## K7-19

# 地球近傍小惑星(1566)イカルスの分光観測

### Spectroscopic Observation of a Near-earth Asteroid (1566) Icarus

梅原諒<sup>1</sup>, 阿部新助<sup>2</sup>, Nicholas Moskovitz<sup>3</sup> Ryo Umehara<sup>1</sup>, Shinsuke Abe<sup>2</sup>, Nicholas Moskovitz<sup>3</sup>

Abstract: Asteroid (1566) Icarus made a close encounter with the Earth on June, 2015 which provided opportunity to investigate the surface heterogeneity. In this research, we used the 4.3 m Discovery Channel Telescope at Lowell observatory in Arizona, USA. Icarus (1.5km) and asteroid 2007  $MK_6$  (0.37km) are almost certainly related because orbital elements of 2007  $MK_6$  is similar to that of Icarus. If 2007  $MK_6$  was separated from Icarus, surface properties of Icarus must have material changes. As a result, it is evident that Icarus has both S-type and Q-type spectra. The surface area of Q-type is estimated to be approximately 300 meters across which is consistent with the size of 2007  $MK_6$ . Considering spin period of Icarus, 2.273 hours which is nearly critical rotation period of break-up for rubble-pile NEOs, we conclude that rotational fission made the Icarus-2007  $MK_6$  family.

#### 1. 緒言

小惑星を探査することは、単に小惑星の起源や進化を知るだけでなく、太陽系全体の形成のプロセスを知ることに繋がる. なぜならば、小惑星は太陽系が誕生した頃、原始惑星にまで成長できなかった微惑星や、原始惑星にまで成長したが、その後の衝突で砕けた欠片であると考えられているからである [1]. また、小惑星は太陽風や微小隕石の衝突の影響で表面物質の光学的性質が変化する. このことを宇宙風化と呼ぶ.

過去の研究より、自転周期が 2.2 時間より速い小惑星は, 直径 200m 以上の小惑星は存在しないことが分かっている. これは重力で集積し形成された破片集積体 (ラブルパイル [2]) の小惑星が、一つの天体としての形状を維持していられる限界の自転周期があるためと推測されている.

可視・近赤外領域  $(0.38-2.5\,\mu\,\mathrm{m})$  で分光観測すると,鉱物の構造型や化学組成に対応した吸収帯が見られる. 小惑星の分光スペクトルを,隕石のスペクトルや鉱石のスペクトルと比較することによって,小惑星の鉱物組成に関する情報を取得出来る. 小惑星のスペクトル分類で,一般的に用いられるのは,Tholen(1984)による分類である $^{[1]}$ . この内  $\mathrm{S}$ 型は  $\mathrm{Stony}$ (または  $\mathrm{Silicatic}$ ) の略称で,岩石質の小惑星と推定されている. 現在確認されている地球近傍小惑星(Near-earth Asteroid, NEA)の  $\mathrm{8}$  割は  $\mathrm{S}$  型小惑星である. Q 型は普通コンドライト(Ordinary Chondrite)で形成されていると推定されている. 地球に飛来する流星や隕石の大半はこの型である.

小惑星(1566)イカルスは,アポロ群軌道に属する地球

近傍小惑星の一つである. 直径約 1.48km, 質量  $2.9 \times 10^{12}$ kg, 反射率(アルベド)0.14, 軌道長半径 1.078AU, 公転周期 1.12年, 近日点距離 0.187AU, 離心率 0.827, 軌道傾斜角  $23^\circ$  , 自転周期 2.273 時間の天体である. 19 年毎に地球に接近している. イカルスは大きさの割には自転周期が速い小惑星である. 一方, 2007 年 6 月に発見された 18 等級のアポロ群小惑星 2007 MK $_6$  の軌道は, イカルスの過去(約 850 年前)の軌道に酷似し、この小惑星は、イカルスから分離した破片ではないかと考えられている [3].

本研究では自転に伴うスペクトルの時間変化の様子を観測して、自転するイカルス表面の分光スペクトルから、表面組成に異方性がないかを調査する. イカルス表面の分光データを既存の分光データと比較して評価し、イカルスの表面で組成が変わっているところがないか調べる. もし、2007 MK6 と分離したのなら宇宙風化がリセットされ、組成が異なる箇所がある.

#### 2. 観測

観測はアメリカ合衆国アリゾナ州ハッピージャックにあるローウェル天文台の口径 4.3m ディスカバリーチャンネル望遠鏡 (DCT) (北緯 34 度 44 分 40 秒, 西経 111 度 25 分 20 秒, 標高 2360m) に分光器 DeVeny Spectrograph を装着して 2015 年 6 月 21 日に実施した. 観測で得られたイカルスのデータを Table 1 に示す.

1:日大理工・院 (前)・航宇、Aerospace Engineering, CST, Nihon-U. 2:日大理工・教員・航宇、 Aerospace Engineering, CST, Nihon-U. 3:ローウェル天文台、Lowell Observatory.

Table 1	Observational conditions of Icarus	
rabie i	Observational conditions of Icarus	

No.	Target	Start	Airmass	Exp
		time(UT)		Time [s]
1-10	Bias	01:26	1.00	0
27-32	SA105-56	05:31	1.54	20
33-43	Icarus	05:49	1.40	180
44-48	SA105-56	06:27	1.92	20
50-54	Comparison	06:37	1.63	20
56-61	Dome flat	06:43	1.66	10
62-71	Icarus	06:51	1.73	180
72-76	Comparison	07:33	2.16	20
77-88	Dome flat	07:37	2.23	10

#### 3. 結果と考察

代表して No.68 のスペクトル(緑)を Fig.1 に示す. Fig.1 における 550-700nm の傾きを 1 次式でフィッティングし、650nm での変化率を「slope(傾き)」として定義したものと、750nm(Imax)と 850-950nm での最小値 (Imin)の比(Imin/Imax)の値を「band depth(バンド深さ)」として定義したものを Fig.2 にまとめる.

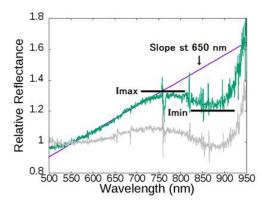


Fig.1 Spectrum of Icarus, S-type (top; green) and Q-type (bottom; gray) spectra

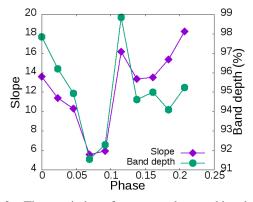


Fig.2 Time variation of spectrum slope and band depth

なお、それぞれ横軸は「phase(位相)」とし、イカルスの 1 自転を位相 1.0 としている。また、Fig.2 における slope 2 band depth の関係を Fig.3 に示す。この際 Ronald、Uwe(2007)のデータも一緒に示した.

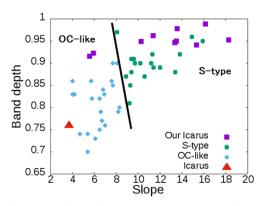


Fig.3 Relationship between slope and band depth

No.62-4, 67-71 において, Fig.1(緑)のような結果が得 られた.これは典型的な S型小惑星である.しかし, No.65, 66 においては, Fig.1(グレー)のような結果が得 られた. これは Q 型小惑星であることが推定される. Fig.2 からも分かるように、この2点に関してはslope、 band depth ともに低い値を示している. また, Fig.3 よ り, この 2 点は, OC型 (Q型) に分類されている. Q 型スペクトルは、宇宙風化を受けるとS型スペクトル に変化することが分かっている. つまり, 宇宙風化し ているイカルスの表面の一部が剥ぎ取られて, 元々の Q型の表面が現れたと考えられる.表面組成がリセッ トされた原因として考えられるのは、「イカルスの高速 自転による分裂」である. イカルスの直径は約1.48km であり、Fig.2 より分裂したと考えられる領域 (No.64-67)は, 1.48km× $\pi$ ×0.207×0.4=約 372m になり, 2007 MK6の推定直径約 370m と調和的である. 以上よ り、イカルスと 2007 MK<sub>6</sub>は、もともと1つの天体だっ た小惑星族(ファミリー)と考えられる.

## 4. 参考文献

[1] 廣井孝弘,杉田精司: C型小惑星の探査における可視・近赤外分光の役割. 日本惑星科学会誌 Vol.19, No.1, pp36-47, 2010.

[2] Abe, S. et al.: "Mass and Local Topography Measurements of Itokawa by Hayabusa", Science, Vol. 312, No. 5778, pp1344-1347, 2006.

[3] K. Ohtsuka, et al. : "Apollo asteroids (1566) Icarus and 2007 MK<sub>6</sub>: Icarus family members?". The Astrophysical Journal 668, pp71-74, 2007.