



資料2

## 議題2

# 重点目標達成のための 学官連携等の取組状況と課題

数値予報モデル開発懇談会(第7回)

令和5年1月19日

気象庁

# 重点目標達成のための 学官連携等の取組状況と課題

- 前回懇談会でのご意見と取組状況
- 具体的な取組例
- 数値予報技術開発における段階的な連携
- ご議論頂きたいポイント

# 前回懇談会ご意見と取組状況①

## (ご意見)

気象庁の現業数値予報システムの改良につながる学官連携の成果が出つつあることは喜ばしい。学官連携をより推進するには、大学等研究機関が容易に現業数値予報システムを利用できる環境を構築することが有効ではないか。また、この環境を用いた研究の活性化のためには、大学等研究機関側に数値予報システムを扱うノウハウが蓄積され、研究者間で共有していくことも重要である。

## (取組状況)

令和4年度は、「富岳」政策対応枠を活用して、スーパーコンピュータ「富岳」上に、気象庁の現業数値予報システムに準じた実験システムを移植し、一部の研究者に試験的に利用頂いた。(関連する進捗はスライド15、16)

引き続き、大学等研究機関における現業数値予報システムを用いた研究の活性化に資する取り組みを行い、研究者間で数値予報システムを扱うノウハウが蓄積されるように努めていく。

# 前回懇談会ご意見と取組状況②

## (ご意見)

学官連携の裾野を広げていくことが重要である。大学等で数値予報システムの改良を研究テーマにする人材は多くはないので、従来の数値予報モデルを介した連携に加えて、数値予報データを介した連携を進めていくことが有益ではないか。例えば、重点計画に掲げられているAIの数値予報への活用については、これらに係る知見を有する大学等研究機関に数値予報データを提供して連携するという形もあり得るのではないか。

## (取組状況)

データ提供を通じた研究が有益であることを踏まえて、メソアンサンプルデータを用いて、河川管理のための豪雨リスク推定に関する共同研究、再生可能エネルギー出力予測に関する共同研究等に取り組んでいる。

AIの数値予報への活用については、理研AIPと連携して開発を進めている。  
(スライド14)

今後もより一層取り組んでいく。

# 前回懇談会ご意見と取組状況③

(ご意見) 研究者側の数値予報データへのニーズを含め、大学等研究機関の研究動向をより丁寧に把握し、数値予報開発における課題についての認識を共有して、大学等研究機関と研究プロジェクトに関わっていくことが学官連携の裾野を広げる上で有益ではないか。

## (取組状況)

令和4年度に数値予報技術開発連携調整官を設置し、大学等研究機関の研究動向の把握や数値予報モデルの課題を大学等研究機関にご理解いただく等の取り組みをより一層強化し、連携の裾野を広げられるように努めているところである。

例えば、令和4年6月には数値予報資料共有Webの機能を大幅に強化し、数値予報モデルの課題について認識共有をより強化した。(スライド12)

引き続き、研究者側のニーズ把握と研究課題のマッチングに努め、認識の共有ができたものについては、積極的に共同研究を実施したい。共同研究の実施には、研究プロジェクトへの参加や競争的資金の活用も積極的に行うなど、個々の研究において適切な枠組みを利用していく。

# 前回懇談会ご意見と取組状況④

(ご意見)

気象庁と大学等研究機関の連携をより組織的に進めていくことが重要ではないか。例えば、災害をもたらすような顕著現象について、事例検討会等の機会を通じて共通の現象を分析する等により密接に意見交換していくことが望ましい。

(取組状況)

本日開催した事例検討会においても、委員および大学等研究機関の先生方から多数の話題提供を頂き議論する機会を設けた。

引続き、事例検討会に加え、数値予報資料共有Webや気象庁数値モデル研究会の開催等を通して、知見の共有等より緊密な意見交換を継続していく。(スライド9～11)

# 前回懇談会ご意見と取組状況⑤

## (ご意見)

大学等研究機関において、気象庁の数値予報システムを用いて新しい物理過程を開発する取り組みは学官連携の観点から歓迎すべきことである。研究者は事例研究で成果を示すが、現業数値予報システムに導入するためには、気象庁として研究成果を見極めたうえで多数の予報実験を行い、その結果を多面的に評価するなどの開発が必要である。この過程は、難しいことだが必要なものであり、研究者と気象庁の連携が大切である。

## (取組状況)

大学等研究機関における研究成果を現業予報システムに導入するために必要となる多面的な評価については、数値予報課報告・別冊第63号にて研究者との認識共有に努めてきたところであるが、連携促進のためにより一層の認識共有に努めてまいりたい。また、気象庁の数値予報システムを用いた新しい物理過程を開発する取り組みにおいて、評価面も意識しながら連携を進めている。(スライド13、21)

# 重点目標達成のための 学官連携等の取組状況と課題

- 前回懇談会でのご意見と取組状況
- **具体的な取組例**
- 数値予報技術開発における段階的な連携
- ご議論頂きたいポイント



# 第14回数値モデル研究会(令和4年12月12日)開催

- テーマ:「台風進路予測の改善に向けて」
  - 約100名の参加(対面とオンラインの併用での開催)
- 台風進路予測に関する話題について、**気象庁、大学等研究機関**双方から紹介し、**相互理解を深める**とともに、今後の台風進路予測精度向上に向けて議論した。
  - **気象庁)** 全球モデルの台風進路予測誤差の分析や予測精度改善に向けた取り組み
  - **大学等研究機関)** 台風進路予測に関する最新の研究
    - 伊藤委員から、近年の台風進路予測研究に関する動向や最新の研究成果についてご講演やご示唆をいただいた。

# 第14回数値モデル研究会(令和4年12月12日)開催

- 研究会での講演や議論を通じて以下の認識が醸成された。
  - 台風の進路予測について、今も多くの課題があること。
  - 台風進路予測に関して、この10～20年で多くの研究開発が進み、古典的な理解から大きく変わってきている(台風の移動の考え方、モデル開発の手法など)こと。
  - 気象庁・大学等研究機関の間で、台風進路予測に関する共通の認識やキーワード(「転向前の北進バイアス」「転向後のスローバイアス」「渦位を介した解釈」など)があることがわかり、新たな連携のきっかけになりうること。

## 参考：第14回気象庁数値モデル研究会 プログラム

時間	タイトル	講演者
0 (13:30--13:35)	開催挨拶	安田珠幾(気象庁総務部)
1 (13:35--13:45)	趣旨説明	佐藤芳昭(気象庁情報基盤部 数値予報課)
2 (13:45--14:45)	<b>台風進路予測の現状と改良に向けた取り組み 座長：佐藤芳昭(気象庁)</b>	
2.1 (13:45--14:15)	「現業数値予報システムによる進路予測の現状と誤差の分析」	太田行哉(気象庁情報基盤部 数値予報課)
2.2 (14:15--14:45)	「気象庁全球数値予報システムの台風進路予測改善に向けた取り組み」	氏家将志(気象庁情報基盤部 数値予報課)
休憩 (14:45--14:55)		
3 (14:55--16:25)	<b>台風進路予測に関する最新の研究 座長：伊藤耕介(琉球大学)</b>	
3.1 (14:55--15:25)	「台風進路予測改善に資する近年の諸研究」	伊藤耕介(琉球大学)
3.2 (15:25--15:55)	「気象庁全球モデルを用いた台風進路予測研究」	榎本剛(京都大学)
3.3 (15:55--16:25)	「渦位逆変換法を用いた台風進路予測誤差の分析」	吉野純(岐阜大学)
休憩 (16:25--16:35)		
総合討論 (16:35--17:00)		

# 数値予報資料共有Web

- 気象庁の数値予報モニタ図を閲覧可能な「数値予報資料共有Web」は、R3.3より運用を開始、R4.6に大幅な機能強化を実施した。
- また議論が可能な場としてフォーラムを用意している。
- より一層議論を活性化させたい。
  - 研究者側での活用例について情報共有いただきたい
  - また、議論活性化のためのお知恵をお借りしたい

現在(9/1)までのトピック

題名	作成者	作成日	返答	最新のメッセージ
→ 注意事項 (はじめにお読みください)	管理者 気象庁	2021/06/10 16:19	0	
【ご参考】2022年8月31日00UTC初期値6時間予報のGSM/MSM/LFM/解析雨量比較	数値予報課 気象庁	2022/09/01 15:23	0	
数値予報動的モニタ図へのMSM大雨発生確率ガイダンス追加のお知らせ	管理者 気象庁	2022/07/07 16:53	0	
MSM、MSMガイダンス対象予報時間延長のお知らせ	管理者 気象庁	2022/06/16 12:15	0	
数値予報動的モニタ図の新規追加のお知らせ	管理者 気象庁	2022/06/01 17:21	1	純至 伊藤 が [2022/06/02 09:07] 7ヶ月前に追加 RE: 数値予報動的モニタ図の新規追加のお知らせ
事例検討会：2021年8月の豪雨期に見られた大気的不安定性(京都大学・竹見哲也)	哲也 竹見	2021/12/01 00:19	2	哲也 竹見 が [2022/03/25 16:25] 9ヶ月前に追加 RE: 事例検討会：2021年8月の豪雨期に見られた大気的不安定性(京都大学・竹見哲也)
【気象庁数値予報課からのお知らせ】令和3年度数値予報開発センター年報の発刊について	数値予報課 気象庁	2022/03/22 16:04	0	
2022年1月6日の東京23区を中心とした大雪に関する数値予報結果に	数値予報課 気象庁	2022/02/02 17:32	0	

# 研究機関との物理過程開発に関する 共同研究の実施

- 海洋研究開発機構との共同研究「積雲対流スキーム改良を通じた気象庁全球スペクトルモデルGSMの予測精度向上に関する研究」を令和4年度から開始（令和5年度末まで）
  - 海洋研究開発機構で開発された積雲対流スキームをGSMに実装し、GSMの予測精度向上や積雲対流スキームのさらなる精度向上に向けた課題を明らかにすることを目的とする。
    - 第13回気象庁数値モデル研究会をきっかけに、複数回の研究進捗打ち合わせを行い、より本格的な連携のために共同研究契約締結に至った。

# AIに関する連携

- 平成31年1月に、理化学研究所革新知能統合研究センター（理研AIP）と共同研究締結、ガイダンスを最適に組み合わせる技術開発を実施。
  - 深層学習（DNN）を用いて、GSM、MSM、LFMの降水量ガイダンスの重みを学習する手法の開発を行い、これらのガイダンスを算術平均などを用いて統合した場合と比べて予測精度が向上する可能性があることが示された。
    - H. Hachiya, Y. Masumoto, Y. Mori and N. Ueda, 2021: Encoder–decoder–based image transformation approach for integrating precipitation forecasts. Proceedings of Machine Learning Research 157, ACML 2021.
  - 一方、本共同研究で得られた知見や技術を基に、最新AI技術の利用可能性に関する調査を実施したところ、ガイダンスを経ずにモデルの結果を直接深層学習（DNN）で統合することにより、大幅な精度向上が図れる可能性があるとの知見が得られた。
    - KUDO Atsushi, Statistical Post–Processing for Gridded Temperature Prediction Using Encoder–Decoder–Based Deep Convolutional Neural Networks, 気象集誌. 第2 輯, <https://doi.org/10.2151/jmsj.2022-011>
  - AI技術については、このように、当初想定していたこととは違う活用の仕方があるとの知見が得られていることもあり、当庁データにAI技術を活用した共同研究にも積極的に関与したい。

# 「富岳」の利用

- 気象庁では「政策対応利用課題」にて「富岳」を利用中
  - R4年度は「富岳」上に実験環境を構築し、試行として研究者に協力いただいた。
  - R5年度に向けては現在調整中
- R5年度のテーマ案「豪雨防災、台風防災に資する数値予報モデル開発」
  - 【豪雨防災】局地アンサンブル予報システムの仕様の検討
  - 【豪雨防災】高解像度(1km)局地数値予報モデルのリアルタイムシミュレーション実験
  - 【豪雨防災】様々な観測データの利用に係る技術開発
    - 本課題実施に必要な開発基盤としてメソ数値解析予報実験システムを富岳上に構築
    - マニュアルを整備し、実験の利用環境を整えている
    - 同実験システムは現業数値予報システムを模擬することが可能
    - →各種開発を実施、その性能評価に活用可能(連携の基盤となり得る)
  - 【台風防災】全球モデルの高解像度化に向けた精度向上・計算速度の高速化に係る開発

# メソ数値解析予報実験システム

## M004\_政策対応枠外部研究者用

### 目次

M004\_政策対応枠外部研究者用

2020年10月時点のシステム  
(更新予定あり)

はじめに

実験仕様

利用について

1. 実行環境のコピー
  - 1-1 ディレクトリの構成
2. 個人用の設定
3. 実験の実行方法の設定 (M004\_Fugaku/Setup/start.sh)
4. Maの設定 **メソ解析**
5. Mfの設定 **メソ予報**
6. サイクル実験の実施
7. 結果の比較
8. 実験の停止
9. 実験の再実行/再開の方法
10. 富岳での留意事項 (既知の問題)
11. 富岳でのトラブル時の対策方法
12. 監視方法について

ジョブ実行の概要 (Ma, Maps, Mf, Mfps)

Maのジョブネット (フロー図)、およびジョブの処理内容

Mapsのジョブネット (フロー図)、およびJOBの処理内容

Mfのジョブネット (フロー図)、およびJOBの処理内容

Mfpsのジョブネット (フロー図)、およびJOBの処理内容

コントロール実験の留意事項

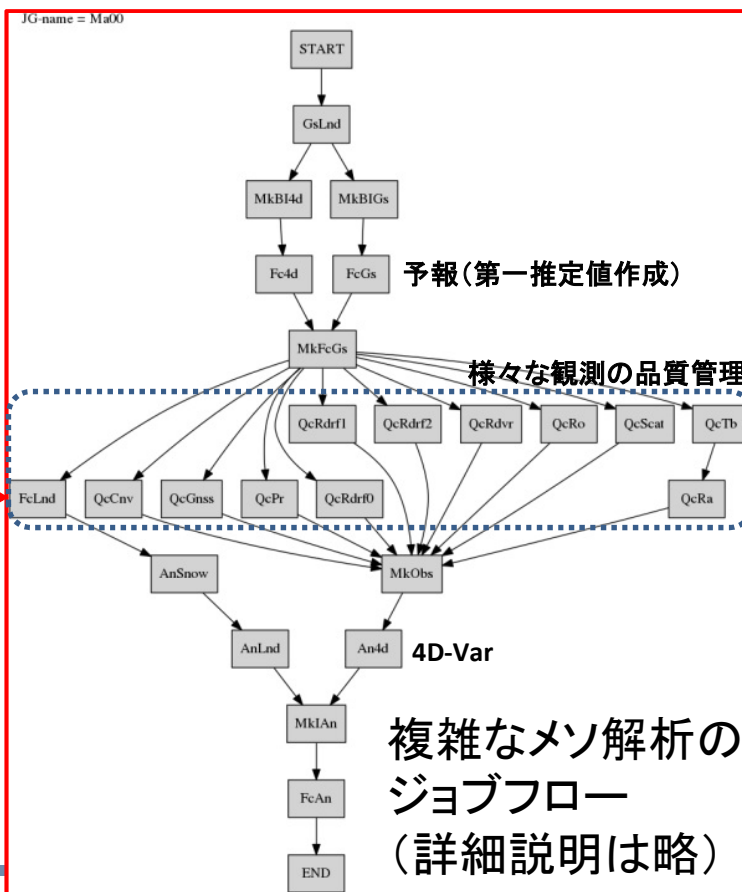
[参考] 移植に伴う主な変更

複雑な気象庁メソ解析及び予報  
システムを「富岳」上で模擬実行可能

• コントロール実験 (比較用のデータを提供している期間)

実験の季節	種類	実験期間
2019年夏	Ma	2019/07/27 00UTC - 2019/08/31 21UTC
	Mf	2019/08/01 00UTC - 2019/08/31 21UTC
2020年冬	Ma	2020/01/15 00UTC - 2020/02/25 21UTC
	Mf	2020/01/20 00UTC - 2020/02/25 21UTC

現状の  
実験可能期間  
(更新検討中)





# 「富岳」を用いた開発連携課題

- 豪雨予測の改善に資する「様々な観測データの利用に係る技術開発」等での連携を期待。
  - 観測データの利用開発や、観測データの利用に資するモデル改良及び関連したインパクト調査、高解像度数値予報モデルの開発等  
(具体的なテーマ)
    - 赤外サウンダデータの同化手法の開発
    - ひまわり大気追跡風データ等の高密度・高頻度データの同化手法開発
    - 未使用衛星データの利用開発
    - 2重偏波レーダーの利用開発 等
- 連携の具体的な進め方については検討中。今後相談させていただきたい。

想定作業:

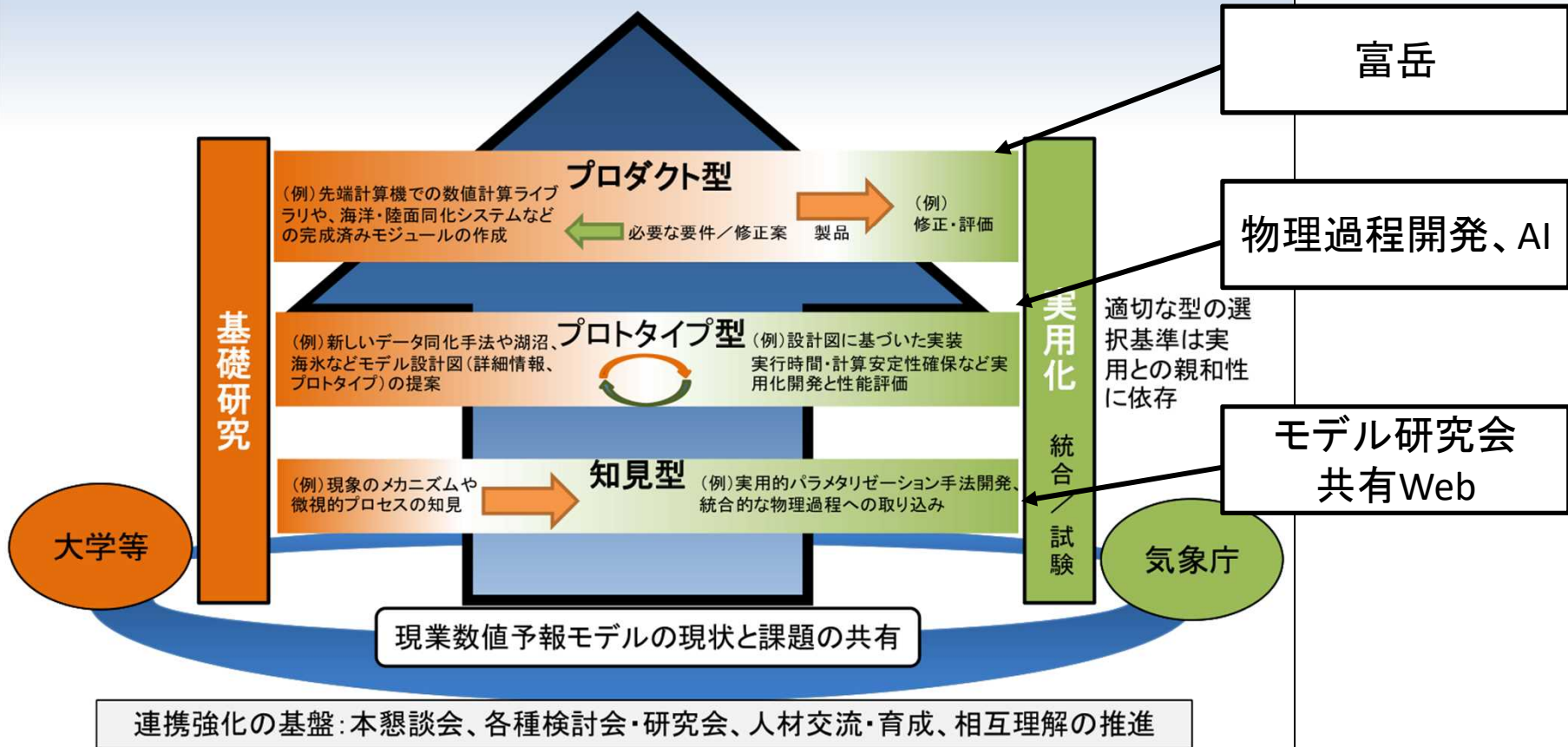
- データ品質調査
- 品質管理手法の開発
- 同化手法の開発
- インパクト評価

# 重点目標達成のための 学官連携等の取組状況と課題

- 前回懇談会でのご意見と取組状況
- 具体的な取組例
- 数値予報技術開発における段階的な連携
- ご議論頂きたいポイント

平成29年12月26日開催 数値予報モデル開発懇談会(第2回)  
 「議題2 大学等研究機関と気象庁の連携策」資料より

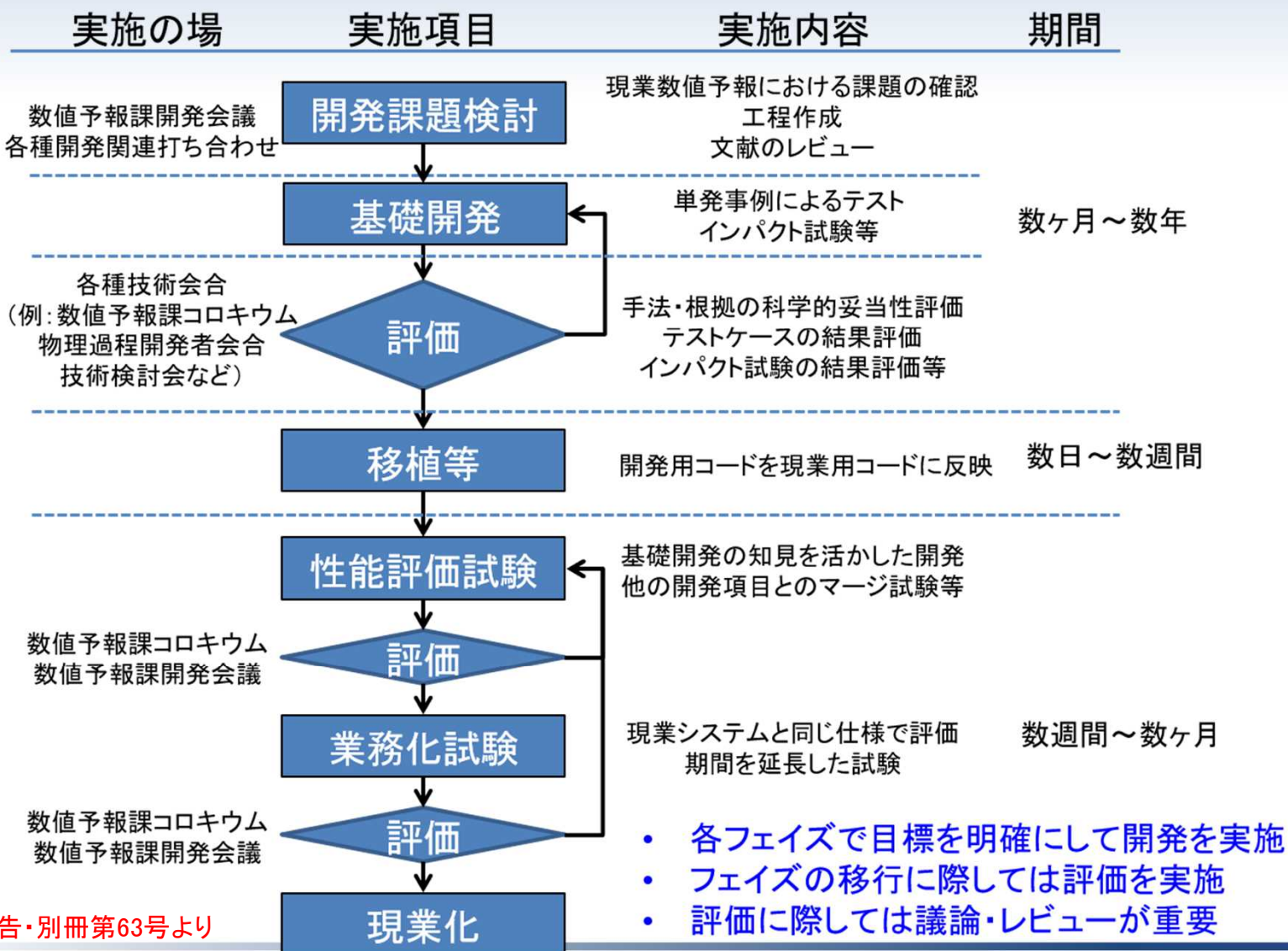
数値予報技術開発における段階的な連携(イメージ)



# プロトタイプ型～プロダクト型の連携

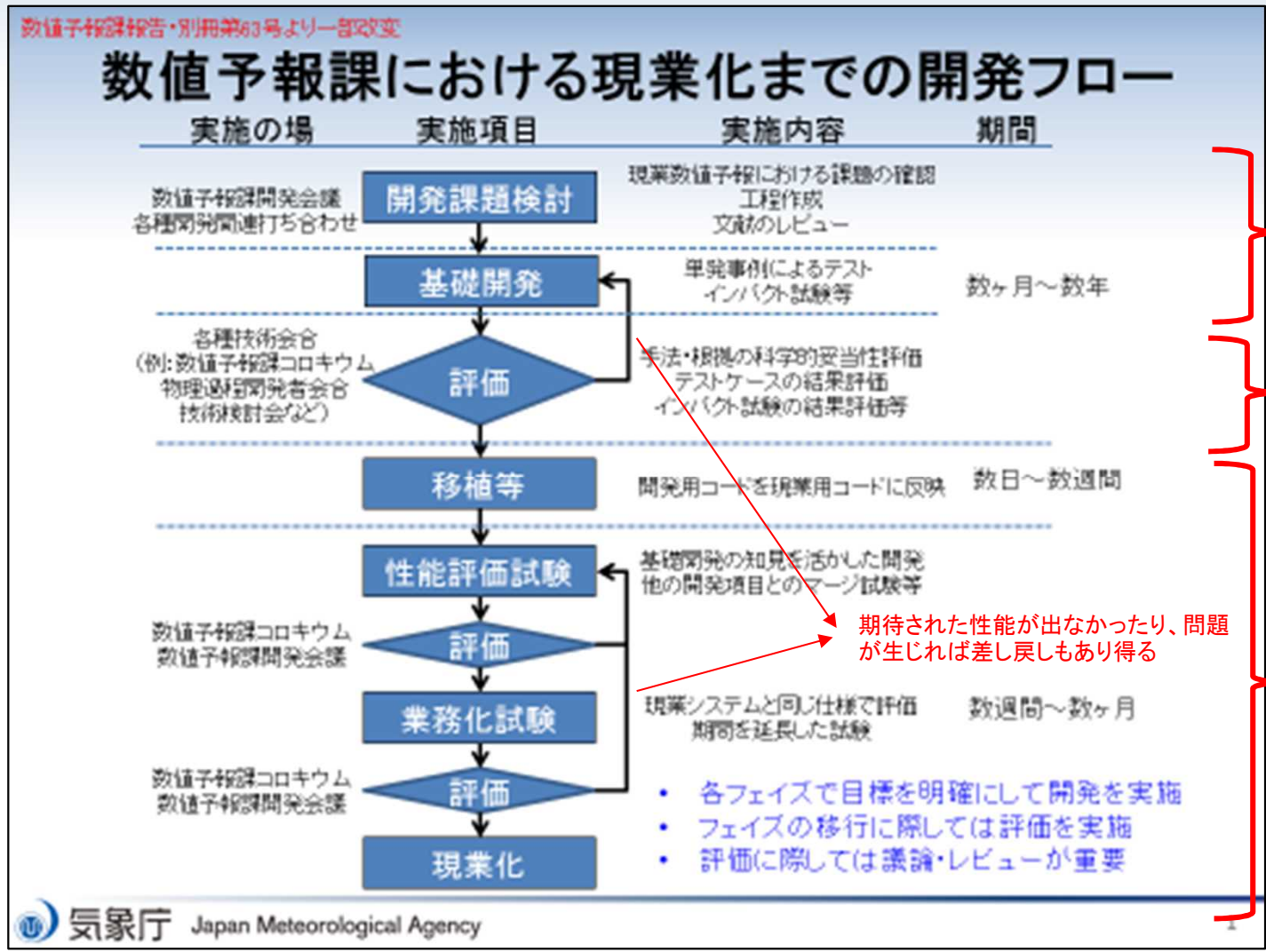
- プロダクト型の連携の実現を目指して、「富岳」に現業数値予報システムと同等の実験環境の整備を進めている。
- この環境を用いることで、現業数値予報システムの運用で必要となる要件に適合した開発が可能。
  - これにより、プロトタイプ型からプロダクト型に近づく
  - 気象庁と研究者で密なコミュニケーションが大事
- 上記実験環境を活用し、モデル改良研究、観測データの高度利用手法開発研究等での連携を期待。

# 現業化までの開発フロー



数値予報課報告・別冊第63号より

# 数値予報課の開発フローにおける JAMSTECとの共同研究の位置づけ



JAMSTECとの共同研究は基礎開発～評価前半のフェーズに相当。

共同研究終了後、評価後半(当課における評価)フェーズに進むか検討する。

なお、最終的に現業システムに導入する開発項目が固まってから実際に現業化されるまでは、各種試験と評価を経るため、全球モデルの場合、通常半年を要する。

# ご議論頂きたいポイント

- 数値予報モデル改善に繋がる学官連携
- 知見型 → プロトタイプ型 → プロダクト型
  - 数値予報資料共有Web、数値モデル研究会
    - 具体の活用例や議論活性化について
  - 物理過程開発の共同研究などの連携
    - 学で実施できる現業化に必要な評価について
  - 「富岳」を用いた開発連携
    - 連携の内容や進め方について

