

# 地球シミュレータ用 非静力・大気海洋結合モデルの開発

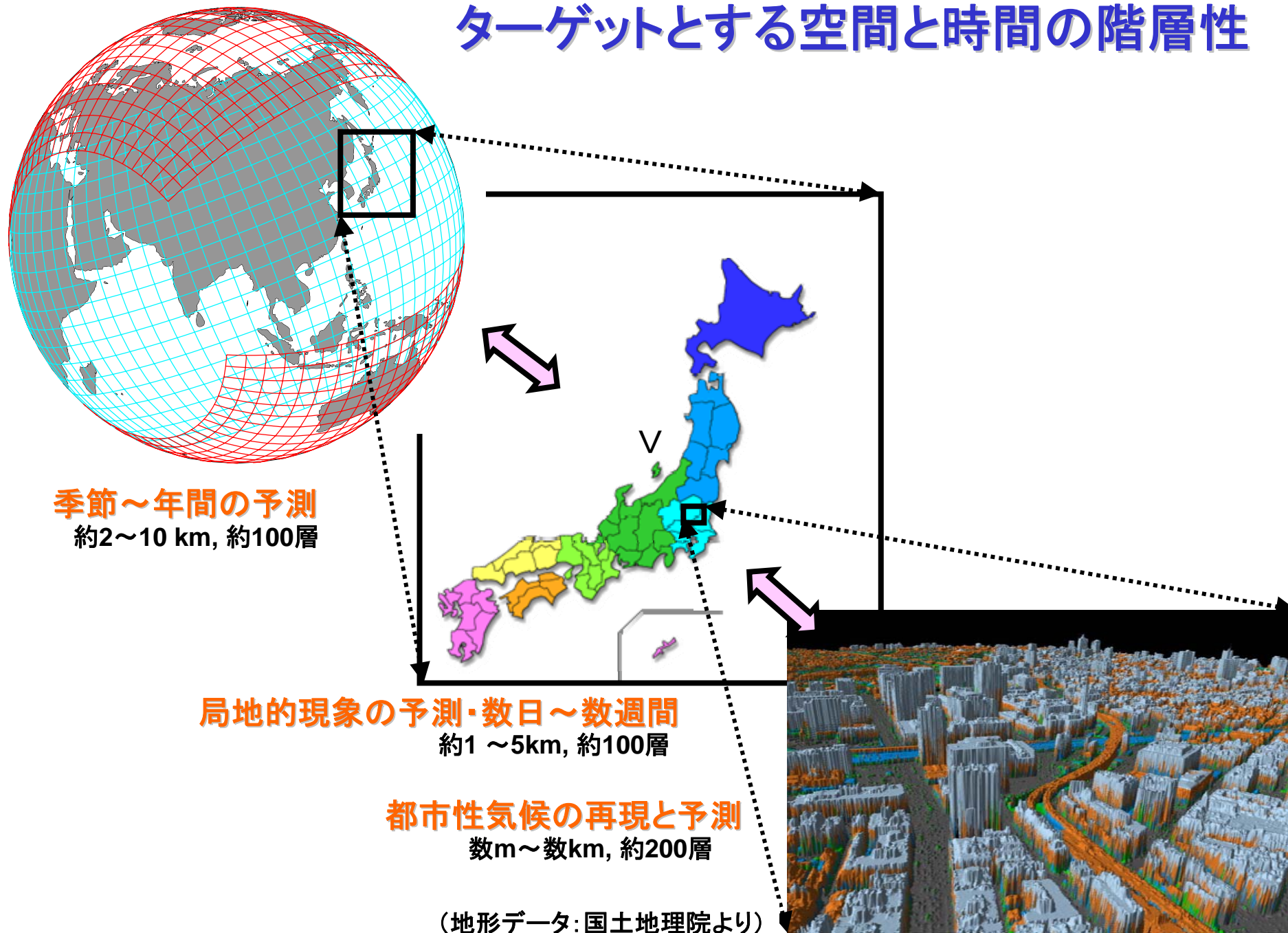
高橋桂子,  
彭 新東, 大西領, 大平満, 杉村剛,  
後藤浩二, 渕上弘光, 山田将之, 小林和夫, 王  
利

(独)海洋研究開発機構  
地球シミュレータセンター

# 本報告の内容

- **非静力学・大気海洋結合モデル開発:**
  - **＜第一段階の開発の終了＞**
    - 結合モデルの概要
    - 地球シミュレータを最大限に活用できる計算性能
- **成果:**
  - 結合モデルによる予測シミュレーション結果
  - ちきゅう運用支援のための予測シミュレーション
  - 基礎研究の紹介と成果
- **今後の予定**

# ターゲットとする空間と時間の階層性



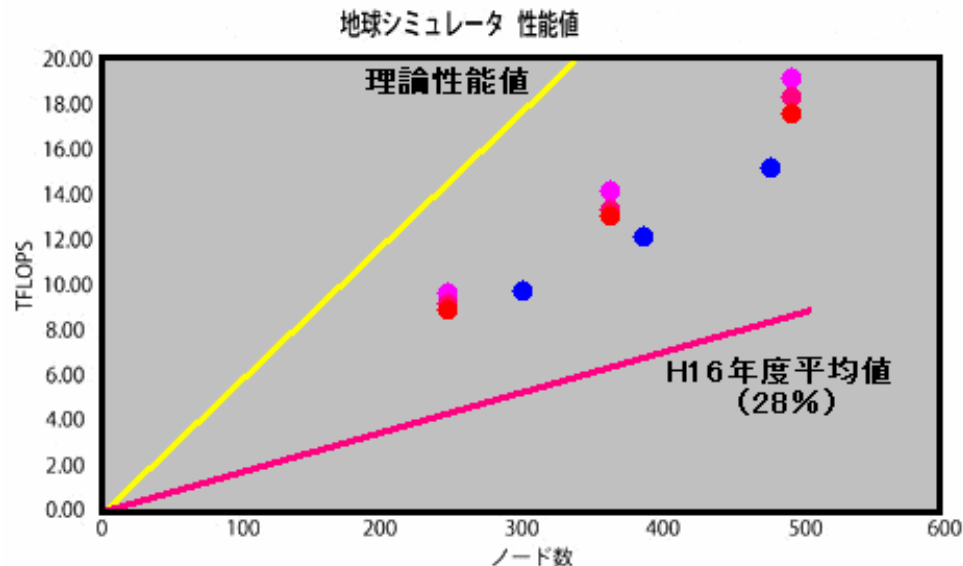
# 大気, 海洋シミュレーションコードの仕様

		大気大循環シミュレーションコード	海洋大循環シミュレーションコード
基礎方程式		完全圧縮形方程式	非静力・非圧縮方程式
グリッド系		Yin-Yang格子	Yin-Yang格子
離散化	空間	ArakawaCグリッド(水平), z*(鉛直)	ArakawaCグリッド(水平), z(鉛直)
	時間	2, 3, 4次ルンゲクッタ	4次ルンゲクッタ
移流項		5次フラックス形式, CIP-CSLR	5次フラックス形式
移流項以外		4次フラックス形式	4次フラックス形式
音波		HEVE, HEVI, HIVI	-
重力波		-	-
雲物理	予報値	水蒸気, 雲水, 雲氷, 雨, 雪, あられ 数密度: 雲氷, 雪, あられ	- -
積雲対流		Kain-Fritschスキーム	-
放射		簡易放射スキーム	-
陸面		バケツモデル	-
乱流		スマゴリンスキー(静的), ダイナミックスマゴリンスキー	スマゴリンスキー(静的), ダイナミックスマゴリンスキー, PP, レベル2.5
その他		ネスティングによる領域シミュレーション対応(1way, 2way)	ネスティングによる領域シミュレーション対応(1way, 2way) 潮汐, マルチグリッド解法(ポアソン方程式)
並列化		2次元分割, ノード間: MPI, ノード内: マイクロタスク	2次元分割, ノード間: MPI, ノード内: マイクロタスク

- ・ 積雲対流パラメタリゼーション: Kain-Fritsch v2 (水平解像度11km以上)
- ・ 雲の微物理過程: Reisner et al. (1998) (水平解像度11km以下).
- ・ 乱流モデル: Smagorinsky (1965).
- ・ Monin-Obukhov similarity theory (Zhang and Anthes, 1982).
- ・ 放射過程: Simple short and long-wave radiation scheme.
- ・ 陸面過程: Buket model for land surface process.
- ・ ポアソン方程式の解法: Multi-grid methods. (海洋のみ)

# 地球シミュレータ上における計算性能

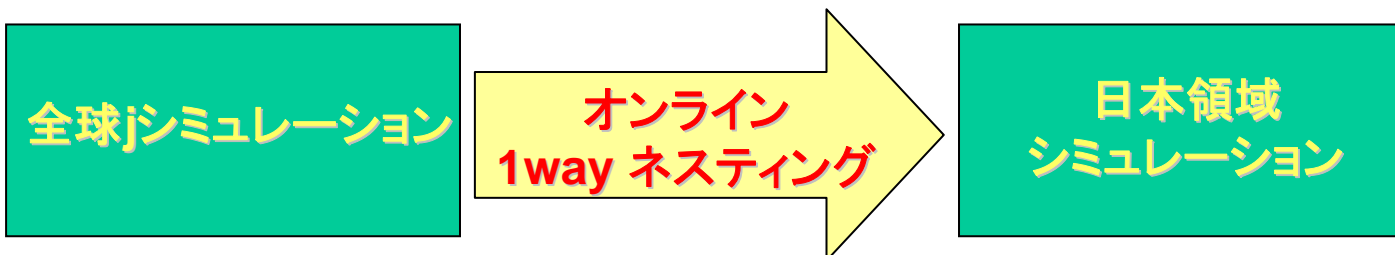
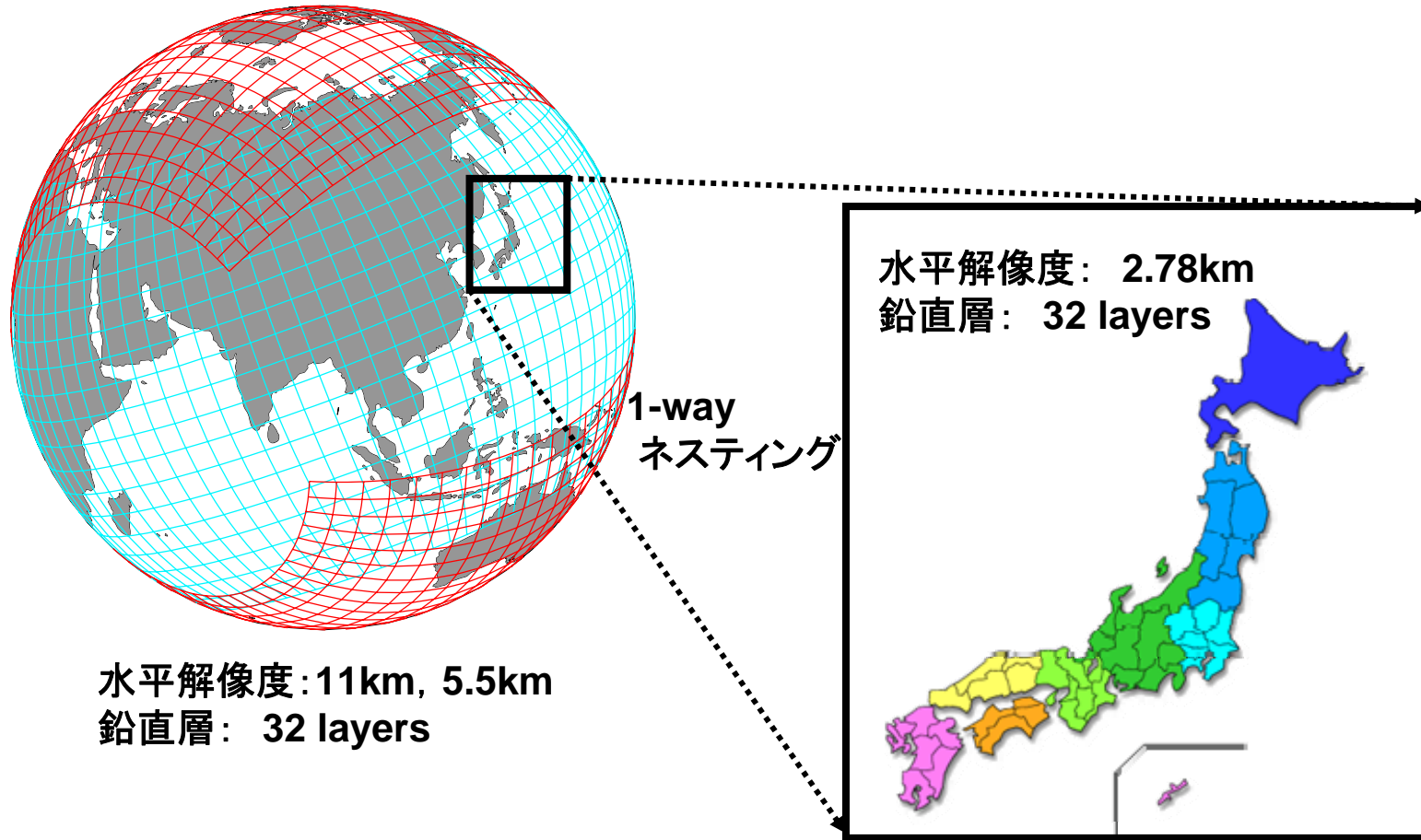
計算性能	格子数	ノード数	ピーク性能比(%)	並列効率(%)	スピードアップ率(倍)
				ES要求性能:50%以上	
大気モデル(全球)	28億8276万4800	512	57.2	93.6	479.1
		384	57.6	95.1	365.2
		256	58.7	96.7	247.5
大気モデル(領域)	28億8276万4800	512	54.3	90.7	464.4
		384	55.0	92.9	356.6
		256	57.0	95.1	243.5
海洋モデル(全球/領域)	49億5452万1600	498	45.4	80.6	401.3
		398	44.6	83.8	333.7
		303	49.8	87.2	264.2
大気海洋結合モデル	38億6629万6320	512	52.1	90.0	461.0
		384	53.4	92.3	354.6
		256	55.0	94.8	252.6



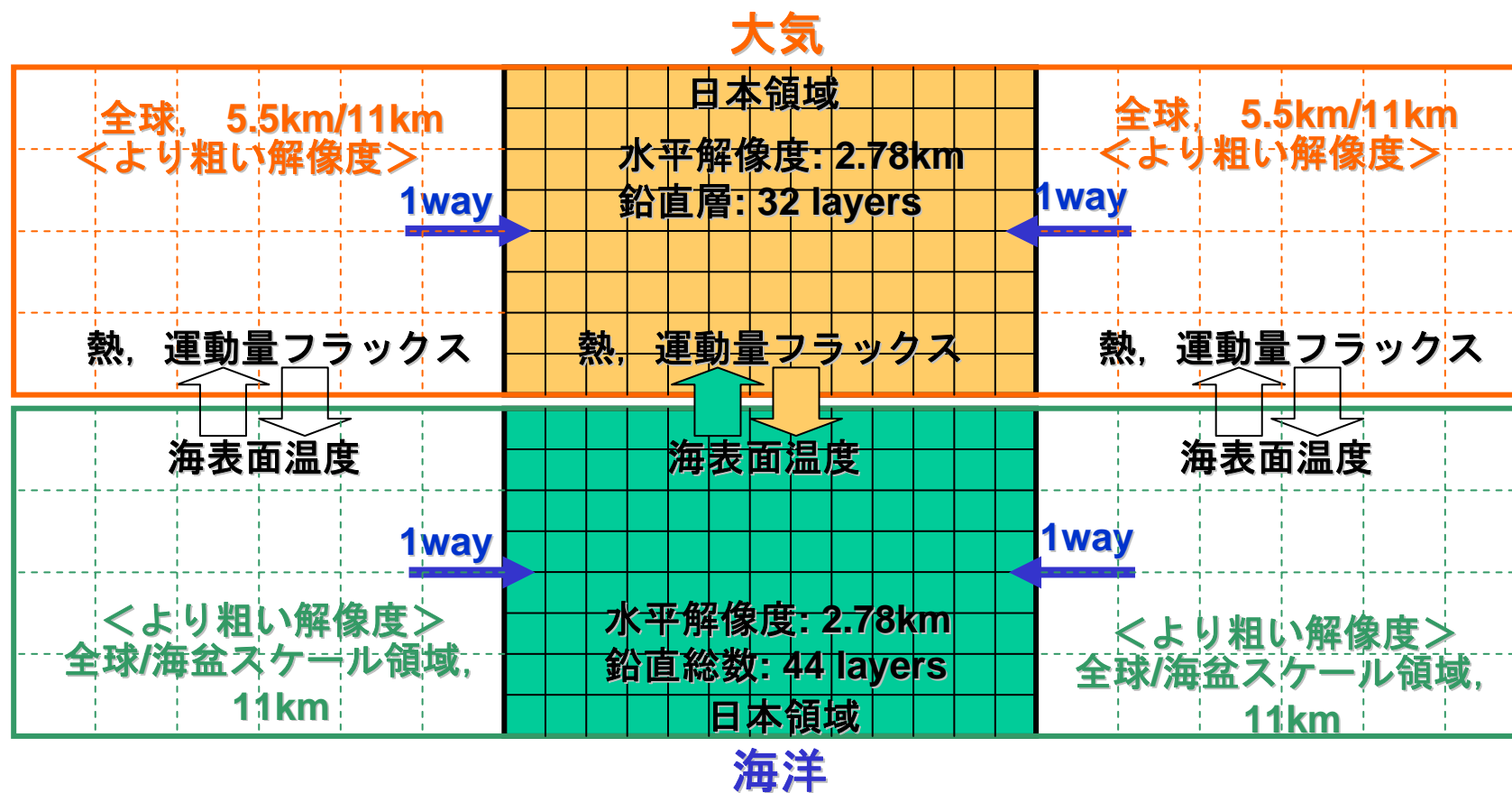
- ・ 全球大気: 水平5.5km, 鉛直32層  
⇒ 72時間 (3日) 積分:  
512ノード上 約3.0 時間
- ・ 全球-日本領域・大気海洋結合モデル:  
- 全球大気, 海洋: 水平11km, 鉛直64層  
日本領域: 水平 2.78 km, 鉛直64層  
⇒ 120時間 (5日) 積分:  
512ノード上 約1.5 時間

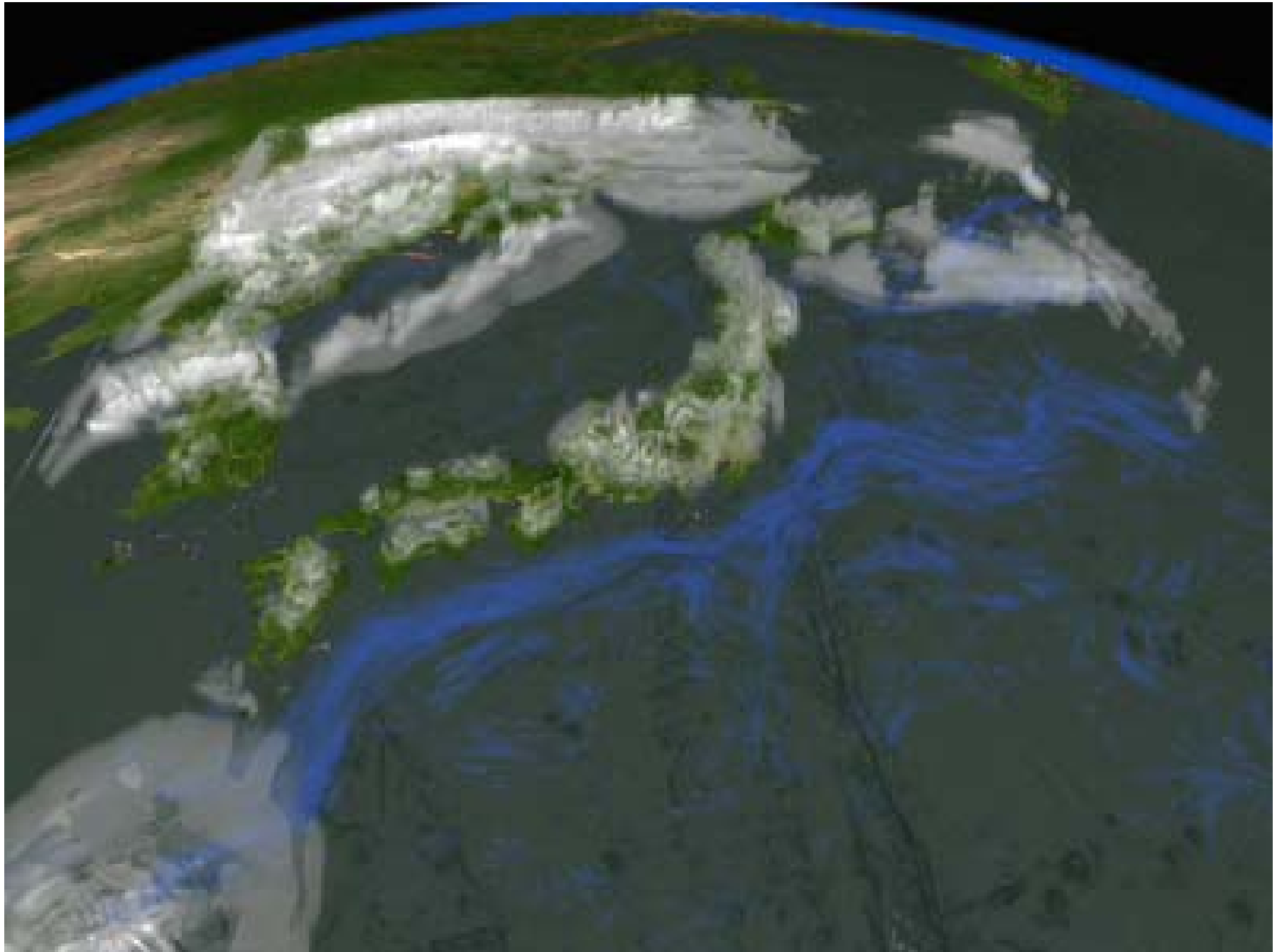
# 全球-日本領域結合

(全球, 領域ともに, 大気では雲微物理スキームのみ使用)



# 全球-日本領域・大気海洋結合モデル



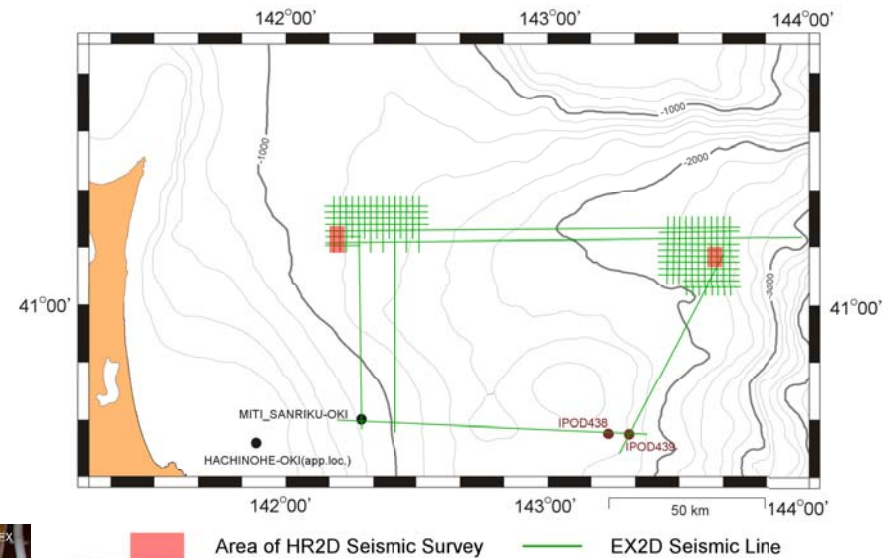




# ちきゅう運用支援予測シミュレーション ＜機構内センター間協力＞



- 協力要請事項：  
航行，掘削の安全性確保のための  
予測シミュレーション
- ・ 台風の進路
  - ・ 強風予測 など

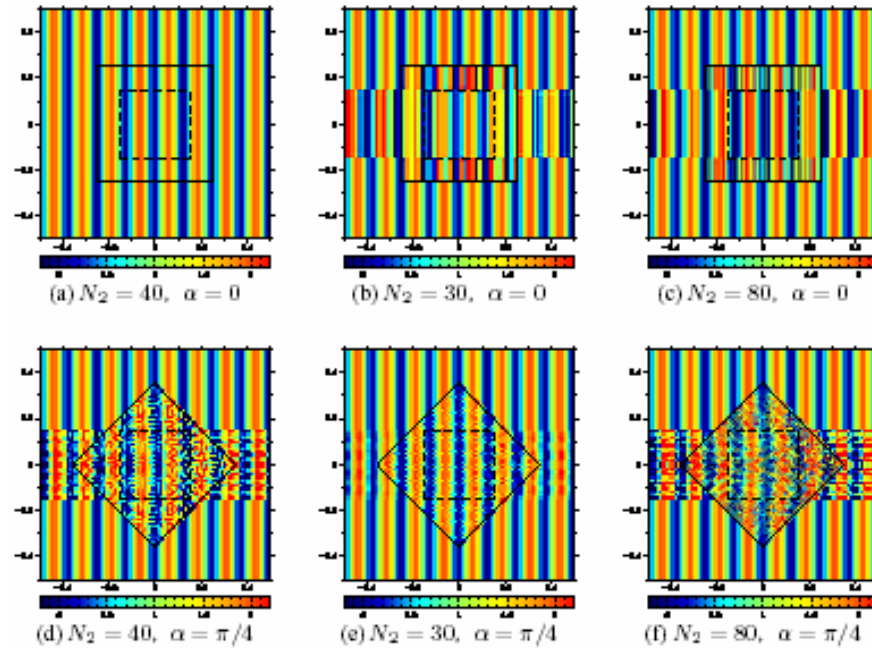
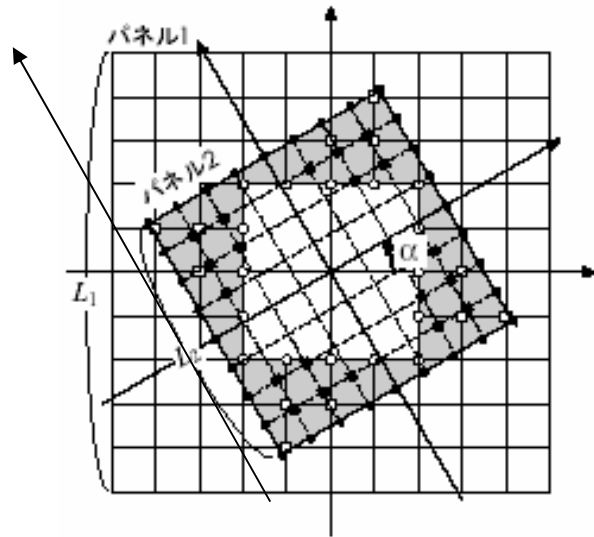


- 2005年：横浜港停泊  
下北半島沖での試験的掘削  
2006年：下北半島沖での掘削  
2007年：熊野灘沖での掘削

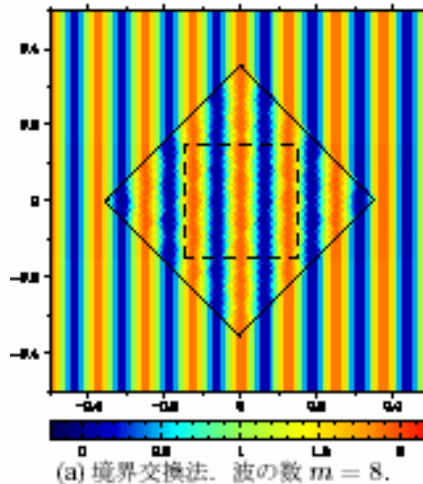
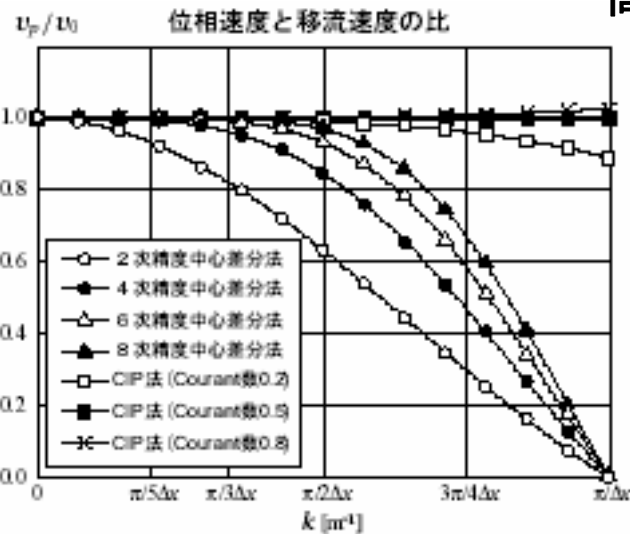


## 基礎研究例:

# 重合格子上における波の伝播特性



高精度の差分スキームと補間手法の導入の必要性



分散関係の重要性:  
CIP法の高精度が必要

# 今後のモデル開発におけるチャレンジ

マルチスケール・マルチフィジックスへ  
気象から気候へ

## “シームレス”なマルチスケール大気海洋結合モデルの構築

- スケール間相互作用をどのように導入するか。
- 高解像度・大気海洋相互作用をどのように導入するか。
- 超高解像度による、より長期積分の実現。

大気、海洋コンポーネントの開発



大気、海洋結合モデルの開発

全球一領域・大気海洋結合モデル, 1way ネスティング

全球一領域・大気海洋結合モデル, 2way ネスティング



動的格子, スケール間相互作用スキームの導入



動的・スケール結合・大気海洋結合モデル

平成17年度

平成18年度

平成19年度

静的結合モデル

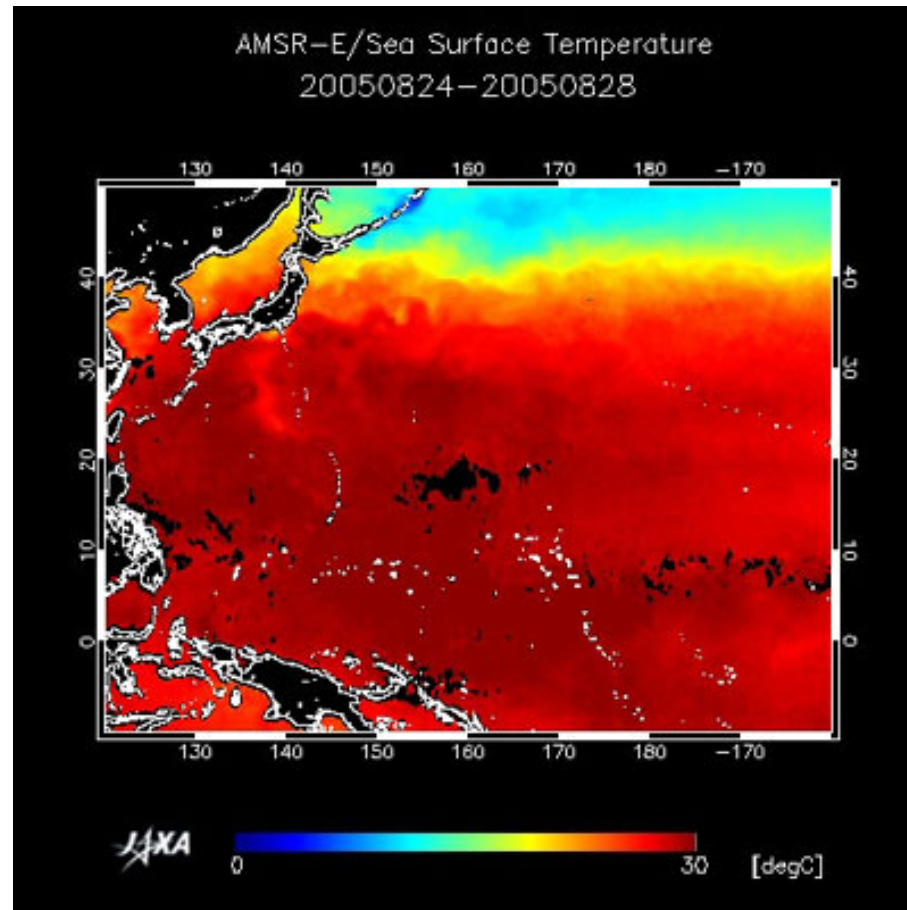
マルチスケール  
モデル

動的結合モデル

# 台風11号(2005)海面に残る足跡

JAXA, <http://www.eorc.nasda.go.jp/imgdata/topics/2005/tp050922.html>

NASAの地球観測衛星Aquaに搭載されている  
日本のマイクロ波放射計AMSR-Eが捉えた  
5日間平均の海面温度分布(8月24日~8月28日)



## 台風11号の進路 JAXA/EORC台風データベースより

