

要旨

化学気候モデルの力学場・化学場の特徴について

佐々木 拓也

京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 修士2回生

1. はじめに

地球温暖化予測などの将来気候予測においては大規模な数値モデルが使用されている。かつての温暖化予測においては計算コストの都合上、気温や風を予測するためのモデル（大循環モデル）のみを使用し予測が行われていた。しかし、成層圏オゾンの予測や気温と化学場（オゾンや水蒸気、メタン等）の相互作用等を考慮するためには大気中の化学物質の変化を予測するモデル（化学モデル）も使用する必要がある。今日では、計算機の発展等によりこの大循環モデルと化学モデルを結合させたモデル（化学気候モデル）による予測が可能となっている。実際に、現在行われている将来気候予測は（地球温暖化予測においても）化学気候モデルによるものが多くなっている。

化学気候モデルは気温と化学場の相互作用を再現できるという点で、それまでの大循環モデル等よりも現実に近い結果を出力すると期待される。しかし、先行研究により化学気候モデルの再現性はまだ不十分であるという指摘がなされている。本研究でもこの化学気候モデルの再現性について調べているが、先行研究と大きく異なる点はモデル結果と比較する対象の違いである（図1参考）。先行研究では観測や再解析データの結果を比較対象として使用していたが、本研究では気温・風の場合（力学場）が現実大気に近い状態になるよう設定した化学気候モデルの結果（Specified Dynamics Chemistry Climate Model、以下SD-CCM）と比較することにした（SD-CCMと区別するため、通常の化学気候モデルの結果をFree Run Chemistry Climate Modelと呼ぶことにする、以下FR-CCM）。こうすることによって（同じ形式のデータを比較するため）調査が容易になるという利点を得られたり、SD-CCMの結果から化学気候モデルの化学場を再現する能力を評価することができるようになる。本研究ではFR-CCMとSD-CCMを比較してこういった利点を活かし、化学気候モデル自体が持つ特徴や弱点を調査し、モデル改善への提言を行うことを目的とした。

2. 使用データおよび解析の方針について

使用データについて、本研究では国際的な化学気候モデル相互比較プロジェクト、IGAC/SPARC Chemistry Climate Model Initiative（IGAC/SPARC CCMi）に参加している気象研究所の地球システムモデル、国立環境研究所のModel for Interdisciplinary Research on Climate 3.2 Chemistry Climate Model、米国大気科学研究センターの

Whole-Atmosphere Community Climate Model, Version4 の3つのモデル結果の SD-CCM と FR-CCM を使用した。IGAC/SPARC CCM1 は対流圏および成層圏を扱う化学気候モデルの改善を目的として設立されたものであり、全部で23のモデルが参加している。本研究は上記3つのモデルの結果を解析し、全モデル結果の解析へ情報提供を行うという立場にある。そのため、特定の現象について解析するのではなく、3つのモデルで共通して見られる特徴に注目し、モデルの一般的な特徴を抽出することを目指した。

3. 結果

本研究では中高緯度の成層圏および対流圏界面付近、熱帯の対流圏界面付近の3つの領域で見られた SD-CCM と FR-CCM の差に注目した。中高緯度の成層圏では、FR-CCM で冬に気温の季節変化の遅れが確認された。この時期のこの領域では対流圏から成層圏へ伝わる惑星規模の波によって駆動される子午面循環が季節変化に大きな影響を与え、実際に FR-CCM でこの波が成層圏へ十分伝播していないことがわかった。この原因としては、モデルの鉛直解像度の粗さや波の伝播に関わる対流圏界面付近の気温・東西風の再現性が十分でないことが考えられる。

中高緯度の対流圏界面付近では、特に夏の時期に FR-CCM の気温が低かった。また、SD-CCM でも放射冷却率が大きすぎるという問題を確認した。この時期のこの領域では水蒸気による放射冷却の影響が大きく、実際に観測と比べてもモデルの水蒸気は多くなっていた。また、熱帯でもモデルの水蒸気が多くなっていた。熱帯の空気は波の砕波に伴い極向きに輸送されるため、この差が中高緯度の差を生み出したと考えられる。

熱帯対流圏界面付近において、一部の FR-CCM では北半球夏のオゾンの増加が再現されていなかった。この領域のオゾン増加に重要な in-mixing と呼ばれる輸送はほぼ等温位面上に沿って行われるが、上記の FR-CCM では温位面が SD-CCM と異なっていた。また、特に SD-CCM との差が大きかったモデルの FR-CCM では in-mixing を起こす原因であるアジアモンスーンに伴う高気圧性の循環を過小評価していることがわかった。つまり、温位（気温）とアジアモンスーン循環の再現性を向上させることでこのオゾン増加の問題は改善されると考えられる。

本研究では主に成層圏に注目して解析を行ったが、3つの領域の結果に共通するのは対流圏での（特に東西非一様な）現象が影響しているということである。モデル改善のためにはこういった現象の理解を深める必要があることがわかった。

参考文献

1. D. J. ジェイコブ(2002) 『大気化学入門』近藤豊訳、東京大学出版
2. Brasseur, G. P. and S. Solomon (2005) "Aeronomy of the Middle Atmosphere" 3rd ed., Springer, New York.
3. Andrwees, D. G., Holton, J. R., and Leovy, C. B. (1987). "Middle Atmosphere

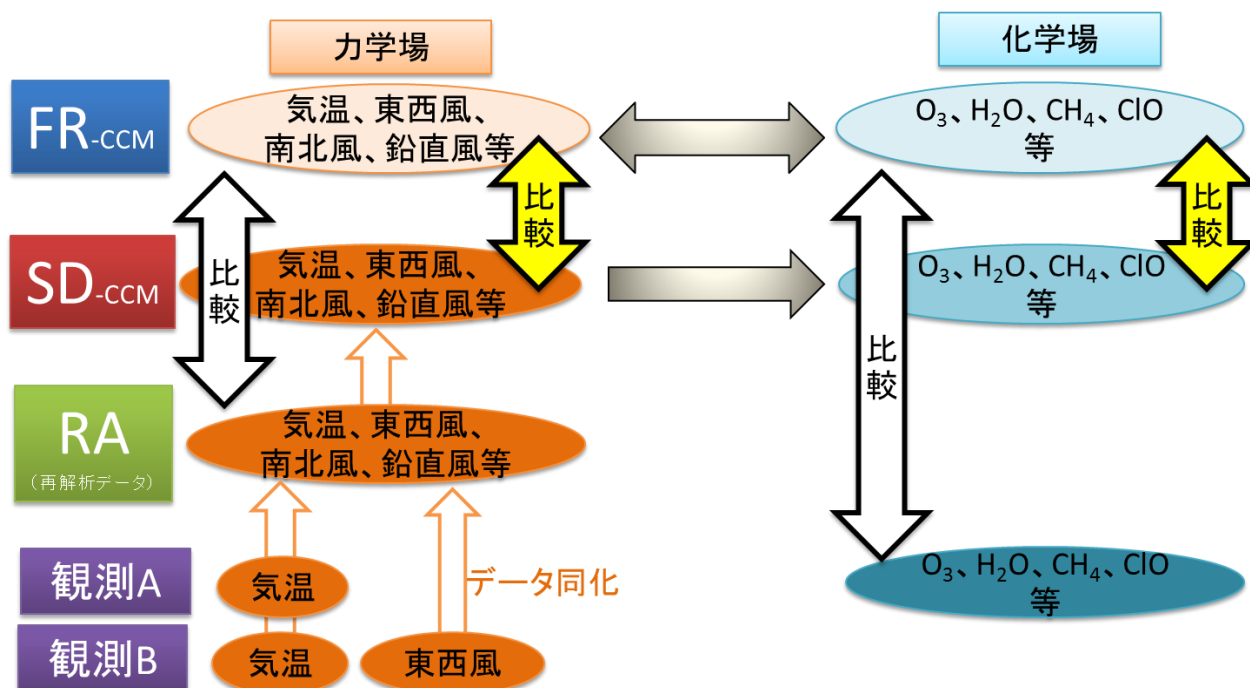


図 1 データの比較に関する概念図。先行研究においては白矢印での比較が行われていたが、本研究では再解析データ (RA) をデータ同化した SD-CCM との比較 (黄色矢印) が行われている。SD-CCM は RA を同化しているため、その力学場 (気温や風) は現実に近いものとなり、その力学場と整合的な化学場 (オゾンや水蒸気等) が出力される。そのため SD-CCM では右向きの矢印が使用されている。一方、FR-CCM ではデータ同化のように場を縛るような制約は加えていないため、モデルの中で力学場と化学場が相互に影響しあった結果を出力する。そのため両向きの矢印が使用されている。