

# 1.2 可視-近赤外波長域連続分光データ を用いた月面表層へのアプローチ 月科学研究の紹介

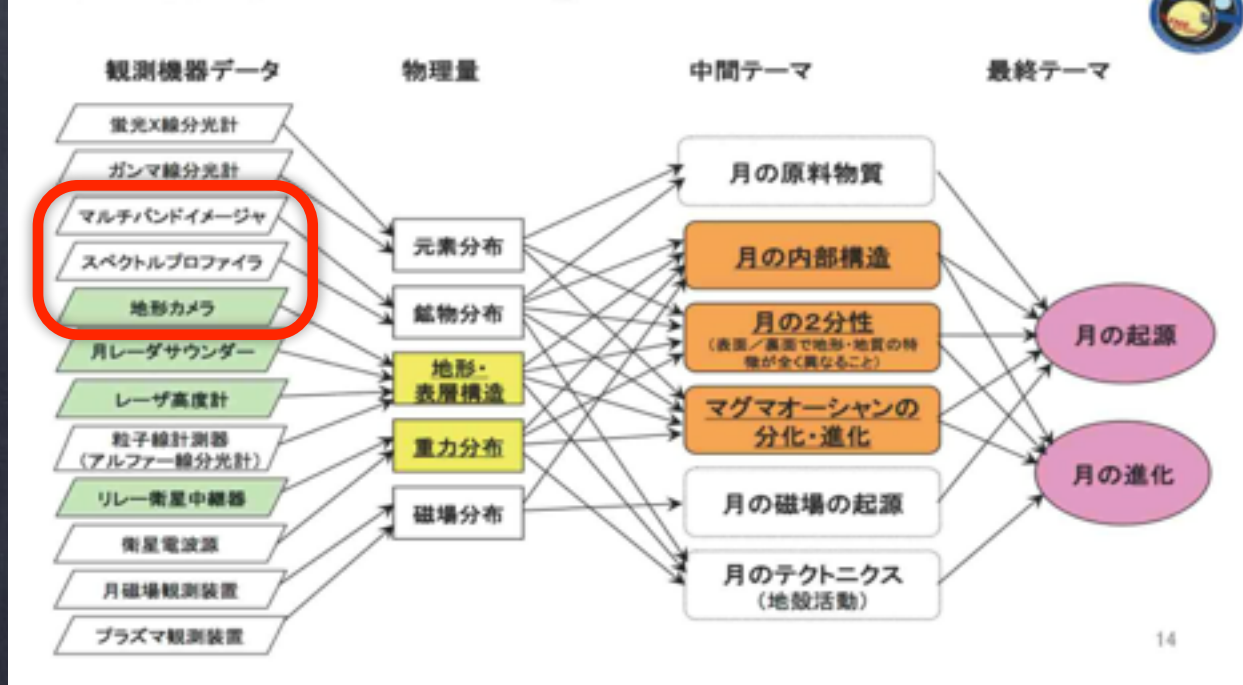


# 1.2 SPによる月科学研究への紹介

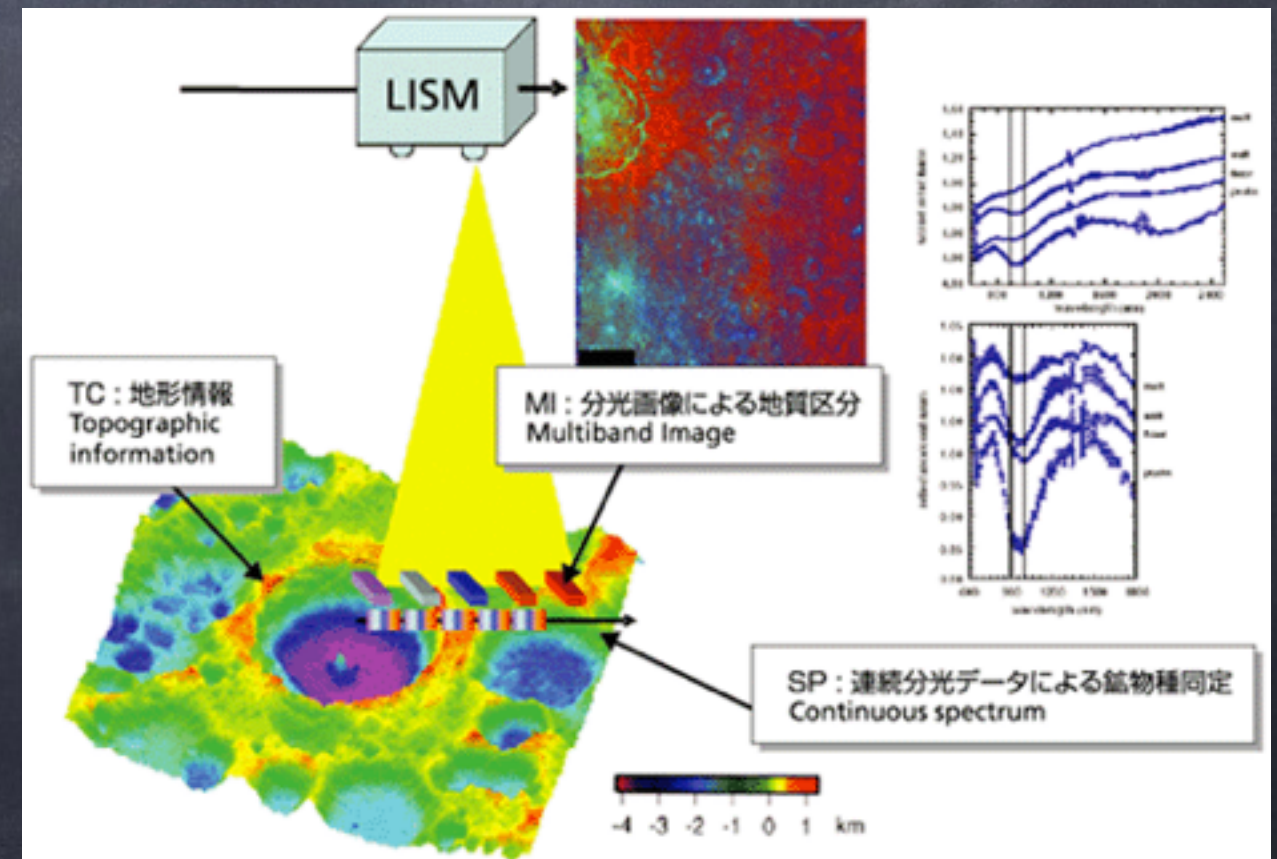
## かぐやにおけるLISM

### Lunar Imager/Spectrometer (LISM)

#### ・ 月周回衛星「かぐや」



14

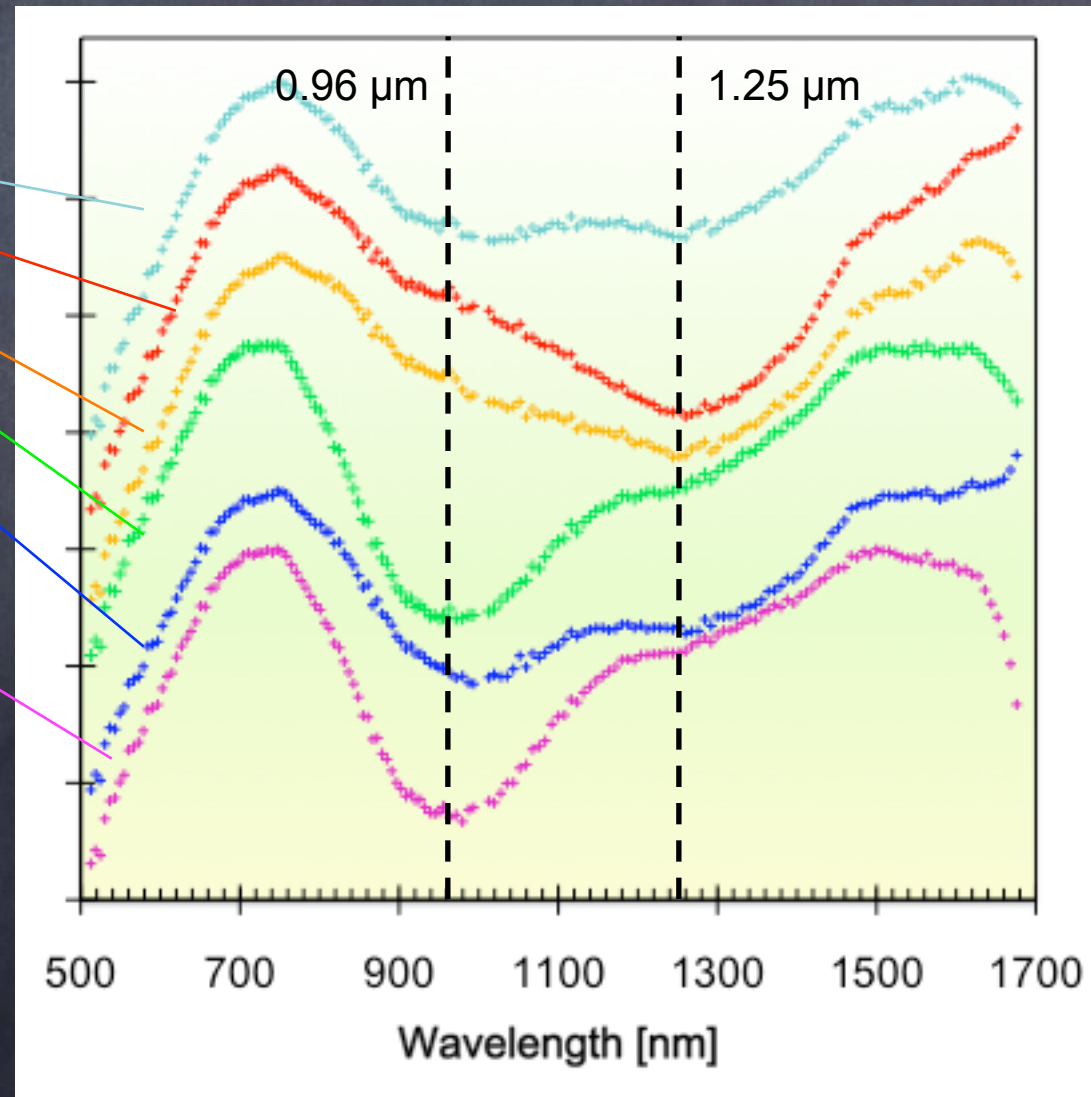
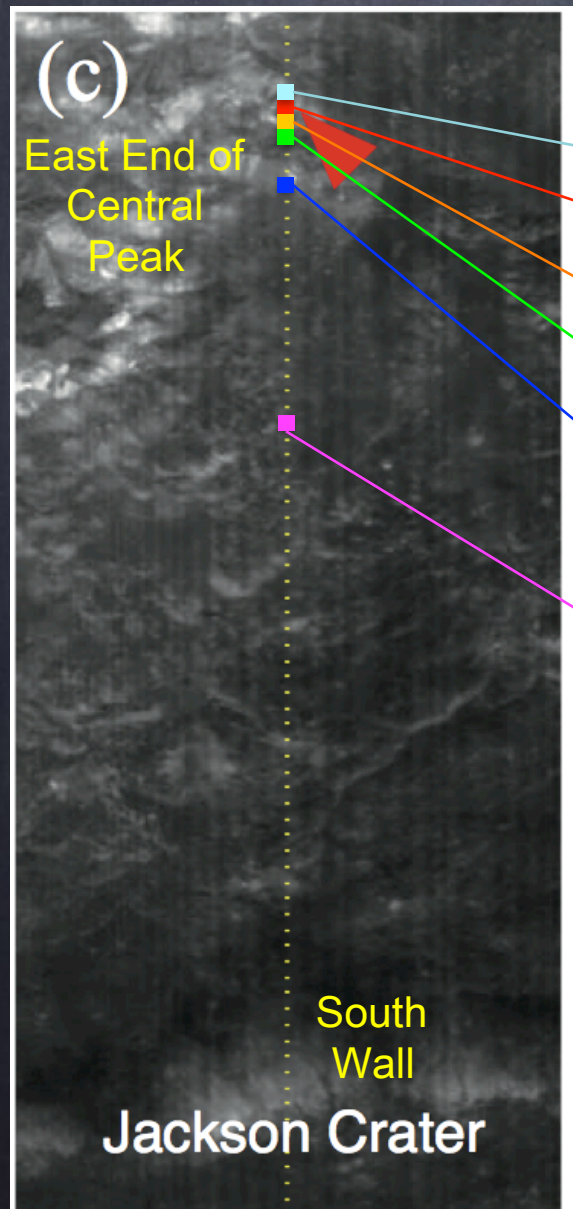
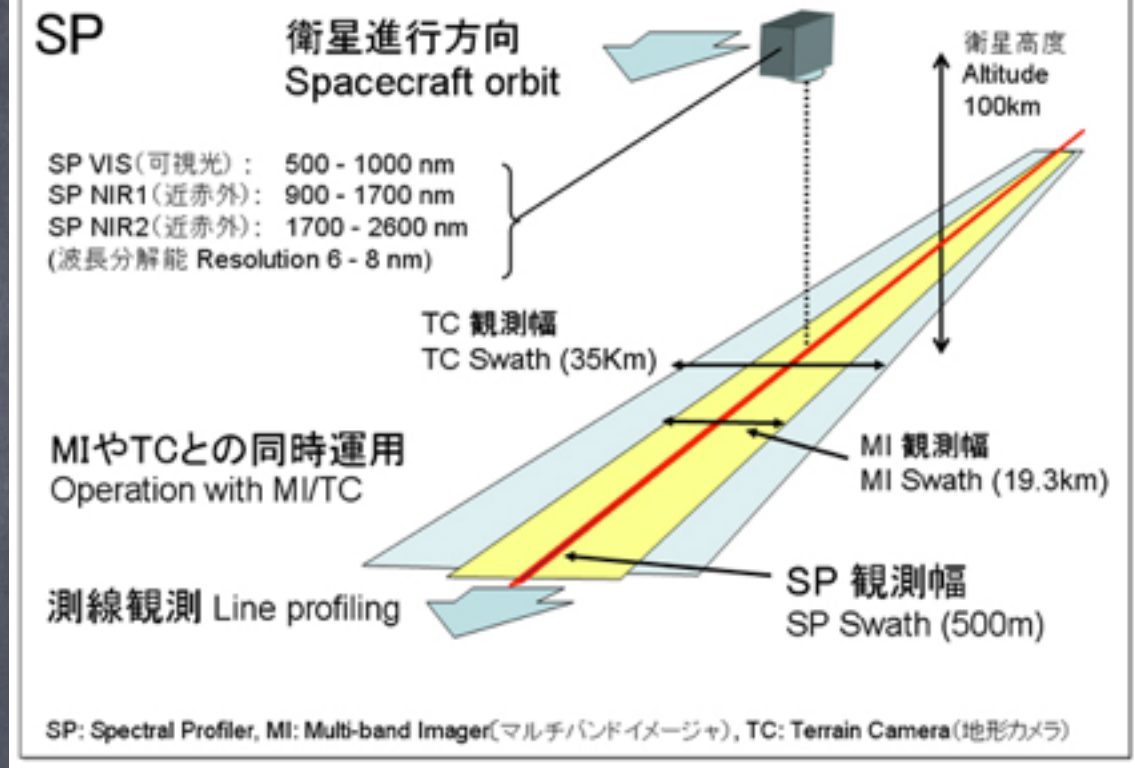


- 【1】 地形カメラ(Terrain Camera; TC)
- 【2】 マルチバンドイメージャ(Multiband Imager; MI)
- 【3】 スペクトルプロファイラ(Spectral Profiler; SP)



# 1.2 SPによる月科学研究への紹介

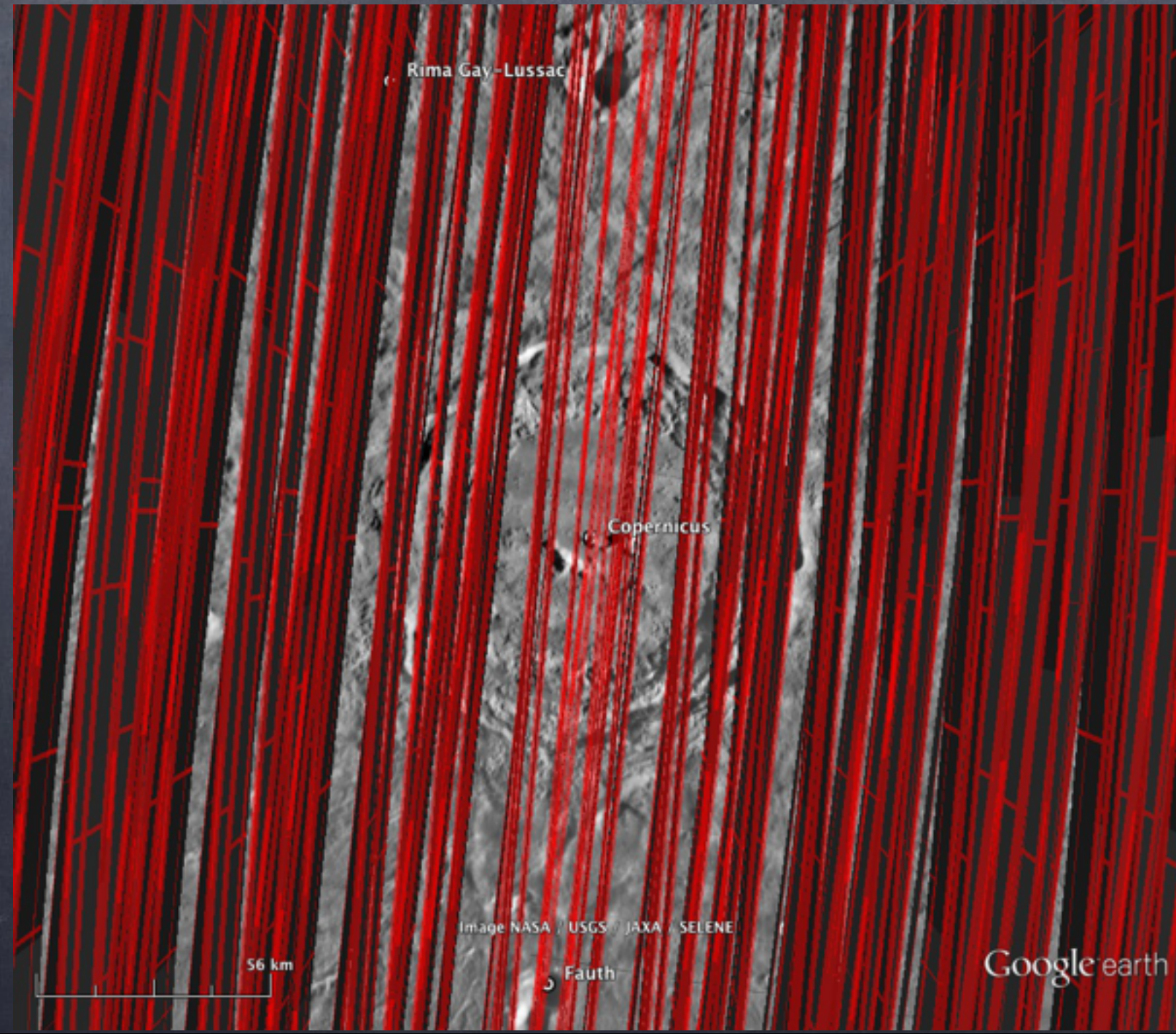
SPはラインプロファイラ型測定器  
(画像撮像ではない)





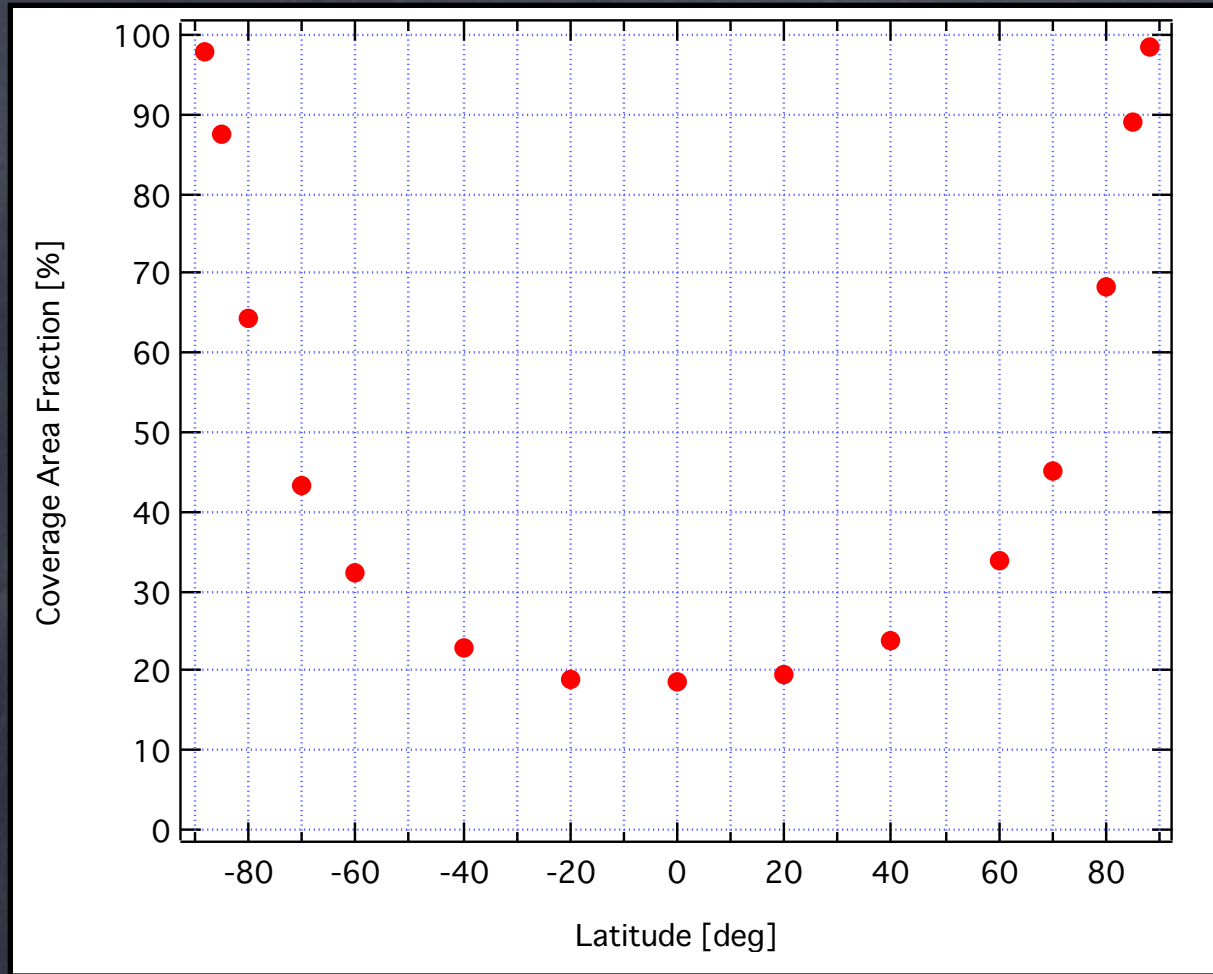
## 1.2 SPによる月科学研究への紹介

7536周回→全スペクトルデータは約7000万

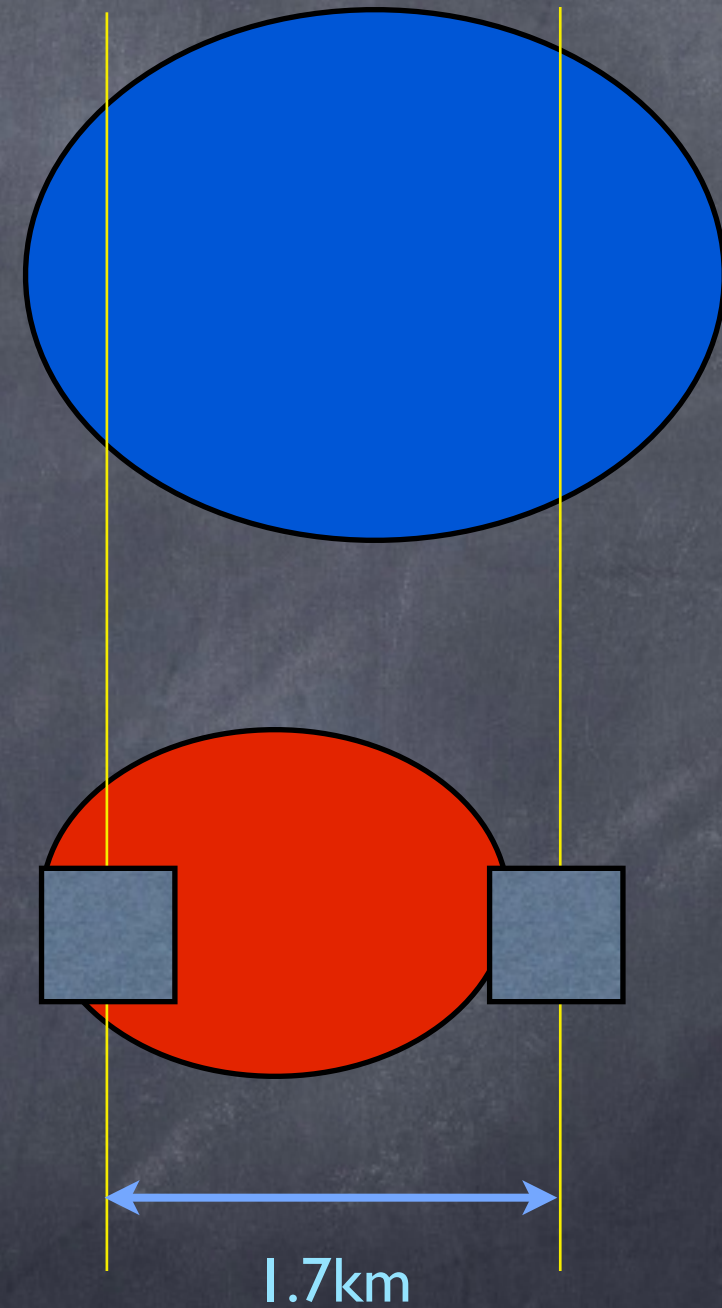




## 1.2 SPによる月科学研究への紹介



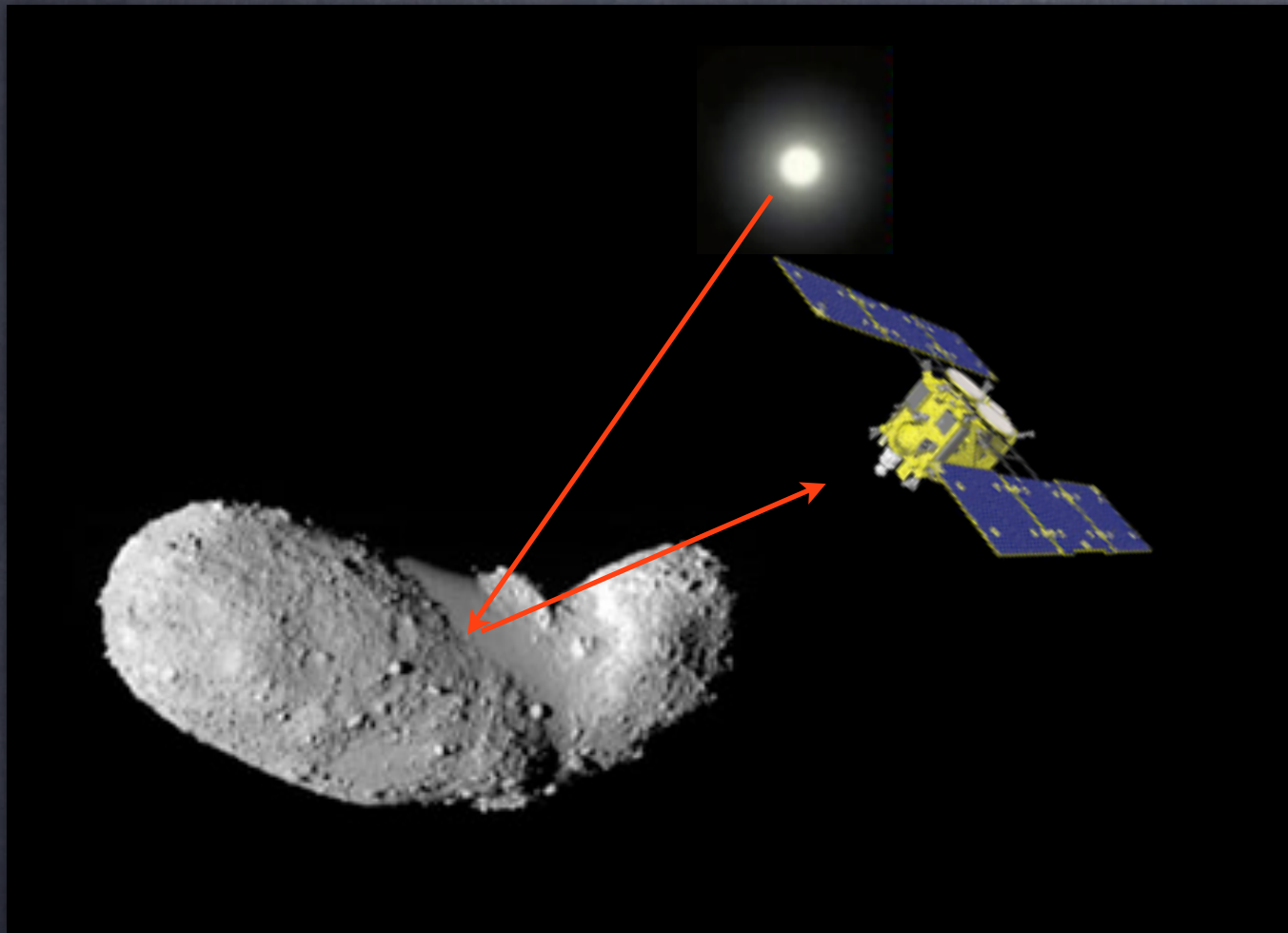
**A few kmサイズのもの  
であればほぼ捉えられる**



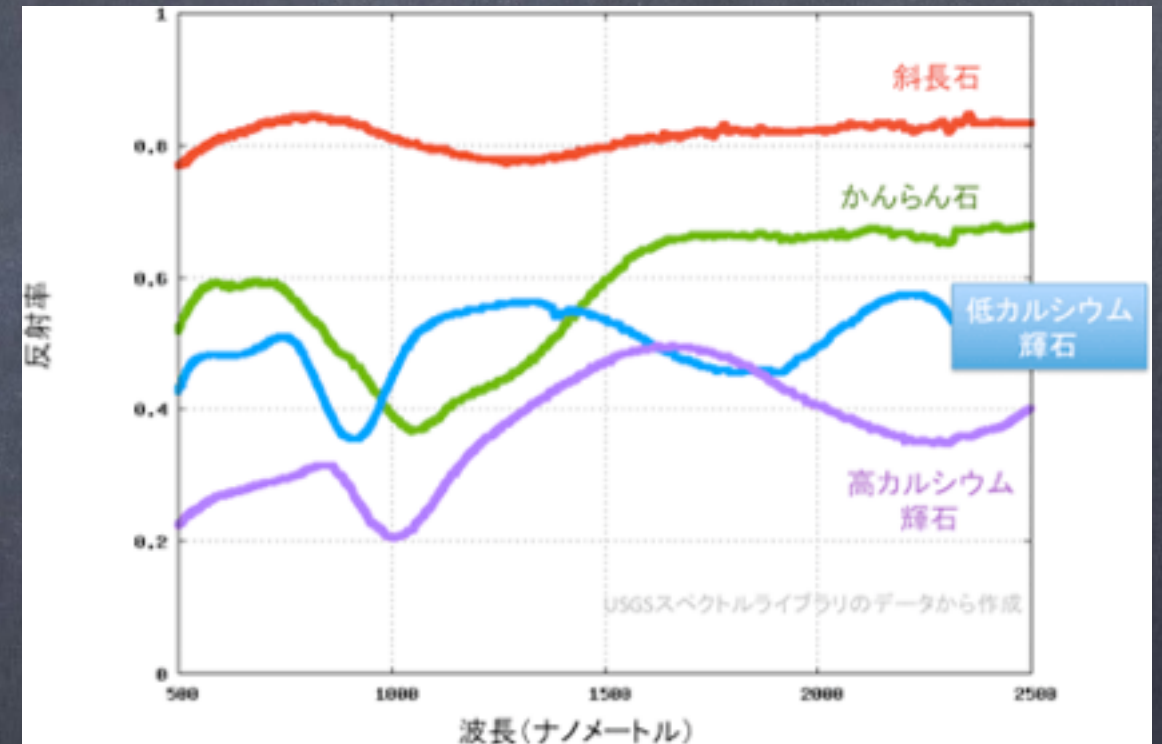
最大軌道間隔:赤道で~1.7 km

## 1.2 SPによる月科学研究への紹介

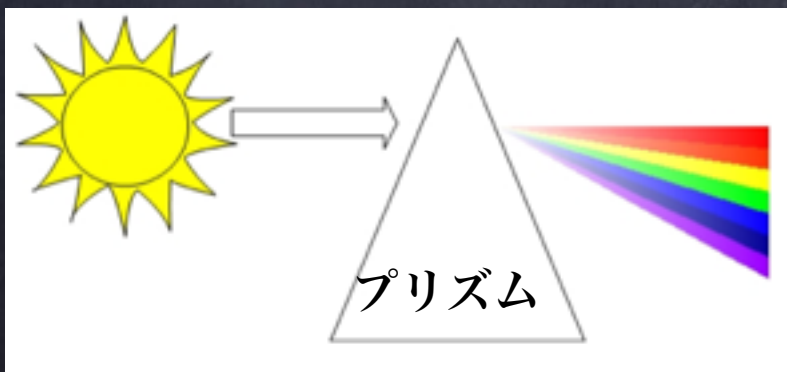
### ① 反射分光データ



表面の反射率を分光測定（波長ごとに分解）し、波長に対するグラフを取得  
→反射分光データ



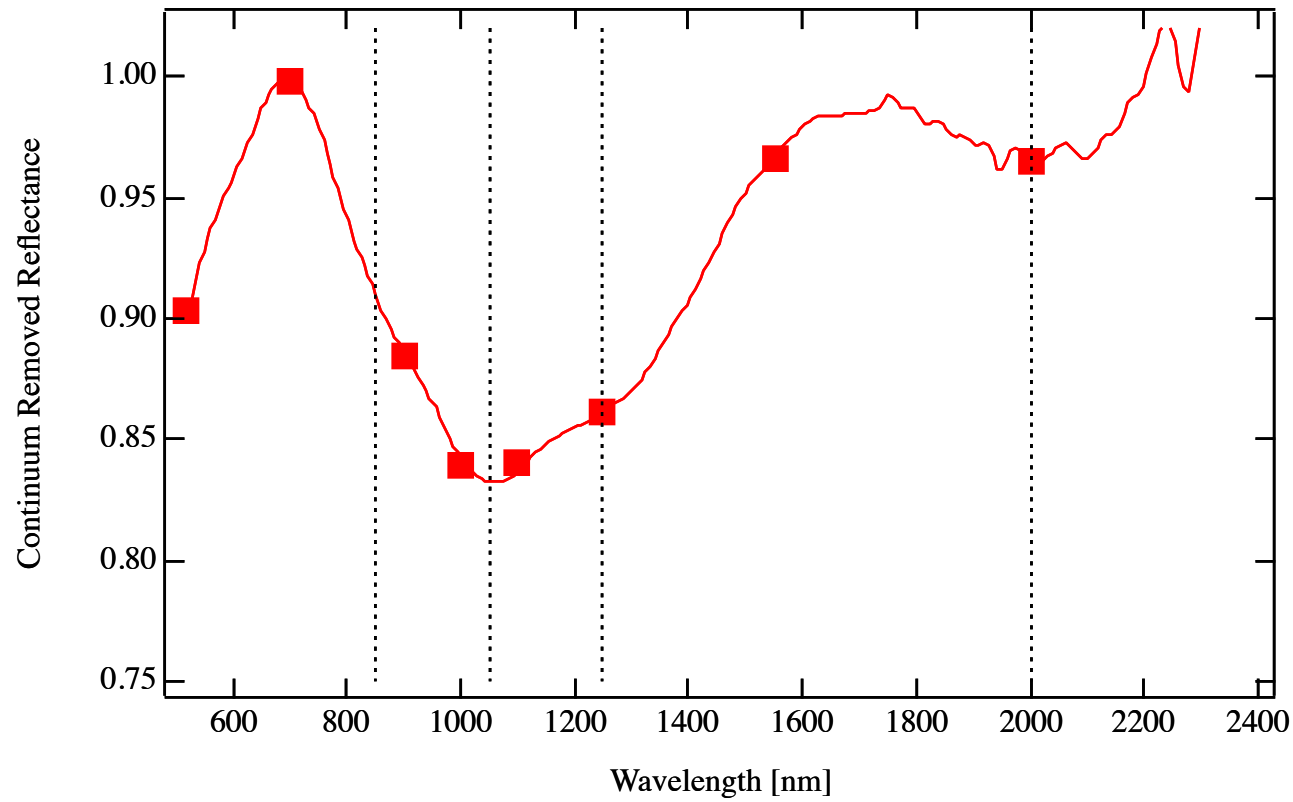
表面の組成や状態を推定





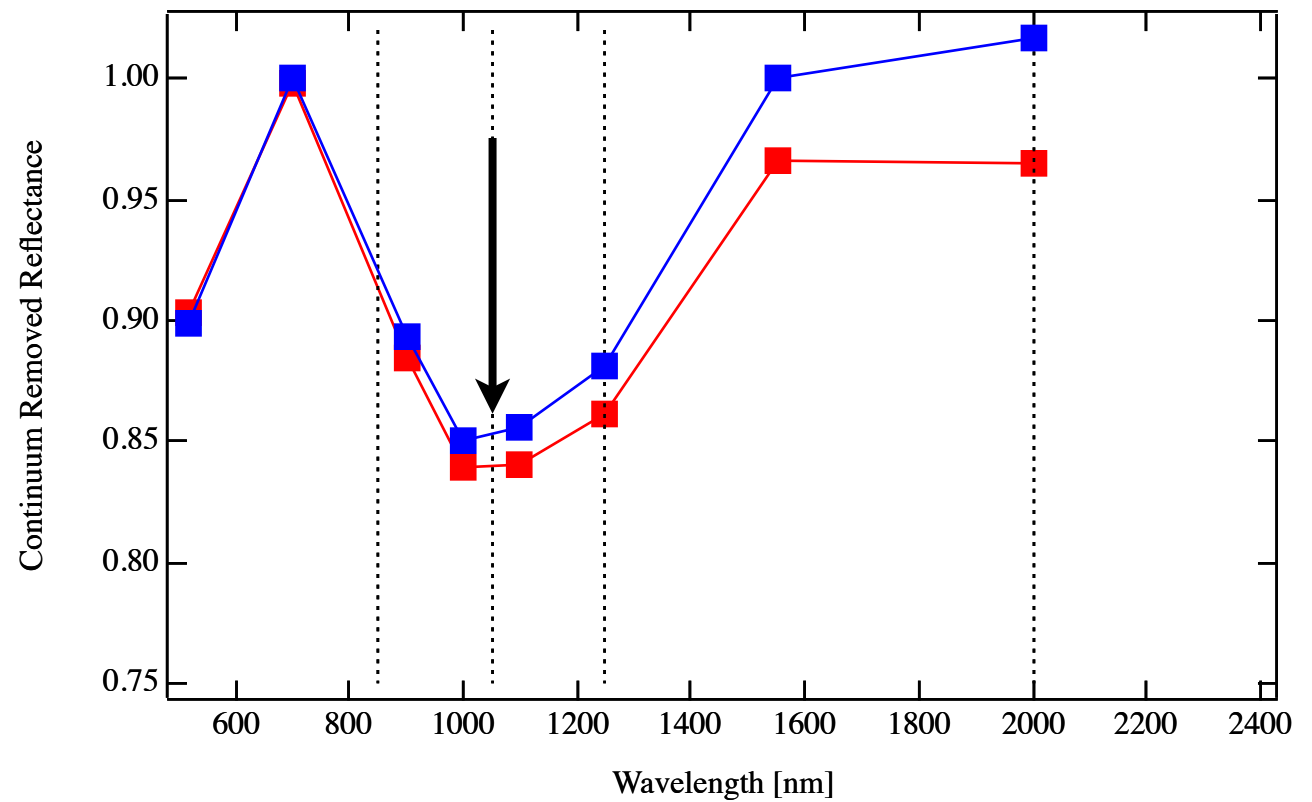
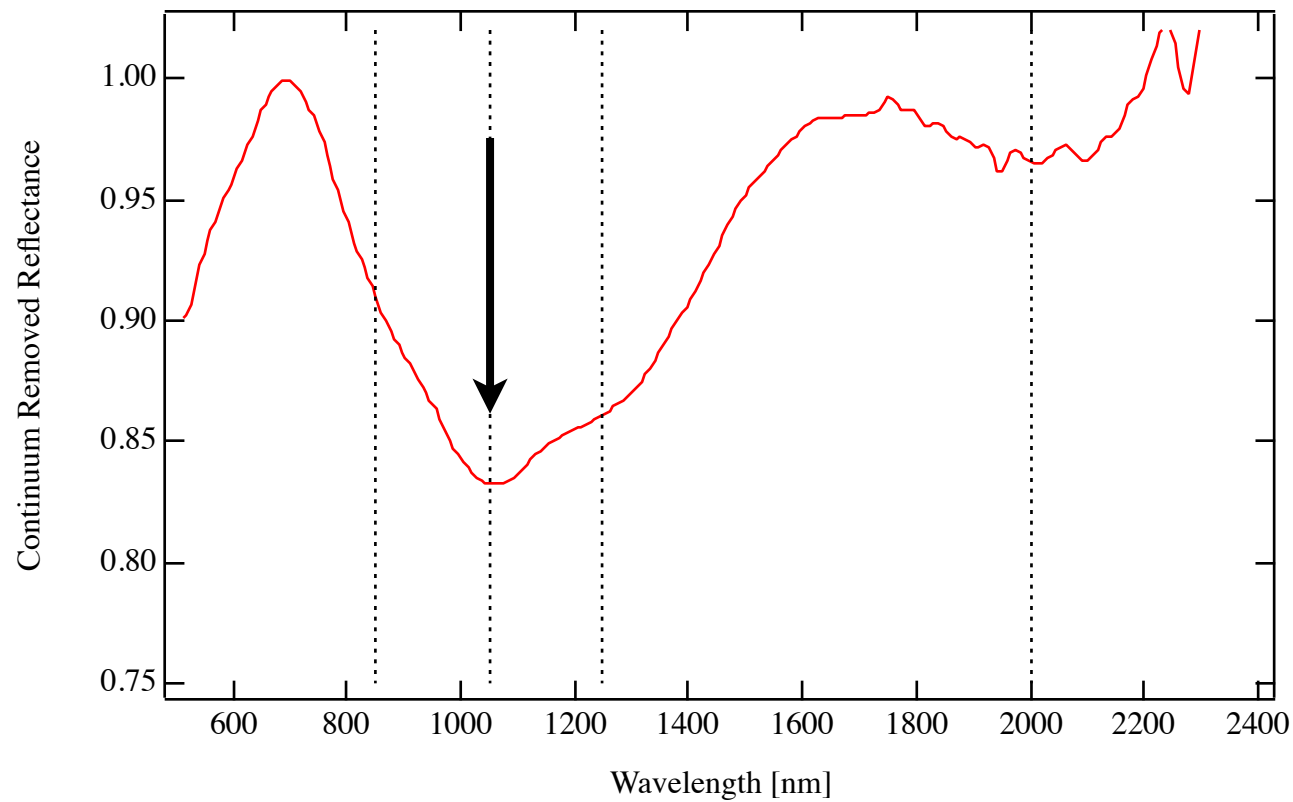
## 1.2 SPによる月科学研究への紹介

# 連続分光データ ⇔ 離散分光データ



コペルニクスレーター中央丘

# 連続分光データ ⇔ 離散分光データ



コペルニクスクレーター中央丘

## マルチバンドデータを用いた解釈での注意

- ・ 誤判断
- ・ 恣意的解釈
- ・ 過剰適合

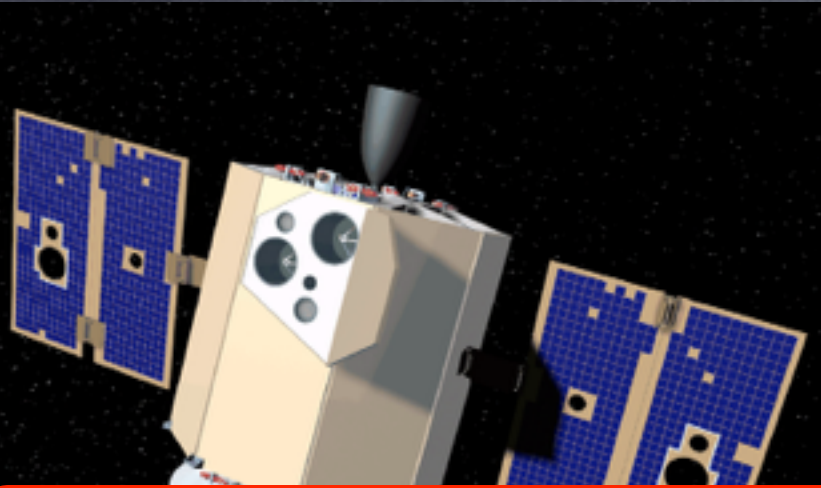
**連続分光データ**



# 1.2 SPによる月科学研究への紹介

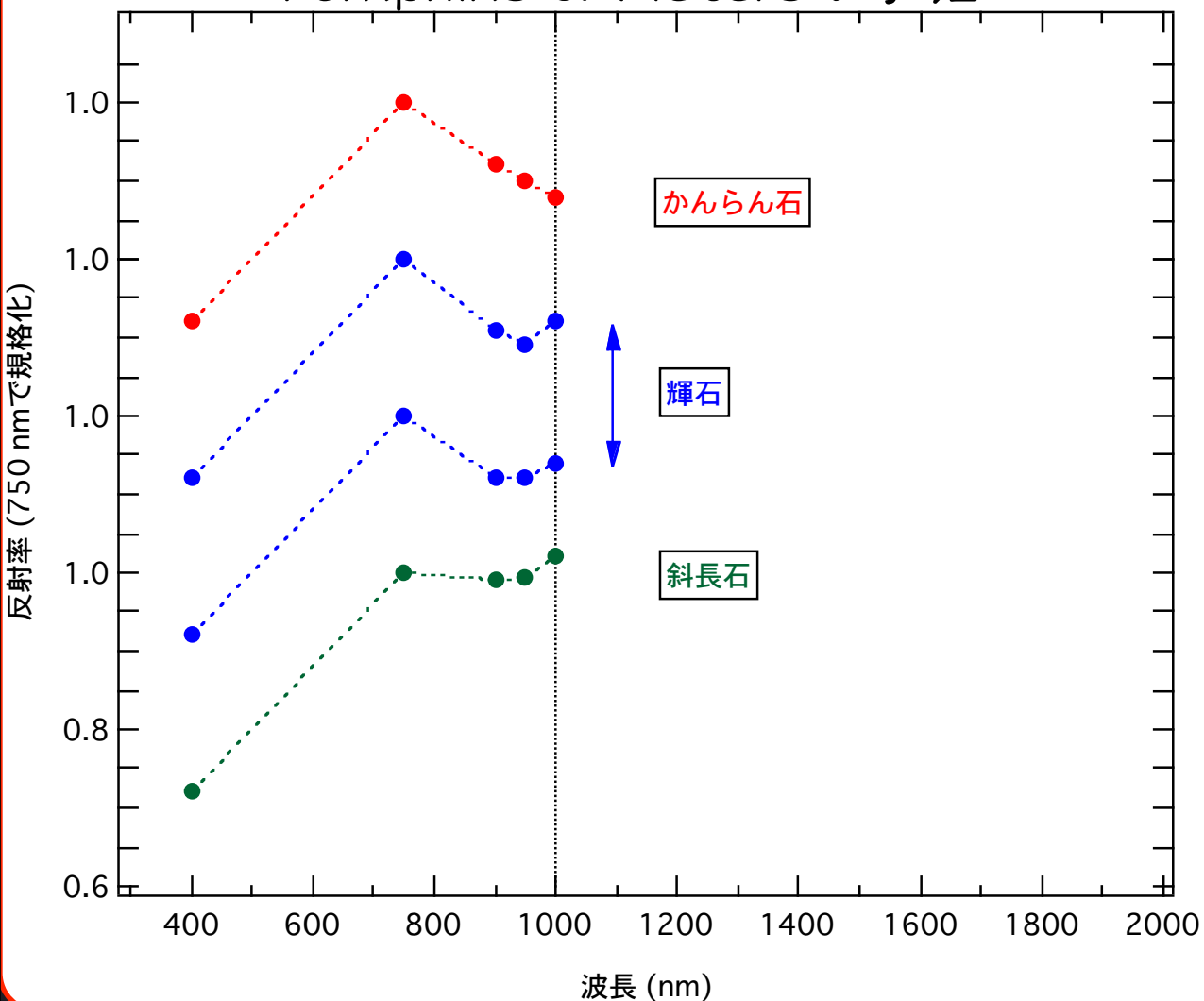
## クレメンタインによるマルチスペクトル観測

(Tompkins & Pieters 1999; Pieters et al. 2001)

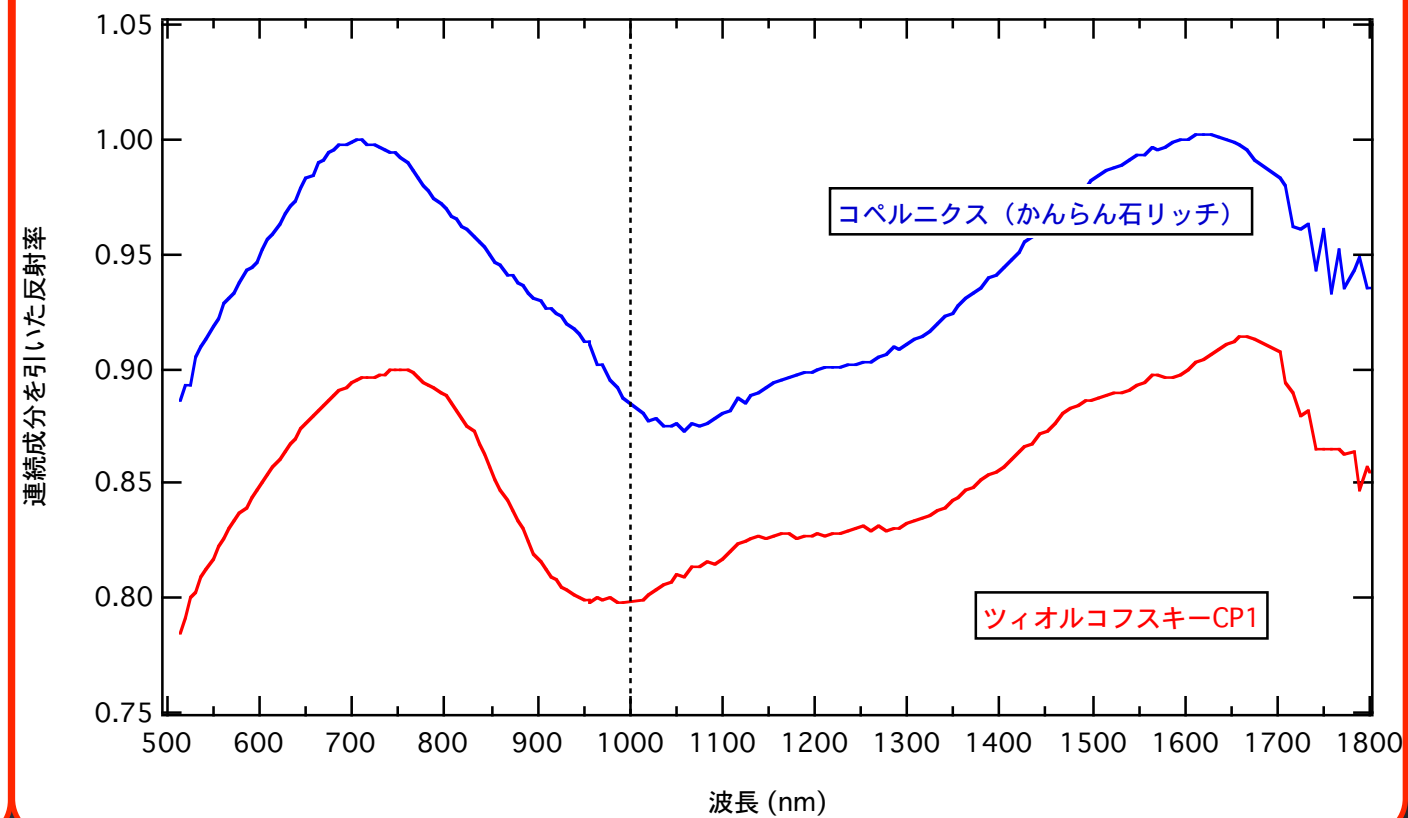


- ① ツィオルコフスキー
- ② ラングレヌス
- ③ テオフィラス
- ④ クルックス
- ⑤ キーラー
- ⑥ カンラン石の丘

Tompkins & Pietersの手法



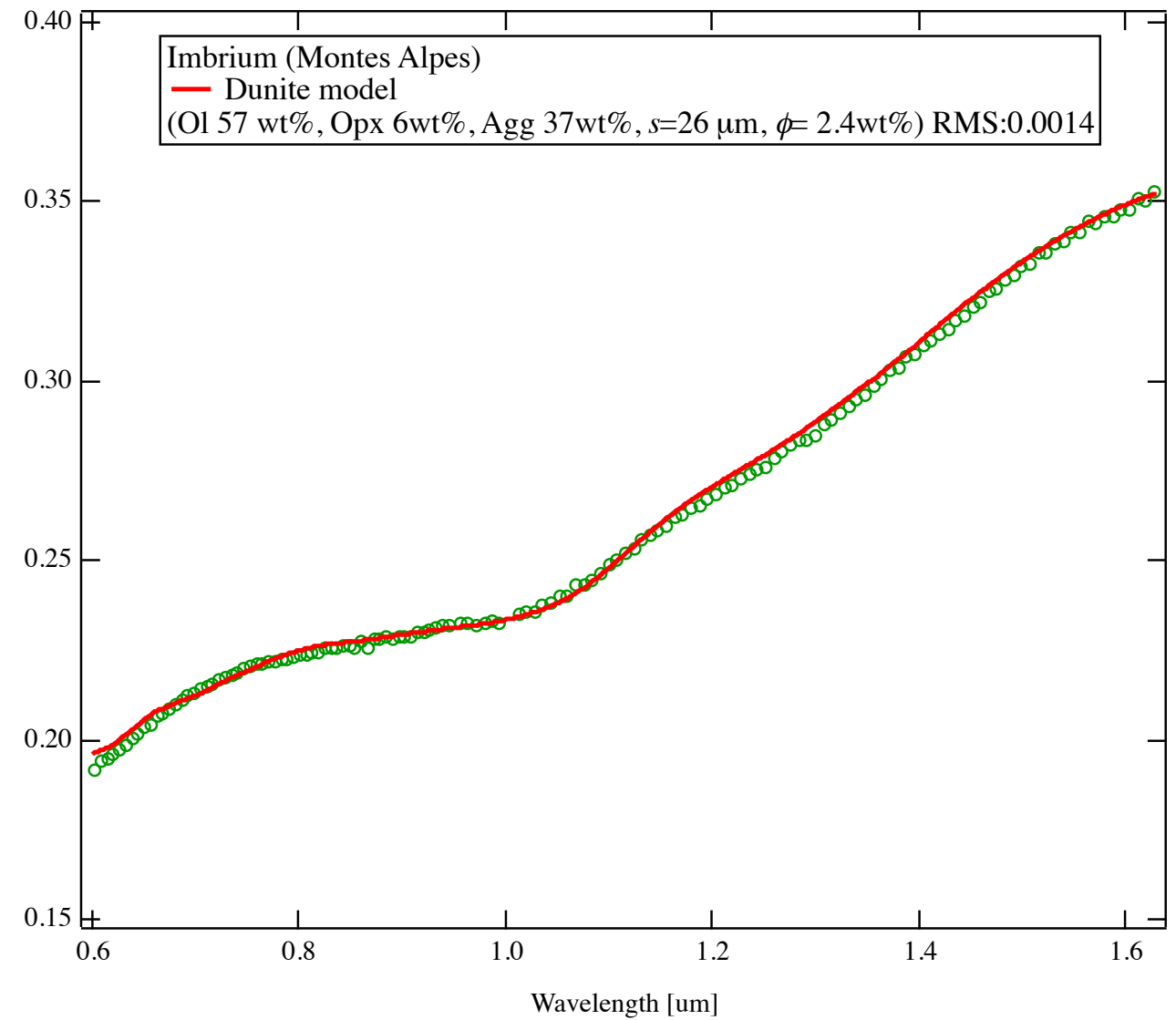
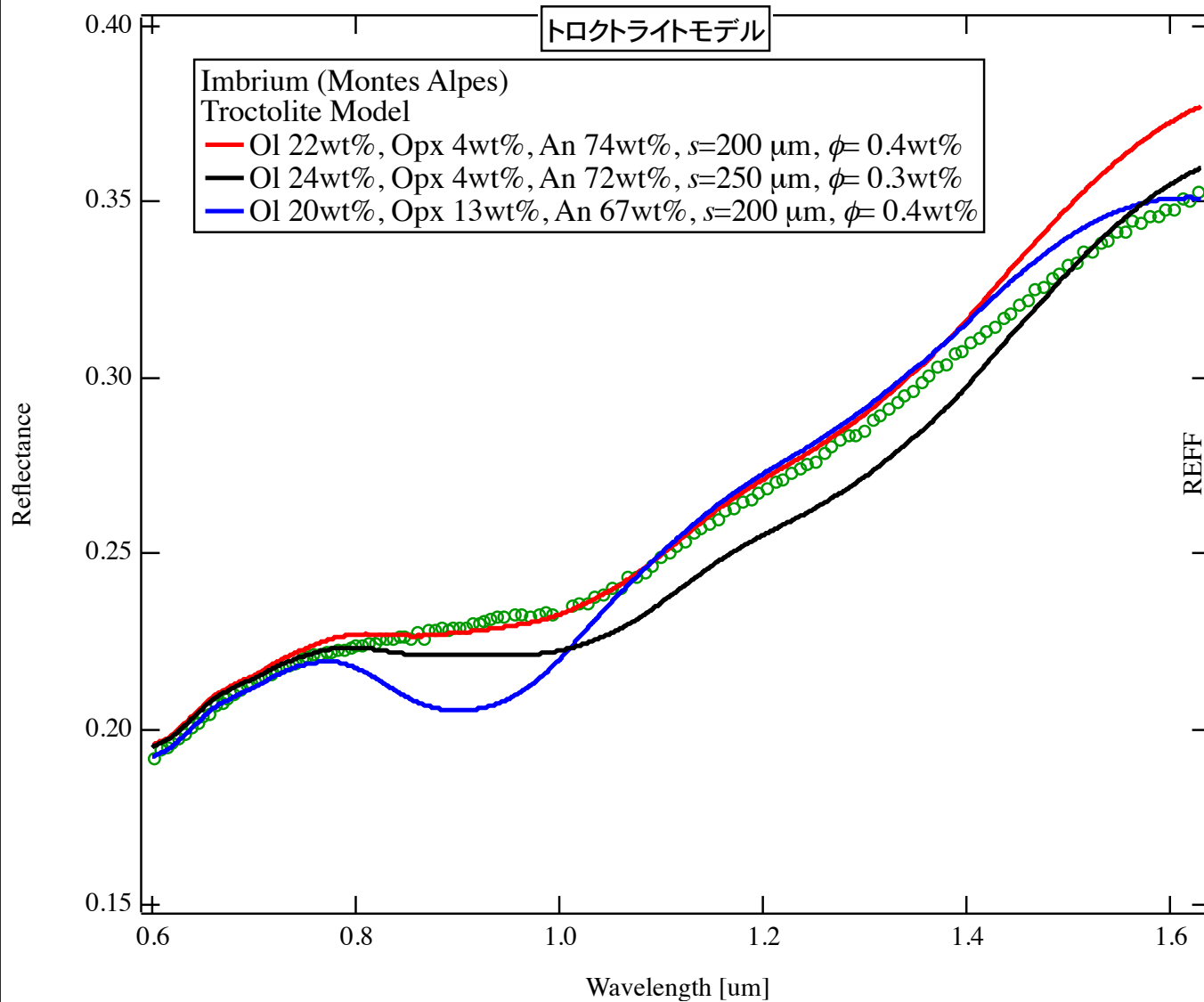
SPデータ





# 反射連続分光データならでの研究

- ・ 信頼性の高い鉱物同定
- ・ 組成への制約





## 1.1 反射連続分光データとは

### ③ 反射連続分光によるモートセンシング

月探査における連続分光観測実績はSPが世界で最初

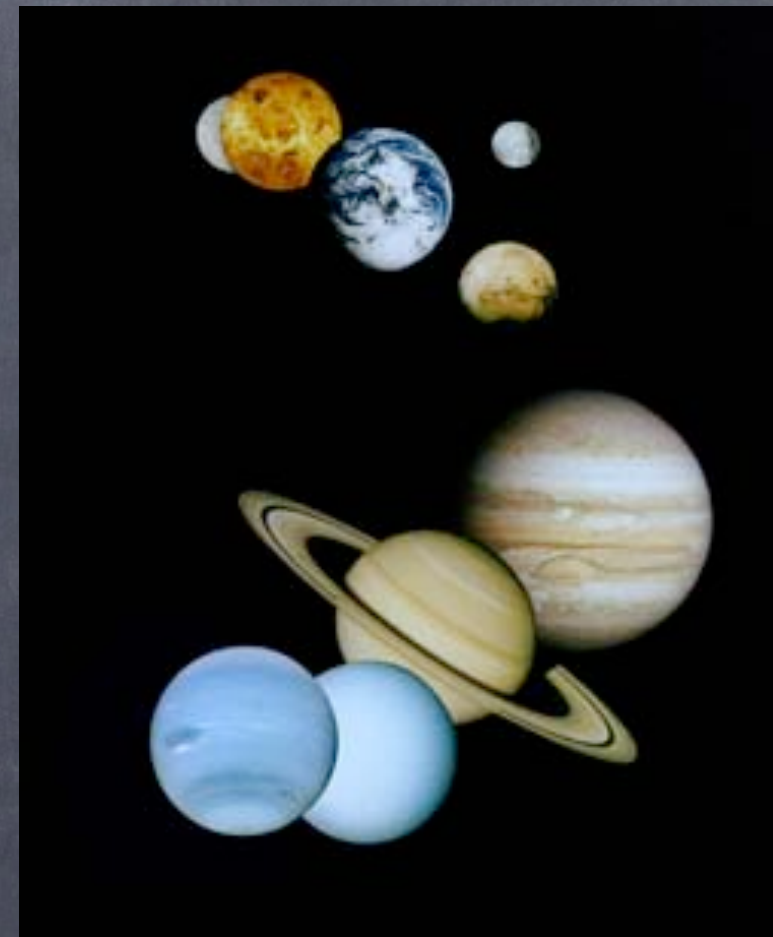
月：かぐや搭載SP, チャンドラヤーン搭載HySI & M3

火星：マーズリコネッサンスオービター搭載CRISM

金星：ビーナスエクスプレス搭載VIRTIS-M-IR

水星：メッセンジャー搭載MASCS

小惑星（ベスタ）：ドーン搭載VIR



地球：AVIRIS（米・航空機搭載センサ）

実験衛星：Hyperion (NASA) CHRIS (ESA)

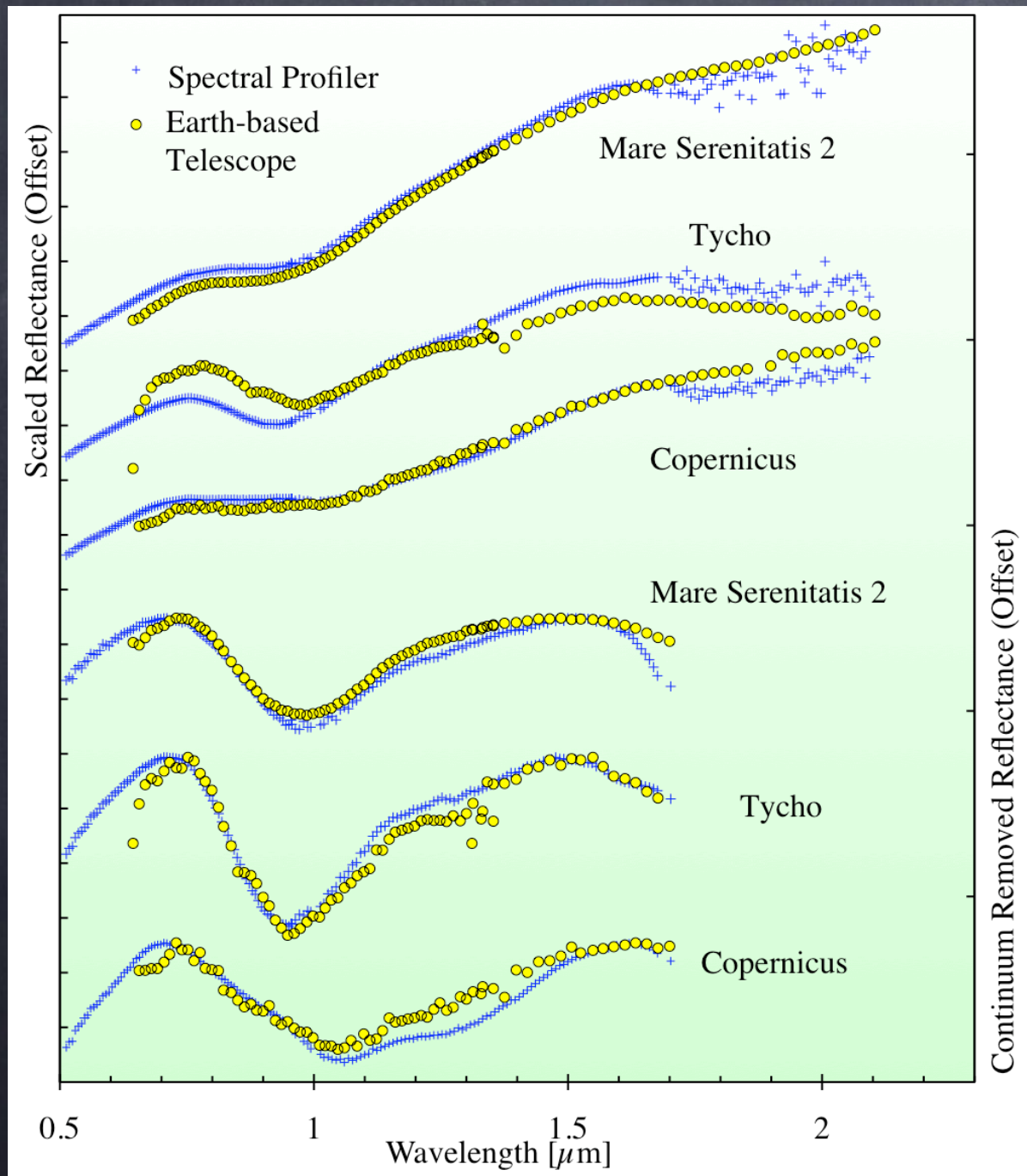


# SPデータを使った月科学成果の紹介



## 1.2 SPによる月科学研究への紹介

Matsunaga et al. (JGR; 2008)



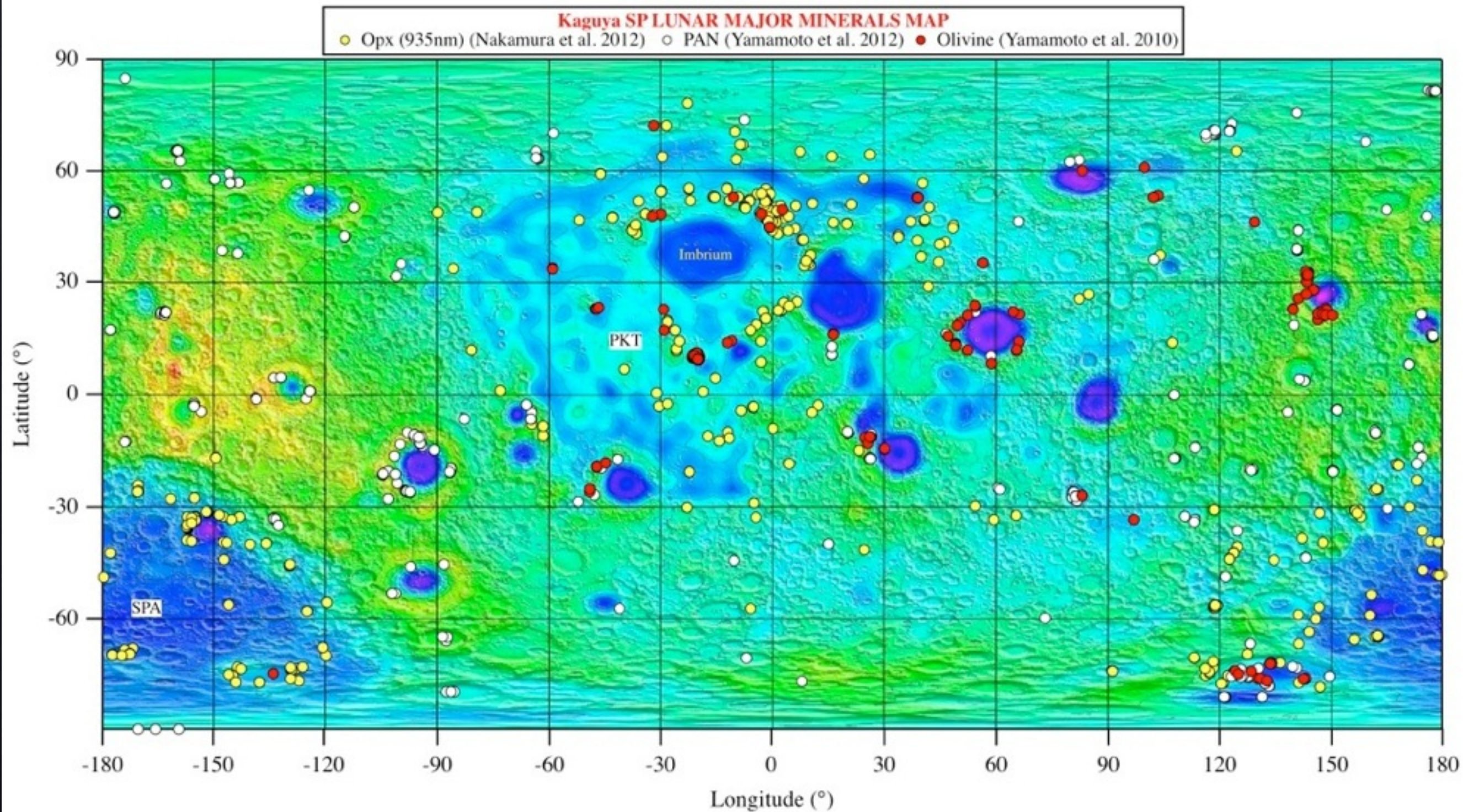
月面上では世界初の  
衛星を使った反射連続分光による観測

過去のマルチバンド観測を基にした報告  
について、連続分光データによる検証

- ・カンラン石候補地点への新しい解釈
- ・斜長石の持つ吸収特性の世界初の検出



# 月主要鉱物マップ

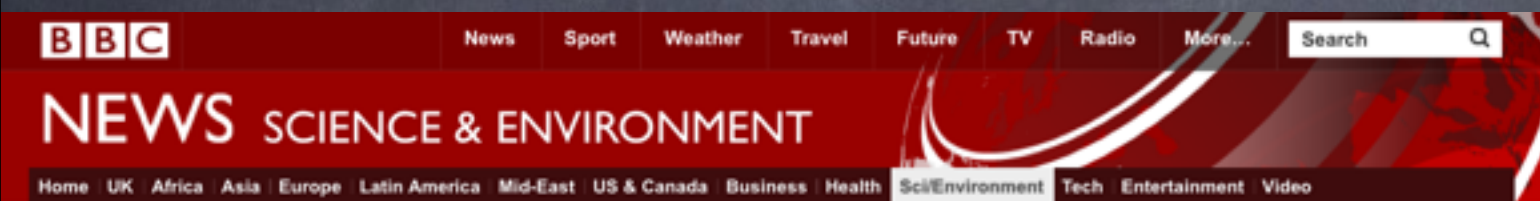




# Yamamoto et al. (Nature Geoscience; 2010)

連続分光データによるカンラン石の吸収バンドの検知

→ カンラン石に富む場所の月全球分布



## Japanese Kaguya probe saw deep Moon rock



Kaguya famously made a high-definition version of the Apollo "Earthrise"

Rocks that may have originated deep within the Moon were spied on its surface by a Japanese probe.

The Kaguya (Selene) mission surveyed Earth's satellite until a year ago.

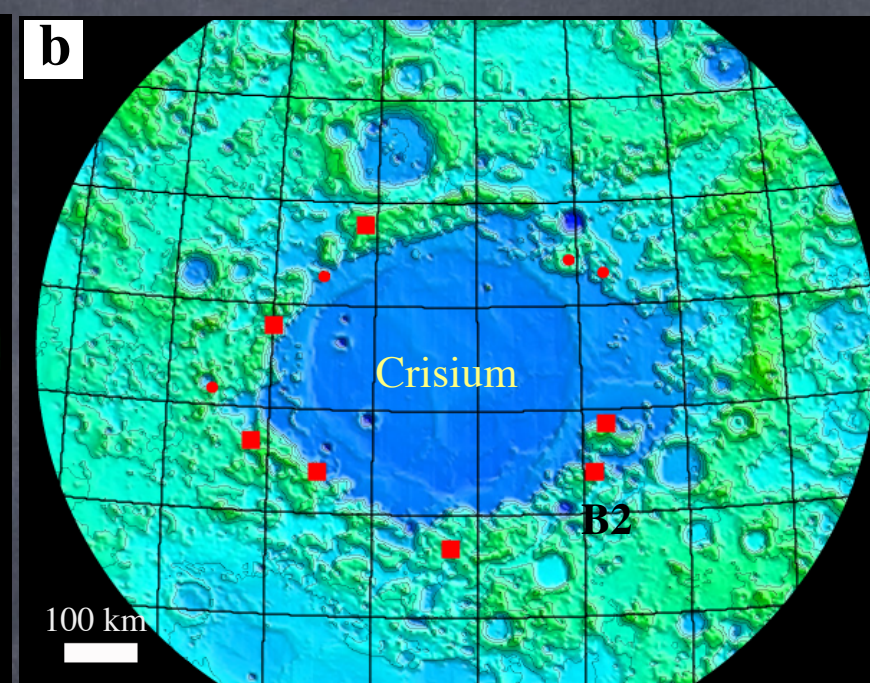
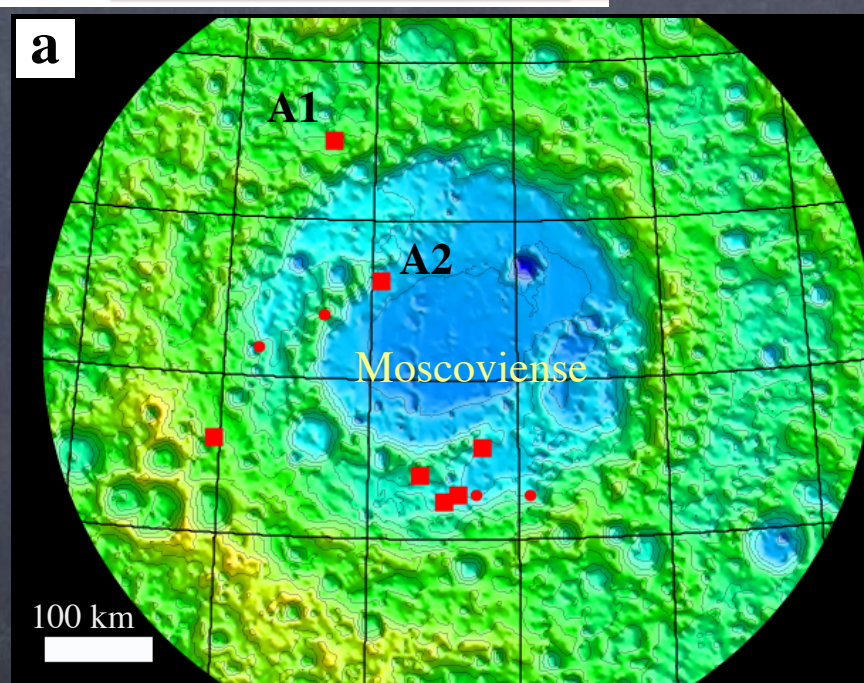
Scientists report in Nature Geoscience that it saw exposures of rocks rich in the mineral olivine in concentric rings around craters.

They suggest that large impacts could have penetrated the Moon's outer crust, bringing into view the mantle olivine stored just below the surface.

The observations are said to fit well with ideas about how the Moon

### Related Stories

- Japanese probe crashes into Moon
- Japan marvels at its Moon movies



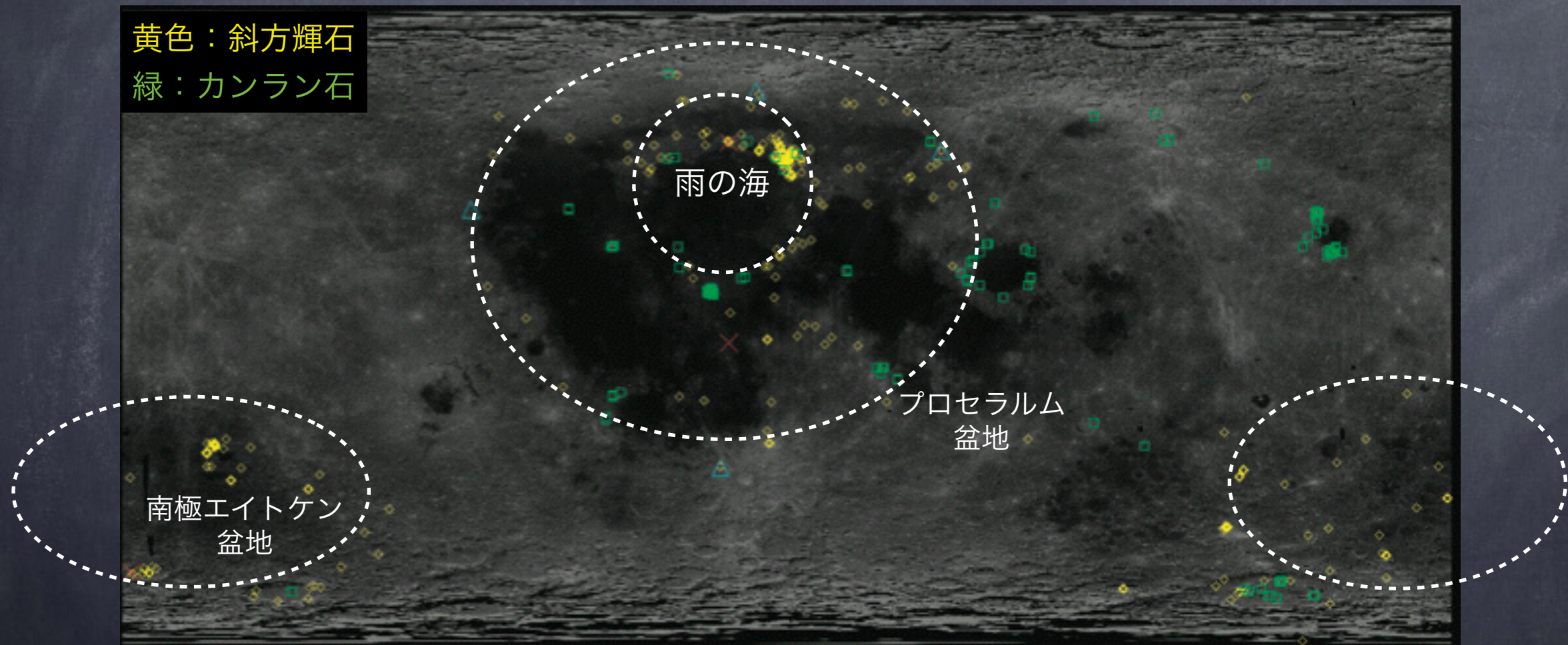
月の形成・進化の謎のカギを握る月内部からのカンラン石の月表面上での分布とその起源を明らかにした



# Nakamura et al. (Nature Geoscience; 2012)

Caに乏しい輝石(LCP)の吸収バンドの検知

→ LCPに富む場所の月全球分布



低カルシウム輝石分布による  
月二分性衝突説への観測的証拠

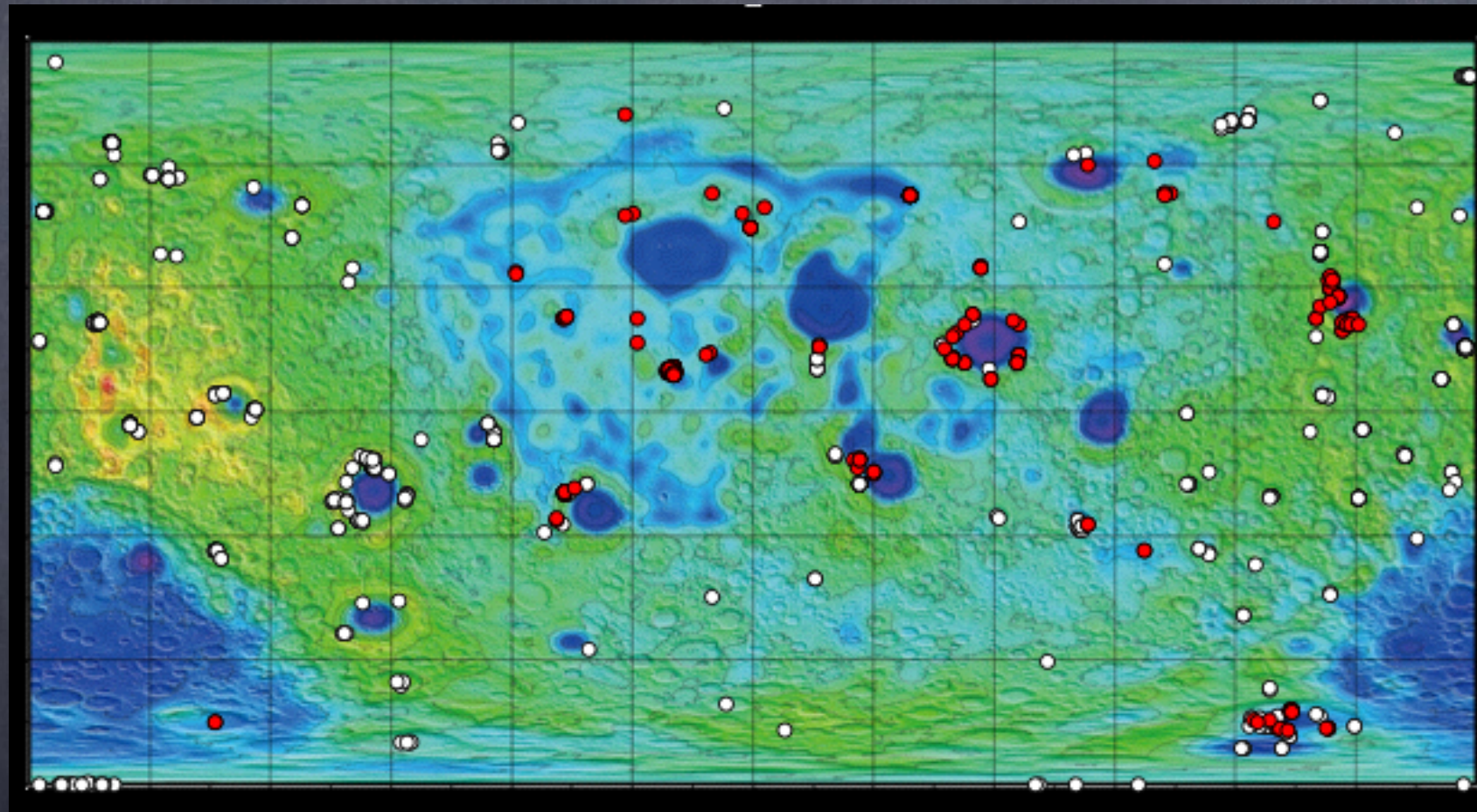


## 1.2 SPによる月科学研究への紹介

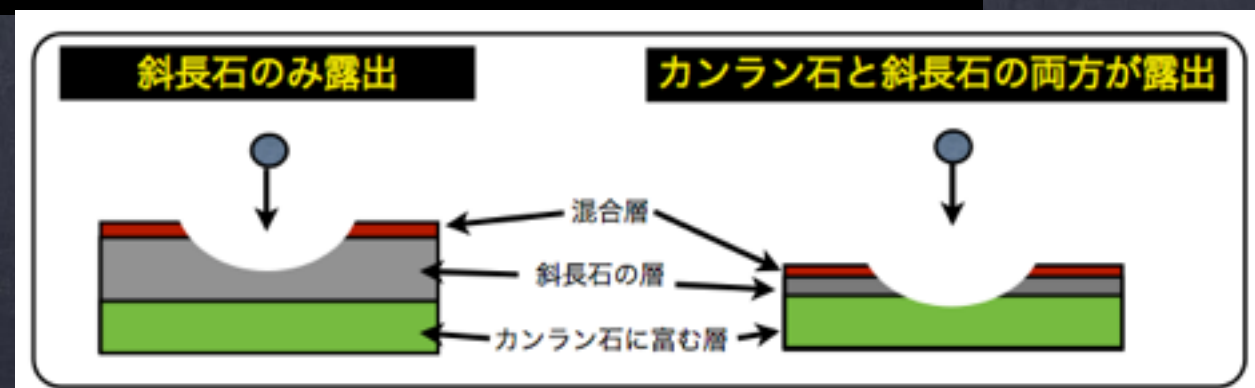
Ohtake et al. (Nature 2009);  
Yamamoto et al. (GRL; 2012)

極めて純度の高い斜長岩(PAN)の吸収バンドの検知

→ PANに富む場所の月全球分布

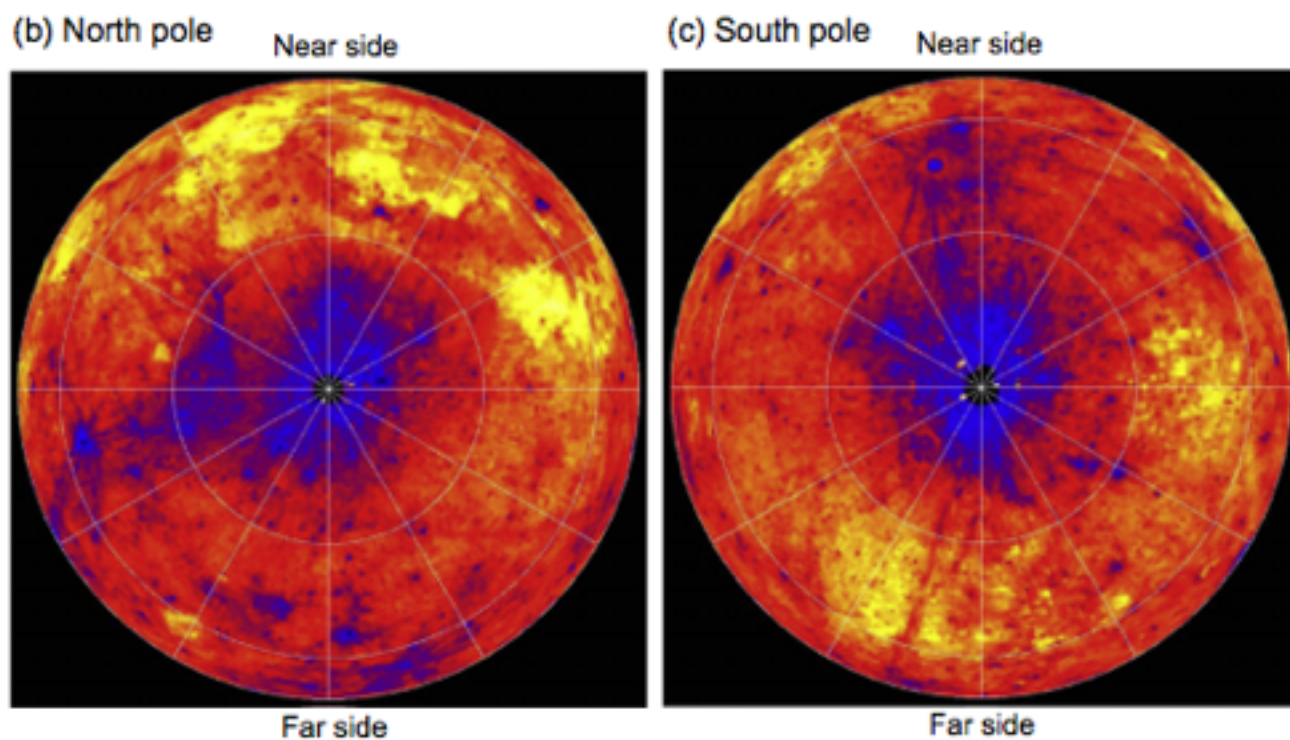
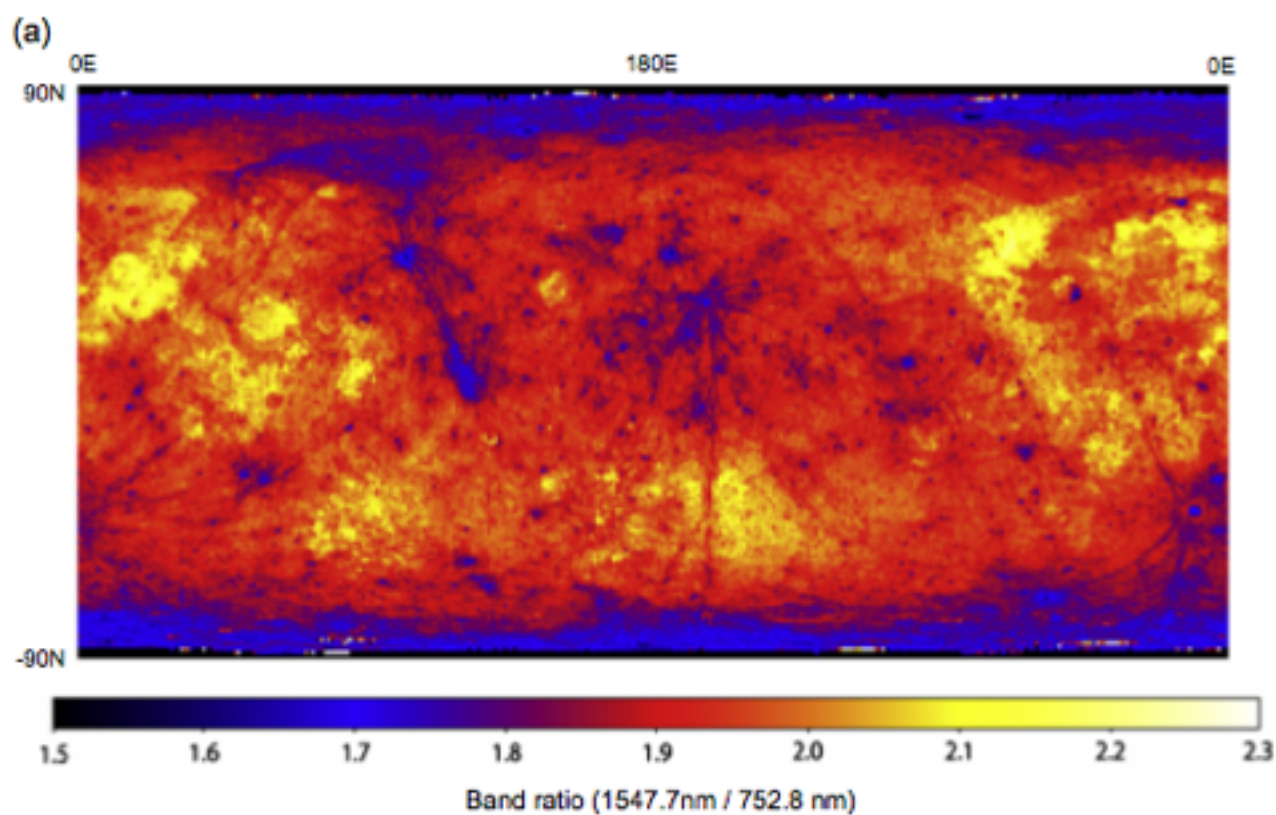


月表層下に大規模に広がる厚さ50kmのPAN層の存在を示唆





# Yokota et al. (Icarus; 2011)



月面反射率の絶対値に対する  
高精度の評価



月の北極・南極の  
反射率異常の発見



# SPを使った月科学研究に対する成果

Matsunaga et al. (JGR; 2008)

Yamamoto et al. (Nature Geoscience; 2010)

Yokota et al. (GRL; 2011)

Nakamura et al. (Nature Geoscience; 2012)

Yamamoto et al. (GRL; 2012)

以外にも

- ・ 南極エイトケン盆地の生成機構の解明

Nakamura et al. (GRL; 2010); Yamamoto et al. (Icarus; 2012)

- ・ 高地における光条クレーターの研究

Ogawa et al. (GRL; 2011)

- ・ 月面上の特異な火砕屑物の発見

Yamamoto et al. (GRL; 2013)

- ・ 月南極シャクルトンクレーターの解明

Haruyama et al. (GRL; 2013)

- ・ 月の化学組成の表裏非対称の発見

Ohtake et al. (GRL; 2012)