

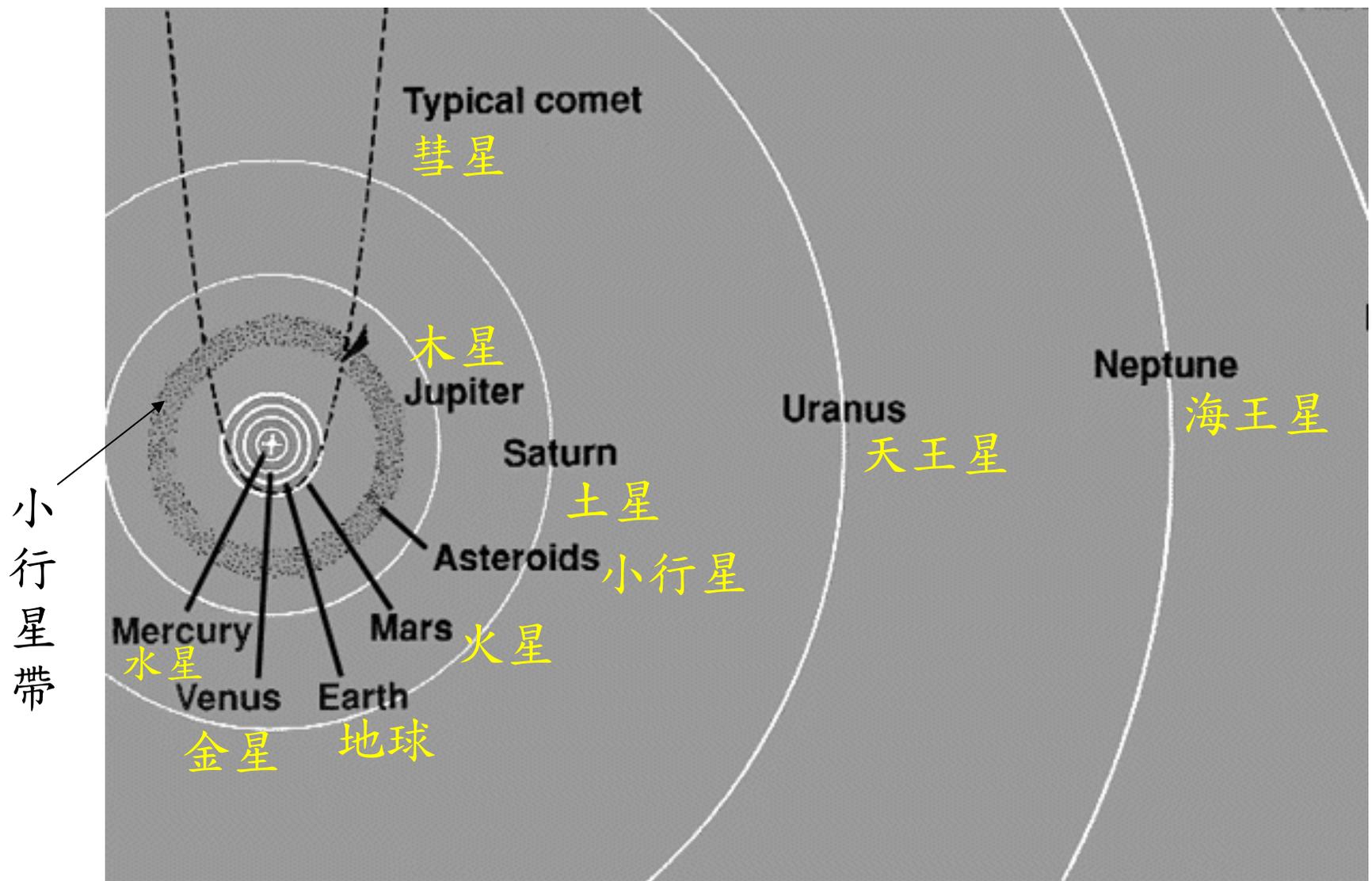
# 宇宙來的災禍 - 世界如何被毀滅？

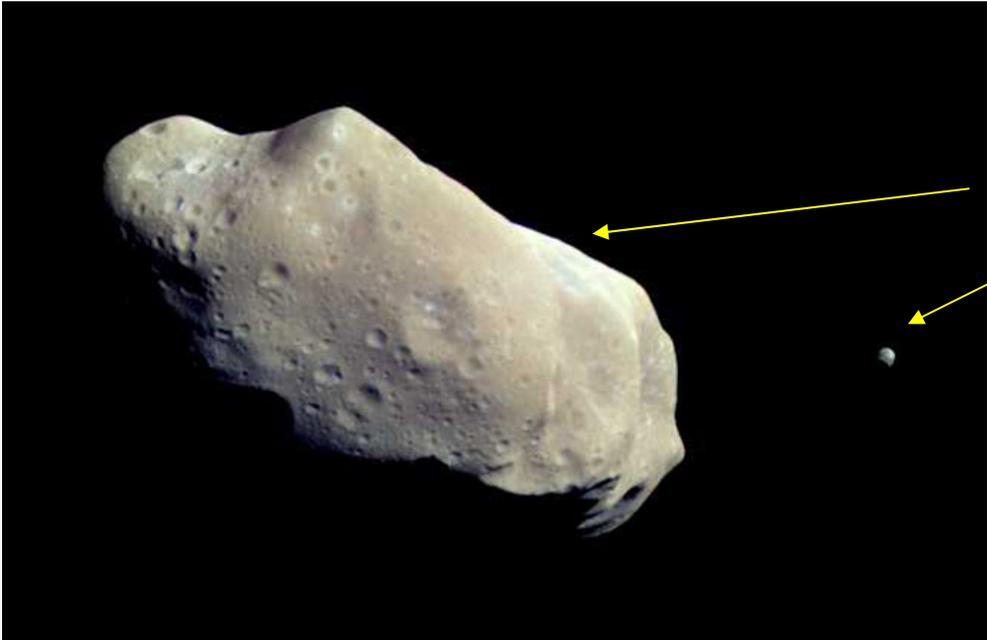
朱明中

香港中文大學物理系

# 宇宙來的災禍

- 小行星(asteroid)、隕星(meteoroid)、彗星(comet)
- 太陽風暴
- 超新星 (Supernova)
- 磁星 (Magnetar)
- 伽瑪射線爆發 (Gamma Ray Burst)

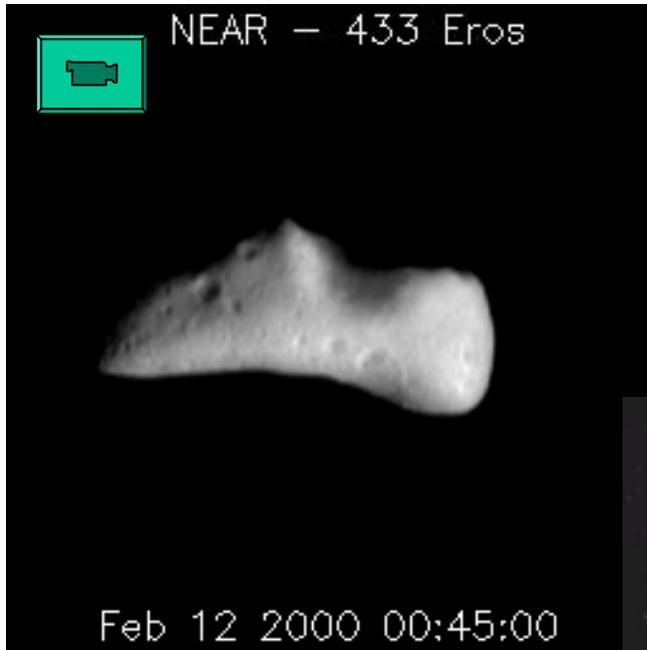




Ida 與 Dactyl

典型小行星



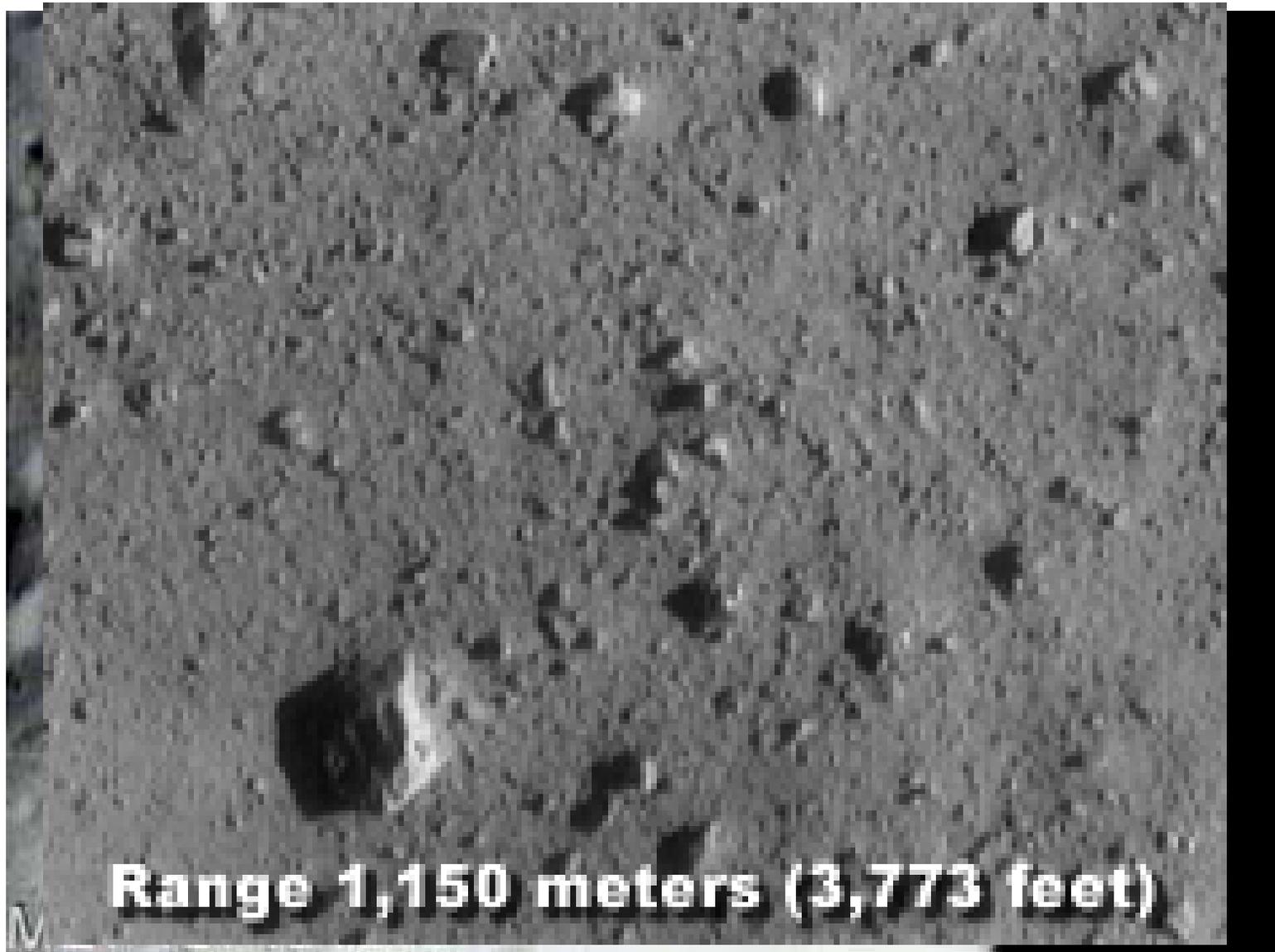


太空船NEAR於 21/2/01 登陸  
愛神星

Asteroid Eros  
愛神星

Photos courtesy NASA





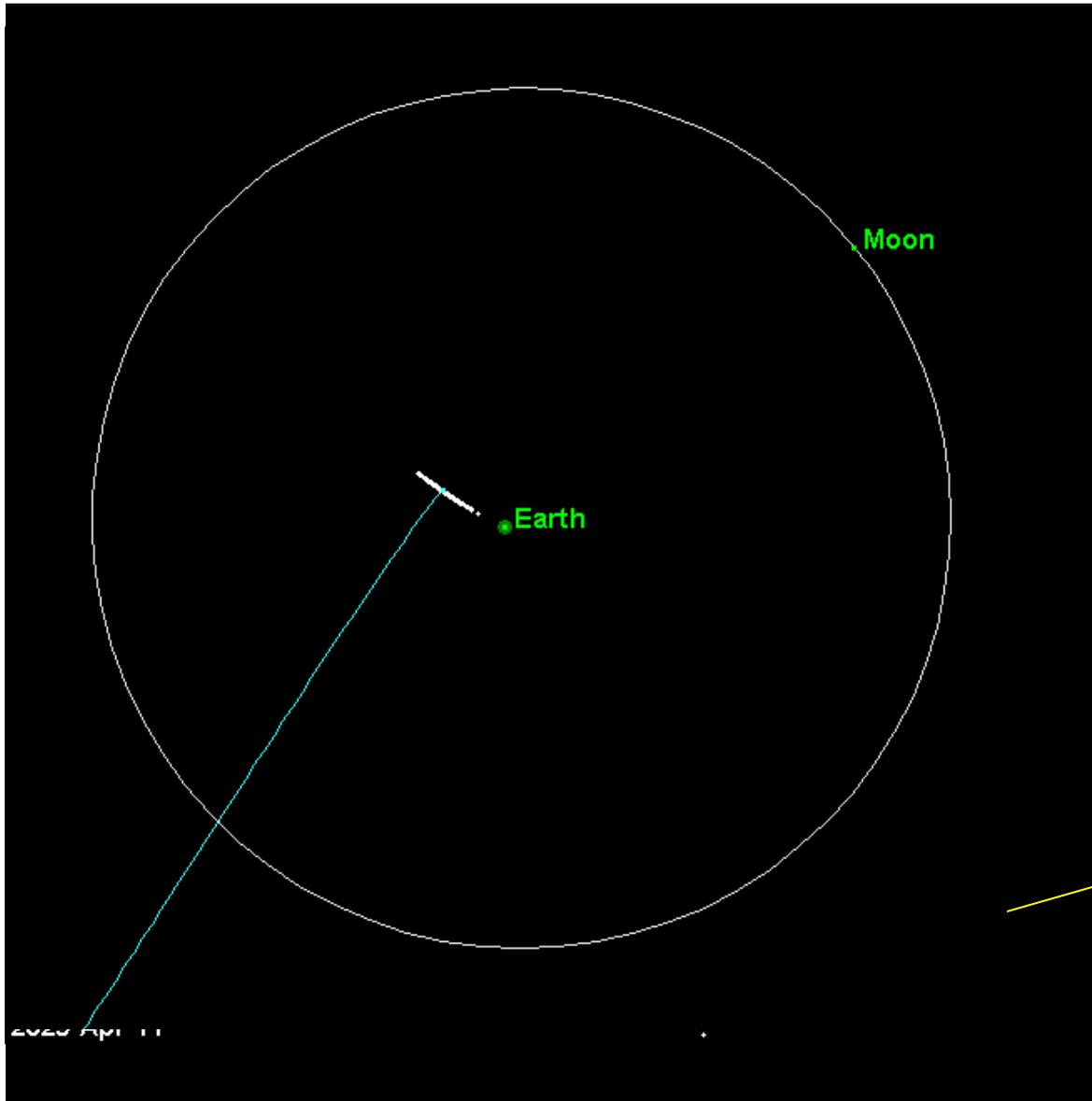
Photos courtesy NASA

太空船NEAR於 21/2/01 登陸  
愛神星

- 大部份小行星軌道於木星及火星之間，但小部份軌道延伸至內太陽系 ~ 874 PHA <http://neo.jpl.nasa.gov/neo/groups.html>
- 阿波羅 - 阿莫爾物體 (Apollo - Amor objects) 是已知有機會撞地球的小行星
  - 平均每250,000年一次撞擊!
  - 例如: 1/1999, 一顆 9m 大小的小行星運行至地月距離一半之處; 撞擊能量 ~十倍廣島原子彈
  - 2/1994, 一顆15m大小的小行星於南太平洋上空爆炸，能量 ~五倍廣島原子彈

未知軌道的近地小行星數量遠多於已知的！

## 例如: 2004 MN4



23/12/2004 發現  
~ 400m 大小，將  
於13/04/2029最接  
近地球

小行星可能位置



TON DAVIS  
3-22-91

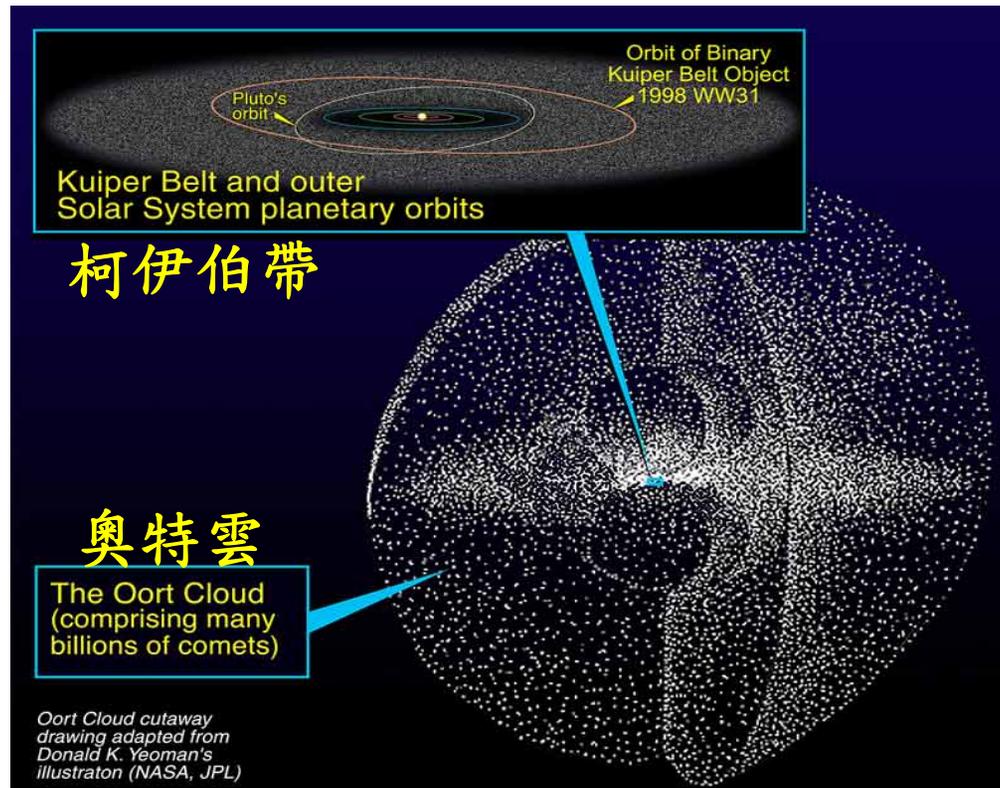


Comet Hale-Bopp  
海爾-博普彗星

Comet  
Halley  
哈雷彗星

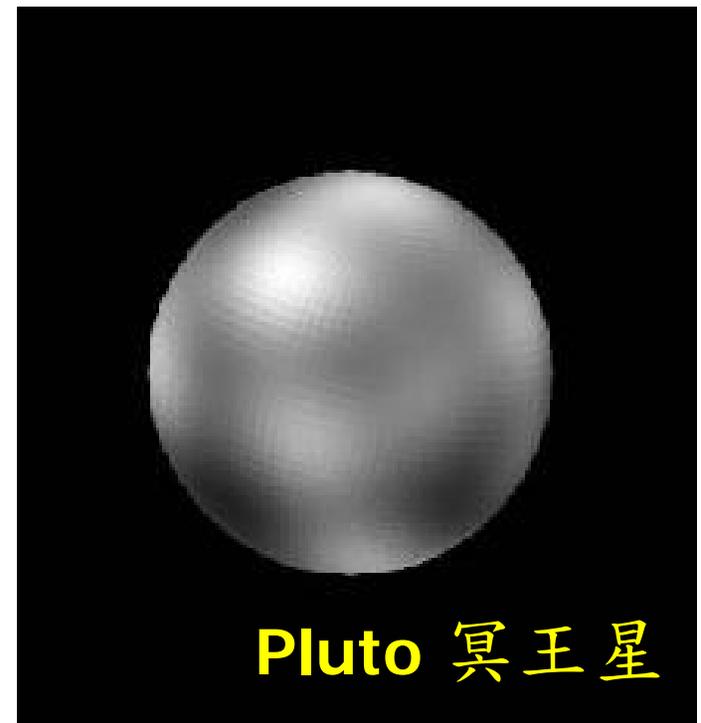


- 彗星源自太陽系外圍之柯伊伯帶(Kuiper Belt)或奧特雲(Oort Cloud)
- 小部份受行星影響改變軌道，運行至內太陽系
- 主要成份為冰雪，近太陽時氣化→彗尾



# 柯伊伯帶物體 (Kuiper Belt Objects)

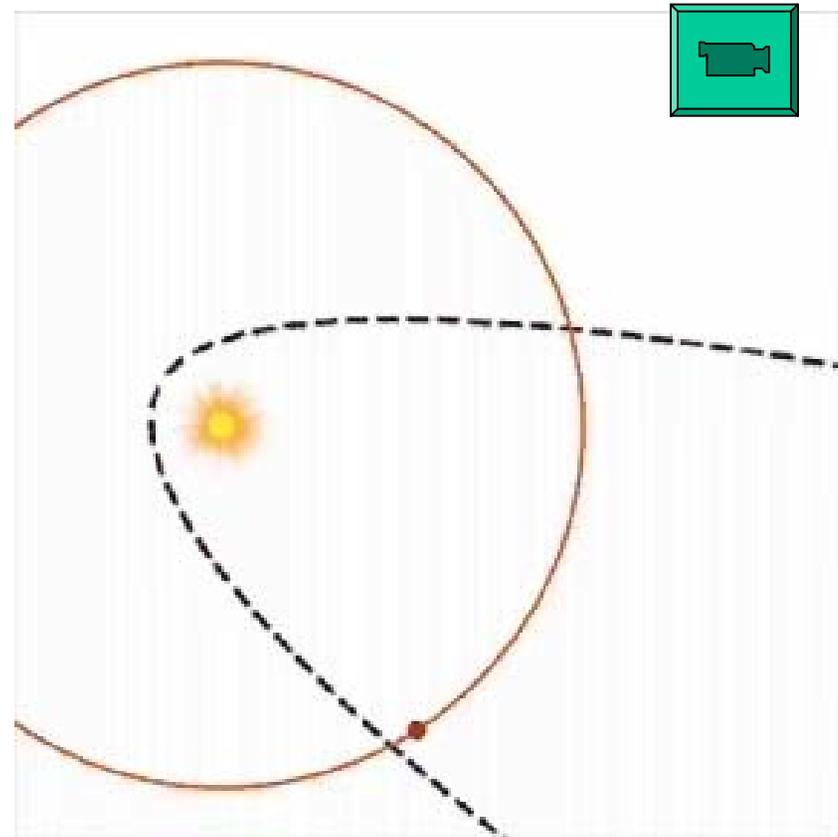
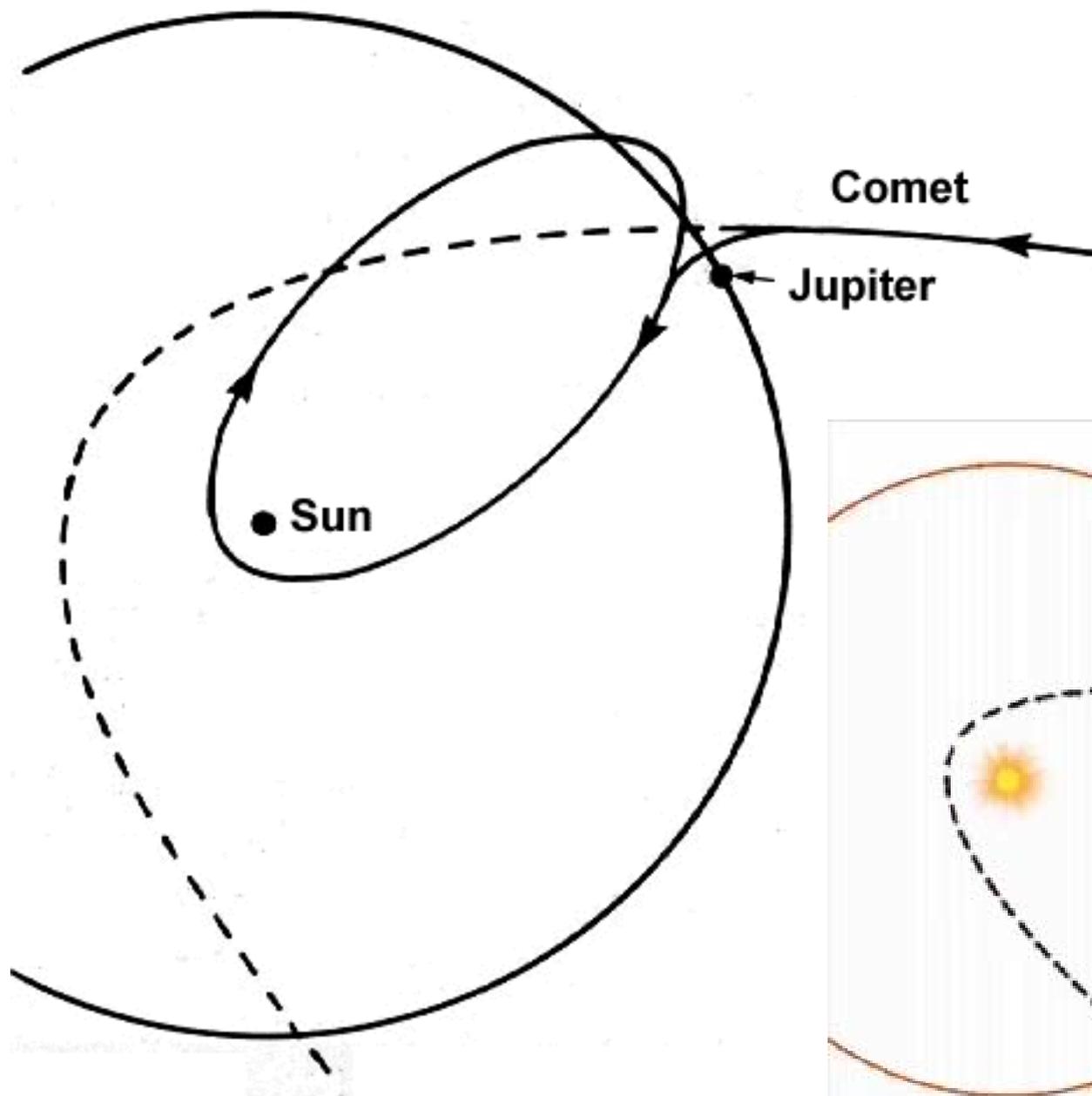
- ❖ 成份: 沙石, 冰,  $\text{CO}_2$ , 甲烷
- ❖ 典型大小: 幾十公里
- ❖ 冥王星亦是柯伊伯帶物體之一



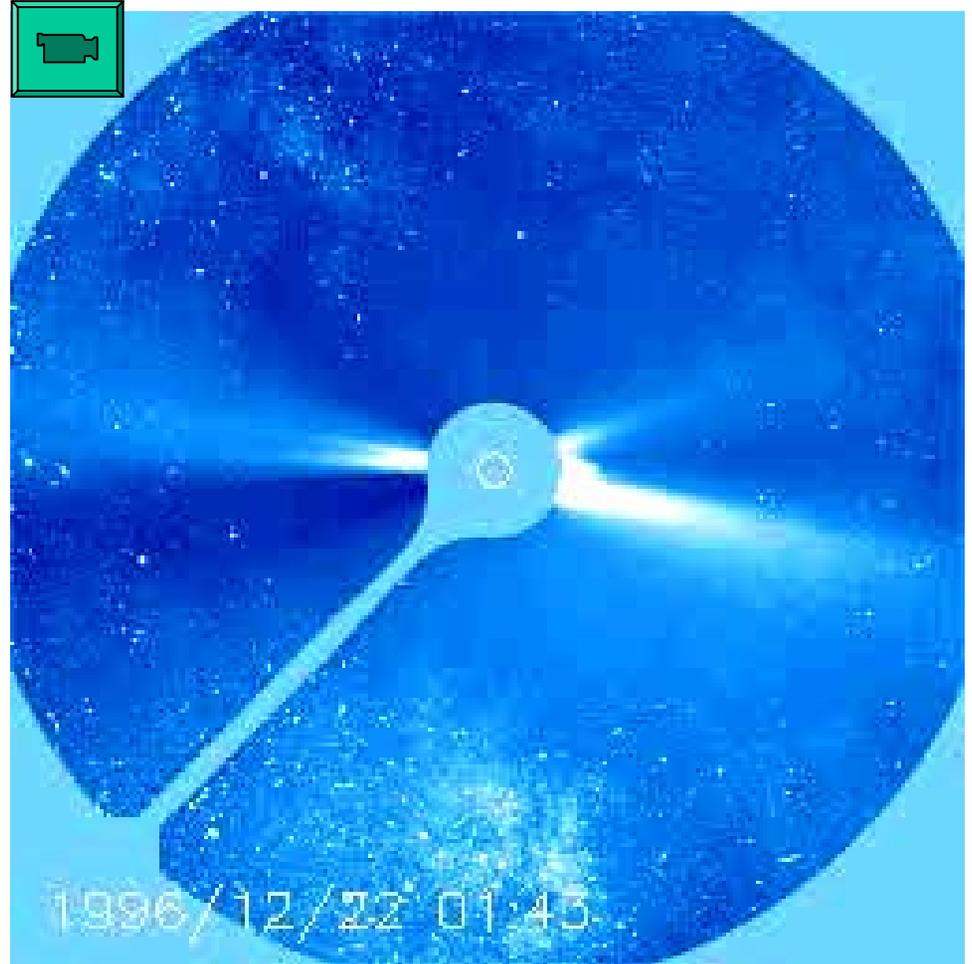
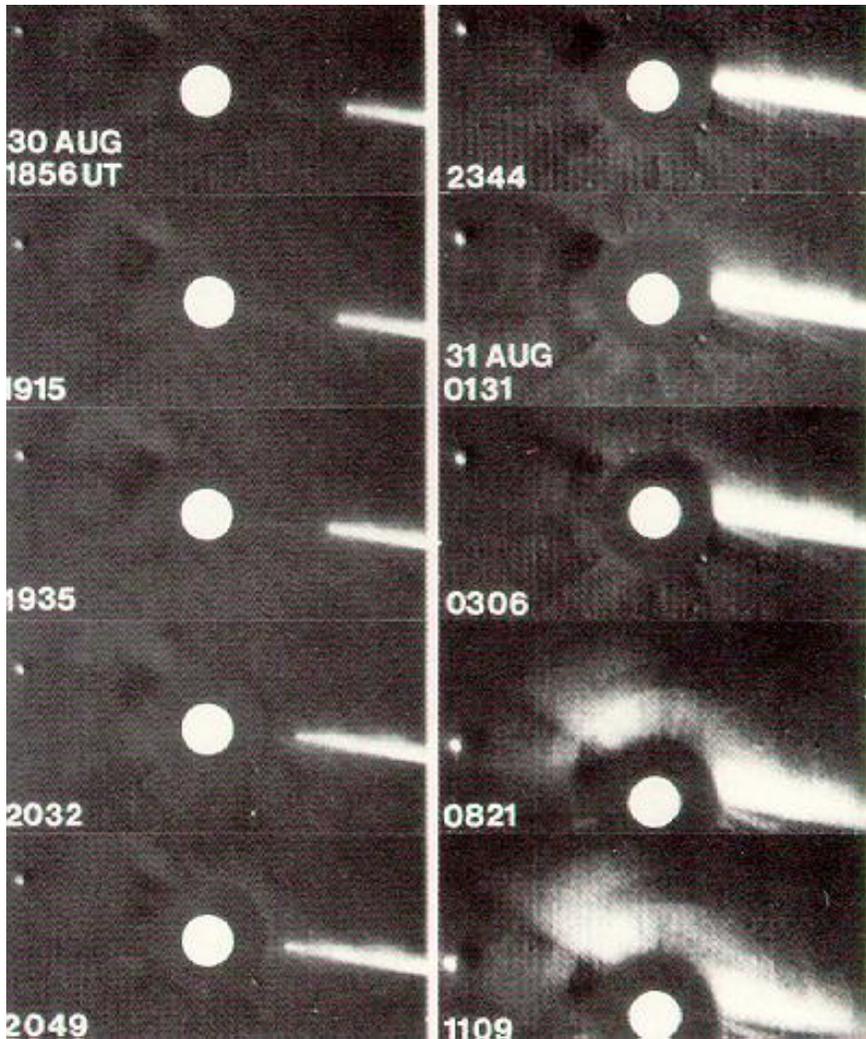
Animation and figure by NASA

# 彗核受熱氣化





# 質量流失→軌道改變



彗星撞進太陽

# 已知最大的柯伊伯帶物體



**"Xena"**  
(2003 UB313)



**Pluto**



**2005 FY9**



**2003 EL61**



**Sedna**

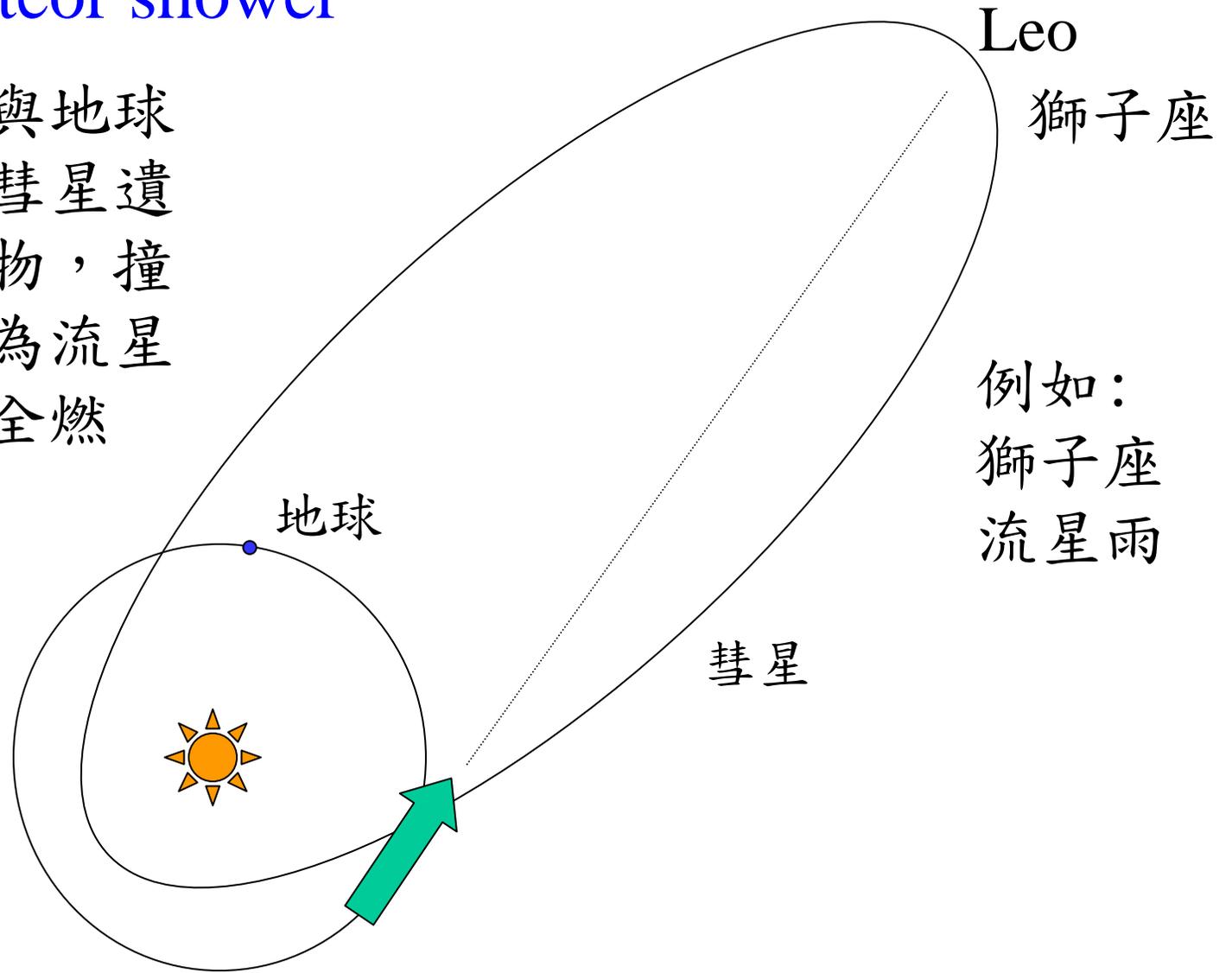


**Quaoar**



# 流星雨 Meteor shower

若彗星軌道與地球軌道相交，彗星遺留大量殘餘物，撞上地球便成為流星（在大氣完全燃燒）或隕星



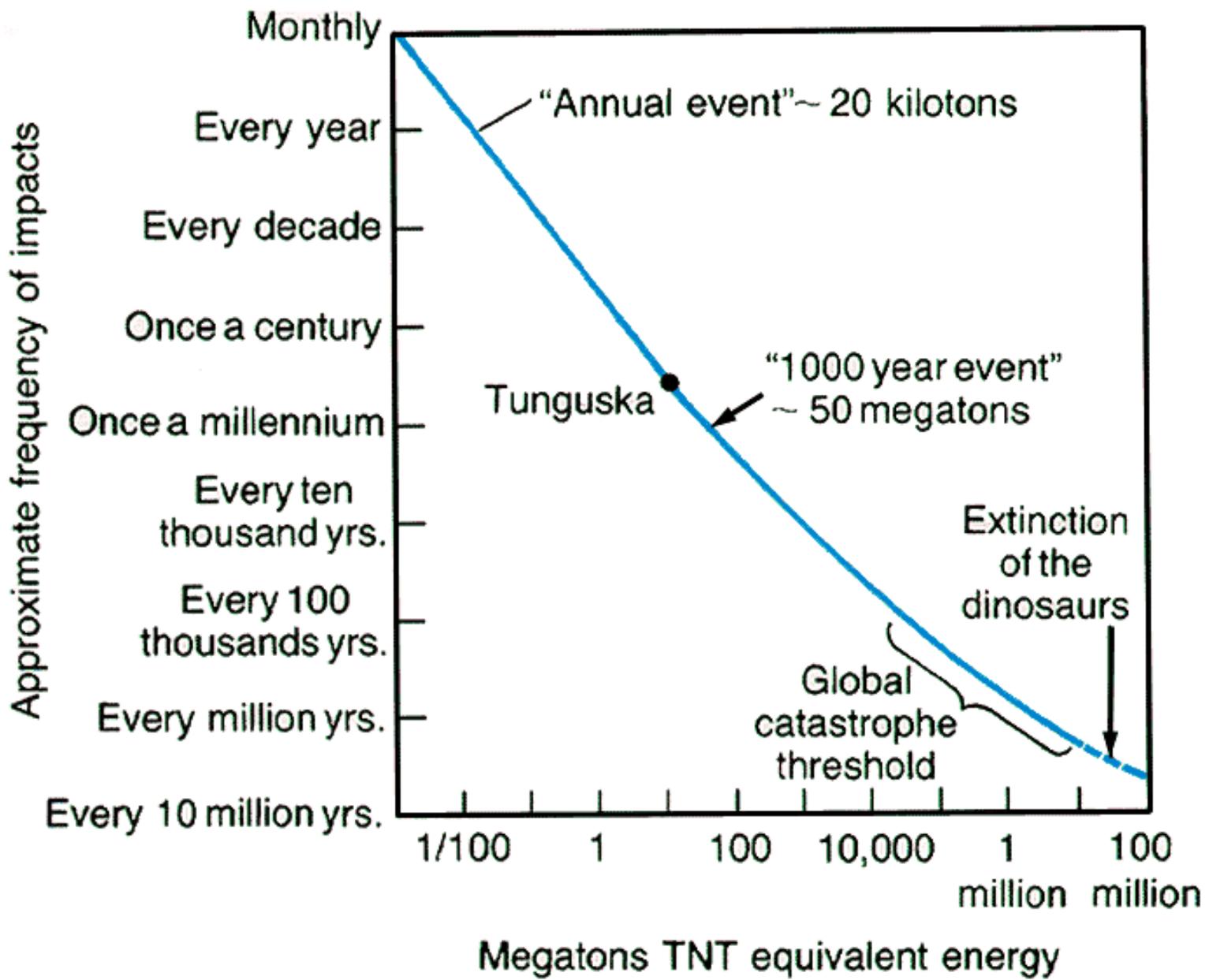


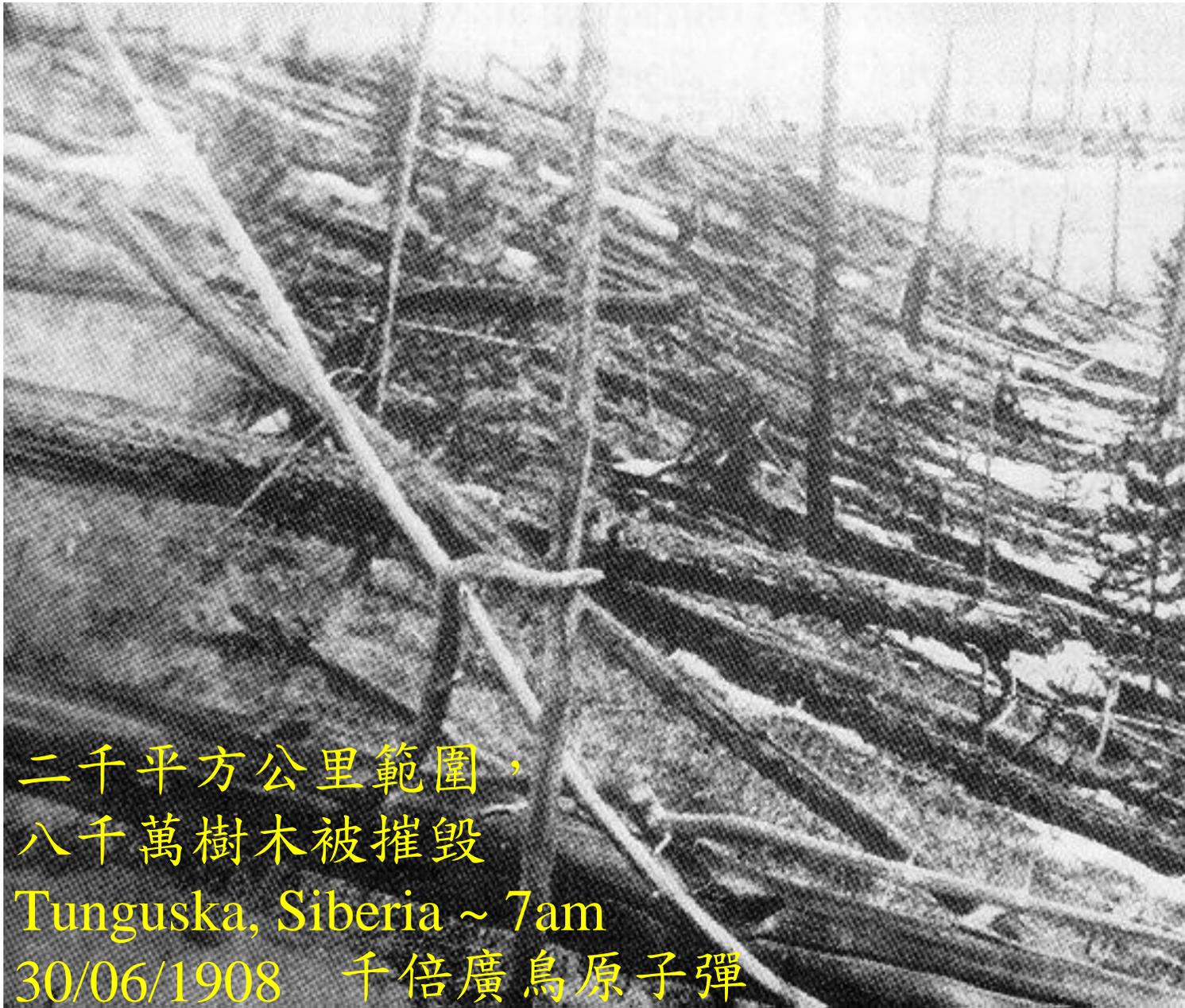
更吹落，星如雨

# 隕星 (Meteoroids)



撞擊頻率



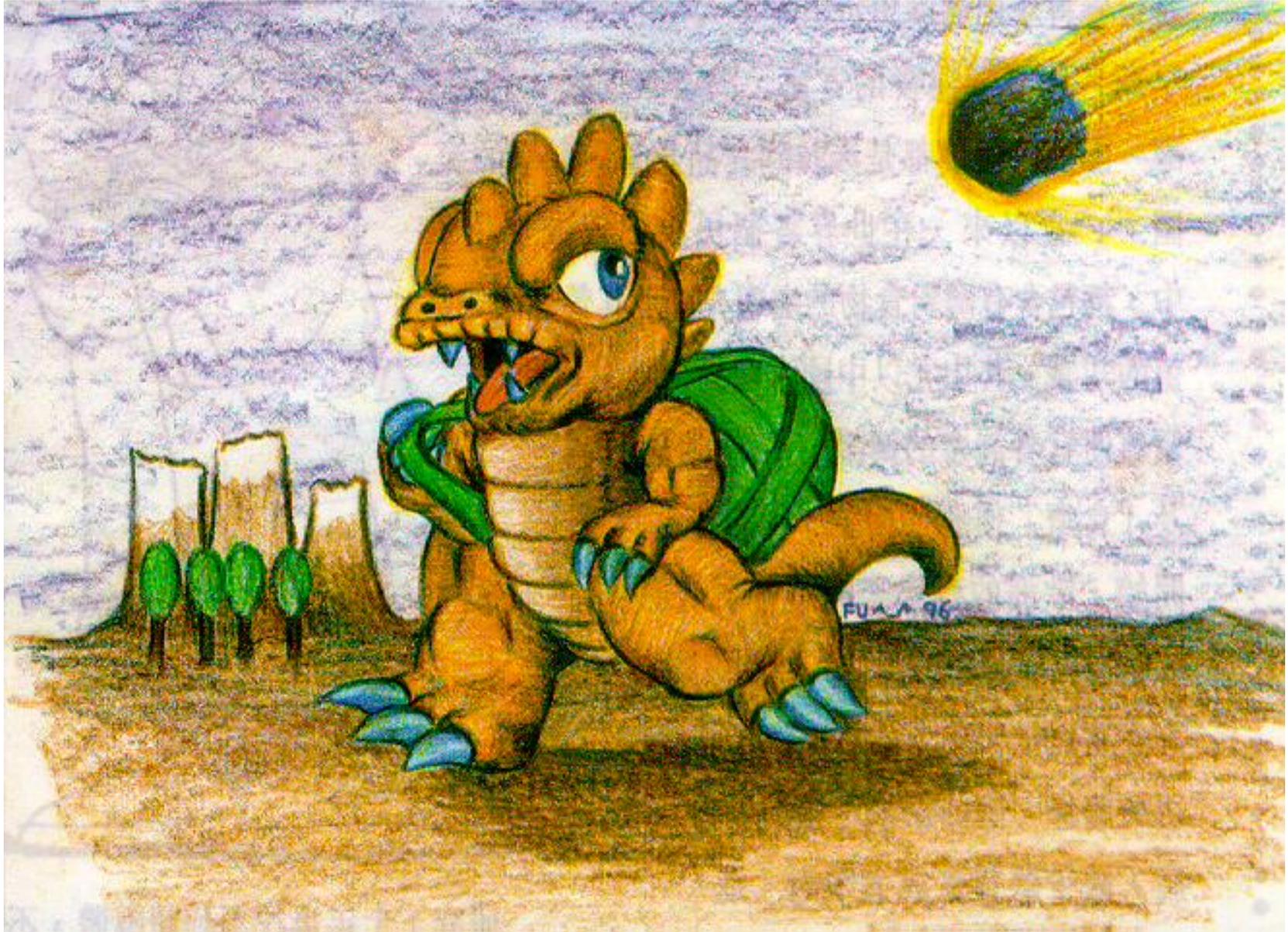


二千平方公里範圍，  
八千萬樹木被摧毀

Tunguska, Siberia ~ 7am

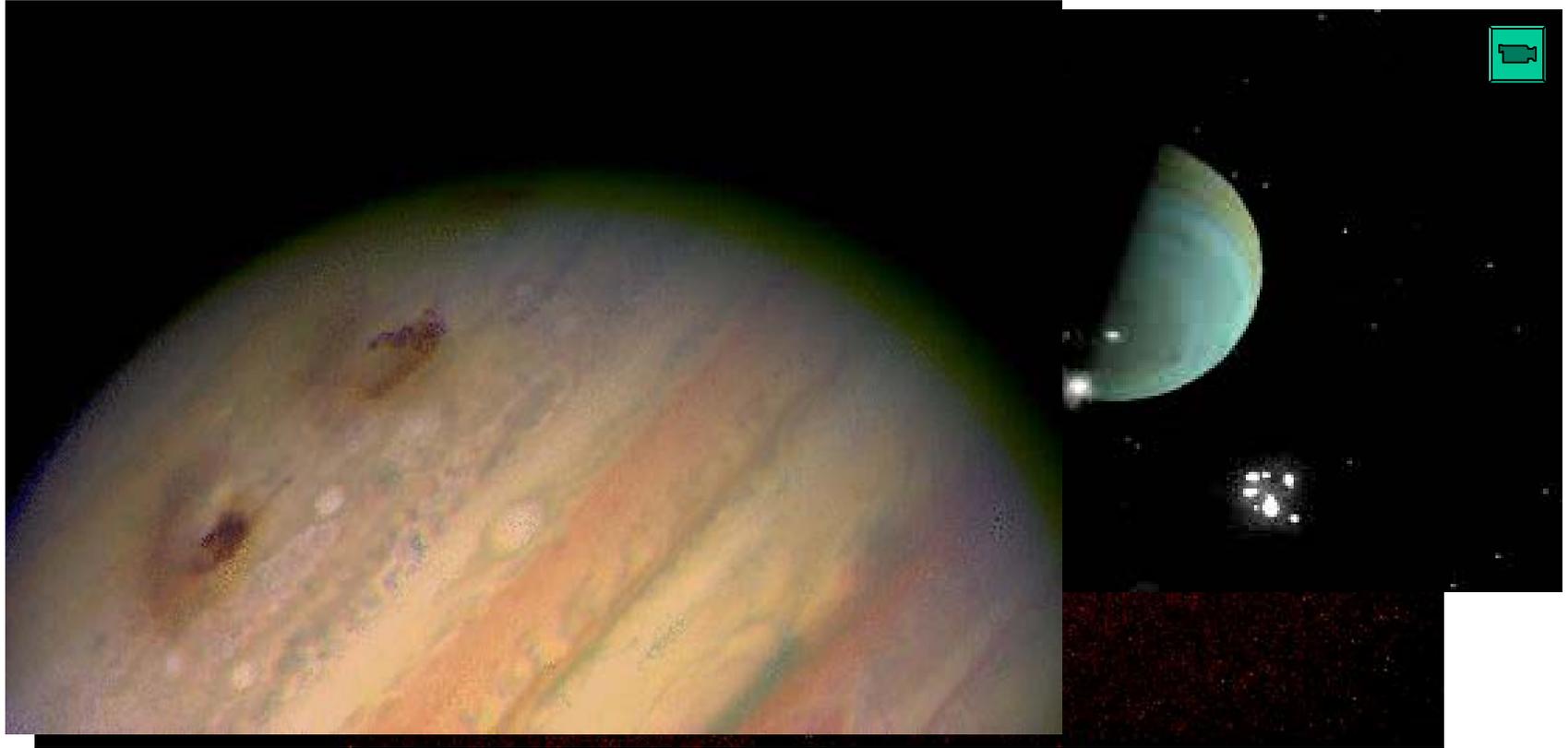
30/06/1908 千倍廣島原子彈

[http://en.wikipedia.org/wiki/Tunguska\\_event](http://en.wikipedia.org/wiki/Tunguska_event)



最流行的恐龍絕種 (6,500萬年前)理論

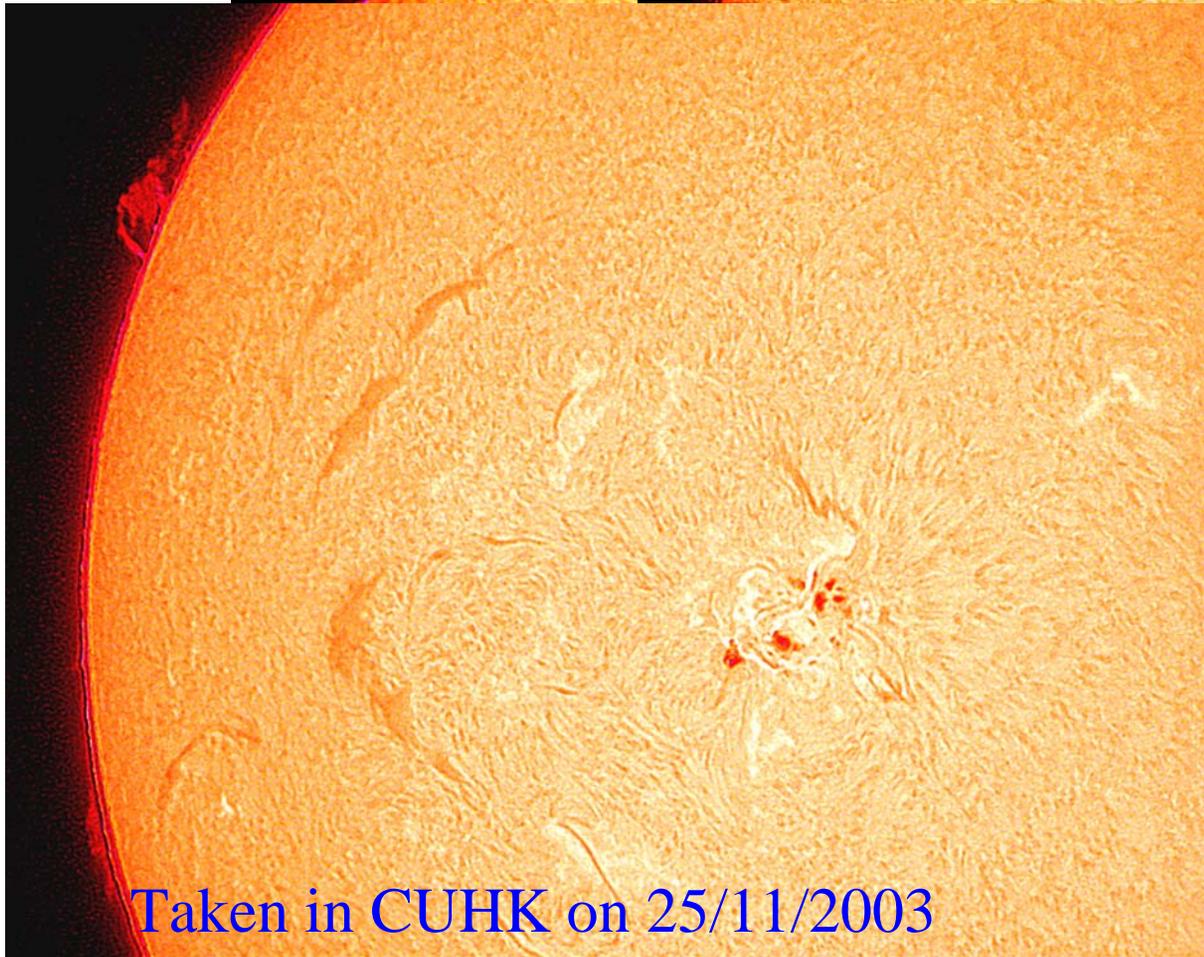
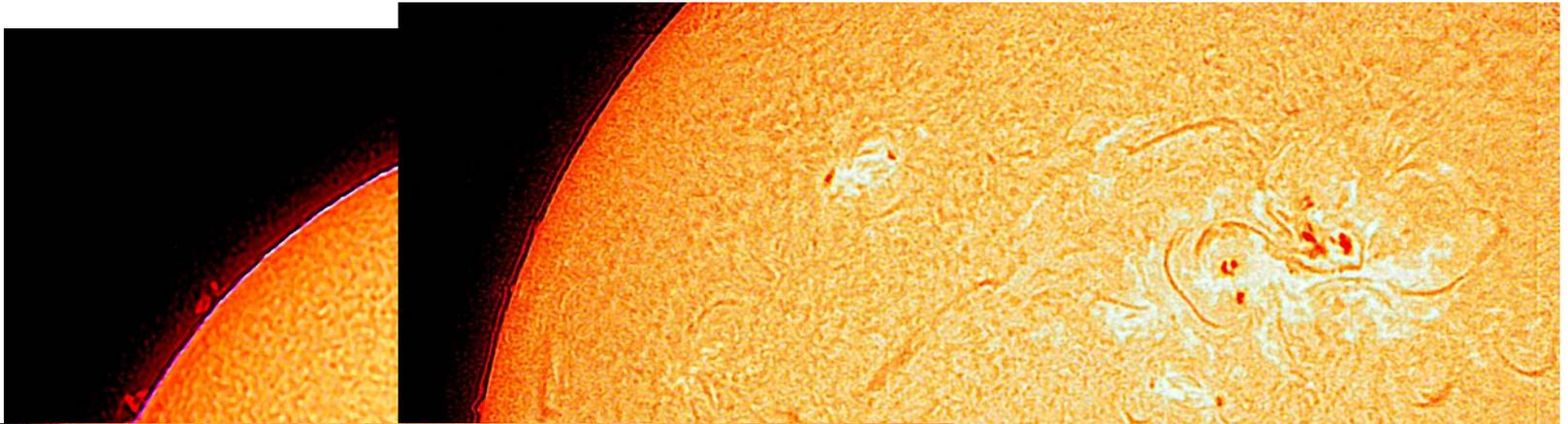
# Comet Shoemaker-Levy 9



若木星、土星減磅二十倍:

**地球平均每十萬年受滅絕性撞擊!**

有紀錄  
以來最  
猛烈太  
陽風暴

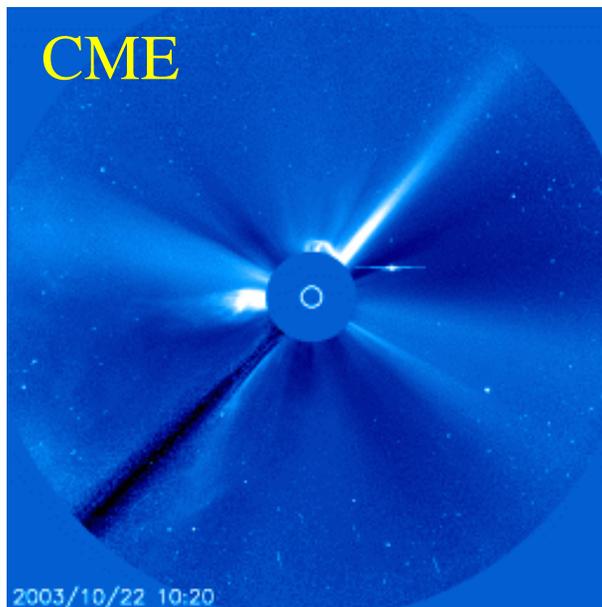
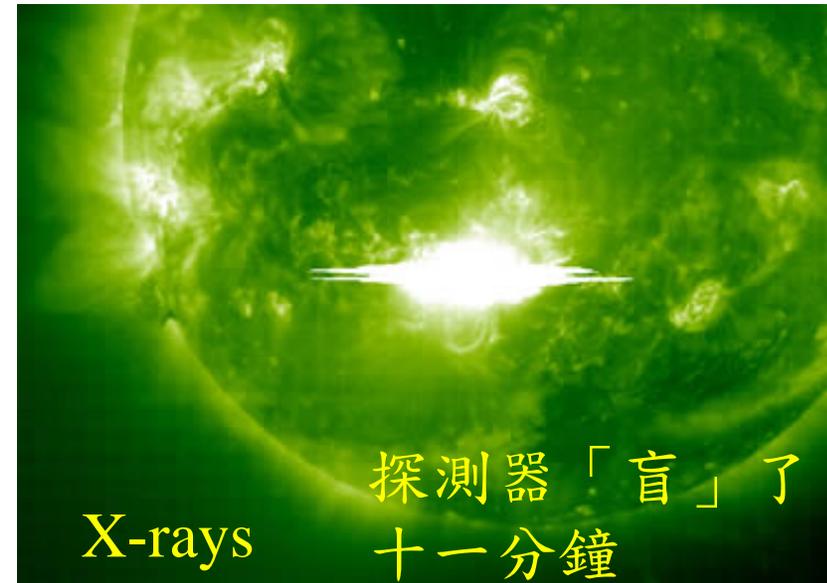
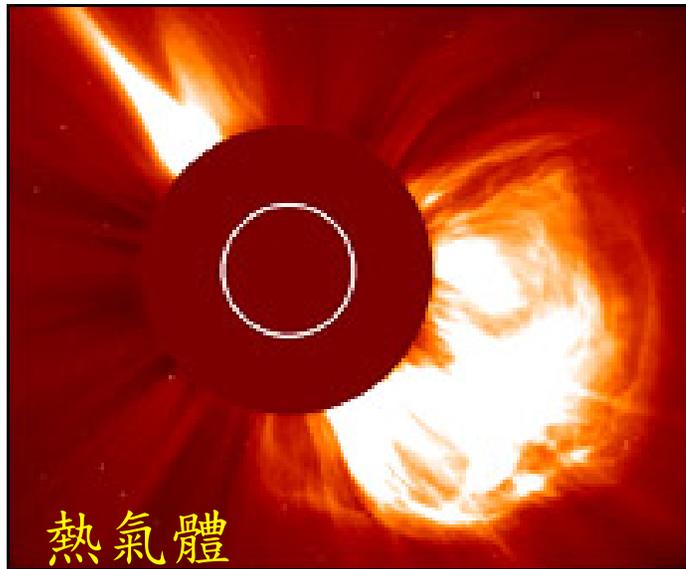


HK on 29/11/2003

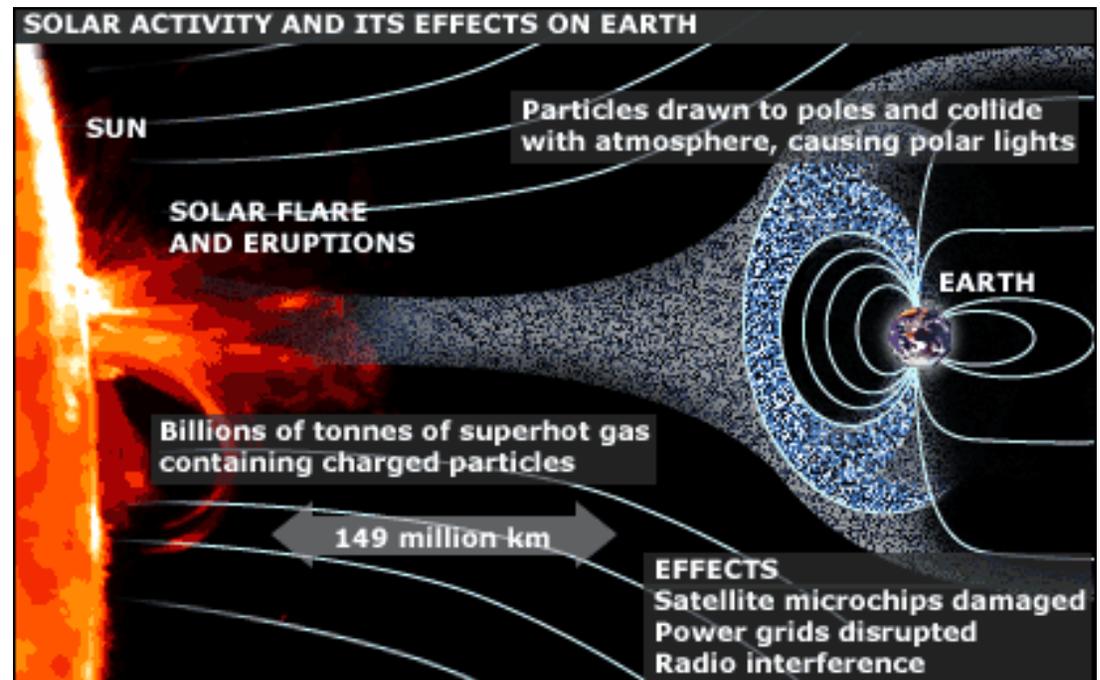
Taken in CUHK on 25/11/2003



# Halloween Solar Storm 29/10/2003

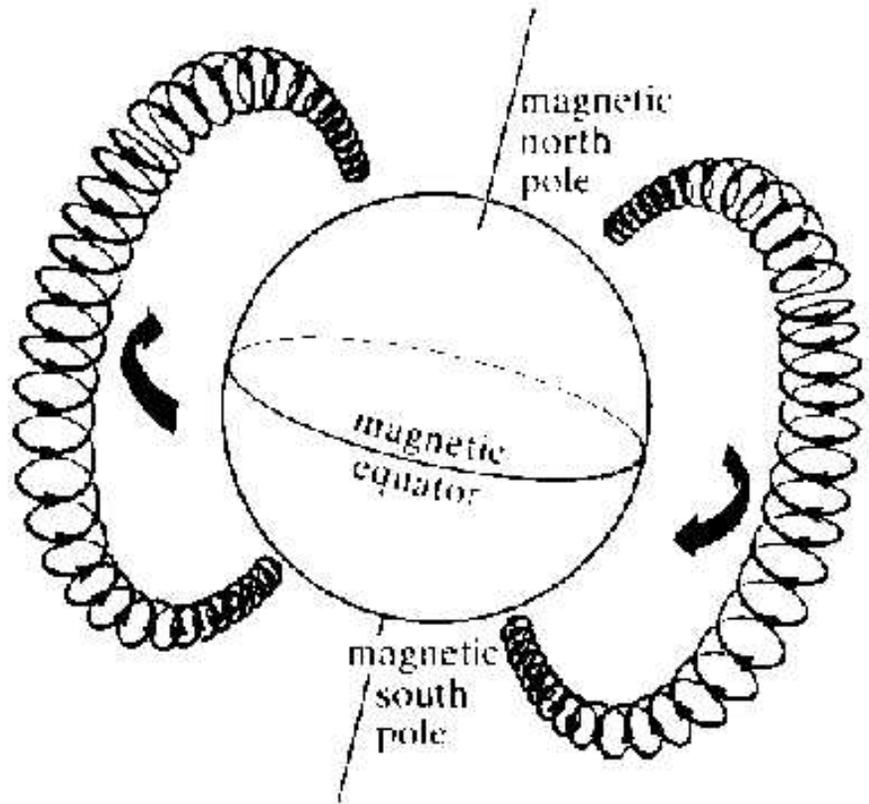
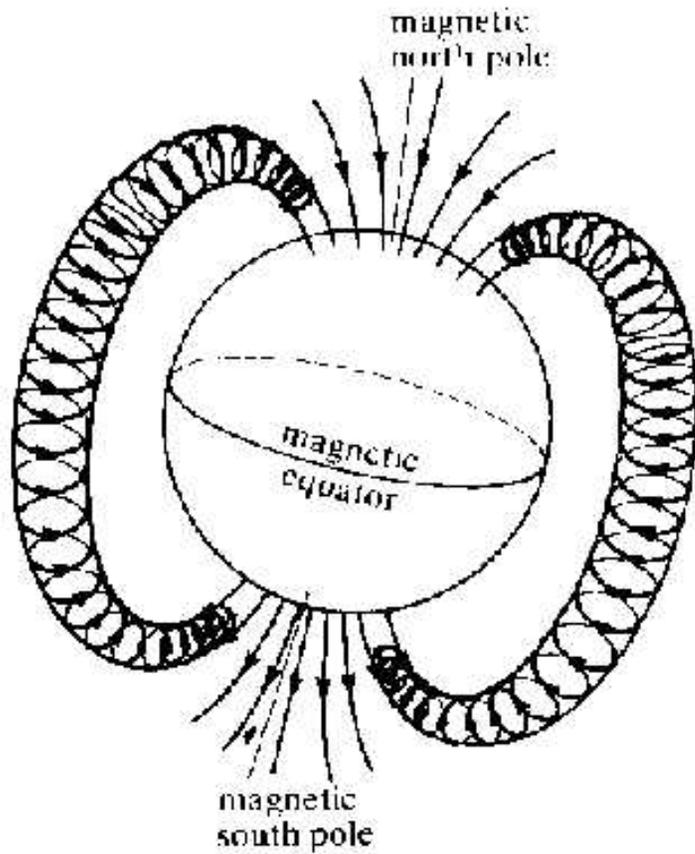


8,000,000 km/hr



[http://www.space.com/scienceastronomy/xtreme\\_flare\\_031105.html](http://www.space.com/scienceastronomy/xtreme_flare_031105.html)

# 帶電荷粒子圍繞磁場運動

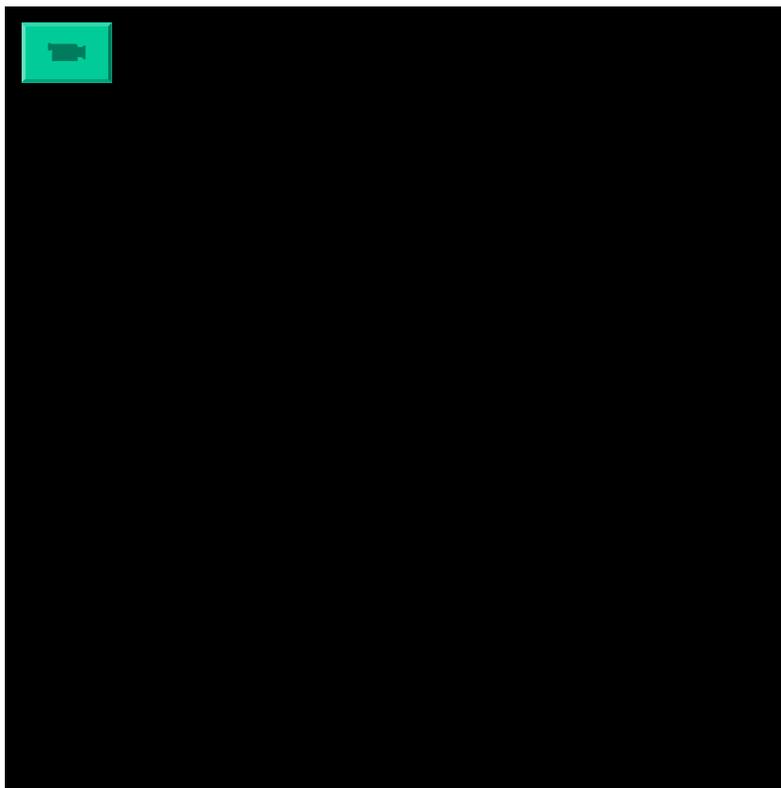


# Aurora 極光

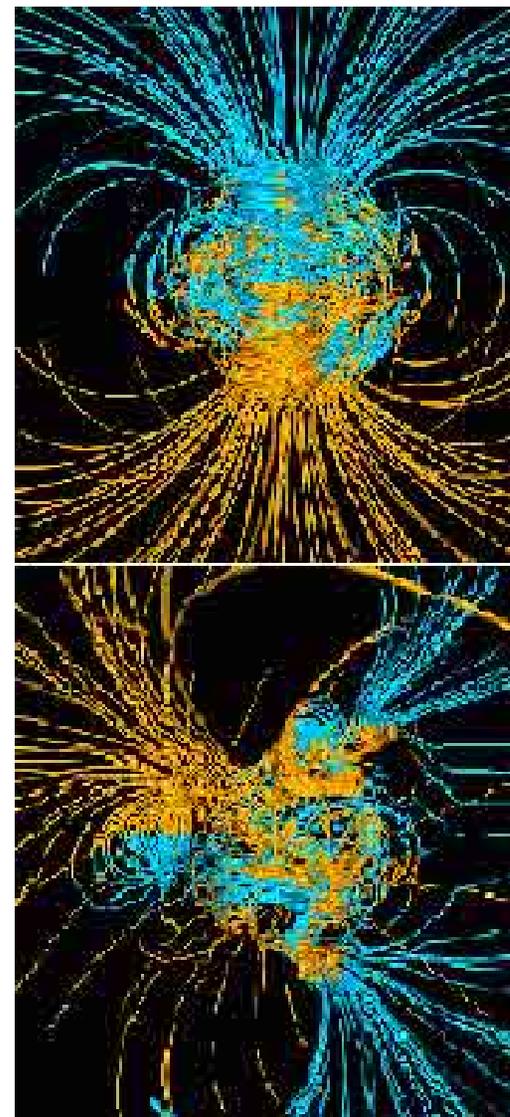


當太陽粒子被地球  
磁場運輸至南北極  
上空，與大氣撞擊

但是：地球磁場平均每二十萬年南北互換！



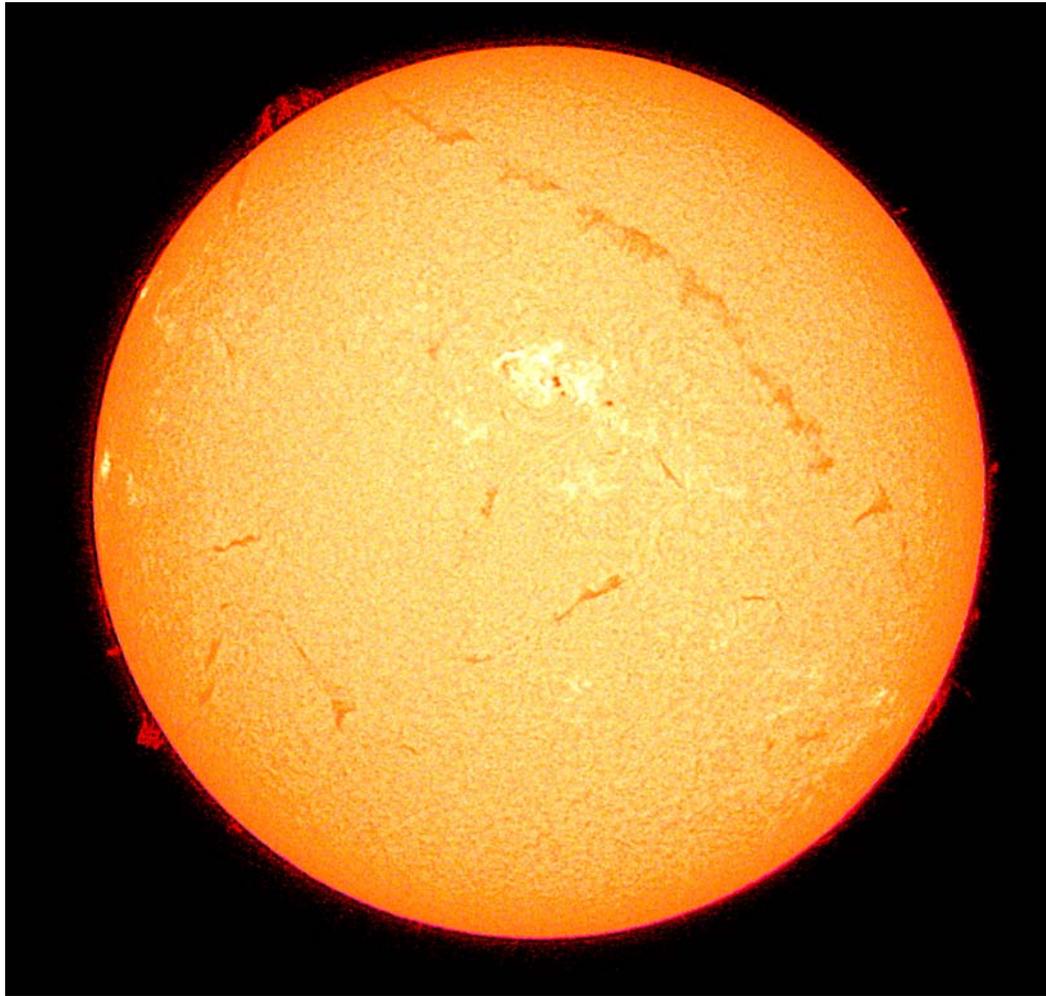
上次：78萬年前，每次需  
時幾千年



<http://www.pbs.org/wgbh/nova/magnetic/about.html>

<http://www.psc.edu/science/glatzmaier.html>

# 太陽與地球氣候



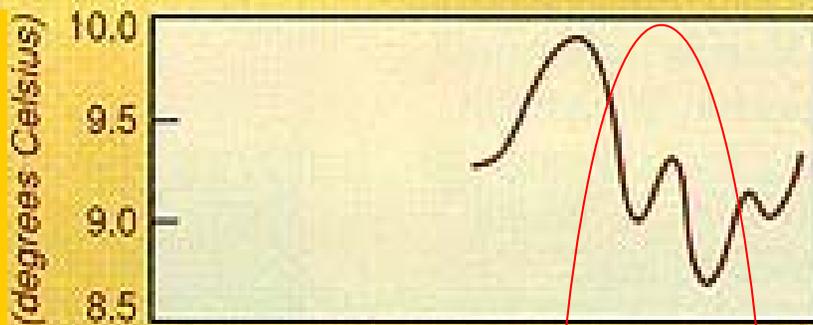
太陽周期 (11年)  
→ 地球氣候周期

陽光強度稍弱 (~3%)  
→ 地球冰封

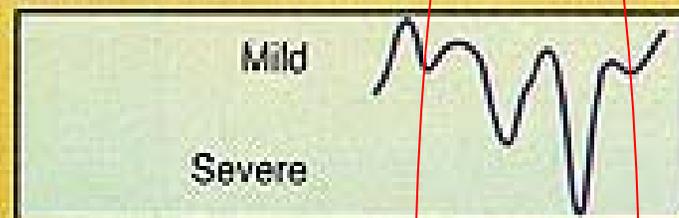


太陽活躍時，地球溫度較高。太陽不活躍時，地球較冷

溫度

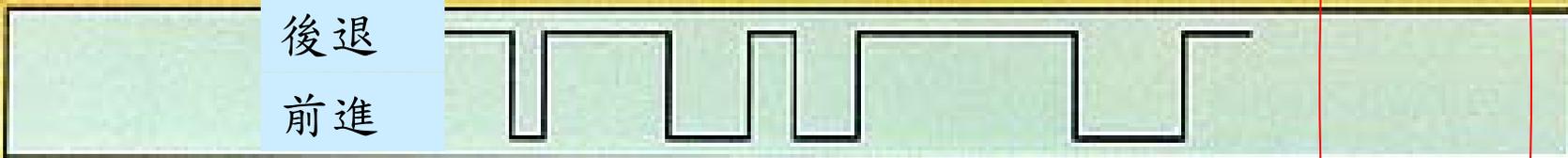


WINTER SEVERITY INDEX



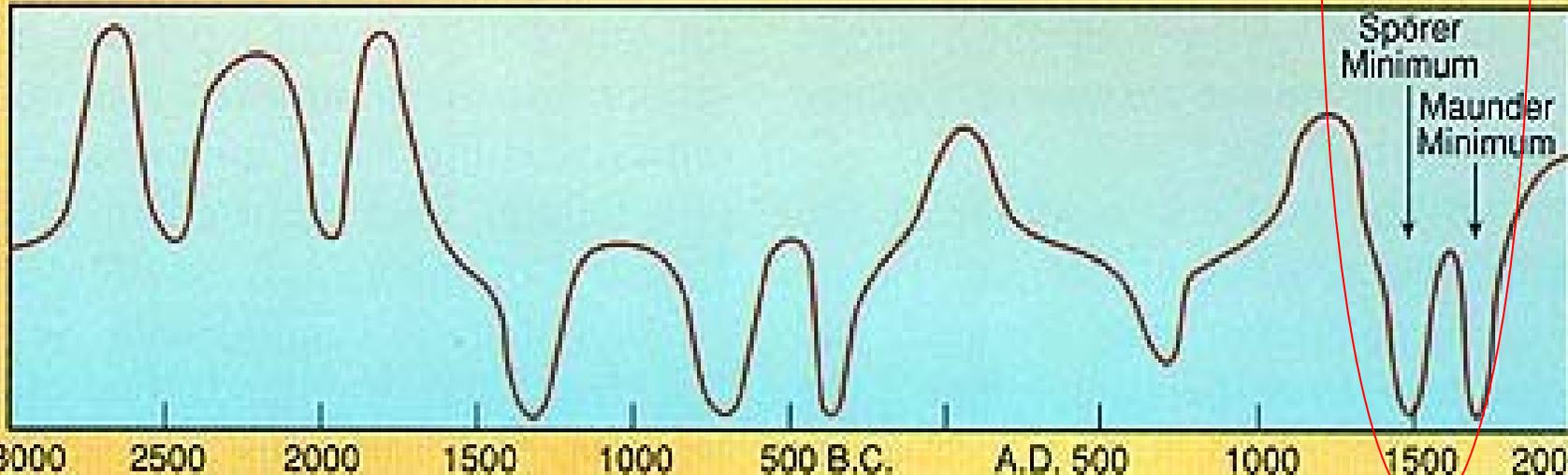
冰河活動

後退  
前進



太陽黑子數目

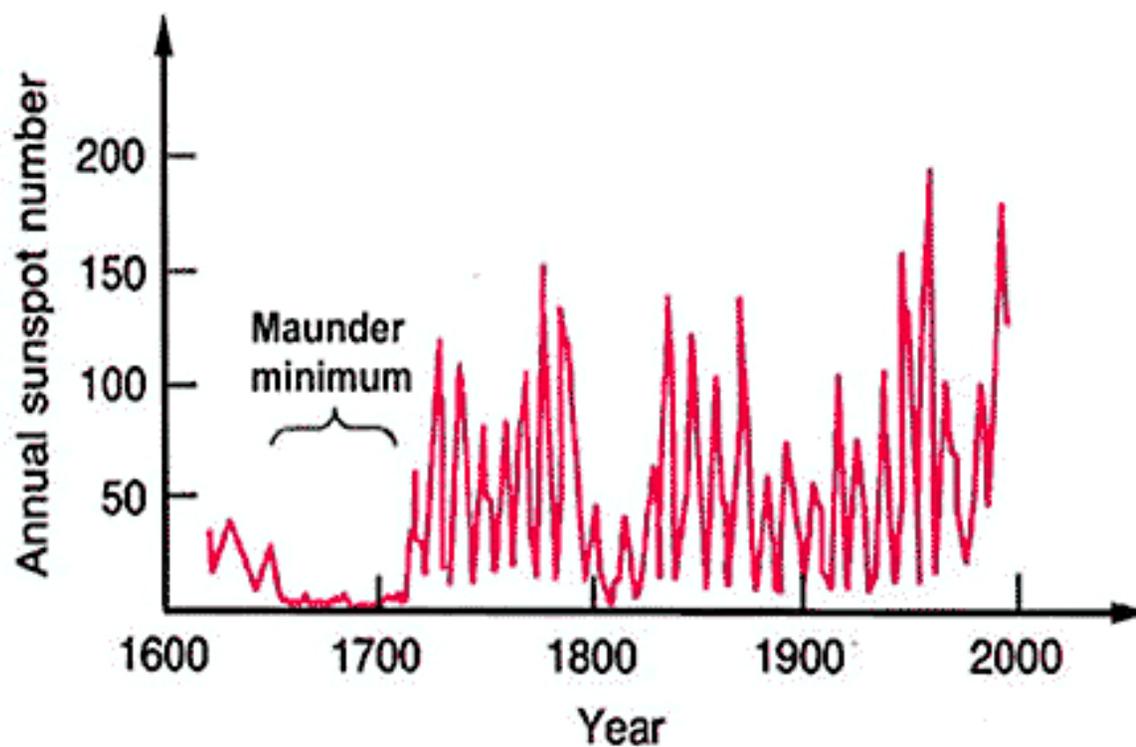
SUNSPOT NUMBER  
(carbon-14 abundance)



## 蒙德極小期 **Maunder Minimum** (1645-1715)

- 地球異常寒冷
- 明朝衰亡？

太陽黑子數目



明末後半期不但氣候酷寒，而且旱災情況也極為嚴重，茲擇較重要者記述如下，以示一斑：

明史神宗本紀：「神宗萬曆二十九年（西元一六〇一年）二月至五月，畿輔內外半年不雨，旱。又雲南夏秋不雨，貴州夏四月不雨，旱。」

廣西通志：「神宗萬曆四十六年（西元一六一八年），廣西全省大旱，民饑，南寧尤甚，死者白骨疊丘。」

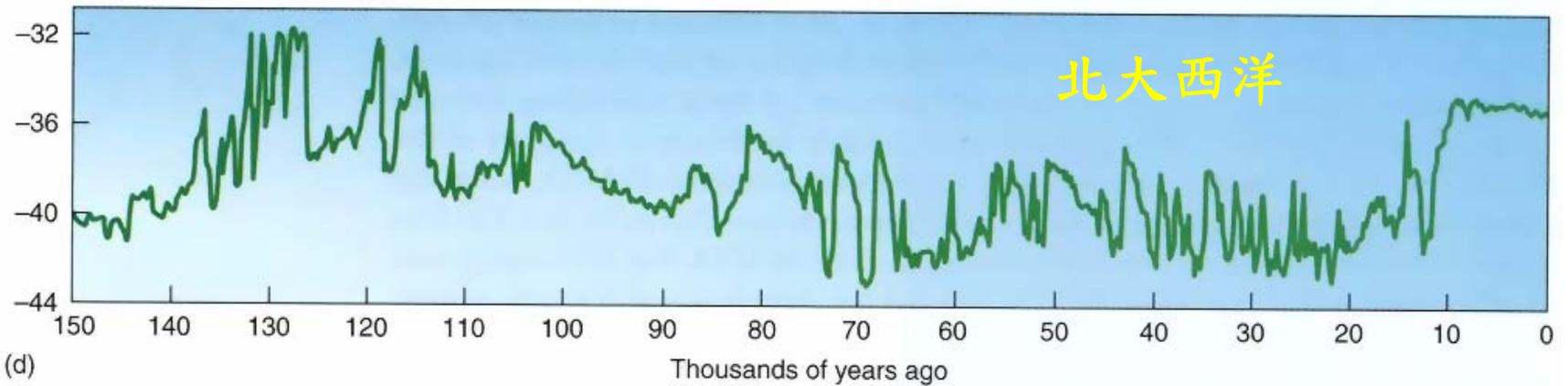
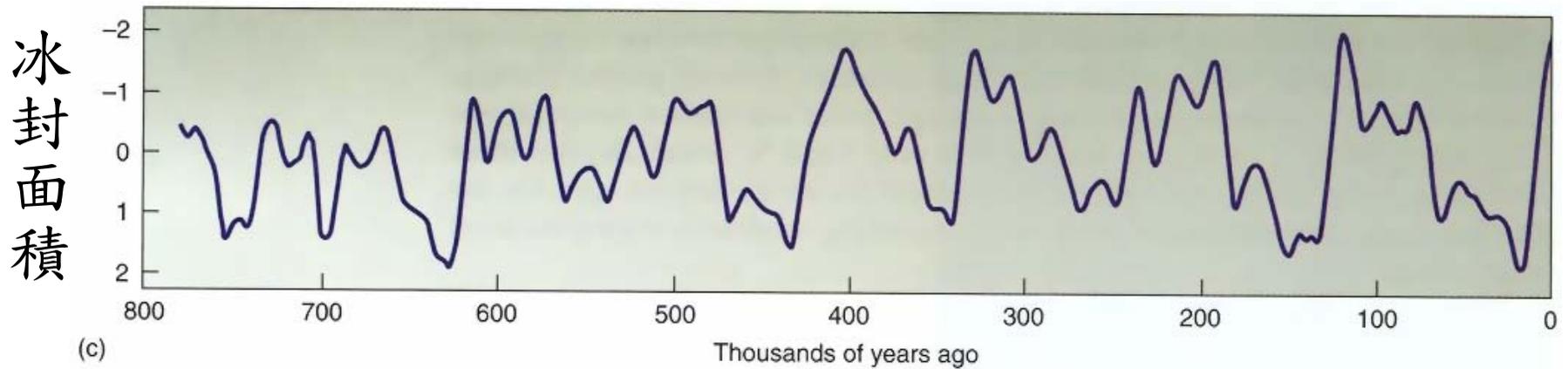
陝西通志：熹宗天啓二年至思宗崇禎二年（西元一六二二年）一六二九年），八年皆大旱不雨。崇禎六年（西元一六三三年）西安旱饑，餓殍徧塗，米脂大旱，斗米千錢，人相食。

山東通志：思宗崇禎六年至十六年（西元一六三三年）一六四三年）期間，共有八年大旱，由於天下大旱，饑民徧塗，人相食，賊破城邑。

由明末後半期的旱災紀錄來看，可見當時旱災情況之嚴重，也可以證明寒冷氣候可造成嚴重的乾旱，現代科學家們曾經一再證明地球表面的平均氣溫如果下降 $3^{\circ}\text{C}$ ，則將使大氣中聚集的水份減少百分之二十，而導致嚴重的旱災。明末後半期之氣候最為寒冷，故旱災也至為嚴重。由於連歲大寒大旱，饑荒連年，於是乃有明熹宗天啓二年（西元一六二二年）時的白蓮教之亂；明思宗時，張獻忠和李自成之亂；以及關外滿清的南下扣關。所以不旋踵，明室即告傾覆。

Prof. Yuk Yung, “Did the Sunspot Cycle Cause the Fall of the Ming Dynasty?”

# 地球氣候歷史



愈多冰

近一萬年溫暖而穩定

人類文明

# 地球軌道改變

- **Milankovitch 週期:**
- 100,000年 = 偏心率週期 **eccentricity cycle**
- 41,000年 = 傾斜週期 **obliquity cycle**
- 27,000年 = 進動週期 **precession cycle**
- → 氣候改變?
- → 冰河時期?
- 太陽系外影響? 太陽伴星? 星系碰撞?

# 星系碰撞



**The Mice • Interacting Galaxies**  
**Hubble Space Telescope • Advanced**

NASA, H. Ford (JHU), G. Illingworth (UCSC/LO), M. Clampin (STScI), G.



# 多星系碰撞



高潮台



Cartwheel Galaxy



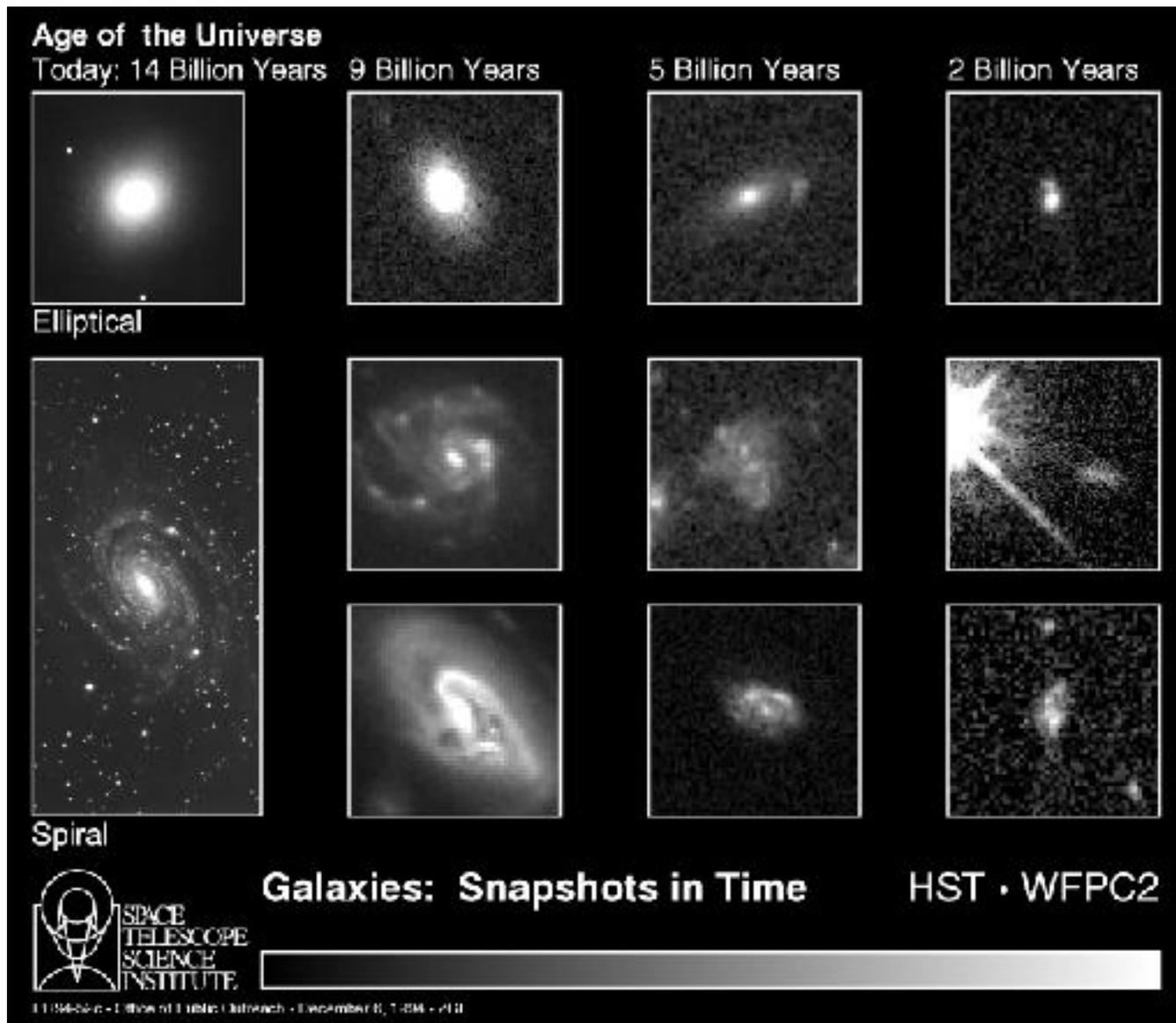
Spiral Galaxy Pair NGC 3314

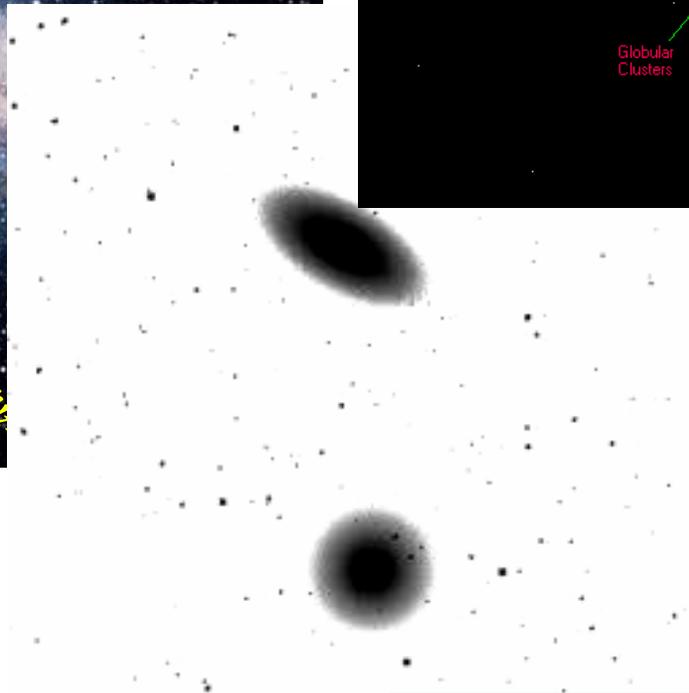
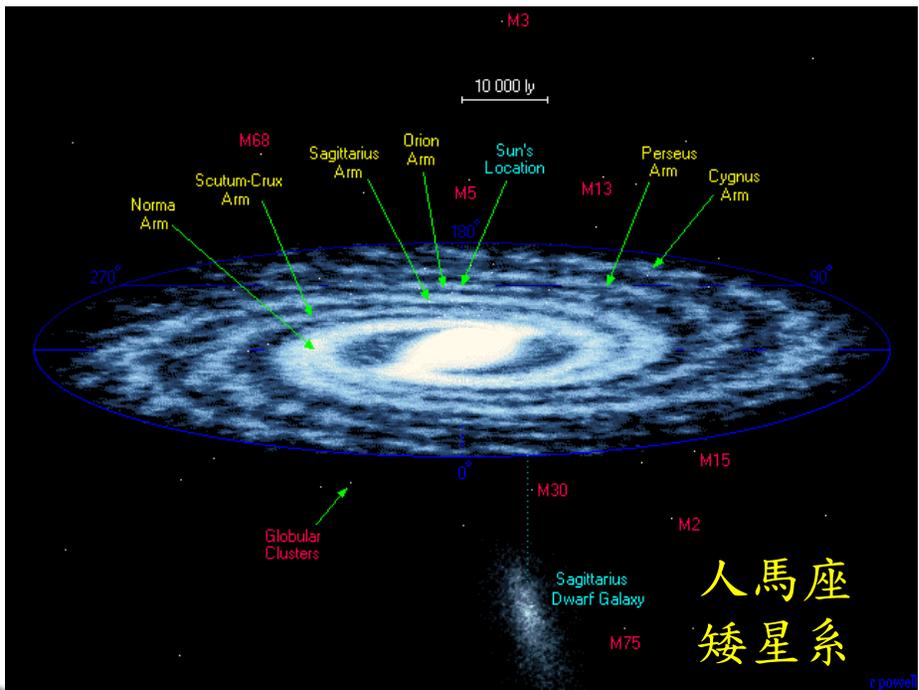
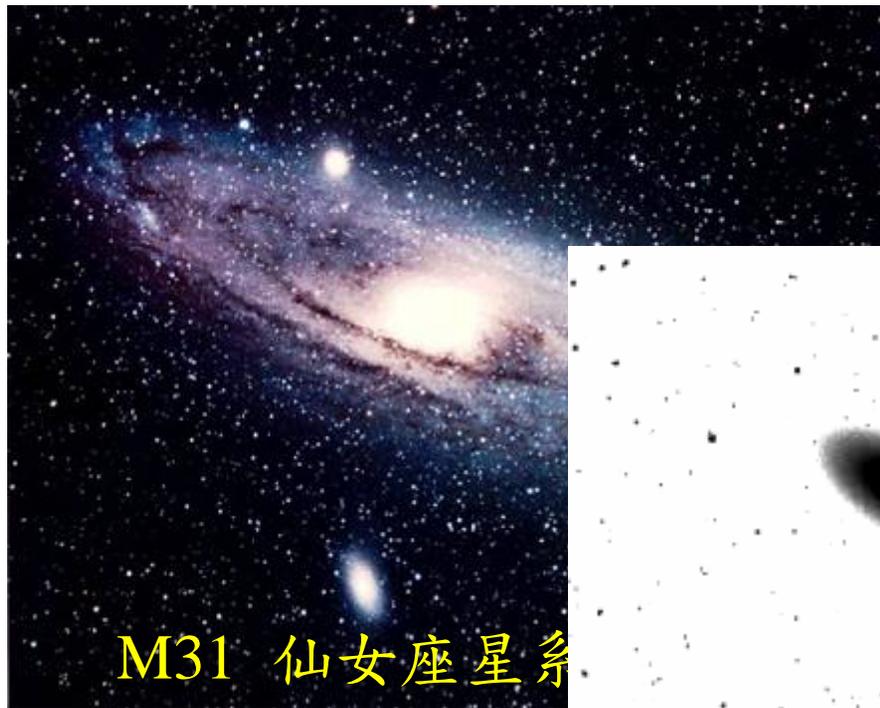


Hubble  
Heritage

Photo courtesy HST/NASA

# 星系演化: 小星系碰撞而結合 → 成為大星系

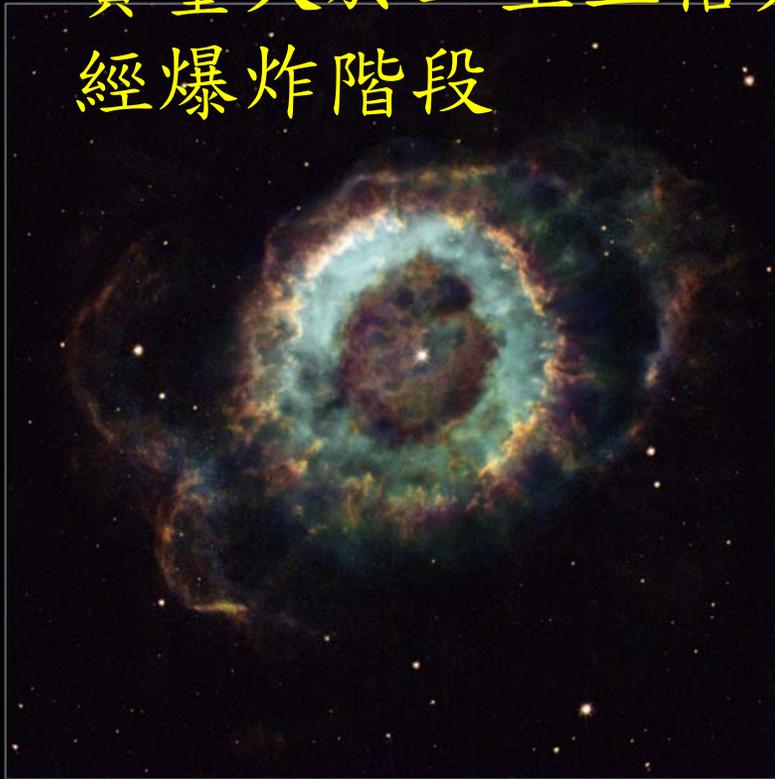




約幾億年後結合

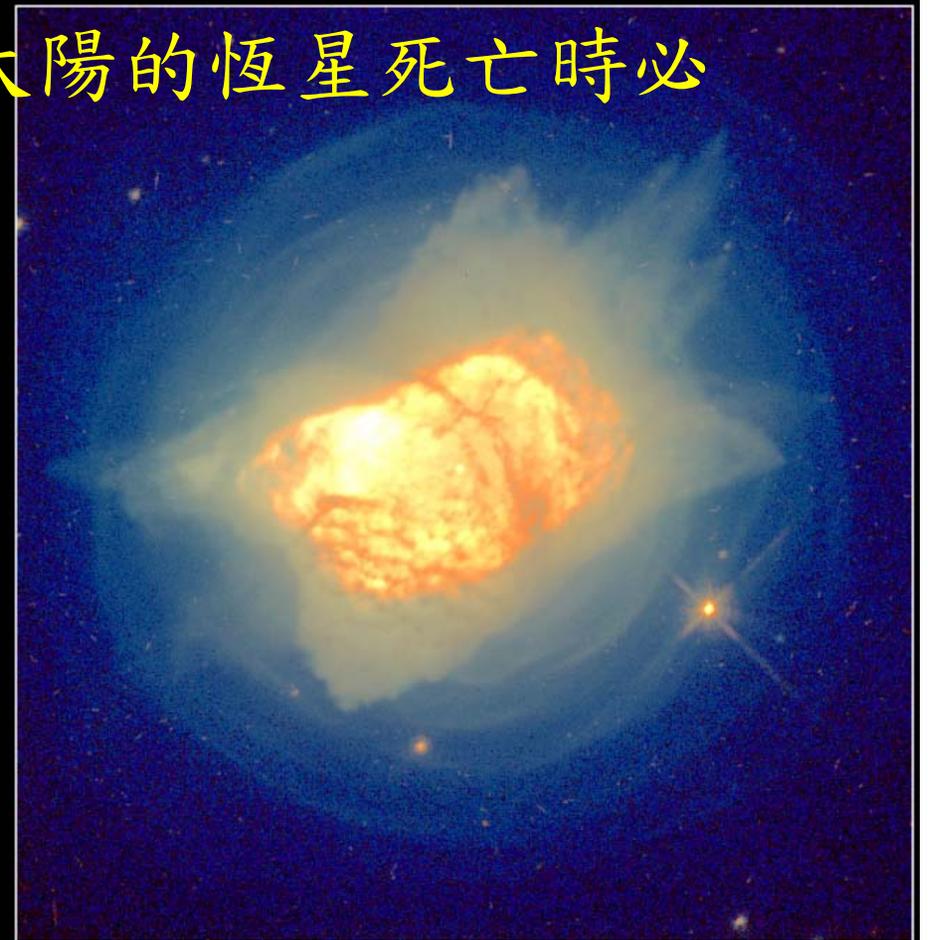
# 超新星 (Supernova)

● Planetary Nebula NGC 6759, The Little Ghost  
質量大於二至三倍太陽的恆星死亡時必  
經爆炸階段



Hubble  
Heritage

NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • Hubble Space Telescope WFPC2 • STScI-PRC02-25



Planetary Nebula NGC 7027 HST • WFPC2

PRC96-05 • ST ScI OPO • January 16, 1996 • H. Bond (ST ScI) and NASA

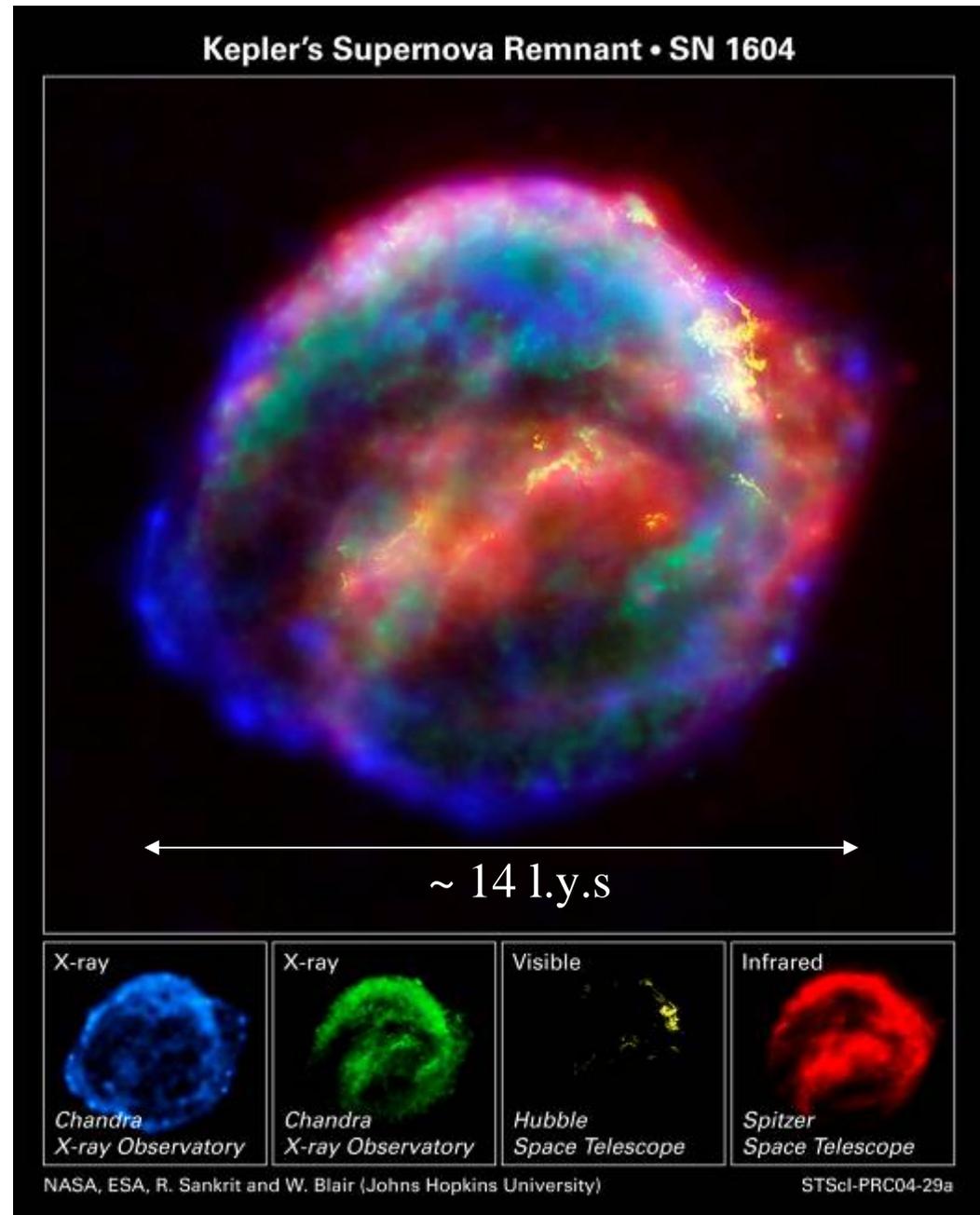
Photos from HST/NASA

銀河系內上一次超新星爆發: SN1604  
Kepler's Supernova

距離 ~ 13,000 光年; 殘骸仍以 2,000 km/s 速度膨脹



Photo courtesy NASA, ESA, R. Sankrit, and W. Blair

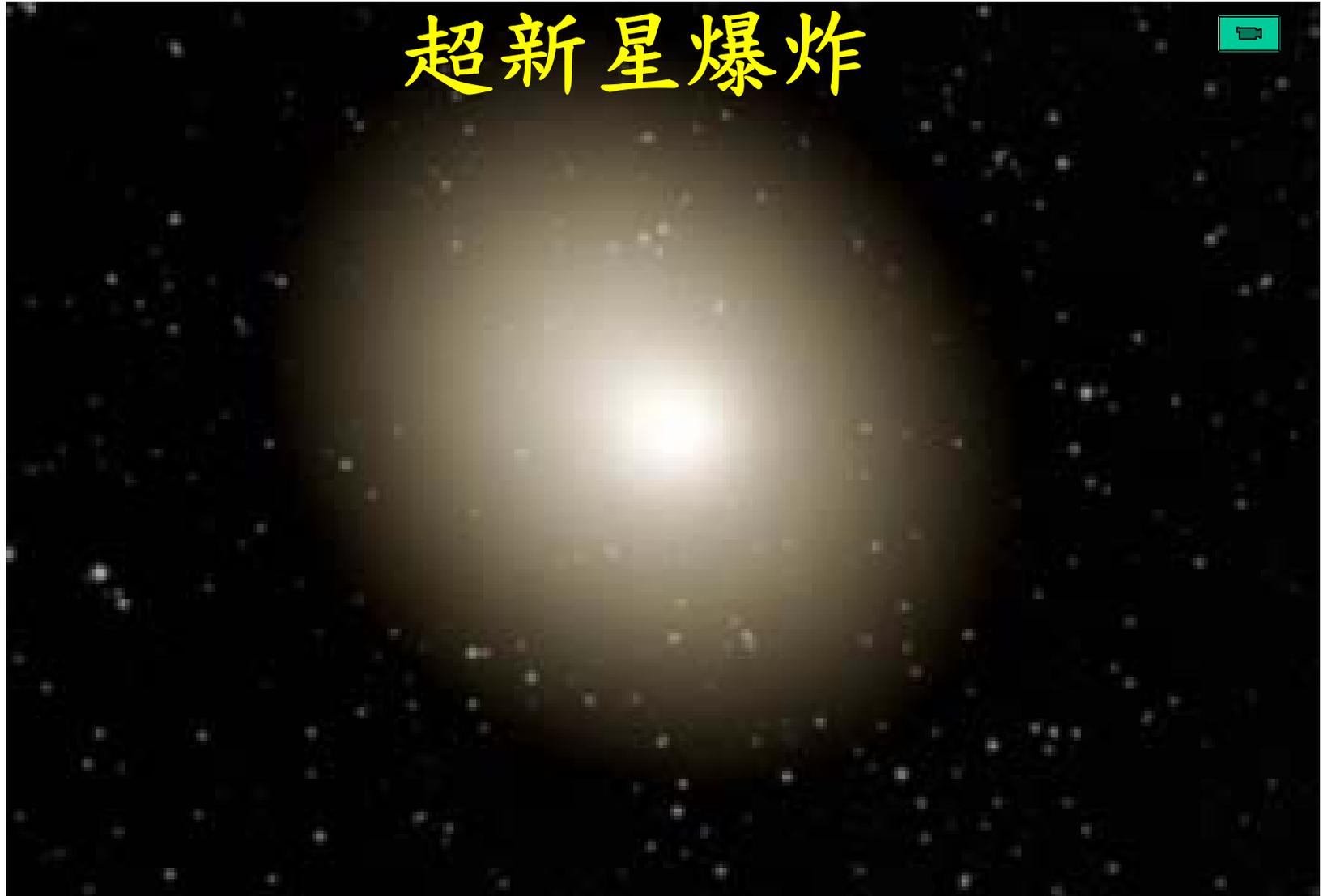


# SN1987A, Type II, in Large Magellanic Cloud



Photo courtesy Anglo-Australian Observatory

# 超新星爆炸



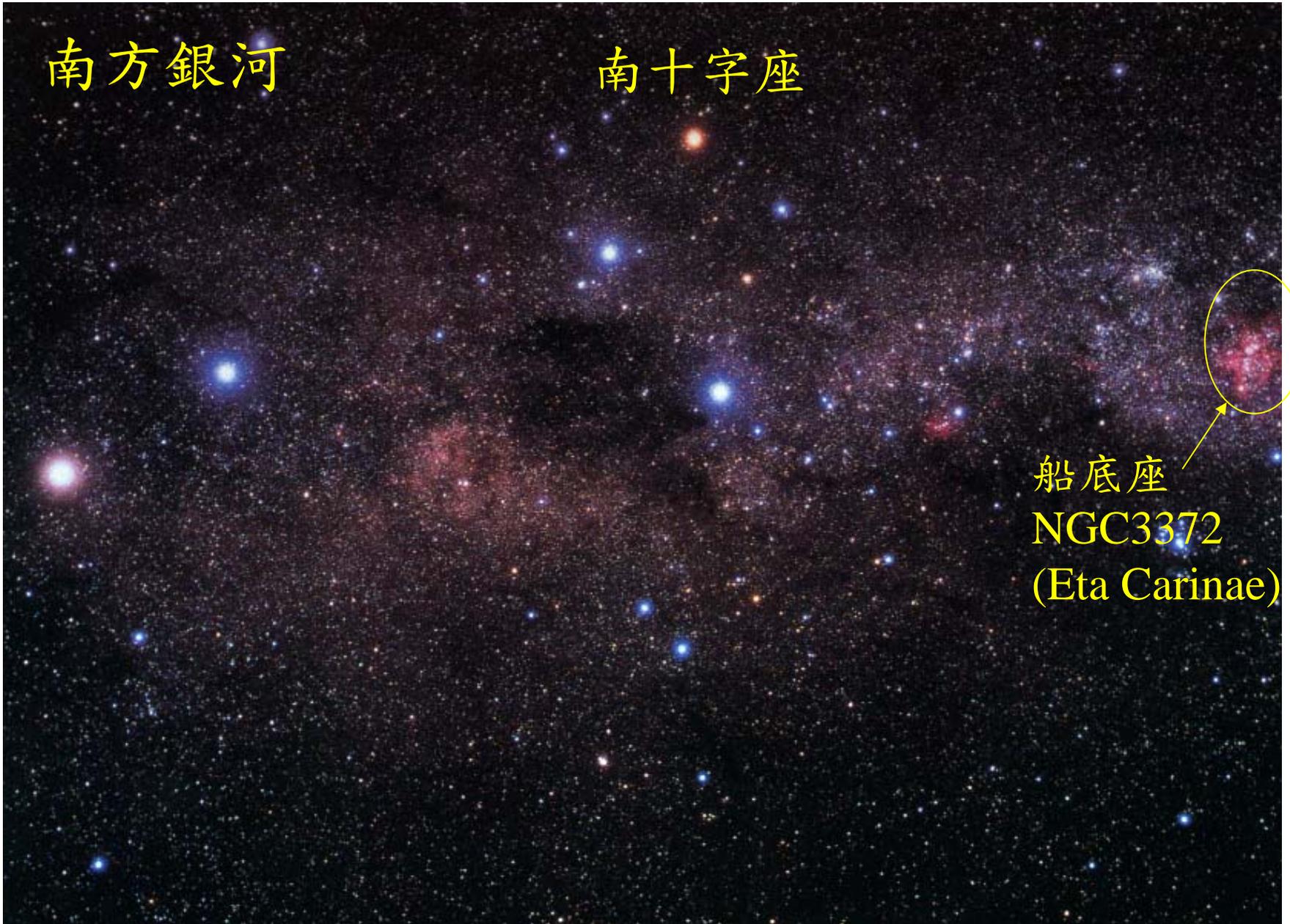
# 超新星 (Supernova)

- 最光亮時達太陽光度一億至十億倍
- 每星系平均每幾十年一次
- 釋放能量約 $10^{46}$  J ~ 太陽一萬億年放射的能量!
- → 超新星於一百光年外爆炸釋放能量約等於太陽
- 一千光年範圍平均每百萬年一次
- 爆炸後剩餘中子星或黑洞

南方銀河

南十字座

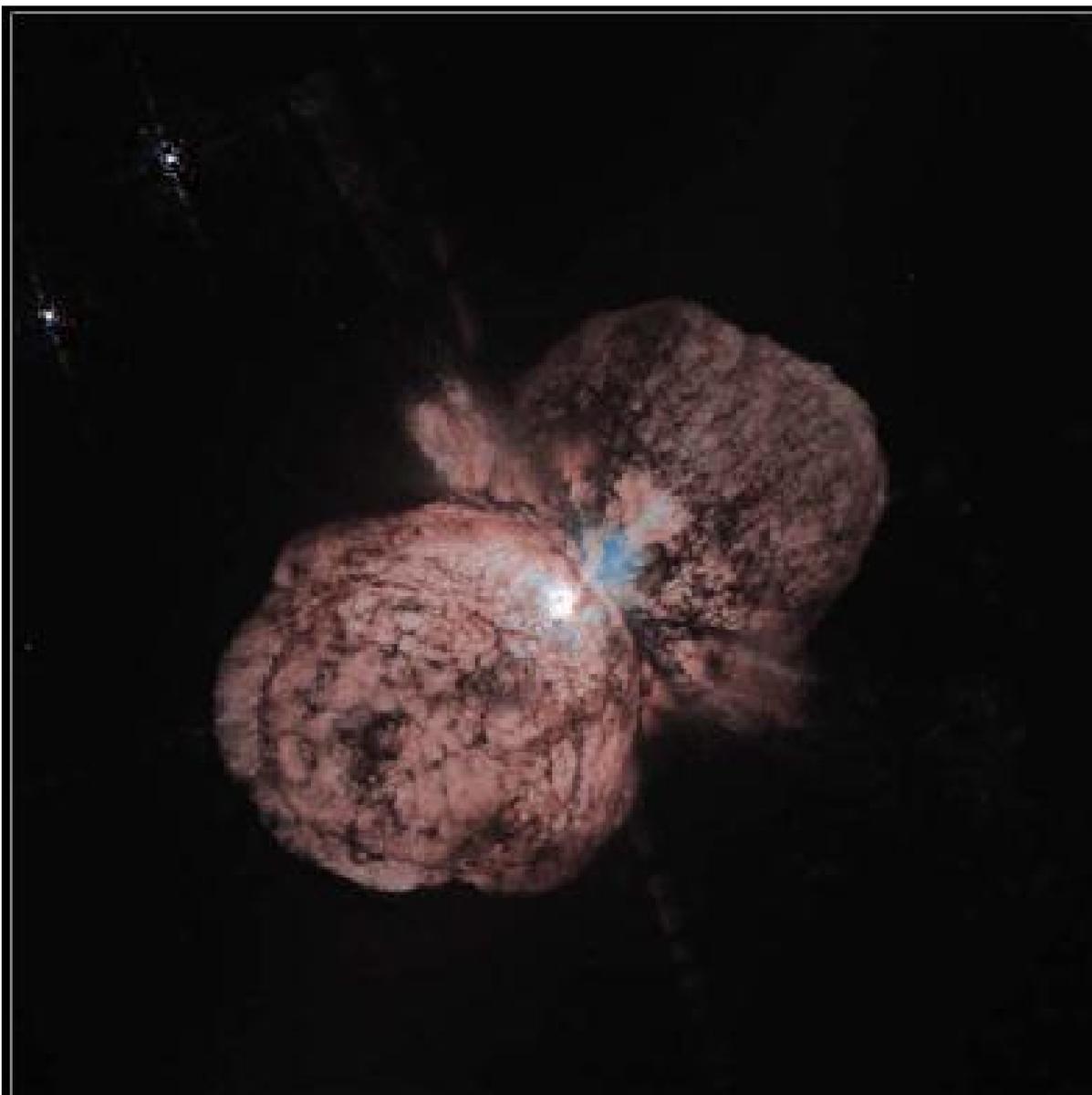
船底座  
NGC3372  
(Eta Carinae)



## 海山二星 (船底座伊塔星)

距離8000 光年 ，  
質量 $M \sim 100 M_{\odot}$ ，  
 $L \sim 5 \times 10^6 L_{\odot}$ 。

一八四三年爆炸，  
成為當時最光亮的  
星星，但不是超新  
星，很可能成為下  
一顆超新星。



**Eta Carinae**

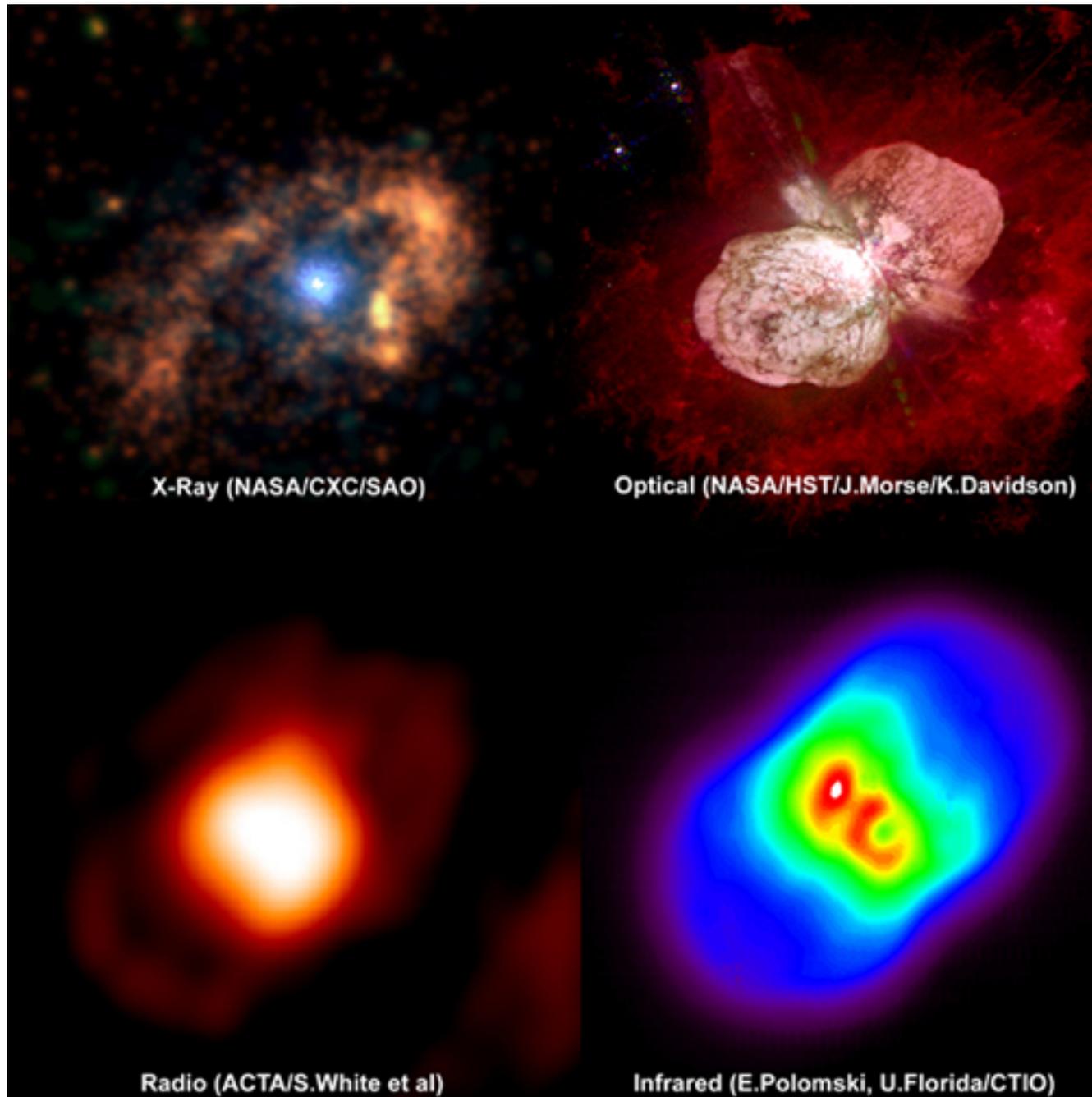
**HST · WFPC2**

PRC96-23a - ST ScI OPO - June 10, 1996

J. Morse (U. CO), K. Davidson (U. MN), NASA

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6633609.stm>

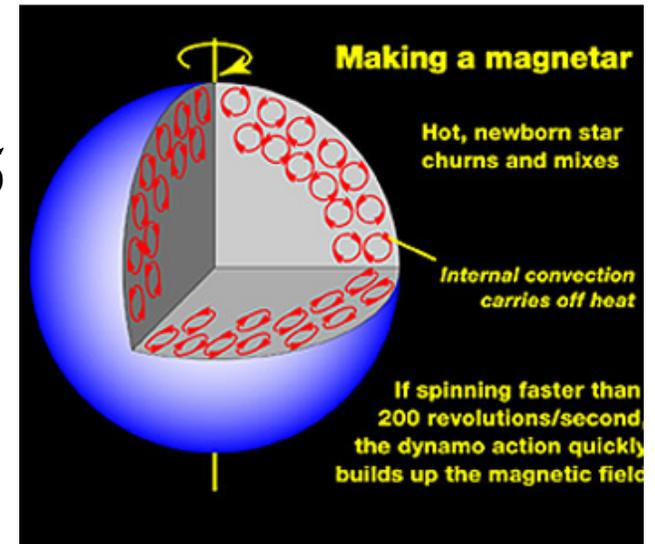
Eta  
Carina



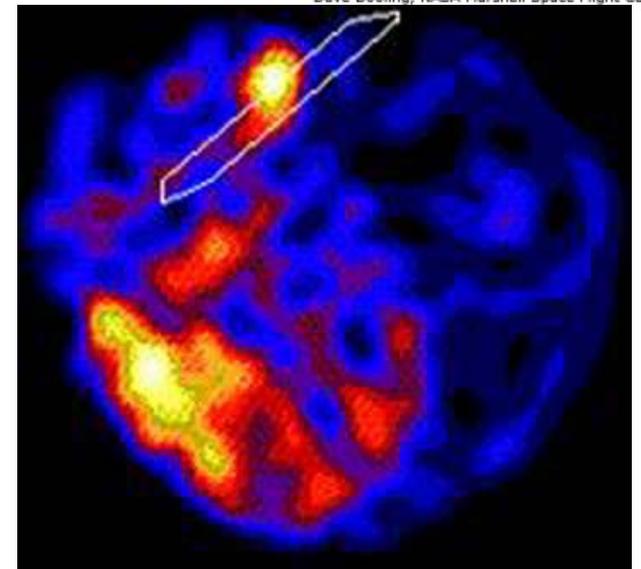
# 磁星 Magnetars

Duncan + Thompson, 1992

- 磁場極高的中子星
- 磁場  $B \sim 10^{14} - 10^{15}$  Gauss (地球為 0.5 Gauss, 人造最強為  $10^5$  Gauss)
- $B \sim 10^9$  Gauss: 原子成為針狀 → 所有生物死亡
- 一千公里外的磁星令地球所有生物死亡
- 極強磁場扭曲星面 → 星震
- 磁場儲存大量能量，極不穩定
- → 爆發放出大量伽瑪射線 **Soft Gamma Repeater**



Dave Dooling, NASA Marshall Space Flight Ce

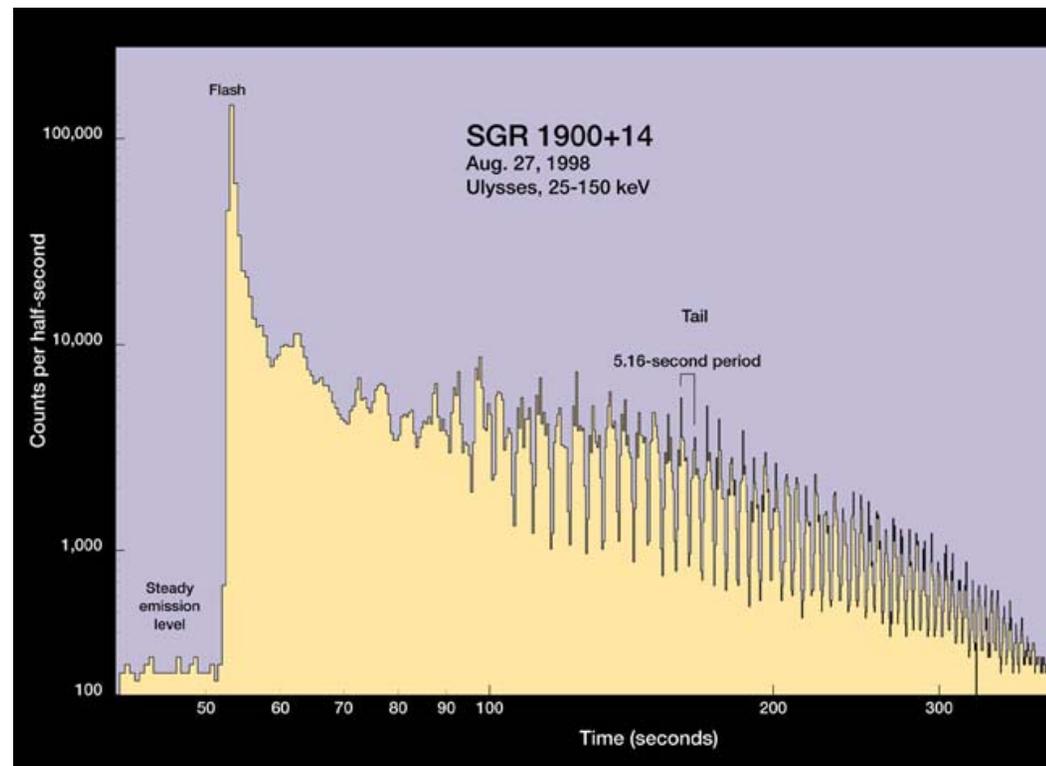


X-ray map of N49: 5/3/79 SGR

<http://solomon.as.utexas.edu/~duncan/magnetar.html>

# 27/8/1998 SGR 1900+14

- 釋放能量強至把地球外大氣層離子化，把電離層壓低，並使大氣層振蕩 (週期  $\sim 5.16\text{s}$ )!
- 源頭於超新星遺骸中



[http://science.nasa.gov/newhome/headlines/ast20may98\\_1.htm](http://science.nasa.gov/newhome/headlines/ast20may98_1.htm)

# SGR 1806-20 on 27/12/2004

紀錄中最強的太陽系外伽瑪射線源

急促膨脹火球  $1/3 c!$

對應磁星磁場  $\sim 3 \times 10^{14} \text{ G}$

$\sim 50,000$  光年距離

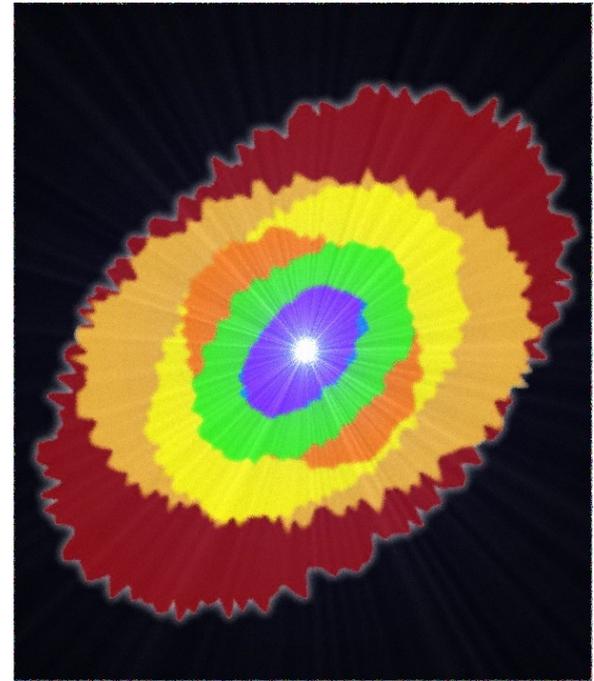
於  $0.1 \text{ s}$  釋放  $10^{40} \text{ W}$  ( $\sim$  太陽於  
 $150,000$  年所發出的能量)

扭曲並激發地球電離層!

*Science* 25 February 2005:

Vol. 307. no. 5713, pp. 1178 - 1179

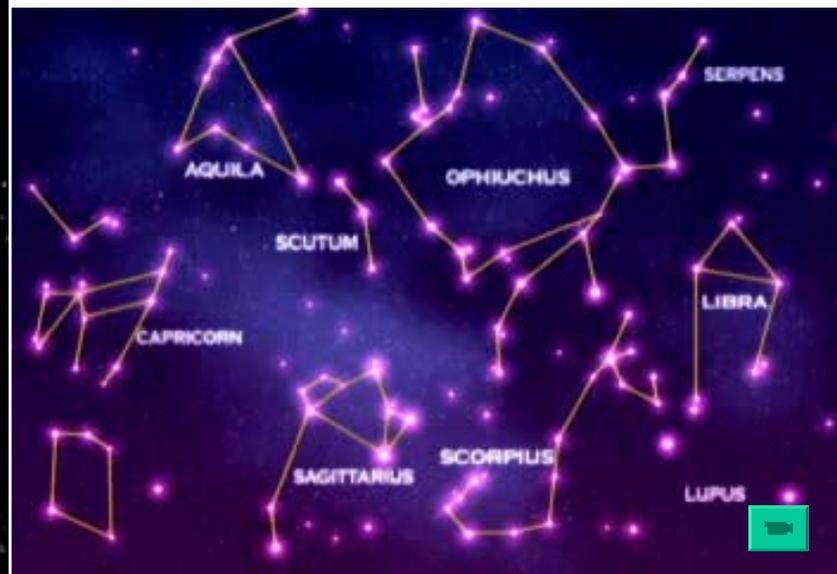
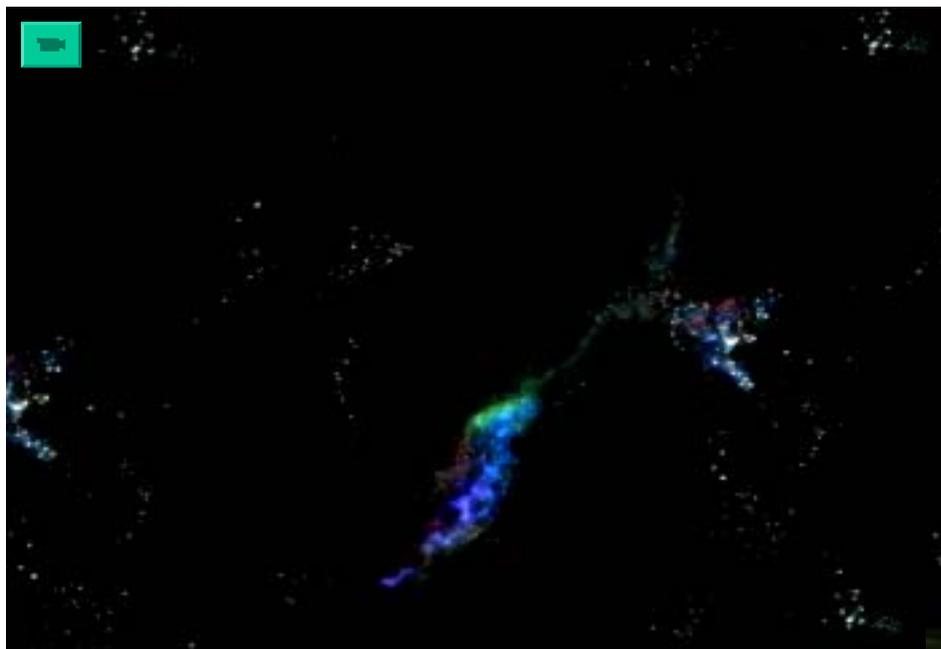
<http://www.nrao.edu/pr/2005/sgrburst/>



VLA measurements of the expanding fireball from the December 27, 2004, outburst from the magnetar SGR 1806-20.

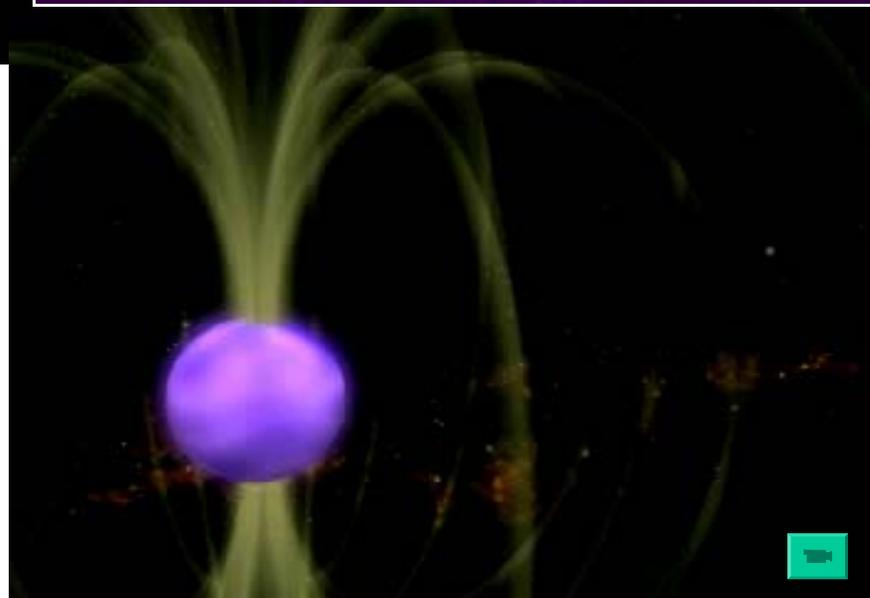
**CREDIT:** G.B. Taylor, NRAO/AUI/NSF

# 磁場爆炸



27/12/2004, SGR1806+20 迄今有紀錄的最大爆炸。五萬光年外的中子星磁爆在0.1秒內產生 $10^{40}$  W，（約太陽十五萬年內之總能量），傳至地球令電離層扭曲及發光。

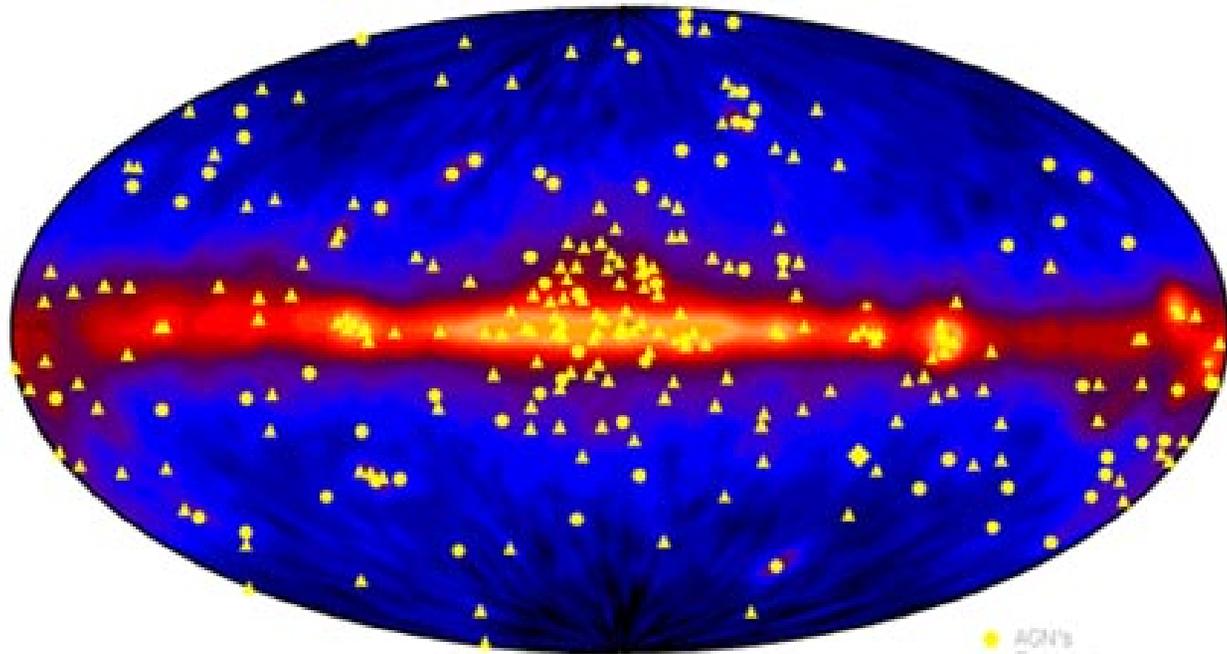
與太陽風暴類似，但強很多



Animation from NASA

# 伽瑪線天文學

- 宇宙伽瑪線源：極高能量星體



● AGN's  
■ Pulsars  
▲ Solar Flares  
◆ Galaxy (LMC)  
★ Unidentified Sources

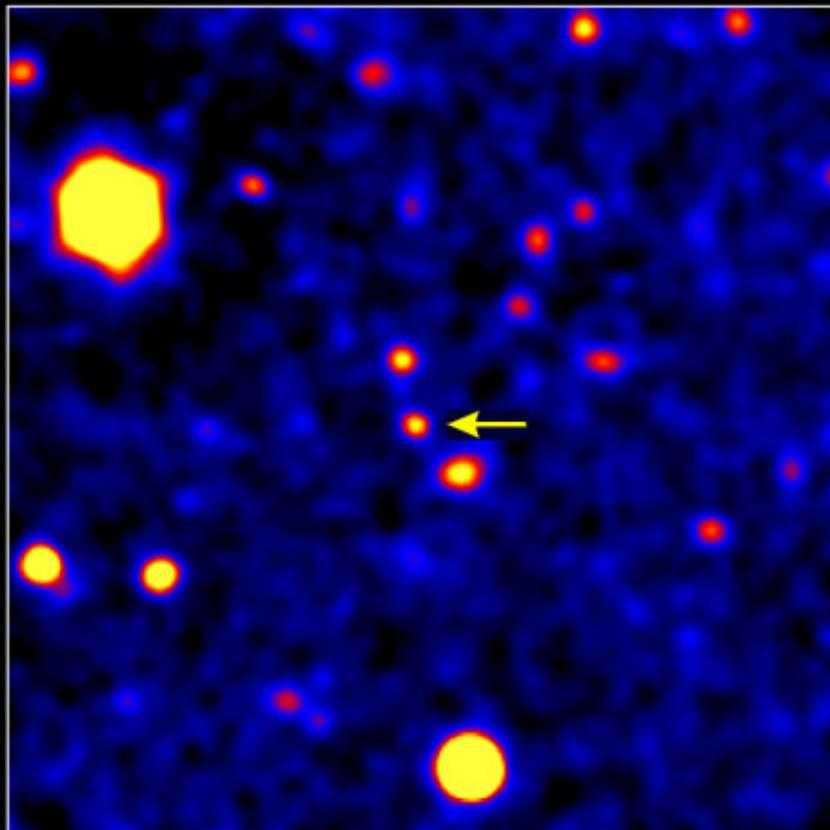
# 伽瑪線爆發(Gamma Ray Bursts)

- 六十年代美國間碟衛星發現
- 伽瑪線 Gamma rays = 高能電磁波(能量比可見光高一萬倍以上)
- 伽瑪線爆發 GRB = 宇宙傳來突然而短促的伽瑪線群
- 平均每日一次，每次數分鐘
- 來源於天空平均分佈

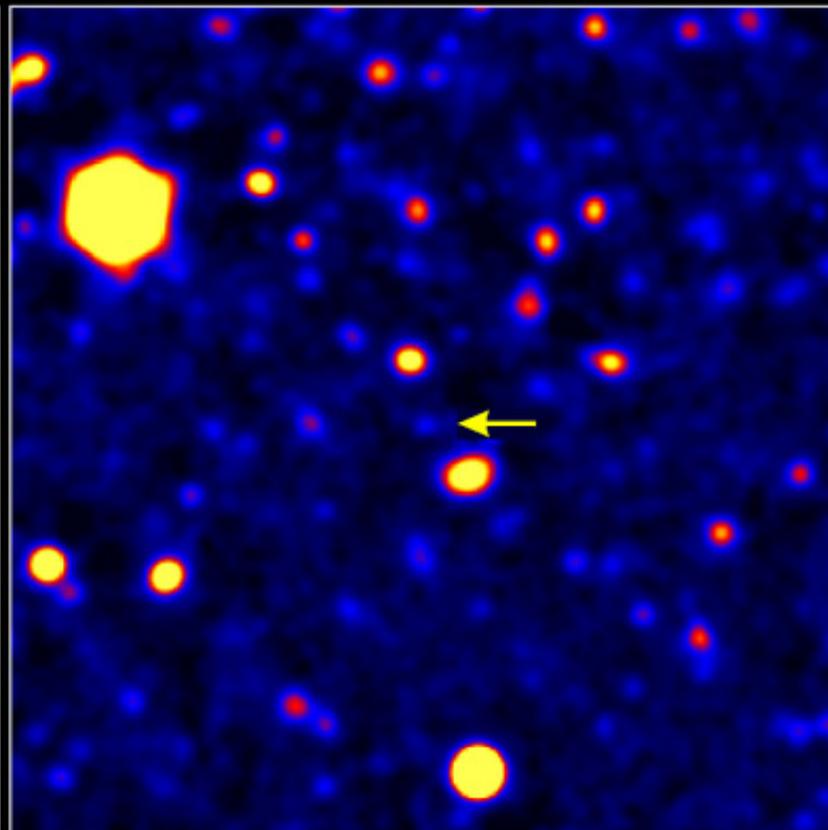
# 伽馬線爆發新發現

- 來源極遙遠(幾十億光年)
- 體積細小、能量極大
- 高速膨脹火球
- **GRB970228**:首次發現主星系→證明極遙遠
- **GRB971214**: 距離一百二十億光年！
- 爆發時光度與整個宇宙相若
- ~整個星系數百年發出之總能量

# Gamma Ray Burst 971214 • W. M. Keck Observatory



December 1997

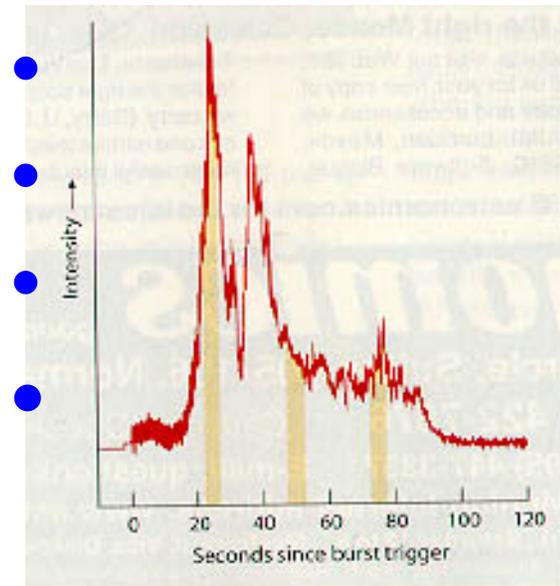


February 1998

PRC98-17b • May 7, 1998 • ST ScI OPO  
S. G. Djorgovski and S. R. Kulkarni (Caltech),  
the Caltech GRB Team and W. M. Keck Observatory

# 伽馬線爆發新發現

- **GRB990123:** 最高能量,  $E \sim 10^{17}$  太陽能量



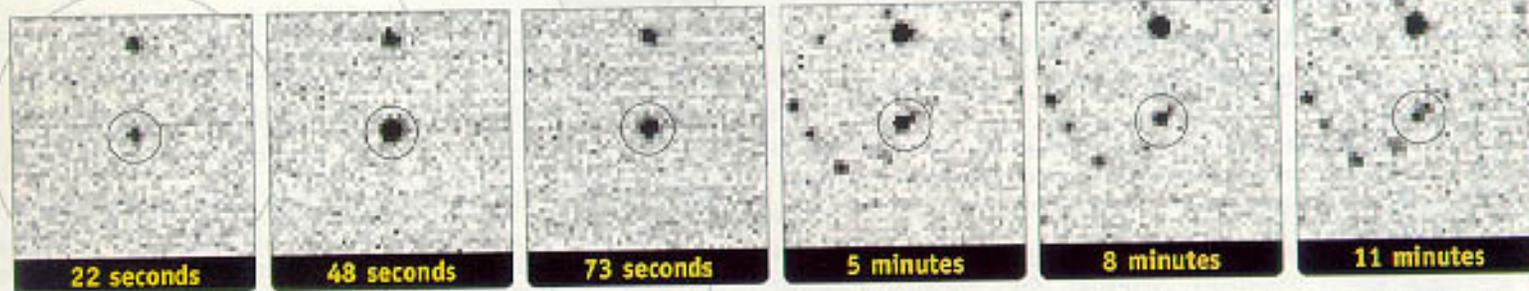
~整個太陽質量於數秒內  
轉化為能量！

距離約九十億光年

**GRB 在一千萬光年距離釋放能量約等於太陽**

ROTSE-1 images  
GRB 990123

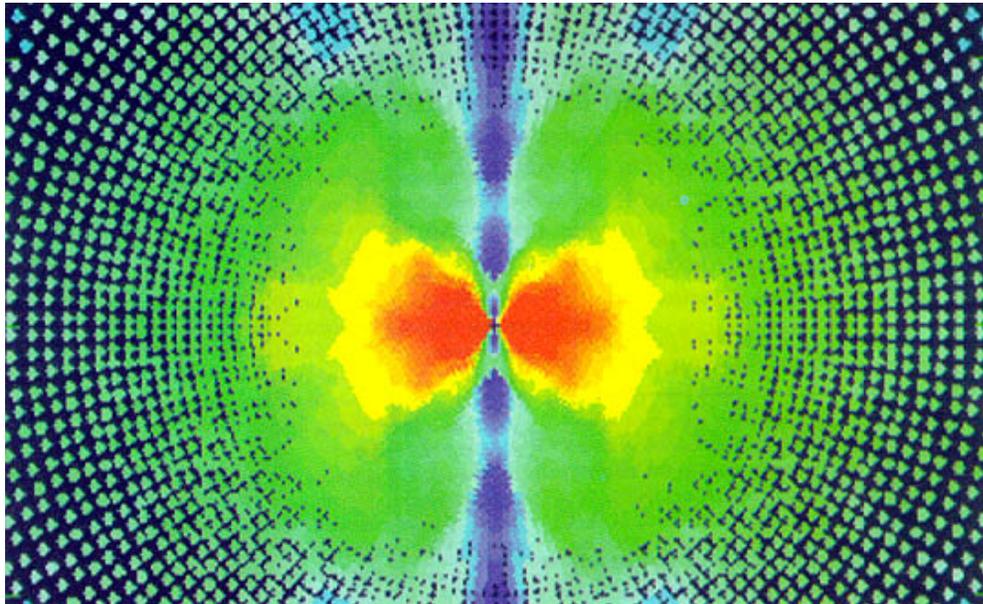
Dr. Carl Akerlof  
University of Michigan  
and  
ROTSE collaboration



These images, taken by the ROTSE-1 camera on the facing page, show the January 23rd gamma-ray burst peaking at 9th magnitude just after the strongest pulses of gamma rays ended. The times tell how long after the start of the burst each exposure began. The brightest star is magnitude 11.6. This view (only  $1/2000$  of the camera's field) is  $0.2^\circ$  square with north up. Courtesy Carl Akerlof/Tim McKay/University of Michigan/LANL/LLNL.

# 伽瑪線爆發理論

- 中子星結合/相撞
- 中子星相變
- 黑洞吞噬中子星
- 超新星—黑洞(hypernova)



# 宇宙來的災禍

- 小行星(asteroid)、隕星(meteoroid)、彗星(comet)
- 太陽風暴
- 超新星 (Supernova)
- 磁星 (Magnetar)
- 伽瑪射線爆發 (Gamma Ray Burst)