

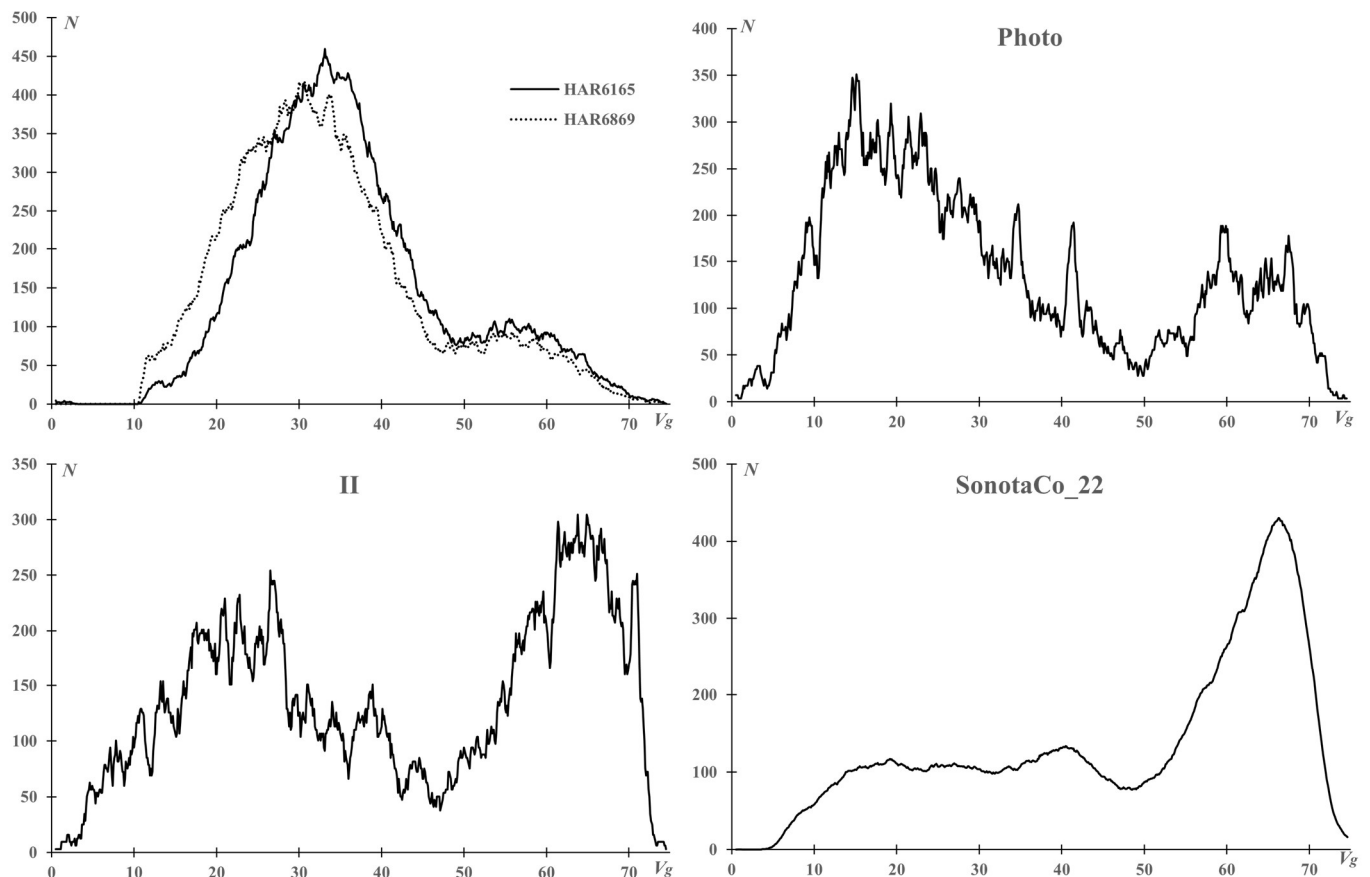
要旨

「散在流星」のなかみは観測・研究者の「流星群の定義」によって違ってくことはもちろんだが、観測法によっても大きく異なる。ビデオ観測は高速の流星を、写真観測は低速の流星を多く捉える。電波観測は写真観測に次いで低速の、そして II 観測は写真観測とビデオ観測の中間的な性質を示す。

ビデオ観測のなかでも GMN と SonotaCo ネットでは違いがあり、GMN はより低速の流星を多く捉え、さらに SonotaCo ネットの観測でも 2020 年以降の観測では 2007~19 年よりも低速の流星の割合が増えている。光度分布はもちろん、流星体の物理的性質を考慮するのに使われる発光点高度が両者で異なっていることを示した。光度を含む物理的性質を議論する際に SonotaCo ネットのデータでは 2020 年以降のデータに注意が必要である。

写真観測・電波観測・II 観測・ビデオ観測

観測方法によって、捉える流星の地心速度が異なる。このことはいろいろな機会に述べているが、改めて確

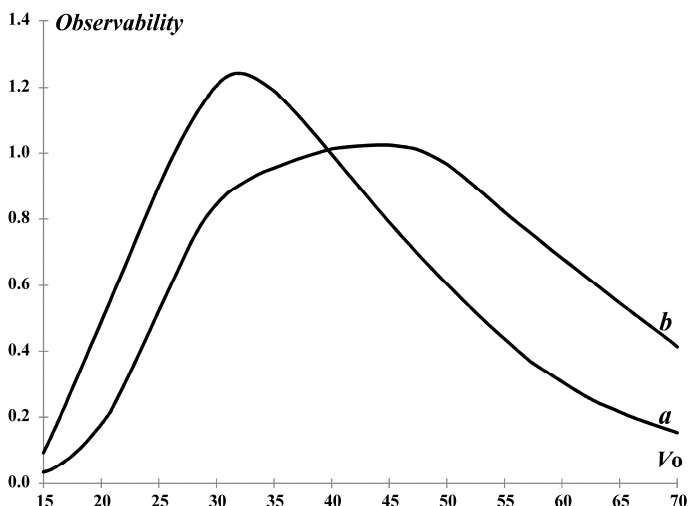


認しておく。この 4 つの図はいずれも全体の流星数が 1 万個となるように規格化している。

このような違いは、光学的観測に限っても、使用するレンズの口径、焦点距離、受光部の感度及び、感度が最大となる波長域、さらには流星像の検出方法という複合的な原因によって生じている。電波観測の場合には使用する波長域、出力、受信感度、発信点と受信点の位置関係等々、これまた複雑な要因がある。

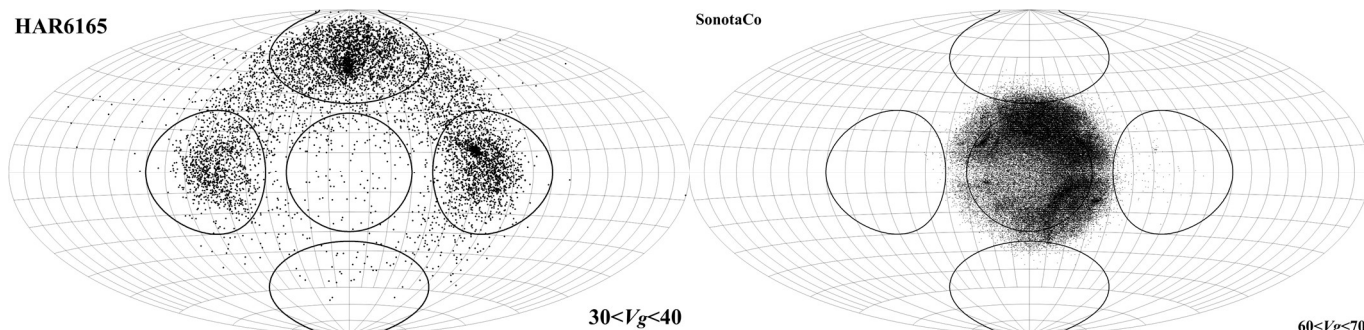
4 つの観測方法で共通するのは流星の速度が 45~50km/s のあたりを境に 2 つの山ができてきていることである。しかし、どちらが優勢か、また、その程度には大きな違いがみられ、写真観測とビデオ観測 (SonotaCo_22) が両極端となっている。

Kasheev らによるレーダー観測による捕捉率の推算値を左に示す。a は電子密度が $10^{10}/\text{cm}^3$ の電離柱を捉えることができる高感度のもの、b は電子密度が 2×10^{11} でなければ捉えられない低感度のものである。



両者は流星の速度が 40 km/s で 1 となるように規格化されている。電波観測は中～低速の流星が中心だが、強力な装置ほど低速の流星が中心になる。

前ページの 4 つの図で左上はハーバードの電波観測を示しているが、1961-65 年の観測(HAR6165)よりも 1968-69 年の観測(HAR6869)の方がやや高感度のシステムになっていることが推察される。

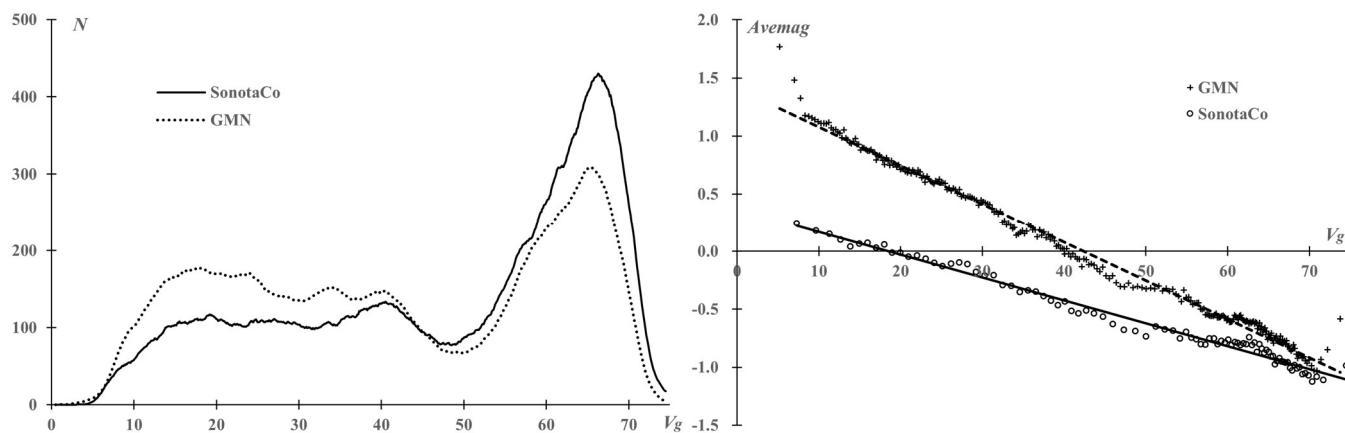


得意とする速度領域が異なるので、観測方法によって多くの流星を捉える輻射点の領域は地球向点からの離角で異なる。電波観測では 30~40km/s、ビデオ観測では 60~70km/s の流星を多く捉えるが、それぞれの速度領域で捉えられる輻射点を(λ - λ_s , β)座標(地球向点を中心とする黄道座標)で示す。電波観測(HAR6165)では Helion source (左側の囲み)、Anti Helion source (右側の囲み)、Toroidal source (中央上の囲み) が強調され、Apex source (中央の囲み) は目立たない。一方でビデオ観測(SonotaCo)では、ほぼ Apex source に限られる。これは流星と地球の運動方向の幾何学的な関係で、速度が 60km/s を越えるような流星は地球向点の方向にしか出現しないので当然なのである。

このように、得意とする速度領域の関係で、電波観測とビデオ観測では捉える流星の輻射点方向に大きな違いを生じている。HAR6165 の輻射点分布には流星群も含めているが、SonotaCo の方は散在流星だけの輻射点分布である。得意とする速度領域は流星群であるか散在流星であるかには無関係であり、電波観測では Helion source、Anti Helion source、Toroidal source に存在する流星群を多く検出し、ビデオ観測では Apex source のものを多く検出するということになる。

SonotaCo ネットと GMN

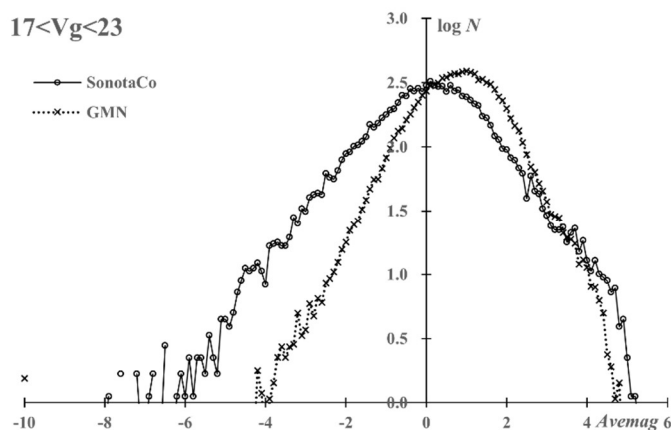
ビデオ観測では SonotaCo ネットも GMN も高速の流星が中心であることは共通している。しかし、GMN は SonotaCo ネットよりも低速の流星の割合が高い。左図は流星の総数を 1 万個に規格化して示したものであるが、GMN では 10~20(km/s)と 60~70(km/s)の 2 つの極大が見られ、SonotaCo ネットの場合には前者の極大がみ



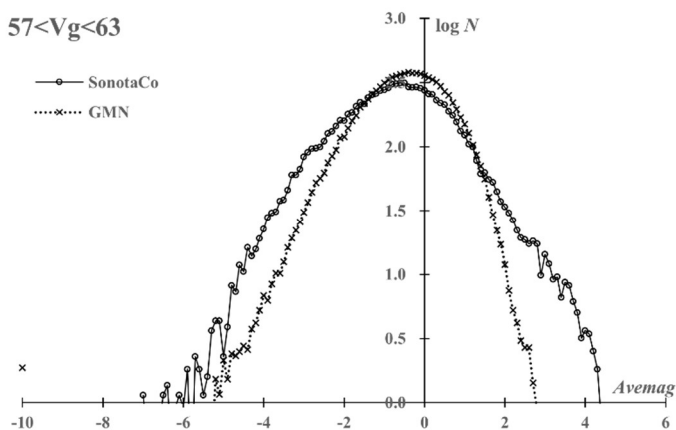
られない。右図は地心速度と捉えられる流星の平均光度の関係を示したものであり、明らかに低速の流星では SonotaCo ネットよりも GMN の方が暗い流星を捉えていることがわかる。

しかし、流星の光度測定には難しい問題があり、SonotaCo ネットと GMN では光度の値に系統的な差が存在する。次ページの左図は地心速度が $17 < V_g < 23$ つまり平均 20(km/s)の流星、右図は地心速度が平均 60(km/s)の光度分布を比較したものである(両者ともに流星の総数をしている)。左図で SonotaCo ネットと GMN の極大がずれているのは、先に述べたように SonotaCo ネットよりも GMN の方が低速では暗い流星を捉えることができることを表している。しかし、GMN の方が分布の幅が狭い。このことは地心速度が平均 60(km/s)の光度分布では明確となる。GMN の光度分布は SonotaCo ネットのものにすっぽりと収まっている。このように GMN と SonotaCo ネットでは光度の尺度が異なっている。ここでは触れないが、GMN の場合には極めて明るい流星では飽和によって異常な光度を示すことが知られている。光度比等を求める際には大きな問題となるが、ここでは、SonotaCo ネットと GMN の光度の尺度が異なることを指摘するに止める。

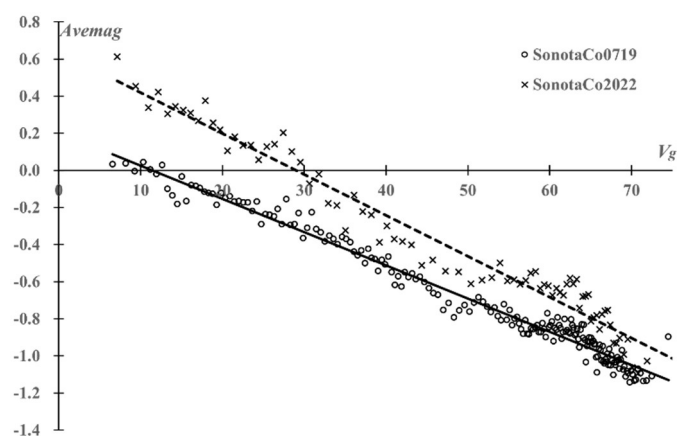
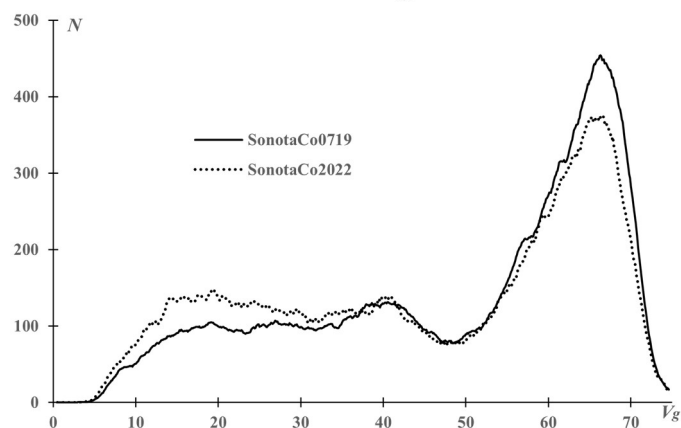
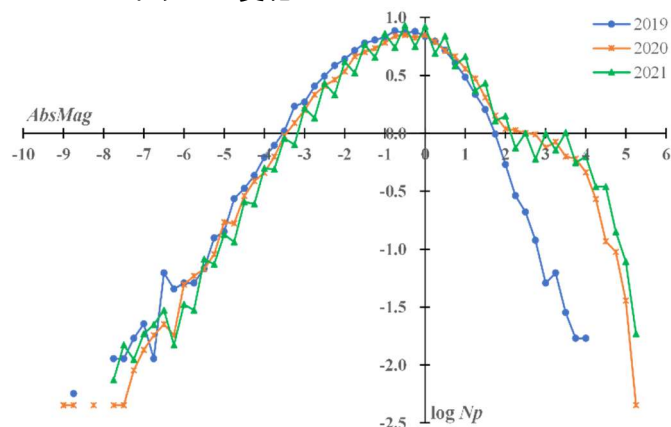
17<V_g<23



57<V_g<63



SonotaCo ネットの変化



ことが低速の流星をそれ以前より多く捉えられるようになった理由と考えられる。

暗い流星まで捉えられるようになり、低速の流星について多くの情報が得られるようになったことは大きな進歩と言える。しかし、良いことばかりではない。流星の光度が関係する分析では、SonotaCo ネット全体を扱うには注意が必要となった。低速の流星で観測数が大きく増加した $10 < V_g < 20$ の範囲における発光点の分布をみてみよう。2020~22 年の観測(SonotaCo2022)をみると、光度が 4 等級のあたりに集団ができてい

SonotaCo ネットでは 2020 年以降、一部で機器の更新が行われ、暗い流星を捉えるようになった。2019 年、2020 年、2021 年に SonotaCo ネットで観測された散在流星の光度分布を規格化して示すと、2019 年と 2020 年以降では明らかに 3 等級より暗い流星を多く捉えていることがわかる。これは以前に多用されていた単焦点、F 値の小さい監視カメラの利用から、流星を専門に狙うために焦点距離の長い、また、高感度の受光素子を用いたカメラが利用されるようになったためである。この図は規格化しているの、よく見ると 2020 年以降では明るい流星の割合がわずかではあるが減少していることがわかる。

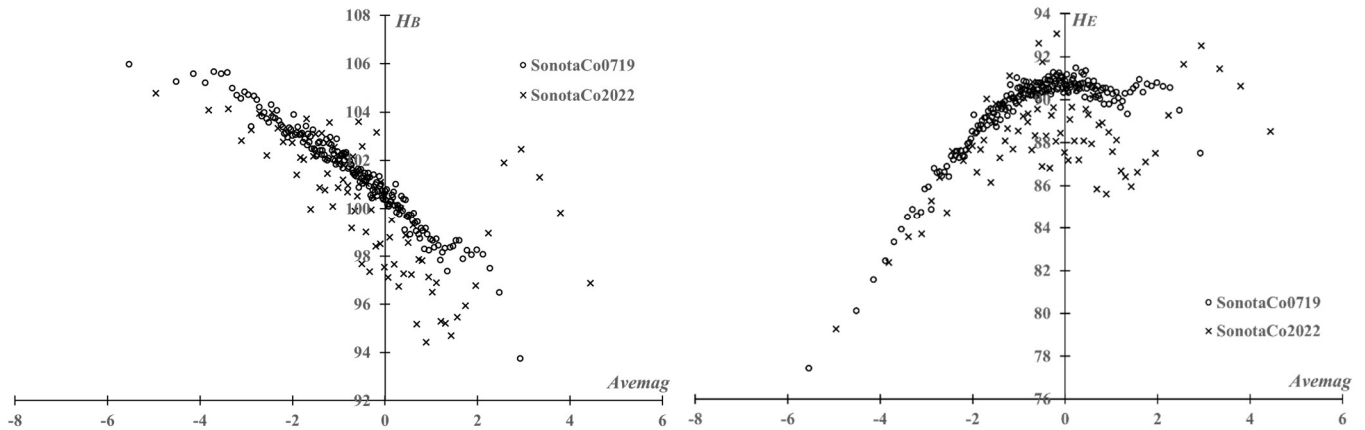
先に SonotaCo ネットと GMN の地心速度に対する流星の捕捉率を比較したが、ここでは SonotaCo ネットの 2007~19 年と 2020~22 年の両者で地心速度に対する流星の捕捉率を比較してみよう。

SonotaCo ネットの観測でも 2020~22 年では GMN の場合と同様に高速の流星の割合が減って、低速の流星の割合が増加していることがわかる。

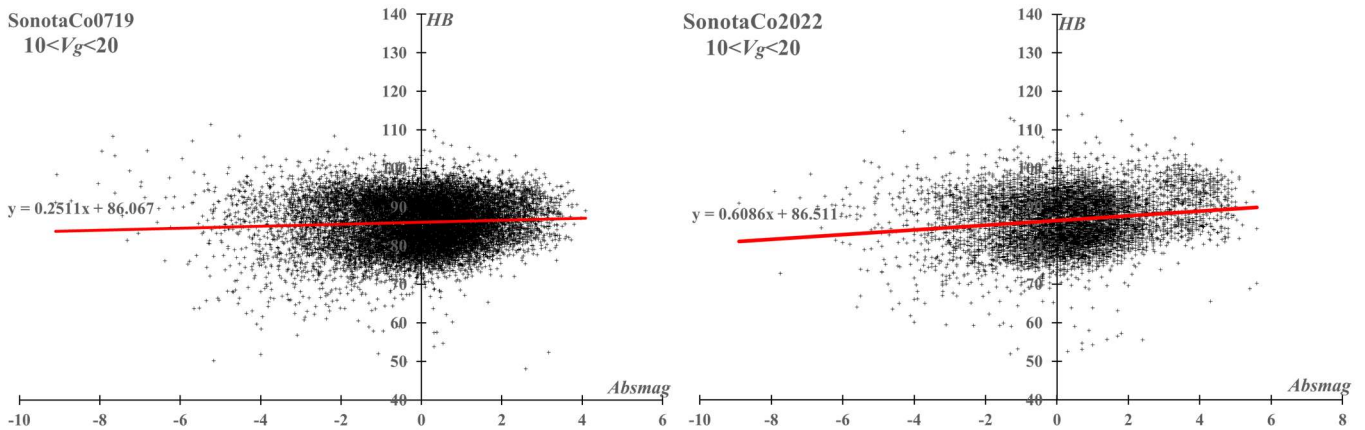
これは焦点距離の長いレンズが使用されるようになったことによるものと考えられる。II の捕捉率ではビデオ観測よりも低速の流星を多く捉えていることを示した。これは II の観測で初期には $f=50\text{mm}$ 、後には $f=85\text{mm}$ というビデオ観測で従来用いられてきたレンズよりも焦点距離が長いためである。プロによる写真観測ではさらに長い焦点距離のカメラが使われていたため、II よりもさらに低速の流星の割合が多いのだと言える。

このように使用されるレンズの焦点距離によって、捉えられる流星の速度に違いがみられるので、同じ光学観測であっても、検出される流星群に相違がみられることは当然と言える。

次に地心速度と観測される流星の平均光度の関係をみてみよう。明らかに 2020 年以降では、それ以前よりも地心速度の全領域で暗い流星を捉えていることがわかる。その差は低速の流星ほど大きく、このこ



は新しい機器によって得られた観測とみてよいだろう。この集団の存在によって、発光点高度の光度による分布を表す直線近似に 2007~19 年の観測(SonotaCo0719)とは違いが生じた。直線近似を見てもわかるように 2007~19 年に比べて 2020~22 年では傾きが大きくなっている。図中で直線近似のそばに記した式で確認されたい。一方で式の定数項は光度 0 等級の流星の発光点高度を示しているが、2007~19 年に比べて 2020~22 年がやや高いものの、ほぼ同じである。発光点高度及びその傾きは流星体の物理的特性を知る手がかりであるが、SonotaCo ネットのデータを使う際には注意が必要であることを指摘しておく。



同様に、流星の平均光度と発光点、消滅点の高度との関係でも 2007~19 年と 2020 年以降のデータでは大きな違いを生じる。発光点高度と流星の光度との関係（地心速度との関係を無視している）において 2020 年以降のグラフで(SonotaCo2022)1~2 等級までの発光点がそれ以前のものよりやや低く、傾きも大きいだけでなく、1~2 等級以上では発光点高度が急激に上昇し、その後下降している。右側の消滅点高度でも発光点高度の場合同様に 2020 年以降とそれ以前では明らかな違いがみられる。0 等級まで消滅点高度は光度に従って上昇する傾向は共通するが、2020 年以降では上昇のしかたがやや緩やかである。0 等級より明るい流星で一旦、消滅点が下がり、1~2 等級で再び上昇に転じるのも共通するが、消滅点の下がり方は 2020 年以降の方が明らかに大きい。この 1~2 等級前後の消滅点高度の変化が 2020 年以降の観測による見かけのものであるかについては今後の稿で検討する予定である。

まとめ

観測方法によって捉えている流星の速度に大きな違いがあり、散在流星と言ってもその中身には違いがあると考えられる。流星の地心速度が 45~50km/s のあたりを境に散在流星には 2つのグループが存在する。低速のグループは小惑星・短周期彗星に、また、高速のグループは長周期彗星に起源する可能性がある。観測方法により、この 2つのグループのどちらを主に捉えるのか異なることに留意する必要がある。著者は、今後、データが多く公表されているビデオ観測を利用して散在流星について述べていく予定だが、ビデオ観測の偏りには十分配慮するつもりである。

なお、最新のデータが公表されている SonotaCo ネットと GMN のデータを利用するが、SonotaCo ネットのデータには 2020 年以降とそれ以前での違いがあることに留意する必要も再度強調しておく。