

「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト」基本計画

ロボット・AI部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

① 政策的な重要性

本研究開発を実施するに当たり、関連する政策は以下（抜粋）のとおり。

日本再興戦略（平成25年6月14日 閣議決定）

○IT等を活用したインフラ点検・診断システムの構築

センサーやロボット、非破壊検査技術等による点検・補修の信頼性・経済性が実証できたところから、順次、これらの新技術を導入する（点検等の基準の見直し、政府調達等への反映等）。（中略）モニタリング技術の高度化、ロボットによる点検・補修技術の開発等により、効率的・効果的なインフラ維持管理・更新を実現する。

科学技術イノベーション総合戦略～新次元日本創造への挑戦～（平成25年6月7日 閣議決定）

(1) 効果的かつ効率的なインフラ維持管理・更新の実現

この取組では、効果的、効率的に構造物の劣化・損傷等を点検・診断する技術やインフラを補修・更新する技術、インフラの構造材料の耐久性を向上させる技術等の開発を推進する。この取組により、災害時対応や確認困難な箇所等の対応が安全かつ適切に行えるようになるほか、近年進むインフラ老朽化にもコスト・安全性のバランスを鑑みて戦略的に対処することが可能となり、長期にわたり安心してインフラを利用できる社会を目指す。

世界最先端IT国家創造宣言（平成25年6月14日 閣議決定）

②IT利活用による世界一安全で経済的な社会インフラの実現

劣化・損傷個所の早期発見、維持管理業務の効率化につながるセンサー、ロボット、非破壊検査等の技術の研究開発・導入を推進する。研究開発に当たっては、開発された技術が現場での導入につながるよう、ニーズや信頼性、経済性に十分配慮するなど、将来的な普及促進を見据えた研究開発を行う。

② 我が国の状況

高度成長期以降に整備されたインフラのうち、社会インフラは、今後20年で建設後50年以上経過する施設の割合が加速度的に高くなる。これは、石油精製プラント、化学プラント、鉄鋼所などの産業インフラも同様である。適切な維持管理が行われないことにより、インフラの崩壊や機能不全が発生し、人命や社会に影響を及ぼす危惧が高まっている。

我が国のインフラの維持管理・更新に対する課題は以下に集約されると考えられる。

・維持管理・更新に対する財政問題

今後、維持管理・更新に従来どおりの支出を行うと仮定すると、2037年度には現在のレベルの投資総額を上回り、2011年度から2060年度までの50年間に必要な更新費（約190兆円）のうち、約30兆円（全体約16%）の更新ができなくなる。

・維持管理の人材・技術不足

維持管理の技術者の高齢化が著しく、一定レベルの知見を有する技術者が不足している。また、共用年数の長い施設に関する知見が不足し、維持管理に必要な技術が不十分である。

また、我が国の主要なインフラでは、数年毎に定期点検を実施しているが、定期点検間の急激な劣化進行等の異常の把握は、人材の確保及び人件費の削減により困難である。加えて、定期点検時においても目視点検が困難な箇所も存在する。さらに、災害時においては、緊急点検に時間を要し、迅速な復旧が困難であるといった課題もある。

③ 世界の取組状況

米国では、1960年代後半から橋の事故が続発した。70年代はじめに、全ての道路橋に2年に1度の点検を義務化しており、現在は、毎年約30万の橋の点検のために1,000億円を超える予算を連邦政府が支出しているが、費用面・検査時間・人材面などにおいて課題がある。また、欧州においても建設後50年を経過したインフラが多数存在するとみられており、同様な課題がある。中国では、新規のインフラを中心にモニタリングが進みつつある。

④ 本事業のねらい

本事業では、既存インフラの状態に応じて効果的かつ効率的な維持管理・更新等を図るため、的確にインフラの状態を把握できるモニタリングシステムの技術開発及び維持管理を行うロボット・非破壊検査装置の技術開発を行い、インフラの維持管理・更新等における財政問題及び人材・技術不足の解決に寄与する。

(2) 研究開発の目標

① アウトプット目標

(i) 【(別紙参照) 研究開発項目①「インフラ状態モニタリング用センサシステム開発」、研究開発項目②「イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発」及び研究開発項目③「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発」(2)「非破壊検査装置開発」】

本研究開発は、2018年度末までに、的確にインフラの状態を把握できるモニタリングシステム及び非破壊検査装置を開発する。なお、開発するモニタリングシステム及び非破壊検査装置は、事業終了後2年以内の実用化を目指した、妥当なコストを考慮したものとする。

(ii) 【(別紙参照) 研究開発項目③「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発」(1)「ロボット技術開発」】

本研究開発は、2017年度末までに、的確にインフラの維持管理を行うロボットを開発する。なお、開発するロボットは、事業終了後2年以内の実用化を目指した、妥当なコストを考慮したものとする。

② アウトカム目標

開発するモニタリングシステム及びロボット等からのデータとインフラの損傷程度の関連付けやインフラ安全度の基準設定や導入技術の評価基準が出来ることにより、安全性を維持しつつ、低コストでインフラの維持管理を行うことが可能になる。また、こうしたインフラ維持管理・更新・マネジメント技術について2030年に約7,000億円超の市場創出^とともに、開発されたモニタリングシステムを予防保全に活用することで約300万トン/年のCO2削減が期待できる。

③ アウトカム目標達成に向けての取組

本研究開発の確実な成果が得られるよう、本事業とは別に実施する府省連携のインフラの維持管理・更新・マネジメント技術に関する事業と連携してゆく。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産学官の複数事業者が互いのノウハウ等を持ちより協調して実施する事業であり、委託事業及び助成事業として実施する。

【委託事業】

①インフラ状態モニタリング用センサシステム開発

インフラ構造物及びその構成部材の状態を常時・継続的・網羅的に把握するセンサシステム開発及びそのセンサシステムを用いたセンサネットワークシステムの構築と実証実験を行う。

②イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発

完全自動により取得データからひび割れ等を判別できるデータ処理手法、撮影時の位置ずれを補正でき平面のみならず、奥行き（3D）もわかる画像解析手法を開発し、実証実験を行う。

【委託事業及び助成事業<NEDO 助成率 2/3、ただし大企業は 1/2>】

③インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発

インフラ構造物の中で、人間の立入りが困難な箇所へ移動し、インフラの維持管理に必要な情報を取得できるロボットの開発と実証実験を行う。また、これらのロボットに搭載可能な、小型の非破壊検査装置の開発と実証実験を行う。

なお、インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発のうち、(1)「ロボット技術開発(※)」に関しては、早期の事業化に向けて委託事業を2015年度末までとする。2016年

度、2017年度においては助成事業とし、ロボットの実用化開発と実証実験を行う。

※（別紙）研究開発計画における③インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発のうち、（1）ロボット技術開発を指す。

2. 研究開発の実施方式

（1）研究開発の実施体制

プロジェクトマネージャーにNEDO ロボット・AI部 安川裕介を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理や、そのプロジェクトに求められる技術的及び政策的効果を最大化させる。

NEDOは公募によって研究開発実施者を選定する。

研究開発実施者は、企業や大学等の研究機関等（以下、「団体」という。）のうち、原則として日本国内に研究開発拠点を有するものを対象とし、単独又は複数で研究開発に参加するものとする。ただし、国外の団体の特別の研究開発能力や研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から必要な場合は、当該の研究開発等に限り国外の団体と連携して実施することができるものとする。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDOが選定した研究開発責任者（プロジェクトリーダー）油田信一氏の下で、各実施者が、それぞれの研究テーマについて研究開発を実施する。

（別紙参照）研究開発項目③「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発」のうち（1）「ロボット技術開発」に関しては、助成期間における体制を企業中心とする。

（2）研究開発の運営管理

PMは、研究開発全体の管理、執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適時に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

①研究開発の進捗把握・管理

NEDOは、主としてプロジェクトリーダーをとおして研究開発実施者と緊密に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、2018年度までの各年度に必要な応じ推進委員会等で研究開発内容を評価し、目標達成の見通しを把握することに努めるとともに、その評価結果を踏まえプロジェクトの見直し等を行う。

なお、（別紙参照）研究開発項目③「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発」のうち（1）「ロボット技術開発」に関しては、2017年度までとする。

②技術分野における動向の把握・分析

PMは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について必要に応じて調査し技術の普及方策を分析、検討する。なお、調査の効率化の観点から、本プロジェクトにおいて委託事業として実施する。具体的には、ロボット等の性能を評価するための実証実験、ユーザとなる地方自治体等への成果報告等を通じた成果普及を調査委託として実施する。

3. 研究開発の実施期間

(i) 【(別紙参照) 研究開発項目①「インフラ状態モニタリング用センサシステム開発」、研究開発項目②「イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発」及び研究開発項目③「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発」(2)「非破壊検査装置開発」】

本研究開発の期間は、2014年度から2018年度までの5年間とする。

(ii) 【(別紙参照) 研究開発項目③「インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発」(1)「ロボット技術開発」】

本研究開発の期間は、2014年度から2017年度までの4年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは技術評価実施規程に基づき、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を実施する。

評価の時期については、中間評価を2016年度、事後評価を2019年度とし、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、中間評価の結果を踏まえ必要に応じて研究開発の加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

①標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準案の検討及び提案等を積極的に行う。

②知的財産権の帰属

委託研究開発及び共同研究の成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、当該研究開発の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、プロジェクト内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、プロジェクト基本計画を見直す等の対応をおこなう。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第

1号二、第2号及び第3号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

2014年3月、制定。

2015年2月、研究開発項目③(1)「ロボット技術開発」に関し、2016年度からの助成事業導入、及び期間変更(2017年度まで)につき改訂。

2016年3月、研究開発項目④「ロボット性能評価手法等の研究開発」の追加改訂。

2017年2月、研究開発項目④「ロボット性能評価手法等の研究開発」が2017年度より「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」に移行、需給勘定の予算追加につき改訂。

2017年7月、2.(2)研究開発の運営管理に関して、実証実験及び成果普及を調査委託として実施するため改定。

(別紙1) 研究開発計画

研究開発項目① インフラ状態モニタリング用センサシステム開発

1. 研究開発の必要性

インフラの維持管理は、定期的な目視点検が基本であるが、地方自治体では財政面や人材面等の問題により十分行われていないのが実態である。また、過去に経験のない程インフラの老朽化が進んでいることから、定期点検間もインフラ構造物及びその構成部材の状態を常時・継続的・網羅的に把握する必要性が高まっている。さらに、災害時に構造物の変状を即時に把握することや目視点検で確認困難箇所の状態を把握することも必要である。

センサを活用したモニタリングシステムは、インフラの健全度を的確に把握できる技術として期待されているが、現状では試験的活用に留まっており、広く普及されていない。この理由としては、センサに対して以下の技術面での問題点が挙げられる。

- ・センシング性能が不十分なため、インフラ状態を完全に把握するには限界があり、健全度を診断することが出来ない。
- ・センサの大きさ、設置面積等による設置箇所や設置個数の制約が大きい。
- ・センサの電源や通信を有線で配線すると設置工事で大きな負担が生じる上に、設置にも最適な技術や方法がない。
- ・電池を内蔵して無線にする場合、現状のセンサや送信技術では電力消費が多く、電池交換等のメンテナンスが必要である。
- ・センサの耐久性や信頼性が不十分である。

したがって、センサを活用したモニタリングシステムの普及のカギとなるポイントは、①構造物の状態を適確に把握するために必要なセンシング性能、②センサ自身で自己動作するための、低消費電力、自立電源、無線通信機能、③センサを長期メンテナンスフリーとするための耐久性、信頼性、④センサ設置容易性（小型化等）の技術開発が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

(1) センサ端末開発

橋梁、トンネル、各種プラント、発電所等及びそれらの付帯物を対象とし、それら構造物及びその構成部材の健全度を診断するための振動、変位等を計測でき、安定な接続性と信頼性がある無線通信機能を搭載したセンサ端末を開発する。これらのセンサ端末を駆動させるため、振動、熱、風、光等の環境エネルギーを利用して発電する長寿命で高効率な発電・蓄電一体型自立電源、長期耐久性や信頼性を確保するためのパッケージング技術等を開発する。

(2) センサネットワークシステムの構築と実証実験

(1) で開発したセンサ端末を活用した設置容易なセンサネットワークを構築し、実環境下でインフラ状態のモニタリングを行い、実用に求められるセンサ端末及びネットワークシステムの機能を検証する。

3. 達成目標

本研究開発は、2016年度末までに概ねの研究開発を終了することを中間目標とし、以降は、実証実験を中心に実施する。

(1) センサ端末開発

以下の全てを満たし、簡易に設置できるセンサ端末を開発する。

- ・ インフラ構造物及びその構成部材の健全度を診断するための振動、変位及びその他必要と考えられるデータを計測できるものとし、これらは温度も同時に計測できるものとする。
- ・ 少なくとも1時間に1回の無線通信を含む全ての動作を自立電源で自己動作できるものとするとともに、地震等の突発事象を検出できるものとする。
- ・ 片手で取り付け可能なサイズ（概ね7cm×10cm×5cm）以下とする。
- ・ 無線通信は、電波法による無線局の免許を受けることなく利用することができる周波数とし、その距離は実環境下で30m以上とする。
- ・ 実環境下で10年以上の信頼性を有するものとする。

(2) センサネットワークシステムの構築と実証実験

(1) で開発したセンサ端末を活用したインフラ状態をモニタリングするネットワークシステムを構築するとともに、インフラの実環境下で適用できるシステムを開発する。

4. 特記事項

(1) 「(1) センサ端末開発」については、可能な限り早く目標達成の見通しを得て、「(2) センサネットワークシステムの構築と実証実験」が実施できるよう努める。また、実証実験等の結果は、開発にフィードバックしつつ研究開発を実施する。

(2) 開発したデバイスやモニタリングシステムを実用化するメーカ及びそれらを受け取ることが期待できるユーザ機関を確保し、本研究開発成果の有効性を検討しつつ、連携して研究開発できる体制で実施する。なお、ユーザ機関はインフラを維持管理しており、実証実験のためのインフラの実環境を提供できる機関とする。

(3) 研究開発項目②、③と連携して研究開発を進めることとする。

研究開発項目② イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発

1. 研究開発の必要性

イメージング技術を用いたモニタリングシステムは、インフラ構造物をカメラで撮影し、取得した画像をデータ処理することにより、構成部材のひび割れや亀裂等を検知できることから、目視点検を補完できる技術として様々な取組が行われている。しかしながら、既存技術では、1つの構造物に対して大量に撮影しなければならないこと、取得した画像データの処理に手間がかかる、構成部材の変状しか検知できず構造物全体の状態を把握できない等の問題点がある。これらの課題を解決するようなイメージング技術の開発が必要である。

2. 研究開発の具体的内容

(1) イメージング技術開発

橋梁、トンネル、道路、プラント等のインフラ構造物を対象として、①構成部材の画像データから完全自動で確実にひび割れや亀裂等を検出し、損傷予知を把握できるデータ処理技術及び、②構造物の全体もしくは広い範囲を遠方からカメラで撮影し、取得した画像をデータ処理することにより、それらインフラ構造物全体の変形挙動や応力集中箇所の局所的な変形分布を簡易に把握できるイメージング技術を開発する。

(2) イメージング技術を用いたモニタリングシステムの実証実験

(1) で開発した技術を用いたモニタリングシステムについて、実環境下でのインフラ状態モニタリングの実証実験を行い、実用に求められる機能を検証する。

3. 達成目標

本研究開発は、2016年度末までに概ねの研究開発を終了することを中間目標とし、以降は、実証実験を中心に実施する。

(1) イメージング技術開発

- ① 完全自動により画像データから0.2mm以上のひび割れ等を8割以上の確率で判別できる画像処理手法を開発し、実証する。
- ② 撮影時の位置ずれを補正でき、平面のみならず、奥行き(3次元)の変形も計測できる画像解析手法を開発し、実証する。なお、1回の撮影で構造物の支点間の長さの2万分の1の変位を計測できること及び15m以上の構造物を計測できることとする。

(2) イメージング技術を用いたモニタリングシステムの実証実験

(1) で開発したイメージング技術を用いて、インフラ状態をモニタリングするシステムを構築するとともに、インフラの実環境下で適用できるシステムを開発する。

4. 特記事項

- (1) 「(1) イメージング技術開発」については、可能な限り早く目標達成の見通しを得て、「(2) イメージング技術を用いたモニタリングシステムの実証実験」が実施できるよう努める。また、実証実験等の結果は、開発にフィードバックしつつ研究開発を実施する。
- (2) 開発したデバイスやモニタリングシステムを実用化するメーカ及びそれらを受け取ることが期待できるユーザ機関を確保し、本研究開発成果の有効性を検討しつつ、連携して研究開発できる体制で実施する。なお、ユーザ機関はインフラを維持管理しており、実証実験のためのインフラの実環境を提供できる機関とする。
- (3) 研究開発項目①、③と連携して研究開発を進めることとする。

研究開発項目③ インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置開発

1. 研究開発の必要性

高度成長期を中心に大量に整備された社会インフラや産業インフラが老朽化して一斉に更新時期を迎えるのに対し、それらの長寿命化を図るためには適切な維持管理を行う必要があるが、維持管理に必要な財源や専門人材が不足している現状では、ロボットを活用した経済的な維持管理技術を研究開発する必要がある。

また、適切な維持管理には、従来人間が立ち入れない箇所での点検も必要となり、特に笹子トンネル天井板落下事故以降に国土交通省が実施している「総点検」の実施要領では、従前の点検箇所・点検方法からの内容強化が図られていることから、ロボットを活用した点検への期待が大きくなっている。

さらに、インフラの構造は総じて大規模であり、今後、目視や打音検査に加えて非破壊検査が必要となる機会が増大すると考えられることから、ロボットに搭載可能な非破壊検査装置を開発する必要がある。

2. 研究開発の具体的内容

(1) ロボット技術開発

「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」（国土交通省、経済産業省、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、(独)産業技術総合研究所、(独)土木研究所）が平成25年12月に公表した「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入における重点分野」が指定するロボット技術を開発する。

開発の検証評価は、国土交通省平成25年12月25日付け報道発表資料「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」を策定致しました」の「別紙3 現場検証及び開発評価に係る体制・スケジュールについて」に掲載される「ロボット現場検証委員会（仮称）」の下で行う。

なお、これらの重点分野や評価体制は、当該検討会での議論を経て改定等が行われた場合には、改訂後の内容に準じる。

(2) 非破壊検査装置開発

上記のロボット技術開発で開発されるロボットへ搭載可能な非破壊検査装置を開発する。

3. 達成目標

(1) ロボット技術開発

本研究開発は、2015年度末までに、概ねの研究開発を終了することを中間目標とし、以降は実用化開発、実証実験を中心に実施する。

「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入における重点分野」が指定する維持管理業務について、従来の作業員による点検や重機を用いた作業と同程度のトータルコスト及び同程度の精度を有するロボットを開発し、「ロボット現場検証委員会」の評価の下、実証実験を行う。

(2) 非破壊検査装置開発

本研究開発は、2016年度末までに、概ねの研究開発を終了することを中間目標とし、以降は実証実験を中心に実施する。

上記のロボット技術開発で想定されるロボットへの搭載可能な非破壊検査装置を開発する。開発する装置は、X線や赤外線等を検査光源とし、正確な計測を可能にするために必要と考えられる光源数を搭載する。また、ロボットに搭載可能なサイズ、重量とし、検査対象の健全性を診断するための検査精度を備えたものとする。さらに、稼働寿命は2万時間以上とし、検査光源に対する安全性を十分に考慮したものとする。

4. 特記事項

- (1) ロボット技術開発について、各年度に必ず指定する実証フィールドを用いた実証試験と検証評価を行う。なお、「ロボット現場検証委員会」におけるフィールド実証試験の検証評価において、著しく評価の悪い事業については、当該年度で事業終了となることがある。
- (2) フィールドを用いた実証開発、試験により、研究開発の手段、方法、体制等について柔軟に見直すことにより、実用性の高い技術の開発を実施する。
- (3) 上記の研究開発と併行して、産業インフラへの応用展開について、適宜、開発・調査・検討を行う。
- (4) 研究開発項目①、②と連携して研究開発を進めることとする。

(別紙2) 研究開発スケジュール

