

回折格子を用いた 流星の分光観測

宮城県古川黎明高等学校

菅原 篤弥(2年)

伊藤 颯矢(2年)

操 知希(2年)

三野正太郎(1年)

1

研究の経緯

- 鈴木(茨城大2年)※1がデジタルカメラで流星を撮影

※1) 本校中学3年時



写真1:2013年のペルセウス群

流星の色が途中で変化していることに興味と疑問
デジタルカメラの撮影で詳細な色の変化を分析できず
回折格子による分光観測装置を製作

2

研究目的

- 流星を分光観測することで、発光の由来となる原子を調べる。(I)
流星群の傾向から母天体に含まれる物質の組成も
- 始まりから終わりまでの各波長毎の輝度変化を調べる。(II)

3

研究仮説

1. 発光にはナトリウムやマグネシウムと大気酸素、窒素が関係しており、分光観測により元素を特定する。
2. 色の変化は各波長の輝度が時間により変化することに由来している。

4

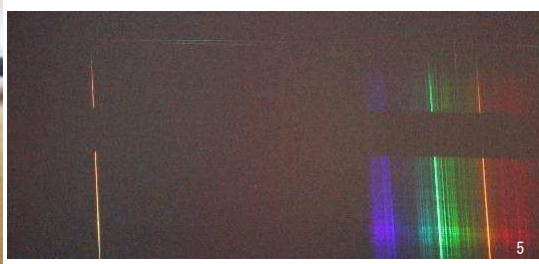
観測方法 I 1. 観測装置と撮影

- 回折格子を一眼レフカメラ(レンズ30mm)に取り付ける。
- 流星が縦に流れるよう、輻射点に対して90°の向きにカメラを設置し撮影する。

写真2:分光観測装置



写真3:撮影例



観測方法 I 2. 校正

分光した光の波長の基準を設定するため

- あらかじめ特定の元素(H, Naなど)のスペクトル管を発光させ、撮影できた流星と同じ位置にスリットを合わせ撮影する。
- 0次光から輝線までのピクセル数から波長を特定する。

写真4:校正の様子



観測方法 I 2. 校正



水素管の発光

写真5:校正の例

7

観測方法 I 3. 画像解析と原子の特定

- 校正結果から0次光から輝線までのpixをもとに各輝線の波長を求める。
- 求めた波長から元素を特定する。

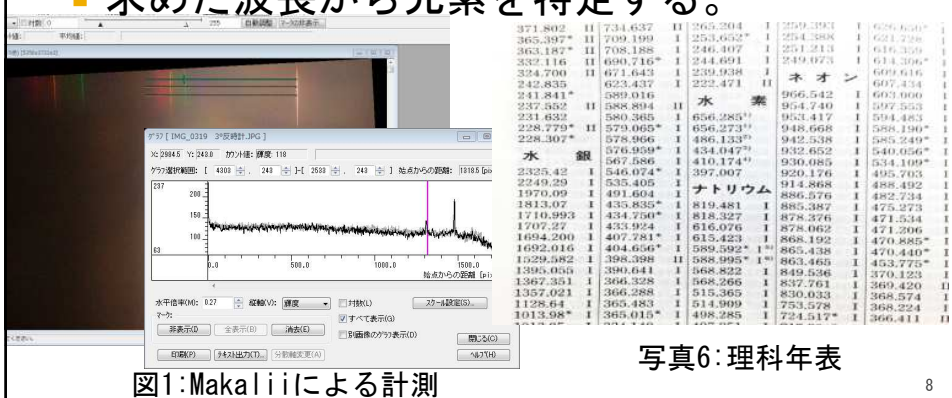


図1: Makaliによる計測

写真6: 理科年表

8

観測期間・撮影枚数

流星群名	観測日	撮影枚数	成功数
ペルセウス座(2015)	2015/08/12~/13	約2900枚	0枚
オリオン座(2015)	2015/10/20~/21	約5000枚	1枚(散在)
ふたご座(2015)	2015/12/8	約700枚	0枚
みずがめ座 η (2016)	2016/05/05~/08	約20000枚	0枚
ペルセウス座(2016)	2016/08/12~/13	約25000枚	1枚(群)
オリオン座(2016)	2016/10/21~/23	約10000枚	0枚
おうし座(2016)	2016/11/04~/07	約13000枚	0枚
しぶんぎ座(2017)	2017/01/03~/04	約20000枚	0枚
こと座(2017)	2017/04/22~/24	約17000枚	0枚
みずがめ座 η (2017)	2017/05/03~/06	約7000枚	0枚
おうし座南(2017)	2017/11/7	約2300枚	0枚
おうし座北(2017)	2017/11/10~/14	約8000枚	0枚
しし座(2017)	2017/11/17~/19	約39000枚	2枚(群&別群)
ふたご座(2017)	2017/12/13~/15	約42000枚	28枚(群)
こぐま座(2017)	2017/12/23	約3000枚	0枚
しぶんぎ座(2018)	2018/01/04~/05	約14000枚	0枚
こと座(2018)	2018/04/20~/22	約35000枚	0枚
みずがめ座 η (2018)	2018/05/04~/05	約9000枚	0枚
ペルセウス座(2018)	2018/08/11~/14	約45000枚	12枚(群)
りゅう座(2018)	2018/10/07~/08	約4500枚	0枚
オリオン座(2018)	2018/10/21~/23	約21000枚	6枚(群)

図2: 撮影期間と
分光画像取得数

のべ34万枚
140時間以上

9

解析結果1 G-1

- 測定した波長
513, 558, 590 nm

図3: 撮影時の設定

撮影日時	2017/12/13 23:58:36 JST
絞り値	f / 1.4
露出時間	1.3秒
ISO感度	ISO6400
焦点距離	30mm



写真7: G-1 拡大

10

解析結果2 G-2

■ 測定結果

444, 513, 589, 613 nm

図4: 撮影時の設定

撮影日時	2017/12/14 01:14:18 JST
絞り値	f /1.4
露出時間	1.3秒
ISO感度	ISO6400
焦点距離	30mm

写真8: G-2 拡大

11

解析結果3 G-3

■ 測定した波長

515, 532, 558, 590, 618 nm

図5: 撮影時の設定

撮影日時	2017/12/14 01:33:08 JST
絞り値	f /1.4
露出時間	1.3秒
ISO感度	ISO6400
焦点距離	30mm

写真9: G-3 拡大

12

解析結果4 G-4

■ 測定した波長

438, 495, 517, 527, 559, 589, 616, 631, 649 nm



解析結果5 P-1

■ 測定した波長

452, 496, 518, 537, 558, 591, 616, 630 nm



考察 I 元素の特定

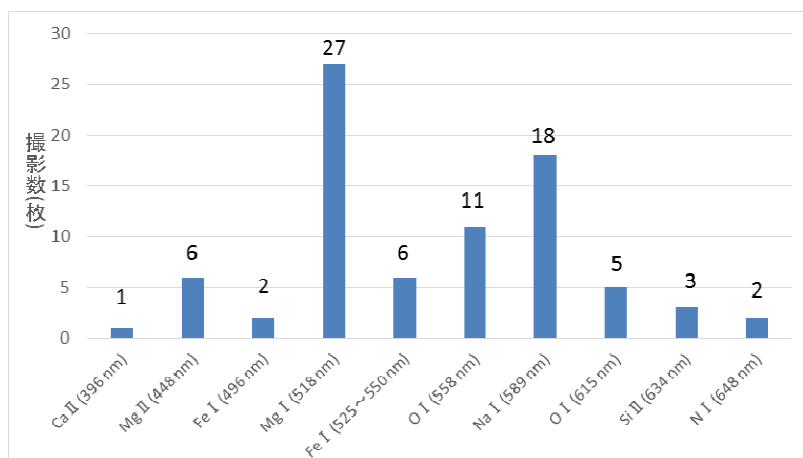
図8: 各流星群で特定した原子の種類

	ふたご群(28枚) 2017/12	ペルセ群(10枚) 2018/08	オリオン群(5枚) 2018/10
Ca II (396 nm)	○(1枚)		
Mg II (448 nm)	○(6枚)	○(1枚)	
Fe I (496 nm)	○(2枚)	○(1枚)	
Mg I (518 nm)	○(27枚)	○(4枚)	○(4枚)
Fe I (525~550 nm)	○(6枚)	○(1枚)	
O I (558 nm) 禁制線発光	○(11枚)	○(9枚)	○(5枚)
Na I (589 nm)	○(18枚)	○(4枚)	○(1枚)
O I (615 nm)	○(5枚)	○(2枚)	
Si II (634 nm)	○(3枚)	○(1枚)	
N I (648 nm)	○(2枚)		

15

考察 I 元素の特定

図9: ふたご座流星群(2017)での各元素の撮影数(28枚中)



16

考察 I 元素の特定

ふたご群の, 多くから Na(I)を
ほとんどから Mg(I)検出した。

Na(I)の枚数がMg(I)よりも少なかった。

ふたご群の中でNaの減少・欠乏があると考えられる。
(文献でも同じ趣旨の記述)

- ・ Naが軌道上から気化した?
- ・ 母天体の組成でNaが少なかった?

17

考察 I 元素の特定

ペルセ群とオリオン群の, ほとんどから
酸素禁制線発光=0 I (558 nm)を特定した。

0 I (558 nm)は速い流星でのみ見られる波長。

ペルセ群やオリオン群は他の群より対地速度が速い。

- | | |
|---------------|----------------|
| ・ ペルセ…59 km/s | ・ オリオン…66 km/s |
| ・ ふたご…35 km/s | ・ おうし北…29 km/s |

対地速度が速いから0 I (558 nm)の割合が高かった。

18

観測方法Ⅱ 輝度変化の測定

- 輝線の輝度の時間変化を測定・比較する。



図10: 輝度計測の範囲指定

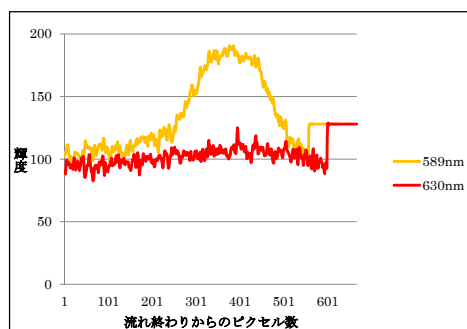
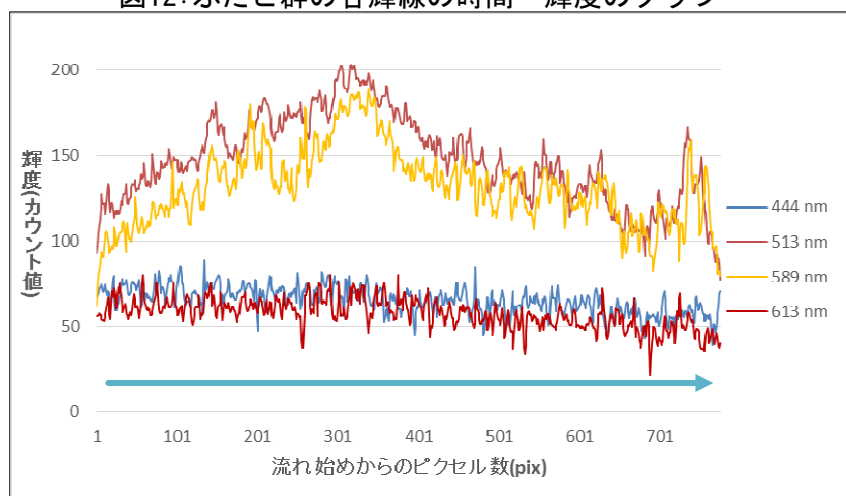


図11: 作成グラフの例

19

解析結果1 輝度の変化 G-2

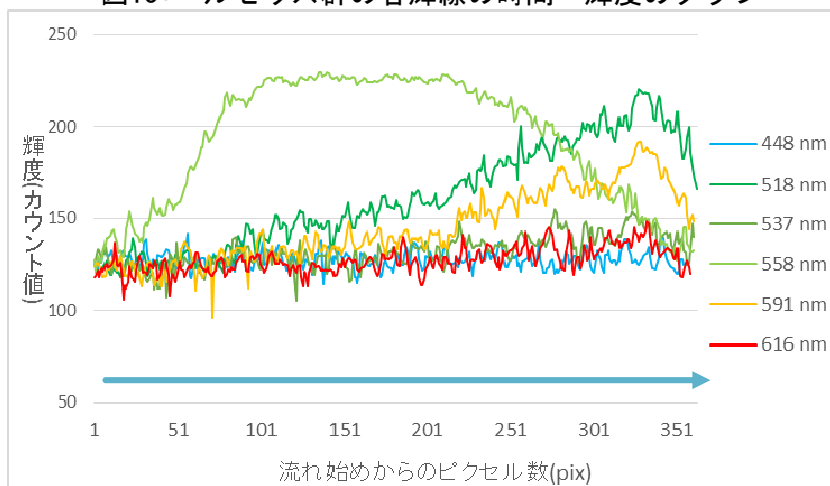
図12: ふたご群の各輝線の時間一輝度のグラフ



20

解析結果2 輝度の変化 P-1

図13: ペルセウス群の各輝線の時間一輝度のグラフ

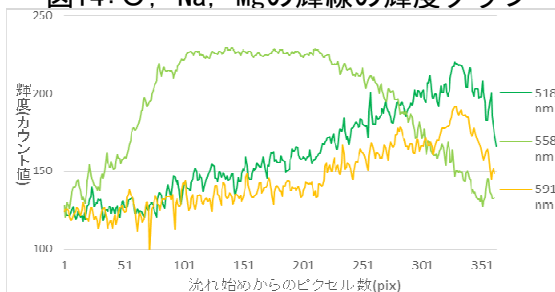


21

考察2 スペクトル輝度の変化

ペルセ群P-1では、流れ終わりで、Mg, Naの輝線の輝度が酸素禁制線を超える時があった。

図14: O, Na, Mgの輝線の輝度グラフ



発光中の輝度変化は元素により異なる
→流星の色が変化する。

22

成果

- 観測地点を4地点，計34万枚(のべ140時間)以上撮影したことで，質の高い分光画像が多数得られた。
- ふたご群(2017)，ペルセウス群(2018)オリオン群(2018)それぞれの分光画像から元素を特定できた。
- 発光に関わる元素により輝度の変化が異なり流星の色が変化する要因であることがわかった。

23

今後の課題・展望

- ふたご群，ペルセ群で大量の分光画像を取得
→ 今後も継続して観測を行い，統計的にデータ処理することで，群毎の元素の割合を比較し，母天体との関連を調べる。
- データの解析時にレンズの歪みによる影響が無視できないと判明
→ 解析時にレンズのゆがみを補正してより信頼度の高い解析方法を確立する。

24

謝辞

今回の研究に指導, 助言して下さった,
高知工科大学 教授 山本 真行先生,
茨城大学理学部理学科 2年 鈴木 湧平様
株式会社バスキュール 武田 誠也様
に厚く御礼申し上げます。

また, 本研究は,
日本科学協会 サイエンスメンター事業
の支援を受けました。

25

参考文献

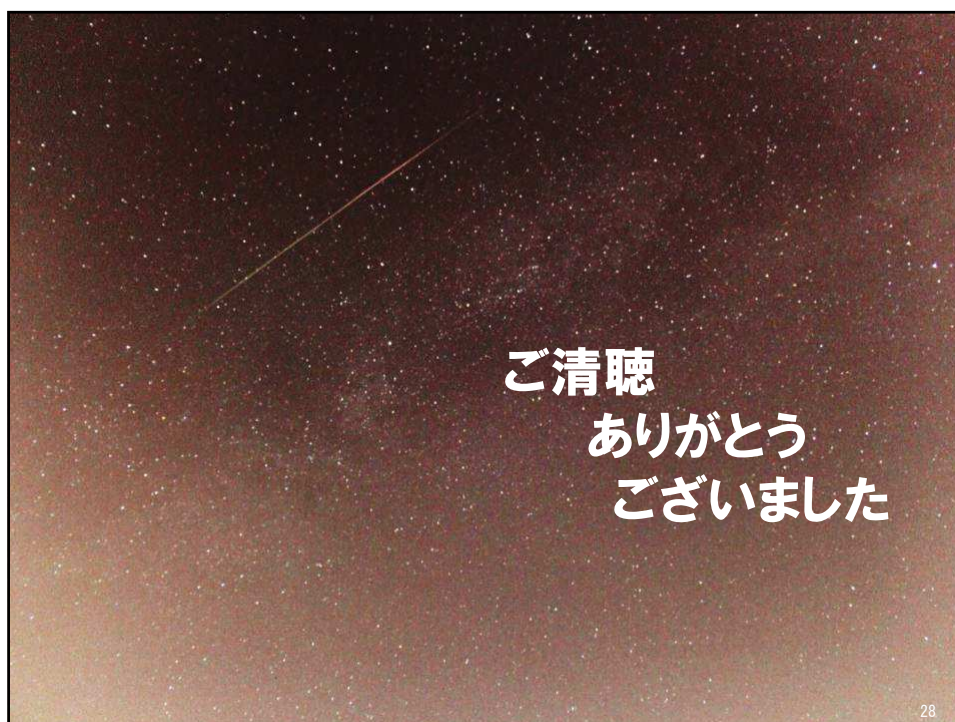
- 1) Millman. P. M. (1963) : A general survey of meteor spectra, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol.7, P.119.
- 2) J Borovička, H Betlem(1997) : Spectral analysis of two Perseid meteors, Planetary and space science, Vol.45, No.5, P. 563-575.
- 3) 長沢工(1997) : 「流星と流星群」 地人書館
- 4) 国立天文台(2014) : 「理科年表 平成27年」 丸善出版
- 5) 春日敏測 : 「流星の発光メカニズム」 <http://www.perc.it-chiba.ac.jp/~kasuga/papers/meteor.pdf> (2017/03/30 参照)

26

参考文献

- 6) 鈴木湧平(2017) : 「流星による熱圏・電離層の観測」 日本天文学会2017年春季年会 ジュニアセッション
- 7) 藤井旭(2016) : 「藤井旭の天文年鑑2016年版」 誠文堂新光社
- 8) 藤井旭(2017) : 「藤井旭の天文年鑑2017年版」 誠文堂新光社
- 9) 春日敏測 : 「流星科学の最前線 流星 - 彗星, 小惑星の熱的進化に迫る」 日本惑星科学会誌Vol. 15No. 3 (2006年)

27



28