

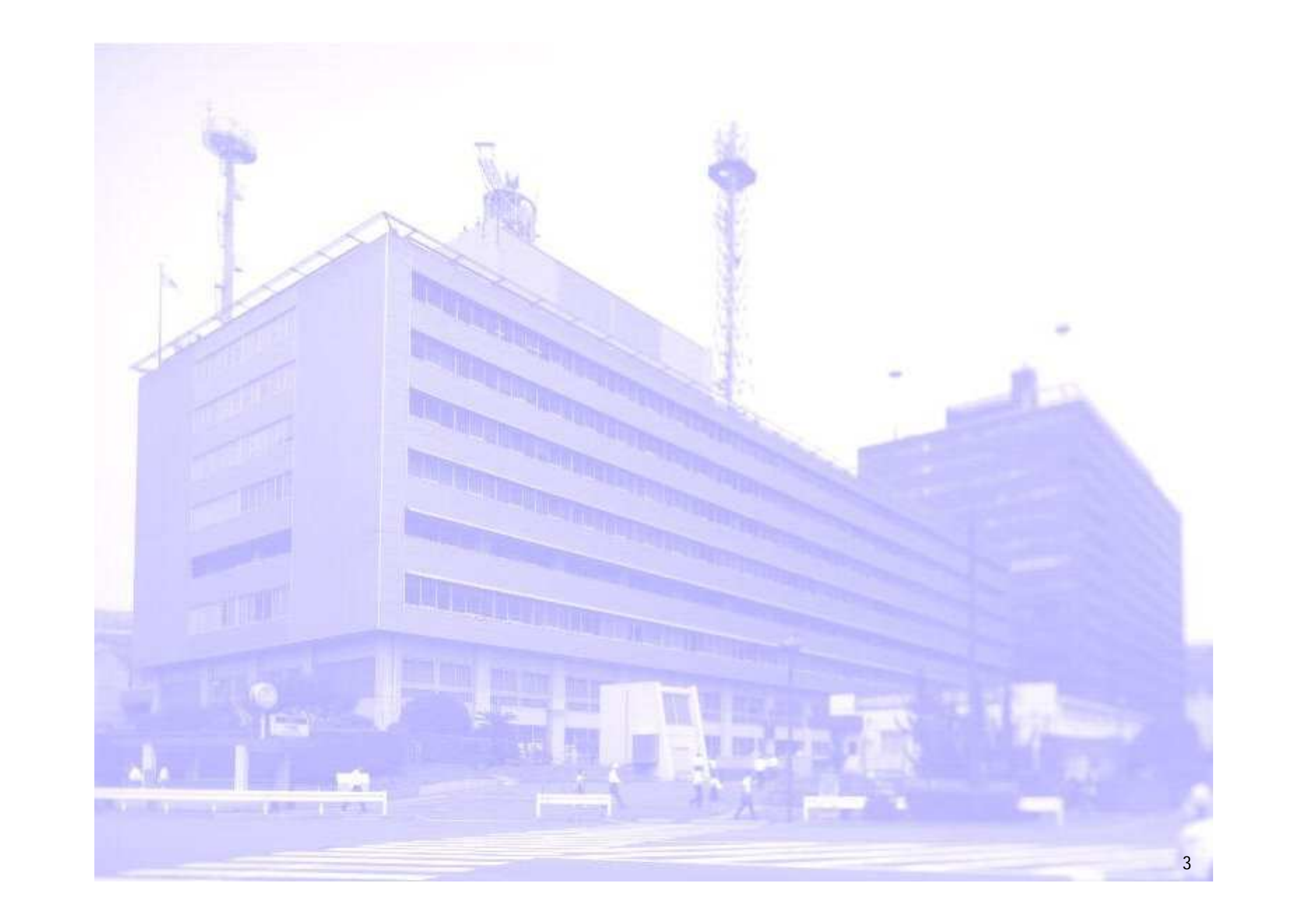
議題その2

大学等研究機関と気象庁の 連携策について

数値予報モデル開発懇談会(第2回)
平成29年12月26日
気象庁

はじめに

- 第1回数値予報モデル開発懇談会
 - 大学等研究機関と気象庁の連携のあり方について
 - 研究と現業の連携
 - 連携強化に向けた気象庁のこれまでの取り組み
 - 連携のイメージ
 - 大学等研究機関と気象庁の連携課題
 - 海外の状況も参考に、連携のあり方について幅広く可能性を考慮すべきとのご指摘を頂いた
- 今回の議題その2
 - 海外における大学等研究機関と数値予報センターの連携策について
 - 海外の事例も踏まえ、今後の連携策についてご議論をお願いしたい



海外数値予報センターにおける 連携策

海外数値予報センターにおける連携策(概要)

- 欧州中期予報センター (ECMWF)
 - テーマ別ワークショップやセミナーを主催、各国の研究者が参加
 - 加盟国や欧州気象衛星開発機構などの宇宙機関との共同研究
 - OpenIFSや、R20プロセスの明確化など連携推進のための方策
 - 業務高度化に必要な研究については、特定プロジェクトを立ち上げ
- 米国海洋大気庁 (NOAA: JCSDA, DTCなど関連センター含む)
 - 現業数値予報システムと同等な実行環境(計算機利用含む)の提供
 - 専任スタッフが提供した環境について技術的にサポート
 - 公募型の研究プロジェクトを実施
- 英国気象局 (UKMO: NERCとの共同センター含む)
 - 科学部門内に連携専門グループを設け、技術的サポートやワークショップの主催などを実施
 - 現業数値予報システムと同等な実行環境(計算機利用含む)の提供
 - 関係政府機関の協力により、基礎研究分野について国外の気象機関や国内外の研究機関と連携

海外数値予報センターにおける連携策(まとめ)

- センター毎に組織・国内制度は異なるが、各センターとも戦略的に連携を推進
 - 具体的な方法は各センターごとに様々であり、各国の制度を柔軟に利用
- 一方、以下の点については共通した方向性が見られる
 - 各種ワークショップ・セミナーを実施しコミュニケーションを促進
 - モデルの実行環境について、現業数値予報システムと同じ、もしくは近いものを提供し、研究コミュニティと共有
 - モデル・データの提供を通じた連携にあたり、専任の職員を充て、技術的なサポートを実施
 - ワorkshop、ニュースレター、成果報告等を通じた成果の共有も推進
 - 関係する政府機関や宇宙機関等からの協力も得て開発を実施
 - 海外センターが業務高度化のために必要な研究プロジェクトを主導
- 国内におけるこれまでの取り組みと方向性は似ており、上記の点について、海外の例で参考とすべき点は多い

(参考) ECMWFにおける連携策

- テーマ別のワークショップやセミナーを主催、各国の研究者が参加
- 加盟国やESA, EUMETSAT等の宇宙機関との共同研究を実施
- 連携推進のための方策も実施
 - (例) OpenIFS
 - 研究・教育目的に限定して予報モデルを公開し、モデル開発の育成を推進
 - (例) Research-to-Operations (R2O) processの明確化
 - 組織内プロセスを明確化し、基礎研究成果の取り込みをシステムティックに実施
- 将来のECMWFの業務の高度化のために必要な研究については、特定のプロジェクトを立ち上げる例もあり
 - (例) ECMWF Scalability Programme
 - 将来のスーパーコンピュータで、省電力・高効率なモデルの運用を可能にするためのプロジェクト
 - 力学過程や計算科学に関するさまざまな研究が行われている
 - スペクトルモデルから格子モデルへの段階的な移行、coarrayを利用した通信の隠蔽による高速化、アクセラレータ技術の利用検討など
 - 加盟国気象機関や大学等研究機関、コンピュータ関連の企業が参加

【引用文献】ECMWF Strategy 2016-2025 (https://www.ecmwf.int/sites/default/files/ECMWF_Strategy_2016-2025.pdf)

(参考) NOAAにおける連携策

- データ同化システム, 領域モデル, 観測データ, 検証パッケージなど、**現業センターの開発環境一式の提供**
 - 現業センターの開発者と研究コミュニティの橋渡しのため、Developmental Testbed Center (DTC)が実施
 - 全球モデルのテストベッドも提供
 - DTCは各種ワークショップも主催
- **現業数値予報システムと同じ実行環境(計算機込み)を提供**
 - NOAA, NASA, 米海軍、米空軍等の共同センターであるJoint Center for Satellite Data Assimilation(JCSDA)が実施
 - それらを利用したデータ同化研究が大学等研究機関で行われている
 - 衛星データの同化利用や、それに必要な放射伝達モデルの開発など
 - (例)2016年のNCEPの全球解析の改良(4DEnVarの導入)はメリーランド大学とNOAAの共同研究の中でこの環境を利用
- DTC, JCSDAとともに専任スタッフが技術的なサポートを実施
- その他、**公募型の研究プロジェクトを実施して国内外の研究機関との連携を実施**
 - 力学過程の基礎開発・研究や長期予報・解析の基礎開発・研究など


【引用文献】NCEP Strategic Plan 2015-2019 (http://www.ncep.noaa.gov/director/strategic_plan/strategic_plan.pdf)

(参考) UKMOにおける連携策

- UKMOの科学部門内に連携専門グループを設け、技術的サポートやワークショップの主催等
 - ワークショップの開催等を通じた、開発課題の提示・共有や研究機関からの助言が連携の基盤となっている
- UKMOと英国自然環境研究会議(NERC)との共同センターがあり、共用のスパコンやモデル実行の環境整備されている
- NERCの協力により、基礎研究分野についてUKMOと国外の気象機関や、国内外の研究機関との連携
 - UM partnership
 - モデル利用に関する海外気象機関(BoM, KMA等)等との協力関係
 - Met Office Academic Partnership
 - エクセター、レディング、リーズ、オックスフォード大学との提携
 - 研究機関の開発成果の現業システムへの導入実績
 - モデルの評価・検証や研究機関で開発されたジョブスケジューラ等のソフトウェア
 - 実用化より前の基礎研究の段階で研究機関の協力を得ている
 - 現業モデルの改良そのものへの直接の貢献は多くはない

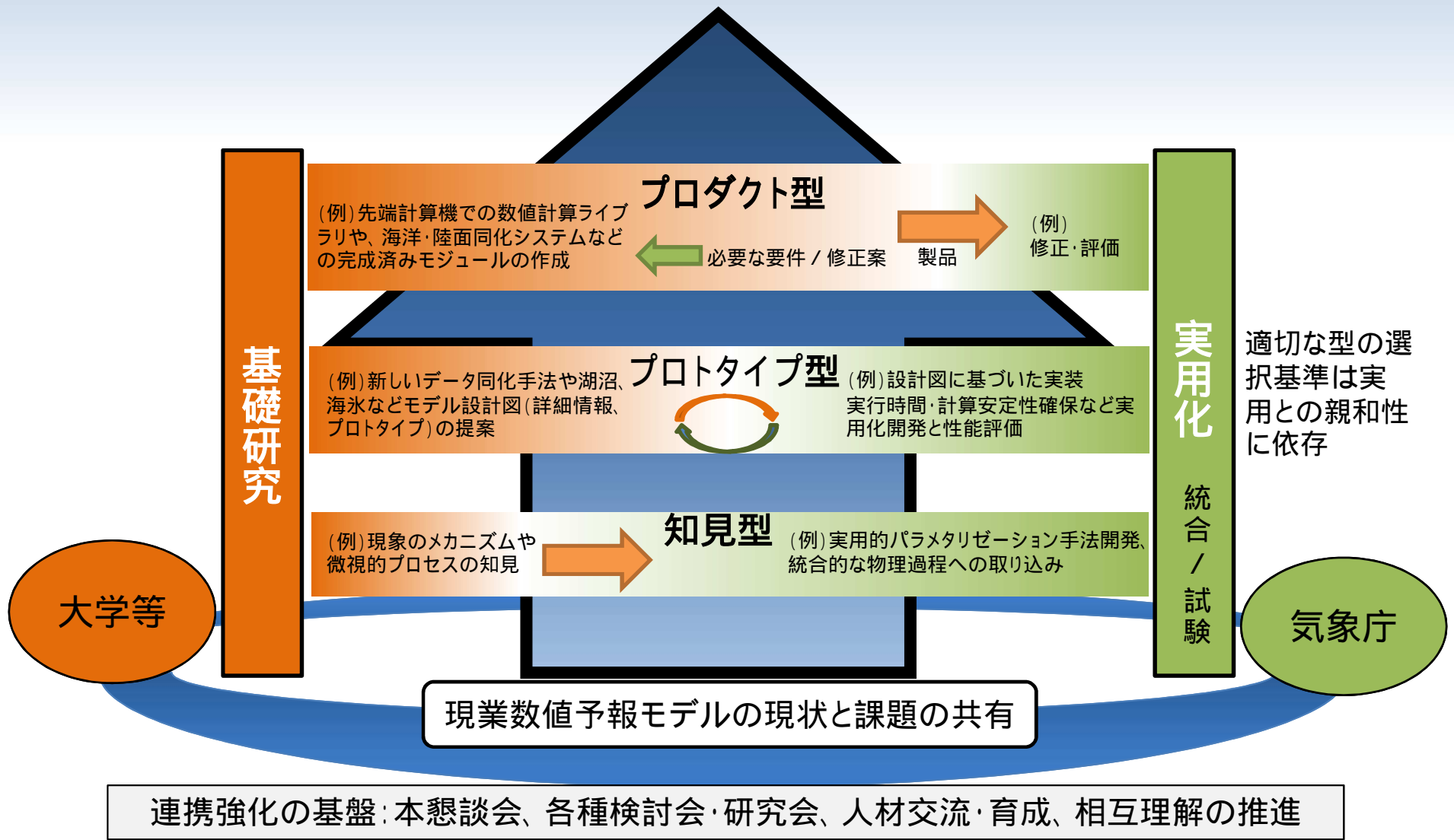
【引用文献】Met Office Science Strategy: 2016-2021

(https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/mohippo/pdf/migrated/met_office_science_strategy_2016-2021.compressed.pdf)



今後の連携に向けて

数値予報技術開発における段階的な連携(イメージ)



連携型の具体例(これまでの取組・実績より)

第1回数値予報モデル開発懇談会で紹介したもの

知見型

- 気象庁数値モデル研究会など各種の研究会での議論など
- 衛星シミュレータの利用による雲物理過程の検証・改良(東大・JAXA)
- 次世代全球非静力学モデルの力学コア比較(東大・理研)
- データ同化技術に関する議論・情報交換(理研)
- 地球観測衛星データの同化利用(JAXA)

プロトタイプ型

- 気象研究コンソーシアム・数値予報研究開発プラットフォームでの取り組み
- 乱流クロージャーマデル(MYNNモデル(レベル3): Nakanishi and Niino (2004))導入
- アンサンブル予報の利活用高度化(筑波大)
- TRMM衛星の同化開発(NASDA)

プロダクト型

- 現業モデルasucaのGPU対応(東工大)
- GSMの力学過程改良(AESTO)

連携により効果的な開発が期待される課題例

- 予報モデル
 - 台風・集中豪雨の事例検証、予測技術における「重要なポイント」の発見
 - 精緻な素過程モデルとパラメタリゼーション開発のリンク
 - グレーゾーンにおける物理過程(対流・境界層など)
- 観測データ利用
 - 次世代衛星・センサーの利用
 - 高密度・高頻度観測データ利用
 - 時空間の観測誤差相関の考慮
- データ同化手法
 - 高解像度・非線形同化システム
 - 陸面・海面・海氷のデータ同化
 - エロゾル・オゾンなどのデータ同化
- アンサンブル予報
 - アンサンブル予報における高度なモデル摂動手法
 - アンサンブル予報の結果についての利用方法
- 応用処理
 - 最新のAI技術の利用
- 開発基盤
 - 次世代計算機に適したモデリング手法
 - 極端現象における検証のありかた
 - 線状降水帯の定義・抽出方法
 - 衛星シミュレーターなど高度な検証手法の開発

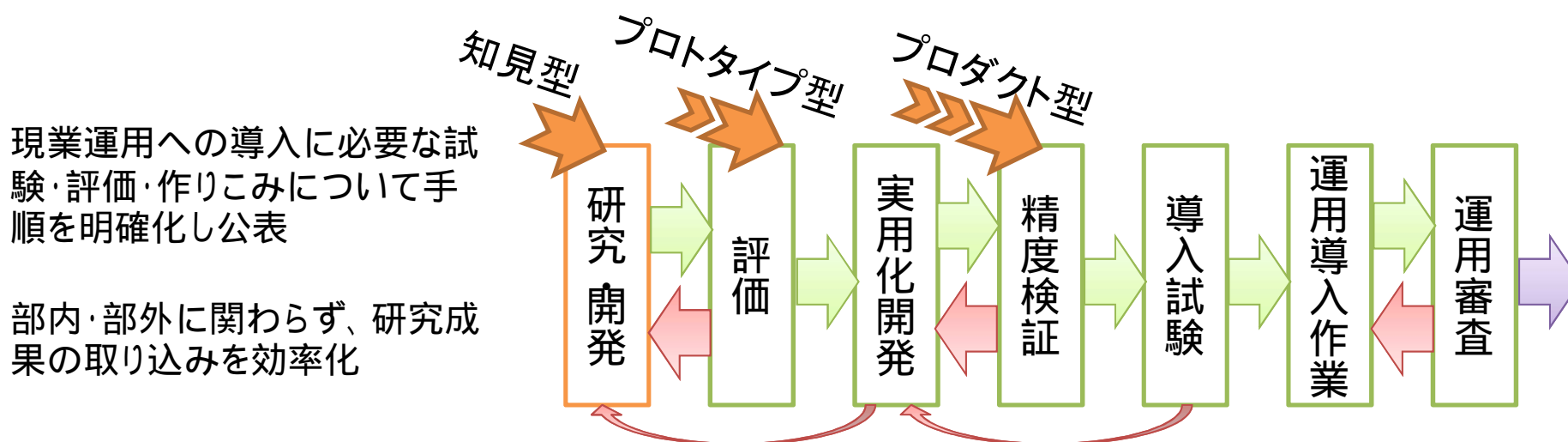
など、多くの例が考えられる

連携の強化に向けて(案)

- 各型の連携を進めるため、海外の事例を参考に以下を推進
- コミュニケーションをより緊密にしたい(知見型)
 - 開発現場の職員が学会や研究会に積極的に参加し、気象庁の技術開発に関する意見交換および助言をいただく
 - 気象庁主催のセミナー等への参加を促進
 - メーリングリストを活用した定常的な意見交換
 - 「気象庁モデル研究会」などの現在の取り組みをより積極的に活用し、モデル・データの提供による成果の共有を計る、など
- 研究開発での連携を推進(プロトタイプ型)
 - 共同研究のさらなる促進
 - 客員研究員制度による研究者の滞在型研究
 - 集中講義などによる気象庁職員の大学での学生指導
 - 現業システムに準ずる開発・実験環境の構築、など
- 大学等研究機関と気象庁相互の研究開発課題の創出(プロダクト型)
 - 当懇談会を通じてお互いの課題・興味の相互理解を深化
 - どのような進め方が考えられるかは、個別の課題に応じて検討

強い連携を実現するために

- **連携に関する事務局の設置・一元化が必要**
- **モデル・データ提供の更なる推進**
 - 当庁でサポートを行うためにも、モデルやデータ提供におけるゴールを課題ごとに十分に議論し共有
- **連携による研究成果を効率的に導入するための、当庁の開発フロー見直し**
 - 各連携の型に応じた、実用化開発の進め方を明確化



人材育成について

- 気象分野の発展においては、人材育成も重要
 - (第1回懇談会のご指摘)以下形態の方策如何
 - 「気象庁から研究コミュニティへの滞在による人材交流」
 - 「大学での気象学研究において、現業機関の開発者が学生を指導」
- いずれも、制度上は可能(次頁参照)
 - 長期間の人材交流は、地震火山関係では実績あり
 - 長期的指導(無報酬兼業)も、現業機関の開発者による実績はないが、制度上は可能
- 気象庁にとっても、数値予報分野の技術力向上の機会
 - 既に実績のある形態の、積極的な活用
 - 集中講座等の講師担当など
 - これまでの実績に囚われず、積極的な対応を検討したい

(参考)「大学等研究機関と気象庁の連携」 に係る制度及び実績

	滞在型	長期的指導(身分の変更無し)		短期的指導
研究コミュニティ 気象庁	予報部(NASDA, H12)、(AESTO等, H14~18)、(筑波大, H17~18) 地球環境・海洋部(AESTO, H17) 地球環境・海洋部(2008年度~) 地震火山部(火山関係)(2017年度~)			モデル開発者特別研修への受入れ(2017年度~)
気象庁 研究コミュニティ	人事交流 (いったん辞職/先方に採用される形態)	依頼を受けた対応(無報酬の兼業許可)		依頼を受けた対応
	東京大学地震研究所附属 地震予知情報センター 助教授(H15) 北海道大学大学院理学研究院附属 地震火山研究観測センター 准教授(H21)	(研究職) *筑波大学 (連携大学院) *神戸大学 (連携大学院)	(行政職) 大学行政法人化後は、 実績なし	集中講座での講師担当 *北海道大学 *京都大学 *神戸大学 *高知大学

ご指摘「気象庁から研究コミュニティへの滞在による人材交流」に該当するケース

ご指摘「大学での気象学研究において、現業機関の開発者が学生を指導」に該当するケース

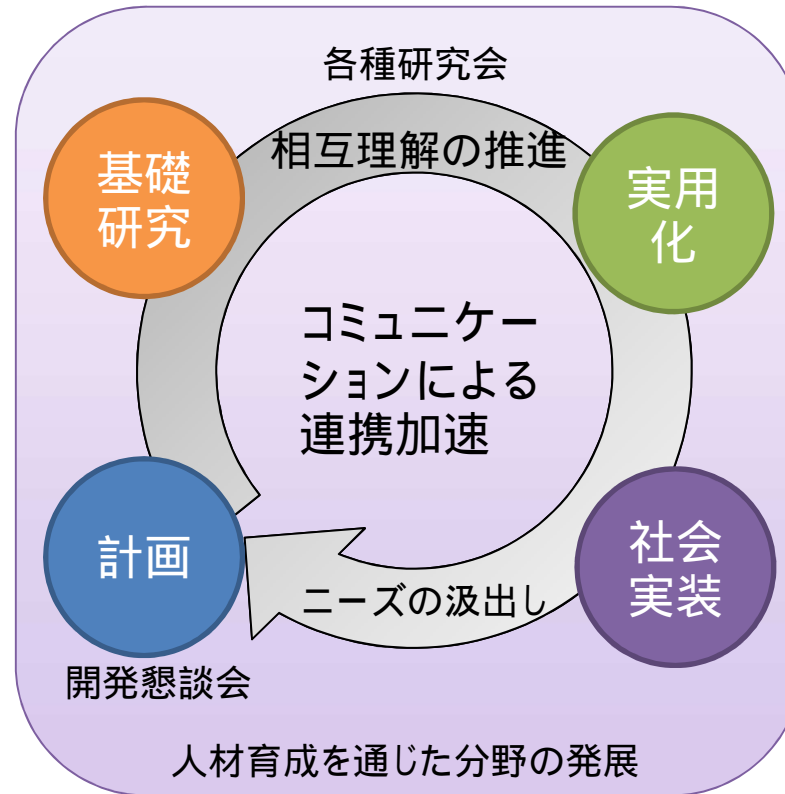
連携の継続・発展 (イメージ)

- 研究計画の段階から、大学等研究機関と気象庁が連携
- 社会実装に至るまでのプロセスを通じ、連携を一層加速し、連携の更なる継続・発展に繋げることが重要

基礎研究

知見

- 気象庁の開発への助言
- 課題に関する研究成果の話題
- 研究会等で議論
- プロトタイプ
- 論文やドキュメント
- ソースコードなど
- プロダクト
- 個別パッケージ
- コミュニティモデル



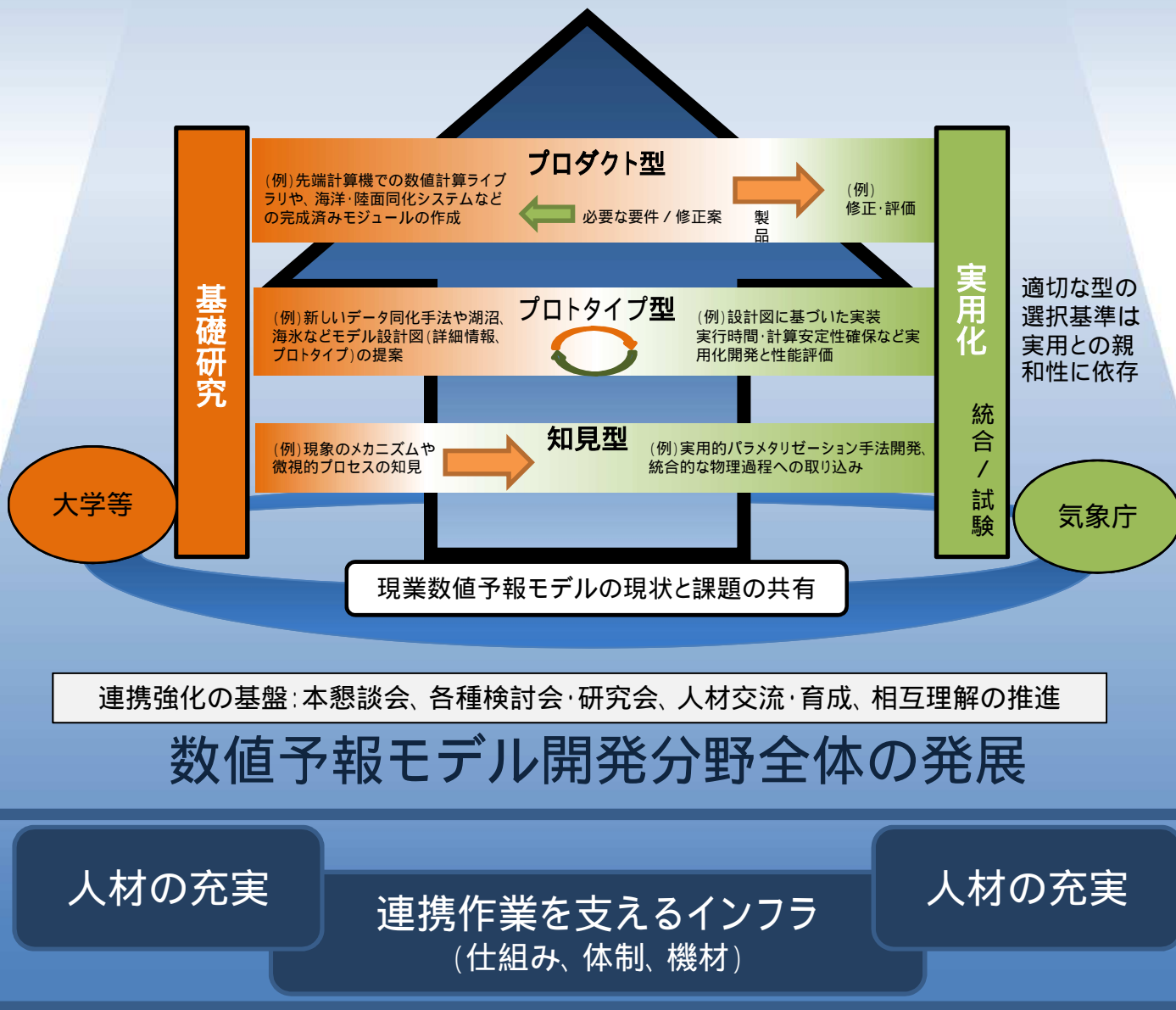
将来的には、モデル開発懇談会で、定期的の開発の進捗及び連携状況の確認を行いたい

実用化

情報提供

- 現状の課題
- 利用者のニーズ
- 評価指標
- 現業運用に必要な要件
- 現業数値システムの詳細な構成
- 連携支援
- 研究会等の開催
- 成果導入の公表
- 試験と評価結果のフィードバック
- 開発基盤の提供

将来における、連携基盤の更なる強化(イメージ)



まとめ

- 海外における大学等研究機関と数値予報センターの連携策について
- 数値予報開発における段階的な連携(イメージ)
- 連携の強化に向けて

- 今後の連携策についてご議論をお願いしたい
 - どのような分野・項目で連携を深めることが可能か
 - そのために必要な具体策は