

SICORP e-ASIA共同研究プログラム
イノベーションのための先端融合分野「水資源管理」
事後評価報告書

1 対象

- ・分野名:イノベーションのための先端融合(副題:インテリジェント社会インフラ)
- ・領域名:インテリジェント水インフラ、水資源管理(2021～23 年度)
- ・課題名:アジアデルタ地域の持続的な農業を支える機械学習とリモートセンシングを活用した統合水管理プラットフォームの開発

2 研究主幹

武田晴夫 株式会社日立製作所 科学技術顧問

3 研究代表者

- ・統括リーダー兼日本チーム研究代表者:
吉川 夏樹(新潟大学 自然科学系 教授)
- ・ベトナムチーム研究代表者:
ラン・ターン・ハ(国立水資源計画研究所 研修・国際協力部門 部門長・研究員)
- ・インドネシアチーム研究代表者:
ブディ・インドラ・セティアワン(ボGOROL農科大学 土木・環境工学部 教授)

4 課題

e-ASIA 共同研究プログラムの本分野は、分野名である「イノベーションのための先端融合」の研究を行うための原動力として、インテリジェント社会インフラの科学技術のモデル構築を一方で目指している。モデルのフレームワークとして技術と社会課題の2次元軸を考える。技術軸は、実世界(自然環境および社会環境)を観測して仮想世界内にモデル化する技術、仮想世界上のシミュレーションでそのモデルを最適化する技術、仮想世界上の最適解を実世界に実装する技術の3技術であると定めた。技術軸と直交すべき社会課題軸について、社会インフラの基本機能とは、生命を維持する機能、共同社会を維持する機能、文明水準を維持する機能の3機能であると定めた。特に e-ASIA 地域の社会インフラとして最重要ともされる水、交通、エネルギーを各機能の代表実例として順次具体研究を行い、その後それらの研究結果を踏まえてシステムオブシステムズのインテリジェント社会インフラの科学技術モデル、特に JST としてインテリジェント社会インフラの科学技術の方法論を構築することを目指している。

本領域は上記3つのサブインフラのうち、インテリジェント水インフラ領域の研究に取り組んだものである。2020 年 3 月の研究公募に対して合計 26 件の研究提案を応募頂いた。このうち 3 か国の共同研究が 21 件、4 か国の共同研究が 5 件であり、合計 83 件の応募が上記 7 か国 7 Funding Agencies に対してなされた。以上、詳細は研究主幹による本領域の研究主幹総評を参照頂きたい。

提案の主旨を、日本の国内審査委員会としては以下のように捉えた。

- (1) 新潟大学と近畿大学が構築済の、数値計算と機械学習による洪水実時間予測プロトタイプと、神戸大学が開発済のリモートセンシングによる準実時間の土地利用・浸水範囲・作物生育の判別技術を、ベトナム・インドネシアの現地の環境に適合した技術に進化させる。
- (2) 上記による洪水等予測結果を可視化する統合水管理プラットフォームのアプリケーションを開発し、参加各国の特にプロジェクトメンバー以外の水管理者(国、自治体、水管理組合、農家)の利用者を増やす。
- (3) 上記(1)(2)の結果、農業分野の土地生産性・労働生産性を 20%以上向上する。

この理解によれば、本提案は、e-ASIA 共同研究プログラムが構築を目指すインテリジェント社会インフラの科学技術モデルの本章冒頭で記述した技術軸について、第1の実世界(自然環境および社会環境)を観測して仮想世界内にモデル化する技術に関しては、リモートセンシングおよびセンサネットワークを利用して農業用水を中心とする自然環境および社会環境のモデル化を目指すもの、第2の仮想世界上のシミュレーションでそのモデルを最適化する技術に関しては、洪水予測の最適化を目指すもの、第3の仮想世界上の最適解を実世界に実装する技術に関しては、実際の(研究開発者ではない)水管理者(国、自治体、水管理組合、農家)に供する統合水管理プラットフォームのアプリケーションを目指すものである。また同インテリジェント社会インフラ科学技術モデルの社会課題軸においては、第1の人の生命を維持する機能の代表サブインフラである水を目的とするものであるが、特に e-ASIA 共同研究プログラムの水分野で仮説する水インフラの基本3要素(cf. 研究主幹総評)のうち、第1要素の自然界に空間的にも時間的にも偏在する水を人間系に取り込む取水部に関して、取水に携わるオペレータへの迅速で正確な情報提供を目指したものである。以上から e-ASIA 共同研究プログラムが目指すインテリジェント社会インフラの科学技術モデル構築に特に顕著な実事例開発で多大な貢献をする可能性がある提案と判断された。

5 課題の解決程度

5.1 当初目標の達成度

研究代表者から 2024 年5月に JST に提出された終了報告書について、日本では JST としての評価のために、採択時の評価委員4人が評価委員に指名され就任した。終了報告書は公開部分と非公開部分から構成される。以下、全評価委員による評価結果に基づいて、JST の当分野の研究主幹が、目標に対する公開部分についての達成度を公開報告するものである。

第4章記載の目標(1)—新潟大学と近畿大学が構築済の、数値計算と機械学習による洪水実時間予測プロトタイプのベトナム・インドネシアの現地の環境に適合した技術への進化—については、公開される終了報告書の本文でその活動や達成の程度に関する陽な記述がみられない。しかしながら成果文献のリスト中の

A1) Rau, M.I., Julzarika, A., Yoshikawa, N. et al. “Application of topographic elevation

data generated by remote sensing approaches to flood inundation analysis model”, International Journal of PAWEE (Paddy Water Environment and Engineering), Vol.22, pp.285-299, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10333-023-00967-1>

では、日本のプロトタイプが前提とする LiDAR など計測された公的な標高データに対して、インドネシアなどそのようなデータが十分でない e-ASIA 参加国でも利用可能なリモートセンシングデータから計算した標高データが、日本で LiDAR などベースの標高データとも統計的に十分有意な相関を示していることが確認できる。さらにそのようなリモートセンシングデータを応用した洪水実時間予測についても報告されている。上記 DOI 番号から辿れる公式サイトで確認できる著者7名のうち、主筆者の Maulana Ibrahim Rau 氏は本プロジェクトのインドネシアチーム研究代表者の所属機関ボゴール農科大学の講師から本プロジェクトのチームリーダーの所属機関新潟大学に e-ASIA 共同研究枠の国費外国人留学生制度を用いて滞在した研究者であり、Atriyon Julzarika はそのインドネシアにおけるリモートセンシングのトップ研究者の1人である。Natsuki Yoshikawa は本プロジェクトの統括リーダーである新潟大学教授、Takanori Nagano および Masaomi Kimura は神戸大学および近畿大学からの本プロジェクトメンバー、Budi Indra Setiawan は本プロジェクトの副代表でインドネシアチーム研究代表者、Lan Thanh Ha は本プロジェクトの副代表でベトナムチーム研究代表者と見受けられる。さらにこの寄稿に先立って、

- B2) Maulana Ibrahim Rau, Natsuki Yoshikawa, Atriyon Julzarika, Horacio Manuel Massique, Tomokazu Nakamura, and Hiroya Sato, “The comparison between Japanese topographic and bathymetric DTM and the latest DTM in Japan”, International Society of Paddy and Water Environment (PAWEE), Fukuoka, Japan, Nov.2022.
- B3) Atriyon Julzarika, Maulana Ibrahim Rau, and Natsuki Yoshikawa, “Geospatial mapping using the latest DTM to extract detailed topography and bathymetry”, International Society of Paddy and Water Environment (PAWEE), Fukuoka, Japan, Nov.2022.
- B7) Maulana Ibrahim Rau, Atriyon Julzarika, Natsuki Yoshikawa, Takanori Nagano, Masaomi Kimura, Budi Indra Setiawan, and Lan Thanh Ha, “Remote sensing-based topographic and bathymetric modelling (“The Latest DTM”): Modification of drainage canal bed elevation for inland flood model”, 2023 年度農業農村工学会大会講演会, 松山, 2023.

などの口頭発表が PAWEE (Paddy Water Environment and Engineering)、農業農村工学などの専門家の会議で本チームの研究者の国際共同で精力的になされている。ここでのチーム以外の専門家らとの議論が A1)に集積されて生かされていると考えられる。A1)を中心とするこれらの論文の群は、本国際共同プロジェクトから生まれた主要成果であり、これが専門的な査読を経て原著論文に採録されていることから、目標(1)は十分に達成されたと考える。

目標(2)―洪水等予測結果を可視化する統合水管理プラットフォームのアプリケー

ションを開発し、参加各国の特にプロジェクトメンバー以外の水管理者(国、自治体、水管理組合、農家)の利用者を増やす一の前半部分の開発については、公開される終了報告書の本文の 5-1 にて、「統合水管理プラットフォーム」に実装し」と報告されている。その統合水管理プラットフォームについては、

B4) 長野宇規, 吉川夏樹, 木村匡臣, 元永佳孝, Ha Lan Thanh, Setiawan Budi Indra, “アジアデルタ地域の持続的な農業を支える機械学習とリモートセンシングを活用した統合水管理プラットフォームの開発”, 2022 年度農業農村工学会大会講演会, 金沢, Aug.2022.

B5) Takanori Nagano, Natsuki Yoshikawa, Masaomi Kimura, Yoshitaka Motonaga, Budi Indra Setiawan, Lan Thanh Ha, “Development of a GIS-based integrated agricultural water management platform to mitigate impact of flood and saltwater intrusion to rice cultivated Asian deltas”, International Society of Paddy and Water Environment (PAWEE), Busan, Korea, Oct. 2023.

B6) Takanori Nagano, Natsuki Yoshikawa, Masaomi Kimura, Yoshitaka Motonaga, Lan Thanh Ha, Budi Indra Setiawan, “Machine learning and remote sensing-based water management platform for sustainable agriculture in Asian deltas (MARSWM-ASIA)”, 25th International Congress on Irrigation and Drainage (ICID), Marseille, France, Nov.2023.

などの国際共同発表が本研究チームにより、日本、アジア、フランスなどで開催された国際的会議でなされている。いずれも題名に統合水管理プラットフォームの開発が謳われており、実装に関する学術活動が認められる。この目標の最大の評価は論文数以上に、当初目標(2)の後半に示された「プロジェクトメンバー以外の水管理者(国、自治体、水管組合、農家)の利用者を増やす」によってなされるべきである。これについては報告書中で、「実装したプラットフォームの技術は、参画機関メンバーで共有しているため、今後は主たるユーザーとなる水管理を担う民間企業や行政部局に波及させる予定である。」と記載されているように、研究期間内には十分には達成されなかった。ただし、本来社会実装は 3 年間の研究成果をベースにその後継続的に拡大していくべき活動である。特に e-ASIA においては、研究成果もさることながら、人的な国際ネットワークを構築することが大きな目標として掲げられているのはこのためである。本課題においては、その緒に着くまでをプロジェクト期間内に行おうとしたもので、意欲は評価される。さらにパンデミック COVID-19 による渡航制限のやむを得ない事情があったにもかかわらず、後述のように参加各国の間で研究者のみならず実務者にも及ぶ深い人的ネットワークが築かれた。今後の社会実装が大いに期待できる下地はしっかり構築できたと考える。

目標(3)ー農業分野の土地生産性・労働生産性を 20%以上向上するーは、社会実装後の目標であり、もとより3年間の研究期間の達成目標とは捉えるべきではない。むしろ社会実装に関する大きな目標を定量的に示していることを、高く評価していた。報告書ではこれに対する陽な言及はないが、開発の結果、その目標の現実性が高まったのか、不変なのか、低下したのか、不明なのか、等、大目標との呼応でプロジェクト

の終了報告書にて何等かの言及を頂くことが望まれた。本領域全体の進捗管理で、JSTとして今後も継続的にウォッチしていく。

5.2 当初目標を越えた成果

国内審査委員会が理解した第3. 1節記載の主要目標を越えて得られた科学技術的成果として、以下があげられる。

B1) Budi I. Setiawan, Riani Muharomah, Natsuki Yoshikawa, Takanori Nagano, Satyanto Krido Saptomo, and Chusnul Arif, “Analysis of climate patterns on a rice-producing area in the Northern West Java of Indonesia”, International Conference of PAWEE (Paddy Water Environment and Engineering), Fukuoka, Japan, Nov.2022.

では、インドネシアの北西ジャワの米作地域の天候パターンが解析された。

B8) 陳尚煜, Rudiyanto, Hung Dinh Xuan, Lan Thanh Ha, 長野宇規, 吉川夏樹, “アジアの多様な栽培形態に対して頑強な稲作判別法の開発”, 2022 年度農業農村工学会大会講演会, 金沢, Aug.2022.

で発表されている稲作判別法は、統合水管理プラットフォームとは独立に有用な技術である可能性がある。

人的ネットワーク構築の方法論およびそれによって構築された人的ネットワークの両面で類のない成果をあげた。本プログラムの他の応募では参加国の間ですでに何等かの知己がある研究者が共同で応募頂くケースが多数を占めている。しかし本課題においては、e-ASIA が公募前に開催した国際ワークショップにおいて、ほぼ初対面の各国研究者らが、技術発表やグループ討論や実地見学を通じて各国の社会課題を共有し、共有された社会課題の動機を技術課題に落とし込んだ。研究チームには研究者のみならず、見学などに訪れて議論を行った水管理の公的機関なども加わった。構築された新規人的ネットワークは、多数の会合や学会論文共同発表を通じて大いに深化させた。その深化の度合は、当初のキックオフ会議および、最終の総括会議に招待された研究主幹が出席して実際に確認した。今後の社会実装に向けてきわめて高い期待をもった。

5.3 領域目標達成への成果

インテリジェント社会インフラの科学技術モデルの構築に向けて以下の成果があった。

(1) 本領域が主唱するインテリジェント社会インフラの科学技術モデルにおいて、社会インフラの3つの機能の1つである生命を維持するための代表的サブインフラである水サブインフラに関して、本分野で仮説する水インフラの基本3要素 (cf. 研究主幹総評) のうち、特に第1要素の自然界に空間的にも時間的にも偏在する水を人間系に取り込む取水部に関して、インテリジェント社会インフラの基本3技術を貫く研究事例が e-ASIA で初めて生まれた。

(2) 第1の基本技術である実世界(自然環境および社会環境)を観測して仮想世界内にモデル化する技術については、標高データ整備が十分でない国でも利用可能なりモートセンシングを用いて仮想世界内にモデル化する具体手法例が示された。第2の基本技術である仮想世界上のシミュレーションでそのモデルを最適化する技術については、上記モデルにおいて洪水およびそれがもたらす損害を実時間で予測する技術が開発された。第3の基本技術である仮想世界上の最適解を実世界に実装する技術については、上記予測結果などを可視化する統合水管理プラットフォームが開発された。それらは水環境、水田の国際学会などでの数次の発表、議論を通じて練磨され、専門学会誌に論文採択がされた。

(3) 設定された具体課題は国際河川の水制御の最適化であり、地域の GDP および食料安全保障にとって、きわめて本質かつ重要課題であり、今後の社会実装とともに社会・経済上の大きな効果が定量化できるものである。本領域が目指すインテリジェント社会インフラの科学技術モデルの社会インフラの生命を維持する機能を説明するためのきわめて顕著な社会課題とその解決に向けて有効な具体事例が、学術的にしっかりレファレンスできる形で生まれた。

(4) 国際共同研究チームは、公募に先立って行った e-ASIA の国際ワークショップでほぼ初対面であった各国研究者らが、技術発表やグループ討論や実地見学を通じて各国の社会課題を共有することによって構築されたものである。築かれた新規人的ネットワークは、多数の会合や学会論文共同執筆を通じて大いに深化された。今後の社会実装の進展が大いに期待される。また e-ASIA として、国際人的ネットワーク強化の方法論の顕著な前例として合わせて活用を図る。