

2. 地球環境予測研究

課題代表者：独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境フロンティア研究センター
松野 太郎 (matsuno@jamstec.go.jp)

1. 研究の目的

「エルニーニョ・南方振動」など海洋が大きな役割を果たす自然の気候変動や地球温暖化など人間活動に起因する気候と環境の変化に代表される「地球規模の環境変化(グローバル・チェンジ)」の機構を明らかにして、それをシミュレートする数値モデルを作り、地球規模環境変化の予測を可能にする。また、最新のモデルによって地球温暖化予測の実験を行い気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の評価報告に貢献する。

2. 研究の方法

気候、水循環、大気組成、生態系など地球規模環境変化にかかわる諸要素の変動現象を観測データによって明らかにすると共に、データの解析によって変動機構を解明する。その知見を元にそれぞれの変動機構に関わる要素過程を組み込んだ数値モデルを作り、変動現象のシミュレーションを行う。また地球温暖化と地球環境の変化に的を絞ったモデルの開発と数値実験や「地球シミュレータ」を活用して将来に向けた新しい気候モデルの開発を行う。

3. 研究の成果

3.1 気候変動予測研究

エルニーニョ・南方振動のような海洋と大気が相互に影響を及ぼし合って生じる多様な気候変動現象についてデータ解析と数値モデルによるシミュレーションによって研究を進めている。

熱帯域インド洋においてエルニーニョと類似の機構で東西の海面水温がシーソーのように変化し、周辺に気候変動をもたらす「インド洋ダイポール現象(IOD)」の存在を明らかにし、モデルによるシミュレーションを行った。また、パリ大その他ヨーロッパの研究機関で開発された大気海洋結合モデルを地球シミュレータ上に移し、改良を行ってIODのみでなくエルニーニョ現象のシミュレーションを行い優れた結果を収めている。一方、データ解析により中高緯度における気候の年々変動の実態と海洋変動との結びつきを明らかにしつつある。

「海の天気予報」を目指して太平洋全体の変動をシミュレートしつつ、日本近海の変動を細かい格子で詳細に再現するモデルの開発を続けて来た。その結果に立って

最近実験予測を行いその結果をインターネット上で公開している。

3.2 水循環変動予測研究

水循環に関わる多様な変動現象の中でアジア・モンスーン域に焦点を合わせてデータ解析によりその実態を明らかにする一方、平行して領域気候モデル、雲解像モデルを用いたシミュレーションによって発現機構の研究を行っている。

広域・長期のデータ解析により、夏期シベリアでは東部のレナ川流域と西部のオビ川流域の雨量が数年の周期で相互にシーソーのように増減している事、中国ではこの40年程の間揚子江流域の雨量が増加する傾向にあり、一方その南北両側では減少傾向にある事などが明らかになった。

水循環に関わる諸要素過程の研究を行い熱帯域で森林の樹木を介しての蒸発散過程のモデル化、雲核(エアロゾル)の数・粒径と上昇流速の組み合わせによる雲粒の数・粒径のパラメタリゼーションなどに関して新しい成果を得た。

3.3 大気組成変動予測研究

気温・気圧等大気の物理状態について天気図が作られ、天気予報が行われているように、大気の化学組成についての「化学天気図」と「化学天気予報」を目標にモデル開発を行い、同時にその対象となる諸現象のメカニズムと要素過程の役割を研究している。

対流圏の大気化学モデル CHASER を開発し、地球全体のオゾン、メタン等の分布と季節変化を再現し、化学天気予報を実験的に行った。また、アジア域のガス・エアロゾル放出源データベースを作り、それを領域大気化学モデルに導入してアジア域の化学天気予報(汚染予報でもある)も試行した。また、これらの基礎となる大陸間物資輸送過程、東アジア域の土壌粒子がSO₂起源の酸性雨に与える効果、海洋上大気化学反応でのヨウ素の役割等を明らかにした。

地球温暖化に関わるCO₂の発生源を濃度分布から推定する逆モデルを開発し、発生源の推定を試みた。

3.4 生態系変動予測研究

生態系変動をシミュレートするモデルを開発する事により、生態系が気候と環境の変動から受ける影響を評価する一方、逆に生態系変動が気候に及ぼす影響を評価

する事、また、衛星観測データにより生態系と環境の変化を把握する事を中心に研究を進めている。

陸域生態系と大気との CO₂ 変換をシミュレートする炭素循環モデル Sim CYCLE により純一次生産を評価し、また、モデルで予測された 21 世紀の温暖化・気候変化が陸域炭素循環に及ぼす影響を評価し、温暖化を強める事を示した。一方、環境変化に応じた植生の変化をシミュレートするモデルを新たに開発中である。

3次元海洋循環モデルに生物地球化学過程を組み込み高度の海洋生態・炭素循環モデルを開発している。その過程で IPCC 第3次報告に貢献する成果を得た。

衛星観測データを解析して北半球大陸上の積雪期間が近年短縮し、植物の生育期間が延びている事を明らかにした。

3.5 地球温暖化予測研究

精度の高い地球温暖化予測とその理解を目指し、大気海洋結合モデルの開発と温暖化実験の実施、温暖化メカニズムの解明と温暖化の気象への影響評価、古気候に関する種々の研究を行っている。

地球シミュレータを十分に活用する高解像度大気海洋陸面結合モデルを他研究グループと協力して開発し、温暖化実験を行った。(共生プロジェクト課題1)温暖化予測の難点である雲のフィードバックに関してデータ解析によってメカニズムを明らかにし、多くの気候モデルの問題点を指摘し、また水蒸気のフィードバックに関して基礎的数値実験を行い途中のプロセスを明確にした。また、地球温暖化に伴う台風の変化を数値実験で調べ、一般に発生数は減るが強いものがやや増えるらしい事が分かった。

気候モデルによって氷期の気候再現実験を行うと共に、解像度が十分になると(100km程度)降雪・氷床融解が定量的に妥当となる事を示した。これはグリーンランド・南極氷床の将来予測の基礎となる。

3.6 地球環境モデリング研究

他研究プログラムでの成果、サブシステム・モデルを基礎に地球環境変化の物理・化学・生物学的プロセスを総合的に取り入れた「地球システム統合モデル」、地球シミュレータで初めて可能となる超高解像度の「次世代モデル」多様な海洋観測データをモデルに取り込んで海洋の状態をより正確に表現する「海洋データ同化システム」の開発を行っている。

地球システム統合モデルは共生プロジェクト課題2として開発を進めている。陸域炭素循環モデル Sim

CYCLE と新たに開発した海洋生態系・炭素循環モデルを気候モデルに結合した。また大気化学モデル CHASER も気候モデルに組み込み、一方生態系の変化を記述する動的植生モデルを新たに開発している。

次世代大気モデルとして正20面体格子による5km以下の格子による全球雲解像モデルを、海洋モデルは立方体格子を用い、10km格子で中規模渦を解像しかつ1,000年以上の積分が可能なモデルを開発中で、2004年度中にそれぞれの原型が完成の予定。海洋データ同化システムは、4次元変分法により、時空的に散在するデータをモデルに取り入れるシステムを開発した。それを用いて90年代の再解析やArgoデータの同化を実施している。

4. 今後の課題

温暖化・地球環境変化への対処には、予測と共に変化しつつある現状の把握が求められる。特に人工衛星観測による諸物理量の解析には、モデルを介した同化手法が有力と考えられるので、モデルを活用しその方向に研究を展開することが今後の課題である。

5. 成果文献

- Saji, Hameed N., B. N. Goswami, P. N. Vinayachandran and T. Yamagata, 1999: A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, **401**, 360-363
- Fukutomi, Y., H. Igarashi, K. Masuda and T. Yasunari, 2003: Interannual variability of summer water balance components in three major river basins of Northern Eurasia. *J. Hydromet*, **4** (2), 283-296
- Sudo, K., M. Takahashi, J. Kurokawa and H. Akimoto, 2002: CHASER: A global chemical model of the troposphere 1. Model description, *J. Geophys. Res.*, **107**, (D2), 4339.
- Ito, A. and T. Oikawa, 2002: A simulation model of the carbon cycle in land ecosystems (Sim-CYCLE): A description based on dry-matter production theory and plot-scale validation, *Ecol. Model.* **151** 147-179.
- Sugi, M., and J. Yoshimura, 2004: A mechanism of tropical precipitation change due to CO₂ increase. *J. Clim.*, **17** (1), 238-243.
- Tomita, H., and M. Satoh, 2004: A new dynamical framework of nonhydrostatic global model using the icosahedral grid. *Fluid Dyn. Res.*, **34**, 357-400