

革新的な統合気象データを用いた洪水予測の高精度化

研究開発とSociety 5.0との橋渡しプログラム (BRIDGE)

研究開発等計画書 (令和5年度様式)

令和5年6月
国土交通省

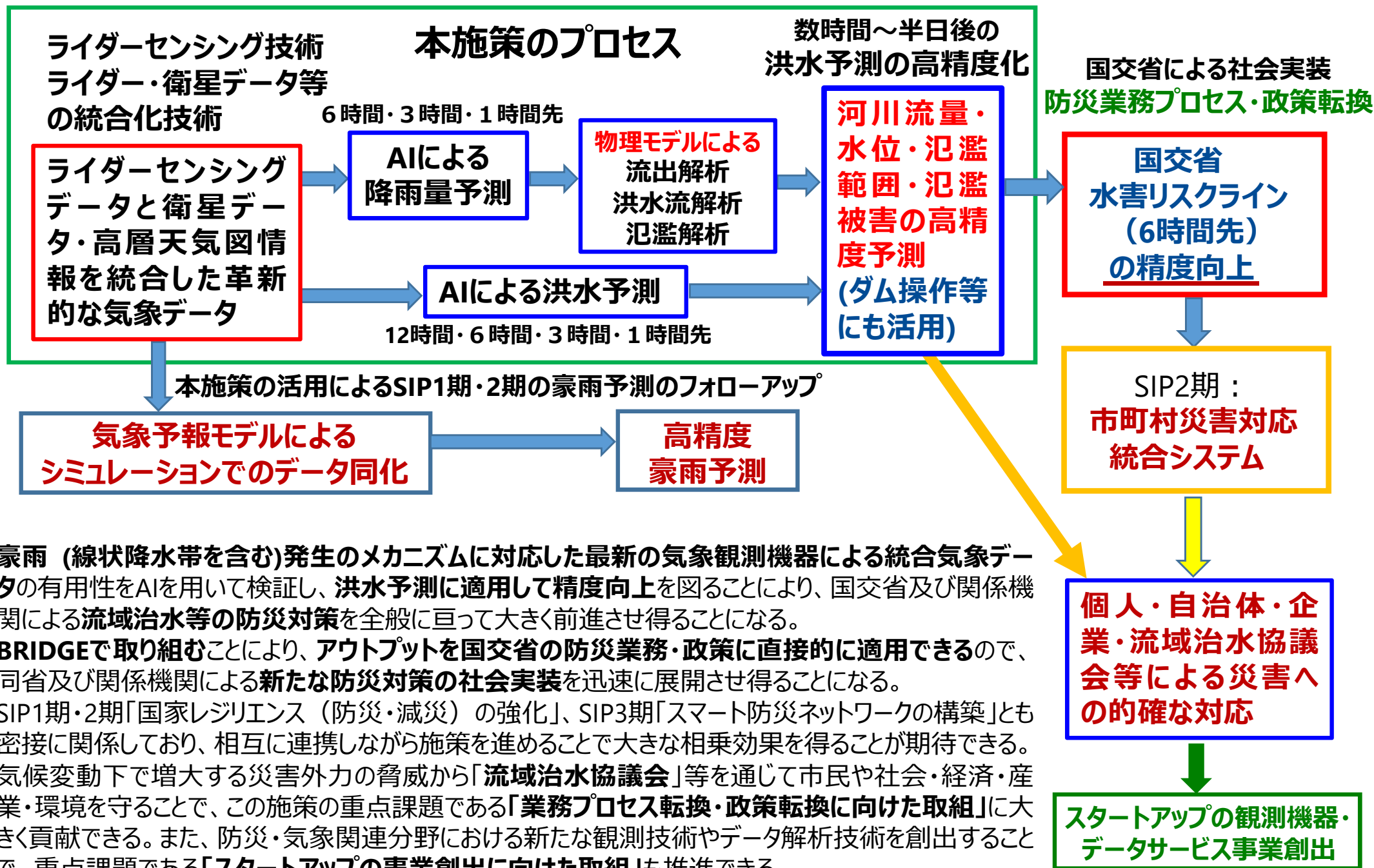
○実施する重点課題に○を記載（複数選択可）

業務プロセス転換・政策転換に向けた取組	次期SIP/FSより抽出された取組	SIP成果の社会実装に向けた取組	スタートアップの事業創出に向けた取組	若手人材の育成に向けた取組	研究者や研究活動が不足解消の取組	国際標準戦略の促進に向けた取組
○			○			—

○関連するSIP課題に○を記載（主となるもの）

持続可能なフードチェーン	ヘルスケア	包括的コミュニティ	学び方・働き方	海洋安全保障	スマートエネルギー	サーキュラーエコノミー	防災ネットワーク	インフラマネジメント	モビリティプラットフォーム	人協調型ロボティクス	バーチャルエコノミー	先進的量子技術基盤	マテリアルの事業化・育成エコ
							○						

「革新的な統合気象データを用いた洪水予測の高精度化」の全体像（位置づけ）



- ・豪雨（線状降水帯を含む）発生メカニズムに対応した最新の気象観測機器による統合気象データの有用性をAIを用いて検証し、洪水予測に適用して精度向上を図ることにより、国交省及び関係機関による流域治水等の防災対策を全般に亘って大きく前進させ得ることになる。
- ・BRIDGEで取り組むことにより、アウトプットを国交省の防災業務・政策に直接的に適用できるので、同省及び関係機関による新たな防災対策の社会実装を迅速に展開させ得ることになる。
- ・SIP1期・2期「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」、SIP3期「スマート防災ネットワークの構築」とも密接に関係しており、相互に連携しながら施策を進めることで大きな相乗効果を得ることが期待できる。
- ・気候変動下で増大する災害外力の脅威から「流域治水協議会」等を通じて市民や社会・経済・産業・環境を守ることで、この施策の重点課題である「業務プロセス転換・政策転換に向けた取組」に大きく貢献できる。また、防災・気象関連分野における新たな観測技術やデータ解析技術を創出することで、重点課題である「スタートアップの事業創出に向けた取組」も推進できる。

「革新的な統合気象データを用いた洪水予測の高精度化」の概要

【背景・現状・課題】

地球温暖化によって日本近海の海面水温が将来に亘って継続的に上昇すると予測されている。そのため、停滞前線へ流入する水蒸気量や熱量がさらに増大し、線状降水帯のような豪雨イベントが今後頻発化・激甚化すると危惧される。最新の気象予報モデルでは、線状降水帯を概ね再現できるようになってきたが、現状では線状降水帯発生時における流域の降雨量予測の精度は未だ不十分である。国土交通省では、「水害リスクライン」により6時間先までの河川の縦断水位予測および洪水危険度の情報を提供している。しかし、水害リスクラインの精度は入力条件となる降雨量の精度に左右され、十分なリードタイムを有する高精度の洪水予測が実現できていないのが現状であり、複数のチャンネルによる相互補完的なアプローチが必要と思われる。移流が卓越する線状降水帯等による降雨量の予測精度向上には、風上側で大気中の水蒸気と熱のフラックスをリアルタイムで精度よく計測することが不可欠である。ごく最近になって、地上から上空の気温の鉛直分布を計測する革新的なライダー技術が開発された。水蒸気と気温の鉛直分布を計測する水蒸気・気温ライダーと風速・風向の鉛直分布を計測する風ライダーを同時併用して風上側で観測を行えば、移流によって流域へ流れ込む水蒸気・熱フラックスを同定することが可能となる。洪水予測の精度向上は避難支援や流域治水などの水災害適応策の実装に極めて大きく貢献する。

【施策内容】

洪水を引き起こす豪雨の発生に最も直接的に関与する水蒸気量と熱量の流入状況を直接捉えるために、我が国において線状降水帯による豪雨災害が最も頻繁に発生する九州の拡大筑後川流域と球磨川・川内川流域の風上側にライダーシステムを設置し、水蒸気フラックスと熱フラックスのリアルタイム観測技術を開発する。ライダーセンシングによる水蒸気・気温・風速・風向の鉛直分布（点データ）および、衛星データによる水蒸気・雲頂温度（赤外）分布と高層天気図（主に850hPa）の風・相当温位分布を自己組織化マップを使って変換したパターンのマップ情報（面データ）を気象データとして統合する技術を構築する。このような革新的統合気象データを入力情報に、流域の降雨量や河川流量・水位を教師データにした畳み込みニューラルネットワークの深層学習を行い、AIによって6時間・3時間・1時間先の流域雨量を予測し、流出解析モデル・洪水流モデル等の先進的解析を通じて、洪水予測の高精度化と統合気象データの有効性を定量的に評価する。また、AIによる河川流量/水位の直接出力の結果を評価し、予測精度を検証する。

【研究開発等の目標】

- ・我が国の企業が有する革新的な水蒸気／気温リモートセンシング技術を活用することにより、線状降水帯等の豪雨予測のための新たな観測技術を創出するとともに、大規模水害の低減に資する科学的知見の提示とデータベースの構築を行い、防災・観測関連分野の事業拡大に目処をつける。
- ・ライダーデータと衛星データ・高層天気図情報を統合した気象データを活用することにより、洪水予測の高精度化に目処をつける。

【社会実装の目標】

- ・国土交通省の水害リスクラインおよびSIP2期の市町村災害対応統合システムの予測データの精度向上を実現し、それらの実装性の向上に貢献する。
- ・AI技術を活用することで、事前防災・事前復興、社会経済活動保全の有効性を低コストで解析・評価する技術を実現し、その社会実装に貢献する。
- ・社会的な価値がまだ十分に認知されていない水蒸気／気温リモートセンシング技術を洪水予測、防災対策としての流域治水に活用することで、その価値を顕彰し、水蒸気／気温リモート観測の装置整備および観測データ提供・解析サービスの社会実装を早期に実現する。
- ・ライダーセンシングによる水蒸気と気温の鉛直データを気象予報モデルへ活用できるようにデータベース化し、豪雨予測技術の向上に貢献する。

【対象施策の出口戦略】

- ・水蒸気／気温／風のリモート観測のデータサービスを用いた降雨予測を高精度化し、国土交通省や自治体が導入している洪水予測システムへ実装することによって、支川や小河川での高精度洪水予測をも可能とし、より確実な洪水予警報の発表と早期避難による逃げ遅れゼロ施策の実現を図る。
- ・本施策の予測技術とデータベースを活用し、防災・減災からさらに事前防災・事前復興、社会経済活動の保全（企業BCP等）にまで政策を拡大する。
- ・洪水予測におけるライダーデータを含む統合気象データ活用の有効性を立証し、統合気象データに基づく洪水予測の高精度化を全国展開することによって、水蒸気/気温リモート観測機器およびデータ提供・解析サービスのスタートアップの事業創出が見込まれる。
- ・高精度化された洪水予測技術を国土交通省がショーケースとなって、東南アジアをはじめとする諸外国へアピールすることにより、技術を差別化要素としたトータルソリューションを官民連携によって海外展開する。

○統合イノベーション戦略や各種戦略等との整合性

革新的な統合気象データを用いて豪雨時における流域降雨量の精度を向上させることにより、国土交通省 水管理・国土保全局で取り組んでいる、防災・減災対策を飛躍的に高度化・効率化するDX推進の一貫として、流域での洪水予測の高精度化に資する。

○重点課題要件との整合性

国土交通省では、国土技術政策総合研究所が開発した水害リスクラインを、豪雨災害時における洪水予測・避難支援の基盤技術として運用しており、今後もその技術を継続的に深化・高精度化させて、気候変動下の災害適応策の要として活用する方針である。しかし、線状降水帯のような極端豪雨イベントにおける降雨量の予測精度が必ずしも高くないことが、水害リスクライン運用のボトルネックとなっており、降雨量の精度向上が防災政策を加速するために極めて重要である。水蒸気だけでなく、新たに実現可能となった気温の地上センシング技術は、降雨量の予測精度の支配因子とも言える、水蒸気フラックスと熱フラックスのリアルタイムセンシングを初めて可能にした革新的技術であり、それを核とする本施策の統合気象データは、洪水予測の精度を飛躍的に向上させるポテンシャルを有している。したがって、本施策は、今後の洪水予測や防災施策全体の転換につながるものと考えられ、BRIDGE重点課題（番号1）の要件に整合する。また、洪水予測や流域治水における水蒸気・熱フラックス計測の有効性を実証することによって、これらの観測技術とデータサービスを活用したスタートアップによる事業創出が期待されることから、BRIDGE重点課題（番号4）の要件にも整合すると言える。

○SIP型マネジメント体制の構築

国土交通省にPD1名を配置し、PDが研究開発等の計画の策定・変更、予算を統括するマネジメント体制を構築する。また、PDを補佐し、研究全体の進捗を管理するために研究推進リーダー1名、副リーダー2名、アドバイザー1名を配置する。研究課題を3テーマに分け、各研究テーマの開発目標と年度毎のマイルストーンを設定し、PDの統括の下、進捗管理と計画変更が必要な場合は機動的に行い、毎年度の評価実施とそれを反映させた予算配分を行う。また統合気象データおよびデータ解析に関する技術提供を行う民間企業の支援チームを設置する。さらに、対象流域に関連する国土交通省九州地方整備局管内の各河川事務所・ダム管理所等の関係機関を実証実験パートナーと位置付け、本研究の遂行において重要となる降雨量、河川流量、河川水位等のデータ提供と地域実装の体制（流域治水協議会等）を構築する。これにより、国土交通省、産業界、大学が一体的に施策を推進する産学官連携体制を構築する。

○民間研究開発投資誘発効果、財政支出の効率化

水蒸気のリモート観測装置である水蒸気ライダーを本施策で活用することが呼び水となり、民間での気温ライダーの観測データ解析による気温プロファイルの算出アルゴリズムの開発が期待できる。水蒸気リモート観測装置に投資することで、気温リモート観測装置の開発が誘発されることになり、単純には2倍の投資対効果を得ることができる。

○民間からの貢献額（マッチングファンド）

民間の事業創出を出口とすることで投資を引き出し、水蒸気・気温ライダーならびに風ライダーの機器購入・レンタル料を一部負担して頂く。また、水蒸気・気温／風ライダーのネットワーク対応、気温プロファイル算出アルゴリズムの開発費、データベースの構築費、調査旅費の一部、および研究者雇用費について負担して頂く。

上記対応によって、およそ23%~30%の貢献額を目標とする。

○想定するユーザー

国土交通省、農林水産省、環境省、気象情報会社、建設コンサルタント、地方自治体の首長・防災担当

BRIDGE実施期間

1年目

2年目

3年目

実施事業

- ①水蒸気量・気温・風速・風向の鉛直分布のライダーセンシング技術
- ・ライダーセンシング技術の構築
 - ・1セットのライダーシステム(レンタル)によるモニタリングの試行的実施

- ②ライダー・衛星データ等の統合化技術
- ・ライダーデータの妥当性評価
 - ・ライダーデータと衛星データ・高層天気図情報の統合化技術の創出
 - ・水蒸気・気温ライダーデータを気象予報モデルのデータ同化へ適用するための技術の構築

- ③洪水予測の精度検証
- ・対象流域の過去の降雨量データと気象データ(ERA-5)を用いた降雨量予測精度検証のためのAIモデルの事前深層学習
 - ・対象流域の過去の河川流量・河川水位データを用いたAIモデルの事前深層学習

- 年度目標
- ・降雨量・河川流量・河川水位の予測精度の達成目標→相対誤差±30%(6時間先洪水予測)
 - ・技術開発の進捗(TRL5へ)
 - ・イノベーション化の進捗(BRL5へ)

実施事業

- ①水蒸気量・気温・風速・風向の鉛直分布のライダーセンシング技術
- ・2セットのライダーシステム(購入1、レンタル1)により九州西方海域からの水蒸気・熱フラックスのセンシングとモニタリングを実施
 - ・データプラットフォームの構築

- ②ライダー・衛星データ等の統合化技術
- ・統合気象データのデータベース構築
 - ・データ処理プロセスの確立
 - ・水蒸気・気温ライダーデータ適用による気象予報モデルの同化インパクトの評価

- ③洪水予測の精度検証
- ・統合気象データを用いた降雨量予測精度検証のためのAIモデルの深層学習
 - ・流出解析モデル・洪水流モデル・氾濫モデルによる洪水予測
 - ・統合気象データを用いた河川流量・河川水位のAIモデルの深層学習

- 年度目標
- ・降雨量・河川流量・河川水位の予測精度の達成目標→相対誤差±20%(6時間先洪水予測)
 - ・技術開発の進捗(TRL6へ)
 - ・イノベーション化の進捗(BRL6へ)

実施事業

- ①水蒸気量・気温・風速・風向の鉛直分布のライダーセンシング技術
- ・2セットのライダーシステムによるセンシングとモニタリングを継続実施
 - ・データベースの構築
 - ・成果のとりまとめ

- ②ライダー・衛星データ等の統合化技術
- ・統合化手法を普遍的技術として確立
 - ・対象流域の豪雨発生メカニズムの解明
 - ・水蒸気・気温ライダーデータ適用による気象予報モデルの降水インパクトの評価
 - ・成果のとりまとめ

- ③洪水予測の精度検証
- ・降雨量・洪水・水位予測の精度検証と統合気象データの有効性の検証
 - ・統合気象データの水害リスクラインへの有効性検証
 - ・成果のとりまとめ

- 年度目標
- ・降雨量・河川流量・河川水位の予測精度の達成目標→相対誤差±10%(6時間先洪水予測)
 - ・技術開発の進捗(TRL7へ)
 - ・イノベーション化の進捗(BRL7へ)
- ④重点課題の出口戦略に向けた取組
- ・国交省・自治体の洪水予測システムへの実装、全国展開への調整、事前防災・事前復興等への適用の試行
 - ・スタートアップの観測機器・データサービス事業創出と全国展開へ向けた調整と低コスト化の検討、スタートアップの主体とビジネスモデルの検討

出口戦略

実施後

- ・国交省水害リスクラインによる洪水予測精度向上(特にこれまで困難であった支川・小河川の予測精度改善)
- ・市町村災害対応統合システムの実装性向上(逃げ遅れゼロ施策の実現)
- ・流域治水やダム操作等への援用
- ・事前防災・事前復興・社会経済活動の保全(企業BCP等)への適用
- ・観測機器およびデータ提供・解析サービスの全国・海外展開

国土交通省の防災業務プロセス転換・政策転換

スタートアップの観測機器・データサービス事業創出

「革新的な統合気象データを用いた洪水予測の高精度化」の目標及び達成状況(1年目)

○施策全体の目標

線状降水帯等の豪雨による洪水予測の精度向上に寄与するために、我が国において線状降水帯による豪雨災害が最も頻繁に発生する拡大筑後川流域、球磨川・川内川流域の2つを対象流域として、これらの風上側である九州西海岸の2箇所（長崎県下五島、鹿児島県甑島）に水蒸気・気温ライダーと風ライダーから構成される地上センシングシステムを設置し、水蒸気・気温・風速・風向の鉛直分布をリアルタイムでモニタリングできる基盤技術を開発する。ライダーデータに基づいて水蒸気および熱の流入フラックスを評価し、さらに衛星データの水蒸気分布、雲頂温度（赤外）分布、高層天気図（主に850hPa）の風・相当温位分布を自己組織化マップによってパターンのマップ情報に変換することで、ライダーデータと衛星データ等を統合した新たな統合気象データを創出する基盤技術を開発する。統合気象データを入力情報としてAIによる対象流域の降雨量予測と洪水・水位予測を実施し、本施策における統合気象データの活用による洪水予測の精度向上への寄与を定量的に評価し、国土交通省の水害対策への実装を図る。

テーマ等（※個別に目標を設定している場合）	当年度目標	目標の達成状況（年度末報告）
①水蒸気量・気温・風速・風向の鉛直分布のライダーセンシング技術	開始初年度は、球磨川・川内川流域の風上側に位置する鹿児島県甑島に、1セットの水蒸気・気温ライダーおよび風ライダーを設置する（レンタル）。水蒸気量・気温・風速・風向の鉛直分布のライダーセンシング技術を構築し、モニタリングを試行的に開始する。 年度目標：TRL（5）、BRL（5）	—
②ライダー・衛星データ等の統合化技術	ライダー観測で得られたデータから、水蒸気フラックスおよび熱フラックスを評価する。また得られた結果を、ECMWF再解析データ（ERA-5）の結果と比較・検討することによって、観測データの妥当性を検証する。衛星データ（ひまわり）による水蒸気分布と雲頂温度（赤外）分布、さらに高層天気図（主に850hPa）の風・相対温位分布の情報を自己組織化マップ（SOM）によってパターンのマップ情報（面データ）に変換し、ライダーデータ（点データ）と統合する基盤技術を開発する。水蒸気・気温ライダーデータを気象予報モデルのデータ同化へ適用するための基盤技術を構築する。 年度目標：TRL（5）、BRL（5）	—
③洪水予測の精度検証	ECMWF再解析データ（ERA-5）と実証実験パートナーから提供された対象流域における過去の降雨量・河川流量・河川水位データを用いて、降雨量および洪水の予測のためのAIモデルの事前深層学習を行う。極端現象を含む過去の膨大な気象データを入力条件として、対象流域内の降雨量との関連性をAIに学習させて、AIモデルのプロトタイプを完成する。河川流量・河川水位については、流域や河道の大規模改変直後～現在までに限定して学習させる。Local minimumなどの問題があった従来のバックプロパゲーション（BP法）に代えて、Transformerや畳み込みニューラルネットワーク等の学習方法を採用する。過去データを教師用と検証用に分けて適用し、降雨量・河川流量・河川水位の予測精度に係る初年度における達成目標を相対誤差±30%（6時間先洪水予測）とする。 年度目標：TRL（5）、BRL（5）	—