



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

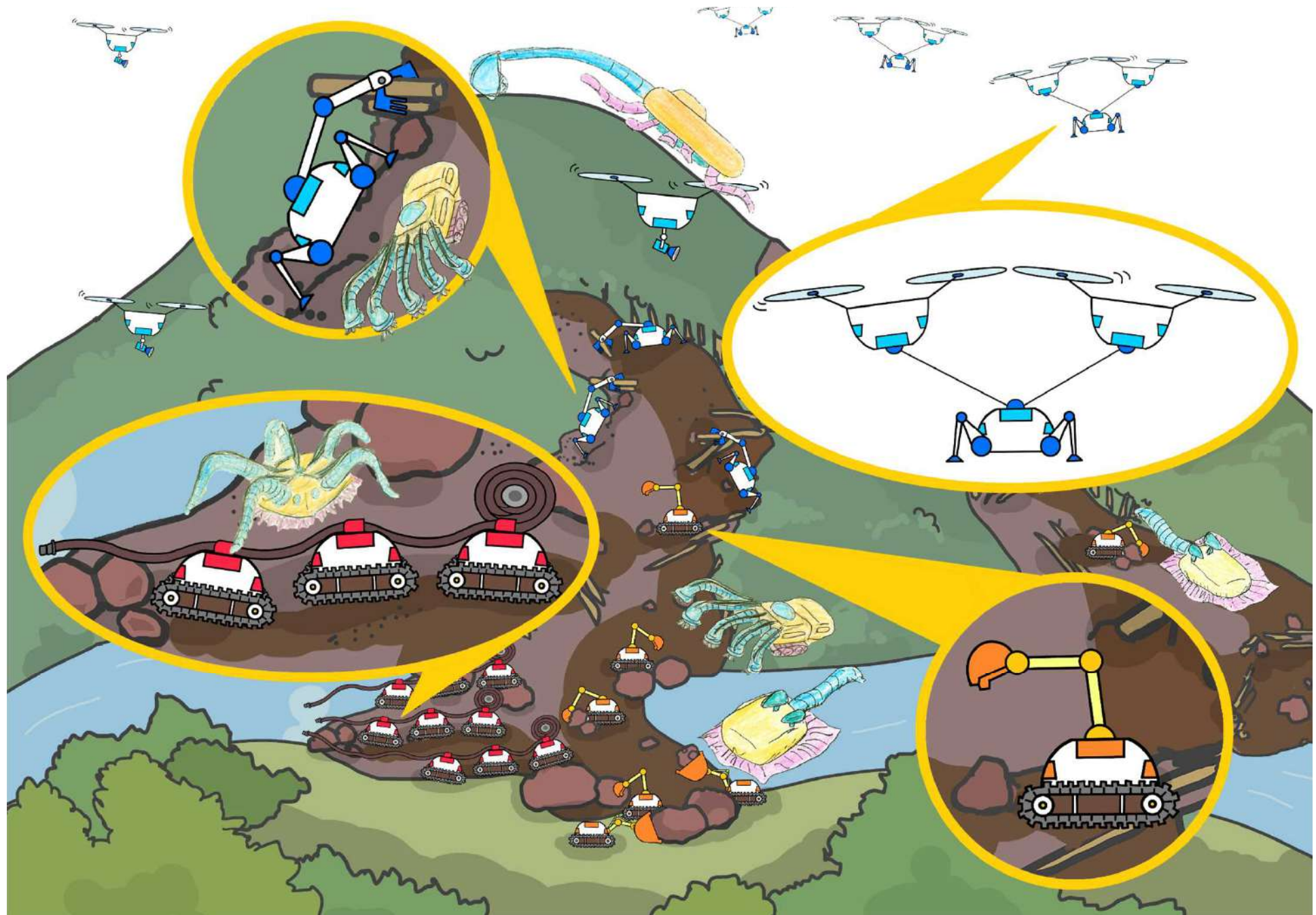
2050年に社会が期待する技術

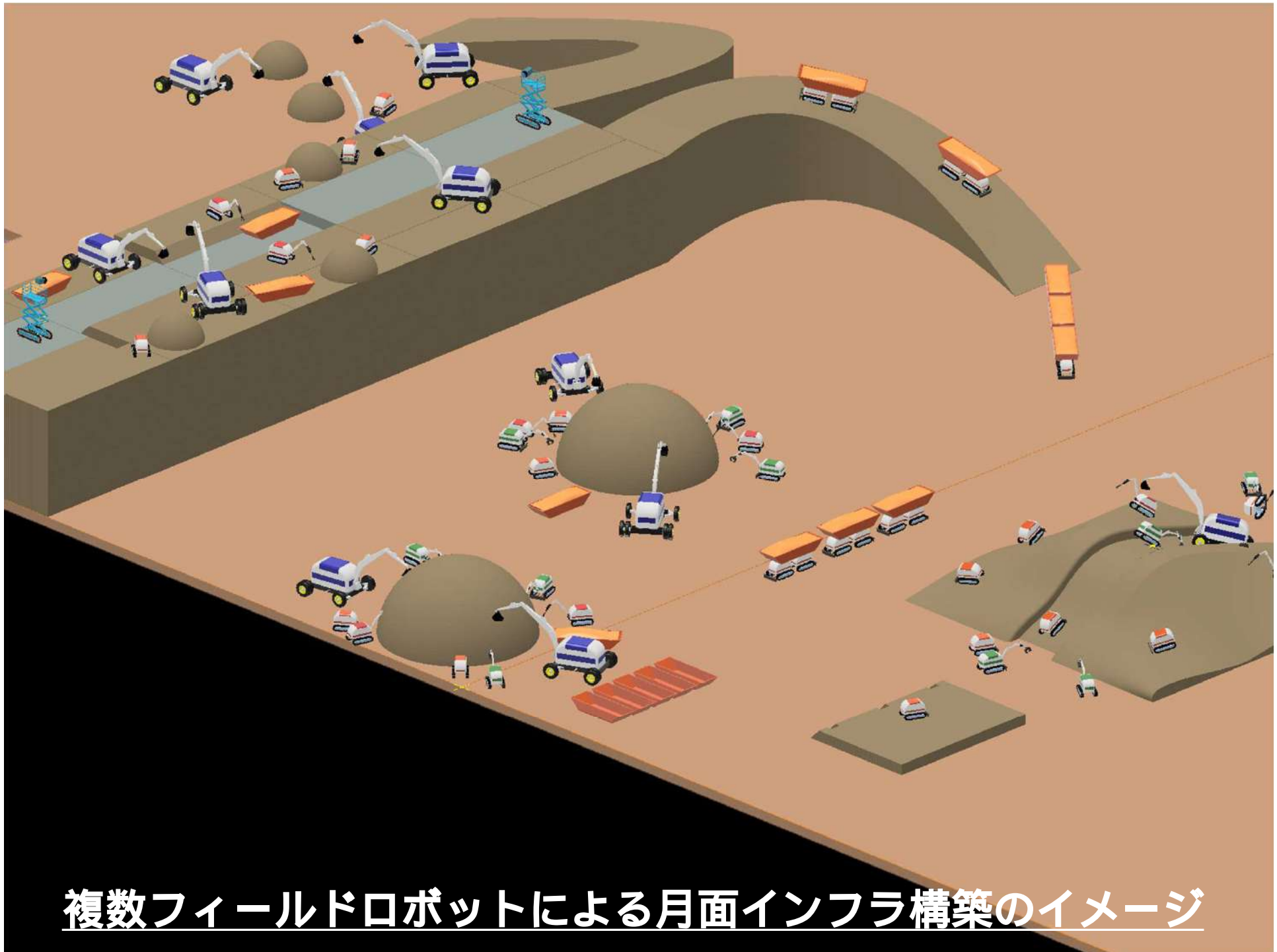
- **地球温暖化により発生する自然災害：**
→ 被害を最小限に抑える自然災害の応急復旧技術。
減災・復旧の課題推進国の国際的地位を確立。
- **月面における将来の有人探査の拠点構築：**
→ 有人探査の拠点構築のためのインフラ技術。
国際協力を進める月面開発を**日本がリード**。



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



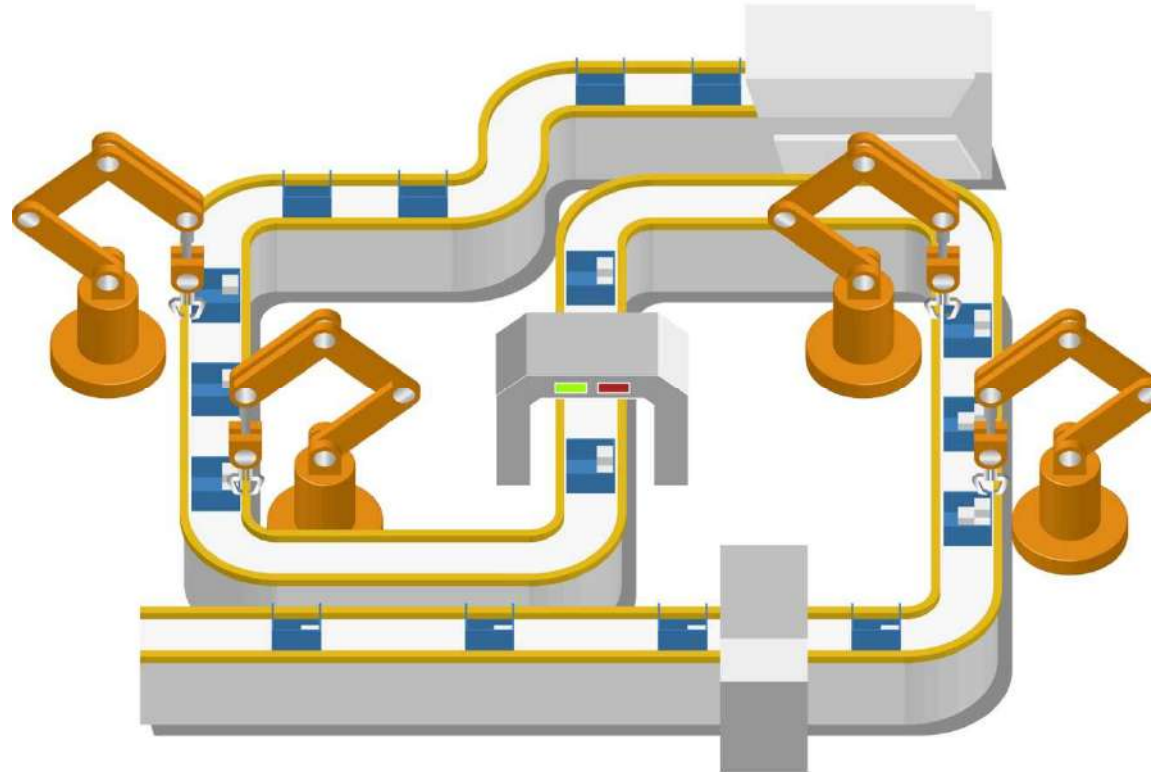


フィールドロボットシステム構築の難しさ

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、**ロボスト**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)



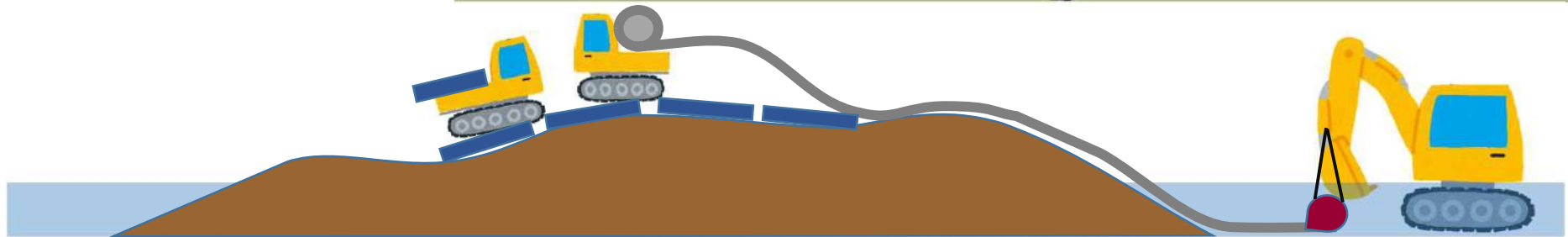
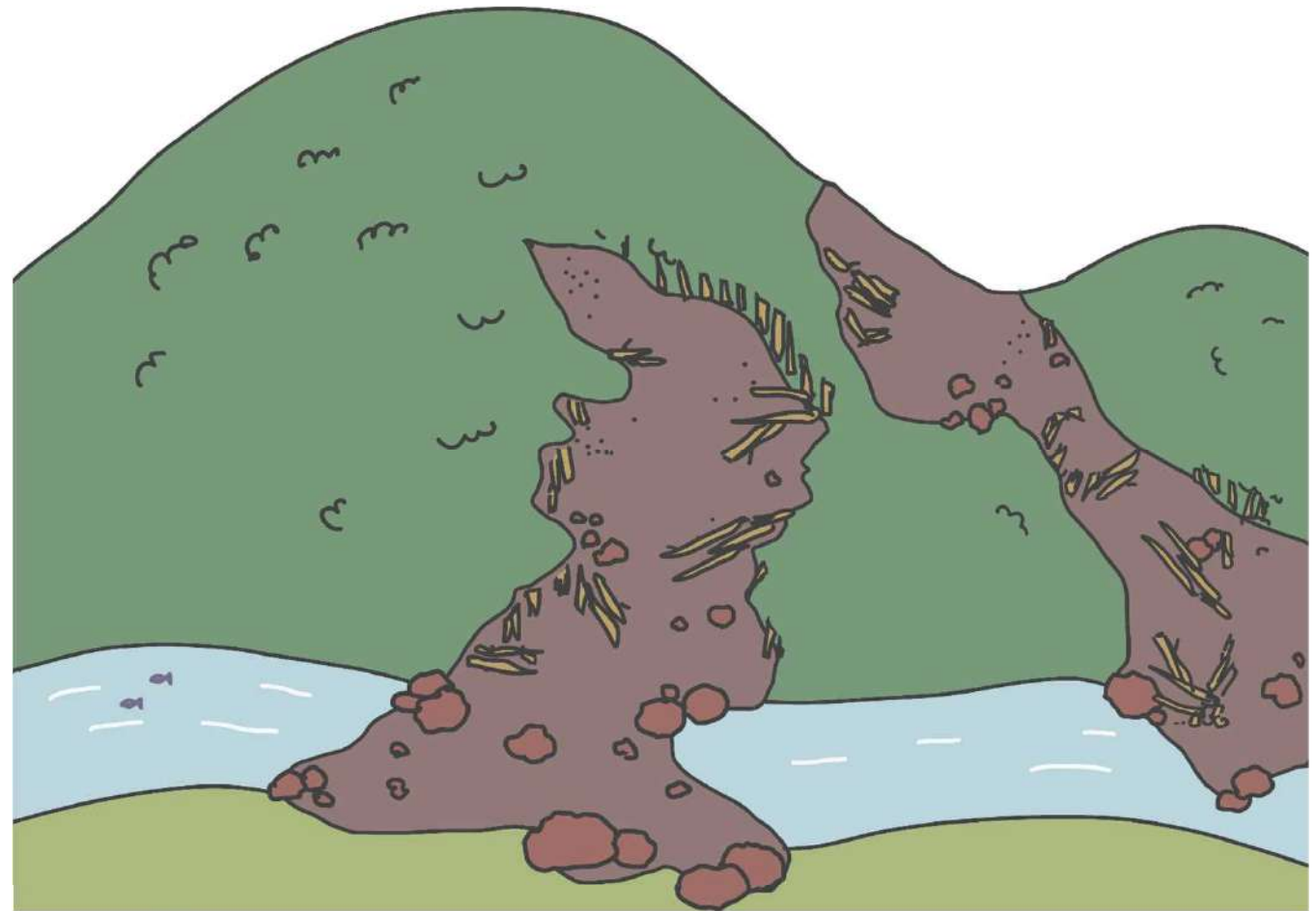
「閉じた設計」 + 「開いた設計」

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

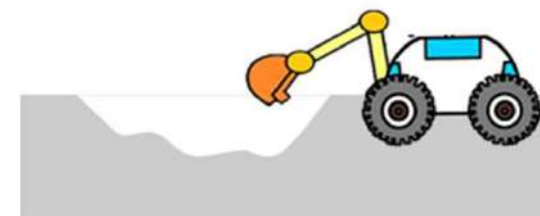
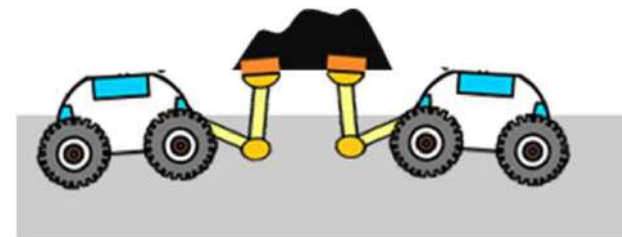
- 情報収集
- リスク評価
- 土砂移動
- 排水ポンプ設置



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

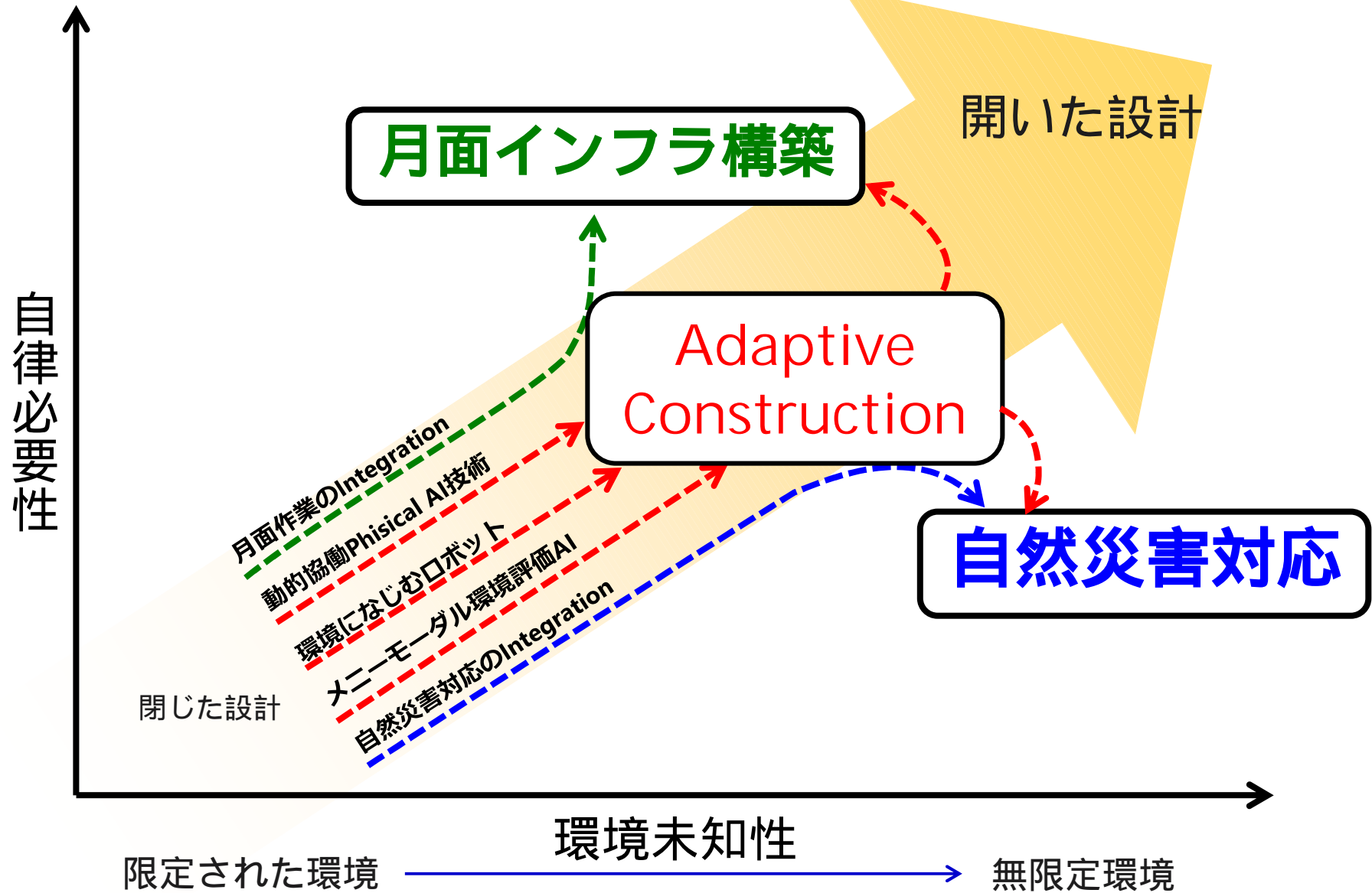


着陸拠点敷設

- 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



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

