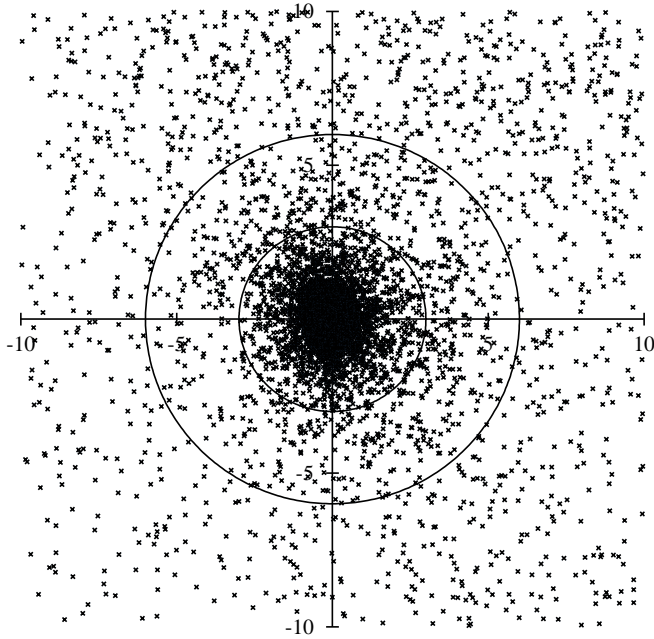


ビデオ観測でみた20の流星群

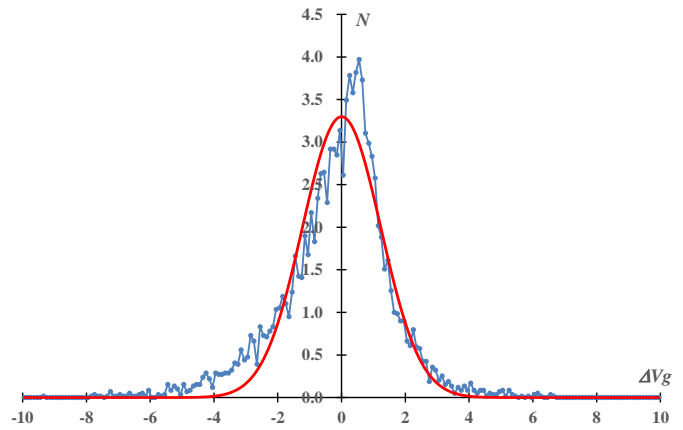
——しし座流星群から12月いっかくじゅう座流星群まで

L. しし座流星群

輻射点と地心速度



地心速度の大きい、しし座流星群の輻射点は広がっているとされてきたが、ビデオ観測からは輻射点の広がり小さいことが確かめられている。輻射点は上下(南北)方向にやや伸びた形をしているが、輻射点の密度が中心の1/10になるのはSonotaCoネットで0.81度、GMNで0.77度と中心によく密集している。流星体の軌道上で広がりが同じであれば、輻射点の分散は輻射点の位置が地球向点の方向に近い流星群ほど小さくなる。基本的に地心速度が大きい流星群の方が輻射点のひろがり小さいが、それを考慮に入れても、しし座流星群の輻射点は密集度が高い方である。



回帰分析から推定される速度との差をグラフにするとSonotaCoネットもGMNもよく一致しており(図はGMNのもの)、いずれも正規分布曲線から右側(ΔV_gが正)に少しずれるが、左側(ΔV_gが負)では正規分布よりも流星数が多くなっている。同様の現象が、4月こと座流星群でもみられている。これが高速の流星に対する測定誤差なのか、流星体の軌道分布の偏りによるものか、慎重な検討が必要である。

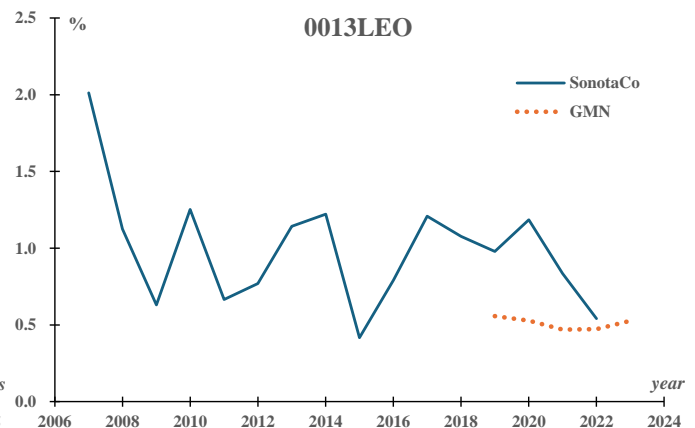
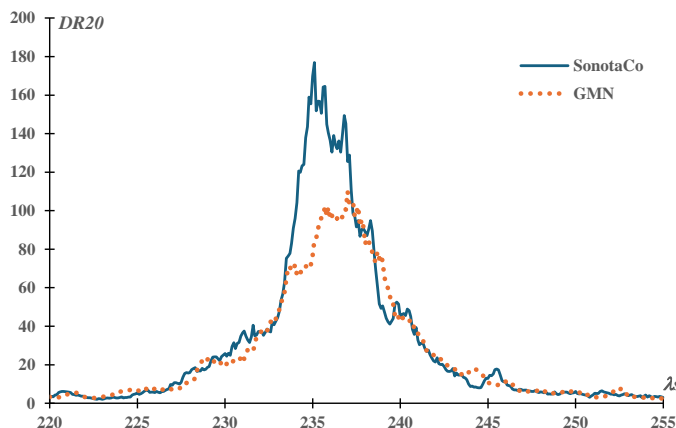
輻射点と地心速度は右のように推定される。

活動の変化：活動曲線と年変化

SonotaCo ネットの方がGMNよりも活動曲線の極大付近でDR20の値が大きくなっている。これは年変化のグラフで見ると、しし座流星群の活動が低下し続けているためである。しし座流星群の密集部に近づく極大付近のDR20がSonotaCo ネットのグラフよりもさらに高くなるものと考えられる。

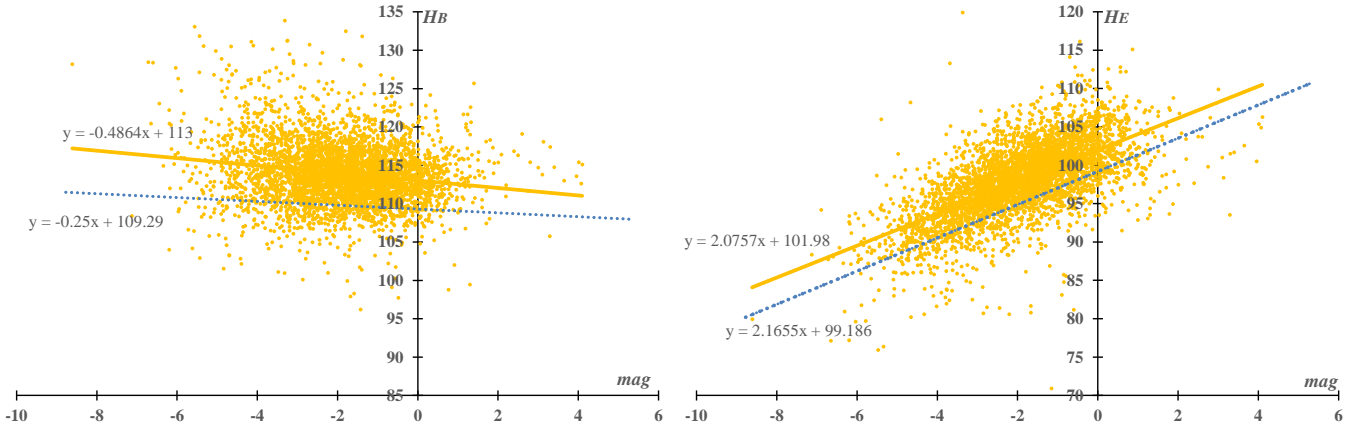
λ_s	α	δ	V_g
220	144.1	27.8	69.5
225	147.3	25.9	69.7
230	150.5	24.0	70.0
235	153.6	22.0	70.2
240	156.7	20.0	70.4
245	159.8	18.0	70.7
250	162.8	15.9	70.9
255	165.7	13.9	71.1

年変化のグラフでは、しし座流星群の減少傾向が明らかである。GMNで年間の総流星数に対するしし座流星群の割合がSonotaCo ネットのものより低いのは、両者の流星を捉える限界等級の違いに関係があるとみら



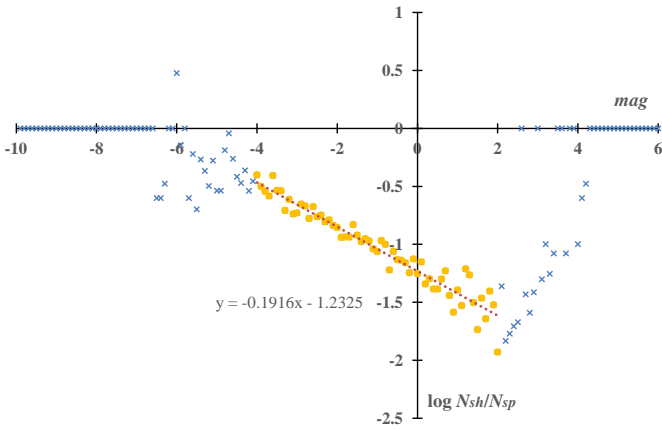
れる。しし座流星群は光度比の項で述べるように明るい流星の割合が大きく、暗い流星を多く捉える GMN では比率が下がるのであろう。

発光点と消滅点の高度



発光点も消滅点も散在流星より高い。図は SonotaCo ネットのものであるが、GMN のものもよく一致している。明るい流星では回帰直線より、発光点が高い、また、消滅点が低い流星が目立つ。明るい流星の中には通常のものより経路の長いものが存在するようである。

光度比



散在流星に対する光度分布は左に見るように、きれいな右下がりとなっている。主要な流星群の中では、ペルセウス座流星群に次いで明るい流星の多い流星群といえる。

M. アンドロメダ座流星群

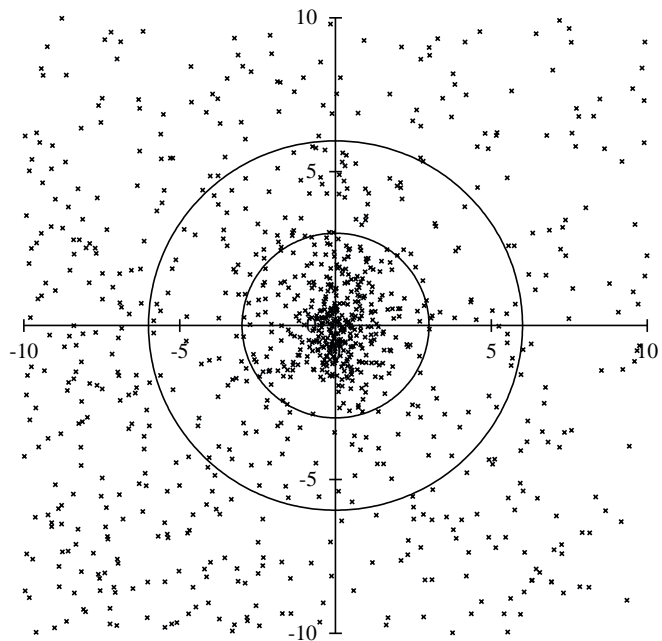
輻射点と地心速度

通常の活動を眼視観測で捉えることは極めて困難なレベルの出現であり、SonotaCo ネット、GMN の観測でも弱い活動が捉えられているのに過ぎない。輻射点が一月の活動期間で、うお座からアンドロメダ座に向けて北に 20 度以上も移動する。19 世紀の大出現時の輻射点の位置を目指す移動である。活動期間全体の輻射点を合わせても SonotaCo ネットでは左の図に見られる程度の輻射点しか得られていない。輻射点移動を考慮しても、輻射点が南北に伸びている。GMN でも輻射点は同じ形状である。

地心速度の標準偏差は、地心速度と直線的な関係がある。ここで取り上げている 20 の流星群の中で最も地心速度が小さいアンドロメダ座流星群は標準偏差も最も小さく、SonotaCo ネットで 0.80、GMN で 0.71 である。

輻射点と地心速度の変化は下のようにならわされ、

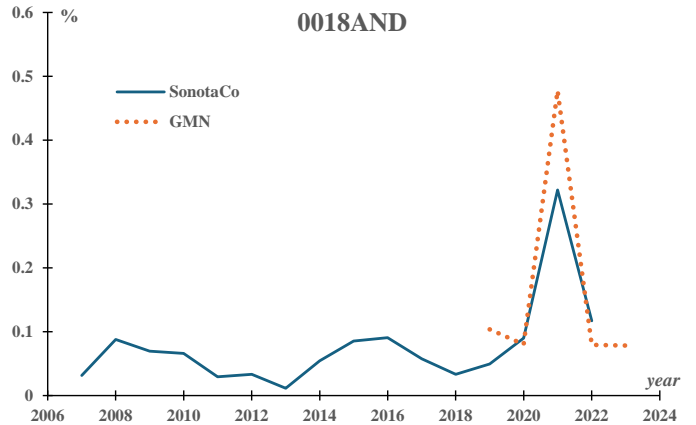
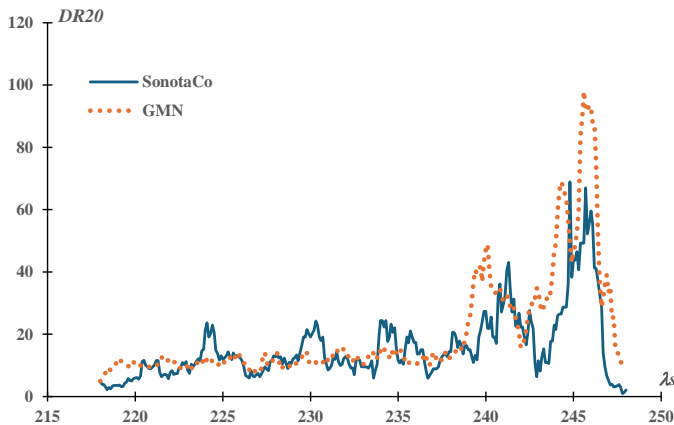
λ_s	α	δ	V_g
218	19.2	23.2	18.6
223	20.6	27.1	18.0
228	21.9	31.0	17.3
233	23.1	34.9	16.7
238	24.1	38.6	16.1
243	25.0	42.3	15.4
248	25.6	45.8	14.8



流星数が少ないにもかかわらず、SonotaCo ネットの結果と GMN の結果はよく一致している。

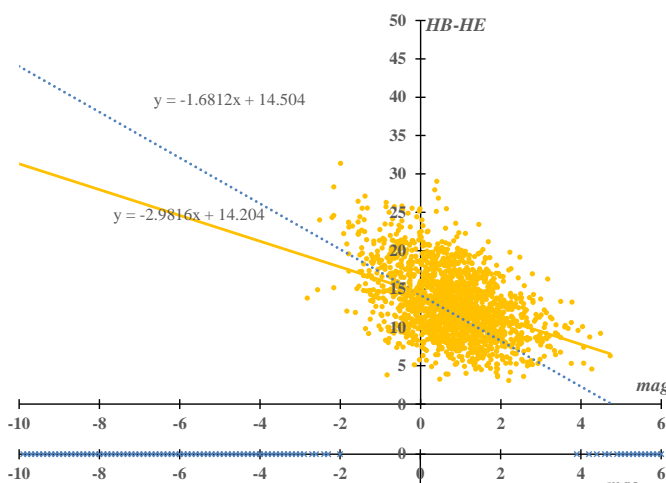
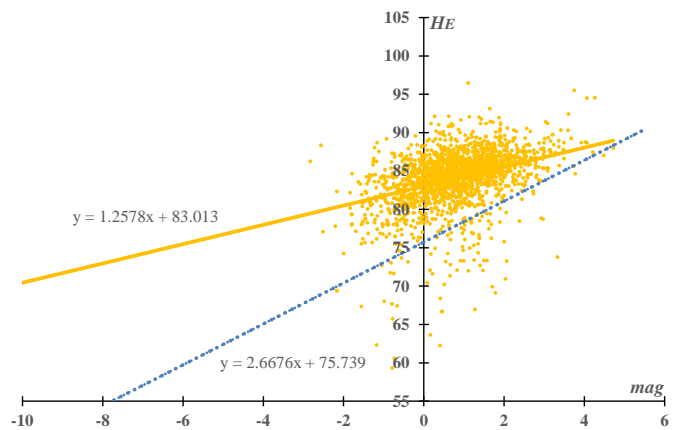
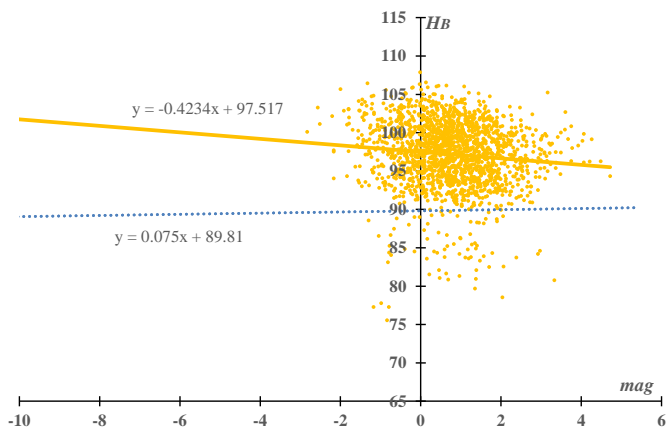
活動の変化：活動曲線と年変化

DR20 によるグラフで $\lambda_s = 245$ 付近の突出部は 2021 年の突発出現によるものである。突出部を除いた極大は $\lambda_s = 230$ とみられるが、平年の出現は総流星数の 0.1% 程度に過ぎないので明瞭ではない。太陽黄経とともに大出現時の 11 月 27 日 ($\lambda_s = 248$ 付近) に向けて、なだらかに流星数が増加しているようにも見える。一方で、 $\lambda_s = 240$ 付近の小さな上昇のように活動グラフにはいくつかの盛り上がりがあるようにも見える。



総流星数に対する割合のグラフも数年周期の変動があるようにも見える。しかし、観測される流星数が少ないので結論めいたことをいうことはできない。今後の変化に注目する必要がある。

発光点と消滅点の高度



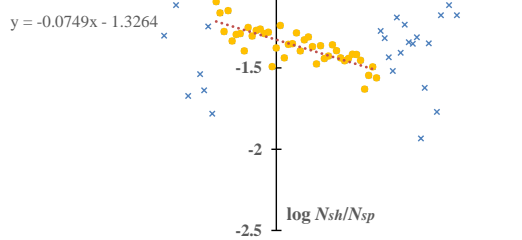
ここで取り上げている 20 の流星群の中で発光点、消滅点ともに、0 等の流星で比べると、散在流星との差が最も大きい。以下では 2021 年の突発出現の極大を捉えている GMN のデータを用いる。発光点で 7.7km、消滅点で 7.3km それぞれ高い。また、消滅点高度でアンドロメダ座流星群のグラフが明るい流星側で散在流星よりさらに高くなっていることは注目される。明るい、つまり大きな流星体でも散在流星よりも速くより高度で消滅することを意味している。光度による発光点高度と消滅点高度の差を示したグラフ (左図) により、このことが明らかに示される。

SonotaCo ネットの発光点はアンドロメダ座流星群、散在流星ともに GMN のものよりも 2km ほど低く、アンドロメダ座流星群の場合、SonotaCo ネットが 95.2km、GMN が 97.5km である。3つの「おうし群」を除くと最も差が大きくなっている。低速で暗い流星に対する差と考えられる。

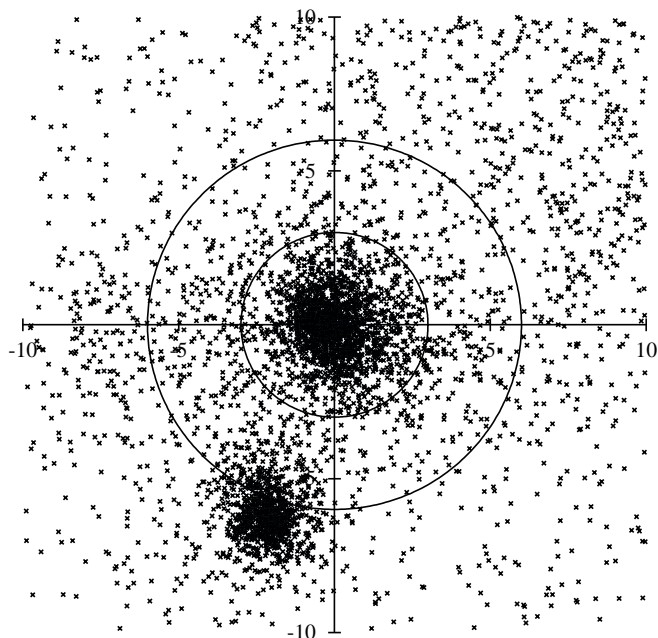
光度比

発光点、消滅点にかかわる 3つのグラフで見られるように観測されたアンドロメダ座流星群の光度は 0 等級以下のものが過半であり、明るい流星に乏しいことがわかる。また、このことにより、ビデオ観測では見落としが多い光度範囲に当たることから、アンドロメダ座流星群の光度比を直接求めることはできない。

散在流星に対する光度分布でも明るい流星を除いた $-1.5 < \text{mag} < 2.5$ という範囲でしか散在流星に対する光度分布の傾きを求めることができない。アンドロメダ座流星群は、2021 年の突発出現を含めても、散在流星よりも明るい流星がやや多いという程度に過ぎない、暗い流星が多いことが示される。SonotaCo ネットの散在流星に対する光度分布でもこのことが確認できる。



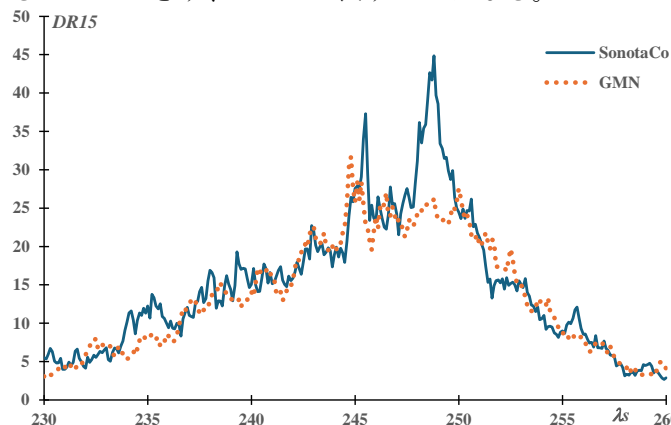
N. 11月オリオン座流星群 輻射点と地心速度



輻射点は右表に示すように、オリオン座上部をかすめるように移動し、地心速度はかなり変化する。

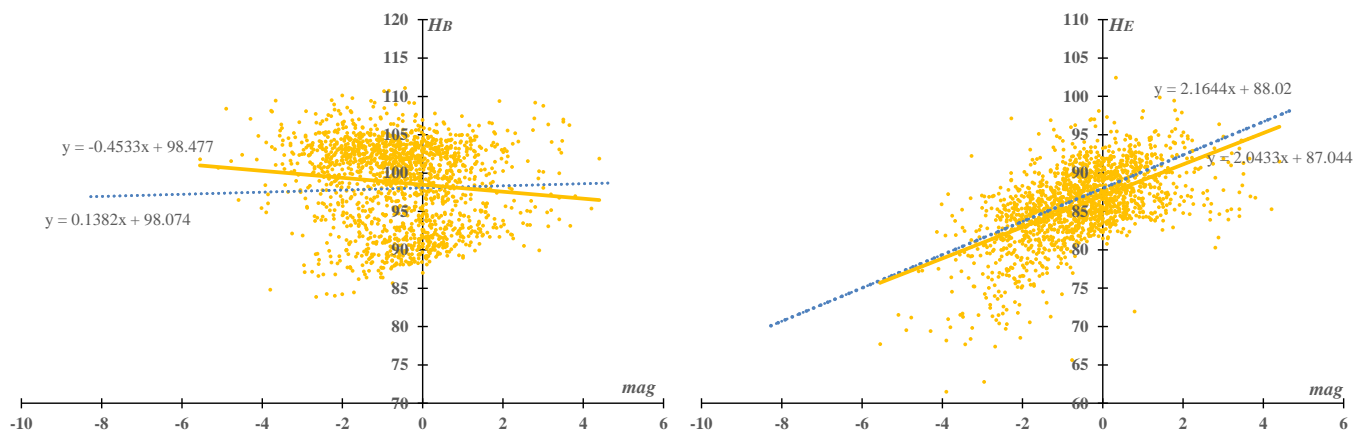
活動の変化：活動曲線と年変化

11月オリオン座流星群の活動曲線は、おうし座流星群、ふたご座流星群の存在により、DR20を用いることができず、DR15で表すことになる。



SonotaCo ネットも GMN も $\lambda_s = 248$ 付近になだらかな極大があることを示している。ともに活動曲線は非対称で、極大後の減少が早いことがわかる。活動に明らかな年変化は認められない。

発光点と消滅点の高度

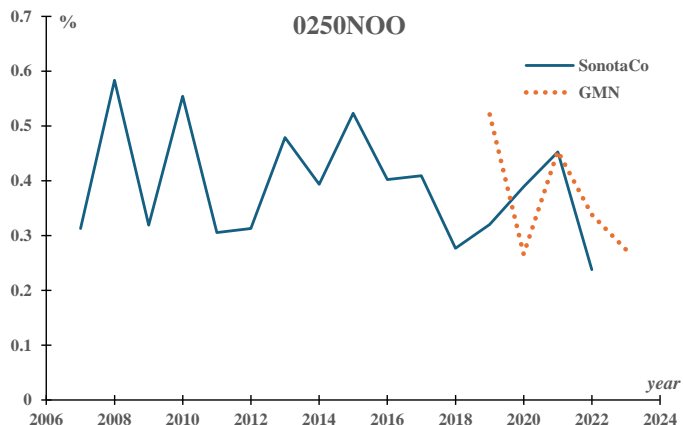


11月オリオン座流星群の発光点高度分布は非常に特殊で、明らかに2つの集団があることがわかる。それに対して、消滅点の分布は単一で好対照をなしている。上の図は SonotaCo ネットによるものだが、GMN の観

左下で6度の円にかかる輻射点は12月いっかくじゅう座流星群(MON)である。写真観測の時代には NOO と MON の区別は判然としていなかった。IAUMDC の番号で 0019MON、0250NOO とあるように初期は「いっかくじゅう群」(MON)と一括されていた。後で触れるが、光度比また平均光度が示すように11月オリオン座流星群の方が暗い流星が多いので、写真観測の時代には12月いっかくじゅう座流星群の一部としかみられていなかったのである。左図に見られるように明確に区別できるようになったのはビデオ観測のおかげである。

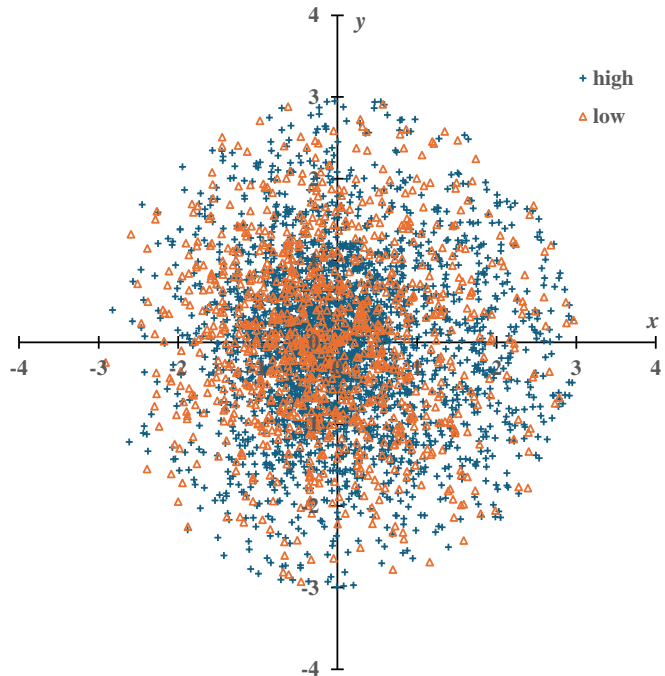
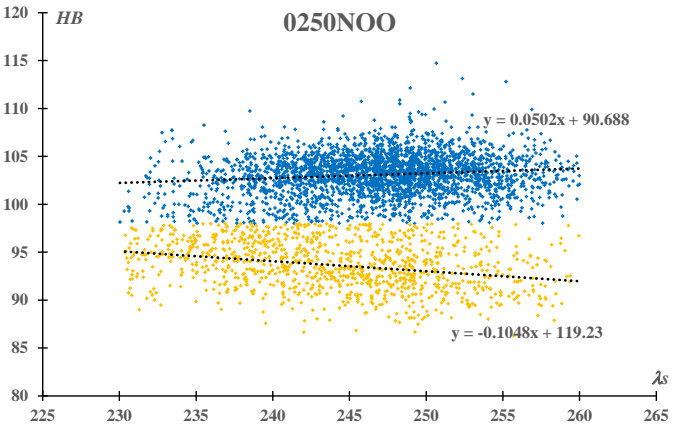
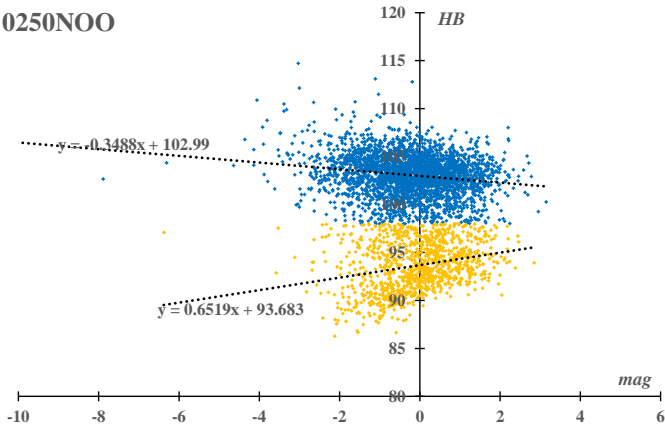
地心速度もともに 41~42km/s で、速度の標準偏差が 1km/s 程度あり、しかも地心速度が太陽黄経により変化することを考慮すれば両者を区別することは写真観測にあっても困難であったのである。

λ_s	α	δ	V_g
230	78.3	15.9	45.0
235	81.9	15.9	44.3
240	85.6	15.7	43.6
245	89.2	15.5	42.9
250	92.9	15.2	42.1
255	96.5	14.9	41.4
260	100.0	14.4	40.7



測でも同じ現象がみられ、以下、この項目は GMN の観測を比較として用いる。

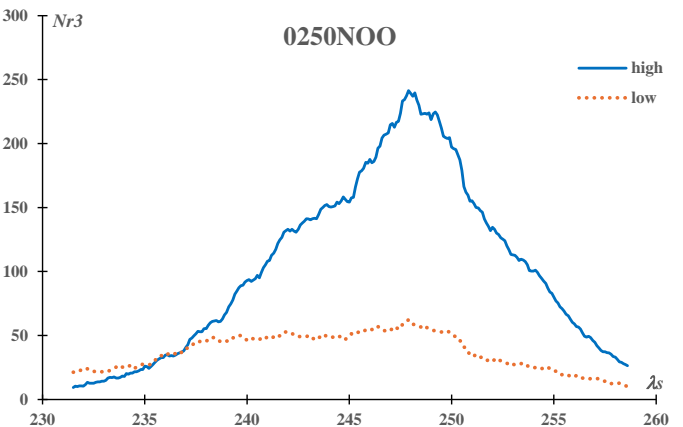
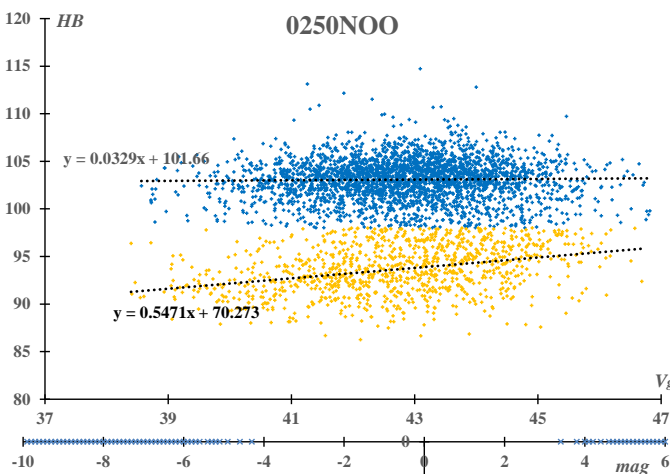
0250NOO



上の図は仮に高度 98km で二分した場合を示している。左側の図は SonotCo ネットの発光点高度の分布と同じように2つの集団があることを示し、流星の光度により発光点高度の変化する様子が発光点が高い集団と低いものとで異なることをそれぞれの回帰分析で表したものである。右側の図は発光点高度が太陽黄経によってどのように変化するかを表したもので、ここでも2つの集団によって変化の様子が異なることがわかる。

しかし、この2つの集団がそれぞれ独立した集団（別の流星群）ということではないと考えられる。先に SonotCo ネットによる輻射点分布を示したが、GMN の輻射点分布（1 1月オリオン座流星群と判定した中心から 3 度以内の流星に限る）を発光点高度が 98km 以上のもの(high)と以下のもの(low)とに分けると左図のようになる。両者の分布に目立った差は見られない。

さらに、地心速度についても左図に見られるように発光点高度は二分化している。発光点が違って、

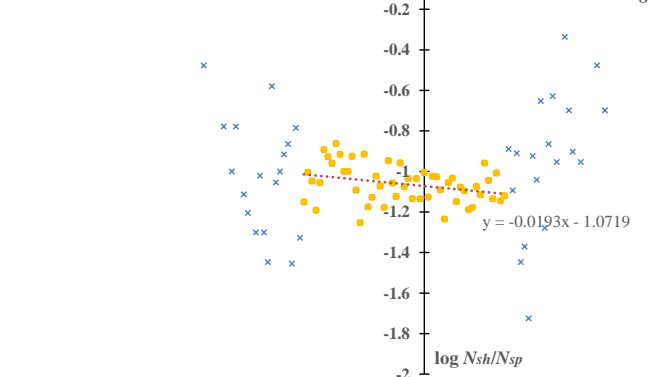


輻射点分布、地心速度に違いがみられないということは、発光点の異なる流星体であっても、軌道は同一であることを意味している。

太陽黄経による発光点高度の変化のグラフで98km 以上のものと以下のものとで太陽黄経による分布の違いがみられなかったが、改めて中心から 3 度以内の流星について太陽黄経で 3 度幅の移動平均によってあらわした活動曲線を上に示す。ここでも極大は $\lambda_s = 248$ 付近にあり、両者の違いはみられない。

光度比

1 1月オリオン座流星群の散在流星に対する光度

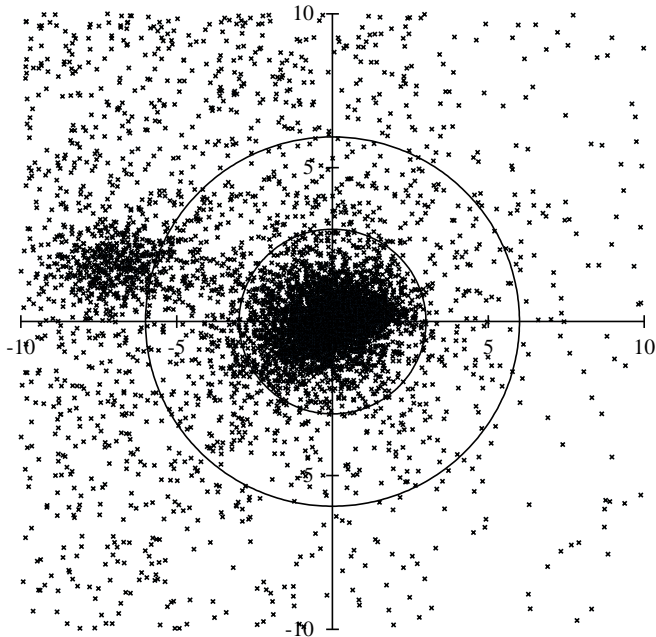


分布の傾きは、おうし座南流星群(SE)、みずがめ座 η 流星群に次いで3番目に小さく、散在流星の光度分布に近い。左に示したものは SonotaCo ネットのものだが、GMN でも同様で、3番目である。

光度による発光点高度の違いのグラフで見られるように、発光点高度が低いものの方が暗い流星が多くなるようである。GMN のデータによると、平均光度は発光点が 98km 以上のものが -0.25 であるのに対して、98km 以下のものは -0.08 である。

O. うみへび座 σ 流星群

輻射点と地心速度



輻射点の密度が中心の 1/10 になるのは 1.35 度で、ほぼ地心速度に見合った広がりということができる。活動期間が長く、プロキオンのあたりで活動が始まり、アルファルド(うみへび座 α 星)の近くまで、ほぼ黄道に並行して輻射点移動する。これは軌道が黄道の極を軸に開いていることを意味する。地心速度の標準偏差もほぼ地心速度に見合った SonotaCo ネットでは 1.14 である。6 度の円の左上にあるのは 0529EHY である。

λ_s	α	δ	V_g
240	111.8	5.4	59.9
245	116.0	4.7	59.5
250	120.2	3.8	59.2
255	124.3	2.8	58.9
260	128.4	1.8	58.5
265	132.5	0.6	58.2
270	136.6	-0.6	57.9
275	140.6	-2.0	57.5
280	144.6	-3.4	57.2

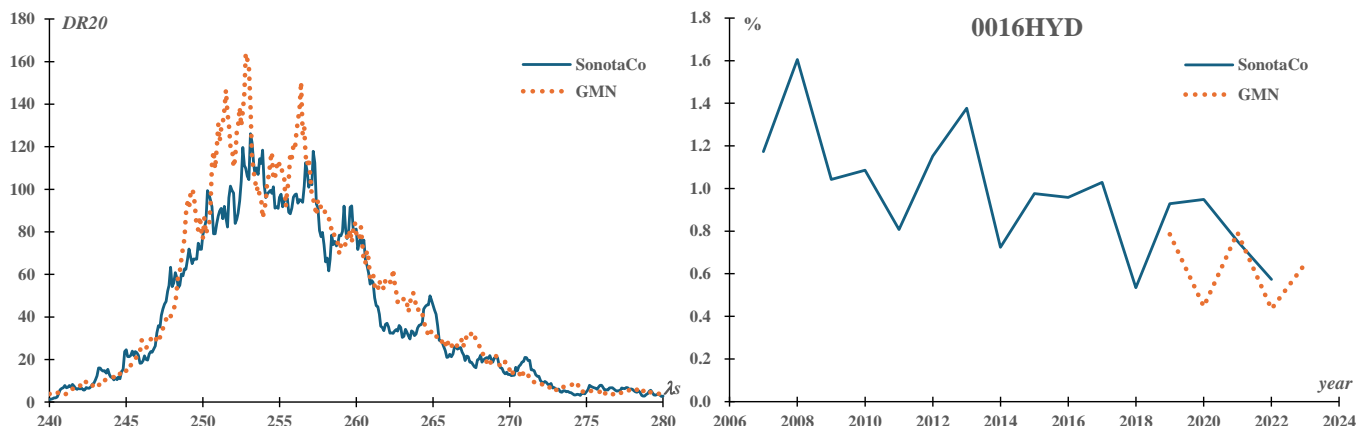
活動の変化：活動曲線と年変化

活動曲線は SonotaCo ネットのものとも GMN でよく一致し、極大後の活動は緩やかに減少する。極大は平均すれば $\lambda_s = 255$ 付近だが、高原状態が $\lambda_s = 250 \sim 258$ の範囲で続き、あまり明瞭ではない。年間の総流星数に対する割合でみるとうみへび座 σ 流星群の活動は SonotaCo ネットの 16 年間の観測でほぼ半減しているとみられ、今後の推移に注意が必要である。

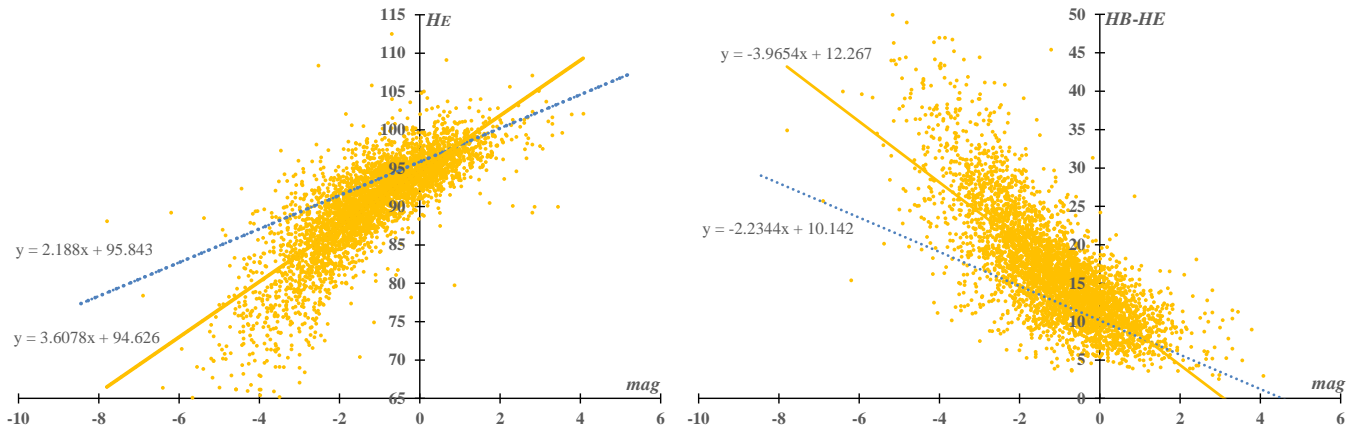
なお、C/2023 P1 (Nishimura) がうみへび座 σ 流星群の母彗星であると考えられる向きもあるので、軌道を比較すると次のようになる。

	e	q	i	ω	Ω	λ_{II}	β_{II}	a
Nishimura	0.996	0.225	132.5	116.3	66.8	300.6	41.4	57.8
SonotaCo	0.987	0.274	131.1	117.0	67.0	299.2	42.1	21.3
GMN	0.986	0.274	131.3	117.0	66.0	298.4	42.0	19.7

表の $(\lambda_{II}, \beta_{II})$ は近日点の黄経と黄緯である。軌道半長径 (a) が大きく異なるように見えるが、地心速度の観測誤差の範囲内であろう。その他の要素は非常に似ているが、NMS 同報で佐藤幹哉が指摘されているように、彗星は地球軌道にあまり近づかない。彗星の近日点方向と軌道半長径を固定して、無理やり地球軌道と交差させるように軌道要素を改変した場合には $\lambda_s = 256.1$ で $(\alpha, \delta, V_g) = (133, -2, 55)$ となる。かなり、うみへび座 σ 流星群とは異なる数値となり、元の軌道との間で $D_{SH} = 0.23$ となることから、無理やりの計算であることがわかる。活動の年変化から見ても、C/2023 P1 (Nishimura) がうみへび座 σ 流星群の母彗星と断定するのは無理であろう。



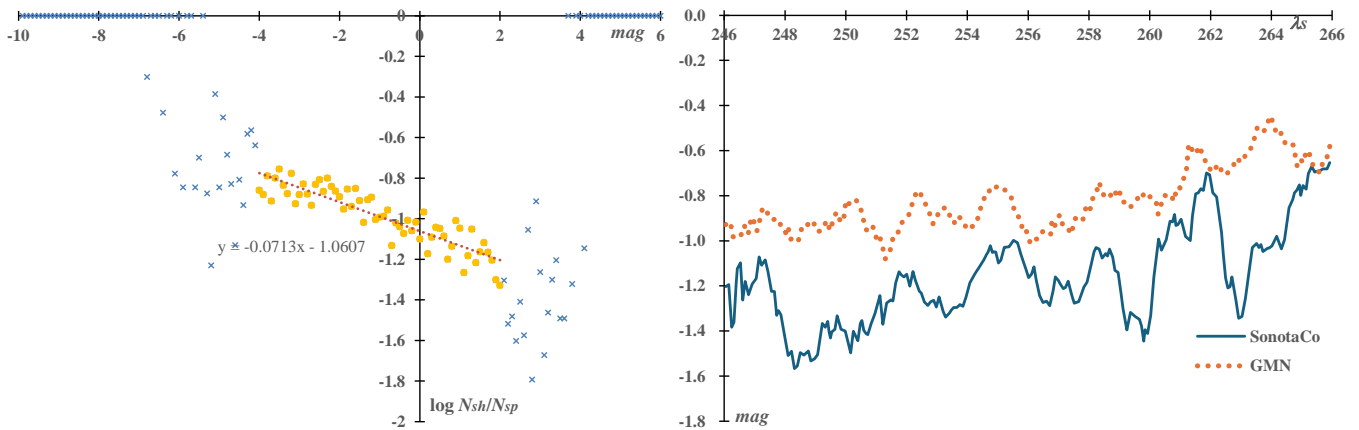
発光点と消滅点の高度



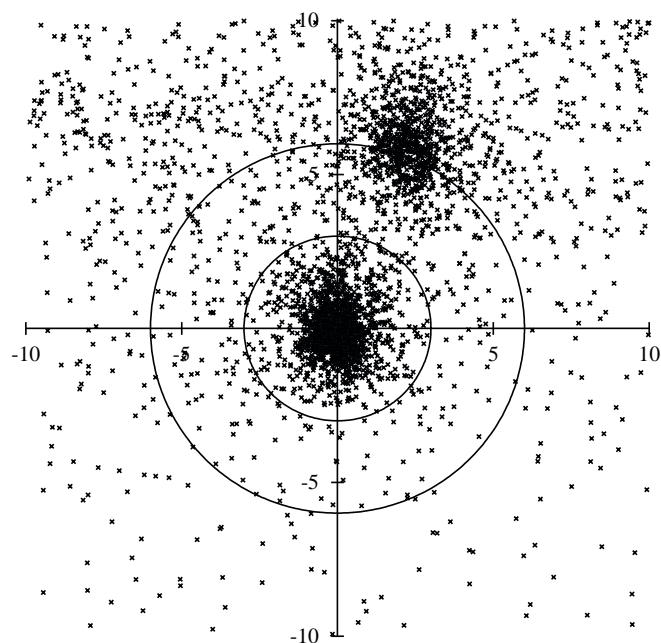
明るい流星の側で回帰直線よりも消滅点の低い流星が目立つ。これは、おうし座北流星群やふたご座流星群と共通する特徴である。従って、経路長も明るい流星では回帰直線よりも長くなる傾向がある。逆の言い方をすると、経路長が眼視観測の領域では短くなると推定され、これがハーバードの写真観測までうみへび座 σ 流星群の存在が気づかれなかった原因かもしれない。消滅点と経路長の図を SonotaCo ネットによって示す。

光度比

散在流星に対する光度分布の傾きは平凡であり、特別に明るい流星が多いわけではない。うみへび座 σ 流星群に属すると判定したものの平均光度は SonotaCo ネットで-1.14、GMN で-0.82 であり、ほぼ地心速度に見合った値である。地心速度が大きくなるほど両者の差は小さくなる傾向があり、これも地心速度に見合っている。興味深いのは、うみへび座 σ 流星群の平均光度が活動期間の初期から末期まで、SonotaCo ネットでも GMN でも共通して増加していることである。つまり、うみへび座 σ 流星群の流星は活動初期に明るいものが多く、末期では暗いものが多いということである。



P. 12月いっかくじゅう座流星群



輻射点と地心速度

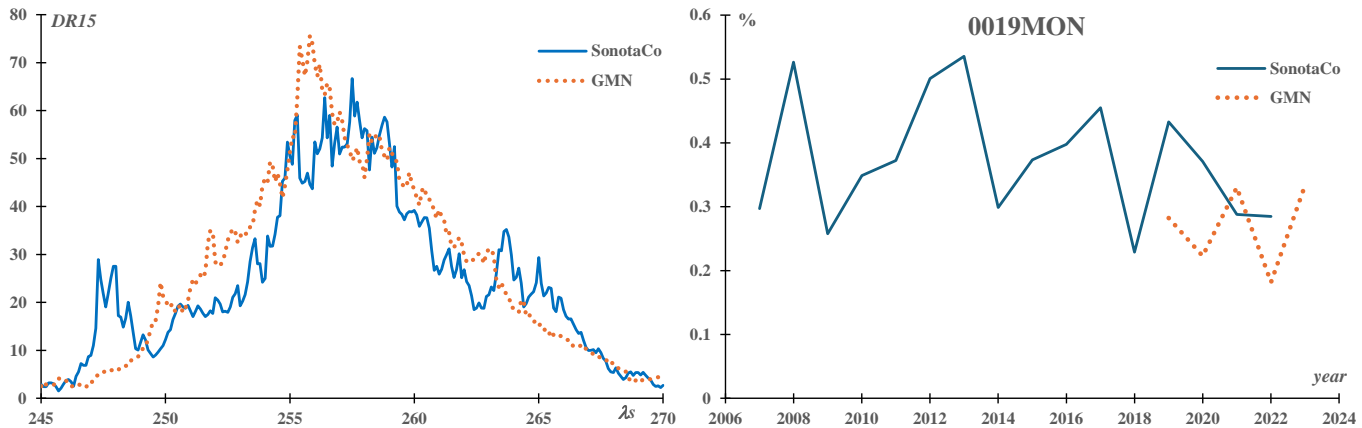
左の輻射点分布で右上に見えているのは11月オリオン座流星群である。輻射点の分布密度を比べると、輻射点密度が中心の1/10になるのは、11月オリオン座流星群が1.99度であるのに対して、12月いっかくじゅう座流星群では1.16度と集中度が高い。この値は SonotaCo ネットのものであるが、GMN でも同様の結果が得られている。

λ_s	α	δ	V_g
245	91.6	9.9	43.6
250	95.0	9.3	42.7
255	98.3	8.7	41.8
260	101.7	8.0	40.9
265	105.0	7.3	40.1
270	108.2	6.4	39.2

太陽黄経 250~260 度の11月オリオン座流星群と12月いっかくじゅう座流星群の両者の極大の期間

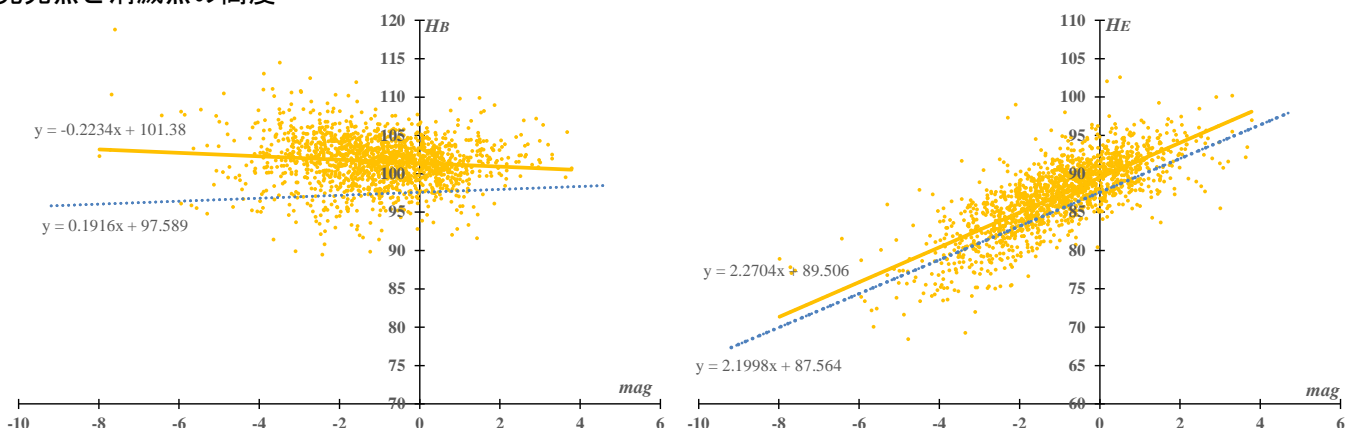
では地心速度がともに 41~42km/s とほぼ等しい。一方、地心速度の標準偏差は前者が 1.14 であるのに対して後者は 1.05 である。GMN ではこの差がやや広がる。輻射点密度同様に、1 2月いっかくじゅう座流星群よりも 1 1月オリオン座流星群はやや拡散している。光度比の違いも含めて、1 2月いっかくじゅう座流星群の方がやや若い流星群といえそうである。

活動の変化：活動曲線と年変化



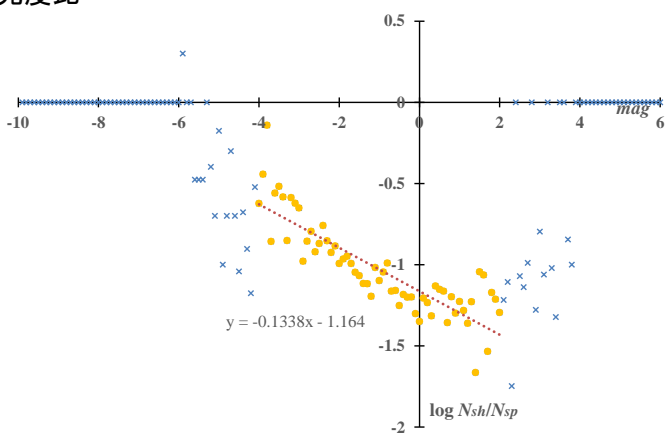
1 1月オリオン座流星群の場合と同様に周囲の活動の影響を避けるために DR20 ではなく DR15 を用いて活動曲線を表している。観測されている流星数の和は 1 2月いっかくじゅう座流星群よりも 1 1月オリオン座流星群の方が多量のものの、極大における DR15 の値では逆転して 1 2月いっかくじゅう座流星群の方が目立つ存在になる。また、活動曲線の形も 1 2月いっかくじゅう座流星群では極大前後の変化が大きく、ほぼ対象である。年間の総流星数に対する割合でみると、1 2月いっかくじゅう座流星群に年変化は見られないようである。

発光点と消滅点の高度



散在流星と比較して、発光点高度も消滅点高度も多くの流星群に共通する一般的な分布をしている。1 1月オリオン座流星群に見られた発光点の二分化はみられないものの、1 2月いっかくじゅう座流星群の発光点の分布は 1 1月オリオン座流星群の発光点が 98km 以上の集団に近い。消滅点は 1 2月いっかくじゅう座流星群の方が 2km ほど高い。

光度比



散在流星に対する光度分布の傾きが大きく、また、平均光度は SonotaCo ネットによれば -1.04 であり、これに対して 1 1月オリオン座流星群は -0.56 である。1 1月オリオン座流星群に比べると、1 2月いっかくじゅう座流星群は明らかに明るい流星が多いことがわかる。これが 1 2月いっかくじゅう座流星群の方が写真観測の時代には目立っていた理由である。