

要約

こぐま座流星群の観測について調査したところ、1945 年の突発出現と近年の観測では極大の太陽黄経が 1 度ほど離れており、2011 年と 2017 年の観測でも極大の太陽黄経が 0.4 度異なり、また、2011 年と 2017 年では輻射点の中心位置も 2 度ほど異なっていることが見出された。地球でこぐま座流星群の活動が活発化するのには祖天体 8P/Tuttle の数百年から千年以上前の様々な回帰年のトレイル (団塊部) によるものであり、年によって極大が 1 日、輻射点が 2、3 度ずれることは当然とみられる。

1. はじめに

19 世紀半ばに、流星群は彗星からの放出物質によって誕生することが知られるようになると、彗星軌道から流星群の輻射点が計算されるようになった。1875 年には A.S.Herschel によって 8P/Tuttle から流星群が予想されていた。19 世紀から 20 世紀前半には W.F.Denning らによって注目されていたが、明確な活動は見られなかった。こぐま座流星群が注目されるようになったのは、1945 年に現在のスロバキアにあるスカルナテプレソ天文台で 12 月 22 日 18:15~25UTC に 1 時間当たり 169 個の出現がされたと報じられたことによる。3 個の流星が写真撮影されたことによって、輻射点も正確に求められ、8P/Tuttle 彗星を祖天体とする流星群であることが確実となった。しかし、その後も毎年活動する流星群なのか判然としない状態が続いていた。本稿では 1945 年活動とその後の活動を比較、検討する。

2. 1945 年の活動

実は先に記した 1 時間当たり 169 個という数字は 4 人の観測者によるものであり、その後、一人当たりでは 108 個と訂正された。また、非常に残念なことに、観測は月明と雲により打ち切られていて、真の極大は捉えられていない。観測時間は輻射点が北中に近づく時間であり、記録された 10 分ごとの流星数を輻射点高度の正弦で除して求めて ZHR としたグラフを図 1 に示す。これから流星数は増加の途上であり、観測終了後に極大を迎えたであろうと推測される。

横軸は J2000.0 による太陽黄経であり、後述のように現在観測されるこぐま座流星群の極大とは 1 度近い差がある。

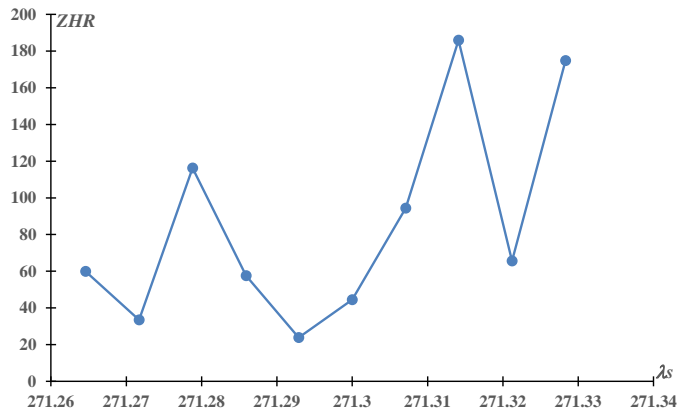


図 1 : 1945 年のスロバキアでの観測。

3. 日本での観測

小楨孝二郎と小関正広によって 1969 年までの眼視観測による輻射点の一覧表が作成されているが、その中でこぐま座流星群とされているものを表 1 に示す。

表 1 : OAA と NMS で 1969 年までに観測されたこぐま座流星群の輻射点。

No.	Year	Month	Day	λs	α	δ	λ-λs	β	N	Apex	Wt	Remarks
2019	1939	12	21.81	269.2	225	+75	221.0	73.5	6	179.2	2	Ursa Minorid(Comet Tuttle)
2129	1944	12	21.8	269.9	259	+74.5	199.8	81.3	5	180	1	two nights
2649	1960	12	20.646	268.6	220	77	215.4	72.1	4	178.9		β-Umi K.Maruo
2650	1960	12	21.684	269.7	235	77	210.9	75.3	5	179.9		β-Umi K.Maruo
2907	1963	12	22.542	269.8	215	82	199.8	70.1	5	180.0		Umi 小楨孝二郎
2909	1963	12	22.572	269.8	217.5	79	208.3	71.2	SM	180.0		mag=2.5 南晴久
2776	1962	12	22.688	270.2	251	78	197.8	77.3	4	180.4	P	β-Umi 藪保男
3572	1969	12	27.792	275.6	220	75	215.0	72.3	6	185.7		β-Umi 片山哲也

輻射点等は B1950 によるものであり、太陽黄経を J2000.0 に換算するには 0.7 度を加えるとよい。以下で述べるように、現在こぐま座流星群の極大と考えられるところに集中していることが分かる。また、スロバキアの 1945 年の観測に先立つ記録があることは注目される。

これ以降の日本での主な観測をみておこう。1981 年に木曾観測所の夜天光観測のカメラでこぐま群の火球が捉えられている。通常、年平均で 25 個の火球である中で、一晚で 5 個というのは突出している。-1 等級より明るい流星の HR を 0.8 として、肉眼流星の HR はおよそ 80 と見積もられている。また、1994 年には大塚さんの予報が出されており、塩井さんが 12 月 22 日 18h10m(UTC)に HR=30 を捉え、大塚さん自身も 1 個のこ

ぐま群の写真を得られているが、悪天候のため、その他の観測がない。2000年の出現は Jenniskens と Lyytinen によって予報されており、日本では眼視でも夕方にぎりぎり観測できた。電波観測では上田さんや小川さんがほぼ予報通りの時間帯に出現を捉えている。

#### 4. SonotaCo ネットによる 2007~20 年のこぐま群

2006年に P.Jenniskens の大著の中で E.Lyytinen との共同作業によってこぐま座流星群の活動予報が作成されている。また、2007年以降は SonotaCo ネットの活動によって、毎年の活動状況が確実に得られるようになった。表2はこの両者を比べたものである。Trails は彼らが計算したトレイルが地球軌道に接近することによって想定される ZHR、Filament はトレイルの重なりによって想定される ZHR である（註：以下では Trail は祖天体から放出されて間もない部分なので団塊部、Filament は Trail が重なり合って軌道に紐上に伸びた部分なので延伸部と呼ぶ）。

表2：日本でのビデオ観測と Jenniskens らによる予報値。

年	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	計
撮影数	2	11	45	45	81	6	19	18	5	14	124	20	9	79	478
Trails								10		30				490	
Filament	29	54	23	22	18	18	22	18	20	83	99	91	30	34	

まず、この中で 2007~18 年の 12 年間の観測を用いて作成した輻射点分布図と活動曲線を示す。これは、先に MSS で発表した「ビデオ観測による流星群データ集」の中に示したものである。12 年間というのは地球が軌道を一周するのに要する時間に 0.25 日の端数があり、同じ時刻に同じ軌道上の位置となる（つまり極大が観測時間に合う）のは 4 年に一度であること。また、月齢は年に 10 日ばかりずれるため、極大の月明による影響は 3 年の周期で変化すること。この両者を合わせるとほぼ 12 年で極大の観測条件が一巡することになる

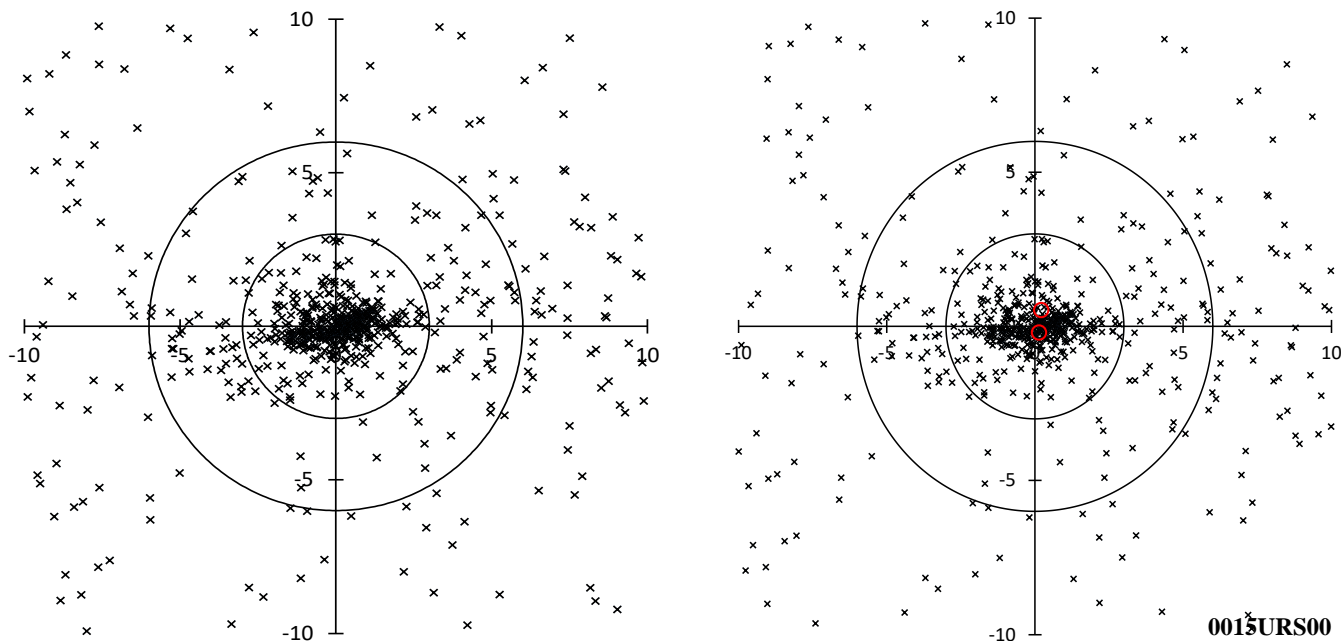


図2：こぐま座流星群の輻射点分布。右側は分布の傾きを補正して、写真観測を追加したものである。

図2に示す輻射点分布は $(\lambda-\lambda_s, \beta)$ 座標を用いて、 $\lambda-\lambda_s$ 方向をx軸、 $\beta$ 方向をy軸として表して、輻射点移動を直線回帰で補正したものである。具体的な数値等は「ビデオ観測による流星群データ集」を参照されたい。輻射点はほぼ中心から3度以内に収まることが示されるが、輻射点移動を補正しても分布域が細長く、また、x軸に対して傾斜していることが分かる。この傾きを補正したものを図2右に示す。これには写真観測による輻射点を○で加えている。写真観測の時代にはこぐま座流星群はわずか2個しか得られていないことが分かる。こぐま座流星群が毎年活動していることが分かったのは近年のことである。

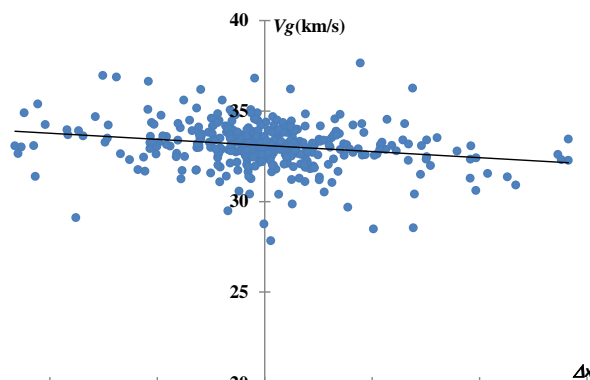


図3：図2右側のx軸に沿った地心速度分布。

この横軸に沿って $\Delta x$ と地心速度の相関を調べると明らかな相関がみられる(図3)。これをもとに $\Delta x$ による軌道要素の違いを計算する。表3に示したものは極大を $\lambda_s=270.5$ として求めたものである。

表3: こぐま座流星群の輻射点の広がり軌道要素

$\Delta x$	$\lambda-\lambda_s$	$\beta$	$\alpha$	$\delta$	$V_g$	$e$	$q$	$i$	$\omega$	$\Omega$	$\lambda_{\Pi}$	$\beta_{\Pi}$	$a$
-3	227.9	71.5	217.8	72.5	34.1	0.781	0.946	55.5	204.3	270.5	104.8	-19.8	4.31
-2	224.8	71.7	218.3	73.5	33.8	0.793	0.944	54.6	204.8	270.5	105.5	-20.0	4.57
-1	221.7	71.9	218.8	74.5	33.4	0.806	0.942	53.7	205.3	270.5	106.1	-20.1	4.85
0	218.5	72.1	219.4	75.5	33.1	0.818	0.940	52.8	205.7	270.5	106.7	-20.2	5.17
+1	215.2	72.2	220.0	76.5	32.8	0.830	0.938	51.9	206.1	270.5	107.4	-20.3	5.52
+2	212.0	72.2	220.8	77.5	32.4	0.842	0.936	51.0	206.5	270.5	108.0	-20.3	5.91
+3	208.7	72.2	221.7	78.4	32.1	0.853	0.935	50.1	206.9	270.5	108.5	-20.3	6.34

$\lambda_{\Pi}$ と $\beta_{\Pi}$ は近日点の黄経と黄緯で、輻射点の広がり近日点の黄経方向の広がりによるものと考えられる。しかし、この輻射点の広がり例年みられるものであるのかはこの後検討する。

2007~18年の活動を平均化した活動曲線(図4)は12年間の平均を示したものであり、縦軸の値は1日あたり平均で何個のこぐま群が撮影されるかを表している。極大は $\lambda_s=270.5$ であり、活動の時間は短く、半値幅(極大の出現数の半分になる時間)はおおよそ半日であることがわかる。極大が日本で夜半過ぎにあたれば輻射点高度も高くなり、それなりに出現を見ることが出来る。昼間はもちろん、輻射点高度の低い夕方であれば、多くは期待できないことになる。

先に示した2007~20年のなかで撮影数の多い、2011年、2017年、2020年について詳しく見ていこう。極大付近で撮影されたこぐま座流星群と判定された流星を太陽黄経順に並べて、9個ごとに平均の輻射点高度の正弦を用いて簡易にZHRの移動平均としたものを示す(図5)。これにより、日本の光学観測者は2020年にこぐま座流星群の極大を逃していることが分かる。この年には表に示したJenniskensらの予報通りに北米では活発なこぐま座流星群の出現が見られている。例としてCMORの観測を図6に示す。例年のこぐま座流星群の活動はCMORでは痕跡程度に過ぎないが2020年には主要流星群に匹敵する活動を記録している。ただし、この活動は1日だけのものであった。こぐま座流星群の極大期が短いことが示されている。

また、図5からビデオ観測のZHRは2011年と2017年で極大の位置が太陽黄経で0.4度ほど異なっていると考えられる。これは観測数が少ないことによる見かけ上のものとも考えられるが、以下で述べるように輻射点分布を詳しく見ると、この違いは8P/Tuttle彗星による異なった団塊部あるいは延伸部を観測しているものと捉える方が妥当と思われる。

2007~18年にビデオ観測されたこぐま座流星群の輻射点分布(図2右側)を拡大して示したものが図7である(1945年の写真観測による輻射点も示した)。2011年と2017年を比べるため、その他の年については位置を示す点のみとしている。2011年の輻射点が右側、2017年の輻射点が左側に分布していることがわかる。一見すると、輻射点移動のようにも思えるが、輻射点移動は $(\lambda-\lambda_s, \beta)$ 座標で左から右であることが一般的であり、こぐま座流星群の場合も同様である。図5に示したように2011年の観測は2017年よりも早い時期のものであり、輻射点移動から見れば図7の左側に2011年の観測が位置する方が自然である。また、 $(\lambda-\lambda_s, \beta)$ 座標で輻射点分布を表した場合に太陽黄経で1度以内の観測では輻射点移動はほぼ無視できる。これらを考慮すると、図7に示した2011年と2017年の輻射点分布の違いは流星物質の延伸部の異なる部分を観測したためと考えられる。従って、図5に見られる極大時間の違いも延伸部が屈曲しているために生じたものであろう。

表4は2011年と2017年の太陽黄経270.0~271.0の間におけるこぐま座流星群の平均要素を比べたものである。地心速度に違いがないために輻射点の位置のこの程度の違いでは軌道要素に大きな違いは見られない。ビデオ観測による誤差の範囲と考えられる。ここで表3に示したこぐま座流星群の輻射点の広がり軌道要素の違いを再考してみよう。表3でxが負となる側の方が正の側よりも地心速度が大きく、近日点の黄経 $\lambda_{\Pi}$ が小

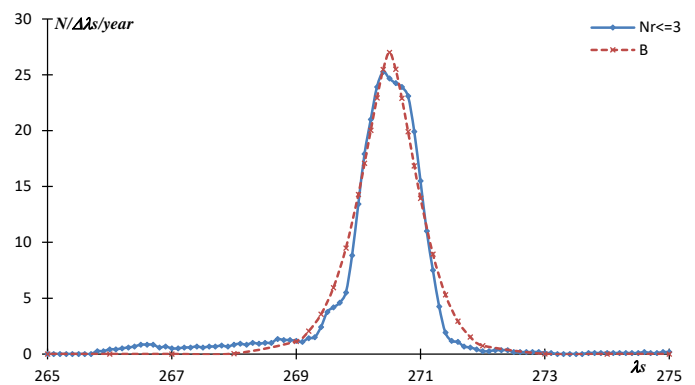


図4: 2007~18年のビデオ観測による活動曲線。

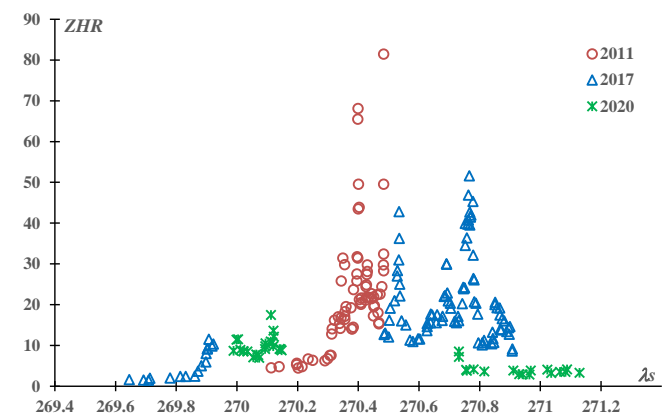


図5: ビデオ観測によるこぐま座流星群のZHR。

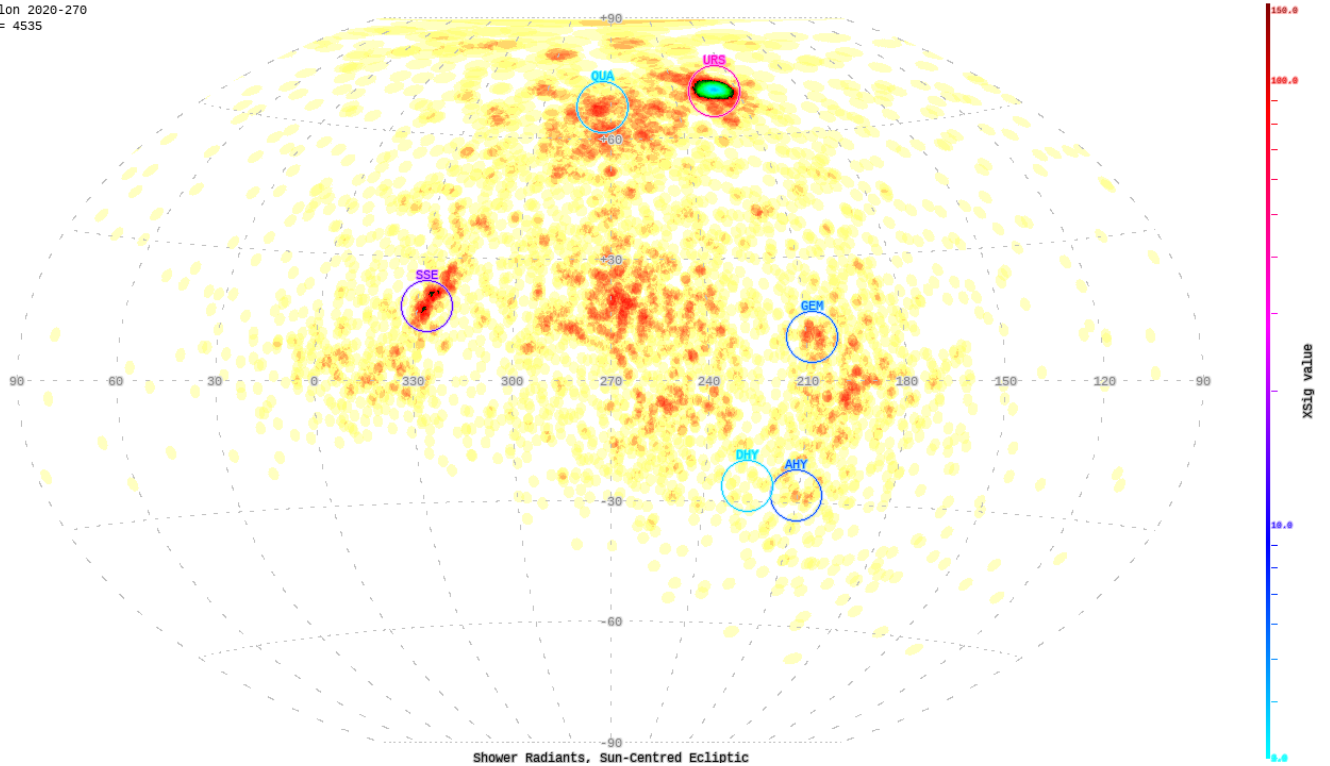


図 6 : CMOR による 2020 年のこぐま座流星群の観測。

さい。しかし、表 4 で  $x$  が負となる側すなわち 2017 年ではそのようなことは見られない。表 3 で表された軌道要素の違いは、延伸部からさらに拡散したより古い軌道構造を反映している可能性がある。

表 4 : 2011 年と 2017 年の太陽黄経 270.0~271.0 の間におけるこぐま座流星群の平均要素。

年	$\lambda_s$	$\lambda - \lambda_s$	$\beta$	$\alpha$	$\delta$	$V_g$	$e$	$q$	$i$	$\omega$	$\Omega$	$\lambda_{II}$	$\beta_{II}$	$a$
2011	270.4	217.7	72.2	219.9	75.8	33.1	0.828	0.940	52.5	205.6	270.4	106.6	-20.1	2.36
2017	270.7	220.0	71.7	218.1	75.0	33.2	0.803	0.939	53.1	206.1	270.7	107.1	-20.6	6.77

## 5. 検討

本稿で扱った 2011 年と 2017 年におけるこぐま座流星群の活動は Jenniskens らによる予報では団塊部にあらず、2017 年がかろうじて延伸部による活動に相当する可能性があるに過ぎない。8P/Tuttle の軌道が木星とも土星とも接近せず、地球軌道からも離れているために、祖天体から千年以前に放出された粒子を想定しない限り、地球が流星物質に遭遇しない。しかも、摂動が小さいことは団塊部、延伸部ともに広がり小さく、こぐま座流星群の活動を正確に予報することは困難である。基本的に流星群の活動予報は流星物質の放出時期及び条件を観測により修正して精度を上げるものであり、現在、こぐま座流星群の活動を正確に予報できるわけではないことに留意する必要がある。

平均的な極大  $\lambda_s=270.5$  が日本において好条件となるのは 2022 年から 4 年ごとである。大分先のことはあるが、Jenniskens によると 2020 年ほどではないにしても、2030 年と 2034 年は団塊部と延伸部によってこぐま座流星群の活動が活発化すると予想されている。観測によって計算された団塊部や延伸部が実在するか確かめることによって、予報の精度を向上させるのに重要な観測となろう。

1945 年の突発出現は平均的な極大から太陽黄経で 1 度近く離れた活動であり、輻射点も現在の中心より少しずれていた (図 7)。2011 年と 2017 年でも極大に 0.4 度ほどの違いがある。極大の時間帯も輻射点の位置も完全に予報できるわけではないことに注意が必要である。

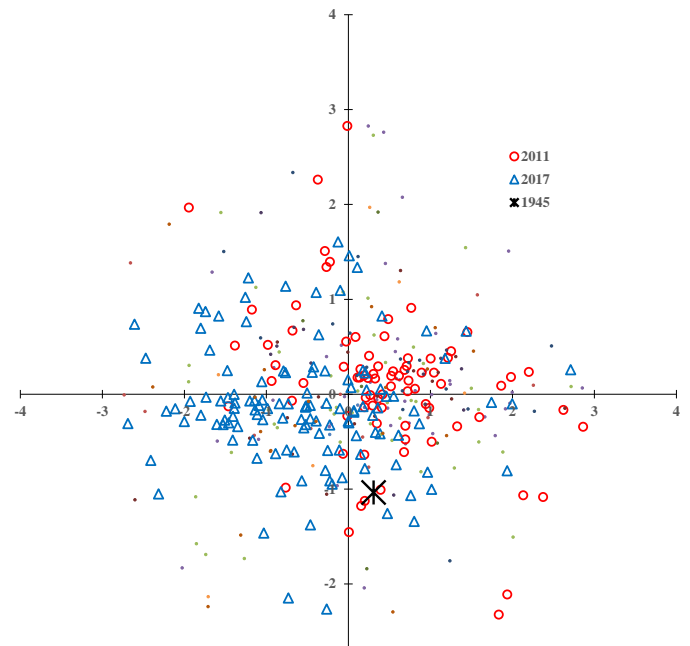


図 7 : 活動年による輻射点の違い。