

目標 8 における 研究開発の進め方等について

第五回戦略推進会議
(令和 4 年 3 月 23 日)

三好 建正
(理化学研究所 チームリーダー)

1. プログラムディレクター（PD）について



三好 建正（44歳）

理化学研究所 計算科学研究センター チームリーダー

気象学、特にスーパーコンピュータを用いたシミュレーション、データ同化研究の専門家。 30秒毎のゲリラ豪雨予測を世界で初めて実現するなど、最先端の優れた研究実績を有している。

2000年 京都大学理学部卒業、気象庁入庁

2003年 人事院行政官長期在外研究員（メリーランド大学留学）

2004年 メリーランド大学 修士号取得(気象学)

2005年 メリーランド大学 博士号取得(気象学)

2007年 気象庁予報部数値予報課技術専門官

2009年 メリーランド大学 助教授

2012年 理化学研究所計算科学研究センターデータ同化研究チーム チームリーダー

防災功労者内閣総理大臣表彰(2020)、読売ゴールドメダル賞(2018)、日本気象学会賞(2016)、
科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞(2014)

文部科学省 科学技術・学術審議会 情報委員会 次世代計算基盤検討部会 専門委員(2021-)

日本気象学会 理事(2020-)、気象庁 数値予報モデル開発懇談会委員(2017-)

気象庁 長期再解析推進委員会委員(2014-)

2. ムーンショット目標について

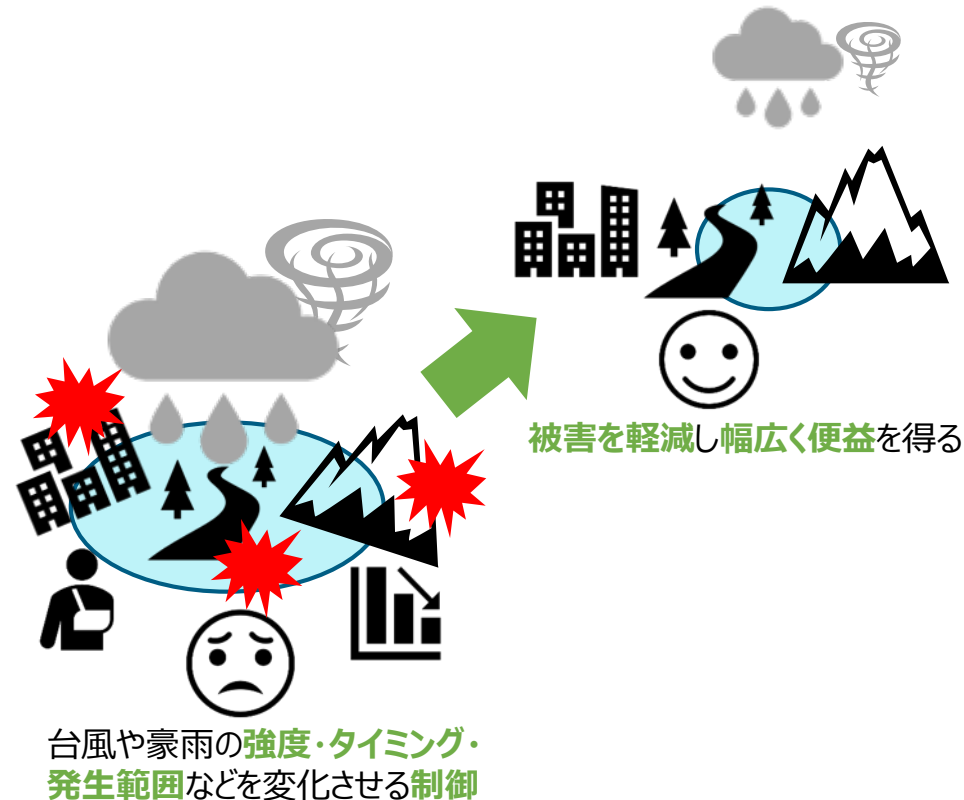
2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現

<ターゲット>

- 2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨（線状降水帯によるものを含む）の強度・タイミング・発生範囲などを変化させる制御によって極端風水害による被害を大幅に軽減し、我が国及び国際社会に幅広く便益を得る。
- 2030年までに、現実的な操作を前提とした台風や豪雨（線状降水帯によるものを含む）の制御によって被害を軽減することが可能なことを計算機上で実証するとともに、広く社会との対話・協調を図りつつ、操作に関わる屋外実験を開始する。

台風や豪雨の脅威から解放

- 人々の暮らしに影響を及ぼす暴風雨を減らし、人的・経済的被害を大幅に削減



3. 目標の補足説明（1）

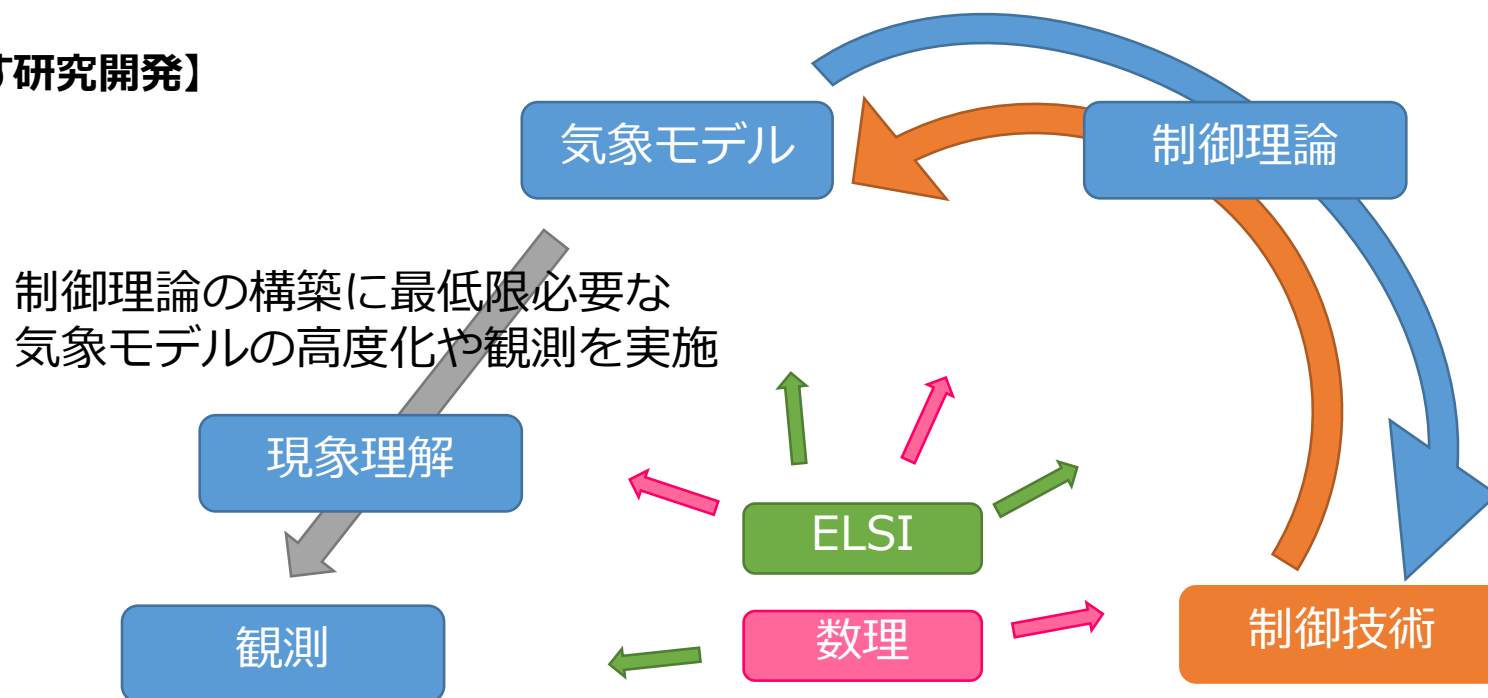
【社会的要請】

- 地球温暖化の進行等により台風や豪雨などの被害が激甚化・増加している中で、インフラの整備・更新や予測精度向上等の取り組みに加え、**災害につながる気象自体の回避や軽減**を可能とする技術の獲得が必要。

【課題解決の方向性】

- 「予測」を中心に取り組まれてきた**気象研究に制御の概念を取り入れた、「気象制御」研究**に取り組む。
- 「総合知」の観点から、**社会的影響を考慮した総合的な研究開発を推進**するとともに、人間活動と一体となった新しい防災・減災を目指す。

【目指す研究開発】



4. 公募等に関する基礎情報（1）

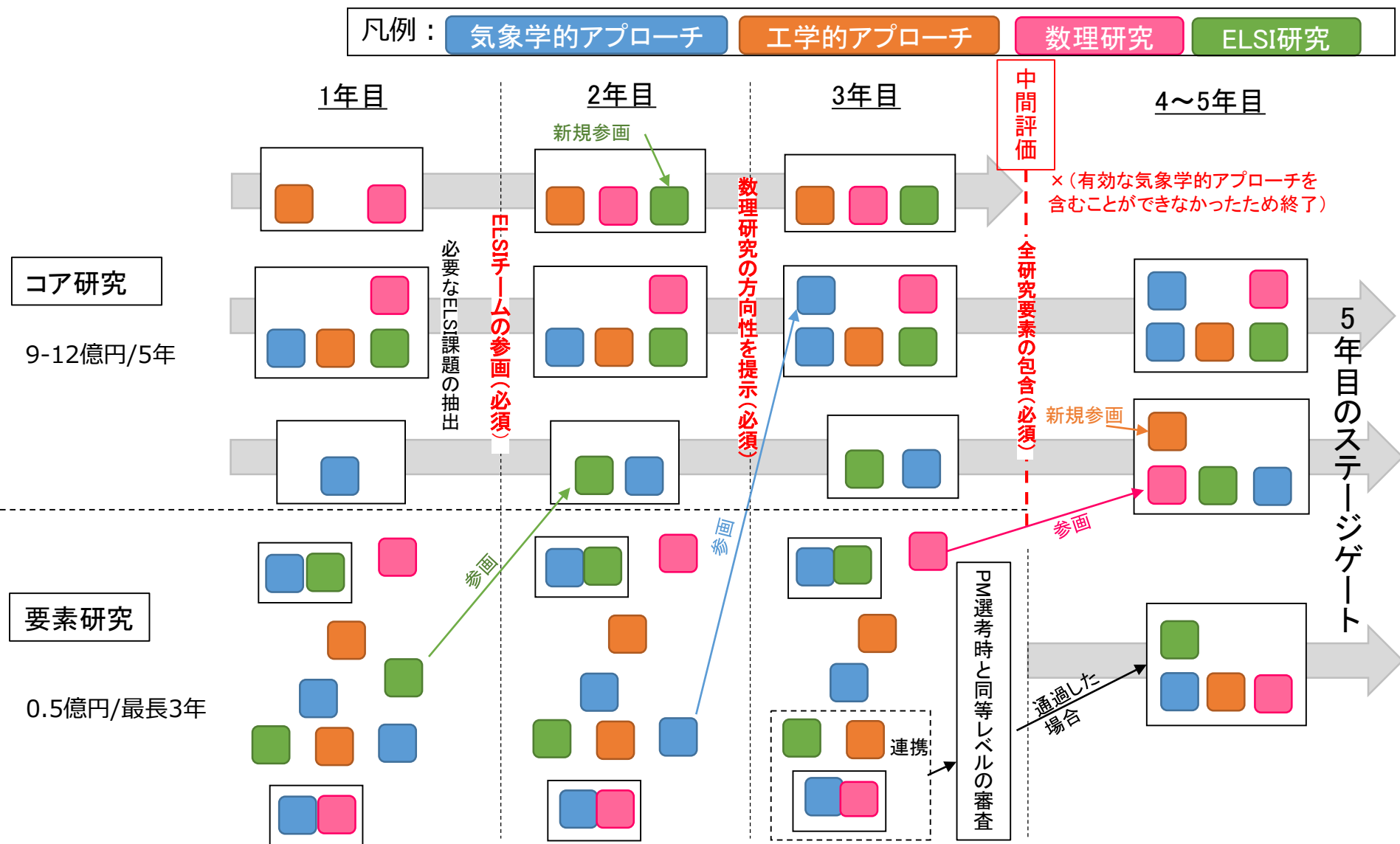
4. 2. 目標達成に向けた募集・推進方針

	（１）コア研究	（２）要素研究
	2050年の社会像からバックキャストし、MS目標を達成するために必要な全体構想（シナリオ）を描き、シナリオの実現に向けて取り組む研究開発プロジェクト	MS目標の達成に必要な全体構想（シナリオ）を描くことは困難であるが、MS目標達成に貢献しうる研究開発プロジェクト
構成要件	提案時に、「気象学的アプローチ」「工学的アプローチ」のいずれか、または両方を含むこと	提案時に、「気象学的アプローチ」「工学的アプローチ」「数理研究」「ELSI研究」の少なくとも一つを含むこと
期間	原則5年間	最長3年間で必要な期間
予算額	両方のアプローチから取り組むプロジェクト 上限12億円(5年間総額・直接経費) 片方のアプローチから取り組むプロジェクト 上限 9億円(5年間総額・直接経費)	5,000万円以内を目安 (3年間総額・直接経費)
備考	各プロジェクトが独自に設定するマイルストーンに加え、以下の共通マイルストーンの達成を必須とする。 a) 1年目終了時までにはELSI研究を行うチームまたは専門家が参画 b) 2年目終了時までには数理研究の方向性を提示 c) 3年目終了時までには気象・工学の両アプローチ、及び必要な数理・ELSI研究の全てを包含	研究開発期間後は、その成果をもって既存のコア研究に参画し目標達成に寄与する、他の要素研究等との統合により新しいコア研究グループを組成し目標達成を目指す（※）、こと等を期待。

次頁に図示

4. 公募等に関する基礎情報（2）

4. 3. 目標達成に向けた募集・推進方針



4. 公募等に関する基礎情報（3）

4. 1. スケジュール、応募・採択数等

1. 公募期間

令和3年11月9日～令和4年1月11日

2. 審査・採択スケジュール

令和4年1～2月

2月24日、25日

3月下旬

書類選考

面接選考

採択予定

3. 応募者

28人（コア研究9人、要素研究19人）

4. 採択候補

8人（コア研究3人、要素研究5人）

5. その他

4月～ **作り込み（ポートフォリオ構築に向けた研究計画の見直し）※**

5月末以降 契約・研究開始

※作り込みで実施する内容：

- ✓ 研究開発プロジェクトの内容のブラッシュアップ（見直し及び具体化）
- ✓ 具体的な研究開発計画及び研究開発体制の立案
- ✓ 研究開発体制の構築 など

(参考) 採択案 (PM候補) について (1)

(コア研究)

氏名	所属・役職	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
澤田 洋平	東京大学 大学院工学系 研究科 准教授	社会的意思決定を支援する気象－社会結合系の制御理論	民主的な社会的意思決定に基づく気象と社会の制御で極端風水害の恐怖から解放された社会を目指します。この社会像に向けて、 小さな力で最大限に達成できる未来の気象 をシミュレーションによって求める Meteorological Control の理論研究と、 極端風水害が引き起こす多種多様な社会インパクトを統合的に予測 する Impact-based Forecasting の技術開発を行います。
筆保 弘徳	横浜国立大学 先端科学高等 研究院 教授	安全で豊かな社会を目指す台風制御研究	地球温暖化とともにさらに激甚化が予想される台風について、2050年までに現実的インフラで防ぐことができる程度に制御する理論と要素技術を開発し、台風の脅威から解放された安全で豊かな社会を目指します。 そのために航空機、船舶、衛星による観測技術と、 台風内部まで再現できる数値モデル 、これらを組み合わせる数理理論を開発します。さらに 災害予測と影響評価 を行い、台風制御の社会的受容性と合意形成の問題に取り組みます。
山口 弘誠	京都大学 防災研究所 准教授	ゲリラ豪雨・線状対流系豪雨と共に生きる気象制御	2050年までに、都市改変操作等により着実に人間活動由来の豪雨発生を削減するだけでなく、気候変動適応策として、気流渦・熱操作、水蒸気流入・収束操作、雲粒子形成操作など、 “豪雨発生の根っこ”を操作 することで豪雨を発生しにくくする実時間制御の実現を目指します。加えて、豪雨制御の 長期影響評価とELSI の視座から“自然の懐”を明らかにし、自然と人を繋ぐキーファクターとして豪雨制御技術を位置づけることによって、豪雨と人が共に生きる未来社会の形成を目指します。

(参考) 採択案 (PM候補) について (2) (要素研究)

氏名	所属・役職	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
小槻 峻司	千葉大学 環境リモート センシング研 究センター 准教授	気象制御のための 制御容易性・被害 低減効果の定量化	本研究では、気象制御の意思決定における「制御効果最大化」の議論を可能とするために、(1) 気象の制御容易性 、(2) 気象制御による被害低減効果の定量化 を実現します。 (1)では過去の気象災害事例に対し、「少しの操作で気象災害を回避できる災害/非災害レジームの分水嶺が存在するか？」を機械学習技術により明らかにします。 (2)では、非制御・制御シナリオの被害金額・影響人口を日本全域で算出し、被害低減効果の定量化を実現します。
高垣 直尚	兵庫県立大学 大学院 工学 研究科 准教授	台風下の海表面での運動量・熱流束の予測と制御	これまで台風を制御したいと望んでも、(1)台風強度予測精度が悪い、(2)自然現象と台風制御効果とを見分ける事が難しい、という2つのボトルネックが存在していました。そこで本研究では、台風をシミュレーションするための大型室内実験水槽を用いて、 台風下の海表面を通しての運動量と熱の輸送機構を解明 し、砕波や風波のパラメータを用いて運動量・熱の輸送量を定式化し、ひいては2つのボトルネックを解決することを目的とします。
西澤 誠也	理化学研究所 計算科学研究 センター 研究員	局地的気象現象の蓋然性の推定を可能にする気象モデルの開発	線状降水帯のような局地的気象現象が発生する場所・時刻・降水量などが必然的に決まるのかそれとも偶然性かという蓋然性を知ることは、それら現象の制御のための適切な手法決定のためには極めて重要です。現状の気象シミュレーションには多数の問題があり、蓋然性の推定には大きな誤差が含まれます。本プロジェクトでは、最も大きな問題の一つであるシミュレーションモデルの問題に焦点をあて、現状の気象モデルの延長では解決できない課題について新しい計算手法の開発を行うことで、 蓋然性の推定を可能にする気象モデルの開発 を目指します。

(参考) 採択案 (PM候補) について (3) (要素研究)

氏名	所属・役職	研究開発プロジェクト名	研究開発プロジェクト概要
野々村 拓	東北大学 大学院工学研 究科 准教授	大規模自由度場のセンサ／アクチュエータ位置最適化と非直交・非線形最適制御則の構築	気象のような複雑大規模自由度場の制御に於いては、制御入力に限界がある状況下で場を制御するため： 1) センサの位置および アクチュエータの位置の最適化 を行うことでその効率を最大化する技術、および 2) 線形近似されたシステム内に内在する非直交性を利用し過渡応答を最大限に生かす 非線形制御則の技術 を構築します。これにより 大規模自由度場の制御を実現 し、モデル問題、流体力学問題、および簡易的な気象モデルへ適用することでその効果を明らかにして実際の気象問題での適用への基盤を作ります。
森 修一	海洋研究開発機構 地球環境部門 プログラム長代理(上席研究員)	台風制御の予測と監視に不可欠な海の無人機開発	台風は暖水海面からの潜熱供給により発生発達するため、台風中心周辺域における海上大気や海洋表層（～深さ約150m）の詳細な構造は、台風制御実施前に必要不可欠なデータであり、かつ制御実施後にも継続的に監視すべき重要な情報ですが、航空機や衛星観測から知ることが困難です。このため、台風中心周辺域で 自律的に定点保持可能なVirtual Mooring（仮想係留）機能 を有し、海洋表層と海上気象を継続的に観測可能な 無人観測機（VMドローン）を開発 することにより台風制御に必須な予測と監視の実現に貢献します。

5. 研究開発の進め方等について（1）

5. 1. プロジェクト構成の考え方、資金配分の方針等（承認・助言事項）

現在～2030年

2030～2040年

2040～2050年

2050年

気象制御の実現可能性を具体的に示し、社会的・学術的な合意形成を目指す
↑
現実的な操作を前提とした気象制御理論の策定
+
気象に対して効果的にインパクトを与える制御手法の開発
+
主要なELSI課題の抽出とその解決に向けた取り組み

小規模な気象制御実験を実施し、効果と安全性を検証
↑
必要な擾乱を起こす制御手法の特定
+
気象制御実験に向けた国内外における主要なELSI課題の解決

大規模な気象制御実験を実施し、効果と安全性を検証
↑
気象制御理論の確立
+
気象制御に向けた国内外における主要なELSI課題の解決

極端風水害の脅威から解放された社会を実現
↑
極端気象に対する階層的で効果的な気象制御手法の獲得
+
気象制御に係る客観的ルール確立・合意・運用

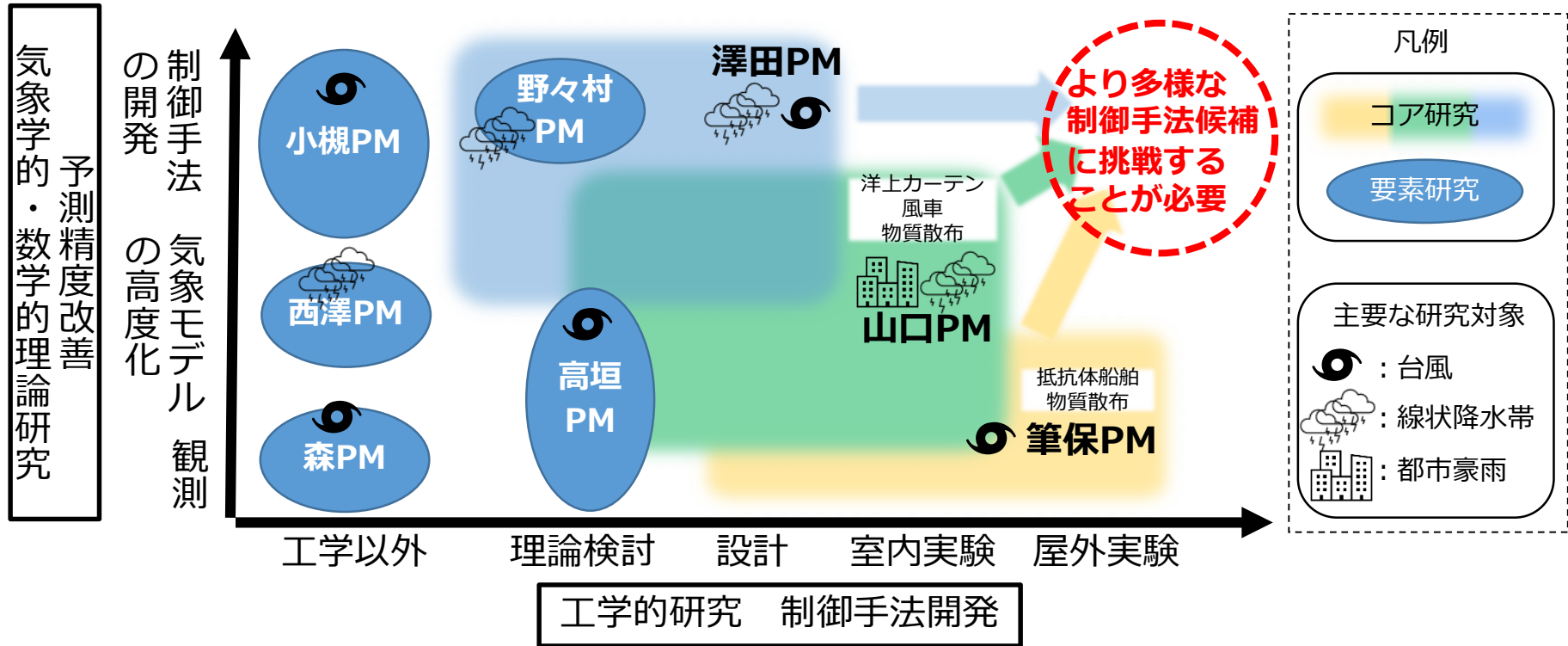
社会実装を見据えたELSI課題の抽出・検討・対応に係る一貫した取り組みを、研究開発期間全体を通して実施。

- ・気象制御の実現に向けた、当初5年間の重点的な研究開発項目は以下の通り。
 - 現実的な操作を前提とした気象制御理論の検討(観測や気象モデルの高度化を含む)
 - 気象制御に有用な制御手法の獲得に向けた探索(制御手法候補の検討・試行等)
 - 主要なELSI課題の抽出と検討

5. 研究開発の進め方等について（2）

5. 1. プロジェクト構成の考え方、資金配分の方針等（承認・助言事項）

主な直近5年間の重点研究開発分野



5. 研究開発の進め方等について（3）

5. 1. プロジェクト構成の考え方、資金配分の方針等（承認・助言事項）

【プロジェクト構成の考え方】

- ✓ 異なる特徴を持つコア研究の3PMが、それぞれ異なるアプローチで気象制御を目指すとともに、それぞれの得意分野を活かして相補的に研究開発を推進。
澤田PM：制御理論 山口PM：都市気象モデル 筆保PM：外洋観測・実験
- ✓ ボトルネック解決に向け、要素研究の5PMが新奇的なアイデアで挑戦。
- ✓ 多様かつ多面的な検討が必要な制御手法や、ELSI課題・数理課題の解決に対する研究開発については、現状では不足。追加公募等の手段を含めて補完方法を検討。

【資金配分の方針等】

- ✓ コア研究PMによる異なるアプローチでの挑戦による成果最大化を目的に、適切な連携・競争を促進するとともに、必要に応じて要素研究との連携や編入等を実施。
- ✓ 最初は比較的小規模で開始し、実現可能性が高まるとともに重点投資するスモールスタート方式で実施。
- ✓ 「気象制御」という挑戦的な目標達成に向け、ハイリスクハイリターンな研究開発にも果敢に挑む（投資する）とともに、目標達成への貢献可能性を評価軸とした研究計画の修正・加速・中止等の判断を迅速かつ柔軟に実施。

5. 研究開発の進め方等について（4）

5. 2. 社会実装等の方策、国際連携促進（助言事項）

【社会実装等の方策】

- ✓ ELSI課題の整理と一貫性のある解決に向け、コア研究・要素研究横断の、**目標全体での検討チーム**を組織予定。
- ✓ 勉強会やワークショップ等を公開で実施するなど、可能な限りオープンサイエンスで推進することにより、**社会・学术界等との連携を促進**し、気象制御に向けた機運を醸成。
- ✓ 非常に公共性が高い課題であることから、社会実装を見据えた助言をいただくため、**関係省庁の関係者をアドバイザーとして招聘**。
- ✓ 測定機器やモデルの高度化を通して、**新規産業創出等のスピノフ**を積極的に推進。

【国際連携促進】

- ✓ **国際的な知見の積極的な取り込みや国際連携は必須**と考えており、上記のワークショップ実施やオープンサイエンス推進等を、国内に留まらず国際的に実施する方針。
- ✓ 最初の取り組みとして、Asia Oceania Geosciences Society 2022 (8月)での**セッション開催**を申請済。今後もこうした活動に積極的に取り組む。
(セッション名：Weather Predictivity to Controllability：気象予測可能性から制御可能性へ)