

探査通信アーキテクチャの検討に関する情報提供要請(RFI)

平成 30 年 5 月 11 日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

経営推進部 月探査プログラム準備室

有人宇宙技術部門

1. 背景

我が国の国際宇宙探査への参加の在り方については、平成 29 年度の宇宙基本計画工程表改訂^{*1}において、平成 30 年度以降の取組として以下のとおり記載されました。

(*1 http://www8.cao.go.jp/space/plan/plan2/kaitei_fy29/kaitei_fy29.pdf)

- 米国が構想する月近傍の有人拠点への参画や、国際協力による月への着陸探査活動の実施などを念頭に、国際プログラムの具体化が図られるよう、主体的に技術面や新たな国際協調体制等の検討を進める。
- 国際宇宙探査のプログラムの具体化に先立ち、我が国として優位性や波及効果が見込まれる技術の実証に、宇宙科学探査における無人探査と連携して取り組む。

このうち、米国が構想する月近傍有人拠点 (Lunar Orbital Platform-Gateway: 以下”Gateway”と呼びます) については、NASA を中心に国際的な構想検討をしています (別紙-1 参照)。

JAXA においては、今後の国際的な議論に備え、我が国として優位性や波及効果が見込まれる、最先端の通信技術の活用可能性について幅広く情報を収集し、この Gateway を活用した、将来の多様な月面探査活動に取り組むことを想定した基盤となる、探査通信アーキテクチャ全体に関する検討を開始する予定です。

2. 情報提供要請事項

地球—Gateway—月面を範囲とした、探査通信アーキテクチャ全体および、日本の最先端の通信技術を広く集めることを目的に、情報提供要請(RFI)を行います。本 RFI では、アーキテクチャの一部或いは、要素技術等、部分的な情報提供についても受け付けております。

なお、本 RFI は情報提供を求めるもので、契約、調達を保証するものではありません。情報提供にあたって発生する経費は、JAXA は一切の負担をしないことを予めご了承ください。

(1) 範囲

本 RFI で、情報提供の対象としている通信リンクは以下の通りです。(図-1 参照)

- 地球 — Gateway 間
- 地球 — 月面エレメント間
- Gateway — 月面エレメント間
- Gateway — 近傍機器間 (補給船、船外活動クルー等)
- 月面エレメント—月面エレメント間

なお、通信アーキテクチャ全体に関する技術情報提供にあたっては、各国宇宙機関が保有する通信基盤、民間の通信基盤(将来構想を含む)の活用を検討ください。以下に、代表的な宇宙機関の通信基盤のリンク先を示します。

- NASA の通信基盤は、下記のウェブサイトをご参照ください。
<http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/index.html>
- ESA の通信基盤は、下記のウェブサイトをご参照ください。
http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/Estrack
http://www.esa.int/Our_Activities/Telecommunications_Integrated_Applications
- JAXA の通信基盤は、下記のウェブサイトをご参照ください。
<http://track.sfo.jaxa.jp/en/index.html>

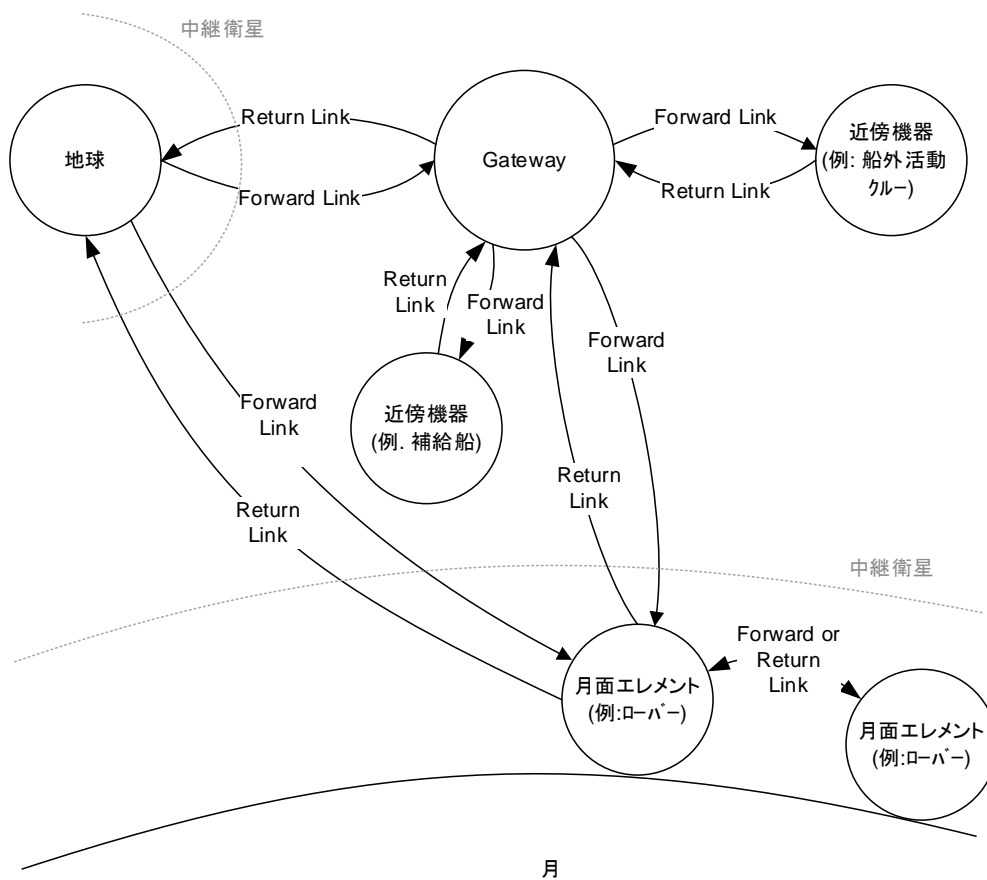


図-1 通信リンク(概念図)

(2) 前提条件

- ・ 図-1 に示す矢印は、通信方向を示しておりますが、必ずしもダイレクトリンクに限定したものではありません。従いまして、以下に例示する方法、中継衛星等(潜在的なものを含む)を介した通信の提案も可能です。
 - Point to Point 通信
 - 中継機能(中継衛星等)を介した通信
- ・ 近傍機器、月面エレメントは複数であることを前提とします。
- ・ 図-1 に示す通信は同時に行われることを前提とします。

(3) 技術提供に係る要求

- ・ 通信リンクへの要求は表-1 を参照ください。
- ・ 通信アーキテクチャの検討にあたっては、以下に留意頂くようお願い致します。
 - 通信のアーバビリティを最大化させること
 - Gateway、月面エレメント等の重量、容積、電力を最小化させること
 - 技術革新(新たな通信プロトコル等)に応じ、新たな技術の導入が可能な柔軟性をもつこと
 - 通信リンク確立のための Gateway、月面エレメント、近傍機器の測位(軌道決定または位置決定)に係る技術を提案すること
 - 将来の月以遠の探査ミッションへの発展性を考慮し、検討すべき課題を識別のこと
- ・ 通信リンクの中断、切断、遅延が起こり得る環境下において、有用な通信技術の提案をお願い致します。

表-1 通信リンクへの要求

通信リンク	フォワードリンク	リターンリンク	アーバビリティ
地球—Gateway 間	2-10+ Mbps	10-100+ Mbps	～80%の通信カバレッジかつ、8時間以上の連続 outage がないこと
Gateway—月面エレメント間	1-10+ Mbps	5- 25+ Mbps	～80%の通信カバレッジかつ、8時間以上の連続 outage がないこと
月面エレメント間	1- 20+ Mbps (双方向通信)		エレメントが互いに視野内にある場合、カバレッジを最大化のこと
Gateway—近傍機器間 (補給船等)	1 Mbps(最大)	10 Mbps (最大)	～98%の通信カバレッジかつ、 ・3km 未満の領域で 120 秒以上の連続 outage がないこと、 ・250m 未満の領域で 50 秒以上の連続 outage がないこと
地球—月面エレメント間	16 kbps 以上	256 kbps 以上	—

(補足1)本表の設定根拠を別紙2に示す。

(補足2)上記の数値は通常運用時を想定。情報提供にあたっては、要求値の見直しを提案頂くことも可能ですが、技術的根拠を示していただくようお願い致します。

3. 応募要件

(1) 提出情報

- 所属、担当者名、連絡先
- 2 項の情報提供要請事項に係る技術情報（詳細は次項を参照）

(2) 技術情報

情報提供にあたっては、以下の事項を含めるようお願い致します。

- 通信アーキテクチャに関する情報
 - 通信アーキテクチャ全体構想
 - 周波数
 - データレート、リンクバジェット
 - データ中継衛星の活用、機数、軌道位置
 - 宇宙機関および民間通信基盤、サービスの活用（宇宙、地上を含む）
 - 通信カバレッジ、アベラビリティ
 - 測位手法(軌道決定または位置決定)
 - 信頼性（冗長に関する考え方）
 - アーキテクチャ全体(或いはその一部)、運用、データ配送サービス等の提供意思
- 通信技術に関する情報
 - リアルタイム性を重視する通信(ビデオ、音声等)の遅延を最小化する技術
 - 通信中断、切断が起こり得る環境におけるデータ伝送、ストレージ技術
 - 低速データ(テレコマ等)、高速データ(ビデオ等)の同時伝送技術
 - Gateway と月面エレメント(複数)の同時通信技術
 - 通信リンクの維持および通信切断からの自動通信復旧技術
(例: 月表面を走行するローバーと地球の通信リンク、Gateway と地球の通信リンクを安定的に維持する技術、切断時における自動通信復旧技術など)
 - 通信リンク確立のための Gateway、月面エレメント、近傍機器の測位(軌道決定または位置決定)に関する技術

(3) 情報提供の手続き

1) 秘密保持契約書の締結

本技術に係る開示されていない秘密情報の JAXA からの開示や、情報提供者殿からのご提供情報についての JAXA の秘密保全管理が必要な場合には、秘密保持契約書を締結させていただきますので、お問い合わせ下さい。

2) 打合せ

必要に応じて、打合せを実施させていただきます。

3) 情報提供の方法及び締切

書面(A4 サイズ、文字は 10 ポイント以上)にて、平成 30 年 6 月 29 日(金)17:45 までに、ご提出下さい。(持参、メール送付も可)

4) 情報ご提供後の進め方

必要に応じて、質問および打合せのお願いをさせていただくことがございます。

(4) 書類提出先

〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台 4-6 御茶ノ水ソラシティ
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
経営推進部 月探査プログラム準備室
降旗 弘城 宛(メールアドレス: furihata.hiroki@jaxa.jp)

(5) 問い合わせ先

お問い合わせは、以下のメールアドレス宛にお願いいたします。

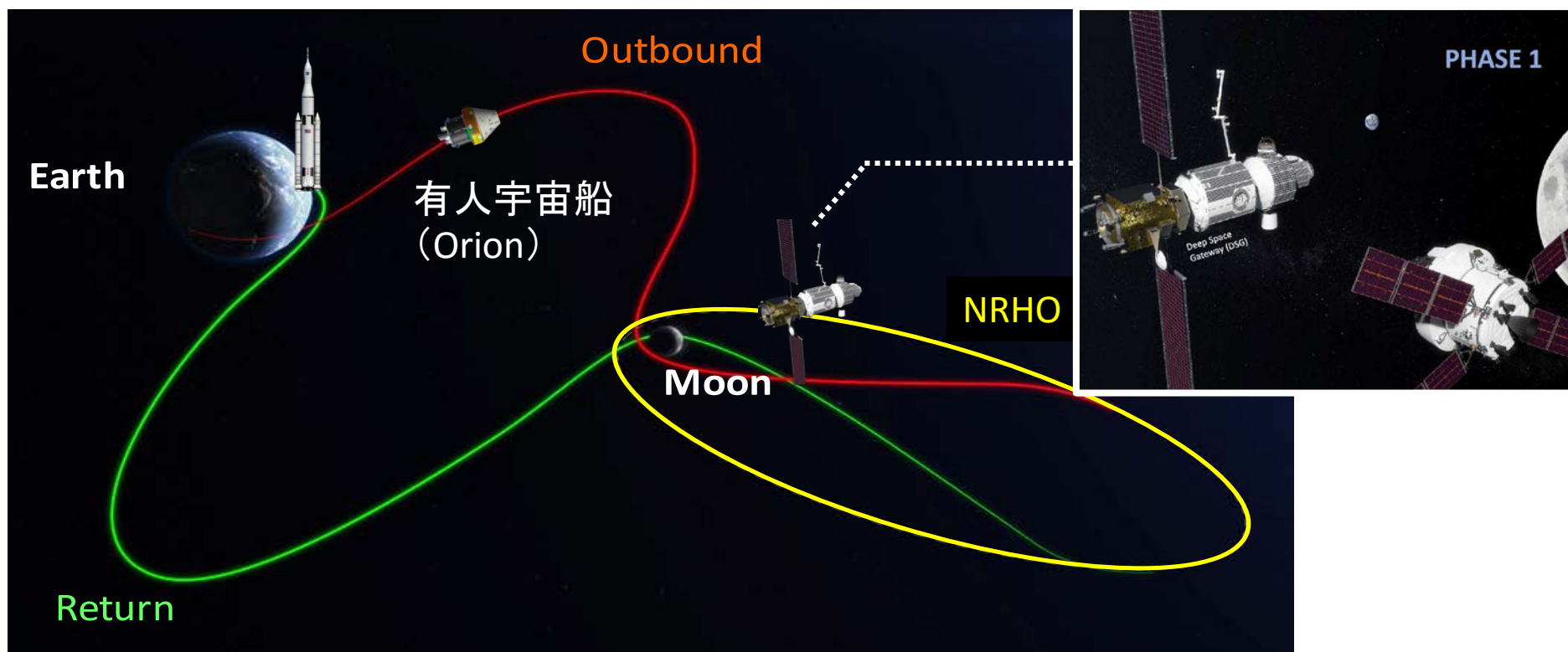
furihata.hiroki@jaxa.jp

satoh.naoki1@jaxa.jp

kaneko.yosuke@jaxa.jp

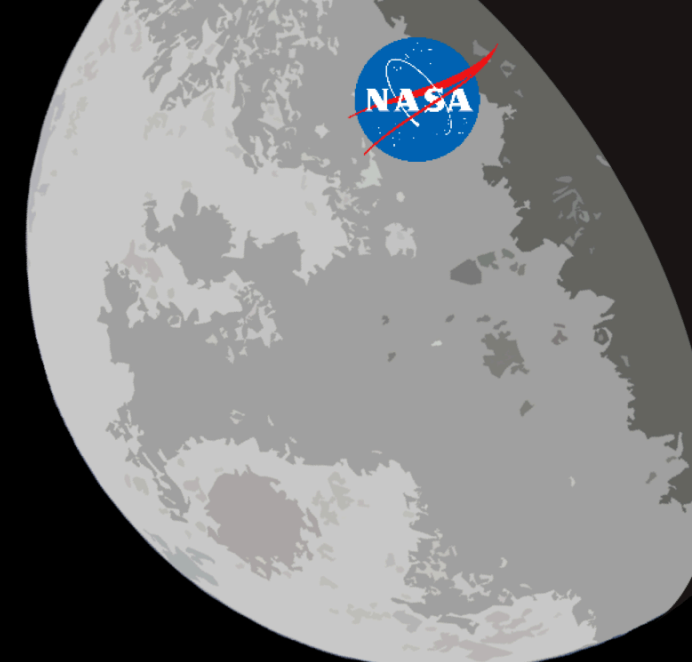
以上

- 月近傍有人拠点 (Lunar Orbital Platform-Gateway: LOP-G、以下”Gateway”)は、米国が構想する月の周回軌道に設置される有人拠点。
- 月の極域探査を繰り返し行うことや、月以遠への探査に向けた技術実証を行うために適したNRHO軌道に位置する。建設フェーズにおける、宇宙飛行士の滞在は4名、30日程度であり、将来は数100日程度の長期滞在が可能な有人拠点となる予定。
- 次ページにNASAがまとめた、Gatewayの概要を示します。



GATEWAY DEVELOPMENT

Establishing leadership in deep space and preparing for exploration into the solar system

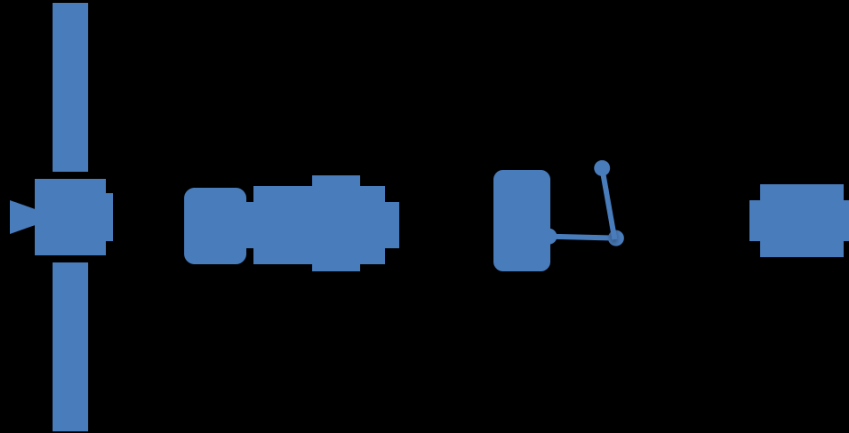


FOUNDATIONAL GATEWAY CAPABILITIES

2022

2023

2024+



50 kW-class
Power &
Propulsion
Element

Habitation
and
Utilization

Logistics and
Robotic Arm

Airlock

These foundational gateway capabilities can support multiple U.S. and international partner objectives in cislunar space and beyond.

CAPABILITIES

- Supports exploration, science, and commercial activities in cislunar space and beyond
- Includes international and U.S. commercial development of elements and systems
- Provides options to transfer between cislunar orbits when uncrewed
- External robotic arm for berthing, science, exterior payloads, and inspections

OPPORTUNITIES

- Logistics flights and logistics providers
- Use of logistics modules for additional available volume
- Ability to support lunar surface missions

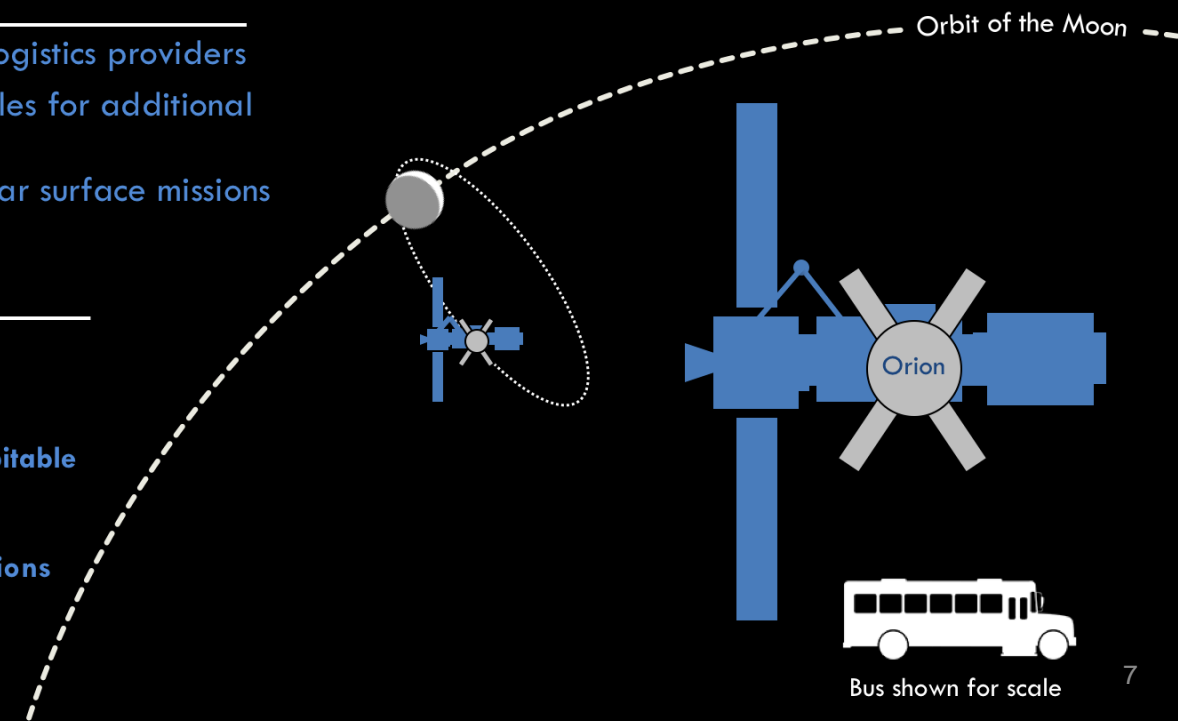
INITIAL SCOPE

 4 Crew Members

 At least 55 m³ Habitable Volume

 30 Day Crew Missions

 Up to 75mt with Orion docked

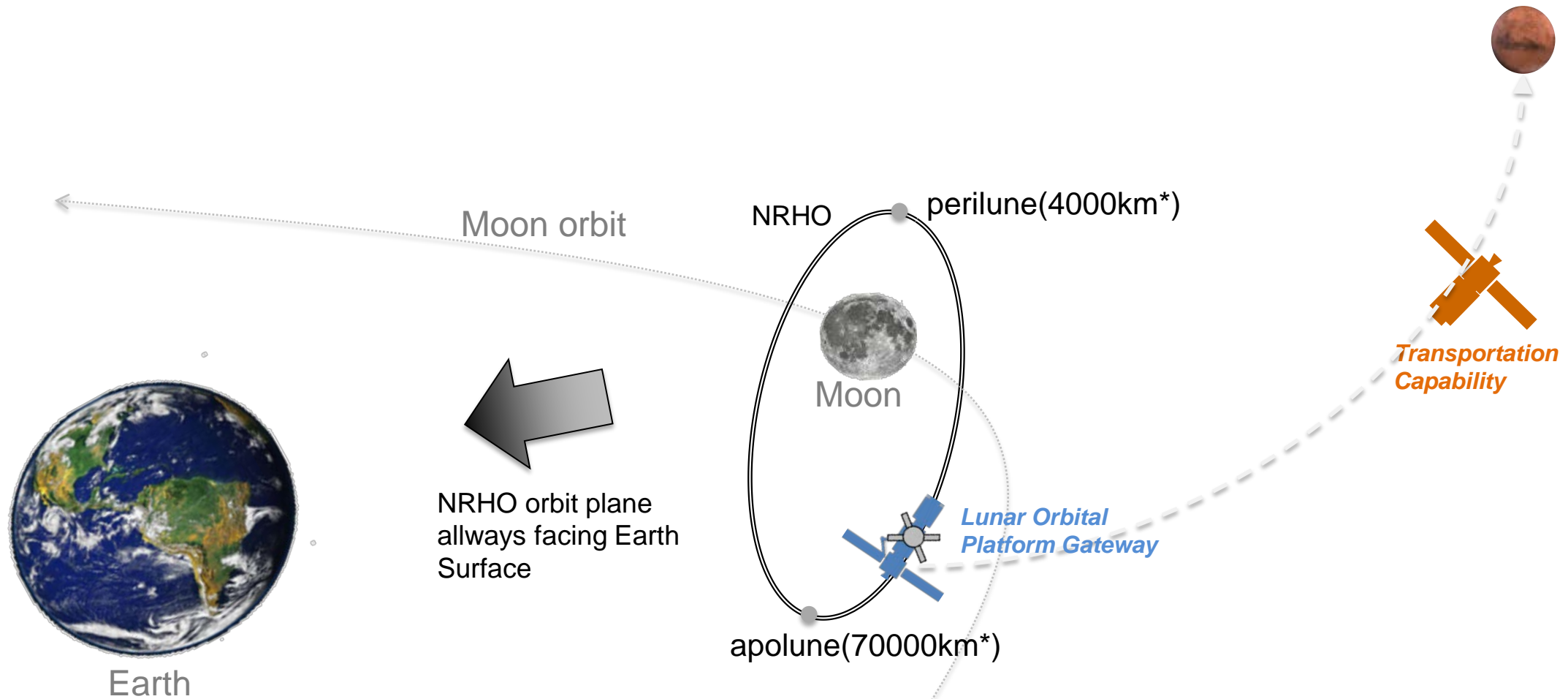


Bus shown for scale

Gatewayにおけるリソースについて(想定)

- Gatewayの船外には、ロボットアームを装備します。このロボットアームを用い、Gateway船外へ実験機器を設置することや、サイエンスエアロック経由で船内へ機器を回収することを想定しています。
- Gatewayにはサイエンスエアロックを装備します(前ページのAirlockとは別に)。サイエンスエアロックのサイズは直径800mm、奥行き800mmを想定しており、モジュール間のハッチと同一サイズとしています。
- Gatewayの船内には、実験や利用のための空間を準備します。
- 宇宙飛行士がGatewayに滞在している期間は4kW未満、無人運転時には4kW以上の電力を実験／利用のための機器に供給することが出来ます。この内、2kWの電力を船外の機器へ供給することが可能です。
- GatewayはNear Rectilinear Halo Orbit (NRHO)に設置する予定です(補足説明を次ページ)。
- 実験／利用のためにGatewayがポインティングを行うことは想定していません。

Near Rectilinear Halo Orbit (NRHO)



*) Distance from the center of the Moon.

通信リンクレート設定根拠

<u>Communication Link</u>	<u>Forward Link</u>	<u>Return Link</u>	<u>Data Rate Rationale</u>
Earth - Gateway	2-10+ Mbps	10-100+ Mbps	<p>Forward Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~100 kbps for commands: (ISS has ~40kbps for commands, double to account for attached modules & surface vehicles + add 20kbps for margin) • ~100 kbps for Software uploads: Full On-Board SW Upload ~100 Mbps; Assuming 1 hour contact time with earth and full SW upload in that 1 hour and using a factor of 4 margin gives ~100kbps • ~1-2 Mbps for mission planning: (procedures, file transfers, etc.) • ~2+ Mbps Video/imagery: minimum 1 channel 1080p HD @ 2 Mbps, more likely 5Mbps (if 4K, then 8Mbps best case or 16Mbps conservative case) • ~2+ Mbps crew communications (private medical conference, family communications, etc. (audio synchronized with video is ~4.2 Mbps)) <p>Return Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~450 kbps for telemetry (operational, crew health and status, situation awareness). Includes telemetry from attached modules • 80+ Mbps Engineering/Science/Video: assume 2 channels 4K video is 32 Mbps, double for margin and add another 16 Mbps to account for relay of video for surface assets, etc. • ~1-2 Mbps file transfers, etc. • ~2+ Mbps crew communications (private medical conference, family communications, etc. (audio synchronized with video is ~4.2 Mbps))

<u>Communication Link</u>	<u>Forward Link</u>	<u>Return Link</u>	<u>Data Rate Rationale</u>
Gateway - Moon Surface Elements	1-10+ Mbps	5- 25+ Mbps	<p>Forward Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~50 kbps for commands • ~25 kbps for Software uploads: Full On-Board SW Upload ~100 Mbps; Assuming 1 hour contact time with and full SW upload in that 1 hour gives ~25 kbps • ~1-2 Mbps for mission planning: (procedures, file transfers, etc.) • ~2+ Mbps Video/imagery: minimum 1 channel 1080p HD @ 2 Mbps, more likely 5Mbps (if 4K, then 8Mbps best case or 16Mbps conservative case) • ~2+ Mbps crew communications (relayed) (private medical conference, family communications, etc. (audio synchronized with video is ~4.2 Mbps)) <p>Return Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~450 kbps for telemetry (operational, crew health and status, situation awareness). Includes telemetry from attached modules • 16+ Mbps Engineering/Science/Video: assume 1 channels 4K video is 8 Mbps, double for margin. • ~1-2 Mbps file transfers, etc. • ~2+ Mbps crew communications (relayed) (private medical conference, family communications, etc. (audio synchronized with video is ~4.2 Mbps))

<u>Communication Link</u>	<u>Forward Link</u>	<u>Return Link</u>	<u>Data Rate Rationale</u>
Element - Element on Moon Surface	1- 20+ Mbps (two-way comm)		<p>Exchange:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~100 kbps for command and telemetry • ~1-2 Mbps for mission planning: (procedures, file transfers, etc.) • ~2+ Mbps Video/imagery: minimum 1 channel 1080p HD @ 2 Mbps, more likely 5Mbps (if 4K, then 8Mbps best case or 16Mbps conservative case)
Gateway - Element in proximity such as a resupply vehicle or EVA crewmember	up to 1 Mbps	up to 10 Mbps	<p>Forward Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~100 kbps for range, range rate measurements, command, telemetry (in case it needs to be relayed to earth), etc.; • ~500 kbps for video/images (not necessarily HD or 4K – support GN&C during rendezvous and docking) <p>Return Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~20 kbps for audio: 2 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~450 kbps for telemetry (operational, crew health and status, situation awareness). Includes telemetry from attached modules • 8 Mbps Video: assume 2 channels HD @4Mbps/channel.
Earth - Element on Moon Surface	at least 16 kbps	at least 256 kbps	<p>Forward Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~10 kbps for audio: 1 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~2-6 kbps for commanding <p>Return Link: Allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ~10 kbps for audio: 1 channels (assuming ~ 10 kbps per channel depending on compression used) • ~240 kbps for telemetry (operational, crew health and status, situation awareness, science etc.).