

要約：

73P/Schwassmann-Wachmann3 彗星による 2022 年におけるヘルクレス座 $\tau$ 流星群の活動を Global Meteor Network (GMN)の観測により分析した。太陽黄経 69.417、5月31日 04h14m(UT)で、太陽黄経1度当たりの出現数は13580個に達したと推定される。今回の出現は1995年に起きた彗星核の分裂によるものであるが、彗星核は過去にも分裂したと考えられており、それによって拡散した流星物質による活動も指摘される。

1. はじめに

73P/Schwassmann-Wachmann3 彗星は1995年に核の分裂が観測された。この彗星は16年に1回地球に接近することで知られ、2022年には分裂により生じた流星物質が地球と遭遇する可能性が以前から指摘されていた。日本は地理的に極大後の活動しか捉えることができなかったが、CMORの画像等で知られるようにアメリカでは盛んな出現が捉えられた。Global Meteor Network (GMN)は観測された流星のデータをリアルタイムで公開している。Paul Roggemansの協力により、ヨーロッパ・アメリカでの観測データを入手できたので、本稿では今回の出現について、過去の観測と比較検討する。

2. これまでの経緯

2. 1. 1930年代の観測

73P/Schwassmann-Wachmann3 彗星が1930年に発見されると、直ちに花山天文台で放物線軌道とそれに基づいた予想輻射点が計算されて、観測が行われた。世界的にも注目されている中村要氏の観測を引用する(表1と図1)。

表1：中村要氏の観測。

1930 May	24	15 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup>	+48
	25	22	48
June	3	29	46
	6	35	43
	7	38	42.5
	9	45	41.5
		36	42
	10	40	42
	12	48	41.5
	13	52	40
	19	16 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	39

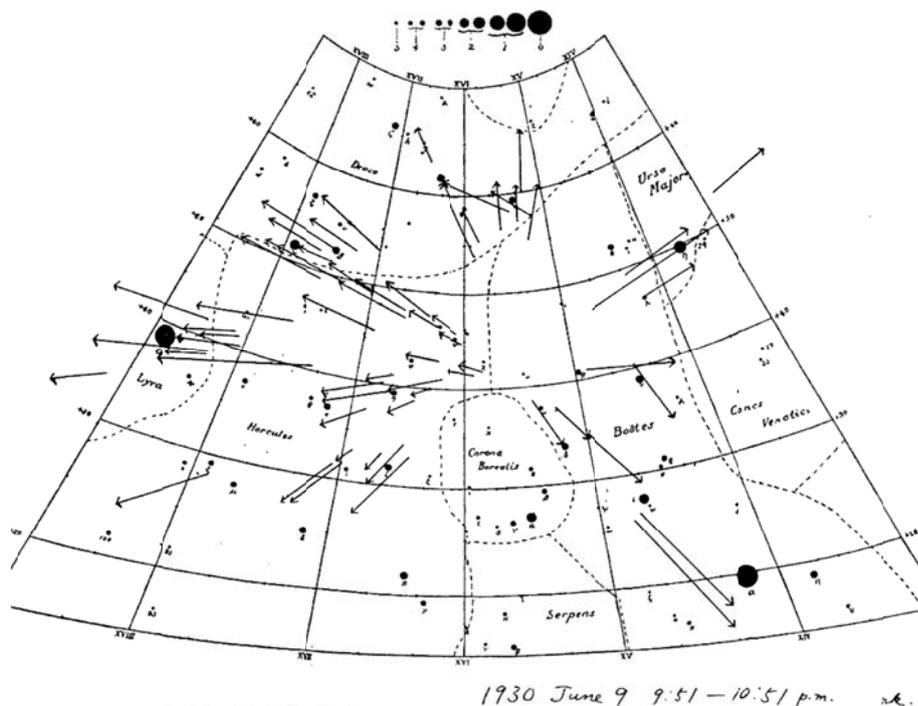


図1：中村要氏による経路観測。

6月9日の行は上が輻射点近傍(の暗い)、下はそれよりも離れた位置(の明るい)流星から求めたものとされている。中村氏は視野を5度程度に限定して、神経を集中することによって他の人には困難と思われる暗い流星を検出していた。氏によると集中の継続は30分、長くて60分であったという。上の観測用星図は5.0等の星が書かれているが、氏は5.5等まで欲しいと望まれていた。

当時、流星群の輻射点の移動が一般的なものとは考えられていなかったもので、このように輻射点の移動を見出したこと自体が新しい知見であった。しかし、問題はここで記録されている輻射点が南下していることである。JPLに登録されている彗星の軌道から輻射点を推算すると表2のようになる。輻射点の推算方法は何通りもあり、トレイルではなく、彗星自体の軌道によるものもあり、ここに示すものは目安に過ぎない。しかし、

表2：彗星軌道からの予想輻射点。

	$\lambda_s$	$\alpha$	$\delta$	Vg
1930-Jun-14.1976	75.0	214.5	37.6	12.7
	77.7	219.8	44.4	13.8
	79.0	223.5	47.9	14.6
2017-Mar-16.84106976	67.0	207.5	24.4	11.9
	69.7	209.3	28.8	12.1
	71.0	210.4	31.3	12.2

今年の観測(次項参照)にも見られるように輻射点は北上したと考えるのが妥当であろう。

山本一清先生は中村氏の観測は塩見氏の観測によって裏付けられると補注を書かれているが、この観測については否定的な意見もかなりある。

「流星の研究」の中で述べられているように小槇孝二郎先生は 1935 年の彗星回帰の年に観測されたが、先生と吉井氏の観測中に確実に群に属すると判定される流星は見られなかったとのことである。この観測は Kronk の本でも触れられているが、ドイツの雑誌(Astronomische Nachrichten)の記事としても掲載されており、ここでは奥様も一緒に観測されていたことが述べられている。

## 2. 2. これまでの観測・研究

2013 年の第 5 4 回流星会議で「流星群の見え方」という話の中で TAH を取り上げているが、そこで紹介した TAH に関する古典的な写真、電波観測について触れておこう。

まず、写真・電波観測によって TAH に相当する流星群が捉えられているかについて、筆者は「クラスター分析による流星群の軌道研究」：第 2 2 回流星会議(1981)において T1-76, T1-78, T1-80, T1-90, L1-168 というグループ(以下 Ref.-List67)を見出している。T1 は Terentjeva、L1 は Lindblad が見出した流星群であり、いずれも写真観測の中から見いだされたものである。筆者は独自にクラスター分析によって、 $DMN < 0.15$  となる写真流星のグループを検出し、「写真観測によって活動の認められる流星群」：第 2 3 回流星会議(1982)として発表している(表 3、以下 MK-49)。これは Ref.-List67 に相当するものであるが、D 判定を用いているので、輻射点分布からは拡散していて流星群とは思えない(図 2)。しかし、MK-49 の流星数が 18 というのは写真観測によるクラスターとしてはかなり大きなものであり、何らかの流星体グループが存在しているのは否定できない。

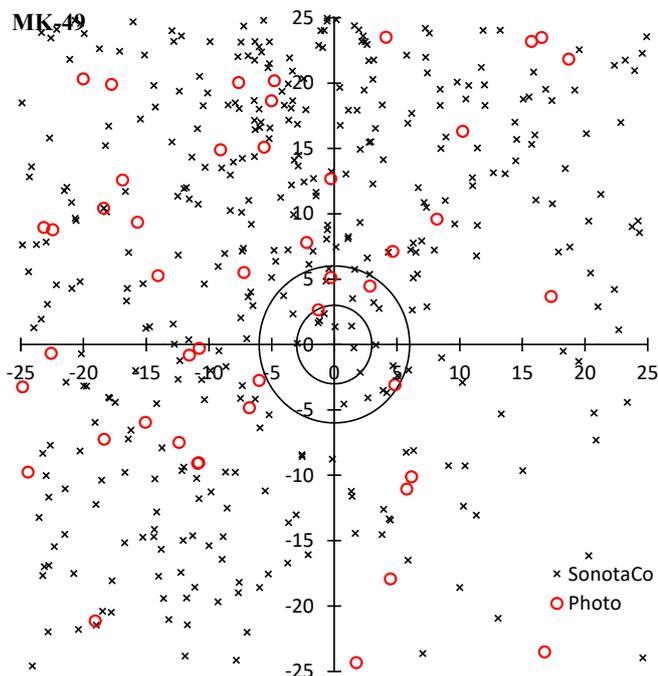


図 2 : MK-49 の周囲の写真とビデオ観測の輻射点。

73P/Schwassmann-Wachmann3 彗星は分裂を繰り返していたはずで、1995 年当時に観測された核の直径の 2 倍程度はあったという推定もあり、過去の分裂による流星物質が広く拡散した結果によるものとも考えられる。

表 3 : 写真流星のクラスター分析で検出された「流星群」

No.	$\alpha$	$\delta$	$\lambda-\lambda_s$	$\beta$	Vg	e	q	i	$\omega$	$\Omega$	N
MK-49	228.7	40.7	130.4	55.2	14.8	0.625	0.979	19.0	201.3	75.9	18

表 4 : 様々な観測によって得られた MK-49 に相当する「流星群」

Reference	No.	$\lambda_s$	$\alpha$	$\delta$	$\lambda-\lambda_s$	$\beta$	Obs.
NMS	13	81	253	35	164	56	24
AMS	24	60	240	29	170	48	9
Hoffmeister	21	64	249	39	172	59	20
平均		68	247	34	169	54	
Ref.-List	67	74	230	39	136	55	T1-76,T1-78,T1-80,T1-90,L1-168
IAU	61	72.0	228.5	39.8	136.2	54.7	$\tau$ -Herculids

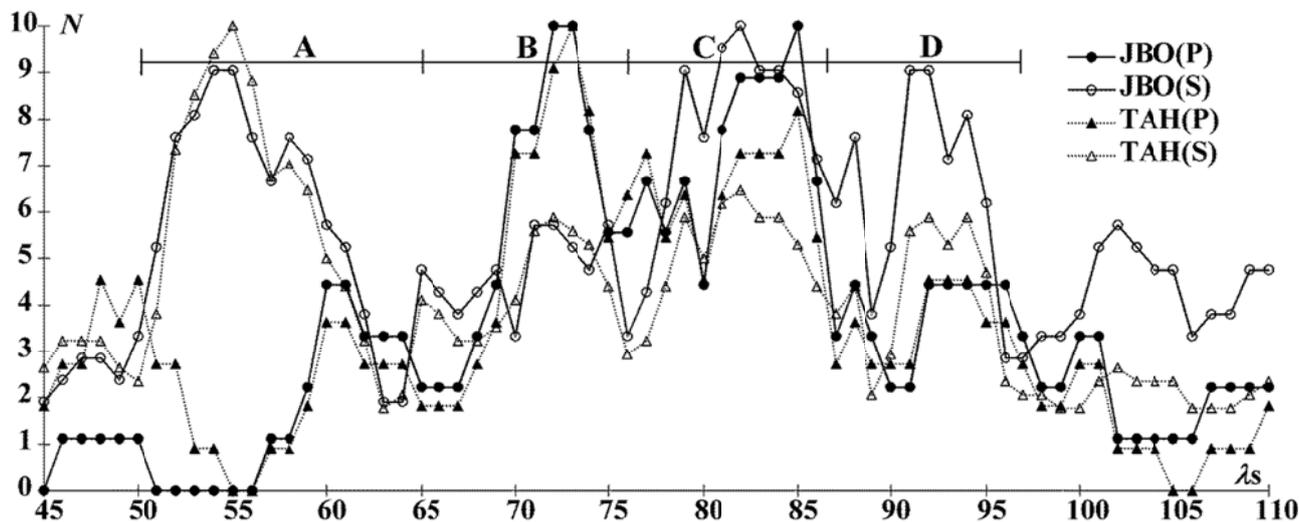


図 3 : TAH と JBO の関係。A~D の活動期間それぞれで観測方法により TAH と JBO が混在する。

筆者は眼視観測による輻射点分布についても調査したので、K-49 付近に得られている輻射点のグループを紹介する(表4)。ここで Denning が含まれていないが、他は 1930 年の観測を意識しているからだと解釈することもできるし、実際には 7P/Pons-Winnecke また 73P/Schwassmann-Wachmann3 それぞれの突発出現を除けば、両者による流星活動と区別しがたいからだともみることが出来る。図3は2014年の天文回報の観測指針で取り上げたグラフだが、5月下旬から7月にかけてTAHとJBOに近い軌道をもつ写真とビデオ観測の流星数を示している。4つの極大が見られ、BがTAH、DがJBOに相当する。いずれも弱い活動であり、平年において両者を区別することは困難であることが分かる。

その後、2011年にJenniskens等が活動を捉えたという報告があるが、詳しいことは不明である。

### 3. GMNによる2022年の観測

図4a、bにGMNによる輻射点分布を示す。回帰分析前の分布からも推定されるように活動期間が短いにもかかわらず、輻射点の移動量が大きいことが分かる。また、活動も極大後に急速に減少したことが分かる。回帰分析後の輻射点分布からは、地球の進行方向背後から衝突する輻射点が拡散しやすい流星群にも関わらず、輻射点がよく集中しており、彗星核から放出されて時間が短いトレイルによるものであることが分かる。

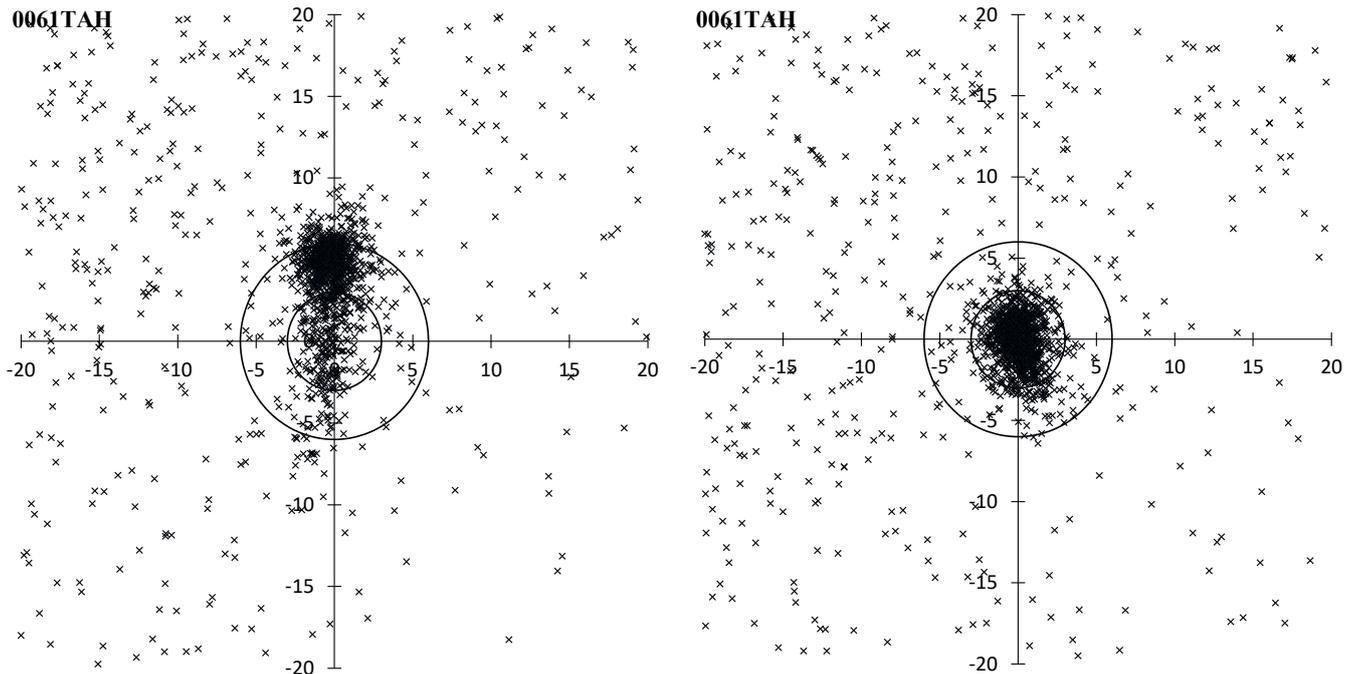


図4：回帰分析前(左、a)、回帰分析後(右、b)。

図5は回帰直線のうちy座標に関するものを示すが、観測がいくつかの集団に分かれていることが示されている。これは、GMNの観測点が地球上で均等に配置されていないためである(後述)。つまり、極大を含めて3日間出現が捉えられている。その前後については、散在との区別が困難な程度の活動状況であったことが分かる。

表5は回帰分析による輻射点の中心位置からの距離による輻射点数及び輻射点密度(／平方度)を示したものである。中心から7度以上離れると密度は0.2程度に下がり、輻射点がよく集中していることが分かる。以下で行う検討は、ここで3度以内に入っている1278個の流星について行ったものである。GMNの観測は2018年から開始され、観測数は指数関数的に増加している。このため、ここでは2021年以前の観測も含めているが、2021年の輻射点が5個含まれるだけであり、区別せずに使用した。

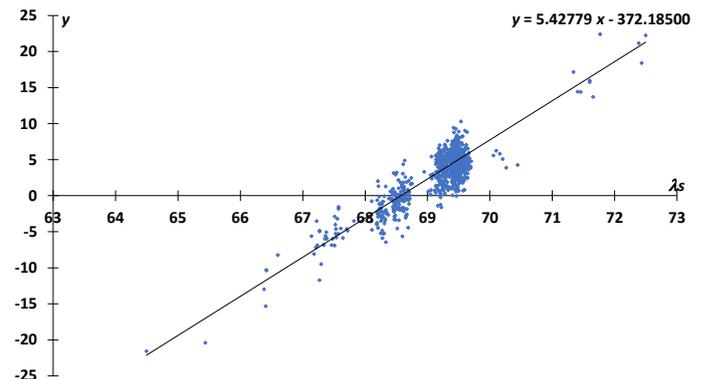


図5：y座標についての回帰直線。

表5：回帰分析後の輻射点分布と輻射点密度。

r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	583	487	208	95	29	24	7	18	10	13
Density	185.6	51.7	13.2	4.3	1.0	0.7	0.2	0.4	0.2	0.2

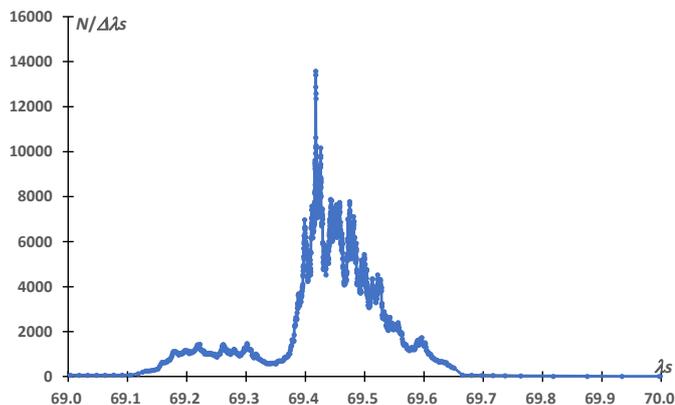


図 6 : 突発出現時の出現状況。

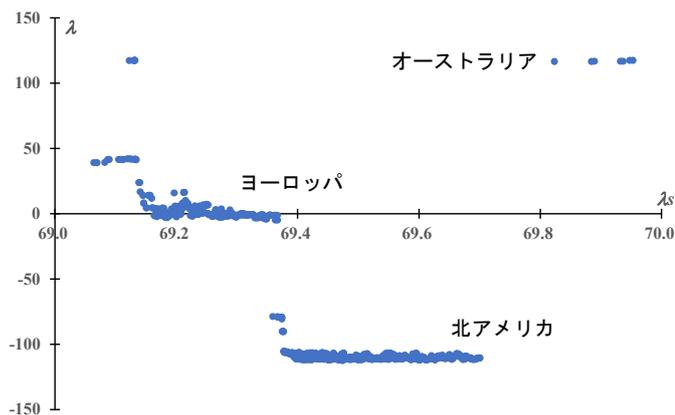


図 7 : 突発出現時の観測地。

先に述べたように TAH は 2022 年の出現でほぼ 3 日間にわたって観測されているが、ここでは極大の中心部分を取り上げることにする。

図 6 は太陽黄経 69~70 の間に観測された流星を時間系列で並べて、30 個ごとの時間間隔を求め、それから太陽黄経 1 度当たりの出現数に換算している。細かい増減を繰り返しているが、突出しているのは太陽黄経 69.417、5 月 31 日 04h14m(UT)で、太陽黄経 1 度当たりの出現数は 13580 個に達したと推定される。これは輻射点高度の補正をしていないが、HR=565、1 分あたりで 10 個近い流星が出現したことになる。しかし、その継続時間は短く、2 時間後には HR は 200 程度に減少していた。日本で観測される頃には 100 分の 1 以下であったことになる。

ここで、図 6 で表されている流星がどこで観測されたのか、太陽黄経と出現点の経度の関係を見てみよう(図 7)。図 6 で太陽黄経 69.3~4 の間で減少が見られるが、これは観測に適した地点が大西洋上にある時間帯でヨーロッパから北アメリカに観測地点が移動しているためだと考えられる。北アメリカの観測点で大西洋側(アメリカ東岸)は観測地点が少なく、西岸に多いこともわかる。予報通り、北アメリカ西岸が今回の観測適地であったことが確認できる。また、上に示した極大時刻もアメリカ西岸の観測によるものであることも分かる。

表 6 に GMN の観測から求めた輻射点と軌道要素の推算値を示す。輻射点は 1 日当たり 5 度という大きな速度で北上していたことが分かる。状況は 1930 年でも同様であったと考えられ、1930 年の観測は不自然だということになる。

軌道要素では、近日点の黄経、黄緯 ( $\lambda_{\Pi}$ ,  $\beta_{\Pi}$ ) 及び、軌道半長径  $a$  がほぼ一定であったとみられる。近日点方向を軸として軌道が回転して、軌道傾斜角  $i$  が増加したために輻射点が北上したものであろう。

表 6 : GMN の観測による輻射点及び軌道要素の推算値。

$\lambda_s$	$\lambda - \lambda_s$	$\beta$	$\alpha$	$\delta$	$V_g$	$e$	$q$	$i$	$\omega$	$\Omega$	$\lambda_{\Pi}$	$\beta_{\Pi}$	$a$
65.0	128.8	12.6	197.6	6.1	9.8	0.607	0.982	3.3	203.3	65.0	268.2	-1.3	2.50
66.0	128.1	18.0	200.0	11.0	10.2	0.624	0.983	4.9	202.6	66.0	268.6	-1.9	2.62
67.0	127.3	23.5	202.4	15.9	10.5	0.636	0.985	6.4	201.9	67.0	268.8	-2.4	2.71
68.0	126.5	28.9	204.9	20.8	10.9	0.643	0.987	8.1	201.0	68.0	268.8	-2.9	2.76
69.0	125.7	34.3	207.5	25.7	11.2	0.643	0.990	9.7	200.0	69.0	268.7	-3.3	2.77
69.1	125.6	34.9	207.8	26.2	11.3	0.643	0.990	9.9	199.9	69.1	268.7	-3.3	2.77
69.2	125.5	35.4	208.0	26.7	11.3	0.642	0.990	10.1	199.7	69.2	268.7	-3.4	2.77
69.3	125.4	36.0	208.3	27.2	11.3	0.642	0.991	10.2	199.6	69.3	268.6	-3.4	2.77
69.4	125.3	36.5	208.6	27.7	11.4	0.642	0.991	10.4	199.5	69.4	268.6	-3.5	2.77
69.5	125.2	37.0	208.8	28.2	11.4	0.641	0.991	10.6	199.4	69.5	268.6	-3.5	2.76
69.6	125.1	37.6	209.1	28.7	11.4	0.641	0.992	10.7	199.3	69.6	268.6	-3.5	2.76
69.7	125.0	38.1	209.4	29.2	11.5	0.640	0.992	10.9	199.2	69.7	268.5	-3.6	2.75
69.8	124.9	38.7	209.7	29.6	11.5	0.639	0.992	11.1	199.0	69.8	268.5	-3.6	2.75
69.9	124.8	39.2	209.9	30.1	11.5	0.638	0.993	11.2	198.9	69.9	268.5	-3.6	2.75
70.0	124.7	39.8	210.2	30.6	11.6	0.638	0.993	11.4	198.8	70.0	268.4	-3.7	2.74
71.0	123.5	45.2	213.1	35.5	11.9	0.626	0.996	13.1	197.4	71.0	268.0	-3.9	2.66
72.0	122.1	50.6	216.1	40.3	12.3	0.608	1.000	14.8	195.8	72.0	267.3	-4.0	2.55
73.0	120.4	56.0	219.5	45.2	12.7	0.583	1.003	16.5	194.0	73.0	266.4	-3.9	2.41
74.0	118.1	61.3	223.2	49.9	13.0	0.552	1.007	18.1	191.8	74.0	265.2	-3.7	2.25
75.0	114.8	66.6	227.5	54.6	13.4	0.515	1.010	19.8	189.2	75.0	263.7	-3.1	2.08