

最近の赤道成層圏 QBO にみるピナツボ火山爆発の影響*

丸 山 健 人**・小 寺 邦 彦***

1. はじめに

1991年6月15日に、ピナツボ火山(15.2 N, 120.6 E)が今世紀最大規模といわれる大爆発を起こし、大量の噴出物が成層圏に放出された。その多くは低緯度にとどまり、赤道成層圏準二年周期振動(QBO)にも影響を与えている可能性がある。

1963年3月にアグン火山(8 N, 115 E)の爆発後には、下部成層圏で最大5°C程度の気温上昇が報告された(Newell, 1970)。また1953~1962年には平均26か月であったQBOの周期が1963年から1969年にかけて2サイクルにわたり長くなり33か月となった。この2サイクルは前後と比べきわだって長周期であったため、火山爆発の影響が示唆されたこともあった(Angell *et al.*, 1973)。

1982年3~4月のエルチチョン火山(17 N, 93 W)の爆発後にも下部成層圏で顕著な温度上昇が見られたが(Labitzke *et al.*, 1983; Angell and Korshover, 1983; Quiroz, 1983; Fujita, 1985 など), QBOは1976年以後30か月程度のサイクルが続いており、爆発の前後で目立った周期の変動は見られない。

ピナツボ爆発後1年間の経過はどうなっているか、1983年3月から1992年6月までの観測を用いてQBOへの影響を調べてみた。

2. 風・気温場の概要

用いたデータはシンガポール(1.4 N, 104.0 E)の高層気象観測データである。風の東西成分および気温の特異点値から高度0.5 km間隔で月平均値を求めた。

* Influence of the Pinatubo volcanic eruption observed in the up-to-date equatorial stratospheric QBO.

** Taketo Maruyama, 気象研究所予報研究部。

*** Kunihiko Kodera, 気象研究所気候研究部。

—1992年9月16日受領—

—1993年1月18日受理—

第1図はこのようにして求めた風の東西成分と気温の鉛直時間断面である。

(a) 風の東西成分. QBOは1983年から3サイクル経過し、ピナツボ火山爆発時は4サイクル目の東風領域が下降する時期にあたっている。爆発のころ、東風領域の下降が止って翌年4月ころまで20 km付近にとどまっている。しかし、東風の下降がとどまる、あるいは緩やかになる現象は1991~92年だけでなく、前の3サイクルすべてに起こっており、ただちにQBOへの影響と判断することは出来ない。1991~92年の東風は前3サイクルの東風と比べて弱く、30 km付近の西風が早く始まっている。

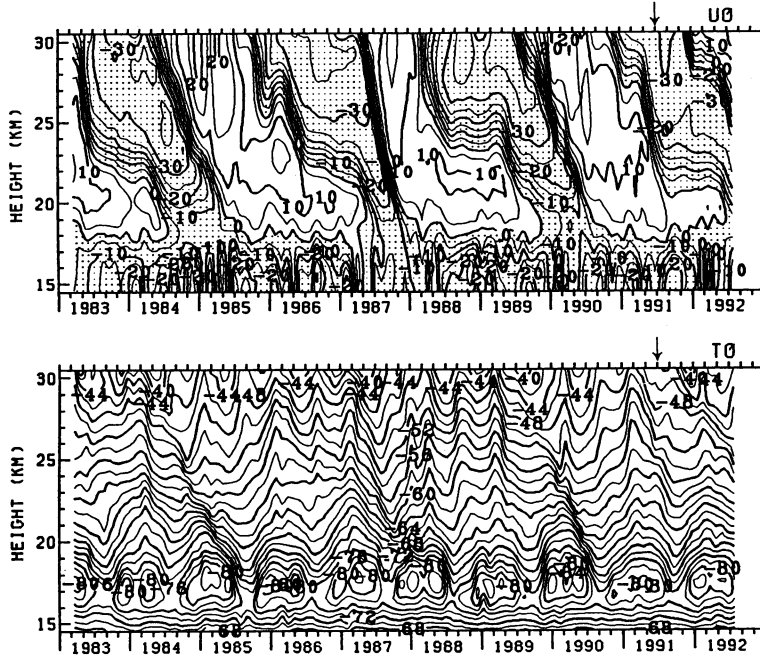
(b) 気温の変動は、北半球冬・春季に低温、夏・秋季に高温という年変化と西風下降時期に升温するというQBO対応の変化が重なり合っている。火山噴出物による升温傾向については、年変化の高温時期と重なるため、この図だけからは判断しにくい。

3. QBO変動への影響

そこで、QBO変動と火山爆発のQBO変動への影響を詳しく見るために、月別累年平均値を差し引き、基本場と年変化成分を除去してみた。また短周期の変動を除去するため時系列にたいし1:2:1の荷重移動平均を施した。さらに風の東西成分の変動が気温変動とどの程度温度風平衡しているかを見るために風の鉛直シアを気層1 kmごとに求めた。第2図はこれらの鉛直時間断面を示したものである。

(a) 風の東西成分は、年変化成分を除去すると、東風下降が緩やかになる現象は顕著でなくなる。東風下降がとどまることは、年変化が重なってこのように見えるものである。前3サイクルでは顕著に現われる20 m.s⁻¹を超える東風が1992年2月まで現われていない。

(b) 気温の変動を見ると、1991年7月ごろを境に全層で升温し、QBOの位相に対応して20~25 kmまで下



第1図 シンガポールにおける(上)風の東西成分($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 陰影は東風)と(下)気温($^{\circ}\text{C}$)の月平均値の鉛直時間断面. 矢印はピナツボ火山爆発.

降して来たマイナス偏差領域は中断され, 前3サイクルの様相と明かに異なる. 1991年12月ごろ, 高度24 km付近で 2°C のプラス偏差が見られるが, この領域は, 前3サイクルの様相から類推すると -2°C 程度のマイナス偏差となるはずのところであり, 昇温は 4°C 程度と見積られる. また1992年4月ごろ, 高度28 km付近には 5°C のプラス偏差が見られる. これは西風下降に伴う昇温であるが, 前3サイクルでも同程度の昇温は見られ, 火山爆発の影響であると即断することは難しい. しかし, まだ東風領域にある成層圏下層でもプラス偏差か, ごく弱いマイナス偏差となっていることは前3サイクルと明らかに異なり, 火山爆発による $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 程度の昇温は1992年6月現在まだ続いていると判断される.

(c) 風の東西成分の鉛直シアーは, 東西方向を一定とし気温偏差の南北幅と温度風平衡を仮定すると, 気温偏差と比例し, 南北幅の2乗に反比例する. 気温偏差の図と比べてみると, 火山爆発前はQBOに伴う変動は概略対応していることが分かる. 火山爆発後を見ると, プラスのシアーにはなっていないものの $-5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ より弱いマイナスシアーとなり, 東風を弱めているのは火山爆発の影響かもしれない. 火山爆発の影響が温

度場より顕著に現われていないのは, 噴出物による気温上昇の南北幅がQBOに伴う気温偏差の南北幅より広く(Labitzke and McCormick, 1992のFig. 5), 西風加速に大きくは寄与しないためと考えられる. また噴出物の分布によっては東風加速にもなることもありうる*.

4. むすび

1991年6月のピナツボ火山爆発は, 赤道成層圏17~30 km全層で気温の上昇をもたらしている. 昇温の最大は1991年12月ごろ, 24 km (30 hPa)付近で 4°C 以上と見積られる. なお, 24~25 km付近にはライダー

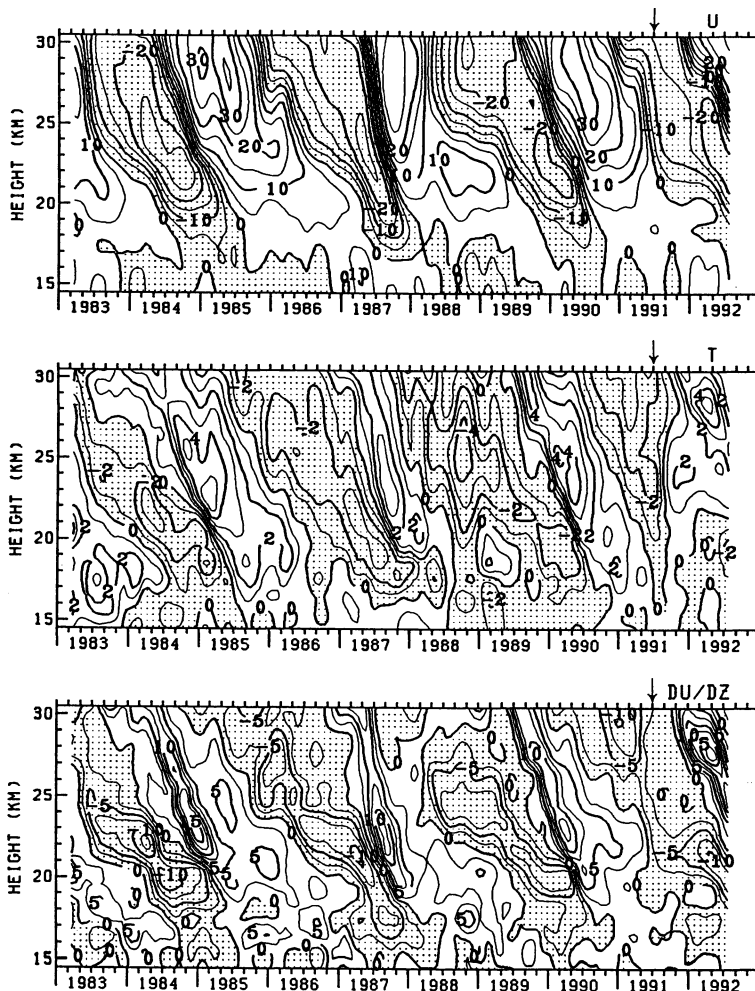
* 赤道 β 平面上の基本場の東西風 \bar{u} , 気温 \bar{T} に対する温度風平衡は

$$\bar{u}_z = -R(\beta H)^{-1} \bar{T}_{yy}$$

で表わされる. ただし添え字 z は鉛直微分, y は南北微分, R は気体定数, β はコリオリパラメーターの南北微分, $H = R\bar{T}g^{-1}$, g は重力加速度である. $\bar{T}_{yy} < 0$ (\bar{T} のグラフが上に凸)のとき西風シアーとなる. 気温偏差 δT , 気温偏差の南北幅のスケール L に対する東西風鉛直シアーへの寄与 δu_z は

$$\delta u_z \sim R(\beta H)^{-1} L^{-2} \delta T$$

で見積られる.



第2図 第1図のデータから月別累年平均値を差し引き、さらに時系列に1:2:1の加重移動平均を施して求めたシンガポールにおける(上)風の東西成分 ($m.s^{-1}$, 陰影は東風), (中) 気温偏差 ($^{\circ}C$, 陰影はマイナス), および(下) 気層1 km についての風の東西成分鉛直シア(陰影はマイナス)の鉛直時間断面. 矢印はピナツボ火山爆発.

観測による散乱のピークが報告されている (Labitzke and McCormick, 1992). 1年後の1992年6月でも、ほぼ全層で1~2°C程度の昇温が続いているものと判断される。

昇温はまた、東風を弱め、西風領域の出現を早めるように見える。しかし、火山爆発がQBOの周期を変えるだけの影響があるかどうかは不明である。いずれにせよ今後の経過をみまもる必要がある。

謝 辞

気象研究所予報研究部・気候研究部各位の討論に感

謝します。データは気象庁数値予報課編集のMTからとりました。この研究は、科学技術庁省際基礎研究「ピナツボ火山噴火が気候・大気環境へ与える影響解明」の一部援助を受けました。

参 考 文 献

Angell, J. K., G. F. Cotton and J. Korshover, 1973 : A climatological analysis of observations of Kelvin wave period at 50 mb, *J. Atmos. Sci.*, 30 : 13-24.
 Angell, J. K. and J. Korshover, 1983 : Comparison of stratospheric warmings following Agung and El

- Chichon, Mon. Wea. Rev., 111, 2129-2135.
- Fujita, T., 1985 : The abnormal temperature rises in the lower stratosphere after the 1982 eruption of the volcano El Chichon, Mexico, Papers in Meteor. and Geophys., 36, 47-60.
- Labitzke, K., B. Naujokat and M.P. McCormick, 1983 : Temperature effects on the stratosphere of the April 4, 1982 eruption of El Chichon, Mexico, Geophys. Res. Letters, 10, 24-26.
- Labitzke, K. and M.P. McCormick, 1992 : Stratospheric temperature increases due to Pinatubo aerosols, Geophys. Res. Letters, 19, 207-210.
- Newell, R., 1970 : Stratospheric temperature change from the Mt. Agung volcanic eruption of 1963, J. Atmos. Sci., 27, 977-978.
- Quiroz, R.S., 1983 : The isolation of stratospheric temperature change due to El Chichon volcanic eruption from nonvolcanic signals, J. Geophys. Res. 88, 6773-6780.



第3回

「基礎研究の振興と工学教育」シンポジウム

—21世紀の工学教育・工学による社会貢献—

日時：平成5年10月4日（月）13：00～18：00
 場所：建築会館ホール
 東京都港区芝5-26-20 (☎03-3456-2051)
 主催：日本工学会
 共催：日本工学アカデミー/材料連合フォーラム/
 日本工業教育協会
 協賛：179学協会
 後援：文部省/科学技術庁/通商産業省工業技術院/
 (予定) (社)経済団体連合会/日本商工会議所/(社)
 経済同友会/日本経営者団体連盟

—参加申込みについて—

参加費：1,000円（懇親会費を除く）
 参加申込：往復ハガキに氏名・勤務先・同住所・同電話
 番号・所属協会名・会員番号を明記し

た上、返信ハガキ表に通信先住所・氏名を必ずご記入下さい。
 (FAX でのお申込みは受付ません)

懇親会：懇親会参加希望の方は、その旨ハガキに明記して下さい。

申込期日：平成5年9月20日（月）必着

申込先：〒107 東京都港区赤坂9-6-41
 社団法人日本工学会「10月シンポジウム」係宛

参加証：参加証（返信ハガキ）を順次お送りいたしますので、当日ご持参下さい。

社団法人 日本工学会
 〒107 東京都港区赤坂9-6-41 乃本坂ビル 3階
 電話 03-3475-4621 FAX 03-3403-1738