

国名	自然災害の減災と復旧のための情報ネットワーク構築に関する研究
インド	

I 案件概要

事業の背景	インドの多くの地域は、その地理的な位置関係から自然災害の影響を受けやすい。しかし、これまでの政府の対策は、救助や被災者支援などの緊急対策に限定されがちであった。また、災害予測、減災、復興などの分野では、知識、技術、対応能力の蓄積が十分ではなかった。このような状況において、災害環境や対策が類似している日本などの国を中心に、最新の災害予測・対応技術への支援が求められていた。										
事業の目的	<p>本事業は、①地震ハザード評価と脆弱性調査の実施、②気象モニタリングセンサー・解析プラットフォームの開発、③緊急時・災害後通信システム及びデータ処理システムの開発、④情報共有プラットフォームとリソース、先進的な災害管理システムの開発を通じて、(1) 地震・気象データを収集するための情報ネットワークインフラの構築と災害救援活動、復旧、復興支援を支援する技術的基盤の確立及び(2) 自然災害発生中・発生後に迅速な配置が可能な通信システムの開発を図り、もって防災と情報通信技術（ICT）分野における日印研究協力の強化及び地球規模課題に向けた科学技術の振興に寄与することを目指す。</p> <ol style="list-style-type: none"> 想定された上位目標：自然災害の防災及び情報通信分野において日本とインドの研究協力を強化し、地球規模課題の科学技術の振興を進める。 プロジェクト目標：1) 継続的に地震及び気象データを収集するための情報ネットワークインフラが構築され、災害救援活動、復旧、復興支援を支援する技術的基盤が確立される。 2) 自然災害発生中／発生後の状況において、迅速な配置が可能な緊急通信システムと復旧活動のためのデータを配信する強固な通信システムが開発される。 										
実施内容	<ol style="list-style-type: none"> 事業サイト：テランガナ州（事前評価時はアンドラ・プラデシュ州）メダック県 主な活動：各システムの設計、機材の配置、導入した機材を用いたデータの収集・分析等 投入実績 	<table border="0"> <tr> <td>日本側</td> <td>相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣 21人（長期1人、短期20人）</td> <td>(1) カウンターパート配置 51人</td> </tr> <tr> <td>(2) 機材供与 強震計、全地球測位システム（GPS） 受信機、自動気象観測所（AWS）、衛星通信機器、 サーバー、パソコン等</td> <td>(2) 事務所、会議室等</td> </tr> <tr> <td>(3) ローカルコスト</td> <td>(3) ローカルコスト</td> </tr> </table>	日本側	相手国側	(1) 専門家派遣 21人（長期1人、短期20人）	(1) カウンターパート配置 51人	(2) 機材供与 強震計、全地球測位システム（GPS） 受信機、自動気象観測所（AWS）、衛星通信機器、 サーバー、パソコン等	(2) 事務所、会議室等	(3) ローカルコスト	(3) ローカルコスト	
日本側	相手国側										
(1) 専門家派遣 21人（長期1人、短期20人）	(1) カウンターパート配置 51人										
(2) 機材供与 強震計、全地球測位システム（GPS） 受信機、自動気象観測所（AWS）、衛星通信機器、 サーバー、パソコン等	(2) 事務所、会議室等										
(3) ローカルコスト	(3) ローカルコスト										
事業期間	2010年7月～2015年6月	事業費	（事前評価時）488百万円、（実績）486百万円								
相手国実施機関	インド工科大学ハイデラバード校（IITH）、インド工科大学マドラス校（IITM）、インド工科大学カンプール校（IITK）、インド工科大学ボンベイ校（IITB）、国際情報工科大学ハイデラバード校（IIITH）、インド気象庁（IMD）、インド国立地球物理学研究所（CSRI-NGRI）										
日本側協力機関	慶應義塾大学、東京大学、広島大学、大阪大学										

II 評価結果

【留意点】

本事業では、プロジェクト目標と上位目標の指標が設定されていなかった。プロジェクト目標の達成度を検証するためには、本評価では終了時評価による分析、すなわちその構成要素である(1-a) 継続的に地震及び気象データを収集するための情報ネットワークインフラ、(1-b) 災害救援活動、復旧、復興支援を支援する技術的基盤、(2) 自然災害発生中・発生後の状況において、迅速な配置が可能な緊急通信システムと復旧活動のためのデータを配信する強固な通信システムについての定性的な評価を用いた。同様に、上位目標の達成度を検証するためには、その構成要素である(a) 自然災害の防災とICT分野における日印の研究協力、(b) 自然災害など地球規模課題解決に向けた科学的知識・技術の振興が実現しているかどうかを定性的に検討した。

1 妥当性

【事前評価時のインド政府の開発政策との整合性】

本事業は、インドの「第11次5カ年計画」（2007年～2012年）における記述「開発プロセスは、災害の予防、備え、軽減に敏感である必要がある」や、「防災政策ガイドライン（地震管理）」（2007年）、「防災政策ガイドライン（サイクロン管理）」（2008年）などの開発政策と合致していた。

【事前評価時のインドにおける開発ニーズとの整合性】

前述の「事業の背景」で述べたように、本事業は、最新の災害予測・対応技術の必要性和合致していた。

【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

本事業は、日本の「対インド国別援助計画」（2006年）の重点支援分野の一つである「貧困・環境問題の改善」に「防災の視点を踏まえた取組」が盛り込まれていることと合致していた。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は高い。

2 有効性・インパクト

【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】

本事業は、事業完了時にプロジェクト目標を達成した。プロジェクト目標1については、継続的なデータ収集のためのイ

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。

ンフラが整備された。うち地震に関しては、本事業で設置した GPS 受信機、強震計、建物振動センサーから収集したデータを基に、ヒンドゥスターン平野 (Indo-Gangetic Plain) 中部の地下構造モデルを構築するとともに、対象地域の建物の脆弱性調査を実施した。気象に関しては、ヴァイサラ型 AWS (世界気象機関基準の AWS より低コストの簡易型 AWS) を用いた全市的なオンライン気象監視システムを導入し、局地的な豪雨の挙動を観測することが可能となった。これらの研究は、危険度評価を可能にすることで救助・支援の技術的基盤となった。

プロジェクト目標 2 については、インドの通信インフラに対応した災害時通信システムのプロトタイプと、災害情報を一元管理するためのポータルサービス (情報共有プラットフォーム)、災害時のデータを安全かつ柔軟に管理するためのクラウドコンピューティングを開発した。

【事業効果の事後評価時における継続状況】

本事業の効果は事後評価時まで一部継続している。プロジェクト目標 1 については、地震ハザード評価やセンサーネットワークを用いた建物の脆弱性評価など、地震分野の研究成果が継続的に研究に活用されている。本 SATREPS 事業で開発されたセンサーネットワークから生成された地震データは、複数の論文や 1 件の博士号授与に貢献しており、建物振動センサーから取得されたデータも修士論文や博士論文に活用されている。気象分野では、一部機器の故障により AWS や情報共有プラットフォームが利用されていない。一方、本事業で供与され、AWS の一部として大気汚染を検出するための新素材開発に利用された高出力エキシマレーザーは、これまでに 4 件の修士号授与と 5 名の博士号授与をもたらしている²。

プロジェクト目標 2 については、災害時通信システムのプロトタイプは 2016 年に地域のイベントで活用されていたが、その後、機器が故障して使用されていない。情報共有プラットフォームも、データサーバーが機能しなくなり、メンテナンス・活用するための資金も不足している³。しかし、本事業の成果を踏まえ、災害時通信システムの概念を応用した研究プロジェクトが進行中である。

【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】

想定された上位目標は事後評価時点で一部達成されている。事業期間中、インドと日本の間では多くの共同研究が行われ、事業完了後も研究者間の関係は維持されているが、予算の制約などにより、事後評価時点では顕著な共同研究やプロジェクトは確認されていない。それでも、上記のような地震分野の研究が継続して行われていることは、本 SATREPS 事業が自然災害分野の科学的知識と技術を進歩させた事例であるということが出来る。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

自然環境への負のインパクトはみられなかった。正のインパクトとしては、上述した継続的な研究によって、本事業に参加した研究者の研究能力が向上していることが挙げられる。

【評価判断】

よって、本事業の有効性・インパクトは中程度である。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績
プロジェクト目標 1 継続的に地震及び気象データを収集するための情報ネットワークインフラが構築され、災害救援活動、復旧、復興支援を支援する技術的基盤が確立される。	(1-a) 継続的に地震及び気象データを収集するための情報ネットワークインフラ (1-b) 災害救援活動、復旧、復興支援を支援する技術的基盤	達成状況：達成 (一部継続) (事業完了時) <u>地震</u> ・広帯域速度型強震計は、ヒンドゥスターン平野の対象地域に計画された全 26 地点に設置され、オンラインで相互接続された。それまでの地震計による近・遠方地震の記録を基に、同平野中央部の 3 次元地下モデルが完成した。 ・建物振動センサーは、チャンディガル市にある六つの公共建築物や集合住宅の様々な位置に設置された。センサーの観測結果を基に、3 次元フレームモデルを用いて建物構造物の脆弱性が解析された。 <u>気象</u> ・ヴァイサラ型 AWS とデータネットワークの導入により、AWS の高密度展開による気象監視システムの有用性が実証された。 ・IITH にセンサー材料開発研究所が設置され、PM2.5 観測センサー、CO2 センサー、振動センサー、湿度センサーなどのセンサー材料が開発された。 (事後評価時) <u>地震</u> ・NGRI と IITH では、設置されたセンサーから取得したデータを基に、センサーネットワークによる地震ハザード評価や建物の脆弱性評価を継続して行っている。 <u>気象</u> ・IMD では、本事業で供与された機材が故障して AWS からのデータが取得できないため、2016 年から AWS を用いた気象監視の運用を行っていない (脚注 2 参照)。 ・センサー材料開発研究室が吸収された IITH の材料科学・冶金工学科では、これまでに高出力エキシマレーザーを用いて、4 人の修士号、5 人の博士号取得者を輩出し、現在は JICA 技術協力「インド工科大学ハイデラバード校日印産学ネットワーク構築支援プロジェクト」により日本で博士課程に在籍している 1 人を含む、5 人の博士課程学生が研究を行っている。

² プロジェクト目標 1 のために本事業で供与された主要機材のうち、データロガー付き強震計、建物振動センサー、高出力エキシマレーザーとその関連機器、真空チャンバーは機能し、研究に利用されているが、AWS に関連する機器は、データロガーやデータ伝送システムの故障により、2016 年以降機能していない。

³ プロジェクト目標 2 のために本事業で供与された主要機材のうち、災害時通信システムのインフラである GSM 光配信装置 (ODU) やサーバーは、接続したコンピュータの基板が故障するとともにソフトウェアの更新が必要となったため、使用されていない。パソコンやスマートフォンなどの情報共有プラットフォームのための機器は、本来のプラットフォームが機能しなくなったため、他の研究用途に使用されている。

<p>プロジェクト目標 2 自然災害発生中／発生後の状況において、迅速な配置が可能な緊急通信システムと復旧活動のためのデータを配信する強固な通信システムが開発される。</p>	<p>(2) 自然災害発生中・発生後の状況において、迅速な配置が可能な緊急通信システムと復旧活動のためのデータを配信する強固な通信システム</p>	<p>達成状況：達成（一部継続） （事業完了時）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災時の災害時通信システムを参考に、インドの通信インフラの状況を考慮し、衛星通信と Wi-Fi/GSM/LTE を組み合わせた災害時通信システムのプロトタイプが開発された。一般的に FM 放送受信機に搭載されている、携帯電話のテキストデータを低ビットレートで伝送する FM-RDS が採用された⁴。 ・各研究グループで処理された情報を統合し、災害時通信システムを管理するためのポータルサイトが立ち上げられた。また、緊急時にこれらのデータやシステムを安全かつ円滑に管理できるように、クラウドコンピューティングシステムが開発された。ポータルサイトには、安否情報の登録システムが導入された。 <p>（事後評価時）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IITM では、本事業で開発した災害時通信システムのコンセプトを、タミルナドゥ警察による事故救援や列車・群集制御に応用する研究を行っている。 ・IITH によると、サーバーが機能しなくなったことや保守予算の不足により、情報共有プラットフォームはすでに存在していない。
<p>想定された上位目標 自然災害の防災及び情報通信分野において日本とインドの研究協力を強化し、地球規模課題の科学技術の振興を進める。</p>	<p>(a) 自然災害の防災と ICT 分野における日印の研究協力 (b) 自然災害など地球規模課題解決に向けた科学的知識・技術の振興</p>	<p>達成状況：一部達成 （事後評価時）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・予算の制約などにより、事後評価時点では顕著な共同研究・プロジェクトは確認されていない。 ・センサーネットワークを利用した地震ハザード評価の研究は、本事業による自然災害分野の科学的知識と技術の進歩の事例といえる。

(出所) 終了時評価報告書、JST 終了報告書、実施機関質問票回答・聞き取り

3 効率性

本事業の事業費、事業期間ともに計画どおりであった（計画比：いずれも 100%）。アウトプットは計画どおり産出された。よって、効率性は高い。

4 持続性

【政策面】

「防災政策ガイドライン（地震管理）」（2007 年）、「防災管理ガイドライン（サイクロン管理）」（2008 年）、「防災管理ガイドライン（全国防災情報通信システム）」（2012 年）は事後評価時点で有効である。また、「国家防災計画」（2019 年）には「災害リスク軽減のための 10 項目の首相アジェンダ」があり、うち 2 項目において、災害リスク軽減のための技術の重要性への言及がある。

【制度・体制面】

組織体制の詳細な情報は得られなかったが、本 SATREPS 事業の成果に基づいて研究を担当している研究機関は、IITH (ICT プラットフォームはコンピューター工学科、AWS 用レーザー装置は金属材料工学科)、IITK (土木工学科)、IITM (電気工学科)、IIITH (地震工学研究センター)、NGRI (地震観測所)、IMD (ハイデラバード IMD。気象監視や警報発令、研究を担当する政府機関) である。これらの機関は、本事業でそれぞれに供与された機材のメンテナンスも担当している。しかし、IMD 以外の機関の敷地内に設置された AWS 機器のメンテナンスについては、その責任が明確に認識されていない。また、本事業の研究成果を活用した政策やプログラムを実施するための組織体制については、そのような政策やプログラムが特定できず確認できなかった。

【技術面】

IITH、IITM、IIITH、NGRI によれば、関連分野の研究を継続することで研究者・教授の研究能力が維持されている。これらの機関や IMD によれば、予算不足により機能しなくなった機材はあるものの、本事業の供与機材を操作しメンテナンスするためのスキルと知識は十分であるとのことである。

【財務面】

IITH 及び IIITH は、本事業に関連する研究及び機材メンテナンス資金を自組織やインド科学技術省（DST）などから確保している⁵。それ以外の実施機関からは財務面の情報は得られなかったが、これまでに述べたことから、本事業に関連した研究活動資金は一定程度確保されていると考えられる。また、機材の修理・更新予算が確保されていないケースもあったが、これは、当該機器が数年で老朽化し、機能の低下した古い機器を維持・更新する意欲が減退するという分野の特性もあるためである。AWS については、IMD は、基準に適合しないシステムであるためメンテナンス予算を確保できなかった。また、AWS が設置された他の機関では、メンテナンスの責任が明確に認識されていないため予算が配分されていない。

【評価判断】

以上より、制度・体制面及び財務面に一部問題があり、本事業によって発現した効果の持続性は中程度である。

5 総合評価

⁴ Wi-Fi：ワイヤレスコンピュータネットワーク、GSM：第 2 世代（2G）移動通信システム、LTE：無線ブロードバンド通信の標準規格、FM-RDS：FM ラジオデータシステム

⁵ 例えば、無鉛圧電体の歪み誘起構造と微細構造に関する研究（2019 年～2021 年）では、DST から 670 万ルピー、フレキシブルハイブリッド強誘電体に関する研究（2020 年～2021 年）では IITH-Interdisciplinary Research Projects Fund (IDP) から 100 万ルピーが供与された。IITH が本事業で供与された主要機材のメンテナンスに配分した予算は、①高出力エキシマレーザー及び補助装置には、2017 年に 15 万ルピー（IITH 保守支援予算より）、2019 年に 130 万ルピー（DST より 80 万ルピー、IITH-IDP より 50 万ルピー）、②真空チャンバー及び補助装置には、2019 年に 130 万ルピー（DST より 80 万ルピー、IITH-IDP より 50 万ルピー）。

IIITH は、周囲振動に関する研究（2016 年～2019 年）とパス解析（2018 年～2020 年）のためにそれぞれ 30 万ルピーを確保した。本事業で供与された建物振動センサー及び関連・補助機器のメンテナンスには、IIITH は毎年 10 万ルピーを支出している。

本事業は、地震・気象のデータ収集のための情報ネットワークインフラの構築及び自然災害時の迅速な配置が可能な強固な通信システムの開発というプロジェクト目標を達成した。事業の成果に基づき、地震に関する研究は継続的に実施されているが、気象に関する研究は継続していないことから、本事業の効果は一部継続といえる。上位目標は一部達成された。すなわち、本事業完了後、日印間の顕著な共同研究活動は確認されていないが、上述したような継続的な研究活動により、科学的知識や技術の進歩がみられた。持続性については、政策面及び技術面では大きな問題はみられないが、制度・組織面及び財務面では十分な情報が得られなかった。以上の点を考慮すると、本事業の評価は高いといえる。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

- ・ IITHをはじめとする本事業参加機関に、関連する機関・部門間で定期的に会合を開き、研究の成果や進捗状況を共有し、共同研究や災害時統合プラットフォームの応用の可能性について議論することを提言する。

JICA への教訓：

- ・ AWS の機器が適切にメンテナンスされておらず、本事業完了後活用されていない。簡易で経済性の高い AWS（ヴァイサラ型）を導入した目的は、ミクروسケールの気象観測のための粒度の密なネットワークのプロトタイプを構築し、災害予測に活用することであったが、IMD 以外の機関の敷地内に設置されている機器については責任者が明確に認識されておらず、メンテナンスや修理に必要な予算が不足していた。このような状況を回避するためには、以下のような対応がとられるべきであった。
 - 機器の所有とメンテナンスの責任者を明確にし、事業完了時に少なくとも数年分のメンテナンス予算を確保するための戦略・計画を確認すること。
 - 最も関連性の高い組織・機関に機器を設置することで機器のオーナーシップを確保すること。
- ・ ICT 機材については、設置された機器は事業完了後数年で古くなり、活用されなくなっている。このような状況を回避するためには、以下のような対応がとられるべきであった。
 - 持続性と必要時の更新のしやすさの観点から、仕様や搭載技術を慎重に選定すること。



IITH 建物内に設置された強震計センサー（ITK センサー）で常時監視を実施



IITH で研究に活用されているポータブル微動観測システム