



## ムーンショット目標3

2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現

# 実施状況報告書

## 2020年度版

2020年12月～2021年3月

多様な環境に適応しインフラ構築を革新

する協働AIロボット

**永谷 圭司**

東京大学 大学院工学系研究科



## 研究開発プロジェクト概要

月面や被災現場を含む難環境において、想定と異なる状況に対して臨機応変に対応し、作業を行うことが可能な協働 AI ロボットの研究開発を行います。2050 年には、この協働 AI ロボットが、人の代わりに、自然災害の応急復旧や月面基地の建設を実現すると共に、この技術が、地上のインフラ構築や維持管理にも役立ちます。

[https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal3/32\\_nagatani.html](https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal3/32_nagatani.html)

## 課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
大須賀公一	大阪大学 大学院工学研究科	教授
倉爪亮	九州大学 大学院システム情報科学研究所	教授
永谷圭司	東京大学 大学院工学系研究科	特任教授
石上玄也	慶應義塾大学 理工学部	准教授

## 1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

令和2年度は、研究開発プロジェクト全体の中でも、早期に開始すべき項目から研究開発をスタートした。具体的には、各研究開発項目の中でも、根幹となるテーマに関する準備ならびに、概念形成やシナリオの策定などを行った。

## 2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

### (1) 研究開発項目1:協働 AI ロボットの開発

研究開発課題1 :協働 AI ロボットの筐体の研究開発  
令和3年度より実施

研究開発課題2 :柔軟機械を利用した土工の革新  
当該年度実施内容:「開いた設計」を考える際、「無限定環境」をどのように捉えるかが重要であることを確認し、どのように考えれば、現実的な設計問題として定式化できるかを考察した。その結果、無限定性をいたずらに(数学的に)一般化するのではなく、現実の問題に則して「物理現象」であることを再確認することが大切であるとの知見を得た。このような制限を加えることで、現実問題に忠実にモノゴトを捉えることになり、開いた設計が具体的な設計問題として定式化できるとの考えを持つに至った。開いた設計をベースに、本プロジェクトで想定する二つの作業場面「河道閉塞」と「月面工事」における作業を考慮し、ロボットの概念設計を進めた。

課題推進者:大須賀公一(大阪大学大学院工学研究科)

研究開発課題3 :パワースフトロボットによる土工の革新  
令和3年度より実施

研究開発課題4 :土工の革新と現場適用  
令和3年度より実施

研究開発課題5 :協働 AI ロボットが取得する反力情報による環境把握と動作生成  
令和3年度より実施

研究開発課題6 :協働 AI ロボットに搭載するオープンプラットフォームの研究開発  
令和3年度より実施

### (2) 研究開発項目2:協働 AI ロボットのための環境情報構造化

研究開発課題1:センサポットによる環境情報構造化

当該年度実施内容:三角コーンを利用したセンサポットの基本設計を行った。このセンサポットは、GNSSによる自己位置、レーザスキャナによる移動体の位置、IMUによる振動、360度カメラによる動画が取得可能である。さらに、搭載するセンサについて、計測範囲、解像度、精度などについて検討し、搭載するセンサを選定した。

課題推進者:倉爪亮

研究開発課題2 :非接触面的地盤強度推定技術の研究開発  
令和3年度より実施

研究開発課題3 :センサポットを用いた協働 AI ロボットの制御  
令和3年度より実施

### (3) 研究開発項目3:自然災害の応急復旧技術

研究開発課題1:自然災害情報収集システムの開発  
令和3年度より実施

研究開発課題2:河道閉塞対応処理ロボットシステムの開発  
令和3年度より実施

研究開発課題3:自然災害対応システムの構築

当該年度実施内容:クローラキャリアダンプの遠隔化/自律化の設計について検討を進めた。一般に、小型のクローラキャリアダンプは、遠隔操縦に対応している筐体が存在しないため、レトロフィットという、運転席に物理的に操縦レバーを操作する機械を設置して操作を行う手法の設計/製作の検討を行った。また、河道閉塞対応ロボットシステムのインテグレーションのための基礎資料として、河道閉塞発生後の緊急対応項目をフローチャート化した。

課題推進者:永谷圭司

研究開発課題4:情報通信インフラ開発と通信機器配置計画  
令和3年度より実施

### (4) 研究開発項目4:月面インフラ構築技術

研究開発課題1:月面着陸拠点の構築に関する研究開発

当該年度実施内容:月面の土質情報取得,次いでその後の土工作業に主眼を置いたシナリオ検討を行った.シナリオ策定においては,米国アルテミス計画文書ならびに関連文書・論文を再度点検し,本研究課題が目指す月面着陸拠点建設について,先行事例は非常に少ないことを確認した.また,策定したシナリオならびに月面環境情報から,ロボットが行うべき作業のシナリオならびに作業能力を定量化した.月面での土工作業(掘削,整地など)を想定した研究開発事例,フィールド実験などをレビューし,本シナリオにおいて必要となる調査ツール,土工ツールの取捨選択を行った.具体的には調査ツールとして地盤貫入試験,土工ツールとして排土板ならびに転動ローラを想定することとした.

課題推進者:石上玄也(慶應義塾大学)

研究開発課題2:月面インフラ技術のフィールド評価  
令和3年度より実施

研究開発課題3:レジリエントな協働 AI ロボットの構築  
令和3年度より実施

#### (5) 研究開発項目5:インフラ基盤技術(動的協働技術)

研究開発課題1:オープン自己組織化と群協働操作

当該年度実施内容:オープン自己組織化のための Bottom-up 環境ダイナミクスの埋め込み(Ecosystem-embedded)について,自己組織化手法の概念設計を行った.さらに,群協働操作のためのタスクの粒度を考慮した指令方法の確立について,項目1)と同様に,2つのロボットグループでの土砂の運搬作業を対象とし,タスクの粒度を考慮した指令方法を検討した.本年度は,上記について実現した上で,モデルの実装,シミュレーションの検討をスタートした.

課題推進者:永谷圭司

研究開発課題2:ドメインランダム化による戦略転移学習に関する研究  
令和3年度より実施

#### (6) 研究開発項目6:インフラ基盤技術(環境評価 AI 技術)

研究開発課題1:インフラ基盤技術(環境評価 AI 技術)の開発  
令和3年度より実施

## 研究開発課題2:物理現象を利用した環境評価 AI の開発 令和3年度より実施

### 研究開発課題3:言語を利用した環境評価 AI の開発

当該年度実施内容:まず,取得データの言語化について,画像を例とした検討を行った.

これは,いわゆる一般的な Image captioning 技術であるが,行っていることはベクトル化した上での変換であるため,これができれば,画像以外のセンシングデータについても,あるいはセンシングデータの組み合わせたものについても同様に言語化できる.本年度は,令和2年度に可能な範囲での画像収集とアノテーションデータ構築を行い,地上インフラ構造物についても言語化が可能かどうか,予備的な検討を行った.これと並行し,地上インフラ構造物に関する画像と言語セットの構築検討を進めた.まず,災害現場・インフラ構築,その双方において,人間はなんらかの問いかけを繰り返した上で状況を認識し,行動方針・措置方針を決定しているということを改めて整理した.それを考えると,画像に対して任意の問いかけを行い,その上で解答を出力する仕組みである VQA の活用が最適と見出した.

課題推進者:永谷圭司

## 3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

### (1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

#### 進捗状況の把握

- ・ PM を支援する体制としては,国際航業株式会社からの出向で,金崎氏が PM 補佐として支援チームに合流することとなった.また,加納氏が特任専門職員として支援チームに合流することとなった.(いずれも令和3年4月より.)
- ・ 運営会議に該当する会議としては,2021年2月9日に,拡大チームリーダー会議を実施を行い,プロジェクト全体の方向性について議論した.
- ・ 研究開発期間における研究の進捗状況の把握については,主に,月1回のグループ会議を行うことで進捗の把握を行った.なお,2021年4月から合流するチームも含めて実施した会議については,様式407-1のミーティングのタブに記載した通り,リーダー会議を除いて3ヶ月で16回実施した.

#### 研究開発プロジェクトの展開

- ・ 国土交通省の砂防部との間で,本プロジェクトの成果(河道閉塞対応)の活用法に関する議論を行った.
- ・ フィンランドのオウル大学の Prof. Rauno Heikkilä のグループとの研究連携に関し議論を進めた.

(2) 研究成果の展開

- ・ 今年度は特になし.

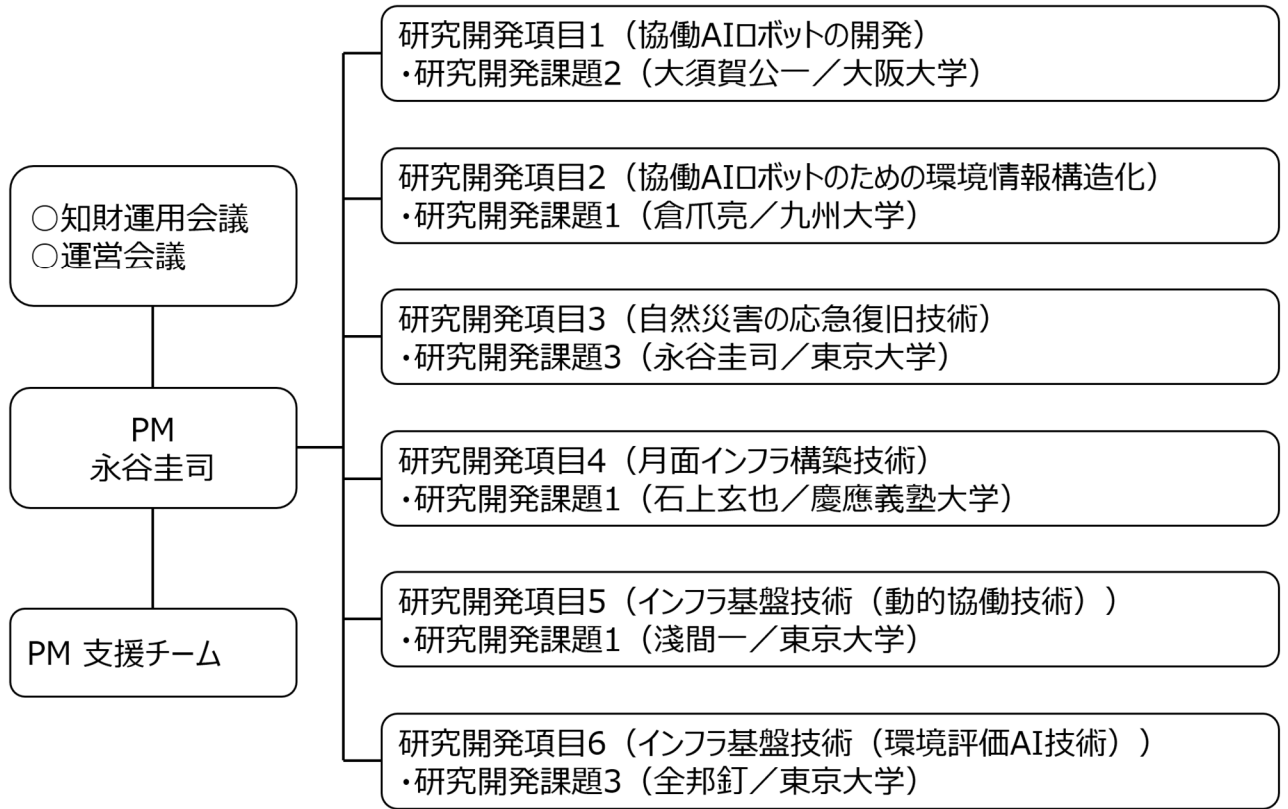
(3) 広報、アウトリーチ

- ・ 3月27,28日に開催された「ムーンショット目標1&目標3 キックオフシンポジウム」及び「ムーンショット目標1&目標3 国際シンポジウム」において、構想を紹介した.
- ・ ホームページの構築を進めている.

(4) データマネジメントに関する取り組み

- ・ 本プロジェクトでは、ソフトウェアならびに取得したデータで公開可能なものについては、基本的にオープンにする方針であるが、今年度を実施した内容はない.

#### 4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



##### 知財運用会議 構成機関と実施内容

- ・ 構成機関：当該年度は，大阪大学，九州大学，慶應義塾大学，東京大学でスタート
- ・ 実施内容：知財の発生は速やかに PM に報告するが，PM が必要と認めた際には知財運用会議を開催し，各研究開発課題遂行時に発生する知財の情報共有、特許申請、運用方法について検討する。

##### 運営会議 実施内容

- ・ 研究プロジェクト全体の進捗管理のために，PM と課題推進者からなる運営委員会を設置し，定期的に運営会議を開催する。
- ・ 研究開発課題（ロボットハードウェア、AI、インフラ構築）に応じて分科会を設置する。



## 5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	0	0	0
口頭発表	0	0	0
(うち、査読有)	0	0	0
ポスター発表	0	0	0
合計	0	0	0

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	0	0
(うち、査読有)	0	0	0

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	0	0	0
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	0	0	0

受賞件数		
国内	国際	総数
0	0	0

プレスリリース件数
0

報道件数
0

ワークショップ等、アウトリーチ件数
0