研究課題名：熱帯準二年振動（QBO）におけるオゾンのフィードバック効果の化学-気候モデルを用いた研究

課題代表者：高知工科大学環境理工学群　柴田清孝

実施年度：平成 30 年度～平成 30 年度

1.　研究目的

熱帯成層圏での準二年振動（QBO）による風や温度などの力学場の変動によりオゾンなどの化学種も準二年の周期で変動する。その際、放射活性気体であるオゾンは濃度変動と温度変動に応じて放射加熱に影響を及ぼし、この加熱の変化が力学場にフィードバックする。本研究はオゾンの放射を通したフィードバック効果により力学場の QBO そのものがどの程度影響を受けるかについて QBO を再現できる化学-気候モデルを使って調べる。

2.　研究計画

QBOを現実的な周期や強度でシミュレートできる気象研究所の化学-気候モデル（水平分解能2.8度、鉛直81層）を使い、化学（と輸送）過程で計算されたオゾンを熱帯成層圏領域で減少させ（例えば20%）、そのオゾンを放射過程の含まれる力学過程へ渡すようにプログラムを変更し、化学-気候モデルの長期（30～40年）シミュレーションを行い、そのQBOへの影響を調べる。これは化学過程では力学から渡された温度（と気圧）下でオゾンを正しく計算しているが、力学へフィーバックするオゾンの短波と長波の放射効果を変えることに相当する。

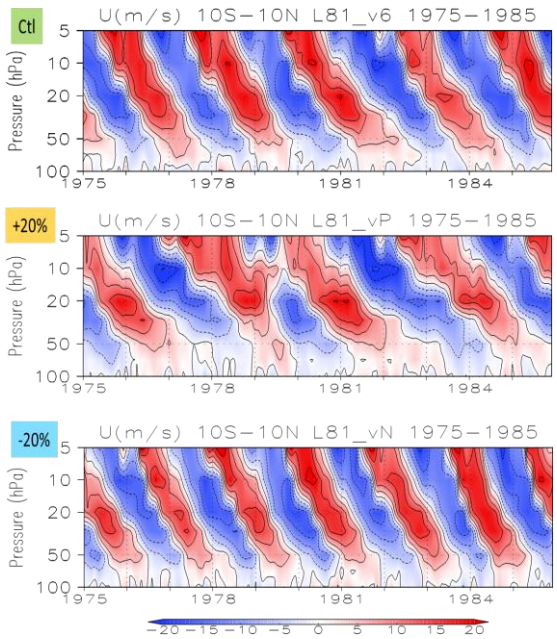

図 1. 熱帯成層圏（100～5 hPa）の帯状平均東西風（10S-10N 平均）の 1975-1985 年の 10 年間の時間-高度断面図。（上）コントロールラン L、（中）P ラン、（下）N ラン。

3.　進捗状況

化学過程から力学過程に渡すオゾン変化の領域を熱帯成層圏領域に限定するため次式のような関数を導入し、力学過程のオゾン O_3（dyn）と化学過程のオゾン O_3（chem）を関係つけた。オゾン変化量を δ とすると関係は次のようになる：

$$O_3(\mathrm{dyn}) = O_3(\mathrm{chem})\,[1 + \delta \cdot F(\theta) \cdot G(P)].$$

ここで、F(θ)と G(P)はそれぞれ水平的に熱帯域、鉛直的に成層圏域のみで 1、他は 0 の関数である。上式から F(θ)・G(P)がゼロの領域では化学過程のオゾンがそのまま力学過程に渡され、ノンゼロの領域でオゾンが δ 変化して渡されていることは明らかである。

化学-気候モデルのシミュレーションでは δ = -0.2, -0.1, +0.1, +0.2, ….として与える。その物理的意味は、それぞれ、化学モジュール出力オゾンに-20, -10, +10, +20 %などの変更を加えて力学モジュールに与えることになる。

シミュレーションは CCMVal の REF-B2 シナリオで 69 層モデルの 1970 年 8 月リスタートデータを変換して使い、積分期間はコントロールランが 2020 年までの約 50 年、オゾン変化のアノマリーランは 1970-1990 年の約 20 年間である。

図 1 に δ = 0.0, +0.2, -0.2 のそれぞれ 0%（コントロール）、+20%（P ラン）、-20%（N ラン）のランの熱帯成層圏（100～5 hPa）の帯状平均東西風（10S-10N 平均）の積分開始の初期数年の過渡応答期を除いた 1975-1985 年の約 10 年間の時間-高度断面を示す。オゾン変化は明らかに QBO に影響を与えていることを示しており、コントロールランに比べ P ランは QBO 周期が長くなっており、N ランは短くなっている。

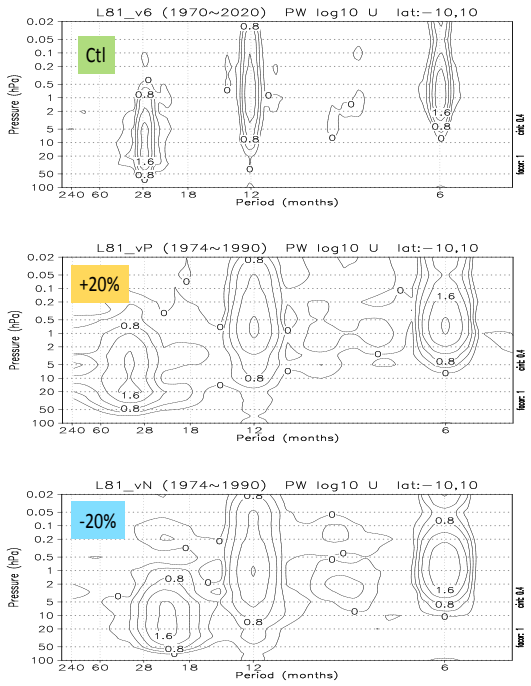

図 2. 熱帯の帯状平均東西風（10S-10N 平均）のパワースペクトル（対数表示）の鉛直分布。（上図）コントロールラン L、（中図）P ラン、（下図）N ラン。縦軸は気圧（100～0.02 hPa）、横軸は周期（月単位）である。

QBO 周期の変化を定量的に示したのが熱帯の帯状平均東西風（10S-10N 平均）のパワースペクトル高度分布である（図 2）。積分時間に関してコントロールランランは P ラン（オゾン+20%）や N ラン（オゾン-20%）の倍以上の長さを持つためスペクトル（周期）の分解能が異なるので外見上はパワースペクトルの分布が異なる（コントロールランが狭い分布）ように見えることは注意が必要である。図 2 では年周期や半年周期は 3 つのランで殆ど変化がないが、QBO 周期では明らかに異なっている。コントロールランでは QBO 周期が殆ど観測値に近い 27 ヶ月であるのに対して、QBO の周期には系統的な変化が生じている。P ランでは QBO 周期が 34 ヶ月となりコントロールランより 7 ヶ月長く、N ランでは 22 ヶ月となりコントロールランより 5 ヶ月短くなった。一方、QBO の振幅は 3 つのランで有意な差は見られずほとんど変化がない。違いを強いて挙げれば、下部成層圏の 50 hPa より下層で振幅の大きい順に並べると N ラン、コントロールラン、P ランとなっている。これらの QBO 周期が力学（放射過程）で使われるオゾンによって大きく変化する結果はオゾンがそのフィードバック（放射）効果を通して QBO の力学過程に実質的に影響を与えていることを示すものである。

4. 今後の計画

δ を半分にしたラン（±10%）にした結果の解析も併せて解析し、オンラインオゾンが QBO に及ぼす影響を調べる。

5. 昨年度の研究課題名

熱帯準二年振動（QBO）におけるオゾンのフィードバック効果の化学-気候モデルを用いた研究

6. 計算機資源の利用状況（2017 年 10 月 1 日～2018 年 11 月 30 日）

実行ユーザ数: 1

CPU 時間 v_deb: 0.00 hours, v_32cpu: 4,815.75 hours, v_96cpu: 0.00 hours, v_160cpu: 0.00 hours, 計: 4,815.75 hours