

ビデオ観測でみた20の流星群

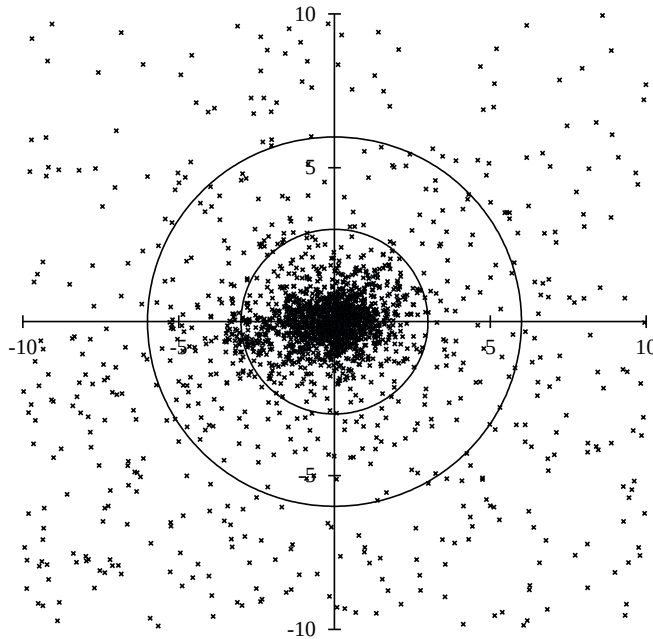
——やぎ座 α 流星群からはくちょう座 κ 流星群まで

MSSonline

日本流星研究会 小関正広

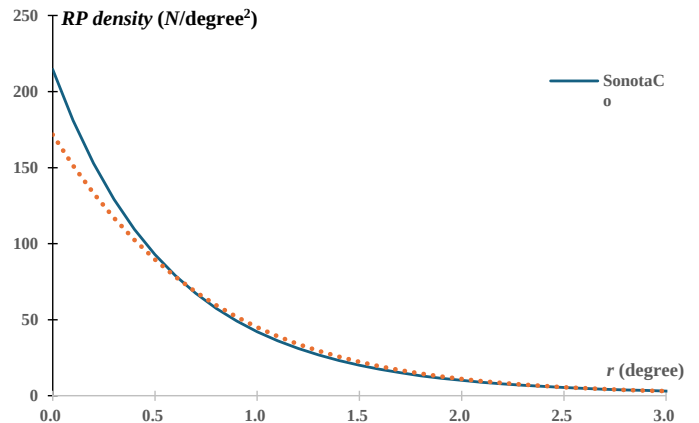
C. やぎ座 α 流星群

輻射点と地心速度



中心左側 3 度の円周上に見られるかたまりはやぎ座 ξ 流星群(0623XCS)である。

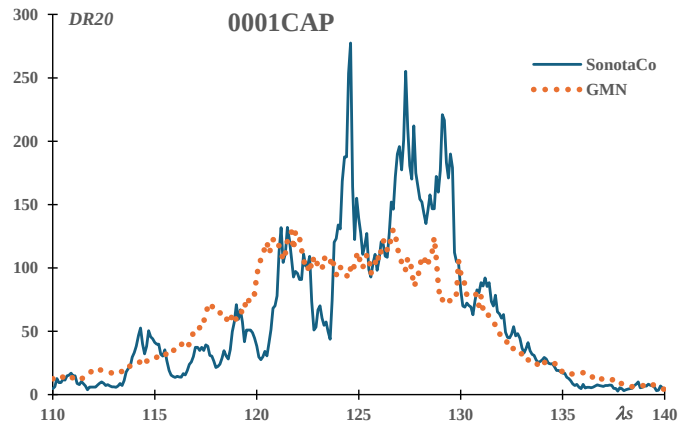
輻射点密度が半減するのは、SonotaCo ネット 0.41 度、GMN0.53 度、1/10 になるのが SonotaCo ネット 1.45 度、GMN1.68 度である。みずがめ座 η 流星群より



も広がり倍程度、4 月こと座流星群よりも拡散している。これには、周囲の散在流星の活動がやぎ座 α 流星群の方が大きいことも影響している。しかし、流星群の軌道の広がりも同一でも、地球軌道との交差角（地球向点からの距離角）が大きくなるほど、輻射点の見かけの広がりが大きくなるという幾何学的な理由によるところが大きい。下に輻射点移動の推算値を示す。

速度分布で $-3 < \Delta V_g < +3$ の範囲の流星から求めた標準偏差は SonotaCo ネットが 0.88、GMN は 0.74 である。これは、4 月こと座流星群の場合よりも小さく、測定誤差が地心速度に影響されていることを示している。

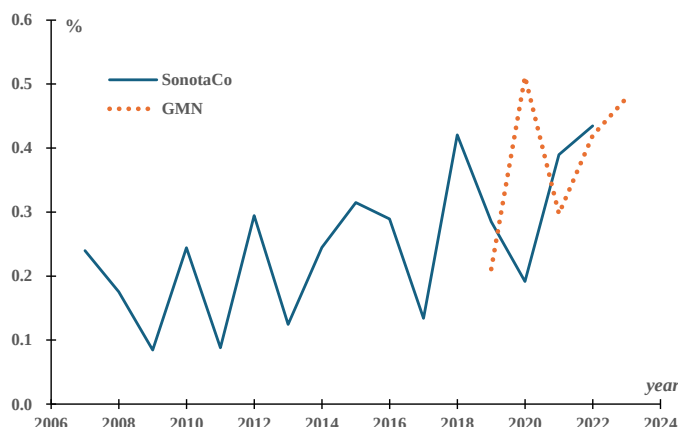
活動の変化：活動曲線と年変化



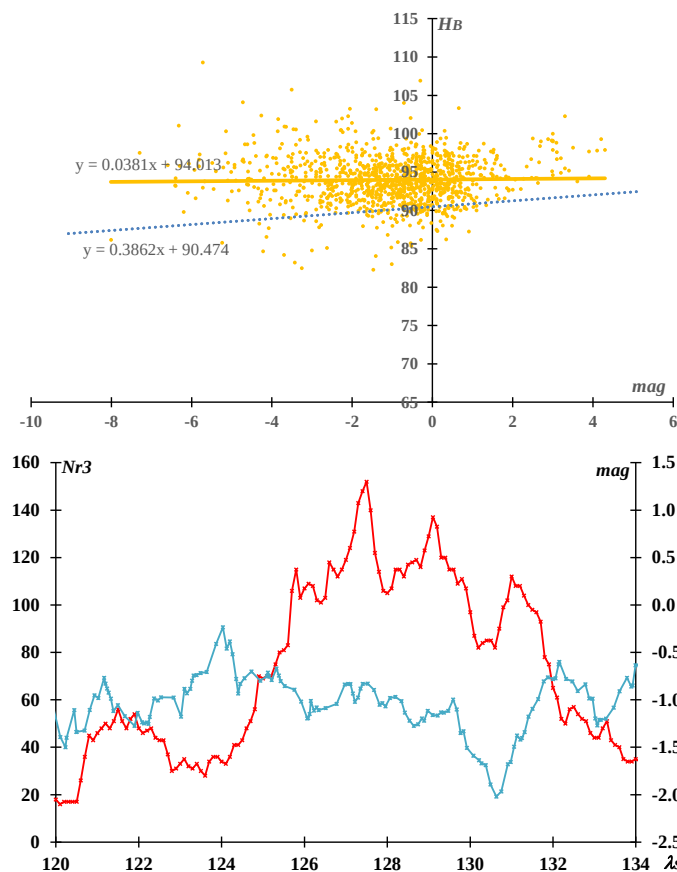
λ_s	α	δ	V_g
110	295.7	-13.2	25.0
115	298.7	-12.1	24.1
120	301.7	-11.0	23.3
125	304.6	-9.8	22.4
130	307.4	-8.6	21.5
135	310.3	-7.3	20.6
140	313.1	-6.0	19.7

SonotaCo ネットで DR20 の曲線に凹凸が多いのは、みずがめ座 η 流星群の場合と同様に、輻射点から 15~20 度の範囲の散在流星が少ないためであり、活動自体の変化ではない。移動平均の幅を 3 度にとると、 $\lambda_s=128.5$ 付近が極大となる。GMN では移動平均の幅を 3 度にとると、DR20 では $\lambda_s=121.5$ 付近が極大となる。日本では、やぎ座 α 流星群の活動前半は梅雨が明けておらず、観測が不十分なことが影響しているとみられるが、GMN の観測でも、それほど明確な極大は見られず、 $\lambda_s=125$ を中心に前後 2~3 日程度は同じ程度の活動が続くとみられる。

一方で、活動の年変化は興味深いものがある。全体の流星に占めるやぎ座 α 流星群の割合は、SonotaCo ネットによると、明らかに年々増加する傾向にあることがみられる。GMN の観測も活動が増加している傾向を否定するものではない。今後の観測が注目される。



発光点と消滅点の高度

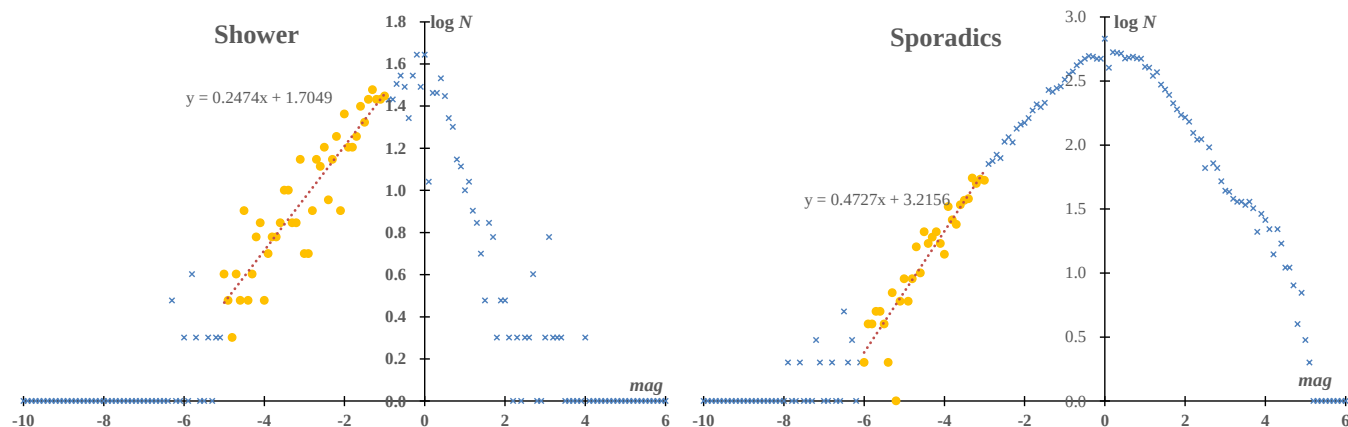


光度比

左上の図は群に属すると判定された太陽黄経 1 度幅の流星数の移動平均と同じく太陽黄経 1 度幅の平均光度を示したものである。極大を過ぎて太陽黄経 130 度を越えたあたりで極小（明るい流星が多くなる）となるように見える。あまり明瞭ではないが、GMN でも同様の傾向がみられる。しかし、GMN の平均光度が 1 等級ほど暗く、4 月こと座流星群やみずがめ座η流星群よりもさらに差が大きい。

一つの問題は、流星を検出する際の SonotaCo ネットと GMN の違いが作用しているものとみられることである。もう一つは、測光システムの違いである。これらの問題については稿を改めて触れることにする。

右上の図から、やぎ座α流星群は散在流星よりも明るい流星が多いことが示されるが、散在流星の光度比を 4.0 または 3.5 と仮定すると、それぞれ 2.63 と 2.30 となる。しかし、下図左に示すように光度分布から直接求めると $-5 < \text{mag} < -1$ の範囲で直線の傾き 0.247 から光度比は 1.74 と推定される。これは下図右に示した散在流星の分布の傾き 0.473 から推定される散在流星の光度比が 2.97 であることによる。散在流星の光度比は地心速度によって異なるのである。一方、GMN の観測から同様に光度比を求めると測光システムによる違いにより SonotaCo ネットの結果とは大きく異なるものとなる。これらの問題についても稿を改めて述べることにする。



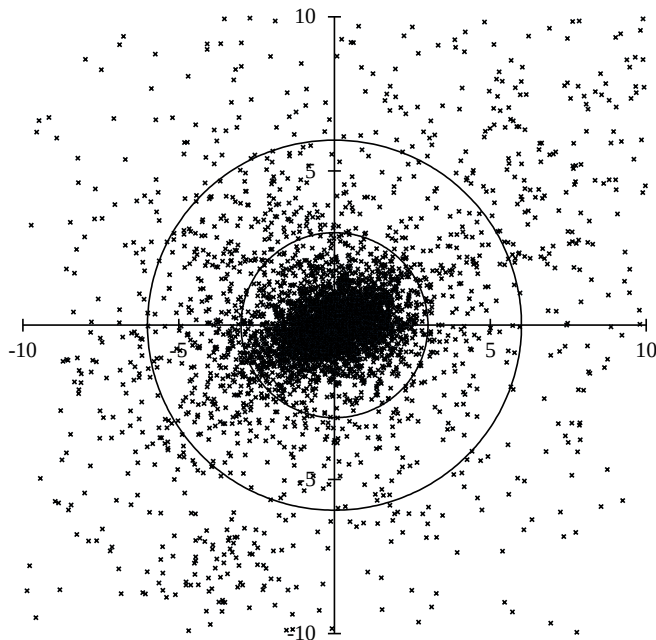
D. みずがめ座δ南流星群

輻射点と地心速度

輻射点移動を補正しても輻射点分布は楕円形になる。写真観測及び IAUMDC に登録されている報告でも同じ傾向がみられ、みずがめ座δ南流星群の特徴と考えられる。なお、左下のやや散漫な輻射点の集合は IAUMDC

こと座流星群と比べると発光点高度は 8.6km、消滅点高度は 8.7km ほど低い。これは、4 月こと座流星群の地心速度が 46.7km/s であるのに対して、やぎ座α流星群は 22.5km/s と半分ほどしかないことによるものである。

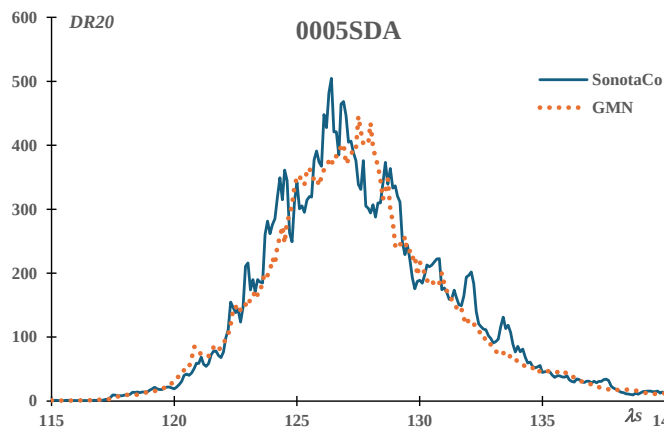
SonotaCo ネットによると、発光点高度と消滅点高度は 0 等級の流星で散在流星よりもそれぞれ、2.8km、3.6km 高く、95.8km、83.5km である。発光点と消滅点の高度が散在流星に比べて高いということは、4 月こと座流星群やみずがめ座η流星群と共通であり、やぎ座α流星群はこれらと似た性質を持つ流星体から構成されていることを示唆している。



1.38 度、GMN1.57 度である。地球向点からの離角がやぎ座 α 流星群よりやや小さい分だけ見かけ上は密集しているように見えている。

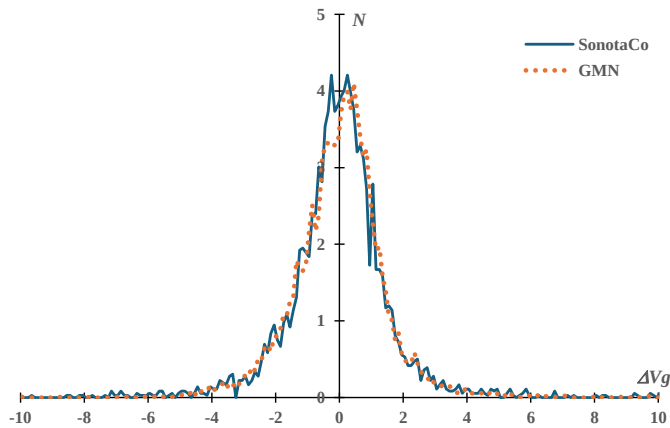
速度分布では推定値からの $\pm 3\text{km/s}$ の流星についての標準偏差は SonotaCo ネットが 1.09、GMN1.12 とほぼ同じである。上右図に見られるように分布も左右対称である。輻射点移動は右の通り。

活動の変化：活動曲線と年変化



DR20 で表すと活動曲線は、SonotaCo ネットと GMN の結果は極めてよく一致している。ほぼ極大を軸として前後対称である。極大は $\lambda s=127\pm 0.5$ の範囲に収まる。極大における DR20 で比べると、やぎ座 α 流星群の 3 倍程度の活動である。

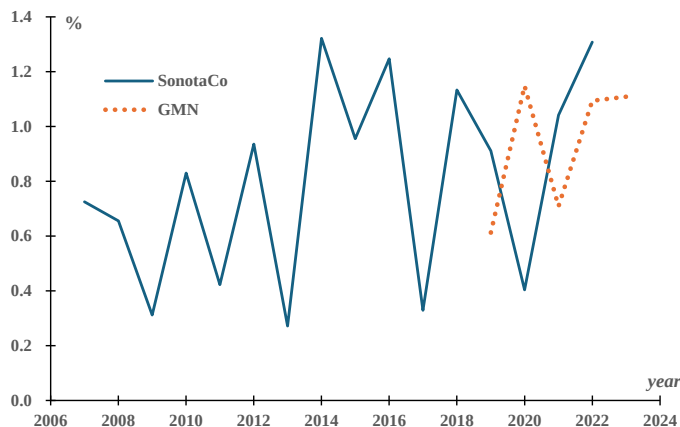
活動の年変化をそれぞれの年の総流星数に占める割合でみると、SonotaCo ネットではグラフがのこぎりの刃のようになっている。これはみずがめ座 δ 南流星群の活動が梅雨の明けきらない時期に当たるためであり、



では 0183PAU「みなみのうお座流星群」とされているが、古典的な意味での「みなみのうお座流星群」はこの図では右下に位置する。後者の活動期間は前者よりも遅く、別の流星群と考える方がよい。

輻射点密度が半減するのは、SonotaCo ネット 0.38 度、GMN0.45 度、1/10 になるのが SonotaCo ネット

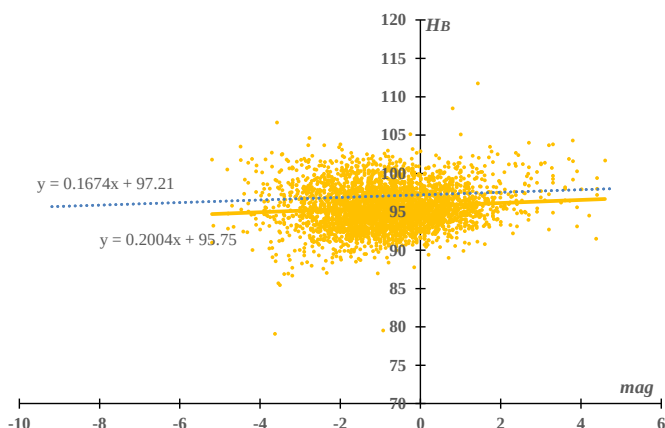
λs	α	δ	V_g
115	330.4	-18.6	42.6
120	334.4	-17.7	41.6
125	338.4	-16.8	40.7
130	342.3	-15.8	39.7
135	346.2	-14.9	38.7
140	350.1	-13.8	37.7



天候不良の影響である。これはやぎ座 α 流星群でも同じ年に群流星数の割合が減っていることから確認できることで、GMN のグラフに見られるように毎年の活動は安定していると考えられる。

発光点と消滅点の高度

SonotaCo ネットによれば、みずがめ座 δ 南流星群の 0 等級の流星の発光点は散在流星に比べて 1.5km 低く、逆に消滅点の場合は散在流星よりも 0.9km 高い。GMN の場合では、発光点が 2.8km 低く、消滅点も 0.5km 低い。みずがめ座 δ 南流星群の発光点高度及び消滅点高度は散在流星よりやや低いと考えられ、これまで述べてきた、4 月こと座流星群、みずがめ座 η

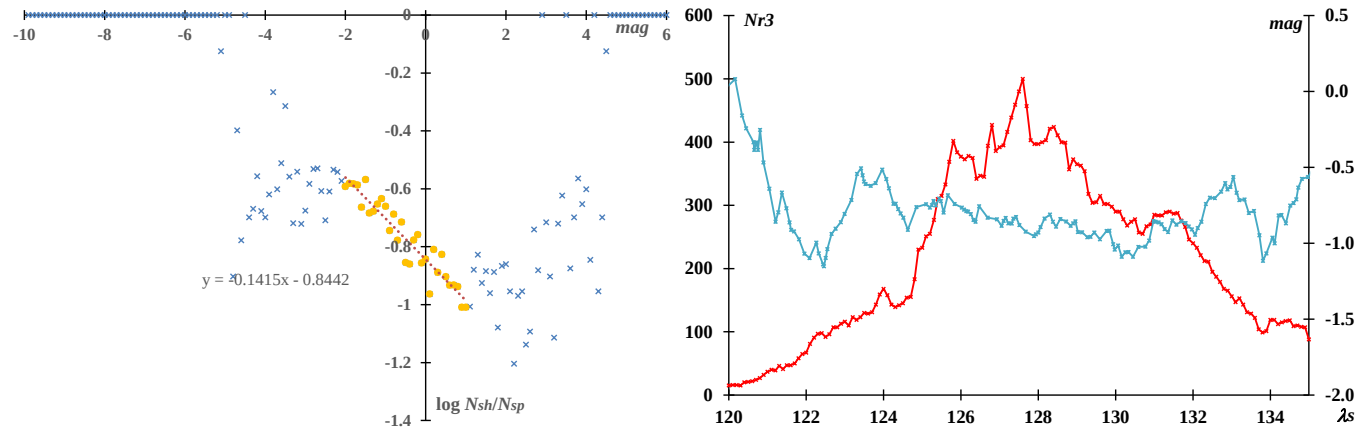


流星群、やぎ座 α 流星群とは流星体の性質が異なることを強く示唆している。

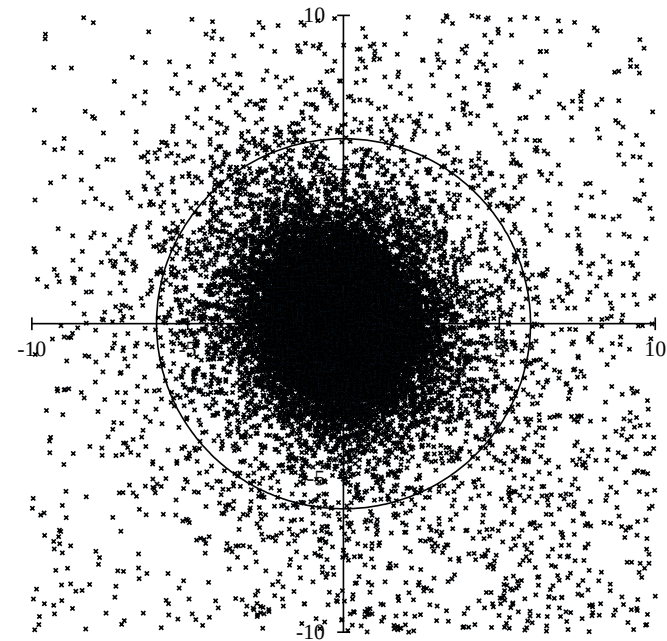
光度比

みずがめ座 δ 南流星群の散在流星に対する光度分布は下図左のようになり、散在流星の光度比を 4.0 または 3.5 と仮定すると、みずがめ座 δ 南流星群の光度比はそれぞれ、2.89 と 2.53 と推定される。一方、 $-4.4 < \text{mag} < -2.4$ の範囲の流星から直接求めた光度比は 3.28 である。散在流星の光度分布 $-6 < \text{mag} < -3$ からは散在流星の光度比は 3.82 であり、これと左側の図の直線の傾きと組み合わせると光度比は 2.76 となる。

活動曲線と平均光度のグラフを重ねると右下の図となり、極大のあたりで平均光度がやや下がり、明るい流星の割合が増えると考えられる。GMN では平均光度が 0.6 等ほど暗く、変化も小さい。

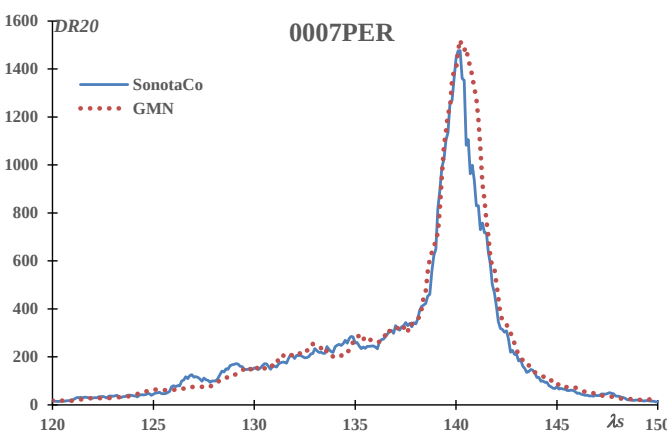


E. ペルセウス座流星群



が地心速度により大きくなることを示している。回帰分析により求めた輻射点移動と地心速度の変化を右に示す。

活動の変化：活動曲線と年変化



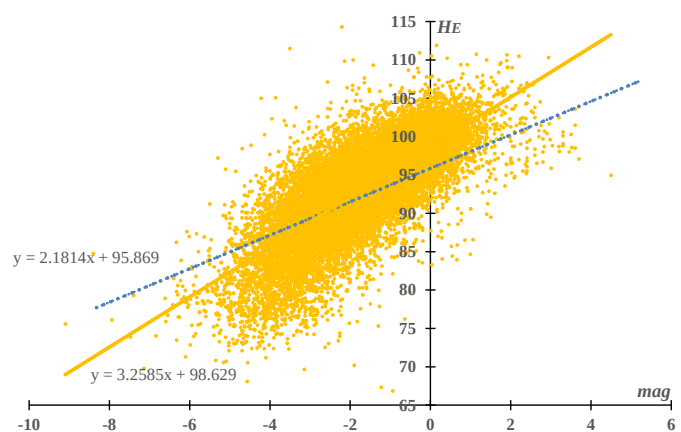
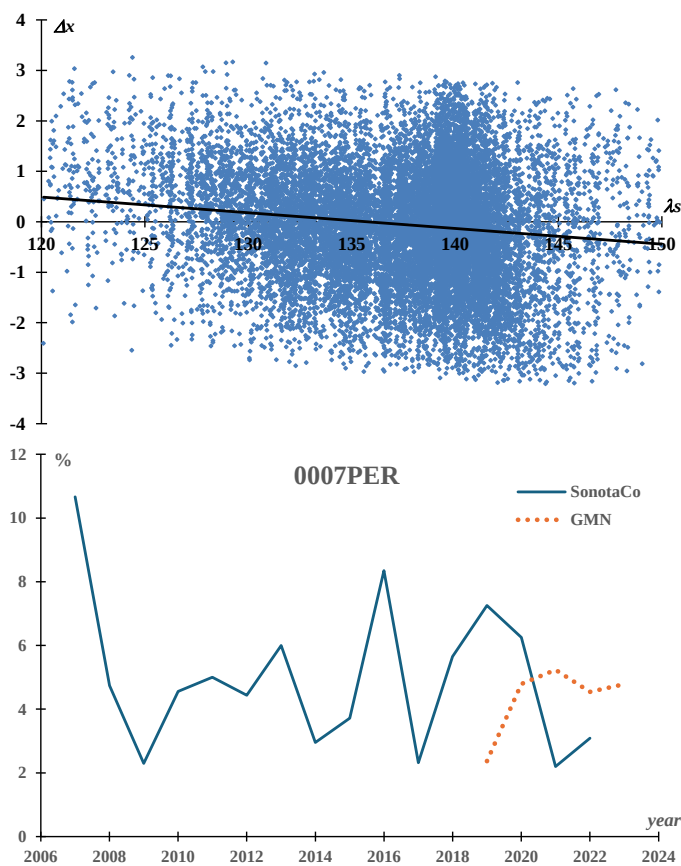
輻射点と地心速度

ペルセウス座流星群の輻射点は広がっているといわれることが多く、左の分布図でもかなりの広がりがみられる。しかし、輻射点密度が半減するのは、SonotaCo ネット 0.53 度、GMN 0.75 度、1/10 になるのが SonotaCo ネット 1.85 度、GMN 2.13 度であり、極端に広がりが大きいわけではない。しかし、地心速度が大きく、地球向点からの距離が似ているみずがめ座 η 流星群の 2 倍ほどの広がりを持つ点は注目される。

速度分布で $-3 < \Delta V_g < +3$ の範囲の流星から求めた標準偏差は SonotaCo ネットが 1.16、GMN は 1.15 である。これは地心速度相応の大きさで、速度の測定誤差

λ_s	α	δ	V_g
120	21.1	52.6	58.5
125	27.4	54.1	58.6
130	33.9	55.6	58.8
135	40.9	56.9	58.9
140	48.2	58.0	59.0
145	55.8	58.9	59.1
150	63.8	59.5	59.2

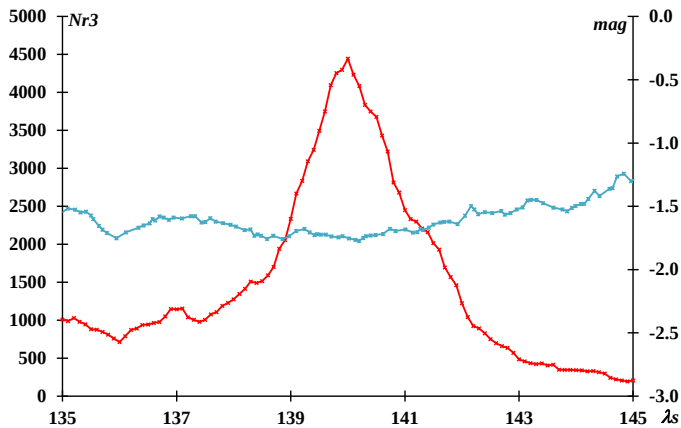
DR20 で活動曲線を描くと、SonotaCo ネットも GMN もほとんど一致した形になる。極大前に裾野といえる長い活動がみられることが特徴である。MSSonline ですでに GMN の観測を用いて述べているが、改めて SonotaCo ネットのデータによっても確認しておく。輻射点移動について x 軸方向の移動は、 $\lambda_s = 120 \sim 150$ 全体の回帰直線から $\lambda_s < 135$ で外れているように見える。ペルセウス座流星群を 2 つの活動に分けて考えると、活動曲線の裾野部分と極大部をうまく説明できる。 $\lambda_s = 135$ に極大があるとして推定の活動曲線を描くと下図右のようになる。この活動



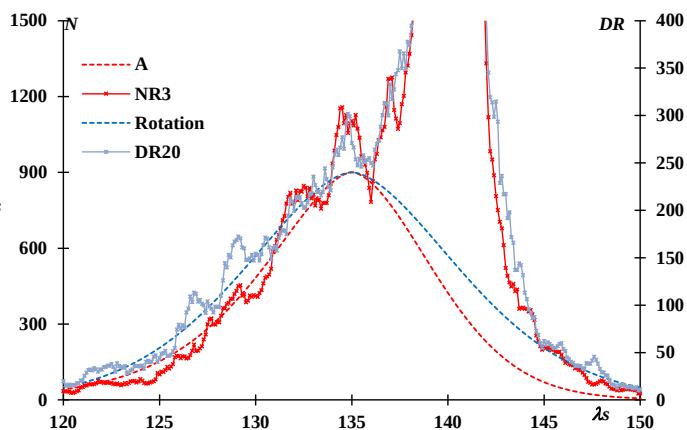
も見られる現象である。発光点でも、消滅点ほどではないが、明るい流星では回帰直線より高くなる傾向がみられる。

光度比

散在流星との光度分布の比は SonotaCo ネットと GMN でそれぞれ、 -0.220 、 -0.200 であり、それぞれの散在流星の光度分布を当てはめると、ペルセウス座流星群の光度比はそれぞれ、 2.96 、 2.67 となる。意外ともいえる



が、この値はみずがめ座δ南流星群の光度比とほぼ同じであり、ペルセウス座流星群は明るい流星が多いとは

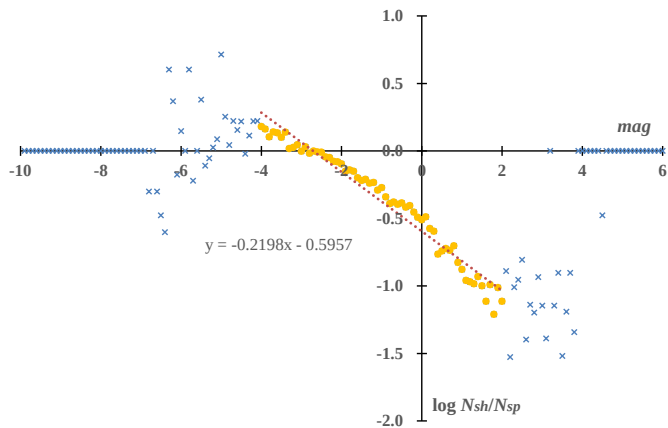


をペルセウス座流星群の古層とみることもできるが、発光点・消滅点、光度比はこの裾野部分と頂上部分でわずかに裾野部分の流星の方が散在流星に近いだけで明瞭な違いはみられない。しかし、裾野部分から求めた輻射点移動の延長線はよりカシオペア座ε流星群(0444ZCS)に近づく点は注意しておく必要がある。

ペルセウス座流星群の年間の総流星数に対する割合の変化をグラフにすると、SonotaCo ネットでは大きな変動がみられるが、GMN ではほぼ一定である。これは次項のはくちょう座流星群で詳しく書いているようにペルセウス座流星群の活動時期に日本では悪天候に見舞われることが少なくないためで、見かけのものである。GMN は 2019 年に活動を加速度的に拡大しており、ペルセウス座流星群の割合が低いのはそのためであろう。ペルセウス座流星群の年間の総流星数に占める割合は 5%程度で安定しており、ふたご座流星群に次ぐ、二番目の流星群ということになる。

発光点と消滅点の高度

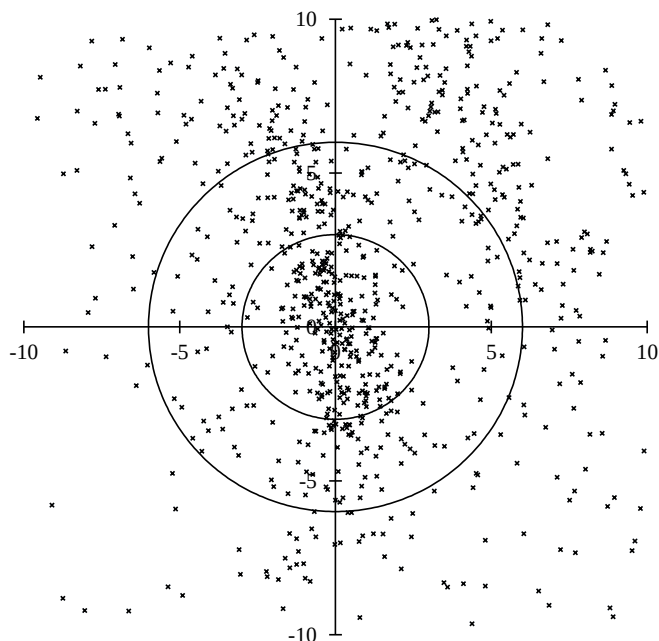
図に見られるようにばらつきは大きいですが、平均的には発光点も消滅点もほぼ地心速度に応じたものとなっている。ここに示したのは消滅点の高度であるが、明るい流星では回帰直線より消滅点高度が低くなる流星が目立つ。図のように群流星と散在流星の回帰直線が大きく交差するのは、ふたご座流星群で



言えない。さらに、ペルセウス座流星群の流星から直接光度比を推定すると SonotaCo では $-6 < \text{mag} < -4$ の範囲で、5.33、GMN では $-5 < \text{mag} < -3$ の範囲で 3.60 とさらに大きくなる。ただし、回帰直線に対して実際の分布が弧を描いているように見え、光度分布が必ずしも指数関数で表せない可能性も示唆している。

F. はくちょう座 κ 流星群

輻射点と地心速度

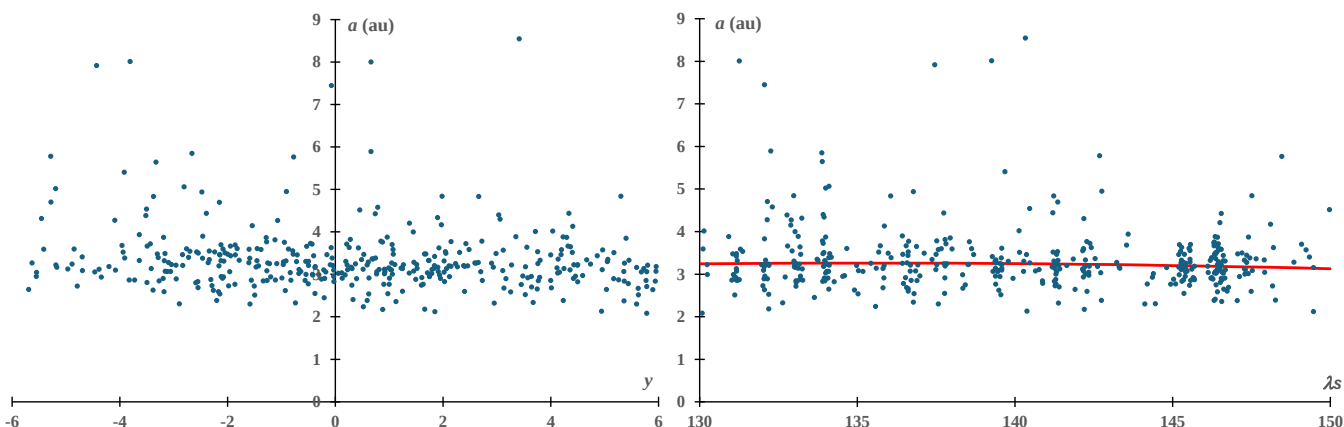


この輻射点の広がりが軌道上でどのような分布になるかを近日点の座標分布で右に示す。上の輻射点分布図で $-3 < x < 3$ 、 $-6 < y < 6$ の範囲にある輻射点の近日点分布を点で示している。近日点の黄緯はほぼ一定で黄経が変化している。これは Mean として示した輻射点の移動による軌道変化にほぼ一致している。はくちょう座 κ 流星群の流星体は一方で、軌道面 Plane に沿ったものではないことがわかる。なお、○Center は極大時の近日点方向である。

はくちょう座 κ 流星群の軌道半長径(a : au)の変化を輻射点分布図の y 軸、また、太陽黄経に沿ってみると、両方ともにほぼ一定であることがわかる。従って、輻射点分布が長楕円形になるのも、はくちょう座 κ 流星群の軌道が大きさを変えずに黄道面に沿って黄道の極を中心に回転しているためであることがわかる。地心速度の変化は軌道長半径が一定という条件に合うもので、地心速度の標準偏差は地心速度に見合うものである。

さらに注目されるのが輻射点分布の右側に見られる活動であるが、これについては後述する。

活動の変化：活動曲線と年変化

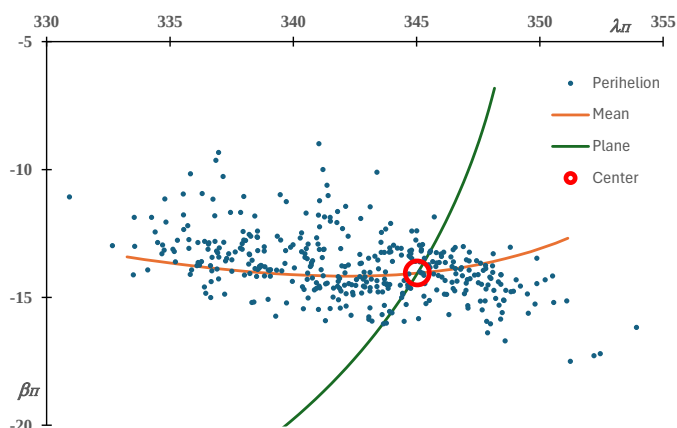


SonotaCo ネット (左) と GMN (右) によるはくちょう座 κ 流星群の活動曲線を比べると SonotaCo ネットのグラフは極大がまったく不明瞭である。GMN のものは、ほぼ 2021 年の観測だけによるものだが、 $\lambda_s=142$ 付

輻射点は移動を考慮してもなお、細長い分布をしている。そのため、輻射点密度が 1/2 になるのが 1.20 度、1/10 になるのが 4.74 度とやぎ座 α 流星群に比べてもかなり大きい。GMN でも、それぞれ、1.38 度、4.33 度である。

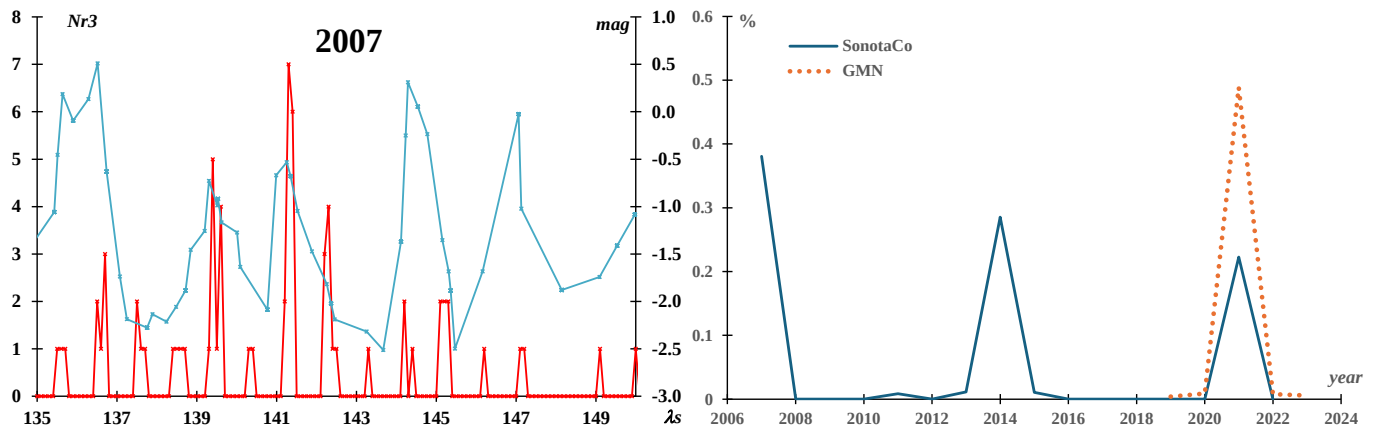
λ_s	α	δ	V_g
125	275.4	38.1	19.2
130	279.2	41.4	20.0
135	282.6	44.8	20.9
140	285.8	48.4	21.8
145	288.5	52.1	22.6
150	290.6	55.9	23.5
155	292.1	59.7	24.4

回帰分析により求めた輻射点移動と地心速度の変化を上を示す。GMN の結果は極大付近では一致するものの、輻射点の移動速度が大きく見積もられ、極大前では上より赤緯が 2 度ほど低く、後では 2 度ほど高くなっている。

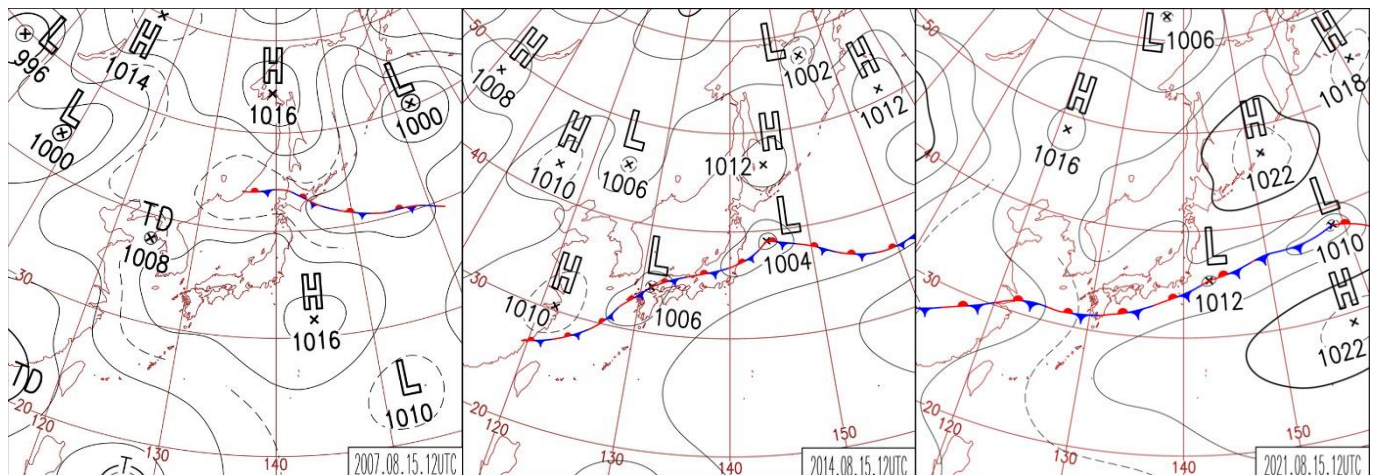
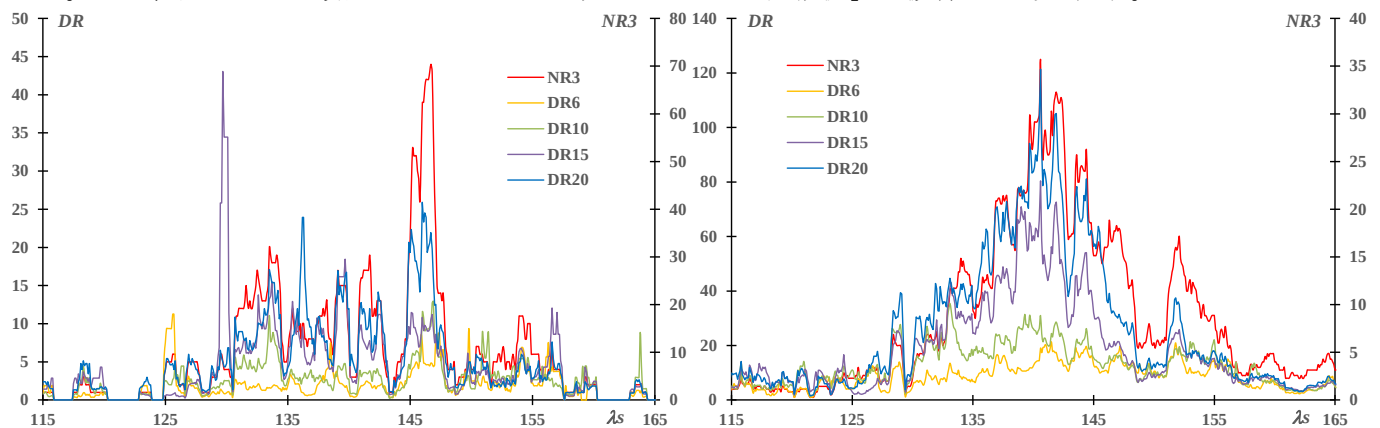


近に明瞭な極大がみられる。

SonotaCo ネットのグラフがゆがめられている原因は 2014 年と 2021 年の天候不良にある。2007 年だけのデータを取り出すと左のようになる。櫛の歯状になっているのは日本で観測できる時間帯が断片的だからである。各突起の頂点を結ぶと GMN のグラフとほぼ同様な活動状況を捉えていることがわかる。



2007 年、2014 年、2021 年 8 月 15 日の天気図を「デジタル台風：100 年天気図データベース - 過去の天気図アーカイブと日本の気象観測の歴史」(<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/weather-chart/>)から取り出して掲げる。また、同サイトに引用されている「気象庁日々の天気図概況」の抜粋を参考に記す。



2007 年：太平洋高気圧の勢力は、地上から上空まで非常に強まり、日本付近を広く覆う。

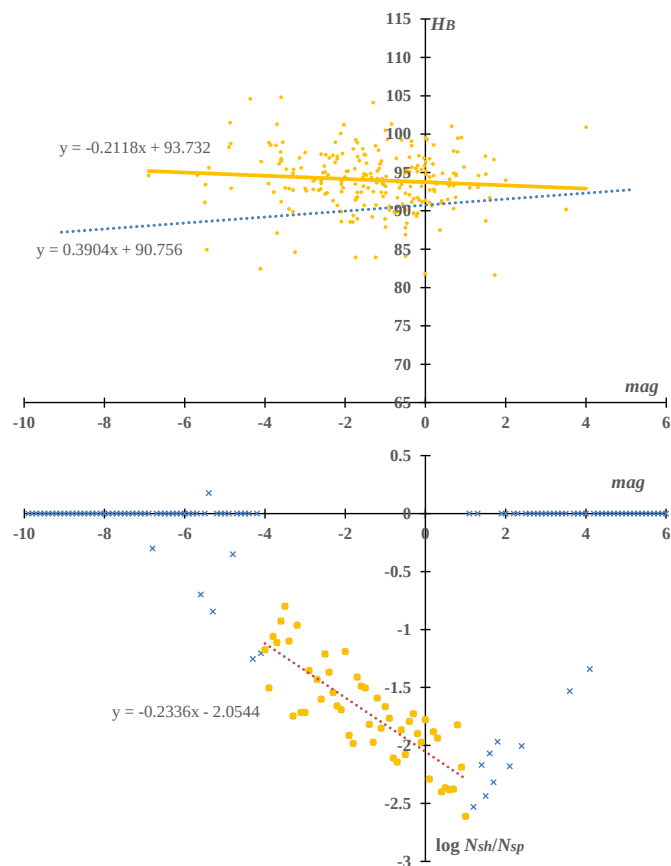
2014 年：前線に向かって流入する暖かく湿った空気の影響で関東と北海道を除く広範囲で雨。

2021 年：前線は西日本～東日本太平洋沿岸をゆっくり南下、西～東日本太平洋側を中心に雨。

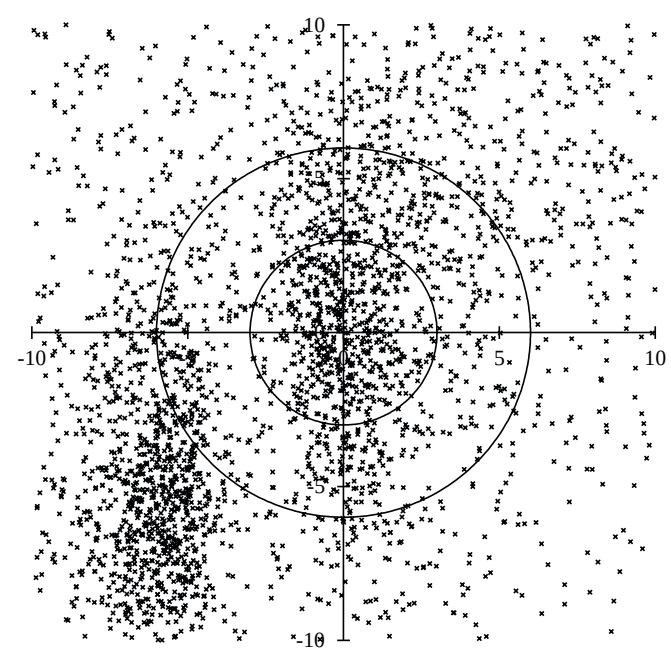
SonotaCo ネットが 2007 年にはくちょう座κ流星群の活発化を捉えることができたのは天候に恵まれたことが要因の一つである。

はくちょう座κ流星群(KCG)と判定した推定輻射点から 3 度以内の流星数の年間の総観測流星数に占める割合をみると、活動に 7 年の周期があることが明白である。そのほかの年に KCG と判定される流星はほとんどないと言って差し支えない。平年に KCG を捉えたとしているのは後述する AXD の誤認である。2021 年に GMN が SonotaCo ネットの 2 倍ほどの KCG を捉えているが、これは先に述べた天候の影響であり、天候に恵まれた場合には総流星の 0.5% 程度の活動をすると考えられる。

発光点と消滅点の高度



これは7年周期で活発化する活動を捉えたものである。ここでAXDと呼んでいる活動は毎年、KCGの西側数度のところに見られるものであるが、眼視観測の検出限界に近いレベルである。一方、AUDはSekaninaがHarvardの電波観測で見出したものであるが、JenniskensがここでAXDと呼んでいる活動と同定した。これは明らかな誤りであり、現在のところIAUMDCにこの活動を適切に表す記載はない。さらに、AXDの活動に接続するかのような活動があり、混乱を招いている。この活動は本来的には、LindbladやTerentjevaによってZDR(zeta-Draconids)と呼ばれていたものであるが、RendtelによってZDRが別のものに誤用されてしまったのが原因である。周期的に活発化するKCG、仮称AXD、そしてZDRという3つの活動が隣接していると捉えるべきであろう。GMNの観測により、AXDの概要を示す。



発光点高度と消滅点高度はSonotaCoネットによると、0等級の流星で散在流星よりもそれぞれ、3.0km、3.9km高い。みずがめ座δ南流星群とは異なり、やぎ座α流星群と似た流星体と考えられる。しかし、ほぼ地心速度が等しいやぎ座α流星群よりも、わずかではあるが、発光点高度と消滅点高度は低くなっている。

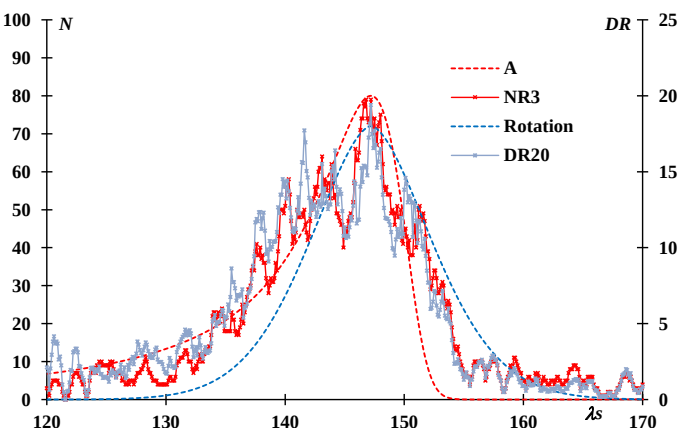
光度比

SonotaCoネットもGMNもはくちょう座κ流星群の流星単独では光度比を求めることができない。流星数が多くないことも原因だが、ばらつきが大きく、光度分布が定まらないためである。散在流星との比からは比較的是っきりとした直線関係が得られ、その傾きはSonotaCoネットが-0.2336、GMNが-0.2420である。これは明るい流星が多いとされるやぎ座α流星群やペルセウス座流星群よりも明るい流星の比率が高いことを意味している。それぞれ、散在流星の光度比は推定できるので、それからはくちょう座κ流星群の光度比はSonotaCoネット、GMNそれぞれ、1.77、2.12と推定される。

AXDとの関係

この活動はKCGとして扱われたり、AUDとされたりすることもあるが、いずれも正しくない。筆者はAXD(August xi-Draconids)と仮称している。KCGは本来、Whippleが1945年の写真観測で見出したもので、

左下に見える輻射点のはくちょう座κ流星群(KCG)である。AXDもKCG同様に輻射点は細長く広がっている。極大はKCGより5日ほど遅く、極大後の活動は急激に低下する。



KCGの活動は活発化した年以外には見られず、毎年見られるのはAXDの方である。GMNによると2021年以外はKCGよりAXDの方がずっと多い。

年	2019	2020	2021	2022	2023
KCG	2	11	1035	26	25
AXD	19	79	78	104	255