

# 民間月面探査プログラム「HAKUTO-R」 ミッション1 成果報告会

 HAKUTO-R

 ispace

## Agenda

- 代表取締役 Founder & CEO 袴田よりご挨拶
- CTO氏家より 着陸に関する解析結果報告
- 質疑応答



i s p a c e

*Founder & CEO*

**袴田 武史**

***Takeshi Hakamada***



# ispace

## Mission 1 Milestones

ispaceは10段階の内、Success8までのマイルストーンで成功を取めることができ、Success9中においても、着陸シーケンス中のデータも含め月面着陸ミッションを実現する上での貴重なデータやノウハウなどを獲得することができました。

▶ **Success 1** ✓  
打ち上げ準備の完了  
2022/11/28 完了

▶ **Success 2** ✓  
打ち上げ及び分離の完了  
2022/12/11 完了

▶ **Success 3** ✓  
安定した航行状態の確立  
(※初期クリティカル運用状態)  
2022/12/16 完了

▶ **Success 4** ✓  
初回軌道制御マヌーバの完了  
2022/12/15 完了

▶ **Success 5** ✓  
深宇宙航行の安定運用を  
1ヶ月間完了  
2023/1/11 完了

▶ **Success 6** ✓  
LOI前の全ての  
深宇宙軌道制御マヌーバの完了  
2023/3/17 完了

▶ **Success 7** ✓  
月重力圏への  
到達／月周回軌道への到達  
2023/3/21 完了

▶ **Success 8** ✓  
月周回軌道上での  
全ての軌道制御マヌーバの完了  
2023/4/13 完了

▶ **Success 9**  
月面着陸の完了  
2023/4/26 未完

▶ **Success 10**  
月面着陸後の  
安定状態の確立  
未完



i s p a c e

*CTO*

**氏家 亮**

***Ryo Ujiie***



## Mission 1 Landing Sequence

# Phase 1

## De-Orbit Insertion (DOI)

A short burst from the Lander's main propulsion system initiates the De-Orbit Insertion.

**Velocity\***

**5800 km/h**

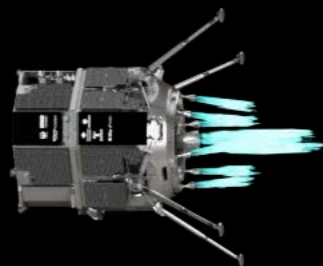
**Altitude\***

**100 km**

**Estimated Time\***

**L-67 min >> L-66 min**

\*Estimated values. For illustration purposes only, not to scale.



## Mission 1 Landing Sequence

# Phase 2

## Cruise Landing Phase

The Lander's main propulsion system remains inactive while the Lander's altitude decreases from approximately 100km to 25km.

**Velocity\***  
**6000 km/h**

**Altitude\***  
**100 km >> 25 km**

**Estimated Time\***  
**L-66 min >> L-13 min**

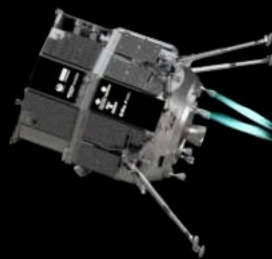
\*Estimated values. For illustration purposes only, not to scale.

## Mission 1 Landing Sequence

# Phase 3

## Braking Burn Phase

The Lander uses its main propulsion system to reduce its velocity, while the altitude above the lunar surface continues to decrease.



**Velocity\***

**6000 km/h >> 380 km/h**

**Altitude\***

**25 km >> 3 km**

**Estimated Time\***

**L-13 min >> L-2 min**

\*Estimated values. For illustration purposes only, not to scale.

## Mission 1 Landing Sequence

# Phase 4

## Braking Burn & Pitch-up Phase

The Lander continues to reduce its speed while it approaches its designated landing site, while taking a vertical orientation.

**Velocity\***

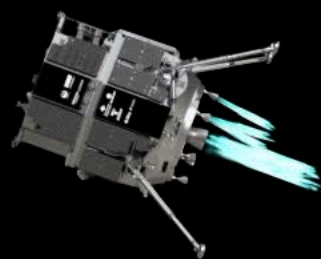
**380 km/h >> 120 km/h**

**Altitude\***

**3 km >> 1 km**

**Estimated Time\***

**L-2 min >> L-1 min**



\*Estimated values. For illustration purposes only, not to scale.

## Mission 1 Landing Sequence

# Phase 5

## Terminal Descent Phase

The Lander approaches the landing site vertically, while continuing to reduce its speed.

Velocity\*

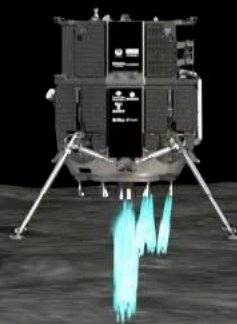
**120 km/h >> 17 km/h**

Altitude\*

**1 km >> 20 m**

Estimated Time\*

**L-1 min >> L-20 sec**



\*Estimated values. For illustration purposes only, not to scale.

## Mission 1 Landing Sequence

# Phase 6

## Terminal Landing

Mere moments and several meters above the lunar surface, the Lander switches off its main thruster and relies on the assist thrusters to perform a controlled touch-down.

**Velocity\***

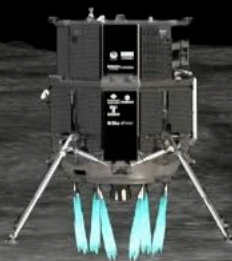
**17 km/h >> 2.6 km/h**

**Altitude\***

**20 m >> 0 m**

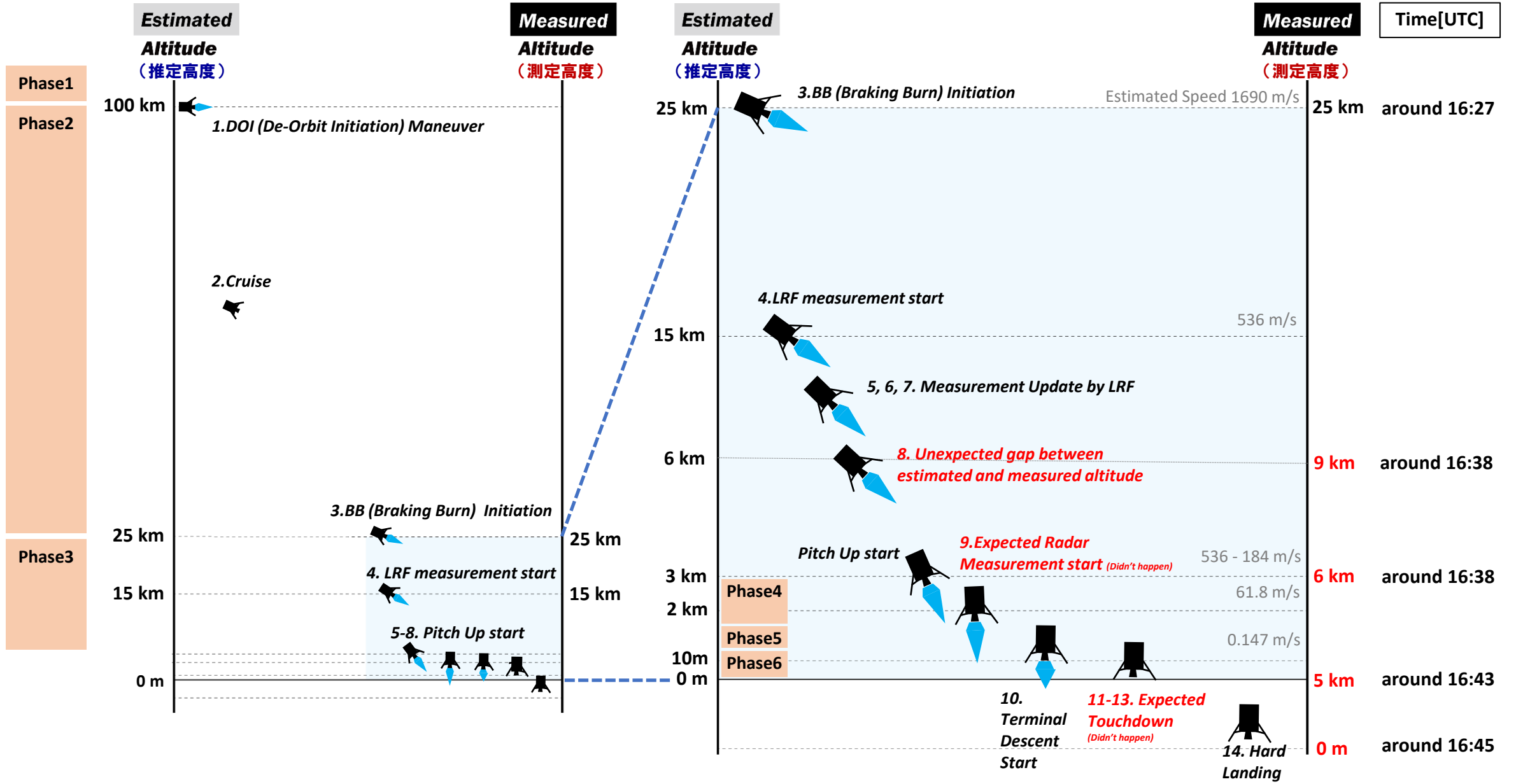
**Estimated Time\***

**L-20 sec >> L-0 sec**



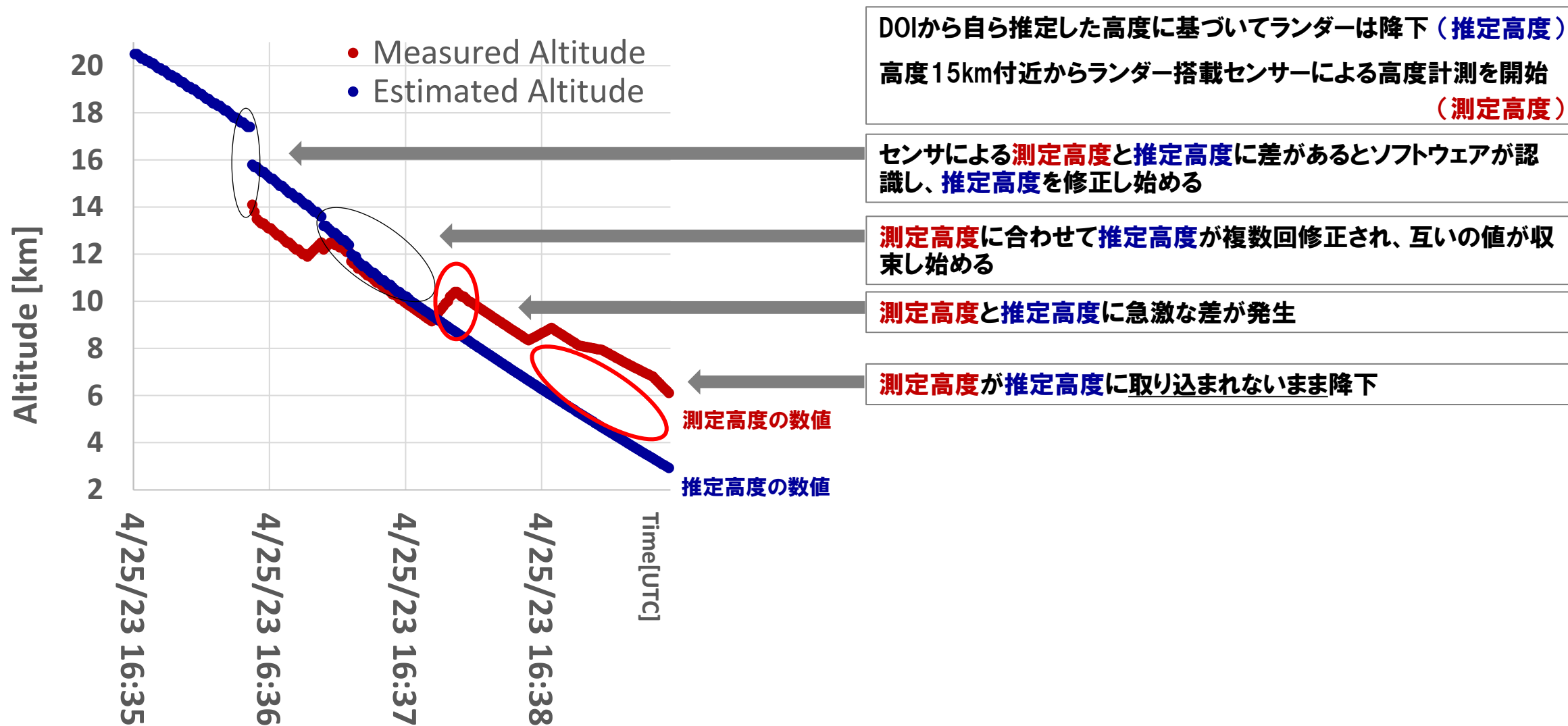
\*Estimated values. For illustration purposes only, not to scale.

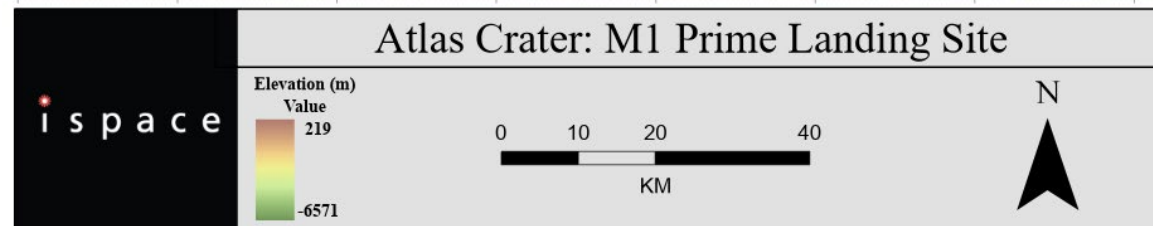
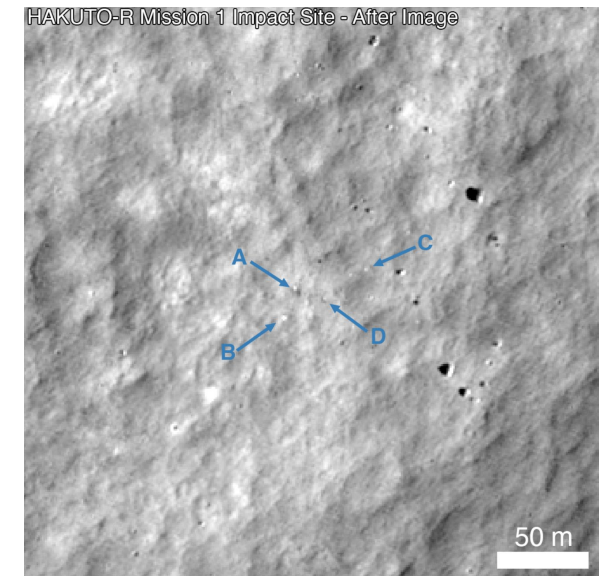
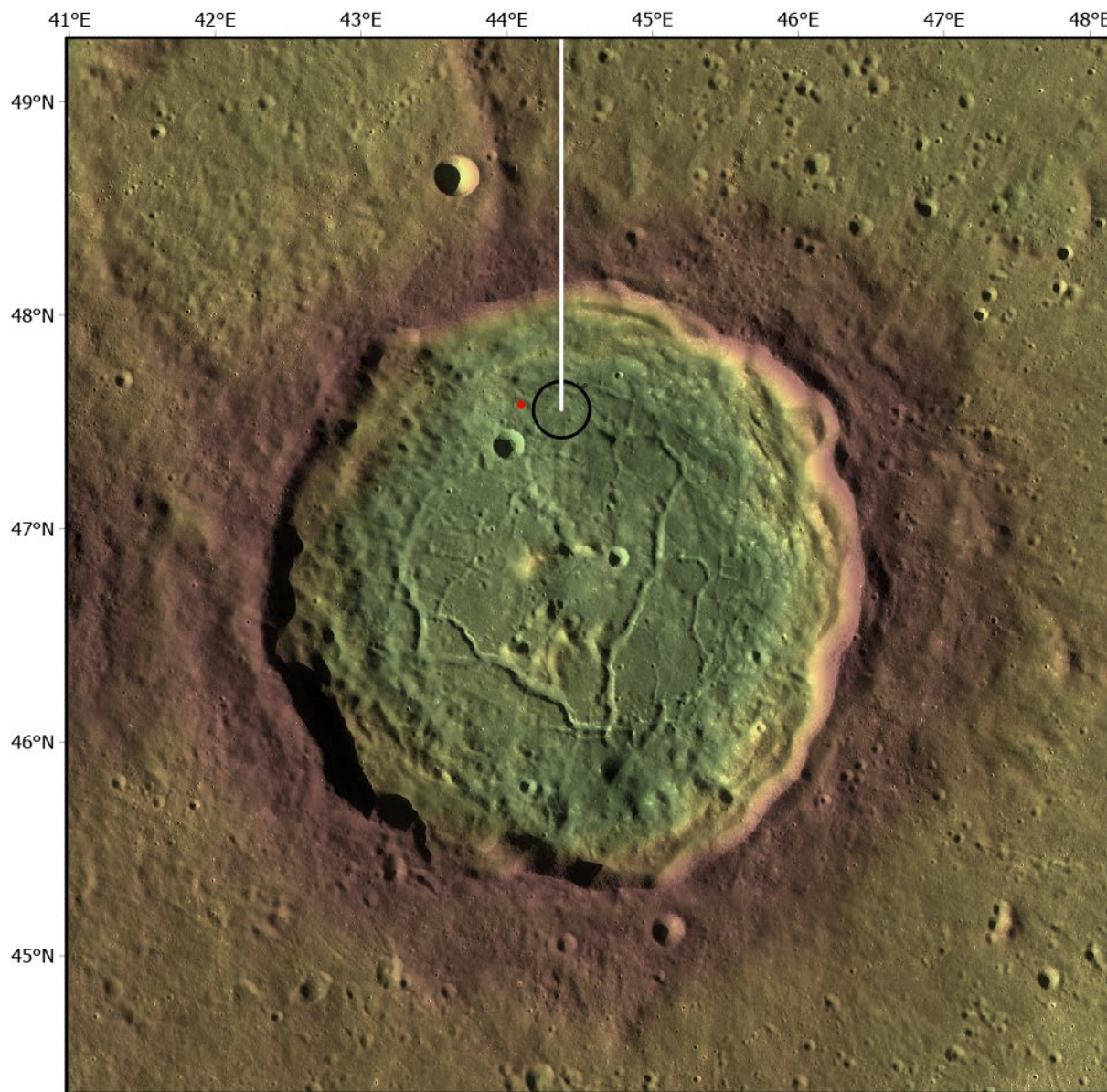
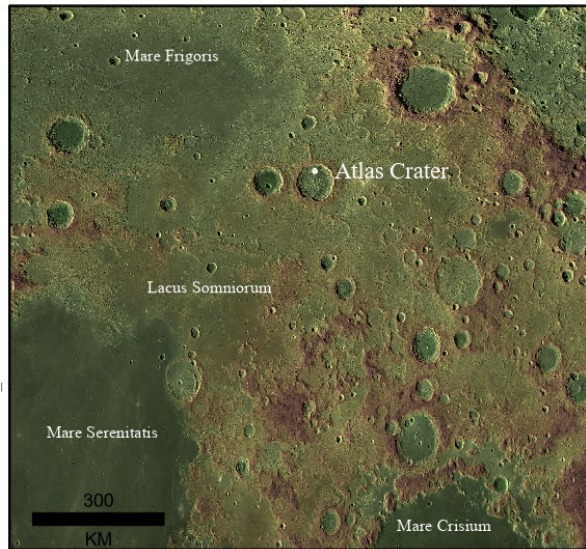
	Time [UTC]	リアルタイムにテレメトリで把握していた内容	運用解析後に判明した内容
Phase1	1 15:36 - 15:40	De-Orbit Insertion (DOI) 開始	
Phase2	2 16:18	月による通信遮蔽期間 終了(通信再開)	
Phase3	3 16:27	Braking Burn 開始	
	4 16:35	測定高度データによる推定高度修正(初回のLRF測定)	
	5 16:35		2回目のLRF測定
	6 16:36		3回目のLRF測定
	7 16:36		4回目のLRF測定
	8 16:38		推定高度と測定高度の差 > 3km (測定が反映されていないことが判明)
	9 16:38	最終アプローチへの移行	推定高度が2km未満でもVEL(Radar Velocimeter)計測が開始されなかった(測定高度は常に4km以上)
	10 16:42	最終降下(Terminal Descent)への移行	
Phase6	11 16:43	推定高度 = 0 km	測定高度 = ~5km
	12 16:44	タンクの圧力が下がる(燃料切れのサイン) ランダーが制御不能で回転し始める	自由落下開始(ドップラーシフト、テレメトリ等に基づく)
	13 16:44	最後のテレメトリ確認	
	14 16:45	通信キャリア電波の喪失	ハードランディングした実際の時間



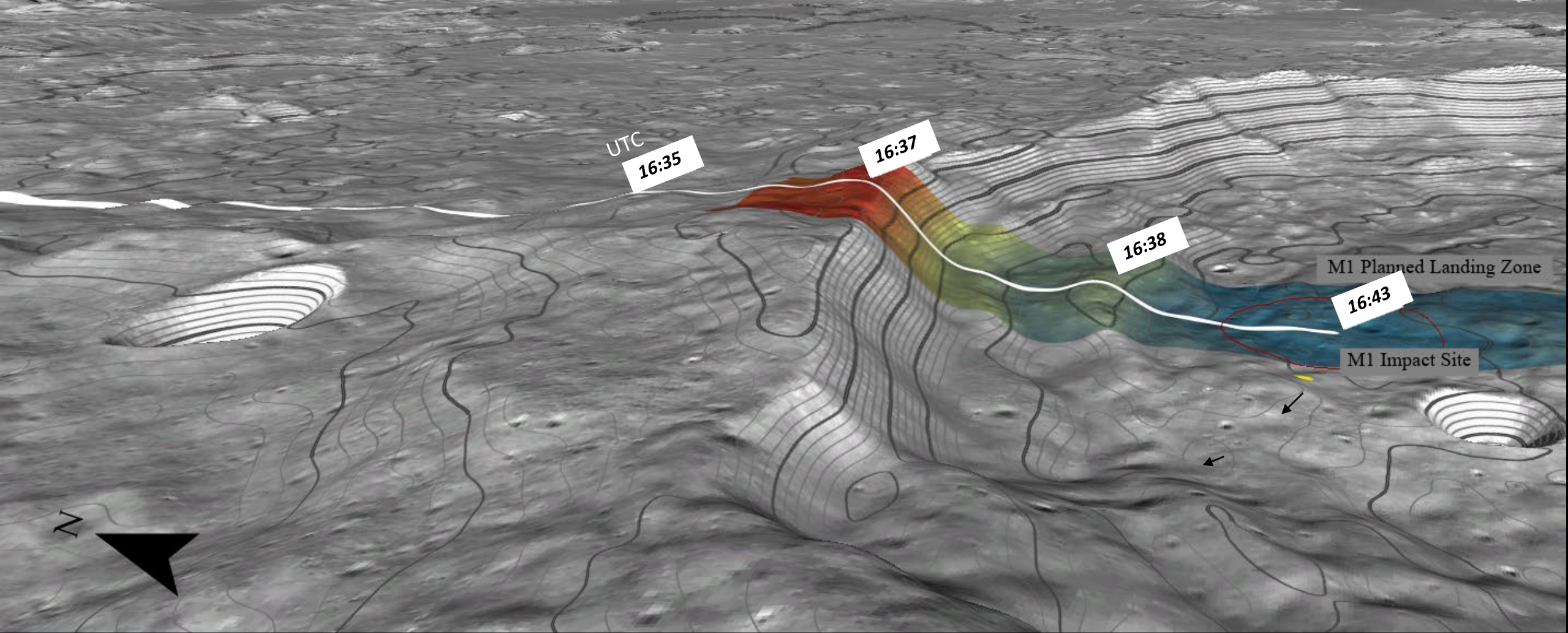
※ Created based on actual flight data

# 測定高度と推定高度

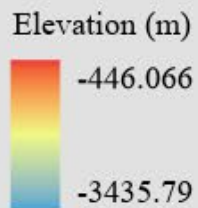




Credit: These images use data from the Lunar Reconnaissance Orbiter Wide Angle Camera (WAC; Robinson and others, 2010), an instrument on the National Aeronautics and Space Administration (NASA) Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) spacecraft. The WAC images have been orthorectified onto the Global Lunar Digital Terrain Mosaic (GLD100, WAC-derived 100 m/pixel digital elevation model; Scholten and others, 2012) to produce elevation maps of Atlas crater and the surrounding terrain.



- WAC Contour: 500m
- WAC Contour: 100m
- M1 Impact Site
- ▭ M1 Landing Ellipse
- Flight Path Ground-track



These images use data from the Lunar Reconnaissance Orbiter Wide Angle Camera (WAC; Robinson and others, 2010), an instrument on the National Aeronautics and Space Administration (NASA) Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) spacecraft. The WAC images have been orthorectified onto the Global Lunar Digital Terrain Mosaic (GLD100, WAC-derived 100 m/pixel digital elevation model; Scholten and others, 2012) to produce elevation maps of Atlas crater and the surrounding terrain.

The NAC DTM was generated by J. Flahaut, C. Wöhler, S. Els, M.Ali-Dab using NASA LRO NAC: M1369081924

# 測定高度と推定高度

測定高度が推定高度に取り込まれないまま降下した要因:



- クレーターの淵にある急激な高度変化(崖)を、ソフトウェアが「センサの異常(例:バイアスの増加)」と判断し、測定高度を取り込むことを中止。実際にはセンサは崖を正しく認識していた。
- 本来このフィルタ機能(推定高度からの乖離が著しく大きい測定高度データを採用しない機能)は、センサーにハードウェア上の不具合等が発生し、誤った高度が計測された場合などに、ランダーの安定運用を維持するために設計されたもの。
- 事前のシミュレーションで、実際に航行ルート上で想定され得る月面上の環境を必要十分に織り込むことができていなかったことが原因であると考えられる。(ミッション1のCDRを最終完了した後の着陸地点の変更も一要因)

# 今後の改善プラン

## 改善点:

- ランダー・ソフトウェアの詳細設計の更新
- 着陸シミュレーション範囲の拡大
- レーダー・ベロシメーターのフィールド試験の追加実施
- 着陸要件の早期詳細化と徹底した事前シミュレーション

## 改善スケジュール及び費用:

- 時間軸:今年度末(2024年3月末)までの完了を予定
- 本作業は当初よりミッション2の開発を進める上で必要とされるプロセスの一部と考えられることから、人員・時間等の追加的な発生工数は限定的

# ミッション1を通じた獲得データと次に向けた活用方針

## 取得されたデータ

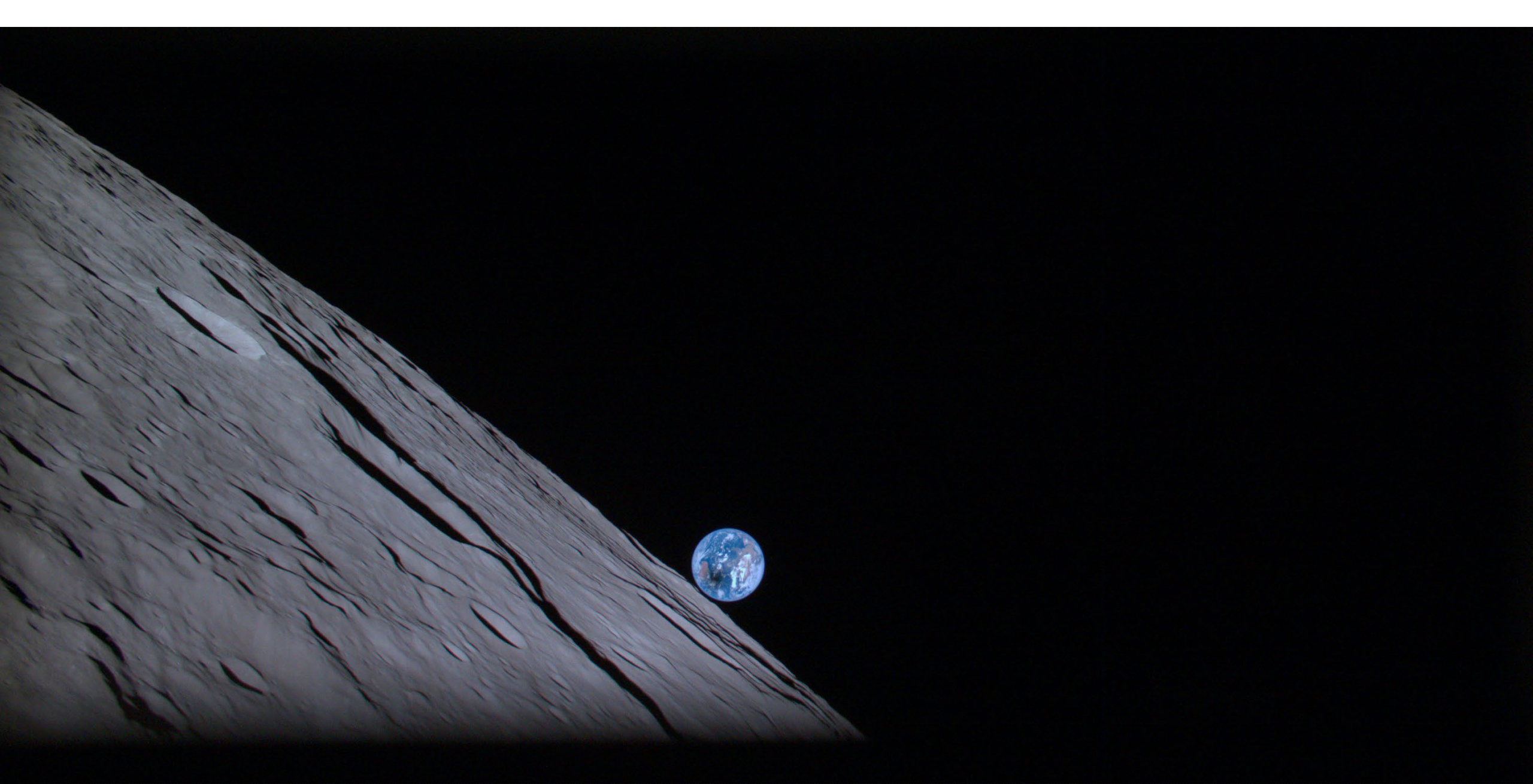
## 今後のミッションへの活用方針

構造	● 打ち上げ分離後のランダーに損傷がないことで、解析、試験による構造設計検証方法が宇宙での運用実績に基づいて確立された	● 確立された過酷な宇宙環境に耐え得る構造設計方法によるM2及び将来ミッションの確実性向上
熱	● 全航行期間に亘る、実際の温度およびヒーター消費電力のデータ	● 解析と運用の乖離を正しく把握することで、より効率的な熱制御の運用
通信	● 地球から最大約140万kmの距離で確認された通信性能データ、及び月の影響による通信の劣化を把握するデータ	● より効率的な通信のダウンリンク計画
電力	● 約5か月の長期に亘る、太陽光発電パネルの発電能力および劣化のデータ	● 太陽光発電パネルの不要なマージンの削減及びより見通しの良い電力管理
推進	● 想定以上に大きい推薬タンク間の熱勾配が発生した中での推進系の運用データおよび、1液式RSCスラスタの水力変化に関するデータ	● より効率的な推薬管理及び温度による性能変化予測。一液式RCSスラスタのよりスムーズな運用
オンボードコンピュータ	● 9つの内製のオンボードコンピューター全ての動作データ	● 放射線の影響予測の改善。M2に向けたソフトウェアの改善(M1運用中から継続して改善)
誘導制御	● 宇宙空間における各航法センサの動作データ。制御パラメータ変更によるフライト中の性能変化データ	● より信頼性の高い制御システムの確立。効率的な推薬利用のためのアルゴリズム・パラメータ改善(M1運用中から既に実施)
ペイロード	● 顧客ペイロードのフライトデータ(月周回軌道含む)、およびispaceの自社開発カメラによる地球や月面の画像データ	● 顧客ペイロード設計の進化および更なるカメラの高画質化



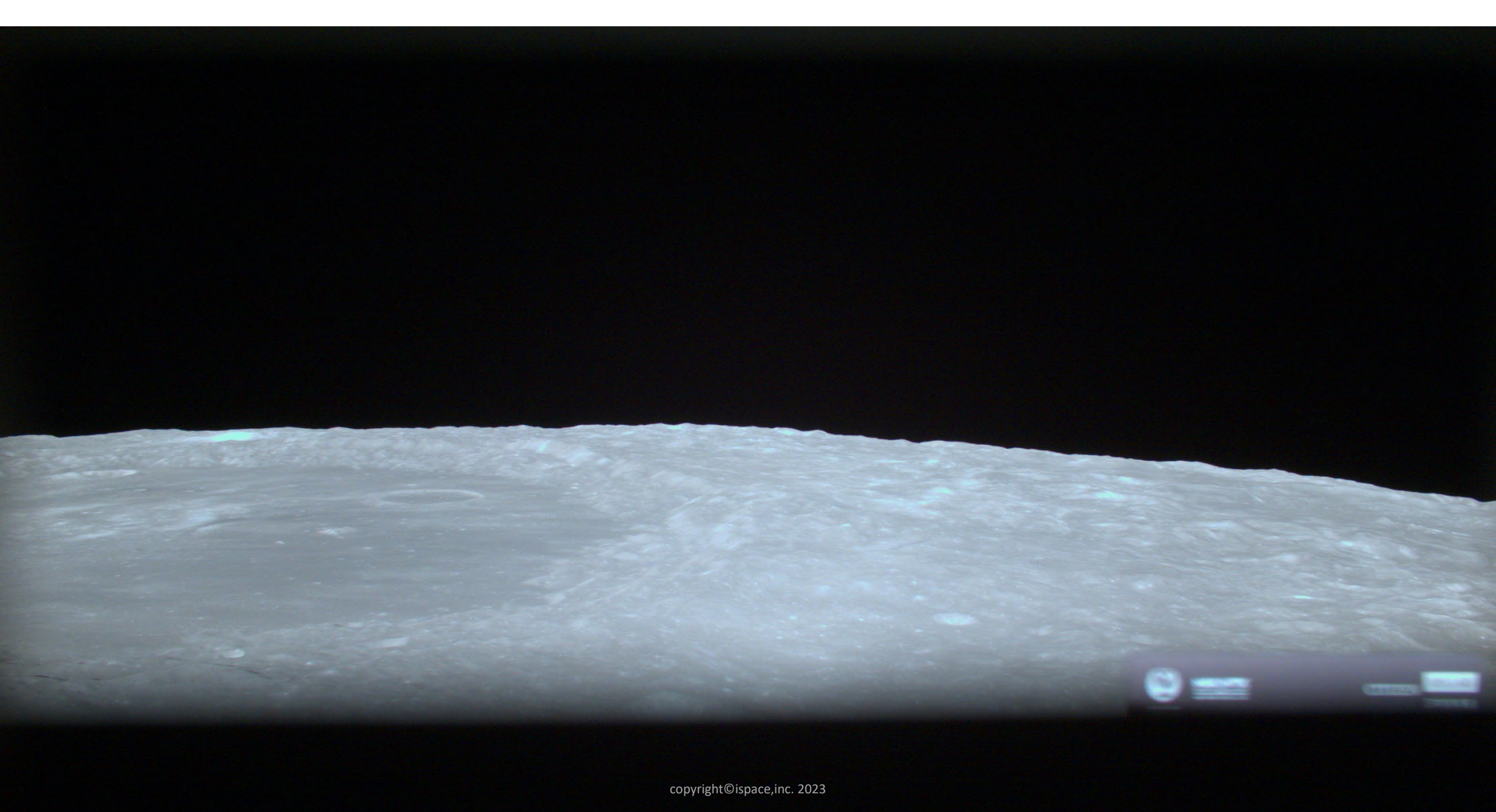
copyright©ispace,inc. 2023

月からの高度約100km地点でispaceのカメラが捉えた月と地球の写真。地球上ではアメリカ大陸が確認できます。撮影日時：2023年4月21日（日本時間）



copyright©ispace,inc. 2023

月からの高度約100km地点でispaceのカメラが捉えた月と地球の写真。オーストラリアなどで日食が観測された日で、地球に映る月の影が確認できます。撮影日時：2023年4月20日（日本時間）



copyright©ispace,inc. 2023

月からの高度約100km地点でispaceのカメラが捉えた月の写真。撮影日時：2023年4月14日（日本時間）



copyright©ispace,inc. 2023

月からの高度約2,000km地点でispaceのカメラが捉えた写真。月の東縁辺りを撮影しており、クレーターのPetavius、Vendelinus、Langrenusを確認することができます。撮影日時：2023年3月26日（日本時間）





i s p a c e

*Founder & CEO*

**袴田 武史**

***Takeshi Hakamada***

# 各顧客へのご説明状況

- 各顧客へ着陸シーケンスの詳細分析について説明を開始中
- 各顧客との間で、最終報告に合意頂いた顧客から、順次ミッション1を終了予定
- Success8までに得られたフライトデータを、個別の契約に応じて顧客へ提供中。  
今後の活用方法を個別に検討中

# ミッション1の着陸失敗による業績見通しへの影響

## 売上面への影響

- ミッション1のSuccess9-10が完了出来なかったことに伴い、ミッション1顧客からの想定売上が約1億円程減少することが見込まれる（今期業績への影響は軽微であり業績見通しの変更は無し）
- ミッション2、ミッション3の締結済み売上契約への影響は無し
- ミッション2以降の今後の受注見通しについても現時点で大きな変更は無い予定

## 費用面への影響

- ミッション1の着陸失敗に伴う、ミッション2以降のランダーの開発費用における著しい増加は現時点では見込まれない

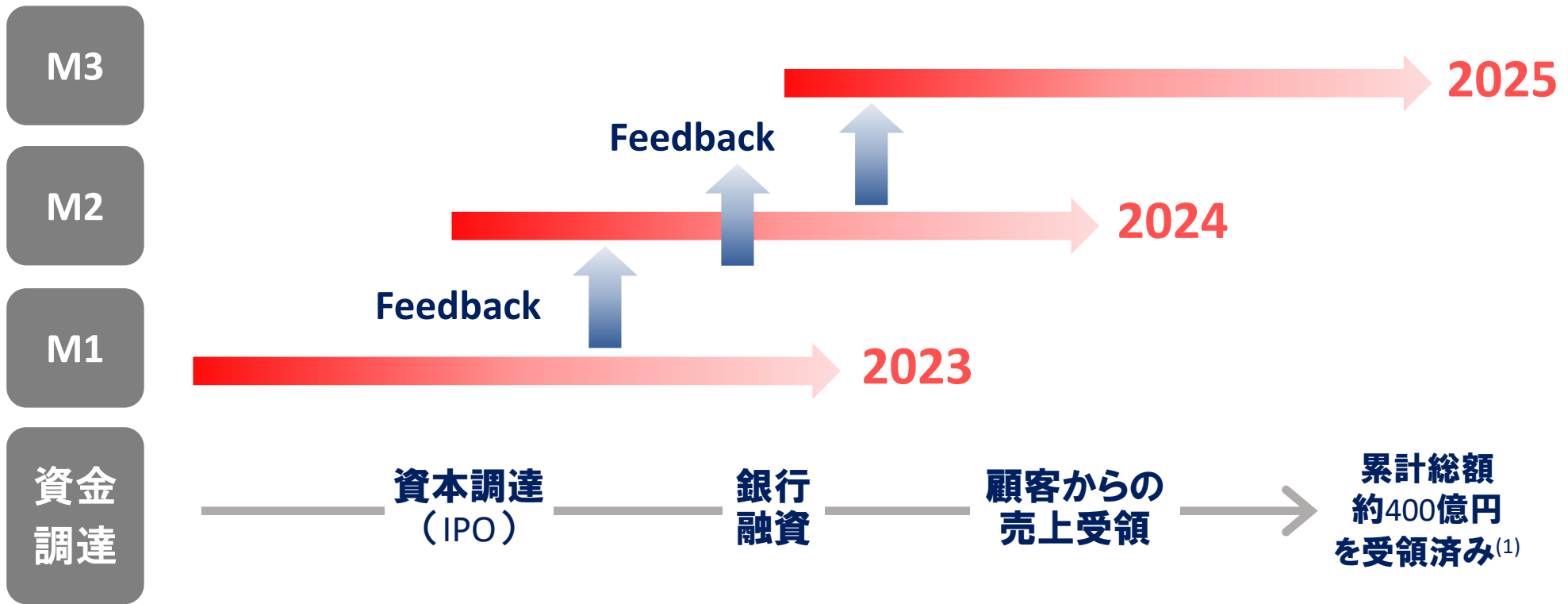
## ミッションスケジュールへの影響

- 現時点では、2024年に予定されるミッション2、2025年に予定されるミッション3、及びそれ以降の打ち上げスケジュールに変更は無い予定

## その他の影響

- 三井住友海上火災保険株式会社との間で月保険を締結済みであり、保険金の受領を見込むものの、現時点において確定していない。当該金額は2024年期業績予想にも未反映

# 持続可能な事業モデルの構築



- 継続ミッションによるビジネス化を前提に、複数ミッションを並行して開発し、複数ミッション分の予算を投資家・金融機関・顧客から纏めて確保
- 1つのミッションから得られた知見は、リアルタイムかつ高頻度に次のミッションへとフィードバックされ、技術の成熟度を高める。比較的短い時間での高頻度ミッションを実現
- 三井住友海上火災保険株式会社との間で、ミッション1の打ち上げから月着陸後のデータ送受信までを保険責任期間とする世界初の月保険を開発

**Never Quit the Lunar Quest**

## Agenda

- 質疑応答



i s p a c e

*Founder & CEO*

**袴田 武史**

***Takeshi Hakamada***



i s p a c e

*CTO*

**氏家 亮**

***Ryo Ujiie***



i s p a c e

*Director & CFO*

**野崎順平**

***Jumpei Nozaki***



i s p a c e



**HAKUTO-R**

**Mission 1**

**Thank you  
for joining!**

**Don't forget to follow us on YouTube, Twitter, Instagram, LinkedIn**

