

「かぐや」α線検出器による月面ラドンガス放出の分布(II)

木下 克之、野口 冬馬、渡邊 舞、伊藤 真之(神戸大学)、高島 健、三谷 烈史、森 國城、西村 純(ISAS/JAXA)
吉田 健二(芝浦工業大学)、柏木 利介、奥野 祥二(神奈川大学)



はじめに

月周回探査衛星「かぐや」に搭載されたα線検出器(Alpha-Ray Detector: ARD)は、月面から放出される²²²Rnおよびその崩壊系列に属する²¹⁰Poの崩壊に伴うα線を検出し、月面のガス放出箇所、時間変動等を調べることを目的とする。軌道投入後、検出器の一部で光漏れや反同時計数の不具合が生じたが、データ選択などを通じてα線強度分布の把握が可能となった。今回は、ラドンガス放出の数十年程度の長期的な累積分布を反映する²¹⁰Po α線が検出された領域の局所的なα線強度分布等の結果を報告する。

月面α線

²²²Rnおよび²¹⁰Poは²³⁸U崩壊系列に属する。Rnは希ガスであるため月地殻中の亀裂や空隙を通して月面へ放出される。²²²Rnは半減期3.8日で5.490MeVのα線を放出して崩壊する。その後、中間核種²¹⁰Pb(半減期22.3年)などを経て²¹⁰Poへと崩壊する。²¹⁰Poは半減期138日で5.305MeVのα線を放出する(図1)。

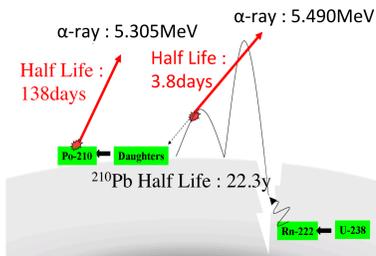


図1. 月面α線の動態

●²²²Rnと²¹⁰Poのα線観測から、ガス放出分布について異なる時間スケールの情報が得られる

- 1) ²²²Rn α線 : 現在(観測期間中)のラドンガス放出
- 2) ²¹⁰Po α線 : 過去50年程度のラドンガス放出の累積分布

●月面α線の観測から以下のような情報が得られる

- 1) 月面上の放射線環境
- 2) ラドンガス放出と拡散過程
- 3) 月地殻構造 など

ARD

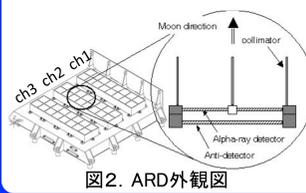


図2. ARD外観図

2.6×2.6cm²のSi半導体検出器が48枚のアレイ。1unit(4 Si chip)×4setで1channel(108cm²)、全体(3channel)で326cm²の有効面積。反同時計数用センサーを装備。月面視野は160×160km。

解析

●解析に使用したデータ: 2008年1, 3, 4, 5, 6月の集積

●軌道投入後の検出器の問題:

- ①検出器3系統の一つに光漏れ。
- ②検出器クロストークによるノイズ。
- ③宇宙線バックグラウンド除去のための反同時計数の不具合。

●検出器の問題に対する対処:

- ①②⇒データ選別処理および不具合のない1系統のみの利用。
- ③⇒描画ピクセルごとのスペクトルfitによる宇宙線バックグラウンドの評価/除去(図3)。

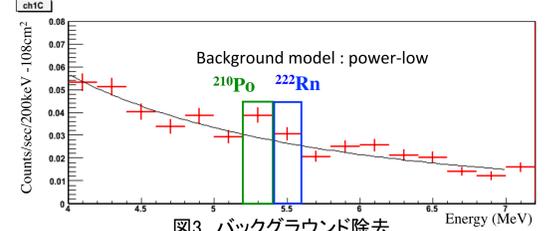


図3. バックグラウンド除去

²¹⁰Po α線の大局的分布

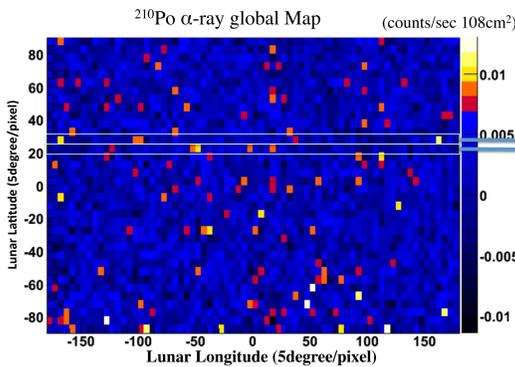


図4. Pixelごとのスペクトルでバックグラウンドをmodel fitから評価して得られた²¹⁰Po α線強度Map。集積データは2008年1, 3, 4, 5, 6月。

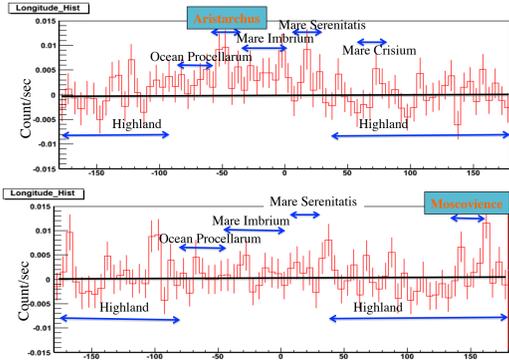


図5. Aristarchus(上段)、Moscoviec(下段)を含んだ経度方向に沿った²¹⁰Po α線強度

- Crater Aristarchusにおいて強度が高い
- Farsideに位置する地殻厚が最も薄い地域の一つであるMoscoviec両端でα線強度が高い

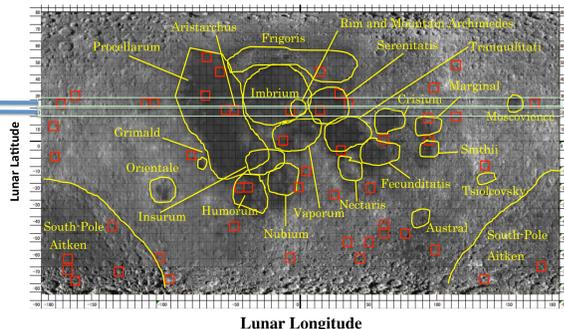


図6. 月面可視光画像上に、²¹⁰Po α線強度Mapでexcessがあるpixel(赤い四角)を示した。

●Apollo15, 16号およびLunar ProspectorでAristarchus地域において²²²Rn α線を検出 → ARDでもCrater Aristarchusで²¹⁰Po α線を検出

●これまでFarsideでラドンα線強度ピークは報告されていない → Mare Moscoviec, Crater Tsiolkovsky, Highland, South-Pole Aitkenでラドンα線強度ピークを検出

●月全面にわたってラドンガス放出箇所を検出 → Farsideに比べNearSideでラドンガス放出箇所が多く見られる

まとめ

- ①Apollo15, 16など過去にもラドンガス検出が報告され、また月面突発発光現象(LTP)の集中が報告されているAristarchus地域で²¹⁰Po α線を検出した。
- ②²¹⁰Poの分布(広がり)は従来考えられていたより小さい空間スケールで分布している傾向が見られた。
- ③地殻厚が最も薄い地域の一つであるMare Moscoviecにおいて²¹⁰Po α線を検出した。
- ④Mare外縁、Crater外縁、山脈などの地形を持つ領域でラドンガス放出が多数見られた。
- ⑤今後、GRS(表層のU分布)、LRS(地層構造)、RSAT(地殻厚)など他の観測器の結果とも比較・検討を行いつつ解析を進める。

²¹⁰Po α線の局所的分布

検出された個々のα線イベントに対して、検出器角度応答から得られる月面上の放射位置の確率分布を積分するアルゴリズムにより、空間分解能80km程度(FWHM)のα線強度分布が得られた。

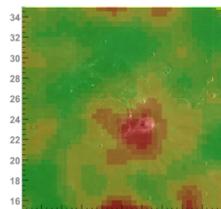


図7. Aristarchus領域

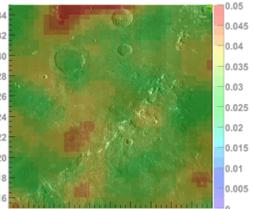


図8. Montes Apenninus領域

●図7で、Crater Aristarchus, Herodotusに集中した²¹⁰Po α線が見られる

●図8ではMare Imbrium edgeに位置するApennius山脈に沿った²¹⁰Po α線の集積が見られる。Map上端のα線集積はSpitzbergen山脈に位置する

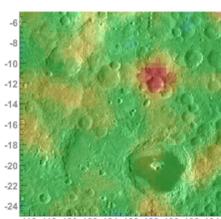


図9. Tsiolkovsky領域

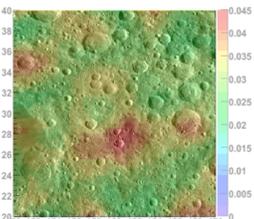


図10. Mare Moscoviec領域

●図9および図10はFarsideのラドンガス放出箇所
●図9でCrater Tsiolkovskyの北のCraterに局在したピークが見られる
●図10ではMare Moscoviecの第1リングと第2リングの間に集積が見られる

参考文献

- [1] P. Bjorkholm, L. Golum, P. Gorenstein, Detection of a Nonuniform Distribution of Polonium-210 on the Moon with the Apollo 16 Alpha Spectrometer, *Science*, Vol180(1973), 957-959.
- [2] P. Gorenstein, L. Golum, P. Bjorkholm, RADON EMANATION FROM THE MOON, SPATIAL AND TEMPORAL VARIABILITY, *The Moon* 9(1974)129-140.
- [3] S. L. Lawson, W. C. Feldman, D. J. Lawrence, et. al., Recent outgassing from the lunar surface: The Lunar Prospector Alpha Particle Spectrometer, *Journal of Geophysical Research* 110(2005) E09009.
- [4] P. Gorenstein, P. Bjorkholm, Detection of Radon Emanation from the Crater Aristarchus by the Apollo 15 Alpha Particle Spectrometer, *Science*, Vol 179(1973), 1235-1236.
- [5] J. Nishimura, T. Kashiwagi, T. Takashima, et. al., Radon alpha-ray detector on-board lunar mission SELENE, *Advanced in Space Research* 37(2006)34-37.
- [6] B. L. Jolliff, J. J. Gillis, et. al., Major lunar crustal terranes: Surface expressions and crust-mantle origins, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 105, No. E2, pages 4197 - 4216, February 25, 2000