

アーク加熱風洞を用いた 流星アブレーション過程の計測



阿部 新助 (日本大学大学院 理工学研究科 航空宇宙工学専攻)
 荒木健吾, 岩崎太陽, 戸円和博, 鴻巣雄貴, 松山誉 (日大理工)
 佐原宏典, 作山幸樹, 麻野将吾, 木村菜摘, 山下矩央 (首都大)
 渡部武夫(帝京大), 下田孝幸(ISAS/JAXA), 岡島礼奈(ALE)

	Beginning	Terminal
Time (UT)	3:01:37.62 UT	3:01:45.70
Height (km)	74.589 ± 0.015	32.494 ± 0.009
Longitude (deg E)	13.42570 ± 0.00014	13.67707 ± 0.00013
Latitude (deg N)	49.07656 ± 0.00006	48.52321 ± 0.00005
Mass (kg)	5. ~15cm	0.2
Slope (deg)	33.302 ± 0.014	32.724 ± 0.014
Maximum absolute magnitude		-7.6
Total length (km) / Duration (s)		77.26/8.08
PE/Type		-4.60 / I
EN stations	02 Kunžak (DAFO), 20 Ondřejov (DF)	



Figure 1 – Image of EN130114 event taken by the Digital autonomous observatory at Kunžak station. Inset: spectrum of EN130114 by L. Šhrbený.

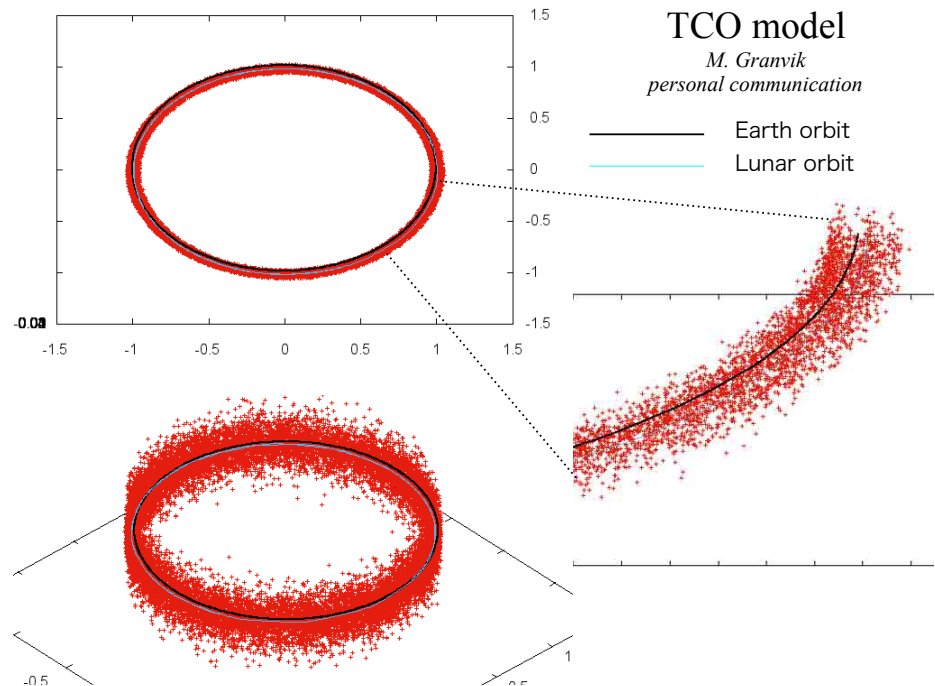
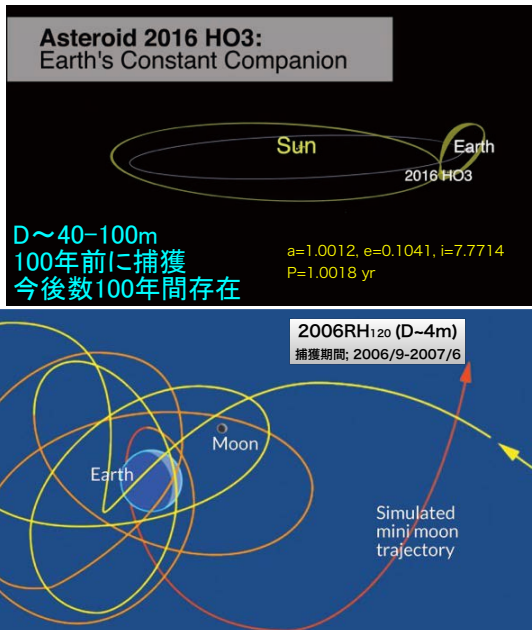
一時的(地球重力圏)捕獲天体 (TCOs=Temporarily Captured Orbiters)
 ミニムーン (Mini-moon)

1.0m ; 2個
 0.5m ; 1ダース
 0.1m ; 1000個
常に存在!

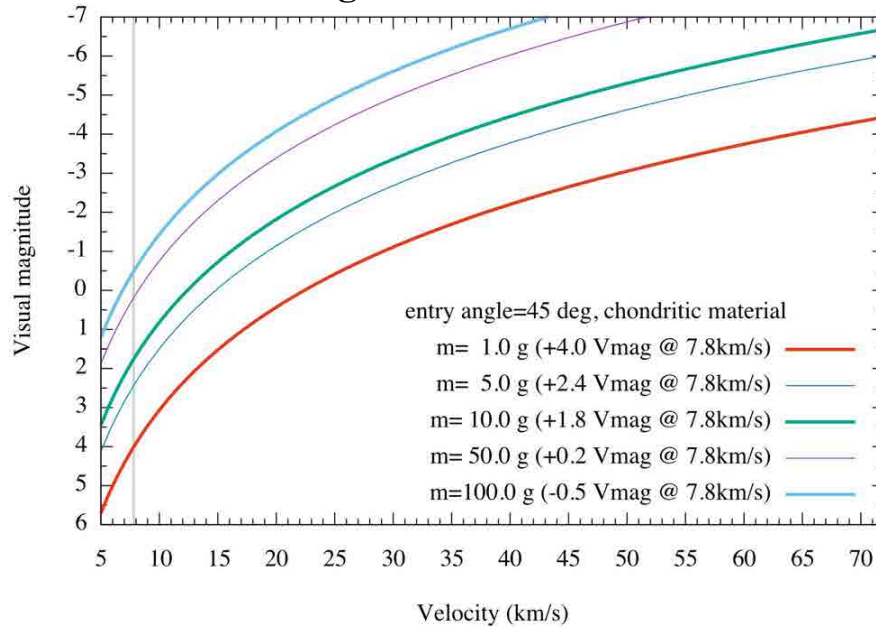
Granvik et al. (2012)が, 常に存在し得るTCO(mini-moon)のサイズを数値的に証明。

Sun-Earth L1/L2で捕獲
 流星の0.1%がTCO

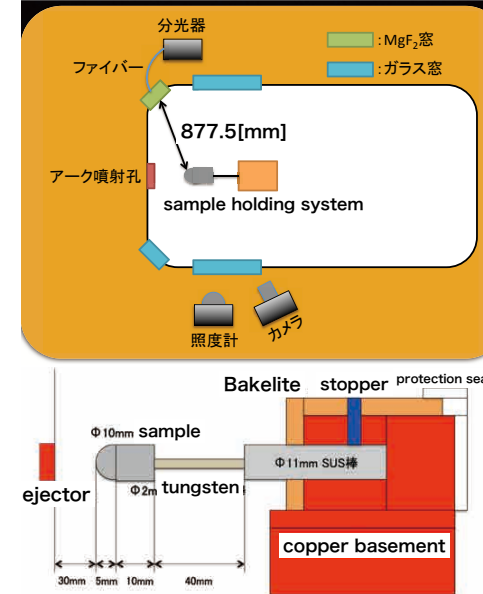
月: 力学的運動中心=地球
 TCO: 力学的運動中心=太陽
 つまりヒル半径外にも存在



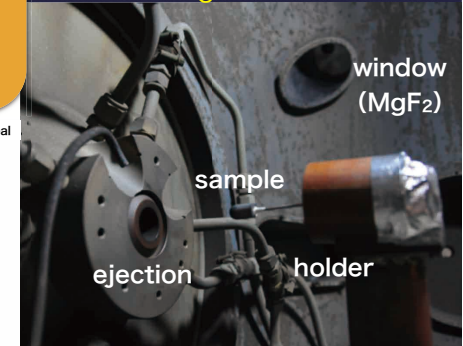
Visual magnitude for natural meteoroids



Instruments

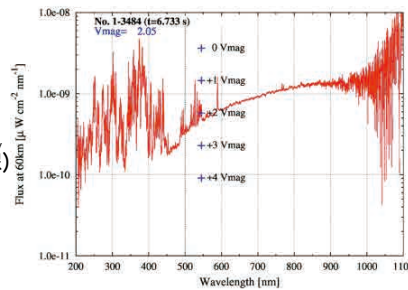
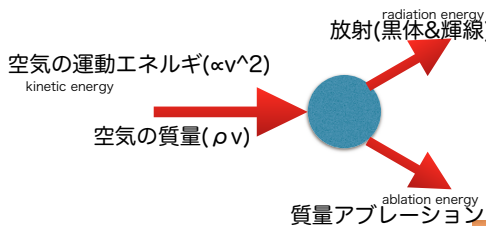


Electric Power; ~1MW
 Electric current; 550A
 Enthalpy; 16MJ/kg
 Max. heat rate; ~30MW/m²
 Pressure; 0.6MPa
 Window ; MgF₂



To understand ablation processes of atmospheric entry, artificial meteor test is carried out using JAXA's facility.

JAXA/ISAS Arc-heated Wind Tunnel
 High enthalpy conditions
 T~10,000K, V~6km/s, 0.6MPa

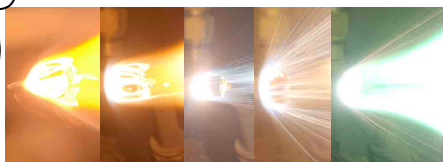


UV-VIS-NIR spectroscopy

$$\frac{dT_m}{dt} = \frac{A}{cm^{1/3} \rho_m^{2/3}} \left(\frac{C_h \rho_a V^3}{2} - 4\sigma\epsilon(T_m^4 - T_a^4) - L \frac{dm}{dt} \right)$$

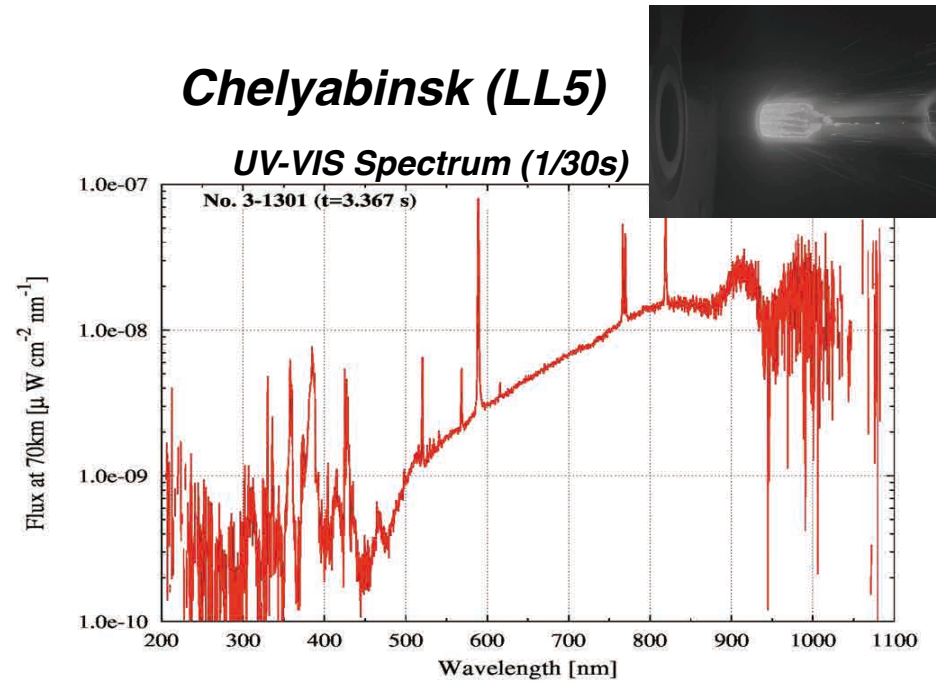
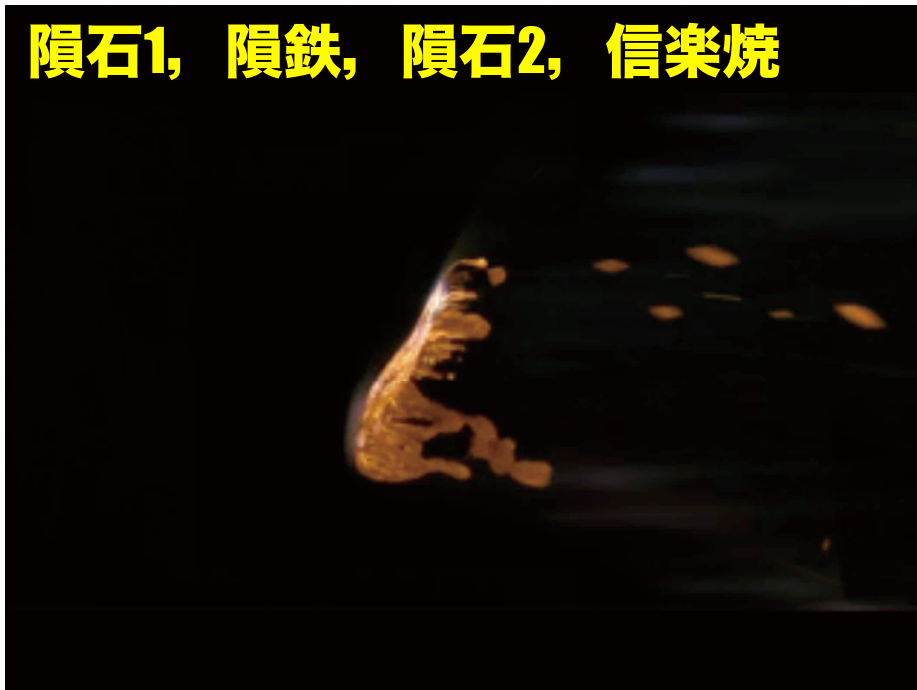
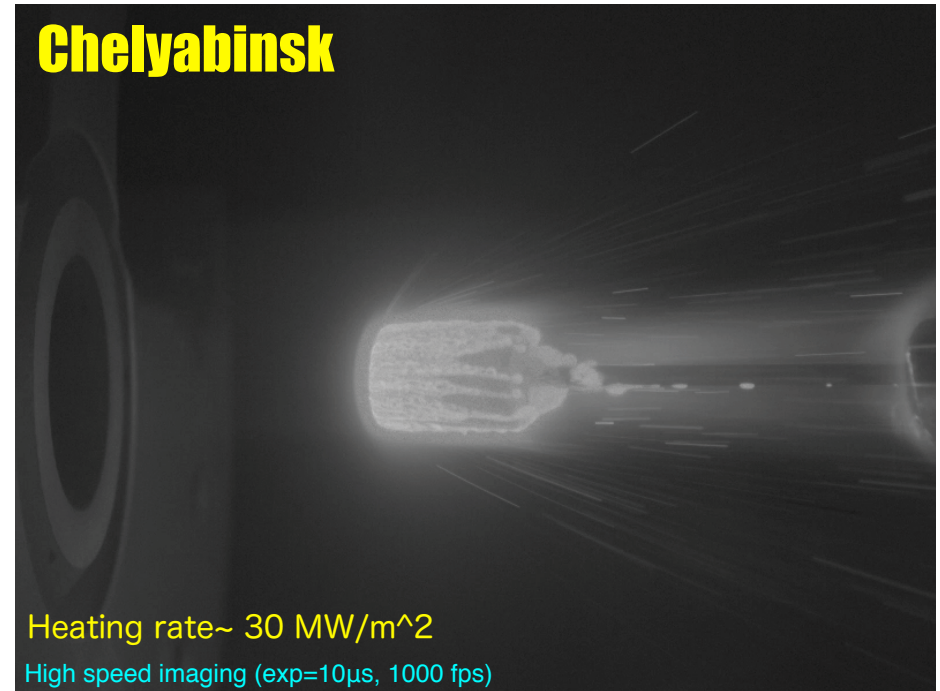
質量アブレーション→光エネルギー I

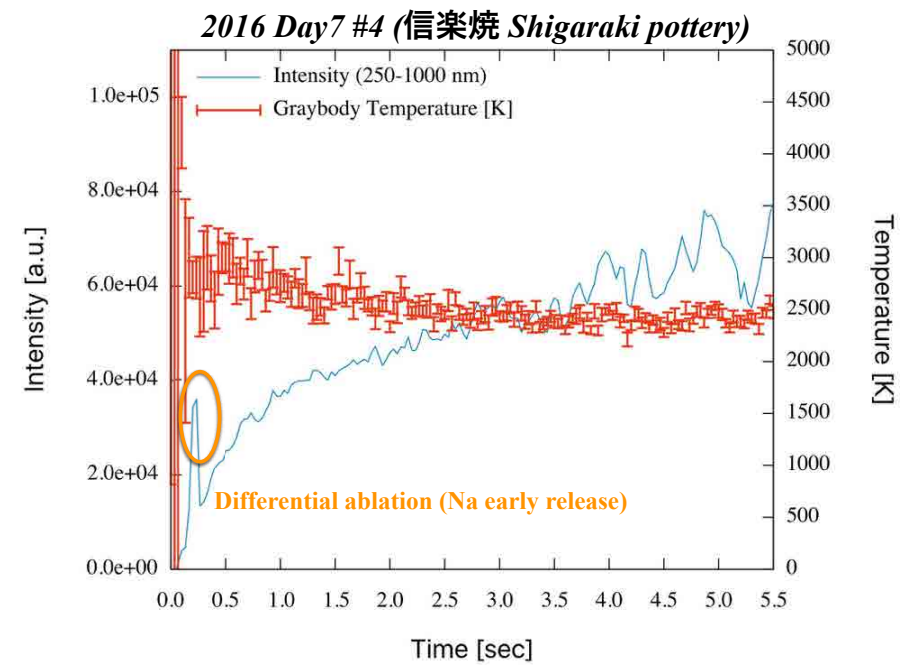
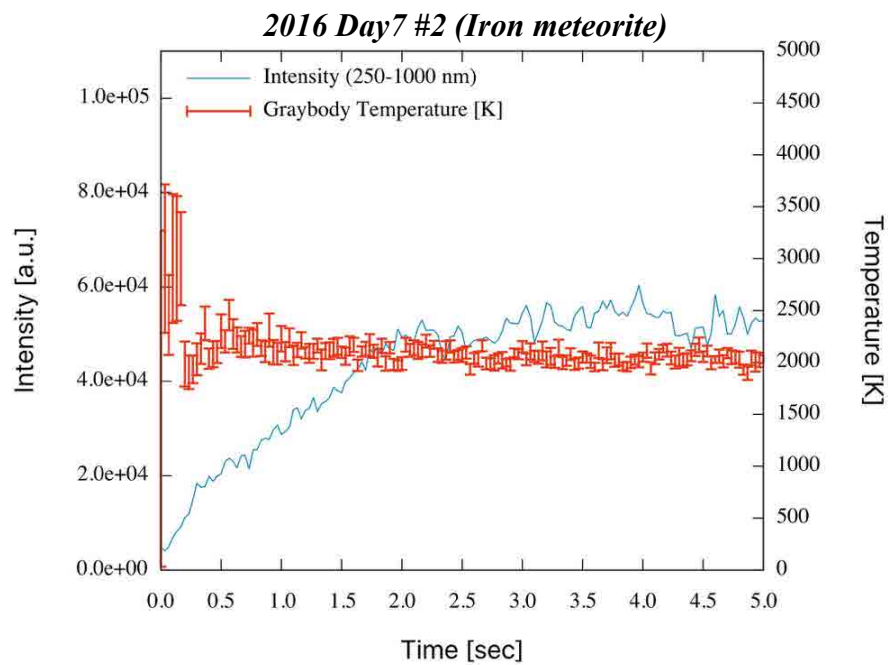
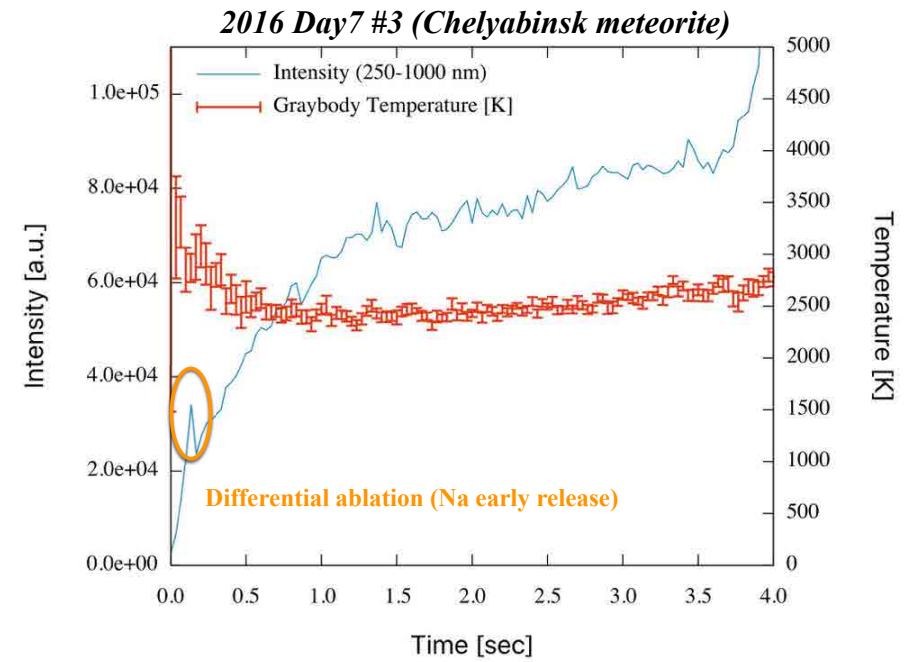
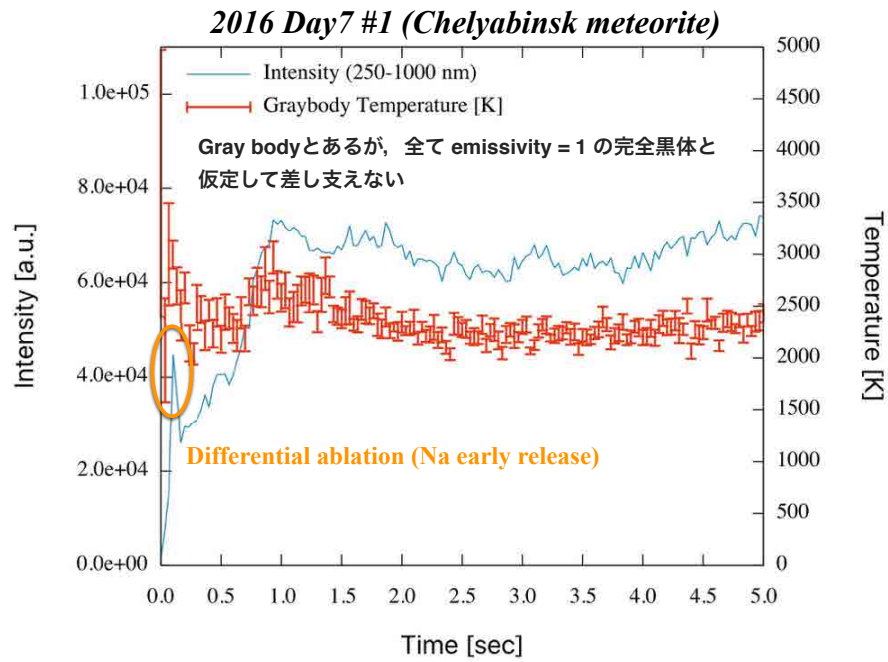
$$I = \tau \frac{dm V^2}{dt 2}$$



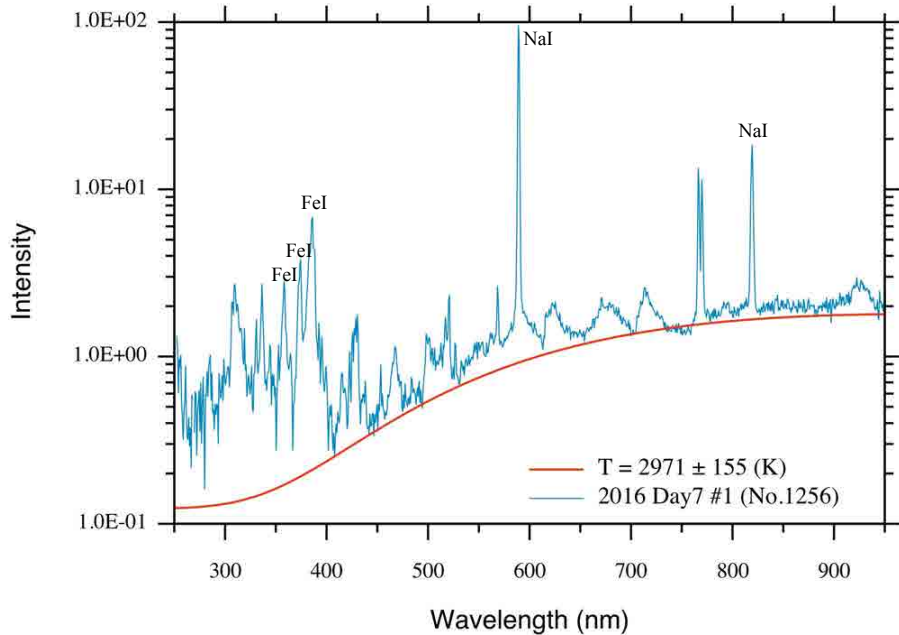
How to increase brightness under low velocity reentry;
 understanding τ (luminous efficiency)

T. Arai, S. Abe et al.
 LPI (2014) 2860.

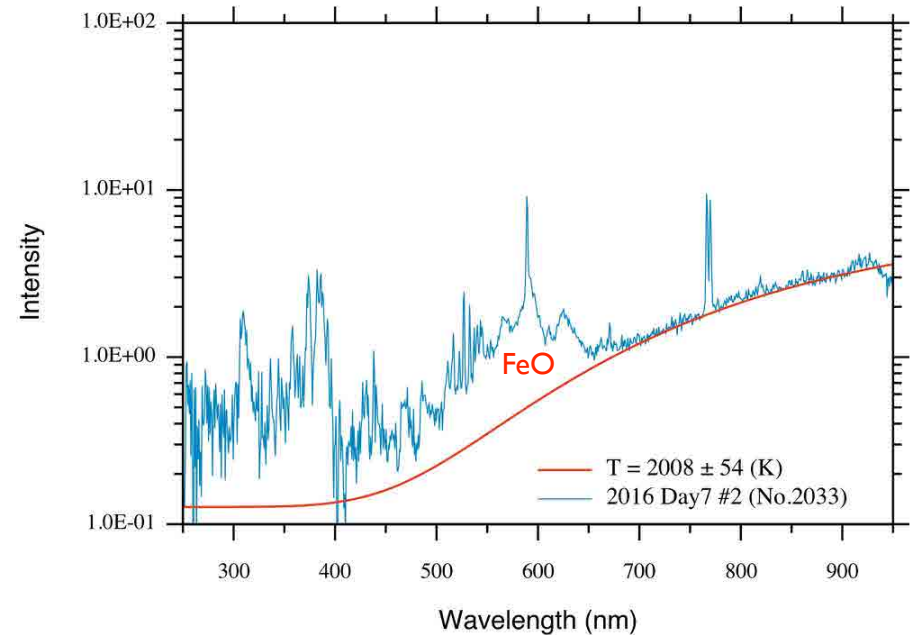




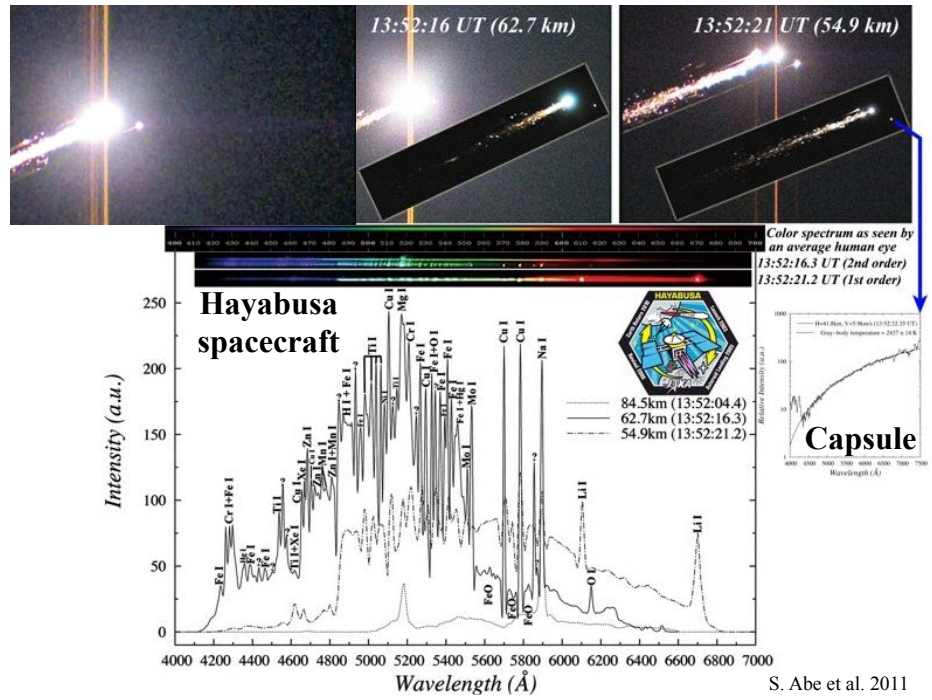
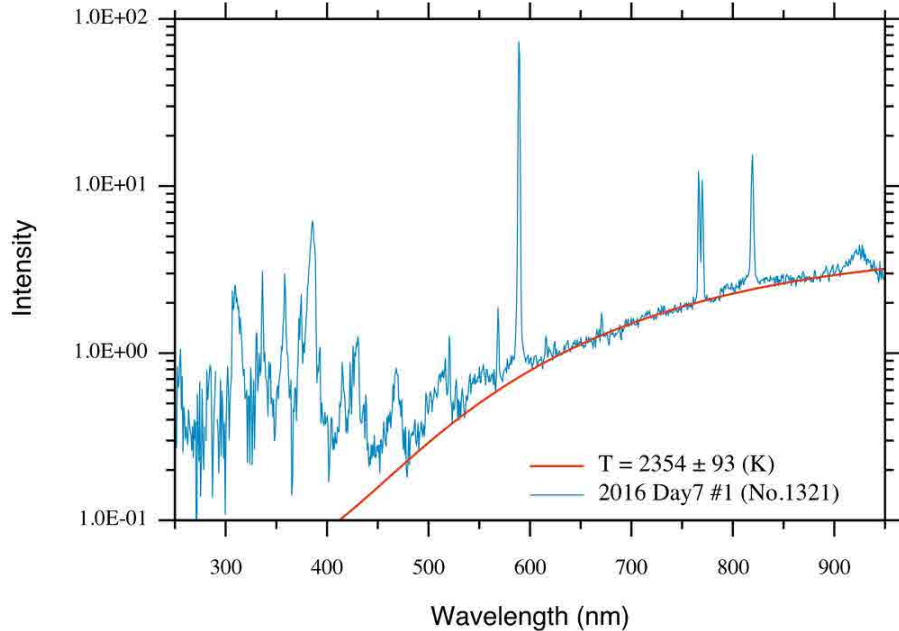
Chelyabinsk meteorite



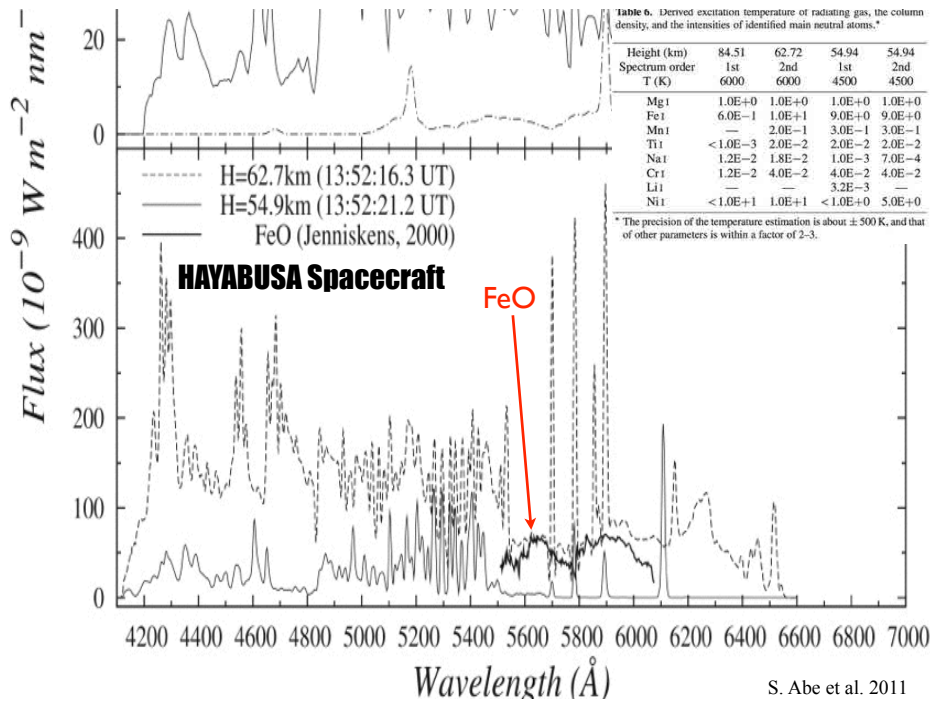
Iron meteorite



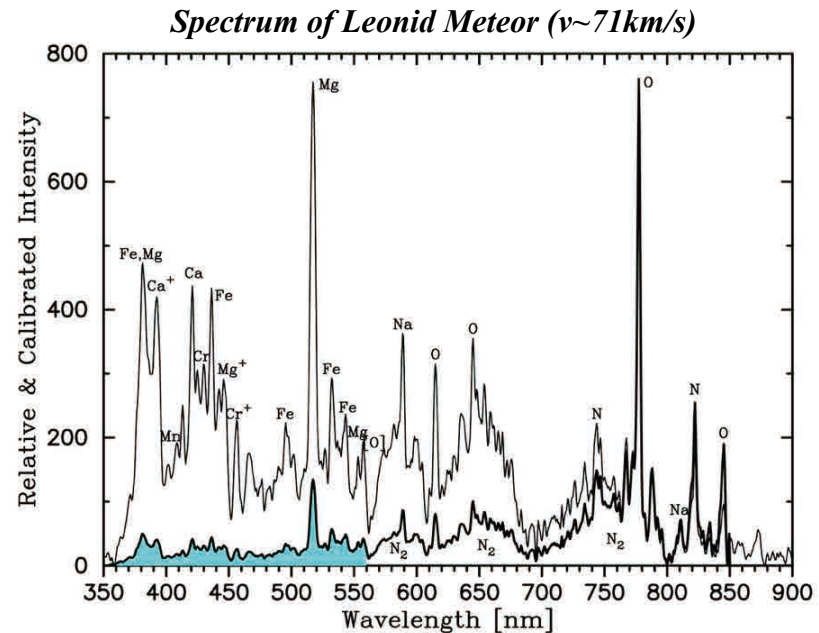
Chelyabinsk meteorite



S. Abe et al. 2011

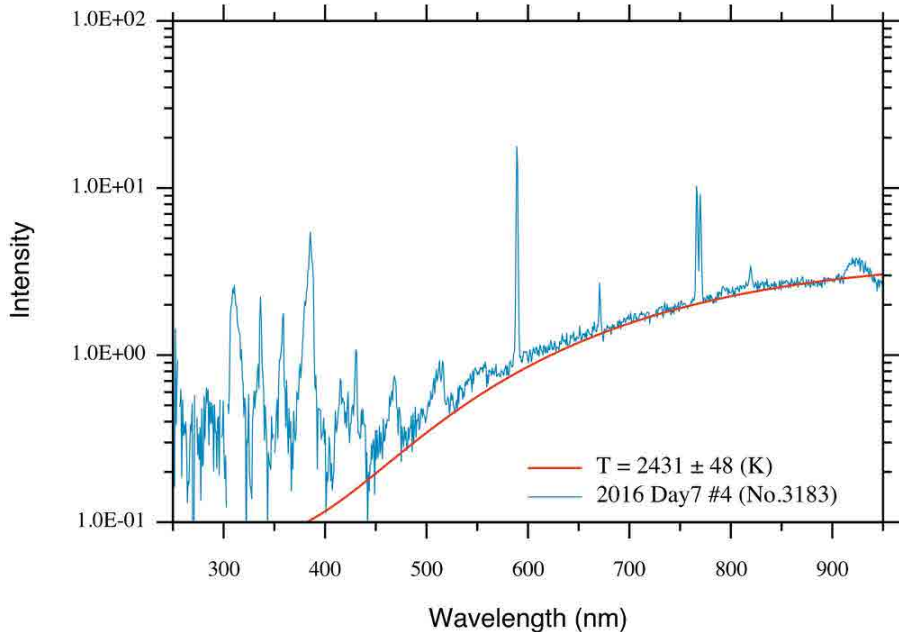


S. Abe et al. 2011

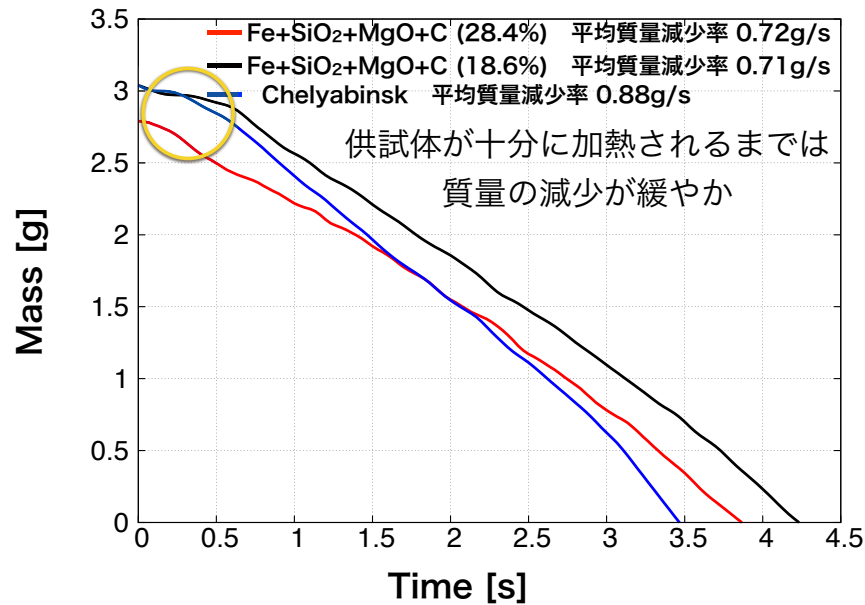


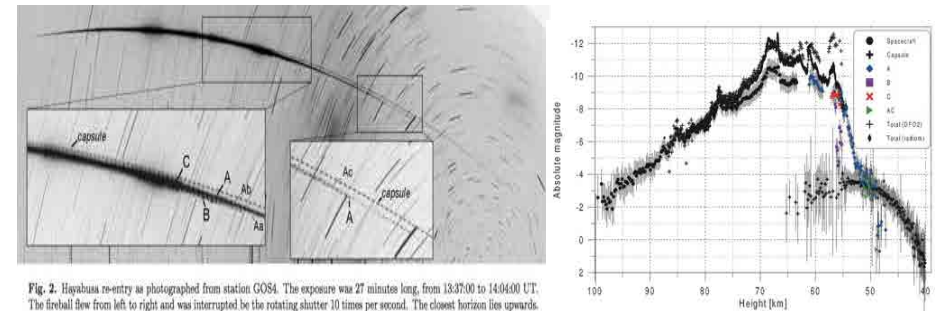
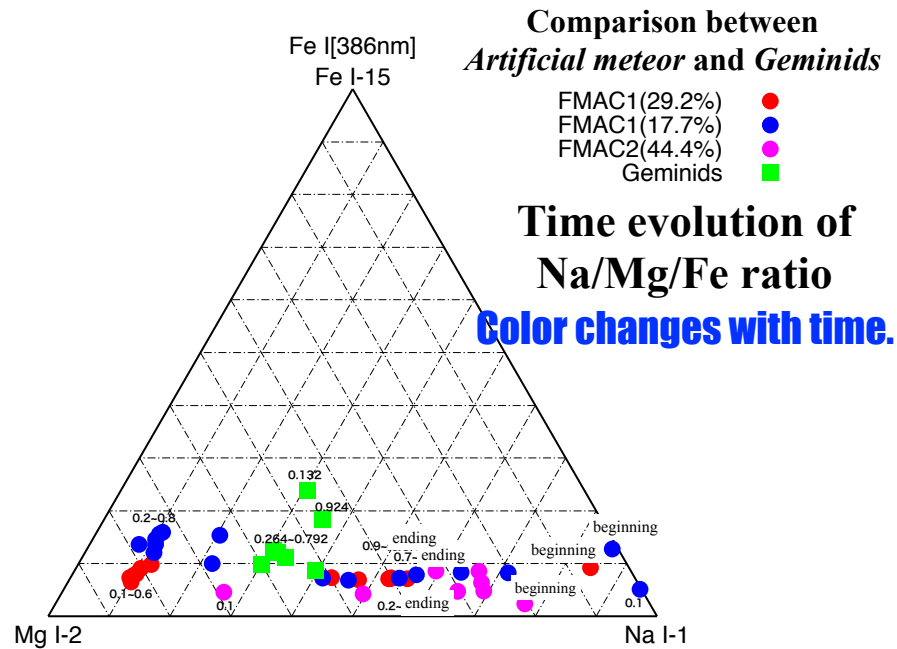
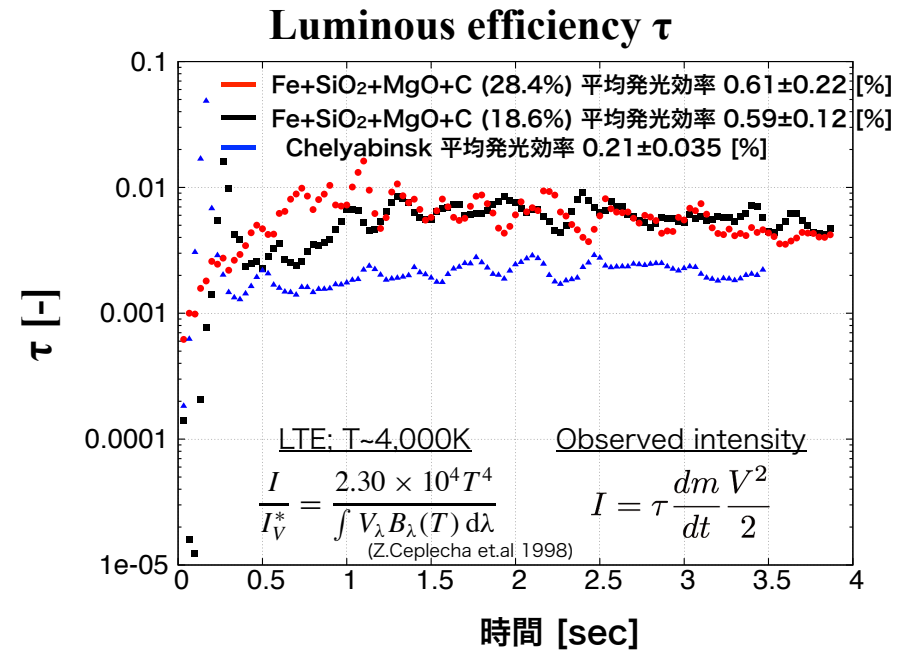
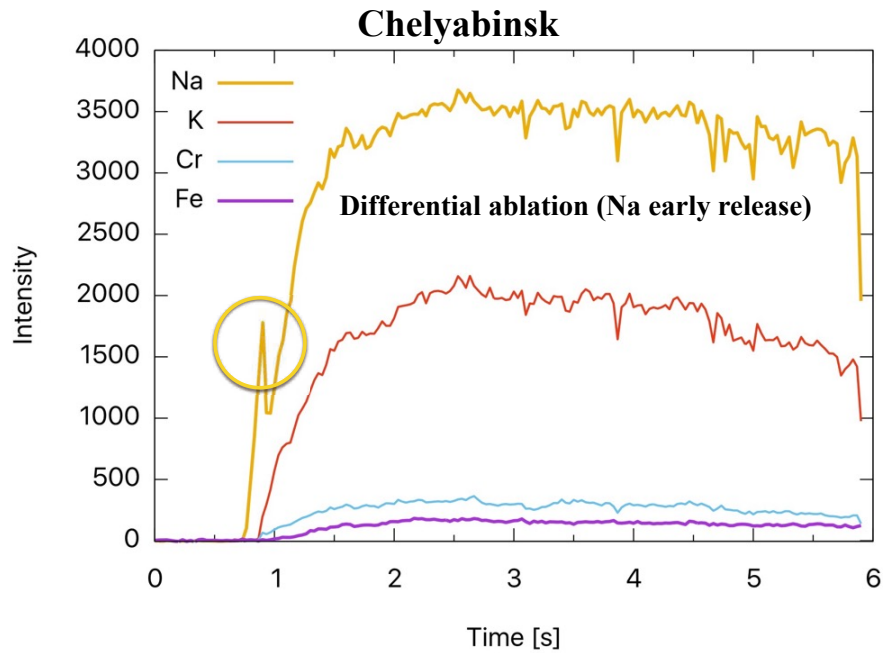
S. Abe (2000)

信楽焼 Shigaraki pottery



高速度カメラから計測した質量減少率



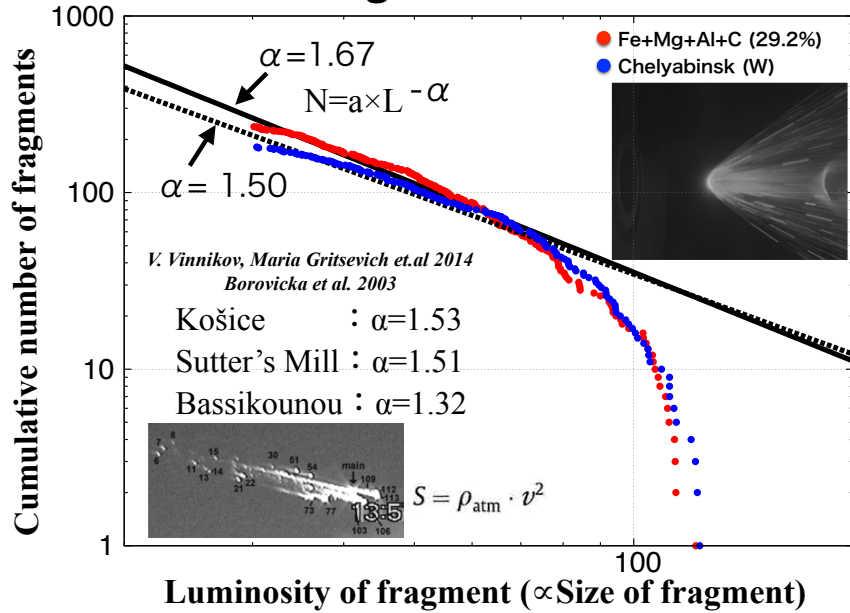


- The maximum absolute magnitude of the fireball of **-12.6** was reached at a height of **67 km**
- The dynamic pressures acting on the spacecraft at the fragmentation points were only **1–50 kPa**
- No spacecraft fragment was seen to survive below a height of **47 km**
- The integral luminous efficiency of the spacecraft was **1.3%** and the capsule was **0.03%**

Geocentric orbit	
Eccentricity	1.32
Inclination	34.52°
Right ascension of the ascending node	7.58°
Pericenter distance	6310 km
Longitude of pericenter	255.58°
Heliocentric orbit (J2000.0)	
Semimajor axis	1.278 AU
Perihelion distance	0.9824 AU
Eccentricity	0.231
Inclination	1.59°
Argument of perihelion	145.63°
Longitude of the ascending node	82.360°

Borovická, Abe, Shrenbý, Spurný, Bland, 2011

Fragmentation



人工流星実験の歴史

- 1946年12月17日：世界初の人工流星実験がDr. Fritz ZwickyによりドイツV2ロケットで試みられたが、ロケットが爆発して失敗。
- 1957年10月16日（人類初の人工衛星スプートニク打ち上げの12日後）：V2ロケットを使い、Dr. Fritz Zwickyらが米空軍がホワイト・サンズで実験を行い、直径数cmの3発のアルミニウム球が埋め込まれた釣鐘型弾薬を高度87kmで爆発させ、秒速15kmに加速させて人工流星を発生させることに成功。爆発で生じたデブリの一部は、地球重力圏を超えて太陽の周りを回る軌道に入ったため、人類初の深宇宙人工物体になった。
- 1960年代後半にはNASAラングレー研究所(Gale A. Harveyら)が、サウンディング・ロケットとキックモーターを使った人工流星実験を何度も行っている。1-2cmほどの金属弾丸を弾道飛行と多段ステージで秒速11-12kmまで加速して地球大気圏に再突入させ、0等級の流星を発生させている。

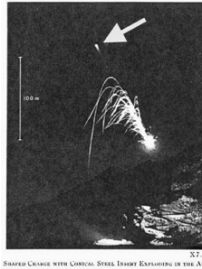
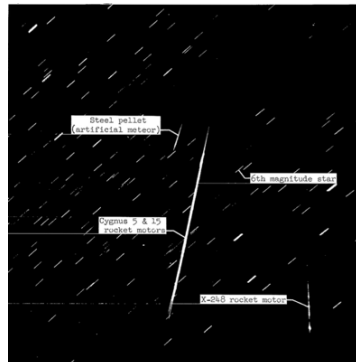
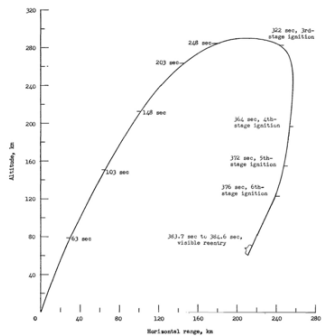
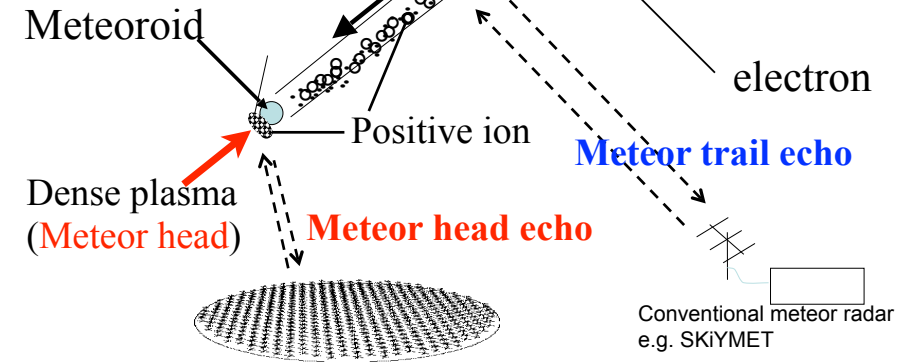


Figure 1-7. Tailfinet hit while in launch position. 1-68-002

流星ヘッドエコーとトレイルエコー Meteor head and trail echoes

メテオロイドが超高速(11-70km/s)で地球大気圏に突入することにより生じるプラズマ中の電子のうち、メテオロイドと同じ運動をするヘッドプラズマに1MWの3msのパルスレーダーを照射してドップラ速度の時間変化を計測。また、受信部干渉計を利用した位置計測を同時に行う。



Kyoto University, RISH京都大学 生存圏研究所 信楽MULレーダー Middle and Upper Atmosphere Radar

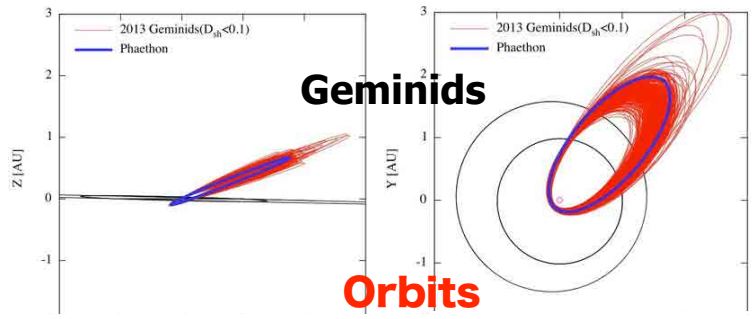
Monostatic coherent pulse Doppler radar
VHF (46.5 MHz), 1MW peak power, 475 crossed Yagi antennas
Pulse length: 1-500 μ s, Antenna aperture: 8330m² (D=103m)



Observed number of meteors, normalized by beam area, versus RCS (Radar Cross Section) and radial distance from beam centre.

>180k meteoroids were detected during 2009-2016
18万個以上の流星を観測

3,000 - 4,000 meteor head echoes / day
Data rate ~ 20GB/hour
average σ of velocity ~ 0.25 km/s
average σ of perihelion = 0.003 AU



Object	Date	a	e	i	ω	Ω	D_{sh}
	UT	au	-	$^{\circ}$	$^{\circ}$	$^{\circ}$	-
Phaethon	-	1.27	0.89	22.2	322.1	265.2	-
1-radar	Dec/14	1.27	0.89	23.6	325.1	262.6	-
1-opt	15:29	1.22	0.88	23.5	325.1	262.6	0.013
2-radar	Dec/13	1.20	0.89	24.1	325.8	261.7	-
2-opt	18:49	1.39	0.91	23.2	325.8	261.7	0.030
3-radar	Dec/13	1.21	0.89	22.5	324.5	261.6	-
3-opt	16:14	1.26	0.88	22.7	324.5	261.6	0.037
Geminids	2010	1.30	0.899	25.0	326.1	262.3	-

Origin of life

by pre-biotic organics from space?

Tagish Lake meteorite

Organics; 6wt%
(Ordinary chondrite: 2wt%)

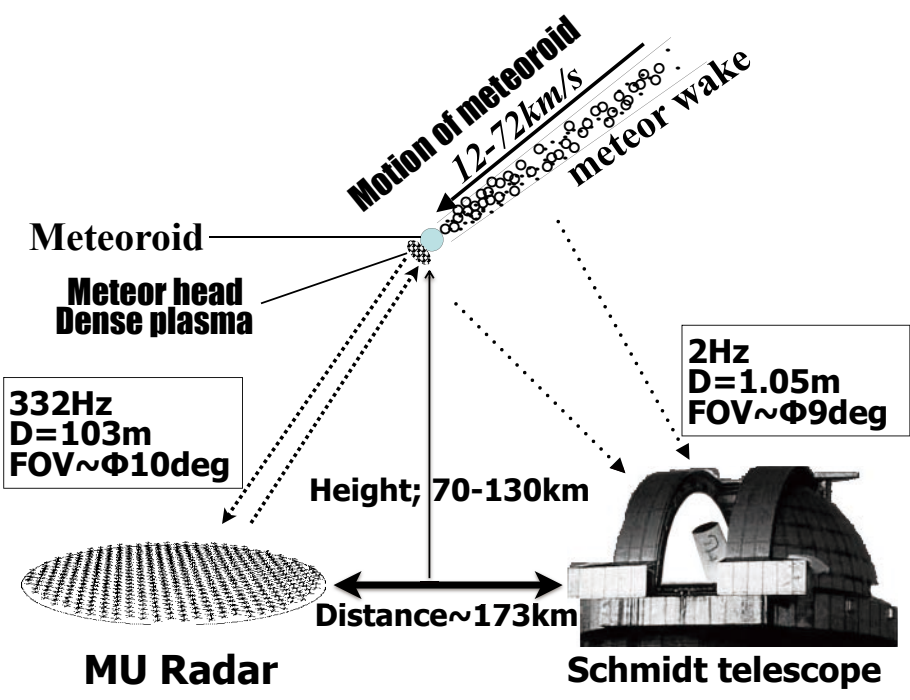
- ▶ meteorites 100 ton/yr Chyba & Sagan (1997)
- ▶ comets&asteroids 100 million ton/yr Chyba & Sagan (1997)
- ▶ IDPs 100 million ton/yr Maurette et al. (2000)
- ▶ meteoroids 1 billion ton/yr Jenniskens (2000)

Left) Allende meteorite; CV3 (Mexico in 1969)
Center) Tagish Lake; C2 (ungrouped) (Canada in 2000)
Right) Murchison meteorite; CM2 (Australia in 1969)

early Earth

NASA スターダスト探査機 (2004-2006)
81P/Wild彗星からのサンプル回収

アミノ酸とは、アミノ基とカルボキシル基の両方の官能基を持つ有機化合物の総称。タンパク質をつくるアミノ酸は、グリシン以外にアラニン、アスパラギン、ロイシン、イソロイシンなど20種類があり、そのうち、トリプトファン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、トレオニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、ヒスチジンの9種類はヒトの必須アミノ酸とよばれる。これら9種類は自分でつくれないので栄養としてとらねばならない。



Thanks for your order!

www.star-ale.com
global.star-ale.com

On-demand Meteor Shower

First test in 2018