



天 気

1986年5月
Vol. 33, No. 5

103 (下部熱圏平均風)

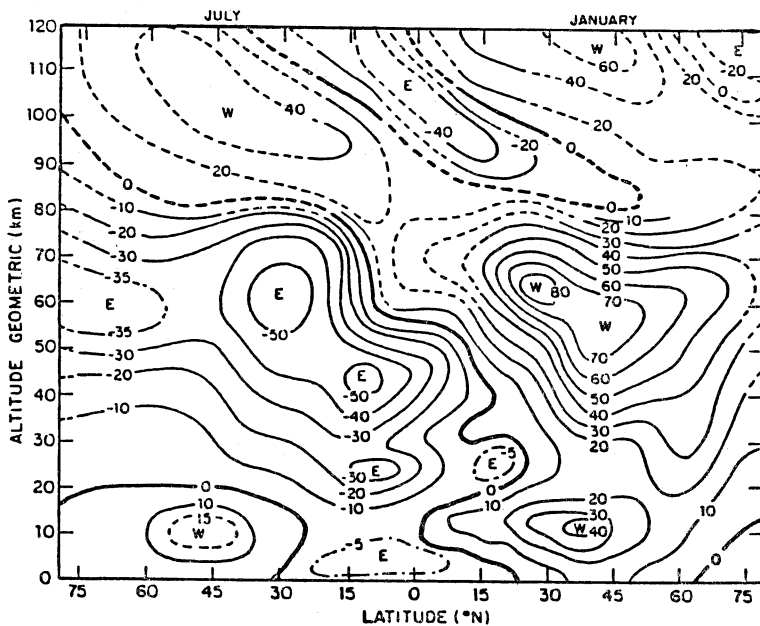
大気潮汐波による下部熱圏平均風の生成*

——昭和60年度日本気象学会賞受賞記念講演——

宮原三郎**

一般に地球大気の大循環は、太陽放射と密接な関係を持っていると考えられている。第1図は、CIRA, 1972 による平均東西風の子午面分布であり、成層圏・中間圏では冬半球には最大値 80 m s^{-1} 程度の西風、夏半球に

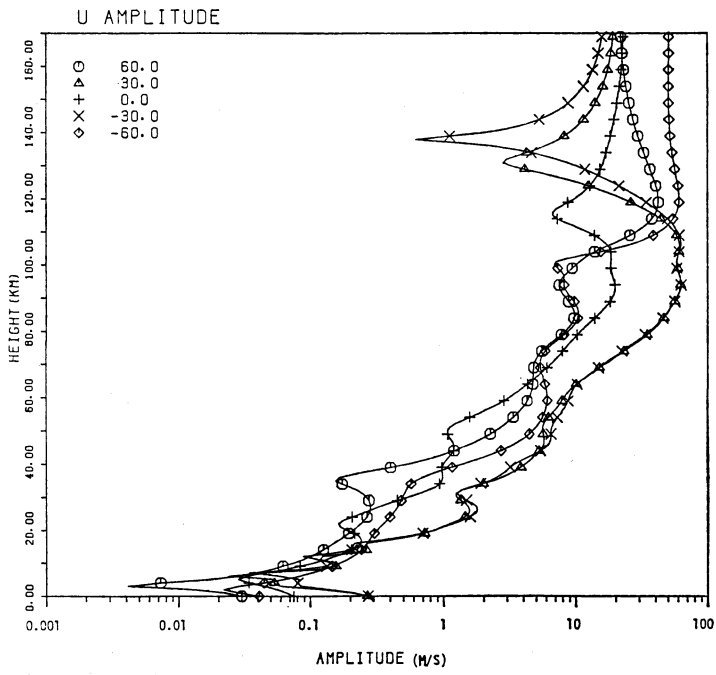
は 50 m s^{-1} 程度の東風が存在している。また、この図は 120 km より上の熱圏でも同じ様に冬半球で西風、夏半球で東風が存在する事をうかがわせている。これらの夏冬反対称な風系は、成層圏・中間圏及び熱圏にそれぞれ



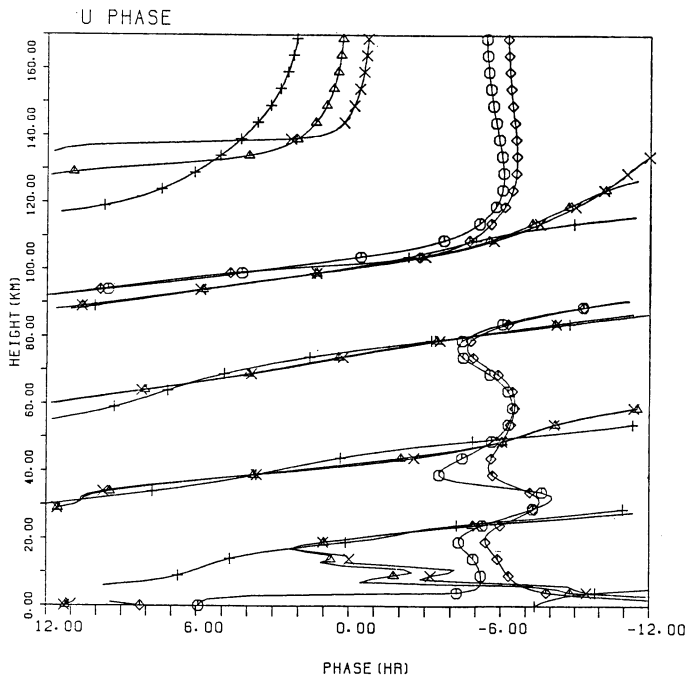
第1図 1月、7月の平均東西風の子午面分布 (CIRA, 1972).

* Mean winds induced by atmospheric tides in the lower thermosphere.

** Saburo Miyahara, 九州大学理学部.

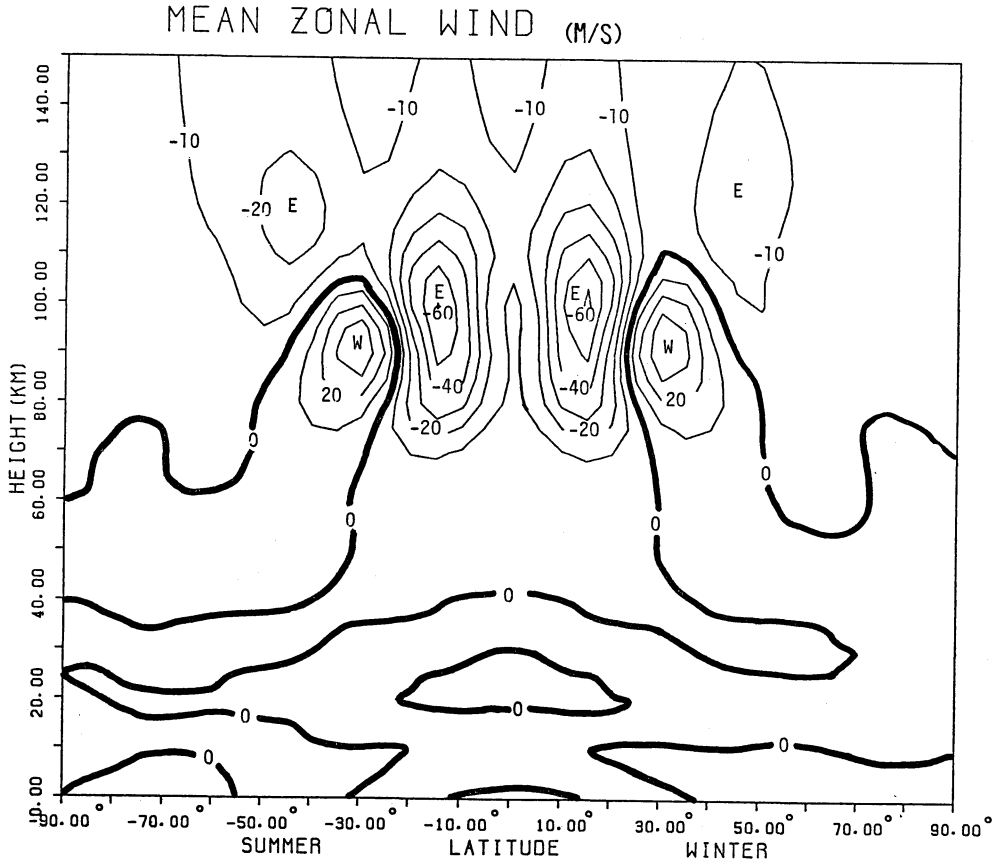


第2図 (a)



第2図 (b)

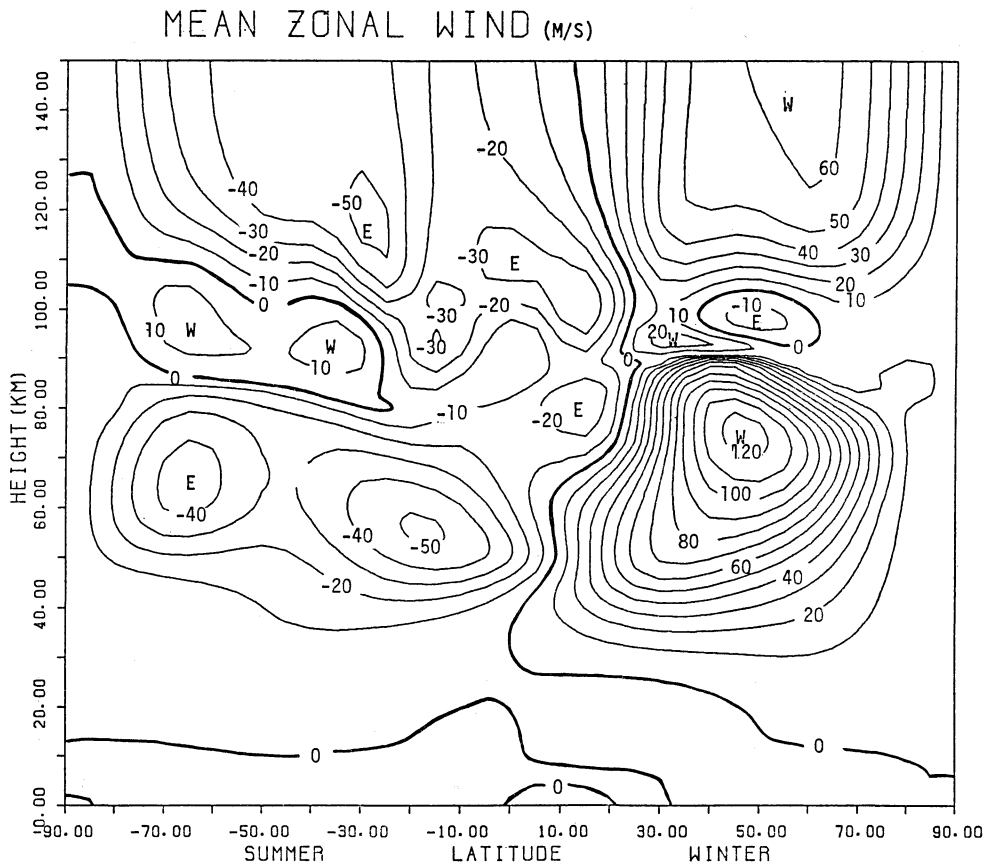
第2図 一日潮汐波に伴う東西風の高度分布。-60° (◇), -30° (×), 0° (+), 30° (△), 60° (○), 負符号は冬半球に対応する。



第3図 一日潮汐波によって作られる平均東西風の子午面分布.

最大値を持つ、紫外線・極端紫外線吸収による加熱の季節変化と密接な関係を持っている。これに対して、下部熱圏の大循環は成層圏・中間圏と熱圏の大循環系の間であって、それらとは非常に異なる性質を持っているようにみえる。第1図を見ると80 km から110 km 付近の平均東西風の分布は、低緯度で40 m s⁻¹ 程度の東風、中緯度で20~40 m s⁻¹ の西風となっており、季節の非対称にかかわらず赤道に対して対称的な分布をしているように思われる。この事は、この対称的な風系が日射とは直接関係のない別の原因で作られていることを暗示している。実際、この高度は上に述べた紫外線・極端紫外線吸収の谷間になっていて加熱の割合は小さく、大気平均温度もその上下の層に比較して低くなっている。この様に、日射の季節変動とは直接に同期していない現象で顕著なものとしては、たとえば赤道域成層圏の平均東西風の準2年振動が良く知られている。

日射以外で平均東西風の生成維持に重要な関係を持つ機構としては、波や渦による平均運動量輸送が良く知られている。特に、伝播する波に伴う平均風加速(減速)は、準2年振動や突然昇温の原因として注目され、ここ20年の間に研究が急速に進展して来た。これらの研究成果を要約すれば、次の様に表現できる。現象的には、“波は、定常で散逸していない場合には平均風を加速(減速)しないが、非定常または散逸がある場合には、平均風を波の水平位相速度に近づく方向に、加速(減速)する”。あるいは、物理的に言えば、“波はその水平位相速度方向の運動量を運ぶ性質を持っており、その流束は波が定常で散逸が無い場合には非発散となるが、非定常または散逸が有る場合には収束発散を伴い、これによって平均場の運動量を変化させる”。プラネタリー波や赤道波さらには重力波に伴うこの運動量流束の収束発散が、成層圏・中間圏の大循環で日射と共に基本的に重要な役

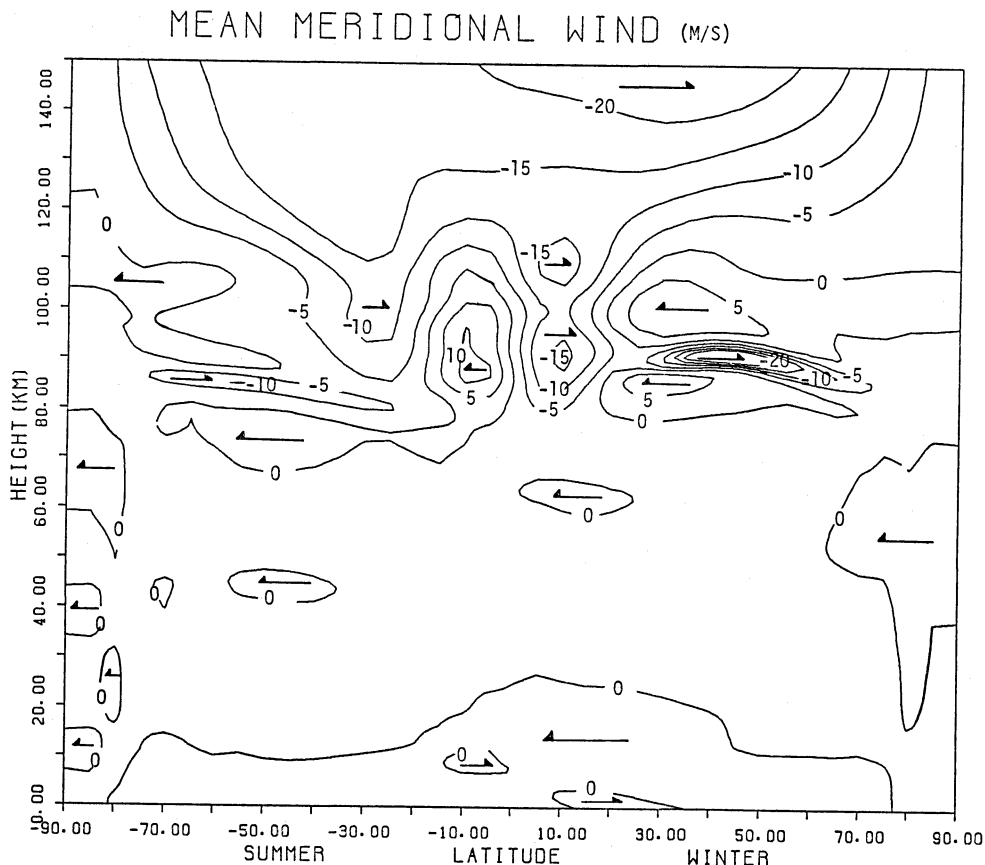


第4図 重力波、一日潮汐波による運動量輸送過程を含んだ軸対称モデルによる平均東西風の子午面分布。

割を果たしていることが近年の研究で明らかになって来ている。さて、今注目している下部熱圏で卓越した振幅を持つ波としては一日潮汐波と重力波が知られている。これらの波は下層から伝播して来たものであり、成層圏や下部中間圏ではプラネタリー波や赤道波に比較して小振幅であるが、あまり減衰せずに上方に伝播できるため上部中間圏から下部熱圏では大振幅となる。ここでは潮汐波に注目すると、それ自身大振幅のために不安定化する可能性もあるし、あるいは共に存在する大振幅の重力波が不安定化する事によって生じた乱流による渦拡散によって散逸する事も考えられる。事実、観測によれば一日潮汐波は約 90 km より上では急速にそのエネルギーを失い振幅が減少することが知られている。この散逸に伴って、潮汐波が上方へ運んでいる運動量がその場に取り残され平均風を変化させることが、上述の結果より予

測される。一日潮汐波は、1日で地球を1周する西進波であり、それが散逸する高度付近に平均的な西向の運動量を残す（東風を作る）事が期待される。

さて、以上の予測に基づいて実際にモデルを作り、どのような平均風が生成されるかを具体的に調べてみよう。しかし、上に述べた潮汐波の散逸の過程を具体的に自己矛盾なく表現することは、非常に困難である。そこで第一段階として、アプリオリな渦拡散係数の分布を観測などに基づいて与え、そのなかでの潮汐波の解を計算し運動量流束の収束発散を求め、それが引き起こす平均風を計算することにしよう。この様な計算方式に従って得られた一日潮汐波とこれによって作られる平均東西風の分布が、第2図および第3図に示されている。これらの図に見られる様に、中低緯度では鉛直波長が約 30 km の S_1 モードが卓越し、それが約 90 km より上で急激に減



第5図 第4図と同じモデルによる平均南北風の子午面分布。

衰している。この S^1_1 モードの散逸に伴い 100 km 付近を中心として、低緯度で約 60 m s^{-1} の東風、中緯度で約 20 m s^{-1} の西風が作られている。この平均東西風の緯度分布は、第1図に示された風速分布と定性的に一致している。また、この平均東西風を緯度方向に平均すれば東風成分(西向き運動量)が残り、西進する潮汐波が運ぶと思われる平均運動量の向きと一致する。この結果は、散逸する一日潮汐波によって下部熱圏に十分意味のある平均風が生成される得る事を示している。

そこで次により具体的に、紫外線や赤外線による大気加熱や冷却、重力波による運動量輸送などを考慮した軸対称モデルに一日潮汐波による運動量輸送を加えて、大循環を計算してみよう。現実には潮汐波や重力波の散逸は、平均東西風の強さやそれぞれの波の振幅に応じて相互に複雑に変化すると考えられる。しかし、ここでも第一近似としてアプリオリな渦拡散係数分布を仮定する。

これによる重力波の散逸については、平均東西風の強さのみが関係し、潮汐波に伴う風の効果は無視する。また、潮汐波の位相速度は速いので、平均東西風が潮汐波に与える効果も無視している。こうして得られた平均東西風と南北風の子午面分布が、第4図と第5図にそれぞれ示されている。東西風については、第4図と第1図とを比較すると、上部中間圏から下部熱圏にかけて定性的に非常によく似た風速分布が実現されている事が分かる。この分布の実現には散逸する重力波ならびに潮汐波に伴う運動量収束が重要な役割を演じている。南北風については、 10 m s^{-1} のオーダーの風が中間圏界面付近に作られている。この中高緯度の南北風は重力波による運動量収束に伴うものであり、低緯度の風は、潮汐波のそれに伴うものである。近年の観測によれば、中高緯度ではこの程度の強さの平均南北風の存在が確かめられている。しかし、低緯度では残念ながらこの結果を確かめるよう

な観測は、まだ報告されていないようである。

上に示した結果は、上部中間圏・下部熱圏の大循環において、潮汐波ならびに重力波が重要な役割を演じていることを示している。しかし、このモデルではアブリオリな渦拡散係数分布を仮定しており、潮汐波や重力波の散逸の過程は必ずしも現実 に即しては表現されていない。これらの波の散逸はそれ自身のなんらかの不安定によって起こるか、あるいは先に伝播して来てすでに不安定化した他の波によって作られた乱流による渦拡散によって起こっていると考えられ、これらの過程を自己矛盾なく表現する事は、より定量的な議論には不可欠である。これらの波の散逸は平均風だけではなく、プラネタリー波、潮汐波、重力波などが相互に局所的に作用し合った複雑な系のなかで起こっており、この複雑な系のシミュレーション、並びにもし可能ならばそのパラメタリゼーションは、今後の重要な課題のひとつであろう。また、上部中間圏・下部熱圏でのこれらの波の振舞は、観

測的にもまだ不明な点が多々有り、今後の観測の充実が、理論的・数値的研究と共に大いに望まれる。

本稿ではその性質上、文献を引用していない。本稿に關係の深い論文が、“Dynamics of the Middle Atmosphere, Ed. by J.R. Holton and T. Matsuno, 1984, Terra Sci. Pub.” に、多数掲載されているので、興味ある方は参照されたい。

謝 辞

この度、日本気象学会賞を受賞するにあたり、筆者の大学院在学時代以来、研究テーマを始めとして数々の討論、批評、激励を与えて頂きました沢田龍吉九州大学名誉教授、松野太郎東京大学教授、瓜生道也九州大学教授に深く感謝の意を表します。また、日頃から楽しく討論して頂いている九州大学の大気物理、高層大気力学、地球物理の各研究室の皆さんに感謝いたします。

国際学術交流基金への募金のお願い

日本気象学会は、かねてから各国の気象関係組織および研究者との学術交流を図るため、国際学術交流基金をもうけて、学会もしくは会員の学術交流の援助を目的とした活動を致しております。実施にあたっては、外国で開催される国際学術研究集会への会員の出席の補助、国際学術交流に貢献する事業の援助などです。昨年は、少額ですが IAMAP への若手研究者の出席の援助を実施し、また、中国気象学会との交流などを致しました。

本来この基金は、少なくとも一千万円程度の元金がありますが、その利息で活動費をまかなうことを目標としていますが、現在のところ、その過渡期として、学会自身の年間予算から毎年約百万円を積み立て、並行して、わずかの一般事業費と篤志による個人寄付金で活動を行って

おります。

基金の基礎を固めるためには、是非、会員の皆様からの御寄付をお願いします。理事会としては、さらには大口の団体寄付を仰ぐべく努力致す所存です。国際学術交流基金の趣旨を御理解いただき、本誌挿入の振替用紙を御利用の上、一口千円として、なるべく多くの御寄付をお願いします。

なお、募金期限は昭和61年12月末日と致しますが、昭和61年度の事業として6月末日を一応の目途としてお振込みいただきますようお願いいたします。

昭和61年4月21日

日本気象学会