



MAXIが月の反射X線を検出

2025年3月5日

MAXI チーム (TM, SS)

- 2024年2月22日22時34分UT、MAXIは約500mCrabの明るいX線を満月に近い月から検出しました(図1)。MAXI 15年目にして、月からのX線の検出は初めてでした。
- ちょうどその時、太陽は巨大なフレアを起こしていました[1]。
- MAXIはタンザニア上空を飛行中、現地時刻は深夜0時半。真夜中なので太陽X線は直接にはMAXIには届きません。代わりに月に当たって反射したX線だけがMAXIに届いたのです。
- 実は、62年前の1962年にも同じ試みが行われました。
- ジャッコーニらは、十六夜の満月からの反射X線を検出すべく、真夜中にX線検出器を積んだ観測ロケットを打ち上げました。残念ながら、月からのX線は弱すぎて検出されませんでした。
- その代わりに、はるかに明るいX線源「さそり座X-1」が発見されました。X線天文学が幕を開けました[2]。
- MAXIは、ジャッコーニらが果たせなかった月からの反射X線の検出に成功したのです。
- MAXIの優れた感度と、長期間の連続監視がなしえた快挙です。
- 2024年は太陽活動が非常に活発な年でした。2024年9月14日15時29分UTには、MAXIはまたもや月からの反射X線をとらえました。強度は150 mCrab、月齢は11.5、フレア強度はX4.2でした。

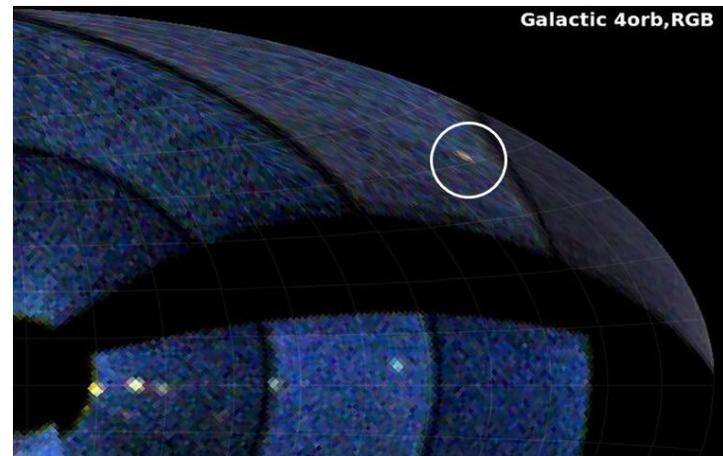


図1. MAXIで観測した2月22日の月の反射X線(丸印)

[1] このフレアは、X6.3クラスで、1975年以降で42番目に強いものでした。X1クラス以上のX線は30分間あまり続きました。

[2] ジャッコーニらはこの功績で2002年のノーベル物理学賞を受賞しました。

月からシリコン、カルシウム、鉄を検出

- MAXIはシリコン、カルシウム、鉄の蛍光X線を検出しました(図2)。
- 岩石ではX線はほとんど反射しません。X線はいったん構成原子に吸収され、元素に特有のエネルギーを持つ蛍光X線を放出します。
- MAXIがとらえた蛍光X線から、月の石にはシリコンだけでなく、カルシウム(斜長岩など)や鉄(玄武岩など)があることが分かります。
- X線フレアの強度はGOES衛星で測定されていますので、月の岩石から放出される蛍光X線の強度も計算できます[3]。
- ところが、3元素とも測定値は、計算値の0.66倍(1回目)や0.25倍(2回目)しかありませんでした(図3)。
- 実は、可視光での月の明るさは、満月から欠けていくと急激に暗くなります(図3の緑線)。X線の測定値は、可視光の曲線によく合っていました。X線でも可視光と同じ効果が示唆されます。
- それは、月面がクレーターや岩石や砂などでデコボコであり、さらに岩石表面も多孔質で入り組んでおり、それらの作る影で太陽光が当たらないところできて暗く見えるという「影の効果」です。
- MAXIで検出したX線はレゴリス1粒も透過することはできません。X線でも可視光と同じように影の効果が起こり、滑らかな球面での計算値よりも暗くなっているのだと解釈できます。

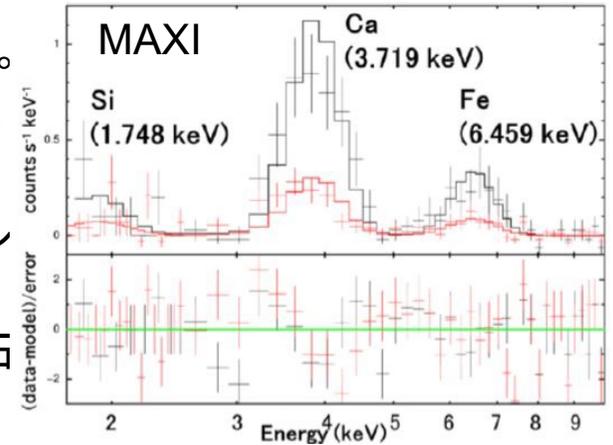


図2.月のX線スペクトル(黒:1回目、赤:2回目)

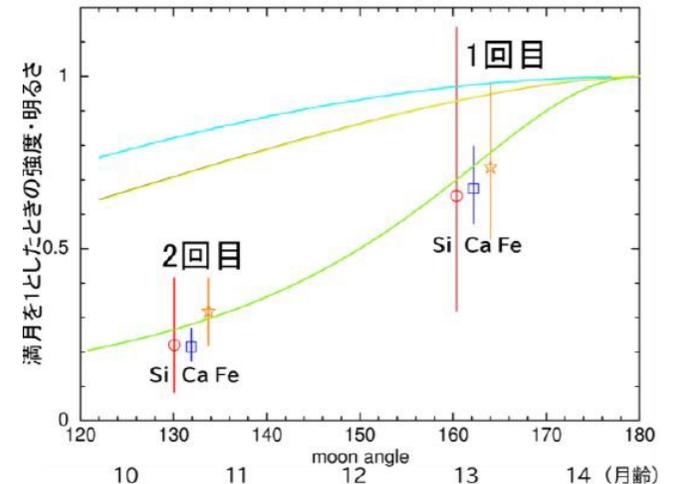


図3. X線の反射角と月の明るさの関係。
水色: 欠けた面積を考慮、黄色: なめらかな球の場合、
緑: 可視光での月の明るさの変化。

[3] 今ではアポロ宇宙船が持ち帰った実際の月の石があり、その組成は知られています。