

研究背景

事業者： 山岡 和貴

事業名： 月・火星における水探査を目指した革新的
中性子・ガンマ線センサの開発 補助事業

- 状況

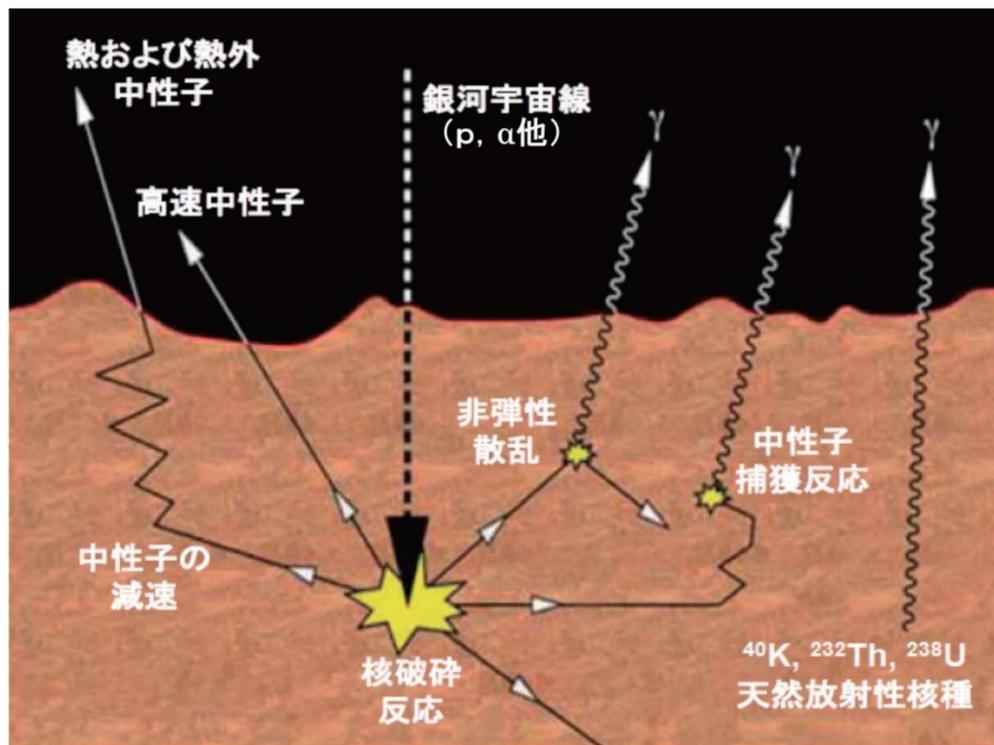
アポロ計画以来、NASAが2024年に人類を月に送りこむことを決定した。今後近い将来、人類は月で活動し、そして火星へと向かうことになる。(アルテミス計画) 我が国もそれに追従するべく、どういう国際貢献がありうるか？議論している最中である。

- 重要なポイント

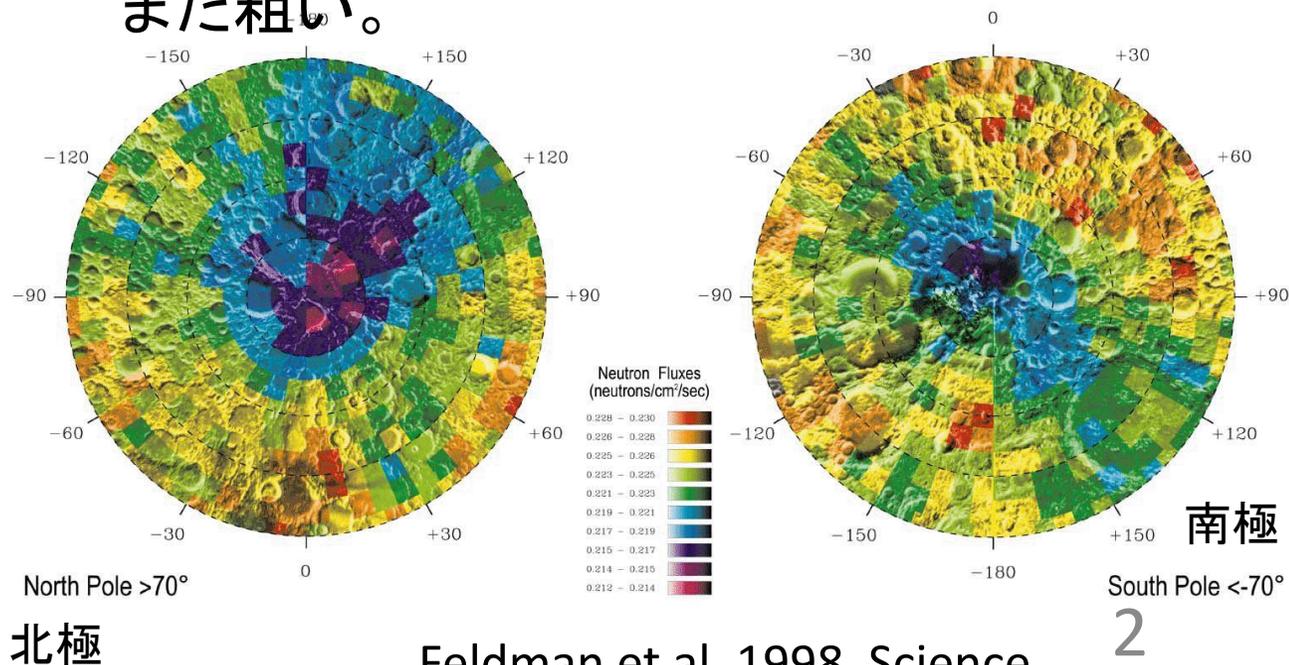
人類が宇宙活動を続けていく上で重要なのは**水資源をどう確保していくか？**である。そのためには月や火星に存在すると予想される水を確保する必要がある。しかし、どのくらいの量、どこに、どの深さに存在するのか？分かっていない。その一つの観測手段が中性子やガンマ線であり、本研究は**水資源を掘り当てるための革新的センサの実用化を早期に実現すること**である。

中性子とガンマ線を用いた水資源探査

宇宙線は月に降り注いでいて、岩石などと衝突すると中性子が発生する。中性子は地上に出てくる間に再度岩石などと衝突して減速するが、水素があると効率よく減速するため、高速の中性子数が減少する。



過去の衛星の北極、南極での中性子強度のマップ。青や紫が水素が多く存在して中性子強度が弱い領域を示す。極域で少なくなっており、太陽光が当たらない永久影と相関しているという示唆がある(水氷で存在?)が、数10 kmと探査にはまだ粗い。



Feldman et al. 1998, Science

革新的中性子・ガンマ線センサ

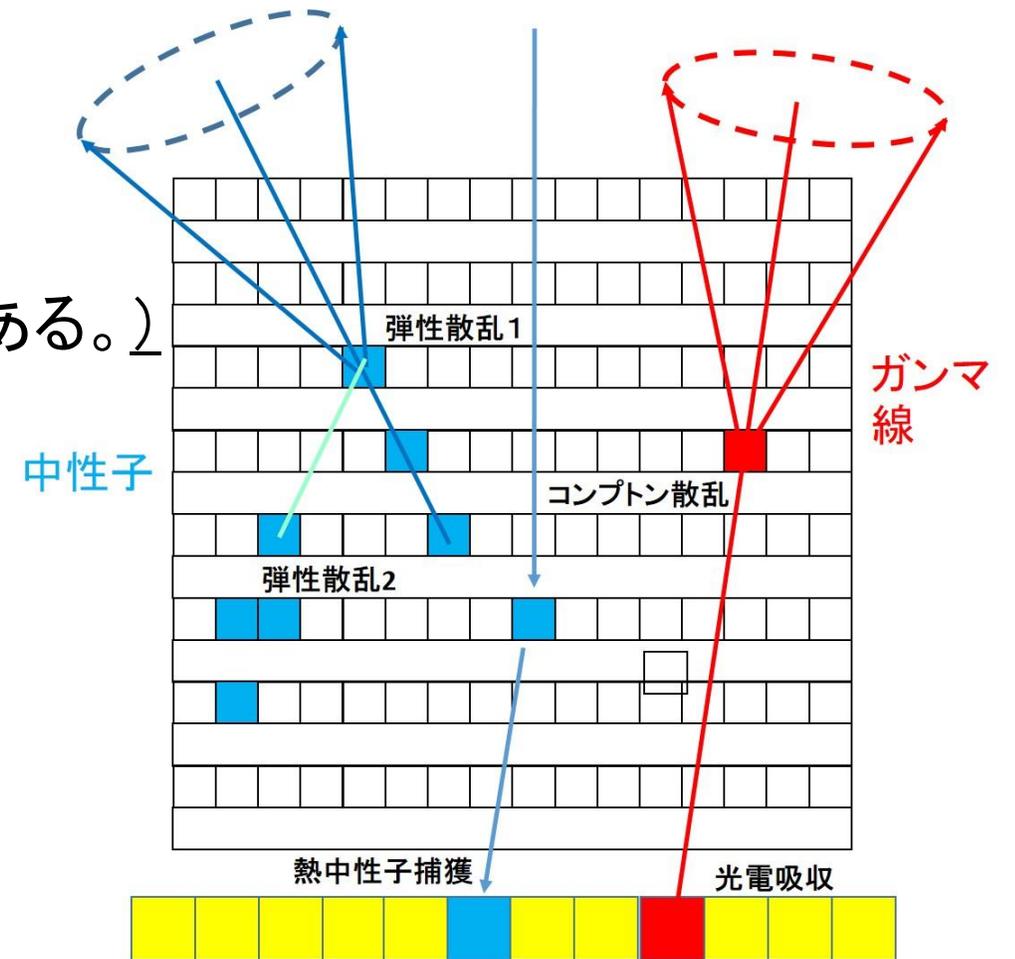
検出器構成

- 積層プラスチックシンチレーション
ファイバーもしくはシンチレータバー
- ガンマ線と中性子に感度をもつ
無機シンチレータ GAGGもしくはLLBC

検出原理(基本的に3次元の飛跡を追跡する必要がある。)

- 中性子
 - 積層部で弾性散乱を起こして検出
2回以上おきるとコーン状に入射方向を制限できる。
 - エネルギーの低い中性子は、下部の無機シンチレータで捕獲される。(中性子捕獲)
- ガンマ線
 - 積層部でコンプトン散乱して、下部の無機シンチレータで光電吸収したイベントを使うと、コーン状に入射方向が制限できる。(コンプトンカメラの原理)

このように中性子とガンマ線の撮像と分光ができるセンサは存在しない。



革新的センサの断面図₃

研究内容 1年目

目標: センサの形状を決定し、次年度の組み立てに備える。

①検出器シミュレーションとセンサ形状の決定

- ・ 計算機上で検出器を作り、中性子やガンマ線の応答を確認して、センサの種類・形状を最適化する。

②信号処理回路基板設計と発注

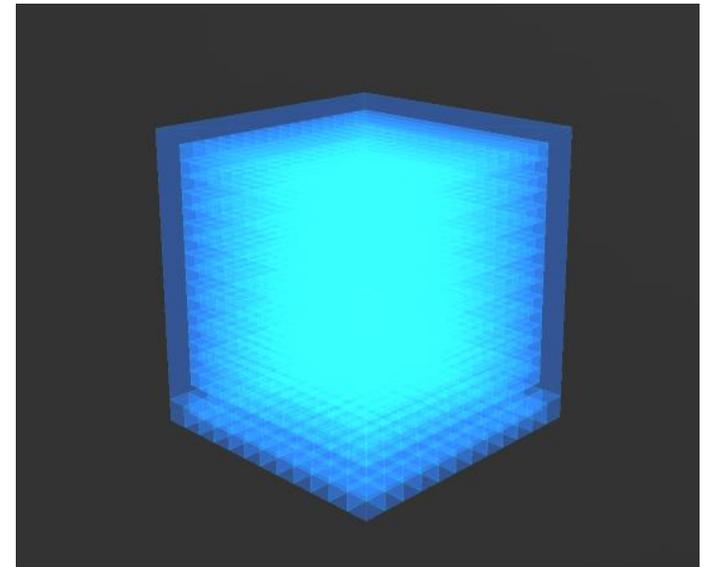
- ・ 集積回路を搭載した電子回路基板の設計・製作を行う。
 - ・ 集積回路搭載信号処理基板 800 千円
 - ・ 電源基板 400 千円
 - ・ データ処理基板 400 千円

③センサ部材の入手

- ・ 納期のかかるものを1年目に入手する。
- ・ 光センサ MPPC 700個 1400 千円
- ・ CLLBシンチレータ(またはGAGG) 800 千円
- ・ プラスチックシンチレーションファイバー 1200 千円

④信号処理回路基板の動作確認

- ・ 製作した基板の動作確認を行う。



シミュレーション上でのセンサ構築の一例。

研究内容 2年目

目標: センサを組み上げ、ガンマ線・中性子の撮像・分光ができることを実証する。

③ センサ部材の入手 続き

- 1年目の残りを入手する。
- 信号処理ASIC ノルウエーIDEAS社 IDE3380 45個 4500 千円
- ASICのパッケージング (ベアチップのため、パッケージ化を行う) 500 千円

④ 信号処理回路基板の動作確認

- 1年目に引き続き、電子回路基板だけで動作を確認する。

⑤ センサの組み上げ・動作確認

- プラスチックシンチレーションファイバー
- 無機シンチレータ CLLBもしくはGAGG
を組みたて、信号処理部と合わせる。

⑥ 性能評価

- 中性子やガンマ線を照射して、エネルギーと方向が決定できるか? 実証する。
- その結果をもとにさらなる改善点について議論する。

⑦ 成果まとめ

- 論文にまとめ、欧文雑誌 Nuclear Instruments and Method (NIM) Aに投稿する。

研究体制と方針

- 研究体制

- 総括・シミュレーション 山岡 和貴
- アドバイザー 中性子(名大理 広田 克也)、ガンマ線(名大ISEE 田島 宏康
月面探査 (ISAS/JAXA 西野 真木)、超小型衛星(名城大 宮田 喜久子)、
宇宙開発(名大ISEE 田中 秀孝)
- 組み立て・性能評価 名大技術職員 2名、大学院生 2名

- 1年目の達成目標が未達成の場合の方針

- シミュレーションに遅れが出た場合
→ シミュレーション経験者に協力を仰ぐ。
- 基板開発に遅れが出た場合
→ 学内の技術職員のマンパワーの増強や外注を含めて検討する。

遅れた予定は2年目に持ち越し、性能評価の時間を短縮し、効率よく行うことで対処する。

最後に

- 本研究は月・火星での水探査を目指した中性子・ガンマ線分光・撮像センサの実用化を目指したものである。我が国の宇宙開発は世界からやや遅れをとっている状況であるが、このようなセンサは世界的に見てもなく、将来の超小型衛星や惑星探査機、探査車に搭載することによって水探査で世界をリードできる可能性がある。この研究の成果をもって、分野外の私が月・惑星分野への貢献を行いたい。
- 本研究の主目的は革新的宇宙用放射線センサ開発であるが、ここでの小型・軽量・低消費電力の技術開発が活き、放射線環境モニタ、放射線源の除染、地上での医療や構造物の透視技術などへの応用も考えられ、社会への波及効果があると思われる。