

火星着陸機搭載用ダストセンサーのシミュレーション

05501505 大原正裕

1. 火星大気中のダストの観測

火星大気には半径 $10\ \mu\text{m}$ 以下のダストが常に浮遊しており、太陽光を吸収して大気を温めるなど、気候や気象に大きな影響を及ぼしている。また、近年は火星有人活動も計画されており、火星表層におけるダストのサイズや数密度を知ることが必要とされている。

本研究では、火星地表でダストを直接観測するダストセンサーのシミュレーションを行い、現在開発が進められている装置の性能評価と仕様策定のための基礎データを生成した。

2. ダストセンサー

ダストセンサーは、外部の空気を取り込んで装置内に流し、そこにパルスレーザーを照射してダストが散乱した光を観測する。ダスト数密度とサイズは、それぞれ散乱光が観測された回数と散乱光強度から推定される。ここでは、軽量化のため流量を制御しない装置を考え、流量はレーザー光照射領域(観測領域)をダストが通過するのにかかる時間から推定する場合について考える。

3. シミュレーション

観測領域(散乱光を観測する領域)は円筒形とし、空気は円筒の軸に直交する方向に一定の速度で流れるとした。ダストは、形は球、サイズ分布は対数正規分布、一定の数密度でランダムに分布し、空気になじんで移動する。レーザー光の強度分布はガウス分布(gaussian beam)とし、散乱光強度はレーザー光強度とダストの断面積に比例するとした。以上の仮定の下、1MHzでパルスレーザーを照射したとき各パルスに対して観測される散乱光強度を計算した。

4. 流速と数密度の推定

散乱光は、観測領域内にダストが入ってから出て行くまでの間、連続して観測される。散乱光の測定結果は、このひと続きの観測を1回として、継続時間とその期間の散乱光強度の積分値を記録するものとする。

まず、流速を継続時間から推定する。継続時間はダストが横切った観測領域の長さ に比例し、流速に反比例する。円筒形の観測領域の場合、円筒の中心を通る確率が最も高くなるため、最も多く

観測された継続時間が、最長の通過距離を通過した場合に対応する。このことを用いて、継続時間の頻度分布から流速を推定した結果を図1に示す。流速を正しく推定するには100回以上観測する必要がある、散乱光の観測回数が少ないときは流速を過小評価する傾向にあることが示された。

次に、観測回数と流速から数密度を推定する。測定を行った体積は、観測領域の断面積に流速と測定を行った時間を掛けたものになる。観測回数が測定した体積中に存在するダストの数になると仮定して求めたダスト数密度を図2に示す。ダスト数密度が精度よく推定されるのは、流速が正しく測定されていて、ダスト数密度が $10^8[\text{個}/\text{m}^3]$ 以下のときである。ダスト数密度が高い時は、2個以上のダストが同時に観測領域内に入ることが起こるため、観測回数をそのまま使った推定はダスト数密度を過小評価することになる。

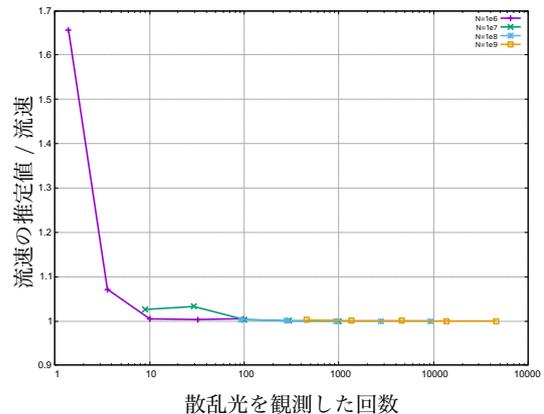


図1：流速の推定結果

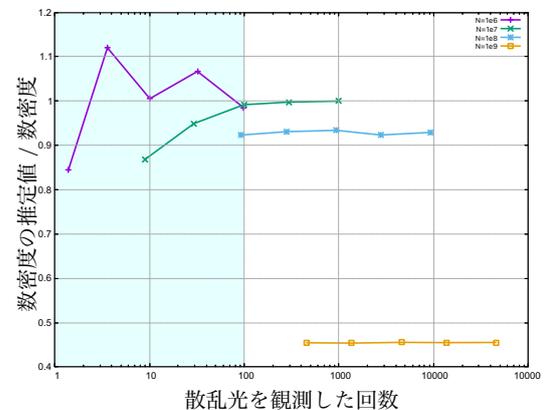


図2：数密度の推定結果