

小惑星イトカワの質量の推定

Mass estimation of Asteroid Itokawa

吉川 真 [1]; 小湊 隆 [2]; 松岡 正敏 [2]; 白川 健一 [2]; 池田 人 [3]; 大西 隆史 [4]; 阿部 新助 [5]; 向井 正 [6]; 矢野 創 [7]; Scheeres Daniel[8]; Gaskell Robert[9]; 齋藤 潤 [10]; 久保田 孝 [11]; 橋本 樹明 [12]; 藤原 顕 [13]; 川口 淳一郎 [14]

Makoto Yoshikawa[1]; Takashi Kominato[2]; Masatoshi Matsuoka[2]; Ken'ichi Shirakawa[2]; Hitoshi Ikeda[3]; Takafumi Ohnishi[4]; Shinsuke Abe[5]; Tadashi Mukai[6]; Hajime Yano[7]; Daniel Scheeres[8]; Robert Gaskell[9]; Jun Saito[10]; Takashi Kubota[11]; Tatsuaki Hashimoto[12]; Akira Fujiwara[13]; Junichiro Kawaguchi[14]

[1] ISAS/JAXA; [2] NEC 航空宇宙システム; [3] 九大・工・航空宇宙; [4] 富士通 (株); [5] 神戸大学; [6] 神戸大・自然・地球惑星システム科学; [7] JAXA/ISAS 固体惑星科学研究系; [8] ミシガン大学; [9] JPL; [10] 宇宙科学研究本部; [11] 宇宙研; [12] JAXA 宇宙研; [13] JAXA/ISAS; [14] JAXA/宇宙研

[1] ISAS/JAXA; [2] none; [3] Aeronautics and Astronautics, Kyushu Univ.; [4] Fujitsu Ltd.; [5] Kobe University; [6] Earth and Planetary System Sciences, Kobe Univ; [7] Dept. of Planetary Sci., JAXA/ISAS; [8] The University of Michigan; [9] JPL; [10] ISAS; [11] JAXA/ISAS; [12] JAXA/ISAS; [13] ISAS; [14] JAXA/ISAS

小惑星探査機「はやぶさ」は、2005年9月に小惑星イトカワに到着し数々の観測を行った後、表面物質を採取するためのタッチダウンを行った。この間、約3ヶ月に渡って「はやぶさ」はイトカワ周辺を飛行していたわけであるが、その運動を解析することによってイトカワの質量が推定された。ここでは、軌道のいろいろなフェーズにおいて様々な手法で推定されたイトカワの質量について報告する。

「はやぶさ」がイトカワに到着したのは9月12日のことであるが、最初のうちはイトカワから20kmほど離れたところ(ゲートポジション)に滞在していた。その後、徐々に高度を下げて、9月末にはイトカワから約7kmのホームポジションに到達した。まず、この9月12日から10月2日までの「はやぶさ」の軌道からイトカワの質量が推定された。この期間では、レンジとドップラーデータを使って質量が推定された。求められた質量は 3.51×10^{10} kgであるが、この期間は太陽輻射圧による加速度の方がイトカワからの重力加速度よりも大きいために、求められた質量には15%ほどの誤差がある。

従って、探査機がよりイトカワに近づいた時により正確な質量推定ができるものと期待されたが、10月3日に、稼働していた2台のリアクションホイール(姿勢制御装置)の1台にトラブルが発生してしまった。姿勢制御は化学エンジンによって行われることになったが、制御が行われると探査機に並進加速度が生じてしまう。そのために、イトカワの質量を求めることが難しい状況になった。そこで、10月21-22日に、意図的に姿勢制御を止めた運用を行った。このときは、探査機のイトカワからの距離は3kmほどであった。ここでは、探査機の軌道を正確に決定してイトカワの質量を推定したが、推定値は 3.43×10^{10} kgとなった。推定誤差は5%である。ここまでの解析では、イトカワは質点として扱われている。

11月になると、タッチダウンのための試験運用やその本番のために、「はやぶさ」はイトカワへの接近を繰り返した。そのうち、11月12日の接近に関して、レーザ高度計(LIDAR)および光学データを使って探査機の軌道の精密な決定が行われた。このときに同時にイトカワの質量が推定されたが、値は 3.54×10^{10} kgで、推定誤差は6%である。このときには、探査機は頻繁に軌道制御を行っていたので、軌道制御による加速度の推定も行われている。また、イトカワからの探査機の距離は800mから100m程度であるので、イトカワの形状を考慮したモデル(ポリヘドロンモデル)が使われている。

さらに、11月19日の1回目のタッチダウンのときには、表面から20mくらいのところから自由落下の状態になったが、レーザーレンジファインダ(LRF)による距離測定値より、イトカワ表面の重力を推定する試みも行われている。

以上をまとめると、イトカワの質量は 3.5×10^{10} kg前後となる可能性が高い。別のグループによって求められているイトカワの体積($1.74 \sim 1.84 \times 10^7$ m³)と合わせてみると、イトカワの密度は $1.9 \sim 2.0$ g/cm³ほどとなる。