

キヤノンCMOSカメラによる 流星観測の可能性



渡部潤一

春日敏測、寺居剛、宮崎聡(国立天文台)、
堀井俊(総研大/国立天文台)、太田径介、青
木正、井上俊輔(キヤノン)、三戸洋之、青木
勉、征矢野隆夫、樽沢賢一、松永典之、酒
向重行、小林尚人、土居守(東京大学)

流星に関する解明すべき問題

● 微光流星問題

- 微光流星＝一般に肉眼では見えないような流星
(正確な定義はないが、おおむね6等以下)

流星の明るさと質量 ($V=35\text{km/s}$)

流星の絶対等級	質量(g) (直径-1 g/cc)	観測手段
-10	10000	火球
-5	100	肉眼、写真
0	1 (d=6mm)	写真、ビデオ
+5	0.01	ビデオ、radar
+10	0.0001	望遠鏡、radar

流星に関する解明すべき問題

● 微光流星問題

- 微光流星＝一般に肉眼では見えないような流星
(正確な定義はないが、おおむね6等以下)
- 何等まで存在するのか？ 発光限界の問題
- 流星群には少ないといわれているが、...
- サイズ分布、すなわち FLUX が、よくわからない → 地球への降下量の不定性の一因
(10^5 ton \sim 10^4 ton /year)

流星体一塵の サイズ分布

- 観測手法の差によるギャップが存在
- 電波観測と、惑星間塵の直接観測との間
- 微光流星の領域

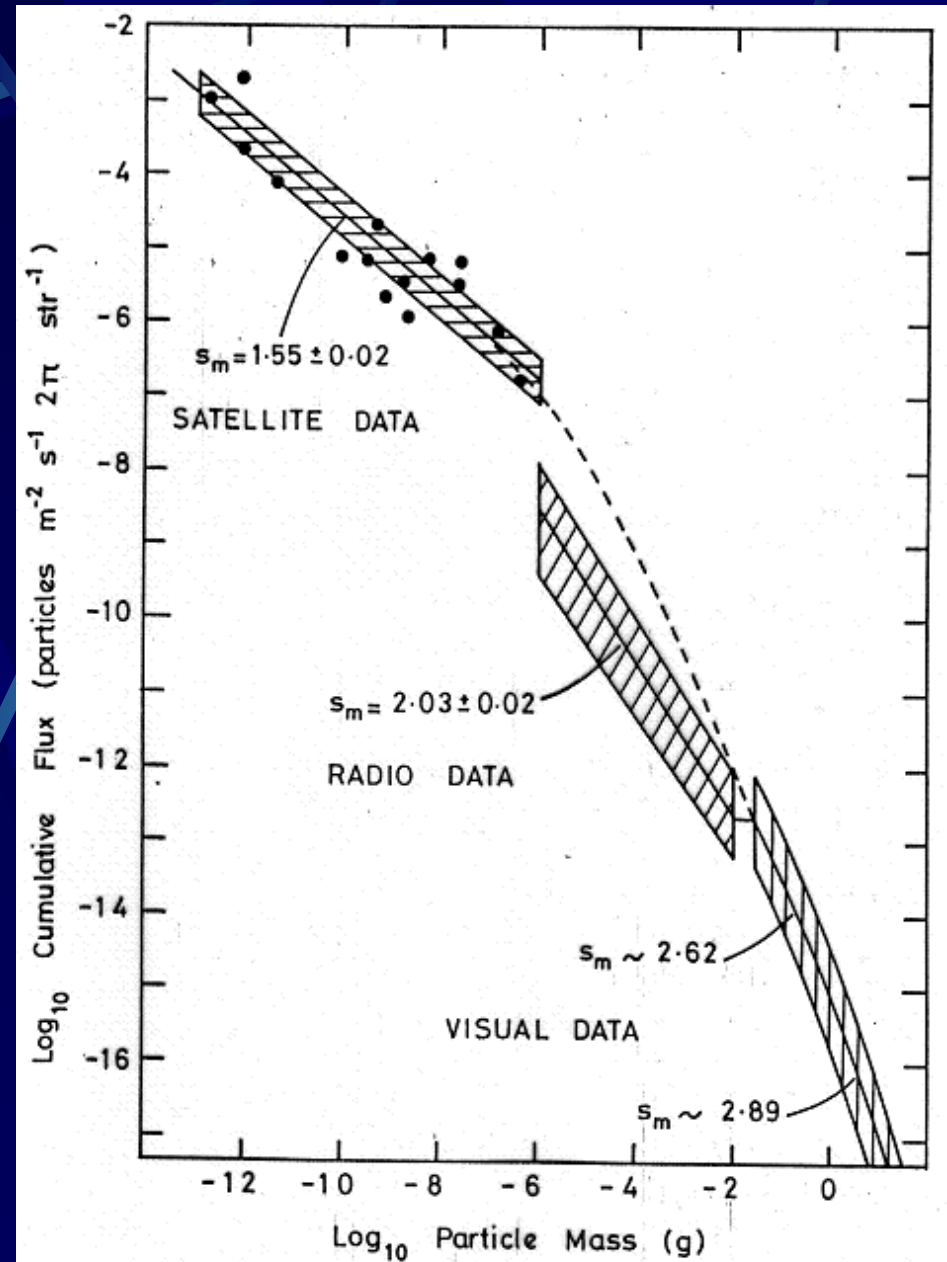


Figure 16. The cumulative flux of particles to the Earth's surface

(Hughes, 1978)

これまでの微光流星の観測手法 と、その困難

- 望遠鏡による眼視観測
- ビデオ観測や増倍管による観測
- レーダーあるいは電波観測

望遠鏡観測部門報告 No.293 Report of Telescopic Meteor observations in July,2008

担当幹事 殿村 泰弘(Tonomura Yasuhiro)

2008年7月の望遠鏡観測の結果を(表-1)に示します。今月も阿部氏と寺迫氏の2氏から報告をいただきました。

(表-1) 2008年 7月望遠鏡観測結果

Table 1 Summary of the Telescopic Meteor observations in July, 2008

観測者 Observer	観測地 Locality	夜数 Night	時間 Time	流星数 Meteor			備考 Remarks
				Plot	Seen	Total	
阿部 春樹 Abe Haruki	北海道北斗市 Hokuto Hokkaido	1	60	1	0	1	5cm×7 6.2° R.T.
寺迫 正典 Terasako Masanori	静岡県浜松市北区 Hamamatsu Shizuoka	4	290	-	12	12	15cm×25 2.7° Bino. 25cm×35 2.4° L.T.
2008年7月計		5	350	1	12	13	HR 2.6

● 光度分布

2008年7月の望遠鏡流星の光度分布は、(表-3)に示すとおりです。

	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	L-Mag	Total	Avg Mag.	
寺迫 (Terasako.M)									0	0	0	2	2	2	3	2	0			10.5-11.5	11	8.09	
阿部 (Abe.H)						0	0	0	0	0	0	1	0								8.5	1	7.00
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	3	2	0	0		12	8.02	

(表-3) 2008年7月の望遠鏡流星の光度分布

Table 3 Magnitude distributions of the Telescopic Meteors in July,2008

望遠鏡観測部門報告 No.300 Report of Telescopic observations in February,2009

担当幹事 殿村 泰弘 (Tonomura Yasuhiro)

2009年2月の望遠鏡観測の結果はありませんでしたので、今回は2008年の観測結果のまとめを紹介します

(表-1) 2008年望遠鏡観測結果

Table 1 Summary of the Telescopic Meteor observations, 2008

Month	H.Abe 阿部 春樹						M.Terasako 寺迫 正典					
	Night	Dur. (min)	Plot	Seen	Total	HR	Night	Dur. (min)	Plot	Seen	Total	HR
Jan.	1	60	2	0	2	2.0	4	710	0	31	31	2.6
Feb.	1	60	3	0	3	3.0	6	370	0	20	20	3.2
Mar.	5	300	6	0	6	1.2	5	300	0	17	17	3.4
Apr.							3	170	0	9	9	3.2
May	5	300	9	0	9	1.8	2	140	0	8	8	3.4
Jun.	5	340	10	0	10	1.8	3	170	0	12	12	4.2
Jul.	1	60	1	0	1	1.0	4	290	0	12	12	2.5
Aug.	4	240	12	0	12	3.0	3	170	0	9	9	3.2
Sep.	3	180	7	0	7	2.3	2	130	0	3	3	1.4
Oct.	4	240	8	0	8	2.0	2	130	0	11	11	5.1
Nov.	2	120	5	0	5	2.5	4	260	0	22	22	5.1
Dec.	2	110	2	0	2	1.1	6	385	0	27	27	4.2
	33	2,010	65	0	65	1.9	44	3,225	0	181	181	3.4

2氏の観測を合計すると、以下のようになりました。

望遠鏡観測結果

これまでの微光流星の観測手法 と、その困難

- 望遠鏡による眼視観測
- ビデオ観測や増倍管による観測
- レーダーあるいは電波観測

ビデオ観測

- 微光流星を捉えようとするほど視野が極度に狭くなり、実質的に有意な観測が困難



微光散在流星のFLUX

- 1998年しし座流星群時

270分観測データ(限界等級 7等)

1.3×10^{-5} /km²/s

(Watanabe et al.,1999)

- 2002年のしし座流星群時

120分の観測データ(限界等級 8等)

1.45×10^{-5} /km²/s

(Fujiwara et al.,2003)

ビデオ観測のレビューでは

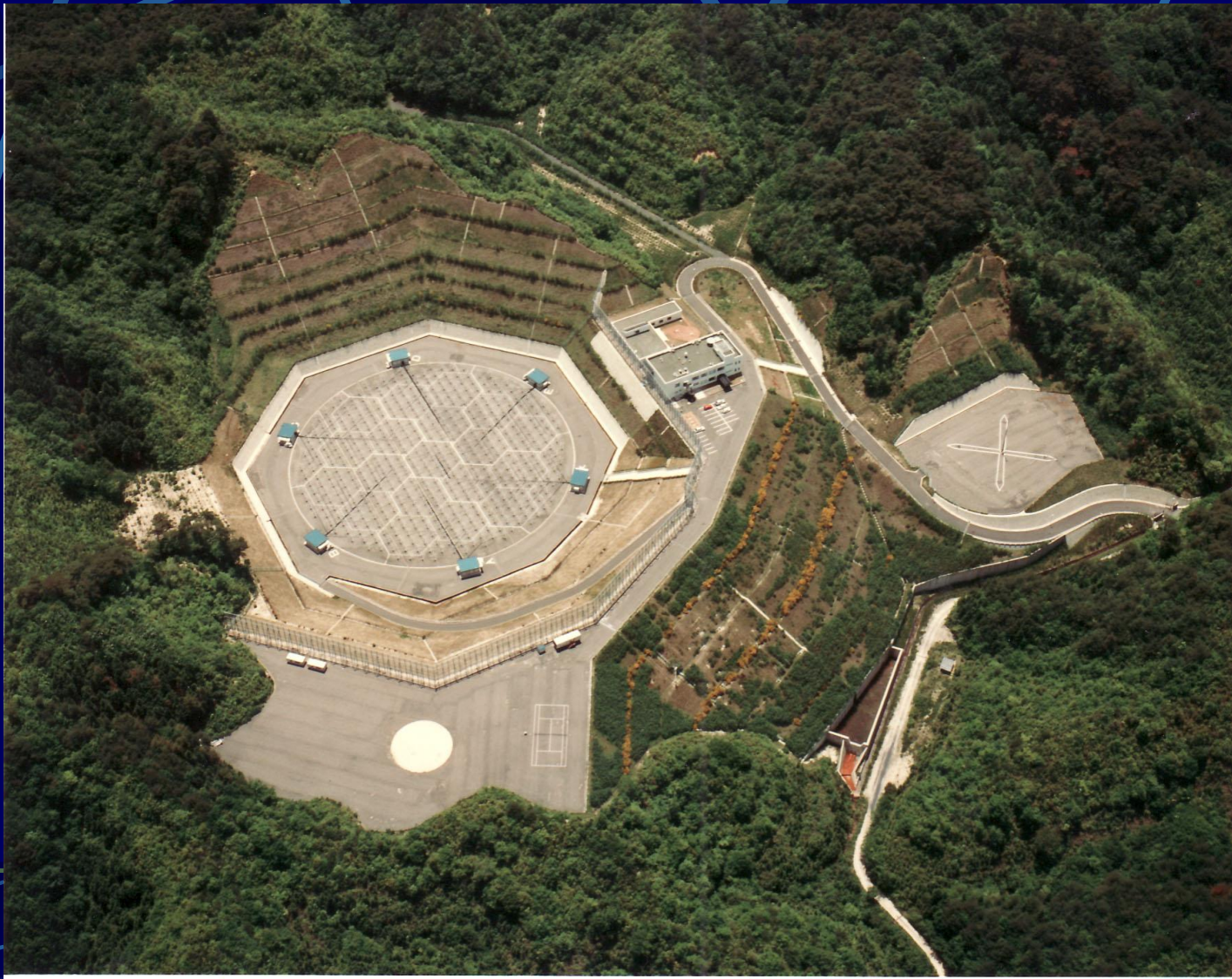
“While a significant amount of video data has been collected, **sporadic fluxes have never been calculated for video data.**”

(M. Campbell-Brown, in Proc. Dust in Planetary Systems, Kauai, Hawaii, USA, ESA SP-643, January 2007)

これまでの微光流星の観測手法 と、その困難

- 望遠鏡による眼視観測
- ビデオ観測や増倍管による観測
- レーダーあるいは電波観測

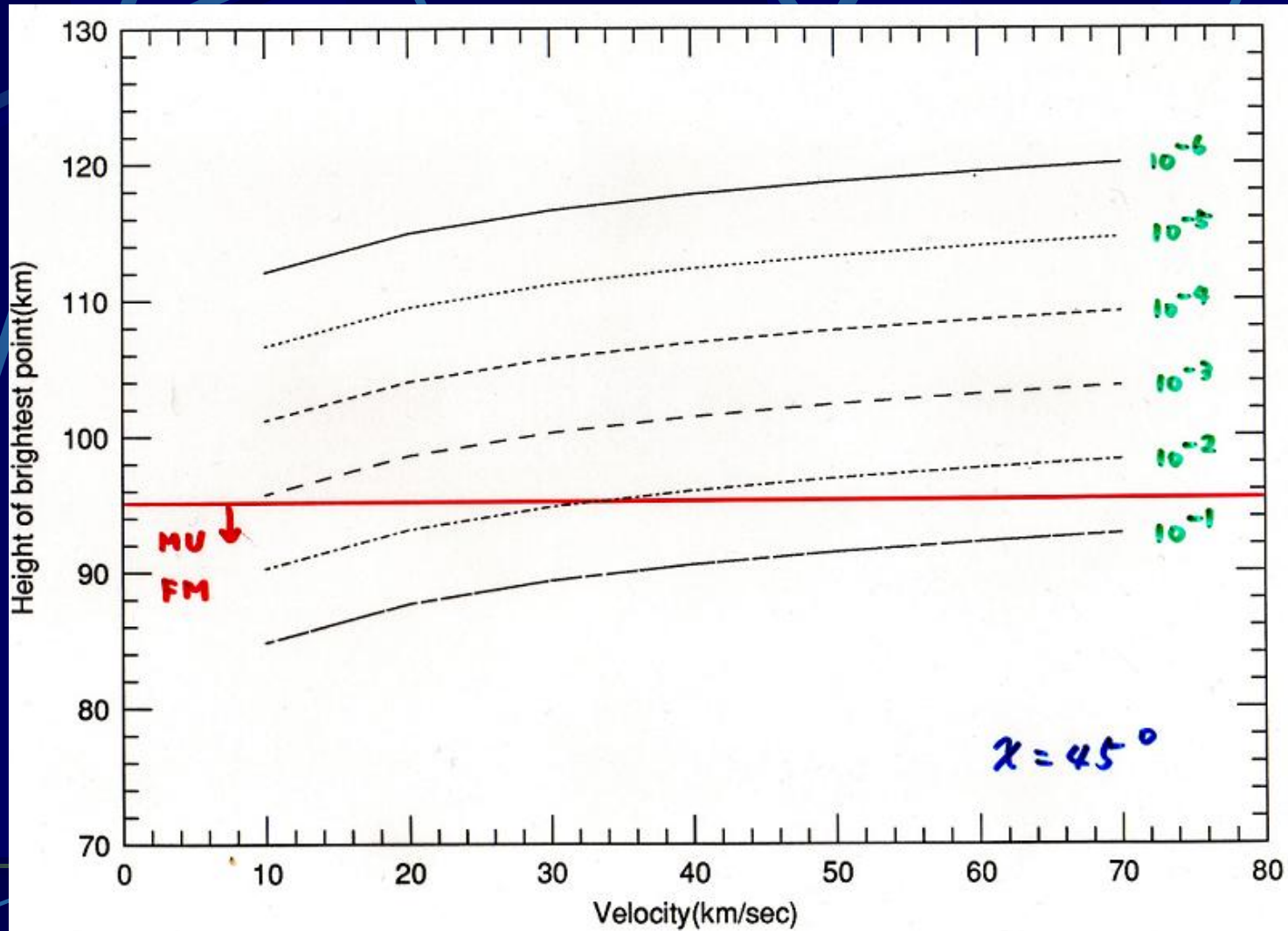
レーダー観測



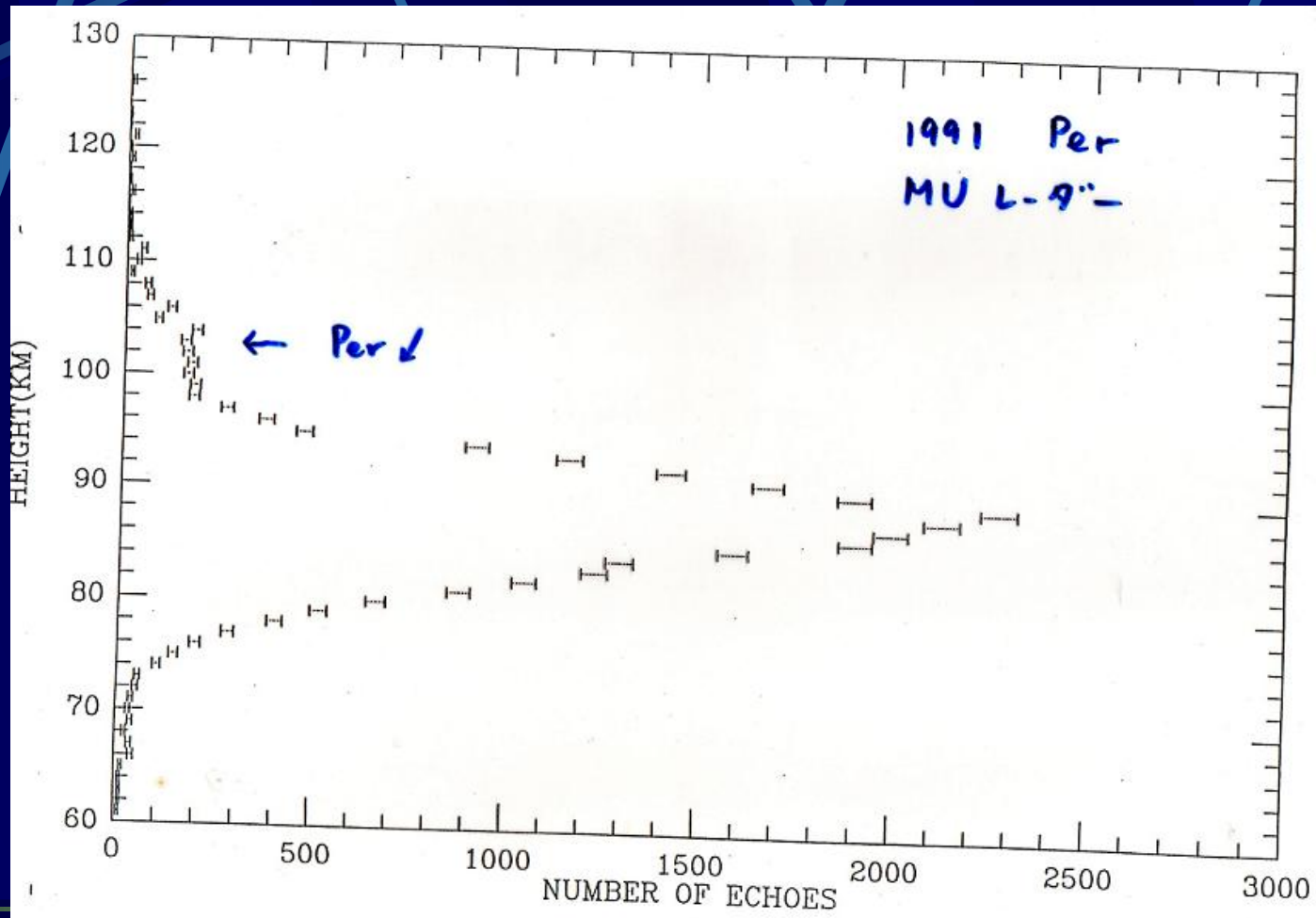
レーダー観測 微光流星観測に最適か？

- そうとも限らない！
- 意外にも、ビデオ観測とそれほど差がない
: 流星群によっては逆に損
- 流星の発生する電子雲の密度は
高度が高いほど拡散速度が早く、電波を
反射しなくなってしまう: **Height Ceiling**
- 一方で微光流星は高度が高い
- また可視光観測と対応ができていない

流星体と高度・速度の関係



MUレーダーによる ペルセウス座流星群



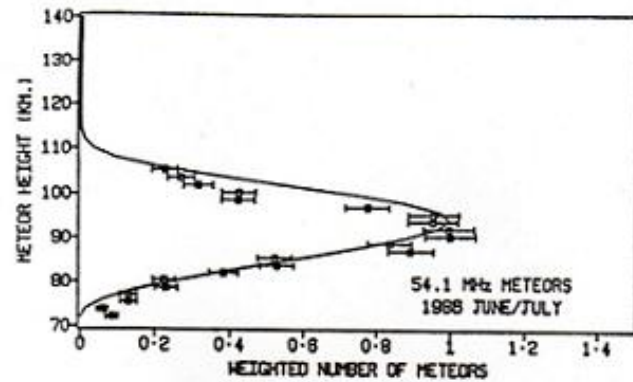
Watanabe et al., 1992)

Height Ceiling

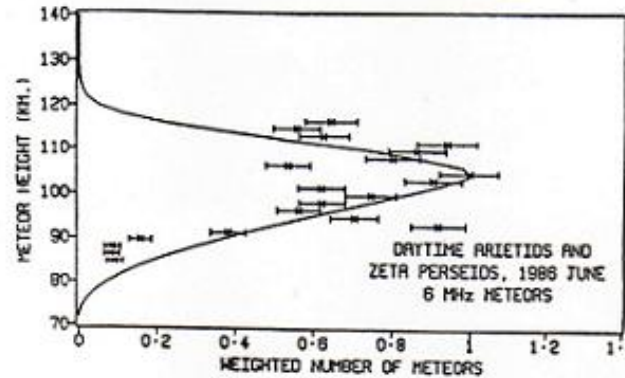
- 波長により異なる

Height Ceiling Effects

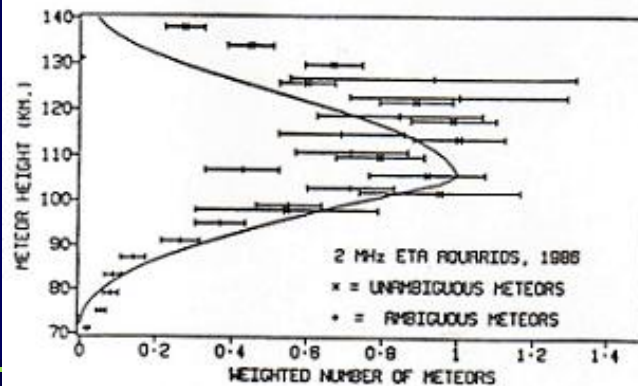
5



54.1 MHz



6 MHz



2 MHz

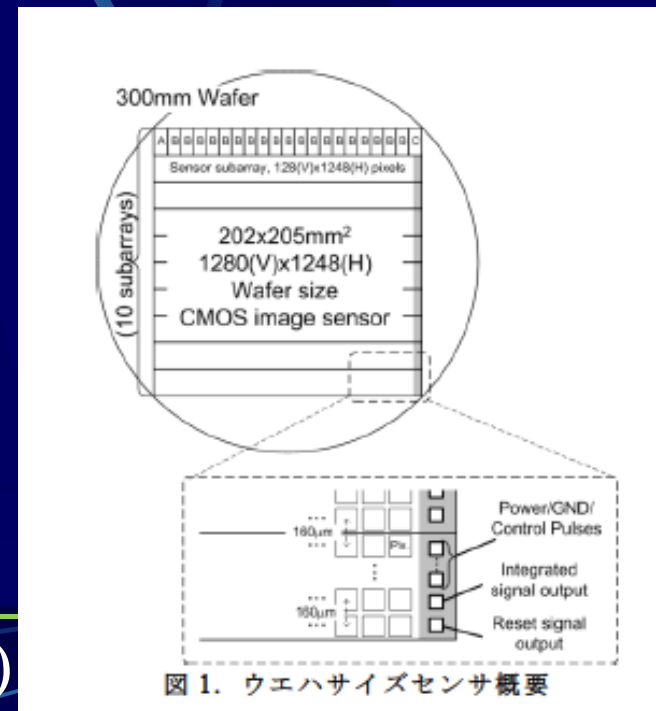
The height distributions of meteors as measured from radar operating at frequencies of 2, 6 and 54 MHz. The points have error bars indicating the count statistics.

これまでの微光流星の観測手法 困難を解決するには

- 広視野＋高感度＋高時間分解能の観測が必要
- 木曾シュミット＋キャノンCMOS
 - —— 次世代観測装置として最適

キヤノン CMOS

- 300mmウェハーから作成した20cm角の世界最大のCMOSイメージセンサー
- 160万画素
- シュミット焦点に装着すると
視野3.3度×3.3度
- 限界等級 11等(恒星)



(小黑ほか、映像メディア学会2011)

キヤノン CMOS

◆ ニュースリリース

2010年8月31日
キヤノン株式会社

世界最大・超高感度のCMOSセンサーの開発に成功

キヤノンは、チップサイズが202×205mmと世界最大*1のCMOS(相補性金属酸化膜半導体)センサーの開発に成功しました。大型化により集光量を増やすことができるため、プロ用デジタル一眼レフカメラの約1/100の光量で撮影することができます。



左: 超大型CMOSセンサー
右: 35mmフルサイズCMOSセンサー

■202×205mmの超大型CMOSセンサー

(小黑ほか、映像メディア学会2011)

サンプル映像から

- ほぼ5秒に一個の割合で流星が補足

- 流星出現平均高度を100km
- M42付近は高度30度 有効面積から

- フラックスは

$$4.5 \times 10^{-4} \text{ /km}^2/\text{s}$$

微光流星の過去のFLUX比較

- 7等より明るい散在流星数のFLUXは

$$1.3 \times 10^{-5} \text{ /km}^2\text{/s}$$

(Watanabe et al, 1999)

- 流星の光度関数の指数が3とすると、限界等級が10等として、27倍なので

$$3.5 \times 10^{-4} \text{ /km}^2\text{/s}$$

- サンプルからの試算と、ほぼ一致！

木曾シュミット+キヤノンCMOS

- 微光流星問題の解決に有効
 - 散在微光流星のサイズ分布決定
 - 地球への流星体の Influx 決定
 - 流星群の微光流星における質量分布・空間分布の決定(本日は省略しました。)