

# 11. 人・自然・地球共生プロジェクト

## 課題 1.1 高分解能大気海洋モデルを用いた地球温暖化予測に関する研究

東京大学気候システム研究センター 住 明正(sumi@ccsr.u-tokyo.ac.jp)

### 1. 研究の目的

東京大学気候システム研究センター(CCSR)は、国立環境研究所(NIES)、地球環境フロンティア研究センター(FRCGC)と共同して、共生プロジェクト(通称、K-1 プロジェクト)を行っている。その目的は、

- (1) 「高」「中」解像度大気海洋結合モデルによる IPCC シナリオ実験、20 世紀気候再現実験を行う、
- (2) IPCC AR4 への科学的貢献を行う
- (3) 日英科学協力を実施するというものである。

### 2. 研究の方法

我々の研究手法は、数値モデルを開発することである。数値モデルには、様々なものが存在するが、一つの数値モデルで自然の全貌が理解されるものではない。そこで、我々の戦略は、高解像度版(T106L56 大気 + 1/4o × 1/6oL48 海洋)と中解像度版(T42L20 大気 + 1o × 1.4oL44 海洋)結合モデルを構築し、両者を併用しながら、地球温暖化のシミュレーションを研究して行うというものである。

モデルの詳細を簡単にまとめると、

- (1) フラックス調整を用いない、
- (2) 並列、高速化をプログラムに導入した。
- (3) 物理過程改良し、調整した。具体的には、大気では、オンラインエアロゾルモデル組み込み、直接・間接(第1種、第2種)効果を導入した。水雲氷の取り扱い改良した。積雲抑制、積雲摩擦、積雲 - 層雲関係の考慮した。

湿潤境界層モデル、境界層雲頂不安定過程の導入した。Maximum-random の雲オーバーラップを導入した。移流スキーム改良した。hybrid  $p$  鉛直座標を採用した。大気上端エネルギー収支調整した。

海洋では、極を回転した座標系を採用。自由表面、hybrid  $z$  鉛直座標を採用。渦輸送パラメタリゼーションの制御。Noh-Kim 混合層モデルの導入、改良。海峡地形等を調整した。高周波重力波を抑制した。海底境界層を導入した。

海氷、陸面、河川では、2 種類の海氷高

を持つ力学 - 熱力学海氷モデルを導入、MATSIRO 陸面モデルを導入、全球河川流出モデルを採用した。

### 3. 研究の成果

#### 3.1 温暖化シミュレーションの結果

現在、IPCC の AR4 に向けて、高分解能モデル、中分解能モデルで、コントロールラン、1% 増加ラン、20 世紀気候再現ラン(20C3 ラン)そして、IPCC シナリオラン(A1B,B1)の計算を終了した。全球平均の地表面温度を図1に示す。我々の高分解能モデルは今回の AR4 の中では最高の分解能である。

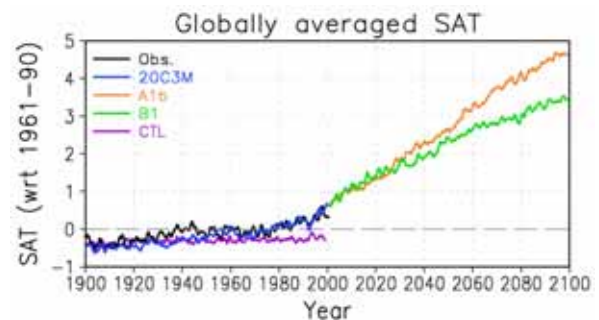


図1 様々なランによる全球平均地表面温度の変化。CTL は、コントロールラン、20C3 は、20 世紀気候の再現ラン、A1B,B1 は、IPCC のシナリオである。

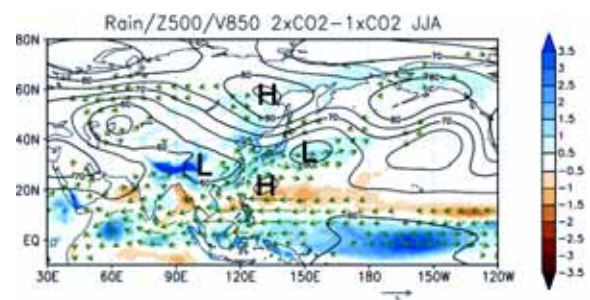


図2 温暖化に伴う日本付近の気候変化。

今回の研究の目的の一つに、地域的な影響評価がある。そこで、日本付近の気候変化に関してみよう。

図2は、日本付近の夏の気候変化である。明らかに、日本の南側の高気圧が強化され、梅雨前線に伴う降水が増加する傾向が示されている。

また、温度が上昇するので、夏は暑くなると思われる。真夏日は、現在に比べ、3倍程度に増えるし、強雨の頻度も増加すると考えられる(図3)

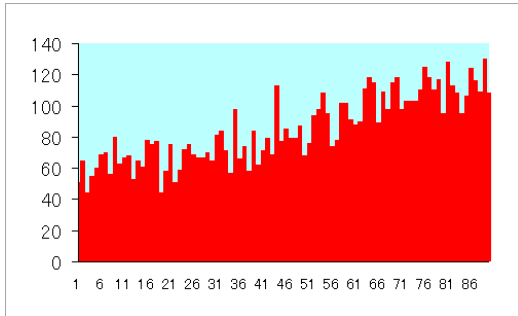


図3 21世紀の真夏日の様子。

一方、温暖化に伴い沿海州に500 hPaの高気圧偏差が予想されている。これは、オホーツク高気圧に対応しており、全般的には、北冷西暑タイプの天気状況が起きる可能性もある。

また、大陸棚で代表される縁辺海の変化も人間社会にとって非常に重要である。高分解能気候モデルを用いると、このような縁辺海の気候変化についての情報が得られる。図4は、日本付近の黒潮の変化を示したものである。黒潮の流軸は変化しないものの、流速は強くなり、海水温の上昇が見出された。今後は、これらに基づき影響評価が行われることであろう。

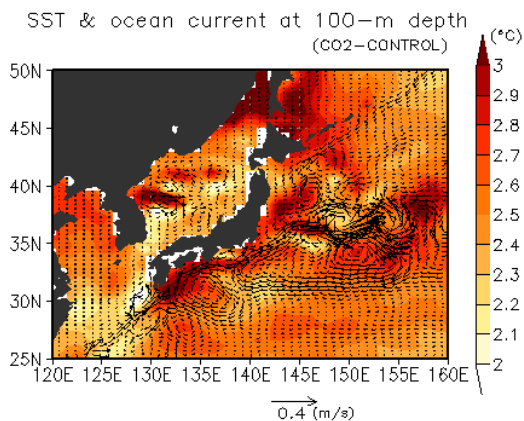


図4 CO2倍増時と現在との日本付近の海流の差、および、海面水温の差。

### 3.3 高解像度によって理解が進んだこと

それでは、高解像度化によって何が明らかになってきたのだろうか？まず高分解能化により

地形がよく表現できることになり、地形に伴う現象がよく表現されるようになった。代表例は、ハワイ諸島の影響が太平洋の気候に何千キロの遠くまで影響を与えていることが示された(Sakamoto et al.,2004)。その他にも、梅雨前線が表現可能になり、梅雨活動の変化や強雨頻度の変化が議論可能になったことがあげられる。季節内変動再現性も向上した。モデル気候感度の制御要因が明らかになった。

### 3.4 20世紀気候再現のためのデータセット作成、および、再現実験の結果

中解像度モデルによる20世紀再現実験を開始した。このため、従来の強制力データに付け加えて、炭素系エアロゾルなどのデータを付け加えた。また、第1種、第2種エアロゾル間接効果の導入を導入し、間接効果の影響や、火山影響などの見極めを行った。1980年代以降の気温の上昇は、人為的な温室効果気体の増加を抜きには再現できないことが確認された。

## 4. 今後の課題

研究に進展が見られたものの、依然として問題が多い。現在の気候の再現についても不十分な点が多い。特に、エルニーニョは自然と比べて振幅が小さく更なる改良が必要とされる。また、気候感度の問題は依然として大きなテーマである。これには、雲、エアロゾル微物理過程への依存などの問題があり、観測の強化などと併せていっそうの努力が必要とされるであろう。

### 参考文献

Sakamoto, T.T., et al., 2004; Far-reaching effects of the Hawaiian Islands in the CCSR/NIES/FRCGC high-resolution climate model, Geophys. Res. Lett., Vol. 31, No. 17, L17212, doi:10.1029/2004GL020907, 2004