

キャンペーン「シリウスBチャレンジ」の構想

君はシリウスBを



見ることができるか？

阿南市科学センター
今村 和義

1.はじめに

- 夜間全天で最も明るい恒星**シリウス** (-1.5等)
- 約8.5等の伴星を従える**実視連星**の一つ
- 伴星(シリウスB)の正体は**白色矮星**

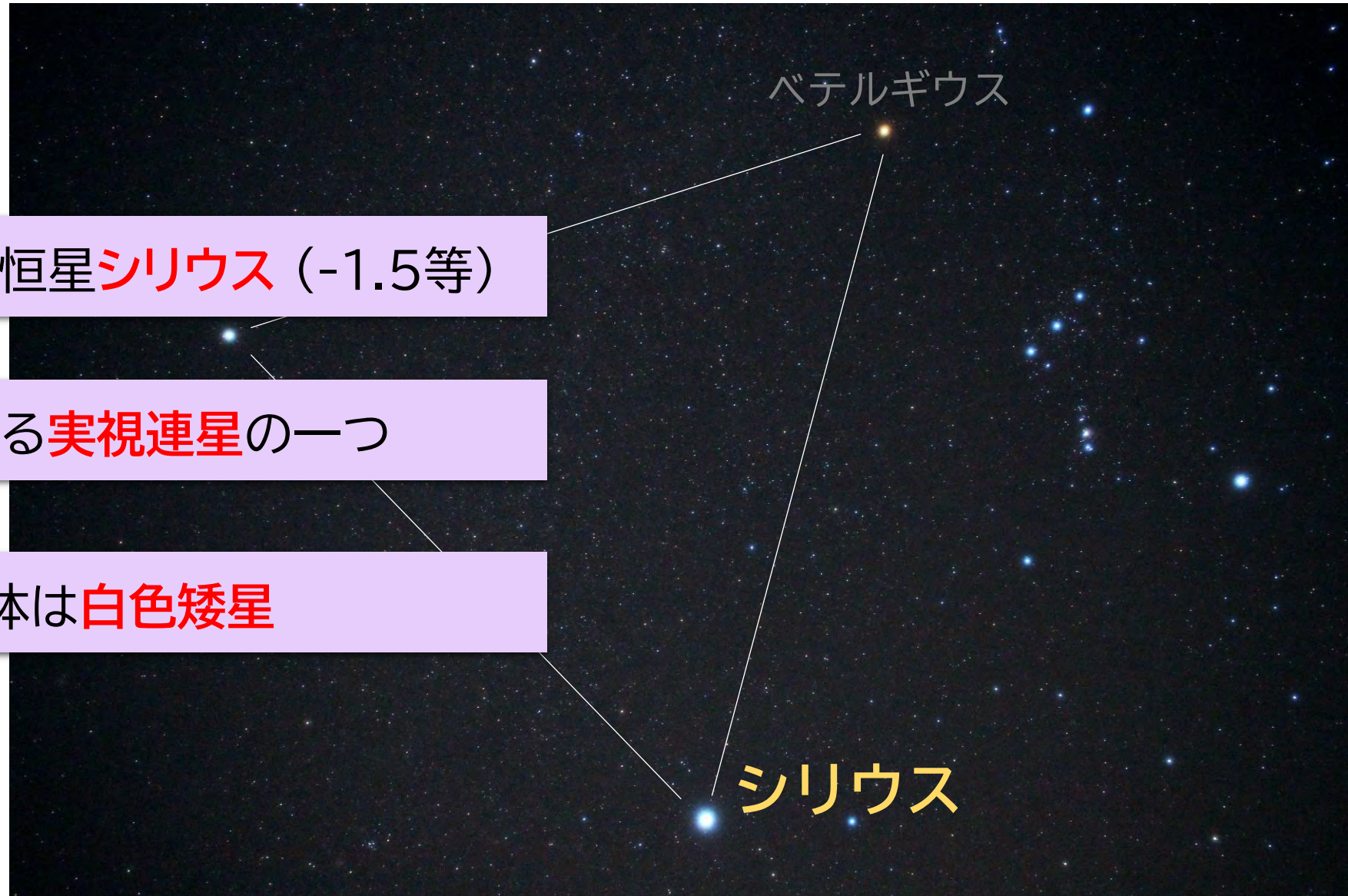


Photo by K. Imamura (2016)

- シリウスBは藤井旭氏の著書や子ども向けの天文図鑑などでも紹介されている存在

- 知名度はあるが、**シリウスBの観察**は容易ではない

- 明暗差が大きい(主星の約1万分の1の明るさ)
- 離角(角距離)が小さい(約**2".5**~**11".3**)
- シーイング
- 望遠鏡の性能**(口径や分解能)

シリウスBの解説がある一般向けの天文書の例
(発表者所有物)

2021年1月31日に撮影したシリウスB (by K. Imamura). 113cm 望遠鏡 + ASI290MC (exp. time = 40ms, Gain = 275, Duration = 60s). AutoStakkert!3 にて 1478 フレーム 50% スタック. RegiStax6 にてウェーブレット処理後 Photoshop にて仕上げ.

- 2021年～2024年頃は**約50年ぶり**にシリウスBの離角が最大状態となる (約11".3)

※自分で計算したので、詳細は後程解説します。

- 実は観察や撮影の**好機**を迎えている！

- 過去、1970年代、1920年代、1870年代に観察しやすい時期があった。

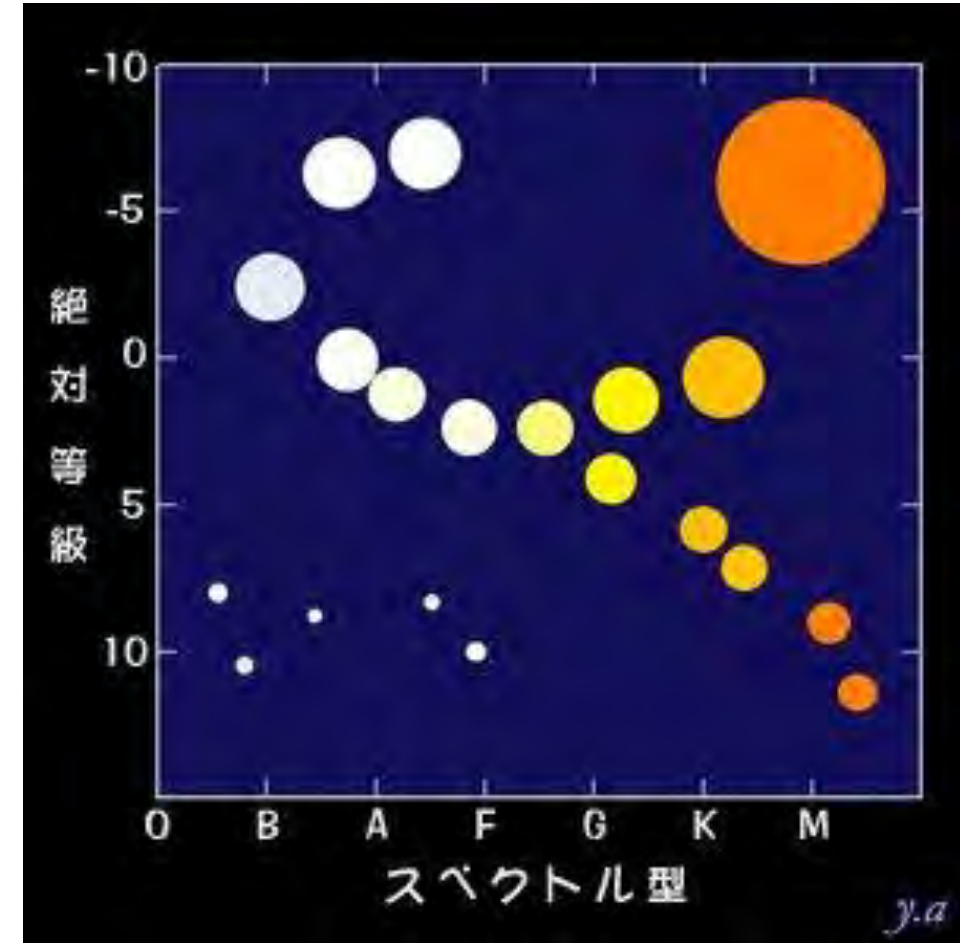


公開天文台の能力を活かし、一緒にシリウスBを
見る(見せる)キャンペーンをやりませんか？

2. 白色矮星とは

- 太陽質量約8倍以下の恒星の成れの果て (核燃焼を終えた姿)
- HR図上で左下に分布する天体 (高温だけど絶対等級は暗い)
- 半径は地球程度、質量は太陽程度
⇒ 平均密度は太陽の十数万倍
- 星の進化や惑星状星雲などを語るうえで重要な天体。
超新星 (Ia型)、新星、矮新星などの活動現象にも寄与している。

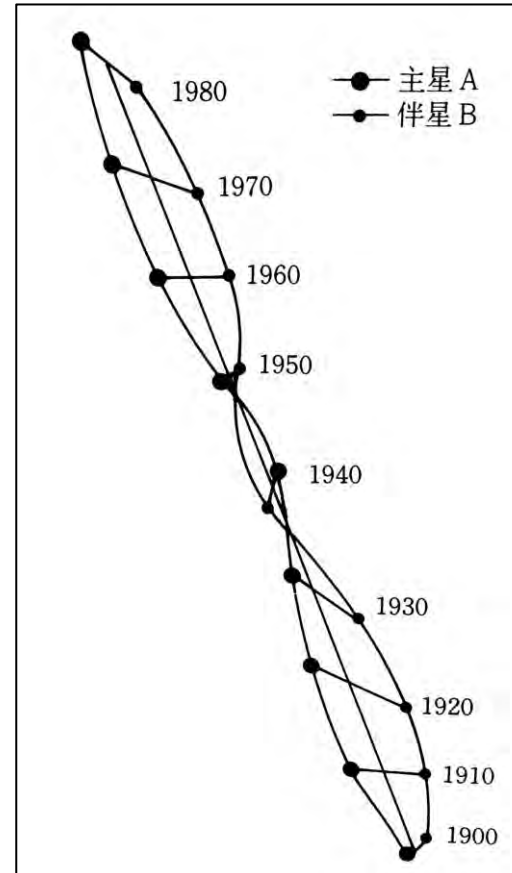
(C)天体スペクトル博物館 (Y. Awano)



模式的なヘルツシュプルング・ラッセル (HR) 図

3-1. シリウスBの発見

- 1844年頃、**ベッセル**によって**予言**される
- シリウスの**蛇行**するような**固有運動**の発見が発端
- **約50年**周期の蛇行 ⇒ 伴星の存在が原因？
- しかしベッセルは伴星を発見できず。
(⇒ 当時シリウスBの離角は最小に近かった)



シリウスの固有運動

「星はなぜ輝くのか」(尾崎洋二, 2002)より引用



ドイツの天文学者F. W. ベッセル
(1784-1846)

画像は以下より引用
https://en.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Bessel

- 1862年頃、**A. G. クラーク** (望遠鏡製作者) によって、**シリウスBが発見**される
- 主星から約10"離れたところに約8等の星を確認
- 完成したばかりの当時世界最大の屈折式 (D=47cm) のテスト観測中だった。



アメリカの望遠鏡製作者 A. G. クラーク
(1832-1897)

画像は以下より引用
<https://www.rasc.ca/sirius-b-observing-challenge>

3-2. シリウスBの謎

シリウスBの発見後、天文学者の間では**新たな謎**が！

- ケプラーの法則より**質量**は
⇒ 主星は太陽の2倍程度
伴星は太陽程度



- 質量-光度関係**より伴星の光度は
主星の約16分の1になるはず。
⇒ 実際には約1万分の1



- 恒星の**光度**は**表面積**と**表面温度**から求められる
($L=4\pi R^2\sigma T^4$)



- 表面温度が観測されたことにより、**半径**が求められた。
⇒ 主星の100分の1程度

分光観測
より

シリウスBの光度がとても暗いのは、星のサイズが非常に小さいから

- サイズは小さいけど質量は太陽程度？
⇒ 平均密度は太陽の十数万倍になる！

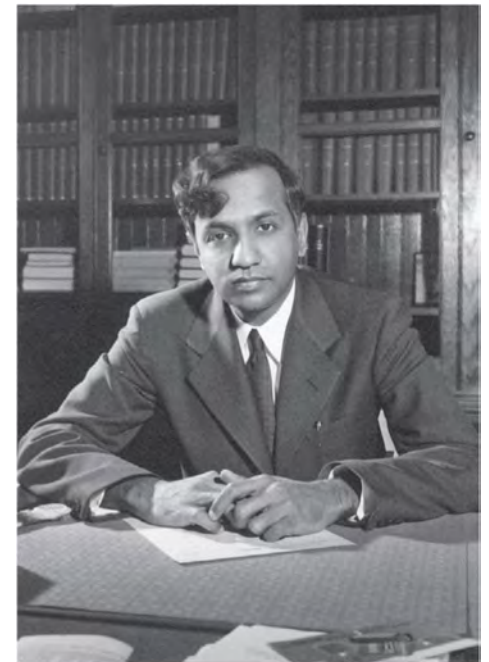
- このような高密度天体がどのようなメカニズムや進化で存在しているの？



星の内部構造、星の進化など、
現代の天体物理学の礎が築かれてきた



A. エディントン(1882-1944)



S. チャンドラセカール
(1910-1995)

画像の引用元

https://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_Eddington

<https://www.lindahall.org/subrahmanyan-chandrasekhar/>

4. シリウスBの位置推算

シリウスBの最大離角はいつ？

藤井旭氏の天文年鑑
⇒2022年

Sky&Telescope
⇒2023年

Universe Today
⇒2025年

情報源によって
ばらつきが…

JAPOS [5731] by 今村

シリウスBの離角が年ごとにまとめられたテーブル知りませんか？

JAPOS [5733] by 早水さん

2000～2049年まで離角を計算してエクセルにまとめました。
離角が最大になる年は2023年です。

※メールの原文を簡略化しています。正確な内容はメールリストをご覧ください。

JAPOSでのやりとりをきっかけに、
自分でも計算してみることに！

計算式、軌道要素、計算プログラムについて

計算式は昭和40年出版「恒星の世界」が詳しい。

$$n = \frac{360^\circ}{P} \quad (1)$$

$$M = n(t - T) = E - e \sin E \quad (2)$$

$$r = a(1 - e \cos E) \quad (3)$$

$$\tan \frac{1}{2} v = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{1}{2} E \quad (4)$$

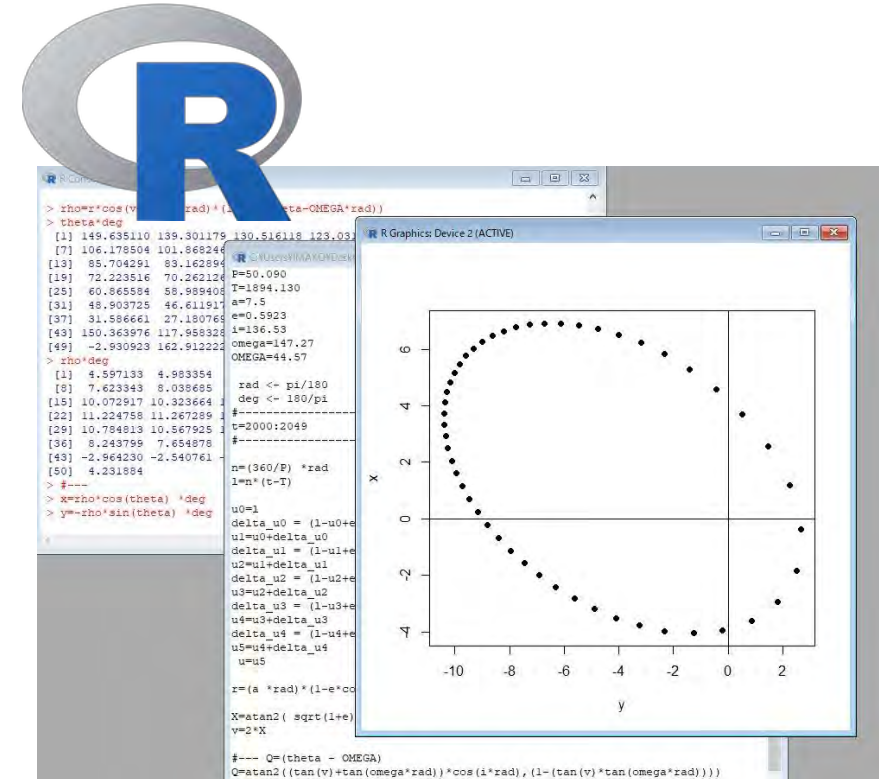
$$\tan(\theta - \Omega) = \pm \tan(v + \omega) \cos i \quad (5)$$

$$\rho = r \cos(v + \omega) \sec(\theta - \Omega) \quad (6)$$

※ ρ が離角（角距離）、 θ が位置角

計算に用いたシリウスの軌道要素
Benest & Duvent (1995)

P (年)	50.052
T	1894.164
e	0.5923
a (")	7.501
i (°)	136.62
ω (°)	148.07
Ω (°)	44.86



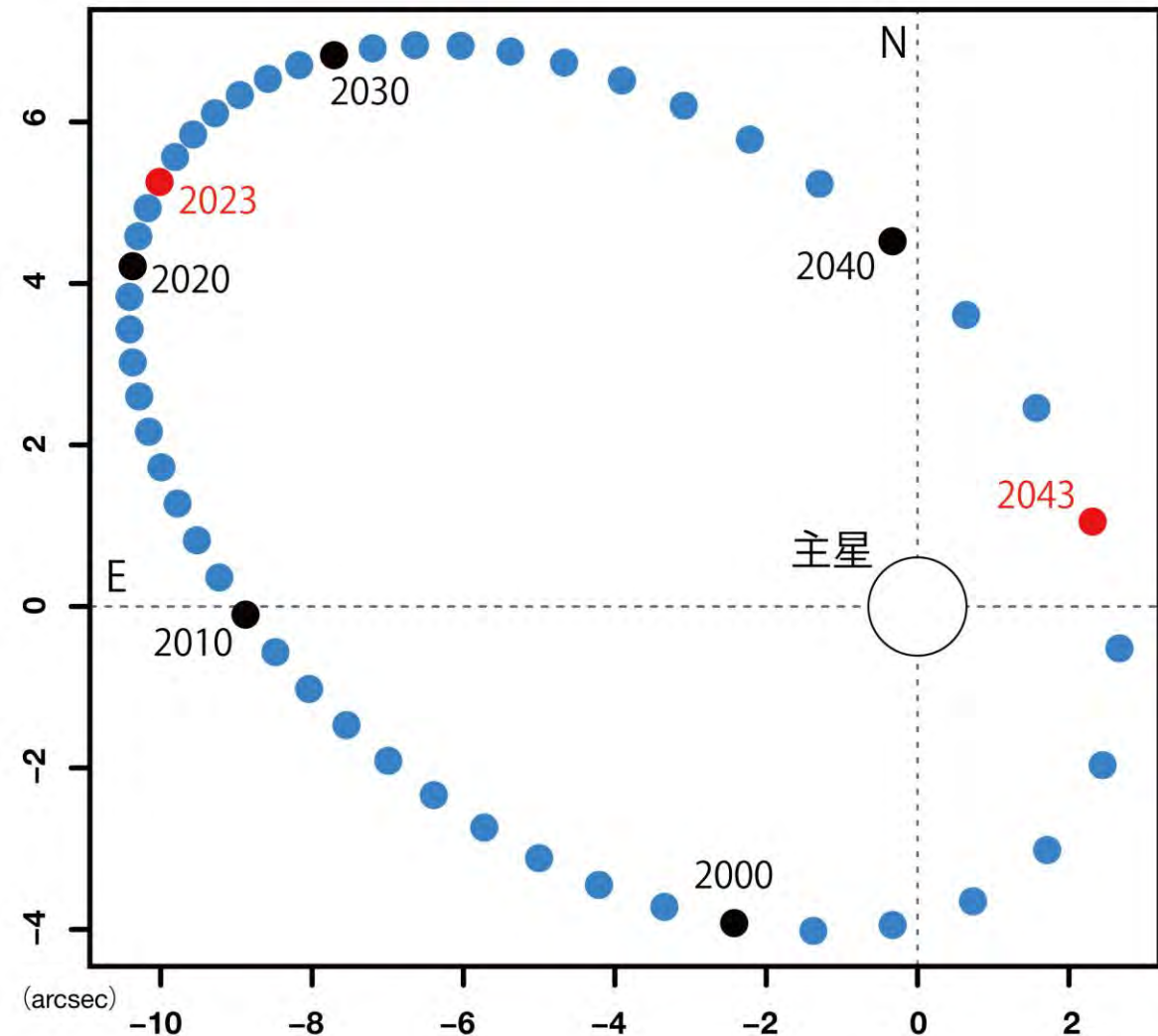
R言語でコードを書いて計算

- 計算上、最大離角になるのは2023年の11".31だと求められた。

- ただし、地上観測を前提とするなら、有効数字は少数第一位で十分と考えられる。

つまりシリウスBの最大離角を11".3とするなら、計算上**2021~2024年**が該当期間

※なお最小離隔は2043年頃



計算によって得られたシリウスBの軌道図

計算結果(図やテーブル)は blog にまとめています

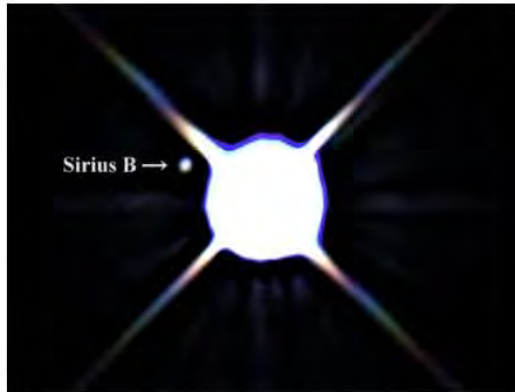
阿南市科学センター/天文館 blog

口径113CM望遠鏡を有する阿南市科学センター (徳島県) の天文スタッフによる BLOG です。

天体写真/普及/教育

シリウスBにご注目

© 2021-02-04 ▲ 天文スタッフ



2021年1月31日に撮影したシリウスB (by K. Imamura), 113cm 望遠鏡 + ASI290MC (exp. time = 40ms, Gain = 275, Duration = 60s). AutoStakkert!3 にて 1478 フレーム 50% スタック. RegiStax6 にてウェーブレット処理後 Photoshop

最近の投稿

シリウスBにご注目

おえりなさい！はやぶさ2 / 四国最大の望遠鏡で観測【速報】

はやぶさ2 / 小惑星リュウグウからまもなく帰還

中秋の名月2020

アトラス彗星 (C/2019 Y4)

カテゴリー

イベント

観望会

観測

天文現象

天体写真

普及/教育

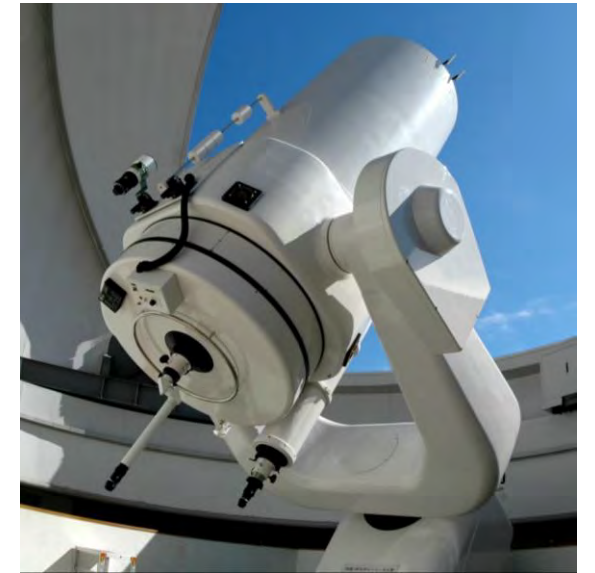
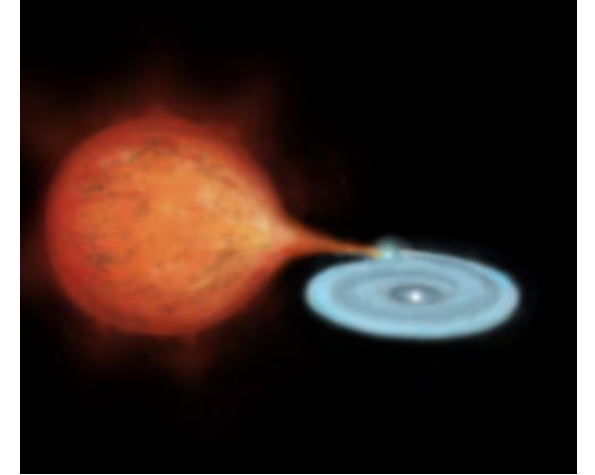
Year	theta (deg)	rho (arcsec)
1840	1.7	4.4
1841	346.0	3.5
1842	321.4	2.8
1843	286.7	2.5
1844	252.6	2.8
1845	226.3	3.2
1846	205.6	3.5
1847	187.8	3.8
1848	172.1	4.0
1849	158.4	4.3
1850	146.6	4.7
1851	136.6	5.1
1852	128.1	5.5
1853	120.9	6.0
1854	114.7	6.4
1855	109.3	6.9
1856	104.6	7.3
1857	100.4	7.8

<https://ananastro.wordpress.com/2021/02/04/siriusb/>

5. 観察・撮影キャンペーンの構想

経緯などについて

- 大学院時代(2008~2012)の計5年間、新星や矮新星の観測に明け暮れる。
- 2016年度阿南市科学センターへ。その冬に初めてシリウスBを眼視で確認。
- 時々シリウスBを観望会でお客さんに見てもらうことに挑戦してみたり…
- **自分は見えていても、お客さんに認識してもらえるのは難しい側面も…**
(まだ試行回数は少ないが、大人より子どもに認識してもらえる率が高い印象)



木星・土星の観察キャンペーンから着想を得る

- 見えなかったことも報告するのか・・・！これはシリウスBにも応用できるのでは？！
- お客さんは見えない可能性もあるけど、見ようとする行為にしたいに意味や面白さを見出せる？
- 何より、シリウスBや白色矮星について知ってもらいたいきっかけ？(解説のしがいもある！)

惑星で星空視力大実験!!!

プロジェクト~

『見たよ』レポート

【レポート期間】2020年12月1日から12月31日

みんなの結果 (速報版)

ツイート シェア LINE

本プロジェクトについて

観察・報告のしかた

みんなの結果

English

木星・土星の“超”大接近

本プロジェクトについて

観察・報告のしかた

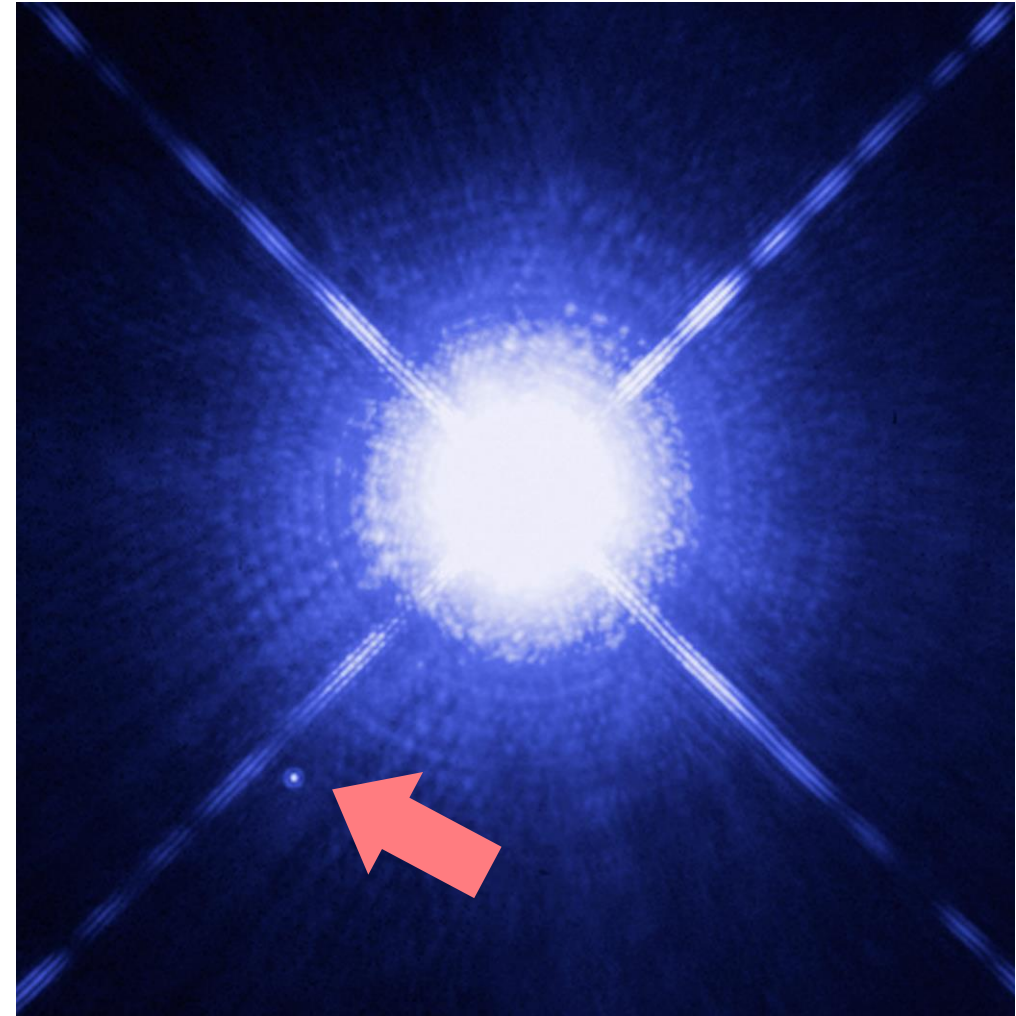
みんなの結果

English

国内のシリウスBの基礎資料となる 画像をあまり見かけない

- 前は1971~1974年が最大離角。
画像の撮影はフィルムなどが主流。
- 50年の時を経て、デジタル機器で画像は
格段に撮影しやすい時代になっている。
- 撮影もキャンペーン化すれば、公開天文台
に加え、日本中の天文玄人から画像が集
まるのでは？

(C) NASA, ESA, H. Bond and M. Barstow



よく書籍やネットで見かけるシリウスBの画像。
(2003年頃HSTによって撮影されたもの。このとき離角は約6"。)

『シリウスBチャレンジ』(仮・案)

概要(ラフプラン)について

- ① 2021～2024年の期間シリウスBの観察・撮影のキャンペーンを実施。
Webページを阿南市科学センターのサーバーに設営。今年11月までにオープン？
- ② 観察・撮影(画像データ)の報告フォームを個別に準備。
- ③ 観察報告は見えた・見えなかったによらず報告。
望遠鏡や観察地の情報も入力

④ 撮影報告で届いた画像はギャラリーを作成しWeb上で随時公開。
すでにFacebookの「デジタル天体写真」などのコミュニティに多数の作例がある。

⑤ 名刺サイズの「シリウスBチャレンジ」カードを製作する。
阿南市科学センターで差し当たり約3000枚製作したいところ(予算あり)。デザインは考え中。

⑥ 観察にチャレンジした来館者にカードを配布。
見えた・見えなかったによらず。

⑦ カードには観察報告用のWebページに飛べるQRコードを記載。
その他、報告率を上げる工夫がいるかもしれない。

⑧ 公開天文台として**観察面での協力館**を募集！

協力館には1回最大150枚程度、カードを送付。カードはコアな友の会など限定的な利用でもOK。

⑨ 公開天文台からもシリウスBの画像を募集！

一般客に対して観察面で協力が厳しい場合は、画像のみの御提供だけでも大変嬉しい。

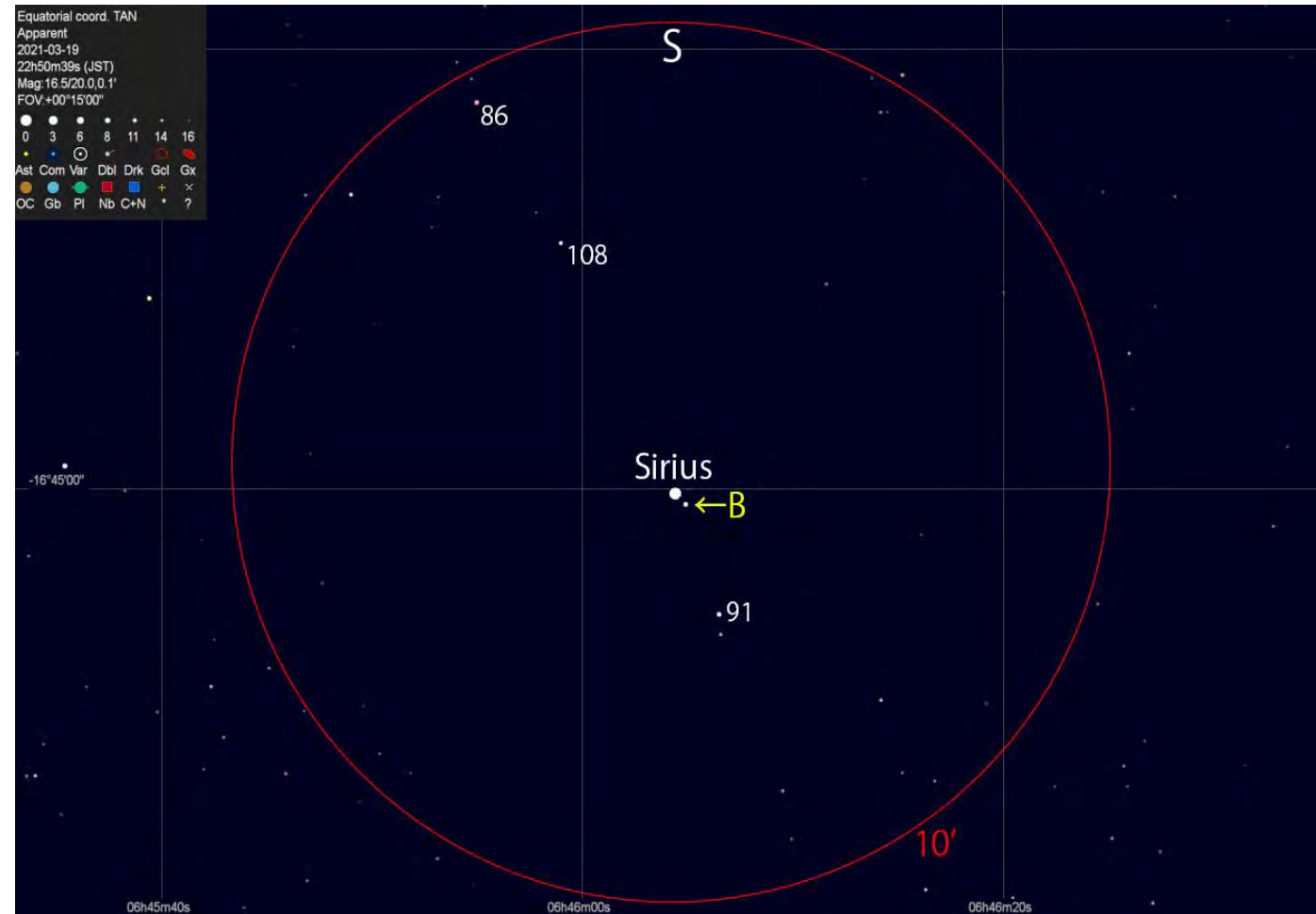
補足

- 木星土星のキャンペーンのような盛り上がりは期待できないが、キャンペーンの実施期間は数年に渡って行える。

- 一般の天文玄人に加え、高校など学校の天文系クラブへの波及も行っていきたい。

観察のポイント①

- シリウスBが主星からどのくらいの位置に見えるのか、写真や星図で把握しておく。
※光学系によっては回折光が邪魔になることもある。



シリウスBの星図 (Cartes du Ciel にて作成)

観察のポイント②

- 二重星リゲル(A, B)が良い練習材料になる。来館者にもまずリゲルを見せてから、シリウスBにチャレンジすると良さそう。

リゲルA = 約0等

リゲルB = 約7等 ※離角約10”



観察のポイント③

- 倍率は**300倍程度**であると良さそう。
- 口径20cm級 (シュミカセ) でも見えます。
3倍バローレンズ + 17mmアイピース使(約350倍)
- **動画**でシリウスBの見え方(ゆらぎ方)を見て知っていると、見える率が上がるかも。



阿南市科学センターYouTubeチャンネルより
<https://www.youtube.com/watch?v=Qncwf8SQN5I>

6. さいごに

キャンペーンをやる意義

- **来館者の知的好奇心をくすぐる技術(解説力)の向上**
星の進化や惑星状星雲との関連など、天文学の基礎を再確認できる良いきっかけ。
- **天文台職員の解説こそが最大の付加価値**
シリウスBが見えるか・見えないかによらず、天文台職員による解説を最大の付加価値とし、天文「学」への興味関心を広く高める。
- **シリウスBに関する基礎資料(画像)の構築**
キャンペーンで写真撮影を促進・集約し、国内におけるシリウスBの基礎資料(画像)を構築する(HSTに負けないぞ!)。公開天文台単位でもシリウスBの画像資料を得るチャンス。