

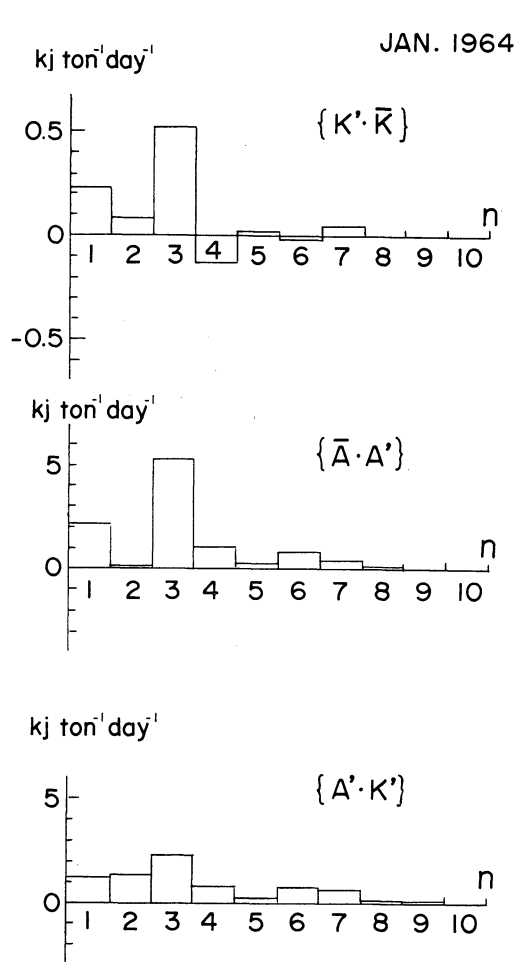
超長波の力学的考察*

相原 正彦**

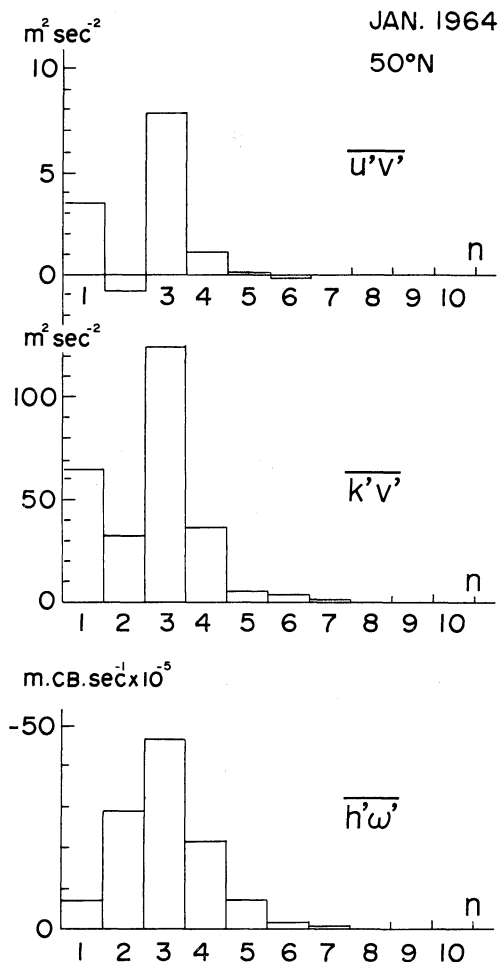
1. はじめに

超長波には、地球半径よりも大きい波長をもつ波と定義すれば、45°N では波数4以下の波がそれに相当する。冬季の北半球天気図をみると、超長波が卓越していることがわかる。更に、擾乱の南北運動エネルギーを波

数について分解してみると、中、高緯度では超長波にエネルギーが集中していることがわかる。このように明瞭にみとめられる状態がどの様にして維持されているかを考察してみたいと思う。そのために超長波のもつ特長のいくつかを挙げてみる必要がある。



第1図(a) 擾乱南北運動エネルギー (1000mb)



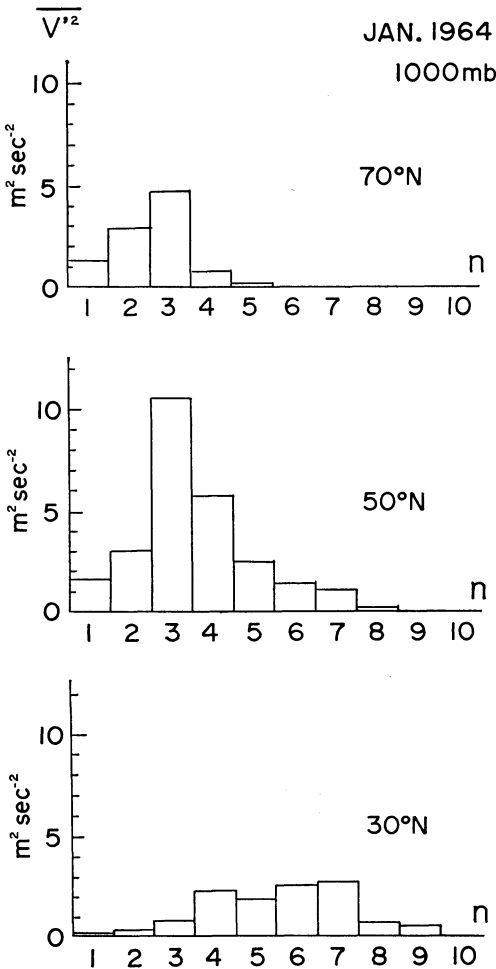
第1図(b) 擾乱南北運動エネルギー (500mb)

第1図から第3図までは長期予報管理室の資料を借用した。

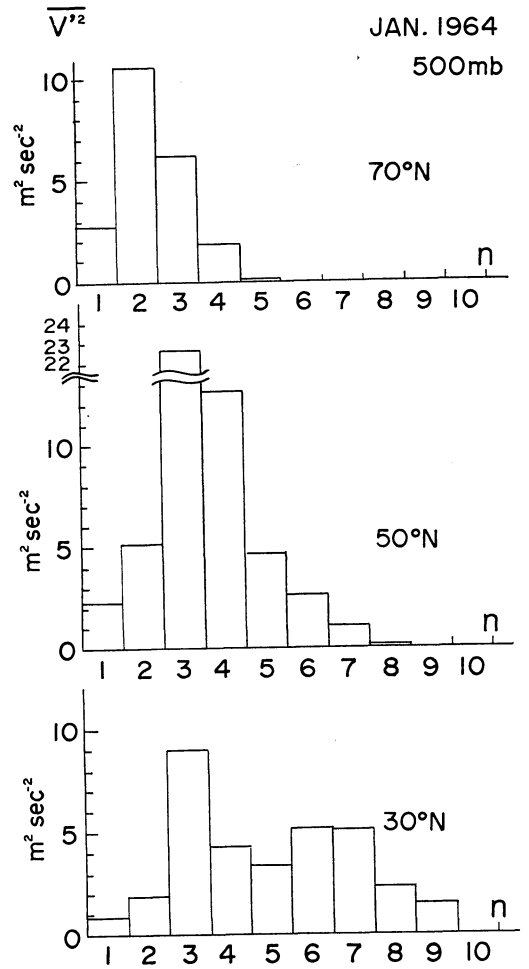
* Dynamical Consideration of Ultra-long Wave.

** M. Aihara, 気象研究所予報研究部

—1968年12月2日受理—



第2図(a) エネルギー交換のスペクトル



第2図(b) 擾乱による各種 flux

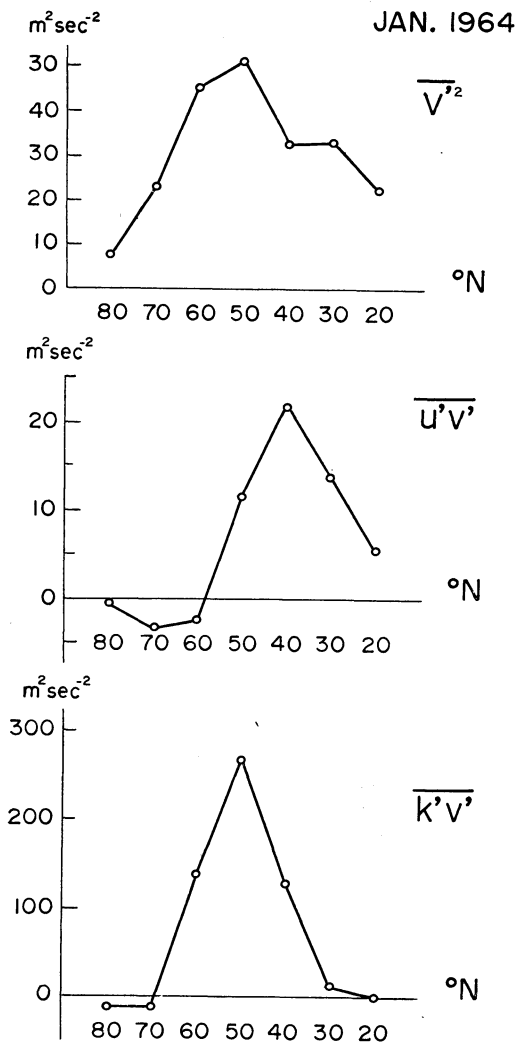
エネルギーについていえば、各種エネルギー交換のスケールに対する関係は、1964年1月の月平均では波数3の波が大きな役割を果していることを示している。冬季では傾圧性が、順圧性よりも重要であることもわかる。擾乱による運動量、顕熱輸送及び南北運動エネルギーについても、波数3の卓越と中緯度で顕著であることがわかる。これらの解析事実に基いて、超長波の性質を要約してみれば、(1) 軸を垂直西方に傾斜させて顕熱を北に輸送し、(2) 振幅は圏界面附近で大きく、(3) 有効位置エネルギーの交換、及び、その運動エネルギーへの交換が他の波よりも大きい。これらに、多くの人々によって確かめられている。それを正しく説明することが超長波の機構を解明することになる。

2. 安定度理論から

このように明瞭な擾乱の存在を説明するのに、これを大気の内的状態に基因する一種の不安定であるとする観点がある。実際に、高、低気圧波の性質は、安定度理論によってよく説明されている。従って、安定度理論を超長波スケールまで適用して説明しようとするのは当然の成り行きである。普通分類法に従って、順圧、傾圧大気においてその可能性を検討してみる。

(1) 順圧効果

既に、図でみた通りに運動エネルギーの交換は、傾圧作用に比較して、略、一桁小さいことに気付く。また、ジェット流に伴う順圧不安定は、低気圧程度のスケールにおいて最も有効であることを理論は示している。それだけでなく、例えば、Saltzman の解析によると、超長

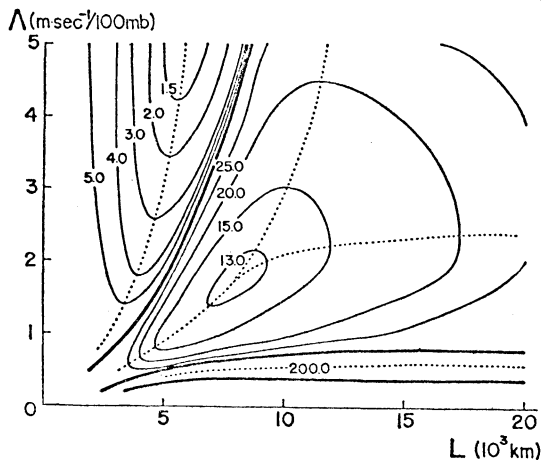


第3図 擾乱による運動量，顕熱輸送の緯度分布

波は一般流に運動エネルギーを与え、同時に低気圧波より受けとるが、収支では負となっている。運動エネルギーの再配分のみを考える順圧理論では、とても、超長波の実状、特に、運動エネルギー・スペクトルの極大を説明できない。

(2) 傾圧効果

冬季には、偏西風は強い垂直シアーをもち、ポテンシャル・エネルギーから運動エネルギーへの変換が多量に起こるが、傾圧安定度理論は低気圧波が最も速やかに発達することを示している。傾圧安定度理論の現状は、超長波の領域で必ずしも確定的な結論をもっていない。



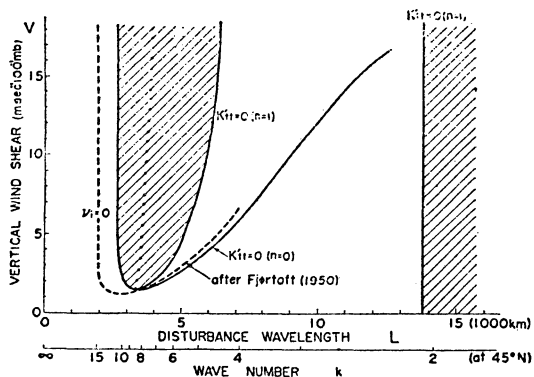
第4図 20層モデルによる傾圧不安定。数値は e-folding time (days).

Hirota (1968)

1950年前後には、Charney, Eady, Fjörtoft 等、多くの研究者により傾圧不安定理論は確定したかにみえた。即ち、それらの研究によると臨界曲線が存在し、それを挟んで、安定、不安定領域が確然と区別される。1960年代になり、Green, Burger, Miles 等の研究によると安定領域は存在せず、全ての波は不安定となる。ただ、超長波の発達率は低気圧波に比べて弱く、その構造では、1.(3)を説明できない。

(3) 順圧—傾圧効果

(1), (2) の効果を同時に考慮した理論は、種々の困難があるが、いくつかの具体的効果を導いている。そ



第5図 順圧—傾圧不安定

$n=0$; 垂直シアーのみの場合。
 $n=1$; 水平、垂直シアーを含む場合 (斜線)。

Aihara (1959)

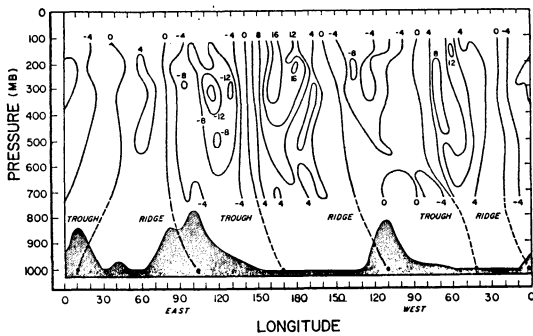
れによると、低気圧波発達の領域は、より狭い波数域に集中し、これと別に波長の長い擾乱が順圧不安定により発達する。ただし、後者は一般流の南北分布如何はよっては存在しないことがある。

現在の安定度理論の大部分は、(1) 平面地球について超長波を取扱っている点、(2) 準地衡風近似を使用していること、のために超長波域に見出される不安定をそのまま認めることはできない。1. の解析が示した幾つかの結果を、理論的に説明しきれない。換言すれば、大気自身のもつ内的不安定のみからでは、超長波の特長を説明しきれないといえよう。

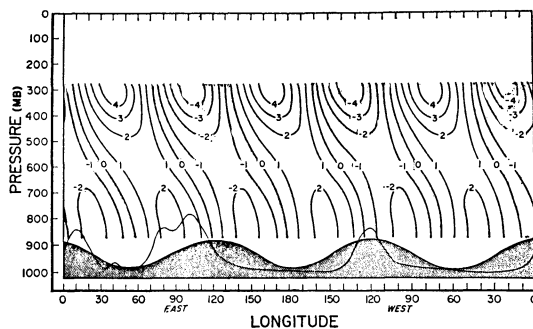
3. 定常場としての超長波

天気図でみる超長波の山や谷が、地理的に略、固定していることから、その成因が地形及び海陸に対応する冷熱源分布、等、外力に基因するであろうことが推測される。このことは、早くから気付かれて、理論的に多くの人によって研究された。地形効果で形成される定常場として、Charney-Eliassen, Bolin, 等、熱的立場からは、Smagorinsky, Döös, 等により、また、同時に両者を考

えたものとしては、Saltzman, Murakami 等がある。Saltzman の結果についていえば、1月の45°Nに沿う断面の定常超長波 (k=3) の様子が計算によってよく表現されている。また、Murakami は波数毎に、それぞれの波のもつ垂直構造、運動量、顕熱の輸送能力やエネルギー変換量、等を論じている。定常場の構造の計算が、冬季の超長波の平均的性質を説明していることから、超長波の成因として、地形、非断熱作用が主因であることを示している。垂直に2層程度の粗いモデルによっても、

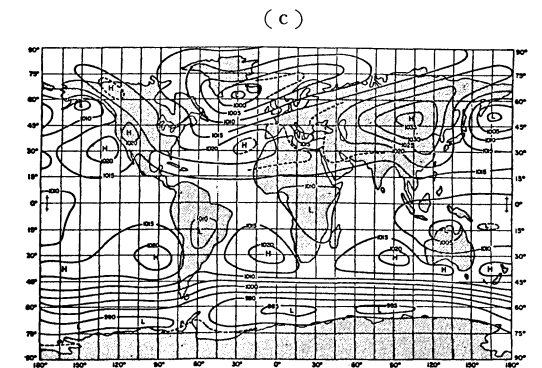
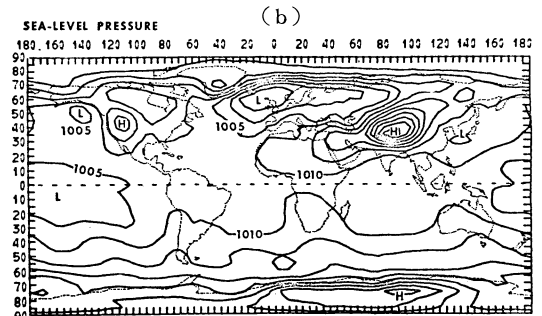
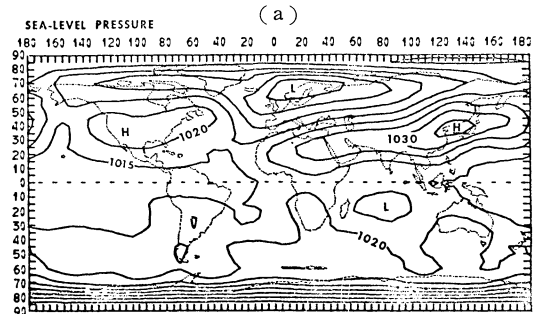


第6図(a) 45°Nに沿う波数3の波の構造。1月。



第6図(b) 地形、熱より求めた波の構造。
風速の単位 m/sec

Saltzman (1963)



第7図 NCAR 大循環2層モデルで求めた海面気圧。

- (a) 地形効果を含まず。
- (b) 地形効果を含む。
- (c) 一月の平均海面気圧 (Mintz, 1965).
Kasahara, Washington (1968)

定性的に表わせることから、内的不安定ではなく、外力によって作られた波であることがわかる。近年の超長波についての解析は、定常成分の他に時間的変動をする成分があることを示している。冬季の資料にもとづく、Eliassen-Machenhauer, Deland, Deland-Lin 等の解析がその幾つかの例である。しかし、それらの解析から分る様に、変動部分は定常部分に比べて大きくないか、又は、振幅が大きいとしても、或る定常値の周囲を準周期的に変動している。このことから、超長波の定常場を形成する部分は、そのスケールに与えられた擾乱(変動部分)で揺られても安定であることを示している。

4. おわりに

前の2節で、超長波の成因について簡単に考察した。それらの因子をもとにして、実際の超長波の静的及び動的性質を正しく説明することは難しい問題である。特にこれまでの理論的手法で説明する際には、一般流、超長波、低気圧波の相互作用を考えなければならないので困難は大きい。これに対する有望な別の途は、水槽実験ないしは数値的に超長波を支配すると思われる因子を次々に加えて大気中のそれを再現してゆくことである。最近の大気大循環の数値実験の幾つかは、冬の定常場がどの様にして作られ、如何なる役割を大気の大循環で果しているかを示している。

参 考 文 献

- 1) Aihara, M. (1959): 気象集誌.
- 2) Bolin, B. (1961): Tellus.
- 3) Burger, A.P. (1962): J. atmos. Sci.
- 4) Charney, J.G. (1947): J. Met.
- 5) Charney, J.G. and A. Eliassen, (1949): Tellus
- 6) Deland, R.J. (1964): Tellus.
- 7) Deland, R.J. and Y-J. Lin, (1967): Month. Weath. Rev.
- 8) Döös, B. (1963): Tellus.
- 9) Eady, E.J. (1949): Tellus.
- 10) Eliassen, E. and B. Machenhauer (1965): Tellus.
- 11) Fjörtoft, R. (1950): Geophys. Publ.
- 12) Green, J.S.A. (1960): Q.J.R.M.S.
- 13) Hirota, I. (1968): 気象集誌.
- 14) Kasahara, A. and W. Washington, (1968): WMO/IUGG Symposium on NWP.
- 15) Kubota, S. and M. Iida (1954): Papers in Meteor. and Geophys.
- 16) Miles, J.W. (1964): Review of Geophys.
- 17) Murakami, T. (1967): 気象集誌.
- 18) Saltzman, B. (1966): Tellus.
- 19) Saltzman, B. (1963): J. atm. Sci.
- 20) Smagorinsky, J. (1953): Q.J.R.M.S.

「気象研究ノート」100号記念号原稿公募

「気象研究ノート」は学会員各位の御協力により、やがて100号をむかえようとしています。「気象研究ノート」は気象学や気象技術についての総合報告として、今までその役目を果たしてきたのですが、この100号だけは今までと趣をかえ、広く学会員から原稿を公募することにしました。

100号刊行について、編集委員会で意図したことは、各分野の研究者、技術者の回顧と抱負をあつめ、これを特集することです。客観的な評価、報告というよりはそれぞれの立場に応じた論評、感想といったものをできるだけ多くあつめたいというのが委員一同の一つのねらいで、今まであまり原稿をいただけなかった地方在住者からの投稿を特に希望するものです。

公 募 要 領

1. 原稿枚数：できるだけ多くの原稿を掲載したいの

で、原稿の長さは1編につき400字×5～7枚に制限します。すなわち9ポ活字、すり上りを1編につき2ページ以内とします。

2. 内容：戦後およそ20年間の回顧と抱負ということを一応のテーマとしましたが、必ずしもこれにこだわりません。自分を中心とした感想や希望を気軽な気持で自由に書いていただけたらと考えます。
3. 原稿メ切り：1969年2月15日、同年4月刊行予定。
4. 稿料：原稿料はこの号に限りすべて記念号刊行のための編集費に充当します。投稿者に対しては記念号1冊を無料配布して稿料にかえます。
5. 原稿送り先：東京都千代田区大手町1-7

気象庁予報部 根本順吉
(気象研究ノート編集委員会)