

星食観測による実視連星の解析 (SAO98674)

Analysis of Visual binary stars through occultation observations (SAO98674)

2019年および2025年の4回の観測から連星を解析する手法の紹介
Introducing a method for analyzing binary stars from four observations in 2019 and 2025

吉田秀敏 (北海道札幌市)
Hidetoshi Yoshida (Sapporo Hokkaido)

2025/8/31 IOTA/EA 年会

6月1日に観測したSAO98674 (7.8等) の星食では明確な重星の様相があり、Occult4によりこの恒星の過去の観測を調べたところ、6年前の2019年3月に自分自身が今回と同じように重星として観測しており、しかも翌月にはオランダでも観測されていました。

星食予報から軌道周期371年の連星であると分かっていたので、これらの観測を組み合わせることで連星の状況を確認しようと取り組みました。

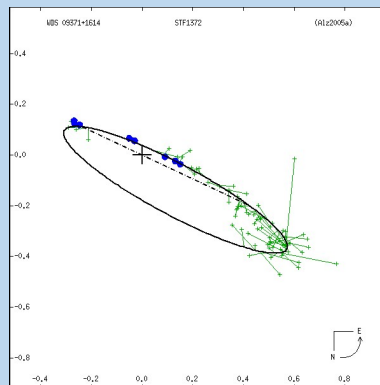
その後、6月1日に三重県の浅井さんも観測していたことが分かりましたので、今回は、4回の観測を使った重星の解析 (手法) を報告します。

About SAO 98674

Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars: Orbital Elements

RA, Dec (J2000)....	WDS.....	DD.....	HD.....	V1...*	ppppp.pppppp*	aaa.aaaa*	iii.iii	000.0000*	TTTTT.TTTTT*	e.eeeee	ooo.ooo	EQNX	G N P E	REF.....
	ADS		HIP...	V2...*	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	LAST		
093707.57+161333.3	09371+1614	STF1372	83190	8.5	371.	y	0.645	a	80.4	64.9	1993.50	y	0.696	113.4
		ADS 7456	47196	8.6										2000 2003

WDS	Name	Grade	Reference	Theta	Rho	Theta	Rho	Theta	Rho	Theta	Rho	Theta	Rho	Notes
				2025.0		2026.0		2027.0		2028.0		2029.0		
09371+1614	STF1372	3	Alz2005a	255.7	0.318	256.2	0.317	256.7	0.315	257.1	0.314	257.6	0.312	

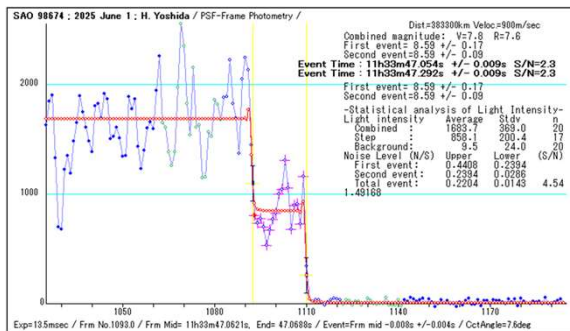


最初に、実視連星であるSAO98674のカタログにおける様子です。
 上段が軌道要素を表しています。周期371年となっています。下が2025年から毎
 年の主星・伴星の位置角と離角を示しています。
 なお、図の楕円の軌道は地球から見たものを表しています。（視楕円）
 100数十年前からの観測（90個弱）が楕円上に表示されています。

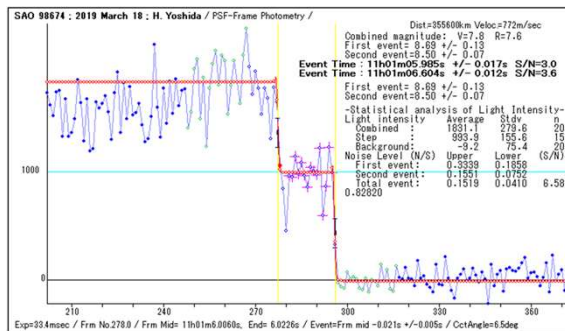
同じ観測地で同じ恒星の星食を観測できる機会は少ない

Opportunities to observe the same star occultation at the same observation site are rare

② 2025 June 01 (Sapporo Hokkaido)



① 2019 March 18 (Obihiro Hokkaido)



③ 2025 June 01 (Inabe Mie Japan) A. Asai obs

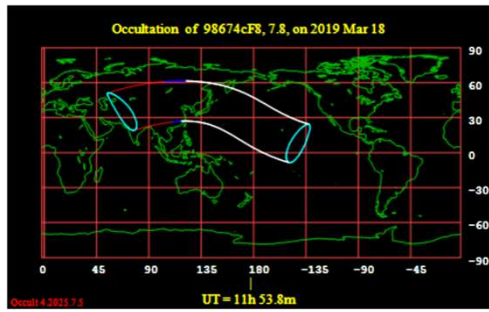
① 2019 April 14 (Nijmegen Netherlands) H. De Groot obs

2019年と今年の私の観測のライトカーブです。ステップなど同じように見えますが、機材と露出時間が異なり、左と右の表している時間差は2.5倍です。
○数字と色は、後ほどの説明に関係しています。

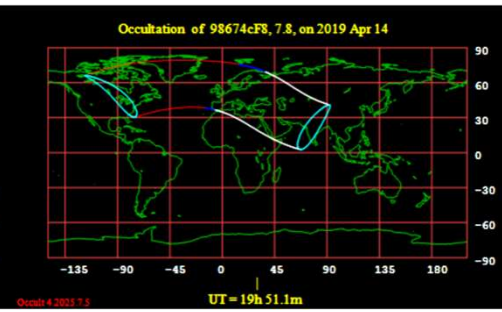
ところで、理由は省略しますが、同じ観測地で同じ恒星の星食を観測できる機会は意外と少ないのです。

30年、40年後というのも珍しくありません。

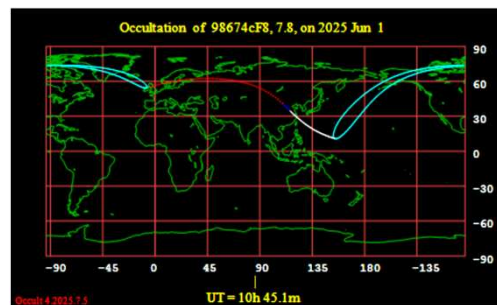
2019 Mar 18



2019 Apr 14

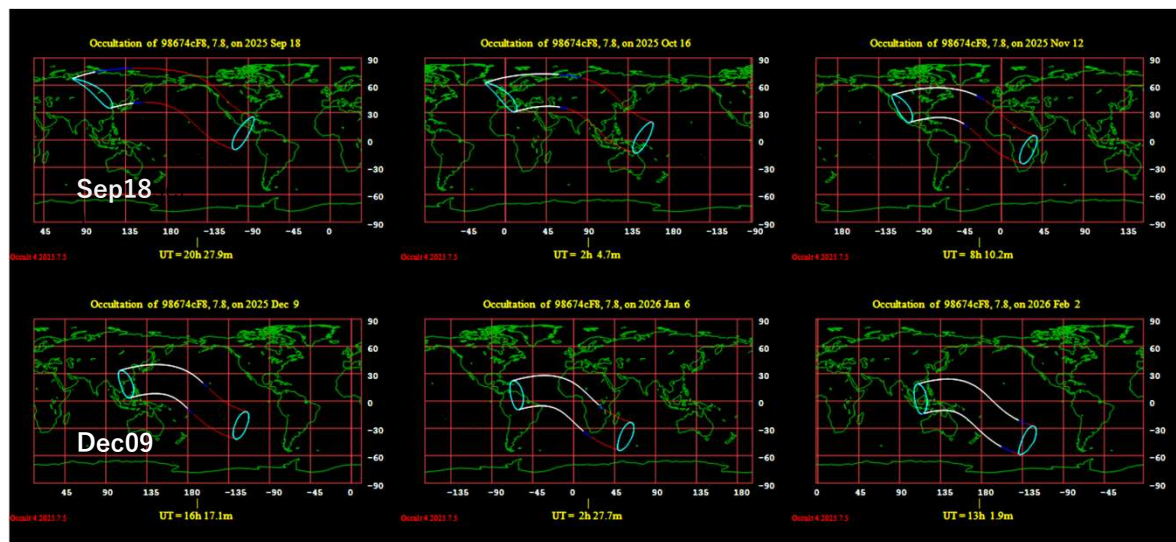


2025 Jun 01



それぞれが観測できた範囲（掩蔽帯）を表しています。
上の左が2019年の日本、隣がオランダ、下が2025年の日本です。

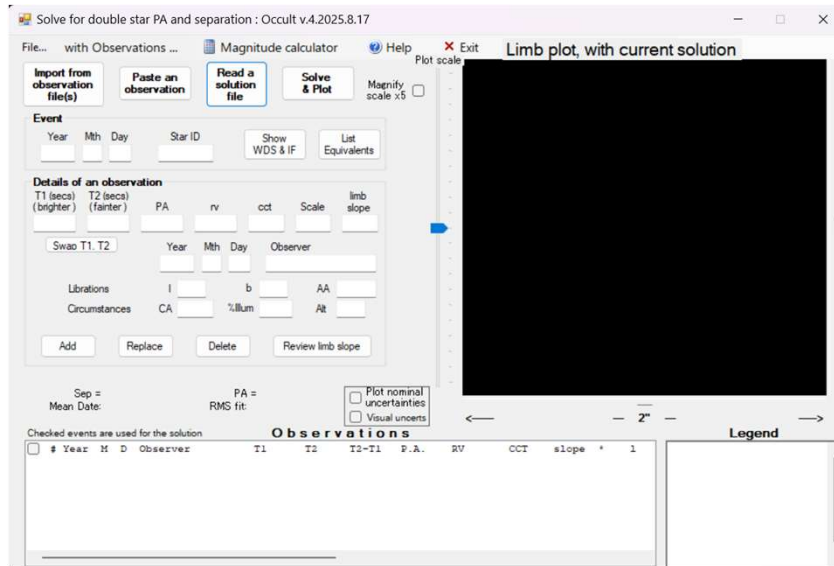
掩蔽帯の移動 (202509~202602)



来月から半年間のSAO98674の星食を観測できる範囲を示したのですが、国内では今年あと2回の観測機会があります。
さきほど、機会が少ないといいましたがこんなこともあります。白道の動きと恒星の位置が関係しています。

(メモ) Sep 18 XZ115392(10.5m)の出現もある・・・前回14秒遅れの潜入

重星の解析を始める Starting binary star analysis



重星の解析を始めるためのOccult4の関係部分です。
それぞれの観測データを埋めていく（5列）というわけです。

イベントボックス (最初の)観測日 星名 (ファイル名になる)
観測の詳細ボックス 重星観測に関するデータ (時間差や位置など)
各観測日と観測者
秤動関係 (月縁傾斜角決定のための情報)
カस्प角、位相など (状況等の確認のため)

観測データ Observational data

観測 ① 2019 Mar 18 Japan(Obihiro) H. Yoshida
 観測 ① 2019 Apr 14 Netherlands H. De Groot
 観測 ② 2025 Jun 01 Japan(Sapporo) H. Yoshida
 観測 ③ 2025 Jun 01 Japan(Mie) A. Asai

Occultation prediction

day	Time	P	Star	Sp	Mag	Mag	%	Elon	Sun	Moon	CA	PA	VA	AA	Libration	RV	Cct					
y	m	d	h	m	s	No	D	v	r	V	ill	Alt	Alt	Az	o	o	o	o	L	B	"/s	o
019	Mar	18	11	1	6.6	d	98674cF8	7.8	7.6	90+	144	58	141	80N	101	130	81	-2.2	-2.6	.445	6.5	
119	Apr	14	19	17	16.7	D	98674cF8	7.8	7.6	72+	117	-7	54	169	90S	110	117	90	-2.5	-2.6	.451	-1.0
225	Jun	1	11	33	47.2	D	98674cF8	7.8	7.6	33+	70	32	262	68S	130	81	112	+6.9	-2.8	.480	-7.6	
325	Jun	1	11	49	28.2	D	98674cF8	7.8	7.6	33+	70	34	266	49S	149	91	131	+6.8	-2.9	.430	-25.3	

Occultation Observed

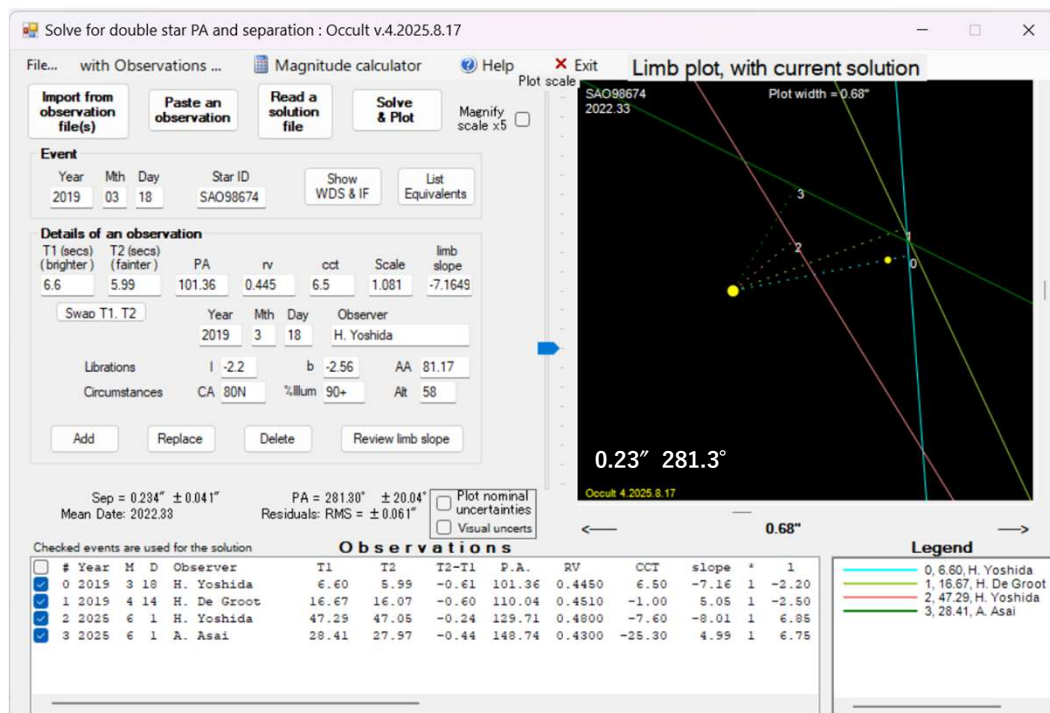
y	m	d	h	m	s	sss
020190318110105.985S	98674BDD	EG	G0.03	1	W	T335 OAA
020190318110106.604S	98674ADD	EG	G0.02	1	E	T335 OAA
12019 414191716.067S	98674BDD	EG	G0.01	1	W	11 AA
12019 414191716.667S	98674ADD	EG	G0.01	1	E	11 AA
220250601113347.054S	98674BDD	EG	G0.00912	2W	T22	15AA
220250601113347.292S	98674ADD	EG	G0.00514	2E	T22	15AA
320250601114927.97 S	98674BDD	EG	G0.01	14.9W	T222	AA
320250601114928.41 S	98674ADD	EG	G0.01	14.2E	T222	AA

入力するために4個の観測データを整理します。○数字と色に注目です。
 今回はそれぞれの数値などは気にしないでください。
 まず、星食予報と観測結果です。次のページには仮整約の結果があります。
 見出しの赤書きした部分の数値が使われることになります。

Occultation Residuals

Observer	Star No.	y	m	d	h	m	s	PhGrMrCeDb	O-C mas	O-C sec	limb "	PA o	l o	b o	AA o	scale
① H. Yoshida	S 98674B	2019	3	18	11	1	5.99	DD G 1 W	-100	0.22	0.94	101.37	-2.20	-2.56	81.18	1.081
① H. Yoshida	S 98674A	2019	3	18	11	1	6.60	DD G 1 E	-104	0.24	0.94	101.36	-2.20	-2.56	81.17	1.081
① H. De Groot	S 98674B	2019	4	14	19	17	16.07	DD G 1 W	-101	0.22	1.06	110.05	-2.50	-2.63	89.87	1.063
① H. De Groot	S 98674A	2019	4	14	19	17	16.67	DD G 1 E	-91	0.20	1.03	110.04	-2.50	-2.63	89.86	1.063
② H. Yoshida	S 98674B	2025	6	1	11	33	47.05	DD G 1 W	-213	0.44	-0.15	129.72	6.85	-2.78	112.15	1.003
② H. Yoshida	S 98674A	2025	6	1	11	33	47.29	DD G 1 E	-127	0.27	-0.16	129.71	6.85	-2.78	112.14	1.003
③ A. Asai	S 98674B	2025	6	1	11	49	27.97	DD G 1 W	-241	0.55	2.02	148.76	6.75	-2.85	131.17	1.003
③ A. Asai	S 98674A	2025	6	1	11	49	28.41	DD G 1 E	-353	0.85	2.03	148.74	6.75	-2.85	131.15	1.003

仮整約データ



4個の観測データを入力した結果と主星と伴星の関係が示されています。それぞれの動き（位置角や離角の変化）が小さいと思われる場合は、同じ日の観測ではないものも使えます。数年以上でも可。

左中央が主星、交点付近の小さな点が伴星の位置を示す。すべての観測が正確無比であれば、すべての直線（リム線）の交点は一致するはず。しかし、現象時の方位角の差が小さい（挟む角が小さい）場合や観測が2点の場合、リムスロープ（通常は自動計算）の誤差などで、最適な解析結果が得られないことがあります。

この図の場合、②の私の観測の線が仲間外れの状態にある・・・不正確な観測なのか・・・？

観測組み合わせ	Occult4による重星解析				Binary Star Calculator	
	Mean Date	Sep	PA	Residuals	Sep	PA
① ① ② ③	2022.33	0.234"±0.041"	281.30° ±20.04°	±0.061"	0.321"	254.33°
① ① ②	2021.30	0.314"±0.109"	246.03° ±19.87°	±0.056"	0.321"	253.85°
① ① ③	2021.30	0.272"±0.001"	285.57° ±00.26°	±0.001"	0.321"	253.85°
① ② ③	2023.35	0.215"±0.049"	282.51° ±23.21°	±0.064"	0.320"	254.81°
① ② ③	2023.37	0.201"±0.044"	297.83° ±35.10°	±0.064"	0.320"	254.81°
① ①	2019.24	0.271"	287.43°	Solution is based on only 2 observations.	0.321"	252.88°
① ②	2022.31	0.368"	229.94°		0.320"	254.32°
① ③	2022.31	0.269"	285.78°		0.320"	254.32°
① ②	2022.35	3.181"	211.83°		0.320"	254.34°
① ③	2022.35	0.272"	285.13°		0.320"	254.34°
② ③	2025.41	0.179"	353.56°		0.318"	255.79°
参考	2025.00				0.318"	255.60°

*

* Unreliable solution ;the difference in limb slopes is too small.

4個の観測結果の組み合わせ次第で、主星・伴星の位置角と離角が変化する状況を示しました。

左から、組み合わせ、それに伴う中央の年、解析した離角と位置角、3個以上の組み合わせでは最小2乗法による近似値、

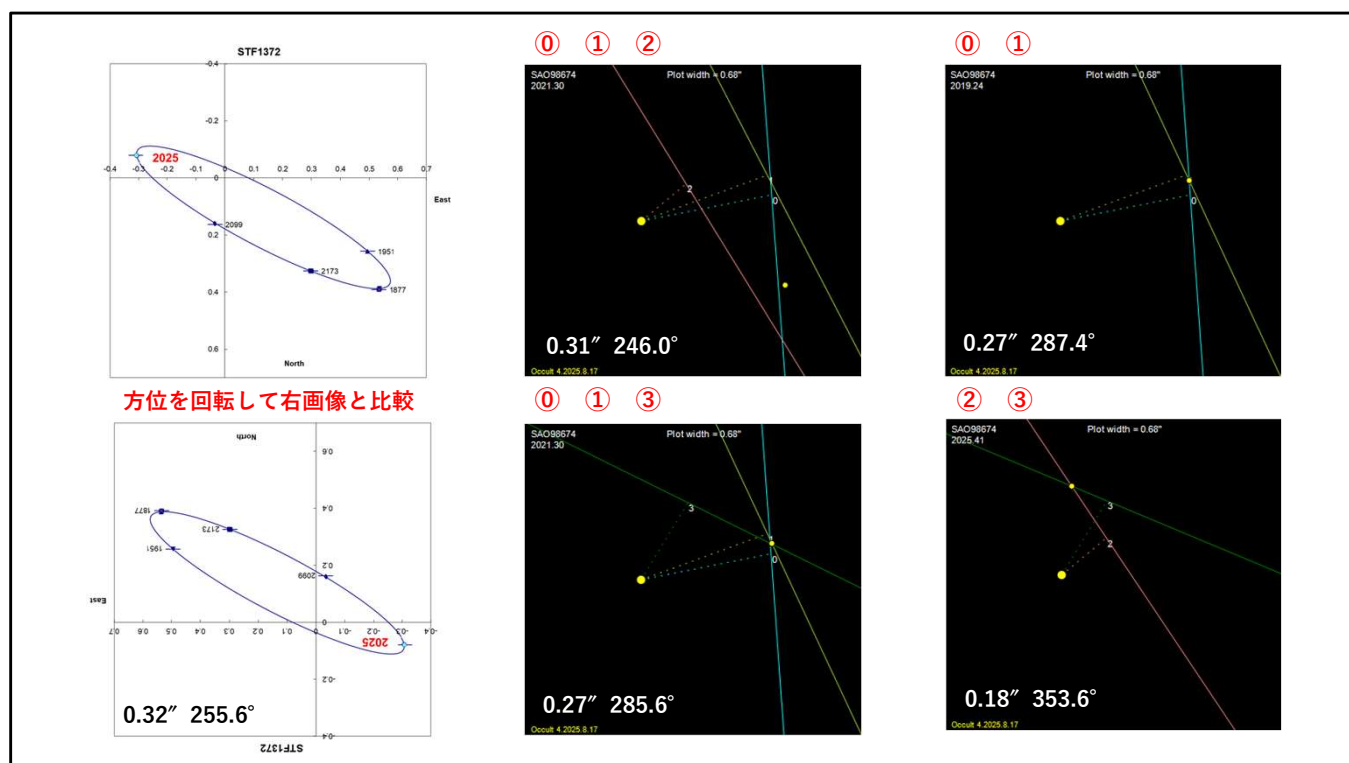
右端は軌道要素から求めた中央年に対応する離角と位置角

一部を除くと主星からみた伴星の位置は傾向としてはやや同じような方向にある

±の値が意外と大きいのですが、フィットの収束度・一貫性を示しているようです。

（解析は2個以上でできるが、細かい部分の使い方をよく理解できていない部分がある）

最下行は2025年の計算値です。



前ページの中から、一部の組み合わせの結果を示す。
 左の軌道図は、上がエクセルの計算そのものを表し、下は東西南北を画像と合わせるために回転させたもの（上が北）。
 東西南北の交点が主星の位置、2025年の伴星は右下の位置で左回りとなる。
 画像中央下は②の私の観測を除いたもので3本の交点が一致していて本当らしく見えますが・・・？
 右上の画像は2019年、右下は2025年のみの観測を使ったものです。

Occult4による解析では、観測された時間差における不確実性の影響を確認するには（観測数が少ない場合に必要）、
 推定された不確実性だけ時刻を変更することができます。
 たとえば、②の観測の時間差を-0.24secから-0.59secに変更すると、4本の線の交点が一致します。
 しかし、観測ライトカーブからはとても考えられる数値ではありません。

今回は、この連星の最適解を求めることが目的ではなく、重星の解析の手法を紹介することですので、これ以上深入りはしません。

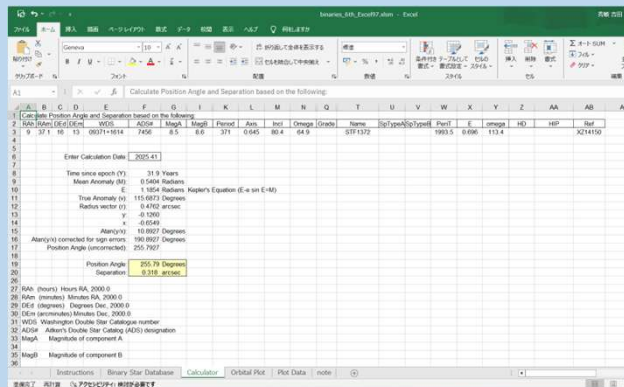
Sixth Catalog of Orbits of Visual Binary Stars: Orbital Elements

https://crf.usno.navy.mil/data_products/WDS/orb6/orb6orbits.html

binaries_6th_Excel97

Program for plotting orbits: Binary Star Calculator (Brian Workman):

http://www.saguaroastro.org/wpcontent/sacdocs/ObservingDownloads/binaries_6th_Excel97.zip



実視連星のカタログとエクセルによる連星の位置推算関係のURLを紹介しておきます。

私の掩蔽観測の心構え

観測後は報告して終わりではなく、結果の解析を試みる。

- ①小惑星による恒星食
 - ・観測弦長を算出する。
 - ・形状モデルと照合する。
- ②月による星食
 - ・仮整約を行う。
 - ・他の観測事例を検索し、重星の場合は離角と位置角を算出する。
 - ・観測事例のない重星の場合は離角の下限値と位置角範囲を算出する。
 - ・その他

「自己満足」になりますが、観測への楽しみが大きくなります。

My Mindset for Occultation Observations

After observing, don't just report the results; analyze them.

1. Occultation by an Asteroid
 - Calculate the observed chord length.
 - Compare with the shape model.
2. Occultation by the Moon
 - Perform a preliminary reduction.
 - Search for other observations, and in the case of a double star, calculate the separation and position angle.
 - For double stars with no observations, calculate the lower limit of the separation and the range of the position angle.
 - Other.

This may be "self-satisfaction," but it also increases the enjoyment of observing.

The END

最後に、私は掩蔽観測をした場合に報告して終わりということではなく、可能な限り解析や関連する事項などを調べるようにしています。具体的には、ここに掲げたようなことですが、Occult4のいわゆる暦表時の設定がおかしいことに気が付いたこともありました。

以上で終わります。ご清聴ありがとうございました。