

小惑星帯における衝突現象の観測的研究

石黒正晃（ソウル大学物理天文学科）

小惑星帯で起こっている衝突現場がはじめて観測されたのは、今から約2年前のことです。本稿では、我々の研究を中心に、衝突を確認した経緯についてご紹介させていただきます。

1. ダストを放出する小惑星

2005年11月26日、はやぶさ探査機が小惑星イトカワ表面にタッチダウンし、その表面から小惑星サンプルの採取に成功しました。同じ日に、ハワイ大学のヘンリー・シェとデーブ・ジュイットは、メインベルト小惑星(118401) LINEAR からダストが放出されているのを確認しました[1]。この観測をもとに、「メインベルト彗星」という新しい概念が生まれました。つまり、メインベルトにいる小惑星もまた、彗星のようにダストを放出するという新しい考え方です。これまでに、9つのメインベルト彗星が見つかっています（2012年12月現在）。

2. 小惑星からのダスト放出メカニズム

では一体どうして小惑星からダストが放出されるのでしょうか？その原因として、(1) 氷の昇華、(2) 衝突、(3) 静電浮遊、(4) 高速回転による破壊などが考えられます[2]。(1)の場合、チリの放出は近日点近くで毎週おこることが予想されます。(2)の場合、チリの放出は一時的です。(3)光電効果によって昼面が正に帯電することによってチリが浮遊すると考えられますが、この場合、脱出速度を超えて放出されるのは小さなチリだけです。(4)小さな小惑星の自転速度は、その表面からの熱輻射により加速もしくは減速することが知られていますが（YORP 効果）、自転速度が速くなり、遠心力で小惑星が壊れてしまう可能性があります。

3. 衝突の痕跡を探す

メインベルト彗星エルスト・ピサロと 238P/Read は、近日点通過前後で活動することが知られています。しかもこれらの天体は、2周回にわたりほぼ軌道上の同じ場所でチリの放出が起こっていることもわかりました。つまり、氷の昇華によってチリが放出していると考えられるのです[3][4]。このように、メインベルト彗星の多くは、現在も氷を保持していて、普通の彗星のように太陽フラックスの大きい近日点前後でダストを放出すると考えられるようになりました。

ところが、2009年に見つかったシーラ(Scheila)のチリ雲は、それ以外のメインベルト彗星とは異なる特徴を持っていて、研究者の注目を浴びました。この小惑星は、1906年に発見された、直径120キロメートルの比較的大きな小惑星です。シーラは、2010年12月上旬に突如増光を見せました。図1は、石垣島天文台で観測した増光時のシーラの画像です。小惑星の周囲に奇妙な形の尾が観測されました。その後、チリ雲はどんどん広がって、中口径の望遠鏡ではほとんど検出することができなくなりました。後に、すばる望遠鏡を用いて観測を実施し、細長く伸びた直線上構造を捕らえることができました。この構造から、2010年12月3日にチリが短時間のうちに放出されたことがわかりました。更に、チリの大きさはサブミクロンサイズから大きいもので100ミクロンサイズのものまで存在することがわかりました[5]。

では、シーラのチリ雲が発生したメカニズムについて考えてみましょう。まず、紫外線波長域の観測から、シーラ周辺にOHラジカルが検出されませんでした[6]。このことから、水氷の昇華によってチリ雲が発生したとは考えにくいこととなります。また、他のメインベルト彗星と異なり、シーラの脱出速度は55m/sもあるので、表面レゴリスが静電浮遊して惑星間空間に放出したとは考えることができません。更に、シーラは比較的ゆっくりと自転(周期15.85時間)していることから、遠心力でチリを放出したとも考えることができないのです。つまり、衝突によってチリが放出された最初のメインベルト彗星に認定されたのです[5][6][7]。

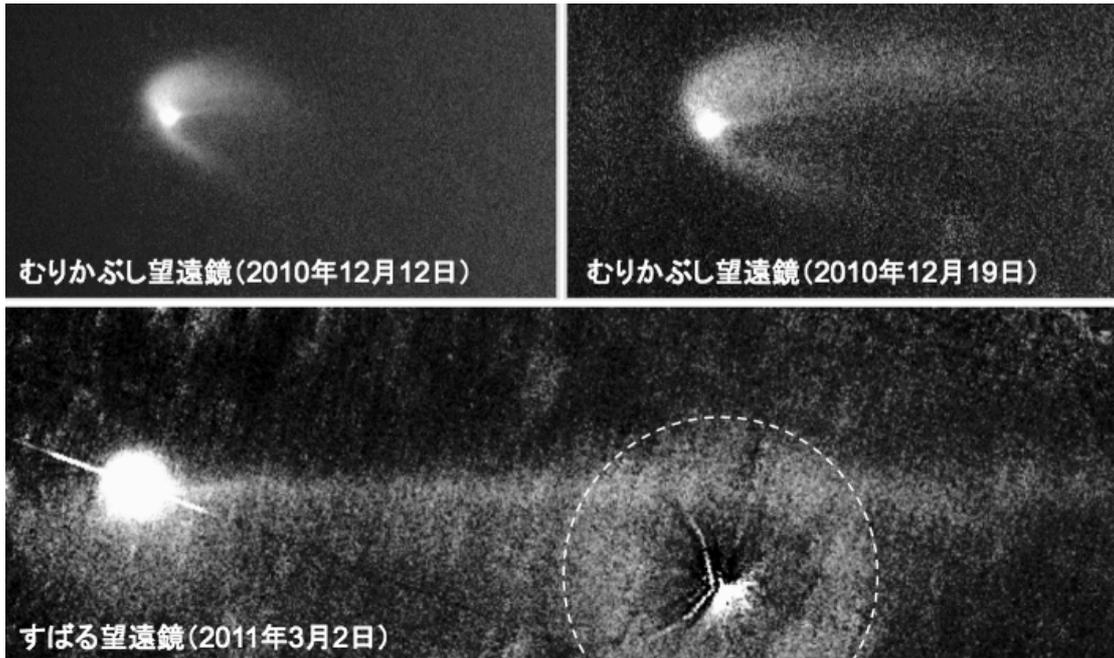


図1 石垣島天文台むりかぶし望遠鏡と、国立天文台ハワイ観測所すばる望遠鏡で観測したシーラのチリ雲

では、3つの奇妙な尾の正体について考えてみましょう。室内衝突実験から、天体表面に別の小天体が斜めから衝突すると、衝突方向への「高速放出流（ダウンレンジ）」と、「円錐状に出る放出物カーテン（インパクトコーン）」の2つの構造が現れることが知られています（図2）。室内衝突実験で得られた知見を元に、ダスト粒子の放出機構をモデル化し、重力と太陽光圧を考慮した理論モデル計算を行った結果、小天体が小惑星シーラの進行方向に対して後方から追突したときにのみ、3つの尾をうまく再現することができました（図2右）。このような、衝突放出物が小惑星表面で観測されたのは、観測天文学史上はじめてのことです。更に、詳細に衝突実験と比較することによって、クレーターの大きさや、表面のかたさなどについてもわかりました[8]。このような衝突現象は、毎年のように起こっていると考えられています。自然衝突の観測的現象は、今始まったばかりなのです。

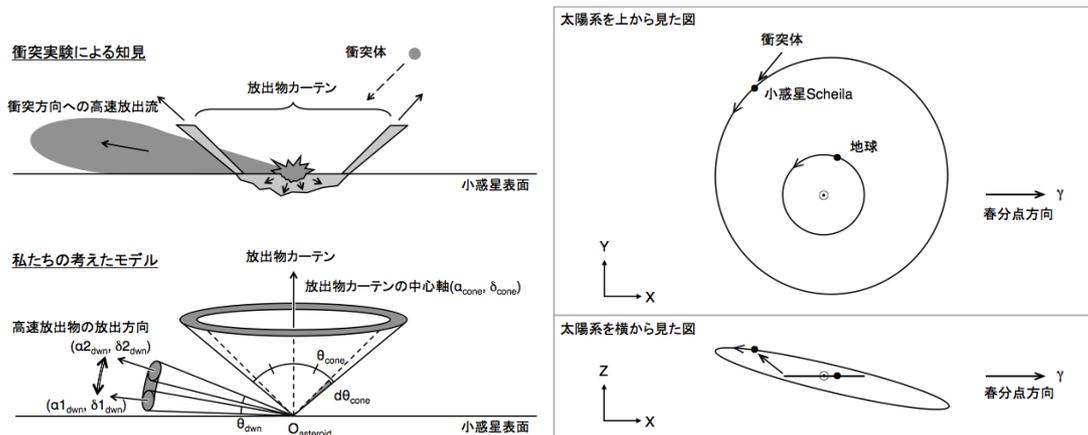


図2 (左) 室内衝突実験によって知られている衝突放出物。衝突実験による知見を元にダストの放出速度を仮定して3つの尾を再現することに成功した。(右) 45度斜め衝突を仮定した時のインパクトの予想される速度。

[1] Hsieh, H. H., Jewitt, D., 2006, Science, 312, 5773
 [2] Jewitt, D., 2012, AJ, 143, 3, 66
 [3] Hsieh, H. H., Meech, K. J., Pittichová, J., 2011, ApJ, 736, 1, L18
 [4] Hsieh, H. H., et al., 2011, AJ, 142, 1, 29
 [5] Ishiguro, M. et al., 2011, ApJ, 740, 1, L11
 [6] Bodewits, D., et al., 2011, ApJ, 733, 1, L3
 [7] Jewitt, D., et al., 2011, ApJ, 733, 1, L4
 [8] Ishiguro, M., et al., 2011, ApJ, 741, 1, L24