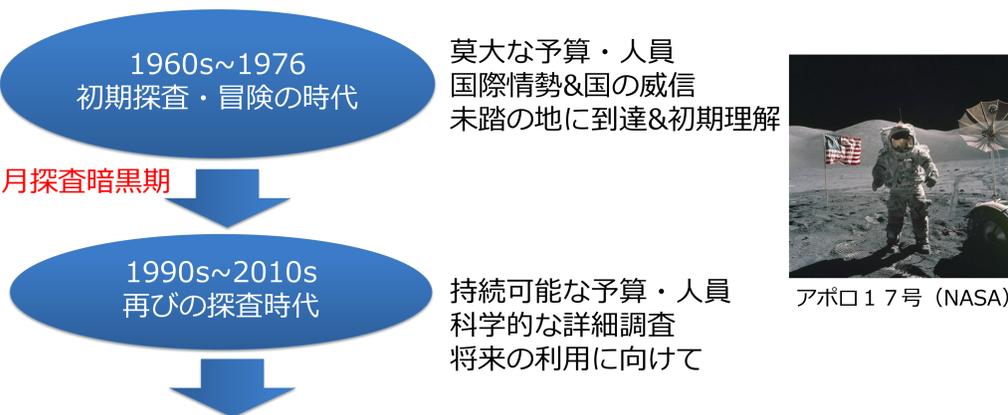


# 有人宇宙活動を見据えた月面開発計画

京都大 中村優太, 野津翔太, 松原舜, 玉澤春史

## 月探査の現状 宇宙開発の流れ

1972年のアポロ17号以来、44年間人類は月に降り立っていない

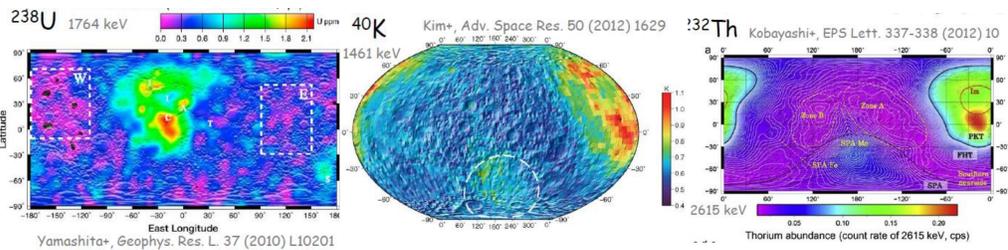


## 近年の月探査 再び月時代?

- 近年月探査& 有人月渡航計画が急速に復活。
  - 米国、ロシア、日本(ひてん、かぐや)、中国(New!) 無人探査
  - 中国、ロシア、民間etc.による有人探査計画
- 程よい資金、確立された技術で月に到達。
- 高精度な科学探査。地球&太陽系の起源に迫る研究。
- 国により違うが、月利用に対してこれまでとは違う意味合いも持つはず。
- 探査から、いよいよ“利用”の時代へ?  
 (資源開発、発電、他天体の探査基地、移住、観光、天体観測…)
- なぜ今、あえて「月」なのか?

## 資源利用

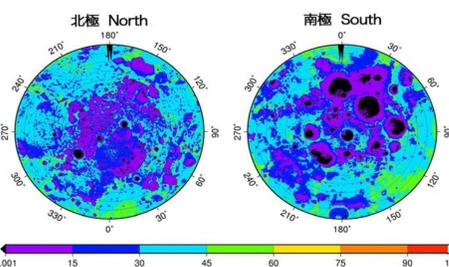
かぐや搭載Ge検出器によるガンマ線分光により、チタン、カリウム、トリウム、ウランなどを存在確認。およその分布が明らかになった。ただし、鉱脈化していないので採集にはさらに詳細なマッピングが必要。



## 月面基地

有力候補地：極域・縦穴-溶岩チューブ

### 極域基地



南極のCabeusクレーターの永久影内に水の存在を確認。永久影は極域に集中。

一方で電力確保の観点では日照率の高い地域が近くにはならない。北極域：89%、南極域：86%が最大

Time (s)	Gas	Ice	Dust mass (kg)	Total water %
0-23	82.4 ± 25	58.5 ± 8.2	3148 ± 787	4.5 ± 1.4
23-30	24.5 ± 8.1	131 ± 8.3	2434 ± 609	6.4 ± 1.7
123-180	52.5 ± 2.6	15.8 ± 2.2	942.5 ± 236	7.2 ± 1.9
Average	53 ± 15	68 ± 10	2175 ± 544	5.6 ± 2.9

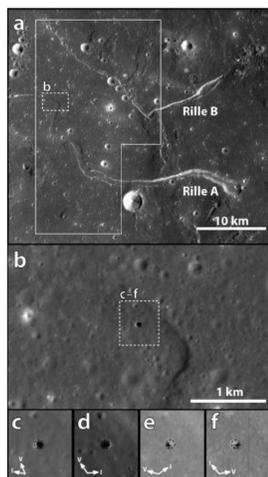
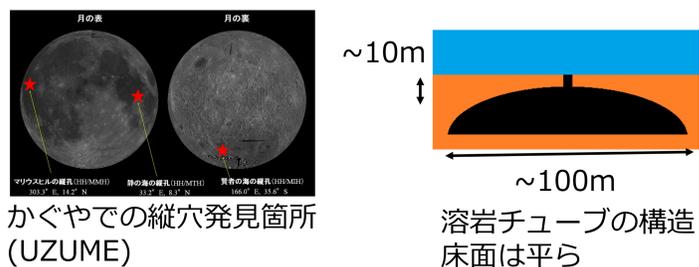
(LCROSS) P. Schultz et al. Science Vol.330 22 OCT 2010

### 洞窟基地

かぐやにより月面に10mほどの深さの縦穴が存在することが確認された。100m規模の横穴が付随している。太古のマグマ活動による溶岩チューブであると考えられている。

温度変化 (-150°C~120°C) ・小隕石  
 ・放射線から身を守れる

縦穴の理学探査計画：UZUME(Unprecedented Zipangu Underworld of Moon) プロジェクトが進行中

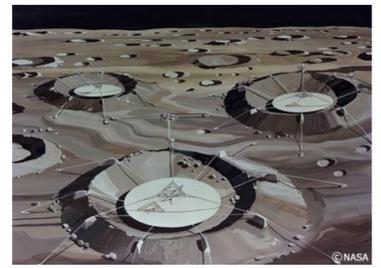


J. Haruyama et al. Geophys. Res. Lett., 36, 2009

## 月面望遠鏡

- 人間活動由来のノイズゼロ
- 大気揺らぎ・気象影響なし
- 水蒸気による電波吸収なし→電波観測に有利
- 低温により赤外線観測に有利
- 鏡面の重力歪みなし
- 大口径化が容易

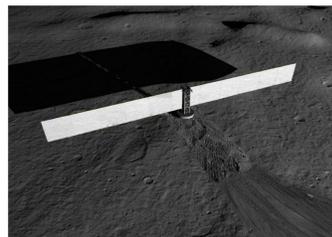
30m望遠鏡を作ると100~200倍の解像度が実現可能。重力波望遠鏡もあり。



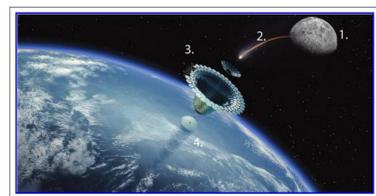
月面電波望遠鏡のイメージ図 (NASA)

## 月面原子力発電・核施設・加速器実験施設

原子力発電に使うウランや核融合炉に使うトリチウムといった資源の存在が確認されている。廃棄物処理・事故時のリスクも地球上に比べ低い。ただし、地下に作るなど宇宙線対策は必要。月面だけでなく地球への送電も考えられている。



小型月面原子力発電装置イメージ (NASA)



マイクロ波を用いたエネルギー伝送システム  
 Justin Lewis-Weber  
 NEW SPACE 2016 Vol.4 No.1 53-62

## 民間利用・観光

今や宇宙利用は国家主導とは限らない。2001年宇宙ステーションへの民間人宇宙旅行を実現。2004年スペースシップワンが民間企業による初めての高度100km有人宇宙飛行を達成。スペースシップワン2が今年運航開始予定。費用は一人当たり25万ドル(訓練費込み)。企業経営者を中心に700名がすでに申し込み済み。民間による月開発・観光利用の実現も遠くないだろう。



提供：ヴァージン・ギャラクティック社  
 協力：クラブツーリズム・スペースツアーズ

## 月面利用はどこまで許される?

### 宇宙条約 (1966年採択、1967年発効)

平和利用・国家による領有の禁止

- 国家への責任集中・探査利用の自由が基本。

他の当事国の利益に考慮を払うならば、天体の資源開発は可能。

私人による領有については明記されておらず、軍事利用の規制についても穴が多い。

### 月協定 (1974年採択、1984年発効)

(Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies)

平和利用・領有の禁止・環境維持を基本とする。

探査・資源開発は国際的枠組みの下でのみ認められる。

非常に厳しい内容だが締結している国のほとんどが宇宙開発に参加していないため、ほとんど意味をなしていない。(2016年11月時点でオーストラリアをはじめとする17カ国が批准、4カ国が署名。)

## SPACE Act of 2015

(SPACE= Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship)

民間宇宙開発を想定した米国の法律。

民間企業の宇宙産業への積極的な参入を推し進める内容となっており、営利目的での宇宙資源利用を認めている。

資源探査を行った者に利権が集中する形となっている。

米国は宇宙条約の「領有禁止」は国家についてのみで私人には適応されないという立場



国際利用目的なら問題ない。

民間による月面利用については法整備が急がれる。

## まとめ

宇宙船技術開発・初期探査から月面利用に向けた探査・高精度科学探査へと月渡航の意味合いがシフト。民間企業による開発も今後は考えなくてはならない。

**初期探査の時代から月面利用の時代へ!!**