

●大気力学分野(全球スケール)

■ 数値モデルを用いた物理現象の理解、将来予測

全球分野では、全球大気の流れと変動メカニズムを解明するため、GCM (General Circulation Model; 大気大循環モデル) や CTM (Chemical Transport Model; 化学輸送モデル) といった、大気の運動を数値的に解くプログラム「数値モデル」を用いて様々な研究を行っています。数値モデルでは、条件を自由に変えて大気状態に関する計算できる所に面白さがあります。実際、数値モデルを用いて何が出来るか、以下に例を挙げてみます。

○ 将来の地球はどうなるの？

→ 温室効果気体(CO₂など)の濃度を徐々に上げる実験を行って解析

○ オゾン観測が少ない。でもオゾンの詳しい分布を知りたい！

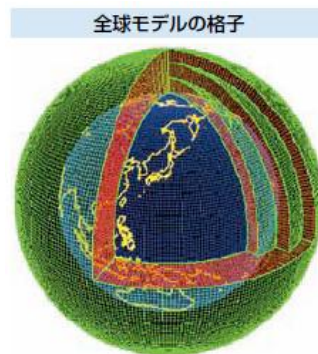
→ 観測値、GCM、CTM を組み合わせて推定

○ モンスーンに対する海の役割を知りたい！

→ 海の温度を変えてモンスーンがどう応答するか調査

○ 高低気圧の活動の物理的性質を知りたい。でも現実には複雑すぎる・・・

→ 地形を取り払って全球を海にすればシンプル！(水惑星実験)

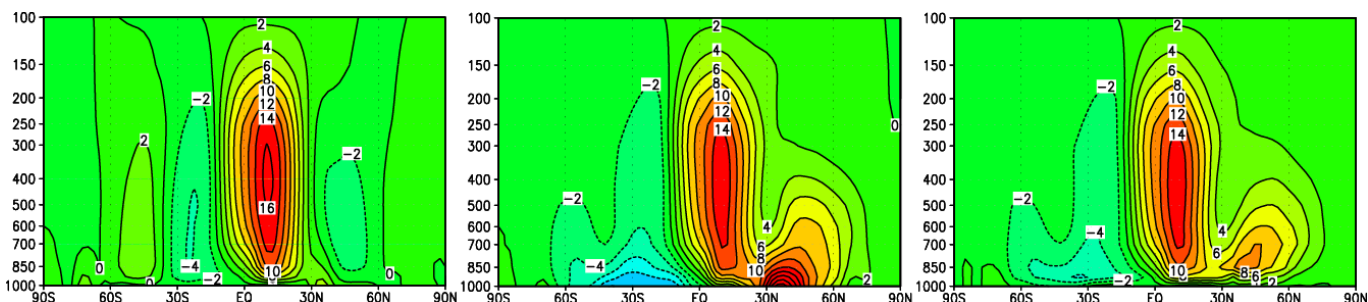


【図 3】全球モデルの格子

「気象業務はいま 2006」より引用

■ 大気循環の解析手法の開発

私たちはまた、大気大循環 (= 地球全体の大規模な大気の流れ) を解析する独自のプログラム MIM (Mass-weighted Isentropic zonal Mean) を開発しています。2008 年春季気象学会賞を受賞したこのプログラムでは地表面の表現が正確であることから保存性が良く、全球的な「熱・角運動量の輸送」「物質の輸送」「エネルギーとその変換」を正確に見積もることができます。この解析プログラムを用いることで、「現象の理解(例: オゾンホール、成層圏突然昇温、北極振動)」「年々変動・将来予測の解析」「数値モデルの性能の評価」に役立つと考えています。

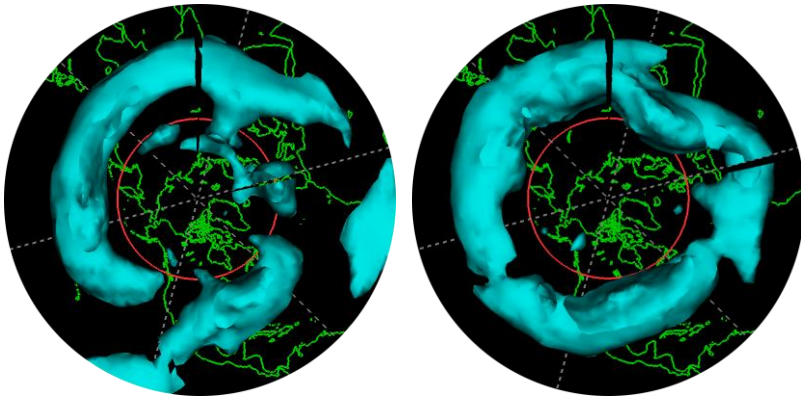


【図 4】(左・中央)既存の方法、(右)MIM 法、で描いた平均子午面循環(南北・鉛直方向の大気の流れ)。横軸は緯度、縦軸は気圧(1000hPa≒地表、100hPa≒高度 16km)。暖色系が反時計回りの循環、寒色系が時計回りの循環。

MIM では地表面と等値線が交わっておらず、正確な表現ができています。

■ 研究の進め方 ～水惑星実験を例にとって～

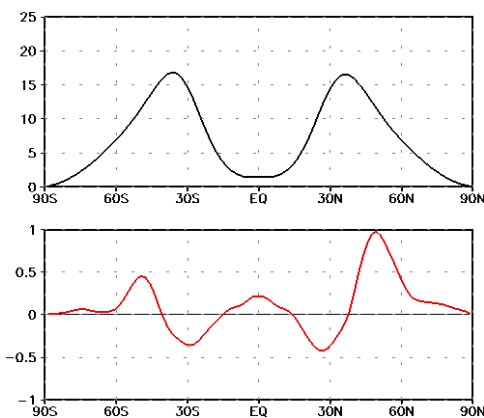
- 過去の研究:地球温暖化によって中緯度の高気圧・低気圧の活動は高緯度寄りに移動すると予測。
 - でもそのメカニズムはよく分かっていない
 - 研究してみよう、でも複雑そう
 - 水惑星を使えば、より純粋な高気圧・低気圧の変化が見られるかも
(水惑星とは:地形がなく表面が全て海で覆われた地球)



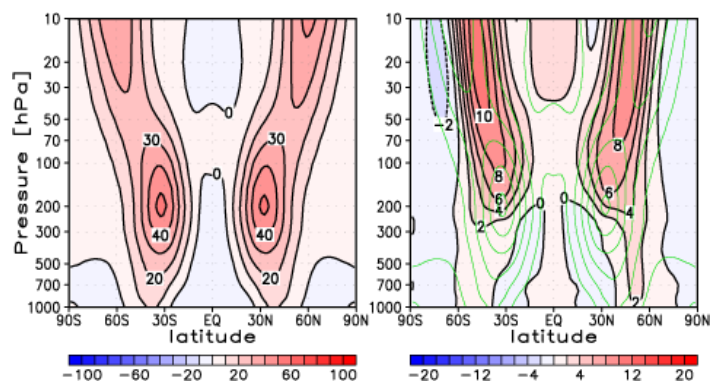
【図 5】(左)現実実験、(右)水惑星実験、のジェット気流。青色等値面は 30m/s 以上の西風。北極が中心、赤線は北緯 50°N。
水惑星実験では地形などの影響がないため、ジェット気流が東西一様なドーナツ状になっていることが分かります。

→ MIM プログラムで計算できる「波動エネルギー」を使えば、高気圧・低気圧の活動が分かる！

- 実験の結果:地形のない水惑星でも高気圧・低気圧の活動は高緯度寄りに移動した！(図 6)
 - これはジェット気流の強化と関係していることが分かった(図 7)



【図 6】波動エネルギーの緯度分布。(上)現在気候実験、(下)温暖化時の変化。高緯度で増加、低緯度で減少しており、高緯度へシフトしていることが分かります。



【図 7】東西平均した西風。(左)現在気候実験、(右)温暖化時の変化。横軸は緯度、縦軸は気圧。200hPa、35°付近に見られるジェット気流が強まっている様子が見られます。

●大気力学分野(メソスケール)

この分野では、全球分野よりもさらに狭い領域、メソスケールにおける気象を扱っています。メソ気象とは主に水平スケールが 2~2000km の現象で、例えば台風、前線、積乱雲、降雪などが該当します。

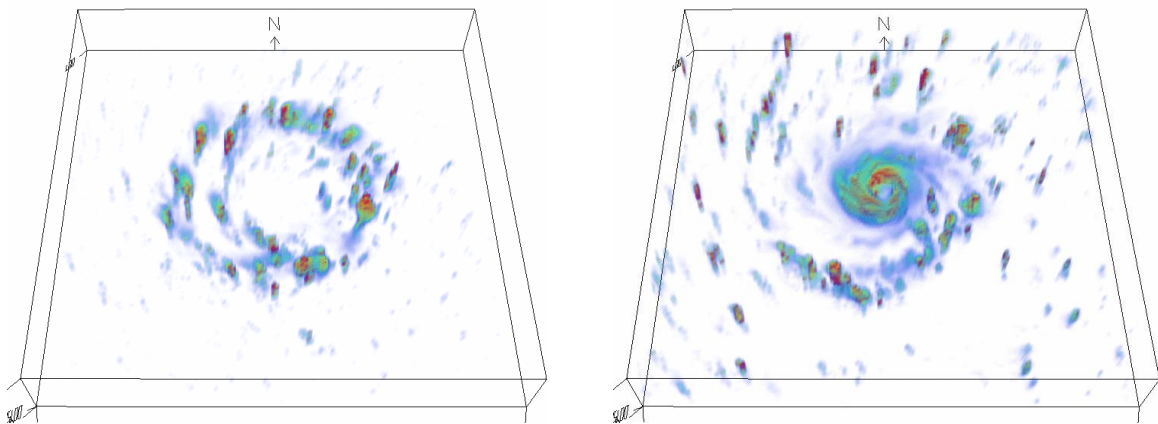
■ 台風

- ・台風の時空間スケール: 水平スケール~1000km、形成から消滅まで~1 週間
- ・個々の積雲の時空間スケール: 水平スケール~数 km、形成から消滅まで~数時間

台風は 2 桁以上も水平 & 時間スケールの小さい積雲が集まって形成→**積雲の組織化**と呼ぶ

しかし、どのようにして**積雲の組織化**(台風の形成・発達過程)が起こっているのは充分に分かっていません。というのは、台風は海上で形成するため観測データが非常に少ないことが理由の 1 つです。そこで本講座では、数値モデルを用いて台風の形成・発達メカニズムについて研究をしています。数値モデルは観測では得られない高解像度の風、気温、雲などの時空間データを再現できます。

以下に数値実験の結果を示します。時間の経過と共に雲が中心付近に集まり、台風の眼や**スパイラルバンド**が形成されている様子が見られます。数値モデルで再現された現象が今までの観測結果と矛盾しないかを吟味しつつ、台風がどのように形成・発達したのかを調べる事が出来ます。

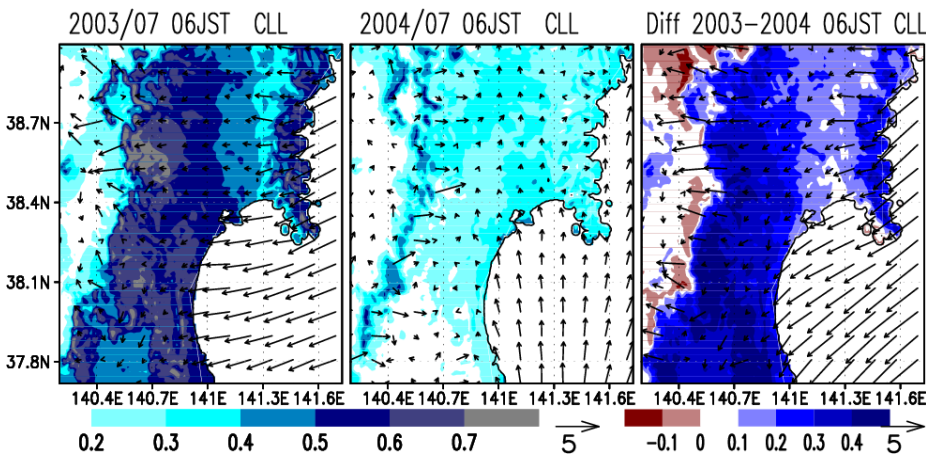


【図 8】数値実験で再現された台風の雲の 3 次元分布。暖色系ほど雲の濃い部分を示す。
表示領域は 400km 四方。左が計算開始から 12 時間後。右が 60 時間後。

■ やませ

「ヤマセ」とは東北地方の梅雨から初夏にかけて起きる湿潤・冷涼な北東風のことで、薄く広がった下層雲を伴います。ヤマセは農業などに影響を及ぼすだけでなく、下層雲による日射の遮りは地球の放射収支にも大きな影響を与えるので、この現象の詳細を調べることは非常に重要です。しかし、下層雲を形成する個々の雲の水平スケールは数百 m 程度と小さいためその形成・変質過程を調べるには観測による調査と高解像度のモデルによるシミュレーションを用いた解析が必要となります。

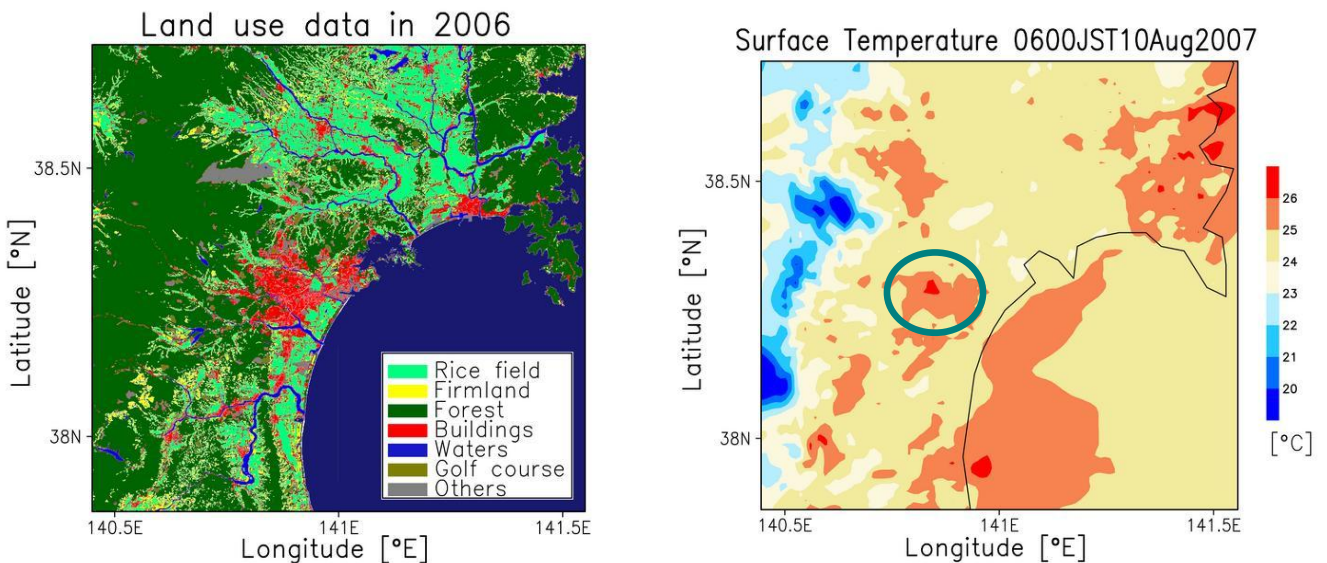
図は 1km 格子を用いた再現実験によって得られた下層雲量を示します。東北地方でヤマセが顕著であった 2003 年と、暑夏であった 2004 年の 7 月、朝 6 時で 1 ヶ月平均した結果をそれぞれ示します。2003 年は特に、宮城県南東部で雲量が多い様子が再現されました。



【図 9】 2003、2004 年 7 月の再現実験で得られた下層雲量。朝 6 時における 1 ヶ月平均値を示す。
 (左) 2003 年の再現結果
 (中) 2004 年の再現結果
 (右) 2003 年と 2004 年の差
 雲量は 0-1 の値。0 で雲無し、1 で全面雲で覆われていることを表す。

■ ヒートアイランド

ヒートアイランドとは、郊外に対し都市において気温が高くなる現象であり、都市における夜間の気温が下がらないことが特徴です。本講座では、高解像度の非静力学モデルを用いて、都市スケールの大気現象であるヒートアイランドのメカニズムやヒートアイランドと海風の相互作用などについて研究しています。以下に数値計算結果の例を示します。



【図 10】 左: 宮城県における土地利用の様子(2006 年)

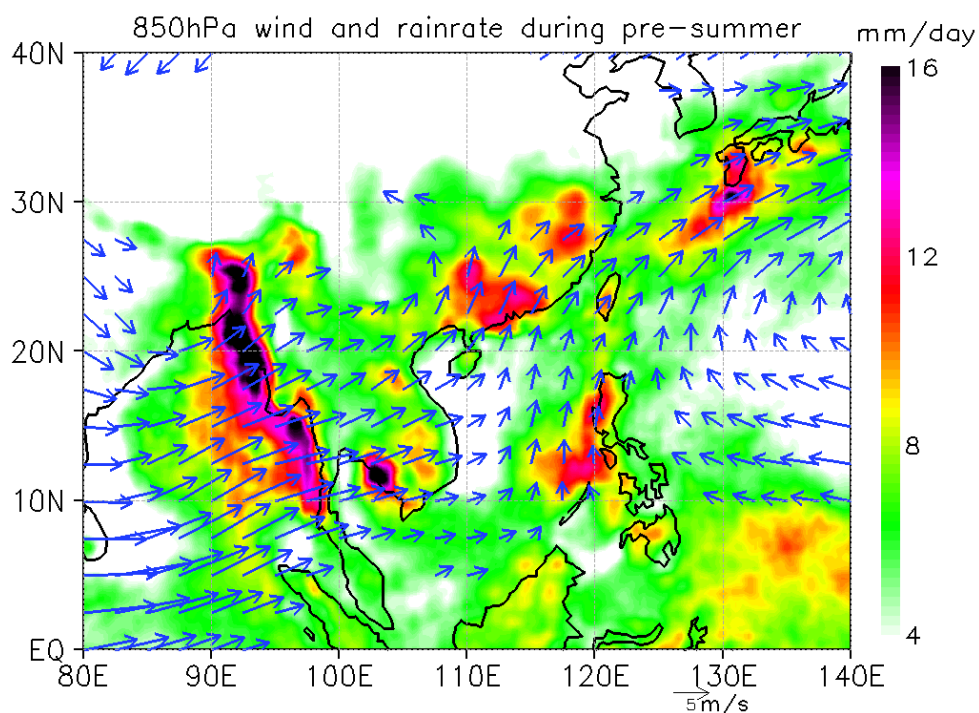
右: 数値計算の結果(2007 年 8 月 10 日 6 時の地上気温)

■ モンスーン

《東アジアモンスーン》

日本や中国東南部における梅雨は、**モンスーン**とよばれる風の季節変化と関連しています。モンスーンそのものは大きな空間スケールを持った現象ですが、これらの地域における年降水量の多くはメソスケールの降水システムによるものです。**モンスーン降水システム**の研究は、東アジアの気候に対する理解を深め、自然災害(洪水、干ばつ、激しい対流性降雨など)の際の対処能力を高める上で重要です。研究対象は以下の通りです。

1. 降水システムの日変化(降雨があるのは日中か夜間か?)
2. 陸域・海洋・大気の相互作用の基礎となる物理
3. 降水システム発達の力学的、熱力学的なプロセス
4. モンスーンに伴う降雨の数値シミュレーション、モデル化



【図 11】5～6 月における風(矢印)と降水量(色)