

超長波の西進について*

岸 保 勘 三 郎**

1. はしがき

超長波に関するシンポジウムは過去2回にわたって行なわれ、特に対流圏と成層圏における超長波のエネルギーのやりとりについて興味ある話題が提供された。またこの討論のなかで、いわゆる「超長波の西進」があまり観測されないのは何故かという議論も少しはでてきた。

しかし過去2回のシンポジウムだけからでは「最近の大循環に関する数値実験では超長波の西進はあまりない」といった経験例を十分に裏付ける議論はみられなかった。

熱源、地形の効果が超長波の西進をとめるのに役立っているのだろうといった推論が行なわれているにすぎない。このようなことを考え、ここでは超長波の西進ということの問題点を整理し、シンポジウムの話題のひとつにしてみたい。

2. 超長波の西進

この問題に関しての観測結果については、新田によってまとめられたものがある***。窪田、飯田、荒井などの解析、外国のものでは Teweles, Eliassen, Andersen, Deland などの解析がわかりよく紹介されている。大まかな結論を引用させて貰うと、「超長波の位相速度は、概して中緯度付近ではほぼ停滞状態、それよりも高緯度へいっても低緯度にむかっても西進傾向が顕著になる」と要約してある。

これに対し、もし大気がパトロロピック大気と仮定すれば、一般流を U とし、コリオリー因子 f の y 微分を $\beta (= \frac{\partial f}{\partial y})$ としてじょう乱の伝播速度 C は波数 $k (= \frac{2\pi}{L}, L: \text{波長})$ に対し***

$$C = U - \frac{\beta}{k^2} \dots \dots \dots (1)$$

上式は $L \rightarrow \infty (k \rightarrow 0)$ に対して $C \rightarrow -\infty$ となる。よく知られているように、この矛盾は1958年 Burger によっ

て指摘され、1961年に Welander および Wiien-Nilsen によってパロクリニク大気の取扱いにより、超長波でも西進しない波がありうることが示された。即ち超長波に対し

$$C = U - \frac{\beta}{2} \frac{S \Delta P^2}{f^2} k^2 \dots \dots \dots (2)$$

$$(S = -\frac{\alpha}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial p}, \alpha: \text{比容}, \theta: \text{温位}, \Delta p: \text{2層モデルで上下2層の気圧差})$$

上式は $L \rightarrow \infty$ に対し $C \rightarrow U$ といった形になる。

3. 超長波に対する二つの波

前節でのべた超長波に関する二つの波は大気のもっている基本的性質である。したがって上記(1)および(2)の波はいずれも観測されてよいわけであるが、(2)の波のみが卓越しているのはどこに原因があるのであろうか。

新田はこの問題に関して簡単な数値実験を行ない、前記の OMEGA にその要点を紹介している。自由表面をもった自由大気、2層および3層のパロクリニク大気でじょう乱の伝播をしらべたが、(1)の波が卓越しており、(2)の波はでてきていない。

このような問題に対し筆者は次のように考えてみたらと思っている。

今、大気の傾圧性を考えるために簡単な2層モデルを考えてみる。線型化したプリミティブ方程式を用いると、超長波に対するじょう乱の伝播速度 C は、

$$\xi = (U - C) \quad (U = \frac{U_1 + U_3}{2}, U_1$$

は上層の一般流 U_3 は下層の一般流) の形で表わすと、次のような形になる。 ξ に対する一般式はここでは紙面の都合で省略したい。

$$\xi \rightarrow \xi_1 = \frac{\beta}{k^2}$$

$$\xi \rightarrow \xi_2 = \frac{\beta}{2} R_i R_0^{*2}$$

ここで R_i はリチャードソン数 $= S / \left(\frac{\partial U}{\partial p} \right)^2$, S : 安定度の係数 $(S = -\frac{\alpha}{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial p}, \alpha: \text{比容}, \theta: \text{温位})$ $R_0^* = \text{変形したロスビー数} = \frac{k \Delta U}{f}$. ($\Delta U = U_1 - U_3$)

* Westward Movement of Ultra-long Wave.
 ** K. Gambo, 気象庁予報部電子計算室
 *** 超長波の運動についての試論, OMEGA Vol. 6. No. 2 (1967)
 **** 自由表面をもったパトロロピック大気では(1)式は少し変形される。

すなわち、 ξ_1 、 ξ_2 は前節で (1) および (2) に対応するものである。バロクリニック大気では上記の2の波があるわけである。

ξ_1 と ξ_2 の物理的特性をわかりやすくかくと

(a) ξ_1 に対しては、うず度 ζ と発散 $\text{div } \mathbf{V}$ との間には

$$R_0 * \zeta \sim \text{div } \mathbf{V} \quad \left(R_0 * \sim \frac{1}{100} \right)$$

(b) ξ_2 に対しては南北方向の速度を V とすれば

$$\beta v = f - \text{div } \mathbf{V}$$

$$\text{または} \quad \zeta \sim \text{div } \mathbf{V}$$

といった特性をもっている。

一般にじょう乱の振幅 (高度 Z) を 100m の大きさと考えれば、起長波の風速は 1m/sec の大きさとなる。したがってうず度は*

* 中緯度の長波 (高低気圧) では $\zeta \sim 10^{-5}/\text{sec}$

$$\zeta \sim 10^{-7}/\text{sec}$$

したがって、もし大気が $\text{div } \mathbf{V} \sim 10^{-9}/\text{sec}$ (上昇流にして 0.001cm/sec) の状態にあれば、 ξ_1 の波が卓越してよいわけである。これに対し $\text{div } \mathbf{V} \sim 10^{-7}/\text{sec}$ (上昇流にして 0.1cm/sec) といったじょう乱であれば、 ξ_2 の波が卓越してくる。初期値問題として考えれば、 $t=0$ でのどのような $\text{div } \mathbf{V}$ を考えるかで、(1) または (2) の波のどちらかが卓越することになる。

$\text{div } \mathbf{V} \sim 10^{-7}/\text{sec}$ の収斂、発散は 0.1cm/sec の上昇流に対応するわけであるが、超長波のじょう乱について 0.1cm/sec の上昇流を期待することはそれ程不自然ではない。大気中の熱源、地形効果によって容易に考えられる量である。このようなことを含めて、数値実験を行いたいと考えているが、ここにまとめた結果として発表できないのは残念である。ここでは現在筆者の考えているひとつの考えを討論の材料として提供したい。

超長波と週間予報*

藤 範 晃 雄

1. まえがき

週間予報は主として 500mb 北半球天気図にもとづいて行なわれている。従って以下述べる所も対流圏中層にのみ限られる。

週間予報を出す手づきには2つの段階がある。第一段階は Large Scale Pattern および前線帯の予想にもとづいて向う一週間ないし10日位の天気傾向を予測することである。第二段階は波長の短い擾乱の到達日を予測し予想された Large Scale Pattern や前線帯との関係のもとに毎日の天気予報をきめることである。

超長波はこの第一段階——週間予報の基礎というべき部分——と深く関係している。

パターンをフーリエ分析 (緯度圏に沿って) すると波数3ないし4くらいまでの振幅が大きく、これらを合成するとパターンの大局が得られる。この意味で Large Scale Pattern の予想は超長波の予想と切り離すことはできない。

週間予報ではこのパターン予想を Zonal Index, 波数分析, 5~10日平均図, 空間平均図 (それらの時間変化図, 平年偏差図) などを通じて行う。

2. 現行の方法

① 平均図の予想

短い波を平均操作によって消去したパターンを予想しその平年偏差図を通じて天気傾向への翻訳を行う方法は週間予報の有力な武器となっている。

パターンの予想法の基礎として超長波は準定常と見なされ相つづく期間の変化を取れば消去できること、変動する部分は Rossby 波としてよいという考え方に立っている。また、超長波の変動があってもそれが連続的に追跡可能で補外によって予想できる場合もこれに準ずる。

こういう方式での予想のうち、実用に耐え得るのは60~70%位である。

これ以外の場合は大い超長波の変動が大きくかつ、連続的に追跡することが困難な場合である。

② 波数分析による超長波の予想

超長波の変動は実際はかなり複雑でそれを予測することは難かしいが週間予報では経験的に次のような考え方をしばしば採用する。

* Some Problems of Ultra-long Waves associated with Week Forecast

** Teruo Fujinori