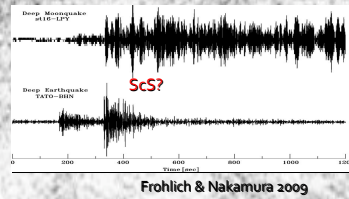


SELENE-2における広帯域地震計の開発

小林直樹¹*, 白石浩章¹, 村上英紀², P. Lognonne³, D. Mimoun⁴, S. de Roucourt⁵, D. Mance⁶, P. Zweifel⁷, M. Bierwirth⁸, R. Roll⁹, 小川和律¹, 飯島祐一¹, 田中智¹, 山田竜平¹, 鹿熊英昭⁷, 竹内希⁹, 岡元太郎⁹, 石原靖¹⁰, 久家慶子¹¹, 趙大鵬¹², 早川雅彦¹, 川村太一¹, 白井慶¹, 藤村彰夫¹, 山田功夫¹³, D. Giardini⁵, U. Christensen⁶
¹ISAS/JAXA ²高知大学 ³PGP, Paris, France. ⁴ISAE, Toulouse, France. ⁵ETH, Zurich, Switzerland. ⁶MPI, Lindau, Germany. ⁷中央大学 ⁸東大地震研究所 ⁹東京工業大学, ¹⁰JAMSTEC, ¹¹京都大学 ¹²東北大学 ¹³中部大学 *Corresponding author, E-mail: kobayashi.naoki@jaxa.jp

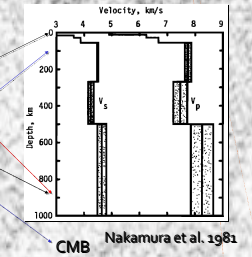
アポロ月探査による地震観測の成果

- 地震活動
 - 月内部で発生する自然地震の検出
- 地震の分類
 - 深発月震 (深さ700~1200km) $M_w=0.5-3$
 - 浅発月震 (200km以下)
 - 隕石衝突起源
 - 熱月震 (表層付近)
- 地球とは異なる地震波波形の特徴
 - 強い散乱と長時間継続する振動
 - P,S波以外のフェーズ検出が困難



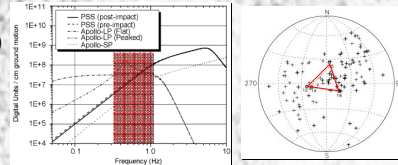
SELENE-2ミッションでの観測目標

- 有人探査と月面拠点建設のための地盤調査
- 表層散乱構造の解明
- 隕石衝突頻度のモニタと浅部構造の推定
- LP レシーバー関数法による地殻厚さの推定
- SP 深発月震の震源関数と発生メカニズムの解明
- 現在の深発月震活動度と深部状態の推定
- LP 長周期弾性波によるコアサイズの推定とマントル内不連続面の検出



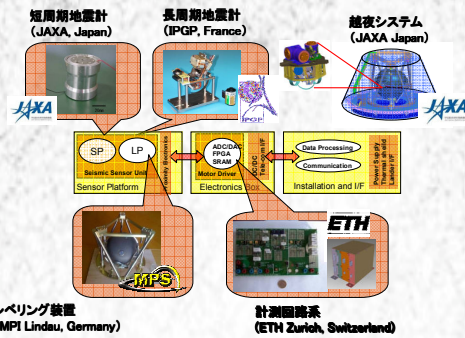
アポロ月震観測の問題点

- 狭帯域での観測 (長周期計Peaked Mode)
 - 0.4Hz~1.2Hz以外の周波数帯域での感度不足
 - 散乱による波形情報の欠損
- 観測ネットワークの側線が約1000km
 - 深部を伝播する地震波の検出不足
 - 裏側で発生する震源の同定が困難



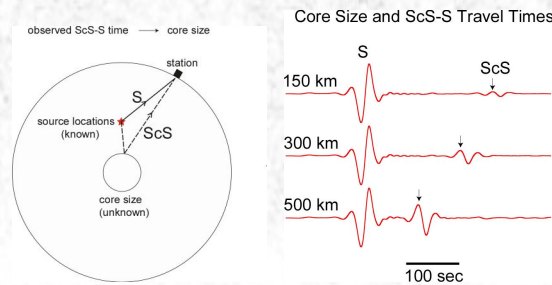
SELENE-2搭載用広帯域地震計の観測システム

- 火星探査ミッションExo-Marsと月探査ミッションLUNAR-Aで開発した地震観測システムで開発期間の短縮化とコストの低減
- 超夜間断熱システム (サブバイパルモジュール) は新規技術として開発中



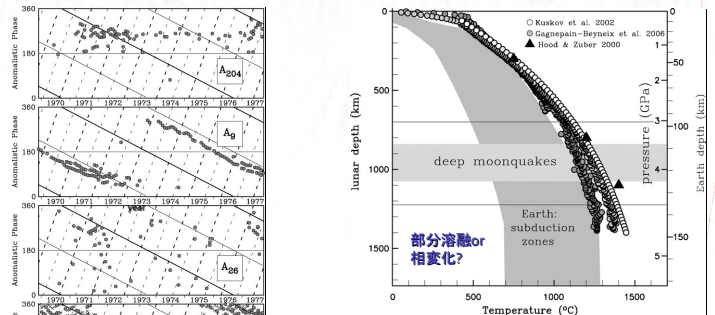
- SP sensor
 - LunarA SP sensor
 - 1~50 Hz (100 cps)
 - 10 times more sensitive than Apollo SP
- LP sensor
 - ExoMars VBB sensor
 - 0.02~2 Hz VEL
 - 10 times more sensitive than Apollo LP

ScS相によるコアサイズ推定法



ScS(CMBで1回反射したS波)と直達S波の到達時間差からコアサイズを推定する。0.12Hz(周期約8秒)以下の長周期成分は表層付近の散乱に影響を受けないため、広帯域地震計による震源位置が既知の深発月震を観測すればScS相を検出できる可能性がある。

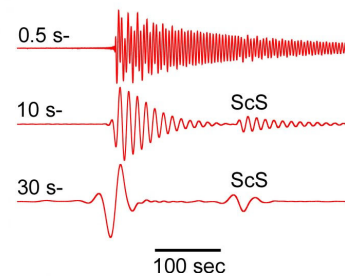
深発月震の発生メカニズム



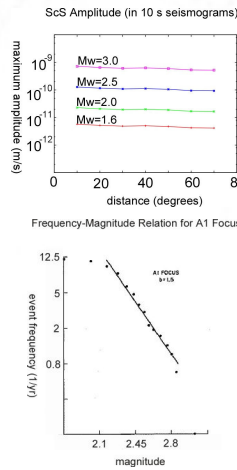
深発月震に分類されるイベントの多くは地球-月系の潮汐変化に起因する周期性を持っていることが指摘されている。Goins et al. (1981)によると、深発月震のコーナー周波数は~1Hzで震源に伴う応力降下量は~0.1barと推定されている。地球の深発地震との関連性からH₂Oの存在による部分熔融や相変化に伴う発生メカニズムも提唱されている。SELENE-2ではアポロ短周期計より1桁高感度のセンサーで高周波数帯域 (~50Hz)まで観測することでこれらの仮説を検証する。

シミュレーションによるScS波の検出可能性

Cutoff Frequencies and Detectability of ScS

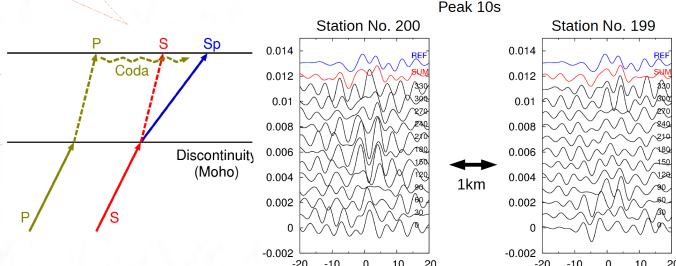


内部構造モデル(Nakamura et al., 1981)から予想される深発月震波形の数値シミュレーション。長周期成分になるほどScS相が分離されて検出が可能になることが予想される。



レシーバー関数による地殻厚さの推定方法

- 地球の地殻構造を調べる解析手法の1つで、1地点のみの観測であっても3成分の波形記録を使って観測点付近の層序を調べることができる。
- 水平動成分の波形を上下動成分でデコンボリューションすると、震源過程の影響を除去することができ、観測点下の不連続面(特に、地殻-マントル境界)で生じる変換波に相当するフェーズを検出することができる。



レシーバー関数法による観測波形のシミュレーション例。地殻とマントルの境界面(Moho)が傾斜していた場合、様々な角度から入射した深発月震源からの波形を重ね合わせる(SUM)ことで地殻の平均的な水平構造(REF)と厚さを推定することができると予想される。

観測機器の適合せ試験

- ブレッドボードモデルによる環境耐性試験と適合せ試験を実施中 (2010年9月~)
- 短周期地震計(SP)、計測回路系(AQ)、レベリング装置(DPL)による機械的・電氣的適合せを実施 (~2010年12月)
- 現在、常設地震観測所での観測試験を実施中(2011年3月)
- 長周期地震計(VBB)の単体試験後、観測機器全系統の適合せ試験を予定(2010年4月以降)

