

近赤外分光観測による小惑星表層の熱変成度の調査

岩井 彩(神戸大学) 伊藤 洋一(兵庫県立大学) 寺居 剛 柳澤 顕史 黒田 大介(国立天文台)

小惑星表層の組成は、反射スペクトルの形状から推定する。S型小惑星のスペクトルには1 μ mと2 μ mに吸収帯が見られることから、表層は輝石とカンラン石が主成分だと考えられる。一方、自転による反射領域の移動に応じて偏光度が時間変動するS型小惑星が観測されている。偏光度は組成ごとに異なるため、このような偏光度変動は衝突によって表層が加熱・熔融を受けて、組成が局所的に変化したためと考えられる。本研究ではS型小惑星(6)Hebe,(3)Junoの吸収帯強度の時間変動を調べることで衝突加熱の痕跡を地上観測から測定することを目的に、OAO/ISLEを用いた近赤外分光観測を行った。

イントロダクション

□小惑星とは

- 分光観測で得られる反射スペクトルから表層の組成を推定
- 主にケイ酸塩鉱物から成るS型や炭素化合物・水和物を含むC型など多様な種類

➤S型小惑星

- S型小惑星のスペクトルは1 μ mと2 μ mに鉄の強い吸収帯が見られる
- 表層は輝石((Ca,Mg,Fe)₂Si₂O₆)やカンラン石((Mg,Fe)₂SiO₄)だと考えられる

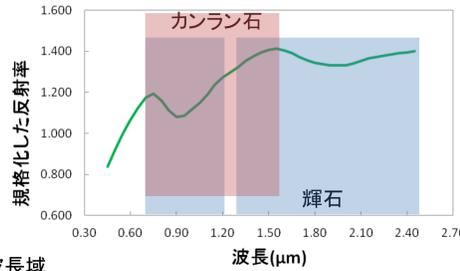


図1:S型小惑星の平均スペクトル(DeMeo et al., 2009)
青は輝石の吸収帯波長域、赤はカンラン石の吸収帯波長域

□S型小惑星の表層

- 現在までに多数の衝突を経験しており、表面は強い熱変成を経験した可能性
- 可視光波長域の偏光度が、小惑星の自転による反射領域の移動に伴って変動するS型小惑星が観測されている(Takahashi et al., 2009. Broglia et al., 1994, Broglia and Manara 1990). →表層での組成の不均質性を示唆
- (6)Hebeの偏光度変動は、組成やレゴリス粒径の不均質性が原因(Broglia et al., 1994)

➤衝突による小惑星表層の部分熔融

- メインベルトに分布する小惑星同士の衝突速度は平均5km/s(Vadder 1998)
- 衝突された小惑星表層が50GPaの衝突圧力を受けた場合、その領域の温度は1500 $^{\circ}$ C程度まで上昇し、部分熔融する(Hirata et al., 2009)

組成	輝石	カンラン石
融点($^{\circ}$ C)	1560	1900

衝突時の表層の温度によって
 ・輝石のみが溶解
 ・輝石とカンラン石の両方が溶解の2通りが考えられる

衝突現象による表層の部分熔融に注目!!

◆輝石のみが溶解する場合

比重が軽くなった輝石が表層を覆うため、表層は輝石の比率が高くなるよって輝石が示す2 μ mの吸収帯は深くなる

◆輝石とカンラン石の両方が溶解する場合

重い鉄を含む輝石とカンラン石は熔融した液層の底に沈むため、表層は鉄が少ない軽い鉱物(エンスタタイトなど)の比率が高くなる。よって輝石とカンラン石が示す1 μ mと2 μ mの吸収帯は浅くなる

➔ 反射領域ごとに1 μ mと2 μ mの両吸収帯の強度を調べることで、領域ごとに衝突加熱の程度を調べることができる

➤観測対象とする小惑星 (6) Hebe, (3) Juno

- 偏光度変動が確認されているS型小惑星

目的

- 小惑星表層の熱変成度を調べるために、偏光度が時間変動するS型小惑星の近赤外分光観測を行う
- 1 μ mと2 μ mの吸収帯の強度変動から、表層の組成分布の違いを求め、衝突加熱による小惑星表層の熱変成過程の解明

考察・今後の課題

本発表では、比較的大気スペクトルの除去できているJバンドについて考察する

□吸収帯強度の評価

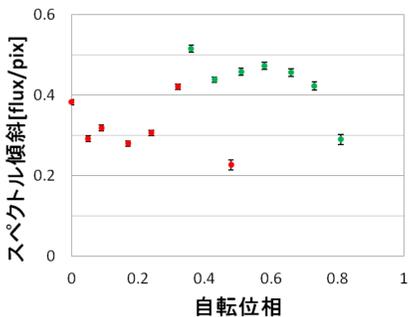


図3:位相と1.20 μ m-1.32 μ mの傾き

- 1.20-1.32 μ mを線形近似し、スペクトル傾斜を算出
- ほぼ全位相(0.00-0.816)を観測

◆スペクトル傾斜が変動するか

誤差を上回る変動が確認できたので、変動はあると考えられる
 表層の組成分布が領域ごとに違いが見られる。位相0.3-0.6辺りより位相0.0-0.2辺りのほうが傾きが浅い。
 →位相0.00-0.2辺りの領域では、鉄が少ない軽い鉱物(エンスタタイトなど)が他の領域より多く含まれるのではないかと
 →輝石・カンラン石両方が熔融するような衝突・高温を経験したのではないかと

◆スペクトル傾斜の変動に周期性はあるか

→同位相で取得されたデータが少なく、確認できない。未解析分のデータ点を増やす必要がある

◆偏光度変動がある領域との相関はあるか

→ライトカーブデータを取得済み。先行研究と自転位相の整合性を確認する

□今後の課題

- ✓標準星スペクトルによる大気スペクトル補正の精度を上げ、HKバンドのスペクトルと合わせて変動を調べる
- ✓未解析分光画像の解析を進める
- ✓観測時のライトカーブから偏光度変動の領域との相関を確かめる

近赤外分光観測

□観測詳細

日程: 2012年4月27,28日、5月4,5,6日
 望遠鏡: 岡山天体物理観測所188cm望遠鏡
 観測装置: ISLE
 波長分解能: J 2,200 H 3,800 K 2,100
 波長域: J 1.11-1.32 μ m H 1.50-1.79 μ m K 2.02-2.37 μ m
 スリット幅 1".5
 積分時間: J 30秒 HK 30秒

□観測天体

4月27,28日 (6)Hebe<前半夜> 5月4,5,6日 (6)Hebe<前半夜>, (3)Juno<後半夜>

□観測時の小惑星の位相(解析済み分)

4月27日				4月28日			
J	自転位相	HK	自転位相	J	自転位相	HK	自転位相
1	0.00-0.013	1	0.019-0.035	1	0.359-0.367	1	0.380-0.389
2	0.045-0.060	2	0.067-0.080	2	0.433-0.442	2	0.455-0.463
3	0.088-0.100	3	0.108-0.122	3	0.507-0.516	3	0.528-0.537
4	0.167-0.175	4	0.186-0.195	4	0.582-0.591	4	0.604-0.612
5	0.241-0.250	5	0.261-0.270	5	0.658-0.666	5	0.769-0.688
6	0.317-0.326	6	0.337-0.346	6	0.733-0.742	6	0.755-0.764
7	0.400-0.409	7	0.422-0.431	7	0.808-0.816	7	0.830-0.839
8	0.477-0.485	8	0.498-0.507				

解析

□解析手順(IRAF使用)

- A画像とB画像の引き算(A-B)
- フラット処理
- 宇宙線やホットピクセルの除去
- 波長同定(J: Xe, HK: Arを使用)
- 背景光除去
- スペクトル抽出
- 標準星補正

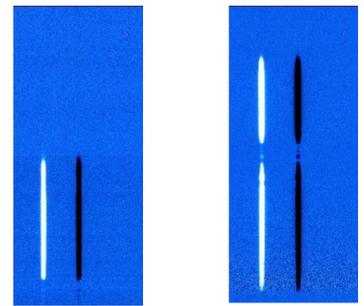
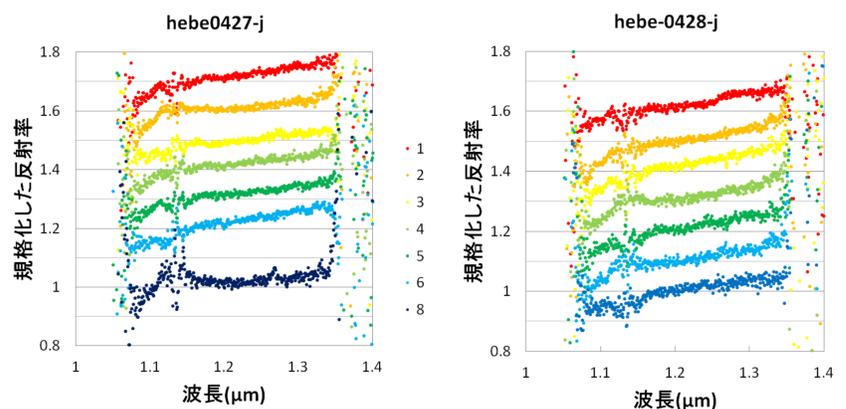


図2:A-B画像 (左:Jバンド、右:HKバンド)

結果

□得られたスペクトル



(左図)4月27日のJバンド 1-8は観測フェーズの数字と対応
 ※7のスペクトルはノイズが大きいため本発表では載せていない
 (右図)4月28日のJバンド 1-7は観測フェーズの数字と対応
 縦軸は0.1ずつオフセットしている