

長期予報研究

# グロース ベッター

第4巻 第1号

目次

熱帯成層圏における東西風の2年周期について

和田英夫 紹介 ..... 1

26ヶ月振動についての現状(展望)

小堀磐雄 紹介 ..... 23

(26ヶ月周期特集号)

1965年 10月

L. F. グループ

# 熱帯成層圏における東西風の2年周期について

Die annähernd zweijährige Schwingung des zonalen Windes  
in der tropischen Stratosphäre

Meteorologische Abhandlungen Band XXII/Heft 4

Barbara Krieger

## A 概要

### B はしがき

### C 熱帯成層圏における風の2年周期

#### I 周期について

- 1) 赤道成層圏における風向逆転の最初の観測
- 2) 熱帯および赤道の成層圏内における風の周期に関する研究
- 3) 南半球における観測
- 4) 中緯度および極附近における周期性
- 5) 成層圏における気温分布との関係
- 6) 周期に関する最初の西風の観測についての研究

#### II 対流圏の循環と周期との関連の可能性

#### III 周期に関しての力学的な問題と可能性のある原因

### D むすび

## A 概要

この論文ではまず第一に、初めての高層風観測から熱帯成層圏における環流の模様が明らかになつたことについて述べる。これによつて、ごく最近発見された約26ヶ月の周期をもつた熱帯成層圏における東西の風について詳しい記述ができるようになり、さらに多くの観測によつてその特性の研究がなされている。しかし、この風の周期と関連している気温の振動についてはまだ若干分からないまゝになつている。また成層圏における周期とこれと似たような周期の対流圏の気象要素との間にどのような関係があるか討論される。その結果から熱帯成層圏における西風の周期的な出現により起つている力学的諸問題の提示を行ない、さらに東西流の周期の原因に関して、これまで十分明確になつていないが、その説についてのべる。

### B はしがき

最近発見された熱帯成層圏における東西風の約2年の周期については沢山の文献があるが、参考になると思われるので始めにその論文の要点を紹介する。

熱帯成層圏における循環についての最初の智識は、1883年の8月27日にクラカタア火山

が爆発し、細かいちりからなる巨大な雲が熱帯対流圏をつきぬけて非常に高い所まであがった時にはじまる。この雲のゆく方は光学現象によつて観測され、一部では放射観測によつて追跡することができた。それによつて、細かいちりからなるこの雲は、始めその中心が大体30 Kmの所にあつて、平均して73ノツトの速度で東から西へ地球の赤道地帯を二回まわつたことが確かめられた。その頃に2.5 Kmぐらいの高さにあつたちりは降下を始め、北の方の緯度にひろがつたが、 $30^{\circ}$ Nより北では東から西への方向の流れは最早認められなかつた。この時から熱帯成層圏における“クラカトア東風”は大気循環の定常的な不変の流れであるとみなされた。その循環はPALMERによつて次のように特性づけられている。即ちクラカトア東風は熱帯上空に限つており、主に $15^{\circ}$ Nと $15^{\circ}$ Sの間にある。また東から西へ向つている優勢な流れであり、その平均風速は60ノツトに達し、地球をとりまき2.5 Kmから4.0 Kmの高さまで達している。

その後このような高々度の観測は殆どなく、上記の考えは真実のように思われていたが、偶々熱帯成層圏において実際に西風が観測されるに至つた。まずBersonが1908年に中央アフリカの上空約19~20 Kmの高さで西風を測定した。またVan Bemmelen はバタビヤ( $06^{\circ}06'S$ ,  $107^{\circ}00'E$ )の1907-1917年の観測期間中に17~24 Kmの高さでしばしば西風を観測した。もちろん、この高さまで観測が達したのはほんの少して、30 Kmまで観測したのは2回だけであつた。これらの2回の観測では東風も観測され、それはクラカトア火山噴火の時に観測された風速と同じ位であつた。一方においてBossorascoは1932-33年の極地年に際しソマリーランドのモガデイスオ( $02^{\circ}02'N$ ,  $45^{\circ}21'E$ )で30 Kmの高さまで2回観測し、今までと同じ位の風速の西風を観測した。Palmerは1954年に、中部太平洋の島の観測から、 $5^{\circ}$ Sと $10^{\circ}$ Nの間に地球をとりまいて定常的な西風が存在し、その中心は20 Kmの高さにあると推論している。しかし今やクラカトア東風とベルソンの西風との間で転移の層が月々、さらに年々変化していることが確かになつた。もしPalmerが長い間自由に観測できたならば彼は恐らく東西風の反転を早く発見し得たであろう。しかし彼は成層圏の西風が $60^{\circ}$ Sから $60^{\circ}$ Nの南北の層にわたつて、地上から31 Kmまで存在し、熱帯成層圏内にはジェット、ストリームのような東風があることを指摘した(第1図省略)

## C 熱帯成層圏における風の2年周期

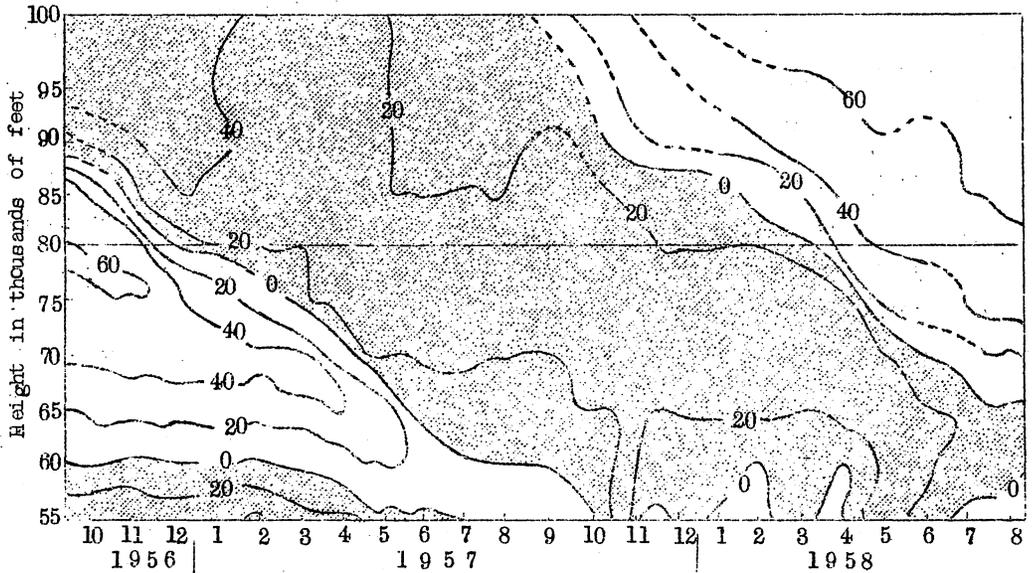
### I 周期について

#### 1) 赤道成層圏における風の2年周期

赤道附近における若干の観測所の長い間の観測によつて、赤道成層圏の東西の風速は年によつて急に東から西へと反転し、これを繰返すことが確かになつた。最初にSadlerが太平洋の赤道地帯の観測結果を総括して、下部成層圏では1955年の始め西風であつたのが1956年の始めには東風に変化したことを確かめた。またViezezeは太平洋の赤道地区における新しい観測所の資料で、1956年と1957年に対する風の反転を示した。

Mccreary と Graystone はクリスマス島 ( $0^{\circ}00'N$ ,  $157^{\circ}23'W$ ) における最初の 1956~58 年の 2 ケ年の観測資料を用いた研究によつて、恐らく赤道成層圏では組織的な大気の流れの変動が存在することを指摘した。これらの人々は年周期までは確かめ得なかつたが、その代り、観測した高層では風が西から東へと周期的に出現していることが分かつた (第 2 図)

第 2 図 クリスマス島上空の東西風の 10 日平均 (GRAYSTONE)



この風速帯は月平均 1 km の速度で下方に伝播し、圏界面の近くで消えている。一周期に約 26 ヶ月かかり、Reed はこの現象は約 26 ヶ月の周期をもつ波動によつて起るといふ仮説を提出した。この仮説を Ebdon は、50 mb の流線図を解析して熱帯成層圏では 1957 年の 1 月は東風が出現しており、一方 1958 年の 1 月には同じ地域で西風が吹いていたことを見出して裏付けをした。彼は 1954~1959 年間のカントン島 ( $0^{\circ}24'6''S$ ,  $171^{\circ}43'W$ ) における 1 月の 50 mb の風の観測についても調査し、平均風速ならびに最大風速に顕著な約 2 年の周期があることを見出した。

第1表 1954-1959年の1月のカントン島における平均風と最大風 (EBDON)

Tabelle 1: Mittlere und maximale Winde für Canton Island im Januar

(1954-1959) (nach EBDON, 14)

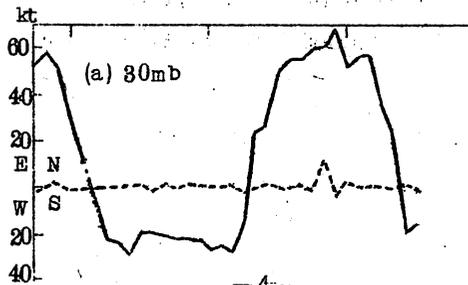
Year	Level height feet	NO. of ascents	No. of days with one observation or more	No. of occasions when zonal wind Component was		Mean Maximum	
				easterly East	westerly West	wind deg. kt	wind deg. kt
1954	65,000	10	10	0	10	270 14	290 46
1955	65,000	11	11	10	1	091 25	090 38
1956	50 m b	26	20	1	25	275 12	260 30
1957	50 m b	36	27	36	0	090 44	088 68
1958	50 m b	30	24	0	30	270 18	264 36
							282 36
1959	50 m b	51	31	48	3	095 22	085 36

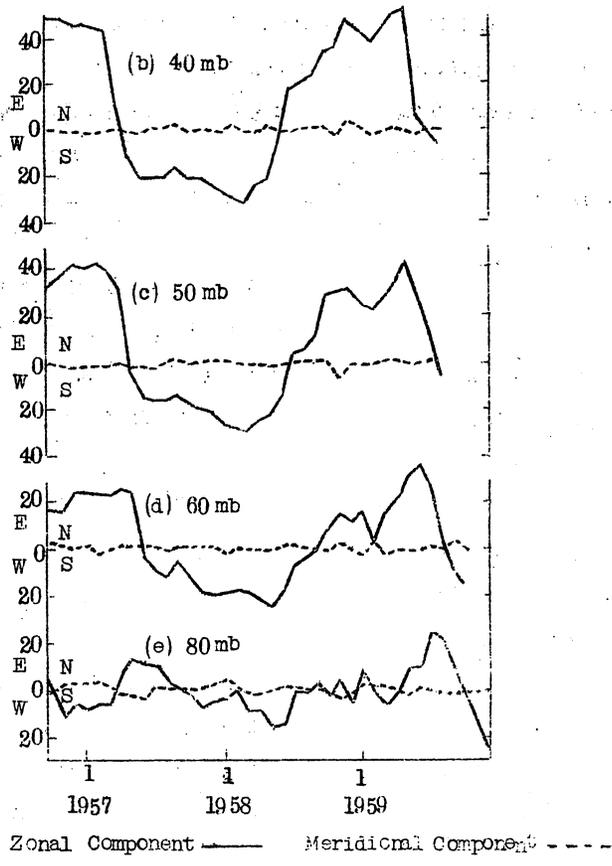
第2図にある1957-59年のクリスマス島の観測にあわせて、Ebdonは熱帯成層圏における東西風の周期的な反転はおそらく全球的なものであることを推論した。これらのそれまでの結果から次のようなことが言える。熱帯成層圏には全球的な規模で周期的に現われる風の反転現象が存在する。また反転は観測された最も高い層から始まり、次第に下層に侵透し圏界面で消える。さらに周期は2年くらいである。

2) 熱帯および赤道の成層圏内における風の周期に関する研究

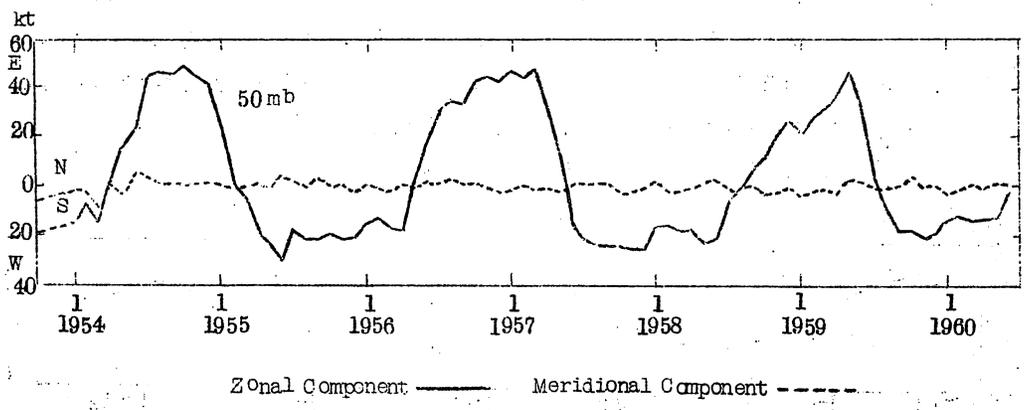
今や成層圏の変動の現象そのものをよく知るため研究を十分すべき時である。Ebdonは1953年10月から1960年6月までのカントン島と1956年10月から1959年12月までのすべての資料で、再び研究を行なった。この二ヶ所の観測所における東西の平均風の曲線は、取扱ったあらゆる層(80, 60, 50, 40, 30mb)に24ヶ月と28ヶ月の間隔

第3図 クリスマス島における東西および南北風の月平均 (Ebdon)





第4図 カントン島における東西風および南北風の月平均 (EBDON)



で変動する著しい周期があることを示した。(第3, 4図)またこの曲線はその振幅が高さと共に増加し、恐らく80 mbの上方で最大になっていることをクリスマス島の上空10 mbにおける観測が暗示していることを確かめた。Ebdonはその転移層は幅の広い層にわたっており、25 mbと60 mbの間では6ヶ月、10 mbと60 mbでは12ヶ月にわたっていることを確かめた。このことは既に確かめた月に1 kmで風の層が下方へ伝播することに対応している。

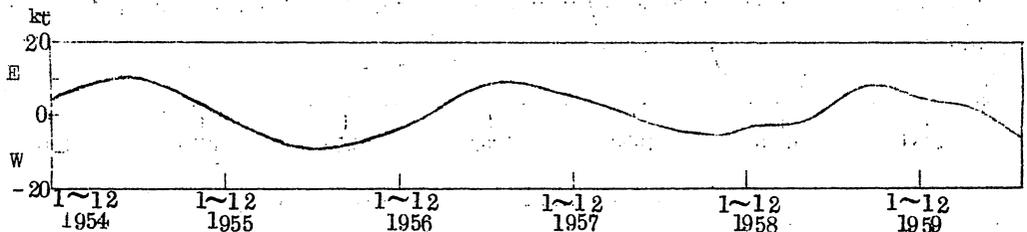
全く同じところに、Reed や, Mc CREARY, EbdonとVeryard 達もこの結果を確認した。これらの三つの論文ではカントン島とクリスマス島以外の赤道の近くにある他の観測所についても調べ、赤道をとり巻くある面内で同時に反転が現われていることを確かめた。さらにReedは1955~1960年の期間にカントン島とナイロビ(01° 18' S, 36° 45' E)で成層圏において東西風の変動が大体26ヶ月の周期をもち、同じような位相となつていゝことを見出した(第5図 省略)

EbdonとVeryardはナイロビとシンガポール(01° 20' N, 103° 53' E)およびレスフェ(08° 00' S, 35° 53' W)の観測結果を調べて矢張り同じような特徴をもつた振動を見出した。彼等はさらにその振動が少なくとも1° Nと1° Sまで存在しており、極の方へゆくとつれて振幅が減少していることを指摘した。Mc CREARY はまた沢山の太平洋における観測資料を用いてその振動が2° Nと2° Sまで存在することを示した。(第6, 7図省略)彼はさらにその振幅が極に向つて減少していることを確かめている。またMc CREARYならびにEbdon, Veryard は西風から東風への転移は非常にすみやかに行なわれ、その結果弱い、部分的な風向きの変つた狭い転移帯が存在するようになり、熱帯成層圏では東西流が卓越しているが、その方向は大体13ヶ月で変化するということを指摘した。

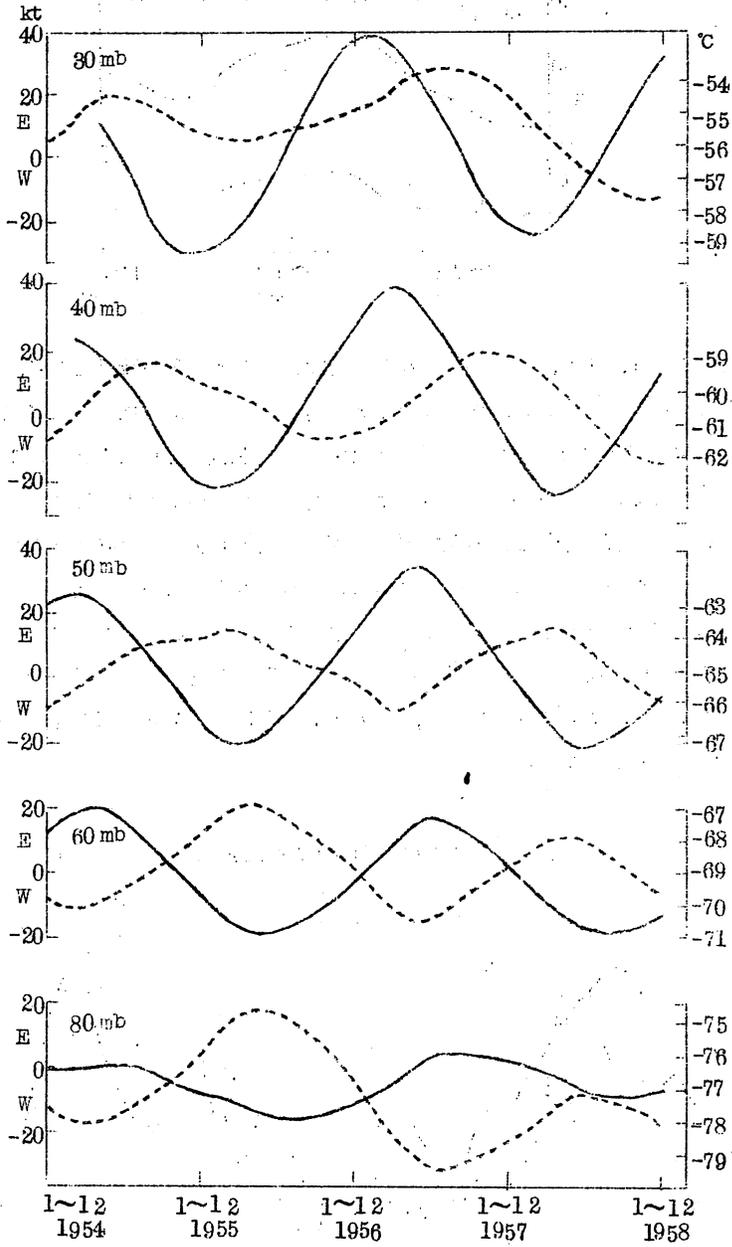
熱帯成層圏における優勢な東西風の存在はReedやVeryardとEbdonの南北流の研究によつても裏がきされている。この南北流は一般に非常に小さく、毎秒1~2 mであり、南北流の月平均を作つてみると東西流の振動と関連しそうな規則的な振動は何も確かめ得なかつた。

VeryardとEbdonはさらに研究を行ない、再びカントン島、クリスマス島、ナイロビ、シンガポールなどの赤道成層圏における振動の特性を詳細に述べている。著者達は年々の変化を

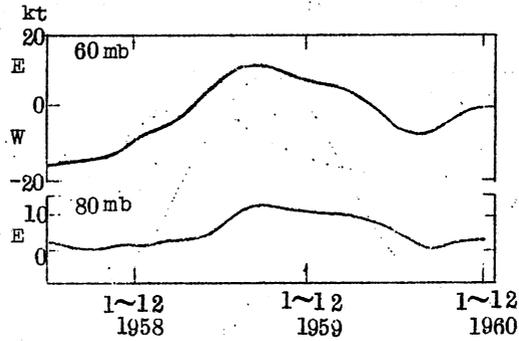
第8図 シンガポールの60000フイート(65mb)における  
東西風の12ヶ月移動平均(VERYARDとEBDON)



第10図 カントン島における東西風(——)と気温(----)の12ヶ月移動平均(VERYARDとEBDON)



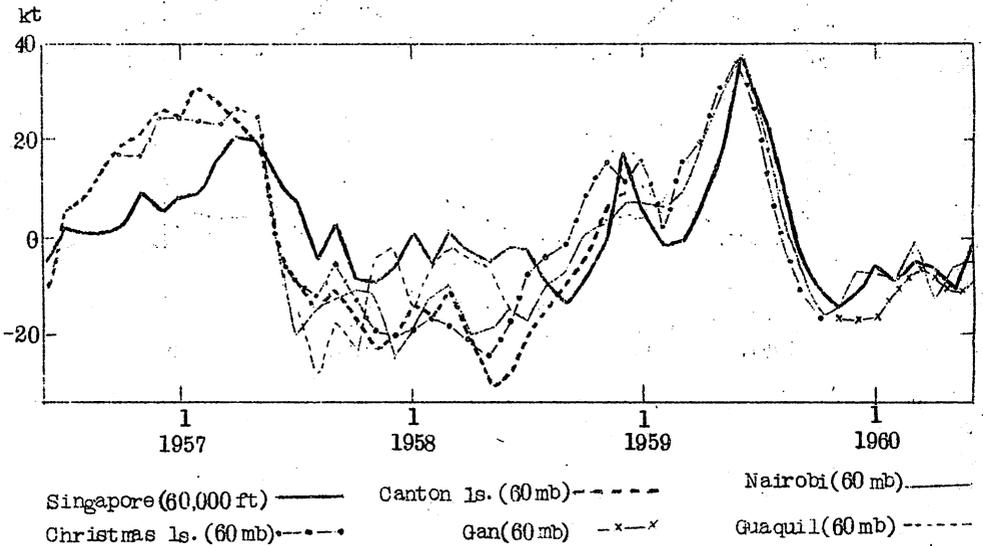
第11図 ナイロビにおける東西風の12ヶ月移動平均 (VERYARDとEBDON)



図で示した。(第8, 10, 11図)これらの研究によると振動の特性として, 周期が23ヶ月から29ヶ月くらいであること, および位相が赤道をとりまくある面内で同じであることが分かった。また位相の変位は高い所から下層へと出現しているが, これは1ヶ月に1kmで下方へ伝播する速度と一致している。振幅は観測された最高高度で最大となり下方へ減少している。カントン島上空の各層では年移動平均した曲線で振幅の減少が大体1kmにつき5ノットである。月平均ではこの値は少し大きい。しかしその振動は赤道圏界面の近くではいつも弱まるか消失している。

風向の反転が赤道をとりまくある層で同時に起こっていることは, ここにあげた観測所における東西風の月平均値の曲線を比較してみるとよくわかる。赤道近くの観測所では期間が短いガン(0°41' S, 73°10' E)や, グアキル(2°N, 75°52' W)ではこの現象をよく示している。(第12図)

第12図 各地における月平均の東西風 (VERYARDとEBDON)



Veryard と Ebdon によると風の資料についての相関係数は次のようになっている。

- 0.97 クリスマス島とカントン島における 5.0 mb の相関
- 0.94 クリスマス島とナイロビにおける 6.0 mb の相関
- 0.80 ナイロビ (6.0 mb) とシンガポール (6000 呎) の相関
- 0.76 クリスマス島の 6.0 mb と " の相関 (1ヶ月ずらし)

こゝではシンガポールの資料で比較する場合には高度の違いと月による位相の転位の違いについて若干考慮しなければならない。

すでにあげた熱帯緯度圏における振動の範囲を定めるために、Veryard と Ebdon はこの領域の若干の観測所について調べた。特にサン、ファン、プウェルトリコ ( $18^{\circ}28'N$ ,  $66^{\circ}03'W$ ) では沢山の観測があり、1951年までさかのぼつて資料を補うことができる。すでに確認されている著しい年変動を消去するため、これらの観測所や他の調査をする熱帯観測所のすべてについて、東西風の年移動平均を行なつた。この方法によるサン、ファンの曲線は (第13図省略) 1951年から1959年まで22ヶ月から29ヶ月の周期をもつた振動をはつきりと示している。その特性は赤道成層圏におけるものと同様であり、高々度から位相の転移が始まり下層へと進み、振幅は高さと共に増加しているが全般に小さくなつていく。

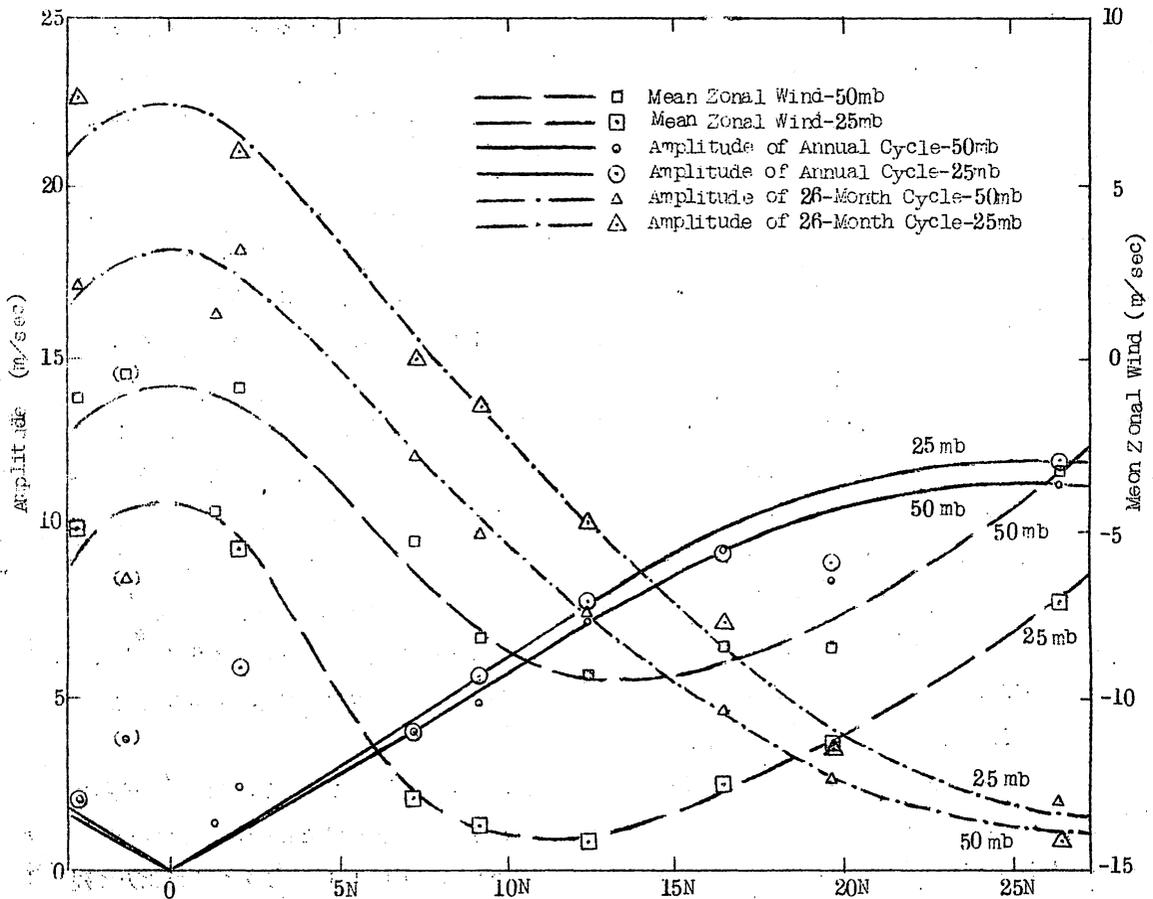
熱帯の緯度においては、サン、ファンやカールタム ( $15^{\circ}36'N$ ,  $32^{\circ}33'E$ ) の 60mb の曲線—両者は同じような北方の緯度にあり、お互いに10度くらい経度が離れているが—のようである緯度圏に沿う面では風向の転位が同じように現われていることが観測されている。(第14図省略) これらの両観測所の資料間の相関係数は Veryard と Ebdon によつて 0.69 と計算されている。また他の熱帯地方の観測所についての調査では、すべての熱帯成層圏における東西風の振動は  $30^{\circ}N$  まで存在していることを示している。南半球における熱帯成層圏にも同じような振動が存在していると推定されるが、まだ観測が不十分である。赤道から極に至るある径度上の振動の特性がどうなつていくかということを知るために、Veryard と Ebdon はナイロビとアデン ( $12^{\circ}49'N$ ,  $45^{\circ}02'E$ ) カールタム、バレーン ( $26^{\circ}16'N$ ,  $50^{\circ}37'E$ ) の各観測の 6.0 mb の面の東西風を移動平均した曲線をまとめ、明瞭な南北におよぶ振動を示した。(第15図省略)

明らかに振幅が北へゆくにつれて減少しており、平均値は径度1度に対して1ノットの減少を示している。バレーンにおいては振動は殆んど認められず、Veryard と Ebdon はマルタ ( $35^{\circ}51'N$ ,  $14^{\circ}27'E$ ) やクラウリー ( $51^{\circ}05'N$ ,  $0^{\circ}13'W$ ) のたうな北方の観測所では精度のよい長期間の観測資料にも拘らず東西風の振動はもはや認められないという研究結果を示した。しかし彼等は非常に高々度においては中緯度でも恐らく振動が存在し、高さと共に振幅が増加している可能性を示唆した。さらに、これらの結果は不確実な点もあるが、南北の図はすべての緯度において振動の位相が同時に出現しているようにみえる。ANGELL と KORSHOVERはその後の研究で位相の転移は高緯度から低緯度へと移つていくことを示した。

また Reed と Rogers は振動の位相を調べて  $3^{\circ}\text{N}$  から赤道の方へと現われていることを見出した。これから高緯度における観測所では振動は振幅は小さいけれども早くはじまり、次第に赤道の方へ進んでいることが明らかであり、このことは Angell と Korshover の研究でも証明されている。

Reed と Rogers は  $3^{\circ}\text{S}$  から  $28^{\circ}\text{N}$  の間の多くの観測所の東西風の月平均値（観測資料は少なくとも4年以上はある）について各成分を分析して次のような結果を得た（第16図）

第16図 緯度による50mbと25mbにおける平均風と年周期の振幅および26ヶ月周期の振幅 (REEDとROGERS)



- 1) 長期間の平均では常に東風が  $1^{\circ}$  と  $15^{\circ}$  の間で最大を示し、風速が高さと共に増加している。26ヶ月周期のある西風についてははつきりしない。
- 2) 年成分では赤道の年変化は0となっており、極の方へ増加しているが高さについては殆んど変らない。

3) 大体2年周期の成分は赤道ではつきり現われている。その振幅は極の方へ行くにつれて減少し、高さと共に増加している。

4) 若干不規則な成分が含まれている。

Veryard と Ebdon ならびに Reed の研究から振動は北半球では  $30^{\circ}\text{N}$  まで、また南半球でも恐らく大体  $30^{\circ}\text{S}$  までであるという結果になつている。もちろん高緯度では東風から西風への急激な反転は現われていないが、異つた強さの東風、即ち東風の極大、極小という強さの振動があり、これが大きな年振動をして重なつている。中緯度や高緯度における振動の存在の可能性については Angell と Korshover の論文の中で示唆されており。後章でこれについて述べる。

Veryard と Ebdon ならびに Reed と Rogers は厳密な振動の周期を自己相関によつて計算した。Veryard と Ebdon はこの方法で、カントン島の  $50\text{mb}$  高度について26ヶ月の周期を、また Reed と Rogers はバルボア ( $79^{\circ}34'\text{W}$ ,  $08^{\circ}56'\text{N}$ ) で  $50\text{mb}$  について26-27ヶ月の周期を得た。

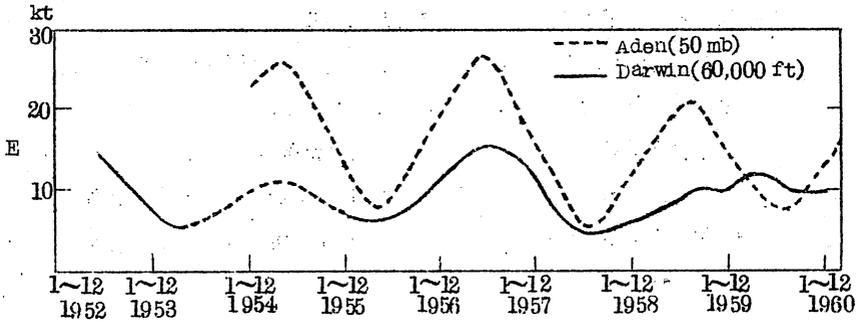
これらのすべての研究は、熱帯の成層圏全般に東西風の振動が存在し、赤道成層圏におけると同じような特性があることを一致して示している。また振幅が高さと共に増加する大体26ヶ月の同じような周期があり、その位相は緯度圏をとりまく面内では同じで、高々度から下層へ高さ  $1\text{km}$  について1ヶ月の割合で変位していることを示している。さらに極の方へ向つて振幅が減少し、恐らく高緯度から低緯度にかけて位相の転移が存在することも示されている。

### 3) 南半球における観測

成層圏における東西風の振動が赤道や北緯  $30$  度まで存在するだけでなく、南緯  $30$  度まで達しているという推定は、すでに Veryard と Ebdon や Mc CREARY によつて示唆されており、その後南半球における若干の観測資料の研究により確認された。

Veryard はオーストラリアの成層圏資料に基づいて、そのような振動がここに存在することを示した。ダーウィン ( $12^{\circ}26'\text{S}$ ,  $130^{\circ}52'\text{E}$ ) の  $60000$  フィートの高さ ( $70\text{mb}$ ) における東西風の移動平均曲線は、一部分欠測や疑わしい点があるにも拘らず、少なくとも大体26ヶ月の周期がはつきりと存在することを示している。またアリス、スプリングス ( $23^{\circ}48'\text{S}$ ,  $133^{\circ}53'\text{E}$ ) の資料を調べた結果では1956年の終りから1957年の終りころまで振動が現われていたことを示唆している。Veryard はダーウィンにおける曲線とアデンの  $50\text{mb}$  における東西風の移動平均曲線を比較調査して、大体北半球の緯度と同じであることを指摘している (第17図)。これを見るとダーウィンとアデンの曲線の変化には大体1ヶ月くらいの小さい位相転位のズレがあり、これは両曲線の高度差による特性の違いに基づくものである。またアデンにおける振動の振幅が2倍くらい大きいのも同じ原因である振幅が赤道から極へゆくにつれて減つていることはすでに分かっているが、振動が北半球上における気象学

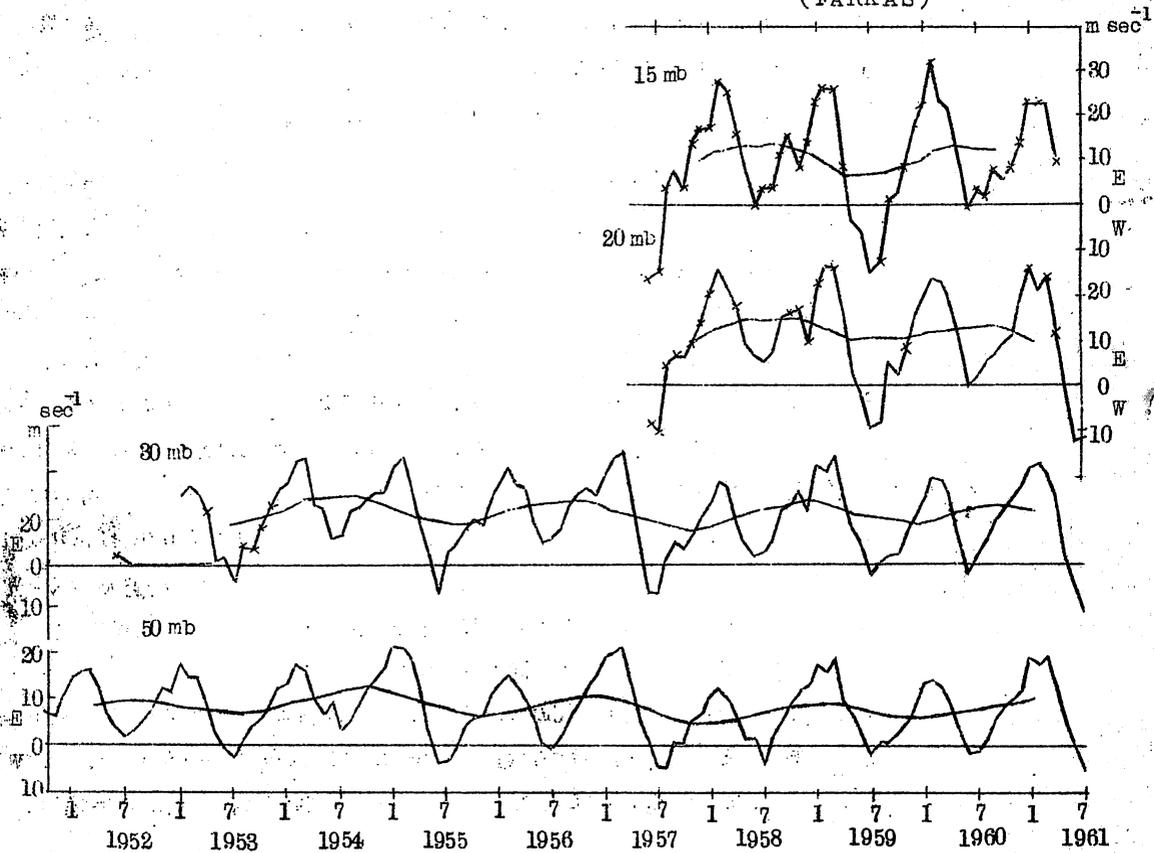
第17図 ダーウィンとアデンにおける東西風の12ヶ月  
移動平均 (VERYARD)



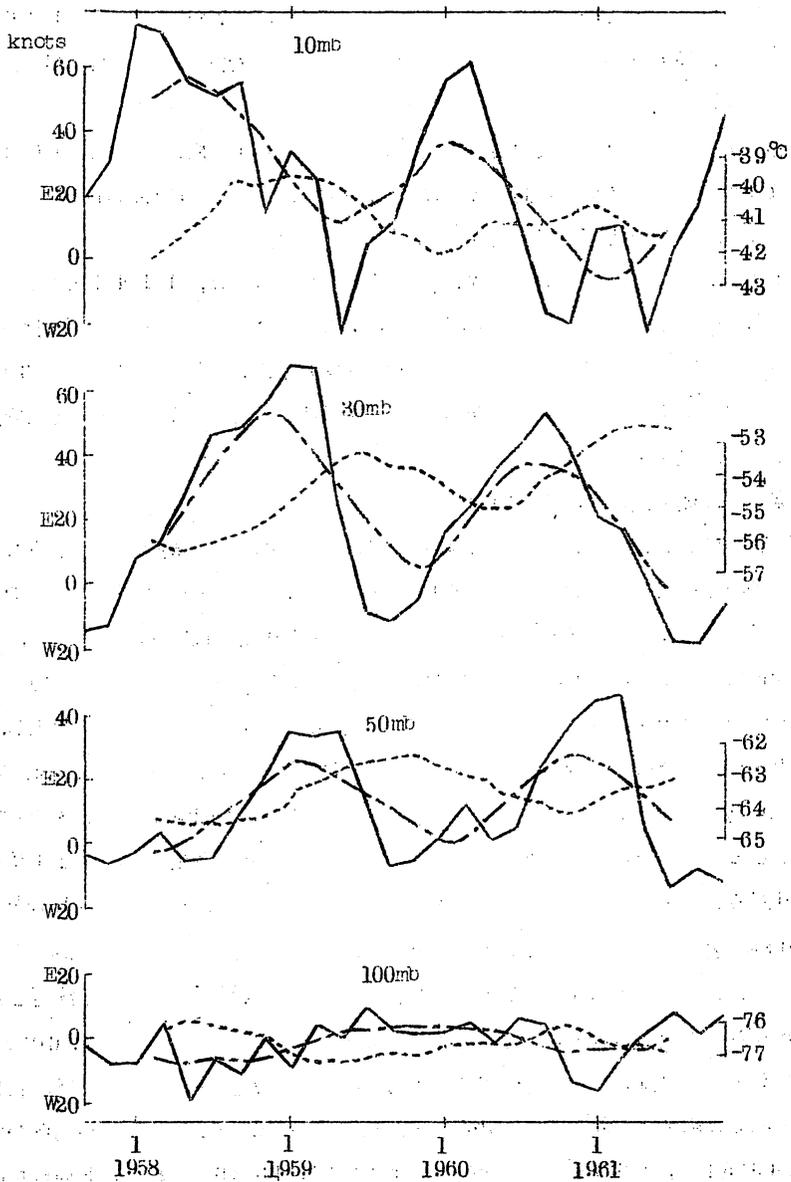
的赤道上で対称になつており、このためアデンの振幅がはつきりと大きいのである。

Farkas はナンデイ、ファイジン ( $17^{\circ}45'S, 177^{\circ}27'E$ ) における約10年間の 50 mb, 30 mb の資料および4.5年の20 mb, 15 mb の資料を解析して東西風には大体2年の同期があり、同時にその変化は各層で同じようになつていることを指摘した(第18図)。

第18図 ナンデイ、ファイジにおける東西風の月平均および12ヶ月の移動平均  
(FARKAS)



第19図 アセンション島における東西風の月平均と12ヶ月移動平均  
および気温の12ヶ月移動平均 (EBDON)



ASCENSION ISLAND

- Monthly mean zonal wind component
- - - 12-monthly running means of zonal wind component
- · · 12-monthly running means of temperature

彼は高さと共にほんの少し振幅が増加していることを確かめたが、高層から下層への位相の転移を見出すことが出来なかつた。これは恐らく不十分な資料に起因していると思われる。さらに各層における小さい振幅を熱帯成層圏における振幅と比較して、赤道風の機構の影響をうける南の限界はナンデイ附近であることを明らかにした。Ebdonも1957年の9月から1961年8月までのアセンジョン島(0°58'S, 14°24'W)の資料を詳しく調べて、振動についての同じような結果を示した。

一方この期間のアセンジョン島上の東西風の振動は20-25ヶ月の周期があり、50mbで25ノット、10mbで40ノットと高さと共に振幅が増加し、位相の転移は月に1ノットの割で下層へ移つていくことを示している。(第19図)

アデン、ナイロビ、アセンジョンおよびラエ、ギニア(0°44'S, 14°00'E)の60mbの東西風の年移動平均の曲線を比べてみると、13°Nから8°Sまでの振動は位相が一致し、南から赤道へと振幅が増加し、それから北の方へと再び減少している。(第20図省略)

これから大体3°Sから3°Nまでの全熱帯成層圏の東西風の振動は約2年の周期が支配的であることが証明し得たと思われる。

#### 4) 中緯度および極附近における周期性

VeryardとEbdonによつて、恐らくは中緯度においても東西風の振動が存在するだろうという事は、彼等が年移動平均の資料や高さによる調査の中でその事実を発見できなかったにも拘らず示唆されていた。このほかReedとRogersは北緯30度附近における振動は、その振幅は小さいが赤道により早く現われ、その出現を追跡することが必要に思われると指摘している。

AngellとKorshoveは赤道と3°N間の沢山の観測所の資料を調和解析で吟味し、この領域では既に述べたような振動の特性が存在することを確かめた。即ち高さと共に振動の振幅が増大しており、高々度から下層への位相の転移と同じように、極へ向つて振幅が減少している。また補足的なこととして、実際に高緯度から低緯度への位相の転位が存在し、赤道と3°Nの間では大体6ヶ月あることを示すことができた。また西風又は東風の極大(又は極小)が赤道上で毎月大体550kmの速度で動いていることも明らかである。この振動をより北方へ追跡するため、AngellとKorshoveは2°Nと83°Nの間の豊富な東西風の調和解析を続行した。そして4°Nと5°Nの附近では非常に小さい振幅ではあるが赤道より1年位早い、60°Nと70°Nにおけるよりも約6ヶ月遅いことを暗示するような結果を示した。これから東西風の約2年周期というのは中緯度に起源しており、そこから極と赤道の方へ広がっていることが明らかである。ピツブルグ(49°51'N, 06°31'E)又はペレリン(52°28'N, 13°26'E)とカント島における1961年の10mbの観測資料を比較して調べてみると中緯度において東西風の振動が存在し、赤道に対して1年の位相の転位が存在するように見える。(第21図省略)

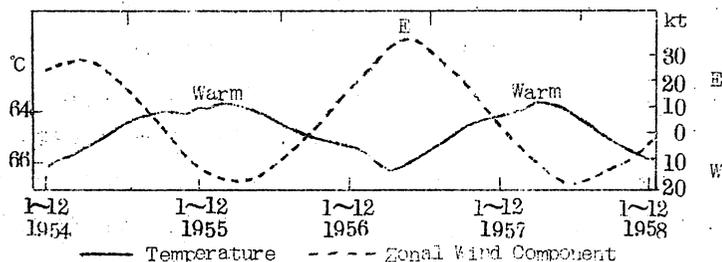
中緯度の成層圏における気温や気圧の分布から、少なくとも熱帯で主として観測された風の振動現象とより高緯度における成層圏循環との間には密接な関係があることを証明できる。このこと

については次章で説明しよう。

### 5) 成層圏における気温分布との関係

Ebdonはすでに彼の最初の論文の中で、赤道領域における東西風の約2年の振動が同じような周期で気温振動と結びついていることを示している。彼はクリスマス島における50 mbと60 mbの月平均気温を調べ、さらにカントン島の50 mbの気温の年移動平均の図を作り、それが顕著な周期を示し、風の振動と反対の位相変化をしていることを示した(第22図)

第22図 カントン島の50mbにおける気温と東西風の12ヶ月移動平均 (EBDON)



これによると西風は東風より高温によく結びついていることを示している。またEbdonは各月について、カントン島では西風の時に気温が極大になり、東風の時に極小になることを確かめた。また彼はカントン島の50 mb気温は東風で月平均で $-65.5^{\circ}\text{C}$ 、西風では $-64.0^{\circ}\text{C}$ を計算した。

VeryardとEbdonはこれに基いて、カントン島の各層について気温の年移動平均をつくり、気温の振動に関して次のように述べている。即ち周期は平均して26ヶ月であり、西風は高温を伴い、東風は低温を伴っている。また風の振動と気温の振動の間には位相のズレがあり、それは80 mbでは1~2ヶ月、30 mbでは7ヶ月で高さと共に増加している。気温の振動は高さと共に減少しており、年移動平均から30 mbでは $1.5\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ で80 mbでは2倍の $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ と算定した。これはカントン島の30 mbと80 mbの年移動平均の差を示した曲線で分かるように、垂直の気温傾度が2年振動を支配していることが明らかであろう。(第23図省略)

Reedはあとで、赤道成層圏の地衝風運動を調べるためにこの結果を利用した。VeryardとEbdonはナイロビ、アデン、カールタムおよびバーレンの60 mbの気温を調べたが気温の振動をみつけることができなかつた。これは恐らく気温の観測が十分でなかつたことに起因するであろう。クリスマス島の資料の調査では前と同じような結果であることを証明したが、アセンション島と比較してみると反対になつている。即ちそこでは気温の振動が同じような周期になつているが、高さによる風と気温の振動の間にある位相のズレは大きくならず、全層において8ヶ月の同じようなズレがあることをEbdonが確かめている。またこの他に彼は年移動平均値から80

m bで $1.5^{\circ}\text{C}$ , 30 m bで $2-3^{\circ}\text{C}$ という気温振動の振幅が2倍に増加していることを見出した。

AngellとKorshoverはまた気温の振動を調べVeryardとEbdonの結果と一致することを確かめた。即ち赤道成層圏では2年周期の気温振動があり、確かに各層において西風の極大より3ヶ月早く気温の極大が現われることを確かめた。しかし気温の観測は非常に不正確であり、またこれが一定気圧面の高度にも影響し、赤道成層圏における風の観測に比べると気温の正確な観測との間にはかなりな差違があると思われる。

高緯度における成果についてはまだ不確かである。AngellとKorshoverは中緯度において気温の極大が相対的な風の極大より1年前に現われるという兆候を見出している。これについて中緯度においては成層圏の風の変動に伴って必ず気温や気圧の分布が関連して起こっていることをScherhagが示している。彼は10 m b面の天気図で夏における北極の高度と $10^{\circ}\text{N}$ をとりまく等高線との高度差は、熱帯地方で西風の年は東風の年より小さいことを確かめている。また冬の極渦の最終の崩壊、いわゆる最終昇温が年々変動していることから、主として熱帯で観測される約2年の気温と風の振動は全地球上の高度に関連づけられるであろうと推定している。Labitzkeは冬の極渦の一時的な崩壊である「突然昇温」は年々その状態が異なることを示した。1957-1961年間の調査では中緯度における突然昇温に際して現われた成層圏の高気圧は移動し、その方向は熱帯における成層圏の風の方向と一致し、ある年は東から西へ、翌年は西から東へと動いている。Grayによると(FunkとGarnhamの私信による引用)南半球の成層圏における突然昇温にも2年周期があるという例を示している。

これらから北半球全体の成層圏、恐らくは南半球も含めて、風、気温、気圧分布が2年周期に支配されているように見える。特に赤道成層圏における風の年々の変動は明白である。

他の気象要素についての似たような周期性、特に対流圏におけるものについて触れるまえに、Ebdonの2つの論文についても述べてみたい。これらはVan BemmelenとBersonによつて最初に観測された西風の26ヶ月の振動についてのものである。

#### 6) 周期に関する最初の西風の観測についての研究

熱帯成層圏においては明瞭な東風か西風が支配的であり、月平均では大規模な南北風がその経過に現われないので、卓越風向を定めるのには月に1回か2回の観測で十分であるが、平均風速は推論できないことが明らかになった。この他に振動現象が明瞭になる層は60 m b(約19.5 km)であることも考慮すべきことであろう。

このような事柄を考へてEbdonは成層圏の最初の西風の観測結果について調べた。それはVan Bemmelenによるバタビヤ( $06^{\circ}06' \text{S}$ ,  $107^{\circ}00' \text{E}$ )の1909年から1918年までの観測資料で、この中では1911年から1913年までに最も高い所までの観測が含まれている。これらの年に対してEbdonは推定される月平均風向を第2表のように示した。また残りの資料の不十分な年と、Bersonが1908年に8, 9, 10月にやつた観測資料から60 m bにおける東西風について次のような振動を推論した。

第2表 バタヤにおける月平均東西風の推定方向 (EBDON)

		A																									
		1911				1912				1913																	
Km		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
30																											
29																											
28																											
27																											
26																											
25																											
24																											
23																											
22																											
21																											
20																											
19																											
18																											

		B																							
Km		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
19																									
20																									

西風

- 2月1908-1月1909(12)ヶ月
- 3月1910-2月1911(12)ヶ月
- 4月1912-6月1913(15)ヶ月
- 8月1914-7月1915(12)ヶ月
- 8月1916-7月1917(12)ヶ月

東風

- 2月1909-2月1910(13)ヶ月
- 3月1911-3月1912(13)ヶ月
- 7月1913-7月1914(13)ヶ月
- 8月1915-7月1916(12)ヶ月
- 8月1917-8月1918(13)ヶ月

Ebdonはこれらの結果から東西風には26ヶ月の周期があり、これは60mb面だけでなくもつと高い層にもあり恐らく50年間にわたつてすでに存在し、衰弱の兆候はないという結果を得た。ともかくEbdonはベルソンの西風とかクラカトア東風という名称は、この新しい智識に従えば気象の慣用語から抹消して熱帯成層圏における周期というべきであると考えた。同時にその機構の原因と維持について調査することが緊急に必要であると提唱した。しかしこの問題に入る前にまず対流圏との関係について討論する。

II 対流圏の循環と周期との関連の可能性

熱帯成層圏の循環は全般にわたつて2年周期の風に支配されており、その影響がより高緯度の循環にも及んでいることが確になつたので、これに似たような周期が対流圏の現象に関連してあるかどうか調べてみよう。実は同じ周期が対流圏の数多くの気象要素にあることは多くの著者に



スマス島における降水量についても調べたが何等関係のある周期を見出し得なかつた。これらの結果から当分は、熱帯成層圏と対流圏の直接の比較や相互作用を確かめることは不可能のように思われる。

しかし総観的立場から成層圏天気図と北半球全体との汎天候を比べてみることも必要であろう。Scherhagは熱帯成層圏の西風の年、即ち中緯度の成層圏が東風の年には北半球の大部分にわたつて夏の地上気温の偏差が正であることを示した。またLabitzkeは成層圏と対流圏の天候経過の間に平行性があることを示唆した。彼女は総観的観察からその経過に対して第3表を得た。

第3表 成層圏と対流圏における天候経過の関係

	年	冬		夏	
	熱帯成層圏における風	成層圏の移動方向の昇温	寒波 昇温 における 地寒 上波 (欧州中部)	最終昇温の時期	ドイツの地上の天候
1958 ? 1959	西風	東方	なし	早い	暑夏
1960 ? 1961	西風	東方	なし	早い	春と秋、高温
1957 ? 1958	東風	西方	あり	非常に遅く 弱い	夏雨多く、低温 他に特色なし
1959 ? 1960	東風	西方	あり	非常に遅く	夏、雨多く、低温 他に特色なし

しかしながらこれらの結果はまだ不確かである。というのはもつと沢山の観測年数が必要であるし、熱帯成層圏における循環を地上の長期予報に利用するためには対流圏、成層圏の両者の関係がどのようになっているか十分知ることが必要であろう。

### III 周期に關しての力学的な問題と可能性のある原因

熱帯における成層圏の東風の中に西風が介在することが確かめられると、では何故上下に重なりあい、方向の反対の東西の流れが熱帯成層圏に存在するのかという疑問がでてくる。まず第一の問題は時々現われる西風について説明が必要であつた。Flohnは傾度風の東西循環の各項を評価し、赤道成層圏における西風の存在は数学的な赤道から気象学的な赤道へと時々形成される気圧下降によるもので、言いかえると熱帯成層圏における東風というのは熱帯対流圏における東

風の変化したもので、成層圏の季節風のようなものであると指摘した。例えば Van Bemmelen によつてバタビヤで観測された高々度の西風は、アジアの高々度における夏の季節風が赤道を越えてきて18kmから20kmの高さで起こつていと説明した。

しかしこの説明は西風というのはある地域にだけ存在するのではなく、赤道全般にわたつて環状に存在し、またある特定の時機にだけ現われるのではないことが明らかになつて、まもなく否定された。実際に西風が緯度圏に沿うて存在することは、緯度圏に沿う気圧傾度は0なので、気圧降下では説明できない。

Palmer はこれらの2つの互いに層をなして流れる反対の東西流を成層圏における気温分布で説明しようとした。凡そ18kmと25kmの気温場の模図を示し、今まで西風が観測されたこれらの地域では、赤道上で低温域の分離を示し、Berson の西風は下方への垂直運動によつて説明され、赤道上の低温域は断熱による昇温によつて分離されて発生するという決論に達した。これは西風が高々度の気温の変動によつて起こるといふ、その後に見出された風の2年周期の特性と一致している。

Lettau は赤道上の15kmと40kmの間の東西流について力学的な観点から研究し、西風の出現は垂直運動に基ずくとしている。実際にPalmerと同じようにベルソンの西風の領域では弱い下降気流が卓越し、西風が地衝風として維持されており、一方クラカトアの東風は、上昇運動によつて維持されているという結果を得ている。この結果はクラカトアの爆発により発生した雲状のちりが、初めの東から西へ移動の時には、何ら横の方へ拡がることなくゆつくり沈降した動向とよく一致しており、この沈降は恐らく重力に基ずくものであろう。これらのちりは数週間後に高緯度に達している。またこれらのちりは赤道上で収斂する流れとなつて全般に上昇運動となつており、その後発散すると共に下降運動を起して高緯度まで達している。

この垂直運動による説明はPalmerやLettauが赤道をとりまく定常的な西風を見つめるのに有効であつたばかりでなく、後になつてPetkovsekが赤道風の振動の説明にも有効なことを示した。

垂直運動の符号の周期的な変動はPetkovsekによると収斂と発散の周期的な変動に起因することになるが、その発生と原因については赤道外に求めねばならない。

Petkovsekはこのほか赤道上空の狭い地帯において地衝風としての平衡が成立していなく、赤道から少し南や北の緯度内では地衝風や準地衝風と見なしえないことを示した。とにかく赤道成層圏における東西風の振動にもつばら垂直運動に原因しているというのである。

これに対してReedは赤道における地衝風は全く0でなく、多くの場合に気圧傾度は0に近いがある傾向をもつており、この地域では地衝風が吹いているという説を発表した。これを証明するため、運動方程式の助けを借り、地衝風が成立つているという前提で気温振動の振幅と風の振動の位相差を計算して、VeryardとEbdonの結果とよく一致することを見出した。Reedはまた赤道上の成層圏における東西風は大体地衝風の場になつていと結論している。この他

西風に対しては垂直運動が原因でなく、これは非常に強い擾乱による渦度に伴う水平方向の輸送によるものであるという結果も示している。例えばRiehlとHiggsは成層圏でシャーラインをなしている強い擾乱をカリブ海で観測したが、これは恐らく極へ向う熱の輸送と関連して起っており、それが渦度により極へ向う輸送の機構に寄与しているのであろう。Reedはまた10mb面におけるシャーラインはこの層における西風が非常に弱まった時に現われることを確かめた。熱帯成層圏における西風の出現に対するこれらの説明はすべて周期的な現象とは別な問題であるとしている。どのようにして垂直運動の符号の周期的な変動を説明すべきか、また西向き渦度の輸送の原因となる強い擾乱が周期的に現われるのは何故であろうか。

VeryardとEbdonはその原因の可能性として次の4つをあげた。

- 1) 地上における偏倚現象と結びついたフィードバックの機構による(例えば海水温度、氷の被覆)。
- 2) 潮汐のような大気中における自然の振動。
- 3) 例えば太陽活動の周期のような外部から影響。
- 4) これらの2つあるいはすべての可能性のむすびつきによる。

第一番目の可能性についてはすでに前の章で報告した通りである。ここでは今までに成層圏における風の振動と対流圏や地上における似たような振動とのいろんな関係があることが分つている。またここでは対流圏の振動が非常に振幅が小さく、それが成層圏の風の振動によつて惹起されるが、それが成層圏へ影響を及ぼし得ないと考えざるを得なかつた。第2番目の可能性についてはある仮定が考えられる。ReedはHideとFultzがやつた回転する水の実験で観察されたような振動が風の振動に見られるというLorenzの提案を詳細に検討した。この実験では周期的に変化する水平流が確認され、その周期は回転周期より非常に大きかつた。そしてまたこの流れでは低気圧による渦度の輸送が決定的であつたことも分つた。ここで流体力学の実験で見出された結果が果して大気に応用しうるか、また似たような現象に成層圏の風の周期の原因を求めうるかという疑問が起つてくる。それで熱帯成層圏には強い擾乱が実際に存在しうるし、また低気圧による渦度の輸送がいろんな形で起っており、それによつて約26ヶ月周期をもつた東西風の振動が起りうることを証明しなければならない。まず強い擾乱の存在についてはRiehlとHiggsによつて多くの高層天気図と共に実例が示された。渦度の輸送についてはその成果は論証されていないがRogersによつて問題にされており、Reedがこの研究を促進している。ここでもう一度成層圏の振動に流体力学の実験で見られるような周期があるという見解を要約すると次のようになる。赤道近くの東西流は不安定であり、その中に発生した擾乱や低気圧は最初は東西流を促進する方向に渦度を輸送し、それから反対方向に渦度が運ばれ、それによつて初めて流れの反転が起こる。

第3番目についてはVeryardとEbdonによつてあげられた振動の原因の可能性がもつとも最近のものであろう。即ちまず観測された最も高い層で風の反転が現われるという振動の特性は

その振動の原因が成層圏外にあり、恐らくは大気外、例えば太陽活動の変動に求むべきであると考えている。Shapiro と Ward はその上、2 年より以上の周期については大気内の力学的振動に求めることはできそうもないことを示している。また周期の振幅が赤道で最大であるということは可能性のある説明として太陽によつて生じる電磁的なエネルギーがその源になつていることを暗示している。太陽黒点数の大きな変動と関連のある紫外線の変動は赤道の高も高い層に大きな影響を及ぼしているにちがいない。最初に Abbot が太陽常数の 8 年間の観測から 19 27 年に 2.1 年の周期を見つけ、その後 Clough は太陽黒点相対数に 2.3 年の周期、Douglas は 2.2 年の周期を見つけている。また Shapiro と Ward は 2 0 0 年間の太陽黒点数の観測を検討し大体 2 5 ヶ月の周期の傾向のあることを見出した。

Veryad と Ebdon はまた他の 2 つの論文でイオン層に振動の原因の可能性のあることを示した。Probert-Jones はカントン島の資料を調和解析して 5 0 mb の層では 2 6 ヶ月周期の他に 1 2.8 ヶ月の周期も見出し、これはももとの振動より上方の振動と彼は考えている。この 2 つの振動が同じ位相にある層は凡そ 3 0 km の高さにあるに違いない。この層では振幅がまだ増加しているが Probert-Jones は振動の原因は 7 0 ~ 8 0 km 位の高さにあり、この層ではももとの振動と上方の振動が同位相になつていであろうと推定した。

Stacey と Wescott は地磁気の資料の分析による研究者の結果を報告している。それによると地磁気の場合にも 2 7 ヶ月の周期が現われているという。しかし E 層や F<sub>2</sub> 層の高さにおける風のように、電離層ではまだ何らの周期性も見つかつていない。多くの研究者は成層圏における風の 2 6 - 2 7 ヶ月周期と地磁気の場合については恐らくは超高層における振動によつて誘引されて起こつていと言つている。この誘引としては太陽活動の変動が考えられるかも知れない。とにかく熱帯成層圏における東西風の振動の振動の原因として考えられるこれらの説は現在のところすべて仮定に基づいている。その解決は今後の研究に期待される。

#### D むすび

熱帯成層圏と同様に高緯度における成層圏においても東西風に約 2 年の周期があることがその特性と共によく分かつてきた。しかし風の振動と結びついての気温の分布がまだ十分明らかにされていない。今後の研究に重要な点は次のようなことである。

振動の原因は地球上にあるのか地球外にあるのか？ 対流圏の周期とその特性の間にある確かな関係はどのような相互作用をしているか？ 赤道成層圏における東西風が年々逆になるというのが地衝風の運動として考えられるのか？

とにかくこの説明のためにはより長期の、より精度のよい大気中のいろんな要素についての観測が必要であり、さらに成層圏の風の振動について十分説明できる理論の助けをかりることが必要でありこれらは今後の問題であろう。

(長期予報管理官 和田英夫)

## 26カ月振動についての現状(展望)

R. J. Reed: The Present Status of the  
26-month Oscillation. Bull. Amer. Met. Society, Vol. 46,  
No. 7, July, 1965.

### 1. まえがき

1965年1月, アメリカ気象学会の第45回年會に26カ月振動の現状をレビューする機会が得られたことはまことに意義がある。それは丁度5年前のこの週にわが学会の年會がボストンで開かれ, その席でこの珍しい現象の発見をはじめて報告したからである[1]。その当時, この週期について次の事実が確かめられていた。この振動の週期は26カ月であり, 赤道付近で最も発達しており, これは1カ月に1kmの速さで下方に進み, これは上方少くとも30km位まで拡がっておりトロポポーズに近づくにつれて消えてしまう。この波のような特徴は赤道における西風の運動量の生成や出現を説明するのに困難であると認められていた。

一方, この週期は赤道からはなれるとどうして急激に減少してしまうのか判つてなかつたし, またこの週期がすべての経度で同時に, さらに両半球で対称に確かに起つているかどうかも判つてなかつた。30km以上の状況は当時の気球観測の上限がその程度なので判らなかつたし, 少くともこの週期の弱い残存が対流圏に侵入していたかどうかも判つてなかつた。さらにこの他の気象要素——風の子午線及び垂直成分や気温など——の状況については何も判つてなかつた。これらの要素もやはり26カ月のリズムで動揺しているかどうか? もしそうなら帯状風の振動にどのくらいの強さでまたどのような関係があるか? 結局これらの最も重要な問題への回答は判つてなかつた。はたしてこの振動の原因は何であるか?

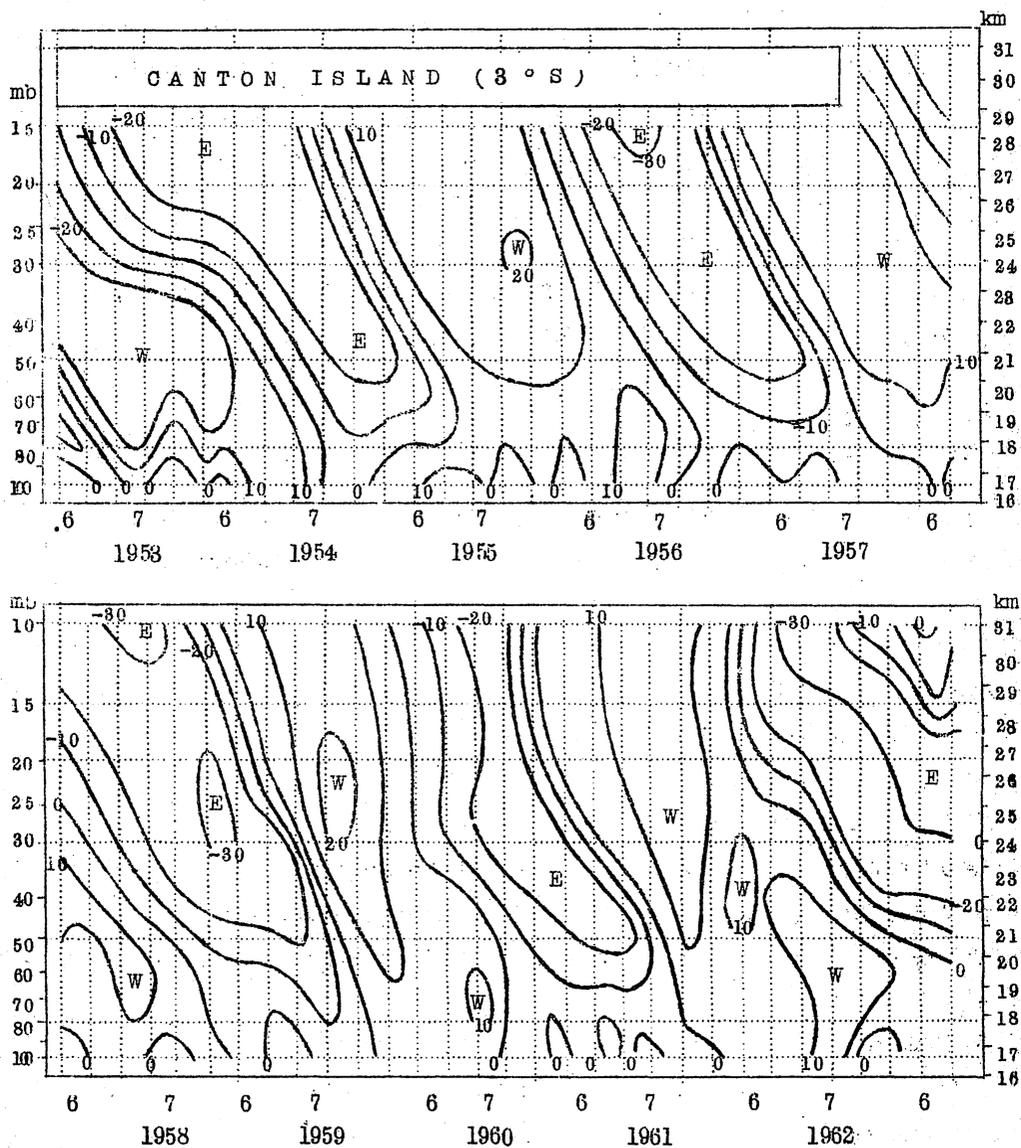
現在では, 御存知のように, これらの問題のいくつかは判つてきた。100mbと10mb(15と30km)間の層における帯状風の振動の特徴は $30^{\circ}\text{N}$ と $30^{\circ}\text{S}$ の全領域については現在よく確かめられている[2~17]。気温やオゾンの全量(total Amount of Ozone)などの関連する小さな振動は観測されており, 子午線及び垂直運動の組合さつた変動も理論から求められている。またこの週期が垂熱帯域まで拡がっている——ただし幾分ばやけているが——こともはつきりした事実としてすでに受け入れられている。1964年9月までにロケットによる風の観測が2年間南緯8度のAscension Islandで行なわれた。これらの観測によつて30kmから50km間の層における振動を一見することができた。このような高層では振動がどのようなになっているか, まず初めに述べてみよう。

この最も重要な問題への回答はまだ見つけられていない。われわれはこのサイクルの発生について興味ある仮説がないわけではないが, まだ適切な理論はできてない。理論家がなまけていたのではないが, 特に最近2, 3年の間にこの現象の力学について多くの興味ある論文が発表され

ている。これらの論文はこのサイクル発生の中心問題を直接扱かっているのではないが、この現象をよりよく理解させまた原因を掘下げるに有用な洞察力のあるものが多い。

これがこの問題についての現状の概要である。詳細を述べるには多すぎるが、われわれの知識として確かな10.0mbと10mbの熱帯成層圏における振動の特徴を主として述べ、次に30と50kmの間の上部成層圏における状況の予備的概況を行なうと共に、亜熱帯の緯度における結果の簡単な概要を述べ、最後に現在までに行なわれた理論的な成果の幾つかとこの振動についての多くの重要な問題を外観しよう。

第1図 カントン島の成層圏における帯状流の変化

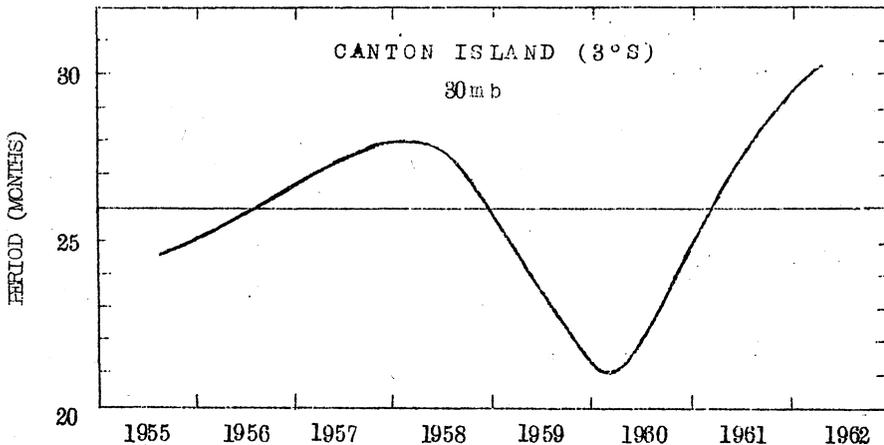


## 2. 熱帯成層圏における100mbと10mb間の帯状風

赤道付近における帯状風の変動状況を明らかにするため、1953-1963年の11年間[17]のCanton島(3°S)における帯状風速の時間-高度変化図(第1図)を示した。主要な特徴は図を見れば明らかで、偏東風と偏西風域の軸間の距離から判断すると、その平均週期は2年より少し長い。下方への位相伝搬はこれらの風域の傾斜から一目瞭然である。偏東風や偏西風は最初に最も高い高度に現われ、1カ月に略1kmの速さで下方に進んでくる。またこの振動の振幅は10mbと30mbの間では少しづつ変化して行つて振幅のピークに達している。50mbとの間では振幅は急に小さくなり、赤道のトロポポーズの100mb付近では振動の追跡がやつとできる程度である。

1950-1960年の期間における平均週期は、目のこによつてもさらにこつた自己相関から推定しても26カ月と少しであるが、週期は21と30カ月の範囲で全く不規則になつてゐることはカントン島の図からもよくわかる。第2図は月平均を少し平滑化して得た週期の変化を

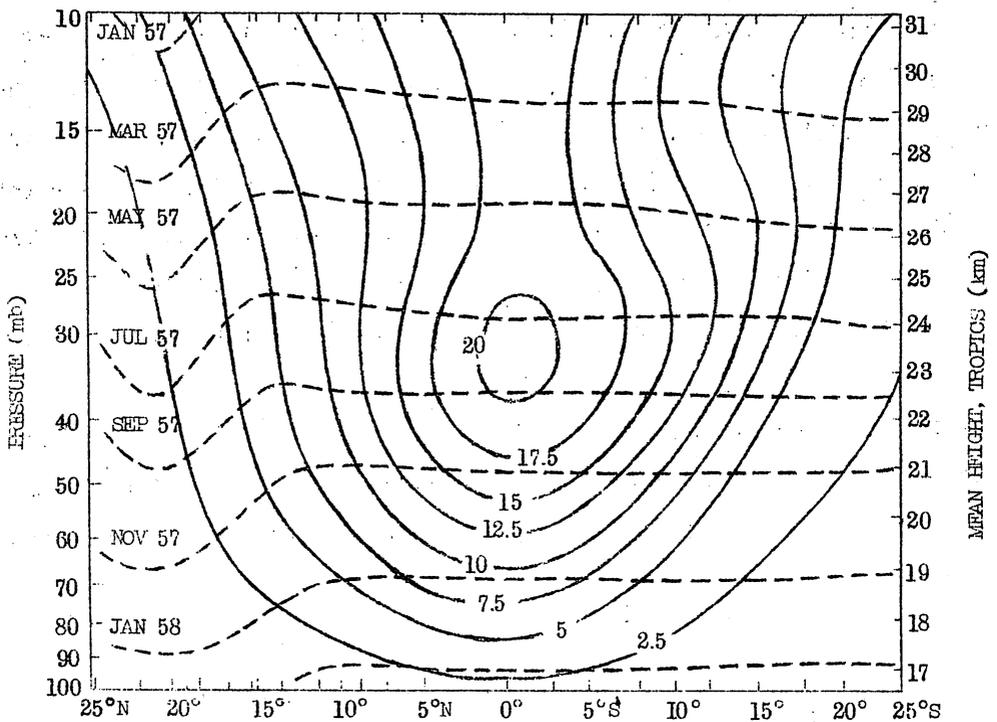
第2図 カントン島における準2年周期の時間による変動



示すもので、帯状風のサイクリックな変化が長期間の平均値を上向きと下向きに通つた時の間隔を求めたものである。この図は週期がやゝかけはなれて変動し、これがまた興味あることを示している。この資料期間では短いサイクルと長いサイクルは常に50~52カ月の範囲になるようにすぐ補償されていることである。

緯度による位相と振幅の変化については第3図に示した[17]。振幅の極大は赤道の30mb高度で起つており、その振幅は両半球でほぼ対称的に外側に向つて減少し、ある一つの高度での断面ではガウスの確率分布の形をしているようである。また最強西風成分の時期を示す位相は緯度に対してはほぼ一様であり、垂直方向には、すでに述べたように1kmについて1カ月の変化が

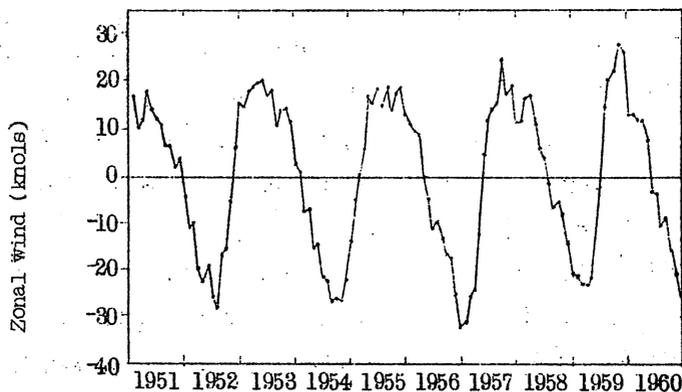
第3図 带状流の26カ月周期の高さと緯度による振幅 ( $M. Sec^{-1}$ ) と位相の変動



見られる。緯度20度を超えると位相は全く一定してない。しかしこの辺では解析の補正の仕方に若干疑問がある。

多くの研究者[ 3 2, 1 5, 1 6 ]は带状風の非対称形 — 例えはある定高度で風速を時間軸に対して描くとき見られるように — について例証している。このようなものを第4図に示した。

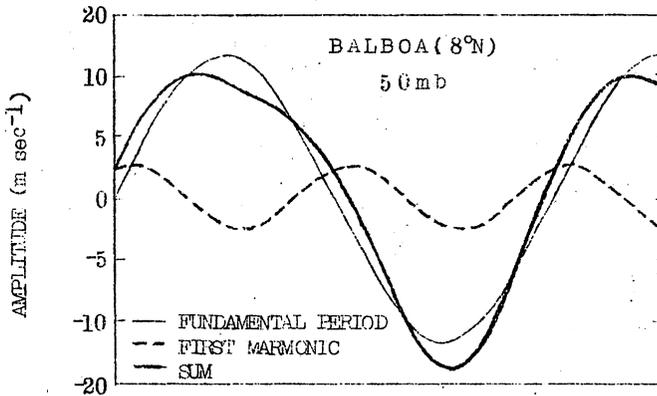
第4図 Balboa (8N)の50mbにおける月平均带状流の速さ(年周期を除いてある)



これはBalboaのCanal zone (8N)において50mbの帯状風成分のうち年変化を取去つた変動を示した。この週期的な変動のうち西風では急速に増加していることは注目すべきである。西風域の頂点付近ではゆつくり変り、東風域の期間では急下降してすぐ上昇している。

調和解析によるとこの非対称は26カ月週期の調和波が存在し、第一調和波あるいは13カ月週期が観測された形に対して主要な要因になつている。このことはBalboaにおける50mbで7つのサイクルを重ね合わせたものを26カ月と13カ月の成分及びそれらを合成して第5図に示してある。

第5図 Balboaの50mbにおける帯状流の第1, 第2調和波とその合計  
基本周期は26カ月としてある。



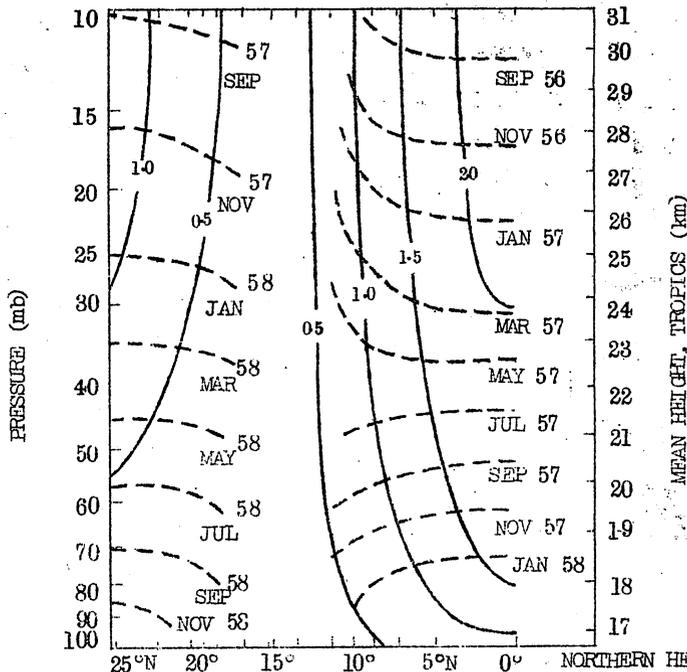
これは著者の考えであるが、13カ月調和波は26カ月振動の成分間の非線型の相互作用から生じたもので、このサイクルの力学をさぐる有用な手先となるものと信じている。よく知られているように非線型の効果は基本週期の和と差の新しい週期を作り出すことである。このことが正しいものであるならば、ある種の非線型性の効果は検出されうるものであり、またこれを立証する助けとなる解析の立場からは線型化を行ないえないほど大きくはないものと思われる。

#### 気温

VeryardとEbdon [5]は赤道付近の気温にも、付随する26カ月振動があることを最初に見つけた。

第6図は気温の振動[17]の主な特徴を描いたものである。横軸は緯度、縦軸は高度(気圧)で、実線は一定振幅の等値線を、破線は位相を示してある。最大振幅は約 $2^{\circ}\text{C}$ で赤道上の中部及び上部層で起つている。そして振幅は赤道から外側に向つて減少しており $15^{\circ}\text{N}$ 付近で最小になつている。この緯度の極の方には、この振幅が再び増加し亜熱帯の高層では $1^{\circ}\text{C}$ 又はそれ以上の値に達している。

第6図 26カ月の気温振動の高さと緯度による振幅(deg c)と位相の変化



気温と風との変動の関係は第7図(省略)に示したが、これは赤道の地点(Canton島, 3S)と亜熱帯の5地点(平均緯度27°N)との気温差を26ヵ月スケールで時間による変化を示し、またその中間帯の平均的な変動をよく表わすようにBalboa(8°N)における帯状風を示した[34]。高い高度(20mbと30mb)では気温差の振動は風の振動より約 $\frac{1}{4}$ サイクル先んじている。風の変動の急速な下方への伝ばにより2つのサイクルは最下層では位相が一致し、赤道の暖かい温度と亜熱帯における冷たい温度は西風と一致している。

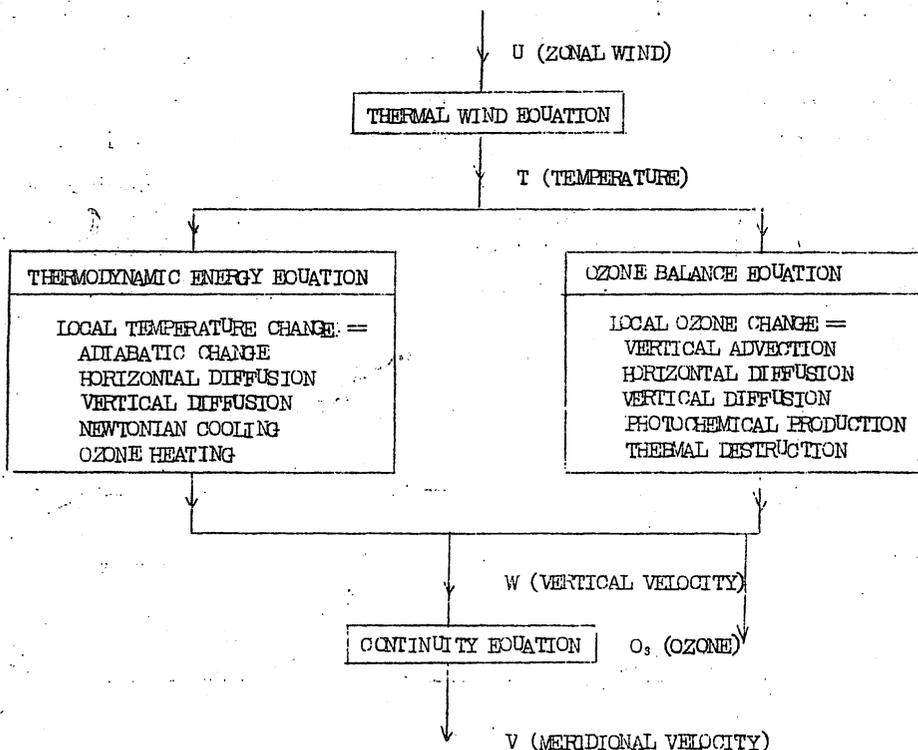
ここに選んで掲げた様相は温度風の関係に従っていることを連想させ、このことはより精密に計算から導びかれている[30]。このように26ヵ月振動は、たとえ赤道の付近でもほぼ平衡を維持しているのである。

#### 風の垂直及び子午線成分

風の垂直及び子午線成分は直接観測によつて求めるにはあまり小さすぎるので、これらの振動の様子を決める理論的な取扱いに頼らざるをえなくなってくる。ここに述べようとする取扱い[35]は、垂直速度変動を求めるために熱力学的エネルギーとオゾンの平衡方程式を結合させて解くのである。連続の式は子午線方向の風の振動を生ぜしめる適当な境界条件を用いて積分する。この方法によると垂直速度の振幅は $\frac{1}{100}$  cm/sec程度のオーダーである。子午線方向の速度はやはり非常に小さく15Nで最大速度が2~3 cm/secに達する程度である。

この方法の詳細は第8図に要約した。まず初めに帯状風の振動の解析的表現を決めるために温度風の式を用いる。この表現を二つだけ未知数(垂直速度とオゾンの偏差(Ozone Anomaly))

第8図 垂直速度オゾンおよび南北の風速の計算の仕方の略図



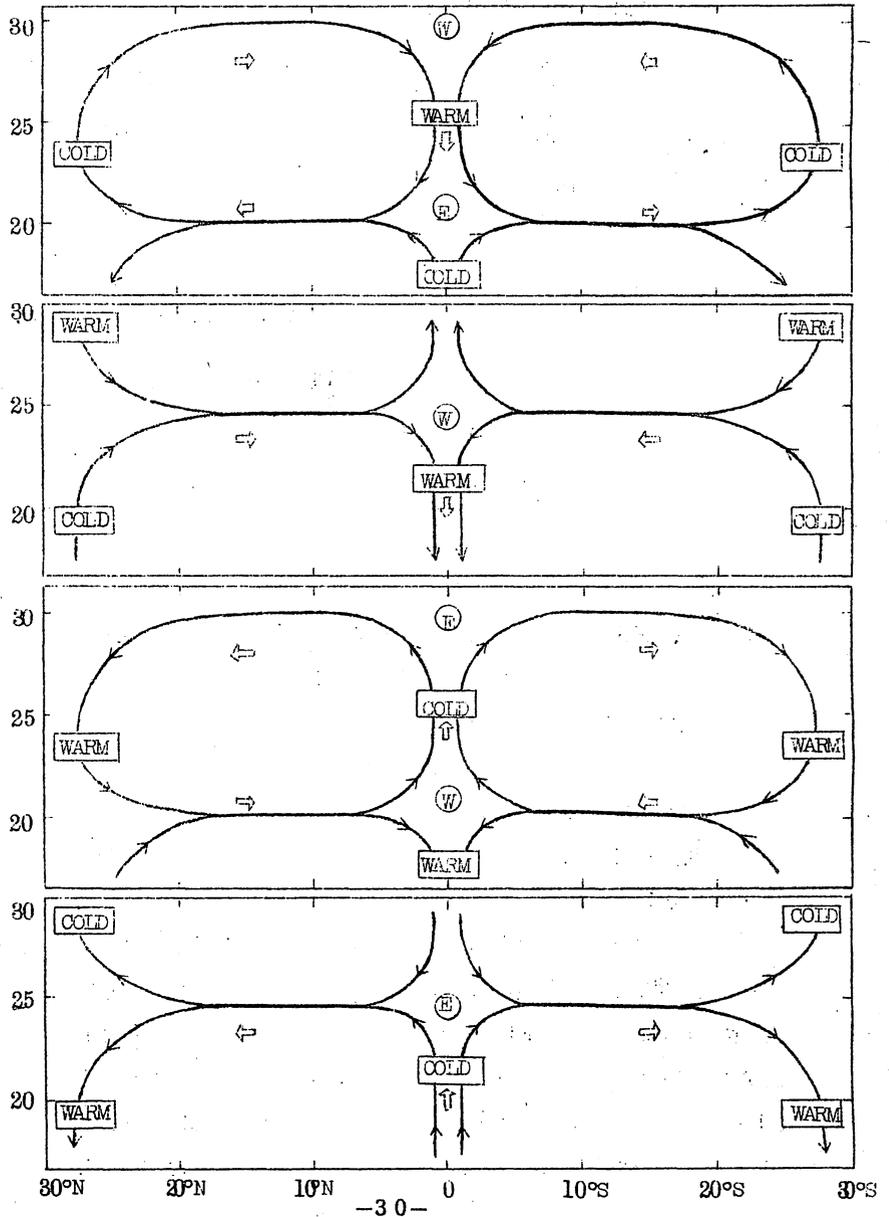
となるようにした熱力学のエネルギーの式とオゾンの平衡の式に代入する。これらの二つの方程式の解から、最終的には子午線方向の速度を与えるように連続の式に代入して垂直速度の変動の式が得られる。ここでオゾンの変動が興味ある副産物として入っていることに注意されたい。

この方法によつて得られた結果は熱力学のエネルギーの式とオゾンの平衡の式を定式化して用いる仮定によるだけである。第8図の表示はいろいろな仮定や簡略化について順序よいように見える。議論しているこの式はいろいろな場で26カ月振動の成分のみに適用するようにフーリエ解析で特殊化してあり、この式は線型の偏微分方程式で摂動法で得られるものと同一である。解は30mbと10mb間の上層では振幅は高度について一定と仮定し、80mbと30mb間の底層では振幅が高度に対して指数的に増加するようにして求めた。

さらに、簡単化する仮定はこの方程式のいろいろな項で行なわれている。たとえば熱やオゾンの拡散は子午線方向にはFickian lawに従うように、垂直方向にはlateral eddy diffusion coefficientとして $10^9$  c. g. sの大きさを、また垂直方向の係数として $10^3$  c. g. sの大きさを仮定してある。赤外放射冷却は20日の緩和時間(relaxation time)で気温偏差(temperature anomaly)に比例するとするNewtonのものによ

つた。同様に光化学的崩壊 (Photochemical destruction) は、高層では緩和時間は2カ月、底層では77カ月にオゾン偏差 (Ozone anomaly) に比例すると仮定してある。オゾンの吸収による加熱は Ozone Perturbation に比例し、オゾンの thermal destruction は temperature Perturbation に比例するように仮定してある。放射と光化学を扱うのに用いた方式の妥当性は最近の Lindzen [37] の研究に依っている。

第9図 26カ月周期の図式のモデル、E、Wはそれぞれ西風、東風の中心の位置を示す。寒、暖の偏差域は概略を示す。矢印は南北循環の方向を示す。大きな矢印は時間的に気温と風速が極大 (又は極小) になっている所を示すが、空間的には必要でない。



以上の方法で求められる垂直運動や子午線方向の運動の大きさはすでに述べた通りである。この解析の総合結果は、26カ月振動を4つに分けて運動と気温の変化で模式的に示した第9図によく要約されている。最上段は30kmで西風の極大が現われているときの様子を現わしたものである。東風は20km付近で滅び去りつつある。正の気温偏差と沈降は赤道で20~30kmの層をしめ、負の偏差と上昇は亜熱帯で起つている。西風領域の特徴は緯度15度付近で最も強くなつている赤道方向への弱い流れ、またこの流れは極大西風の起る少し前にピークに達し、偏東風は極の方への流れを伴なつている特徴がある。4分の1サイクルの間隔でそれぞれの様子を図に示した。

### オゾン

前に述べたが、計算の副産物として得られたオゾンの行動については図に示さなかつた。30km以下の2つの場では位相が密接に対応しているので、この解析から低い方の高度では気温偏差はオゾン偏差で代表して用いられることがはつきりした。これらの高度では暖い温度と標準以上のオゾン濃度が同時に起つている。冷い温度と標準以下のオゾンも同様である。さらに高層におけるオゾンと気温との関係はさらに薄らぎ、光化学的なパラメーターの臨界的な条件によつている。

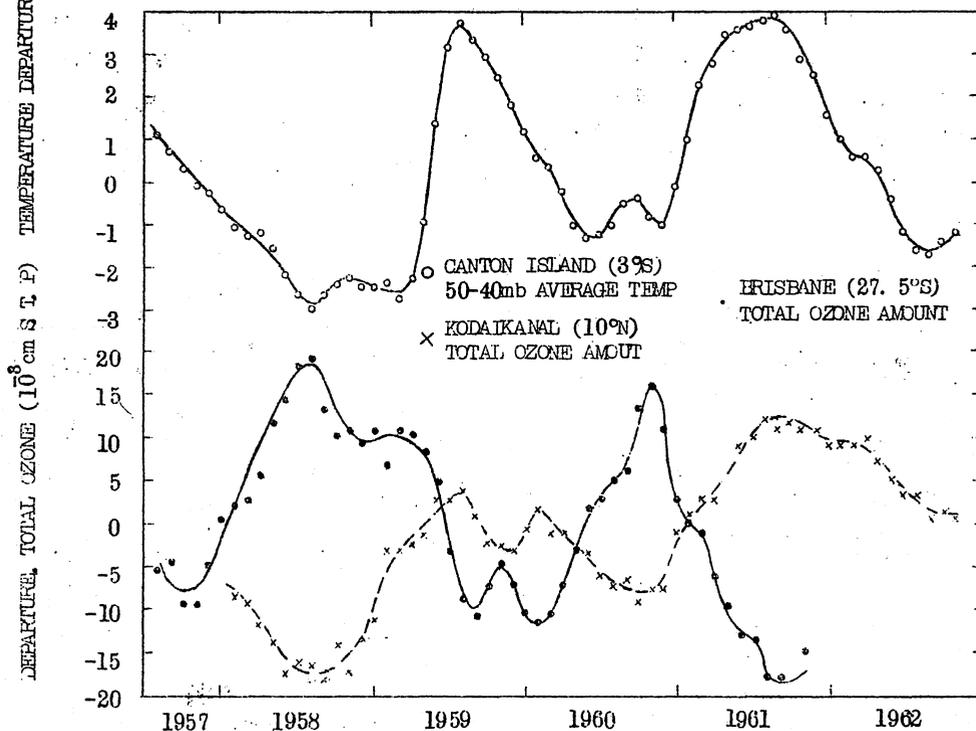
オゾンの行道についてのこれらの影響を確かめるに必要な貴重な資料、たとえば、特種な高度における正確なオゾン濃度測定の長い期間の資料がないかぎりには確かめられない。しかし垂直気柱のオゾン総量の測定、またオゾン総量と特殊な量との関係について適当な仮定から、オゾンは規則的な方法で変動していることがはつきりしてきた。FunkとGarnkam [18]はオーストラリアのBrisbaneとAspendaleの資料からオゾン総量に2年毎の変動があることに注目した最初の人である。Ramanathan [19]はインドのKodaikanalのオゾン総量にも2年変化があるがオーストラリアの場合と位相が逆になつていることをみつけた。第10図はこの逆位相の関係を画いたものである。下段の2つの曲線はRangarajan [20]によるKodaikanal (10N)とBrisbane (27.5S)における月々のオゾン量の長期間平均からの偏差を平滑化した変化曲線である。これによると比較できる4年間については、2つの観測所では前述のモデルから推量されるように逆の変化をしている。第10図の上段は熱帯観測所の典型的なCanton島における50-40m層の月平均気温を前と同様にその長期間平均からの偏差をとり平滑化した変化曲線である。この曲線とBrisbaneのオゾンの曲線とがきれいに逆の関係になつていることに注目されたい。

このようにして赤道の約21kmの層の気温が暖かいときにはオゾン量は赤道の近くで標準より多く、また亜熱帯では前述の議論述べたように気温は低くオゾン量も標準より少なくなつていることが見られる。これらの関係は前の図にモデル的に示した理論的結果と全く一致している。

### 3. 30km以上の赤道域

26カ月サイクルの下方への伝ばん、またこの源が50km付近のオゾン層の一部の強い加熱によるのではないかとの提案から、普通の気球観測の高度以上におけるこの種の振動の様子は特に

第10図 Kodaikanal と Brisbane における全オゾン量および  
カントン島における50-40mbの気温の変化



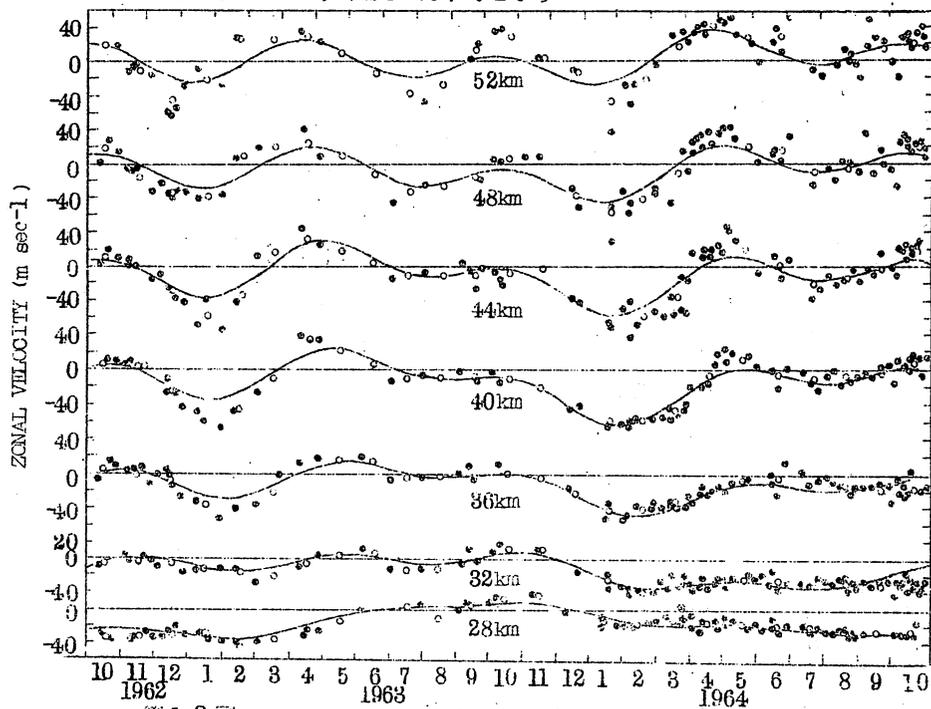
興味がある。幸に2年間のロケットによる探測が最近Ascension島(8S)で行なわれた。この資料により30kmから50kmの層の振動の様態を外観することができる[45]。まづ最初にこの貴重な探測資料の結果をここにのべよう。

第11図は1962年10月から1964年10月までのすべての探測から得られた帯状風の4km間隔の値をプロットしたものである。28kmでは26カ月のサイクルは現象として非常につきりしている。東風は2年間の記録の初めと終りにあり偏西風の期間は中央にある。30km以上では2年週期の存在をサイクルとしてみつけることは困難である。32kmと40kmの間では年変化が恐らく最も顕著であり、また40km以上では顕著な6か月サイクルが現われている。

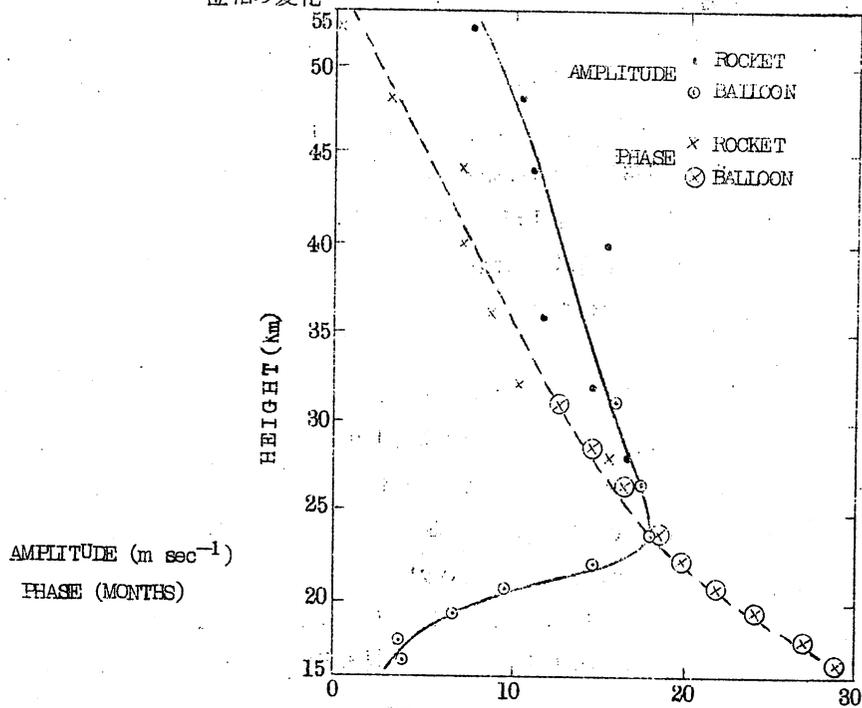
このように上方に26か月サイクルを探すには調和解析に頼らざるをえない。月平均の風に基づく調和解析の結果を第12図に示した。この図で垂直方向には高度をkmで、水平方向には振幅(m/sec)と位相(月)をとつてある。また実線は高度による振幅の変化を、上の方の部分はロケットにより、下の方の部分は定時の気球観測によるものを示した。この振幅はトロポポーズから上方25kmまで急激に増加しており、これより上層ではゆるやかに減少している。特に運動エネルギー密度を考えるならば、この図は26か月サイクルが高い高度の根源をほとんど支持し

第11図 Ascension Island(8S)における帯状流の変化

黒丸は個人の観測, 白丸は月平均を示す



第12図 Ascension Islandにおける2年周期の高さによる振幅および位相の変化



ないことのように思われる。点線は高度による位相の変化を示した。この曲線から下方への伝ばんは30 Km以上では1カ月に約2 Km、この高度以下では前に述べた1カ月に1 Kmに減少していることがわかる。

#### 4. 亜熱帯及び対流圏における様相

対流圏や高緯度においてこの振動を追跡する努力[21~29]はこれらの地域では振幅が非常に小さくなり、また気象要素の変動度(分散)が一般に非常に大きいために追跡が妨げられている。それでわれわれは弱い信号とはげしい雑音の間に変動を見つける問題に直面している。これが行なえるためには、勿論充分に長い系列の資料がなければならぬ。Landsberg[21]はこの種の長い期間の種々様々な変動の測定——地上気温、降水量、年輪、沈積物(季節によつて変る)や、湖水の水位などを含めて——を総括した。この結果では世界的に26カ月週期の存在が誰でも考える疑わしさ以上にはつきりしているように思われる。これらの現象の一部をさらに吟味することに興味ある方はLandsbergの論文を見られたい。

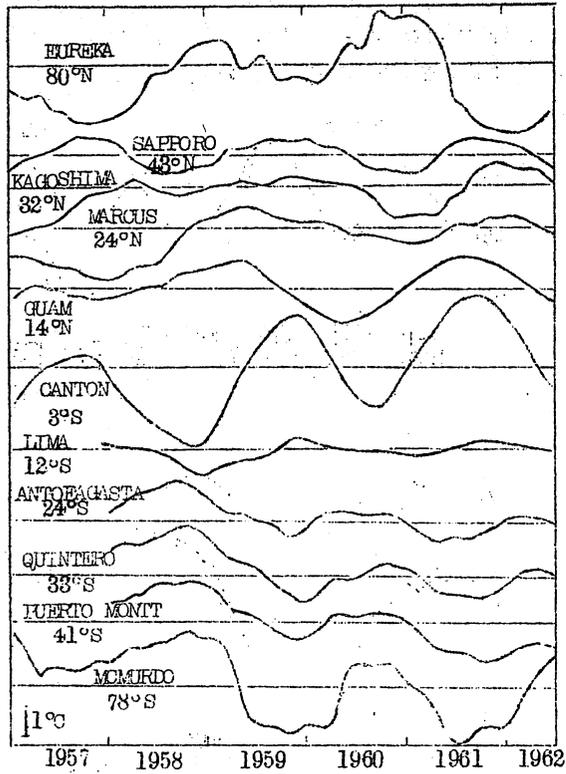
ごく最近Landsbergその他[23]はノルウェーから南アフリカまたカナダからCape Hornの二つの子午線にそう遠くはなれている地点の地上気温の資料を吟味し、スペクトル解析から2年より少し長い有意な週期性を検出している。これらの調査において重要な知見は、(1)高緯度の地点では熱帯域のより位相がずれていること。(2)北半球の温帯域においては26カ月振動の振幅は冬の期間にピークが起つた時に最も大きくなつていた。

統計的な立場からは、最近の文献に現われている亜熱帯の成層圏についての気温や帯状風の資料について短週期(通常4~8年)解析の多くの結果[22, 24~26, 28, 29]を無批判に受入れることは危険であるように思われる。しかし南半球における結果からは少なくとも亜熱帯におけるこの振動の模図を作ることに興味をもたれる。次に示す第13図の一連の曲線は観測されたいくつかの関係を示すものである。これはAngellとKorshover[28]によるもので各地点における月平均50 mb、気温の12カ月移動平均した曲線である。南半球では中緯度と高緯度に疑似2年週期(Quasi-biennial cycle)がはつきり存在し、Canton島の気温変化とは逆の変化を示している。McMurdoは最も南の地点であり熱帯以外の中では最も大きな変動をしている。北半球の変化曲線については比較的混乱している、しかしある種の規則的な変動の様相に注目すると全体として強くおさえつけられている。

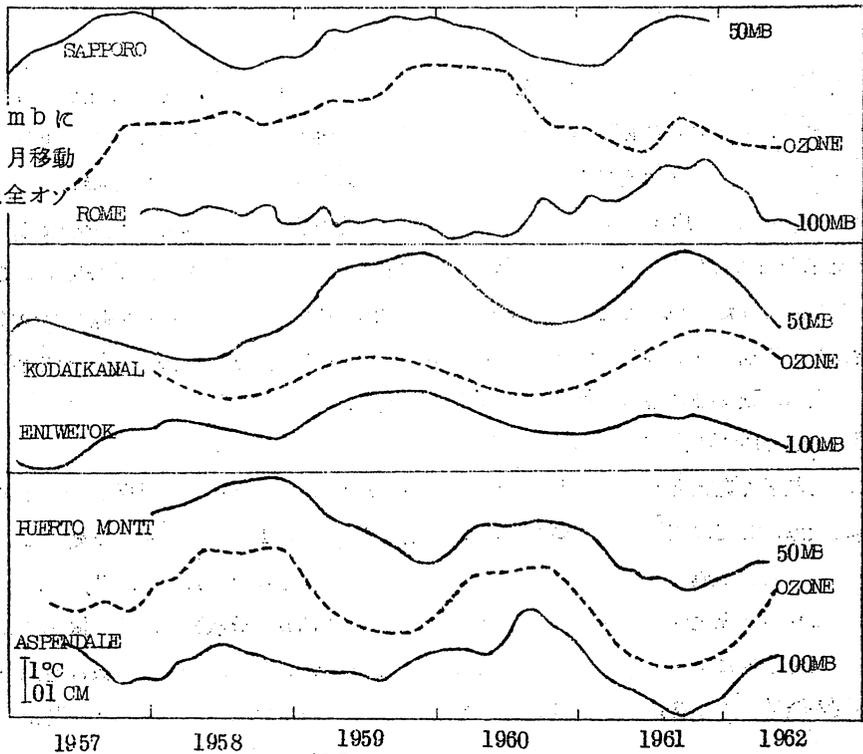
2番目に興味ある図は、これもAngellとKorshover[28]によるものであるが、第14図に見られる。これは気柱のオゾン総量の12カ月移動平均と50 mbと100 mb気温の同様な移動平均曲線を比較したものである。ここでオーストラリアのAspendaleのオゾン変化とAspendaleとチリーのPuerto Monttの気温はよく対応していることに注意されたい。一方上段わく内の北半球における対応地点間の薄弱な関係にも注意されたい。

第15図はSparrowとUnthank[29]によるもので、オーストラリアの地点における気柱のオゾン総量とニュージーランドのChristchurch(43.5 S)における各高度の帯状

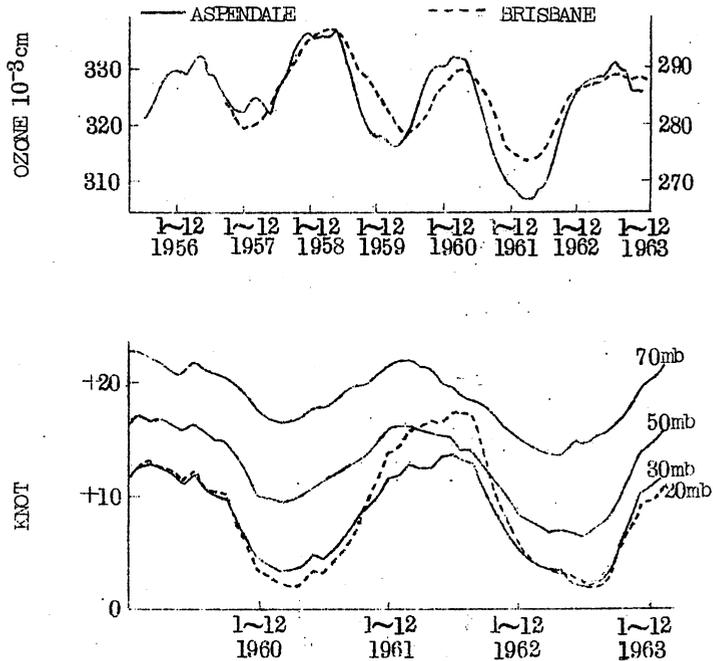
第13図 世界各地に  
おける50mb気温  
の12ヶ月移動平均



第14図 50mbに  
おける12カ月移動  
平均の気温と全オゾ  
ン量



第15図 上図は全オゾン量の12カ月移動平均  
下図は帯状流の12カ月移動平均



風とのそれぞれの12カ月移動平均したものを示した。疑似2年週期の存在が両方の曲線によく現われている。さらに西風の週期はオゾン量極少の期間と一致しているように思われる。

総括として、オゾン総量と50mb気温が赤道域で標準以上なつている時(このような状態は西風のコアが約30mbにあるとき)南半球の亜熱帯の緯度ではオゾン量少なく、温度が低くまた割合西風になつている。北半球の場合の描写は資料における大きな雑音によつて週期がかくされてしまうためか、または両半球の変動の様相が実際に違うためか不明瞭になつている。高緯度における描写を明らかにすることは明らかに重要であり、また過去の資料の注意深い吟味と新しい資料の根気強い蓄積とを要するが面白い仕事である。

##### 5. 理論的な結果

最近数多く発表されている理論的成果や考察の十分なレビューには時間的余裕がない。理論的な貢献としては主として三つの論題が取扱われている。1) 運動量の平衡、この起りは赤道において西風の運動量の出現により特殊な困難性が引起されてきた[1, 3, 4, 11]。

2) これらの発生機構に関係しない赤道における長週期波の分散特性, 3) 振動の原因。

運動量平衡については最近Tucker [36]により論じられている。彼は運動量の水平渦動流量の発散による週期的変動が帯状風の振動に対して主要な原因となることを見出した。しかし

最も長い期間をもつ熱帯の観測点からの風の資料をパワースペクトル解析を用いて解析した Reed [ 46 ] によると渦動流量により 26 カ月週期の現象を納得させることはできない。Tucker と Reed の結果の喰違ひ理由はまだわからない、しかし現段階では運動量平衡の問題に関してはまだ解かれていないと見る方が適切と思われる。

赤道成層圏における波の伝ばんについての研究は Lindzen [ 37 ] により行なわれた。この研究は長週期振動に放射及び光化学的過程の重要性を論証し、これらの影響がこの種の力学的処理にどのように取入れられたらよいかを示したこと、さらに多くの理由から重要である。このことに興味ある読者は Lindzen [ 37 ] を参照されたい。

著者にはこの振動の根源について興味とあせりの疑問が最後まで残った。この理論を提案するのに三つのカテゴリーが生じた。1) 何らかの地球外の影響により直接動かされると仮定する外部理論。2) 大気内の幾つかの自然週期 (natural cycle) の考えに基づく内部理論、例えば Hide [ 47, 48 ] や Fultz 等 [ 49 ] の廻転モデル実験における Vacillation 現象に類似なもの。3) 一年の加熱週期のような [ 33, 35 ], 幾つかのより短い週期を起させる機構による低調波応答 (subharmonic response) を仮定する内部理論。

これらの種々な仮説の中で地球外の起源が最も注目されていた。Staley [ 33 ] は太陽の紫外線放射における 26 カ月変化の可能性を考察した。このよう変化が存在し適当な大きさがあるならば観測される程度の振幅の気温変化を作り出せるだろう。この気温波は帯状風の変動が温度風の式に対応しながら拡散を誘引して下方に伝ばんされるであろう。Staley は彼の理論を確認するために Shapiro と Ward [ 38 ] がみつけた太陽黒点数のスペクトルに約 25 カ月の小さなピークのあることに注目した。彼はまた木星の赤道の成層圏における帯状風の変動に 2 年週期があるらしく、これが太陽に起因すると考えられること [ 41, 43 ] に注目した。

他の研究者達が太陽に原因を求める証拠としてどのように考えていたか。Stacey と Westcott [ 39 ] は赤道域の地磁気の場合に疑似 2 年週期の可能性を述べ、また Hope [ 40 ] はロシアの研究者 Kalinin が 7 つの地磁気要素に 2 年より少し長い週期を見つけたこと指摘している。ごく最近 Westcott [ 42 ] は喰ひの技術 (beat technique) を用いて Shapiro と Ward により見つけられた太陽黒点の週期を 25.7 カ月とした。Newell [ 44 ] は太陽が約 2 年の週期で鼓動する星であることを裏づけるいくつかの事実を示した。Newell [ 34 ] はさらに、この振動の究極の根源がどうであつても成層圏の変動の様態を直ちに制御するのは対流圏であることを根拠として仮定している。

太陽に起因するとする理論の困難さは、すべての場合太陽またはそれに関連する要因に 26 カ月変動の事実を最も信頼できるよりどころにしていることである。太陽黒点による仮説は幾人かの著者に指適されているが困難さをかえつて加えることになる、それは太陽の主要な 11 年週期が事実上観測できる影響を持つてないのに、単に知覚され得る恐らく疑似の 26 カ月黒点週期が大気全般に主要な振動を起すことができることになる。

## 6. 最後のまとめ

概要として、気温と帯状風の26カ月振動の様相は熱帯成層圏の100mbと10mb間については現在よくわかってきている。そして子午線方向及び垂直方向の風の成分またオゾン濃度の変動する様相の臨界値の算定を行なっている。しかし今後の調査はこれらのことが完全に容認される前に必要である。それはオゾンの場合には理論的結果を支持するように見えるオゾン総量のいくつかの測定はあるがさらに特殊な高度におけるオゾン濃度が特に必要である。

Ascension島の最近のロケット観測のおかげで30Km以上の風の動行を概観できた。明らかに他の地域についてもより長い記録と探測資料は30Kmと50Km間の層における十分な変動様相を知るよりも先に必要とされる。この振動が世界的規模であることは疑う余地なく確められているように思う。しかし亜熱帯の緯度における特徴は、少くとも北半球についてはぼやけている。首尾一環した描写は南半球に対しては資料の短かさによる解釈の困難さにかまわず研究の結果分かってくるように思われる。

結局この振動の根源にはまだまだ不可解なことがある。さらにこの振動の発生の知識を深めるには 1) 太陽紫外線放射の起りうる週期的変動を測るための努力をなすべきこと。2) 熱帯成層圏で卓越する変った力学的状態の下で熱帯成層圏と一年の加熱されるサイクルとの応答を決めるために理論的研究を行なうべきこと。26カ月振動の原因についての組織的なほう大な研究はみわく的な大気的神秘性に解答を与えるかも知れないばかりでなく気象及びSpace researchの他の分野に思いがけない利益をもたらすに違いない。

謝辞 略

( 小 埜 磐 雄 )

文 献

Tropical Stratosphere

1. Reed, R. J., 1960: The circulation of the stratosphere. Paper presented at 40th Anniversary Meeting of the American Meteorological Society, Boston, January 1960. 12 pp
2. Ebdon, R. A., 1960: Notes on the wind flow at 50mb in tropical and sub-tropical regions in January 1957 and January 1958. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 86, 540-543.
3. —, and R. G. Verryard, 1961: Fluctuations in equatorial stratospheric winds. *Nature*, 189, 791-793.
4. Reed, R. J., W. J. Campbell, L. A. Rasmussen and D. G. Rogers, 1961: Evidence of a downward-propagating annual wind reversal in the equatorial stratosphere. *J. Geophys. Res.*, 66, 813-818.
5. Verryard, R. G., and R. A. Ebdon, 1961: Fluctuations in tropical stratospheric winds. *Meteor. Mag.*, 90, 125-143.
6. McCreary, F. E., Jr., 1961: Variations of the zonal winds in the equatorial stratosphere. JTFMC TP-20, Jr., Joint Task Force Seven Meteorological Center, University of Hawaii, Honolulu.
7. Ebdon, R. A., 1961: Some notes on the stratospheric winds at Canton Island and Christmas Island. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 87, 322-331.
8. Verryard, R. G., 1961: Fluctuations in stratospheric winds over Australia. *Meteor. Mag.*, 90, 295-296.
9. Farkas, E., 1962: Stratospheric wind reversals over Nandi, Fiji. *Meteor. Mag.*, 91, 66-68.
10. Reed, R. J., 1962: Wind and temperature oscillations in the tropical stratosphere. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 43, 105-109.
11. —, and D. G. Rogers, 1962: The circulation of the tropical stratosphere during the years 1954-1960. *J. Atmos. Sci.*, 19, 127-135.
12. Farkas, E., 1962: Stratospheric wind reversals over the equatorial and tropical southwest Pacific. Tech. Note No. 149, New Zealand Meteorological Service, Wellington.
13. Ebdon, R. A., 1962: Fluctuations in stratospheric winds over Ascension Island. *Meteor. Mag.*, 91, 261-266.
14. —, 1963: The tropical stratospheric wind fluctuation. *Weather*, 18, 2-7.
15. R. Robert-Jones, J. R., 1964: An analysis of the fluctuations in the tropical stratospheric wind. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 90, 15-26.
16. Dartt, D. G., and A. D. Belmont, 1964: Periodic features of the 50-millibar zonal winds in the tropics. *J. Geophys. Res.*, 69, 2887-2893.

17. U. S. Navy Weather Research Facility, 1964: A climatology of wind and temperatures in the tropical stratosphere between 100 mb and 10 mb NWRP 26-0564-092, Norfolk, Va., 56pp.

#### Ozone

18. Funk, J. F., and G. I. Carnham, 1962: Australian ozone observations and a suggested 24-month cycle. *Tellus*, 14, 378-382.
19. Ramarathan, K. R., 1963: Bi-annual variation of atmospheric ozone over the tropics. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 89, 540-542.
20. Rangarajan, S., 1964: Variations in ozone associated with the oscillations of equatorial stratospheric wind. *Nature*, 201, 178.

#### Extratropical (and Tropical) Regions

21. Landsberg, H. E., 1962: Biennial pulses in the atmosphere. *Beitr. Phys. Atmos.*, 35, 184-194.
22. Angell, J. K. and J. Korshover, 1962: The biennial wind and temperature oscillations of the equatorial stratosphere and their possible extension to higher latitudes. *Mon. Wea. Rev.*, 90, 127-132.
23. Landsberg, H. E., J. M. Mitchell, Jr., H. L. Crutcher and F. T. Quinlan, 1963: Surface signs of the biennial atmospheric pulse. *Mon. Wea. Rev.*, 91, 549-556.
24. Angell, J. K., and J. Korshover, 1963: Harmonic analysis of the biennial zonal-wind and temperature regimes. *Mon. Wea. Rev.*, 91, 537-548.
25. Rofe, B., 1963: Australian sounding rocket experiments. Technical Note SAD 127, Department of Supply, Salisbury, Australia, 18pp.
26. Laly, J. E., J. G. Sparrow and F. L. Unthank, 1964: Wind studies to 120,000 ft over Australia. *J. Atmos. Sci.*, 21, 249-259.
27. Shapiro, R., 1964: A mid-latitude biennial oscillation in the variance of the surface-pressure distribution. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 90, 328-331.
28. Angell, J. K., and J. Korshover, 1964: Quasi-biennial variations in temperature, total ozone, and tropopause height. *J. Atmos. Sci.*, 21, 479-492.
29. Sparrow, J. G., and E. L. Unthank, 1964: Biennial stratospheric oscillations in the Southern Hemisphere. *J. Atmos. Sci.*, 21, 592-596.

#### Cause, Theory, Dynamics

30. Reed, R. J., 1962: Evidence of geostrophic motion in the equatorial stratosphere. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 88, 324-327.
31. Veryard, R. G., and R. A. Ebdon, 1963: The 26-month tropical stratospheric wind oscillation and possible causes. *Meteor. Abhandl.*, 36, 225-244.

32. Reed, R. J., 1963: On the cause of the 26-month periodicity in the equatorial stratospheric winds. *Meteor. Abhandl.*, **36**, 245-257.
33. Staley, D. O., 1963: A partial theory of the 26-month oscillation of the zonal wind in the equatorial stratosphere. *J. Atmos. Sci.*, **20**, 506-515.
34. Newell, R. E., 1964: A note on the 26-month oscillation. *J. Atmos. Sci.*, **21**, 320-321.
35. Reed, R. J., 1964: A tentative model of the 26-month oscillation in tropical latitudes. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, **90**, 441-466.
36. Tucker, G. B., 1964: Zonal winds over the equator. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, **90**, 405-423.
37. Lindzen, R. S., 1964: Radiative and photochemical processes in strato- and mesospheric dynamics. Ph.D. thesis, Harvard University.
- Solar, Geomagnetic, Astronomical Effects
38. Shapiro, R., and F. Ward, 1962: A neglected cycle in sunspot numbers? *J. Atmos. Sci.*, **19**, 506-508.
39. Staeey, F. D., and P. Westcott, 1962: Possibility of a 26- or 27-month periodicity in the equatorial geomagnetic field and its correlation with stratospheric winds. *Nature*, **196**, 730-732.
40. Hope, E. R., 1963: Geomagnetic analog of 26-month meteorological and sunspot cycle. *J. Atmos. Sci.*, **20**, 342-343.
41. Owen, T. C., and D. O. Staley, 1963: A possible Jovian analogy to the terrestrial equatorial stratospheric wind reversal. *J. Atmos. Sci.*, **20**, 347-350.
42. Westcott, P., 1964: The 25- or 26-month periodic tendency in sunspots. *J. Atmos. Sci.*, **21**, 572-573.
43. Nishida, M., and J. Jugaaku, 1964: The stratospheric rotation of Jupiter in November 1963. *J. Atmos. Sci.*, **21**, 568-569.
44. Newell, R. E., 1964: 26-month oscillation in atmospheric properties and the apparent solar diameter. *Nature*, **204**, 278.

#### Other Factors

45. Meteorological Rocket Network Committee, 1962-1964: Data report of the Meteorological Rocket Network firings, volumes 14-37. IRIG Document 109-62. U.S. Army Electronics Research and Development Activity, White Sands Missile Range, New Mexico.
46. Reed, R. J., 1965: The structure and dynamics of the 26-month oscillation. Paper Presented at the International Symposium on the Dynamics of Large-Scale Processes in the Atmosphere, Moscow, June, 1965.

47. Hide, R., 1953: Some experiments on thermal convection in a rotating liquid. Quart. J. R. Meteor. Soc., 79, 161.
48. —, 1958: An experimental study of thermal convection in a rotating liquid. Phil. Trans. Roy. Soc. London (A), 250, 441—478.
49. Fultz, D., R. R. Long, G. V. Owens, W. Behan, R. Kaylor and J. Weil, 1959: Studies of thermal convection in a rotating cylinder with some implications for large-scale atmospheric motions. Meteor. Monogr., vol. 4, no. 21, Boston, Amer. Meteor. Soc., 104pp.

### あ と が き

第4巻第1号の発行が大分おくれましたのでお詫びします。長期予報の問題については、ここ一、二年の気候や大気大循環に関する国際会議等にもみられるように各国とも真剣に取り組んでおりますがそれぞれいばらの道を進んでおります。そしてより基本問題へ、また方法論のフィロソフィーさえ論じられる程です。裏を返せば我々関係者には洋々たる前途がある訳です。今回の編集には幸い最近とみにグロースアップされて来た熱帯成層圏における26カ月週期について特集号とすることが出来ました。ここに紹介者に甚深の謝辞を呈する次第です。

最近の値上りムードは罪のない本誌の発行にも及んでいます。とにかく会費を上げずに皆様の要望を編集に反映させたいと思いますので編集にプラスになる御意見をどしどしお寄せ下さい。なお、遅ればせながら下記に昭和39年度の会計を御報告致しますが今年度の会費未納の方はさつそくお送り下さるようお願いいたします。

### 会 計 報 告

(昭和40年3月31日現在)

収入の部		支出の部	
昭和38年度より繰越金	35,090円	グロスベッター印刷費	93,600円
昭和39年度会費	79,700	事務連絡費	1,570
貯金利子	1,665	発送関係費	3,585
		その他	1,100
		昭和40年度へ繰越金	16,650
計	116,455円	計	116,455円

(次回は早急にブロッキングに関する編集を予定しています)

編集子

