

LCROSS 衝突の観測概要

杉田精司¹、洪鵬¹、岡村奈津子¹、関根康人¹、寺田宏²、高遠徳尚²、布施哲治²、河北秀世³、古荘玲子²、渡部潤一²、春山純一⁴、中村良介⁵、黒澤耕介¹、羽村大雅¹、門野敏彦⁶、LCROSS 観測チーム、1: 東大、2: 国立天文台、3: 京都産業大、4: JAXA/ISAS、5: 産総研、6: 阪大レーザー研

NASA の Lunar CRater Observation and Sensing Satellite (LCROSS)は、Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) の2次ペイロードとして、2009年6月18日に打ち上げられ、同年10月8日に月の南極地域の Cabeus crater 内に予定どおり衝突した。この探査計画は、LRO の打ち上げロケットであるアトラスロケットの2段目と LCROSS 探査機自身の2つの人工天体を月極地の永久影に衝突させ、その衝撃によって永久影における氷の存否を調べることが目的であった。この際、アトラスの2段目ロケットの衝突は、LCROSS 衛星の測器と地上望遠鏡が観測し、LCROSS 探査機の衝突は LRO の測器と地上望遠鏡が観測することが予定されていた。

観測対象である水は地球大気に大量に含まれるため、地上からの観測は大気吸収の影響を常に考えねばならず、LCROSS の羊飼い衛星からの方が圧倒的に条件は良い。しかし、羊飼い衛星のみによる観測しか用意しない場合は、衝突体の軌道方向からの一方向の観測に限られてしまう上、万一衝突の瞬間に羊飼い衛星に短時間でも問題が発生した場合にはデータが全く得られないことになってしまうというリスクを背負うことになってしまう。この問題を解決するために、すばる望遠鏡を始めとして、Keck, Gemini, IRTF, CFHT, Palomar など多くの望遠鏡が観測に参加し、衝突体軌道に垂直方向から多波長で観測をすることとなった。

衝突の標的となった Cabeus crater (直径 98 km)は、南極地域の中でも LRO の LEND による水素計測の値が最も高い永久影の1つである。直前まで標的候補であった Cabeus A crater (直径 48 km)は地球側のクレーター壁の高さが非常に低い (~0.7km) ために、地上望遠鏡観測には好都合であったが、永久影内の水素量の推定誤差が大きいため（永久影の面積が小さいため、熱外中性子のカウント数が多く稼げなかったことが誤差の原因）最終的に候補から外された。選ばれた Cabeus crater は地球側に高い壁(~2.5km)を持っているため、地上観測にはあまり望ましくないクレーターであった。しかし、太陽光の差し込む高度は 1km 程度と低く、衝突地点上空から覗く形の羊飼い衛星からの観測にとっては良好な条件である。地上望遠鏡の観測条件にどこまで妥協するべきか、LCROSS のミッションチームにとっては難しい判断であったようである。

地上望遠鏡観測が成功するためには、月面上にある衝突地点に非常に高い精度で望遠鏡の追尾を行い続ける必要がある。通常の観測では日周運動に即した望遠鏡の追尾システムしか使われないが、月の場合は公転運動が非常に速いため、非恒星追尾をかなり正確に行わないと月面の標的を見失ってしまう。我々の観測においては 0.3"のスリット幅（月面で 0.6 km の距離）を使って分光計測を行うので、イジェクタプリュームの出現予定位置に 0.1"程度の精度で追尾し続ける必要がある。点光源に近い星を補償光学系の対象物として使える通常の恒星追尾においては、0.1"程度の精度での追尾は特に困難ではない。しかし、月は周囲の恒星と運動速度が異なるため、恒星を補償光学系の参照光として使えない。また、月自身が光のコントラストが高い輝点を持たないため、補償光学系の参照光として使える保証は全くない。しかし、今回の観測では、slit viewer 中の様々な明点を参照光として使いつつ補償光学系の調整を試みた結果、観測全時間にわたって、0.1"程度の高い追尾精度を達成することができた。

このようにして観測にやっと漕ぎ着けたのであるが、実際の衝突から来る光の検出は難しかった。現在も解析は続行中であるが、現時点では LCROSS の衝突に由来する光の検出には至っていない。Na の D 線の計測に成功したチームを除くと、地上望遠鏡からは LCROSS の衝突由来の光を検出の報告はされていない。だが、羊飼い衛星からはかなり大きなイジェクタプリュームや 95 kg にもなる H₂O の観測が報告されている。この2つの一見矛盾した結果が何に由来しているのかを研究することは、今後の衝突を用いた探査計画を考える上で非常に重要な意味を持つであろう。