

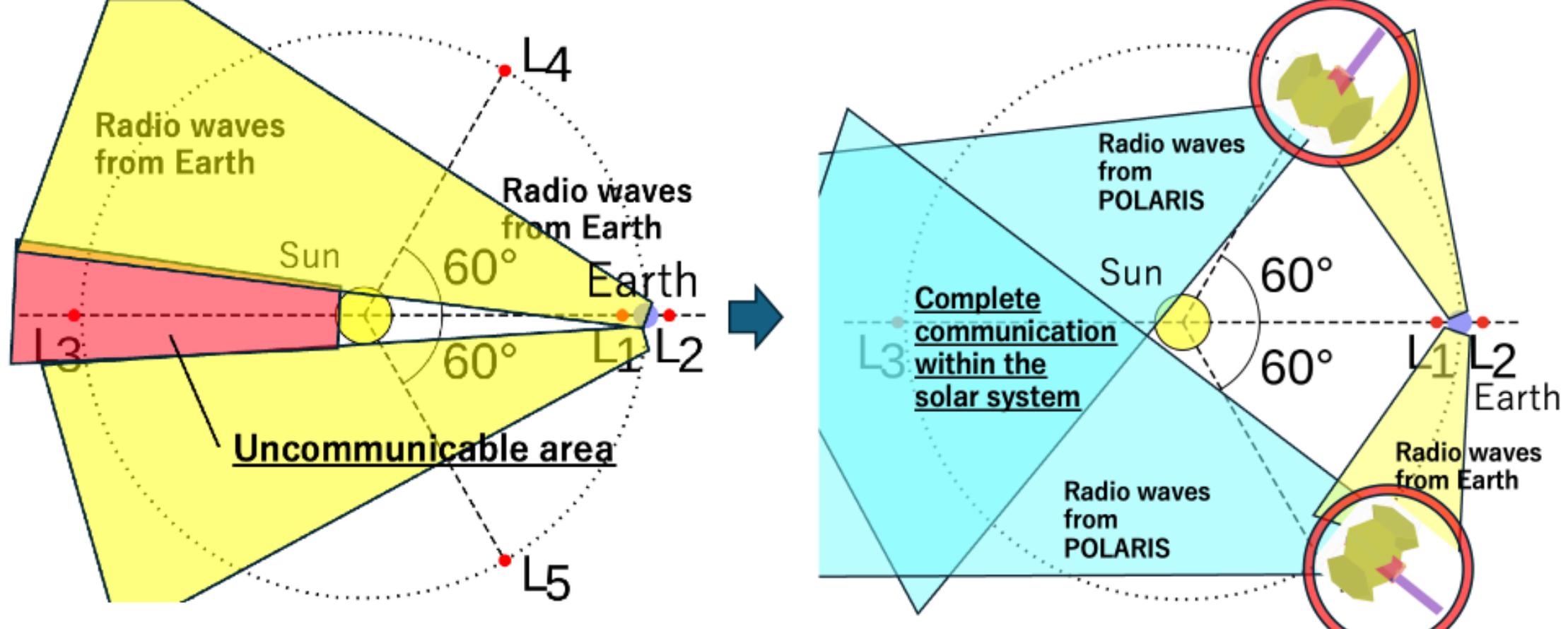
太陽系内通信中継機 POLARIS

琉大ガク院、沖縄県立開邦高校物理探究二班・科学部

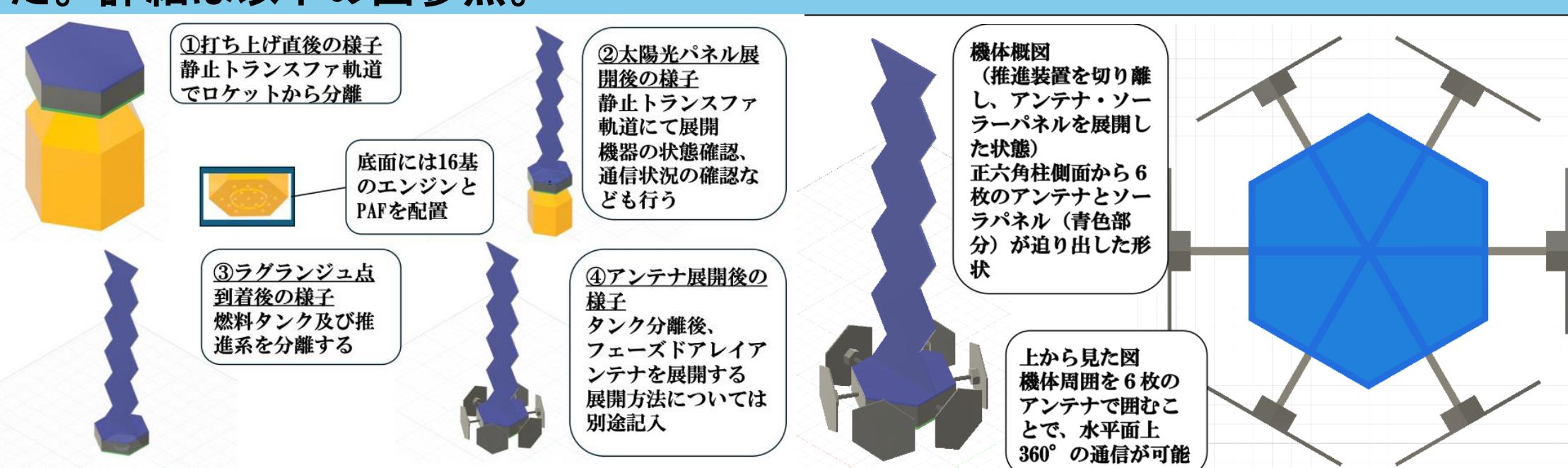
1. イントロダクション 私たちは実現したい社会像として、POP SPACE - 'To make space more popular, more POP' の実現を掲げている。この目標実現に対し、天体間による通信障害が大きな壁になるとを考えた。将来、宇宙の民間利用が進めば、天体による通信断絶が大きな経済損失を生み、飛行士も孤独に襲われる。このような宇宙はPOPとは程遠い。



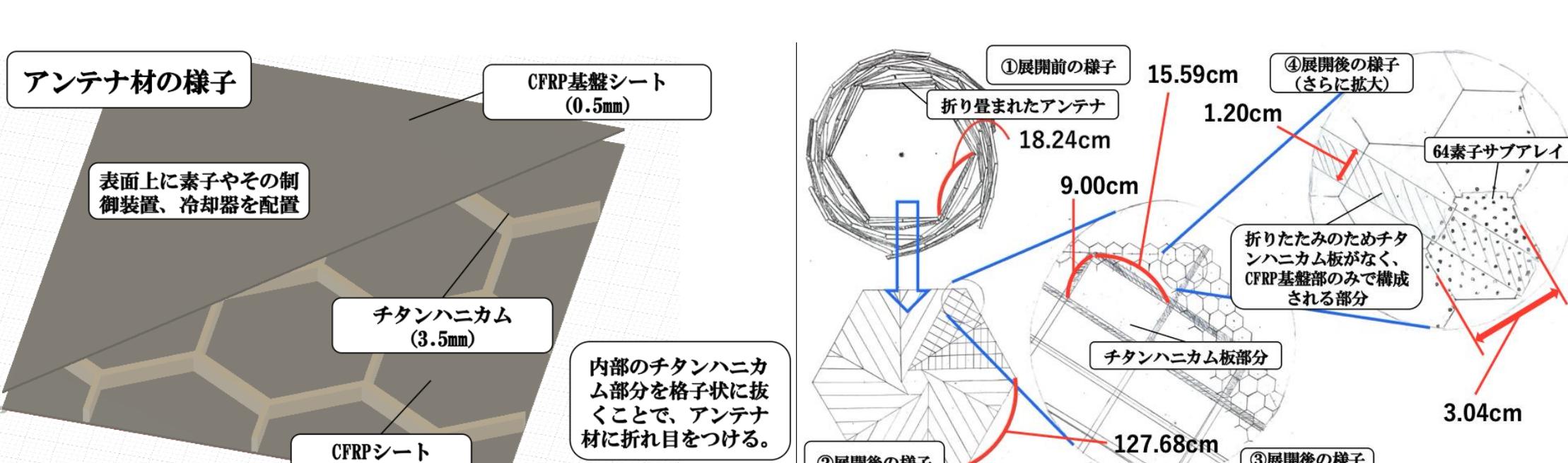
2. 提案内容 地球-太陽の間のラグランジュ点 (L4, L5) に通信中継機を設置し、太陽系内での通信を中継するシステム「太陽系内通信中継機 POLARIS (Platform for Orbital Linked Array of Relays for Intra-Solar comms)」を提案する。



3.1 機体設計 H3ロケットでの打ち上げを念頭に、機体の概念設計を行った。詳細は以下の図参照。

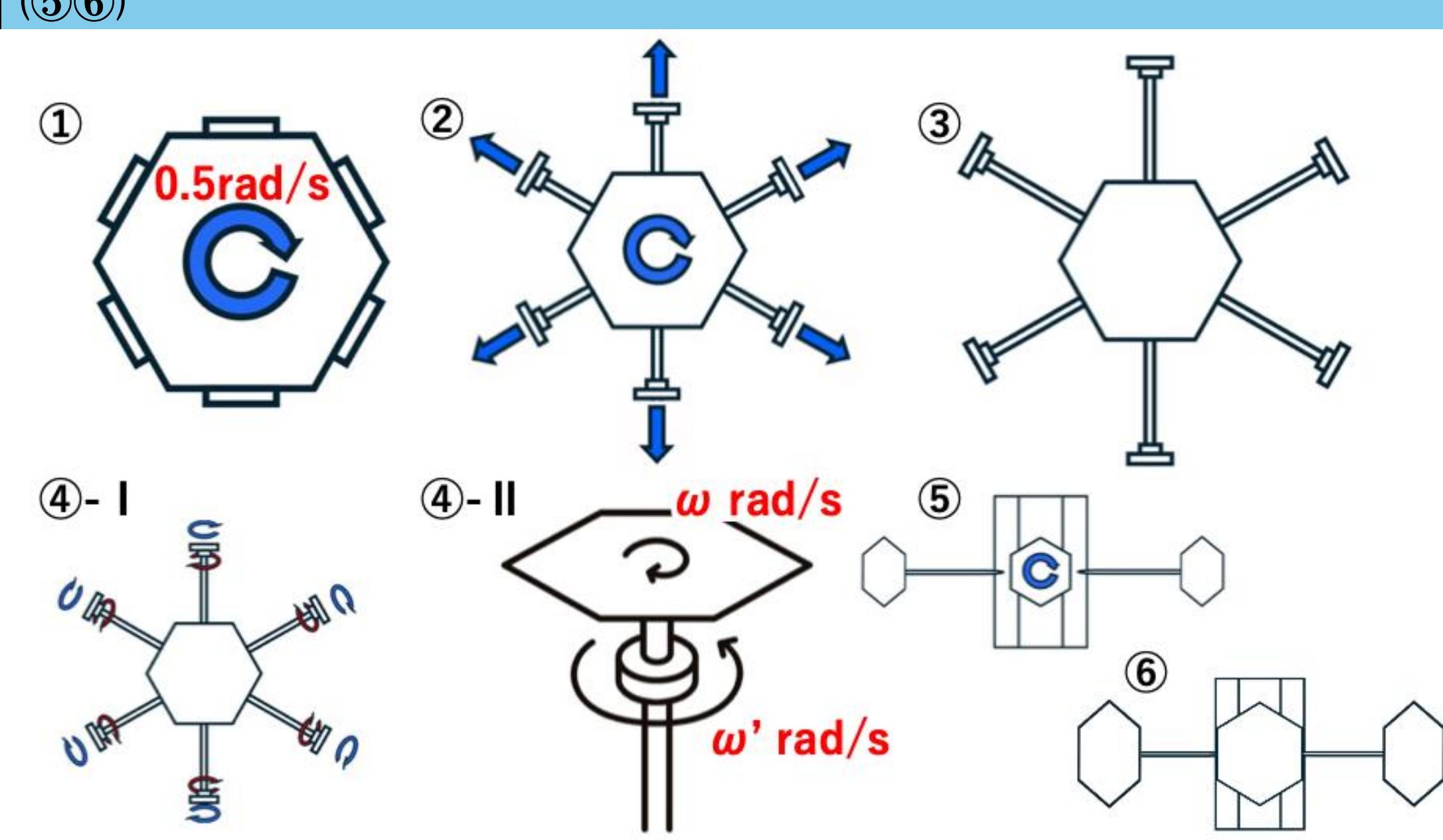


3.2 アンテナ設計 POLARISで使用する折り畳み薄板フェーズドアレイ アンテナは、アンテナ素子の位置制御が大きな課題となる。そこで、折り畳みとアンテナの剛性を両立させるためのアンテナ形状を考案した。詳細は以下の図参照。



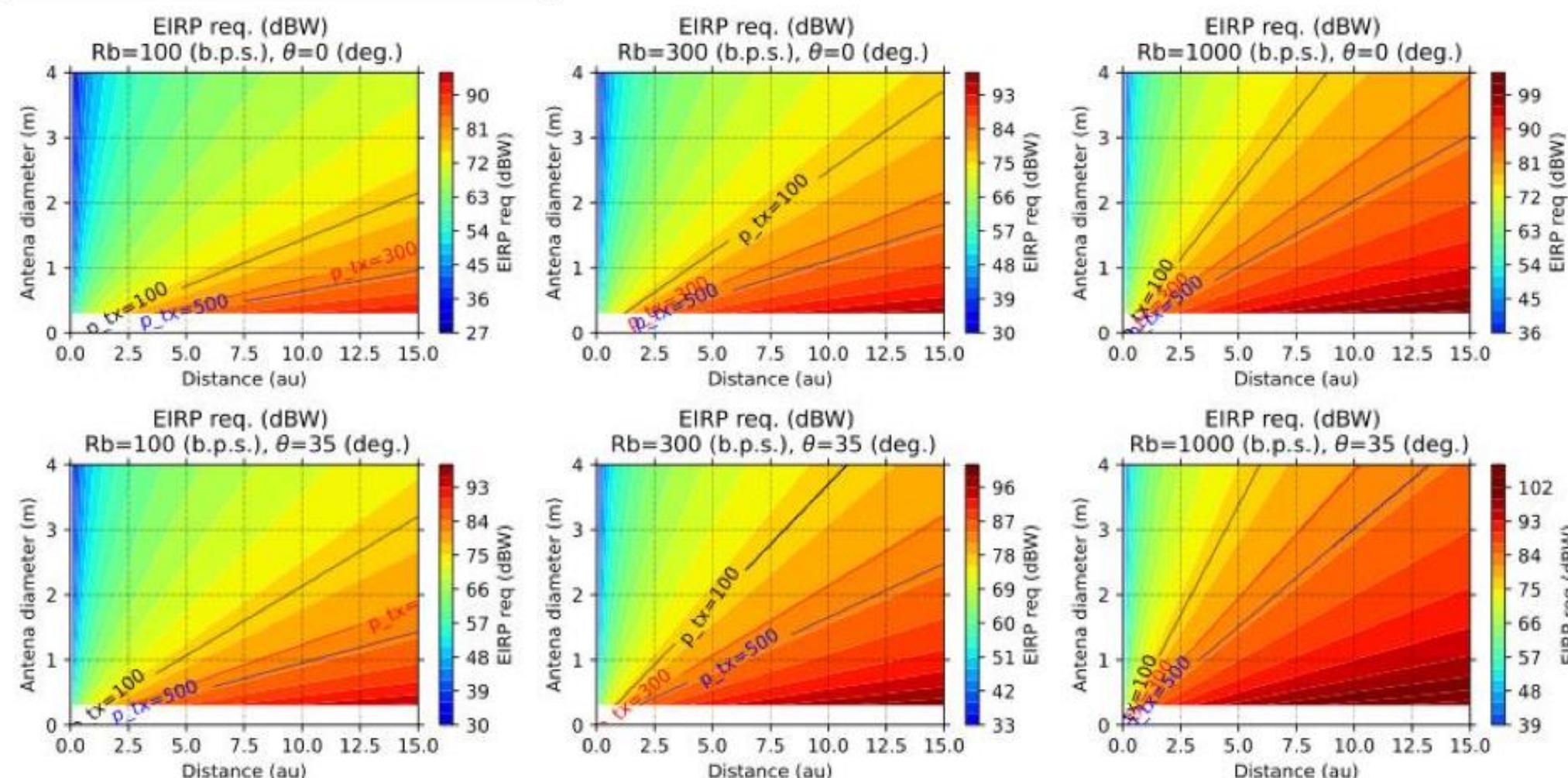
3.2 アンテナ展開メカニズム

- 1) POLARIS本体を回転させ、その遠心力により収納されたアンテナを本体中心から3m外側へ展開する。(①②③)
- 2) 外側へ展開されたアンテナを角速度 ω rad/secで回転させ、遠心力によりアンテナを開く。この時、アンテナは直接回転せず、アンテナ下部に取り付けられた回転機構を ω' rad/sec回転させることで、角運動量保存則を働かせ、アンテナを回転させる。(④)
- 3) 回転機構の回転を緩やかに停止させることで、アンテナの回転を緩める。(⑤⑥)



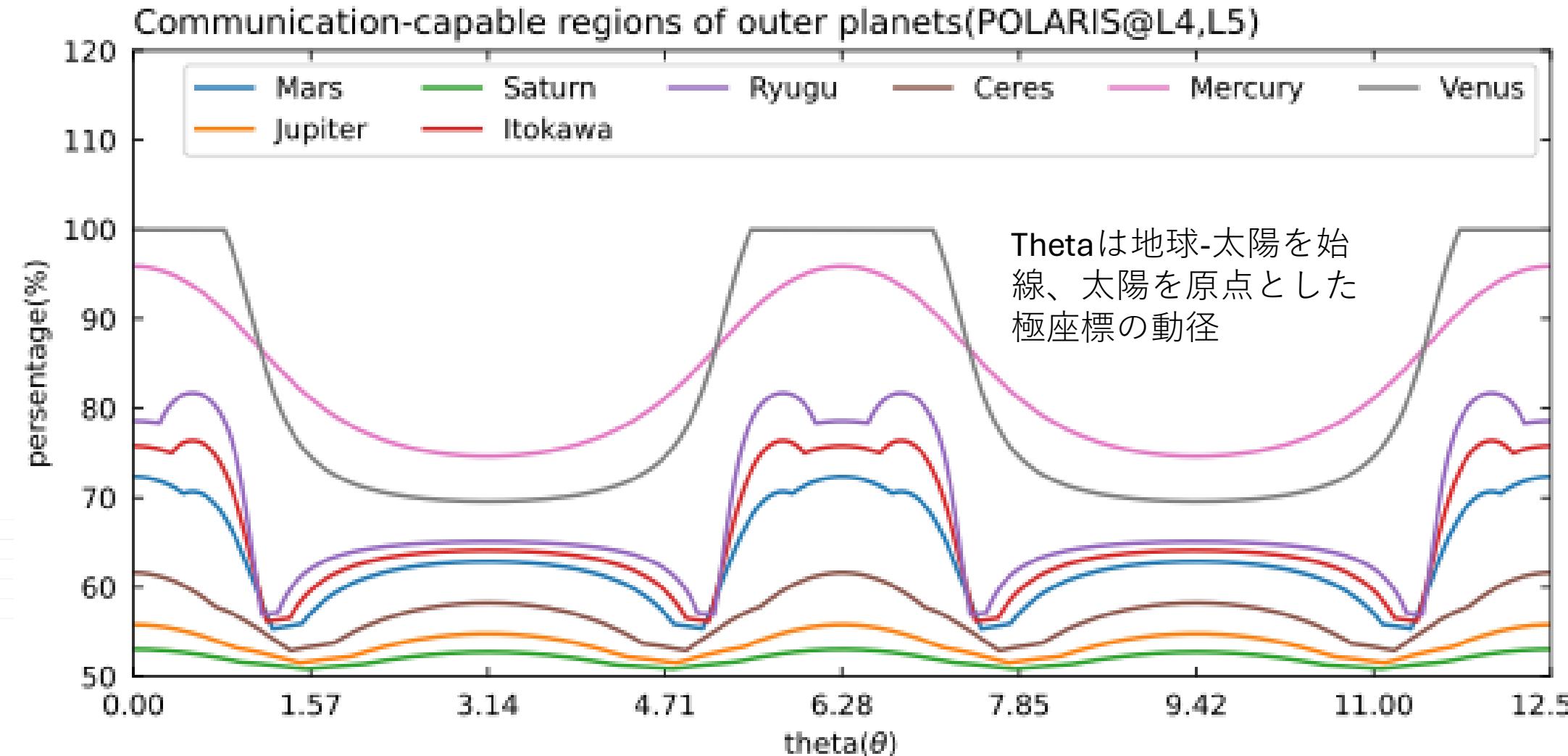
4. 1 中継電波のデータレート 横軸に通信距離、縦軸に受信アンテナ直径を取り、データレートとアンテナのスキャン角で場合分けした必要EIRPを用いてデータレートを達成可能な条件を評価した。

POLARISから宇宙機への通信

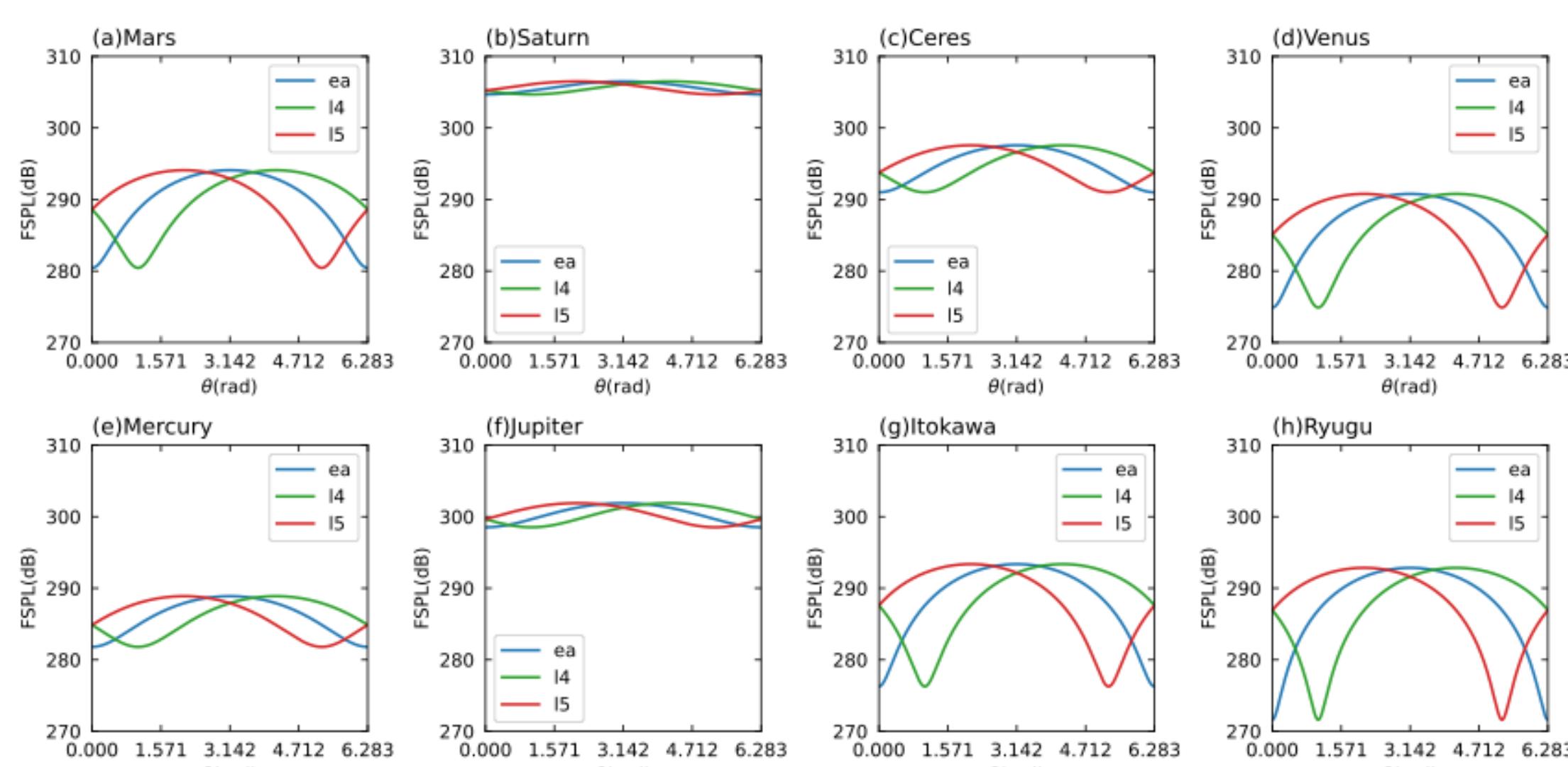


Thetaはアンテナ鉛直面と送信電波のなす角

4. 2 通信可能領域の拡大 POLARISの幾何学的な配置を活かした導入後の他天体への通信可能領域の拡大を評価した。現状の通信可能領域は50%であることを踏まえると、有意な増加が期待でき、これは探査機の運用時間増加に貢献する。



4. 3 期待される自由空間伝搬損失の削減



Thetaは地球-太陽を始線、太陽を原点とした極座標の動径

5. 拡張ミッション エキストラミッションとして、以下の3つを提案する。

- 1) 地球-太陽系のL3への配置、さらに、木星-太陽系のL3, L4, L5への配置による太陽系内通信ネットワークの実現。
- 2) X線望遠鏡を搭載することで、簡易的な太陽観測を行う。
- 3) 宇宙機の測位に利用する。

6. 得られる成果

- 1) 通信可能範囲・時間を拡張し、FSPLを削減することができ、より柔軟な宇宙利用を実現できる。
- 2) 複数のアンテナを同時に展開する例は他になく、技術実証として価値がある。
- 3) 実現されれば世界初のL4, L5への軌道投入となり、技術実証として価値がある。(ESAのVigilと競合となる)

7. 独創性と社会的効果

- 1) 地球-太陽系のL3や、木星-太陽のL点への配置によりさらなる通信領域の拡張が見込み、将来の太陽系内通信ネットワーク確立に向けた拡張性を持っている。
- 2) 宇宙開発において、各国が共同で利用できる通信中継局の配置は宇宙開発の国際協力を推進できる。
- 3) 観測、探査目的に限られていた深宇宙利用において、通信中継拠点としての新たな価値を与えられる。