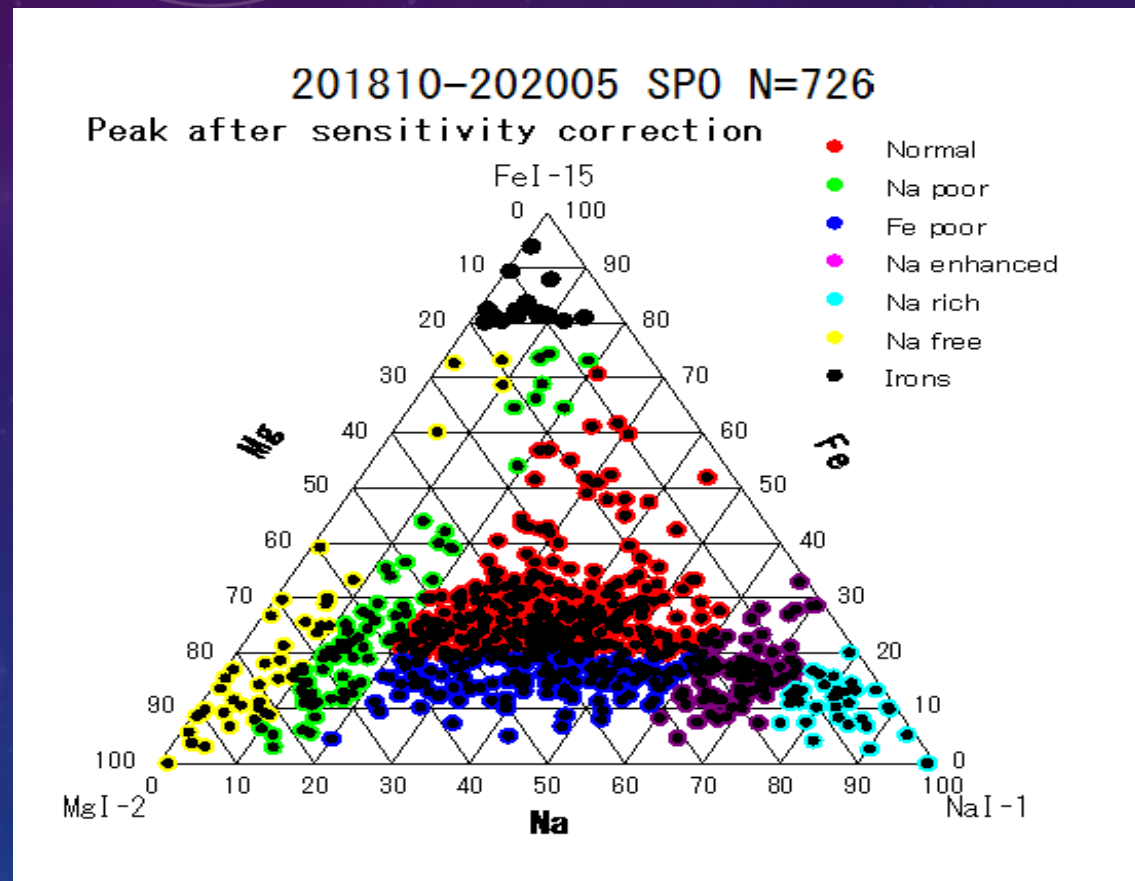
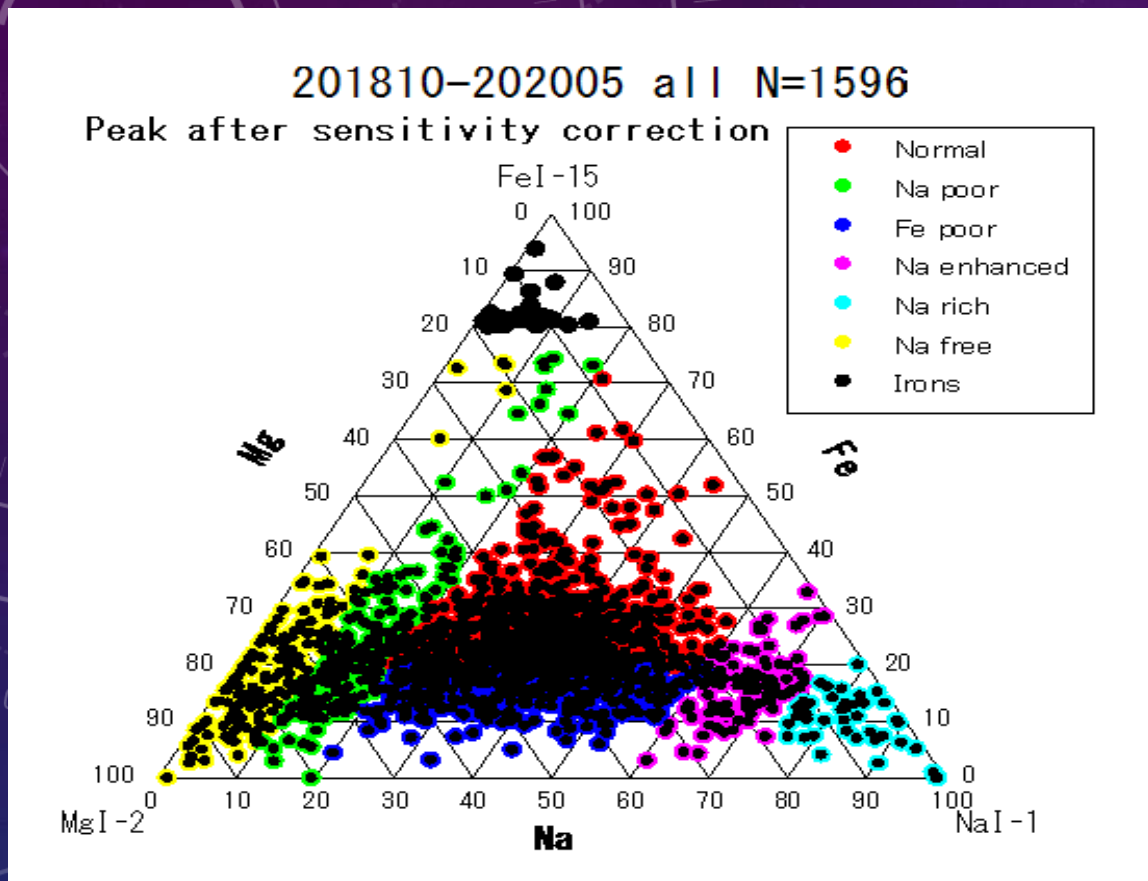


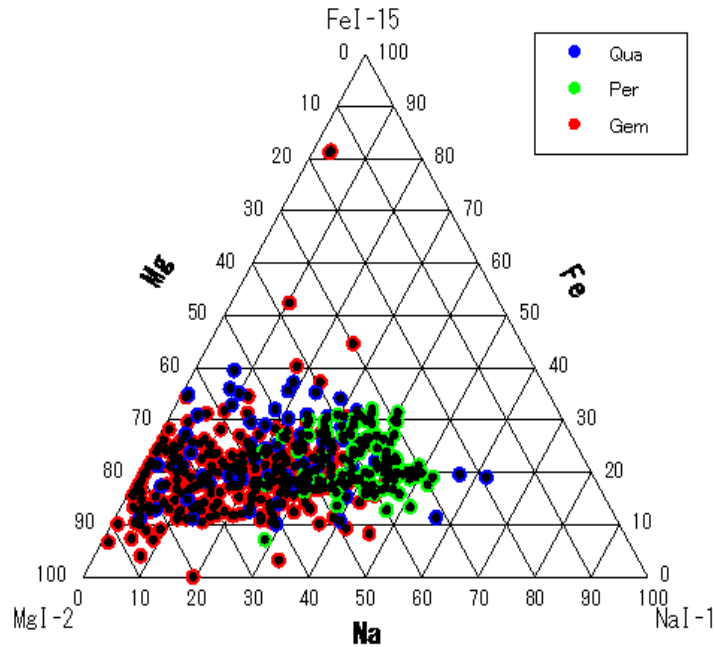
## 2018年10月から2020年8月のスペクトル解析結果と考察



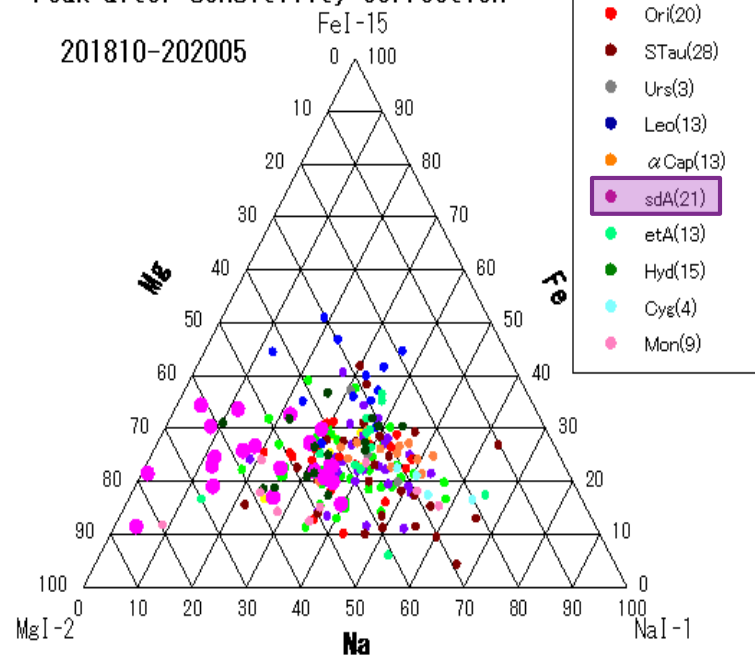
2018年10月から2020年8月までのスペクトル解析結果です。とりあえず、2020年5月までのタイプ別の三角図です。左が全部の流星です。右が散在のみで約半分です。鉄が50%を超えるものは、殆どが散在流星です。どちらも、Normalが一番多いです。

# 流星スペクトルの得られた流星群の流星の三角比

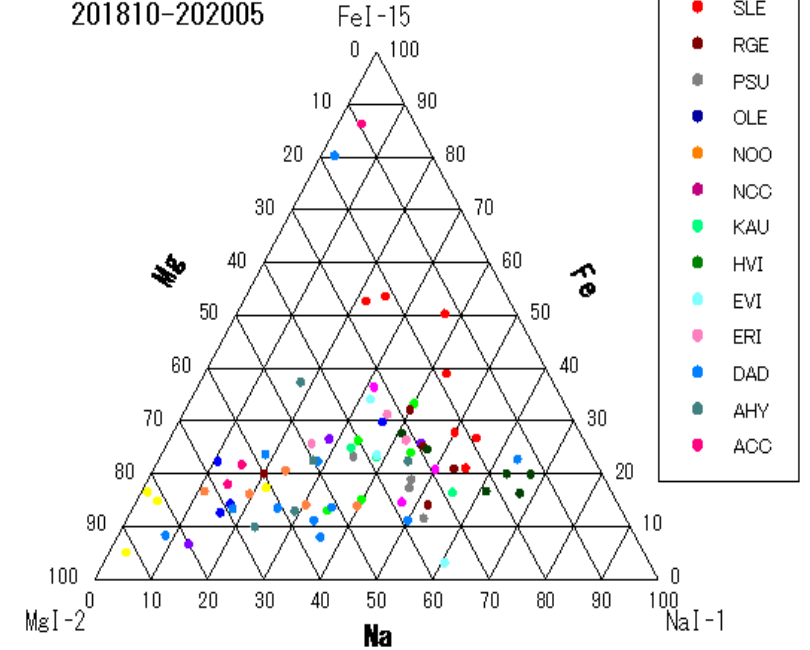
201810-202005 Qua Per Gem  
Peak after sensitivity correction



major meteor showers  
(Excluding QUA PER GEM)  
Peak after sensitivity correction  
201810-202005



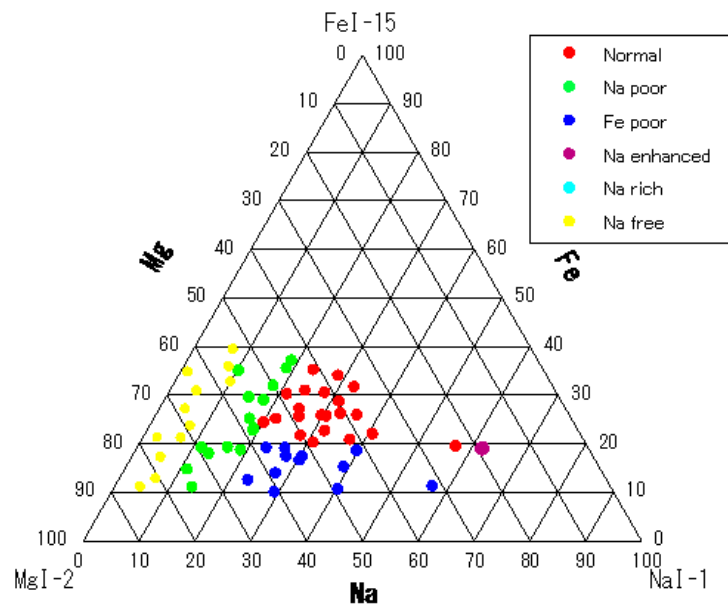
minor meteor showers (N>=3)  
Peak after sensitivity correction  
201810-202005



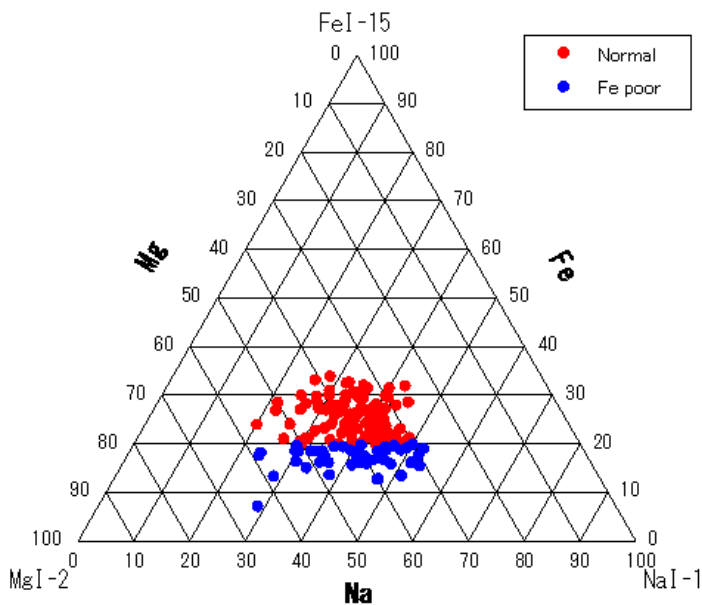
左は、しぶんぎ群とペルセ群とふたご群の3つの群です。Naが50%以下で、Feが10-30%が殆どです。3つの群の分布は、次のスライドにあります。真ん中は、3つの群を除いた主要流星群です。Naが20-60%でFeがFeが10-40%に集中しています。sdA群は、Naが40%以下で、Feが10-40%に集中していて4つのタイプが混在しています。右は、3つ以上の小流星群です。群によってタイプの違いが見られます。鉄流星は、2つの群(ACC群とdaD群)で見られます。

# 流星スペクトルの得られたQuaとPerとGem群のタイプ別の三角比

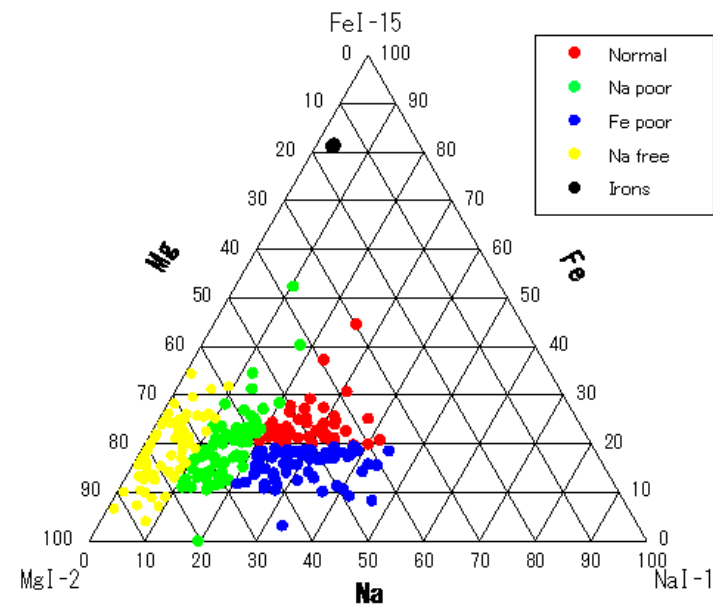
201810-202005 Qua N=61  
Peak after sensitivity correction



201810-202005 Per N=151  
Peak after sensitivity correction



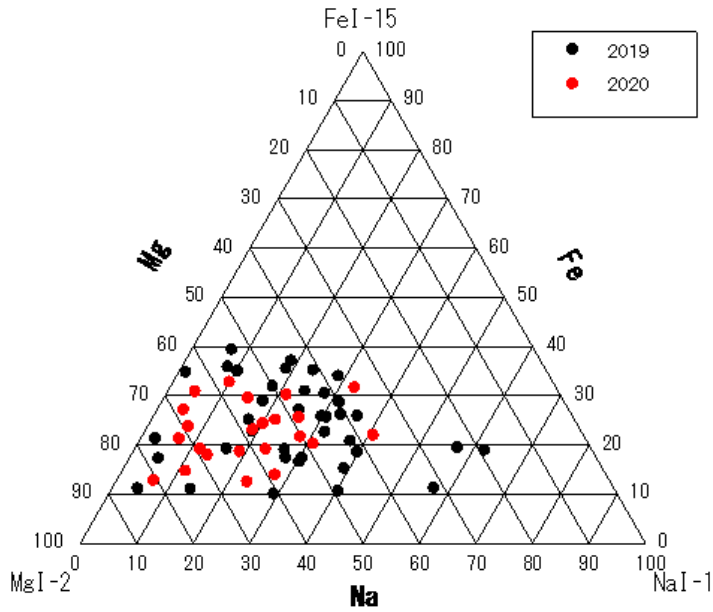
201810-202005 Gem N=248  
Peak after sensitivity correction



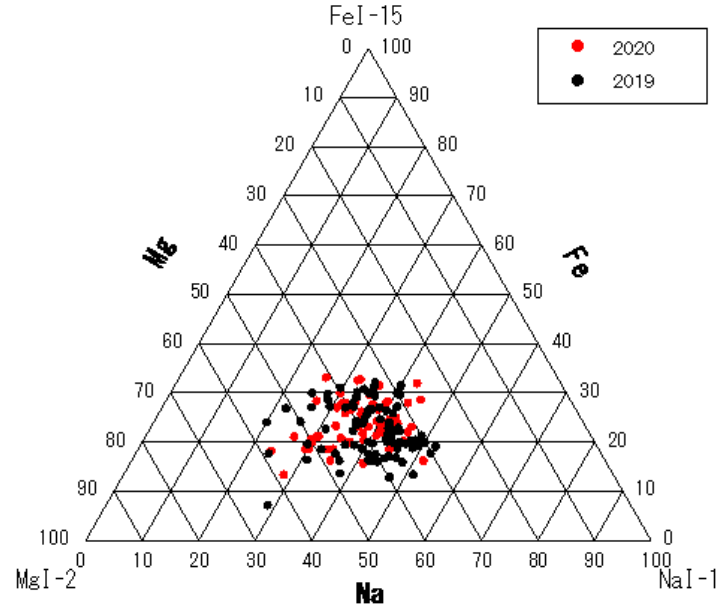
左のしぶんぎ群は、4つのタイプが混在しています。Normalがやや多く他は、大体同じです。ペルセウス群は、2つのタイプでNormalが多く3分の2を占めています。ふたご群は、4つのタイプに分かれNormalが一番少ないが他とそれほどの違いはないです。Na freeとNa poorは、同じぐらいです。鉄流星は、1個だけです。年によって比率は違います。

# 流星スペクトルの得られたQuaとPerとGem群の年別の三角比

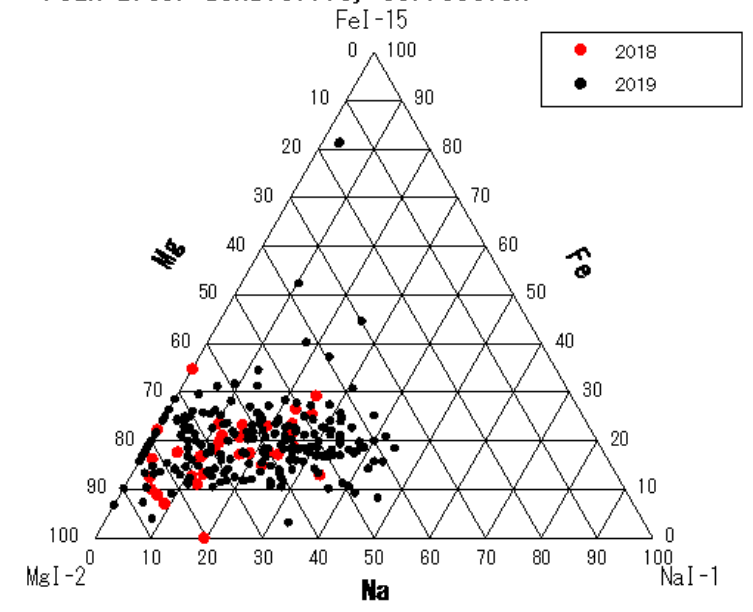
201812-202001 Qua N=61  
Peak after sensitivity correction



201907-202008 Per N=151  
Peak after sensitivity correction

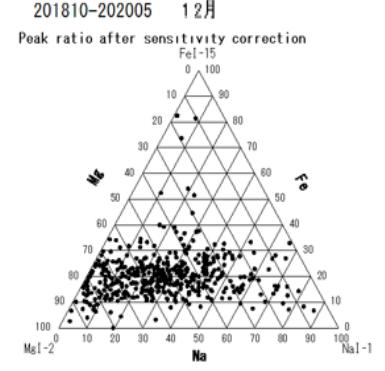
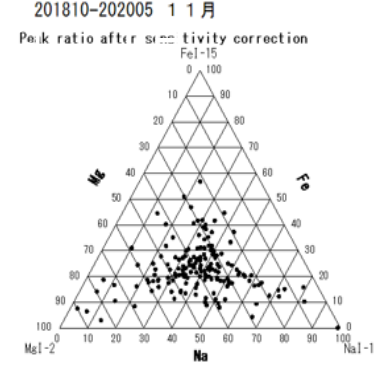
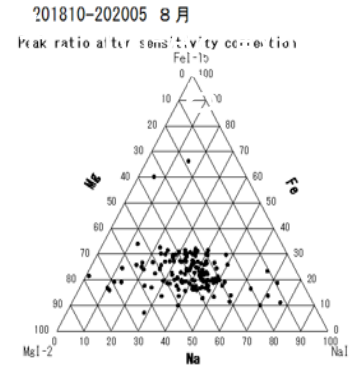
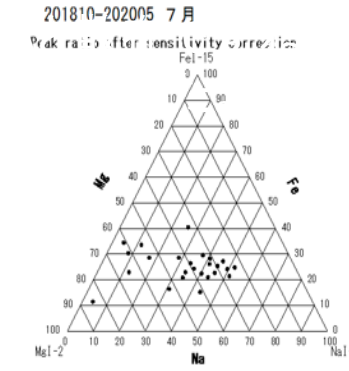
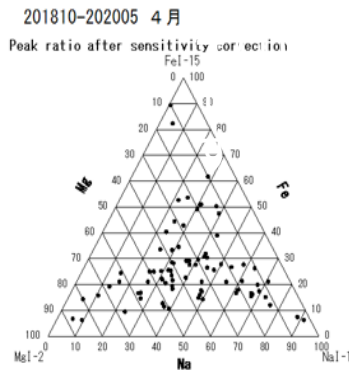
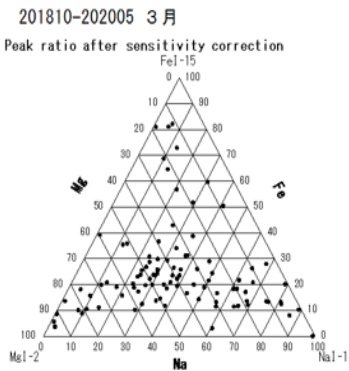
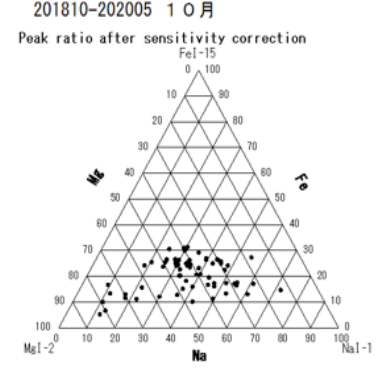
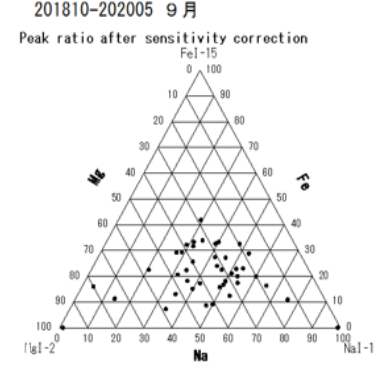
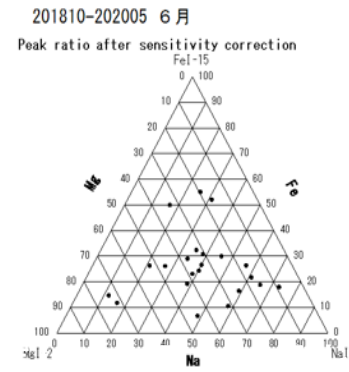
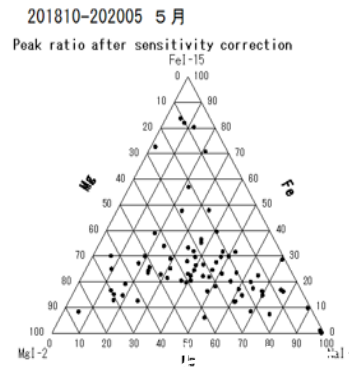
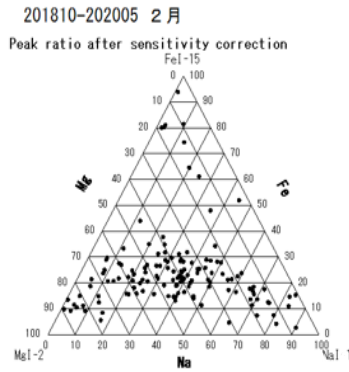
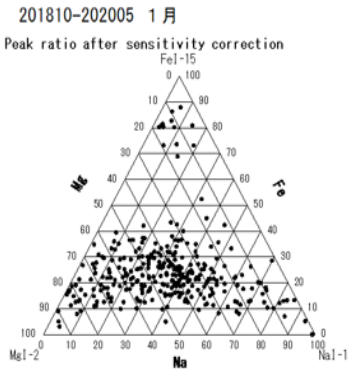


201910-202005 Gem N=248  
Peak after sensitivity correction



3つの群とも、年によって違いが見られます。3つの群とも2019年の方がばらつきが見られます。ペルセ群は、明るい流星が多くスペクトルがよく出ているためかよく集中しています。しぶんぎ群とふたご群は、4つのタイプが混在しているのでばらつきがみられます。ふたご群だけは、2018年のカメラ1台でスペクトルの数が少なくなっています。

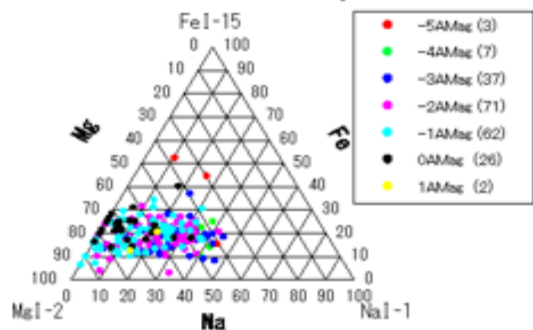
# 流星スペクトルの得られた流星の月別の三角比



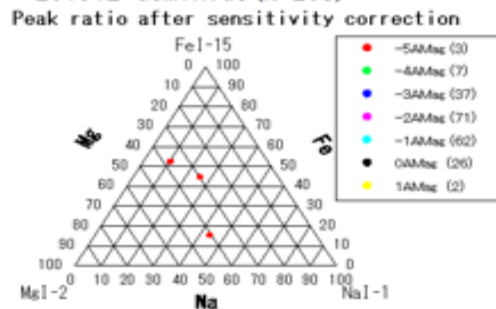
各月によってばらつきがみられます。群の活動でだいぶ変わっています。Na70-Mg15-Fe15あたりの密集は、2月と4月と5月と11月と12月に集中が見られます。2月は、散在のみです。4月は、HVI-Aと散在です。5月も、HVI-Aと散在です。11月も12月も、散在です。Ironsは、12月から5月まで見られます。

# 2019年のふたご群の絶対等級別三角図とAmag-Na/Mg図

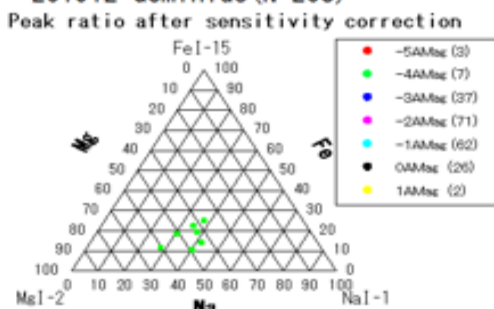
Peak ratio after sensitivity correction



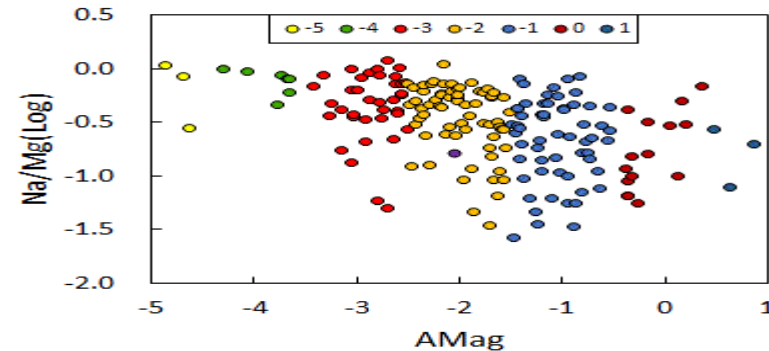
201912 Geminids (N=208)



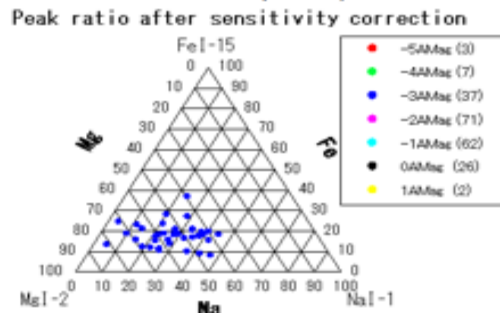
201912 Geminids (N=208)



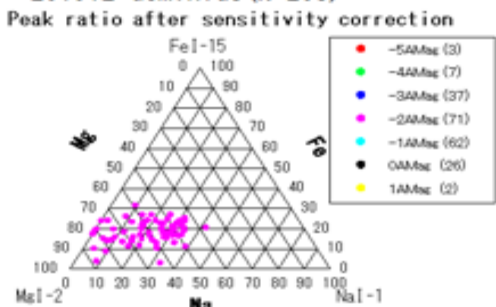
AMag-Na/Mg(Log)  
2019Geminids(N=190)



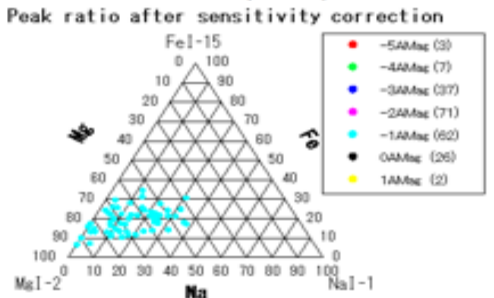
201912 Geminids (N=208)



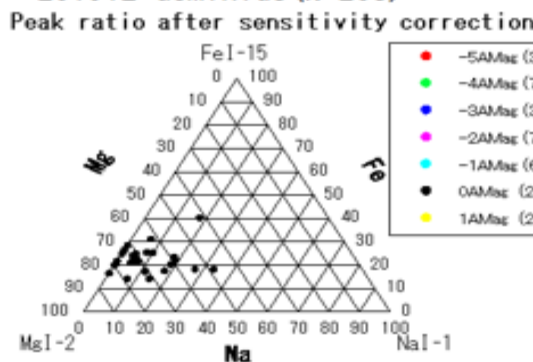
201912 Geminids (N=208)



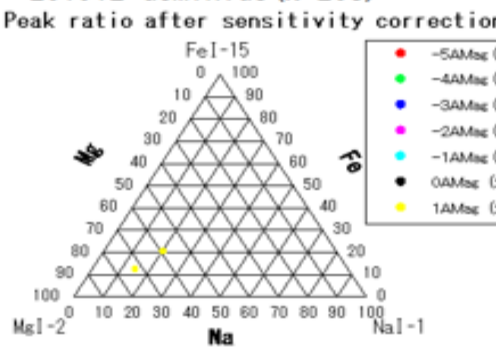
201912 Geminids (N=208)



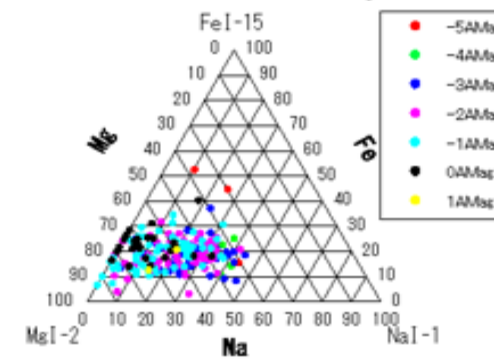
201912 Geminids (N=208)



201912 Geminids (N=208)

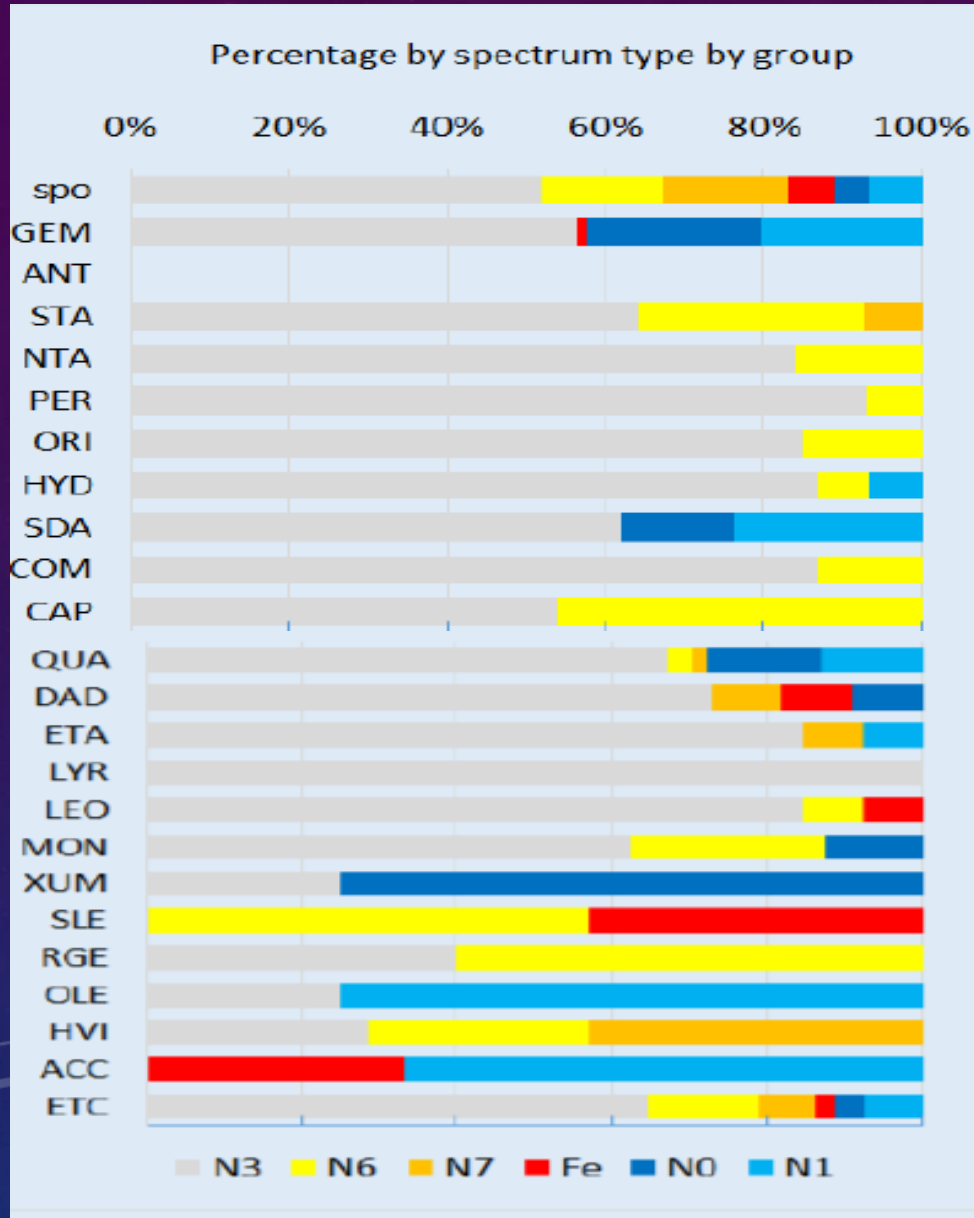


Peak ratio after sensitivity correction



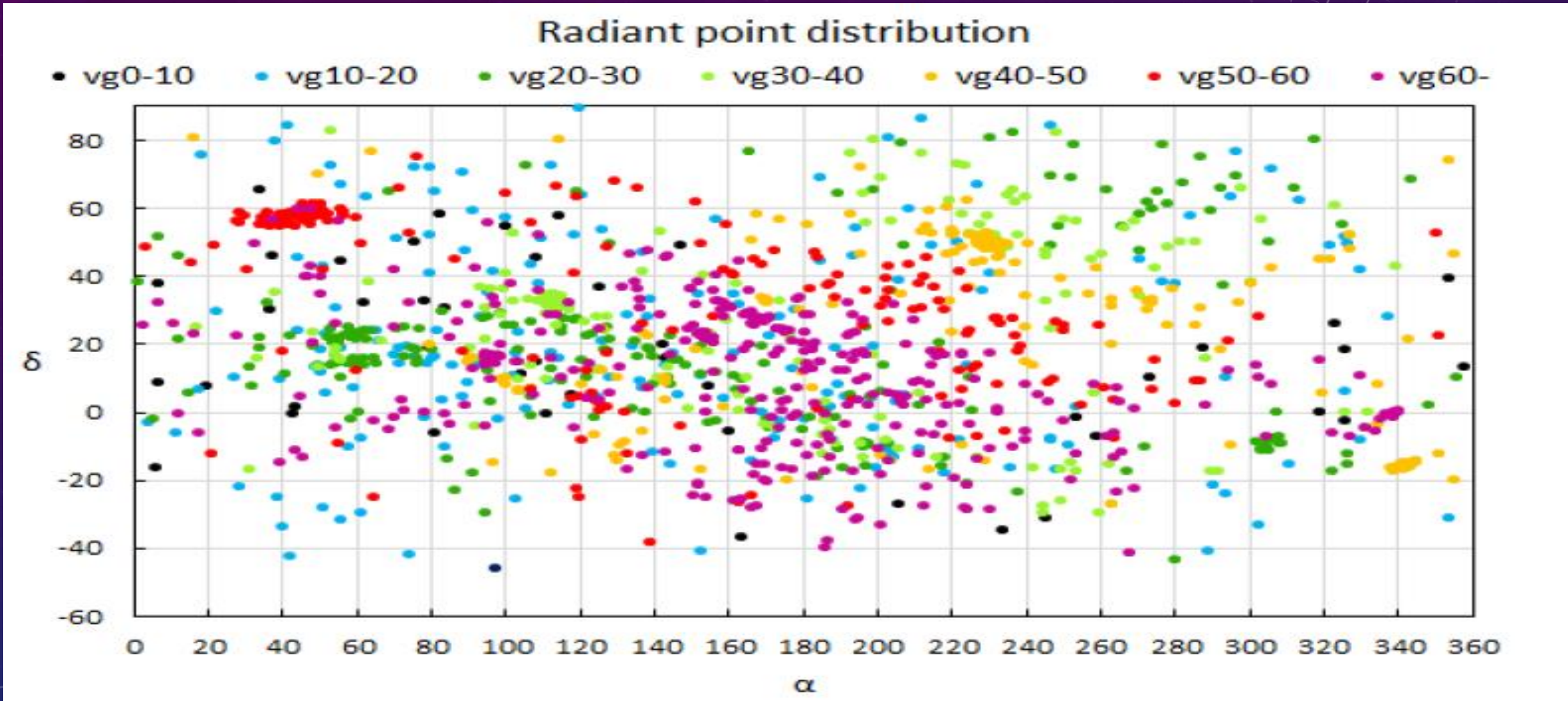
2019年のふたご群の絶対等級別の三角図とAmag-Na/Mg図です。この2つの図から明るい流星ほどNormalが多いことがわかります。暗くなるにつれてNa poorやNa freeが多くなっています。このことからNaの枯渇がみられることがわかります。

# 流星スペクトルの得られた各群のタイプ別の割合の比較



散在流星の半数は、Normalタイプで、他のタイプは全て判定されています。GemとSDAとQUAとDADは、4つのタイプに分類されていてNaの枯渇が見られます。他の主要群は、Normalが多く、N6やN0少し見られます。小流星群は、群によってタイプの割合にばらつきが見られます。XUMとSLEとRGEとOLEとHVIとACCが特徴的な割合を示しています。これらは、速度や軌道による違いも見られます。

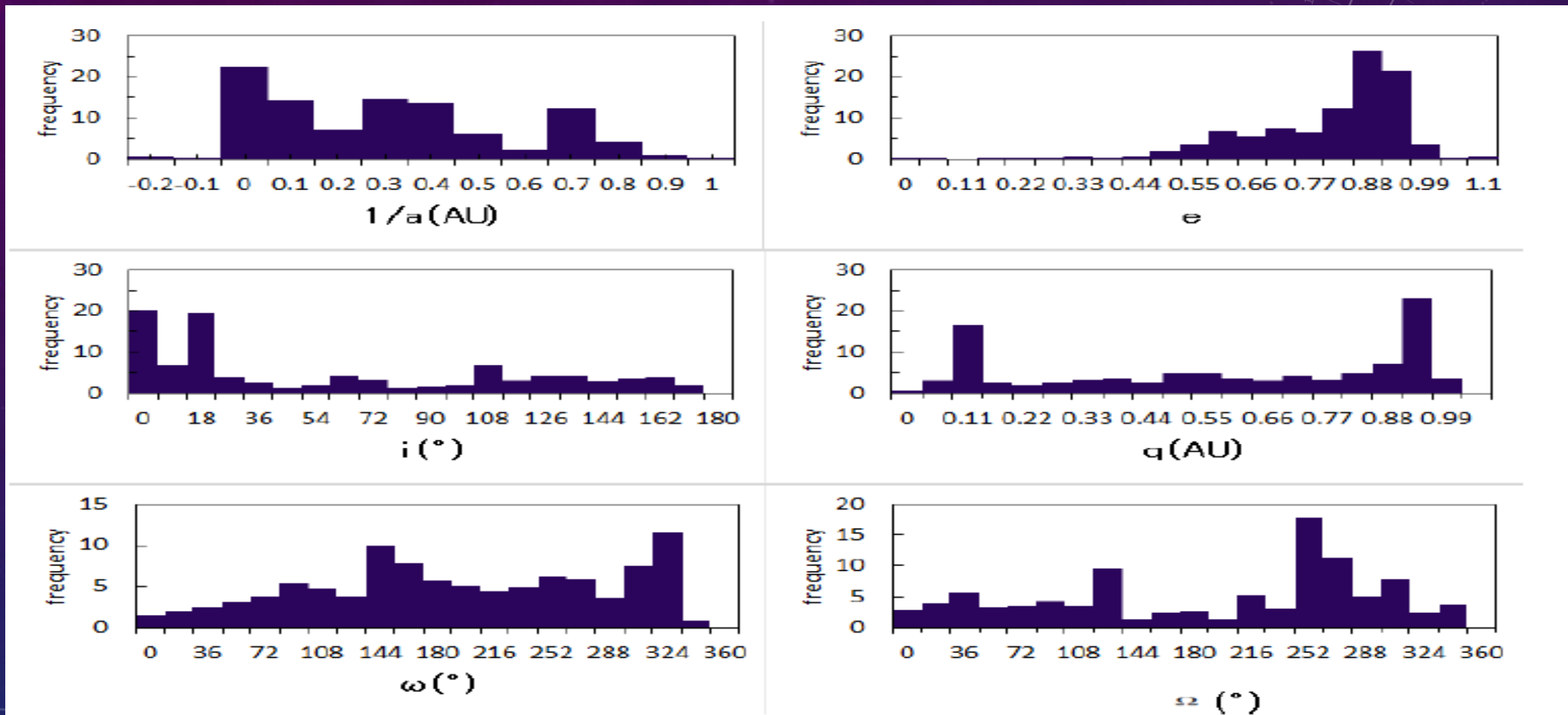
# 流星スペクトルの得られた流星の速度別の輻射点分布



ほとんどの領域でスペクトルが得られています。主要流星群では、集中や広がりが見られます。小流星群の集中も見られます。

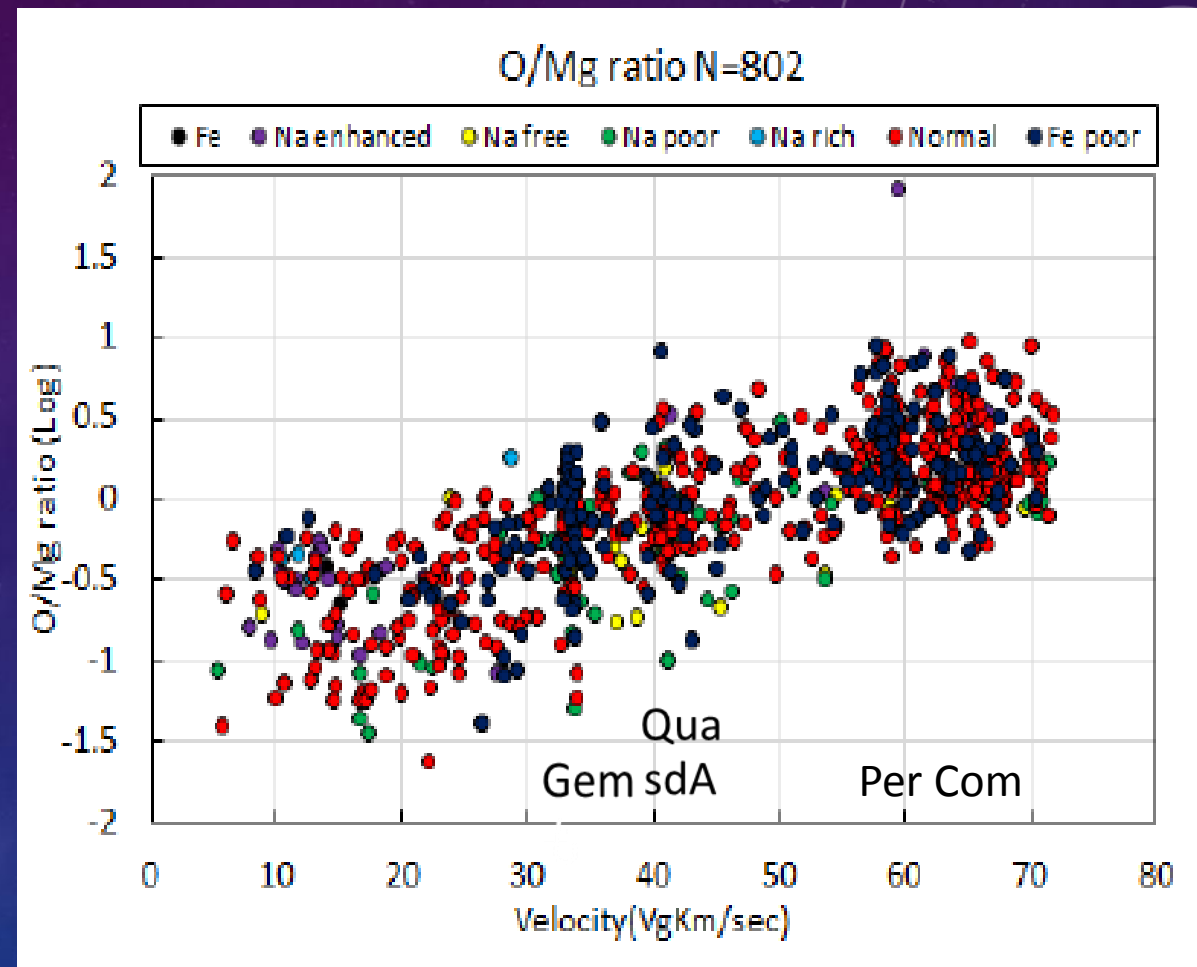
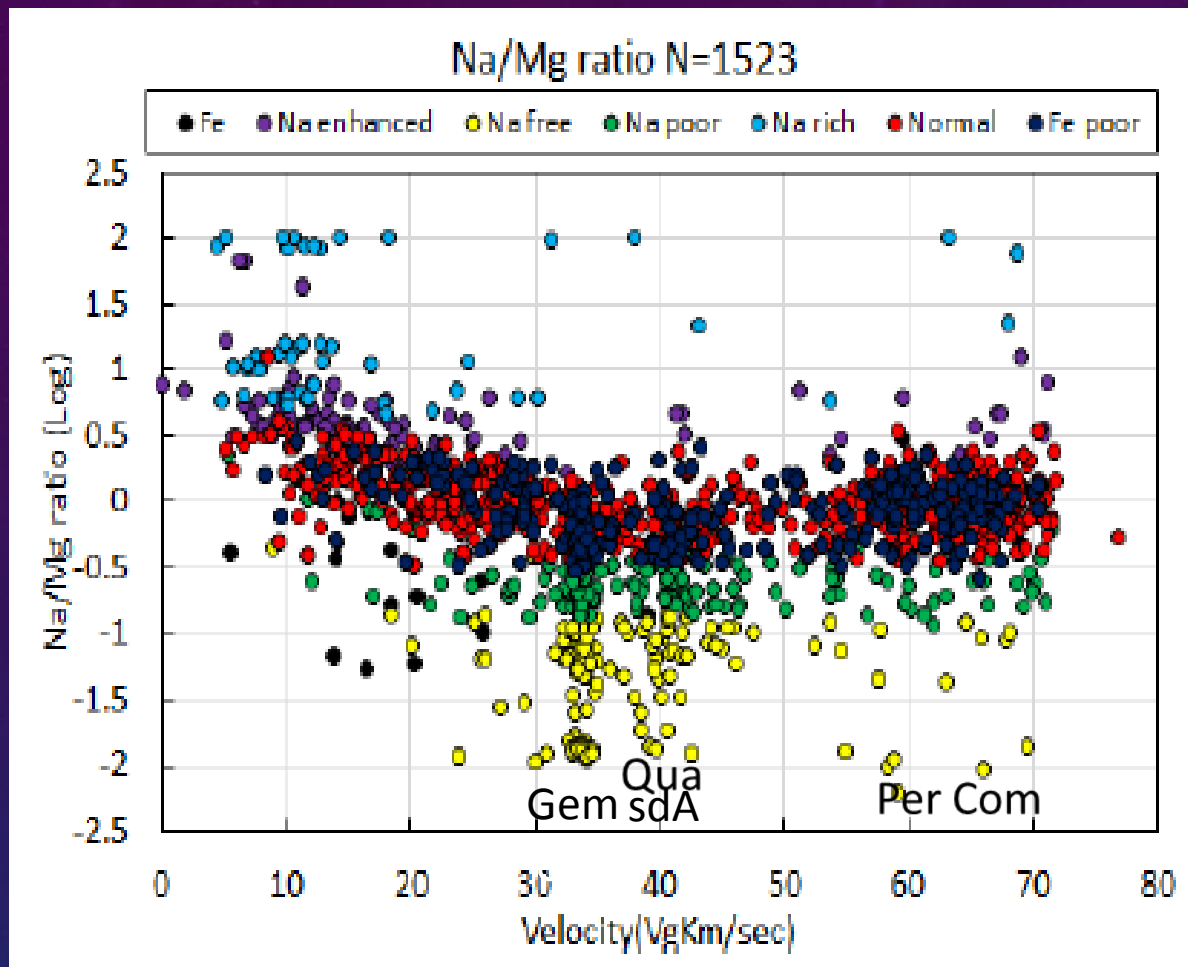


# 流星スペクトルの得られた流星の軌道要素の広がりグラフ



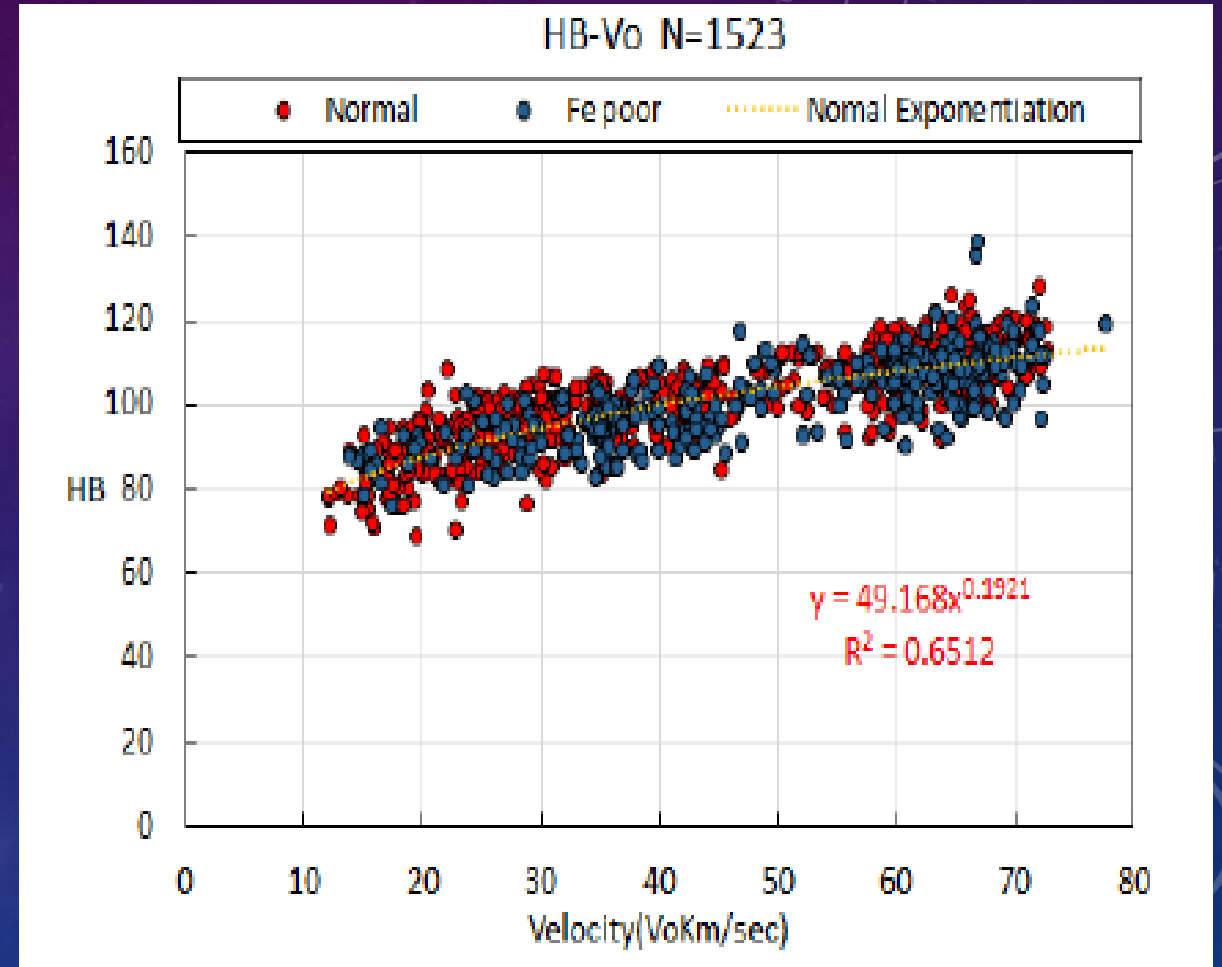
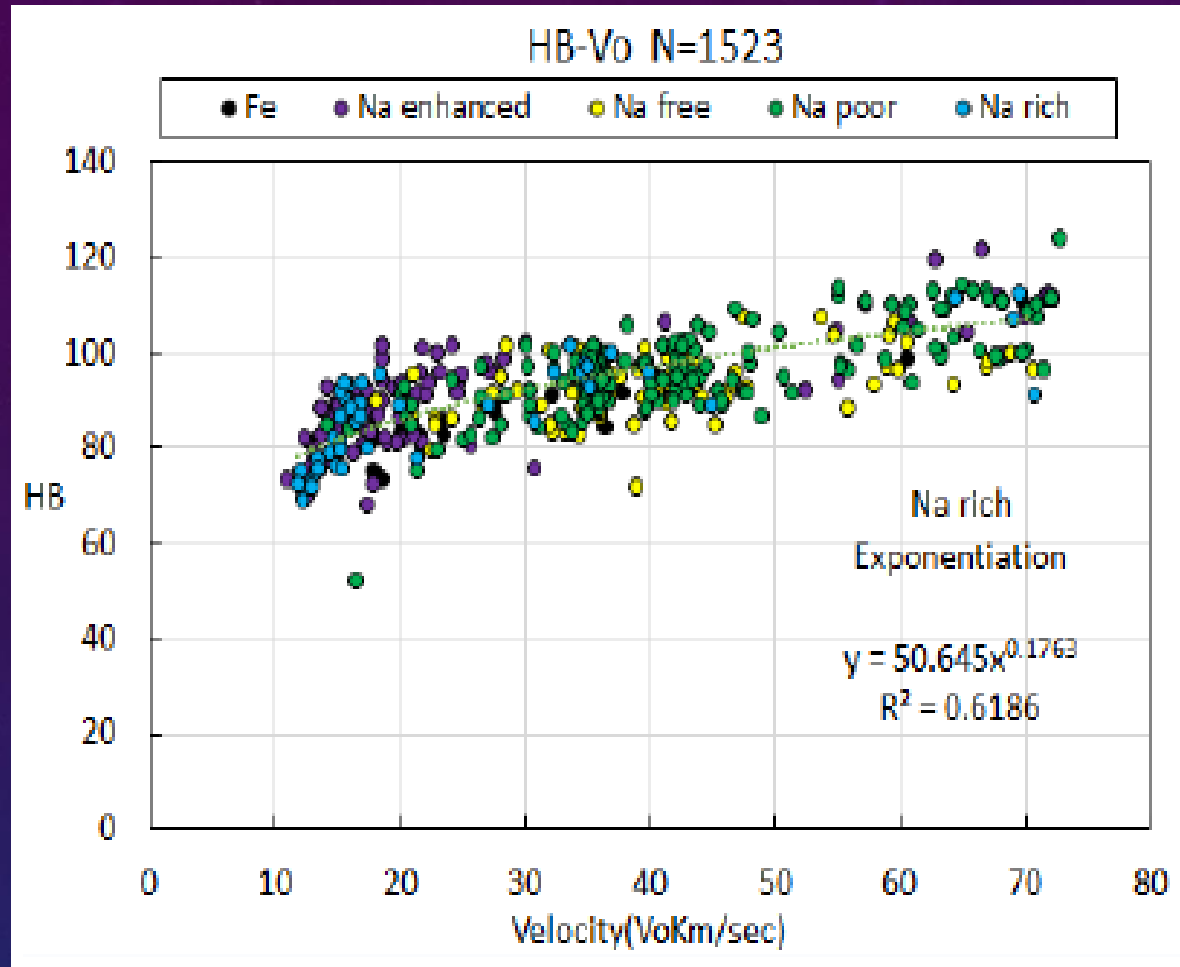
ほとんどの領域でスペクトルが得られています。主要流星群では、集中が見られます。。

# 流星スペクトルの得られた流星のNa/Mg-VgとO/Mg-Vgのグラフ



左がNa/MaとVgのグラフです。30km/sec以下では、2005年の論文と似た傾きになっています。GemとQuaとsdAとPerとComの塊がよく分かります。右は、O/MgとVgのグラフです。全体的に速度と関係していて右上がりの傾きが見られます。

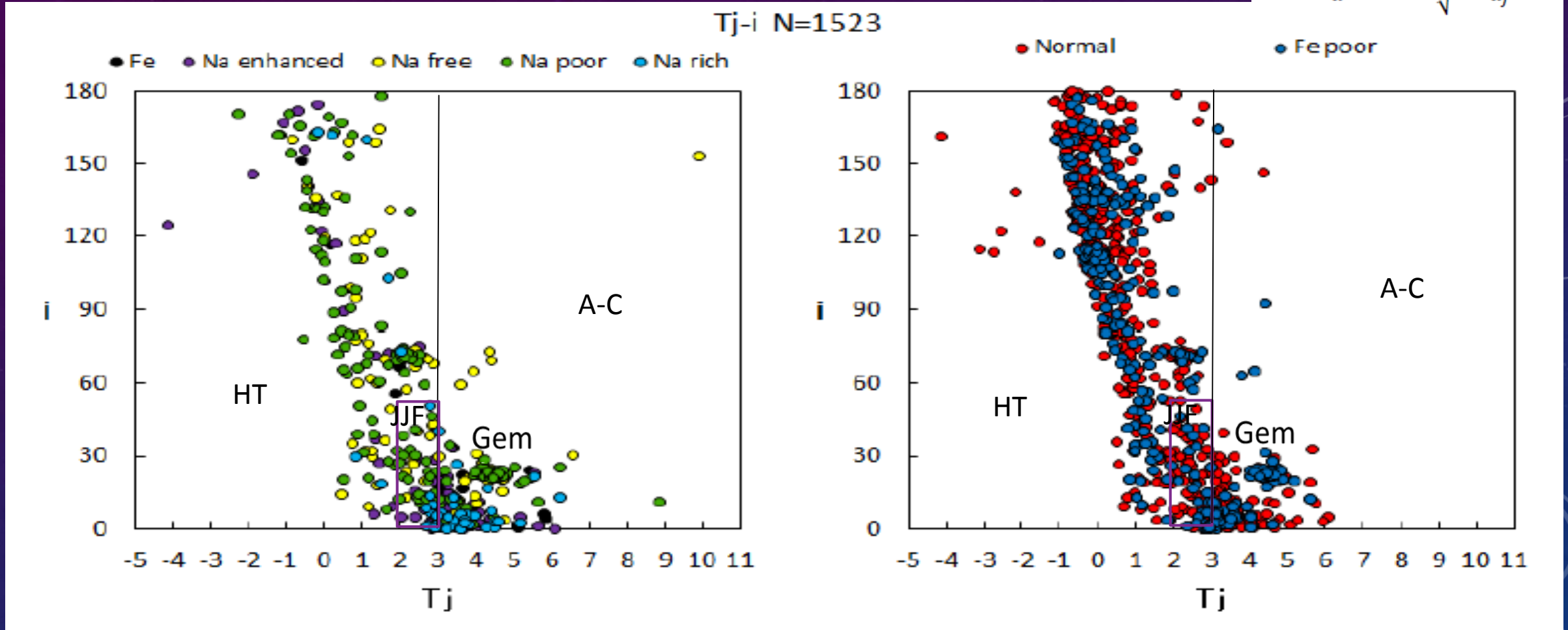
# 流星スペクトルの得られた流星の発光高度と速度の関係図



左がFeからNa richまでのグラフです。タイプによって分布のばらつきが見られます。右は、NormalとFe poorのグラフです。似た傾向があります。全体的に速度と関係していて右上がりの傾きが見られます。それぞれの関数の式で表しています。

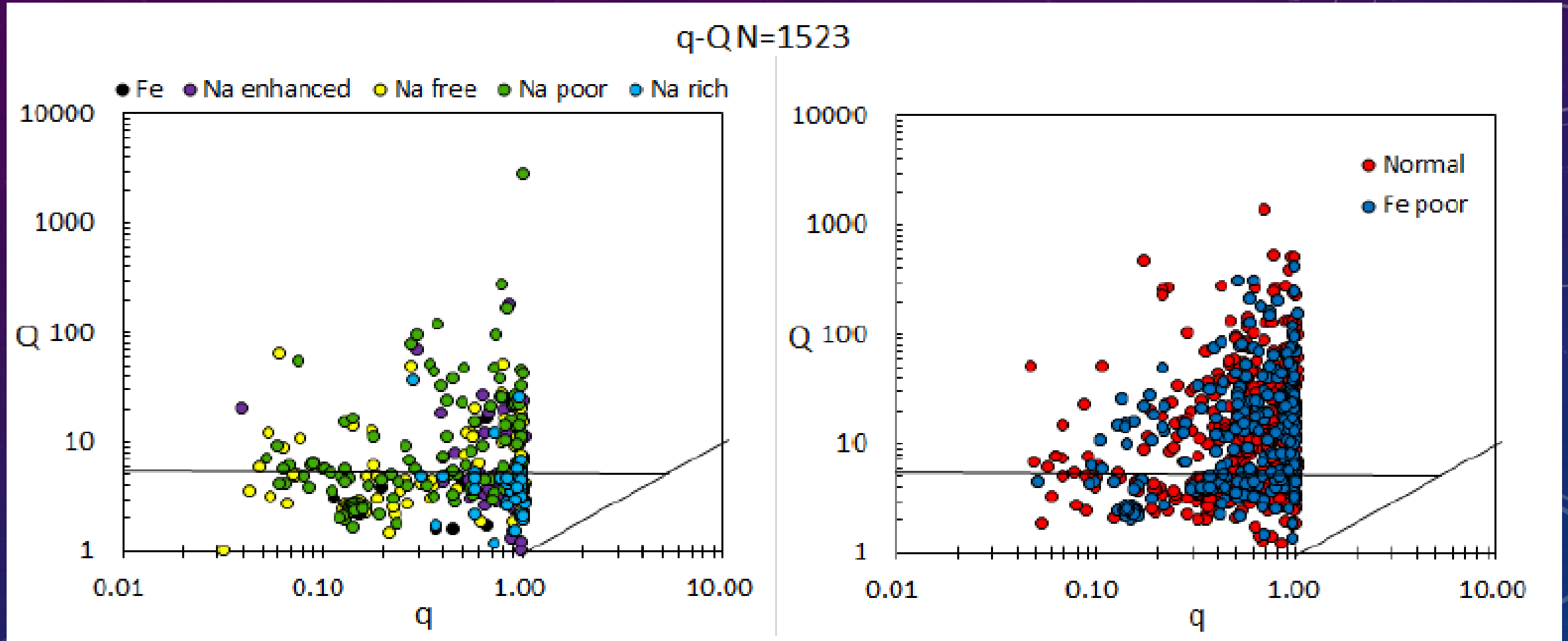
# 流星スペクトルの得られた流星のTj-iの関係図

$$T_j = \frac{a_j}{a} + 2 \cos i \sqrt{\frac{a(1-e^2)}{a_j}}$$



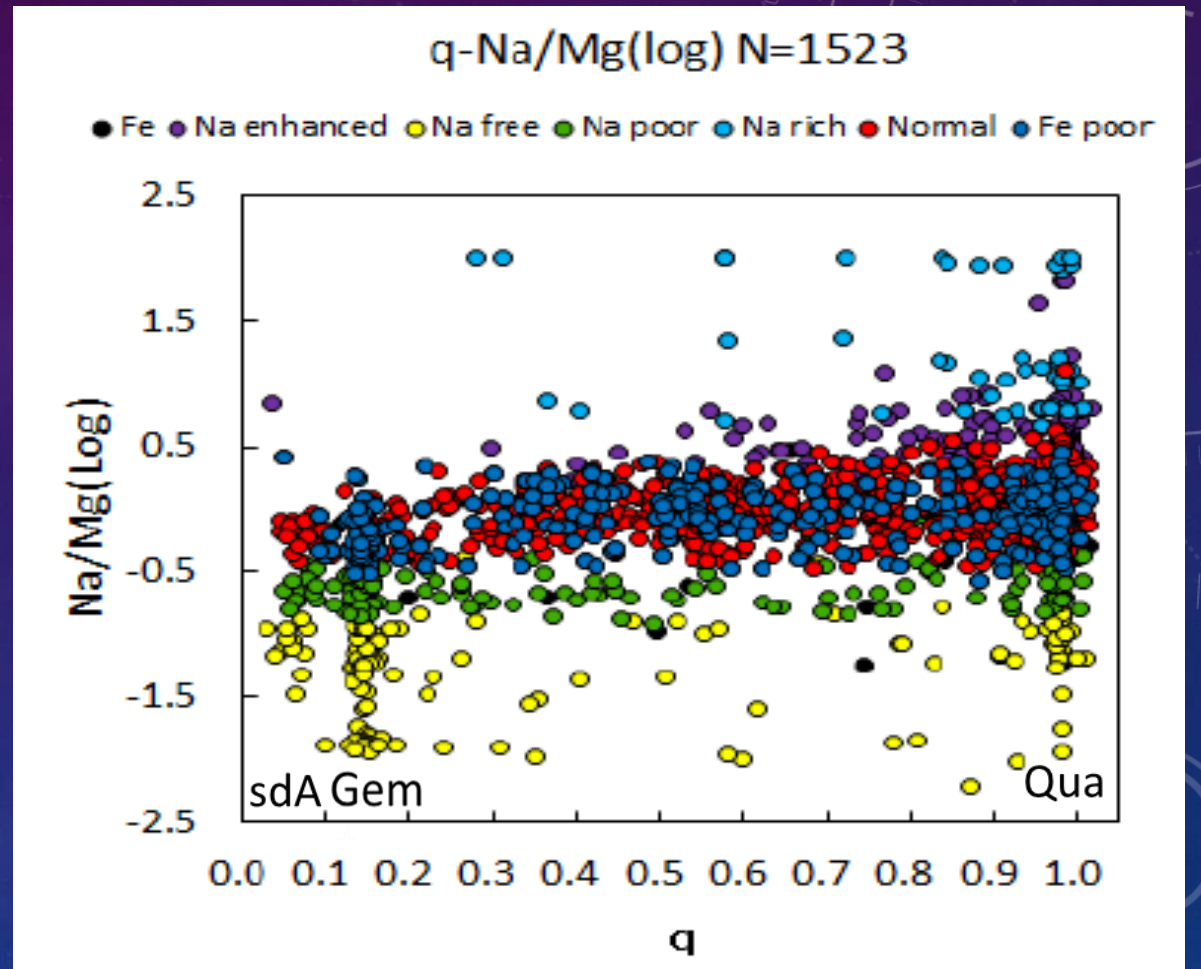
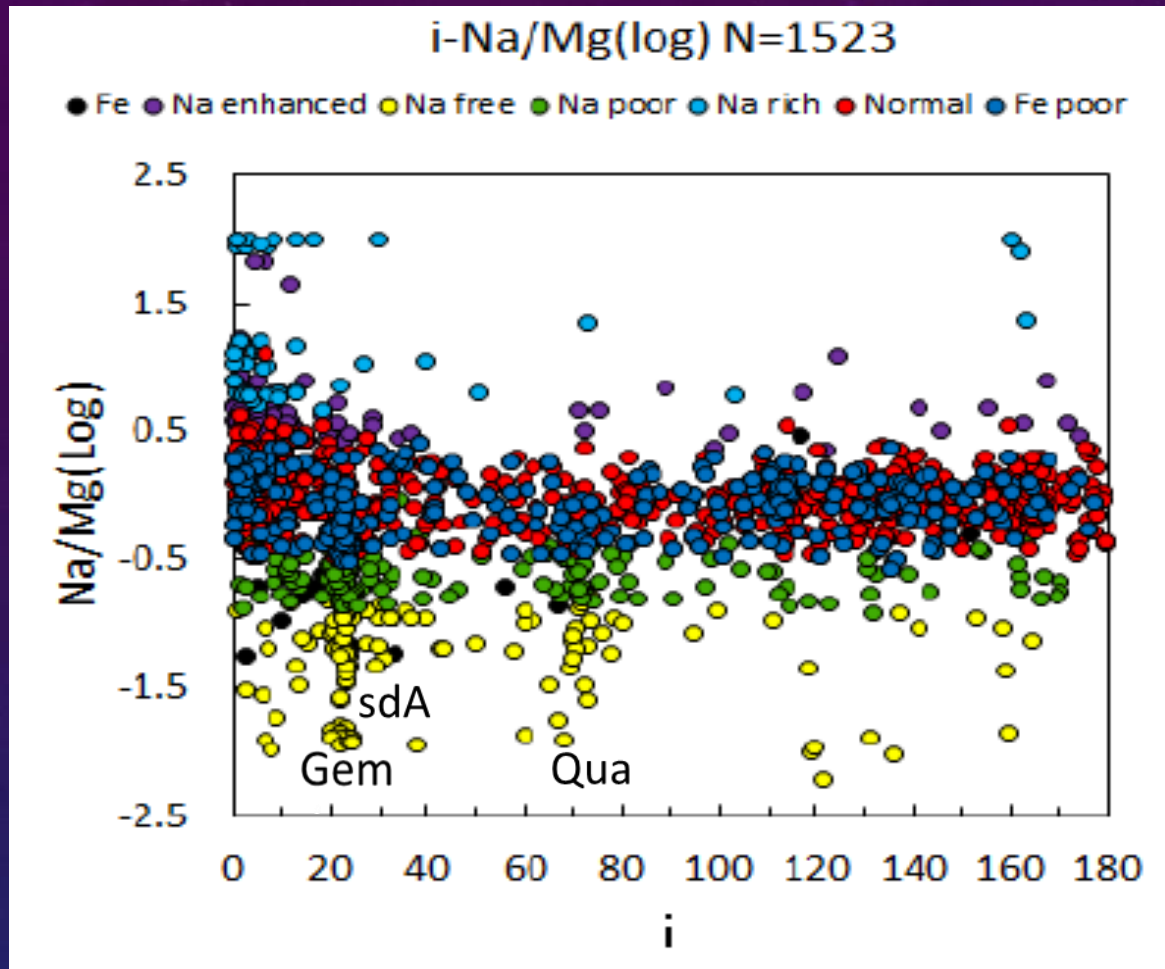
左がFeからNa richまでのグラフです。タイプによって分布のばらつきが見られます。右は、NormalとFe poorのグラフです。似た傾向があります。全体的に3つのタイプ(ハレータイプ HT 木星族 JF 小惑星とコンドライト A-C)に分かれます。

# 流星スペクトルの得られた流星のq-Qの関係図



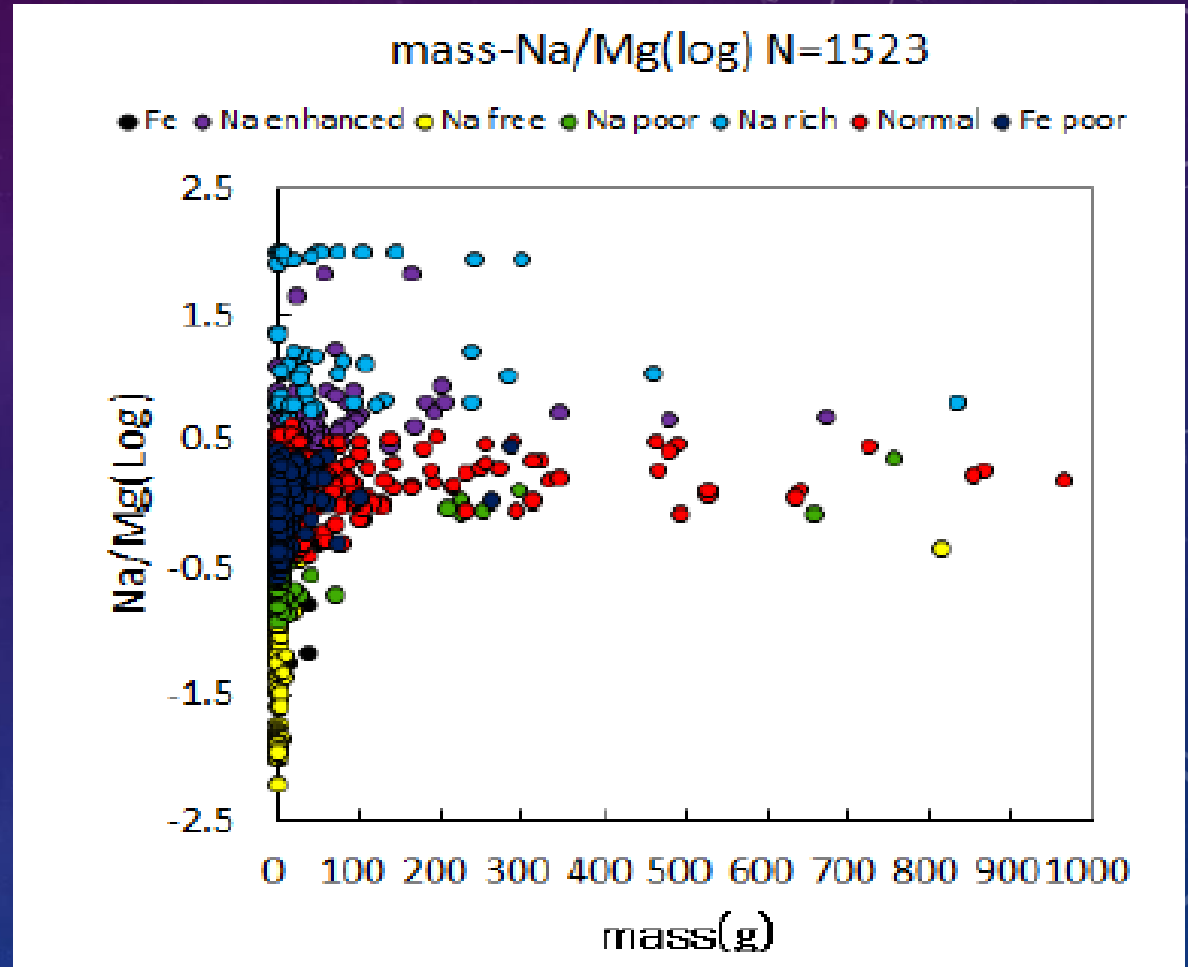
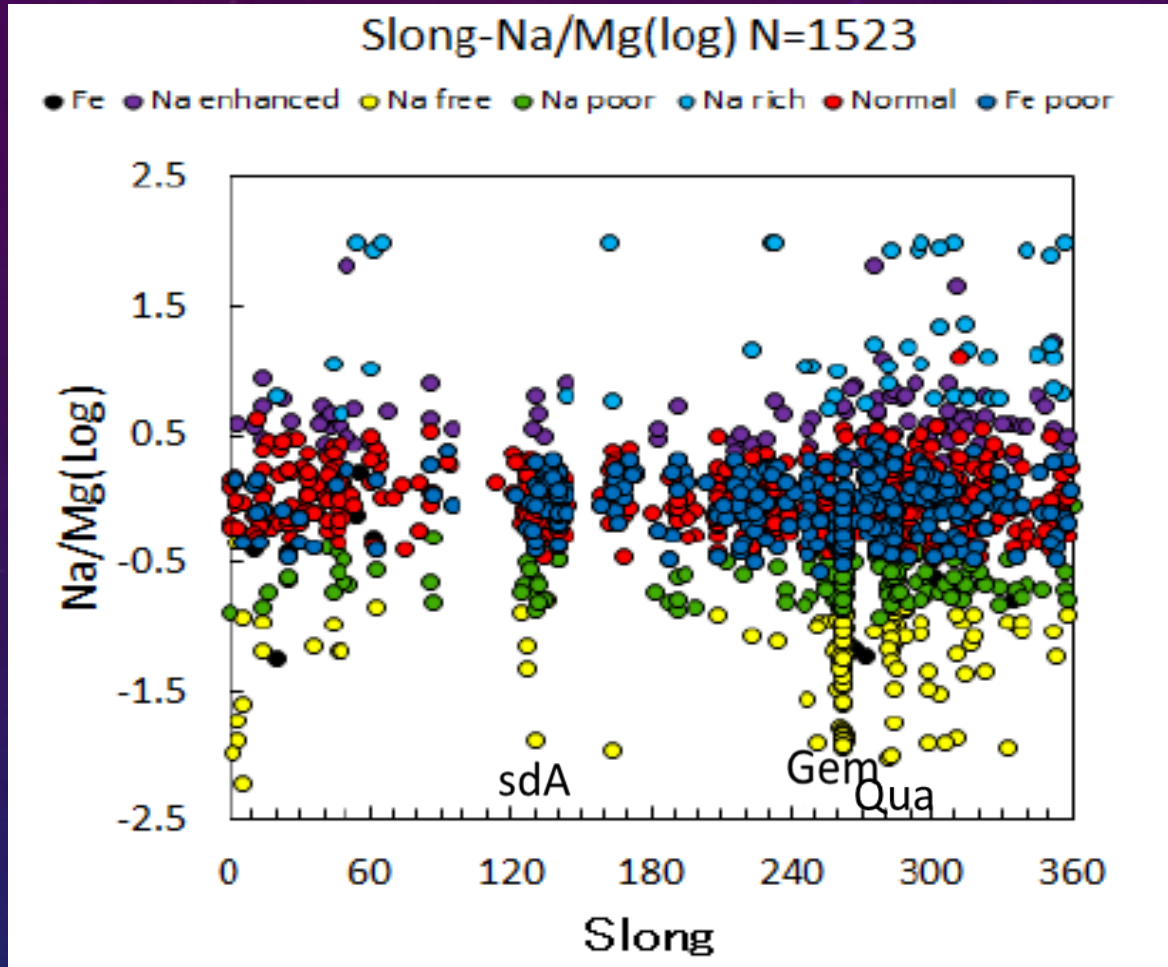
左がFeからNa richまでのグラフです。タイプによって分布のばらつきが見られます。右は、NormalとFe poorのグラフです。似た傾向があります。

# 流星スペクトルの得られた流星のi-Na/Mgとq-Na/Mgの関係図



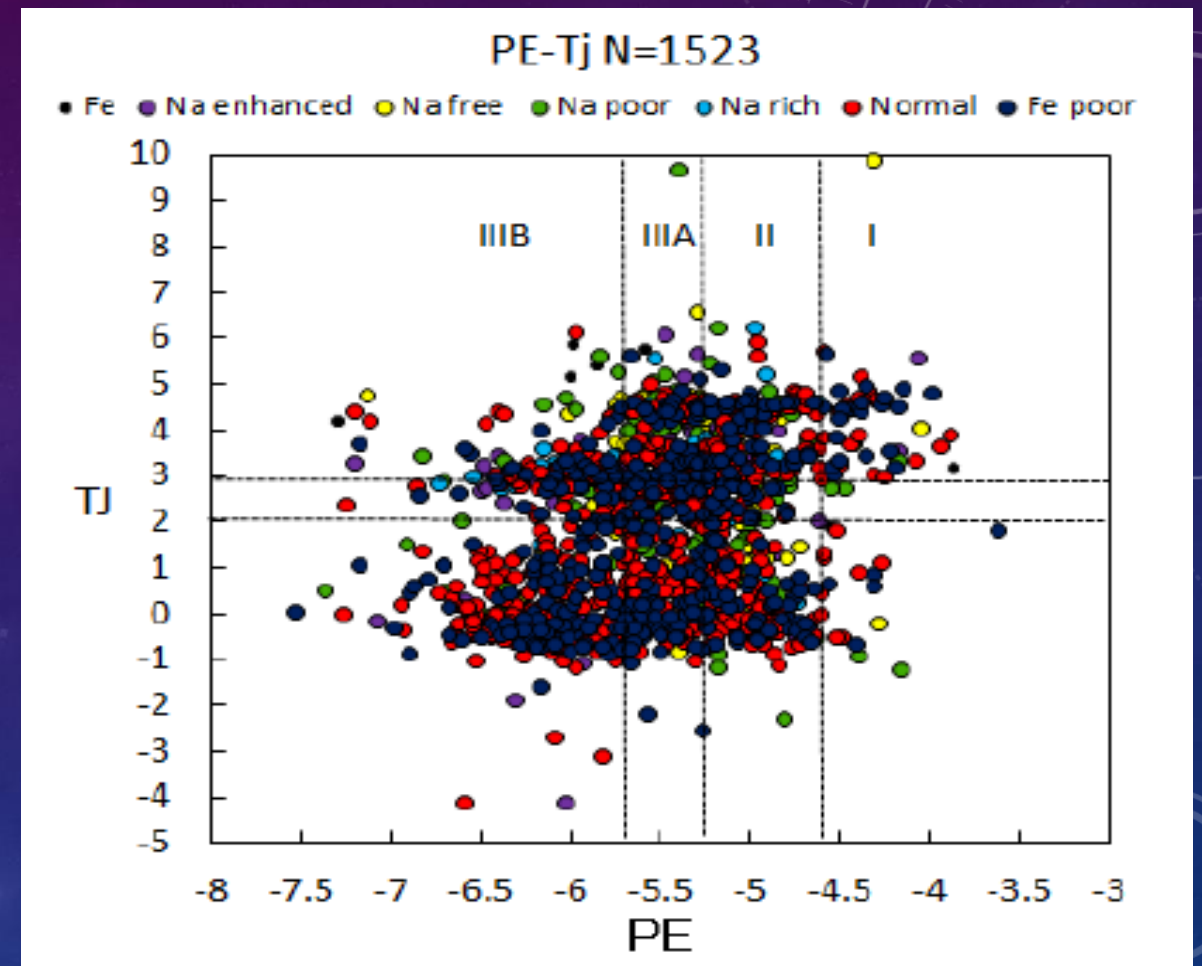
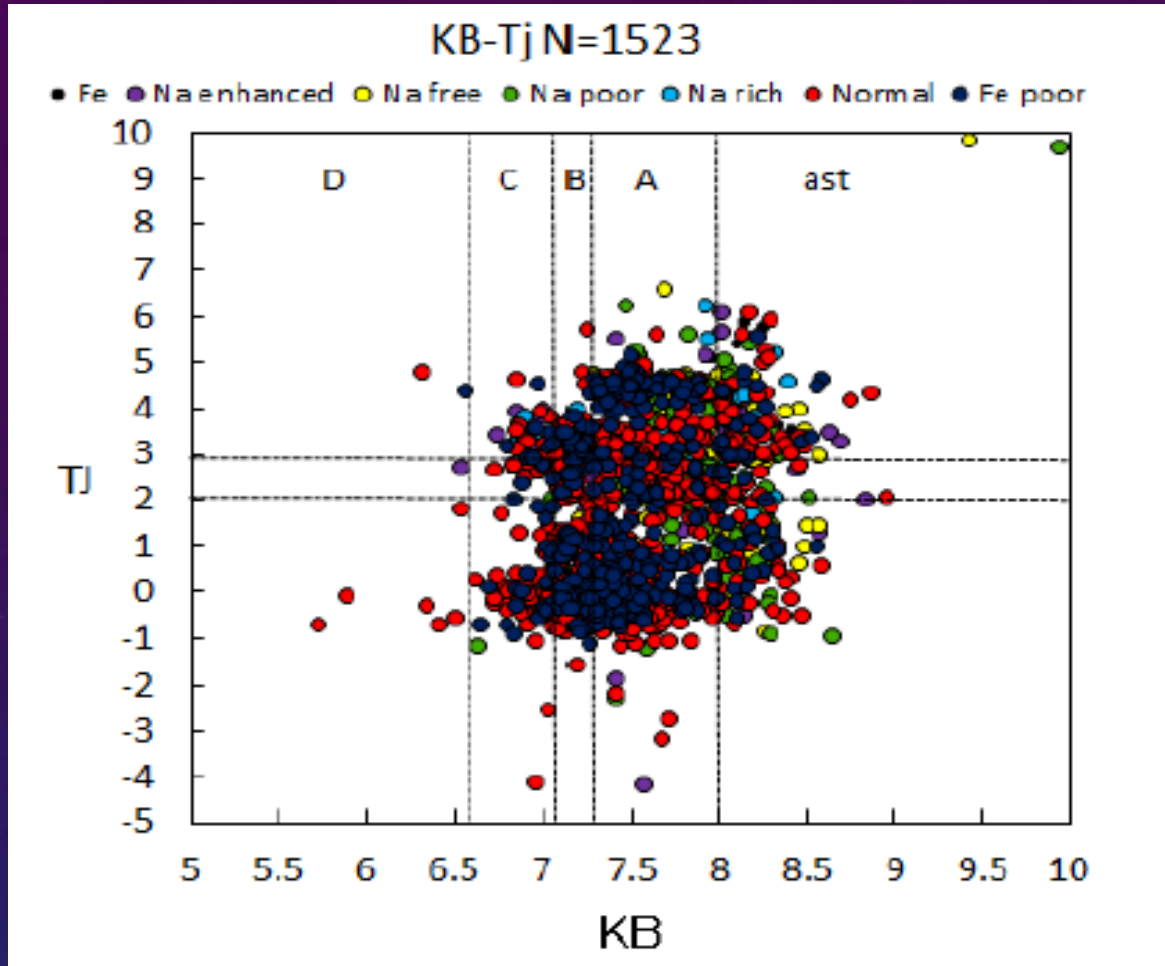
左がi-Na/Mgのグラフです。FeとNa poorとNa freeは、ほぼ一定ですが、他のものは、 $i < 60$ では、左上がりの傾きが見られます。右は、q-Na/Mgのグラフです。FeとNa poorとNa freeは、ほぼ一定ですが、他のものは、右上がりの傾きが見られます。

# 流星スペクトルの得られた流星のSlong-Na/Mgとmass-Na/Mgの関係図



左がSlong-Na/Mgのグラフです。年間を通してNormalが多いです。梅雨時が少なく冬場が多いことがわかります。右は、mass-Na/Mgのグラフです。殆どが50g以下です。Normalが質量の重いものが多いです。低速の流星の火球は、Naが多く主すものが多いです。

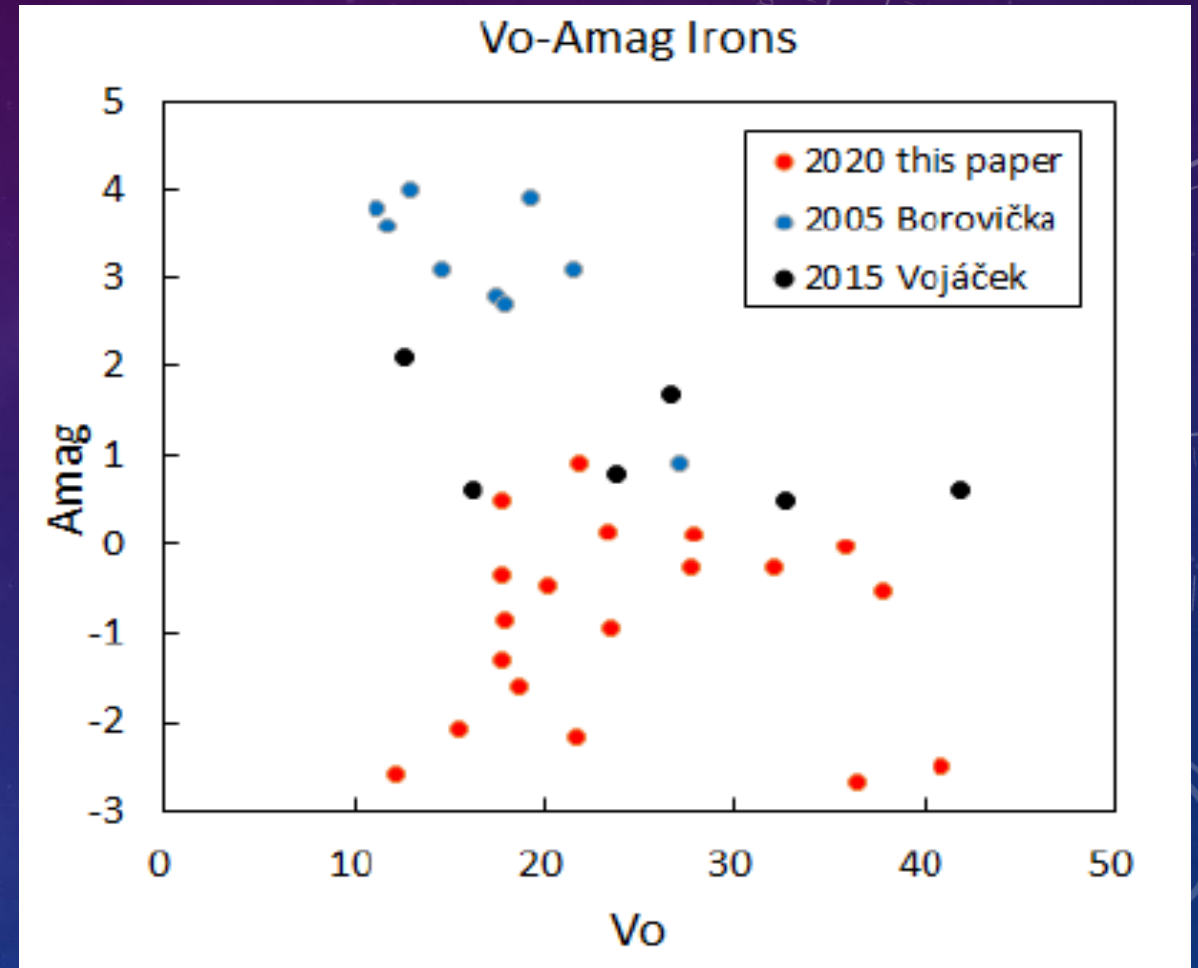
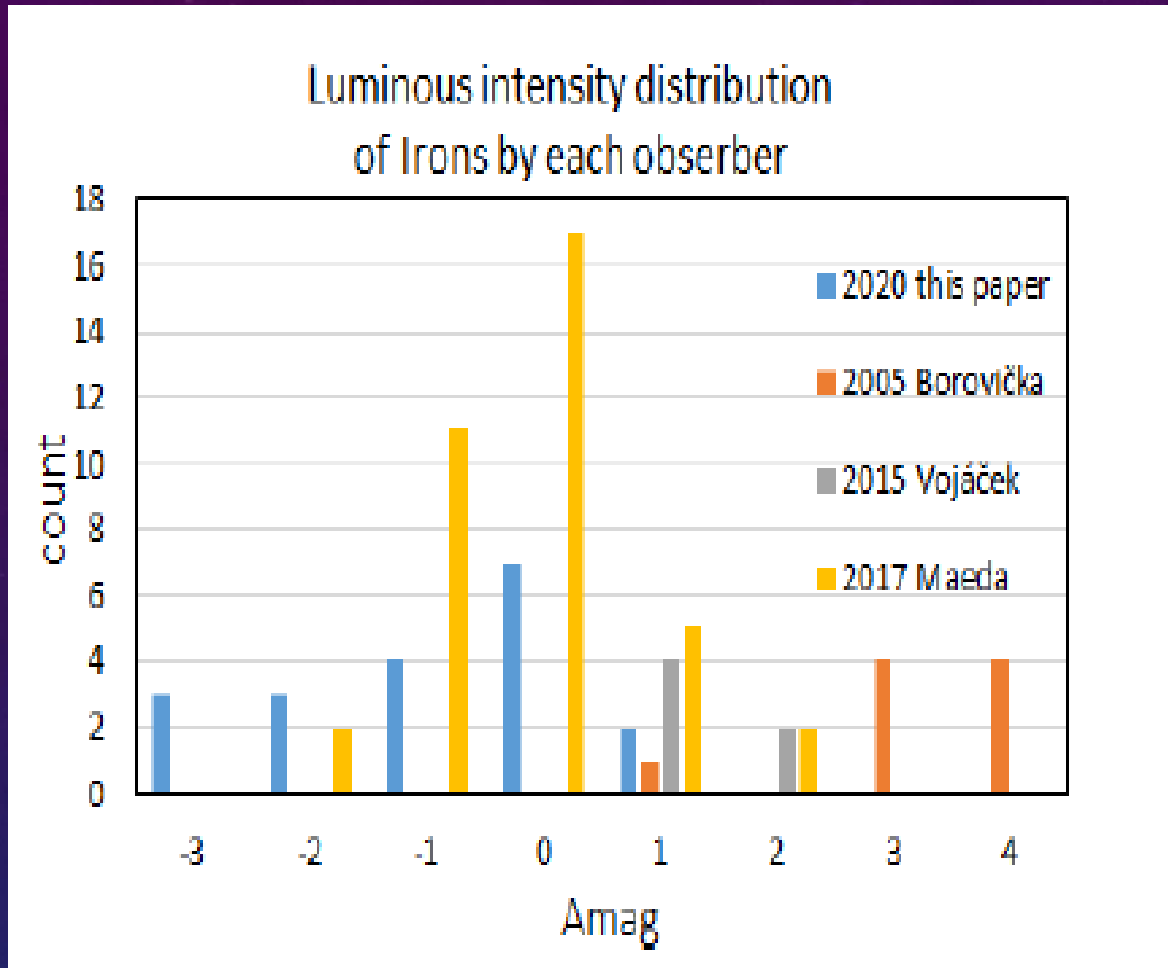
# 流星スペクトルの得られた流星のSlong-Na/Mgとmass-Na/Mgの関係図



左がKB-Tjのグラフです。Aタイプが多いです。NormalとFe poorは、AとBタイプに多いです。Na freeとNa poorは、astタイプが多いです。右は、PE-Tjのグラフです。II-III Bのタイプが多いです。Iのタイプは、少ないです。KBは、中央に集中しています。PEの方は、横に広がっています。NormalとFe poorは、似たような分布をしています。

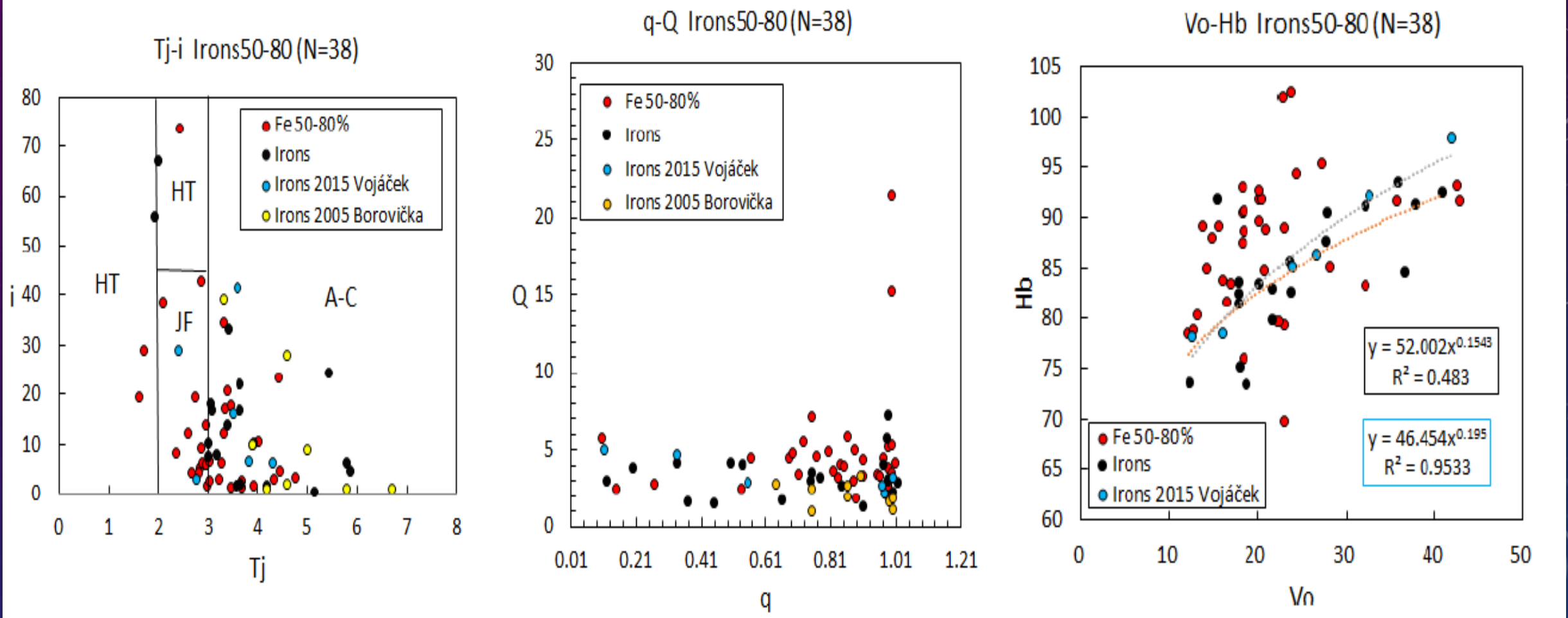


# 流星スペクトルの得られた鉄流星の観測者による違いのグラフ



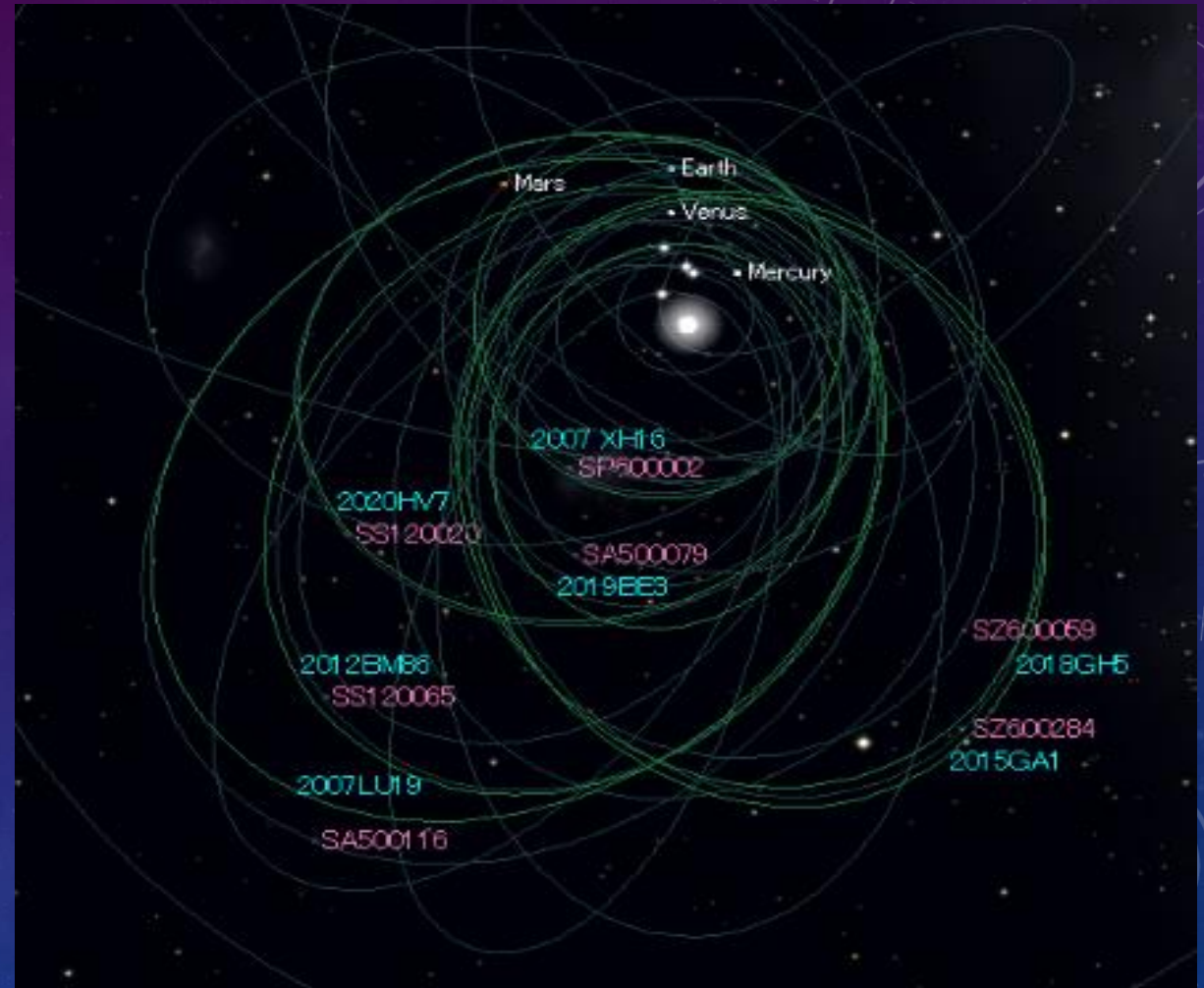
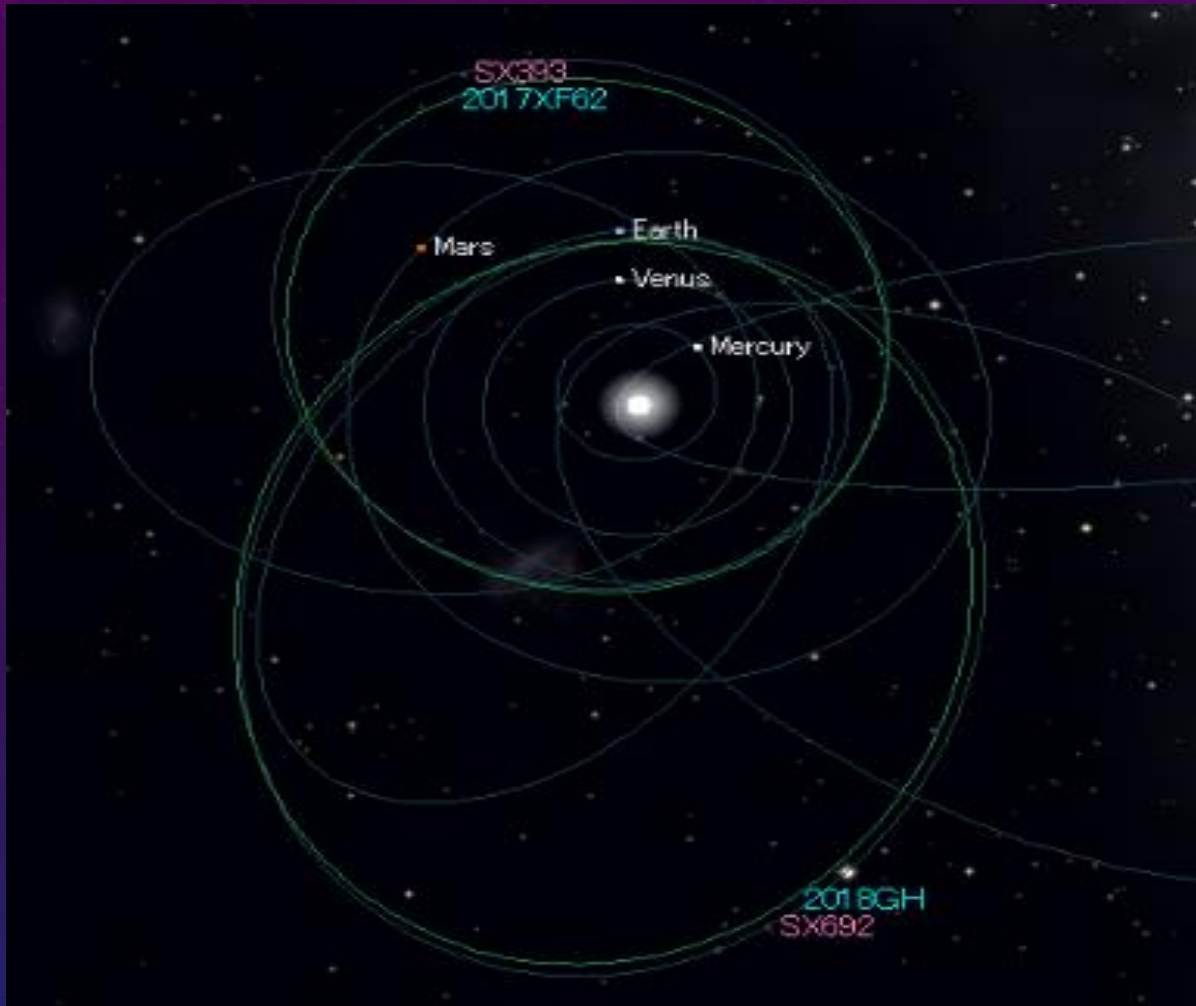
左が各観測者によるAmagの数のグラフです。観測者によって流星の明るさの範囲に差がありますが暗い流星が多い傾向があります。右は、VoとAmagのグラフです。どの観測者でも40Kmを超えるものは殆どありません。10-25の範囲に集中しています。

# 流星スペクトルの得られた鉄流星のTj-iとq-QとVo-Hbの関係図



左がTj-iのグラフです。A-Cタイプが多く見られます。Feが50-80%の鉄流星に近いものも似た分布を示しています。真ん中は、q-Qのグラフです。殆どが $Q < 7$ で、 $0.5 < q < 1$ です。右は、Vo-Hbのグラフです。2015年の論文と似た傾向にあります。

# 流星スペクトルの得られた鉄流星の軌道と母天体候補比較図



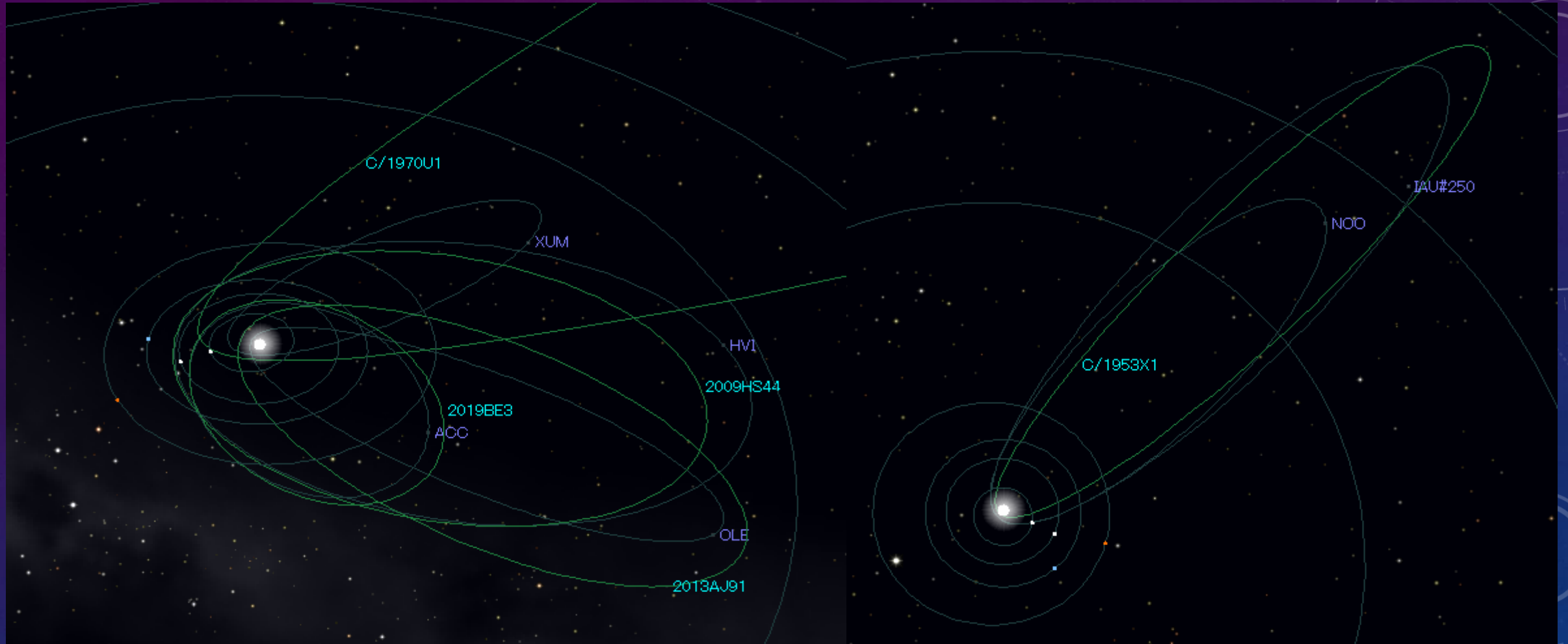
左が2015年の論文の鉄流星の軌道と母天体候補です。2つ母天体候補が見つかりました。右は、私の鉄流星の軌道と母天体候補です。7つの母天体候補が見つかりました。論文と私との共通の鉄流星と母天体は、見つけることができませんでした。

# 流星スペクトルの得られた鉄流星の軌道と母天体候補軌道比較表

No	Name	e	q	i	$\omega$	$\Omega$	$\lambda_{\Pi}$	$\beta_{\Pi}$	DSH	Remarks
V-1	SX393	0.38	0.98	6.40	194.10	262.70	96.73	-1.56		
V-1	2017XF62	0.34	1.00	5.45	203.92	254.07	97.89	-2.21	0.06	
V-2	SX692	0.52	1.00	16.00	194.00	45.80	239.28	-3.82		
V-2	2018GH	0.53	0.96	9.65	193.31	46.15	239.28	-2.21	0.12	
S-1	SP600002	0.20	0.91	24.30	58.40	86.40	142.40	20.51		
S-1	2007 XH16	0.23	0.91	27.43	58.30	91.29	146.46	23.08	0.08	
S-2	SS120020	0.40	1.00	1.80	359.20	190.20	189.44	-0.03		
S-2	2020HV7	0.40	0.99	1.55	354.36	194.25	188.61	-0.15	0.01	
S-3	SS120065	0.65	0.75	13.97	67.12	154.14	220.64	12.85		
S-3	2012BM86	0.63	0.79	11.40	56.35	164.15	219.98	9.47	0.07	
S-4	SZ600284	0.61	0.75	2.14	70.89	200.77	271.65	2.02		
S-4	2015GA1	0.61	0.78	5.17	69.55	202.58	272.06	4.85	0.06	
S-5	SA500079	0.57	0.45	6.30	120.80	121.00	241.89	5.40		ACC
S-5	2019BE3	0.59	0.50	8.51	111.01	130.11	241.33	7.94	0.07	
S-6	SA500116	0.62	0.97	8.00	153.10	55.30	208.59	3.61		
S-6	2008JD33	0.65	1.03	5.93	144.05	65.77	209.97	3.47	0.08	
S-7	SZ600059	0.52	0.84	10.10	238.00	25.20	262.72	-8.59		
S-7	2018GH5	0.55	0.85	5.07	248.76	21.84	270.52	-4.73	0.12	
S-8	SA500118	0.49	1.01	22.00	180.80	61.10	241.88	-0.30		
S-8	1999 FN53	0.46	0.94	20.16	191.71	50.59	241.60	-4.01	0.10	
S-9	SW600479	0.64	0.37	4.50	308.04	282.40	230.53	-3.54		
S-9	2013YL2	0.66	0.40	5.87	303.56	277.90	221.60	-4.89	0.11	
S-10	SA500064	0.53	0.98	33.20	177.70	271.70	89.76	1.25		
S-10	2019YA6	0.57	1.07	31.38	169.11	275.07	85.75	5.65	0.12	
S-11	SA500279	0.77	0.53	18.12	92.81	120.91	213.87	18.10		
S-11	2009 BJ58	0.71	0.53	13.03	85.60	131.46	216.94	12.99	0.12	
S-12	SS800036	0.46	0.66	0.40	93.50	138.40	231.85	0.35		
S-12	2019BV2	0.50	0.66	0.66	82.14	134.78	216.92	0.65	0.13	
S-13	SA500115	0.93	0.12	16.70	147.20	234.40	22.72	8.96		
S-13	2005 GL9	0.90	0.22	20.02	162.17	225.64	28.83	6.02	0.17	
S-14	SW600549	0.79	0.50	10.27	97.35	154.39	251.85	10.18		
S-14	2019DW1	0.78	0.50	4.87	97.38	164.86	262.26	4.83	0.17	
S-15	SA500259	0.90	0.20	16.66	313.20	281.48	235.90	-12.07		Gem?
S-15	Phaethon	0.89	0.14	22.26	322.19	265.22	229.53	-13.43	0.18	
S-16	SA500271	0.71	0.98	66.93	188.00	287.63	110.78	-7.35		Qua?
S-16	2003 EH1	0.62	1.19	70.84	171.34	282.98	100.12	8.18	0.33	

V-1とV-2は、2015年の論文の鉄流星(上)の軌道と母天体候補(下)軌道です。S-1からS-16は、私の鉄流星(上)の軌道と母天体候補(下)軌道です。DSHと $\lambda$ と $\beta$ で判定しました。

# 流星スペクトルの得られた小流星群の軌道と母天体候補比較図



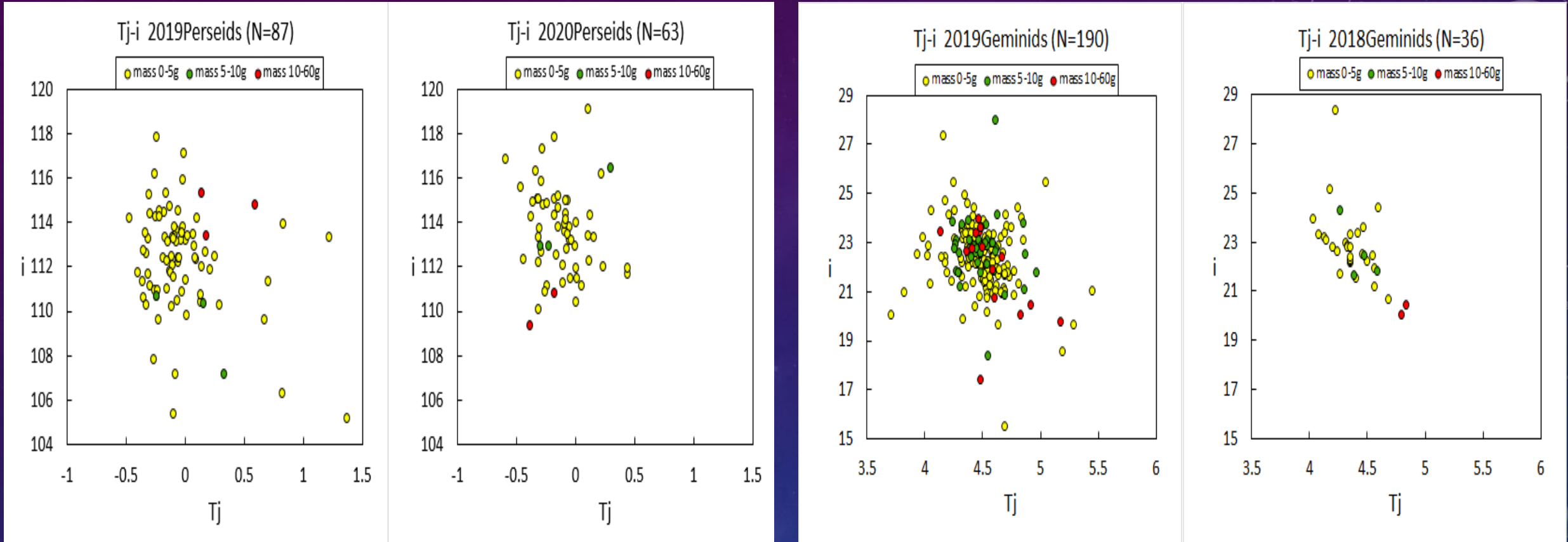
左がACC群とCLE群とHVI群とXUM群と母天体候補の軌道図です。XUM群は、速度で軌道の違いが見られます。右は、NOO群と母天体候補の軌道図です。似た傾向があります。速度による影響が考えられます。

# 流星スペクトルの得られた小流星群の軌道と母天体候補比較表

Name	Vg	e	q	i	$\omega$	$\Omega$	Dsh	$\lambda_{\Pi}$	$\beta_{\Pi}$	Remark
ACC	23.0	0.69	0.46	8.7	109.2	126.8	0.11	236.21	8.21	N=4
IAU#266	19.3	0.59	0.48	7.2	112.6	124.2	0.00	236.96	6.64	asteroidal
2019BE3		0.59	0.50	8.5	111.0	130.1	0.05	241.33	7.94	
OLE	40.1	0.94	0.11	26.5	146.8	114.9	0.11	264.55	14.16	N=4
IAU#515	41.5	0.97	0.08	23.0	151.0	116.0	0.00	268.97	10.92	
2013AJ91		0.93	0.18	33.3	165.8	95.4	0.27	263.45	7.73	?
XUM	40.7	0.84	0.23	66.8	312.5	299.3	0.03	276.01	-42.65	N=5
IAU#341	40.9	0.86	0.22	66.8	313.2	298.0	0.00	275.24	-42.07	
C/1970 U1		1.00	0.41	60.8	318.5	293.7	0.27	270.34	-35.32	?
HVI	17.7	0.71	0.77	0.9	64.6	219.9	0.02	284.59	0.80	N=7
IAU#343	18.1	0.73	0.76	0.6	64.1	220.4	0.00	284.50	0.54	
2009HS44		0.70	0.77	2.4	73.2	209.1	0.05	282.32	2.33	
NOO	40.7	0.97	0.12	19.8	140.4	67.0	0.08	209.17	12.45	N=5
IAU#250	42.5	0.99	0.12	24.4	140.4	67.6	0.00	210.61	15.27	
C/1953 X1		1.00	0.07	13.6	94.1	115.2	0.32	209.43	13.54	?

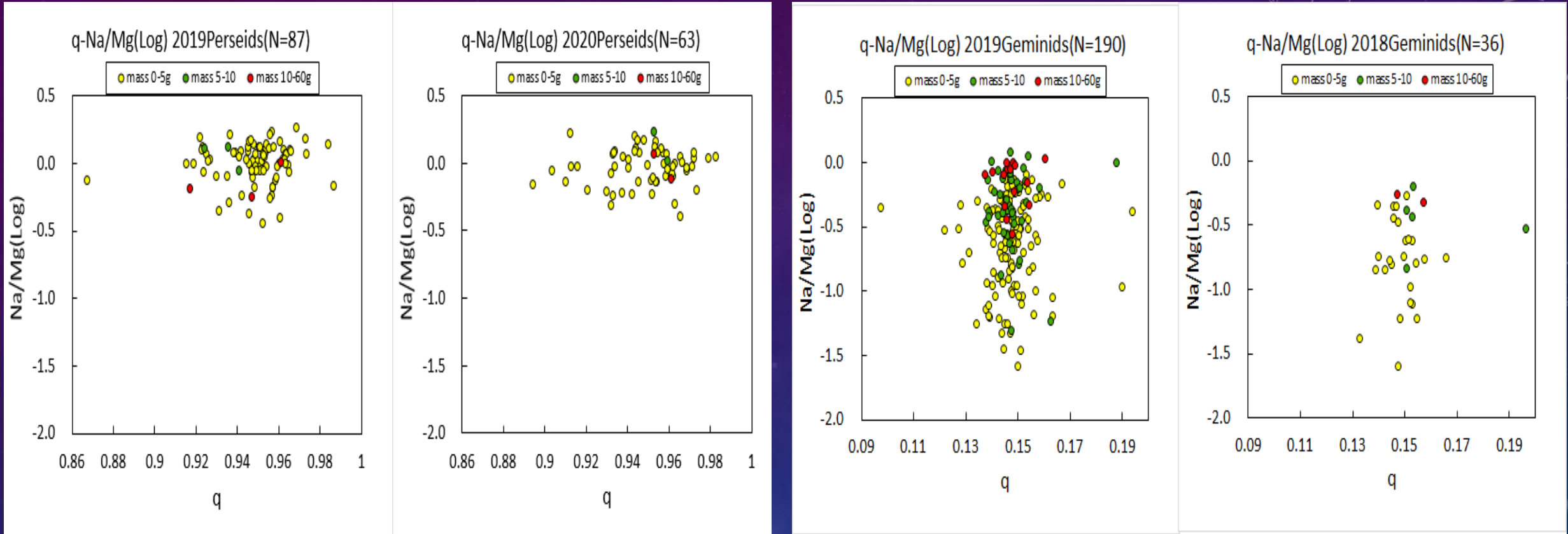
ACCとHVIは、軌道要素も $\lambda$ と $\beta$ もよく一致していますが、OLEとXUMとNOOは、軌道要素は、大体似ていますがDSHが0.2を超えていて?です。速度による影響があると思われます。候補は、一番近いものです。

# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のTj-iの比較



左は、ペルセ群です。どちらの年も集中している中心より外側に質量の重い物質が多いようです。 $i$ が $110-115^\circ$ に集中しています。右は、ふたご群です。 $i$ が $20-25^\circ$ に集中しています。ペルセ群よりも集中部分の近くに重い物質も集中しているが離れた所にも散見している。このことからふたご群の方が流星物質の広がりが少ないと思われます。

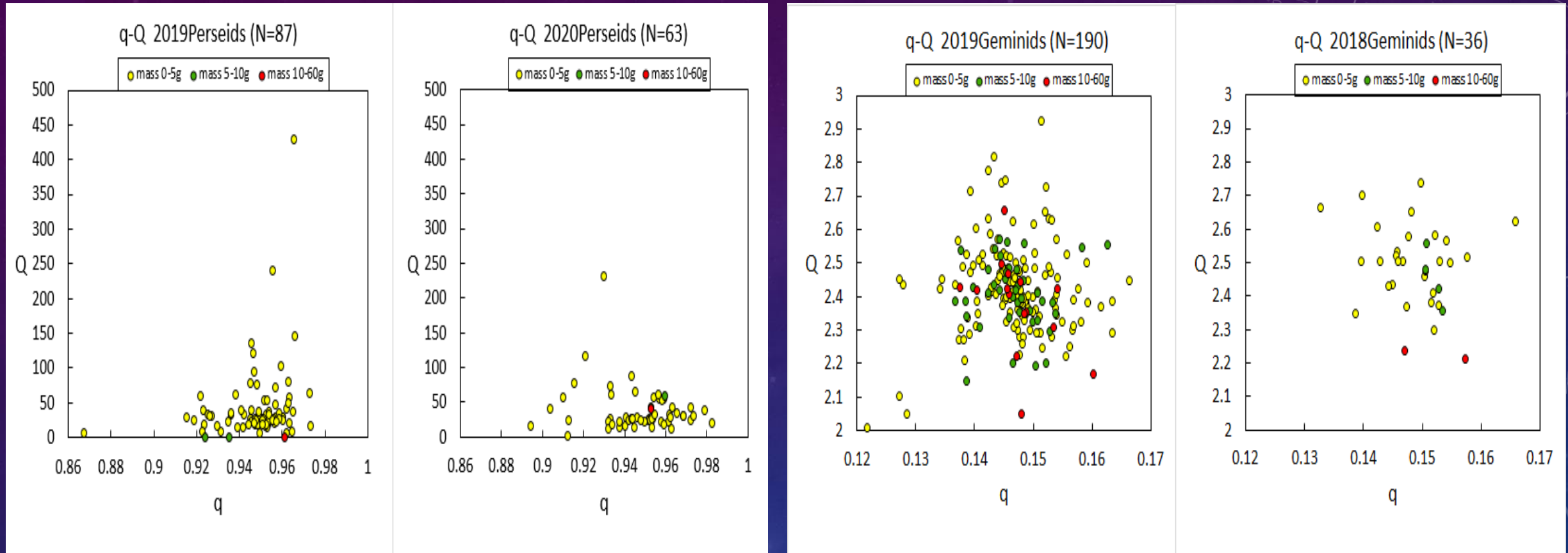
# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のq-Na/Mgの比較



左は、ペルセ群です。どちらの年も集中している中心より外側に質量の重い物質が多いようです。qが0.94-0.97°に集中しています。右は、ふたご群です。qが0.14-0.16°に集中しています。ペルセ群よりも集中部分の近くに重い物質も集中しているが離れた所にも散見している。このことからiと同様にふたご群の方が流星物質の広がりが少ないと思われます。しかし、タイプの広がりには、ふたご群が非常に大きい。これは、4つのタイプが混在しているためです。

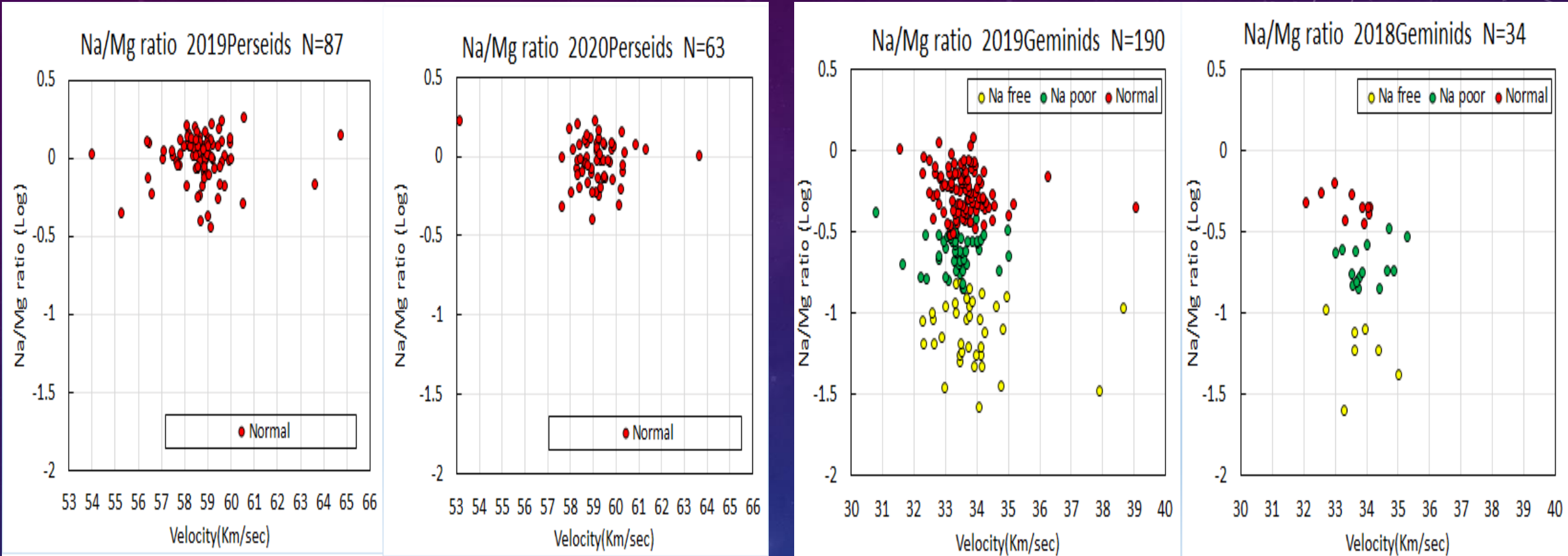


# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のQ-qの比較



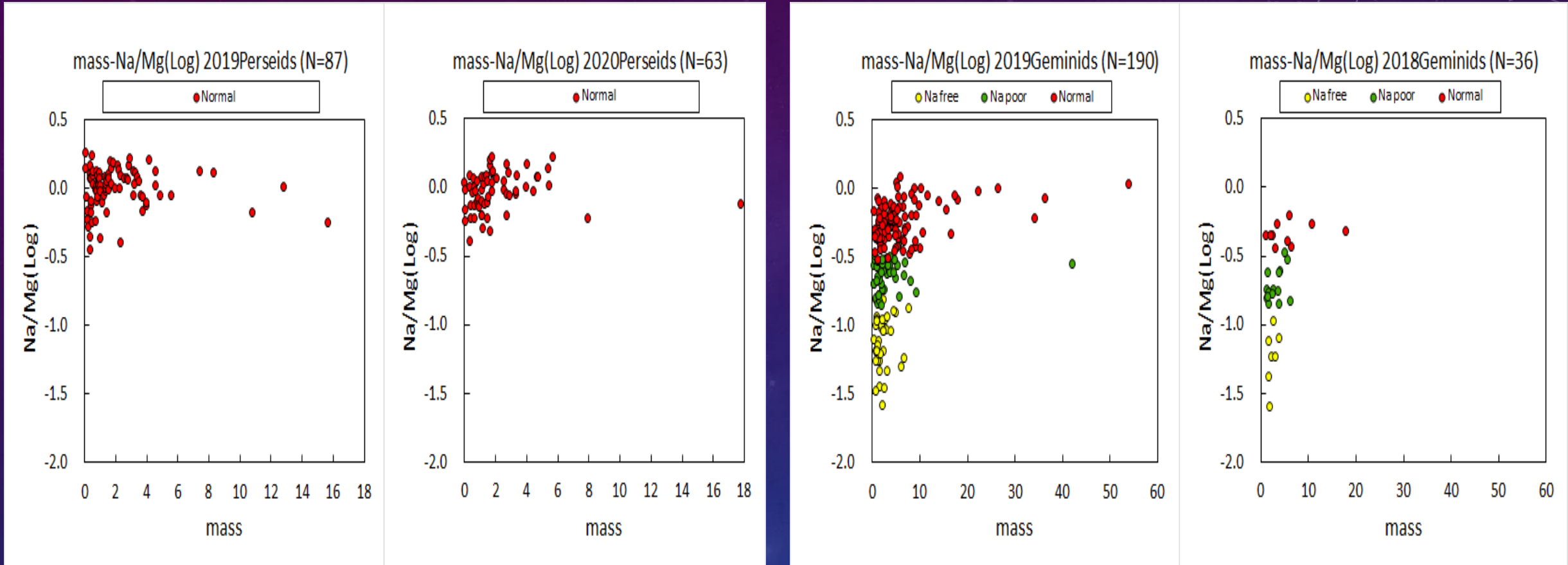
左は、ペルセ群です。どちらの年もqが0.93-0.97に集中しています。2019年は、0.92付近にも集中が見られます。2019年の方がばらつきが見られます。右は、ふたご群です。2018年は、ばらついていますが、2019年は、qが0.14-0.16に集中しています。ペルセ群よりも集中部分の近くに重い物質も集中しているが離れた所にも散見している。このことからと同様にふたご群の方が流星物質の広がりが少ないと思われます。また、速度による違いが見えるものと思われます。

# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のVg-Na/Magの比較



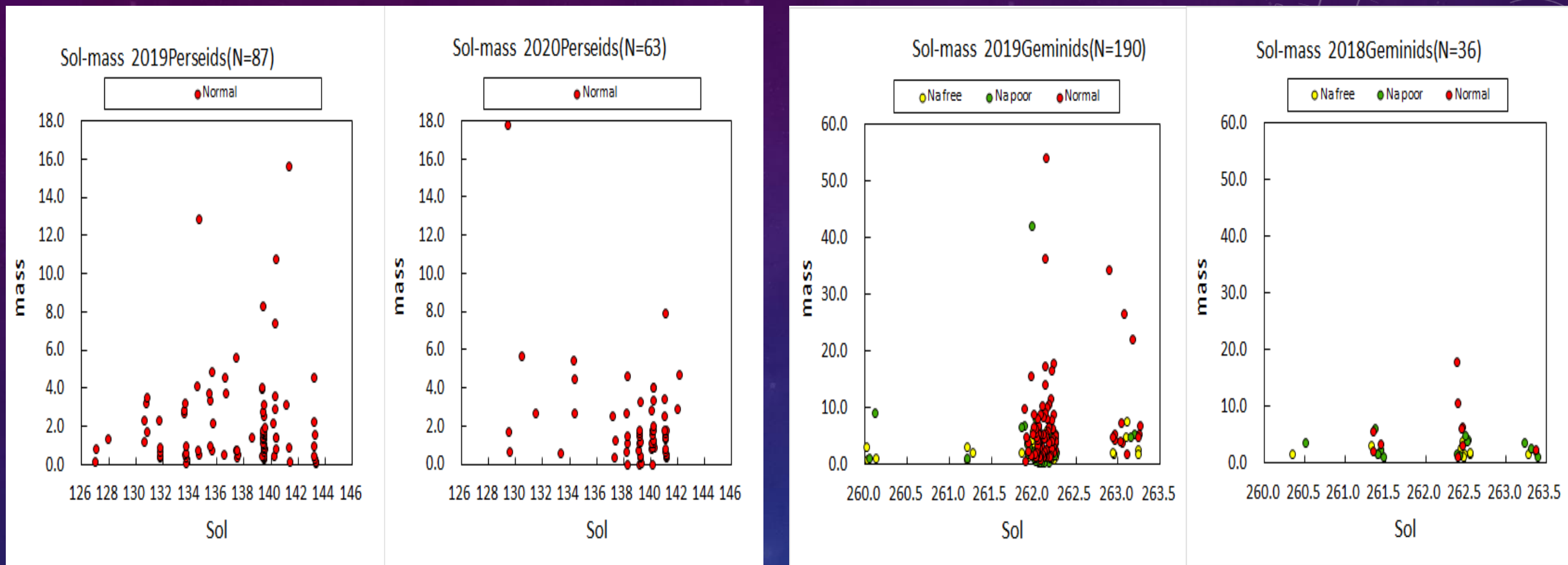
左のペルセ群です。NormalのみでFe poor判定はしていません。2019年の方がやや集中している。Na/Mgの範囲は年によってあまり変わっていない。右は、ふたご群です。2019年は、カメラが増えたが、Normalの集中がよく一番多い。明らかに2018年よりも多いことがわかります。Na freeも多くなっています。明るいものが多かったことによると思われる。

# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のmass-Na/Mgの比較



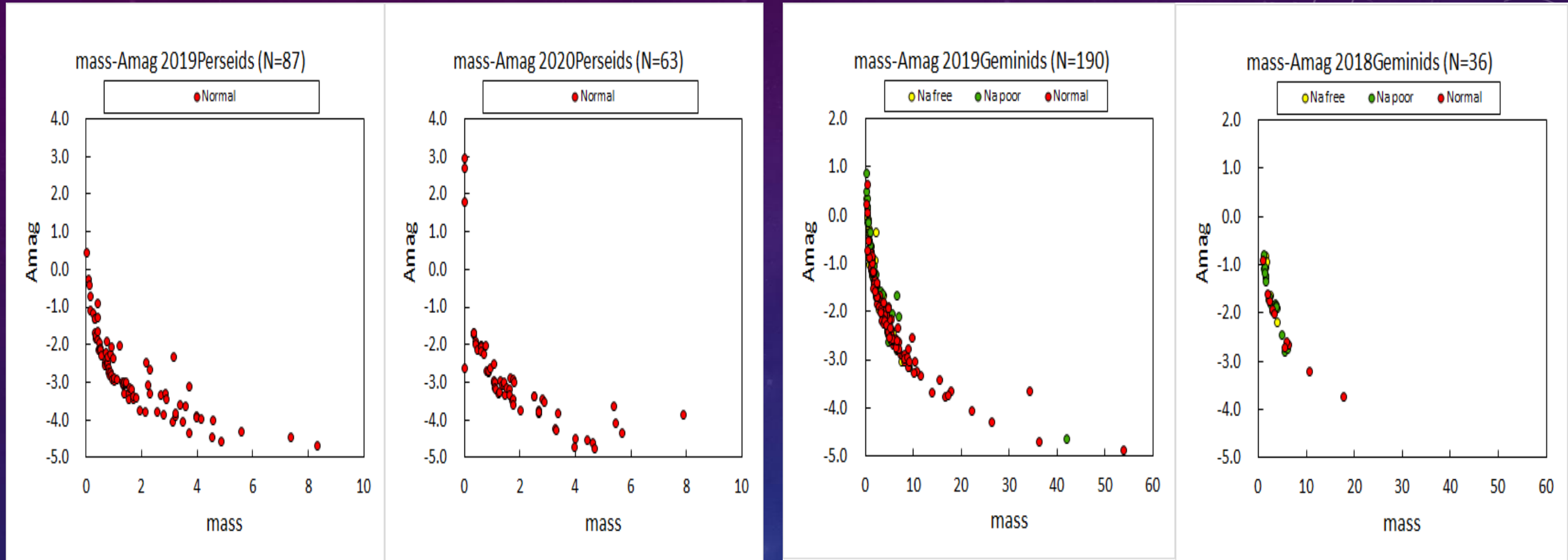
左のペルセ群です。2019年の方が質量の重いものがやや多かったようです。2019年には、2g付近がよく集中している。右は、ふたご群です。2019年は、カメラが増えたが、10g以上の重い物質が多いことがわかります。どちらの年も10g以下が多いことがわかります。

# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のSol-massの比較



左のペルセ群です。2019年の方が広い範囲で多く撮影できています。また、質量の重いものがどちらの年も極大付近でやや多いです。右は、ふたご群です。こちらも質量の重いものがどちらの年も極大付近でやや多いです。2019年の方が極大付近にたくさん撮影できていました。極大から離れたSol 261.3より前では、Normalがありません。

# 流星スペクトルの得られたPer群とGem群のAmag-massの比較



左のペルセ群です。2019年の方がきれいに分布しています。2020年は、カラーがFHDになり暗い2等以下でも撮影できています。2019年よりも明るいものが多かったようです。右は、ふたご群です。2019年の方がきれいに分布しています。カメラが増えたが、-1から-3等のが多かったです。ペルセ群もふたご群もきれいな分布になっています。

# 流星スペクトルの解析のまとめ

- 8台のカメラの観測で、ほぼ2年で1600個近くのスペクトルが得られました。今回のデータは、2018年10月から2020年8月までを解析しました。解析結果を元に2020年5月までを中心に様々な関係図を作成し考察しました。
- 今回は、散在や主要群のしぶんぎ群とペルセ群とふたご群の三角比を比べました。また、他の主要流星群や小流星群と比較しました。やぎ群は、比較的集中が見られたが他の群は、広がりがありました。ペルセ群は、殆どノーマルタイプでした。みずがめ南群は、しぶんぎ群と似ていて4つのタイプに分かれていました。さらに、各月ごとに比べてみました。主要群の群ごとのタイプ別の割合も調べました。群による違いが見られました。
- 鉄流星の観測者ごとの違いや軌道比較から母天体候補を探しました。また、小流星群のいくつかの中からも母天体候補を探しました。母天体候補をいくつか見つけることができました。速度や軌道のばらつきで確定するのは難しいです。
- ペルセ群とふたご群の2年分の軌道要素等との関係の考察をしました。Na/Mgの比率と速度の関係は、前回よりサンプルが増えましたが傾向は、あまり変わりませんでした。今回は、 $v_g$ でやりましたが殆ど変わらなかったです。他の関係も年によって変わるものと変わらないものがありました。
- KB-TjとPE-Tjの関係も調べて見ました。タイプによって違いが見られました。