

建設ロボット技術に関する懇談会 提言

「建設ロボット技術の開発・活用に向けて
～災害・老朽化に立ち向かい、建設現場を変える力～」

増 竜 郎

平成25年4月、前年10月に設立した「建設ロボット技術に関する懇談会」より、‘災害・老朽化に立ち向かい、建設現場を変える力’とのサブタイトルで、提言「建設ロボット技術の開発・活用に向けて」が出された。人口減少・少子高齢化、社会インフラの老朽化、頻発する災害等、我が国を巡る社会情勢、そして、日々進歩する技術、これらを俯瞰し、ロボット技術を始めとする各方面の有識者が集い、今後のロボット開発・活用に向けた方向性が示された。この重要な提言を受け、今、現場と一体となって、分野・省庁の垣根を超え、ロボットの開発・導入に向けた取り組みが、動き始めたところである。

キーワード：建設ロボット、次世代社会インフラ、維持管理、点検・診断、災害対応、遠隔操作、無人化、省力化、ニーズとシーズのマッチング、省庁連携、コンペティション方式

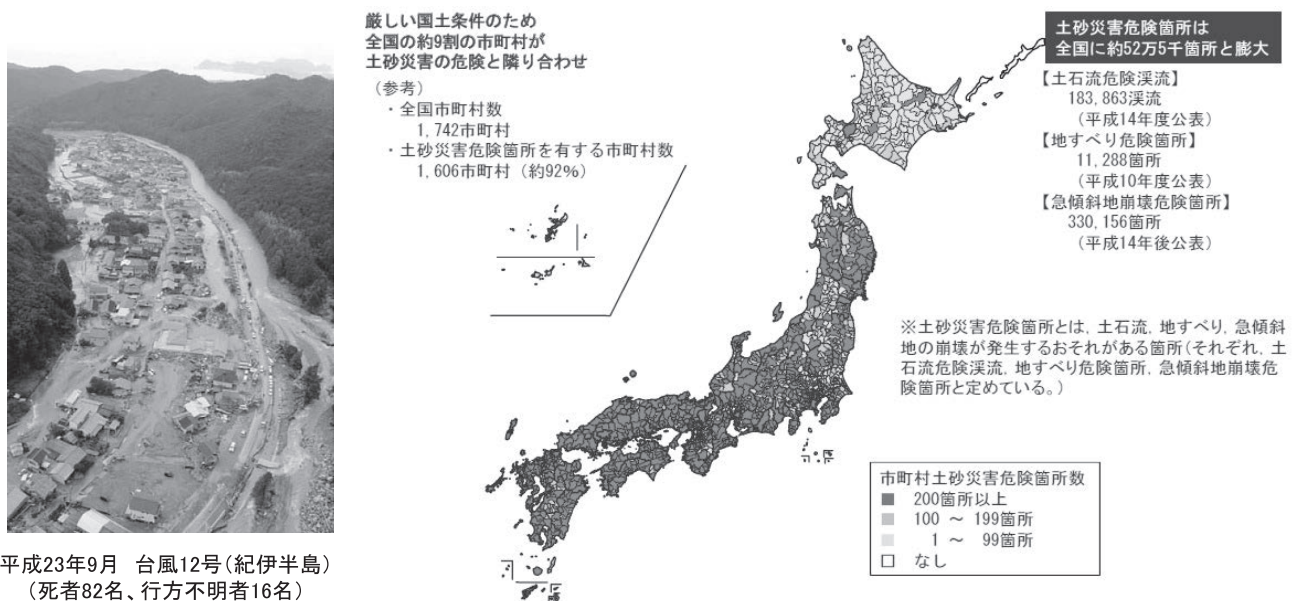
1. はじめに

我が国の国土は、気象、地形、地質等の環境がきわめて厳しく、毎年のように水害・土砂災害等の自然災害が発生している。また、地震・火山噴火が非常に発生しやすい地域に位置するため、活発な火山活動に伴う広域かつ大規模な土砂災害も発生している。この状況の中で、我が国が国際競争力を維持するためには、災害被害からより迅速に復旧する力が求められる(図一1, 2)。

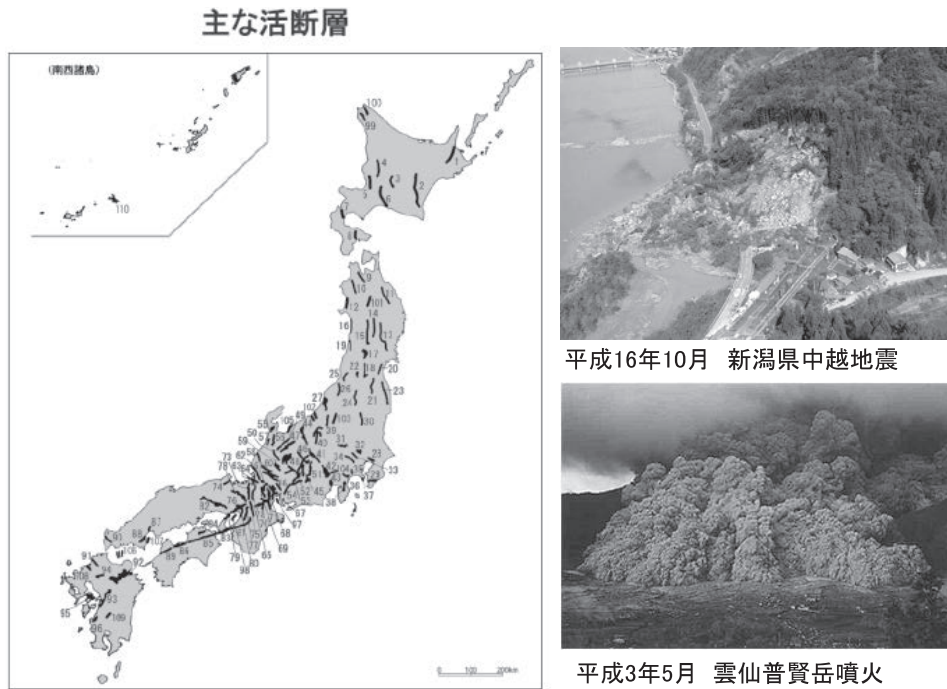
また、我が国の社会資本ストックは、今後急速に老朽化が進展し、戦略的な維持管理・更新を行うことが課題となっている(図一3)。

さらに、建設施工・建設産業に関しては、施工効率の向上、熟練技能者不足の解消、危険作業の解消等の問題がこれまでに指摘されている。

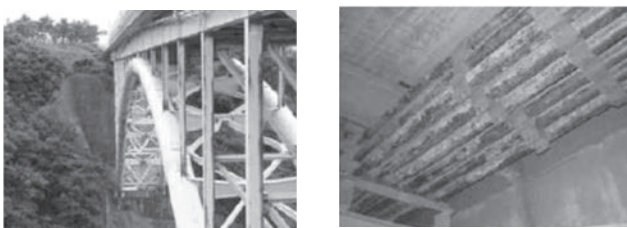
我が国は今後、少子・高齢化、社会資本の老朽化等、人類史上経験のない多くの課題に直面する。これら新たな課題解決に向けて、抜本的な改善提案の構築とその実行に集中的に取り組むことが求められるが、その



図一1 市町村別の土砂災害危険箇所の状況(平成25年3月31日時点,国土交通省資料)



図一 2 我が国の海溝と活断層の分布 (内閣府資料)



アーチ橋の腐食状況

橋梁下面の添架物の腐食

	H24年3月	H34年3月	H44年3月
道路橋 (橋長2m以上)	約16%	約40%	約65%
トンネル	約18%	約31%	約47%
河川管理施設 (国管理の水門等)	約24%	約40%	約62%
下水道管きよ	約2%	約7%	約23%
港湾岸壁 (水深-4.5m以深)	約7%	約29%	約56%

図一 3 建設後 50 年以上経過する社会インフラの割合

中で技術の担う役割は極めて大きい。特に、近年、電子技術や制御技術、測量技術などが著しく進歩しており、多くの分野で、高度なロボット技術やICTの導入が進められている。

これまで建設施工の分野では、雲仙普賢岳試験フィールド制度等による遠隔操作型建設機械、地下トンネルにおけるシールド掘削機の自動制御技術など、課題の解決のためロボット技術を活用した技術開発が行われてきた。また、総合技術開発プロジェクト「ロ

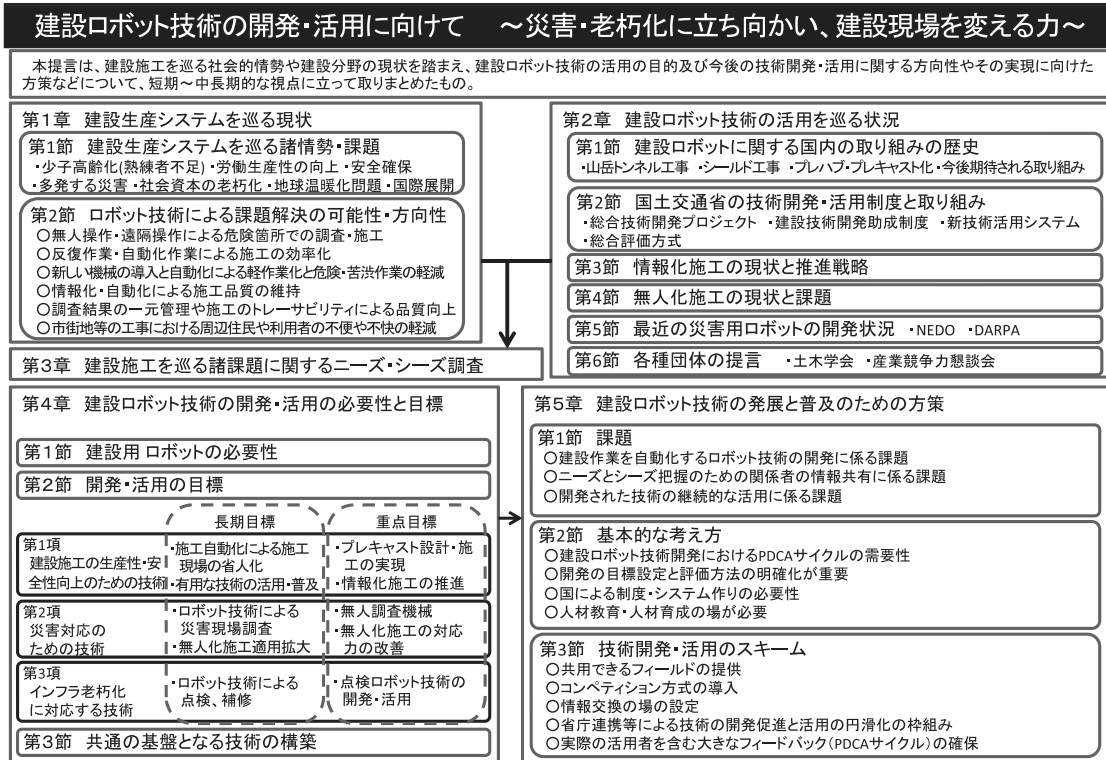
ボット等による IT 施工システムの開発」等においても、国により建設ロボット技術の調査・開発等が進められてきた。

さらに、平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災を契機に大規模災害に備える機運が高まり、建設ロボット技術の開発・活用への期待が更に高まっている。

このような状況に鑑み、建設ロボット技術について、今後の調査・開発・活用の方向性やその実現に向けた方策などをとりまとめることを目的に、産学の学識者・有識者に御参画を戴いて「建設ロボット技術に関する懇談会」(以下、「懇談会」という)を設置した。座長を油田信一氏(芝浦工業大学 特任教授)に務めていただき、懇談会における議論を経て、平成 25 年 4 月に提言がとりまとめられたところである(図一 4)。

この提言は、こうした社会的情勢や建設分野の現状を踏まえ、建設ロボット技術の活用の目的および今後の技術開発・活用に関する方向性やその実現に向けた方策などについて、短期～中長期的な視点に立って取りまとめられており、本稿にて紹介する。

(建設ロボット技術とは：提言および本稿では「建設ロボット技術」を、「建設施工・調査の現場で用いられる機械・機器に、何らかの新しいメカニズムや制御・情報処理の機能を付加することにより、作業の支援や、自動化・遠隔制御化を実現し、効率、精度、安全などの性能向上・課題解決を可能にする技術」ととらえている。)



図一四 「建設ロボット技術に関する懇談会」 提言 (全体概要)

2. 建設生産システムを巡る現状

建設施工に関しては、「1. はじめに」でも述べたように「少子高齢化(熟練者不足)」、「労働生産性の向上」、「施工現場の安全確保」、「多発する災害」、「社会資本の老朽化」、「地球温暖化問題」、「国際展開」などの課題が指摘されている。

これらの諸課題の解決のために、様々な創意工夫が行われてきており、特に、大規模土工をはじめとして機械力の導入はその生産性・安全性の向上に大きく寄与してきた。

近年では、電子技術や制御技術、測量技術などが著しく進歩しており、多くの分野で、高度なロボット技術やICTの導入が進められており、建設施工の分野でも、従来の機械技術をさらに高度化して諸問題に対処していく必要がある。

提言では、建設施工における諸問題の解決に資するロボット技術の可能性と方向性として、「無人操作・遠隔操作による、危険箇所での調査・施工」、「反復作業・自動化作業による施工の効率化」、「新しい機械の導入と自動化による軽作業化と危険・苦渋作業の軽減」、「情報化・自動化による施工品質の維持」、「調査結果の一元管理や施工のトレーサビリティによる品質向上」、「市街地等の工事における周辺住民や利用者の不便や不快の軽減」が整理されている。

例えば「無人操作・遠隔操作による、危険箇所での調査・施工」については、災害対応などにおいては、ほとんどの場合、要調査箇所が危険な場所に位置することが多く、無人遠隔操作が可能な調査ロボットを活用することに大きな期待が寄せられている。また、迅速な復旧作業を行う際にも、2次災害のリスクの中で、施工を可能にする技術として無人化施工技術が活用されているが、今後はさらに効率性の改善やコスト面での改善を進めて行く必要があることが述べられている。

3. 建設ロボット技術の活用を巡る状況

提言では、建設ロボット技術の活用を巡る状況について、「建設ロボットに関する国内の取り組みの歴史」、「国土交通省の技術開発・活用制度と取り組み」、「情報化施工の現状と推進戦略」、「無人化施工の現状と課題」、「最近の災害用ロボットの開発状況」、「各種団体の提言」が整理されている。

例えば「最近の災害用ロボットの開発状況」では、国内外での災害用ロボットに関する開発の取り組みとして、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「災害対応無人化システム研究開発プロジェクト」やアメリカ国防高等研究計画局(DARPA)の「DARPA Robotics Challenge」などを紹介している。

4. 建設施工を巡る諸課題に関するニーズ・シーズ調査

提言をとりまとめるにあたり、懇談会でニーズ・シーズを踏まえた議論を深める必要があった。

建設施工を巡る諸課題の解決に向けた建設ロボット技術に関する施工者側のニーズを把握するため、ゼネコンや専門工事業者などの施工業者8社、また発注者側として現場監督等の経験が豊富な地方整備局等の職員36名に対して、各課題・ニーズへの重要度の認識(関心の高さ)、取り組み状況等について調査を行っている。

その結果、「少子高齢化(熟練者不足)」、「多発する災害」、「社会資本の老朽化」が重要な課題として指摘された。特に、「社会資本の老朽化」のうち、『点検作業』と『補修作業』については、施工業者、発注者のどちらも関心の高さが伺われた。

次に、ニーズ調査を踏まえ、ニーズに対応する技術シーズ(技術開発の可能性)を把握するため、学識経験者や電機メーカーおよび建機メーカー等のロボット関係者に対して、各課題・ニーズへの技術面の評価と収益面から見た魅力等について調査を行った。

その結果、技術面の評価では、いずれも技術的に開発できる可能性があるものの、収益面に課題があり、研究開発の促進や技術の維持を実現できる制度や体制などについての指摘があった。

ニーズ調査とシーズ調査の結果をあわせてみると、「労働生産性の向上」のうち『道路改良』・『築堤護岸』・『道路修繕』、「施工現場の安全確保」のうち『建設機械関連』、「社会資本の老朽化」の『点検作業』、「多発する災害」のうち『状況把握』についてはニーズ側の関心の高さとシーズ側の収益面から見た魅力がともに



庵谷町長大橋(北陸地方整備局2012.9)
図一5 橋梁の点検作業の実態(事例)

高いことが伺える。従って、これらの分野においては、ロボット技術の活用による課題解決の早期実現が期待される(図一5)。

5. 建設ロボット技術の開発・活用の必要性と目標

提言では、ロボット技術を建設分野に導入することの意義(必要性)を、以下の3点に整理している。

一点目が、水中や高所、危険な箇所など人が立ち入れない箇所において、人に代わって作業を行うことである。

二点目は、人が行う作業を支援することにより、または人に代わって行うことにより、省人化を図ることができるとともに、スピードアップなど作業の効率化、安全性や品質・精度の向上等にも資することである。

三点目は、以上の波及効果として、作業による経済活動や日常生活への影響を軽減できることが述べられている。例えば、高所にある設備等の点検作業を点検ロボットで行うことにより、足場が不要となり、交通規制による渋滞が解消できる。

次に、建設ロボット技術の活用目的としては、①建設施工の生産性・安全性の向上、②災害対応、③インフラ老朽化への対応、の3つを設定し、各目的達成の課題とその解決の方向性について整理している。そして、建設ロボット技術による将来像(長期目標)と、それに向けて短期的に達成を目指す重点目標を掲げている。

①建設施工の生産性・安全性向上のための技術活用の将来像(長期目標)については、(1)施工自動化による施工現場の省人化、(2)建設機械の自動化や既存を含めた有用な技術の活用・普及が掲げられている。また、短期的(概ね5年後)に達成を目指す重点目標としては(I)ロボット技術による省力化が可能なプレキャスト活用型設計・施工の実現、(II)情報化施工推進戦略に基づく建設機械の自動化等の推進が掲げられている。

次に、②災害対応のための建設ロボット技術活用の将来像(長期目標)については、(1)ロボット技術による災害現場調査、(2)無人化施工の適用範囲の拡大、効率の向上及び操作環境の改善が掲げられている。また、重点目標としては(I)災害調査ロボットの実用化、(II)無人化施工の対応力の改善が掲げられている。

次に、③インフラ老朽化への対応のための建設ロボット技術活用の将来像(長期目標)については、(1)

ロボット技術による無人点検、補修の高度化が掲げられ、重点目標としては（I）点検ロボット技術の開発・活用が掲げられている。

最後に、前出の各技術については、その開発がばらばらにならないように、できるだけ共通化を図り、共通の基盤となる技術をきちんと構築していくことが重要であることが述べられている。

6. 建設ロボット技術の発展と普及のための方策

(1) 課題

建設ロボット技術の発展と普及に向けて、現時点での課題については、3点に整理されている。具体的には、「現場での一品対応を基本とする多様な作業の課題の解決は、そのままでは技術的・投資効果的に実現性が低い」という建設作業を自動化するロボット技術の開発に係る課題である。

次に「課題・ニーズに対して、可能で有効な解決策を見いだす必要があるが、ニーズ・シーズ関係者の情報共有・意見交換が不足している」というニーズとシーズ把握のための関係者の情報共有に係る課題である。

最後に、「既存技術も含め、現場での実用化には、試行・評価して峻別・改善する開発過程を要するが、必ずしも継続的に使用されるとは限らず、継続性が確保されなければ、開発投資も難しい」という開発された技術の継続的な活用に係る課題である。

(2) 基本的な考え方

建設ロボット技術の発展や普及に不可欠な基本的な考え方として、以下の4点が掲げられている。

はじめに、機器・技術を使いながら結果をフィードバックして技術を進歩・進化させていく“高度実用化研究”を行うべきであり、そのためには、既存のフィールド提供型などの制度も活用しつつ、国が継続的にフィールドを提供するべきであるという「建設ロボット技術開発におけるPDCAサイクルの重要性」である。

次に、目標と達成すべき性能を明確化し、達成度と効率・経済性による評価することと、そのために情報共有・意見交換の場と適切な競争環境を整備すべきという「開発の目標設定と評価方法の明確化の重要性」である。

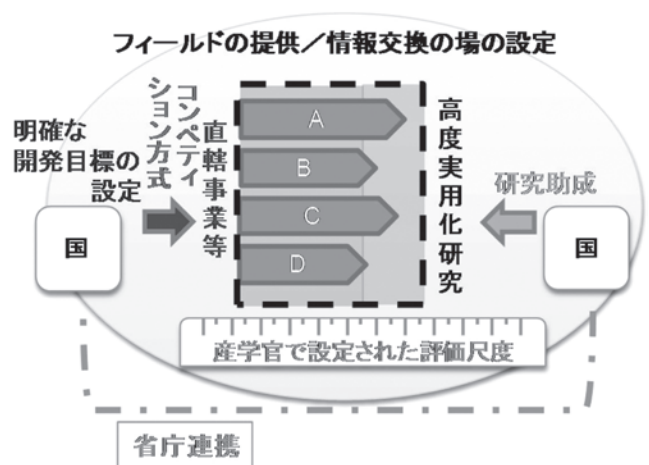
三つ目に、今後戦略的な取り組みをするべき維持管理・老朽化対策の分野や民需の少ない災害対応分野では、直接的な開発投資・助成などの制度や、開発のた

めの情報の蓄積と流通への国の関与が必要という「国による制度・システム作りの必要性」である。

最後に、建設ロボット技術の活用には、人材教育・人材育成は必要不可欠であり、実地のみならずシミュレータ技術も活用すべきという「人材教育・人材育成の場の必要性」である。

(3) 技術開発・活用のスキーム

提言では、基本的な考え方を踏まえて、産学官の関係者が建設ロボット技術の発展と普及のために実施すべき技術開発・活用のスキームを提案している（図一6）。



図一6 技術開発・活用のスキームのイメージ

一つ目には、「共用できるフィールドの提供」ということで、直轄事業の現場を活用した目標に取り組む仕組みづくりや人材育成の場とする方策の検討などが提案されている。

また、「コンペティション方式の導入」が、技術の高度化を図っていく仕組みとして必要であることや、人材の育成を図る方策としても有効であると述べられている。

さらに「情報交換の場の設定」が提案されている。ロボット関係・建設関係の産学官の多様な関係者による意見交換の場により、建設ロボット技術の中長期的な重点分野、評価基準や明確な目標設定について議論されるべきとされている。

また、コンペティションのための研究助成等については、検討の視野に入れるべきこととして、「省庁連携等による技術の開発促進と活用の円滑化の枠組み」も提案されている。

最後に、建設ロボット技術を高度化してゆくためには、最終ユーザーの活用経験が、遅滞なく開発・研究者に届く仕組みが必要であることから、「実際の活用

者を含む大きなフィードバック（PDCA サイクル）の確保」が提案されている。

7. おわりに

本稿では、建設ロボット技術に関する懇談会の提言について、その概要を紹介したが、懇談会資料と議事概要については、国土交通省のホームページでも公表しているので参照していただきたい。

本提言をもって、今後の建設ロボット技術の取り組みがより活発になり、建設産業に従事する人の誇りとなるような技術力の向上を成し遂げ、国民の安心・安全な暮らしを守る一助となれば幸甚である。

本提言のとりまとめにあたっては、油田座長をはじめ懇談会委員の皆様に熱心な御討議を戴いた。また、建設ロボット技術に関するニーズ・シーズ調査において民間や発注者の方々にアンケートやヒアリングの形でご協力をいただいた。本稿の最後に、ご協力いただいた多くの関係者に篤くお礼を申し上げる。

（補足）～現在進行中の取り組みの紹介～

以上に紹介した本提言の実現に向け、既に2つの取り組みが始まっている。

まず、6月21日、本提言にある「情報交換の場の設定」に対し、『異分野技術交流会』が設置された。これは、日本建設機械施工協会及び土木学会建設用ロボット委員会の共同主催により、建設分野を始め、防犯や製造、宇宙、消防、農業等のロボットに係わる分野横断的な技術の交流の場として設置された。技術者間の交流を通じ、各技術者のスキルアップと共に、関連技術の統合・融合による更なる効果・効率の高いロボット開発・導入をねらいとしている。オープンな場で、毎月開催し、既に3回開催済み（図-7）。

次に、7月16日、本提言にある「省庁連携等による技術の開発促進と活用の円滑化の枠組み」に対し、『次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会』を設置した。これは、国土交通省と経済産業省とが協働で、現場ニーズと共に技術シーズを踏まえ、維持管理及び災害対応に資するロボットの開発・導入を促進するものである。今後、維持管理及び災害対応におけるロボットに係るニーズと共に、既存技術も含めた技術シーズを調査し、年内を目途に、今後のロボット開発・導入の重点分野及び推進方策を明確化する予定である（図-8）。

～ 産学官が連携してネットワークを構築し
ロボット技術発展のための和を広げる ～

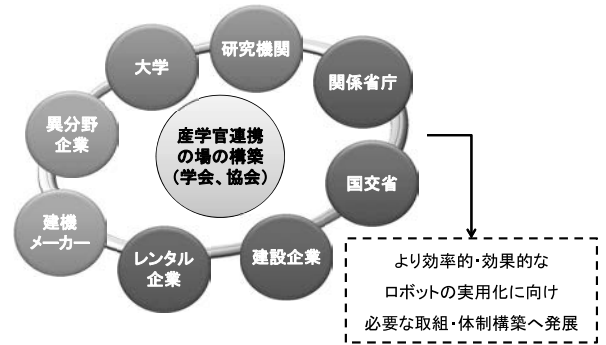


図-7 『異分野技術交流会』の全体概要

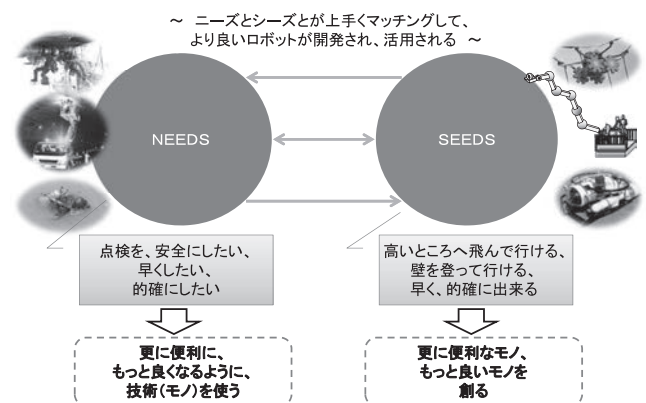


図-8 『次世代インフラ用ロボット開発・導入検討会』のねらい

JCMMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省ホームページ「建設ロボット技術に関する懇談会の提言とりまとめについて」(https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo15_hh_000087.html)
- 2) 国土交通省ホームページ「次世代インフラ用ロボット開発・導入検討会」(http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000022.html)

【筆者紹介】

増 竜郎 (ます たつろう)
国土交通省
総合政策局 公共事業企画調整課
課長補佐

