

Lunar Surface Gravimeter as a Lunar Seismometer:  
Investigation of  
a New Source of Seismic Information on the Moon

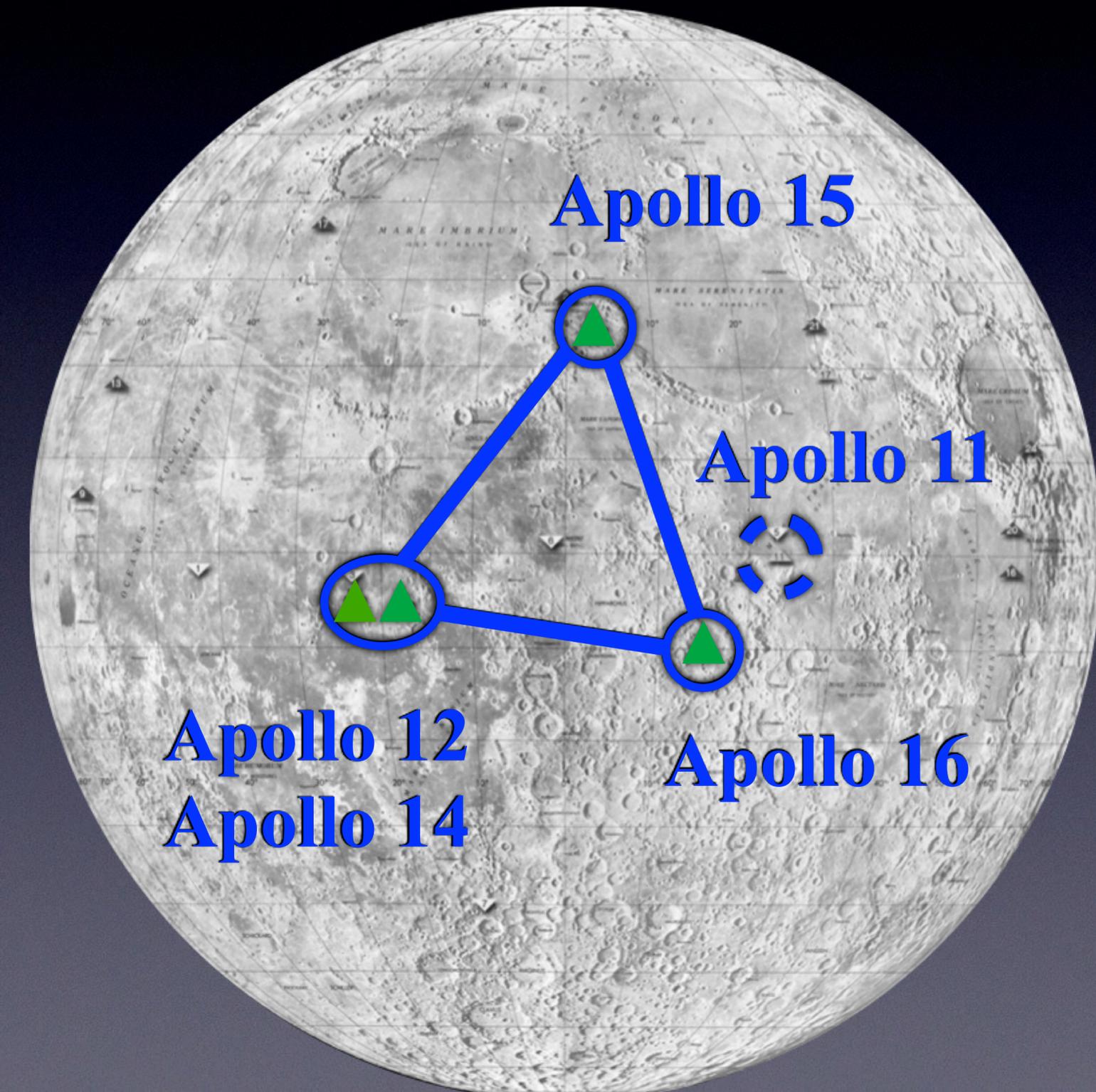
アポロ17号月面重力計 Lunar Surface Gravimeter の  
月震学への応用

**Taichi Kawamura<sup>1</sup>, Naoki Kobayashi<sup>2</sup>,  
Satoshi Tanaka<sup>2</sup>, Philippe Lognonné<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Paris Diderot - Sorbonne Paris Cité, Institut de Physique du Globe de Paris

<sup>2</sup>Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

# Apollo **P**assive **S**eismic **E**xperiment



- 観測期間： 1969 ~ 1977

- 5機の月震計:

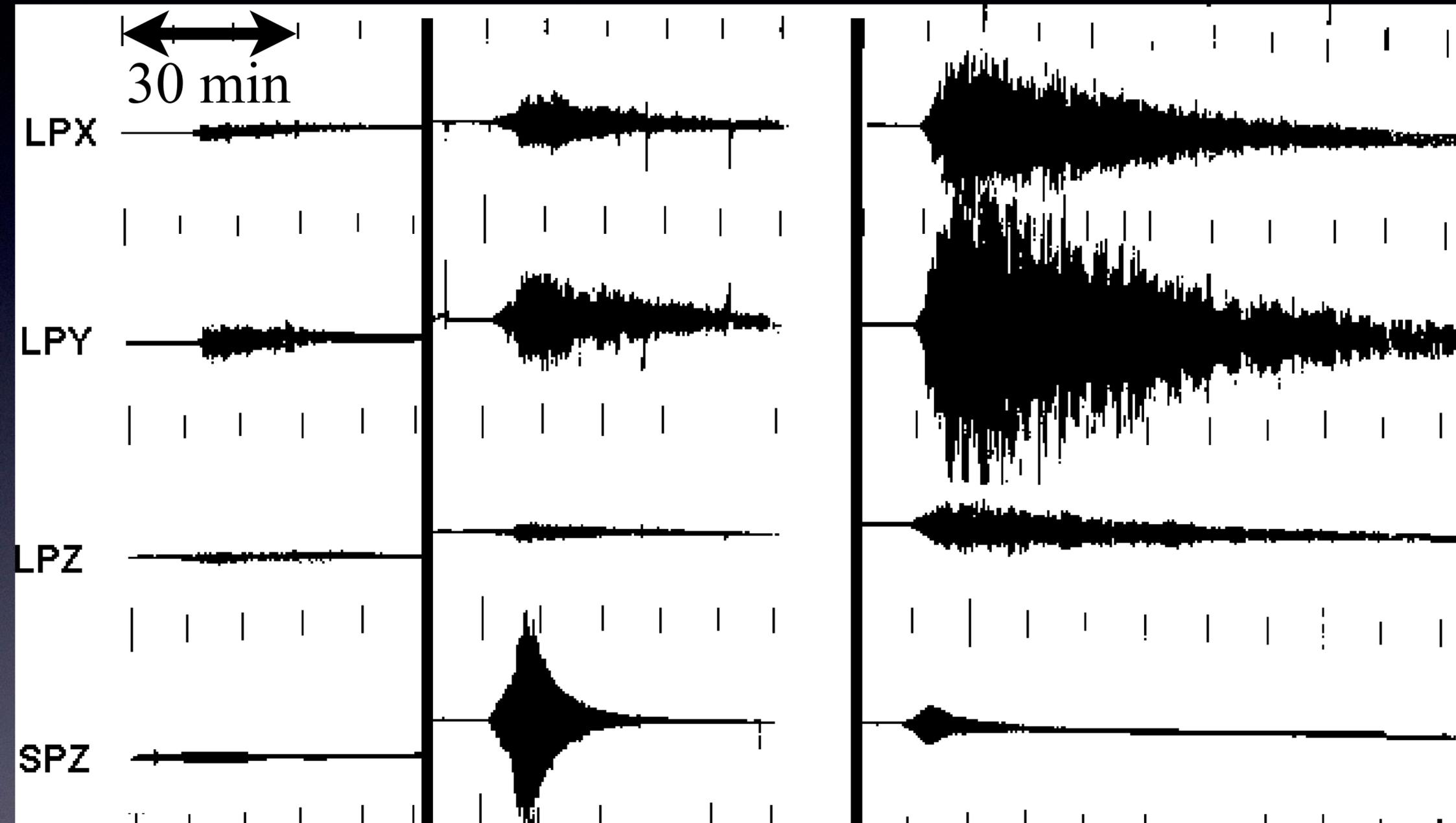
Apollo 11, 12, 14, 15, 16

- 約5年間、4観測点の

ネットワーク観測

(Apollo 12 ~ 16)

# Moonquakes



深発月震

深さ ~ 1000km

7245 events

浅発月震

深さ:  $\leq 200$  km

28 events

隕石衝突

1743 events

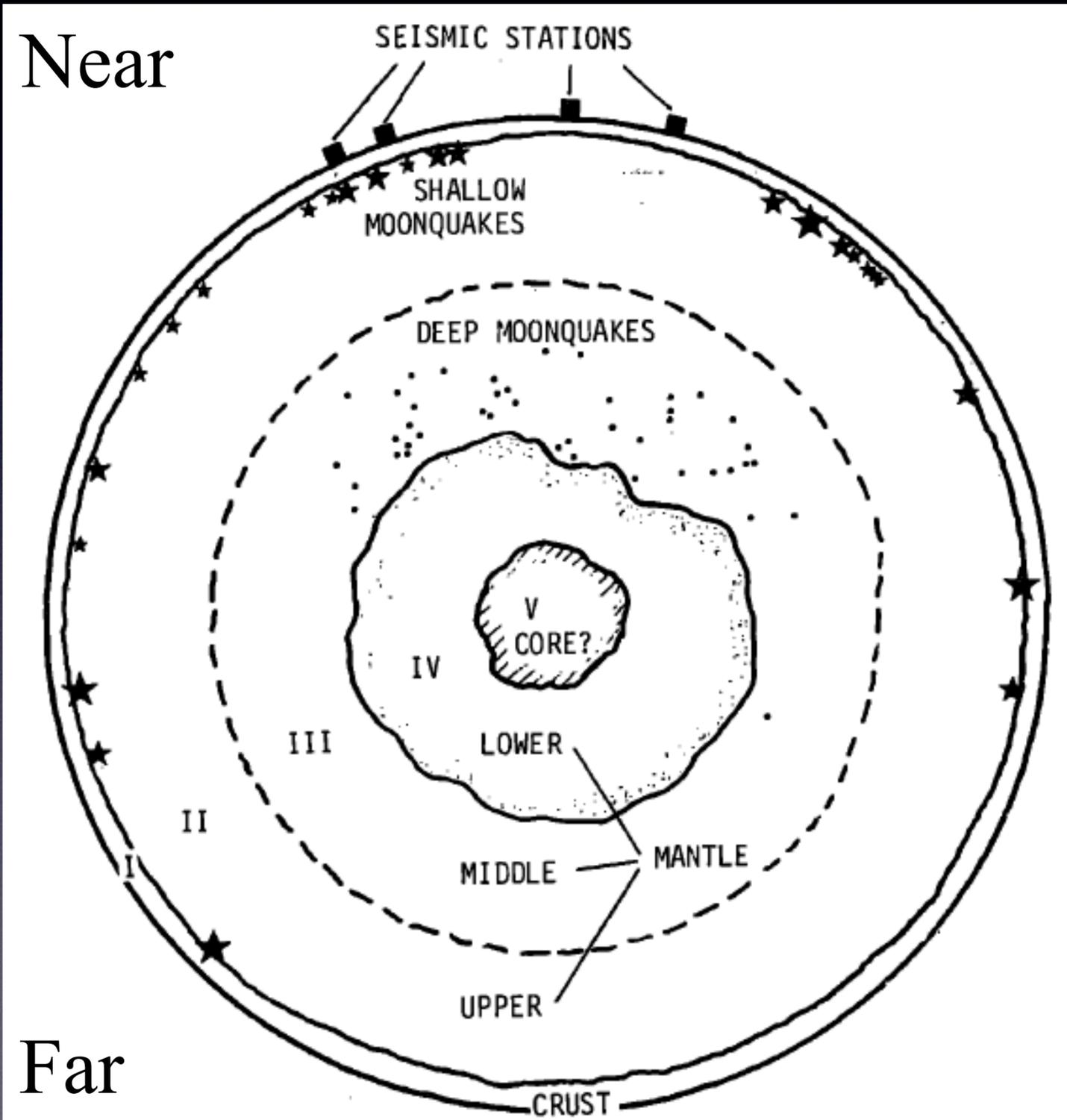
未分類 3533 events

深発月震

浅発月震

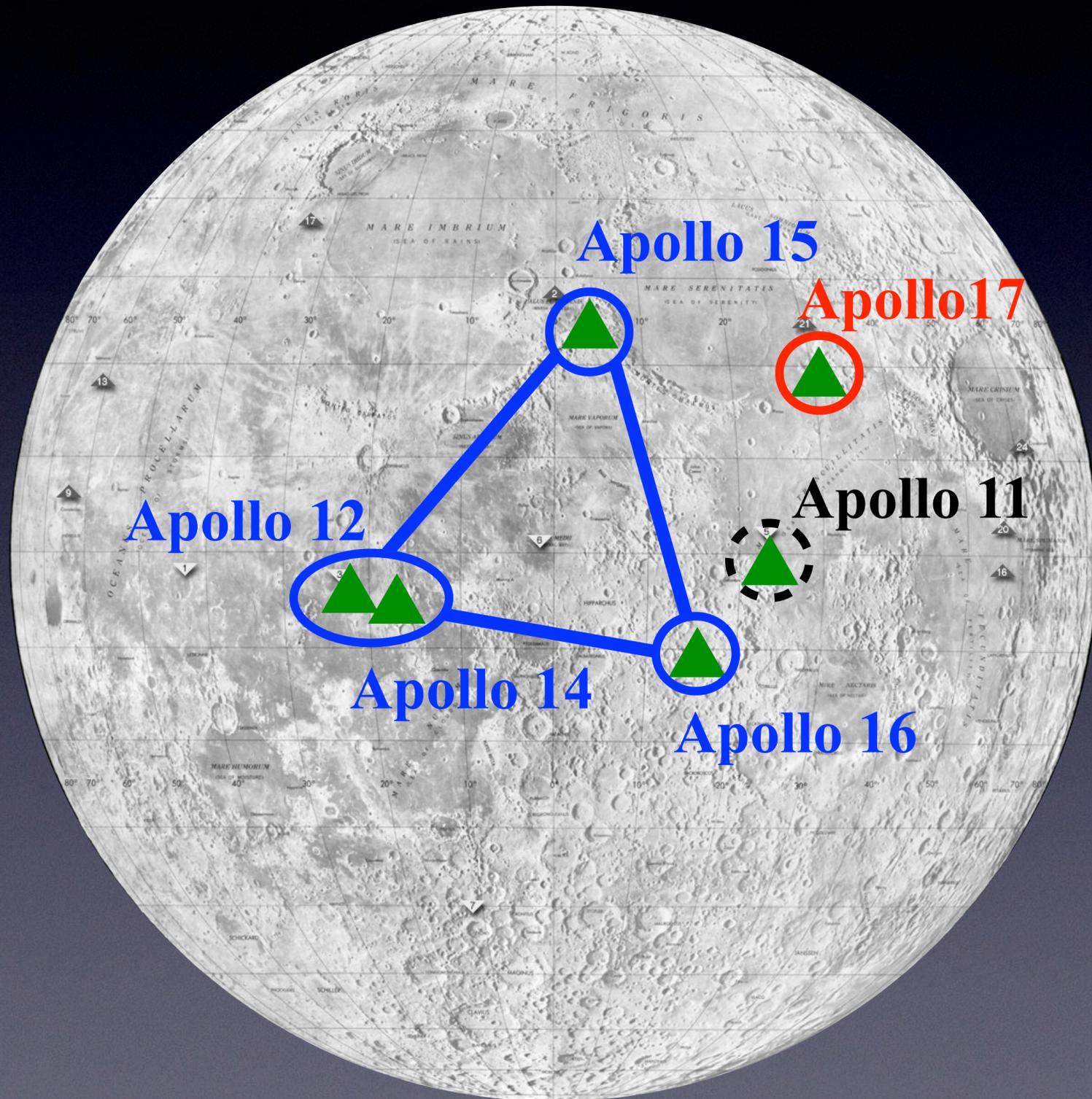
隕石衝突

# Problems with Apollo PSE



- 限られた観測点  
4観測点全てが月の表側
- 限られた観測範囲  
裏側の月震が観測されていない  
= 月深部の情報が得られていない( $\geq 1100\text{km}$ )
- 観測器の感度の制限  
ダイナミックレンジ  
観測周波数帯域

# 新たな情報ソース



## Apollo 17

1972 12月に打ち上げ  
搭載観測機器

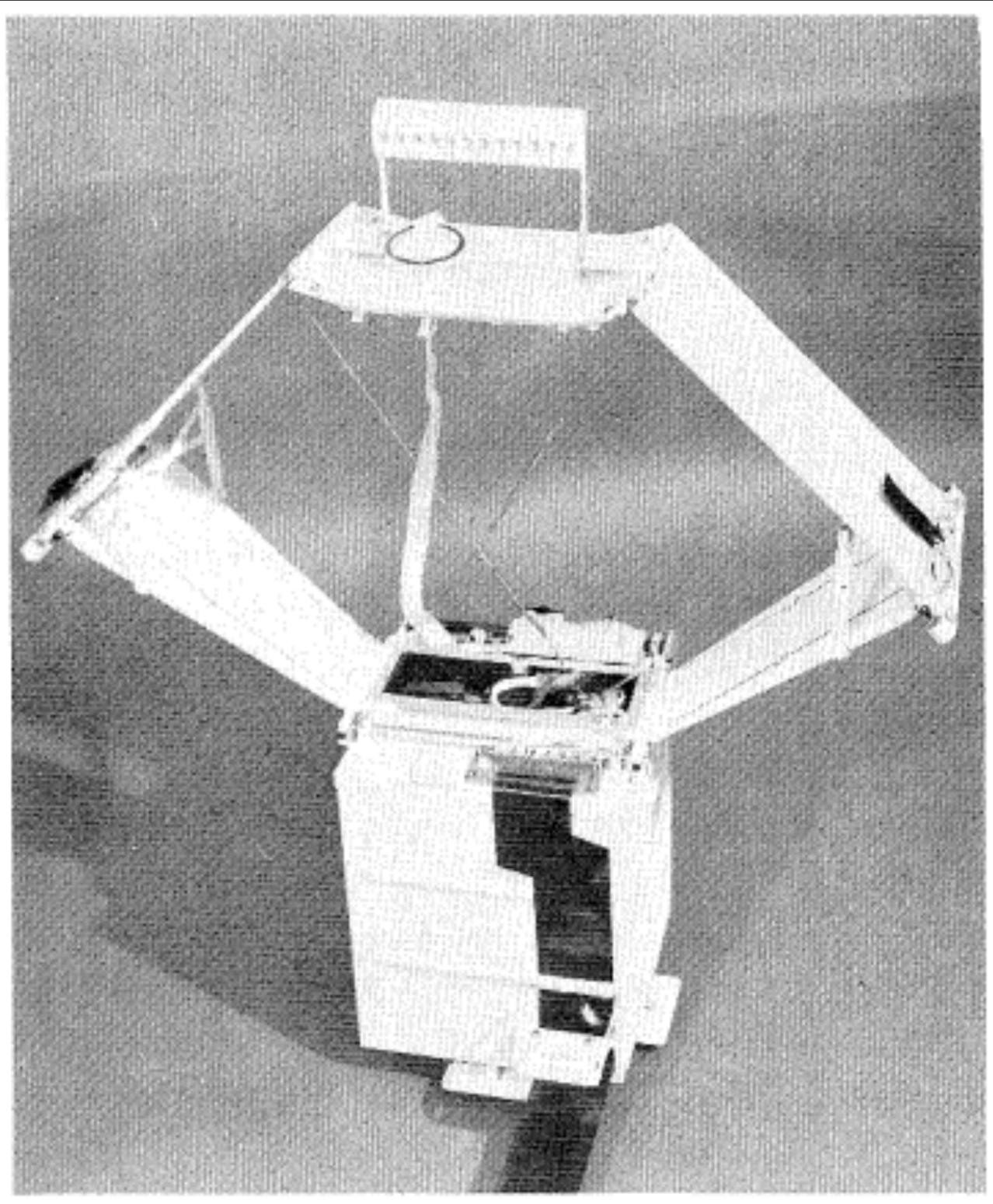
月面重力計

熱流量計

隕石衝突観測 など...

月震計は搭載されず

# Lunar Surface Gravimeter



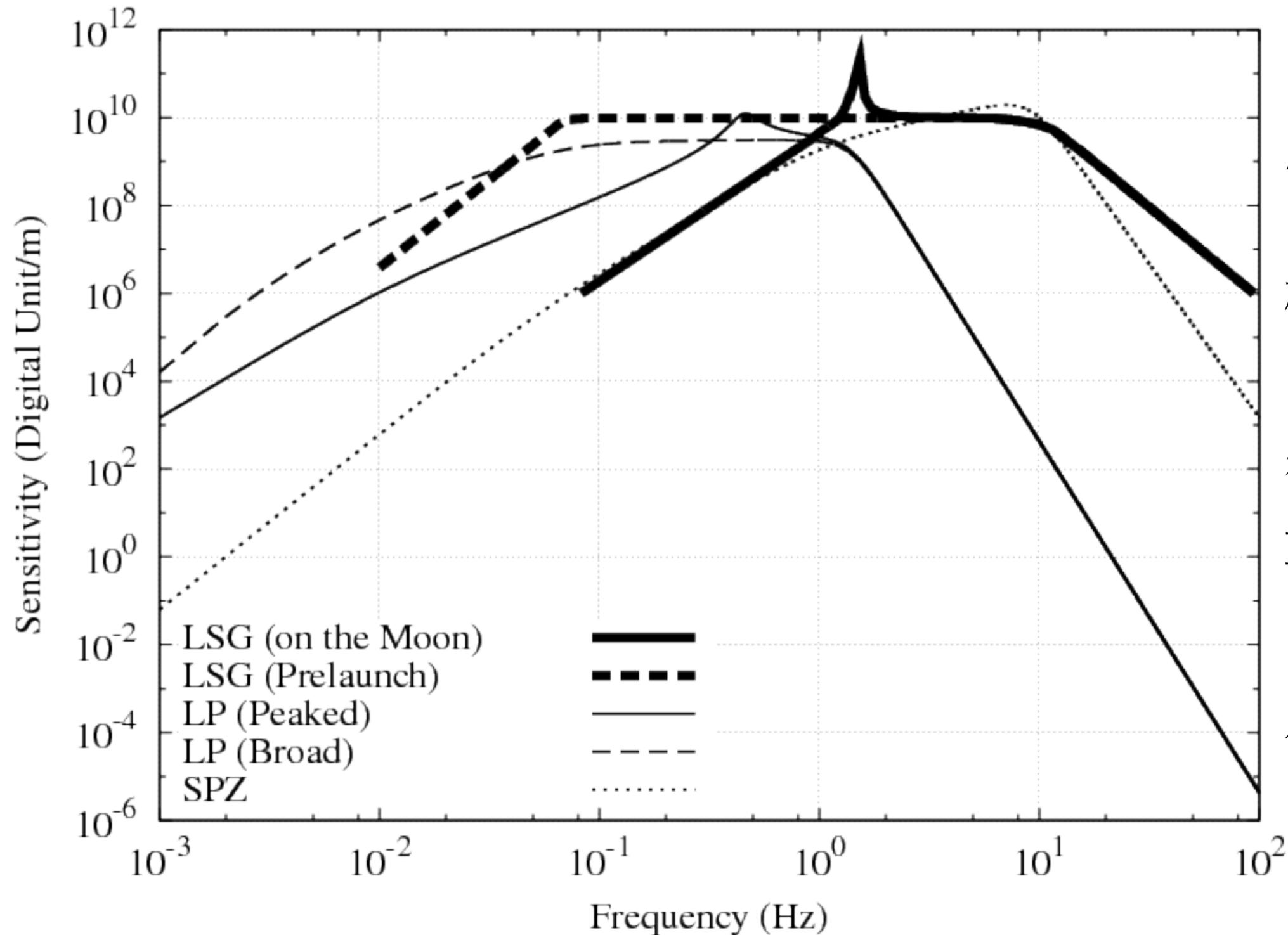
## 重力波の観測

→有意義な観測データは得られず。

## 地震観測

→月震観測を行っていたが月震学的な解析はほとんど行われていない。

# LSGの感度曲線

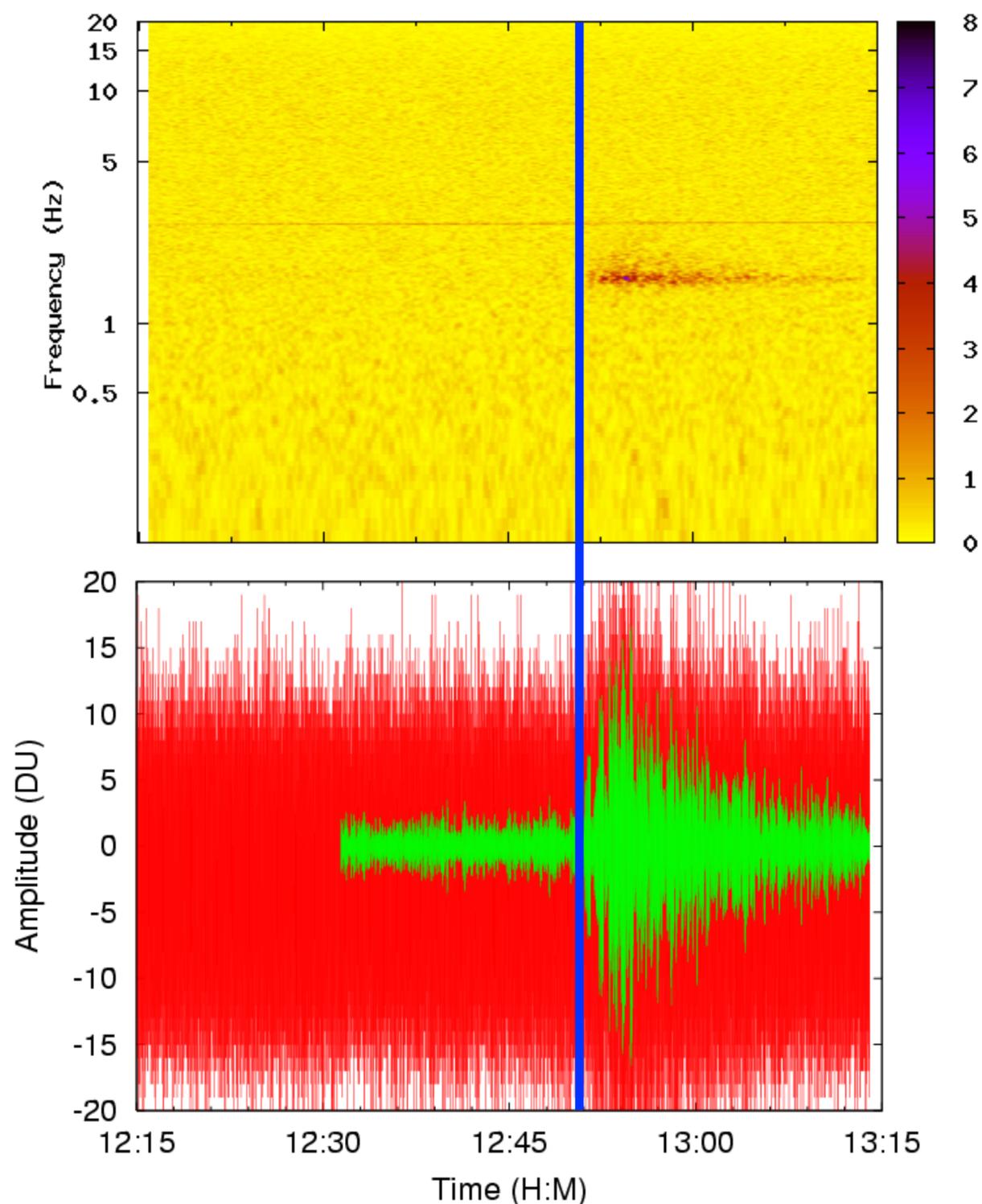


アポロの月震計と同程度の、感度をもつ

機器設計の不具合により設計通りの感度での観測は行われなかった。再度調整が行われたが1Hz以上では感度の劣化は少なく、月震観測が可能な感度を持つ。

# LSGで観測された月震波シグナル

波形  
スペクトログラム



時間領域と周波数領域、  
共にLSGで月震波シグナルが  
検出されている。

LSGは他の月震計と比べ、  
ノイズレベルが高い。

フィルタをかけることでS/N  
を向上させることができる。

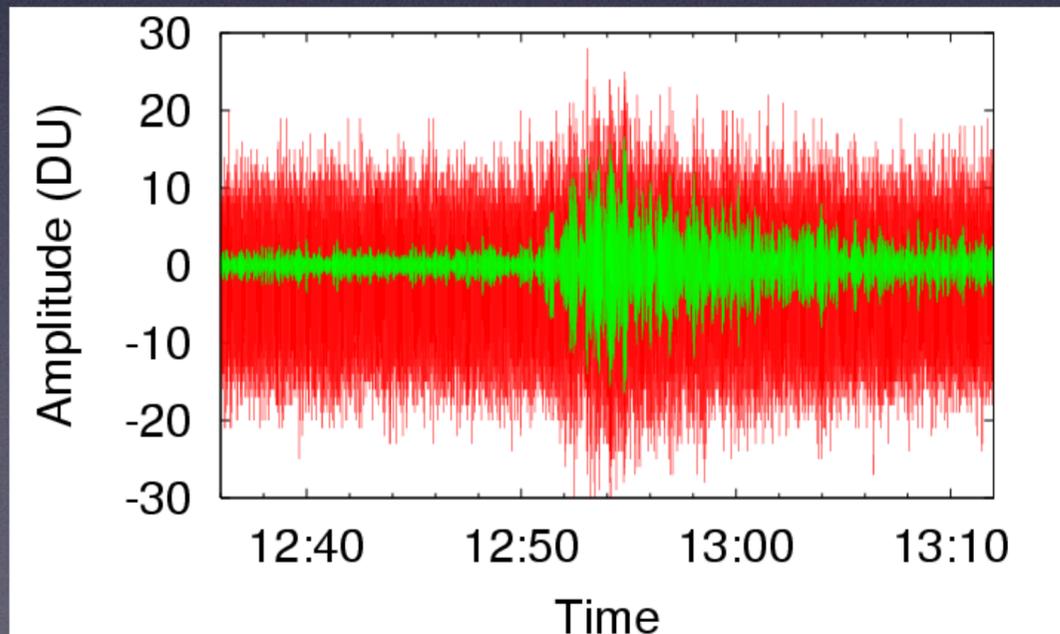
# LSGで検出された月震イベント

1. 深発月震

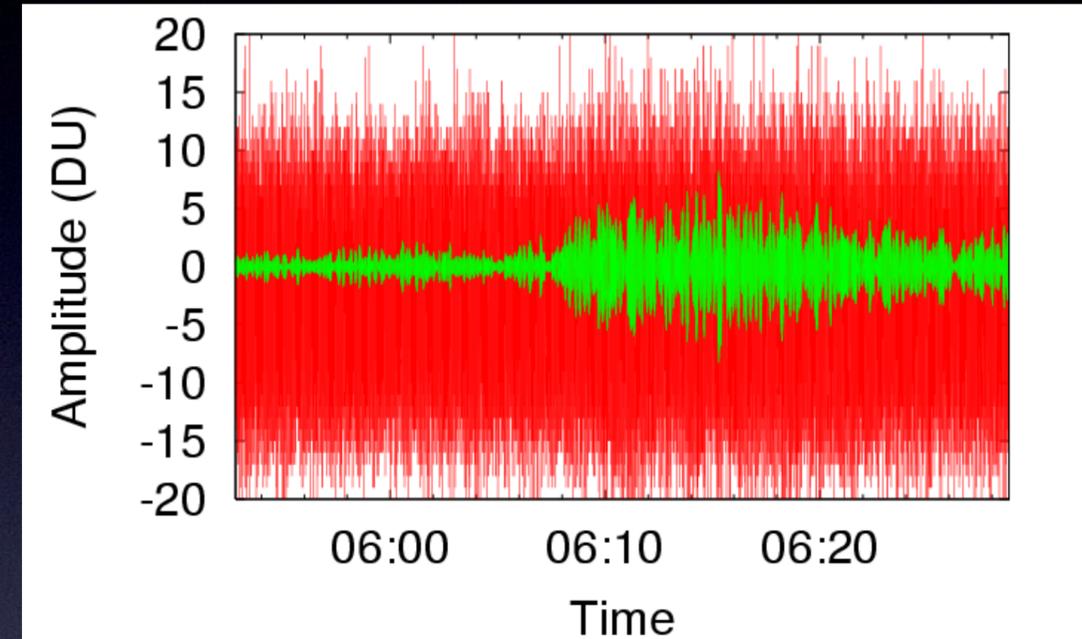
2. 隕石衝突

3. 先発月震

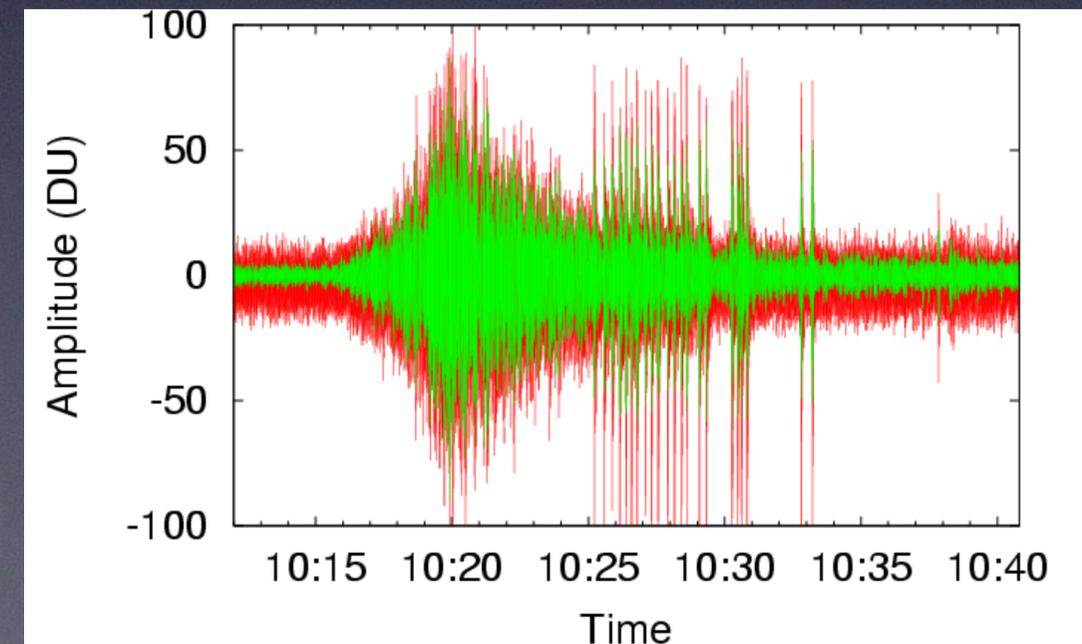
1.



2.



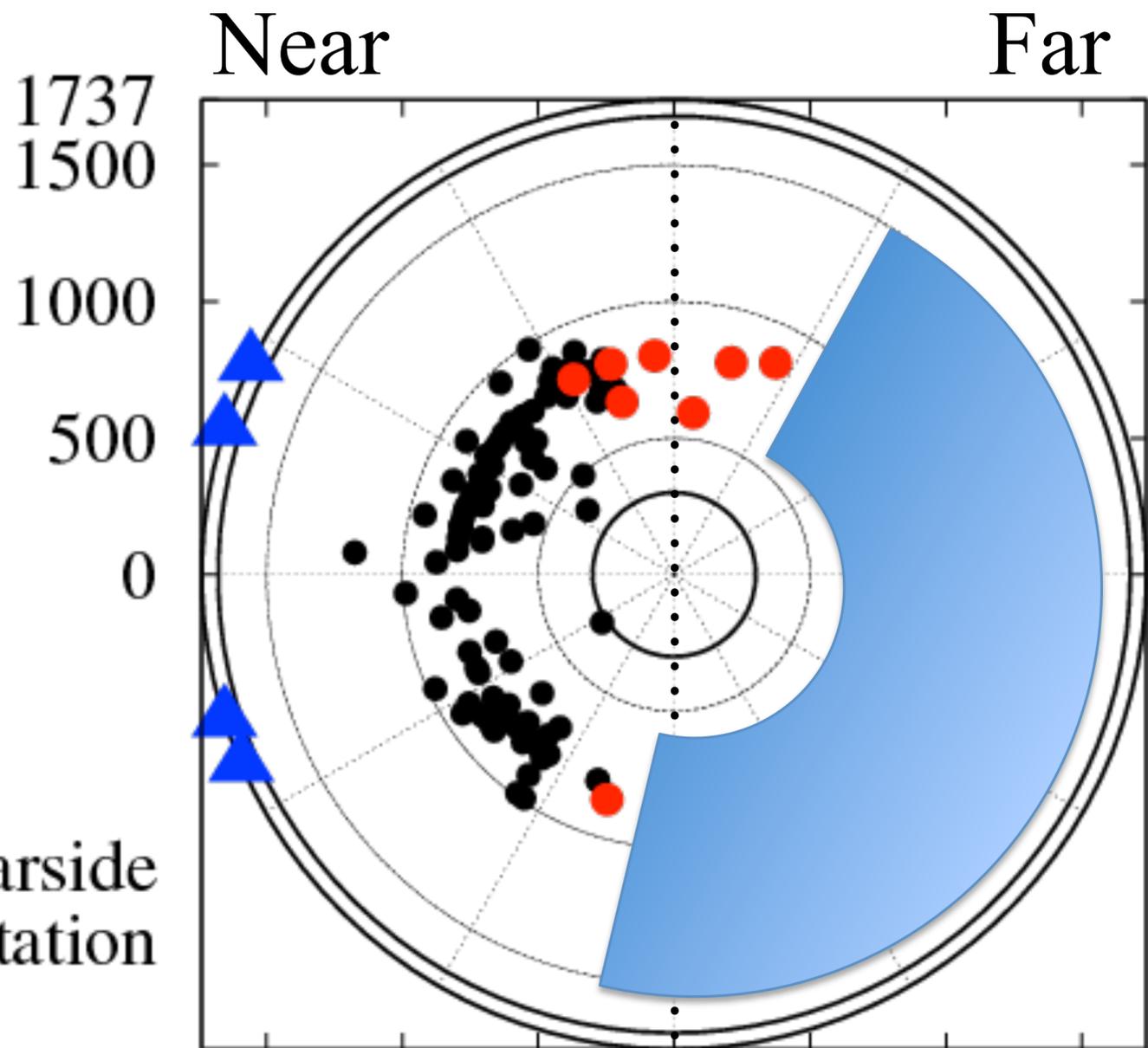
3.



# LSGで検出された月震イベント

Number of seismic events able to examine with the LSG (Nakamura, 2003)		解析済	LSGで検出
深発月震	970	485	134
隕石衝突	203	191	28
浅発月震	3	3	2
未分類	453	165	26
Total	1629	844	190

# Unlocated & Farside Deep Moonquake



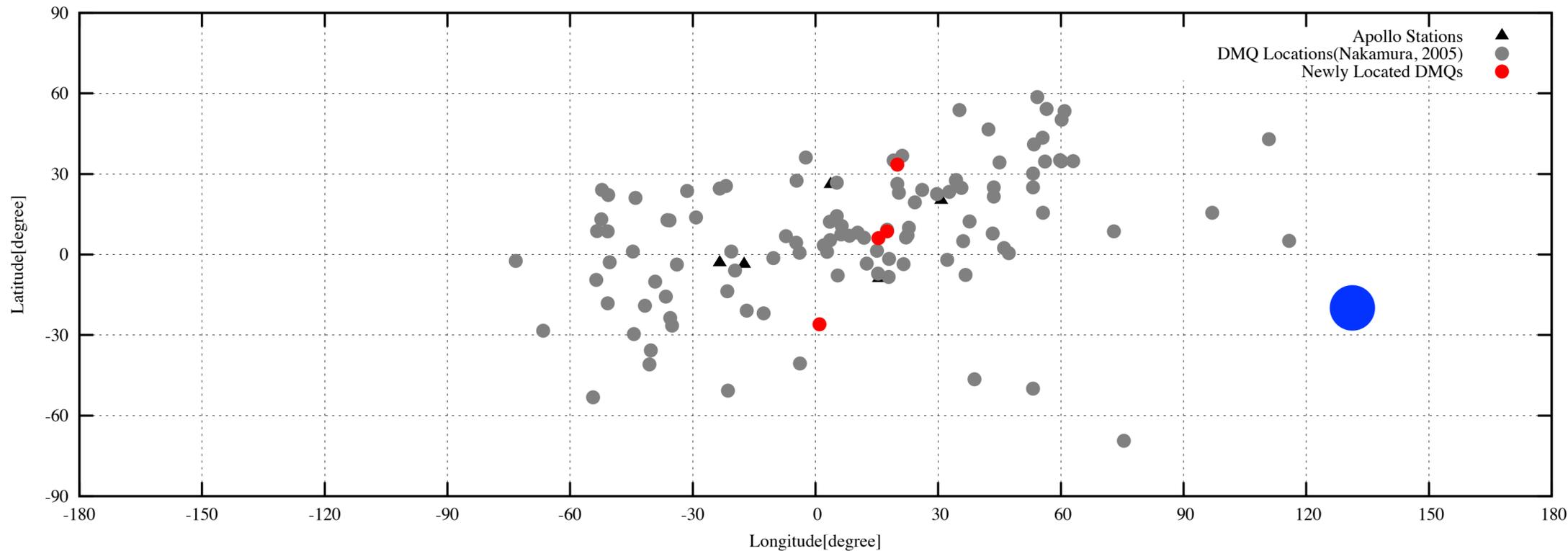
過去のデータでは震源が  
決まっていない深発月震

Unlocated Deep Moonquake: **60**  
(Nakamura, 2005)

裏側の深発月震がほとんど  
見つかっていない

Farside Deep Moonquake: **8**  
(within the errors)

# 新たに震源決定を行った深発月震



**A284 (-24.4±44, 119.3±59, 1052~1737km)**

現在特定され  
た深発月震の  
中でも最も遠  
い震源の一つ

震源の  
推定誤差は  
大きい。

# 結論

- 月面重力計Lunar Surface Gravimeterは月震計として機能しており、他の月震計データと合わせた月震解析が可能である。
- LSGのデータを加えることで震源が未決定の深発月震の震源を決定し、あらたな裏側の深発月震を発見した。