

# 天の川銀河とアンドロメダ銀河の衝突予想

もし天2020 & ロマンだ班:

阿部 凧沙(中等4)【仙台青陵中等教育学校】、胡子 真輝(高2)【サレジオ学院高等学校】、佐々木 楓華(高2)【大船渡高等学校】、宮崎 春人(高2)【クラーク記念国際高等学校】

## 要約

アンドロメダ銀河の分光観測から視線速度を求め、天の川銀河と、どのように衝突するのかを調べた。また銀河の距離と星形成率の関係を調べることで、アンドロメダ銀河と天の川銀河の衝突によって生命が発生する惑星の数に変化はあるのかを考察した。

\* 視線速度とは、観測者に対して近づくもしくは遠ざかる速度のこと

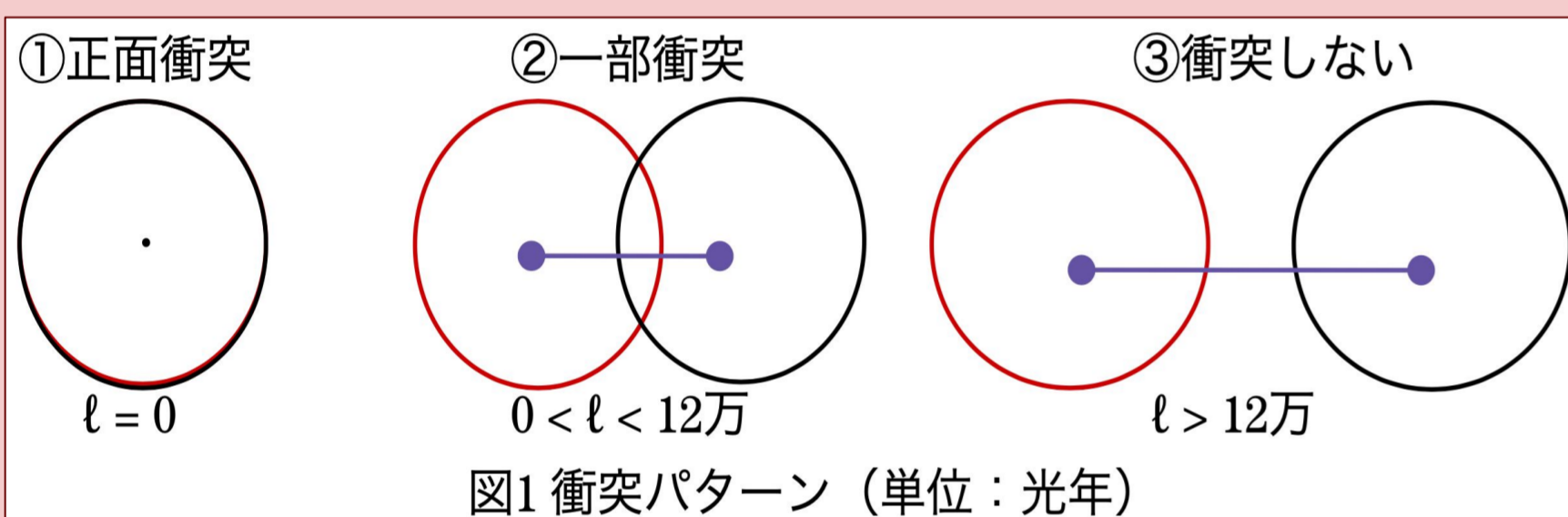
## 研究目的・背景

私達は天の川銀河とアンドロメダ銀河が衝突することを知り、天の川銀河が将来どうなるか疑問に思った。特にいつ、どのように衝突しその後衝突が進むとどうなるのかに興味を持ち、研究を行った。

## 研究方法

【いつ衝突するか】仙台市天文台のひとみ望遠鏡を用いてアンドロメダ銀河の分光観測を行い(表1)、視線速度を求めた。求めた速度と力学的エネルギーの保存則から衝突までの時間を計算した。[1][2]

【どのように衝突するか】銀河の中心から半径6万光年の球を考え、球同士が重なったとき、すなわち最接近時の中心同士の距離 $l$ が12万光年となったときを衝突と定義した。それをもとに衝突の仕方を(図1)の3パターンに分類した。



使用望遠鏡	仙台市天文台ひとみ望遠鏡
観測方法	分光観測
低分散 (中心波長 6000Å)	4.80", 1.35"スリット
中分散 (中心波長 6500Å)	4.80", 1.35"スリット
積分時間	480秒
観測日時	12/20 20:00-12/21 2:00, 12/24 20:00-12/25 24:00

【衝突が進むとどうなるのか】先行研究[3]から相互作用銀河の銀河間距離 $l$ とH $\alpha$ の光度を調べて星形成率 $R$ を計算し[4]、その関係を調べた。次にドレーク方程式を参考にして[5][6]「&ロマンだ方程式」 $N=kR(0.029 \leq k \leq 7.04)$ を作った。&ロマンだ方程式を用いて生命が発生する惑星の数 $N$ と銀河間距離 $l$ との関係を調べた。(式1)

## &ロマンだ方程式

式1

$$N = R \times n_e \times f_p \times f_h \times f_l$$

$N$ ... 銀河において1年間に生命が発生する惑星が生まれる数

$R$ ... 星形成率

$n_e$ ... 一つの恒星が持つ惑星の数

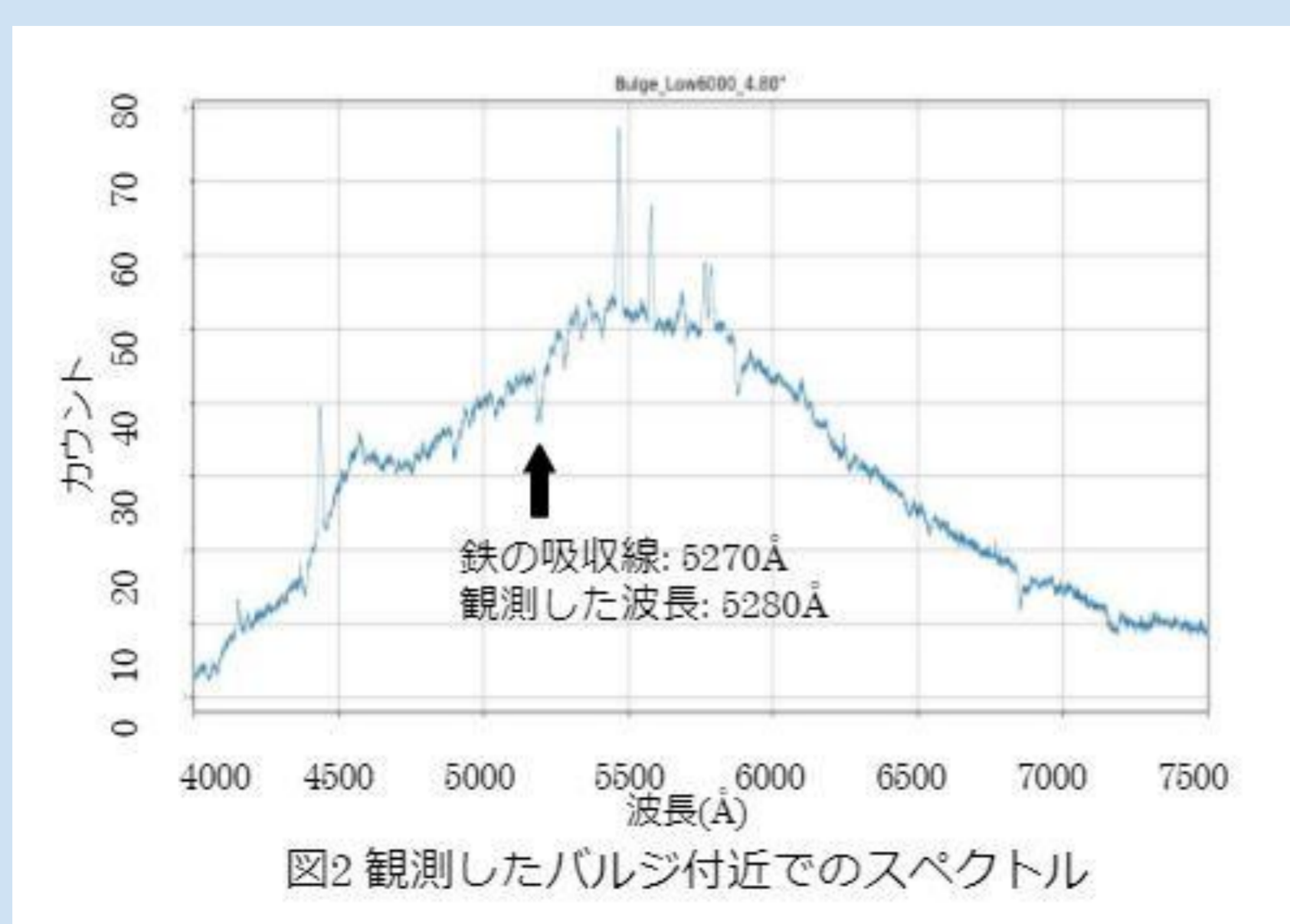
$f_p$ ... できた惑星が地球型惑星である割合

$f_h$ ... その地球型惑星がハビタブルゾーンにある割合

$f_l$ ... 生命が発生する確率

## 観測結果

分光観測で得たアンドロメダ銀河のバルジ付近のスペクトルから、鉄の吸収線の波長を同定した(図2)。ドップラー効果による波長のずれから、太陽系から見た視線速度が570km/sと求まった。これを天の川銀河の中心から見た視線速度に直すと392km/sであった。(式2)



式2

$$v = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \approx 570 \text{ km/s}$$

$$\rightarrow v \approx 392 \text{ km/s}$$

$$\lambda_0 = 5270 \text{ \AA}$$

$$\lambda = 5280 \text{ \AA}$$

## 考察

○いつ衝突するか

エネルギー保存則を使って求めた。運動エネルギーと万有引力による位置エネルギーの和が

式3

$$\frac{1}{2}mv^2(t) - \frac{GMm}{r(t)} = \frac{1}{2}mv^2(0) - \frac{GMm}{r(0)}$$

衝突するときのエネルギー 観測したときのエネルギー

保存されることから衝突するときの時間を求めた。

計算の結果約16億年後に衝突することがわかった。(式3)(式4)

式4

$$t = \int_{r_{\text{今}}}^{r_{\text{衝}}} \frac{1}{\sqrt{\frac{2}{m}(E + \frac{GMm}{r})}} dr$$

$m$ : アンドロメダ銀河の質量

$M$ : 天の川銀河

$r$ : 銀河の中心同士の距離

$G$ : 万有引力定数

○どのように衝突するか

銀河同士が最も近づいたときの中心間距離 $l_0$ を以下の式で求めた。(式5)(式6)(式7)

式5

$$l_0 = \frac{L}{\sqrt{2mE}}$$

$l_0$ : 銀河中心間の最小距離

$E$ : 力学的エネルギー

$L$ : 角運動量

$v$ : 天の川銀河に対するアンドロメダ

銀河の速度

$v_{\text{垂}}$ : 視線と垂直な方向の速さ

式6 力学的エネルギー

$$E = \frac{1}{2}mv^2 - G \frac{Mm}{r}$$

式7

角運動量

$L$ について

$$L = rmv_{\text{垂}}$$

観測で得た視線速度を用いて天の川銀河とアンドロメダ銀河の最接近時の距離 $l$ を計算した結果 $l=11.5$ 万光年となり、「2.一部衝突する」という結論に至った(図1)。

○衝突するとどうなるか

&ロマンだ方程式を用いて銀河間距離 $l$ と惑星の数 $N$ の散布図を作った(図3)。相関係数 $r = -0.31$ より、弱い負の相関関係がある。つまり、衝突が進むと生命が発生する惑星の数が減る可能性があるということがわかった。

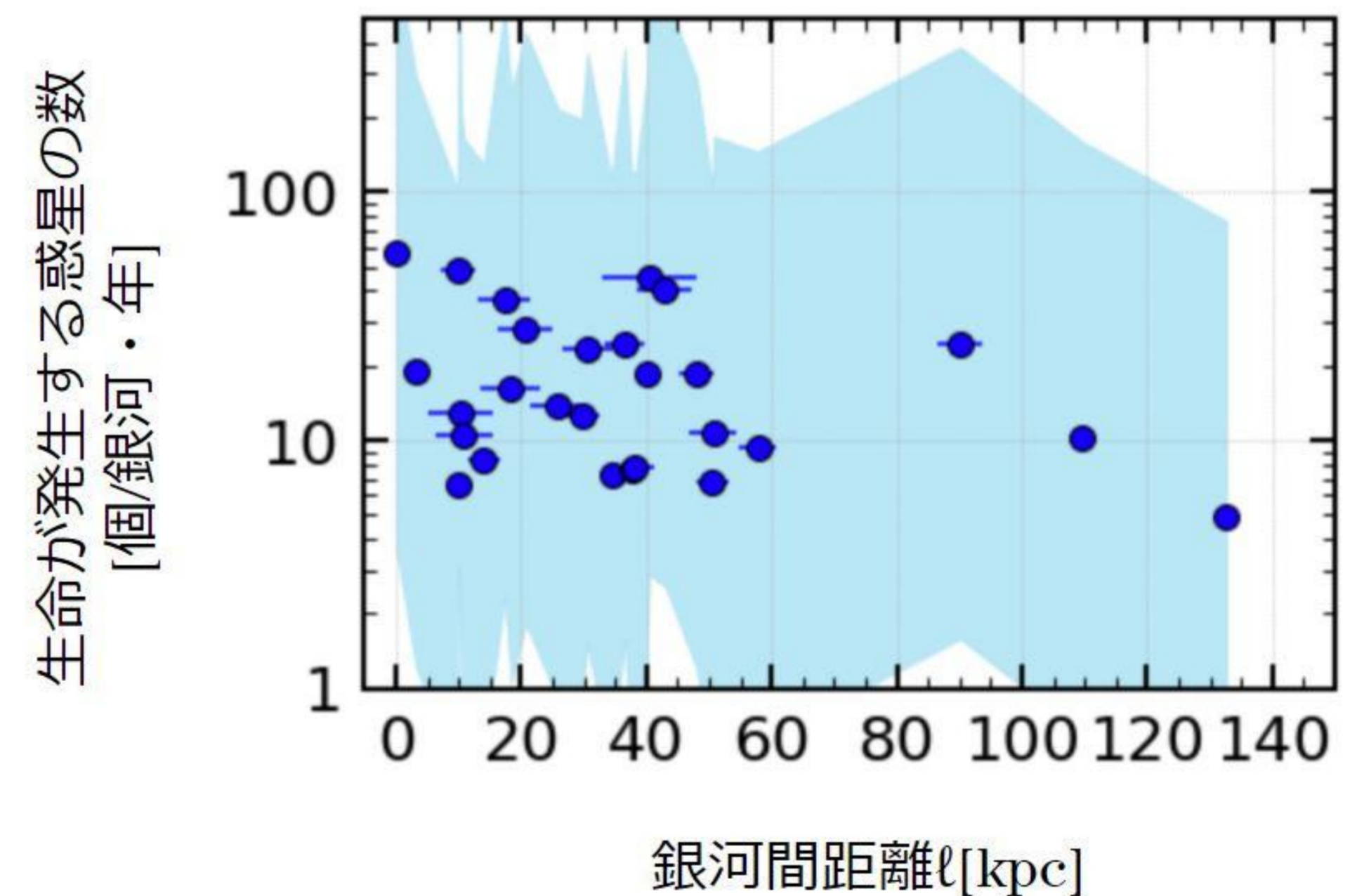


図3 惑星の数と銀河間の距離の関係

## 参考文献

[1]van der Marel et al. (2012)

[2]van der Marel et al. (2018)

[3]Jin et al. (2019)

[4]Kennicutt (1998)

[5]Steve et al. (2020)

[6]天文学宇宙検定 公式テキスト2019~2020年版 2級 銀河博士