

## ■ プロジェクトの目的

地球シミュレータの性能を最大限生かした  
高分解能大気海洋大循環モデルの開発

### ■ 大気モデル

- 全球で雲を解像する大気モデルを目指す
- 非静力学コア

### ■ 海洋モデル

- 全球で渦を解像する海洋モデルを目指す
- 高速計算力学コア



年度	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>全球雲解像大気大循環モデル</b>						
	大気力学コア開発 →		物理過程組み込み →		気候状態の再現実験 →	
	領域モデルによる新しい力学・物理スキームの検討 →					
<b>全球渦解像海洋大循環モデル</b>						
	海洋力学コア開発 →		新力学コアを使った海洋大循環モデルの開発 →			
	領域モデルによる新しい力学・物理スキームの検討 →					
<b>全球雲・渦解像結合モデル</b>						
	カップラーの開発 →					



## 大気モデル

### ■ 大気力学コアの性能評価

- 高分解能での非静力学効果
- 高分解能での計算性能向上

### ■ 物理過程の実装

- 領域モデルでの知見をもとに全球モデルへの実装開始

## 海洋モデル

### ■ 海洋力学コアの開発

- 海洋モデルの基本部分の開発

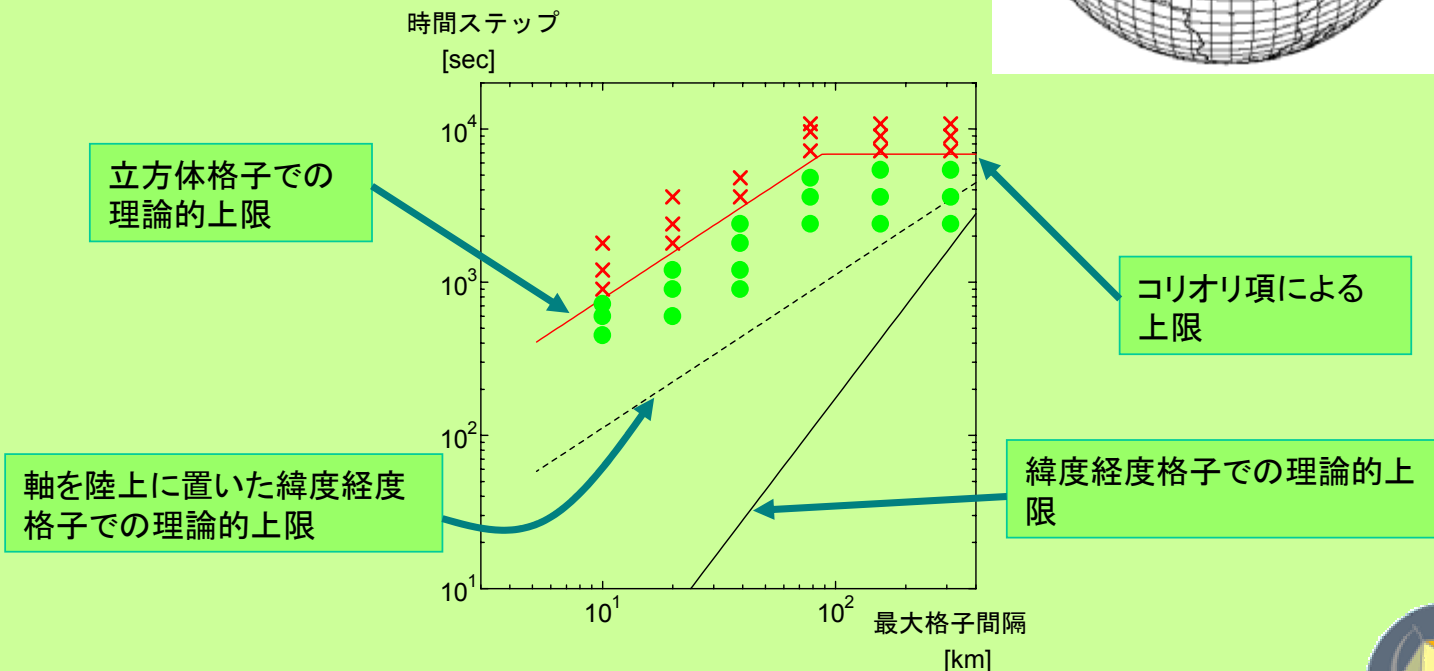
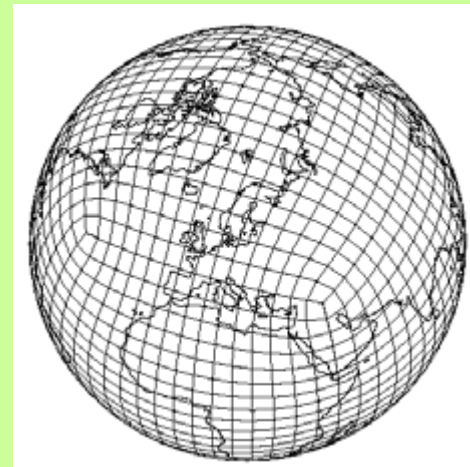
### ■ 領域モデルでの渦解像実験

- 領域モデルで渦解像計算の知見を得る



## ■ 全球渦解像を高速計算する海洋モデルの開発

- 長い時間ステップ幅
- 高ベクトル化、高並列化
- 水平に立方体格子



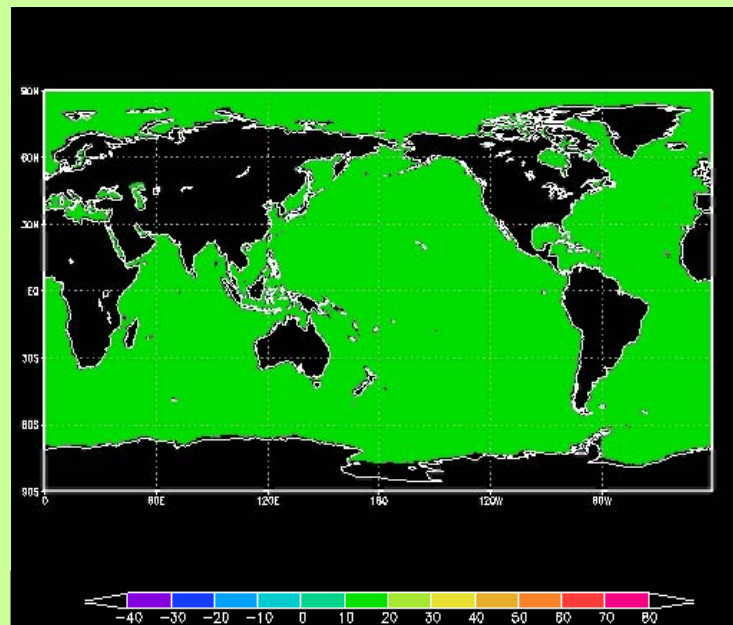
## ■ 海洋力学コア

バロトロピック計算

バロクリニック計算

## ■ バロトロピック計算テスト

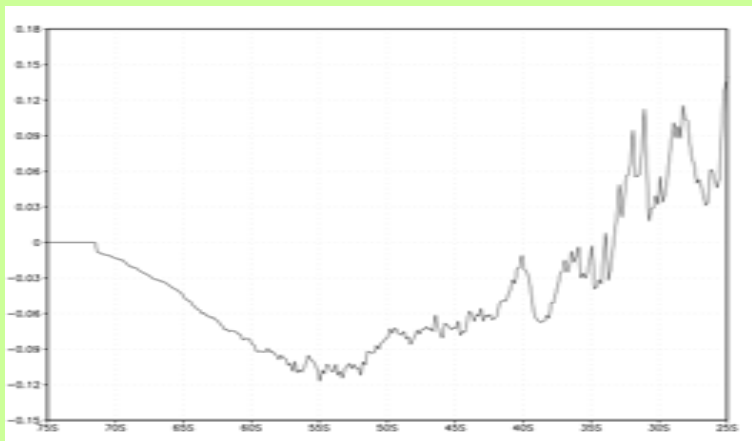
- 初期条件: 静止
- 風: Hellerman and Rosenstein年平均
- 重力加速度:  $0.02[m/s^2]$
- 水深: 1000 m 一定
- 粘性:  $5 \times 10^2 [m^2/s]$
- 解像度 : 20 km
- タイムステップ : 20分



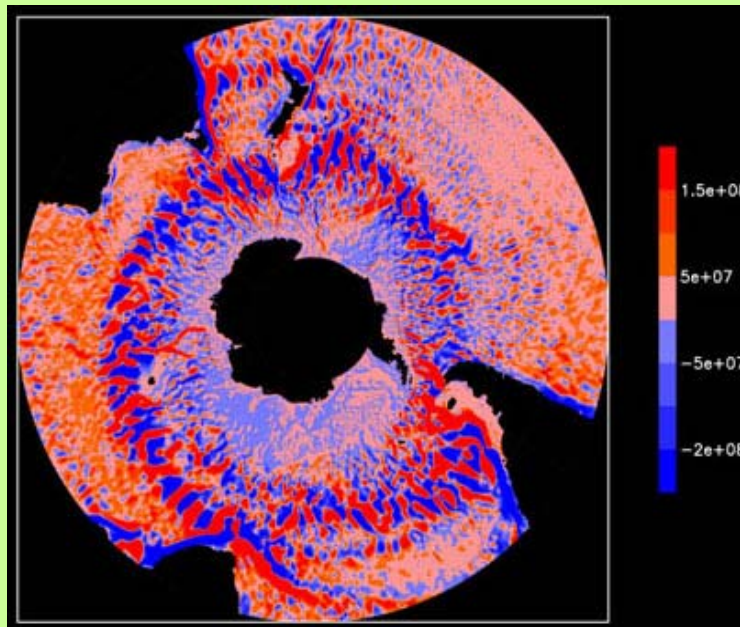
海面高度 (cm)

## ■ 渦熱輸送量の計算

- 東大気候センター海洋モデル(COCO)
- NCEPの風応力
- LEVITUS海面リストア
- 解像度 1/4x1/6 L85



北向熱フラックス (PW)



緯度方向鉛直積分渦熱フラックス (W/m)



## 地球地球シミュレータの性能を最大限生かした 高分解能大気大循環モデル(NICAM)の開発

- 全球で雲を解像する大気モデルを目指す
- 水平に正二十面体格子
- 全球で非静力学コア

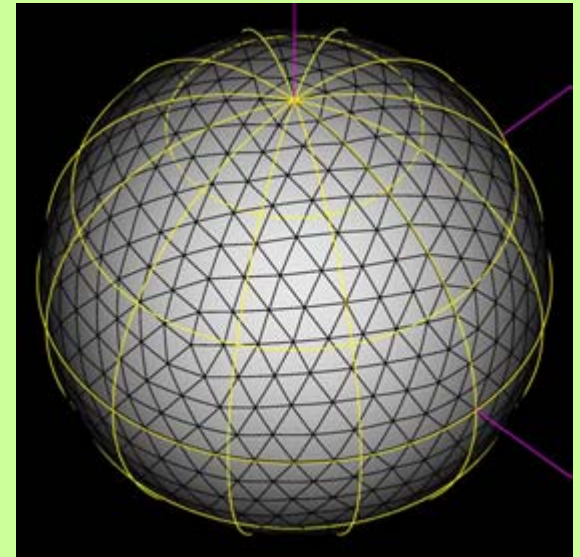
### ■ 2003年度の目標

#### ■ 力学コアの性能評価

- 高分解能での非静力学効果
- 高分解能での計算性能の向上

#### ■ 物理過程の実装

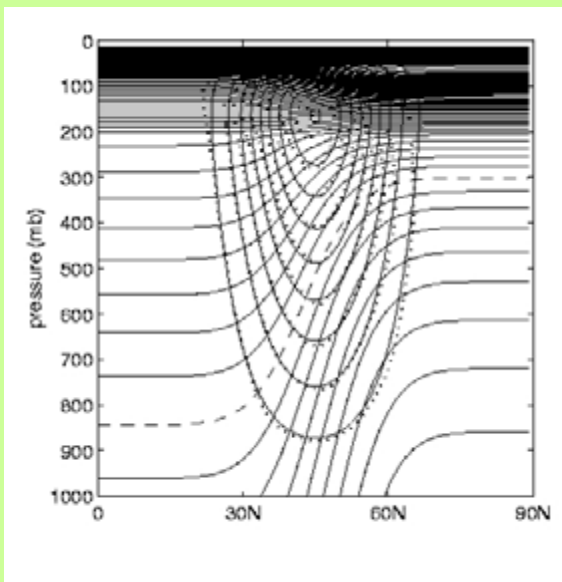
- 領域モデルでの知見をもとに  
全球モデルへの実装開始



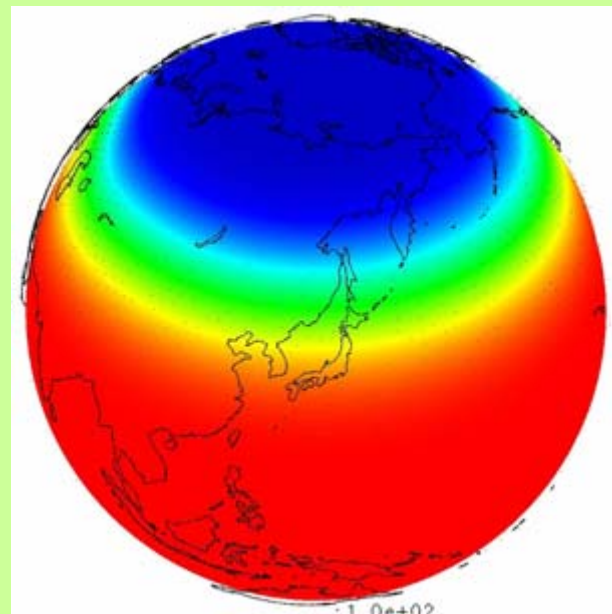
## ■ 温帯低気圧のライフサイクル実験

### ■ 計算条件

- 計算期間 : 12日間
- 水平解像度: 240km格子~3.5km格子
- 鉛直層数: 50層 (dz=600m)

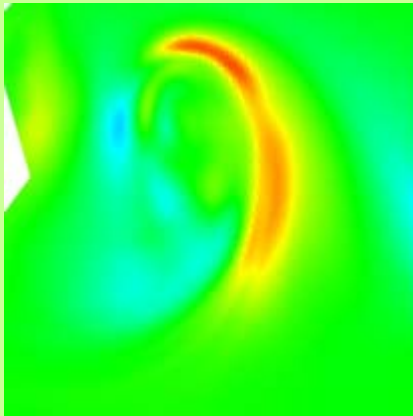


初期の北半球鉛直プロファイル

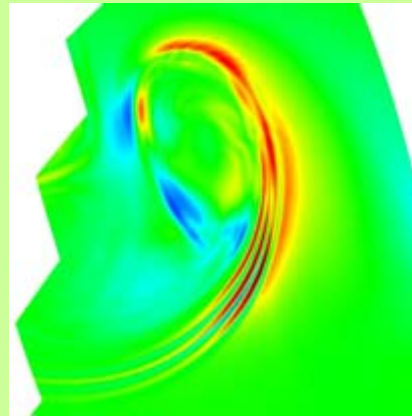


7km格子での最下層での温度場と速度場

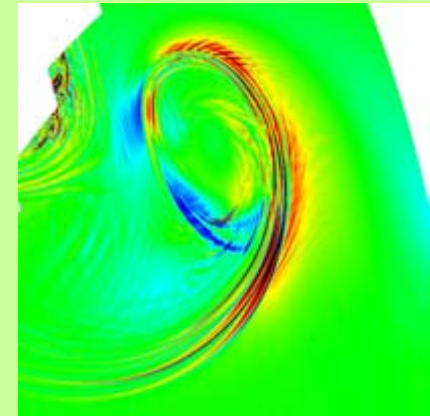
## ■ 高度3kmでの鉛直流(9日目)



60km格子



15km格子



3.5km格子



## ■ IOを含めた実測結果(ライフサイクル実験)

水平格子間隔	$\Delta t[s]$	使用ノード数	1日積分時間[h:m:s]	FLOPS	ピーク性能比
GI-6(120km)	900	5 (40CPU)	00:00:19	90G	28%
GI-7(60km)	450	20 (160CPU)	00:00:32	410G	32%
GI-8(30km)	200	80 (640CPU)	00:00:68	1720G	33%
GI-9(14km)	100	80 (640CPU)	00:06:30	2260G	44%
GI-10(7km)	50	80 (640CPU)	00:46:50	2450G	48%
<b>GI-11(3.5km)</b>	<b>25</b>	<b>320(2560CPU)</b>	<b>01:34:10</b>	<b>9750G</b>	<b>48%</b>

## ■ コードチューニング

- 二重計算の削除
- サブルーチンの統合
- メモリからのロード/ストアの削減

解像度 : 水平30km格子,鉛直32層, 80ノード 積分時間 : 1日

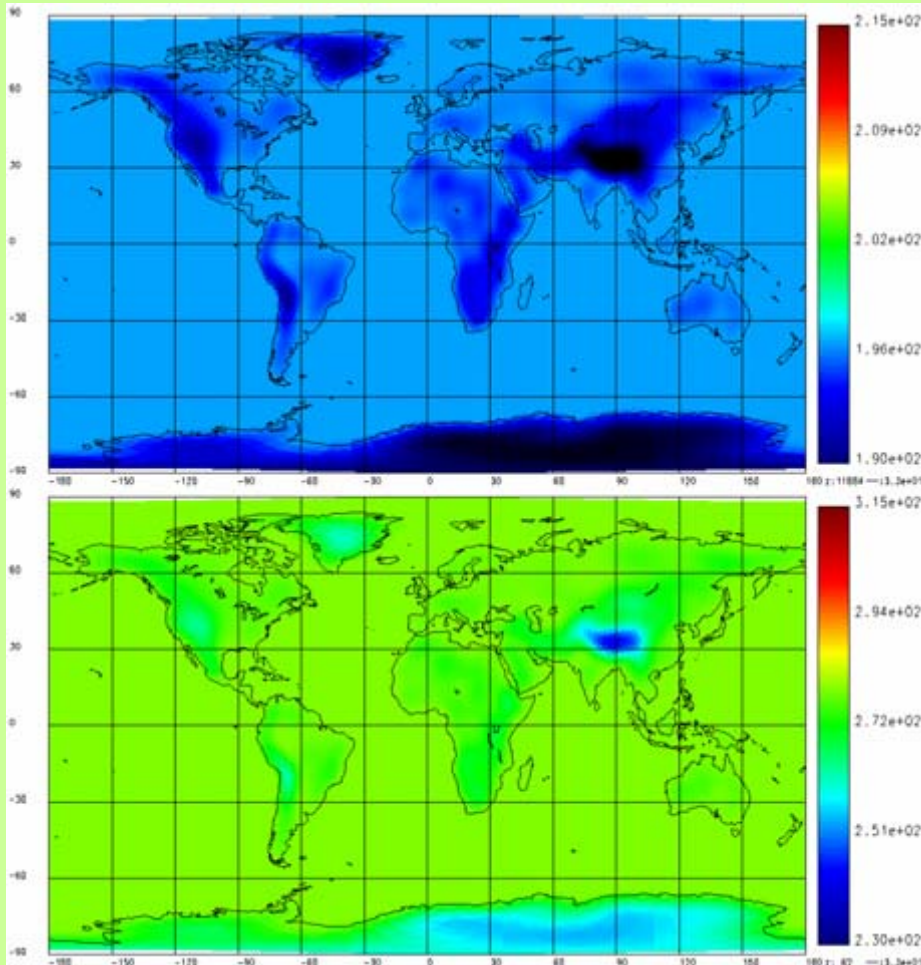
	改善前	改善後	結果
計算時間	365秒	280秒	<b>23% ↓</b>
FLOPS	1.77T	2.15T	<b>21% ↑</b>
ピーク比	(35%)	(43%)	



## ■ 地表面過程、乱流過程実装済み

### テスト実験例

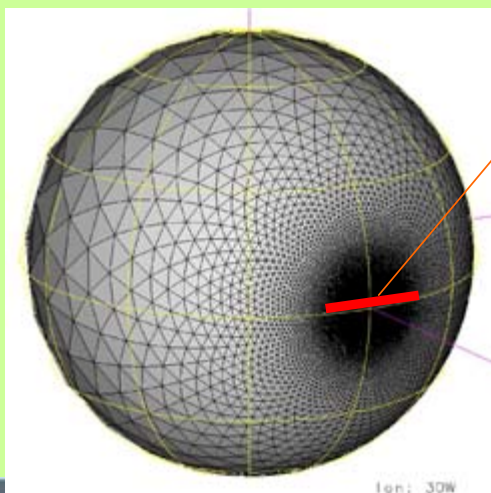
- 現実的な地形
  - GTOPO30より作成
- 地表面過程
  - Louis et al.
- 乱流過程
  - Mellor & Yamada Level 2/2.5
- 放射過程
  - ニュートン冷却で模擬



## ■ 雲物理(暖かい)過程実装済み

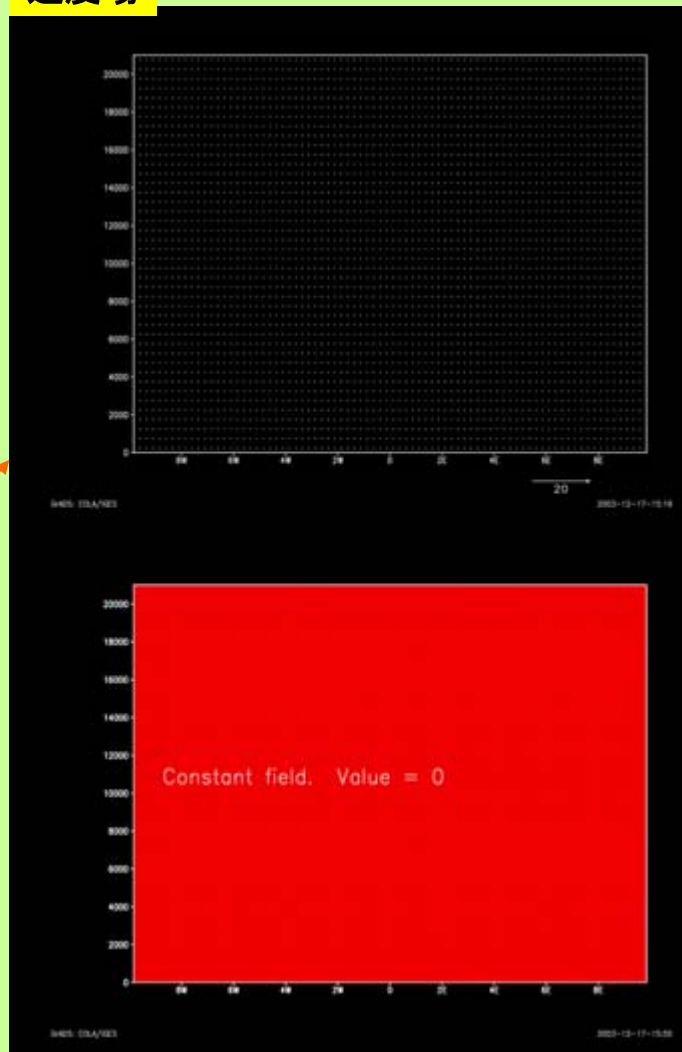
### テスト実験例

- 水平格子:可変格子(下図)
  - ・ 集中部分で1km格子を実現
- 赤道付近の現実的プロファイル
  - ・ 条件付不安定場
- 下層にwarm bubbleを置く
  - ・ 単発の積雲



鉛直断面

### 速度場



## ■ 大気モデル

### ■ 目標解像度(3.5km)での計算を実施した。

- 力学コア： 低気圧の発達実験・12日積分
- 一日積分：1h36m (ES320nodes使用時)
- コードチューニングにより計算時間約20%の削減
- 現在、非静力学効果を検証中

### ■ 物理過程を随時実装中

- 今年度中に実装完了

## ■ 海洋モデル

### ■ バロトロピック力学部分開発完了

- 今年度中に全力学コア開発完了予定

### ■ 領域計算での渦解像実験

- 領域渦解像実験を開始



## ■ 大気モデル

### ■ 全球雲解像実験を実施する

- 各物理過程の実装と評価
- 積雲パラメタリゼーションなし
- 直接雲解像計算により気候値をえる
  - 目標:3.5 km格子、数10日積分

## ■ 海洋モデル

### ■ 全球渦解像海洋モデル開発を完了する

- 高精度スキームの導入、評価
- 高速計算スキームの導入、評価
- 気候値再現実験の実施

