

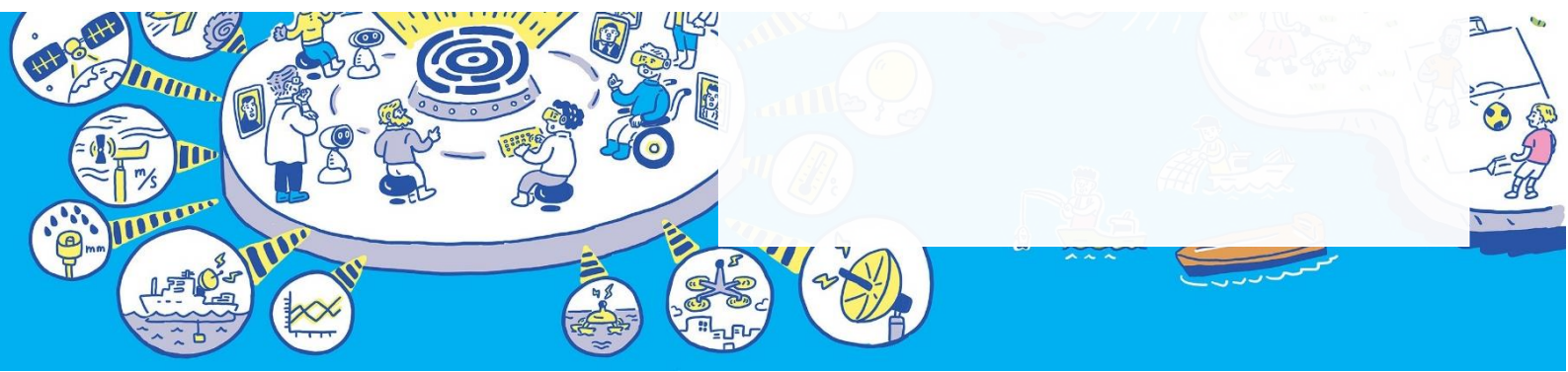


ゲリラ豪雨・線状対流系豪雨と共に生きる

気象制御

山口 弘誠

京都大学 防災研究所



1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

(1) 研究開発プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、ゲリラ豪雨と線状対流系豪雨の強度を抑制するための研究開発に取り組む。数値気象モデル・現地観測・室内実験をベースとして、効果的にインパクトを与える工学的手法を複数開発する。それらを多時点・多段階に実行し、かつ、豪雨制御による影響評価と社会受容性を考慮した制御システムを構築する。それにより、2050年には、豪雨制御技術が自然と親和する未来社会の形成に貢献する。

(2) 研究開発プロジェクトの実施状況

研究開発項目1：数値計算に基づく工学的手法の開発

ゲリラ豪雨と線状対流系豪雨の制御効果を評価するための数値気象モデルのさらなる継続開発を行うだけでなく、それらの数値モデルを用いて介入する変数を変化させる感度実験シミュレーションを行い、環境場や積乱雲や豪雨の発達に与える影響を示した。具体的には、まず、建物解像 LES モデルを用いて風車や増風機を様々なパターンで設置して都市の熱輸送への影響量を調べ、それらの低減量を考慮してメソ気象モデルにおいて地表面顕熱輸送量を様々に改変した感度実験を行い、局地降水の変化量を調べ、顕熱輸送量を 10%低減すると雨量は 82%に抑制されることを示した。また、風車による風速低減効果を考慮すると雨量が 83%に抑制されることや、2 方向から操作することで加算効果以上の相乗効果によってより効果的に抑制される可能性があることを示した。特に設置位置に関する感度が高いことを示し、様々な感度実験を総合的に解釈すると、対流コアの上昇流に吹き込む風を効果的に抑えることが重要であることが理解できた。洋上カーテンを想定した線状対流系に対する抑制シミュレーションでは、1km 四方の洋上カーテンを設置することで 66%の雨量に抑制されることを示した。クラウドシーディングについても同様に、散布場所について多くの感度実験を行い、ピンポイントシーディングと呼ぶ局所的な散布や、多段階シーディングという局所的な散布を数回繰り返す散布によって、降雨量を 80%に抑制することを示した。その他、制御デバイスの縮尺模型実験のために、風洞実験施設における 3 次元風速計測技術を概ね確立し、増風機、風車、洋上カーテンのそれぞれが気流に与える影響計測を開始した。

研究開発項目2：制御システムの構築

制御手法の特徴(特に、実施判断のよりどころとする現象、その観測方法、判断から実施までに要する時間、効果を見極める現象、その観測方法)、制御によって生じる影響(豪雨に直接的に関連する影響と社会的な影響)の連関、意思決定問題で対象とする範囲に基づいて、意思決定グラフを作成した。「実時間意思決定支援システムのデモンストレーション」に向けて、過去に顕著な被害をもたらした豪雨および地域を事例として、連携が進んでいる豪雨・豪雨制御に関するシミュレーションと河川流量・ダム貯水量・氾濫のシミュレーションの結果を地理空間情報システム上で統合することで、デモンストレーションを構築していく方針を固めた。また、九州北部地域における豪雨を想定し、シーディング、洋上カーテン、風車による一連の制御に関する意思決定のシナリオおよびタイムライン、ならびに実時間意思決定支援システ

ムの GUI・実行環境・バックグラウンドデータ処理を検討し、次年度以降のデモンストレーションシステム開発の要件を整理した。

研究開発項目3：豪雨制御の影響評価と社会受容性の研究

豪雨制御を実施した際における自然への影響を推定する第一歩として、豪雨制御シナリオをたてて豪雨制御による洪水流制御効果を評価した。豪雨制御によって降雨波形がどのように変化するか、また、降雨域の空間的な広がりがどのように変化するかについて関数表現を行い、九州地方の線状降水帯事例を対象として、豪雨制御シナリオデータを流出への影響評価に用いた。その結果、浸水深 1m 以上の床上浸水に限ると、その面積を約 30%縮小させることができることを示した。

自立共生性(コンヴィヴィアリティ)や構成的技術アセスメントの考え方を基に、社会的・環境的文脈に即した自立共生的な制御技術の実装化に向けた技術評価プロセスや評価枠組みを明確化した。併せて、水害被災経験地域における農家を対象として、気象との関わり合いに関するローカル知を収集すると共に、自立共生的な気象制御技術の評価枠組みの妥当性を検証した。関連して、マルチスピーシーズの考え方に基づいて、人間・非人間を含む生態系と気象との関わり合いを検討し、気象コモンズの生態的側面の予備的検討を行った。

2017 年 7 月九州北部豪雨を対象事例として、気象制御の導入を想定したケーススタディを実施し、気象制御の実施シナリオを検討すると共に、具体的な ELSI の抽出・対応を図るための枠組み(ELSI ノート)を作成した。また、今後の小規模屋外実験の実施に向けた企画立案や地域協働の検討フローを整理した。

(3) プロジェクトマネジメントの実施状況

今年度も学内にプロジェクトオフィスをおき、マネジメント業務を効率的、効果的に実施している。加えて、学内の知財部 1 名と特許権取得について議論を開始し、指摘が懸念される事項を強化することで次年度に特許申請を行う準備を整えた。

年 3 回の全体会議だけでなく、制御システム構築に向けた共通テーマ議論会も実施した。現場を感じるということを大切に、今年度は京都大学の風洞で PIV デモンストレーションの見学を行い、PI や参加者の臨場感を高めることにも注力した。特に今年度は中間評価のため、研究項目間・研究課題間の有機的連携を強く意識するように何度も繰り返し伝えた。研究の全体フレームワークの拡大として、数理科学の観点から工学的制御に関する非線形問題のフィードバック制御などの解法を検討する体制、および、クラウドシーディングに関するアプローチの強化体制をそれぞれ整えた。加えて、将来関連すると考えられる企業(工学的手法の製作、防災情報の構築)との対話を進め、将来的な連携について検討し、少なくとも新しい 2 社が次年度、参画することとなった。

その他、広報活動として、ホームページや SNS を用いて研究の進捗をアップデート、発信を行った。今年度は全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議(GEWEX)にて市民講座を主催し、市民の方とインタラクション型の議論を行った。次年度には、新規 PI が 2 名参加されるのに伴い、ホームページやパンフレットの更新を行う予定である。また、EXPO2025 大阪万博での展示を計画しており、模型の製作や関連展示を通じて豪雨制

御への理解増進や将来の社会受容の獲得を目指す。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1: 数値計算に基づく工学的手法の開発

研究開発課題1:【ゲリラ豪雨の改変】熱に対する操作手法の開発

当該年度実施内容: 大阪市域において夏季に急発達する積乱雲および局地的な降水の事例を対象として、建物解像 LES モデルによる解析結果をメソ気象モデル WRF によるシミュレーション結果と組み合わせることによって、都市における熱源の有無や大小といった熱輸送量の違いによる局地降水の発生・発達に与える影響を推定・評価した。大阪市において建物配置・建物高さ・建物立地密度といった都市の幾何学的形状が異なる街区を複数選び、建物解像 LES モデルにより数値シミュレーションを実行し、都市の幾何学的形状を表す指標に応じた熱輸送の違いを整理した。また、風車や増風機を様々なパターンで設置して都市の熱輸送への影響量を調べた。このようにして建物解像 LES モデルで算出した熱輸送量の低減効果を考慮し、メソ気象モデルにおいて地表面顕熱輸送量を様々な改変した感度実験を行い、局地降水の変化量を調べ、熱輸送量の低減に応じた降水量の減少効果を定量的に評価した。

課題推進者: 竹見哲也(京都大学防災研究所)

研究開発課題2:【ゲリラ豪雨の改変】気流・水蒸気に対する操作手法の開発

当該年度実施内容: 本年度はゲリラ豪雨を表現する建物～対流圏シームレス LES モデルやメソ気象モデルを用いて、気流や水蒸気を操作することで、豪雨抑制効果があることを数値シミュレーション上で評価した。気流については、具体的な工学的手法として風車を想定したスキームを気象モデルに導入し、制御シミュレーションを行った。操作の量、サイズと位置、タイミングと期間、に関する感度実験を実施し、対流コアに吹き込む風を抑制するように風車の設置位置を決めることが重要であることを示した。また、洋上カーテンを想定した線状対流系豪雨に対するシミュレーションを行い、大きさ 1km 四方のカーテンを降雨域の風上側に設置することで最大 34%の降雨強度の抑制効果があることを示した。

課題推進者: 山口弘誠(京都大学防災研究所)

研究開発課題3:【ゲリラ豪雨の改変】室内実験による工学的手法に対する要求性能の特定

当該年度実施内容: 本年度は、本研究開発課題で掲げている3つの課題のうち、「数値実験との相互検証のための縮尺模型実験」に関して、縮尺模型実験における風速場の計測手法を概ね確立し、要素レベルでの数値実験結果との相互比較用データを創出した。「制御デバイスの効果の定量化」に関して、境界層風洞内に風車および増風機を模擬した気

流渦操作デバイスを設置し、操作あり・なしの場合について気流を計測することで、その効果を評価した。また、同様に建物表面温度を制御する熱源操作デバイスの効果を評価した。これらに加えて、充実率が異なるメッシュで構成された洋上カーテンが気流に与える効果も定量的に評価した。風車および洋上カーテンに関する実験については、他の研究開発課題チームと連携して実施した。また、「工学的制御デバイスに対する要求性能」に関して、機械・建築技術的に実現可能なデバイスの性能・仕様限界を明確にした。

課題推進者: 西嶋一欽(京都大学防災研究所)

研究開発課題5:【線状対流系豪雨の改変】気流収束に対する操作手法の開発(風車群)

当該年度実施内容: これまでに開発してきた風車ウエイク LES モデル(アクチュエータラインモデル/ポーラスディスクウエイクモデル)を大規模洋上ウインドファームへ適用し、ウインドファームの内外における風車ウエイクの相互干渉現象の推定を実施した。上記の計算と平行し、クラスタレンズ風車への適用に着手した。大規模洋上ウインドファームの結果と合わせて、気流収束の実現可能性を前倒して検討を実施した。引き続き、LES モデルの予測精度を検証するための風車ウエイク実験を実施した。

課題推進者: 内田孝紀(九州大学応用力学研究所)

研究開発課題6:【線状対流系豪雨の改変】雲粒子形成に対する操作手法の開発(シーディング)

当該年度実施内容: WRF-ARW 及び SCALE-RM に導入済みの詳細な雲微物理スキーム「ビン法」を使用し、事例再現性の検証やスキームの改修を行うことでシーディング操作に伴う物理量変化をより詳細に表現可能なモデルの構築を行った。2 つのモデルとバルク法・ビン法を組み合わせる様々な条件下での実験結果を比較することで、抑制効果やそのメカニズムに関する妥当性や信頼性の検証を行うとともに、富岳を使用した場合の事例再現性や計算資源の確認、および計算高速化の検討を行った。さらに、シーディング操作を陽に表現するため、ペレットドライアイスの散布を想定した落下速度や昇華速度に関する計算を導入し、初期段階の実験結果により抑制効果の検証を行った。

課題推進者: 鈴木善晴(法政大学デザイン工学部)

(2) 研究開発項目2: 制御システムの構築

研究開発課題1: 多時点・多段階操作による意思決定支援手法の開発

当該年度実施内容: 本年度は、本研究開発課題のうち、「意思決定最適化に必要な十分な解像度で豪雨現象を模擬する数値解析モデルの開発」に関して、入手可能な計算機能力と実用的な時間内に意思決定問題の最適解を得るという制約条件のもとで、単体建物周りの流れに関する数値シミュレー

ション結果を例に取りサロゲートモデルを試作した。「多時点・多段階で操作手法の最適解を導出する手法の開発」に関して、意思決定問題を構成する要素の計算結果の一例を Google Earth 上に実装した。「実時間意思決定支援システムのプロトタイプ開発」に関して、実時間意思決定支援システムのプロトタイプを実装するハードウェアの仕様を検討した。

課題推進者: 西嶋一欽(京都大学防災研究所)

研究開発課題2: 制御効果モニタリング手法の構築

当該年度実施内容: 制御実施における観測すべき物理量や場所・タイミングの決定、制御方法の検討に寄与する豪雨のメカニズム解明を進めている。本年度は、環境場と降水強度の対応を調べた。豪雨(本研究では 1 時間降水量 $>80\text{mm}$)は、可降水量 $>45\text{mm}$ 、下層 (950hPa) 水蒸気量(比湿) $>14\text{g kg}^{-1}$ など一定の環境場の範囲でそのほとんどが起こっていた。一方で、同じ物理量の範囲全てをみると、豪雨が起こらない方が圧倒的に多かった。これは今回の基準を用いたとすると、空振りが非常に多くなることを示す。空振りを減らすためには、リードタイムはかなり短くなるが、雲レーダー等の先端機器や、その同化を利用した極短時間予測方法を改善する方法が考えられ、実施の判断を多段階にすることが必要であると考えられる。

課題推進者: 大東忠保(防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部門)

研究開発課題3: 偶然性・必然性概念の制御システムへの利用

当該年度実施内容: 線状対流系発生の必要条件を抽出し効果的な制御位置・運用方法等に資する知見を創出することを目的に、当該年度は線状対流系データベースに基づき異なる時空間スケールを有する事例に分類し、環境場のコンポジット解析を実施した。また紀伊水道等の海峡を通して内陸部へ水蒸気流入が促進される条件をフルード数の観点から明らかにした。また温暖化した気候下における気候モデルの大量アンサンブルデータから線状対流系を抽出し、2050 年において必要とされる制御効果に関する検討の基礎となるデータベース作成を進めた。さらに LES モデルを用いたアンサンブル実験の解析から、線状対流系が発生する数時間前の時間帯における乱流が持つ偶然性が対流系の位置・雨量に影響を及ぼすことが示唆された。

課題推進者: 仲ゆかり(京都大学防災研究所)

(3) 研究開発項目3: 豪雨制御の影響評価と社会受容性の研究

研究開発課題1: 流出・水資源への短期的・長期的影響評価

当該年度実施内容: 渇水時には河川流量に対する地下水の寄与が大きくなるため、昨年度より開発している流出・水資源評価モデルに地下水流動スキームを導入した。新たな流出・水資源評価モデルを九州地方に適用した結果、特に渇水期の再現性が向上することが確認できた。また、豪雨制御による斜面崩壊リスクの低減効果の評価に向けて、斜面の安定性診断には斜面内の土壌水分が重要な要素となるため、斜面内部の土壌水分動態を表現する数値モデルの開発に着手した。さらに、クラウドシーディングを想定した豪雨制御シナリオデータを用いて、九州地方白川流域における流出への影響を評価した。当該豪雨制御では、強雨時は3割弱の降雨強度、総雨量では1割弱の抑制効果がある。その結果、豪雨制御による浸水面積全体の減少は少ないが、浸水深1m以上の床上浸水に限ると、その面積を約30%縮小させることが確認できた。

課題推進者: 萬和明(京都大学防災研究所)

研究開発課題2: 豪雨制御による浸水リスク変化の水文社会経済分析

当該年度実施内容: 本年度は、研究開発課題「都市河川流域における洪水インパクト評価モデルの構築」の前半部分の課題である「A) 気象制御による洪水外力変化の分析」の3年目として、(1)河道断面の自動抽出に基づく1次元河道・2次元氾濫解析モデルの構築と(2)線状対流系豪雨の制御が洪水流制御に与える効果の評価を実施した。また、「B) 災害リスクに係る基礎情報の整理ならびに災害暴露人口とその特性の解明」の3年目として、(3)災害リスクに係る基礎情報の可視化を行った。さらに、C) 気象制御による社会変化を想定した洪水脆弱性変化の分析の1年目として(5)将来の都市条件の予測およびシナリオ設定に着手した。

課題推進者: 田中智大(京都大学防災研究所)

研究開発課題3: 豪雨制御の社会実装に向けた地域協働に関する総合研究

当該年度実施内容: 地域社会や自然環境と調和した自立共生的(コンヴィヴィアル)な制御手法の社会実装化に向けた技術評価プロセスや評価枠組みを検討すると共に、気象コモンズの市民実践の役割や位置づけを明確化した。関連して、マルチスピーシーズの考え方に基づいて、人間・非人間を含む生態系と気象との関わり合いを検討し、気象コモンズの生態的側面の予備的検討を行った。また、気象制御の想定エリア(九州北部地域)を対象に、気象制御が実施された場合のシナリオ作成に取り組み、具体的なELSI課題の整理・検討を行った。併せて、小規模屋外実験の実施に向けた企画検討およびそのためのステークホルダーとの関係構築の進め方について検討した。

課題推進者: 羽鳥剛史(愛媛大学社会共創学部)

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

○ 代表機関のPM支援体制チームについて

本プロジェクトのマネジメント業務が効率的、効果的に実施できるよう下記の人材を雇用した。内3名は昨年度からの継続雇用、残りの1名がR6年度からの新規雇用である。

- ・PMの補佐として非常勤研究員1名
 - ・主にプロジェクトの経費管理や各種会議開催のために事務補佐員1名
 - ・主に広報活動担当する技術補佐員1名
 - ・プロジェクトで雇用するわけではないが、大学の知財部から本プロジェクト担当1名
- R7年度に実施される大阪万博に出展するため、PIの先生方等にもPM支援チームに加わってもらい、プロジェクトの広報の役割を担う体制を構築した。

○ 重要事項の連絡・調整(運営会議の実施等)

プロジェクトの推進に関する重要事項について、PMおよび課題推進者が参加する運営会議を設置することを計画していた。本年度においてはR7年度から2つの新しい課題を立ち上げるためにPMとPIによる調整会議を実施し、2つの課題ともに立ち上げることの承認を得た。そのうえで、R6年度に行われた中間評価報告資料にて、PDへ課題立ち上げについて希望し、承認された。

○ 研究開発機関における研究の進捗状況の把握(サイトビジット、課題推進者会議等)等、進捗把握に関する実施内容について

研究プロジェクトメンバー全体向けの研究連絡会を年3回実施した。PM-PI面談(オンライン会議を含む)を数ヶ月に1度の頻度で行い、進捗状況を把握した。PMが各研究開発項目・研究開発課題の実施サイトへのサイトビジットも実施した。全体向けの研究連絡会の内、2回をPD(SPD/ADを含む)やアドバイザーにも参加していただく形で研究の進め方について助言をもらった。また、PDらのサイトビジット、数理モデル関連のサイトビジットを開催し、研究の進め方について助言いただいた。

研究開発プロジェクトの展開

クラウドシーディングに関連して、気象モデルにおける雲微物理過程の表現方法として、バルク、ビンに次ぐ新しい手法として超水滴法の導入を検討した。工学的制御(フィードバック制御など)に関するPIの追加を検討した(特に、非線形効果を考慮できる手法構築)。ELSI課題として、環境(特に生態系)への影響については早期から課題としてあげるべきであると鑑みて、豪雨制御のあり方を構築していく上で、研究開発項目3を広げていくべきであり、PIの追加を検討した。

ELSIの取り組みとして、研究開始後の研究連絡会を通して、気象制御のELSIについてプロジェクトメンバーと議論し、本プロジェクトにおけるELSI/RRIの方針・位置づけを明確化すると共に、日本社会の伝統的な自然観に根差した気象制御を表す言葉として「気象を鎮める」という表現を提起した。今後、これまでに整理したELSI論点を踏まえて、当初予定していたよりも早期の実現を目指している実証実験に向けて、ELSI課題に対する社会的対応のアクションリストの作成や優先順位の明確化を進めていくことを企図している。

数理科学に関する取り組みとして、(1) 小さなスケールが大きなスケールに及ぼす影響の評価方法について、課題 1-1 にて LES モデルとメソモデルの連結、課題 1-2 にてサブグリッドスケール乱流モデルの改良を行った。(2) 意思決定問題について、上述した工学的制御に関して非線形問題のフィードバック制御などの解法を検討する体制を整える下準備を行った。また、課題 2-1 にて、観測→判断→介入のタイムラグ、現場での臨機応変な対応の許容、など、現実的に重要なファクターを考慮した数理問題を設定し、解決するための体制を検討した。

(2) 研究成果の展開

知財についてどの課題のどの内容が特許等の知財になり得るかについて、PM が大学の知財部と議論を行った。その結果、当時は1事例における結果であるため、事例数を増やして確度を高めてから申請することになった。R6 年度に事例数を増やしてきたので、改めて特許申請を再開したいと考えている。

豪雨とその災害に関するメカニズム解明や予測技術の向上に関する研究成果が期待できるため、学術的な発表を行うことはもちろんのこと、将来関連すると考えられる企業(工学的手法の製作、防災情報の構築)との対話を開始し、将来的な連携について検討した。これまでは洋上カーテン関連で参画していたトヨタ自動車に加えて、新たに風車関連事業者と気象制御技術の社会システムへの導入に関する民間企業の参入を検討し、本年度以降に MS8 への参画もしくは共同研究を開始することとなった。

(3) 広報、アウトリーチ

ホームページで研究の進捗をアップデートしている。大学のキャンパス公開の機会を利用して一般の方と対話しながら、住民目線の意見を聞いた。SNS 等を用いた発信も継続して行った。報道については、新聞社 2 社、テレビ局 3 社の取材があり、本プロジェクトが紹介された。

全球エネルギー水循環プロジェクト国際会議(GEWEX)にて市民講座を主催し、プロジェクト内容について紹介し、気象制御・豪雨制御の価値は何か、その自然科学・社会科学としての位置づけ、社会からの要求について、市民の方とインタラクション型の議論を行った。海外でもアウトリーチ活動を行っており、国立台湾大学およびドイツ・ハンブルク大学に対して本プロジェクトの紹介をするなど、積極的に活動している。

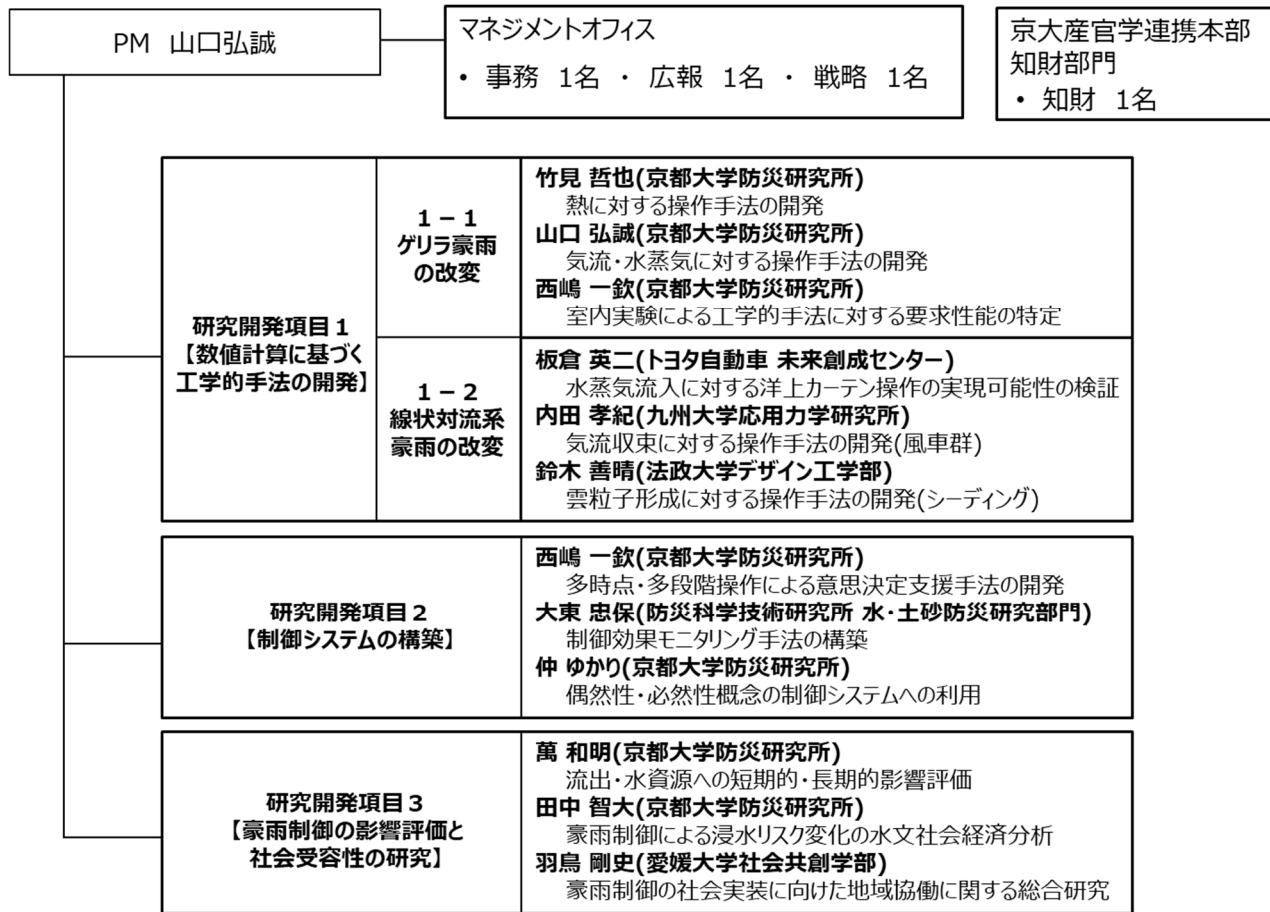
次年度には、新規 PI が 2 名参加するのに伴い、ホームページやパンフレットの更新を行う予定である。また、EXPO2025 大阪・関西万博で、「未来のてるてる坊主ってどんなカタチ？」をテーマに洋上カーテンの模型と豪雨制御技術を通した「人間と豪雨の付き合い方」の将来像を体感できる展示を計画しており、そのために必要な企画と製作を外注する。模型製作や関連展示を通じて介入手段の形状や構成、プロジェクトの掲げる社会像を具体化し、豪雨制御への理解増進や将来の社会受容の獲得を目指す。また、来場者との積極的な対話とフィードバックの収集を行い、ELSIの抽出や今後の研究開発方針策定の参考とする。

(4) データマネジメントに関する取り組み

PM もしくは課題推進者が主体的に研究データの保存と管理を行っている。研究創成期であり成果発表ができていないものがほとんどを占めるため、基本的には非公開とした。ただし、

研究プロジェクト内での情報共有を推奨し、風車による抵抗体スキームを豪雨制御シミュレーションチームに提供したり、豪雨の制御シミュレーション結果を洪水や水資源評価チームに提供したりするなどして、積極的にデータのやり取りをおこなった。加えて、リアルタイム制御システムのデモシステム構築にあたり、ほとんどのPIが議論に参加する形でデータ提供を進めた。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



知財運用会議 構成機関と実施内容

今年度は将来の知財運用に向けて、大学本部の知財部門の方に研究内容を理解していただき、次年度から特許出願にむけての議論、前準備を行った。

運営会議 実施内容

短期・長期ビジョンを考慮した研究戦略、プロジェクト内の連携、国内外の関連研究機関との連携体制、人材育成について議論した。具体的に、ものづくりやシステムづくりに関連する民間企業と議論を始めた。プロジェクト内の連携として、各課題間連携の打合せの機会を働きかけて、多くの打合せを実施した。次年度からは企業の方もメンバーとして参加してもらう。

5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT 含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	2	5	7
口頭発表	19	24	43
ポスター発表	7	5	12
合計	28	34	62

原著論文数(※proceedings を含む)			
	国内	国際	総数
件数	7	7	14
(うち、査読有)	6	6	12

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	7	0	7
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	7	0	7

受賞件数		
国内	国際	総数
1	1	2

プレスリリース件数
0

報道件数
5

ワークショップ等、アウトリーチ件数
30