

「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」
(事後評価)
(平成26～30年度 5年間)

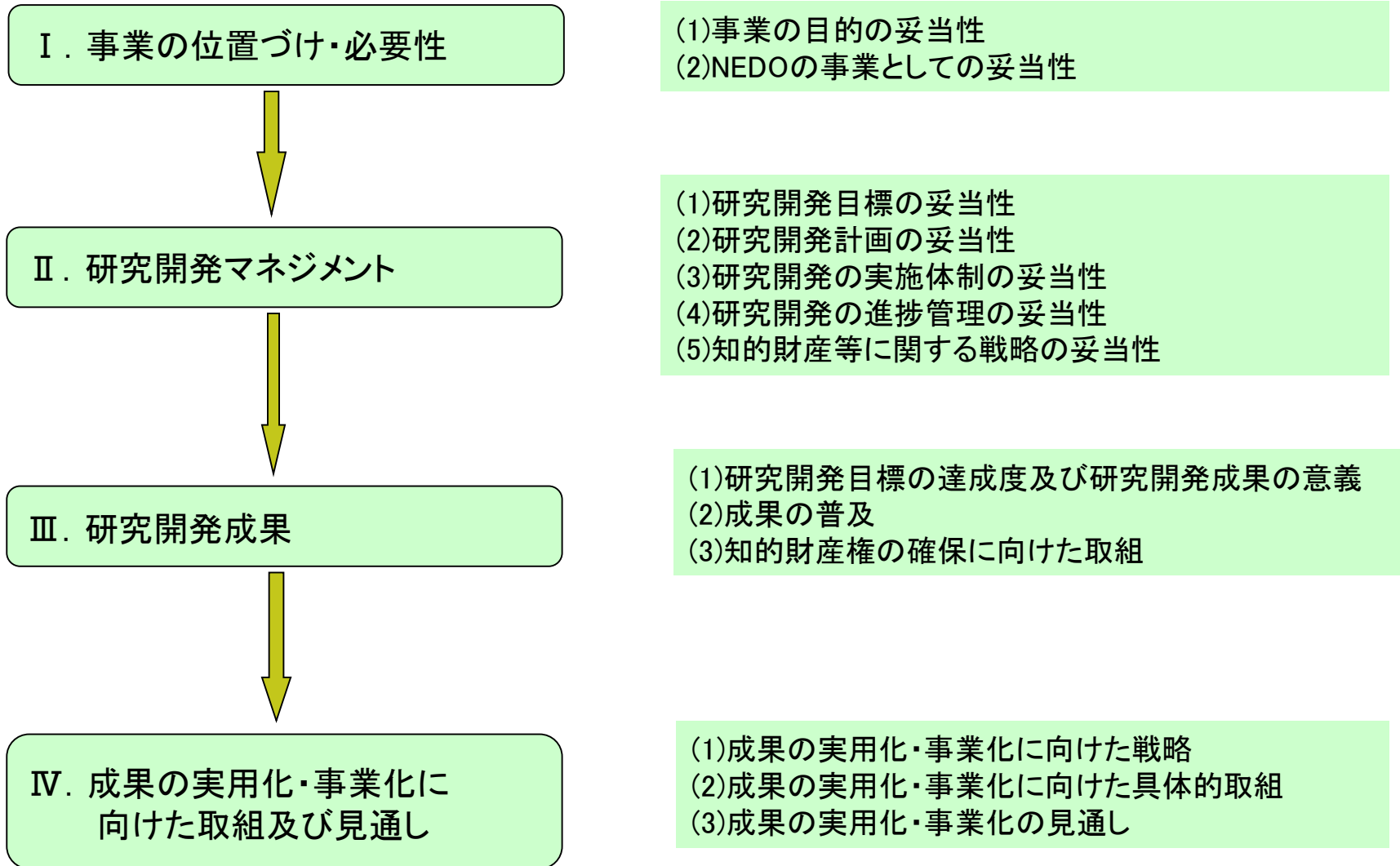
事業の概要説明資料 (公開)

5.1 事業の位置付け、研究開発マネジメント

NEDO

ロボット・AI部

2019年7月22日



1. 事業の位置づけ・必要性

(1) 事業の目的の妥当性

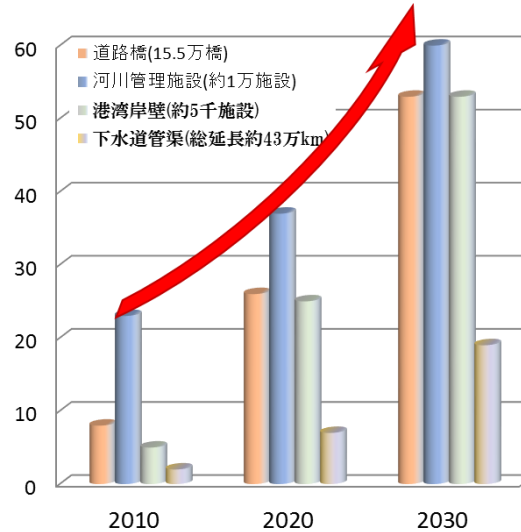
1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景

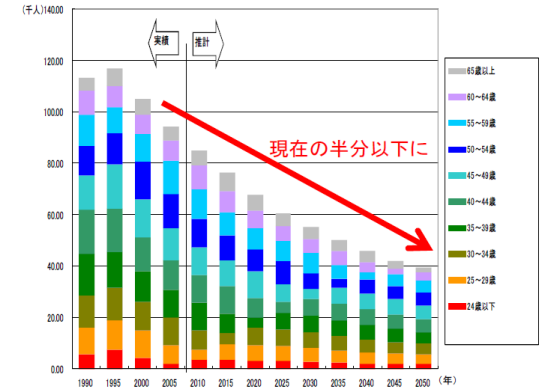


出典)
老朽化対策の本格実施について 国土交通省
<https://www.mlit.go.jp/common/001027125.pdf>

建設後50年以上経過するインフラ施設の割合



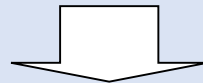
公務部門における建設系技術者・作業員数の推計



出典)
「国土の長期展望」中間とりまとめ
国土審議会政策部会長期展望委員会
<http://www.mlit.go.jp/common/000135838.pdf>

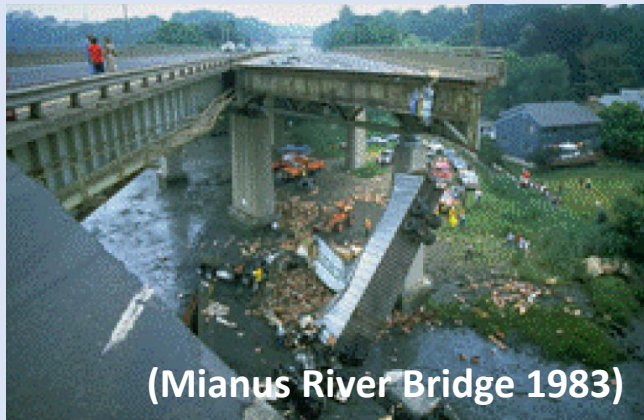
社会的背景

インフラ設備の老朽化、少子高齢化による人手不足は世界的課題
頻発する災害



既存インフラ施設の状態に応じて維持管理する技術の必要性
人が立ち入れない場所で迅速に災害調査が必要

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性



(Mianus River Bridge 1983)



イタリア ジェノバ・モランディ橋の落下(2018年8月14日)
<https://www.bbc.com/japanese/45218447>

参考情報であることを示す

出典)
 国土技術政策総合研究所資料(国総研資料第826号)
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0826pdf/ks0826.pdf>



火山噴火

出典
<http://www.bosai.go.jp/saigai/2010/kirishima.html>



土砂災害

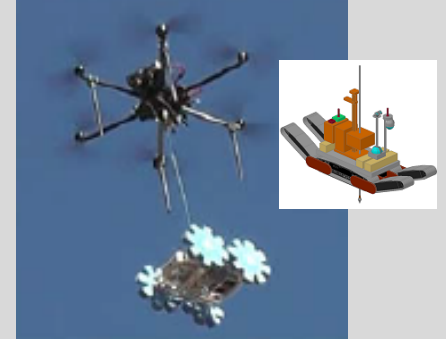
出典
https://www.pwri.go.jp/team/volcano/tech_info/disaster_info/h23_fy2011/20111110_totukawa.pdf



トンネル災害

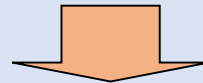
出典
http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/tunnel/pdf/130618_houkoku.pdf

◆事業の目的

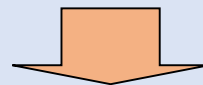


事業の目的

効果的、効率的に構造物の劣化・損傷等を点検・診断する技術等の開発



- ・老朽化対応や災害時対応、確認困難箇所等の対応が安全かつ適切に行えるようになる
- ・インフラ老朽化にコスト・安全性のバランスを鑑みて戦略的な対処が可能となる



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。

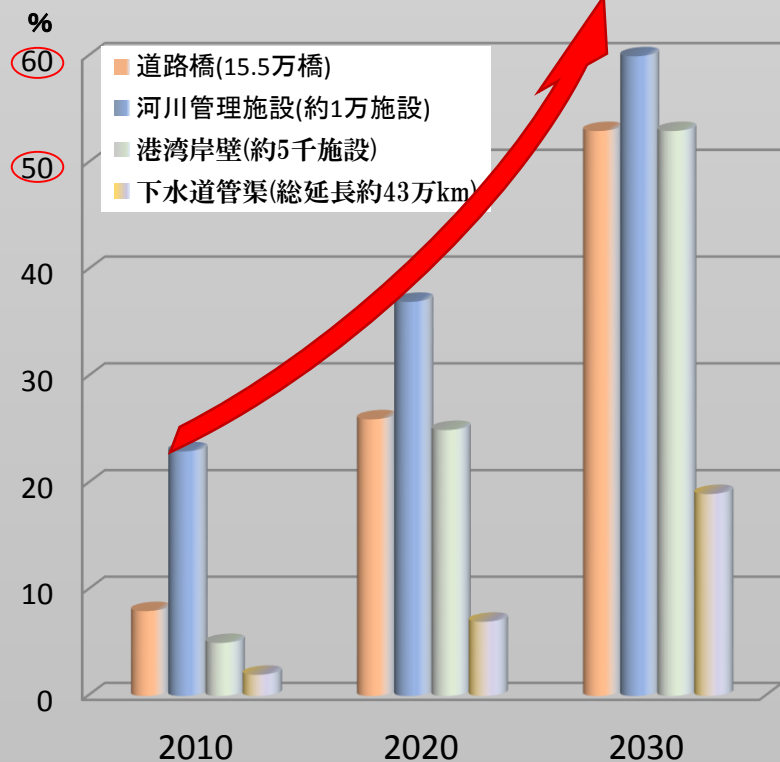
社会的背景

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

1. 老朽化の進展

- 高度成長期以降に整備された社会インフラは、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、鉄鋼所及び発電所などの産業インフラも同様。
- **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る。

建設後50年以上経過するインフラ施設の割合



出典：平成24年度国土交通白書

橋梁



支柱のさびが進行



塩害により鉄筋がむき出し

トンネル



笹子トンネル事故

港湾施設



エプロン部分の陥没

海外の重大事故



中国
過積載車両による橋梁の崩壊



米国ミネソタ州ミネアポリス
ミシシッピ川に架かる高速道路橋の崩落

建設後50年以上経過する社会インフラの割合

	2013年3月	2023年3月	2033年3月
道路橋 [約40万橋 ^{注1} (橋長2m以上の橋約70万のうち)]	約18%	約43%	約67%
トンネル [約1万本 ^{注2}]	約20%	約34%	約50%
河川管理施設(水門等) [約1万施設 ^{注3}]	約25%	約43%	約64%
下水道管きよ [総延長: 約45万km ^{注4}]	約2%	約9%	約24%
港湾岸壁 [約5千施設 ^{注5} (水深-4.5m以深)]	約8%	約32%	約58%

注1: 建設年度不明橋梁の約30万橋については、割合の算出にあたり除いている。

注2: 建設年度不明トンネルの約250本については、割合の算出にあたり除いている。

注3: 国管理の施設のみ。建設年度が不明な約1,000施設を含む。(50年以内に整備された施設についてはおおむね記録が存在していることから、建設年度が不明な施設は約50年以上経過した施設として整理している。)

注4: 建設年度が不明な約1万5千kmを含む。(30年以内に布設された管きよについては概ね記録が存在していることから、建設年度が不明な施設は約30年以上経過した施設として整理し、記録が確認できる経過年数毎の整備延長割合により不明な施設の整備延長を按分し、計上している。)

注5: 建設年度不明岸壁の約100施設については、割合の算出にあたり除いている。

(出展: 平成25年度国土交通白書)

社会的背景

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

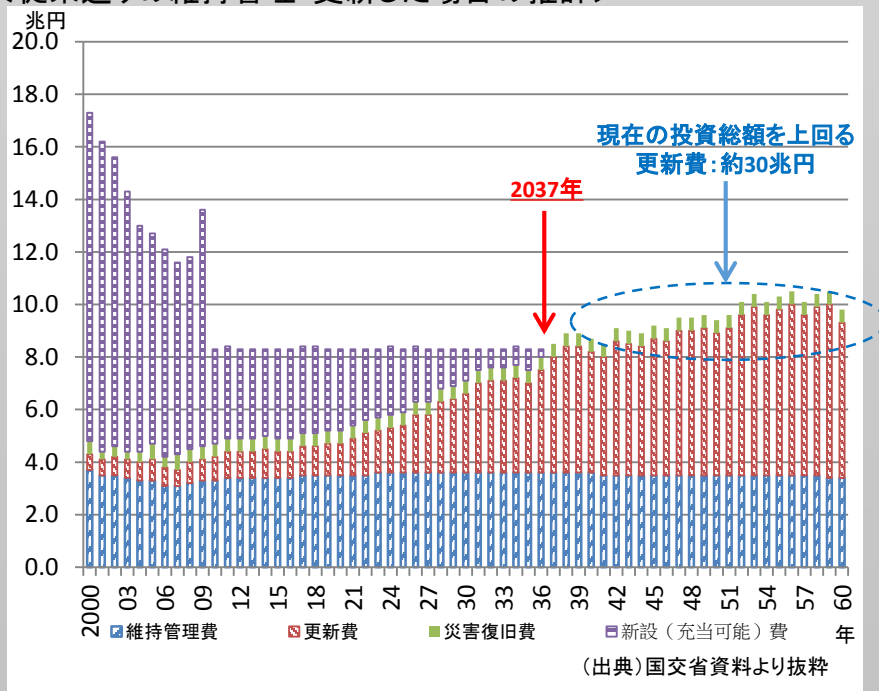
2. 維持管理・更新に対する財政問題

■ 今後、維持管理・更新に従来どおりの支出を行うと仮定した場合、2037年度には現在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(約190兆円分)のうち、約30兆円分(全体の約16%)の更新ができなくなる。

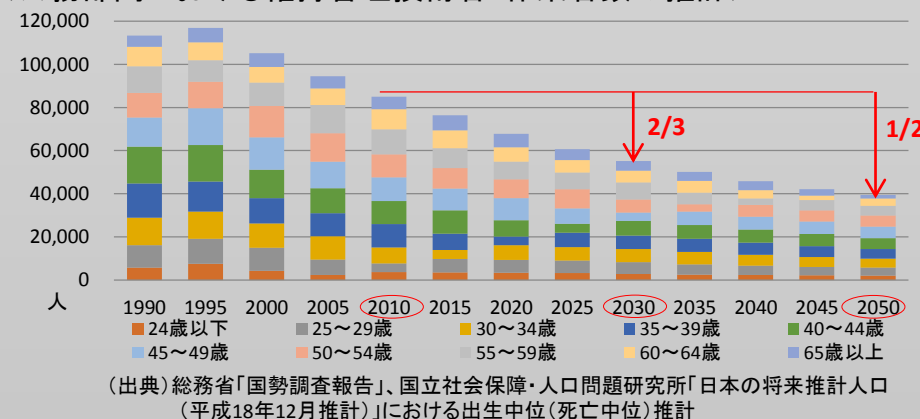
3. 維持管理の人材・技術不足

■ 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。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。

＜従来通りの維持管理・更新した場合の推計＞



＜公務部門における維持管理技術者・作業員数の推計＞



＜インフラ損壊による経済損失の一例＞

対象	損失原因	経済的損失
道路 (首都高)	タンクローリー火災による通行止め	約16億円(5日間)
トンネル	笹子トンネル天板崩落による通行止め	約600億円(45日間)
道路橋	米国ミシシッピ川橋梁崩落による通行止	約210億円(414日間)

＜インフラ別の維持管理者における市町村の割合＞

・橋梁(橋長2m以上)	68%	・道路舗装	66%
・トンネル	23%	・下水道管渠	75%

出所 ※道路: 国土交通省関東地方整備局 記者発表資料抜粋
 ※トンネル: 山梨大学地域防災・マネジメント研究センターの武藤慎一准教授算定
 ※道路橋: 土木学会論文集「米国ミネソタ州での落橋事故の社会的影響」

◆政策的位置付け

■ 科学技術イノベーション総合戦略(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。

■ 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。(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、効果的・効果的なインフラ維持管理・更新を実現する。

■ 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。

■ ロボット新戦略(アクションプラン)(平成27年1月23日ロボット革命実現会議)

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

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。

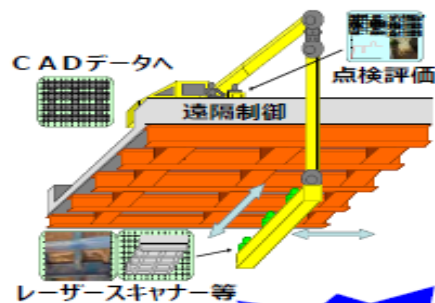
「Ⅲ. 世界に先駆けた次世代インフラの整備」の課題と取組の例

基本的認識と重点的課題

- ・人口減少、少子高齢化、自然災害への備え等の社会環境の急速な変化
- ・高度経済成長期に整備されたインフラが一斉に更新期を迎え、維持補修・更新への多額の投資需要の発生が想定

重点的取組

維持管理ロボットによる省力化



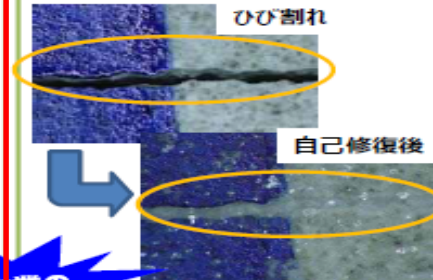
おぼやくチエック

点検・診断技術等のシステム化による情報の自動集約



補修作業の負担軽減

自己修復材料による耐久性の向上



持続的に生活や産業を支えるインフラを低コストで実現
安心してインフラを利用できる社会

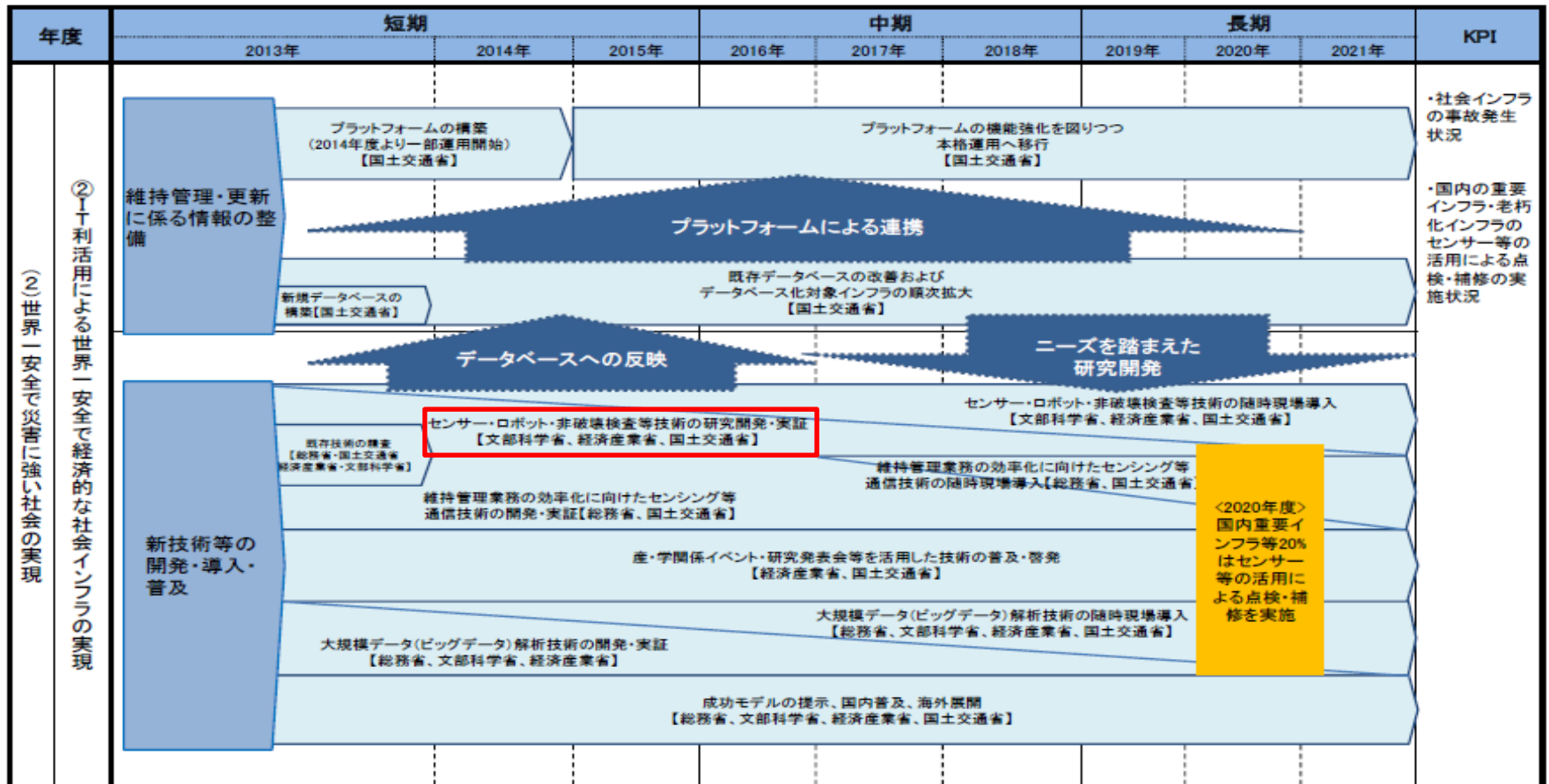
1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

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。

実施スケジュール (2. 健康で安心して快適に生活できる、世界一安全で災害に強い社会)



ロボット新戦略(アクションプラン) (平成27年1月23日 ロボット革命実現会議)

インフラ・災害対応・建設

就業者数の減少・高齢化により、深刻な労働力不足に直面する可能性

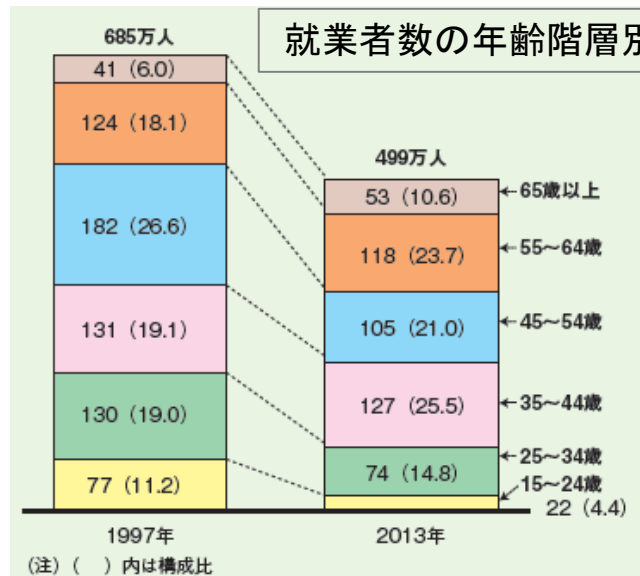
重点分野

- ✓ 建設現場の省力化、作業の自動化により、中長期的な担い手不足に対応
- ✓ インフラの目視点検等にロボットを活用することで、技術者による維持管理を効率化・高度化
- ✓ 災害調査ロボットによる被災状況把握の迅速化、土砂災害現場等における無人化施工の施工効率向上

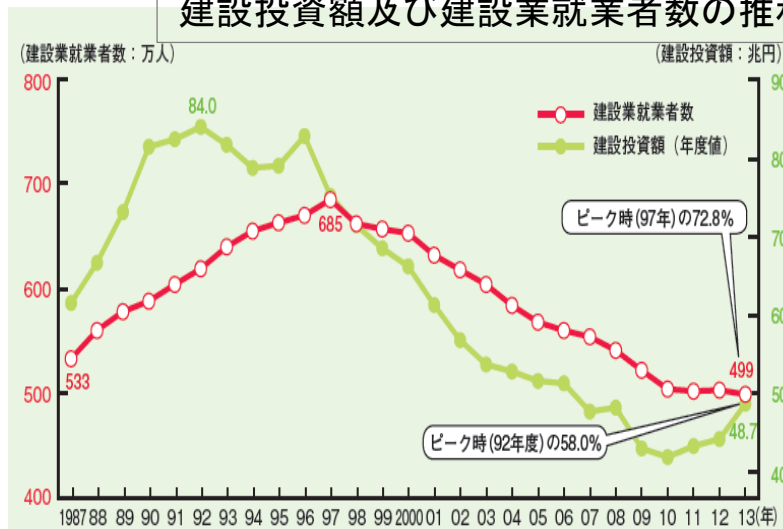
2020年に目指すべき姿

- ◆ 生産性向上や省力化に資する情報化施工技術の普及率3割
- ◆ 国内の重要・老朽化インフラの20%はセンサー、ロボット、非破壊検査技術等の活用により点検・補修を高効率化
- ◆ 土砂崩落や火山等の過酷な災害現場においても有人施工と比べて遜色ない施工効率を実現

就業者数の年齢階層別推移



建設投資額及び建設業就業者数の推移



(注) いわゆる「派遣社員」は含まない。

(『建設業ハンドブック2014』(日本建設業連合会)より)

資料出所：総務省「労働力調査」、国土交通省「建設投資見通し」

◆国内外の研究開発の動向と比較

<世界の取り組み状況>

- 米国では、1960年代後半から橋の事故が続発。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おり、費用面、検査時間及び人材面などにおいて課題あり。
- 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、同様な課題あり。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。

海外の重大事故



米国ミネソタ州ミネアポリス
ミシシッピ川に架かる高速道路橋の崩落

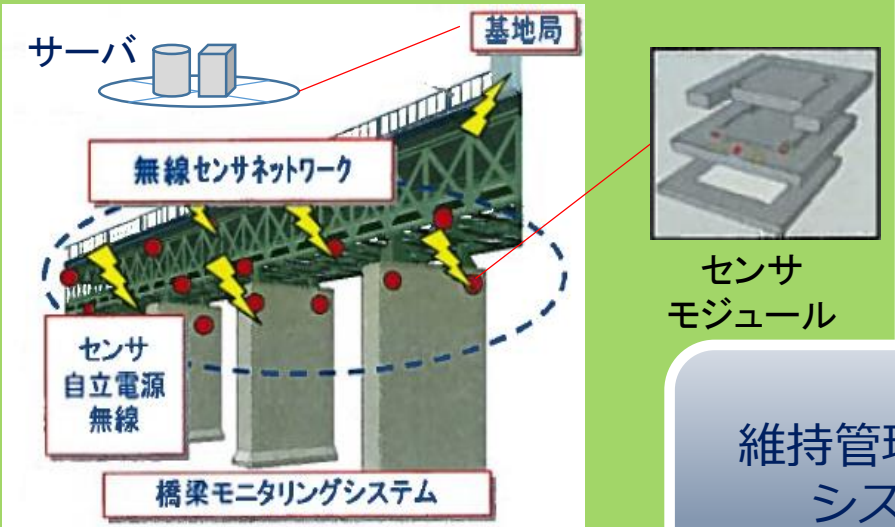


中国
過積載車両による橋梁の崩壊

1. 事業の位置づけ・必要性

事業の概要

① インフラ状態モニタリング用 センサシステム開発



継続的観測

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



維持管理・更新
システム

近接観測

遠隔観測



橋梁点検用
懸垂型移動ロボット



災害調査用
ドローン



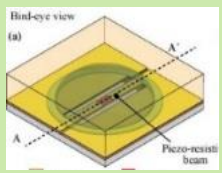
ダム点検用
水上・水中ロボット



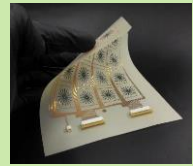
非破壊検査用ロボット

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 インフラ状態モニタリング用 **センサシステム**



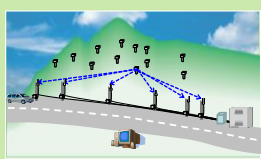
橋梁用SAセンサ



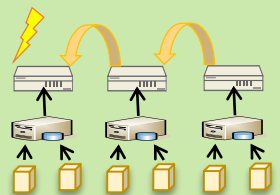
橋梁用面パターンセンサ



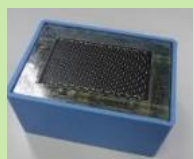
道路構造物傾斜センサ



法面変位センサ



無線通信プラットフォーム



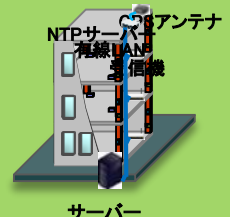
高耐久パッケージング



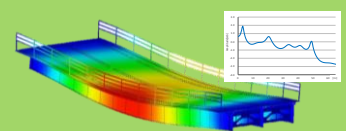
チップ原子時計



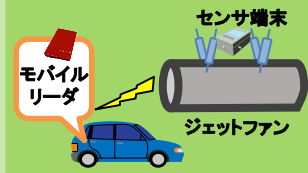
ライラインコアモニタリング



建物健全性センシング



道路橋センサシステム



道路付帯構造物
モニタリング

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

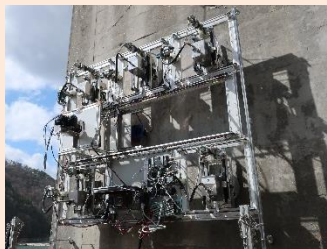


位相解析手法
を用いた
画像計測装置



ひび割れ
モニタリング

橋梁点検用ロボット



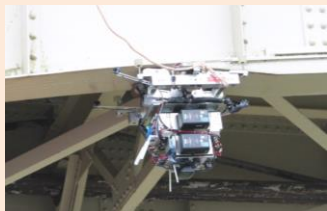
真空吸着型
開発設計コンサルタント



飛行型
川田テクノゾーズ



懸垂型
富士フィルム



磁力吸着型
熊谷組



飛行型
ルーチェサーチ



アーム型
ジビル調査設計

水中心点検用ロボット



複合型
キュー・アイ



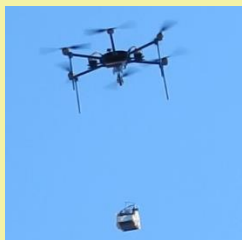
水上航行型
朝日航洋

災害調査用ロボット

<土砂・火山災害>



移動・飛行型
日立



飛行型
国際航業

<トンネル災害>



移動型
三菱重工

非破壊検査装置



超小型X線及び
中性子センサを
用いた検査装置



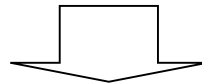
大面積FP型
イメージセンサ

1. 事業の位置づけ・必要性

(2) NEDOの事業としての妥当性

◆NEDOが関与する意義

- 社会インフラは、今後20年間で建設後50年以上を計画する施設の割合が加速度的に高くなり、今後、維持管理・更新に従来通りの支出を行うと仮定した場合、**2037年度には現在のレベルの投資総額を上回り**、必要な更新が追いつかなくなる。
- 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状況から、現在のレベルの維持管理ですら困難となることが予想される。
- このことは、**国の問題であり、急務であることから、民間企業活動にまかせるのではなく、国が主導して取り組んでいくべきもの。**



NEDOがもつこれまでの知識、実績を活かし、国家プロジェクトとして推進すべき事業

ナショナルプロジェクトの在り方

社会課題



社会インフラの点検支援



災害現場の迅速な調査

民間企業等のみでは取り組むことが困難な、
実用化・事業化までに中長期の期間を要し、
かつリスクの高い技術開発に対し、
国の資金提供と技術開発マネジメントの下に取り組む
研究開発事業

(ナショナル・プロジェクトのあり方について - 経済産業省)

www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90427b07j.pdf

◆実施の効果（費用対効果）

1. 維持管理・更新に対する財政問題

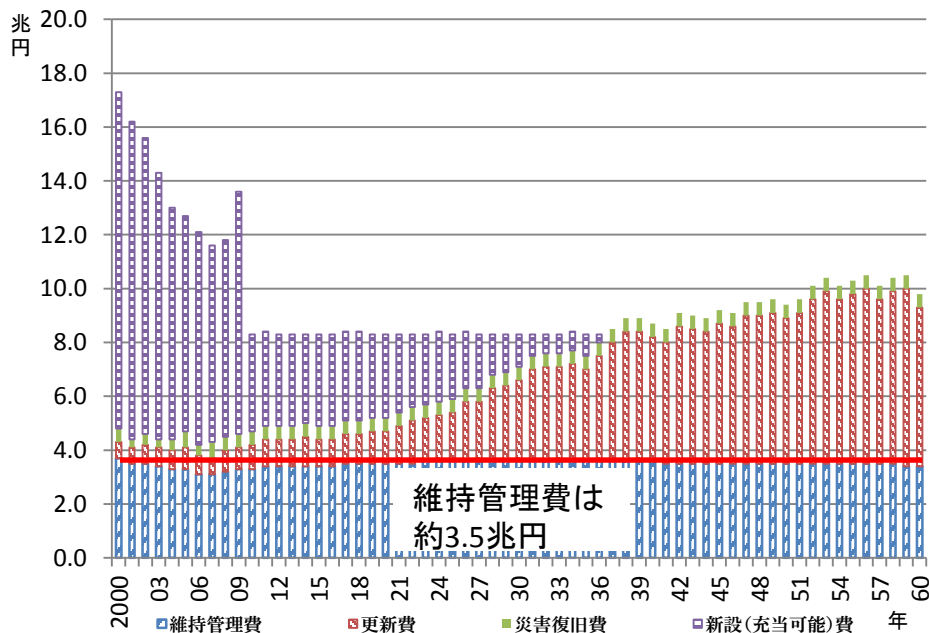
- 今後、維持管理・更新に係る費用の推計は約3.5兆円程度で推移する予測であり、その内20%でセンサー等の活用による点検・補修を前提とした場合、**約7,000億円**の市場が見込まれる。(なお、本PJの事業費は5年間で**約80億円**)

2. 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おり、センサー及びロボットの活用により人材及び技術不足に対応。

＜従来どおりの維持管理・更新をした場合の推計＞

＜センサ等の活用(想定)＞



(出典)国交省資料より抜粋

- 2020年度までには、国内の重要インフラ・老朽化インフラの20%はセンサー等の活用による点検・補修を行うとともに、我が国が、世界共通の課題となりうる社会インフラの老朽化対策のフロントランナーとして、課題解決の成功モデルを構築し、国際展開を図る。

【世界最先端IT国家創造宣言(平成25年6月14日閣議決定)】

費用対効果を示しましたが、第1は

社会的使命を果たすことが目標

➤ 本プロジェクトの背景

- 社会課題: インフラ施設の老朽化、作業員の減少
- 市場の大きさが見込めないため、民間企業の積極的参入が見込めない
→ 国家プロジェクトとしてシステムを開発することが必要

➤ 実用化・事業化についての考え方

- 本事業は、インフラ施設の維持管理に具体的に貢献できる実用的な技術を開発することを目標とするプロジェクトであり、**社会的使命を支える技術開発が目的**である。
- 開発するシステムは、**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. 研究開発マネジメント

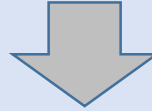
2. 研究開発マネジメント

(1) 研究開発目標の妥当性

◆事業の目標

社会的背景

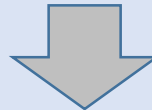
社会インフラの老朽化
老朽化に対する十分な資金と高度の維持管理の専門知識を有する人材の不足
対策は世界的課題



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・更新等を図る方法の必要性

事業の目的

技術による維持管理・更新の支援



- ・的確かつ迅速に状態を把握できる**モニタリング技術**の開発
- ・点検・調査を行う**ロボット技術**・**非破壊検査技術**等の開発

◆ 事業の目標

基本計画

項目	最終目標	アウトカム
① センサシステム ② イメージング ③(2) 非破壊検査	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平成30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。 ■ その装置は、事業終了後2年(平成32年度)以内の実用化を目指した、妥当なコストを考慮。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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。
③(1) ロボット	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平成29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。 ■ そのロボットは、事業終了後2年(平成31年度)以内の実用化を目指した、妥当なコストを考慮したもの。 	

◆ 研究開発目標と根拠

先行PJ※1の検討結果から目標設定

	基本計画の目標値	根拠
① セン サシ ステ ム	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を構築	
	振動または変位、温度計測機能	構造物の経時変化による劣化および地震や想定外の外力による突発事象を検出および、健全度診断には、振動、変位、傾斜、変形、温度等の計測が必要である。
	1回/時以上の無線通信 自立電源動作 地震等の突発事象検出	社会インフラの経時変化はそれ程急に発生するものではないので、1日数回の状態計測および、地震等の突発事象をイベントドリブンで検出できる必要がある。 道路の場合、ラッシュ時の朝、夕および太陽光の影響が最も大きく、最も高温になると思われる昼と気温が最も下がる夜に計測することが必要である。
	サイズ：概ね7cmx10cmx5cm 以下	取り付けが容易に行えるよう、作業者が片手で持ち運びおよび据え付けが可能な手のひらサイズ。
	無線通信：免許不要、通信距離30 m以上	広範な場所での使用が可能のように、電波法による無線局の免許が不要な周波数を使用する。また、無線の到達距離30mは、受信感度と通信距離の関係推定式をもとに、見通しが良くない屋内の品質係数にて、受信信頼性(-90dBm)が得られる距離である。
信頼性：10年以上	耐久性の達成目標は、現行屋外で使用されている太陽電池パネルと、厳しい信頼性が要求されている車載電子部品の信頼性に準拠するものとした。また、寿命に関しては、ユーザヒアリングで要求された10年以上を実環境下で達成するものとした。	

※1、社会課題対応システム開発プロジェクト(研究開発成果等の他分野での先導研究)

◆ 研究開発目標と根拠

	基本計画の目標値	根拠
② イ メ ー ジ ン グ	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	
	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	国土交通省通達「土木コンクリート構造物の品質確保について」において、ひび割れ発生状況調査要領として0.2mm以上のひび割れ幅について展開図および対応する写真撮影を行うこととしている。幅0.2mmのひび割れは、人目でも判断に迷う事例が1/4ほど存在する。そのため、人目での判断をやや上回る8割以上を目標とすることとした。
	平面／奥行きの変形を計測、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	国土交通省の橋、効果の道路等の技術基準より、橋のたわみの許容値は支間長（10m以下）の1/2000であり、その1/10の精度（1/20000）で変位を計測できる必要がある。道路橋は、2m以上のものが70万橋、15m以上は15万5千橋であり、大部分は15m以下である。よって、支間長の2万分の1の変位および、15m以上の構造物を計測できることを目標とした。

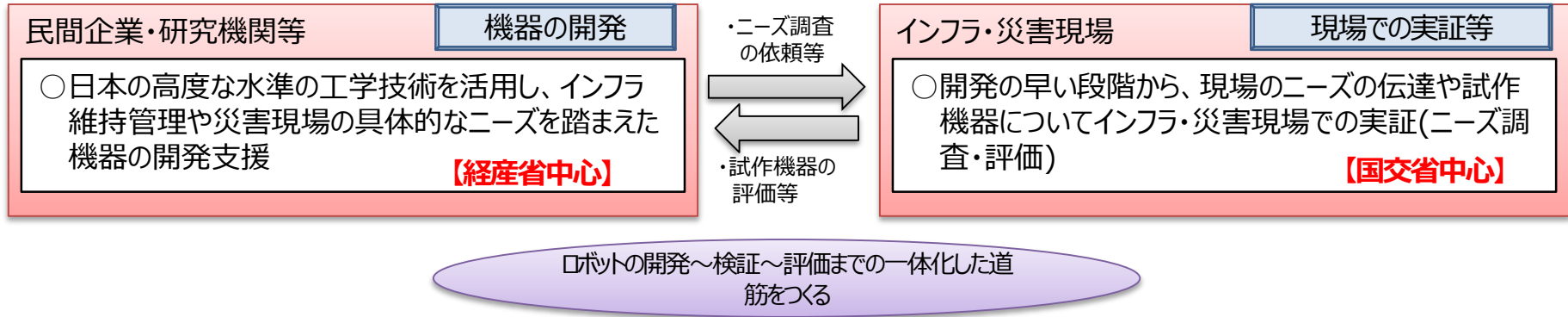
◆ 研究開発目標と根拠

省庁間連携プロジェクトとして目標設定

	基本計画の目標値	根拠
③ ロボット	<p>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。</p>	
	<p>ロボット分野 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を開発</p>	<p>「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」 ※1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。（4年間）</p>
	<p>非破壊検査装置分野 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小型の非破壊検査装置を開発</p>	<p>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。（5年間）</p>

※1 『次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野』（平成25年12月25日 国交省・経産省公表）
www.mlit.go.jp/common/001035796.pdf （次頁参照）

次世代社会インフラ導入重点分野と省庁連携



『次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野』（平成25年12月25日 国交省・経産省公表）

国土交通省と経済産業省において、重点的に開発支援する分野を特定（平成26年度から開発支援）

(1) 維持管理

○橋梁

- ・近接目視の代替ができる装置
- ・打音検査の代替ができる装置
- ・点検者を点検箇所に近づける作業台車



○トンネル

- ・近接目視の代替ができる装置
- ・打音検査の代替ができる装置
- ・点検者を点検箇所に近づける作業台車



○河川及びダムの中筒所

- ・堆積物の状況を全体像として効率的に把握できる装置
- ・近接目視の代替ができる装置



(2) 災害対応

○災害状況調査（土砂崩落、火山災害、トンネル崩落）

- ・土砂崩落及び火山災害現場において、高精細な画像・映像や地形データ等の取得ができる装置
- ・土砂崩落及び火山災害現場において、含水比や透水性等の計測等ができる装置
- ・トンネル崩落において、引火性ガス等に係る情報の取得ができる装置
- ・トンネル崩落において、崩落状態や規模を把握するための高精細な画像・映像等の取得ができる装置



○応急復旧（土砂崩落、火山災害）

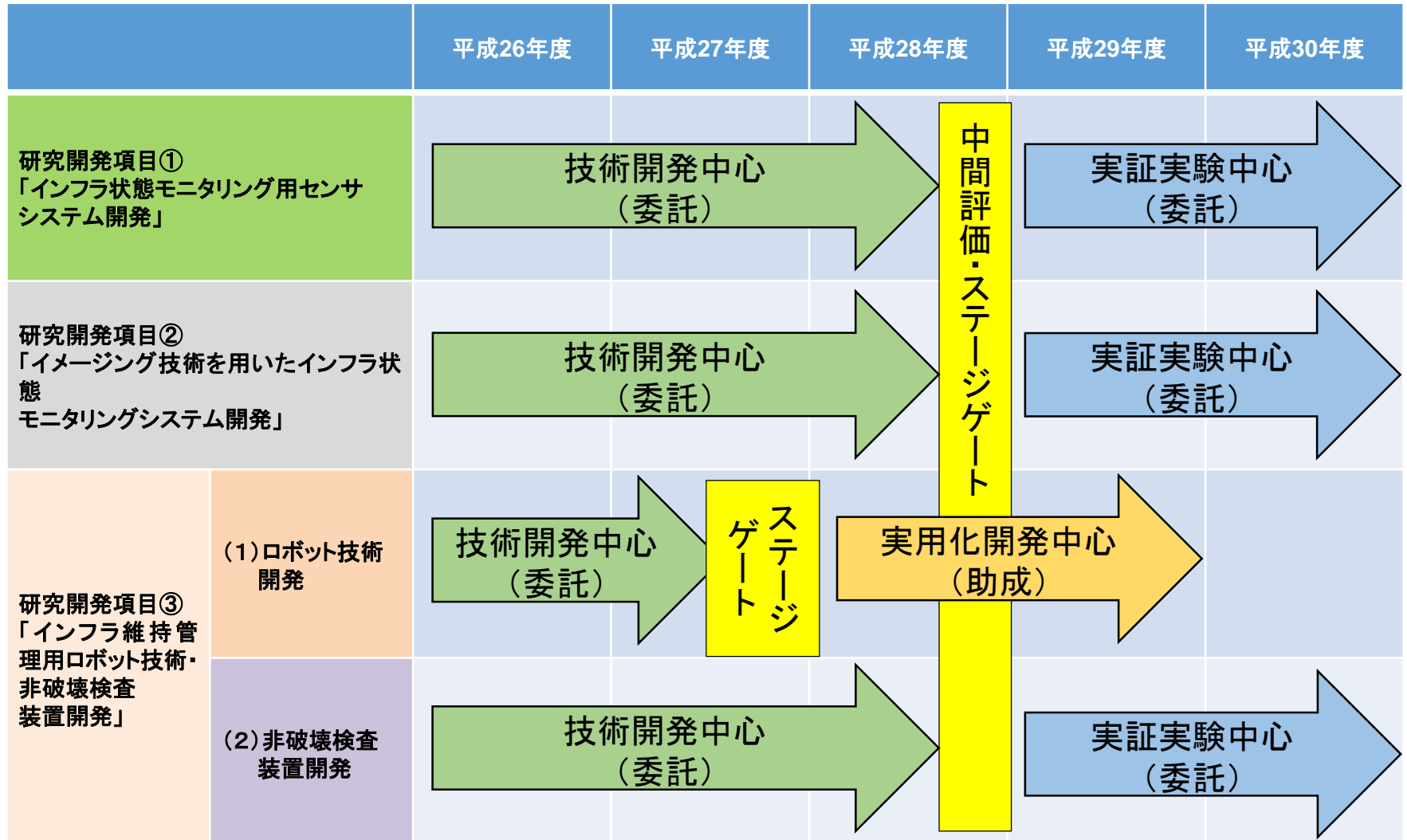
- ・応急復旧ができる技術
- ・排水作業の応急対応ができる技術
- ・遠隔・自律制御にかかるとの情報伝達ができる技術



2. 研究開発マネジメント

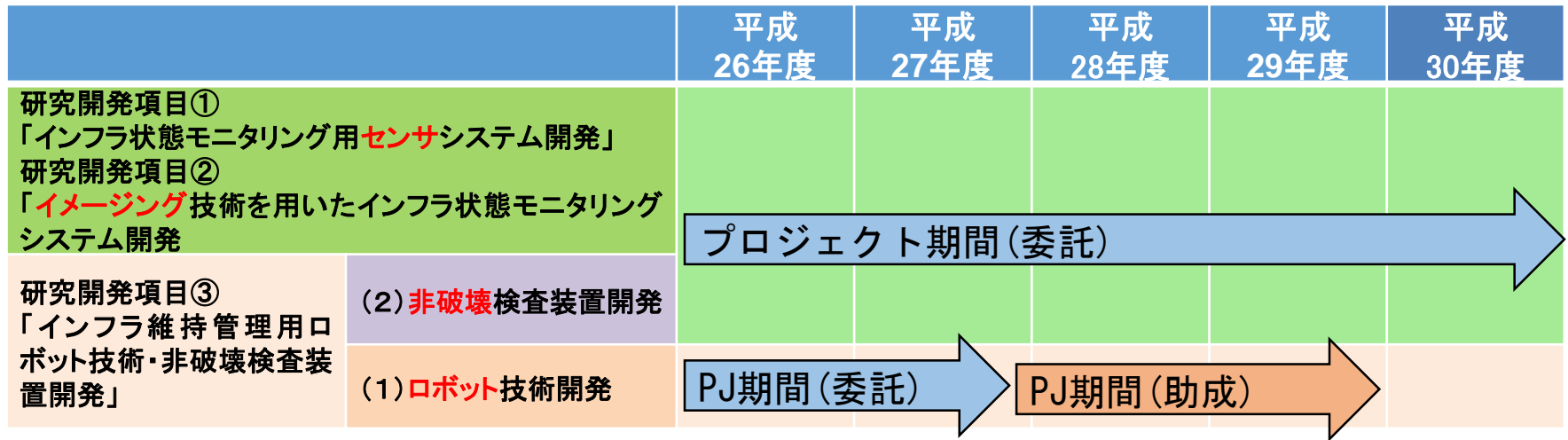
(2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール



2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆プロジェクト費用



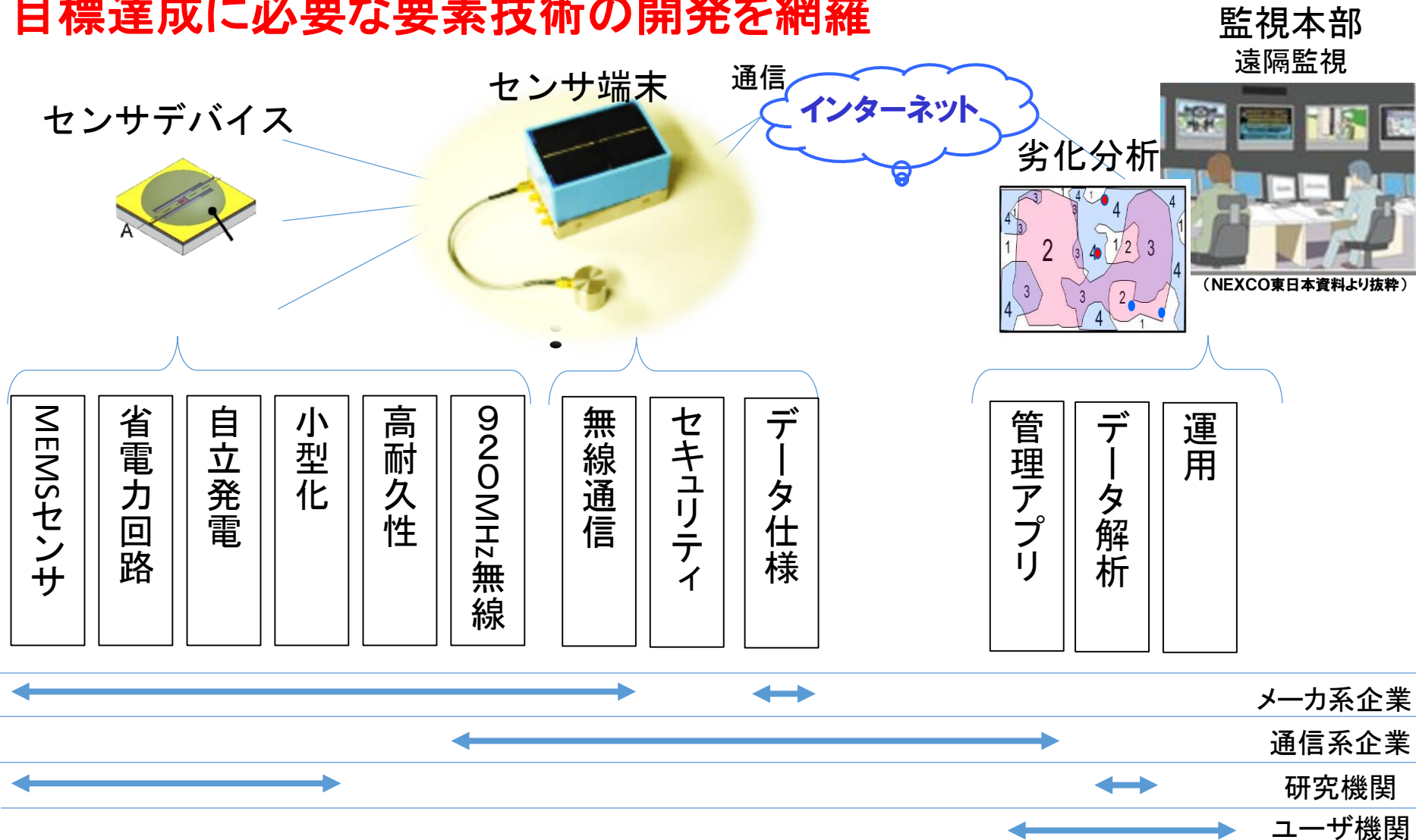
◆費用

(単位:億円)

研究開発項目(単位:億円)		H26	H27	H28	H29	H30	合計
①インフラ状態モニタリング用センサシステム開発		7.2	12.7	10.0	10.1	8.7	48.7
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		0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	3.2
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	(1)ロボット技術開発	7.0	7.6	3.7	2.7	-	21.0
	(2)非破壊検査装置開発	0.8	1.0	1.2	0.9	0.7	4.7
④ロボット性能評価手法等の研究開発				2.1			2.1
合計		15.7	21.9	17.7	15.2	10.1	80.6

目標達成のための要素技術の網羅性

目標達成に必要な要素技術の開発を網羅

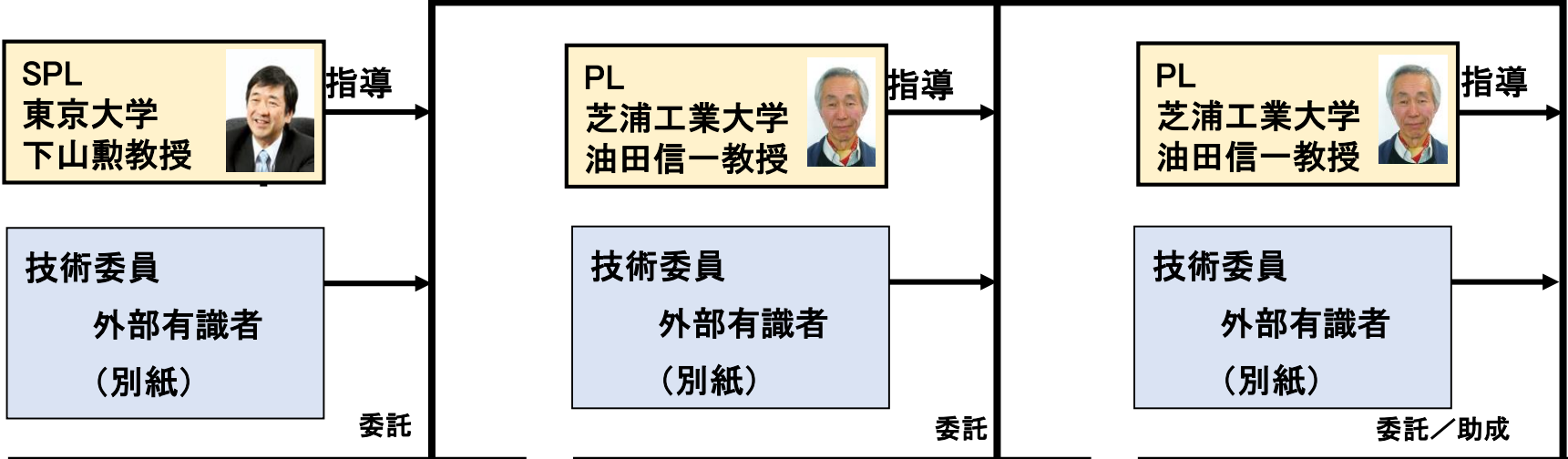


2. 研究開発マネジメント

(3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

PL: プロジェクトリーダー、SPL: サブプロジェクトリーダー
組織名、役職は事業実施当時のもの

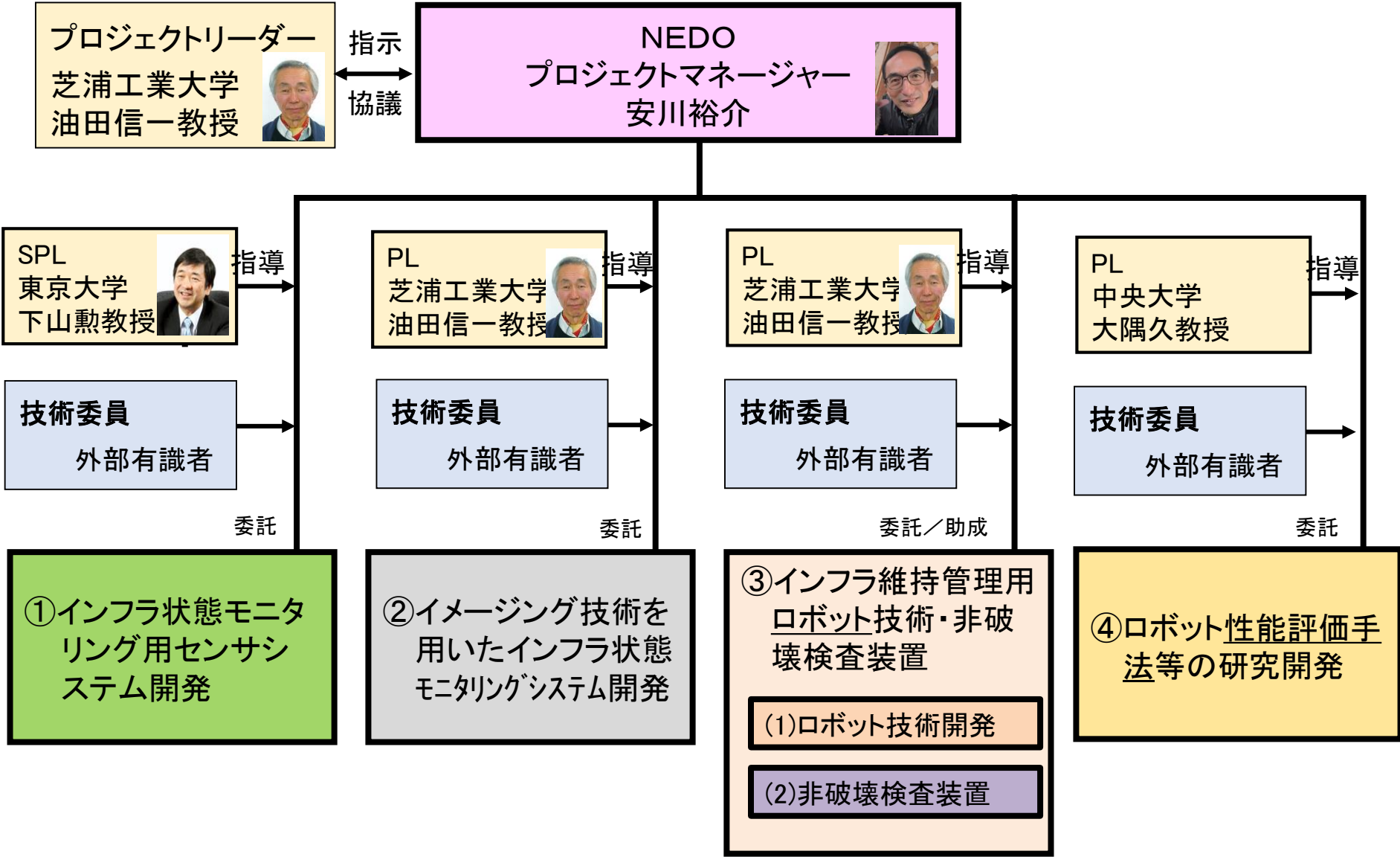


- ① インフラ状態モニタリング用センサシステム開発
- ② イメージング技術を用いたインフラ状態モニタリングシステム開発
- ③ インフラ維持管理用ロボット技術・非破壊検査装置
 - (1) ロボット技術開発
 - (2) 非破壊検査装置

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

PL: プロジェクトリーダー、SPL: サブプロジェクトリーダー
所属、役職は事業実施当時のもの



◆ 研究開発の実施体制（技術委員）

目的・内容

- 本事業の目的及び目標に照らして成果を最大化するために、**推進委員会やサイトビジットにおいて適切な評価や助言**を行い、NEDOの運営管理をサポートする



センサシステム・イメージングシステム分野の技術委員

氏名	所属	役職	分野
松田 浩	長崎大学大学院 工学研究科 教授	教授	画像・インフラ
三田 彰	慶應義塾大学 理工学部 教授	教授	センサ・インフラ
大和田 邦樹	一般社団法人 次世代センサ協議会 専務理事	専務理事	センサ・標準化
河西 龍彦	宮地エンジニアリング株式会社 執行役	執行役	事業化

ロボット分野の技術委員

氏名	所属	役職	分野
木村 嘉富	国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部	部長	インフラ
伊藤 文夫	日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所	技師長	インフラ
増 竜郎	先端建設技術センター	技術調査部長	インフラ
浅間 一	東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻	教授	ロボット
大須賀 公一	大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻	教授	ロボット
栗栖 正充	東京電機大学 工学部 機械工学科	教授	ロボット
菅野 重樹	早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科	教授	ロボット
三治 信一郎	(株)NTTデータ経営研究所 事業戦略コンサルティングユニット	グループ長	事業戦略

非破壊検査装置分野の技術委員

氏名	所属	役職	分野
菅野 重樹	早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科	教授	ロボット
大竹 淑恵	国立研究開発法人理化学研究所	チームリーダー	センサ
細田 祐司	一般社団法人日本ロボット学会	理事／事務局長	ロボット
五内川 拓史	株式会社ユニファイ・リサーチ	代表取締役社長	事業化

所属、役職は事業実施当時のもの

◆ 研究開発の実施体制 (研究開発実施者1)

組織名は事業実施当時のもの

● 開発者

■ ユーザ

() 再委託先

① SPL: 富山県立大学
下山勲教授

NEDO

② PL: 芝浦工業大学
油田信一教授

① インフラ状態モニタリング用センサシステム開発

道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発

NMEMS技術研究機構

(1) センサ端末及びモニタリングシステムの研究開発

(1-1) 橋梁

(1-1-1) スーパーアコースティック

● (担当: (株)東芝、東京大学、京都大学)

(1-1-2) フレキシブル面パターン

● (担当: (国研) 産業技術総合研究所、大日本印刷(株))

(1-2) 道路付帯構造物(標識板等)

● (担当: 富士電機(株))

(1-3) 法面

● (担当: 三菱電機(株))

(2) センサシステム共通基盤技術の研究開発

(2-1) 無線通信ネットワーク共通PF

● (担当: (株)エヌ・ティ・ティ・データ)

(2-2) 高耐久性パッケージング共通PF

● (担当: MMC、日本ガイシ(株)、大日本印刷(株))

(3) 実証・評価研究共通PF

■ (担当: NEXCO東日本・中日本・西日本、阪神高速を含む全参画機関)

(4) 原子時計

● (担当: (国研) 産業技術総合研究所、(株)リコー、(一財)マイクロマシンセンター、首都大学東京、東京工業大学、京都大学)

ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発

● (一財)マイクロマシンセンター、● (国研) 産業技術総合研究所、● 明星電気(株)、● 沖電気工業(株)、■ 高砂熱学工業(株)、(● 東京大学)

高信頼センサによるインフラモニタリングシステムの研究開発

● 横河電機(株)、(■ 大成建設(株)、● 長野日本無線(株)、● 東京大学)

道路付帯構造物モニタリングシステム開発

● ■ (株)日立製作所

道路橋の維持管理及び防災・減災を目的としたセンサシステムの研究開発

● 日本電気(株)、■ (一財)首都高速道路技術センター

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

道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発

■ 首都高技術(株)、● 東北大学、● (国研) 産業技術総合研究所、(● (株)アダコテック)

位相解析手法を用いたインフラ構造物用画像計測システムの研究開発

■ ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)、● ■ (株)共和電業、● 4Dセンサー(株)、● 福井大学

2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制 (研究開発実施者2)

組織名は事業実施当時のもの

● 開発者

■ ユーザ

() 委託先

□ 開発協力

NEDO

①、②

③PL: 芝浦工業大学
油田信一教授

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

橋梁維持管理

インフラ診断ロボットシステム (ALP) の研究開発

● ■ (株)開発設計コンサルタント、(● 法政大学、● 岡山大学、● ステラ技研(株)、● 開発電子技術(株))

磁石走行式ロボット等を活用した橋梁点検ロボットの開発

● (株)熊谷組、● (株)移動ロボット研究所、(● 名古屋大学、● つくばソフトウェアエンジニアリング(株))、■ [西日本高速道路エンジニアリング四国]

複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステムの研究開発

● 富士フイルム(株)、● (株)イクスリサーチ、(■ 首都高速道路技術センター)

マルチコプタを利用した橋梁点検システムの研究開発

● 川田テクノロジーズ(株)、■ 大日本コンサルタント(株)、(● (国研)産業技術総合研究所)

水中維持管理

可変構成型水中調査用ロボットの研究開発

● (株)キュー・アイ、● (株)日立製作所、● ((国研)産業技術総合研究所)、■ [ノダック]

河川点検を効率化・高度化するフロートロボットの開発

● ■ 朝日航洋(株)

小型無人ヘリを用いた構造物点検技術開発

● ■ ルーチェサーチ(株)、(■ (株)建設技術研究所)

橋梁桁端部点検診断ロボットの開発

● ■ ジビル調査設計、(● 福井大学)

災害調査

土石流予測を目的としたセンシング技術ならびに高精度土石流シミュレーションシステムの開発

■ 国際航業(株)、● (株)エンルート、(● 東北大学、● 工学院大学、● (株)フィールドプロ)

災害調査用地上／空中複合型ロボットシステムの研究開発

● (株)日立製作所、● (株)エンルート、■ 八千代エンジニアリング(株)、● ((国研)産業技術総合研究所)

引火性ガス雰囲気内探索ロボットの研究開発

● 三菱重工業(株)、(● 千葉工業大学)

非破壊検査

超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発

● (株)日立パワーソリューションズ、● (国研)産業技術総合研究所、● 静岡大学、(■ 三菱ケミカル)

◆ 研究開発の実施体制 (大学や公的機関の関与)

	委託先コンソ名	開発に参加・協力の大学や公的機関
センシング技術	NMEMS技術研究機構	産総研、京都大学、東京大学、首都大学東京、東京工業大学
	横河電機	東京大学
	マイクロマシンセンターコンソ	東京大学
	日本電気	
	日立製作所	
イメージング技術	福井大コンソ	福井大学
	首都高技術コンソ	東北大学、産総研
ロボット技術	川田テクノロジーズ	産総研
	ルーチェサーチ	
	富士フイルム	
	ジビル調査設計	福井大学
	開発設計コンサルタント	法政大学、岡山大学
	熊谷組	名古屋大学
	キュー・アイ	産総研
	朝日航洋	
	国際航業	東北大学、工学院大学
	日立製作所	
	三菱重工業	千葉工業大学
非破壊検査技術	日立パワーソリューションズコンソ	
	産総研	産総研、静岡大学

2. 研究開発マネジメント

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性 進捗状況の把握

◆ 研究開発の進捗管理

1. 目標とそれを実現する手段の明確化による進捗管理

プロジェクトの大目標とそれを実現するための運用手段3項目を設定した。

大目標：実現場での実用性をとくに重視したシステム開発

中目標：

1. 社会とユーザの要求(ニーズ)に基づいた開発目標の設定
2. 開発されたシステムを使うユーザを含む開発体制
3. 現場での実証実験を繰り返しつつ開発を推進

2. 推進委員会による進捗管理 (PM, PL、技術委員による確認と指導)

研究開発項目ごとに、推進委員会を毎年繰返開催し進捗管理を行った。

年初は当年度の開発計画をチェックし、中期は進捗確認、年末は技術交流。

3. 現場実証実験やサイトビジットによる進捗管理

開発システムの現場適用状況を確認。

サイトビジットではPM, PL、技術委員による確認と指導。

①センサシステム・②イメージング技術は全者、③ロボットは毎年全者の現場実験を訪問

1. 研究開発の運営方針 (目標・手段の設定)

このプロジェクトの大目標

実現場での実用性をとくに重視したシステム開発

- 実現場を支援するための技術。 ■ 現場で役に立つシステムの開発。
- 汎用性より、具体性を重視
- 要素技術は必要なときに(のみ)開発

大目標を実現するための手段

(1) 社会とユーザの要求(ニーズ)に基づいた開発目標の設定

- 実用的な運用方法をベースとして開発目標・達成目標を設定。
- 目標の設定には、(シーズ側から見た)システムの実現性が重要

(2) 開発されたシステムを使うユーザを含む開発体制

- 現場でシステムを使用するユーザを開発チームに含め、連携して開発を進める
- 実用化開発と実証試験を協力して行う体制を構築。

(3) 現場での実証実験を繰返しつつ開発を推進

- 実証実験と検証評価を繰り返して行いつつ、実証フィールドで動作させた結果を評価して、開発にフィードバック。
- 実証フィールドは、実現場、または、出来る限り実現場に近い環境とする
- 評価においては、ユーザ視点で実用性を実証すること

1-(1) ニーズに基づいた目標の設定



老朽橋梁の点検



要注意法面の監視



ライフラインの維持



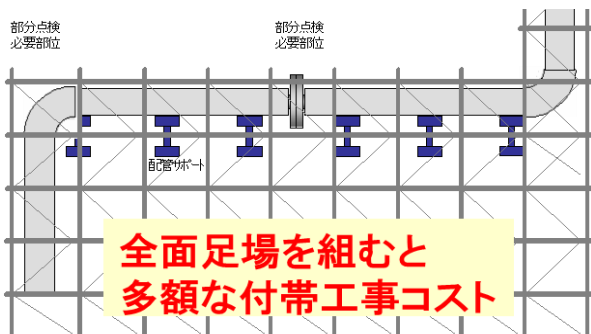
道路情報板の点検コスト低減



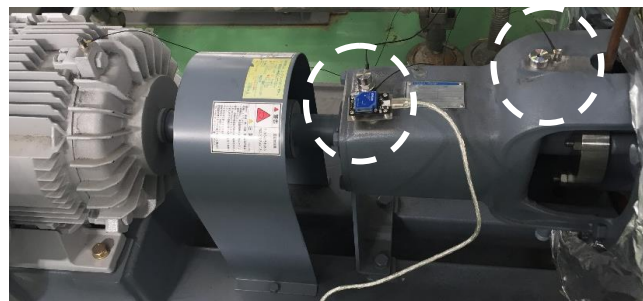
配管の腐食検出



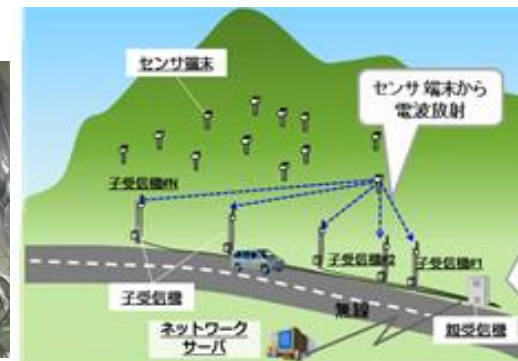
メンテナンス技術者の不足対策



検査コストの低減(足場構築)



ポンプの故障検出



法面の崩壊監視

1-(2) ユーザを含む開発体制 (センサシステム分野、イメージング技術分野)

- 現場でシステムを使用するユーザを開発チームに含め、**連携**して開発を進める
- 実用化開発と実証試験を協力して行う体制を構築。



委託先コンソ名	開発に参加・協力のユーザ
センシング技術	
NMEMS技術研究機構	東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)、阪神高速道路(株)
横河電機	大成建設
マイクロマシンセンターコンソ	高砂熱学工業
日本電気	首都高速道路技術センター
日立製作所	日立製作所(自社事業)
イメージング技術	
福井大コンソ	ジェイアール西日本コンサルタンツ
首都高技術コンソ	首都高技術
非破壊検査装置技術	
日立パワーソリューションズコンソ	三菱ケミカル
産総研	産総研ベンチャー

1-(2) ユーザを含む開発体制 (ロボット分野)

- 現場でシステムを使用するユーザを開発チームに含め、連携して開発を進める
- 実用化開発と実証試験を協力して行う体制を構築。



コンソ名	実証試験に参加・協力のユーザ
川田テクノロジーズ	大日本コンサルタント
ルーチェサーチ	建設技術研究所
富士フィルム	首都高速道路技術センター
ジビル調査設計	ジビル調査設計(自社使用)
開発設計コンサルタント	J-POWERおよびグループ会社
熊谷組	西日本高速エンジニアリング四国
キュー・アイ	キュー・アイ(自社使用)、ノダック
朝日航洋	朝日航洋(自社使用)
国際航業	国際航業(自社使用)
日立製作所	エンルート、八千代エンジニアリング
三菱重工業	(自社オペレータによる操作)

1-(3) 現場での実証実験 (センサシステム分野、イメージング分野)



道路橋梁(郡山市)



三菱ケミカルプラント(大竹市)



三岳山トンネル(新東名高速道路)



法面(東日本高速道路管内)



晴海アイランド地区熱供給センター



高架橋(阪神高速道路管内)



跨道橋(北陸新幹線)

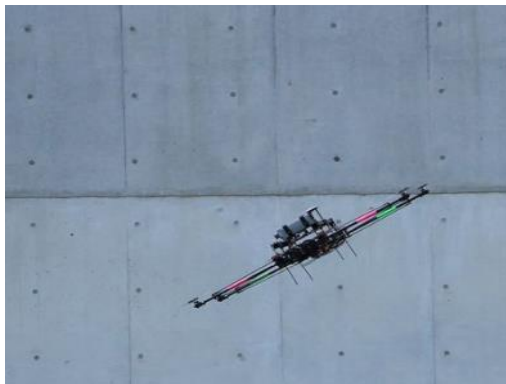


橋梁(西日本高速道路管内)



化学プラント(大竹市)

1-(3) 現場での実証実験 (ロボット分野)



可変ピッチドローン



懸架型橋梁点検ロボット



橋梁点検車と
ドローンの連携運用



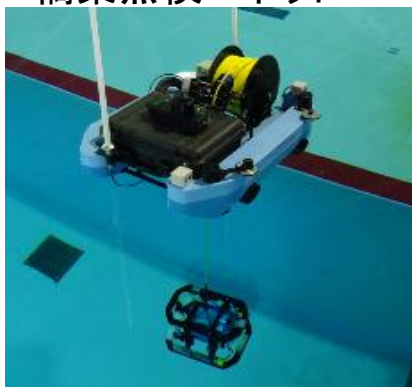
アーム型点検ロボット



橋梁点検ロボット



河川点検ロボット



ダム堤体点検ロボット



無人災害調査車両

2 進捗管理の例(推進委員会2018年度)

	H29/4Q	H30/1Q	H30/2Q	H30/3Q	H30/4Q	
①センサ ②イメージング ③非破壊	年度計画検討(2月～3月)	実施方針ヒアリング (3月～4月) 委託先毎個別 達成目標再確認	技術検討会(7/25) 全実施者が一堂に集合 技術交流	サイトビジット (9月～12月) 実現場確認・7ヶ所 技術委員	学会発表(11月) 技術委員による成果評価 技術委員 最終成果検討会 (12月)	NEDOインフラ 公開シンポジウム (2月1日) 研究成果発信



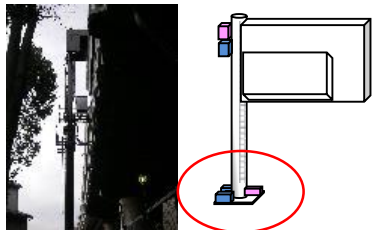
小冊子作成

技術検討会
・技術交流サイトビジット
・委員による現地技術評価
・成果公開用の動画撮影、最終成果検討会
・委員による成果評価NEDOインフラ
モニタリング技術シンポジウム

3. サイトビジットの例 (2018年度①センサシステム分野等)



NEC(福島県郡山市)
道路橋のモニタリング。
卓越振動数の変化から劣
化を検出



富士電機(東京都調布市)
道路案内板の振動監視。
温度、振動、傾斜の関係
から異常を検知



三菱電機(山形県)
道路法面の地滑り検
知。
電波を使うことで高精度
に3次元変位を検知



日立パワー(広島県大竹市)
プラント配管点検用ロボットシ
ステム。X線、中性子線を用い
て、配管保護材の水分量、鋼
管の減肉を計測



産総研・リコー
(宮城県名取市)
超省電力小型原子時計。
暴露試験状況の視察

現場実証実験の例 2018年度 ①センサシステム、②イメージング技術分野

分野	委託先	実施日	サイトビジット場所
センサシステム	NMEMS(富士電機、標識)	10/22	中央自動車道管内
	NMEMS(三菱電機、法面)	10/25	東日本高速道路管内
	NMEMS(産総研・原子時計)	10/24	宮城県名取市リコー応用電子研究所屋外実験施設
	日本電気(橋梁モニタ)	9/12	福島県郡山市鋼橋
	横河電機(建造物モニタ)	11/6	神奈川県横浜市大成建設技術センター
非破壊検査	日立パワーソリューションズ(非破壊)	11/14	広島県大竹市三菱ケミカル大竹事業所
	産総研(大面積X線パネル)	11/21	茨城県つくば市産総研つくば北サイト

3. サイトビジットの例 (2017年度③ロボット分野)

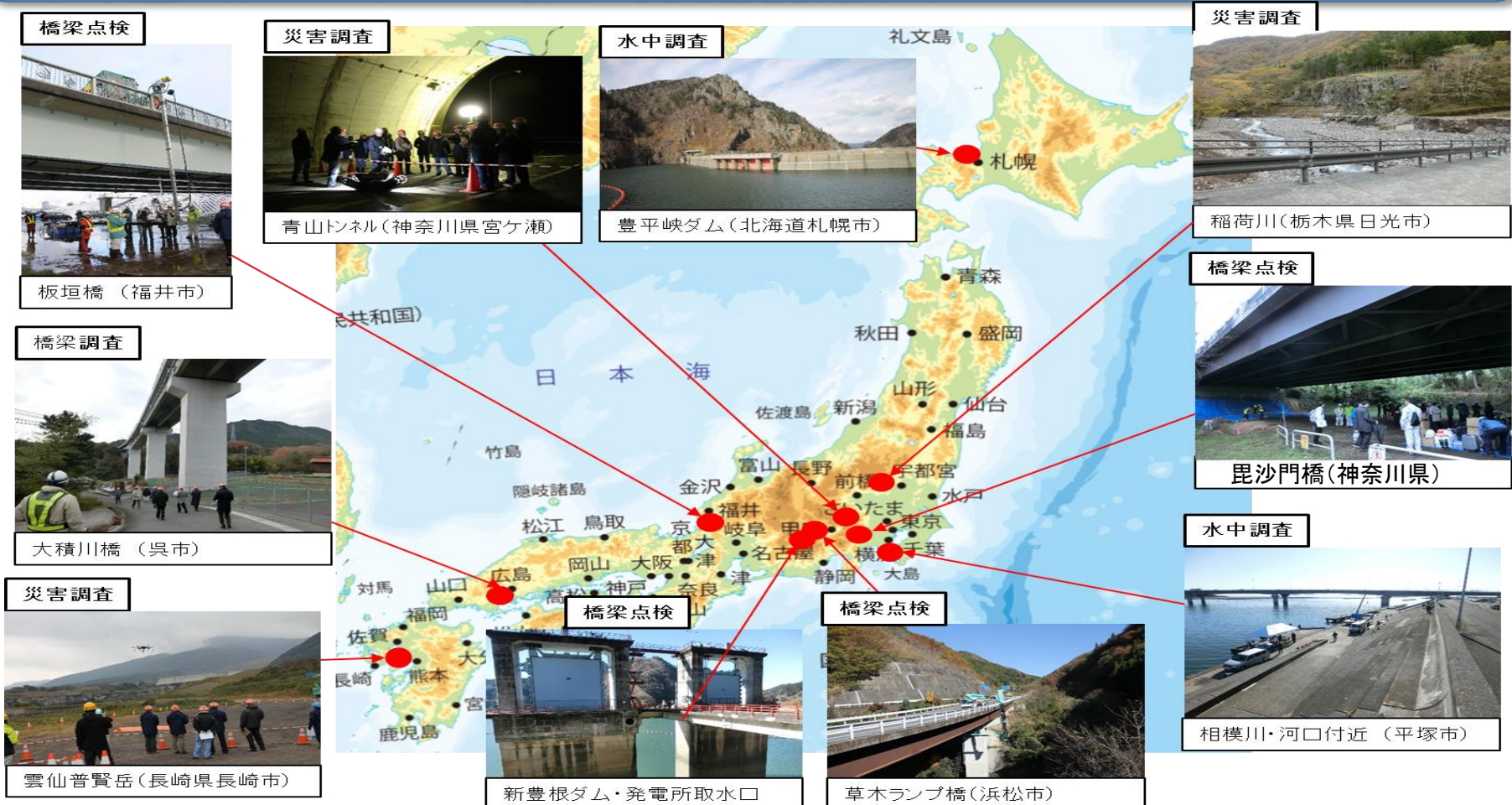


現場実証実験の例 2017年度 ロボット分野

	助成先	実施日	実証実験場所
1	日立製作所	10/25	栃木県日光市 稲荷川第10砂防堰堤
2	キュー・アイ	11/1	北海道 豊平峡ダム
3	熊谷組	11/8	神奈川県 毘沙門橋
4	川田テクノロジーズ	11/17	天竜川 草木ランプ橋
5	国際航業	11/24	長崎県島原市 雲仙普賢岳
6	開発設計コンサルタント	12/6	天竜川 新豊根発電所取水口
7	ジビル調査設計	12/12	北陸地方鋼鉄桁橋
8	富士フイルム	12/12	北陸地方鋼鉄桁橋
9	朝日航洋	12/14	神奈川県平塚市 相模川下流域
10	ルーチェサーチ	12/18	広島県呉市 大積川高架橋
11	三菱重工業	1/12	宮ヶ瀬ダム北岸林道 青山トンネル・葦尾根TN

3. サイトビジット実績(2017年度)

- 実証試験と検証評価を繰り返して行いつつ、実証フィールドで動作させた結果を評価して、開発にフィードバック。
- 実験を行うフィールドは、実現場、または、出来る限り実現場に近い環境であること
- 実証においては、**ユーザ視点で実用性を評価した**



2. 研究開発マネジメント

(4) 研究開発の進捗管理の妥当性
情勢変化、状況に応じた対応

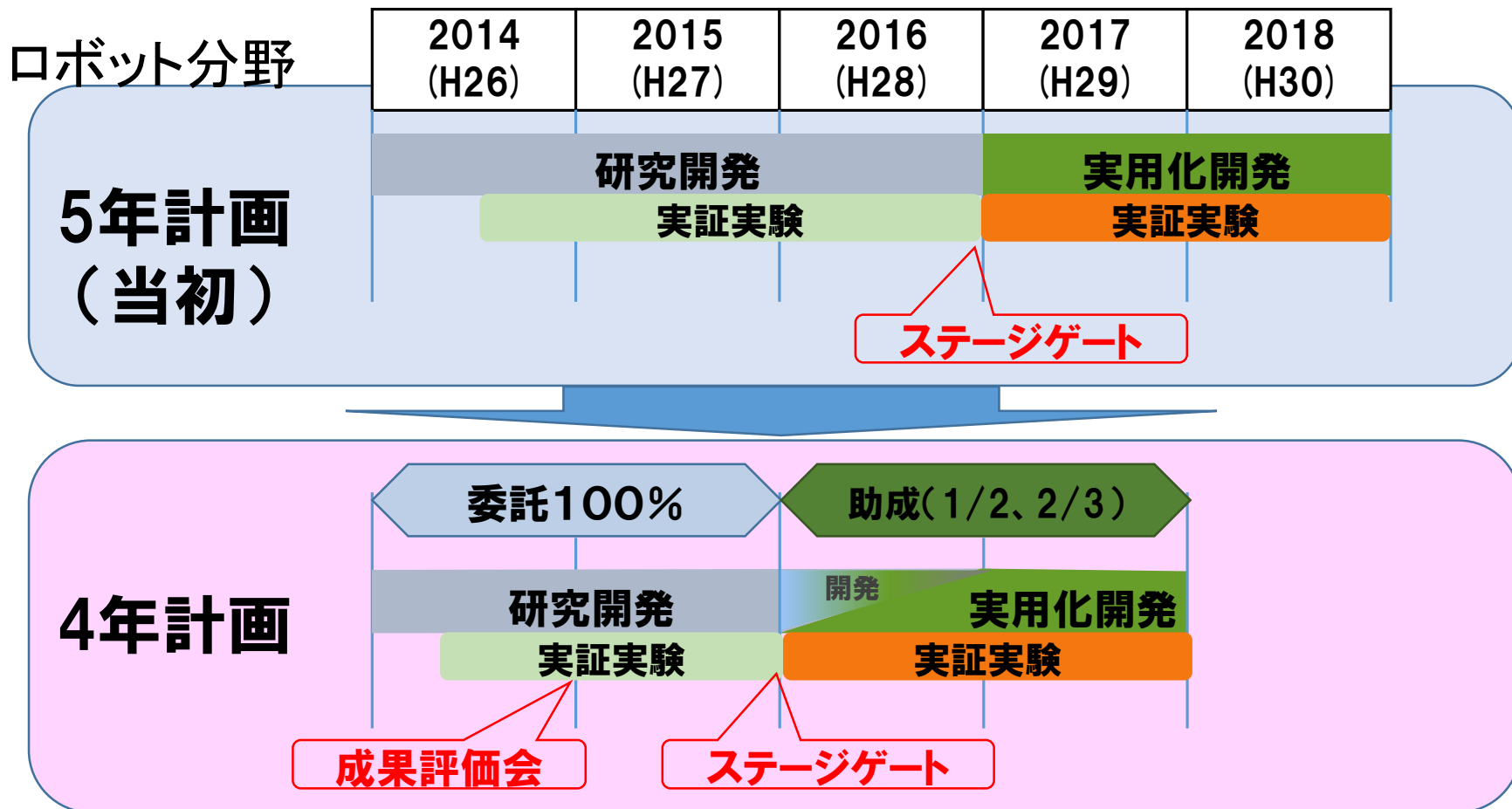
◆ 動向・情勢の把握と対応

省庁連携や事業ヒアリング等により、動向と情勢を把握

情勢	対応
1. ロボット分野に関し、実用化をより重視する要望が高まった	PJ開始当初は5年間の委託事業であったが、実用化を加速すべく、平成28年度に事業期間を <u>1年短縮（4年間）</u> し、事業者が主体となる「 <u>助成事業</u> 」へ移行した。
2. 研究開発を開始後に開発課題が難易なことが判明し、目標達成を再検討すべきテーマが生じた	<u>ステージゲート</u> により全開発テーマを評価し、中断、縮小、開発項目見直し等の対応を行った。 ③ロボット分野は <u>2テーマの中断と1テーマの縮小</u> 、 ①センサシステム②イメージング技術分野は <u>開発項目の見直し</u> を行った。
3. ステージゲート後にインフラ維持管理するロボットの実用化体制の強化が求められた	実用化体制を強化するため、 <u>追加採択</u> を実施。ニーズはあるものの、必要とされる技術レベルが高く、民間の力だけでは、開発が進まない分野において、あと一押しで実用化できそうな事業者を後押しすることとし、採択委員の厳正な審査の結果 <u>4種のロボットを新たなテーマとして採択した</u> 。
4. 研究開発が予想以上に進展し、早期の事業化が可能なテーマが生じた。	研究テーマのうち、その開発項目を <u>早期終了</u> とし、 <u>早期事業化</u> を実現した。

1. 事業計画の見直し(ロボット分野)

■PJ開始当初は5年間の委託事業であったが、実用化を加速すべく、平成28年度に**事業期間を1年短縮**(4年間)し、事業者が主体となる「**助成事業**」へ移行。



2. ステージゲート(①センサシステム分野)H28.11

■センサシステム分野の5テーマに対し、H26～H28(10月末まで)における「開発の進捗状況」及び「今後の事業期間内の実現性」について外部有識者による評価を実施し、事業の「**継続**」、「**方向修正**」を判断。2団体について延長審議として計画再検討を要請。修正後計画を持って、継続を許可。

【主な評価項目】

審査項目		審査の観点
技術	<中間目標> 研究開発目標の設定 及び達成度	ユーザニーズの適合性、開発システムの現場環境への対応性
		基本的なセンサ機能(自立電源、無線センサネットワーク、10年耐久性、サイズ)
		センサ性能に関する開発進捗
		健全性診断機能に関する開発進捗
		競合技術(既存技術)との技術的な比較
	<最終目標> 達成見込み	モニタリングシステムの完成度、実証実験計画、社会課題への対応
業 事	事業化の見通し	運用における優位性及び有用性、実用化シナリオ、事業化計画、波及効果等の評価

【審査委員】

	氏名	所属	役職
委員長	大和田 邦樹	(一財)次世代センサ協議会	専務理事
委員	庄子 習一	早稲田大学 理工学術院	教授
委員	松田 浩	長崎大学大学院 工学研究科 インフラ長寿命化センター	センター長／教授
委員	睦好 宏史	埼玉大学大学院 レジリエント社会研究センター	センター長／教授

2. ステージゲート(①イメージング技術分野)H28.11

■ センサシステム分野の5テーマに対し、H26～H28(10月末まで)における「開発の進捗状況」及び「今後の事業期間内の実現性」について外部有識者による評価を実施し、事業の「**継続**」を判断

【主な評価項目】

審査項目		審査の観点
技術	＜中間目標＞ 研究開発目標の設定 及び達成度	ユーザニーズの適合性、開発システムの現場環境への対応性
		基本的なセンサ機能(自立電源、無線センサネットワーク、10年耐久性、サイズ)
		センサ性能に関する開発進捗
		健全性診断機能に関する開発進捗
	競合技術(既存技術)との技術的な比較	
＜最終目標＞ 達成見込み	モニタリングシステムの完成度、実証実験計画、社会課題への対応	
事業	事業化の見通し	運用における優位性及び有用性、実用化シナリオ、事業化計画、波及効果等の評価

【審査委員】

	氏名	所属	役職
委員長	大和田 邦樹	(一財)次世代センサ協議会	専務理事
委員	庄子 習一	早稲田大学 理工学術院	教授
委員	松田 浩	長崎大学大学院 工学研究科 インフラ長寿命化センター	センター長／教授
委員	睦好 宏史	埼玉大学大学院 レジリエント社会研究センター	センター長／教授

2. ステージゲート(③)(1)ロボット分野)

■ロボット分野の11テーマに対し、H26～H27における「開発の進捗状況」及び「今後の事業期間内の実現性」について外部有識者による評価し、**H28年度(助成事業)への継続の可否について審査**。その結果、**2テーマの中止**を決定(平成27年1月27～29日に実施)。

【主な評価項目】

審査項目	審査の観点
開発コンセプト	ユーザニーズに対する適合性、現場環境への対応性
開発進捗	アクセス機能及び情報取得・判断機能の開発進捗、システム全体の開発進捗
実機審査	アクセス機能・性能の達成度、取得データの有用性、運用性の
助成事業計画の審査	目標・計画設定の妥当性、費用の妥当性、実用化への体制と役割

【審査委員】

	氏名	所属	役職	専門分野
委員長	木村 嘉富	国土交通省 国土技術政策総合研究所	道路構造物管理システム研究官	インフラ
委員	藤野 健一	(国研)土木研究所 技術推進本部	主席研究員	インフラ
委員	浅間 一	東京大学 工学系研究科 精密工学専攻	教授	ロボット
委員	大隅 久	中央大学 理工学部 精密機械工学科	教授	ロボット
委員	栗栖 正充	東京電機大学 工学部 機械工学科	教授	ロボット

2. ステージゲート(③)(2) 非破壊検査

■ H26～H28(10月末まで)における研究成果及び事業終了時の達成見込みについて、外部有識者による評価を実施し、事業の「**継続**」を判定(平成28年10月17日に実施)。

【主な評価項目】

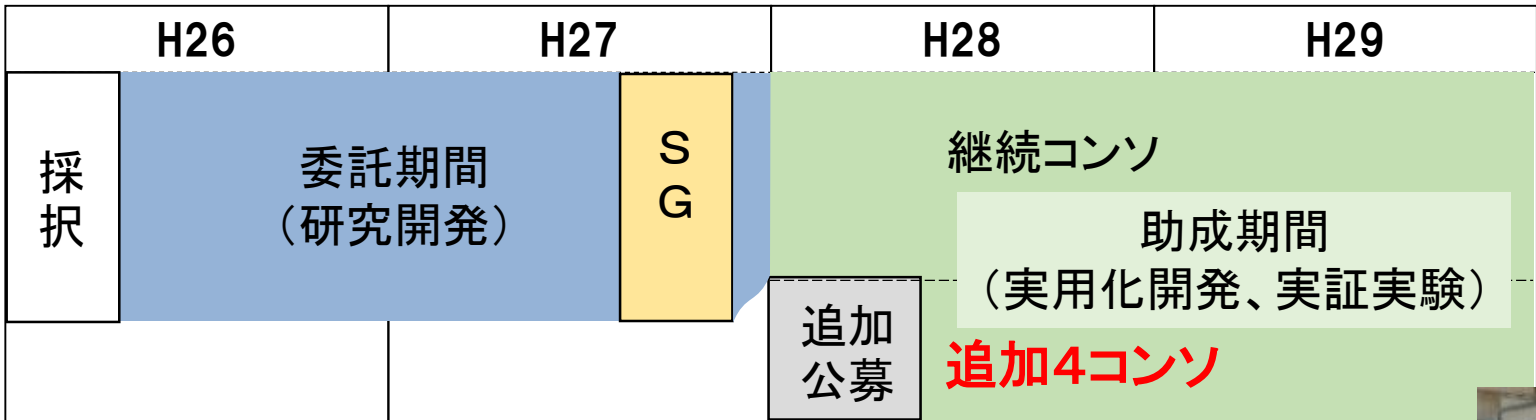
審査項目		審査の観点
技術	＜中間目標＞ 研究開発目標の設定 及び達成度	ユーザニーズに適合した目標設定、開発システムの現場環境への対応性
		非破壊検査装置(線源及びセンサ)に関する開発進捗
		検査システム(非破壊検査装置+移動ロボット)に関する開発進捗
		競合技術(既存技術)との技術的な比較
	＜最終目標＞ 達成見込み	実証実験計画、社会課題への対応
事業	事業化の見通し	運用における優位性・有用性、実用化シナリオ、事業化計画、波及効果等

【審査委員】

	氏名	所属	職位	専門分野
委員長	菅野 重樹	早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科	教授	ロボット
委員	細田 祐司	(一社)日本ロボット学会	事務局長	ロボット
委員	大竹 淑恵	(国研)理化学研究所 光量子工学研究領域 (RAP) 光量子技術基盤開発グループ	中性子ビーム技術開発 チームリーダー	非破壊
委員	五内川 拓史	(株)ユニファイ・リサーチ	代表取締役社長	事業化

3. 追加採択 (③(1) ロボット分野)

■ インフラを維持管理するロボットの実用化体制を強化するため、追加公募を実施。採択委員の厳正な審査の結果 **4種のロボットを新たなテーマとして採択**。(平成28年5月25日に審査委員会)



- ニーズはあるものの、必要とされる技術レベルが高く、民間の力だけでは、開発が進まない分野において、あと一押しで実用化できそうな事業者を後押しする



筆頭助成先	テーマ名
ルーチェサーチ	小型無人ヘリを用いた構造物点検技術開発 (飛行型橋梁点検ロボット)
ジビル調査設計	橋梁桁端部点検診断ロボットの開発 (アーム型橋梁点検ロボット)
熊谷組	磁石走行式ロボット等を活用した橋梁点検システムの開発
朝日航洋	河川点検を効率化・高度化するフロートロボットの開発 (フロート河川点検ロボット)

4. 早期終了と前倒し事業化

■ 研究開発が予想以上に進展し、早期の事業化が可能なテーマが生じたため、その開発項目を**早期終了**とし、**製品化を前倒し実現**した。

1. イメージングによる変位計測技術の早期実用化（共和電業）

The screenshot shows the NEDO website's news section. The main article is titled '橋梁など大型インフラ構造物のモニタリング用高精度カメラを製品化' (Productization of high-precision cameras for monitoring large infrastructure structures like bridges). It mentions that the camera is used for non-contact monitoring to improve maintenance efficiency. The article is dated September 5, 2018, and is attributed to NEDO and Kyowa-Ei.

サンプリングモアレカメラ開発仕様

- X Y Z (θ) 3方向の変位を計測
- 高速撮影（最大500fps以上可能）
- 計測中のリアルタイムモニタによる多Ch波形確認
- 計測後すぐにグラフ確認，振動解析等可能
- 24時間以上の長期連続計測対応

サンプリングモアレカメラ

カメラによる変位変形計測
—サンプリングモアレ法—



DSMC-100A

共和電業 製品情報ページ

<https://www.kyowa-ei.com/jpn/product/special/dsmc-100a/index.html>

・プレスリリース9/5（NEDOと実施者の連名）

2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

◆ 開発促進財源投入実績 (①センサシステム分野)

状況に応じた開発促進財源を投入

件名	年度	目的	成果
1-1: NMEMS (Pilot-RIMSの開発)	H 27	セキュリティ上実際に接続できない各高速道路会社システムとの接続可能性を事前に検証、課題の抽出を行い、プロジェクト終了後のシステム導入、実用化を加速。	高速道路会社のシステムを模擬する統合システムの試作が完了し、平成28年度以降の実証実験において、システム運用時の課題抽出と早期解決を期待。
1-2: NMEMS (インフラモニタリングセンサ同期用原子時計の適用可能性検証)	H 27	長大橋等のモニタリングにおいて課題となる時刻同期方法について、原子時計の適用可能性を検証するとともに、必要な技術要件を明らかにし、プロトタイプを試作。	インフラモニタリングセンサ用の原子時計として、必要な技術要件が明確となり、実現への技術ロードマップを策定。また、プロトタイプを試作し、技術的実現性を示した。
2-1: MMC (ScAlN専用スパッタ装置導入)	H 27	ポンプ振動を振動元とする振動発電において、AlN圧電デバイスの10倍の発電量が期待できるScAlN圧電デバイスを開発。	装置導入により、ポンプ振動が小さいものに対しても、十分な発電量が期待できるとともに、量産に目処。
2-2: 産総研 (カスタムIC回路設計の前倒し)	H 27	ポンプ機実機の振動条件での予備実証を早い段階で行うため、研究開発を前倒し。	当該開発を前倒したことにより、平成28年度にポンプ機実機での実験が可能となり、実験が加速。
3: 横河電機 (加速度センサ評価用振動試験器の導入及びソフトウェア外注等)	H 27	振動試験器の導入および、データ収集ソフトウェアの作成を行うことにより、研究開発を効率化。	試験機を導入することにより、外注で試験するよりも手続省略や、データソフトウェア作成の外注等の効果により、全体でおおよそ半年程度の研究前倒し効果が得られた。
4: NMEMS (加速度センサ評価用振動試験器の導入及びソフトウェア外注等)	H 29	振動発電デバイスを新たな自立電源としてセンサシステムとして一体化することで、橋梁の微振動で発電する振動発電によるセンサデバイスを開発。	太陽光が十分に得られない橋梁内部でも発電可能なスタック構造及びインターポーザ構造の振動発電モジュールの開発に成功。低振動でも十分な発電が可能なことを確認し、適用範囲が拡大。

◆ 開発促進財源投入実績

(③ロボット分野)

件名	年度	目的	成果
東北大学 (土石流予測を目的としたセンシング技術ならびに高精度土石流シミュレーションシステムの開発)	H27	空撮による3D地図作成技術に対し、地表設置マークを用いた地図の高機能化技術の開発を加速。	ユーザのニーズにより、撮影高度を設定して地図の詳細化と処理高速化のトレードオフを選択できる高機能化技術を開発。
三菱重工業 (引火性ガス雰囲気内探査ロボットの研究開発)	H27	機構の開発を加速し、平成27年度中に防爆機構を完成させ、平成28年度には防爆認定に注力。	機構の開発を早期に終了し、平成28年度には防爆認定を取得。
富士フイルム (複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステムの研究開発)	H27	懸垂型のアクセス性と安定性の向上を期待し、走行可能橋の対象を拡大。	懸垂走行部をモジュール化して、対象橋の構造やサイズに適合させて設置可能とし、点検可能な対象橋梁数を拡大。
朝日航洋 (河川点検を効率化・高度化するフロートロボット)	H28	計測機器の水中抵抗対応機構を追加するにより、運動性・運用性を向上。同時に、各種操船支援機能によるUI改良や障害物センサ・操船用カメラの追加による安全性の向上の開発を前倒し	ロボットの運動性・運用性を向上させての点検を効率化するとともに、開発前倒しにより現場実験を充実化しロボットの現場適用性を向上。

◆ 開発促進財源投入実績

(その他)

研究開発項目	投入先	年度	課題	成果
センサシステム技術	マイクロマシンセンター	H27	ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発	適用設備や新方式無線の前倒し試行による開発加速
センサシステム技術	産業技術総合研究所	H27	ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発	素子開発を支援するソフトウェアの導入による開発加速
非破壊検査技術	産業技術総合研究所	H27	超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発	大面積X線イメージセンサの基盤技術開発を開始。
センサシステム技術	マイクロマシンセンター	H28	ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発	センサに新組成比のターゲットを導入を実現
イメージング技術	ジェイアール西日本コンサルタンツ	H28	位相解析手法を用いたインフラ構造物用画像計測システムの研究開発	橋梁支承部に健全度評価を新たに実現
非破壊検査技術	産業技術総合研究所	H28	超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発	X線検出器の大面積化により、非破壊検査のスループット向上
イメージング技術	4Dセンサー株式会社	H30	位相解析手法を用いたインフラ構造物用画像計測システムの研究開発	計測用カメラの無線化により性能向上
非破壊検査技術	日立パワーソリューションズ	H30	超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発	LiCAFセンサー(中性子センサー)を追加試作し研究開発を促進

◆ 中間評価結果への対応

下記は、主な指摘事項に対する対応。

指摘		対応
1	技術だけではなく、うまく進んでいる事例のエッセンスを横出しする。あるいは、連絡会議を設けるなどして、横串での ノウハウ共有 が進むとよい。	実施者が一堂に会して進捗確認、技術に関する意見交換を実施する 技術検討会 を、2017年度に2回、2018年度に1回実施した。各テーマの取組について議論し、技術面、運用面について、ベストプラクティス及び課題を共有し、協調促進を図った。
2	ハードによらない側面での検討が必要となるため、 システム面、運行管理といった方面での有識者の投入 が必要である。さらには、戦略構築のためのアドバイザー機能を、外部有識者により設けてもよいと考えられる。	①センサシステム、②イメージング技術分野に関しては、 あらたに技術委員会を組織 し、インフラの専門家や事業化の専門家を含む委員により、助言を行う体制を構築した。 また、③ロボット分野に関しては、技術委員会のインフラ施設の専門家と事業戦略の専門家を拡充した。
3	プロジェクトの数が多く、重複なども散見されることから、 テーマごとの再編、メンバー構成の見直し、企業間連携の強化 などを進めるべきである。	ステージゲート を実施し、専門の委員によりテーマごとの検討を行った。 また、実施者が一堂に会して意見を交換する 技術検討会 を実施し、相互交流を促した。この結果、技術のテーマ間活用の効果が生じた。
4	「定量化することができても アラートをどのように設定 し発信するのか」という質問も、サイトビジットやステージゲート審査会の時に多く出された。	この指摘は 大きな課題として残っている 。各テーマで努力し、ある程度の警告を発する技術が完成しつつあるが、実際の運用に耐える判定技術は今後の実用化ステージで検証されることが期待される。

Ⅱ．研究開発マネジメント

(5) 知的財産等に関する戦略の妥当性

◆ 知的財産権等に関する戦略

委託事業の知財権の取扱い【①, ②, ③(2)】

- 委託先における研究開発のインセンティブや成果意欲を高め、開発成果を効果的に社会還元するとの狙いから「**日本版バイ・ドール条項**（産業技術力強化法第19条）」を適用し、原則として、当該委託研究に係る**知的財産権は、事業者に帰属**する。
（ただし、この適用には国が公共の利益のために必要がある場合に、当該知的財産権を無償でNEDOに実施許諾すること等の条件あり。）

助成事業の知財権の取扱い【③(1)】

- 助成先が主体に取り組む研究開発に対し、NEDOがその事業費の一部を助成金として負担する事業である。すなわち、助成先が行うインフラ維持管理・更新等の技術に関する研究開発を助成することにより我が国産業の持続的な発展を図り、もって国民生活の安定向上及び国民経済の健全な発展に資することを目的としている。
- **知的財産権は事業者に所属し、開発成果をインフラ点検という公的利益に沿う技術に活かすことで社会還元を図る。**

◆ 知的財産管理

● NEDO知財マネジメントガイドラインに従って、実施者間で知財合意書を作成し、研究成果の有効利用を図っている

➤ 知的財産取扱規定の策定

- ・産業財産権等の帰属
- ・発明の出願に関わる手続き
- ・知的財産権等の実施

➤ 知的財産権委員会の設置

- ・メンバーは、各研究テーマの実施機関の代表者で構成
- ・発明の権利配分、実施許諾等について審議・認定
- ・PJ期間中、知財運営において必要となった際に開催

「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」 (事後評価) (平成26～30年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

5.2 研究開発成果

成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

プロジェクトリーダー 油田信一

2019年7月22日

3. 研究開発成果

(1) 研究開発目標の達成度及び 研究開発成果の意義

◆研究開発項目毎の目標と達成状況

研究開発項目	目標 (再掲)	成果	達成度	今後の課題と解決方針
センサシステム技術	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を構築	開発する15技術において、以下の目標を実現 ・振動または変位、温度計測機能 ・1回/時以上の無線通信 ・自立電源動作 ・地震等の突発事象検出 ・サイズ：概ね7cm×10cm×5cm以下 ・無線通信：免許不要、通信距離30m以上 ・信頼性：10年以上	○	・更なる運用を重ねて現場運用性の向上や実運用上の機能や精度の検証を重ねたい。 ・計測値から異常警告を自動発生する論理の開発が望まれる。
イメージング技術	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	開発する2技術において以下の目標を夫々達成 ・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 ・平面／奥行きの変形を計測、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	○	・耐環境性、特に雨天時の運用の改善が必要。 ・確実性や使いやすさの向上。計測実績を積み上げることで信頼性を向上し、顧客の拡大を図る。
ロボット技術	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を開発	開発する11技術において以下の目標をほぼ達成 ・「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、およびサイトビジットにおいて現場実用性の検証を行った。	○ 点検コストは一部未達成	・点検コストは現場だけでは現状超過。事務作業を含めてトータルで軽減模様 ・実用化に向けて、機体・運用体制の更なるコスト削減が望まれる
非破壊検査装置技術	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小型の非破壊検査装置を開発	以下の目標を達成 ・X線や赤外線等を検査光源とする検査対象の健全性を診断するための検査精度を備えたロボットに搭載可能なサイズ、重量の検査装置を開発する。 ・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。	○	・大規模プラントの高所や狭隘部等の難検査部位への対応や安全管理。 ・その他の管径への対応拡大。

◆プロジェクトとしての達成状況と成果の意義

項目	最終目標(再掲)	達成状況及び意義
① センサシステム技術 ② イメージング技術 ③(2) 非破壊検査装置技術	<ul style="list-style-type: none"> ■平成30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。 ■その装置は、事業終了後2年(平成32年度)以内の実用化を目指した、妥当なコストを考慮。 	<ul style="list-style-type: none"> ■「実現場で働く具体的なシステムの開発」が大目標。現場実験による実用技術開発、ユーザの参加による具体的なニーズ抽出により、現場で実証実験の実績のある実証プロトタイプが開発された。 ■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の作成に向けての環境が整った。 ■副成果:ロボット開発者が現場の実問題を知り、メンテナンスや災害対応側の人々が現状のロボット技術を見ることで、分野間の情報交換と問題意識の共有が大いに進んだ。
③(1) ロボット技術	<ul style="list-style-type: none"> ■平成29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。 ■そのロボットは、事業終了後2年(平成31年度)以内の実用化を目指した、妥当なコストを考慮したもの。 	<ul style="list-style-type: none"> ■国交省との連携によりインフラ点検の機械化の可能性を検証し、関係省庁の理解が進んだ。道路橋点検要領の改訂(2019)にも、貢献があったものと思われる。

3. 研究開発成果 (1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

◆個別テーマの目標達成状況

委託先		開発内容	プロト 完成	現場実 証	助成先	開発内容	プロト 完成	現場実 証		
センシング					ロボット					
N M E M S 技 術 研 究 機 構	東芝	SAセンサ:橋梁(振動)	◎	◎	橋 梁 点 検	川田テクノ	飛行支援制御マルチコプタ	◎	◎	
	産総研	面パターンセンサ:インフラ構造物(ひずみ)	◎	○		ルーチェサーチ	高運動性能小型無人ヘリ	◎	◎	
	富士電機	傾斜センシングシステム(道路情報板)	○	○		熊谷組	磁石走行式ロボット	○	○	
	三菱電機	法面変位センシングシステム	○	○		富士フィルム	主桁懸架ロボット+複眼式撮像	◎	◎	
	NTTデータ	無線通信ネットワーク共通プラットフォーム	○	○		開発設計コンサル	真空吸着式鉛直壁面移動ロボット	○	○	
	MMC	高耐久性パッケージング技術	○	○		ジビル調査設計	アーム懸架型橋梁桁端部点検	◎	◎	
	産総研	センサ端末同期用原子時計	○	○		水 中 点 検	朝日航洋	河川点検用水上航行型ロボット	◎	◎
	横河電機	建造物モニタリングシステム(振動)	○	○			キュー・アイ	水中懸垂降下型ロボット	○	○
マイクロマシンセンター	プラントポンプモニタリング(振動)	◎	◎	災 害 調 査	国際航業		土石流予測マルチコプタシステム	◎	◎	
日本電気	道路橋の損傷進展把握(振動・変位)	○	○		日立製作所	地上/空中複合型ロボットシステム	◎	○		
日立製作所	ジェットファンの振動計測とデータ回収	○	○		三菱重工	引火性ガス雰囲気内探査ロボット	○	○		
イメージング										
		福井大	遠隔画像の位相解析(微小変位計測)	◎	◎					
		首都高技術	コンクリひび割れの自動記録	◎	○					
非破壊検査										
		日立パワーソリューションズ*	プラント配管(残厚、X線、中性子線)	◎	◎					
		産総研	大面積FP型X線イメージセンサ	◎	○					

◎ 大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間) / 一部達成(事後)、X未達

国土交通省による評価結果、採用状況(③ロボット)

コンソ名	現場検証 評価結果※1	国交省 試行的導※2	九州地整 試験対象※3	性能カタログ 掲載※4
川田テクノロジーズ	Ⅱ			掲載
ルーチェサーチ	Ⅰ	採用		掲載
富士フィルム	評価対象外 (要素検証)		採用	
ジビル調査設計	Ⅰ	採用	採用	掲載(2件)
開発設計コンサルタント	評価対象外 (要素検証)			
熊谷組	評価対象外 (要素検証)			
キュー・アイ	評価対象外 (要素検証)			
朝日航洋	★★★	採用		
国際航業	★★★		採用	
日立製作所	★★★			
三菱重工業				

※1 橋梁分野はⅠ,Ⅱ,Ⅲ評価(最高位はⅠ)、水中・災害分野は星で評価(最高位は★★★)

※2 平成27年度次世代社会インフラ用ロボット現場検証・評価結果の公表について http://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000149.htm

※3 九州地方整備局：次世代社会インフラ用ロボット技術試験対象技術 http://www.qsr.mlit.go.jp/press_release/h30/18110901.html

※4 国土交通省 点検支援技術の性能カタログ http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/tenken/yobo5_2.pdf

3. 研究開発成果

(2) 成果の普及

◆ 成果の普及

対外的発表を推奨。十分な量の発表が行われた。

① センサシステム

	H26	H27	H28	H29	H30	終了後	計
論文	0	7	16	15	14	1	52
研究発表・講演	6	46	64	60	74	3	253
受賞実績	0	0	6	0	1	0	7
新聞・雑誌等への掲載	2	0	1	25	8	1	37
展示会への出展	2	16	19	23	20	0	80

② イメージング

	H26	H27	H28	H29	H30	終了後	計
論文	1	1	1	2	1	0	6
研究発表・講演	10	19	20	16	12	0	77
受賞実績	0	2	0	0	0	0	2
新聞・雑誌等への掲載	1	1	1	21	5	0	29
展示会への出展	4	4	7	5	3	0	23

※2019年4月末現在
個々のタイトルは事業原簿に記載

③ロボット技術・非破壊検査装置技術

	H26	H27	H28	H29	終了後 H30	終了後	計
論文	7	12	17	3	7	9	65
研究発表・講演	9	34	31	24	18	30	146
受賞実績	1	0	3	0	3	1	8
新聞・雑誌等への掲載	15	14	15	11	0	19	74
展示会への出展	5	21	35	17	4	24	106

NEDO

	H26	H27	H28	H29	H30	終了後	計
論文							
研究発表・講演		3	3	5	6	1	18
受賞実績							
新聞・雑誌等への掲載				5	7	2	14
展示会への出展	1	1	1	2	2		5

※2019年4月末現在
個々のタイトルは事業原簿に記載

関係者への情報提供・広報



推進委員会・技術検討会への
関係省庁や土木系研究所の招待
2018年7月25日



実証実験への
点検関係者の招待
2016年12月22日



成果報告会へ関係者参加施策
(CPD認定証発行)
2019年2月1日



日本技術士会 神奈川県支部
における技術士向け講演
2018年7月26日 (写真はイメージ)



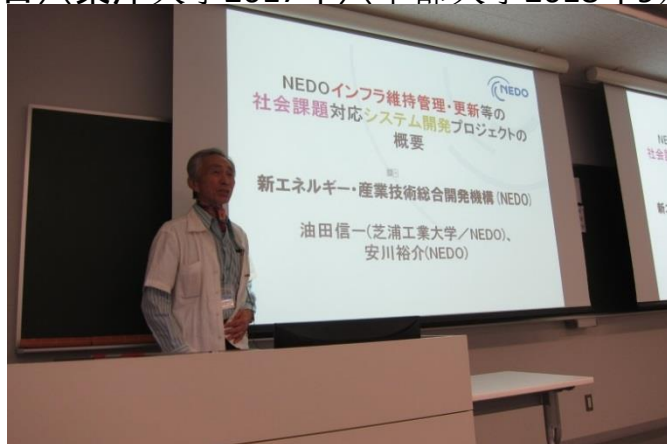
学会発表による
関係者への訴求
写真は建設ロボットシンポジウム
2018年9月13日



国土交通省
雲仙事務所との連携実験
2016年11月23日

成果普及(学会活動)

日本ロボット学会学術講演会 (東京電機大学2015年9月3日～5日)(山形大学2016年9月7日～9日)(東洋大学2017年)(中部大学2018年9月5日～7日)



2015年

建設ロボットシンポジウム

(早稲田大学2018年9月15日～16日)



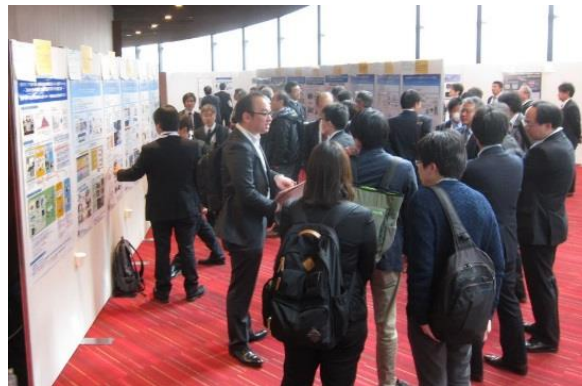
満員の盛況



基調講演

センサ・マクロマシンと応用シンポジウム

(10月30日～11月1日 札幌市民交流プラザ)



NEDOインフラ維持管理技術シンポジウム

- ・発表22件
- ・専用論文集
 - ・学会web公開、
 - ・NEDO webでも公開

成果普及(展示会)

■国際ロボット展

(東京ビッグサイト 平成27年12月2日～5日)



■ナノマイクロビジネス展

(パシフィコ横浜 平成27年4月22日～24日)



ブース全景



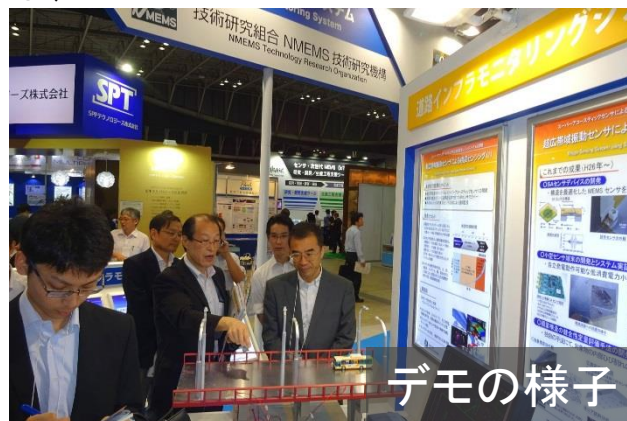
成果報告会

■MEMSセンシング & ネットワークシステム展

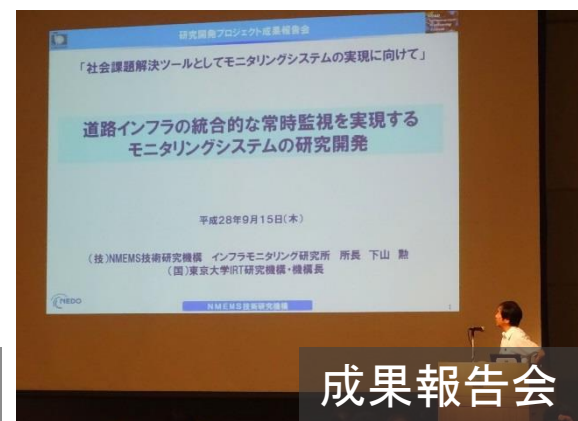
(パシフィコ横浜 平成28年9月14日～16日)



ブース全景



デモの様子



成果報告会

成果普及(講演会・報告会)

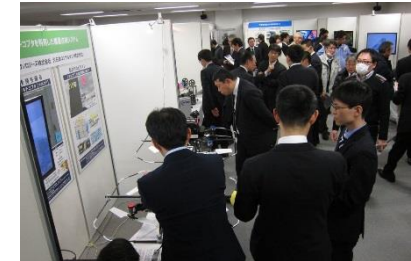
インフラ維持管理用ロボット技術成果報告会(2018年3月8日 機械振興会館 B2ホール)



図3 成果報告会



図4 機器展示



NEDOインフラモニタリング技術シンポジウム(2019年2月1日 機械振興会館 B2ホール)



成果普及(出版、動画公開)

制作目的

開発成果の**社会認知を広め**、社会普及を促進することを目的。A5版
 ロボット分冊とモニタリング分冊の2種
 (1) 報告会や展示会で広く配布。
 (2) **ビジュアル**でわかり易く適用場面や効果を紹介。



パンフレット(小冊子 A5版50ページ)

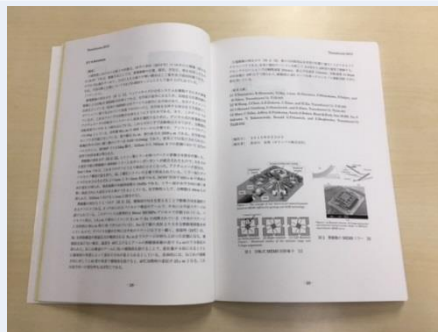


各技術に興味を持った人に、**詳細に開発技術を紹介**することが目的。

A4版
 ロボット分冊とモニタリング分冊の2種
 (1) 技術導入に興味のある人に配布
 (2) 技術的内容を**文書として紹介**。



開発技術説明書(中冊子 A4版190ページ)



開発成果の概略を**映像により知っていただく**ことが目的。Youtube閲覧可
 全27件を公開
 ・NEDOホームページおよび上記冊子にURL※を掲載



動画公開 (NEDO Channel)



※ https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100081.html

トピックス: ロボット大賞 国土交通大臣賞受賞



THE 8TH ROBOT AWARD
第8回 ロボット大賞

HOME ニュース ロボット大賞とは 開催概要 応募要領 第8回受賞ロボット

HOME > 第8回受賞ロボット

第8回受賞ロボット

- 経済産業大臣賞/総務大臣賞
- 文部科学大臣賞
- 厚生労働大臣賞
- 農林水産大臣賞
- 国土交通大臣賞



The Robot Award

国土交通大臣賞

ドローンを用いた火山噴火時の土石流予測システム

国立大学法人東北大学 フィールドロボティクス研究室、
国際航業株式会社、株式会社イームズラボ、
学校法人工学院大学 システムインテグレーション研究室

ドローンによる遠隔データ収集により
火山噴火時の土石流被害予測を実現



マルチコプター・通信技術の開発

観測用UGVの選定・設置・回収

画像・地形データの取得
降灰範囲・厚さ把握

火山灰採取

活火山地域情報データベース構築
シミュレーションの実施

表面流確認

土石流予測システム全体のイメージ図

■火山噴火時の土石流予測の必要性

日本には、111もの活火山があり、毎年のようにどこかで噴火が発生し、時には犠牲者を生むような事態にまで至っています。そのため、活動中の火山周辺における防災・減災のための調査技術の開発は、喫緊の課題です。特に、降雨によって堆積した土砂が流れ、下流に甚大な被害をもたらす「土石流」の予測技術の開発は、住民避難を行う上で、非常に重要なものとなります。この土石流予測には、地形情報、降灰厚、灰の種類、雨量に関するデータ取得が重要

した。

- (2)ピラミッド型スケールによる降灰厚測定：立入制限区域内の降灰厚測定を行うためのピラミッド型スケールと、ドローンを用いてこれらを配備する技術を開発しました。
- (3)土砂サンプリング技術：火山堆積物を直接収集するためのドローン吊下型土砂サンプリング装置を開発しました。
- (4)表面流確認技術：ドローン吊下型の表面流確認デバイスを開発しました。着地後に、搭載した水風船を割り、散水後の土に

トピックス: 国内初の防爆検定に合格した移動ロボット

防爆型式検定合格!**陸上移動ロボットとしては国内初!**

プレス発表@三菱重工品川本社(2016年07月12日)



掲載:

- 朝日新聞、産経新聞、日経新聞 他
- Response(<http://response.jp/article/2016/07/13/278418.html>)
- NIKKEI Robotics(2016年8月10日発行 第14号) 他多数掲載

インフラ検査・維持管理展(7月20日~22日)出展



お客様の反応

- 海外石油化学系からの問合せ複数(後日)

防爆構造電気機械器具型式検定合格証

申請者	兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工株式会社 エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部
製造者	兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工株式会社 エネルギー・環境ドメイン 原子力事業部
品名	移動ロボット
型式の名称	MHI-Wallaby-Ex
防爆構造の種類	本体 内圧防爆構造 (px) バッテリーボックス 耐圧防爆構造
対象ガス又は蒸気の 爆発等級及び点火度	II B+H ₂ T4 Gb
規格	適用基準 工場電気設備防爆指針 (国際整合技術指針) JN10SH-TR-46-1,2及び3:2015 バッテリーパック リチウムイオン二次電池 製造者 三菱重工株式会社 型式 MHI-bat-Ex 電圧 DC29.6V 容量 15Ah 入出力信号 無線LAN 10mW/2.4GHz 最低動作圧力 3kPa
使用条件	耐圧防爆接合部の諸寸法については、取扱説明書を参照すること。
型式検定合格番号	第 TC22032X 号
有効期間	平成28年 7月 8日から平成31年 7月 7日まで 平成 年 月 日から平成 年 月 日まで 平成 年 月 日から平成 年 月 日まで 平成 年 月 日から平成 年 月 日まで

機械等検定規則による型式検定に合格したことを証明する。

平成28年 7月 8日

ルーチン試験適用

型式検定実施者 公益社団法人 産業安全技術協会長



3. 研究開発成果 (2) 成果の普及

記者発表・プレスリリース (一部)



水上ロボット 2017.11.7

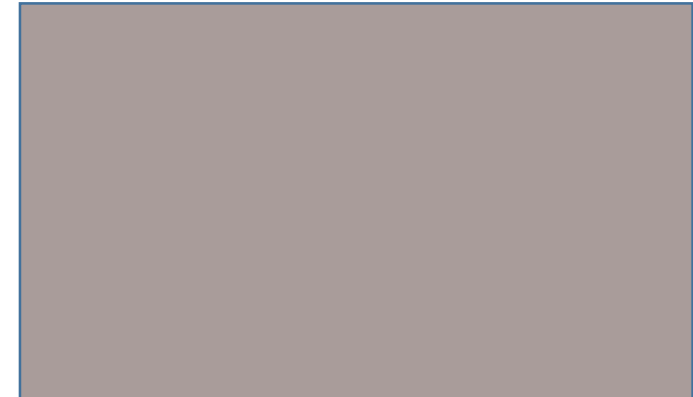
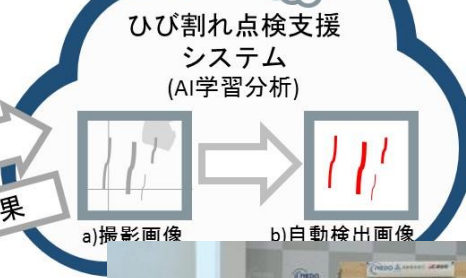


原子時計

株式会社リコは、同社と国立大学法人 東京工業大学、国立研究開発法人 産業技術総合研究所の研究グループが、小型電子機器に搭載できる、超低消費電力の小型原子時計(ULPAC:Ultra-Low-Power Atomic Clock)の開発に成功したと発表し



ひび割れ自動検出システム 2017.8.3

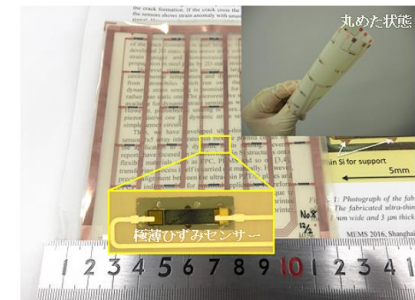


土石流災害予測 2016.11.24

橋梁のひずみを高精度に計測するフレキシブルセンサーを開発
—橋梁表面に貼るだけで劣化状態をモニタリング—

2017年4月11日
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 古川一夫

NEDOプロジェクトにおいて、産業技術総合研究所と大日本印刷(株)は、橋梁のひずみ分布を高感度に計測できるフレキシブル面圧センサーを開発しました。
本センサーは、安価、低消費電力、高耐久性に加え、橋梁構造体表面に貼り付ける簡易施工で、劣化状態のモニタリングを実現するものです。
2017年4月から高速道路橋に本センサーを貼り付け、ひずみ分布測定と屋外耐久性評価を行うとともに、補修・補強した橋梁の経過観察の実証試験を行います。



フレキシブルセンサー 2017.4.11

3. 研究開発成果

(3) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆知的財産権の確保に向けた取組

戦略に沿った具体的取組

○委託研究は、委託先における研究開発のインセンティブや成果意欲を高め、開発成果を効果的に社会還元するとの狙いから「日本版バイ・ドール条項を適用し、原則として、当該委託研究に係る知的財産権は、事業者に帰属する取組とした。

○助成事業は、知的財産権は事業者に所属し、開発成果をインフラ点検という公的利益に沿う技術に活かすことで社会還元を図る取り組みとした。

特許出願件数

(年度)

特許出願	H26	H27	H28	H29	H30	計
①センサシステム	2	11	40	21	14	88
②イメージング技術	0	0	2	1	1	4
③ロボット・非破壊装置開発	9	9	8	7	5	38
合計	11	20	50	29	20	130

※2019年4月末現在

4. 成果の実用化・事業化に 向けた取り組み及び見通し

◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

機能的かつ経済的に現場で運用可能なプロトタイプが完成しており、さらに実現場における利用性と有効性が確認されていることを言う。

(1) 想定されるユーザが、国交省などの公的な機関の場合は：
施設管理者(国交省や、地方自治体など)の要望に応じて、現場で働かせる体制が整っていること。

(2) 想定されるユーザが、企業等の場合は：
(この場合も、導入にはその体制を作る必要があり、時間を要するので)
実現場で活用するシステムを供給する準備が整っており、ユーザの負担によって導入される体制となっていること

- 社会課題であるインフラ維持管理に的確に対応するシステムを開発するのが目的としてプロジェクトを推進した。
 - (市場性や経済効果を期待するのが、第一目的ではない)
- 上記定義を、この事業における実用化・事業化と考え、事業終了2年後までの達成目標とする。

実用化・事業化の定義についての背景

➤ 本プロジェクトの背景

- インフラ施設の老朽化、作業員の減少 → インフラ施設の維持管理が社会的課題に
- 市場の大きさが見込めないため、民間企業の積極的参入が見込めない → 国家プロジェクトとしてシステムを開発することが必要
- こうした背景から、「実用化・事業化」の指標として「市場の大きさ」は適さない
- **社会的使命を支える技術開発**としての評価指標が必要

➤ 実用化・事業化についての考え方

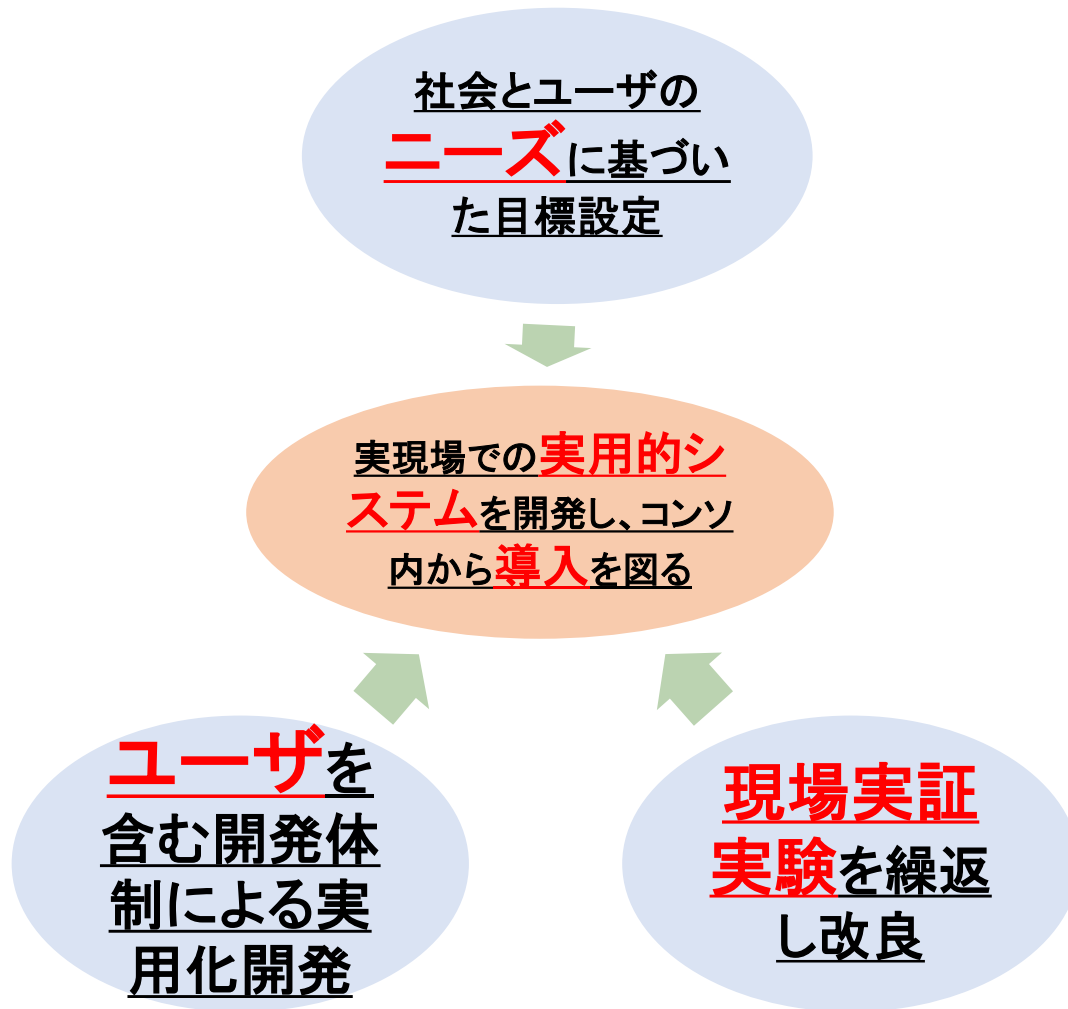
- **ユーザからの求めに応じてすぐに提供可能なシステムが準備できていることを本プロジェクトの実用化・事業化の定義とする。**
- すなわち、
 - ・ 現場での要求に応じられる機能を発揮できる技術開発が完了し、
 - ・ 全体として一体のシステムとしてまとめ上げられており、
 - ・ 過酷で多様な環境である現実の現場での動作試験を完了することで、
 - ・ 要求に応じて必要機能を提供できるシステムが準備されている事を実用化・事業化として定義する

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

◆ 実用化・事業化に向けた戦略

実用化・事業化に向けたプロジェクト方針



センサシステム・イメージング技術

現場実証試験にて、開発システムがモニタリング機能を発揮できることを確認済み。コンソ内の想定**ユーザ**とさらに**現場運用試験**を繰り返し、ターゲット市場への導入を図る。同時に、要素技術の活用打診に積極的に対応し、開発成果の社会活用を展開する。

ロボットシステム

ユーザ(国土交通省、施設管理者等)との連携を継続し、試行的導入プログラム等での現場実績を重ねる。また、点検要領改訂に伴う現場試行要請の増加に応じて早期導入を図る。

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し

(1) 成果の実用化・事業化に向けた戦略

ユーザを含むシステム開発 (例:2016)

開発チーム代表	開発目的	ロボットの形式(アクセス方式)と特長	開発チームの主なメンバー	
			システム開発	システム運用
橋梁点検				
川田テクノロジーズ*	高橋脚・コンクリー床板橋、鋼桁橋の点検	マルチコプタ、吊り下げファイヤを用いた飛行領域制限による安全性の確保	川田テクノロジーズ	大日本コンサルタント
ルーチェサーチ	橋梁やダム等のコンクリート構造物の点検	悪天候や強風下でも働くマルチコプタ	ルーチェサーチ	ルーチェサーチ、建設技研
富士フィルム	鋼桁橋の点検、	鋼桁橋の主桁フランジに懸架する走行メカニズムと、画像入力・処理システム	イクスリサーチ、富士フィルム、首都高技術センター	富士フィルム、
*シビル調査設計	橋梁点検車による検査が困難な橋梁(トラス橋など)	橋面上に設置するコンパクトな台車で操作を行うアーム懸架型点検ロボット	シビル調査設計、イテス	シビル調査設計
開発設計コンサルタント	橋脚や、ダム等のコンクリート構造物	コンクリート壁面上の真空吸着による4脚移動	開発設計コンサルタント、ステラ技研	開発設計コンサルタント
*熊谷組	鋼桁の橋梁	磁石車輪による橋梁鋼桁下部の走行	移動ロボット研究所、熊谷組	熊谷組
水中構造物等の点検				
キューアイ	ダム等の水中構造物の点検	水上機と協調する水中ロボット	キューアイ、日立製作所	ダック
*朝日航洋	航空機測深調査(ALB)と役割分担する河川の調査	河床・護岸を調査するフロートロボット	朝日航洋	朝日航洋
災害調査(土砂、火山)				
国際航業	火山噴火時の土石流予測	火口部まで飛行する自律UAVと、それにより運搬される地上調査システム	東北大学、国際航業	国際航業
日立製作所	自然災害時の情報収集	UAVと地上移動体の協調による調査	産総研、日立製作所	八千代エンジニアリング
*大林組	災害調査のための遠隔走行車両	不整地走行車両とその操作方式	大林組	大林組
災害調査(トンネル災害)				
三菱重工業	引火性ガスが予想されるトンネル内等の調査	防爆仕様の走行調査ロボット、防爆認証。	三菱重工	

*:2016年度より採択

*:2016年度で終了

国土交通省(施設管理官庁)との連携

国土交通省のロボット現場検証委員会と連携し、
出口指向の開発体制

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会

- ・重点目標の提示
- ・方策の提示

- 役割
 1. ロボット重点分野の明確化
 2. 実施方品の明確化
 3. 実施状況を踏まえたフォローアップ
- メンバー

経産省、国交省、研究機関、関係省庁(オブ)
- 事務局

経産省、国交省

・結果の報告

・現場検証方針、選定、評価結果に基づく開発支援

ロボット現場検証委員会 **ロボット開発評価委員会**

■役割
ロボット現場検証に係る次の事項

1. 検証方法、公募内容の決定
2. 応募技術の選定
3. 現場検証、検証評価

■構成

- 維持管理(橋梁、トンネル、水中)、災害対応(調査、施工)に係る各専門部会から構成
- 各専門部会: 有識者、国交省、経産省、研究機関、業団体

■事務局
国土交通省、土木研究所

国土交通省

■役割
ロボット開発助成に係る評価

■構成
有識者、経産省、国交省、研究所、業団体

■事務局
経済産業省、NEDO

経済産業省

・現場検証先を選定、検証、評価(開発助成は含まない)



現場検証・評価 現場検証に向けた研究開発 (NEDO)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

技術委員会

4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

(2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

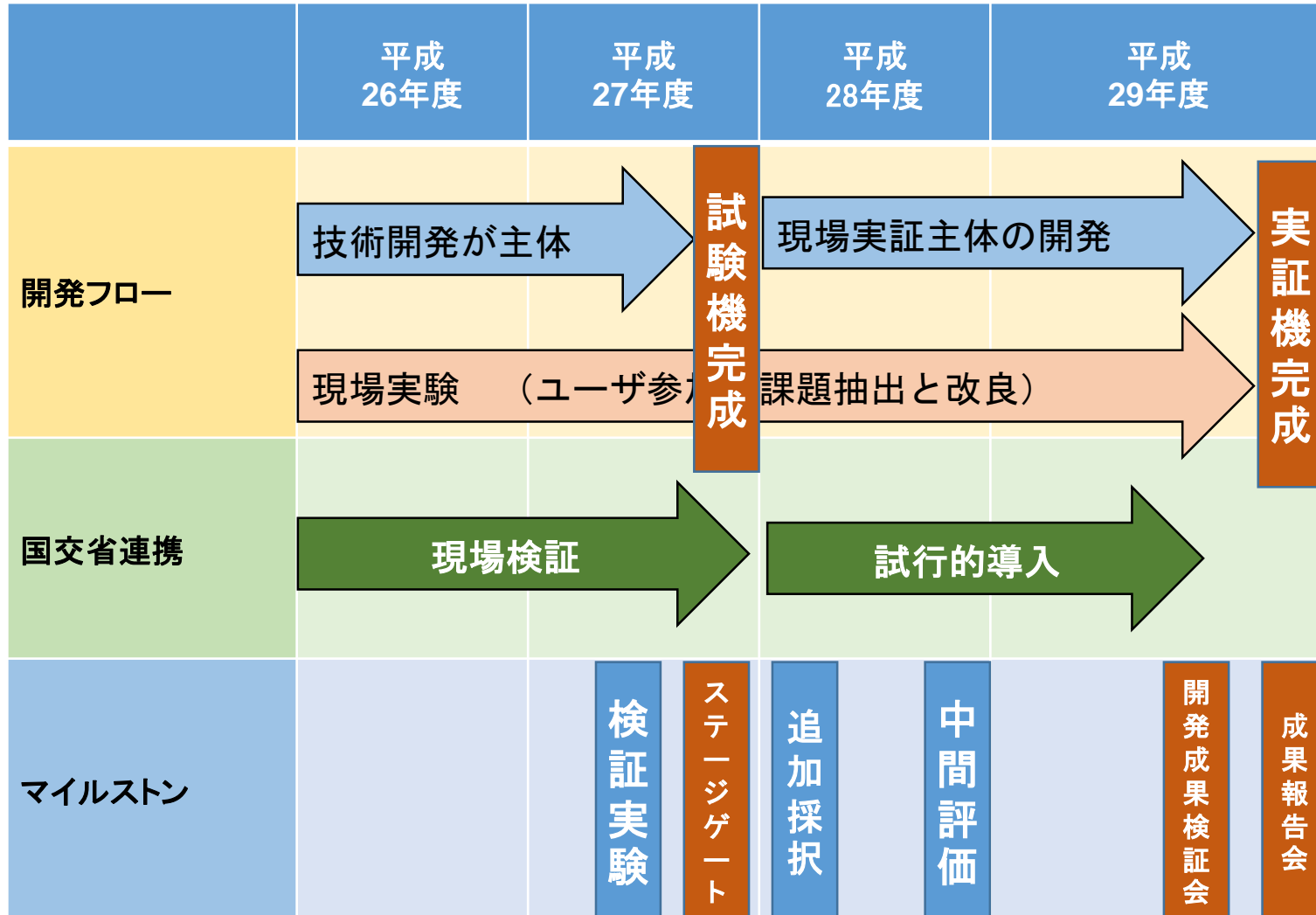
◆ 実用化・事業化に向けて**取組む組織**の明確化 (ロボットの例)

コンソ名	機体開発者	実証試験に参加のユーザ
川田テクノロジーズ	川田テクノロジーズ	大日本コンサルタント
ルーチェサーチ	ルーチェサーチ	建設技術研究所
富士フイルム	イクシス 富士フイルム	首都高技術センター、地方自治体 ミクニヤ
ジビル調査設計	ジビル調査設計	ジビル調査設計、福井市
開発設計コンサルタント	開発設計コンサルタント	J-POWER
熊谷組	移動ロボット研究所	西日本高速エンジニアリング
キュー・アイ	キュー・アイ	ノダック、神奈川県
朝日航洋	朝日航洋	朝日航洋(自社内点検実施部署)
国際航業	国際航業	国際航業(自社内点検実施部署)
日立製作所	日立製作所	八千代エンジニアリング
三菱重工業	三菱重工業	消防
日立パワーソリューションズ	日立パワーソリューションズ	三菱ケミカル

◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組（マイルストーン）

以下はロボット分野の例。

センサシステム分野、イメージング分野も技術開発期間が3年になるだけでほぼ同様。



◆ 実用化・事業化に向けた具体的取組(具体的活動)

1. プロジェクト内向け**実用化講演会**の開催
2. **事業終了後の実施者間交流会**の開催
3. **関連組織との連携**
4. 国土交通省 道路橋**定期点検要領の改訂**

1. プロジェクト内向け**実用化講演会**の開催

NEXCO WEST USA 松本社長講演会
海外展開事例 2017.12.20



国土交通省 近藤課長補佐講演
道路点検の施策動向 2019.2.13



2.ロボット分野実用化意見交換会の開催



ロボット分野実用化意見交換会 (2019.2.13)

終了プロジェクトの実施者間の交流会

構成

- ・インフラ事業の現状報告(NEDO)
- ・事業終了後の開発状況・事業化状況報告(実施者)
- ・特別講演:今後の点検方針(国交省)
- ・交流会

アンケート結果

1. 非常に良かったです。是非継続してください。
2. 他分野への実用導入のご報告は、技術の類似分野がわかり、そこからの転用の期待が持てます
3. 他社の事業化の取組は参考になる。他社動向の把握、自社開発のモチベーション向上に寄与
4. 今回の「仲間」づくり、または「仲間」ネットワークの強化は有効である
5. 国交省様やNEDO様からの情報発信に期待したい

NEDOインフラロボット分野—実用化意見交換会アンケート結果		2019.2.14
事業報告を終えて、ご自身のプロジェクトについて振り返り、感想や課題などを発表し、NEDOの事業に感謝しておきます。	今回のような事業終了後の意見交換会を開催するのは初めてです。参加者も多かったです。発表者も多かったです。発表内容も大変良かったです。NEDOの事業に感謝しておきます。	NEDOのプロジェクトの進め方、運営方法等、NEDOに関する情報、ご報告
・各分野による設備の種類や価格帯が明確に、コストを抑えるためには必要な設備が明確になることが多かった。	・各分野による設備の種類や価格帯が明確に、コストを抑えるためには必要な設備が明確になることが多かった。	・各分野、特にロボット、機械の設備の導入が、他の分野に比べて進んでいる印象があります。また、設備の導入や運用に関する情報は、他の分野から学ぶことが多くあります。
事業終了後の開発状況や事業化状況が、大変参考になりました。今後の事業化に向けた取組が、大変参考になりました。今後の事業化に向けた取組が、大変参考になりました。	事業終了後の開発状況や事業化状況が、大変参考になりました。今後の事業化に向けた取組が、大変参考になりました。今後の事業化に向けた取組が、大変参考になりました。	・NEDOだけでなく、GPI、SHAPE等、関係機関にも目を付け、連携を促すことが重要です。
今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。	今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。	・NEDOだけでなく、GPI、SHAPE等、関係機関にも目を付け、連携を促すことが重要です。
今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。	今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。今後の取組について、イメージが湧いた。大変参考になりました。	・NEDOだけでなく、GPI、SHAPE等、関係機関にも目を付け、連携を促すことが重要です。

アンケート結果

3. 関連組織との連携

国土交通省との連携

1. 国土交通省 現場検証プログラムへの参加(ロボット全社)
2. 国土交通省 試行的導入プログラムへの参加(指定3社)
3. 国土交通省 九州地整雲仙事務所との連携(指定3社)

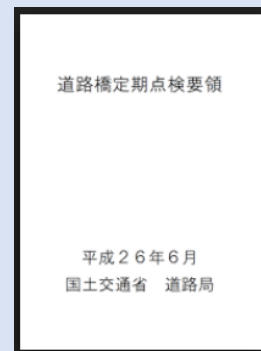
関連組織との連携



国土交通省 現場検証プログラムへの参加
 (2014～2015 橋梁、ダム、トンネルの各地)
 国土交通省 九州地整雲仙事務所との連携(指定3社)



国土交通省 九州地整雲仙事務所との連携
 雲仙普賢岳 2014～2018



国土交通省
 道路橋定期点検要領の改訂

4. 国土交通省 道路橋定期点検要領の改訂

■ 平成31年2月の改訂

4. 状態の把握

健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視により行うことを基本とする。

【法令運用上の留意事項】

定期点検を行う者は、健全性の診断の根拠となる道路橋の現在の状態を、近接目視により把握するか、または、自らの近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握しなければならない。

道路橋の健全性の診断を適切に行うために、法令では、定期点検を行う者が、道路橋の外観性状を十分に把握できる距離まで近接し、目視することが基本とされている。・・・(以下略)

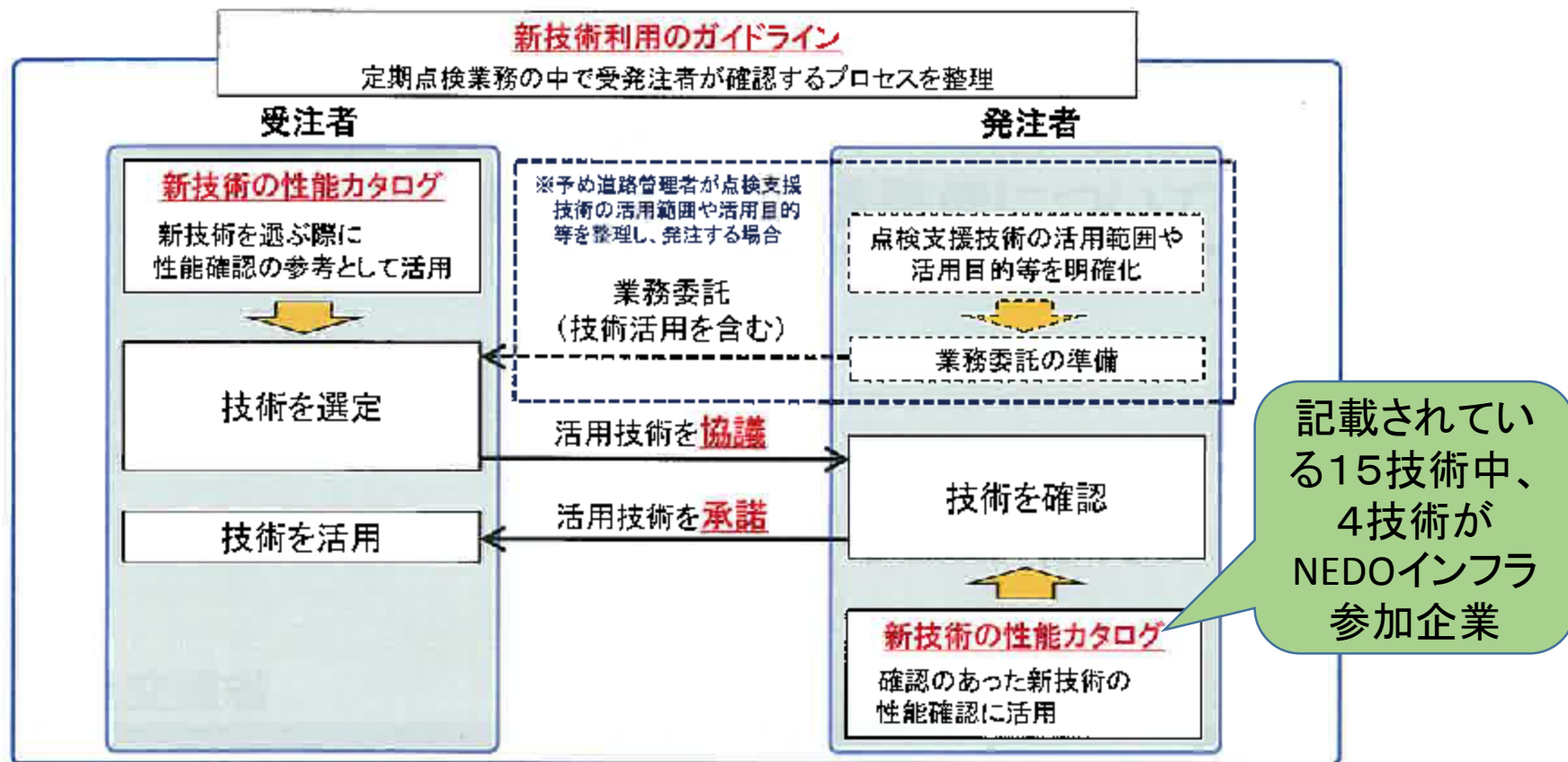
国土交通省 新技術利用ガイドライン

ガイドライン・性能カタログの概要

社会資本整備審議会 道路分科会
第10回道路技術小委員会 配布資料の一部加筆

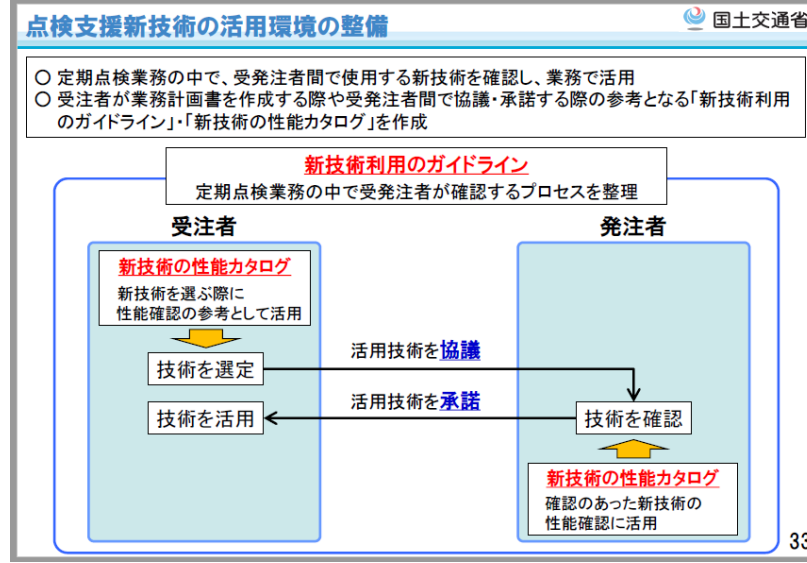
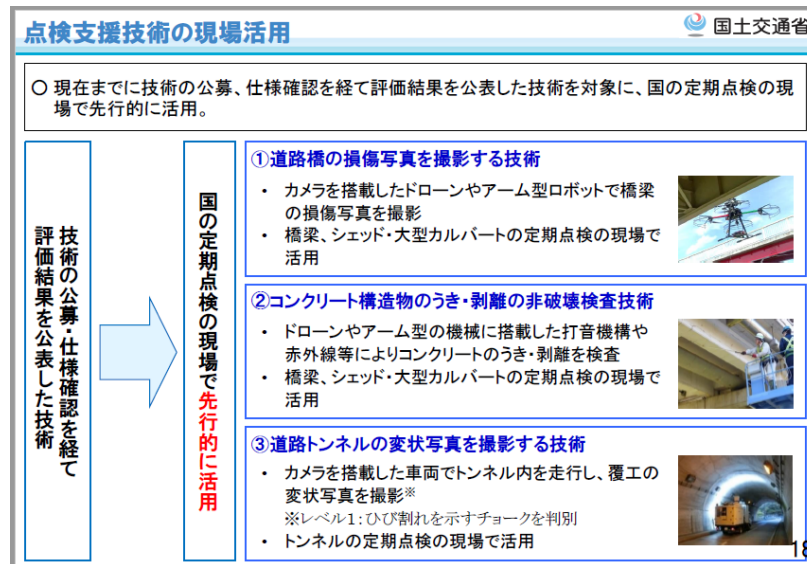
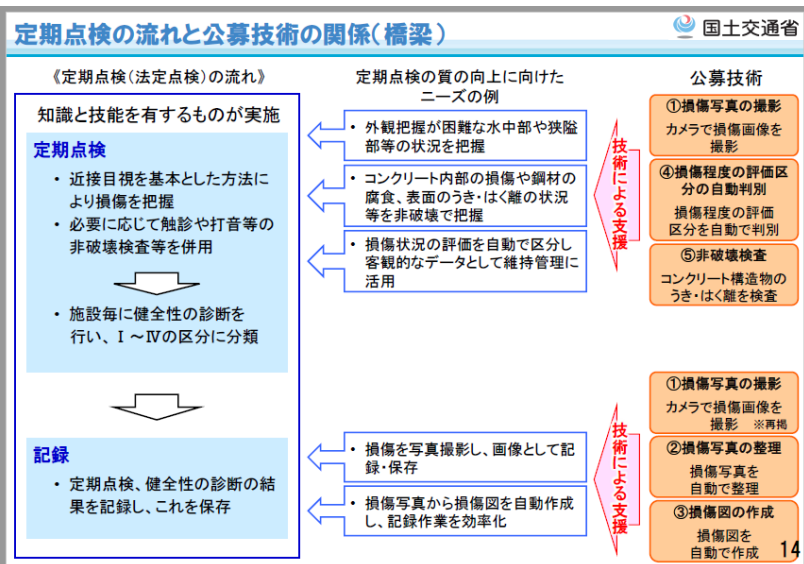
資料2-1

- ガイドラインは、定期点検業務の中で受発注者が使用する技術を確認するプロセス等を例示。
- 性能カタログは、国が定めた技術の性能値を開発者に求め、カタログ形式でとりまとめたもので、受発注者が新技術活用を検討する場合に参考とできる。



4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し
 (2) 成果の実用化・事業化に向けた具体的取組

国土交通省 点検支援技術の活用



4. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

(3) 成果の実用化・事業化の見通し

◆ 成果の実用化・事業化の見通し

実用化水準を評価するため、本事業で開発した全26技術に対し、**TRL (Technology Readiness Level) 評価** (自己評価) を実施。実施者による自己評価を基準にPMが確認 (**2019年5月末**) 。

TRL評価結果サマリー

1. **26技術のうち16技術 (62%) で事業用システムを開発済み**
2年以内の実用化を目指すのがプロジェクト目標
2. **ロボットは、2020年度を前に、81%が実用プロトタイプを開発済み。55%が事業化済みと高い水準**
3. **センサシステムとイメージング技術は、47%が実用プロトタイプを開発済み。20%が事業化済。**
終了後0.5年であり比較的順調。「2年後」までに1.5年あるため引き続きの事業化努力が必要。

水準	達成内容		
TRL1	原理的な可能性が示されている。	本プロジェクトとしてNEDOが支援し、達成を求めた水準	
TRL2	技術的な概念モデルが提案されている。		
TRL3	技術的な概念モデルが定量的に検討されている。		
TRL4	技術要素としての実証モデルが実験室レベルで試験されている。		
TRL5	技術要素としての実証モデルが、実際の使用環境に近い条件のもとで試験されている。		
TRL6	実証モデルをシステムとして開発し、動作を試験した。		
TRL7	実証モデルをシステムとして開発し、実導入現場と同様の環境で試験動作させた。		
TRL8	事業用システムのプロトタイプ（量産試作システム）を開発した	NEDOプロジェクト期間以上の水準（自己努力）	実用化達成
TRL8a	事業用システムのプロトタイプを実導入現場と同様の環境で試験動作させた		
TRL9	事業用システムが開発され、事業用に提供されている		

本事業の2年以内の達成目標とする実用化・事業化の水準

4. 成果の実用化・事業化に向けての取組及び見通し (3) 成果の実用化・事業化の見通し

参考資料

NEDO追跡調査における「実用化段階」の定義.

(内容的にTRL8とTRL9に相当するため、実用化水準をTRL8と設定)

段階	N E D O 追跡調査における段階定義
研究段階	基礎的・要素的な基礎探索段階 (現象の新規性や性能の進歩性等について把握)
開発段階	開発用サンプルの作製。実用化に向けた課題を把握。応用開発段階 (開発用サンプルを作成し、ユーザーへのマーケティング調査を行うとともに技術やコストの優位性及び量産化技術等の課題を把握)
製品化段階	顧客評価(認定用)サンプルの作製。量産化技術の確立。 工業化開発段階 (製品化への社内承認、試作機の製造、所管省庁/監督団体による販売承認/検査、製品を市場に投入するための設備投資の実施等)
上市段階	カタログ掲載など市場での取引を開始。 工場での運転を開始。継続的な売上発生等。
中断	社内での研究開発活動は一時的に停止しているが、将来再開する可能性がある。
中止	社内での研究開発活動は停止され、それ以上の開発は行われない。

実用化段階

収益化は上市段階が継続された後となる場合が多い

実用化達成率の定義 (= 累積実用化率)

分母: N E D O との関係が、委託先・助成先・共同研究先に該当する企業及び上記の関係にある技術研究組合等の構成企業の数
分子: 上記のうち、5年経過時点までに実用化(上表における製品化又は上市段階)に至った企業の数

TRL (Technology Readiness Level) 評価とは

技術開発の**達成水準**としてNASAが策定。
それを参考にして独自に設定して段階評価。

設定した詳細条件

- ・ NEDOの現場実証や国交省の現場検証はTRL7として評価（プロトを現場実証）
- ・ 事業用システムとは、事業に対して対価を得ているシステムとする

TRL値	定義	適用
TRL8	事業用システムのプロトタイプを開発した	プロトタイプとは 量産機 の試作システム
TRL8a	事業用システムのプロトタイプを実導入現場と同様の環境で試験動作させた	一度でも実用動作させれば達成
TRL9	事業用システムが開発され、事業用に提供されている	商品化したレベルをいう。 ただし、国土交通省からの依頼で試行的導入として点検業務を実施した場合を含む

- ・ コンソによる開発技術の一部が実用化・事業化した場合には、上位に合わせた
たとえば、ロボットとソフトを開発しソフト部分を切り出して製品化した場合
- ・ 開発技術や開発システムを応用したシステムで達成した場合も含む
たとえば、開発技術を応用した製品版システムを開発して発売した場合

委託先		開発技術	TRL				
			6	7	8	8a	9
センシング							
NMEMS 技術研究 機構	東芝	SAセンサ:橋梁(振動)	○	○	○	○	—
	産総研	面パターンセンサ:インフラ構造物(ひずみ)	○	○	○	○	○
	富士電機	傾斜センシングシステム(道路情報板)	○	○	—	—	—
	三菱電機	法面変位センシングシステム	○	○	—	—	—
	NTTデータ	無線通信ネットワーク共通プラットフォーム	○	○	○	—	—
	MMC	高耐久性パッケージング技術	○	○	—	—	—
	産総研	センサ端末同期用原子時計	○	○	—	—	—
横河電機	建造物モニタリングシステム(振動)	○	○	—	—	—	
マイクロマシンセンター	都市インフラ回転機器モニタリング(振動)	○	○	—	—	—	
日本電気	道路橋の損傷進展把握(振動・変位)	○	○	—	—	—	
日立製作所	ジェットファンの振動計測とデータ回収	○	○	○	—	—	
イメージング							
福井大	遠隔撮影画像の位相解析(微小変位計測)	○	○	○	○	○	
首都高技術	画像からのコンクリひび割れの自動記録	○	○	○	○	○	
非破壊検査							
日立パワーソリューションズ	プラント配管の肉厚検査(X線、中性子線)	○	○	○	○	—	
産総研	大面積FP型X線イメージセンサ	○	○	—	—	—	

助成先	開発内容	TRL					
		6	7	8	8a	9	
ロボット							
橋梁 点検	川田テクノ	飛行支援制御マルチコプタ	○	○	○	○	○
	ルーチェサーチ	高運動性能小型無人ヘリコプタ	○	○	○	○	○
	熊谷組	磁石走行式ロボット	○	○			
	富士フイルム	主桁懸架ロボット+複眼式撮像	○	○	○	○	
	開発設計コンサル	真空吸着式鉛直壁面移動ロボット	○	○			
	ジビル調査設計	アーム懸架型橋梁桁端部点検ロボット	○	○	○	○	○
水中 点検	朝日航洋	河川点検用水上航行型ロボット	○	○	○	○	○
	キュー・アイ	水中懸垂降下型ロボット	○	○	○	○	
災害 調査	国際航業	土石流予測マルチコプタシステム	○	○	○	○	○
	日立製作所	地上/空中複合型ロボットシステム	○	○	○	○	○
	三菱重工	引火性ガス雰囲気内探査ロボット	○	○	○		

◆実用化に対する課題と今後の方針

(1) 安全性・操作性・安定性・耐久性の向上

・現場実証を実施し、想定導入現場での試行は進んでいるが、誰もが使用可能な安全で頑強なシステムにするには更なる開発が必要。

(2) 関係省庁におけるロボットによる定期点検等の導入

・橋梁点検要領が改訂され、点検システムの活用が可能となった。しかし、現場はまだ模索段階。
・国交省や自治体に技術を紹介するなどの協力を行い、社会実装に務める。今後、広い活用が期待される。

(3) 現場取得データの分析の容易化

現状ではデータの分析にも専門的知識が必要。危険を知らせる論理の自動化が待たれる。今後の導入の中で改良を進める。

「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」 (事後評価) (平成26～30年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

5.4 プロジェクトの全体概要

プロジェクトリーダー 油田信一

サブプロジェクトリーダー 下山勲

2019年7月22日

5. 4 プロジェクト全体概要

(午後のセッション)

個別テーマの成果及び意義

- a. 全26テーマの概要を説明
- b. 代表的4テーマを詳細説明

◆各個別テーマの成果と意義

●全26技術。件数が多いので要約を紹介

①インフラ状態モニタリング用センサシステム

橋梁用SAセンサ

橋梁用面ハーターセンサ

ライファイブモニタリング

道路構造物傾斜センサ

法面変位センサ

建物健全性センサ

無線通信プラットフォーム 高耐久パッケージング

チップ原子時計

道路橋センサシステム

道路付帯構造物モニタリング

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

位相解析手法を用いた画像計測装置

ひび割れモニタリング

③-2 インフラ維持管理用非破壊検査装置

超小型X線及び中性子センサを用いた検査装置

大面積FP型イメージセンサ

③-1 インフラ維持管理用ロボット技術

橋梁点検用ロボット

水中点検用ロボット

真空吸着型 開発設計コンサルタント

飛行型 川田テクノロジーズ

懸垂型 富士フィルム

ダム点検用 キュー・アイ

磁力吸着型 熊谷組

飛行型 ルーチェサーチ

アーム型 ジビル調査設計

水上航行型 朝日航洋

災害調査用ロボット

<土砂・火山災害>

<トンネル災害>

飛行型 国際航業

移動・飛行型 日立製作所

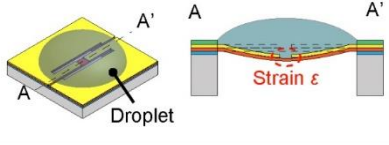
防爆移動型 三菱重工業

個別技術の紹介: NEDO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 web

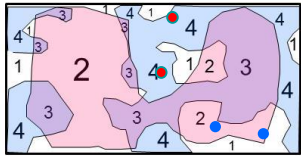
https://www.nedo.go.jp/activities/ZZJP_100081.html

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

スーパーアコースティックセンサによる
橋梁センシングシステムの開発
技術研究組合NMEMS技術研究機構（株式会社東芝、国立
大学法人東京大学、国立大学法人京都大学）



気液界面振動による広帯域振
動センサを実現(1Hz~1MHz)



床版実測に基づく損傷ランクマップ



西日本高速道路管内橋梁

健全性定量評価手法

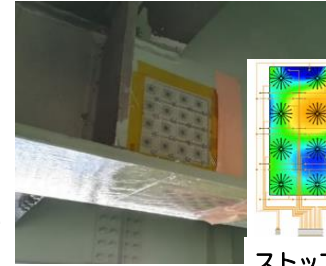
AE源密度分布分析 + 速度構造解析
→ 内部損傷を4段階にランク分け

数年以内の小型無線センサ端末の事業化及び橋梁診断サービスの事業化を予定

マルチ平面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発
技術研究組合NMEMS技術研究機構
(国立研究開発法人産業技術総合研究所、大日本印刷株式会社)



鋼橋の亀裂の伸展をひずみ分布
センサで観察。経過観察がオン
ラインで可能に。接着シートとの
一体化で施工容易



高架橋
(阪神高速道路管内)

ストップホール周囲
のひずみ分布

プロジェクト終了後2年以内の実用化を計画、大日本印刷株式会
社 (DNP) が高速道路各社や電力事業者へ販売

法面変位センシングシステムの開発
技術研究組合NMEMS技術研究機構(三菱電機株式会社)



要注意法面の監視

法面 (東日本高速道路管内)

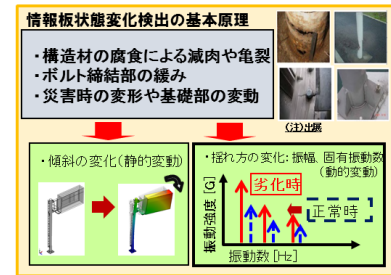
地すべりの前兆を電波の位相差を用いることで、ミリメートルオー
ダーで検出。

- 高速道路における約2000箇所、一般国道1万箇所。ニーズは大きい。低コスト化により、2019年度に実用化に向けたシステム設計、2020年度以降に試作・製品化予定。

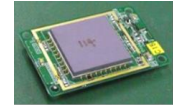
道路付帯構造物傾斜センシングシステムの開発
技術研究組合NMEMS技術研究機構(富士電機株式会社)



メンテナンス技術者
の不足対策



(注) 出展: 附属物(標識・照明施設等)点検要領案)平成22年12月
国土交通省道路局道-防災課



MEMSセンサユニット
(ユニット構造化)



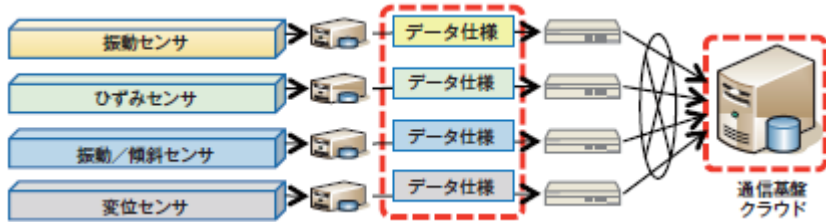
傾斜マルチセンサ端末インターユニット

運用中の情報板にセンサを設置し実証実験。卓越周波数や傾斜
の継続的な計測に成功、遠隔モニタリングも確認。事業性の見極
めを行い、マルチセンサ端末、センシングシステムの製品化を行う。

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

無線通信 技術研究組合NMEMS技術研究機構 (NTTデータ)

多種多様なセンサの差異を吸収し、データ収集やデータ利活用を共通の通信基盤で実施する通信仕様を開発。通信基盤の運用コスト削減及び多種多様なデータの横断的な利活用を可能に。



2015年より商用クラウドサービスとして展開しているIoT通信基盤「ANYSENSE」へ機能実装する目論見。平成31年度、クラウドサービス及びソフトウェアパッケージとしての機能提供を前提に検討中。

パッケージング 技術研究組合NMEMS技術研究機構 (マイクロマシンセンター、日本ガイシ、大日本印刷)

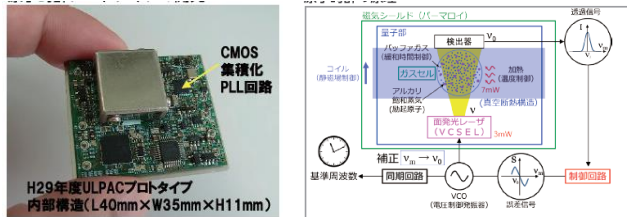
センサ端末を長期安定して稼働させるための耐久性の高いパッケージを開発。高温、高湿、日射、排ガス、塩害などの過酷な環境ストレス下で、少なくとも10年間維持できる高耐久性。粘接着シートによる簡単施工方法も開発。



セラミック(LTCC)パッケージは透光性セラミック基板、無線アンテナ内装などが特長。低コスト化が課題。施工用粘接着シートは設置品質。耐久性が特徴。CFRPやガラスにも適用可能。各種IoT端末用としても展開を図る。

原子時計 技術研究組合NMEMS技術研究機構 (産総研、リコー、マイクロマシンセンター、首都大学東京、東京工業大学、京都大学)

センサ端末に内蔵可能な基板搭載サイズと電池動作可能な消費電力の高精度原子時計を開発。ガスセルとVCSELの性能を大幅改善する技術を開発。10年間のメンテナンスフリーの為の将来技術も並行して開発中。



長期安定度と低消費電力を実現するための基本技術を確立。今後は特性のばらつきや信頼性を確保可能な生産技術開発が必要。既存Rb原子時計に対して消費電力・時刻精度ともに凌駕。H37年度を目標に時刻精度で2桁、消費電力で2桁の高精度化を目標に開発を継続。

3. 研究開発成果

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

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

ライフラインコアモニタリングシステムの研究開発
産業技術総合研究所、マイクロマシンセンター、明星電気、沖電気工業、高砂熱学工業、東京大学

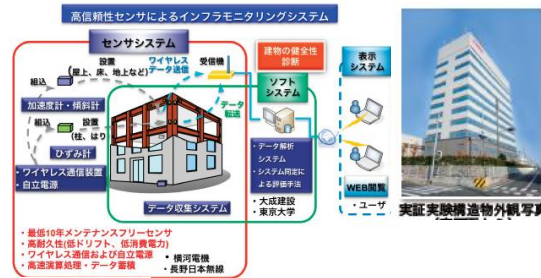


都市インフラ(ライフライン)の中核(コア)となるポンプ等の回転機器の劣化の兆候を振動のモニタリングで検知。格段に低い導入コスト、現場変化への柔軟な対応が可能、膨大なログ解析を必要とせず異常検知が可能。

晴海アイランド地区熱供給センター

ネットワークシステム:平成32年度サンプル出荷、平成33年度より量産開始予定。モニタリングシステム:トライアル販売の後、平成33年度より本格販売および有償診断サービスを予定

高信頼性センサによるインフラモニタリングシステムの研究開発
横河電機、(再委託先)長野日本無線、大成建設、東京大学



公共性の高い建築や生産施設の拠点となるビルを対象とし、地震発生等による非常時の大きな振動観測から構造物の使用継続の可否が判断できる支援ツールを開発した



加速度センサ

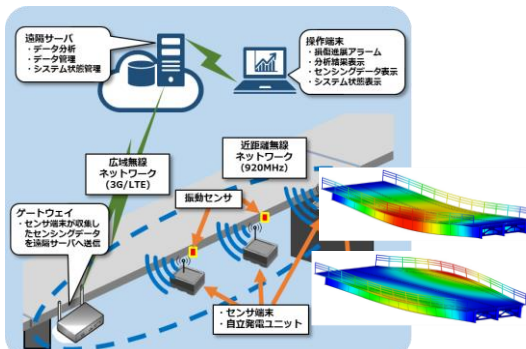
震災におけるBCP対策の高まりに応えるべく、加速度計、ひずみ計および傾斜計の量産体制の取組みや、常時・非常時による構造物の健全性を迅速に行える診断システムの製品化を優先して検討したい。

道路橋の維持管理及び防災・減災を目的としたセンサシステムの研究開発

日本電気株式会社、一般財団法人首都高速道路技術センター



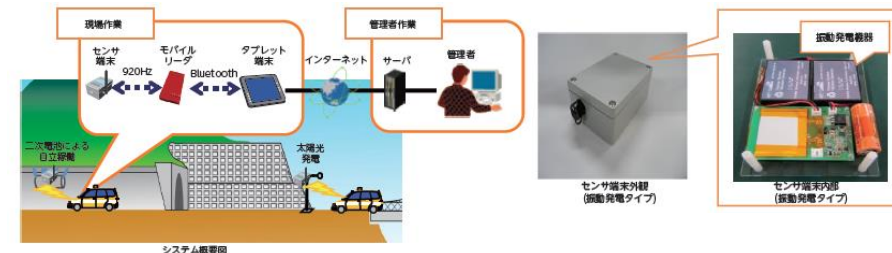
橋長15m以上の単純桁橋で健全度判定区分が「Ⅲ:早期措置段階」以上の橋梁の経過観察



日本電気が「センサシステム設置」でのハードウェアの提供及び「センサシステム運用管理」での損傷検知ソフトウェアの提供を、首都高速道路技術センターがモニタリングシステムの設置・運用企画の提供を想定。2020年販売予定

道路付帯構造物モニタリングシステム開発
日立製作所

ジェットファンや照明柱などの道路付帯構造物にセンサ端末を取り付け、固有振動数等の計測データを巡回車両から走行中に回収可能なシステムを開発。予防保全や優先順位決定に活用可能。



高速道路会社には、データ収集、見える化の基盤を提供し分析用基盤は別途展開、地方整備局・自治体にはサービス形態で提供するなど、実用化・事業化に向けての基本方針(要件)を策定。

3. 研究開発成果

(1) 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

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

位相解析手法を用いたインフラ構造物用画像計測システムの研究開発
 福井大学、ジェイアール西日本コンサルタンツ、共和電業、4Dセンサー



屋外で10m~30m程度の遠距離から微小な変位や回転角を計測可能。サンプリングモアレ法を用いてキャリブレーション不要
 基本性能としては実用的に使えるレベルに到達。2019年4月以降に製品化（計測業務サービス、装置の製品販売）予定。

研究開発項目③-2: 非破壊検査装置

超小型X線及び中性子センサを用いたインフラ維持管理用非破壊検査装置開発
 日立パワーソリューションズ、産業技術総合研究所、静岡大学



化学プラント(大竹市)
 プラントの配管の腐食(CUI)を、保温材を解体せずに確認できる非破壊検査手法を開発。さらには非破壊検査装置をロボットに搭載して自動化することにより、CUI検査の大幅な効率化を実現した。中性子水分計および搭載自走ロボットは実用レベルに達しており、先行して計測ビジネスを開始。X線管厚計によるエッジ撮像技術は基盤技術を確認したため、今後ロボット搭載に向けて技術開発を継続。

道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発 首都高技術、東北大学、産業技術総合研究所

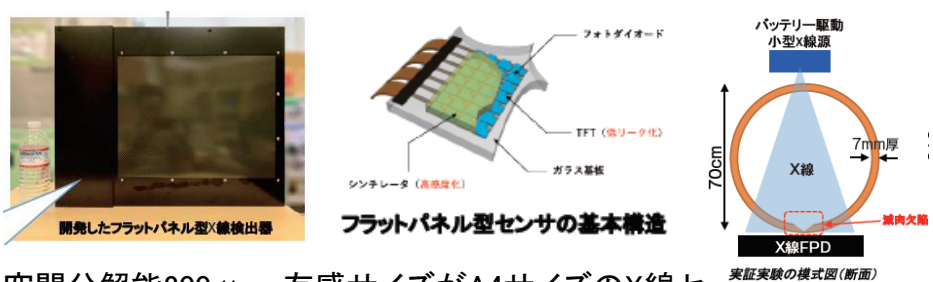


AI技術を活用したひび割れ検出技術により、撮影画像から高精度にひび割れ状態を抽出可能。記録作業が省力化され、定量的判断できるので、より適切な補修・補強の計画立案等に貢献する。
ひび割れ自動検出

クラウドサービスによる事業化を比較的早期に創出可能と考え、プロジェクト終了後早期に事業を開始させる。

大面積FP型イメージセンサによるX線非破壊検査装置開発 産業技術総合研究所

液晶ディスプレイ製造技術を転用しフラットパネル型のX線センサを開発。検査領域の大面積化と高感度化を両立。バッテリー駆動が可能。



空間分解能 $200\mu\text{m}$ ・有感サイズがA4サイズのX線センサは2019年内に市販予定。さらなる高分解能化、大面積化と高感度化を目指し、 $100\mu\text{m}$ 以下分解能タイプや、17インチ×14インチサイズの後継機を2020年に市販化する計画。

研究開発項目③-1 インフラ維持管理用ロボット技術

マルチコプタを利用した橋梁点検システム
川田テクノロジーズ、大日本コンサルタント



網羅的画像取得タ
イプマルチコプタ



バケットから離陸す
るマルチコプタ



橋梁点検車とド
ローンの連携運用

「一定離隔飛行制御」「安定ホバリング制御」「カメラ正対制御」等を開発し、一定解像度の画像を取得を可能とし、点検作業員にも容易に取扱可能としている。従来点検手法(橋梁点検車)との組合せた高橋脚柱の安全画像取得技術を開発した。バケットから垂下された安全索でドローンの飛行範囲を制限する実用的技術が安全性と操作性を担保しており、普及が見込まれる。

小型無人ヘリを用いた構造物点検技術
ルーチェサーチ株式会社

可変ピッチプロペラを有するドローンと高熟練の操縦士の構成により「乱流環境下での高い運動性能と耐候性、安全性を両立させ、高精細な写真を元にした精度の高い橋梁点検」を可能とした。



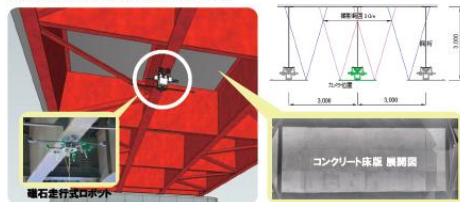
可変ピッチドローン

国土省の現場検証と試行的実証で高評価。機体は自社で所有し、現場での画像撮影と事務所での合成画像作成等を一貫して実施することで、自社の点検サービス業務として社会に提供する。

磁石走行式ロボット等を活用した橋梁点検システム
熊谷組、移動ロボット研究所

磁力吸着機構によりはく落防止ネットが設置された橋梁においても、走破が可能な点検用ロボットシステムを開発。比較的強い風(地上で5m/s~6m/s程度)でも床版の詳細ひび割れ画像の取得が可能。

磁石走行式ロボットを活用した点検システムのイメージ



複眼式撮像装置を搭載した橋梁近接目視代替ロボットシステム
富士フィルム、イクシスリサーチ、首都高速道路技術センター



ひびわれ自動検出の結果

懸架型橋梁点検ロボット

鋼鉄桁橋の主桁フランジに懸架し、プログラム制御で動作する点検ロボットシステムを開発した。安定性、耐候性、精度、自動化においてバランスよい性能を有し、交通規制が不要で、点検員の負担が少なく、経済的な点検を実現した。更に、コンクリート床版のひびわれ自動検出等を搭載することにより事務所作業の効率化を実現した。車線規制が不要なことから導入効果は大きく、社会普及が望まれる。

橋梁維持管理の調査・設計・工事が一体となった包括契約方式の案件には自社で使用。その他、点検事業者にロボットをリースまたは販売する。ロボットの製造は移動ロボット研究所、リースまたは販売を熊谷組グループ会社が行う。

研究開発項目③-1 インフラ維持管理用ロボット技術

インフラ診断ロボットシステム(ALP) 開発設計コンサルタント



コンクリート製鉛直壁面を、脚に設置した真空吸着パッドにより移動し、点検対象箇所

に近接して画像撮影・打音検査・鉄筋探査を行って、点検評価に必要なひび割れ・浮き・剥離等の劣化要因を判別するロボットである。安全で定量的かつ経済的な高所点検が可能となる。

J-POWERが、保有する発電施設への活用を想定。平成30年度に協議の上、実用モデルの基本構想をまとめる予定。

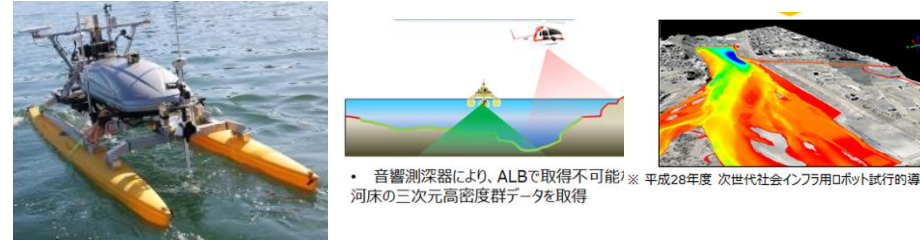
橋梁桁端部点検診断ロボットの開発 ジビル調査設計株式会社



アーム型点検ロボット斜張橋を点検するロボット 歩道橋点検も可能

従来は点検困難であったトラス橋や斜張橋、側道橋等の部材が複雑に構成された橋梁を点検可能なアーム懸架型点検ロボットを開発した。複線レールや狭隘部点検カメラロボット等を新規開発し最小限の交通規制で、短時間での点検を可能とした。従来のロープアクセス等の特殊点検が不要となり、大幅なコストダウンが見込まれる。

河川点検を効率化・高度化するフロートロボット 朝日航洋株式会社



・音響測深器により、ALBで取得不可能※平成28年度 次世代社会インフラ用ロボット試行的導入
河床の三次元高密度群データを取得

長大な河川の地形計測を航空測量(ALB)と連携して動作する水上ロボット。機動性の高い船体に測深機等の計測器をコンパクトに搭載した。操船支援機能や自動航行機能による運用支援を搭載することで、効率的・経済的に現場搬入や計測航行が可能となり、河床・護岸の安全かつ効率的にスポット計測を可能とした。自社受注事業を端緒として活用。

可変構成型水中調査用ロボット キュー・アイ



調査中の映像 J14垂直線目

コンクリートダムの堤体上流部の表面点検に使用する水上機と水中機のペアロボット。水上ロボットから水中機を垂下し、自動動作制御することにより大深度においても安全かつ安定した品質を低コスト・高効率で点検を可能とした。従来の、ダイバーによる潜水調査では技量差による品質バラツキや、危険が伴い高い点検コストが必要となる事といった課題を解決する。大深度点検の危険を回避できる技術として、現場から活用が期待されている。

研究開発項目③-1 インフラ維持管理用ロボット技術

土石流予測を目的としたセンシング技術ならびに
高精度土石流シミュレーションシステム
国際航業、エンルート



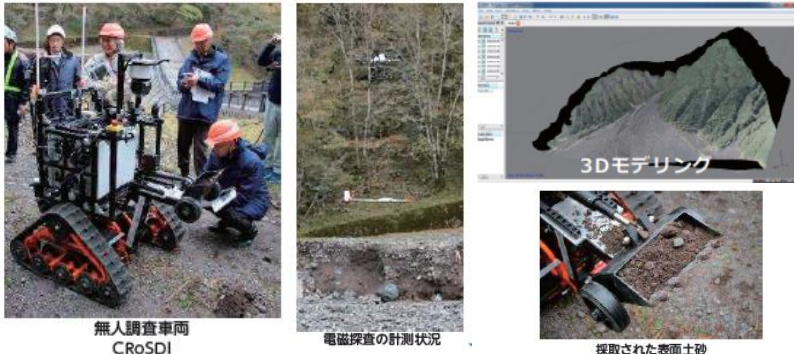
小型移動ロボットの運搬 土砂サンプリングデバイス

火山噴火直後の土石流・火砕流が予測される災害現場において、UAVにより立ち入り禁止区域に侵入し、地形計測、土砂採取、表面流発生状況の直接観測を行うシステムを開発。土石流発生の可能性に関する情報を収集し、氾濫範囲予測に資するシミュレーション精度を向上させ、被害の軽減や避難情報をより確実に発することを可能とする。すぐにも活用可能なシステムとしてロボット大賞を受賞。

災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム
日立製作所 エンルート 八千代エンジニアリング



土砂災害や火山災害の発生現場等の人の立ち入りが困難であった現場で活躍する無人ヘリと地上移動型無人車両からなる情報収集プラットフォームを開発。迅速な現場状況の把握と二次災害予測に有用な情報提供を可能とした。



無人調査車両
CRoSDI

電磁探査の計測状況

採取された表面土砂

係留型ヘリ

引火性ガス雰囲気内探査ロボット
三菱重工業株式会社



防爆ロボット

实在トンネルで深夜に実施した実証実験

引火性ガスの発生が予想されるトンネル災害発生時に、救助や災害拡大防止のための現場の状況を確認できる移動ロボットを開発した。国内で初めて防爆検定合格した電動移動ロボットにより、トンネル内部に安全に侵入し、引火性ガスの有無と内部状況を遠隔操作で確認が可能となった。防爆機能を活かした洋上プラットフォームの点検ロボットとして要望があり対応中。開発技術の展開活用が期待される。