

インフラ用ロボット情報一元化システムの構築に関する研究

○舩田 裕司^{*1}, 森川 博邦^{*2}, 新田 恭士^{*3}, 緒方 正剛^{*4}

Study on unification system of robotics information for civil infrastructure.

Yuji Masuta^{*1}, Hirokuni Morikawa^{*2}, Yasushi Nitta^{*3} and Seigo Ogata^{*4}

^{*1} 国土技術政策総合研究所（現国土交通省九州地方整備局），
National Institute for Land and Infrastructure Management

(Current affiliation: Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Kyushu Regional Development Bureau)

^{*2} 国土技術政策総合研究所， National Institute for Land and Infrastructure Management

^{*3} 国土交通省総合政策局， Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Policy Bureau

^{*4} 一般財団法人先端建設技術センター， Advanced Construction Technology Center

国土交通省では、管理すべきインフラの維持管理及び災害対応に役立つ各種ロボット技術について、技術特性や配備状況等の関連情報を一元化し、産官学のロボット関係者により活用される仕組みとして、「インフラ用ロボット情報一元化システム」の研究開発を進めている。

本論文では、本システムの構築にあたっての背景や目的を整理し、今後のロボット技術を活用した維持管理及び災害時の実現に向けた取り組みについて述べる。

Key Words : 一元化, ロボット, 維持管理, 災害対応, 社会実装

1. はじめに

国土交通省では、社会インフラの維持管理及び災害対応に向け、ロボット技術の利用検討を進めている。その一環として、平成 25 年度より経済産業省と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・導入を促進する取り組みを実施している⁽¹⁾。

これらのロボット技術特性や配備状況等の関連情報を一元化し、その情報をロボットの利用者及び開発者等の各関係者により活用される仕組みについても取り組みが開始された。

本論文は、こういった取り組みを踏まえ、社会的背景を整理し、ロボット関連情報を一元化し活用する仕組みとして、インフラ用ロボット情報一元化システムの構築、運用を提案する。

2. インフラ用ロボット情報一元化システムの提案

2.1 背景と目的 わが国の社会インフラストック額は 2009 年度時点で 786 兆円（2005 年暦年基準による粗資本ストック、内閣府推計⁽²⁾）に達し、今後の維持管理・更新費の負担増への対応が求められる中、少子高齢化の進展により維持管理

の従来の担い手である人の数も減少を続け、新たな仕組みや技術による社会インフラの維持管理が求められている。

また、毎年自然災害の被害に悩まされやすい国土において、社会インフラの防災・減災面においても、新たな仕組みや技術による対応が求められているところである。災害が発生すると、容易に人間が近寄れずに復旧作業に支障をきたす場合が少なくない。近年では、2011 年の東北地方太平洋沖地震の大津波に端を発し、後に炉心溶融から水素爆発を引き起こした福島第一原子力発電所の災害での事故対応に際して、その特異な環境条件の下で使用可能な災害対応ロボットや遠隔操作機械や技術といった情報が一元化されておらず、どのような技術がどこにあるのかも分からない状況にあった⁽³⁾。

このような環境にある我が国において、「インフラ長寿命化基本計画」（2013 年 11 月、インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議⁽⁴⁾）では、2030 年の目指すべき姿として『国内の重要インフラ・老朽インフラのすべてでセンサー、ロボット、非破壊検査技術等を活用した高度で効率的な点検・補修を実施』としており、関係

省庁により、研究開発や実証実験の多数のプロジェクトが始動している。

これらのプロジェクト成果が結実し、社会インフラという現場で効果を発揮する維持管理ロボット及び災害対応ロボットの実用化を加速するためには、社会インフラの構築・運用を中心的に担ってきた社会インフラ管理者、土木専門家、建設会社や建設コンサルティング会社、建機メーカー、測量機器メーカー等に加え、機械・電気、制御、情報通信、材料、ヒューマンインタフェース等異分野からの技術、製品、知識、経験、人材、組織等を融合させ発展させて行くことが必要になってくるのである。

これらの異分野の技術、製品、知識、経験、人材、組織等との融合を促進するためのプラットフォームとして、本論文で提案するのが「インフラ用ロボット情報一元化システム」である。

2.2 基本理念 インフラ用ロボット情報一元化システム構築の背景と目的を踏まえ、社会インフラ用ロボット情報一元化システム構築の基本理念として、次の3つを想定している。

(1) オープン・イノベーションの場

維持管理ロボット及び災害対応ロボットの実用化を加速するためには、社会インフラの現場で起きている問題に対し、社会インフラ管理者、土木専門家、建設会社や建設コンサルティング会社、建機メーカー、測量機器メーカー等に加え、機械・電気、制御、情報通信、材料、ヒューマンインタフェース等異分野からの技術、製品、知識、経験、人材、組織等を融合させ発展させて行くことが有効である。すなわち、自社（内部）だけでは迅速かつ効果的に解決できない社会インフラの現場で起きている問題に対し、「外部性を働かせて革新を起こすこと（＝オープン・イノベーション）」が求められる。

(2) 利用者ニーズ起点の情報の一元化

社会インフラ用ロボット情報一元化システムは、維持管理ロボット及び災害対応ロボットの製品やこれらを実現する技術等をアピールする場ではなく、社会インフラの現場で起きている問題に対し、ロボットがしっかりと対応していくために、ロボット利用者が求めている有益な情報が一元化されている必要がある。

(3) 緊急時にも迅速に役立つ仕組み

災害発生後速やかに災害対応ロボットを調達する場合は、ロボット利用者がロボットを稼働させる場所から調達容易な距離にあるロボットを探しだし、実際に輸送して利用する必要がある。そのため、ロボット配備状況をリアルタイムに把握し、製造者や保有者と、ロボット利用者のマッチングを成立させる必要がある。

3. インフラ用ロボット情報一元化システムの概要

3.1 システム概要 本システムの構築、運用（利用も含む）にあたっては、それぞれ立場や役割が異なる数多くのプレイヤーが関係することとなる。そこで、Fig.1 に示すようなデータベースの運用イメージを提案する。この Fig.1 に沿って、本システムの構築・運用の考え方を以下に整理する。

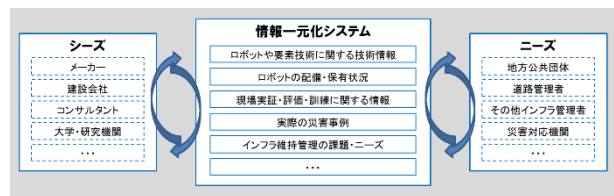


Fig. 1 System Overview

本システムに登録する情報として、インフラ対応ロボットの個々の技術情報（シーズ情報）を掲載した「技術カタログ」と、実際の対応の事例を収集した「ニーズカタログ」を含めたデータベースを構築することが重要である。

この「ニーズカタログ」には、現場にロボットを実投入した事例だけでなく、ロボットを投入しなかった（できなかった）事例についても対象とし、どのような対応が必要となったのか、実際は何ができて何ができなかったかという情報（課題）を掲載するものとする。

これにより、災害発生時等の緊急時には、シーズ側（技術）とニーズ側（事例）の両方から必要な情報にアプローチすることが可能となる。また、平時においては、災害対応へのロボット技術の適用に関する新しいアイデアの創出や技術開発が促進され、ロボット利用を促進させる役割が期待できる。

なお、シーズ側（技術）とニーズ側（事例）の情報を有効に利活用するためには、技術カタログとニーズカタログを関連付けて分析することが重

要であり、その分析こそが今後の開発が必要な技術を明らかとすることとなる。その役割を担うための専門的人材・組織が不可欠である。

3.2 システムの利用者 本システムの利用者として、Table 1 に示す属性を持った個人や組織を想定する。なお、これらの想定は、利用者を限定することが目的ではなく、本システムが利用者に提供する情報やサービスを検討していく上で特に意識することが重要である。

Table 1 User attributes

カテゴリ	具体的なイメージ
ロボット技術開発者	関連技術メーカー、高等専門学校・大学・研究機関
ロボット製造者	完成品メーカー
ロボット保有者	販売代理店・商社、リース・レンタル事業者、建設コンサル等サービス事業者
ロボット利用者 (・保有者)	維持管理 社会インフラ管理者、地方自治体
	災害対応 社会インフラ管理者、地方自治体、自衛隊、消防庁、警察庁

これらの利用者に対して、本システムが提供する情報・サービスを大きく分類すると次の3つである。

- (1) 技術開発課題解決，提携・委託先検索
 - ・主たる利用者：ロボット技術開発者，ロボット製造者
 - ・提供価値：自社で解決出来ない技術開発課題の解決に関する技術・ノウハウ・経験を持つ提携先，委託先を見つけることができる。
 - ・情報・サービスの特徴：インフラ用ロボット版 TC (Technical Cooperator) 制度 (後述) の活用
- (2) ロボットの利用検討，調達先検索
 - ・主たる利用者：ロボット製造者，ロボット保有者，ロボット利用者
 - ・提供価値：国土交通省現場実証案件等について，国による評価結果を参考情報として付記。ロボット利用者による評価結果の入力を義務づける (依頼する) 方法も考えられる。
 - ・情報・サービスの特徴：社会インフラ用ロボットのユーザー評価結果の蓄積と公開
- (3) ロボットの調達 (災害発生の応急対応)
 - ・主たる利用者：ロボット保有者，ロボット利用者
 - ・提供価値：災害に対する応急対応時，地方自治体等と民間企業の災害対応協定に基づき，ロボット保有者の配備・保有情報を用いて，実際の配備を実現。

- ・情報・サービスの特徴：社会インフラ管理者等と民間企業の災害協定との連携

3.3 インフラ用ロボット版 TC 制度 ロボットの導入を支援するためには、利用者にロボット開発者をマッチングさせるだけではなく、専門家の助言による支援が必要である。例えば、「実現場に即した合理的・先進的な技術，安全・確実で、環境に配慮した施工技術の導入を支援」するため、建設業に従事していない方で、施工に関する豊富な知識・経験を有する施工専門技術協力者 (TC : Technical Cooperator) を公募・審査し登録することで、高度な施工技術支援のニーズに的確に応える制度を運用している事例がある⁽⁵⁾。

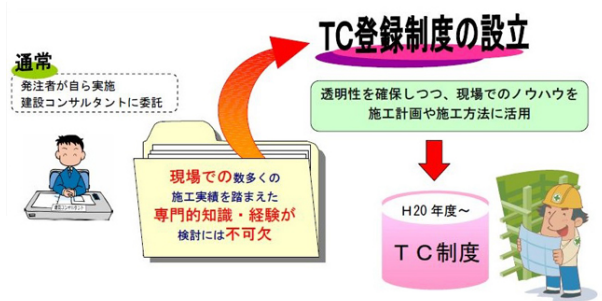


Fig. 2 Technical Cooperator Registration System

本システムでは、インフラ用ロボット版 TC 制度を運用することを検討している。利用者 (人や組織) をマッチングさせるためには、システムが提供する情報サービスだけではなく、専門家の介在が必要である。この専門家は、大きく2つに分類できる。

(1) Needs 系 TC

社会インフラの維持管理や災害対応特有のニーズや現場における実態を熟知しており、ロボット技術開発者やロボット製造者に対して、社会インフラ用ロボットのニーズに適した技術開発や製品開発に対する専門的助言を行う。

(2) Seeds 系 TC

ロボットを構成する技術要素 (駆動部品，センサー，バッテリー，電子回路，情報処理等) に関する知識，経験，ノウハウに熟知しており，ロボット技術開発者やロボット製造者に対して，技術的課題解決に関する専門的助言を行う。

4. 持続的運用のためのコミュニティ

4.1 コミュニティの概要 本システムでは、国土交通省のニーズを提供するとともに、一般にデータベースシステムが陥りやすい情報収集・提供だけで留まらないように、技術開発者、製造者、保有者、利用者の多様な立場のシステムユーザーによる「ユーザー協働型による開発」が重要であると考えている。

本システムを持続的に運用していくために、システム利用者となり得る技術開発者、製造者、保有者、利用者が情報交換でき、ロボットの開発促進につなげる場として、コミュニティの構築を提案する。

ここで提案するコミュニティでは、完成したロボット技術の利用を検討するだけでなく、開発中のロボット技術の実用化に向けた議論の場・実証の場としての機能も有している。これらのロボット技術の地域実装や国内外の市場を見据えた情報共有と交換ができる場を構築し、全体としてロボット技術のビジネス化を支援することを目的としている。そのため Fig.3 に示す下記3つの特徴を有すコミュニティで構成される。

- ①技術データの情報交換を目的とするコミュニティ：参加者がお互いにシーズ情報やニーズ情報、技術情報を投げかけ、共有する場
- ②技術開発を目的とするコミュニティ：①で具体的な内容になれば、参加者同士が別途コミュニティを立ち上げ、議論を深化させる場
- ③ビジネス化支援を目的とするコミュニティ：②のコミュニティでビジネス化できそうな技術があれば、ビジネス化に向けての議論を行う場

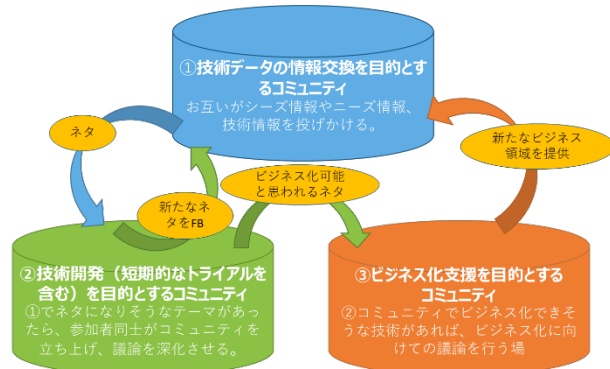


Fig. 3 Community Overview

これらの3つの性質を持つコミュニティを基本として、それぞれのフェーズに合わせて活用していく。各コミュニティは、オンライン上でのみ活動するのではなく、オフラインでの活動の場を設けることで、より具体的な活動としてニーズとシーズをマッチングさせ

ることとした。特に国土交通省のもつインフラの維持管理、災害対応を含む具体的ニーズを解決するマッチングの場として活動していくことが重要である。

さらに、本システムを有益的に運営・管理するための組織や人材についての情報交換等をし、長期的な運用資金の確保についても今後、検討していくが必要になる。

4.2 DB システムとコミュニティ 前章では、社会インフラの維持管理及び災害対応に役立つ各種ロボット技術について、技術特性や配備状況等の関連情報を一元化し、その情報がロボットの利用者及び開発者等の各関係者により活用される仕組みの重要性を述べた。さらに前節で、事業化や導入を目指す者が参画するコミュニティを開催・運営することにより、ニーズとシーズのマッチング、災害対応を含む調達支援情報を提供など、企業・研究機関等の開発者のみならず、国や地方自治体等のユーザーの導入を支援し、技術開発の推進、継続的な改良・開発、利用者の訓練・運用に幅広く貢献する仕組みとなるコミュニティの構築を提案した。本論文では、ロボット技術の各種情報を中心としたDBシステムとロボット技術の技術開発や社会実装を支援する場、そして、それらを活用する人を中心としたコミュニティを一体としたシステム (Fig.4) の構築・運用を提案する。

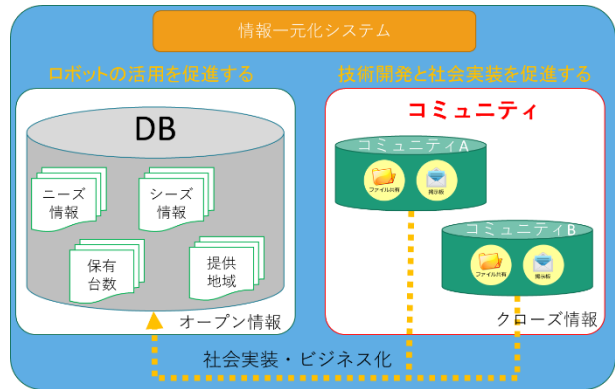


Fig. 4 System Configuration

5. システムの運用状況

5.1 DB システムの運用 DB システムへの情報登録にあたり、平成27年度次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会において、現場検証を実施した「橋梁維持管理」、「トンネル維持管理」、「水中維持管理」、「災害調査」、「災害応急復旧」に関する技術を対象に調査を実施した。

調査の結果、インフラ維持管理分野に関する DB システムの新規情報登録は、橋梁維持管理 21 件、トンネル維持管理 13 件、水中維持管理 13 件であった。また、災害分野に関する DB システムの新規情報登録は、災害調査 13 件、災害応急復旧 12 件である。

DB システムでは、上記に示した 5 つの分野においてロボット技術の詳細な情報が検索できるように「条件検索 (Fig.5)」をベースとした。さらに災害時の利用においては、発災箇所から即座に調達できるロボットを検索できることが重要であると考え、「地図検索 (Fig.6)」も搭載している。

Fig. 5 Conditional search

Fig. 6 Map search

ロボット技術の利用においては、平時には実業務で利用できること、災害時には、迅速な調達が求められることから、「NETIS 登録情報」や「災害協定の有無」についても掲載し、さらに国土交通省の施設にどのような資機材が配備されているか等の「保有状況」についても、情報を掲載した (Fig.7, 8)。

なお、DB システムを公開して 1 年間でのアクセス数は、約 6,500 (平成 29 年度 5 月現在) である。

Fig. 7 List of search results

Fig. 8 Detailed information

5.2 コミュニティ活動 平成 28 年 12 月よりコミュニティの活動を開始した。コミュニティの開始にあたっては、利用者が Web 経由で任意に登録申請する形式とした (Fig.9)。

Fig. 9 Registration

本システムでは、喫緊の課題として、インフラ点検用ロボット等の新技術が、現場で有効に活用されるようにドローン技術に着目し、技術の適用範囲、3Dデータ等の取得情報の活用方策、3Dモデリングにおける課題抽出、新技術活用システム等の公共調達における導入方策等における各種課題を解決し、新技術の継続的開発と社会実装を促進することを目的とし、以下の3つのコミュニティについて活動を開始した（参加者は全て平成29年5月現在の数字）。

(1) 一元化交流サイト：技術開発と社会実装を促進する共通の活動の場として構築し、産学官の利用者118名が参画している。

(2) インフラ点検情報 3次元モデリング技術開発 (Fig.10)：インフラ維持管理を目的とし、「①3次元モデリングデータに関する電子納品仕様検討」「②インフラマーカの設置効果についての検証」を主要テーマとし、①はオフラインでの活動も実施している。ドローンを中心とした事業者及び行政に従事する66名が参画中。

(3) インフラ点検・調査用ドローン活用検討 (Fig.11)：「①インフラ点検向けドローン利用に関する安全基準ガイドライン検討」「②インフラ点検向けドローン操縦者の必要スキル及び育成方法検討」「③インフラ点検向けドローンの適用対象橋梁検討」を具体的テーマとし、活動内容について検討を進めている。ドローンを中心とした測量事業者を始め50名が参画中。



Fig. 10 3D modeling Community (Bulletin board)



Fig. 11 Application Community (Files)

6. おわりに

本論文では、国土交通省及び経済産業省が共同で実施しているロボット開発・導入において、各種ロボット技術が、社会インフラの維持管理及び災害時に有効に活用されるとともに、ニーズとシーズのマッチングを通じた継続的な研究開発に資すること、さらに開発されたロボットの地域実装や国内外の市場を見据えた情報共有と交換ができる場を構築し、ロボット技術のビジネス化を支援する取り組みとして、インフラ用ロボット情報一元化システムの構築、運用を提案した。

今後、①DBシステムの情報の充実、②コミュニティにおけるマッチングを促す人材の発掘や育成、③コミュニティ活動で生み出される知的財産権の権利の帰属方法等が課題として考えられることから、引き続き、これらの解決に向けて取り組んでいく所存である。

謝辞

本論文の研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：国土交通省）によって実施されました。

参考文献

- (1) 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～< <https://www.c-robotech.info/>>, (2017.5.7)
- (2) 内閣府 社会資本ストック推計< <http://www5.cao.go.jp/keizai2/jmcs/jmcs.html>>, (2017.5.7)
- (3) 産業競争力懇談会 COCN 推進テーマと報告 2013 年度報告災害対応ロボットセンター設立構想< <http://www.cocn.jp/report.html>>, (2017.5.7)
- (4) 内閣官房インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議インフラ長寿命化基本計画< http://www.cas.go.jp/jp/seisaku/infra_roukyuuka/>, (2017.5.7)
- (5) 一般財団法人先端建設技術センターTC 登録制度< <http://www.actec.or.jp/tcinfo/>>, (2017.5.7)