

惑星探査と 宇宙惑星科学コミュニティ

渡邊誠一郎(名大)

田中 智 (ISAS) [ペネトレータ資料提供]

探査を科学のグレイトストーリーに 位置づける

例：小天体探査は小惑星/隕石科学が目的か？
惑星形成論の未解決の大問題に迫ること

- 巨大ガス惑星の形成過程 パネルを突き抜ける！
 - コア集積モデル or 円盤重力不安定モデル
 - 小惑星の形成史に大きな違いがある
- “仮想天体”微惑星の実証
 - ダストから微惑星：落下問題 & 天体・微惑星の理解
 - 微小重力粉体集合体の模擬天体としての小惑星
- グレイトストーリーの共有 = 分野コミュニティ

しかし、今日は...

科学者集団における「政治」の話

- ごによごによする“御用学者”の悲しさ
- 理想は、ごによごによではなく“科学的”熱意
- 「政治」: 集団(ex.科学者集団)の秩序状態の形成・解体をめぐる部分集団間の相互作用
- 秩序状態: 学問の継承＋水準的／横断的发展
- 分野コミュニティ: 同じ釜の飯を喰う信頼関係
- 適切なサイズの「分野コミュニティ」とは？
→ 前進的な“生態系”が構築できること

「宇宙惑星科学」分野コミュニティ

- 「惑星科学」では狭すぎる理由
 - 自立して“生態系”を構築できないから→次項
- 「地球惑星科学」ではうまくない理由
 - テーゼ(政策)の共有が困難なこと
 - 宇宙科学と切れてしまう危険があること
- 「宇宙惑星科学」での“生態系”の構築
 - 探査と(多波長)観測を結ぶ「惑星科学」が鍵
 - 観測: 系外惑星, 星・惑星形成領域
 - 実証科学の源泉: 実験・観測・探査(調査)

月惑星探査の困難な位置

特に, 3.11 大震災後

- 実証的1次データ取得のため必須だが...
取るのに膨大なお金と労力が必要
- NASA, ESAに遅れ, 中・印に急迫される
- 現在の惑星科学の“持続不能な生態系”
 - 探査, 観測, 分析, 解析, 実験, シミュ, 理論: 分立
 - 月探査, 金星探査, 火星探査, 小惑星探査: 分立
 - 大学とJAXAの人事交流の停滞
 - ISAS/JSPECの二重構造問題
 - 取得された探査データが活かされていない

日本の将来：探査抜きの惑星科学

- 店じまいして惑星探査は諸外国に任せる。
 - 資源を他の手法に投資できる
 - ユニークな観測装置を作って乗せてもらう？
 - 取ってきてもらったデータをアイデアで調理
 - 探査をやりたい若者はとっとと海外へ行く
- それでも仕方ないが、いろいろと心配も...
 - 惑星科学全体が、2流・3流へ落ちていく
 - 世界から無視される：国際チームに入れない
 - 他の宇宙科学も衰退していく

コミュニティの拡大

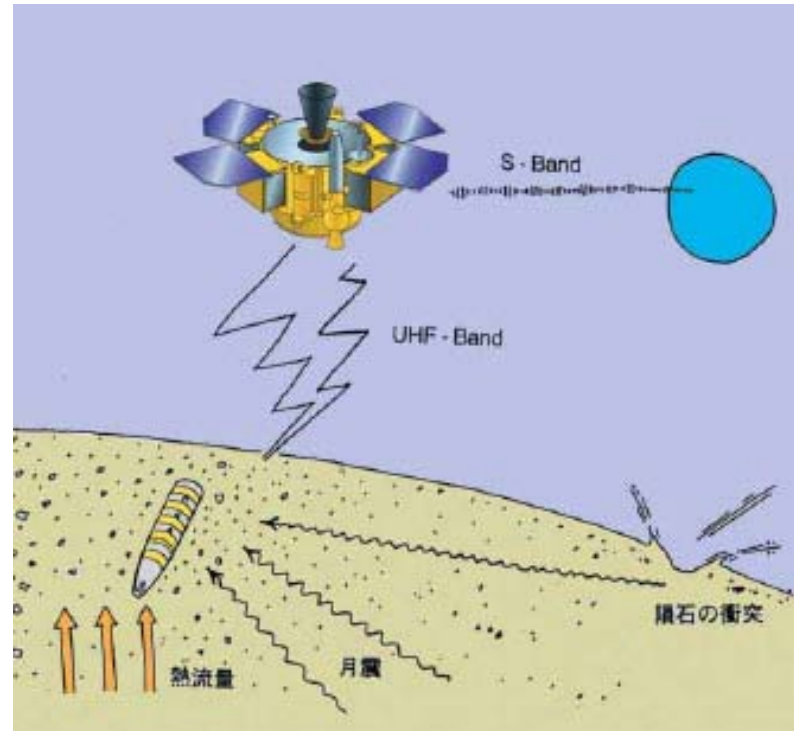
宇宙惑星科学の中に位置づける

- 個々の探査をグランドビジョンの下に定位
 - 予算制約が厳しさ → コミュニティの支援・信頼
 - 個々のミッションの巨大化 → 連携・戦略の必要性
 - 継続した独自技術開発が重要：戦略性
- 宇宙惑星科学コミュニティ“生態系”の再構築
 - セクター間の連関構築 + 共通基盤
 - 工学セクター, 政治セクターの強化(分野横断的)
- 人材育成の停滞打破：大学の役割の再検討
 - 「夢と現実」：大学間・分野間の協働

固体惑星系の持つ唯一？の財産

- 宇宙惑星科学コミュニティへの認定試験
 - 課題: 独自技術を持って！ → 20年超の継続開発
 - ペネトレータ
 - 月惑星内部構造へのアプローチ(無着陸)
 - 錯誤的: 0.1 nm感度の変位計を1万Gで設置
 - 迎え角による衝撃
 - 貫入体からの通信問題
 - 2010年8月の最終認定試験をクリア: 完成
- 白石他(2011) 連合大会5/23(月)「月科学と探査」

LUNAR-A計画でのペネトレータ



- ・ペネトレータは高速(300m/s程度)で貫入することにより月・惑星表層物質内に設置される。「ハードランダー」である。地震観測や熱流量など月惑星内部構造探査の主力機器として期待されている。
- ・軽量のために一度に多くのプローブを搭載できる可能性を有している他、惑星表層は一般に断熱的な環境のために熱制御が比較的容易(必要ない)なのも大きなメリットの一つである。
- ・ペネトレータの貫入衝撃は、6,000—10,000Gに及び、確認方法も含めて未開、未踏の技術が多い。

LUNAR-Aプロジェクトの中止

(2004年8月：中断), 2007年1月

- 衛星本体の寿命(13年以上経過) 宇宙開発委員会
 - 衛星本体と同時並行で開発してしまった
 - 技術的難易度に関する当初見通しが不十分
 - プロジェクトの監査体制(節目でのレビュー)の欠如
- ペネトレータを用いた月・惑星内部探査の科学的価値は変わっていない。
- ペネトレータ技術を世界に先駆けて完成させ、今後の国内外の月・惑星探査機に搭載を目指し、更なる改良を継続するのが概ね妥当。

米国サンディア国立研究所での ペネトレータ貫入試験実績

実施時期	98 5	98 5	98 12	00 5	00 5	00 5	01 5	01 5	02 5	02 5	03 5	03 11	04 1	06 6	08 2	10 8
加速度計			○					○				○		○	○	
月震計			×			×	×	×			○			○	×	○
ジンバル			×	×		×	×	×	○	○		○		○	○	
電池		○	○	○	○			○				○		○	○	
計測回路			×	○	○			○				○		○	○	
共通処理			×					×				×	△	○	×	○
ホッピング			×	○	○			○				○		○	×	○
熱流量計			×	○	○			○				○		○	○	
アンテナ	○		○					○				○		○	○	
CFRP構体			○*	○	○			○				○		○	○	○
リセット回路														×	○	

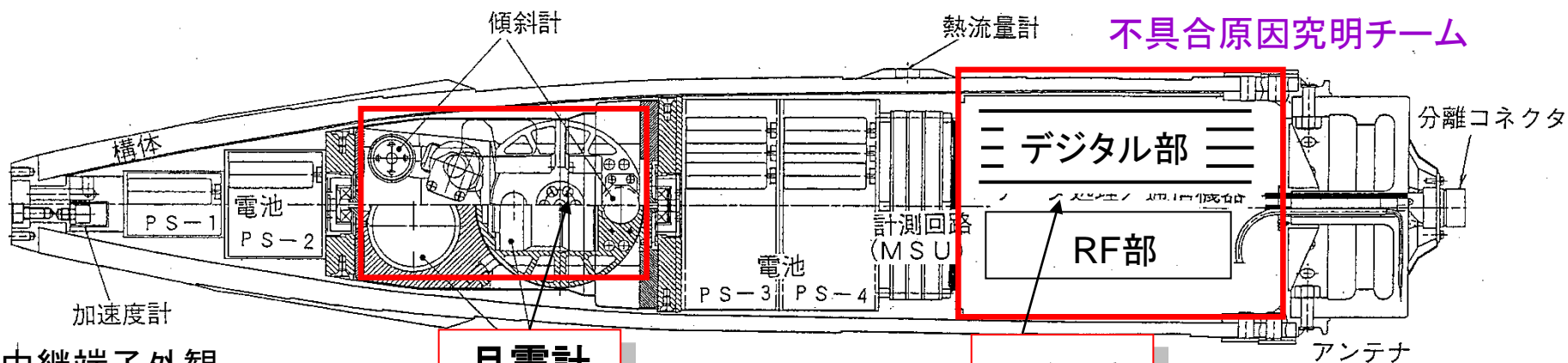
貫入後の電源再投入 ←

スキップ現象

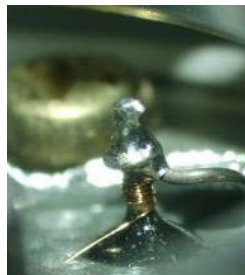
* CFRP構体はサンディアでの実験以前の神岡での実験で○となっていた。

最後に残った不具合とその対策(2008~2010年)

不具合原因究明チーム



中継端子外観

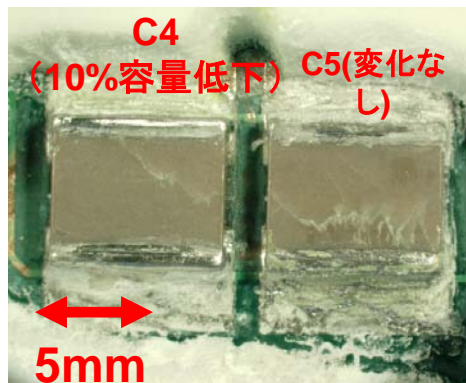


上下動成分地震計に不良

中継端子部の
はんだ付け不良

通信系

搭載機器、電子部品に向かう
(有害な)クラックが部品を破損



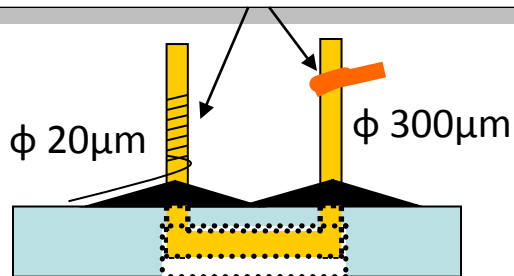
原因: デジタル部のシールドケースの内向エッジからのクラック発生がCMD部品を破損

→BPF回路の自走(発振)

対策: シールドケース内部の内向エッジをすべてなくす。部品などのない部分に“良い”クラックが生ずるようにする。

原因: 線径の異なる導線を同一部分にはんだづけ

対策: 個別端子に分離



φ 500μm SNLでの実験(射出装置)



最終試験を実施し、
(2010年8月)
耐環境試験をクリア

利活用の展望（月ミッション）

- ロシアの月探査ミッションにペネトレータを搭載を目指す。
2014年打上 LUNA-GLOBへの搭載は間に合わず断念。
2016年以降のロシア月着陸探査ミッションへの搭載を検討。
→具体案：ロシアの2016-2025年の探査計画への提案
- 工学実証試験衛星としてペネトレータミッションを創成する。
→具体案：小型衛星計画への提案を検討



LUNA-GLOB

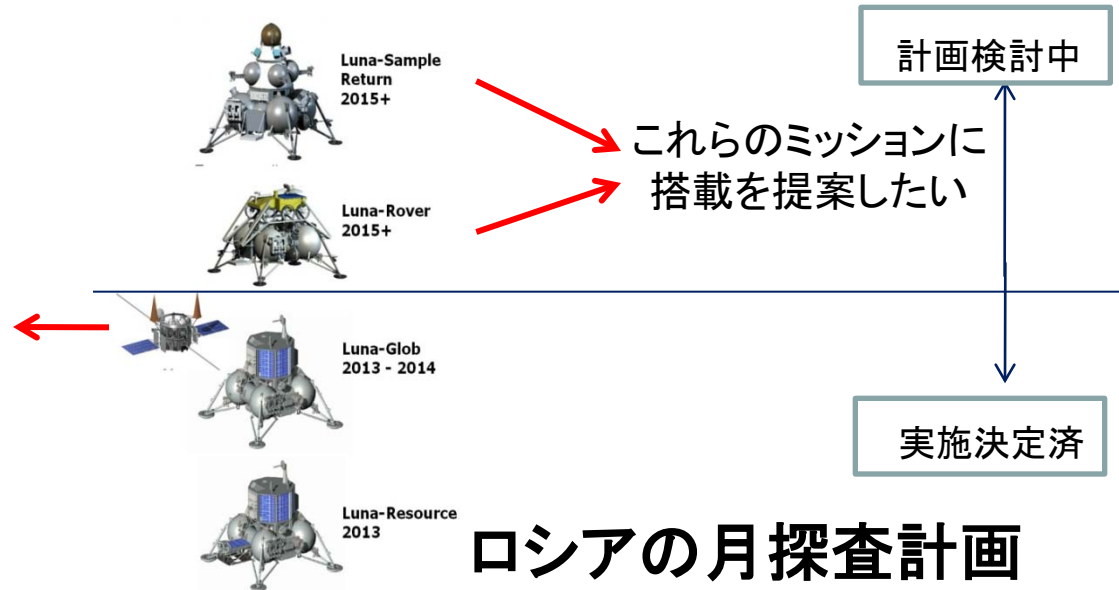


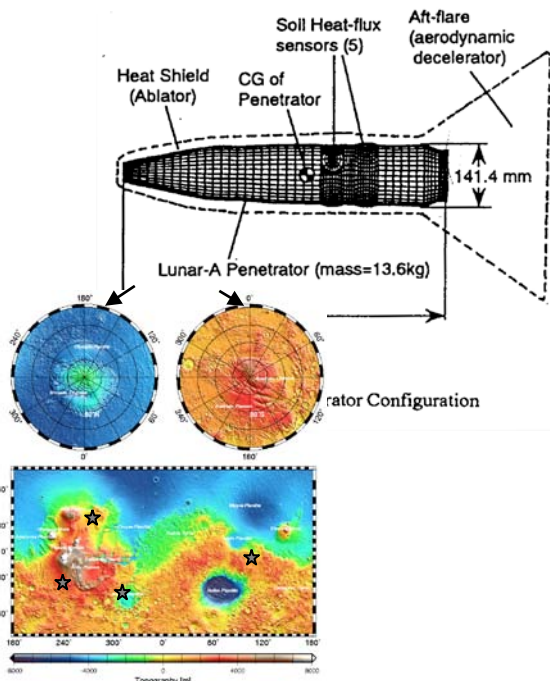
Figure. Concept of development of Robotic mission to Moon un short- and mid-term sequence

Zelenyi et al.,(2011)

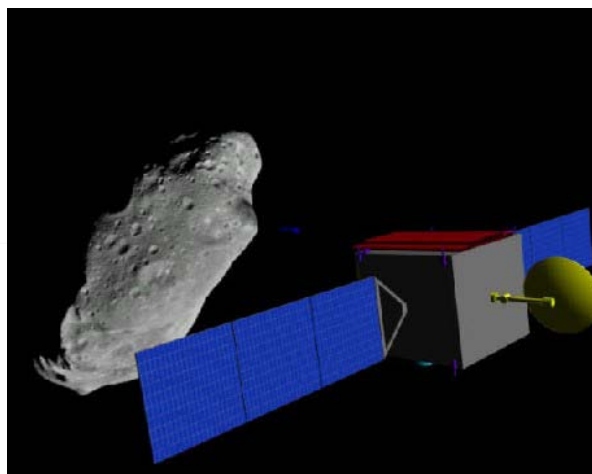
利活用の展望(月以外/地震探査以外)

- 火星、小天体、外惑星などへの利活用可能性
→ 具体案: MELOS / 小惑星探査機への搭載提案検討
- 地震計、熱流量計以外の搭載機器開発
→ 具体案: X線蛍光分析, γ 線分光計, 可視近赤分光計, 磁力計, 加速度計; 電波源など

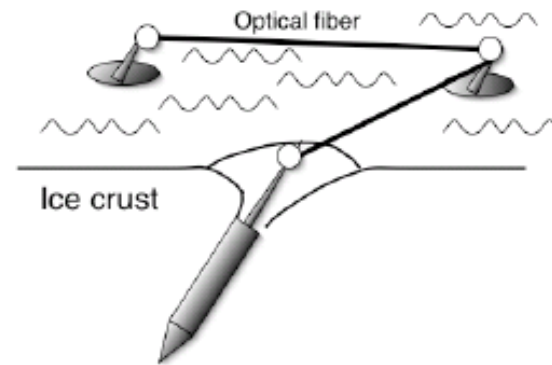
ペネトレータは月惑星探査の汎用/多目的ツール



火星ペネトレータ



小惑星ペネトレータ



エウロパペネトレータ

若手育成

探査の持続可能性の鍵

- ミッションを創ることができる人材の育成
 - ペネトレータ開発で培われたものを伝える
 - 「はやぶさ2から考えるサイエンス研究会」
- 月惑星探査をプロモートする活動
 - 活動の共通基盤構築(分けずに結集)
 - 人的ネットワーク(シンジケート)
 - 学会／惑星科学研究センターの資源活用
- 他の宇宙科学へのプロモーション
 - 惑星形成／系外惑星観測 と 惑星探査 を繋ぐ