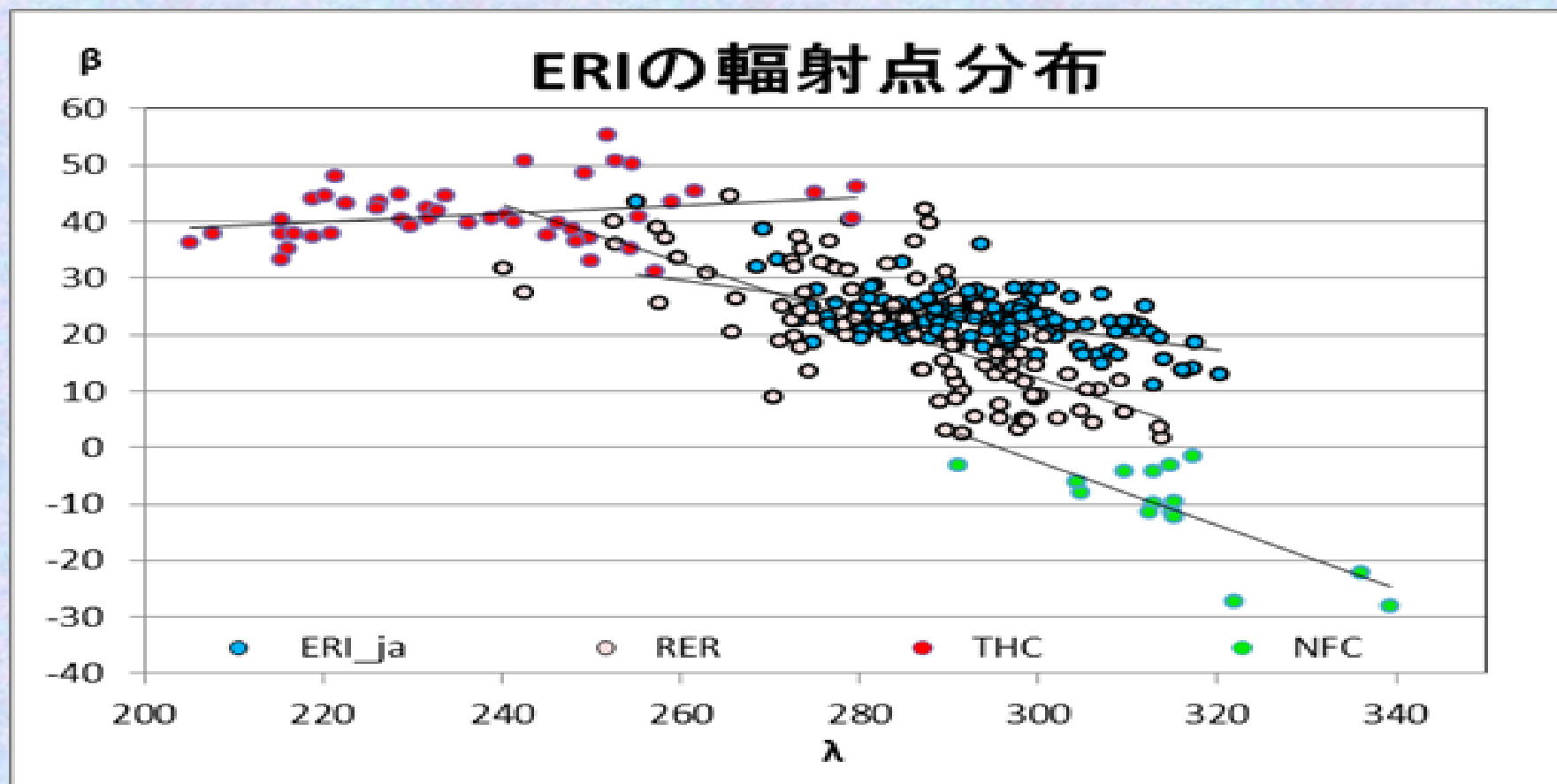


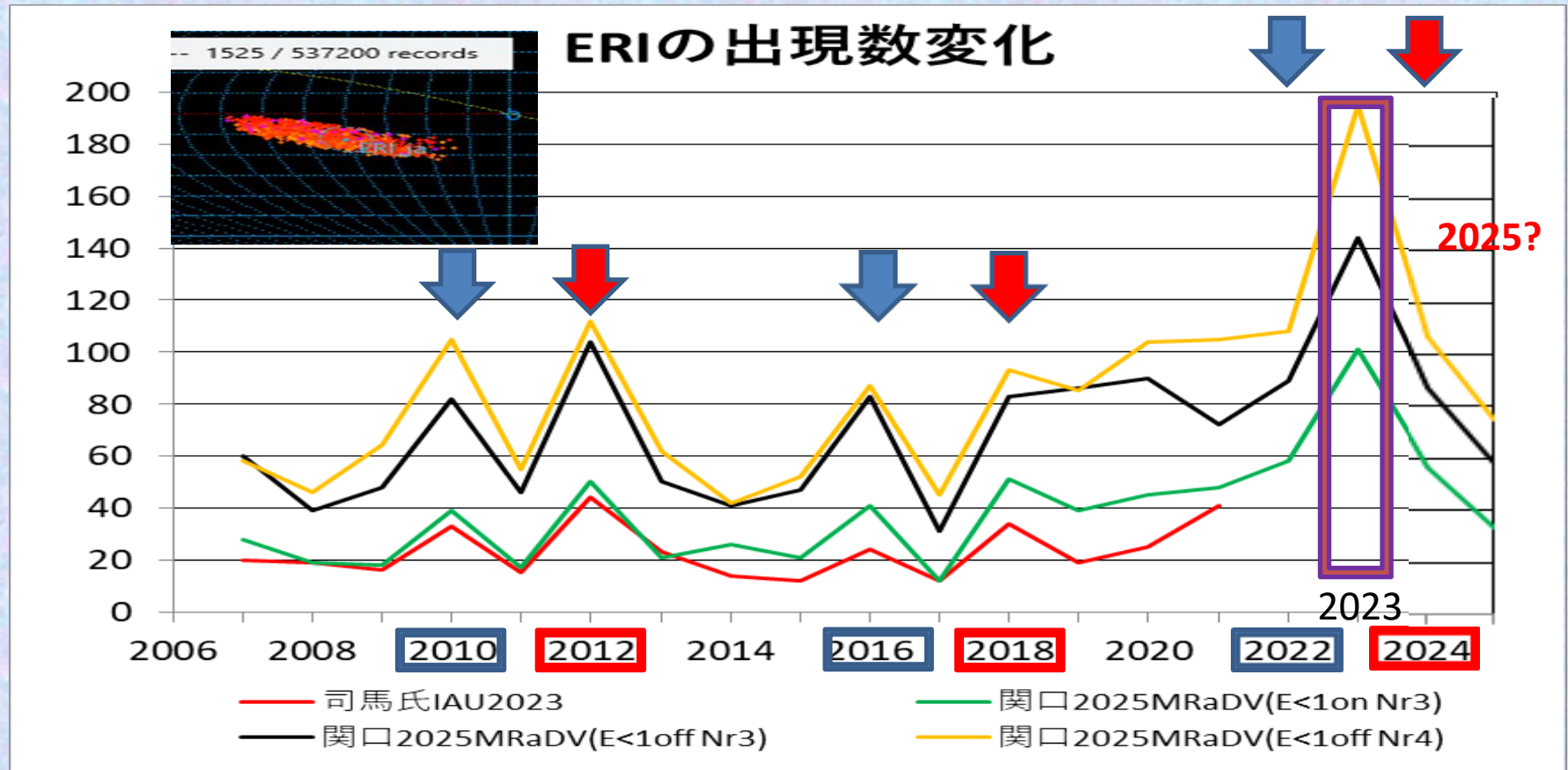
オンライン流星物理セミナー資料

10月11日 文責 関口孝志

ERI群と周辺群の活動について

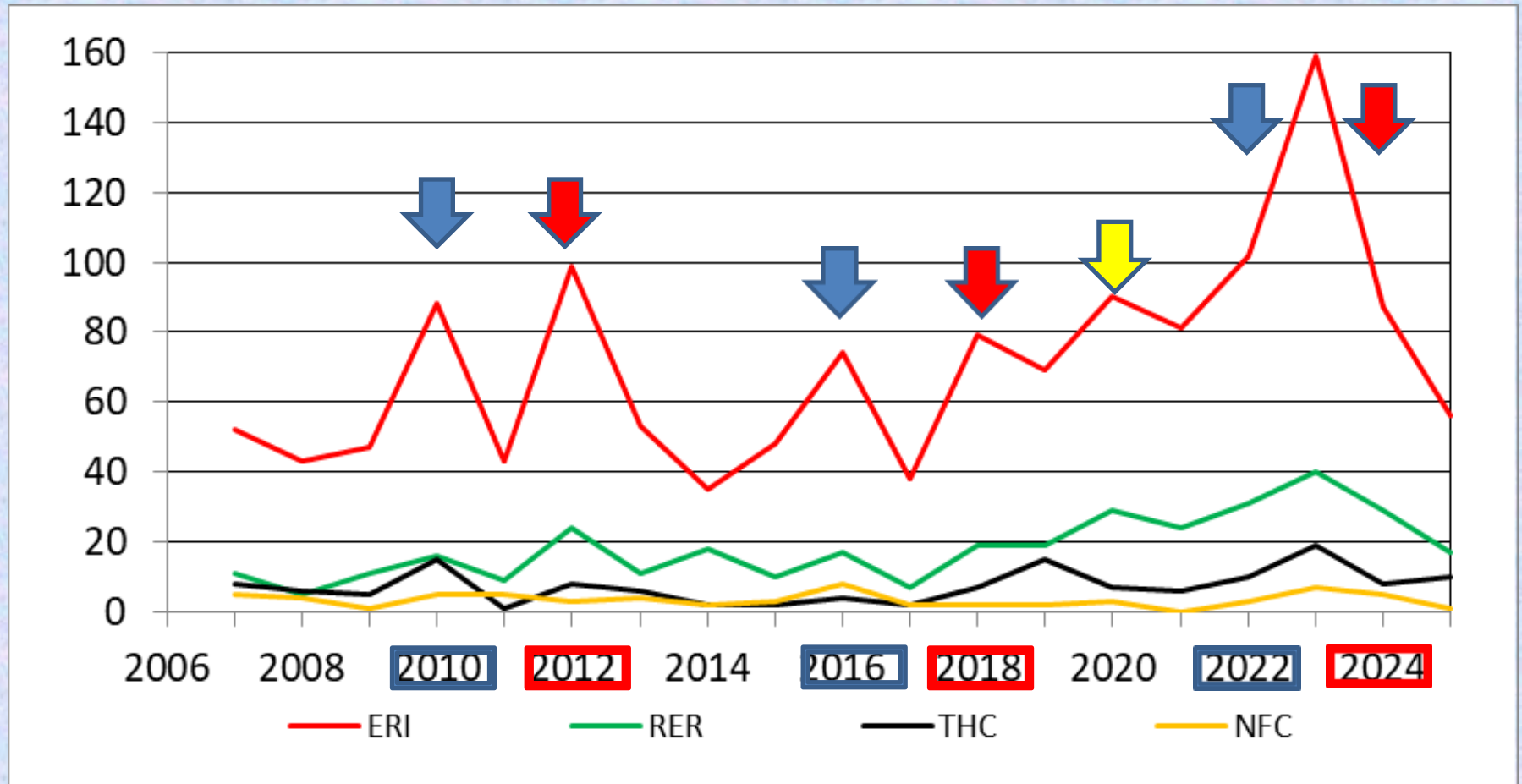


【1】-1-1 2007年から2025年のERI群関連の出現変化



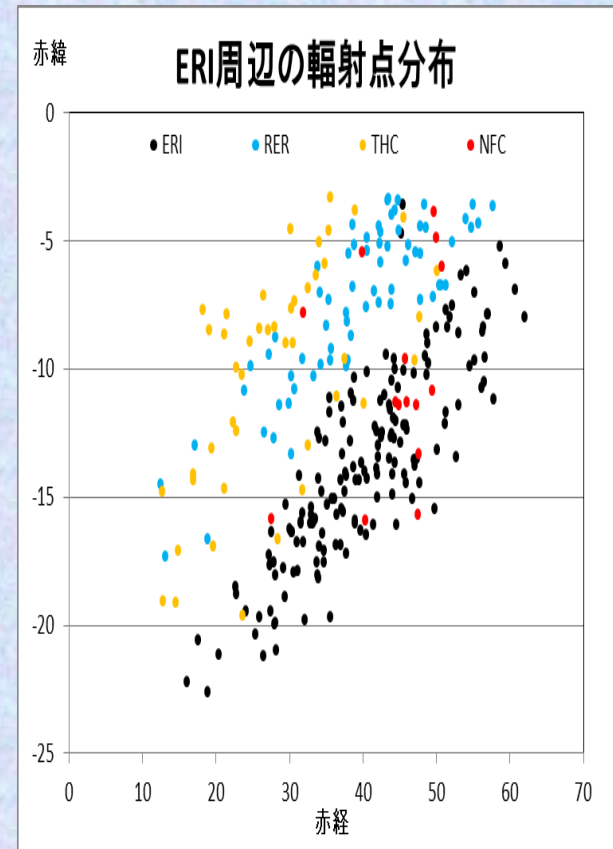
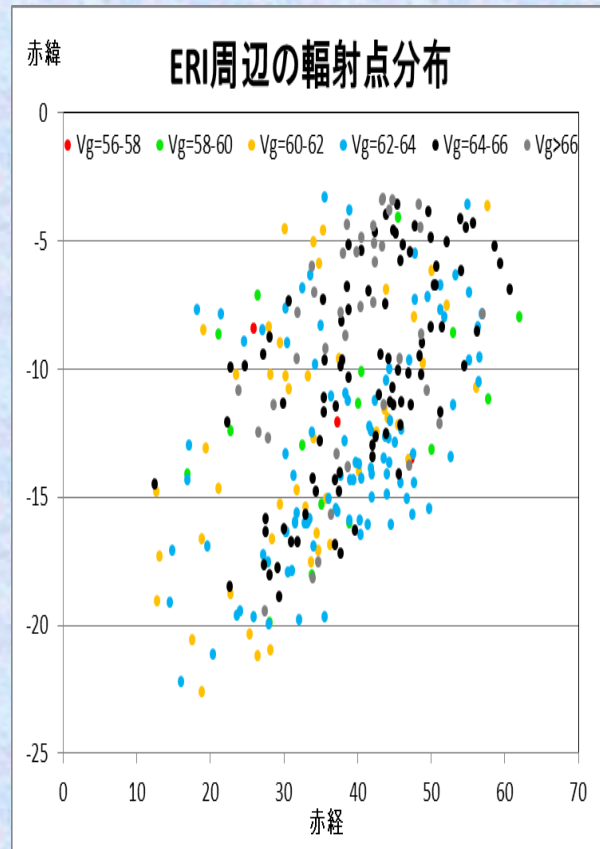
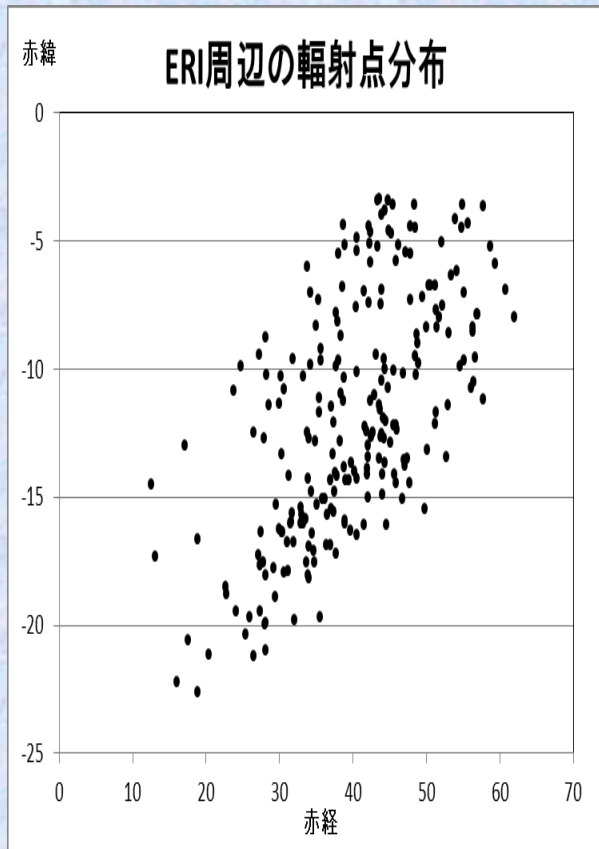
今年の天文回報の観測指針を作成していて、2007年から2024年のSonotaCo Networkのデータをソノタコ氏の開発したMRaDViewerから色々な条件でERI群の出現数を調べて上のグラフを作成しました。比較のために、IAUの流星群リストに司馬氏が報告されているデータも入れてあります。このグラフの様に、どの条件でも**約6年の周期**の変化が見られています。天気やカメラの数の変化による影響もあると思われます。そこで、2025年の今年も多くの出現があるのではないかと考えています。8月23日現在の結果をいれてあります。また、左上の図のように輻射点の広がり大きいことから、**ERI周辺の群が関連しているのではないかと**出現数の一番多かった2023年で色々グラフ化してわかったことを次ページ以降にまとめました。

【1】-1-2 2007年から2025年のERI群関連の出現変化



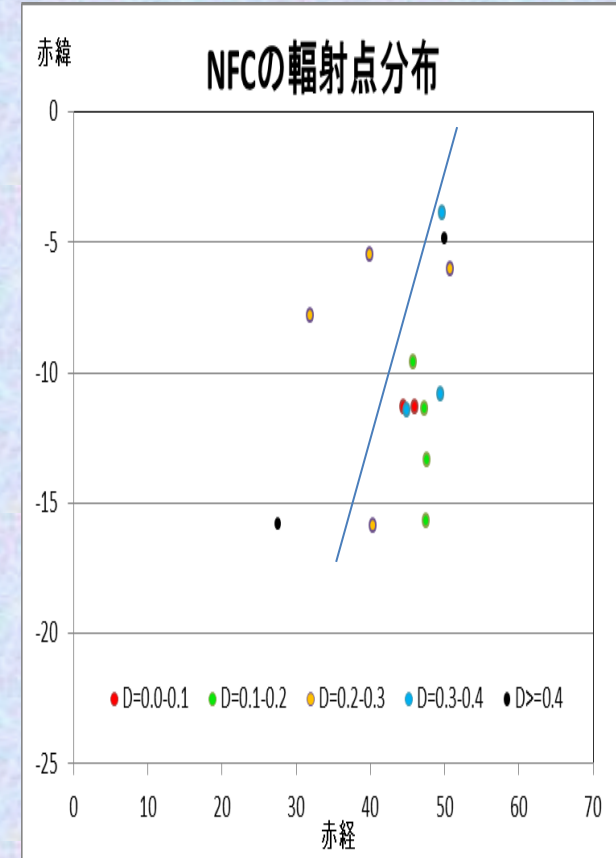
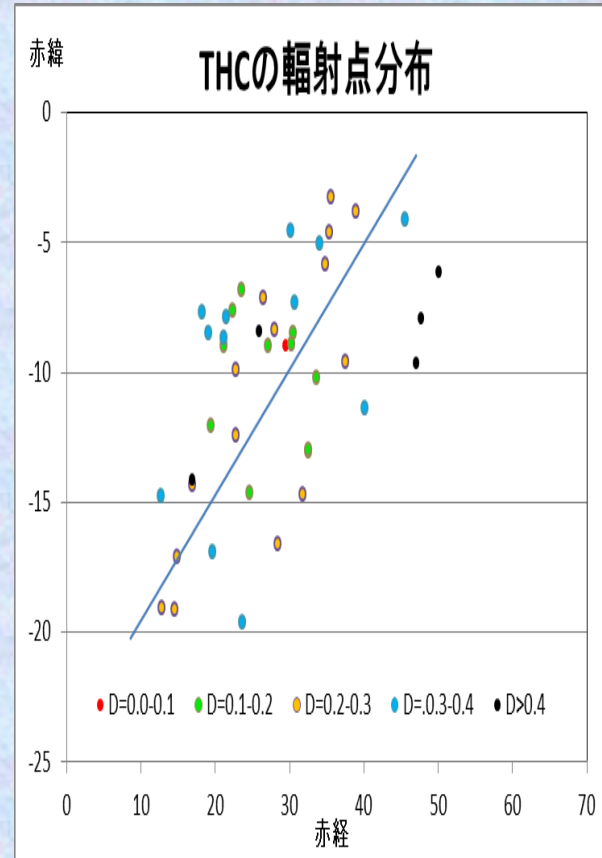
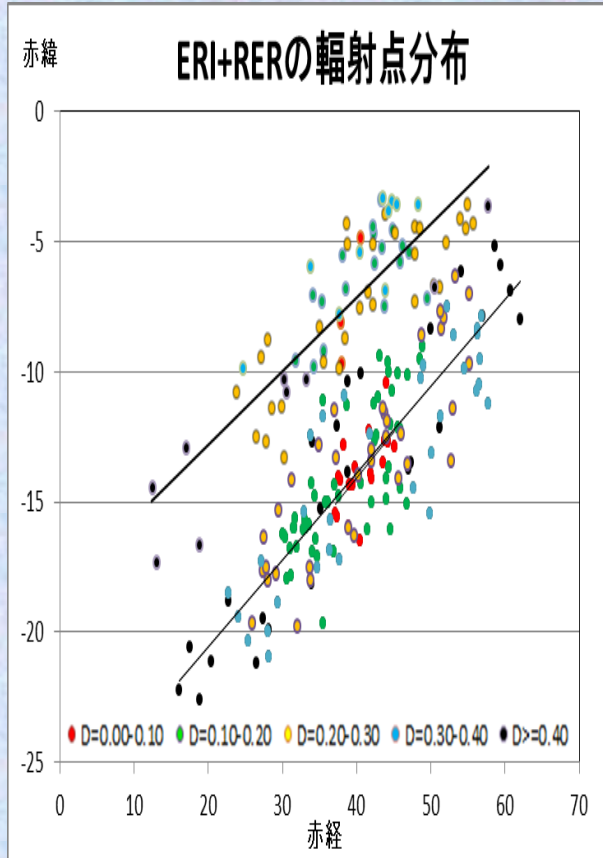
前のグラフを4つの群別に分けてみました。どの条件でもERIの**約6年の周期**の大きな変化が見られていたものと思われます。RERは、増減幅は少ないですが、約2年周期が見られます。THCは、やや不規則な約3年周期が見られているようです。NFCも、やや不規則な3年周期が見えています。4つの群の山がたまたま約6年周期の山とかつなっていたというように見えます。今年の8月23日時点でのデータも入れてあります。2020年の増加は、何かわかりません。

【1】-2 2023年のERI周辺の輻射点分布-1



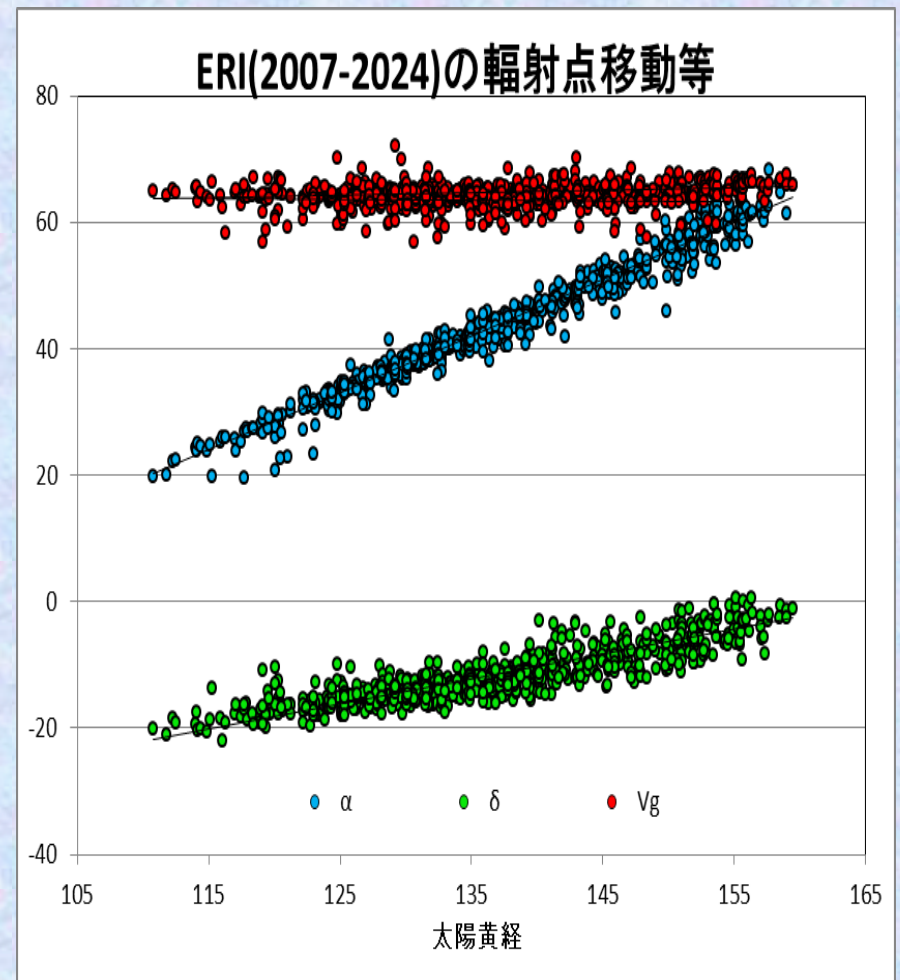
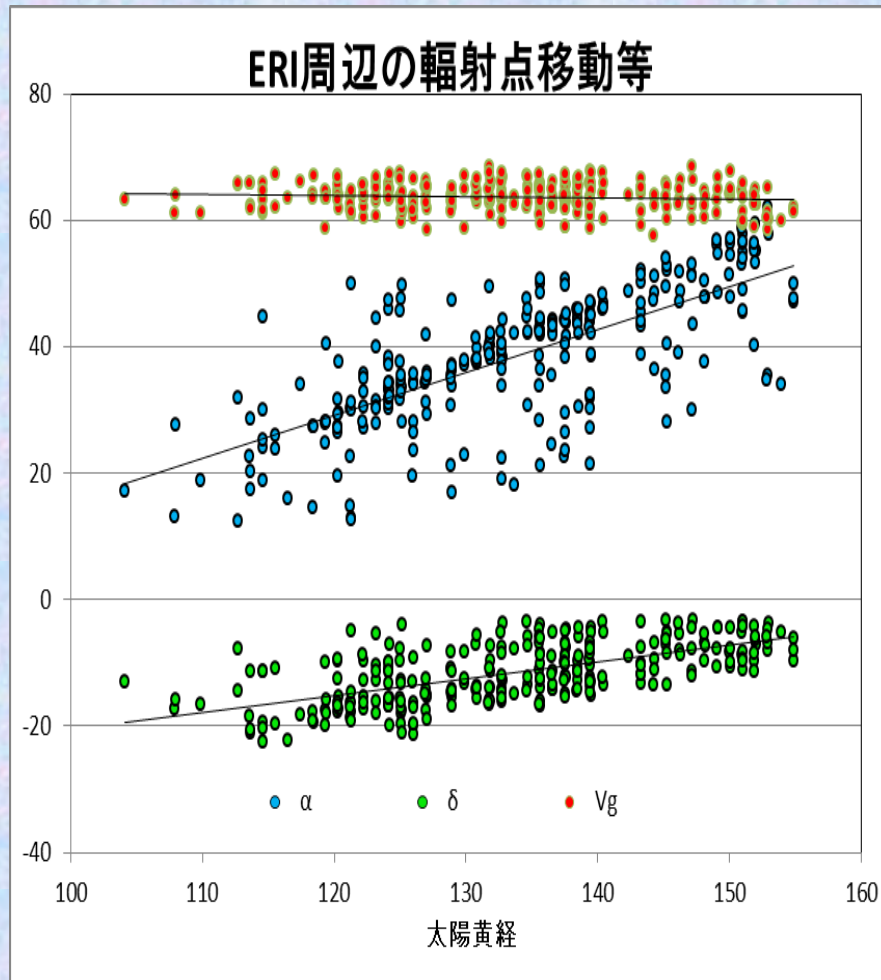
まず、ERI周辺の輻射点図です。UFOorbitのパラメーターは、広がりを4.5としています。左の図では、かなりの広がりがあります。大きく2つに分かれているように見られます。中央の図では、Vg別に色分けしました。58－66km/secの範囲が多く10km/secの開きがあります。右の図では、4つの群別に色分けしました。黒のERIが多くまとまっています。その上に水色のRERがまとまっています。さらにその上に黄色のTHCが広がっています。ERIの中に赤のNFC群がまぎれています。

【1】-3 2023年のERI周辺の輻射点分布-2



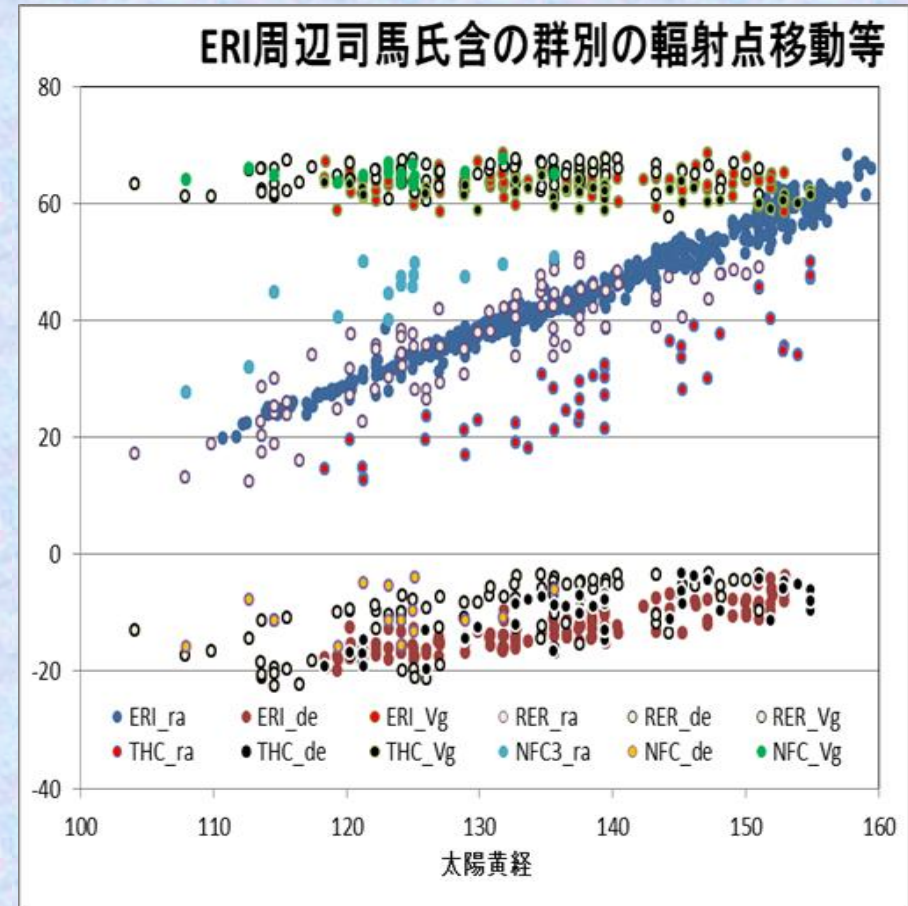
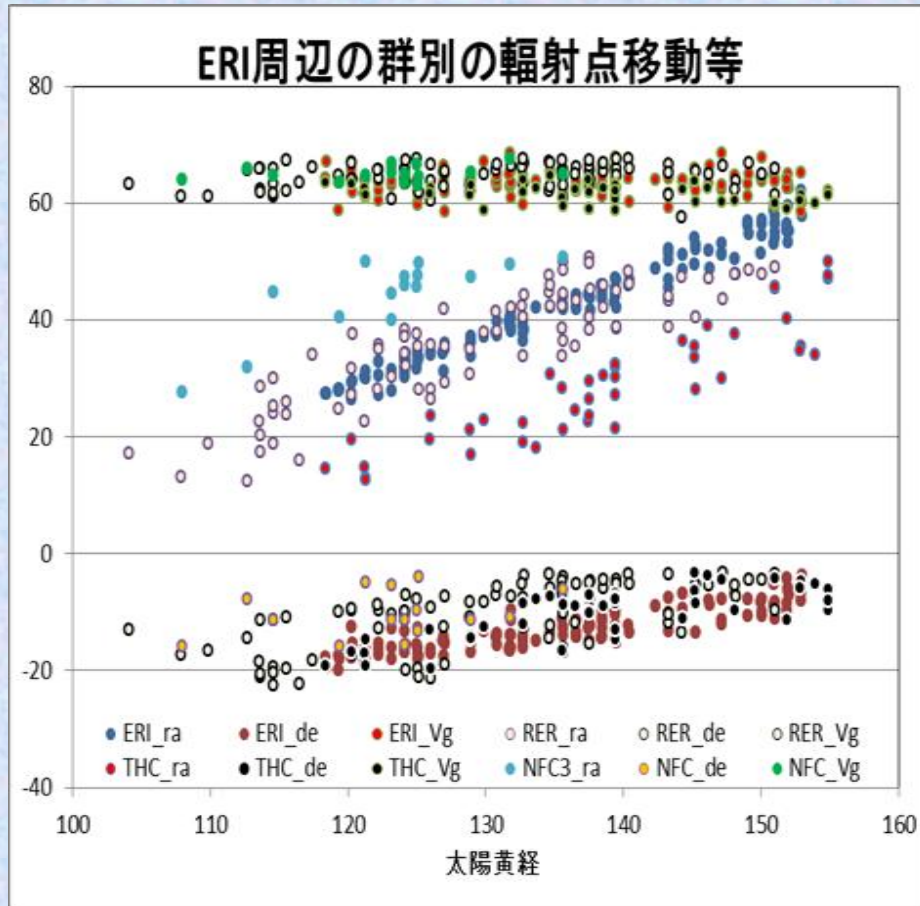
次に、群別のERI周辺の輻射点図です。左の図では、ERIとRERを合わせています。上がRERで下がERIです。明らかに2つに分かれているようです。ERIが多いです。軌道要素のDsh判定で色分けしています。極大の頃に中央に赤が集中しています。極大から離れるに従ってDshが大きくなり、軌道がずれていくことがわかります。中央の図では、THCです。Dshがやや大きくなっています。広がりもやや大きくなっています。右の図では、NFCです。数が少ないですが輻射点の移動が見られます。

【1】-4 2023年のERI周辺の輻射点移動等



今度は、太陽黄経で輻射点の移動を調べました。左が2023年だけです。赤緯とVgより、**赤経にやや大きな広がり**が見られます。赤経の移動幅は、赤緯より大きいです。Vgは、誤差があり広がりが見られますが大体同じです。右の図は、2007年から2024年のERIだけの輻射点の移動等です。こちらは、赤経の広がり
は少ないです。明らかに**周辺で別群が活動**していることがわかんと思います。

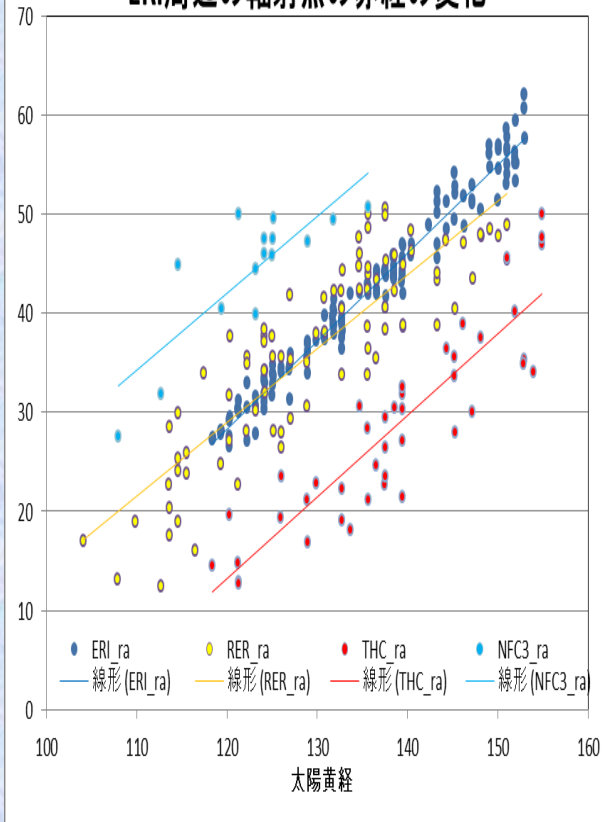
【1】-5 2023年のERI周辺群の輻射点移動等-2



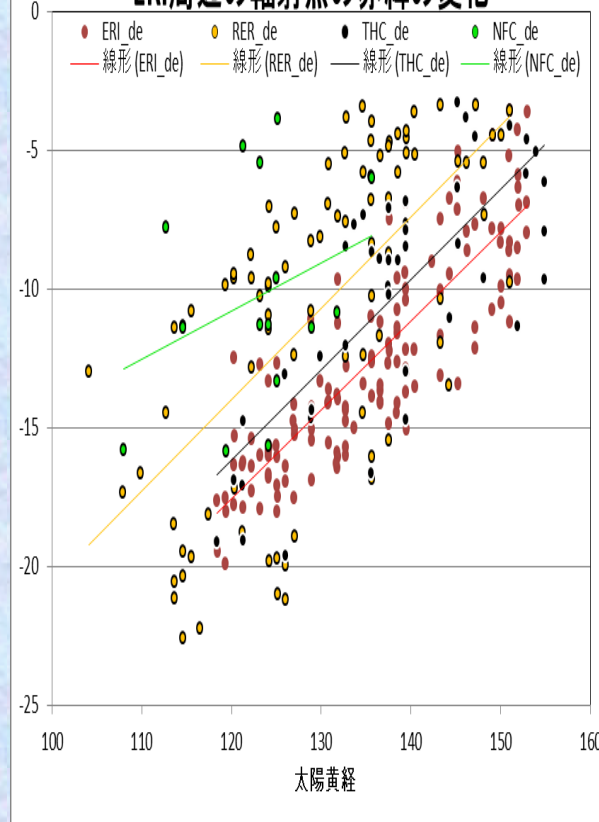
今度は、前の図を基に4つの群に分けて色別で表しました。左の図は、2023年だけのデータから作成しています。群によって違いがはっきりしてきました。特に赤経では、ERIを中心として上下にRERがあります。判定が無づかしいものもあり紛れていそうです。THCとNFCの移動の様子もはっきりとしました。右は、司馬氏のデータも含めてみました。よりERIとRERがはっきりと浮き上がって見えます。RERがやはり、誤判定でまぎれているようです。

【1】-6 2023年のERI周辺の輻射点の移動等-3

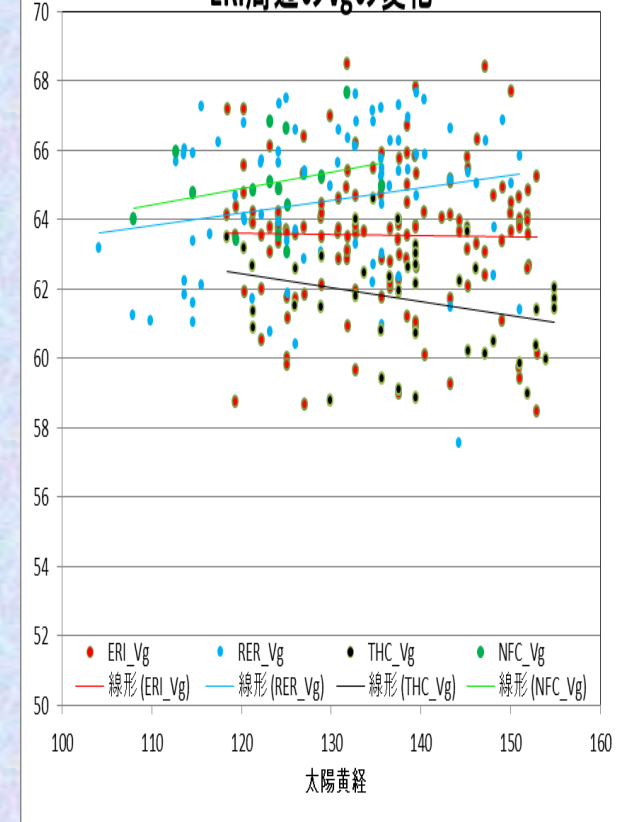
ERI周辺の輻射点の赤経の変化



ERI周辺の輻射点の赤緯の変化



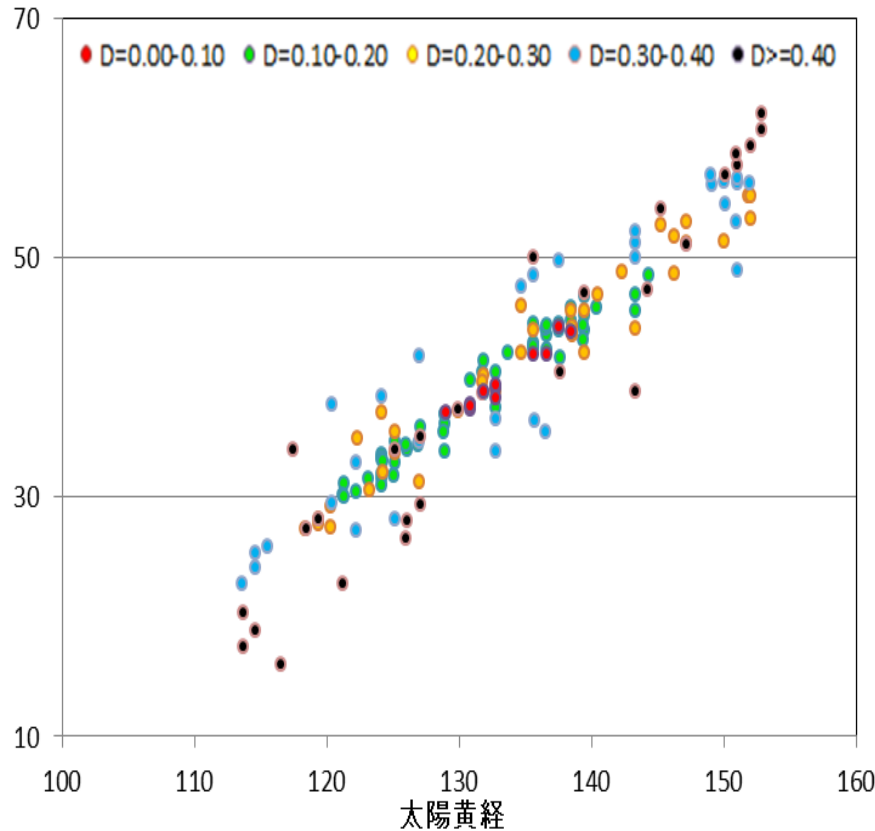
ERI周辺のVgの変化



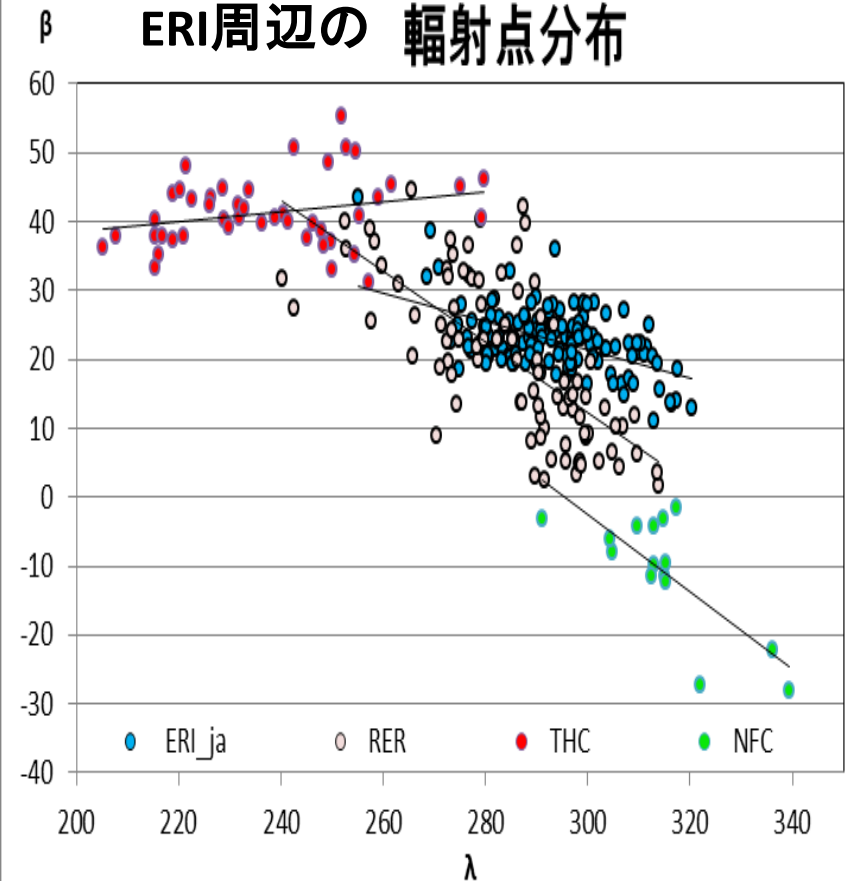
前の図を3つに分解してみました。左の図は、赤経で、4つの群ともほぼ同じ傾きで移動していることが分かります。前半から4分の3のRERの一部は、ERIと誤判定されているようです。真ん中の赤緯は、どの群も広がり大きいのは速度による誤差なのかトレイルの広がりなのかははっきりしません。右の図は、Vgです。やはり、この**速度誤差が赤緯の広がり**につながっているようです。

【1】-7 2023年のERI周辺の輻射点分布-3

ERIの輻射点分布

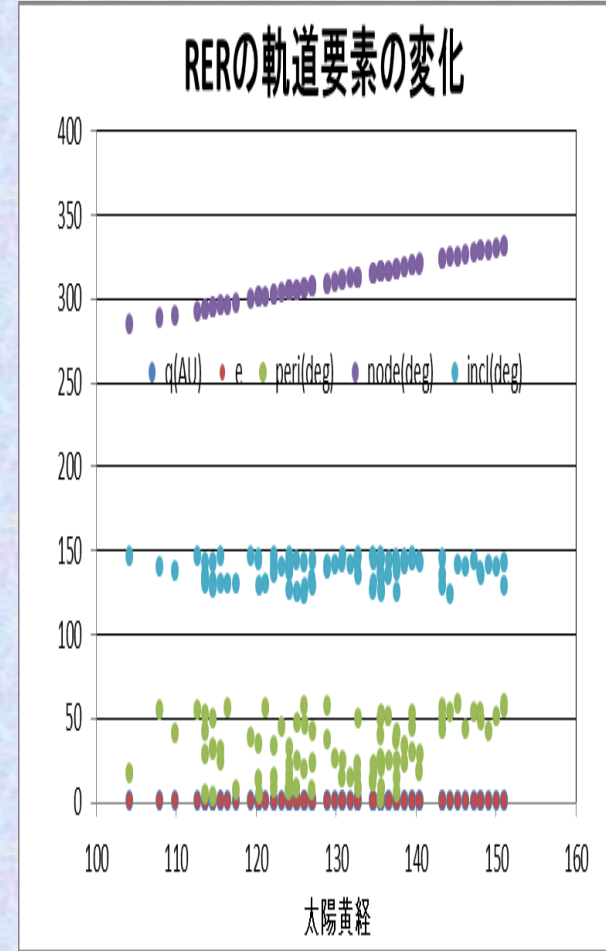
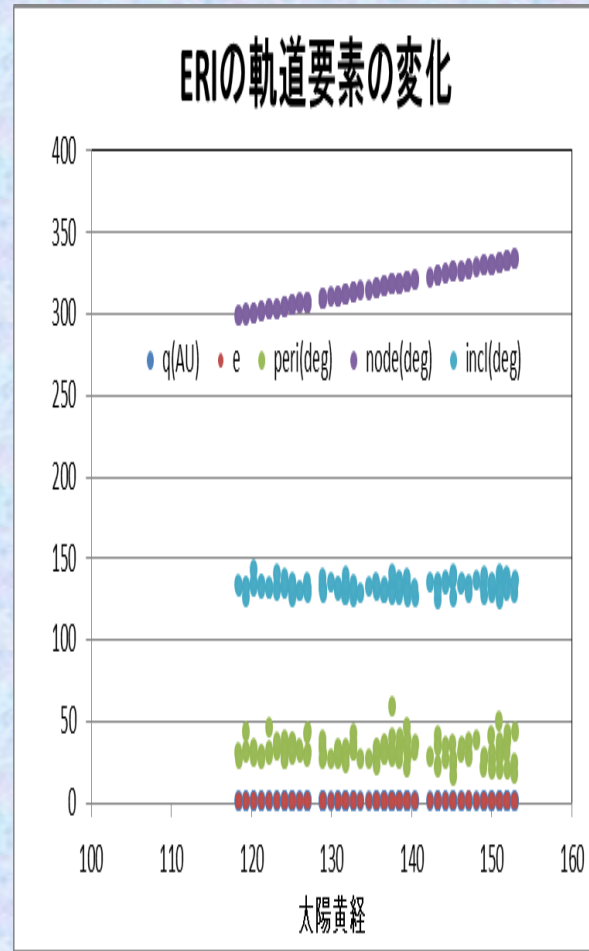
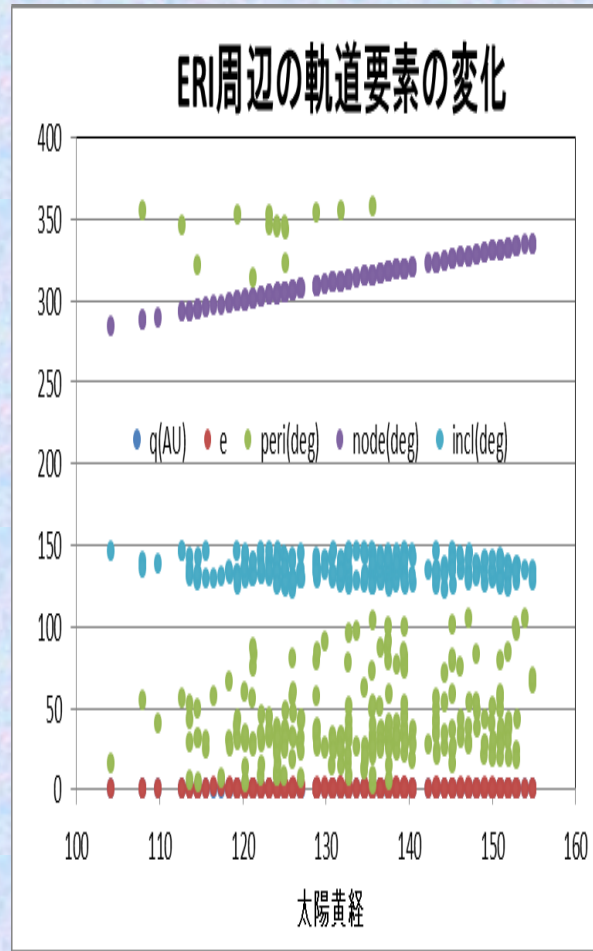


ERI周辺の 輻射点分布



左の図は、ERIの赤経のみの軌道要素のDshで色分けしました。極大付近で軌道がよく一致し前後に離れると軌道がずれていることがよくわかります。軌道の比較をする際に注意が必要です。右の図は、周辺の4つの群を λ と β (近日点方向)で分類してみました。ERIとRERが一部で誤判定されているかもしれませんがはっきりと分かれていることがわかります。

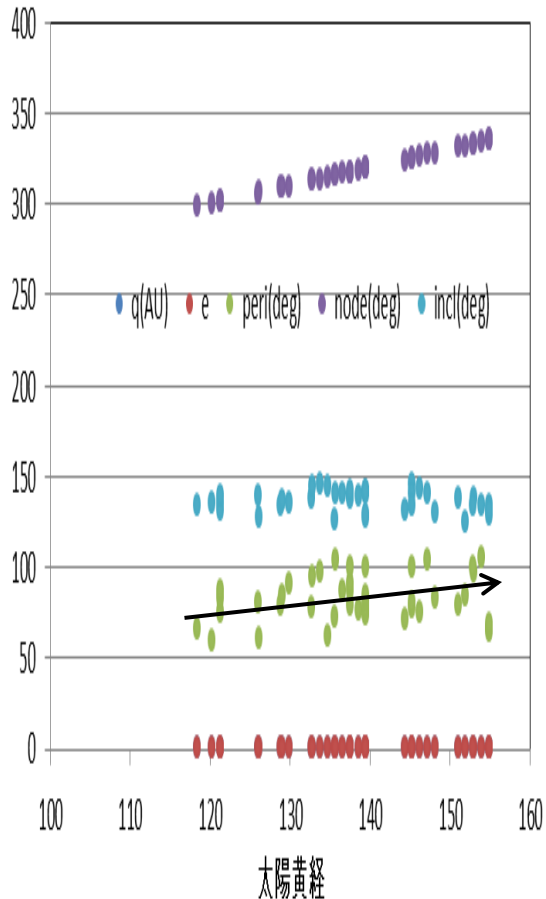
【1】-8 2023年のERI周辺の群の軌道要素の変化-1



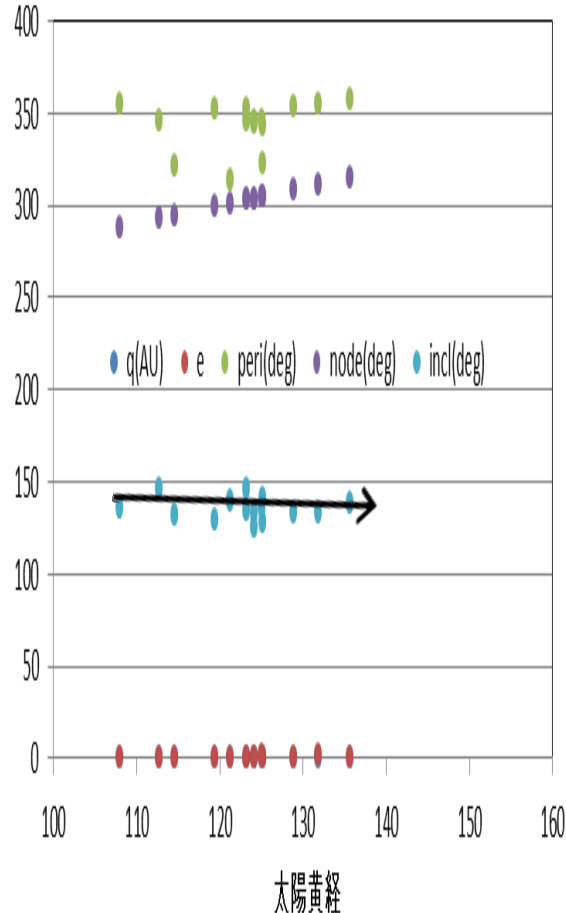
今度、軌道要素の太陽黄経での変化をまとめました。左の図は、周辺の4つの群をまとめたものです。 ω に**広がり**が見られます。真ん中は、ERIのみです。 ω の広がり、**速度に依存**しています。右は、RERですが、ERIより ω もiも広がっています。こちらも速度依存が見られます。さらに、**トレイルの広がり**もありそうです。Eとqは、ここでは、広がっていませんが、次頁から拡大していますのでそちらへ。

【1】-9 2023年のERI周辺の群の軌道要素の変化-2

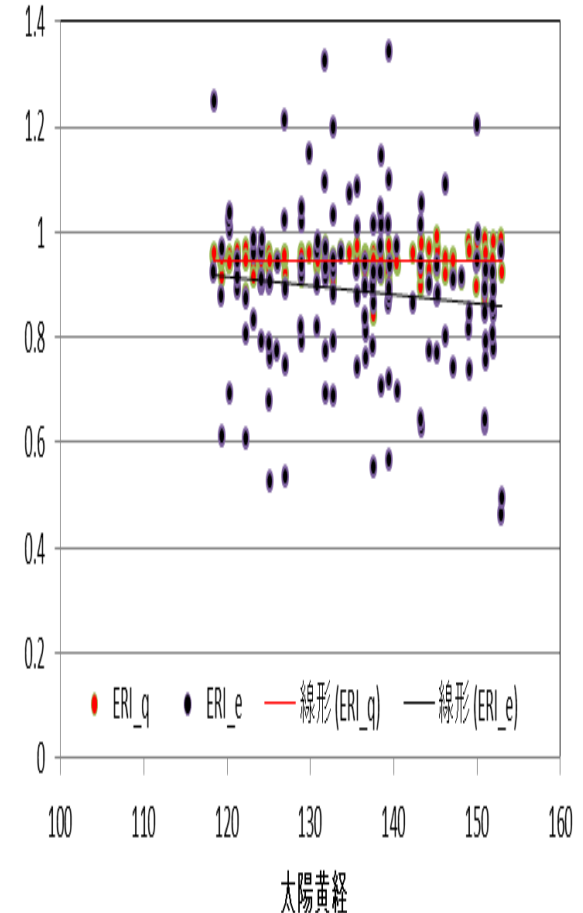
THCの軌道要素の変化



NFCの軌道要素の変化

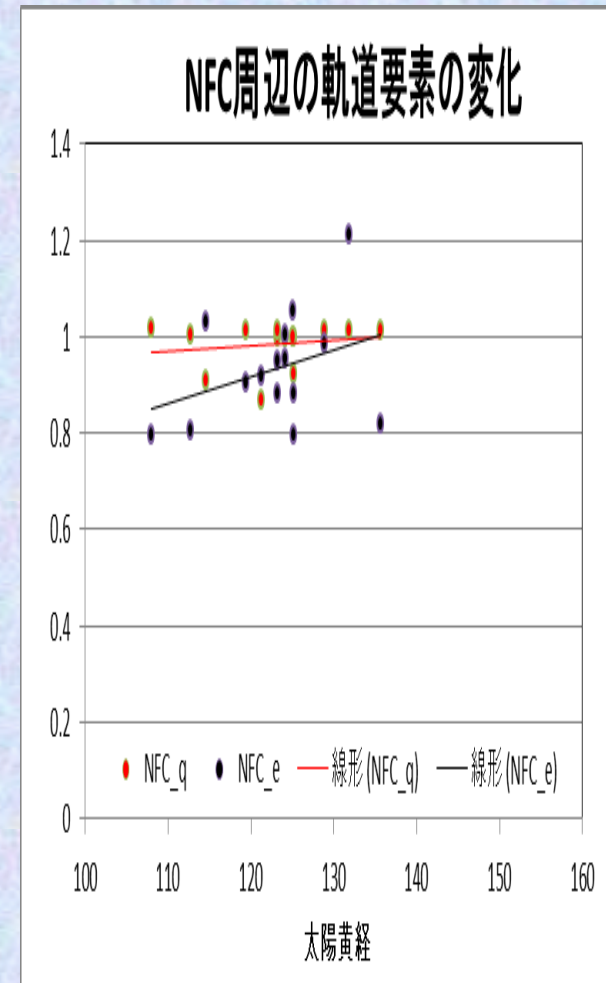
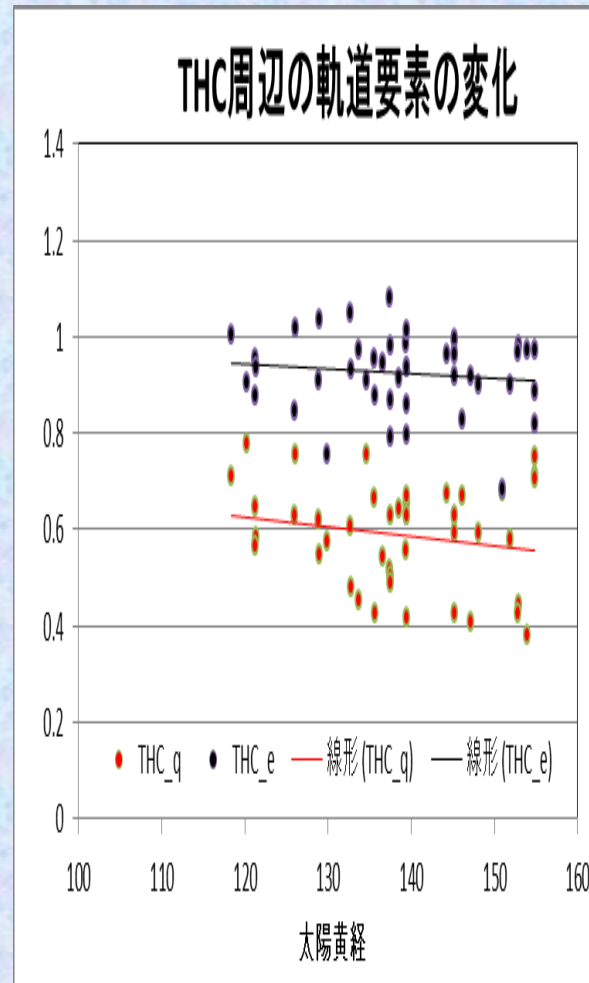
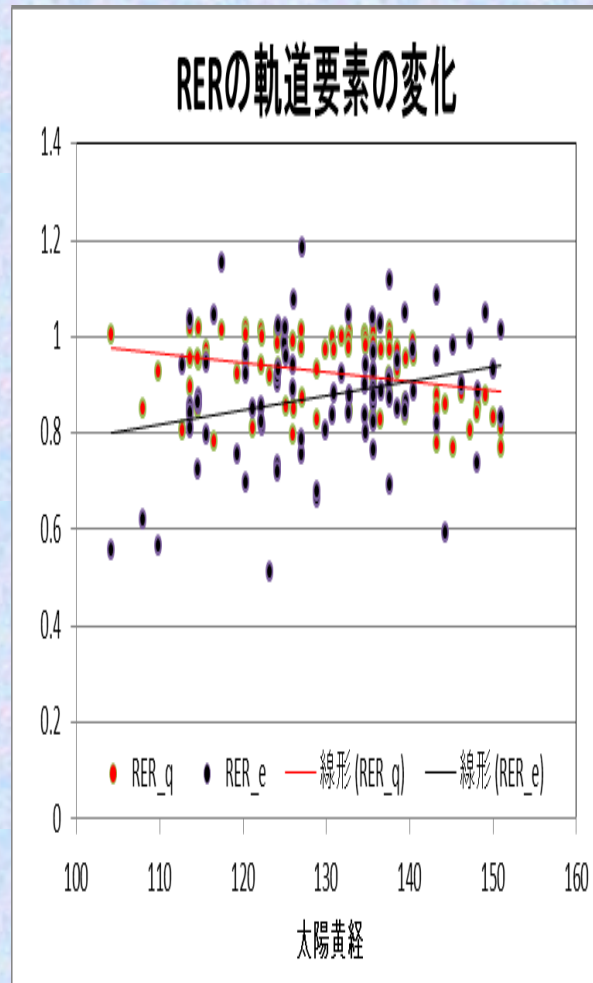


ERIの軌道要素の変化



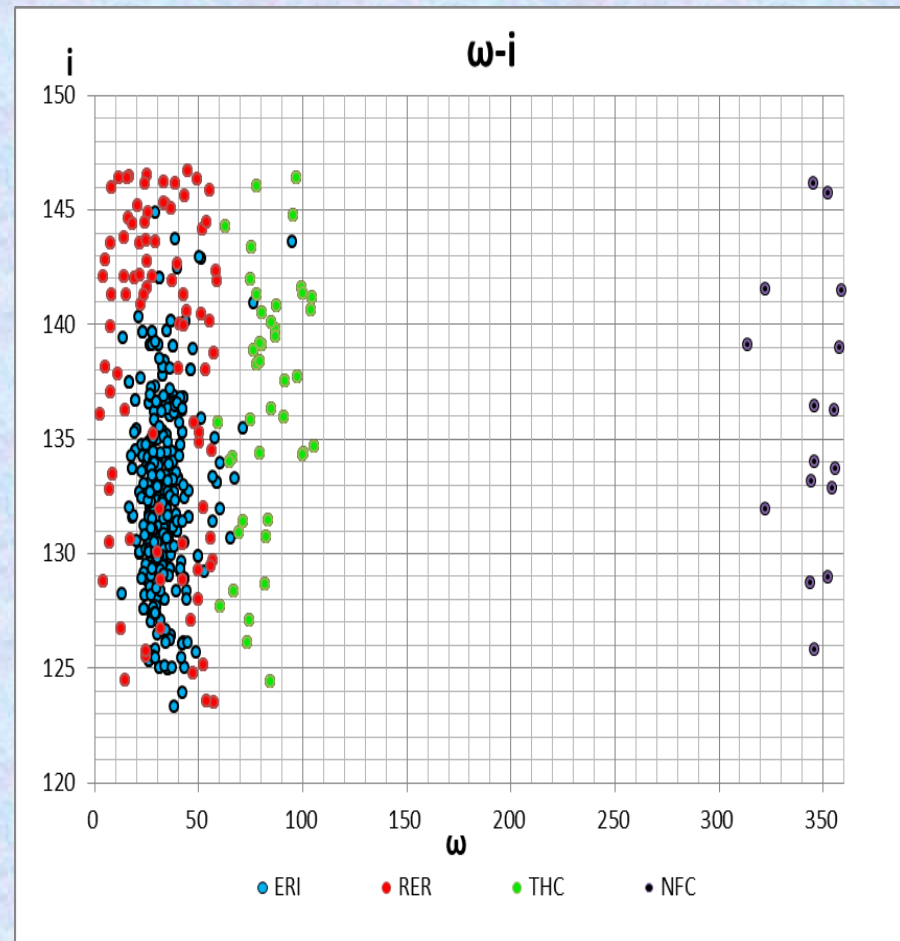
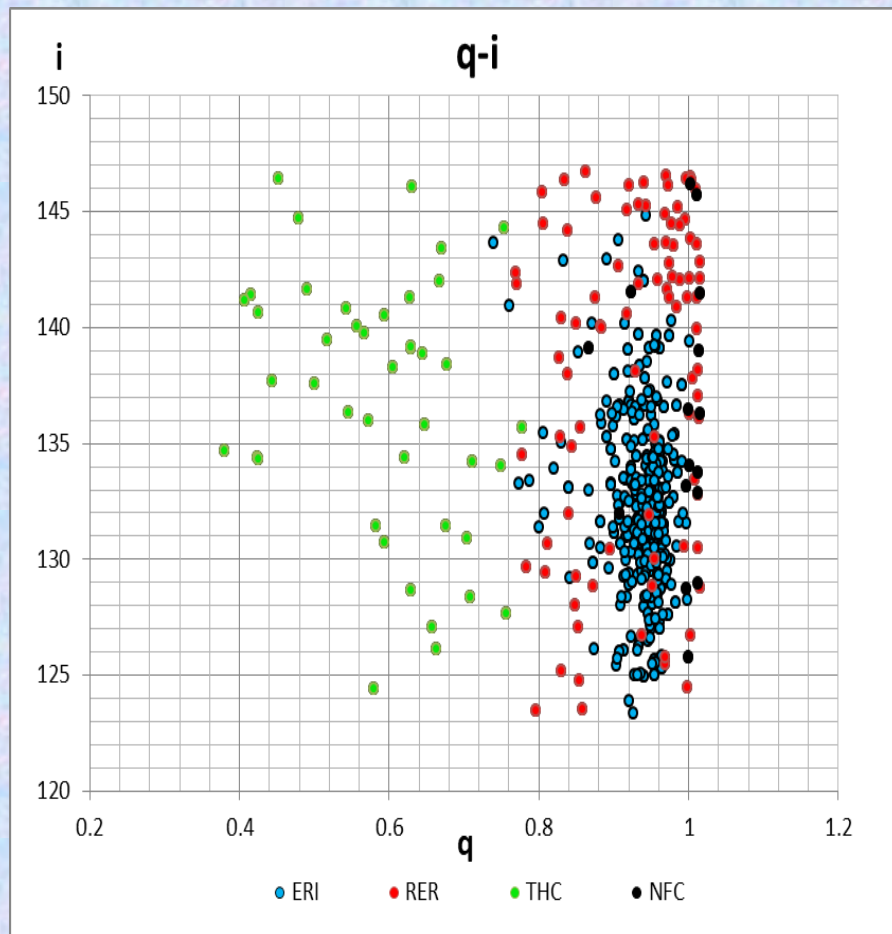
左は、THCで ω と i に少し移動が見られます。真ん中は、NFCで、数が少ないですが、 ω と i に少し移動が見られます。右は、ERIの q と e の拡大図です。 q は、揃っていますが e は、**速度誤差が大きい**です。

【1】-10 2023年のERI周辺の群の軌道要素の変化-3



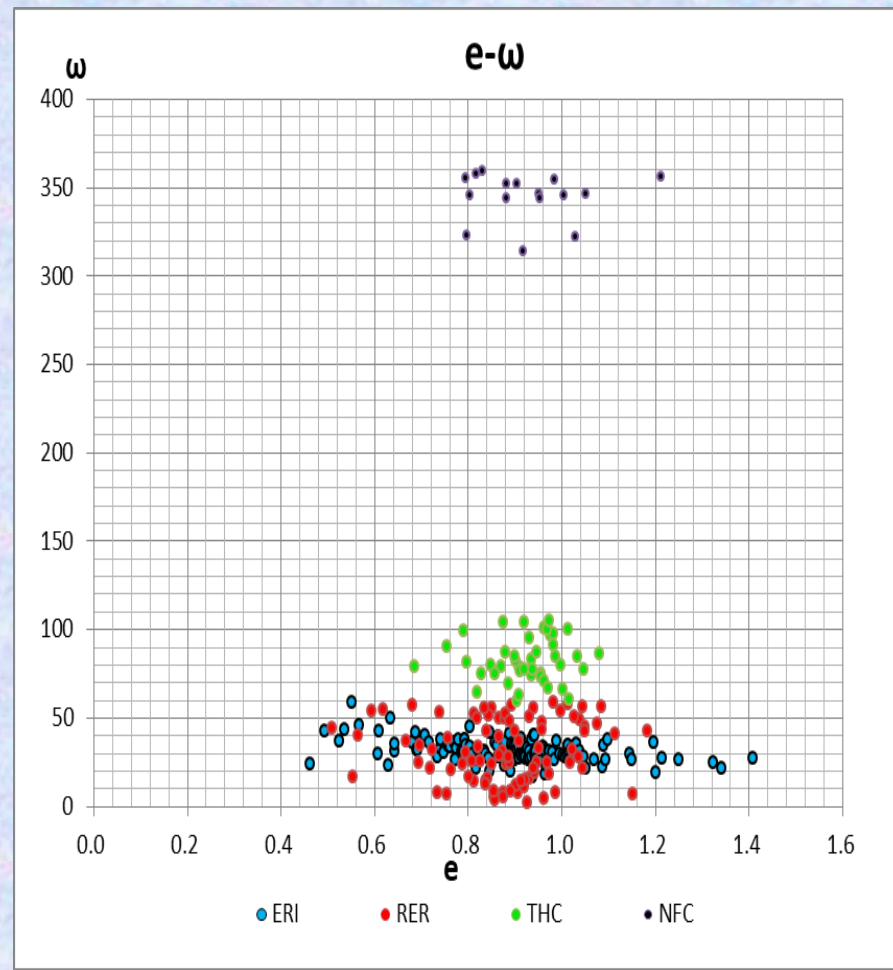
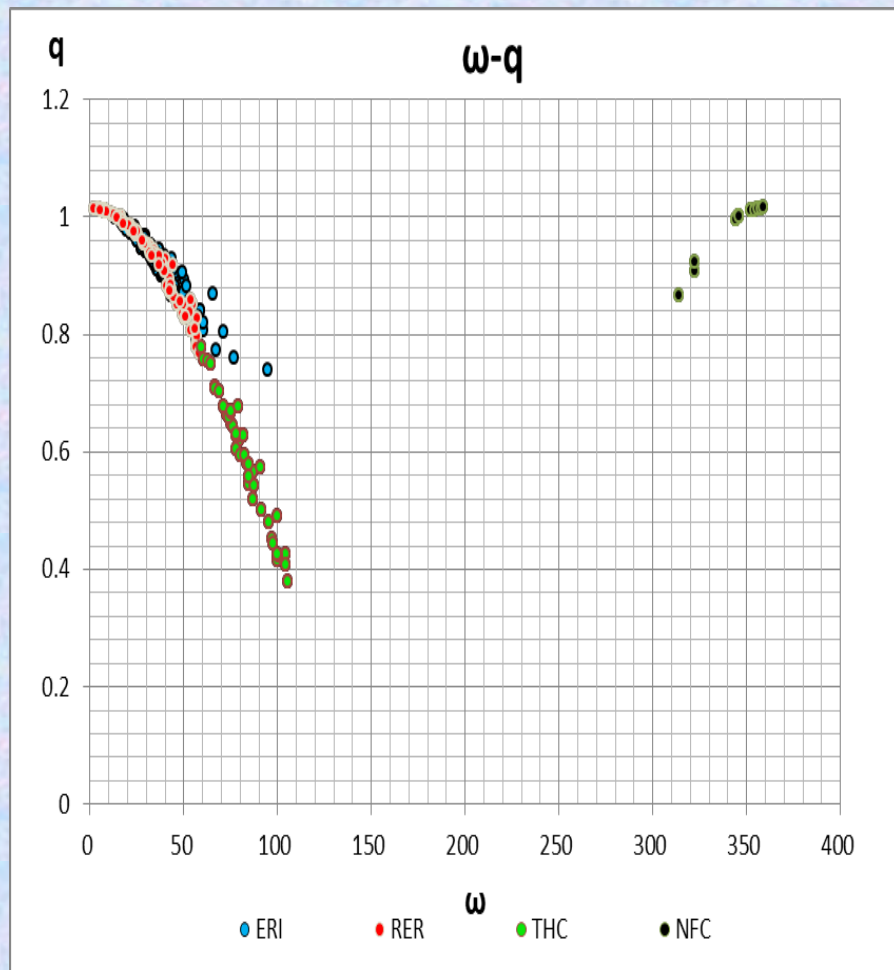
左は、RERです。eの広がりが大きいです。qは、よくまとまっていて補助線の移動の様子が見られます。真ん中は、THCで広がりはありますが、補助線の移動が見られています。右は、NFCで数が少ないので何とも言えないですが、他の二つよりは、広がりが少ないようです。

【1】-11 2023年のERI周辺の軌道要素の関係性-1



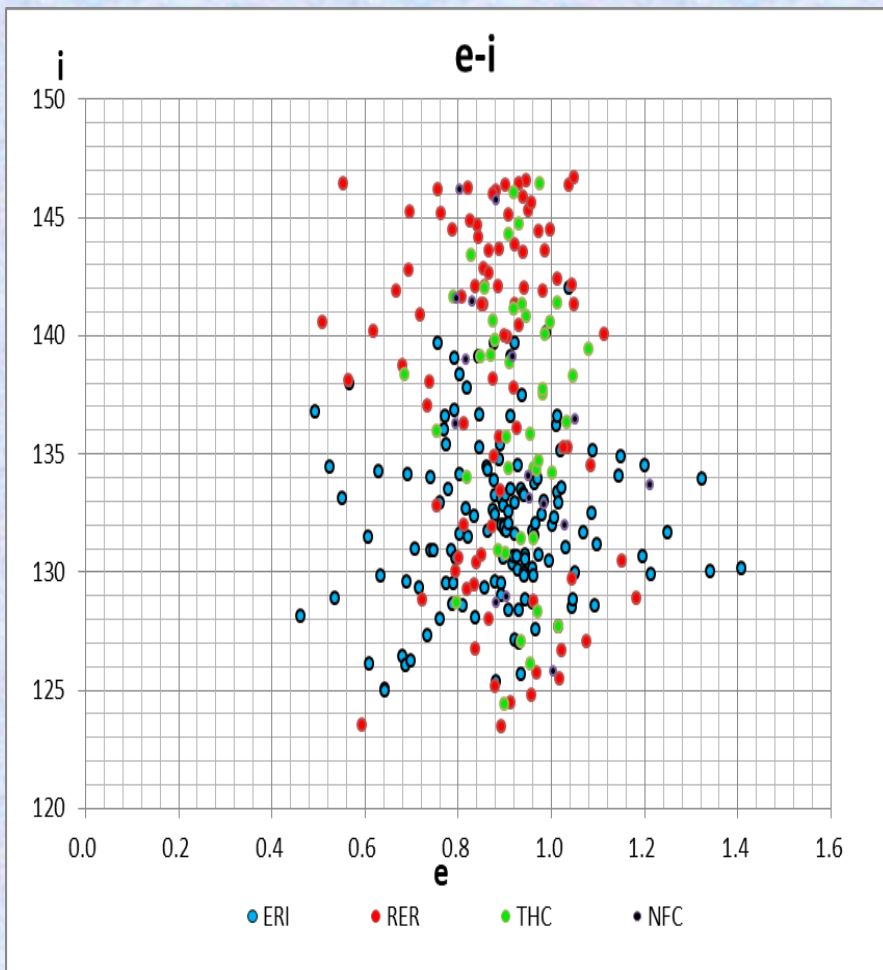
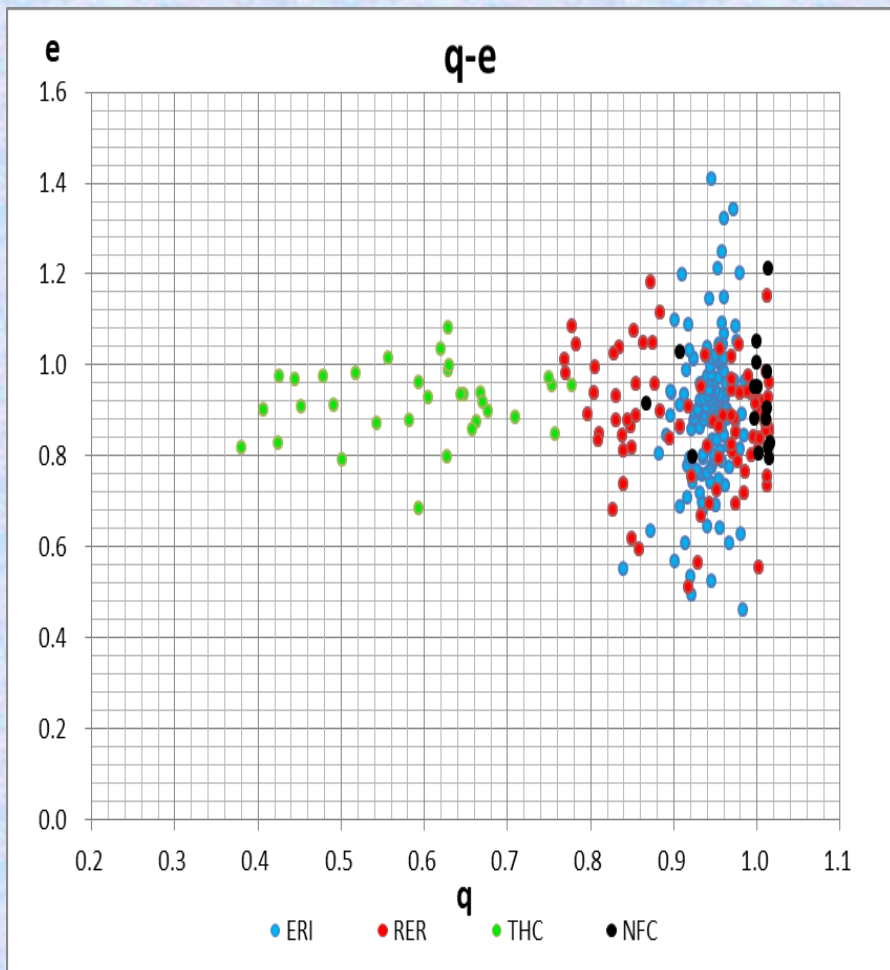
左は、 q - i の関係性です。ERIは、 q が1から0.9に集中しています。いくつか誤判定があるようです。RERは、 q が1から0.8の間にありERIを囲んでいます。誤判定がありそうです。THCは、 q が0.8以下に分布しています。NFCは、 q が1から0.9付近にばらついていています。右は、 ω と i です。ERIは、 ω が30-50の範囲に集中しています。RERは、 ω が0から50の範囲です。THCは、60-100の範囲に分布しています。NFCは、310-360の範囲から分布しています。 i の範囲は、4つの群ともどちらの図も123から144の範囲で同じになっています。右の ω と i のグラフから、THCとNFCは、容易に区別することができます。いくつか誤判定があることもわかります。

【1】-12 2023年のERI周辺の軌道要素の関係性-2



左は、 ω - q の関係性です。**ERIとRERが重なっています**。やはり、誤判定があるのか。THCは、きれいに曲線に載っています。NFCもきれいに曲線に載っています。このグラフを見る限りでは、誤判定がなさそうに見えます。右のグラフは、 e - ω の関連性です。ERIが横長に集中して広く分布しています。RERは、ERIを取り囲むように広く分布しています。THCは、やや広がりがあるものの良く集中しています。NFCも少し広がっていますが横に集中しています。**この2つのグラフでは、群判定がわかりやすくなっています**。

【1】-13 2023年のERI周辺の軌道要素の関係性-3

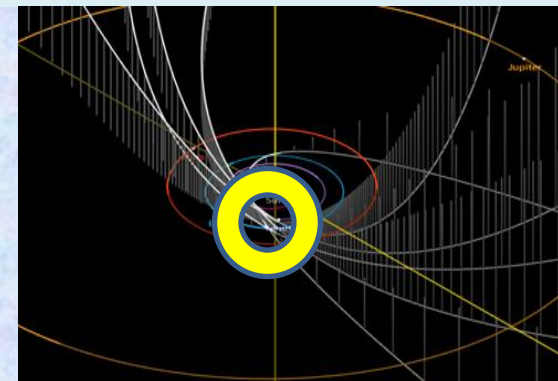


左のグラフは、 q と e の関連性です。ERIは、 q 0.9-1の間に縦長に多く集中しています。赤のRERが誤判定のようです。RERは、ERIを囲むように分布しています。THCは、 q がよくまとまっていますが幅広く分布しているので速度誤差でなくトレイルの広がりなのではないでしょうか。NFCも3つ以外はよくまとまっています。右のグラフは、 e と i の関連性です。ERIは、円形に広がっていて中央に集中が見られます。トレイルの広がりでしょうか。RERもTHCもNFCも縦長に広がっています。**この図からは、群の判定には使えない**ようです。速度誤差もありますが、どうもダストトレイルをみてるようにも思えます。

【1】-14 2023年のERI周辺群の軌道要素等の比較

Name	a	e	q	i	ω	Ω	Dsh	Tj	λ _Π	β _Π	α	δ	Vg	remark
ERI平均	8.6	0.890	0.943	132.1	31.6	315.7	0.00	−0.18	293.3	22.9	42.2	−12.6	63.6	
ERI_id	26.4	0.965	0.951	131.8	29.0	314.8	0.08	−0.61	294.5	21.2	41.8	−13.1	64.4	C/1852 K1 (C#####
1852 K1 (C#####	1.000	0.905	0.905	131.1	37.2	319.3	0.14	#####	292.7	27.1	39.6	−13.8	64.5	
Name	a	e	q	i	ω	Ω	Dsh	Tj	λ _Π	β _Π	⟨	δ	Vg	remark
RER平均	8.5	0.892	0.917	139.4	33.6	318.4	0.00	−0.26	291.7	21.1	42.96	−7.4	64.9	
ERI_id	26.4	0.965	0.951	131.8	29.0	314.8	0.16	−0.61	294.5	21.2	41.80	−13.1	64.4	
1852 K1 (C#####	1.000	0.905	0.905	131.1	37.2	319.3	0.19	#####	292.7	27.1	39.60	−13.8	64.5	
RER_ib	20.8	0.953	0.976	143.0	22.5	316.9	0.19	−0.72	298.6	13.3	44.10	−5.6	66.8	rho Eridanids
2013 UQ4	60.6	0.982	1.081	145.3	23.3	317.7	0.27	−0.97	298.2	13.0	44.80	−9.5	65.9	
273P	32.8	0.975	0.810	136.4	20.2	320.4	0.28	−0.65	305.5	13.8	42.00	−4.9	67.6	
Name	a	e	q	i	w	Ω	Dsh	Tj	λ _Π	β _Π	α	δ	Vg	remark
THC平均	7.7	0.92	0.589	136.7	82.6	318.5	0.00	0.00	238.7	42.8	28.51	−10.1	61.7	
FSO_ib	4.7	0.90	0.475	136.0	84.5	319.0	0.12	0.52	236.6	43.7	258.30	−4.0	61.2	Twin of THC
THC_ia	16.1	0.97	0.499	138.0	92.0	317.0	0.20	−0.32	224.3	42.0	23.00	−10.2	61.8	C/1939H1
1939 H1	62.2	0.992	0.528	138.2	89.2	312.3	0.22	−0.59	223.5	41.8	21.9	−10.3	62.1	
NFC平均	a	e	q	i	ω	Ω	Dsh	Tj	λ _Π	β _Π	α	δ	Vg	remark
基準天体	14.5	0.932	0.985	135.6	343.9	302.8	0.00	−0.50	314.5	−11.2	44.2	−10.3	65.0	
NFC_ia	9.1	0.880	0.980	144.2	339.4	311.2	0.25	−0.33	328.1	−11.9	50.7	−2.4	66.3	95 Cetids
1110 K1	#####	1.000	0.830	137.0	358.0	321.0	0.28	#####	322.5	−1.4	45.6	−8.1	66.7	

各群ごとの平均軌道等の一覧です。ERIは、IAUの結果ともよく一致しています。母天体候補は、1852K1彗星です。RERは、ERIとの誤判定もあるようで3つの彗星が候補になりました。THCは、1939H1彗星が母天体候補のようです。FSOがTWINになっているのが興味があります。NFCは、1110K1が母天体候補のようです。これらの5つの彗星のダストが右の軌道図のように黄色の円内で地球と衝突していて4つの群として観測され、出現数の増加が見られていたものと思われます。

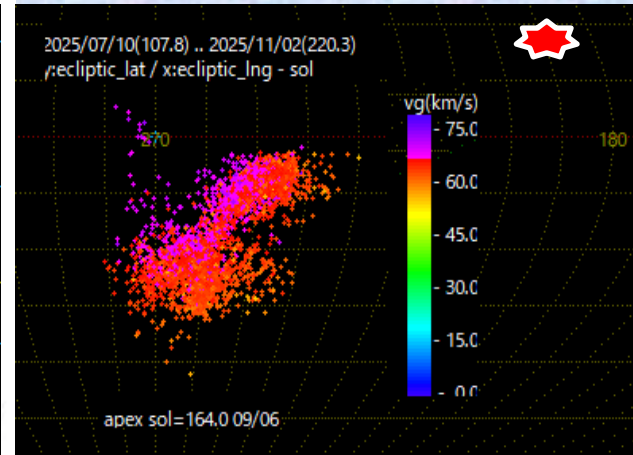
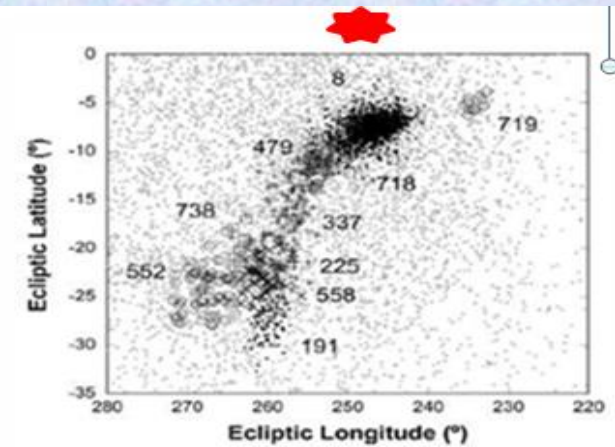
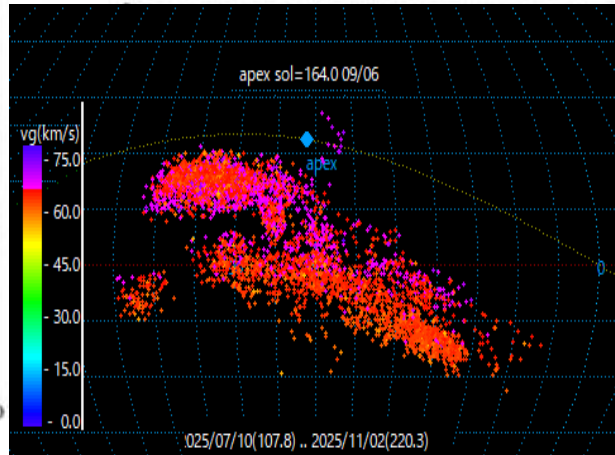
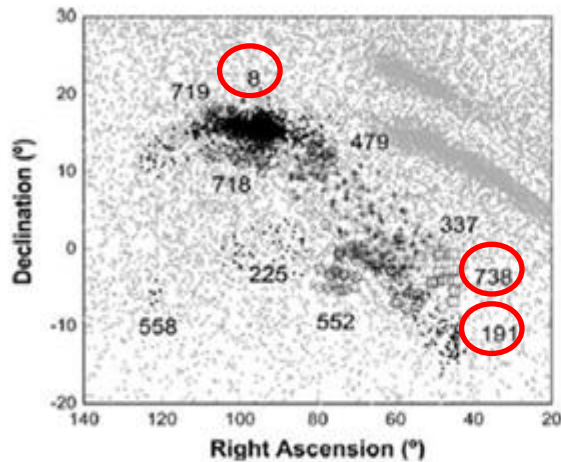


【1】-15 The Halley ComplexとERI周辺群の輻射点比較

(1) エリダヌス座エータ流星群

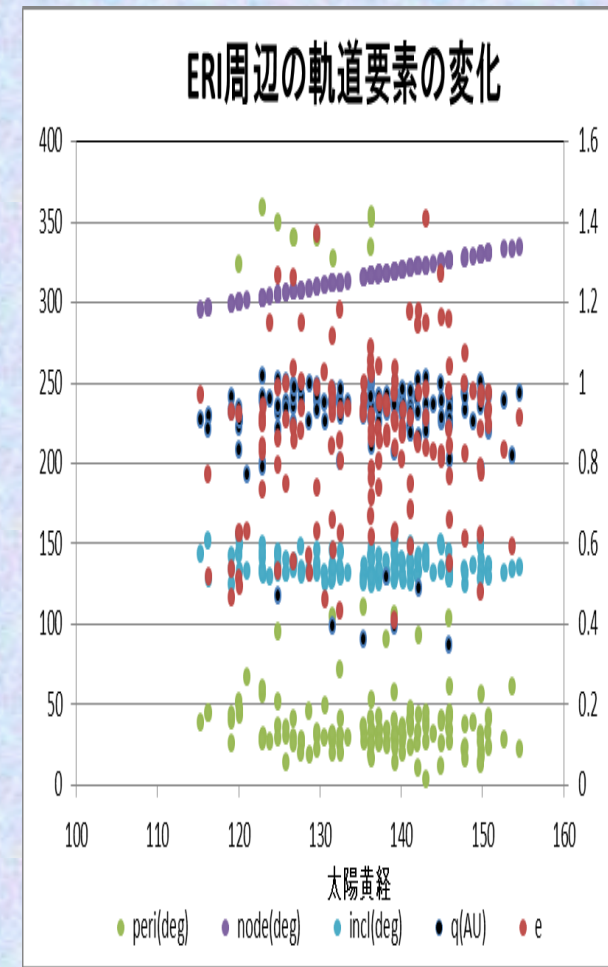
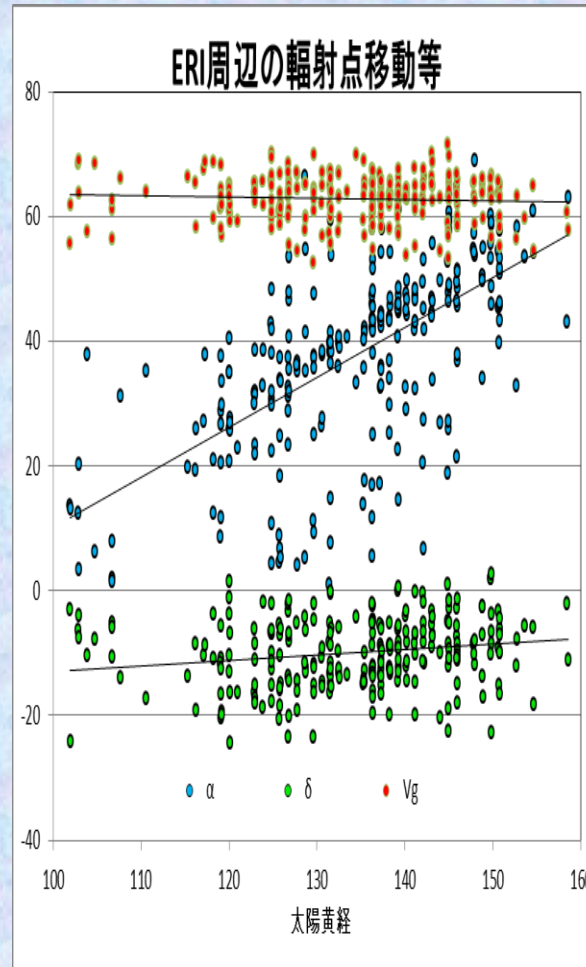
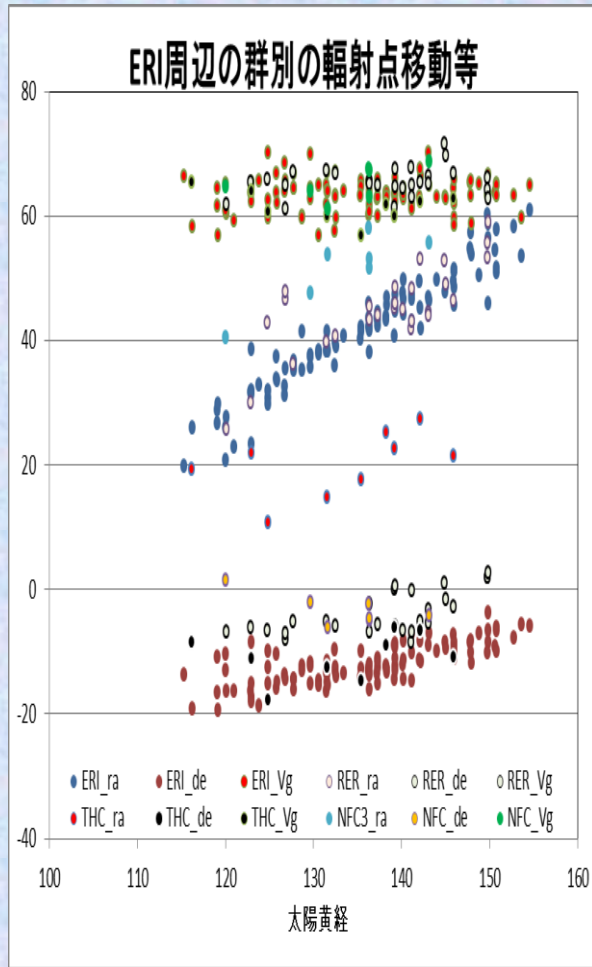
2001年、大塚勝仁さん達により、新しい流星群として発表されたものです。それまで、AMS(American Meteor Society)などの観測で上旬に ERI 群らしき流星が観測されていました。また、電波観測からも拡散した放射点の存在が指摘されていました。大塚さん達は、写真流星、ビデオ流星観測の結果から ERI 群の活動を確証しました。さらに過去の眼視やレーダーの観測結果も調査をし、ERI 群の存在の確認をしています。母天体の候補として、C/1852 K1 (Chacornac)、D/1827 M1(273P/Pons-Gambart)が挙げられています。

Jenniskens の論文、Icarus 266 (2016) 331-354 “The established meteor showers as observed by CAMS” では、この流星群はハレー彗星関連複合群ではないか、とされています。“Orion Tail”と称される8月後半から11月にかけて見られるいくつかの小流星群がハレー彗星に関連する群ではないか、とされています。ERI 群は、その先頭となる群で活動期間は $117^{\circ} \sim 152^{\circ}$ にわたる、としています。



※追記。天文回報の2017年の8月号に嵯峨山氏が、この群について書いています。その一部を左上に引用しました。Jenniskens の論文の引用ですが、この流星群はハレー彗星関連複合群 (The Halley Complex)ではないか、とされています。“Orion Tail”と称される8月後半から11月にかけて見られるいくつかの小流星群がハレー彗星に関連する群ではないかとされています。そこで、2007年から2025年までの7月10から11月2日までの輻射点分布図を作成しました。カラーの左が今回の赤経・赤緯での表示です。カラーの右がEL-Lsです。論文の白黒の左とカラーの左上と論文の白黒の右上とカラーの下右が対応しています。8がORIです。191がERIです。738がRERです。おおよそ似た傾向になっています。ERIとRERは、The Halley Complexともいえますがどんなものでしょう。

【1】-16 2024年のERI周辺の出現変化等



やや多めの2024年も調べてみました。左の図は、4つの群とはっきりわかるもののみです。RERがERIに誤判定されているのでやや少なめです。THCとNFCは、少ないながらもはっきりと分類されています。真ん中は、散在でERI周辺群と思われるものも含んでいます。これだと左の図にRERが判定されていない流星がまだあることがわかります。まだ、広がりが多いので散在が混在していますのでさらに絞る必要があります。軌道要素では、速度の誤差がやはり大きいことがわかります。NFCだけは、 ω と q の要素が違うのですぐにわかります。

まとめと考察

- ・輻射点の広がりが見られる群では、複合的に別群が散在している可能性があることがわかりました。
- ・群判定のパラメーターで判定が変わるのでできるだけ同判定式で判定しないと結果が変わることがあります。
- ・軌道要素のグラフで群判定がしやすくなる場合があることがわかりました。
- ・複合群の場合は、それぞれの群で出現数の変化が見られることが分かりました。
- ・複合群場合は、それぞれの母天体が複数存在していることが分かりました。
- ・散在判定の中には、小流星群が含まれてることが分かりました。
- ・軌道要素での群判定は、極大前後の軌道の変化を調べないといけないことが分かりました。
- ・気候の変化や速度誤差の大きく影響する場合があります、注意が必要です。
- ・長い年月での変化を調べることで様々な出現の変化や広がりや軌道の違い等が判りやすくなることがわかりました。
- ・GMN等の他のデータの検討も必要です。
- ・母天体だけの軌道での判断だけでなく、複数のダストトレイルによる年変化やみかけの群もあるのでそれも加味しないといけないと思いました。
- ・他に2月の土屋彗星に関連する群も調べてみようと思っています。