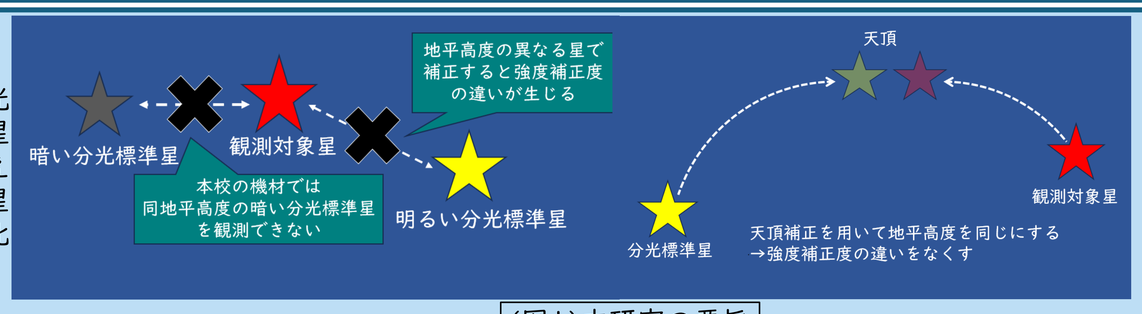
5IT

# 恒星の低分散分光観測における 新しい強度補正方法を用いたスペクトル型の観測的研究

川口市立高等学校天文部　富田 涼介　菅原 環　杉村 優生子(高2)　井上 湧　江口 真由美
小倉 遙河　小泉 翔愛　櫻井 優輝　佐々木 健人　寺原 直希　中根 陽輝　了馬 健貴(高1)

## 要旨と研究背景

我々は恒星の低分散分光観測に取り組んでいる。しかし、本校で所有する機材で観測できる明るい分光標準星は少なく、正しい方法による強度補正ができなかった。そこでターゲット恒星と明るい分光標準星を異なる地平高度で観測し、双方の輝度を天頂時のものに補正してから強度補正を行う新しい方法を考えた(図1)。本研究では各スペクトル型の恒星を観測し、前述した方法により分光標準星とターゲット恒星の地平高度の差をなくした。その方法による結果と2021年度に先輩が取り組んだ先行研究[1]の結果を比べたところ、本研究の結果は強度補正度の違いをなくしたことで高い精度で解析することができた。

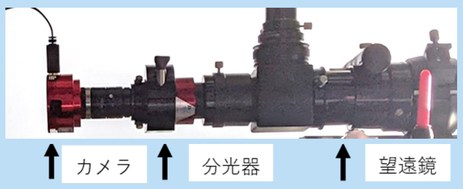



(図1)本研究の要旨

## 1.観測・解析方法

場所:埼玉県立大滝げんきプラザ駐車場
日時:2024年12月26日 18:30~翌02:30(JST)
望遠鏡(図2):高橋製作所　TOA130NFB(口径130mm,f=1000mm)屈折式
分光器(図3):昭和機械製作所　低分散分光器VEGA(波長分解能:R=1200)
カメラ(図3):ZWO ASI 178MM(14bitモノクロ)
分光標準星:リゲル(βOri) [2]

(図2)望遠鏡



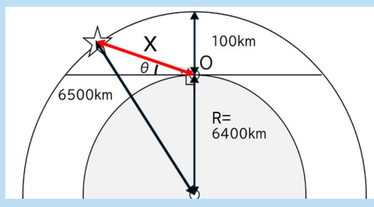

(図3)分光器とカメラ

Ⅰ.カストル(αGem)を15分毎に地平高度17°～86°の範囲で観測し、マカリとエクセルにより画像演算・波長付け[3]を行った。並行して各スペクトル 型の恒星も観測した。
Ⅱ.地球大気の通過距離によるスペクトル強度の減衰を地平高度ごとに波長380～700nmの範囲を5nm毎に指数関数※1を用いて近似した。
Ⅲ.求めた補正係数を基に天頂補正(波長ごとに天頂での輝度を求めること)を行ったのち、フリーソフトGraphcel[4]を用いて分光標準星リゲル(βOri)による強度補正を行った。

※1 $y=ae^{-bx}$　($a,b$は補正係数 , xは地球大気の距離)

なお地球大気の厚さを100kmとした場合の光の通過距離は以下の式により計算した(図4)

$$x=-R\sin\theta+\sqrt{[R^2\sin^2\theta+\{(R+100)^2-R^2\}]}$$
$$R=6400\ [km]$$

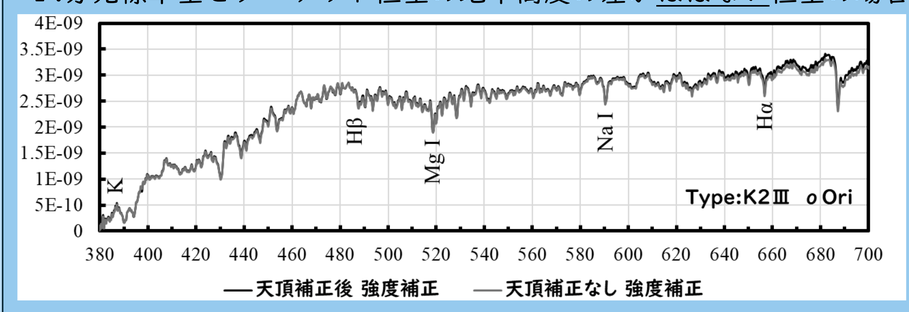



(図4)地球大気のモデルと計算式

## 2.結果

### ・先行研究との比較

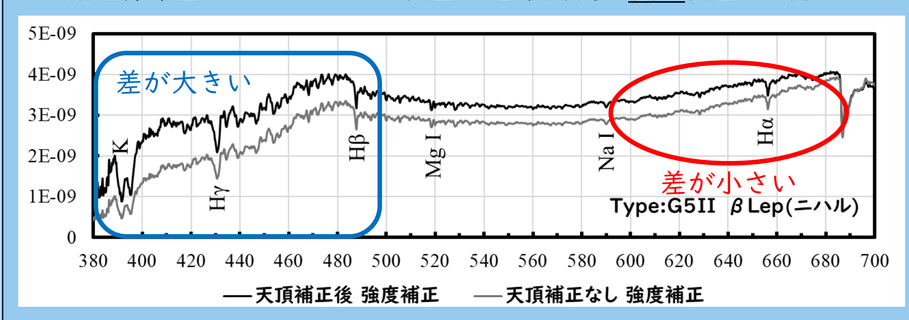
Ⅰ.分光標準星とターゲット恒星の地平高度の差がほぼない恒星の場合



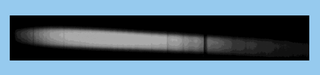

| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| βOri | 44.5° |
| oOri | 44.3° |

→二つのグラフの差は小さい
どちらも正しい強度補正を行えている

Ⅱ.分光標準星よりターゲット恒星の地平高度が低い恒星の場合

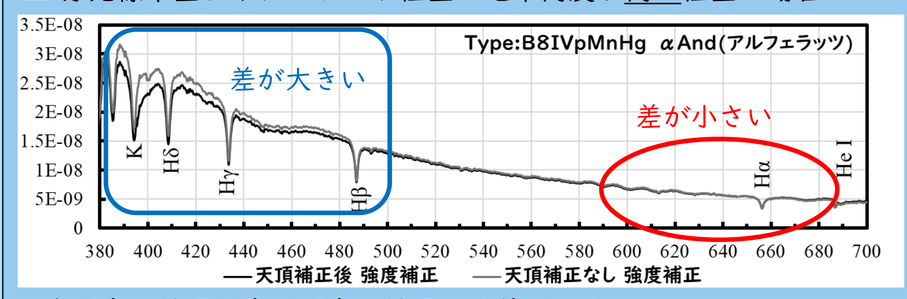



| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| βOri | 44.5° |
| βLep | 16.6° |



→本研究の結果が先行研究の結果より値が大きい
先行研究の結果は地球大気によるスペクトル強度の減衰を十分に補正できていないため補正不足　短波長側で特に差が大きい

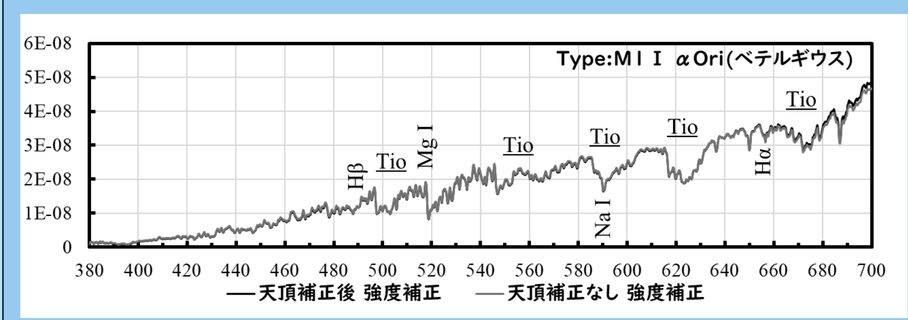
Ⅲ.分光標準星よりターゲット恒星の地平高度が高い恒星の場合




| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| βOri | 44.5° |
| αAnd | 75.9° |

→本研究の結果が先行研究の結果より値が小さい
先行研究の結果は地球大気によるスペクトル強度の減衰を余分に補正したため補正過多　短波長側で特に差が大きい

Ⅳ.分光標準星とターゲット恒星の地平高度の差はあるが、M型星の場合



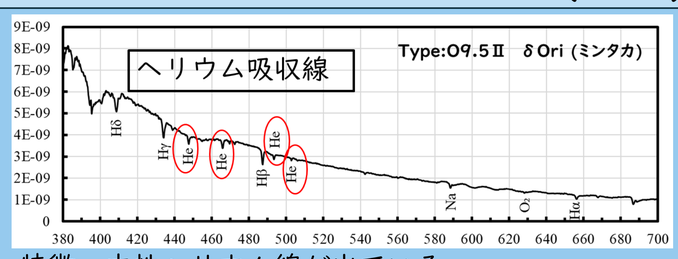

| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| βOri | 44.5° |
| αOri | 58.8° |

→短波長側、長波長側ともに二つのグラフの差は小さい

### ・本研究の方法によるその他観測解析結果(一部)※2

【O型星】

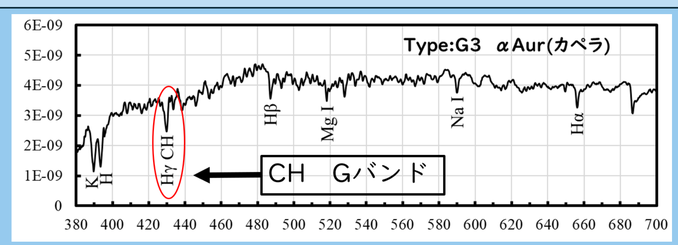
| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| δOri | 50.5° |




特徴　中性ヘリウム線が出ている。

【G型星】

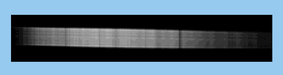
| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| αAur | 54.5° |

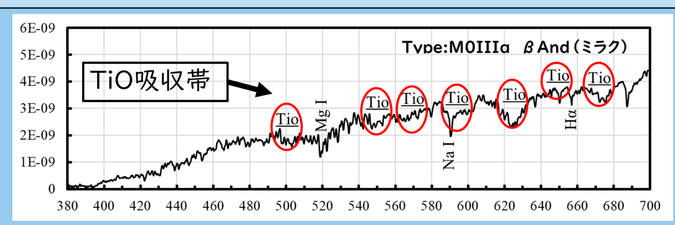



特徴　HK線が強く出ている。CHによるGバンドが出ている。

【M型星】

| 恒星名 | 地平高度 |
|---|---|
| βAnd | 87.5° |






特徴　酸化チタンTiOのバンドが見られる。

縦軸:Flux Density [erg/cm$^2$/Å/s]
横軸:波長 [nm]

※2 全てのスペクトル型星の結果は配布資料に掲示

## 3.考察と今後の展望

Ⅰ.地平高度に差がない場合、先行研究の結果は適切な強度補正を行った結果といえ、本研究と先行研究の結果の差が小さい点で天頂補正を行う本研究の方法は正しい結果が得られているといえる。
Ⅱ・Ⅲ.分光標準星とターゲット恒星の地平高度が異なっている場合、本研究の方法と比べ先行研究の方法では強度補正度の違いが生じるため、Ⅱ・Ⅲのどちらとも本研究と先行研究の結果に差がでている。特に、短波長側で差が大きいのは地球大気によるレイリー散乱の性質によるものと考えられる。
Ⅳ. 短波長の輝度が低い場合、本研究と先行研究の結果の差はとても小さくなる。

これらから、天頂補正は以下の二点が当てはまる場合は有効であると考えられる。

**① ターゲット恒星の短波長(約500nm以下)の輝度値が大きい**
**② 分光標準星とターゲット恒星の地平高度の差が大きい**

今回は一晩にすべてのデータを取ることができたため、気象的条件はほぼ一定であったと考えられる。今後、長期的な観測によって気象的条件が異なる場合の補正係数がどのようになるか調査したいと考えている。また、短波長側の輝度値がどの程度大きければ天頂補正が有効なのかについても調査したいと考えている。

## 謝辞

研究にあたり、竹内彰継先生(米子工業高等専門学校)には、Graphcelを用いた強度補正方法についてご教授いただきました。御礼申し上げます。

## 参考文献

[1] 第24回日本天文学会ジュニアセッション「恒星のスペクトル型についての観測的研究」川口市立高等学校　天文部
[2] Kirisciunas et al.2017,PASP,129:054504　βOri(分光標準星データ)
[3]理科年表(2019)　国立天文台編
[4]Graphcel
https://www.vector.co.jp/soft/dl/win95/business/se247204.html#google_vignette