

217P/LINEAR彗星の アウトバースト

猿楽祐樹(ISAS/JAXA)

石黒正晃(ソウル大)

臼井文彦(ISAS/JAXA)

上野宗孝(ISAS/JAXA)

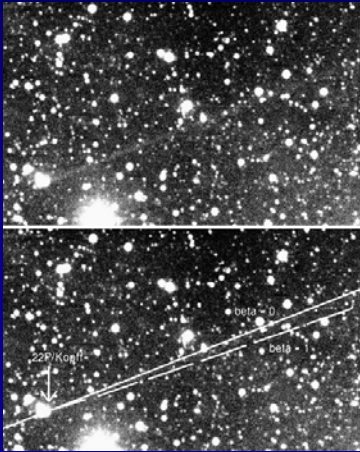
&

渡部潤一(国立天文台)

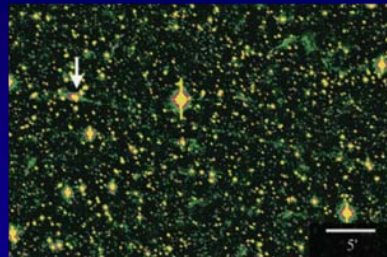
木曽観測所における彗星観測

2002年： 彗星ダストトレイルの可視サーベイ観測

ダストトレイル： 彗星から放出されたmm以上のダストが彗星軌道に広がってできた構造。流星群の起源。

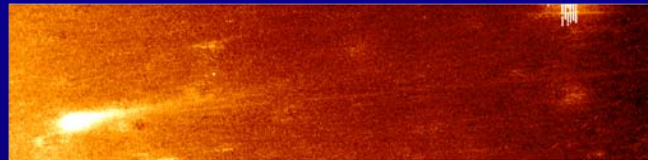
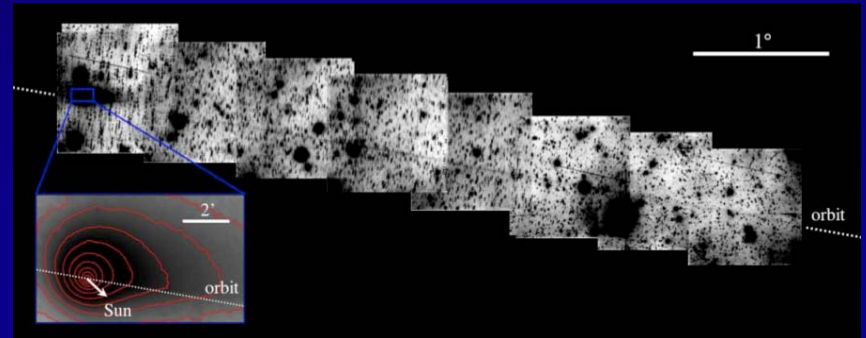


22P/Kopff, Feb. 15, 2002
rh=3.01AU, $\Delta=2.19$ AU
Ishiguro et al. 2002



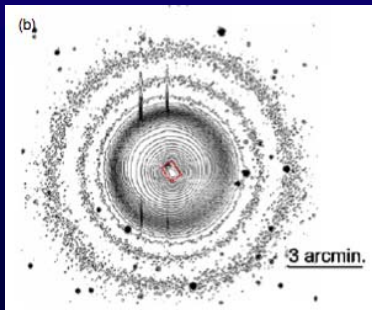
81P/Wild 2, Feb. 3, 2003
rh=2.63AU, $\Delta=2.19$ AU
Ishiguro et al. 2003

4P/Faye, Nov. 12, 2006, rh=1.67AU, $\Delta=0.70$ AU
Sarugaku et al. 2007

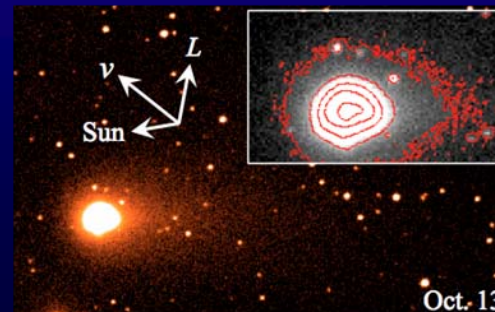


67P/Churyumov-Gerasimenko,
Sep. 9, 2002, rh=1.32AU, $\Delta=1.72$ AU
Ishiguro 2008

2008年： 太陽系小天体から放出されるダストの物理特性



17P/Holmes, Oct. 27, 2007
rh=2.45AU, $\Delta=1.63$ AU
Ishiguro et al. 2010



217P/LINEAR, Oct. 13, 2009
rh=1.30AU, $\Delta=0.61$ AU
Sarugaku et al. in prep.

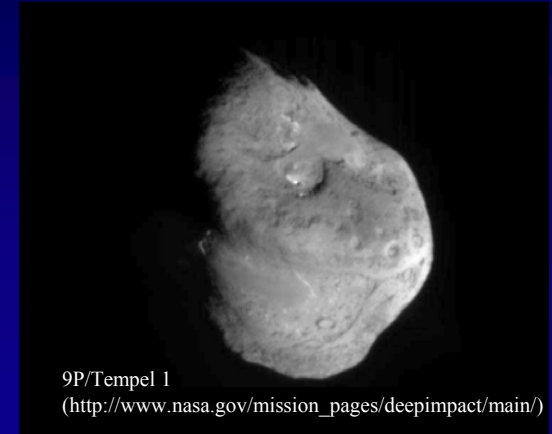
彗星観測の目的

2002年： 彗星ダストトレイルの可視サーベイ観測

- ・ダストトレイルは彗星の質量放出の大半を担っており、
彗星のガス/ダスト比を調べる上で重要
- ・惑星間ダストは、太陽系の年齢よりも短い時間で太陽に
落ち込む。供給源の主な候補として、彗星から放出される

ダストが考えられる観測を定量的には明らかになっていない。データ処理の工夫、解析技術の向上

ステップアップ



2008年： 太陽系小天体から放出されるダストの物理特性

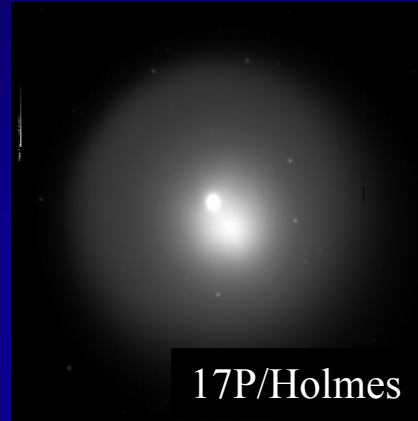
- ・彗星には様々な活動が見られる(日心距離依存、アウトバースト、分裂、崩壊)。
なぜ、このような違いができるのか？
まず、違いを定量的に評価していく。



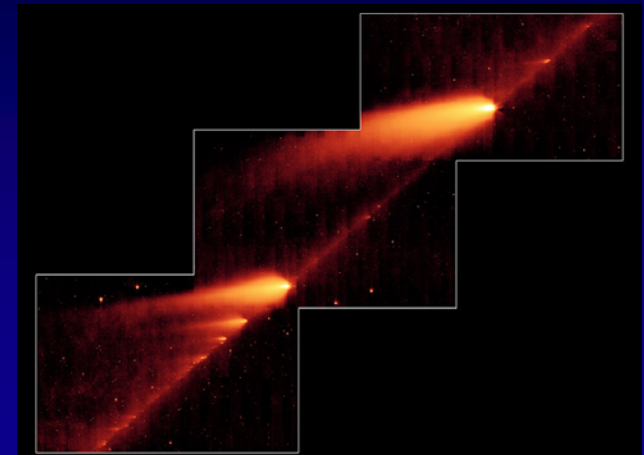
様々なダスト雲



Comet Hale-Bopp
Date: 1997/03/06 05:01:16 (JST)
Exp.=5min B-band
Kiso Observatory
The University of Tokyo



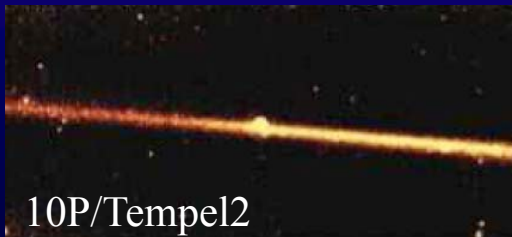
17P/Holmes



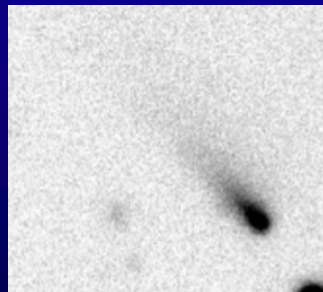
Comet 73P/Schwassmann-Wachmann 3
NASA / JPL-Caltech / W. Reach (SGG/Caltech)
Spitzer Space Telescope • MIPS
ssc2006-13a



48P/Johnson



10P/Tempel2



P/2008 R1
(MBC)



P/2010 A2

217P/LINEAR

- 2001年7月11日、LINEAR(Lincoln Near-Earth Asteroid Research)によって、発見(コマあり)
- 2009年3月18日、リカバーされる(コマあり)
- 2009年4月9日、確定番号217Pがつけられる

軌道要素

離心率: 0.6896

近日点距離: 1.223 AU

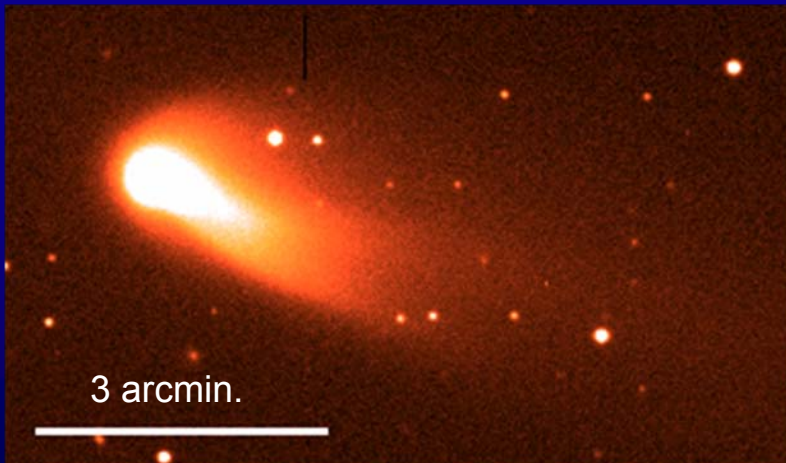
軌道傾斜角: 12.9°

周期: 7.820 年

近日点通過時刻: 2009 Sep 9.0179

→ 木星族彗星

- 木曾観測所では、2009年8月22日に初観測



観測日: 2009 Aug. 22.8,
観測装置: Kiso 1.05m Schmidt + 2kCCD,
filter: R, exp: 60 min.
 r_h : 1.244, Δ : 0.583, $T-T_p$: -17.2

Observations.

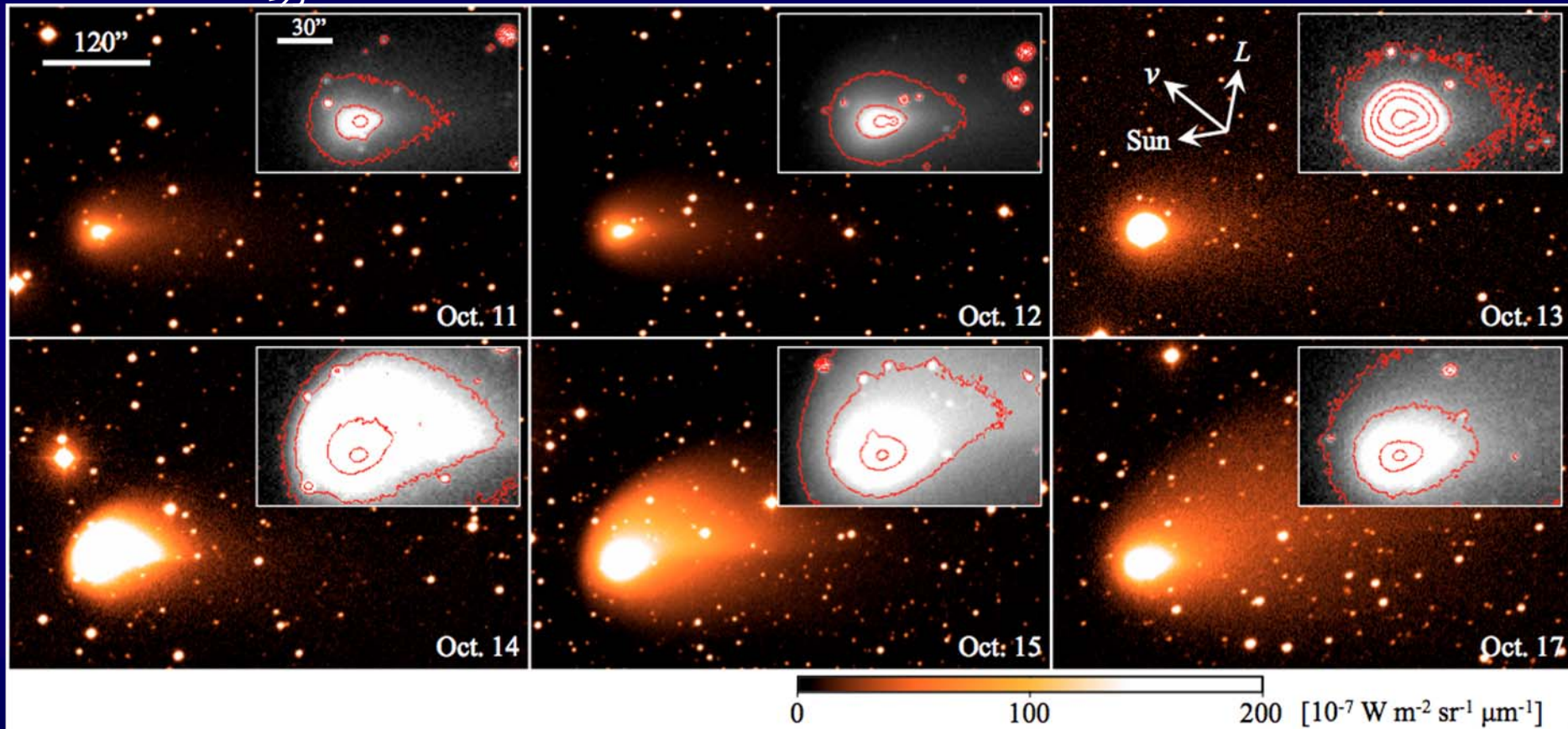
UT Date	r_h (AU) ^a	Δ (AU) ^b	α (°) ^c	$T - T_p$ (day) ^d	f (°) ^e
2009 Aug 22.796	1.244	0.583	53.4	-17.222	343.9
2009 Oct 11.773	1.294	0.608	48.2	32.755	29.9
2009 Oct 12.794	1.298	0.609	47.8	33.776	30.7
2009 Oct 13.778	1.303	0.609	47.4	34.760	31.6
2009 Oct 14.776	1.307	0.610	47.0	35.758	32.4
2009 Oct 15.769	1.311	0.611	46.7	36.751	33.2
2009 Oct 17.752	1.321	0.613	45.8	38.735	34.9
2009 Oct 18.754	1.325	0.613	45.4	39.736	35.7

r_h : 日心距離、 Δ : 地心距離、 α : 位相角(太陽-天体-観測者)、
 $T-T_p$: 近日点通過からの経過時間、 f : 真近点角(近日点-太陽-天体)

217P/LINEAR

アウトバースト

2009/10/11-18(寺居さんとシェア)にアウトバーストの観測に成功



右上は、核付近の拡大画像。コンターは、外側から、 $10^{2.5}$, 10^3 , $10^{3.5}$, 10^4 , $10^{4.5}$, 10^5 [$10^{-7} \text{ W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ um}^{-1}$]

バースト前からのデータがあるのは稀！

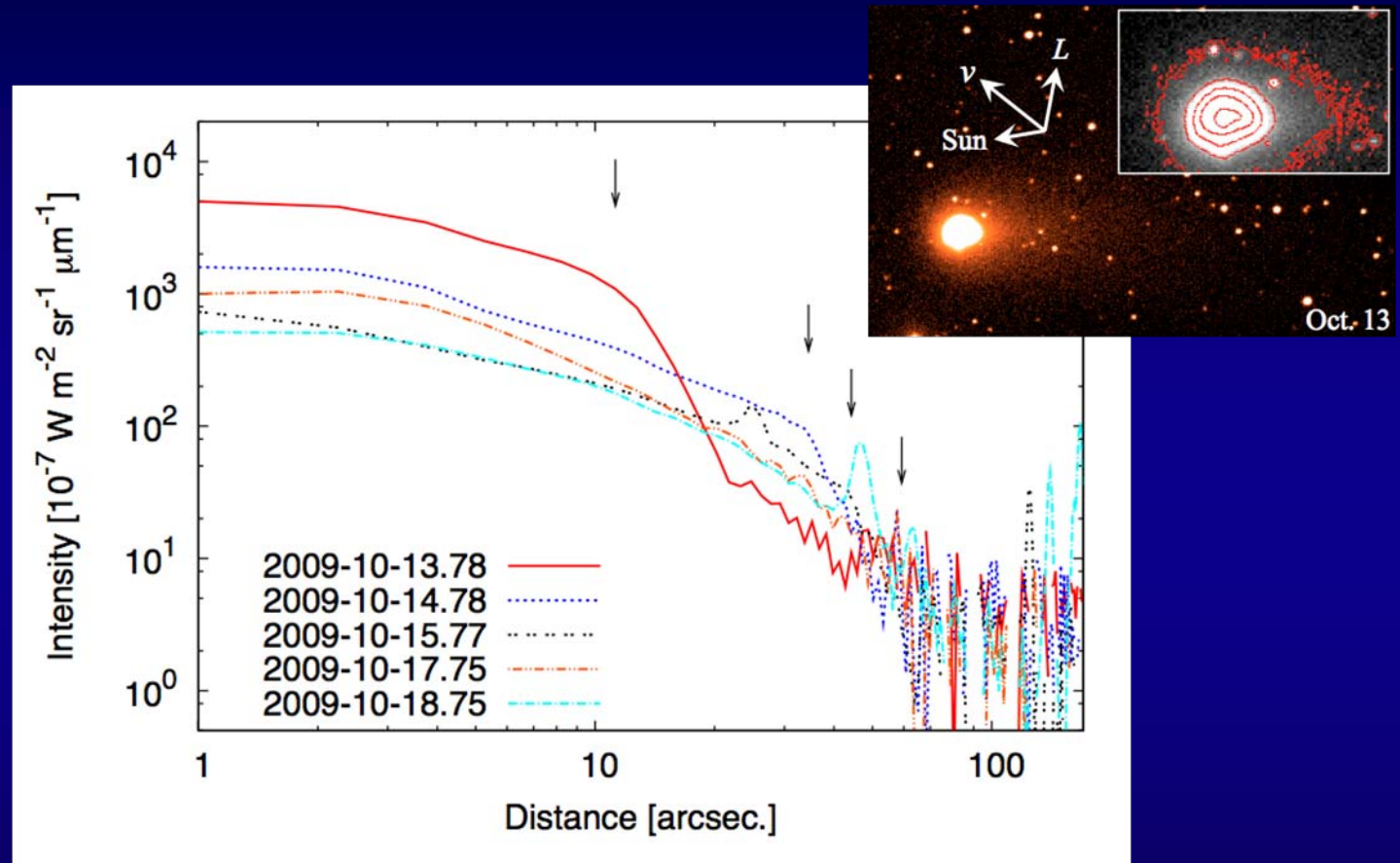
既存のダスト雲とバーストで生じたダスト雲を分離できる



どのような現象が

起こったか？

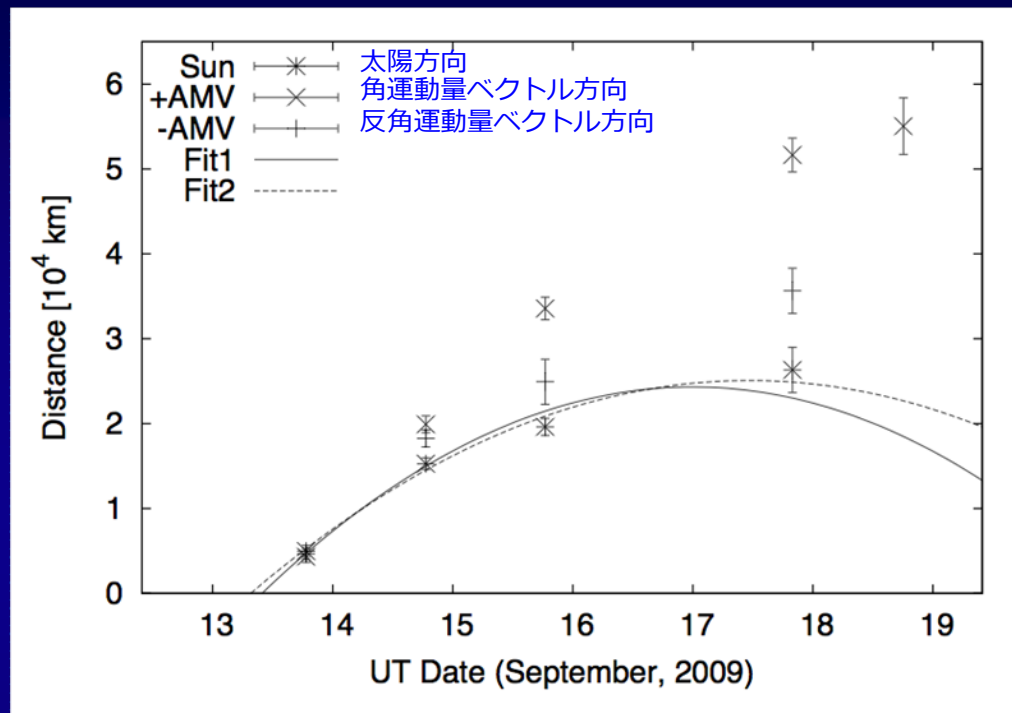
ダスト雲の膨張/拡散



太陽方向への広がり

速度が小さくなってきている → 輻射圧で押し戻されている

ダスト雲の膨張/拡散速度



ダストの運動(彗星核を基準)

$$x = v_0(t - t_0) - \frac{1}{2}\beta a'(t - t_0)^2$$

x : distance, v_0 : 放出速度, t : 時刻, t_0 : バースト時刻,
 β : 輻射圧/重力(\propto サイズ), a' : 加速度,

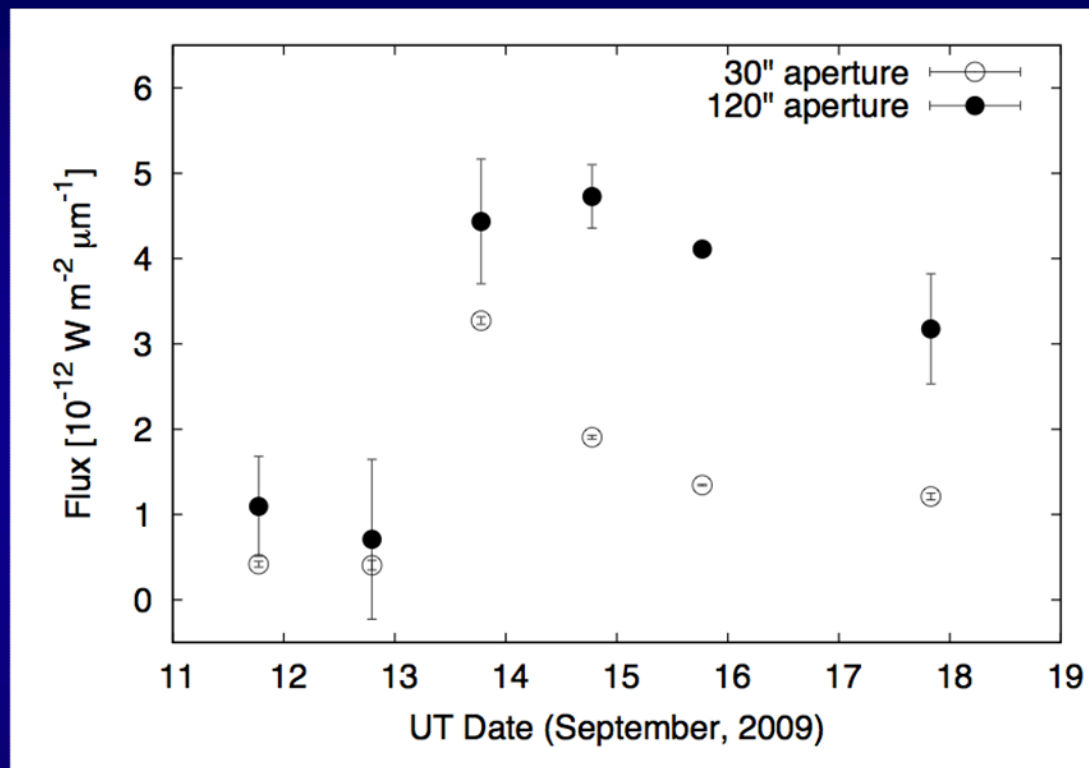
Fit1: 最初の2点から、バースト時刻 v_0 、 t_0 を求め、 β をパラメータとしてフィッティング

→ $v_0 = 0.12(\pm 0.02)$ km/s、 $t_0 = 13.41(+0.16/-0.26)$ 、 $\beta = 0.20(\pm 0.01)$

Fit2: v_0 、 t_0 、 β をパラメータとしてフィッティング

→ $v_0 = 0.14(\pm 0.02)$ km/s、 $t_0 = 13.31(\pm 0.16)$ 、 $\beta = 0.16(\pm 0.06)$

光度変化(バーストの規模)



- 一回増光し、その後なだらかに減少、、、一回のバースト
- アパーチャー30"のほうが減少が早いのは、アパーチャー半径外にダスト雲が広がっていくため
- アパーチャーの取り方にもよるが、5-8倍に増光、、、小規模なバースト

他のアウトバーストとの比較

	217P	17P	29P	1P	73P	9P
バースト時刻	2009 Oct. 13.41	2007 Oct. 23	多数	1990 Dec. 20		
増光	5-8倍	40万倍	typical: 2-4 mag max: 8 mag			mini-outburst
ダスト雲形状	扇	球, blob	扇、spiral	扇	?	
分裂	なし	なし	なし	なし	あり	なし
ダスト雲拡散速度 (km/s)	0.12-0.14	~0.5	0.15-0.3	0.045		
ダスト最小サイズ	$\beta=0.2$		~ μm			
日心距離(AU)	1.3	2.4	~6	14		
再現性	あり 数ヶ月	あり 数ヶ月、100 年	あり 7.3/year			
近日点距離(AU)	1.223	2.053	5.720	0.586	0.933	1.509
離心率	0.690	0.433	0.045	0.967	0.695	0.517
周期(year)	7.8	6.9	14.7	75.3	5.3	5.5

217P: 特異な要素はなく、典型的な(説明しやすい)アウトバースト

まとめ

- 2009年8月22日、異様な形状をした217Pのテイルを観測(これもアウトバーストの結果と考えられる)
- 2009年10月13日、217Pのアウトバーストを観測
- バースト前から観測しており、詳細な解析が可能(ひとまず、ここまでの段階で論文化)
- バースト時刻 : $t_0 = 2009 \text{ Oct. } 13.41(+0.16/-0.26)$ 、ダスト雲の拡散速度 : $v_0 = 0.12(\pm 0.02) \text{ km/s}$ 、ダストの最小サイズ : $\beta = 0.20(\pm 0.01)$
- 単発のイベント(自転速度よりも短いタイムスケール)、核の分裂なし、小規模、
日心距離1.3AU → 典型的な(説明しやすい)アウトバースト
- 観測期間中、常に晴れていたわけではない
- 1日10分でもよいので、継続的な観測が重要(リモート化が進めば、時間の有効利用)

LINEAR & NEAT

LINEAR (Lincoln Near Earth Asteroid Research)

- MIT Lincoln Lab.中心のプロジェクト
- 人工衛星の監視、近地球型小惑星の発見
- 口径1m、視野2平方度(CCD: 1960 x 2560 pixel)
- アメリカ、ニューメキシコ州



<http://www.ll.mit.edu/mission/space/linear/ETS.html>

NEAT (Near Earth Asteroid Tracking)

- NASA/JPLのプロジェクト
- 近地球型小惑星の発見
- 口径1.2m、視野1.2x1.6度(CCD: 4096 x 4096 pixels)
- アメリカ、ハワイ州

LINEARによる観測

<http://www.ll.mit.edu/mission/space/linear/history.html>

Year	Observations Accepted by Minor Planet Center	NEO Discoveries	Comet Discoveries	Other Discoveries
2009	1,653,546	108	16	762
2008	2,461,990	141	8	1870
2007	2,453,229	111	13	3411
2006	2,226,218	96	11	1858
2005	2,050,414	137	12	4754
2004	3,209,430	304	25	17,737
2003	2,993,353	235	27	15,849
2002	3,061,324	286	34	31,824
2001	3,081,062	278	33	48,382
2000	2,083,219	258	29	52,778
1999	1,101,028	161	36	29,278
1998	582,692	136	17	18,288
Pre-1998	79,376	18	0	2140
Total	27,036,881	2269	261	228,931

テイルとトレイルの違い

- ・小さいダスト($\sim\mu\text{m}$)は、太陽の輻射圧によって反太陽方向へ吹き飛ばされ、**ダストテイル**として観測される。
- ・大きいダスト($>\text{mm}$)は、輻射圧の影響が弱いため、彗星核の近くに残り、徐々に軌道に沿って広がっていき**ダストトレイル**を形成する。

