

流星電波観測による主要流星群経年変化

(流星電波観測国際プロジェクト)

小川 宏 (*h-ogawa@amro-net.jp*)

1 しぶんぎ座流星群

しぶんぎ座流星群は、例年流星電波観測で極大が観測されており、海外のデータも比較的安定した結果が得られる年が多い流星群です。結果的にはエラーバーを小さくすることができ、精度を高めることができます。

Figure.1 がしぶんぎ座流星群の 2001 年から 2009 年までの世界統合グラフ、Table.1 が Activity Level の値として最大値を記録している時間帯、Table.2 が、ローレンツ曲線 (P.Jenniskens 2000) によるプロファイル近似結果です。Figure.1 には、Table.2 の合計数値もグラフに曲線として加えてあります。

2002 年は例年になく活発な活動が捕らえられており、2008 年はここ数年では活動レベルが小さくなっています。2009 年については、海外データの都合から、ダブルピーク構造に見えますが、IMO 等の結果から推測し、活動プロファイルの一部として近似しました (2009B を 2009 年度の結果としては正式採用。2009A は参考まで)。全体的に鋭いピークというよりは半値幅も広い印象を受けます。

2 みずがめ座 δ 流星群

ふたご座流星群のように活動期間が長い流星群の解析ですが、ふたご座流星群と大きく異なるのは、天頂効果がほぼ見られないことにあります。その結果、Activity Level の値も比較的安定しており、サイトごとの差異が出にくくなっています。

Figure.2 が 2005 年～2009 年までの結果、Table.3 が Activity Level の値として最大値を記録している時間帯、Table.4 が、ローレンツ曲線によるプロファイル近似結果です。

なんと言っても、活動の主体となっている構成要素は、半値幅が数十時間 (2 日以上) と活動期間が長いのが特徴的で、図は太陽黄経ですが、日付に直すと、7 月 20 日付近から 8 月 8 日付近までと、実に 20 日間くらいの活動を見せていることとなります。(通常レベルは 7/1～7/14 で定義)

また、構成要素についても、通常みずがめ座 δ 群の極大とされる太陽黄経 125° 付近の前と後に増減過程でなだらかに推移する期間が存在します。これも顕著に見られる年とそうでない年とがあるところに興味をそそられますが、毎年小さいながらもその雰囲気は見て取れます。この事からも、最大ピークを構成する構成要素 1 つだけでは全体の活動を表現し切れません。年によって差はありますが、太陽黄経で 121° (7 月 24 日～25 日) 付近と $129^\circ 3'$ (8 月 1 日) 付近とにピークを持つ構成要素があると、近似プロファイルと実測値との差が小さく表現できます。特に $\lambda_{\odot} = 129^\circ 3'$ 付近に極大を持つ構成要素は、その太陽黄経そのものがほぼ等しく、何らかの活動があると言っても問題はないと判断します。

3 ペルセウス座流星群

ペルセウス座流星群では、対地速度が速いために、得られる流星数も少なく、電波観測としては解析が難しい流星群です。解析当初の 2001 年や 2002 年では日本時間で Activity Level が高いといった難題があり、根本的にバックグラウンドの定義がおかしいか、使用する電波の周波数によって捕獲流星数に大きな差がでているかのどちらかが考えられます。

Figure.3 が 2001 年～2009 年までの結果、Table.5 が Activity Level の値として最大値を記録している時間帯、Table.6 が、ローレンツ曲線によるプロファイル近似結果です。

2004 年については、Esko Lyytinen らの予測による結果が顕著に出ています。2006 年頃からはようやくデータの安定性が出てきていますので、集計方法の課題というよりも観測地点側の問題によって、得られるエコー数に差が出ているようです。

4 オリオン座流星群

2006年の突発出現を受け、流星電波観測においても結果を解析してきましたが、ペルセウス座流星群と同じく対地速度が速いために、その活動を顕著に捕らえることは難しいのが実情です。

Figure.4が2002年～2008年までの結果、Table.7がActivity Levelの値として最大値を記録している時間帯、Table.8が、ローレンツ曲線によるプロファイル近似結果です。

2004年や2005年はほぼActivity Levelの値が0に近いので、極大値を特定することは困難です。プロファイル近似は、最小二乗法による数値が小さい値を採用しているだけです。

5 しし座流星群

しし座流星群の結果は1999年データより解析を行っています。Figure.5～Figure.7までを見ると、これまでのしし座流星群の変遷がよくわかります。Table.9がActivity Levelの値として最大値を記録している時間帯、Table.10が、ローレンツ曲線によるプロファイル近似結果です。

2008年は久々にActivity Levelが1を越えました。2005年、2007年は影も形もないほどに活動は低調で、Activity Levelの値も誤差範囲を考慮すると、ほぼ通常レベル、つまり活動は捉えられなかったと判断せざるを得ない状況です。いずれにしても、ある一定以上の活動がないと、通常レベルの誤差範囲に含まれてしまうので、ZHRが10とかでは、Activity Levelの結果として活動を捉えることはほぼ不可能です。

6 ふたご座流星群

眼視観測同様、電波観測においても多くの流星エコーが観測される流星群です。

Figure.8が2002年～2008年までの結果、Table.11がActivity Levelの値として最大値を記録している時間帯、Table.12が、ローレンツ曲線によるプロファイル近似結果です。

天頂効果が効くので、その解析は難しく、世界データ統合においても日本のデータ比率が大きいのでその影響はさらに出てしまいます。従って細かな流星群活動構成を議論することはできる精度にありませんが、おおよそのプロファイルを見るに値する数値はでてきています。

その中でも、2003年や2005年は比較的活発な活動を記録しています。誤差範囲を考慮しても高めの数値で推移しています。2008年のふたご座流星群は近年にしては低調だった印象を受けます。ただ、2006年や2007年もそれ以前と比較すると数値は低く、逆の見方をすれば2003年～2005年の活動が活発だったとも言えそうです。ただし、いずれにしても、前述したとおり、天頂効果の問題がありますので、現時点でこの結果を鵜呑みにするのは危険で、眼視観測結果等と照合しておく必要があると思います。

7 出典等

流星電波観測国際プロジェクト(The International Project for Radio Meteor Observation)の結果として掲載しています。データの元は、AMRO-NET及びRMOB(Radio Meteor Observation Bulletin)から頂いています。

この他、Activity Levelについては、H.Ogawa et al.(2001)、ローレンツ近似については、P.Jenniskens et al.(2000)を参考にしています。必要な場合はあわせてご参照下さい。

- 1 Ogawa, H., Toyomasu, S., Ohnishi, K., Maegawa, K. (2001) "The global monitor of meteor streams by Radio Meteor Observation all over the world", *Proceeding of the Meteoroids 2001 Conference*, 189-191
- 2 Jenniskens P., Crawford C., Butow S.J., Nugent D., Koop M., Holman D., Houston J., Jobse K., Kronk G. and Beatty K. (2000) "Lorentz Shaped Comet Dust Trail Cross Section from New Hybrid Visual and Video Meteor Counting Technique Implications for Future Leonid Storm Encounters", *Earth, Moon and Planets*, **82-83**, 191-208.

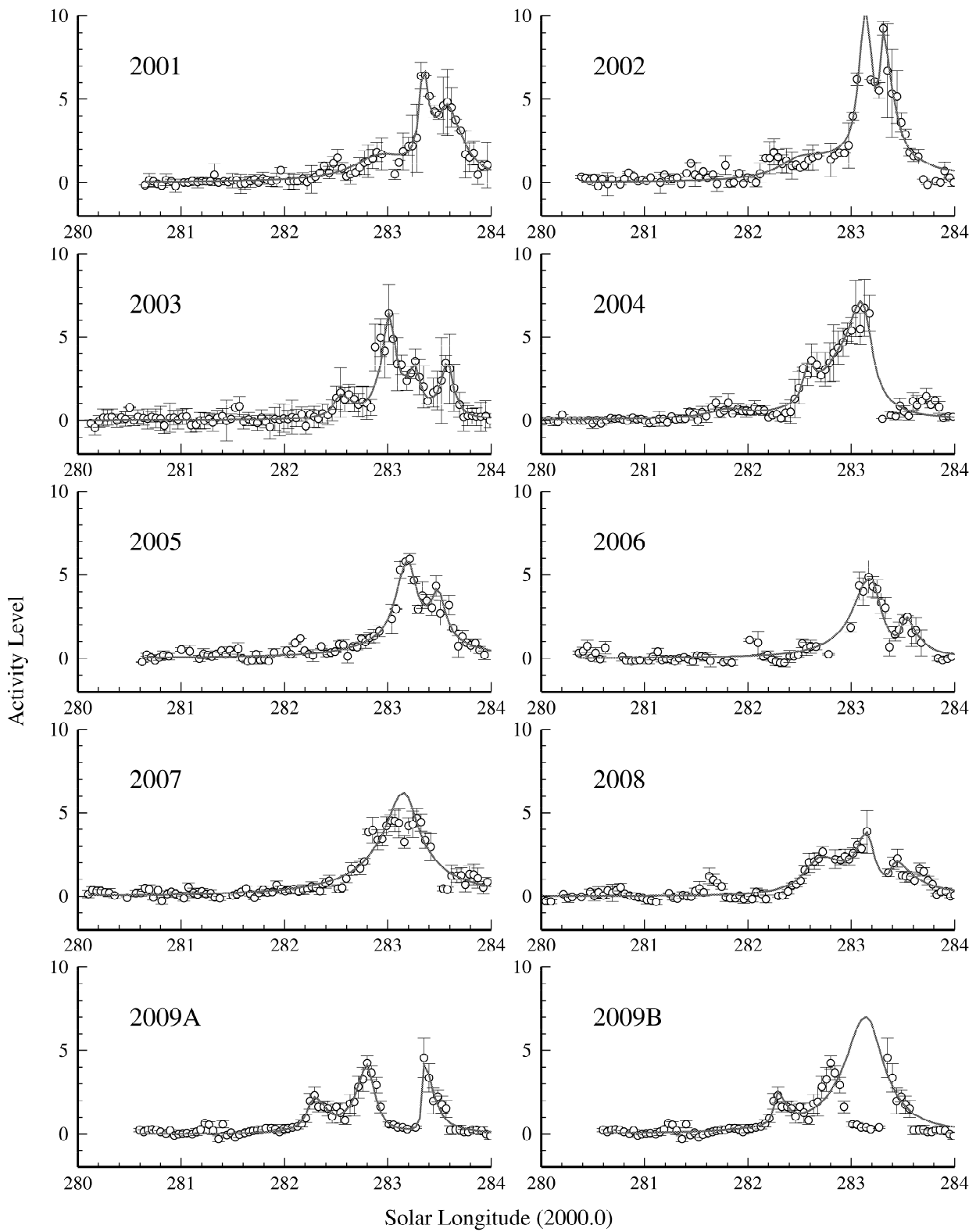


Figure 1: Quadrantids 2001-2009

Table 1: Peak Times of Quadrantids 2001-2009 by worldwide Radio Meteor Observation

Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level	Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level
2001	Jan. 3 15 ^h	283°320	6.40 ± 0.79	2006	Jan. 3 18 ^h	283°167	4.87 ± 0.98
	Jan. 3 21 ^h	283°575	4.81 ± 1.98		Jan. 4 03 ^h	283°545	2.51 ± 0.04
2002	Jan. 3 15 ^h	283°056	6.20 ± 0.35	2007	Jan. 3 22 ^h	283°066	4.51 ± 0.65
	Jan. 3 21 ^h	283°310	9.24 ± 0.40		Jan. 4 03 ^h	283°280	4.64 ± 0.57
2003	Jan. 3 11 ^h	282°623	1.58 ± 0.59	2008	Jan. 3 20 ^h	282°724	2.64 ± 0.34
	Jan. 3 20 ^h	283°010	6.42 ± 1.72		Jan. 4 06 ^h	283°152	3.87 ± 1.25
	Jan. 4 02 ^h	283°265	3.56 ± 0.73				
	Jan. 4 09 ^h	283°561	3.42 ± 0.48				
2004	Jan. 3 17 ^h	282°616	3.61 ± 0.96	2009	Jan. 2 16 ^h	282°289	2.34 ± 0.48
	Jan. 4 05 ^h	283°126	6.74 ± 1.70		Jan. 3 04 ^h	282°798	4.25 ± 0.41
					Jan. 3 17 ^h	283°349	4.57 ± 1.18
2005	Jan. 3 13 ^h	283°213	5.96 ± 0.34				
	Jan. 3 19 ^h	283°467	4.34 ± 0.61				

Table 2: Components of Quadrantids 2001-2009

Year	Trail No.	Time (UT)	λ_{\odot}	A_{max}	FWHM(hr)
2001	Q01T1	Jan. 03 06 ^h 30 ^m	282°94	1.5	-8.0/+8.0
	Q01T2	Jan. 03 16 ^h 00 ^m	283°35	5.5	-1.1/+1.5
	Q01T3	Jan. 03 21 ^h 30 ^m	283°58	4.0	-3.0/+4.0
2002	Q02T1	Jan. 03 03 ^h 30 ^m	282°55	1.5	-7.0/+24.0
	Q02T2	Jan. 03 17 ^h 30 ^m	283°15	9.0?	-1.8/+1.5
	Q02T3	Jan. 03 21 ^h 30 ^m	283°32	7.0	-1.0/+2.5
2003	Q03T1	Jan. 03 09 ^h 30 ^m	282°55	1.3	-2.0/+3.0
	Q03T2	Jan. 03 20 ^h 30 ^m	283°01	6.0	-2.0/+2.0
	Q03T3	Jan. 04 02 ^h 30 ^m	283°27	2.5	-2.0/+1.5
	Q03T4	Jan. 04 10 ^h 00 ^m	283°59	3.3	-2.0/+1.5
2004	Q04T1	Jan. 02 22 ^h 30 ^m	281°82	0.5	-6.0/+6.0
	Q04T2	Jan. 03 16 ^h 30 ^m	282°58	2.0	-1.2/+2.0
	Q04T3	Jan. 03 23 ^h 30 ^m	282°88	2.0	-6.0/+6.0
	Q04T4	Jan. 04 05 ^h 00 ^m	283°11	6.0	-4.0/+2.5
2005	Q05T1	Jan. 03 13 ^h 00 ^m	283°19	4.7	-3.0/+2.5
	Q05T2	Jan. 03 15 ^h 00 ^m	283°28	1.0	-12.0/+12.0
	Q05T3	Jan. 03 20 ^h 00 ^m	283°49	2.8	-2.0/+2.0
2006	Q06T1	Jan. 03 19 ^h 00 ^m	283°19	4.8	-5.0/+3.0
	Q06T2	Jan. 04 03 ^h 00 ^m	283°53	2.0	-1.0/+3.0
2007	Q07T1	Jan. 04 00 ^h 00 ^m	283°14	1.5	-12.0/+12.0
	Q07T2	Jan. 04 00 ^h 30 ^m	283°16	4.7	-5.0/+4.0
2008	Q08T1	Jan. 03 20 ^h 00 ^m	282°71	2.2	-4.5/+8.0
	Q08T2	Jan. 04 06 ^h 30 ^m	283°15	3.0	-2.5/+2.0
	Q08T3	Jan. 04 13 ^h 00 ^m	283°43	1.5	-1.0/+5.0
2009	Q09T1	Jan. 02 16 ^h 30 ^m	282°29	2.0	-1.0/+2.0
	Q09T2	Jan. 03 12 ^h 30 ^m	283°15	7.0	-6.0/+5.0

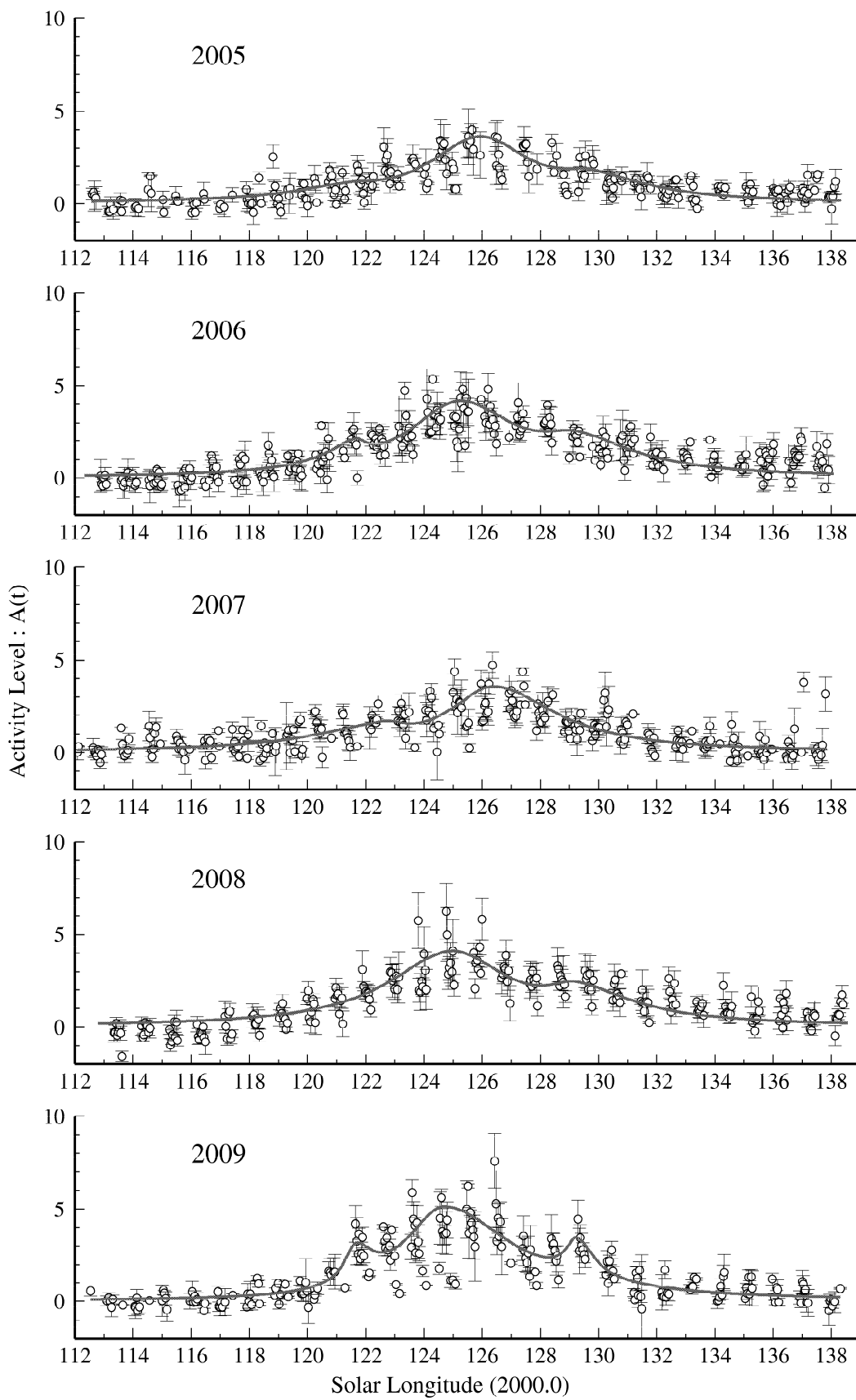


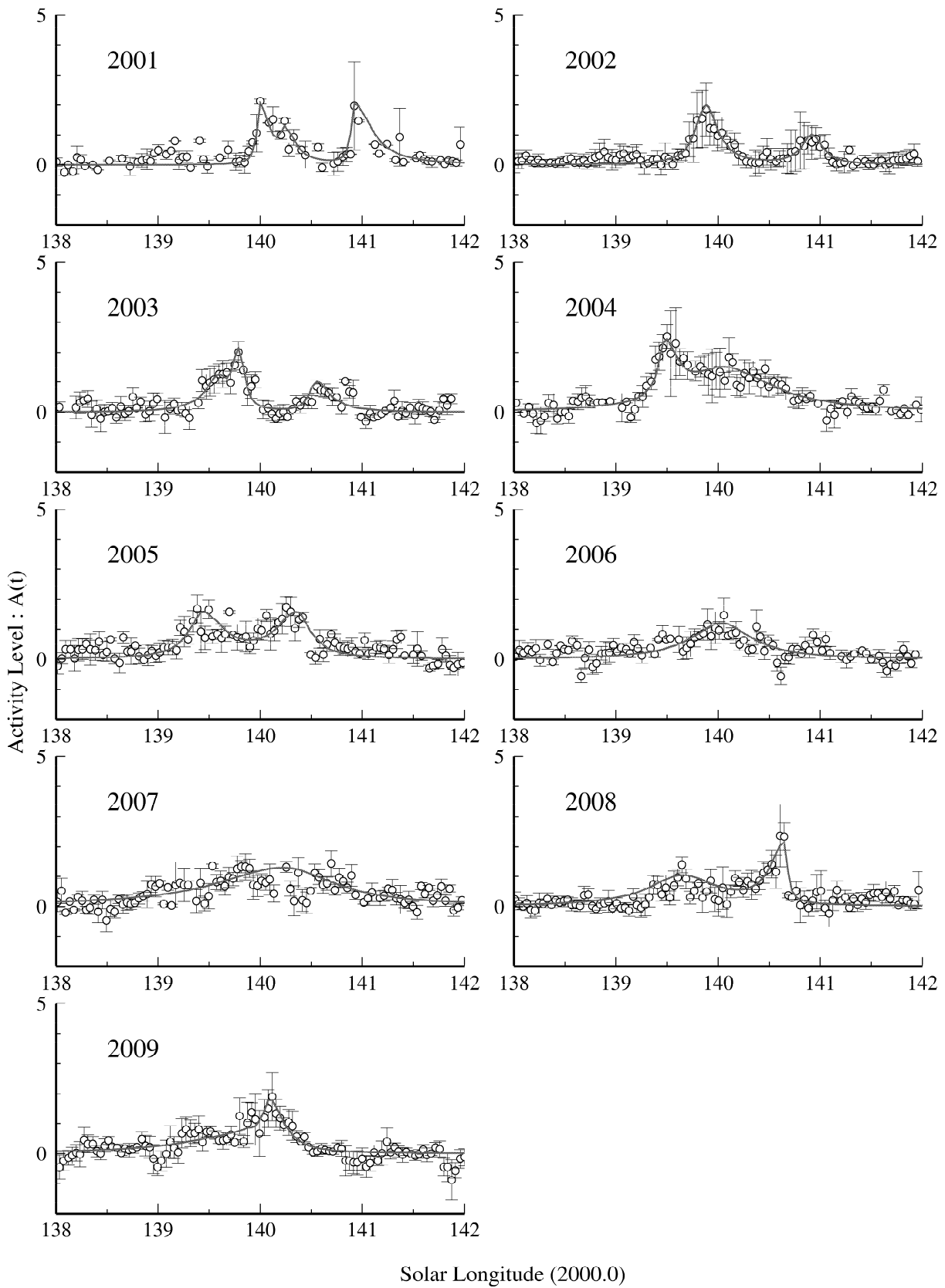
Figure 2: δ -Aquirids 2005-2009

Table 3: Peak Times of δ -Aquarids 2005-2009 by worldwide Radio Meteor Observation

Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level	Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level
2005	Jul. 25 13 ^h	122°624	3.05 ± 1.04	2008	Jul.27 13 ^h	124°759	6.24 ± 1.55
	Jul. 28 17 ^h	125°643	3.98 ± 0.11		Jul.31 13 ^h	128°584	3.30 ± 0.96
	Aug. 1 19 ^h	129°555	2.58 ± 0.78	2009	Jul.24 13 ^h	121°652	4.19 ± 0.99
2006	Jul. 24 17 ^h	121°584	2.62 ± 0.91		Jul.28 14 ^h	125°513	6.24 ± 0.13
	Jul. 28 15 ^h	125°331	4.81 ± 0.38		Aug. 1 15 ^h	129°376	3.43 ± 0.67
2007	Jul. 25 20 ^h	122°420	2.63 ± 0.43				
	Jul. 29 23 ^h	126°355	4.72 ± 0.71				
	Aug. 3 00 ^h	130°228	3.20 ± 1.12				

Table 4: Components of δ -Aquarids 2005-2009

Year	Trail No.	Time (UT)	λ_{\odot}	A_{max}	FWHM(hr)
2005	C05T1	Jul. 24 06 ^h 30 ^m	121°39	0.5	-60.0/+30.0
	C05T2	Jul. 29 00 ^h 30 ^m	125°93	3.5	-54.0/+54.0
	C05T3	Aug. 02 00 ^h 30 ^m	129°76	1.0	-30.0/+60.0
2006	C06T1	Jul. 24 18 ^h 30 ^m	121°63	1.0	-30.0/+12.0
	C06T2	Jul. 28 12 ^h 30 ^m	125°22	4.0	-54.0/+60.0
	C06T3	Aug. 01 18 ^h 30 ^m	129°28	1.5	-36.0/+60.0
2007	C07T1	Jul. 26 00 ^h 30 ^m	122°58	1.0	-78.0/+24.0
	C07T2	Jul. 30 00 ^h 30 ^m	126°40	3.5	-48.0/+66.0
2008	C08T1	Jul. 27 18 ^h 30 ^m	124°96	4.0	-66.0/+60.0
	C08T2	Aug. 01 06 ^h 30 ^m	129°26	1.5	-30.0/+60.0
2009	C09T1	Jul. 24 13 ^h 30 ^m	121°65	2.0	-12.0/+18.0
	C09T2	Jul. 27 18 ^h 30 ^m	124°72	5.0	-42.0/+72.0
	C09T3	Aug. 01 12 ^h 30 ^m	129°26	2.5	-12.0/+18.0



Solar Longitude (2000.0)
Figure 3: Perseids 2001-2009

Table 5: Peak Times of Perseids 2001-2009 by worldwide Radio Meteor Observation

Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level	Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level
2001	Aug.12 16 ^h	140°000	2.13 ± 0.08	2006	Aug.13 00 ^h	140°058	1.48 ± 0.58
	Aug.13 15 ^h	140°922	1.98 ± 1.47				
2002	Aug.12 19 ^h	139°822	1.86 ± 0.87	2007	Aug.13 00 ^h	139°853	1.32 ± 0.44
	Aug.13 22 ^h	140°957	0.88 ± 0.38				
2003	Aug.12 23 ^h	139°787	2.01 ± 0.35	2008	Aug.12 02 ^h	139°646	1.38 ± 0.25
					Aug.13 03 ^h	140°645	2.33 ± 0.46
2004	Aug.11 22 ^h	139°499	2.53 ± 0.39	2009	Aug.12 15 ^h	139°914	1.38 ± 0.31
					Aug.12 20 ^h	140°116	1.90 ± 0.81
2005	Aug.12 01 ^h	139°380	1.68 ± 0.46				
	Aug.12 23 ^h	140°253	1.74 ± 0.36				

Table 6: Components of Perseids 2001-2009

Year	Trail No.	Time (UT)	λ_{\odot}	A_{max}	FWHM(hr)
2001	P01T1	Aug. 12 16 ^h 30 ^m	140°01	2.0	-1.0/+2.5
	P01T2	Aug. 12 22 ^h 30 ^m	140°25	1.0	-1.5/+3.0
	P01T3	Aug. 13 15 ^h 30 ^m	140°93	2.0	-1.0/+5.0
2002	P02T1	Aug. 12 19 ^h 30 ^m	139°88	2.0	-3.0/+3.5
	P02T2	Aug. 13 21 ^h 30 ^m	140°92	1.0	-3.0/+3.0
2003	P03T1	Aug. 12 18 ^h 30 ^m	139°60	1.0	-4.0/+2.0
	P03T2	Aug. 12 23 ^h 30 ^m	139°80	2.0	-2.0/+1.5
	P03T3	Aug. 13 18 ^h 30 ^m	140°56	1.0	-2.0/+4.0
2004	P04T1	Aug. 11 22 ^h 00 ^m	139°49	1.9	-2.0/+3.5
	P04T2	Aug. 12 13 ^h 00 ^m	140°09	1.4	-12.0/+14.0
2005	P05T1	Aug. 12 03 ^h 00 ^m	139°44	1.5	-4.0/+6.0
	P05T2	Aug. 13 02 ^h 00 ^m	140°36	1.5	-6.0/+4.0
2006	P06T2	Aug. 13 00 ^h 00 ^m	140°04	1.2	-9.0/+9.0
2007	P07T2	Aug. 13 11 ^h 00 ^m	140°24	1.3	-20.0/+15.0
2008	P08T1	Aug. 12 02 ^h 30 ^m	139°65	1.0	-10.0/+10.0
	P08T2	Aug. 13 03 ^h 30 ^m	140°64	2.0	-4.0/+4.0
2009	P09T1	Aug. 12 14 ^h 30 ^m	139°88	0.6	-18.0/+3.0
	P09T2	Aug. 13 20 ^h 30 ^m	140°12	1.7	-2.5/+4.0

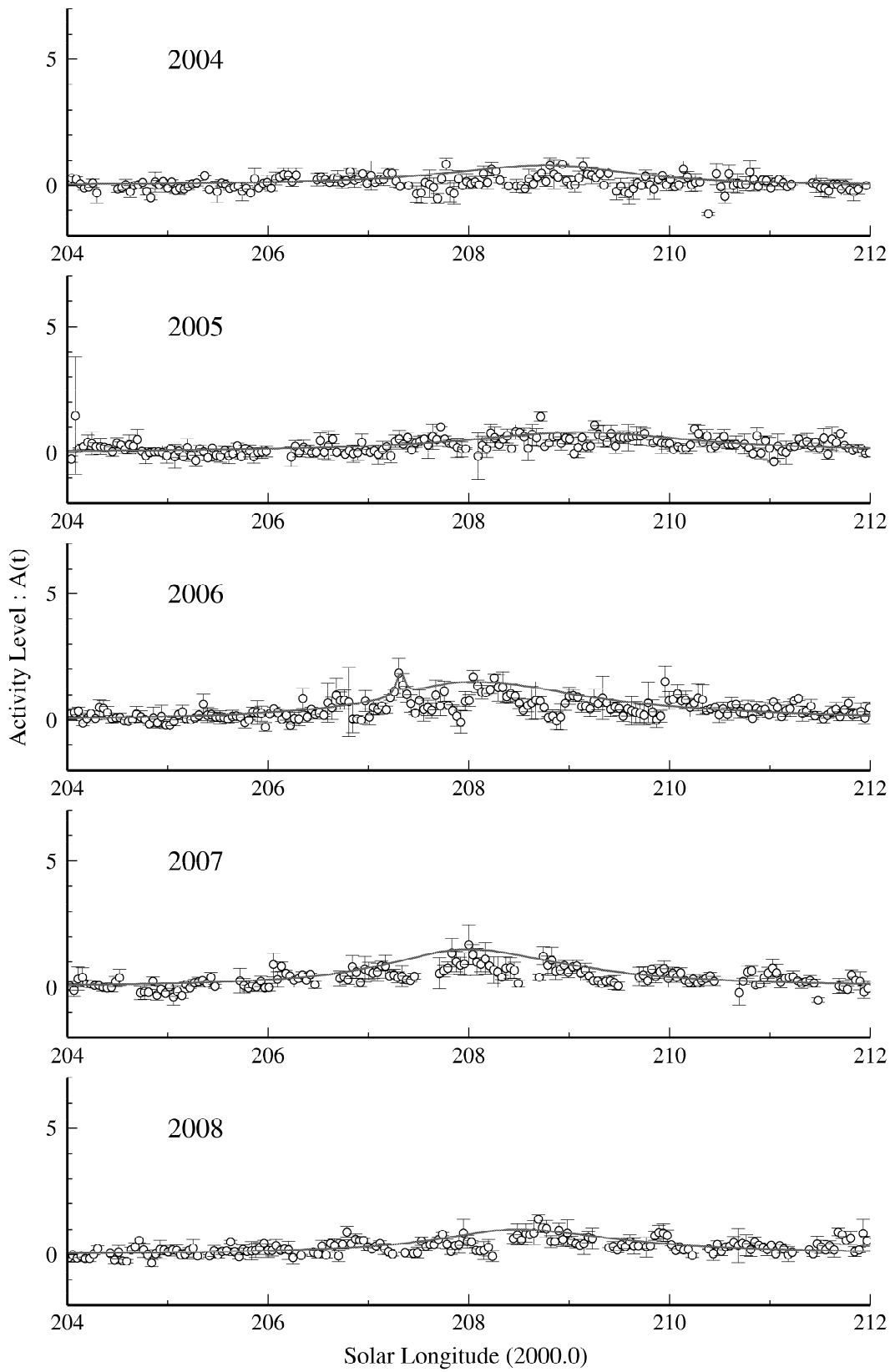


Figure 4: Orionids 2002-2009

Table 7: Peak Times of Orionids 2002-2009 by worldwide Radio Meteor Observation

Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level	Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level
2004	?	209°?	0.5?	2007	Oct. 21 21 ^h	207°998	1.67 ± 0.76
2005	?	209°?	0.5?	2008	Oct. 21 20 ^h	208°692	1.40 ± 0.18
2006	Oct. 20 22 ^h	207°300	1.85 ± 0.60				
	Oct. 21 16 ^h	208°046	1.71 ± 0.25				

Table 8: Components of Orionids 2002-2008

Year	Trail No.	Time (UT)	λ_{\odot}	A_{max}	FWHM(hr)
2004	O04T1	Oct. 21 22 ^h 00 ^m	208°81	0.8	-30.0/+24.0
2005	O05T1	Oct. 22 12 ^h 00 ^m	209°13	0.8	-36.0/+36.0
2006	O06T1	Oct. 20 23 ^h 00 ^m	207°34	1.0	-1.0/+1.0
	O06T2	Oct. 21 16 ^h 00 ^m	208°05	1.5	-24.0/+30.0
2007	O07T1	Oct. 21 21 ^h 00 ^m	208°00	1.5	-24.0/+30.0
2008	O08T1	Oct. 21 15 ^h 30 ^m	208°48	1.0	-24.0/+30.0

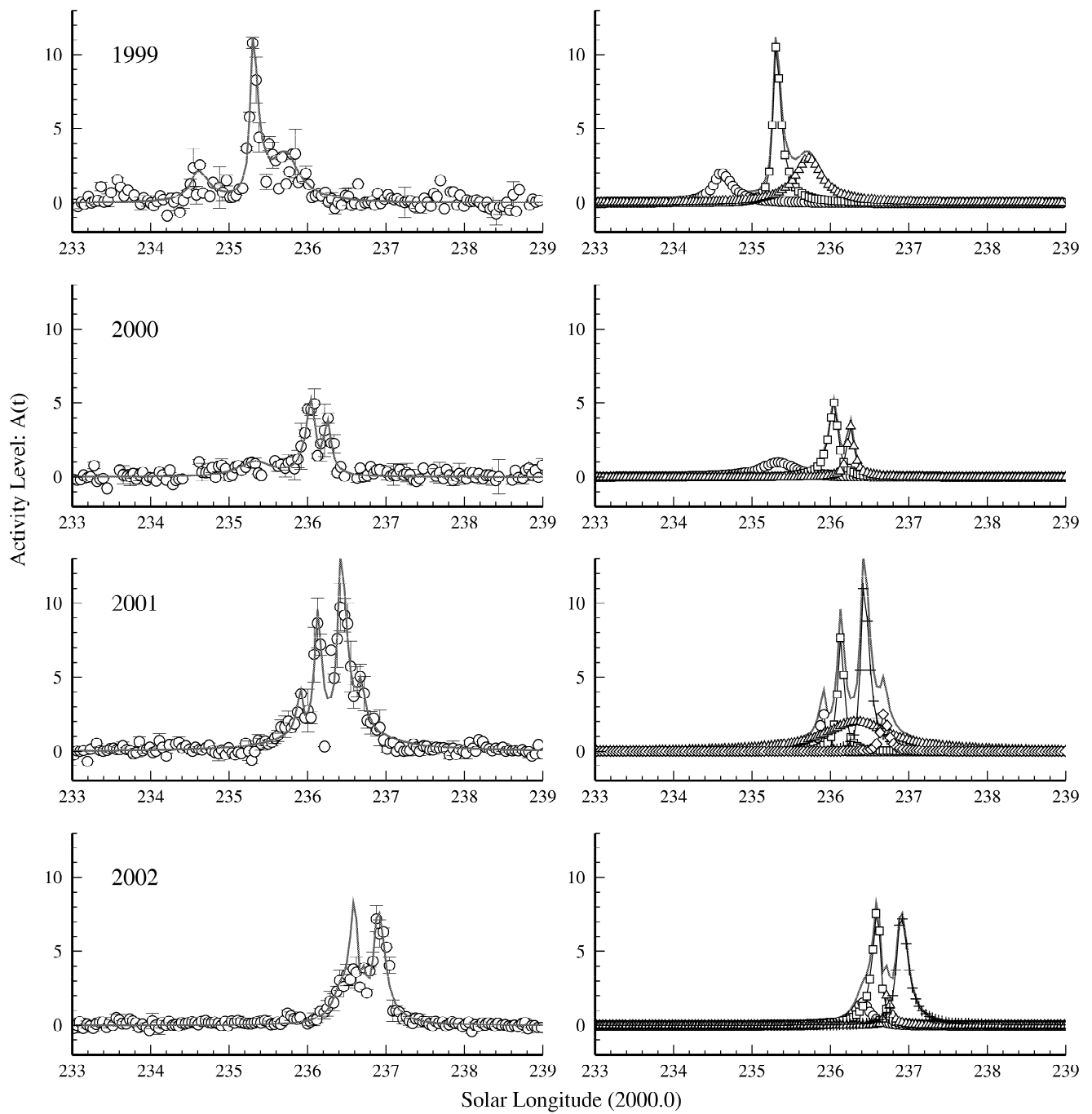


Figure 5: Leonids 1999-2002

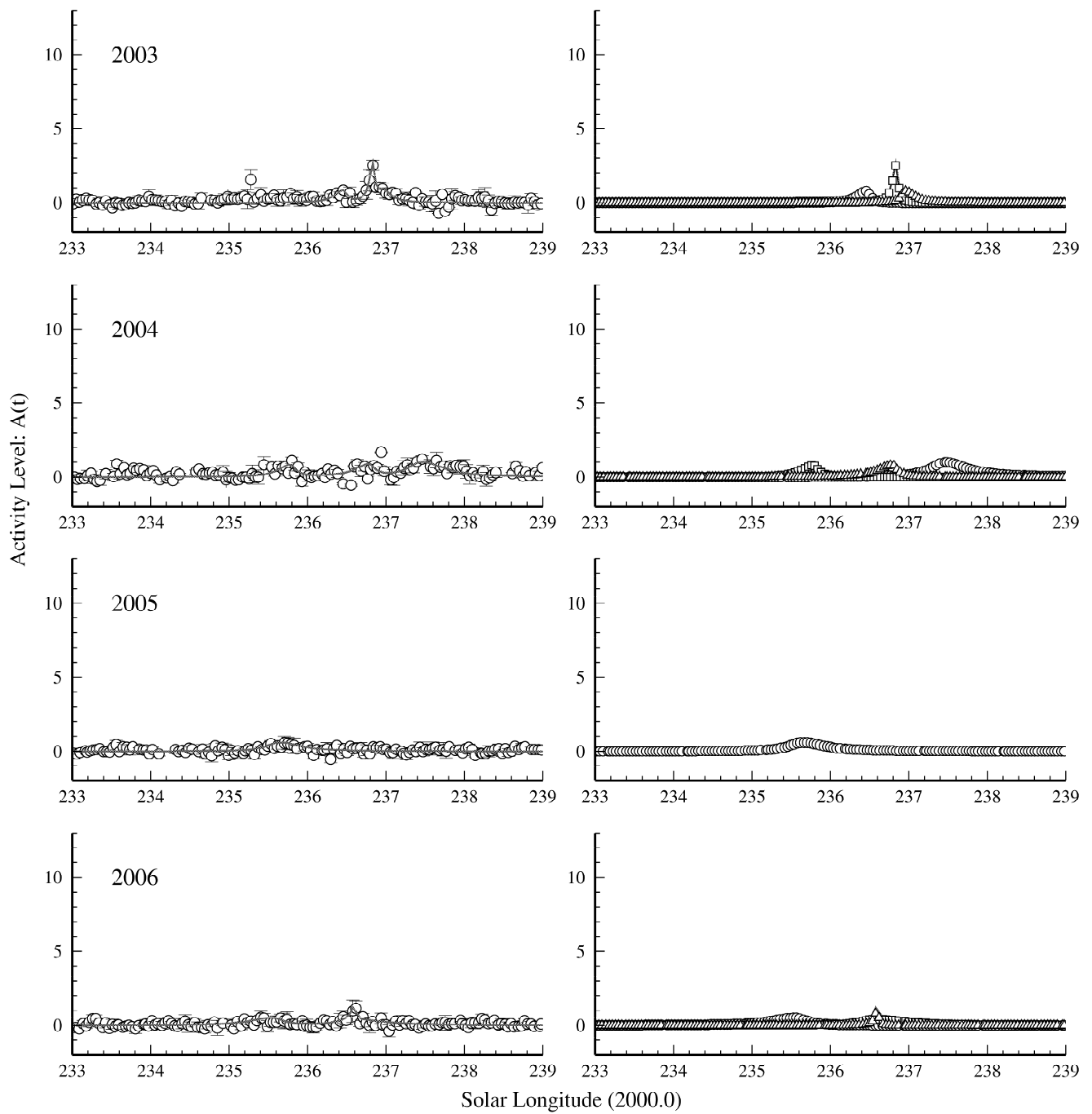


Figure 6: Leonids 2003-2006

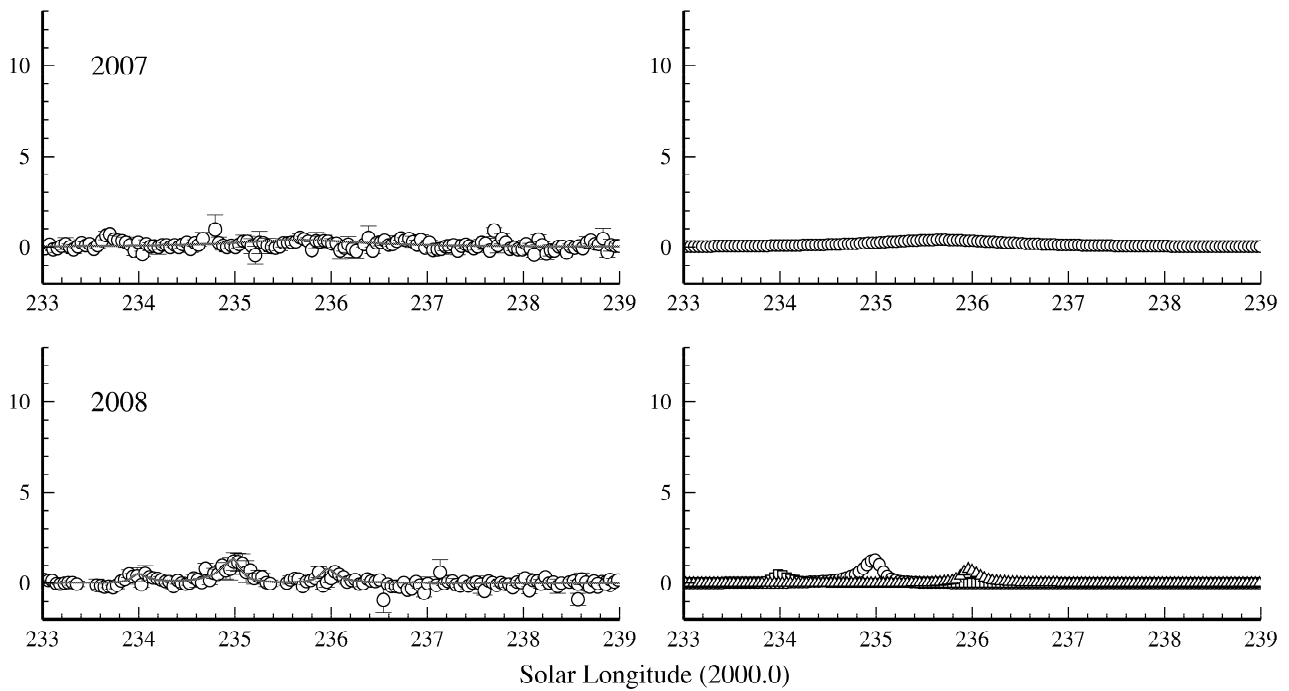


Figure 7: Leonids 2007-2008

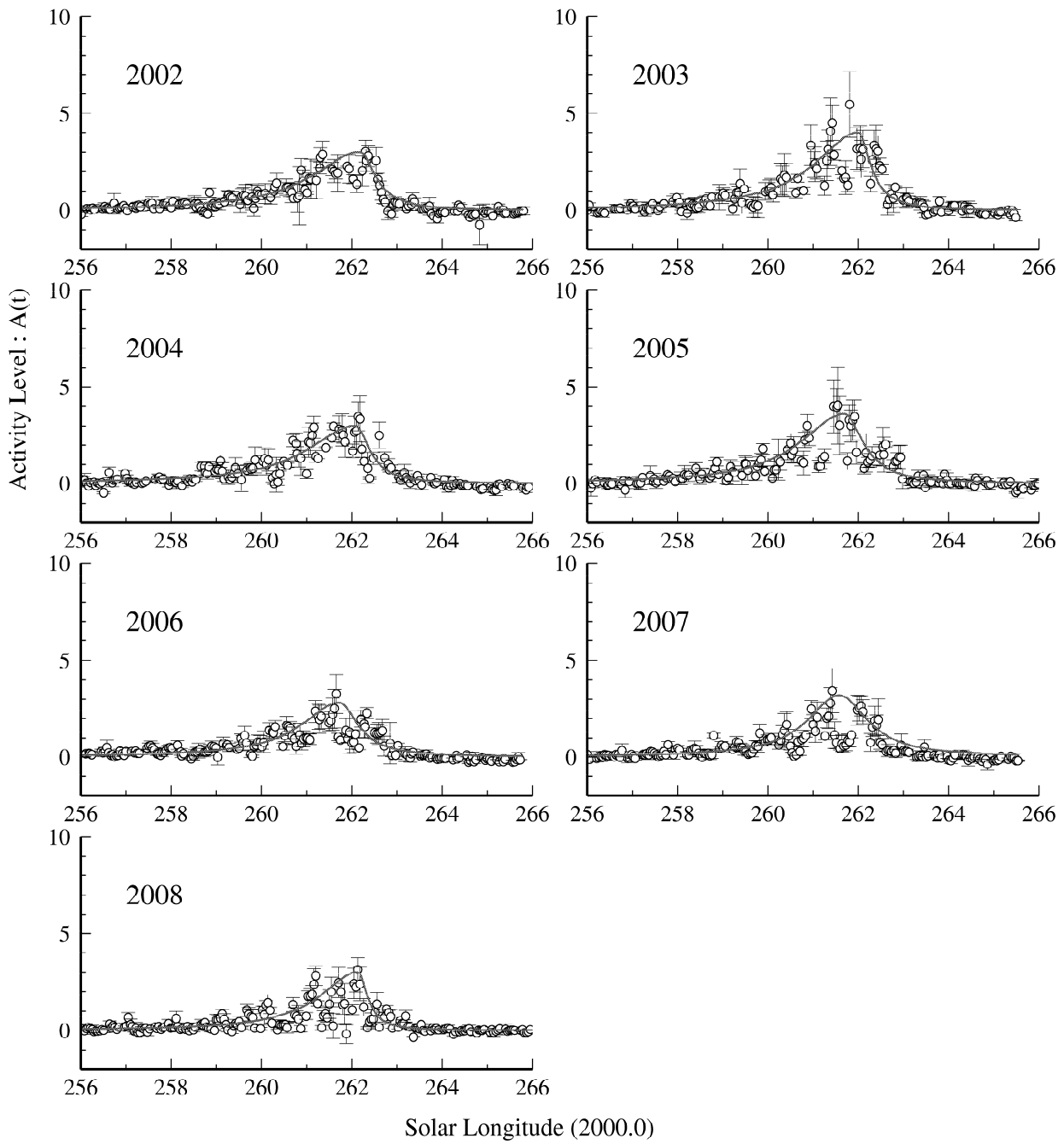
Table 9: Peak Times of Leonids 1999-2008 by worldwide Radio Meteor Observation

Year	Time (UT)	λ_{\odot}^{**}	Activity Level	Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level	
1998	Nov. 17 02 ^h	234°549	15.5*	2004	Nov. 17 21 ^h	235°798	1.13 ± 0.23	
	Nov. 17 19 ^h	235°265	1.23 ± 0.02		Nov. 19 12 ^h	237°463	1.20 ± 0.25	
	Nov. 18 04 ^h	235°638	3.14 ± 0.04	2005	Nov. 18 01 ^h	235°707	0.57 ± 0.42	
	Nov. 18 06 ^h	235°729	3.78 ± 0.20					
Nov. 17 08 ^h	234°545	2.36 ± 1.28						
Nov. 18 02 ^h	235°301	10.81 ± 0.39						
1999	Nov. 18 15 ^h	235°846	3.31 ± 1.63	2006	Nov. 19 05 ^h	236°617	1.15 ± 0.50	
	Nov. 18 18 ^h	235°977	1.98 ± 0.50					
	2000	Nov. 17 07 ^h	235°250					0.93 ± 0.11
2001	Nov. 18 03 ^h	236°087	4.95 ± 1.00	2007	Nov. 16 12 ^h	233°659	0.65 ± 0.24	
	Nov. 18 07 ^h	236°259	3.97 ± 0.36					Nov. 18 12 ^h
	Nov. 18 05 ^h	235°915	4.62 ± 1.02		2008	Nov. 16 00 ^h	233°899	0.54 ± 0.23
	Nov. 18 10 ^h	236°167	8.66 ± 1.67					
2002	Nov. 18 17 ^h	236°419	9.73 ± 1.61*	2003	Nov. 19 06 ^h	236°454	0.86 ± 0.10	
	Nov. 18 23 ^h	236°672	5.03 ± 0.88					
2003	Nov. 19 04 ^h	236°631	3.96 ± 2.12*	Nov. 19 15 ^h	236°832	2.54 ± 0.35		
	Nov. 19 11 ^h	236°925	6.19 ± 0.64					

* エコーが飽和しているため値は参考程度

Table 10: Components of Leonids 1999-2008

Year	Estimated Trails by Radio Meteor Observation					Predictions by McNaught and Asher		
	Trail No.	Time (UT)	λ_{\odot}	$A(t)$	FWHM(hr)	Time (UT)	λ_{\odot}	Dust Trail
1998	-	Nov. 17 02 ^h	234°55	15.5	-	-	-	1333
	-	Nov. 17 19 ^h	235°27	1.23 ± 0.02	-	Nov. 17 19 ^h 34 ^m	235°27	1932
	-	Nov. 18 04 ^h	235°64	3.14 ± 0.04	-	Nov. 18 04 ^h 08 ^m	235°63	1866
	-	Nov. 18 06 ^h	235°73	3.78 ± 0.20	-	Nov. 18 07 ^h 56 ^m	235°79	1833
						Nov. 18 09 ^h 22 ^m	235°85	1799
1999	L99T1	Nov. 17 10 ^h 00 ^m	234°62	2.0	-3.0/+4.0			
	L99T2	Nov. 18 02 ^h 30 ^m	235°31	11.0	-1.0/+1.5	Nov. 18 01 ^h 43 ^m	235°27	1932
						Nov. 18 02 ^h 07 ^m	235°29	1899
	L99T3	Nov. 18 12 ^h 30 ^m	235°73	3.0	±5.0			
						Nov. 18 19 ^h 59 ^m	236°04	1866
2000	L00T1	Nov. 17 09 ^h	235°3	1.0	±6.0	Nov. 17 07 ^h 53 ^m	235°27	1932
	L00T2	Nov. 18 02 ^h 30 ^m	236°05	5.0	-2.0/+1.5	Nov. 18 03 ^h 44 ^m	236°10	1733
	L00T3	Nov. 18 07 ^h 15 ^m	236°25	3.5	-1.0/+1.5	Nov. 18 07 ^h 51 ^m	236°28	1866
2001	L01T1	Nov. 18 05 ^h 30 ^m	236°01	2.5	-1.5/+0.5			
	L01T2	Nov. 18 10 ^h 45 ^m	236°14	8.0	-1.2/+1.0	Nov. 18 09 ^h 55 ^m	236°11	1767
	L01T3	Nov. 18 15 ^h	236°3	2.0	±12.0			
	L01T4	Nov. 18 17 ^h 30 ^m	236°43	11.0	-1.0/+2.0	Nov. 18 17 ^h 24 ^m	236°42	1699
						Nov. 18 18 ^h 13 ^m	236°46	1866
	L01T5	Nov. 18 23 ^h 30 ^m	236°68	2.5	-1.0/+1.5			
2002	L02T1	Nov. 19 03 ^h 30 ^m	236°59	1.5	-10.0/+6.0			
	L02T2	Nov. 19 03 ^h 45 ^m	236°60	5.0	-1.6/+0.6	Nov. 19 03 ^h 56 ^m	236°61	1767
	L02T3	Nov. 19 11 ^h 00 ^m	236°90	7.0	-1.2/+2.5	Nov. 19 10 ^h 34 ^m	236°89	1866
2003	L03T1	Nov. 19 06 ^h 30 ^m	236°45	0.8	-3.0/+1.5	Nov. 19 06 ^h 30 ^m	236°45	1533
	L03T2	Nov. 19 15 ^h 30 ^m	236°83	2.5	-1.2/+0.8	Nov. 19 16 ^h 50 ^m	236°89	1733
	L03T3	Nov. 19 18 ^h 30 ^m	236°96	0.8	-1.5/+3.0	Nov. 20 00 ^h 50 ^m	237°22	1333
2004	L04T1	Nov. 17 21 ^h 00 ^m	235°80	0.8	-4.0/+2.0			
	L04T2	Nov. 18 21 ^h 00 ^m	236°81	0.8	-5.0/+2.0			
	L04T3	Nov. 19 13 ^h 00 ^m	237°48	1.0	-5.0/+8.0			
2005	L05T1	Nov. 18 00 ^h 00 ^m	235°67	0.6	-5.0/+8.0			
2006	L06T1	Nov. 18 04 ^h 00 ^m	235°57	0.5	-8.0/+4.0			
	L06T2	Nov. 19 04 ^h 00 ^m	236°58	0.4	-5.0/+12.0			
	L06T3	Nov. 19 05 ^h 00 ^m	236°63	1.0	-1.0/+0.5	Nov. 19 04 ^h 45 ^m	236°61	1932
2007	L07T1	Nov. 18 12 ^h 30 ^m	235°67	0.4	-20.0/+20.0			
2008	L08T1	Nov. 16 02 ^h 00 ^m	233°98	0.5	-1.5/+3.0			
	L08T2	Nov. 17 02 ^h 00 ^m	234°99	1.3	-4.0/+2.0			
	L08T3	Nov. 18 01 ^h 00 ^m	235°96	0.8	-2.0/+3.0			



Solar Longitude (2000.0)
Figure 8: Geminids 2002-2008

Table 11: Peak Times of Geminids 2002-2008 by worldwide Radio Meteor Observation

Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level	Year	Time (UT)	λ_{\odot}	Activity Level
2002	Dec.14 12 ^h	262°305	3.06 ± 0.56	2006	Dec.13 22 ^h	261°656	3.27 ± 1.02
2003	Dec.14 07 ^h	261°806	5.46 ± 1.69	2007	Dec.14 22 ^h	261°470	3.44 ± 1.15
2004	Dec.13 21 ^h	262°142	3.47 ± 0.74	2008	Dec.13 21 ^h	262°136	3.12 ± 0.65
2005	Dec.13 13 ^h	261°545	4.04 ± 1.98				

Table 12: Components of Geminids 2002-2008

Year	Trail No.	Time (UT)	λ_{\odot}	A_{max}	FWHM(hr)
2002	G02T1	Dec. 14 10 ^h 00 ^m	262°20	3.0	-30.0/ + 10.0
2003	G03T1	Dec. 14 12 ^h 00 ^m	262°02	4.0	-28.0/ + 8.0
2004	G04T1	Dec. 13 20 ^h 00 ^m	262°11	3.0	-30.0/ + 9.0
2005	G05T1	Dec. 13 17 ^h 00 ^m	261°72	3.6	-28.0/ + 12.0
2006	G06T1	Dec. 14 00 ^h 00 ^m	261°75	2.8	-24.0/ + 12.0
2007	G07T1	Dec. 14 02 ^h 30 ^m	261°60	3.2	-20.0/ + 18.0
2008	G08T1	Dec. 13 21 ^h 30 ^m	262°14	3.0	-24.0/ + 6.0