幅や運動量フラックスなどが、下部成層圏で観測された乱流層の厚さをもとに理論的に推定された。

慣性重力波の不安定と下層ジェットと豪雨の関係

Qiushi Chen* (Department of Atmospheric Sciences University of California)

スプリット法を使って、下層ジェット (LLJ) と豪雨の関係について調べた。ジェットの軸方向の移流によ

る非地衡風成分を解消しようとして地衡風調節によりジェットのまわりに子午面循環が起る。大気が条件つき不安定の場合には、この子午面循環は、その水平スケールがある値より小さいと不安定化する。この不安定は非地衡風と子午面循環のポジティブフィードバックによって起る。この不安定機構に基づいて、上部対流圏ジェットと LLJ と豪雨の関係について調べ、LLJ のトリガー効果や豪雨領域でしばしば見られる LLJ の非地衡風成分の役割等が、この機構で説明できることがわかった。

この不安定の原因となる有効位置エネルギーは潜熱の放出によって作り出されており、潜熱放出は地衡風調節に伴う子午面循環による上昇流に伴って起っている。この意味で、エネルギー源は対流不安定とは異なっている。

成層圏プラネタリー波によるオゾン変動二次元モデル, I: 定式化と帯状平均オゾンに対する温度波の影響

川平浩二 (京都大学理学部地球物理学教室)

プラネタリー波によるオゾン変動の二次元モデルの定式化を行った。その結果によれば、光化学平衡状態において、温度波の変調により光化学消滅項の帯状平均値が従来定義されたものに比べて小さくなることが判った。このため従来の定義によるオゾン帯状平均濃度より高い濃度が生ずる。このような過程はこれまでのオゾンの二次元モデルの結果において示されなかったことである。このオゾン消滅項の減少は、観測によっても確認されているオゾンと温度の逆相関に本質的に依存している。

この機構についての量的評価を行なった結果、温度波の振幅が15度の場合、従来定義されたオゾン帯状平均濃度に比べて50%も高いオゾン濃度が生ずることが判明した。

成層圏突然昇温時の Eliassen-Palm フラックスによるプラネタリー波の記述および波に対する平均流の影響

神沢 博 (国立極地研究所)

Eliassen-Palm (E-P) フラックス——その向きが子午面内のプラネタリー波の伝播の向きとみなしうる量である——を1973年突然昇温時のプラネタリー波の解析に適用した。成層圏循環の逆転の前に東西波数1の波による E-P フラックスの極地成層圏への集中がみられた。その集中により E-P フラックスの発散——平均流への波の強制を具現している——が起り、成層圏における平均

* 現在所属 北京大学地球物理系。

帯状流の強い減速と極向きの子午面残差流をもたらした。

準地衝風うず度勾配を平均東西流で割ったものとして定義した波の「屈折率」 Q に関する議論を行った。E-P フラックスの赤道向きから極向きへの切り換えを決定する主たる要因は、昇温前に極域成層圏に位置していた Q の極大であると結論した。

極域成層圏に東風が現れた後、E-P フラックスの発散がゼロ風速付近に集中していた。この事実は、臨界層による波の吸収のメカニズムが働いていたことを示唆する。

海陸風に及ぼす半島中の効果

阿部成雄・吉田忠彦（防衛大学校地学教室）

関東地方の房総・伊豆半島には夏の晴れた日に、しばしば雄大積雲が発達するが、三浦半島ではこのようなことはない。そこで我々は半島上の海陸風におよぼす半島幅や熱的效果について数値実験を試みた。その結果次のようなことがわかった。

(1) 半島中央部では海陸風の発達する14時頃よりむしろ夕刻に上昇流の最大が現われる。そしてこの上昇速度は半島幅の増加と共に急速に減衰する。

(2) 上昇流が最も強く現われる半島幅が存在し、それは30~50 kmでその強さはいわゆる海陸風による上昇流の3倍にも達する。この半島幅は房総・伊豆半島の幅に相当する。

(3) 半島幅の効果が消えるのは幅約150 km以上の場合でこの時はいわゆる海陸風のみが現われる。

山谷風の数値実験

萬納寺信崇（東京大学理学部地球物理学教室）

二次元数値モデルを用いて山谷風の性質について調べた。平地、斜面、台地が50~100 kmの水平スケールである時、山谷風は二つの風系から成る事がわかった。一方は平地上空の空気と、台地上の空気との加熱差による循環であり、他方は斜面風である。

昼間は、平地上空から台地上へ吹き込む平地風が主要な風系である。その前線は台地内部100 kmにまで進入する。風の強さは、平地上空の空気と台地上空の空気との温度差と良い相関があった。斜面の水平スケールが平地と台地のスケールよりも小さいか、あるいは同程度の場合には、斜面風は二つの点で平地風を変形する。一つは最大風速を少し大きくする事であり、台地の高い時に

この効果が現れる。もう一つは前線の進入開始時刻を遅らせる事で、台地の低い時にこの効果が現れる。

夜間は斜面下降風が強いが、斜面上の薄い層にしか存在しない。台地が冷却される事により、台地から平地へ吹く弱い台地風ができる。台地風の強さもまた平地上空の空気と、台地上の空気との温度差に関係があった。斜面下降風の強さは、Prandtl (1942) (Sutton (1953) 参照) の線型理論でよく説明できた。

北海道母子里盆地の厳冬期の夜間冷却

孫野長治*・中村 力**(北海道大学理学部地球物理学教室)

吉田裕一*** (北海道大学環境科学研究科)

北海道の母子里盆地で厳冬期に大気温度分布の三次元的観測をおこない、その結果日没時付近で山腹の空気の冷却が盆地底よりも数時間程度早まることがわかった。また気温分布を温位の形で解析することにより、山腹から盆地底への斜面風は日没前後の数時間だけであり以後は斜面の中・上部に渦動流が発生し、その下層にいわゆる冷気湖が主として雪面との熱交換によって発生すると考えられるに至った。

盆地の空気が極端に冷却するのは、雪面空気の極端な冷却を妨げる山風がないためと考えられた。

接地層における乱流エネルギー収支

甲斐憲次（筑波大学水理実験センター）

筑波大学水理実験センターの気象観測塔の4高度(1.6, 4.3, 12.3, 29.5m)に設置した超音波風速温度計による3次元の風速変動および温度変動の測定結果に基づき、乱流エネルギー収支式の各項を評価した。収支式は乱流の生成・消滅を原因別に分類したものであり、風速シアによるエネルギーの生成項、浮力によるエネルギーの生成項、乱流輸送項、粘性消散項、残差項（圧力項を含む）よりなる。Monin-Obukhovの相似則を用いて収支式の各項と大気安定度との関数関係を実験的に求め、乱流エネルギー収支モデルを導いた。

乱流の統計的性質と乱流エネルギー収支を考察した結果、判明した事実は次の通りである。

* 北海道大学名誉教授。

** 日本無線株式会社、東京都港区虎ノ門1-17-15 第五森ビル。

*** 日本気象協会東京本部、112 東京都文京区千石 2-30-24。

(1) 粘性消散項は平均風速の3乗に比例して増加し、高さと共に減少する。中立の場合、粘性消散項と風速シアー項は、ほぼバランスする。

(2) 乱流エネルギー・フラックスは不安定の場合には正で高さと共に増加するが、安定の場合には高さと共にほぼ一定である。乱流輸送項は不安定の場合には浮力項の約2倍であるが、安定の場合にはほぼ零となる。

(3) 測定できなかった圧力項のふるまいを示しているものと推察される残差項は、相似則に従い、大気安定度の関数として表わすことができる。中立の場合には残差項は零になるが、不安定および安定の場合には大気安定度の絶対値が増すにつれて残差項は増大する。

(4) 乱流エネルギー収支の鉛直構造を調べた結果、大気安定度が不安定の場合には、風速シアー項と粘性消散項がそれぞれ主要な乱流エネルギーのソースとシンクである。両者は地表面の影響を受け、高さと共にその絶対値を減少する。浮力項もまたエネルギー・ソースであるが、その大きさは風速シアー項よりも小さい。乱流輸送項はエネルギー・シンクであるが、これは下層で生成された乱流エネルギーが上層に輸送されているものと考えられる。大気安定度が安定の場合には、収支式の各項は非常に小さくなり、高さと共にほぼ一定である。

(5) 以上の結果より得られた乱流エネルギー収支モデルの概要は、次の通りである。大気安定度が中立の場合には、乱流エネルギー収支は風速シアー項と粘性消散項のみで説明される。両者はほぼバランスし、他の収支項は零となる。安定領域では、浮力項は負に転じ、乱れを止めるように働く。エネルギー・ソースとしては、風速シアー項のみになる。安定度が増すと、乱流輸送項以外の収支項はその絶対値を増す。不安定領域では、不安定の度が増すにつれて風速シアー項以外の収支項はその絶対値を増大し、浮力項がしだいにエネルギー・ソースとして重要になる。乱流輸送項はエネルギー・シンクとして重要になり、その大きさは浮力項の3倍程度である。

過去100年における全球規模の地上気圧パターンの変動とアジアのモンスーン; 第1部 北半球夏季(7月)

張 鐸*・安成哲三**(京都大学東南アジア研究センター)

全球規模での大気循環パターンの長周期変動を、過去

106年間(1871~1976)の7月月平均地上気圧資料について、経験的直交関数(EOF)解析の手法を用いて調べ、同時に夏季アジアモンスーンとの関連も考察した。

11年移動平均値についてのEOF解析の結果、第1主成分(総分散の31%)は、南半球から赤道にかけての地域と、北半球中緯度のあいだの気圧のコントラストを示し、19世紀末から最近にかけて、両地域間で気圧偏差が逆転する現象に対応している。第2主成分(総分散の19%)は、太平洋・インド洋の亜熱帯高圧域とアジア・アフリカ両大陸の間の気圧振動を示すモードであり、インド・モンスーン降水量の長周期変動(約70年の時間スケール)とよく相関している。これら二つの主成分の時間変動は、全球規模での海水温の長周期変動(Paltridge and Woodruff, 1981)に非常によく対応していることも明らかとなった。第3主成分(総分散の14%)は、主な活動中心の南北(東西)の偏位を代表するモードであり、この成分もモンスーン降水量との相関が高い。年々の値の解析の結果、10年以下の短周期変動としては、南方振動(Southern Oscillation)のモードが卓越しており、インド・モンスーン降水量の年々変動と強く関連していることも明らかとなった。

インドネシア海域における大規模気圧変動

Mariano A. Estoque (Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science University of Miami)

冬季MONEX期間中、インドネシア海域で観測された地上データ、気象衛星データの解析を行い、大規模な気圧変動が存在することを検出した。この気圧変動はすべての解析領域に存在し、周期は約20日、振幅は1~2mbである。変動ははっきりした移動を伴わず、また雲量の変動との対応も認められない。

Nimbus-5のマイクロウェーブ・データによる広域雲系の凝結水量の評価

武田喬男・夏木尚平*** (名古屋大学水圏科学研究所)

人工衛星のマイクロウェーブ・データから大気中の液体凝結水量を求めることの妥当性を、数値計算によりまず検討した後、実際にNimbus-5のデータ(ESMR: 19.35 GHz)を用いてAMTEX領域上の雲系について液体凝結水量を評価した。数値計算では、水滴の粒径分

* 現在所属 北京大学地球物理系。

** 現在所属 筑波大学地球科学系。

*** 現在所属 富士通株式会社。

布の違いおよび他の因子の違いが評価値におよぼす効果を検討したが、液体凝結水量(鉛直方向に積分したもの)が 0.30 g/cm^2 程度以下の場合、水滴の粒径分布の違いを考慮しても、ほぼ10%以内の誤差で凝結水量を評価することが出来ることが示された。1974年 AMTEX 期間中の寒気吹き出し時(2月25日から27日)の AMTEX 領域上の凝結水量は、 0.12 g/cm^2 以下であると評価された。評価値は雲系により異なり、下層雲のみで構成されている雲系では 0.03 g/cm^2 以下であり、下層雲と中層雲で構成されていた二層の雲系では $0.05 \sim 0.12 \text{ g/cm}^2$ であった。これらの凝結水量と地上の降水強度を用いて、雲水が降水に変換していく速さを評価することを試みた。

宇宙環境におけるランドサットの多重スペクトル走査計の特性

土屋 清*・伊東隆哉・石田 中(宇宙開発事業団)

地球観測衛星ランドサットに搭載されている多重スペクトル走査計の校正用データを解析した結果、検出索子に以下に述べる感度特性のあることが明らかになった。

(1) 短期・長期変動がある。(2) バンド7 ($0.8 \sim 1.1 \mu\text{m}$)に使用されているシリコン・フォート・ダイオードはバンド4, 5, 6 ($0.5 \sim 0.6, 6.6 \sim 0.7, 0.7 \sim 0.8 \mu\text{m}$)に使用されている光増倍管よりも安定である。(3) 光増倍管にはヒステリシスがあり、明るい物体(雲のような)を見た直後ゲインが大きくなる。(4) 周囲温度と光増倍管の出力との間には正の相関があった。

第 n 次散乱に於ける位相関数

佐藤隆夫** (長崎大学)

位相関数の計算は散乱次元が増すに従い急速に複雑になるが、惑星に於ては三次元散乱が極めて優勢であることが判った。そこで四次元も計算する必要があるが、三次元の位相関数の方法をそのまま踏襲すると極めて冗長になることが判ったので、更めて n 次元についての新しい理論の式を確立した。この方法は容易に計算機プログラムに組み込むことができる。

冬の雷雲中の電場と降水電荷の間の鉛直方向の鏡像関係

孫野長治***・遠藤辰雄****・谷口 恭(北海道大学理学部地球物理学教室)

冬の雷雲内の電場、降水電荷および非降水粒子による空間電荷密度の垂直分布を、それぞれ正弦関数で近似することにより、電場と降水電荷の間の典型的な鏡像関係が解析された。

その結果、理論的に次のことがわかった。

(1) 降水電荷の落下にによる電荷分離の直後に、よい鏡像関係が形成されるが、その結果生じる電場は極めて小さい。

(2) 上記の電荷分離が進むにしたがい、電場は強くなるが鏡像関係は変形する。

(3) 最終的には正相関に転じてしまう。

筑波の地上大気エアロゾルの化学成分にあらわれたセントヘレンズ火山噴出物の影響

広瀬勝己・土器屋由紀子・鈴木 款・杉村行勇(気象研究所地球化学研究部)

1980年5月18日のセントヘレンズ火山噴火に由来する化学成分の長距離輸送に関する証拠を明らかにするため、筑波研究学園都市における地上大気エアロゾル中の、亜鉛、アンチモン、セレン、鉄、マンガン、銅および、鉛210含量の研究を行った。1980年6月4日に、亜鉛、アンチモン、セレンおよび塩化物の濃度に、顕著な増加がみられ、ことに、亜鉛は平常値の50倍にも達する $7.1 \mu\text{g/m}^{-3}$ が検出された。エアロゾル中の亜鉛/セレン比、および亜鉛/アンチモン比は、セントヘレンズ火山の噴煙中のエアロゾルにみられる値とよく一致していた。これら化学成分の顕著な増加は、同時期筑波、名古屋、福岡で行なわれたライダーによる観測で、成層圏におけるライダーエコーの増加ともよく対応している。したがって、筑波においてみられた地上大気中の亜鉛、アンチモン、セレンおよび塩化物の突然の増加および約1ヶ月後の比較的高いレベルの濃度の原因としては、北半球中緯度上層を一周したセントヘレンズ火山噴出物からの降下物の影響であると結論される。

* 現在所属 千葉大学。

** 現住所 〒957 新潟県新発田市城北町 1-7-20。

*** 北大名誉教授。

**** 現在の所属。北大低温科学研究所。