

国名	マレーシアにおける地すべり災害および水害による被災低減に関する研究プロジェクト
マレーシア	

## I 案件概要

事業の背景	洪水と地すべりは、マレーシアにおいて人的被害と経済的被害をもたらす二大災害であり、政府機関はこれらジオハザード被害の低減を重要視していた。例えば、公共事業省公共事業局（JKR）斜面工学課（CKC）は、斜面管理及び早期警報システム（EWS）開発のための国家斜面マスタープラン（2009年～2023年）を策定した。天然資源環境省灌漑・排水局（DID）は、統合洪水管理のアプローチを採用しており、EWSは災害対策計画の重要な一部となっていた。												
事業の目的	<p>本事業は、マレーシアにおいて、①地表環境の経時変化と現況の解析システム構築、②統合的かつ高度な洪水流出数値解析モデル構築、③地すべりリスク評価システム構築、④総合災害情報データベース構築、⑤地方行政や地域社会における、リスク情報を活用したリスク管理システムの試行的提案を通じて、地すべり及び洪水災害に関する総合的なデータベースを含む高度な災害リスク管理システムの試行版をマレーシア政府に提案することを図り、もって、行政機関の既存早期警報システムの改善及びジオハザードリスク評価の精度向上に寄与することを目指す。</p> <p>1. 想定された上位目標：なし。 2. プロジェクト目標：災害管理プログラムの実施促進のために、地すべり及び洪水災害に関する総合的なデータベースを含む高度な災害リスク管理システムの試行版がマレーシア政府に提案される。</p>												
実施内容	<p>1. 事業サイト：半島マレーシア、クランタン川流域とダウンガン川流域 ※事業実施中にダウンガン川流域を追加。</p> <p>2. 主な活動：</p> <p>①グループ1（リモートセンシング（RS）/地理情報システム（GIS））：無人航空機（UAV）や円偏波合成開口レーダ（CP/SAR）等のRS技術を用いた高精度数値標高モデル（DEM）の開発、時系列空間情報から洪水・地すべり危険域を推定する手法の開発。 ②グループ2（洪水リスク評価）：統合洪水解析システム（IFAS）に基づく、対象河川流域の洪水解析モデルの開発、統合型水循環シミュレーター（GETFLOWS）に基づく、ケランタン川流域の中解像度3次元（3D）水文地質モデル及び高解像度3D水文地質モデルの開発。 ③グループ3（地すべりリスク評価）：2次元（2D）/3D物理モデルと水文解析に基づく地すべり予測手法の開発、地すべりモニタリングステーションの設置、数値解析手法を用いたモニタリング対象区域の危険度推定。 ④グループ4（災害情報データベース）：地すべり・洪水ハザード情報システム（各縮尺のハザードマップ、サステナビリティマップ、インベントリマップ）の開発、防災オンラインデータベースの開発。 ⑤グループ5（リスク管理システム構築）：選定されたモニタリング地域における地すべり・洪水ハザードのウェブベースEWSの設置・運用実験、地方行政や地域社会へのウェブベースのリスクコミュニケーションツールの提供。</p> <p>3. 投入実績</p> <table border="0" style="width:100%"> <tr> <td style="width:50%">日本側</td> <td style="width:50%">相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣（長期）3人、（短期）22人</td> <td>(1) カウンターパート配置 102人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入 185人</td> <td>(2) ローカルコスト</td> </tr> <tr> <td>(3) 機材供与 サーバー設備、データストレージ、衛星データ、洪水・地すべりリアルタイム監視装置</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(4) ローカルコスト</td> <td></td> </tr> </table>			日本側	相手国側	(1) 専門家派遣（長期）3人、（短期）22人	(1) カウンターパート配置 102人	(2) 研修員受入 185人	(2) ローカルコスト	(3) 機材供与 サーバー設備、データストレージ、衛星データ、洪水・地すべりリアルタイム監視装置		(4) ローカルコスト	
日本側	相手国側												
(1) 専門家派遣（長期）3人、（短期）22人	(1) カウンターパート配置 102人												
(2) 研修員受入 185人	(2) ローカルコスト												
(3) 機材供与 サーバー設備、データストレージ、衛星データ、洪水・地すべりリアルタイム監視装置													
(4) ローカルコスト													
事業期間	2011年6月～2016年5月	事業費	（事前評価時）394百万円、（実績）260百万円										
相手国実施機関	教育省、マレーシア科学大学（USM）、テナガナショナル大学（UNITEN）、マルチメディア大学（MMU）												
日本側協力機関	東京大学、千葉大学、独立行政法人防災科学技術研究所、水災害リスクマネジメント国際センター、京都大学、茨城大学、株式会社ビジョンテック												

## II 評価結果

### 【留意点】

本 SATREPS 事業では、プロジェクト・デザイン・マトリックス（ロジカルフレームワーク）が作成されておらず、また、討議議事録に添付された事前評価表とマスタープランにも上位目標が明記されていなかった。一方、終了時評価報告書では、研究成果の社会実装の観点から期待される事業効果として、「行政機関の既存早期警報システムの改善と、国から地方レベルまでの防災計画に活用可能なジオハザードリスク評価の精度向上」が挙げられている。したがって、本事後評価では、想定された上位目標を「行政機関の既存早期警報システムが改善しジオハザードリスク評価の精度が向上する。」とし、その達成状況は、想定された正のインパクトの一部と整理する。

### 1 妥当性

#### 【事前評価時のマレーシア政府の開発政策との整合性】

本事業は、上記「事業の背景」で述べたように、マレーシアの斜面・洪水管理に関する開発方針に合致したものである。第10次マレーシア計画（2011年～2015年）も、統合的な流域管理のアプローチを推進することを目指していた。

<sup>1</sup> 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。

**【事前評価時のマレーシアにおける開発ニーズとの整合性】**

「事業の背景」で述べたように、本事業は、地すべりや洪水によるジオハザード被害を低減するというニーズと一致していた。

**【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「対マレーシア国別援助計画」（2009年）の重点支援分野の一つである「地域的課題の克服」に掲げられた「洪水、土砂災害、ヘイズ（煙害）、地震・津波等の自然災害等に対する防災対策等の協力」と一致している。

**【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ある程度達成した。本事業の研究・技術移転には、国の関係機関である JKR（地すべり関連）と DID（洪水関連）が参加した。本事業で開発した地すべり解析モデルと洪水解析モデルについては、それぞれ JKR と DID がレビューを行った（指標 1）。EWS については、地すべり解析のための EWS の試行版が JKR と共同で開発され、事業完了時には微調整を行っているところであった。一方、洪水用のものは開発が遅れ、DID によるレビューの段階には至らなかった（指標 2）。また、WEB-GIS 型の防災データベース「ハザードウォッチャー」が開発され、参加大学に設置された。事業の成果はすべて関係政府機関に提示されたと報告されているが、政府機関が同データベースをレビューして採用したかどうかは明らかではない（指標 3）。

**【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継続しているものもある。UNITEN、USM、MMU は、本事業の成果をもとに、UAV+CP/SAR、RS/GIS 画像処理、地すべりリスクマッピング、ハザードウォッチャー、リアルタイムモニタリング等、本事業の研究の一部を継続したり、本事業の成果を基に新たな研究プロジェクトを開始したりしていることが確認された。多くの研究活動は、UNITEN とマレーシア鉱物・地質科学局（JMG）、テナガ・ナショナル（TNB、マレーシアの電力事業者）、マレーシア国立宇宙局、サラワク州政府、ジオマッピング・テクノロジー（GMT）社といった、他の組織・企業との共同研究として行われてきた。また、UNITEN は JMG と協力して地すべり評価の研修を行っている。ただし、事業で開発された EWS 試行版は、そのままの形では利用されていない（後述）。

本事業で相手大学に供与された機器やソフトウェア（洪水監視のための観測所、データセンター、サーバー設備及び、ArcGIS、ERDAS、UDEK、Agisoft、Matlab 等のソフトウェア）の多くは、上記の研究プロジェクトに活用されてきたが、本事業での研究が終了した後に利用がない機器への予算措置は終了した<sup>2</sup>。また、DID 予報センターには IFAS と GETFLOWS が設置されていたが、事後評価時は運用されていない。これは、DID がリアルタイム EWS である全国洪水予警報システム（NaFFWS）を、リアルタイムで洪水ハザードマップを自動生成できる別のモデルを使用して開発し運用しているためである。DID によれば、本事業で導入されたモデルは事業終了後 DID の状況や人員の能力に一部合わなくなった部分があったとのことである<sup>3</sup>。なお UNITEN では、IFAS は今でも大学院の学生に利用されている。

**【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、事後評価時まで一部達成された。本事業で開発した EWS の試行版は政府機関に直接的には採用されなかった。しかしながら洪水については上述した通り、DID は NaFFWS を開発したが本事業のプロトタイプは使用していないものの、本事業で開発したモデルや得られた知識を NaFFWS のコンセプト開発に活用したと述べていた。地すべりについては、USM や JKR によれば、研究に携わった人材が離職し、また予算配分が十分ではないため、本事業の EWS は JKR が開発中の EWS には直接的には貢献していない。

本事業で開発されたモデルが直接的に事業終了後に継続して利用されていないケースもみられるが、本事業の経験と知識は、その後マレーシア政府が独自で開発を進めた他のシステムの構築にも貢献している。例えば、JMG はハザードウォッチャーの例を利用して、2018 年に全国地形・斜面情報システム（NATSis）という地すべりリスク管理システムを構築したが、本事業で開発された DEM は他の情報源と統合して用いられた。また、TNB グリッドメンテナンスは、仮想ジオハザード管理資産システム（ViGMAS）を構築した。このシステムにより、TNB は 5 日先の洪水発生及び 5～6 時間先の地すべり発生を予測することが可能となった。5 日間及び 5～6 時間という時間は、TNB グリッドメンテナンスが公共の安全を確保するための緊急対応に係る将来計画を立てる上で貴重なものとなっている。

ジオハザード評価の精度についても、DEM、CP/SAR、IFAS、GETFLOWS 等のモデルの開発・利用に関する知識が高まったことで、本事業は間接的な貢献があったことを、カウンターパート機関である 3 大学と DID が確認した。

**【事後評価時に確認されたその他のインパクト】**

聞き取りを行ったカウンターパート機関によれば、負のインパクトは見られなかったとのことである。正のインパクトとしては、事業に参加した研究者のスキルや知識の向上<sup>4</sup>、国の土砂災害・洪水対策への貢献<sup>5</sup>、関連テーマの修士号や博士号の取得、様々な機関間のネットワーク構築や協力体制の構築等が指摘された。

**【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	指標1	達成状況：達成（一部継続）

<sup>2</sup> 地すべりモニタリングシステムは事業完了後に故障し、修理・維持管理のための予算は配分されていないが、これは、同システムが本事業における地すべり危険度評価のためのデータ収集に用いられ、同研究終了後によって一旦役割を終えたためと考えられる。

<sup>3</sup> DID によると、本事業で導入された IFAS ではハイドログラフ（流入量時刻歴）しか作成できなかったが、洪水ハザードマップをリアルタイムで作成できるシステムが必要になったとのことであった。GETFLOWS は GUI（グラフィカルユーザインタフェース）が必要となったこと、DID の担当者がプログラミング言語に精通していないことなどから、使い勝手が悪いと判断された。

<sup>4</sup> 例えば、UNITEN は、研究者が国際研究プログラムのための共同研究ハブ（CHRP）に参加したとのことであった。

<sup>5</sup> UNITEN は NaFFWS の開発に協力したほか、マレーシアの建設産業開発委員会（CIDB）と共同で、マレーシアにおける重要インフラにおける地すべり脆弱性評価とリスク分析のためのガイドラインの開発にも携わった。

<p>災害管理プログラムの実施促進のために、地すべり及び洪水災害に関する総合的なデータベースを含む高度な災害リスク管理システムの試行版がマレーシア政府に提案される。</p>	<p>マレーシア政府機関により、本プロジェクトの研究成果である地すべり及び洪水モデルの、本件協力終了後の研究あるいは実際の災害リスク管理への利活用が検討される。</p>	<p>(事業完了時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべりリスク評価モデルが完成し、JKR にデモンストレーションを行った。また JKR はモデルの開発に参加した。</li> <li>・対象河川について、IFAS をベースとした洪水解析モデルと GETFLOWS をベースとした 3D 水理地質モデルが開発された。DID は、これらのモデルの開発に関与し、既存モデルとの比較検討を行った。</li> </ul> <p>(事後評価時)</p> <p>上記のモデルは政府機関のシステムに全面的に組み込まれてはいないが、その構成技術を用いて、以下のような研究が進められた。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・USM と MMU が、キャメロンハイランドの選定されたサイトに地すべりリスク評価モデルを適用。</li> <li>・UNITEN が JMG と共同で衛星画像を地すべりリスク評価に利用し、3D で仮想化。</li> <li>・UNITEN が JMG 及び GMT と共同で、地下水資源評価プロジェクト (国家プロジェクト) にて比抵抗と地震を利用した地下水調査と高解像度 3D 水理地質モデルを統合。</li> <li>・UNITEN が JMG 及び GMT と共同で、UDEX ソフトウェアを用いたマレーシアにおける総合的な地形・地質調査を実施。</li> <li>・UNITEN が JMG 及び GMT と共同で、UDEX ソフトウェアを用いた地質リスク評価における地上レーザースキャニングを実施。</li> <li>・UNITEN がサラワク州政府、GMT、サラワク JKR、JMG と共同で、ハザードウォッチャーと本事業グループ 1~3 の成果を統合したコンセプトを用い、革新的斜面指標モニタリング・資産管理システム (ISIMAMS) を開発。</li> <li>・UNITEN が、サラワク州政府の正規化植生指数 (NDVI) データの抽出とモニタリングにハザードウォッチャーを使用。</li> <li>・UNITEN、TNB、マレーシア国立宇宙局が共同で、衛星画像と GIS を使用した TNB 送電網の植生と地すべりのリスク・脆弱性の評価に係る研究と送電網運用を実施。これは、国の送電網が電力を持続的に供給することを保証することを目的とする。</li> <li>・UNITEN が TNB、サラワク州政府、JMG にリアルタイム斜面モニタリングのコンセプトを適用させた。</li> <li>・UNITEN が JMG と協力して地すべり評価の研修を実施。</li> <li>・UNITEN とサラワク州政府、サラワク JKR、GMT、サラワク JMG は、ArcGIS システム、衛星データ、ハザードウォッチャーコンセプトを用いたビジュアルイズ斜面管理システムを構築するための共同研究を実施。</li> <li>・MMU では、SAR サブシステムを活用して、土地の変形を検出するための地上ベース SAR (GBSAR) を開発。GBSAR は CP/SAR に比べて高い検出精度を有しており、本研究で 1 人の博士課程学生が卒業。</li> </ul> <p>※EWS 開発におけるモデルの利用については、下記「想定された上位目標」を参照。</p>
	<p>指標2 マレーシア政府機関により、本プロジェクトにて提案された EWS の完全あるいは一部導入による既存 EWS の改善が検討される。</p>	<p>達成状況：一部達成 (一部継続)</p> <p>(事業完了時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地すべり用 EWS の試行版が開発し、JKR と共同で微調整が行われているところであった。洪水用 EWS は未完成。</li> </ul> <p>(事後評価時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本事業で開発された EWS 試行版は、政府機関に直接採用されはしなかったが、NaFFWS の開発には本事業の知見が活用されている。</li> </ul> <p>※詳細は下記の「想定された上位目標」を参照。</p>
	<p>指標3 マレーシア政府機関により、本研究成果である防災オンラインデータベースを活用した既存のデータベースの更新及び改善が検討される。</p>	<p>達成状況：一部達成 (一部継続)</p> <p>(事業完了時)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・洪水・土砂災害情報は、ハザードウォッチャーと呼ばれる WEB-GIS 型データベースとして収集された。ハザードウォッチャーのベータ版が各大学にインストールされた。</li> <li>・事業完了までに全ての成果が取りまとめられ、マレーシア政府に提出された。</li> </ul> <p>(事後評価時)</p> <p>ハザードウォッチャーは、本事業 SATREPS チームに参加していた全研究者 (DID、JKR 等政府機関研究者含む) がアクセスを有しており、相手側大学間で様々な研究プロジェクトに利用されている (上記指標 1 参照)。政府機関はそれらの研究プロジェクトのうち自身も関与するものを通して間接的に同データベースを活用しているが、同データベースは引き続き研究者間のものとして機能しており、政府機関は直接には利用していない。</p>
<p>想定された上位目標 行政機関の既存早期警報システムが改善しジオハザードリスク評価の精度が向上する。</p>	<p>政府機関の既存 EWS の改善とジオハザードリスク評価の精度向上の程度</p>	<p>達成状況：一部達成 (事後評価時)</p> <p><b>EWS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・DID は NaFFWS を開発しており、その開発には本事業の知見 (リアルタイム洪水予測のための IFAS の運用能力等) が活用されている。また、IFAS は NaFFWS の洪水予測モデル開発におけるモデルの一つとして利用された。</li> <li>・JKR では、マレーシアでの使用に適した地すべり用 EWS の開発を進めているが、これまでのところ、本 SATREPS 事業の直接的な貢献はなし。</li> <li>・JMG では、ハザードウォッチャーの例を参考にし、DEM と他の情報源のデータを統合して NATSiS を構築した。</li> <li>・TNB グリッドメンテナンスでは、資産 (送電網) の保守とジオハザード管理のために ViGMAS を構築した。本事業での研究者の経験と 3D モデリングの知識が ViGMAS の開</li> </ul>

発に貢献した。ハザードウォッチャーは、同システムのためにも参照されている。  
 ジオハザードリスク評価の精度  
 ・各機関からは、本事業のコンセプトや成果の一部を利用して開発されたシステム (NaFFWS (DID)、NaTSIS (UNITEN)、GBSAR (MMU)) が、ジオハザードリスク評価の精度を向上させていると指摘。

(出所) JICA 資料、JST 終了報告書、実施機関への質問票

### 3 効率性

本事業の事業費、事業期間いずれも計画内に収まった (計画比: 66%、100%)。本事業の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】

マレーシア政府は、第 11 次マレーシア計画 (2016 年～2020 年)、NaFFWS プログラムの洪水予測長期改善計画等、災害リスク低減を目的とした国家政策を維持している。

#### 【制度・体制面】

本調査では、本事業の研究成果を活用するためのカウンターパート機関や政府機関の事後評価時現在の組織体制について、情報を収集することはできなかった。しかし、既述のような様々な研究活動や社会実装への取り組みからは、一定程度の組織が確立されていることが推察できる。本事業で供与された機材のうち引き続き稼働しているものは、各大学の関連学部・学科で運用・維持管理されている。

#### 【技術面】

本事業のカウンターパート要員であった人員の多くは、同じ大学に引き続き勤務している。それらの大学への質問票や聞き取りによると、各大学の研究者は、研究を継続して研究費を獲得できるだけの研究能力を持っているとのことである。また、JKR や DID 等の政府機関も、上記のような独自の EWS を開発する能力を十分に有している。

洪水については上述した通り、DID は NaFFWS を開発したが本事業のプロトタイプは使用していないものの、本事業でのシステムの開発から得られた知識と EWS のコンセプトは NaFFWS の開発において参考になったと述べていた。

#### 【財務面】

マレーシアでは、地すべりや洪水によるジオハザード被害を低減するために、連邦政府、地方政府、民間企業からの拠出金等、多くの財源が用意されている。各大学は、下表のように、研究活動を継続するための予算を確保しているが、その額についての情報は得られなかった。また、政府機関が政策実施に十分な予算を確保しているかどうかについては、具体的な情報は得られなかった。もっとも前述のように、政府機関は EWS をはじめとする災害リスク管理システムの開発・導入を行っている。したがって、一定程度の予算は確保されているとの推測は可能である。

大学	財源
USM	高等教育省 (MOHE) による長期研究助成制度 (LRGS)、特にマレーシア研究大学ネットワーク (MRUN) によるトランスレショナルリサーチ助成 (研究成果が社会に利益をもたらすことを条件とする)。
UNITEN	TNB ダイレクトアクセス基金、JMG、基礎研究助成制度 (FRGS) (MOHE)、サラワク州政府、GMT。
MMU	GBSAR のための資金財源として、MOHE、科学技術革新省 (MOSTI)、マレーシアデジタルエコノミー公社 (MDEC)。

#### 【評価判断】

以上より、実施機関の制度・体制面及び財務面については事実関係の情報が入手できなかったところ、本事業によって発現した効果の持続性は中程度と判断する。

### 5 総合評価

本事業は、地すべり及び洪水災害に関する総合的なデータベースを含む高度な災害リスク管理システムの試行版を提案するというプロジェクト目標をある程度達成した。すなわち、試行版のシステムはほぼ完成し、関係政府機関によるレビューが行われたが、洪水 EWS 等一部のコンポーネントはレビューに至らなかった。事業完了後、本事業で開発された試行的な EWS は、直接的にそのままの形では利用されていなかったが、カウンターパート機関の大学では、本事業で開発された様々な技術を、関係政府機関と連携した研究活動に活用している。持続性については、制度・体制面及び財務面の事実関係の情報は入手できなかったが、政策面及び技術面に問題はみられなかった。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：

- ・本事業で調達された機材について、JICA からの引渡し後もその活用と運営・維持管理予算の配分を継続することを、関係機関 (大学、政府機関等) に提言する。
- ・事業成果の社会実装の観点からは、潜在的なエンドユーザーであると考えられる実施機関の研究者及び学術機関・大学に限らない研究者<sup>6</sup>をより多く研究チームに加えることを提言する。これは、それら機関の研究者のインプットにより、本事業の成果が採用される可能性を高めるためである。

#### JICA への教訓：

本事業はマレーシアで初めての SATREPS 事業であった。事業の計画段階では、上位目標として「事業実施を超えた内容を評価する」ということがマレーシア側に明確に説明されていなかった。そのため、マレーシア側は本事後評価を「フェアではない」と感じており、研究期間中の研究の実施状況 (つまり、マレーシアの関係機関に試行システムを提案し、それら機関が採択に向けてレビューするまでの間の活動であり、これは実際にほぼ完了したもの) のみを評価に反映させるべきであ

<sup>6</sup> SATREPS の研究チームに参加していた政府機関関係者は DID と JKR の研究者のみであったが、他にもマレーシア国家災害管理庁 (NADMA)、地方・州政府、マレーシア気象局 (MMD)、JMG、マレーシア民間防衛隊 (AMP)、政府系企業 (GLC)、TNB 等多くの潜在的な利用者が存在する。

ると考えていた。一方、JICA は、SATREPS 事業のスコープ外であった、事業後の事業成果の社会実装を重視して評価したいと考えている。本事業が計画された時点では、SATREPS 事業の事後評価を実施することは決定されておらず、本事業に係るマレーシア側と JICA との間の合意の中でも事後評価についての言及はないことから、上記のような感覚は妥当である。SATREPS 事業の事後評価の実施は 2016 年度に定義され開始されたが、それ以降であっても、相手機関に十分に説明することは重要である。また、計画策定時には、期待される研究成果の社会実装を念頭に置いた上位目標とその指標、必要なモニタリングの枠組み（実施主体、体制等）について、相手機関と合意しておくべきである。



写真 1 (UNITEN 提供) : 洪水監視のために調達した機器 (水位・降雨観測所) の一つは、現在も UNITEN と DID で使用されている。



写真 2 (MMU 提供) : MMU では、SAR サブシステムを活用して、土地の変形を検出するための地上ベース SAR (GBSAR) の開発を進めている。GBSAR は CP/SAR に比べて検出精度が高く、自然物や人工物のサブミリ単位の動きを検出することができる。