

流星の偏光観測

2021年8末・9月の偏光観測報告

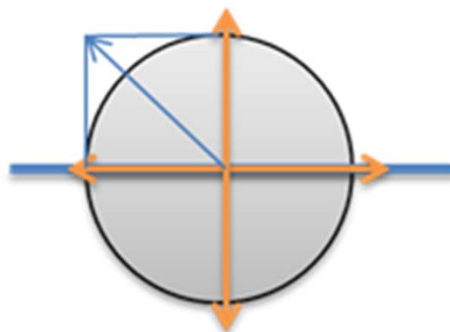
8月末から偏光観測を始めました。今回は8月末と9月の解析を手探りですが始めてみました。

2021年12月6日

平塚市博物館流星分科会 永井和男

実施した偏光観測の方法・解析

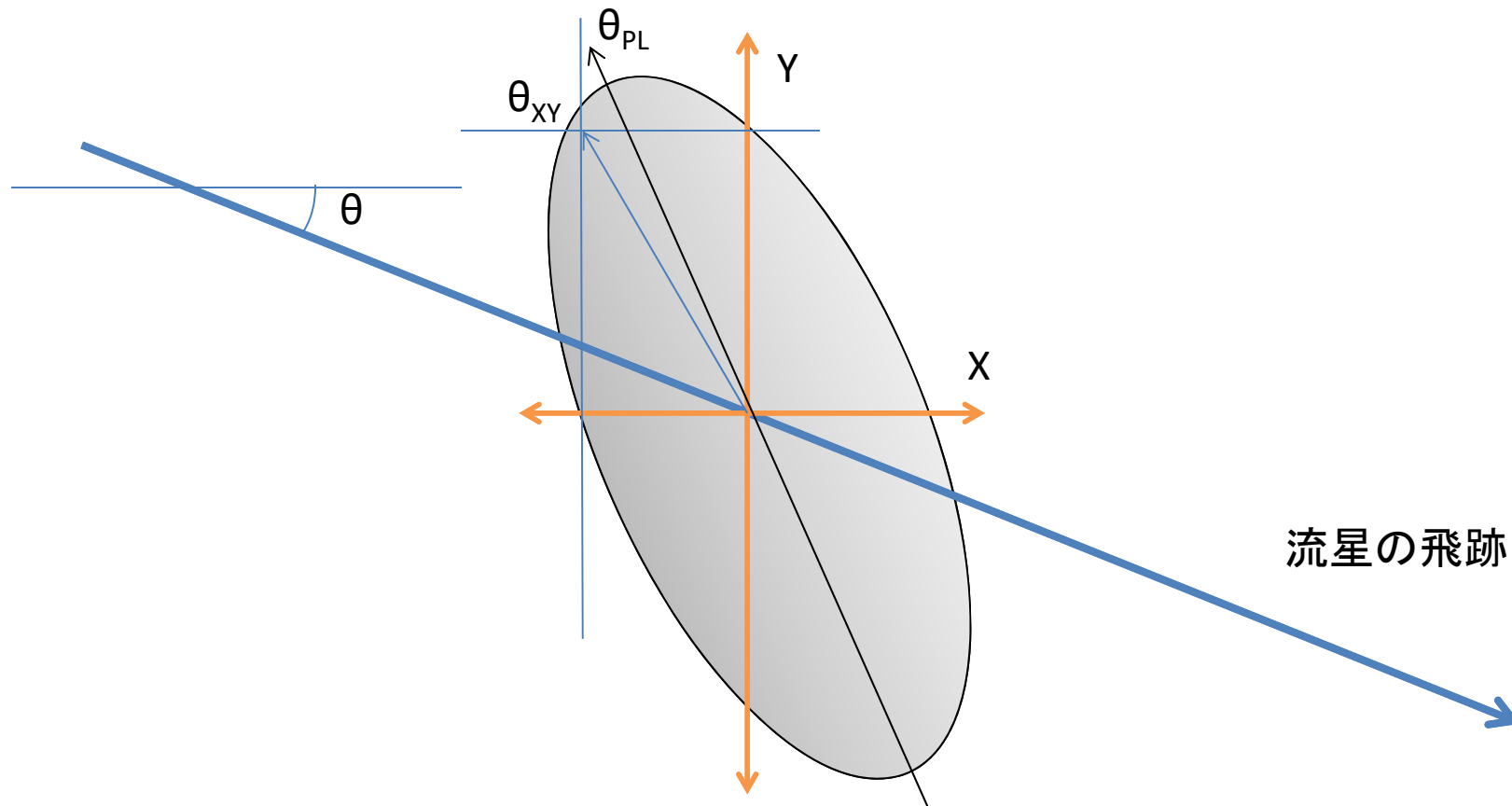
- 偏光フィルターを付けた同じハードウェアのカメラを2台用います。(WATEC902H2U, 6mm)
- 一方のフィルターの偏光方向を対地に対して垂直にする、これを垂直偏光カメラとしました。水平にしたものは水平偏光カメラです。
- 無偏光の光はフィルターによって方向をセレクションされるため偏光角を求めると45度になります。(無偏光は45度)



右の2台が
偏光カメラ
左の1台は
分光カメラ

- UFOAnalyzerV2はフレーム毎に等級を求めてくれますが2台のカメラは同期していないのでHとVでフレーム数が違う場合があります。これの数を揃えるプログラムを作りました。
- 偏向標準星は使っていません。UFOAnalyzerV2の求めた等級を使用しました。
- 偏光角を求める際には等級を光度に変換してから行っています。
- 偏光度が測定出来ない事から偏光度を一定と仮定して解析しました。

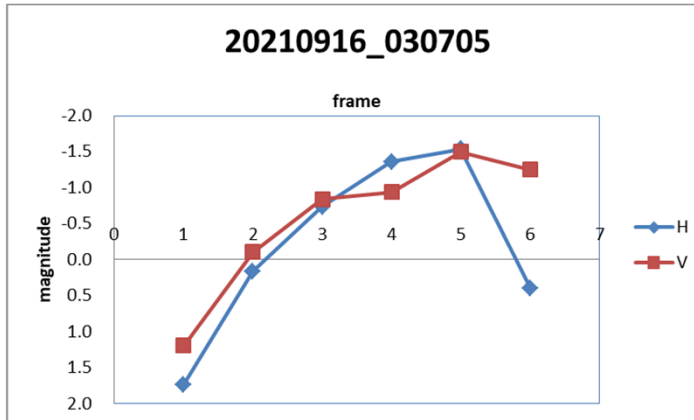
注意点：垂直と水平だけでは正しく偏光角を求められない



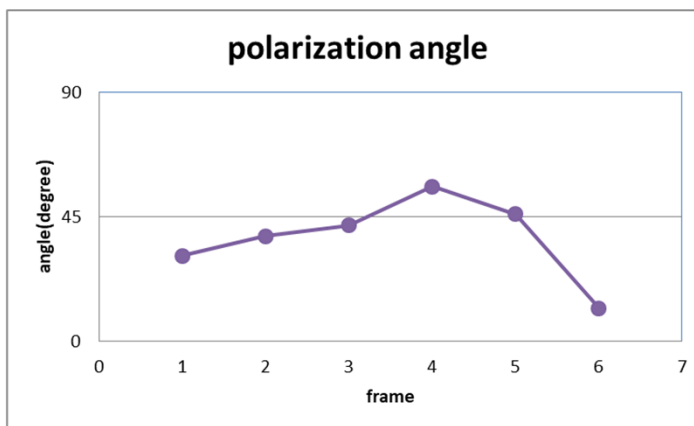
- 長軸の角度 θ_{PL} と $\theta_{XY}=\tan^{-1}(y/x)$ では角度が異なる(偏光度が異なっても同様)
- 飛跡と垂直・水平でないとは偏光角を正しく測れない
- しかし、(偏光度が同じならば) θ_{XY} でも偏光角が変化した事はわかります

解析例の説明

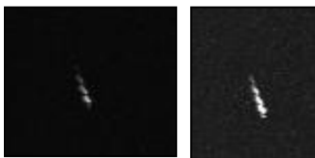
一つの流星に対してこの様なグラフを作りました



水平偏光(H)と垂直偏光(V)カメラが観測した流星の等級の変化
横軸はフレームです



偏光角のフレーム毎の変化です
45度が無偏光です

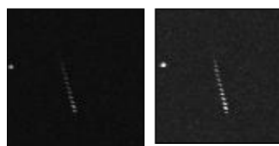
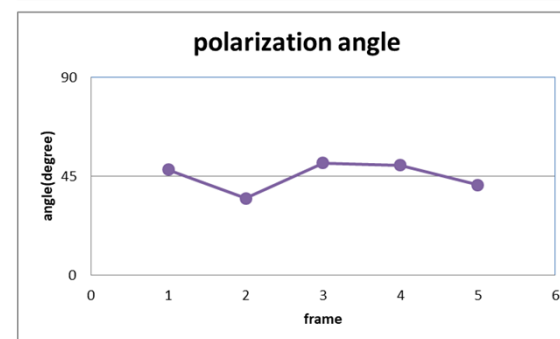
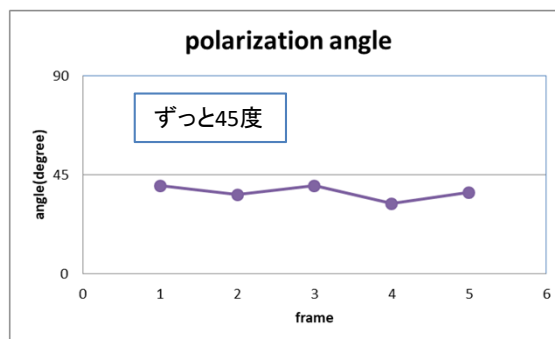
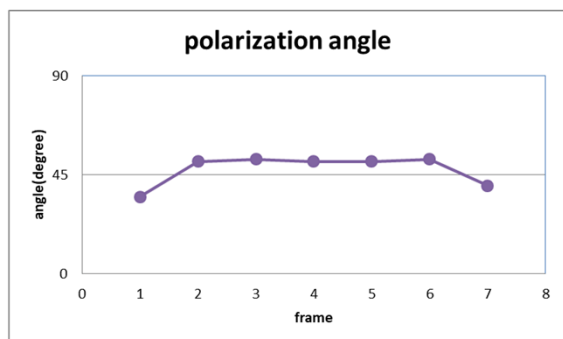
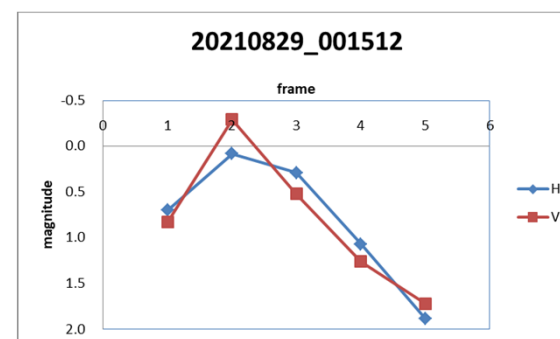
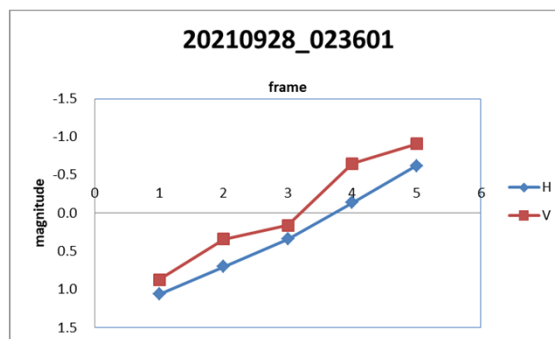
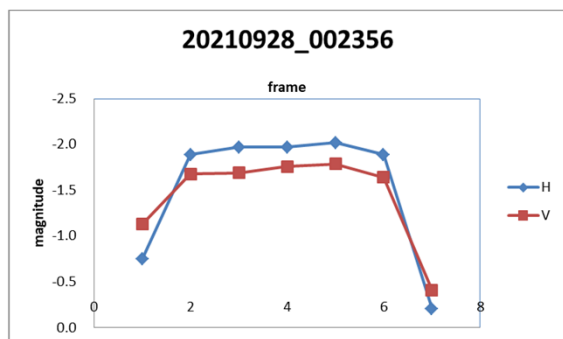


流星の写真です。左は水平・右は垂直です
水平カメラの方が暗めに画像処理されていますが明るさの測定は星でキャリブレーションされます

次ページ以降で
特徴的なサンプルを紹介します

始点から終点まで無偏光の例

※Polarization angleのグラフを見て下さい



月有り



Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-1.01	43.7	spo	0.267	90.5	78.3

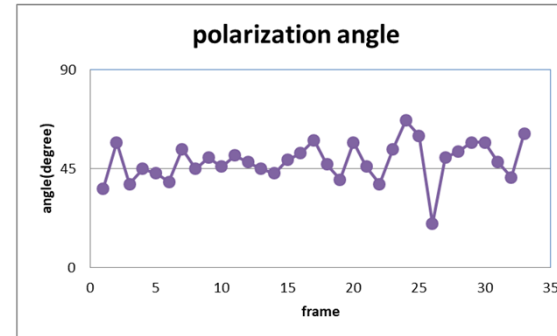
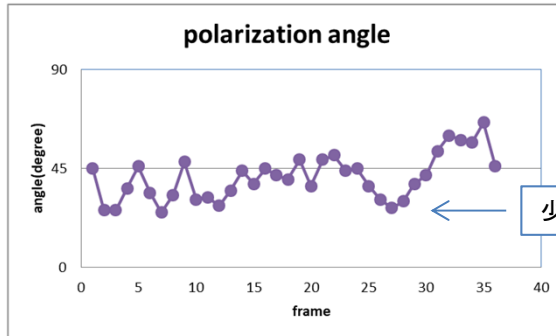
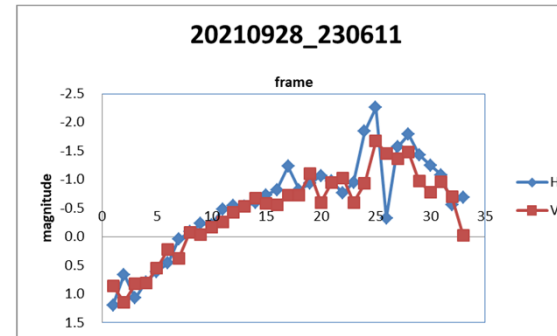
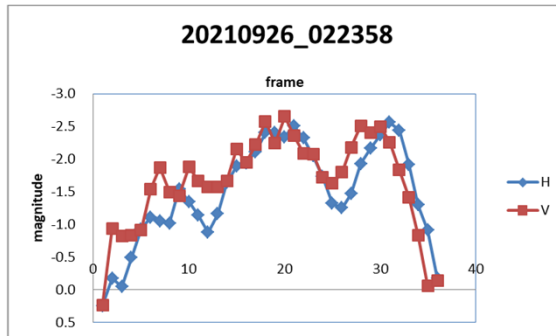
Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-1.22	61.5	spo	0.16659	106.3	96.6

Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-0.3		spo	0.133		

これらは偏光角が45度で変化が無い例です。短経路の流星です。

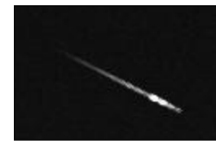
始点から終点までほぼ無偏光の例

長経路のサンプル



少し雲の影響あり

月有り
曇り

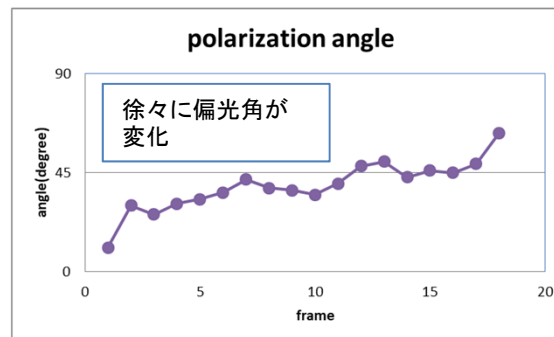
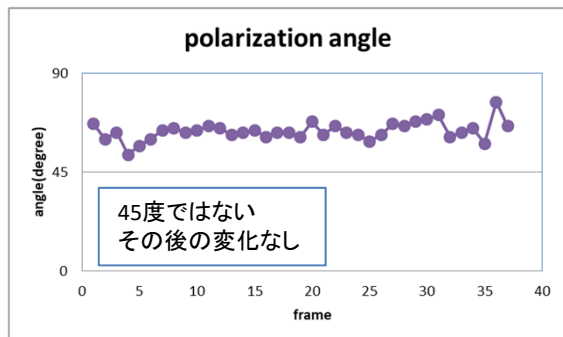
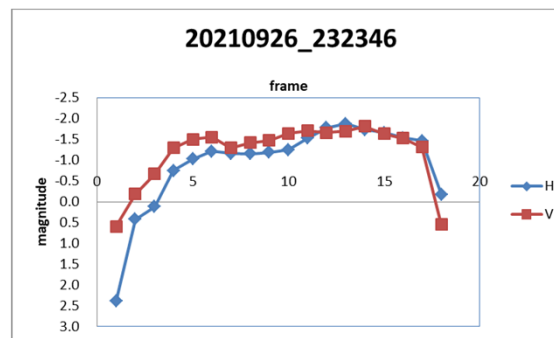
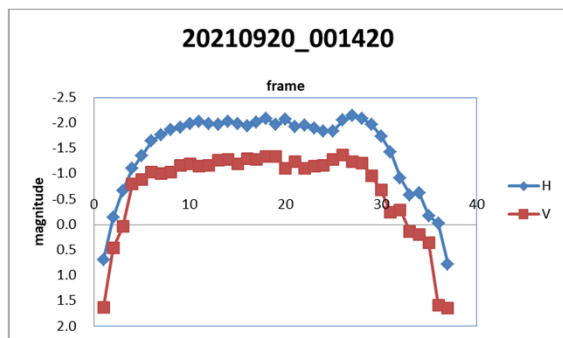


Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-2.6		J5_sTa	1.168		

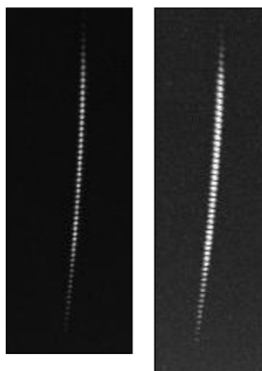
Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-1.7	9.64	spo	0.4	90.9	86.8

この例も偏光角の変化が無い例です、経路の長いものです

最初から偏光していて一定なまま消滅する例と
 徐々に偏光角が変化しながら消滅する例
 (回転していない例とゆっくりと回転している例か?)



月有り



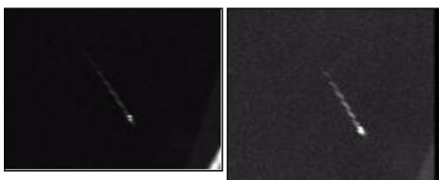
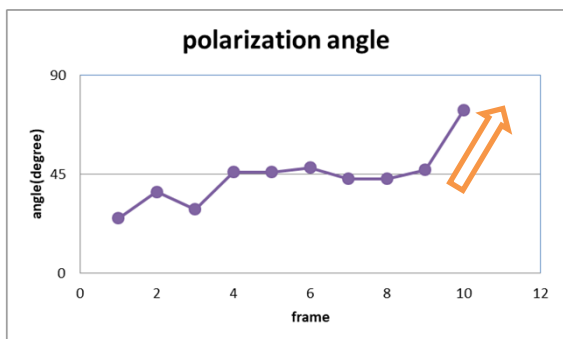
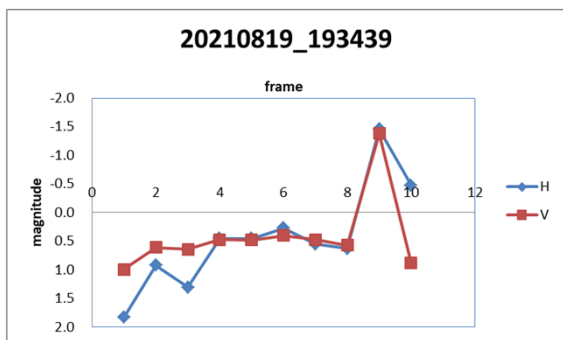
Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-0.7	22.7	_spo	1.235	90.9	66.0

Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-1.5	67.2	_J5_Ori	0.634	105.4	91.6

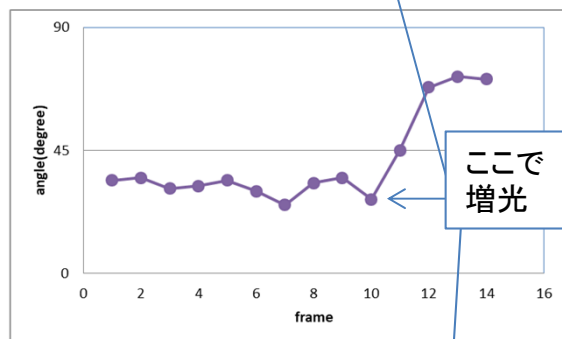
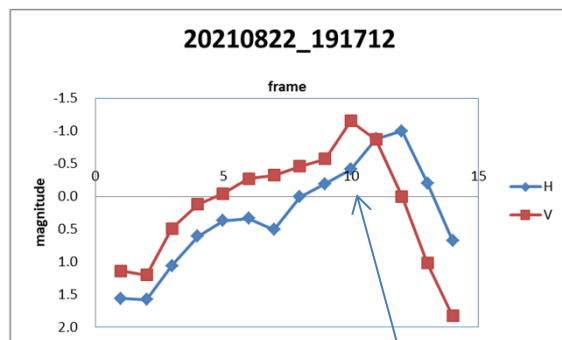
これらは発光点から偏光している例です、左はそのまま変化していません、右は回転しているのか徐々に偏光角が変化しています

増光・バースト後に偏光角が急変する例

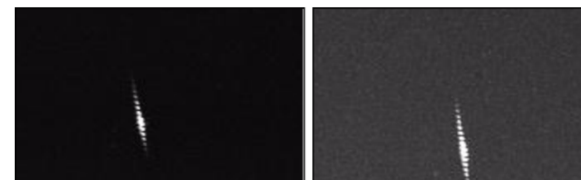
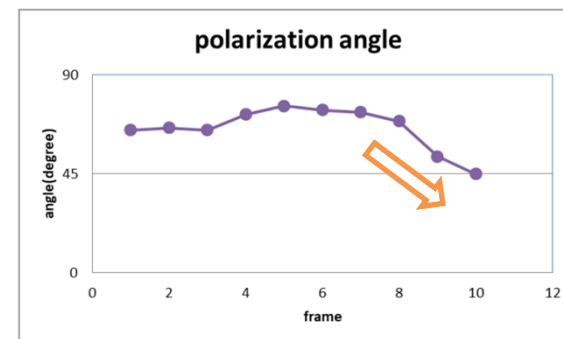
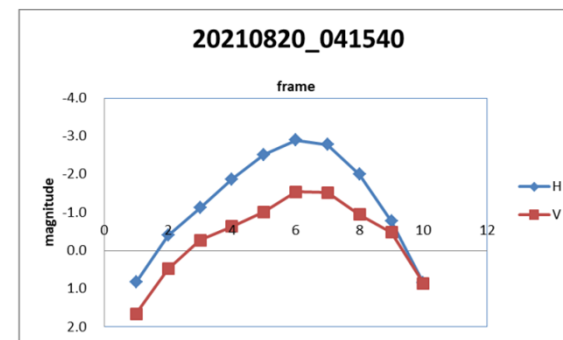
(この様に明るくなってから急に偏光角が変化した流星はとて多いです)



Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-1.8	23.8	J5_kCg	0.67987	96.0	80.3



Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-0.7	25	_spo	0.601	100.4	87.3

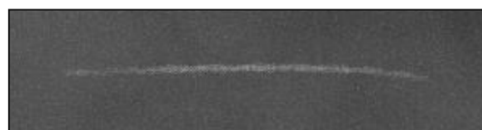
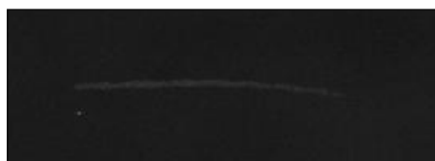
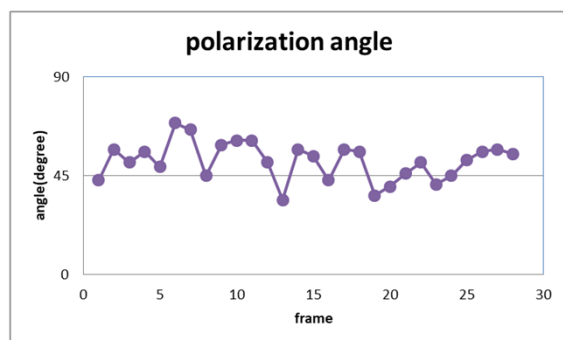
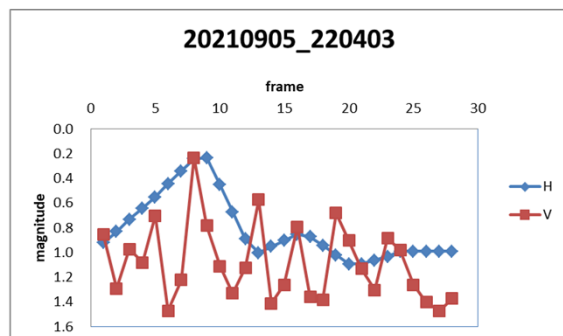


Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-2.0	69.2	_spo	0.37223	115.5	90.7

増光後に偏光角が変化する例は多いです

Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-2.0	69.2	_spo	0.37223	115.5	90.7

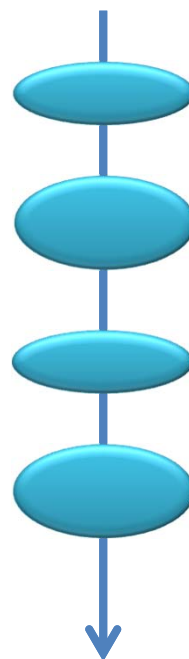
偏光度変化か？



曇り

Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
0.2		spo	1.335		

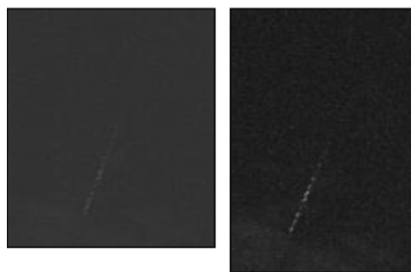
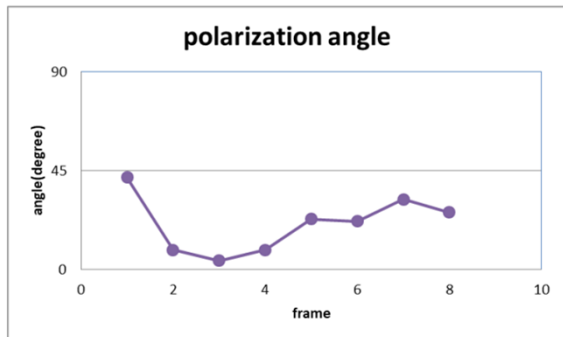
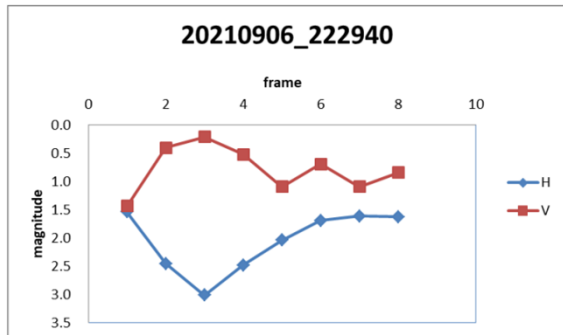
Vの不規則な変化



V方向だけが変わっているサンプルか。
偏光度の変化か？

Vだけの变化ですが高速な回転かも知れません。流星痕にチューブ状の物がありそうですが形成過程を見ているのかも知れません。

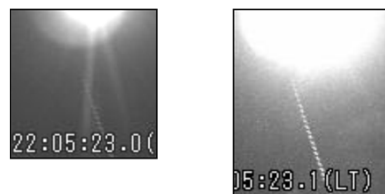
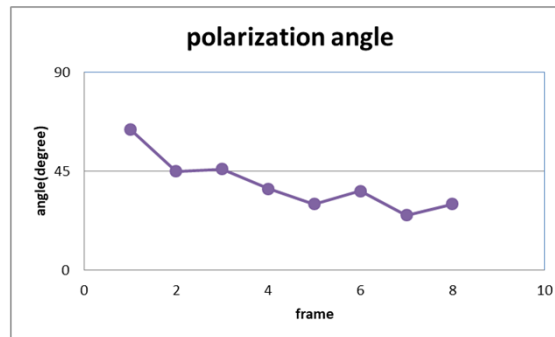
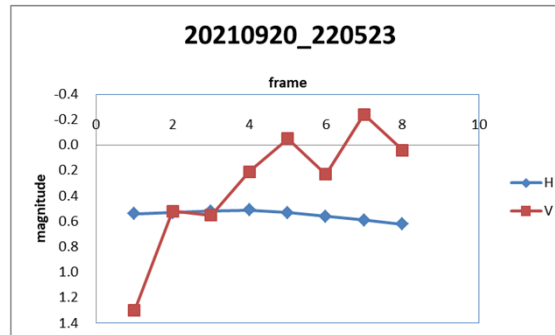
特異な例



曇り

Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
0.4	19.2	spo	0.801	94.7	80.1

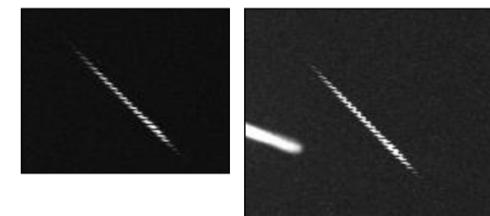
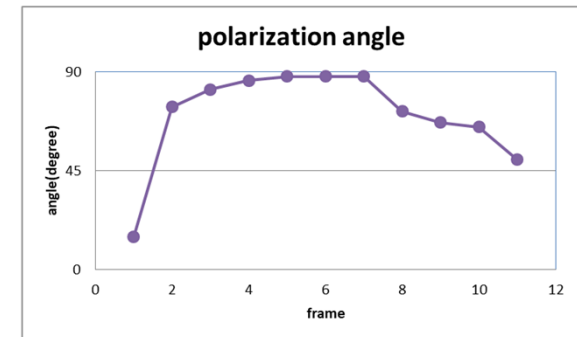
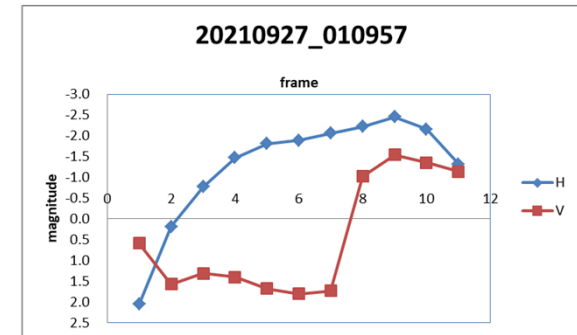
H・Vの逆向き変化



月有り

Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-0.4	41.8	spo	0.701	102.7	80.1

Vだけが変化

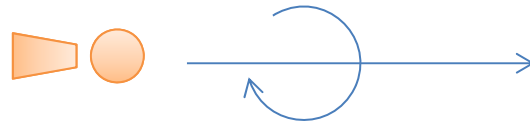


Amag	Vg	stream	duration	H1	H2
-1.2	56.4	spo	0.367	111.9	94.5

今回の最も得意な例です

解析のまとめ

- 月や雲の影響は無い或少なかった
- 偏光角がゆっくりと変化する物は回転偏光の可能性が有ります



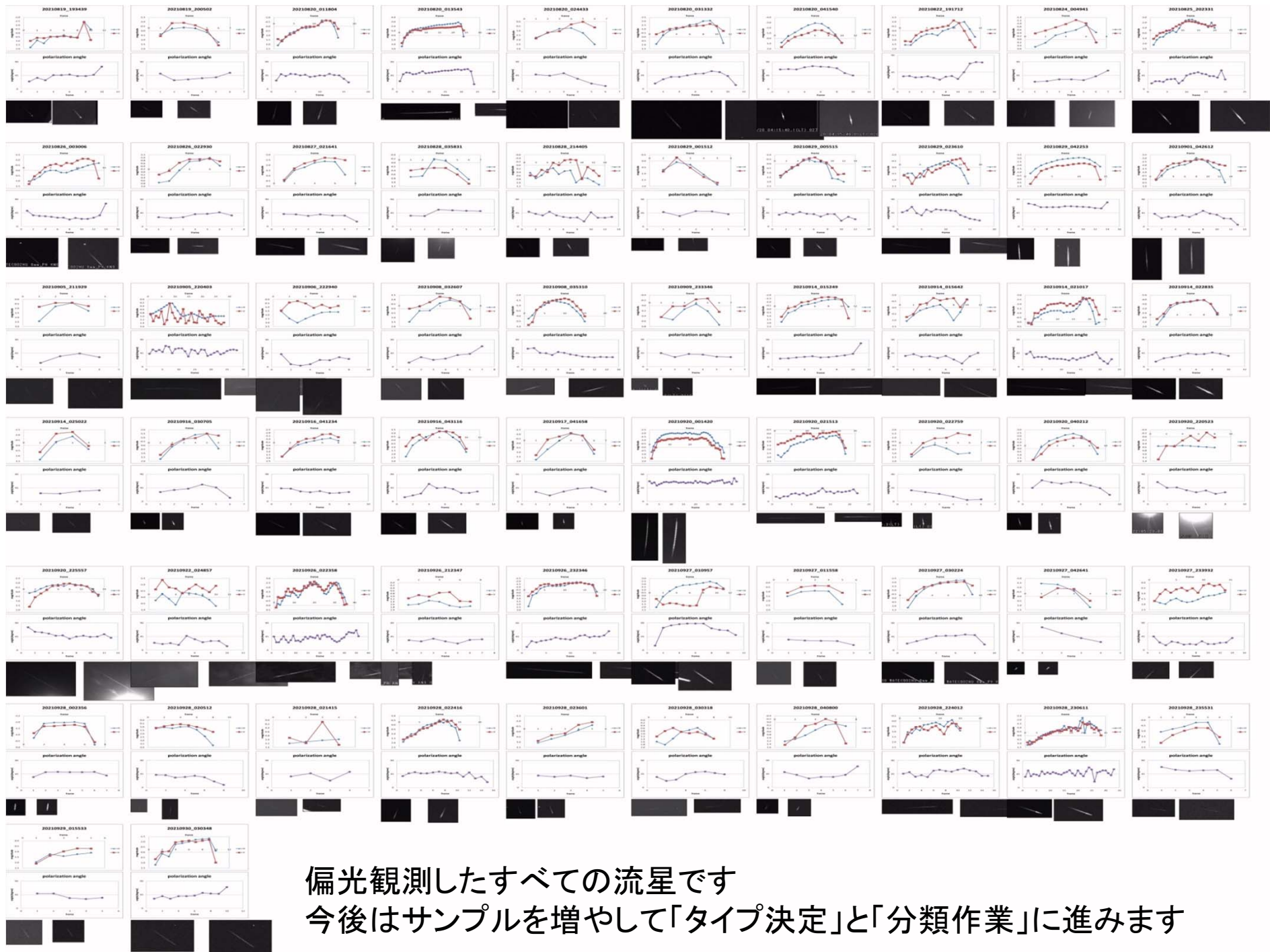
- 急な偏光角の変化は急激な非対称の分裂に関連しそうです、その多くがバースト直後に急な変化をしてる事で予想できます



- 始点から偏光角が有るもので変化しないまま終点まで流れる物があります、これは流星発光が始まった時点で偏光を起こす状態が出来て、そのままの状態です消えてゆくのかも知れません



- これらは**憶測**です、より多くの観測と解析を行う事で解決できると信じています
- この観測は偏光度が一定と言う仮定が必要なため解釈を難しくしています



偏光観測したすべての流星です
 今後はサンプルを増やして「タイプ決定」と「分類作業」に進みます

まとめと今後の展望

- 偏光角の変化を解釈するには、まだまだサンプルが少ないです
 - 9月以降の画像も同様な解析をする必要があります
- 暫定で良いので偏光角変化の「タイプ」を決めて
- そのタイプに基づいた「分類作業」を行う
- これにより偏光角の変化を解釈出来るようになると期待しています
- 偏光度が測定出来ない理由はカメラを増やす必要があるからです(予算不足)
 - ハードが異なる古いカメラがあるのでこれが使えるかテスト観測してみようと思います