

超長波のシンポジウム (4)

気象学会講演企画委員会・気象庁予報部談話会

1. 日 時 昭和45年4月22日(水) 13時—17時
2. 場 所 気象庁第1, 2会議室
3. 司 会 岸保勘三郎
4. 話題提供者 廣田 勇: 超長波についてこれまで何がわかったか
菊池 幸雄: 大循環数値実験の中の超長波の振舞い
西本 清吉: 平均図における超長波

超長波についてこれまで何がわかったか*

廣 田 勇**

1. ま え が き

約2年前に気象学会と予報部談話会との共催で始められた超長波のシンポジウムも回を重ね、このたびで4回目を迎えるに至った。このような試みが息ながく続いた理由のひとつには、超長波というものに対して様々な立場の人々が深い興味と関心を示し多方面に渉る問題提起を通じて議論が百出したからであろう。そもそもこの企画の当初の目的は、多くの研究者が個々の論文で提出している超長波の諸性質に関する議論と、超長波が問題となるような比較的大きい時間空間スケールを扱う予報現業(例えば旬日予報や長期予報)との橋渡しをすることであった。従ってこのシンポジウムでは純粋にアカデミックな議論と日々の天気図に対応した超長波のとらえ方との両面を常に意識して話を進めて行かねばならなかった筈である。しかし議論が百出した反面、焦点がいささかボケてきたうらみが無くもない。

そこで、第4回の超長波シンポジウムを開催するに当たり、過去3回に提供された話題及びそれらをめぐる議論の内容をこのへんで一度簡単にまとめ直し、今後の話を進める手だすけに資することはあながち無意味でもあるまい。いうならば一種の交通整理であり、学生諸君の言

葉を借りれば“総括と方針”を与えるということにもなるうか。

2. 今までの話題と討論

念のため、過去3回の超長波シンポジウムにおける題目を再録してみると：

第1回(43年5月: 予稿は天気 Vol. 15, No. 2)

廣田 勇: 成層圏循環から見た超長波の諸特性

新田 尚: 対流圏と下部成層圏の相互作用における長波, 超長波の役割

第2回(44年1月: 予稿は天気 Vol. 15, No. 12)

朝倉 正: 超長波に関する2, 3の特性

杉本 豊: 成層圏気温変動におよぼす超長波の作用
相原正彦: 超長波の力学的考察

第3回(44年6月: 予稿は天気 Vol. 16, No. 5)

窪田 正八: 超長波における強制波と自由波

岸保勘三郎: 超長波の西進について

藤範 晃雄: 超長波と週間予報

かように題目を並べてみただけでも、超長波の問題が持つ多様性が知られるであろう。しかしこれらの諸題目のもとに語られた議論の中には、内容的にみて共通したりあるいは深い相互関係を有しているものが少なくない。そこでこれら8編の話題を切り貼りして内容別に再編成し曲りなりにもひとつの筋書きを作ってみよう。そ

* Summary and Remarks on Symposium of Ultra-long Waves (I)~(III)

** I. Hirota, 東京大学理学部地球物理学教室
—1970年2月13日受理—

うすればどの側面が欠けているか、次にどの線を追求すべきであるかが多少なりとも明らかにされるのではないだろうか。

まず成層圏循環の **Synoptics** がある。上述の廣田、朝倉、杉本がこれを含んでいる。すなわち、“超長波とは何か”という問いに対する第一近似的な現象論として成層圏循環（特に冬期）の pattern に見られる特徴を記述することは極めて重要である。冬期成層圏における normal pattern としての波数 1~3 の超長波の平面的・立体的構造（振幅や位相の緯度高度分布）、これら定常的超長波に重畳する非定常的な振舞い——たとえば水平移動=超長波の西進の問題、あるいは振幅の急激な発達=突然昇温の問題——等の諸特性が case study あるいは統計的手法により示され詳細に論じられた。これらの現象論を土台にして必然的に力学的説明を要請するいくつかの問題が提起される。そのひとつは成層圏の定常的超長波の成因・維持機構に関するもので、いわゆる**超長波によるエネルギー上方伝播**の問題である。新田と廣田は、主として Eliassen and Palm (1961), Charney and Drazin (1961), Murakami (1967) 等の計算結果にもとづき、冬期成層圏に見られる定常性超長波の特性のかんりの部分が対流圏にエネルギー源を持つ“**Forced internal Rossby wave**”と考えられることを説明した。ここまではすでに常識として定着した感があるが、その後この線に沿った仕事としては Dickinson (1968), Matsuno (1970) などがあり、取扱いも実際の気象に近いものになってきている。しかしその反面、定常波に問題を限ってさなお理論と実測の不一致が新たな問題として生じつつあることを指摘しておこう。

一方、実測される超長波の変動を説明するためには、従来多くの論文で扱われている**帯状流中の波動解の特性**を特に波長の長い領域に関して統一的に再検討する必要がある。その結果さらには定常波までも含めて実測される超長波は**強制波か自由波か**、という議論に発展した。この問題に関しては夙に新田による優れた総合報告（オメガ Vol. 6, No. 2）があったが、種々様々な解析・統計・線型理論・数値実験などを一刀のもとに両断するのは容易な業ではない。廣田と新田は線型理論の帰結として transient な超長波が barotropic mode の移動性 Rossby 波及び baroclinic mode の準停滞波として考えられることを示した。これに対し相原は線型理論の欠点をいくつか指摘し、超長波は本質的には外力によって強制的に作られていると考えたほうがよいことを強調し

た。窪田の示した統計結果はこの問題が決して単純には割り切れないことを暗示しているように思われる。過去 3 回のシンポジウムで多かれ少なかれこの“強制波と自由波”の問題が常に議論の対象とされてきたことは興味深い。恐らく上述の議論はいずれも一面の真理をついているのであって、その意味では超長波にもいろいろあるといつてよかろう。しかしまだ理解が十分であるとはいいい難く、今後それらの事情を clear にするひとつの鍵は後述の大循環数値実験が与えてくれそうな気がする。

自由波に関連するもうひとつの興味ある話題は数値予報における**超長波の西進の問題**である。よく知られているように、準地衡風近似の渦度方程式を用いるかぎり β 項（コリオリ力の緯度変化）に起因する西進 Rossby 波の取扱いは Charney and Eliassen (1949) 以来数値予報にとってガンのようなものであった。廣田と岸保は渦度方程式に西進 Rossby 波と準停滞性の超長波とが解として含まれ両者はその垂直構造によって特徴づけられると同時に発散項の大小が構造とむすびついてそれぞれの波の位相速度をきめていることを示した。この説明によって“**Burger の方程式**”に対する大かたの誤解は消えたはずである。ただしこの問題に関しても実際の数値予報における困難さ——たとえば異種の波が共存しているときの相互作用など——は依然として残されている。

さて、これまでの議論はどちらかといえば線型理論のセンスでパターンの中から特定の波だけを取り上げてその特性を論じてきたのであるが、一方10日とか2週間位のタイム・スケールでものを考えるときには、超長波の作用の平均場への feed back すなわち**大循環における超長波の役割**がきわめて重要になってくる。場の変動の予測こそまさに**週間予報**や**旬日予報**の当面の目標であるにちがいない。新田は対流圏と成層圏の相互作用という見地から各種の超長波が担うエネルギー変換を論じた。朝倉は主としてパターンの特徴から大循環の変動を追跡しようと試み、杉本はエネルギー変換における超長波の作用を論じて成層圏温度場の変動を解釈した。しかし藤範の示した予報困難ないくつかの実況例を見ると、理論と現業との間には依然として大きなギャップの存在することを認めざるを得ない。この事情は“手術は成功したが患者は死亡した”という医者言葉と変わるところがない。要するにまだわれわれは結論を急いではいけない。焦点をしぼりつつもう少し先へ進んでみよう。

3. 今後の問題点

前節で述べた過去3回のシンポジウムの概観は、一応ふたつの筋道を指向しているように見える。そのひとつは“実測される超長波は強制波か自由波か”という問いに代表される如く、いわば超長波それ自体の力学的理解を深める方向であり、もうひとつは超長波の作用を通して大循環的な場の変動を見てゆこうとするものである。これらの立場はふたつながら、数学の言葉でいえば、もはや線型の範囲を越え本質的に非線型の問題である。この非線型の困難さを克服するひとつの有力な手段として大気大循環の数値実験が考えられる。すなわち、再三論じてきた定常・非定常超長波の成因や維持機構を理解するためにモデル大気を構成し、大規模な地形や熱冷源を入れた場合入れない場合それぞれに関し出現する超長波の諸特性を相互に比較する所謂 control experiment を行ってみれば、従来の線型理論とはかなり異なった角度からの情報が与えられるにちがいない。同時に、その実験結果は種々の超長波・長波の平均帯状流への feed back

mechanism についても新しい情報を提供するであろう。このことは現象論の側からいえば index cycle や blocking の問題と密接な関係を持ち、従って予報の問題へのアプローチも可能となろう。今回のシンポジウムの話題として、特に菊池氏と西本氏をわずらわせ、それぞれ数値実験と予報現象の立場からの解説を依頼したのはまさにこのような事情をふまえてのことである。

一方、実際の大気の観測結果は如何なる場合においても研究の宝庫であることに変わりはない。このシンポジウムの話題としてまだ登場してはいないが、気象ロケット領域(上部成層圏から中間圏)における超長波の問題、最近脚光をあびてきた赤道波動の問題等、予報に直接関係ないとはいえ“回転熱流体中の大規模波動”という大きなワク組みの中でとらえたときにはぜひ欠かせない重要な問題が将来に多々残されている。未知の新しい問題の探究はその自ずからの結果として常にわれわれの身近な問題へと還元されてくることも決して忘れてはならないであろう。

大循環数値実験の中の超長波の振舞い*

菊池 幸雄**

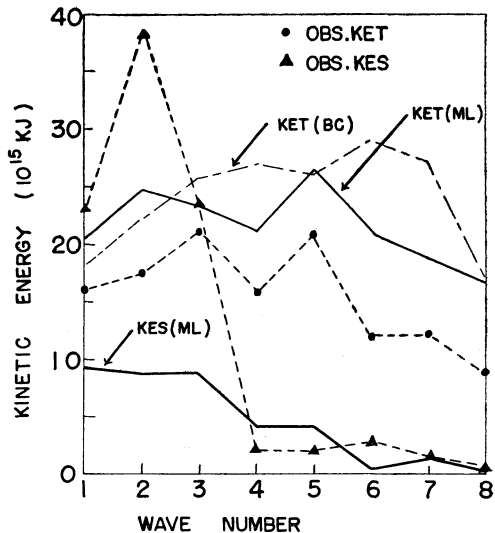
1. まえがき

過去3回にわたるシンポジウムの集約が廣田によってなされたが、そこで指摘された問題点のいくつかに関連して、大気大循環の数値実験から得られた超長波の振舞いについて述べよう。これまでに発表された大循環数値実験では特に超長波の問題に焦点をあてて結果を解析したものは見あたらないので、ここではおもに筆者の行なった数値実験をもとにして話をすすめることにする。成層圏の問題に関しては Manabe と Hunt の結果を借用するであろう。

2. standing wave と transient wave

毎日の天気図を長期間(30日ないしそれ以上)平均したとき残っている擾乱を standing wave, 消えてしまった擾乱を transient wave という。

第1図には実際の大气中の standing wave と tran-



第1図 運動エネルギーの波数分布 (KES と KET は夫々 standing wave と transient wave の運動エネルギー)

* Behavior of Ultra-long Waves produced by Numerical Experiments of General Circulations

** Y. Kikuchi 気研予報

—1970年2月13日受理—