

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進

災害調査技術の現場検証・評価の結果

～災害調査に役立つ技術へ応募されたロボット技術の
現場検証・評価の結果をお知らせします～

平成28年3月30日

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会
災害調査部会

災害調査部会委員

部会長 高橋 弘 東北大学大学院 教授
委員 油田 信一 芝浦工業大学 特任教授
栗栖 正充 東京電機大学 教授
大須賀 公一 大阪大学大学院 教授
萬徳 昌昭 (一財) 砂防・地すべり技術センター 企画部長
大久保 均 (一社) 建設コンサルタンツ協会 土質地質専門委員
岩見 吉輝 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室長
渡部 秀之 国土交通省 水管理・国土保全局 防災課 災害分析官
伊藤 仁志 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部保全課 保全調整官
吉田 敏晴 国土交通省 道路局 国道・防災課 道路防災対策室長
水野 秀明 (国研) 土木研究所 土砂管理研究グループ 上席研究員
藤野 健一 (国研) 土木研究所 技術推進本部 主席研究員
岡本 健太郎 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐
加藤 晋 (国研) 産業技術総合研究所 知能システム部門 グループ長
石原 義光 (国研) 新エネルギー・産業技術総合開発機構
ロボット・機械システム部 主幹
天野 久徳 消防庁 消防研究センター 特別上席研究官

(敬称略)

※ (国研) は、「国立研究開発法人」を示す。

●事務局（問い合わせ先）

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課 企画専門官 新田, 課長補佐 増, 係長 中根

E-mail: robotech@mlit.go.jp

Tel: 03-5253-8286 (課内直通)

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に係る現場検証支援業務（受託者）：

先端建設技術センター・日本建設機械施工協会・橋梁調査会共同提案体

(災害調査分野担当) 一般財団法人先端建設技術センター 担当：吉田・奥出

Tel: 03-3942-3990 (代表)

目次

1. 本取組みについて	1
2. 公募の概要	2
2-1 公募技術	2
2-2 公募期間	2
3. 公募の結果	2
3-1 応募数	2
3-2 現場検証数	2
3-3 現場検証技術	3
4. 災害調査における各場面の条件と求める成果	4
4-1 土砂崩落災害	4
4-2 火山災害	6
4-3 トンネル災害	7
5. 現場検証	10
5-1 赤谷地区【土砂災害】	10
5-2 雲仙普賢岳 【土砂災害・火山災害】	14
5-3 国土技術政策総合研究所 【トンネル災害】	18
6. 評価結果	23
6-1 総論	23
6-2 評価方法について	25
6-3 現場検証・評価の結果（対象技術毎）	28
7. 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）	56
参考資料 現場検証技術概要	62

1. 本取組について

我が国の社会インフラを巡っては、これまで国民の安全・安心と活力を支えてきた多くの施設で進行する老朽化、また、年々リスクの高まる大規模地震や頻発する風水害等の災害、一方、社会情勢としての人口減少・少子高齢化の進行といった重要且つ喫緊の課題に対し、近年の ICT 等を活用し、効率的・効果的な対応を可能とする技術を開発し、導入することが求められている。

そこで、国土交通省及び経済産業省は、平成 25 年 7 月 16 日「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を共同設置し、現場ニーズと技術シーズとの擦り合わせ等の検討を経て、同年 12 月 25 日に「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野」を策定し、今後取り組むべき事項を提示した。ここでは、重点分野に係るロボットについて、平成 26 年度、平成 27 年度の全国の直轄現場等における現場検証及び評価を通じ、開発・改良を促進し、現場検証の結果を踏まえ、平成 28 年度から現場での活用を促進していくこととしている。

【現状と課題】

- ・少子高齢化、人口減少による建設産業における労働力不足の懸念
- ・インフラの老朽化に対応した効率的な維持管理及び更新
- ・大規模災害への迅速な対応

【取組み内容】

- ・国交省と経産省が共同でロボット開発・導入が必要な「5つの重点分野」を策定し、これらに対応できるロボットを民間企業や大学等から公募し、直轄現場で検証・評価を行うことにより、開発・導入を促進

【5つの重点分野】

(平成 25 年 12 月 24 日 国交省・経産省策定)

I 維持管理

① 橋梁

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

② トンネル

- ・近接目視を支援
- ・打音検査を支援
- ・点検者の移動を支援

③ 水中(ダム、河川)

- ・近接目視を代替・支援
- ・堆積物の状況を把握



II 災害対応

④ 災害状況調査

(土砂崩落、火山災害、トンネル崩落)

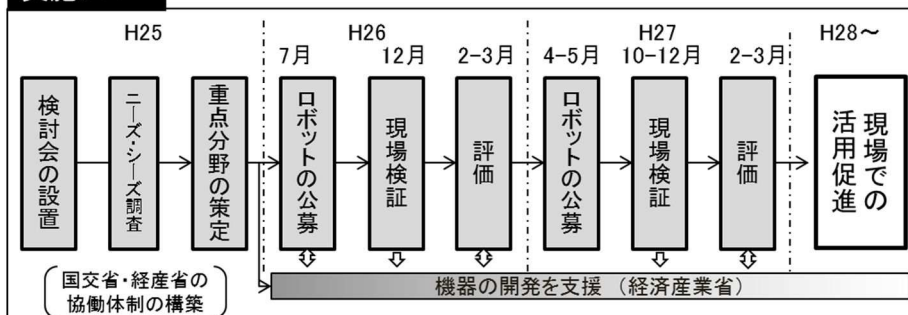
- ・現場被害状況を把握
- ・土砂等を計測する技術
- ・引火性ガス等の情報を取得
- ・トンネル崩落状態や規模を把握

⑤ 災害応急復旧 (土砂崩落、火山災害)

- ・土砂崩落等の応急復旧
- ・排水作業の応急対応する技術
- ・情報伝達する技術



実施フロー



2. 公募の概要

2-1 公募技術

- [1] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「地形の変化や状況を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の取得」ができる技術・システム
- [2] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「土砂等の状況を判断するため、例えば、土砂や火山灰等の含水比や透水性、密度・内部摩擦角・粘着力、貫入抵抗、火山灰については堆積深等の計測」ができる技術・システム
- [3] トンネル崩落において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「爆発等の危険性を把握するための引火性ガス等に係る情報の取得」ができる技術・システム
- [4] トンネル崩落において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「崩落状態及び規模を把握するための高精細な画像・映像等の取得」ができる技術・システム

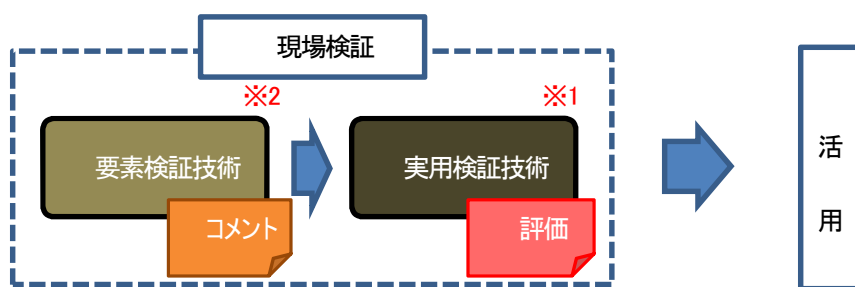
2-2 公募期間：平成27年5月28日（木）～6月18日（木）

3. 公募の結果

3-1 応募数：19技術 17者（内、2技術の応募が2者）

3-2 現場検証数

- ・実用検証技術^{※1} : 12技術 11者
- ・要素検証技術^{※2} : 3技術 3者
- ・辞退 : 4技術 4者
- ・選外 : 0技術 0者



『現場検証』にかかる技術の分類について

- ※1 現段階で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。
現場検証の結果として、確認された技術・システムの精度、安全性、効率、信頼性などを踏まえた評価を、想定される適用範囲や期待される活用場面および試行的導入に向けた課題とともに示す。
- ※2 現時点では技術・システムの一部が開発段階にあり、本来の技術・システムとしてではなく、構成する一部の要素技術を用いたデータ収集や各要素の稼働状況などの確認を目的として現場検証を実施した技術。または、検証現場の使用上、構造上の制約等によりシステムとしての検証がおこなえず、データ収集や各要素の稼働状況等の確認を目的として現場検証を実施した技術。
現場検証の結果は、確認された範囲で技術・システムの有効性、実用の可能性に関するコメントとして示す。

3-3 現場検証技術

表3. 1 現場検証技術一覧表 (平成27年度分)

No	技術名称(名称)	応募者	共同開発者	応募形態				検証項目 ※3※4				ロボットを構成する要素技術			検証予定地※4※5			
				継続	新規	[1]	[2]	[3]	[4]	移動機構	情報取得機構	取得情報等	赤谷地区	雲仙普賢岳	国総研(トンネル)	NEDO ※5		
1	高密度・高精度UAVレーザ計測システム	中日本航空㈱	(一財)砂防地すべり技術センター		○	①					無人航空機(ドローン)	レーザ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①				
2	無人小型機(ドローン)による空中撮影技術	マルチコプターラボ	—		○	①					無人航空機(ドローン)	CCDカメラ	・静止画 ・動画	①				
3	自律飛行型無人小型機(ドローン)による災害現状調査	三信建材工業㈱	㈱自律制御システム研究所		○	①					無人航空機(ドローン)	CCDカメラ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①				
4	災害調査用地上ノ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㈱ 産業技術総合研究所		○	①					クローラベース車両 +無人航空機(ドローン)	CCDカメラ レンジセンサ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①			○	
					○		①						電磁レーダ	・地質データ	①			○
5	全自動ロボット型空中俯瞰撮影システム	㈱ネクスコ東日本イノベーション&コミュニケーションズ	㈱ネクスコ東日本エンジニアリング		○	①					無人航空機(ドローン)	CCDカメラ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①				
6	SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術	ルーチェサーチ㈱	日本工営㈱		○	①					無人航空機(ドローン)	デジタルカメラ レーザ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①				
7	飛行ロボットによる災害調査	㈱富士建	—		○	①					無人航空機(ドローン)	デジタルカメラ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①				
8	小型無人飛行装置による地形データ取得技術	㈱アスコ	—		○	①					無人航空機(ドローン)	デジタルカメラ レーザ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ	①				
9	遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット	㈱大林組	㈱移動ロボット研究所 慶應義塾大学 大学院メディアデザイン研究科		○			①			クローラ	貫入試験装置	貫入抵抗、内部摩擦角、粘着力、間隙水圧		①		○	
10	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	東北大学	国際航業㈱ ㈱エンルート		○	①					無人航空機(ドローン)	デジタルカメラ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・地形データ		①		○	
11	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	東北大学	国際航業㈱ ㈱エンルート		○			②			無人航空機(ドローン)	土砂サンプリング装置 雨滴センサー	土砂採取 透水性試験		②		○	
12	土砂崩落・火山災害状況把握ロボットシステム	㈱パスコ	アルウェットテクノロジー㈱		○			②			—	レーダ	・相対変位データ		②			
13	災害調査用地上ノ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㈱ 産業技術総合研究所		○				①		クローラベース車両 +無人航空機(ドローン)	デジタルカメラ レーザ	・静止画+オルソ画像 ・動画 ・3Dデータ			①	○	
14	坑内中継・モニタリングシステム	西尾レントオール㈱	—		○				①		重機	CCDカメラ	・静止画 ・動画			①		
15	複合センサ搭載多関節ワーム型ロボット	㈱タウ技研	東京工科大学 神奈川県産業技術センター		○				②		ワーム型多関節ロボット +運搬用クローラ	ガス検知器	・CO2濃度			②	○	
					○					②		ワーム型多関節ロボット +運搬用クローラ	CCDカメラ	・静止画 ・動画			②	○
16	引火性ガス雰囲気内探査ロボット	三菱重工業㈱	千葉工業大学		○				①		クローラ	ガス検知器	・引火性ガス濃度			①	○	
					○					①		クローラ	CCDカメラ	・静止画 ・動画			①	○
17	受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム	愛知工業大学	エヌ・ティー・シー㈱ 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱、サンリットオートメーション㈱ ㈱エアシステムサービス		○				①		クローラ	ガス検知器	・引火性ガス濃度			①		
					○					①		クローラ	CCDカメラ レーザ	・静止画 ・動画 ・3D地図データ			①	
18	小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発	㈱移動ロボット研究所	理研計器㈱		○				①		8輪型駆動車+6自由度クローラロボット+無人航空機(ドローン)	ガス検知器	・引火性ガス濃度			①		
					○					①		8輪型駆動車+6自由度クローラロボット+無人航空機(ドローン)	CCDカメラ レーザ	・静止画 ・動画 ・3Dデータ			①	
19	マルチダクトファンコプタ型調査ドローン	国立大学法人 徳島大学	㈱エンルート サンリットオートメーション㈱		○				①		車輪移動機能付無人航空機(ドローン)+中継用UAV	CCDカメラ レーザ	・静止画 ・動画 ・3Dデータ			①		

※3 [1][2][3][4]は2公募の概要 2-1公募技術を参照。

※4 ①は実用検証技術：現段階で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

②は要素検証技術：現時点では技術・システムの一部が開発段階にあり、本来の技術・システムとしてではなく、構成する一部の要素技術を用いたデータ収集や各要素の稼働状況などの確認を目的として現場検証を実施した技術。または、検証現場の使用上、構造上の制約等によりシステムとしての検証がおこなえず、データ収集や各要素の稼働状況等の確認を目的として現場検証を実施した技術。

※5 「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」【NEDO】委託先

4. 災害調査における各場面と検証の条件

災害調査においては、土砂崩落災害、火山災害、トンネル災害において各々場面分けを行い、各場面でのニーズを基にシナリオを作成した。そのシナリオから要求事項を選定して各場面の検証条件を整理した。

4-1 土砂崩落災害

土砂崩落災害では、災害発生後の対応を経時的に「フェーズ」という場面に整理して検証を行った。

各フェーズにおける災害調査の目的、ニーズおよび条件を表4. 1に示す。なお、フェーズ1は公募要領のロボット活用の効果が期待される場面に記載されていないため対象外とした。

表4. 1 各フェーズの目的、ニーズおよび条件

フェーズ	フェーズ1	フェーズ2	フェーズ3	フェーズ4
時期	災害発生初日	災害発生後1日～3日	災害発生後1週間程度	対策工開始後適宜と再被災予想前
場面	災害発生場所の把握	被災状況の把握	対策工等検討のための地形調査	動態観測（維持管理） 出来高確認 再被災後の準備
目的	広範囲にわたる被災箇所 の『把握』と『特定』。	被災箇所の把握と特定後の 各被災地の『被災状況』を確認。	各被災地の初動対応後、本格的な 対策工等を検討するための 『地形等調査』を実施。	本格的な対策工時における 安全確保のための『動態観測』、 定期的な『出来高確認』、 再被災に備えた『準備調査』。
ユーザ	施設管理者 地方自治体 指定行政機関 等	施設管理者 地方自治体 指定行政機関 等	施設管理者等 地方自治体 設計者（建設コンサルタント等） 等	施設管理者等 地方自治体 施工者（建設会社等） 等
ニーズ	より迅速に調査開始が可能 安全な場所から調査が可能 広範囲な調査が可能 被災箇所の把握が可能 調査開始から成果提出が迅速	より迅速に調査開始が可能 安全な場所から調査が可能 (フェーズ1より危険度は下がる) 初動対応レベルの調査が可能 調査開始から成果提出が迅速	より迅速に調査開始が可能 安全な場所から調査が可能 (フェーズ2より危険度は下がる) 詳細設計レベルの調査が可能 調査開始から成果提出が迅速	より迅速に調査開始が可能 安全な場所から調査が可能 (フェーズ3より危険度は下がる) 詳細設計レベルの調査が可能 調査開始から成果提出が迅速 調査費用が安価であること
条件	広域的に陸上から被災箇所の 把握が不可能	被災地へ直接の接近はできないが、 安全なエリアの把握はできている。 また、安全なエリアから被災地を 直接視認できる場合とできない 場合がある。	被災地へ直接の接近はできないが、 安全なエリアの把握はできており、 フェーズ2より近傍まで接近可能。 初動対応により被災地の直接視認は 可能となっている。	被災地へ直接の接近はできないが、 安全なエリアの把握はできており、 フェーズ2より近傍まで接近可能。 被災地の直接視認も可能。
現状	ヘリコプタによる広域的な調査	【被災地の直接視認可能】 車両および徒歩にて接近し、安全な エリアから被災地の調査を実施。 【被災地の直接視認不可能】 ヘリコプタによる狭域的な調査	航空または地上からの LP測量や調査	地上からのLP、TS測量や調査

(1) フェーズ2

フェーズ2（災害発生直後から1～3日経過）では、人が近づけない状況において、迅速に崩落箇所の位置・規模・危険度等の状況を把握する必要があるとのニーズがあった。

このニーズに基づき以下のシナリオを定めた。

【シナリオ】

災害発生直後に、有人ヘリコプターにより被災箇所全域の状況を確認したところ、一部に土砂崩落による河道閉塞が確認されたが、被災箇所の危険度が把握できなかった。

そこで、被災箇所全体の状況、崩落土砂や崩落法面の状況、湧水の有無、河道閉塞の状況、被災箇所までの進入路の有無等を把握するためにロボットによる調査を行うこととなった。

調査に先立ち取得できた情報は、手書きの状況図や有人ヘリコプターで撮影した遠景の状況写真のみであった。被災箇所の詳細な状況を迅速に把握するため、近景による静止画・動画が必要となった。

【要求事項】

定めたシナリオに基づく要求事項を表4. 2に示す。

表4. 2 フェーズ2の要求事項

A	運搬性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1日以内に現地に到着できる。
B	現場適用性	搬入完了から1時間以内に調査を開始し、土砂崩落災害現場の対応力（気象条件、地形条件、管理点の制約等）が高い。また、指定した箇所への臨機応変な調査が可能である。
C	迅速性	基地において即時に状況が把握でき、取得したデータを半日で処理し報告が可能である。
D	取得情報の量・質	被災地全体（崩落法面、崩落土砂、湛水池）の状況、崩落土砂や崩落法面の状況（土質、安定状況、岩塊の大きさ等）、湧水の有無、河道閉塞の天端と湛水位の差（越流までの高さ）、湛水面積と水位、河道閉塞までの進入路の有無を把握できる。
E	移動性	長距離・長時間の調査が可能である。
F	経済性	航空機による空中写真測量よりも安価である。
G	安全性	操作無線等の通信が途絶した場合においても安全である。

(2) フェーズ3

フェーズ3（災害発生後から1週間程度経過）では、応急対策・復旧計画立案に必要な詳細なデータを容易に取得する必要があるとのニーズがあった。

このニーズに基づき以下のシナリオを定めた。

【シナリオ】

（フェーズ2において、ロボットの調査により被災箇所の状況と被災箇所までの安全な経路が確認されたものとする。）

早期に対策工の検討を実施するため、被災箇所の近傍から、ロボットによる被災箇所の詳細な状況把握や地形測量を行うこととした。

被災箇所には基準点や対空標識等の座標情報がなく、対策工の検討にあたり航空LP測量と同等精度の地形データの取得が必要となった。

【要求事項】

定めたシナリオに基づく要求事項を表4. 3に示す。

表4. 3 フェーズ3の要求事項

A	運搬性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1日以内に現地に到着できる。
B	現場適用性	搬入完了から1時間以内に調査を開始し、土砂崩落災害現場の対応力（気象条件、地形条件、管理点の制約等）が高い。また、指定した箇所への臨機応変な調査が可能である。
C	迅速性	取得したデータを1日で処理し報告が可能である。
D	取得情報の量・質	崩落土砂や崩落法面の状況（土質、安定状況、岩塊の大きさ等）、湧水の状況、河道閉塞の天端と湛水位の差（越流までの高さ）、湛水面積と水位等の被災状況が確認でき、対策工の検討を行うための詳細な地形データ（航空LP測量と同等な精度）が取得できる
E	移動性	長距離・長時間の調査が可能である。
F	経済性	航空LP測量よりも安価である。
G	安全性	操作無線等の通信が途絶した場合においても安全である。

(3) フェーズ4

フェーズ4（対策工開始後）では、対策工を安全かつ迅速に行うために、周辺状況（法面、水位等）の把握・監視や施工状況の把握を行う必要があるとのニーズがあった。

このニーズに基づき以下のシナリオを定めた。

【シナリオ】

対策工の施工において、周辺状況（法面、水位等）の変化を把握・監視し安全を確保するとともに、出来形を管理するため、対策工直近の区域からロボットによる地形測量を行うこととした。出来形管理に必要な精度（地上LP測量と同等の精度）が必要となった。

【要求事項】

定めたシナリオに基づく要求事項を表4. 4に示す。

表4. 4 フェーズ4の要求事項

A	運搬性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1週間以内に現地に到着できる。
B	現場適用性	搬入完了から1日以内に測量を開始し、土砂崩落災害現場の対応力（気象条件、地形条件、管理点の制約等）が高い。
C	迅速性	取得したデータを2日で処理し報告が可能である。
D	取得情報の量・質	対策工周辺の状況（法面、水位等）把握・監視や対策工の施工状況の把握ができる詳細な地形データ（航空LP測量と同等の精度）が取得できる。
E	移動性	長距離・長時間の調査が可能である。
F	経済性	地上LP測量よりも安価である。
G	安全性	操作無線等の通信が途絶した場合においても安全である。

4-2 火山災害

火山調査では、噴火警戒レベルに応じた対応を場面に整理し検証を行った。

各噴火警戒レベルにおける目的、ニーズおよび条件を表4. 5に示す。なお、公募要領のロボット活用の効果が期待される場面に「人の立ち入りが困難もしくは人命に危険を及ぼす災害現場」との記述があるため、立入禁止区域が設定されない噴火警戒レベル1・2を対象外とした。また、噴火警戒レベル5は応募技術がなかったため検証を行わなかった。

表4. 5 噴火警戒レベルごとの目的、ニーズ

噴火警戒レベル	噴火警戒レベル5	噴火警戒レベル3・4
場面・目的	噴火活動の状況把握・監視	
ユーザ	山体監視員 地方自治体 気象庁 等	施設管理者 地方自治体 等
ニーズ	<u>迅速に調査が可能</u> <u>安全な場所から調査が可能</u> <u>立ち入り禁止区域内全域の調査が可能</u> <u>火口状況の把握が可能</u> <u>降灰の状況把握が可能</u> <u>ガリの状況把握が可能</u> <u>調査開始から成果提出までが迅速</u> <u>調査対象範囲の拡大への対応</u> <u>保全対象物周辺の状況把握</u>	<u>迅速に調査が可能</u> <u>安全な場所から調査が可能</u> <u>立ち入り禁止区域内全域の調査が可能</u> <u>火口状況の把握が可能</u> <u>降灰の状況把握が可能</u> <u>ガリの状況把握が可能</u> <u>調査開始から成果提出までが迅速</u> <u>調査対象範囲の拡大への対応</u> <u>保全対象物周辺の状況把握</u>
条件	調査時期は噴火直後 立ち入り禁止区域： 火口から半径5km圏内	調査時期は噴火後 立ち入り禁止区域： 噴火警戒レベル4：火口から半径5km圏内 噴火警戒レベル3：火口から半径3km圏内
現状	有人ヘリコプターによる、影響範囲外からの斜め写真撮影	

※下線は特に重要性（重み）を置く項目

(1) 噴火警戒レベル3・4

噴火警戒レベル3・4では、噴火後、立入禁止区域内の火口やその周辺状況（火山ガス濃度、温度、火山灰の堆積深、ガリの状況、地形等）を継続的に把握する必要があるとのニーズがあった。

このニーズに基づき以下のシナリオを定めた。

【シナリオ】

噴火警戒レベル3・4において、火口やその周辺状況（火山ガス濃度、温度、火山灰の堆積深、ガリの状況、地形等）の把握のため、立入禁止区域外からロボットによる調査を行うこととなった。調査対象箇所の詳細な状況を迅速に把握するため、近景による静止画・動画が必要となった。

【要求事項】

定めたシナリオに基づく要求事項を表4.6に示す。

表4.6 噴火警戒レベル3・4の要求事項

A	運搬性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから3日以内に現地に到着できる。
B	現場適用性	搬入完了から1時間以内に調査を開始し、火山災害現場の対応力（気象条件、地形条件、管理点の制約等）が高い。また、指定した箇所への臨機応変な調査が可能である。
C	迅速性	基地において即時に状況が把握でき、取得したデータを半日で処理し報告が可能である。
D	取得情報の量・質	立ち入り禁止区域内の火口やその周辺の状況（火山ガス濃度、温度、火山灰の堆積深、ガリの状況、地形等）を把握でき、指定したポイントの状況について継続的に把握できる（指定した座標の状況を同じ角度から撮影する等）。
E	移動性	長距離・長時間の調査が可能である。
F	経済性	航空機による空中写真測量よりも安価である。
G	安全性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから3日以内に現地に到着できる。

4-3 トンネル災害

トンネル災害調査では、地震発生後、人の立ち入れない状況での対応を経時的に2つの場面に整理し検証を行った。

「トンネルⅠ」は、発災直後にトンネル内部の被災状況について概要を把握する場面（概査）とし、「トンネルⅡ」は概査で発見したトンネル内部の損傷箇所を指定して詳細に状況を把握する場面（精査）とした。

各場面で想定した目的、ニーズおよび条件を表4.7に示す。

表4.7 各場面で想定した目的、ニーズおよび条件

	トンネルⅠ	トンネルⅡ
場面・目的	地震発生後、人の立ち入れないトンネル内部の状況把握及び引火性ガス濃度検知	
ユーザ	施設管理者（国土交通省・地方自治体）等	
ニーズ	<u>迅速に調査が可能</u> <u>トンネル外から調査が可能</u> <u>トンネル内全域の調査が可能</u> <u>損傷の状況及び位置の把握が可能</u> <u>湧水の状況及び位置の把握が可能</u> <u>放置車両の有無および位置の把握が可能</u> <u>火災発生の有無および位置の把握可能</u> <u>引火性ガス濃度が検知可能</u> <u>調査開始から成果提出までが迅速</u> <u>調査対象範囲の拡大への対応</u>	迅速に調査が可能 <u>トンネル外から調査が可能</u> <u>トンネル内全域の調査が可能</u> <u>損傷の大きさ及び位置の把握が可能</u> <u>湧水の状況及び位置の把握が可能</u> <u>放置車両の有無および位置の把握が可能</u> <u>火災発生の有無および位置の把握可能</u> <u>引火性ガス濃度が検知可能</u> <u>調査開始から成果提出までが迅速</u> <u>調査対象範囲の拡大への対応</u>
条件	調査時期は地震発生直後。 トンネル内部の状況把握が出来ていない。 トンネル内は停電により無灯火。	調査時期は地震発生後。 人が安全に立ち入れない。 トンネル内は停電により無灯火。
現状	人によるトンネル点検	

※下線は特に重要性（重み）を置く項目

(1) トンネルⅠ

トンネルⅠでは、地震発生後、余震が続く状況においてトンネル内部の被災状況（引火性ガス濃度、温度、放置車両の有無と位置、火災発生の有無と位置、損傷の有無と位置等）の概要を迅速に把握する必要があるとのニーズがあった。

このニーズに基づき以下のシナリオを定めた。

【シナリオ】

最大震度7の地震が発生し、所管のトンネルについて被災状況を緊急に把握することが必要となった。震度6程度の余震が続き、停電も発生しており、人による被災状況の調査は危険であると判断された。よって、ロボットによる調査を行うこととした。調査項目は、引火性ガス濃度、温度、放置車両の有無と位置、火災発生の有無と位置、損傷の有無と位置等とし、その概要を迅速に把握するため、静止画・動画による調査が必要となった。

【要求事項】

定めたシナリオに基づく要求事項を表4.8に示す。

表4. 8 トンネルⅠのシナリオからの要求事項

A	運搬性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1日以内に現地に到着できる。
B	現場適用性	搬入完了から1時間以内に調査を開始し、トンネル災害現場の対応力（閉鎖空間、暗所、湧水、段差やがれきの踏破性等）が高い。また、指定した箇所への臨機応変な調査が可能である。
C	迅速性	基地において即時に状況が把握でき、取得したデータを半日で処理し報告が可能である。
D	取得情報の量・質	静止画、動画等によりトンネル内部の状況（引火性ガス濃度、湧水の有無と位置、放置車両の有無と位置、損傷箇所の有無と位置等）を把握できる。
E	移動性	長距離・長時間の調査が可能である。
F	経済性	無線や有線等の通信が途絶した場合においても安全である。
G	安全性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1日以内に現地に到着できる。

(2) トンネルⅡ

トンネルⅡでは、地震発生後、トンネル内の被災状況（引火性ガス濃度、温度、放置車両の有無と位置、火災発生の有無と位置、損傷の有無と位置等）を正確に把握するとともに、人の立ち入りの可否を判断する必要があるとのニーズがあった。

このニーズに基づき以下のシナリオを定めた。

【シナリオ】

ロボットによる概査により、コンクリートの一部に損傷があるなどトンネル内の被災状況の概要が明らかとなった。そこで、ロボットによる損傷箇所の詳細調査（覆工コンクリートのクラック幅や長さ等）を行うこととした。

【要求事項】

定めたシナリオに基づく要求事項を表4. 9に示す。

表4. 9 トンネルⅡの要求事項

A	運搬性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1日以内に現地に到着できる。
B	現場適用性	搬入完了から1時間以内に調査を開始し、トンネル災害現場の対応力（暗所、湧水、段差やがれきの踏破性等）が高い。また、指定した箇所への臨機応変な調査が可能である。
C	迅速性	基地において即時に状況が把握でき、取得したデータを半日で処理し報告が可能である。
D	取得情報の量・質	静止画、動画等によりトンネル内部の状況（引火性ガス濃度、湧水の有無と位置、放置車両の有無と位置、損傷箇所の有無と位置等）を把握でき、調査した損傷状況（覆工コンクリート等のラックの幅や長さ等）を数値で具体的に把握できる。
E	移動性	長距離・長時間の調査が可能である。
F	経済性	無線や有線等の通信が途絶した場合においても安全である。
G	安全性	現地への運搬方法（航空機、鉄道、普通自動車、貨物自動車、トレーラー）に係る制約が少なく、要請を受けてから1日以内に現地に到着できる。

5. 現場検証

現場検証は、赤谷地区（奈良県）、雲仙普賢岳（長崎県）、国土交通省国土技術政策総合研究所（茨城県）、で実施した。

概要を以下に示す。

5-1 赤谷地区【土砂崩落災害】

(1) 検証期間：平成27年12月7日(月)～17日(木)

(2) 検証場所：国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 赤谷地区
(奈良県五條市大塔町)

(3) 対象とした公募技術と現場検証内容

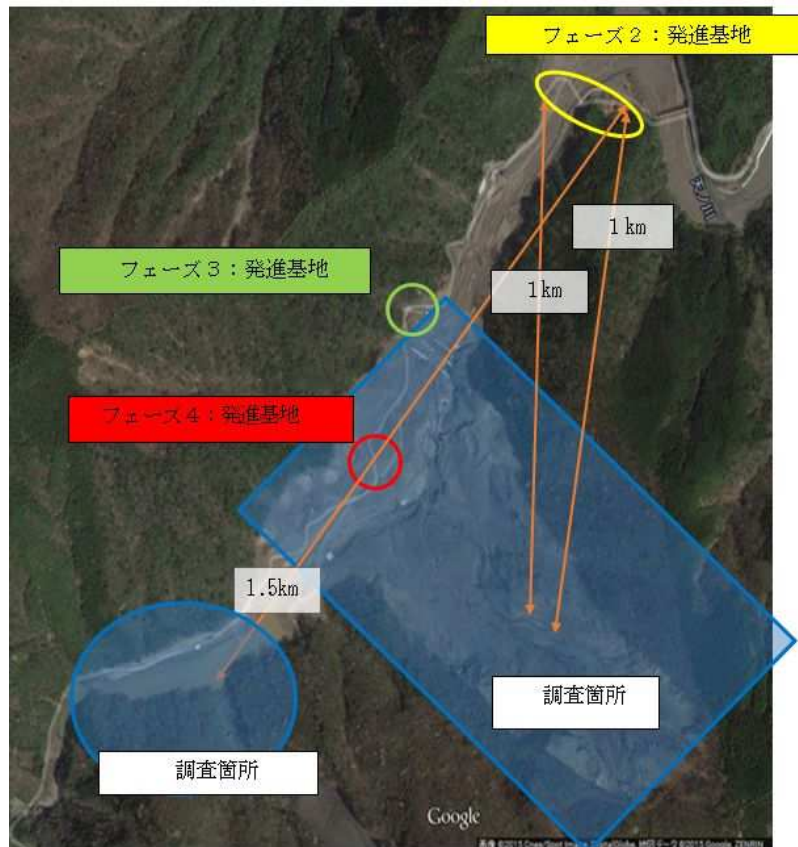
【公募技術】

- [1] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「地形の変化や状況を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の取得」ができる技術・システム
- [2] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「土砂等の状況を判断するため、例えば、土砂や火山灰等の含水比や透水性、密度・内部摩擦角・粘着力、貫入抵抗、火山灰については堆積深等の計測」ができる技術・システム

【実施内容】

それぞれのフェーズで異なる発進基地を設定し、検証範囲（約50ha）の画像・映像や地形データ等を取得するなど、各フェーズの「確認事項」の内容について、個々の技術特性を踏まえ検証を実施した。

現場検証の場所を図5. 1に示す。



画像 2015Cnea/Spot Image. DigitalGlobe. 地図データ2015Google, ZENRIN



図5. 1 現場検証場所

赤谷地区で行った現場検証技術を以下に示す。

高密度・高精度UAVレーザ計測システム		
応募者	中日本航空株式会社	フェーズ2, 3
検証分野	[1]被害状況を把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年12月16日(水)	



自律飛行型マルチコプターによる災害現状調査		
応募者	三信建材工業株式会社	フェーズ3
検証分野	[1]被害状況を把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年12月15日(火)～17日(木)	

災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム		
応募者	株式会社日立製作所	フェーズ2, 3, 4
検証分野	[1]被害状況を把握 [2]土質、地質を計測	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年12月7日(月)～8日(火)	




SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術		
応募者	ルーチェサーチ株式会社	フェーズ4
検証分野	[1]被害状況を把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年12月9日(水)～10日(木)	



小型無人飛行装置による地形データ取得技術		
応募者	株式会社アスコ	フェーズ2, 4
検証分野	[1]被害状況を把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年12月7日(月)～8日(火)	



5-2 雲仙普賢岳【土砂崩落災害・火山災害】

(1) 検証期間：平成27年11月25日(水)～26日(木)

(2) 検証場所：国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 雲仙普賢岳（長崎県島原市他）

(3) 対象とした公募技術と現場検証内容

○土砂崩落災害

【公募技術】

[2] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「土砂等の状況を判断するため、例えば、土砂や火山灰等の含水比や透水性、密度・内部摩擦角・粘着力、貫入抵抗、火山灰については堆積深等の計測」ができる技術・システム

【実施内容】

フェーズ3における発進基地および検証範囲を設定し、検証箇所へのアプローチや現場状況の画像映像での把握、貫入抵抗試験による地盤状況の把握について、フェーズ3の要求事項にそって検証を実施した。

○火山災害

【公募技術】

[1] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「地形の変化や状況を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の取得」ができる技術・システム

【実施内容】

噴火警戒レベル3・4における発進基地および検証範囲を設定し、検証の箇所へのアプローチや現場状況の画像映像での把握の可否について実施した。検証は、溶岩ドームおよびガリの画像・映像や地形データ等の取得を行う予定であったが、検証当日の気象条件が無人航空機（ドローン）の運用条件に対して非常に厳しく（地上での瞬間風速10m/s、気温4℃程度）、電池の消耗度が想定を超えた。そのため、操作箇所から2km離れた箇所の地形の把握とした。

現場検証場所を図5. 2に示す。





画像 2016Cnea/Spot Image. DigitalGlobe. 地図データ2016Google, ZENRIN

図5. 2 現場検証場所

雲仙普賢岳で行った現場検証技術を以下に示す。

遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット		
応募者	株式会社大林組	フェーズ3
検証分野	[2]土質、地質を計測	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年11月25日(水)~26日(木)	
		

火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術		
応募者	東北大学	噴火警戒レベル3・4
検証分野	[1]被害状況を把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年11月25日(水)~26日(木)	
		

火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術		
応募者	東北大学	噴火警戒レベル3・4
検証分野	[2] 土質、地質を計測	
検証の位置付け	要素検証技術	
検証日	平成27年11月25日(水)～26日(木)	
 		

土砂崩落・火山災害状況把握ロボットシステム		
応募者	株式会社パスコ	噴火警戒レベル5
検証分野	[1] 被害状況を把握	
検証の位置付け	要素検証技術	
検証日	平成27年11月25日(水)～26日(木)	
 		

5-3 国土技術政策総合研究所【トンネル災害】

(1) 検証期間：平成27年10月27日(火)～11月9日(月)

(2) 検証場所：国土交通省 国土技術政策総合研究所実大トンネル実験施設（茨城県つくば市）

(3) 対象とした公募技術と現場検証内容

【公募技術】

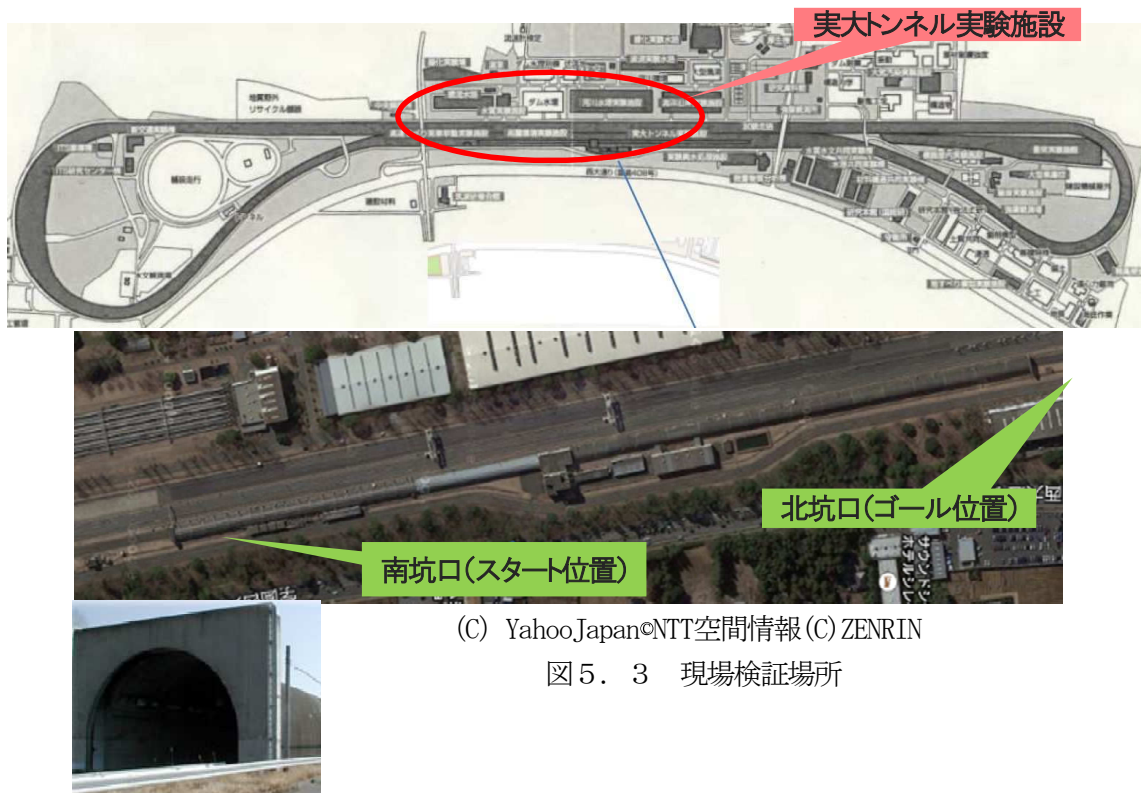
[3] トンネル崩落において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「爆発等の危険性を把握するための引火性ガス等に係る情報の取得」ができる技術・システム

[4] トンネル崩落において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「崩落状態及び規模を把握するための高精細な画像・映像等の取得」ができる技術・システム

【実施内容】


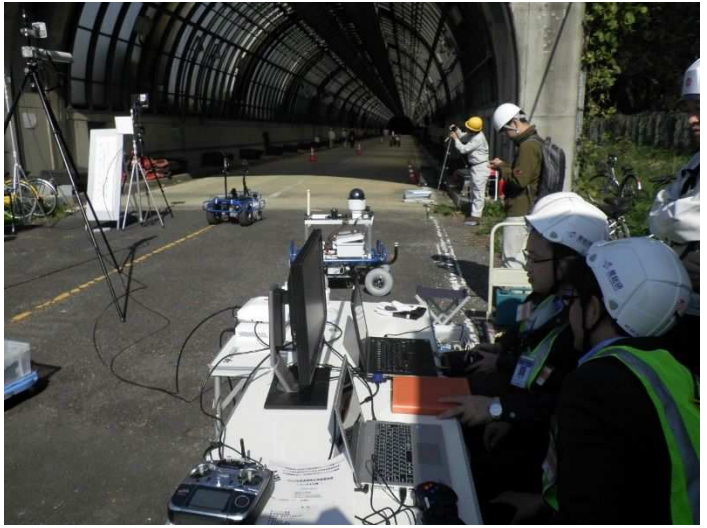
トンネル災害を模擬した障害物を設置したトンネル（延長700m）において、遠隔操作ロボットによりトンネル内の状況把握・調査状況確認を実施した。検証は設定した場面「トンネルⅠ」「トンネルⅡ」の順で行う。

現場検証場所を図5.3に示す。



国総研実大トンネル実験施設で現場検証を行った技術を以下に示す。

災害調査用地上/空中複合型ロボットシステム		
応募者	株式会社日立製作所	トンネルⅠ，Ⅱ
検証分野	[4] トンネル内崩落状況把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年10月27日(火)	

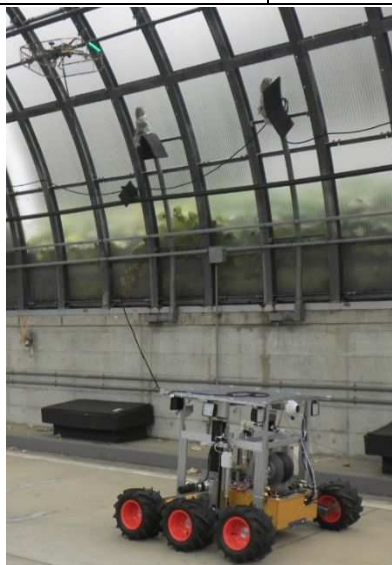
坑内中継・モニタリングシステム		
応募者	西尾レントオール株式会社	トンネルⅠ，Ⅱ
検証分野	[4] トンネル内崩落状況把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年11月2日(月)	




受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム		
応募者	愛知工業大学	トンネルI
検証分野	[3]可燃性ガス濃度把握 [4] トンネル内崩落状況把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年11月5日(木)	



小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発		
応募者	株式会社移動ロボット研究所	トンネルI
検証分野	[3]可燃性ガス濃度把握 [4] トンネル内崩落状況把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年11月9日(月)	



マルチダクトファン型調査ドローン		
応募者	徳島大学	トンネル I
検証分野	[4] トンネル内崩落状況把握	
検証の位置付け	実用検証技術	
検証日	平成27年11月4日(水)	



小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発		
複合センサ搭載ワーム型多関節ロボットの研究開発		
応募者	株式会社タウ技研	トンネル I
検証分野	[4] トンネル内崩落状況把握	
検証の位置付け	要素検証技術	
検証日	平成27年10月29日(水)	



6. 評価結果

6-1. 総論

今年度の災害調査に資するロボットは、土砂崩落災害、火山災害、トンネル災害における人の立入りが困難もしくは人命に危険をおよぼす災害現場において、

- [1] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「地形の変化や状況を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の取得」ができる技術・システム
- [2] 土砂崩落もしくは火山災害において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「土砂等の状況を判断するため、例えば、土砂や火山灰等の含水比や透水性、密度・内部摩擦角・粘着力、貫入抵抗、火山灰については堆積深等の計測」ができる技術・システム
- [3] トンネル崩落において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「爆発等の危険性を把握するための引火性ガス等に係る情報の取得」ができる技術・システム
- [4] トンネル崩落において、人の立入りが困難若しくは人命に危険を及ぼす災害現場の「崩落状態及び規模を把握するための高精細な画像・映像等の取得」ができる技術・システム

について、奈良県五條市赤谷地区（土砂崩落災害）、長崎県南島原市（土砂崩落災害、火山災害）、国土技術政策総合研究所内実大トンネル実験施設（トンネル災害）において現場検証・評価を実施した。

今年度応募された技術のうち、実用検証技術は、土砂崩落災害調査が6技術（継続4、新規2）、火山災害調査が1技術（継続1、新規0）、トンネル災害調査が5技術（継続3、新規2）であった。

土砂崩落災害調査は、災害発生後の経時的な対応を「フェーズ」と称し、フェーズ毎のニーズを基に検証条件やシナリオ（基準点の有無、発進基地からの距離や見通し条件、取得情報の内容や質、迅速性等）を設定して現場検証を実施した。

火山災害調査は、噴火警戒レベル（3および4）毎のニーズを基に検証条件やシナリオ（飛行距離、調査対象、調査範囲、取得情報の内容や質、迅速性等）を設定して現場検証を実施した。

トンネル災害調査は、災害発生後の経時的な対応を（Ⅰ）概略調査と（Ⅱ）詳細調査の2場面を設定し、各場面におけるニーズを基に検証条件やシナリオ（発信基地からの距離、路面状況、通信環境、照明喪失、取得情報の内容や質等）を設定し現場検証を実施した。

土砂崩落災害調査および火山災害調査技術の多くは、無人航空機（ドローン）にカメラやレーザを搭載したものであった。また、トンネル災害調査技術の多くは、クローラ型の調査ロボットを有線・無線またはその組合せによる通信中継によって遠隔操作や情報取得を行うものであった。

今回の現場検証によって、土砂崩落災害調査では、フェーズ2（初動対応検討レベル）において、発進基地から約1.5km遠方の土砂崩落の状況把握が可能であることを確認した。また、フェーズ3（初動対応後の詳細設計レベル）においては、迅速性、経済性、取得データの精度において、航空LP測量と同等の調査が可能であるこ

とを確認した。フェーズ4（応急対応後の維持管理レベル）においては、一部の技術で取得データの精度が地上L P測量に匹敵することを確認した。ただし、現時点ではレーザによる高精度な地形データと静止画・動画による情報（色・湧水等）を同時に取得できる技術はなく、調査ニーズに応じて取得する情報を取捨選択する必要がある。

火山災害調査では、噴火レベル3および4において、強風、低温という厳しい気象条件において、遠隔地（2 km）の地形情報（ガリ等）の取得が可能であることを確認した。また、火山噴火物等の物性情報の取得技術では、火山灰のサンプリング技術は無人航空機（ドローン）により近傍のサンプルを採取できることを確認した。

トンネル災害調査については、場面Ⅰ（概略調査）において、一部の技術で被災状況を模擬した障害物や路面状況を踏破しつつトンネル延長700mを往復し、被災状況を大まかに把握できることを確認した。場面Ⅱ（詳細調査）においては、被災状況を模擬した損傷（天井崩落・クラック・湧水等）が把握できることを確認した。一方で、損傷箇所の位置の特定に時間を要したほか、損傷の大きさ（クラックの幅・長さ等）が計測できないなどの課題も確認した。

今年度の現場検証においては、土砂崩落災害、火山災害、トンネル災害のいずれにおいても、昨年度より技術レベルの向上が見られ、実際の災害時において活用を推薦できる技術が複数あった。一方で、昨年度および今年度の現場検証結果で各種の課題が明らかとなった技術もあり、これらの課題解決に向けた研究開発がさらに促進されることを期待する。

また、活用を推薦できる技術については、災害対応のみならず平時においても通常の業務や工事でこれらの技術を活用することにより、更なる技術革新を促進し、各種災害への対応力が向上することを期待する。

災害調査部会長 高橋 弘

6-2 評価方法について

現場検証を行った対象技術毎の現場検証評価結果は6-3に示す。
以下に対象技術毎の現場検証評価の方法について記載する。

(1) 活用に向けた技術の位置づけ（総合評価）

活用の推薦の判断は、以下のとおりとした。

①活用を推薦する

今回の検証において、公募要件の要求事項を満足し活用によって求める成果が取得できることが確認された技術。

（基本要件が全て「○」の技術）

②課題が解決されれば活用を推薦する

今回の検証で、課題が明確となり、その課題が解決されれば要求事項を満足し、活用によって求める成果が取得できることが確認された技術。

（基本要件に「×」はないが「△」がある技術）

③活用に向け今後の技術開発を期待する

今回の検証で、技術の状況が基本要件を満足するに至らず、活用に向け技術開発を期待する技術。

（基本要件に「×」がある技術）

(2) 技術の有用度

①「活用を推薦する」と評価した技術には、その有用度に応じて、「★★★★」「★★」「★」を付与した。

★の数は、評価項目の評価項目（運搬性、現場適用性、迅速性、取得情報の量・質、移動性または保守性、経済性・安全性）を総合的に判断し、技術の有用度の高いものから「★★★★」「★★」「★」とした。

★★★★：事務局が設定した要求事項に対して、非常に高い満足度を示し、活用により非常に高い効果を得られる技術

★★：事務局が設定した要求事項に対して、高い満足度を示し、活用により高い効果を得られる技術

★：事務局が設定した要求事項を満足し、活用により効果を得られる技術

②「課題が解決されれば活用を推薦できる」と評価した技術には、その有用度に応じて、「（★★★★）」「（★★）」「（★）」「－」を付与した。

今回の検証で明確となった課題が解決されれば、（ ）内の★の数で示した有用度が発揮されることが期待できる技術である。

ただし、「－」は現時点で有用度が低いと判断される技術とする。

③「活用に向け今後の技術開発を期待する」と評価した技術には、「－」を付与する。

(3) 基本要件の判定

・基本要件について技術特性の各評価項目から要求事項の満足度を以下のように判定した。

○：要件を満たす

△：要件を満たすが課題が残る

×：不可

・各基本要件は以下の評価項目を根拠として満足度を判定した。

【土砂崩落災害・火山災害】

評価項目	運搬性	現場適用性	迅速性	取得情報の量・質	移動性	経済性	安全性
基本要件	①	—	●	—	●	—	—
	②	●	●	●	●	—	—
	③	—	—	—	—	—	●
	④	—	—	—	—	—	●
	⑤	—	—	—	—	—	●

【トンネル災害】

評価項目	運搬性	現場適用性	取得情報の量・質	安全性	
基本要件	①	—	●	●	
	②	●	●	—	
	③	—	—	—	
	④	—	●	—	
	⑤	—	—	—	●
	⑥	—	—	—	●
	⑦	—	—	—	—

(4) 技術特性の評価

【評価項目】

各技術の特性はニーズ・シナリオにもとづく要求事項に沿い、以下の項目評価で評価した。

評価項目	土砂崩落災害	火山災害	トンネル災害
運搬性	●	●	●
現場適用性	●	●	●
迅速性	●	●	●
取得情報の質・量	●	●	●
移動性	●	●	—
保守性	—	—	●
経済性	●	●	—
安全性	●	●	●

【各評価項目の評価】

各評価項目の評価は、以下のとおりとした。

- ・比較対象は、従来技術または事務局で定めたシナリオとし、各項目での比較対象に対する優位性の有無について評価した。
- ・評価は、委員の評価を考慮し、事務局が行った。
- ・評価にあたっては、各場面による評価項目の重要度（重み）を考慮した。
- ・評価基準は以下のとおりとした。

◎：優れている

○：比較対象と同等である

△：劣っている

×：著しく劣っている

6-3 現場検証・評価の結果（対象技術毎）


番号	技術名称	応募者	頁
1	高密度・高精度UAVレーザ計測システム	中日本航空株式会社	29
2	自律飛行型マルチコプターによる災害現状調査	三信建材工業株式会社	31
3	災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム	株式会社 日立製作所	33
4	SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術	ルーチェサーチ株式会社	35
5	小型無人飛行装置による地形データ取得技術	株式会社 アスコ	37
6	遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット	株式会社 大林組	39
7	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	東北大学	41
8	災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム	株式会社 日立製作所	43
9	坑内中継・モニタリングシステム	西尾レントオール株式会社	45
10	受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム	愛知工業大学	47
11	小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発	株式会社 移動ロボット研究所	49
12	マルチダクトファン型調査ドローン	徳島大学	51
13	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	東北大学	53
14	土砂崩落・火山災害状況把握ロボットシステム	株式会社 パスコ	54
15	複合センサ搭載ワーム型多関節ロボットの研究開発	株式会社 タウ技研	55

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果 実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	高密度・高精度UAVレーザ計測システム (副題)産業用無人ヘリコプターによる高密度かつ高精細なレーザ計測																
○応募者	中日本航空株式会社																
○共同開発者	一般財団法人 砂防・地すべり技術センター																
○技術概要 (自己申告)	<ul style="list-style-type: none"> ・プラットフォーム(UAV)に国内初導入となる高精度かつ高密度なレーザ計測装置を搭載したシステム。 ・GNSS/IMUにより機体位置および姿勢情報を高精度に求め、レーザ測距データから高精度な三次元座標を取得。 ・UAVの架台には、画像取得用カメラに加え、様々なセンサーが搭載可能。 ・レーザ計測システムは、植生に強い波形解析方式を採用しており、植生の表層データと同時に植生下の地表データの取得が可能。 ・従来の航空レーザ計測より高精度な三次元情報を取得する。 	(外観・イメージ)  レーザスキャナを搭載したドローン															
○対象分野	土砂崩落災害																
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>移動機構</td> <td>無人航空機(ドローン)</td> <td>直径1200mm 高さ650mm 総重量30kg(レーザ含む)</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>レーザ</td> <td>レーザスキャナ VUX-1 500,000点/秒 330° 視野 計測密度 300点/m²</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3次元画像処理</td> <td>Mierre(システム名称): 自社開発</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作: 2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン)	直径1200mm 高さ650mm 総重量30kg(レーザ含む)	センサー	レーザ	レーザスキャナ VUX-1 500,000点/秒 330° 視野 計測密度 300点/m ²	データ処理	3次元画像処理	Mierre(システム名称): 自社開発	通信手段(使用周波数)	無線	操作: 2.4GHz	その他		
移動機構	無人航空機(ドローン)	直径1200mm 高さ650mm 総重量30kg(レーザ含む)															
センサー	レーザ	レーザスキャナ VUX-1 500,000点/秒 330° 視野 計測密度 300点/m ²															
データ処理	3次元画像処理	Mierre(システム名称): 自社開発															
通信手段(使用周波数)	無線	操作: 2.4GHz															
その他																	
○問合せ先	中日本航空株式会社 担当: 國枝 Tel: 03-3567-6221 E-Mail: vux-1@nnk.co.jp URL: http://www.nnk.co.jp/																

●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 現場検証状況 (フェーズ2)
●検証場所	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 赤谷地区 (奈良県五條市大塔町)	
●検証内容	赤谷地区【土砂災害】 フェーズ2 ○検証日時 平成27年12月16日 11:45~14:00 ○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ④河道閉塞の天端と湛水位の差 ・調査は無人航空機(ドローン)にレーザスキャナを搭載して行った。 ・静止画・動画の取得は行っていない。 ・レーザスキャナのデータを処理した画像から、被災状況の把握が可能であることを確認した。 ・樹木を透過して地表の地形データの取得が可能であることを確認した。 フェーズ3 ○検証日時 平成27年12月16日 14:15~16:15 ○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ④河道閉塞の天端と湛水位の差 ⑥河道閉塞までの進入路の有無 ・調査は無人航空機(ドローン)にレーザスキャナを搭載して行った。 ・静止画・動画の取得は行っていない。 ・レーザスキャナのデータを処理した点群データから、航空LP測量と同等の精度で地形データの取得が可能であることを確認した。 ・樹木を透過して地表の地形データの取得が可能であることを確認した。	

○技術名称	高密度・高精度UAVレーザ計測システム	
●評価結果		
フェーズ2	活用を推薦する	★★
フェーズ3	活用を推薦する	★★★
上記の適用範囲	フェーズ2: 無人航空機を(ドローン)を用いた可視化画像による被災状況の把握。 フェーズ3: 無人航空機を(ドローン)を用いた航空レーザ測量・可視化画像を用いた被災地の状況把握。	
留意事項	フェーズ2: カメラやビデオを搭載しておらず、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握は不可。	
期待される改良・開発事項(課題)	フェーズ2: 無人航空機(ドローン)に搭載したカメラやビデオにより取得した静止画・動画と併用して、より迅速かつ詳細に被災状況が把握できること。	

[基本要件]

基本要件	判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件① 被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための高精細な静止画・動画や地形データ等の情報を、より迅速にカメラやビデオもしくはレーザー等で取得できる。	○	B・D
基本要件② 土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤・冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	○	A・B・C・D
基本要件③ 災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
基本要件④ 公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑤ 公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	○	経済性(自己申告による)

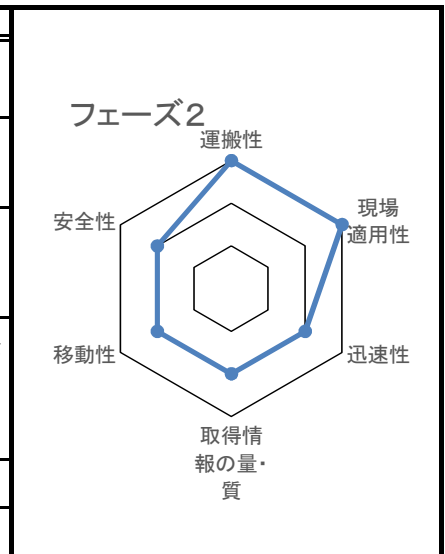
[技術特性]

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の評価項目により示す。

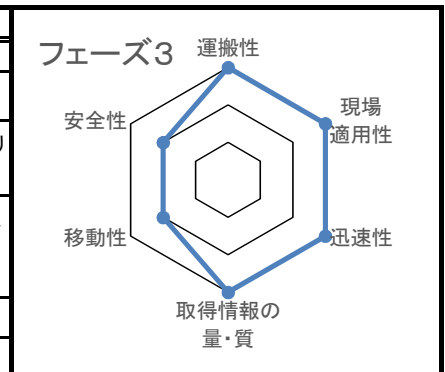
フェーズ2 比較対象技術:航空機による空中写真測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	システム全体はワゴン車にて運搬可。無人航空機(ドローン)は2名で人力運搬可。分割して宅配便での運搬可。
B 現場適用性	◎	自律航行により機体を直接目視できな箇所の調査が可。自律航行から手動操縦への切り替えが可能のため、臨機応変な調査が可。
C 迅速性	○	データ処理は20分と速く、詳細な地形データにより迅速な被災地の状況把握が可。カメラやビデオを搭載しておらず、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握は不可。
D 取得情報の量・質	○	独自のデータ処理システムにより取得データの精密な可視化が可。取得した可視化画像から被災地全体や崩落土砂・崩落法面の状況把握が可。樹木を透過して地表の地形データの取得が可。カメラやビデオを搭載しておらず、静止画・動画と同等な情報(色・湧水等)の取得が不可。
E 移動性	○	離陸箇所から1.5km先の状況把握が可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。



フェーズ3 比較対象技術:航空LP測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	フェーズ2と同じ
B 現場適用性	◎	フェーズ2と同じ
C 迅速性	◎	データ処理は1日程度(処理は8時間程度)と速く、詳細な地形データにより迅速な被災地の状況把握が可。
D 取得情報の量・質	◎	独自のデータ処理システムにより取得データの精密な可視化が可。取得した可視化画像から被災地全体や崩落土砂・崩落法面の状況把握が可。樹木を透過して地表の地形データの取得が可。
E 移動性	○	離陸箇所から1km先の状況把握が可。
F 安全性	○	フェーズ2と同じ



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評	<p>フェーズ2 運搬性、現場適用性に優れ、独自に開発したデータ処理システムにより20分で取得した点群データの精密な可視化ができる。可視化画像から被災地全体や崩落土砂・崩落法面の状況把握が可能な技術である。初期に精密な地形データを短時間で取得できることは有意義であり、今後、静止画・動画と同等な情報(色・湧水等)の取得が可能となればさらに有意義なシステムとなる。</p> <p>フェーズ3 運搬性、現場適用性、迅速性に優れ、独自に開発したデータ処理システムにより、短時間で取得した点群データの精密な可視化ができる。迅速な応急対策・復旧計画立案に有意義であり、航空LP測量と同精度の地形データの取得が可能な技術である。</p>	
----	--	--

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	自律飛行型マルチコプターによる災害現状調査 (副題) 自律飛行型マルチコプターに搭載した高精度カメラより3D点群データを作成																		
○応募者	三信建材工業株式会社																		
○共同開発者	株式会社自律制御システム研究所																		
○技術概要 (自己申告)	<p>予めパソコン上で設定した経路計画に基づき、マルチコプターがGPS情報を基に自律飛行・撮影を行う。取得した画像はパソコン上でステレオマッチング処理を施し、3D点群データを算出。オルソ画像、等高線、断面、ボリューム計算が可能な、地形データの収集技術。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ドローン</p>																	
○対象分野	土砂崩落災害																		
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>無人航空機(ドローン)</td> <td>直径800mm 高さ350mm 機体重量 1.7kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>動画撮影(垂直)</td> <td>GoPro HERO3 フルハイビジョン</td> </tr> <tr> <td>静止画撮影</td> <td>SONY α6000 2430万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3次元画像処理</td> <td>PhotoScan Professional</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>映像:1.2GHz 操作:920MHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン)	直径800mm 高さ350mm 機体重量 1.7kg	センサー	動画撮影(垂直)	GoPro HERO3 フルハイビジョン	静止画撮影	SONY α6000 2430万画素	データ処理	3次元画像処理	PhotoScan Professional	通信手段(使用周波数)	無線	映像:1.2GHz 操作:920MHz	その他		
移動機構	無人航空機(ドローン)	直径800mm 高さ350mm 機体重量 1.7kg																	
センサー	動画撮影(垂直)	GoPro HERO3 フルハイビジョン																	
	静止画撮影	SONY α6000 2430万画素																	
データ処理	3次元画像処理	PhotoScan Professional																	
通信手段(使用周波数)	無線	映像:1.2GHz 操作:920MHz																	
その他																			
○問合せ先	三信建材工業株式会社 開発室 石田晃啓 Tel: 0532-34-6066 E-Mail: ishida.t@sanshin-g.co.jp URL: http://www.sanshin-g.co.jp																		
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																		
●検証場所	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 赤谷地区 (奈良県五條市大塔町)																		
●検証内容	<p>赤谷地区【土砂災害】</p> <p>フェーズ3 ○検証日時 平成27年12月15日 13:55~16:05 平成27年12月16日 8:30~10:50 平成27年12月17日 11:15~13:30</p> <p>○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ④河道閉塞の天端と湛水位の差 ・調査は無人航空機(ドローン)にデジタルカメラとビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した画像によるオルソ画像と点群データから、被災状況の把握が可能であることと確認した。 ・取得した動画から迅速な被災状況の把握が可能であることを確認した。</p>	 <p>現場検証状況 (フェーズ3)</p>  <p>【取得データ】オルソ画像</p>																	

○技術名称	自律飛行型マルチコプターによる災害現状調査
-------	-----------------------

●評価結果

フェーズ3	課題が解決されれば活用を推薦する	—
期待される改良・開発事項 (課題)	フェーズ3:飛行プログラムを改良してデータの取得時間の短縮および、処理ソフトを改良してデータ処理時間の短縮とデータの精度の向上が望まれる。	

【基本要件】

基本要件		判定	判定の根拠 (技術特性)
基本要件①	被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の情報を、より迅速にカメラやビデオもしくはレーザー等で取得できる。	△	B・D
基本要件②	土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	△	A・B・C・D
基本要件③	災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
基本要件④	公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑤	公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	○	経済性 (自己申告による)

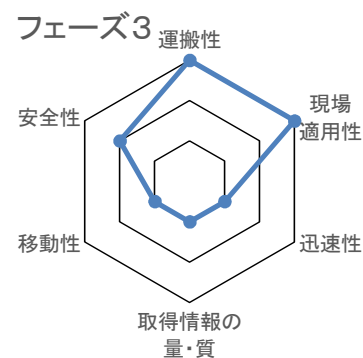
○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【技術特性】

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の評価項目により示す。

フェーズ3 比較対象技術:航空LP測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	システム全体はワゴン車にて運搬可。 無人航空機(ドローン)は人力にて運搬可。
B 現場適用性	◎	自律航行のため機体を直接目視できな箇所の調査が可。 自律航行から手動操縦への切り替えができ、臨機応変な調査が可。
C 迅速性	△	低速で飛行し調査に時間を要した。 データ処理に時間を要する。(約3日間)
D 取得情報の量・質	△	オルソ画像や動画から被災地全体や法面土砂・崩落法面の調査が可。 点群データの精度は航空LP測量より劣る。
E 移動性	△	1回のフライト時間は10分程度と短時間であり、飛行範囲が限定される。
F 安全性	○	操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評	運搬性、現場適用性に優れる。データ取得やデータ処理に時間を要し、迅速な調査に課題がある。また、点群データの精度は航空LP測量より劣り、現状では精度に課題がある。課題解決後は土砂崩落災害における応急対策・復旧計画立案に必要な詳細な3次元地形データを迅速に取得する場面の活躍に期待する。
----	---

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム (副題) 半自律・遠隔操作型無人調査プラットフォーム車両システム 無人調査プラットフォームヘリシステム 災害調査情報の可視化及び災害情報データベース																									
○応募者	株式会社 日立製作所																									
○共同開発者	株式会社エンルート・八千代エンジニアリング株式会社・国立研究開発法人産業技術総合研究所																									
○技術概要 (自己申告)	<p>土砂崩落/火山災害/トンネル災害現場など、人の立ち入りが制限される状況下において、災害の初期段階で、現場の状況把握を確実に実施するため、以下の3つの研究開発を行う。</p> <p><1> 地上から各種情報を収集するための半自律・遠隔操作型 「無人調査プラットフォーム車両システム」</p> <p><2> 空中から各種情報を収集するための 「無人調査プラットフォームヘリシステム」</p> <p><3> 収集した災害情報を防災関連組織間で共有するための 「三次元可視化及び災害情報データベース」</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ドローン</p>  <p>クローラ式調査ロボット</p>																								
○対象分野	土砂崩落災害																									
○技術構成	<table border="1" data-bbox="448 779 1476 1176"> <tr> <td data-bbox="448 779 699 891">移動機構</td> <td data-bbox="699 779 933 891">無人航空機(ドローン) (フェーズ2)</td> <td data-bbox="933 779 1476 891">直径850mm 高さ600mm</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 891 699 1003">センサー</td> <td data-bbox="699 891 933 1003">調査ロボット (フェーズ3.4)</td> <td data-bbox="933 891 1476 1003">CRoSDI 寸法W980×L1360×H1770mm 重量350kg</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1003 699 1115">データ処理</td> <td data-bbox="699 1003 933 1115">動画取得(フェーズ2~4)</td> <td data-bbox="933 1003 1476 1115">CRoSDI : AXIS製 Q6115E PTZ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1115 699 1227">通信手段(使用周波数)</td> <td data-bbox="699 1115 933 1227">静止画取得 (フェーズ2~4)</td> <td data-bbox="933 1115 1476 1227">CRoSDI : AXIS製 Q6115E PTZ</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1227 699 1339">その他</td> <td data-bbox="699 1227 933 1339">水分計(フェーズ4)</td> <td data-bbox="933 1227 1476 1339">Grove Moisture Sensor</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1339 699 1451"></td> <td data-bbox="699 1339 933 1451">3次元画像処理</td> <td data-bbox="933 1339 1476 1451">Photo Scan</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1451 699 1563"></td> <td data-bbox="699 1451 933 1563">無線</td> <td data-bbox="933 1451 1476 1563">画像:2.4GHz 操作:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1563 699 1675"></td> <td data-bbox="699 1563 933 1675">土砂サンプリング (フェーズ4)</td> <td data-bbox="933 1563 1476 1675">CRoSDI搭載バケット付きアーム</td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン) (フェーズ2)	直径850mm 高さ600mm	センサー	調査ロボット (フェーズ3.4)	CRoSDI 寸法W980×L1360×H1770mm 重量350kg	データ処理	動画取得(フェーズ2~4)	CRoSDI : AXIS製 Q6115E PTZ	通信手段(使用周波数)	静止画取得 (フェーズ2~4)	CRoSDI : AXIS製 Q6115E PTZ	その他	水分計(フェーズ4)	Grove Moisture Sensor		3次元画像処理	Photo Scan		無線	画像:2.4GHz 操作:2.4GHz		土砂サンプリング (フェーズ4)	CRoSDI搭載バケット付きアーム
移動機構	無人航空機(ドローン) (フェーズ2)	直径850mm 高さ600mm																								
センサー	調査ロボット (フェーズ3.4)	CRoSDI 寸法W980×L1360×H1770mm 重量350kg																								
データ処理	動画取得(フェーズ2~4)	CRoSDI : AXIS製 Q6115E PTZ																								
通信手段(使用周波数)	静止画取得 (フェーズ2~4)	CRoSDI : AXIS製 Q6115E PTZ																								
その他	水分計(フェーズ4)	Grove Moisture Sensor																								
	3次元画像処理	Photo Scan																								
	無線	画像:2.4GHz 操作:2.4GHz																								
	土砂サンプリング (フェーズ4)	CRoSDI搭載バケット付きアーム																								
○問合せ先	株式会社 日立製作所 ディフェンスシステム社 総合お問い合わせフォーム https://www8.hitachi.co.jp/inquiry/hitachi-ds/general/form.jsp																									
●検証項目	[1] [2] (詳細内容は、本書p.2に記載)																									
●検証場所	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 赤谷地区 (奈良県五條市大塔町)																									
●検証内容	<p>赤谷地区【土砂災害】 フェーズ2 ○検証日時 平成27年12月7日 13:00~14:10 ○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ④河道閉塞の天端と湛水位の差 ・調査は無人航空機(ドローン)にデジタルカメラとビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した画像によるオルソ画像と点群データから、被災状況の把握が可能であることを確認した。 ・取得した動画から迅速な被災状況の把握が可能であることを確認した。</p> <p>フェーズ3 ○検証日時 平成27年12月7日 13:25~15:25 ○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ・調査はクローラ式調査ロボットにビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した動画から迅速な被災状況の把握が可能であることを確認したが、取得データの精度検証はできなかった。</p> <p>フェーズ4 ○検証日時 平成27年12月8日 8:45~10:50 ○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ⑥土砂サンプリング ・調査はクローラ式調査ロボットにビデオカメラを搭載して行った。 ・土砂サンプリングはクローラ式調査ロボットのバケット付きアームで行った。 ・取得した動画から迅速な被災状況の把握が可能であることを確認した。 ・バケット付きアームで土砂サンプリングが可能であることを確認した。</p>	 <p>検証状況 (フェーズ4)</p>  <p>【取得データ】 オルソ画像</p>																								

○技術名称	災害調査用地上/空中複合型ロボットシステム	
●評価結果		
フェーズ2	活用を推薦する(無人航空機(ドローン)による調査)	★★★
フェーズ3	活用に向け今後の技術開発を期待する	—
フェーズ4	課題が解決されれば活用を推薦する	—
上記の適用範囲	フェーズ2:無人航空機(ドローン)を用いた静止画・動画による被災状況の把握。空中写真測量。	
留意事項	フェーズ2:クローラ式調査ロボットによる調査は推薦の対象外である。	
期待される改良・開発事項(課題)	フェーズ3:クローラ式調査ロボットの操作無線の通信技術の改善による、調査範囲の拡大と地形データの取得ができることが望まれる。 フェーズ4:クローラ式調査ロボットの操作無線の通信技術の改善による、調査範囲の拡大と無人航空機(ドローン)によるオルソ画像、点群データの精度向上が望まれる。	

【基本要件】

基本要件(検証項目[1][2])		判定	判定の根拠(技術特性)
検証項目[1] 基本要件①	被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための高精度な静止画・動画や地形データ等の情報を、より迅速にカメラやビデオもしくはレーザー等で取得できる。	フェーズ2○ フェーズ3×	B・D
検証項目[2] 基本要件①	土砂や火山灰等の物性調査(例えば、粒径、含水比、透水性、密度、内部摩擦角、粘着力、貫入抵抗)、あるいは、火山灰の堆積深の計測ができる。 (上記、計測においては、現地の土砂等サンプリングによる計測も含む)	フェーズ4△	B・D
検証項目[1][2] 基本要件②	土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	フェーズ2○ フェーズ3△ フェーズ4△	A・B・C・D
検証項目[1][2] 基本要件③	災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
検証項目[1][2] 基本要件④	公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
検証項目[1][2] 基本要件⑤	公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	○	経済性 (自己申告による)

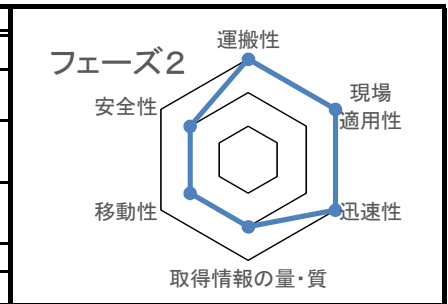
【技術特性】

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の評価項目により示す。

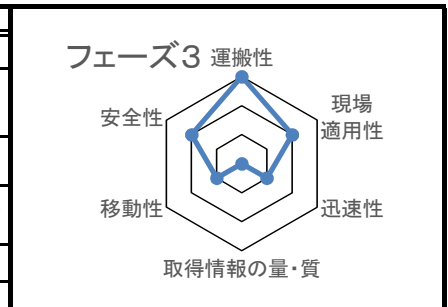
フェーズ2 検証項目[1] 比較対象技術:航空機による空中写真測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	システムの運搬はワゴン車にて運搬可。人力にて運搬可。
B 現場適用性	◎	無人航空機(ドローン)は飛行中に調査ルートの変更は可。調査ルートの変更は20分程度で可。自律航行のため機体を直接目視できない箇所の調査が可。カメラやビデオを搭載しており、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可。概略的なオルソ画像処理は20分程度で可、詳細なオルソ画像処理は3時間程度で可。
C 迅速性	◎	オルソ画像や動画から被災地全体や崩落土砂・崩落法面の調査が可。
D 取得情報の量・質	○	無人航空機(ドローン)は離陸箇所から1.1km先の状況把握が可。
E 移動性	○	操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。
F 安全性	○	



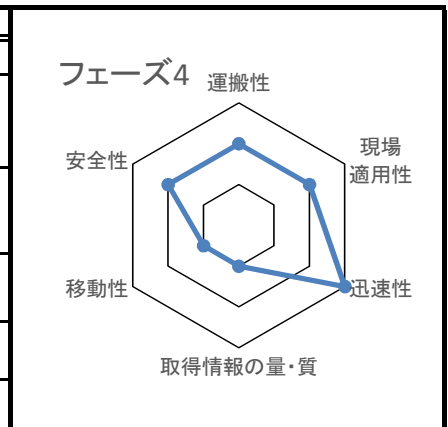
フェーズ3 検証項目[1] 比較対象技術:航空LP測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	調査ロボットは2トラック程度で運搬可。2名での操作で自走による積卸し可。
B 現場適用性	○	クローラ式調査ロボットの向きを変えることで、臨機応変な調査が可。基地局から400mまで調査が可。
C 迅速性	△	カメラやビデオを搭載しており、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可。地形データについて未取得。(検証不可)
D 取得情報の量・質	×	静止画・動画による被災地や崩落土砂・崩落法面の把握は可能であるが、取得した地形データでは精度検証ができず、調査は不可。
E 移動性	△	クローラ式調査ロボットは発信基地から400m先の状況把握が可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時はその場で停止。



フェーズ4 検証項目[1][2] 比較対象技術:地上LP測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	○	調査ロボットは2トラック程度で運搬可。2名での操作で自走による積卸し可。
B 現場適用性	○	無人航空機(ドローン)は飛行中に調査ルートの変更は可。調査ルートの変更は20分程度で可。自律航行のため機体を直接目視できない箇所の調査が可。クローラ式調査ロボットの向きを変えることで、臨機応変な調査が可。基地局から400mまで調査が可。
C 迅速性	◎	無人航空機(ドローン)・クローラ式調査ロボットともカメラやビデオを搭載しており、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可。無人航空機(ドローン)については概略的なオルソ画像処理は20分程度で可、詳細なオルソ画像処理は3時間程度で可。
D 取得情報の量・質	△	地形データの精度は航空LP測量より劣るが地形等の調査は可。バケット付きアームにより土砂のサンプリングが可。
E 移動性	△	無人航空機(ドローン)は離陸箇所から1.1km先の状況把握が可。クローラ式調査ロボットは発信基地から400m先の状況把握が可。
F 安全性	○	無人航空機(ドローン)は操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。クローラ式調査ロボットは操作無線の途絶時はその場で停止。



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評

フェーズ2:運搬性や現場適用性に優れ、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可能ならう、20分で取得した地形データの可視化ができる。初期に地形データを短時間で取得できることは有意義であり、被災地全体や崩落土砂・崩落法面の状況把握が可能なシステムである。
 フェーズ3:地形データが取得できていないが、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可能である。クローラ式調査ロボットの調査範囲に課題があるが運搬性に優れる。課題解決後は土砂崩落災害における応急対策・復旧計画立案に必要となる地上付近の詳細な画像情報と地質データの取得する場面での活躍に期待する。
 フェーズ4:迅速性に優れるが、取得した地形データの精度は航空LP測量より劣り、現時点では精度に課題がある。クローラ式調査ロボットの調査範囲に課題があるが運搬性に優れる。課題解決後は土砂崩落災害において対策工を安全かつ迅速に行うために、必要な周辺状況や施工状況の把握において、地上付近の詳細画像情報と地質データの取得場面での活躍に期待する。

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術 (副題)多機能小型ヘリを用いた総合モニタリングシステムの構築																
○応募者	ルーチェサーチ株式会社																
○共同開発者	日本工営株式会社																
○技術概要 (自己申告)	GPS制御された高性能無人ヘリロボットに、レーザ・スキャナを搭載し、土砂災害並びに火山災害現場を対象とした空中LP測量を行い、災害の全容、詳細な変状、斜面の経時的変化を把握する。レーザ・スキャナ以外にもカメラなど様々な計測機器を搭載できるため、総合的なモニタリングが可能である。また、長距離リアルタイム画像伝送装置を搭載しているため、地上でパソコン画面を確認しながら、ピンポイントの撮影や計測が可能である。	(外観・イメージ)  ドローン															
○対象分野	土砂崩落災害																
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>無人航空機(ドローン)</td> <td>直径1200mm 高さ650mm 総重量24.5kg(レーザ、バッテリー含む)</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>レーザ</td> <td>レーザ・スキャナ VUX-1 500,000点/秒 330° 視野 計測密度 300点/m2 最大測定距離920m</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>3次元データ</td> <td>Riegl社製 ソフト RiPROCESS</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン)	直径1200mm 高さ650mm 総重量24.5kg(レーザ、バッテリー含む)	センサー	レーザ	レーザ・スキャナ VUX-1 500,000点/秒 330° 視野 計測密度 300点/m2 最大測定距離920m	データ処理	3次元データ	Riegl社製 ソフト RiPROCESS	通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz	その他		
移動機構	無人航空機(ドローン)	直径1200mm 高さ650mm 総重量24.5kg(レーザ、バッテリー含む)															
センサー	レーザ	レーザ・スキャナ VUX-1 500,000点/秒 330° 視野 計測密度 300点/m2 最大測定距離920m															
データ処理	3次元データ	Riegl社製 ソフト RiPROCESS															
通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz															
その他																	
○問合せ先	ルーチェサーチ株式会社 Tel: 082-209-0230 Mail: info@luce-s.jp URL: http://www.luce-s.net																
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																
●検証場所	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 赤谷地区 (奈良県五條市大塔町)																
●検証内容	<p>赤谷地区【土砂災害】 フェーズ4 ○検証日時 平成27年12月9日 11:20~15:50 平成27年12月10日 8:40~10:20 ○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ④河道閉塞の天端と湛水位の差 ⑤河道閉塞までの進入路の有無 ・調査は無人航空機(ドローン)にレーザスキャナを搭載して行った。 ・静止画・動画の取得は行っていない。 ・レーザスキャナのデータを処理した点群データの精度は、地上LP測量より劣るが、航空LP測量と同等であり地形等の調査が可能であることを確認した。 ・樹木の下での地形データの取得ができることを確認した。 ・対地高度700mの山頂を含む崩落斜面全体を計測できたことを確認した。</p>	 検証状況 (フェーズ4)  【取得データ】地形データ															

○技術名称	SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術	
●評価結果		
フェーズ4	活用を推薦する(航空LP測量と同精度の調査)	★★
上記の適用範囲	フェーズ4:無人航空機を(ドローン)を用いた航空レーザ測量。	
留意事項	フェーズ4:取得したデータの精度は航空LPと同等である。	
期待される改良・開発事項(課題)	レーザスキャナによる地形データの取得について地上LP相当の精度の実現が望まれる。	
(参考)フェーズ2	活用を推薦する(H26検証結果)	☆☆☆
(参考)フェーズ3	活用を推薦する(H26検証結果)	☆☆☆

【基本要件】

基本要件	判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件① 被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための高精細な静止画・動画や地形データ等の情報を、より迅速にカメラやビデオもしくはレーザー等で取得できる。	○	B・D
基本要件② 土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	○	A・B・C・D
基本要件③ 災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
基本要件④ 公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑤ 公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	○	経済性(自己申告による)

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【技術特性】

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

フェーズ4 比較対象技術:地上LP測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	○	システム全体はワゴン車両での運搬できる。無人小型機(ドローン)は2人で運搬可。
B 現場適用性	○	手動操縦のため臨機応変な調査が可能であるが、機体を直接目視できない箇所の調査は基本不可(ただし、人の立ち入りがないことを確認できた場合は調査可)。
C 迅速性	◎	データ処理は5時間と速く、詳細な地形データにより迅速な被災地の状況把握が可。カメラやビデオを搭載しておらず、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握は不可。
D 取得情報の量・質	○	市販のデータ処理ソフトにより取得データの可視化が可。取得した点群データの精度は地上LP測量より劣るが地形等の調査は可。(航空LP測量と同等)樹木を透過して地表の地形データの取得が可。崩落部源頭部(基地局から高さ700m程度)のデータの取得が可。
E 移動性	○	離陸箇所から1km先の状況把握が可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。

フェーズ4

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評 迅速性に優れ、航空LP測量と同等の地形データが取得できる。短時間で被災地の状況把握ができることは安全確保のための周辺状況の把握・監視に有意義であり、取得した点群データから対策工の施工において対策工の安全確保や施工状況の把握が可能な技術である。

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	小型無人飛行装置による地形データ取得技術 (副題)災害状況の把握																								
○応募者	株式会社 アスコ																								
○共同開発者	なし																								
○技術概要 (自己申告)	<p>UAV(無人小型飛行体)にカメラを搭載し、自動と手動飛行で撮影した多くの画像からマルチバンドル処理を含む画像関連技術によって高精度の三次元データを作成し、実測に代わる精度の地形データを得ることが出来る一連の技術である。カメラを搭載しているの目視に近い鮮明な状況把握及び全体把握を行うことが出来る。また、災害時など危険箇所等の立入りが困難な箇所での調査を容易に行うことが可能となる。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ドローン (フェーズ2) 評定点とドローン (フェーズ4)</p>																							
○対象分野	土砂崩落災害																								
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">移動機構</td> <td>無人航空機(ドローン) (フェーズ2)</td> <td>DJI INSPIRE1 寸法:438×451×301mm 総重量3.5kg</td> </tr> <tr> <td>無人航空機(ドローン) (フェーズ4)</td> <td>DJI Spreading Wings S1000+ 寸法:直径1000mm・高さ450mm 総重量6.5kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>動画(フェーズ2)</td> <td>canon EOS X3 画素数:1,200万画素</td> </tr> <tr> <td>静止画(フェーズ4)</td> <td>canon 5Ds 画素数:5,030万画素</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">データ処理</td> <td>データ保存 (フェーズ2)</td> <td>SDカード</td> </tr> <tr> <td>3次元モデル (フェーズ4)</td> <td>Agisoft Photoscan</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">通信手段(使用周波数)</td> <td>無線(フェーズ2)</td> <td>画像:2.4GHz 操作:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>無線(フェーズ4)</td> <td>画像:1.2GHz 操作:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>評定点(投下用) (フェーズ4)</td> <td>直径100mmの球体+足3本</td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン) (フェーズ2)	DJI INSPIRE1 寸法:438×451×301mm 総重量3.5kg	無人航空機(ドローン) (フェーズ4)	DJI Spreading Wings S1000+ 寸法:直径1000mm・高さ450mm 総重量6.5kg	センサー	動画(フェーズ2)	canon EOS X3 画素数:1,200万画素	静止画(フェーズ4)	canon 5Ds 画素数:5,030万画素	データ処理	データ保存 (フェーズ2)	SDカード	3次元モデル (フェーズ4)	Agisoft Photoscan	通信手段(使用周波数)	無線(フェーズ2)	画像:2.4GHz 操作:2.4GHz	無線(フェーズ4)	画像:1.2GHz 操作:2.4GHz	その他	評定点(投下用) (フェーズ4)	直径100mmの球体+足3本
移動機構	無人航空機(ドローン) (フェーズ2)	DJI INSPIRE1 寸法:438×451×301mm 総重量3.5kg																							
	無人航空機(ドローン) (フェーズ4)	DJI Spreading Wings S1000+ 寸法:直径1000mm・高さ450mm 総重量6.5kg																							
センサー	動画(フェーズ2)	canon EOS X3 画素数:1,200万画素																							
	静止画(フェーズ4)	canon 5Ds 画素数:5,030万画素																							
データ処理	データ保存 (フェーズ2)	SDカード																							
	3次元モデル (フェーズ4)	Agisoft Photoscan																							
通信手段(使用周波数)	無線(フェーズ2)	画像:2.4GHz 操作:2.4GHz																							
	無線(フェーズ4)	画像:1.2GHz 操作:2.4GHz																							
その他	評定点(投下用) (フェーズ4)	直径100mmの球体+足3本																							
○問合せ先	株式会社アスコ Tel: 06-6282-0325 E-Mail: k-harada@asco-ce.co.jp URL: http://www.asco-ce.co.jp/asco/index.php																								
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.21に記載)																								
●検証場所	国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山地砂防事務所 赤谷地区 (奈良県五條市大塔町)																								
●検証内容	<p>赤谷地区【土砂災害】 【実施内容】 フェーズ2 ○検証日時 平成27年12月7日 9:30~10:00</p> <p>○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ・調査は無人航空機(ドローン)にビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した動画から迅速な被災状況の把握が可能であることを確認した。</p> <p>フェーズ4 ○検証日時 平成27年12月7日 10:00~12:20 平成27年12月8日 13:00~16:00</p> <p>○検証内容 ①被災地全体調査 ②崩落土砂や崩落法面の状況 ④河道閉塞の天端と湛水位の差 ・調査は無人航空機(ドローン)にビデオカメラとデジタルカメラを搭載して行った。 ・基地周辺に基準点を自ら設け、調査箇所には無人航空機(ドローン)にて評定点を投下設置した。この設置した基準点等により地上LP測量と同等の測量精度を確保した。</p>	 <p>検証状況</p>  <p>【取得データ】オルソ画像</p>																							

○技術名称	小型無人飛行装置による地形データ取得技術	
●評価結果		
フェーズ2	課題が解決されれば活用を推薦する	(★)
フェーズ4	活用を推薦する(基準点・評定点が設置可能な状況での調査)	★
上記の適用範囲	フェーズ4:無人航空機(ドローン)を用いた航空写真測量、静止画・動画による被災地の状況把握。	
留意事項	フェーズ4:基準点・評定点(ボール状)を設置できない場合は地上LP測量と同等の精度が確保できない。	
期待される改良・開発事項(課題)	フェーズ2:動画の取得箇所的位置把握、動画の画質に改善を要する。 フェーズ4:遠方(崩落法面の上部等)における地形データの取得や迅速性(基準点・評定点(ボール状)の設置および測量)の更なる改善を望む。	

【基本要件】

基本要件	判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件① 被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の情報を、より迅速にカメラやビデオもしくはレーザー等で取得できる。	フェーズ2△ フェーズ4○	B・D
基本要件② 土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	○	A・B・C・D
基本要件③ 災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
基本要件④ 公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑤ 公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	○	経済性 (自己申告による)

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【技術特性】

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

フェーズ2 比較対象技術:航空機による空中写真測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	システムの運搬はワゴン車にて運搬可。人力にて運搬可
B 現場適用性	○	手動操縦のため臨機応変な調査が可能であるが、機体を直接目視できない箇所の調査は不可。
C 迅速性	◎	カメラやビデオを搭載しており、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可。
D 取得情報の量・質	△	動画の撮影位置の把握が不可。 動画の画質が不鮮明なため、具体的な状況把握には不十分。
E 移動性	○	離陸箇所から1.1km先の状況把握可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。

フェーズ2 運搬性

現場適用性

迅速性

取得情報の量・質

移動性

安全性

フェーズ4 比較対象技術:地上LP測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	○	フェーズ2と同じ
B 現場適用性	○	手動操縦のため臨機応変な調査が可能であるが、機体を直接目視できない箇所の調査は不可。 自ら基準点・評定点(ボール状)をすることで測量精度を確保。
C 迅速性	○	地形データの処理時間に3日かかる。 基準点・評定点(ボール状)の設置および測量に時間を要する。
D 取得情報の量・質	○	取得した地形データの精度は地上LP測量と同等である。 目視による手動操縦のため遠方(崩落法面の上部等)において地形データが取得できない箇所があった。
E 移動性	○	フェーズ2と同じ
F 安全性	○	フェーズ2と同じ

フェーズ4 運搬性

現場適用性

迅速性

取得情報の量・質

移動性

安全性

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評	<p>フェーズ2 運搬性や迅速性に優れるが、動画の取得箇所的位置把握や動画の画質に課題がある。課題解決後は、災害初期での被災状況を把握する場面での活躍に期待する。</p> <p>フェーズ4 取得した地形データの精度が優れており、地上LP測量と同等の精度で地形データが取得できることは有意義である。対策工の施工において対策工の安全確保や施工状況の把握が可能な技術である。遠方(崩落法面の上部等)における地形データの取得や迅速性(基準点・評定点(ボール状)の設置および測量)の更なる改善に期待する。</p>
----	---

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット (副題)事前の現場での準備作業を必要としない崩落土砂等の遠隔調査ロボット															
○応募者	株式会社 大林組															
○共同開発者	株式会社移動ロボット研究所・慶応義塾大学															
○技術概要 (自己申告)	土砂崩落災害地において、泥濘地や斜面および段差がある場所においても遠隔操作によって走行し、地面に近い場所からの状況調査や崩落土砂等の調査が直ちに行える「無人調査ロボット」を開発する。これまで得られなかった崩落地盤の地盤性状を早期に取得することで、二次災害リスクの低減、応急復旧工の精度向上、工期短縮、コスト縮減を目指す。	(外観・イメージ)  クローラ式調査ロボット														
○対象分野	土砂崩落災害															
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>クローラ式調査ロボット</td> <td>寸法:長さ4400mm・幅1650mm・高さ1740mm 重量:1.9ton</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>動画撮影</td> <td>3D 1080p (Full HD) 1080×1200 (片眼最大)</td> </tr> <tr> <td>現地試験</td> <td>全自動スウェーデン式サウンディング試験機 貫入深さ:300cm</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作:2.4GHz 画像:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	クローラ式調査ロボット	寸法:長さ4400mm・幅1650mm・高さ1740mm 重量:1.9ton	センサー	動画撮影	3D 1080p (Full HD) 1080×1200 (片眼最大)	現地試験	全自動スウェーデン式サウンディング試験機 貫入深さ:300cm	通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:2.4GHz	その他		
移動機構	クローラ式調査ロボット	寸法:長さ4400mm・幅1650mm・高さ1740mm 重量:1.9ton														
センサー	動画撮影	3D 1080p (Full HD) 1080×1200 (片眼最大)														
	現地試験	全自動スウェーデン式サウンディング試験機 貫入深さ:300cm														
通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:2.4GHz														
その他																
○問合せ先	株式会社大林組機械部技術開発課 栗生暢雄 Tel:03-5769-1069 E-Mail: kuriu.nobuo@obayashi.co.jp															
●検証項目	[2] (詳細内容は、本書p.21に記載)															
●検証場所	国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 雲仙普賢岳 (長崎県島原市他)															
●検証内容	<p>雲仙普賢岳【土砂災害】 フェーズ3 ○検証日時 平成27年11月25日 9:00~17:20 平成27年11月26日 8:50~16:40 ○検証内容 ①走行試験(登坂・段差・軟弱地盤)②物性調査(地盤調査)③被災地全体調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 調査はクローラ式調査ロボットにスウェーデン式サウンディング試験機とビデオカメラを搭載して行った。 走行試験では、25度の斜面の登坂、60cmの段差、コーン指数200kN/m²以下の軟弱地盤での走行を確認した。 物性調査では、遠隔操作によりスウェーデン式サウンディング試験が可能であることを確認した。 取得した動画から迅速な被災状況の把握が可能であることを確認した。 	 検証状況  取得データ スウェーデン式サウンディング														

○技術名称	遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット	
●評価結果		
フェーズ3	課題が解決されれば活用を推薦する(地盤調査)	—
期待される改良・開発事項(課題)	クローラ式調査ロボットの操作無線の通信技術(中継局含む)の改善による調査範囲の拡大、走行系の信頼性の向上、取得画像の画質の向上、撮影箇所の把握が望まれる。	

[基本要件]

基本要件	判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件① 土砂や火山灰等の物性調査(例えば、粒径、含水比、透水性、密度、内部摩擦角、粘着力、貫入抵抗)、あるいは、火山灰の堆積深の計測ができる。 (上記、計測においては、現地の土砂等サンプリングによる計測も含む)	△	B・D
基本要件② 土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	△	A・B・C・D
基本要件③ 災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
基本要件④ 公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれ十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑤ 公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	—	経済性 (自己申告による)

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

[技術特性]

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

フェーズ3

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	○	クローラ式調査ロボットは2tトラックでの運搬可。また、自走でトラックへの荷卸し可。
B 現場適用性	△	60cm程度の段差の踏破が可。 手動操縦のため臨機応変な調査が可。 傾斜25°の斜面登坂が可。 検証中にクローラ式調査ロボットのクローラが故障。
C 迅速性	△	ビデオを搭載しており、動画によるリアルタイムの状況把握が可。 スウェーデン式サウンディング試験のデータ及び調査音のリアルタイムの状況把握が可。 リアルタイムでの情報提供は基地局から300m以内であることを確認。
D 取得情報の量・質	△	スウェーデン式サウンディングのデータ及び調査音の取得により物性調査が可。 動画から被災地全体や法面土砂・崩落法面の調査が可。 動画の撮影位置およびスウェーデン式サウンディングの位置把握が不可。
E 移動性	△	クローラ式調査ロボットは基地局から300m先の状況把握が可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時はその場で停止。

フェーズ3

安全性

現場適用性

迅速性

取得情報の量・質

移動性

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可


総評	クローラ式調査ロボットの調査範囲、地形データの取得に課題があるが、スウェーデン式サウンディングのデータ及び調査音の取得により物性調査が可能な技術である。検証中にクローラ式調査ロボットのクローラが故障し、現場適用性(信頼性)に課題がある。課題解決後は、土砂崩落災害場所における応急対策・復旧計画立案に必要な地上に近い場所からの詳細画像や地盤データを取得する場面での活躍に期待する。
----	---

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術																		
○応募者	東北大学																		
○共同開発者	国際航業株式会社・株式会社エンルート																		
○技術概要 (自己申告)	<p>活動中の火山における立入制限区域内のデータ収集は、土石流予測を行う上で非常に重要である。そこで、本技術は、複数台マルチロータ機を用いたa)地形データの収集技術、b)遠隔土砂サンプリング技術、c)遠隔含水率・透水性の計測技術、といったセンシング技術を開発し、d)火山災害予測用リアルタイムデータベースシステムの実現を目指している。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ドローン</p>																	
○対象分野	火山災害																		
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>無人航空機(ドローン)</td> <td>軸間:628mm 重量1.9kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>動画撮影</td> <td>GoPro 画素数:4K 画素</td> </tr> <tr> <td>静止画撮影</td> <td>SONY α 6000 画素数:2470万画素</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>使用パソコン</td> <td>Mac Pro (Intel XeonE5-1650 v2 3.5GHz メモリ64GB)</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作:2.4GHz 画像:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン)	軸間:628mm 重量1.9kg	センサー	動画撮影	GoPro 画素数:4K 画素	静止画撮影	SONY α 6000 画素数:2470万画素	データ処理	使用パソコン	Mac Pro (Intel XeonE5-1650 v2 3.5GHz メモリ64GB)	通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:2.4GHz	その他		
移動機構	無人航空機(ドローン)	軸間:628mm 重量1.9kg																	
センサー	動画撮影	GoPro 画素数:4K 画素																	
	静止画撮影	SONY α 6000 画素数:2470万画素																	
データ処理	使用パソコン	Mac Pro (Intel XeonE5-1650 v2 3.5GHz メモリ64GB)																	
通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:2.4GHz																	
その他																			
○問合せ先	東北大学 未来科学技術共同研究センター 永谷圭司 Tel: 022-795-4317 E-Mail: keiji@ieee.org																		
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)																		
●検証場所	国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 雲仙普賢岳 (長崎県島原市也)																		
●検証内容	<p>雲仙普賢岳【火山災害】</p> <p>○検証日時 平成27年11月25日 9:00 ~ 15:00 平成27年11月26日 8:55 ~ 12:15</p> <p>○検証内容 ①砂防堰堤の状況把握②土石流発生予測箇所の状況把握③立ち入り禁止区域外からの調査 ・調査は無人航空機(ドローン)にビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した画像によるオルソ画像と点群データから、火口周辺や立ち入り禁止区域内の状況把握が可能であることを確認した。 ・取得した動画から迅速な火口周辺や立ち入り禁止区域内の状況把握が可能であることを確認した。 ・強風下(操作箇所における風速10m/s程度であり、調査箇所ではさらに風が強い状況)においても順調に飛行できることを確認した。</p>	 <p>検証状況</p>  <p>【取得データ】オルソ画像</p>																	

○技術名称	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	
●評価結果		
噴火警戒レベル3・4	活用を推薦する(地形データの取得)	★★★
上記の適用範囲	噴火警戒レベル3・4において静止画・動画による火口周辺や立ち入り禁止区域内の状況調査	
留意事項	遠隔土砂サンプリング技術、遠隔含水率・透水性の計測技術、火山災害予測用リアルタイムデータベースシステムは推薦の対象外である。	
期待される改良・開発事項(課題)	強風および低気温下での調査範囲の更なる拡大を望まれる。	
(参考)	活用を推薦する(地形データの取得)(H26検証結果)	☆☆☆

[基本要件]

基本要件	判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件① 被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための高精細な画像・映像や地形データ等の情報を、より迅速にカメラやビデオもしくはレーザー等で取得できる。	○	B・D
基本要件② 土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水管等等の条件下でも、調査に必要な場所まで移動できる。ただし、そのアプローチ方法は、陸路や空路等を問わず、特段限定しない。	○	A・B・C・D
基本要件③ 災害被害の助長及び規模の拡大、あるいは、他の調査や作業等を行う者への二次災害の要因となるリスクが十分に小さいこと。	○	F
基本要件④ 公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑤ 公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	○	経済性(自己申告による)

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

[技術特性]

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

噴火警戒レベル3・4 比較対象技術 航空機による空中写真測量

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	システム全体はワゴン車両での運搬可。 無人航空機(ドローン)は人力で運搬可。
B 現場適用性	○	飛行中に調査ルートの変更は可。調査ルートのプログラム変更は20分程度で可。自律航行のため機体を直接目視できない箇所の調査が可。 強風および低気温により、溶岩ドームの調査は未実施。(検証不可)
C 迅速性	◎	カメラやビデオを搭載しており、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可。 オルソ画像処理は1時間程度で可。
D 取得情報の量・質	○	オルソ画像や動画から火口周辺や立ち入り禁止区域内の状況の把握が可。 点群データの精度は航空機による空中写真測量より劣る。
E 移動性	◎	無人航空機(ドローン)は強風、低温の気象条件において2km先の状況把握が可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時に自動的に離陸場所までの帰還が可。

噴火警戒レベル3.4

判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評	運搬性、迅速性、移動性に優れ、静止画・動画によるリアルタイムの状況把握が可能となうえ、1時間で取得した地形データの可視化ができる。強風、低温という厳しい気象条件において遠隔地(2km)の状況を短時間で把握できることは有意義であり、取得した地形データにより火口周辺や立ち入り禁止区域内の状況の把握が可能な技術である。
----	---

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果 実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	災害調査用地上/空中複合型ロボットシステム (副題)半自動・遠隔操作無人調査プラットフォーム車両システム 災害調査情報の可視化及び災害情報データベース																						
○応募者	株式会社日立製作所																						
○共同開発者	株式会社エンルート・八千代エンジニアリング・国立研究開発法人産業技術総合研究所																						
○技術概要 (自己申告)	<p>土砂崩落/火山災害/トンネル災害現場など、人の立ち入りが制限される状況下において、災害の初期段階で、現場の状況把握を確実に実施するため、以下の3つの研究開発を行う。</p> <p><1> 地上から各種情報を収集するための半自律・遠隔操作型 「無人調査プラットフォーム車両システム」</p> <p><2> 空中から各種情報を収集するための 「無人調査プラットフォームヘリシステム」</p> <p><3> 収集した災害情報を防災関連組織間で共有するための 「三次元可視化及び災害情報データベース」</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>クローラ式調査ロボット</p>																					
○対象分野	トンネル災害調査																						
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">移動機構</td> <td>クローラ式調査ロボット</td> <td>CRoSDI 寸法W980×L1360×H1440mm 重量350kg</td> </tr> <tr> <td>タイヤ式中継ロボット</td> <td>RCPV 寸法W620×L1020×H920mm 重量80kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center;">センサー</td> <td>動画撮影</td> <td>CRoSDI AXIS製 Q6115E PTZ</td> </tr> <tr> <td>赤外線カメラ</td> <td>CRoSDI FLIR製 D-Series C</td> </tr> <tr> <td>レーザスキャナー</td> <td>CRoSDI FARO製 Focus3D X330</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">データ処理</td> <td>データ処理ソフト</td> <td>FARO製 SCENEソフトウェア</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">通信手段(使用周波数)</td> <td>車輪式調査ロボット</td> <td>操作: 2.4GHz</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">その他</td> <td>ガス検知センサー</td> <td>COSMOS製 酸素・一酸化炭素計 XOC-2200</td> </tr> </table>		移動機構	クローラ式調査ロボット	CRoSDI 寸法W980×L1360×H1440mm 重量350kg	タイヤ式中継ロボット	RCPV 寸法W620×L1020×H920mm 重量80kg	センサー	動画撮影	CRoSDI AXIS製 Q6115E PTZ	赤外線カメラ	CRoSDI FLIR製 D-Series C	レーザスキャナー	CRoSDI FARO製 Focus3D X330	データ処理	データ処理ソフト	FARO製 SCENEソフトウェア	通信手段(使用周波数)	車輪式調査ロボット	操作: 2.4GHz	その他	ガス検知センサー	COSMOS製 酸素・一酸化炭素計 XOC-2200
移動機構	クローラ式調査ロボット	CRoSDI 寸法W980×L1360×H1440mm 重量350kg																					
	タイヤ式中継ロボット	RCPV 寸法W620×L1020×H920mm 重量80kg																					
センサー	動画撮影	CRoSDI AXIS製 Q6115E PTZ																					
	赤外線カメラ	CRoSDI FLIR製 D-Series C																					
	レーザスキャナー	CRoSDI FARO製 Focus3D X330																					
データ処理	データ処理ソフト	FARO製 SCENEソフトウェア																					
通信手段(使用周波数)	車輪式調査ロボット	操作: 2.4GHz																					
その他	ガス検知センサー	COSMOS製 酸素・一酸化炭素計 XOC-2200																					
○問合せ先	株式会社 日立製作所 ディフェンスシステム社 総合お問い合わせフォーム https://www8.hitachi.co.jp/inquiry/hitachi-ds/general/form.jsp																						
●検証項目	[4] (詳細内容は、本書p.2に記載)																						
●検証場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 実大トンネル (茨城県つくば市)																						
●検証内容	<p>実大トンネル【トンネル災害】 トンネルⅠ ○検証日時 平成27年10月27日 9:30～16:00 ○検証内容 ①トンネル内部状況の把握②引火性ガス濃度の把握 ・調査はクローラ式調査ロボットにビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した動画から迅速なトンネル内部状況及びガス濃度の把握が可能であることを確認した。 ・ロボットはトンネル坑口から700mの往復(見通しの利かない箇所を含む)ができることを確認した。</p> <p>トンネルⅡ ○検証日時 平成27年10月27日 9:30～16:00 ○検証内容 ①覆工コンクリートの剥離部分の大きさの把握②湧水の把握 ・暗所において湧水が確認できることを確認した。 ・約1mm幅のクラックを画像にて把握した。ただし、クラック幅及び長さの計測は出来ないことを確認した。</p>	 <p>検証状況 (操作状況)</p>  <p>【取得データ】天端崩落箇所確認</p>																					

○技術名称	災害調査用地上/空中複合型ロボットシステム	
●評価結果		
トンネルⅠ	活用を推薦する	★★★
トンネルⅡ	課題が解決されれば活用を推薦する	(★★)
上記の適用範囲	トンネルⅠ：静止画・動画によるトンネル全体の状況把握調査(トンネル坑口から700m地点まで検証)	
留意事項	トンネルⅠ：損傷箇所や障害物の位置の把握に時間を要する。	
期待される改良・開発事項(課題)	トンネルⅠ：損傷箇所や障害物の位置把握に要する時間の短縮が望まれる。 トンネルⅡ：損傷箇所や障害物の位置把握に要する時間の短縮、損傷箇所の計測機能の開発が望まれる。。	

[基本要件]

基本要件		判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件①	視覚情報及び引火性ガス以外の内部状況に係る情報(崩落規模、トラフィカビリティ等)を取得できる。	トンネルⅠ○ トンネルⅡ△	B・D
基本要件②	崩落したがいれきによる段差・障害物等のある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	○	A・B
基本要件③	トンネル内に引火性ガスがある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	—	—
基本要件④	無線を利用して遠隔操作を行う場合には、信頼性の高い通信方式を採用すること等により、支障なく作業を行うことができること。	○	B
基本要件⑤	応募システム・技術の利用が、爆発や崩落等の二次災害を発生させる要因とならないこと。	○	F
基本要件⑥	公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑦	公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	—	—

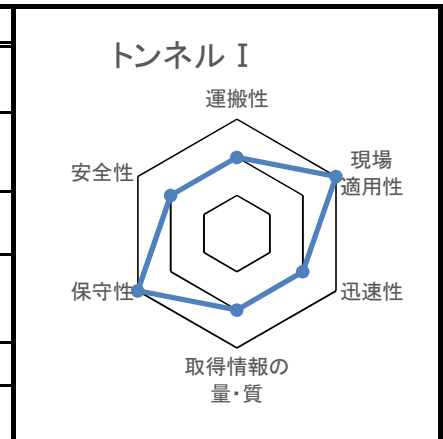
[技術特性]

○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

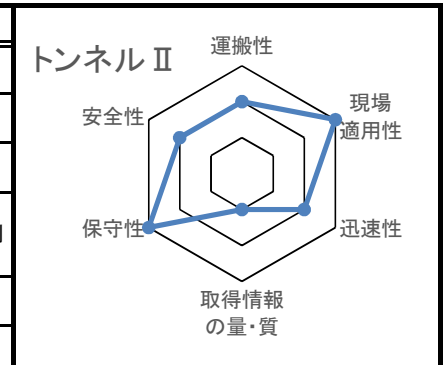
トンネルⅠ

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	○	本体は2トラックにて運搬可。中継車両は本体とは別の車両(2トラック程度)で運搬が可。本体及び中継車両とも自走可。
B 現場適用性	◎	トンネル坑口より700m地点までの情報取得が可。砂・砂利等の走破性に優れる。大きな障害物に関しては回避して進行可。見通しの利かない場所での動作も可。
C 迅速性	○	ビデオを搭載しており、動画によるリアルタイムの状況把握が可。損傷箇所や障害物の位置把握に時間を要する。
D 取得情報の量・質	○	暗所においても取得した画質は鮮明であり、トンネル内の状況(クラックや湧水および車両ナンバー等の情報)の把握が可。
E 保守性	◎	部品を国内産または市販品としているため修理は可。
F 安全性	○	操作無線の途絶時はその場で停止。



トンネルⅡ

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	○	トンネルⅠと同じ
B 現場適用性	◎	トンネルⅠと同じ
C 迅速性	○	トンネルⅠと同じ
D 取得情報の量・質	△	湧水の有無について画像にて判別可。約1mm幅のクラックを画像にて判別可。ただし、クラック幅及び長さの計測は不可。
E 保守性	◎	トンネルⅠと同じ
F 安全性	○	トンネルⅠと同じ



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評

トンネルⅠ
現場適用性、保守性に優れ、見通しが利かないトンネル内の情報をリアルタイムで把握できることは有意義である。見通しの利かない場所を含めトンネル坑口から700mまで走行してトンネル全体の状況把握が可能な技術である。
トンネルⅡ
現場適用性と保守性に優れ、見通しが利かないトンネル内の情報をリアルタイムで把握できることは有意義である。損傷箇所等の位置把握の時間短縮や具体的な損傷の大きさの計測などが課題であり、課題解決後は、人の立ち入りの可否を判断するトンネル内状況を把握する場面での活躍が期待される。

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果 実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	坑内中継・モニタリングシステム (副題)小型重機を活用した遠隔操作式坑内無線中継及びモニタリングシステム																	
○応募者	西尾レントオール株式会社																	
○共同開発者	なし																	
○技術概要 (自己申告)	汎用的な小型建設機械を利用し、弊社独自の遠隔操作ユニット(HRC)を搭載することで、遠隔操作可能な重機になります。その重機上に、無線機・無線中継局を搭載する事で、無線の到達距離を延長する為の中継局となることが可能で、更に奥深く進行する他の遠隔操作車両の無線中継ブリッジとなる事ができます。また自身でもカメラ・ガス検知器・計測器等を搭載する事で現場状況をモニタリングする事が可能です	(外観・イメージ)  重機搭載式調査ロボット																
○対象分野	トンネル災害調査																	
○技術構成	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">移動機構</td> <td style="width: 30%;">重機</td> <td style="width: 40%;">バックホウ0.2m3級 PC40-MR</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">センサー</td> <td>動画撮影</td> <td>詳細は非公開</td> </tr> <tr> <td>赤外線カメラ</td> <td>詳細は非公開</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">通信手段(使用周波数)</td> <td>車輪式調査ロボット</td> <td>操作:5.0GHz</td> </tr> <tr> <td>バックボーン回線</td> <td>映像系:FOMA回線 制御系:特定小電力無線</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>ガス検知センサー</td> <td>理研 GX-2009</td> </tr> </table>		移動機構	重機	バックホウ0.2m3級 PC40-MR	センサー	動画撮影	詳細は非公開	赤外線カメラ	詳細は非公開	通信手段(使用周波数)	車輪式調査ロボット	操作:5.0GHz	バックボーン回線	映像系:FOMA回線 制御系:特定小電力無線	その他	ガス検知センサー	理研 GX-2009
移動機構	重機	バックホウ0.2m3級 PC40-MR																
センサー	動画撮影	詳細は非公開																
	赤外線カメラ	詳細は非公開																
通信手段(使用周波数)	車輪式調査ロボット	操作:5.0GHz																
	バックボーン回線	映像系:FOMA回線 制御系:特定小電力無線																
その他	ガス検知センサー	理研 GX-2009																
○問合せ先	西尾レントオール株式会社 担当者: 佐藤 Tel:03-3769-8240 E-Mail:yoshikazu.satou@nishio-rent.co.jp URL:http://ict.nishio-rent.co.jp																	
●検証項目	[4] (詳細内容は、本書p.21に記載)																	
●検証場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 実大トンネル (茨城県つくば市)																	
●検証内容	<p>実大トンネル【トンネル災害】</p> <p>トンネルⅠ</p> <p>○検証日時 平成27年11月2日 9:10 ~14:40</p> <p>○検証内容</p> <p>①トンネル内部状況の把握②引火性ガス濃度の把握</p> <p>・調査はクローラ式調査ロボットにビデオカメラを搭載して行った。</p> <p>・取得した動画から迅速なトンネル内部状況及びガス濃度の把握が可能であることを確認した。</p> <p>・ロボットはトンネル坑口から700mの往復移動(見通しの利かない箇所を含む)ができることを確認した。</p> <p>トンネルⅡ</p> <p>○検証日時 平成27年11月2日 9:10 ~14:40</p> <p>○検証内容</p> <p>①覆工コンクリートの剥離部分の大きさの把握②湧水の把握</p> <p>・約1mm幅のクラックを画像にて把握した。ただし、クラック幅及び長さの計測は出来ないことを確認した。</p> <p>・暗所において湧水が確認できることを確認した。</p>	 検証状況 (操作状況)  【取得データ】既存クラック																

○技術名称	坑内中継・モニタリングシステム	
●評価結果		
トンネルⅠ	活用を推薦する	★★
トンネルⅡ	課題が解決されれば活用を推薦する	(★)
上記の適用範囲	トンネルⅠ：静止画・動画によるトンネル全体の状況把握調査(トンネル坑口から700m地点まで検証)	
留意事項	トンネルⅠ：損傷箇所や障害物の位置の把握に時間を要する。本体が重機のためトンネル構造物への接触など周囲の安全性に注意が必要。	
期待される改良・開発事項(課題)	トンネルⅠ：損傷箇所や障害物の位置把握に要する時間の短縮が望まれる。 トンネルⅡ：損傷箇所や障害物の位置把握に要する時間の短縮、損傷箇所の計測機能の開発が望まれる。。	

[基本要件]

基本要件	判定	判定の根拠(技術特性)
基本要件① 視覚情報及び引火性ガス以外の内部状況に係る情報(崩落規模、トラフィカビリティ等)を取得できる。	トンネルⅠ○ トンネルⅡ△	B・D
基本要件② 崩落したがいれきによる段差・障害物等のある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	○	A・B
基本要件③ トンネル内に引火性ガスがある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	—	—
基本要件④ 無線を利用して遠隔操作を行う場合には、信頼性の高い通信方式を採用すること等により、支障なく作業を行うことができること。	○	B
基本要件⑤ 応募システム・技術の利用が、爆発や崩落等の二次災害を発生させる要因とならないこと。	○	F
基本要件⑥ 公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑦ 公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	—	—

[技術特性]

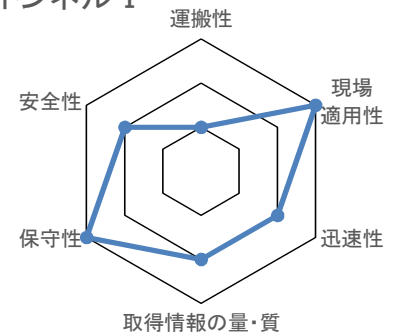
○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

トンネルⅠ

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	△	BH0.2m3級がベースマシンとなるため、運搬方法が限定される。
B 現場適用性	◎	トンネル坑口より700m地点までの画像取得が可。砂・砂利等の走破性に優れる。大きな障害物に関しても移動させて進行可。見通しの利かない場所での動作も可。
C 迅速性	○	ビデオと赤外線カメラを搭載しており、動画によるリアルタイムの状況把握が可。損傷箇所や障害物の位置把握に時間を要する。
D 取得情報の量・質	○	暗所においても取得した画質は鮮明であり、トンネル内の状況(クラックや湧水および車両ナンバー等の情報)の把握が可。
E 保守性	◎	システム全体を市販品で構成しており、保守体制も確立している。
F 安全性	○	操作無線の途絶時はその場で停止。本体が重機のためトンネル構造物への接触など周囲の安全性に注意が必要。

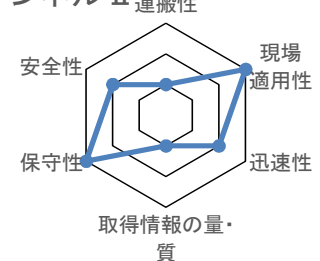
トンネルⅠ



トンネルⅡ

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	△	トンネルⅠと同じ
B 現場適用性	◎	トンネルⅠと同じ
C 迅速性	○	トンネルⅠと同じ
D 取得情報の量・質	△	湧水の有無について画像にて判別可。約1mm幅のクラックを画像にて判別可。ただし、クラック幅及び長さの計測は不可。
E 保守性	◎	トンネルⅠと同じ
F 安全性	○	トンネルⅠと同じ

トンネルⅡ



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可


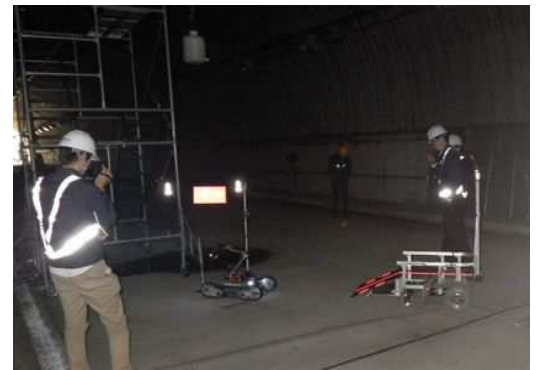

総評	<p>トンネルⅠ 現場適用性、保守性に優れ、見通しが利かないトンネル内の情報をリアルタイムで把握できることは有意義である。見通しの利かない場所を含めトンネル坑口から700mまで走行してトンネル全体の状況把握が可能な技術である。</p> <p>トンネルⅡ 現場適用性と保守性に優れ、見通しが利かないトンネル内の情報をリアルタイムで把握できることは有意義である。損傷箇所等の位置把握の時間短縮や具体的な損傷の大きさの計測などが課題であり、課題解決後は、人の立ち入りの可否を判断するトンネル内状況を把握する場面での活躍が期待される。</p>
----	---

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム																						
○応募者	愛知工業大学																						
○共同開発者	エヌ・ティー・シー株式会社・中日本ハイウエイ・エンジニアリング名古屋株式会社・サンリツオートメーション株式会社・株式会社エーアイシステムサービス																						
○技術概要 (自己申告)	<p>本技術は、民間企業の利用を想定した「誰でもすぐに調査可能、即座に報告:オールインワンパッケージ」を実現する調査ロボットシステムである。クローラロボット群により高品質な長距離通信インフラの構築を行い、通信に対する耐障害性も有し、安全な場所から災害現場の状況把握や調査が可能である。特に、閉所・狭隘空間の調査を行う。ガスセンサの搭載により安全な場所から引火性ガス濃度測定が可能である。取得データはリアルタイムにデータベース化され、地理空間情報として見える化を実現する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>クローラ式調査ロボット</p>																					
○対象分野	トンネル災害調査																						
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td rowspan="2">移動機構</td> <td>クローラ式調査ロボット(本体)</td> <td>NTC製作版Scott 寸法:W394×L725×H280mm 重量26.5kg</td> </tr> <tr> <td>中継用車両(有線)</td> <td>AIT製作版Scott 寸法:W394×L725×H280mm 重量23kg (本体20kg マニピュレータ 3kg)</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>暗所用赤外カメラ</td> <td>Mintron Enterprise Co.Ltd製 MK-0323E</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">PC構成</td> <td>ロボットオペレーション用</td> <td>ノートパソコン 4台</td> </tr> <tr> <td>ローカルGISサーバ</td> <td>ノートパソコン 1台</td> </tr> <tr> <td>SLAM サーバ</td> <td>ノートパソコン 1台</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作:2.4GHz 画像:2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>ガス検知センサー</td> <td>理研 GX-2009</td> </tr> </table>		移動機構	クローラ式調査ロボット(本体)	NTC製作版Scott 寸法:W394×L725×H280mm 重量26.5kg	中継用車両(有線)	AIT製作版Scott 寸法:W394×L725×H280mm 重量23kg (本体20kg マニピュレータ 3kg)	センサー	暗所用赤外カメラ	Mintron Enterprise Co.Ltd製 MK-0323E	PC構成	ロボットオペレーション用	ノートパソコン 4台	ローカルGISサーバ	ノートパソコン 1台	SLAM サーバ	ノートパソコン 1台	通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:2.4GHz	その他	ガス検知センサー	理研 GX-2009
移動機構	クローラ式調査ロボット(本体)	NTC製作版Scott 寸法:W394×L725×H280mm 重量26.5kg																					
	中継用車両(有線)	AIT製作版Scott 寸法:W394×L725×H280mm 重量23kg (本体20kg マニピュレータ 3kg)																					
センサー	暗所用赤外カメラ	Mintron Enterprise Co.Ltd製 MK-0323E																					
PC構成	ロボットオペレーション用	ノートパソコン 4台																					
	ローカルGISサーバ	ノートパソコン 1台																					
	SLAM サーバ	ノートパソコン 1台																					
通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:2.4GHz																					
その他	ガス検知センサー	理研 GX-2009																					
○問合せ先	愛知工業大学工学部機械学科 奥川雅之 Tel: 0565-48-8121 E-Mail: okugawa@aitech.ac.jp																						
●検証項目	[3][4] (詳細内容は、本書p.2に記載)																						
●検証場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 実大トンネル (茨城県つくば市)																						
●検証内容	<p>実大トンネル【トンネル災害】 トンネル I ○検証日時 平成27年11月5日 9:20 ~ 16:40 ○検証内容 ①トンネル内部状況の把握②引火性ガス濃度の把握 ・調査はクローラ式調査ロボットにビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した動画から迅速なトンネル内部状況及びガス濃度の把握が可能であることを確認した。 ・ロボットはトンネル坑口から550mの移動ができることを確認した。</p>	 <p>検証状況 (湧水確認)</p>  <p>【取得データ】放置車両ナンバー確認</p>																					

○技術名称	受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム	
●評価結果		
トンネル I	課題が解決されれば、活用を推薦する	—
期待される改良・開発事項 (課題)	通信技術の改良による移動可能な距離の延長や路面状況に応じた踏破性の向上、および情報の質の向上が望まれる。	

[基本要件]

基本要件(検証項目[3][4])		判定	判定の根拠 (技術特性)
検証項目[3] 基本要件①	引火性ガスや酸素濃度に係る情報を取得できる。	△	B・D
検証項目[4] 基本要件①	視覚情報及び引火性ガス以外の内部状況に係る情報(崩落規模、トラフィカビリティ等)を取得できる。	△	B・D
検証項目[3][4] 基本要件②	崩落しがれきによる段差・障害物等のある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	△	A・B
検証項目[3][4] 基本要件③	トンネル内に引火性ガスがある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	—	—
検証項目[3][4] 基本要件④	無線を利用して遠隔操作を行う場合には、信頼性の高い通信方式を採用すること等により、支障なく作業を行うことができること。	△	B
検証項目[3][4] 基本要件⑤	応募システム・技術の利用が、爆発や崩落等の二次災害を発生させる要因とならないこと。	○	F
検証項目[3][4] 基本要件⑥	公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
検証項目[3][4] 基本要件⑦	公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	—	—

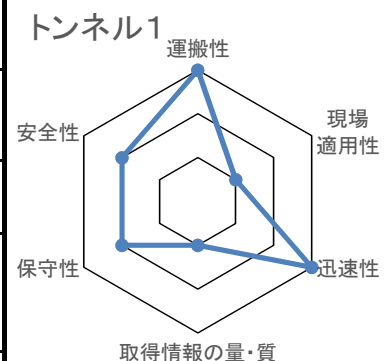
○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

[技術特性]

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

トンネル I

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	システム全体はワゴン車で運搬可。ロボットは人力での運搬可。
B 現場適用性	△	トンネル坑口から550m地点の画像取得が可。砂・砂利・段差に対する踏破性は未検証。
C 迅速性	◎	ビデオを搭載しており、動画によるリアルタイムの状況把握が可。リアルタイムで動画の撮影箇所の位置把握が可。
D 取得情報の量・質	△	撮影位置と撮影方向から、損傷等の位置把握が可。放置車両の車両ナンバー等の把握が可。暗所での湧水の把握は不可。
E 保守性	○	市販の部品で構成されている。構造が複雑であり、不具合発生時の修理に時間を要した。
F 安全性	○	操作無線の途絶時はその場で停止。



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評	運搬性、迅速性に優れ、トンネル内の情報(損傷状況とその位置)をリアルタイムで把握できる技術である。トンネル坑口から700mまで到達できておらず現場適用性に課題がある。また、暗所での画質に課題があり、湧水の把握ができなかった。砂・砂利等の走行路面状況に対応できないため踏破性の検証を行うことができなかった。課題解決後は、被災直後の迅速なトンネル状況の把握する場面での活躍が期待される。
----	---

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果 実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発 (副題)災害対応マルチロボットシステム																			
○応募者	株式会社移動ロボット研究所																			
○共同開発者	理研計器株式会社																			
○技術概要 (自己申告)	<p>災害現場特有の環境を走行し、目的地に到達できるマルチロボットシステム。システムは高速移動に適した6輪駆動車と、6輪車に搭載する6自由度クローラロボット、ドローンより構成される。</p> <p>このシステムには、高精細な画像データ、温度、湿度などの基本情報のほか、可燃性ガスを含む5種類的气体濃度をリアルタイムで取得できる。崩落規模の想定と内部の詳細な位置情報の取得には、3D揺動測域センサを用いる。6輪駆動車には1000mの通信ケーブルが搭載され、トンネル内でも安定した通信が可能である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>車輪式調査ロボット</p>																		
○対象分野	トンネル災害調査																			
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">移動機構</td> <td>6輪駆動走行台車</td> <td>L170cm×W170cm×H130cm 重量:140kg</td> </tr> <tr> <td>6自由度クローラロボット</td> <td>L70cm×W58cm×H70cm 重量:46kg</td> </tr> <tr> <td>小型無人機(ドローン)</td> <td>L50cm×W50cm×H15cm 重量:2.4kg</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">センサー</td> <td>動画撮影</td> <td>高精細PTZカメラ:AXIS:214 後方高精細カメラ:AXIS:212 操縦支援カメラ:Panasonic:CY-RC90KD</td> </tr> <tr> <td>ガスセンサ</td> <td>マルチガスセンサGX2009(通信機能付き)</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>通信ケーブル</td> <td>VDSL方式:1000m</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>センサー</td> <td>3D揺動測域センサ</td> </tr> </table>		移動機構	6輪駆動走行台車	L170cm×W170cm×H130cm 重量:140kg	6自由度クローラロボット	L70cm×W58cm×H70cm 重量:46kg	小型無人機(ドローン)	L50cm×W50cm×H15cm 重量:2.4kg	センサー	動画撮影	高精細PTZカメラ:AXIS:214 後方高精細カメラ:AXIS:212 操縦支援カメラ:Panasonic:CY-RC90KD	ガスセンサ	マルチガスセンサGX2009(通信機能付き)	通信手段(使用周波数)	通信ケーブル	VDSL方式:1000m	その他	センサー	3D揺動測域センサ
移動機構	6輪駆動走行台車	L170cm×W170cm×H130cm 重量:140kg																		
	6自由度クローラロボット	L70cm×W58cm×H70cm 重量:46kg																		
	小型無人機(ドローン)	L50cm×W50cm×H15cm 重量:2.4kg																		
センサー	動画撮影	高精細PTZカメラ:AXIS:214 後方高精細カメラ:AXIS:212 操縦支援カメラ:Panasonic:CY-RC90KD																		
	ガスセンサ	マルチガスセンサGX2009(通信機能付き)																		
	通信手段(使用周波数)	通信ケーブル	VDSL方式:1000m																	
その他	センサー	3D揺動測域センサ																		
○問合せ先	株式会社移動ロボット研究所 Tel:0467-43-0650 E-Mail:koyanagi@irobo.co.jp																			
●検証項目	[4] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p>検証状況 (車列確認)</p>  <p>【取得データ】車両ナンバー確認</p>																		
●検証場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 実大トンネル (茨城県つくば市)																			
●検証内容	<p>実大トンネル【トンネル災害】 トンネル I ○検証日時 平成27年11月9日 10:30 ~ 13:15 ○検証内容 ①トンネル内部状況の把握②引火性ガス濃度の把握 ・調査はクローラ式調査ロボットにビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した動画から迅速なトンネル内部状況及びガス濃度の把握が可能であることを確認した。 ・ロボットはトンネル坑口から700mの片道移動(見通しの利かない箇所を含む)ができることを確認した。</p>																			

○技術名称	小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発	
●評価結果		
トンネル I	活用に向け今後の技術開発を期待する	—
期待される改良・開発事項 (課題)	車輪式調査ロボットの走行系の信頼性の向上や位置把握機能、損傷箇所の計測機能の開発が望まれる。	

[基本要件]

基本要件		判定	判定の根拠 (技術特性)
検証項目[3] 基本要件①	引火性ガスや酸素濃度に係る情報を取得できる。	—	B・D
検証項目[4] 基本要件①	視覚情報及び引火性ガス以外の内部状況に係る情報(崩落規模、トラフィカビリティ等)を取得できる。	△	B・D
検証項目[3][4] 基本要件②	崩落したがれきによる段差・障害物等のある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	×	A・B
検証項目[3][4] 基本要件③	トンネル内に引火性ガスがある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	—	—
検証項目[3][4] 基本要件④	無線を利用して遠隔操作を行う場合には、信頼性の高い通信方式を採用すること等により、支障なく作業を行うことができること。	—	B
検証項目[3][4] 基本要件⑤	応募システム・技術の利用が、爆発や崩落等の二次災害を発生させる要因とならないこと。	△	F
検証項目[3][4] 基本要件⑥	公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	△	F
検証項目[3][4] 基本要件⑦	公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	—	—

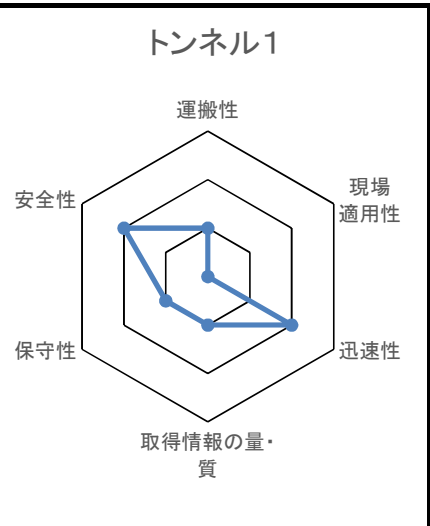
○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

[技術特性]

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

トンネル I

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	△	2tダンプで運搬可。
B 現場適用性	×	トンネル坑口から700m地点の画像取得が可。 車両式調査ロボットは、復路途中でタイヤが破損し走行不能。 砂・砂利・段差に対する踏破性は未検証。 開発中のため今回の現場検証以外は出動不可。
C 迅速性	○	ビデオを搭載しており、動画によるリアルタイムの状況把握が可。
D 取得情報の量・質	△	暗所においても取得した画質は鮮明であり、トンネル内の状況(クラックや湧水および車両ナンバー等の情報)の把握が可。
E 保守性	△	一部部品が海外特注品となっており、修理に時間を要する。
F 安全性	○	有線操作のため、通信ケーブル切断時はその場で停止。



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評

暗所においても取得した画質は鮮明であり、トンネル内の状況(クラックや湧水および車両ナンバー等の情報)の把握が可能な技術である。
トンネル坑口から700m地点まで到達したが、復路途中で走行車輪が破損し信頼性に課題がある。
一部の部品が特注品であり保守性に課題がある。
現時点では開発中のシステムである。
課題解決後は、被災直後の迅速なトンネル状況の把握する場面での活躍が期待される。

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

実用検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	マルチダクトファン型調査ドローン																
○応募者	徳島大学																
○共同開発者	株式会社エンルート																
○技術概要 (自己申告)	<p>ダクトファンやケージ化した機体を用いるマルチダクトファンコブタに受動輪を取り付け、地上滑走機能を付加した調査型ドローンを開発した。このドローンは、通常は車輪で地上を移動するが、不整地や障害物がある場合は飛行することで障害の影響を受けずに移動可能である。ダクトファンまたはケージ化した機体を用いることで、障害物に接触しても安全に作業を継続できる。SLAM技術で移動しながらのマッピングが可能である。操作方法も簡略化しており半自動的に使用できる</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ドローン</p>															
○対象分野	トンネル災害調査																
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>無人小型機(ドローン)</td> <td>モーター対角軸間:700mm 機体重量3.5kg</td> </tr> <tr> <td>センサー</td> <td>動画撮影 トンネル形状計測</td> <td>FPVカメラ:ENON 3D測域センサー 北陽 YVT-002</td> </tr> <tr> <td>データ処理</td> <td>SLAM処理</td> <td>北陽 3D測域センサー 使用予定</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作:2.4GHz 画像:1.2GHz データ通信:2.4GHz(無線LAN)</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td>受動輪</td> <td>滑走可能</td> </tr> </table>		移動機構	無人小型機(ドローン)	モーター対角軸間:700mm 機体重量3.5kg	センサー	動画撮影 トンネル形状計測	FPVカメラ:ENON 3D測域センサー 北陽 YVT-002	データ処理	SLAM処理	北陽 3D測域センサー 使用予定	通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:1.2GHz データ通信:2.4GHz(無線LAN)	その他	受動輪	滑走可能
移動機構	無人小型機(ドローン)	モーター対角軸間:700mm 機体重量3.5kg															
センサー	動画撮影 トンネル形状計測	FPVカメラ:ENON 3D測域センサー 北陽 YVT-002															
データ処理	SLAM処理	北陽 3D測域センサー 使用予定															
通信手段(使用周波数)	無線	操作:2.4GHz 画像:1.2GHz データ通信:2.4GHz(無線LAN)															
その他	受動輪	滑走可能															
○問合せ先	徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 Tel:090-2112-3827 E-Mail: miw@tokushima-u.ac.jp URL:																
●検証項目	[4] (詳細内容は、本書p.2に記載)	 <p>検証状況</p>															
●検証場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 実大トンネル (茨城県つくば市)																
●検証内容	<p>実大トンネル【トンネル災害】 トンネル I ○検証日時 平成27年11月4日 9:10 ~ 16:30 ○検証内容 ①トンネル内部状況の把握 ・調査は小型無人機(ドローン)にビデオカメラを搭載して行った。 ・取得した動画から迅速なトンネル内部状況把握が可能であることを確認した。 ・ロボットはトンネル坑口から700mの復路移動(見通しの利かない箇所を含む)ができることを確認した。</p>																
		 <p>【取得データ】放置車両確認状況</p>															

○技術名称	マルチダクトファン型調査ドローン	
●評価結果		
トンネル I	課題が解決されれば、活用を推薦する	—
期待される改良・開発事項 (課題)	飛行・走行時における無人航空機(ドローン)の安定性の向上、通信技術改善による調査範囲の拡大、クラックや覆工コンクリートの剥落などの損傷状況が把握が可能となる技術開発が望まれる。	

[基本要件]

基本要件		判定	判定の根拠 (技術特性)
基本要件①	視覚情報及び引火性ガス以外の内部状況に係る情報(崩落規模、トラフィカビリティ等)を取得できる。	△	B・D
基本要件②	崩落したがれきによる段差・障害物等のある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	△	A・B
基本要件③	トンネル内に引火性ガスがある条件下でも、確実に被災箇所まで移動できる。	—	—
基本要件④	無線を利用して遠隔操作を行う場合には、信頼性の高い通信方式を採用すること等により、支障なく作業を行うことができること。	△	B
基本要件⑤	応募システム・技術の利用が、爆発や崩落等の二次災害を発生させる要因とならないこと。	○	F
基本要件⑥	公募技術・システムの導入によって、他の調査や作業等への大きな阻害要因とならないこと。また、機器の故障等により他の調査や作業等を阻害するおそれが十分に小さいこと。	○	F
基本要件⑦	公募技術・システムの災害調査に係る効果に対して経済性(実用上の費用)が妥当である。	—	—

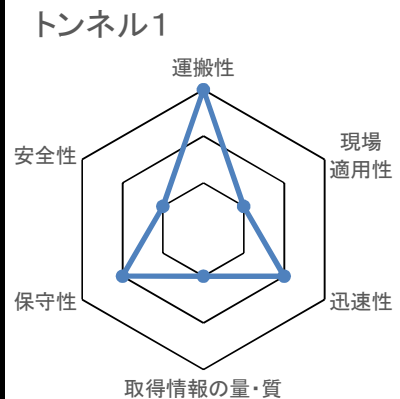
○:要件を満たす △:要件を満たすが、課題が残る ×:不可

[技術特性]

【基本要件】及び【公募技術に期待する項目】について、現場検証を通じて、下記の指標により示す。

トンネル I

評価項目	判定	コメント
A 運搬性	◎	2tトラックでの移動可。 無人航空機(ドローン)を使用しているため人力での運搬可。
B 現場適用性	△	トンネル坑口から700m地点の画像取得が可。(復路のみ) 砂・砂利・段差に対する踏破性は未検証。 飛行・走行が不安定。
C 迅速性	○	ビデオを搭載しており、動画によるリアルタイムの状況把握が可。 損傷箇所や障害物の位置把握に時間を要する。
D 取得情報の量・質	△	取得情報は放置車両の車両ナンバーのみ。
E 保守性	○	システムは市販品で構成されている。 故障時において不具合箇所の特定に時間を要した。
F 安全性	○	操作無線の途絶時はその場で停止。



判定凡例 ◎:良好 ○:可 △:課題が残る ×:不可

総評	<p>運搬性には優れ、トンネル内の情報をリアルタイムで把握できる技術である。 通信が不安定なため検証は復路の700mのみであった。また、飛行・走行も不安定であり、現場適用性に課題がある。 取得できた情報は放置車両の車両ナンバーであり、取得情報の量・質に課題がある。 無人航空機(ドローン)を使用して障害物や悪路を上空から通過でき、かつ移動速度が速いことは有意義な技術である。課題解決後は、被災直後の迅速なトンネル状況の把握する場面での活躍が期待される。</p>
----	--

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

要素検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術													
○応募者	東北大学													
○共同開発者	国際航業株式会社・株式会社エンルート													
○技術概要 (自己申告)	<p>活動中の火山における立入制限区域内のデータ収集は、土石流予測を行う上で非常に重要である。そこで、本技術は、複数台マルチロータ機を用いたa)地形データの収集技術、b)遠隔土砂サンプリング技術、c)遠隔含水率・透水性の計測技術、といったセンシング技術を開発し、d)火山災害予測用リアルタイムデータベースシステムの実現を目指している。そのうち今年度要素検証する技術は、b)遠隔土砂サンプリング技術である。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ドローンと火山灰サンプリングデバイス</p>												
○対象分野	火山災害													
○技術構成	<table border="1"> <tr> <td>移動機構</td> <td>無人航空機(ドローン)</td> <td>直径1200mm 高さ650mm 総重量30kg(レーザ含む)</td> </tr> <tr> <td>サンプリング機構</td> <td>デバイス</td> <td>寸法: 180×190×130 mm 重量: 830 g</td> </tr> <tr> <td>通信手段(使用周波数)</td> <td>無線</td> <td>操作: 2.4GHz 画像: 2.4GHz</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		移動機構	無人航空機(ドローン)	直径1200mm 高さ650mm 総重量30kg(レーザ含む)	サンプリング機構	デバイス	寸法: 180×190×130 mm 重量: 830 g	通信手段(使用周波数)	無線	操作: 2.4GHz 画像: 2.4GHz	その他		
移動機構	無人航空機(ドローン)	直径1200mm 高さ650mm 総重量30kg(レーザ含む)												
サンプリング機構	デバイス	寸法: 180×190×130 mm 重量: 830 g												
通信手段(使用周波数)	無線	操作: 2.4GHz 画像: 2.4GHz												
その他														
○問合せ先	東北大学 未来科学技術共同研究センター 永谷圭司 Tel: 022-795-4317 E-Mail: keiji@ieee.org													
●検証項目	[2] (詳細内容は、本書p.2に記載)													
●検証場所	国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 雲仙普賢岳 (長崎県島原市他)													
●検証内容 (自己申告)	<p>雲仙普賢岳【火山災害】 【実施内容】 無人航空機(ドローン)に火山灰サンプリング用のデバイスを吊り下げ、デバイスを着陸させて火山灰のサンプリングを実施する。</p> <p>【検証日時】 平成27年11月26日 13:00 ~ 16:00</p> <p>【検証結果】 昨年度、デバイスが転倒してしまった問題を解決する技術を検証することができた。また、実用化を見据えたプロトタイプ機の動作確認も行うことができたため、今後、災害時に本システムを活用することが可能となる。</p> <p>【今後の課題】 土砂サンプリングについては、火山災害予測用リアルタイムデータベースに利用するデータが取得可能なレベルに達していると考えられる。一方で、指定した場所について、ピンポイントでサンプリングを行う機能は、まだ搭載されていない。2年以内に、リアルタイムデータベースを実現することが、今後の目標である。</p>	 <p>火山灰サンプル取得状況</p>												
○コメント	土砂サンプリング装置は完成し、小型無人機からの近傍のサンプリングは確認できた。さらに遠方での火山灰のサンプリングが可能となるシステムの開発に期待する。また、雨滴センサー等を用いた複合的なシステムは火山災害調査に有意義な技術なため、サンプリング以外の技術開発が進み、システムとして完成することを期待する。													

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果

要素検証


次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	土砂崩落・火山災害状況把握ロボットシステム (副題)遠隔操作による高精度な映像、地形データ、微小変位のリアルタイム取得システム							
○応募者	株式会社パスコ							
○共同開発者	アルウェットテクノロジー株式会社							
○技術概要 (自己申告)	<p>本技術は、遠隔操作により人間の立ち入りが危険な箇所において高精度な映像や地形データに加え微小変位をリアルタイムに取得する世界初の小型・軽量・省電力のロボットシステムである。レーダーを用いることにより、従来技術では困難であった長距離(最大10km)計測や夜間・悪天時におけるデータ取得が可能となりコストも低減される。さらに新技術の導入により、従来技術の弱点である計測限界を克服し、小型化・省電力化を実現する。</p>	<p>(外観・イメージ)</p>  <p>ロボットシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> 距離分解能 1m (200Hz毎フレーム) 観測距離範囲 15km 以下 方位分解能 0.01rad以下 観測視野範囲 約40度 観測頻度 200Hz以下 変位検出精度 0.1mm以下 送信電力 200mW以下 						
○対象分野	災害調査 火山災害							
○技術構成	<table border="1" data-bbox="446 862 861 1108"> <tr> <td>センサー</td> <td>変位振動可視化レーダ</td> </tr> <tr> <td>データ解析</td> <td>コンピュータ</td> </tr> <tr> <td>その他</td> <td></td> </tr> </table>	センサー	変位振動可視化レーダ	データ解析	コンピュータ	その他		<p>観測範囲: 仰角30度・方位角45度 観測距離: 100m~15Km 方位分解能: 0.5度 最大撮像速度: 500枚/s 検出変位量: 0.1mm 検出振動数: 250Hz以下</p> <p>汎用ノートパソコン</p>
センサー	変位振動可視化レーダ							
データ解析	コンピュータ							
その他								
○問合せ先	株式会社パスコ衛星事業部 GEOINT部 吉川 Tel:03-5318-1083 E-Mail kaawza5658@pasco.co.jp URL:							
●検証項目	[1] (詳細内容は、本書p.2に記載)							
●検証場所	国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 雲仙普賢岳 (長崎県島原市他)							
●検証内容 (自己申告)	<p>雲仙普賢岳【火山災害】 【実施内容】 <校正の妥当性確認> ①見通しの良い場所から、疑似信号を送信し校正データを作成 → 校正データに基づき位相の安定性を確認 ②見通しの良い場所にCRを設置して、校正データを確認→ CRの検知確認 <計測精度の確認> ①マイクロメータを用いたCRの移動量を検知→変位量の比較 評価 【検証日時】 平成27年11月25日 9:30~17:00 平成27年11月26日 9:30~17:00 【検証結果】 上記測定結果から、測定精度は約0.5mm以下(昨年度相当)。 今後、更なる検証試験/評価を行う事により、更に精度を向上 することが可能。原理的には、0.1mmの精度で測定が可能。 CRの変位測定量が、時間経過に応じて変位している現象が確 認されており、その補正について現時点調査中。 【今後の課題】 (1)近傍域からの強力な反射信号により、観測域反射信号のS /Nの低下:受信部構成を改良し、近傍域反射信号を抑圧 (2)送信アンテナと受信アンテナが干渉し、観測域反射信号の S/Nの低下:送信アンテナの配置を変更 (3)大気の揺らぎと思われる変位観測値の揺らぎ:固定点とみ なせるデータの抽出、計測値補正 (4)測定精度の再確認: 安定した検証環境での再検証を実施 (5)CR設置有無検討: 引き続き、今後の評価で決定 【開発完了年度】 2018年度</p>	 <p>検証状況</p>						
○コメント	すでに実運用している従来型とほぼ同レベルの精度が得られたが、データに原因不明の揺らぎ等の課題が確認された。今後課題 解決に向けたシステムの改良に期待する。							

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入促進事業

現場検証 評価結果 要素検証

次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会

○技術名称	複合センサ搭載ワーム型多関節ロボットの研究開発 (副題)ワーム用動作と小型シールドマシンの推進による複合センサの搬送										
○応募者	株式会社タウ技研										
○共同開発者	東京工科大学 神奈川県産業技術センター										
○技術概要 (自己申告)	人間の立入りが困難なトンネル崩落現場に迅速に配備でき、引火性ガス等に係る情報、および崩落状態や規模を把握するための高精細な画像・映像等を同時に取得できるロボットシステムとセンサ系の研究開発。 外部推進移動方式ワーム型多関節ロボット。	(外観・イメージ)  調査ロボット									
○対象分野	トンネル災害										
○技術構成	<table border="1" data-bbox="456 882 1481 1032"> <tr> <td data-bbox="456 882 711 949">調査ロボット</td> <td data-bbox="711 882 943 949">ワーム型多関節ロボット本体</td> <td data-bbox="943 882 1481 949">外径:約100mm モジュール間距離:約300mm、最大長:20m</td> </tr> <tr> <td data-bbox="456 949 711 994"></td> <td data-bbox="711 949 943 994">ワーム押し出し機</td> <td data-bbox="943 949 1481 994"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="456 994 711 1032">その他</td> <td data-bbox="711 994 943 1032"></td> <td data-bbox="943 994 1481 1032"></td> </tr> </table>		調査ロボット	ワーム型多関節ロボット本体	外径:約100mm モジュール間距離:約300mm、最大長:20m		ワーム押し出し機		その他		
調査ロボット	ワーム型多関節ロボット本体	外径:約100mm モジュール間距離:約300mm、最大長:20m									
	ワーム押し出し機										
その他											
○問合せ先	株式会社 タウ技研 企画開発部 担当 後藤 Tel:045-935-0721 Mail: s-gotoh@taugiken.jp URL: www.taugiken.jp										
●検証項目	[4] (詳細内容は、本書p.2に記載)										
●検証場所	国土交通省 国土技術政策総合研究所 実大トンネル (茨城県つくば市)										
●検証内容 (自己申告)	<p>実大トンネル【トンネル災害】 【実施内容】</p> <p>1)トンネル内に幅40センチの狭隘部や落下した天井板を模した隙間を設定しワームロボットをその中に進入させ、狭隘部およびその先に進入可能であることを実証すること。</p> <p>2)照明のない状態で約20m程度離れてロボットの照明、カメラのみでリモートコントロールが可能であること。</p> <p>【検証日時】 平成27年10月29日 11:40~15:50</p> <p>【検証結果】</p> <p>1)ワームロボットとしての狭隘部進入可能性は示された。しかしながら、なめらかなコントロール、直観的操縦性を備える必要がある。</p> <p>2)トンネルの照明のない状態でカメラのみでのリモートコントロール可能性は照明の不足、カメラ視野の不足から不十分であることが分かった。今年度中には達成する。</p> <p>【今後の課題】</p> <p>1)ロボットのメカ部分の試作に追われ現場でのリモコン性、ヒューマンインターフェイス開発がこの時点では遅れている(時間不足)→今年度中達成 (ゲーム用コントローラでの操縦)</p> <p>2)現場での展開方法、ワームの収納、運搬手段が重要であるが、開発計画に則り速やかに開発を進める必要がある。→今年度中に試案実施</p>	 検証状況									
○コメント	ワームロボットの操縦性など多くの課題が確認された。トンネル災害調査を行う場面におけるトンネル内の状況が乖離していると思われる。ロボットの開発目標(活躍するトンネル内の状況)について再考が必要と思われる。										

7. 今後の展開（インフラ用ロボット情報一元化システム）

政府の取組としてのS I P（戦略的イノベーション創造プログラム）の一環として、「インフラ用ロボット情報一元化システムの構築」を進めており、本現場検証・評価結果については、当該システムに組み入れて、様々な現場での有効活用や更なる技術開発を図ることとしている。

当該システムにおいては、ロボット技術に係る「技術情報、評価情報、配備情報等の関連情報」を、画像・動画、マップ、検索機能等を活用して情報発信を行う『ポータルサイト』を構築・充実するとともに、ロボット技術に係る「開発者、利用者、所有者、施設管理者、有識者等の各方面の関係者」による『各種コミュニティ』の形成を図り、ロボットの有効活用、効果的な開発を促進することとしている。

社会インフラ用ロボット情報一元化システムについて



「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」 の研究開発課題のひとつ

国土交通省直執行（総合政策局公共事業企画調整課）

業務実施機関（平成26, 27年度）
一般財団法人 先端建設技術センター
株式会社 野村総合研究所

平成26～30年度の5カ年計画（現在2年目）

スケジュール（中間目標・最終目標）

<中間目標>

平成26年度

情報一元化システムの基本構想

（達成した事項）
システムの基本構想の検討、簡易システムの構築

平成27年度

情報一元化システムの基本設計

（達成すべき事項）
想定される実現性、有効性、持続可能性

平成28年度

情報一元化システム（ベータ版）

（達成すべき事項）
システム（ベータ版）の利便性、有効性、持続可能性

<最終目標>

平成30年度

情報一元化システムの運用開始

（達成すべき事項）
システム（完成版）の利便性、有効性、持続可能性

「社会インフラ用ロボット情報一元化システム」とは？

社会インフラの**維持管理**及び**災害対応**に役立つ
ロボット・ロボット技術に関連する情報を一元化

【コンテンツの例】

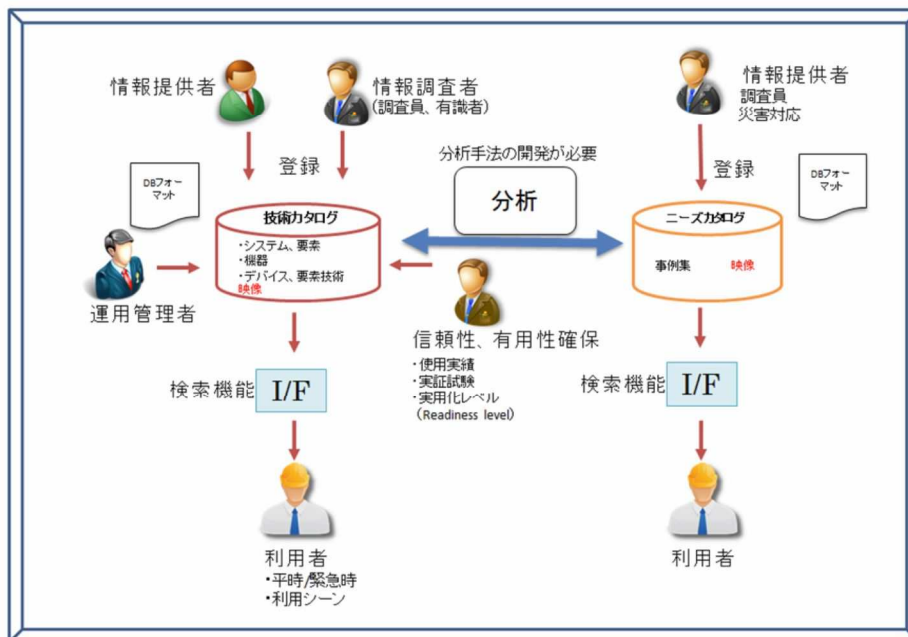
ロボットやロボット技術に関する技術情報
現場実証・評価・訓練に関する情報
ロボットの配備・保有状況
実際の災害事例 等



ロボットの利用者・開発者等が一元化した情報を
有効に活用できる仕組み

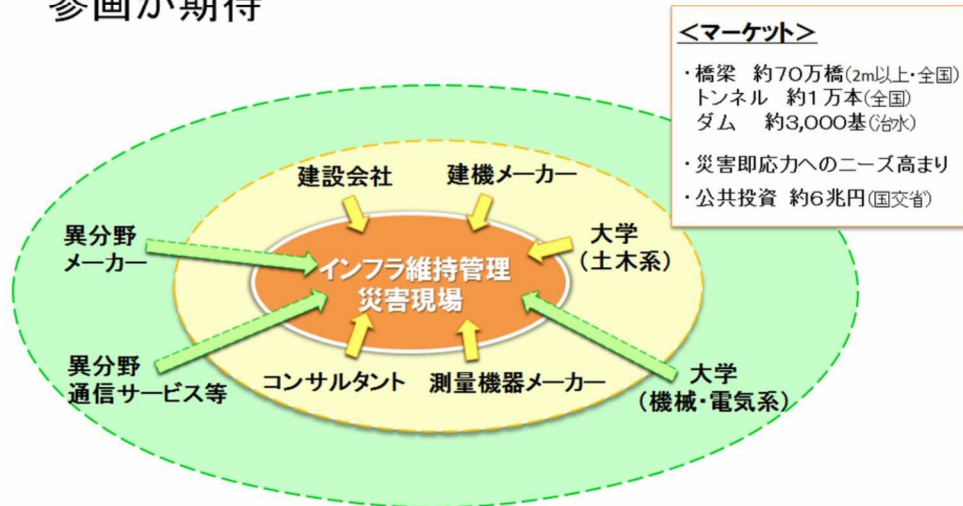
データベースの構築・運用にあたっての考え方

2013年度 産業競争力懇談会「災害対応ロボットセンター設立構想」より

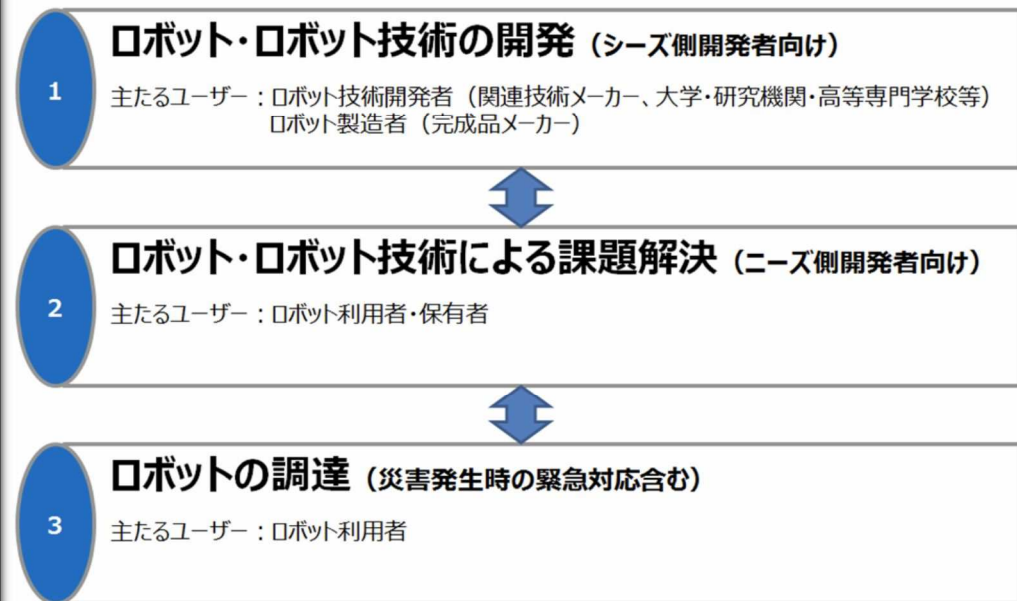


幅広い分野の情報を一元化

- ロボットは異分野技術のインテグレーション
- 「社会インフラ用ロボット」に幅広いプレイヤーの参画が期待



プレイヤーの位置付け



幅広い利用場面を想定

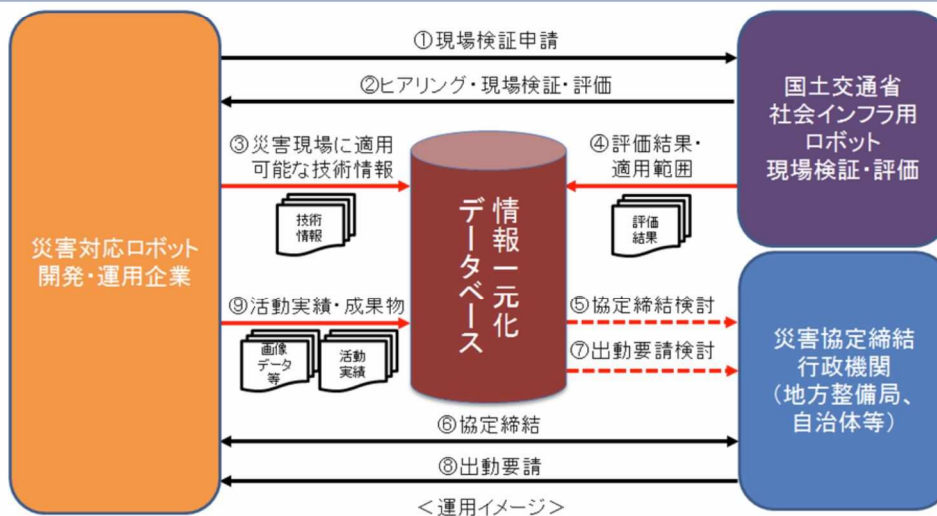
■想定される利用場面

	維持管理ロボット	災害対応ロボット
平 時	技術開発 利用検討 平時利用	技術開発 利用検討
災害時	有事利用	有事利用

- 「潜在」ニーズをつかまえるというニーズも
→ニーズとシーズの関連付け(アナライズ)

災害対応ロボット情報一元化システムの先行導入

- 災害対応ロボットの**現場検証・評価から運用までの**情報を一元化
- 類似技術の多さ、運用実績、実用性の観点から**UAV(ドローン)の技術情報を整理**
- 現場検証での評価結果や活動実績・成果物を参考に、**関係行政機関が災害協定を締結**
- 現場条件に適した災害対応ロボットの**迅速な選定・出動要請を支援**



簡易データベース(Ver.1)「現場検証技術DB」

<http://www.c-robotech.info/>

次世代社会インフラ用ロボット技術・ロボットシステム
～現場実証ポータルサイト～

ホーム 現場検証技術DB 現場検証委員会 ニュースリリース お問い合わせ 見学申込み リンク集 運営

現場検証技術DB

主体	現場検証数		評価数						
	技術	検証項目	①実用検証技術			②事業検証技術			
			数	技術	検証項目	数	技術	検証項目	
建築維持管理部会	17	33	17	12	25	38	5	8	5
トンネル維持管理部会	8	12	8	2	2	2	6	10	6
水守維持管理部会	14	15	14	6	6	6	8	9	8
災害調査部会	19	22	19	13	13	13	8	9	8
応急復旧部会	7	9	6	6	7	5	1	2	1

①実用検証技術
個別現場で実現場での利用可能性があると判断される技術であり、実際の使用を想定した現場検証を実施した技術。

②事業検証技術
【建築維持管理部会】

平成26年度 現場検証の「評価結果」について
[建築維持管理部会](#)
[トンネル維持管理部会](#)
[水守維持管理部会](#)
[災害調査部会](#)

簡易データベース(Ver.2)

社会インフラ用ロボット
情報一元化システム

検索

条件検索 地図検索

技術検証分野:

移動機種:

現場検証評価書: 有り 無し

災害協定: 有り 無し

航続時間:

ペイロード:

撮影方法: カメラ レーザーキャナ

撮影成果: 3Dモデル 高精細画像 高密度点群 動画

クリア 検索

information

2016.01.19
「社会インフラ用ロボット情報一元化システム意見交換会」開催のお知らせ
2016年2月10日(水) 16:00から輪船振興会館で開催します。是非、ご参加ください。
[詳細はこちら](#) [お申込みはこちら](#)

参考資料

現場検証技術概要

番号	技術名称	応募者	頁
1	高密度・高精度UAVレーザ計測システム	中日本航空株式会社	63
2	自律飛行型マルチコプターによる災害現状調査	三信建材工業株式会社	63
3・8	災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム	株式会社 日立製作所	64
4	SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術	ルーチェサーチ株式会社	64
5	小型無人飛行装置による地形データ取得技術	株式会社 アスコ	65
6	遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット	株式会社 大林組	65
7	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	東北大学	66
9	坑内中継・モニタリングシステム	西尾レントオール株式会社	66
10	受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム	愛知工業大学	67
11	小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発	株式会社 移動ロボット研究所	67
12	マルチダクトファン型調査ドローン	徳島大学	68
13	火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術	東北大学	68
14	土砂崩落・火山災害状況把握ロボットシステム	株式会社 パスコ	69
15	複合センサ搭載ワーム型多関節ロボットの研究開発	株式会社 タウ技研	69

産業用無人ヘリコプターによる高密度かつ高精度なレーザ計測

～ 植生下微地形情報の収集技術 ～

[概要]

- ★ 産業用無人ヘリコプター(UAV)に国内初導入となる高精度かつ高密度なレーザ計測装置を搭載したシステム。
- ★ GNSS/IMU により機体位置および姿勢情報を高精度に求め、レーザ測距データから**高精度な三次元座標を取得**。
- ★ UAVの架台には、画像取得用カメラに加え、様々なセンサーが搭載可能。★レーザ計測システムは、植生に強い波形解析方式を採用しており、**植生の表層データと同時に植生下の地表データの取得**が可能。★従来の航空レーザ計測より高精度な三次元情報を取得する。

[特徴]

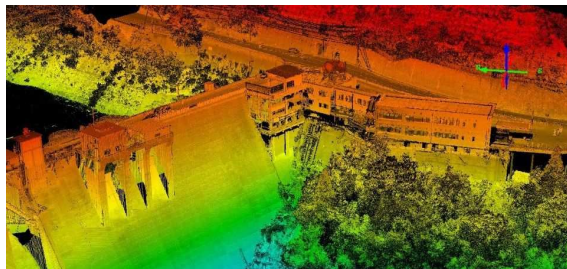
- **高精度な地形情報・画像情報を迅速に取得**・提供
- 人体に安全なレーザクラスを使用(クラス1)
- 1測線で約400m幅のデータを取得(平坦地)
- 有人機計測では非効率な小規模面積にも対応
- **樹林内でも下層植生下の微地形を取得**
- 広角スキャンによる死角の少ないデータ取得

応募者：中日本航空株式会社

共同開発者：一般財団法人 砂防・地すべり技術センター

レーザ計測データは「点」から「線・面」へ

- 産業用無人ヘリコプターによる**低高度計測**
- **500,000点/秒**の高密度スキャン
- **330°視野**による超広角データ収集
- **オンライン波形解析**による複数ターゲット処理



問い合わせ先：中日本航空株式会社 担当：國枝

Tel: 03-3567-6221

Mail: vux-1@nnk.co.jp

自律飛行型マルチコプターによる災害現状調査

～高精度カメラにより3D点群モデルを作成

[概要]

予めパソコン上で設定した経路計画に基づき、マルチコプターがGPS情報を基に自律飛行・撮影を行う。取得した画像はパソコン上でステレオマッチング処理を施し、3D点群データを算出。オルソ画像、等高線、断面、ボリューム計算が可能で、地形データの収集技術。

応募者：三信建材工業株式会社

共同開発者：株式会社自律制御システム研究所

[写真・イメージ]



自律飛行型マルチコプター (国産)

GoogleEarth上でのフライトログ確認

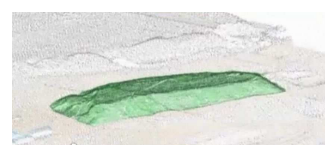
(協力：愛知県 次世代産業室
あいちロボット産業クラスター推進協議会
愛・地球博記念公園)

[特徴]

- ステレオマッチング手法により、画像データから**三次元地形データ**を生成でき、**水平距離・斜距離・高さ計測**が可能。
- 飛行中、静止画をインターバル撮影するほか、**映像をリアルタイムで基地局に送信**することが可能。
- フライトログデータを**Google Earth上で展開**することができ、**フライトの形跡を三次元で確認**することが可能。
- **被災前と被災後の変化部分の抽出**が可能。
- GPSを搭載した自律飛行型マルチコプターにより、**調査箇所まで自動航行**が可能。
- **自動航行中に進路変更を行う**ことが可能。



上：断面計算
右上：ボリューム計算
右下：等高線計算



問い合わせ先：三信建材工業株式会社 開発室 石田晃啓

Tel: 0532-34-6066

Mail: ishida.t@sanshin-g.co.jp

災害調査用地上／空中複合型ロボットシステム

～ 災害対応初期段階から現場状況調査や監視に活用するシステム ～

[概要]

土砂崩落/火山災害/トンネル災害現場など、人の立ち入りが制限される状況下において、災害の初期段階で、現場の状況把握を確実に実施するため、以下の3つの研究開発を行う。

- ① 地上から各種情報を収集するための半自律・遠隔操作型
「無人調査プラットフォーム車両システム」
- ② 空中から各種情報を収集するための
「無人調査プラットフォームヘリシステム」
- ③ 収集した災害情報を防災関連組織間で共有するための
「三次元可視化及び災害情報データベース」

[特徴]

- 無人ヘリ映像⇒リアルタイムで提供
⇒2Dモザイクングで広域状況地図生成(ニアリアルタイム)
- 無人ヘリ画像⇒3Dモデリングで三次元地形解析
⇒緊急調査展開(3Dモデルを利用して氾濫シミュレーション)
- 無人車両レンジセンサ情報
⇒3Dモデリングで高精度三次元地形解析
- 無人ヘリ電磁探査センサー情報/無人車両サンプリング
⇒含水率等三次元地質解析
- 土砂崩落箇所無人ヘリで地滑りセンサを設置
⇒地形動揺リアルタイム観測
- 長距離や見通し外箇所は車両に搭載した有線給電ヘリで無線中継
- GIS国際標準フォーマットによる収集/解析情報の時系列管理
⇒関連組織間での情報共有
(自治体/警察/消防/自衛隊/関係省庁等 防災関連組織)

[前回からの改良点]

- 無人車両と有線給電ヘリの連携運用(無線中継等)、地形動揺リアルタイム観測、収集/解析情報の情報共有

問い合わせ先: 株式会社 日立製作所 ディフェンスシステム社 総合お問い合わせフォーム <https://www8.hitachi.co.jp/inquiry/hitachi-ds/general/form.jsp>

応募者: 株式会社 日立製作所

共同開発者: 株式会社 エンルート、八千代エンジニアリング株式会社、
国立研究開発法人 産業技術総合研究所

[写真・イメージ]



SPIDERを用いた高精度地形解析による災害調査技術

小型無人ヘリによる 航空レーザ計測

[概要]

GPS制御された高性能無人ヘリロボットに、レーザ・スキャナを搭載し、土砂災害並びに火山災害現場を対象とした空中LP測量を行い、災害の全容、詳細な変状、斜面の経時的変化を把握する。レーザ・スキャナ以外にも様々な計測機器を搭載できるため、総合的なモニタリングが可能。

また、長距離リアルタイム画像伝送装置を搭載しているため、地上でパソコン画面を確認しながら、ピンポイントの撮影や計測が可能である。

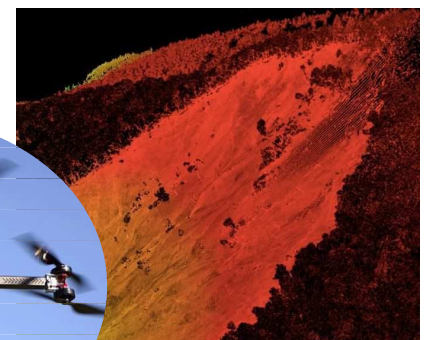
[特徴]

- 1秒間に50万発の高速スキャンとオンライン波形処理を行うことによって、**樹木下の地盤面を高精度・高密度に取得**する。
- 最大920mの測定距離により、直下だけでなく、広範囲のデータ取得がより確実に行える。
- 取得したレーザ・GNSS/IMUデータを解析することにより、三次元点群データを作成する。この点群データを利用し、**断面や等高線の作成、土砂量の算出、平面図化が可能**である。

[前回からの改良点]

- 航空レーザを搭載することで、写真測量では計測できない**樹木下の地盤面**の計測が可能。

[写真・イメージ]



三次元点群データ～2015年 赤谷

フライト時間	15分
レーザークラス	アイセーフクラス1
最大測定距離	920m
最短距離	3m
精度/ 確度	10mm
有効測定レート	50万測定/秒
視野角(FOV)	330°

小型無人飛行装置による地形データ取得技術

～災害状況の把握

応募者：株式会社アスコ
共同開発者：

[概要]

[写真・イメージ]

UAV（無人小型飛行体）にカメラを搭載し、自動と手動飛行で撮影した多くの画像からマルチバンドル処理を含む画像関連技術によって高精度の三次元データを作成し、実測に代わる精度の地形データを得ることが出来る一連の技術である。カメラを搭載しているので目視に近い鮮明な状況把握及び全体把握を行うことが出来る。また、災害時など危険箇所等の立入りが困難な箇所での調査を容易に行うことが可能となる。



作業風景



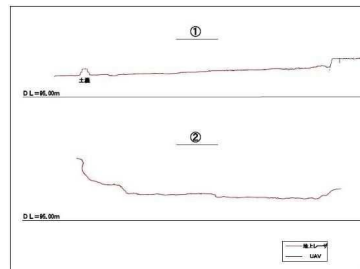
災害現場を三次元モデル化

[特徴]

- 実測と比較して現場作業が短く、コストも低い。
- オルソ画像より三次元モデルの方が図化し易い。
- 災害直後と施工後などの比較を行える。

[前回からの改良点]

- UAVの飛行時間が長くなった。
- UAVに搭載するカメラの性能が上がった。
- 落下式の対空標識を作成した。



地上レーザーと三次元モデルを比較した断面図

問い合わせ先： 株式会社アスコ

Tel: 06-6282-0325

Mail: k-harada@asco-ce.co.jp

遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット

～崩落地盤の地盤性状を安全・迅速に収集～

応募者：株式会社大林組

共同開発者：慶應義塾大学大学院・株式会社移動ロボット研究所

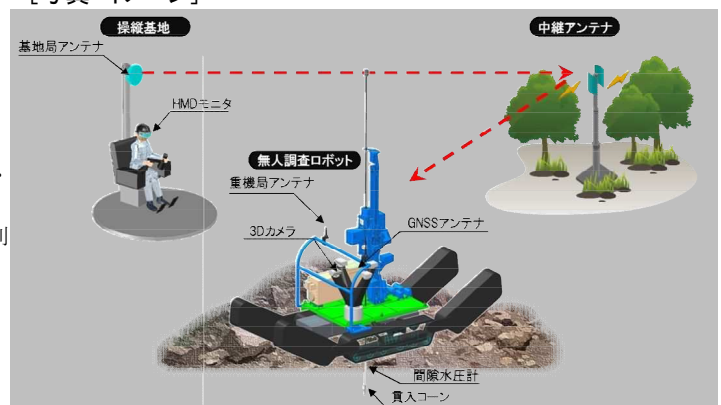
[概要]

崩落土砂等の調査が遠隔操作によって直ちに行える「無人調査ロボット」を開発する。これまで得られなかった崩落地盤の地盤性状を早期に取得することで、二次災害リスクの低減、応急復旧工の精度向上、工期短縮、コスト削減を目指す。

[写真・イメージ]

[特徴]

- 遠隔貫入試験により危険箇所立ち入ることなく地盤性状・地下水位・滑り面深さを調査可能
- 調査データはドローン等の3D地形データと連携し、復旧工の設計に利用可能
- 軽量な車体とマルチクローラ方式の採用により、遠隔操作重機では登坂困難な勾配、段差、軟弱地盤が走破可能
- テレイグジスタンス技術による両眼視差及び運動視差で臨場感ある画像及び周辺音観察を行い、落石・湧水・亀裂・地盤構成材料を観察可能
- 俯瞰カメラ設置による有人作業リスクを排除し、速やかに調査が開始可能
- 無線中継アンテナによる通信障害の回避・長距離通信が可能



[前回からの改良点]

- ※前回は要素試験のため全て新規製作
- ロボットヘッド画質改善・HMD内情報表示・手元確認機能付加
- 2D全方位カメラ・貫入点局所カメラ・貫入集音マイク付加
- 貫入装置の起倒機構追加(走行時の障害物回避)・遠隔操作化
- スウェーデン式サウンディングロッドに間隙水圧計付加
- 中継アンテナ自動天頂・伸縮・追跡機能付加

問い合わせ先： 株式会社大林組機械部技術開発課 栗生暢雄

Tel: 03-5769-1069

Mail: kuriu.nobuo@obayashi.co.jp

火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術

～ 地形データの収集技術の現場検証

[概要]

活動中の火山における立入制限区域内のデータ収集は、土石流予測を行う上で非常に重要である。そこで、本技術は、複数台マルチロータ機を用いた**a)地形データの収集技術**、b)遠隔土砂サンプリング技術、c)遠隔含水率・透水性の計測技術、といったセンシング技術を開発し、d)火山災害予測用リアルタイムデータベースシステムの実現を目指している。

[特徴]

- 高精細な現場画像を、GPSを搭載した複数台の無人マルチロータ機により、自動航行で**迅速に取得**。
- ステレオマッチング手法により、画像データから**三次元地形データ**を生成でき、**水平距離・斜距離・高さ計測**が可能。
- 取得したデータは、**リアルタイムデータベースシステムに集約**され、**地図上に視覚的に分かりやすく表示**。

[前回からの改良点]

- マルチロータ機の飛行可能距離が増加
- 観測用長距離飛行タイプの雨天対応化
- 複数台マルチロータ機の時間同期飛行の実現
- 土石流氾濫シミュレーションシステムの試作

応募者：東北大学 未来科学技術共同研究センター
共同開発者：国際航業株式会社・株式会社 エンルート

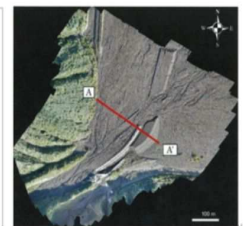
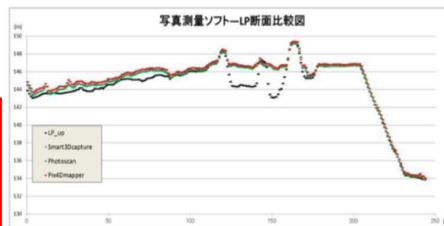
[写真・イメージ]



マルチロータ機（複数台利用予定）



2014年に取得した三次元地形図



三次元地形図の精度検証（航空レーザ測量と写真測量の比較）

問い合わせ先：東北大学 未来科学技術共同研究センター 永谷圭司 Tel: 022-795-4317 Mail: keiji@ieee.org

坑内中継・モニタリングシステム

～

応募者：西尾レントオール株式会社

[概要]

汎用的な小型建設機械を利用し、弊社独自の遠隔操作ユニット(HRC)を搭載することで、遠隔操作可能な重機になります。その重機上に、無線機・無線中継局を搭載する事で、無線の到達距離を延長する為の中継局となる事が可能で、更に奥深く進行する他の遠隔操作車両の無線中継ブリッジとなる事ができます。また自身でもカメラ・ガス検知器・計測器等を搭載する事で現場状況をモニタリングする事が可能です。

[特徴]

- 無人車両は、敏速に現場投入できる**専用機タイプ**と、汎用バックホーに**後付けできるタイプ**で対応可能。
- 閉鎖空間であるトンネル構内での長距離無線伝送は実現が難しいが、本技術の投入（**連結も可能**）で**安定した遠隔操作が最前線でも可能**になる。
- 自身がバックホー機体であるため、スペックに応じた**障害物の除去も可能**となる。
- 機体にカメラ・照明・計測機も搭載可能な為、**現状環境のモニタリングも、ニーズに合わせた機材を運用可能**

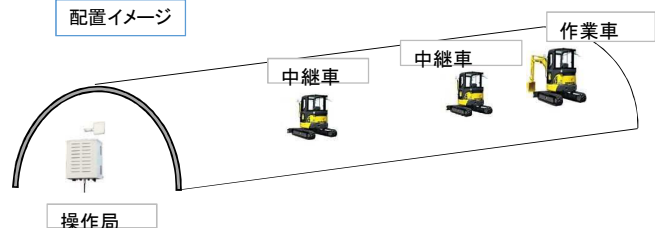
[写真・イメージ]



カメラ

ガス検知器

配置イメージ



問い合わせ先：西尾レントオール株式会社 佐藤 Tel:03-3769-8240 Mail:yoshikazu.satou@nishio-rent.co.jp

受動適応クローラロボット「Scott」による災害調査システム

～ ロボット群による通信インフラ構築の現場検証

[概要]

本技術は、民間企業の利用を想定した「誰でもすぐに調査可能、即座に報告:オールインワンパッケージ」を実現する調査ロボットシステムである。クローラロボット群により高品質な長距離通信インフラの構築を行い、通信に対する耐障害性も有し、安全な場所から災害現場の状況把握や調査が可能である。特に、閉所・狭隘空間の調査を行う。ガスセンサの搭載により安全な場所から引火性ガス濃度測定が可能である。取得データはリアルタイムにデータベース化され、地理空間情報として見える化を実現する。

[特徴]

- ▶受動適応クローラロボット「Scott(スコット)」
(容易なオペレーションと高い悪路走破性の両立)
- ▶ロボット群による長距離通信インフラの構築を実現
(有線/無線LAN混在, 安全な場所から遠隔調査が可能)
- ▶取得情報の見える化
(ローカルGISと自動レポート作成)
- ▶オールインワンパッケージ
(ロボット調査から調査報告まで)

応募者: 愛知工業大学

共同開発者: 株式会社エーアイシステムサービス, エヌ・ティー・シー株式会社, サンリツオートメーション株式会社, 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社

[写真・イメージ]

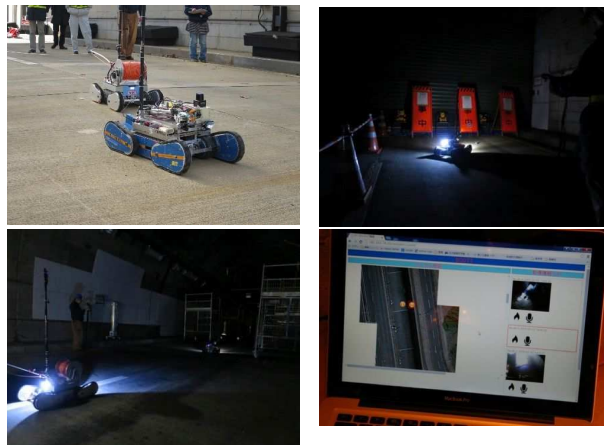


図: 2014年度現場検証実験の様子

問い合わせ先: 愛知工業大学工学部機械学科 奥川雅之

Tel: 0565-48-8121

Mail: okugawa@aitech.ac.jp

小型遠隔操作災害対応移動装置の研究開発

～災害対応マルチロボットシステム～

[概要]

災害現場特有の環境を走行し、目的地に到達できるマルチロボットシステム。システムは高速移動に適した6輪駆動車と、6輪車に搭載する6自由度クローラロボット、ドローンより構成される。

このシステムには、高精細な画像データ、温度、湿度などの基本情報のほか、可燃性ガスを含む5種類のガス濃度をリアルタイムで取得できる。崩落規模の想定と内部の詳細な位置情報の取得には、3D揺動測域センサを用いる。6輪駆動車には1000mの通信ケーブルが搭載され、トンネル内でも安定した通信が可能である。

[特徴]

- ・6輪駆動車は、全輪駆動方式、登坂時の重心移動機能、斜面走行のためのトラバース走行機能を持つ。
- ・平坦地では高速走行(2m/s)が可能である。
- ・有線(1000m)、無線のシステムを搭載しており、無線中継局として他のロボットを支援できる。
- ・搭載する6自由度クローラロボットは、フットプリントの90%以上が接地し、45度以上の階段や螺旋階段の昇降可能であり、トンネル内の瓦礫上や狭隘空間で情報収集を行う。
- ・ドローンは有線による給電方式を採用しており、6輪駆動車からの支援により長時間の飛行が可能である。
- ・ドローンは上空からの映像データの収集を行い、他のロボットのルート探索などの支援活動を行う。

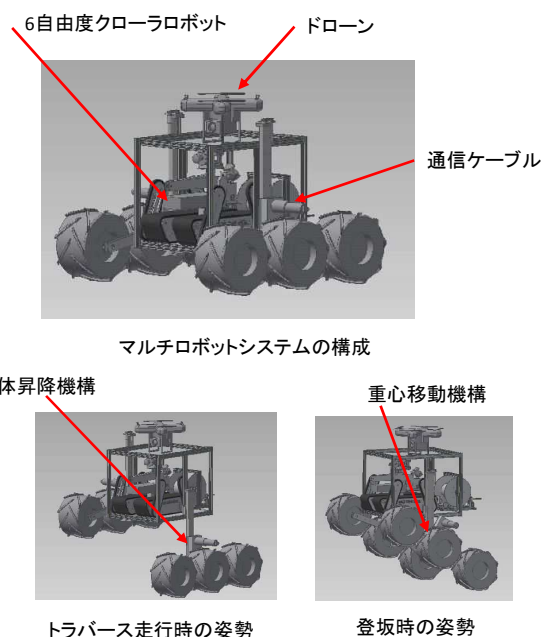
[前回からの改良点]

- ・通信ケーブルの太線化(安定性, 長距離高速データ通信)
- ・高速走行機能 0.5m/s → 2m/s

応募者: 株式会社移動ロボット研究所

共同開発者: 理研計器株式会社

[写真・イメージ]



問い合わせ先: 株式会社移動ロボット研究所

Tel: 0467-43-0650

Mail: koyanagi@irobo.co.jp

マルチダクトファンコブタ型調査ドローン

～トンネル災害調査技術の現場検証

応募者：徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部
共同開発者：株式会社エンルート

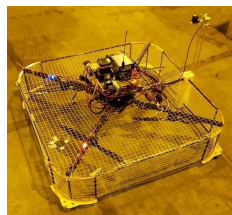
[概要]

ダクトファンやケージ化した機体を用いるマルチダクトファンコブタに受動輪を取り付け、地上滑走機能を付加した調査型ドローンを開発した。このドローンは、通常は車輪で地上を移動するが、不整地や障害物がある場合は飛行することで障害の影響を受けずに移動可能である。ダクトファンまたはケージ化した機体を用いることで、障害物に接触しても安全に作業を継続できる。SLAM技術で移動しながらのマッピングが可能である。操作方法も簡略化しており半自動的に使用できる。

[特徴]

- ▶ トンネル内部の様子を動画にて撮影し、外部にリアルタイムで伝送する。また、複数のカメラを搭載し、その映像を選択して伝送可能。
- ▶ 測域センサとSLAM技術により、トンネル内部の形状や障害物などを3次元で計測する。
- ▶ SLAM技術によるマッピングは伝送映像とともに記録される。調査終了後に参照することでトンネル内部の地図情報を作成できる。
- ▶ 地上滑走により、稼働時間の延長と、トンネル内部の詳細な観察が可能。
- ▶ 測域センサによる衝突防止機構あり。

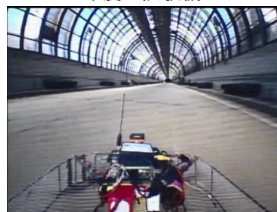
[写真・イメージ]



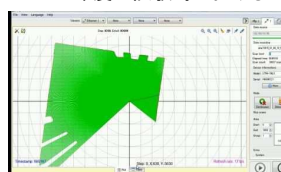
2014年度の試験機



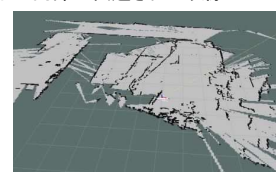
滑走による移動



2014年度の試験時におけるトンネル内部の伝送された映像



測域センサのデータとSLAMによるマッピングの様子



問い合わせ先：徳島大学 大学院ソシオテクノサイエンス研究部 准教授 三輪 昌史 Tel:090-2112-3827 Mail: miw@tokushima-u.ac.jp

火山災害予測用リアルタイムデータベースを実現するセンシング技術

● ～ 遠隔土砂サンプリング技術の現場検証

応募者：東北大学 未来科学技術共同研究センター
共同開発者：国際航業株式会社・株式会社 エンルート

[概要]

活動中の火山における立入制限区域内のデータ収集は、土石流予測を行う上で非常に重要である。そこで、本技術は、複数台マルチロータ機を用いたa)地形データの収集技術、b) **遠隔土砂サンプリング技術**、c)遠隔含水率・透水性の計測技術、といったセンシング技術を開発し、d)火山災害予測用リアルタイムデータベースシステムの実現を目指している。

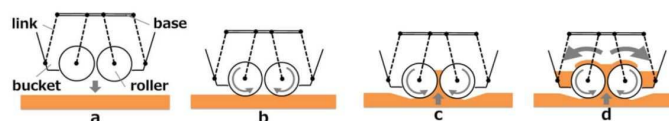
[特徴]

- ▶ 無人マルチロータ機により、遠隔からの土砂採取が可能。
- ▶ 対象環境の表層10mm程度の、64mmの礫より小さい土砂について、**合計100g程度**サンプリング可能。
- ▶ 取得したサンプルをデータベースに登録し、分析することで、**土石流シミュレーションの精度を向上**させることが可能。

[前回からの改良点]

- ▶ 土砂サンプリングシステム 実用機の製作：
汎用モータの利用、製作工程の簡素化、短納期化などを考慮した実用機のプロトタイプを製作
- ▶ デバイスの転倒検知/防止策の機能の搭載

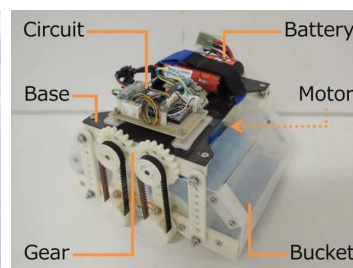
[写真・イメージ]



ローラ式土砂サンプリング装置の機能説明



土砂サンプリング装置を吊り下げて飛行するマルチロータ機。



土砂サンプリング装置概観。

問い合わせ先：東北大学 未来科学技術共同研究センター 永谷圭司 Tel: 022-795-4317 Mail: keiji@ieee.org

土砂崩落・火山状況監視ロボットの開発

～遠隔操作による高精細な映像、地形データ、微小変位のリアルタイム取得システム

応募者：株式会社パスコ
共同開発者：アルウェットテクノロジー株式会社

[概要]

本技術は、遠隔操作により人間の立ち入りが危険な箇所において**高精度な映像や地形データ**に加え**微小変位**をリアルタイムに取得する**世界初の小型・軽量・省電力のロボットシステム**である。レーダーを用いることにより、従来技術では困難であった**長距離(最大10km)計測**や**夜間・悪天時**におけるデータ取得が可能となり**コストも低減**される。さらに新技術の導入により、従来技術の弱点である**計測限界を克服**し、**小型化・省電力化**を実現する。

[特徴]

- 被害状況の全容として地形の変化や状態を把握するための**高精細な画像・映像や地形データ等の情報を長距離(最大10km)かつリアルタイム**に取得。地形データの取得精度は**1m程度**、変位の精度は**1mm以下**。夜間、悪天時のデータ取得も可能。
- **小型・軽量化**により土砂崩落等により道がない、段差・障害物がある、軟弱地盤、冠水箇所等の条件下でも、調査に必要な場所まで**移動ロボットにより移動**。
- **小型・軽量の非接触計測機器**のため被害の助長・拡大、二次災害要因のリスクは低い。
- 他の調査や作業等への阻害要因となる恐れは、**小型・軽量**のため低い。
- 公募システムの調査に係る効果は、**従来技術より向上**しており、**コストも低い**。

[前回からの改良点]

- **最短1秒間に200回(200Hz)**で計測可能。また、計測時間を変更可能。
- **小型化、軽量化**による**可搬性の向上**

[写真・イメージ]

制御ユニット
信号生成部、画像処理部、制御部、電源部
送信アンテナ送信モジュール
受信アンテナ受信モジュール
No1ユニット No2ユニット No3ユニット No4ユニット
2m
送信アンテナ送信モジュール
受信アンテナ受信モジュール
16組のマイクロ波アンテナ、受信部を1枚のプリント基板上に実装
マイクロストリップアンテナ
マイクロ波受信部

- 距離分解能 1m (200MHz帯域幅時)
- 観測距離範囲 15km 以下
- 方位分解能 0.01rad以下
- 観測視野範囲 約40度
- 観測頻度 200Hz以下
- 変位検出精度 0.1mm以下
- 送信電力 20dBm以下

運用時の形態 分解運搬時

解析ソフトウェア リアルタイム 詳細報告 設定

監視設定
監視モード
監視SWS
関連設定
手動Lv
mmh
注意Lv
mmh
警報Lv
mmh

表示画像選択
地形データ差分
地表面画像
地表面透視
計測データ差分
地表面透視
地表面透視

補正設定
水補正
カルソム補正A
カルソム補正B
カルソム補正C

※画像は中部地方整備局のHPより
画面出力イメージ

問い合わせ先：株式会社パスコ衛星事業部 GEOINT部 吉川

Tel:03-5318-1083

Mail kaawza5658@pasco.co.jp

複合センサ搭載ワーム型多関節ロボットの研究開発

～人間の立ち入りが困難なトンネル崩落現場に迅速に配備でき、引火性ガス等に係る情報、および崩落状態や規模を把握するための高精細な画像・映像等を同時に取得できるロボットシステムとセンサ系の研究開発

応募者：株式会社 タウ技研
共同開発者：東京工科大学 神奈川県産業技術センター

[概要]

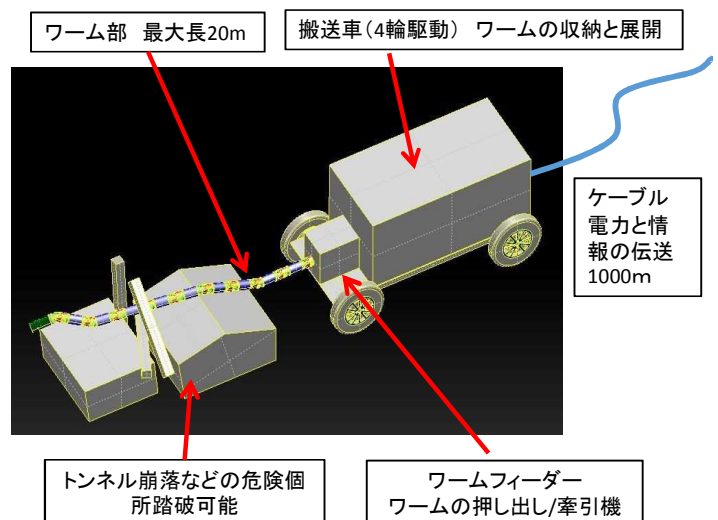
外部推進移動方式ワーム型多関節ロボット

[特徴]

- ① **索状体ロボット (ワーム型多関節ロボット本体)**
 - ・ヨーとピッチ軸を有したモジュールを複数連結する。
 - ・防爆性を有する。
 - ・外径100mm程度、モジュール間距離300mm程度、総長5m以上(10mから20m程度)
- ② **押し機構**
 - ・索状体ロボットを出し入れする。
- ③ **運搬ロボット**
 - ・有線の電力供給と通信ケーブルを装備する。



現場簡易イメージ図



ワームヘッド部分にパルスレーダーを搭載することにより生存被害者の探索も可能。

問い合わせ先：株式会社 タウ技研 企画開発部 担当 後藤 Tel:045-935-0721

Mail: s-gotoh@taugiken.jp URL: www.taugiken.jp

