

高分散分光観測による LCROSS イジェクタ中の水分子の総量の推定

洪鵬¹、杉田精司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

1 背景

Lunar Prospector による観測の結果、月の極付近には水素の濃集が見られ、氷が地質学的時間にわたって保存されるような低温環境が保たれている、永久影内に 1wt% の氷が存在する可能性が指摘されてきた[1,2]。NASA の LCROSS ミッションでは、質量 2t のロケット胴体を衝突速度 $\sim 2.5\text{km/s}$ 、衝突角度 $\sim 75^\circ$ で衝突させる。事前の見積もりでは、総質量約 10³t のイジェクタが放出され、そのうちクレーター壁(2km)を越える 19t のイジェクタが地上から観測可能であるとされた[3,4]。

2 観測の概要

我々は水の輝線を検出する対象として近赤外 2.9 μm 付近のホットバンド(非共鳴蛍光輝線)に焦点を絞った。発光強度が高い水の輝線(fundamental band)は、地球大気中の水分子によって著しく吸収されてしまい観測が困難であるのと対照的に、ホットバンドは大気吸収の影響を受けにくく、そこそこの発光強度も持つためであり、これまで彗星中の水の観測で数多くの実績もある[5]。しかしホットバンド周辺は輝線が込み合う領域であり、観測には高い波長分解能が必要なため、大型望遠鏡を用いることでのみ観測が可能である。

我々はすばる望遠鏡(口径 8.2m)で、近赤外の観測を担う InfraRed Camera and Spectrograph(IRCS)の Echelle 分光による観測で、高い波長分解能($\lambda/\Delta\lambda \sim 43000$)のスペクトルを得ることができた。また大気のゆらぎを補正する補償光学系も併用することで高精度追尾(追尾精度 $\sim \pm 1/5$ スリット幅)も可能となり、天候にも恵まれたおかげで精度の高い観測を行うことに成功した。

3 解析

得られた分光データは 1 次処理を施した上で、大気の影響や月面光、大気の放射光を取り除いていく。大気の影響を除く前に Quick look としてイジェクタによるスペクトルの光量の増加が見られるか調べたが、大気の変動とスリット位置のゆらぎによる光量の時間変化しか確認できなかった。

大気の影響を取り除く手法として、同じ時間に撮られた、

月面上で異なる場所のスペクトル同士を演算することで、最もよくノイズを抑えた状態である、水のフラックスに対する月面光のフラックスの比($F_{\text{水}}/F_{\text{月面光}} + \text{Const}$)を得ることができた。この比のスペクトル中でホットバンドに含まれる輝線が出る波長の位置にピークが見られるかどうか調べていった。

4 結果

図 1 は衝突後 0 秒から 40 秒の間に露光された $F_{\text{水}}/F_{\text{月面光}}$ のスペクトルである。3、4、5、8 番の波長は、特に発光強度が高い輝線が見られる波長である。現時点ではノイズレベルを越える有意な輝線は見えていない。また衝突後 60 秒から 100 秒まで露光したスペクトルについても同様の結果となった。図 2 は衝突後 0 秒から 40 秒まで露光されたスペクトルと衝突前に 40 秒間露光したスペクトルの差分である。これについても有意な輝線は見えていない。

標準星を用いてフラックス較正を行った後、ノイズレベル(3σ)を越えるのに必要な最低フラックスを出し、水分子の柱密度の上限値を求めると、事前の見積もりと桁で一致する程度の量となった。このことはさらにノイズを削減することで水分子が検出される可能性があることを示している。

5 現状と課題

11/14 の NASA の発表により、水の存在は確実となった。NASA が見積もる量の水が出ていたとすると、すばるで H₂O が検出できる可能性があり、引き続き解析を継続していきクロスチェックを行う必要がある。また、蒸発した水がクレーターの壁を越えるのに時間がかかった可能性があり、遅い時間帯のデータも見ることがある。

参考文献

- 1, Watson et al., *J. Geophys. Res.*, 1961
- 2, Feldman et al., *J. Geophys. Res.*, 2001
- 3, Korycansky et al., *Meteorit. Planet. Sci.*, 2009
- 4, Goldstein et al., *Proceedings of the 26th International Symposium on Rarefied Gas Dynamics*, 2009
- 5, Dello Russo et al., *ICARUS*, 2004

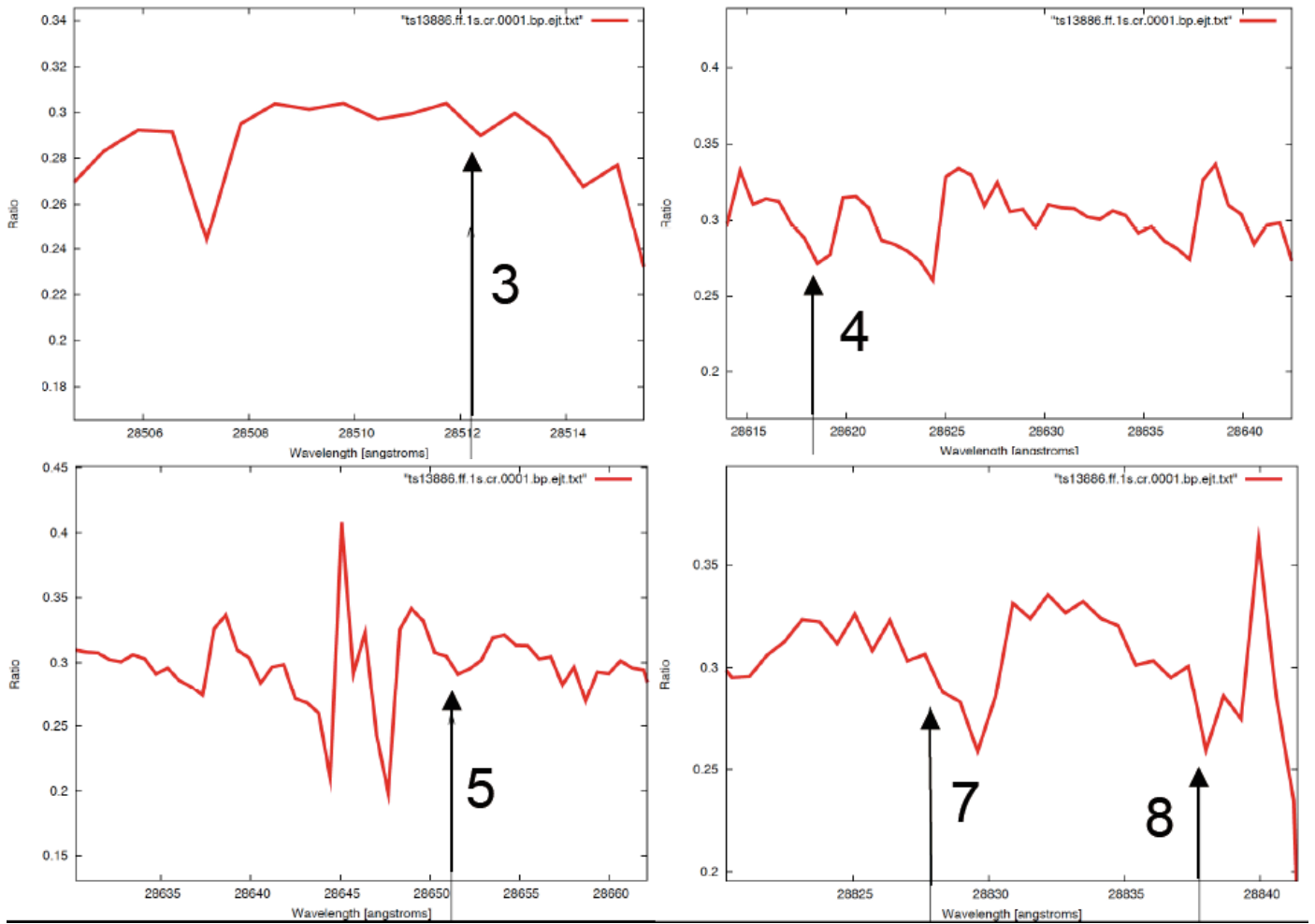


図1、衝突後0秒から40秒の間に露光された $F_{\text{水}}/F_{\text{月面光}}$ のスペクトル。横軸は波長(Å)

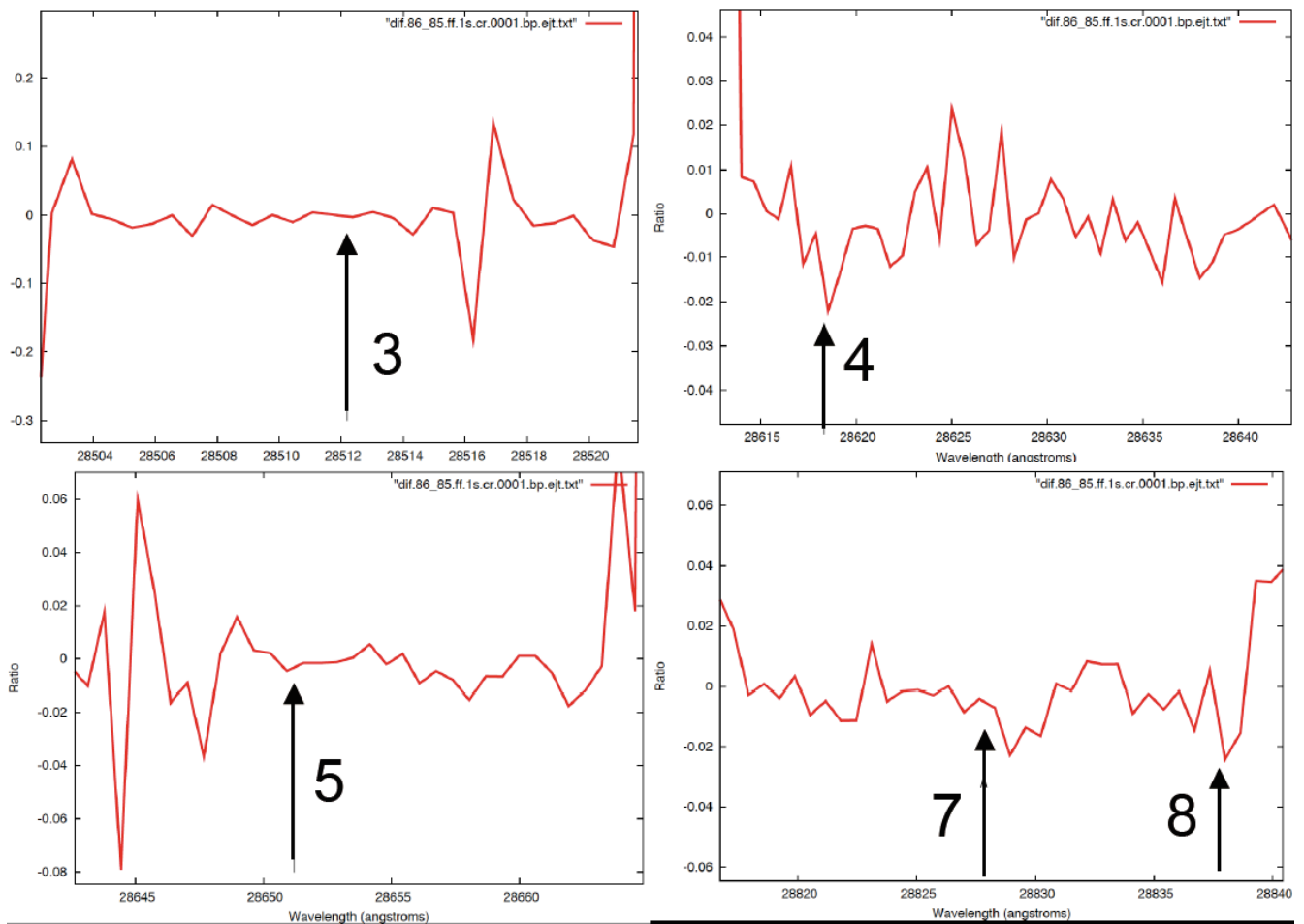


図2、衝突後0秒から40秒まで露光された $F_{\text{水}}/F_{\text{月面光}}$ のスペクトルと衝突前に40秒間露光した $F_{\text{水}}/F_{\text{月面光}}$ スペクトルの差分。横軸は波長(Å)