



# 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

東京大学大学院 工学系研究科 総合研究機構

永谷圭司

Copyright © Japan Science  
and Technology Agency

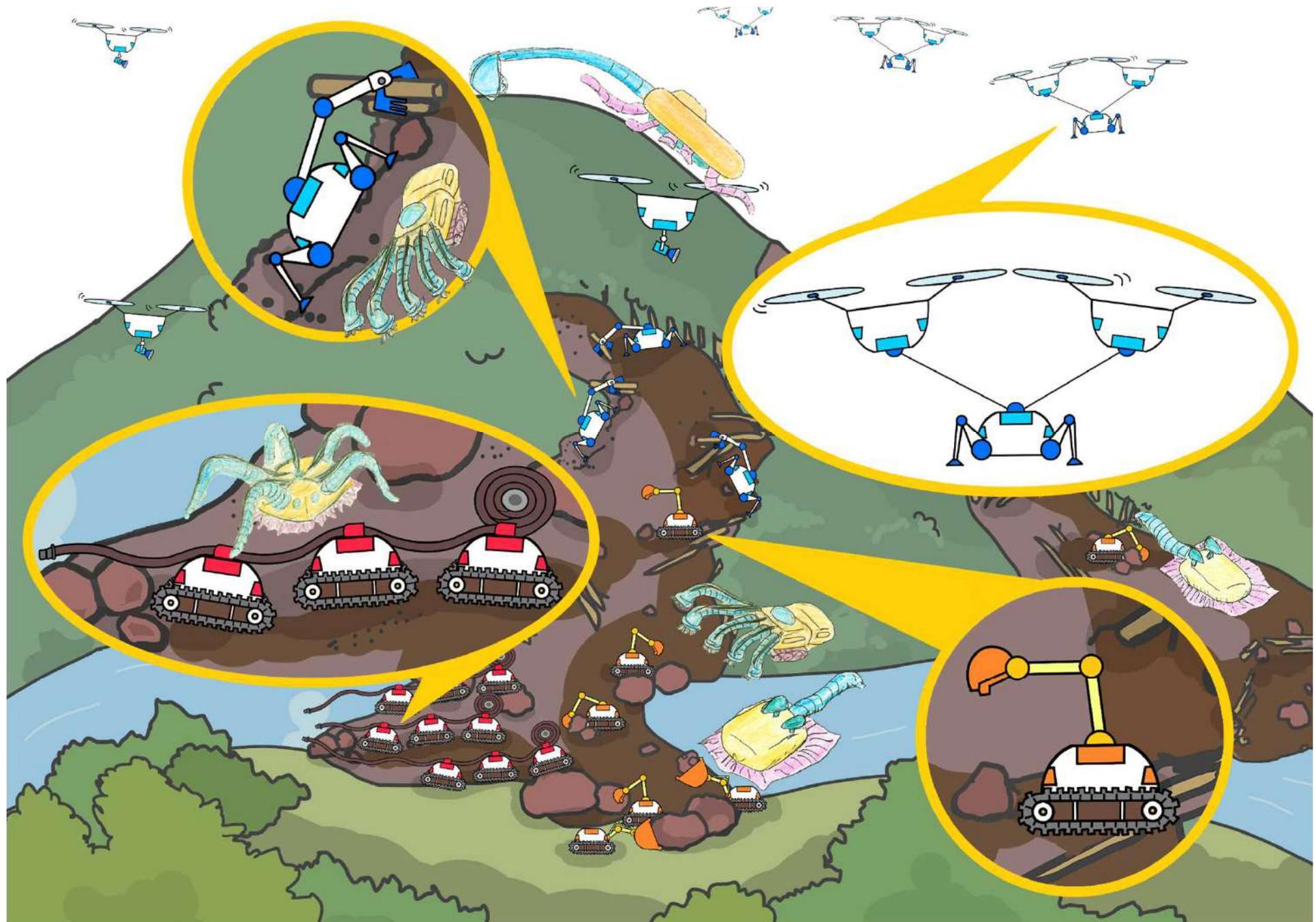
## 2050年に社会が期待する技術

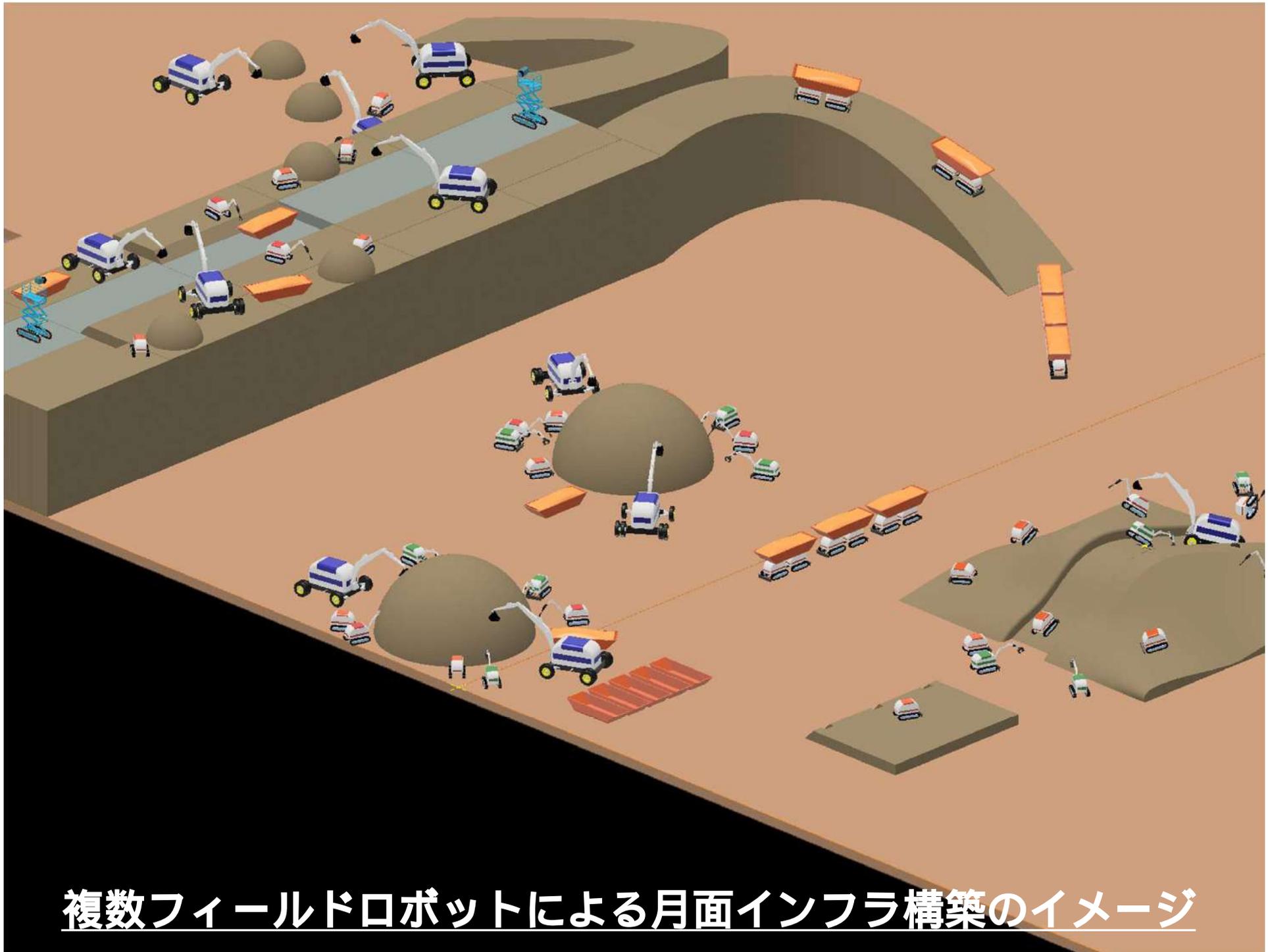
- **地球温暖化により発生する自然災害：**  
→ 被害を最小限に抑える自然災害の応急復旧技術。  
**減災・復旧の課題推進国**の国際的地位を確立。
- **月面における将来の有人探査の拠点構築：**  
→ 有人探査の拠点構築のためのインフラ技術。  
国際協力を進める月面開発を**日本がリード**。



多様な環境に適応しインフラ構築を行うことが可能な  
フィールドロボットシステムの実現

# 自然災害現場での複数フィールドロボットによる応急復旧イメージ



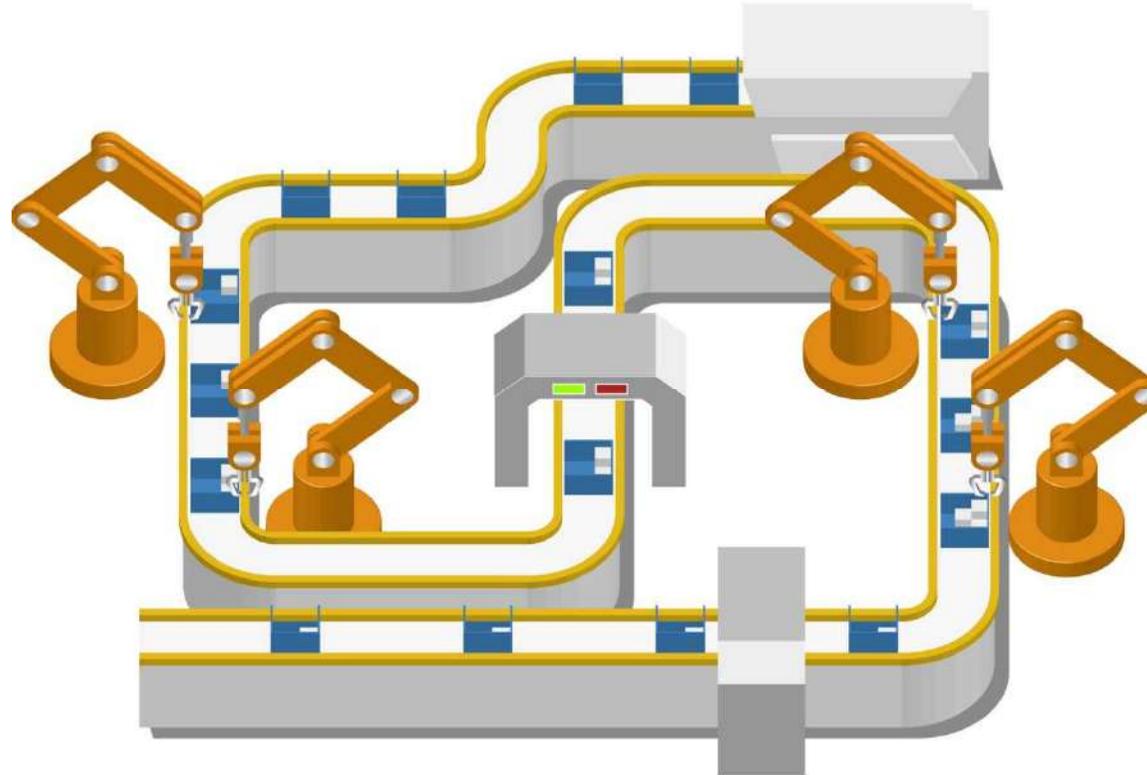


# フィールドロボットシステム構築の難しさ

現在主流のアプローチ：

- **場面**を想定してロボットハードウェアを設計
- **場面**を想定してソフトウェアを設計
- 現場では、**場面**に応じた最適作業計画を立案
- 状況をセンシングし、**ロバスト**に作業を実施

← 閉じた設計



# フィールドロボットシステム構築の難しさ

現在主流のアプローチ：

← 閉じた設計

- **場面**を想定してロボットハードウェアを設計
- **場面**を想定してソフトウェアを設計
- 現場では、**場面**に応じた最適作業計画を立案
- 状況をセンシングし、**ロボスト**に作業を実施

現在主流のアプローチで上手くいかない例：フィールドロボット

- **あらゆる場面**を想定してハードウェアを設計（大型化）
- **あらゆる場面**を想定したソフトウェアを設計（想定が発散）
- 現場では、**様々な状況**に応じた作業計画を立案（状況把握が鍵）
- 環境をセンシングし、**ロボスト**に作業を実施（センシング能力の限界）

← 閉じた設計では破綻



# フィールドロボットシステム構築の難しさ

## 対象とする環境の問題：

環境に対する境界条件を設計段階で予め予測することができない（**環境の未知性**が非常に大きい）。

→ 設計問題が閉じていない  
（「**不良設定問題**」になっている）

### 災害応急復旧の設計問題

- 時間 / 場所 / 災害規模の特定不可。
- 地盤が不安定かつ環境も逐次変動するため状況把握が困難。
- 解決方法が単純でない。  
手順に正解がない。

### 月面作業の設計問題

- 月面の環境が不確定。特に地盤に関する知見に乏しい。
- 機器が故障する可能性が高い。  
これを修復する術がない。
- 得られる情報に限りがあり、また通信に遅れがある。

1. 環境になじむ  
ロボット  
(身体：機体)

2. メニーモーダル  
環境評価AI技術  
(判断：計測)

3. 動的協働  
Physical AI技術  
(行動：制御)



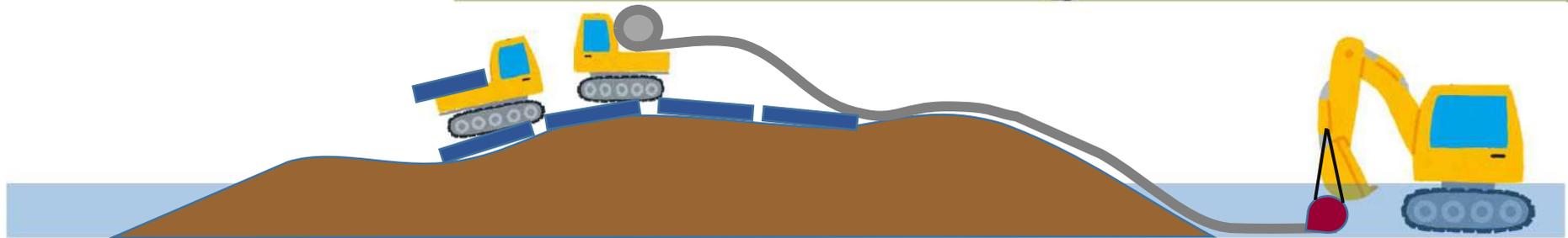
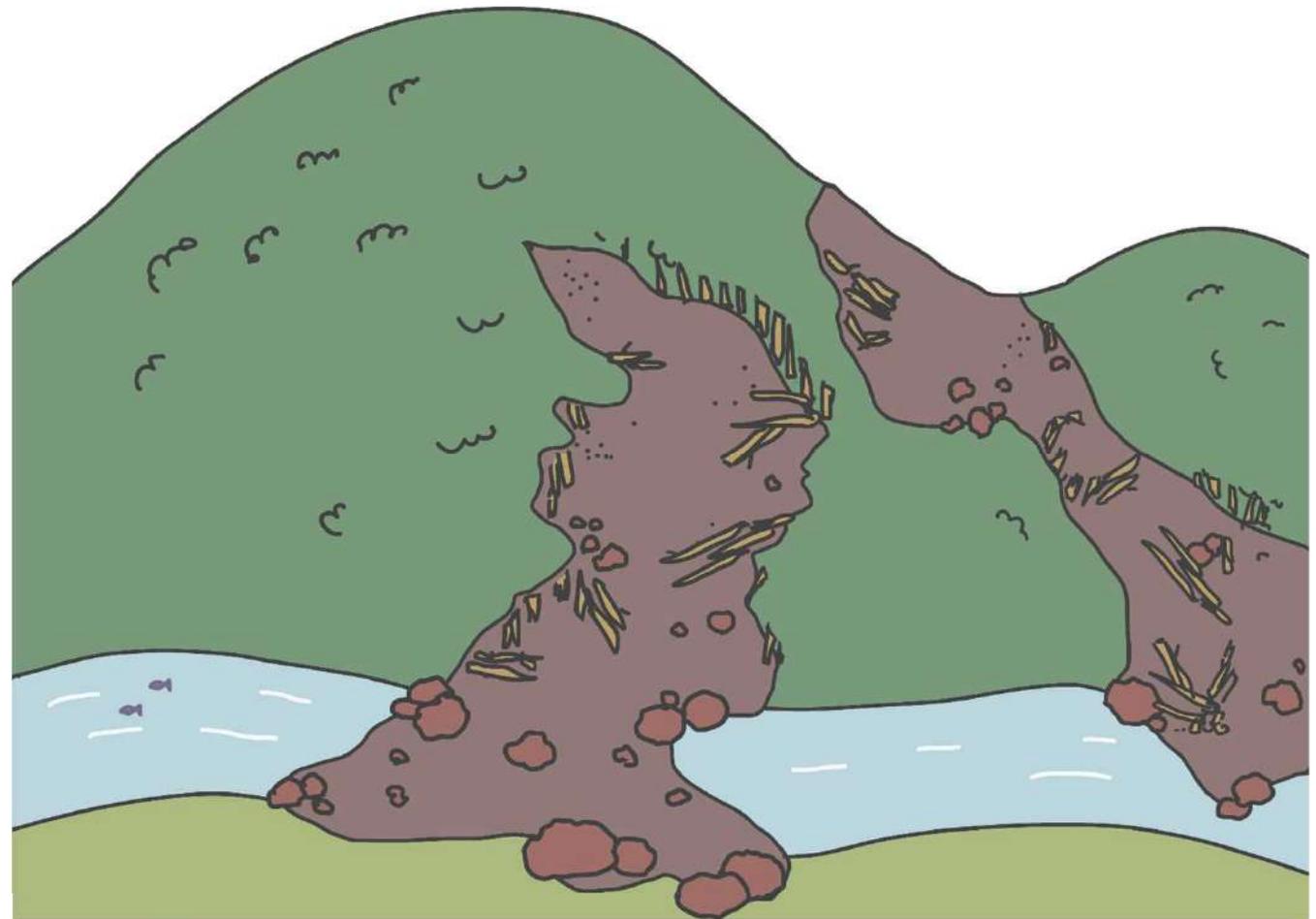
**「閉じた設計」 + 「開いた設計」**

これまでの設計法で決定的に欠けてきた概念「開いた設計」を導入。(ハードウェア, ソフトウェア共に)

**臨機応変に対応するロボットシステム**

# 河道閉塞に対する応急復旧

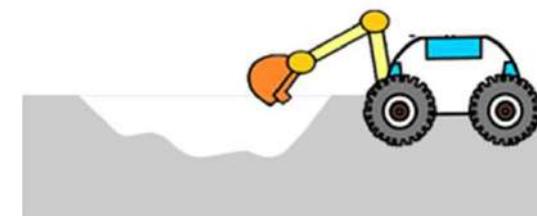
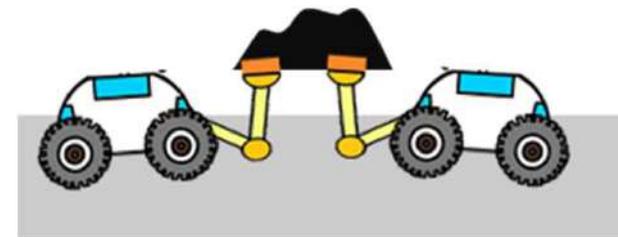
- 情報収集
- リスク評価
- 土砂移動
- 排水ポンプ設置



# 月面インフラ構築技術

## 複数ロボットによる着陸拠点の整地

- 地盤調査
- 凹凸地形の整地（掘削・排土・埋設）
- 締固め作業
- インフレーターブル土嚢の埋設
- 岩石移動や持ち上げ



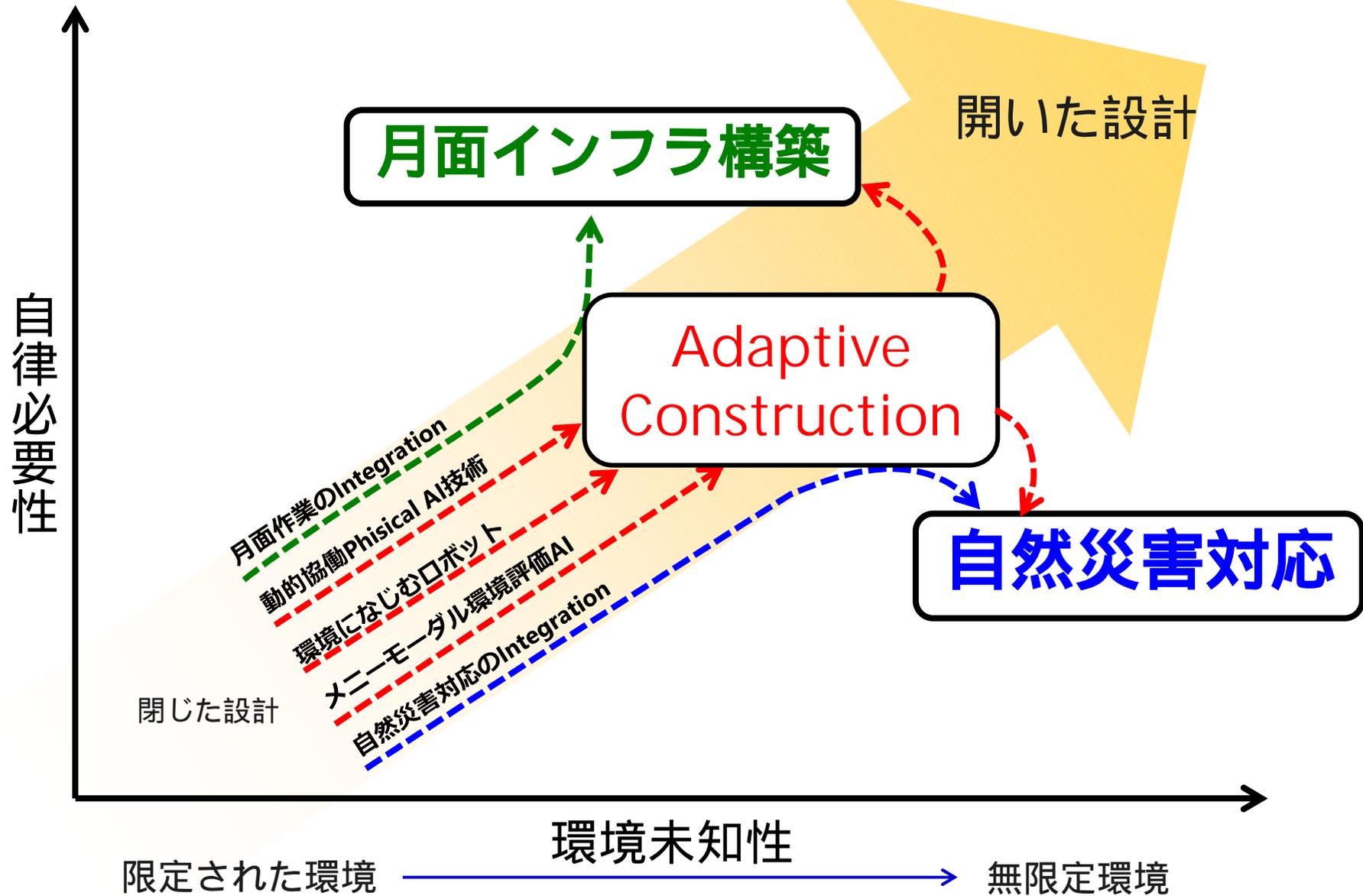
## 着陸拠点敷設

- 移動不可能な障害物のマーキング
- 誘導灯ランドマーク設置
- 電力および通信設備の構築



屋内模擬環境

# プロジェクト推進のプロセス図



PM: 東京大 永谷圭司  
PM-S: 国際航業 金崎裕之氏

### 協働AIロボットの開発

協働AIロボットの開発及び精密作業に関する研究

協働AIロボットが取得する地盤反力による環境把握と動作生成

柔軟機械を利用した土工の革新

パワーソフトロボットによる土工の革新

協働AIロボットによる土工の革新と現場適用

協働AIロボットに搭載するオープンミドルウェアの研究開発

非接触面的地盤状態推定技術の研究開発

### 協働AIロボットのための環境情報構造化

センサポットによる環境情報構造化

センサポットを用いた協働AIロボットの制御

### インフラ基盤技術（動的協働技術） / インフラ基盤技術（環境評価AI技術）

オープン自己組織化と群協働操作

ドメインランダム化による戦略転移学習に関する研究

環境評価のためのマルチモーダル・マルチタスク学習

言語を利用した環境評価AIの開発

物理現象を利用した環境評価AIの開発

協働AIロボット単体の技術

協働AIロボットに必要な要素

### 自然災害の応急復旧技術

自然災害情報収集システムの開発

自然災害対応システムの構築

河道閉塞対応処理ロボットシステムの開発

情報通信インフラ開発と通信機器配置計画

### 月面インフラ構築技術

月面着陸拠点の構築に関する研究開発

月面インフラ構築のコア技術に関する研究開発

ミッション・レジリエンスを実現するロボットシステムの研究開発



# 体制について

## 協働AIロボット開発

ロボット開発と精密作業  
土工の革新  
土工の革新  
土工の革新  
環境把握  
オープンミドルウェア

ヤンマー 杉浦氏  
大阪大 大須賀教授  
東工大 鈴森教授  
九州大 三谷教授  
東北大 高橋教授  
土木研究所 橋本研究員

## 協働AIロボットのための 環境情報構造化

環境情報構造化  
非接触面的地盤状態推定  
CASEを用いた制御

九州大 倉爪教授  
奈良先 向川教授  
弘前大 竹田助教

## 自然災害の応急復旧技術

自然災害情報収集システム  
河道閉塞対応処理システム  
自然災害対応システム  
情報通信インフラ

国際航業 島田氏  
東京大学 永谷教授  
熊谷組 北原氏  
工学院大 羽田准教授

## 月面インフラ構築技術

固有技術開発  
レジリエント設計  
月面インフラ構築のコア技術

慶應大学 石上准教授  
九州工大 永岡准教授  
JAXA 上野氏

## インフラ基盤技術 (動的協働技術)

自己組織化と群遠隔操作  
戦略転移学習

東京大 浅間教授  
奈良先 松原教授

## インフラ基盤技術 (環境評価AI技術)

マルチモーダル・マルチタスク学習  
言語を利用した環境評価AI  
物理現象を利用した環境評価AI

東北大 岡谷教授  
東京大 全准教授  
筑波大 西尾准教授

