

数値実験による準2年周期振動の研究*

—1994年度日本気象学会賞受賞記念講演—

高橋正明**

1. はじめに

この度は日本気象学会賞をいただき、ありがとうございます。ところで、私の学会賞受賞のテーマは赤道下部成層圏の準2年振動 (Quasi-Biennial Oscillation; QBO) であります。このテーマは不思議な因縁がありまして、私が修士に入ったとき初めて読んだ論文が、つとに有名な1968年の Lindzen-Holton の論文でして、そのときはまったくわかりませんでした。それから20年も同じような所をぐるぐる回っていて、そのような因縁がありまして、なんとなく仏様の手の上の、沙・悟浄みたいに感じます (中島敦, 1968)。まあ、仏様みたいに何もかもわかってしまうより、彼の手の上で、ああでもない・こうでもない、いろいろ考えていた方が幸せとは思いますが。

妙なことを書いてしまいました。本題に戻ります。ところでまた私の癖であります。自分として納得する必要があるわけですので、ここで序説として、こんな処から始めたいと思います。なぜ僕が学会賞を受賞したのだろうか？

それは、まず話が面白いということがあると思います。これまで成層圏 QBO (第1図に観測結果をのせておきます) といえは Holton-Lindzen (1972) の QBO の理論があります。それは赤道の Kelvin 波と Rossby-gravity 波がそれぞれ平均東西風と相互作用をおこして、Kelvin 波は西風運動量を、Rossby-gravity 波は東風運動量をもって、その波が減衰するとき、その運動量を平均東西風に受け渡すということで QB の振動ができると言うのが、彼らの有名な理論です。第2図に QBO メカニズムの概念図を示しておき

ます。+C が Kelvin 波に対応し、-C が Rossby-gravity 波に対応しています。この2つの波の作用により平均東西風が QBO のように振動します (Plumb, 1984)。その当時観測で、Wallace-Kousky (1968) が Kelvin 波を、Yanai-Maruyama (1966) が Rossby-gravity 波を見つけていまして、彼らの理論は問題がないように感じられました。

それから、1975年に Lindzen-Tsay は幾分か Rossby-gravity 波の加速が足りなくて、観測されていない南北モード $n=1$ の西向き赤道重力波が重要であろうと提案していました。

また同様な話は、もう10年も前に山中大学サンが QBO も内部重力波がおこしているのではないかといいましたが、当時の僕は彼の話しを全く信じていなくて、半年振動は上部成層圏にあるから重力波が重要だろうけれども、QBO は下部成層圏だからプラネタリー・スケールの波の方が重要であろうと思っていました。ところが最近の研究では、少なくとも QBO の東風成分は重力波が生成しているようすし、西風の半分くらいは重力波が作っているように感じられます。

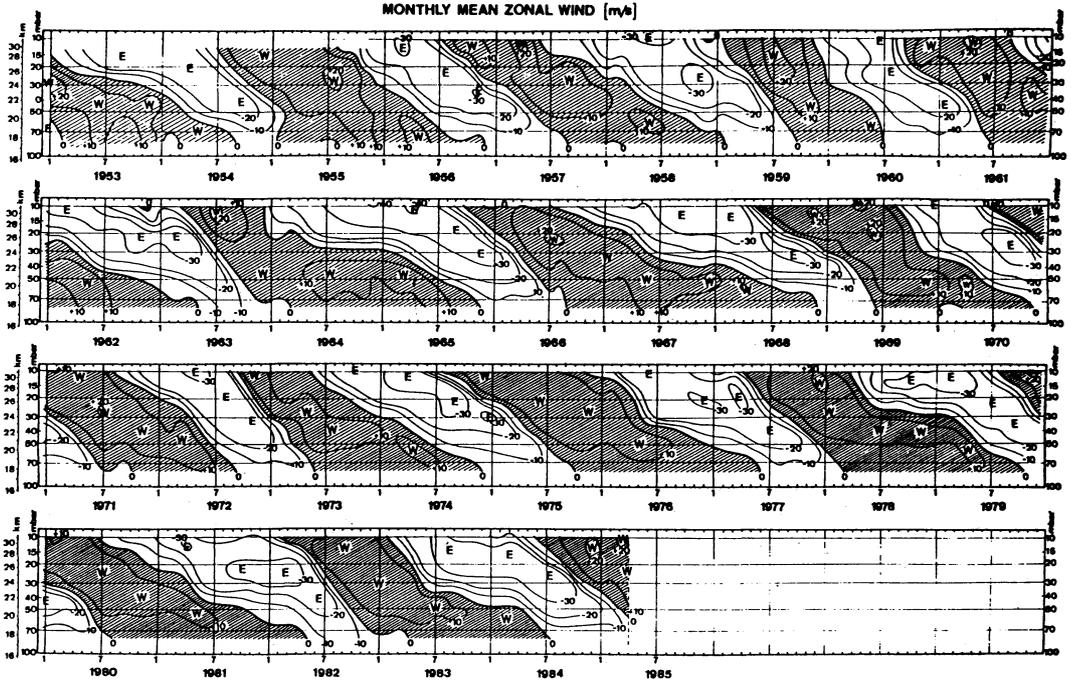
私の仕事は結論的には、内部重力波 (実際にはその総体としての) が QBO に本質的ではないか？ ということ、Holton-Lindzen でおしまいではなくて自然はもっと複雑ですよ、というふうに、話としてこれから非常に面白くなってきました (吉本隆明, 1982)。確かに基本的メカニズムは波と平均流の相互作用という言葉で説明できるでしょうが、むしろ始めの Lindzen-Holton (1968) のアイデア*1に近いようす。

* Studies on the quasi-biennial oscillation using numerical experiments.

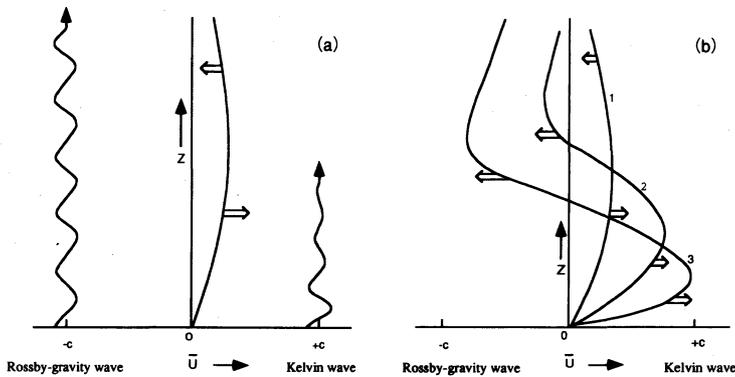
** Masaaki Takahashi, 東京大学気候システム研究センター。

© 1995 日本気象学会

*1 Holton and Lindzen (1972) では上記2つの波の減衰を、Lindzen and Holton (1968) では位相速度の異なる多くの波の critical level での波の吸収を仮定している。



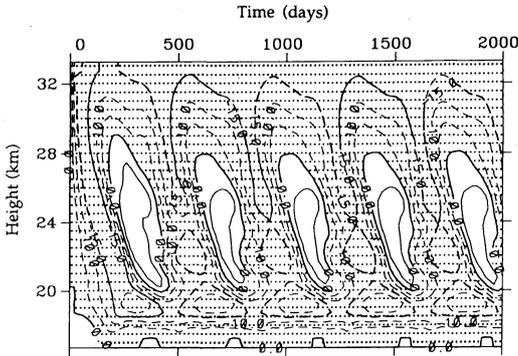
第1図 観測されている赤道下部成層圏の準2年振動 (QBO). 影の部分は西風で等値線は 10 ms^{-1} 間隔 (Naujokat, 1986).



第2図 QBO の生成メカニズムの概念図. 平均東西風が変化していく様子を示している. 波線は波動を表す (Plumb, 1984).

受賞したもう1つの理由として、周りの状況が大きく作用していると思います。私はアメリカでそのような仕事を終えて帰って、水平波長 1000 km 程度の重力波が QBO に重要だと、言いました。そのようなときにうまい具合にたとえば、京都大学のグループで観測の方面から、たとえば津田サンら (Tsuda *et al.*, 1994) がインドネシアのバルーン観測から内部重力波

を観測したところ、その重力波が僕がモデルで使っているものと鉛直波長とか、位相速度がある程度似ています。佐藤サンら (Sato *et al.*, 1994) の仕事では幾分か鉛直波長が長いようですが？ また環境研では衛星のデータから高藪サン (Takayabu, 1994a, b) が、南北モード $n=1$ の波数の大きい (たとえば東西波数 $s=10$ とすると 4000 km くらいの) 赤道西向き重力波



第3図 Kelvin波とn=1西向き赤道重力波によるQBO的な振動。影の部分は東風で等値線は5ms⁻¹間隔 (Takahashi and Holton, 1991).

で周期が2日くらいのもがよく存在していることを示しています。ただし高藪サンの議論は対流圏の話でして、成層圏では西向きがあまり見えません。これは何故かまだよくわかりません。気象研の丸山サン (Maruyama, 1994) はシンガポールのデータから、これまでの Kelvin 波より周期の短い2日くらいの東向きの波の方が Wallace-Kousky 波^{*2}より運動量フラックスが大きいと議論されています。そのような状況がありまして学会賞をもらったのではないかと考えています (関係の絶対性? : 吉本隆明, 1990)。

これから私の仕事を少し具体的に述べるわけですが、僕の今回の学問のスタイルを幾分か述べておきます。

この場合、誰か人の仕事と比較するのが適当だと思いますので、ここでは私の恩師である瓜生先生の仕事と比較したいと思います。なぜなら先生の仕事も波と平均流の相互作用と言う仕事だからです。それが一番きれいな形としてあらわれています。式で表せば以下のようになります (Uryu, 1974)。

$$\frac{\partial E}{\partial T} + C_g \frac{\partial E}{\partial Z} = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial T} + \frac{C_g \partial E}{C \partial Z} = 0$$

$$U = \frac{E}{C}$$

Eは波のエネルギー、Cは位相速度、C_gは鉛直群速度、Uは平均東西風です。波の運動量が平均流に等し

いと言う簡単で、美しい関係式であります。僕もこのような仕事にあこがれていますが、こんな式をだしてみたいなあと思っていますが、残念ながら、不肖の弟子でありまして、まだこんな式はだせません。

私の仕事はこれとはかなり異なっていて、あまり明確な答えにもなっていませんし、なんとなく霧としています。どうも人文系のセンスが私には強すぎるようです。物事の理解が段々複雑なものを理解しないといけない現状にあっているのかもしれない。と云うことで私の仕事の内容を若干述べます。(話しの前半は気象研究ノート (1992) に詳しく書いていますので、そちらをご覧ください。)

私の仕事は、2つの部分に分かれると思います。前半はアメリカでした仕事で、後半は現在所属していません気候センターでの仕事です。

はじめ私自身、アメリカにわざわざ行かなくても日本でいい仕事は可能であると思っていました。ただ力学・モデルの仕事に限界を幾分感じていました。これからはGCM (大気循環モデル) をやらないといけないうちはと思っていました。そのような時、瓜生先生から、高橋君、君も外国に1度行ってみた方がいいよといわれまして、いった方がいいかなと思いました。何でいくか? と考えまして、GCMでQBOが再現されていなかったのも、GCMの勉強も兼ねて、それをやって見ようと思ひまして、Holton氏に手紙を書いたのですが、半年くらいして、Holton氏から金が出てきたのでその仕事をやってみたらということでアメリカに行く羽目になってしまいました (高橋, 1991)。

2. アメリカでの仕事

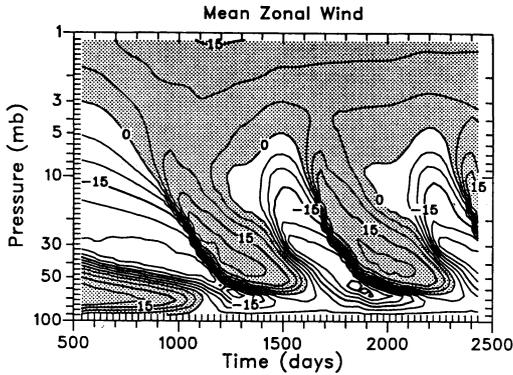
2.1 n=1西向き重力波の役割

最初の3か月はアメリカになれることで汲々としていました。シアトルのHoltonのところへ、日本でした仕事のつづきをやっていました (Takahashi and Holton, 1991)。この仕事はn=1の西向き赤道重力波とKelvin波でQBO的な振動が生成されるという仕事です。第3図に結果を示します。時間的な余裕がなかったために、きちんとした周期まではだしていません。

2.2 3次元力学モデルによるQBOの再現

次にNCARのBovilleのところへ、先ずGCMになれるところから初めて、水平分解能T31 (平均格子点間隔400km)、下部成層圏で鉛直分解能1km程度のGCMを動かして、赤道波の解析をやってみました。

*2 東西波数が1-2、周期15日位のKelvin波を意味します。



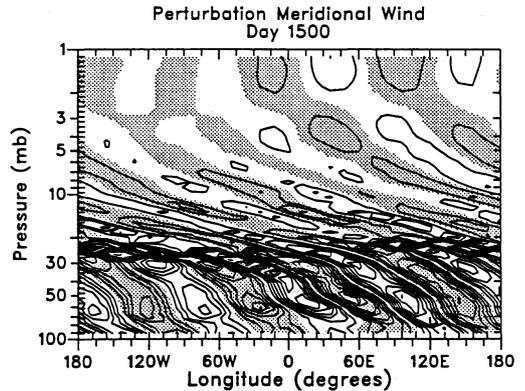
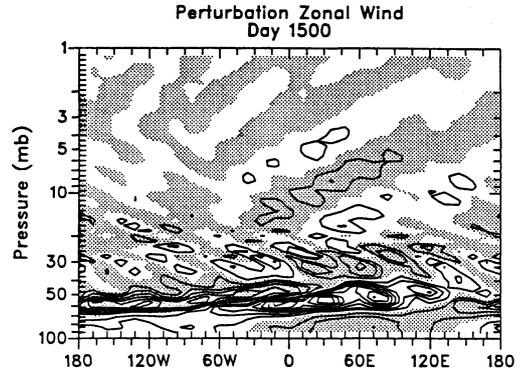
第4図 3次元力学モデルにおける QBO. 影の部分は西風で等値線は 5 ms^{-1} 間隔 (Takahashi and Boville, 1992).

100日ほどモデルを走らせて、赤道波を調べて見ますと、Kelvin 波は 10 ms^{-1} 程度の振幅の Wallace-Kousky 波がありまして、Kelvin 波の西風加速については十分のような感じですが、Rossby-gravity 波の振幅は 1 ms^{-1} 程度しかありません。これまでの自分の2次元モデル (Takahashi, 1987) では 10 ms^{-1} くらい必要ですので、これは困ったと感じていました。GCM で QBO が再現されそうもありません (cf. Boville and Randel, 1992)。

アメリカ滞在も半年以上たっていました。これまで3次元の力学モデルでも、QBO が再現されていないので、まずはこれから始めるべきだということで、3次元の力学モデルで QBO をだした結果が第4図です。この QBO の特徴は実際の QBO とある程度似ています。詳しく比較して見ますと、いろいろな違いはありますが、3次元の力学モデルで QBO を初めて再現したと言う事で、許してもらえらると思います。これで何とかアメリカで仕事をしたと安心して、そのモデルの中の波の振舞を調べました。詳しい解析の結果は興味があれば原論文 (Takahashi and Boville, 1992) を読んでいただければいいので、ここでは次の話にとって重要な結論のみを述べます。

第5図の上図を見てください。Kelvin 波の、1500日の赤道上、東西-鉛直構造を示したものです。東西風の振幅が $15 \sim 20 \text{ ms}^{-1}$ 程度とかなり大きな値になっています。観測の Wallace-Kousky 波は 8 ms^{-1} 程度です。

もっとおかしいところは、3次元力学モデルでも Rossby-gravity 波の振幅が、観測の値に比べもの凄く大きいと言う事です (第5図の下図参照)。ほとんど観

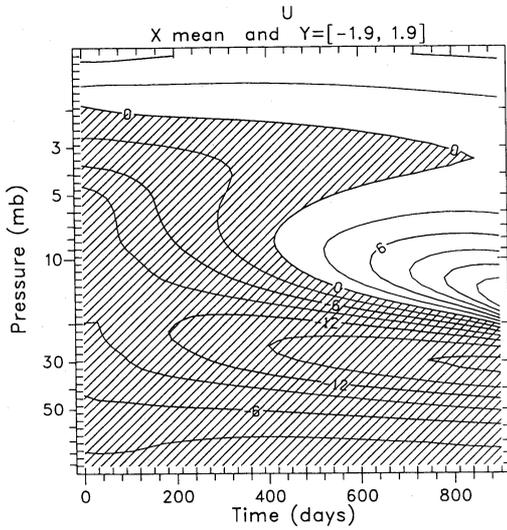


第5図 3次元力学モデルでの赤道上の東西風と南北風。時間は1500日でスナップ・ショット、東西平均は引いてある。影の部分は西風(南風)で等値線は 2.5 ms^{-1} 間隔 (Takahashi and Boville, 1992)。

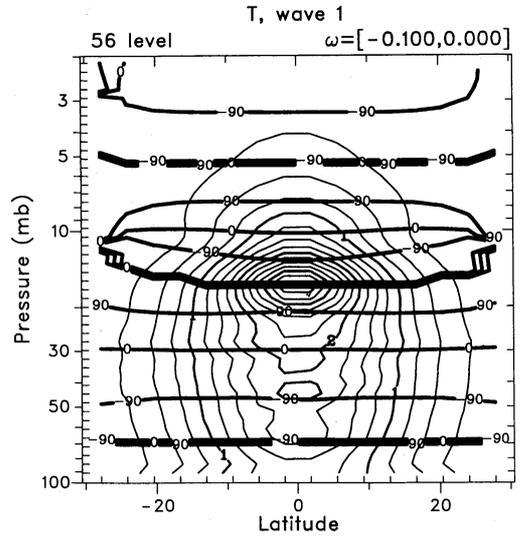
測値の5倍以上、振幅の2乗(平均流を作る時はこれが重要になります)ですと25倍以上と言う事は、Rossby-gravity 波はほとんど QBO に重要でなくなるかもしれないと言えます。Kelvin 波については半分くらいの寄与のようです。これまで $n=1$ の西向き赤道重力波が補足的な役割をはたしている Lindzen がいつていましたが、この結果だとむしろ重力波が本質的な働き(東風については確かと思います)をしているのではないかとするような事がわかって来ました。西風運動量については重力波(Kelvin 波?)と Wallace-Kousky 波が半々くらいずつ?これは最近の丸山サンの仕事と矛盾しません。

2.3 感応実験

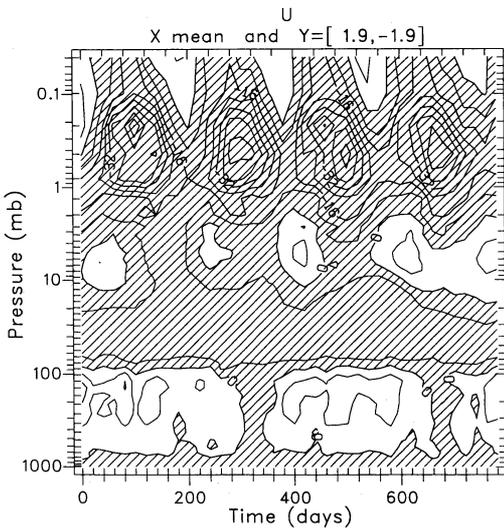
その頃、NCAR-CCM (Community Climate Model) の更新がおこなわれていまして、モデラーは新しい CCM2 はこれまでのもの (CCM1) よりだいぶ良くなったと聞いていました。そこで、たぶん新しい



第6図 半分の振幅強制の場合の平均東西風の時間的変化. 影の部分は東風で等値線は 3 ms^{-1} 間隔.



第7図 半分の振幅強制の場合, Kelvin 波(温度)の振幅と位相の緯度-高度断面図. 細線 (0.25 K 間隔) は振幅で太線は位相.



第8図 NCAR-CCM での赤道上平均東西風の時間変化. 影の部分は東風で等値線は 8 ms^{-1} 間隔.

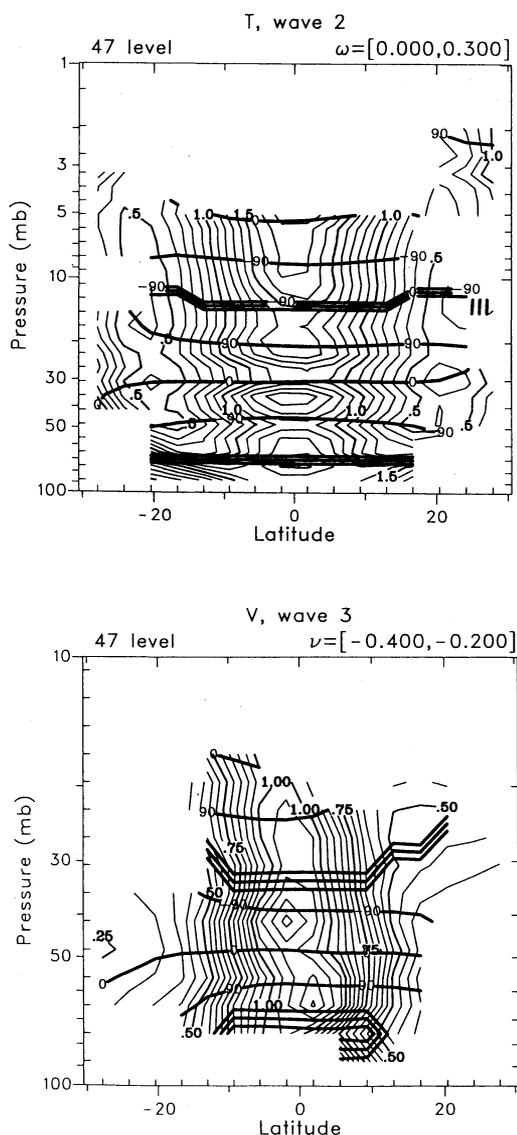
モデルを使えば, QBO が再現できるかもしれないと考えまして, それで次はいよいよ CCM で QBO を再現するんだとモデルのできるのを心まちにしていたのですが, それがなかなか出来ません. アメリカ滞在には限りがあるし1年はすでにたっていて, あと10か月程し

かありませんので, いらいらして待っていました. しかたがないので, 下部境界での波の振幅の大きさを変えたり, 鉛直差分間隔を変えて, 先ほどの3次元力学モデルで遊んでいました. そのなかの大事な結果は振幅を半分にした場合の結果で, 第6図ですが, この場合振動が再現されない, または非常に長い周期の振動しか再現されない事です. 第7図に Kelvin 波の南北-鉛直分布を示します. 波の振幅が重要ですが, Kelvin 波の振幅 (3K) は観測と同じ程度なのに QBO がでない, という結果になります. 実際の Wallace-Kousky 波の振幅では QBO は再現されないのではないか? という結果になりました.

2.4 NCAR-CCM の結果

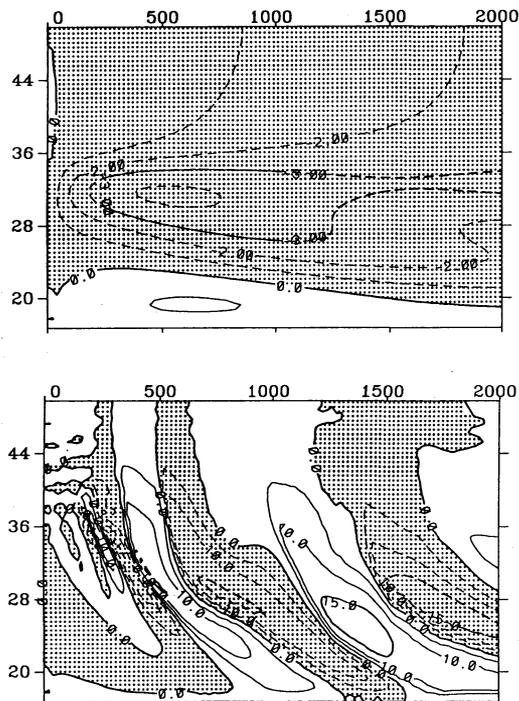
そんな事をしばらくしていましたが, アメリカ滞在中もあと6か月くらいの時にやっと, CCM2 を使ってもよいような状況になりまして, やっと CCM2 で T31L47 (47層) のモデルを動かしました. その結果が第8図です. 残念な事に QBO が再現できませんでした. 新しい対流スキームになったのでうまくいくと思ったのですが.

第8図と先ほどの半分の波の振幅強制の力学モデルの結果(第6図)と中部成層圏(10 hPa 付近)あたりが非常によく似ています. 実際に Kelvin 波の振幅を比較して見ますと(第9図に CCM での波の振幅分布を示す), 同じ程度の振幅になっています. この事から



第9図 NCAR-CCMでのKelvin波(東西波数2の温度, 0.1 K間隔)とRossby-gravity波(東西波数3の南北風, 0.05 ms⁻¹間隔)の振幅-位相分布。

も, Wallace-Kousky波の西風加速が足りないのではないか? と思われます。残念ながらこの部分については論文を投稿しない儘でありまして, 結局 Boville and Randel (1992) とあまり変わらないので, 出ないと思います。パラメータ実験の方は論文を投稿してもいいのですが? 対流スキームを変えてもそんなに成層圏の赤道波は出鱈目には変わらないようです。なぜそ



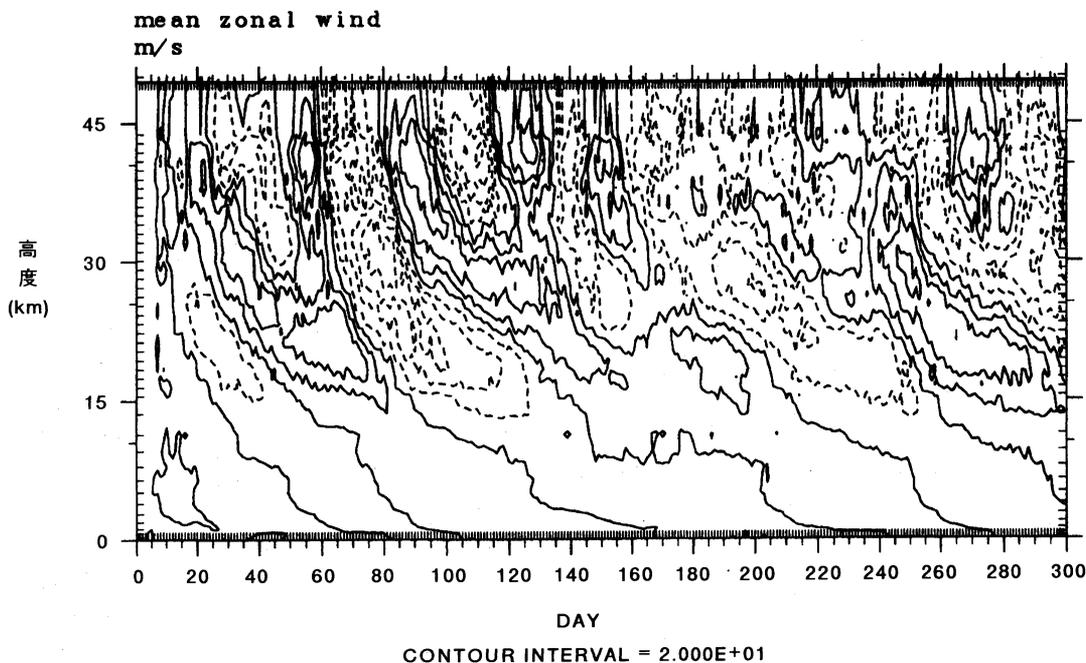
第10図 2次元力学モデルの結果。半分のKelvin波とRossby-gravity波の場合(上図)とそれに弱い重力波を付け加えた場合(下図)。縦軸が高度(km)で横軸が時間(日)。影の部分は東風。上図は1 ms⁻¹, 下図は5 ms⁻¹間隔。

んなに変化しないのか? よくわかりません。対流圏の雨の降りかたがそんなに変化しなければ, 赤道波動もそんなに変わらない? と思われます。

2.5 2次元力学モデルの結果

帰る間際に, 2次元の力学モデルで, 半分のKelvin波, Rossby-gravity波にして, 非常に振幅の弱い重力波(東西風の成分として1 ms⁻¹程度)を加えてQBOの再現実験をして上の予想を幾分か確かめたのが第10図です。面白い事はQBOの定性的な構造がよく似ている事です。与えた重力波の位相速度15 ms⁻¹, 波長1000 kmで, この値は津田サンの見つけておられる重力波とよく似ていて, 日本に帰って驚いたものです。このような結果からも重力波の方が大事のように思われます。ただしここらあたりは最終的には観測から確かめる以外にはないようです。これからどんどんそのような結果がでてくると思います。

ここまでがアメリカでおこなった仕事です。アメリカから帰って, 気候センターに移りました。そこでの



第11図 GCM を2次元に変更したモデルで再現された QBO 的な振動。周期が60日程度と非常に短い。しかも振幅が非常に大きい。実線が西風で破線が東風、 20 ms^{-1} 間隔 (Takahashi, 1993)。

仕事が後半のお話です。

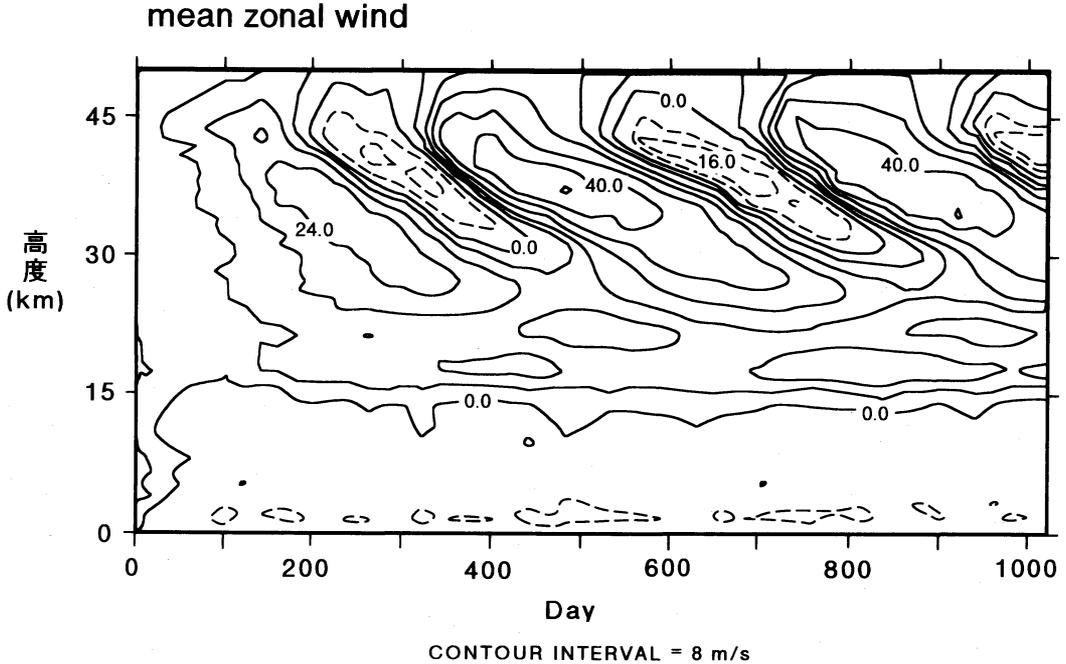
3. 気候センターにて

3.1 東西・鉛直2次元モデル

気候センターでも GCM の仕事をやっています。センターの GCM になれる一番いい方法はそれを使ってみる事だと思ひまして、しかも自分の仕事と関係つけるために、まず GCM を2次元で使ってみようと思ひました。2次元だとすぐに結果もでてきますし、お金もかからない。実際、この結果はワーク・ステーションで出したものです。そこで赤道上的のみを切出して、東西・鉛直の2次元モデルにして、回転も止め、対流と重力波が入るようしてモデルを走らせた結果が第11図です。成層圏に QBO 的な振動が再現できます。ただし振動の周期は非常に短いものになっています。約60日になっています。これを松野先生は Quasi-Bimonthly Oscillation といっています。周期が短い理由は回転がなく、2次元の場合、内部重力波の振幅が非常に大きくなって、その結果として、はやい振動が再現したと考えられます (Takahashi, 1993)。このような早い振動は2次元対流モデルでも再現しています (Held et al., 1993)。

3.2 3次元セクターモデル

さて最後に、最近の仕事の結果を述べて、私の話を終わりたいと思います。それは3次元 GCM の結果です。ただし1/5セクターのみを切り出しています。水平分解能はT106の1/5セクターです。だからグリッド間隔は約100 km くらいなものでしょうか。かなり水平分解能の高いモデルであります。また鉛直には45層、成層圏で約1 km の鉛直分解能になっています。積雲対流のパラメータは湿潤対流調節を使っています。水惑星を下部境界条件として、結果が第12図のようになりました (Takahashi and Shiobara, 1995)。QBO 的な振動が再現できました。このようなモデルで再現されたものは世界で初めてです。しかしながら、実際の QBO とは幾分か異なる結果になっています。まず振動の起こる高度が高い事です。下部成層圏ではなくて、上部成層圏あたりでおきています。また振動の周期が早くなっています。400日程度、一方実際の QBO は800日程度ですので、半分くらいの周期になってしまいました。もう少し周期が長くて、振動が下の方まで降りてきてもいいように思えますが、そうはなっていません。まだこれについてはよくわかりません。結局は波の振幅が下部成層圏で弱い為のようです。いろいろ条



第12図 GCMを3次元で1/5セクターに変更したモデルで再現されたQBO的な振動。周期は400日程度。しかも上部成層圏に振動が現れている。

件を変えて別の実験をやりましたが、(たとえば海面水温を年振動させてみたり、粘性の値を小さくしたりして、) どうもうまく下部成層圏にQBOはできません。現在、波の解析をやっていますが、重力波が重要な役割をはたしています。

謝 辞

こちらあたりで終わりたいと思います。ここで最後になりましたが、すでにおなくなりました、私の恩師である瓜生先生に感謝したいと思います。Lindzen-Holtonの論文は広野先生から読んで見たらといわれた論文です。広野先生に感謝します。また山形先生にはアメリカにいくときreferenceを書いていただいたり、いろいろお世話になっています。私が院生の頃は九大にはじつにユニークな人達がいて、宮原サン、板部サン、大河内サン、長沢サン、和方サン、柴田サン、高野サン、…というような人達がいて、楽しい雰囲気勉強ができました。それぞれの分野で活躍されている彼らにも感謝したいと思います。今となっては実に楽しい思い出です。

その中で瓜生先生には実にいろいろの事を教えて頂きました。ある時は般若心経の話をして、その一

字一句を説明してくれますし、またある時は高橋君、天国にはどんな風が吹いているか知っていますか?とか質問をします。我々は気象の力学をやっていますから地球の風ならまあ理解できますが、天国の風はどうしようもないですから、ぼかっとしていますと、天国には実に気持ちのいい風が吹いているんですよ、と真顔でいわれますので笑うわけにもいかないし、……それからそのうち先生は“天国の気象学”という本を書くよ、といっておられました。またある時はレ・ミゼラブルのパリの下水道の事をとうとうと説明されます。読んだ事はありませんが、こちらはDetailは忘れていまして、彼の教養の広さと深さには驚嘆したものです。そのような話からDetailの重要性を教えてくださいました。またある時はデカルトの話から、君、科学の方法とはねとかいってデカルトの虹の理論の話をしたり、ドストエフスキーの悪霊は嫌いですという、君ねえあれは凄くて、……とじつに楽しい話をしてくれました。その中で彼は学問の楽しさ、学問の自由を述べていたと思います。また先生から学問は真似から始まるのですよと言われ(これはたぶん小林秀雄・モオツアルトのなかの言葉からと思いますが)、それまで創造性なんていう巷の言葉に惑わされていたことがよ

くわかりました。さらに論文を読むことで問題を見つける事も教わりました。そのような言葉が時々でも思い出されます。またODの時、彼は常に希望を語ってくれました。いま何とか研究していただけるのも先生のおかげです。

また気候センターに移ってからは、松野先生や住先生始めいろいろの人達にお世話になっています。もともと気象の力学という狭いところにいたんですが、最近は放射がどうのこうの、海洋がどうのこうのという話を聞いていまして、頭は飽和してアップ・アップしながら“ぼちぼち”やっています。

また後半の話は気候センターのモデルを使った仕事ですが、これについては沼口サン・熊倉サンに大変お世話になりました。彼らの仕事のはやい事、コンピュータの得意な事、凄いなあとと思いつつながら、誰の言葉か忘れましたが、“悠々として急げ”という言葉が好きでして、僕はぼちぼち後ろから仕事をやっています。彼らにも感謝します。笠松さんには図を描いてもらったりしてお世話になりました。またこの5年間はアメリカに行ったり、東京に転勤になったり、僕自身激動の時代なんですが、これについては家内に大変迷惑をかけていて、申し訳なく思っています。さてこちらあたりで終わります。

参 考 文 献

- Boville, B. A. and W. J. Randel, 1992 : Equatorial waves in a stratospheric GCM : Effects of vertical resolution, *J. Atmos. Sci.*, **49**, 785-801.
- Held, I. M., R. S. Hemler and V. Ramaswamy, 1993 : Radiative-convective equilibrium with explicit two-dimensional moist convection, *J. Atmos. Sci.*, **50**, 3909-3927.
- Holton, J. R. and R. S. Lindzen, 1972 : An updated theory for the quasi-biennial cycle of the tropical stratosphere, *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1076-1080.
- 小林秀雄, 1961 : モオツァルト・無常という事, 新潮文庫, 191 pp.
- Lindzen, R. S. and J. R. Holton, 1968 : A theory of the quasi-biennial oscillation, *J. Atmos. Sci.*, **25**, 1095-1107.
- Lindzen, R. S. and C.-Y. Tsay, 1975 : Wave structure of the tropical stratosphere over the Marshall Islands area during 1 April-1 July 1958, *J. Atmos. Sci.*, **32**, 2008-2021.
- Maruyama, T., 1994 : Upward transport of westerly momentum due to disturbances of the equatorial lower stratosphere in the period range about 2 days. -A Singapore data analysis for 1983-1993, *J. Met. Soc. Japan*, **72**, 423-432.
- 中島敦, 1968 : 悟浄嘆異, 角川文庫, 256 pp.
- Naujokat, B., 1986 : An update of the observed quasi-biennial oscillation of the stratospheric winds over the tropics, *J. Atmos. Sci.*, **43**, 1873-1877.
- Plumb, R. A., 1984 : The quasi-biennial oscillation. Dynamics of the middle atmosphere (J. R. Holton and T. Matsuno eds.), Terra Scientific Publishing Company, 215-251.
- Sato, K., F. Hasegawa and I. Hirota, 1994 : Short-period disturbances in the equatorial lower stratosphere, *J. Met. Soc. Japan*, **72**, 859-872.
- Takahashi, M., 1987 : A 2-dimensional numerical model of the quasi-biennial oscillation Part I, *J. Met. Soc. Japan*, **65**, 523-536.
- Takahashi, M., 1993 : A QBO-like oscillation in a two-dimensional model derived from a GCM, *J. Met. Soc. Japan*, **71**, 641-654.
- 高橋正明, 1991 : アメリカ滞在記, *天気*, **38**, 779-780.
- 高橋正明, 1992 : 準2年振動の力学, *気象研究ノート*, **176**, 73-91.
- Takahashi, M. and B. A. Boville, 1992 : A three-dimensional simulation of the equatorial quasi-biennial oscillation, *J. Atmos. Sci.*, **49**, 1020-1035.
- Takahashi, M. and J. R. Holton, 1991 : The mean zonal flow response to Rossby wave and gravity wave forcing in the equatorial lower stratosphere : Relationship to the QBO, *J. Atmos. Sci.*, **48**, 2078-2087.
- Takahashi, M. and M. Shiobara, 1995 : A note on a QBO-like oscillation in the 1/5 sector three-dimensional model derived from a GCM, *J. Met. Soc. Japan*, to appear.
- Takayabu, Y. N., 1994a : Large-scale cloud disturbances associated with equatorial waves. Part I : Spectral features of the cloud disturbances, *J. Met. Soc. Japan*, **72**, 433-449.
- Takayabu, Y. N., 1994b : Large-scale cloud disturbances associated with equatorial waves. Part II : Westward-propagating inertio-gravity waves, *J. Met. Soc. Japan*, **72**, 451-465.
- Tsuda, T., Y. Murayama, H. Wiryosumarto, S. W. B. Harijoro and S. Kato, 1994 : Radiosonde observations of equatorial atmosphere dynamics over Indonesia. 2. Characteristics of gravity waves, *J. Geophys. Res.*, **99**, 10507-10516.
- Uryu, M., 1974 : Mean zonal flows induced by a

- vertically propagating Rossby wave packet, J. Met. Soc. Japan, 52, 481-490.
- Wallace, J. W and V. E. Kousky, 1968 : Observational evidence of Kelvin waves in the tropical stratosphere, J. Atmos. Sci., 25, 900-907.
- Yanai, M. and T. Maruyama, 1966 : Stratospheric wave disturbances propagating over the equatorial Pacific, J. Met. Soc. Japan, 44, 291-294.
- 吉本隆明, 1982 : 共同幻想論, 角川文庫, 332 pp.
- 吉本隆明, 1990 : マチウ書試論, 講談社文芸文庫, 374 pp.

1995年度山本・正野論文賞候補者の推薦募集

記

日本気象学会の山本・正野論文賞は、(旧)山本賞(新人賞)の発展として平成2年度発足し、平成7年度はその6回目に当たります。この賞は前2年間(1993年及び1994年)に発表された気象学に関連する論文の中から、基礎研究・応用技術研究を問わず、新進(原則として35歳未満)の研究者・技術者による優秀な論文を選び顕彰するものです。論文公表の雑誌は国内・国外を問いません。

これまでの受賞者は、平成2年度：向川均(気象大学校)、3年度：佐藤薫(京都大学)、4年度：田中博(筑波大学)、5年度：沼口敦(国立環境研)、牛丸真司(沼津高専)、6年度：中村尚(東京大学)の6氏です。

つきましては、この趣旨に沿う候補者(論文)を選考するために、下記により広く会員からの推薦を募りますので御協力をお願い申し上げます。

1. 推薦期限

平成7年4月7日(金)

2. 宛先

〒100 東京都千代田区大手町1-3-4

気象庁内、日本気象学会

山本・正野論文賞候補者推薦委員会

3. 推薦書記入事項(A4判横書)

- (a) 候補者所属氏名
- (b) 当該論文題目・雑誌名・号数・頁数
- (c) 推薦理由
- (d) 推薦者所属氏名印

日本気象学会 山本・正野論文賞候補者推薦委員会
高橋劭(担当理事)、廣田勇、播磨屋敏生、近藤純正、
時岡達志、駒林誠、中島映至、近藤豊