



(C)NASA/JPL

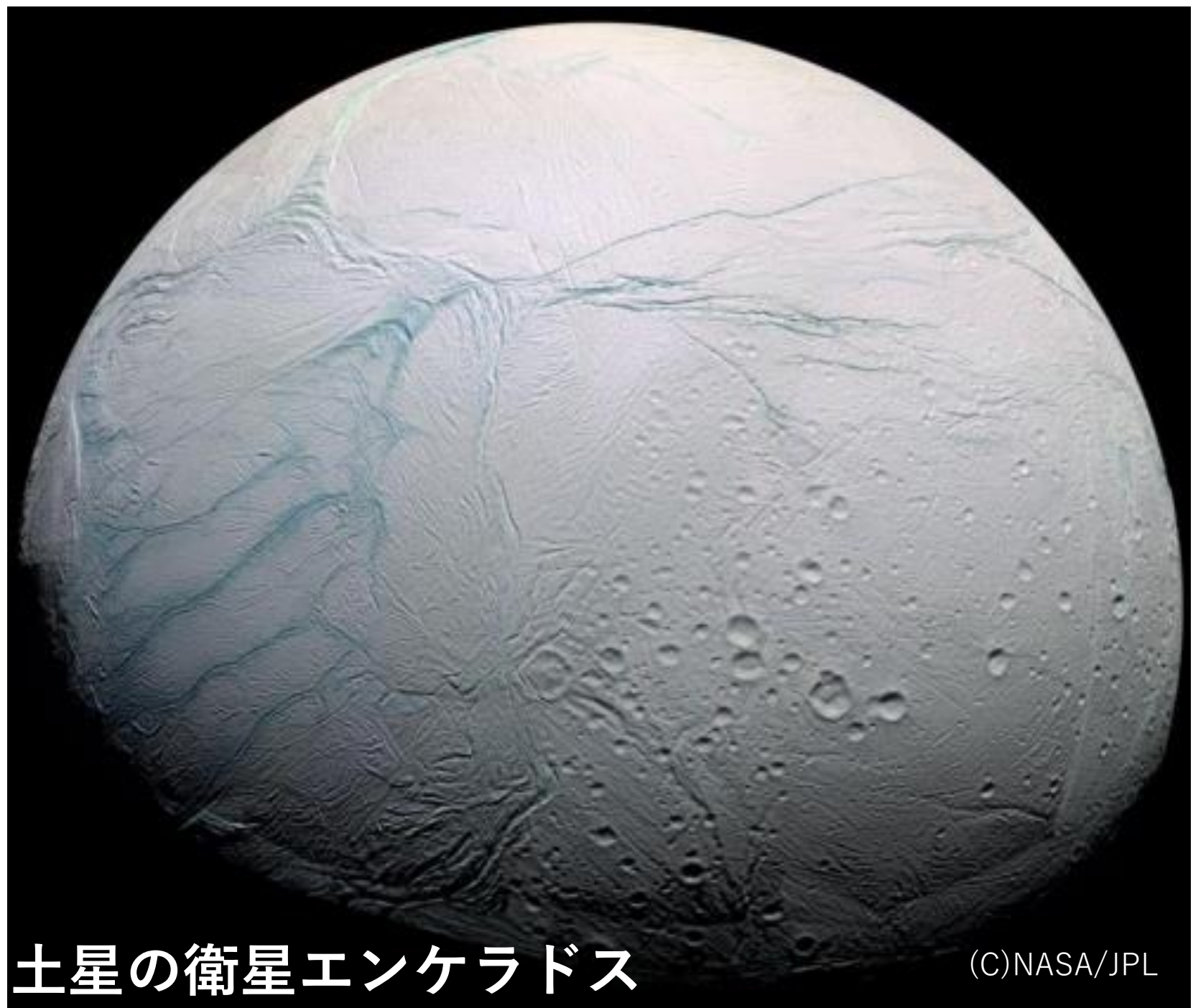
ミミズ型ロボットによる氷衛星エンケラドス内移動探査の初期検討

A Preliminary Study on Internal Exploration by Earthworm typed Robot for the Icy Satellite Enceladus

稲原慶太[†]（東大）、藤川千雅（中大）、中村太郎（中大）、久保田孝（JAXA）
[†] keita-inahara@ac.jaxa.jp

概要 氷衛星であるエンケラドスは、生命の存在の可能性があり、注目されている。エンケラドスは、南極付近に噴出孔が発見されており、米国のカッシーニ衛星により有機物のプルームが観測されており、生命の痕跡の存在が期待されている。そこで、内部の物質が噴出する間欠泉内を自律移動探査し、生命の痕跡を探査するミミズ型ロボットを提案する。ミミズ型ロボットは氷を把持し、複雑な氷間欠泉内を蠕動運動で走破する。
本発表では、初期検討としてミミズ型ロボットの移動探査のコンセプトおよび自律移動手法を報告する。

1. エンケラドスについて(土星の氷衛星)



土星の衛星エンケラドス

(C)NASA/JPL

特徴

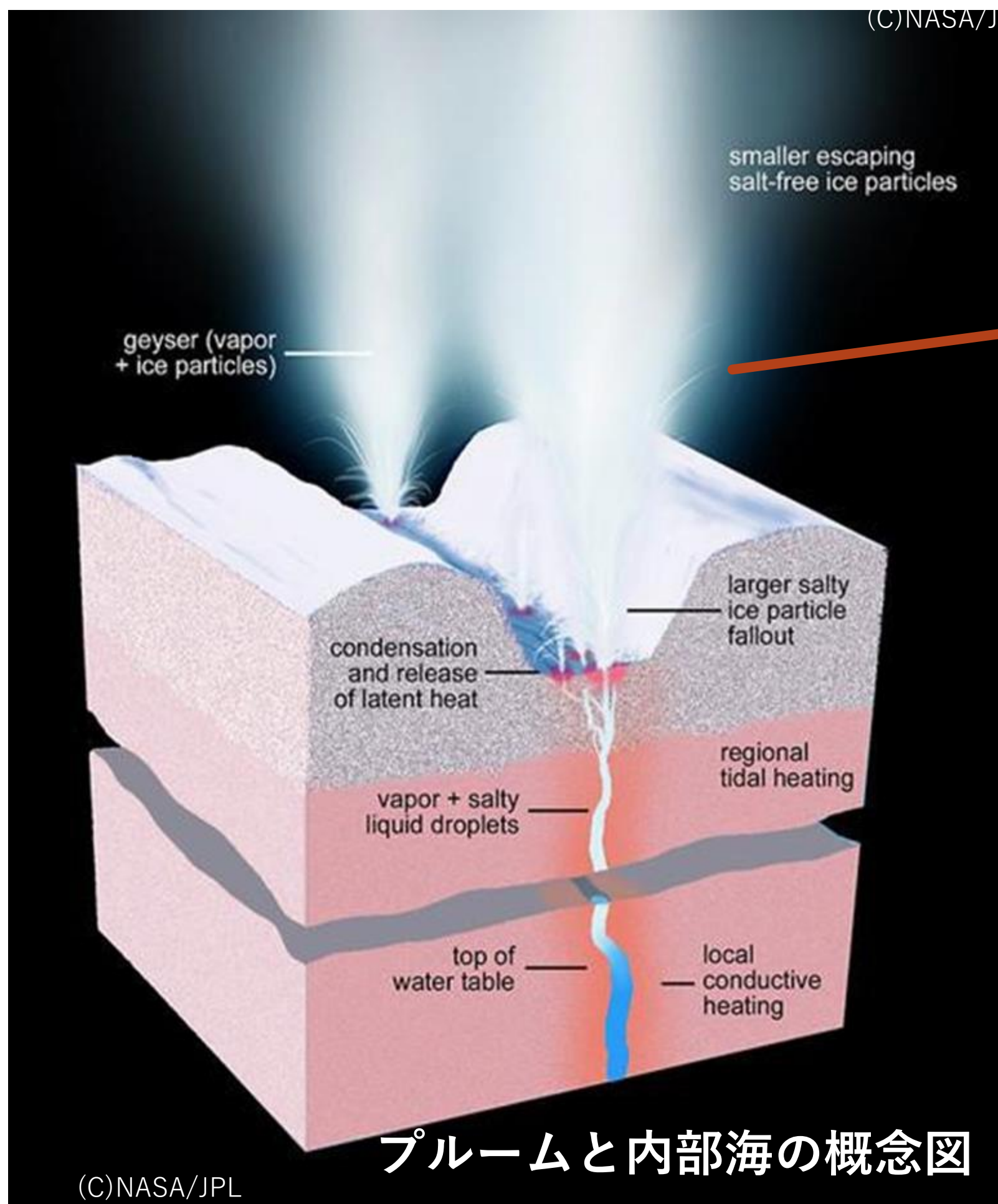
- 直径約 500 km 重力 0.113 m/s^2 (地球の約90分の1)
 - 氷の厚さは 1-5km (南極)
 - 南極付近でプルームの噴出の確認 (カッシーニ探査機)
- 1) 液体の水 2) 有機物の存在 3) エネルギー源
の存在より 生命の存在の可能性 が示唆されている

2. 氷間欠泉の存在 (エンケラドス)



プルームが吹き出す様子

プルーム中に、
1. 液体水
2. 有機物
の含有を確認



プルームと内部海の概念図

プルームは、内部海から数kmに渡る間欠泉内を
通って噴出していると考えられる。

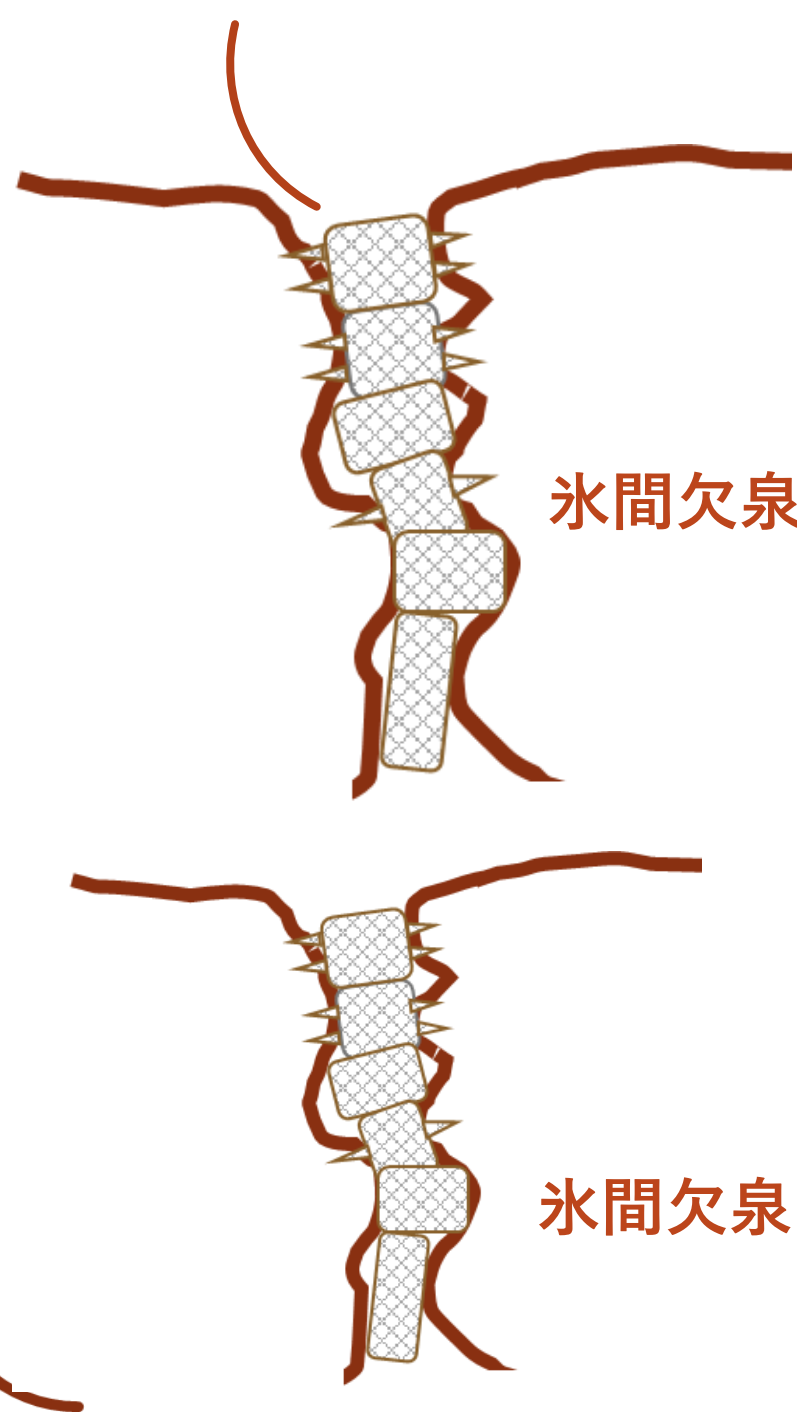
枯れた間欠泉を走破することで、内部海に到達
できるのではないか？

3. 問題設定とミッション検討

想定する地形について (間欠泉)

複雑な形状に変化可能な
ミミズロボット

地形タイプ	地形の状況
間欠泉	直径 0.1~0.15 m
間欠泉内の屈曲角	30°以内
摩擦	ロボットと氷の摩擦は ∞ とする。 (ミミズの外皮から針を出し固定)

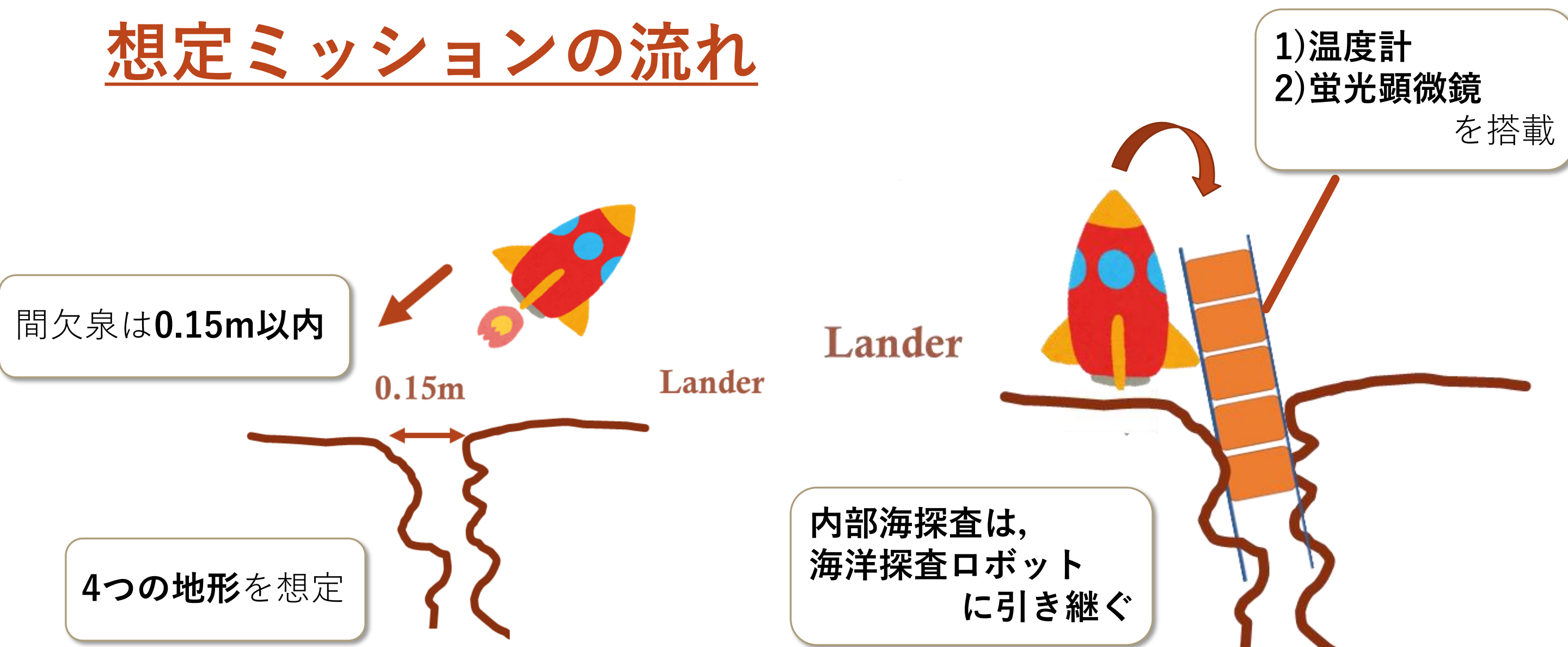


氷間欠泉

氷間欠泉

1. 直進円筒 2. 直径が変化する円筒 (傾斜/ステップ) 3. 屈曲円筒 4. 不整地

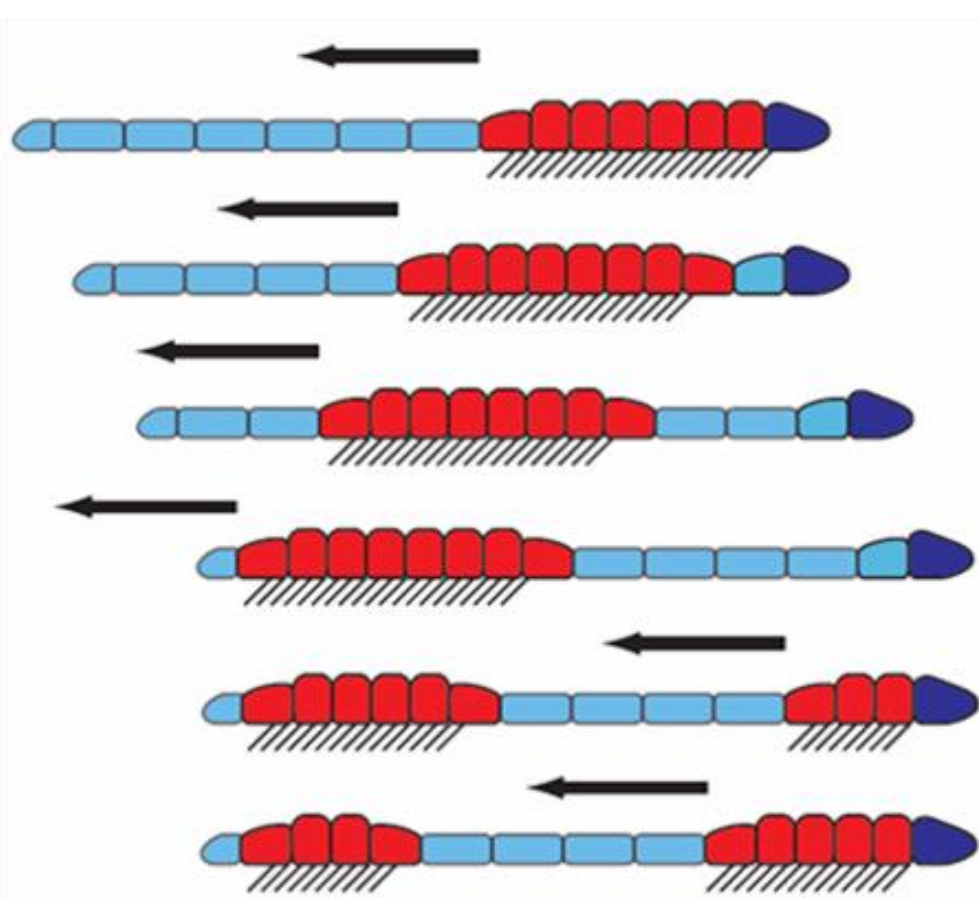
想定ミッションの流れ



1. 探査対象の割れ目近くに着陸 2. 筒に入ったミミズロボットを挿入

4. ミミズロボットの検討

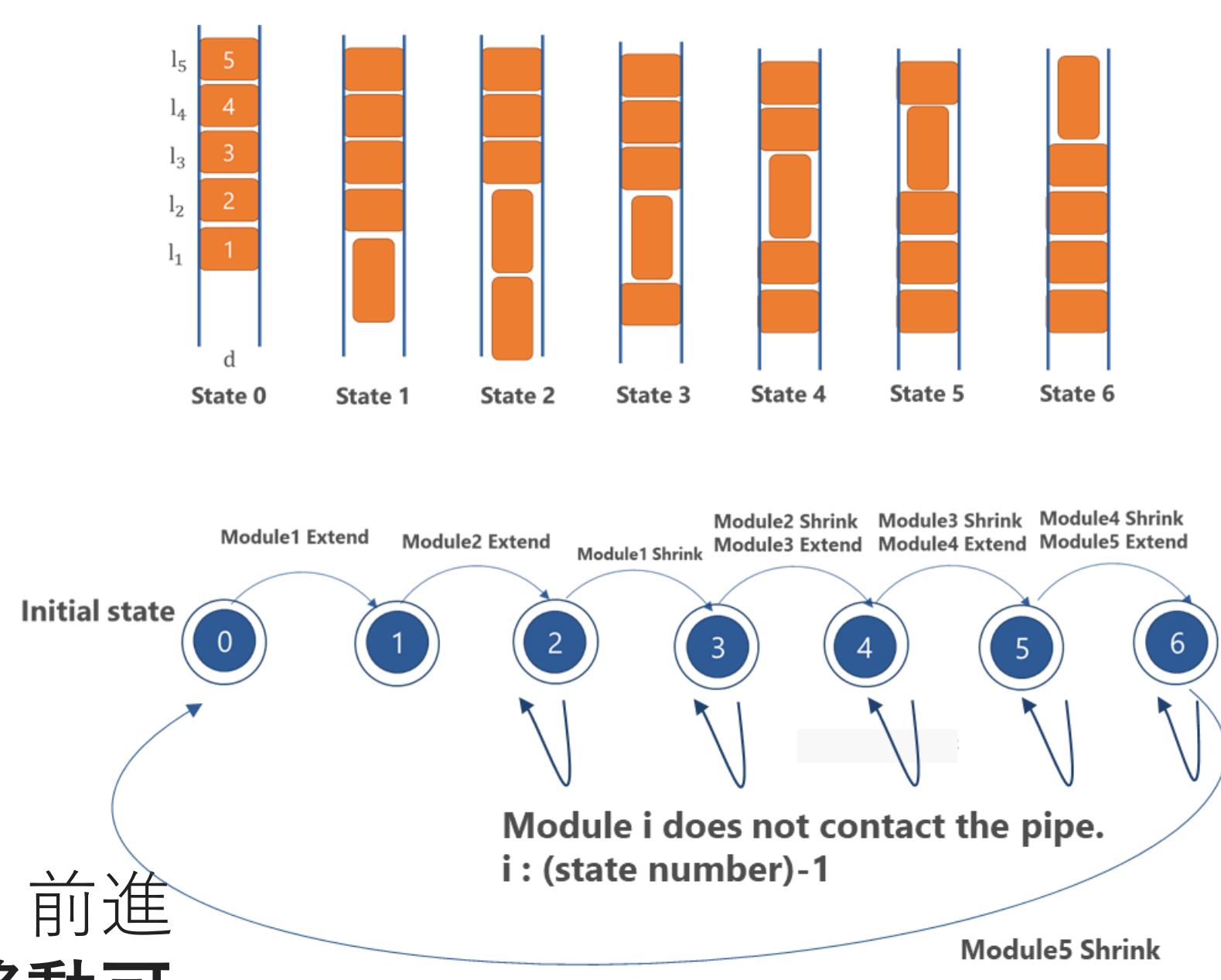
蠕動運動



A. Menciassi et al. "A SMA actuated artificial earthworm," ICRA, 2004.

体節収縮を前から後ろに伝え、前進
→狭い氷間欠泉内で効率的に移動可

氷中での蠕動運動アルゴリズム



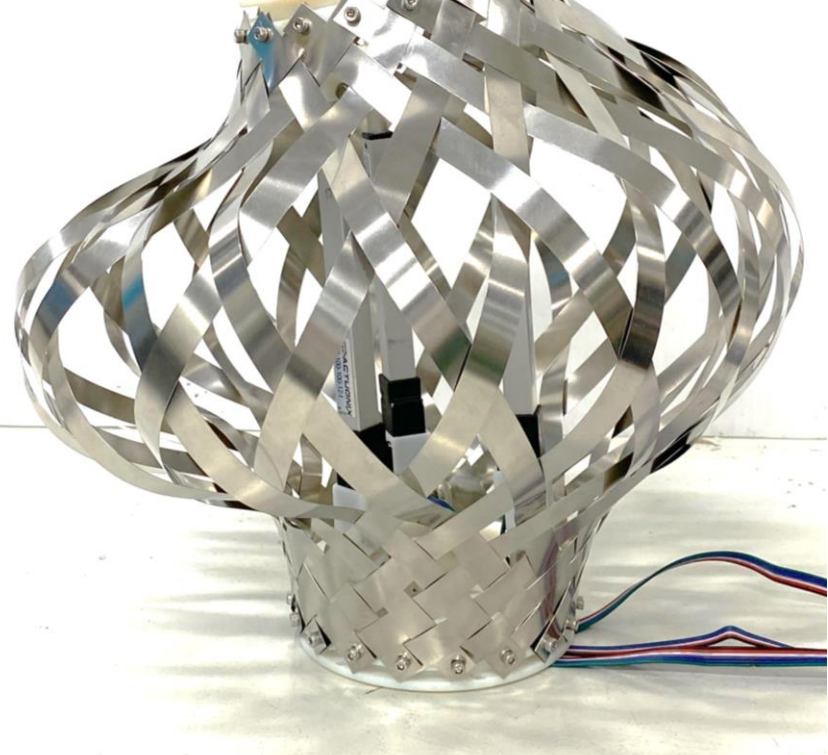
ミミズロボットの試作 (1モジュール)



伸長



収縮



屈曲

引き続き、氷間欠泉内で“賢く”動作する
ミミズロボットシステム構築に向け研究を進める。