

地球フロンティア研究システム全体研究計画

1. 地球フロンティアの研究目標と戦略

<研究の目標・目的>

地球フロンティア研究システムは「地球変動予測の実現に向けて」設立された。地球変動とは、地球温暖化とそれに伴う気候の変化、生態系の変化など人間活動に起因する地球環境の変化や、地球上各地に異常気象をもたらすエルニーニョ現象のように自然に起こる気候の変動を指し、英語の Global Change に対応する。これら地球規模の環境の変動は世界全体の人間の生活・産業に大きな影響を与えるので、それを事前に予測することが出来れば社会が適切な対応を取る事が可能となるであろう。

<研究戦略>

地球変動を予測する方法として、それを引き起こすメカニズムを組み込んだ大気・海洋・陸域のモデルを作り、それをを用いたコンピューター・シミュレーションによって将来の姿を明らかにする。大気モデルを用いたシミュレーションによって短期の気象予報が行われているが、それと同じ方法を気候の変動さらには地球環境全体の変動の予測に拡張しようとするものである。地球変動は、大気・海洋・陸域を舞台とし多数の多様な要素過程（例えば雲による日射の反射や赤外線吸収と射出、樹木を介しての土壌水分の大気への放出や光合成による CO₂ の取り込み etc.）が相互に連なって生じるものであるから、モデルを作るにはこれの要素過程をできるだけ正しく知ってモデルに組み込まねばならない。

一方地球変動は地球全体で起こるものではあるが、熱帯太平洋を中心としたエルニーニョ現象、アジア西太平洋域のモンスーンのように、それぞれに特有のメカニズムによって生じる地域的現象から成り立っていると見る事もできる。また別の見方で、大気中のオゾンと微量成分ガス、エアロゾルなどの大気組成は、化学反応を通じて強く影響し合って変化しているが、その変化が気候に与える効果は短期間では大きくないので、大気組成の変化だけを切り離して解析したりモデル化することができる。そこで地球変動のメカニズムを理解し、予測モデルを作るには、地域的なものを含め地球変動の部分をなすサブシステム

のモデリングをまず行い、それを積み上げて行くのが有効な方法である。

地球フロンティア研究システムでは、地球変動予測の実現に向け、諸要素過程の研究や地域現象・サブシステムの解明を行い、次第にそれを総合するという戦略をとり、それに応じた6研究領域での研究（と2海外拠点での研究）という体制を作って研究を進めて来た。

2. これまでの成果と将来への展開

過去5年余の研究により、各研究領域・研究プログラムにおいて、個別要素過程についての新しい知見とそれに基づくプロセス・モデルが得られ、また地域現象についての新しい発見があった。更に、地域的なものを含めサブシステムについての予測モデルも幾つかできてきた。即ち、黒潮流路を主対象とした日本沿海海洋変動予測モデル、2～3日間の大気組成変動を予測する化学天気予報モデルなどである。陸域生態系の炭素循環を対象とした SimCYCLE モデルにより温暖化による将来の気候変化を与えて陸域生態系の炭素貯留量変化の試行的予測も行われている。同様に将来の CO₂ 増加シナリオの下での海洋の CO₂ 吸収を生物地球化学過程を取り入れた3次元海洋循環モデルで推算することも行われている。

これから第 I 期の残りの4年間にフロンティア全体として力を入れるべき方向について考える上で次の点に注目したい。

- ・ 2001年中間評価の勧告による領域間の連携と統合モデルの開発
- ・ 2002年より稼働開始した地球シミュレータの活用
- ・ ADEOS II を含む4地球観測衛星時代の到来と Argo 計画の進展

(1) 領域間の連携と統合モデルの開発

地球フロンティア設立の趣旨から言っても、中間評価で指摘されるまでもなく領域間の協力を進め、研究成果を大きな目標に向けてまとめて行く必要がある。すなわち複数領域の協力により種々の地球環境変化機構の全体的解明を進め、それに立って予測のためのモデルを作るべく研究を総合して行く事である。その際、総合化の方向として、地球フロンティア研究の社会への貢献をも考えに入れ、次の2つの目標を立てるのが適切と思われる。

- (a) 地球温暖化とそれに伴う気候変化の予測、更に広く地球環境全体（地球システム）の統合モデル開発とそれを用いた地球温暖化に伴う環境変化の総合的予測
- (b) 異常気象をもたらす自然のエルニーニョ、モンスーン変動など気候変動機構の総合的解明と、地球シミュレータを活用する高度のモデル開発及びそれを用いた実験予測

以上の内温暖化実験については既に温暖化研究領域、モデル統合化研究領域を中心に、東大気候システム研究センター、国立環境研との協力による温暖化実験チームが活動している。更に幅広く炭素循環と陸域生態系の変化をも含めた温暖化に伴う地球環境全体の変化の予測を目指した地球システム統合モデルの開発が地球フロンティア全体の協力の下に平成14年度から開始された。気候変動に関しては、今までに主に大気・海洋結合システムを対象として気候変動研究領域で、大気・陸面・水文結合システム及び雲・降水過程を対象として水循環研究領域で、研究が進められてきた。これまでそれぞれに行われて来た解析的研究とモデル開発を、地球フロンティア全体として協力して進める必要がある。

(2) 地球シミュレータの活用

地球シミュレータは予定通りに稼働開始、昨年7月に利用申請の受付があり、地球フロンティア研究者も「共生プロジェクト」を含め多くの申請し認められた。いずれも地球シミュレータの大きな計算機資源を活用するものばかりで、今後の研究の展開が期待できる。中でも特に注目したいのはモデル統合化研究領域における超高解像度の次世代大気モデル、海洋モデルの開発である。

準一様格子を用いた全球雲解像大気モデルは、完成すれば大気モデリング、数値天気予報の歴史に新しい時代を開く画期的なものとなる。現在の開発状況から、遅くとも2004年中に3.5km格子のモデルで24時間予報が3~4時間で可能な事を示せるであろう。将来、気象機関における現業数値予報モデルとなる可能性を含め、今後の展開によって世界に大きなインパクトを与えるに違いない。対流雲システムを直接表現する大気モ

デルは、日本を含むアジア地域の気象の予報と研究に対して特に大きな貢献をするであろう。海洋モデルも、現在、渦解像モデルの必要性が認識され、そのために様々な工夫がされているが、最もすっきりした立方体格子による高解像度モデルは、次世代の標準になる可能性がある。

(3) 地球観測新時代への対応

自然の気候変動に関しては、これまで実際に見られた現象のデータ解析によってメカニズムを調べる研究が進められて来た。一方、地球温暖化とそれに伴う環境変化の実態の把握は「温暖化問題」の重要なポイントであるにも関わらず、これまで地球フロンティアにおいて十分な取り組みがなされていたとは言い難い。今年の ADEOS II を含め、最近 2 年の間に 4 個の極軌道地球観測衛星が揃って地球を観測するという状況になった事を考えると、地球フロンティアの目的からして衛星データを活用し地球変動の実態を明かにする事が求められる。実は、この課題は 2001 年の中間評価を受けるに当たって後半 5 年の重点として取り上げていた。前記のような現状を考え、このテーマを領域横断の研究として早急に実施する必要がある。

Argo 計画に関しては、モデル統合化領域において海洋データ同化システムの開発が進んでいる。観測フロンティアと気象庁の共同によるプロジェクトに協力して太平洋域の実時間海洋データ同化システムを作り上げ、黒潮変動予測や気候変動予測の初期データを作る上で重要な役割を果たすのみでなく、将来は実時間での海洋情報提供に用いられるようになるであろう。観測フロンティアとの連携により推進して行く必要がある。