

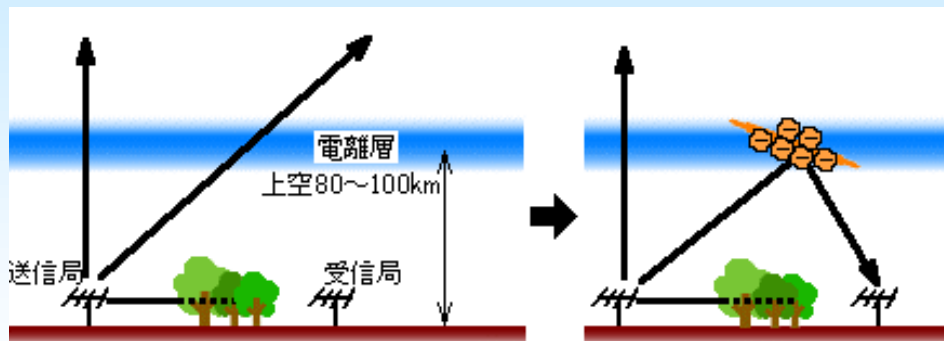
世界の流星電波観測が捉えた 2000年～2003年しし座流星群

— しし座流星群経年変化 —

小川 宏	(日本流星研究会 / 筑波大学)
豊増 伸治	(和歌山県みさと天文台)
大西 浩次	(長野工業高等専門学校)
前川 公男	(福井工業高等専門学校)
矢口 徳之	(AMRO-NET)

1. 流星電波観測について

流星は、大気で発光する際、周辺大気を電子とイオンに電離する。すると、周辺大気の電子濃度が一時的に上昇し、通常は宇宙へ突き抜ける定常的な電波が、その濃度の濃い部分で一時的に反射する。



つまり、流星が出現した際に、電波が反射するというシステムが完成する。これが**流星の電波観測** (RMO: Radio Meteor Observation) である。(上図)

この観測方法では、天候に左右されないことや、昼夜兼行で観測が行えることから、確実に流星群活動を捕らえるものとして期待されている。

通常使用される周波数は、超短波帯の電波を用いる。従来日本ではFM放送局を利用していった。現在も海外ではこのFM放送局やTV放送局を利用した電波観測が多い。ところが、日本では、FM放送局の増加に伴い、アマチュア無線の電波帯(53.750MHz :福井高専前川氏による)を使用して電波観測を行っている。日本では“HRO(Ham-band Radio Observation)”と呼ばれ、現在は専門の観測者から高校生まで広く用いられている。

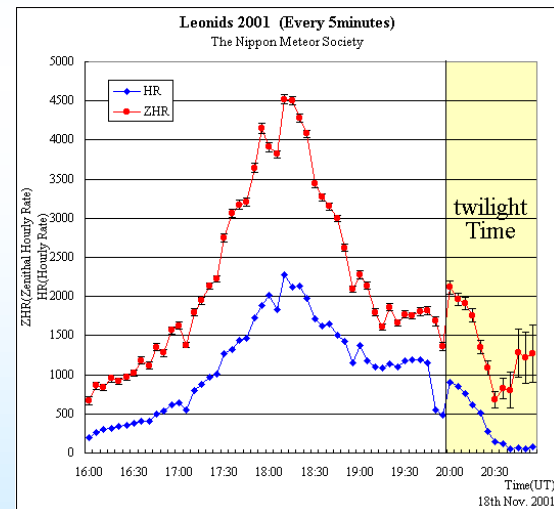
2. しし座流星群について

しし座流星群は、母彗星55P/Temple-Tuttleによってもたらされた流星群である。この流星群は母彗星が回帰するおよそ33年毎に大出現を見せ、古くは902年から記録が残されている。20世紀に入ってからには1966年に記録的な大出現をみせ、今回も1999年、2001年、2002年と世界のどこかで1時間あたりの流星数が1,000個を超える流星雨となった。(Arlt and Brown 1999, Arlt et al. 1999, 2001, 2002, Arlt and Gyssens 2000)

2001年しし座流星群



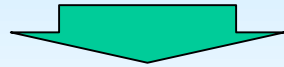
photo by Izumi Hayashi (from NMS-web: <http://www.nms.gr.jp>)



Ogawa and Uchiyama (2001)

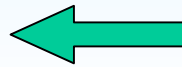
3. 本研究の目的

流星群活動のはじまり, 極大, 終息のプロファイルを捉える



流星物質の空間分布

流星群の進化・活動変化



継続観測

つまり, 流星群の進化を語る上で継続的な観測が必要不可欠である. ところが光学観測には, 天候に左右されたり, 薄明が始まってから昼の間は観測を行う事ができず, 継続した観測をする事は難しい.

そこで, 流星電波観測の国際ネットワークを用いて, 天候に左右されず且つ, 昼夜連続した観測を世界規模で実施した. その結果, 断続的なしし座流星群の活動プロファイルを捉える事ができた.

流星電波観測

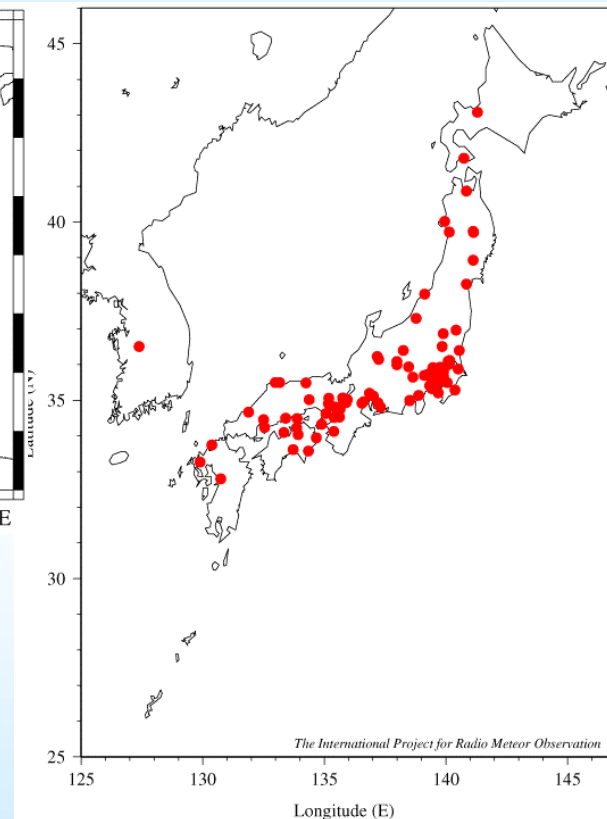
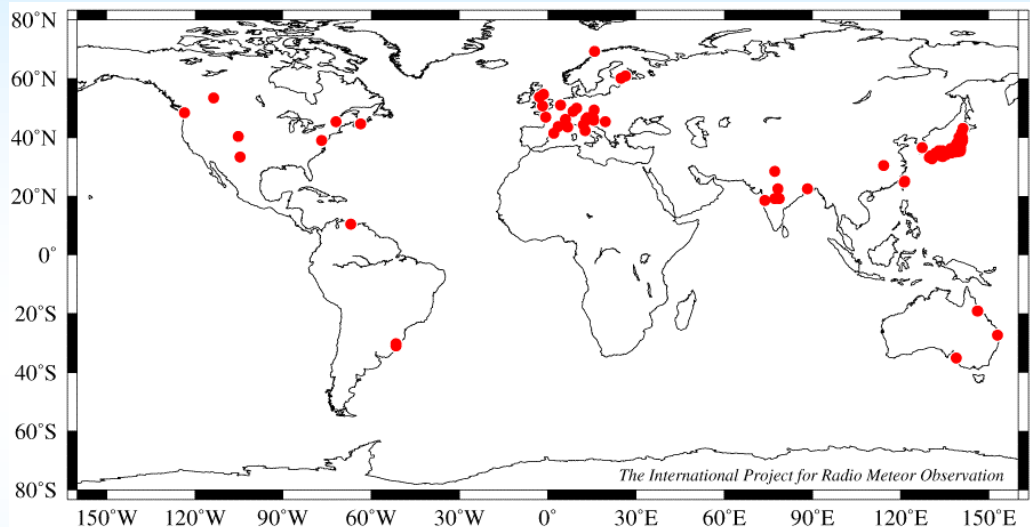
利点

- ・天候に左右されることがない
- ・昼夜関係なく観測が可能である
- ・自動観測ソフトで断続的な観測
- ・低コストで多地点で展開できる

本研究では流星電波観測国際プロジェクトのデータを使用してしし座流星群の経年変化を解析する

4. 流星電波観測国際プロジェクト

2001年に立ち上がり,しし座流星群の活動を全容解明する事が目的であった.と同時に,リアルタイムで情報提供を行い,モニタリングとしても役割を担った.



世界 23ヶ国 176地点が参加した国際的なネットワーク.今回はこのプロジェクトが得たデータと世界の電波観測データが集約される, Radio Meteor Observation Bulletin よりデータを引用し,しし座流星群の経年変化の解析を試みた.

5. 解析方法

本プロジェクトでは、特定の観測機器や方法を指定していないため、観測機器や観測環境の違いによって観測できる流星数に差が生じる。それを解消するために、Ogawa et al. (2001) で提唱されたActivity Levelという相対値を活動指標として採用する。その式は以下のように定義される

$$A(t) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N A'(t)_n$$
$$A'(t)_n = \frac{H(t) - H_0(t)}{D_0} \cdot \frac{1}{\sin q}$$

$H(t)$: 観測エコー数
$H_0(t)$: バックグラウンド
D_0	: 日平均
N	: 観測サイト数
	: 輻射点高度

このままではデータのばらつきが起こるので以下の補正を行う。

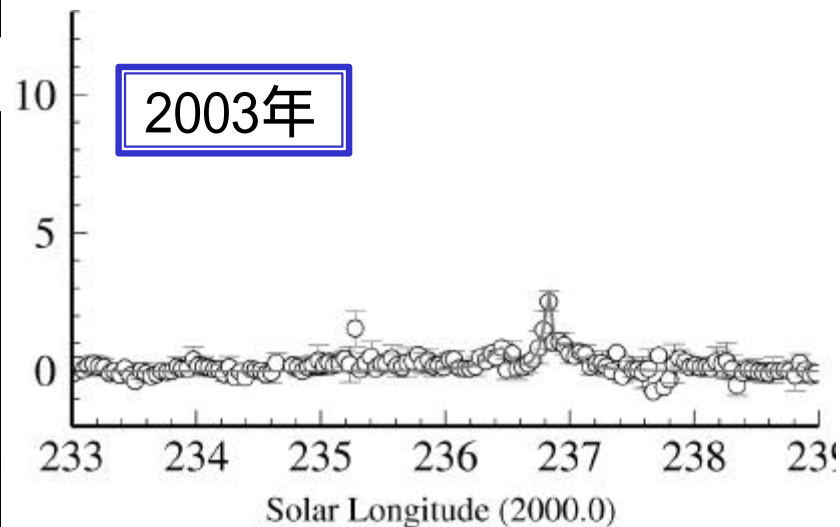
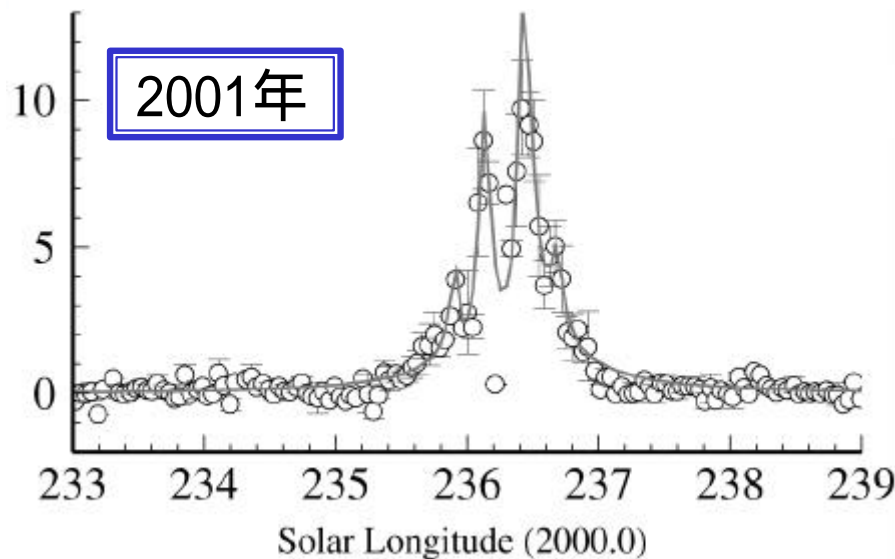
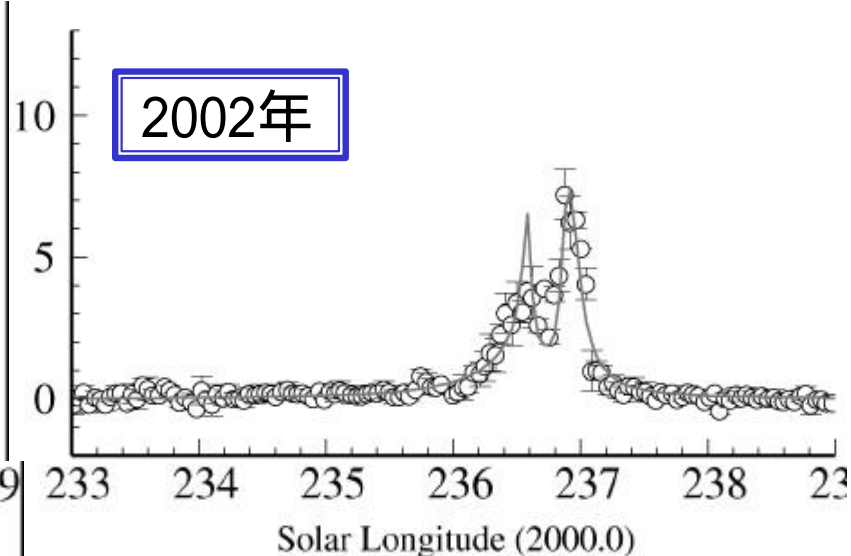
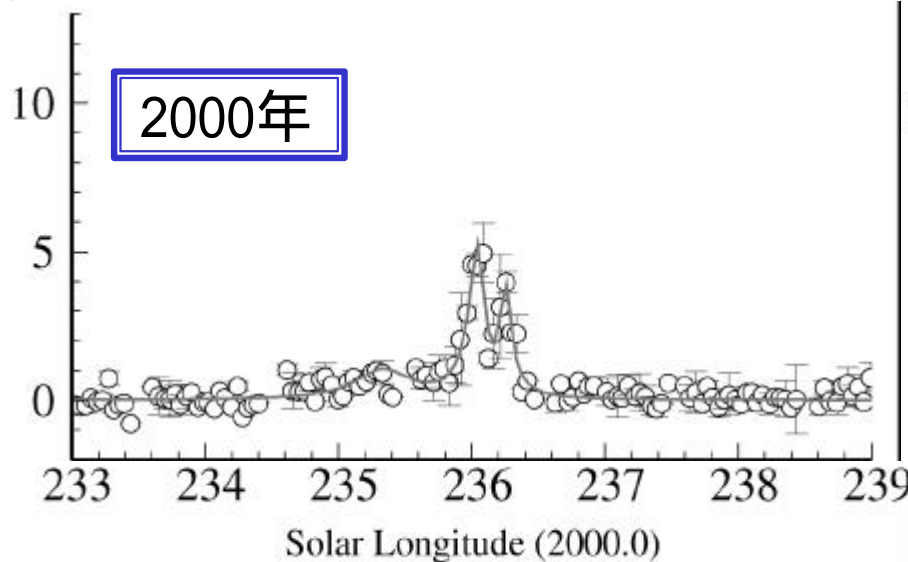
輻射点高度による制限

流星群の輻射点高度が20度～80度の時間帯のみ採用する

偶発的異常観測データの除去

ある時間 t における全サイト平均 $A(t)$ について標準偏差 $\pm 0.75 \sigma(t)$ としたとき、 $0.75 \sigma(t)$ の範囲外は異常データとして除去し、再度正常データを解析する

6. 解析結果



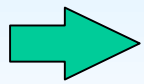
7. 解析結果 — 検出されたピーク時刻 —

Year	Peak Time (UT)	Solar Longitude (J2000.0)	Activity Level
2000	Nov. 17 07h	235.250	0.93 ± 0.11
	Nov. 18 03h	236.087	4.95 ± 1.00
	Nov. 18 07h	236.259	3.97 ± 0.36
2001	Nov. 18 05h	235.915	4.62 ± 1.02
	Nov. 18 10h	236.167	8.66 ± 1.67
	Nov. 18 17h	236.419	$9.73^* \pm 1.61$
	Nov. 18 23h	236.672	5.03 ± 0.88
2002	Nov. 19 04h	236.631	$3.96^* \pm 2.12$
	Nov. 19 11h	236.925	6.19 ± 0.64
2003	Nov. 19 06h	236.454	0.86 ± 0.10
	Nov. 19 15h	236.832	2.54 ± 0.35

* ロングエコーの大量出現で観測画像が飽和し正常なカウントができない時間帯であるためActivity Levelやピーク時刻が前後する可能性がある

8. 考察 –活動プロファイルの解明–

先の結果から極大時刻や全体の活動変化の様子は解明された。しかし、一方で、それらのピークがどのような要素で構成されているのかは分からない。



そこで、Lorentzプロファイルを使用して、しし座流星群の活動がどのようなコンポーネント(ダストレイル)で構成されているかを考察する

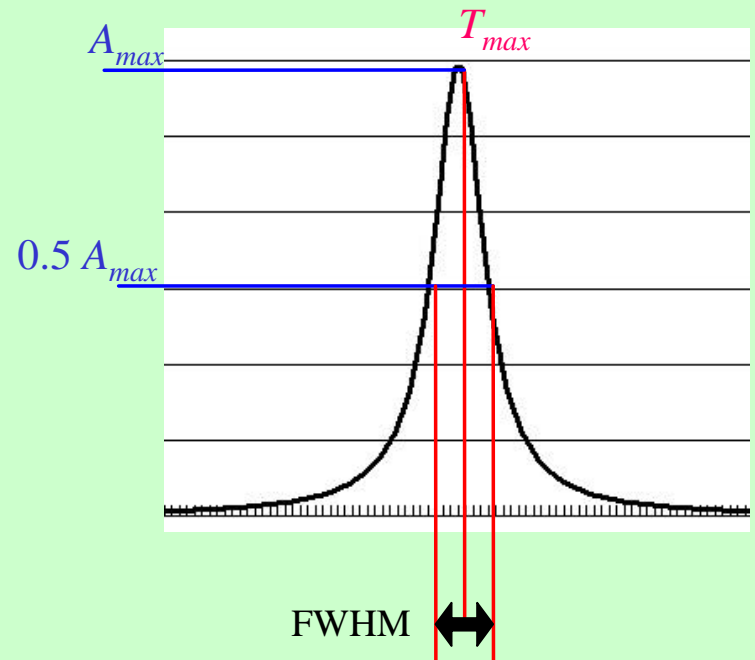
Lorentz曲線

Jenniskens et al. (2000)において、1999年のしし座流星群のプロファイルがLorentz曲線にうまくのることを発見。それは以下の式で示される

$$A(T) = \frac{A_{max} W_h^2}{(T - T_{max})^2 + W_h^2}$$

$$\begin{cases} A_{max} : \text{極大時のActivity Level} \\ T_{max} : \text{極大時刻} \\ W_h : \text{半値半幅 (FWHMの半分)} \end{cases}$$

W_h については、活動プロファイルの変化が極大前と極大後で異なる場合、 T_{max} より前では W_h はAscending Branchesの値を、それ以降ではDescending Branchesの値を用いて計算をする



2000年の場合

Trail 1

$$A_{max}=1.0$$

$$\text{FWHM}=\pm 6.0$$

$$\text{Peak} = 17\text{d } 09\text{hUT}$$

Trail 2

$$A_{max}=5.0$$

$$\text{FWHM}=-2.0/+1.5$$

$$\text{Peak} = 18\text{d } 02:30\text{UT}$$

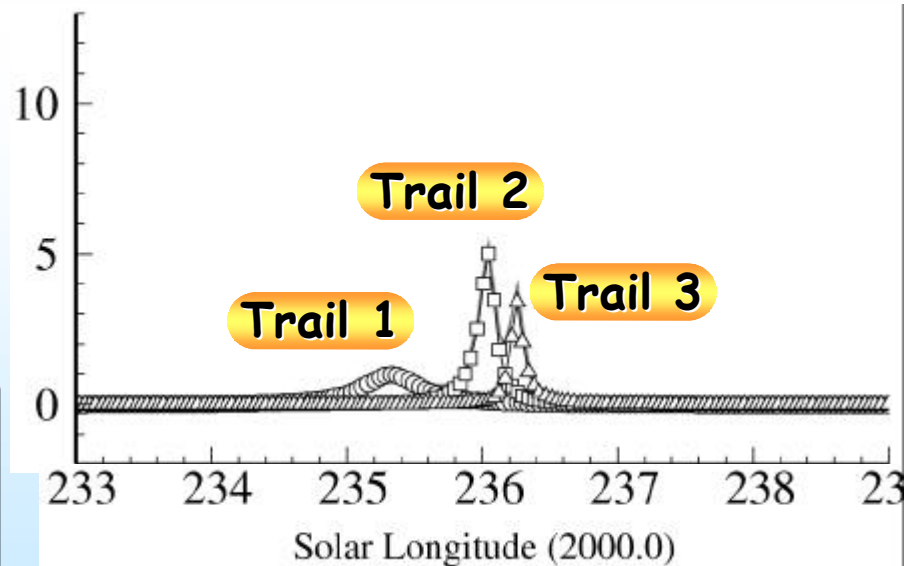
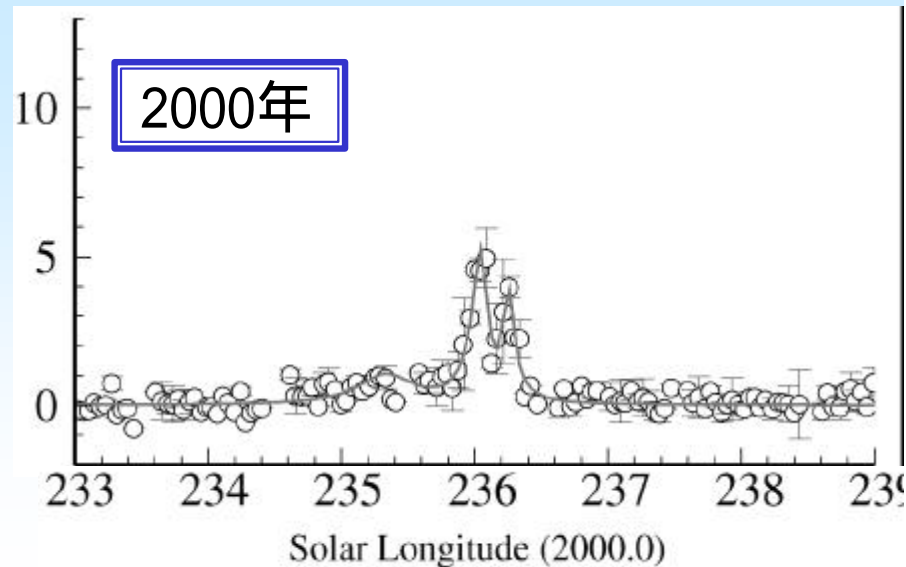
Trail 3

$$A_{max}=3.5$$

$$\text{FWHM}=-1.0/+1.5$$

$$\text{Peak} = 18\text{d } 07:15\text{UT}$$

2000年は、3つのコンポーネントで構成されていることがわかる。メインはTrail 2である。また、Trail 1は比較的広めのコンポーネントである



2001年の場合

Trail 1

$A_{max}=2.5$
FWHM=-4.0/+1.0
Peak = 18d 05:30UT

Trail 2

$A_{max}=8.0$
FWHM=-1.2/+1.0
Peak = 18d 10:45UT

Trail 3

$A_{max}=2.0$
FWHM= ± 12
Peak = 18d 15hUT

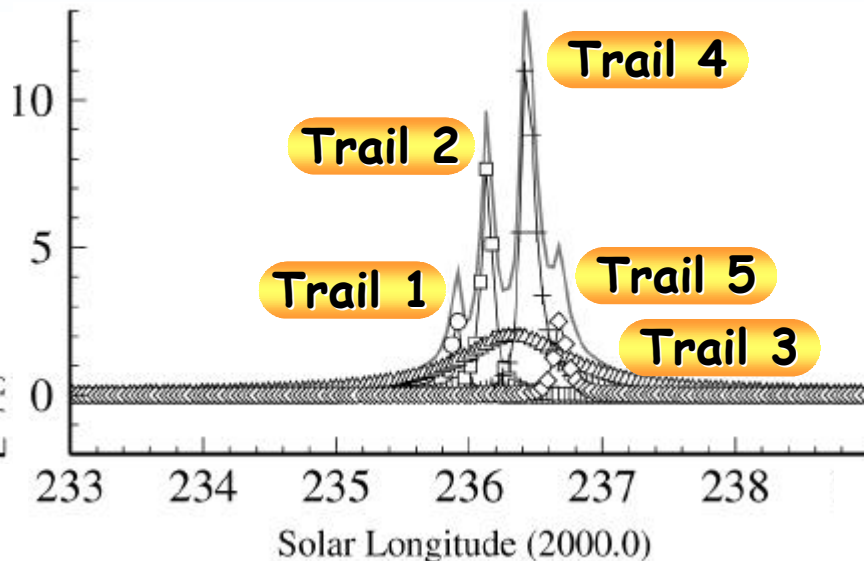
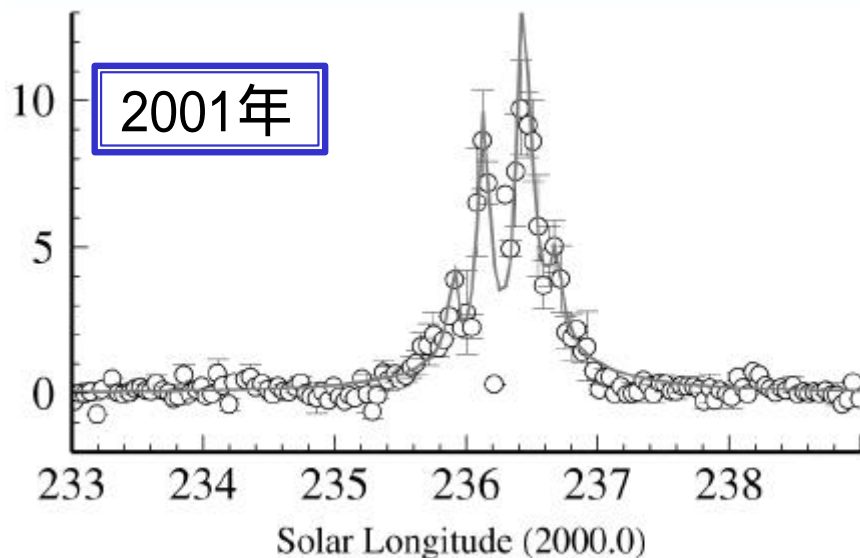
Trail 4

$A_{max}=11.0$
FWHM=-1.0/+2.0
Peak = 18d 17:30UT

Trail 5

$A_{max}=2.5$
FWHM=-1.0/+1.5
Peak = 18d 23:30UT

2001年は5つのコンポーネントで構成されている。ブロードなバックグラウンド的活動がTrail 3として検出され、他の半値幅の狭いトレイルがピークを構成している



2002年の場合

Trail 1

$$A_{max}=1.5$$

$$\text{FWHM}=-10.0/+6.0$$

$$\text{Peak} = 19\text{d } 03:30\text{UT}$$

Trail 2

$$A_{max}=5.0$$

$$\text{FWHM}=-1.6/+0.6$$

$$\text{Peak} = 19\text{d } 03:45\text{UT}$$

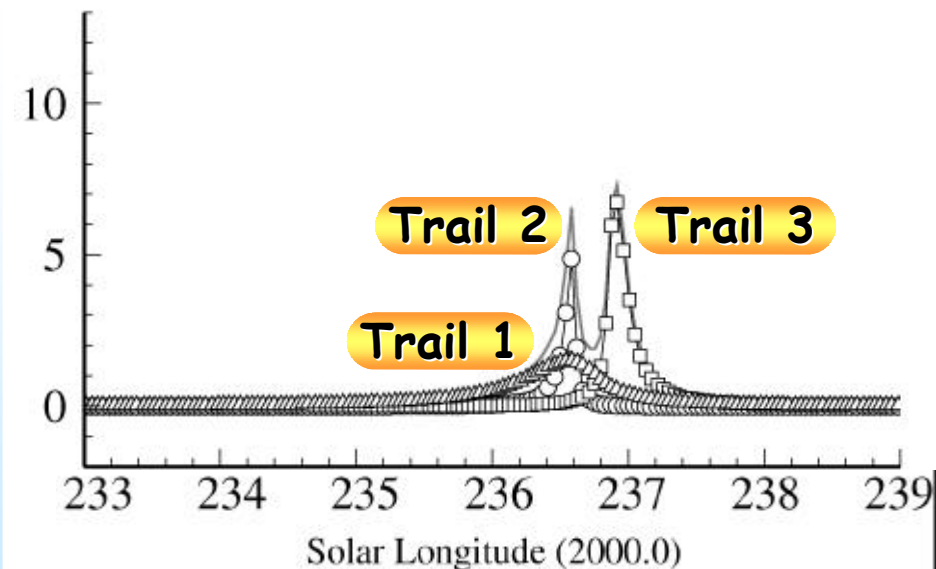
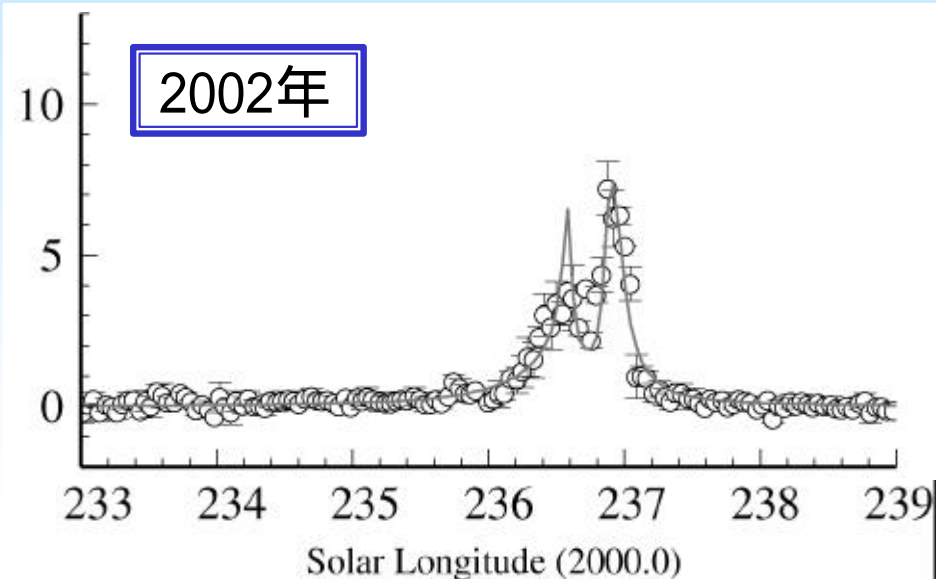
Trail 3

$$A_{max}=7.0$$

$$\text{FWHM}=-1.2/+2.5$$

$$\text{Peak} = 19\text{d } 11:00\text{UT}$$

2002年は、比較的ブロードなTrail 1が根底にあり、メインピークはふたつのTrailがもたらしている。Trail 2のpeakは飽和のため、ピーク前後の挙動から推定した。



2003年の場合

Trail 1

$$A_{max}=0.8$$

$$\text{FWHM}=-3.0/+1.5$$

$$\text{Peak} = 19\text{d } 06:30\text{UT}$$

Trail 2

$$A_{max}=2.5$$

$$\text{FWHM}=-1.2/+0.8$$

$$\text{Peak} = 19\text{d } 15:30\text{UT}$$

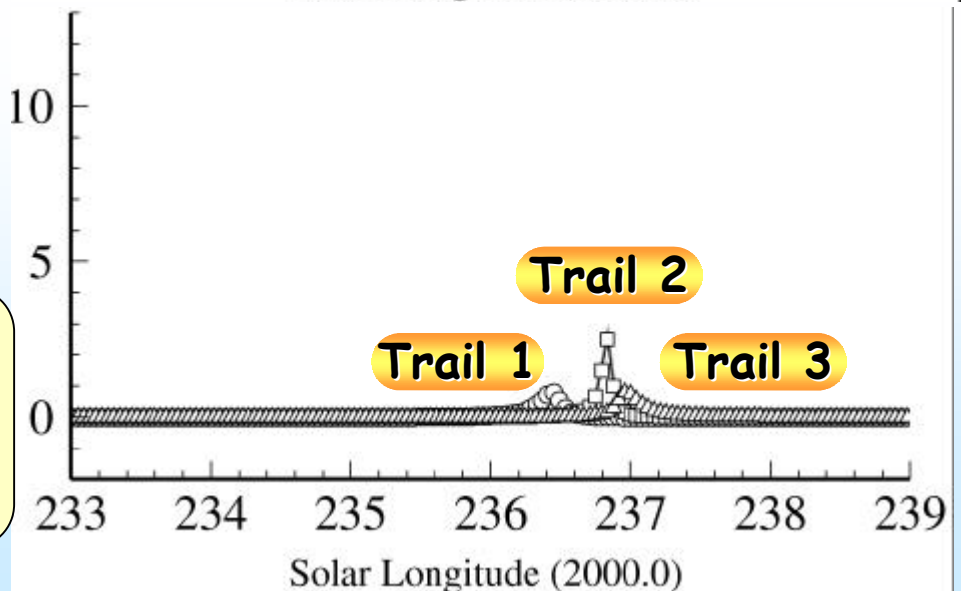
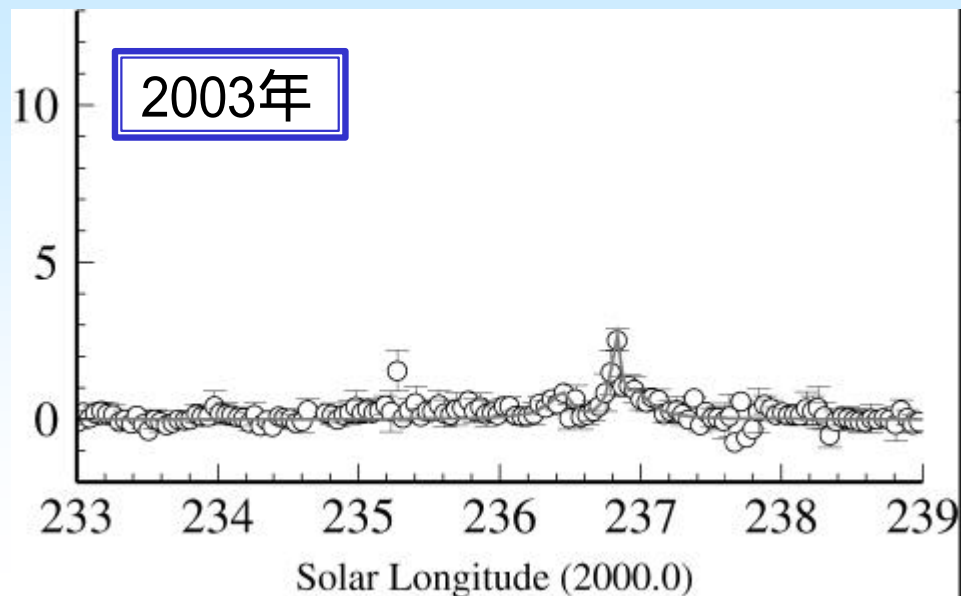
Trail 3

$$A_{max}=0.8$$

$$\text{FWHM}=-1.5/+3.0$$

$$\text{Peak} = 19\text{d } 18:30\text{UT}$$

2003年は、あまり大きなコンポーネントは検出されていないが、メインとなるピークはTrail 2である。活動レベルはかなり低下した。



9. 検出されたトレイルと予報との比較

Year	Estimated Trails by Radio Meteor Observation					Prediction by McNaught-Asher		
	Trail No	Time(UT)	SL*	A(t)	FWHM	Time(UT)	SL*	Dust Trail
2000	L00T1	Nov.17 09h	235.3	1.0	± 6.0	Nov.17 07:53	235.27	1932
	L00T2	Nov.18 02:30	236.05	5.0	-2.0/+1.5	Nov.18 03:44	236.10	1733
	L00T3	Nov.18 07:15	236.25	3.5	-1.0/+1.5	Nov.18 07:51	236.28	1866
2001	L01T1	Nov.18 05:30	236.01	2.5	-1.5/+0.5			
	L01T2	Nov.18 10:45	236.14	8.0	-1.2/+1.0	Nov.18 09:55	236.11	1767
	L01T3	Nov.18 15h	236.3	2.0	± 12.0			
	L01T4	Nov.18 17:30	236.43	11.0	-1.0/+2.0	Nov.18 17:24	236.42	1699
	L01T5	Nov.18 23:30	236.68	2.5	-1.0/+1.5	Nov.18 18:13	236.46	1866
2002	L02T1	Nov.19 03:30	236.59	1.5	-10.0/+6.0			
	L02T2	Nov.19 03:45	236.60	5.0	-1.6/+0.6	Nov.19 03:56	236.61	1767
	L02T3	Nov.19 11:00	236.90	7.0	-1.2/+2.5	Nov.19 10:34	236.89	1866
2003	L03T1	Nov.19 06:30	236.45	0.8	-3.0/+1.5	Nov.19 06:30	236.45	1533
	L03T2	Nov.19 15:30	236.83	2.5	-1.2/+0.8	Nov.19 16:50	236.89	1733
	L03T3	Nov.19 18:30	236.96	0.8	-1.5/+3.0	Nov.20 00:50	237.22	1333

*SL: Solar Longitude (J2000.0)

10. まとめ

- 予想されていたダストトレイルに該当するトレイルの検出に成功
- 未知のダストトレイルを検出し、規模や時刻などを推定できた
- 詳細な活動プロファイルを見ることに成功した

しし座流星群の活動は着実に衰えたが、
2006年などに向けて今後も監視が必要である

興味深いことは、いつ電波観測でしし座流星群が
検出できなくなるか？