

# 2006年度 彗星ダストレイルサーベイ報告

猿楽祐樹(東京大)

石黒正晃(ソウル大)

三浦直也(東京大)

臼井文彦(ISAS/JAXA)

上野宗孝(東京大)

# 2006年度観測実施状況

- 割り当てられた観測夜数  
47夜 (観測所時間7夜、他の観測者との時間シェア7夜)
- 実際に観測できた夜数  
25夜 (1時間程度の観測も含む)  
一晩中快晴だった夜数:5夜

# 成果報告 1.学会発表

- Asia Oceania Geosciences Society 3rd Annual Meeting、平成18年7月10日～7月14日  
題名 : Visible and Infrared Observations of InterPlanetary Dust  
講演者 : 上野宗孝、猿楽祐樹、三浦直也、臼井文彦、大坪貴文、石黒正晃、Hong, S. S.、Kwon, S. M.、  
向井正
- 日本天文学会2007年春季年会、平成19年3月28日～3月30日  
題名 : 4P/Faye彗星ダストレイルの検出  
講演者 : 猿楽祐樹、石黒正晃、三浦直也、臼井文彦、上野宗孝
- 日本天文学会2007年春季年会、平成19年3月28日～3月30日  
題名 : 22P/Kopff彗星ネックライン構造への非重力効果の適用 講演者 : 三浦直也、石黒正晃、猿楽祐樹、上野宗孝
- 日本天文学会2007年春季年会、平成19年3月28日～3月30日  
題名 : 短周期彗星の質量放出率と惑星間ダストの起源  
講演者 : 石黒正晃、上野宗孝、猿楽祐樹、三浦直也、臼井文彦
- Korean Astronomical Society Meeting、平成19年4月12日～4月14日  
題名 : The Dust Environment of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko  
講演者 : Ishiguro, M.

# 成果報告 2.論文発表

- ICARUS, Vol.189, Issue 1, pp. 169-183  
Title: Dark Red Debris from Three Short-Period Comets; 2P/Encke, 22P/Kopff and 65P/Gunn  
Authors: Masateru Ishiguro, Yuki Sarugaku, Naoya Miura, Fumihiko Usui, Munetaka Ueno,  
Moo-Young Chun, Suk Minn Kwon
- PASJ Vol.59, No.2, pp. L7-L10  
Title: New Approach to the Study of Non-gravitational Motion of Comet Normal to the Orbital Plane  
Authors: Naoya Miura, Masateru Ishiguro, Yuki Sarugaku, Munetaka Ueno
- Proc. Book for the Dust in Planetary Systems 2005 conference in Kauai, Hawaii, pp.23-26  
(査読つき、研究会集録)  
Title: A CCD Search for the Dust Trail of the Dracoid Parent Comet  
Authors: Naoya Miura, Masateru Ishiguro, Yuki Sarugaku, Fumihiko Usui, Munetaka Ueno
- ICARUS, submitted  
Title: Cometary Dust Trail Associated with Rosetta Mission Target: 67P/Churyumov-Gerasimenko  
Authors: Masateru Ishiguro
- PASJ, Vol.59, No.4 (in press)  
Title: Detection of Long-Extended Dust Trail Associated with Short Period Comet 4P/Faye  
in 2006 Return  
Authors: Yuki Sarugaku, Masateru Ishiguro, Naoya Miura, Fumihiko Usui, Munetaka Ueno
- 東京大学 修士論文  
Title: A New Application of Non-gravitational Acceleration to the Neck-line Image of 22P/Kopff  
during 2002/2003 Apparition Authors: 三浦直也

# 彗星ダストトレイル

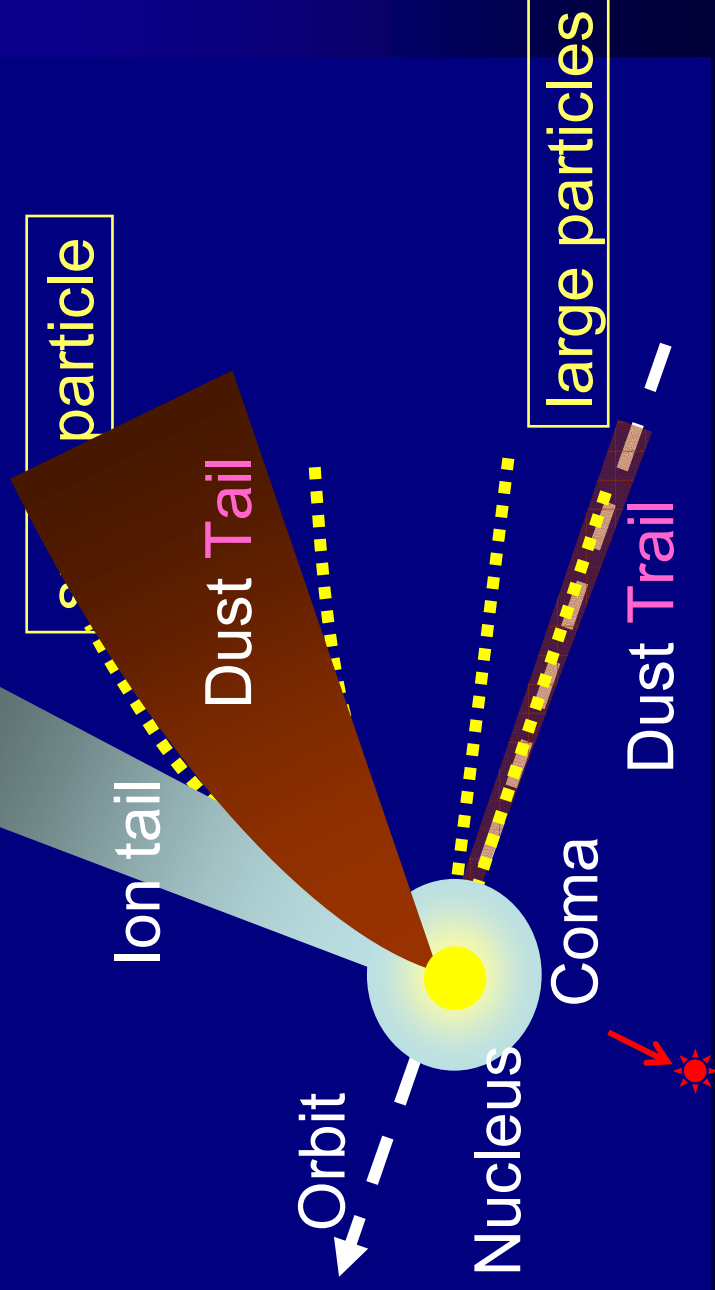


- 赤外線天文衛星IRASによって8つの彗星に発見された。
- 彗星軌道に沿って伸びた飛行機雲のような構造。
- 1mm以上の大きい粒子で構成されている。

(Sykes & Walker 1992)

# 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。



# ダストトレイル = 彗星の質量放出

- ダストトレイルは彗星の質量放出の大半を担っており、トレイルが検出された彗星のガス/ダスト比は従来考えられていた値よりも大きくなった。

→ 彗星は**汚れた雪だるま!**、  
それとも**凍った泥だんご!**?

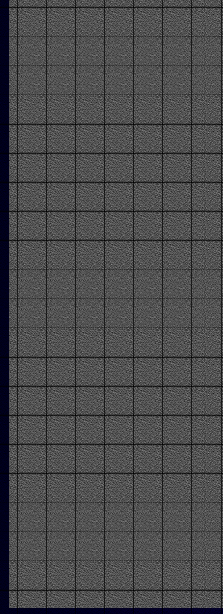
- 惑星間ダストは衝突やPR効果によって消失していく。現在も惑星間ダストが存在するためには、供給源が必要。候補として、彗星と小惑星が考えられるが、その割合は明らかになっていない。

→ トレイルの有無は、彗星からの  
ダスト供給量を調べる上で重要

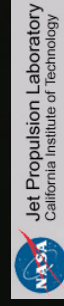
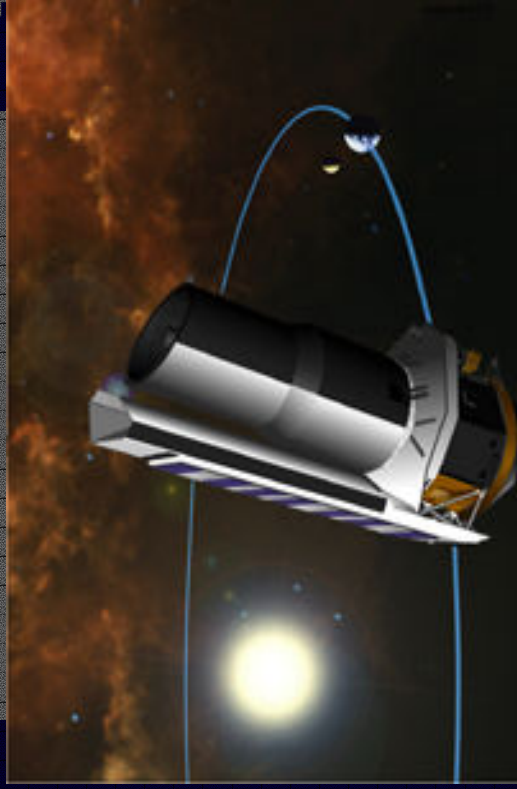


IRASの観測は約1年で終わり、その期間に観測条件の良かった彗星にトレイルが検出された。ダストトレイルは彗星に一般的な現象なのか否かは明らかでない。

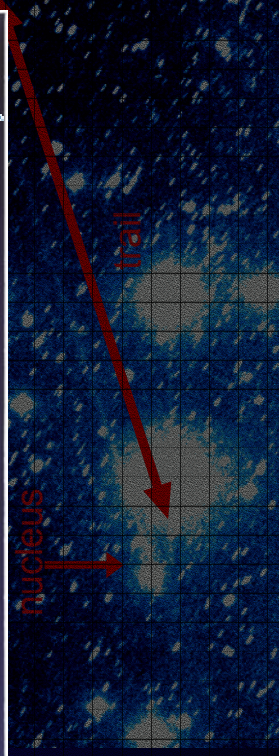
# IRAS以降のトレイル観測



赤外線天文台ISOによって2P/Encke彗星の観測等が行われたが、効率良くデータ



2P/Encke彗星のトレイルを観測するために、可視光1.05μmニームット望遠鏡を用いて、可視光で2P/Kopff彗星のダストトレイルの検出に成功。その後、同望遠鏡を用いて彗星ダストトレイルのサーベイ観測を開始。



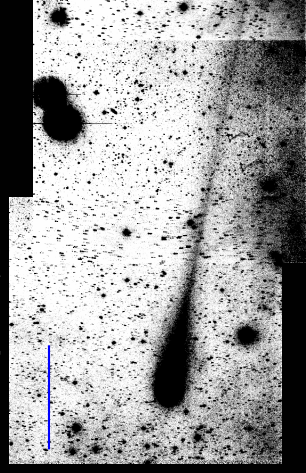
2P/Kopff observed at Kiso Observatory

$r=2.532\text{AU}$ ,  $\Delta=1.844\text{AU}$ ,  $\alpha=20.7^\circ$

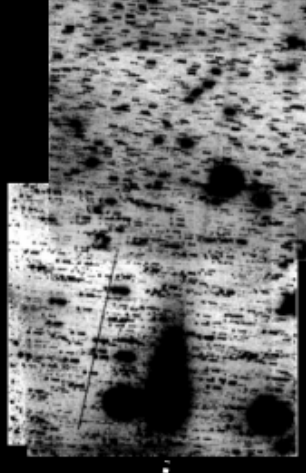


# 4P/Faye彗星

2006年10月16日



2006年11月12日



## 軌道要素

近日点通過日: 2006年11月15日

離心率: 0.567

近日点距離: 1.667AU

軌道傾斜角: 9.0°

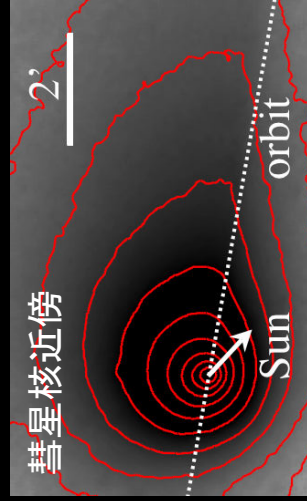
## 観測条件

日心距離: 1.668 ~ 1.694AU

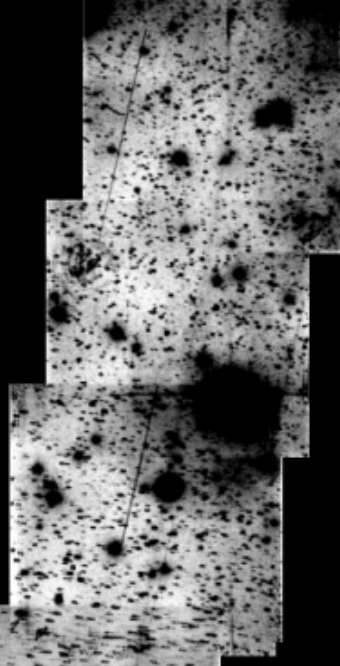
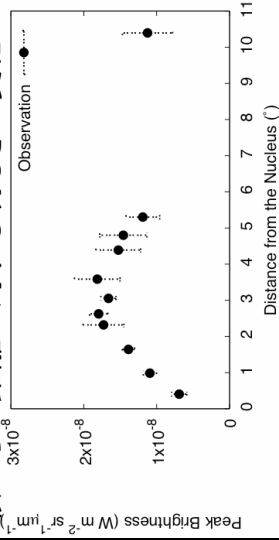
地心距離: 0.696 ~ 0.704AU

位相角: 6.3 ~ 11.8°

1°



核からの距離に対する明るさの変化

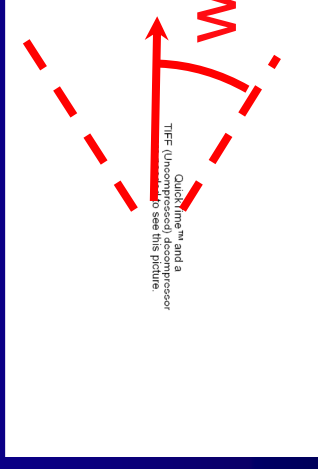


orbit

# ダストの放出量

## ダスト分布のシミュレーション

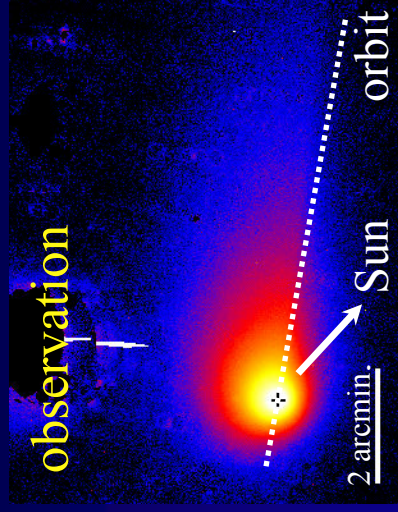
- 球形のダストを仮定 (半径  $a$  [cm]、密度  $\rho=1$  [g/cm<sup>3</sup>])
- サイズ分布:  $dn/da \propto a^{-q}$  ( $a_{min} < a < a_{max}$ )
- 放出率:  $Q_{dust} \propto r^{-k}$  ( $r$  [AU]: 日心距離)
- 放出速度:  $V_{ej} = V_0 \beta^{0.5} r^{-0.5}$  [m/s]  
 $\beta = (\text{輻射圧} / \text{重力}) = 5.7 \times 10^{-5} Q_{pr} \rho^{-1} a^{-1}$   
 $Q_{pr} = 1$  を仮定
- 放出方向: 太陽方向から  $w^\circ$  の円錐内



観測画像を再現できる  $q$ 、 $k$ 、 $V_0$ 、 $w$ 、 $\beta_{max}(a_{min})$ 、 $\beta_{min}(a_{max})$  を探す

# ダスト分布のシミュレーション

bestを基準として、各画像に記したパラメータを変えたダスト分布



サイズ分布

$q=3.0$

best fit parameters

$q=3.5$

$\beta_{min}=1.2 \times 10^{-4}$

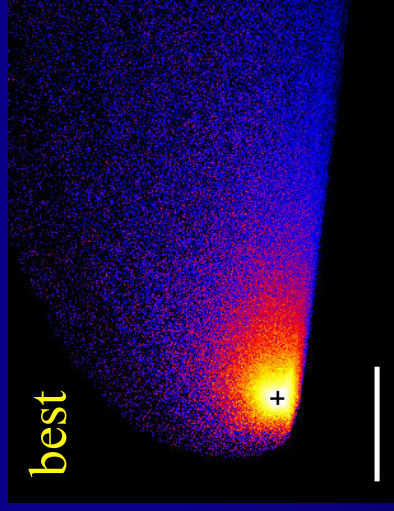
$V_0=150$

$w=90$

ダストの最大径

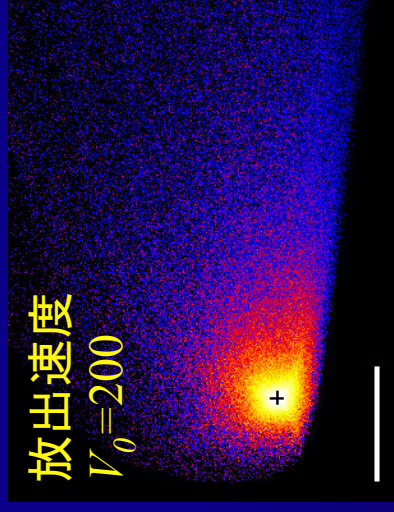
$\beta_{min}=1.0 \times 10^{-5}$

best



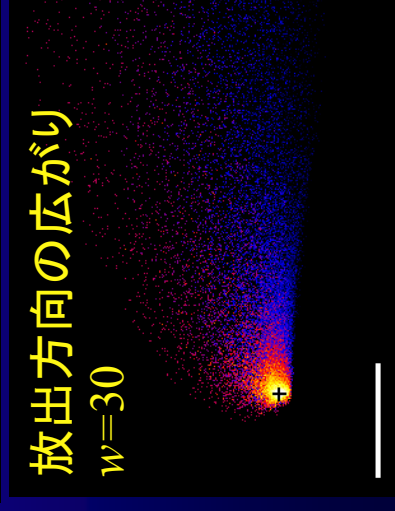
放出速度

$V_0=200$



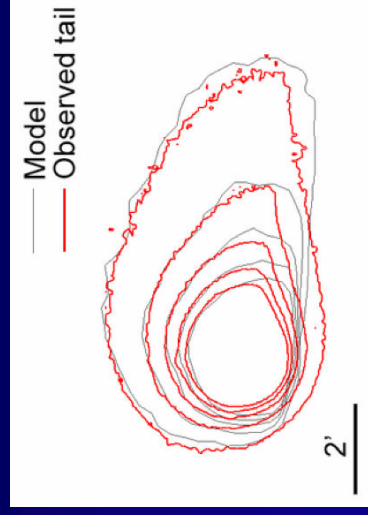
放出方向の広がりが

$w=30$

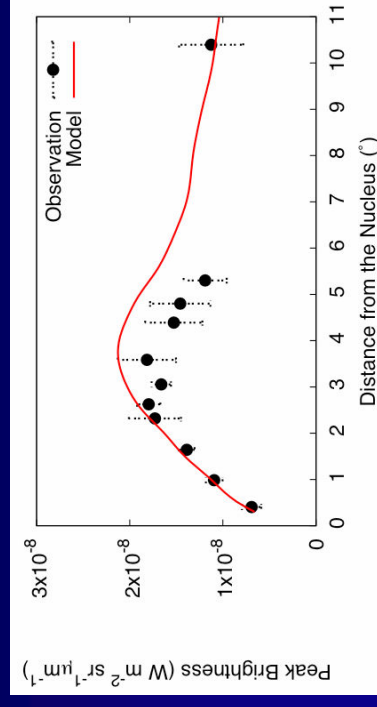


# シミュレーション結果

コマ、テイルのコンターマップ



核からの距離に対するトレイルの明るさ



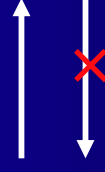
- サイズ分布:  $dn/da \propto a^{-3.5}$  ( $a$  [cm]: 半径)
- 放出率:  $Q_{dust} \propto r^{-3.0}$  ( $r$  [AU]: 日心距離)
- 放出速度:  $V_{ej} = 150 \beta^{0.5} r^{-0.5}$  [m/s]
- 放出方向: 太陽方向から  $90^\circ$  の円錐内
- ダストの最大径  $\sim$  直径  $1 \text{ cm}$  ( $\beta = 1.2 \times 10^{-4}$ )

近日点付近でのダスト放出率は  $130 \pm 40 \text{ kg/s}$  (一周期平均:  $20 \pm 6 \text{ kg/s}$ )。  
→ IRASでトレイルが検出された彗星と同等。

# ダストトレイルの判別

ダストトレイルとは、彗星軌道上に分布している  
前回の回帰がそれ以前に放出されたダストからな  
る雲(Fulle et al. 2004)

ダストトレイル

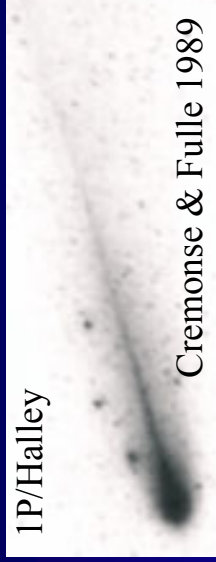


彗星軌道に沿って  
細長く伸びたダスト雲  
(e.g. ネットクライン構造)

# ネックライン構造

(Kimura & Liu 1977, Fulle & Sedmak 1988)

1P/Halley



Cremonese & Fulle 1989

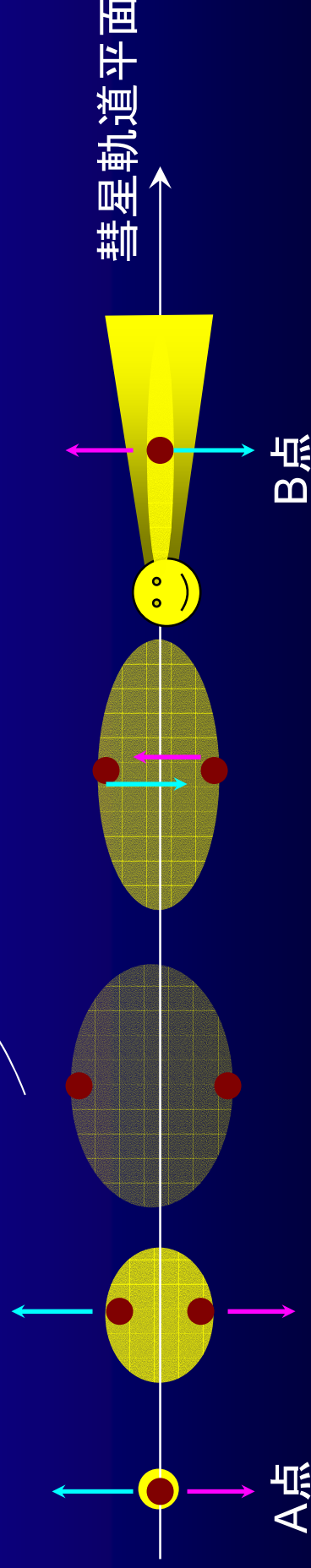
視線方向と彗星軌道平面のなす角が、小さい場合に観測される線状の構造。

Orbit of Comet B: second node

difference of true anomaly =  $\pi$

Sun

A: dust ejection point



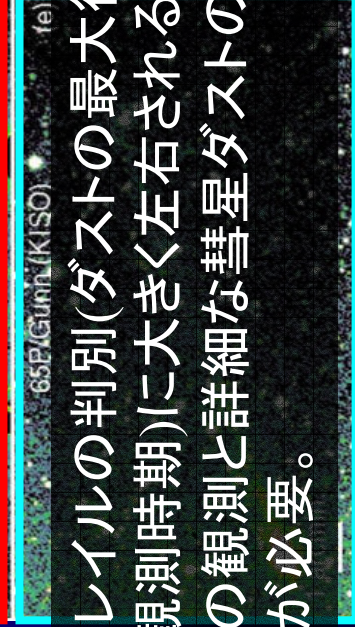
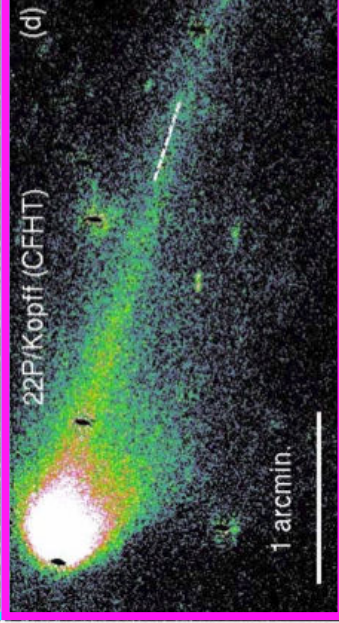
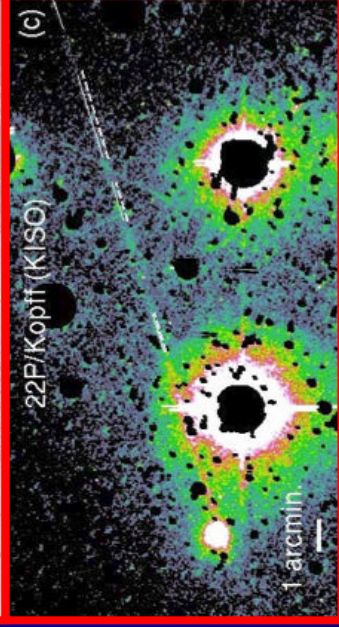
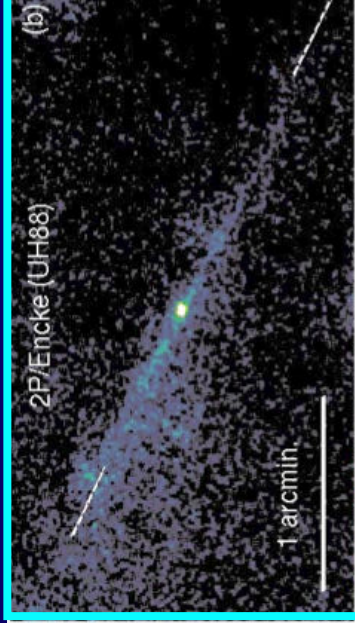
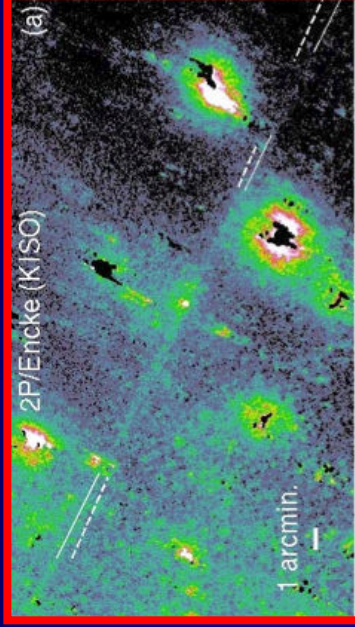
A点で放出されたダストは、  
A点と太陽を結んだ線上で  
母天体の軌道平面と交わる。

# 彗星軌道に沿ったダスト雲

ダストトレイル

ネックライン

最近の回帰に放出されたダスト



ダストトレイルの判別(ダストの最大径の推定)は、観測条件(位置関係、観測時期)に大きく左右される。複数回の観測と詳細な彗星ダストの放出・軌道進化に関するモデルの構築が必要。

# まとめ

## 4P/Faye彗星の観測

- 4P/Faye彗星のダストトレイルを検出。見かけの長さは少なくとも $10^\circ$ 以上あり、可視光での観測では最長。
- ダストの最大径は、直径 $1\text{cm}$  ( $\rho = 1\text{g/cm}^3$ 、 $Q_{\text{pr}} = 1$ の球形のダストを仮定)。
- 近日点付近でのダスト放出率は $130 \pm 40\text{kg/s}$ 、一周期の平均のダスト放出率は $20 \pm 6\text{kg/s}$ 。IRASでトレイルが検出された彗星と同等のダスト放出率。

## 今後のサーベイ観測

- SpitzerやAkariに比べて感度は低いですが、複数回の観測を行うことで信頼度の高い結果を出せる。継続的な観測が重要。

