

**将来(2010年前後を想定)の研究目標と
スーパーコンピューティング環境について**

平成16年12月

気象庁気象研究所

室井ちあし

1. 現行のスーパーコンピュータシステム及び研究成果について

現行スーパーコンピュータシステム構築の背景

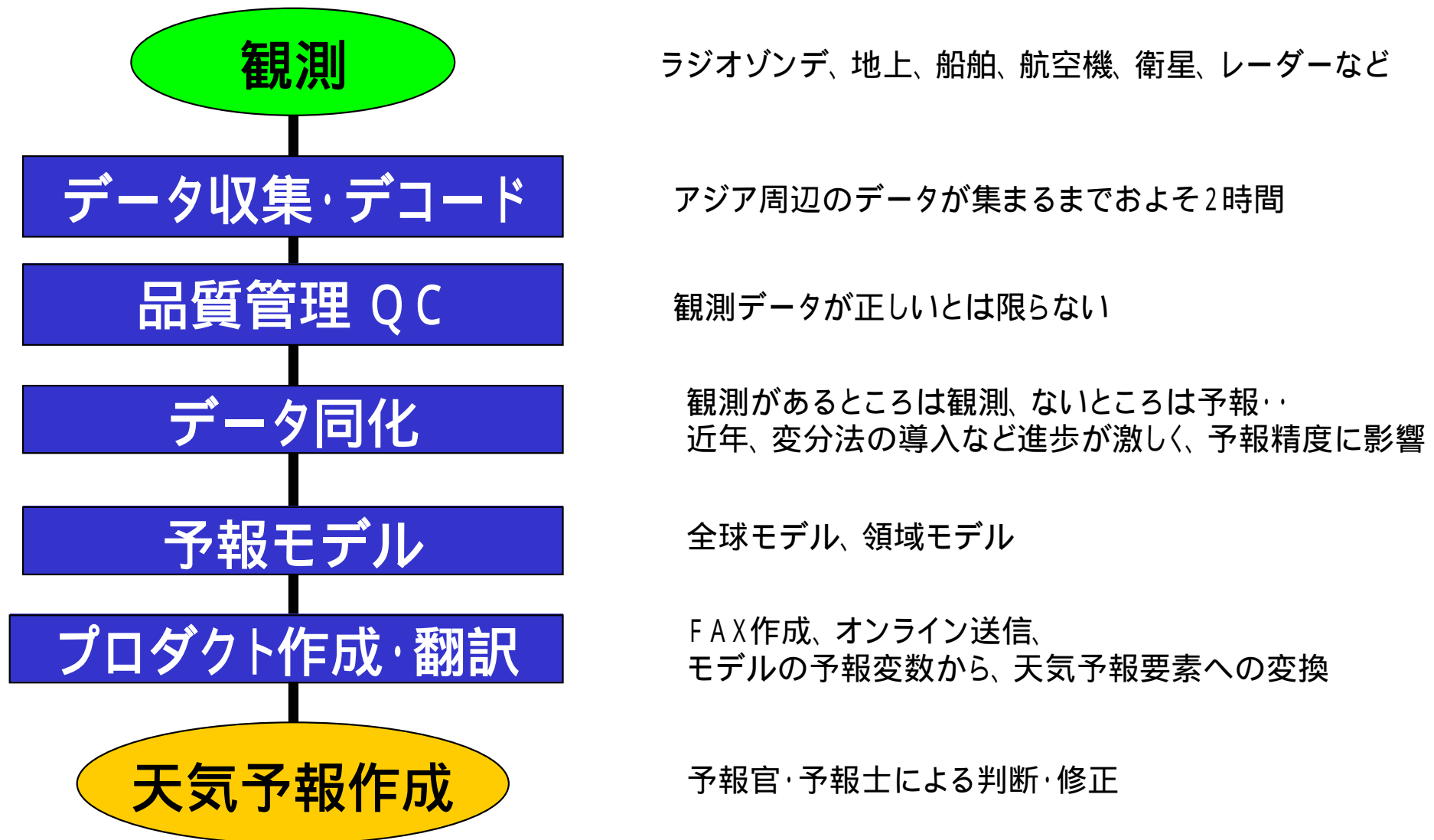
システム概要

現行スーパーコンピュータシステムを使用した研究成果について

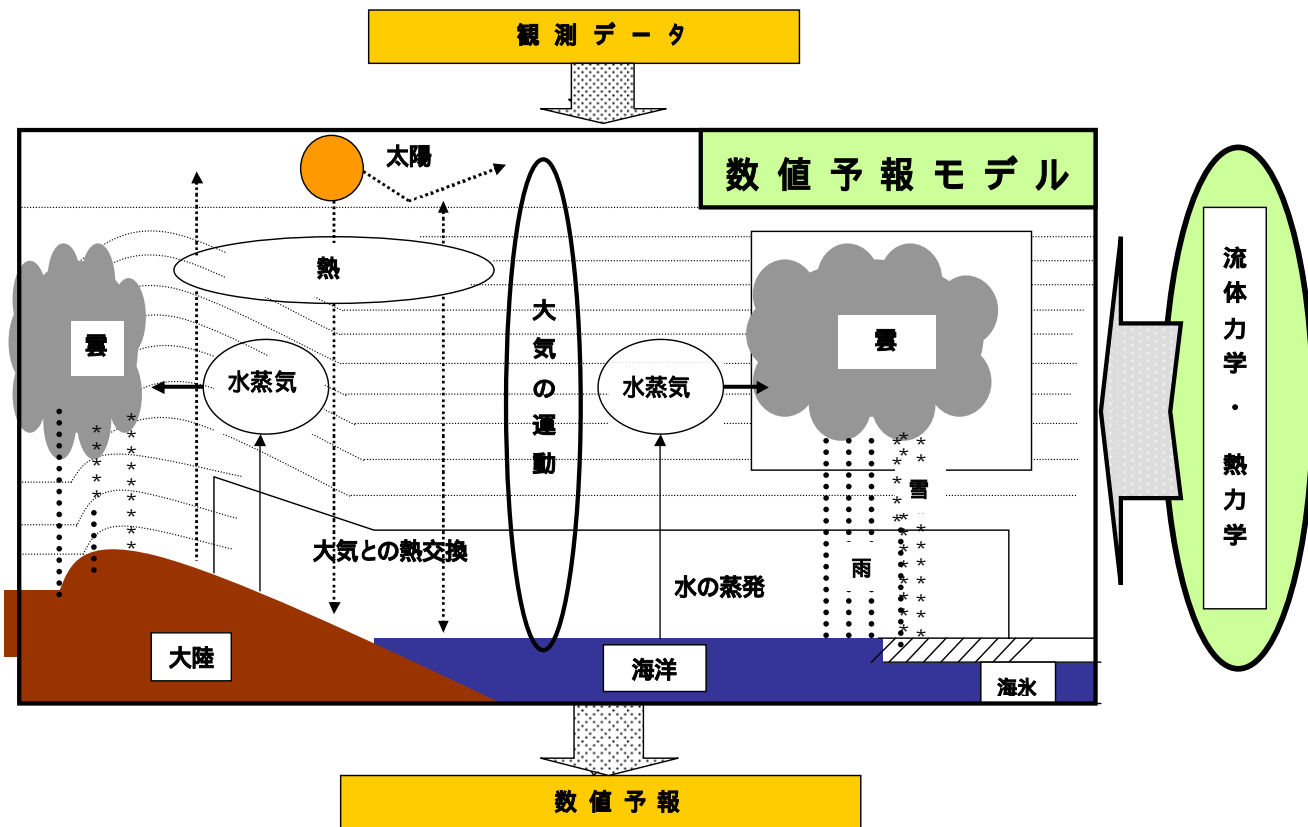
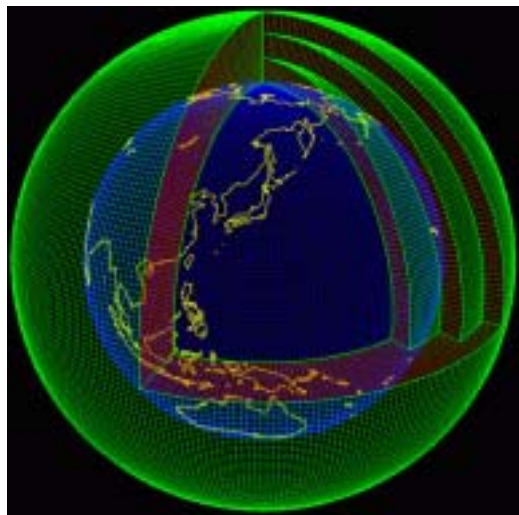
現行スーパーコンピュータシステムの更新に向けた見通し

現行スーパーコンピュータシステム構築の背景

数値天気予報の実行



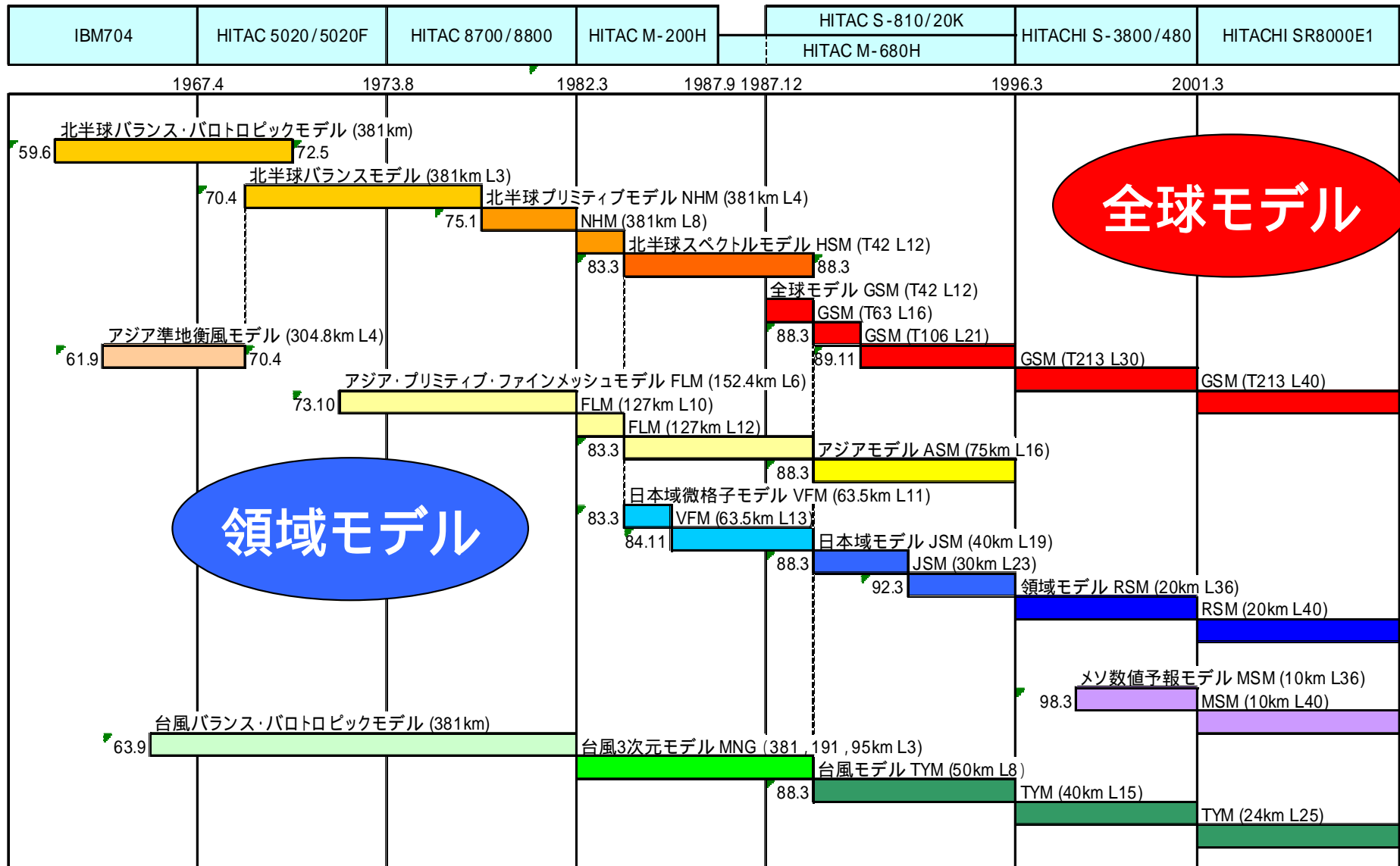
数値予報モデル = 物理法則を数值的に解く



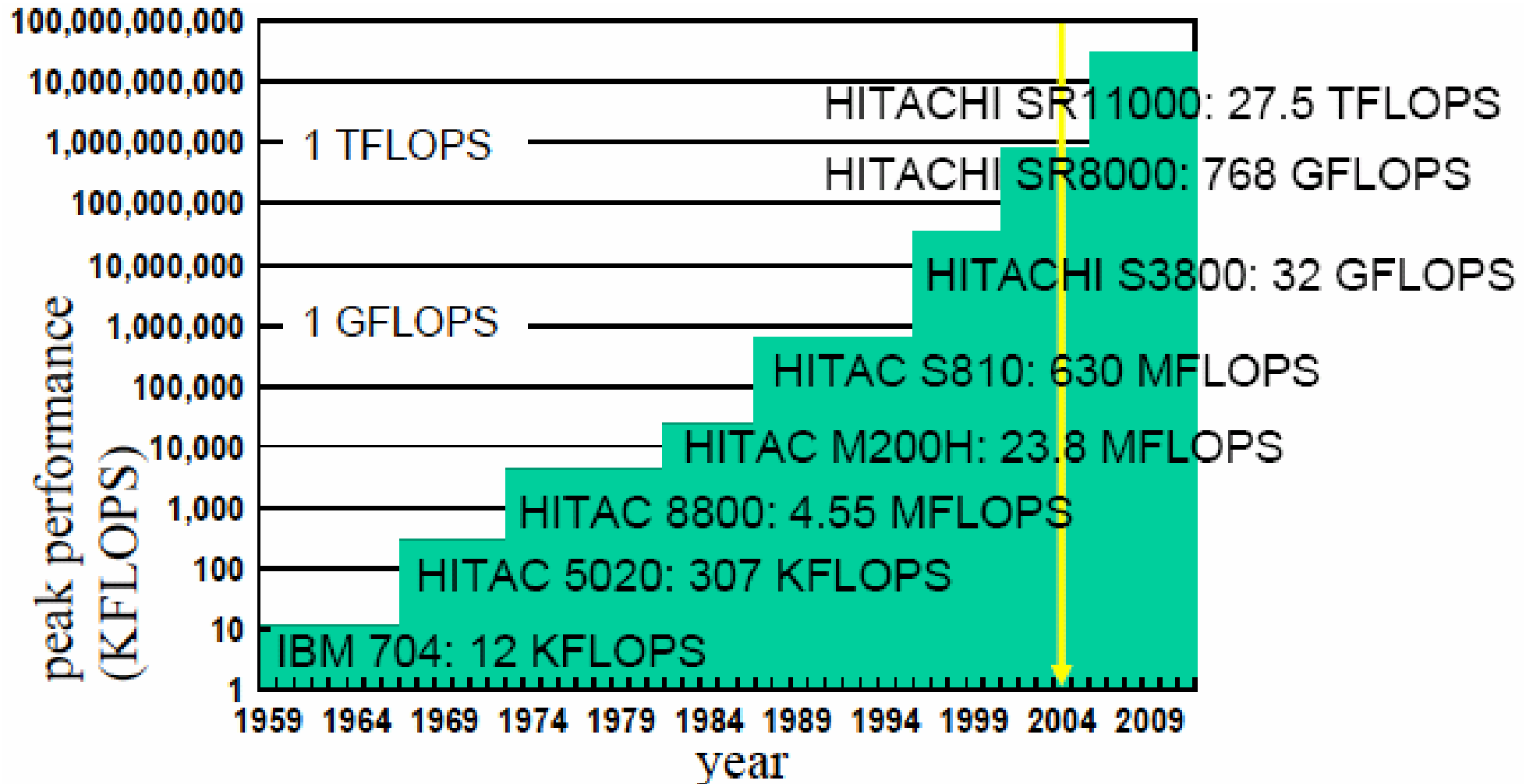
気象庁で運用している主な数値予報モデル

モデル名	主な目的	解像度	予報時間
全球モデル	明後日予報 週間予報 台風進路予報	T213(60km) (640x320x40)	90,216時間
領域モデル	短期予報	20km(325x257x40)	51時間
メソモデル	防災情報	10km(361x289x40)	18時間
台風モデル	台風進路予報 台風強度予報	24km(271x271x25)	84時間

気象庁のスーパーコンピューター および主な数値予報モデルの変遷



気象庁の歴代スーパーコンピューターシステム



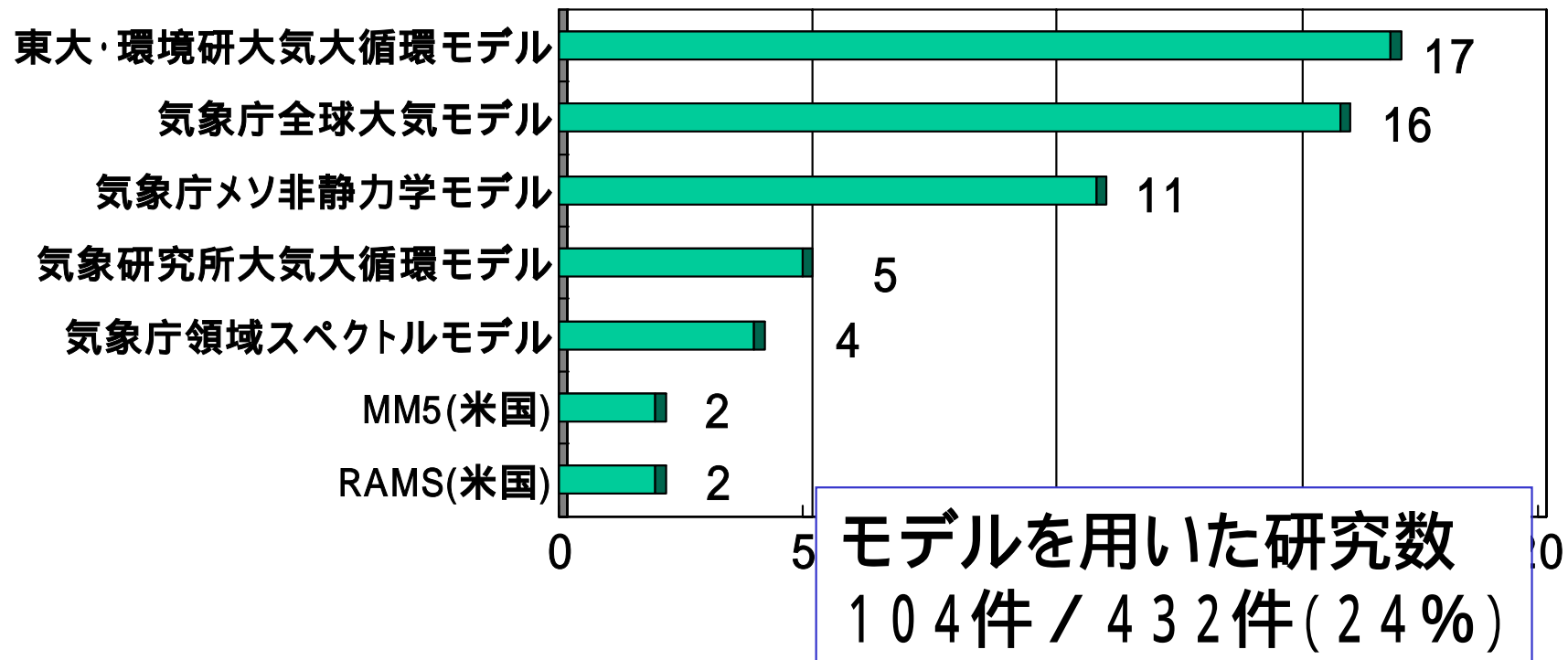
気象研の歴代スーパーコンピューターシステム

	導入年	メーカー・型番	理論演算性能	主記憶容量	ディスク容量
1号機	1980年	日立 M-200H	48MF	16MB?	?
2号機	1985年	日立 M-280D S810/10	630MF	48MB	2.5GB
3号機	1994年	日立 S-3800/180	8GF	3GB	116GB
4号機	1999年	日立 SR-8000	288GF	256GB	859.2GB
5号機	2004年	NEC SX6E	2.9TF	3328GB	50.56TB

気象庁・気象研でアプリケーションを共同開発

- 流れの計算など力学過程を共有
- 雲放射など一部の物理過程は選択式
 - 気象研は精度重視
 - 気象庁は速度重視
- Fortran90 コーディングルールの策定
 - 気象研ホームページで公開
- CVSを用いたプログラム管理
 - メールングリスト、イントラネットを利用した情報の共有
- SR, SX, ES向け最適化を実施
 - 一部はVPP向け最適化も実施
 - Linux は主にデバッグ用に利用
 - PCクラスタの利用実績はほとんどない
- プログラムは大学・研究機関に貸与
 - 日本の科学的知見の集約をめざす

気象研究によく使われるモデル



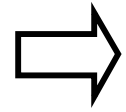
資料: 2001年日本気象学会春季大会講演予稿集

自ら(もしくはグループで)モデルを実行したと思われるもの
予報結果や再解析データを利用した、としたものは除く

地球シミュレータを利用した タイムスライス法による地球温暖化実験

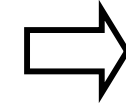
大気海洋結合モデルによる地球温暖化予測実験

水平270kmメッシュ
全球大気モデル



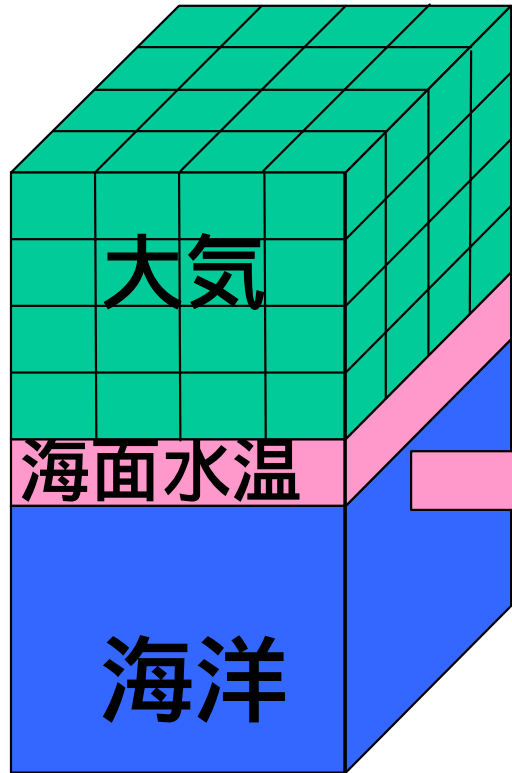
高分解能大気モデルによるタイムスライス実験

水平20km格子
全球大気モデル



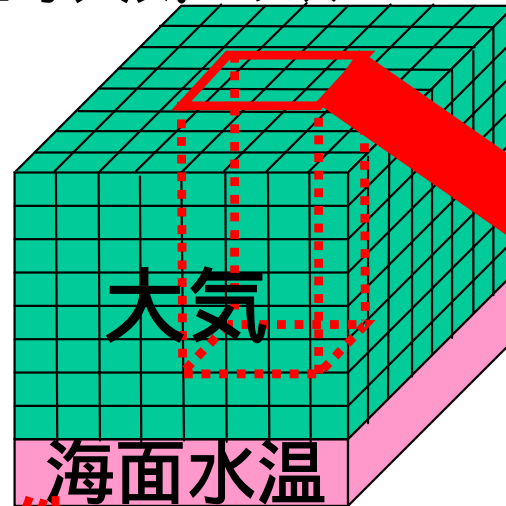
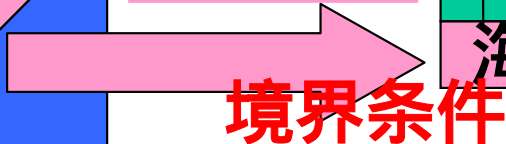
ネスティングによる領域タイムスライス実験

水平5km格子雲解像
領域大気モデル

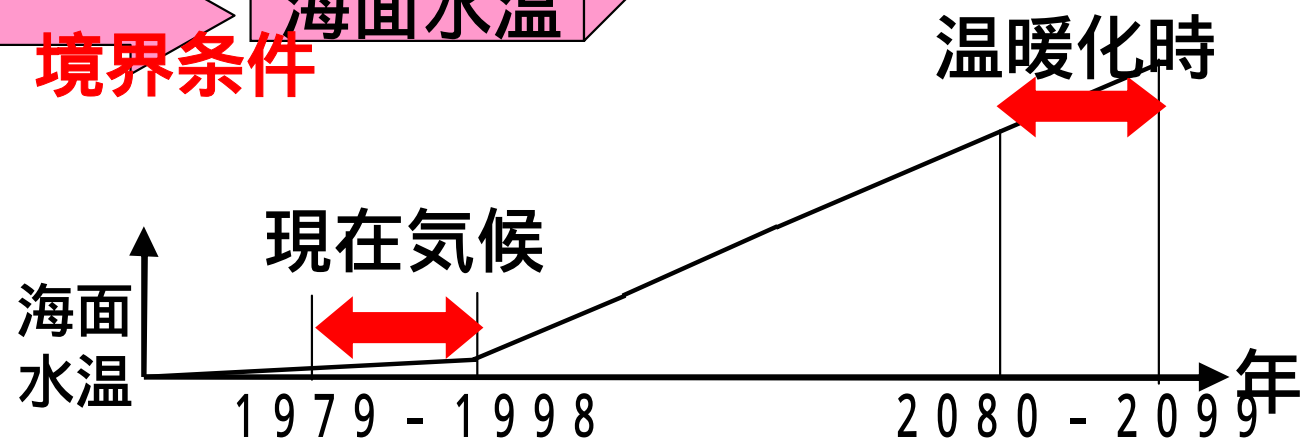
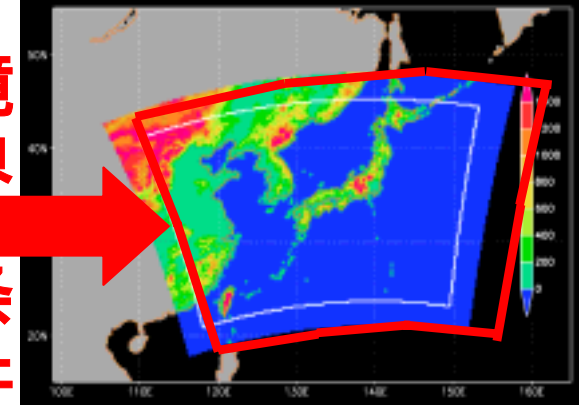


水平200-50kmメッシュ
全球海洋モデル

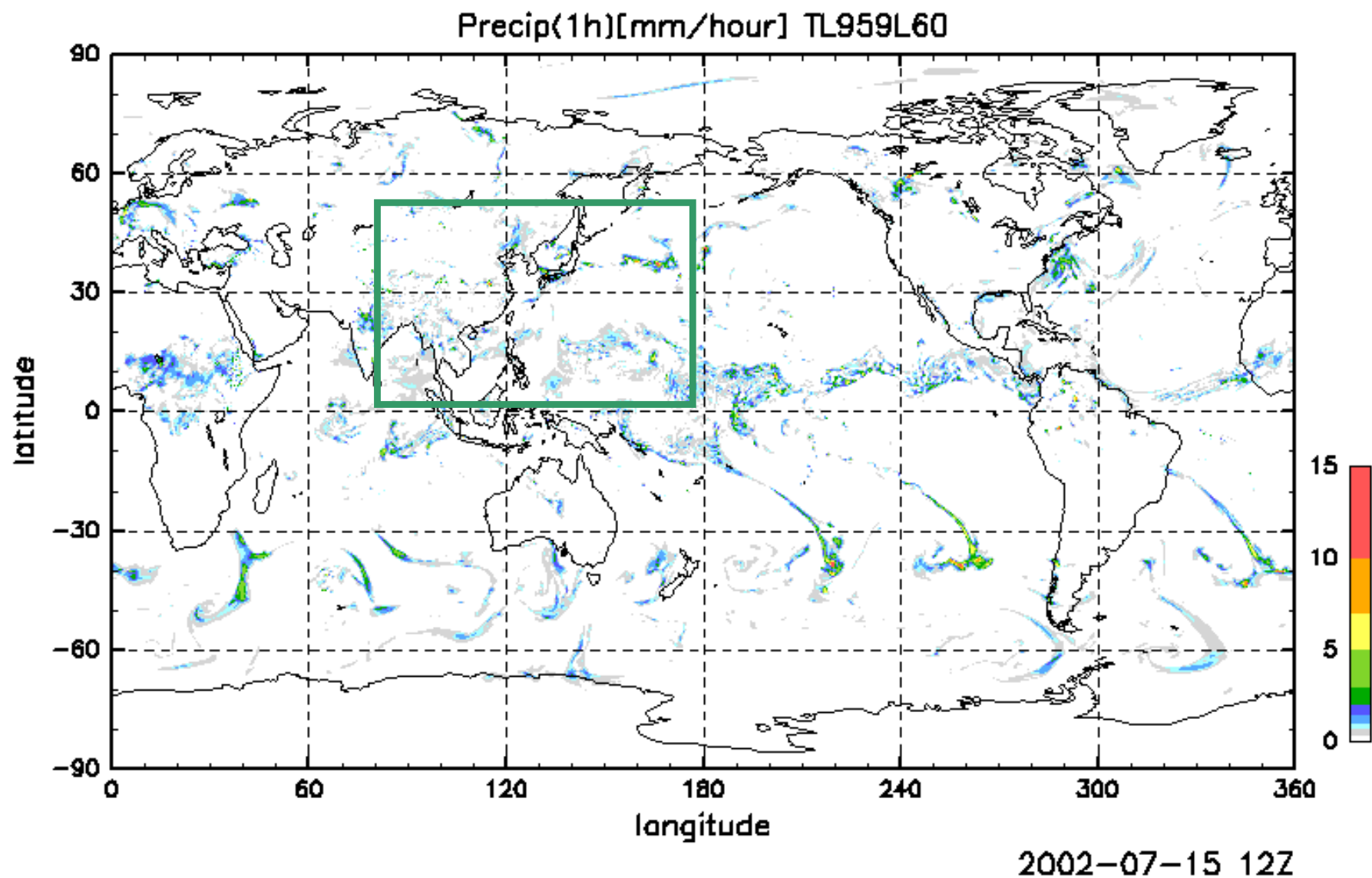
予測した海面水温



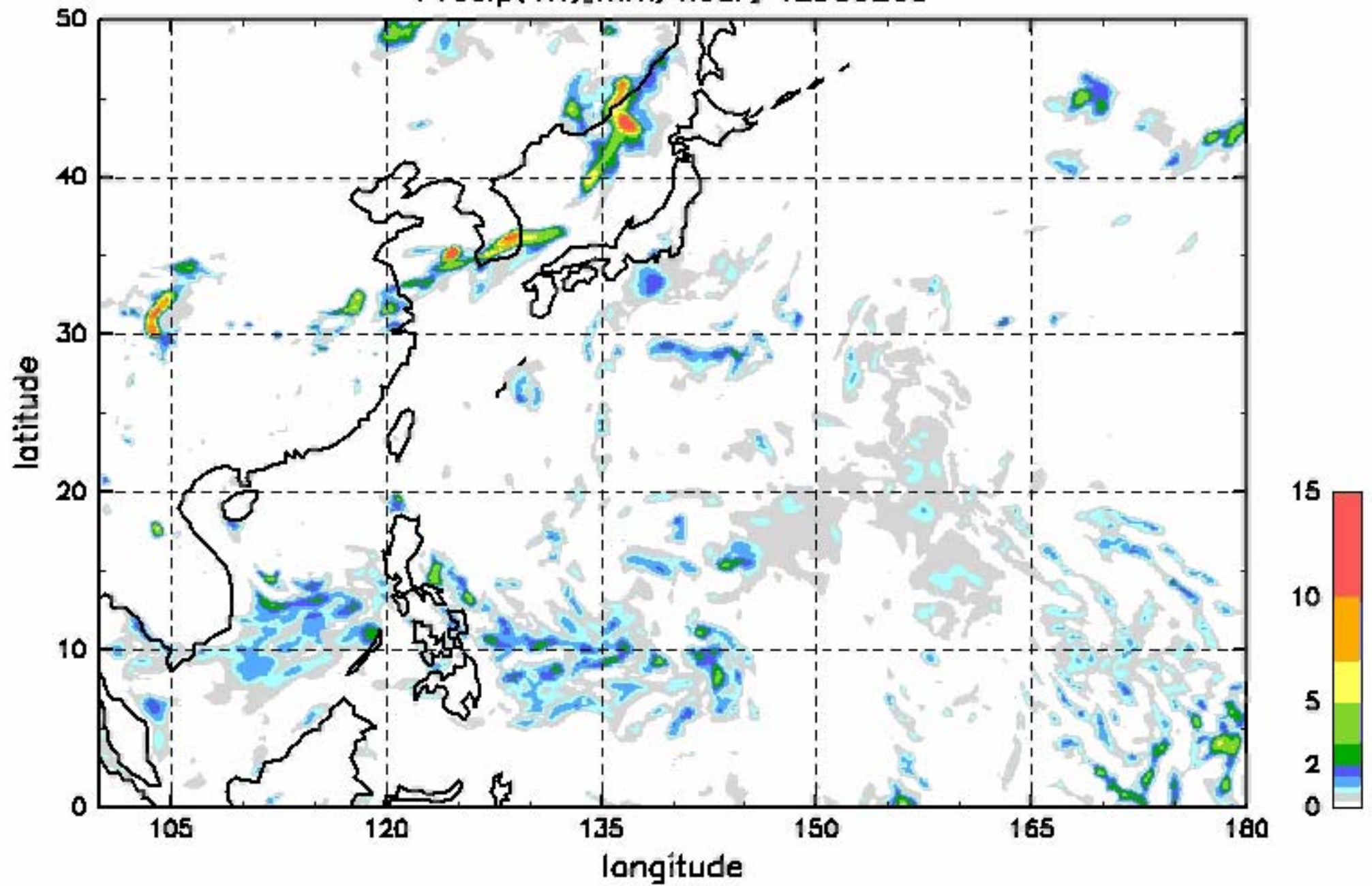
境界条件



20kmメッシュ全球気候モデルで シミュレートされた1時間降水量 (地球シミュレータ利用)



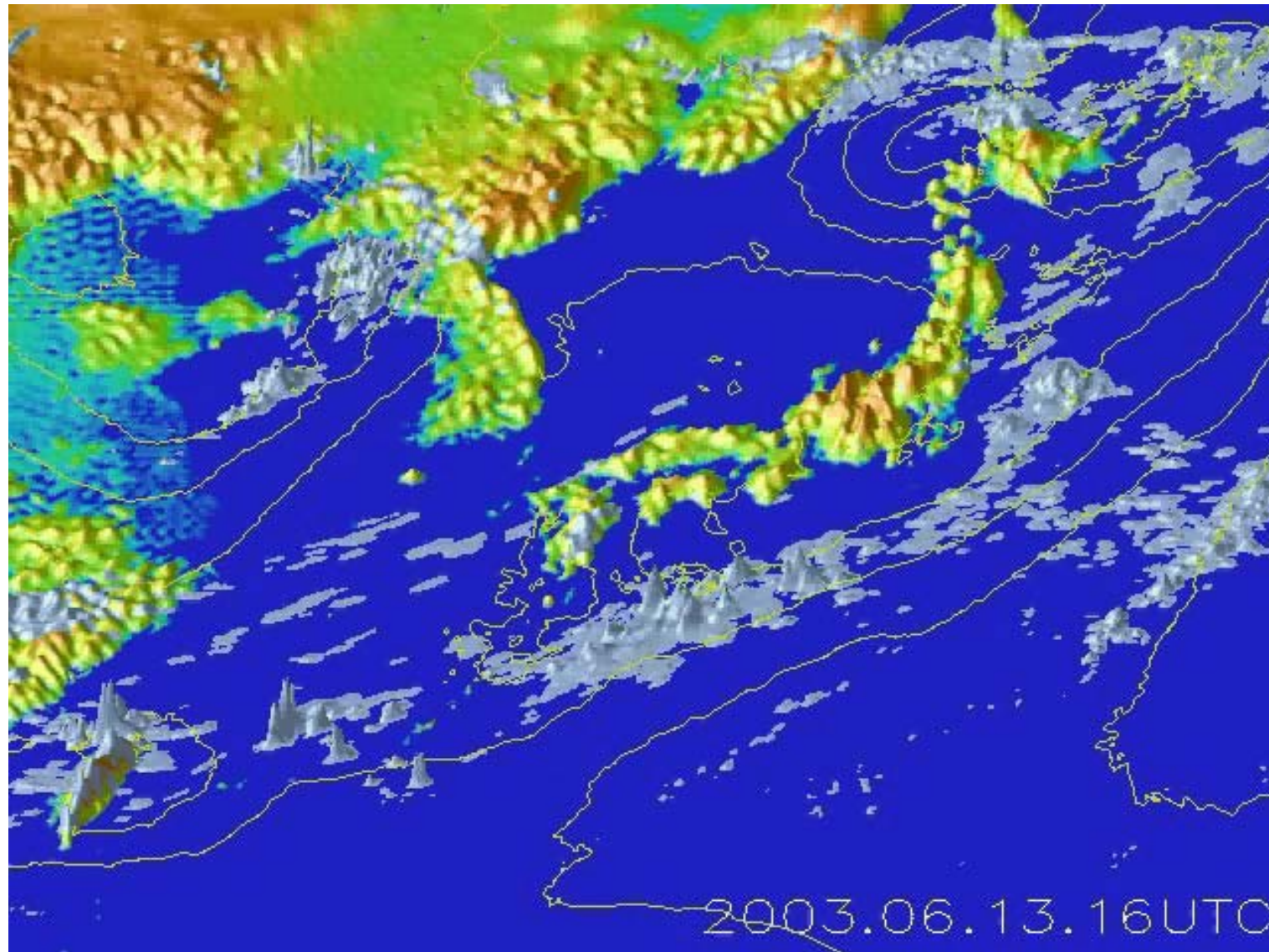
Precip(1h)[mm/hour] TL959L60



2007-08-24 00Z

梅雨期 70日シミュレーション (地球シミュレータ利用)

水平解像度：5km, 800x600x48, 初期値：2003年5月21日
梅雨は長引き、降水量が増加する。特に西日本では集中豪雨も増加する。



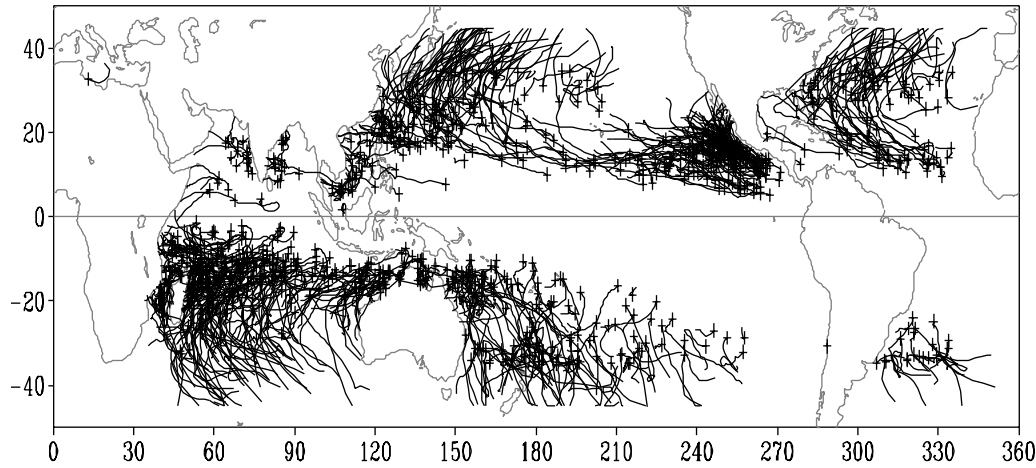
地球温暖化に伴う熱帯低気圧の変化

台風の発生数は今世紀末に30%ほど少なくなるが、強い台風の割合が増える。

現在気候

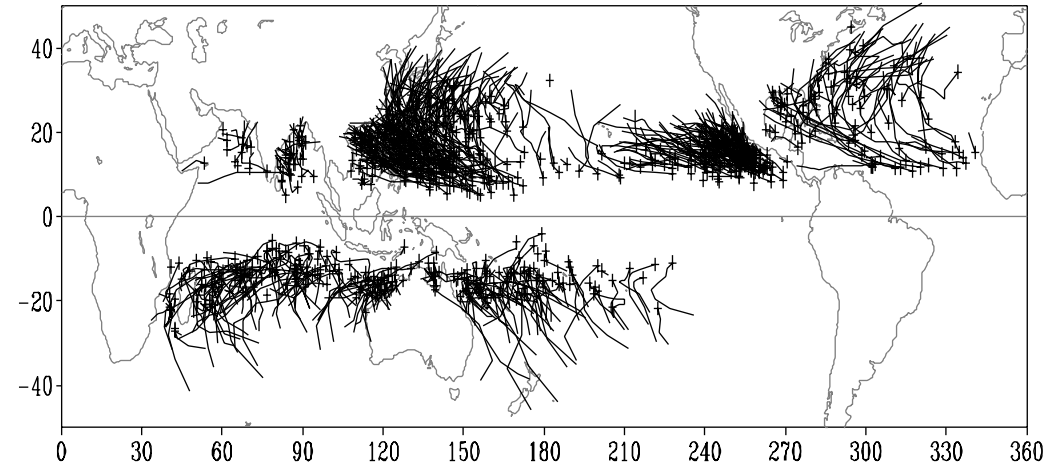
(wind ≥ 17 m/s)

10 years



観測(1979-1988)

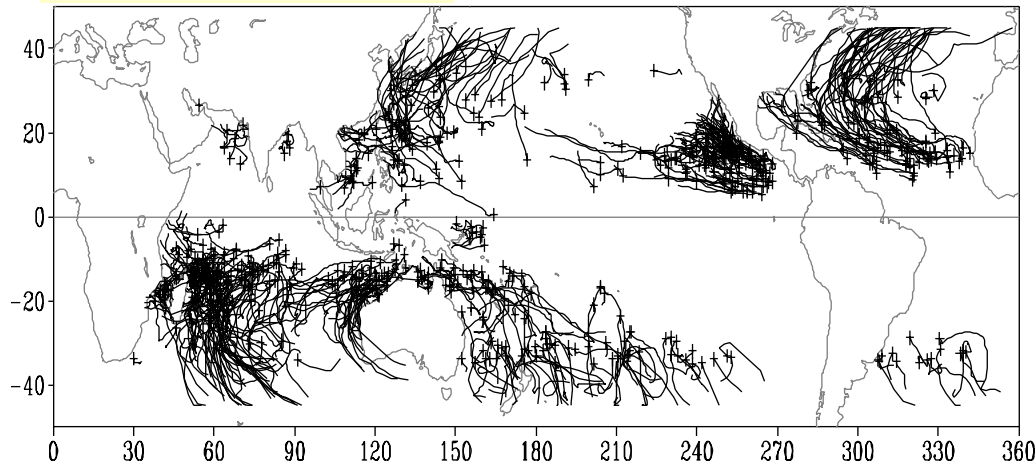
10 years



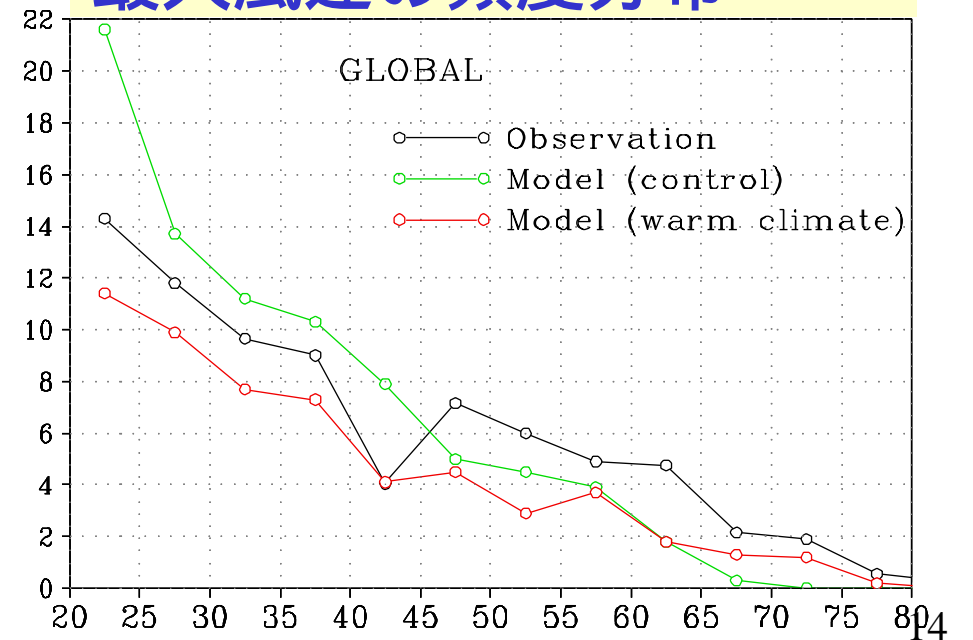
温暖化気候

(wind ≥ 17 m/s)

10 years



最大風速の頻度分布



水平分解能を変えた比較実

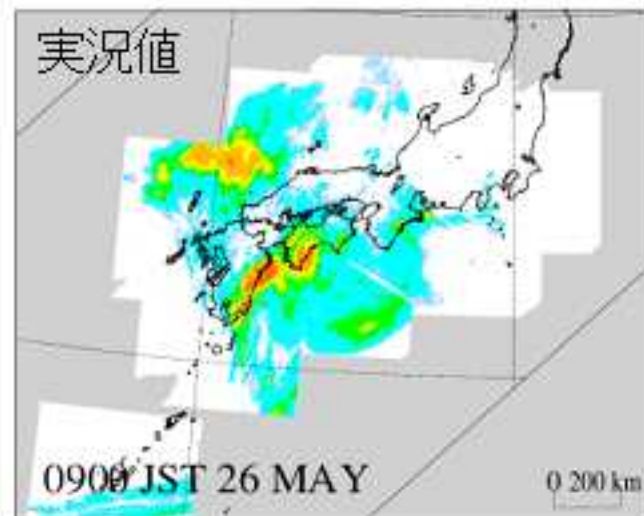
5日目26th 0900LSTの12時間積算降水量

(1) 5km-NHM

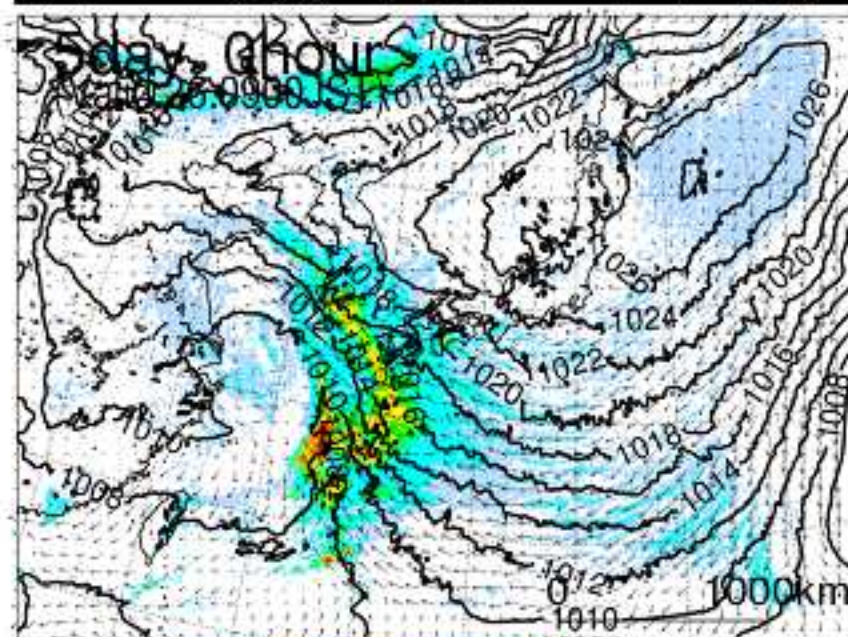
水平分解能**5km**、鉛直48層、タイムステップ12s、
対流パラメタリゼーション無し

(2) 20km-NHM

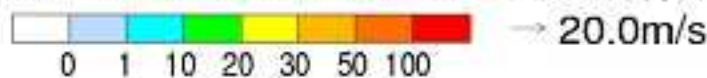
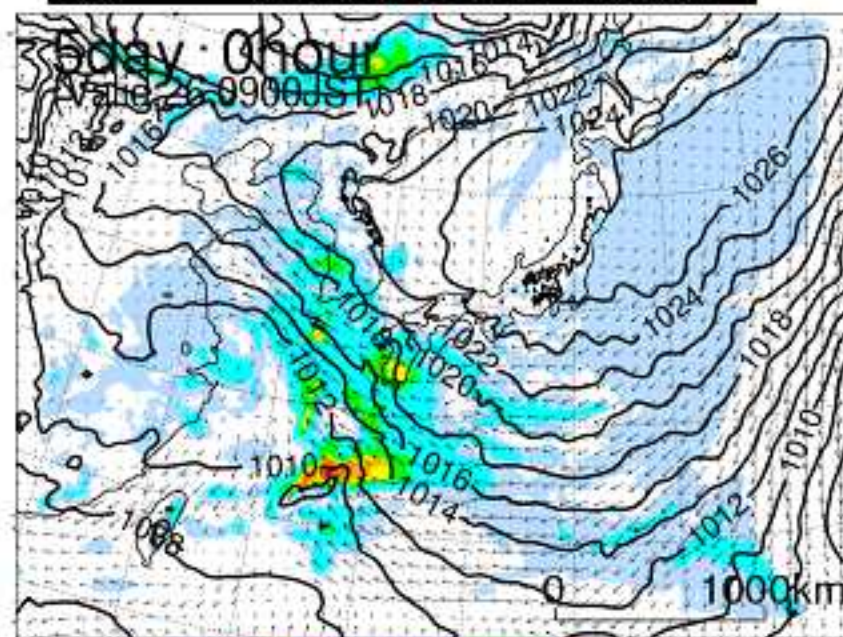
水平分解能**20km**、鉛直48層、タイムステップ12s、
雲物理過程と対流調節



(1) 5km (対流パラメタリゼーションなし)

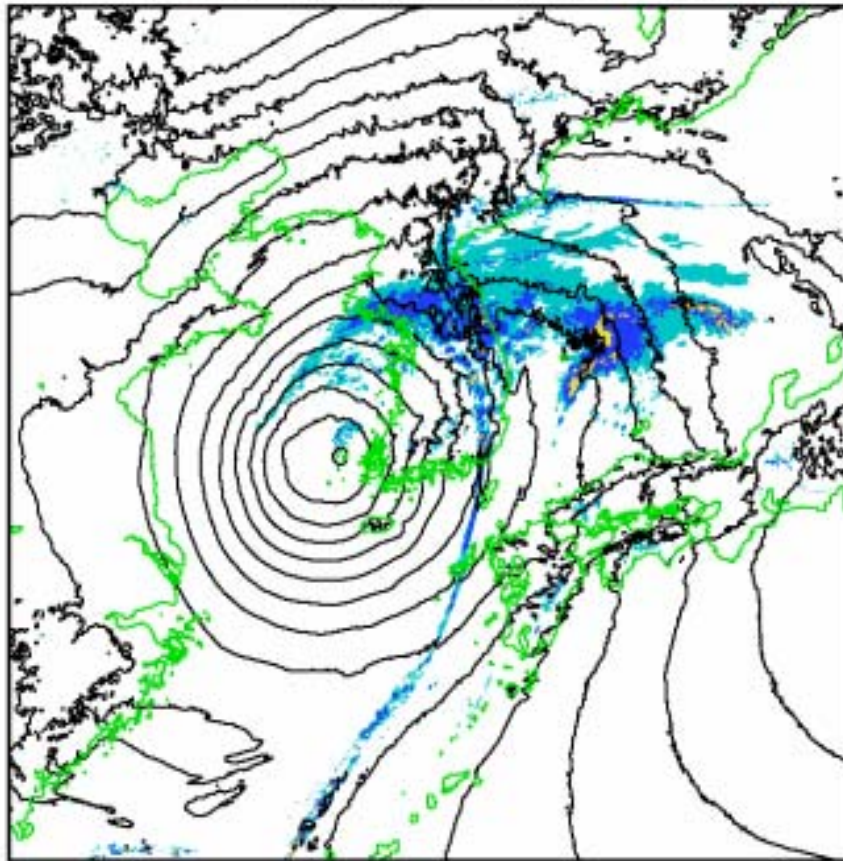


(2) 20km:雲物理過程と対流調節



1kmメッシュ雲解像モデルによる T0205シミュレーション (地球シミュレータ利用)

NHM01 2002.07.05 21:00 JST



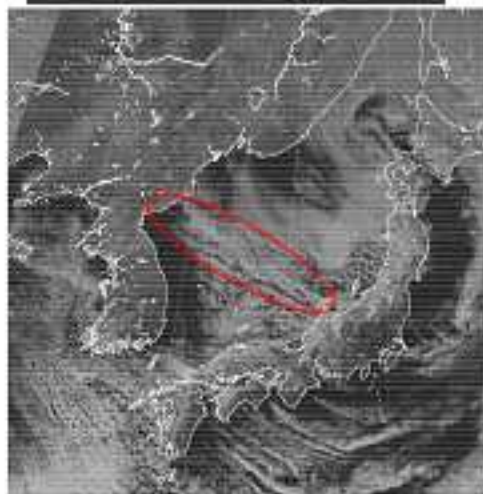
気象庁非静力学モデルを使用
水平解像度 1 km
シミュレーション領域は2000 km四方
(格子数 2000x2000x38)
初期時刻 2002年7月4日18時

台風5号は朝鮮半島の南西海上に位置し、東北東に進んでいる。台風の北から北東の領域で激しい降水域がシミュレートされている。台風の北東の朝鮮半島付近から南にレインバンドが長く伸び、五島列島付近を通過して東シナ海に伸びている。

1kmメッシュ雲解像モデルによる 冬季日本海のシミュレーション (地球シミュレータ利用)

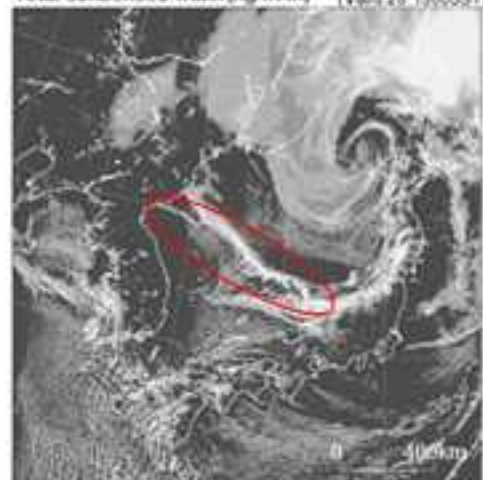
気象衛星による
可視画像

2003年1月13日 13時



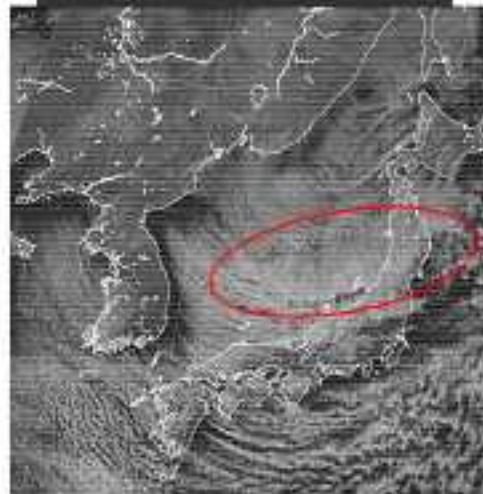
0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8

Total condensed water(kg m⁻³) 4hour 0min
(Jan 13 13:00 JST)



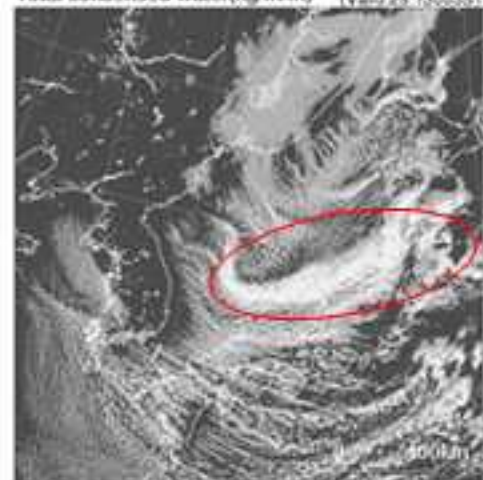
0.05 0.1 0.5 1.0 1.5

2003年1月29日 13時



0.0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8

Total condensed water(kg m⁻³) 4hour 0min
(Jan 29 13:00 JST)



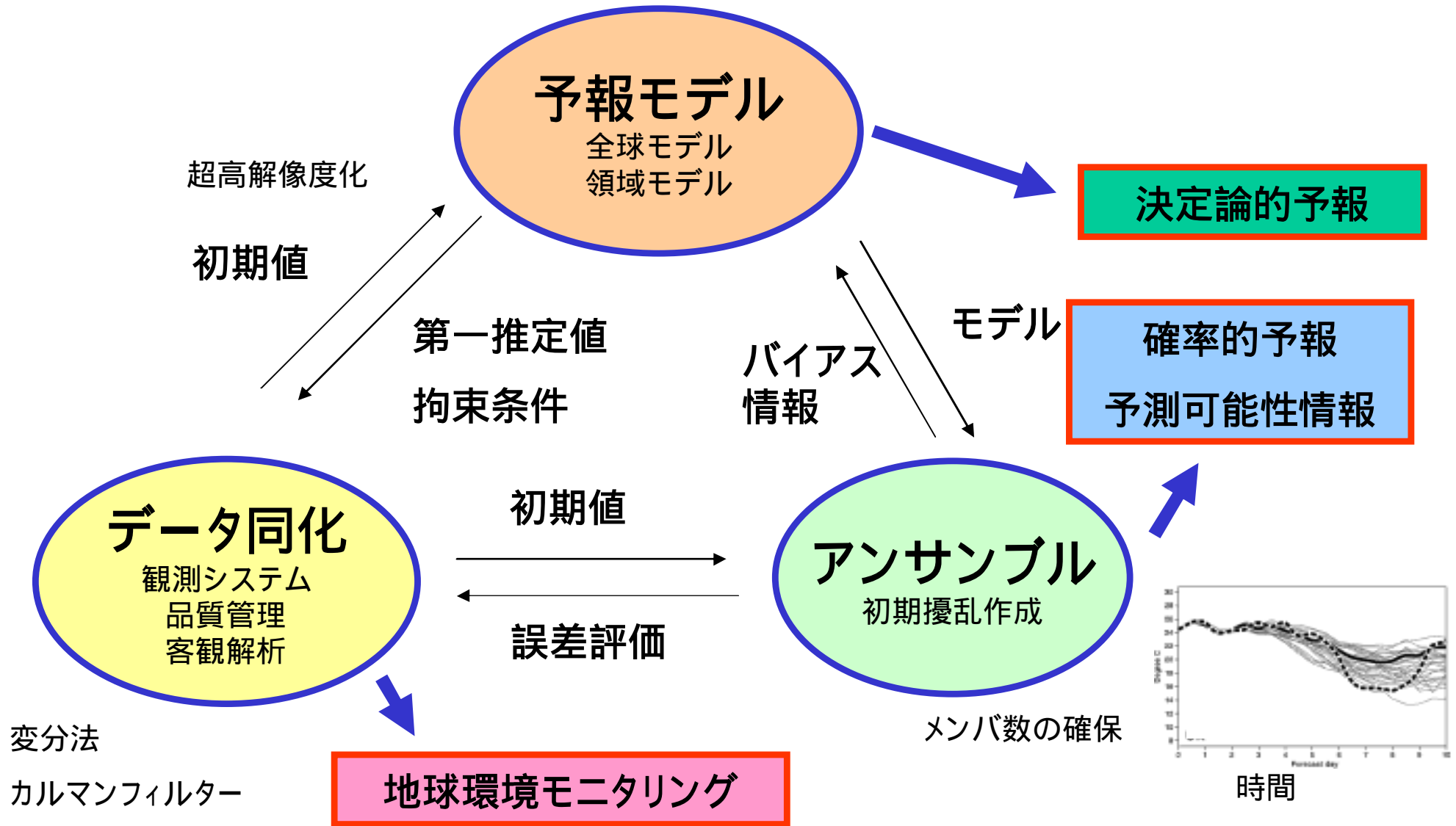
0.05 0.1 0.5 1.0 1.5

雲解像モデル
によるシミュ
レーション

2. 将来想定される研究目標について

- アプリケーション
 - 予報モデル
 - データ同化
 - アンサンブル
- ターゲット
 - 気象業務で実現できていること
 - 気象研究で行われていること
 - 地球シミュレータで挑戦していること / されていないこと
- 想定される研究目標

気象シミュレーションの3つのコンポーネント

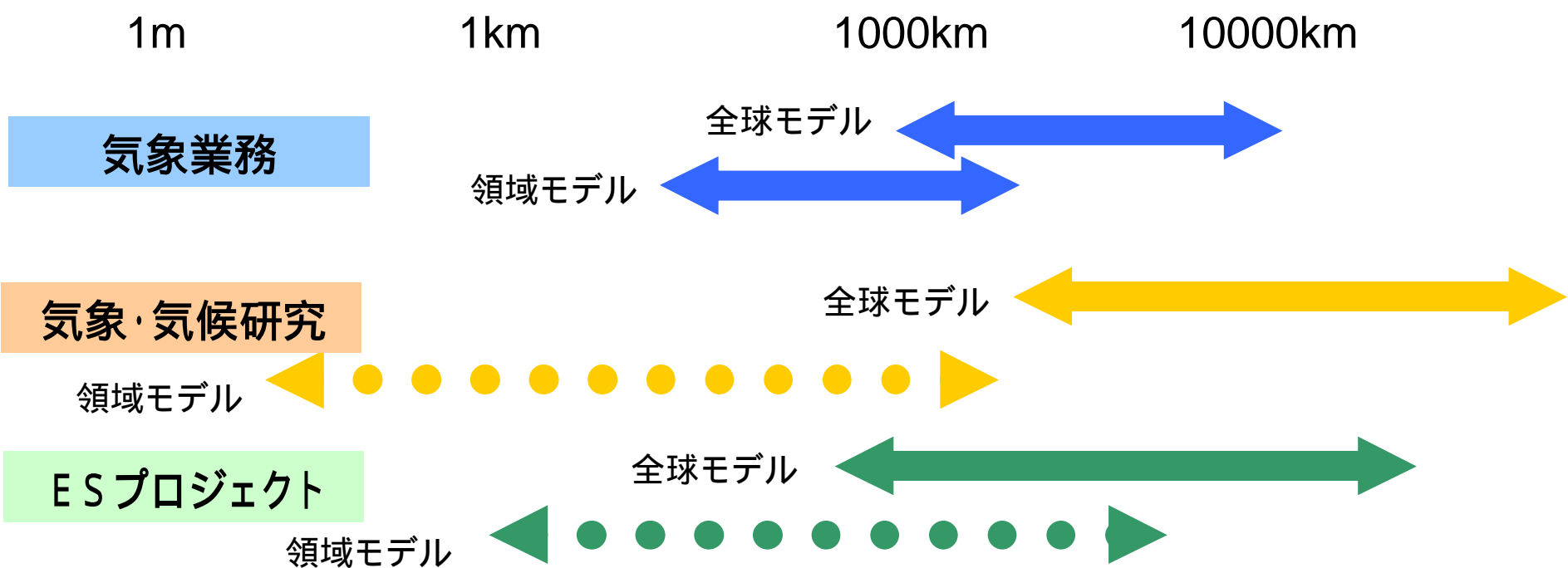


従来は予報モデルの解像度が精度を決める大きな要素であったが、今後はデータ同化とアンサンブルを含めた総合バランスが重要になる

気象現象のスケールとシミュレーションターゲットの関係(現状)

乱流 ビル風 ダウンバースト 竜巻 個々の積乱雲 雷雨 ヒートアイランド 集中豪雨 前線 台風 低気圧 日々の高気圧・
 週間予報 季節予報 エルニーニョ 気候変動 温暖化 古気候

現象の水平スケール



想定される研究目標(1/2)

研究分野	アプリケーション	概要	目的	期待されるブレイクスルー	波及効果	必要な実行性能
地球環境 (大気)	防災予報・同化	領域非静力学 大気モデル	2日程度先までの集中豪雨の予測	洪水、土砂崩れの避難リードタイムの確保	人命・財産保護	PFLOPS級
地球環境 (大気)	台風予報・同化	全球非静力学 大気海洋モデル	10日程度先までの台風進路・強度の予測	暴風・豪雨・高潮対策	世界トップクラスの天気予報精度の実現、航空・船舶運行計画	PFLOPS級
地球環境 (大気海洋)	温暖化予測	全球大気海洋 大循環モデル	100年後の気候予測	地球温暖化対策	構造物の耐久性向上	PFLOPS級
地球環境 (大気海洋)	地球システム 予測・同化	大気海洋陸面 化学モデル	1年後の人間環境シミュレーション	人間環境の変化の把握	農業・水産の生産性向上	100TFLOPS級
地球環境 (大気海洋)	日本近海海洋 予測・同化	大気海洋モデル	沿岸近海過程シミュレーション	高潮対策	赤潮等水産	100TFLOPS級

想定される研究目標(2 / 2)

研究分野	アプリケーション	概要	目的	期待されるブレイクスルー	波及効果	必要な実行性能
地球環境 (大気海洋)	長期再解析	最新システムでの数十年データ同化	時間空間的に均一・高品質なデータセットの作成	異常気象や気候変動メカニズムの解明、地球環境モニタリング	国土の安全管理・利用システムの実用化	100TFLOPS級
地球環境 (大気)	観測システム実験	データ同化、アンサンブル予報、観測システム手法の研究	主に中期予報精度向上	ロスビー波と中小規模現象との相互作用の実証、誤差成長仮説の立証、4次元データ同化手法の確立、最適観測システムの構築	水資源・電力管理、農業、保険 国内科学的知見の総集約 東アジア域でのパートナーシップ強化	100TFLOPS級

3. 将来(2010年前後)のスーパーコンピュータシステムについて

- **ハードウェア要件**
 - 日本でベクトル向けに開発・コーディングされたアプリケーションの比率が比較的高い。引き続きベクトル、もしくはそれに準ずる(内側ループ長が長いプログラムが効率よく実行可能な)プロセッサが必要
 - 気象・気候研究はデータインテンシブである。演算性能ばかりではなく、ノード間通信、データ入出力性能、コンパイラ性能、汎用的な後処理・可視化など、トータルなHPCスループット向上が重要
 - 業務に活用するためには、高い信頼性・保守性の確保が極めて重要
 - 省スペース、低消費電力であることが望ましい
- **ソフトウェア要件**
 - 安定なオペレーションシステム
 - 高度なコンパイラ、最適化能力
 - 大学レベルでの情報処理教育が重要
 - ソフトウェアの標準化(NQS、ライブラリ、可視化ツールなど)
 - 初期インストールコストの削減
 - 有効なアプリケーションの構築
 - 物理屋と計算科学屋の交流をもっと盛んに
 - アプリケーションに即した評価体制の確立

4. 外部の共同利用スーパーコンピュータセンターの活用について

- ニーズ

- 計算機リソースに対する欲求
- 新製品に関する情報に対する欲求

- 運用体制・利用に関する要望

- オンラインでの利用は必須
- 手続きの簡素化、共同利用メニューの多様化
- プログラム最適化や利用に関する情報のオンライン / オフライン (広報誌・研究会など) での情報共有・情報公開の推進
- 同じアーキテクチャを利用しているセンター間での情報共有の推進
- 情報処理教育 (産官学一体のシミュレーション教育) に生かせないか？