



平成17年度科学技術振興調整費
提案課題

プログラム分類: (1) 重要課題解決型研究

政策目標分類: 安心・安全

課題分類: (1) - 3 - 6 減災対策技術の研究開発

災害気象早期予測技術の開発と その影響評価

研究代表者: 余田 成男

責任/中核機関: 京都大学

参画機関: 東京大学・気象研究所・
気象庁・海洋研究開発機構

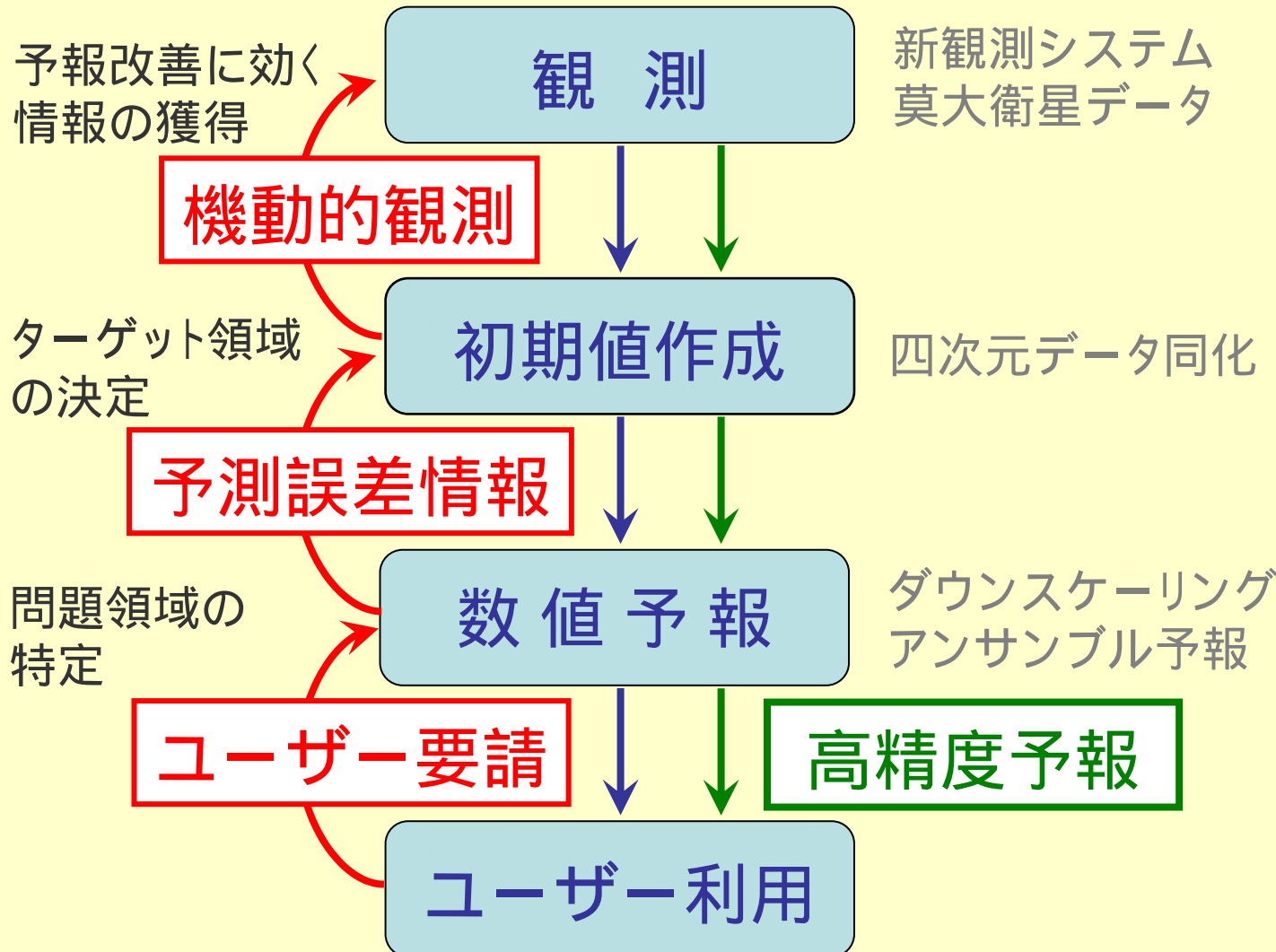
目的

- 社会的影響の大きい災害気象をより早期に予測できるシステムの開発
 - ▶ 双方向型気象予測システム
- 観測・予報データの高度利用法を開発し、災害気象メカニズムを解明する研究基盤の構築
 - ▶ 実験的予測研究プラットフォーム

重要性、緊急性

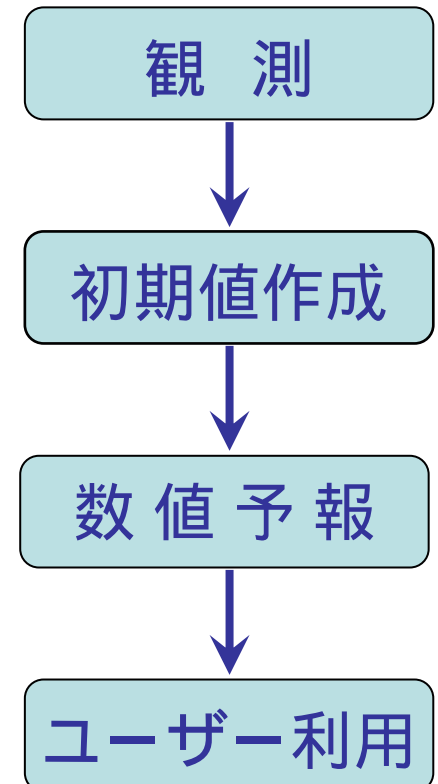
- 台風・豪雨の頻度増加の懸念と、社会の脆弱化
- THORPEX (観測システム研究・予測可能性実験)
国際共同研究 (2003 ~ 2012) への積極的参加

双方向型気象予測システム



従来型予測

予報から観測への
フィードバックなし



● 具体例：台風機の機動的観測

) 全球アンサンブル予報

問題領域の特定

) 感度解析

ターゲット
領域の決定

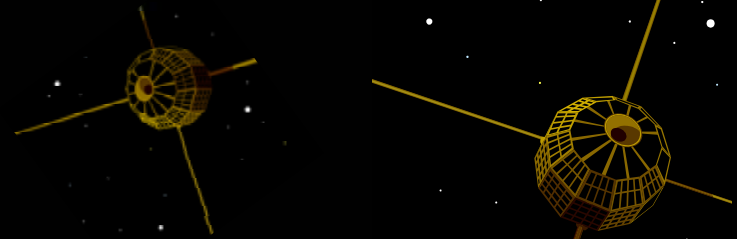
) 機動的観測

予報改善に効く
"key"情報の獲得

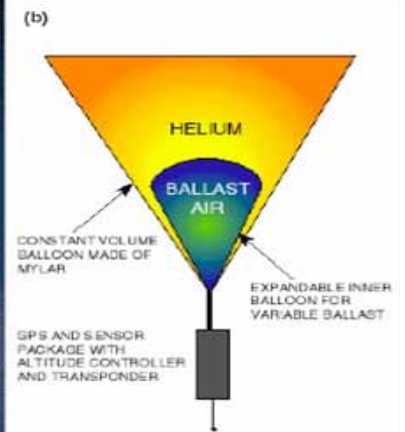
台

地球観測衛星の新センサー

AQUA, GPM, ...



定高度気球



有人・無人航空機

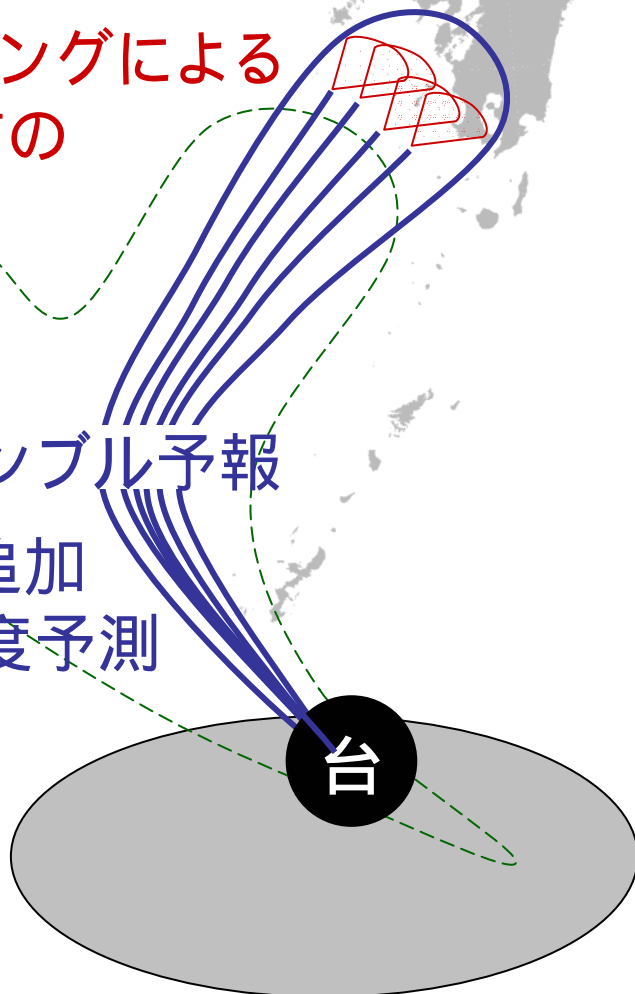
- ダウンスケーリング
アンサンブル予報

) 領域アンサンブル予報

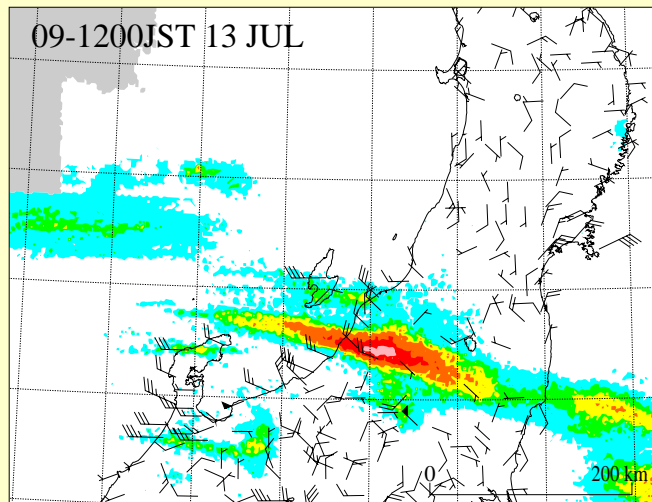
ダウンスケーリングによる
豪雨・暴風分布の
詳細予測

) 全球アンサンブル予報

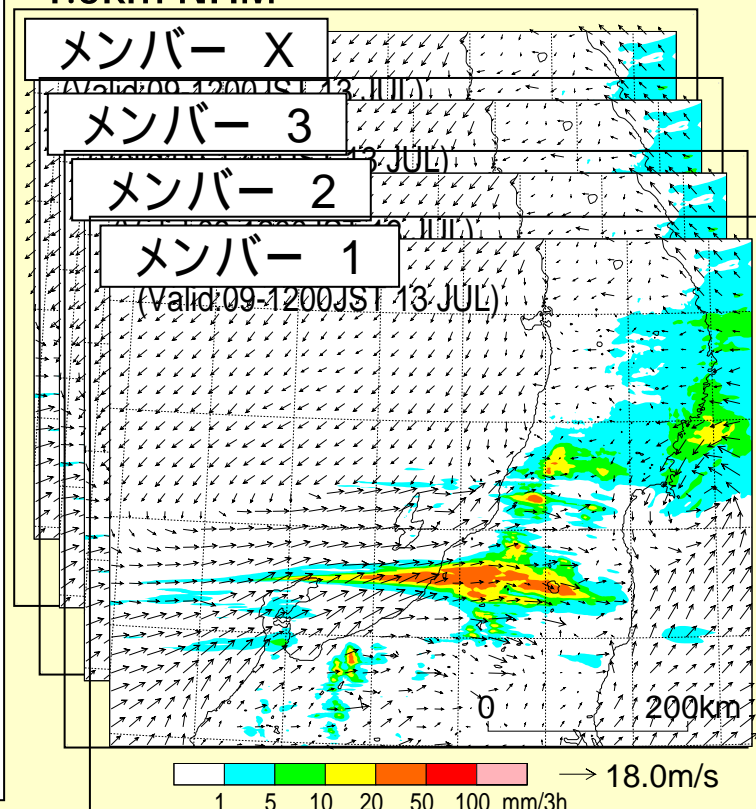
“key”情報追加
による高精度予測



Radar-AMeDAS 3-h rain



1.5km NHM



実験的予測研究プラットフォーム

- 台風予報の具体例では **領域アンサンブル予報** のあと

）アンサンブル予報データの高度利用
）社会的インパクトの評価

を担う部分

- 実験的予測システム
- 統合データベース



● 実験的予測システム

現業の数値予報システムが動くプラットフォーム

- 予測誤差成長理論に基づく初期値作成手法の開発
- 多階層数値モデルを用いた確率的予測手法の開発

● 統合データベース

過去と現在の気象観測・解析・予報に関するデータベース

- 分散型データマネージメントシステムの開発
- 標準化されたデータ交換システムの開発

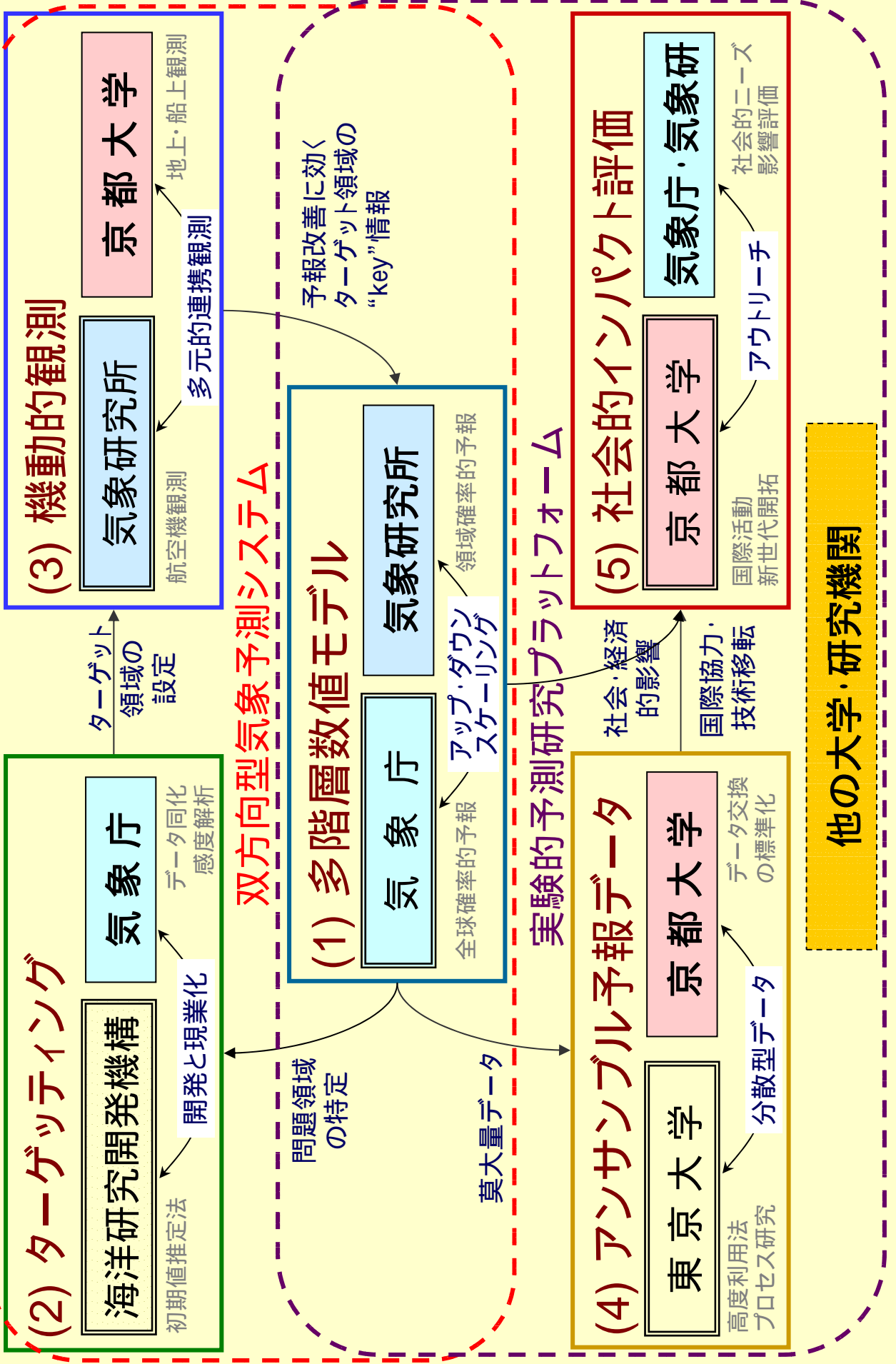
● 災害気象に関する実践的研究を推進していくための 研究基盤

- 現業モデルを駆使した実践的な予測研究の推進
- システム開発には大学などの研究機関も積極的に参画

本システムを具体的減災対策に結びつける構想

- **きめの細かい高精度予報により治水・運輸・交通・産業の減災対策に結びつける**
 - ダウンスケールリングによる1kmの分解能
 - アンサンブル予報による予報変数の確率分布関数
 - 豪雨や暴風などの極端事象の確率情報
- **高精度予報を早期に出すことで減災対策の時間を確保**
 - 機動的観測により、台風の日本上陸を120時間前までに判断(現状ではおよそ72時間前)
 - 防災関係諸機関への事前周知期間の延長
- **アジア諸国の減災にも貢献する**
 - 台風、梅雨期豪雨、濁水など災害気象の予報情報伝達

研究実施体制



年次計画

研究項目	1年次	2年次	3年次	4～5年次
(所要経費見込み額:百万円)	183	180	220	220, 160
(1) 多階層数値モデル	初期値作成・ 実験手法開発 ↕ 手法開発	予備実験 ↕ アンサンブル 試験・本観測	本実験 ↕ 予報実験	実用化 ↕ 実用化実験
(2) ターゲティング	手法開発	アンサンブル 試験・本観測	予報実験	実用化実験
(3) 機動的観測	模擬飛行実験 バルーン準備 ↕ 基盤整備 情報整理	試験飛行 試験放球	本観測	THORPEX集中 観測キャンペーン
(4) アンサンブル予報 データ	基盤整備 ↕ 情報整理	データ標準化 完了・運用開始	実験的稼働 機能増強	予測研究 ↕ 可視化ツール
(5) インパクト評価 + アウトリーチ・国際活動	試験開発 ↕ 一般国民向けセミナー および	試験開発	インパクト評価 ↕ 国際短期スクールの	実用化作業 ↕ 毎年の開催

● 研究期間が5年間必要である理由:

- 1～3年次で、システムのプロトタイプ構築、観測実施、インパクト評価まで。システムの本格構築・実用化実験には、国際共同観測キャンペーンの実施を含めて、**あと最低2年**は必要。
- 台風の発生件数は年々変動が大きいため、3～4年次に本観測



ミッションステートメント

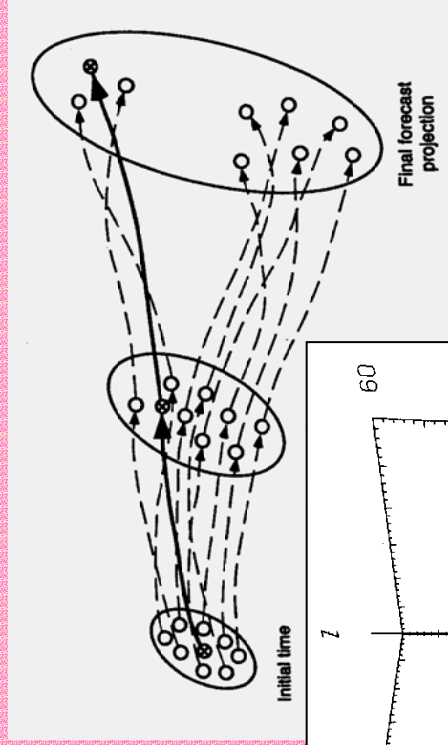
- 1・2年目 (2005～6):
確率的予測手法と機動的観測法に基づいた災害気象予測システムを構築する
- 3年目 (2007):
台風への機動的観測実験を実施し、本予測システムの
実用性能と経済波及効果を評価する
- 4・5年目 (2008～9):
国際THORPEX集中観測キャンペーンに積極的に参加し、
本予測システムの実用化を目指す
- 研究終了後:
大学、研究機関、気象庁によるコンソーシアムを立上げ、
実用システムとして維持・発展させる
恒常的観測手段を確保して現業化をはかる

Backup Slides

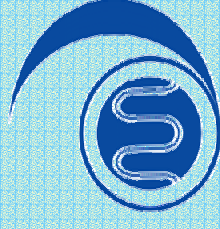
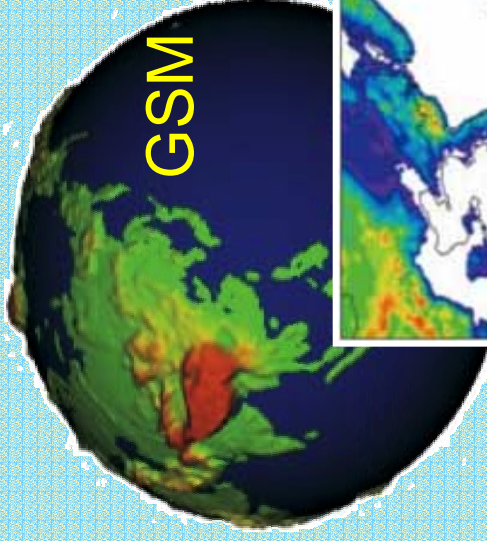
実験的予測システム

現業の数値予報システムが動くプラットフォーム

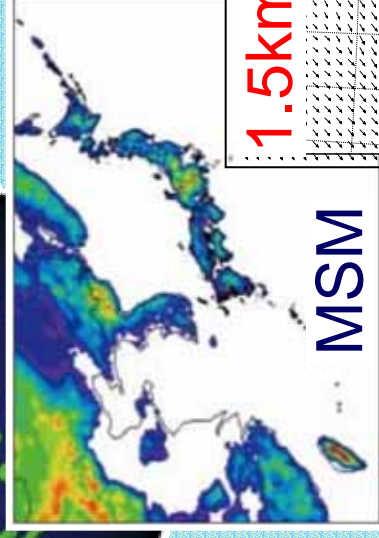
予報誤差成長理論に基づく
初期値作成手法の開発



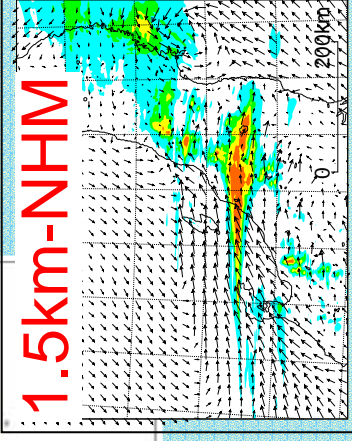
多階層数値モデルを用いた
確率的予測手法の開発



気象庁



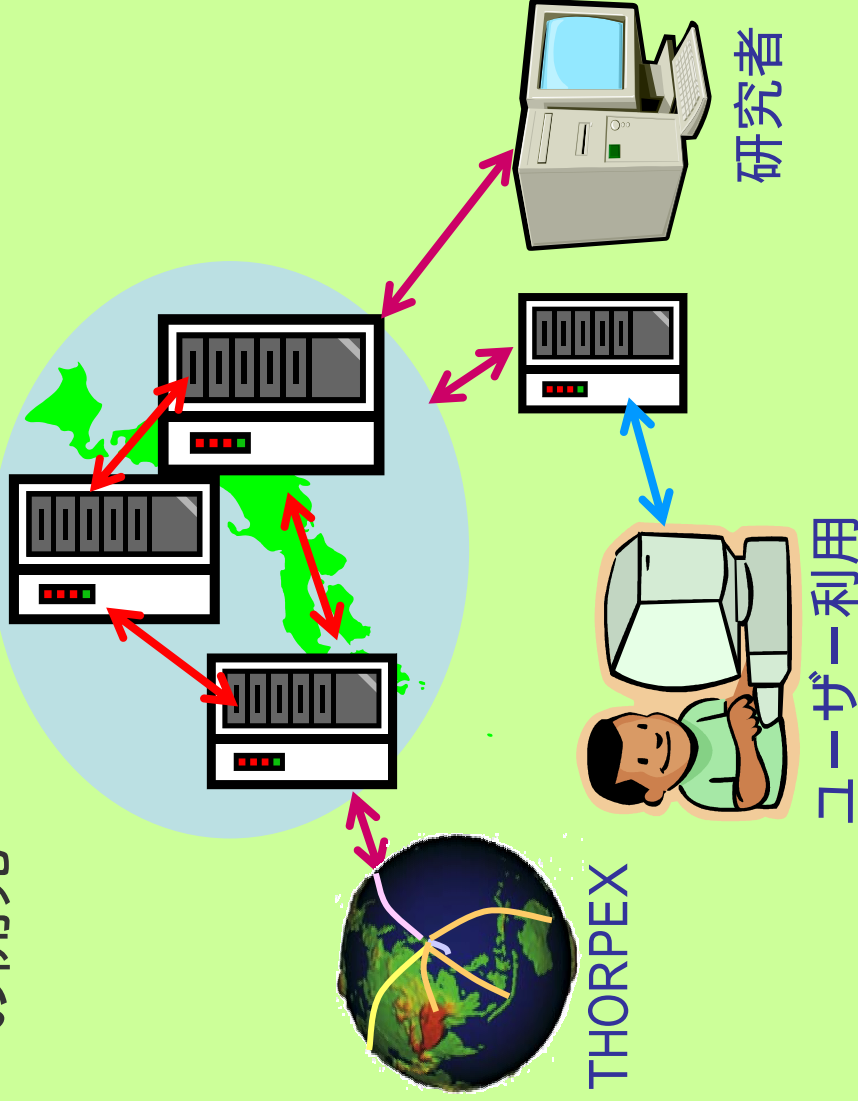
1.5km-NHM



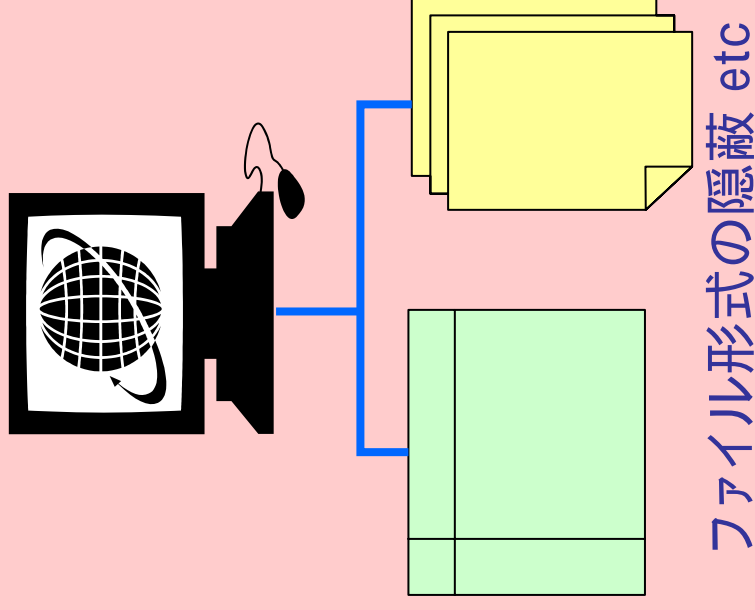
統合データベース

過去と現在の気象観測・解析・予報に関するデータベース

分散型データマネジメントシステム
の開発



標準化されたデータ交換
システムの開発



気象庁

次期予報
解析システム
の提案

現予報
解析システム
の改良点指摘

共同研究契約
の一括締結

現業予報解析システム・現業データの提供

実験的気象予測研究プラットフォーム

気象庁と大学・研究機関との統一インターフェイス

次世代予報解析
システム実験

事例解析・
ハインドキャスト実験

大学・研究機関

フロンティア・ESC・電力中研・他

実験的気象予測研究プラットフォーム

- **実験的予測システムの構築、実践的予測研究**
 - 研究コミュニティのより実践的な予測研究の推進
 - 研究成果の現場へのフィードバック
 - 予測モデル、先鋭的データ同化システム、アンサンブル手法等の開発
 - 新規パラメタリゼーション等の実践的検証
 - アンサンブルカルマンフィルタ等の先鋭データ同化手法の検討
 - 次世代衛星データの同化手法開発、実践システムでの検証
 - 物理摂動法等の先鋭アンサンブル手法の検討
 - 機動的観測：鋭敏領域の詳細観測データ、トラジェクトリーマッチ観測
 - 観測システムシミュレーション実験等
 - メソ顕著現象、長期予報事例等の研究
 - 解析・可視化ツール、データフォーマット等の開発
 - 再解析・現業データ等の研究コミュニティへの流通
 - 国際貢献
 - THORPEX, WCRP, IGBPへの研究コミュニティの参画
 - アジア諸国への実験的予測システムの技術移転、高度化教育等

提案にいたる準備・調査

● 国際研究活動

- 2000年 4月 THORPEX計画策定会議(フランス; 余田)
- 2002年 3月 第1回国際THORPEXワークショップ(米国; 中澤)
- 2002年12月 THORPEX科学運営委員会WS(米国; 露木、大淵、榎本)
- 2003年 2月 アジアTHORPEX地域委員会準備WS(気象庁; 6カ国、約20名)
- 2003年 9月 北大西洋THORPEX領域観測計画準備会合(カナダ; 榎本)
- 2004年 3月 第1回アジアTHORPEX地域委員会(韓国; 中澤、露木、余田、榎本)
- 2004年10月 アンサンブル法に関するワークショップ(英国; 榎本、山根、経田)
- 2004年11月 第2回アジア地域委員会会合(中国; 中澤、露木、大淵)
- 2004年12月 第1回THORPEX国際科学会議(カナダ; 新野、大淵、榎本)
- 2005年 3月 第1回THORPEXアンサンブル法WS(英国; 余田、竹内、榎本)

● 国内研究活動

- 2000年 5月 気象学会専門分科会「新しい気象観測方法と未来の天気予報」(大宮)
- 2003年10月 京都大学防災研究所研究集会「対流圏長周期変動と異常気象」(宇治)
- 2003年10月 京都大学防災研究所 第1回台風研究会(宇治)
- 2004年10月 気象学会秋季大会 第1回THORPEX研究会(福岡)
- 2004年10月 京都大学防災研究所 研究集会「異常気象と長期変動」(宇治)
- 2004年10月 京都大学防災研究所 第2回台風研究会(宇治)
- 2005年 5月 気象学会専門分科会「顕著現象の予測可能性」(東京)

気象予測の方法

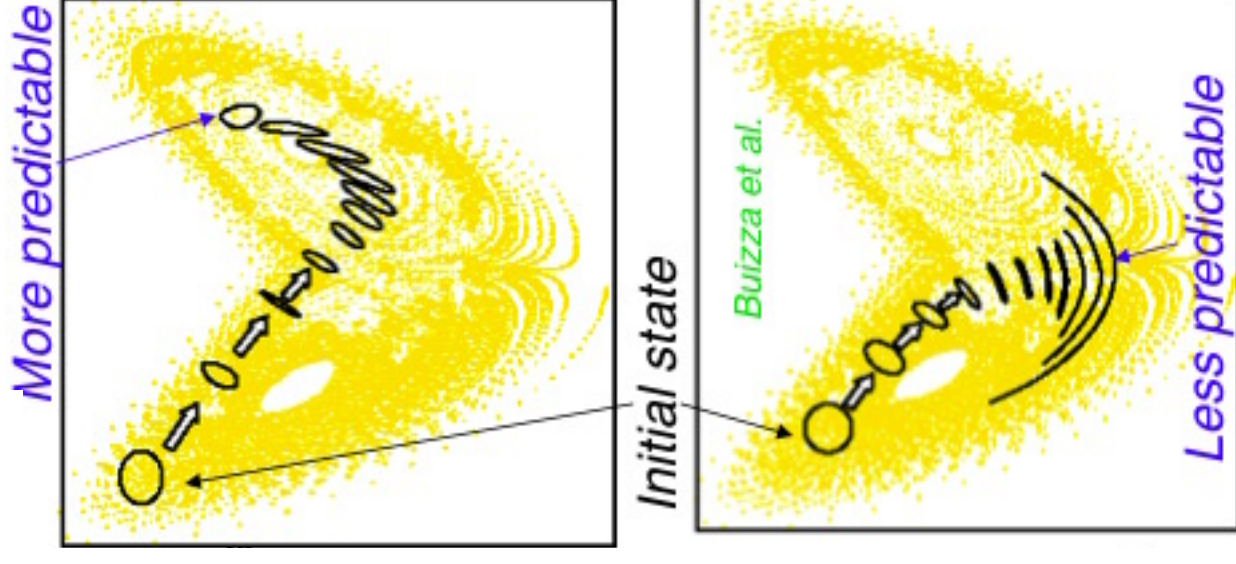
有益な予報を準備するために何が必要か？

- 現在の天気状態を評価する
将来を予測する前に、今何が起きているかを理解する
“初期条件”
- 観測された情報をモデルに組み込む
観測データを“決められた”形式に変換する
“データ同化”
- 初期状態から未来に射影
物理法則に則る
“数値天気予報”
- 天気予報情報の応用
注意報、警報などの防災情報
“ユーザーアプリケーション”

気象予測の限界

- 初期状態の把握が不十分
 - 観測の問題、観測領域の問題
 - データ同化の問題
 - 統計的 / 数値的気象予報が不完全
 - ランダムな(または統計的)誤差
- 数値モデルが不完全
 - 限られた分解能
 - モデルで表現されるプロセスが桁落ち
 - 空間的、時間的、物理的に
 - 系統的(そしてランダムな)誤差
- 大気自身がカオス的
 - 小さな誤差でも急速に発達
 - 予報スキルは、リード時間を長くすれば下がる
 - スキル低下の程度は場合によって異なる

気象予測スキルは徐々に増加しているが、
限界あり そこで 確率論的アプローチ



21世紀の気象予測システム

- 観測 = 同化 = 予報 (=ユーザー)間の双方向性
- 衛星データの有効利用
 - 防災だけでなく、農業、水資源、電力など幅広い利用が可能
- 社会的・経済的に大きなインパクトがある気象災害の軽減に大きく貢献するシステム
 - たとえば、西太平洋に台風が発生した場合を想定
 - 予報精度を長いリードタイムで向上させたい
 - 予報を改善するのに重要な領域を同定
 - 東アジア諸国が協力して、その領域での観測を実施
 - 予報が改善し、災害の軽減に寄与
- 費用対効果が高い

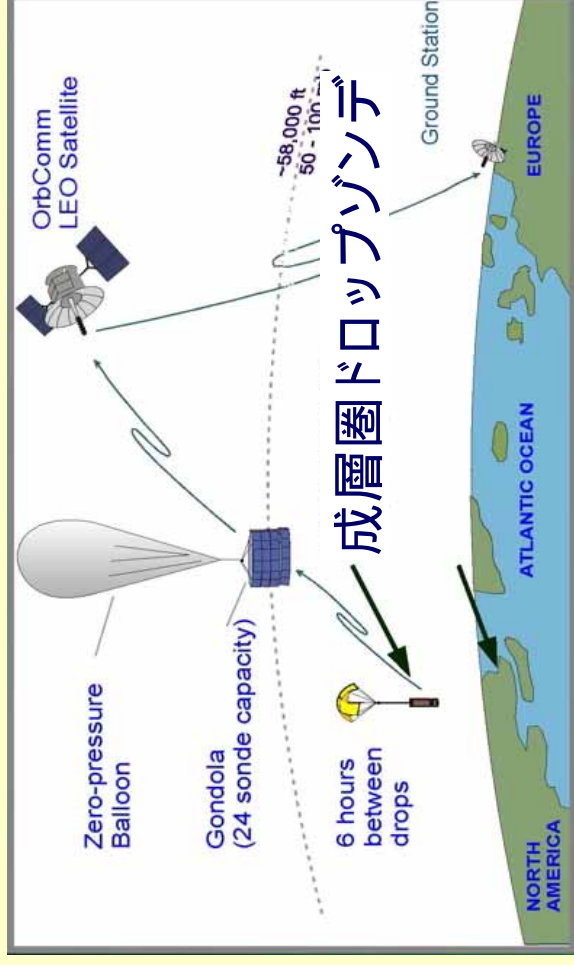
観測と予報の双方向性

- **最適観測法**
 - 予報改善が期待される最も感度の高い領域で観測を行うこと
- **提案されている新しい観測システム**
 - 成層圏ドロップゾンデ (Driftsonde)
 - 定高度気球 (Smart Balloon)
 - 有人 / 無人航空機
- **地球観測衛星の新しいセンサー**
 - 数千の周波数チャネルのセンサー AIRS, GOES-R
 - 温度のみならず水蒸気の鉛直分布も
 - “水”物質観測センサー TRMM, GPM, GCOM-W

21世紀の新しい気象予測システム をとりまく状況

- **新しい観測システムの開発**
 - エレクトロニクス技術の進歩
 - 無線通信技術の進歩
- **電子計算機の急速な進展**
 - 計算処理能力の増加
- **データ同化法の進歩**
 - 最近の数学アルゴリズムを駆使
- **衛星気象データの流通**
 - 膨大なデータから重要情報を選択・抽出

新しい観測システムの開発

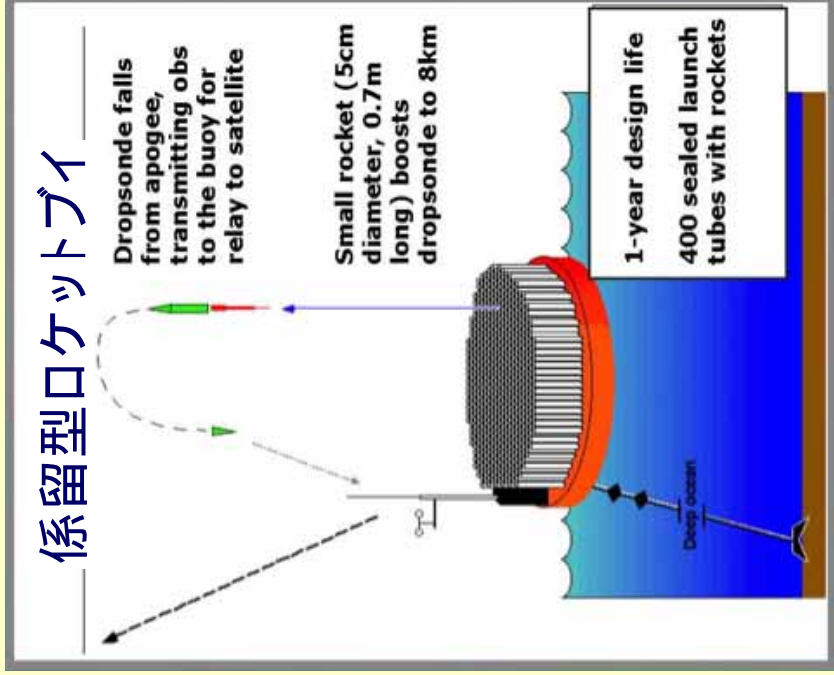


係留型ロケットブイ

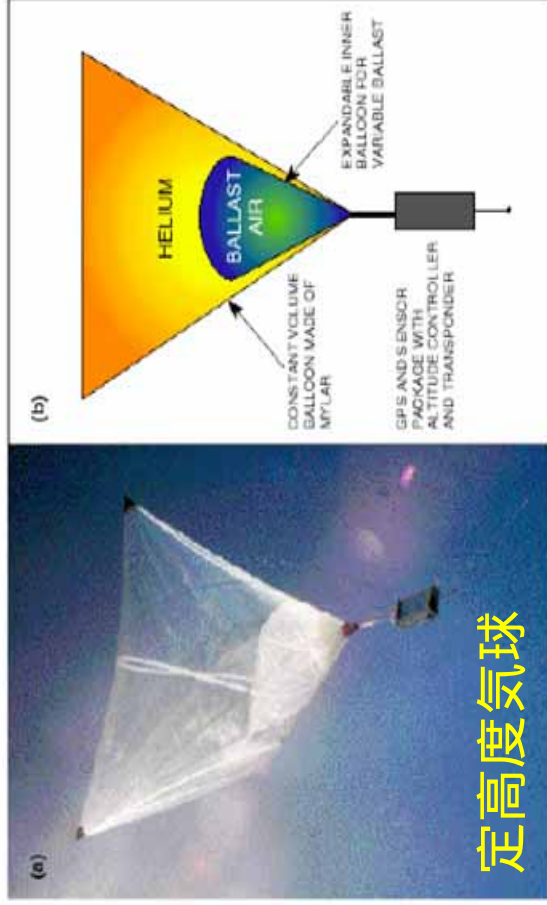
Dropsonde falls from apogee, transmitting obs to the buoy for relay to satellite

Small rocket (5cm diameter, 0.7m long) boosts dropsonde to 8km

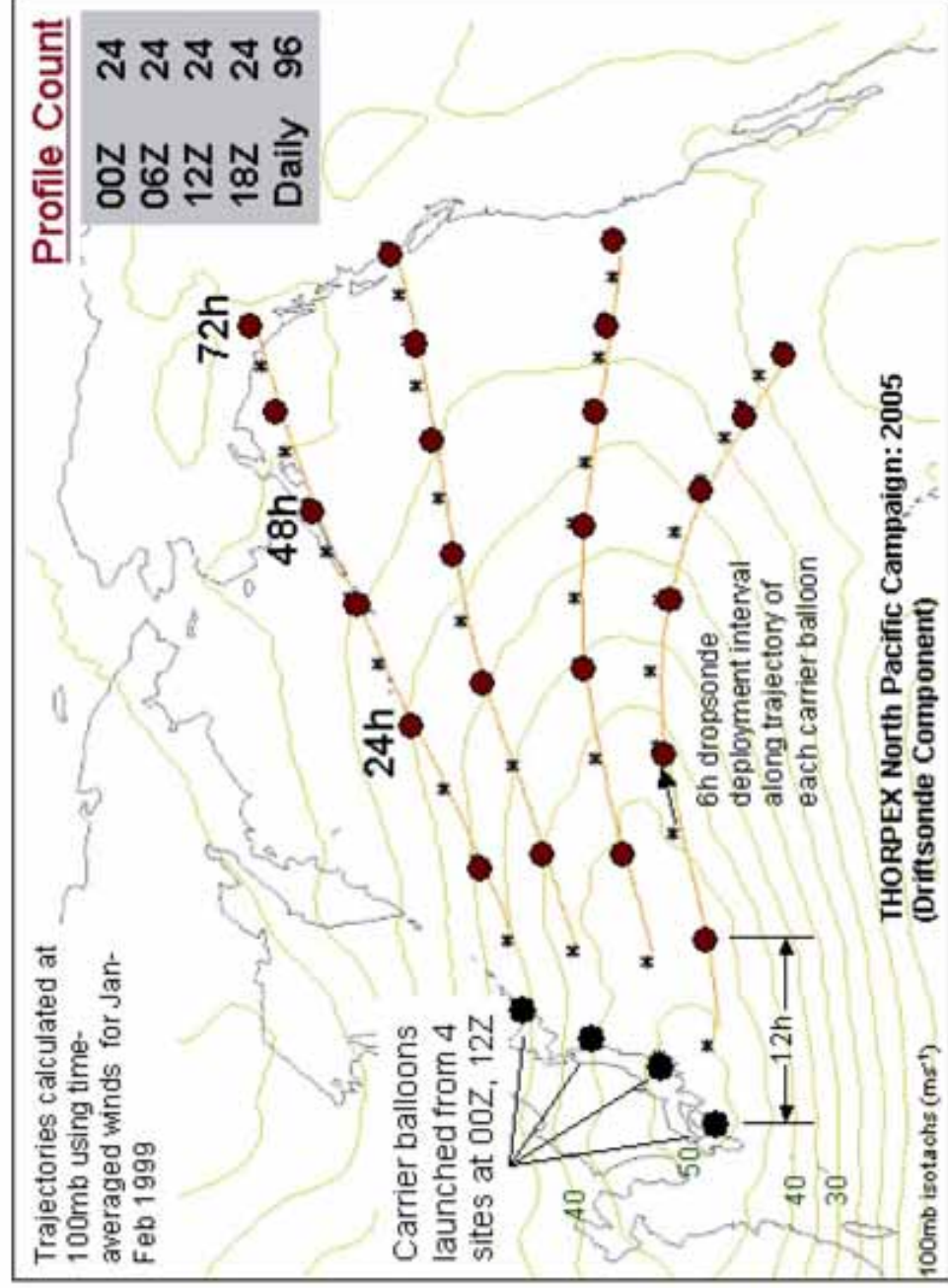
1-year design life
400 sealed launch tubes with rockets



Evolution in Design of a Smart Balloon for Lagrangian Air Mass Tracking



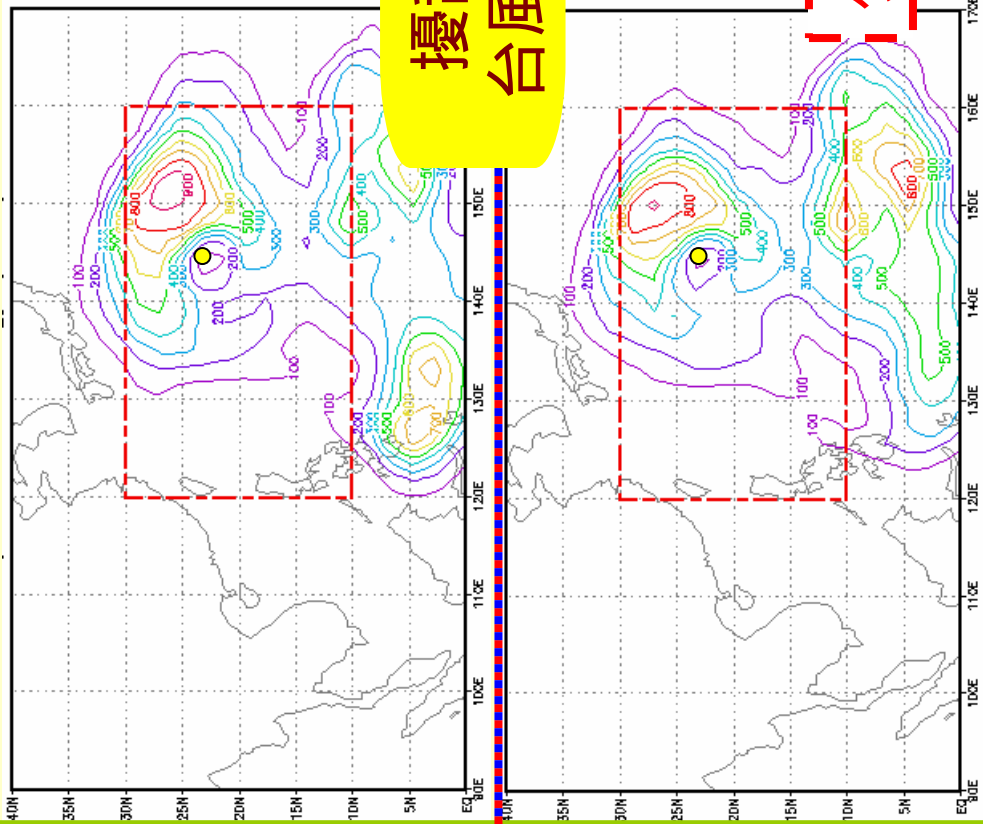
Example of possible Driftsonde deployment from Japan



ターゲット観測域

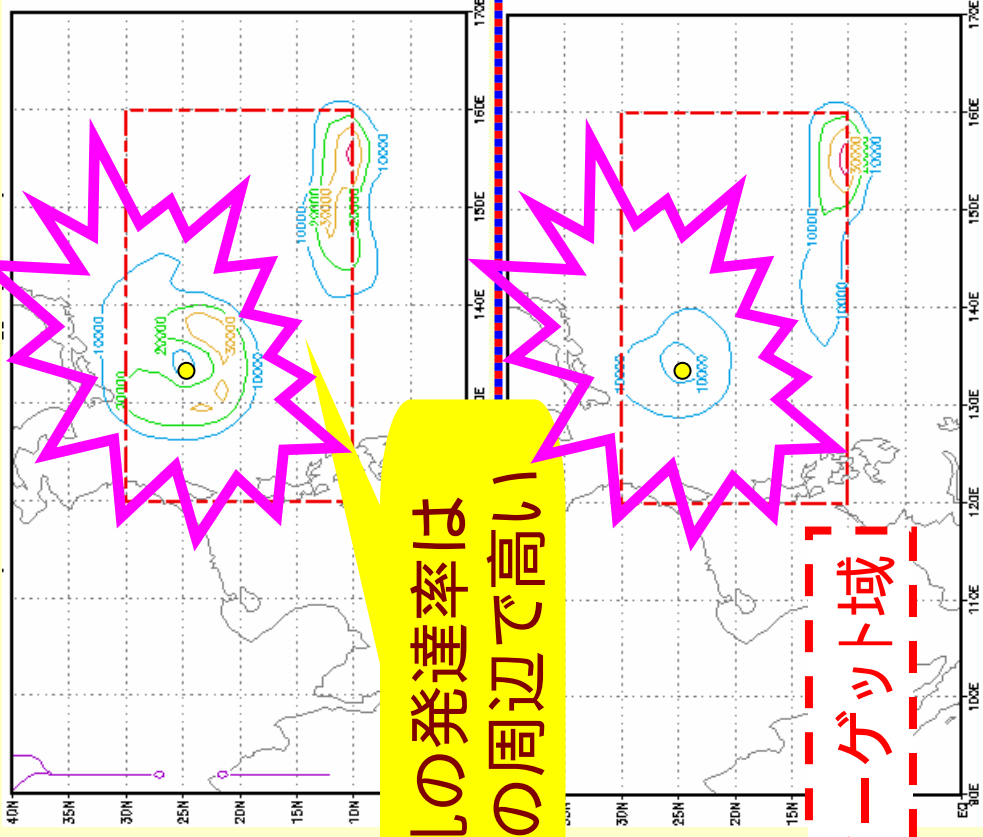
The amplification factor weighted energy of the first 10 SVs at the initial time (left) and the final time (right). Initial time is 26th August 2002.

Initial distribution of the first 10 SVs



26th August 2002

Final distribution of the first 10 SVs



28th August 2002

擾乱の発達率は
台風周辺で高い

ターゲット域

TE norm

TE norm w/o q

アンサンブル予報

確率論的アプローチ

- 観測誤差内の小さな摂動を加えて、数値モデルをたくさん走らせる
- 異なる初期値からの決定論的予報のひとつひとつを「メンバー」と呼ぶ
 - アンサンブル平均：メンバーの平均値
 - スプレッド：アンサンブル平均からのばらつき

アンサンブル予報のコンセプト

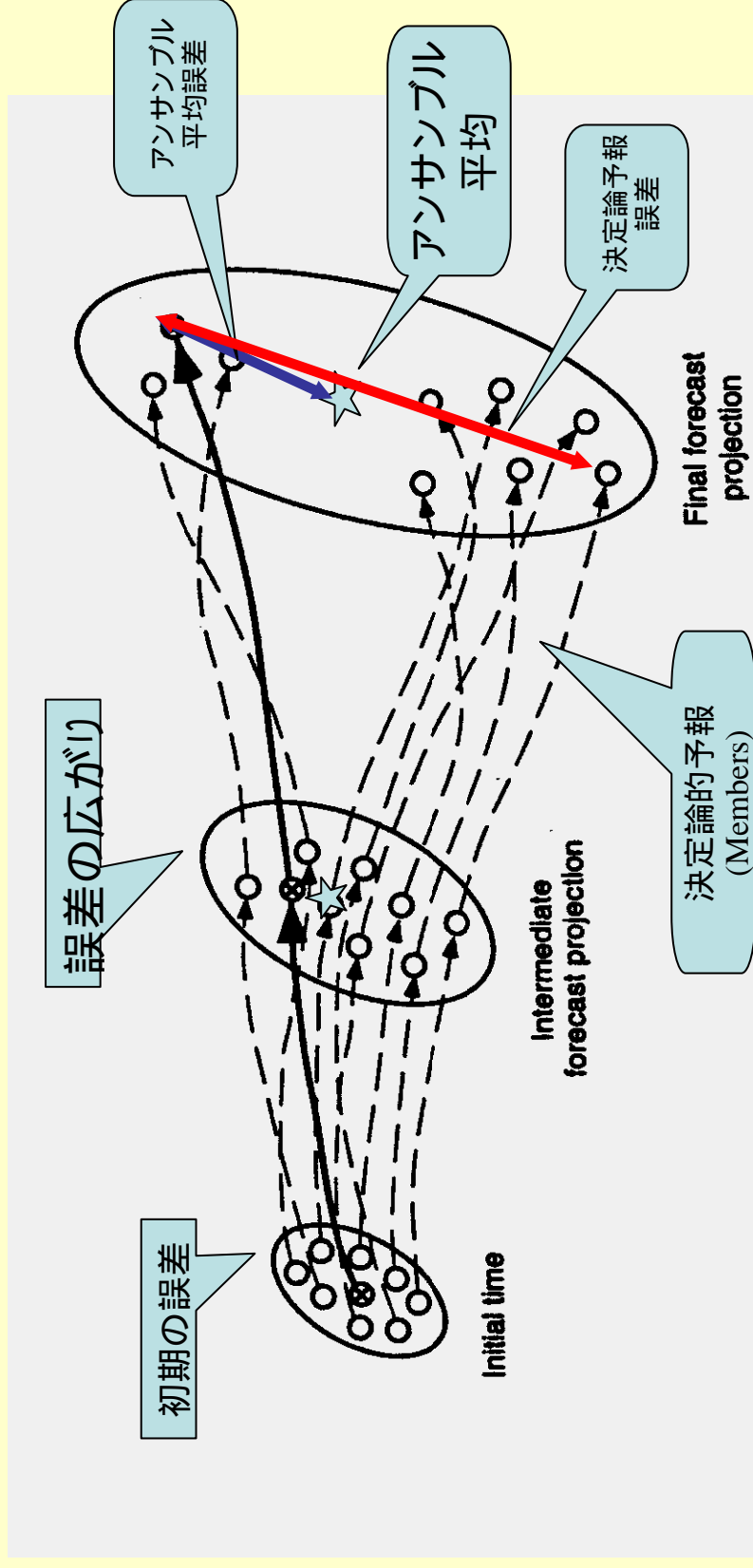


Fig. A1 Schematic illustration of concepts in ensemble prediction (Wilks, 1995)

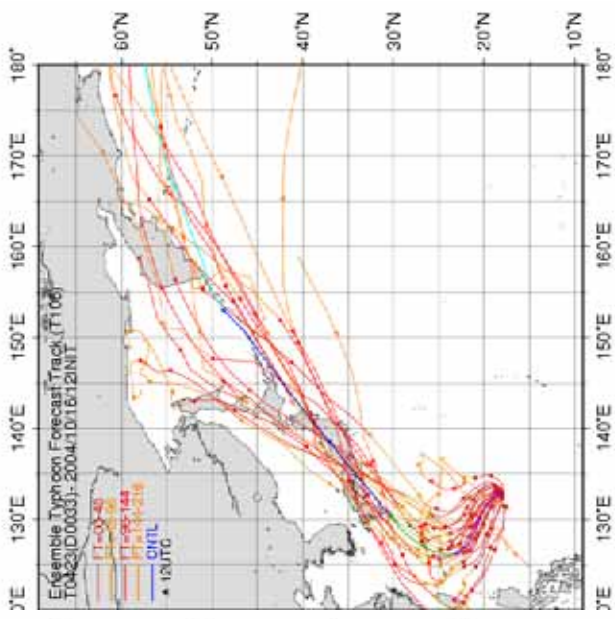
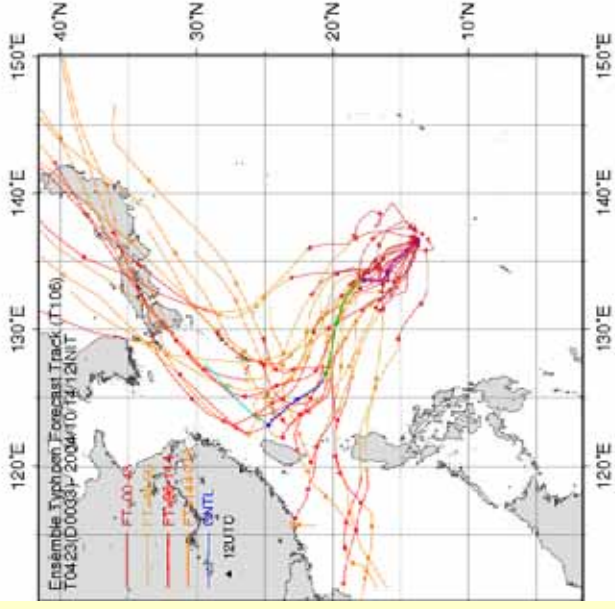
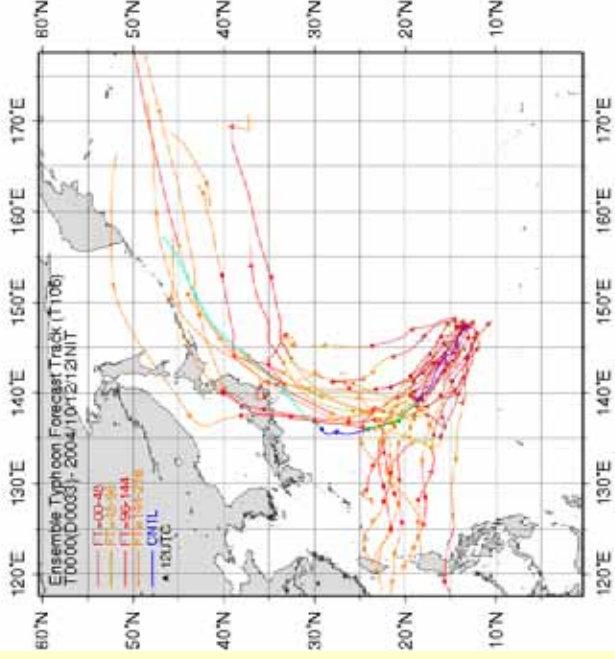
アンサンブル全メンバーの台風進路予測例

2004年台風第23号の場合

10/12 12Z初期値
(高知上陸8日前)

10/14 12Z初期値
(高知上陸6日前)

10/16 12Z初期値
(高知上陸4日前)

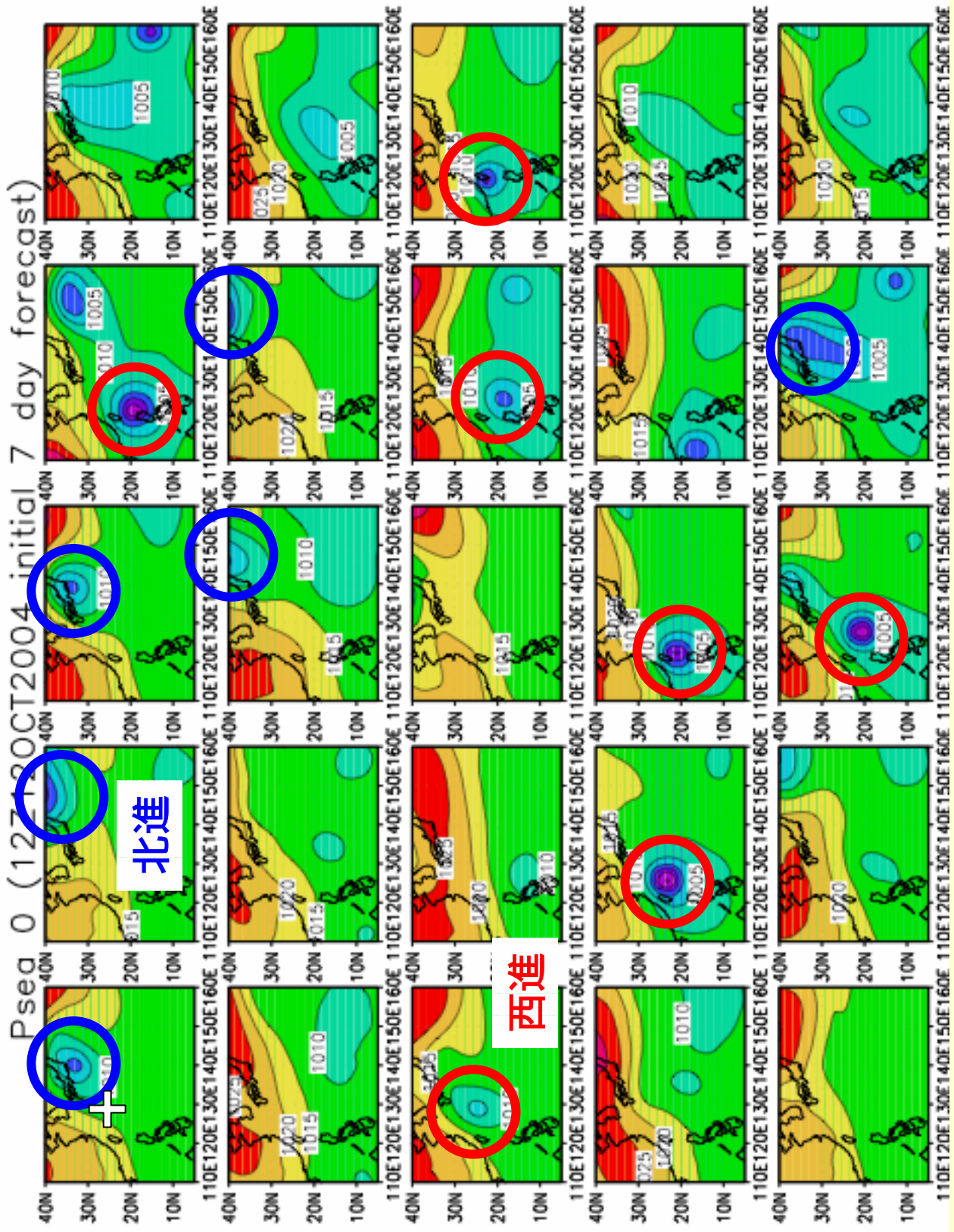


西進と北進に二分

南西諸島で転向

日本上陸予想

アンサンブル予報の例 今年の台風23号 上陸前7日予報



ミッションステートメント

- 1・2年目 (2005～6):
確率的予測手法と機動的観測法に基づいた災害気象予測システムを構築する
- 3年目 (2007):
台風への機動的観測実験を実施し、本予測システムの
実用性能と経済波及効果を評価する
- 4・5年目 (2008～9):
国際THORPEX集中観測キャンペーンに積極的に参加し、
本予測システムの実用化を目指す
- 研究終了後:
大学、研究機関、気象庁によるコンソーシアムを立上げ、
実用システムとして維持・発展させる
恒常的観測手段を確保して現業化をはかる